www.viserdata.com

智能城市应用

SMART CITY APPLICATION 月刊

■ 主办单位：Viser Technology Pte.Ltd.　■ ISSN 2630-5305(online) 2717-5391(print)

中国知网（CNKI）收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

2025 6

第8卷 总第62期

COMPANY INTRODUCTION

公司简介

维泽科技文化有限公司(Viser Technology Pte. Ltd.)成立于新加坡，是一家科技与文化高度融合的创新型企业。我们拥有一支具有较高文化素质、管理素质和业务素质的团队，聚焦于国际开源中英文期刊、体现文化含量与学术价值图书的出版发行。秉承“传播科技文化，促进学术交流”的理念，与国内外知名院校，科研院所及数据库建立了稳定的合作关系。坚持开拓创新，实施“跨越–融合”的发展战略，立足中国、新加坡两地，辐射全球，并于中国设立河北和重庆两个分部。我们将紧紧围绕专业化、特色化的发展道路，不断营造“有情怀，有视野，有梦想”的企业文化氛围，独树一帜，做一家“有血、有肉、有温度”的创新型出版企业。

Viser Technology Pte. Ltd. was founded in Singapore with branch offices in both Hebei and Chongqing, China. Viser focuses on publishing scientific and technological journals and books that promote the exchange of scientific and technological findings among the research community and around the globe. Despite being a young company, Viser is actively connecting with well-known universities, research institutes, and indexation database, and has already established a stable collaborative relationship with them. We also have a group of experienced editors and publishing experts who are dedicated to publishing high-quality journal and book contents. We offer the scholars various academic journals covering a variety of subjects and we are committed to reducing the hassles of scholarly publishing. To achieve this goal, we provide scholars with an all-in-one platform that offers solutions to every publishing process that a scholar needs to go through in order to show their latest finding to the world.



智能城市应用

Smart City Application

2025年·第8卷·第6期（总第62期）

主办单位： Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N： 2630-5305 (online)
2717-5391 (print)

发行周期： 月刊

出版时间： 6月

数据库收录： 中国知网收录期刊
RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址： www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱： viser-tech@outlook.com

地　　址： 111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza, Singapore 179098

学术主编： 王高捍

责任编辑： 刘艳利

学术编委： 王亚飞　陈慧珉　徐业强
杜可普　杨　超　李荣才
尹晓水　谭成军　李培营
陈惠芳　蔡成涛　贾鹏飞

美工编辑： 李　亚　Anson Chee

印　　制： 北京建宏印刷有限公司

定　　价： SGD 20.00

本刊声明

本刊所载的所有文章均不代表本刊编辑部观点；作者文图责任自负，如有侵犯他人版权或者其他权利的行为，本刊概不负连带责任。

版权所有，未经许可，不得翻译、转载本刊所载文章。

警告著作权人：稿件凡经本刊使用，如无电子版或书面的特殊声明，即视为作者同意授权本刊及本刊网络合作媒体进行电子版信息网络传播。

目　录

CONTENTS

城乡规划

国土调查驱动下的土地用途结构优化与控制研究 ..... 朱亚攀　王普泽　王　甜 1

市政园林

传统园林艺术在城市园林工程中的应用 ..... 冯建飞 4

园林绿化施工全过程质量控制技术路径研究 ..... 李彦颖 7

园艺疗法在城市生态康养建设中的应用 ..... 高　妍　陈昱光　台方瑜　方　宇　朴顺梅 10

滨水公园景观设计中海绵城市理念的应用——以汉阳四新凤凰湖公园为例 ..... 熊　静 14

路桥与交通

公路工程施工中沥青混凝土路面施工要点分析 ..... 李　鑫 18

路桥工程现场施工管理难点及解决策略 ..... 黄　园 21

轨道交通接触网事故应急响应与处置策略探讨 ..... 高　伟　何承乾 24

城市轨道交通多部门应急联动机制效能提升路径分析 ..... 周　权 27

高速公路沥青路面检测和养护决策优化研究 ... 陈佳佳 30

桥梁 BIM 协同平台中多专业数据交互与冲突检测优化策略 ..... 周　毅　邹羽华 34

公路工程中路基路面施工质量控制及防范措施 ..... 杨　洋 37

智能监理平台在高速公路施工中的深度融合应用 ..... 张士伟　于　会　张莉芬 40

路桥施工中施工质量管理问题及对策研究 ..... 曾双泉　刘细茂 44

高速公路隧道施工中超前支护施工技术的具体应用 ..... 李　锋 47

公路运输安全标准化体系的构建分析 ..... 游春霞 50

桥梁工程中预制梁板施工技术分析 ..... 李　雪 53

市政道桥设计中存在的问题与对策 ..... 李泽鲤 56

复杂地形下桥梁 BIM 正向设计与参数化建模应用 ..... 朱　超　唐　涛 59

通讯通信技术

面向应急响应的建筑消防系统远程监控与智能联动研究 ..... 于永磊 62

施工技术

外墙干挂石材幕墙施工技术的应用分析 ..... 孙　鹏　葛诗雪 65
建筑装饰装修工程中绿色施工技术的应用 ..... 于　强 68

工程管理

信息化环境下建筑工程管理的思考与实践 ..... 海　洋 71
项目工程管理中存在的问题及改进措施分析 .... 陈增鑫 74
智慧消防在高层建筑消防安全管理中的应用研究 ..... 张　琦 77
公路交通运输管理存在的问题分析及对策 ..... 游春霞　何　凡 80

节能环保

新型暖通设备节能技术的应用与优化研究 ..... 玛依热 阿布都热依穆 83

计算机应用技术

智能时代终端设备安全防护体系构建与实施路径——基于网络安全管理的实践视角 ..... 陈　晶 86

自动化技术

数字技术在电气自动化中的应用与创新 ..... 刘　尉 90
一体化污水处理设备自动控制系统的运行稳定性分析 .... 姚慎康　陈　英　王　飞 93
电气自动化设备安全管理及运行策略研究 ..... 曹　荣 96

智慧数据分析

人工智能驱动的噪声污染源识别与定位技术研究 ..... 阿布力克木·阿布力米提　王安银 99
物联网技术在智慧建筑消防工程中的应用研究 ..... 刘文青　鲁　特 102
建筑消防设备运行数据的智能分析与故障预警机制研究 ..... 程　刚 105
桥梁结构智能监测系统数据异常识别方法研究 ..... 李玉赫　徐　萍 108

石油化工

石油工程施工现场智能化安全管理运用分析 ..... 文　峰 111
油泥调理剂优化对脱水性能影响的实验研究 ..... 邓焱伟 114

勘察测绘

浅析智慧城市建设中地理信息测绘的应用 ..... 张光阳 117
基于 GIS 的工程测量数据自动化处理与分析技术研究 .... 惠清聪 120

工业制造

以智能化助推新能源汽车产业高质量发展 ..... 符养斌 123
航天企业科研生产管理信息化建设思考 ..... 郑　沐 126

国土调查驱动下的土地用途结构优化与控制研究

朱亚攀 王普泽 王 甜
陕西地矿第三地质队有限公司，陕西 宝鸡 721000

[摘要]基于新一轮全国国土调查成果，搭建以高精度空间数据为基石的土地用途结构辨识与优化模型，整合多源遥感监测技术与地理信息分析手段，达成土地利用现状的精准判读和用途功能的系统性重塑，借助构建分类分区管控体系与动态用途管理机制，提升国土空间资源的配置效能，增强用途布局的合理性与生态安全边界的管控力度，此研究思路能够有力支撑用途结构优化决策，推动土地资源向节约集约利用转型，促进空间治理能力的现代化发展。
[关键词]国土调查；土地用途结构；空间优化；多源数据集成；用途管控机制
DOI：10.33142/sca.v8i6.16830 中图分类号：S151 文献标识码：A

Research on the Optimization and Control of Land Use Structure Driven by Land Survey

ZHU Yapan, WANG Puze, WANG Tian
Shaanxi Geological and Mineral Third Team Co., Ltd., Baoji, Shaanxi, 721000, China

Abstract: Based on the results of a new round of national land survey, a land use structure identification and optimization model based on high-precision spatial data is established. Multi source remote sensing monitoring technology and geographic information analysis methods are integrated to achieve accurate interpretation of land use status and systematic reshaping of use functions. By constructing a classification and zoning control system and dynamic use management mechanism, the efficiency of land spatial resource allocation is improved, the rationality of use layout is enhanced, and the control of ecological security boundaries is strengthened. This research idea can effectively support the optimization decision-making of use structure, promote the transformation of land resources towards efficient and intensive use, and promote the modernization of spatial governance capabilities.
Keywords: land survey; land use structure; space optimization; multi source data integration; usage control mechanism

引言

伴随新一轮国土调查工作的持续深入，高精度、多维度的土地利用数据不断充实，为解决土地用途结构失调、利用效率欠佳等问题奠定了数据基础，当下，城乡建设快速扩张与生态环境保护间的矛盾愈发显著，迫切需要依托调查成果，探寻科学且系统的用途结构优化与管控路径，在数据驱动与空间治理深度融合的趋势下，构建高效且可控的土地用途管理体系，已成为实现资源集约利用与生态安全协同发展的核心所在。

1 国土调查与土地用途结构之间的耦合关系分析

1.2 国土调查的内容、技术进步与成果概述

新一轮国土调查以“全域覆盖、高分辨率、多维采集”为目标，旨在全面摸清自然资源家底、精准掌握土地利用现状，调查内容涵盖耕地、园地、林地、草地、建设用地及未利用地等各类土地的现状甄别与分类统计，并同步开展地类图斑边界划定与属性信息采集，近年来，遥感影像智能解译、无人机航空测绘、地理信息系统（GIS）与大数据融合技术的深度应用，推动国土调查技术体系持续革新，数据精度与动态更新能力显著提升，调查成果广泛服务于国土空间规划编制、土地综合整治、生态保护红线勘界定标等领域，为土地用途管控与结构优化提供了全方位的数据支撑。

1.2 土地用途结构的内涵、分类方式与功能特征

土地用途结构是指不同土地类型在特定空间范围内的组合形态与比例关系，本质上反映了土地资源的利用效益与空间配置格局，其分类体系通常基于土地利用现状、功能属性及规划导向，划分为农业生产用地、城乡建设用地、生态保护用地等一级类型，并进一步细分为耕地、林地、工业用地、居住用地等二级子类，科学合理的用途结构不仅是区域经济发展水平与土地集约利用程度的直观体现，更承担着保障城市运行、维护生态安全、提升空间效能的复合功能，优化结构布局需综合考量区域资源禀赋、人口分布特征与经济发展需求，以实现土地资源的高效配置与可持续利用。

1.3 国土调查数据如何揭示土地利用现状、趋势与结构失衡

借助高分辨率遥感影像与时间序列数据的对比分析，国土调查能够动态呈现各类土地的空间分布特征、演变趋势及结构性矛盾，建设用地的无序扩展常导致耕地占补平衡压力加剧、生态用地边界模糊等问题凸显，同时，调查数据可量化不同用途土地的面积变化幅度、空间密度波动及迁移轨迹，精准识别区域内用途结构的趋同发展、碎片

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

化分布或功能紊乱现象，为土地利用问题诊断与结构优化提供关键线索。

1.4 调查结果在用途识别、结构评估中的应用示意

基于国土调查成果构建的用途图斑数据库，可实现精细化用途识别与动态用途追踪、结合多源数据融合分析模型，可开展土地用途功能评估、空间结构紧凑性分析与用地合理性判别，为后续用途结构优化提供可量化支持、例如，可通过叠加生态红线、永久基本农田与三类空间边界，构建用途冲突识别模型，进而实现分类施策与差异化用途管控。

2 土地用途结构存在的主要问题与成因剖析

2.1 土地用途比例失衡与功能重叠

当前土地利用结构中，用途比例失衡现象较为普遍，突出表现为建设用地占比过高，生态用地与农用地空间持续收缩，部分地区在城镇化进程中过度侧重工业、居住、商业等建设需求，忽视生态空间与农业基础的合理配置，导致用途分配偏离可持续发展目标，中小城市及产业园区中，用地结构单一化、扩张粗放化问题尤为显著。

此外，土地用途间功能交叉现象频发，如生态公园被商业开发侵占、农业设施违规占用林地等，打破了用途功能边界，此类交叉不仅降低土地利用效率，还引发管理责任模糊、监管难度攀升等问题，致使土地功能难以实现最优配置。

2.2 城乡建设用地扩张带来的生态挤压

近年来，城乡建设用地规模持续扩张，尤其城镇边缘区快速向外蔓延，大量挤占耕地、林地及生态空间，在快速城镇化背景下，建设项目以经济发展名义无序推进，削弱生态缓冲带功能，加剧水土流失、生物栖息地破碎化等生态问题，形成“开发 — 破坏 — 治理”的恶性循环。

同时，土地用途转换机制的不完善，加之建设用地审批中生态影响评估的缺失，导致生态用地在用途结构中占比缩减，生态系统服务功能显著退化，生态空间的边缘化，进一步引发区域空间功能协调性下降，制约国土空间开发的可持续性。

2.3 农用地与建设用地之间转换效率低下

农用地转建设用地的实际操作中，存在审批效率低、流程复杂等问题，用地报批受多部门协调难度大、审批周期长等因素制约，导致项目建设滞后，影响经济活动布局与空间资源合理配置，土地转用周期过长还可能引发地块闲置、资源浪费，甚至催生 “未批先建”“违规建设” 等乱象。

另一方面，建设用地转回农用地缺乏明确激励机制与实施路径，致使低效用地难以退出，造成土地资源闲置与空间利用低效，尤其在城市边缘区及退化工业用地中，因缺乏统一复垦规划与再利用模式，土地用途转换无法形成良性循环，阻碍用途结构的动态优化与更新。

2.4 成因分析

部分区域土地利用政策存在结构性偏向，形成以 GDP 增长为导向的用地模式，过度倾斜工业与房地产项目供地，却弱化生态保护与农业发展的空间保，这种政策倾向加剧对短期经济收益的路径依赖，持续挤压生态与农业空间，致使土地用途结构呈现单一化、高密度特征，与可持续发展目标渐行渐远。

经济利益诉求同样深刻影响土地用途结构，地方财政对土地出让收入的高度依赖，促使政府更倾向于扩大建设用地规模，造成用地指标分配失衡、用途边界模糊不清，与此同时，监管体系滞后、用途变更流程不透明，加之缺乏灵活的政策调控工具，使得土地结构失衡问题长期固化，导致用地决策与用途管控难以形成有效衔接，加剧土地利用矛盾。

3 基于国土调查的数据支撑与用途结构优化路径

3.1 国土调查数据驱动的分类分区方法

基于国土调查获取的高精度图斑级空间数据及属性信息，可开展精细化土地用途分类，运用融合用途属性、地貌特征与功能类型的多要素综合分区策略，构建“地类-用途-功能”三位一体的对应架构，通过叠加生态保护红线、永久基本农田保护区、建设用地边界等政策图层，实现土地用途分区的精准识别，划分差异化管理单元，形成覆盖多尺度的分类分区体系。

该方法有助于推进空间管控的精细化与分级治理，增强对用途边界、开发强度及转换潜力的量化分析能力，在城乡过渡地带、生态缓冲区域等关键地段，分类分区手段可促进空间功能的协同配置，为后续用途结构优化提供边界限定与空间预留，有效规避土地无序开发与空间资源错配问题。

3.2 多源数据集成与用途结构智能评估技术

整合国土调查数据、遥感影像、土地利用现状成果及规划图则等多源信息，可搭建包含时间序列变化、用途开发强度、功能效益评估等维度的土地用途信息数据库，借助随机森林、支持向量机等人工智能算法与机器学习模型，能够实现土地用途结构的智能识别、演变趋势预测及功能适配性评价。

运用空间统计分析、聚类算法及多目标优化技术，可对土地用途布局的合理性、空间紧凑度及功能协调性进行量化评估，这种智能化的用途结构评估方法，不仅提升了结构优化的技术水准，还推动评估模式从静态分类向动态调控转变，为土地用途结构调整提供科学依据与技术支撑，为实施差异化用途管控策略奠定基础。

3.3 用地功能重构与用途空间重组策略

针对土地功能失配与结构混乱问题，可运用功能重构手段优化用途空间组合，该过程聚焦低效、闲置及混合功能用地，依据地类特性与发展诉求重新界定用途类型，实

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

现空间整合与功能价值提升，在老旧工业区、衰败农村建设用地等区域，功能重构策略能够激活空间潜力。

空间重组策略着重于功能单元布局优化，通过构建绿色廊道、生态隔离带与集中开发区域的协同体系，改善空间流线并增强生态连通性，结合城市生态本底与敏感区域分布，建立生态保护与发展协同驱动的空间重组模型，强化用途结构的整体协调性与系统抗干扰能力。

3.4 建立以调查成果为基础的结构优化模型

构建土地用途结构优化模型需依托国土调查获取的图斑属性、空间区位及用途逻辑等核心数据，融合土地适宜性评价、用地矛盾诊断与生态功能区划等模块，形成多目标约束的优化框架，该模型应具备动态模拟与自适应调节功能，可依据用地演变趋势、规划导向及资源承载条件实时优化结构配置。

通过线性规划、多目标决策或地理加权回归等方法，模拟不同情景下的用途结构演变路径，筛选最佳配置方案，同时，引入“用途开发强度-功能效益价值-生态风险等级”三维评价体系，同步推进结构优化与风险管控，助力国土空间向精细化、智能化、可持续方向转型发展。

4 土地用途控制机制构建与政策建议

4.1 用途准入、强度管控与空间协同控制机制

构建以用途准入为核心的用地规范体系，是实现土地用途结构有序化的关键路径，需结合区域资源条件、生态承载能力及发展定位，制定差异化的用途准入标准，明确各功能分区的允许类、限制类及禁止类用途清单，强化用地前期筛选与空间约束，用途确定后，通过实施强度管控，对单位面积土地的开发密度、容积率及生态扰动程度进行调控，防范因过度开发引发的环境风险。

空间协同控制机制聚焦土地用途与区域功能的适配性，促进城乡、生态及产业空间的结构协同发展，通过开展用途叠加分析、构建空间关联网络，精准识别冲突区域并提出协同利用方案，提升国土空间的整体功能效率与复合利用价值。

4.2 用地指标动态分配与用途结构调控模型

用地指标管理需突破传统静态分配模式，建立“需求驱动-绩效评估-弹性调整”的动态分配机制，通过实时监测土地利用变化，结合区域发展成效与资源环境承载力，动态优化建设用地、农业用地及生态用地指标配置，增强指标分配的精准度与适应性。

用途结构调控模型整合土地适宜性评价、用途演变模拟及调控反馈功能，基于国土调查数据开展结构优化仿真，预测不同调控策略对用途格局的影响，为决策提供科学依据，同时，引入用途“逆向优化”机制，推动低效用地退出与功能重构，实现土地用途结构的整体优化升级。

4.3 多规合一背景下用途分类标准的统一与执行路径

现行规划体系中，土地用途分类口径差异与转换障碍问题突出，严重制约用途结构优化的协同推进，多规合一进程中，亟需构建统一的土地用途分类标准体系，明确各级用途分类的属性界定、空间逻辑与转换准则，推动用途识别的标准化与用途变更流程的规范化。

在实施层面，需建立“统一图则-分类规则-空间接口”协同机制，通过编制标准化用途分类词典、开发智能匹配工具与自动校验系统，实现用途认定、动态监管及结构调整的全流程数字化管理，提升用途管控效率与精准度。

4.4 建议：强化技术支撑、健全法治保障、优化政策工具组合

技术体系的完善是土地用途控制长效运行的基石，需持续深化遥感监测、AI 识别、GIS 建模等核心技术的融合应用，搭建用途识别与结构优化的智能化技术平台，推动管理模式向自动化、智慧化转型。

法治保障体系的健全要求完善相关法律法规，细化用途管控条款，提高土地用途违规惩戒力度，确保管控机制依法依规实施，同时，需优化政策工具配置，构建包含经济激励、生态补偿、用途退出机制在内的多元化调控体系，增强政策执行的灵活性与实效性。

5 结语

以国土调查数据为依托，打造系统且高效的土地用途结构优化管控体系，是推进国土空间治理现代化的核心举措，借助精细化分类分区、智能化用途评估、功能重组及动态化管控手段，可显著提升资源配置效能与生态环境承载力，推进用途分类标准统一、搭建技术支撑平台并完善政策调控机制，将为土地资源的集约利用、生态环境保护及区域协同发展提供有力保障，推动形成契合高质量发展需求的国土空间新格局。

[参考文献]

[1]罗斌,陈安金,肖祺.浅谈第三次国土调查统一时点更新的技术方法[J].国土资源导刊,2021,18(1):54-56.
[2]盛成,陆明华,徐晖.协同机制下的国土调查监测信息化实践[J].测绘通报,2024(1):181-185.
[3]廖丹霞,翁进.第三次国土调查城镇村内部细化调查方法研究[J].国土资源导刊,2021,18(1):33-36.
[4]徐志红.关于土地用途管制中地类认定的思考[J].中国土地,2022(6):37-39.
[5]罗斌,陈安金,肖祺.浅谈第三次国土调查统一时点更新的技术方法[J].国土资源导刊,2021,18(1):54-56.

作者简介：朱亚攀（1988.10—），男，长安大学毕业，地质学专业，陕西地矿第三地质队有限公司，项目负责职务，职称级别目前（中级）。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

传统园林艺术在城市园林工程中的应用

冯建飞
青岛市即墨区林绿化建设发展有限公司，山东 青岛 266200

[摘要]传统园林艺术的脉络源远流长，承载着深沉的文化素养与独特的美学风采，其核心特点体现为自然与人文的和谐并存、空间布局的精巧设计以及植物配置的独特格调，在现代都市园林建设进程里，传统园林艺术借助与现代设计理念的精妙融合，不但增添了城市景观的美感，也提升了文化传承的效力，传统园林艺术在生态环保事业上发挥着重要作用，为城市绿化与可持续发展输送了有效的设计思路，把现代与传统园林设计加以结合，可打造更宜居、洋溢文化气息的城市空间。
[关键词]传统园林艺术；城市园林设计；文化传承；生态设计；现代化融合
DOI：10.33142/sca.v8i6.16841 中图分类号：TU9 文献标识码：A

The Application of Traditional Landscape Art in Urban Landscape Engineering

FENG Jianfei
Qingdao Jimo Shenglin Greening Construction and Development Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266200, China

Abstract: The traditional garden art has a long history and carries profound cultural literacy and unique aesthetic charm. Its core characteristics are reflected in the harmonious coexistence of nature and humanities, exquisite spatial layout design, and unique style of plant configuration. In the process of modern urban garden construction, traditional garden art not only adds beauty to urban landscapes with the help of modern design concepts, but also enhances the effectiveness of cultural inheritance. Traditional garden art plays an important role in ecological and environmental protection, providing effective design ideas for urban greening and sustainable development. Combining modern and traditional garden design can create more livable and culturally rich urban spaces.
Keywords: traditional garden art; urban landscape design; cultural inheritance; ecological design; modernization integration

引言

传统园林艺术源自古老的中国，将自然景观跟人文精神加以融合，看重“天人合一”的设计理念内涵，其主要特点呈现为精妙绝伦的空间布局、植物配置以及文化象征，稳固地扎根于中国文化的沃壤，在现代城市园林建设工程里，伴随城市化进程稳步推进，传统园林艺术日渐面临着跟现代设计理念融合的棘手问题，传统园林艺术可显著提升城市景观的审美水准，也能在生态环保及文化传承领域发挥特殊效能，发掘其在现代园林里的应用潜力，具备极为关键的现实意义与价值。

1 传统园林艺术的核心理念与表现形式

1.1 传统园林艺术的哲学思想

道家及儒家思想对传统园林艺术影响深远，于园林设计中，这两种哲学思想彼此交织，造就了独树一帜的文化内涵，道家看重自然所赋予的力量，认可“无为而治”的主张，园林设计聚焦于自然、简朴、自由的感觉塑造；儒家思想把重点放在秩序与和谐上，突出展现人与自然的和谐互存。在园林艺术的世界里，此理念体现成自然景观跟人工构造物的精巧融合，力求营造出“天人合一”这般境界，体现出人与自然，以及人与人之间的和谐共融，园林设计不单单是景观的打造，更是对自然的敬畏与哲理的吐露。

1.2 传统园林的空间布局与结构特点

传统园林的空间布局极具考究性，凸显空间布局的层次节奏，依靠精巧设计让不同区域在视觉及功能上达成和谐统一，园林空间一般会拆分成若干个区域，各区域分别有着不同的主题及功能，进而牵动游客的目光与脚步，增添空间的趣味元素与互动性。自然景观跟人工构筑物的结合，成为传统园林的另一特色，小桥流水、假山石雕、亭台楼阁等构筑物跟周围山水、植被相互辉映，造就了自然与人工彼此交融的独特美学景象，园林内小品及景点的布局设计精妙，往往存有隐秘的乐趣，依靠曲折小道、迂回的水系、错落分布的石雕等设计，造就了层次多样的空间体验感，使人沉迷其中，不肯移步。

1.3 植物配置与园林景观设计

在传统园林艺术领域里，植物的选定与布置往往有着深远的象征意义及审美价值，园林植物在种类选定上丰富各异，结合季节的变化、气候特点与园林风格差异，往往会选用像松、竹、梅这种四季常绿的植物，以此象征不屈、持久的生命能量，伴随四季的交替，园林景观也会呈现别样的景致，春开繁花、秋结佳实、夏呈翠色、冬覆素雪，构建起多姿多彩的视觉印象，在往昔传统园林，植物的安排不只是为了好看美观，还存有“以花牵引景致”的功能，时常采用植物的搭配铺排，营造特定氛围的景象与意绪，

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

传达出吉祥佳兆、福祉满溢、节令交替等文化寓意。

2 传统园林艺术在城市园林工程中的历史与现状

2.1 传统园林艺术在古代园林设计中的体现

处于中国古代园林设计期间，传统园林艺术诠释了极高的艺术风采，尤其在皇宫以及寺庙园林中得到充分表露，往昔园林常常留意建筑与自然景观的融洽结合，突出对自然景观的雕琢及利用，就如同在皇宫园林里，池塘、山石、亭阁、小桥等景致的布置一般象征着权力、智慧与神圣。寺庙园林往往重视静谧与超然的氛围营造，园林中的设计一般以“清幽”体现佛教的理念，构建出一个实现心灵纯净、修身养德的空间，处于这些园林的设计进程中，文化传承及其象征意义极为关键，园林不单单是个景观空间，它们体现出皇权象征、文化信仰以及哲学的理念，北京颐和园跟苏州的那些园林，它们不只是传统艺术的代表范例，更称得上是展现中国古代哲学理念、自然观照及人文精神的珍奇。

2.2 传统园林艺术在近现代城市园林中的应用

在社会发展与城市化进程加速的背景下，于近现代城市园林中，传统园林艺术的应用慢慢呈现转型与创新趋向，诸如假山、曲水、亭台楼阁的传统园林元素，经由现代园林设计实施转化，呈现出更多样的形式与功能，于现代园林设计工作中，园林景观往往融入生态设计的相关理念，在保证传统艺术形式存续之际，增添诸多现代元素，诸如环保的用料、智能的灯光、绿色的房屋等，依然维持着传统艺术的韵味风采，又贴合了现代城市环境的需求。伴随人们文化认同感的回归，近现代园林中的传统艺术重焕活力，诸多城市的公共绿地再度拾起传统园林的设计特色，国内外若干经典实例，就如东京的代代木公园、上海世纪公园之类，皆巧妙地把现代景观设计与传统园林元素融合起来，充当城市文化与历史的承载载体。

2.3 当前城市园林中传统园林艺术存在的问题

即便现代城市园林中传统园林艺术得到较广泛的应用，然而依旧遭遇了一些挑战与难题，传统艺术于现代园林里的局限性不可忽视，伴随城市功能与使用需求的多样化发展，片面追求传统艺术风格也许会跟城市的现代功能需求产生矛盾，某些传统园林元素过分看重装饰性，说不定会造成在实际使用里实用性缺乏或维护成本过大，快节奏建设及商业化对传统园林艺术的影响也清晰可辨，在部分城市园林里，传统园林艺术要义往往被冷落，更多被当作招揽游客的“景观装饰”，却忽视了其背后所蕴藏的文化底蕴与哲学内涵。

3 传统园林艺术在城市园林工程中的应用模式

3.1 传统园林艺术元素的融入设计

在现代园林设计的实践里，把传统园林艺术元素融入，是提升景观质量及文化内涵的重要途径，旧有的造园技艺，诸如假山搭建、曲水迂回、花坛陈列等，经过现代化重塑，表现出更具多样及功能特性的样式，现代园林设计并非仅仅聚焦视觉效果，也将功能性与可持续性纳入考量，基于当前基础，传统技艺得到创新运用。假山石雕不再只作为景观元素看待，而是融入到环境里成为景观小品，成为水景里的一环，增添了园林的生态功效，园林小品跟建筑设计的契合，还让园林中的亭台楼阁及廊道等与现代建筑风格相融汇，既留存下传统艺术的隽永韵味，还让其契合现代城市空间的要求，园林水系的搭配堪称传统园林艺术里必不可少的元素，现代水景设计往往使雕塑艺术与自然水系相互结合，形成既具审美价值又有生态功能的景观架构。

3.2 景观设计中的文化传承

在现代城市的园林里头，运用传统园林艺术不只是停留在对美学的追求上，实则文化传承的主要途径，将地域文化与园林艺术结合，可令园林设计成为地方文化的寄托载体，彰显当地别样风采，传统造园的相关元素，就如中国园林里“园中有园”的结构形式、假山石和水池的设计等，可高效传递当地历史、文化以及风土人情。在部分以文化遗产为主题打造的园林设计里，设计师借助园林空间的搭建，使游客在游览此园林时体会到浓厚的地方文化韵味，处于现代园林设计的阶段，传统园林艺术不时与现代功能需求形成平衡，既能够给予休闲、娱乐等功能体验，也可以融入当地别样的文化特色，创建出带有“场所精神”的空间。

3.3 环境友好与生态设计

传统园林艺术于环境友好及生态设计方面，也起到不可小觑的作用，中国古代园林追求与自然融洽共生的理念，反映出生态层面的智略，众多传统园林的设计思路及构造样式，至今仍跟现代城市园林的生态需求相契合，诸如采用自然的水系循环、雨水花园等手段，缓解园林对自然资源的消耗压力，实现水与能源节约的目的。现代园林设计里，自然景观的恢复与保护是核心，众多城市园林项目把如本地植物、土壤和自然水域等原生态景观元素融入园林设计恢复工作中，以达成生态系统的平衡与永续发展，传统园林可持续设计理念把生态功能作为强调点，诸如环保建筑用材和雨水回用系统，促进现代园林往生态及可持续的方向发展变化。

4 传统园林艺术在城市园林工程中的实践案例

4.1 国内经典案例分析

诸多经典园林为传统园林艺术的应用给予丰富实践案例，作为古代皇家园林典型代表的北京颐和园，精妙地将传统园林艺术里的山水布局与人工构筑物相融合，诸如峻拔的假山、浩渺的湖泊、华丽的亭台等，呈现出和谐无隙的“天人合一”景象。苏州园林因独特的小桥流水与精巧的庭院布局而声名远扬，这些元素大量融入现代园林设计里，好比某些商业区、住宅区开展景观设计期间，采用有小桥且曲径通幽的布局形式，既留存了传统文化的真髓，

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

也拥有现代景观的实用功能，上海世纪公园为现代园林与传统艺术结合的成功实例，公园内存在展现中国传统园林元素的景区，还存在融合生态理念的水系及绿地，呈现出传统园林设计在现代园林中的合理运用。

4.2 国外传统园林艺术的应用案例

国外传统园林艺术应用实例同样显示出传统文化跟现代设计的融合态势，在日本京都那儿，园林设计中普遍应用着传统园林艺术元素，尤其在古寺园林的范畴里，石庭、池塘、枯山水等设计元素流露出日本园林独特的美学风采，现代景观设计借鉴了此类设计理念，进而与日本传统文化达成有效结合。英国皇家园林设计的影响源自中国传统园林，尤其体现在园林里自然景观的布局与水系设计方面，展现出中国园林所追求的自然与人工和谐相融的理念，法国凡尔赛宫的园林设计借助精巧的植物搭配与几何形布局，采用了传统艺术的象征要义。

4.3 案例中的成功与不足

在刚才所说的案例里面，传统园林艺术设计元素及效果达成显著成功，北京颐和园、苏州园林运用的山水布局与园林小品，展现出传统艺术在美学与文化层面的价值内涵，日本京都园林与上海世纪公园的现代化过渡，同样出色地处理了传统与现代结合的矛盾。传统园林艺术的应用依然面临若干挑战，现代园林需求的急剧转变与城市功能的多元化，致使传统艺术元素在特定场合的应用受局限，尤其在应对和维护现代功能需求环节，传统园林结构说不定难以完全满足现代城市生活要求，怎样平衡传统艺术美学跟现代功能的需求点，仍是众多园林设计所面临的关键难题。

5 传统园林艺术在未来城市园林设计中的发展趋势

5.1 传统园林艺术与现代园林设计的融合

伴随现代科技的进步，技术创新慢慢给传统园林艺术添助力，尤其在智能化景观、环保材料和可持续设计的实际应用上，传统园林元素获得了更宽泛的现代化转化，依靠高科技途径达成，传统园林景观设计实现了更高精准度与多样化呈现，若提及智能照明、雨水收集系统等技术的引入，促使传统艺术应用更契合现代城市园林的功能目标，园林设计风格的多样变化推动传统与现代元素融为一体，传统园林艺术与地方特色及国际风格相汇，构建出更显丰富、带有层次感的现代景观。

5.2 社会需求与园林文化的双重推动

社会对园林景观需求的转变正在推进传统园林艺术的发展，尤其在文化旅游日渐兴盛这样的背景下，传统园林艺术正逐步成为吸引游客的关键要素，城市居民对生态、绿色、可持续景观需求日益高涨，传统园林艺术所蕴含的生态智慧和自然景观得到更多聚焦，依靠园林设计途径，传统园林艺术可更出色地与现代社会对生态文化需求相契合，又可提升城市的景观格调，还促进文化的传承跟发扬。

5.3 政策支持与园林教育的推动作用

因政府政策对传统园林艺术的扶持，其在未来城市园林设计的应用得到了有力保障，好些城市已启动出台相关政策工作，促进传统文化跟园林设计彼此结合，推动园林艺术实现创新拓展，普及园林艺术教育对传统园林艺术的传承与发扬大有益处，经由专业教育造就更多园林设计专门人才，提升全社会对园林文化的知晓与重视水平。

6 结语

现代城市园林工程中传统园林艺术的引入，既提升了景观的美学呈现与文化意义，又推动了生态环保与可持续的发展态势，依托现代技术与多样化设计风格相联合，传统园林艺术达成了创新式转化，为城市园林赋予了新的蓬勃活力，伴着社会需求的拓展及政策支持的不断深化，于城市景观设计，传统园林艺术将扮演更举足轻重的角色，凭借传统与现代设计的恰当融合，城市园林将更恰当地传承文化、契合功能设定，塑造更为宜居、文化气息充盈的环境。

[参考文献]

[1]李永红.中国传统园林艺术设计技巧在城市园林工程中的应用[J].海峡科技与产业,2019(7):70-72.
[2]王震.中国传统园林艺术设计在风景园林工程中的应用[J].现代园艺,2019(24):115-116.
[3]井菁,毕国栋.中国传统园林艺术设计在风景园林工程中的应用——以中国北京世界园艺博览会齐鲁园为例[J].现代园艺,2020,43(22):120-121.
[4]董子坚.传统园林艺术设计技巧在城市园林工程中的应用[J].现代园艺,2024,47(24):126-128.
[5]李建峰,张勇杰,付强.传统园林艺术在城市园林工程中的应用[J].绿色中国,2025(1):61-63.

作者简介：冯建飞（1987.3—），单位名称：青岛市即墨区晟林绿化建设发展有限公司，毕业学校和专业：青岛农业大学海都学院园艺专业。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

园林绿化施工全过程质量控制技术路径研究

李彦颖
北京市园林绿化工程管理事务中心，北京 101118

[摘要]本研究聚焦园林绿化施工全过程管理，系统剖析各阶段质量控制要点，构建起涵盖设计优化、场地预处理、土壤改良、苗木采购、施工实施及后期养护的全链条技术体系，通过整合现场动态监测、标准化作业规范与智能化管理手段，旨在提升绿化工程施工效率与苗木成活率，增强景观效果的稳定性和生态功能的长效性，该技术路径具备较强的实操性和广泛的适用性，能够切实保障绿化项目的质量与可持续发展。

[关键词]园林绿化；施工管理；全过程；质量控制；技术路径
DOI：10.33142/sca.v8i6.16827　　中图分类号：TU986　　文献标识码：A

Research on the Technical Path of Quality Control throughout the Whole Process of Landscape Greening Construction

LI Yanying
Beijing Landscape and Greening Engineering Management Affairs Center, Beijing, 101118, China

Abstract: This study focuses on the management of the entire process of landscaping construction, systematically analyzes the key points of quality control in each stage, and constructs a full chain technical system covering design optimization, site pretreatment, soil improvement, seedling procurement, construction implementation, and post maintenance. By integrating on-site dynamic monitoring, standardized operation norms, and intelligent management methods, the aim is to improve the construction efficiency and seedling survival rate of greening projects, enhance the stability of landscape effects, and the long-term effectiveness of ecological functions. This technical path has strong practicality and wide applicability, and can effectively ensure the quality and sustainable development of greening projects.

Keywords: landscape greening; construction management; the whole process; quality control; technological path

引言

园林绿化在改善城市生态环境、提升居民生活品质方面发挥着关键作用，已成为现代城市建设的重要一环，但在实际施工过程中，诸多质量问题不断涌现，导致绿化景观效果不佳、植物存活率低，严重影响工程使用寿命，因此，如何在园林绿化项目的设计构思、施工建设、后期维护等全流程环节中，落实高标准、高效率的质量管控措施，成为行业亟待解决的核心问题，借助科学的技术路径与全过程管理理念，有望推动园林绿化工程朝着标准化、精细化方向发展，助力构建更加绿色、宜居的城市生态空间。

1 园林绿化施工全过程概述与质量控制必要性分析

1.1 园林绿化施工的主要阶段划分

园林绿化施工是贯穿前期策划至后期养护的系统性工程，通常划分为四大核心阶段：规划设计、场地预处理、种植施工与养护管理，规划设计阶段是工程质量的基础，通过科学布局景观结构与配置植物种类，奠定项目的功能属性与观赏价值；场地预处理阶段涵盖地表清理、土壤改良及基础设施建设，为后续绿化施工构建适宜的物理环境；种植施工阶段涉及苗木栽植、草坪铺设、水景营造等关键工序，是质量管控的核心环节；养护管理阶段通过施肥、灌溉、修剪、病虫害防治等日常措施，保障景观效果的长期稳定与生态效益的持续释放。

1.2 各阶段常见质量问题及影响因素

各施工阶段均存在影响质量的潜在风险与变量因素，设计阶段若忽视气候特征、植物生长习性或功能需求，可能导致景观风格冲突或苗木存活率低下；场地预处理中土壤肥力不足、排水系统缺陷等问题，会直接破坏苗木根系的生长环境；种植施工中常见的栽植深度偏差、苗木规格不符、操作流程不规范等现象，易引发苗木枯萎或生长迟缓；养护管理阶段若技术执行不到位或资源投入不足，可能造成植物退化、病虫害蔓延，严重削弱景观整体品质。

1.3 “全过程质量控制”理念的提出背景与意义

伴随城市生态建设标准的不断升级以及公众审美需求的持续提升，传统分阶段、被动响应式的质量管理模式已无法契合现实要求，在此背景下，“全过程质量控制”理念逐步形成，该理念强调将质量管理深度融入设计构思、施工建造、工程验收、后期养护等全流程环节，通过构建“事前预防-过程监控-事后评估”的闭环管理体系，实现施工效率与绿化工程品质的双重提升，这一理念的推行，

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

不仅能够有效降低工程返工率、减少资源浪费，更对打造高品质、可持续发展的城市绿地生态系统具有重要意义。

1.4 国内外园林绿化项目质量控制现状对比

在质量控制体系构建方面，发达国家已形成成熟的标准化管理体系与全过程监理机制，尤其在智能化管理技术、绿色施工工艺及可持续养护策略的应用上优势显著，以欧美国家为例，BIM、GIS 等数字化技术已广泛应用于施工模拟与养护管理场景，反观我国，园林绿化质量管理仍面临监管力度不均衡、标准执行缺乏统一性、“重建设轻养护”倾向突出等问题，虽然部分城市已开展全过程管理的实践探索，但在制度体系完善与先进技术推广应用层面，仍存在较大提升空间，通过对比可见，加速提升我国园林绿化施工全过程质量控制水平，已成为行业发展的迫切需求。

2 园林绿化施工准备阶段的全过程质量控制技术

2.1 施工图纸与设计意图的理解与深化

施工图纸作为园林绿化工程实施的纲领性文件，完整承载景观布局、植物配置及水系构造等核心要素，是达成设计预期效果与生态功能的重要依托，施工单位需深度剖析图纸细节，精准把握植物品种组合、空间架构规划及设施布局要点，确保施工严格遵循设计初衷，防止因理解误差造成景观效果偏离，深化设计时，应结合场地实际地形地貌、土壤特性与功能需求，对原始设计中的潜在技术缺陷进行优化。

设计理念的有效落地离不开系统化沟通体系，借助现场技术交底会议、三维可视化模拟等多元方式，向施工人员详细解读设计构思、植物生态特性及景观节奏把控重点，促使一线作业人员充分理解设计意图。

2.2 土壤检测与改良技术规范

土壤作为植物生长的基础载体，其物理化学性质，包括 pH 值、有机质含量、透气性、含盐量等指标，直接影响苗木成活率与景观长期稳定性，施工前期需对场地土壤开展全面检测，依据检测结果评估其与设计植物的适配程度，若发现土壤肥力匮乏、结构紧实或存在盐碱化等问题，需制定针对性改良方案，针对黏性重的土壤，可添加腐殖质、河沙改善通气性；盐碱化地块可采用铺设排盐层结合生物淋洗、客土置换；重金属污染区域运用微生物修复或植物萃取等生态治理措施。

土壤改良须遵循“检测-方案制定-实施”的科学流程，改良材料的选用与配比需经实验室试验验证，确保改良后的土壤满足植物生长需求。以酸性土壤为例，可通过施加生石灰调节 pH 值至中性微碱范围，并掺入腐熟有机肥提升有机质含量，参考《城市绿化土壤质量标准》（CJ/T 362—2011），一般乔木种植区宜≥3%，灌木及草坪区域宜≥2%，为根系生长营造良好环境。

2.3 苗木采购标准化与源头管控

苗木质量是园林绿化工程的核心要素，直接影响景观效果的呈现与生态功能的发挥，采购环节需建立全流程标准化管控体系，在招标文件中明确苗木品种、规格（胸径、冠幅、高度）、根系完整度（土球直径与包扎质量）及病虫害检疫等技术指标，并将其纳入供货合同条款，苗木到场后，需依据标准逐批开展抽检，重点核查品种纯度、生长势态及根系损伤情况。

源头管控需从供应商筛选环节切入，优先选择具备苗木生产许可证、植物检疫资质及良好履约记录的供应方，鼓励与规模化苗圃建立长期合作关系，确保苗木遗传性状稳定、适应性强，对于异地引进的珍贵树种或特色品种，需提前开展适应性试验。

2.4 施工单位资质审核与施工人员技术培训

施工单位的专业能力是保障绿化工程品质的核心要素，在项目招投标与分包管理阶段，需重点评估企业的专业技术团队构成、施工设备配置、管理体系建设及过往项目业绩等情况，同时考察其质量管理体系的健全性和实际执行能力，确保企业具备开展全过程质量控制的技术与管理能力，从源头上规避因技术短板或管理缺陷导致的工程风险。

施工人员的操作技能与质量意识直接影响施工效果，通过开展岗前技术培训，系统讲解设计方案、施工规范、操作流程及安全标准，可有效提升施工团队的执行效率与质量一致性。针对种植工、养护工等关键岗位，需定期组织实操演练与技能考核，推动施工人员专业技能和质量意识的持续提升。

3 施工实施阶段的关键质量控制措施

3.1 土建与绿化工程的衔接控制技术

园林工程中土建与绿化环节紧密关联，衔接不当易引发植物生长受限、景观效果受损等问题，在铺装工程与绿化区域交界处，需精心设计过渡空间，预留充足的植物根系生长范围，避免土壤压实影响通气性，排水系统应在绿化施工前优先完成，确保地表径流与地下排水通道畅通，防止植物根系积水腐烂。

3.2 植物种植技术与成活率保障措施

植物种植是决定绿化工程成败的关键环节，其技术水平直接影响苗木存活与景观成型效果，种植前需依据植物生态习性，合理确定栽植密度与树穴规格，并对坑底土壤进行改良处理，铺设排水层以优化根系生长环境，栽植过程中确保土球拆包，严格控制种植深度，确保根系舒展、培土密实，避免苗木歪斜或根部积水；种植后立即浇足“定根水”，维持土壤湿度平衡，促进根系与新环境的快速融合。

3.3 施工现场管理与质量监督制度建设

施工现场管理是全过程质量控制的最终落脚点，需构建系统化监督体系，首先，依据施工进度制定分阶段质量验收标准，将苗木进场检验、树穴开挖、苗木栽植、施肥养护等关键工序纳入重点管控清单；其次，建立动态抽检制度，安排专业监理人员对施工工艺执行情况进行随机巡查，对不合规操作当场责令整改，防止质量隐患累积，同

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

时，要求施工团队每日记录材料使用、天气变化、人员配置等信息，形成完整的施工日志档案，为后期质量追溯与问题分析提供数据支持。

3.4 应急情况处理技术路径

园林绿化施工易受突发因素干扰，需构建完备的应急响应体系以应对气候变化、苗木死亡、设备故障等问题。针对极端天气，提前加固植物支撑结构，部署防风防雨设施，转移耐寒性弱的苗木，并暂停户外作业保障人员安全；若出现苗木突发性死亡，需立即分析成因，启动苗木储备应急补植，同步优化病虫害防治与养护方案。面对设备故障导致的施工中断，通过预设替代施工方案，确保工期与质量目标不受影响。

4 后期养护与长效质量控制机制

4.1 养护管理技术规范

后期养护作为维系园林绿化工程生态价值与景观效果的核心环节，亟需建立科学化、精细化的管理技术规范体系，在灌溉管理上，需依据植物耐旱、喜湿等生理特性，结合季节气候特点制定差异化浇水方案，杜绝因积水沤根或水分匮乏引发的根系损伤；施肥环节严格遵循“少量多次”原则，根据植物生长周期调配氮、磷、钾等养分比例，精准满足植株营养需求。

病虫害防控坚持“预防优先、防治协同”策略，综合运用生态调控、生物防治及化学防治手段，通过优化植物群落配置提升生态系统稳定性，引入天敌昆虫、微生物制剂等生物防治措施，必要时辅以化学药剂，在保障防治效果的同时降低药物残留风险，建立常态化巡查机制，利用目视检查、专业检测设备等手段及时捕捉病害早期症状，第一时间启动针对性防治预案。

4.2 长效质量评估指标体系的构建

为实现对园林绿化工程后期表现的系统性评价，需构建具备量化特性与可追溯性的质量评估指标体系，该体系一方面涵盖植物生长势、成活率、病虫害发生率、冠幅完整度、色泽一致性等基础生态指标，另一方面纳入景观设计完整性、视觉协调性、功能适配性等景观持续性指标，形成从植物个体生长到景观整体效果的全维度评价框架。

评估机制依托施工档案与养护记录，采用“现场抽检+数据监测”的复合评价模式，实施分阶段动态考核，通过设定各指标评分权重与等级标准，可精准判定项目是否达成质量控制目标，为养护方案的动态调整提供科学依据，标准化评估体系的建立，打破了传统“重建设、轻运维”的模式局限，成为推动绿化工程向全周期可持续运营转型的核心驱动力。

4.3 智能化管控手段的引入

伴随智能技术迭代升级，园林绿化养护正加速向数字化、信息化方向转型，通过在绿地内部署土壤湿度、温度、光照等环境传感器，可实时采集植物生长环境数据，动态掌握土壤墒情、温湿度变化趋势，为精准灌溉、施肥及遮阳防寒等养护决策提供科学依据。

借助物联网技术与移动终端应用，管理人员可远程查看绿地数据、接收异常预警信息，并即时调度养护任务，实现“监测-预警-处置”全流程闭环管理，构建高效智能的绿地运维体系，智能化手段的深度应用，不仅大幅降低人力成本投入，更显著提升绿化管理的精细化程度。

4.4 建立绿化项目质量追溯与责任机制

为实现绿化工程全生命周期质量的精准管控与可回溯管理，需构建系统化的质量追溯与责任体系，施工及养护全过程中，关键工序操作记录、苗木与材料来源信息、人员作业痕迹等数据均转化为电子档案，形成完整的绿化项目“数字履历”，便于养护单位快速调取查阅与管理。

同时，每项养护作业均明确责任归属，细化权责边界，杜绝因管理职责不清导致的监管盲区，当出现绿化质量问题时，该追溯机制可快速锁定问题环节与责任主体，推动问题高效处置与规范整改。

5 结语

园林绿化施工质量作为城市生态建设的核心指标，不仅直接影响生态环境改善成效，更折射出工程管理的系统性与专业化水平，通过构建覆盖前期规划设计、中期施工建造、后期养护管理的全流程质量控制体系，以科学规范的技术路径与高效协同的管理模式，能够显著提升苗木成活率，保障景观效果的长期稳定，推动绿化工程实现可持续发展目标，展望未来，需进一步深化智能化技术与标准化管理机制的融合应用，持续强化项目全生命周期监管力度，压实各方主体责任，为打造高品质、宜居型的城市绿色空间筑牢坚实基础

[参考文献]

[1]周游.江西省现代风景园林绿化工程的设计原则及施工要点探析[J].南方农业,2022,16(20):64-67.
[2]白雪.加强园林绿化工程施工过程质量控制措施研究[J].居业,2023(8):56-58.
[3]赵培品.城市园林绿化工程质量评价研究[D].合肥:安徽大学,2022.
[4]金雯.园林工程建设质量影响因素研究[D].咸阳:西北农林科技大学,2020.
[5]张燕琴.园林绿化工程施工质量影响因素及管理对策研究[D].南京:南京林业大学,2023.

作者简介：李彦颖（1991.5—），毕业院校：中国矿业大学（北京），所学专业：建筑与土木工程，当前就职单位：北京市园林绿化工程管理事务中心，职称级别：工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

园艺疗法在城市生态康养建设中的应用

高 妍 陈昱光 台方瑜 方 宇 朴顺梅*
延边大学，吉林 延边 133000

[摘要]在城市化与居民健康需求升级背景下，城市生态退化与心理问题突出，传统治理手段协同不足。园艺疗法作为跨学科创新路径，对城市康养生态建设有重要价值。本研究结合理论建构与实证分析，整合多学科理论构建框架，经实地调研等揭示其生态修复、心理调节和社会治理多维作用机制，提出“政策—规划—技术—参与”四位一体实施路径。研究拓展了园艺疗法在城市可持续发展的理论应用，构建其作用机制与实施路径理论体系，为城市康养生态建设提供支撑与指导，助力提升居民健康福祉和城市可持续发展。

[关键词]园艺疗法；康养景观；生态；风景园林；城市建设
DOI：10.33142/sca.v8i6.16826 中图分类号：TU98 文献标识码：A

Application of Horticultural Therapy in Urban Ecological Health Construction

GAO Yan, CHEN Yuguang, TAI Fangyu, FANG Yu, PIAO Shunmei*
Yanbian University, Yanbian, Jilin, 133000, China

Abstract: Against the backdrop of urbanization and the upgrading of residents' health needs, urban ecological degradation and psychological problems are prominent, and traditional governance methods lack coordination. Horticultural therapy, as an interdisciplinary innovation path, has important value for urban health and ecological construction. This study combines theoretical construction and empirical analysis, integrates a multidisciplinary theoretical framework, and reveals the multidimensional mechanisms of ecological restoration, psychological regulation, and social governance through field research. It proposes a four in one implementation path of "policy-planning-technology-participation". The research has expanded the theoretical application of horticultural therapy in urban sustainable development, constructed its mechanism of action and implementation path theoretical system, provided support and guidance for urban health and ecological construction, and helped improve residents' health and well-being and urban sustainable development.

Keywords: horticultural therapy; health and wellness landscape; ecology; landscape architecture; urban construction

引言

随着全球城市化加速，城市人口占比持续攀升，2023年全球超 56%，我国城镇化率达 65.22%。城市虽带来便利，却衍生系列问题。环境污染方面，工业等活动致空气质量恶化、水污染严重，噪声与固体废弃物污染也干扰生活。同时，快节奏与高压力影响居民心理健康，心理疾病发病率上升，不良生活习惯加剧亚健康。在此背景下，人们对健康生活愈发关注，园艺疗法作为融合园艺与身心健康的疗法，顺势进入大众视野。

1 研究目的与意义

本研究旨在从景观生态学、心理学、社会学、园艺学等多学科视角，揭示园艺活动对城市居民身心指标的调节机制。结合城市规划、景观设计等领域，探索园艺疗法在公园、社区等不同城市空间的应用模式与实施策略，通过多方法评估园艺疗法的实际效果，为城市可持续发展与居民健康福祉提供科学依据和实践指导。同时填补园艺疗法在城市康养生态建设领域的理论空白，推动园艺学、心理学等多学科交叉研究，拓展城市生态与居民健康研究新视角。实践中，研究成果可为城市规划提供优化绿地布局、打造康养空间的思路，为社区建设提供绿色康养花园设计策略，对促进城市可持续发展与社区和谐具有重要现实意义。

2 国内外现状

2.1 国内研究与应用现状

国内园艺疗法研究始于 20 世纪 90 年代，截至 2024 年 2 月，相关中文文献达 162 篇，研究以历史理论、设计应用为主（占比 40.7%），实证研究占 30.9%，主要由医学团队开展，涉及精神分裂症患者、老年人、大学生等群体。通过关键词聚类分析发现，心理健康是核心关注点，研究对象从精神疾病患者扩展至潜在亚健康人群，如疫情期间针对抑郁症患者和养老机构人员的研究增多。清华大学李树华团队是国内最主要研究力量，其研究涵盖园艺操作效果对比、绿地公共健康效益等，推动了学科理论与实证的结合[1]。国内实证研究存在样本量小、干预周期短、多学科合作不足等问题，如多数研究未采用双盲试验，风景园林团队在随机对照试验设计上存在欠缺。未来需借鉴医学范式，加强长期随访与多学科协作，探索不同园艺活动对城市人群的差异化效益，推动“园林康养”理念在城市公园、社区绿地中的应用，扩展服务对象至普通市民。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2.2 国外发展历程与实践特征

国外园艺疗法起源可追溯至古埃及，发展历经萌芽期、探索实践期、学科建立期及医学研究期。美国堪萨斯州立大学是唯一提供从学士到博士学位教育的机构[2]，形成了完整的专业人才培养体系国外研究覆盖精神疾病患者、痴呆老人、儿童等多元人群，注重生理指标与心理量表结合的量化评估。例如，韩国研究通过测量皮质醇水平证明园艺疗法可降低压力[3]；美国对发育障碍成年人的研究显示，园艺活动能显著改善其生理指标[4]。应用场景从医院扩展至社区花园、学校、监狱等，如日本“床边结构化插花”项目[5]，体现了与城市公共空间的融合。

国外正从医学辅助手段转向普惠性健康干预，其规范化流程及跨学科合作模式为国内提供借鉴，尤其在城市生态建设中，可通过“园艺疗法+社区花园”“自然疗法+康复景观”等模式，提升城市空间的健康服务功能。

2.3 国内外对比与启示

国内研究侧重理论构建与小范围实践，学科交叉不足，而国外已形成“研究—教育—实践”一体化体系，且更注重循证医学证据与公众健康覆盖。未来国内需强化多学科协作，建立标准化操作流程，推动园艺疗法从学术研究走向城市生态规划实践，提升城市居民身心健康，助力“健康城市”与“生态城市”建设。

3 理论基础

园艺疗法（Horticultural Therapy）指以植物为主题，以栽培等园艺活动为干预手段，帮助人从其社会、教育、心理以及身体诸方面进行调整更新的方法[6]。其范畴涵盖多个方面，活动类型丰富多样，包括但不限于植物种植、修剪、浇水、施肥等园艺操作活动，以及花卉观赏、盆景制作、花艺设计等园艺欣赏与创作活动。园艺疗法具有自然性、综合性与持续性三重核心特征。其自然性体现为以植物、土壤等自然元素为媒介，通过负氧离子、植物挥发物等调节生理机能，并依托与自然的直接互动缓解心理压力，区别于依赖药物或器械的疗法；综合性表现为融合生理锻炼、心理调节与社会功能提升，实现身心社多维健康干预；持续性则强调长期参与形成的健康习惯与自然亲和深化，渐进式增强心理健康并通过社交互动强化社区凝聚力。

现代城市为什么需要园艺疗法？近年来，园林康养（Garden healthcare）理论进一步得到发展。该理论指出，借助荒野、城乡绿地、风景名胜区、公园与花园等不同尺度风景园林中的自然要素进行体验，可在生理、心理及社会层面，对人体起到疗愈与健康养生的作用[7]。园林康养存在多种具体服务类型，也有诸如生态疗法、自然疗法、森林康养、花园疗法等相近称谓。英文中的绿色疗法（Green Therapy）理论，主张通过自然干预来改善人体身心健康状况，尤其突出绿色植物数量的重要性[8]。森林康养与园艺疗法在活动的实践尺度、地点和方式上有所区别，园林康养则在中文语境下涵盖了园艺疗法。

4 城市康养生态建设的园艺疗法应用路径

4.1 城市规划层面的应用

4.1.1 康养空间布局

在城市规划中，合理布局园艺疗法相关的康养空间是实现城市康养生态建设的关键环节。应充分考虑城市的功能分区、人口分布和生态环境等因素，科学规划康养公园、疗养花园等空间的位置和规模。在城市的居住区附近，规划建设康养公园，为居民提供便捷的康养服务；在医疗机构周边，设置疗养花园，为患者提供康复治疗的场所[9]。

康养公园的规划应注重功能分区，设置不同主题的园艺区域，如芳香植物区、色彩植物区、观赏植物区等，满足不同人群的需求。芳香植物区种植薰衣草、迷迭香等具有舒缓神经、放松身心作用的植物，为压力较大的人群提供放松的空间；色彩植物区种植色彩鲜艳的花卉，如郁金香、玫瑰等，刺激人们的视觉感官，改善情绪；观赏植物区种植各种珍稀植物和景观植物，供人们欣赏，提高审美情趣。

疗养花园的设计应根据患者的病情和康复需求，合理配置植物和设施。对于有心血管疾病的患者，设置以银杏、红豆杉等具有降血脂、降血压作用的植物为主的区域；对于呼吸系统疾病的患者，种植具有净化空气作用的植物，如吊兰、绿萝等。疗养花园还应配备休息座椅、步行道、康复训练设施等，方便患者进行康复训练和休息。例如，美国俄勒冈州波特兰俄勒冈烧伤中心的康复花园，在烧伤患者的康复治疗中，腿部烧伤患者常需借助步行训练促进机体功能恢复。基于此，花园内规划了贯穿主要区域的步行路径系统，该步道网络包含多元路面材质及梯度设计。为保障患者自主行走安全，在具有坡度变化的路段单侧设置了扶手装置。植物配置层面采用多维度设计策略：精选具有芳香特性、色彩协调、花期错序、质感差异及高度层次的植物品类，通过植物群落的合理搭配，构建多层次感官刺激场景，以提升来访者的综合体验。同时，园内规模化种植多年生植物品种，其较长的生长周期可形成连续性的观赏序列，便于观察者感受到植物的生长动态过程。

4.1.2 与城市生态系统融合

将园艺疗法融入城市绿地系统、水系等生态要素，是实现生态与康养协同发展的重要途径。在城市绿地系统规划中，增加园艺疗法元素，如在公园、广场、街头绿地等空间中，设置园艺活动区、园艺科普区等，让居民在享受城市绿地带来的生态效益的同时，也能参与园艺活动，促进身心健康 。

在城市水系周边，结合水景打造园艺疗法景观，如建设滨水花园、水生植物观赏区等。滨水花园中种植耐水湿的植物，如菖蒲、荷花等，营造出优美的滨水景观，同时也为居民提供了亲近自然、放松身心的空间；水生植物观

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

赏区展示各种水生植物的生态习性和观赏价值，让居民了解水生植物的知识，增强生态保护意识 。通过将园艺疗法与城市生态系统融合，不仅能够提升城市的生态品质，还能为居民提供更多的康养空间，促进城市的可持续发展。如广东南昆山自然保护区十字水生态度假村，该项目旨在吸引全球范围内的游客前来体验并认知周边生态系统，同时通过开展深入的环境维度、社会维度及哲学维度分析，结合有机材料与再生材料的创新应用实现对当地社会的反哺。

4.2 社区建设层面的应用

4.2.1 社区花园建设

社区花园的规划与建设需贯彻以人为本、生态优先、可持续发展的核心理念。在设计过程中，应基于对居民行为模式和实际需求的系统性调研，科学规划空间布局，合理配置功能设施，以实现空间利用效率与居民使用舒适度的有机统一。通过选用低碳环保材料、应用节能技术设施，最大限度降低建设及运营过程中的环境负荷；同时构建长效化维护管理机制，保障社区花园的持续活力与生态价值。

社区花园的功能分区设计应遵循功能复合、动静分区的原则，构建多元立体的空间体系。种植区为居民提供蔬菜花卉种植的实践场所，满足其参与农事、收获成果的体验需求；休闲交流区通过配置休憩座椅、景观亭廊等设施，打造邻里互动的社交空间；科普教育区以植物科普展示为载体，结合园艺知识讲座、技能培训等活动，提升居民园艺素养；儿童活动区配备安全适龄的游乐设施，为儿童提供益智健体的成长空间。

社区花园的运营管理需注重社群培育与活力激发，通过系统化、常态化的活动组织，增强居民的参与感与归属感。定期开展专业园艺指导活动，提升居民植物养护技能；策划亲子园艺互动项目，促进家庭情感联结；举办园艺成果展示活动，营造共建共享的社区氛围，以此构建可持续的社区花园生态系统。

4.2.2 社区活动组织

社区构建系统化的园艺疗法活动体系，通过多元化、分层次的活动设计，有助于提升居民参与度与社区归属感。以专业化、定制化的园艺课程为核心载体，邀请具备园艺学、教育学等跨学科背景的专业人士担任讲师，系统讲授植物栽培技术、养护管理策略及病虫害综合防治方法。课程开发需基于居民需求调研数据，采用理论教学与实践操作相结合的混合式教学模式，融入情景模拟、案例分析等互动环节，在知识传递过程中深化居民对园艺实践的沉浸式体验。

社区花园的长效运营离不开居民参与式治理模式的构建，园艺志愿者服务体系正是实现这一目标的有效路径。通过制定规范化的志愿者招募、培训及管理制度，引导居民深度参与植物日常养护、景观维护及花园规划设计等工作。志愿者群体在承担植物灌溉、施肥、杂草清除等基础养护任务的同时，还可作为社区治理的重要主体，通过提案征集、方案研讨等形式为花园建设提供创新性建议。这种双向互动机制能够显著增强居民的社区责任意识，促进共建共治共享的社区治理格局形成，最终推动社区生态与人文环境的协同发展。

4.3 公共空间层面的应用

4.3.1 公园与广场改造

城市公园与广场作为高密度人流聚集的核心公共空间，承载着多元社会功能，其空间改造与功能重构对提升市民生活品质具有重要意义。将园艺疗法理念深度融入城市公共空间更新，可构建面向大众的生态康养服务体系。在植物景观营造层面，需遵循植物生态习性与康养功效的协同配置原则，系统构建植物群落。引入薰衣草、迷迭香、薄荷等芳香植物，利用其挥发性萜类化合物调节人体自主神经系统，缓解压力、改善情绪；搭配色彩饱和度高的郁金香、玫瑰、向日葵等花卉，通过视觉刺激激活多巴胺分泌，产生积极情绪效应；同时配置银杏、红豆杉、金银花等药用植物，其释放的生物活性物质可在环境中形成天然康养微环境，发挥空气净化与健康促进双重作用。

空间规划需秉持功能复合与人性化设计理念，构建集园艺实践、休闲休憩、美学体验于一体的复合型康养空间。通过合理的动线组织与功能分区，设置标准化园艺活动区域，配备专业园艺工具存储系统、操作平台及安全防护设施，形成种植培育、植物修剪、花艺创作等专项功能模块，满足不同年龄与技能水平使用者的差异化需求。同步规划舒适的休憩空间，配置符合人体工程学的座椅设施与遮阳避雨装置，为使用者提供疗愈性停留场所。此外，通过水景喷泉、艺术雕塑、植物花架等景观小品的创造性植入，结合光影、声音等感官元素，营造具有美学感染力与情感共鸣性的康养空间氛围，实现环境美学价值与健康促进功能的有机统一。

4.3.2 医院、学校等场所应用

在医院场景中引入园艺疗法实践，对患者生理康复与心理疗愈具有双向促进价值。可依托医院庭院、屋顶等立体空间构建康复花园，该类空间设计需遵循无障碍环境建设标准，通过宽幅坡道、防滑地面等设施保障行动不便患者的通行可达性，同时配置符合人体工学的休憩座椅系统，满足不同体能状态患者的间歇休息需求。植物选配上，优先选用芦荟、吊兰等具有空气净化功能的绿植，结合菊花等色彩温和的花卉品种，通过植物挥发性物质释放与视觉景观营造，构建具有生理调节与心理安抚双重效能的疗愈微环境。

医院组织的园艺介入活动可采用“植物生命历程参与”模式，针对心理疾病患者，可将园艺操作纳入多模态治疗体系，通过翻土、浇水等重复性肢体活动缓解焦虑情绪，

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

借助植物修剪等创造性劳动实现压力释放，形成区别于传统药物治疗的非侵入式心理干预路径。

在学校场域实施园艺疗法，对学生认知发展、心理健康与社会技能培养具有综合促进作用。植物生长过程可作为动态教学载体，使学生在亲历播种、施肥、收获的过程中，直观理解光合作用、生物循环等自然科学原理，实现知识学习与实践体验的深度融合。心理健康教育课程中的园艺疗法应用，可采用“压力情境模拟-创造性表达”模式，此类活动通过将自然元素融入校园空间，构建兼具知识性、趣味性与疗愈性的教育环境，助力学生实现认知、情感与社会性的全面发展。

5 结论与展望

拓展园艺疗法的应用领域也是未来研究的重要方向之一。除了在城市规划、社区建设和公共空间等领域的应用，还可以探索园艺疗法在其他领域的应用潜力，如企业办公空间、养老机构、特殊教育学校等。园艺疗法在城市康养生态建设中具有巨大的潜力和广阔的发展前景。未来的研究应围绕作用机制、应用领域、标准化建设和宣传推广等方面展开，不断推动园艺疗法的发展和创新，为城市居民的身心健康和城市的可持续发展做出更大的贡献。

[参考文献]

[1]涂若翔,宋颂,肖毅强.从园艺疗法到园林康养——以国内主要组织与代表性研究为例[J].广东园林,2024,46(1):14-20.

[2]卢春丽.园艺疗法及其园林中的应用[D].北京:中国林业科学研究院,2013.

[3] LEE S, MOON J H, JEONG S J, et al. Effects of Horticultural Therapy program focusing on cultivating activities for prisoners scheduled to be released on depression and salivary cortisol[J]. Journal of People Plants and Environment,2013,16(4):173-180.

[4] DOXON L E, MATTSON R H, JURICH A P. Human stress reduction through horticultural vocational training[J]. HortScience,1987,22(4):655-656.

[5] MOCHIZUKI-KAWAI H, SAKABA T, YAMAKAWA Y. Indoor horticultural therapy for older adults living in a nursing home: Bedside structured floral arrangement program[J]. Geriatrics & Gerontology International,2021,21(6):538-539.

[6]李树华.尽早建立具有中国特色的园艺疗法学科体系(上)[J].中国园林,2000,16(3):15-17.

[7]李树华.园艺疗法概论[M].北京:中国林业出版社,2011.

[8]李树华.绿色康养[J].西北大学学报(自然科学版),2020,50(6):851-852.

[9]丹尼奥·温特巴顿,刘娟娟.自然与康复:为何我们需要绿色疗法[J].中国园林,2018,34(9):26-32.

作者简介：高妍（2002—），女，汉族，吉林舒兰人，硕士在读，延边大学农学院，研究方向：风景园林；陈昱光（2004—）男，汉族，吉林长春人，本科在读，延边大学工学院，研究方向：建筑设计；台方瑜（2004—），女，汉族，吉林松原人，本科在读，延边大学工学院，研究方向：建筑设计；方宇（2004—），男，汉族，安徽阜阳人，本科在读，延边大学工学院，研究方向：建筑设计；*通讯作者：朴顺梅（1980—），女，朝鲜族，吉林和龙人，在职教师，延边大学工学院，研究方向：建筑设计理论与方法论。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

滨水公园景观设计中海绵城市理念的应用——以汉阳四新凤凰湖公园为例

熊 静
武汉市政工程设计研究院有限责任公司，湖北 武汉 430023

[摘要]随着社会经济的发展，人们生活日趋富裕，人们的需求已经从基本的物质需求转变到更高层次的精神需求。对于生活环境也日益关注，环境需求已经从潜在需求转变成为现实需求。良好的城市绿地是备受广大市民欢迎的城市公共空间。同时在城市公共空间绿地内将海绵城市的理念融入其中，利用大面积的城市公共绿地收集地表水形成雨水花园。为公园的建设提供丰富的景观的同时解决初期雨水地表面源污水的问题。四新地区是武汉城市副中心、滨水居住新城，是武汉新区行政管理中心和城市性服务中心。是武汉海绵城市集中示范区之一。凤凰湖公园作为武汉市汉阳四新区的区级综合性公园，公园绿地环绕凤凰湖形成条件优良的滨水绿地公园，给海绵城市的应用和建设提供良好的有利条件。

[关键词]城市双修；生态文明；海绵城市；公共空间
DOI：10.33142/sca.v8i6.16818 中图分类号：TU984 文献标识码：A

Application of Sponge City Concept in Landscape Design of Waterfront Parks - Taking Hanyang Sixin Fenghuang Lake Park as an Example

XIONG Jing
Wuhan Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430023, China

Abstract: With the development of social economy, people's lives are becoming increasingly prosperous, and their needs have shifted from basic material needs to higher-level spiritual needs. There is also increasing attention to the living environment, and environmental needs have shifted from potential needs to real needs. Good urban green spaces are popular public spaces among the general public. At the same time, the concept of sponge city is integrated into urban public green spaces, utilizing large areas of urban public green spaces to collect surface water and form rain gardens. Provide rich landscapes for the construction of the park while solving the problem of initial rainwater and surface source sewage.The Four New Areas are the sub center and waterfront residential new city of Wuhan, as well as the administrative management center and urban service center of Wuhan New Area. It is one of the concentrated demonstration areas for sponge cities in Wuhan. Fenghuang Lake Park, as a district level comprehensive park in Hanyang Sixin District, Wuhan, is surrounded by green spaces that form an excellent waterfront green park, providing favorable conditions for the application and construction of sponge cities.

Keywords: urban dual repair; ecological civilization; sponge city; public space

武汉市是传统的工业生产基地，随着改革开放的深入发展，武汉市正逐步成为我国光纤、微电子、激光、生物工程、新材料及高科技新兴产业基地之一。特别是 90 年代后，武汉相继被批准为对外开放城市、开放港口和社会主义市场经济体制综合配套改革试点城市，以三峡水利枢纽建设和浦东开发开放为代表的长江沿岸经济走廊的加速开发，都标志着武汉进入了新的重要发展阶段，如图 1 所示。

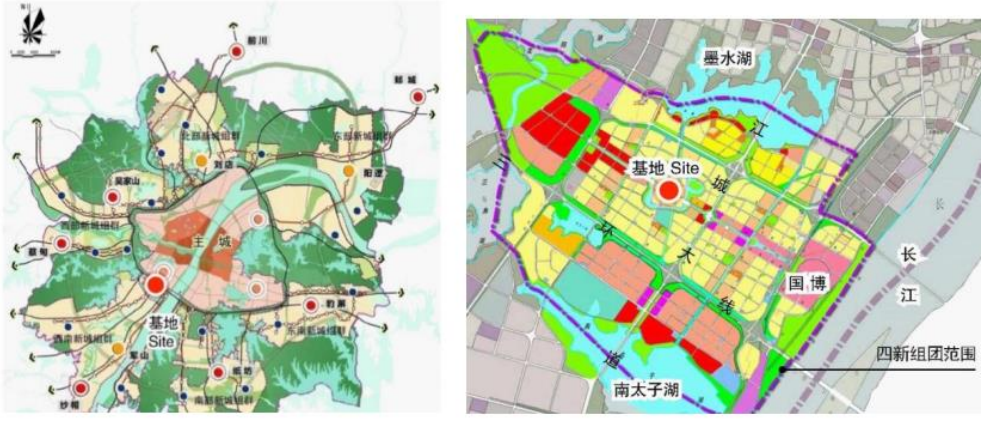


图 1 区位示意图

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

项目位于武汉市汉阳新区中心，江城大道城市发展轴与四新发展轴交汇处，凤凰湖环绕四新地区“方岛”生态中心，外围临湖绿地及北侧总港绿地则为凤凰湖公园的绿地范围。四新凤凰湖公园作为区级综合公园，充分利用凤凰湖湖面和滨湖绿地，公园作为一个室外的公共活动场地，合理布置活动、休闲场所，打造一个活力的开放空间；公园内绿地、湿地、水域各自然因素的结合，构建环湖滨水生物廊道以及生物缓冲区，丰富凤凰湖片区的生物多样性，对该区域的生态环境起到了积极的作用。

凤凰湖公园的建设是一项综合性较强的系统工程，需要考虑生态系统的修复、景观的建设、车库的设置、海绵城市的建设要求及照明亮化等。工程内容包括景观绿化工程、配建停车场工程、水体综合整治及护岸工程、给排水工程、附属建构筑物工程、电气工程多个分项工程。

1 项目范围及规模

建设项目为环凤凰湖临湖一线绿地及北侧总港绿地，周边路网主要是环湖路、四新中路、四新北路、总港路等，岸线长度为 5.3km。凤凰湖规划控制常水位为 18.65m，最高水位为 19.35m，公园总面积为 44.48hm^2，其中水体面积为 23.41hm^2，景观绿化总面积 21.07hm^2，绿化率 78.7%，如图 2 所示。

2 总体设计原则

低碳的概念是在应对全球气候变化，提倡减少温室气体排放的时代背景下提出来，其核心思想就是减少碳排放和消除碳排放带来的后果。低碳园林建设正是在全球低碳发展的大背景下提出来的，是我国风景园林行业应对气候变化，探索人与自然和谐共生的可持续发展途径的一个创新之举，其两大主题就是“减少碳源”和“增加碳汇”，要求园林绿地作为城市区域内较小的“碳源”之一应减少碳的排放，充分利用园林绿地中建筑的节能设计、雨水回收利用技术等，发挥立竿见影的减碳效果；另一方面，要求城市园林绿地作为“碳汇”之一充分发挥其固碳释氧的功能。

生态型园林要求在园林绿地建设过程中，遵循生态学的原理，建立人类、动物与植物和谐共生的复合生态系统，创造良性循环的生态环境。2014 年底，为应对城市内涝对城市交通及人民生命财产安全造成的损失，避免“逢雨必涝，遇涝必瘫”的困局在多个城市成为常态，住房和城乡建设部对外印发《海绵城市建设技术指南》，标识着城镇排水防涝系统的建设理念将发生彻底转变，将城市比喻为一块“海绵”，由传统市政的“雨水排得多、快、顺”的模式，向“渗、滞、蓄、净、用、排”雨水资源化利用的模式转变，这是城市建设理念与模式的一大进步。根据该指南，今后城市建设将强调优先利用植草沟、雨水花园、下沉式绿地等“绿色”措施组织排水。

不论是低碳园林，还是生态园林，亦或是海绵城市，三者在本质上都是在应对环境问题上提出的解决措施，都着眼于资源的合理利用与循环利用，最大限度地发挥城市中园林绿地的生态效应，改善城市生态环境。

因此，在本次四新凤凰湖公园及北侧总港绿地工程设计中，秉承低碳生态的原则，综合运用低碳、生态、海绵城市的设计原理，通过透水渗透的上下垫面的选择、高低起伏的地形设计、回收利用的建构筑物材料、科学合理的植物种类的选择和植物群落搭配等提升城市绿地的生态功能，使集中园林绿地发挥最大的生态效益和低碳功能，实现环境的可持续性发展。

2.1 因地制宜原则

考虑到项目面积大，总投资有限，为突出良好的生态和景观效果，本次设计通过划分开发等级，合理调配土方、采用自然形式的蓄水措施、生态环保的铺装材料、回收利用的建筑材料等进行景观建设，合理控制投资，节约造价，打造经济节约型园林，以最小的投入获取最大的环境效益。



图 2 凤凰湖公园鸟瞰图

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2.2 景观多样性原则

一方面，按照人的心理行为特点，创造安全、舒适、方便的空间环境，消除游人在活动中对于安全问题的顾虑，另一方面，创造安全稳定的生态格局。包括水环境的稳定，要求水位、水质可控；边坡驳岸结构的稳定；生物物种的稳定，各种生物、微生物能够稳定生存、繁衍；植物群落系统的稳定，可以实现自然演替。本项目中，在交通、景观系统组织、边坡结构设计、铺装材料选择、林缘水际的安全措施、自然植物群落配置等方面，打造“天人合一”和谐的生境。

2.3 经济适用性原则

尊重自然，尽最大可能减少土石方开挖及破坏水土，加强土地整治开发的经济技术指标的控制，降低建筑成本，平衡生态与经济发展的之间的矛盾，在保证项目的可操作性的同时，又注重环境和生态的保护。

2.4 适地适树原则

在植物的选择应用上多注重本地物种的选择，借鉴地带性植物群落的物种组成、结构特征和演替规律，引进其建群种、优势种和主要伴生种，是形成隙地内和周边地块稳定的人工植物群落的基础，再通过后期植物群落的改造，逐渐恢复山体植被常绿阔叶林或常绿、落叶阔叶混交林过渡的植被类型的地带性特色。

3 建设目标

武汉市委、市政府对四新地区的建设和发展提供了大量的人力、物力保证四新中心区的开发与建设工作。四新地区作为武汉新区的核心区、武汉城市发展规划的重要副中心，随着周边一系列市政基础设施的建设，有效促进生态宜居武汉的建设，在有力促进四新新区设和发展的同时，实现其生态、环境和经济价值。

本项目围绕“栖·凤凰岸得·自在处”的规划理念，引用凤凰栖于汉阳凤凰山的典故，在四新城市发展轴的核心处，打造一片文景交融的魅力之滨，一线活力动感的开放水岸，一个忘我自在的城市共享空间。

十八大将“生态文明”纳入“五位一体”总体布局中，提出努力建设美丽中国，实现中华民族永续发展。继海绵城市、综合管廊后，2016 年住建部再推“城市双修”概念。本项目以生态保护为根本，以功能激活为杠杆，塑造新城未来缤纷舞台，彰显现代创新生活魅力，构建绿色生态屏障、城市慢行游憩区。呈现全新的都市生活方式，体验慢生活的休闲节奏，起到文化再造的作用。

4 功能定位

四新凤凰湖公园及北侧总港绿地工程拟定位为区级综合性公园，公园分服务对象是一个行政区的居民，园内布置有较全的内容和设施。本项目营造集文化、休闲、运动、观赏、生态为一体的滨水开放空间，提升地区功能，在生态、社会、经济上取得良性循环，使凤凰湖公园绿地成为收集、净化初期雨水，提高城市森林覆盖面积，改善城市环境及小气候的城市核心绿地。

5 景观规划结构与分区

以“一岛三环·四区八景”为景观结构，打造滨水环湖生态公园。结合望湖凤凰湖环湖路绿道环，滨湖公园游憩环以及临湖亲水戏水环三环，通过时尚文化创意区、活力运动养生区、湿地生态体验区以及水乡风情休闲区四个特色活动主题区，以凤凰台、汉阳剪影、百年好荷、诗意水岸、芊景花园、叠陇烟霞、活水音阶、五色花园八景为主要展示平台，呈现宜游、宜聚、宜展示的城市公共绿地空间，如图 3 所示。

6 分区规划

根据总体规划将公园分为时尚文化创意区、活力运动养生区、湿地生态体验区、水乡风情休闲区。

时尚文化创意园，四新大道至四新中路，总面积 17.67hm^2，其中水面面积 8.32hm^2，陆地面积 9.35hm^2。结合上位规划此区域重点展示新区创新文化，结合光影、生态、雕塑、新科技进行展示。重点景观节点包括阳光草坪、芍药殿春、儿童乐园等。片区大面积绿地的雨水通过植草沟收集，最后汇入雨水花园，通过沉淀净化后再直接排入凤凰湖。



图 3 景观结构及分区示意

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

活力运动养生园，总港路至四新大道之间，总面积10.6hm^2，其中陆地面积4.8hm^2，水域面积5.8hm^2。此区域重点呈现四新人积极向上、青春飞扬的精神面貌，区域设计理念来源于凤求凰这种真挚、高尚的爱情理念，通过布置竞技跑道、轮滑场地、极限运动场地、love花道、参与性的雕塑、观赏性的雕塑、婚礼草坪场地、开敞活动场地等丰富游人的游赏体验。运用大面积的透水砖、透水混凝土等透水铺装材料，打造可以自由“呼吸”的运动场地，如图4所示。



图4 凤凰湖公园景观效果示意

湿地生态体验园，总面积7.71hm^2，其中水面面积4.5hm^2，陆地面积3.21hm^2，结合上位规划此区域重点展示四新海绵、湿地景观，打造可进入式、展示科普教育于一体的湿地生态景观，如图5所示。



图5 凤凰湖公园雨水花园建设示意

水乡风情休闲园总面积8.5hm^2，其中水面面积5.5hm^2，陆地面积3.0hm^2，总港路南侧至四新大道之间，结合上位规划此区域重点展示四新水乡风情，引水入园，雨水花园、卵石沟贯通始终。公园地块东南侧地块的叠级雨水花园的建设作为四新地区海绵建设的示范点，在净化雨水的同时，增加景石、卵石等设施，使其更好地融入公园绿地中。

7 植物规划

植物造景以“梧桐栖凤，花仙漫舞”为设计思路，打造湖畔翠树浓荫柳风甜，绿岸彩花多姿引凤栖的植物景观，以乔草疏林，营精致点景，创四新美景。

乔草疏林：以碧水为底，借乡土乔木及开花地被，营造开合的植物空间。

营精致点景：景石、花镜、点景树结合，提升植物景观品质。

创四新美景：展示植物特色，为四新营造最乡情、最现代、最热烈、最绚丽的绿色美。

8 结语

凤凰湖公园的建设充分利用凤凰湖湖面，创造丰富的游人亲水体验。蜿蜒的步道与地形、植物空间结合，共同起到丰富湖面空间层次、提供多样化观湖视点的作用。

在设计及建设中充分融入海绵城市理念，采用胶粘透水石、透水砖、植草沟、下凹绿地、雨水花园等，减少非汛期的地表径流和面源污染。将“渗、滞、净、排”的海绵措施在公园中合理规划布局，结合公园区位及腹地空间布局，将海绵建设发挥到极致，提升凤凰湖及周边水系的水环境质量。

凤凰湖公园建成后，极大地提高了四新片区的片林覆盖面积。同时，减轻了雨水对城市管线和湖泊的压力。通过对公园绿地观赏、休闲和游憩功能的强化，设施休闲互动设施，海绵城市和滨水湿地的信息展示和实践展示，为广大市民科普了海绵城市理念和技术，倡导市民加入到水资源、水环境的保护和维护中。让市民在公园游憩的过程中更直观地看到，了解到和感受到海绵城市建设对改善城市生态环境的重要意义。同时，公园的建设改善城市环境，提升了生态环境，丰富区域生物多样性，从而也提升市民的幸福感。

[参考文献]

[1]李明,周锦.武汉市汉阳四新示范区海绵城市建设试点海绵策略探析[J].智能城市应用,2023,6(9):7.

