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 4

第8卷　总第60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4期（总第60期）

主办单位：Viser Technology Pte. Ltd.

ISSN：2630-5305 (online)
2717-5391 (print)

发行周期：月刊

出版时间：4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

目　录

CONTENTS

节能环保

机械机电

计算机技术应用

自动化技术

智慧数据分析

石油化工

勘察测绘

建筑规划设计在城市规划建设中的重要性分析

魏 东
雄安城市规划设计研究院有限公司，河北 保定 071700

[摘要]随着我国社会与经济的快速发展，人民的生活水平有了巨大的提高。而建筑行业一直以来就是我国经济发展中最为重要的部分，所以，人民越来越重视建筑规划设计工作，特别是当前的人们更加注重建筑的美观与实用性。同时建筑规划设计需要基于城市规划建设的角度，将建筑规划设计融入城市发展的过程中，如此其才可以更好地发挥出自身的巨大作用。基于此，文中针对建筑规划设计在城市规划建设中的重要性进行了研究。希望为相关的研究人员和建筑规划设计人员提供参考。
[关键词]建筑规划设计；城市规划建设；重要性
DOI：10.33142/sca.v8i4.15949　　中图分类号：TU984　　文献标识码：A

Analysis of the Importance of Architectural Planning and Design in Urban Planning and Construction

WEI Dong
Xiong'an Urban Planning and Design Institute Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071700, China

Abstract: With the rapid development of Chinese society and economy, the living standards of the people have greatly improved. The construction industry has always been the most important part of Chinese economic development, so people are paying more and more attention to architectural planning and design work, especially the current emphasis on the beauty and practicality of buildings. At the same time, architectural planning and design need to be based on the perspective of urban planning and construction, integrating architectural planning and design into the process of urban development, so that it can better play its huge role. Based on this, the importance of architectural planning and design in urban planning and construction was studied in this article, so as to provide reference for researchers and architectural planning and design personnel.
Keywords: architectural planning and design; urban planning and construction; importance

引言

建筑规划设计在城市规划建设中占据核心地位，其重要性体现在多个方面。随着城市化进程的加速，建筑不仅作为功能性空间的承载体，更是展现城市文化、历史与价值观的重要载体。通过合理的建筑规划设计，城市空间的布局得以有效引导，土地利用效率显著提升，从而促进了经济与社会的进步。此外，城市整体形象及居民生活质量直接受到建筑规划设计的科学性与美学性的影响。在现代城市环境中，建筑与周边环境、人与空间之间的关系日益紧密，功能需求得到满足的同时，人性化、生态性与可持续发展的理念亦应被融入设计中。深入分析建筑规划设计的重要性，有助于提升城市的宜居性与美观度，为实现社会经济全面协调发展奠定坚实基础。重视建筑规划设计，将使城市更加关注人文关怀与生态保护，进而形成更加和谐、可持续的生活环境。

1 建筑规划设计在城市规划建设中的重要性

1.1 建筑规划设计能够促进城市规划建设目标的实现

建筑规划设计在实现城市规划建设目标方面发挥着至关重要的作用。通过合理的规划设计，城市功能布局得以优化，空间资源实现高效配置，从而满足交通、居住、商业以及公共服务等多元需求。在规划阶段，城市空间的安排需统筹考虑，不仅最大化土地的使用效率，还有效减少不必要的资源浪费，这与节约型城市建设的目标相符。此外，建筑规划设计有助于明确不同功能区域的划分，包括住宅区、商业区、工业区以及公共设施区，确保功能的互补与协调，从而提升城市整体运作的效率。对于建筑风格、建筑密度及绿化率等方面的统一规划，亦是确保城市外观协调与环境质量优良的重要手段。

1.2 建筑规划设计是城市规划建设的基础和依据

建筑规划设计在城市规划建设中作为基础与依据，扮演着关键的引导角色，对城市的整体发展与功能布局产生了重要影响。通过科学合理的规划，能够统筹安排城市的空间结构、功能分区及交通网络等要素，为后续建设提供清晰的框架与指引。深入分析土地利用、建筑布局与空间层次等方面，确保城市在扩展与更新过程中始终保持功能的有序性与合理性，从而实现空间资源的有效利用。建筑规划设计不仅对建筑物的高度、密度、外观及风格等视觉效果产生影响，还为公共服务设施的布局、环境保护措施及交通组织方式提供了系统性方案[1]。作为后续建设的实施依据，建筑规划设计在推动工程建设顺利进行的同时，符合城市总体规划目标，并为城市未来的发展创造了弹性空间。

1.3 建筑规划设计决定了城市居民的生活质量

建筑规划设计在很大程度上影响着城市居民的生活质量，直接关系到城市空间的合理性及居住环境的舒适度。通过科学的建筑规划，各功能区域如居住、商业、教育、医疗及娱乐得以合理布局，使居民的日常生活变得更加便利，出行效率显著提高。在设计过程中，公园、绿地及公共空间的合理配置，以及行人步道的优化，不仅提升了城市的美观度，也改善了空气质量，为居民提供了良好的休闲与活动场所。此外，环保与节能理念在建筑规划设计中的融入，如合理安排建筑朝向、增加绿化覆盖率以及利用可再生能源，显著提升了城市的生态环境质量。有效的建筑设计规划还能够减少交通拥堵与噪声污染，增强居住区域的安全性，使得居民能够享受到更加安静与健康的生活空间。

1.4 建筑规划设计突出城市的特点

建筑规划设计在突显城市特点方面发挥着关键作用。每座城市由于地理位置、文化背景、经济结构及自然资源的差异，形成了独特的风貌与个性。这些城市特色通过合理的布局与设计风格得以有效展现。精心规划的地标性建筑、历史文化区、景观轴线及公共空间，不仅反映了城市的历史积淀与文化传统，还塑造了独特的视觉形象。例如，地域特色的建筑风格以及符合地方特色的公共空间设计，视觉上增强了城市的独特性，使人们能够迅速识别出该城市的特质。此外，建筑规划设计还通过在材料、色彩及结构形式的选择上，融入当地的自然风貌、气候特点与人文历史。这样的设计不仅与城市的整体形象相契合，也提升了居民对城市的文化认同感。

1.5 建筑设计促进城市空间人性化，体现城市规划设计的价值

建筑设计在城市空间规划中占据着重要地位，其人性化理念使得城市规划设计的价值得以进一步彰显。以人为本的建筑设计关注空间的可达性、便利性及舒适度，致力于创造出满足市民需求的宜居环境。通过合理配置公共设施、优化步行环境以及增加绿地和休闲空间，城市居民得以享受便捷且安全的公共场所，促进了人与环境的和谐共存。在现代城市中，随着生活质量要求的不断提高，建筑设计不仅需实现功能性，更应关注视觉、触觉及心理上的舒适体验，以增强居民的归属感与幸福感。举例来说，无障碍设计的增设、自然光照及通风条件的优化，以及绿色环保理念的融入，能够有效满足不同群体的需求，同时实现生态的可持续性。

1.6 建筑规划设计约束城市建设活动

在城市规划建设中，建筑规划设计发挥着重要的约束作用，规范了各类建设活动的布局与发展方向。通过科学合理的设计方案，确保了城市空间的有序开发与利用，避免了无序扩张、资源浪费以及功能混乱等问题的发生。具体而言，建筑规划设计为建筑的高度、密度、体量及外观等方面设定了明确的标准与限制，从而维护城市景观的整体协调性，有效保护自然生态资源。这些限制性规定能够有效防止建设活动过度集中所引发的交通拥堵、环境污染与绿地减少等城市问题，为可持续发展打下坚实基础。此外，建筑规划设计中的区域分区与功能划分在城市中也起到了重要的指导作用，确保了不同区域之间的功能协调与互补。科学分布的居住区、商业区、工业区及公共服务区，不仅优化了城市资源的配置，也为居民提供了更为便利的生活条件[2]。明确的限制在历史文化保护区的保留与更新方面设定，以避免文化遗产的破坏，促进城市历史与现代发展的平衡。

2 建筑规划设计和城市规划建设之间存在的关系

2.1 建筑规划设计和城市规划建设之间存在着协调性关系

建筑规划设计与城市规划建设之间的协调关系，构成了实现城市整体和谐与有序发展的重要基础。作为城市建设的具体体现，建筑规划设计必须与城市总体规划保持一致，以促进功能、空间与风貌的协调发展。在城市规划过程中，应遵循城市发展的总体目标与功能布局，综合考虑不同区域的功能分区、交通组织以及绿地配置等因素，从而在微观层面上支持宏观规划的有效实施。赋予每个建筑独特功能与美学价值的，正是建筑规划设计，同时在整体上构建了与城市整体风貌相符的空间结构。通过精准的设计布局、形态控制与空间尺度的把握，确保了各建筑群体与城市环境之间的协调性，使城市建设在实现资源高效利用的同时，维护了视觉与功能的整体统一性。

2.2 建筑规划设计和城市规划建设之间存在着独立性关系

建筑规划设计与城市规划建设之间的独立性，主要体现在它们各自的功能侧重及工作范围。通常，城市规划建设从宏观层面出发，制定发展框架，涵盖区域功能分区、基础设施布局及交通系统组织等整体规划。而建筑规划设计则在这一框架内，具体落实建筑物的形态、空间结构与功能布置等细节。尽管建筑规划受到城市规划的指导，但在具体设计实施方面，依然保持相对独立，能够根据建筑功能需求、环境特性与美学要求灵活进行设计[3]。这种独立性不仅使建筑设计能满足城市总体规划的要求，还能够展现多样化的建筑风格与特色，从而为城市注入更多活力与个性，满足不同社会群体的多元需求。