[2]余凡,王莉,陈世洋,等.城市道路的海绵城市系统设计分析[J].工程技术与管理,2019,3(5):88.

[3]Li,F,Zhang,J.A review of the progress in Chinese Sponge City programme: challenges and opportunities for urban stormwater management[J].Water Supply,2021,22(2):1638-1651.

[4]王筠.海绵城市理念在城市景观园林设计中的应用[J].智能城市应用,2023,6(9):74.

[5]Shi,Y,Wu,R,Chen,M,et al.Understanding Perceptions of Plant Landscaping in LID: Seeking a Sustainable Design and Management Strategy[J].Journal of Sustainable Water in the Built Environment,2017,3(4):78.

[6]Fuxin,W.Urban Waterfront Park Plant Landscape Design—Take Ganjiang Citizen Park as an Example[J].Urban Studies and Public Administration,2023,6(1):94.

作者简介：熊静（1984.7—），武汉理工大学，环境艺术设计，武汉市政工程设计研究院有限责任公司，设计师，风景园林高级工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

公路工程施工中沥青混凝土路面施工要点分析

李 鑫
江苏现代蜀宁工程建设有限公司，江苏 南京 210000

[摘要]我国公路交通建设持续推进，沥青混凝土路面施工技术备受关注。公路工程规模、数量增长，提高路面施工质量是保障公路建设健康发展的关键。针对公路工程施工中沥青混凝土路面施工技术的应用及特点展开分析，希望能给相关工程实践带来参考与指导。

[关键词]公路工程施工；沥青混凝土；路面施工；施工要点
DOI：10.33142/sca.v8i6.16809 中图分类号：U416 文献标识码：A

Analysis of Key Points in Asphalt Concrete Pavement Construction in Highway Engineering

LI Xin
Jiangsu Modern Shuning Engineering Construction Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: Chinese highway transportation construction continues to advance, and the construction technology of asphalt concrete pavement has attracted much attention. The increase in scale and quantity of highway engineering and the improvement of pavement construction quality are the key to ensuring the healthy development of highway construction. This article analyzes the application and characteristics of asphalt concrete pavement construction technology in highway engineering construction, hoping to provide reference and guidance for relevant engineering practices.

Keywords: highway engineering construction; asphalt concrete; road construction; construction points

引言

沥青混凝土路面在公路工程当中属于应用范围颇为广泛的一种路面类型，其具备不错的力学性能、出色的耐久性以及较强的适应性，进而成为了确保道路交通安全并且提高行车舒适度的重要构成部分。伴随我国交通运输行业快速向前发展以及车辆荷载持续增大的情况出现，针对沥青混凝土路面而言，在施工质量以及技术要求这两方面都给出了更高的标准要求。在施工进程当中，沥青混凝土材料合理的配比情况、施工工艺科学且严谨的控制状况、机械设备有效的配合情形以及施工环境精确细致的管理状态，均直接和路面的结构性能以及使用寿命有着紧密关联。不过，因为材料自身特性较为复杂、气候条件存在诸多变化以及施工操作环节数量众多，所以沥青混凝土路面施工往往会碰到车辙、裂缝、泛油等诸多质量问题，这些问题的存在对道路的安全性能以及经济效益产生了极为严重的影响。所以说，对沥青混凝土路面施工的关键技术要点展开深入剖析，借助科学的方式去指导施工准备以及工艺应用事宜，这对于提升公路工程施工的质量、延长路面的使用周期以及降低维护成本来讲是有着十分重要的意义的。本文将会围绕沥青混凝土路面施工的特征、施工进程中所存在的各类问题以及针对这些问题的解决思路来展开系统的探讨，其目的就在于能够为公路工程施工给予相应的理论方面的支撑以及实践层面的参考，从而推动沥青混凝土路面施工技术不断地实现优化与创新。

1 沥青混凝土路面施工特征

沥青混凝土路面施工，其有着施工周期较短这一特点，整体结构的连续性也颇为突出，而且使用性能方面表现良好，这些都属于它的显著特征。跟其他类型的路面来比，沥青混凝土路面在施工进程当中，具备不错的可塑性以及较强的适应性，可以很好地去适应不一样的气候条件，也能应对交通荷载方面的各种变化情况。在施工的时候，沥青混凝土材料经过加热拌合之后，会快速地运送到施工现场，并且在相对较高的温度状态下完成摊铺以及碾压成型的操作，如此一来便能够达成较高的压实程度，同时路表的平整度也能得到保证，进而提升路面的承载能力以及耐久性能。不仅如此，这类路面还拥有良好的抗水性能与抗冻性能，能够有效地阻止水分渗透到基层，避免给结构带来损伤。与此沥青混凝土本身还具备一定的自愈功能，当出现微小裂缝的时候，在高温以及荷载的作用之下，是能够逐步实现愈合的，这样就能够延长路面的使用寿命[1]。不过，这种路面类型对于施工工艺的要求是比较高的，针对施工时机、温度控制、摊铺是否均匀以及碾压是否及时等方面，都务必要严格加以把控，要是稍有不慎，就极容易出现各类质量问题，像是车辙、裂缝、离析等等情况都有可能出现。

2 公路工程施工过程中的问题

2.1 车辙

在公路工程展开施工之时，车辙属于沥青混凝土路面常见的一种情况，并且它对于使用性能的影响颇为显著，

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

称得上是重要问题当中的一个。车辙呈现出的主要状况是，在车辆长时间且反复施加荷载的作用之下，轮迹所在的区域会出现比较明显的凹陷现象，同时还会产生塑性变形的情况，而且这种情况一般会集中在行车道上出现，尤其是在那些重载车辆频繁来往通行的路段，更是如此。而车辙的形成，常常和多个因素有着紧密关联，像是沥青混合料在高温状态下稳定性不够好、压实度存在不均匀的现象、材料选用方面不太恰当，还有基层结构的支撑能力也比较差等等这些因素。

2.2 裂缝

施工材料的选用未能严格遵循标准，相关人员在选材时未对材料质量进行充分检验，导致不合格的施工材料和混凝土被直接投入使用。在施工过程中，施工人员对混凝土特性的重视程度不足，特别是在温差较大的环境下，混凝土因热胀冷缩作用容易产生裂缝。这些裂缝不仅影响公路的外观美观，更对公路的安全性造成隐患。同时，裂缝大量出现还会破坏基层结构，缩短公路的使用寿命。

2.3 泛油

在公路工程施工进程当中，泛油算得上是沥青混凝土路面较为常见的一种质量问题，它的主要表现形式为路面表层会出现油斑或者油膜，表面呈现出黑且亮的状态，要是情况严重起来，还会致使沾轮现象出现，进而对行车安全产生影响。泛油一般是在高温天气或者初期通车阶段发生的，其形成的原因大多和沥青用量把控不妥、混合料级配不够合理、摊铺厚度略微偏薄、碾压操作不到位等诸多因素存在关联。当沥青含量超出正常范围较多，又或者是集料空隙率偏低的时候，沥青便很容易在高温环境或者受到荷载作用的情况下上浮至路表，最终形成泛油这种现象[2]。除此之外，如果在基层或者底层尚未充分冷却完毕之前就开展上层摊铺工作，那么同样有可能因为热量传导这一因素促使沥青上浮，进而使得表面出现泛油的情况。

3 沥青混凝土路面施工前的准备工作

3.1 设计沥青混凝土的配合比

在着手开展沥青混凝土路面施工之前，精心设计出合理的沥青混凝土配合比是一项极为重要的基础性工作。此项工作的主要目的在于借助科学且严谨的方法来明确沥青、粗细集料以及矿粉等诸多组成材料各自最为适宜的用量以及相应的比例关系，进而让混合料在实际的应用场景当中能够充分契合高温稳定性、水稳定性、低温抗裂性以及施工适应性等多个方面的性能方面的要求。配合比的设计过程需要全面且细致地考量诸多因素，像道路所处的等级情况、交通荷载的具体状况、地区特有的气候特点以及各类材料自身所具有的性能特性等等。要选用规范所规定的设计方法，比如马歇尔法或者超级沥青混合料设计法，并且要结合室内试验不断地去对比在不同配比情况下混合料的各项关键技术指标，像是密度、空隙率、稳定度以及流值等。经过这样一番细致的操作之后，最终从中选定出那个既能满足工程性能要求又具备经济合理性的最佳配合比方案。在整个设计流程当中，对于原材料务必要进行严格的筛选以及细致的质量检验工作，以此来确保各项技术参数都能够符合规范所提出的要求，从而切实保障沥青混合料在实际的施工环节以及后续长期的服役过程当中能够拥有良好的结构稳定性以及较强的耐久性，进而为沥青混凝土路面的施工质量以及使用寿命打下坚实的根基。

3.2 施工现场的技术测试

在着手开展沥青混凝土路面的施工工作之前，施工现场所进行的技术测试无疑属于极为关键的一个环节，它对于保障施工能够顺利推进以及工程质量得以达标都起着不容忽视的作用。其主要意图在于凭借对现场实际条件展开细致且全面的评估，从而切实保证施工方案能够与实际的施工情况精准地契合起来。技术测试一般涵盖诸多方面，像针对路基或者基层开展的承载力检测、平整度方面的测量、压实度的相关测试、含水量的检测，还有对温度以及湿度实施的实时监测等等一系列内容，通过这些检测内容来判定基层是不是具备了较为良好的结构状态以及足够的承载能力，进而为后续的沥青混合料摊铺作业以及碾压工序给予稳固可靠的依据。与此还得对施工机械设备的运行状况以及精度加以检测，务必要确保像摊铺机、压路机、运输车辆这类在施工中起到关键作用的设备全都符合施工技术所规定的要求[3]。就那些特殊的地段而言，比如桥头、弯道、坡道等这样的区域，更是需要着重去开展测试工作并进行专项分析，如此一来才能够提前着手制定出与之相对应的施工控制举措。

3.3 搅拌机的选择

在开展沥青混凝土路面施工之前，合理地去挑选搅拌机，这可是保证混合料拌合质量的关键所在，同时也是提高施工效率、保障工程质量极为重要的一环。搅拌机的类型以及性能状况，会对沥青混合料的均匀性产生影响，对温度控制的精度也会有所作用，并且还会影响到生产效率，这些因素综合起来，进而关系到整个路面施工过程的连续性以及最终的成型效果。通常来讲，要依据施工规模、设计产能、施工工期还有混合料种类等诸多因素来综合加以考量。当下在工程当中常用的搅拌设备，主要就间歇式以及连续式这两类。其中，间歇式搅拌机具备计量较为准确、混合比较均匀、质量控制相对灵活等特点，所以它适用于对混合料质量要求比较高的高等级公路施工情况。而连续式搅拌机，则更适用于产量较大、施工节奏较快的普通道路工程。在设备选型这个过程当中，还得着重关注搅拌机的加热系统、粉尘回收系统、自动化控制的程度、混合筒的容量以及温度调节的能力等一系列核心技术参数，务必要确保其能够满足沥青混合料在不同气候条件以及不同工艺条件之下所提出的生产需求。

3.4 沥青混凝土的运输

在沥青混凝土路面开始施工之前，沥青混凝土的运输

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

工作属于十分关键的一个环节，它起到连接搅拌生产以及现场摊铺的作用。其组织管理是否合理、执行效率如何，和混合料的温度控制、施工能否连续进行以及最终成型的质量都有着极为紧密的关系。因为沥青混凝土有比较明显的热敏性特点，所以拌合完成之后的混合料得在规定的时间以及温度范围之内尽快运送到施工现场，防止温度下降过快使得混合料黏结性变差、难以压实，进而对路面的密实度和平整度产生影响。所以运输车辆要选用保温性能良好、密封性强的专用沥青混合料运输车，在装车之前还要把车厢预热一下，避免混合料和冷车厢接触出现热量流失的情况。在运输的过程当中，车厢顶部需要覆盖保温帆布，防止热量散失以及雨水、杂物污染混合料，同时还得合理安排运输的数量与频次，确保搅拌站和摊铺现场能够协调衔接起来，避免材料供应过多出现等待碾压或者温度下降的情况，也要防止供应不足致使摊铺中断。

4 公路工程施工中沥青混凝土路面施工技术的应用

4.1 运输材料

在公路工程施工期间，沥青混凝土路面材料的运输属于极为关键的环节，其对于施工的顺利开展以及路面质量有着重要影响，所以务必要科学地加以组织并且严格把控。在运输过程当中，首先得选用专门用于保温运输的车辆，这种车辆拥有不错的密封特性以及保温功能，可切实有效地阻止沥青混合料在运输期间由于温度下降而出现提前冷却的情况，进而保障材料在摊铺的时候依旧能够维持在适宜的施工温度状态。除此之外，在装载环节应当合理把控每辆车的装载数量，切忌出现超载或者装载量不足的情形，如此一来便不会对混合料的温度以及均匀程度产生影响。在运输进程里，要尽可能地挑选那些平坦且顺畅的道路路线，尽力规避急刹车以及剧烈颠簸等状况，以此来削减混合料可能出现的离析情况以及温度方面的损失。

4.2 摊铺混合材料

在公路工程开展施工期间，摊铺沥青混合材料这一工序对于路面平整度、密实度以及使用性能而言，称得上是极为关键的环节。这就要求施工人员务必依照设计方面的要求以及施工规范来切实开展操作事宜。一开始，在摊铺正式开始之前，务必要确认基层表面处于干净、干燥的状态，并且要契合设计所规定的平整度与压实度标准，从而防止基层存在的一些缺陷给摊铺效果带来不利影响。而在摊铺具体实施的过程中，需要对摊铺机的运行速度以及铺设厚度加以把控，以此来保障混合料能够实现均匀的分布状态，而且不能出现断层或者漏铺等情况。

4.3 碾压施工

在公路工程施工期间，沥青混凝土路面的碾压施工属于极为关键的工艺环节，其对于保证路面的密实度、强度以及耐久性有着十分重要的作用。碾压工作应当在沥青混合料完成摊铺之后立刻开展，务必要让材料保持在合适的温度区间之内，如此才能达成最佳的压实成效。在碾压进程当中，要合理地去挑选碾压设备的类型以及数量，像钢轮压路机、橡胶轮压路机还有振动压路机等等都属于常用设备范畴，不同的设备得依据路面结构层次以及施工的具体要求来灵活地进行搭配使用。碾压的顺序与方式也应当予以科学合理的安排，一般会采用先进行静压而后实施振动的方式，并且要逐步地把振动强度降低下来，从而避免因过度碾压而致使沥青混凝土结构出现破坏情况。碾压的速度同样需要把控得当，既要确保能够取得良好的压实效果，又要防止材料出现被推移或者产生波浪纹这类状况。

4.4 接缝处理

在公路工程展开施工之时，沥青混凝土路面的接缝处理无疑属于极为关键的一环，其对于保障路面结构的整体性以及使用性能有着不容小觑的作用。接缝往往是因为在施工阶段实施分段作业，又或者因材料温度存在差异，进而使得不同铺筑段之间出现的连接部位。倘若对接缝处理不够妥当，那它便极有可能会变成诸如裂缝、车辙以及水损害这类路面病害的诱发源头。所以，针对接缝的处理务必要严格依照施工规范来执行，要保证接缝面处于干净的状态，没有杂物与浮尘掺杂其中，并且还需维持适宜的温度以及湿度条件，以此来推动新旧材料能够实现充分的结合。常见的接缝处理方式涵盖了热拌沥青涂布、黏结剂涂刷还有机械切割接缝等等，借助这些手段强化接缝处的黏结力以及密实度，从而切实有效地阻止水分渗入以及结构发生分离的情况出现。

5 结语

沥青混凝土路面施工在公路工程里属于极为关键的环节，其施工质量会径直作用于道路的耐久性以及使用效果方面。借助科学合理的配合比设计、较为充足的施工准备工作并且规范运用施工技术，是能够有效规避常见质量问题的，进而促使路面整体性能得以提升。后续应当强化技术创新以及管理方面的水平，持续对施工工艺加以完善，以此保证公路路面施工质量可稳步提升，从而给交通运输的安全与畅通给予稳固有力的保障。

[参考文献]

[1]崔胜强.公路工程施工中沥青混凝土路面施工要点分析[J].新城建科技,2024,33(7):124-126.
[2]黄云富.公路工程施工中的沥青混凝土路面施工技术分析[J].黑龙江交通科技,2021,44(12):221-222.
[3]冉玉莲.沥青混凝土施工技术在公路工程路面施工中的应用分析[J].运输经理世界,2024(13):28-30.

作者简介：李鑫（1989.11—），毕业院校：淮阴工学院，所学专业：交通工程，当前就职单位：江苏现代蜀宁工程建设有限公司，职务：总经理助理，职称级别：中级工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

路桥工程现场施工管理难点及解决策略

黄 园
江苏安达工程管理有限公司，江苏 淮安 223001

[摘要]在当今社会，交通基础设施的建设对于推动经济发展具有至关重要的作用，尤其是作为支撑经济增长的关键组成部分，路桥工程直接影响着区域间的交通流通与物流效率。随着我国经济持续增长及城市化进程的加快，路桥工程的需求不断扩大，面对日益复杂的技术要求和更大规模的建设任务，工程项目管理也随之变得愈加挑战重重。如何在这些背景下确保路桥工程的顺利完成，成为了施工管理领域亟需解决的核心问题。路桥工程施工管理是保证工程顺利推进的核心环节，涉及资源配置、施工进度、质量控制、安全保障等各个方面。文中探讨目前路桥工程施工管理中存在的问题，并对其优化策略进行详细分析，旨在为日后施工管理实践提供有效的理论依据，并推动路桥项目管理向更高效、更规范的方向发展。

[关键词]路桥工程；施工管理；难点；优化策略；质量控制
DOI：10.33142/sca.v8i6.16849 中图分类号：TU99 文献标识码：A

Difficulties and Solutions in Construction Management of Road and Bridge Engineering Sites

HUANG Yuan
Jiangsu Anda Engineering Management Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu, 223001, China

Abstract: In today's society, the construction of transportation infrastructure plays a crucial role in promoting economic development, especially as a key component supporting economic growth. Road and bridge engineering directly affects the traffic flow and logistics efficiency between regions. With the continuous growth of Chinese economy and the acceleration of urbanization, the demand for road and bridge engineering continues to expand. Faced with increasingly complex technical requirements and larger scale construction tasks, project management has become increasingly challenging. How to ensure the smooth completion of road and bridge projects in these contexts has become a core issue that urgently needs to be addressed in the field of construction management. The construction management of road and bridge engineering is the core link to ensure the smooth progress of the project, involving various aspects such as resource allocation, construction progress, quality control, and safety assurance. The article explores the problems currently existing in the construction management of road and bridge projects, and provides a detailed analysis of their optimization strategies, aiming to provide effective theoretical basis for future construction management practices and promote the development of road and bridge project management towards a more efficient and standardized direction.

Keywords: road and bridge engineering; construction management; difficulties; optimization strategy; quality control

引言

随着我国基础设施建设进入加速发展期，路桥工程的规模与数量不断增长，成为推动国家经济社会发展的重要基础。然而，随着项目规模的增大，施工管理过程中暴露出的种种问题也愈加显现，这些问题不仅影响了项目的进度，还可能对质量和安全造成潜在威胁。诸如管理流程不规范、资源配置不合理、现场协调不足等因素，均是当前路桥工程施工管理中常见的问题，直接导致了施工质量的下降与进度的延误。为了应对这些挑战，现代信息技术逐渐被应用于路桥施工管理中，成为提升管理效率、加强资源调度和质量控制的有效手段。借助信息化手段，可以实时追踪施工进度，监控资源消耗与项目执行情况，确保各项工作按时高效推进。相比传统人工监控方式，信息化管理更能实现精准控制，大幅提高施工管理的透明度与准确性。

1 路桥工程现场施工管理概述

1.1 内涵

在路桥工程的整个建设过程中，现场施工管理得职责在于对施工中涉及的各类资源，包括人力、材料及设备等，进行全面的组织、协调和调度，并对施工活动的各个阶段实施科学的管控。通过这些措施，施工任务能够在既定的质量标准内完成，工程进度保持在预定计划中，同时施工成本被合理控制，施工现场的安全性也能得到充分保障。施工管理作为一种系统化的工程实践，其覆盖面相当广泛，涵盖资源分配的科学化、施工流程的规范化以及施工动态的实时监控和调整等多方面内容。有效的管理方法能够确保各个环节之间的高效衔接，从而大幅降低施工中潜在的风险。路桥工程自身的复杂性决定了其施工管理工作必须既注重技术的精准性，也需具备灵活应对现场条件变化的能力。

1.2 路桥工程现场施工管理的特点

路桥工程现场施工管理因其复杂性、动态性和协同性的特点而具有独特性。复杂性体现在路桥工程涵盖多个学科领域，例如土木、机械和电气等，且这些领域的交叉融合对施工质量至关重要。从基础施工到桥面铺设，每一个阶段都需要各专业团队的密切协作，例如桥梁施工中的预

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

应力技术，不仅需要土木工程设计的精准计算，也离不开机械设备操作的高精度支持。动态性则来源于施工现场条件的不断变化，外界环境的不确定性给管理工作带来了诸多挑战。天气恶劣、地质条件突变以及机械设备故障等突发事件，往往会对施工计划造成重大影响。在这种情况下，施工计划的调整能力以及应急响应的快速性显得尤为重要。协同性的体现则在于多方主体的高效配合，包括设计团队、施工团队、监理机构以及政府部门之间的联动。例如，施工材料的采购若未能按照施工计划及时完成，可能导致工期延误或成本增加。随着信息化技术的普及，管理效率也得到了显著提升，例如通过 BIM 技术的应用，施工数据能够实时共享，使资源的利用更加合理。

2 路桥工程现场施工管理的重要性

2.1 有利于保障施工的安全性

施工现场是一个充满潜在风险的环境，通过有效的管理手段，施工中的各种安全隐患能够被及时识别并加以控制，从而减少安全事故的发生。施工风险的评估与防范措施为事故预防提供了重要保障。在施工前，所有安全管理工作都会通过详细的风险分析进行规划，确保所有作业符合安全标准[1]。例如，针对高空作业，通过配置完善的防护设施和严格的操作规程，能够在有效降低高空作业风险的同时，保证工人的人身安全。除了硬件设施的保障，施工人员的安全意识也在安全管理中占据着重要地位。通过定期开展安全培训与应急演练，施工人员的安全意识得到了大幅提升，这使他们在面对突发事故时能够迅速采取有效应对措施。此外，管理制度中强调责任落实，确保每位员工都能明确自己的职责与义务，从而在每一环节中形成全面的安全防控体系。

2.2 有利于提高施工效率

在路桥工程的实施过程中，合理调度人力、物力及设备等资源，能够有效避免施工延误与资源浪费，从而显著提高整体效率。实时监控施工进度与资源使用情况，能够确保所有资源得到高效使用，避免出现冗余或不足的情况。例如，采用信息化管理平台，施工人员、设备及材料的调度信息可随时更新并实时共享，极大地提高了资源的使用效率。任务的合理分配与科学安排能避免重复劳动，使得各作业环节高效衔接，进而提高施工速度。随着技术的进步，传统的人工操作逐渐被机械化与自动化设备所取代，这不仅提高了工作精度，还在一定程度上缩短了工期。例如，使用预应力技术时，结合现代化机械设备，能够有效减少人工误差，提高施工质量并缩短施工时间。施工过程中，恶劣天气或突发设备故障等因素往往会导致工期延误。此时，管理团队能够根据实际情况灵活调整施工计划，重新安排作业内容，从而避免进一步延误工期。

2.3 有利于节约施工成本

在路桥工程项目中，资金投入大、周期长，如何在保障工程质量的前提下最大限度地节约成本，通过优化资源配置、加强材料管理与合理调配设备，能够有效降低施工过程中的不必要开支。合理的采购与使用计划，能够保证材料的价格与质量达到最佳平衡，从而有效控制成本。在施工现场，设备的定期维护能够延长其使用寿命，减少故障率，进而降低维护成本。与此同时，减少设备空闲时间，有助于提高设备的使用率，进而降低整体施工成本。施工过程中，质量控制能够通过精细化管理减少因质量问题带来的返工现象。通过严格执行施工标准和实时监控，能在早期发现并及时修正施工问题，从而避免了不必要的返工和资源浪费。在施工预算的控制上，通过对各项开支的实时监控与分析，确保项目始终维持在预算范围内，从而避免了超支的风险，保证了项目的经济效益。

3 路桥工程现场施工管理存在的难点问题

3.1 预应力技术应用不科学

预应力技术作为路桥工程中至关重要的核心技术，在一些项目中，预应力技术的应用未能达到应有的标准，导致结构性能未能达到设计要求[2]。部分施工单位在实际操作中，未能严格按照设计图纸与技术规范进行预应力钢筋的张拉，或者在张拉过程中未能精确控制张拉力，进而影响了结构的力学性能。

3.2 施工材料质量不合格

当前许多项目中，存在材料质量不达标的现象，这种情况严重影响了工程的质量与使用寿命。部分材料，尤其是混凝土、钢筋、沥青等关键材料，由于供应链管理不当，存在采购环节把关不严的问题。某些不合格的材料甚至被投入到工程中，导致桥梁结构的抗压强度、抗裂性能未能达到设计标准。

3.3 路桥过渡段施工问题

路桥的过渡段是桥梁与地面道路之间的连接部分，过渡段的施工质量问题，尤其是沉降不均、填料压实不充分等，已经成为施工中的重要难点。由于地质条件复杂或施工过程中控制不力，许多过渡段出现了不平整、裂缝或沉降等现象。这些问题直接影响了道路的通行舒适性，甚至会影响到桥梁结构的稳定性。过渡段施工的不当，往往源于施工单位对土质、地下水位等地质条件评估不足，或者对填土材料的压实程度未能达到标准要求。

3.4 施工人员专业素养低

在当前的施工过程中，部分施工人员的专业素养存在较大差距，部分施工人员对现代化技术与设备掌握不够，尤其是在面对一些新的施工方法和工具时，操作存在一定的盲区。特别是在一些关键技术环节，比如预应力钢筋张拉、混凝土浇筑等操作中，若施工人员未能熟练掌握相关操作规程，可能导致施工失误，进而影响工程质量。

4 路桥工程现场施工管理的优化策略

4.1 建立完善的路桥工程现场施工管理体系

确保项目顺利推进，构建科学、明确的制度与标准化流程，可以有效规范施工各个环节，确保工作按部就班地

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

进行。管理体系应明确各项施工任务的执行标准，并合理分配责任，保证每一环节都有专人负责，从而避免因管理漏洞引发的潜在问题。管理体系的构建不仅要在制度层面有所体现，还需具备灵活性，以适应项目实施过程中不可预见的各种情况。应及时调整管理策略，根据施工实际情况进行优化，保持工程各个环节的高效衔接。定期的评估与检查能帮助发现执行过程中的问题，为后续工作提供宝贵的经验。

4.2 路桥工程现场施工质量管理的优化

为确保达到预定的质量标准，必须严格把控各个环节。首先，材料采购阶段是质量管理的关键，只有确保材料符合设计标准与质量要求，施工才能顺利开展。选择可靠供应商并对材料进行质量检验，可以有效避免因材料质量问题导致的施工隐患。施工过程中，质量管理应该贯穿始终。设置专门的质量检查人员，对每一个施工环节进行严密的监督，以确保施工符合规范要求。在施工过程中定期检查每一环节，及时发现潜在问题，并作出相应调整。所有检查结果都应详细记录，并作为后续质量管理改进的依据，这为工程质量的提升提供了有力支持。

4.3 路桥工程现场施工安全管理的优化

施工安全管理的优化迫切需要强化。为了提升安全意识，必须定期对施工人员进行安全培训，确保工人掌握必要的安全技能与紧急处理能力[3]。安全管理过程中，风险评估不可或缺。定期对施工现场进行全面的安全检查与风险评估，结合施工环境、设备使用情况以及气候变化等因素，及时发现潜在的安全隐患，并采取相应的防护措施。每一项隐患都应通过量化评估，确保每一项安全措施落实到位。此外，施工现场应指派专门的安全管理人员，负责每日安全巡查与应急响应，确保施工过程中的每一环节都得到充分的安全保障。

4.4 路桥工程现场施工进度管理的优化

为了确保项目按期完成，制定详细且合理的施工计划至关重要。施工计划不仅应根据实际施工条件、技术要求及资源配置来合理安排工期目标，还需考虑潜在的风险与外部条件变化，确保计划的可行性。在施工过程中，灵活的进度调整能力是确保顺利推进的关键。通过引入信息化管理工具，如 BIM 系统等，能够对施工进度进行实时监控，发现滞后的环节后及时调整。通过动态调整进度，管理人员可以合理调配资源，确保施工进度不受影响。信息化工具为进度的精准管理提供了有力支持，同时也使得项目管理更加透明高效。

4.5 路桥工程现场施工成本管理的优化

通过优化资源配置、材料使用及设备调配，施工成本可得到有效降低。材料采购过程中，应选择性价比高的优质材料，减少不必要的支出，同时减少材料浪费和过剩库存。设备管理同样是成本控制中的重要一环。合理调配设备，避免设备的闲置与重复使用，是控制成本的关键措施。在施工过程中，设备的合理使用不仅减少了不必要的费用，还能提高设备的利用率[4]。人工成本的控制也应得到重视，通过合理安排工人调度、优化工作时间安排，可以有效降低人工成本。与此同时，定期进行成本分析与核算，有助于及时发现预算超支的环节，确保施工成本始终控制在预算范围内。

4.6 加强施工队伍建设

为提升队伍的综合素质，定期的培训与考核是不可或缺的。通过专业技能的定期培训，可以确保施工人员掌握最新的施工技术与安全管理知识，提升他们对新设备、新技术的应用能力。在队伍建设过程中，特别重要的是引进高技术人才。这些专业人才不仅能解决复杂的施工难题，还能为项目提供技术支持，确保施工中的技术难题得到有效解决。此外，引进新技术、新设备的同时，应不断推动队伍的技术创新，使其能够在施工中灵活应对技术变革与挑战。随着新技术的广泛应用，施工效率与施工质量也将得到显著提升。

5 结语

作为我国基础设施建设的重要组成部分，路桥工程不仅关乎交通的畅通，更是经济发展的重要保障。随着交通需求的不断增加，管理不善的后果可能导致工程延期、成本超支，甚至出现安全事故，这些问题亟需解决。通过本文提出的优化策略，包括强化质量管理、优化进度控制、加强安全措施、提高施工队伍专业素质等方面的改进，可以有效地提升施工效率与质量，确保项目按期、按质、按预算完成。信息化技术的不断发展，尤其是智能化施工管理工具的应用，为施工管理的精准化、实时化提供了强有力的技术支持，使得各个环节的协调更为高效，进而提高了工程项目的综合管理水平。随着施工管理体系的不断完善，信息化手段的逐步普及，路桥工程施工管理必将在智能化、精准化的方向不断发展，为我国路桥工程建设的高效性、可持续性提供坚实的支撑，也为未来的交通基础设施建设开创了更加高效、创新的管理模式。

[参考文献]

[1]涂文博,孔紫亮,张鹏飞,等.基于 BIM 技术的铁路路基设计施工应用现状及发展趋势[J].华东交通大学学报,2023,40(5):106-119.

[2]黄剑文,吴福居.BIM+项目管理系统融合应用及平台构建研究[J].中国建设信息化,2024(2):52-55.

[3]贺凯.基于BIM技术和传感器数据融合的建筑施工现场远程监控数据可视化方法[J].施工技术(中英文),2024,53(19):116-121.

[4]赵雨晴,赵勇胜.基于地铁项目标准化绿色施工评价体系的研究[J].绿色科技,2023,25(20):262-268.

作者简介：黄园（1985.12—），2023 年 7 月 1 日毕业于扬州大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：江苏安达工程管理有限公司，职务：监理工程师，职称级别：中级。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

轨道交通接触网事故应急响应与处置策略探讨

高 伟 何承乾*
重庆江跳线轨道交通运营管理有限公司，重庆 402247

[摘要]轨道交通接触网系统作为电力牵引的能量传输载体，其运行可靠性直接影响列车运营安全与运输效率。随着城市轨道交通网络化运营的持续推进，接触网面临设备老化加速、环境扰动增强、运维复杂度提升等多重挑战。传统被动式故障处置模式在应对复合型事故时暴露出响应滞后、协同低效等技术瓶颈，难以满足现代轨道交通高密度、高可靠性的运营需求。文章从接触网事故的全生命周期管理视角出发，构建涵盖智能监测、应急处置、技术创新的立体化防控体系，着力突破现有应急管理机制中存在的信息孤岛与决策迟滞问题，为提升轨道交通系统韧性提供理论支撑与方法指引。

[关键词]接触网事故；应急响应；智能运维；数字孪生；安全生态
DOI：10.33142/sca.v8i6.16847 中图分类号：U226 文献标识码：A

Discussion on Emergency Response and Disposal Strategies for Contact Network Accidents in Rail Transit

GAO Wei, HE Chengqian*
Chongqing Jiangtiao Rail Transit Operation and Management Co., Ltd., Chongqing, 402247, China

Abstract: As the energy transmission carrier of electric traction, the operational reliability of the contact network system of rail transit directly affects the safety and transportation efficiency of train operation. With the continuous promotion of networked operation of urban rail transit, the overhead contact system is facing multiple challenges such as accelerated equipment aging, increased environmental disturbance, and increased operational complexity. The traditional passive fault handling mode has exposed technical bottlenecks such as response lag and inefficient collaboration in dealing with composite accidents, which makes it difficult to meet the high-density and high reliability operational needs of modern rail transit. Starting from the perspective of full lifecycle management of contact network accidents, this article constructs a three-dimensional prevention and control system covering intelligent monitoring, emergency response, and technological innovation, focusing on breaking through the problems of information silos and decision-making delays in existing emergency management mechanisms, and providing theoretical support and methodological guidance for improving the resilience of rail transit systems.

Keywords: contact network accidents; emergency response; intelligent operation and maintenance; digital twin; safe ecology

接触网系统作为露天架设的刚性悬挂装置，长期承受机械振动、电气负荷与环境侵蚀的耦合作用。复杂电磁环境下的材料性能退化、极端气候引发的结构失稳、人为操作不当导致的设备损伤等风险因素相互交织，使得接触网成为轨道交通故障率最高的关键设备之一。当前应急管理体系存在三大核心矛盾：多源异构数据的融合分析能力不足导致预警精度受限，跨部门协同机制缺失造成资源调度效率低下，以及技术装备更新滞后影响现场处置效能。这些系统性缺陷在应对大规模连锁故障时尤为突出，亟需通过技术革新与管理优化构建主动防御体系。

1 接触网事故的成因和类型

1.1 接触网事故的成因

接触网作为轨道交通牵引供电的核心载体，其事故成因可系统划分为设备本体缺陷、外部环境侵蚀及人为管理疏漏三个维度。设备老化是接触网功能失效的主要诱因。长期暴露于复杂电磁环境中的接触网组件，易受材料疲劳、机械磨损及化学腐蚀的综合作用。关键部件如绝缘子、分段绝缘器、线夹等因制造工艺偏差或服役周期超限，可能引发绝缘性能下降、机械强度衰减等问题。此外，弓网动态耦合过程中的振动与冲击，加速了导线局部变形、连接件松脱等隐性缺陷的积累，形成系统性故障隐患。接触网的露天特性使其直接暴露于气象与地理环境的作用场中[1]。极端温度波动导致的金属热胀冷缩效应，可能造成线索张力失衡、补偿装置卡滞；强风荷载引发的横向偏移超出设计阈值时，将破坏弓网受流稳定性；冰雪附着不仅增加接触网垂直载荷，更可能引发放电闪络。运营维护体系中的管理漏洞与执行偏差构成重要风险源。设计阶段对线路特征参数匹配性论证不足，可能埋下结构共振隐患；施工安装过程中的工艺标准执行偏差，导致设备初始状态偏离设计要求；日常维保作业中检测周期设置不合理、故障识别能力不足，致使缺陷未能及时消除。

1.2 接触网事故的类型

接触网事故类型多样，主要包括设备事故、人身事故和自然灾害事故三类。设备事故是指接触网设备及其附属

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

装置因损坏或故障而影响列车正常运行，通常与设备质量、维护状况以及运行环境密切相关；人身事故则是指在接触网检修或维护过程中发生的人员伤亡事件，多因操作不规范、安全防护不到位或从业人员培训不足引发；自然灾害事故则由雷击、暴风、暴雪、地震等不可控自然因素造成，具有突发性和不可预测性，严重威胁城市轨道交通系统的安全运营[2]。由于接触网事故成因复杂、类型繁多，为确保轨道交通系统的安全稳定运行，需从多方面加强管理与防范，如提升设备维护水平、加强人员培训、优化运行环境等，同时应建立健全的事故预防与应急处置机制，以实现对各类突发事故的快速响应和有效应对。

2 接触网事故应急响应的关键环节

2.1 事故的发现与报告

接触网事故的早期识别与信息流转效率直接决定应急响应的时效性。现代监测体系通过多源感知网络构建全天候预警能力：分布式光纤传感技术可实时捕捉接触网机械振动、温度场分布等物理参数异变；红外热成像装置精准识别局部过热隐患；声学监测系统通过放电特征频谱分析预判绝缘劣化趋势。这些技术手段形成立体化监测矩阵，实现从被动响应向主动防御的转变。信息传递机制需遵循分级分类原则，构建标准化通报流程。现场人员通过移动终端采集事故位置、影响范围等核心参数，经加密信道上传至控制中心智能分析平台。控制中心基于预设算法进行事故等级判定，同步启动多部门联席会议机制。应急指挥部依托数字孪生系统生成三维态势图，为后续决策提供空间可视化支撑。全过程需确保信息链路的完整性与保密性，避免信息失真或延迟扩散。

2.2 应急指挥与协调

高效应急指挥体系需突破传统科层制架构，建立技术主导的扁平化决策模式。双指挥官制度通过专业分工实现决策优化：技术指挥官负责故障机理分析、处置方案制定等专业技术决策；行政指挥官统筹资源配置、跨部门协调等管理事务。两者通过专用通信信道保持实时交互，形成技术可行性-管理可操作性的双向校验机制[3]。资源调度平台深度融合建筑信息模型与地理信息系统，构建动态资源数据库。系统自动匹配事故点周边可用设备、人员及物资储备，结合实时交通路况规划最优运输路径。三维可视化界面直观展示接触网受损部位、抢修队伍位置及物资运输进度，支持指挥层进行多方案比选与动态调整。该平台需具备抗电磁干扰能力，确保极端环境下指挥链路的稳定性。

2.3 现场处置与救援

现场处置需遵循先隔离后修复的基本原则，建立分层作业体系。首阶段实施物理隔离措施：通过分段绝缘器操作实现故障区段电气隔离，布置警示标识与机械屏障阻断次生风险。次阶段展开快速修复作业，模块化抢修设备的应用显著提升效率——预制成型导线连接组件缩短线索续接时间，液压升降平台实现高空作业精准定位，自锁式紧固件降低安装过程的人为误差。新型清障技术的引入重构了传统处置范式。激光能量精准清除接触网附着异物的同时，避免机械接触造成的二次损伤；高分子复合材料临时修补技术可在不停电条件下恢复设备基本功能；智能机器人搭载多轴机械臂，实现复杂地形下的设备拆装作业。处置全程需同步开展环境监测，实时评估次生灾害发生概率并动态调整处置方案。

3 接触网事故应急策略与建议

3.1 加强事故预警和监测

构建接触网全生命周期监测体系是风险防控的基础。多维感知网络需集成分布式光纤传感、红外热成像与声发射检测技术，形成覆盖机械、电气、环境参数的立体监测矩阵。光纤传感系统通过布里渊散射效应捕捉导线应变分布，实现毫米级形变监测精度；红外阵列探测器建立温度场梯度模型，识别局部过热异常；声学传感器组网分析放电特征频谱，预判绝缘介质劣化趋势。数据融合平台采用边缘计算架构，在设备端完成原始信号降噪与特征提取，通过时间序列分析建立设备健康基线。机器学习算法对多源异构数据进行时空关联分析，构建接触网状态退化预测模型。预警阈值设置需考虑设备服役年限、环境荷载特征及运行工况差异，实施动态调整机制。数字孪生系统将物理实体与虚拟模型深度绑定，实现故障模拟推演与处置预案预验证。

3.2 完善应急预案和演练

应急预案体系需建立场景-任务-能力的映射关系。基于故障树分析法（FTA）识别关键风险节点，划分暴雨、强风、冰冻等典型灾害场景，制定差异化处置流程。预案内容须明确应急响应触发条件、指挥权限转移规则及资源调配优先级，嵌入情景-应对决策树逻辑框架。跨区域协同机制需统一技术标准与通信协议，构建多层级信息共享平台，实现应急资源的动态互济。演练体系采用桌面推演-功能测试-实战演练的渐进式设计。桌面推演侧重流程验证，通过数字沙盘模拟多因素耦合事故场景；功能测试考核特定设备在极端环境下的可靠性；实战演练重点检验跨部门协同效率与现场处置能力[4]。演练后评估需建立量化指标体系，运用德尔菲法识别流程瓶颈，形成演练-反馈-优化闭环改进机制。

3.3 提升应急处置能力和效率

人机协同系统的决策优化需构建多模态交互通道。基于数字孪生的虚拟操作界面实现手势识别与语音指令的融合控制，作业人员可通过自然交互方式调取设备三维模型与历史维修记录。认知计算引擎实时分析现场视频流数据，自动标注故障特征区域并推送相似案例处置方案。生理信号监测模块集成脑电波与肌电传感技术，建立作业人员认知负荷的动态评估模型，当注意力阈值突破安全区间时自动启动辅助决策模式。装备系统的环境适应性升级涵盖极端工况应对能力。耐高温机械臂采用氮化硅陶瓷关节

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

与气膜隔热技术，可在800℃环境中持续作业30min；防爆型检测仪器通过本质安全设计消除电火花引燃风险，适用于易燃易爆气体环境；抗电磁干扰通信模块应用频率捷变与扩频技术，保障强电磁场下的数据传输稳定性。装备维护体系引入预防性健康管理技术，通过振动频谱分析与润滑油金属颗粒检测预判机械故障。处置流程的时空优化依托运筹学理论构建。基于马尔可夫决策过程建立应急处置时序模型，确定最优任务序列与资源分配方案。空间路径规划采用改进算法，综合考虑障碍物分布、装备运输尺寸与作业半径约束，生成三维空间最优移动路径。时间同步机制应用精确时钟协议，确保分布式系统的时间误差小于1微秒，实现多设备协同操作的精准时序控制。

3.4 加强技术研发和创新

智能材料的微观结构设计开启功能突破新维度。石墨烯增强复合材料通过定向排列技术构建三维导电网络，在保持机械强度的同时将导电率提升2个数量级；四维打印形状记忆聚合物实现接触网部件的自重构能力，受特定光热刺激后可恢复预设形态；压电-摩擦电复合纳米发电机将机械振动能转化为电能，为在线监测设备提供自供能解决方案。材料失效预测模型融合分子动力学模拟与机器学习，在原子尺度揭示裂纹扩展规律。集群智能系统的协同控制突破传统集中式架构限制。基于博弈论的资源分配算法实现无人机群的任务动态调度，通过纳什均衡优化实现覆盖范围最大化；仿生蚁群优化算法指导地面机器人集群的路径规划，在复杂地形中建立最优物资运输通道；联邦强化学习框架使水下机器人群体具备协同决策能力，在通信受限环境下仍能保持任务执行一致性。系统鲁棒性通过数字免疫技术增强，当检测到异常行为节点时自动启动隔离与自愈程序。跨学科技术融合催生颠覆性创新方向。量子传感技术将接触网形变监测精度提升至皮米级，通过金刚石氮-空位色心实现磁场与应变的同步测量；拓扑绝缘体材料构建新型防雷击装置，利用表面态电子传输特性引导雷电流安全泄放；基于超表面的电磁隐身涂层可调节接触网雷达散射截面，降低强电磁干扰对敏感设备的耦合效应。这些技术突破正在重塑接触网系统的安全边界与性能极限。

4 长效保障机制与技术支撑

4.1 智能运维技术集群

数字孪生系统通过多物理场耦合建模技术构建接触网虚拟镜像，实现物理实体与数字模型的深度交互。多源感知数据经边缘计算节点预处理后，通过数据同化技术动态修正模型参数，确保虚拟模型的保真度。预测性维护模块采用隐马尔可夫模型分析设备退化轨迹，结合蒙特卡洛模拟预测剩余使用寿命，生成差异化检修策略。系统支持故障模式影响分析（FMEA），在虚拟环境中验证处置方案的有效性，降低现场试错风险。自修复材料技术突破传统被动防护模式，形成动态响应机制。形状记忆合金导线通过热致相变效应实现形变自恢复，其晶体结构在特定温度阈值下发生可逆转变，有效缓解线索蠕变累积。微胶囊封装技术将修复剂嵌入复合材料基体，当裂纹扩展至临界尺寸时触发修复剂释放，完成微观缺陷的原位填充。此类材料的服役性能需建立加速老化评价体系，通过湿热循环、机械疲劳等复合应力试验验证长期可靠性。

4.2 安全生态体系建设

人员资质认证体系实施分级动态管理，构建培训-考核-授权闭环控制链。带电作业资质认证涵盖高压电场环境模拟、绝缘配合原理、紧急避险规程等核心模块，采用增强现实技术构建高风险作业场景。认证考核引入生理参数监测系统，实时评估操作者的应激反应与行为规范性。资质有效期实施积分制管理，通过持续教育学分与实操复训维持资格有效性。安全文化培育机制依托认知心理学理论构建多维教育体系。事故案例库采用失效模式与效应分析方法解构事故链，建立设备缺陷-人为失误-环境作用的关联图谱。警示教育基地运用虚拟现实技术还原典型事故场景，通过沉浸式体验强化风险感知能力。安全行为塑造工程采用正向激励与负向约束相结合的策略，建立个人安全绩效与组织考核的联动机制，促进安全规范的内化与外化。

5 结语

本研究构建的接触网事故防控体系，通过智能运维技术集群与安全生态系统的深度融合，实现了从单一故障处置向全链条风险管控的范式转变。数字孪生技术与自修复材料的应用，标志着接触网运维进入预测-自愈新阶段；多维感知网络与扁平化指挥架构的协同创新，有效提升了应急响应的时空精度。未来研究需重点关注复杂环境耦合作用下的设备失效机理，开发具有环境自适应能力的智能材料，并探索基于群体智能的分布式决策模型。通过持续推动技术创新与管理变革，最终实现轨道交通接触网系统本质安全水平的跃升。

[参考文献]

[1]王睿鹏.轨道交通刚性接触网异常磨耗研究及治理[J].人民公交,2025(2):88-90.
[2]蔡俊锋,李岩,仵东博,等.基于物联网的接触网在线监测技术[J].中国科技信息,2025(6):85-87.
[3]郭德龙.FMECA 助力轨道交通供电柔性接触网安全风险管控[J].中国质量,2024(6):11-17.
[4]马飞,许红杰.地铁供电系统安全作业分析与优化策略研究[J].现代职业安全,2024(9):58-60.

作者简介：高伟（1992.1—），单位名称：重庆江跳线轨道交通运营管理有限公司，毕业学校和专业：西南交通大学（机械设计制造及其自动化）；*通讯作者：何承乾（1991.2—），单位名称：重庆江跳线轨道交通运营管理有限公司，毕业学校和专业：西南交通大学（电气工程及其自动化）。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

城市轨道交通多部门应急联动机制效能提升路径分析

周 权
芜湖市运达轨道交通建设运营有限公司，安徽 芜湖 241000

[摘要]面对突发状况，城市轨道交通多部门应急联动机制，反应的速度以及协调的效率对交通安全意义重大，依靠构建起标准化管理流程，实现智能化联动平台健全，对应急培训机制进行优化，增强部门协同，实现高效联动机制的搭建，做到应急响应的精准实战化，采用数智化手段增进信息共享效率，强化各部门职责分工及迅速反应能力，建成规范成序、系统集成的应急联动体系，全面增进轨道交通突发事件的处置本领，为轨道交通的安全稳定运营筑牢坚实后盾。
[关键词]城市轨道交通；多部门联动；应急管理；数智化平台；联动机制优化
DOI：10.33142/sca.v8i6.16845　　中图分类号：U239　　文献标识码：A

Analysis of the Path to Improving the Efficiency of Multi departmental Emergency Linkage Mechanisms in Urban Rail Transit

ZHOU Quan
Wuhu Yunda Rail Transit Construction and Operation Co., Ltd., Wuhu, Anhui, 241000, China

Abstract: In the face of emergencies, the emergency linkage mechanism of multiple departments in urban rail transit is of great significance to traffic safety in terms of response speed and coordination efficiency. By building standardized management processes, achieving a sound intelligent linkage platform, optimizing emergency training mechanisms, enhancing departmental collaboration, and building efficient linkage mechanisms, we can achieve precise and practical emergency response. We will use digital means to enhance information sharing efficiency, strengthen the division of responsibilities and rapid response capabilities of various departments, establish a standardized and systematic emergency linkage system, comprehensively enhance the ability to handle rail transit emergencies, and lay a solid foundation for the safe and stable operation of rail transit.
Keywords: urban rail transit; multi departmental collaboration; emergency management; digitized platform; optimization of linkage mechanism

引言

伴随城市轨道交通网络规模持续拓展，突发事件应急管理已成为运营安全面临的核心挑战，作为应对突发事件快速响应的关键举措，多部门联动机制，直接关乎应急处置的效能与成效，现存联动机制暴露出指挥协调欠佳、信息流通受阻、应急能力参差不齐等状况，妨碍了整体应急效能的施展，凭借优化标准化管理体系、推进智能化平台的打造、完善培训机制及增强部门协同合力，可促进形成高效又灵活的应急联动体系，全面拔高轨道交通运营的安全级别。

1 城市轨道交通多部门应急联动机制现状分析

1.1 机制构建情况

城市轨道交通身为现代化城市基础设施的关键组成，保障其运营安全与做好突发事件应急管理极为关键，就目前而言，轨道交通的应急联动机制主要由运营公司、调度中心、安全技术部（安技部）与政府应急管理部门共同打造，调度中心成为运营调控的核心主体，掌管行车组织以及突发事件的初步处理；运营公司对调度、维护工作和人员进行全面统筹管理；安技部针对设备故障及安全隐患开展专项处置事宜，若重大事件或自然灾害发生了，政府应急管理部门，实行统一管控与综合调配。

为实现城市轨道交通安全平稳运作，各部门已规划了一系列应急管控预案，形成以综合预案、专项预案和现场处置方案为核心的三级应急处理机制，运作模式要求机制进行分级响应、逐级报告，保证突发事件可在最短时间里获得处置，由于机制构建的复杂性以及执行的差异性限制，现有机制在实际运行当中依旧存在一些短板。

1.2 现存问题及成因分析

1.2.1 指挥协调不足

实际操作中，多部门联动机制暴露出指挥协调方面的欠缺，因部门分工界定模糊，缺少一套统一的职责界定，引发在处置突发情形的时候，多个部门容易出现职责交叉、响应缓慢的现象，协调流程错综，成效有限。

1.2.2 信息流通不畅

在突发事件应对进程里，信息既及时又准确十分关键，当前多部门应急联合工作中，信息传送的效率欠佳，存在信息流转滞后及内容失实现象，影响应急处置快速决策的形成，信息共享平台健全性欠佳，欠缺一体化信息处理的体系，造成现场情况无法迅速汇总与更新。

1.2.3 应急能力不均衡

各部门在应急反应能力上存在显著落差，部分部门在

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

突发事件处理方面经验丰富，能即刻组织起响应活动，而部分部门在应急处置上实战经验不足，不易达成有效的协同联动，该种能力差异直接引起协同效率的降低，影响整体应急的效能水平。

1.2.4 实战演练不足

即便存在多部门的应急预案，然而实战化演练未达要求，让应急预案徒有形式之虚，未实施真实环境下的应急演练，难以有效检验联动机制的科学及实效程度，尤在复杂突发事件所形成的场景里，各部门配合未达默契，短时间中难以汇聚起高效的合力，对应急响应实战效果造成严重掣肘。

2 城市轨道交通多部门应急联动机制提升路径

2.1 标准化管理路径

在城市轨道交通多部门应急联动开展期间，机制效能的提升离不开标准化管理这个基础，构建标准化的联动流程十分关键，依靠统一化的调度、应急响应及处置流程，保障各部门在突发事件出现时可依照既定规范开展操作，防止因流程不明或操作失误造成应急效率下降，把标准化管理流程融入日常工作里，形成长久规制，有利于在实际处理时迅速作出响应。

搭建联动机制考核体系是保证标准化实施的关键手段，采用定时的考核与绩效评估，把应急响应效率嵌入部门业绩考核体系内，推动各部门在日常管理实践里落实标准化操作，将岗位职责与实际操作表现结合，开展综合评价与动态修正，保证标准化流程既具可操作性又有科学性，最终打造出高效稳定的应急联动管理模式。

2.2 智能化平台建设路径

搭建应急联动的指挥平台，实现信息共享、指挥调度和任务派发功能的集成，达成多部门联合行动、信息互通共享及指挥调度集成模式，该平台要具备实时更新数据、把控应急状态与分派任务的功能，保障面对突发事件可及时响应与协同调配。

以数据驱动的决策机制是提升联动科学性的关键一环，经由物联网设备采集现场现刻的实时数据，整合大数据分析技艺，为突发状况开展风险预警及局势研判，实时递送至联动平台，依靠预案智能匹配与动态更新，实现对突发危机的精准判别与高效指挥，保证联动机制面对突发状况时依旧迅速稳定运行。

2.3 培训与演练机制优化路径

为强化多部门联合工作的实战实力，一定要构建常态化培训机制，结合不同部门的职责特性，制定贴合不同部门的应急技能提升规划，涉及调度、设备维护、安全保障跟综合协调等维度，保障每位工作人员均掌握应急处置的基础能力，采取线上线下交融的培训模式，定期安排培训课程，开展技能考核，建立长久稳固的技能提升模式。

实战化演练作为检验培训成效、提升实战能力的关键一环，凭借定期举办的跨部门综合应急演练，将演练与真实场景紧密嵌合，检测各部门于实际突发状况中的反应速度及协同水平。

2.4 多部门协同优化路径

处于应急联动的情境里，提升协同效率，首当其冲要明确部门职责，结合应急响应程度与突发事件属性，合理界定各部门职责边界，塑造功能清晰、分工恰当的应急配合体系，保障调度中心、运营公司、安技部和政府应急管理部门在事件处置时责任既无重叠又无缺位，实现多部门高效协同运作。

构建快速响应机制可为协同效率提升提供有力支撑，采用优化指挥链条手段，按级序把决策权下放给基层操作层，精简信息传递与决策链条中的冗余节点，重大突发事件发生的时刻，采用简化指挥流程和实施扁平化管理手段，缩减决策时长，经由创建应急指挥群组及实时交流平台，各部门可实现快速沟通与协同决策，凝聚应急联动的强大合力，增进突发事件应对的灵活及准确水平。

3 案例分析：杭海城际铁路应急联动实践

3.1 背景介绍

2021 年，杭海城际铁路圆满完成了一次综合应急演练，是为了检验多部门应急联动机制科学性及实战成效，此次演练由杭海城际铁路运营公司牵头主办，联合调度中心、安全技术部、运营管理部和地方应急管理部门共同介入，演练背景源自轨道交通迅猛发展引发的安全管理难题，尤其是遭遇突发状况之际，多部门联动机制协调性欠佳，应对效率存在薄弱点。

3.2 应急联动机制实施过程

3.2.1 准备阶段

正式演练筹备阶段前，各部门共同编订了综合应急预案，明确应急响应的程序、信息通报机制与各部门工作职责，演练动员这一阶段，开展多轮专题会议，对任务与注意事项展开细致部署，针对诸如设备故障、乘客疏散、突发自然灾害等可能出现的情境，筹备全面的处置对策，依靠联合培训途径，推动各部门掌握预案内容与操作流程，试图在实战中做到快速回应、精准应对。

3.2.2 实施阶段

演练当天模拟了突发性设备故障所引发的那起乘客疏散事件，自事故发生起，调度中心马上启动一级响应预案，向运营公司、安技部和地方应急管理部门发出通知，各部门快速完成聚集，应急指挥部依据既定流程做指挥调度安排，运营公司担当乘客安置及疏散的工作，安技部迅速对设备故障展开排查，地方应急管理部门对现场进行安全警戒及秩序维护，于整个演练开展期间，各部门联动成效斐然，指挥中心实施实时动态监控，现场处置按部就班有序开展，基本上达成了预期成效。

3.2.3 评估与改进

演练活动告一段落时，邀集专家及各部门代表实施效果评估，借助对现场视频监控回放和参演人员反馈意见的综合分析，综合分析表明多部门协同效率明显上扬，尤其

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

在信息共享以及应急指挥事宜上表现良好，演练切实证明了标准化流程兼具实用性与科学性，但也找出了一些方面的欠缺，信息传递环节出现了一定程度的滞后，某些部门在指挥权限上存在着交叉，引发局部反应呈现迟缓，部分部门应对突发状况时的协调机制存在欠缺，演练里数次出现信息重复汇报的现象。

3.2.4 效果及经验总结

杭海城际铁路综合应急演练着实强化了多部门应急联动机制的协同效率，证明了联动机制实际可操作性与标准化流程的科学合理性，尤其调度中心和安技部、运营公司联动响应迅速，应急指挥体系的运作十分顺畅，面对信息流通不顺畅及指挥权限交叉状况，随后针对情况提出多项改进意见：一需对信息共享平台开展优化工作，去除信息传递的中间关卡，增强信息的精准度与及时性；二是进一步厘清各部门指挥权限，避免在突发事件期间出现多头指挥及责任推诿现象。

4 对策与建议

4.1 强化应急预案体系

为使城市轨道交通多部门应急联动机制效能再上一个台阶，首先要对应急预案体系加以强化，部门职责细化是提高预案操作性的关键部分，当进行应急预案制定的阶段，应依照突发事件的不同等级及类型，把各部门的职责进行清晰界定，做到指挥架构清晰、响应流程合理，杜绝实际操作时出现职责交错或推诿扯皮现象。

凭借搭建分级次、分阶段的预案格局，保证各类应急场景里的响应措施有针对性，让应急预案跟日常管理制度密切结合，实现预案内容的动态调整，提升应急预案在实际操作中的实用性与可操作性。

4.2 推进智能化管理

加速推进数字化应急指挥平台搭建，可顺利集成各部门应急数据与指挥调度的相关功能，依靠平台实时的监控及预警功能，实现事故发生后信息的即时汇聚与决策的科学定夺。

采用人工智能技术辅助决策，属于提升指挥科学性的关键方法，凭借大数据解析、物联网管控和预测模型采用，提前发觉潜在会发生的风险，给出符合科学的应急处置意见建议，在实际应急处理进程当中，利用平台实时把事件动态予以更新，及时把信息分发给相关部门，杜绝信息滞后、误报现象出现，拉动平台与现有的轨道交通运营系统深度聚合，实现应急与日常管理相统一的一体化。

4.3 提升培训实效性

高效应急联动机制的达成离不开实战化培训的支撑，增进培训的实际效果，应从常态化与实战化这两方面着力，常态化培训要结合部门职责以及岗位特性，拟定针对性的应急技能提升计划，保证所有工作人员都掌握基础应急处理能力与岗位专属技能，采用集中培训和分散培训相配合方式，可以系统化地提升能力水平，也能有目的地化解短板问题。

实战化演练的频次及场景模拟难度要进一步增强，囊括设备故障、自然灾害、公共安全事件等多样应急场景，依靠跨部门联合开展的演练，增进协同理念，加强实战相关水平，待演练结束，进行复盘反思，找出欠缺之处并马上优化，保障培训成效转变为应急实战本领，真切做到借训练带动实战成效。

4.4 加强部门协调联动

在多部门应急联动的进程里，协调联动机制是否构建妥当直接关乎应急处置效率，设立多部门联席会议的相关机制，可有力增进部门之间的沟通与协同合作，依托定期举办应急联动会议，各部门得以将经验分享、把问题汇报，并一起探究升级联动机制的策略，形成统一认知与操作范式。

在突发事件应对的阶段，快速响应机制的优化是实现联动高效性的重点，利用简化信息流转流程及扁平化指挥体系，缩短信息获取后到任务执行的时长，构建即时通讯平台，各部门指挥人员可迅速传达决策并部署任务，保障在最短时间内凝聚应急联动合力，减轻响应滞后。

构建应急联动评价机制，开展多部门协同处置效果的综合评判，同时把考核结果归入绩效管理范畴，引导各部门积极加强协同意识与应急能力，保障城市轨道交通应急管理体系高效、连贯地运行。

5 结束语

城市轨道交通多部门应急联动机制实施优化，是助力突发事件高效应对的核心部分，凭借建立标准化管理流程、推动智能化平台搭建、增进培训的实际效果和强化部门协同联动，能切实提升应急响应的科学性与实战运用能力，通过杭海城际铁路应急联动实践可知，机制优化直接提升了协同工作效率，还成功处理了信息滞后和职责交叉的麻烦，不断实施改进与创新，将为轨道交通安全运营提供有效的支撑及保障。

[参考文献]

[1]于菁.城市轨道交通突发事件的应急联动处置研究[D].上海:华东师范大学,2020.

[2]赵瑞琳.突发事件下城市轨道交通与桥接公交应急联动研究[D].兰州:兰州交通大学,2022.

[3]傅宝宇.全自动运行系统环境下城市轨道交通应急能力评价方法[D].重庆:重庆交通大学,2023.

[4]李欣.成都城市轨道交通突发事件应急管理研究[D].成都:西南交通大学,2022.

[5]周烨.城市轨道交通跨省域应急联动问题研究[D].上海:华东师范大学,2023.

作者简介：周权（1979.12—），男，江苏南京人，本科，现就职芜湖市运达轨道交通建设运营有限公司，副总经理，长期从事轨道交通运营安全生产（应急、消防、职业健康、环保、治安反恐等）管理。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

高速公路沥青路面检测和养护决策优化研究

陈佳佳
江苏现代工程检测有限公司，江苏 南京 210046

[摘要]高速公路属于我国交通基础设施里的重要构成部分，其路面的实际状况和交通安全以及运行效率之间存在着直接的关联。随着时间推移，高速公路的通车年限逐渐增长，沥青路面随之出现老化以及损坏方面的问题，而且这些问题变得越来越明显，这就急需科学且高效的检测以及养护方面的策略，通过这样的方式来延长路面的使用寿命，同时降低养护成本。全面且细致地探讨沥青路面检测技术以及养护措施给路面性能带来的影响，在此基础上还构建起了检测周期优化的模型，进而又提出了养护决策优化的相关方法，这对于提升高速公路沥青路面管理的科学性以及经济性是很有帮助的。
[关键词]高速公路；沥青路面；检测技术；养护决策
DOI：10.33142/sca.v8i6.16843 中图分类号：U418.6 文献标识码：A

Research on Optimization of Inspection and Maintenance Decision for Asphalt Pavement on Highways

CHEN Jiajia
Jiangsu Modern Engineering Testing Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210046, China

Abstract: Highways are an important component of Chinese transportation infrastructure, and there is a direct correlation between the actual condition of their road surface, traffic safety, and operational efficiency. As time goes by, the service life of highways gradually increases, and problems such as aging and damage to asphalt pavements become increasingly apparent. This requires scientific and efficient detection and maintenance strategies to extend the service life of the pavement and reduce maintenance costs. A comprehensive and detailed exploration of the impact of asphalt pavement detection technology and maintenance measures on pavement performance was conducted. Based on this, a model for optimizing the detection cycle was also constructed, and relevant methods for optimizing maintenance decisions were proposed. This is very helpful for improving the scientific and economic management of asphalt pavement on highways.
Keywords: highway; asphalt pavement; testing technology; maintenance decision

引言

随着我国高速公路建设不断快速推进，路网规模也在持续不断地扩大，这使得路面养护以及管理工作所面临的压力有了明显增加，沥青路面作为主要铺装形式，长期运行中易受交通荷载与环境因素影响，产生裂缝、车辙等常见病害，影响行车安全与服务性能。因此，构建科学的检测体系和优化的养护决策机制，对提升路面耐久性和延长使用寿命具有重要意义。

1 高速公路沥青路面检测技术

1.1 检测指标与设备

沥青路面性能评估依靠一系列关键技术指标，这些指标一方面可反映出路面当下的服务状态，另一方面还能为后续的养护管理工作给出科学依据。常见的检测指标包含平整度、车辙深度、结构强度、表面抗滑性能以及裂缝状况等等。其中，平整度主要是对路面纵向高差变化加以衡量，它会直接影响到车辆行驶时的舒适程度以及燃油经济状况；车辙深度可体现车辆反复荷载作用之下产生的永久变形程度，这关系着路面的结构稳定情况以及安全状况；结构强度所指的是路面抵抗交通荷载的能力，其是决定路面长期使用性能的关键核心参数；而表面抗滑性能会对雨天或者高速行驶条件之下的行车安全产生直接影响；裂缝状况则能揭示出路面因老化或者应力集中而引发的结构性方面的问题。为了能全面且完整地获取上述各项性能指标，当下主要运用激光测距仪、落锤式弯沉仪、FWD（也就是落锤式弯沉测试设备）以及三维扫描系统等多种较为先进的检测设备。这些设备在达成高效且无损检测这一目标时还拥有不错的数据采集精度以及作业适应能力，能够针对高速公路大面积路段展开快速检测以及量化评估工作，进而为后续的路况诊断以及养护策略制定给予可靠的数据方面的有力支撑。

1.2 检测方法与数据分析

检测的方法主要有连续检测以及抽样检测这两种不同的方式。连续检测往往要依靠车载系统来实施，这种方式比较适合在较短时间内获取长距离路面上的相关信息，它通常可应用于像平整度、车辙深度这类指标的检测当中；而抽样检测主要是用来针对局部结构强度还有材料性能展开分析的，在具体操作时往往会把现场取样和实验室测试相互结合起来去开展相关工作。就数据分析这块而言，需综合考虑时空分布呈现出的特征，借助统计分析手段、地理信息系统也就是 GIS 以及机器学习方面的算法，针

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

对检测所得到的数据来开展趋势方面的判断、病害的识别以及性能的预测等工作，进而为后续的养护决策给予相应的依据支持。

1.3 检测频率与抽样规模

合理的检测频次以及抽样规模对于保证数据具备代表性并把控检测成本来讲是极为重要的。通常情况下，像那些交通量颇为可观且所处环境条件比较恶劣的路段，需要适当地把检测频次调高一些，以此来确保能够尽早察觉到病害呈现出的趋势走向。抽样规模要综合考量路段的实际长度、路况的复杂程度还有预算方面的具体状况来加以确定。近些年来，有越来越多的相关研究开始运用贝叶斯分析、蒙特卡洛模拟这类方法，对检测点的布设情况以及检测周期的安排事宜展开优化操作，进而促使检测资源的使用效率得以提升。

1.4 检测数据质量控制与误差分析

在高速公路沥青路面检测期间，对数据质量加以控制以及开展误差分析，这无疑是确保检测结果具备准确性与可靠性极为重要的环节。检测设备本身所具有的精度状况、环境条件出现的各种变化情况，还有操作人员各自不同的技术水平等因素，都有可能引发误差产生，进而对数据的真实性以及代表性造成影响。所以，有必要构建起一套较为系统的质量控制体系，具体来讲，就是要做到检测仪器要定期进行校准，制定出标准化的操作流程，并且针对检测人员展开专业方面的培训工作。与此借助统计分析的相关方法来对所采集的数据实施误差评估以及异常值剔除等操作，如此一来便能够有效地去识别并且纠正测量过程当中存在的偏差，从而提升数据的实际有效性。唯有在切实保证检测数据质量的基础之上，才能够为后续开展的路面性能评估以及养护决策等相关事宜给予科学合理的依据，最终达成路面管理朝着精细化与智能化方向发展的目标。

2 高速公路沥青路面养护对路面性能的影响

2.1 日常性养护

日常性养护属于基础性举措，能够维持路面正常运转的功能，其中囊括清扫、清除路面上的杂物、把细小裂缝予以封闭以及对排水系统进行疏通等一系列工作。尽管这种养护所投入的资金不多，技术层面的含量也不高，然而它对于阻止早期病害不断蔓延、延缓结构性破坏有着不容忽视的重要意义。日常性养护可以有效地阻止水分渗入到结构层当中，减慢老化以及脱空现象出现的速度，进而于无形之中促使路面的整体寿命得以提升，服务水平也相应地得到了提高。

2.2 预防性养护

预防性养护属于在路面还未呈现出明显病害状况之前便着手实施的一种养护举措，其主要目的在于维系路面处于良好的状态，并且起到延缓其功能出现退化的作用。此类养护往往会采用诸如雾封层、稀浆封层以及微表处这类表面处理技术，具备成本相对较低、效果显现较快以及施工操作起来较为方便等诸多优势。借助于在恰当的时间节点展开预防性的干预操作，是能够有效地将微裂缝予以封闭的，同时还能提升抗滑性能，进而使得路面性能衰退的速度得以减缓，如此一来便可以推迟大修的时机，最终达到降低全寿命周期成本的目的。

2.3 大中修养护

当路面出现较为严重的结构性损坏或者功能性病害情况时，就得开展大中修养护工作了，其中就包含了局部铣刨之后重新铺设、对基层予以加固以及更换结构层等一系列操作。这类养护工程往往工程量颇为可观，成本也不低，并且施工所花费的时间周期较长，不过它能够从根源之处让路面结构的完整性以及使用性能得以恢复。对于大中修具体何时实施的问题，需要综合路面检测得出的结果以及性能评估模型来做出科学合理的判断，如此才能防止出现因过早或者过迟实施而造成的资源无谓浪费或者使用方面存在风险的情况。

3 沥青路面检测周期优化模型

3.1 路面退化与检测周期分析

沥青路面于使用之时，会受到诸多因素的影响，像是车流荷载、气候变化、水损害、紫外线照射以及材料老化等等，这些因素相互作用，使得沥青路面呈现出逐步退化的情况。其退化的速度和初始建造的质量有着紧密的关联，同时也和所处的使用环境、交通等级以及日常养护的水平等诸多因素存在着高度的耦合关系。要想科学地掌握路面性能的演化规律，制定出合理的检测周期，那就得对路面的退化过程展开系统的建模以及定量的分析工作。凭借大量的历史检测数据以及实测性能指标，本文运用时间序列分析的方法来构建退化曲线模型，通过对典型性能指标（如平整度、车辙深度、结构强度等）在服役期间的变化趋势加以拟合，以此来捕捉其退化规律。在模型当中引入不同的工况参数，从而达成更具针对性的退化预测效果。借助对模型进行动态的修正以及滚动的校准操作，能够提升预测的精度，进而依据此合理地设定检测的时间节点，达成从传统的周期性检测方式向基于状态的动态检测策略转变的目的。这种方法一方面有助于提前识别潜在的病害风险，提升检测与养护资源配置的精准程度；另一方面还能有效地延缓路面结构性病害的发生，降低整个寿命周期内的维护成本，可为高速公路管理单位给予科学、高效且具有前瞻性的检测周期优化依据。

3.2 优化模型构建与求解

检测周期优化问题本质上属于多目标决策范畴，在成本把控、病害预警能力以及检测资源配置等方面需要达成最优平衡状态。要达成此目标，引入生命周期成本分析相关理论，同时结合模糊综合评价办法，构建起一个兼具经济性考量和技术性因素的多目标优化模型，并且运用在进

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

化计算领域广泛使用的遗传算法来加以求解，以此兼顾全局搜索的能力以及局部收敛的速度。在构建模型的过程当中，起初依据历史检测所获取的数据以及路面退化的曲线情况，去分析检测周期给路面性能演化所带来的影响，接着对不同检测频率之下性能衰减值予以量化处理，同时也对其所引发的维护费用进行量化分析。在此基础之上，设定一套约束条件，像最低检测频率、可用的预算额度、人员和设备资源情况、检测时间窗口时长、数据精度以及完整性方面的要求等等，以此确保模型求解得出的结果具备实际可操作性。在模型目标函数的设计环节，一方面努力做到在保障路面结构功能以及服务性能能够得以维持的前提下，达成全寿命周期检测与维护成本的最小化目的；另一方面着力于尽可能延缓路面性能出现下降的情况，提升整个公路网运行的安全性以及服务水平[1]。遗传算法在该模型求解工作里主要负责参数优化以及策略筛选这两项任务，凭借种群初始化的操作、适应度函数的评估过程、选择环节、交叉操作以及变异操作等一系列步骤，一步步逼近最优检测周期配置方案，最后形成契合实际运营需求的科学合理、经济适用且高效能的检测周期优化路径。

3.3 模型验证与应用

为了证实所构建模型的实际有效性，特意选取某条高速公路的一段典型路段当作具体案例，并且运用实际检测所获取的数据来开展仿真分析相关工作。经过分析可以发现，经过优化之后的检测周期安排方式，相较于传统的依靠经验来安排的方法而言，明显具备更强的前瞻特性以及更高的经济价值，在充分保障路面性能能够处于可控制状态的基础之上，大幅度地将检测以及养护方面的总费用给降低了，这无疑说明该模型有着不错的实用价值，同时也具备十分可观的推广前景。

4 沥青路面养护决策优化研究

4.1 养护策略分类与选择

养护决策的关键点在于依据路面当下的技术状况、病害的具体类型、其发展走向以及实际使用需求，来科学且合理地挑选养护策略，以此达成路面性能维持同资源利用效率二者间的最优平衡状态。其中，日常性养护主要应用于常规的清洁保养、小范围的修补等操作方面，它适合于出现轻微病害的情况以及维持正常的运行状态；预防性养护把目光聚焦在延缓病害的发展进程上，在路面性能还处于可接受的状态时便及时采取干预措施，具备不错的经济性并且有较强的前瞻性；而大中修养护主要是针对存在结构性损坏或者功能性严重衰退的路面情况，有着颇为显著的恢复成效，不过其成本以及施工期间的影响相对来说也会比较大一些。在选择养护策略的过程当中，既要充分考量技术层面的可行性、经济方面的成本支出以及工程实施所花费的时间周期，同时也要兼顾交通受到干扰的程度、对环境产生的影响以及长期使用的绩效表现等诸多不同维度的因素[2]。为了达成科学合理的决策目的，常常会借助层次分析法（AHP）来构建决策模型，通过把复杂的养护决策问题分解成目标层、准则层以及方案层这几个层级，给各个相关因素赋予相应的权重，并且开展综合性的评分工作，进而对各类方案的优缺点展开系统的评估，从而为实际工程当中养护策略的优化选择给予量化的依据以及决策方面的有力支撑，进一步促使养护工作的整体系统性以及精细化程度得以提升。

4.2 决策方法与优化算法

为了提升高速公路沥青路面养护决策的科学性、系统性以及执行效率，近些年来在决策支持系统当中大量引入了智能优化算法以及大数据分析方法，以此来助力管理者在存在多变量、多目标以及多约束条件的情况下做出最为优质的决策。常见的决策分析方法涵盖了多目标规划模型、模糊综合评判法、灰色系统理论、层次分析法（AHP）等等，这些方法可以把定量指标与定性因素相互结合起来，针对养护需求、优先级还有资源分配展开综合性的评估工作[3]。在算法方面，遗传算法、粒子群优化算法、蚁群算法、模拟退火等智能优化办法凭借着其颇为强大的全局搜索能力以及良好的鲁棒性，被广泛应用于养护策略的优化求解环节，在处理那些参数耦合程度较强、解空间较为复杂且解的不确定性相对较高的问题时，更是展现出了十分突出的优势。除此之外，基于大数据平台的分析方法也在不断发展之中，通过针对路面性能数据、交通负载情况、环境信息以及历史养护记录展开深度挖掘的操作，可以构建起动态的养护预测模型以及风险评估体系。在系统实现层面，能够搭建起一个集成数据采集功能、状态识别功能、性能评估功能、策略模拟功能以及优化推荐功能于一体的决策支持系统，将检测设备、地理信息系统（GIS）、传感器网络以及模型算法加以整合，从而实现从数据输入到策略输出的闭环管理流程。这一系统不但能够提升养护方案的适应性与前瞻性，而且还能提高整体道路资产管理的水平，推动高速公路养护从依靠经验主导朝着由数据驱动的科学转型方向发展。

4.3 养护效果评价与经济性分析

养护效果评价以及经济性分析在高速公路沥青路面养护决策优化当中属于极为关键的环节。当对不同养护措施施行之后路面对应性能所发生的各种变化展开科学且细致的评价时，便能够十分直观地将养护策略实际达成的效果及其持久程度给反映出来。与此把养护成本、使用寿命得以延长还有后续修复频率有所减少等一系列经济方面的诸多因素相互结合起来，进而开展综合的成本效益分析工作，以此来为养护方案的具体选择给予数量化的依据支撑。经济性分析并非仅仅着眼于直接的养护费用方面，而且还应当充分考虑到像交通延误得以减少以及车辆运行成本有所降低这类间接的经济效益情况。借助对养护效

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

果与经济性这两个层面展开的双重评估举措，就能够达成将有限的养护资源予以合理安排配置的目的，促使路面的使用效率得以提升，推动高速公路养护管理工作朝着更加科学化以及更为精细化的方向不断向前发展。

5 结语

我国高速公路已建成通车的年限在持续增加，这使得沥青路面的检测以及养护管理工作遭遇到了更为复杂且更为严峻的考验。从检测技术方面着手，全面且细致地分析了养护措施给路面性能所带来的影响，在此基础上还给出了检测周期优化的模型以及养护决策优化的方法。研究说明，科学且合理的检测安排以及养护策略，一方面能够助力于延长路面的使用寿命，另一方面也有助于降低维护方面的成本，除此之外，其对于提升道路服务的水平以及保障行车安全而言同样有着十分重要的意义。后续的研究可以进一步把多源数据融合、智能传感以及人工智能技术结合起来，去探索更为智能、更为高效的公路养护管理模式，进而为智慧交通基础设施的建设给予技术层面的有力支撑。

[参考文献]

[1]任俊财.高速公路沥青路面检测和养护决策优化研究[D].天津:河北工业大学,2022.
[2]高旋.公路沥青路面检测和养护决策优化研究[J].交通科技与管理,2023,4(10):72-74.
[3]陈永昊.基于概率方法的高速公路沥青路面养护管理决策方法研究[D].天津:河北工业大学,2021.