3 协调建筑规划设计和城市规划建设的有效措施

3.1 科学规划城市建设设计方案

科学规划城市建设设计方案，作为协调建筑规划设计与城市规划建设的基础，涉及对城市未来发展的全面考量。在制定设计方案时，详尽的调研与分析不可或缺，充分了解城市的历史背景、文化特征及发展需求。关键步骤之一，

是收集各利益相关方的意见，包括居民、企业与政府部门，以确保设计方案能反映出不同群体的需求与期望。随后，现代技术手段，如GIS（地理信息系统）与BIM（建筑信息模型），被运用来进行空间数据分析与可视化，综合评估城市的地理、交通与环境等多维度要素。在方案设计阶段，城市的功能布局与空间结构应得到充分关注，明确各区域的使用性质与相互关系，以确保建筑群体之间的合理分布，从而提升整体的功能性与便利性。同时，生态环境保护的重视亦不可忽视，采用可持续发展的设计理念，例如合理配置绿地系统、雨水管理及使用节能建筑材料，以减少城市建设对环境的影响，提高居民的生活质量。灵活性应是城市设计的一个重要特征，以适应未来社会经济变化与技术进步带来的不确定性。最后，建立健全的反馈机制，以定期对实施效果进行评估与调整，通过对城市建设与规划实施后的反馈分析，持续优化设计方案，以应对城市发展的新挑战。

3.2 协调建筑设计和城市规划建设

协调建筑设计与城市规划建设，作为确保城市整体布局合理及实现长远发展的关键环节，显得尤为重要。通过建立全面的协调机制，建筑设计得以更好地融入城市规划的总体布局，避免单体建筑对整体城市风貌造成的负面影响。在这一协调过程中，城市规划的指导原则需在建筑设计阶段得到贯彻，以确保建筑的布局、体量、风格及功能分区与周围环境相契合。同时，交通、绿地及公共设施等城市功能空间，亦应与建筑设计合理融合，从而提升城市的便捷性与舒适度。对于特定地块的设计，区域文化与历史特色需适度体现在建筑风貌中，以避免与城市整体风格产生冲突。城市规划部门与建筑设计团队之间，密切的沟通与协作尤为重要，确保建筑项目不仅满足功能需求，还能不破坏整体规划目标，最终实现城市发展的均衡与和谐。

3.3 基于建筑设计，保障规划建设质量

保障规划建设质量的关键在于构建完善的建筑设计标准及管理体系，以确保建筑设计不仅符合城市规划要求，还具备良好的功能性、安全性及可持续性。在建筑设计阶段，当地气候、地形及社会文化等因素，需得到充分考虑，以制定切合实际的设计方案。借助先进的设计软件与技术，能够进行精确的模型分析与模拟，这使建筑设计师能够提前识别潜在的设计缺陷与隐患。此外，设计过程中的多方协作也至关重要，建筑师、工程师、城市规划者及相关利益方之间的有效沟通，确保了设计方案在各个环节得到充分评估与优化[4]。在施工阶段，严格的质量管理与监控措施应予以实施，以确保所有建筑材料与施工工艺均符合设计标准及行业规范，从而提升建筑的整体质量与使用寿命。

3.4 加强城市规划建设和建筑设计管理

加强城市规划建设与建筑设计管理是提升城市发展质量与效率的重要措施。该过程始终以科学性和系统性为基础，通过建立健全的管理体系与标准化流程，能够实现对建筑项目的全生命周期管理。各管理机构的职责需明确，以促进部门之间的信息共享与协作，从而确保规划设计的各项要求有效落实。相关法律法规及技术标准的制定与完善，必须为建筑设计提供明确的指导原则。此外，项目审批过程的透明度应有所增强，以确保相关利益方的意见与建议得到充分重视与反馈。通过定期举办培训与交流活动，管理人员与设计师的专业素养将得到提升，使其掌握最新的行业动态与技术发展，进而提高整体设计水平。最后，科技在建筑设计管理中的应用应得到推动，例如，利用BIM（建筑信息模型）技术进行设计模拟与分析，这不仅能够提升设计的精准度，还能在施工阶段有效降低成本与风险。

4 结语

随着城市化进程的加速，建筑规划设计的重要性愈发突出。为城市的整体形态及空间布局提供科学依据的，不仅是建筑规划设计本身，还直接影响居民的生活质量与社会的发展。实现功能、审美与环境可持续性之间良性互动的，正是合理的建筑规划设计，从而促进经济繁荣与社会和谐。展望未来，继续适应城市发展需求的建筑规划设计，需积极融入新技术、新材料及新理念，以提升规划的科学性与可操作性。唯有通过不断的创新与完善，建筑规划设计才能更有效地引领城市建设，推动城市向更智能、生态及人性化的方向发展，最终实现城市与人类及自然的和谐共生。

[参考文献]

[1]张瑶琪.建筑规划设计在城市规划建设中的重要性分析[J].美与时代(城市版),2024(6):29-31.
[2]谢利.建筑规划的设计在城市规划建设中的重要性[J].四川建材,2022,48(11):79-80.
[3]林建铭.浅析建筑设计在城市规划建设中的重要性[J].江西建材,2020(8):202-204.
[4]王磊.建筑规划设计在城市规划建设中的重要性思考[J].门窗,2019(15):133-134.

作者简介：魏东，(1992.8—)，男，汉族，毕业学校：河北工程大学，现工作单位：雄安城市规划设计研究院有限公司。

浅析新形势下的建筑设计与城市规划研究

王 冬
河北建筑设计研究院有限责任公司，河北 石家庄 050000

[摘要]在新形势下，我国必须要做好全面小康的建设工作，推动祖国经济的发展。城市发展规划与建设是我国政府高度关注的事情，提升经济发展的速度成为了政府与人民所共同关注的事情。做好建筑设计与城市规划工作，有助于提升土地利用水平，提升交通运输效率，提升人民的生活环境水平。在新形势下，建筑设计与城市规划之间具有非常紧密的联系。建筑设计与城市规划工作如果可以结合在一起，能够起到协同的作用，能够有效地提升建筑设计工作效率，同时还能帮助城市规划工作掌握更多的细节。因此，对建筑设计与城市规划在新形势下的融合发展具有重要的研究价值。
[关键词]新形势；建筑设计；城市规划；关联
DOI：10.33142/sca.v8i4.15948　　中图分类号：TU2　　文献标识码：A

Brief Analysis of Architectural Design and Urban Planning Research under the New Situation

WANG Dong
Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In the new situation, China must do a good job in building a comprehensive well-off society and promote the development of the national economy. Urban development planning and construction are highly concerned by the Chinese government, and improving the speed of economic development has become a common concern for both the government and the people. Doing a good job in architectural design and urban planning can help improve the level of land use, enhance transportation efficiency, and improve people's living environment. In the new situation, there is a very close connection between architectural design and urban planning. If architectural design and urban planning work can be combined, they can have a synergistic effect, effectively improve the efficiency of architectural design work, and also help urban planning work master more details. Therefore, the integration and development of architectural design and urban planning in the new situation has important research value.
Keywords: new situation; architectural design; urban planning; association

引言

随着社会经济的快速发展以及城市化进程的加速，前所未有的挑战与机遇正摆在建筑设计与城市规划面前。现代城市在可持续性、智能化与人性化方面日益增长的需求，已使传统的设计理念与规划方法难以满足其要求。在当前形势下，建筑设计与城市规划的关注点不应仅限于空间功能布局与美学呈现，更应重视生态环境保护、资源的高效利用、智慧技术的融入及社会多样化需求的满足。全球气候变化、人口老龄化及资源短缺等问题日益严峻，推动城市向绿色、智能及宜居发展转型，已成为建筑师与城市规划师必须应对的紧迫课题。与此同时，人工智能、大数据、物联网等新兴技术的飞速发展，已为建筑设计与城市规划带来了深刻变革，促使该领域向更加高效、精细及人性化的方向转型。在此背景下，建筑设计与城市规划的创新路径，已成为推动城市建设与发展的关键议题。本研究旨在分析现阶段建筑设计与城市规划中所存在的问题，探索适应新形势的创新策略，提出促进两者协同发展的具体对策，以期为未来城市建设提供理论指导与实践参考。

1 新形势下建筑设计与城市规划的关联

在新形势下，建筑设计与城市规划之间的关系不仅体现在空间布局的协调与统一，更在于二者在推动城市高质量发展中的相互促进。作为引领城市空间形态、功能配置及发展方向的宏观策略，城市规划为建筑设计设定了目标框架及边界条件，而建筑设计则通过微观层面的创新实践，为城市规划提供具体的个体表现及实现路径。现代城市的复杂性与多样性促使建筑设计与城市规划的关系超越了传统的空间组织范畴，逐渐拓展至绿色低碳、智慧互联与人文关怀等多个领域，要求两者在理念、方法与技术上实现更深层次的融合。在此背景下，城市规划应从全局视角出发，统筹区域发展，推动资源高效配置，平衡历史文脉的保护与现代功能的创新，而建筑设计则应依据规划蓝图，在建筑形式、空间效率与功能适应性方面进行细致入微的设计，以实现宜居宜业的城市环境。科技进步为二者的协同提供了强有力的支持，数字化与智能化技术使得建筑设计能够更精准地响应城市规划的需求，同时也使得城市规划能够灵活调整，以适应设计创新的要求。因此，建筑设计与城市规划的互动，不仅仅是一种单一的指导与执行关系，而是建立在多维交互与动态调整基础上的有机统一。只有通过这种深度协作，城市的可持续发展及社会的全面进步方能真正得以推动。

2 新形势下建筑设计与城市规划存在的问题

2.1 规划理念和治理体系相对滞后

在新形势下，建筑设计与城市规划的发展面临诸多制约，其中规划理念与治理体系的滞后性尤为显著。一方面，部分城市的规划理念仍停留在传统的功能分区和土地利用最大化的框架中，未能充分纳入生态优先、以人为本及可持续发展的现代理念，导致在应对快速城镇化、资源与环境压力以及日益多样化的社会需求时，规划的有效性受到制约。另一方面，治理体系的更新步伐远远滞后于时代的需求，现有的政策法规未能及时适应实际情况，缺乏必要的制度保障与科学评估机制，从而影响了规划的顺利实施[1]。此外，现行的治理模式通常以政府主导为主，公众参与的程度较低，多方协作机制不够完善，导致规划的科学性及执行力受到一定程度的制约。在城市快速扩张与技术持续进步的背景下，这种滞后性不仅阻碍了城市发展应有的前瞻性与适应性，还使得建筑设计难以与城市规划在更高层次上实现有效融合，进而限制了城市品质的提升与社会效益的最大化。

2.2 创新动力和可持续发展能力不足

在当前形势下，建筑设计与城市规划中创新动力的不足与可持续发展能力的缺乏，已成为制约城市建设高质量发展的关键问题。尽管城市发展面临资源环境压力及社会结构变化等多重挑战，部分地区依然未能有效激发创新潜力，导致规划与设计模式仍停留在传统路径上，未能主动探索与应用新技术与新理念。同时，绿色低碳发展目标的实现受到资源投入、技术水平与政策支持不足的制约，导致在节能减排、生态保护以及循环经济等领域的能力相对薄弱。此外，由于对长期可持续性的重视不足，一些城市在建设过程中往往侧重短期经济效益，忽视了环境承载力与社会公平性的平衡，致使规划与设计难以为未来发展提供有效的前瞻性支持。

2.3 人文关怀和宜居宜业理念较弱

在新形势下，建筑设计与城市规划在人文关怀和宜居宜业理念方面的不足，已成为制约城市整体品质提升的关键因素。许多城市的规划设计更侧重于经济增长与空间扩张，而忽视了对居民生活质量、社会福祉以及人文情感的关注。这一现象具体表现为公共空间设计未能充分考虑不同群体的需求，社区环境未能有效促进人际互动与社会融合，且建筑与空间布局难以体现地方文化特色及历史文脉的传承。此外，由于宜居宜业理念的薄弱，城市功能分区趋于单一，生活、工作及休闲区域的空间配置未能形成有效联动，从而加剧了通勤时间过长、生活便利性降低以及职住分离等问题。特别是在城市快速发展的背景下，某些地区在建设中过于注重形式上的现代化，忽略了对居民心理与情感需求的满足，导致城市空间缺乏温度与归属感，无法有效承载多元化的人文需求。

2.4 工程建设质量和标准有待进一步提升

在当前形势下，工程建设质量和标准的提升面临诸多挑战，成为了制约建筑设计与城市规划协调发展的关键障碍。在一些工程项目中，由于质量管控不到位，设计缺陷、施工瑕疵，甚至安全隐患频频出现，这不仅影响了建筑的使用寿命，也妨碍了城市规划的整体效果。此外，部分地区的技术标准未能及时跟进现代建筑技术与材料的创新，行业规范及质量评估体系未与时俱进，致使项目实施过程中难以满足预期的质量要求。施工环节中，监理机制的不完善与责任追溯的模糊，进一步加剧了质量管理的薄弱，使得在成本与进度压力下，部分施工单位在某些情况下忽视了对质量的全面把控，甚至出现了偷工减料的现象。不同地区在建设标准及技术规范上的差异，也使得建筑设计与城市规划的协调性与一致性难以保障，从而严重影响了工程项目的整体质量水平。

2.5 智慧化和机电融合整合亟待加强

在当前形势下，建筑设计与城市规划效率提升及质量优化的关键瓶颈，正是智慧化与机电系统融合的不足。尽管智慧技术与机电一体化逐步成为现代建筑与城市发展的重要趋势，实际应用中依然存在技术集成度不高、系统协同性不足等问题。许多建筑设计未能充分将智慧管理理念融入其中，导致信息化设备与传统机电系统之间缺乏高效协作，进而影响建筑物的智能化运行效率。同时，城市规划中的智慧城市布局与机电系统的具体设计之间缺乏紧密衔接，导致城市功能模块之间的协调性差，适应性不足，无法形成智能、绿色且高效的综合体系。随着智慧化与机电技术的迅速发展，行业需求的增加，使得标准化与规范化建设尚未完全跟上，项目实施过程中，技术接口不兼容、数据传输不稳定等问题易于出现，进一步制约了智慧技术与机电系统的全面融合[2]。在大型综合体或城市基础设施项目中，智慧化与机电融合的缺失不仅降低了建筑物的能效与便捷性，还削弱了城市规划在空间资源优化、智能交通调控与生态环境保护等方面的实际效果。

3 推进建筑设计与城市规划适应新形势的对策

3.1 更新理念，加强前瞻布局规划

在当前形势下，推动建筑设计与城市规划适应新需求、更新理念、加强前瞻性布局规划，至关重要。面对复杂多变的社会经济环境，规划理念需要从传统的功能分区与土地最大化利用模式转变为更加前瞻的综合考虑，注重生态优先、以人为本以及技术引领的协调发展。通过理念更新，规划不仅应突破单一的空间配置思维，更应转向一个全面考虑城市生态系统平衡、文化传承与现代功能创新的动态框架。前瞻性布局规划要求深入研判未来城市需求，结合人口增长、资源环境约束与科技发展潜力，制定出既适应当前需求又能够服务未来的规划蓝图。在具体实施过程中，应加强区域发展统筹，利用大数据分析与数字化工具对城市空间结构、功能分布及基础设施布局进行科学优化，从而使建筑设计更有效地融入整体规划体系。此外，前瞻性规划还需关注全球化背景下城市竞争力的提升与可持续发展目标的实现，确保城市在快速变化的环境中保持灵活性与适应性，最终形成与社会

经济变革与技术进步相契合的高品质城市空间。

3.2 建立新治理，健全法规标准体系

为了推动建筑设计与城市规划适应新形势，建立新型治理结构并完善法规标准体系，至关重要。随着城市建设的复杂性与多样性不断增加，传统的治理模式已无法满足高效协调与精细化管理的需求，这要求一个更加开放、协作与智能化的治理体系被构建。在这一新治理框架下，政府、企业、公众以及社会组织之间的互动与合作必须得到加强，打造多方参与的共治模式，以确保规划设计的科学性与民主性得到保障。同时，法规标准体系的完善被视为实现治理能力现代化的关键支撑。除了要根据最新的技术进步与行业发展趋势对现有建筑设计与城市规划标准进行修订外，专项法规也应在智慧城市、绿色建筑及低碳规划等领域增加，以为行业提供更加明确的技术规范与行为准则。通过健全的法规与标准体系，市场行为可被有效规范，建设质量得以提高，同时先进理念与创新技术的广泛应用得以促进[3]。

3.3 提升素质，加大科技和人才投入

为了推动建筑设计与城市规划适应新形势，提升行业素质、加大科技投入与人才培养，至关重要。随着技术的快速进步与城市功能需求的多样化，建筑设计与城市规划越来越依赖创新技术与专业人才的支持。提升从业人员的整体素质，特别是在技术、管理与创新能力方面的增强，将为行业发展注入新的动力。为实现这一目标，必须加大对科技研究与应用的投入，特别是在智能建筑、绿色建筑以及智慧城市系统等前沿技术领域的突破，以推动建筑设计与城市规划的数字化与信息化进程。这些技术的应用不仅能够显著提高工作效率，而且能为规划设计提供更精确的数据支持与决策依据，从而推动资源的优化配置与城市的可持续发展。与此同时，人才的培养是科技进步与创新实现的关键。加强相关专业人才的培养，促进高等院校与行业的深度合作，构建完善的人才引进、培养与激励机制，吸引更多具有前瞻性视野与跨学科背景的专业人才投身建筑设计与城市规划领域，必须得到重视。

3.4 落实责任，完善质量安全监管

为确保建筑设计与城市规划适应新形势，落实责任与完善质量安全监管，至关重要。这是保证建设项目顺利实施并达到预期目标的根本保障。随着城市规模的持续扩大以及建筑技术的不断进步，建筑项目的质量与安全管理面临着更加复杂的挑战。确保工程的质量与安全，必须明确各方的职责，确保从设计、施工到管理等各个环节能实现责任的清晰划分与有效监督。政府部门应加强政策的制定与执行力度，确立严格的质量安全标准与检查程序，以保障相关法规与标准在实际操作中的有效落实。与此同时，企业与施工单位需强化自我管理，完善内部控制与质量管理体系，落实安全生产责任制，并定期进行自检与整改。为进一步提升监管效能，可引入第三方监督机制与数字化监控手段，利用大数据与物联网技术对施工现场的安全与质量进行实时监控，从而提升问题发现的及时性与解决方案的准确性。此外，全生命周期的质量安全意识应树立起来，由项目负责人及各类专业人员贯穿整个工程流程，确保建筑项目符合社会、环保与技术等各方面的要求，有效避免质量隐患与安全事故的发生。

3.5 促进协同，加强产业链和创新链融合

为推动建筑设计与城市规划适应新形势，促进协同并加强产业链与创新链的融合，至关重要。现代城市建设不仅仅是单一行业的任务，而是需要多个领域、行业以及多方力量的综合合作。建筑设计与城市规划应与建筑材料、施工技术、智能设备、信息技术等产业环节紧密结合，以实现资源的优化配置与技术的无缝对接。产业链与创新链的融合，促进了各环节间的协同作业，从而提升了整体工程的效率与质量。通过强化设计、施工、管理等环节之间的互动，跨行业、跨学科的合作得以推动，技术创新、管理创新与服务创新能够有效融合，进而推动智慧城市、绿色建筑、可持续发展等理念的实现[4]。协同效应的产业链不仅减少了重复建设，降低了资源浪费，还提升了整个建筑行业的竞争力。此外，创新链的引导作用，不仅促进了前沿技术的研发与应用，还为建筑设计与城市规划提供了更为精准的理论支持与技术保障。