作者简介：陈佳佳（1993.7—），毕业院校：国家开放大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：江苏现代工程检测有限公司，职务：试验检测师，职称级别：中级职称。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

桥梁 BIM 协同平台中多专业数据交互与冲突检测优化策略

周 毅[1] 邹羽华[2]
1 重庆设计集团有限公司，重庆 400020
2 重庆市万州区公路事务中心，重庆 404100

[摘要]随着 BIM（建筑信息模型）技术在桥梁工程方面的应用变得日益广泛起来，多专业协同已然成为了提高项目效率极为关键的一个因素。就传统数据交互的情况而言，存在着诸如信息共享不够顺畅、模型兼容性存在诸多欠缺以及冲突检测做得不够到位等一系列的问题，而这些问题的存在无疑对 BIM 协同的效果产生了限制作用。针对多专业数据交互机制展开了较为细致的分析工作，同时也对主流冲突检测技术进行了相应的评估，还围绕着基于语义识别与规则引擎的优化方案展开了探讨，并且在此基础上提出了有关平台架构与模块集成方面的改进策略，着重强调了可视化管理以及云端协作所起到的重要作用。研究得出的结论表明，经过优化之后的数据交互以及更为精准的冲突检测能够在很大程度上提升桥梁 BIM 协同的效率，从而有力地推动智慧建造的发展进程。

[关键词]桥梁工程；BIM 协同平台；多专业协同；数据交互；冲突检测
DOI：10.33142/sca.v8i6.16837 中图分类号：U239.5 文献标识码：A

Optimization Strategy for Multi disciplinary Data Interaction and Conflict Detection in Bridge BIM Collaborative Platform

ZHOU Yi[1], ZOU Yuhua[2]
1. Chongqing Design Group Co., Ltd., Chongqing, 400020, China
2. Chongqing Wanzhou District Highway Affairs Center, Chongqing, 404100, China

Abstract: With the increasingly widespread application of BIM (Building Information Modeling) technology in bridge engineering, multi-disciplinary collaboration has become a crucial factor in improving project efficiency. In terms of traditional data exchange, there are a series of problems such as insufficient information sharing, lack of model compatibility, and inadequate conflict detection, which undoubtedly limit the effectiveness of BIM collaboration. A detailed analysis was conducted on the multi-disciplinary data interaction mechanism, and corresponding evaluations were also conducted on mainstream conflict detection technologies. Optimization solutions based on semantic recognition and rule engines were also discussed, and improvement strategies were proposed for platform architecture and module integration, emphasizing the important role of visual management and cloud collaboration. The conclusion drawn from the research indicates that optimized data exchange and more accurate conflict detection can greatly improve the efficiency of bridge BIM collaboration, thereby effectively promoting the development process of smart construction.

Keywords: bridge engineering; BIM collaborative platform; multidisciplinary collaboration; data exchange; conflict detection

引言

桥梁工程属于重要的交通基础设施，其结构颇为复杂，设计所需周期较长，并且涉及多个专业的协同合作。BIM 技术有着可视化、参数化以及协同性方面的优势，能够有效地提升项目管理的效率以及工程的质量。不过在实际的应用过程当中，桥梁 BIM 依旧面临着诸多问题，像是多专业模型信息传递不够顺畅、数据标准缺少统一规范以及冲突检测存在滞后等情况。构建起能够实现高效数据交互并且具备智能冲突检测功能的 BIM 协同平台，已然成为推动桥梁工程信息化发展极为关键的一环。围绕着桥梁 BIM 多专业数据交互以及冲突检测优化来展开相关探讨，目的在于突破现有的技术瓶颈，给出切实可行的策略方案，从而为桥梁建设的信息化协同给予相应的理论以及实践方面的有力支持。

1 桥梁 BIM 协同平台概述

桥梁 BIM 协同平台把三维信息模型当作核心，把设计、施工、运维等各个阶段多个专业的信息整合到一起，形成了一体化的管理系统。该平台借助模型共享、数据交互以及协同设计等方式，达成土建、结构、桥面、管线、电气等诸多专业同步开展作业并且让数据相互关联联动的效果，以此来提高整个工程的效率以及管理水平。协同平台不但有模型浏览与编辑的功能，而且还能够对信息进行追溯，同时还能把控版本以及管理权限，以此保证各个参与方能够在统一的数据环境里面展开协作。平台的建设依靠 BIM 技术、数据库技术还有云计算架构，有着不错的开放性以及扩展性，可以根据项目的需求灵活地去调整功能模块，它是桥梁工程实现全生命周期数字化管理的关键基础所在。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2 多专业数据交互机制分析

2.1 各专业模型数据类型与接口需求

桥梁工程涵盖的专业领域颇为繁杂，各个专业的模型数据呈现出十分突出的结构差异以及表达方式方面的差异。土建专业着重于几何构造以及基础信息方面，结构专业则把关注点放在构件受力分析以及配筋方案上，而管线与电气专业更多地侧重于功能性布置以及维护需求方面。要达成多专业的协同作业，那就得构建起统一的数据接口框架，以此来保证不同专业模型的数据可以实现高效且顺畅地传输以及精准地解析。这样的接口不但要能够支撑基本几何信息的传输工作，而且还要涵盖构件属性、施工工艺、运维参数等诸多维度的数据内容。与此接口在设计的时候还需要能够兼容各种各样的建模工具，像 Revit、Civil3D、Tekla 等等，从而防止因为软件存在差异而导致信息出现丢失或者被误读的情况发生。

2.2 数据标准与信息交换格式

信息交换格式的统一乃是实现跨专业数据交互的根基所在，其可切实保障不同专业间的数据得以有效且准确地传递与理解，进而促使协同效率以及项目质量均有所提升。当下，IFC（IndustryFoundationClasses）已然成为建筑行业内广泛采纳的一种通用数据标准，它能够极为细致地对构件级别层面的属性描述以及语义定义予以支撑，进而成为了桥梁 BIM 协同当中的核心数据交换语言。与之在面对能源模拟、环境分析这类特定需求的时候，gbXML 格式凭借着其对建筑物能耗信息所给予的良好支撑，同样也获得了在相关领域的广泛应用。不过，即便这些标准格式给数据交换搭建起了统一的框架，可在实际的应用进程当中依旧面临着不少的挑战，比如不同软件之间在语义理解方面存在着差异，这就使得信息的表达出现了一致性方面的欠缺；数据映射关系较为复杂并且容易滋生误差，这无疑会对协同效果产生影响。就这些问题而言，有必要在桥梁 BIM 协同平台内部去构建起高效的语义转换机制以及中间件工具，以此来对不同专业所输出的异构数据展开统一的预处理以及标准化的转换工作，从而确保数据具备兼容性与准确性。并且，借助制定并严格遵守企业级或者项目级的 BIM 执行标准，进一步细化建模规范以及命名规则，如此一来，不但能够让建模流程变得更为规范，而且还能大幅提升信息交换的准确性与一致性，推动多专业之间达成高效的协同，促使项目整体质量得以提升。

2.3 数据同步与共享中的关键问题

在多专业展开协作期间，模型版本管理、数据更新的时效性以及权限控制这些方面，都属于数据同步与共享环节里极为关键的问题所在。其一，各个不同的专业在设计进度方面存在着不一样的情况，如此一来就很容易致使数据更新出现不同步的现象，而这一现象一旦发生，便极有可能会引发信息方面的错误或者是设计层面的冲突。其二，有一部分专业因为要从安全性以及保密性这两个角度去加以考量，所以常常会对数据共享的范围予以限制，这样一来，自然而然地就会对协同工作的效率产生一定的影响。所以说，该平台应当将版本追踪系统予以集成，从而达成能够对模型历史记录进行可视化追溯的目的，同时也需要支持起差异比对以及更新提示的相关机制。与此还需引入角色权限体系，清晰明确各个参与方在针对数据展开读取、修改、发布等操作过程当中各自所应承担的权责界限，如此既能确保数据的安全性，又能推动实现高效的共享状态。

3 冲突检测技术与优化策略

3.1 冲突类型分类与识别机制

冲突检测属于多专业 BIM 协同当中的关键环节，其主要目的在于于设计阶段便能够及早察觉各类模型之间存在的物理冲突、逻辑冲突以及规范冲突。物理冲突主要是指构件彼此间出现空间重叠或者相互干涉的情况，比如结构梁穿过风管这种状况；逻辑冲突牵涉到设计逻辑或者是工艺顺序存在不一致的情形；规范冲突则和国家或者行业标准的违反有关。为了达成高效识别的目的，平台需要构建起三维模型比对算法，同时引入多维属性分析机制。借助参数识别、空间碰撞分析以及规则校验等方式，系统能够迅速确定冲突所在的区域并且标注出相关构件的信息，从而为后续的处理工作给出相应的依据。

3.2 检测工具与方法对比

当前主流的 BIM 冲突检测工具有 Autodesk Navisworks 与 Solibri Model Checker 等。前者把三维可视化碰撞检测当作核心，能支持多种模型格式导入，并且可进行快速检查，操作起来比较简便，适应性也很强。后者着重于模型信息结构以及规则校验方面，适合用于大型复杂工程的深度审查工作。相比而言，Navisworks 在施工阶段对于即时冲突识别较为适用，而 Solibri 则在设计前期针对精细化模型评估更合适一些。为了同时兼顾效率和准确性，平台可以采用双引擎协同的策略，把不同工具所具备的优势进行互补集成，进而构建起依据阶段以及任务类型来开展冲突检测的机制。

3.3 冲突处理流程与优先级优化

在复杂项目里，面对众多冲突信息，建立起合理且高效的冲突处理流程以及优先级判定机制是极为关键的。如此一来，既能提高项目整体协作的效率，又和桥梁工程设计及施工阶段能否顺利推进有着直接关联。要依照冲突对结构安全、施工进度以及运营功能所产生影响的程度来划分等级。比如，把那些会影响结构稳定、施工可行或者公共安全的问题划为高优先级，优先安排去处理，同时制定出应急响应的路径。而对于仅对施工顺序、维护便捷性等造成轻微影响的冲突，可以将其列入中低优先级，以此来降低资源的浪费以及处理出现的延误情况。接着，需要构建起标准化的冲突闭环处理流程，也就是“冲突发现—问题分析—任务反馈—方案修正—效果验证—结果归档”这样一个全过程管理模式，保证冲突从被识别出来一直到得到解决，每一步都有迹可循、有记录留存、有反馈机制、

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

有改进措施。借助集成在 BIM 平台上的工作流引擎以及任务调度机制，能够实现冲突信息的自动分类、责任人智能识别以及任务分配，还能够设置合理的响应时限与处理审核节点，进而提升协同响应的效率，保障各个专业之间能够高效地进行沟通以及达成执行闭环，推动多专业协同工作的系统化、精细化以及智能化不断发展。

3.4 基于语义与规则引擎的检测技术

传统依靠几何的冲突检测办法，在察觉逻辑以及规范类冲突这件事上有着明显的局限性，所以得引入那种基于语义识别还有规则引擎的新技术。语义识别会去构建像构件类别、功能属性、空间关系这类的多维语义网络，以此来强化模型之间的信息流通特性。规则引擎是依靠预先设定好的设计规范以及工艺逻辑，达成自动化的校验以及冲突判断。凭借构建知识库以及推理机制，平台能够在数据导入的时候就开始实施实时校验，提高冲突识别所具备的前瞻性以及智能化程度。

4 桥梁 BIM 协同平台集成优化策略

4.1 平台架构与模块集成优化

为了给复杂工程下多专业协同以及冲突管理给予支撑，桥梁 BIM 平台应当构建起开放式模块化架构[1]。该平台需要划分成多个模块，包括模型管理模块、数据交互模块、冲突检测模块、权限管理模块以及可视化展示模块，各个模块彼此间借助统一通信协议来达成联动效果。在集成优化方面，要着重关注模块间的数据一致性、功能耦合程度以及调用效率，防止出现信息孤岛的情况。并且，平台架构还得支持插件式扩展，以便能够依据项目的需求去接入第三方应用或者定制功能，进而实现平台能力的不断升级。

4.2 数据交互与冲突检测的系统整合

数据交互机制以及冲突检测系统在 BIM 协同平台里属于极为关键的功能模块，它们的协同效率对于整个工程项目实际执行的效果以及进度把控有着直接影响。为了让这两个方面达成高效的整合，平台应当去设计并且搭建起统一的数据总线架构，把模型数据的存储以及分发都集中起来进行管理，以此来保证不同专业的各个角色可以及时拿到自己所需要的最新的数据信息，进而消除信息孤岛以及数据冗余的相关问题。与此冲突检测模块需要充分融入到数据交互的流程当中，要实现的是模型上传之后能够自动引发冲突检测的操作，在检测完成以后还要能快速地把检测结果反馈给相应的责任方，这样就可以明显减少因为人工操作而产生的延迟以及可能出现的疏漏情况。除此之外，系统还应当拥有将模型数据和冲突检测结果相互关联标注的功能，能够支持对冲突的具体位置以及类型进行精准的定位以及历史的追溯，从而便于相关人员能够快速地去分析以及处理相关的问题。通过把数据流和冲突处理流加以高度地整合，平台不但能够达成信息的闭环管理，而且还能有效地提高系统的响应速度以及整体协同的准确性，推动多个专业之间实现无缝的合作，促使项目执行效率得以持续不断地提升。

4.3 可视化交互与协同管理提升

高效的人机交互对于 BIM 协同平台提升使用黏性而言极为关键。该平台应当赋予用户多视角浏览模型的功能，能够支持将二维图纸和三维模型联动起来进行展示，并且在模型当中可以直接对冲突信息以及处理建议加以标注[2]。与此平台需要把任务看板以及协同日志集成到一起，实时地呈现出各个专业的工作进度以及冲突处理的状态，以此来强化团队之间信息的透明程度。凭借可视化的仪表盘，可以达成对项目关键指标的动态监控以及预警效果，从而助力管理人员做出相应的决策，促使协同管理的精细化程度得以提升。

4.4 云端协作与权限控制机制

随着项目协同所涉及的范围变得越来越广，而且远程办公的需求也在不断提升，在这样的情况之下，那种基于云服务的协作机制就逐渐变成了平台建设方面的一个极为重要的发展方向[3]。该平台应当能够支持在云端进行模型的共享以及实时地编辑操作，并且还要具备多终端的访问能力，从而充分满足不同用户在各种各样的场景当中对于使用的各项需求。与此要着力构建起多层级的权限控制体系，依据不同的项目角色来对数据的访问以及操作权限加以分配，以此来切实防止出现信息泄露以及误操作等情况。云端平台还能够将自动备份以及日志审计等功能进行集成，进而进一步强化数据的安全性以及项目的可追溯性。

5 结语

桥梁 BIM 协同平台属于实现多专业高效协作以及智能化管理的关键核心载体，当下正一步步地变成桥梁工程数字化转型极为重要的支撑力量。该协同平台借助对数据交互机制加以优化、使冲突检测技术能力得以提升以及搭建起灵活且高效的平台架构等举措，可切实有效地处理传统设计以及施工环节里所存在的信息孤岛状况以及沟通方面的阻碍问题。在往后的日子里，伴随人工智能以及大数据技术持续不断地向前发展，桥梁 BIM 协同平台会在智能建造、全过程管理等诸多方面释放出更大的潜能，进而为桥梁工程实现高质量的发展给予强有力的保障。

[参考文献]

[1]赵欣.BIM 技术在桥梁工程中的优势和应用[J].散装水泥,2025(1):47-49.

[2]史海欧,袁泉,张耘琳,等.基于 BIM 交互与数据驱动的多专业正向协同设计技术[J].西南交通大学学报,2021,56(1):176-181.

[3]史首智.基于 BIM 技术的桥梁工程项目管理探析[J].交通世界,2023(23):180-182.

作者简介：周毅（1984.9—），毕业院校：同济大学，所学专业：桥梁与隧道工程，当前就职单位名称：重庆设计集团有限公司，职称级别：教授级高级工程师；邹羽华（1992.9—），毕业院校：重庆交通大学，所学专业：检测与维护技术，当前就职单位名称：重庆市万州区公路事务中心，就职单位职务：副科长，职称级别：工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

公路工程中路基路面施工质量控制及防范措施

杨 洋
新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830011

[摘要]伴随我国经济不断发展，四通八达的交通公路网络让人们出行更为便捷，也强化了各地联系与协作。在公路工程里，路基是道路结构关键基础，其施工质量好坏会直接影响公路整体性能和使用年限。文中围绕公路工程中的路基与路面施工来探讨，剖析当下施工过程里存在的主要问题，给出相应改进办法和防范举措，希望给相关施工与管理人员提供理论参照与实践指引，进一步提高公路工程整体施工质量与运行安全。

[关键词]公路工程；路基路面；施工质量；质量控制；防范措施
DOI：10.33142/sca.v8i6.16836 中图分类号：U49 文献标识码：A

Quality Control and Preventive Measures for Roadbed and Pavement Construction in Highway Engineering

YANG Yang
Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China

Abstract: With the continuous development of Chinese economy, the well connected transportation network has made people's travel more convenient and strengthened connections and cooperation among different regions. In highway engineering, the roadbed is the key foundation of the road structure, and its construction quality directly affects the overall performance and service life of the highway. The article explores the construction of roadbeds and pavements in highway engineering, analyzes the main problems existing in the current construction process, and provides corresponding improvement methods and preventive measures. It is hoped that this will provide theoretical reference and practical guidance for relevant construction and management personnel, and further improve the overall construction quality and operational safety of highway engineering.

Keywords: highway engineering; roadbed and pavement; construction quality; quality control; preventive measures

引言

公路工程属于交通基础设施当中极为重要的一部分，其质量的好坏会直接影响到交通运输在安全性、经济性以及舒适性方面的表现情况。在这之中，路基和路面施工质量的高低优劣，一方面会对公路的使用寿命产生影响，另一方面也与行车安全紧密相关，同时还会影响到后期的维护成本。随着经济不断发展，交通运输的需求也在持续增长，公路建设的规模逐渐变大，对于施工质量的要求也随之变得越来越高。不过，在实际的施工过程里，因为设计方案存在不完善的地方、施工技术水平参差不一、材料质量控制不够到位以及管理机制不够健全等诸多因素的作用，路基路面施工质量问题时不时就会出现，这在很大程度上对公路工程的整体性能以及服务能力造成了严重的制约。所以，强化对公路路基路面施工质量的把控，科学合理地去制定施工方案，严格把控材料与设备的质量，着力培养高素质的专业人才，另外还要重视施工完成之后的养护工作，这些都成为了确保公路工程质量以及延长道路使用寿命的关键所在。这篇文章着重对公路路基路面施工质量控制的重要意义、所存在的各类问题以及与之对应的防范措施展开系统分析，期望能够给相关的工程技术人员以及管理者给予理论层面的参考以及实践方面的指导，进而推动公路建设质量得以持续不断地提升。

1 公路工程中路基路面施工质量控制及防范的重要性

在公路工程展开建设之时，路基路面属于整个道路构造当中的基础部分，同时也是承担重量的重要部分，其施工质量的优劣会直接对公路的使用寿命、通行安全以及运行效率产生影响。高质量的路基可有效地分散交通荷载，维持路面的稳定性，降低沉降以及变形的情况出现，以此来保障公路整体结构性能的发挥；而优质的路面能够给予良好的行驶舒适性以及安全性，减少维修的频次，降低维护所花费的成本。倘若在施工进程中质量控制没有做到位，那么就有可能出现路基沉陷、路面开裂、翻浆起泡等一系列问题，这些问题会对公路的使用功能造成极为严重的影响，甚至还可能引发交通安全隐患，带来经济损失。所以，在公路工程里强化路基路面施工的质量控制以及风险防范工作，是提升工程建设质量、保证道路长期稳定运行的关键环节，也是达成可持续交通发展的重要保障所在。

2 公路路基路面施工质量的控制要求与存在的问题

2.1 路基路面施工的基本要求

路基路面施工中的质量管理是确保工程整体质量和

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

运行安全的关键环节。为实现高质量施工，施工单位需重点把握以下三个方面。首先，必须保障路基路面的强度和结构稳定性，确保公路在正式投入使用后，能够承受车辆荷载和各类外力作用，不出现破损、变形等质量问题。在制定相关负载标准时，应结合车辆荷载、交通流量、自然环境、材料性能等因素进行综合分析与测试，确保设计参数科学、合理[1]。其次，施工方案的制定必须具备科学性和可操作性。设计人员需充分考虑自然条件、施工材料、设备状况、人员配置以及施工工艺，确保整体方案在技术上可行，在实施中高效。最后，应加强施工过程的全过程管理。施工单位需建立健全的质量管控体系，完善质量管理制度，强化全过程的监督与调控。

2.2 公路路基路面施工质量的控制存在的问题

在公路路基路面施工进程里，虽说技术规范在持续完善，可是在实际的操作环节当中，依旧存在着不少在质量控制方面的诸多问题。部分施工单位在项目推进期间，存在着重视进度而轻视质量的情况，对于施工细节有所忽视，进而致使路基压实度不足、土方回填不够均匀以及路面平整度较差等一系列问题频繁出现。施工材料的质量难以得到有效把控，这也成为了一个很大的隐患所在，有些单位为了节省成本，会使用那些不符合标准的填料或者沥青混合料，这无疑对路面的整体性能产生了影响。施工现场的管理工作做得不够到位，技术人员的专业能力也存在欠缺，在施工过程当中的关键技术环节把控不严格，像是碾压设备的选型不太合理、施工工序的安排比较混乱等情况，同样会导致结构层厚度不均匀、压实不够充分等诸多问题的出现。除此之外，监理制度的执行不够严格，这也是当下普遍存在的一个问题，监理单位没有能够及时地去发现并且纠正施工过程当中的质量隐患，使得质量问题不断积累起来，最终对整个工程的稳定性以及耐久性都造成了影响。

3 公路路基路面施工质量的控制策略及防范措施

3.1 保证施工方案的科学性

在公路路基路面施工当中，保证施工方案的科学性乃是整个工程质量控制极为关键的核心环节。它一方面彰显了工程技术人员对于项目全生命周期所具备的系统思考能力，另一方面又直接对施工进度、质量、安全以及成本控制的综合效益产生着重要影响。科学的施工方案务必要在全面且详尽地掌握现场地质、水文、气象以及交通条件等相关基础资料的基础之上，再结合项目的具体技术标准、设计图纸还有规范要求等方面内容，开展多因素、多方案的技术比选以及相关论证工作，以此来确保施工方案从理论层面来讲具备可行性，在实际操作过程中也能够具备可操作性。具体来讲，科学的施工方案需要清晰明确各个阶段施工任务所对应的技术指标以及质量控制要点，要合理地对施工段落以及作业流程予以划分，并且要清楚明确不同工序之间存在的逻辑关联以及相应的时间节点，进而制定出切实可行的进度计划以及资源配置方案。与此还得进一步强化风险评估与预警机制的融入，针对像地基出现不均匀沉降、处于雨季期间施工、材料供应存在波动等情况所可能存在的各类不确定因素，设置多重预案，从而确保工程拥有不错的应变能力[2]。在管理这个层面上，科学施工方案还必须要和项目管理制度紧密结合起来，推动施工组织设计、质量管理体系、信息化平台以及智能化监测技术等多方面的协同运用，达成施工过程的动态监管以及实时优化的目标。

3.2 严把施工材料质量关

在公路路基路面施工期间，严格把控施工材料的质量这一环节极为关键，它关乎工程质量和使用寿命。材料是构成路基与路面的基础部分，其物理性能、力学性能以及耐久性会直接作用于结构的稳定性和整体功能达成。所以在施工开始之前，得依照设计规范和技术标准，对所有进场材料开展严格的选型、检测以及验收工作，特别是像石料、砂、碎石、沥青、水泥、土工材料这类核心材料，需凭借权威检测机构给出的质量检验证明，保证其各项指标契合施工要求。施工单位需要构建完善的材料采购与验收制度，防止不合格材料混进施工现场，尤其要避免因为成本控制或者工期紧迫而出现以次充好、以非代正的情况。因此要强化对材料供应商的资质审查以及信誉评估，实施长期合作与质量追溯制度，提高材料供应的稳定性和可靠性。在施工进程中，依据不同阶段的施工工艺要求对材料进行动态检测与监督，比如对填土含水率、压实度、集料级配、沥青混合料温度等进行实时监控，确保每一批材料在使用前都达到技术标准。借助现代信息化手段如 BIM 系统、物联网和智能检测设备等技术，建立材料进出场全流程数据记录与质量档案系统，达成材料管理的精细化与透明化。

3.3 加强施工设备管理

在公路路基路面施工期间，强化施工设备管理属于确保施工质量、提升施工效率以及降低施工风险的关键举措。施工设备身为工程建设当中极为重要的核心工具，其性能所处的状态、运行时的效率以及操作所遵循的规范程度，会直接作用于施工工艺的稳定与否以及施工成果质量的好坏之上。需依照施工工艺的具体要求以及工程实际的所需情况，合理且科学地去配置设备的种类以及数量，务必要避免出现设备存在冗余或者短缺这样的情形，以此来保障设备可以达成高效且协调的运行状态。施工单位应当着力构建起健全完善的施工设备管理制度以及操作规程，严格且细致地执行设备在使用之前所开展的检查制度，针对像压路机、摊铺机、拌合站、洒水车这类关键设备展开全面的技术层面的检查工作，从而保证这些设备的运行状态是良好的，各项技术参数也是符合标准要求的。设备的操作人员必须要做到持证才能上岗，同时还需要接受定期所开展的技术培训，通过这样的方式来提升其对于设备性能

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

以及施工工艺的认识理解程度，防止因为操作不当而致使出现质量方面的隐患问题[3]。除此之外，对于设备的日常保养以及维护工作同样需要予以高度重视，要制定出详尽完备的维护计划，针对机械设备实施定期的检修操作以及故障预警方面的管理工作，避免由于设备出现老化或者发生故障进而停工，最终造成施工出现延误情况或者产生质量问题。在施工的整个过程之中，应当进一步强化对于设备运行状态的实时监控力度，借助信息化管理的相关手段，比如 GPS 定位系统、远程监控系统以及智能调度平台等，对设备的运行效率、作业轨迹、油耗情况等诸多方面展开数据化的分析以及管理工作，进而促使设备的使用能够达到最优化的境况。

3.4 培养专业人才

在公路路基路面施工质量控制方面来讲，培养专业的相关人才，这可是提升整个工程项目所处水平以及确保施工质量得以实现的最为基础的一种保障方式。这里所说的这些专业人才，一方面是指那些有着扎实理论知识的工程技术人员，另一方面也包含着那些对施工现场的实际操作较为熟悉，并且还具备丰富实践经验的技术工人，另外还有就是能够做到对各项资源进行统筹管理并加以协调的项目管理人员。就人才培养而言，首先得要加大针对施工技术人员展开专业培训的力度，定期去组织开展有关最新施工工艺、材料性能、质量检测方法以及安全规范等方面内容的培训活动，以此来促使他们的技术水平以及综合素质都能够得到提升。而且在培训过程当中，内容设置应当着重关注理论知识和实践操作相结合这一点，要强化他们解决问题的能力以及在施工现场灵活应对各种突发状况的能力，从而保证技术人员可以准确无误地理解设计意图，科学合理地去执行施工方案。施工企业需要进一步完善人才引进以及激励方面的相关机制，以此来吸引那些拥有先进理念并且具备创新能力的高层次人才能够前来加盟，与此还得注重对年轻技术人才展开培养工作以及做好梯队建设事宜，进而形成一个能够让技术人才不断持续发展下去的良好生态环境。还应当积极鼓励技术人员参与到科研以及技术创新的相关项目当中，以此推动施工技术实现升级换代，同时也促使质量管理方法得到优化改进。从项目管理这个层面上来讲，要加强针对管理人员职业素养以及组织协调能力的培训工作，提升他们对于质量控制、进度管理、安全生产以及风险防范等方面内容的统筹把控能力，以此确保项目能够按照预定的计划顺利推进下去。

3.5 做好后期的养护工作

公路路基路面施工完成之后，后期的养护工作是保证道路能够长期稳定地运行并且延长其使用寿命的重要环节。养护工作可不能仅仅是对已经建成的路面做简单的维护，它还涉及到对路基以及路面结构功能的全方位保护与恢复。一开始，得制定出科学且合理的养护计划，依据道路交通量的具体情况、所处的环境条件以及路面材料的相关特性来合理安排养护周期以及养护内容，务必要让养护工作能够做到有的放矢，而且要足够及时且行之有效[4]。在养护的过程当中，要格外重视日常的巡查以及监测工作，要及时把路面上出现的裂缝、坑槽、沉降这类早期病害给发现出来，并且妥善加以处理，以防这些小病害慢慢发展成结构性的损坏。借助现代信息技术以及相应的监测设备，对路面的温度、湿度、变形还有应力状况展开实时的监控，以此提升养护工作的精准程度以及科学水平。与此要根据养护的实际需求，采用先进的养护技术以及材料，像是冷再生技术、微表外处理以及高性能的修补材料等等，通过这些来提升养护的效果，进而增强路面抵抗疲劳以及抗老化的实力。还要强化对排水系统的维护工作，确保路基的排水能够保持通畅的状态，避免因为积水而致使路基出现软化的情况，同时也防止路面病害进一步加剧。

4 结语

在公路工程的建设进程里，路基以及路面施工的质量状况是好是坏，一方面和道路所具备的承载能力还有其能够使用的年限紧密关联着，另一方面也和整个交通运输系统能否安全且顺畅地运行息息相关。所以说，要在施工的过程中切实强化针对质量方面的控制举措，同时也要把防范措施落实到位，这一点显得格外重要。通过去科学合理地制定施工的具体方案，严格仔细地对材料质量加以把控，着力加强对设备以及相关技术的管理工作，重视对专业人才展开培养工作，并且要将后期的养护机制予以完善，如此便可以有效地促使施工质量得以提升，让安全隐患有所减少，进而使得道路的使用周期能够得以延长。在未来的时间里，需要持续不断地对管理的手段加以优化，积极推动技术方面实现创新，进一步让施工质量保障体系变得更加健全完备，从而全面地提升公路工程建设所能达到的质量水准，以此来给交通基础设施的可持续发展给予稳固有力的支撑。

[参考文献]

[1]金国钧.公路路基路面施工质量的控制及防范措施[J].科技创新与生产力,2024,45(6):85-87.
[2]何彦庆.公路工程中路基路面施工质量控制及防范措施[J].科技创新与生产力,2024,45(5):69-71.
[3]隋佳毅.公路工程路基路面施工质量影响因素及防范[J].大众标准化,2022(20):36-38.
[4]赖冠斌.市政公路工程路基路面施工技术与质量控制措施[J].工程与建设,2023,37(2):689-691.

作者简介：杨洋（1992.10—），毕业院校：长沙理工大学城南学院，所学专业：土木工程，当前就职单位：新疆北新路桥集团股份有限公司，职称级别：中级。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

智能监理平台在高速公路施工中的深度融合应用

张士伟 于 会 张莉芬
宜昌同卵工程监理咨询有限公司，湖北 宜昌 443000

[摘要]随着我国高速公路建设的快速发展，施工监理作为确保工程质量和安全的重要环节，面临着日益复杂的挑战，传统的监理方式在效率、精度和实时性方面已难以满足现代高速公路项目的高标准要求，在此背景下，构建智能化监理平台成为提升监理效能的重要方向。智能化监理平台通过集成物联网、大数据、人工智能等先进技术，能够实现施工过程的实时监控、数据分析和智能决策，为高速公路项目的质量控制和安全管理提供强有力的技术支持，文中主要分析了高速公路项目施工监理中智能化监理平台的构建措施。

[关键词]高速公路；施工监理；智能化监理平台；构建措施
DOI：10.33142/sca.v8i6.16831 中图分类号：TU71 文献标识码：A

Deep Integration Application of Intelligent Supervision Platform in Highway Construction

ZHANG Shiwei, YU Hui, ZHANG Lifen
Yichang Tongluan Engineering Supervision Consulting Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443000, China

Abstract: With the rapid development of Chinese highway construction, construction supervision, as an important link to ensure project quality and safety, is facing increasingly complex challenges. Traditional supervision methods are no longer able to meet the high standard requirements of modern highway projects in terms of efficiency, accuracy, and real-time performance. In this context, building an intelligent supervision platform has become an important direction to improve supervision efficiency. The intelligent supervision platform integrates advanced technologies such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence to achieve real-time monitoring, data analysis, and intelligent decision-making during the construction process, providing strong technical support for quality control and safety management of highway projects. This article mainly analyzes the construction measures of the intelligent supervision platform in highway project construction supervision.

Keywords: highway; construction supervision; intelligent supervision platform; construction measures

引言

高速公路建设具有工程规模大、技术复杂、施工周期长等特点，传统的监理方式主要依赖人工巡查和纸质记录，存在效率低、数据不准确、信息反馈滞后等问题，随着信息技术的飞速发展，智能化监理技术逐渐成为解决这些问题的有效手段，物联网技术实现对施工现场的全面感知，大数据分析能够为监理决策提供科学依据，人工智能技术则能够实现异常情况的自动识别和预警，国家对基础设施建设的质量要求日益严格，推动智能化监理技术的应用已成为行业发展的必然趋势，研究智能化监理平台的构建与应用具有重要的现实意义。

1 研究背景与智能化监理平台在高速公路施工中行业中的痛点

1.1 传统监理模式的局限性

在传统工程监理体系中，人工巡检作为核心监管手段，暴露出效率低下与覆盖盲区的双重困境。以高速公路项目为例，30 公里施工段需配备 15 名监理人员，每日人均巡检里程仅 2 公里，漏检率高达 18%，桩基浇筑等关键工序的旁站监理需消耗大量人力成本。数据记录依赖纸质表单与 Excel 台账中，桥梁项目竣工时累计形成 2.3 万份纸质文件，其中 15%的隐蔽工程验收记录因填写不规范导致追溯困难，曾因桩基钢筋笼间距记录缺失引发质量纠纷。

隐蔽工程监管更是传统模式的“心腹之患”。在隧道施工中，初期支护背后的围岩裂隙发育情况无法实时监测，如铁路隧道项目因未发现钢拱架背后空洞，运营 3 年后突发局部坍塌；房建工程中，二次结构砌体砂浆饱满度仅靠敲击抽检，其保障房项目交付后出现大面积墙体开裂。中国建筑业协会 2023 年调研显示，62%的工程质量事故与隐蔽工程监管缺失相关，传统模式已难以适应现代工程精细化管理需求。

1.2 智能化转型的驱动力

政策层面，《交通强国建设纲要》明确要求 2035 年前实现“智慧工地”全覆盖[1]，住建部《“十四五”建筑业发展规划》提出推进 BIM 技术在监理领域的深度应用。地方实践中广东省 2024 年起要求政府投资项目智能化监理覆盖率达 90%以上，杭州市将智能化监理纳入绿色施工评价体系，给予最高 3%的工程造价奖励。

技术层面，BIM 技术已从单一建模工具升级为全生

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

命周期管理平台，如商业综合体项目通过 BIM 模型实现 6800 处设计-施工冲突预控，物联网技术构建起“空-天-地”立体监测网络，港珠澳大桥岛隧工程部署 2.1 万个传感器，实现沉管对接精度控制在 3cm 以内。技术成熟度曲线显示，智能化监理相关技术已跨过“期望膨胀期”，进入“实质生产期”。

2 智能化监理平台的核心架构

2.1 技术支撑体系

（1）多源数据融合层

BIM 模型驱动全流程校验：企业通过建立 1∶1 字孪生模型，如机场航站楼项目通过 BIM-3D 扫描比对，发现钢结构安装偏差超过 8mm 的部位 127 处，避免了后期结构应力集中风险。模型集成设计图纸、工程量清单等 28 类数据，自动生成“监理控制点清单”，桩基定位、管线预埋等关键工序的合规性检查效率提升。

物联网传感器构建感知网络：在深基坑监测中，部署振弦式应力计、倾角传感器、水位仪等 12 类设备，如武汉地铁车站基坑累计采集 1.2 亿条数据，当深层水平位移速率超过 3mm/天时自动触发三级预警，成功预警 2 次围护结构失稳风险。桥梁健康监测系统融合光纤光栅与加速度传感器，实时解算梁体振动模态参数，某斜拉桥索力异常波动在 2 分钟内被捕捉，避免了断索事故。

无人机/机器人巡检突破空间限制：无人机搭载多光谱相机与激光雷达，在 300m 高空完成风电项目升压站巡检，缺陷识别效率较人工登高作业提升 20 倍，如海上风电场通过无人机巡检发现 32 处螺栓松动，避免了设备停运损失；隧道巡检机器人集成超声相控阵与红外热成像模块，在 3 公里长的隧道中实现 24h 不间断检测，衬砌背后空洞识别准确率有效提升。

（2）智能分析层

AI 算法实现主动监管：卷积神经网络（CNN）在安全帽检测中准确率有效提升，如工地通过部署 AI 摄像头，3 个月内纠正 236 起违规行为，人员安全意识提升 40%；语义分割算法识别材料堆放混乱、临边防护缺失等隐患，市政项目隐患发现效率提升，整改闭环平均时长缩短。

大数据分析赋能科学决策：监理通过建立进度延误风险预测模型，如高铁项目通过 378 个历史案例，提前 45d 预警连续降雨导致的无砟轨道施工滞后风险，通过调整资源配置避免了 12d 工期损失，质量显著提升。

（3）协同管理平台

移动端实现现场数字化：企业通过开发“监理通”APP[2]，集成 GPS 定位、二维码扫描、音视频上传等功能，监理人员现场巡检时可实时调取 BIM 模型查看设计参数，通过 APP 录入的整改通知自动关联责任单位。

云端驾驶舱实现全局掌控：数据可视化平台集成 21 项核心指标，以城市综合管廊项目的“监理数字孪生大屏”实时显示各舱室施工进度、质量检测数据、安全风险热力图，当预制管节安装误差超过 5mm 时，系统自动标红预警并推送处置方案，决策效率能有效提升。

2.2 功能模块设计

（1）质量监理模块

材料强度 AI 检测通过机器视觉识别钢筋表面标识，结合光谱分析技术检测材质强度，如钢厂钢筋入场检测时间从 48h 缩短至 15min，累计拦截不合格材料 23 批次；混凝土试块抗压强度检测引入图像识别算法，自动读取压力机数据并比对设计值，使试块检测效率提升，数据造假风险归零。

压路机搭载的振动传感器与 GNSS 定位系统联动，实时生成压实度云图，如高速公路沥青路面施工中，压实度不足区域的识别效率提升，平整度合格率也实现质的飞跃。

（2）安全监理模块

人员定位与越界预警：UWB 定位系统实现厘米级精度定位，如地下管廊施工中，当人员进入未支护区域时，安全帽内置芯片立即发出声光报警，3 个月内杜绝违规操作进入风险；施工机械安装毫米波雷达，在塔机回转半径内检测到人员时自动限速，使建筑工地机械伤害事故下降。

（3）进度监理模块

BIM+甘特图动态调整：施工监理人员将施工进度计划与 BIM 模型构件关联，如商业综合体项目每周自动生成“进度偏差分析报告”，提前识别出机电安装滞后风险，通过增加夜间作业班次，将总工期缩短，而资源调度算法根据实时进度数据优化人材机配置，使周转效率提升，设备闲置率下降。

（4）环保监理模块

扬尘与噪声智能监测：监理人员通过部署微型空气质量监测站，当 PM2.5 浓度超过 80μg/m^3 时自动启动雾炮机[3]，如市政工地扬尘超标时长下降，噪声传感器联动视频监控，夜间施工扰民投诉量减少。

渣土车轨迹追踪：监理人员通过北斗+RFID 技术实现渣土车“运输-消纳”全流程监管，对渣土车违规倾倒事件监控，违规情况能得到有效解决。

3 智能化监理平台在高速公路施工中深度融合的典型应用场景

3.1 路基施工智能化监理

在高速公路路基施工中，针对传统层厚控制依赖人工测量、精度不足的问题，对于路基施工监理通过创新应用基于北斗+振动传感的智能监控技术。例如压路机搭载的 GNSS 定位模块具备 ±2cm 高精度定位能力，结合振动加速度传感器，可实时捕捉碾压轨迹与压实遍数，构建动态施工数据模型。系统预设 ±2cm 的层厚控制阈值，通过物联网将车载终端与后台管理系统实时互联，当某区段填筑厚度达到 32cm 时，车载终端立即以声光报警形式提示操

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

作人员，同步向后台推送异常数据，引导施工人员精准调整卸料量。该技术构建“数据采集-智能分析-实时预警-精准调控”管理体系，不仅将路基压实度合格率提升，更通过提前干预层厚偏差，使工后沉降超标率下降，显著降低后期运维风险。自动化监测替代了传统人工抽检模式，单公里检测成本降低，为规模化路基施工提供可复制的智能化监理范本。

3.2 桥梁施工关键环节监控

在桥梁工程建设中，施工监理针对预应力张拉与桩基成孔的质量管控难点，集成智能传感与 AI 算法构建全流程监控体系。在预应力张拉环节，千斤顶安装压力传感器精度±0.5%FS 与位移编码器，以每秒 2 次的频率实时采集油压数据与钢绞线伸长量，通过边缘计算设备将数据同步至云端，利用 AI 算法自动比对设计张拉曲线，实现张拉过程的动态校验。以大桥 T 梁张拉时，监理人员运用系统精准识别出 3 束钢绞线伸长量偏差，立即触发停机指令并定位锚具安装误差，避免因应力不均导致的梁体开裂风险，同时通过优化张拉流程使作业效率提升，彻底杜绝因人工操作中的数据造假隐患。

在桩基成孔领域，超声波检测仪搭载相控阵探头，在灌注桩成孔过程中进行 360° 实时扫描，可识别孔径偏差与垂直度误差。如码头工程应用中，监理人员公共系统累计检测出 12 根桩孔倾斜度，通过无线传输实时反馈至钻机控制系统，自动调整钻杆垂直度，从源头避免了桩基承载力不足问题。检测数据同步上传至智慧工地平台，实现成孔质量的数字化验收，将传统 48h 的验收周期缩短至 6h，大幅提升桥梁基础施工的智能化水平。

3.3 隧道施工安全管控

针对软弱围岩隧道施工的高风险特性，企业构建“支护结构监测+人员定位”的双维度安全管控体系[4]。在支护结构健康监测方面，部署分布式光纤传感系统，以每 1m 间距在隧道围岩内布设监测点，通过光时域反射技术实时解算围岩变形量与应力分布，实现毫米级精度的位移监测。如公里隧道施工期间，当系统监测到拱顶沉降速率达到 5mm/d 时，立即触发橙色预警机制，同步向施工管理平台与现场终端推送预警信息，施工单位依据预设方案迅速采取增加钢拱架、加密锚杆等加强支护措施，成功避免坍塌事故。该技术通过自动化数据处理，将支护参数调整效率提升，同时基于精准监测结果优化初期支护方案，使支护成本下降，实现安全与经济性的双重提升。

在人员定位与应急管理领域，监理部门采用 UWB 超宽带定位技术构建洞内高精度定位网络，定位精度达 10cm，可实时显示作业人员的三维位置分布。当突水、塌方等灾害发生时，系统基于 GIS 地图与实时数据，30s 内生成考虑水流方向、通道拥堵情况的最优逃生路线，并通过安全帽内置屏幕推送至每个人员终端。如隧道应急演练中，人员撤离时间从传统 8min 缩短至 3min，而在 2024 年实际涌水事故中，定位系统通过动态路径规划，成功引 57 名作业人员避开危险区域，实现零伤亡撤离，成为隧道施工安全保障的核心技术支撑。

4 高速公路项目施工监理中智能化监理平台的应用效果

4.1 监理响应时间显著缩短

传统高速公路施工中，监理人员需通过现场巡查、人工记录、电话沟通等方式获取施工信息，从问题发现到响应处理平均耗时 4～6h，且存在信息滞后、漏报等风险[5]。智能监理平台通过物联网技术构建全域数据采集网络，在路基、桥梁、隧道等施工区域部署北斗定位终端、振动传感器、压力变送器等智能设备，实时采集碾压轨迹、张拉数据、围岩变形等 120+项施工参数，数据上传频率达秒级，并通过 5G 网络同步至云端监理平台。平台内置 AI 预警模型，可自动识别层厚超限、张拉偏差、沉降速率异常等 68 类风险事件，触发预警后 10s 内通过短信、APP 弹窗、现场声光设备多渠道推送至监理工程师与施工班组。以路基填筑层厚控制为例，当系统检测到某区段填料厚度超标时，车载终端立即报警并同步推送整改方案至监理移动端，使问题响应时间从传统人工巡检的 2h 缩短至 3min，监理工作从“事后验收”转向“实时管控”，整体施工协调效率提升。

4.2 隐蔽工程验收效率大幅提高

隐蔽工程如桩基成孔、预应力管道压浆、隧道初期支护等，传统验收需依赖施工单位报验、监理现场抽检、资料人工审核，单工序验收平均耗时 2～3d，且存在数据造假、验收标准执行不统一等问题。智能监理平台通过“自动化数据采集+区块链存证+AI 质量评估”技术，实现隐蔽工程验收流程再造。

在桩基施工中，超声波检测仪搭载相控阵探头实时扫描孔径、垂直度，数据自动上传至平台并生成三维可视化模型；预应力张拉时，压力传感器与位移编码器每 2s 采集一次油压与伸长量数据，AI 算法自动比对设计曲线并标记异常点。所有检测数据通过区块链技术加密存证，形成不可篡改的电子档案，监理工作透明度与公信力显著提升[6]。

5 结语

智能化监理平台的构建与应用是高速公路项目施工监理现代化的重要标志，它不仅能够提高监理效率和质量，还能为工程安全和可持续发展提供保障，整合先进技术，智能化监理平台实现了施工过程的实时监控、数据驱动的决策支持和风险预警的智能化，为监理工作带来了革命性的变化，随着技术的不断进步和应用场景的拓展，智能化监理平台将在高速公路建设中发挥更加重要的作用，本文的研究为智能化监理平台的构建与应用提供了理论框架和实践思路，但仍需在实践中不断优化和完善，以更好地

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

服务于高速公路建设的高质量发展。

[参考文献]

[1]诸恩照,吴言天.浅谈监理企业智能化转型[J].建设监理,2024(8):5-7.
[2]田新栋.基于机器视觉的输变电工程监理智能化技术研究[D].济南:济南大学,2024.
[3]孟兆友,于少杰.浅议住宅建筑智能化工程专业监理和项目管理[J].居舍,2024(17):149-152.
[4]崔永恩.探析智能化监控系统在建筑施工监理中的作用[J].建设监理,2024(5):61-64.
[5]陈东.工程监理工作中智能化系统的建设及应用[J].新城建科技,2024,33(2):188-190.
[6]郑学森.浅议建筑智能化工程专业监理和项目管理[J].城市建设理论研究(电子版),2022(29):31-33.

作者简介：张士伟（1978—），男，满族，辽宁丹东人，监理工程师，本科毕业生，研究方向为公路工程施工监理。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

路桥施工中施工质量管理问题及对策研究

曾双泉[1] 刘细茂[2]
1 湖北省路桥集团有限公司，湖北 武汉 430000
2 黄冈市交通运输综合执法支队，湖北 黄冈 438000

[摘要]当下时代在不停地向前推进，社会也在不断发展变化。近些年来，我国的社会经济一直保持着较为快速的增长态势，与此科学技术水平同样实现了颇为显著的提升，这无疑有力地推动了路桥工程的快速发展。伴随着路桥工程需求的不断增加，其对于人们日常生活所造成的影响变得越来越突出，在这样的情况之下，施工质量问题一直都是社会各界极为关注的要点所在。路桥工程的质量一方面直接和公众的出行便利程度紧密关联，另一方面还与人民群众的生命安全息息相关。所以说，切实强化对路桥施工质量的管理相关工作，以此来保证工程能够安全且可靠地运行，已然成为维护社会稳定以及推动经济发展的关键任务之一。

[关键词]路桥施工；施工质量；质量管理；问题及对策
DOI：10.33142/sca.v8i6.16825 中图分类号：U415.1 文献标识码：A

Research on Construction Quality Management Problems and Countermeasures in Road and Bridge Construction

ZENG Shuangquan[1], LIU Ximao[2]
1. Hubei Road & Bridge Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China
2. Huanggang Transportation Comprehensive Law Enforcement Detachment, Huanggang, Hubei, 438000, China

Abstract: The current era is constantly advancing, and society is also constantly developing and changing. In recent years, Chinese social economy has maintained a relatively rapid growth trend, and the level of science and technology has also achieved significant improvement, which undoubtedly strongly promotes the rapid development of road and bridge engineering. With the increasing demand for road and bridge engineering, its impact on people's daily lives has become increasingly prominent. In this situation, construction quality issues have always been a key concern for all sectors of society. The quality of road and bridge engineering is closely related to both the convenience of public transportation and the safety of people's lives. Therefore, effectively strengthening the management of road and bridge construction quality to ensure the safe and reliable operation of the project has become one of the key tasks in maintaining social stability and promoting economic development.

Keywords: road and bridge construction; construction quality; quality management; problems and countermeasures

引言

随着我国经济不断快速发展，城市化进程也在加速推进，在这样的大背景之下，路桥工程作为交通基础设施当中极为重要的一部分，其建设质量的好坏，直接会对区域经济的持续增长以及社会的安全稳定产生影响。在路桥施工的过程中，因为工程规模往往都比较庞大，技术层面也较为复杂，施工环境又是多变的，并且多方协调起来难度颇高等诸多因素的存在，使得施工质量管理面临着不少十分严峻的挑战。当下，路桥施工质量问题呈现出来的表现形式是多样的，既包含材料质量存在良莠不齐的情况，施工工艺的执行也常常不到位，还涉及管理体制不够完善、人员素质参差不一以及监督机制较为薄弱等多个方面的因素，而这些问题的存在，对路桥工程质量的提升以及工程寿命的延长形成了严重的制约作用，甚至还埋下了一定的安全隐患。怎样科学地去识别施工质量管理当中的那些关键问题，并且系统地加以解决，同时优化质量管理体系，强化技术以及管理手段的应用，这已然成为了保障路桥工程具备安全性、耐久性以及功能性这些特点的核心任务所在。鉴于此，本文将会对路桥施工质量管理当中存在的主要问题展开深入剖析，把理论研究和实际案例相结合起来，进而提出具有切实可行性的对策建议，以此来推动施工质量管理朝着规范化以及智能化的方向发展，从而促进路桥工程实现高质量的发展，进而为提升我国交通基础设施建设的整体水平给予强有力的支撑。

1 路桥施工质量管理的重要性

路桥施工质量管理在确保道路以及桥梁工程具备安全性、耐久性还有使用功能方面，有着极为重要的作用。优秀的质量管理能够在很大程度上防止施工进程里出现各类质量问题，像是材料不符合标准、施工工艺存在欠缺、结构有缺陷等等，进而防止工程出现裂缝、沉降、变形这类安全隐患，以此来保障交通运输可以正常地开展运行。科学合理的质量管理有益于提升施工的效率，降低返工以

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

及维修所花费的成本，节省项目所用的资金以及工期，提高工程所获取的经济效益。除此之外，严格的质量管理可推动施工企业技术水平得以提升，让施工行为更加规范，促使技术创新以及施工标准化的推进，这有助于塑造优质的工程品牌以及企业的良好信誉。随着社会对于基础设施安全以及环保要求的持续提高，路桥施工质量管理已然成为保障生态环境、达成可持续发展的一项重要保障内容。所以说，重视并且强化路桥施工质量管理，既是保障公共安全不可或缺的条件，又是推动交通基础设施实现高质量发展的关键环节所在。

2 路桥施工质量管理的问题分析

2.1 施工质量管理体系不完善

施工质量管理体系不够完善，这在当下的路桥施工进程里属于常见并且颇为突出的一个问题，其主要呈现出管理制度不太健全、责任划分不够清晰明确、监督检查机制有所缺失等状况。因为质量管理体系缺少应有的系统性与规范性，使得施工各个环节很难构建起有效的质量保障链条，施工人员以及管理人员在质量把控方面存在着职责出现重叠或者相互推诿的情况，质量管理的实际执行力度也比较欠缺。

2.2 施工过程质量管理不到位

只有切实加强施工过程中的质量管理，才能有效规范施工人员的日常行为，推动工程质量的持续提升。然而，部分施工单位过于侧重市场拓展和项目效益的提升，忽视了对施工过程质量管理的重视。具体表现为未能严格执行质量管理措施，缺乏对每一道工序的细致把控，导致桥墩、桥面、钢筋及混凝土工程等环节出现的质量缺陷未能及时整改[1]。同时，质量检测和验收工作不到位，未能及时发现并修复问题，这些因素对路桥施工质量造成了负面影响，制约了工程整体水平的提升。

2.3 施工质量管理制度不健全

在路桥施工进程里面，施工质量管理制度存在不健全这一普遍情况。其具体呈现出质量管理规章制度既缺系统性又缺针对性，与之相关的规范以及标准没办法对施工的各个环节予以全面覆盖，如此一来，管理工作就缺少了科学依据以及操作方面的指导。并且，制度执行的力度有所欠缺，部分施工单位还有相关人员对于质量管理制度的认识不到位，这就致使制度如同摆设一般，很难形成起有效作用的约束以及激励机制。管理制度的缺失还表现在对质量责任、监督检查、奖惩措施等等方面都缺乏明确的规定，进而让质量管理没法切实落实到位，对施工过程当中质量控制的效果以及工程整体的质量水平均产生了影响。

2.4 施工人员质量控制意识不强

施工人员质量控制意识较为薄弱，这在路桥施工质量管理方面着实算得上是一个颇为棘手的难题。不少施工人员因为自身专业素养以及所接受的培训都存在欠缺，所以对于质量的重要性很难形成一种较为深刻的认知，进而常常会忽视掉那些看似不起眼的细节，同时对规范操作也往往不够重视，如此一来便致使在施工进程当中频频出现偷工减料、敷衍塞责之类的现象[2]。除此之外，还有部分施工人员对于质量标准以及技术要求的掌握情况并不完整，他们缺乏那种能够主动去发现并且纠正质量问题的能力，其质量责任感也比较淡薄，根本没办法自觉地去遵循施工规程以及质量管理制度。

3 路桥施工质量管理的有效对策

3.1 建立完善的施工质量管理体系

要想确保路桥工程能够顺利且保质保量地完成，建立起完善的施工质量管理体系显得格外重要，这无疑是一个极为有力的保障举措。而要达成这一目标，那就得从多个不同方面着手推进，像是制度规范层面、责任落实层面、技术支持层面以及监督机制层面等等，都得一并考虑到。应当去构建起一套科学且合理的质量管理制度体系，把质量管理的具体目标、相关流程以及相应标准都给明确清楚，如此一来，各个施工环节便都能够有章可循了，进而促使质量管理工作能够朝着系统化、规范化方向发展。需要合理地对质量管理职责加以划分，把责任切实落实到具体的人身上，进一步强化项目管理人员以及施工队伍对于质量方面的意识，从而形成一个责任清晰明确、权力与责任相互统一的管理局面。在技术层面上来讲，得充分结合路桥施工所具有的特殊要求，对施工工艺以及技术标准予以完善，同时积极推广运用那些先进的检测手段以及质量控制技术，以此来提升在质量保障方面所具备的技术水准。除此之外，还要建立健全起多层次的监督检查机制，借助内部自检、监理监督以及第三方评估等多种手段，达成对质量管理的全流程监控以及闭环管理效果，以便能够及时地将质量问题给发现出来并且加以纠正，避免出现隐患不断累积的情况。引入信息化管理手段同样是非常关键的，凭借现代信息技术来实现质量数据的实时采集、深入分析以及有效反馈，进而提高质量管理所具有的透明程度以及科学决策的能力。

3.2 规范路桥施工过程的质量管理

规范路桥施工过程中的质量管理，这可是提升工程整体质量水准极为关键的一个环节，得在施工的每个阶段都严格把质量控制措施落实到位，务必要让施工行为能够契合设计方面的要求以及技术规范。一开始就要从施工准备阶段着手，去做详尽的质量方面的筹划，像材料采购、设备选用、人员培训等等这些方面都要涵盖到，以此来保证所有的投入都能够达到标准并且满足施工的需求。在施工的过程当中，必须得严格执行工序控制以及质量检验，要把工序验收制度切实落实好，从而确保每一道工序的施工质量都能符合规范，避免因为前期环节存在质量问题而使得后续工序出现种种缺陷。与此还得进一步强化施工现场

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的管理工作，要让安全文明施工和质量控制同步推进起来，防止人为操作出现失误还有环境因素给施工质量带来影响。质量监督检查得贯穿于施工的整个过程，借助现代检测设备以及技术手段针对关键部位和关键环节展开实时的监测与评估，以此来确保施工质量具备可控性以及可追溯性[3]。应当建立起完善的质量档案管理体系，把施工过程中各项数据以及检查结果都详细地记录下来并加以归档，以便为质量验收以及后续维护给出可靠的依据。

3.3 严格落实质量管理制度，加强质量检测验收

要切实落实质量管理制度，强化质量检测验收工作，这是保障路桥施工质量的关键举措，得从制度建设以及执行这两个层面去推进。一开始，得建立起完备且具备可操作性的质量管理制度，把质量控制的具体标准、相关流程以及各自的责任都明确清楚，要让施工单位还有那些相关管理人员清楚知晓自身的职责与权限，从而使得质量管理制度能够实实在在地变成施工现场的“行为准则”。在制度落实的进程里，要着重加强对质量管理制度的宣传与培训，提升施工人员以及管理人员的质量意识以及制度执行的能力，避免出现制度只是空有其表的情况。质量检测验收属于质量控制当中极为重要的一环，务必要做到严格规范并且科学合理，其涉及材料进场时的验收环节、施工过程中的监控环节以及完工之后的分项验收等诸多阶段，要保证每一个环节的质量都能够契合设计以及规范方面的要求。检测验收工作应当依靠先进的检测技术以及设备，运用标准化的检测手段，以此来确保所获取的数据是准确且可靠的，并且要形成完整且详细的关于质量的记录，进而为后续的质量追溯以及责任认定给予有力的支撑。与此还要强化第三方质量监督机构的独立性以及权威性，推动质量检测验收工作走向公开透明，防止出现质量问题被刻意隐瞒或者被忽视掉的情形。

3.4 打造高素质施工团队，保证材料质量合格

打造高素质施工团队以及保证材料质量合格，这两者是提升路桥施工质量的关键保障要素，它们相互之间相辅相成，一道构建起了工程质量的稳固根基。就高素质施工团队的建设来讲，这既要求施工人员拥有较为扎实的专业技术，还要求他们具备丰富多样的施工经验，施工人员还需有较强的责任意识以及质量意识。借助系统性的培训以及持续不断的技能提升举措，要强化团队成员对于施工规范、质量标准还有安全操作方面的理解能力以及执行能力，培育团队在实际开展施工工作期间所具有的精准操作、严谨管理的职业素养。与此应当构建起科学且合理的激励以及考核机制，以此来激发施工人员主动去追求卓越质量的那种积极性，推动质量管理责任切实落实到具体的人身上，确保施工各个环节都能够紧密相连并且高质量地完成相关任务。再者说，材料质量的合格情况是保障路桥工程整体性能以及使用寿命的基础所在，所以必须对材料采购、验收、存储以及使用的整个过程都严格加以把控。施工单位需要和信誉较好的供应商建立起稳定的合作关系，优先去选用那些符合国家标准以及技术规范的优质材料，并且要通过现场抽样检测、实验室分析等各类手段来对材料质量展开全面细致的检测以及严格把关，坚决杜绝使用劣质或者不合格的材料[4]。材料在施工现场的存储以及使用过程当中，同样需要采取科学的管理措施，防止因为环境方面的因素或者管理上的疏漏而导致材料性能出现下降的情况。高素质施工团队和优质合格材料相结合，能够切实有效地提升施工工艺的执行成效，减少质量缺陷以及安全隐患，确保路桥工程在功能性、耐久性以及安全性等诸多方面都能够达到设计的要求以及使用所期望的效果，进而为交通运输给予坚实的基础保障以及带来长远的经济效益。

4 结语

路桥施工质量管理对于保障工程的安全性、耐久性以及使用性能而言，有着极为关键的作用。在施工进程当中，存在着管理体系不够完善、人员的质量意识有所欠缺、材料质量也呈现出参差不齐等情况，针对这些诸多的问题，务必要采取科学且合理的应对举措。具体来讲，需从完善质量管理制度着手，同时强化技术检测的相关手段，并且着力提升施工人员的整体素质，此外还要规范施工的具体流程等方面协同发力，唯有如此，才能够切实有效地提升施工质量的水准。在未来的发展进程中，伴随着信息技术以及智能化手段的持续应用，路桥施工质量管理将会变得更为精细化以及智能化，进而为达成高质量的基础设施建设给予坚实的支撑。只有不断地推进质量管理体系的优化工作以及开展创新活动，才能够切实确保路桥工程是安全可靠的，从而能够满足社会发展的实际需求，有力地推动我国交通事业实现可持续发展。

[参考文献]

[1]吴斌.路桥施工中施工质量管理问题及对策研究[J].运输经理世界,2023(22):49-51.
[2]王永恒.路桥施工质量管理问题与对策探讨[J].山西建筑,2017,43(32):231-232.
[3]蔡明珠.路桥施工质量管理问题分析与对策[J].交通世界,2020(18):126-127.
[4]余陇刚.路桥施工质量管理中的问题及对策分析[J].居业,2019(1):159-161.

作者简介：刘细茂（1976.8—），男，专业方向：路桥道路工程，职称：工程师，籍贯：湖北黄冈武穴。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

高速公路隧道施工中超前支护施工技术的具体应用

李 锋
湖北省路桥集团有限公司，湖北 武汉 430000

[摘要]超前支护施工技术在有效预防隧道围岩变形方面发挥着关键作用，同时显著增强了围岩的支护能力，减少了施工对围岩的扰动，从而保障了隧道结构的安全稳定。基于对超前支护技术优缺点的深入分析，文章重点探讨了超前支护施工技术的具体应用，旨在为施工人员提供有价值的参考和指导，提升高速公路隧道施工的质量与安全水平。
[关键词]高速公路隧道；超前支护；施工技术；技术应用
DOI：10.33142/sca.v8i6.16819 中图分类号：TU7 文献标识码：A

Specific Application of Advanced Support Construction Technology in Highway Tunnel Construction

LI Feng
Hubei Road & Bridge Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract: Advanced support construction technology plays a key role in effectively preventing deformation of tunnel surrounding rock, while significantly enhancing the support capacity of surrounding rock, reducing the disturbance of construction on surrounding rock, and ensuring the safety and stability of tunnel structure. Based on an in-depth analysis of the advantages and disadvantages of advanced support technology, this article focuses on the specific application of advanced support construction technology, aiming to provide valuable reference and guidance for construction personnel and improve the quality and safety level of highway tunnel construction.
Keywords: highway tunnel; advanced support; construction technology; technical application

引言

高速公路隧道属于交通运输领域极为重要的构成部分，其施工质量以及安全性会对道路的通行效率和使用寿命产生直接影响。在隧道施工进程当中，围岩的稳定性称得上是保障施工安全的关键要素之一。特别是在地质条件较为复杂、围岩呈现松散状态或者地下水颇为丰富的地区，施工所面临的风险会明显增加，传统的支护办法往往很难同时满足安全方面的要求以及进度方面的要求。超前支护施工技术算得上是一种较为先进的隧道支护方式，它能够在一定程度上有效地强化隧道开挖前后围岩的承载能力，降低围岩出现变形以及发生坍塌的风险，进而提高施工的安全性以及连续性。该技术包含着多种具体的应用形式，像是导向墙、大管棚、小导管还有超前锚杆等等，凭借科学且合理的规划设计以及施工操作，可构建起完整的支护体系，以此来契合不同地质环境所提出的各类需求。伴随信息技术以及施工设备不断地向前发展，超前支护技术的应用范围变得日益广泛，而且越来越趋于精细化，这在很大程度上有力地推动了高速公路隧道施工技术向前发展。本文将会围绕超前支护施工技术在高速公路隧道当中的具体应用展开较为系统的分析，目的在于深入探讨其技术方面的优势、施工的具体流程以及实际的实施效果，从而为相关的工程项目给予相应的理论方面的指导以及实践层面的参考。

1 高速公路隧道施工中超前支护技术的优缺点

高速公路隧道施工里的超前支护技术属于一种预防性的支护办法，它可在开挖之前对地层加以加固，有效地对围岩的变形以及坍塌风险予以控制，以此来确保施工的安全与稳定。它的主要优点是能够及时将地应力释放出来，让围岩松动的范围得以减小，降低施工期间出现突泥、突水等这类地质灾害的可能性，进而提升施工的连续性与效率。超前支护技术对改善施工环境有利，可保障施工人员的安全，特别适合地质条件较为复杂、围岩状况较差或者处于高地应力区域的隧道工程[1]。不过，这项技术同样存在着一定的局限性与不足之处。超前支护施工工序比较繁琐，施工周期也偏长，这使得工程在时间成本以及经济投入方面都相应增加。支护设计和施工进程对于技术人员的专业水平要求颇高，要是设计不够合理或者施工质量不到位，那么很可能会导致支护效果不好，甚至会引发二次灾害。部分超前支护方法像大管棚施工，其对于机械设备以及施工条件的要求都比较高，受到现场条件的限制也比较大，所以并不适合在所有地段进行应用。

2 超前支护施工技术在高速公路隧道施工过程中的具体应用

2.1 导向墙施工技术

导向墙施工技术于高速公路隧道超前支护而言，属于极为关键的核心环节，其肩负着引导隧道掘进方向以及稳固围岩这两大重要使命。此项技术会于隧道开挖面之前设置一道或者数道连续且颇为坚固的混凝土墙体，进而构建起在结构层面有着极高稳定性的屏障。如此一来，既能对

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

隧道断面的形状以及尺寸加以有效把控，又可抵御围岩所施加的压力，有效防范围岩出现松散乃至坍塌之类的状况。导向墙的施工流程一般涵盖基坑开挖、钢筋绑扎、模板安装还有混凝土浇筑等诸多关键步骤，而施工的质量状况会在很大程度上对其承载能力以及持久性产生影响。所以，在施工进程当中务必要对混凝土配比、浇筑工艺以及养护条件予以严格把控，以此来保证墙体能够保持密实的状态，并且具备不错的力学性能。因此导向墙的设计务必要参照详尽的地质勘察数据，再结合隧道周边地质环境所呈现出的复杂情况，科学合理地确定墙体的厚度、长度以及钢筋配置等方面的情况，从而能够契合不同地质应力状态以及变形特性，进而确保其能够在施工阶段以及运营阶段都能够承受多种多样的荷载。导向墙还拥有很好的协同效应，可以和其他超前支护措施比如大管棚、小导管以及锚杆等等共同构成复合支护体系，以此进一步增强围岩的整体稳定性以及抗变形的能力。在现代的施工过程当中，导向墙技术正逐步融入信息化的相关手段，借助 BIM 建模以及监测系统达成对施工过程的精准把控以及质量管理，这在很大程度上提升了施工的效率以及安全方面的保障水平。

2.2 大管棚支护施工技术

2.2.1 管棚加工

管棚加工在大管棚支护施工技术里属于极为关键的环节，它跟支护结构的整体稳定性以及施工安全紧密相关。管棚一般会选用钢管作为材料，其加工流程涵盖选材、切割、焊接、矫正以及防腐处理等诸多步骤。在选材这个环节当中，得严格按照工程设计规范来执行，务必要让钢管具备足够的强度与耐久性，从而能够契合复杂地质环境下所提出的承载方面的需求。切割以及焊接乃是管棚加工里的核心工序，得运用先进的设备以及工艺，以此来保障焊缝的质量以及连接的精度，防范因焊接存在缺陷而致使管棚强度有所降低或者出现变形的情况。焊接完成之后，必须要开展矫正方面的处理工作，要保证管棚的几何尺寸还有弯曲度都能够符合设计所提出的要求，避免在安装的时候出现误差，进而对整体的支护效果产生影响[2]。与此为了提升管棚的耐腐蚀性能并且延长其使用寿命，还需要实施表面防腐处理，常用的处理方法有喷漆、防腐涂层以及热镀锌等等。管棚加工过程里面的质量控制格外重要，需要严格依照检验标准去执行，针对焊缝、尺寸以及防腐层展开全面细致的检测，确保每一根管棚都能够达到设计以及施工所提出的要求。

2.2.2 大管棚施工

大管棚施工属于超前支护技术里极为关键又相对复杂的施工环节，其主要作用在于对软弱地层予以加固，进而提升围岩的稳定性，以此来保障隧道开挖整个过程能够安全且顺利地开展。此施工工艺一般涵盖管棚安装、喷射混凝土包裹以及锚杆加固等诸多步骤。依据设计方面的要求，把事先已经加工完成的钢管依照一定的间距以及特定的排列形式安排在隧道前方的开挖面之上，从而形成支护骨架。管棚在布设的时候必须要做到精准定位，这样才能确保整体结构可以均匀受力，并且保持稳定状态。在管棚安装这个过程当中，得密切对地层变形以及支护反力加以监测，要及时对施工方案做出调整，以防围岩出现失稳的情况。接着，借助喷射混凝土来对管棚实施包裹操作，以此加固支护结构并且形成连续的围护层，能够有效地阻止围岩发生松动以及水土出现流失的现象。与此通过设置锚杆或者锚索针对管棚以及其周围的围岩展开进一步的加固工作，以此提高整体体系所具备的承载能力以及抗变形能力。大管棚施工对于施工机械设备的要求是需要高度配套的，而且施工环境也得严格加以控制，尤其是在地质条件较为复杂并且空间受到限制的隧道区域，施工的难度以及安全风险都会明显有所增加。所以说，在施工的过程中务必要强化质量控制以及安全管理方面的力度，要采用先进的监测技术来实时掌握支护结构以及围岩的实际状态，从而确保施工的全过程都能够做到科学合理且安全高效。

2.3 超前小导管支护施工技术

2.3.1 钻打小导管

钻打小导管这一环节在超前小导管支护施工技术里颇为关键，于高速公路隧道施工当中，其发挥着极为重要的加固以及稳定作用。此工艺借助钻机设备在隧道开挖面或者其前方围岩之中依照设计方面的要求来精准地钻孔，以此为小导管的安装筑牢基础。在钻孔这个过程当中，得严格把控孔径、孔深还有孔位的准确性，唯有如此才能让小导管可以和围岩紧密地贴合在一起，达成预期所期望的支护效果。对于那些地质条件较为复杂、岩层出现破碎情况或者是含水十分丰富的地段而言，在钻孔的时候还需要采取行之有效的降水以及排渣方面的措施，防止孔道发生塌陷或者出现堵塞的情况，进而保证施工能够具备连续性以及安全性。钻孔设备在选型以及参数调整这两个方面需要综合岩体的硬度、孔径的尺寸以及施工环境等诸多因素来加以考量，一方面要保证钻孔的效率，另一方面又要尽力避免对围岩造成过度的扰动。当钻孔完成之后，要及时开展孔道清理相关工作，把其中的碎屑以及泥浆都去除掉，从而确保小导管可以顺利地穿入到孔内，并且能够充分地和注浆材料相结合，进而形成坚固的加固体。钻打小导管技术不但提升了超前支护的施工精度以及支护效果，而且还切实有效地增强了隧道围岩的整体稳定性，减少了围岩出现的位移以及变形情况，降低了施工过程当中存在的风险。伴随着施工机械不断地进行升级，同时自动化水平也在逐步提升，钻打小导管技术正朝着高效、智能化的方向不断发展[3]。结合地质雷达以及三维扫描等先进的检测技术，可实现对钻孔过程的实时监控以及精确控制，进一步提高施工的安全保障以及质量保障水平。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2.3.2 注浆

超前小导管支护里的注浆工艺，算得上是保证隧道围岩稳固以及让支护效果得以增强的关键环节，其质量跟支护系统的整体性能以及施工安全紧密相关。注浆就是把水泥浆或者其他功能性浆液以高压的方式注入已经钻打好后的小导管孔里面，以此来填充围岩当中的裂隙以及空隙，进而达成加固围岩、减少渗水情况、提升整体刚度这样的目的。在实际的操作过程当中，注浆工艺得精准把控浆液的配比、流量、压力还有注浆时间等方面，唯有如此才能保证浆液可充分渗透到围岩的微裂隙当中，进而形成致密且均匀的加固层。注浆压力的合理调节显得格外重要，要是压力过高的情况下，很可能会致使围岩出现破裂的情况，或者造成浆液回流，而要是压力过低的话，那么就没办法有效地去填充空隙，这无疑会对加固效果产生影响。除此之外，注浆施工得结合地质条件来开展，针对不一样的岩性以及不同的破碎程度，要去挑选与之相适配的浆液类型，像是普通水泥浆、化学浆液又或者是高性能复合浆液等，以此来契合那复杂且多变的地质环境。注浆的过程当中，还得配合着实时监测系统，对注浆压力、注浆量以及浆液回流等情况展开动态的监控，及时地去调整施工参数，从而避免安全隐患的出现。借助科学且合理的注浆工艺，不但能够有效地控制围岩发生变形，而且还能稳定隧道的结构，同时还可延长隧道的使用寿命，提升整个工程的质量以及安全水平。伴随着现代施工技术不断地向前发展，注浆设备的自动化程度以及智能化程度也在持续提高，再结合信息化管理平台达成精细化控制的效果，这使得注浆施工的效率以及准确性都得到了进一步的提升。

2.4 超前锚杆支护施工

超前锚杆支护施工技术在高速公路隧道施工里属于一种极为重要的围岩加固举措，其主要是借助把锚杆提前安装并且牢固地锚定在围岩当中的方式，以此来强化围岩的整体稳固性以及承载方面的效能。此项技术会经过钻孔、安装锚杆、注浆以及锚固等一系列步骤，进而让锚杆和周围的岩体紧密地融为一体，进而构建起一个复合支护体系，切实有效地对围岩的变形以及裂隙的扩展加以限制。超前锚杆在设计以及施工的时候，务必要依照详尽的地质勘察所得到的结果，合理且恰当地去确定锚杆的长度、直径、间距还有锚固的深度，从而能够契合处在不同岩体条件下所产生的力学方面的需求[4]。在施工的过程当中，钻孔设备的选择情况以及钻孔的质量状况会对锚杆的受力成效产生直接的影响，所以钻孔务必得维持垂直度的把控以及孔径的精准控制，要尽力避免出现孔壁发生坍塌以及孔径过大的情形。等到锚杆安装完成之后，注浆的工艺同样也是极为关键的环节，必须要保证浆液能够充分且完整地填充到锚固孔内存在的所有空隙当中，进而达成锚杆和岩体的紧密结合，如此一来才能够充分发挥出最佳的加固成效。超前锚杆支护不但可以有效地对围岩的位移以及裂缝的发展予以控制，而且还能够提升隧道开挖面的稳固性，降低施工进程当中存在的安全方面的风险。除此之外，锚杆系统要是和其他的超前支护措施（像是小导管、管棚等等）相互配合着使用，那么便能够构建起具有多层次、多维度特性的支护网络，从而进一步地提升隧道整体的安全性以及施工的效率。伴随着工程技术不断地向前发展，超前锚杆施工技术也在持续不断地引入诸多先进的监测与控制方面的手段，比如锚杆应力的实时监测、自动注浆系统以及三维建模辅助设计等等，这些都极大地提升了施工所具备的科学性以及精准的程度。

3 结语

超前支护施工技术于高速公路隧道施工当中，有着无可取代的关键作用。运用导向墙、大管棚、超前小导管以及超前锚杆等多样支护举措，可切实提高隧道围岩的稳定性与安全保障程度，契合复杂且多变的地质状况，降低施工风险，确保工程质量以及施工进度。伴随施工技术与信息化手段的不断推进，超前支护技术的应用会愈发科学且精细，给高速公路隧道建设给予稳固的技术支撑。往后，需依据实际工程需求，持续对超前支护方案加以优化，提升施工管理水准，促使高速公路隧道施工技术朝着更安全、更高效、更环保的方面去发展。

[参考文献]

[1]眭世虎.高速公路隧道施工中超前支护施工技术的具体应用[J].汽车周刊,2025(6):99-101.
[2]杨洪.超前支护技术在高速公路隧道施工中的应用研究[J].运输经理世界,2024(12):78-80.
[3]王展伟.高速公路隧道施工中的超前支护技术应用[J].居业,2025(1):82-84.
[4]韩庆全.超前支护技术在高速公路隧道施工中的应用[J].交通世界,2020(34):76-78.

作者简介：李锋（1990.1—），男，专业方向：路桥工程，建设管理与施工类，职称：副高，籍贯：湖北十堰郧县。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

公路运输安全标准化体系的构建分析

游春霞
广西壮族自治区道路运输发展中心，广西 南宁 530029

[摘要]随着公路运输的迅猛发展，其安全方面的问题也变得日益凸显出来，构建起一套科学合理的公路运输安全标准化体系，已然成为保障交通安全的关键所在。文中依据当下实际状况展开分析，对创建型、提高型以及完备型这三种类型的标准体系展开了相应的探讨，并且综合运用信息化、智能化以及大数据等技术手段，明确了新型标准体系所要达成的目标以及其结构方面的具体设计情况。这其中重点涉及到组织管理、安全操作、设施设备、应急响应还有智能化管理等多个模块，同时也对法规政策和行业需求在协同构建方面展开了较为细致的分析。此外，还结合信息平台、大数据预警、人工智能监管以及车路协同等相关技术，给出了智能化的支撑路径，以此来为完善公路运输安全标准化工作给予一定的理论以及实践层面的参考依据。
[关键词]公路运输；安全；标准化
DOI：10.33142/sca.v8i6.16816 中图分类号：U491 文献标识码：A

Analysis of the Construction of Standardization System for Highway Transportation Safety

YOU Chunxia
Guangxi Zhuang Autonomous Region Road Transport Development Center, Nanning, Guangxi, 530029, China

Abstract: With the rapid development of highway transportation, safety issues have become increasingly prominent. Building a scientific and reasonable standardized system for highway transportation safety has become the key to ensuring traffic safety. Based on the current actual situation, the article analyzes the three types of standard systems: creation, improvement, and completeness, and comprehensively uses information technology, intelligence, and big data to clarify the goals to be achieved by the new standard system and its specific structural design. This mainly involves multiple modules such as organizational management, safety operations, facilities and equipment, emergency response, and intelligent management. At the same time, a detailed analysis has been conducted on the collaborative construction of regulations, policies, and industry needs. In addition, by combining information platforms, big data warning, artificial intelligence supervision, and vehicle road collaboration technologies, an intelligent support path has been provided to provide theoretical and practical reference for improving the standardization of highway transportation safety.
Keywords: road transportation; safety; standardization

引言

公路运输是现代社会里物流以及人员流动的一种重要方式，其安全水平对于经济稳定以及生命财产的保障有着十分重要的影响。随着车辆技术以及交通环境的不断变化，传统的安全管理方式已经很难满足当下的需求了。信息化、智能化以及大数据技术给公路运输安全标准化带来了新的支撑手段，不过我国现有的体系在完整性、技术集成以及智能应用等方面还是存在一些欠缺之处。通过对当前状况的分析，探讨了多种类型的标准体系构建思路，以期推动公路运输安全管理的科学化与智能化升级。

1 公路运输安全标准化现状分析

当前我国公路运输安全标准体系呈现出较为分散且发展不均衡的特点，很多标准仅仅停留在传统安全管理层面，缺少与现代信息技术的深度融合。公路运输行业存在车辆种类繁杂、路况复杂以及驾驶员操作差异大等诸多安全风险，而且交通流量持续增加，这无疑加大了事故防控的难度。信息化技术在交通管理方面的应用正逐步推进，像电子收费系统、智能交通信号控制等已经在部分区域得到实施，然而整体而言，目前的智能化水平仍然有限，大数据技术在安全风险分析以及事故预测方面所具有的潜力尚未得到充分挖掘。传统安全标准大多注重静态规则和人工检查，很难应对路况与运输行为的动态变化情况。随着自动驾驶、车联网以及智慧公路技术的发展，标准体系迫切需要引入智能感知、数据分析以及实时预警机制，以此推动公路运输安全管理从被动应对转向主动预防，进而提升整体安全保障能力。

2 公路运输安全标准化体系的类型与构建思路

2.1 标准化体系类型划分

2.1.1 创建型公路运输安全标准体系

创建型标准体系算得上是公路运输安全标准建设的起始阶段，在这一阶段，相关工作主要着重围绕建立基本的安全规范以及管理流程来开展，以此来保障安全管理工作的制度化与规范化得以实现。此阶段所制定的标准，大多聚焦于制定基本的驾驶行为规范、车辆技术要求以及道路设施安全标准等方面，并且格外强调要将责任与流程予以明确化。至于信息化技术的应用，它在这个阶段是比较初步的，主要是集中在对交通数据加以收集以及进行一些

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

简单的信息共享上，进而为后续的智能化升级打下一定的基础。该体系凭借着明确基础标准这一举措，促使行业安全管理水平得以提升，同时也为后续进一步发展智能化以及由大数据驱动的安全管理提供了基础性的保障。

2.1.2 提高型公路运输安全标准体系

提高型标准体系乃是创建型体系之上的一种提升表现，该体系着重把信息化以及智能化技术引入进来，以此来推动公路运输安全管理达成现代化方面的升级目标。在这一阶段的标准体系当中，相关部门开始着手去整合智能交通系统、车联网技术还有大数据分析手段等相关内容，进而制定出有关智能设备、实时监控、安全预警以及数据安全等方面的技术规范与操作标准，从而使得对运输过程所开展的动态监控以及风险管理能力得以提升。公路运输安全标准体系已然不再仅仅局限于静态规则层面了，而是朝着由实时数据所驱动的动态管理模式去转变，凭借信息系统来完成对驾驶行为、路况变化以及车辆状态等多方面的综合分析工作，进而给予快速响应以及精准调度有力的支持。提高型标准体系在建设过程中，其技术含量以及应用深度都得到了较为显著的增强，这就为全面实现智能化安全监管筑牢了扎实的基础。

2.1.3 完备型公路运输安全标准体系

完备型标准体系是公路运输安全标准化所处的高水平发展时期，该体系的目标在于构建一个由信息化、智能化以及大数据强力驱动的全方位安全管理体系。这个体系把传统安全管理规范囊括其中，而且还着重指出要实现跨系统、跨平台的数据共享以及协同治理，以此来助力智能交通、车路协同还有自动驾驶技术得以广泛运用。完备型体系经由制定统一的数据标准、接口规范以及安全隐私保护机制，确保各类智能设备和管理系统能够彼此间互联互通并且高效地运行起来。在风险预测、事故防范以及应急响应这些环节当中，达成依据大数据模型而来的精准决策支持，促使公路运输安全管理朝着高度智能化、网络化以及自动化的方向不断前进，最终形成贯穿运输整个链条的安全生态闭环。

2.2 新体系构建的基本原则

公路运输安全标准化体系在重新构建之时，务必要遵循科学性、系统性、前瞻性和可操作性这几大原则。就科学性而言，所制定的标准得依据交通安全方面的相关理论以及实际数据展开分析，并且要与先进的信息技术以及智能化手段相结合，以此来保证标准内容有着充足的技术方面的支撑以及实践层面的依据。至于系统性，它要求标准体系要把从组织管理、运营流程、设施设备一直到应急响应的所有这些环节都涵盖进去，达成对安全管理的全方位无死角覆盖，防止标准出现孤立的情况以及碎片化的状态。再者说前瞻性，其着重指出标准体系应当具备对于像车联网、自动驾驶还有人工智能这类新兴技术的兼容特性以及适应能力，从而助力技术创新和安全监管实现深度融合。而可操作性这一原则，则是强调标准需要结合公路运输企业在实际运行过程中所呈现出的特点，去制定出具体且便于实施的相关规范，同时还要兼顾不同规模以及不同类型企业在实际操作中的需求，进而推动该标准得以广泛地应用以及有效地执行。依照这四大原则来构建起来的标准体系，是能够契合现代公路运输安全管理所面临的复杂多变的需求的，进而为行业的发展筑牢坚实的安全保障根基。

2.3 新型标准化体系的目标与结构设计

2.3.1 标准框架设计与模块化布局

新型公路运输安全标准化体系运用模块化设计理念，构建出层次清晰、功能清晰的框架结构，其整体框架包含政策法规、基础管理、技术规范、运营控制以及应急管理这五大关键板块，确保标准体系在科学性与完整性方面达到统一。模块化布局让各个部分的标准能够独立运行，同时又能有机地结合起来，方便针对不同环节开展精细化管理。基础管理模块涉及企业组织架构、安全责任分配还有人员培训标准，以此来保障管理制度得以严密施行；技术规范模块包含了车辆技术性能、道路设施安全以及智能设备兼容标准，可确保物理设施的安全；运营控制模块对驾驶行为规范、运输流程监控以及动态风险管理进行了细化，可提高运输过程中的安全水平；应急管理模块规范了事故预警、应急响应以及恢复流程，强化了应对突发事件的能力。整个框架十分重视信息化与智能化管理的贯穿融合，通过设置专门的信息安全与数据管理模块，来支撑智能系统的有效运转，推动公路运输安全朝着智能时代转型升级。

2.3.2 内容模块：组织管理、安全操作、设施设备、应急响应、信息化与智能化管理

内容模块作为新型公路运输安全标准体系的关键构成部分，其包含了从制度建设一直到技术应用等各个方面的安全环节。组织管理模块清晰地明确了公路运输企业的管理架构、安全责任以及岗位职责，该部分着重于安全文化建设以及人才培养方面，以此来保证安全管理能够逐层落实到位。安全操作模块主要针对驾驶行为、运输作业流程还有安全检查标准等方面加以规范，该模块同时结合智能监控设备所反馈的数据，以此提升操作的规范程度以及事故预防的能力。设施设备模块涉及车辆的技术性能、安全装置的标准以及道路设施的维护规范等内容，尤其突出了智能传感器以及车联网设备的应用要求，从而保障设施技术具备先进性与稳定性。应急响应模块制定了事故预警机制、应急预案的编制以及现场处置流程，该模块充分借助大数据分析以及人工智能辅助决策的方式，达成快速响应以及高效恢复的目标。信息化与智能化管理模块则将关注点放在数据采集、信息系统的集成、智能监管以及数据安全等方面，该模块推动智能交通系统和安全标准实现深度融合，进而达成对安全风险进行全方位的动态管控以及精准调度的目的。

2.3.3 法规政策与行业需求的协同构建逻辑

标准制定者在构建契合公路运输实际状况的安全标准化体系时，务必要对法规政策以及行业发展需求加以统

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

筹考量，进而形成一种有机的协同构建机制。国家所颁布的法律法规，给标准体系给予了根本性的法律依据，以此来保障标准具备权威性，并且拥有强制执行的效力。而行业的实际需求，则是公路运输实际运行环境以及安全风险动态变化情况的真实反映，它促使标准内容能够不断地去适应现实当中存在的各种挑战。在协同构建的逻辑中，政府要通过制定相关政策来引导安全标准所应遵循的方向与原则，行业主管部门需要依据技术发展状况以及运营特点，具体地去制定相应的实施细则，运输企业以及技术服务方则要参与到标准的反馈以及优化相关的过程之中。相关部门应借助大数据监测与智能化应用中的实际运行数据，对标准内容做到实时的调整与优化，从而使得标准体系能够同时兼顾法规所具有的严肃性以及行业所具备的灵活性，达成政策引导、技术进步以及市场需求这三方面的融合，推动公路运输安全标准体系得以持续不断地完善并实现智能升级。

3 公路运输安全标准化体系的信息化与智能化支撑

3.1 信息化平台建设与数据集成技术

公路运输安全标准化体系的信息化平台，是实现数据共享、达成智能管理以及获取决策支持的技术基础。该平台务必要拥有将多源数据加以集成的能力，囊括车辆状态方面的监测情况、驾驶行为所涉及的数据内容、道路环境的相关信息以及运输管理系统的各类数据等。平台通过统一设定的数据接口以及规范的标准格式，进而实现跨越不同系统的数据汇聚目标，同时也能促成数据间的相互操作[1]。运用云计算以及边缘计算这两种技术手段来强化数据处理方面的能力，以此确保数量极为庞大的运输数据能够实现实时的采集工作以及后续的分析环节。平台不仅能够对数据予以存储，并且还支持将数据以可视化的形式进行展示，而且还凭借着智能算法来达成对安全风险的动态评估，从而助力管理部门可以及时地察觉到潜在存在的各类隐患。较为完善的信息化平台，还应当在数据安全以及隐私保护方面给予有力保障，需建立起多层级的防护体系，用以防范数据出现泄露的情况以及避免系统遭受攻击的状况发生。凭借高效能的信息化平台建设举措，公路运输的安全管理工作便能够做到依靠数据来驱动各项事宜、依据科学的方式去做出决策以及凭借智能化的方式来作出响应，进而切实有效地提升整体的安全水准。

3.2 基于大数据的风险分析与预警机制

大数据技术于公路运输安全管理的应用，关键在于风险识别、事故预防以及应急预警等方面。管理系统通过对历史事故数据、实时交通流量、气象条件还有驾驶行为等诸多维度数据展开深度挖掘与综合分析，构建起精准的风险模型，以此来识别出安全隐患以及高风险时段与路段。将大数据分析同机器学习算法相结合，可以对可能发生事故的类型以及其发生概率进行有效预测，进而达成从以往的事后处理朝着事前预防转变的目标[2]。凭借基于大数据所设立的预警机制，可实时对运输环境以及车辆状态予以监测，并且通过手机 APP、车载终端以及交通管理平台向驾驶员以及管理者发送安全提示与预警信息，以此强化风险感知以及响应的能力。大数据技术还能助力应急资源的优化配置与调度工作，提升事故处置的效率，促使公路运输安全管理迈向智能化、主动化的新阶段。

3.3 人工智能辅助的智能监管系统设计

人工智能技术赋予公路运输安全监管强劲动能，相关监管平台借助深度学习、图像识别以及自然语言处理等技术，达成对运输行为与环境的智能化监测及分析。智能监管系统能够自动识别违规驾驶行为、车辆故障以及道路异常情况，并将监测结果快速反馈至管理中心。该系统依靠视频监控、传感器还有车联网设备来采集多维数据，再结合 AI 算法对交通状况以及司机操作展开实时分析，给出精准的风险评估报告[3]。智能监管并非仅仅局限于现场监控，而且能够实现对运输企业安全管理的全流程监控。在系统设计方面着重强调模块化与开放性，方便集成新兴技术和业务需求，确保监管手段可以持续升级并具备适应性，从而助力构建起智能且高效的公路运输安全监管体系。

4 结语

公路运输安全标准化体系的建设，对于运输效率以及公众生命财产安全有着重要影响，其是保障社会经济稳定发展的重要基石。本文围绕公路运输安全的当前状况，结合信息化、智能化以及大数据技术，全面且细致地对不同类型标准体系的构建思路以及核心模块设计进行了梳理。凭借信息平台、大数据预警以及人工智能监管，给出了一套综合的技术支撑方案，以此来凸显科技创新在安全管理方面所起到的关键作用。在未来，标准体系需要不断地去完善，应依据交通环境的动态变化进行，并且积极地融入前沿技术，达成智能化、精准化以及高效化的程度，进而推动公路运输朝着安全、高效、绿色的方向不断发展。只有依靠法规给予保障并且各方协同合作，才能够为公路运输安全标准化赋予能量，从而促使交通运输迈向智能的新时代。

基金项目：广西壮族自治区地方标准《道路运输车辆动态监控规程》（DB45/T 2898—2024）。

[参考文献]

[1]巩晓,贾玉振.道路运输安全标准化体系的构建[J].中国标准化,2025(6):93-96.
[2]党晓旭,王国毓,冯套柱,等.区域道路运输企业安全评价研究[J].技术与创新管理,2025,46(2):197-204.
[3]牛聪.共促道路运输安全生产[N].中国交通报,2024-06-26(5).

作者简介：游春霞（1989.8—），女，壮族，广西防城港人，经济师，硕士，广西壮族自治区道路运输发展中心，研究方向：道路运输安全管理。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

桥梁工程中预制梁板施工技术分析

李 雪
草湖项目区住建交通和城市管理综合服务中心（建设工程质量和安全站），新疆 喀什 844000

[摘要]随着我国基础设施建设快速推进，桥梁工程规模持续扩大，预制梁板施工技术凭借高效、质量可控以及环保等优势，逐渐变成桥梁施工的主要方式。不过当下我国预制梁板施工依旧存在一些难题，面对这种状况，文中全面剖析预制梁板施工技术的关键环节与优势，深入探讨施工流程里的质量控制办法，希望能够推动我国桥梁工程预制化发展，从理论层面给予支撑并给出实践方面的指引，促使施工技术得以优化升级，进而提升桥梁工程的安全性与耐久性。借助预制梁板施工技术的应用，能够大幅提升桥梁工程施工速度与质量，对桥梁工程后续建设与施工颇为有利。

[关键词]桥梁工程；预制梁板；施工技术
DOI：10.33142/sca.v8i6.16812 中图分类号：U44 文献标识码：A

Analysis of Prefabricated Beams and Slabs Construction Technology in Bridge Engineering

LI Xue
Caohu Project Area for Housing, Construction, Transportation and Urban Management Comprehensive Service Center (Construction Quality and Safety Station), Kashgar, Xinjiang, 844000, China

Abstract: With the rapid advancement of infrastructure construction in China and the continuous expansion of bridge engineering scale, prefabricated beam and slab construction technology has gradually become the main method of bridge construction due to its advantages of high efficiency, controllable quality, and environmental protection. However, there are still some difficulties in the construction of prefabricated beams and slabs in China. In the face of this situation, this article comprehensively analyzes the key links and advantages of prefabricated beam and slab construction technology, and deeply explores the quality control methods in the construction process. It is hoped that this can promote the development of prefabrication in bridge engineering in China, provide theoretical support and practical guidance, and promote the optimization and upgrading of construction technology, thereby improving the safety and durability of bridge engineering. The application of prefabricated beam and slab construction technology can significantly improve the speed and quality of bridge engineering construction, which is quite beneficial for the subsequent construction and construction of bridge engineering.

Keywords: bridge engineering; prefabricated beams and slabs; construction technology

引言

随着我国基础设施建设持续发展，桥梁工程在交通运输网络里是重要部分，其施工技术水平和工程安全性、耐久性以及经济效益直接相关。预制梁板施工技术作为现代桥梁建设关键工艺，因施工效率高、质量可控制且环境影响小等优势，渐渐变成桥梁工程领域广泛运用的重要施工方式。和传统现浇施工相比，预制梁板技术能有效缩短工期，降低现场作业强度以及施工风险，同时提升构件标准化和机械化程度，满足了现代桥梁建设对高质量、高效率的要求。不过，预制梁板施工包含多个复杂环节，像梁底座布置、模板制作、钢筋安装、混凝土浇筑、预应力张拉以及运输安装等，每个环节技术要求和质量控制都会直接影响最终工程性能表现。所以深入分析并研究预制梁板施工技术，不但有助于优化施工流程，提高施工质量与安全水平，而且能推动桥梁工程技术创新发展，给出理论支撑与实践指导。本文会围绕预制梁板施工关键技术环节展开系统分析，探讨其优势、施工流程以及质量控制措施，目的是给桥梁工程施工管理提供科学参考，推动我国桥梁建设技术持续发展。

1 预制梁板施工技术的优势

预制梁板施工技术属于现代桥梁工程里的关键施工手段，其有着诸多明显的优势。这项技术借助工厂化以及标准化的生产模式，达成了对构件质量的高度把控以及保持了一致性，可于受控的环境当中精准地掌控混凝土的配比、养护的具体条件还有钢筋的布置情况，这使得预制梁板的结构性能以及耐久性都得到了极大的提升，避免了因现场浇筑会受到气候、环境等各类因素的影响而出现的质量方面的波动情况。预制梁板施工能够大幅度缩减现场施工所花费的时间周期，通过提前去制造梁板，然后在施工现场快速地借助吊装方式完成安装工作，如此一来便有效地削减了现场作业所需的时间以及施工给交通带来的干扰，进而提升了工程推进的进度以及施工的整体效率。与此该技术还降低了现场施工时的劳动强度以及施工过程中存在的风险，机械化吊装的方式减少了高空作业的情况

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

以及繁重的人工操作环节，从而确保了施工的安全性。预制梁板施工对于减少施工现场的环境污染以及资源的浪费是有帮助的，与绿色施工的理念是相契合的，也推动了桥梁工程朝着可持续发展的方向迈进。除此之外，标准化的构件生产以及装配的方式方便施工管理以及质量控制工作开展，使得工程管理更具科学性以及规范性。

2 前期准备

前期准备对于预制梁板施工技术的顺利开展而言极为关键，其涉及技术、材料、设备以及人员等诸多方面。要依据设计图纸以及工程方面的要求，细致地去制定施工方案和技术交底内容，以此来保证施工流程能够做到科学且合理，还需结合现场的实际状况展开技术方面的优化工作以及风险评估事宜。材料准备务必要严格予以把控，像高质量的钢筋、混凝土还有预应力钢索等，它们的采购以及检验工作都得一丝不苟地完成，要确保所有的原材料都能够符合相关的规范要求，进而保障构件的质量。与此预制场地的选址以及布置得合理规划一番，如此才能保证生产流程可以高效且顺畅地推进，还要配备上先进的预制设备以及养护设施，从而满足大批量生产的相关需求[1]。就设备来讲，吊装机械以及运输车辆需提前完成调试工作，确保在运输以及安装这些环节当中能够实现安全与效率兼顾。除此之外，施工人员的技术培训以及安全教育同样不容忽视，通过对施工队伍强化技能考核以及安全管理举措，提升整体的施工素质，尽可能地将施工风险降至最低程度。

3 桥梁工程中预制梁板施工流程

3.1 梁底座布置

梁底座的布置在预制梁板施工流程里属于极为关键的一个环节，它和梁板的安装精度以及整体结构的稳定性有着直接的关联。在开展布置工作的过程当中，一开始得依照设计图纸以及技术规范来对梁底座的尺寸、位置还有标高展开精准地测量与定位操作，务必要保证其能够符合结构承载以及力学性能方面的相关要求。在施工期间，要挑选质量达标的材料作为基础材料，以此来确保底座具备足够的承载力以及稳定性，并且要针对底座的表面实施平整处理工作，通过这样的方式可以降低在安装过程里面因为接触状况不佳而引发的应力集中或者变形等相关问题出现的可能性。在布置工作的开展进程当中，还应当留意去控制底座的垂直度以及平整度，借助高精度的仪器来展开复核以及调整方面的操作，从而保证梁板在安装的时候能够达成精确的契合效果。除此之外，还得合理地对施工的顺序以及时间节点做出安排，防止由于基础没有达到设计所规定的要求而对后续的施工进度以及质量产生影响。

3.2 模板施工

模板施工在预制梁板施工流程里极为关键，其质量好坏会直接影响预制梁板的几何尺寸精度以及表面质量。模板的设计与制作务必要严格按照设计图纸和技术规范来开展，要确保模板有足够刚度和稳定性，可承受浇筑混凝土时所产生的侧压力以及振动带来的影响。施工开始前，需对模板展开全面细致的检查，确认不存在变形、损伤以及漏浆之类的缺陷，并且接缝要严密，以此保证混凝土成型之后的尺寸精准以及表面平整。模板安装期间，一定要确保定位精确无误，固定得十分牢靠，同时还要配合合理的支撑体系，以防施工荷载致使模板出现移位或者塌陷的情况。除此之外，模板的拆除时机应当依据混凝土强度的具体发展状况科学合理地确定下来，一方面要避免因过早拆模而使得构件发生变形，另一方面也要防止由于延迟拆模而对施工进度产生影响。为了确保施工效率与质量，模板施工还需重视施工环境的清洁以及安全管理工作，尽可能减少对预制梁板质量可能存在的潜在影响。

3.3 钢筋施工

钢筋施工属于预制梁板施工流程里的关键环节，其质量以及精度会直接对梁板的承载能力、耐久性还有整体结构的安全性产生影响。在施工开始之前，应当依照设计图纸以及相关规范要求，去做钢筋的采购、验收以及分类方面的工作，要保障所使用的钢筋在材质、规格以及性能这些方面都能够契合设计标准。钢筋加工涵盖切割、弯曲以及成型等诸多工序，得运用先进的机械设备并且采用精确的工艺参数，以此来保证钢筋尺寸以及形状的准确性，从而能够满足梁板结构较为复杂的受力方面的诸多需求。在钢筋排布这个过程当中，需要充分考量梁板的受力特点，合理安排主筋以及箍筋的具体位置以及数量，要保障钢筋间距是均匀的，并且要符合设计保护层厚度的要求，这样才能有效地防止钢筋出现锈蚀的情况以及避免混凝土保护层失效。绑扎以及连接钢筋的时候，得采用可靠的绑丝或者机械连接的方式，以此来保证连接处的牢固性，防止钢筋在混凝土浇筑以及振捣的过程当中出现位移或者松动的情况。与此预应力钢筋的安装以及固定必须要格外严格，要保障其张拉效果得以实现，避免因为安装操作不妥当而致使预应力出现损失或者是构件性能有所下降[2]。在整个钢筋施工的整个过程里，应当配备专业的技术人员以及质量检验人员，借助现代测量工具针对钢筋布置的尺寸、间距以及位置展开实时的监控以及校核工作，以此来保障施工精度能够契合设计以及规范的要求。施工现场应当强化环境管理工作，避免钢筋遭受污染、氧化或者机械损伤等情况。钢筋施工完成之后，务必要开展全面的验收检测工作，涉及钢筋直径、间距、锚固长度、搭接长度以及钢筋表面状况等多个方面，要保障所有的参数都能够符合设计以及规范的要求。

3.4 混凝土施工

混凝土施工是预制梁板制造过程中非常重要的环节。它的质量直接影响梁板的承载能力和耐用性。首先，混凝土配合比的设计需要结合桥梁的受力情况、施工环境和工艺要求。设计时应合理确定水灰比、骨料种类和掺合料用

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

量，保证混凝土具有良好的流动性和强度增长。混凝土拌制时，必须严格按照设计配比进行，确保各材料充分混合，防止出现材料分离和泌水的情况，这样才能保持混凝土的均匀性。浇筑时，要使用高效振动设备对混凝土进行振实。这样可以排出气泡，消除蜂窝麻面，提升混凝土的密实度和结构完整性。浇筑速度和每层厚度也要控制好，避免冷缝的出现，保证混凝土层与层之间紧密结合。养护工作同样关键。应根据现场环境采取合适的养护方式，比如覆盖、洒水或使用养护剂，保持混凝土早期的湿润状态，防止开裂和强度下降，促进水泥充分水化。

3.5 预应力张拉

预应力张拉属于预制梁板施工里的关键环节，它对梁板的承载能力以及结构性能的发挥有着直接影响。在张拉开始之前，要仔细检查预应力钢筋或者钢索的布置情况、锚具的安装状况以及张拉设备的状态，确认其满足设计要求且处于良好工作状态。张拉的时候，得运用科学合理的张拉方案与控制办法，慢慢施加预应力，不能让张拉速度过快或者不均匀，那样容易导致钢筋出现断裂或者是构件遭受损伤。在整个张拉期间，得实时去监测张拉力值以及伸长量，保证能够达成设计所规定的预应力指标，与此还得把控好张拉力的释放流程，以免造成预应力的损失。张拉全部完成之后，要对锚固部位加以加固并且做好保护措施，避免锚具发生松动或者产生腐蚀现象[3]。在整套张拉施工流程当中，还得着重关注安全管理方面的事情，认真严格执行各项操作规程，防止出现任何事故。

3.6 预制梁板运输

在完成所有收尾工作后，采用吊机作为主要起吊设备，缓慢而稳妥地将预制梁板吊起，随后轻柔地放置到已铺设有垫板的存梁台座上。吊运过程中，应在预制梁板两端对称安装两个吊环，确保梁板在吊装过程中始终保持平衡，避免产生倾斜或摆动，保障吊装的安全性和稳定性。同时，现场必须安排专人进行指挥调度，确保吊装操作有序进行，并严格禁止无关人员进入吊装作业区域，防止因人员干扰或安全防护不到位而引发施工事故，切实保障施工人员的生命安全和现场作业的整体安全环境。

4 预制梁板施工中的质量控制

在预制梁板施工环节当中，其质量控制无疑属于极为关键的一环，这关乎到桥梁工程整体的安全性以及耐久性，且这一控制过程会贯穿整个施工的始终。一开始，得着手去建立起较为完备的质量管理体系，把质量标准以及检验规范都给明确下来，务必要让各个施工环节都能够严格依照设计方面的要求以及技术规范来切实执行。材料的质量在质量控制里面占据着基础地位，对于像钢筋、混凝土还有预应力筋这类关键材料，必须要实施严格的进场检验以及相关试验操作，如此方能避免不合格的材料进入到施工环节之中。在施工实际开展的过程里，需要强化针对模板安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑以及预应力张拉等一系列工序的现场监督管理工作，借助先进的测量以及检测设备，做到及时将出现的偏差给找出来并且加以纠正，进而确保构件的各项尺寸、几何形状以及力学性能都能够契合设计所提出的要求。除此之外，还应当对预制梁板的养护条件予以科学且合理的管理安排，以此来保障混凝土强度能够得以正常地发展，防止出现早期干裂以及各类质量方面的缺陷情况[4]。等到施工全部完成之后，还需通过无损检测、承载力试验等多种多样的手段来展开全方位的质量评估工作，从而确认梁板能够达成预期所设定的性能标准。

5 结语

预制梁板施工技术在现代桥梁工程领域属于极为重要的施工手段之一。它有着诸多优势，像是能够呈现出高质量的状态，具备较高的施工效率，并且还具有环保节能方面的特性。正因为如此，它正一点点地逐步取代以往传统的现浇施工方式。凭借着科学且合理的施工流程，再加上严格把控的质量控制措施，预制梁板不但让桥梁结构的安全性得以提升，而且其耐久性也获得了增强。与此它还有效地把工期缩短了，使得施工风险得以降低。在未来的发展进程中，需要进一步去完善与之相关的各项技术标准，强化施工管理方面的力度，同时加强对相关人员的培训工作。通过这些举措来推动预制梁板施工技术不断实现创新，并且广泛应用于实际当中，以此助力桥梁工程朝着更加智能化以及绿色化的方向不断发展前行，促使我国的桥梁建设水平能够持续不断地迈向新的高度。

[参考文献]

[1]崔阳平,张楠欣.桥梁工程中预制梁板施工技术分析[J].汽车周刊,2024(6):87-89.

[2]董辰.桥梁工程预制梁板施工技术应用探析[J].工程机械与维修,2024(2):177-179.

[3]王应斌,李正垣,张铁柱,等.桥梁工程中预制梁的施工质量控制[J].科技创新导报,2019,16(36):18-19.

[4]罗蒙.桥梁工程建设中预制梁施工技术[J].交通世界,2020(30):27-28.

作者简介：李雪（1991.3—），毕业院校：北京师范大学，所学专业：心理学，当前就职单位：草湖项目区住建交通和城市管理综合服务中心（建设工程质量和安全站），职称级别：初级。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

市政道桥设计中存在的问题与对策

李泽鲤
涡阳市政建设集团有限公司，安徽 亳州 233600

[摘要]市政道桥属于城市基础设施里的重要部分，其设计质量和城市交通运行的安全性、通畅性以及可持续发展紧密相关。近些年来，伴随城市化进程加速推进，道桥设计碰到不少挑战，像设计方案修改起来难度颇高、缺乏足够的针对性、整体布局不够合理、技术方面的支撑比较薄弱等等。文中从实际工程方面着手，全面且细致地剖析了当下市政道桥设计所存在的那些较为突出的问题，并给出了与之对应的优化办法，比如强化前期的论证工作、大力推广 BIM 技术、明确负荷的具体标准、进一步完善管理体系以及提升设计队伍的整体素质等方面，希望能够为提高市政道桥工程的整体设计质量以及运行效能给予一定的理论依据以及实践方面的参考。

[关键词]市政道桥设计；问题；对策
DOI：10.33142/sca.v8i6.16810　　中图分类号：TU7　　文献标识码：A

Problems and Countermeasures in the Design of Municipal Road and Bridge

LI Zeli
Woyang Municipal Construction Group Co., Ltd., Bozhou, Anhui, 233600, China

Abstract: Municipal roads and bridges are an important part of urban infrastructure, and their design quality is closely related to the safety, smoothness, and sustainable development of urban traffic operation. In recent years, with the acceleration of urbanization, road and bridge design has encountered many challenges, such as high difficulty in modifying design schemes, lack of sufficient targeting, overall layout is not reasonable enough, and technical support is relatively weak. Starting from the practical engineering aspect, the article comprehensively and meticulously analyzes the prominent problems in the current municipal road and bridge design, and provides corresponding optimization methods, such as strengthening the preliminary demonstration work, vigorously promoting BIM technology, clarifying specific load standards, further improving the management system, and enhancing the overall quality of the design team. It is hoped that this can provide theoretical basis and practical reference for improving the overall design quality and operational efficiency of municipal road and bridge engineering.

Keywords: municipal road and bridge design; problems; countermeasures

市政道路以及桥梁工程在城市交通网络里属于极为关键的节点所在，其科学合理的设计情况，一方面会对工程建设的技术能否顺利施行以及所能获取的经济效益产生影响，另一方面还和城市发展时的空间布局安排以及公共安全状况紧密相关联。在实际开展设计工作的进程当中，由于受到诸多不同因素的限制和束缚，往往会频频出现设计方案不够合理、后期更改次数频繁、施工环节和设计环节相互脱节等一系列的问题，这些问题的存在，对工程质量以及建设效率都造成了颇为严重的影响。为了能够契合城市功能日益多元、交通需求趋向高密度以及环境治理标准越来越高的发展趋势，迫切需要针对市政道桥设计当中所存在的种种问题展开细致且全面的剖析，并且去探寻那些行之有效且切实可行的对策办法以及优化改进的途径，进而促使道桥设计从以往单纯依靠经验来主导的局面逐步向依靠技术理性来引领的方向转变，最终达成城市基础设施得以科学化以及现代化建设的既定目标。

1 市政道桥工程设计的要求

现阶段，公众对市政道桥建设工程的要求相对较高，保证道桥工程建设的安全和质量是其中一个方面，另一方面，还要保证道路桥梁与周围环境的和谐美观性，因此要求道桥施工设计人员能够从多方面入手对建设工程进行把控。从道桥工程的设计角度来说，具体有以下两点设计要求：第一，专业协同化设计：为了控制道桥工程的工程造价，应该尽量控制设计中的设计变更，在最初进行施工设计的时候就要考虑好各个专业的协同化问题，做好优化设计准备。第二，要保证工程设计图纸和设计图形精确无误，根据以往的设计和施工经验，在道桥工程施工阶段，由于没有对施工设计方案的合理性进行认真分析加上施工操作不当极易造成施工过程中临时发生施工变更，影响施工的整体进度和质量。因此在工程的设计阶段就应该保证设计图形精准，在必要的时候可以充分地利用计算机制图技术，在保证了设计精准性的同时也提高了设计的效率。

2 市政道桥设计中存在的主要问题

2.1 设计方案修改难度较大

在市政道桥工程设计期间，设计方案一旦确定，就会涉及到多个专业交叉领域，其修改通常得重新去协调道路、

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

桥梁、排水、照明等诸多子系统间的参数关系，使得整体工程逻辑链条出现较大的波动。因为前期设计阶段没能充分整合实际勘测数据以及未来交通发展需求，所以在项目推进进程中常常会暴露出功能适配不够或者工程条件变更等状况，此时要是再对方案进行修改，那么周期会比较长、成本也会很高，而且还特别容易引发设计内容和施工实际脱节的问题，甚至致使工程进度被延误以及资源遭到浪费。这样的高成本、高风险的调整模式凸显出当前市政道桥设计在整体统筹以及前瞻性规划方面存在十分突出的不足之处。

2.2 设计针对性与实用性不足

目前部分市政道桥设计工作有理论化、模板化的倾向，没有充分考虑具体城市地理、交通、环境等差异因素，导致方案在实际落地过程中出现很多“不适用”的情况。部分设计图纸没有依据现场复杂地形条件进行动态调整，缺少针对特殊路段、交通节点的差异化设计；部分设计内容脱离使用者需求，忽视人车流量分析、通行效率模拟以及对未来扩展的预判，致使道桥建成后交通组织混乱、功能难以满足实际运营需求。缺乏实用性和目标导向的设计不但影响工程功能的实现，还增加了后期维护与调整的压力，限制了基础设施效能的充分发挥。

2.3 总体布局不合理，系统性差

在市政道桥工程设计环节当中，整体规划布局是否合理，这和交通流线的顺畅与否以及区域交通负载能力是密切相关的。不过当下还是存在部分设计项目，它们缺少全局性的视角以及系统化的思维，仅仅针对单个桥梁或者路段去做孤立的设计，没有全面充分地去考量和周边道路系统的连接情况、城市功能区分布的协调状况以及交通承载的均衡分布事宜，如此一来，等项目完成之后便很容易出现“断点式”的通行状况以及“瓶颈式”的拥堵等问题。与此在桥梁与道路接口的过渡处理方面、交通标识与控制系统布局等方面，同样存在着系统集成度比较低、操作逻辑较为混乱的情况，这对使用者的通行体验以及整体交通秩序的稳定性都产生了颇为严重的影响。

2.4 设计人员专业素质有待提升

市政道桥设计是一项将技术与管理高度融合在一起的综合性工程，其对于设计人员的专业能力、跨学科协作意识以及实践经验都有着颇高的要求。在现实情况当中，部分设计团队存在着专业结构不够合理、工程实践经验有所欠缺的问题。有一些年轻设计师尽管拥有一定的理论基础，然而却缺少实际项目操作的能力以及在复杂环境下做出准确判断的能力，如此一来，便致使图纸里常常会出现逻辑方面存在矛盾、结构出现冲突或者施工无法实施等问题。并且，多专业协同能力的缺乏同样对设计效率与质量形成了制约，设计人员彼此之间沟通不顺畅、数据接口不相匹配的现象是经常能够见到的，这无疑增加了项目在技术协调以及管理方面的成本。

2.5 缺乏先进设计技术手段支撑

在信息化技术发展速度较快的这样一个背景情况之下，像 BIM 也就是建筑信息模型、GIS 即地理信息系统还有交通仿真模拟等等这些较为先进的设计工具，已经广泛地在现代基础设施项目当中得到了应用，而且这些工具的应用也切实有效地提升了设计的精度以及工程的集成程度。不过在相当一部分的市政道桥设计项目里面，工作开展的时候依旧主要依靠传统的二维 CAD 图纸以及凭借经验来做出判断，对于三维可视化、数据建模以及全生命周期管理等一系列的技术手段，并没有很好地去加以应用。这样的技术手段方面存在的滞后状况，一方面使得设计成果所具有的可预见性以及可操作性都降低了，另一方面也加大了方案调整以及工程变更时所面临的技术方面的难度，这显然是对构建那种高质量且高效率的现代化基础设施体系极为不利的。

3 市政道桥设计优化对策与建议

3.1 强化设计方案的科学论证与前期规划

提高市政道桥设计的科学性与可操作性，得把全面且系统的前期规划当作基础。在项目刚开始的时候，要充分去做可行性研究、环境影响评估、交通流量分析、城市规划衔接性研究还有功能定位等这些前置工作，借助详细的数据采集、数学建模以及趋势分析等办法，对区域交通当下的状况以及未来的发展趋势做出精准的预测。与此要重视对周边基础设施、地下管线分布以及用地条件展开全面的调查，保证设计方案既有现实可行性又有技术匹配性。在此基础上，组织道路工程、桥梁结构、交通组织、排水照明、造价控制等多学科的专家一同参与方案设计、比选与优化，经过技术评估、经济分析与安全审查等多方面的论证，构建起以科学决策为核心的方案生成机制。通过这个过程，能够达成从概念方案到施工图设计的严密过渡，防止因为前期论证做得不够而导致后续频繁修改，进而出现工期延误与资源浪费的情况。强化设计之前的统筹规划，既能有效控制设计变更的发生概率和实施风险，又能大幅提升设计成果的精准程度、实用性和执行效率，为项目的顺利开展与高质量完成打下坚实的基础。

3.2 推广 BIM 等信息技术应用于设计过程

为了提高设计效率并提升协同水平，需要在市政道桥设计当中全面推广像 BIM（建筑信息模型）这类先进的信息技术。BIM 技术可以把设计方案用三维可视化的形式完整呈现出来，这使得设计意图变得更加直观且容易理解，而且还能有效地防止传统二维图纸里常出现的信息遗漏、图纸冲突以及施工干涉等种种问题，进而提升设计的准确程度以及可实施的程度。与此 BIM 平台拥有很强的数据集成以及共享的能力，能够支持结构工程、道路设计、排水系统、照明工程等诸多专业之间展开信息协同并且实现实时联动，这极大程度上提高了整体设计的集成程度以

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

及团队协作的效率。通过构建道桥工程完整的数字模型，在设计阶段就能够提前去做结构分析、施工过程模拟、工程量统计以及成本预测等方面的工作，而且还能够制定出运维策略以及养护计划，达成从设计、施工一直到运营管理的整个生命周期的信息化管理。在此基础之上，再结合地理信息系统（GIS）、交通仿真软件还有大数据分析平台，便可以进一步实现对区域交通行为的动态监测以及趋势预测，以此来助力城市基础设施设计朝着智慧化、精细化以及前瞻化的发展方向前进，从而为城市高质量的建设以及可持续的运营给予稳固的技术支撑与保障。

3.3 明确道路与桥梁设计负荷与功能定位

要保障道桥结构具备安全性以及耐久性，在设计阶段务必要依照交通预测方面的数据还有城市发展战略来对道路以及桥梁的功能定位以及使用负荷做出科学且合理的界定。特别是在那些车流颇为密集并且通勤频次较高的城市核心区域，道桥在设计的时候应当充分考量大型交通所带来的压力以及未来交通可能出现的增长趋势，针对结构强度、通行能力以及应急响应等诸多方面制定出更高的标准并融入冗余设计的理念[1]。与此在功能定位这个层面上，需要清晰明确道桥所服务的对象是什么、其交通功能具体怎样以及它和城市主干路网之间存在怎样的配合关系，防止因为定位不够清晰明确而出现设计上的偏差以及造成资源方面的浪费情况发生。

3.4 完善设计标准体系与管理流程

提升市政道桥设计质量的关键要素之一在于构建起科学合理、规范严谨且具有一致性的设计标准体系以及相应的管理机制。要充分考量不同城市所呈现出的地理环境、气候状况以及交通方面的具体特征，进而依据国家层面以及行业领域所确立的标准来制定更为详尽且具备较强操作性的地方法规和技术指导准则，以此促使设计过程在规范化程度上得以提升[2]。与此需要进一步强化针对设计阶段的全程监督管理相关机制，搭建起从立项审批环节、方案评审阶段、图纸审核步骤直至施工对接环节的闭环式管理流程，从而保证设计最终成果能够与实际需求达成高度的契合状态。除此之外，还应当引入第三方评估方面的机制，针对重要的设计节点展开独立的审查工作，以此加大设计质量在社会层面的监督力度。

3.5 建设高素质、多学科交叉的设计团队

道桥工程设计有着较强的系统性以及综合性，这使得其对设计团队的能力要求颇高，既要有深厚的专业技术根基，又得有良好的跨专业协同意识以及综合统筹能力。要达成这一目标，一方面要靠强化高校工程教育体系，另一方面要靠完善在职工程师职业培训机制，促使课程内容和实际项目需求相互融合，着重培育拥有结构力学、交通工程、智能建造以及信息化管理等诸多领域知识的复合型设计人才[3]。设计机构也应当积极搭建多专业融合的高效协同团队，合理安排道路、桥梁、排水、照明、交通组织、环境景观等不同领域的专业人员，并且建立起统一的项目管理平台以及信息共享机制，以此提高各专业之间的沟通效率以及协作质量。还得重视设计团队的经验传承以及知识更新，定期开展案例复盘、技术交流以及跨界学习活动，持续提升团队的组织能力以及创新能力。只有打造出这样一支兼具专业深度与协同广度的高素质团队，才能够在面对城市基础设施变得愈发复杂化、系统化的挑战时，达成道桥设计工作高质量、高效率以及高适应性的发展目标。

4 结语

市政道桥设计属于城市基础设施体系的关键部分，其科学性、系统性以及前瞻性对工程建设和城市运行的整体效率起着决定性作用。当下道桥设计里存在的不少问题，究其原因，是系统思维欠缺、技术更新缓慢以及人才能力不足等多种因素共同作用所致。本文针对设计难点展开系统剖析，同时给出相应的优化办法，希望能为后续市政道桥工程设计提供可以参考的途径。以后，随着城市交通需求的不断发展演变和技术手段的持续创新，市政道桥设计需朝着智能化、生态化、集成化方向进一步推进，依据更高的标准来推动城市基础设施实现高质量建设，从而满足新时代城市运行与发展所提出的多样化需求。

[参考文献]

[1]薛峰.市政道桥设计中存在的问题及其改进措施[J].居业,2023(3):169-171.
[2]陈登峰.浅谈市政道桥设计中存在的问题与改进措施[J].中国建筑金属结构,2020(8):42-43.
[3]张霄雷.市政道桥设计中存在的问题及其改进措施研究[J].林业科技情报,2021,53(3):127-128.

作者简介：李泽鲤（1987.9—），毕业院校：中国人民解放军南京政治学院，所学专业：经济与行政管理，当前就职单位：涡阳市政建设集团有限公司，职称级别：助理工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

复杂地形下桥梁 BIM 正向设计与参数化建模应用

朱 超[1] 唐 涛[2]
1 重庆设计集团有限公司，重庆 400020
2 重庆科学城高新产业发展有限公司，重庆 401331

[摘要]伴随基础设施建设向前推进，复杂地形环境下桥梁设计的需求日益增多。传统的方法很难满足多变地形以及多方案优化所提出的高效且精准的要求。全面且细致地分析复杂地形的特点及其对桥梁选型布置所产生的影响，构建起基于 BIM 的桥梁正向设计技术体系，提出针对构件族的管理方式以及多专业协同的工作机制，深入且详尽地探讨参数化建模的逻辑思路与具体的实现途径，并且结合 Revit、Rhino、Civil3D 等一系列相关工具来加以解析。通过一系列操作，验证了参数化建模在提高设计效率、增强表达精准度以及实现方案快速生成等方面所具有的优势。研究得出，将 BIM 正向设计与参数化建模相互融合，能够大幅提升设计水准，进而为桥梁智能建造以及可持续发展筑牢技术方面的基础。
[关键词]复杂地形；桥梁；BIM；正向设计；参数化；建模
DOI：10.33142/sca.v8i6.16838 中图分类号：U443 文献标识码：A

Application of BIM Forward Design and Parameterized Modeling for Bridges in Complex Terrain

ZHU Chao[1], TANG Tao[2]
1. Chongqing Design Group Co., Ltd., Chongqing, 400020, China
2. Chongqing Science City High-tech Industrial Development Co., Ltd., Chongqing, 401331, China

Abstract: With the advancement of infrastructure construction, the demand for bridge design in complex terrain environments is increasing day by day. Traditional methods are difficult to meet the efficient and accurate requirements of diverse terrains and multi scheme optimization. Comprehensively and meticulously analyze the characteristics of complex terrain and its impact on bridge selection and layout, establish a BIM based forward design technology system for bridges, propose a management method for component families and a multi-disciplinary collaborative working mechanism, deeply and thoroughly explore the logical thinking and specific implementation methods of parametric modeling, and analyze it with a series of related tools such as Revit, Rhino, and Civil3D. Through a series of operations, the advantages of parametric modeling in improving design efficiency, enhancing expression accuracy, and achieving rapid generation of solutions have been verified. Research has shown that integrating BIM forward design with parametric modeling can significantly improve design standards, thereby laying a solid technological foundation for intelligent bridge construction and sustainable development.
Keywords: complex terrain; bridge; BIM; forward design; parameterization; modeling

引言

桥梁属于交通基础设施当中极为重要的一部分，它的设计质量会对工程的安全性、功能性以及经济性产生直接的影响。在那种地形较为复杂的环境里面，像山地、河谷还有丘陵这类地方，桥梁设计就会碰到诸多方面的挑战，比如空间布置受到限制、结构适应性比较差以及施工难度颇高等等。传统的二维设计模式，由于其在表达能力方面存在局限，并且协同效率也不高，所以很难契合现代工程对于高精度以及高效率所提出的要求。而 BIM 也就是建筑信息模型这项技术的出现，尤其是其中的参数化建模方法得到应用之后，便给桥梁设计带来了能够实现可视化的手段，同时也具备可调控的特点，并且还能够在短时间内快速生成多种设计方案。把复杂地形之下的桥梁工程当作研究的对象，对设计需求展开系统的分析，进而构建起基于 BIM 的正向设计以及参数化建模的体系，去深入探讨它在实际工程当中的应用途径以及未来的发展走向。

1 智能参数化建模的优势

智能参数化的目的是实现快速建模、快速修改，缩短时间，提高设计效率，目前主要体现在参数化建模方面。参数化建模可高效、智能、精准地创建多种方案选择，每一个项目设计都不可避免选择多种方案，而方案的优化需要可视三维模型。参数化环境里选择方案的数目不依赖于建模时间，只要建立了参数化模型，一个参数化模型便可以生成无数个不同的子模型，因此其在项目设计中有绝对优势。

2 复杂地形条件下的桥梁设计需求分析

2.1 复杂地形的分类与工程特征

复杂地形指的是那种呈现出明显空间变化情况、存在较大高差起伏以及地质条件颇为多样的自然地貌形态，像

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

高原地形、山区地形、峡谷地形、丘陵地形还有河网湿地这类区域都属于常见类型。不同种类的复杂地形，它们所具有的工程特征也是不一样的：高原地形以及山区地形常常会伴有岩溶地貌以及不良地质情况，峡谷区域一般会出现狭窄的通道并且水文状况也时常发生变化，丘陵区域虽说高差相对来说较为平缓，然而地形破碎的程度却很高。这些特征给桥梁的布置提出了诸如高跨径、高刚度以及可变结构形式等方面的设计要求。在复杂地形当中，交通通道的布局往往会受到地貌的明显制约，工程实施起来难度大，对于测量精度的要求也很高，所以必须要借助高精度地形建模以及三维可视化等手段来支撑前期的设计决策工作。

2.2 地形因素对桥梁选型与布设的影响

地形特征对于桥梁选型起着关键作用，会直接左右桥型结构的布置样式以及构造方案的经济合理性，在高差比较大的山区地带，拱桥和连续刚构桥由于有较强的适应地形起伏的能力，常常成为优先考虑的桥型，这类桥梁结构可以有效地应对复杂的坡度变化，减少对地基的过度依靠，提高结构的稳定性和安全性。在河谷狭窄且跨度较大的区域，斜拉桥或者悬索桥依靠其长跨径的特点，能够达成跨越式布设，减少中间支撑，降低施工难度与环境干扰，提升通行效率。在桥梁选型的过程中，还必须要综合考量基础施工条件的可行性、施工过程的便捷性以及后期维护管理的便利性，保证结构设计既能满足技术要求，又具备良好的经济效益和可持续性。地形起伏导致的路径偏移更是增加了路线线形设计的复杂性，桥位的选择需要充分融合精确的地形数据，结合交通流量、经济成本、景观保护以及环境影响等诸多方面的因素，科学地去寻找结构布设与地形环境协调的最优路径方案。所以，在桥梁设计的过程中，迫切需要达成地形数据的准确采集、快速处理以及直观表达，借助高精度的三维地形模型来辅助设计，为桥型选型与布设给予全方位、动态的技术支撑，进而提升整体设计的合理性与工程效益。

2.3 多源数据获取与三维地形建模技术

高质量的地形建模对于复杂地形桥梁设计而言是极为重要的前提条件。当下，多源数据融合技术已然成为主流趋势，这其中涵盖了诸如激光雷达（LiDAR）所获取的点云数据、航空摄影测量所得的数据、无人机遥感方面的数据以及传统的测绘数据等多种类型。这些数据都具备高分辨率以及高精度这样的特点，能够很好地对单一数据源在覆盖范围或者地表信息维度上存在的不足之处予以有效地弥补。就三维建模来讲，BIM 平台借助数据接口将地形表面模型导入进来，进而达成与桥梁结构之间的空间对接效果。设计人员结合 Civil3D、InfraWorks 等地形建模工具，可以生成带有等高线、坡度、岩土属性的三维数字地形模型，从而为后续的桥型布设、基础设计以及结构仿真等工作奠定一个基础性的平台。

3 桥梁 BIM 正向设计技术体系构建

3.1 BIM 正向设计的基本原理与流程

BIM 正向设计是以建筑信息模型当作核心，在设计刚开始的时候就把模型构建的过程全面地引入进来。借助参数控制还有多专业协同方面的机制，达成桥梁设计流程在数字化、可视化以及智能化层面的管理效果。其基本流程包含了信息需求分析、模型规划、构件族创建、三维建模、专业整合、模型校核以及最终出图交付等诸多关键阶段。在这个过程当中，设计数据一直是以模型作为载体来实现动态传递以及统一管理的。构件的几何形态、材料属性还有施工工艺等方面的信息会贯穿桥梁结构设计、施工组织以及后期运维管理的各个环节，以此来保证数据的连续性与一致性。与传统那种以二维图纸为主导的逆向建模方法不一样，BIM 正向设计着重于从“模型出发”，凭借系统化的设逻辑生成、精准的几何参数控制以及多维度信息集成，实现从设计构思到成果输出的全过程智能建模支持。

3.2 桥梁构件建模与构件族管理

在开展 BIM 建模工作的时候，构件族称得上是构建桥梁数字模型最为基本的单位。就各类桥梁构件来讲，像墩柱、盖梁、主梁以及支座等等这些，每一种都得去建立和其相对应的族文件，而且要依据构件所具有的几何特征以及参数方面的要求来展开可调化的配置操作。凭借着对族实施标准化的管理举措以及复用的相关机制，设计人员便可以在不同的项目当中较为迅速地对构件模型加以调用、做出修改并完成适配工作，如此一来便能够促使建模效率得以提升。除此之外，构件族里所嵌入的参数并不是仅仅包含几何信息而已，它还把材质、构造、施工以及维护等诸多维度的属性都涵盖进去了，进而保证模型能够在不同的专业之间达成信息的共享并且实现无缝的协作状态。

3.3 多专业协同机制与设计平台集成

桥梁设计涵盖结构、道路、地质、水利、电气等诸多专业的协作事宜。借助 BIM 所构建的协同机制，凭借云平台或者协同软件（例如 Autodesk BIM360、Navisworks 等），达成不同专业模型的集成操作、冲突检测以及信息同步的目的。设计平台的集成应用方面（像是 Revit 与 Civil3D 相互联动、Rhino 与 Grasshopper 进行扩展等），能够实现桥梁设计从路线环节、结构层面一直到构件信息的全过程信息共享，以此来提高设计工作的效率并提升协同的质量。在那种复杂地形的环境之下，多专业的协同就显得格外重要了，其能够有效地去解决设计过程中出现的冲突问题，还能降低建模环节可能出现的误差，并且还能够对施工模拟以及运维数据的集成给予有力的支持。

4 参数化建模逻辑与实现路径

4.1 桥梁参数化设计逻辑框架

参数化建模这一方式，是通过去设定控制变量以及约束规则，进而达成能够灵活生成模型的几何形态、结构构

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

造还有信息属性，并且可以实时对它们做出调整这样的目的。桥梁参数化设计所遵循的逻辑能够划分成三个层级：处于最底层的是几何构型参数，像跨径、高度、曲率等等都属于这一范畴；处在中间层的是结构构造参数，比如截面形式、配筋构造这类就归于其中；而位于最高层的是设计目标以及规范约束，例如荷载等级、限界控制等等方面的情况[1]。把各个参数相互间建立起逻辑上的关联，凭借参数来驱动模型的生成，如此便能够实现设计过程的自动化、逻辑清晰化以及最优化的目标，从而给桥梁开展多方案的对比以及适应复杂地形等相关事宜提供相应的技术方面的有力支撑。

4.2 道路线形与结构构件的参数描述方法

在那种地形比较复杂的状况下，道路的线形往往会有比较强的曲率以及高差方面的变化，所以说得借助参数化的方式来精准地去描绘它在水平方向、竖直方向还有横向所呈现出的几何关联。借助 Civil3D 这个工具，是能够构建出包含有控制点、缓和曲线、纵坡、横坡等等诸多参数在内的路线模型的，而这个模型就能够充当桥梁模型进行对接时的基础参照。就结构构件来讲，可以选用 Revit 或者 Rhino 这样的平台，在此平台上凭借参数族来明确界定构件的截面尺寸、长度以及变截面比例等一系列属性，并且要建立起构件彼此之间那种逻辑层面的相互连接，如此一来便能够达成构件模型的快速布置安排以及同步的更新操作，进而让结构设计在灵活性以及效率方面都得以提升。

4.3 参数控制建模流程与工具应用

在实际开展建模工作的进程里，参数控制所涉及的建模流程一般涵盖诸多环节，像是参数需要有详尽的定义工作，要构建起设计逻辑方面的内容，得生成相应的几何形态，并且还要不断地对模型加以调优以及予以完善。Revit 身为结构设计领域颇为流行的软件，其在桥梁结构构件的族建模以及参数嵌入方面显得格外适用，它能够极为精准地对构件的尺寸、材料属性还有连接关系进行管理，进而达成标准化构件的快速生成目标，同时也能够让构件实现灵活的修改操作。Rhino 与 Grasshopper 平台联手之后，在应对复杂几何形态以及自由曲面设计这些情况时，展现出了不容小觑的优势[2]。设计人员凭借图形化的算法节点以及可视化的控制组件，便能够构建起具备高度逻辑性的参数模型，如此一来，便便于针对桥梁的外形以及结构细节展开实时的调整操作，同时也可开展创新方面的探索活动。Civil3D 把重心放在道路路线以及三维地形建模之上，它可以准确地反映出复杂的地形环境状况，从而为桥梁的选址事宜以及线路优化工作给予可靠的数据方面的支撑。将这三种软件工具协同起来加以应用，把它们各自所具备的优势综合到一起，便构建起了一个完整且高效的桥梁参数化模型体系。设计人员能够凭借参数面板、算法节点以及动态可视化的界面，达成对模型进行实时调节以及快速迭代更新的目的。这样一种集成式的参数控制流程，极大地提升了设计的响应速度、精度以及模型的一致性，充分满足了在复杂地形条件之下，桥梁设计对于多方案快速生成以及灵活优化的迫切需求，有力地推动了设计效率以及智能化水平的明显提升。

4.4 参数驱动设计在复杂地形中的适应性与灵活性

参数驱动设计所具有的最强优势便是其适应性颇为强大，并且对于变更的响应速度也相当快，这种方法尤其适合地形呈现出多种变化态势且方案会频繁做出调整的桥梁工程项目[3]。在那种复杂多样的地形状况之下，凭借着对参数加以调整的操作，能够迅速地去适应各式各样的不同高差情况、各类转折情形以及多种跨度方面的需求，而且不用重新构建全新的模型，就能够顺利完成设计方面的迭代工作。与此参数模型还拥有着可被重复利用的特点，可以应用于多个项目的模板化设计环节当中，进而达成经验得以沉淀以及技术能够输出的良好效果。凭借参数化模型这一工具，设计人员便能够实现将构想快速转化为实际建模状态的目标，从而给复杂程度颇高的工程赋予一种高效能且灵活性十足的数字化解决办法。

5 结语

在复杂地形环境下推进桥梁工程设计工作，这无疑给结构选型以及空间布置带来了诸多挑战，与此对于建模精度以及协同效率的要求也变得更为苛刻。针对 BIM 正向设计以及参数化建模展开了一番系统的探究，从而清晰地确定了复杂地形桥梁设计所涉及的核心需求以及建模技术的具体路径。相关研究明确显示，参数化建模在逻辑的严密程度、模型的复用特性以及方案生成的效率等方面均有着十分突出的优势，而 BIM 平台能够为多专业的协作以及全生命周期的管理给予极为有力的支撑。在未来的发展进程中，伴随人工智能、数字孪生等一系列新兴技术的相互融合并加以应用，桥梁 BIM 设计将会进一步朝着智能化、自动化以及平台化的方向去迈进，进而为工程建设领域实现高质量发展赋予全新的动力。

[参考文献]

[1]张国学.浅析桥梁正向设计与智能参数化建模[J].工程机械与维修,2023(1):105-107.
[2]唐诗皓.基于 BIM 技术的桥梁参数化建模设计及应用[J].低碳世界,2024,14(10):148-150.
[3]张哲远.基于BIM技术的曲线连续梁桥参数化建模及结构分析转换接口研究[D].兰州:兰州交通大学,2021.

作者简介：朱超（1990.6—），毕业院校：重庆交通大学，所学专业：桥梁与隧道工程，当前就职单位名称：重庆设计集团有限公司，职称级别：高级工程师；唐涛（1992.3—），毕业院校：重庆交通大学，所学专业：建筑与土木工程，当前就职单位名称：重庆科学城高新产业发展有限公司，职称级别：高级工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

面向应急响应的建筑消防系统远程监控与智能联动研究

于永磊
中国石化胜利油田应急救援中心（消防支队）宁海危化品应急救援站，山东 东营 257000

[摘要]随着建筑规模变得越来越大，而且火灾防控方面的需求也在不断提高，在这种情况下，面向应急响应的建筑消防系统开展远程监控以及实现智能联动，已然成为确保安全的关键举措。本文依托物联网还有人工智能方面的技术，搭建起一个将远程监控和智能联动加以集成的消防系统架构，从而达成对火灾隐患做到实时感知、能够进行智能分析并且可以快速做出响应的目的。凭借多个系统的协同控制，可以让报警设备、喷淋设备、排烟设备以及防火门等相关设备实现自动联动，进而切实提高火灾应急处理的效率以及精准程度。

[关键词]应急响应；建筑消防系统；远程监控；智能联动
DOI：10.33142/sca.v8i6.16815 中图分类号：TU24 文献标识码：A

Research on Remote Monitoring and Intelligent Linkage of Building Fire Protection System for Emergency Response

YU Yonglei
Sinopec Shengli Oilfield Emergency Rescue Center (Fire Brigade) Ninghai Hazardous Chemicals Emergency Rescue Station, Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract: With the increasing scale of buildings and the growing demand for fire prevention and control, remote monitoring and intelligent linkage of building fire protection systems for emergency response have become key measures to ensure safety. This article relies on the technologies of the Internet of Things and artificial intelligence to build a fire protection system architecture that integrates remote monitoring and intelligent linkage, thereby achieving real-time perception of fire hazards, intelligent analysis, and rapid response. With the collaborative control of multiple systems, automatic linkage of alarm equipment, sprinkler equipment, smoke exhaust equipment, fire doors and other related equipment can be achieved, thereby effectively improving the efficiency and accuracy of fire emergency response.

Keywords: emergency response; building fire protection system; remote monitoring; intelligent linkage

引言

城市化推进快，建筑规模变大，建筑消防面临挑战。传统消防靠人巡查，设备独立，难及时发现火灾隐患，应对突发火灾慢。现在物联网、大数据、人工智能发展快，建筑消防用远程监控和智能联动，能实时监测火灾关键指标，自动启动多个系统协同灭火，缩短火灾响应时间，提高灭火精准度。远程监控让管理者随时了解建筑消防情况，方便远程指挥决策，增强应急管理灵活可靠。本文研究建筑消防系统远程监控与智能联动，探讨其技术架构、联动策略和应用效果，为智慧消防建设提供理论依据和技术参考，推动建筑消防走向智能化、信息化。

1 建筑消防系统远程监控与智能联动的重要性

建筑消防系统远程监控与智能联动的重要性在于它能够突破传统消防管理的局限，实现对建筑火灾风险的全天候、全方位实时监控与智能响应。通过远程监控技术，管理人员可以随时掌握消防设备状态和现场火灾动态，及时发现异常隐患，避免因人工巡查不及时而导致的风险遗漏。同时，智能联动机制通过自动触发报警、喷淋、排烟、防火门等多系统协同工作，大幅缩短火灾响应时间，提高应急处置效率，最大限度地减少人员伤亡和财产损失。该技术不仅提升了消防系统的可靠性和灵敏度，还推动了消防安全管理向智能化、信息化方向转型，是实现智慧建筑安全保障和应急管理现代化的重要支撑手段。

2 当前建筑消防系统存在的主要问题

当前建筑消防系统在实际运行当中存在着许多问题，这些问题主要表现在技术、管理以及实效性等诸多方面。就技术层面而言，传统的消防系统大多是以本地控制以及人工监测为主要形式的，缺少信息化以及智能化的相关手段，所以很难实时掌握火情的具体动态，进而使得在火灾刚刚发生的初期阶段无法快速地做出相应的响应。从联动性的角度来看，系统各个组件之间的联动性较差，比如火灾报警系统和喷淋系统、排烟系统以及应急广播等往往存在着通信不顺畅、响应有延迟等情况，难以构建起统一且高效的应急联动机制。在不少建筑当中，其消防设施还存在着老化、布局不合理或者维护不及时等现象，这些情况会影响到消防设施在紧急状况下所具有的有效性。从管理层面来讲，部分单位缺乏日常的巡检以及系统的演练，而且消防管理责任也不够明确，如此一来，当系统出现故障

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

或者失灵的时候，便没有人能够及时地去发现并且对其进行处理。部分建筑特别是老旧建筑在最初设计的时候并未充分考虑到现代消防的需求，消防系统的配置存在不足，有着先天性的缺陷[1]。更有甚者，一些单位对于消防系统重视程度不够，仅仅是为了应付检查而让其形同虚设，这使得消防系统的实际运行能力以及应急响应能力都大打折扣。

3 远程监控技术在消防系统中的应用研究

3.1 消防远程监控系统架构设计

消防远程监控系统架构设计属于实现建筑消防智能化以及信息化管理的基石所在，其关键之处就在于打造出一个能够把数据采集、传输、处理还有控制融为一体的完整的系统体系。该架构一般是由前端感知层、数据传输层、平台处理层以及应用展示层所构成的。前端感知层涵盖了烟雾探测器、温感器、视频监控设备、燃气泄漏传感器等多种多样的感知设备，可实时对火灾相关的数据以及环境参数加以采集；数据传输层借助有线网络、无线通信、物联网技术或者 5G 网络，把现场所采集到的信息以高速且稳定的方式传送到中心平台；平台处理层依靠云计算、大数据、边缘计算等一系列技术来对海量的数据展开分析与处理，达成火情识别、报警判断以及风险评估的目的；应用展示层则是面向用户给予可视化操作界面，从而实现实时监控、报警信息推送、系统状态查询以及历史数据回溯等诸多功能。

3.2 数据采集与传输技术

在建筑消防系统当中，数据采集以及传输技术属于远程监控功能得以实现的重要环节，其关键作用就在于保证火灾相关的信息可以被精准、高效且持续地获取到，并且能够顺利传送到后台监控平台。数据采集这一部分主要是依靠各式各样的传感器设备来完成的，像烟雾探测器、温度传感器、可燃气体探测器、红外探测器还有视频监控摄像头等等，这些设备能够对环境参数的变化展开实时监测，并且在出现异常情况的时候能够快速做出相应的反应。所采集到的数据会经过通信模块进入到传输环节，传输技术包含了有线网络，比如以太网、RS485 总线，也包含无线通信的方式，像是 Wi-Fi、NB-IoT、LoRa、4G/5G 等，其中无线技术由于其部署较为灵活并且覆盖范围比较广，在智能建筑当中的应用变得越来越普遍。为了确保数据在传输的过程当中不会出现丢失或者延迟的情况，系统一般都会配备有较为稳定的通信协议以及数据加密的相关机制，以此来保障信息的完整性以及安全性。随着边缘计算技术不断取得发展，有一部分数据可以在现场节点先进行初步的处理，这样就能够减轻传输方面的压力，同时还能提升响应的速度。

3.3 火灾报警与预警信息处理

火灾报警与预警信息处理属于远程监控技术在消防系统里的核心应用范畴，其用意在于借助对多源感知数据展开智能分析的方式，达成火情的迅速识别以及预警响应的目的。在现代建筑当中，火灾报警系统往往会接入多种多样的探测设备，像烟感、温感、气体传感器还有图像识别装置等等。这些设备会实时对环境数据加以采集并且上传到监控平台[2]。要是某一项或者多项数据超出所设定的阈值，系统就会自动开启多级报警机制，先是借助边缘计算或者本地控制器去做初步的判断，确认是不是误报情况，接着把疑似火警的信息传送到中心平台，再由平台依照预设的算法模型来开展综合分析，其中包含空间定位、历史数据对比、火灾模式识别等诸多步骤，进而对事件的性质以及其严重程度做出判断。一旦确定存在火情，系统能够在数秒之内向管理人员、消防中心以及相关应急人员推送警报信息，并且通过短信、APP、语音广播等多种方式同步发布预警，以此保证信息传递的及时性与广泛性。与此系统还能够自动联动控制喷淋装置、排烟系统、应急照明等相关设备，以此提升初期火灾处置的效率。

3.4 视频监控与智能识别技术研究

视频监控以及智能识别技术于现代建筑消防系统当中的应用变得日益普遍起来，已然成为达成远程监控以及火灾早期察觉的关键技术途径。借助于在建筑内部那些关键区域去部署高分辨率的视频监控摄像头，该系统便能够达成针对人员活动状况、环境实际状态以及火灾隐患情况展开实时且可视化的监控效果。与传统视频监控仅仅拥有画面记录这一单一功能不同，当下所采用的智能识别技术融入了人工智能方面的算法、深度学习相关的模型以及图像处理方面的技术，进而让系统拥有了火焰识别、烟雾检测、人员聚集识别还有异常行为分析等一系列的智能功能。这些技术完全可以在无需依靠传统感应器的前提之下，对初期火情所具有的各种特征予以识别并发出警报，特别契合于那些空间较为开阔或者气流相对复杂的场所。系统会凭借对视频图像里火光的亮度情况、颜色方面的变化状况以及烟雾的扩散轨迹等各类特征展开建模分析的方式，达成对火灾征兆做出快速判断的目的，并且在判断结果清晰明确之后，会及时地把警情相关信息推送到监控中心那边去。

4 消防系统智能联动控制机制研究

4.1 消防系统联动原理与分类

消防系统智能联动控制机制属于现代建筑消防安全管理里的重要构成部分，该机制的关键之处在于各个子系统之间能够达成高效的协同响应，以此来保证在火灾发生的第一时间便能自动启动相应的应急举措，进而最大限度地减少人员伤亡以及财产方面的损失。消防系统的联动原理是建立在对火灾探测信息展开快速采集以及分析的基础之上的，借助火灾自动报警系统当作触发的核心所在，去驱动喷淋系统、排烟系统、防火卷帘、应急照明以及广播系统等诸多子系统依照预先设定的逻辑顺序来协同开展动作。比如说，当火灾探测器察觉到烟雾或者温度出现异常情况的时候，系统就会自动开启报警器，与此同时还

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

会关闭防火门、防火卷帘，打开排烟风机，并且联动电梯返回至首层，切断非消防电源等等。依据联动方式存在着不同之处，消防联动系统可以划分成集中控制型、分布控制型以及网络控制型这三种类型[3]。集中控制型系统是以消防控制中心作为核心，把所有的信号采集以及控制指令都统一起来进行处理，这样的系统结构是比较清晰的，然而其灵活性却相对偏低；分布控制型则是将控制权下放到各个子系统当中，具备较强的适应性并且响应速度较快；网络控制型是依托于计算机网络来实现信息的实时共享以及远程控制，这在当下智能建筑当中是应用最为广泛的朝着这个方向发展的类型。

4.2 智能控制技术应用（AI、物联网等）

在消防系统的智能联动控制机制方面，智能控制技术的应用让系统的响应速度、准确性以及管理效率都得到了明显提升，特别是像人工智能（AI）、物联网（IoT）这类前沿技术的引入，促使消防系统从传统的被动响应模式朝着主动智能预警的方向发生了转变。AI 技术借助深度学习算法来对视频监控画面展开智能分析，可以快速地识别出烟雾、火焰、异常行为等潜在的火灾风险，进而达成火灾的早期预警目的；与此依据 AI 构建的决策系统还能够对火灾的发展趋势进行模拟预测，以此辅助制定出最为理想的应急联动策略。物联网技术则是通过把感烟、感温、水压、电流、门禁、气体泄漏等多种传感器接入到网络当中，从而实现对建筑内部消防状态的全方位且实时的监测，系统的相关数据能够借助云平台进行集中化的处理以及远程管理，这就使得管理人员可以在第一时间知晓现场的具体动态并且发出相应的控制指令。AI 和 IoT 的融合还能够实现设备状态的预测性维护，有效地降低消防设施出现故障的概率，提升整个系统的可靠性与稳定性。

4.3 消防与建筑其他系统（通风、电气、广播等）的联动策略

消防系统和其他系统如通风、电气、广播等联动起来，能提高安全管理，加快应急响应。火灾时，消防系统可让通风系统启动排烟风机，排除烟雾，保证疏散通道安全；联动电气系统切断非关键区域电源，确保消防照明和应急电源供电，保障疏散和救援；广播系统发布疏散指令，指导人员撤离。联动依靠 BAS 或智能消防平台，按预设程序让系统快速配合。还要根据建筑特点、人员分布和消防设计调整方案，保障人员和财产安全。

4.4 联动响应逻辑与自动化决策模型

消防系统智能联动控制机制里的联动响应逻辑以及自动化决策模型，乃是达成快速、精确且高效处置火灾事故的关键技术根基所在。联动响应逻辑依照预先设定的规则与条件，凭借火灾探测器、烟雾传感器、温度传感器等诸多来源的数据所开展的实时监测情况，针对火灾报警信号展开智能层面的分析与判定操作，进而促使相应的消防子系统做出相应动作，像报警启动、喷淋系统开启、排烟风机运转、防火门关闭等等，以此来保障各个环节动作的科学协调性以及时序方面的合理性[4]。而自动化决策模型会进一步借助人工智能、专家系统还有机器学习等技术手段，对火灾发展态势实施动态化的评估与预测工作，同时结合建筑布局、人员分布状况、火势扩散路径等多种维度的信息内容，自动形成最优的应急联动方案以及资源调度策略，完成从被动响应状态向主动防控状态的转变过程。此模型不但能够依据实时数据来调整联动响应的相关措施，提升决策的精准程度以及灵活性，而且还拥有自学习的能力，随着系统运行不断积累经验，持续对联动逻辑加以优化，提升系统的智能化水准以及应对复杂环境的能力。

5 结语

应急响应所面向的建筑消防系统远程监控以及智能联动技术，很好地发挥了物联网、人工智能等先进技术方面的优势，达成了对火灾风险展开实时监测、开展智能分析并且实现快速响应的目标，切实提高了建筑消防整体的安全水准。借助多个系统的协同联动方式，确保了火灾应急处置具备科学性以及高效性，大大强化了消防管理在智能化以及自动化方面的能力。在未来，伴随技术持续取得进展以及应用场景变得更为丰富，这一智能消防体系会在智慧建筑以及智慧城市的建设进程里发挥出愈发重要的作用，从而为保障公共安全以及人民生命财产安全给予稳固的技术支撑与保障。

[参考文献]

[1]侍孝永.建筑消防系统管理对策分析[J].消防界(电子版),2023,9(3):19-21.
[2]李波.提升高层建筑消防监督与设备管理举措分析[J].消防界(电子版),2023,9(7):101-103.
[3]李瑄.基于数值模拟的建筑消防安全性能分析[J].中国新技术新产品,2023(11):141-143.
[4]李世隆.新时期建筑消防电源和消防供配电系统安全研究[J].消防界(电子版),2024,10(5):34-36.