4 结语

随着社会快速发展和城市化进程的加速，建筑设计与城市规划面临着前所未有的机遇与挑战。在当前形势下，单纯依赖传统的规划与设计方法，已无法满足现代城市的需求。必须加强理念创新，推动科技进步与人才培养，完善法规与标准体系，并在此基础上深化产业链与创新链的有机融合。通过更新规划理念、提升治理水平、强化质量监管以及促进跨领域协同，新的动力能够为城市建设注入，推动城市朝着更绿色、智能与宜居的方向发展。展望未来，建筑设计与城市规划需要持续适应社会、环境与技术需求的变化，在保障可持续发展的同时，城市综合竞争力与居民生活质量的提升，方能得以实现。唯有通过不断的创新与协同合作，才能实现建筑设计与城市规划的高质量发展，坚实的基础才能为打造更加美好的城市空间奠定。

[参考文献]

[1]林宇为.新形势下建筑设计与城市规划研究[J].居舍,2024(31):76-79.
[2]常欣欣.新形势下的建筑设计与城市规划[J].城市建设理论研究(电子版),2020(18):21-22.
[3]张微.新形势下的建筑设计与城市规划研究[J].住宅与房地产,2023(21):74-76.
[4]夏明怡,张高歌.新形势下的建筑设计与城市规划[J].居舍,2020(2):107.

作者简介：王冬（1996.11—），女，汉族，毕业学校：武汉理工大学，现工作单位：河北建筑设计研究院有限责任公司。

BIM 技术在市政管网施工管理中的应用

刘 涛
新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]市政管网工程涉及多个专业领域及复杂的施工环节，传统管理方式往往无法及时应对设计变更与协调问题，从而增加了项目的风险与成本。为此，BIM 技术通过数字化建模、碰撞检测与实时进度监控，为施工管理提供了更加精准、高效的手段。在市政管网施工过程中，管道的布局设计能够通过 BIM 技术得到优化，专业间的冲突得以减少，施工精度得以提升，推动了施工管理向智能化与精细化的方向发展。

[关键词]BIM 技术；市政工程；碰撞试验检查
DOI：10.33142/sca.v8i4.15935　　中图分类号：TU990.3　　文献标识码：A

The Application of BIM Technology in Municipal Pipe Network Construction Management

LIU Tao
Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Municipal pipeline network engineering involves multiple professional fields and complex construction processes. Traditional management methods often fail to respond to design changes and coordination issues in a timely manner, thereby increasing project risks and costs. Therefore, BIM technology provides more accurate and efficient means for construction management through digital modeling, collision detection, and real-time progress monitoring. In the construction process of municipal pipeline networks, the layout design of pipelines can be optimized through BIM technology, reducing conflicts between specialties, improving construction accuracy, and promoting the development of intelligent and refined construction management.

Keywords: BIM technology; municipal engineering; collision test inspection

引言

市政管网工程作为城市基础设施的重要组成部分，其建设质量直接关系到城市的安全与居民的日常生活。随着城市化进程的加速，传统施工管理方式面临着信息更新滞后、沟通效率低等问题，这些问题常常导致工期延误、预算超支以及潜在的质量隐患。为应对这些挑战，BIM 技术提供了有效的解决方案，通过三维建模、信息整合与协同管理，施工效率显著提升，资源配置得到了优化，同时，工程的质量与安全也得到了保障。

1 市政管网工程施工难点

市政管网工程施工涉及多个领域，如给排水、燃气、电力、通信等，施工环境复杂，交叉作业频繁，因此对工程质量提出了严格的要求。在实际施工过程中，面临的挑战主要集中在施工协调、空间限制、质量管控及外部环境影响等方面。由于地下管线分布密集，施工组织和协调变得异常困难。许多项目位于老城区或主干道路段，地下设施的情况往往不明，施工时容易与既有管线发生冲突，甚至可能导致误挖、误碰等事故的发生。与此同时，各类管线交叉布设，不同专业的施工团队很难做到完全同步，这加大了统筹管理的难度。作业空间的限制进一步提升了施工组织的要求，市政管网通常沿道路、桥梁、隧道布设，场地狭小，设备进场受限，材料堆放的条件也不足。特别是在城市主干道施工时，必须同时考虑交通疏解方案，以免对道路通行产生严重影响。部分工程还涉及深基坑开挖，地下水位及地质条件变化较为复杂，若支护或降水措施不到位，可能会导致地面沉降、管线损坏等安全隐患。工程质量控制面临较大难度，施工精度要求极为严格，市政管网作为城市长期运行的关键基础设施，若出现渗漏、沉降或堵塞，维护成本极高，且可能影响居民生活。在施工过程中，管道埋深、坡度、接口质量以及防渗措施都需严格把控。地下施工环境复杂，部分质量问题难以在施工过程中及时发现，往往只能在竣工后暴露出来，进而增加了后期维修的难度。外部环境因素也对施工进度产生了较大影响，在项目实施前需完成诸如道路开挖许可、管线迁改协调等一系列审批手续，这一过程复杂且周期较长，施工计划容易受到影响。与此同时，施工期间还需兼顾环保、噪音控制和扬尘治理等要求，尤其是在城市核心区域，夜间作业往往受限，从而压缩了可施工时间，进一步增加了工期管理的难度。

2 BIM 技术在市政管网施工中的应用价值

2.1 提高施工设计的可视化与优化能力

BIM 技术在三维可视化方面展现了显著的优势，相较于传统的二维施工图纸，它能更直观地呈现市政管网的整体布局，包括管道分布、井室位置及其与周边建筑和地下

设施的空间关系。这样，施工团队能够提前识别潜在问题，从而优化设计方案，避免不必要的施工冲突。市政管网施工涉及多个类型的管线，如给水、排水、燃气、电力、通信等，空间布设较为复杂。传统的设计手段难以准确表达各专业管线的空间位置，常常导致交叉冲突的发生。借助BIM三维建模技术，管道的高程、坡度、接口关系等参数得以清晰呈现，且通过碰撞检测功能，设计中的矛盾问题可以提前识别。在施工前，通过优化调整，能够有效降低因设计缺陷所带来的返工和施工延误的风险。与GIS（地理信息系统）结合，BIM可基于真实地形数据构建施工场景，使设计更加贴合现场实际条件。若施工过程中发现原有方案存在障碍或工程量误差，BIM可迅速进行调整，并通过可视化方式直观展示优化后的方案，确保设计合理性，从而提高施工的可行性。

2.2 提升施工协同管理水平

市政管网施工涵盖多个专业领域，包括给排水、燃气、电力、通信等，各工种之间的高效协同是确保工程顺利推进的关键。传统施工管理方式依赖纸质图纸和线下沟通，信息更新滞后，设计调整未能及时传达，常常引发协调失误，进而导致施工冲突、返工增加，甚至影响工期。为解决这一问题，BIM技术的应用提供了有效的解决方案。通过BIM，统一的数字化协同管理平台得以构建，设计、施工、监理及业主等各方可以在同一系统内实时共享和更新设计及施工数据，确保信息同步，提高整体协调效率。例如，当排水管道路径调整时，变更内容可立即在BIM模型中体现，各专业团队便能迅速接收更新信息，并根据此调整施工计划，减少交叉作业干扰，降低施工误差。此外，BIM还可与进度管理、材料调配及质量控制相结合，推动施工管理的精细化。施工方可直观查看当前进度，合理分配资源和人员，确保各工序顺利衔接。同时，现场作业人员可通过移动终端（如平板电脑）随时查阅最新施工方案，避免因信息延迟引起施工偏差，从而提高工程管理的精准度。

2.3 促进工程质量与安全管理

市政管网施工的质量与安全管理面临诸多挑战，主要体现在地下作业环境复杂、隐蔽工程比例高，以及多工种交叉作业频繁等方面。传统管理模式依赖人工巡检和经验判断，检测效率较低，隐患识别存在滞后，往往导致质量缺陷或安全事故的发生。BIM技术的引入，使管理方式更加智能化与可视化，极大有助于降低施工风险，提升工程的可靠性。在质量控制上，BIM能够实现施工全过程的数字化监控，通过精细的三维建模，精准把控管道埋设深度、坡度、接口位置等关键指标，有效减少因误差引发的渗漏、堵塞等问题。此外，将BIM与物联网技术结合，能够实时接入传感器，监测管道沉降、应力变化等重要参数，一旦发现异常，系统将通过可视化的预警功能及时提醒施工人员调整方案，确保工程质量满足标准要求。在安全管理方面，BIM可用于施工风险预测与模拟。例如，在进行深基坑作业、管道吊装等高风险工序之前，施工流程可通过BIM进行推演，分析潜在危险源，优化作业方案，从而有效降低事故发生的概率。结合VR技术，施工人员还可在虚拟环境中进行安全培训，熟悉操作流程，增强安全意识及应急应对能力。将BIM与现场监控系统联动后，还能实现人员与设备的实时管理，保障施工过程中的安全。