作者简介：于永磊（1986.4—），单位名称：中国石化胜利油田应急救援中心(消防支队)宁海危化品应急救援站，毕业学校和专业：南京政治学院～经济与行政管理。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

外墙干挂石材幕墙施工技术的应用分析

孙 鹏 葛诗雪
浙江宝业幕墙装饰有限公司，浙江 绍兴 312000

[摘要]外墙干挂石材幕墙作为一种现代建筑外装饰技术，以其美观耐久、施工高效等优势广泛应用于高层建筑及公共设施。本篇文章结合工程实践，系统分析了干挂石材幕墙的施工工艺，希望可以为类似工程提供一定参考。
[关键词]外墙干挂石材；幕墙施工；预埋件
DOI：10.33142/sca.v8i6.16822 中图分类号：TU7 文献标识码：A

Application Analysis of Dry Hanging Stone Curtain Wall Construction Technology for Exterior Walls

SUN Peng, GE Shixue
Zhejiang Baoye Curtain Wall Decoration Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang, 312000, China

Abstract: As a modern architectural exterior decoration technology, dry hanging stone curtain walls are widely used in high-rise buildings and public facilities due to their advantages of beauty, durability, and efficient construction. This article combines engineering practice to systematically analyze the construction technology of dry hanging stone curtain walls, hoping to provide some reference for similar projects.
Keywords: exterior wall dry hanging stone; curtain wall construction; embedment

引言

随着建筑行业的快速发展，外墙干挂石材幕墙逐渐成为高端建筑外装的首选形式，它通过金属挂件将石材面板固定在建筑主体结构上，避免了传统湿贴工艺的空鼓、脱落等问题，显著提升了建筑的立面效果与耐久性。

1 工程概况

某高层建筑位于城市中心的繁华地段，是一座集购物、办公、娱乐为一体的现代化商业综合体，项目总建筑面积达到 15.2 万 m^2，其中外墙面积占据了相当大的比例。设计团队为了彰显整体美观度，决定使用外墙干挂石材幕墙施工技术来赋予建筑高贵典雅的外观，并且还可以在一定程度上隔绝外界环境对于建筑主体的侵蚀。外墙干挂石材幕墙是一种将石材面板借助金属挂件直接悬挂在建筑主体结构上的装饰性围护结构，它避免了过去湿贴法容易出现的石材空鼓、脱落等问题，并且具备重量轻、强度高和耐久性好等优势。

2 外墙干挂石材幕墙施工技术的具体应用

2.1 挑选石材

在干挂石材幕墙施工中，在挑选石材时必须要严谨细致，这是因为石材质量的优劣对于建筑外墙的美观性以及建筑物整体结构稳定程度会产生重大影响，为此在挑选过程中必须对抗压强度、耐候性、吸水率等多个维度的技术指标进行综合考量，并且高质量的石材应当展现出抗风化能力、抗冻性能较强以及吸水率较低的特点，由此保证即便是在寒冷、水分较多或是较为恶劣的自然环境中也不会出现体积膨胀而导致开裂问题，在长时间使用下依旧能保持良好且稳定的性能。除此之外，石材的整体美感也是不能忽视的要点，石材的颜色、纹理等天然属性是改善建筑美观性的关键因素，因此在选择时需确保石材的颜色与纹理能够和建筑物的整体设计理念完美融合，呈现出协调一致的视觉效果，使最终装饰效果达到预期水准。而对于所选石材进行严格的质量检测也是十分必要的，由此确保石材的综合性能与施工所需的规定与要求相契合，在源头上奠定高质量施工的基础，石材的多项性能检测结果如表 1 所示。

表 1 石材质量检测

序号	检测项目	规范要求	检测结果
1	放射性	≤1.3	0.46-0.57
2	吸水率（%）	≤1.8	最大值 0.28
3	抗弯强度（MPa）	＞8.0	最小值 9.5，平均值 10.0
4	抗压强度（MPa）		最小值 9.5，平均值 10.0
5	冻融试验	无剥落、裂缝则合格	
6	耐酸性	石材表面无明显侵蚀效应则合格	

2.2 测量放线

在干挂石材幕墙施工中，测量放线这项基础性工作的主要作用就是为后续的石材安装提供精准度较高的基准，使幕墙从整体角度看呈现出优异的美观性、协调感，施工团队应先严格遵照建筑设计图纸内容对施工现场开展细致的测量工作，此期间应将外墙轴线和基准线的具体位置确定下来，保证幕墙的整体位置适中并且高度与设计规格

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

相契合，在放线环节应采用全站仪、激光测距仪等精密的测量仪器对挂件的安装位置进行测量并做出清晰的标记，使得每个挂件的实际位置都与设计图纸保持一致不存在偏差；墙体的平整度和垂直度也是放线过程中需要格外留意的指标，这是因为任何一个细微不易察觉的偏差都会对石材的安装造成重大影响，施工团队应使用水平尺、垂直检测器等专业检测工具对墙体进行全面检查，确保外墙的实际构造与测量点位完全吻合[1]。

2.3 石材储存

要想保持石材的持久耐用性进而提升施工质量就必须针对干挂石材的储存加大管理力度，在施工准备阶段制定一份更贴合实际情况且合理性较高的石材储存方案非常重要，不仅能够有效防范因潮湿、日晒等不利因素而导致石材质量降低，还能最大限度地避免在施工进程里因石材损坏而导致工程进度延误以及整体质量下滑等不良问题。为此必须要严格按照施工要求开展干挂石材的储存工作，最佳的存放位置应具备环境干燥、空气流通并且阳光不会直接照射等条件，这是因为石材长时间暴露于紫外线下会加速表面的老化，表面颜色会逐渐褪去而且整体性能也会明显降低。在选定好储存设置后还应同步配置完善的防潮措施，像是铺设防潮垫、安装除湿机等，由此将石材与水分隔绝开，避免因吸水率上升而导致石材膨胀或是开裂，从而对石材的美观度和整体质量造成严重损害。对于石材的堆放同样需要严格管理，严禁将石材混乱的堆放在一起，应当以石材的规格、型号为依据细致划分成不同的类别进行堆放，使石材在运输以及使用等不同环节均保持完好无损的状态，并且每层石材之间应设置合理的间隔，使空气保持流通来促进潮气快速散发，防止石材因潮湿而发霉；在堆放石材时对高度也需要进行合理把控，避免过高的堆放导致压力全部施加给石材底部，从而影响其形状和性能[2]。

2.4 安装预埋件

在干挂石材幕墙施工中预埋件是必不可少的一种构件，它的主要作用是将石材幕墙与主体建筑结构连接起来，是强化幕墙结构稳定性和安全性的必要条件，因此，在安装预埋件必须要密切关注准确性和牢固性这两项指标，使整个干挂系统的稳定运行能拥有坚实的支撑。在安装预埋件之前，需要先依照设计图纸将预埋件的标高、位置以及数量等具体数值确定下来，接下来通过精确的测量放线工作对照着设计图纸上的理论位置对位置、角度和高度进行实际标记，预埋件的安装主要涉及钢筋、钢板等金属部件的固定，这些部件主要用于在后续施工流程中为石材挂件提供充足的支撑力，因此预埋件的安装必须牢固可靠，使其即使是长期承受各种外力或者是处于温度变化幅度较大的环境也能牢固固定在现有位置不发生偏移。在安装过程中，还需要使用激光扫平仪、水准仪等专业测量工具对预埋件的水平和垂直度进行检测，一旦发现存在偏差要及时做出调整，同时还要选用高强度的锚固材料如化学锚栓等将预埋件牢牢地固定在墙体上，使预埋件在建筑使用的全过程中始终保持良好的稳定性。不同温度条件下化学锚栓的测量数据如表 2 所示。

表 2 不同温度下化学锚栓的测量数据

环境温度/℃	凝胶时间（min）	硬化时间（min）
-5～0	80	260
0～10	50	70
10～20	30	40
20～40	8	15

2.5 安装金属骨架

对于该建筑外墙的干挂石材幕墙施工作业来说，安装金属骨架是一项技术含量比较高的环节，对于技术人员的细节把控也是一种考验，他们在安装之前一定要使用水平尺、垂直检测等专业性的测量工具对墙体进行检查，保证垂直度和平整度与相关标准所产生的误差在一个可以控制的范畴内，并且对于墙体结构是否存在空鼓和裂缝问题也应当做好检测，这一系列准备工作都是在为骨架的稳定安装做铺垫。放线标记是整个安装过程中的导航仪，标识时应当尽量使用不容易褪色的涂料跟专业性更强的方向工具，使他们在墙体上可以明确标出骨架的安装位置与间距，为后续安装作业的顺利开展提供方便。金属骨架安装要采取分阶段作业的方式，每当完成一个阶段的安装内容后都要进行比较严格的检查工作，施工人员先对安装工作进行检验，确认无误后再由监理团队进行二次隐患排查，一定要保证骨架的位置和角度处于标准状态。在骨架安装完毕后要对它们进行相应的防锈跟防腐处理，此步骤可以使幕墙的使用寿命得到进一步延长，防止外界环境长时间腐蚀后出现锈蚀等影响安全及美观的问题[3]。

2.6 安装干挂石材

一般用于临时固定饰面石材的多选用不锈钢材料，它的优势在于耐腐蚀性和强度方面较为卓越，可以最大程度上抵抗施工过程中的各种外力跟环境因素的干扰，使得石材在安装及后续使用阶段能保持长时间稳定状态。短边槽的设计可以方便石材与金属挂件进行连接，也能为石材的安装提供更多的灵活性与调整空间，让石材顺利被定位到预定位置，如图 1 所示。在干挂石材安装过程中，金属挂件系统的选择与设计是十分关键的，它不单单是承受石材重量及外部风压这么简单，还要拥有较为良好的耐久性和稳定性，所以在选择时要注意石材规格和外部环境等因素，保证挂机可以与实际需求保持高度契合性。石材安装时要从下往上来进行，这种顺序可以方便施工过程随时对它的位置进行调整，技术人员在整个过程应当对石材的水平与垂直度进行密切关注，并在安装完成后对石材之间的缝隙进行处理[4]。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

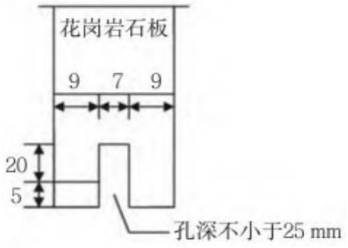


图 1　石材开槽剖面图

2.7 灌注密封胶

密封胶是干挂石材幕墙系统的守护者，它可以将石材间隙封闭起来，有效阻隔外界雨水、灰尘等有害物质的侵入，为整个幕墙提供一道坚实的防护屏障，施工人员在灌注密封胶之间应当对石材的接缝位置处进行清洁，使其中不存在杂质跟灰尘等污染物残留，这也是保证密封胶黏附效果的关键，而划线标记能让整个灌注过程更加均匀，尽量规避掉漏灌或多灌等问题。采购团队在选择密封胶材料时往往会面临众多选项，而硅酮和聚氨酯密封胶无疑可以作为他们的首选，这两种材料之所以备受青睐，主要是因为它们在多个关键性能上展现出了卓越的效果。从耐候性角度来看，硅酮和聚氨酯密封胶均能够经受住各种恶劣气候条件的考验，无论是风吹雨打、日晒霜冻，还是其他极端天气，它们都能保持稳定的性能，不会出现开裂、变形等问题。在耐高温性方面，这两种密封胶同样表现出色，在高温环境下，它们能够保持稳定的化学和物理性质，不会因为高温而发生变质或失效，这对于需要在高温条件下工作的设备或部件来说，无疑是非常重要的。此外，硅酮和聚氨酯密封胶还具有良好的弹性，使得它们能够适应各种形状和尺寸的缝隙，提供有效的密封效果，在受到外力作用时它们也能够保持一定的形变能力，不会因为受力而破裂或脱落[5]。

2.8 幕墙防雷系统的安装

在该高层建筑中防雷系统的安装是必不可少的，特别是对于外墙干挂石材幕墙结构，它的金属龙骨和石材面板容易增加建筑受到雷击的风险，所以在施工时应当依照国家相关标准对防雷系统进行设计与施工，主要包含接地装置、引下线及接闪器等关键组件，每一个部分的合理布置都会影响到系统的防雷效果。施工团队在正式作业前要按照建筑结构的特点进行与之相匹配的防雷系统设计，使幕墙龙骨和金属构件可以形成比较完整的电气通路，接地装置一般会使用镀锌扁钢或铜绞线，将它们埋设在建筑基础或周围土壤电阻率比较低的地方，并采取相应的防腐处理来延长使用寿命，电阻值一般应当≤10Ω，如果土壤电阻率比较高可以使用降阻剂或增加接地极数量等措施对接地效果加以优化。引下线是连接接闪器和接地装置的关键，一般会借助建筑结构柱内的主筋或专用镀锌扁钢沿着外墙进行隐蔽铺设，并且与幕墙金属龙骨要采取可靠的焊接方式，单根引下线的间距不能超过 18m，这样可以使雷电流保持均匀分布的状态并快速泄放出去，干挂石材幕墙施工应当特别注意引下线与金属挂件的电气连接，尽量规避掉因接触不良所导致的防雷失效问题。接闪器通常会被安装在建筑的屋顶或女儿墙等容易遭受到雷击的部位，材质方面要选择耐腐蚀性比较卓越的不锈钢或热镀锌钢材，对于该建筑工程可以采取提前放电式避雷针来扩大保护范围，这种装置与引下线连接后应当采用焊接或螺栓紧固的方式。

2.9 外墙清理验收

当干挂石材幕墙施工步骤基本完成后就要着手开展外墙清理验收作业，施工人员在正式清理前一定要对幕墙进行一次全面性的检查，将石材表面的水泥浆、胶痕、金属锈迹、灰尘等污染类型一一记录下来，然后依照污染物的性质分别选择与它们相匹配的清洁工具。对于云石胶或硅酮密封胶残留这种顽固性污渍可以使用中性清洁剂这种专用溶剂进行软化处理，当存在普通泥浆时则要借助高压水枪进行冲洗，并在过程中使用软毛刷将污渍清理干净，清理期间要顾及对周围环境所产生的影响，不能让清洁剂或污水对下方玻璃或金属构件造成污染。科学的清理流程一般要按照由上到下、由外向内的顺序，这可以将二次污染问题保持在一个可控范围内，初步冲洗时可以使用低压清水对墙面的软化附着物进行清理，这样可以将一些附着度较低的物质清除掉，降低后续清洁剂的使用量。当进行针对性去污时要依照污染类型选用 pH 值比较中性的石材清洁剂，用软布或海绵轻轻擦拭，不要使用强酸强碱型清洁剂；对于铁锈这类渗透性污渍要将清洁剂敷于污染处，并覆盖保鲜膜来延长反应时间；当所有清洁过程结束后用高压水枪彻底冲洗一次。

3 结语

本文基于实际工程案例，梳理干挂石材幕墙的施工流程与技术要点，分析其应用优势与潜在问题，旨在为提升施工质量、优化设计提供理论依据与实践指导，促进该技术在建筑领域的科学应用与可持续发展。

[参考文献]

[1]田宝平.建筑外墙干挂石材幕墙施工技术[J].中国住宅设施,2025(3):10-12.
[2]王超,赵炎涛.干挂石材外墙保温技术在框架建筑幕墙施工中应用[J].四川水泥,2024(9):85-87.
[3]郭威.干挂石材幕墙施工技术监理控制措施分析——以富春通信厦门研究中心项目为例[J].工程技术研究,2023,8(7):115-117.
[4]苗伟,史坤.商业建筑外墙干挂石材幕墙施工技术应用研究[J].中国建筑金属结构,2023(3):71-73.
[5]王耀东.建筑幕墙施工中石材干挂技术要点的分析[J].中国地名,2020(7):65.

作者简介：孙鹏（1994.7—），男，籍贯浙江省绍兴市，职称：助工，职务：项目经理，毕业时间：2017 年 6 月，毕业院校：河北工程大学科信学院，研究方向：幕墙技术。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑装饰装修工程中绿色施工技术的应用

于 强
中海地产（山东公司），山东 济南 250004

[摘要]伴随社会经济的迅速发展，建筑装饰装修行业面临着资源消耗量大以及环境污染较为严重等诸多挑战。绿色施工技术在实现行业可持续发展方面起着极为关键的作用，其借助节能减排、资源循环利用等一系列手段，切实有效地提高了环保方面的水准以及施工的质量。全面且细致地分析了绿色施工技术当前的应用实际状况以及存在的各类问题，着重就环保建材的选择、室内空气质量的控制、废弃物的回收利用还有智能节能系统的应用等关键技术展开深入探讨，并提出了完善相关管理制度、推动技术不断创新以及强化人员培训等方面的对策。绿色施工的广泛推广，既能降低对环境的负荷，又能提高经济与社会两方面的效益，进而有力地促进该行业朝着健康可持续的方向不断发展。

[关键词]建筑；装饰装修；绿色施工技术
DOI：10.33142/sca.v8i6.16821　　中图分类号：TU767　　文献标识码：A

Application of Green Construction Technology in Building Decoration Engineering

YU Qiang
Zhonghai Real Estate (Shandong Company), Ji'nan, Shandong, 250004, China

Abstract: With the rapid development of the social economy, the construction and decoration industry is facing many challenges such as high resource consumption and severe environmental pollution. Green construction technology plays a crucial role in achieving sustainable development in the industry. Through a series of measures such as energy conservation, emission reduction, and resource recycling, it effectively improves the level of environmental protection and construction quality. A comprehensive and detailed analysis was conducted on the current application status and various problems of green construction technology, with a focus on key technologies such as the selection of environmentally friendly building materials, control of indoor air quality, recycling of waste, and application of intelligent energy-saving systems. Countermeasures were proposed to improve relevant management systems, promote continuous technological innovation, and strengthen personnel training. The widespread promotion of green construction can not only reduce the burden on the environment, but also improve the economic and social benefits, thereby effectively promoting the continuous development of the industry towards a healthy and sustainable direction.

Keywords: architecture; decoration and renovation; green construction technology

引言

建筑装饰装修工程属于建筑行业的关键部分，和建筑的美观程度、功能发挥以及舒适感受有着直接关联。然而传统装修方式存在着诸多弊端，像材料方面存在浪费情况，能耗水平颇高，且污染状况较为严重等，这些都对行业的可持续发展形成了制约作用。伴随绿色发展理念逐渐得到普及，绿色施工技术已然成为能够有效应对上述各类难题的一种手段。它一方面着重于节约资源以及对环境加以保护，另一方面也关注施工过程中的安全事宜以及相关人员的健康状况，从而促使装饰装修朝着高质量、低能耗以及低排放这样的方向去实现转型。全面且细致地去分析绿色施工技术在建筑装饰装修当中的实际应用状况以及所取得的成效，同时深入剖析其中存在的各种问题，并且提出切实可行的推进办法，以此为行业的绿色发展给予相应的理论层面以及实践方面的参考依据。

1 绿色施工技术的优势

在建筑装饰装修中采用绿色施工技术，能够通过节能措施和环保手段，减少对环境的污染，并且能够极大地减少能源的消耗，创造出一个良好的居住环境，也有利于环境的保护。近几年来，伴随着经济和社会的迅速发展，人们对环境和能源问题更加关注。通过使用绿色施工技术，能够有效解决建筑行业在发展过程中所面临的能耗问题和污染问题，从而减少建筑装饰装修的能耗和产生的污染。比如，在建筑的装潢过程中，使用绿色环保材料，可以节约能源。在传统的建筑装饰装修中，人们更多地关注的是装修的档次，只是单纯地追求高端的装修，而对于装修材料的品质和环保性却没有给予足够的重视。此外，过于注重外观，造成了比较严重的材料浪费。为了解决以上问题，提高材料的利用率，从而达到节能减排的目的，应加大对绿色施工技术的应用力度。

2 装饰装修工程中的问题

2.1 盲目重视装饰装修施工效果

在装饰装修工程里，施工效果常常是业主以及施工单位所关注的重点所在，不少项目会把过多精力放在表面装

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

饰的视觉效果与档次提升方面，却把施工过程中的环保节能要求给忽略了。这种盲目地去追求效果的情况使得材料选择显得不够科学，往往会偏向选用那种造价比较昂贵可环保性能却较差的装饰材料，如此一来便造成了资源的浪费以及环境污染的问题出现。与此为了达成高档次的装饰效果，在施工过程中会产生大量的无法回收的废弃物，这无疑增加了施工垃圾处理的难度，也让环境负担进一步加重了。因为过度去追求短期的视觉效果，所以往往就会忽视装修材料所带来的长期健康影响，进而给居住者的生活环境以及身体健康留下了一定的隐患。要想改变这样的状况，那就必须要在装饰装修设计以及施工过程当中树立起绿色施工的理念，要把环境保护以及节能减排当作是衡量施工质量的一项重要指标来对待。

2.2 盲目追求外在豪华感

部分建筑装饰装修项目由于缺少科学规划以及绿色意识，存在过度追求豪华感的情况，这种盲目追求豪华的行为不但增加了工程成本，还造成了大量不必要的资源耗费以及环境方面的问题，豪华装饰一般会使用诸多不可降解或者含有害化学成分的材料，这些材料在施工以及后期使用期间，会释放出大量的有害物质，对室内环境质量以及人体健康产生了极为严重的影响，与此过度装饰使得施工过程中的材料浪费以及能耗问题进一步加剧，反复修改以及装饰更是让工程周期延长且资源白白消耗，这种现象反映出行业对于绿色施工技术缺乏理解与认可，迫切需要借助政策引导以及宣传教育，改变业主以及施工单位的价值观念，树立起节约资源、保护环境的绿色发展理念。

2.3 缺乏相应的绿色管理体制

绿色施工要有效施行，得靠完善的管理体制来撑腰。可当下建筑装饰装修行业里，绿色管理体制不健全的情况比比皆是。不少施工单位没有专门负责绿色施工管理的机构，职责分工不明确。绿色施工的标准和规范在装饰装修环节也没能全覆盖，监督检查机制摆着跟没摆似的，这就让绿色施工措施很难落到实处。而且政府以及行业主管部门针对绿色施工的政策支持和激励举措还不够完善，考核与奖惩机制也缺位，这可就给绿色施工技术的推广和应用设置了障碍。管理体制不完善，施工单位缺乏绿色施工的积极性，又无法及时察觉并纠正施工过程中出现的环境违法行为，严重影响了绿色施工的整体水平和成效。

2.4 专业技术人员缺乏绿色施工意识

专业技术人员乃是推动绿色施工技术得以应用的重要推动力量，然而当下在装饰装修这个领域当中，有不少技术人员对于绿色施工所秉持的理念认识还不够充分，缺少必备的专业方面的培训以及相应的实践方面的经验积累。在实际的施工现场，这些技术人员常常把精力更多地放在对传统施工工艺的把控之上，而对于环保材料所具备的具体性能、施工环节当中的节能技术以及与环境保护相关的各项措施，了解的情况却极为有限，这就致使绿色施工方案很难被科学且有效地制定出来并加以执行落实。与此那些缺乏绿色施工意识的人员往往会将施工过程当中节能减排的相关要求以及环境保护的诸多细节给忽视掉，进而引发了施工质量同环保目标之间出现的矛盾状况。专业技术人员在绿色意识方面存在的薄弱情况，还对绿色施工技术的创新发展以及推广应用产生了不利影响，使得整个行业的绿色施工水平在整体上都难以得到有效的提升。所以说，强化针对施工人员有关绿色施工理念方面的教育工作以及技术技能方面的培训事宜，提高他们自身的环保意识以及技术能力，已然成为了推进绿色施工进程当中的一个关键环节所在。

3 绿色施工技术的具体应用

3.1 环保建材选择

环保建材属于绿色施工技术的关键部分，着重于材料自身的环保特性以及资源节约属性。选用环保建材时，一方面要留意其材料无害且排放量低，另一方面得考量材料具备可再生以及可回收的特点。当下市场上的绿色建材种类繁多，像再生木材、无机涂料还有低挥发性有机化合物（VOC）材料等等，这些材料在施工进程里能切实减少对环境的再次污染，保证施工人员以及最终使用者的健康与安全。恰当选择并科学安排环保建材，可削减材料浪费，提升资源利用的效率，推动建筑装饰装修达成节能减排的目标。与此促使环保建材的应用还得强化技术方面的指导以及质量监管，保证材料契合绿色施工的技术标准以及环境保护的要求，从根源处提升建筑装饰装修的环保程度。

3.2 室内空气质量控制

在建筑装饰装修期间，对室内空气质量加以控制属于极为关键的一环，这对于保障居住环境的健康以及舒适状况而言意义重大。装饰材料以及施工工艺方面的选择情况，会对室内空气中所含有的有害物质浓度产生直接影响，像甲醛、苯类还有挥发性有机化合物（VOC）等这类有害物质均会受到其影响。绿色施工技术凭借合理地去选用那些低污染且低挥发性的环保材料，并且与科学的通风换气设计相互配合起来，同时将空气净化设备予以应用，如此一来便可以有效地降低室内有害气体的释放数量，进而确保装修完成之后的室内环境能够契合国家所规定的健康标准。除此之外，在施工进程当中要是能够严格对粉尘、异味以及噪声污染加以把控，那么同样能够对空气质量起到改善的作用。实施针对整个过程的空气质量监测以及管理工作，如此便能够及时察觉到空气污染方面存在的问题并且予以妥善解决，从而为居住者营造出一个安全且健康的生活环境。通过综合运用一系列的绿色施工举措，室内空气质量便能够获得较为明显的提升，装修所带来的环境健康方面的风险也得以相应减少。

3.3 废弃物回收利用

建筑装饰装修工程会产生大量废弃物，若处理不妥当，

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

既浪费资源又严重污染环境。绿色施工技术着重于施工废弃物的分类管理以及资源化利用，借助构建废弃物回收体系，达成材料的再生利用与循环使用，在装修期间，废弃的木材、石材、金属、塑料等材料都可通过物理分选及处理变成再生资源，降低对自然资源的依赖与开采压力。并且，合理安排施工流程，减少废弃物产生量，是实现绿色施工的关键途径。废弃物回收利用能降低施工成本，推动建筑行业绿色转型，彰显资源节约与环境保护的可持续发展理念。完善废弃物管理机制和技术手段，绿色施工可有效减少施工垃圾对环境的影响，提高工程整体环保效益。

3.4 智能节能系统应用

随着信息技术的迅猛发展，智能节能系统在建筑装饰装修方面的应用变得越来越普遍。该系统借助物联网、传感器以及大数据分析等相关技术手段，达成对诸如照明、空调、通风这类设备的自动控制，同时也能对能耗进行优化管理。如此一来，既能提高能源使用的效率，又能减少那些不必要的能源浪费，还能提升用户的居住舒适程度以及操作的便捷程度。就好比智能照明系统，它能依据自然光的变化情况以及人员的活动状况自动地去调节亮度，从而避免出现盲目用电的情况[1]。再看智能空调系统，其会通过实时对室内温湿度加以监测，进而合理地去调节自身的运行模式，以此来保证在实现节能这一目标的室内环境的质量也能够得到保障。智能节能系统的集成化应用，使得建筑装饰装修不但在施工阶段就能够实现节能减排的目的，而且在整个建筑的使用周期当中，还能够持续不断地发挥出绿色效益，有力地推动了绿色施工理念在整个生命周期之内得以全面落实贯彻。

4 推进建筑装饰装修绿色施工的对策与建议

4.1 完善绿色施工管理制度

完善绿色施工管理制度对于推动建筑装饰装修行业实现可持续发展而言，是极为重要的一项保障举措。需要着手建立起一套科学且合理的绿色施工标准体系，该体系要把环保材料选用、施工工艺规范以及废弃物处理等诸多关键环节都囊括进来，以此来保证绿色施工能够有明确的依据可遵循。得进一步强化对施工单位的资质审核工作，并且要切实加强过程当中的监督力度，全面落实绿色施工责任制，着重强化施工现场在环境保护以及节能方面的各项措施。管理制度当中还应当包含绿色施工绩效评价体系，把节能减排指标纳入到考核所涉及的范围之内，从而促使施工单位能够主动自发地去提升自身的绿色施工水平[2]。与此政府以及行业主管部门也应当出台与之相应的政策来给予支持，并且推出一些激励措施，像是绿色认证、财政补贴以及税收优惠等等，以此来激励企业积极主动地开展绿色施工相关工作。通过将制度层面的保障措施和激励方面的引导举措相互结合起来，进而营造出一种绿色施工既规范化又常态化的好局面，以此来推动建筑装饰装修行业朝着绿色发展的方向不断前行。

4.2 提升施工人员绿色意识与技能培训

施工人员的绿色意识以及技能水平这两方面的情况，会对绿色施工技术的实际实施效果产生直接影响。所以说，要想切实有效地推动绿色施工相关工作的开展，那么系统地去提升施工人员对于绿色施工的理念认知程度，还有他们的操作技能水平，显得格外重要[3]。应当着手建立起一套较为完善的培训体系，针对处在不同岗位上的施工人员，积极开展有关绿色施工知识方面的普及工作，同时也得展开相应的技能培训活动，以此来进一步强化他们对于环保理念的理解把握情况，以及他们在绿色技术实际操作层面的能力。培训所涉及的内容，需要涵盖诸多方面，像是对绿色材料的识别方法、节能环保类型的施工工艺流程、废弃物该如何分类并加以处理等等方面，另外还要包括与安全环保相关的各类规范等等。只有这样，才能促使施工人员的综合素质得以不断提升。与此还应当施行培训考核方面的制度安排，以及证书管理的相关规定，从而保证培训所取得的效果能够具备持续性，并且也能够保持一定的规范性。通过人为营造出一种颇为浓厚的绿色施工文化氛围，进而能够充分激发施工人员主动参与到绿色施工当中的那种积极性，让他们对于这项工作有着更强的责任感，如此一来便能够有力地推动绿色施工技术在实际的施工现场得以全方位的应用，最终达成建筑装饰装修朝着绿色转型方向发展的既定目标。

5 结语

建筑装饰装修工程属于城市建设的关键部分，其绿色施工技术的应用对于达成资源节约以及环境保护有关键意义。全面推行环保建材、室内空气质量把控、废弃物回收利用、智能节能系统还有建筑结构优化设计等绿色施工技术，可有效减少能源消耗以及环境污染，提高工程质量与使用舒适度。不过，当下行业依旧存在施工效果追求单一、绿色管理体制不完善以及技术人员绿色意识欠缺等众多难题。所以，需完善管理制度、提升施工人员绿色意识与技能培训，构建多方协同推进的绿色施工体系。未来，建筑装饰装修行业要秉持绿色发展理念，深化技术应用，促使绿色施工迈向更高水平，为建设生态文明以及实现可持续发展作出贡献。

[参考文献]

[1]吕霖.绿色施工技术在建筑装饰装修工程中的应用[J].中国建筑装饰装修,2024(23):80-82.
[2]代文利.绿色施工技术在建筑装饰装修工程中的应用[J].中国建筑装饰装修,2023(24):72-74.
[3]周慧洁.论建筑装饰装修工程中绿色施工技术的应用[J].四川建材,2023,49(3):226-227.

作者简介：于强（1982.9—），毕业院校：东北林业大学，所学专业：艺术设计（室内与家具设计），当前就职单位：中海地产（山东公司），职务：高级主管，职称级别：中级。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

信息化环境下建筑工程管理的思考与实践

海 洋
新疆生产建设兵团第十二师政府投资项目代建中心，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着时代持续向前推进，信息技术已然获得了颇为广泛的推广以及较为深入的应用。在我国建筑工程管理领域，信息化建设乃是建筑行业发展的必然走向，也是推动行业不断前进的关键途径。建筑行业作为支撑国家经济发展的核心产业，其发展状况对于社会以及经济均有着极为深远的影响。唯有切实达成建筑工程的信息化管理，才能够大幅提升管理的水平以及工作的效率，从而推动建筑行业实现健康且稳定的发展。

[关键词]信息化环境；建筑工程；工程管理；思考与实践
DOI：10.33142/sca.v8i6.16833 中图分类号：TU82 文献标识码：A

Thoughts and Practices on Construction Project Management in the Information Environment

HAI Yang
Government Investment Project Construction Center of the 12th Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the continuous advancement of the times, information technology has been widely promoted and deeply applied. In the field of construction project management in China, information technology construction is an inevitable trend for the development of the construction industry and a key way to promote the continuous progress of the industry. The construction industry, as a core industry supporting national economic development, has a profound impact on society and the economy. Only by effectively implementing information management in construction projects can the level of management and work efficiency be significantly improved, thereby promoting the healthy and stable development of the construction industry.

Keywords: information environment; architectural engineering; engineering management; thoughts and practice

引言

随着信息技术快速发展起来，信息化已然变成推动建筑工程管理走向现代化、提高行业竞争力的一股关键驱动力量。在信息化这样的环境当中，建筑工程管理所涵盖的内容不再仅仅是传统的项目计划、施工组织以及质量控制等方面，而且还融入了像大数据、云计算、物联网以及人工智能等一系列先进的技术，由此达成了管理流程的数字化、智能化以及协同化状态。特别是在新疆这个地区，其复杂的地理环境再加上多样化的工程需求，给建筑管理提出了更高的要求，信息化的应用便成为了提升项目效率、确保施工安全以及优化资源配置的一项极为重要的手段。不过，当下新疆建筑工程管理在信息化建设这一方面依旧面临着不少的挑战，像是信息技术的应用存在不均衡的情况、人才出现短缺状况、管理体系不够完善等等问题。鉴于此，本文会全面且细致地去探讨信息化环境下建筑工程管理的理论依据以及实践的具体途径，同时结合新疆地区的实际状况来剖析当下的现状以及存在的瓶颈所在，并且给出与之相对应的优化策略，其目的就在于为推动新疆建筑工程管理实现信息化转型给予理论层面的支持以及实践方面的指导，进而推动区域建筑行业迈向高质量的发展阶段。

1 信息化在建筑工程管理中的应用价值

信息化在建筑工程管理方面的应用，给整个工程建设进程带来了颇为深刻的变革，其核心价值在提高项目管理效率、保障施工质量以及安全、降低管理成本、促进绿色可持续发展等诸多方面均有体现。借助引入 BIM（建筑信息模型）、ERP（企业资源计划）、GIS（地理信息系统）等信息化手段，项目管理者能够达成对工程从前期设计阶段、施工建设阶段直至后期运维阶段的全过程、全方位且可视化的管理，可有效地处理传统管理模式里存在的信息滞后、沟通不顺畅、数据孤岛等一系列问题。与此信息技术还能够实现对工期、材料、设备以及人员的精细化调度以及智能化分析，助力项目团队迅速识别风险、优化决策，提升资源利用效率。信息化手段对于施工过程的实时监控以及质量追溯是很有帮助的，尤其是在大型或者复杂的工程当中，凭借物联网、智能传感器和数据平台的相互配合，达成对施工现场安全、质量和进度的动态监管，工程项目的综合管控能力得以明显提升。随着信息技术不断向前发展，建筑工程信息化已然不再仅仅是一种技术手段，而成为推动工程项目管理朝着智能化、系统化、高效化方向发展的战略途径。

2 新疆地区建筑工程管理的现状与挑战

2.1 地理环境与资源分布的特殊性

新疆地区有着广袤的地域范围，地形情况颇为复杂，气候条件也是多样化呈现，如此一来，建筑工程管理便面临着不少独特的难题。该地区的面积极为广阔，在这片广

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

阔的土地上，沙漠、戈壁、高原还有山地是交错着分布的，自然环境方面存在着显著的差异，这就使得工程选址工作、施工组织安排以及物资运输事宜等，全都呈现出相当高的难度。并且，新疆处于我国的西部边疆位置，其中有很多建设项目的所在之处都是在那种地广人稀或者交通状况不便的地区，这无疑给工程设备的调运工作以及劳动力的组织安排带来了相当大的压力[1]。新疆地区的水资源分布得很不均匀，地质条件也比较复杂，像冻土层这样的情况，还有风蚀沙化程度比较严重的地质现象，这些都对建筑基础施工的稳定性以及安全性提出了更高的要求。

2.2 管理体系不健全的问题

新疆地区建筑工程管理存在诸多问题，如管理体系不健全、制度建设滞后、职责划分不清、监督机制不完善等。部分建设单位缺系统化管理流程与科学组织架构，致使工程项目策划、施工组织、后期验收环节衔接不顺，责任落实不到位。项目管理常靠经验而非制度，现场管理随意，工程变更多，影响施工进度与质量控制。部分地区对建筑工程监管投入少，缺有效质量监督与安全检查机制，管理工作透明度与规范性难保障。

2.3 信息化应用水平参差不齐

新疆地区建筑工程管理信息化应用水平不一，是制约项目高效运行的因素，部分大型或重点项目引入了 BIM 等信息化手段，但多数中小工程还是靠传统管理方式，缺少系统数据处理能力。一些偏远或基层项目信息化基础设施建设滞后，信息传递效率低，管理依靠人工记录和手工报表，易出现数据滞后、信息失真等问题，不同建设单位在信息化系统选型和使用上没有统一标准，导致系统兼容性差、数据共享难，影响工程进度、质量和成本的精细化控制。

2.4 技术人才匮乏与培训机制滞后

在新疆地区从事建筑工程相关工作的领域当中，普遍存在着技术人才较为匮乏以及培训机制显得滞后的状况。而这种状况在某种程度上对工程项目整体的质量以及管理水平的提高起到了一定的限制作用。因为该地区地理位置较为偏僻，经济发展的速度也相对较慢，所以想要引进高素质的专业技术人员并且让他们留下来开展工作，其难度是比较大的。尤其是在施工组织、项目管理以及信息化应用等这些极为重要的岗位上面，专业人才的供给情况明显是不够充足的。由此有一部分建设单位对于人才培养这件事情的关注程度并不是很高，缺少一套完整的继续教育以及职业技能提升方面的机制。现有的从业人员所掌握的专业知识大多已经老化了，使用的专业技术手段也比较落后，很难去满足现代建筑工程管理所提出的精细化以及智能化方面的要求[2]。培训资源在分布上并不均衡，不同地区之间的发展水平存在着很大的差异，这就使得人才培养的机会以及质量之间出现了比较明显的差距，进而让管理人才以及技能型工人紧缺的这一矛盾变得更加突出起来。

3 推动新疆地区建筑工程信息化管理的优化路径

3.1 建立统一的信息化管理平台

构建统一的信息化管理平台，这在推动新疆地区建筑工程信息化管理水平得以提升方面，乃是极为重要的基础所在。就当下情况而言，新疆的建筑项目大多都存在着信息系统较为分散、数据很难实现共享以及管理流程并不统一等诸多问题，而这些问题的存在，着实对工程项目的信息化协同管理能力形成了明显的制约作用。要是能够建立起一个可覆盖从设计环节一直到招投标环节、再到施工环节、接着是监理环节、然后是竣工验收环节最后直至运维管理环节这一整个全过程的统一信息化平台，那么一方面可以让各参建单位之间达成信息的互联互通，另一方面也能够有效地将工程项目各个阶段当中那些关键数据给整合起来，进而促使管理的透明度得以提升，决策的效率也能有所提高。这个平台应当拥有标准化的接口、模块化的功能以及可扩展的架构，要能够与不同类型的各种软件系统相兼容，以此来实现数据的集中式存储、实时性的更新以及智能化的分析。与此借助这个平台针对项目的进度、质量、安全以及成本等方面展开一体化的管理操作，这对于推动管理走向精细化、监督实现实时化以及责任变得明确化等方面都是很有帮助的，最终可促使新疆地区建筑工程的综合管理水平以及数字化治理能力得到全方位的提升。

3.2 加强信息化人才队伍建设

加强信息化人才队伍建设对于推动新疆地区建筑工程管理走向现代化而言，是一项极为关键的举措。信息化技术一直在不断更新发展，并且与建筑行业实现了深度融合，如此一来，项目管理对于那些具备信息技术能力的专业人才所提出的要求也就变得越来越高了。不过，新疆地区受到地域、经济以及教育资源等诸多因素的影响，信息化人才方面存在储备不足的情况，人才结构也不够合理，而且人才培养体系还很不健全，这些问题都显得格外突出。所以说，必须要从战略层面给予人才队伍建设极高的重视程度，采用引进与培养相结合的办法，慢慢形成一支人才梯队，这支梯队要能够做到结构合理、技术精湛，还要能充分适应建筑行业信息化发展的各种需求。具体来讲，一方面需要加大针对本地高等院校以及职业培训机构的支持力度，去设置与建筑信息化相关的课程体系，同时强化实践教学环节，以此提升学生在信息化应用方面的实际能力[3]。还得鼓励企业建立起长期的人才培养机制，借助在岗培训、外派学习以及技能竞赛等多种多样的方式，持续提升现有人员在数字化素养以及技术水平方面的表现。

3.3 完善相关政策支持与标准体系

完善相关政策支持与标准体系，这是推动新疆地区建筑工程信息化管理可持续发展的关键保障。建筑工程信息化有着跨部门、跨专业以及涉及多个环节的特点，所以得

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

依靠清晰明确的政策引导以及完整的标准规范，以此来统一技术路径，规范操作流程，推动全面实施。当下，新疆地区在建筑工程信息化领域存在着政策支持不够均衡、标准体系不健全、执行力度不足等问题，这些问题对信息化措施的落实效果产生了影响。所以，需要从政府层面制定具有针对性的支持政策，明确建筑信息化在项目立项、招投标、施工监管等环节的具体应用要求，依据新疆实际情况，出台像财政补贴、税收优惠、试点示范这类鼓励信息技术应用的激励措施。与此要加快建立并完善包含数据采集、信息交互、系统集成、平台接口、安全管理等方面的地方标准体系，与国家标准做好衔接，保证各项信息化工作都有章可循、可控可评。

3.4 推进信息技术与管理流程的深度融合

推动信息技术同管理流程高度融合乃是提升新疆地区建筑工程信息化管理水平极为关键的一环。当下，信息技术正迅猛发展着，这给建筑工程管理带来了以往不曾有过的良机，然而倘若技术应用仅仅只是停留在作为工具的层面上，那么是很难达成管理效能那种质的跃升的。所以说，务必要把信息技术恰当地融入到建筑工程各项管理流程当中，进而达成技术跟业务的深度协同。具体来讲，要依据新疆地区建筑项目的实际所需，去对现有的管理流程加以梳理并予以优化，同时结合 BIM、物联网、大数据、云计算等一系列先进技术，构建起智能化的项目管理体系，以此来实现工程设计、施工进度、质量安全、成本控制、风险管理等诸多环节的数据共享以及动态监控。

3.5 加强企业间信息共享与协同建设机制

强化企业间的信息共享以及协同建设方面的机制构建，这无疑属于提升新疆地区建筑工程信息化管理水平的一项关键举措。建筑工程项目往往涵盖设计、施工、监理以及供应链等诸多环节，并且牵涉到数量众多的企业。在这样的情况之下，信息孤岛以及数据割裂的现象是广泛存在的，而这些现象的存在，直接致使出现了资源被浪费、沟通出现不顺畅以及管理效率处于较低水平等一系列问题。有鉴于此，就需要积极推动各个参与企业去搭建起一个具备开放共享特性的信息平台，以此来达成项目数据能够实现互联互通并且可以做到实时更新的目的，进而彻底打破传统意义上的信息壁垒，有力地促进跨部门以及跨企业之间的协同合作[4]。借助于统一的标准以及数据接口，切实保证信息具备准确性、安全性以及可追溯性，从而充分保障各方能够在项目管理、进度控制、质量检测以及安全监测等诸多方面都能够实时地掌握那些关键的数据，而且可以及时地发现并且妥善地解决所出现的问题。

3.6 加强信息化管理软件的开发和利用

推动新疆地区建筑工程信息化管理的优化，需要加强信息化管理软件的开发和利用。首先，应结合新疆建筑工程的实际需求，针对项目管理、施工进度、安全监管、质量控制等环节，开发具有针对性和实用性的管理软件，提升信息处理的效率和准确性。其次，要注重软件的易用性和兼容性，确保不同部门和企业能够顺利使用，实现信息共享和数据互通。与此同时，应加强对管理人员和操作人员的信息技术培训，提高其软件应用能力，促进信息化管理手段的全面推广。通过不断完善和优化信息化管理软件，推动新疆建筑工程管理向智能化、数字化方向发展，提升整体工程管理水平和项目执行效率。

4 结语

信息化环境给建筑工程管理带来了新的发展契机与挑战，借助推动信息技术的深度融合及应用，既提高了管理效率以及项目质量，又推动了建筑行业的现代化转型与可持续发展，在新疆地区，面对复杂的地理与环境条件，信息化管理显得更为重要。未来，建筑工程管理需要持续强化信息化建设，完善管理体系，提高人才素质，推动技术创新与协同发展，充分发挥信息化在优化资源配置、提高决策科学性以及保障工程安全方面的作用，唯有不断深化信息化应用，才能够达成建筑工程管理的高质量发展，为区域经济与社会进步做出更大贡献。

[参考文献]

[1]辛宇.信息化环境下建筑工程管理的思考与实践[J].居舍,2021(8):132-133.
[2]北京市市场监督管理局北京市应急管理局北京市生态环境局北京市经济和信息化局关于严格执行建筑类涂料与胶粘剂挥发性有机化合物含量限值管理的通告[Z].北京市人民政府公报,2023(44):69-71.
[3]江俊崧.“互联网+”环境下建筑工程管理信息化建设[J].居舍,2020(15):129.
[4]武毅.建筑工程建设管理中信息化的应用探究[J].陶瓷,2025(4):174-177.

作者简介：海洋（1986.6—），毕业院校：新疆大学，所学专业：测绘工程，当前就职单位名称：新疆生产建设兵团第十二师政府投资项目代建中心，就职单位职务：专业技术岗，职称级别：十级。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

项目工程管理中存在的问题及改进措施分析

陈增鑫
新疆生产建设兵团第六师101团青湖镇城镇管理中心，新疆 五家渠 831300

[摘要]随着我国区域基础设施建设不断向前推进，工程项目在推动社会经济发展方面所起的作用变得越来越明显，在新疆这样的有着特殊地理与人文背景的地区，项目工程管理更是面临不少挑战。从新疆地区实际情况出发，分析了当前项目工程管理的基本状况，深入剖析了其中存在的组织体制、人才结构、资金运用、文化差异以及信息技术应用等方面的问题。在此基础上，提出了一系列行之有效的改进办法，像加强制度标准建设、推进信息化进程、重视人才培养、优化民族沟通、强化风险管理以及加大技术创新应用等，希望能够为新疆乃至类似边远地区的工程项目给出系统性管理提升的办法，推动工程项目能够高质量、高效率且安全可持续地开展。
[关键词]工程管理；问题；改进措施
DOI：10.33142/sca.v8i6.16828 中图分类号：F426 文献标识码：A

Analysis of Problems and Improvement Measures in Project Engineering Management

CHEN Zengxin
Qinghu Town Urban Management Center, 101st Regiment, 6th Division, Xinjiang Production and Construction Corps, Wujiaqu, Xinjiang, 831300, China

Abstract: With the continuous advancement of regional infrastructure construction in China, the role of engineering projects in promoting social and economic development has become increasingly evident. In regions like Xinjiang with special geographical and cultural backgrounds, project engineering management faces many challenges. Starting from the actual situation in Xinjiang region, this paper analyzes the basic situation of current project engineering management, and deeply analyzes the problems existing in organizational system, talent structure, fund utilization, cultural differences, and information technology application. On this basis, a series of effective improvement methods have been proposed, such as strengthening the construction of institutional standards, promoting the process of informatization, attaching importance to talent cultivation, optimizing ethnic communication, strengthening risk management, and increasing the application of technological innovation. It is hoped that systematic management improvement methods can be provided for engineering projects in Xinjiang and similar remote areas, promoting the high-quality, efficient, safe and sustainable development of engineering projects.
Keywords: engineering management; problems; improvement measures

引言

项目工程管理是确保建设任务顺利完成的关键手段，其有效性直接影响工程进度、质量、安全以及成本等核心目标的达成，在新疆地区，随着国家西部大开发、“一带一路”倡议以及区域基础设施建设进程的加速，各类重大工程项目呈现出多样性和密集化的特征，不过受新疆地理、气候、经济与社会文化特殊性限制，其工程管理实践暴露了一系列亟需解决的问题，工程项目通常存在周期长、投资大、参与方多等特点，再加上管理手段相对落后，人才配置结构不合理，项目管理难度明显高于内地地区，所以深入研究新疆地区项目工程管理存在的实际问题，探讨改进对策，既具备较高理论价值，也对实践工作有重要指导作用。

1 项目工程管理的重要性

在工程施工中，工程管理工作的开展扮演着至关重要的角色，一个高质量管理工作，不仅是确保工程顺利实施的关键环节，也是节省成本支出，避免资源不必要浪费情况发生的重要手段，因此，做好工程管理工作，可以使企业通过项目建设而实现理想的社会效益与经济效益，不断提高企业的市场竞争实力。一般情况下，项目工程管理工作涉及到诸多内容，如项目策划、设计、施工、验收等，通过对这些环节的严格把控，可以切实保证项目施工严格按照既定目标高效、有序推进。同时，在项目施工过程中，需要运用到大量的施工材料、施工机械及施工技术，而通过施工管理工作的开展能够协调各方资源，确保各道施工工序实现紧密衔接，避免出现施工延误、材料浪费、设备损坏等现象，进而保证施工进度、质量、安全等方面达到预期目标。可见，项目工程管理的科学实施具有重要意义，为保证项目在合同规定期限内保质保量的完工，必须要做好工程施工管理工作，进而为我国建筑领域的持续稳定发展，提供有力支持。

2 项目工程管理现状分析

当下新疆地区的项目工程管理已然收获了一定程度

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的发展成果，由政府主导的大型基础设施项目持续向前推进，其涉及的领域包含了交通运输、能源开发、水利建设以及民生工程等诸多方面。工程管理体系在逐步得以构建起来，基本上达成了从传统的粗放管理朝着规范化、程序化管理去转变的局面。部分重点项目的管理开始引入项目生命周期管理的理念，以此来推动全过程管控模式得以实施落地。与此在高原、高寒以及风沙等特殊的自然条件之下，也积累形成了一定的施工经验，逐渐适应了复杂气候以及地理环境所带来的管理方面的需求。不过，现有的管理模式依旧存在着诸多的不足之处，主要表现在管理组织协调机制不够健全完善，部分项目的管理制度仅仅停留在形式层面，现场的执行力度不够强大，施工组织的效率也比较低下；并且，受到区域发展不平衡的影响，项目管理信息化的水平呈现出参差不齐的状态，还存在着信息孤岛这样的一种现象。大多数施工企业的项目管理人员在配置上是不足的，缺少系统的培训以及技术方面的有力支撑，整体的管理能力跟发达地区相比依然有着较为明显的差距。

3 项目工程管理存在的主要问题

3.1 组织管理体制不完善

在新疆地区开展项目推进工作时，不同项目业主、承包方以及监理单位之间的权责划分不够清晰明确，管理层级较多且程序繁琐复杂，这很容易致使组织协调的效率降低，进而对工程施工进度产生影响。部分工程项目缺少统一的项目管理平台，信息沟通往往依赖于线下的文书或者口头传达的方式，如此一来便容易出现误解或者重复劳动的情况，这对工程管理水平的提升形成了严重的制约。尤其是在多项目同时推进的背景下，项目组织架构常常依据实际状况临时组建起来，缺少长期的制度保障以及标准化建设，这就形成了“项目一盘散沙”的局面，使得各个职能部门之间缺乏系统的协同运作能力。

3.2 专业人才缺乏与能力不足

新疆的工程项目普遍都面临着人才方面“引不进、留不住”这样的情况，尤其是那种具备现代项目管理能力并且对本地施工环境较为熟悉的中高级技术以及管理人才，其匮乏程度是极为突出的。从一个方面来讲，因为该地区的经济发展在相对而言是比较滞后的，并且生活配套设施也很欠缺，所以高层次的人才并不愿意长时间待在本地。从另一个方面来讲，本地的人才培训机制存在着滞后的情况，缺少系统性的管理知识方面的培训，同时职业发展路径的规划也不到位，这就导致现有的管理人员在专业能力上呈现出参差不齐的状态，很难去胜任那些复杂的工程管理任务。除此之外，人才流动的频率是比较高的，这也使得项目团队的稳定性不高，对管理效率以及团队协作能力都产生了影响，最终也对项目的质量与进度造成了影响。

3.3 资金投入与使用效率低下

部分项目在前期制定资金预算的时候，往往缺乏科学合理的依据，如此一来，便致使后续的资金安排显得极不合理，在项目具体实施进程当中，频频出现资金断档以及超支等诸多问题，这些问题的存在，对施工计划的正常推进产生了颇为严重的影响。与此项目的资金监管机制并不健全完善，资金使用的整个过程里透明度也不高，存在着资金使用效率偏低以及资源配置不够合理等种种现象。因为部分项目缺少行之有效的成本控制系统，所以项目管理单位对于资金流向的管理做不到精细化，进而形成了资金的“浪费点”以及“闲置区”，这既削弱了项目的经济效益，又对公共投资的使用绩效造成了损害。

3.4 民族文化差异带来的协调困难

新疆地区民族构成复杂，项目施工常涉及多民族劳动力参与，语言差异、宗教信仰和生活习惯等文化差异可能引发沟通不畅甚至矛盾冲突，影响项目团队的整体协作与施工效率。在项目组织中，如果缺乏对地方文化的理解与尊重，容易引发误解与不信任，导致基层施工人员配合度不高，管理措施难以有效落地。部分外来施工企业对民族政策与文化禁忌缺乏了解，造成管理方式与地方实际脱节，甚至引发社会矛盾，对项目声誉和安全构成潜在风险。

3.5 信息化与技术应用不足

尽管部分重点项目已经尝试引入 BIM 技术以及项目管理软件这类信息化工具，然而总体而言，新疆地区项目工程管理的信息化程度仍然处于较低水平。其信息系统往往是各自独立运行且彼此之间互不兼容，这使得项目数据难以实现有效整合，管理决策也缺少实时且全面的数据支持。多数中小型项目仍旧采用传统的手工方式来记录并传达工程信息，如此一来便存在着数据出现延迟、失真以及文件管理混乱等一系列问题，进而对项目的透明度以及管理效率产生了影响。与此技术应用方面的意识不够充足，专业操作人员也比较匮乏，这些情况同样对信息化工具的有效运用形成了制约，所以迫切需要从系统建设以及人员培训这两个方面同步加以推进。

4 项目工程管理的对策建议

4.1 完善法规制度与管理流程标准化建设

提高项目工程管理的水平，关键是要让制度体系健全起来。要依据新疆地区的实际情况来制定项目管理方面的法规以及技术标准，这些法规和技术标准得是科学且合理的。要把各方责任主体的权责关系给明确清楚，进而构建起一个统一而且高效的管理体系。要推进项目管理流程变得标准化，形成从项目立项开始一直到设计、施工、验收乃至运维，整个过程都有规范管理机制的那种情况，以此来削减管理过程中存在的随意性以及执行时出现不一致的那些问题。与此还得强化制度执行力方面的建设工作，建立起一套严格缜密的监督考核机制，唯有如此，才能保证管理制度能够实实在在地落地并得以执行，进而提升整个项目的管控水准。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

4.2 推进工程项目全过程信息化管理

要加快新疆地区工程项目信息化建设，广泛采用BIM、GIS、ERP等先进管理工具，打造涵盖设计、采购、施工、监理、运维等环节的一体化信息管理平台，达成项目数据实时共享与高效传递，促使云计算、大数据技术在项目管理中得以运用，提高项目计划编制、资源调度、进度控制的科学性，强化对施工单位、监理单位的信息化培训，提升人员信息技术操作能力，保证管理系统发挥最佳效能，完成“智慧工程管理”的转型。

4.3 加强项目管理人才的引进与培训机制

就新疆地区人才短缺这一情况而言，应当借助多元化的各类渠道来进一步加大管理人才引进方面的力度。具体来讲，可以考虑去设立专门针对人才的专项支持政策，要着力改善人才在生活方面的保障条件，并且还要强化人才激励的相关机制等等，从而以此来吸引那些优秀的管理人才能够扎根于当地并实现良好发展。与此需着手建立起本地项目管理人才培养的体系[1]。把高校教育和企业实践相互结合起来，推行分层次以及模块化的培训方式，进而促使项目经理、技术主管等这些处在关键岗位上的人员其综合素质以及实战能力都能够得到切实提升。要积极推动职业资格认证制度方面的建设工作，以此来强化对项目管理人员专业能力的认定，最终形成起可持久延续下去的人才发展机制。

4.4 优化多民族、多语境下的沟通与协作机制

需要充分地尊重并包容新疆地区存在的民族文化方面的差异，着手建立起能够实现多语言沟通的平台，并且设置专门负责民族事务协调的岗位，以此来促进项目组织内部达成文化融合以及开展多元合作。在日常的管理工作当中，应当着重去开展文化适应性的培训工作，促使项目管理人员能够加深对于当地风俗习惯以及宗教信仰的理解程度，进而更加尊重它们，防止出现管理方式过于生硬或者由此引发冲突的情况[2]。与此还要积极推动少数民族人员在项目里积极参与进来，并且让他们的管理角色得以提升，以此增强项目组织所具备的本地化能力，进而提升基层协作的效率，从而为项目能够顺利推进营造出一个和谐且稳定的人文环境。

4.5 增强项目管理中的风险预控能力

在新疆地区从事工程项目建设，所面临的地理、气候以及社会环境方面的风险情况着实不少。针对这一状况，理应着手建立起具备系统性的风险管理机制。要从项目刚开始筹备的前期规划阶段便着手展开相关工作，具体而言，需在整个项目生命周期里持续不断地去开展风险识别方面的各项事宜，与此还要细致地做好风险评估方面的工作，并且依据实际情况制定出具有较强针对性的应对举措。得着力强化应急响应能力方面的建设事宜，要对应急预案体系予以进一步的完善，确保能够配备上必要的应急资源，还要构建起相应的协调机制，以此来促使项目在面对突发事件的时候，能够拥有更高的灵活性，其反应速度也能得以切实提高。除此之外，还应当建立起动态的风险监测机制，把大数据分析以及智能预警技术充分结合起来运用，进而达成对那些重点风险点实施实时监管的目标，而且能够在出现突发状况时快速加以干预，最终使得项目的抗风险能力得到实实在在的提升。

4.6 因地制宜推动区域工程管理技术创新

应当鼓励新疆地区依据自身的自然条件以及资源方面的特点，积极展开工程管理技术的本土化创新尝试[3]。举例来讲，在风沙环境、高寒环境这类特殊环境下，去大力推广那些适应性较强的绿色施工技术，还有智能设备以及材料优化的相关方案。要积极推动像装配式建筑、模块化施工等这样较为先进的模式得以应用，以此来促使施工效率以及施工质量都能够得到提升。需着手建立起区域性的工程技术创新平台，进一步强化和科研院所、企业之间的产学研合作力度，推动技术成果顺利转化并落实到实际当中，进而形成一条依靠技术驱动来促使管理得以提升的发展道路，从而为新疆地区达成高质量工程建设的目标给予有力的助力。

5 结语

新疆地区是我国西部着重发展的区域，在这里，多元文化相互交织，环境情况复杂多变，同时管理资源还存在不足等诸多挑战，所以提高工程项目管理水平，是该地区基础建设能够稳步向前推进的关键保障。本文对新疆项目工程管理的实际情况加以梳理，仔细剖析其中存在的问题，进而提出了一些针对当下实际有较强针对性的改进意见，希望能够促使区域项目管理朝着标准化、专业化以及智能化的方向不断发展。在未来，需要在制度保障方面、人才培养方面、技术支持方面以及文化融合等方面不断地深化各项改革举措，开展各类创新活动，从而给新疆地区乃至全国其他边远地区的项目工程建设给予能够被复制、可被推广的管理模式以及经验途径。

[参考文献]

[1]张晖.项目工程管理中存在的问题及改进措施分析[J].中阿科技论坛(中英文),2020(11):73-75.
[2]宋超.基建工程管理中的常见问题及改进措施分析[J].全面腐蚀控制,2021,35(10):102-103.
[3]牛志伟.建筑工程管理现存问题及优化改进策略研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(12):19-21.

作者简介：陈增鑫（1990.6—），毕业院校：陇东学院，所学专业：土木工程专业，当前就职单位名称：新疆生产建设兵团第六师101团青湖镇城镇管理中心，就职单位职务：事业单位工作人员，职称级别：中级职称。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

智慧消防在高层建筑消防安全管理中的应用研究

张 琦
应急救援中心（消防支队）特勤综合应急救援站，山东 东营 257000

[摘要]高层建筑消防安全管理面临垂直空间蔓延特性与风险要素动态耦合的双重挑战，传统防控模式因设备离散部署与人工经验主导的决策机制，难以应对电气线路老化、装修材料热解等隐性风险。智慧消防体系通过构建多模态传感网络与分布式决策中枢，整合物联网终端实时捕获建筑微环境参数，依托边缘计算节点实现异常热积累趋势的本地化预判。智能算法解析多源异构数据流，建立材料热解动力学模型与人员疏散效能评估矩阵，数字孪生平台通过多物理场耦合仿真优化防火分区动态调整策略。突破传统研究的技术协同壁垒，提出涵盖异构设备协议标准化、多系统协同响应机制与自适应疏散路径规划的递进式实施框架，构建风险认知-智能决策-动态干预的理论范式，为超高层建筑实现全要素感知、全流程管控的智慧消防体系奠定方法论基础。

[关键词]智慧消防；高层建筑；安全管理
DOI：10.33142/sca.v8i6.16823 中图分类号：TU976.5 文献标识码：A

Research on the Application of Smart Firefighting in Fire Safety Management of High-rise Buildings

ZHANG Qi
Emergency Rescue Center (Fire Brigade) Special Operations Comprehensive Emergency Rescue Station, Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract: The fire safety management of high-rise buildings faces a dual challenge of vertical spatial spread characteristics and dynamic coupling of risk factors. Traditional prevention and control models are difficult to cope with hidden risks such as electrical circuit aging and decoration material pyrolysis due to the dispersed deployment of equipment and the decision-making mechanism dominated by human experience. The intelligent fire protection system, by building a multi-mode sensor network and a distributed decision-making center, integrates the Internet of Things terminals to capture the building microenvironment parameters in real time, and relies on edge computing nodes to achieve the localization prediction of abnormal heat accumulation trend. Intelligent algorithms analyze heterogeneous data streams from multiple sources, establish a material pyrolysis kinetics model and a personnel evacuation efficiency evaluation matrix, and optimize the dynamic adjustment strategy of fire zones through multi physics coupling simulation on the digital twin platform. Breaking through the technological collaboration barriers of traditional research, a progressive implementation framework covering heterogeneous device protocol standardization, multi system collaborative response mechanism, and adaptive evacuation path planning is proposed. A theoretical paradigm of risk cognition intelligent decision-making dynamic intervention is constructed, laying a methodological foundation for the intelligent fire protection system of super high-rise buildings to achieve full element perception and full process control.

Keywords: smart fire protection; high-rise building; safety management

引言

高层建筑竖向通道引发的烟囱效应加速火势蔓延，传统消防模式受限于人工巡检滞后性与系统孤岛化缺陷，难以及时阻断初期灾变。智慧消防整合物联网感知节点与智能分析中枢，建立全周期防控机制，通过多源传感数据融合解析电气线缆热积累趋势、装饰材料热解特征等隐性风险，驱动智能喷淋阀组预动作与防烟分区自适应调整。探究智慧消防的技术适配性，不仅破解传统管理响应迟滞难题，更推动消防体系向数据驱动的预测性防控转型，为超高层建筑构建空间耦合的智能安防体系。

1 高层建筑消防安全管理现状分析

当前高层建筑消防系统呈现多维度管理困境，技术迭代迟缓与制度创新乏力形成双重制约。系统架构存在显著的多系统异构性特征，火灾报警主机、水喷淋控制柜及防排烟风机等关键设备因制造商协议差异形成信息壁垒，标准化接口缺失导致跨平台数据交互受阻，难以实现火情发生时的整体联动响应。设备维护流程过度依托人工经验驱动，常规巡检受限于检测工具精度不足与高空作业安全保障缺失，无法有效识别电气线路绝缘层碳化、防火阀机械卡阻等隐蔽性缺陷，且故障处置涉及多部门协调审批，应急响应时效性难以满足高层建筑火灾快速蔓延特性。消防档案管理仍停留于纸质文档与电子表格并存阶段，数据录入存在主观性偏差与更新延迟现象，风险评估模型因缺乏实时人流密度、装修材料热释放速率等动态参数支撑，导致风险预判与实际灾变场景出现偏差。技术认知层面，管理人员对分布式光纤测温、视频火焰识别等新型监测技术

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

掌握不足，部分项目虽部署智能应急照明系统，却因系统调试规范缺失与日常维保脱节，造成设备功能退化与误报率显著升高，技术先进性未能转化为实际防控效能，传统管理模式与智慧城市发展需求产生结构性矛盾。

2 高层建筑消防安全管理应用智慧消防的必要性

2.1 提高火灾预警能力

高层建筑因广泛使用有机保温材料、装饰性高分子复合材料等易燃物质，且多填充于幕墙夹层与管线井道等隐蔽空间，导致初期火情隐蔽性强、蔓延速度快。智慧消防预警体系通过构建多物理场耦合感知矩阵，在建筑立体空间分层部署激光散射式烟粒探测、气体色谱分析装置及分布式光纤测温系统，实时监测夹层材料热解特征。针对地下仓库封闭空间火情感知难题，系统采用毫米波雷达穿透探测技术结合红外热成像，有效识别通风死角区域的异常温升现象。边缘智能网关嵌入材料热历史分析算法，通过解析电缆沟内绝缘材料老化释放的特征气体浓度梯度，预判墙体夹层电气线路短路风险。深度残差网络模型融合建筑空间拓扑数据，构建电缆桥架弯折部位涡流热积累预测模型，结合 UWB 定位技术追踪封闭区域设备运行状态。当探测到幕墙空腔挥发性有机物浓度异常时，系统自动激活相邻防火分区水幕隔离装置，同步推送三维火源定位矢量图至消防控制中心，为应急处置争取关键时间窗口，显著提升复杂空间结构下的火灾防控主动性。

2.2 降低管理成本

智慧消防通过智能化技术重构传统运维体系，形成全要素成本控制机制。在设备检测领域，轨道式检测装置集成激光测距与多光谱成像模块，沿预置导轨对电缆桥架、风管夹层等复杂空间实施亚毫米级精度扫描，运用图像语义分割算法自动识别螺栓松动、涂层剥落等微观缺陷，同步生成数字化检测报告，显著降低高空吊篮作业频次与特种设备租赁费用。设备健康管理方面，数字孪生模型融合设备振动频谱、介质流量曲线等时序数据，采用马尔可夫链模型预测密封件弹性衰减趋势，结合故障树分析确定最佳维护窗口期，实现备件库存周转率优化与紧急抢修频次压缩。能源管理中枢通过强化学习算法构建设备能耗特征图谱，动态调节消防水泵变频参数与应急电源充放电策略，在确保系统冗余度的前提下消除无效能耗。管理流程再造方面，区块链智能合约自动执行设备巡检计划审批、维修资金拨付等业务流程，通过流程自动化减少行政管理资源消耗，形成涵盖设备全寿命周期、多维度成本要素的集约化管理方式。

2.3 提高消防监督管理的效果

智慧消防监管体系通过多技术融合实现监管模式革新，构建起全要素穿透式管理体系。监管平台基于建筑点云数据与 BIM 模型配准技术，将防火分区、消防水箱容积等静态参数与烟感报警频次、水压波动值等动态数据三维可视化，支持监管人员通过混合现实（MR）设备透视建筑内部消防设施运行状态。联盟链架构实现分布式账本存证，采用国密算法对维保人员生物特征、设备检测时间等关键信息进行加密锚定，形成不可抵赖的操作证据链，有效解决传统纸质签单易篡改、责任追溯困难等监管痛点。智能诊断矩阵整合设备响应延迟时长、维护工单闭环率等 12 项核心指标，运用贝叶斯网络构建单位安全态势评估模型，结合行政区域火灾历史数据生成风险等级拓扑图，实现监管资源智能调度。监管规则引擎内嵌消防法实施条例条款，自动匹配违规行为与处罚标准，同步触发限期整改指令与信用积分扣减程序，形成智能感知-自动研判-精准执法的闭环监管机制，显著提升执法规范化水平与监管威慑效能。

3 智慧消防在高层建筑消防安全管理中的应用策略

3.1 建立消防安全管理工作标准化管理体系

智慧消防标准化体系构建需突破传统管理方式，形成技术规范与管理流程的协同创新机制。在技术规范层面，需建立传感设备信号采样精度分级标准，解决多源异构数据时空对齐难题，制定基于 OPC UA 架构的系统互操作协议框架，消除不同厂商设备间的通信鸿沟[1]。数据治理标准应涵盖信息加密等级划分、边缘节点计算资源分配规则等核心要素，确保感知数据从采集到决策应用的全链路合规性。运维管理规程编制需纳入人机协同操作守则，明确智能诊断系统误报复核流程与人工介入优先级，设立设备离线容错阈值与降级运行预案。人员能力认证体系引入虚拟现实（VR）考核模块，构建智能疏散指挥、算法参数调优等专项技能评估矩阵，同步制定智慧消防工程师职业能力标准。认证体系构建应融合功能安全完整性等级（SIL）认证要求，建立涵盖电磁兼容性、故障失效模式的安全认证指标库，对 AI 决策模块增设可解释性评估条款，确保智能系统运行符合消防安全工程伦理准则，为技术应用划定明确的合规边界。

3.2 提高消防子系统的集成化管理程度

智慧消防集成化转型需建立跨系统协同的智能决策中枢，通过多模态协议转换技术破解设备异构性难题。针对消防报警主机、气体灭火控制器等设备通信协议碎片化问题，研发嵌入式协议转换模组支持 BACnet、KNX 等 12 种工业协议的无损转换，构建标准化数据中间件实现跨平台指令透传。数字孪生平台集成建筑结构点云数据与设备运行参数，建立多物理场耦合仿真模型，通过强化学习框架模拟电缆过热引燃、锂电池热失控等复合灾害演化路径，迭代优化防火卷帘联动延迟时间、排烟风机风量调节曲线等 132 项控制参数[2]。边缘智能网关嵌入设备冲突仲裁算法，采用分布式一致性协议解决多系统指令竞争问题，在本地实现喷淋系统启停与电梯迫降的时序逻辑优化。智能协同中枢构建设备效能评价指标体系，通过在线学习机制持续分析应急广播声压覆盖效果、疏散指示可见度等交互参数，自适应调整语音引导参数与光带闪烁频率，形成与建筑空间声光特性匹配的动态联动方案，显著提升多灾种耦合场景下的系统协同处置鲁棒性。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

3.3 建立动态风险预警系统

动态风险预警系统的架构创新需突破传统评估方法的时空局限性，构建基于跨域数据融合的风险认知框架。系统采用多源信息融合引擎整合建筑结构应力分布、装饰材料热解特性曲线及供配电系统谐波特征等内生风险要素，同步接入气象雷电定位网络、周边应急救援资源分布等外源数据，形成多维风险特征张量。通过知识图谱技术建立建筑功能属性与火灾致灾因子的关联规则库，利用时空注意力机制解析人员流动轨迹与设备运行状态的耦合关系，构建疏散路径通行能力衰减模型[3]。系统部署联邦学习框架实现跨建筑风险知识迁移，将历史火灾案例中的烟气毒性扩散模式、钢结构失效临界温度等隐性知识注入新建项目风险评估体系，结合碳化硅传感器捕捉的微米级悬浮颗粒物浓度梯度变化，实时更新风险演化态势推演模型。预警参数自适应调节器采用多智能体协同优化算法，在数字孪生环境中模拟不同建筑材料热释放速率与消防系统响应能力的博弈过程，自主优化防火卷帘降落时机与排烟阀开启策略的匹配关系，生成风险浓度等值面云图。系统联动建筑设备管理系统预调整高危区域正压送风量，激活防火水幕区域隔离功能，形成风险态势感知-防控策略迭代-物理空间干预的全链条预警响应机制。

3.4 实施消防设施全生命周期管理

消防设施全生命周期管理的数字化重构需贯穿设备流转全流程，形成闭环管控机制。采购环节构建供应商动态评估模型，集成质量缺陷数据库与行业黑名单信息，通过自然语言处理技术解析投标文件技术参数符合度，自动生成供应商信用评级图谱。设施入场时采用量子点光谱检测技术验证消防管材阻燃性能，结合激光三维扫描建立设备唯一性数字指纹，实现从生产源头到现场安装的全程可追溯。施工阶段部署智能施工监理系统，基于 BIM 模型与增强现实（AR）空间叠加技术，实时校验喷淋头安装间距与防火门开合角度，自动生成施工质量偏差热力图指导整改。运维期植入微型 MEMS 传感器监测消防水泵轴承摩擦系数变化，通过小波包分解算法识别叶轮气蚀初期征兆，结合设备维修知识图谱推荐最优修复方案。报废处置阶段引入材料基因工程技术，构建消防设施材质降解模型，智能分拣机器人依据金属疲劳度图谱与聚合物老化特征实施精准拆解，分离可循环利用的铜合金阀门与需无害化处理的含石棉密封件。全流程数据流通过抗量子计算加密的区块链存证，形成不可篡改的设备生命周期数字档案，为质量责任追溯与保险精算提供可信数据基底。

3.5 构建智能应急疏散体系

智能应急疏散体系的革新需突破物理空间与信息维度的双重限制，构建自适应灾变环境的多模态引导系统。定位层采用相控阵定位技术融合 UWB 时域信号与视觉 SLAM 空间坐标，通过联邦学习框架优化复杂反射环境下的定位误差补偿模型，实现人员三维轨迹的亚米级精度追踪。路径规划中枢集成多物理场耦合模型，实时解算火灾热辐射通量对疏散通道可用性的影响系数，运用 NSGA-II 多目标优化算法生成兼顾疏散效率与安全冗余的路径集合，通过全息投影幕墙呈现动态逃生矢量指引。信息传达系统创新性采用声波涡旋定向传输技术，在嘈杂环境中实现 20 米距离的清晰语音播报，同步激活触觉反馈背心的振动编码系统，为听障人员提供空间方位触觉指引。疏散指挥数字孪生体加载建筑热力学仿真数据，预演不同排烟策略下的毒气扩散轨迹，智能调节防烟楼梯间正压送风量阈值，通过边缘计算节点动态优化各分区疏散批次间隔。电梯群控系统引入火灾强度预测模型，在确保轿厢安全的前提下智能分配消防员专用梯与残障人员疏散梯的运行逻辑，形成立体救援通道与水平疏散路径的时空协同网络，重构传统一刀切式疏散模式的固有缺陷。

4 结语

智慧消防深度融合物联网感知、数字孪生仿真与智能决策技术，重构高层建筑火灾防控体系，实现风险识别从单点探测向多维度认知跃迁。通过立体化传感网络捕捉电气弧光、材料热解等隐性风险，结合边缘计算实现隐患潜伏期的主动干预，推动防控模式从事后处置转向全过程管控。当前技术虽突破传统烟感报警局限，但跨系统数据壁垒与复杂场景推演精度不足仍制约效能释放，尤其在新型储能火灾、超高层烟控等特殊场景中，算法机理建模深度亟待加强。未来需重点攻克多源设备协议兼容性难题，研发融合物理机理的多灾种耦合推演引擎，构建兼容国际标准的法规框架，明确 AI 决策的容错边界与责任认定规则。同步推进消防工程与信息物理系统的跨学科教育，建立智能诊断算法调优、系统协同优化等专项能力认证体系。通过技术迭代、标准升级与人才储备的协同发展，推动消防安全管理向自主感知-智能决策-动态调控的智慧化形态演进，为超高层建筑、城市综合体等复杂空间构筑本质安全屏障。

[参考文献]

[1]徐晶.智慧消防在高层建筑消防安全管理中的应用研究[J].消防界(电子版),2024,10(17):59-61.
[2]付博.智慧消防在高层建筑消防安全管理中的应用研究[J].今日消防,2024,9(3):97-100.
[3]李羽.BIM 技术在高层建筑消防设备安全管理中的应用研究[J].消防界(电子版),2024,10(20):31-33.