2.4 施工进度与成本优化

市政管网施工涵盖了多个环节，任务繁重，常见的问题包括进度滞后与成本超支。传统的管理方法主要依赖人工计算和计划调整，然而在面对复杂项目的实时变化时，其效率往往难以满足需求。BIM技术的引入，显著提高了施工管理的精确度，使得进度与成本控制变得更加高效。在施工进度管理中，BIM技术依托精准的三维模型，将设计、施工与资源调配紧密结合，实现全过程的动态监测。项目经理能够实时获取数据，并依据实际进展灵活调整施工计划。通过4D建模技术，BIM模型与施工进度相结合，使得各阶段的工作量与施工顺序清晰可见，进而提前识别潜在的瓶颈问题，优化施工组织，确保项目按计划顺利推进。在成本控制方面，BIM技术提供了精准的预算支持，通过结合工程量统计与资源管理模块，能够准确计算所需材料、人工及设备的数量，并实时监控实际支出与预算之间的差异，及时预警超支风险。同时，BIM还能优化资源配置，减少材料浪费，避免重复施工，从而有效降低整体工程成本，提升施工管理的经济效益。

3 BIM技术在施工过程中的应用

3.1 BIM模型构建与协同管理

BIM建模软件是实现BIM技术的关键工具，三维模型的建立构成了施工管理的基础。本项目主要采用Revit系列软件进行模型构建，涵盖水泥和沥青道路、墙体、梁柱等结构构件，以及给水、污水、雨水、电气、燃气等管道系统，同时建立了检查井、雨水井、污水井等井口设施模型。精准的三维模型使施工团队能够清晰掌握各施工环节的空间布局及技术要求，为施工过程提供可靠的数据支撑。在市政管网工程中，不同专业间的协作至关重要，但由于涉及领域广泛，沟通滞后问题时常出现，容易导致设计调整未能及时传达，施工信息不匹配，甚至引发交叉作业冲突[1]。BIM技术构建了统一的协同管理平台，使各专业负责人能够实时更新中心文件，确保所有参与方第一时间获取最新的设计和进度信息，并据此调整各自的施工计划，提高作业的协调性。BIM协同平台不仅提供信息共享功能，还实现了多方数据的高效集成，使参与方能够同步掌握最新项目动态。高透明度的信息流通减少了因沟通不畅导致的施工错误及返工现象。在施工过程中，任何变更都可即时反映到模型中，确保各专业协作顺畅，提高施工质量和效率。同时，项目管理人员能更全面地掌握工程进

展，快速调整策略，进一步优化管理水平。

3.2 施工冲突检测与优化（碰撞试验检查）

市政管网施工过程中，常常会出现不同专业的管道、设备及结构之间的空间冲突，而传统的二维图纸难以全面展示各系统的空间布局。这一局限性使得施工阶段容易发生未预见的碰撞问题，进而导致返工、工期拖延，甚至引发安全隐患。BIM 技术的碰撞检测功能有效规避了此类问题，通过数字化手段提前识别潜在冲突，并对其进行优化，确保施工的顺利推进。在 BIM 模型中，管道、电气、结构等设施被精确建模，能够在三维环境下完整展现其位置和走向，各专业模型经过自动化分析，系统实时检测并标记可能的冲突或重叠问题[2]。这一功能不仅可以识别物理空间上的干涉，还能发现管道接驳不合理、施工空间不足等潜在问题。当模型检测到冲突时，系统会自动生成详尽报告，准确定位问题点并评估其影响，技术人员可以依据该报告分析原因，并在模型中进行实时优化调整。例如，管道走向的调整、结构梁布置的优化或设备布局的重新规划等都可以通过 BIM 技术实现。这种优化方式不仅减少了因冲突引发的停工与返工，还能在设计阶段精确优化方案，从而节省材料、缩短工期并降低整体成本。

3.3 施工工艺模拟与技术交底

市政管网工程的施工工艺复杂，现场操作形式多样，技术交底因此成为确保工程质量的关键环节。传统的交底方式主要依赖文本说明和图纸解析，这种方式使得信息传达难以做到直观全面，施工人员在理解工艺要求时可能存在偏差，进而影响施工质量。BIM 技术的应用突破了这一局限，借助工艺模拟与可视化手段，使得技术交底更加生动直观，进而提高了施工人员对工艺流程的理解与执行的精准度。通过 BIM 三维模型，施工工艺的每个步骤得以动态呈现，施工人员可以直观地掌握具体操作流程、关键技术要求以及注意事项。在施工前，虚拟环境中进行管道铺设、设备安装、混凝土浇筑等工艺环节的模拟演练，使工人能够提前熟悉施工过程，减少因理解偏差导致的误操作，这种方式不仅增强了技术交底的效果，还有效降低了施工失误，提升了工程质量[3]。BIM 技术还能将工艺流程与实际施工进度相结合，进行时间与空间维度的动态分析。施工前，项目管理人员可借助 BIM 技术评估工艺实施中的技术难点、资源调配问题及潜在风险，从而优化施工计划，合理安排作业顺序，确保各工艺环节的高效衔接。通过可视化交底和工艺模拟，施工人员能够全面掌握操作规范与安全要求，提前识别可能出现的问题，减少施工过程中的返工及延误。

3.4 施工进度动态管控

施工进度的控制直接关系到市政管网工程的整体成效。传统进度管理方式主要依赖手工记录与静态图表，这种方式难以准确反映施工现场的实时动态，导致进度滞后和资源浪费的情况时常发生。BIM 技术通过整合时间、空间及施工流程信息，实现了动态化管理，使得进度控制变得更加精准和高效。借助 BIM 模型，项目团队能够将各施工阶段、工序安排及资源需求与时间节点相匹配，从而构建出完整的进度计划。与静态时间表不同，BIM 具备实时跟踪能力，能够将计划与实际进展进行比对。一旦施工进度出现偏差，系统会迅速发出预警，项目管理人员便能够及时调整策略，减少延误对整体工期的影响。BIM 还能够分析各施工环节之间的相互制约关系，提前识别可能的进度瓶颈。例如，当某一关键工序滞后时，系统可以模拟其对后续施工的影响，并提供优化调整方案。通过这种精细化的管理模式，施工团队能够合理调配资源，优化作业顺序，从而降低进度失控带来的额外成本，确保工程按计划顺利推进。

4 结语

BIM 技术的应用加速了市政管网施工管理的数字化转型，在设计可视化、协同作业、冲突检测及进度管控等方面，效率得到了显著提升。资源调度的优化、信息偏差的减少以及质量安全监管的加强，使得项目执行变得更加精准且高效。随着技术的不断发展，与其他智能化手段的深度融合，行业管理体系将得到进一步完善，市政管网建设将朝着更加高效、可持续的方向迈进。

[参考文献]

[1]吴晓鹏,温锦成,张海滔.BIM 技术在市政管网施工管理中的应用[J].工程技术研究,2023,8(16):114-116.
[2]许文质.BIM 技术在市政工程施工管理中的应用研究[J].中国建设信息化,2022(20):73-75.
[3]杨晖.BIM 技术在市政道路施工管理中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2024(2):182-184.

作者简介：刘涛（1987.9—），毕业院校：西安建筑科技大学，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。

提升生态风景园林施工技术的有效路径探究

马荷飞
杭州萧山园林集团有限公司，浙江 杭州 311201

[摘要]随着生态环境保护意识的不断增强，生态风景园林的建设不仅仅是对城市美化的要求，更是对生态环境修复和可持续发展的深刻呼唤。生态风景园林施工技术在确保景观美观、功能性的基础上，逐步向绿色、低碳、环保方向发展。这要求施工过程中的每个环节都要考虑生态效益，合理运用资源，采用环保材料，同时注重水资源的节约利用、土壤的保护以及生物多样性的保持。通过这些手段，生态风景园林不仅能为人们提供舒适的生活环境，还能在促进生态平衡和自然修复方面发挥重要作用。

[关键词]生态风景园林；施工技术；绿色设计；可持续发展；创新材料
DOI：10.33142/sca.v8i4.15917　　中图分类号：TU986　　文献标识码：A

Exploration on Effective Paths for Improving Ecological Landscape Construction Technology

MA Hefei
Hangzhou Xiaoshan Landscape Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311201, China

Abstract: With the increasing awareness of ecological environment protection, the construction of ecological landscape architecture is not only a requirement for urban beautification, but also a profound call for ecological environment restoration and sustainable development. Ecological landscape construction technology is gradually developing towards green, low-carbon, and environmentally friendly directions while ensuring the beauty and functionality of the landscape. This requires every aspect of the construction process to consider ecological benefits, make rational use of resources, use environmentally friendly materials, and pay attention to the conservation and utilization of water resources, soil protection, and the preservation of biodiversity. Through these means, ecological landscape architecture can not only provide a comfortable living environment for people, but also play an important role in promoting ecological balance and natural restoration.

Keywords: ecological landscape architecture; construction technology; green design; sustainable development; innovative materials

引言

生态风景园林的建设不仅关乎城市的美化，更是推动生态文明建设的重要手段。随着社会对环境保护的要求日益提高，生态风景园林逐渐从传统景观设计向生态可持续性转型，施工技术的革新成为提升园林质量的关键。如何在保证景观效果的同时，确保施工过程中的生态友好性和资源利用效率，已成为当前园林建设中的一个重要课题。本文将探讨生态风景园林施工技术的现状，并提出提升技术的有效路径。

1 生态风景园林施工技术现状分析

1.1 施工技术的发展历程

生态风景园林施工技术在发展的不断推进中经历了显著变革，从早期只看重景观形式与美观的传统硬景观施工，到现今更聚焦于生态。环保的绿色施工技术，一开始的园林施工往往把重点放在通过人工雕刻的硬质景观元素打造外观效果上，对自然生态保护和环境长远影响的考量不多。这种施工模式可营造出形态多样、极具视觉冲击力的景观，但或许会造成土壤质量下滑、水资源的浪费以及生态系统被破坏[1]。

伴随生态文明和可持续发展理念的推广普及，风景园林施工正慢慢过渡到绿色施工。当代的绿色施工不只是聚焦于景观美化，更聚焦于生态效益的增强。采用合乎环保标准的材料，实行水土保持、环境保护以及资源节约的相关措施，推广绿色施工技术，促使园林项目在节能减排、污染控制、生态恢复等范畴不断取得突破，最终达成自然跟人类活动的和谐共生效果。生态风景园林施工技术的发展从依靠传统硬景观过渡到生态绿色景观建设，驱动园林行业实现技术革新与环境保护的双重目标。

1.2 当前施工技术面临的挑战

尽管生态风景园林施工技术近年来有了一定进展，但实际应用期间依旧面临诸多挑战，主要体现为施工阶段的资源浪费、土壤污染、水源浪费，以及施工材料选择和工艺的相关难题。大部分园林施工项目还是选用传统的非环保材料，这不但影响到项目生态效益的发挥，也有概率对周围环境造成长久的负面效果。某些化学合成材料以及涂料有可能释放挥发性有机化合物，引起空气和水源的污染问题。在施工过程中，土壤压实及水土流失问题常常被搁置一旁不被关注，造成生态恢复的效果大幅变差。

又一个明显的问题是技术培训存在不足，众多施工人员在现代生态风景园林施工专业技术的相关培训上较薄

弱，导致施工质量、施工标准难以统一及提高，某些施工单位未充分重视施工质量管理工作，使得材料使用不当、工艺实施不规范，最终影响到项目的整体生态效果与可持续性发展，伴随绿色环保理念深入人心，怎样于施工过程中更出色地贯彻这一理念，进而解决当下现存的问题，依旧是生态风景园林施工技术面临的显著挑战[2]。

2 提升生态风景园林施工技术的有效路径

2.1 优化设计方案，推动生态设计理念

改善生态风景园林施工技术的核心要点，在于从设计阶段就开始运作，保证在项目规划时充分考量生态环境的保护与恢复。设计是生态园林项目开展的根基，绿色设计理念的引入可给施工阶段提供明确的指引，使项目在实施阶段重视外观的美观，还兼具环保及生态的功能。采用科学的设计途径，能防止对自然资源的过度开采，保证生态效益达到最大规模，也为施工阶段的技术操作搭建稳固基础。在设计流程开启的阶段，首先应考虑生态景观跟环境的和谐结合，保证项目的所有细节都可以与自然环境相契合。在规划实施过程当中，应把雨水管理系统设计得合理，采取设置雨水收集池、渗透性铺装、透水草坪等措施，降低地面径流及水土流失状况。这能有效实现对水源的保护，也可减轻城市排水系统的压力。绿地系统规划也是极为关键的一环，恰当的绿化布局和植物配置可有效增进生态多样性，调整微气候状态，增添景观的生态功能效果。

设计时需避免对地面进行过度硬化处理，尽可能少采用不透水的硬质材料。过度硬化不仅会让雨水径流出现增加现象，会造成地表温度升高，对植物生长与生态系统的平衡造成干扰，设计时应优先挑选透水性佳的材料，而且要着重保持土壤的天然透气性，以此促进水分渗透以及植物根系生长。针对植物选择，合理调配本土植物种类意义重大。本土植物能适应本地的气候与土壤条件，而且能和当地生态环境形成紧密结合，降低外来物种对生态系统所形成的干扰。这些植物往往有着较强的抗旱及抗病虫害本领，可切实降低人工干预及水资源的消耗，降低长期的养护开支。采用选择本土植物的途径，设计方案可提升景观的生态适应性与稳定性，防止引入外来物种造成的生态失衡状况[3]。

2.2 引入新型技术，提升施工效率

伴随信息技术的飞速发展，生态风景园林范畴内，智能化施工技术的应用日益广泛起来，还在提升施工效率、合理利用资源以及增强生态可持续性方面发挥了关键作用。引入智能化技术，不仅可增强施工的精度，还可降低对自然环境的损害，让生态园林建设朝着科学、环保、高效的目标迈进。在生态风景园林施工期间，应用无人机技术是一项不可忽视的创新。可以利用无人机进行区域勘测，迅速获取施工区域地形、植被分布等关键数据，为设计师提供可靠的基础数据，由此实现园林规划的优化。在实施施工的阶段，无人机可实时对施工进度展开监测，保证施工依照设计方案开展，并且及时发现潜在的问题，增强施工管理的精准水平，竣工后的景观巡查可以借助无人机。采用高空航拍对园林绿化情况进行检查，协助管理人员快速识别出存在病害的植被、浇灌不足的区域以及施工质量问题，由此提高园林的长期维护效率[4]。

智能感应设备的运用同样是现代生态风景园林施工的关键发展方向。土壤湿度传感器可实时掌握土壤的含水量，而且与智能灌溉系统形成联动，保障植物在适宜的水分条件下生长，防止因灌溉过量或缺水影响生态环境。气象传感器可即时采集气候条件数据，如温度、湿度、风速之类，利用这些数据调整养护方案。在降雨量偏大的季节，智能灌溉系统能自动削减浇水频率，以此节约水资源，增强灌溉效率。这种精准型的水资源管理途径，不仅减少了水资源的无谓消耗，还缩减了人工管理的成本开支，使园林养护变得更加科学且合理。3D 打印技术属于新型的建筑技术范畴，在生态风景园林中同样展现出极大的潜力。常规的园林小品与装饰设施一般需要手工雕刻或者模具制作，而且花费的时间长，从而造成了大量材料的浪费，而 3D 打印技术可根据设计方案精准打造园林景观内的小型设施，如雕塑、长椅、为花坛做装饰的物件等，实现高效率、低投入的生产。采用 3D 打印方法，园林施工单位可直接打印符合生态与美学规范的构件，杜绝因传统工艺误差引发的材料浪费，还减少了施工进程里的碳排放。

2.3 加强施工管理，提升质量控制

在生态风景园林施工开展期间，环境保护意义重大，故而需要实时对土壤、水质、空气等环境因素的变动进行监控，使施工活动对生态环境的影响降低至最低水平。该过程不仅牵涉施工技术的提高，也需要配置先进的监测设备以及科学的管理手段，为保证园林施工实现可持续发展。针对土壤监测工作而言，可采用智能传感器技术，实时对施工区域土壤如 pH 值、含水量、养分含量等指标加以监控，防止施工时土壤结构被破坏或遭污染。在施工进行当中，若察觉土壤水分含量过低，可迅速调整灌溉安排，防止植物因干旱枯萎。施行合理的土壤保护手段，如利用透水材料减少地表径流、布置防护网防止土壤流失等，用来维护土壤的健康情形。就水质监控工作而言，施工单位需严格把控施工废水排放，保证施工过程中周围水体不出现污染情况，利用安装水质传感器，能实时监测水源的浊度、pH 值、溶解氧含量等各项关键指标。若发现异常的情形，赶快采取处理行动，诸如建立沉淀池、过滤体系等，进而减少水源受污染程度。推行雨水收集与再利用体系，恰当地利用自然降水对绿化进行浇灌，缓解对地下水资源的依赖，增进水资源的利用成效[5]。

就空气质量监测而言，施工过程中的扬尘和废气排放是不容忽视的问题。应装设空气质量监测设备，实时去检

测 PM2.5、PM10 等各类颗粒物的浓度，进而采取降尘行动，如用洒水降尘、放置防尘网、封闭施工范围等措施。施工的时候应优先采用环保型建材，减少有害气体的外泄。要对燃油设备的使用进行严格限制，减少施工现场产生的碳排放量，维持施工现场的空气质量。除实施环境监测以外，还得加大对施工现场环保设施的投入，保证各项环保措施落实妥当。施工现场应开展垃圾分类管理举措，安排专门的回收地带，从而让建筑垃圾、园林废弃物和生活垃圾得到妥善处理。有效隔离掉污染源，如在施工现场的四周设置围挡或绿化隔离带，进而减小对周边生态环境的影响。施工企业应引入可循环利用性质的施工材料，减少资源的无谓消耗，增加材料利用程度。提高施工人员的环保认知和技术水平同样意义重大，施工团队需定时开展生态施工技术的培训及技能提升相关课程，促使施工人员掌握最新的施工工艺及管理方法[6]。

2.4 创新材料的使用，降低资源消耗

选取环保又可循环利用的材料，是推动生态风景园林施工技术进步的重要途径之一。在现代园林施工这个阶段，环保和可持续性成为项目设计、施工的核心要求，经由选用环保材料，不仅能有效削减对环境的负面作用，还可提高园林项目的生态价值与长期可持续发展水平。采用可降解的地面铺装材料属于值得推广的环保措施范畴，旧式的园林铺装用料，如混凝土和塑料产品，虽短期内能打造坚固的表面，但这些材料降解起来有困难，而且对环境产生较大的负担。实现自然降解的地面铺装材料，如由生物质或者环保塑料做的材料，在使用过程当中自然降解，降低长期堆积的废弃物数量。这些材料可降低施工对自然资源的耗用，还可防止环境污染，增进园林景观的生态友好水平。采用透水性材料可有效提升土壤渗透性，减少水土流失情况。在园林施工阶段，过度硬化的地面往往造成水分无法渗透进泥土，引起雨水径流的增加，引发了水土流失以及生态的失衡。可透水的材料，诸如透水砖、透水混凝土和透水草坪这类，不仅可有效增强地面的渗水本领，助力雨水渗透回地下。