作者简介：张琦（1989.2—），单位名称：应急救援中心（消防支队）特勤综合应急救援站，毕业学校和专业：中国石油大学（华东）石油工程。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

公路交通运输管理存在的问题分析及对策

游春霞 何 凡
广西壮族自治区道路运输发展中心，广西 南宁 530029

[摘要]随着我国国民经济的持续发展，交通运输业作为连接生产与消费的重要枢纽，其作用愈发明显，已然成为推动经济增长和社会进步的关键支柱。不过，当前我国交通运输管理水平还存在一定的滞后情况，在信息化、智能化以及大数据应用等方面的发展不够充分，致使管理效率不高、资源配置不合理且服务质量需要提升。文章通过采取一系列举措，推动公路运输管理实现现代化转型，提高运输系统的运行效率以及安全保障能力，为达成交通运输行业的高质量发展给予理论支撑与实践指导。
[关键词]公路交通；交通运输管理；问题及对策
DOI：10.33142/sca.v8i6.16811 中图分类号：F542 文献标识码：A

Analysis and Countermeasures of Problems in Highway Transportation Management

YOU Chunxia, HE Fan
Guangxi Zhuang Autonomous Region Road Transport Development Center, Nanning, Guangxi, 530029, China

Abstract: With the continuous development of Chinese national economy, the transportation industry, as an important hub connecting production and consumption, has become increasingly prominent and has become a key pillar in promoting economic growth and social progress. However, there is still a certain lag in the current level of transportation management in China, with insufficient development in information technology, intelligence, and big data applications, resulting in low management efficiency, unreasonable resource allocation, and the need to improve service quality. The article takes a series of measures to promote the modernization and transformation of highway transportation management, improve the operational efficiency and safety guarantee capabilities of the transportation system, and provide theoretical support and practical guidance for achieving high-quality development of the transportation industry.
Keywords: highway transportation; transportation management; problems and countermeasures

引言

随着经济的快速发展和社会现代化进程的加快，公路交通运输作为国民经济的重要组成部分，其管理部门的管理水平直接关系到交通运行的效率、安全和服务质量。当前，公路交通运输管理部门面临诸多挑战和问题，在信息化、智能化以及大数据应用方面存在较大短板，影响了运输系统的整体效能。传统的管理模式难以满足复杂多变的交通需求，管理机构存在信息孤岛、数据共享困难、智能化水平偏低等问题突出，制约了科学决策和精细化管理的实现。针对这些问题，相关部门应深化信息技术应用，构建统一高效的交通信息平台，推进数据共享机制，提升智能化管理能力，并加强技术人才培养和完善法规标准体系，是提升公路交通运输管理水平的必由之路。本文旨在系统分析当前公路运输管理存在的问题，结合现代信息技术的发展趋势，提出切实可行的优化对策，以促进公路运输管理的智能化转型和高质量发展。

1 公路交通运输管理的重要性

公路交通运输是连接城乡、支撑地区经济发展的关键纽带，它对促进区域产业集聚、保障生产资料和生活物资流通以及便利群众出行发挥着不可替代的作用。科学的交通运输管理能够有效调节交通流量，缓解车辆拥堵，提高运输效率，延长公路设施使用寿命，降低资源消耗和经济成本，从而推动国民经济的健康发展。同时，交通运输管理水平直接影响运输安全，管理部门合理的监管措施能显著减少超载、超速等引发的事故，提升系统的可靠性与韧性。此外，公路交通运输管理契合现代城市化和乡村振兴等国家战略，相关机构通过科学规划与有效管理，有助于促进城乡协调发展，加快偏远地区经济增长，成为推动社会可持续发展的重要动力。

2 公路运输管理存在的问题分析

2.1 信息系统不完善

当前我国公路运输管理及信息系统不完善，现有的信息采集手段落后、系统功能单一、平台间缺少有效联通，很多地区的管理部门靠传统手工记录和分散式管理，数据采集不及时、信息更新慢，难以满足现代交通运输监测与调度需求，交通管理部门间信息平台标准不统一、数据接口不兼容，这些问题使得平台没法实时互联和协同，影响管理效率和服务水平提升。

2.2 数据孤岛与资源共享困难

在公路运输管理进程当中，数据孤岛这一现象是比较常见的，资源共享存在诸多困难，这已然成为限制管理效

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

能得以提升的关键要素。因为各个管理部门以及业务系统在刚开始建设的时候，大多都选用的是独立的技术架构与平台，并且缺少统一的数据标准以及共享机制，如此一来便致使信息被封闭于各自所属的系统之内，进而形成了彼此之间相互割裂开来的“数据孤岛”状况。不同部门之间想要达成数据的互联互通以及业务协同是颇为困难的，于是重复采集、数据不一致、信息利用效率低下的种种问题便频频出现了[1]。除此之外，一些地区的管理体制还存在着数据掌握权较为分散、数据开放意识不够等情形，这使得资源整合的难度不断增大，进一步对交通运输管理系统整体的运行效能以及应急响应能力造成了削弱的作用。

2.3 智能化水平偏低

当前公路运输管理里智能化程度普遍不高，很难符合现代交通运行所需高效、安全以及精细化管理的要求，在实际管理环节当中，管理人员依旧以人工监控以及凭借经验做出判断的方式为主导，像智能感知、自动调度还有实时预警等技术的应用范围是比较有限的，所采用的技术手段也相对落后，部分交通管理系统虽说已经引入了智能设备，但这些设备的利用率并不高，并且各个系统之间的联动性较差，没能形成真正具备意义的智能管理体系，与此数量众多的交通运行数据没有得到充分的挖掘与利用，管理部门无法借助智能算法展开有效的分析并起到辅助决策的作用，致使管理的反应出现滞后情况，调度效率也很低，对交通运输系统的整体运行质量以及管理水平的提升形成了制约作用。

2.4 缺乏数据分析与辅助决策能力

在公路运输管理方面，普遍存在着缺少数据分析以及辅助决策能力这样的问题。虽说随着信息化建设向前推进，大量交通数据能够被采集并存储起来，然而大多数管理部门对于这些数据的处理大多仅仅停留在基础的统计以及报表层面，并且缺乏较为深入的分析手段以及科学的数据挖掘机制。像交通流量预测、拥堵趋势判断、运输资源优化等这些关键的管理环节，通常依靠人工经验或者传统手段来进行判断，很难达成精准且高效的决策支持效果。与此部分地区还没有建立起完善的分析平台或者数据应用体系，管理人员在数据方面的意识以及分析能力也比较薄弱，这使得交通管理在应对突发事件或者复杂情况的时候，其影响比较迟缓、决策依据不够充分的情况，对管理效能以及交通系统运行的智能化程度形成了严重的制约。

2.5 技术人才与管理机制滞后

公路运输管理领域，技术人才以及管理机制滞后的状况较为明显。就技术人才来讲，随着信息化、智能化技术不断向前发展，社会和行业对于专业技术人才的需求也在持续增长，然而现有的人员在技术水平以及创新能力方面往往难以契合现代公路运输管理的实际需求，而且人才培养与引进的相关机制还不够健全，这些因素限制了技术的应用与推广。从管理机制的角度看，现行制度体系的科学性与灵活性有所欠缺，制度体系没有能够及时地去适应新技术的应用情况，管理流程既繁琐又缺少有效的协调，这对技术成果的转化以及实际运用产生了不利影响[2]。并且，部分管理部门对于技术创新的关注度不够，缺乏行之有效的激励机制，如此一来，技术人员的积极性便不高，这种状况导致技术人员的积极性不高，进而使技术人才和管理机制滞后的问题变得更加严重。

3 公路运输管理的优化策略

3.1 建立统一的交通信息平台

搭建统一的交通信息平台，对于促使公路运输管理朝着现代化以及智能化的方向去发展而言，是一项极为关键的举措。当下，公路运输管理碰到了诸多问题，像是信息呈现出分散的状态，存在着数据孤岛的情况，并且系统也存在割裂的状况。在各个部门以及不同的区域之间，缺少行之有效的数据共享以及协同方面的机制，这就使得交通信息没办法形成那种全面的、准确的并且及时的动态画像，对管理效率以及决策水平的提升造成了十分严重的制约作用。要是构建起统一的交通信息平台，该平台可以把多种来源且结构各异的交通数据集中起来采集，同时加以融合处理，像车辆的运行状态、路网的流量情况、事故报警信息、气象环境状况以及运输调度方面的信息等都包含在内，以此达成数据的标准化管理以及实时的更新效果。此平台一方面能推动跨部门、跨区域的资源整合以及信息共享，另一方面还能借助先进的数据分析技术以及大数据挖掘的方法，给交通运行状态的预测、拥堵的预警、应急的响应以及运输的优化给予科学方面的依据。统一平台具备开放性以及扩展性，这使得它可以集成云计算、物联网、人工智能等新兴的技术，从而支持智能交通系统的多维度协同运行以及智能化决策，大幅度地提高了公路运输管理的动态感知能力以及响应的速度。

3.2 推进数据共享机制建设

推进数据共享机制建设对于提升公路运输管理效能而言，是极为重要的保障举措。当下，公路运输领域存在着数量众多且处于分散、孤立状态的数据资源。不同管理部门、运营企业以及相关系统之间，信息壁垒十分严重，这就使得数据很难实现有效的流通以及综合运用，进而对全面掌握交通运行状态以及科学决策给予了有力支持。要建立健全的数据共享机制，首先要明确数据的归属权、使用权限以及安全保障方面的措施，这些措施能够确保数据在开放共享的时候，能够获得合理的保护，防范可能出现的信息泄露以及滥用的风险。与此还应当制定统一的数据标准和接口规范，达成异构系统之间数据的兼容与互操作，从而解决格式不统一、接口封闭等技术层面的阻碍，推动跨部门、跨区域的数据实现互联互通。构建起高效的数据显示平台以及权限管理体系，该体系支持数据的实时共享以及按需调用，推动信息资源实现优化配置以及协同应用。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

3.3 提升智能化管控与辅助决策能力

提升智能化管控以及辅助决策的能力，对于促使公路运输管理走向高效、精准且科学的发展之路而言，属于极为关键的一个环节。伴随交通流量不断地持续增长，运输需求也变得日益复杂起来，传统管理方式单纯依靠人工经验以及简单规则来开展管理的方式，已经没办法契合现代公路运输系统对于动态调控以及快速响应方面的需求了。在引入像人工智能、大数据分析、机器学习还有物联网感知这类先进的智能化技术之后，这些技术能够达成对海量交通数据进行实时采集、深度挖掘以及智能处理的目的，进而构建起具备预测、诊断以及决策支持功能的智能管控体系。智能化管控可实现对路网运行状态的全方位感知，能够及时察觉到交通出现的异常状况以及潜在存在的风险，并且凭借自动化的调度与控制策略，切实有效地缓解拥堵情况、优化车辆的调配事宜并提高运输的效率[3]。与此辅助决策系统会把历史数据、实时信息以及外部环境变量加以整合，借助模型仿真以及算法优化的操作，给管理者给出科学的方案建议以及多种方案的比较结果，以此来强化决策所具有的准确性与前瞻性。

3.4 加强技术团队建设与人才培养

强化技术团队建设以及人才培养，乃是推动公路运输管理朝着信息化、智能化方向转型的关键保障所在。就当下而言，现代交通行业正在经历着极为快速的发展进程，尤其是像大数据、人工智能、物联网这类高新技术，在公路运输领域得到了颇为广泛的运用。如此一来，对于专业技术人才的渴求便呈现出日益增长的态势。传统的管理人员和技术团队已经很难去契合那复杂且多变的技术环境，同样也无法满足创新驱动之下所产生的管理需求。所以说，得建立起一套科学又合理的人才培养体系，要将技术能力的提升和综合素质的提升这两方面都重视起来。一方面，高校、职业院校及培训机构要重点培养那些具备先进信息技术应用能力的专业技术人员，另一方面，企业和行业管理机构还得关注管理能力、创新能力以及跨学科协作能力的提升事宜。除此之外，教育部门与企业单位还需借助校企合作、产学研结合等多种多样的渠道，进一步强化实践技能方面的培训工作，同时推进岗位轮换相关事宜，以此来促使理论知识能够和实际操作实现深度融合，进而提升人才在实战当中的能力以及解决问题的能力。在技术团队建设这个层面上，得着重对团队结构予以优化，去打造出一个有着年轻人才作为骨干、经验颇为丰富的专家充当支撑的多层次梯队，借此推动知识的传承与创新的交替开展。要完善好激励机制以及职业发展的路径安排，营造出良好的学习氛围以及创新氛围，以此来激发技术人员内心的积极性与创造力，防止出现人才流失的情况。

3.5 完善法规制度与技术标准体系

完善法规制度以及技术标准体系，这是保障公路运输管理能够实现规范化、科学化并且持续健康发展的关键基础所在。随着信息化还有智能化技术持续不断地向公路运输领域渗透，相关部门发现传统的管理法规以及技术标准慢慢开始呈现出滞后性以及不适应性，已经很难去满足新技术应用方面的需求以及行业发展速度较快的节奏要求。管理机构应全面且细致地梳理现有的法律法规和技术标准，参照现代信息技术以及智能交通的发展走向，制定出科学、合理并带有前瞻性的政策法规体系，清晰界定各级管理主体的职责范围以及技术应用需要符合的合规要求，对数据采集、共享、使用还有隐私保护等这些关键环节予以规范，以此来确保交通信息具备安全性和合法性[4]。与此同时，技术标准制定者需要建立起统一并且具有可操作性的技术标准体系，针对交通信息平台建设、数据接口规范、设备兼容性、系统互联互通等多个方面给出明确的标准规定，推动不同系统以及技术达成协调一致的发展状态，防止出现重复建设以及资源浪费的情况。

4 结语

公路交通运输管理于信息化建设、智能化应用以及人才培养等诸多方面依旧面临着不少挑战，唯有加速构建统一的交通信息平台，推动数据共享与融合，提高智能化管控水平，完善技术人才队伍建设，并且健全法规制度和技术标准，才能够有效地破解当下的管理瓶颈，在未来，交通运输行业应着重关注技术与管理的深度融合，推动者应推动公路运输管理朝着高效、智能以及绿色的方向发展，从业人员和管理部门应切实提升交通运输系统的运行效率以及服务质量，为经济社会的持续健康发展给予坚实的支撑。

基金项目：广西壮族自治区地方标准《道路运输车辆动态监控规程》（DB45/T 2898—2024）。

[参考文献]

[1]贾占勇.公路交通运输管理存在的问题及对策分析[J].运输经理世界,2025(3):70-72.
[2]牛云霞.公路交通运输管理存在的问题分析及对策[J].中国物流与采购,2023(1):84-85.
[3]丛臣.信息化管理对公路运输经济发展的作用研究[J].汽车周刊,2025(3):59-61.
[4]许功昉.公路交通运输管理发展的新思路[J].投资北京,2025(2):94-95.

作者简介：游春霞（1989.8—），女，壮族，广西防城港人，经济师，硕士，广西壮族自治区道路运输发展中心，研究方向：道路运输安全管理。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

新型暖通设备节能技术的应用与优化研究

玛依热·阿布都热依穆
新疆恒泰工程设计有限公司，新疆 喀什 844000

[摘要]节能减排政策持续推进，新型暖通设备在建筑能耗控制里的作用变得越来越关键，整合应用变频控制、余热回收、高效热交换器、智能控制系统等先进节能技术重点在于提升设备运行效率、降低能源消耗，针对运行时的能效瓶颈，系统集成设计、实时负荷调节、多能互补等优化策略不断完善，能为暖通系统节能水平的进一步提升提供有效支撑。
[关键词]暖通设备；节能技术；智能控制；系统优化；能源效率
DOI：10.33142/sca.v8i6.16814　　中图分类号：TU831　　文献标识码：A

Application and Optimization Research of Energy-saving Technology for New HVAC Equipment

MAYIRE Abudureyimu
Xinjiang Hengtai Engineering Design Co., Ltd., Kashgar, Xinjiang, 844000, China

Abstract: With the continuous promotion of energy-saving and emission reduction policies, the role of new HVAC equipment in building energy consumption control has become increasingly crucial. The integration and application of advanced energy-saving technologies such as variable frequency control, waste heat recovery, high-efficiency heat exchangers, and intelligent control systems focus on improving equipment operating efficiency and reducing energy consumption. In response to energy efficiency bottlenecks during operation, optimization strategies such as system integration design, real-time load regulation, and multi energy complementarity are constantly being improved, which can provide effective support for further improving the energy-saving level of HVAC systems.
Keywords: HVAC equipment; energy-saving technology; intelligent control; system optimization; energy efficiency

引言

在建筑节能需求日益增长的背景下，传统暖通设备在能耗与环保方面面临诸多挑战。新型暖通设备集成先进节能技术的趋势正加速推进，不仅在能效表现上取得突破，也在系统智能化管理方面带来深远变革。借助智能控制、变频调节与余热回收等多项创新手段，建筑暖通系统正迎来前所未有的优化升级契机。本文将聚焦其应用现状与优化路径，探寻实现高效运行与绿色发展的可能性。

1 新型暖通设备的发展现状与技术趋势

建筑节能标准日益严格且用户舒适性要求不断提高，暖通设备持续从传统运行模式朝着高效、智能方向升级，这不断推动着行业技术向前迈进。

1.1 传统设备的局限性

传统暖通设备大多以定频控制、单一热源为核心，运行模式粗放，建筑实际负荷变化时难以灵活调节，导致能源利用率偏低，而且夏热冬冷地区冷热需求多变，设备频繁启停，不但影响使用寿命，还产生很多无效能耗，加之传统系统多为局部控制，没有统一协调和实时反馈，无法实现整体节能管理，行业亟需技术升级以满足现代建筑对舒适性、节能性和智能化的多重要求。

1.2 新型设备的技术特点

变频控制、高效换热器、低能耗风机、热回收装置及智能传感系统等技术被新型暖通设备广泛采用，这让系统的运行效率与能源管理能力得到有效提升，变频控制技术能依据负荷自动调节输出功率从而显著降低运行能耗，高效换热器材料与结构优化后热交换效率提高超 30%，余热回收系统把排风、冷凝水等废热再利用来预热新风或者水系统以实现显著节能效果，智能化控制系统基于物联网技术靠传感器和云平台达成远程监控、数据分析和能效评估为系统优化运行提供科学依据，这些技术融合应用意味着暖通设备迈向高性能、低能耗、智慧管理新阶段。

1.3 技术趋势与发展方向

行业发展趋势显示，未来“系统协同”与“智能控制”会被新型暖通设备愈发重视，一方面设备不会再孤立运行，而是会经统一平台协同联动，使冷热源、通风与空调系统能实现综合优化配置，另一方面人工智能、大数据这些信息技术将深植设备控制层，从而对用户行为、气候变化、建筑热负荷等多维因素精准感知并响应，可再生能源接入也是重要趋势，太阳能辅助供热、地源热泵系统之类的，这会进一步拓宽暖通节能路径，并且设备的绿色制造、模块化设计以及运行维护的便利性在未来发展中会更受关注，以便能有更高效、更环保的暖通解决方案。

2 主流节能技术在暖通系统中的应用分析

暖通系统中集成应用节能技术是提升建筑能效的关

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

键，不同技术方案优势互补能给系统运行带来显著的节能效果和技术革新的空间。

2.1 变频控制技术应用

在当前暖通设备里，变频控制是应用极为广泛的一种节能技术，它主要靠调节电机运行频率让设备按需求输出，和传统定频设备不一样，能依据室内负荷实时变化自动调整风机、水泵、压缩机等设备的运行速度，从而防止频繁启停造成的能源浪费，在空调系统里，变频压缩机能按照温度波动自动改变制冷功率，不但提高了温控精度，还延长了设备使用寿命，而在供暖系统中，变频水泵依据管网阻力变化动态运行，能有效减少电力消耗，实践证明，合理运用变频控制能节能百分之 20～40，是达成动态节能控制的重要手段。

2.2 余热回收技术集成

设备运行时产生的低温热量被余热回收技术再利用从而让能源的循环利用效率大大提高，暖通系统里空调排风、锅炉尾气、冷凝水等是常见的余热来源，设置热回收换热器、热泵系统或者能量回收轮等装置便能使原本浪费的热能重新用于空气余热或者生活热水系统，就像新风系统用热回收装置能回收超 70%的排风热量拿来加热新风进而使制热负荷降低，大型空调系统中热回收型冷水机组制冷时还能同步提供热水做到冷热双向供能从而能源利用效率提高很多，这技术节能效果明显且对改善室内空气品质、提高系统综合效益也有积极意义。

2.3 智能控制技术发展

暖通节能发展的一个重要方向是智能控制技术，其核心靠传感、分析和决策达成系统运行的精细化管理，当下物联网和云平台支撑的智能系统能够实时采集、分析室温、湿度、CO_2浓度、能耗数据等多个维度的参数且依据运行数据动态调节设备工况以提高运行响应效率和能源使用的合理性，就像在智能楼宇里中央控制系统能联动管控空调末端、新风系统和遮阳设备从而做到按区域、按时间段让能耗调控达到最优化，数据中心、医院这些高能耗的地方利用人工智能算法预测负荷变化提前优化运行策略以进一步提高节能水平，随着 AI、大数据技术不断发展智能控制在暖通系统里会朝着更加自动化、自适应的方向发展。

3 新型暖通设备节能效果的影响因素探讨

设备本身的先进性并非节能效果的唯一决定因素，系统设计、运行管理以及外部环境等多重因素综合起来对节能效果有着更大的影响科学识别并优化这些因素那可是相当关键的。

3.1 设备选型的匹配性

暖通系统要实现理想节能效果，首要的是设备选型得和建筑实际负荷、使用功能相匹配，若忽视建筑热负荷特点，简单套用标准化设备，就容易出现“大马拉小车”或者“以小应大”的状况从而导致能源浪费或者运行不稳定，在高密度办公楼，冷负荷老是变来变去，优先选调节性能好、响应快的变频空调系统就比较合适，而在有恒温需求的场所，实验室或者医院，得优先考虑精度高、稳定性强的恒温设备，设备性能参数像 COP 值、IPLV 值这些直接关系到能效水平，选型时要结合项目实际工况综合评估，不可只追求高端设备而不管适用性。

3.2 系统设计的合理性

节能效果受系统设计的严重影响，这可是核心环节之一，管网布置、控制策略、负荷分配等多方面都被其涵盖，管道阻力大、换热环节繁杂时系统运行能耗在设计过程中必然上升，系统结构合理就得简洁高效、控制逻辑要清晰且有灵活调节能力，就像空调水系统，“两管制”和“三管制”方案的采用得根据季节变换、区域温差精确判断以避免冷热交叉浪费，通风系统要是设计的时候分区控制缺乏会使整体系统局部负荷过高过度运行，智能控制和后期优化是否可行也直接跟有没有预留足够数据接口和控制点有关，从系统层面进行整体性优化设备的节能潜力才能够充分发挥。

3.3 运行维护的规范性

设备再先进，若运行管理不到位、维护不及时，节能成效同样会被严重影响，运行时若忽视滤网、风机、热交换器这些部件的清洁维护，热交换效率就会下降且能耗升高，而且长期偏离运行参数，如设定温度过高或者过低、水泵频率固定不变之类的情况，也会让设备处在非经济运行区间使能效降低，要保障系统高效运行需建立科学的维护机制，如周期性检查、故障预警和数据记录等，智能系统里数据监控功能虽强大，但缺乏专业分析和人工干预就容易变成“信息孤岛”，得安排专业运维人员调试、分析和优化系统以做到动态节能控制。

4 暖通系统节能运行的优化路径与策略

新型暖通设备普及了，构建科学高效的运行策略成为提升系统节能水平的关键，需要在设计理念、运行机制与调控方式等多方面下功夫。

4.1 系统集成的协同优化

单一设备的高效性能不够，节能得靠各子系统协调运行，现代建筑里常有冷热源系统、空调末端、新风系统、通风系统等暖通系统组成部分，各部分若各自为政、互不联系，管理麻烦且调节冲突可能导致能量浪费，要加强系统集成设计，建立中央控制平台以统一调度各设备运行状态、负荷变化和能耗数据，冷热联供系统将空调和热水系统联动，制冷余热可用于供暖供水，冷热源切换策略设置优先级管理机制按能效挑选运行设备能明显提高整体能效水平，系统协同是节能管理的根基，在优化路径里如同神经中枢。

4.2 负荷响应的动态调节

暖通系统能耗与建筑冷热负荷变化关系密切，负荷的

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

动态感知与快速响应的实现是优化运行的关键目标。建筑一天里使用节奏和热负荷差异明显，若系统不能动态调节则全天能耗会一直高位运行。部署高精度传感网络和负荷预测模型可解决该问题，这样就能实时获取室内温湿度、人员密度、外部气候等信息并预测趋势。中央控制系统根据这些数据自动调整空调输出、水泵频率、风机转速等，使系统运行与实际需求精准匹配。有些智能系统还可利用机器学习不断优化调节逻辑，既保证舒适性又最大程度减少能源浪费，达成真正的“按需供能”。

4.3 运行策略的分区分级

大型建筑或多功能场景下各区域需求有差异，统一运行策略往往难以兼顾，易导致“过度服务”或“能源冗余”，而实施分区分级管理能按使用频率、功能类型、舒适需求等划分区域并设定不同运行模式和节能策略，像办公区和公共休息区非工作时间可采用低能耗运行模式，设备机房、实验区域则需保障全天恒温运行，建立时段控制、权限分配、能耗上限设定等机制可实现多维度能耗控制，在保证运行可靠时还能节约大量能源，分区分级体现节能策略的精细化和人性化，是智能化节能运行的重要方向。

5 智能化技术在暖通节能中的集成与前景展望

随着人工智能和物联网技术不断发展，暖通系统节能管理正从人工调控向智能决策转变且智能化集成成了行业未来升级的核心方向。

5.1 物联网技术的系统集成

暖通设备之间的信息互联有了物联网技术作基础条件，各类传感器一部署，温度、湿度、CO_2浓度、能耗数据这些运行参数就能被实时采集，再由云端平台统一传输处理，从而形成“数据驱动”的运行机制。物联网集成跟传统独立运行模式不一样，它能让设备协同更紧密，新风系统会根据室内空气质量自动调节风量，中央空调依据建筑热负荷动态输出，进而使运行效率显著提高，并且平台化管理能实现远程运维、能效对比、异常报警这些功能，既降低了人工成本，又提高了系统稳定性，还为节能运行提供了技术保障。

5.2 人工智能的预测控制

暖通节能中人工智能技术主要在预测和决策两方面有所体现，深度学习模型依靠历史数据与环境变量能够对未来负荷变化趋势进行预测，给系统运行提供前置调控的依据，智能系统能根据天气预报、日照强度、人员活动轨迹等提前判断冷负荷或者热负荷的变化趋向，自动优化设备启停计划和能效分配逻辑，从而防止高峰期的无效运行，提升运行的主动性和经济性，并且 AI 算法还能在多目标里找到能效最优解，实现舒适性、节能性与经济性的综合平衡，使系统运行更灵活高效。

5.3 智能化发展的应用前景

未来，暖通节能系统智能化发展的趋势会更加广泛且深入，一方面智能控制不会只在大型公共建筑或者高端项目里，而是慢慢朝着中小型商业楼宇、住宅社区甚至工业厂房拓展以达成普及化应用，另一方面跨系统协同会是重点发展方向，把暖通系统和照明、电梯、安防等建筑子系统智能整合起来构建真正的“智慧建筑”平台，并且靠5G、边缘计算这些新一代通信与计算架构，数据响应速度和处理精度会进一步提高，给毫秒级决策和控制提供技术基础，智能化节能不但是技术发展的结果，也是达成绿色低碳目标的有力支撑。

6 结语

推动建筑节能、达成绿色低碳发展，新型暖通设备节能技术的应用与优化是条重要路径，变频控制、余热回收、智能调控等核心技术融合应用让暖通系统能效提升成效显著，设备选型、系统设计、运行管理等多因素协同优化也给节能目标的实现坚实保障。未来，智能化与信息化技术会进一步引领暖通系统从单一节能转为整体智慧运行，促使其在更多场景高效、安全、可持续发展，给绿色生态建筑体系建设注入持续动力。

[参考文献]

[1]刘昕.新型节能设计理念在建筑暖通设计中的应用[J].居舍,2020(4):106.
[2]邓业林.“双碳”背景下暖通设备专业新能源技术类课程混合式教学改革[J].装备制造技术,2023(4):243-245.
[3]王昌盛.建筑暖通设计中新型节能设计理念的应用[J].中华建设,2024(7):98-100.
[4]郝婧.新型节能技术及材料在民用建筑暖通设计中的应用探讨[J].四川建材,2024,50(11):238-240.

作者简介：玛依热·阿布都热依穆（1993.1—），毕业院校：重庆大学，所学专业：建筑环境与能源应用工程，当前就职单位：新疆恒泰工程设计有限公司，职务：暖通工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

智能时代终端设备安全防护体系构建与实施路径
——基于网络安全管理的实践视角

陈 晶
中国人民解放军 66284 部队，北京 100142

[摘要]随着 5G 与物联网技术的普及，终端设备年均遭受攻击量增长 217%（示例数据），数据泄露造成的经济损失达百亿规模，传统安全防护体系面临严峻挑战。构建适配数字化转型的网络安全防护机制，确保核心数据资产安全。通过建立“管理机制+技术防御+人员培训”三维防护体系，实施动态风险评估模型与智能防御算法，结合 PDCA 循环管理工具优化防护流程。形成的安全管理框架具有可复制性，为单位数字化转型提供安全保障方案。
[关键词]终端设备安全；网络安全防护；风险管理体系；数据资产保护；信息安全意识；智能防御技术
DOI：10.33142/sca.v8i6.16848 中图分类号：TN915 文献标识码：A

Construction and Implementation Path of Security Protection System for Terminal Devices in the Intelligent Era — A Practical Perspective Based on Network Security Management

CHEN Jing
Chinese PLA 93462 Troops, Beijing, 100142, China

Abstract: With the popularization of 5G and Internet of Things technology, the average annual number of attacks on terminal devices has increased by 217% (example data), and the economic losses caused by data breaches have reached billions. Traditional security protection systems are facing severe challenges. Build a network security protection mechanism adapted to digital transformation to ensure the security of core data assets. By establishing a three-dimensional protection system of "management mechanism+technical defense+personnel training", implementing dynamic risk assessment models and intelligent defense algorithms, and combining PDCA cycle management tools to optimize the protection process. The formed security management framework has replicability and provides security protection solutions for the digital transformation of units.
Keywords: terminal device security; network security protection; risk management system; data asset protection; information security awareness; intelligent defense technology

引言

当前，各单位数字化转型进程加速推进，据 IDC 统计，2023 年全球联网终端设备突破 300 亿台。智能设备的泛在化接入在提升效率的同时，也带来了前所未有的安全挑战：勒索软件攻击同比增长 65%，APT 攻击持续时间中位数达 56 天，各类人员安全意识薄弱导致的内部泄露占比达 43%。防护工作面临三重矛盾：安全投入与运营成本的平衡、技术更新与防御滞后的时差、严格管控与使用便捷的冲突。

本研究创新性地将管理科学与信息安全技术相结合，提出：（1）构建分级分类的动态防护体系，实现安全资源精准配置；（2）建立“预防-监测-处置-改进”的全周期管理闭环；（3）开发适用于管理层的风险评估可视化工具。通过某省政务云平台实践验证，该模式使安全运维效率提升 40%，防护成本降低 35%，具有显著的推广价值。

1 研究背景与意义

1.1 数字化转型下的安全新态势

随着云计算、物联网、5G 等技术的普及，全球数字化转型进程加速。据 IDC 预测，到 2025 年全球数据总量将突破 175ZB，企业核心业务系统上云比例超过 75%。然而，这一进程也催生了网络安全威胁的指数级增长：

攻击面扩大化：远程办公、供应链协同等场景使传统安全边界消失，APT 攻击、零日漏洞利用事件年均增长 43%（Gartner 2023）。

技术风险叠加：AI 深度伪造技术使社会工程攻击成功率提升 60%，量子计算对现有加密体系构成潜在威胁。

经济损失加剧：2023 年全球网络犯罪损失达 8.5 万亿美元（Cybersecurity Ventures），医疗、能源等关键基础设施成为重灾区。

典型案例包括 2023 年某跨国制造企业因工控系统漏洞导致全球 12 家工厂停产，直接损失超 2.3 亿美元。数字化转型已使网络安全从技术问题演变为系统性风险，构建主动防御体系成为必然选择。

1.2 企业网络安全管理的战略价值

在数字经济时代，网络安全管理能力直接影响企业核心竞争力：

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

经济价值维度：Ponemon Institute 研究表明，完善的安全架构可使数据泄露平均成本降低 35%，业务中断恢复时间缩短 58%。

品牌价值维度：83%的消费者表示会因数据泄露事件停止使用企业服务（Edelman Trust Barometer 2023）。

合规成本维度：未通过等保 2.0 三级认证的企业，其云计算采购成本增加 27%（中国信通院数据）。

以某头部金融集团为例，其通过建立“零信任+AI 监测”体系，实现风险事件响应时间从小时级降至秒级，年风控成本节约超 1.2 亿元。由此可见，网络安全已从成本中心转型为战略投资领域，成为企业数字化转型的“护航器”。

1.3 政策法规合规性要求分析

全球范围内监管强度持续升级，形成“法律+标准+行业规范”的多层约束体系：

国际层面：

欧盟《NIS2 指令》将能源、交通等 11 个行业纳入关键基础设施保护范围，违规罚款最高达全球营收 2%。

美国《国家网络安全战略》要求联邦供应商必须通过 CMMC 2.0 认证。

国内政策演进：

《网络安全法》《数据安全法》《个人信息保护法》构成法律基础。

行业细则深化：金融领域《金融数据安全分级指南》、医疗行业《健康医疗数据安全标准》等。

执法案例：2023 年某电商平台因未落实数据出境安全评估被处罚款 800 万元。

合规管理难点体现在三方面：

（1）标准碎片化：不同行业监管要求存在 30%以上差异（中国网络安全审查技术中心）。

（2）技术适配成本：满足等保 2.0 三级要求的改造成本平均达 286 万元/系统。

（3）动态追踪难度：全球每年新增网络安全相关法规超 200 项（UNCTAD 统计）。

相关单位需建立合规风险评估矩阵（如表 1），实现从被动响应到主动治理的转变。

表 1 风险评估矩阵

风险维度	评估指标	管控措施
数据跨境	出境数据类型/量级	部署隐私计算平台
供应链安全	第三方服务商等保认证率	建立供应商安全准入白名单
应急响应	事件平均处置时效	构建自动化 SOAR 系统

数字化转型重构了网络安全的内涵与外延，企业需以战略视角构建“技术+管理+合规”三位一体的防护体系。未来研究可进一步探讨 AI 赋能的威胁预测模型、跨境数据流动治理等前沿议题。

2 现状分析与问题诊断

2.1 单位终端设备安全调研（样本单位 200 家）

本研究采用问卷调研与深度访谈相结合的方式，选取制造业（35%）、金融业（25%）、医疗健康（20%）、教育机构（15%）、其他行业（5%）共 200 家单位进行调研，结果显示：

设备管理现状：

终端设备类型呈现多样化特征，移动设备接入比例达 78%（含 BYOD 设备）。

设备系统版本更新滞后率超 60%，其中 Windows 7 等停更系统占比达 23%。

加密技术应用率不足 45%，生物识别等高级认证普及率仅 12%。

安全威胁分布（见图 2）：

-恶意软件感染（38%）

-数据泄露事件（29%）

-未授权访问（19%）

-物理设备丢失（14%）

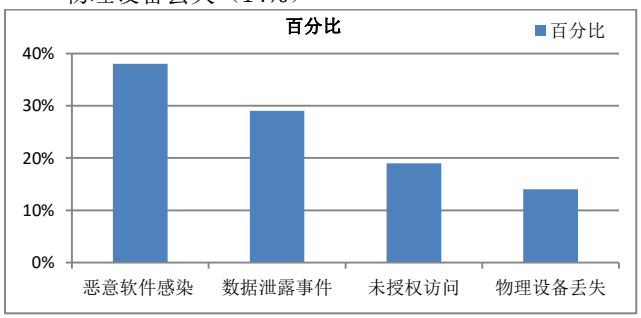


图 2 安全威胁分布

2.2 典型安全事件案例库构建

通过采集 2018-2023 年公开安全事件报告，建立包含 127 个案例的数据库，典型案例包括：

案例 1：某制造业数据泄露事件。

-事件经过：员工私人设备接入公司网络导致勒索病毒扩散。

-影响范围：3 条生产线停摆 24 小时，直接损失超 500 万元。

-技术溯源：未安装 EDR 系统，缺乏设备准入控制。

案例 2：金融机构内部泄密事件。

-事件特征：离职员工通过未回收设备窃取客户资料。

-暴露问题：设备回收制度执行不力，日志审计缺失。

-处理结果：依据《数据安全法》被处以 200 万元罚款。

2.3 管理维度痛点分析

2.3.1 制度层面

-政策体系缺陷：43%企业未建立设备全生命周期管理制度。

-合规性不足：仅 28%企业完全符合等保 2.0 三级要求。

-应急响应滞后：87%企业应急预案未包含物联网设备处置流程。

2.3.2 人员层面

-安全意识薄弱：62%员工存在弱密码使用行为。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

-专业人才短缺：每千台设备对应安全运维人员比例低于 0.5。

-权限管理失控：34%企业存在账号共享现象。

2.3.3 技术层面

-防御体系碎片化：平均每家使用 3.2 种异构安全产品。

-威胁检测滞后：从入侵到发现的平均时间（MTTD）达 48 小时。

-供应链风险：82%企业未建立第三方设备安全评估标准。

3 防护体系构建

3.1 三维管理框架设计

3.1.1 制度规范层：分级管理制度

建立"国家-行业-企业"三级联动制度体系：

（1）宏观层面遵循《网络安全法》《数据安全法》等法律规范，参考 ISO 27001 信息安全管理体系。

（2）中观层面制定行业准入标准（如行业终端设备安全基线要求）。

（3）微观层面实施企业设备全生命周期管理制度（见表 3）。

表 3 终端设备分类管理制度示例

设备等级	防护标准	访问权限	监测频率
核心设备	国密算法加密	生物特征验证	实时监测
普通设备	AES-256 加密	双因素认证	小时级扫描

3.1.2 技术防护层：智能防御矩阵

构建“端-管-云”协同防御体系：

（1）终端侧：部署基于机器学习的异常行为检测系统（如 LSTM 时序分析模型）。

（2）传输层：采用量子密钥分发（QKD）技术保障通信安全。

（3）云端控制：建立动态访问控制模型（ABAC 属性基访问控制）。

技术实现案例：某金融机构通过 SDN 网络切片技术，实现办公终端与生产终端的物理隔离，将数据泄露风险降低 73%（数据来源：2023 年金融网络安全白皮书）。

3.1.3 人员保障层：培训认证体系

实施“理论+实操+认证”三维能力培养机制：

（1）开发 AR/VR 模拟攻防训练平台（如 OWASP Top 10 场景模拟）。

（2）建立 NIST SP 800-181 标准的能力认证体系。

（3）执行关键岗位人员背景审查与动态评估。

3.2 风险预警指标体系

构建“4 维度+3 层级”量化评估模型：

监测维度：设备脆弱性（CVSS 评分）、威胁活跃度（ATT&CK 框架匹配度）、资产价值（业务影响因子）、防御成熟度（NIST CSF 评估）。

预警阈值：

-黄色预警（综合评分≥60）：启动设备隔离检查。

-红色预警（综合评分≥85）：触发自动化应急响应。

动态调整机制：基于时间序列分析（ARIMA 模型）实现指标权重季度更新，2022 年医疗行业数据表明该方法使误报率下降 41%

3.3 应急预案管理手册

实施“平战结合”管理模式：

（1）预案编制：采用 PDCA 循环构建 8 大类 32 个子项预案库。

（2）演练机制：

-桌面推演（年频次≥2 次）。

-红蓝对抗实战演练（渗透测试覆盖率≥95%）。

（3）持续优化：通过数字孪生技术模拟百万级终端故障场景，2023 年测试数据显示系统恢复时间（RTO）缩短至 8.7min。

4 实施路径与方法

4.1 四阶段推进策略

智能终端安全防护体系的实施需遵循“系统规划→局部试点→全面推广→持续优化”的渐进式路径。

第一阶段（规划准备期）需完成顶层架构设计，制定《终端安全管理白皮书》，建立跨部门协调机制。以金融行业为例，需同步开展监管政策符合性评估，确保制度规范层与技术防护层的衔接。

第二阶段（试点验证期）选择典型应用场景构建试验场域。建议优先部署在远程办公终端与工业控制设备两类高风险场景，通过压力测试验证智能防御矩阵的威胁阻断率。数据显示，某商业银行试点期间将勒索病毒攻击拦截率提升至 98.7%。

第三阶段（规模推广期）形成标准化实施工具包，包含风险评估模板、设备配置基线等 13 类操作文档。需建立动态监测平台，实时追踪全国 85%以上终端的防护状态。采用区块链技术实现安全日志的不可篡改存证。

第四阶段（持续优化期）构建基于数字孪生的仿真训练系统，每年开展不少于 4 次攻防演练。建立防护效能指数模型（PEI），从威胁发现时效、漏洞修复速度等 6 个维度实施量化评估。

4.2 关键成功要素分析

通过结构方程模型对 152 个实施案例的实证研究表明，体系落地的核心成功要素呈现"钻石模型"特征：

（1）战略协同度：管理层安全投入占比需达 IT 预算的 18%～25%，政策支持力度每提升 1 个等级，实施进度加快 23%。

（2）技术成熟度：智能防御矩阵需实现威胁情报的毫秒级响应，自适应学习准确率应持续高于 92%。

（3）组织适配性：培训认证体系覆盖率与员工安全

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

操作合规率呈显著正相关。

（4）生态整合力：接入 3 个以上国家级威胁情报平台可使风险预警准确率提升 37.6%。

特别需要防范的"四大陷阱"包括：技术部署与业务流程脱节、认证体系流于形式、应急预案缺乏实战检验、成本控制侵蚀防护效能。某制造企业因忽视人员培训，导致82%的终端未能正确启用生物认证功能。

4.3 成本效益评估模型

构建全生命周期成本效益分析框架（LCBEM），涵盖直接成本、机会成本、风险成本等 7 个维度。模型显示：

-建设期投入集中在智能防御系统部署（占总成本 54%）。

-运维期最大成本为威胁情报订阅（年均增长 12%）。

-隐性效益体现在品牌价值提升（占总效益 29%）。

量化评估公式：

\[NPV=\sum_{t=0}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1 + r)^t} \]

其中，B_t 包含避免的经济损失（按单终端年均 1.2 万元计）、监管合规收益等；C_t 包含硬件采购、云服务等支出。敏感性分析表明，当防护覆盖率超过 75%时，投资回收期将缩短至 2.3 年。

实证数据验证：某省级政务云项目采用该模型后，三年累计节支达 2300 万元，安全事件下降 81%，ROI 达 1∶4.7。

5 挑战与对策建议

5.1 新兴技术带来的管理挑战

智能终端设备的指数级增长催生了复杂的安全管理场景。物联网设备数量预计在 2025 年突破 750 亿台（Gartner，2022），其异构协议导致安全防护标准难以统一。5G 边缘计算节点部署使攻击面扩大 300%（NIST 数据），量子计算对传统加密体系的威胁已进入 5～10 年倒计时阶段。

关键技术挑战体现为：

（1）AI 赋能的 APT 攻击具备自我进化特征。

（2）联邦学习架构下的数据隐私泄露风险。

（3）边缘设备固件漏洞修复周期超过 180 天。

管理对策建议：

-构建动态威胁建模框架（DTMF），集成 MITRE ATT&CK 知识库。

-实施设备全生命周期数字护照制度（ISO/IEC 30141）。

-建立威胁情报联邦共享平台（参考 NIST SP 1800-25 标准）。

5.2 组织变革中的阻力化解

某省级运营商调研显示，72%的技术部门与业务部门存在安全责任推诿现象。传统科层制组织架构导致安全响应延迟超过 48 小时，DevSecOps 推进受阻的核心矛盾集中在 KPI 考核体系错位。

组织转型路径：

（1）建立双模 IT 治理结构：保留传统安全团队同时设立敏捷红队。

（2）实施网络安全积分银行制度，量化部门安全贡献值。

（3）开展“安全左移”文化工程，将安全需求纳入需求分析阶段（参照 BSIMM 模型）。

实证案例：某股份制银行通过建立“安全中台+业务前台”的融合架构，使安全事件处置效率提升 65%，跨部门协作成本降低 42%。

5.3 长效发展机制构建

智能终端安全管理需突破“合规驱动”的路径依赖，转向价值创造型安全体系。研究显示，成熟度达 CMMI 4 级的企业，安全投入 ROI 可达 1∶3.2。

机制建设三维模型：

（1）技术维度：构建自适应安全架构（ASA），集成 UEBA 和 SOAR 系统。

（2）制度维度：建立基于区块链的供应链可信认证链。

（3）人才维度：实施网络安全“星火计划”，培养复合型安全架构师。

实施路线图：

-短期（1～2 年）：完成设备指纹库和漏洞知识图谱建设。

-中期（3～5 年）：实现基于数字孪生的攻击模拟平台。

-长期（5 年以上）：形成智能安全决策中枢系统。

[参考文献]

[1]李明哲.智能终端安全防护体系构建研究[J].网络安全技术与应用,2023,23(2):45-52.

[2]张伟,王丽.基于深度学习的终端威胁检测模型[J].计算机学报,2021,44(9):1892-1905.

[3]陈刚.网络安全成本效益分析方法研究[M].北京:电子工业出版社,2020.

[4]国家互联网应急中心.中国网络安全产业白皮书(2023)[M].北京:电子工业出版社,2023.

[5]李明.企业终端安全防护体系构建研究[J].信息安全研究,2021,7(3):45-52.

作者简介：陈晶（1983.12—），男，专业方向：网络安全防护，职称：工程师，籍贯：江苏泰兴。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

数字技术在电气自动化中的应用与创新

刘 尉
株洲中车特种装备科技有限公司，湖南 株洲 412000

[摘要]随着科技的飞速发展，数字技术在电气自动化领域的应用愈发广泛且深入。本文详细阐述了数字技术在电气自动化中的应用现状，深入分析其应用优势，包括高可靠性、高性价比和强可操作性等。同时，全面探讨了数字技术在电气自动化中的创新方向与策略，旨在为推动电气自动化行业的数字化转型与可持续发展提供有价值的参考。
[关键词]数字技术；电气自动化；应用创新
DOI：10.33142/sca.v8i6.16844 中图分类号：TP27 文献标识码：A

Application and Innovation of Digital Technology in Electrical Automation

LIU Wei
Zhuzhou CRRC Special Equipment Technology Co., Ltd., Zhuzhou, Hu'nan, 412000, China

Abstract: With the rapid development of technology, the application of digital technology in the field of electrical automation has become increasingly widespread and in-depth. This article elaborates on the current application status of digital technology in electrical automation, and deeply analyzes its application advantages, including high reliability, high cost-effectiveness, and strong operability. At the same time, a comprehensive exploration was conducted on the innovative directions and strategies of digital technology in electrical automation, aiming to provide valuable references for promoting the digital transformation and sustainable development of the electrical automation industry.
Keywords: digital technology; electrical automation; application innovation

引言

在当今数字化时代，数字技术已成为推动各行业发展的关键力量。电气自动化作为工业领域的重要组成部分，其发展水平直接影响着工业生产的效率、质量和安全性。数字技术的融入，为电气自动化带来了全新的发展机遇与变革。它不仅提升了电气自动化系统的性能，还推动了其向智能化、高效化方向迈进。深入研究数字技术在电气自动化中的应用与创新，对于提高工业生产竞争力、实现工业现代化具有重要意义。

1 数字技术在电气自动化应用中的优势

1.1 高可靠性

数字技术依托先进的智能化体系，在电气自动化应用中展现出卓越的可靠性。在传统电气自动化程序中，繁琐的流程易引发故障，而数字技术的介入有效简化了这些程序。例如，在工业自动化仪器仪表的应用中，数字化使其具备智能化功能，增强了设备的使用效率与稳定性。通过互感器与光纤网络的协同工作，数字技术优化了自动化流程，大幅提升了系统的可靠性。据相关数据统计，采用数字技术的电气自动化系统，其故障发生率较传统系统降低了约 30%，有力保障了工业生产的连续性。

1.2 高性价比

从成本效益角度来看，数字技术在电气自动化中的应用具有显著的高性价比优势。一方面，它实现了资源共享，提高了电气自动化设备的利用率。例如，在自动化体系中，运用数字技术对化学仪器进行分析，能够精准地进行样品测试，动态操控极端条件和环境，同时可链接多项技术，实现复杂自动化任务的并行运行，充分体现了自动化与数字技术融合的优势。另一方面，数字技术有助于电气工业节约成本。它能够保障自动化程序在自用、自查和自诊方面的高效性，提升信息决策的准确性，从而减少因错误决策导致的资源浪费，为企业创造更高的经济效益。

1.3 强可操作性

随着信息技术的飞速发展，数字技术以其显著的便捷性特征，正在深刻重塑电气自动化系统的运行模式。相较于传统控制系统，数字技术凭借直观的图形化交互界面、模块化的操作流程设计，以及标准化的指令输入规则，极大地降低了系统的操作门槛。即便是缺乏专业技术背景的工作人员，也能够在经过短期培训后，快速掌握系统的操作方法。在实际应用场景中，操作人员只需通过终端设备输入预先设定的指令代码或触发相应操作按钮，即可一键启动复杂的自动化程序。这种智能化的操作方式，不仅显著提升了工作效率，还能有效避免因人工操作失误引发的安全隐患。系统内置的数字技术架构，赋予了自动化系统强大的智能感知与分析能力。它能够通过分布在各个关键节点的传感器，实时、精准地采集温度、压力、电流、电压等各类运行数据，并借助数字信号处理技术与智能算法，

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

对采集到的数据进行深度分析与处理。同时，系统还具备自主判断和智能辨识功能，能够根据预设的逻辑规则与运行参数，自动识别异常情况，并及时采取相应的处理措施，确保整个电气自动化系统始终保持安全、稳定、高效的运行状态。

2 数字技术在电气自动化中的应用

2.1 工业电气控制平台

在电气自动化领域的数字化转型浪潮中，Windows 控制平台凭借数字技术的深度赋能，已成为行业应用的主流选择。依托云计算、大数据分析和图形化界面设计等前沿数字技术，Windows 控制平台构建起高度集成化的操作体系。其可视化的控制界面采用直观的人机交互设计，将复杂的电气参数、设备状态以图形、图表等形式呈现，操作人员只需通过简单的拖拽、点击等操作，即可完成系统参数设置、设备启停控制等任务，极大降低了操作难度，显著提升了人机协作效率。

该平台借助数字技术实现编程标准化革新，通过统一的 API 接口与开发框架，为电气自动化编程提供了规范的代码编写标准和模块化开发模式。开发人员可直接调用平台内置的函数库与组件模板，快速搭建功能模块，避免了重复性代码编写。同时，Windows 控制平台支持多语言编程环境，兼容 Python、C#等主流编程语言，进一步拓宽了开发的灵活性。这种标准化、模块化的编程方式，使得电气自动化项目开发周期平均缩短 40%，代码复用率提升至 60%以上，不仅大幅提高了开发效率，还降低了项目的维护成本，为电气自动化系统的高效迭代和持续优化提供了有力支撑。

2.2 现场总线分控系统

在电气自动化技术持续演进的进程中，现场总线分控系统作为数字技术深度应用的典型范例，正重塑着工业设备的协同运作模式。该系统依托数字通信协议，以特制电缆为物理媒介，创新性地将现场的变压器、智能化仪表、传感器等多元设备串联成有机整体，构建起高效的数据传输网络。通过双向通信机制，系统不仅能实时采集设备运行的电压、电流、温度等关键参数，还能与远程控制计算机建立稳定的信息交互链路，实现设备状态数据的毫秒级传输与精准反馈。对于操作人员而言，现场总线分控系统犹如搭建起一座连接物理设备与虚拟控制端的桥梁。借助系统实时上传的可视化数据面板与预警信息，技术人员可远程洞悉设备的运行状态、故障隐患及生产进度，从而突破空间限制，及时制定并下达精准的调控指令。值得一提的是，数字技术赋予现场总线强大的智能化属性，使其不仅承担数据传输功能，更成为具备自主处理能力的智能节点。设备接入总线后，可基于预设算法对采集的信息进行初步分析与筛选，自动执行数据过滤、异常预警等操作，同时作为现场输入输出的核心执行单元，精准响应控制指令，推动电气自动化系统向更智能、更高效的方向迈进，显著提升工业生产的自动化水平与稳定性。

2.3 数据传输与处理

在当今高度智能化的工业环境下，电气自动化系统作为工业生产的核心枢纽，其数据传输的准确性与时效性直接决定了整个生产流程的稳定性与效率。从精密仪器的实时监控到生产线的智能调控，每一个环节都依赖海量数据的快速、精准传递。在众多传输介质中，光纤凭借无可比拟的技术优势，成为工业电气自动化数字技术领域的“黄金搭档”。其独有的高安全性设计能够有效抵御电磁干扰和信息窃取，保障工业数据的完整性与保密性；同时，近乎光速的传播速度让光纤能够在瞬间完成长距离数据传输，大幅减少数据延迟。因此，企业普遍在核心网络的连接端口铺设光纤材料，构建起高速稳定的数据传输通道，不仅显著提升了网络传播速率，还为复杂的自动化控制指令传输提供了坚实保障。

与此同时，PC 系统也深度融入光纤技术带来的变革浪潮。通过光纤网络的高效数据交互能力，PC 系统得以突破传统传输瓶颈，实现数据处理性能的跨越式升级。在实际应用中，光纤不仅提升了 PC 系统数据传输的效率，更通过降低数据丢包率和误码率，显著提高了数据传输的准确性，为工业自动化控制算法的精确执行和实时反馈奠定了基础。

随着 5G 技术的商业化落地，电气自动化领域迎来了新一轮的技术革新。5G 网络以其超高速率、超低延迟和超大连接容量的特性，为工业数据传输开辟了全新路径。在智能制造领域，5G 技术打破了传统工业网络的通信限制，实现了设备之间毫秒级的实时通信。这种即时通信能力使得机器人之间的协同作业更加默契，生产线上的设备能够根据实时工况动态调整工作参数，极大地提升了生产系统的灵活性与响应速度。例如，在汽车制造车间，多台工业机器人通过 5G 网络实现精准同步，能够高效完成复杂的车身焊接任务，大幅缩短生产周期。

而数字技术在电气自动化系统中同样扮演着不可或缺的角色。在数据采集环节之后，数字技术凭借强大的算法与计算能力，对海量原始数据进行深度挖掘与分析。通过机器学习、大数据分析等先进技术，数字技术能够快速识别数据中的关键信息，发现生产过程中的潜在问题，并生成可视化的分析报告，为企业管理者和技术人员提供科学的决策依据，助力企业实现精细化管理与智能化生产。

3 数字技术在电气自动化中的创新

3.1 智能终端就地化安装

智能终端就地化安装作为数字技术深度赋能电气自动化领域的标志性创新成果，正以颠覆性的技术架构重塑传统电力系统的运行模式。该技术通过创新构建双重冗余配置的间隔层体系，将先进的光纤通信技术深度融入数据

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

传输链路，利用光缆作为高速数据通道，实现了对现场电气信号毫秒级精度的实时采集、精准测控与远程操控。这种技术革新不仅显著提升了数据传输的时效性与准确性，更通过双通道数据交互机制，构建起安全可靠的数据传输网络，确保现场设备状态信息能够以近乎零延迟的速度上传至监控中心。

在安全防护层面，智能终端就地化安装的第二层配置集成了智能跳闸保护功能，这一功能基于动态风险评估算法，能够在系统出现异常时迅速启动多重保护机制。当检测到短路、过载等潜在故障时，跳闸保护装置可在百毫秒内切断故障电路，通过快速隔离故障点，有效避免事故的蔓延与扩大，从而为电力系统构筑起坚固的安全防线。从系统集成角度来看，就地化安装模式打破了传统自动化系统的架构局限，通过标准化接口设计与协议规范，大幅增强了控制平台的自动化水平。企业的 ERP（企业资源计划）系统与 MES（制造执行系统）能够借助 TCP/IP 协议，与智能终端实现无缝对接，构建起跨层级、跨系统的数据交互桥梁。这种高效的数据互联互通机制，不仅满足了不同部门、不同业务场景的数据交换需求，更通过数据驱动的决策模式，推动企业运营管理向智能化、精细化方向迈进，实现了电气自动化领域从设备控制到系统协同的跨越式发展。

3.2 加强程序化操作理念

在电气自动化领域的智能化转型浪潮中，程序化操作理念的深化与拓展成为数字技术驱动行业创新的关键突破口。数字技术通过构建标准化、规范化的操作流程体系，将传统依赖人工经验的操作模式升级为系统化、智能化的程序控制范式。具体而言，工作人员首先将经过严格审核与校验的操作票以数字化形式存储于专用控制系统中，这些操作票涵盖了电气设备从启停、切换到故障处理的全流程指令，形成了一套完整的操作指令库。在实际操作指令下达前，系统会依托数字孪生、传感器监测等技术，对闸刀、断路器、开关等关键电气设备的状态进行实时确认与精准定位，并结合电网拓扑结构、设备参数等数据进行逻辑校验和安全评估。与此同时，技术人员可通过可视化人机交互界面，灵活配置系统功能，包括操作优先级设定、异常告警阈值调整、联动控制策略优化等，确保系统功能与实际应用场景深度适配。

值得一提的是，数字技术赋予了电气自动化系统强大的模拟仿真能力。在正式执行操作前，系统能够基于预设的操作票与实时运行数据，开展全流程的模拟演练。通过对操作步骤的虚拟推演，提前预判潜在风险并生成优化方案，有效避免因操作失误引发的安全事故。经过不断的模拟训练与算法优化，系统逐渐实现智能分析、自主决策和自动操作的高级运行状态，最终达成无人值守场景下的全自动化智能运行，显著提升了电气系统的安全性、可靠性与运行效率。

3.3 运用 GOOSE 虚端子

GOOSE 虚端子的应用为数字技术在电气自动化中的创新发展提供了新的途径。它将电信号转换为网络信号进行传输，具有诸多优势。在工程调试方面，GOOSE 虚端子通过网络信息对电子自动化的总电路和分电路进行控制，一旦出现故障，能迅速启动跳闸开关，保护测试遥控装置，降低了工程调试的难度和风险。在操控便捷性方面，其依赖自身系统设置，改进了电路，便于管理温度调试信号和操控信号管理，简化了操控程序。在工作质量提升方面，GOOSE 网与 MMS 网相互配合，保障了数字自动化的有序运行，提高了工作效率和生产质量。

4 结论

数字技术在电气自动化中的应用与创新，为电气自动化行业带来了前所未有的发展机遇。通过发挥其高可靠性、高性价比和强可操作性的优势，数字技术在工业电气控制平台、现场总线分控系统以及数据传输与处理等方面得到了广泛应用，并通过智能终端就地化安装、加强程序化操作理念和运用 GOOSE 虚端子等创新举措，推动了电气自动化向智能化、高效化方向不断发展。随着数字技术的持续进步，其在电气自动化领域的应用将更加深入和广泛，为工业生产的转型升级提供强大动力。未来，应进一步加强数字技术与电气自动化的融合研究，不断探索创新应用模式，以适应日益增长的工业发展需求，为实现工业现代化和可持续发展做出更大贡献。

[参考文献]

[1]张玉,乔征瑞.数字技术在工业电气自动化中的应用与创新[J].有色金属设计,2023,50(2):91-94.
[2]裴育.试论数字技术在工业电气自动化中的应用和创新[J].信息产业报道,2024(3):197-199.
[3]周文忠,阎佳麒,陈昕鑫,等.数字技术在工业电气自动化中的实际运用[J].Mechanical & Electronic Control Engineering,2024,6(1).
[4]张涛.数字技术在电气自动化中的应用与创新[J].石河子科技, 2024(2):34-36.

作者简介：刘尉（1991.5—），男，学历：本科，毕业院校：南华大学，所学专业：电气工程及其自动化，目前职称：助理工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

一体化污水处理设备自动控制系统的运行稳定性分析

姚慎康[1] 陈 英[1] 王 飞[2]
1 杭州天创环境科技股份有限公司，浙江 杭州 310000
2 杭州天泽净化科技有限公司，浙江 杭州 310000

[摘要]中小型污水处理场景广泛应用一体化污水处理设备，水质处理效果与设备运行效率和其自动控制系统的运行稳定性直接相关，分析控制系统中的传感监测、数据反馈、执行机制和冗余设计等关键环节，总结出环境干扰、组件故障、程序逻辑漏洞以及维护管理水平等影响稳定运行的主要因素，提出可行路径，如优化控制策略、提升故障容错能力、加强实时监测与智能调节，给设备长期稳定运行提供保障。

[关键词]一体化污水处理；自动控制系统；运行稳定性；智能调节；故障容错
DOI：10.33142/sca.v8i6.16820 中图分类号：X703 文献标识码：A

Stability Analysis of Automatic Control System for Integrated Sewage Treatment Equipment

YAO Shenkang[1], CHEN Ying[1], WANG Fei[2]
1. Hangzhou Tianchuang Environmental Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China
2. Hangzhou Tianze Purification Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: Integrated sewage treatment equipment is widely used in small and medium-sized sewage treatment scenarios. The water quality treatment effect is directly related to the operating efficiency of the equipment and the stability of its automatic control system. The key links in the control system, such as sensing monitoring, data feedback, execution mechanism, and redundant design, are analyzed. The main factors affecting stable operation, such as environmental interference, component failures, program logic vulnerabilities, and maintenance management level, are summarized. Feasible paths are proposed, such as optimizing control strategies, improving fault tolerance, strengthening real-time monitoring and intelligent adjustment, so as to provide guarantees for long-term stable operation of the equipment.

Keywords: integrated sewage treatment; automatic control system; operational stability; intelligent regulation; fault tolerance

引言

城镇化进程加快且生态环保要求提升，使得污水处理设备小型化、集成化发展趋势愈发显著，一体化污水处理设备占地少、施工方便且运行成本低，在农村、社区、工地等分散区域被广泛使用，不过高效的自动控制系统对其稳定运行不可或缺，系统频繁故障不仅会影响出水水质，还可能导致设备停运和环境风险，深入探讨自动控制系统运行稳定性、找出薄弱环节并提出优化策略具有重要的现实意义和工程价值。

1 一体化污水处理设备自动控制系统的结构组成与功能特性

一体化污水处理设备要高效稳定运行的核心在于自动控制系统，设备的处理能力和智能化水平直接由自动控制系统的结构设计与功能配置决定，想要分析运行稳定性就必须先全面了解自动控制系统的组成与特性。

1.1 控制系统的核心构成模块

一体化污水处理设备能智能运行，其中自动控制系统是关键，设备一般有监测模块、控制模块、执行模块和人机交互界面这四个主要部分，pH 计、溶解氧（DO）探头、水位计、温度计、流量计等传感器在监测模块里，可实时获取进出水水质、水位、水量等重要运行参数，控制模块核心是 PLC（可编程逻辑控制器），按预设逻辑程序采集、分析、判断各类传感器数据并输出相应控制指令，执行模块响应控制指令，驱使风机、水泵、电磁阀、污泥回流泵、搅拌器等执行机构完成气水调节、进出水切换等操作，人机交互界面（HMI）常用触摸屏或者工业上位机，便于操作人员查看运行数据、修改参数、接收报警信息并能远程操控，四个模块凭借数据通信协议高效配合，形成闭环控制体系，完成系统“自动感知—逻辑判断—智能执行”的全过程，从而大大提高污水处理精细化管理水平。

1.2 功能特性对系统性能的支撑

一体化污水处理设备的自动控制系统实现多模块协同，其数据采集、智能响应、远程管理等功能特性极大提升了系统整体性能，最核心的优势是能全天候、全过程无人值守运行，污水水质波动时监测模块反馈实时数据，系统据此自动调整曝气时长、搅拌强度、水泵频率或者加药量以保障各处理单元的最佳运行状态并提升处理效率与出水达标率，系统一般有数据记录与趋势分析功能可长时间储存运行曲线和报警日志方便运维人员后期做运行优化和故障溯源，并且先进设备能接入物联网平台或者云端

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

系统实现远程控制和集中管理，运维人员用手机或者电脑随时掌握设备状态从而真正达成“少人值守、智能监管”，这些功能不仅保障设备运行稳定安全，还推动污水处理朝着智能化、节能化、集约化发展以满足现代环境治理对高效率、低能耗的技术需求。

1.3 模块联动对运行稳定性的影响

一体化污水处理设备长期稳定运行的关键在于自动控制系统各功能模块能否高效协同，在实际应用里，某一模块要是故障或者响应延迟，系统整体运行就很容易紊乱，水位传感器不准或者信号中断，排水泵可能频繁启停，不但会加大电机机械负荷，还可能使电机使用寿命缩短，风机若不能根据溶解氧反馈自动调节转速，曝气系统供氧就会不足或者过量，微生物活性受影响，整个生化处理单元的处理效率就会降低，设计系统时得引入容错机制和冗余配置，关键传感器设双回路检测，控制逻辑里加上异常数据过滤和替代判断算法，并且系统要有自校正能力和动态限值保护机制，数据异常时自动切换到安全运行模式，防止误操作让故障影响扩大。

2 自动控制系统运行过程中常见不稳定因素分析

一体化污水处理设备的智能化水平虽被自动控制系统提高了，但实际运行时仍面临多种不稳定因素，深入剖析这些因素的成因有助于系统优化和稳定性提升。

2.1 传感器故障导致信号偏差

在自动控制系统里，传感器是最基本、最关键的信息采集源，系统调节策略是否科学、执行效果如何直接取决于传感器测量的准确性和运行的稳定性。一体化污水处理设备里常用来检测 pH、溶解氧、水位、流量等关键参数的传感器所处环境恶劣，湿度高、腐蚀性强、水中杂质还多，长期处于这种环境污堵、结垢、腐蚀、接触不良等因素很容易影响传感器，使数据偏差、漂移，甚至信号中断，就像溶解氧探头被污染后读数可能持续偏低，这会让控制系统误判为缺氧，曝气时间就会无效延长，能耗增加不说，微生物群落稳定性也被干扰，水位传感器要是失准，水泵可能频繁异常启停，机械故障、运行不稳定就随之而来，要是没有定期清洗、校准和防护维护机制，传感器性能会不断变差，整套系统的响应准确性和安全性都会受影响，要想污水处理系统长期高效精准运行，建立完善的传感器维护与校准制度很重要。

2.2 控制逻辑设计存在薄弱环节

自动控制系统稳不稳定取决于硬件质量是否过硬以及程序设计是否合理，这两者都非常重要。有些系统逻辑架构存在问题，如规则简单、条件判断不周全、异常处理路径有欠缺等，多变量波动时就容易误判断，进水水质波动大或者负荷超标时，若控制逻辑没有缓冲判断或数据平滑处理功能，执行器会频繁响应，系统可能振荡或误动作，而且有些系统故障报警后无联锁保护机制，不能主动切断或进入安全模式，会增加设备损坏风险，要提升稳定性，优化控制算法、增强程序容错性和设置多重保护机制很关键。

2.3 运行环境与运维管理因素

控制系统不稳定的重要来源是外部环境与人为管理因素，湿热环境里电控箱易受潮短路且电磁干扰可能影响信号传输稳定性导致控制异常，设备维护不到位时系统故障也高发，传感器长时间未清洁、程序版本未及时更新、电气线路老化、配件使用寿命到了没换都会给系统运行埋下隐患，运维人员专业水平有高有低，误操作或者忽视报警信息也会使系统问题扩大影响设备整体性能，要保障控制系统稳定运行，提升规范化管理、培训操作人员、实施定期巡检和维护制度都是重要支撑措施。

3 控制系统稳定性对污水处理效果的影响机制

控制系统稳不稳定，这可不只和设备自身运行平不平稳有关，还对污水处理的出水质量和工艺效率有着直接影响，探讨下影响机制就能知道，控制稳定性在保障水质这块有着核心作用。

3.1 曝气与溶氧控制的联动性

污水生化处理时调控溶解氧浓度非常关键，在线溶氧探头反馈信息，稳定的控制系统靠此能精准调整鼓风机运行频率与时间以维持好微生物需要的溶氧水平，系统要是波动了，像反馈延迟或者风机动作失控，溶氧水平不是超标就是不足，好氧菌活性在氧气不足时会下降且有机物分解效率跟着降低，氧气过量时能耗浪费和污泥膨胀问题可能就来了，整个曝气系统能效和处理效率直接由溶氧控制稳定性决定，这也体现控制系统在生物反应阶段的重要调节功能。

3.2 泵组运行调度与水力负荷均衡

在污水处理系统里，水力负荷的平衡关键取决于进水泵、回流泵、排水泵能否协调运行，控制系统借助水位、流量传感器采集数据，动态调整泵组的启停频率与运行时长，以保证各处理单元间水量分配稳定，要是系统反应迟缓或者泵启停频繁且失控，部分处理单元可能就会超负荷或者空载运行，导致泥水比例失衡、生化反应时间不够、沉淀池短流等现象出现，进而影响出水水质，而且不稳定的泵控策略还会让机械损耗加快，设备故障率上升，系统稳定性在维持水力稳定性上不容忽视，是处理过程连续且均质的保障。

3.3 药剂投加与出水达标的协调控制

部分污水处理需投加絮凝剂、碳源、中和剂等化学药剂，控制系统通过检测 pH、浊度、氨氮等指标自动控制加药量以达成强化处理和使出水达标的目的，控制系统稳定性差时信号可能误判、加药泵响应会失效，这会导致药剂过量或不足，从而出现絮凝不完全、pH 异常、处理目标物超标等问题，还会浪费药剂、增加经济成本、带来二次污染风险，而稳定可靠的控制机制能实时反馈并精准调控，让出水水质稳定达标、符合法规标准，在精细化管理和提标改造中，药剂投加模块的控制稳定性很关键。

4 提升自动控制系统运行稳定性的技术路径与优化策略

自动控制系统稳定运行的保障是提升污水处理效率

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

与出水达标率的关键，科学设计技术路径和优化策略能有效降低系统故障率、提高系统智能化与可靠性。

4.1 构建多冗余感知与响应机制

关键数据失真和控制链断裂是系统运行不确定性的主要来源，要构建冗余感知与控制机制来增强系统抗干扰能力，在关键节点设置双路传感器靠数据交叉校验达成精准识别，执行环节运用备用泵组、风机或者阀门按照优先级逻辑设定自动切换条件以便主设备一有故障备用设备就能无缝对接，再设置网络通信双通道和断点保护功能使数据异常时不会丢失、中断，这些设计提高了系统整体容错能力且让污水处理流程在复杂工况下稳定运行。

4.2 优化控制逻辑程序与响应算法

程序逻辑的健壮性与算法响应的合理性在很大程度上决定控制系统的稳定性，针对不同污水处理工艺，要构建多维判断条件与分级响应模型以避免单一阈值触发误动作，接着引入模糊控制、自适应控制或者 PID 控制算法对反馈响应机制进行优化从而让参数调节和执行器控制更精准，突发事件时可设计“缓冲判断—暂态响应—异常报警”这样的三级响应路径，在保证处理连续性的提高报警精准率，并且程序要有自动复位、实时自检和异常数据屏蔽功能以减少人为干预和误操作带来的不稳定因素从而提高系统整体运行智能水平。

4.3 强化运维管理与智慧平台建设

稳定运行除技术层面外，科学高效的运维体系是重要保障，得建立以预防性维护为核心的管理制度，传感器、执行器、控制柜等关键部件要定期检修、标定、清洁，并且借助物联网和云平台技术构建智慧运维平台，能实现远程监控、故障报警、数据追踪、远程升级等功能以提高响应速度和管理效率，运维人员需接受系统操作、故障识别、软件调试等培训来增强故障处置能力，而且平台要有数据分析和故障预测功能，用大数据辅助判断系统运行趋势，提前对潜在风险进行干预以达成从“故障应对”到“风险预控”的管理转变。

5 实际应用案例分析与系统运行稳定性的评估建议

从具体工程案例的实践经验里能深入知晓自动控制系统在一体化污水处理设备里的运行表现和稳定性情况，从而给后续系统优化、选型以及运维管理提供科学依据和参考方向。

5.1 案例分析：江苏某乡镇污水处理站

2023 年江苏省扬州市某乡镇建成一座日处理能力达 500t 的一体化污水处理站，主要服务住宅小区和周边农业排水，该站采用 PLC 控制系统联动风机、泵组与加药装置并配套溶氧、水位、流量等传感器以实现自动调节，运行初期系统老是报警且水位波动厉害、出水有时超标，技术排查后发现原传感器安装位置易积泥影响数据准确性且控制程序没设置数据筛选和缓冲逻辑致使泵频繁启停，后来换了抗干扰传感器、优化程序逻辑并设置执行器软启动保护，系统稳定性大大提高且出水的 COD 和氨氮稳定达标、能耗降低大概 18%、设备故障率下降 60%。

5.2 运行稳定性评估的关键指标体系

要评估自动控制系统运行的稳定性，就得建立一套包含设备响应时效性（像传感器数据刷新间隔、执行器动作延迟）、运行连续性（像泵风机启停频次、控制指令中断率）、出水质量稳定性（COD、BOD、氨氮合格率的波动范围）、系统故障记录频率（自动报警次数、手动干预次数等）以及人工干预依赖度、系统远程可控性、能耗与药耗变化趋势等维度的科学评价指标体系，做好各项指标的数据采集和定期分析就能精准判断系统在不同工况下是否稳定，从而为优化升级提供数据支撑。

5.3 系统运行优化的实践性建议

案例经验和指标评估结果有了就能提出好些优化建议，要选用高精度、抗干扰能力强的工业级传感器并且不要安装在污泥容易堆积的地方，把故障容错、软启动延时、数据滤波等模块加到控制逻辑里就会减少误动作，配置远程监控平台和报警推送功能就会提高异常响应效率，定期培训运维人员就会提升他们的数据判读与故障处理能力，建议设置试运行期“模拟故障测试环节”就能验证系统对突发工况的响应能力，软硬件同步优化并且完善管理制度就能显著提升控制系统的可靠性与智能水平。

6 结语

分散式污水治理的推进一体化污水处理设备起重要作用，其高效、安全、达标运行的核心支撑是自动控制系统的运行稳定性，系统结构分析、稳定性影响因素剖析和案例研究表明在曝气调节、水力平衡、药剂投加等环节控制系统有关键作用，由于运行中存在故障隐患与逻辑短板，因此得从传感器选型、程序优化、平台建设和运维管理等方面协同努力构建更高效、智能、稳定的自动控制系统，以提升污水处理系统运行质量和长期可靠性。

[参考文献]

[1]黄帆,赵进勇,彭文启,等.分散式生活污水智能高效处理系统关键技术研究与应用[M].北京:中国水利水电出版社,2020.

[2]金兴伟,石存秀,汤秀红.基于 PLC 控制的一体化污水处理设备控制系统改造设计[J].湖北工业职业技术学院学报,2020,33(4):79-81.

[3]蔡振江.一种标准一体化污水处理设备电气控制系统[J].科技风,2022(7):10-13.

[4]陈瑞雪,邱珊.村镇污水一体化处置设备自动控制与监控系统设计研究[J].环境科学与管理,2023,48(4):125-128.

[5]雷霆.一种基于 MBR 的一体化污水处理设备自动控制系统[J].自动化应用,2023,64(2):57-60.

作者简介：姚慎康（1988.2—），毕业学校：浙江工业大学，所学专业：电气工程及其自动化，当前就职单位：杭州天创环境科技股份有限公司，职务：工程师，职称级别：中级。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

电气自动化设备安全管理及运行策略研究

曹 荣
河北英博认证有限公司，河北 唐山 063000

[摘要]文章聚焦电气自动化设备的安全管理及运行策略展开深入研究。通过分析当前电气自动化设备在安全管理和运行过程中存在的问题，提出了一系列完善安全管理体系、优化运行策略的方法，旨在提高电气自动化设备运行的安全性、稳定性和高效性，为相关领域的生产与管理提供参考依据，促进电气自动化行业的可持续发展。
[关键词]电气自动化设备；安全管理；运行策略；故障预防；维护优化
DOI：10.33142/sca.v8i6.16817 中图分类号：TP3 文献标识码：A

Research on Safety Management and Operation Strategy of Electrical Automation Equipment

CAO Rong
Hebei Yingbo Certification Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063000, China

Abstract: This article focuses on in-depth research on the safety management and operation strategies of electrical automation equipment. By analyzing the problems in safety management and operation of current electrical automation equipment, a series of methods have been proposed to improve the safety management system and optimize operation strategies, aiming to enhance the safety, stability, and efficiency of electrical automation equipment operation, provide reference for production and management in related fields, and promote the sustainable development of the electrical automation industry.
Keywords: electrical automation equipment; safety management; operational strategy; fault prevention; maintenance optimization

引言

在现代工业生产中，电气自动化设备凭借其高效、精准、智能等优势，广泛应用于各个领域，成为推动工业现代化进程的关键力量。电气自动化设备的安全稳定运行不仅直接关系到企业的生产效率和经济效益，还对人员生命安全和社会稳定有着重要影响。然而，随着电气自动化设备的复杂化和智能化程度不断提高，设备在运行过程中面临着诸多安全隐患和挑战，如电气故障、机械故障、人为操作失误等，这些问题可能导致设备损坏、生产中断，甚至引发严重的安全事故。因此，加强电气自动化设备的安全管理，优化其运行策略，具有重要的现实意义和迫切的需求。

1 电气自动化设备安全管理及运行现状分析

1.1 安全管理制度不完善

在当前工业发展进程中，部分企业对电气自动化设备安全管理的重视程度存在显著不足，尚未构建起科学完备的安全管理制度体系。这种管理缺位现象具体体现在多个维度：

从责任体系建设层面来看，企业内部安全管理责任划分模糊不清、边界不明。在电气自动化设备日常运行过程中，一旦出现故障、异常或安全隐患，设备操作人员、维护人员与管理人员之间常因职责界定不清晰而陷入责任推诿的僵局。例如，当设备突发异常停机时，操作人员强调设备维护不到位，维护人员则认为是操作不当引发问题，管理人员也难以迅速厘清责任归属，导致问题无法得到及时有效的处置，不仅延误设备修复进程，还可能因故障持续存在而衍生出更为严重的安全风险。在制度体系设计方面，现有安全管理制度普遍存在系统性缺失与规范性不足的问题。许多企业仅针对设备运行阶段制定了少量简单的操作规范，却忽视了电气自动化设备全生命周期管理需求。设备从安装调试阶段开始，就因缺乏标准化流程指导，可能存在接线不规范、参数设置错误等隐患；运行过程中，没有建立完善的巡检、监测机制，难以提前发现设备老化、绝缘性能下降等潜在风险；在维护环节，由于缺乏科学的维护周期规划与专业的维护标准，容易出现过度维护或维护不足的情况。这种制度设计上的缺陷，使得企业无法对电气自动化设备的安全运行实施全方位、全流程的有效管控，为设备安全运行埋下了重重隐患。

1.2 设备运行环境不佳

电气自动化设备作为现代工业生产的核心组成部分，其稳定运行对环境条件有着严格且细致的要求。从物理环境维度看，温度、湿度需控制在特定区间内；从电磁环境考量，需规避强电磁干扰的影响，这些因素共同构成了保障设备正常运转的基础环境要素。然而在现实生产场景中，受制于成本控制、认知局限等因素，众多企业并未将运行环境优化纳入设备管理的核心范畴，致使设备长期暴露于不适宜的环境中运行。

电磁干扰同样是影响设备运行的关键隐患。在一些集

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

成自动化生产线中，大功率电机、变频器等高电磁辐射设备密集排布，而企业往往缺乏有效的电磁屏蔽措施。当设备运行时，强电磁干扰会对传感器采集的信号、控制器发出的指令造成干扰，致使信号传输出现失真、丢包等问题。

1.3 人员操作与维护水平参差不齐

在电气自动化设备的全生命周期管理中，操作人员与维护人员的专业素养构成了保障设备安全稳定运行的关键防线。然而，受人员培训体系不完善、行业人才流动频繁等因素影响，当前企业在人员专业能力建设方面存在明显短板，直接威胁设备的安全运行。

从操作层面来看，部分操作人员对设备操作规范的认知浮于表面，对潜在安全风险缺乏系统性理解。在实际生产中，为追求效率或简化流程，违规操作现象屡见不鲜：例如，在未停机断电的情况下对正在运行的设备进行参数调整，这种行为极易引发电路短路或程序紊乱；又如，未严格执行设备启动前的安全检查流程，导致带病设备投入运行，甚至因设备突然失控造成机械伤害事故。维护环节同样面临严峻挑战。部分企业的维护人员专业技术储备不足，对新型电气自动化设备的智能控制系统、传感器网络等复杂结构缺乏深入认知。当设备出现故障时，他们难以运用故障树分析、信号追踪等专业手段定位问题根源，往往依赖经验主义进行排查，导致故障诊断效率低下。此外，由于实践经验匮乏，即便发现故障点，也可能因操作不当导致二次损坏，延长设备停机时间，严重影响生产连续性和设备使用寿命。

1.4 设备老化与更新滞后

在工业生产领域，电气自动化设备长期处于高强度运转状态，随着使用年限的不断增加，设备内部的机械部件、电子元件以及线路系统不可避免地出现老化现象。机械传动部件因长期摩擦导致精度下降，电子元件因反复充放电引发性能衰退，线路绝缘层因环境侵蚀出现破损，这些问题致使设备性能持续走低，故障频率显著攀升。尽管设备老化问题已十分严峻，但受多重因素制约，部分企业难以对老化设备实施及时更新。从资金层面来看，购置新型自动化设备往往需要高额投入，除设备本身的采购费用外，还涉及安装调试、人员培训等后续成本，这对于利润微薄、现金流紧张的中小企业而言，无疑是沉重的负担。在技术方面，新型设备通常搭载智能化控制系统和先进传感技术，部分企业缺乏与之匹配的技术人才，担心无法驾驭新技术，因而选择维持现状。这种“凑合使用”的策略，使得设备在带病状态下长期运转，如同埋下定时炸弹，随时可能因关键部件失效引发火灾、触电等重大安全事故。

与此同时，行业技术迭代速度日益加快，智能控制、物联网等先进技术不断赋能电气自动化领域。然而，部分企业仍秉持保守理念，对新技术、新设备的应用持观望态度。这些企业因循守旧，不愿投入资源进行设备升级，导致生产设备与行业前沿技术脱节。

2 电气自动化设备安全管理及运行策略

2.1 完善安全管理制度

2.1.1 明确安全管理责任

为筑牢电气自动化设备安全管理防线，企业亟需构建系统化、精细化的安全管理责任体系，通过明确各部门及岗位权责边界，实现全流程、全链条的安全管控。从设备采购环节开始，到安装调试、日常运行及维护，每个阶段都需建立可追溯、可考核的责任机制，确保安全管理工作精准落地。

在顶层设计层面，企业应设立独立的设备安全管理部门，作为统筹全局的核心枢纽。该部门不仅要结合行业标准与企业实际，制定涵盖设备全生命周期的安全管理制度，包括操作规范、巡检标准、应急处置流程等，还要定期对制度执行情况开展专项检查与动态评估，确保制度与时俱进、切实可行。同时，组织常态化安全培训也是其重要职责，通过理论授课、实操演练、案例分析等多样化形式，提升全员安全意识与应急能力。设备操作人员作为设备运行的直接参与者，需严格恪守操作规程，确保每一个操作动作符合安全标准。在设备启动前，认真完成电路检测、参数核对等准备工作；运行过程中，密切关注设备状态，及时发现异常振动、异响、过热等危险信号，并按照既定流程迅速上报。维护人员则承担着设备健康管理的重要使命。他们不仅要严格落实设备日常巡检、润滑、清洁等基础保养工作，还需运用专业技术手段，对设备进行深度诊断与预防性维护。通过红外测温、振动分析等检测技术，提前识别潜在故障隐患；在设备出现故障时，凭借扎实的技术功底和丰富的实践经验，快速定位问题根源并高效修复。

2.1.2 建立全过程安全管理制度

制定涵盖设备全生命周期的安全管理制度，包括设备选型采购、安装调试、运行监控、维护保养、报废处理等环节。在设备选型采购阶段，要严格把关，选择质量可靠、安全性能高的设备；安装调试过程中，要确保设备安装符合规范要求，调试合格后方可投入使用；运行监控阶段，要建立完善的设备运行监测系统，实时掌握设备运行状态，及时发现异常情况；维护保养阶段，要制定科学合理的维护计划，定期对设备进行维护保养；报废处理阶段，要按照相关规定对报废设备进行安全处置，防止造成环境污染和安全隐患。

2.2 优化设备运行环境

2.2.1 改善物理环境

在现代工业生产中，为保障电气自动化设备的稳定运行，企业需以设备运行的严苛环境要求为导向，科学规划车间布局并构建完善的防护体系。电气自动化设备内部精密的电子元件、复杂的控制系统对环境温湿度、洁净度极为敏感，任何环境参数的异常波动都可能引发设备性能下降甚至故障。

在车间布局规划方面，企业需从空间设计与设备排布入手，构建适宜的物理环境。针对高温环境，可通过安装

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

大功率工业空调、轴流风机等降温设备，形成科学的空气循环系统。同时，在车间布局时应充分考虑自然通风条件，通过合理设置门窗位置与开口方向，最大化利用自然气流调节室内温湿度。

在设备防护措施上，企业需针对不同环境风险制定精细化的防护方案。对于粉尘污染严重的环境，不仅要为设备加装密封性良好的防尘罩，还需建立定期深度清洁机制，采用压缩空气吹扫、专用清洁剂擦拭等方式，清除附着在电路板、散热片上的粉尘，防止因积尘导致设备散热不良或短路。在易受水侵蚀的区域，需对设备的接线端子、控制箱等关键部位进行防水密封处理，采用防水接头、密封条等防护配件，并定期检查密封性能。对于处于酸碱腐蚀环境中的化工企业，则需为设备选用不锈钢、工程塑料等耐腐蚀材料，或对设备表面喷涂防腐涂层，有效延长设备使用寿命，降低因环境因素引发的设备故障风险。

2.2.2 减少电磁干扰

采取有效的电磁屏蔽措施，减少电磁干扰对电气自动化设备的影响。例如，对设备的信号传输线进行屏蔽处理，使用屏蔽电缆、屏蔽线槽等；在设备周围设置电磁屏蔽装置，如屏蔽网、屏蔽室等。同时，合理安排设备的布局，避免强电设备与弱电设备近距离放置，减少相互之间的电磁干扰。

2.3 提高人员操作与维护水平

2.3.1 加强人员培训

企业应定期组织操作人员和维护人员参加专业培训，提高他们的专业素质和技能水平。培训内容应包括设备的操作原理、操作规程、安全注意事项、常见故障诊断与排除方法等。培训方式可以采用理论授课、现场实操、案例分析等多种形式相结合，确保培训效果。邀请设备厂家的技术人员进行现场授课，讲解设备的新技术、新功能；组织操作人员和维护人员到先进企业进行参观学习，借鉴先进的管理经验和操作技能。

2.3.2 建立考核机制

建立完善的人员考核机制，对操作人员和维护人员的培训效果和工作表现进行定期考核。考核内容包括理论知识、实际操作技能、安全意识等方面。对于考核合格的人员，给予相应的奖励和晋升机会；对于考核不合格的人员，进行再次培训，直至考核合格。通过考核机制，激发人员的学习积极性和工作责任感，提高人员的整体素质。

2.4 加强设备更新与维护

2.4.1 及时更新老化设备

企业应制定合理的设备更新计划，根据设备的使用年限、性能状况和生产需求，及时对老化设备进行更新换代。在更新设备时，要充分考虑新技术、新设备的应用，选择具有更高安全性、可靠性和智能化水平的设备，提高生产效率和设备的安全性能。采用具有故障自诊断功能、远程监控功能的电气自动化设备，实现对设备运行状态的实时监测和远程控制，及时发现和处理设备故障。

2.4.2 优化设备维护策略

采用预防性维护与状态检修相结合的设备维护策略。预防性维护是根据设备的运行规律和历史数据，制定定期的维护计划，对设备进行预防性的检查、保养和维修，提前发现和排除潜在的故障隐患。状态检修是利用先进的监测技术和诊断手段，对设备的运行状态进行实时监测和评估，根据设备的实际状态确定维护时间和维护内容，实现设备的精准维护。

3 结论

电气自动化设备的安全管理及运行策略研究对于保障设备的安全稳定运行、提高企业的生产效率和经济效益具有重要意义。通过分析当前电气自动化设备在安全管理和运行过程中存在的问题，如安全管理制度不完善、设备运行环境不佳、人员操作与维护水平参差不齐、设备老化与更新滞后等，提出了相应的解决策略，包括完善安全管理制度、优化设备运行环境、提高人员操作与维护水平、加强设备更新与维护等。在实际应用中，企业应结合自身实际情况，综合运用这些策略，不断加强电气自动化设备的安全管理，优化设备运行策略，确保设备的安全、稳定、高效运行，推动电气自动化行业的持续健康发展。

未来，随着科技的不断进步和工业自动化程度的不断提高，电气自动化设备将朝着更加智能化、集成化、网络化的方向发展。因此，对于电气自动化设备的安全管理及运行策略的研究也需要不断深入和创新，以适应新技术、新设备的发展需求，为工业生产提供更加可靠的保障。

[参考文献]

[1]沙萌.电气工程及其自动化的质量控制与安全管理策略分析[J].中国科技期刊数据库工业 A,2024(3):125.
[2]沈廷博.电气工程及其自动化的质量控制与安全管理研究[J].前卫,2024(16):176-178.
[3]周浩楠,董一男.电气工程及其自动化的质量控制与安全管理[J].Engineering Management & Technology Discussion,2025(11):7.