园林施工中另一个关键的环保策略是充分利用建筑废弃物、园艺废料这类资源。凭借技术手段把这些再加工成可用的建筑材料，废弃的建筑相关的砖块、混凝土块等可实施粉碎和筛选处理，处理为再生土壤或再生骨料，可供给园林绿化及道路施工应用。如修剪下来的枝丫、叶子等，可凭借堆肥、发酵等途径转化成有机肥料，再度投入园林土壤的改良作业中。这种对废物开展再利用的模式，既切实降低了废弃物的排放程度，减小了施工所面临的环境压力，又省下了大量建筑及园林材料方面的成本。采用将废弃物资源化的做法，园林施工不只能达成生态效益的最大化，还能大幅削减成本，加快资源的循环利用步伐，体现出可持续发展相关理念。采用可循环利用的材料，能推动整个园林行业实现绿色发展，众多绿色建筑及园林项目已开始采用该种材料，以此降低对自然资源的依存度，减少对环境造成的污染，并最大程度延长材料的使用期限[7]。

3 结语

生态风景园林施工技术的提升不仅依赖于技术的创新和工艺的改进，还需要从设计、施工管理和材料选择等方面综合考虑。随着绿色环保理念的普及和技术的不断进步，未来生态风景园林的施工技术将更加注重资源的高效利用与环境的可持续发展。各级施工单位应加强技术创新，推动绿色设计理念的落实，提高施工人员的环保意识，确保生态风景园林施工技术的健康发展，为创建绿色、宜居的生态环境贡献力量。

[参考文献]

[1]张培.提升生态风景园林施工技术的有效途径[J].中国住宅设施,2023(6):7-9.
[2]李伟.新形势下提升生态风景园林施工技术的有效途径[J].城市建设理论研究(电子版),2022(30):97-99.
[3]郑奋腾.新形势下提升生态风景园林施工技术的有效途径分析[J].智慧农业导刊,2021,1(16):66-68.
[4]朱云峰.浅谈提升生态风景园林施工技术的有效途径[J].南方农业,2021,15(27):60-61.
[5]杨成.提升生态风景园林施工技术的有效途径[J].房地产世界,2021(1):103-105.
[6]孟祥红,方慧贞.探索提升生态风景园林施工技术的有效途径[J].现代园艺,2020,43(21):221-222.
[7]蒋鹏.提升生态风景园林施工技术的有效方法分析[J].现代物业(中旬刊),2019(11):236.

作者简介：马荷飞（1985.5—），浙江农林大学，专业：园林专业，单位：杭州萧山园林集团有限公司；职务：项目经理。

市政基础设施地下给排水管道顶管施工技术研究

梁山波
新疆蓬隆建设工程有限公司，新疆 喀什 844000

[摘要]随着城市化进程的加快，传统的开挖施工方法对环境和交通造成了较大影响，而顶管施工技术因其无需开挖地面，能有效避免这些问题，逐渐成为优选方案。文章介绍了顶管施工的关键技术，如顶力控制、管道导向、泥水平衡等，并分析了施工过程中的质量控制、安全管理和环境保护措施。通过对顶管技术的研究，文章为市政给排水管道的施工提供了理论支持，旨在提高施工效率、安全性和环保性。

[关键词]市政基础设施；地下给排水管道；顶管施工技术
DOI：10.33142/sca.v8i4.15951　　中图分类号：TU991.36　　文献标识码：A

Research on the Construction Technology of Top Pipe for Underground Water Supply and Drainage Pipelines in Municipal Infrastructure

LIANG Shanbo
Xinjiang Penglong Construction Engineering Co., Ltd., Kashgar, Xinjiang, 844000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, traditional excavation construction methods have had a significant impact on the environment and transportation. However, pipe jacking construction technology has gradually become the preferred solution because it does not require excavation of the ground and can effectively avoid these problems. The article introduces the key technologies of pipe jacking construction, such as jacking force control, pipeline guidance, and mud water balance, and analyzes the quality control, safety management, and environmental protection measures during the construction process. Through the study of pipe jacking technology, this article provides theoretical support for the construction of municipal water supply and drainage pipelines, aiming to improve construction efficiency, safety, and environmental protection.

Keywords: municipal infrastructure; underground water supply and drainage pipelines; pipe jacking

引言

在市政基础设施中，地下给排水管道系统是保障城市正常运行的重要组成部分，其功能直接影响到居民的生活质量与城市的可持续发展。随着城市化进程的加速，传统的开挖施工方法逐渐暴露出对环境、交通及周边建筑的负面影响。在这种背景下，探索更加高效、安全、环保的施工技术，已成为亟待解决的关键问题。作为一种不需要开挖地面、不会对交通与周围环境造成干扰的施工方式，顶管施工技术逐渐成为现代市政工程中不可或缺的重要手段。特别是在城市繁华地段、复杂的地质条件以及铁路、公路、河流等特殊环境中，该技术表现出明显优势，有效避免了传统开挖施工带来的噪音、粉尘、地面沉降等不良影响。尽管顶管施工具有显著的优势，但在实际应用过程中，许多技术难题仍然存在，如顶力控制、管道姿态调整、泥水平衡管理等问题。为了确保施工质量和安全，必须依赖先进的技术手段和科学的管理方法。本文将从关键技术、质量控制、安全管理等角度，深入分析市政基础设施地下给排水管道顶管施工技术的应用现状、面临的挑战以及未来发展趋势，旨在为市政给排水管道建设提供理论依据和技术支持。

1 市政排水管道顶管施工的特点

地下给排水管道顶管施工技术虽然具有许多优点，但也存在一些问题和不足。顶管施工技术并非简单的操作，实际应用中存在一定的挑战。此外，排水管道顶管施工技术是一种相对较为陌生的工程技术。该技术的核心优势在于无需开挖地表即可实现管道的铺设。具体而言，顶管施工技术能够穿越城市建筑物、铁路、公路以及河流等难以开挖的区域，实现管道的顺利铺设。这一技术不仅有效减少了资金投入，还大大缩短了施工周期，降低了成本。通过顶管施工，能够显著减少对城市环境的污染，减少施工过程中粉尘的飞扬，降低噪声污染，避免对周围建筑物和公路造成破坏，从而保持交通秩序的畅通。因此，排水管道顶管施工技术是一种高效、低污染的地下排管方式。

2 市政给排水管道顶管施工中的关键技术

2.1 顶力控制与管道姿态调整技术

顶力控制与管道姿态调整技术在市政给排水管道顶管施工中占据着核心地位，其对施工质量、效率与安全性的影响不容忽视。控制顶力的关键，便是确保管道受到均匀的推进力。若顶力过低，则可能导致管道推进困难或发生卡阻，而若顶力过大，则可能引起管节损坏，甚至导致

地层扰动与地面沉降。因此，在合理计算顶力时，必须综合考虑土质、管径、顶管长度、摩擦阻力等多方面因素，依托液压顶进系统来实现精确控制。对于较长顶进距离的工程，通常会采用分段顶进的方法，以减少单次顶进时产生的阻力，并通过监测系统实时调节顶力分布，从而确保各个顶进段的受力保持均衡。管道姿态调整则是保证管道沿设计轴线推进的关键步骤。在顶进过程中，由于地层变化、摩擦力不均等因素，管道往往会发生轴向偏移或倾斜。为了保证施工精度，通常会使用激光导向系统、陀螺仪导航或惯性测量系统进行实时监测，并配合纠偏千斤顶进行调整，确保管道始终保持在设计轨道内[1]。现代顶管施工中，信息化监测技术被广泛应用，数据采集与自动分析系统能够实时监控顶力变化、管道位移与姿态偏差，监测结果将反馈至控制中心，进而进行及时调整。通过这种精细化的控制手段，施工精度与成功率得以显著提升，同时有效降低了施工过程中的风险，尤其是在穿越城市建筑、道路、河流等敏感区域时，地面沉降与环境影响能够得到显著减轻。

2.2 纠偏与管道导向技术

纠偏与管道导向技术是市政给排水管道顶管施工中的关键控制技术，其对施工精度以及管道最终使用效果的决定性作用不容忽视。在施工过程中，由于地质条件的变化、顶力分布不均、摩擦阻力波动以及施工误差的累积，管道往往会发生偏移或姿态失稳。为了确保管道能够按预定轨迹精确推进，必须借助先进的导向技术进行实时监控，并结合纠偏措施进行动态调整。目前，常用的导向技术包括激光导向系统、陀螺仪导航系统与惯性测量系统等，这些技术能够实时监测管道的空间位置、姿态偏差及推进轨迹，并将相关数据反馈至控制中心，进而指导施工调整。激光导向系统通常被应用于短距离顶管施工，通过激光束投射到靶板进行位置测量，适用于精度要求较高的工程。而对于长距离、大深度的顶管施工，陀螺仪导航系统与惯性测量系统更为适用，它们能够在复杂地质条件下，确保较高的精度。管道的纠偏技术主要依赖顶管机的千斤顶系统，当偏差被发现时，顶推力的调整（如上下、左右）将逐步修正偏移。在必要时，局部纠偏千斤顶还可用于精细调整，确保管道回归设计轴线。在复杂地质条件下，智能化数据分析系统被广泛应用，通过自动优化纠偏参数，提高调整精度并降低人工干预的风险。为了减少频繁纠偏对施工进度的影响，施工前应对地质情况进行精确勘测，合理规划顶管路径，同时优化顶管参数，以尽量减少施工中的偏差。