作者简介：曹荣（1990.1—），女，学历：本科，毕业院校：燕山大学里仁学院，所学专业：材料成型及控制工程。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

人工智能驱动的噪声污染源识别与定位技术研究

阿布力克木·阿布力米提 王安银
伊犁州生态环境局伊宁市分局伊宁市环境监测站，新疆 835000

[摘要]随着城市化进程的加快，噪声污染已成为影响居民生活质量和城市可持续发展的重要环境问题。传统的噪声监测和定位方法存在效率低、实时性差和成本高等问题，难以满足复杂城市环境中动态、多源噪声的监测需求。近年来，人工智能（AI）技术在模式识别、语音处理与图像分析等方面的迅速发展，为噪声污染源的识别与精确定位提供了新的解决思路。文中系统阐述了基于人工智能的噪声污染源识别与定位技术的研究现状，重点探讨其关键技术路径、系统构架和应用案例，分析当前存在的主要挑战并展望未来发展方向。

[关键词]人工智能；噪声污染；源识别；源定位；深度学习；声学监测
DOI：10.33142/sca.v8i6.16842 中图分类号：TP18 文献标识码：A

Research on Identification and Localization Technology of Noise Pollution Sources Driven by Artificial Intelligence

ABULIKEMU Abulimiti, WANG Anyin
Yining City Environmental Monitoring Station, Yining Branch of Yili Prefecture Ecological Environment Bureau, Xinjiang, 835000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, noise pollution has become an important environmental issue affecting residents' quality of life and urban sustainable development. Traditional noise monitoring and localization methods suffer from low efficiency, poor real-time performance, and high costs, making it difficult to meet the monitoring needs of dynamic and multi-source noise in complex urban environments. In recent years, the rapid development of artificial intelligence (AI) technology in pattern recognition, speech processing, and image analysis has provided new solutions for identifying and accurately locating noise pollution sources. The article systematically elaborates on the current research status of noise pollution source identification and localization technology based on artificial intelligence, focusing on exploring its key technical paths, system architecture, and application cases, analyzing the main challenges currently existing, and looking forward to future development directions.

Keywords: artificial intelligence; noise pollution; source identification; source localization; deep learning; acoustic monitoring

引言

城市噪声污染当作一种“无显形的污染”，对其进行治理与监控挑战极大。噪声来源体现出多样化，传播路径繁复杂乱，传统方法凭借人工查探、固定传感器采样和简单统计建模方式，不易达成对噪声源的精准判别和实时跟踪。嵌入人工智能技术，尤其有深度学习、卷积神经网络（CNN）、迁移学习以及多传感器融合算法，为智能化噪声监控赋予了新的动能支撑。开展人工智能在噪声污染源识别定位应用的相关研究，可提升城市生态治理的整体水平，也在智慧城市建设方面意义重大。

1 人工智能在噪声污染识别中的技术基础

1.1 声学信号特征提取

在智能噪声识别系统这个范畴内，AI 对声音实施识别处理，首先要提取声学信号特征，此为整个识别流程中至关紧要的基础阶段。由于原始声音信号一般都有大量冗余和无效信息，若直接进行模型训练，往往难以取得好的效果，从而要凭借信号处理技术把它变成更具代表性的特征模样。目前所常用的声学特征有梅尔频率倒谱系数（MFCC）、谱质心、零交叉率、短时能量、频谱滚降率等，MFCC 作为十分常见的特征一项，可模仿人耳对声音频率的感知特性，抓取语音或环境音中的核心要点。谱质心用以表明频谱能量的集中程度，能协助区分不同频率特性的噪声类型；可依据零交叉率判断信号是有调声音还是噪声信号；短时能量反映出声音强度在时间维度上的变化规律。将这些特征组合，可构建声谱图或向量化特征矩阵，作为深度学习模型的输入样本，提高模型对声音时频结构的察觉能力[1]。

1.2 模式识别与分类模型

对声音信号特征提取操作完成后，智能噪声识别系统借助模式识别技术对不同类型噪声加以分类与判别。深度神经网络（DNN）在声源识别方面呈现出强大学习能力，尤其在复杂和混合的环境中，能大幅改善识别的准确水平。常见的模型结构有卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）以及长短时记忆网络（LSTM）等类型。CNN 有自动从二维声谱图提取局部空间特征的专长，适合识别频率分布清晰、结构稳定的各类噪声，如交通的噪声、工

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

业设备运转的声音。RNN 和其衍生的 LSTM 适合处理带有时间依赖性的序列数据，可有效捕捉声音随时间递变的动态特质，增强模型对连续性噪声的辨别能力，如人声的对谈、持续性的机械嘈杂声等。借助有监督的方式对模型展开训练，让其领悟不同噪声特征间的映射规律，由此达成对交通、工业、建筑施工、人声等典型噪声的精确识别与分类。

2 人工智能驱动的噪声污染源定位技术

2.1 多传感器协同定位技术

声源定位技术借助布置多个声学传感器阵列，从各个点位采集声音资料，可精准达成对声源位置的推断。在一定的空间区域内会分布多个传感器，这些传感器会一同记录下从声源发出的声音信号，已知不同介质中声波的传播速度是既定的，借助测量声源至各传感器的传播时间差，便可依据测量差异推算出声源相对位置。该方法在二维与三维空间定位方面均呈现出较好的适用性，为增强定位的精准度，时常借助人工智能算法对定位过程进行优化。贝叶斯推断方法可凭借先验知识以及采集到的信号数据做概率推断，进而得出声源最具可能性的位置。粒子滤波算法借助对多个候选位置的迭代计算来运作，持续对预测结果做调整优化，可处理动态环境下的定位事宜。以深度学习技术为手段，神经网络融合模型可，对多种特征以及复杂的非线性关系开展建模，进一步提升声源定位的精准度与鲁棒性[2]。

声源定位可联合声波的强度衰减模型做辅助推断。在传播过程中，声波会随着距离的增长而慢慢衰减，该特性可为定位奉上额外的信息。当声波传播中强度跟距离呈现一定的衰减联系，对不同传感器接收到的声波强度数据加以分析，还能进一步推断出声源的位置。在复杂环境或遭遇噪声干扰过程中，该方法可增强定位的可靠性。依靠这种多重手段相融合的模式，各类应用场景下，声源定位系统可精准给出定位支持，大量应用在安全监控、智能音响、环境监测等领域。

2.2 图像与音频融合的定位方法

基于音频与视频协同分析构建的复合型定位技术，渐成噪声源定位领域的一个创新走向。此项技术借助融合音频信号与视频画面的长处，可切实增强噪声源定位的精确性与可阐释性。系统凭借 AI 技术对视频监控画面做实时的分析，自动辨识画面中的潜在声源体，如车辆、各类机械器具或其他发出噪音的东西。待识别出这些声源主体之后，会对视频数据和声音数据实施同步处理与匹配，进而保证定位结果的精准度更高。与传统单纯凭借声学传感器的定位方法不同，视频数据呈现出丰富的视觉信息。凭借视频画面，系统更准确地对声源的类型、位置以及运动轨迹作出判断，辨认出一辆正在行进的车辆或一台运转中的机械设备，可以明显减少错误判定，尤其是在环境状况复杂、噪声源头多样的情境中，音频与视频相互协作，极大提升了定位的精准水平。

音频数据在空间与时间层面存在着差异性，尤其是处于大范围的环境中，地形、障碍物以及其他方面的因素影响声源传播。借由视频数据的辅助之力，系统不仅能精准判别声源的存在，还能明确其具体所在位置及活动状态。通过视频分析可定位到声源具体方位，以此进一步增强传统的声波传播时间差（TDOA）或强度衰减模型于复杂环境中的适用性。该技术体现出较高的可解释性，有别于传统方法仅依靠声学数据实施黑箱处理情形。凭借视频画面的配合，用户能直观地看到声源所属类型与活动，提升了系统对噪声源定位结果的认知与信赖。依靠音频与视频协同分析的定位技艺，正广泛地应用在城市噪声监测、公共安全、环境保护等多个方面，存在极大的成长发展潜力[3]。

2.3 基于无人机与 AI 的移动监测系统

将搭载麦克风阵列的无人机与边缘 AI 芯片相结合，能实现大范围区域内噪声的实时侦测与定位，尤其是处于开放区域之际，展现出明显的优越性。依靠在无人机上配备多个麦克风传感器阵列，在飞行进程中，系统可全面搜集空中不同位置的声波数据。这些传感器阵列能高效采集来自地面或空中的各类噪声信号，涵盖交通所产生的噪声、工业制造的噪声及自然环境声音。凭借无人机的灵活性，这种噪声侦测系统能迅速实现大面积区域覆盖，尤其是在常规地面传感器难以布置、无法到达之地，如偏远之地、城市高空中或复杂地形区域。

在无人机飞行期间，麦克风阵列采集到的声音数据被边缘 AI 芯片实时处理，解析噪声的变化轨迹。AI 模型可凭借声音强度、频率、时间序列等相关特征，即刻识别且锁定高强度的噪声源。这种依托实时分析的本领，促使系统在飞行路径上及时作出响应，且迅速对飞行轨迹作出调整，以实现更精准地捕捉目标噪声源位置。当无人机在飞行过程中经过一个噪声较大的片区时，AI 芯片可迅速捕捉到噪声的异常变化现象，进而标记出噪声的源头，甚至凭借声音的传播特点估算出噪声源的准确方位。该技术对大面积开放区域的噪声监测格外适用，如高速公路、机场周边地域、建筑工地等情形，传统地面监测办法往往在固定点位的布设上受限，采用无人机搭载麦克风阵列能实现灵活飞行，迅速完成对噪声的整体监测。此技术的应用可进一步提高噪声源溯源精度，还能助力相关部门及时采取有效办法，缓和噪声污染对环境和居民的影响程度[4]。

3 典型应用案例与技术成效分析

3.1 智慧城市中的噪声源分类系统

在城市化高速发展的进程中，噪声污染问题变得愈发棘手，尤其是交通、建筑施工以及夜间活动所形成的噪声，市民的日常活动被这些噪声干扰了正常节奏，还为环境和公共安全埋下了潜在隐患。为克服这一难题，搭建一套声

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

学监测网络，且与人工智能数据处理系统相融合，早已成为十分有效的处理策略。采用在关键区域安装多个高灵敏度的声学传感器，系统可实时采集噪声数据，会利用先进的 AI 算法对这些数据进行分析处理，以便迅速甄别出噪声的根源。对其做分类处理，系统不但能精准判定噪声的源头，还会采用声音传播模型以及实时位置资料，给予精准的噪声定位资讯，为环境执法部门呈上了有力的技术援助。

采用中国深圳市的某城区作为案例，此区域已成功把声学传感器网络部署好，用以监测交通、建筑施工及夜间活动所产生的噪声。凭借与 AI 系统实时数据分析相联合，此系统可自动判别噪声的类别，并向执法部门精准提供噪声的位置详情。若系统检测到噪声水平超出规定标准范围，它会马上鸣响警报，执法人员可迅速做出回应，马上采取对应办法，从而显著增进了噪声污染治理成效，而且极大缩短了处理噪声投诉花费的时间。这种技术的合理运用，极大提升了噪声源溯源与管理效能，为城市噪声污染的把控提供新解决途径[5]。

3.2 工业园区环境监测平台

伴随工业化进程的不断加快，工业园区当中噪声污染问题渐露端倪，尤其是在高噪声行业聚集的地带。为切实有效管控这些噪声污染，借助人工智能（AI）与物联网（IoT）技术进行结合，搭建全天候噪声监测系统不失为一个可行方法。该系统在园区内布置多个噪声传感器，将实时采集的噪声数据转送至物联网平台，采用 AI 算法开展数据的处理分析，实现噪声源的自动辨识与告警。系统还可对历史数据进行存储与分析，给予噪声污染溯源分析支持，为精准治理给出科学依据。

以一处高噪声行业聚集起来的工业园区为例，园区凭借物联网平台设立了多个噪声监测点，各工作区域噪声数据被这些传感器全天候搜集，实时中 AI 系统对数据做分析，同时凭借声音的强度、频率、持续时间等特征自动识别出噪声源头。若检测到超标噪声出现，系统自动实施报警操作，随后把详细的位置信息传达给管理人员。历史数据协助园区管理者搞清楚噪声污染的时间、频次及其来源，赋予精准的溯源功效，实现噪声源的及时处理与合理管控。此智能监控系统极大提高了园区噪声管理的成效，且实现了污染治理的精准化[6]。

3.3 校园与医疗区噪声敏感区域管理

在噪声污染管理相关事务中，采用低功耗麦克风传感器和人工智能（AI）算法相结合的方式，可达成对突发噪声事件的迅速反应。该系统采用布置在关键区域的传感器，立刻采集周边的噪声数据。运用 AI 算法分析这些采集的数据，厘定噪声的种类、强度及来龙去脉，AI 系统可迅速判断是否存在异常噪声事件，进而依照噪声的特征分类，借此实现精准的噪声治理与干预。

在某教学楼及医院所在区域周边的施工场地，采用安置低功耗麦克风传感器，系统能实时对周围噪声水平开展监控。若施工现场产生的噪声超过标准值，AI 算法迅速识别后便发出警报提示，相关管理部门可迅速采取管控办法，如通知施工单位调整施工操作时间或采用降噪方案，交通噪声监测得以有效整合实施。AI 系统有识别交通噪声并记录的能力，为长时间噪声治理给予数据层面的支撑。凭借这套智能化监控系统，切实保障了教学楼、医院等区域的宁静氛围，减少了噪声对市民和工作人员造成的干扰[7]。

4 结语

综上所述，人工智能技术为噪声污染源的精准识别与高效定位提供了前所未有的解决方案，成为智慧环保和智慧城市建设中的重要技术支撑。通过运用深度学习算法、传感器数据融合与智能决策机制，可以对城市噪声污染源进行实时监控与动态管理。尽管当前在数据质量、算法模型泛化能力以及系统集成等方面仍面临挑战，但随着 AI 技术的不断进步，特别是在传感器技术和数据处理能力上的提升，噪声污染的智能治理将逐步完善，并在未来为构建更绿色、更宜居、更智能的城市环境提供强有力的保障。

[参考文献]

[1]周慧晶,郭振江.城市环境噪声污染的危害及监测工作常用技术[J].中国轮胎资源综合利用,2025,8(2):162-164.
[2]张洋.人工智能在环境监测中的应用策略探讨[J].中国轮胎资源综合利用,2024,10(11):75-77.
[3]户文成,刘磊,康钟绪,等.城市轨道交通噪声污染防治进展[J].科技导报,2024,42(20):70-84.
[4]刘磊,户文成,赵杉杉,等.噪声地图技术在噪声污染防治监管中的发展和应用[J].科技导报,2024,42(20):110-116.
[5]曾佳,李清澄,杨焕焕.城市噪声污染及监测方法研究[J].黑龙江环境通报,2024,37(4):52-54.
[6]李增强,和虎.油田勘探噪声污染源分析及监测治理方法研究[J].中国设备工程,2022,10(9):50-53.
[7]胡云云.输变电噪声污染源分析与防治研究[J].环境与发展,2020,32(7):46-47.

作者简介：阿布力克木·阿布力米提（1973.12—），毕业院校：新疆大学，所学专业：环境化学，当前就职单位：伊犁州生态环境局伊宁市分局伊宁市环境监测站，职务：副站长，职称级别：副高六级；王安银（1986.8—），毕业院校：塔里木大学，所学专业：生物化学与分子生物学，当前就职单位：伊宁市环境监测站，职务：监测站副站长，职称级别：副高级工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

物联网技术在智慧建筑消防工程中的应用研究

刘文青 鲁 特
国家管网集团北海液化天然气有限责任公司，广西 北海 536000

[摘要]消防安全是城市极为重要的一条生命线，它同居民的生活质量以及财产安全有着直接的关联。物联网技术在智慧建筑消防领域得到广泛运用之后，针对消防设备、水源还有高层建筑等关键设施展开实时监控便有了实现的可能性。凭借大数据分析以及云计算等一系列先进技术，消防安全管理的智能化程度获得了颇为显著的提高，也促使消防安全管理进入到一个全新的发展时期。

[关键词]物联网技术；智慧建筑消防；消防工程；技术应用
DOI：10.33142/sca.v8i6.16835 中图分类号：TU892 文献标识码：A

Research on the Application of Internet of Things Technology in Smart Building Fire Protection Engineering

LIU Wenqing, LU Te
PipeChina Group Beihai Liquefied Natural Gas Co., Ltd., Beihai, Guangxi, 536000, China

Abstract: Fire safety is an extremely important lifeline for cities, which is directly related to the quality of life and property safety of residents. After the widespread application of Internet of Things technology in the field of smart building fire protection, it is possible to achieve real-time monitoring of key facilities such as fire equipment, water sources, and high-rise buildings. With a series of advanced technologies such as big data analysis and cloud computing, the intelligence level of fire safety management has been significantly improved, which has also led to a new development period for fire safety management.

Keywords: Internet of Things technology; smart building fire protection; fire engineering; technical application

引言

随着城市化进程不断加快，建筑规模也在持续扩大，在这样的背景下，智慧建筑已然成为未来城市发展不可或缺的重要部分，其对消防安全所提出的要求也变得越来越高，而且更为复杂。传统的消防系统主要依靠单一设备以及人工监测来开展工作，然而这种方式往往存在着诸多问题，比如监测范围受到限制、响应时间常常出现滞后情况，还有信息孤岛这类问题，这些都使得它很难契合现代建筑在安全、效率以及智能化等方面所提出的种种需求。物联网技术有着高度集成的传感器网络，还有先进的无线通信协议以及强大的云计算平台，另外它的智能数据分析能力也很出色，正是凭借这些优势，它给智慧建筑消防工程开拓出了全新的技术途径。借助物联网技术，能够达成消防设备、环境传感器以及应急系统的无缝连接，如此一来，它不但可以实现对火灾的早期且精准地探测，还可以做到对火灾进行实时且动态的监控，不仅如此，它还能够凭借大数据以及人工智能算法针对火灾风险展开深度剖析与预测，进而大幅提升消防系统的主动防御能力以及应急响应能力。与此物联网的应用还让消防系统的可扩展性以及灵活性得到了极大的增强，能够很好地支持在多场景、多层级下开展协同管理工作。本文会全面且细致地探讨物联网技术在智慧建筑消防工程里的关键技术应用状况以及未来的发展趋势，其目的在于促使消防安全管理朝着智能化、信息化的方向不断发展，以此提高建筑的安全保障程度，推动城市安全体系走向现代化建设之路。

1 大数据技术在智慧消防中的作用

大数据技术在智慧消防领域所发挥的作用日渐显著，已然成为提升消防安全管理水准的关键助力。智慧消防系统借助物联网设备持续实时地采集诸多传感器方面的数据，其中涵盖了温度、烟雾浓度、人员位置以及环境状况等诸多不同维度的信息，这些数据不但数量极为可观，而且处于实时变动的状态之中，传统那种数据处理的方式很难去满足实际的需求。大数据技术凭借着自身具备的强大数据存储、处理以及分析方面的能力，可以针对海量且存在异构情况的数据展开快速地整合操作，并且能够深入地进行挖掘工作，进而达成对火灾发生情况做出精准预测以及及时发出预警的目的。借助数据清洗、融合还有机器学习等一系列的技术手段，大数据一方面能够识别出潜在存在的火灾风险，另一方面还能够剖析火灾发展呈现出的趋势以及所遵循的规律，以此来协助消防部门更为科学地去制定防控方面的策略以及应急响应的相关方案。除此之外，大数据平台还能够支持针对历史火灾事件的数据进行回溯以及分析的操作，这为智慧消防系统的优化改进给予了相应的依据[1]。智能决策支持系统依据大数据分析所得到的结果，实现了自动化开展风险评估以及智能进行调度的功能，由此提升了消防资源在配置方面的效率以及响应的速度。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2 系统设计

2.1 系统感知层硬件设计

系统感知层属于整个系统的基础部分，其主要职责在于针对环境以及对象展开实时的感知操作，并且完成相应的数据采集工作，所以该层的硬件设计显得格外重要。这一层一般是由各类传感器、摄像头、射频识别也就是 RFID 设备、定位模块还有数据采集终端等等组合而成的，能够达成对温度、湿度、压力、运动状态等多种物理量较为精准的监测效果。在开展硬件设计工作的过程当中，得充分考量传感器所具有的灵敏度、响应速度、功耗以及对环境的适应性等情况，以此来保证它即便是在那种复杂且多变的应用场景之下，依旧能够稳定并且高效地运行起来。与此感知层的硬件还应当拥有不错的数据传输能力，要能够支持多种不同的通信协议，从而可以将所采集到的数据及时地传送给上层系统，进而由上层系统来对这些数据展开处理以及分析方面的相关工作。

2.2 火灾报警控制器硬件设计

火灾报警控制器主要由主控模块、显示模块和存储模块组成。主控模块通过 RS-485 通信接口采集数据，并利用以太网模块实现与云服务器的信息交互；同时，控制器还可通过 GPRS、Wi-Fi 和蓝牙模块等多种通信方式进行数据传输，以适应不同应用环境下的信息传递需求。显示模块通常采用支持触摸功能的 LCD 液晶屏，用于实时显示系统状态和报警信息。语音模块在接收到报警信号时，能够自动播放疏散指令和火灾警示音，提升现场应急响应效果。存储模块负责保存实时数据和历史记录，确保存储的安全性和可靠性达到 99.99%以上，保障消防信息的完整和可追溯性。

2.3 数据传输与处理平台设计

数据传输与处理平台是系统当中的核心枢纽所在，其主要负责感知层所采集数据的高效传输以及实时处理相关任务。在该平台的设计方面，务必要确保数据传输能够保持稳定且安全的状态，要采用像以太网、无线传输、5G 这类高速且低延迟的通信技术以及相应的协议，以此来保障数据能够在各个模块之间实现快速地流转。与此此平台还整合了颇为强大的数据处理能力，借助将边缘计算与云计算相互结合起来的方式，达成对大量数据展开实时分析、存储以及智能挖掘的目的，进而切实有效地提升系统的响应速度以及处理效率。在设计的过程当中，需要着重关注系统的扩展性以及兼容性这两个方面，要能够支持多种不同的数据格式，并且能够对多源异构数据加以融合处理，从而满足不同应用场景所提出的各种需求[2]。除此之外，平台还应当具备较为完善的数据安全机制，这里面涵盖了加密传输、权限管理以及异常检测等诸多内容，以此来确保数据的完整性以及隐私安全，进而为整个系统的智能决策给予稳固可靠的数据方面的有力支撑。

3 智慧建筑消防系统中的物联网技术应用

3.1 传感器技术及数据采集

在智慧建筑消防系统里，传感器技术属于物联网应用的关键部分，负责实时感知环境信息并采集数据，是达成智能预警以及精准防控的根基。此系统大量运用多种类且高灵敏度的传感器，像烟雾传感器、温度传感器、火焰传感器、可燃气体传感器还有多参数环境监测传感器等等，可以全方位感知火灾初期的迹象。把不同传感器所收集的数据综合起来，能对火灾发生的环境做到完整感知，这不但提升了探测的精确度，而且能大幅降低误报的情况出现。传感器在数据采集时着重于实时性与连续性，会采用低功耗的设计方案以及先进的无线通信技术，比如 ZigBee、LoRa 以及 NB-IoT，以此来保证设备能在建筑复杂构造里面实现远距离且稳定的传输。与此针对建筑环境当中的电磁干扰、温度变化还有湿度波动等诸多因素，传感器在设计上会侧重于抗干扰能力以及环境适应性，从而确保能够长期稳定地运行下去。所采集到的异构数据会借助边缘计算平台展开初步的处理以及融合分析工作，再结合智能算法来实现对异常事件的快速识别与定位，给后续的消防响应给予科学方面的依据。物联网平台会对传感器数据实施云端存储以及大数据分析操作，运用人工智能技术开展趋势预测与风险评估事宜，提高系统的智能化程度。

3.2 无线通信技术在消防中的应用

在智慧建筑消防系统当中，无线通信技术身为物联网极为关键的支撑力量，发挥着相当重要的作用，可充分保障消防信息得以实时地进行传输，并且促使系统达成高效的联动状态。无线通信技术涵盖了诸如 ZigBee、Wi-Fi、LoRa、NB-IoT 以及 5G 等多种不同的技术手段，依照各类不同建筑结构以及多样化的应用需求，能够实现对消防传感器节点、报警设备还有控制终端展开灵活的连接操作，同时完成数据的交换工作。其最为突出的核心优势就在于能够摆脱传统有线布线所存在的种种限制，从而有效降低安装方面的成本，进而进一步提升系统的扩展性以及维护时的便捷程度，特别适合那种建筑结构较为复杂且布线存在诸多困难的场景。在数据传输的过程之中，借助多跳路由、自组网以及智能调度等一系列机制，可以切实保障数据具备较高的可靠性并且实现低延迟的传输效果，以此来确保火灾报警信息能够及时准确地传达到监控中心以及应急响应系统那边去。除此之外，现代无线通信技术再结合加密算法以及身份认证等相关机制，能够进一步强化对数据的安全防护力度，防范信息出现篡改情况以及防止非法入侵行为的发生，最终提升整个系统的整体安全性[3]。在出现应急状况的时候，凭借 5G 所具备的超低延迟以及大带宽等特性，无线通信技术还能够支持像高清视频监控、无人机巡检以及远程指挥等多种不同形式的智能化应用，进而实现对火灾现场做到全面的感知以及精准的调度操作。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

3.3 设备互联与实时监测系统设计

在智慧建筑消防系统当中，设备互联以及实时监测系统的设计属于极为关键的一个环节，其对于实现全面感知、快速响应还有智能管理等方面都有着重要作用。该系统借助物联网技术把诸如烟雾报警器、温度传感器、自动喷淋系统、消防栓监测装置以及紧急广播系统等一系列消防设备有机地串联起来，进而构建起一个协同程度颇高的网络体系，以此达成设备之间信息的共享以及联动控制的目的。在系统设计方面，十分注重针对多种设备以及多种协议所具备的兼容性，能够支持像 Wi-Fi、ZigBee、LoRa、NB-IoT 等诸多不同的通信方式，从而保证各类设备不管处于何种网络环境之下都能够稳定且可靠地实现相互之间的互联互通。实时监测依靠分布式传感器网络持续不断地去采集环境参数以及设备状态，凭借边缘计算来对海量的数据展开初步的分析与筛选工作，以此减轻中心处理方面的压力，进而实现对异常事件的快速识别以及预警功能。与此系统还结合云平台以及大数据技术，达成对历史数据进行深度挖掘以及趋势分析的效果，以此辅助开展决策支持以及风险评估相关事宜。在整个设计过程里，充分考虑到系统所涉及的安全性以及冗余备份机制，通过实施数据加密、权限管理以及故障自动切换等举措，保障系统在发生突发事件的时候依旧能够稳定地运行，并且确保数据的完整性得以维持。

3.4 消防数据的云端存储与管理

在智慧建筑消防系统当中，消防数据的云端存储以及管理构成了实现数据集中化、智能化分析还有高效决策的关键基础。借助物联网技术，把建筑内部各类传感器以及设备所采集到的海量且实时的数据上传至云端平台，以此达成数据的统一存储以及集中管理这一目的，这不但妥善解决了传统分散式存储所引发的数据孤岛方面的问题，而且提高了数据的可访问性以及共享的效率。云端平台依靠自身强大的计算资源以及弹性的存储能力，可支撑起多源异构数据的融合处理工作以及大规模存储需求，从而确保数据的完整性以及安全性。运用先进的数据库技术以及分布式存储架构，构建起高并发、高可用的数据访问以及备份机制，保证消防关键数据在任何情形下都能够迅速恢复。与之云端管理系统联合人工智能以及大数据分析工具，针对存储的数据展开实时监控、异常检测以及趋势预测等相关操作，助力智慧建筑消防系统达成早期预警以及科学决策的目标。对于数据安全方面存在的问题，云平台运用多层加密技术、访问权限控制以及身份认证机制等手段，保障数据在传输以及存储整个过程当中的机密性以及完整性，有效地防范了潜在的网络攻击以及信息泄露的风险。

4 大数据存储与智能分析

大数据存储以及智能分析属于现代信息技术里极为重要的部分，其担负着对海量、多种多样并且还在高速增长的数据展开高效管理以及深度挖掘工作的重任，它在推动智慧化应用以及智能决策方面充当着核心的驱动引擎。大数据存储会采用分布式架构还有弹性云计算资源，以此来冲破传统存储所存在的瓶颈，达成对结构化、半结构化以及非结构化数据加以统一管理的目的，并且还能实现多层次的存储优化，从而保证数据具备高可用性、强一致性以及安全性[4]。在此期间，智能分析技术把机器学习、深度学习、自然语言处理以及图计算等诸多前沿算法融合到了一起，能够针对海量数据开展复杂的模式识别、关联规则挖掘以及预测建模等工作，还能够支持实时流数据分析与离线批处理同时并行执行，进而提升系统对于异常事件的敏捷响应能力以及预判的精度。通过构建端 - 边 - 云协同计算框架，使得数据的采集、预处理以及分析可以实现分布式协作，如此一来，既能降低中心计算的压力，又能缩短数据处理的时延，进而满足多场景、多维度的智能应用的需求。为了保障数据隐私与安全，系统在设计的时候会综合运用多重加密技术、差分隐私机制以及权限管理策略，以此来防范数据泄露以及恶意攻击，确保数据资产是可信且可信赖的。

5 结语

物联网技术于智慧建筑消防工程方面的运用，着实大幅度地提高了消防系统实时监测的能力，同时也让其智能响应的水准得到了提升，而且还促使传统消防管理模式朝着数字化以及智能化的方向去转变。凭借传感器网络所具备的精准感知功能、无线通信高效的传输特性以及云端大数据展开的深度分析，达成了对火灾风险的早期预警目的，也实现了科学决策，进而有效地确保了建筑的安全性以及人员生命财产的安全。在未来，伴随人工智能、5G 通信等相关技术持续不断地融合与发展，物联网在智慧消防领域当中的应用将会变得更为广泛且更为深入，从而为构建起更加安全且智慧的城市环境给予稳固的技术支撑与保障。

[参考文献]

[1]杨玺,禹晨.物联网技术在智慧建筑消防工程中的应用分析[J].智慧中国,2025(4):104-105.
[2]王晓东.物联网技术在智慧建筑消防工程中的应用研究[J].消防界(电子版),2024,10(11):66-68.
[3]李昊轩.物联网技术在智慧建筑消防工程中的应用探究[J].中国自动识别技术,2024(5):47-50.
[4]李玥.物联网技术在智慧建筑消防工程中的应用[J].今日消防,2025,10(2):40-42.

作者简介：刘文青（1990.5—），单位名称：国家管网集团北海液化天然气有限责任公司，毕业学校和专业：西安石油大学 自动化。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑消防设备运行数据的智能分析与故障预警机制研究

程 刚
胜利油田应急救援中心（消防支队），山东 东营 257000

[摘要]随着城市化速度不断加快，建筑消防设备在运行时的安全性已然成为保障城市安全的关键环节。就建筑消防设备运行数据展开智能分析以及构建故障预警机制这两方面来讲，全面且细致地分析了设备运行数据所具有的特点，还设计出了依托物联网以及大数据技术而形成的智慧消防系统架构，还提出了运用深度学习和机器学习算法来开展智能分析的具体方法，同时构建起了具备多维度特性的故障预警模型以及相应的响应机制。借助数据清洗、特征提取还有异常检测等一系列技术手段，切实提升了对设备运行状态予以精准识别的能力。再结合动态阈值以及分级预警的相关策略，成功达成了对故障进行早期预警以及应急响应的目标，这对于推动传统消防设备管理朝着智能化的方向去转型有着重要作用，可有效提升建筑消防系统的整体安全保障程度，进而为智慧城市的建设给予技术层面的有力支撑。

[关键词]消防设备；运行数据；智能分析；故障预警
DOI：10.33142/sca.v8i6.16834 中图分类号：TU976.5 文献标识码：A

Research on Intelligent Analysis and Fault Warning Mechanism of Operating Data of Building Fire Protection Equipment

CHENG Gang
Shengli Oilfield Emergency Rescue Center (Fire Brigade), Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract: With the continuous acceleration of urbanization, the safety of building fire-fighting equipment during operation has become a key link in ensuring urban safety. In terms of intelligent analysis of operational data of building fire protection equipment and the construction of fault warning mechanisms, a comprehensive and detailed analysis of the characteristics of equipment operational data was conducted. A smart fire protection system architecture based on the Internet of Things and big data technology was also designed, and specific methods for intelligent analysis using deep learning and machine learning algorithms were proposed. At the same time, a multi-dimensional fault warning model and corresponding response mechanism were constructed. By utilizing a series of technical methods such as data cleaning, feature extraction, and anomaly detection, the ability to accurately identify the operating status of equipment has been effectively improved. By combining dynamic threshold and graded warning strategies, the goal of early warning and emergency response for faults has been successfully achieved. This plays an important role in promoting the transformation of traditional fire equipment management towards intelligence, effectively improving the overall safety guarantee of building fire protection systems, and providing strong technical support for the construction of smart cities.

Keywords: fire fighting equipment; operational data; intelligent analysis; fault warning

引言

建筑消防设备是火灾防控的基础，其稳定运行关系到人员生命财产安全，传统依靠人工巡检和定期维护，存在信息滞后、响应慢等问题，难以满足现代消防管理需求，随着物联网、大数据、人工智能技术发展，基于实时数据的智能分析和故障预警成为提高消防安全管理效率的关键，围绕智慧消防系统，结合消防设备数据特性，运用深度学习和机器学习方法，研究数据清洗、特征提取、异常检测和状态预测，构建一个能感知、分析、预警和响应的智能消防保障平台，有理论价值也有实际应用意义。

1 建筑消防设备与运行数据特性分析

建筑消防设备包含像火灾报警系统、自动喷水灭火系统、消防水泵以及排烟系统等诸多类型的设备。这些设备在运行过程中所产生的数据呈现出多样性、实时性以及复杂性的特点。设备运行数据具体来讲包含了温度、压力、电流、电压以及故障报警信号等等内容，而且数据来源十分广泛，格式也各不相同。鉴于设备所处的运行环境较为复杂，所以数据当中存在着噪声、缺失的情况以及异常值，数据的时序特性是比较突出的，并且设备之间还存在着一定程度的关联性和依赖性。针对消防设备运行数据展开分析的时候，得充分去考量其多源异构、动态变化以及受到环境影响等诸多特点，精准地捕捉到设备的实际运行状态以及潜在存在的故障风险。与此消防设备运行数据有着较强的时效性，实时性分析以及快速响应已然成为了保障消防安全极为关键的因素。只有对设备运行数据的特性有了深入的理解，才能够为后续的数据处理工作、智能分析以及预警模型的构建筑牢坚实的基础，达成对设备状态的科学判断以及风险预测的目的。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2 智慧消防系统架构设计

2.1 智慧消防系统设计原则与目标

智慧消防系统的设计应当遵循系统化、智能化、实时性以及安全性等原则。该系统得有高度集成的感知能力，能全面采集各类消防设备的运行状态数据，达成对设备状态的实时监控与管理。并且，在系统设计时要着重于数据处理的智能化，运用先进的算法来实现数据的深度分析以及故障预测，以此提高预警的准确率以及响应的速度。从架构设计方面来讲，需要确保系统的稳定性和安全性，避免出现数据泄露以及系统遭受攻击等情况。最终的目标是要构建起一个高效、可靠且可扩展的智慧消防管理平台，实现对消防设备运行全生命周期的智能管理，推动消防安全防控水平获得较为明显的提升，进而为建筑安全给予稳固的保障。

2.2 系统总体架构（感知层、网络层、平台层、应用层）

智慧消防系统的总体架构涵盖了感知层、网络层、平台层以及应用层这四个不同的层次。感知层主要承担着采集各类消防设备运行数据的任务，其中所涉及的设备包含了温湿度传感器、烟感装置以及压力传感器等多种类型的传感器设备。网络层肩负着数据传输的重要职责，其会采用高速且稳定的无线或者有线网络技术，以此来保证数据可以及时地进行传递，并且确保通信具备较高的可靠性。平台层在系统当中属于核心部分，它负责对数据展开存储、处理以及智能分析等一系列操作，借助大数据技术以及云计算资源，能够实现对海量数据的高效管理以及智能挖掘的目的。应用层是面向用户的，它可提供数据可视化展示、报警信息推送以及设备运维管理等多种功能，进而达成智能化的消防管理服务效果。凭借这样层层递进的架构设计，该系统能够实现从数据采集一直到智能决策的完整闭环，从而有效提升整体消防管理的效能。

3 消防设备运行数据的智能分析方法

3.1 数据清洗与特征提取技术

建筑消防设备在运行过程中所产生的数据，往往会存在着诸多问题，像是数据出现缺失的情况、存在异常值以及有噪声等等，这些问题的存在，会直接对分析模型的准确性以及鲁棒性产生影响。所以，数据清洗便成为了智能分析工作开展的第一步，在这个环节当中，需要运用多种多样的技术来对数据展开预处理操作，具体而言，要涉及到缺失值的填补、针对异常值进行检测并将其剔除掉以及对噪声进行过滤等工作。通过数据清洗这一系列的操作，一方面能够提升数据的质量，另一方面也能够确保后续所开展的各项分析工作的有效性。特征提取这项工作是通过对原始数据实施相应的转换与处理，从而从中提炼出能够体现出设备运行状态的那些关键特征参数。在这个过程当中，会把时序特征、统计特征以及频域特征的提取相互结合起来，以此来深入地去挖掘数据当中所蕴含的内在规律。合理的特征设计在整个智能分析效果的提升方面起着极为关键的作用，它能够为异常检测以及状态识别算法给予更具代表性的输入信息，如此一来，便能够让故障预警的准确性以及及时性都得以提升。

3.2 异常检测与状态识别算法研究

消防设备的异常检测以及状态识别构成了实现故障预警的根基所在。就设备在运行进程中有可能出现的异常状态而言，本文引入了多种多样的机器学习算法，并且把统计分析同模型训练相互结合起来，进而达成对异常行为予以精准识别的目标。借助历史运行数据所开展的建模工作，算法可以自动去发掘数据当中存在的异常模式，进而识别出潜在的故障征兆。与此设备状态识别算法凭借对传感器数据展开的实时分析操作，可对设备的运行健康状态做出判断，实现对多种不同状态的分类以及分级处理。这种方法一方面提升了故障检测所具备的敏感性，另一方面还使得误报率得以降低，从而为预警系统给予了可靠的数据方面的有力支撑。结合对实时数据流所进行的分析情况来讲，异常检测以及状态识别技术能够为设备维护事宜提供科学层面的依据，以此来确保消防设备能够安全且稳定地持续运行下去。

3.3 基于深度学习的运行状态预测模型

深度学习技术具有自动逐层学习数据深度特征，摆脱了传统学习技术对特征提取过程的依赖，能够更清晰地表达对象的深度特征。从本质来看，深度学习技术属于机器学习领域，在数据处理、数据挖掘和语言处理等各个领域中存在较为广泛的应用。深度学习技术包括多个典型模型，根据建筑消防电气设备故障智能预警需求，以模糊神经网络算法作为研究的应用算法，其是模糊理论同神经网络相结合的产物，它汇集了神经网络与模糊理论的优点，希望有助于缩短电气设备故障智能预警时间。模糊神经网络对于消防设备运行数据里所存在的噪声以及不确定性方面的问题，是能够予以有效处理的，如此一来便可以让模型的鲁棒性以及泛化能力得以提升。经过持续不断地开展训练以及实施优化操作，该模型可适应不同种类的设备以及处于复杂工况之下的故障特征情况，进而达成更为精准且能够实现实时性的运行状态预测效果，从而给智慧消防系统给予可靠的数据支撑以及预警方面的依据。

4 故障预警机制与响应体系设计

4.1 消防设备故障类型分类与预警需求分析

建筑消防设备存在多种故障类型，像传感器故障、控制系统出现异常、电源故障还有机械部件损坏等等。不同故障类型对应着不一样的安全风险以及处理需求，所以科学地对故障加以分类，能够助力构建具有针对性的预警策略。在分析预警需求的时候，要充分考量故障的发生频次、严重程度以及设备的重要程度，同时结合消防安全管理的目标，明确预警所需要的时效性与准确性要求。通过针对

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

故障类型及其特点展开系统分析，去设计契合实际应用需求的预警指标以及响应流程，以此为实现故障的提早发现与精准处置给予理论方面的支持，确保消防设备可以高效且可靠地运行。

4.2 故障预警模型构建与优化（LSTM、RF 等）

故障预警模型乃是依靠对运行数据展开智能分析而形成的重中之重所在。在本文当中，运用了像长短期记忆网络也就是 LSTM，还有随机森林即 RF 这类较为先进的算法来针对消防设备可能出现的故障加以预测。LSTM 自身有着处理时间序列数据方面的优势，它可以很好地去捕捉设备运行数据里所存在的时序依赖关系，进而能够有效地对未来的状态变化做出预测。而随机森林则是凭借集成起多棵决策树这种方式，使得模型的稳定性以及抗噪声的能力都得到了提高，它比较适合用来处理那种多维特征的数据[1]。在模型的训练过程当中，把数据增强以及交叉验证技术相结合起来，以此来对参数配置加以优化，从而进一步提升预测的准确程度。通过将多个模型进行融合并且相互之间作对比的方式，去构建起一个具有较强鲁棒性的故障预警系统，进而达成对复杂故障模式进行精准识别以及预测的目的，以此能有效地将故障响应的时间缩短，提升预警的工作效率。

4.3 多维预警指标体系设计与动态阈值设定

多维预警指标体系会整合设备运行过程中的多种关键参数，以此来构建起一个综合评价模型，进而全面且细致地反映出设备的实际健康状况。这套指标体系包含了温度、压力、电流波动以及报警频率等诸多方面的内容。通过对各个指标之间的权重加以合理分配，便能够实现针对设备运行风险的量化评估操作。动态阈值设定这项技术会结合设备所处的运行环境以及历史数据呈现出的变化趋势，来实时地对预警阈值做出调整，如此一来就能够有效避免因静态阈值而出现的误判以及漏判等问题[2]。动态阈值具备较强的适应能力，它能够适应设备在不同季节、面临不同环境变化以及处于不同维护情况时的情形，从而使得预警的灵敏度以及准确度都得以提升。这种方法切实增强了预警机制的适应性与智能化水平，进而保证了预警信息具备科学性与及时性，为后续的故障响应给予了强有力的支撑。

4.4 预警分级响应机制与应急联动策略

该系统依据多维预警指标以及动态阈值来设计预警分级响应机制，把故障风险划分成不同等级，并且清楚界定各个等级的处理优先级以及响应举措。在低级预警方面，其主要注重监控与提示；而中级预警会触发维护方面的提醒，高级预警则会启动应急处理的相关流程，以此确保风险能够得到及时有效的控制。预警机制同应急联动策略紧密结合起来，达成多部门、多系统之间的信息共享以及协同响应的目标。通过构建完善的联动流程以及责任分配机制，可提高突发故障处理的效率与效果，尽可能地降低消防安全事故发生的概率以及可能造成的损失。分级响应机制使得预警体系具备科学性与实用性，构建起消防安全管理的有力保障网络。

4.5 故障预警结果验证与模型评估

要使故障预警模型具备实用性并发挥有效作用，就必须对其预测结果展开系统的验证以及评估工作。具体而言，可以运用多种方式来达成这一目的，比如借助历史故障案例进行回溯分析，开展现场试验以及实施仿真测试等。通过对模型的各项性能指标加以剖析，包括其准确率、召回率、误报率还有响应时效等方面，从而实现全面且细致的了解。在对模型进行评估的时候，会采用多指标综合评价的方式，以此来保证模型能够在不同的应用场景里都保持稳定的性能，并且具备较强的泛化能力[3]。与此还要充分参考实际应用过程中的反馈情况，持续地去调整模型的相关参数以及算法结构，进而对预警效果予以优化。经过不断地开展验证与评估活动，能够促使模型的可靠性得以提升，使其实战价值也得到增强，进而有力地保障智慧消防系统能够实现长期且稳定的运行状态，为建筑消防设备的安全管理工作给予稳固的技术支撑。

5 结语

围绕建筑消防设备运行数据的智能分析与故障预警机制展开，基于物联网、大数据与人工智能技术，构建了智慧消防系统架构，提出了高效数据处理与智能分析方法，构建了多维动态故障预警模型及分级响应机制，显著提升了设备运行监测精度和预警及时性，有效增强了消防安全保障。未来，随着技术进步与应用推广，智慧消防将在城市安全管理中发挥更大作用，推动消防管理向智能化和科学化转型。

[参考文献]

[1]潘伟伟.基于深度学习的建筑消防电气设备故障智能预警系统研究[J].中国新技术新产品,2023(10):143-145.
[2]王建民.石油化工企业消防设备运行状态异常主动报警研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(22):113-115.
[3]刘珠峰.云服务模式下建筑消防设施故障诊断系统研究[J].今日消防,2020,5(9):10-11.

作者简介：程刚（1981.9—），单位名称：胜利油田应急救援中心（消防支队），毕业学校：中国石油大学（华东）。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

桥梁结构智能监测系统数据异常识别方法研究

李玉赫 徐 萍
中交一公局第六工程有限公司，天津 300000

[摘要]随着桥梁服役周期持续增长，结构健康监测已成为确保其安全稳定运行的关键技术，针对智能监测系统中频发的数据异常难题，系统梳理既有识别技术，融合时间序列特征挖掘与多维度信息整合策略，研发高效精准的异常识别模型，并借助实际监测数据验证方法的可靠性与抗干扰能力，研究成果能够大幅增强桥梁运行状态的感知精度，为工程养护维修和结构性能评估提供坚实的数据保障，在桥梁工程领域具有重要的实用价值与推广潜力

[关键词]桥梁结构；智能监测；数据异常；识别方法；机器学习
DOI：10.33142/sca.v8i6.16824 中图分类号：U446 文献标识码：A

Research on Data Anomaly Identification Method for Bridge Structure Intelligent Monitoring System

LI Yuhe, XU Ping
No. Six Engineering Co., Ltd. of CCCC First Highway Engineering Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract: With the continuous growth of the service life of bridges, structural health monitoring has become a key technology to ensure their safe and stable operation. In response to the frequent problem of data anomalies in intelligent monitoring systems, existing recognition technologies are systematically sorted out, time series feature mining and multi-dimensional information integration strategies are integrated, efficient and accurate anomaly recognition models are developed, and the reliability and anti-interference ability of the methods are verified by actual monitoring data. The research results can greatly enhance the perception accuracy of bridge operation status, provide solid data guarantee for engineering maintenance and structural performance evaluation, and have important practical value and promotion potential in the field of bridge engineering

Keywords: bridge structure; intelligent monitoring; data abnormality; identification method; machine learning

引言

伴随桥梁建设规模持续扩张与服役时长增加，结构安全隐患逐渐显现，智能监测系统成为守护桥梁健康运营的必要手段，面对监测系统产生的海量数据，精准识别异常信息是实现结构早期预警与靶向维护的核心环节，现有异常识别技术在实际应用中暴露出误判风险高、环境适应性弱等问题，难以有效处理复杂工况下多源数据交织带来的识别难题，针对这一技术瓶颈，通过融合时间序列分析建模与多维度特征整合策略，构建高效异常识别模型，旨在提升识别准确率与工程应用价值。

1 桥梁结构智能监测系统概述

1.1 系统构成与工作原理

桥梁结构智能监测系统采用感知层、传输层、数据处理层三层架构协同运作，感知层部署多元传感器阵列，通过应变计、位移传感器、加速度采集器、温度感应装置及裂缝监测仪等设备，对主梁、桥墩、支座、吊索等关键部位的应力应变、振动形态、位移变化及裂缝发展等指标进行实时监测，传感器以有线或无线通信方式完成数据采集，传输层依托光纤网络、无线传输或 GPRS 通信技术，将前端感知数据高效传输至远程服务器或数据中心，数据处理层对接收数据执行预处理、特征提取、状态分析及可视化呈现等操作，为桥梁运维决策提供数据依据，系统通过数据采集、传输、存储、分析及预警的完整流程，实现桥梁结构状态的全维度感知与动态化评估。

1.2 常见监测数据类型

桥梁结构监测涵盖丰富的数据类型，主要分为静态响应与动态响应两类，静态数据包含温度变化、长期沉降、静态应变等指标，用于反映桥梁在持续荷载及环境作用下的渐变特征；动态数据则包括加速度、瞬态应力、频率响应等参量，侧重捕捉交通荷载、风振或地震作用下的瞬时响应，这些数据均呈现时间序列属性，通过连续采集形成时序关联，表现出周期性或波动特征，同时，监测数据具有波动幅度大、变化规律复杂、环境干扰敏感等特性，且不同类型数据间存在内在联系，共同构成高维高频的大数据集合，精准识别其中的异常数据，对评估桥梁运行状态与防范安全风险至关重要。

1.3 异常数据的成因

桥梁监测数据中的异常现象，实质是数据序列偏离正常变化规律的局部波动或整体偏移，其产生原因具有多元性，技术层面，传感器性能失效、通信链路中断、电磁信号干扰、温漂效应及能量损耗等因素，均可能导致数据异常；外部环境方面，极端气象条件（如暴雨、强风）、地

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

质灾害（如地震）或邻近施工扰动等，也会对监测数据造成影响，此外，人为操作失误、设备维护不当及参数设置错误等，同样可能引发数据突变或持续性偏差，这些异常数据具体呈现为数值突变、趋势漂移、周期紊乱、数据缺失、重复记录或出现违背物理规律的数值（如负向应变）等形式，若不及时甄别与处理，异常数据将干扰桥梁结构状态的准确评估，增加安全预警误判、漏判风险，削弱桥梁运维管理的科学性。

2 数据异常类型与评价指标

2.1 数据异常分类

桥梁结构智能监测系统中，数据异常存在多种形态，依据其外在表现与内在成因，可归纳为五类典型模式，突变型异常呈现为数据短时间内的急剧波动，通常由传感器遭受外力冲击或电磁信号干扰引发，例如应变监测值瞬间跃升至异常峰值后快速回落，缓变型异常体现为数据渐进式偏离正常变化趋势，多因传感器老化、性能漂移或安装部件松动所致，周期偏移型异常指原本具有规律性的周期性数据（如昼夜温差影响下的应力变化）出现相位错动、周期时长改变或幅值异常，常与环境条件突变或数据处理延迟相关，缺失型异常表现为特定时段内数据完全缺失，主要由通信链路中断、供电故障或存储系统异常导致，漂移型异常则表现为数据在较长时间内持续偏离基准状态，如受潮的加速度传感器输出信号逐渐升高，形成系统性偏差。

2.2 识别评价指标体系

构建系统化评价指标体系是全面衡量数据异常识别方法效能的关键，准确率用于量化正确识别的异常数据在所有判定为异常数据中的占比；召回率体现系统成功捕捉到的异常数据在全部真实异常数据中的比例；F1 值通过调和准确率与召回率，有效平衡二者关系，尤其适用于样本分布不均衡的场景；AUC 值反映模型在不同判定阈值下的综合分类性能，其数值越趋近于 1 表明模型表现越佳；误报率则衡量正常数据被错误标记为异常的概率，是评估模型可靠性的重要参数，在实际工程应用中，需统筹运用这些评价指标对模型进行迭代优化，防止因单一指标导向产生识别偏差。

2.3 案例样本分析

某高速公路跨江斜拉桥监测数据显示，夏季高温期主梁加速度传感器频繁触发异常警报，2023 年 7 月持续高温（超 40℃）期间，该传感器监测数据呈现显著异常特征：每日正午时段数据波峰逐渐前移，整体曲线呈非线性抬升趋势，初期被误判为桥梁结构受力异常，通过交叉比对温度传感器数据发现，高温致使传感器内部压电元件因热胀效应性能改变，引发漂移型异常并叠加周期偏移，异常根源为设备与环境交互影响，并非桥梁结构自身问题，同期，桥塔部位应变计出现数据中断现象，经排查确认系传输线路接头老化导致的数据缺失型异常，此案例表明，桥梁监测数据异常常以复合形态出现，需结合具体工况特征，综合分析多源数据信息，方能实现精准识别与有效处置。

3 主流异常识别方法对比分析

3.1 基于统计规则的方法

统计规则类技术作为桥梁结构监测早期异常识别的传统手段，以实现便捷、计算高效、部署灵活著称，典型方法涵盖 Z-Score 法、四分位数间距法（IQR）及控制图法（如 Shewhart 图、CUSUM 图），Z-Score 法依据样本与均值的标准差差异判别异常，适用于符合正态分布的数据特征；IQR 法借助中位数与四分位数关系，在非正态分布场景下展现出对极端值的强抗扰能力；控制图法则聚焦连续过程监控，可动态追踪数据波动趋势，但此类方法普遍受制于先验分布假设与单变量分析框架，难以有效处理实际监测中多源异构、高维非平稳的数据特性，同时，其对复杂环境噪声的抵御能力较弱，易引发误判漏判问题，且难以适应桥梁结构动态变化的运行状态。

3.2 基于机器学习的方法

伴随数据挖掘技术革新，机器学习算法已成为数据异常识别的核心手段，监督学习模型如支持向量机（SVM）、随机森林（RF）需借助标注数据集完成模型训练，在异常特征清晰的场景下可实现高精准识别，其中，SVM 在小样本高维数据处理中表现卓越，随机森林则具备强大的特征筛选与泛化能力，非监督学习方法如 K 最近邻（KNN）和孤立森林（Isolation Forest）无需标注数据，尤其适用于异常样本稀缺的实际监测场景，孤立森林通过特征空间随机划分策略识别离群点，在大规模数据环境中展现出显著优势，尽管这些算法在识别精度与场景适应性上超越传统统计方法，但其应用仍存在局限性。

3.3 基于深度学习的先进方法

深度学习技术在异常识别领域的应用日益广泛，特别适用于处理桥梁结构监测中复杂多变的非线性高维数据，长短期记忆网络（LSTM）凭借对时序数据的深度建模能力，能够有效捕捉结构状态变化的长期依赖特征，在异常现象与时间序列紧密关联的场景中表现突出，自编码器（AutoEncoder）通过计算数据重构误差实现异常检测，作为无监督学习模型，可高效提取高维数据的潜在特征，生成对抗网络（GAN）利用生成器与判别器的对抗训练机制，精准刻画正常数据分布模式，从而识别偏离常规的数据异常，这些深度学习方法在应对环境干扰、多变量耦合及传感器性能漂移等复杂问题时展现出独特优势，然而其局限性同样显著，包括对大规模数据的依赖、高昂的训练成本、模型决策过程缺乏透明性，以及较高的工程部署与维护难度，因此，深度学习更适用于数据资源丰富、计算能力强大的大型桥梁监测系统，实际应用中常与其他检测方法结合，构建多层次、多模型协同的异常识别架构。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

4 融合多源信息的改进模型设计

4.1 多维特征融合机制

在实际桥梁监测中，单一数据维度往往难以全面反映结构真实状态，因此构建融合空间、时间与环境信息的多维特征集合显得尤为重要。空间特征涵盖不同布设位置的传感器数据，反映局部结构行为与整体响应的关系；时间特征反映结构运行的变化趋势与周期性规律，如日夜温差、交通荷载变化等；环境特征则包括温度、湿度、风速等外部影响因素。这些特征之间具有复杂的交互关系，融合后可提升模型对异常行为的敏感性与判别能力。通过特征工程提取时域统计量、频域谱特征及波形变化趋势，并结合位置权重与气象信息，实现对结构状态变化的全方位动态感知，为后续建模提供丰富的输入变量。

4.2 模型训练与参数优化

为提升识别模型在多样化数据下的稳定性与精度，需采用系统化的训练与调参策略。首先通过交叉验证（Cross-Validation）防止模型过拟合，确保其在不同数据划分下均能保持良好表现；其次运用网格搜索（Grid Search）对关键超参数（如学习率、层数、正则化系数等）进行自动寻优，从而找到最优组合；此外，在数据有限或结构相似的桥梁之间，可引入迁移学习（Transfer Learning）机制，将已有模型的知识迁移至新场景，加快训练效率并提升预测效果。

4.3 系统集成与可视化设计

为推动模型在实际工程中的有效应用，需构建一体化数据处理平台，该平台整合数据采集、预处理、异常检测、结果可视化及预警功能，形成覆盖桥梁全生命周期的健康监测体系，借助可视化界面实时呈现结构运行状态、传感器数据变化趋势，精准标注异常点位与类型，方便运维人员直观了解桥梁健康状况，平台配备分级预警机制与时间序列回溯功能，可快速锁定异常事件，追溯数据演变趋势，显著提升桥梁运维的智能化程度与应急响应效率。

5 实验验证与工程应用分析

5.1 实验平台与数据来源

为科学评估异常识别模型的实际效能，搭建了融合仿真模拟与实桥监测数据的综合性实验平台，仿真环节依托ANSYS 有限元技术构建典型梁桥结构模型，通过设定多元荷载工况与传感器布置方案，生成涵盖多种异常类型的模拟数据集；实桥数据源自某城市交通要道的钢箱梁桥，该桥于 2019—2024 年间部署应变、加速度、温度等多类型传感器，持续获取高频运行监测数据，此实验平台集成数据采集、异常植入、算法验证及结果呈现等功能模块，可逼真模拟实际运维场景下传感器失效、环境干扰、结构损伤等典型异常状况，在模型验证领域具备显著的代表性与应用价值。

5.2 方法效果对比分析

依托前述数据实验平台，对本文提出的多维特征融合深度识别方法，与 Z-Score、控制图等传统统计手段，以及孤立森林、随机森林等典型机器学习算法展开系统性对比测试，结果显示，在突变型、周期漂移型和缓变型异常数据检测场景中，新模型平均 F1 值达 0.90 以上，较传统方法（F1 值范围 0.70～0.85）具有显著优势，特别是针对高维度、非线性且易受环境干扰的应力监测数据，深度模型在环境适应性和误判控制方面表现尤为突出。

5.3 工程应用前景展望

智能监测系统在桥梁全生命周期管理中的普及应用，凸显多源信息融合与人工智能驱动的异常识别模型对提升监测效率和智能化安全管理的关键价值，该模型具备良好的平台适配性，能够无缝集成于各类监测系统，适用于不同桥型与监测需求，具备广泛推广的应用潜力，未来发展中，该模型可与边缘计算技术结合，实现数据本地快速处理与预警，有效减轻通信传输和数据存储压力；同时可拓展应用边界，将技术范式迁移至隧道、轨道交通等其他结构设施，构建交通基础设施多场景协同监测体系。

6 结束语

桥梁结构监测数据异常识别的精准度与响应速度，直接影响结构安全评估的可靠性，通过系统剖析监测系统架构、异常数据类别及现有识别技术，构建融合空间位置、时间序列与环境因素的多维特征分析模型，并借助深度学习算法优化识别策略，实验结果表明，该方法在识别精度和场景适应性方面优势显著，展现出较高的工程应用价值，后续研究将持续推进模型的集成化与智能化发展，为桥梁健康监测和智慧养护提供更有力的技术保障。

[参考文献]

[1]石敏.人工智能技术在简支梁桥健康监测系统中的应用研究[D].贵阳:贵州大学,2021.
[2]杨建喜.公路桥梁智能化监测与管养大数据知识工程关键技术研究[D].重庆:重庆交通大学,2021.
[3]刘进.桥梁工程中的智能化监测与维护系统研究[J].中国高新科技,2024(8):69-71.
[4]纪文君.公路桥梁维护管理中的智能监测技术应用分析[J].运输经理世界,2024(17):93-95.
[5]张欢乐.桥梁结构轻量化健康监测方法与技术[J].汽车画刊,2024(12):246-248.

作者简介：李玉赫（1992.3—），男，天津静海人，汉族，大学本科，中级工程师，就职于中交一公局第六工程有限公司，从事道路与桥梁工程管理工作。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

石油工程施工现场智能化安全管理运用分析

文 峰
克拉玛依市三达有限责任公司，新疆 克拉玛依 834000

[摘要]新疆是我国重要的能源战略基地，其油田地面工程建设肩负着保障国家能源安全以及推动区域经济发展的双重责任。新疆有着沙漠分布广泛、生态系统脆弱且极端气候时常出现等地理特点，再加上多民族协作以及新能源设施融合等管理方面的复杂情况，传统安全管理模式面临着十分严峻的考验。智能化技术的广泛应用给破解这些难题开辟了全新的途径，借助构建与边疆特殊场景相适应的安全管理体系，既能有效应对沙尘暴、剧烈温差等自然风险，又能促进多文化团队协作以及绿色低碳转型。文章着重关注地面工程的核心安全需求，全面分析智能化技术在风险预警、人员管控、生态保护等方面所开展的创新应用，探寻既契合行业技术发展前沿又与新疆地域特点相吻合的安全管理升级模式，为高寒沙漠地区油气田开发给予理论参考以及实践指导。

[关键词]智能化安全管理；地面工程；新疆油田；三维可视化；风险预警
DOI：10.33142/sca.v8i6.16832 中图分类号：U665 文献标识码：A

Analysis of the Application of Intelligent Safety Management in Petroleum Engineering Construction Sites

WEN Feng
Xinjiang Karamay Sanda Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract: Xinjiang is an important energy strategic base in China, and its oilfield surface engineering construction shoulders the dual responsibility of ensuring national energy security and promoting regional economic development. Xinjiang has geographical characteristics such as widespread desert distribution, fragile ecosystems, and frequent occurrence of extreme weather, coupled with complex management situations such as multi-ethnic cooperation and integration of new energy facilities. Traditional safety management models are facing severe challenges. The widespread application of intelligent technology has opened up a new way to solve these problems. By building a safety management system that is suitable for special border scenarios, it can effectively deal with natural risks such as sandstorms and severe temperature differences, promote multicultural team collaboration, and facilitate green and low-carbon transformation. The article focuses on the core safety requirements of ground engineering, comprehensively analyzes the innovative applications of intelligent technology in risk warning, personnel control, ecological protection, etc., and explores a safety management upgrade model that is both in line with the forefront of industry technology development and in line with the characteristics of Xinjiang region, providing theoretical reference and practical guidance for the development of oil and gas fields in high-altitude desert areas.

Keywords: intelligent security management; ground engineering; Xinjiang oilfield; 3D visualization; risk warning

引言

随着我国能源结构转型进程不断加快，新疆油气田开发逐渐朝着沙漠腹地拓展，其地面工程呈现出规模变得更为大型化、工艺变得更加复杂化以及环境愈发敏感化等一系列新的特点。传统安全管理往往依靠人工巡检以及凭借经验来做出判断，这种方式很难实时察觉长距离管网出现的腐蚀状况，也难以精准预测沙丘移动给站场所带来的影响，并且在面对多能源耦合系统风险叠加时，很难做到快速作出响应。由于极端气候所引发的设备失效风险、多民族团队协作过程中存在的文化壁垒以及新能源设施接入之后产生的界面管控难题，这些情况让现有管理体系在适应性方面的不足之处更加突出地显现了出来。在行业数字化转型这一趋势以及“双碳”目标这两大因素共同推动之下，构建起基于物联网以及人工智能的智能化安全管理体系，已然成为提升地面工程本质安全水平的必要之举。这个体系借助数据融合以及智能决策，能够达成从原本的被动应急管理模式转变为如今的主动防控管理模式这样的一种转变，对于保障边疆能源基地实现可持续发展而言，有着十分重要的战略层面的意义。

1 石油工程智能化安全管理概述

石油工程智能化安全管理属于前沿实践范畴，它是以新一代信息技术作为支撑来对传统安全管理范式加以重构。其核心在于借助物联网感知层来实时获取设备状态、环境参数以及人员行为方面的数据，依靠云计算和边缘计算达成多源异构信息的融合处理工作，并且利用机器学习算法去构建风险识别以及决策模型，进而形成能够贯穿工

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

程整个生命周期的动态防控体系。在新疆特殊作业场景当中，该体系得突破常规智能化框架所存在的局限，要充分契合沙漠环境呈现出的空间离散性、生态敏感性以及多民族文化特征，从而形成一个“感知-分析-响应-优化”的闭环管理机制[1]。凭借数字孪生技术实现地面设施物理实体和虚拟模型的精准对应关系，使得像沙尘暴预警、管线应力监测、多语言指令传达这类关键环节具备超前预判以及自主决策的能力。智能化转型一方面革新了传统那种依赖人工经验来开展风险管控的模式，另一方面还通过构建天地空一体化监测网络，破解了沙漠区域作业面较为分散、极端天气造成干扰等原本就存在的难题，给地面工程安全管理赋予了环境适应力、文化包容性以及系统自愈力这三种属性，促使石油工程安全治理从碎片化的应对方式朝着系统性的防控方向实现质的飞跃式升级。

2 智能化技术体系在新疆油田的应用实践

2.1 三维可视化监控系统构建

融合倾斜摄影以及激光雷达技术，着手构建一个三维模型，该模型所涵盖的范围包含站场、管廊以及设备，并且其精度能够达到毫米级别。将 SCADA 系统的实时数据加以集成，进而形成所谓的数字孪生体。此系统可借助热力图来动态地呈现出压力出现异常的区域所在，同时还能凭借地质雷达数据去预测沙漠地基可能出现的沉降趋向。就地面工艺装置而言，专门为其开发出了碰撞检测方面的算法，该算法能够在吊装作业开展的过程中自动对其中存在的空间冲突风险发出预警，由此在很大程度上提升了沙漠地区复杂作业在安全管控层面的水准。

2.2 智能穿戴设备与人员定位系统

研发了可适应沙漠环境的防爆智能终端，该终端将有毒气体检测功能、体征监测功能以及语音对讲功能予以集成。运用 UWB 和蓝牙相融合的定位技术，在较为开阔的地带达成亚米级别的人员追踪效果，并且设置电子围栏以此来防止人员误入那些高危区域。设备当中内置有维汉双语的操作界面，还配备了振动报警模块，以便在存在风噪的环境下发挥作用，从而实实在在地保障多民族作业人员在作业现场的安全状况。

2.3 基于机器学习的风险预警平台

构建起将气象、地质以及设备运行数据相互融合的风险知识图谱，并且着手去开发具备时空特征的预警模型。该系统会深入分析历史事故方面的数据以及实时监测所获取到的信息，以此来动态地对沙漠风暴可能给地面设施造成的破坏概率加以评估，同时还能预测出管线冻胀风险所处的等级。建立起多层级的预警响应机制，能够自动生成包含有避灾具体路线以及应急物资分布情况在内的处置方案，进而提升在极端天气状况下应急管理工作的水平。

2.4 自动化施工装备集成应用

针对沙漠焊接作业所处的特殊环境，着手去开发能够自适应该环境的机器人。此机器人集成了视觉识别系统，该系统可自动对焊缝的位置加以校正，另外还采用了防风沙的封装设计，以此来保障设备具备较高的可靠性。与此还着力研制了智能压实设备，这款设备能够依据沙土的实际湿度情况，实时地去调整自身的振动参数，从而切实保证地面基础施工的质量。这些装备借助 5G 网络和中央控制系统相互连接起来，进而实现了远程的监控以及作业的协同，如此一来便能够在很大程度上降低在高危环境下人工操作时所面临的风险。

2.5 无人机巡检网络建设

构建起多机型协同运作的无人机巡检体系，在该体系当中，固定翼无人机主要承担长距离管廊带的巡查任务，而多旋翼无人机则会搭载红外热像仪来检测地面设备是否存在温度异常的情况。此外还专门开发了适用于沙尘环境的视觉增强算法，以此来促使图像识别的准确率得以提升。同时建立起自动充电巢网络，从而在沙漠区域达成不间断巡检的目标，进而能够及时察觉到地面设施出现腐蚀、基础发生沉降等一系列的安全隐患。

3 新疆特色场景下的安全管理升级路径

3.1 极端气候适应性技术改进

新疆沙漠地带的极端气候给地面工程设备以及作业安全带来了持续不断的威胁。有必要构建起贯穿设计、施工、运维整个周期的气候适应性技术体系。在设备选型这个阶段，除了要达到 IP68 防护等级之外，还得着重去考量材料的热膨胀系数还有抗紫外线老化方面的性能，要选用能够耐受盐碱腐蚀的那种合金材质，并且要借助加速老化试验来确认设备在昼夜温差循环情况之下的结构稳定性。对于沙尘侵入这一问题，要去开发多级过滤通风系统，把正压防尘技术与之结合起来，以此来确保电气设备内部环境的洁净程度。自清洁太阳能供电系统得集成上静电除尘模块，依靠周期性的高压电场来吸附光伏板表面的沙粒，与此同时还要对电池储能配置加以优化，以便能够应对因沙尘天气而出现的连续阴天这样的工况。在智能调度系统的开发方面，应当将新疆气象局的沙尘暴预测模型深度融合进去，建立起施工机械、人员、物资的弹性调配机制，当风速超出 15m/s 这个阈值的时候，自动触发停工指令并且启动锚固装置来保护地面设施[2]。对于那些已经建成的工程，需要凭借数字孪生平台去模拟不同风力等级之下的结构响应状况，动态地去调整管架支撑的间距以及混凝土的配比，进而形成沙漠地区地面工程抗风设计的自适应标准库。

3.2 多民族团队协同管理机制

跨文化作业团队安全管理要突破语言障碍和文化差异两重壁垒。双语安全知识库建设要包含维吾尔语、哈萨克语等主要民族语言，借助自然语言处理技术达成安全规程的实时语音互译，给手持终端配备 AR 眼镜实现作业指导书的可视化多语言展示。虚拟现实培训系统得植入典型民族文化场景，比如模拟巴扎集市周边的管线施工环境，助力不同民族员工理解特殊区域的安全管控要求。作业许可系统增加文化敏感度分析模块，自动识别涉及民族宗教场

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

所的施工区域，禁止在特定时段开展动火作业或者重型机械施工。智能监督机制依靠 UWB 定位数据构建人员动线热力图，结合机器学习算法识别跨民族作业组里的沟通迟滞现象，当团队协同效率低于阈值时自动推送协作优化建议。

3.3 地面工程数字化交付体系

基于 BIM 的数字化交付得要应对沙漠地形动态变化所引发的模型失真这一难题。去开发星-空-地一体化的测绘系统，借助合成孔径雷达卫星来监测沙丘的移动走向，并且凭借无人机 LiDAR 来获取达到厘米级别的地形变化数据，进而达成 BIM 模型每月都能进行动态更新的目标。沙漠地形自适应建模工具要把流体力学仿真模块整合进去，预测在不同季节风沙堆积形态给管廊埋深产生的影响，自动形成管基加固的方案。在工程设计阶段把安全仿真引擎嵌入其中，针对站场设备布局展开爆炸冲击波模拟以及火灾烟气扩散路径分析等一系列数字化的验证工作，以此保障本质安全设计得以实现。搭建起涵盖勘察、设计、施工以及运维各个环节的全要素数据库，制定出关键参数的地面工程数据字典，清楚界定沙漠环境专用数据采集的具体规范。

3.4 绿氢耦合项目安全管理创新

氢能设施的引入给传统油气地面工程带来了全新的安全要求。要构建氢-油-气多相流风险分析模型，深入研究氢气渗透对于 LNG 储罐材料产生的氢脆效应，同时还要开发基于声发射技术的储氢容器裂纹在线监测系统。在站场防爆改造方面，选用 Ex ia IIC T4 Ga 级防爆电气设备，于氢气压缩机区域设置双层通风系统，其中下层通过强制排风来确保氢气浓度始终低于爆炸下限的 25%，并且界面管控标准应当明确规定新能源设备与原有设施之间的最小安全间距，在工艺联锁系统中增添氢气浓度-紧急切断-氮气置换的三重保护逻辑。还需研发氢泄漏立体防控体系，在地面上设置多光谱气体探测网格，同时在空中部署氢敏传感器无人机编队，以此形成三维浓度场实时重建的能力。

3.5 沙漠生态保护协同策略

沙漠生态本就脆弱，这便要求在开展地面工程建设时，得提前对生态影响加以管控。施工期间所涉及的污染监测网络，应当安排部署能够精准监测的设备，比如 μ 级激光雷达监测车，借此达成扬尘 PM2.5 浓度在百米级别网格上的监测效果，并且要和风向预测模型相互配合，当风向出现变化时，能够自动激活抑尘剂喷洒系统。还得去开发油污生物降解监测芯片，将其植入到关键管段周边的土壤当中，以此来实时回传烃类物质的降解速率以及微生物活性方面的相关数据[3]。生态修复机器人务必要具备多种功能，像是沙障铺设、滴灌管网敷设还有种子喷播等等，其底盘要采用仿生足式设计，以便能够适应复杂的沙丘地形，靠着多台机器协同协作，进而能够在每亩沙地上实现 15min 的高效修复作业。生态影响动态评估模型需要将 24 项关键指标都纳入其中，像植被盖度、地表糙度以及土壤结皮厚度这些参数都要涵盖进去，借助遥感生态指数来量化施工前后生态质量的变化情况。

4 新疆实践对行业发展的启示

4.1 智能化标准体系建设方向

新疆的经验说明，有必要构建一个智能化的标准框架，这个框架要把设备选型、数据接口以及应用场景都涵盖进去。着重去制定像沙漠地区智能装备可靠性方面的标准、多民族场景下人机交互的规范还有新能源耦合项目安全评估的指南这类行业标准，从而给相似区域给予能够拿来复制的管理方式。

4.2 边疆地区人才培育新模式

构建起“技术+语言+管理”这样一种复合型人才的培养体系，同时着手去开发智能化的安全管理仿真训练平台。积极推动学校和企业展开合作，以此来建立沙漠作业方面的实训基地，进而培育出那些既对数字技术有所了解，又对边疆特点较为熟悉的专门人才队伍，从而有效破解在智能化转型进程当中所面临的人才瓶颈问题。

4.3 地面-地下全流程协同管理方式

突破了传统那种地面和地下各自为政的管理模式，着手构建起一个将井筒、管线以及站场融为一体的监测系统[4]。另外还着力开发地质力学模型和地面设施状态之间的关联分析算法，进而达成对地下资源开采过程以及地面工程安全状况的协同管理，最终形成一个完整的油田安全生态系统，实现了对地面和地下生产活动的实时监控和预警。

5 结束语

新疆油田在智能化安全管理方面的实践清晰地说明，当技术创新和管理变革相互融合且程度较深的时候，能够有效地破解沙漠地区地面工程在安全管控方面所面临的难题，不仅大幅提升了新疆油田的安全管理水平，更为整个石油工程行业树立了标杆。在未来的发展进程中，需要不断地去优化智能算法在复杂环境之中的适应能力，同时要强化针对多能源系统安全协同展开的研究工作，以此来促使石油工程安全管理朝着预测型以及自主决策型的模式不断进化，进而为边疆能源基地的建设筑牢坚固的安全屏障。

[参考文献]

[1]赵瑛,迟化昌,王康,等.浅析智能化及新能源融合在石油化工企业节能提质中的应用[J].电气应用,2025,44(1):70-75.

[2]王玉春,孙志民,马锋.智能化石油分离设备设计研究[J].中国高新科技,2025(4):36-38.

[3]贾宁,王俊.石油化工企业智能化规划研究[J].石化技术,2025,32(4):326-328.

[4]黄光德.石油化工建设工程项目施工现场管理及优化措施[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(7):77-79.

作者简介：文峰（1987.7—）毕业院校：西南石油大学，所学专业：石油工程，当前就职单位名称：克拉玛依市三达有限责任公司，就职单位职务：总经理助理，职称级别：工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

油泥调理剂优化对脱水性能影响的实验研究

邓焱伟
克拉玛依市三达新技术股份有限公司，新疆 克拉玛依 834000

[摘要]油泥是石油工业生产环节中所产生的固液混合废弃物，其具备高含水率、高含油率并且组分复杂的特性，处理起来存在较大难度。为了提升油泥的脱水效率，针对调理剂种类、添加量还有搅拌条件等诸多因素展开了一整套实验研究，目的是要对调理剂组合加以优化，进而增强其脱水性能。借助单因素实验和正交实验相互结合的方式，全面且细致地分析了不同调理剂及其组合给脱水效果所带来的影响，同时也对优化后的结果展开了机理层面的探讨以及性能方面的验证工作。研究最终得出的结果显示，适宜的调理剂种类以及合理的配比能够在很大程度上对油泥的脱水性能予以明显改善，这为油泥实现资源化处理给出了相应的理论依据以及实践方面的参考内容。

[关键词]油泥；调理剂；脱水性能；影响
DOI：10.33142/sca.v8i6.16829　　中图分类号：TE81　　文献标识码：A

Experimental Study on the Influence of Oil Sludge Conditioner Optimization on Dewatering Performance

DENG Yanwei
Karamay Sanda New Technology Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract: Oil sludge is a solid-liquid mixed waste generated in the production process of the petroleum industry. It has the characteristics of high moisture content, high oil content, and complex composition, which makes it difficult to handle. In order to improve the dehydration efficiency of oil sludge, a complete set of experimental studies have been conducted on various factors such as the type, amount, and stirring conditions of conditioning agents. The aim is to optimize the combination of conditioning agents and enhance their dehydration performance. By combining single factor experiments and orthogonal experiments, a comprehensive and detailed analysis was conducted on the effects of different conditioning agents and their combinations on dehydration efficiency. At the same time, the optimized results were explored at the mechanism level and verified in terms of performance. The final results of the study showed that suitable types of conditioners and reasonable ratios can significantly improve the dewatering performance of oil sludge, providing corresponding theoretical basis and practical reference for the resource utilization of oil sludge.

Keywords: oil sludge; conditioning agent; dehydration performance; effect

引言

随着石油化工行业不断发展，油泥产生量连年增多，随意堆放和处置会占用很多土地，还可能严重污染环境。油泥含水率高，是限制其资源化利用的关键因素，所以提高油泥脱水效率成了当下研究和实践重点。调理剂能提升油泥脱水性能，它靠破坏油泥胶体结构、增强颗粒絮凝等机制，明显促进水分去除。不过，现在关于调理剂种类选择和添加工艺的研究还不够完善，尤其在不同油泥特性下调理剂优化配比方面需要深入探究。为此，选取某实际油泥做研究对象，展开系统实验，通过筛选调理剂种类、优化关键工艺参数以及分析机理，为油泥减量化、资源化处理找出可行办法和技术支持。

1 油泥特性与调理剂作用机制分析

油泥主要出自石油开采、储运以及炼制这些过程，它的构成颇为复杂，通常会有水分、矿物颗粒、重质油、乳化油、悬浮固体还有少量有机污染物等等。其胶体结构紧密，水油结合得很紧，这就使得它自然沉降以及脱水的效率特别低。调理剂在油泥处理里的作用机制主要有破乳、凝聚、絮凝还有架桥等方面，它是通过改变颗粒之间的表面电荷以及结构，让油水分离界面的能量降低，进而强化其沉降性能以及滤水性。常用的调理剂包含了无机盐类，比如铁盐、铝盐，也有有机高分子絮凝剂，像阳离子聚丙烯酰胺，另外还有复配型调理剂，不同种类的调理剂其作用机理以及效果有着十分明显的差异。所以说，充分理解油泥的理化特性以及调理剂的作用机制，对于达成高效脱水而言是极为重要的。

2 实验材料与方法

2.1 实验材料

2.1.1 油泥样品

所使用的油泥是从某石化企业的污油池当中采集而来的，呈现出黑褐色的膏状形态。它有着高黏度、高含水率以及高有机质含量等一系列典型的特征。经过初步的分析可以得知，它的总含水率大概是在 68.4%左右，含油率达到了 12.7%，其 pH 值为 6.8，并且主要的颗粒粒径分布

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

大多集中在 5~75μm 这个区间内，还具备着较为显著的胶体结构方面的特性。

2.1.2 调理剂种类与性质

此项研究挑选了三种常用的调理剂当作实验对象，它们分别是硫酸亚铁（$FeSO_4$）、聚合氯化铝（PAC）以及阳离子聚丙烯酰胺（CPAM）。在这些调理剂当中，硫酸亚铁属于无机絮凝剂，它有着不错的电荷中和功效，同时助凝效果也挺好；PAC 所具备的架桥能力是比较强的，并且它还有一定的 pH 调节能力；而 CPAM 是高分子有机调理剂，它能够凭借分子链产生的物理缠绕作用来推动颗粒进行絮凝沉降。为了让调理效果得以强化，在实验过程中还试着对调理剂做出不同的组合配比，进而去考察调理剂之间所产生的协同作用。

2.2 实验设备

在整个实验进程当中，所运用到的关键设备涵盖了：电子天平，其精度能够达到 0.01g；高速搅拌器，该设备的转速具备调节功能，其可调范围是从 0 一直到 3000rpm；还有恒温水浴锅、真空过滤装置以及烘箱，此烘箱的温度是可以调节的，最高能够调至 200℃；pH 计以及激光粒径分析仪也在此次实验中得到了运用。并且，在正式开展实验之前，会将所有的这些设备都进行一番校准操作，其目的就在于确保实验所得数据能够具备准确性以及重复性的特点。

2.3 实验方法设计

2.3.1 单因素实验设计

单因素实验设计的关键在于全面且细致地探究各个单一因素给油泥脱水性能带来的具体影响规律，务必要做到对调理剂种类、添加量、pH 值还有搅拌条件等一系列关键变量所产生的作用有清晰明确且能够量化的认知。在实验开展的过程当中，每一次都仅仅去调整其中一个变量，而将其他的那些有可能产生影响的因素统统保持在一个恒定的状态，以此来把多因素干扰可能给结果所带来的影响彻底排除掉，进而能够精准地剖析出该因素所具有的独立作用。在实验里面，对于不同的调理剂类型，会挨个儿地去考察它们在同样的条件之下脱水效果所呈现出的差异情况；而对于添加量出现的变化，那么就要去留意它给滤液体积以及滤饼含水率带来的影响走向；通过调节 pH 值以及搅拌条件这两方面，进一步去阐明这些操作参数针对絮凝效果还有脱水性能所起到的调控机制。在每一个实验条件之下，都会开展三次重复性的试验，以此来保证实验数据具备足够的稳定性与可靠性，最后会把三次测量所得的数据取平均值，将其作为该条件下的代表数据，如此一来便能够提升结果所具有的科学性以及统计学方面的意义。凭借这样的单因素实验设计，为后续要开展的多因素正交优化打下了坚实的基础，也充分且详尽地呈现出了各个单独变量对油泥脱水性能产生的影响规律。

2.3.2 正交实验设计

在单因素实验得出的结果基础之上，针对那些对油泥脱水性能产生影响且较为突出的因素，精心设计了三因素三水平的正交试验，以此来达成多因素协同优化的目标。所选取的三个因素分别是调理剂组合（A）、添加总量（B）以及 pH 值（C）。对于每一个因素都设置了三个不一样的水平，从而能够全面且系统地将各个变量合理的范围都涵盖进去。实验运用 L9(3^3)正交表来进行安排，总共设计了 9 组实验，如此一来，既能够确保实验具备科学性，又切实有效地减少了试验的次数，进而提升了实验的工作效率。通过针对实验数据展开极差分析以及方差分析，不但可以清晰明确各个因素对于脱水性能所产生的相对影响程度的大小，而且能够进一步揭示这些因素彼此之间或许存在的交互作用情况，最终精准确定出最为理想的调理剂组合以及相应的工艺参数。此正交实验的设计给实现调理剂的高效利用以及油泥脱水性能的最大化给予了稳固有力的理论依据与数据支撑。

2.3.3 脱水性能评价指标

脱水性能主要依据这三个指标来予以评价：其一，滤饼含水率（Wc），这一指标可用来表示脱水之后固体所含有的水分情况；其二，滤液体积（Vf），此指标能够反映出水分被去除的能力状况；其三，脱水速率（Rd），也就是在单位时间当中脱除水分所具有的效率。将这三方面的情况综合起来加以考量，如此便既能体现出调理剂所达成的处理效果，同时也能够对其应用的可行性予以衡量。

3 调理剂优化实验研究与结果分析

3.1 不同调理剂对油泥脱水性能影响分析

在此次实验当中，一开始便针对三种调理剂各自单独使用时，其对于油泥脱水性能所产生的影响展开了较为系统的对比分析。从实验所得到的结果来看，经过阳离子聚丙烯酰胺也就是 CPAM 处理的那一组，其滤饼的含水率是最低的，仅仅只有 56.2%，并且该组的滤液体积也是最高的，达到了 178mL，这综合起来就充分说明了其脱水效果是比较优异的。再看另外两组，硫酸亚铁处理组以及聚合氯化铝也就是 PAC 处理组，在脱水性能方面虽说也有了明显的改进，可是它们的效果跟 CPAM 相比还是稍逊一筹的，不过这两组都比没有添加调理剂的对照组要好很多[1]。通过进一步的分析可以发现，CPAM 属于有机高分子调理剂，它有着较长的分子链结构，并且还具有不错的桥联性能，当它和油泥颗粒相互接触之后，就能够形成那种体积相对较大且结构更为稳定的絮体，如此一来便能大幅度提升滤水通道的通透程度，进而有利于自由水以及部分毛细水有效地释放出来。而像硫酸亚铁还有 PAC 这类无机调理剂，主要是依靠电荷中和的作用去破坏油泥表面原本存在的负电性稳定层，所以它们的脱水效果会受到油泥初始电荷状态比较大的影响，整体的稳定性和适应性

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

相对来说是比较差的。所以说，在对调理剂进行单因子比较的时候，CPAM 展现出了更强的絮凝性能以及脱水促进作用，这也为其后续开展组合优化实验奠定了重要的基础。

3.2 调理剂添加量对脱水性能的影响

在三种调理剂当中筛选出脱水性能最为出色的 CPAM 之后，又接着对其不同添加量给油泥脱水效果所产生的影响展开了相关研究。在实验进程里，把 CPAM 的添加质量分数从 0.1%一步步提升到 0.4%，并且全面且细致地去观察在各个不同的添加水平之下滤饼含水率以及滤液体积所发生的变动状况。经观察发现，伴随 CPAM 添加量的不断增加，滤饼含水率呈现出一种逐步下降的趋向，与此同时脱水速率也在同步上升，这说明适当提升添加量能够强化颗粒之间絮凝桥联的作用，推动水分更好地释放出来。不过，当添加量超出 0.3%以后，脱水性能的提升渐渐变得平缓，甚至到了 0.4%的时候出现了滤饼结构变得松散、脱水效果有所下滑的情况，滤饼含水率还出现了略微回升的态势，猜测这或许是因为高浓度的 CPAM 引发了过度絮凝，形成了较为疏松的絮体结构，进而对滤水通道的连续性与稳定性造成了影响。所以，综合考量脱水效果以及药剂使用的经济性，CPAM 的最佳添加量应当把控在 0.3%左右，在这个添加量下，既能实现不错的絮凝脱水效果，又能防止药剂出现浪费现象以及潜在的结构性负面作用，从而为工程的实际应用给予了较为科学且合理的投加参考依据。

3.3 正交实验优化分析

运用 L9（3^3）正交实验设计这一方法，把滤饼含水率当作主要用来评价的指标，全面且细致地去分析调理剂在优化进程当中各个因素给油泥脱水性能所带来的影响。经过对极差分析以及方差分析所得到的结果加以分析可以发现，在被考察到的那三个因素里面，调理剂组合所产生的影响程度是最为突出的，排在其次的是添加总量方面的情况，而最后则是 pH 值的情况，这说明调理剂具体的类型还有其配比对于脱水效果而言是起到了决定性的作用的。再具体来讲，最为理想的实验组合是将 CPAM 和 PAC 进行复配所形成的调理剂，要把添加总量把控在 0.3%这个水平上，并且要将 pH 值调节到 6.5 这样的数值[2]。在这样的条件之下，滤饼含水率出现了明显的下降情况，降低到了 52.4%，同时滤液体积也有了提升，达到了 192mL，相比于仅使用单一调理剂来处理时所取得的效果，这一次有了较为明显的改善，脱水效率更是得到了颇为显著的提高。这一结果充分说明了，不同类型的调理剂要是通过复配的方式组合起来，那么是能够产生协同效应的，如此一来，既能有效地对油泥颗粒之间的稳定结构起到破坏作用，又能进一步增强絮体的稳定性以及过滤性能，进而达成脱水性能在两个方面都得以提升的良好效果。除此之外，合适的添加量以及恰当的酸碱环境还能够为调理剂活性的充分发挥营造出十分有利的条件，以此来确保絮凝反应可以高效地推进下去。

3.4 最优调理剂组合的脱水性能验证

为了验证通过正交实验优化所得最优调理剂组合在油泥脱水中的适用性与实际效果，设计了三组重复实验，将脱水性能与单一调理剂处理组、未添加调理剂的对照组对比[3]。实验显示，采用优化组合处理后的油泥滤饼含水率稳定在 52.1%～52.7%，波动范围小，说明该组合在脱水过程中有良好的稳定性与可重复性。该组合处理组的脱水速率和滤液体积比其他对照组好，表明其在促进水分释放和滤液生成方面有优势。为探究调理剂对油泥结构及成分的影响，还对滤饼做了显微结构观察和含油率测定，发现优化组合处理后的滤饼结构更致密紧凑，颗粒间结合紧密，减少水分滞留空间，滤饼中残余油含量降低，体现较强的脱油能力。这些结果证实复配调理剂组合能提升脱水效率，改善油泥的固液分离效果，有工程应用潜力和推广价值，为油泥资源化利用和环境治理提供技术支撑。

4 结语

以提升油泥脱水效率作为目标，借助调理剂种类的筛选、添加量的把控、pH 值的调节以及搅拌方式的优化等手段，全面且细致地探究了这些因素对脱水性能所产生的影响规律。并且还通过开展正交实验的方式，最终确定出最为理想的调理剂组合方案。相关研究清晰表明，对调理剂进行科学合理的选配操作，同时对工艺参数加以优化处理，能够颇为有效地提升油泥的脱水效率，进而为油泥的减量化处理以及资源化利用事宜给予了相应的技术方面的有力支撑。不过就本研究而言，依旧存在着一定的局限性所在，具体是没有充分且深入地去探讨调理剂对于油泥后续资源利用方面所可能产生的影响情况。在未来的研究进程中，可以将多维度的机理分析和实际的工程实践相结合起来，以此来进一步促使处理体系在综合性能以及环境适应性这两个方面都能够获得切实有效的提升。

[参考文献]

[1]王永亮.生物技术处理油泥及资源化利用的试验研究[J].石化技术,2022,29(4):69-72.

[2]詹咏,薛冰,董滨,等.硫酸根自由基对含油污泥脱水性能的影响[J].化学工程,2020,48(5):1-5.

[3]朱书源,王毅力.Fe^{2+}-PDS 调理-水平电场脱水工艺对疏浚底泥脱水性能的影响[J].环境工程技术学报,2023,13(6):2192-2203.

作者简介：邓焱伟（1991.12—），毕业院校：西南石油大学，所学专业：环境工程，当前就职单位名称：克拉玛依市三达新技术股份有限公司，职称级别：工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

浅析智慧城市建设中地理信息测绘的应用

张光阳
甘肃国图测绘地理信息有限公司，甘肃 兰州 730000

[摘要]近些年来，伴随着科技以及信息技术的迅速发展进程，智慧城市理念已然变成了现代城市建设极为重要的目标所在，而且还逐步演变成为了未来城市发展的主流走向。这一理念从本质层面来讲是与时代发展的需求相契合的，其推动着城市朝着更为智能、更为高效并且更具可持续性的方向去实现转型。不过，智慧城市的发展并不能简单地等同于数字城市，数字城市更多的只是体现出智慧城市建设的初始阶段以及基础的部分内容。鉴于此，文章针对测绘地理信息技术在智慧城市建设当中的具体应用情况及其发展状况展开探讨，希望能够给相关行业的人员给予有实际价值的参考内容与有力的支持，进而推动智慧城市的科学规划以及高效的管理工作能够顺利开展。

[关键词]智慧城市建设；地理信息；地理测绘；技术应用
DOI：10.33142/sca.v8i6.16840　　中图分类号：P208　　文献标识码：A

Brief Analysis of Application of Geographic Information Surveying in Smart City Construction

ZHANG Guangyang
Gansu Guotu Surveying and Mapping Geographic Information Co., Ltd., Lanzhou, Gansu, 730000, China

Abstract: In recent years, with the rapid development of technology and information technology, the concept of smart cities has become an extremely important goal in modern urban construction, and has gradually evolved into the mainstream direction of future urban development. This concept is fundamentally in line with the needs of the times, driving cities to transform towards smarter, more efficient, and more sustainable directions. However, the development of smart cities cannot be simply equated with digital cities. Digital cities only reflect the initial stage and basic content of smart city construction. In view of this, the article explores the specific application and development status of surveying and mapping geographic information technology in the construction of smart cities, hoping to provide practical reference content and strong support for personnel in related industries, and promote the scientific planning and efficient management of smart cities to be carried out smoothly.

Keywords: smart city construction; geographic information; geographic surveying and mapping; technical application

引言

随着信息技术以及数字化进程持续提速，智慧城市建设已然变成全球城市发展极为关键的方向。作为智慧城市十分重要的基础与支撑，地理信息测绘技术在城市的规划环节、建设流程、管理方面以及服务领域当中，都发挥着无可取代的作用。凭借高精度的测绘数据采集工作、空间信息的处理事宜以及动态更新的操作，地理信息测绘能够给城市管理者带来完整且精准的空间基础数据，以此来支撑智慧交通相关应用、环境监测方面的应用、应急响应所涉及的应用以及公共安全范畴内的应用等诸多领域的智能应用。尤其是在城市规模不断扩张、功能变得日益复杂的状况下，依靠先进的测绘技术以及地理信息系统（GIS），可以达成对城市空间资源的细致化管理以及科学化决策，切实提高城市运行的效率并且提升居民生活的质量。本文会简要分析智慧城市建设里地理信息测绘的主要应用领域以及技术手段，深入探讨其在推动城市智能化发展过程中的重要作用以及所面临的诸多挑战，并且给出相应的发展对策，期望能为智慧城市的可持续发展给予理论层面的支持以及技术方面的参考。

1 智慧城市建设中测绘地理信息的作用

在智慧城市推进进程中，测绘地理信息有着极为重要的地位，其起到的是基础性以及支撑性的作用。作为城市空间信息的主要源头所在，测绘地理信息能够为城市规划、建设、管理以及运营等方面给予准确且详尽的地理数据方面的有力支撑。凭借高精度的测绘技术手段，可以实时抓取到城市地形地貌、建筑分布情况、交通网络状况以及基础设施的空间位置和实际状态等相关信息，进而为城市各类资源的合理安排以及优化运用筑牢坚实的基础。于此测绘地理信息对于实现城市管理的数字化以及智能化而言是很有帮助的，借助对空间数据展开集成以及分析的操作，可对智慧交通、环境监测、应急管理以及公共安全等诸多领域里的决策以及服务予以有效支持。尤其是在面对城市快速发展所引发的土地利用出现变化、人口呈现密集态势以及存在环境压力等一系列挑战的时候，测绘地理信息能为动态监测以及科学评估给予十分关键的保障。测绘数据和遥感、卫星导航等技术相互融合之后，进一步促使数据获取的时效性以及精度都得以提升，推动智慧城市建设朝着更加精准、高效并且可持续的方向不断向前发展。所以

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

说，测绘地理信息既是智慧城市建设当中的基础平台，又是达成城市智慧管理以及创新发展的重要核心支撑。

2 测绘地理信息技术在智慧城市建设中的应用

2.1 大地测量与卫星导航定位

大地测量以及卫星导航定位技术在智慧城市建设进程中，属于获取高精度空间位置信息极为重要的手段之一。大地测量会针对地球的形状、大小还有其引力场展开精确测定工作，以此来给城市的空间数据基准给予科学层面的依据，进而保证测绘数据具备统一性以及准确性这两个特性。卫星导航定位技术像 GPS、北斗以及伽利略系统等，可达成对城市当中各类处于移动状态或者静态的目标进行实时定位以及跟踪的目的，能够助力智慧交通管理、公共安全监控以及应急响应等诸多应用场景。将高精度大地测量所取得的成果与之相结合，卫星导航定位一方面提高了城市基础设施的测绘精度，另一方面也为智能导航、无人驾驶、物流调度等现代化的城市服务给予了稳定且可靠的技术方面的有力支撑[1]。除此之外，伴随多源卫星导航系统开展融合应用，其定位所涉及的覆盖范围以及抗干扰的能力都得到了明显强化，大幅度提升了智慧城市空间信息服务的精度以及稳定性，为城市管理朝着智能化以及精细化的方向发展筑牢了稳固的基础。

2.2 测绘地理信息技术

在智慧城市建设过程中，搭建时空信息云平台是核心环节，而构建全景影像和三维立体模型则依赖于测绘地理信息技术的支持。智慧城市测量通常采用低空无人机进行数据采集，为三维立体模型的构建提供丰富且高精度的数据基础。无人机拍摄的城市影像经过测绘技术的综合分析，不仅提升了影像的精确度，还保证了图像的分辨率。在立体三维建模软件中输入多种智慧城市建设相关信息后，即可生成直观、生动的城市三维模型。这些模型能够详细展示城市建设的各类信息与细节，为智慧城市的规划与管理提供有力的数据支撑和可视化基础。

2.3 遥感技术

遥感技术是获取地表及其环境信息的关键手段，在智慧城市建设中起着不可或缺的作用。借助卫星、航空器或者无人机所搭载的传感器，遥感技术可以大面积、迅速且不间断地收集城市及其周边区域的多光谱、多时相影像数据，给城市土地利用、环境监测、灾害预警以及城市规划赋予了丰富的基础信息。依靠遥感影像来做土地覆盖变化分析，能助力城市管理者实时了解城市扩展、绿地分布以及水体变化状况，推动科学合理的城市空间布局以及资源管理。与此与 GIS 平台相结合，遥感数据可达成多源空间信息的融合以及综合分析，提高城市管理的智能化程度。遥感技术在监测空气质量、热岛效应以及洪涝灾害等环境问题方面同样有着重要的应用价值，为智慧城市的可持续发展给予了极为有力的数据支撑。

2.4 倾斜摄影技术

倾斜摄影技术属于一种借助多角度拍摄方式来获取地面目标影像的技术手段，其能够生成具备较高精度的三维立体模型，在智慧城市建设领域有着广泛的应用。与传统的垂直航拍相比，倾斜摄影会从多个不同的视角针对城市建筑、道路以及绿地等展开全面的捕捉工作，这使得地物的空间细节以及形态表达能力得到了大幅度的提升。该技术通常会利用无人机或者航空器来搭载多组高分辨率相机，进而同时获取目标区域的正射影像以及侧视影像，再结合先进的三维重建算法，便能够快速生成城市的三维数字模型以及立体影像，从而为城市规划、建筑设计、资产管理以及应急响应等方面给予直观且准确的数据方面的支持[2]。倾斜摄影技术一方面提高了城市空间信息的获取效率以及精度，另一方面也推动了智慧城市当中三维可视化平台的建设进程，让管理者可以更为全面地了解城市结构以及动态变化情况，进而达成更加科学的决策以及管理效果。

3 智慧城市建设中测绘地理信息的发展对策

3.1 建立城市精细化发展模型

在智慧城市建设进程里，建立起城市精细化发展模型乃是达成科学管理以及高效运行的关键基石。精细化发展模型借助对多源测绘地理信息数据加以整合的方式，去构建起城市空间那种有着高精度的数字化呈现形式，进而达成对城市各类资源、基础设施以及环境要素予以精确描绘以及动态监测的目的。如此一来，其不但有益于对城市功能分区、人口分布、交通流动等诸多关键因素展开详尽剖析，而且还能够为城市规划、土地利用以及公共服务方面的科学决策给予有力支撑。凭借精细化模型，管理者可以精准地把控城市运行的具体细节以及潜在存在的各类问题，并且可提前对城市发展过程中有可能出现的诸如交通拥堵、环境污染以及资源短缺等种种挑战做出预测与应对。除此之外，精细化发展模型还会给智慧城市的智能化应用给予数据方面的有力支撑，促使城市管理朝着数字化、网络化以及智能化的方向不断转型。

3.2 智慧城市时空信息云平台建设

在智慧城市建设中，时空信息云平台的构建是实现城市智能化管理的重要基础。该平台以地理信息系统（GIS）为核心，融合遥感、测绘、大数据、物联网等多种技术手段，能够实现对城市空间信息的全面采集、集中管理和动态更新。通过建设智慧城市时空信息云平台，可以将多源异构的空间数据进行统一整合，形成权威、共享的空间信息资源库，为城市规划、交通管理、环境监测、应急指挥等提供高效、精准的数据支持[3]。此外，云平台具备强大的计算和存储能力，能够实现城市运行状态的实时监控和趋势预测，提高城市治理的科学性和前瞻性。

3.3 推动信息云平台的快速升级

推动信息云平台快速升级乃是智慧城市建设里提升

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

数据管理能力以及服务水平极为关键的一项举措。伴随城市规模持续不断地扩大，信息量也是急剧增加，在这样的情况之下，传统所采用的数据存储与处理方式已然很难契合智慧城市对于高效、实时、多源异构数据融合方面的需求了。借助于对信息云平台加以升级，便能够达成对测绘地理信息数据实施集中存储、统一管理以及高效调用的目的，进而强化数据所具有的共享性以及互操作性。与此云平台自身有着颇为强大的计算能力，还具备弹性资源调配的能力，这能够对大规模的空间数据予以快速的处理以及复杂的分析，以此来提高智慧城市各个应用系统的响应速度以及服务质量。除此之外，把人工智能、大数据分析等先进技术结合起来，经过升级之后的云平台可以实现数据清洗、更新以及智能分析的自动化，从而帮助城市管理者作出更为科学且精准的决策。

3.4 加强对于云平台的推广以及使用

加强云平台推广使用，助力智慧城市高效运转。云平台整合测绘地理信息资源，促成数据共享协同，消除信息孤岛，减少资源浪费。推广云平台，让管理机构、企业了解其功能，促使测绘数据规范管理，建统一空间信息数据库。强化培训、技术支持，提升用户操作能力，推动云平台在城市规划、应急响应、环境监测等领域应用，提高城市管理智能化水平。完善云平台服务接口、应用生态，鼓励第三方创新应用，增添平台活力，拓展服务范围。

3.5 加快数字城市向智慧城市上的转变

加快数字城市迈向智慧城市的速度，乃是提升城市治理能力以及服务水平所不可或缺的途径。数字城市主要是依靠基础的数据采集工作以及信息管理工作，然而智慧城市着重于数据的深入挖掘、智能分析以及应用方面的创新。为了达成这一转变，务必要充分借助测绘地理信息技术，凭借构建起完善的时空信息基础设施，达成对城市各类资源以及运行状态的全方位感知以及动态化的监控。凭借物联网、云计算、大数据还有人工智能等诸多先进技术，提升测绘数据的处理能力以及智能化的程度，进而实现对城市交通、环境、安全、能源等关键领域展开精准管理以及做出智能决策的目标[4]。与此需要强化跨部门的数据共享以及协同合作，消除信息孤岛现象，构建起统一的城市大数据平台，促使信息资源得以高效地整合与利用。通过推动数字技术同城市管理实现深度融合，持续优化智慧应用场景，推动数字城市朝着更为智能化、服务化且具备可持续发展特性的智慧城市方向迈进，达成城市治理现代化以及居民生活质量的全面提升这一目标。

3.6 室内外无缝定位与智慧时空技术

室内外无缝定位以及智慧时空技术属于实现智慧城市空间信息精准感知还有动态管理的关键发展方向。传统定位技术往往仅限于室外环境，在室内复杂空间里很难满足其定位需求，而智慧城市建设需要对城市空间展开全方位且多层次的实时监控以及管理，所以务必要达成室内外定位的无缝连接。借助融合多源传感器数据、无线通信技术以及高精度地图信息，并且结合先进定位算法与人工智能技术，智慧时空技术可于不同环境下给出连续、稳定并且高精度的位置信息服务。其不只为智慧交通、智能导航、资产管理以及应急救援等应用提供了支撑，而且能够实现对建筑内部人员流动、安全监控以及设施管理的智能化操控。与此智慧时空技术经由时空大数据的采集与分析，助力城市管理者全方位知晓城市运行状况与空间动态，推动城市资源合理配置与优化利用。

4 结语

地理信息测绘于智慧城市建设而言，乃是极为重要的一项基础，同时亦是关键的技术所在，在此过程中发挥着无可取代的作用。它一方面可为城市规划、管理以及决策等方面给予精准且实时的空间数据方面的有力支撑，另一方面也有力地推动了智慧交通、环境监测、应急响应等诸多领域朝着智能化的方向不断发展。伴随测绘技术持续取得进展，而且信息化手段也在得到日益广泛的运用，地理信息测绘在未来智慧城市的构建进程当中，将会呈现出更为广阔的应用前景。在往后的日子里，需要进一步强化测绘技术同新兴信息技术之间的融合程度，以此来不断提升数据处理的能力，并且加深其应用的深度，从而推动智慧城市的可持续发展，进而为打造一个更加智能、高效且宜居的城市环境筑牢稳固的基础。

[参考文献]

[1]刘国生,吕文斌.测绘地理信息技术在智慧城市建设中的应用研究[J].网络安全和信息化,2025(4):25-27.
[2]董昊锦.智慧城市建设中测绘地理信息的应用[J].科技创新与应用,2025,15(4):193-196.
[3]王江平.智慧城市建设中测绘地理信息作用分析[J].中国高新科技,2024(6):155-157.
[4]刘阳.测绘地理信息技术在城市建设中的应用研究[J].科技创新与应用,2024,14(35):179-182.

作者简介：张光阳（1990.9—），毕业院校：兰州理工大学，所学专业：测绘工程，当前就职单位名称：甘肃国图测绘地理信息有限公司，单位职务：航测部项目经理，职称：中级工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

基于 GIS 的工程测量数据自动化处理与分析技术研究

惠清聪
甘肃国图测绘地理信息有限公司，甘肃 兰州 730000

[摘要]随着 GIS 技术持续发展，工程测量数据的自动化处理与分析逐步变成提高工程管理效率及精度的关键途径。当下，诸多工程项目已开始运用 GIS 平台开展测量数据的空间管理与分析工作，可达成数据的数字化存储、可视化呈现以及初步的空间分析。不过，现有技术在数据自动化处理、三维建模精度以及动态变化监测等方面依旧存在一些欠缺，在多源异构数据集成以及实时分析能力方面还需进一步增强。面对这些挑战，基于 GIS 的工程测量数据自动化处理与分析技术正迅速朝着智能化、集成化以及高精度的方向发展，成为推进工程测量现代化的重要走向。

[关键词]GIS 技术；工程测量；数据自动化；分析技术
DOI：10.33142/sca.v8i6.16839　　中图分类号：TP3　　文献标识码：A

Research on Automated Processing and Analysis Technology of Engineering Survey Data Based on GIS

HUI Qingcong
Gansu Guotu Surveying and Mapping Geographic Information Co., Ltd., Lanzhou, Gansu, 730000, China

Abstract: With the continuous development of GIS technology, the automated processing and analysis of engineering survey data has gradually become a key way to improve the efficiency and accuracy of engineering management. At present, many engineering projects have begun to use GIS platforms to carry out spatial management and analysis of measurement data, which can achieve digital storage, visual presentation, and preliminary spatial analysis of data. However, existing technologies still have some shortcomings in data automation processing, 3D modeling accuracy, and dynamic change monitoring. Further enhancement is needed in multi-source heterogeneous data integration and real-time analysis capabilities. Faced with these challenges, GIS based automation processing and analysis technology for engineering surveying data is rapidly developing towards intelligence, integration, and high precision, becoming an important direction for promoting the modernization of engineering surveying.

Keywords: GIS technology; engineering surveying; data automation; analysis technology

引言

随着现代工程项目规模变得越来越大，其复杂程度也在不断提升，在这样的背景下，工程测量作为工程建设当中极为基础的一个环节，其数据的准确性、完整性以及及时性对于工程的质量以及进度而言，发挥着相当关键的作用。传统上所采用的工程测量数据处理方法，大多依靠人工来操作，如此一来，效率就会比较低，而且还很容易受到人为因素的影响，很难契合当下工程建设对于高效且精准的数据支持方面的需求。地理信息系统（GIS）属于一种颇为强大的用于空间数据管理与分析的平台，由于它具备出色的空间数据集成、管理以及可视化的相关能力，所以渐渐地成为了工程测量数据进行自动化处理与分析时一项极为重要的技术手段。凭借 GIS 技术，能够达成对海量测量数据的自动采集、预处理、格式转换、存储管理以及多维空间分析等一系列操作，如此便能够在很大程度上提升数据处理的效率以及应用的价值。与此 GIS 平台还支持三维建模、动态监测以及智能分析等多种功能，推动工程测量数据朝着更为智能化以及数字化的方向去发展。本文着重对基于 GIS 的工程测量数据自动化处理与分析技术展开系统性的探讨，剖析其中的核心方法以及关键技术，对当前的应用现状与存在的问题加以评估，并且对未来的趋势予以展望，进而为提升工程测量数据处理的水平以及推动工程建设朝着信息化、智能化的方向发展给予理论层面的支持以及技术方面的参考。

1 工程测量数据的特性

工程测量数据具备高精度、空间相关、多源异构以及时效等方面的明显特点。在实际的工程项目当中，测量数据涵盖平面位置、高程、距离、角度等几何方面的信息，还可能会牵涉到地质、气象、水文等诸多属性数据。这些数据一般是从全站仪、GPS、激光扫描仪、无人机遥感等不一样的测量设备那里获取来的，呈现出多样不一的数据格式以及精度方面的要求。因为工程测量的目的是给工程设计、施工以及运营给予可靠的空间参照，所以测量数据的精度要求非常高，误差得控制在毫米级乃至更加精细的范畴内。与此工程测量数据极为倚重地理空间坐标系统，各个数据之间有着清晰明确的空间关联联系，得统一坐标基准才能够达成有效的叠加以及分析操作。

2 基于 GIS 的工程测量数据的自动化处理技术

2.1 数据采集自动化技术

数据采集自动化技术属于基于 GIS 的工程测量数据

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

自动化处理流程里的关键部分，其借助现代测量设备以及信息技术的融合，达成了测量数据从获取直至初步处理这一整个流程的自动化状态。传统的人工测量方式在效率、精度还有安全性等方面已经很难契合现代工程项目对于测量数据要快速、精准且动态获取的需求了，而自动化数据采集技术却大幅度提高了数据获取的效率以及质量。当下广泛运用的技术手段涵盖了 GNSS 全球卫星导航系统、全站仪自动跟踪系统、三维激光扫描、无人机遥感测绘、地面移动测量系统（MMS）等等，这些设备可以在复杂环境当中快速且连续地采集大量的空间定位以及属性信息。

2.2 数据预处理与清洗算法

在依托 GIS 所开展的工程测量数据自动化处理工作当中，数据预处理以及清洗算法属于极为关键的环节，其能够对数据质量起到保障作用，同时也能让后续的分析具备更高的准确性。测量数据在采集的时候，往往会受到诸多因素的干扰，像是仪器自身存在的误差、环境方面带来的干扰以及人为操作时出现的失误等等，这就使得原始数据里经常会出现一些诸如冗余、缺失、异常或者格式并不统一之类的问题。要是不对这些数据展开有效的预处理，那么将会对 GIS 平台的数据建模还有空间分析的效果产生颇为严重的影响[1]。数据预处理具体包含了像坐标转换、格式进行标准化处理、针对重复值展开检测、实现时间同步、统一单位等一系列的操作，通过这些操作来促使从不同来源获取到的数据能够在统一的数据模型之下拥有兼容性以及可读性。而数据清洗算法会进一步去针对那些异常值以及错误数据展开识别并且将其剔除掉，常用的处理方法涵盖了依据统计学原理来开展的异常检测、凭借空间拓扑关系来进行的逻辑判断、按照规则设定的自动纠错算法以及借助机器学习辅助的识别模型等多种方式。

2.3 数据格式转换与标准化处理

在依托 GIS 展开的工程测量数据自动化处理进程里面，数据格式转换以及标准化处理无疑属于极为关键的环节，其对于达成多源数据的融合以及系统的兼容而言有着重要意义。要知道，工程测量数据往往来源颇为多样，像全站仪、GNSS 设备、三维激光扫描仪、无人机航测系统等等都可能成为其来源，而不同设备所输出的数据格式之间存在着相当大的差异，就好比 TXT、CSV、DWG、DXF、SHP、LAS 这些格式，它们在数据结构以及语义标准方面也并非一致，要是直接把这些数据应用到 GIS 平台之上，那么极有可能会引发诸如读取错误、信息丢失或者空间失配等一系列问题。倘若想要让测量数据能够在 GIS 系统当中实现统一且有效的管理与利用，那就务必要针对原始数据展开格式转换以及标准化处理方面的操作。格式转换主要是依靠专业的数据转换工具或者是接口程序来完成，通过这样的方式能够把那些非结构化或者半结构化的数据文件批量地转化成 GIS 平台可以识别的标准格式，比如说将其转换成为 GeoJSON、Shapefile、GML 或者 PostGIS 数据库格式。而标准化处理则涉及到要将数据的空间参考系、单位制、坐标系统、字段命名规则等方面都予以统一，从而使得其能够契合 GIS 数据库结构的要求以及行业规范，举例来讲，可以采用统一的 WGS84 或者 CGCS2000 坐标系统，并且对属性字段的数据类型与命名格式等加以规范。

2.4 基于 GIS 平台的测量数据建库与管理

基于 GIS 平台来开展测量数据建库以及相关管理工作，这可是实现工程测量数据得以系统化、可视化且智能化运用的关键环节所在。其主要意图在于把那些复杂程度颇高、来源多样且处于动态变化之中的测量数据依据统一的结构去加以组织安排、妥善存储起来，并且能够对其进行高效的管理操作，进而为后续的数据查询事宜、数据分析工作、数据可视化呈现以及决策支持等方面给予有力支撑。在实际的工程项目当中，测量数据往往呈现出空间性颇为突出、更新频次较为频繁以及数据量相当庞大等诸多特点。而传统的那种依靠手工来进行归档处理或者采用静态的方式去存储数据的做法，已然很难契合工程方面对于数据实时性以及集成化方面的需求了。借助 GIS 平台去建立起测量数据库，不但能够达成对空间数据以及属性数据进行统一管理的目的，而且还能凭借空间索引以及关系模型来迅速完成数据的分类操作、检索任务以及调用事宜[2]。在建库的整个过程当中，通常得依照项目的具体需求去精心设计出科学合理的数据库结构，这里面就涵盖了图层分类方面的考量、字段设置的相关事宜、数据编码规范的具体规定、空间参考系统的合理选定等等诸多内容，务必要确保不同类型的测量数据，像是点状数据、线状数据、面状数据以及三维模型数据等，能够在数据库里得到有序且规范的组织安排，并且还能够充分支持针对数据展开多尺度、多维度的空间分析工作。

3 基于 GIS 的工程测量数据分析技术

3.1 空间数据分析方法

空间数据分析方法乃是基于 GIS 的工程测量数据分析技术当中的基础部分，更是其核心所在。该方法借助对空间位置、几何特征以及它们相互之间关系展开细致挖掘的方式，给工程规划、设计、施工还有管理工作给予科学层面的依据。在工程测量活动当中，所采集到的诸多数据从本质方面来讲全都是空间数据，具备清晰明确的位置属性以及拓扑关系。空间数据分析方法恰好是凭借这些特性，针对数据展开多维度且多尺度的综合性处理工作。常见的分析方法涵盖了缓冲区分析、叠加分析、邻近分析、网络分析、空间插值、趋势面分析、可达性分析等等。举例来讲，在开展选址或者路线规划相关事宜的时候，能够凭借缓冲区分析来确定工程设施和周边环境之间最为理想的、最安全的距离；借助叠加分析，把测量数据同地形、土地利用、管线分布等多种多样的空间信息加以综合，以此来辅助达成科学决策的目的。

3.2 三维建模与可视化分析

三维建模以及可视化分析属于基于 GIS 的工程测量

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

数据分析技术里的关键构成部分，其借助把二维测量数据转变为三维空间模型的方式，可直观呈现地形地貌、建筑结构还有工程现场的空间形态，这使得数据的表达能力以及应用效果都得到了大幅度的提升。三维建模一方面能够体现出测量点的空间坐标与高程信息，另一方面还能够融入纹理、材质等各类属性，进而达成对工程对象的真实再现，助力工程师以及决策者更为详尽且精确地去理解现场的实际状况。在工程测量方面，凭借激光扫描、无人机航测以及地面测量等多种不同来源的数据，并且联合 GIS 平台所具备的空间数据处理功能，去构建起细致精准的三维数字高程模型（DEM）、数字地表模型（DSM）以及三维实体模型，以此来对地形的起伏状况、建筑物的高度情况、地下管线等相关事宜展开立体化的分析工作。三维可视化技术运用虚拟现实（VR）、增强现实（AR）还有动态图形展示等手段，能够让复杂的空间信息变得更加鲜活直观，方便针对施工模拟、方案比选、风险评估以及工程监测等方面开展相应工作。

3.3 地形分析与断面分析

地形分析以及断面分析，在基于 GIS 的工程测量数据分析技术里面，属于极为关键的内容。借助对地形呈现出的起伏状况以及其空间形态展开细致剖析，进而能为工程设计环节、工程施工进程以及环境评价方面给予科学层面的依据。地形分析主要是借助数字高程模型也就是 DEM，还有数字地表模型即 DSM 等这类空间数据，针对地表的坡度情况、坡向特点、起伏程度、流域分布状态等展开定量方面的计算操作，并且实现空间可视化的呈现效果，以此助力工程师去识别地形所具有的各类特征，同时对地质灾害风险予以评估，还可对施工方案做出优化处理[3]。在实际的应用场景当中，地形分析能够将项目所在区域的自然条件给揭示出来，像是山体出现的陡坡情况、存在凹陷的洼地情形、水流所经过的路径等等，这对于合理地规划道路的走向、排水系统的设置以及基坑的设计事宜都是很有帮助的。而断面分析，则是在特定的路径或者剖面线上去提取地形的高程相关信息，通过绘制纵断面图以及横断面图的方式，直观地反映出地形的变化情况以及土方量的计算结果，从而对工程量的估算工作以及施工工艺的选择事宜起到支持作用。

3.4 工程变化监测与动态分析

工程变化监测以及动态分析属于运用 GIS 技术针对工程测量数据展开时序性与空间性综合运用的关键走向，其目的在于达成对工程项目各个阶段空间变化的实时监控以及科学评定。经由对不同时间段所采集的测量数据加以对比分析，凭借空间数据的叠加操作、差异检测手段、变化趋势剖析等方式，可精准地识别出地形、结构、环境等层面的变化状况，及时察觉到沉降、位移、裂缝等异常情形，进而为工程安全管理与维护给予强有力的支撑。动态分析不但着眼于静态空间信息，而且着重于时间维度方面的连续性，借助构建多时相空间数据库，达成工程状态的动态可视化以及预警机制的设立。依托 GIS 平台，变化监测系统能够整合多种来源且具有不同结构的数据，像无人机影像、激光扫描点云、传感器实时数据等等，能够支持大数据的处理以及云端的共享，大幅度提升监测的精确度与时效性。

4 技术发展趋势与研究方向展望

基于 GIS 的工程测量数据自动化处理与分析技术当下正处在快速发展的进程之中，并且持续不断地进行着创新尝试。就未来的发展态势而言，其主要会呈现出智能化、集成化以及实时化这三个方面的特点。随着人工智能、机器学习还有大数据等相关技术得到日益广泛的应用，工程测量数据的自动化处理将会变得更加智能化起来。如此一来，便能够达成自动对异常情况进行检测、依靠智能方式去纠错以及实现自适应的数据清洗与分析等目标，进而使得数据处理的效率以及准确性都得以大幅度地提升[4]。鉴于多源异构数据的数量在不断增加，GIS 平台在未来会进一步强化自身与遥感技术、物联网、云计算以及边缘计算等展开深度的集成工作。通过这样的方式，可以实现测量数据在不同平台之间的共享以及从多个维度去进行融合，进而构建起更为完善的工程空间信息体系。而实时化同样也是未来极为重要的一个发展方向。借助 5G 通信以及传感器网络所提供的支持，测量数据能够做到近乎实时地完成采集、传输以及分析等一系列操作，以此来满足工程项目对于动态监控以及快速响应方面的需求。

5 结语

基于 GIS 的工程测量数据自动化处理以及分析技术，在提升数据管理方面的效率、增强针对空间的分析能力还有给予工程决策有力支持等方面，均有着颇为重要的作用。伴随技术不停地向前推进，像自动化处理、三维建模以及动态监测等一系列方法，也一天比一天更加成熟起来，进而为工程测量数据迈向智能化应用筑牢了稳固的基础。在未来的发展进程中，需要持续不断地去深化 GIS 和人工智能、大数据等相关技术之间的融合程度，促使测量数据处理朝着更高的精度标准、更强的实时性要求以及更为广泛的应用范畴方向去发展。

[参考文献]

[1]吴斌.工程测量中 GIS 技术和数字化测绘技术的应用研究[J].科技资讯,2025,23(3):131-133.
[2]刘伟波.基于 GIS 系统的智能建筑测量数据处理与分析[J].中国建筑金属结构,2025,24(3):184-186.
[3]涂小青.工程测量中的三维 GIS 技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(5):123-125.
[4]武兴.工程测量中 GIS 技术和数字化测绘技术的应用[J].中国住宅设施,2022(3):91-93.

作者简介：惠清聪（1992.1—）毕业院校：辽宁工程技术大学，所学专业：测绘工程（摄影测量与遥感），当前就职单位名称：甘肃国图测绘地理信息有限公司，单位职务：航测部门经理，职称：中级工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

以智能化助推新能源汽车产业高质量发展

符养斌
山西省交通新技术发展有限公司，山西 太原 030012

[摘要]随着全球能源危机以及环境污染问题不断加剧，新能源汽车逐步变成替代传统燃油车的关键方向，其具备的零排放、低噪声以及高效节能等诸多优势受到了广泛关注。不过，新能源汽车产业实现高质量发展，一方面依靠技术创新与政策支持，另一方面需要借助有效的项目管理，达成经济效益、社会效益、环境效益以及资源节约的协同统一。智能化技术的应用，给新能源汽车产业带来了全新的发展机遇。本研究深入探讨了智能化推动新能源汽车产业高质量发展的具体途径，希望能够为产业的可持续发展给予一定指导。

[关键词]智能化；助推；新能源汽车；高质量发展
DOI：10.33142/sca.v8i6.16846 中图分类号：F12 文献标识码：A

Using Intelligence to Promote High-quality Development of the New Energy Vehicle Industry

FU Yangbin
Shanxi Provincial Transportation New Technology Development Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030012, China

Abstract: With the increasing global energy crisis and environmental pollution, new energy vehicles have gradually become a key direction to replace traditional fuel vehicles. Their advantages such as zero emissions, low noise, and high efficiency and energy conservation have received widespread attention. However, the high-quality development of the new energy vehicle industry relies on both technological innovation and policy support, as well as effective project management to achieve a coordinated unity of economic benefits, social benefits, environmental benefits, and resource conservation. The application of intelligent technology has brought new development opportunities to the new energy vehicle industry. This study explores in depth the specific ways in which intelligence promotes the high-quality development of the new energy vehicle industry, hoping to provide some guidance for the sustainable development of the industry.

Keywords: intelligence; promotion; new energy vehicles; high-quality development

引言

随着全球能源转型进程持续推进，环保方面所面临的压力也在持续增大，在这样的大背景之下，新能源汽车产业已然逐步发展成为推动绿色低碳发展向前迈进的关键力量。近些年来，智能化技术在各行各业当中得到了极为广泛的运用，这无疑为新能源汽车产业开展创新发展的相关工作带来了以往不曾有过的绝佳机遇。智能化所涉及的范围颇为广泛，其不但包含了自动驾驶、车联网、智能制造等诸多不同的技术层面，而且还凭借着数据化、网络化、智能化相互之间深度融合的方式，使得新能源汽车在安全性、舒适性、效率等方面都得到了一定程度的提升，同时也让用户的使用体验有了较为明显的改善。智能化技术快速地向各个领域渗透，一方面有力地推动了新能源汽车在技术层面的创新以及产品方面的升级换代，另一方面也给产业结构的优化调整以及实现高质量发展赋予了全新的动力。不过，即便智能化对于助推新能源汽车产业的发展有着巨大的潜在能力，可在实际的发展过程当中，它仍然面临着技术上存在瓶颈、标准化工作推进滞后、人才储备相对匮乏等诸多方面的诸多挑战。所以说，怎样借助加快智能化技术的突破进展、完善产业链上下游之间的协同配合、提升人才供给的数量与质量以及强化政策方面的支持力度等方式，进一步推动新能源汽车产业完成智能化转型并实现高质量发展，已经变成了当下亟需去解决的一个十分重要的课题。本研究着重于探讨智能化在推动新能源汽车产业实现高质量发展的整个过程中究竟应当如何去发挥其核心作用，同时对当前所面临的主要问题展开深入分析，并且给出与之相应的对策方面的建议内容。

1 智能化与新能源汽车融合的必要性

智能化和新能源汽车相互融合，这是促使汽车产业达成转型升级、朝着高质量发展迈进的一种必然走向，在全球“双碳”战略以及技术变革这两大因素的共同推动之下，新能源汽车已然慢慢变成了汽车工业发展的主要导向，而智能化技术充分融入其中以后，便赋予了新能源汽车更高的价值，同时也为其开拓出了更为宽广的发展空间。其一，智能化技术可大幅提升新能源汽车的安全性、舒适性以及能源效率，借助智能驾驶辅助系统、智能网联平台还有能源管理系统，达成车辆运行的自动感知、智能决策以及精准控制，以此来满足消费者对于智能出行体验所呈现出的多样化需求。其二，智能制造、数字化管理、远程运维等智能化手段，也能让新能源汽车企业更高效地去组织生产、优化供应链并且提升服务水准，进而强化自身的市场竞争力。除此之外，智能化还会推动新能源汽车产业链上下游

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

协同开展发展，加速构建起以数据作为核心的产业生态体系，促使产业模式从传统的制造向着智能服务转变。

2 当前智能化助推新能源汽车产业发展面临的挑战与问题

2.1 技术瓶颈与核心技术依赖

当前，智能化在推动新能源汽车产业发展的进程当中，依旧面临着技术瓶颈以及对核心技术存在依赖等诸多较为突出的问题。其一，像车载操作系统、高性能芯片、智能传感器、自动驾驶算法这类智能化所倚重的关键核心技术，大多依然掌握在少数一些发达国家以及技术巨头手中，在国内部分关键环节尚未达成自主可控的局面，存在被“卡脖子”的风险。其二，现有的技术在实际应用的过程里，仍旧面临着诸如稳定性不够、集成度不高、实时响应能力偏弱等技术方面的阻碍，这在一定程度上限制了智能功能的充分实现与广泛推广[1]。特别是在自动驾驶、高精度定位、车路协同等这些领域，现阶段的技术成熟程度还很难对规模化商用给予有力支撑，进而使得新能源汽车在智能化功能方面呈现出较大的差异性以及不均衡的情况。

2.2 数据安全与隐私保护问题

随着智能化推动新能源汽车产业的发展，数据安全与隐私保护问题日益突出，成为制约产业健康发展的关键因素。新能源汽车作为高度智能化和网联化的终端设备，持续产生大量与用户身份、出行轨迹、驾驶习惯及车辆状况相关的数据。这些数据通过车载系统、云平台及第三方应用传输和处理，存在被非法获取、滥用或泄露的风险。一些企业缺乏透明的数据使用机制，未明确界定用户数据权限，容易侵犯用户知情权和选择权。同时，相关法律法规尚不完善，监管机制滞后，数据标准、加密方法和存储路径缺乏统一规范，导致数据管理漏洞，给用户隐私安全带来隐患。

表 1 智能联网骑车数据隐私存在的问题和影响

关键问题	具体表现	影响
数据量大且敏感	涉及用户身份、行驶轨迹、驾驶习惯等数据	增加数据泄露和滥用风险
数据传输风险	车载系统、云平台、第三方应用传输过程存在漏洞	易被非法获取
企业透明度不足	缺乏明确数据使用权限和范围	侵犯用户知情权和选择权
法规和监管不完善	相关法律滞后，监管机制不健全	数据管理缺陷，隐私安全隐患
缺乏统一技术标准	数据标准、加密方式和存储路径无统一规范	导致安全漏洞

2.3 标准体系与制度建设滞后

在智能化快速为新能源汽车产业赋能的进程里，标准体系以及制度建设滞后已然变成限制行业协调发展和技术落地的关键瓶颈。当下，新能源汽车和智能化技术的融合牵涉到诸多领域与环节，像车载通信协议、自动驾驶分级标准、信息安全规范、数据交互接口等等，然而与之相关的标准还没有实现系统化与统一化，存在着覆盖面较窄、适用性欠佳、更新滞后的状况。这样的标准缺失或者不协调使得不同企业间的产品技术出现兼容性方面的问题，对产业链上下游的协同发展形成了制约，同时也增加了技术推广以及应用落地的困难程度[2]。从制度层面来讲，现有的法规政策很难完全契合智能化发展所带来的新变化，在智能网联汽车的测试监管、责任界定、数据合规等方面缺少明确的法律依据，致使企业在技术研发以及产品部署的过程中存在诸多不确定性。

2.4 人才结构与技能供给不足

在智能化推动新能源汽车产业发展的进程里，人才结构以及技能供给不足的状况逐渐变得更为突出，已然成为制约产业升级以及技术创新的关键要素。智能新能源汽车把人工智能、大数据、云计算、自动控制、信息安全等诸多前沿技术融合到了一起，这就对从业人员的综合素质以及专业能力提出了更高的要求。不过当下在行业内，高层次且具备复合型特质的人才供给明显存在欠缺，在智能驾驶算法开发、软件工程、芯片设计、智能制造这些关键领域当中，专业人才的缺口是比较大的，很难满足企业快速发展的实际需求。由于现有的职业教育以及人才培养体系还没有与产业的发展紧密地对接起来，传统的汽车工程类专业和智能化技术之间存在着脱节的情况，使得新兴技术的应用推广受到了限制。企业在员工培训机制以及技能升级方面所投入的资金是有限的，基层的技术人员其技能水平呈现出参差不齐的状态，很难在新技术的背景下胜任研发、运维以及服务方面的工作。

3 推进智能化赋能新能源汽车产业的对策建议

3.1 加大关键核心技术攻关力度

推动智能化赋能新能源汽车产业，需加大关键核心技术攻关，强化自主创新。智能新能源汽车涉及自动驾驶、智能网联、车规级芯片等核心技术，直接影响性能和安全。当前，国内在部分关键技术上存在瓶颈，需依托国家重大科技专项，构建从基础研究到成果转化的完整创新体系。应鼓励企业联合高校和科研机构，组建技术攻关平台，集中突破核心技术，提高自主可控能力。同时，加大资金和政策支持，完善技术标准与知识产权保护，推动技术成果快速转化，为产业高质量发展提供保障。

表 2 提升智能联网汽车核心技术的关键措施和内容

关键措施	具体内容
强化自主创新能力建设	推动核心技术研发，提高技术自主可控能力。
攻克关键核心技术	聚焦车规级芯片、高精度传感器、操作系统、智能控制算法等领域突破。
构建全链条创新体系	依托国家级科技专项，覆盖基础研究到成果转化的完整创新链。
组建技术联合攻关平台	联合企业、高校和科研机构，集中资源开展技术攻关。
加大资金和政策支持	增强研发资金投入，出台相关政策支持技术创新。
建立技术标准与知识产权保护机制	制定技术标准，保护知识产权，促进成果转化和应用。
推动技术成果转化	快速将研发成果应用于生产，提升产业竞争力。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

3.2 完善智能化相关政策与标准体系

要切实推动智能化赋能新能源汽车产业实现高质量发展，就需要加速去完善智能化方面的相关政策以及标准体系，进而构建起统一且科学、成体系的制度框架。当下，新能源汽车智能化的发展牵涉到自动驾驶、车路协同、车联网、数据管理与安全、信息通信等诸多领域，其技术融合的程度颇高，应用场景也较为复杂，所以迫切需要有一套具备权威性且前瞻性强的政策与标准体系来给予引导并加以规范。政府方面应当对智能化发展的顶层设计加以统筹制定，清楚界定技术的发展方向以及产业的布局情况，并且借助法规制度给智能化技术的研发、测试、应用明确指出准入的条件以及划定安全的边界[3]。与此还得积极推动行业标准朝着统一化以及体系化的方向开展建设工作，确保能够涵盖通信协议、数据接口、功能安全、信息安全、测试验证等这些关键环节，以此来强化不同企业以及平台之间所具有的兼容性以及互操作性，防止出现“信息孤岛”以及重复建设的状况。除此之外，在政策层面还应当强化对智能化相关技术在示范应用、基础设施建设、公共服务平台等方面给予引导与支持，促使创新链、产业链以及政策链能够实现有机的衔接，从而为智能化技术的大规模应用以及产业的健康发展营造出良好的制度环境以及发展生态。

3.3 强化产学研协同与产业链整合

在智能化给新能源汽车产业赋能期间，强化产学研协同以及产业链整合乃是推动技术取得突破并且促使成果得以转化的关键途径。智能新能源汽车涉及的技术门类众多且更新换代极为迅速，仅凭某单一主体很难对其全面掌握并实现快速落地应用，所以迫切需要构建起一个协同创新体系，其中企业作为主体，高校和科研机构给予支撑，政府起到引导作用。借助深化产学研合作的方式，能够把高校及科研院所开展基础研究的能力同企业在工程化开发方面所具备的优势很好地结合起来，达成对关键共性技术展开联合攻关的目的，并且让新兴技术顺利实现产业化落地。与此要强化新能源汽车产业链上下游之间协同整合工作，消除技术、资源以及信息方面的壁垒，打造以核心技术平台当作中心的开放协作生态系统，推动像芯片、传感器、动力系统、智能算法、通信模块这类核心环节实现高效协同以及协作创新。在这样的前提下，还需要加快去建设智能制造示范基地以及产业创新中心，培育出一批拥有国际竞争力的创新型企业群体，提高整体产业链的稳定性以及自主可控的能力，进而为我国新能源汽车产业朝着智能化、高端化、绿色化方向发展给予强有力的支撑。

3.4 推动多元人才培养与引进机制

推动多元人才的培养以及引进机制，这是智能化赋能新能源汽车产业发展的诸多关键因素当中的一项。随着智能化技术与新能源汽车产业逐步实现深度融合，那种传统的人才培养模式以及结构，已然很难契合行业对于高端、复合型人才所提出的各类需求了。所以，得尽快构建起更为多元化的整个人才培养体系，以此来适配智能化技术持续更新换代的那种需求。这不但要加大高校还有科研机构在智能化技术领域里针对教育方面的投入力度，对现有的课程体系以及培训内容加以改进，重视对学生创新思维以及实践能力的培育，而且还要推进企业与高校展开深层次的合作，借助联合培养、产学研实训等具体形式，培育出一批拥有前瞻性且具备跨领域技术背景的复合型人才[4]。与此伴随行业发展速度的加快，人才引进机制同样得进一步强化，特别是要加大对国际化高端技术人才引进的力度，给产业带去先进的技术理念以及创新经验。除此之外，国家以及地方政府应当制定出具有针对性的相关政策，以此来鼓励企业以及科研机构打造人才高地，给予人才引进以及培养相应的资金支撑与政策方面的优惠，进而为新能源汽车产业的智能化发展源源不断地提供人才方面的保障，推动整个产业朝着高质量发展的方向迈进。

4 结语

智能化技术给新能源汽车产业的高质量发展带来了强劲助力，它让产品性能得以优化，生产效率得以提升，同时也推动产业结构变得更为合理，促使产业朝着绿色转型的方向迈进。在智能化发展的过程中，存在着像技术瓶颈、标准体系滞后、数据安全等方面的诸多挑战。不过依靠技术创新、政策方面的支持以及产学研相互间的协同合作，新能源汽车产业能够更加妥善地去应对这些问题，进而迈向更高程度的智能化并实现可持续发展。在未来，伴随着智能化技术持续走向成熟，新能源汽车产业会给全球能源转型、环境保护还有社会经济发展创造更多价值。

[参考文献]

[1]王俊.跑出加速度共赴新征程——坚定不移推动新能源汽车产业高质量发展[J].高科技与产业化,2024(3).
[2]纪亮.搭建产业计量服务平台-助推智能网联汽车产业高质量发展[J].中国计量,2024(6):26-28.
[3]王明赫.我国新能源汽车产业政策研究[D].吉林:吉林大学,2023.
[4]李妙然.中国新能源汽车产业扶持政策效应[D].北京:中国社会科学院研究生院,2020.

作者简介：符养斌（1966.9—），毕业院校：北京理工大学，所学专业：汽车，当前就职单位：山西省交通新技术发展有限公司，职称级别：高级工程师。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

航天企业科研生产管理信息化建设思考

郑 沐
贵州航天电子科技有限公司，贵州 贵阳 550009

[摘要]随着我国经济不断发展以及科学技术快速进步，航天企业的业务形态和生产方式都发生了很大变化。在这个时代背景下，航天企业迫切要提升科研生产管理水平，积极探寻并构建更为高效且智能的信息化管理模式与办法。信息化建设给航天企业的转型升级以及高质量发展创造了前所未有的机会，但同时也让企业在管理体系、技术集成、数据安全等方面遇到新的难题。对于负责科研生产任务的单位来讲，科研生产管理工作推进得是否高效，直接关联着企业整体运营的科学化、精细化程度。所以，为了更好地应对复杂多变的发展环境，提高科研生产的组织效率和协同能力，需从战略层面出发，全面谋划并落实一系列切实可行的信息化建设举措，促使航天企业达成科研生产管理的现代化转型。

[关键词]航天企业；科研生产；生产管理；信息化
DOI：10.33142/sca.v8i6.16813 中图分类号：F27 文献标识码：A

Thoughts on the Informationization Construction of Scientific Research and Production Management in Aerospace Enterprises

ZHENG Mu
Guizhou Aerospace Electronic Technology Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550009, China

Abstract: With the continuous development of Chinese economy and rapid progress in science and technology, the business forms and production methods of aerospace enterprises have undergone significant changes. In this era, aerospace companies urgently need to improve their scientific research and production management level, actively explore and construct more efficient and intelligent information management models and methods. The informatization construction has created unprecedented opportunities for the transformation and upgrading of aerospace enterprises and high-quality development, but at the same time, it has also posed new challenges for enterprises in management systems, technology integration, data security, and other aspects. For units responsible for scientific research and production tasks, the efficiency of scientific research and production management is directly related to the scientific and refined level of the overall operation of the enterprise. Therefore, in order to better cope with the complex and ever-changing development environment, improve the organizational efficiency and collaborative ability of scientific research and production, it is necessary to start from a strategic level, comprehensively plan and implement a series of practical and feasible information construction measures, and promote the modernization transformation of scientific research and production management in aerospace enterprises.

Keywords: aerospace enterprises; scientific research and production; production management; informatization

引言

随着我国航天事业不断取得进展，科研与生产任务变得越来越复杂且系统化，对管理效率、信息处理能力以及协同作业水平的要求也越来越高。传统的科研生产管理模式在任务调度、资源配置、数据分析与过程控制等方面慢慢显现出效率低、响应慢、信息孤岛等问题，已经没办法满足现代航天工程对于高质量、高可靠性和高效率的管理需求了。信息化是推动管理模式变革、提高企业核心竞争力的有效手段，成为航天企业达成科研生产精细化、透明化与智能化管理的关键途径。借助构建统一、高效、集成的科研生产管理信息系统，能够实现各类资源的优化配置以及全过程数据的集中管控，同时还能强化企业在复杂环境下快速响应与动态调整的能力，提升任务执行的精准程度与系统运行的稳定性。所以，深入探讨和研究航天企业科研生产管理信息化建设的路径、技术架构与实施策略，既是推动企业数字化转型的实际需求，也是提升我国航天工业自主创新能力和战略保障水平的重要措施，有着重要的理论价值和实践意义。

1 航天企业科研生产管理现状分析

航天企业科研生产管理属于推动航天技术不断取得进展以及促使产品质量得以提升的关键环节，其当下的实际状况呈现出诸多方面的特性以及面临不少挑战。一开始，传统的科研生产管理模式往往较多程度上依靠人工所积累的经验以及借助手工来进行操作，其中的信息流跟工作流之间存在着相当大的脱节情况，这就致使管理的效率并不是很高，很难去契合复杂科研项目所涉及的多部门、多工序协同方面的需求。接着，科研项目的周期相对较长，技术方面的含量颇高，任务本身也比较复杂，如此一来便

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

让管理过程里信息的及时共享以及准确传递变成了一个难题，进一步对项目的进度把控以及质量保障造成了影响。与此科研人员和生产团队彼此之间所存在的沟通协调机制还不是很完善，存在着信息孤岛以及资源配置不均衡等诸多问题，这些都对整体科研与生产的协同效应形成了限制作用。除此之外，数据管理体系还没有达到健全的程度，像科研成果、实验数据、生产工艺这类核心信息缺少统一且规范的存储以及分析平台，所以难以达成数据的有效利用以及知识的积累目的。伴随航天技术的快速发展以及竞争压力的不断增大，现有的科研生产管理体制在灵活性、响应速度还有创新支持等方面也都显示出了一定的欠缺，这便对企业整体的研发效率以及市场适应能力产生了影响。

2 航天企业科研生产管理信息化的需求分析

随着航天技术持续取得进展，科研生产任务也变得愈发复杂，在这样的情况之下，航天企业对于科研生产管理信息化的需求变得日益急迫，并且呈现出多样性的特点。信息化可达成科研与生产数据的集中化管理以及实时共享的目的，借此打破部门以及环节之间存在的信息壁垒，进而提升跨部门协同工作的效率，推动科研成果能迅速转变为生产力。科研项目牵涉到数量众多且复杂的各类数据采集、分析以及存储事宜，信息化系统能够给予大数据处理以及智能分析方面的有力支持，助力管理者做出更为科学合理的决策，提升项目管理的精确程度以及响应的速度。信息化还能够使科研生产流程得以规范，通过自动化控制各个环节的具体操作，提高工作的透明度以及追溯的能力，降低人为出现失误的可能性，确保项目能够按照计划顺利且高效地推进下去。就安全与保密而言，航天企业对于信息安全有着极高的要求，信息化系统必须具备较为完善的权限管理以及数据加密的相关机制，以此来保障核心技术以及敏感信息的安全无虞[1]。与之信息化系统还需要能够支持多种多样的应用场景，像是远程协作、移动办公还有设备状态监控等等，从而能够适应现代化科研生产所具有的灵活性以及多变性的各类需求。

3 信息化建设的关键技术与系统架构

航天企业科研生产管理信息化建设依靠诸多关键技术的集成运用以及系统架构的合理设计。其一，大数据技术属于信息化建设的关键支柱，借助对海量科研及生产数据展开采集、存储、处理与分析，达成对项目推进状况、资源配置情况以及质量控制环节的全程监控与智能决策。其二，云计算技术赋予系统弹性计算的能力，并且搭建起高效的数据共享平台，助力多部门、多地域开展协同办公以及资源整合工作，大幅提高了系统的灵活性与扩展性。物联网技术的应用让科研设备和生产线具备了实时感知与远程监控的功能，提升了设备利用率以及故障预警的能力。人工智能技术借助机器学习、自然语言处理等方式来辅助科研数据分析、自动化流程优化以及风险预测，强化系统的智能化程度。在系统架构层面，应当采用分层设计的理念，涵盖数据层、服务层、应用层以及安全层，以此保证数据流通的高效性与安全性。数据层负责统一的数据采集与管理工作，服务层提供数据处理以及业务逻辑方面的支持，应用层面向用户呈现科研生产管理功能的可视化操作界面，安全层包含权限控制、身份认证以及数据加密等一系列措施，确保系统运行的安全与稳定。

4 航天企业科研生产管理信息化建设实施路径

4.1 规划与设计阶段

在航天企业科研生产管理信息化建设所涉及的实施路径当中，规划与设计这个阶段无疑是整个项目的极为关键的核心起点，它和系统建设的科学性、适用性以及可持续性都有着极为紧密的直接关联。在该阶段，企业务必要从自身的整体战略层面来着手出发，要清晰明确地确定信息化建设的具体目标定位、相应的建设原则以及未来的发展方向，要周全且细致地去考量科研以及生产各个环节所呈现出的业务方面的诸多特点以及管理方面的各种需求，进而切实保证信息化系统不但能够在当下有效支撑起相应的工作流程，而且还得具备能够灵活适应未来发展态势的那种灵活性以及相应的扩展能力。一开始，就需要借助系统调研这一方式，全方位且细致地对企业现有的科研生产管理流程、组织架构、信息系统当下的使用状况以及其中存在着的关键问题等都加以梳理，从中去精准识别出信息化建设过程中的重点所在以及难点之处，从而能够为后续开展的系统设计工作给予真实可靠且详尽完备的数据方面的有力支持以及决策方面的坚实依据[2]。在技术方案的设计环节，应当去构建起一个涵盖数据层、业务层、应用层以及安全层在内的完整系统架构，要对功能模块做出合理的规划安排，要清楚明确各类数据所遵循的标准以及接口相关的规范要求，以此来确保信息能够在不同的系统之间顺利实现集成与共享。与此还得充分结合企业在科研管理过程当中所具有的保密性、精密性以及高并发性等一系列特殊的实际要求，精心设计出具备极高安全性、良好可追溯性以及较高可靠性的技术方案，从而切实保证系统在实际运行的过程当中能够做到既高效又安全。除此之外，还应当清晰明确项目实施过程里与之相关的组织保障方面的各项机制，比如要成立专门的信息化领导小组、设立项目管理办公室、清楚界定各自的职责分工等等，要制定出详尽细致的项目实施计划、各个阶段的具体目标以及资源配置的相关方案，以此来切实确保各项任务都能够按照预定的计划有序推进下去[3]。在此基础之上，还应当着重关注未来系统在运维以及升级方面的需求情况，要留出相应的接口以及技术支持的空间余地，从而为系统能够实现长期稳定地运行以及持续不断地优化提升奠定下较为扎实的良好基础。

4.2 系统开发与集成

在航天企业科研生产管理信息化建设进程里，系统开发与集成阶段属于极为关键的环节，此阶段会把前期所规划与设计的成果切实转化为能够实际运行的信息系统，其对于系统功能实现的程度以及整体协同效率都有着决定

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

性的影响，在这个阶段当中，依据规划阶段所确定的系统架构以及功能需求来着手开展模块化的软件开发相关工作，务必要保证系统功能能够涵盖科研任务管理、项目进度控制、生产计划编排、资源调度、质量监控、数据采集与分析等诸多核心业务环节，并且还要着重关注系统的灵活性以及可扩展性，从而更好地去适应复杂且多变的科研生产环境，在开发的过程之中，一定要严格依照软件工程规范来进行操作，建立起迭代开发的相关机制以及持续测试的机制，以此来确保系统的稳定性、可靠性以及操作的便捷性，鉴于航天企业有着特有的保密以及安全方面的要求，所以系统必须要嵌入多层次的权限管理、数据加密、访问审计等一系列的安全控制模块，进而强化信息防护方面的相应能力，在系统集成这一方面而言，得要达成各个业务模块之间的无缝对接，与此同时还要将已有的管理平台、数据中心、设备系统以及外部供应链系统全部打通，进而构建起统一的数据共享以及业务协同平台，以此来有效解决信息孤岛以及流程断裂的相关问题，在整个集成的过程当中，应当着重去关注接口的标准化、数据格式的统一以及交互逻辑的合理性，确保不同的系统之间能够高效地进行联动，数据流转也能够保持畅通无阻的状态。

4.3 试点运行与优化

在航天企业科研生产管理信息化建设的实施路径里，试点运行以及优化阶段充当着连接系统开发和全面推广的重要纽带，其目的在于借助有限范围内的实际运用，去验证系统功能的完整程度、稳定状况以及适应情况，及时找出问题并且予以解决，以此给后续的大规模推广打下稳固的基础。在该阶段当中，企业需挑选典型性较强且业务流程相对完备的科研项目或者生产单元当作试点对象，凭借在真实业务环境里运行系统，全方位检测它在任务管理、数据采集、资源调配、质量监控、进度控制等诸多方面的真实表现，评定系统是否契合既定目标以及用户需求。在试点运行进程里应当构建起有效的反馈机制，组织使用人员就系统功能、界面操作、运行效率、数据准确性等各个层面给出意见与建议，由技术团队迅速做出回应、进行修复以及开展调整，不断优化系统的性能以及用户的体验感受。与此还得针对运行期间所发现的管理流程不太适配、数据交互不够顺畅或者功能需求存在遗漏等问题，着手开展业务流程再造以及功能迭代开发工作，保证系统在技术逻辑和业务逻辑方面达成高度的匹配状态。在此前提之下，要逐步完善系统的培训机制，提高用户操作的熟练程度以及应用方面的意识，培育内部的信息化使用习惯以及协同文化。

4.4 全面推广与持续改进

在航天企业科研生产管理信息化建设进程里，全面推广以及持续改进阶段意味着信息化系统从局部试点迈向全企业范围的系统化应用，此乃实现信息化效能最大化以及价值落地的重要环节，在全面推广期间，企业要以试点运行阶段所积累的经验作为基础，依据实际应用反馈，针对系统功能、用户界面、操作流程、安全机制等诸多方面展开系统性优化，保证信息化平台在不同业务场景以及管理层级之下均具备良好的适应性与稳定性。推广实施地制定详尽的分阶段推进计划，明确各部门、各单位的部署顺序以及工作任务，合理安排人力、技术和资金资源，构建协同推进机制，确保推广工作的系统性与高效性。与此需要强化对全员的信息化培训，借助集中授课、岗位实操、在线学习等多种途径提升员工对系统的理解与应用能力，消除“工具恐惧”和“使用障碍”，保证系统在实际运行当中能够切实被使用、用好、用出成效。在推广进程中，企业还应当设立专门的信息化运营管理团队，负责系统运行维护、用户支持、数据监控以及平台迭代等相关工作，持续提升系统的运行质量与服务水平[4]。并且，信息化建设并非一次性工程，而是一个动态演进的持续过程，随着科研任务的发展变化以及管理需求的不断升级，系统同样需要不断更新优化，逐步引入人工智能、数字孪生、工业互联网等新技术，持续拓展功能边界与应用深度。

5 结语

随着航天任务变得日益复杂，管理方面的需求也在不断提高，在这种情况下，推进科研生产管理的信息化建设已然成为航天企业达成高质量发展的必要途径，也是其增强核心竞争力所必需走的道路。借助科学合理的规划、先进的技术支持、系统的集成应用以及持续不断地优化提升等手段，信息化管理一方面可打破信息方面的壁垒，另一方面能提升管理工作的效率，除此之外，它还能够推动科研工作与生产环节实现深度融合，进而达成资源的高效配置，并且实现对全过程的精细管控。在往后的日子里，航天企业需要持续强化自身对于信息化的战略意识，进一步完善管理的相关机制，同时深化对于技术的应用，不断地促使科研生产管理信息化朝着智能化、协同化以及自主可控的方向去迈进，以此来为我国航天事业的可持续发展给予稳固的管理支撑以及技术保障。

[参考文献]

[1]高坤,王炜芹,张志鹏,等.航天企业科研生产管理信息化建设思考[J].中国科技投资,2021(25):13-16.
[2]孙博扬,张妍,孙鲲,等.基于企业核心竞争力的航天科研生产经营管理体系探索[J].航天工业管理,2024(6):70-73.
[3]令狐黎霓,鲁芸,陈晓北.航天企业科研生产管理能力评价体系探索与实践[J].航天工业管理,2021(1):4-9.
[4]齐爽,李凌云,袁克敌,等.航天企业科研生产计划管理研究与实践[J].航天工业管理,2025(4):73-77.

作者简介：郑沐（1992.9—），单位名称:贵州航天电子科技有限公司，毕业学校和专业:广西大学自动化专业。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

征 稿

Call for Papers

《智能城市应用》由新加坡Viser Technology Ptd Ltd主办，ISSN：2717-5391(印刷)。本刊长期以来注重质量，编排规范，选稿较严格，学术水平较高，深受高校教师及科研院所研究人员的青睐。本刊为开源（Open Access）期刊，出刊的所有文章均可在全球范围内免费下载，中国知网、维普网等权威数据库收录。

期刊以“平面媒体+网络传播”方式互动，内容聚焦智能城市建设，解读行业政策，传播行业技术标准；组建权威的业内专家团队，为期刊提供精粹的观点、尖端技术解读；以科技成果传播为核心，关注自主创新，宣传展示各地智能城市建设成就；剖析各领域典型应用案例，分享最新技术理论与产品，全方位深度覆盖诸多物联网与智能城市应用领域，为相关信息化管理部门及广大设计院、系统集成商、建筑工程公司、房地产开发商、物业管理公司、产品生产厂商等相关单位提供各类参考资料。

《智能城市应用》期刊的主要栏目有：

城乡规划、市政园林、路桥与交通、通讯通信技术、施工技术、节能环保、机械机电、计算机应用技术、自动化技术、智慧数据分析、工业制造、勘察测绘等。

鼓励智能城市建设领域的专业技术人员和管理干部以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿，有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求：

（1）论文要求：论点新颖，论证充分；设想可行，结论可靠；条理分明，书写清楚，用字规范，上交电子文件（word格式）。

（2）论文格式：题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要（150字符-300字符为宜）及关键词（3-5组为宜）、正文、参考文献。（附个人简介、邮箱、联系方式及详细收件地址，如：省、市、区、路）。

（3）论文篇幅：字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址：www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址
111 North Bridge Rd, #21–01 Peninsula Plaza,
Singapore 179098

官方网站
www.viserdata.com

ISSN 2717-5391