2.3 泥水平衡与排土技术

泥水平衡与排土技术在市政给排水管道顶管施工中扮演着至关重要的角色，施工的稳定性、顶进效率以及对周围地层的扰动程度直接受到其影响。泥水在施工过程中起到支撑土体、平衡地下水压力、减少顶进阻力以及润滑管道外壁等作用，这些都为管道的顺利推进提供了有力保障，同时也降低了地层塌陷的风险。确保施工顺利进行的关键，在于合理的泥水配比与压力控制。泥水的黏度、密度与流变性需要根据地层特性进行精确调整，方能实现支撑开挖面并确保泥水顺畅排出的最佳状态。若泥水压力过大，则可能引发地层隆起或管道周围渗流破坏，甚至影响地表建筑物的稳定性；反之，若压力过低，开挖面可能失稳，导致塌方或顶进困难。因此，施工过程中必须依赖实时监测系统，动态调节泥水压力，确保其始终保持在合理范围内。排土技术同样至关重要，其目标是确保开挖出的土体能够顺利排出，防止沉积物堵塞管道或影响泥水循环。排土工作通常通过泥水循环系统完成，开挖出的土体通过泥水输送管道送至地面分离设备，在振动筛、旋流器、压滤机等设备的帮助下，泥沙逐步被分离出来，净化后的泥水经过调配后回流至掘进机内，形成循环利用，从而减少资源浪费并降低施工成本。在复杂地质条件下，特别是在含水量较高或土层渗透性较强的区域，稳定剂的加入或泥水成分的调整，可能是必要的，以增强土体支撑力并提高排土效率。随着信息化与智能化技术的不断发展，现代顶管施工已广泛采用自动化监测系统。这些系统能够实时监控泥水压力、流速、含砂率等关键参数，并通过数据分析优化泥水与排土方案，从而进一步提高施工的稳定性与安全性。

2.4 施工监测与信息化管理

施工监测与信息化管理在市政给排水管道顶管施工中具有重要的技术价值，对保障施工安全、提升工程精度以及优化管理流程起到了至关重要的作用。顶管施工通常面临复杂的地质条件、地下水变化以及长距离推进等挑战，施工过程中，地层沉降、管道偏移、设备故障等风险可能会发生。为应对这些潜在问题，必须建立一个全面的施工监测体系，实时监控关键参数，并进行动态调整。施工监测的内容主要包括顶进力、管道姿态、地层沉降、泥水压力以及管壁摩阻力等。现代传感器、激光导向仪、陀螺仪、压力传感器等先进设备，广泛被应用于数据采集，并实时反馈施工过程中的各项数据[2]。通过信息化管理系统，采集到的监测数据会自动传输至控制中心，施工人员可以及时对数据进行分析，进而调整施工参数，如顶力分布、泥水平衡的调整以及管道方向的修正，从而确保管道按照预定路线安全推进。信息化技术的应用不仅提升了施工效率，还优化了管理水平。利用BIM（建筑信息模型）、GIS（地理信息系统）等技术手段，地下管线及地质条件可在施工前进行三维建模与模拟分析，从而制定更加合理的施工方案，降低施工过程中的风险。

3 市政地下给排水管道顶管施工的质量控制与安全管理

3.1 质量控制体系与检测标准

质量控制体系与检测标准是确保市政地下给排水管道顶管施工顺利实施并满足设计要求的关键组成部分，其主要目标是保证管道的结构强度、密封性能、安装精度及

长期运行的可靠性。顶管施工的质量控制体系涵盖了施工前的准备阶段、施工过程中的监测与调整环节，以及施工后的验收与评估阶段。施工前，施工方案需进行严格审查，确保顶管设备、管材、泥水配比及施工参数符合工程设计与相关技术标准，并进行地质勘察与风险评估，为施工过程提供科学、准确的技术依据。在施工过程中，质量控制的重点包括顶进力的监测与调节、管道姿态的精确调整、泥水平衡的维护、管节拼接质量的控制以及地层沉降的实时监测等。实时监测系统必须被依赖，持续跟踪各项施工参数，并根据实时数据动态调整施工方案，以减少施工误差和降低安全风险。此外，施工质量的评估至关重要，检测标准在其中发挥了关键作用。常规的检测依据包括《顶管施工技术规程》和《给水排水管道工程施工及验收规范》等行业标准，对管道轴线偏差、接口密封性能、管节质量、管道承压能力以及回填密实度等关键指标进行全面检测。常用的检测方法包括管道闭水试验、视频内窥检测、激光测距仪测量及地表沉降监测等，这些手段有助于确保管道的安装符合设计要求，防止渗漏及结构变形的发生[3]。在施工完成后，完善的质量验收与评估体系也应当建立，确保管道的运行安全。同时，结合信息化管理手段，施工过程中所有数据将被存档，为后续的运营维护工作提供精准的技术支持。

3.2 施工安全风险分析与防控措施

施工安全风险分析与防控措施在市政地下给排水管道顶管施工中至关重要，其目的是通过系统地识别与评估安全风险，制定切实可行的防控策略，以保障施工过程的安全性并确保施工人员的生命安全。由于作业环境复杂、施工条件多变，顶管施工过程中可能会面临多种潜在安全风险。例如，地层不稳定可能引起塌方、管道推进过程中可能发生设备故障、周围建筑物或设施可能会遭到损坏，地下水涌入可能导致设备损坏等问题。此外，泥水平衡系统失控、顶力过大导致管道破裂、施工人员操作不当等因素，也可能引发事故的发生。为了有效防范这些安全风险，施工前必须进行全面的风险评估，识别出各个阶段可能遇到的危险源，并对其发生的概率及可能造成的后果进行详细分析。在此基础上，完善的安全管理体系应当建立，明确各岗位的职责与权限，编制详细的施工安全操作规程，并为施工人员提供充分的安全培训。此外，必要的技术防控措施是确保安全的关键。实时监测土体变化、地层沉降、泥水压力等指标的实施，是通过先进的监测设备来全面监控施工现场，及时发现潜在安全隐患并采取有效措施进行处理。在施工过程中，必须严格控制各项施工参数，防止顶力过大或泥水压力失控等现象发生，同时，周围建筑物与设施的支撑与加固也应得到加强，确保施工人员配备必需的安全防护装备。在应对突发情况时，制定的应急预案应当得到执行，并定期开展应急演练，以确保施工人员在紧急情况下能够迅速采取有效的应对措施，从而保障施工的顺利进行。

3.3 施工环境保护与可持续发展

施工环境保护与可持续发展是市政地下给排水管道顶管施工中必须重视的关键因素，涉及施工过程对周围环境的影响以及项目的长期效益与社会责任。在顶管施工过程中，通常位于城市地下的施工区，施工活动难免对周围环境产生一定的负面影响，如噪音、粉尘、地下水污染、土壤扰动以及地表沉降等问题。为有效保护环境，先进的施工技术与设备应当采用，尤其是低噪音、低排放的机械设备，以最大限度地减少对环境的负面影响。泥水平衡技术在施工中发挥着重要作用，能够有效避免地下水污染，并通过水土保持措施防止泥沙溢出及土壤污染。

在施工过程中，应加强对周围生态环境的实时监测与管理，定期检测空气质量、水质、噪音等关键指标，确保施工活动符合环保标准。此外，随着可持续发展理念的不断普及，顶管施工也应贯彻资源节约与循环利用的原则。例如，通过减少对原有地面和绿地的破坏，采用封闭式施工方法、减少开挖等手段，施工对生态环境的干扰得以尽量降低[4]。所有施工废料应根据环保标准进行分类、收集与处理，以避免造成二次污染。施工完毕后，施工现场的生态修复应当注重，确保原有的自然环境得到恢复。同时，管道的妥善维护与管理也应当进行，以延长其使用寿命，从而减少未来的维修及更换需求，降低对资源的消耗，进一步促进项目的可持续发展。

4 结语

通过对市政基础设施中地下给排水管道顶管施工技术的深入研究，发现了顶管施工在城市建设中展现出的显著优势，尤其是在减少环境影响和提高施工效率方面。尽管在施工过程中仍面临一些技术挑战，但随着相关技术的不断进步和管理手段的逐步改进，顶管施工的安全性与高效性得到了显著提升。本文对顶管施工的关键技术进行了详细分析，并提出了一些可行的改进措施，旨在为未来的市政管道施工提供宝贵的参考。随着技术的持续创新与应用，顶管施工在城市基础设施建设中的作用将愈加重要。

[参考文献]

[1]陈禹莹.市政基础设施地下给排水管道顶管施工技术研究[J].科学中国人,2016(11):16.
[2]王册删.市政基础设施地下给排水管道顶管施工技术研究[J].城市建筑,2013(16):236.
[3]叶琴.市政基础设施地下给排水管道顶管施工技术研究[J].科协论坛(下半月),2013(10):18-19.
[4]姜淑英.浅谈给排水管道的顶管施工技术应用[J].科技与企业,2012(9):220.

作者简介：梁山波（1985.1—），毕业院校：华南理工大学，所学专业：土木工程，当前就职单位名称：新疆蓬隆建设工程有限公司，就职单位职务：技术负责人，职称级别：中级。

城市供水管网施工管理与养护分析

赵成学
新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着城镇化水平的不断提高，供水管网建设与扩展的需求逐渐增大。城市供水管网工程涉及多个环节，包括设计、施工及运营等，每一环节都需严格遵守技术标准与管理规范。但在实际操作中，因施工工艺的复杂性、管理体系的不完善以及技术设备的落后等因素，供水管网的建设与养护面临着质量控制不到位、维修管理缺失以及设备老化等一系列问题。这些问题导致供水系统的运行效率低下，频繁发生故障，甚至出现供水中断的情况。因此，如何提升施工与养护管理水平，确保管网长期稳定运行，已成为当前亟待解决的关键课题。

[关键词]城市；供水管网；施工管理；养护
DOI：10.33142/sca.v8i4.15936　　中图分类号：TU991.38　　文献标识码：A

Analysis of Construction Management and Maintenance of Urban Water Supply Network

ZHAO Chengxue
Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the continuous improvement of urbanization level, the demand for water supply network construction and expansion is gradually increasing. The urban water supply network project involves multiple stages, including design, construction, and operation, and each stage must strictly comply with technical standards and management regulations. However, in practical operation, due to the complexity of construction technology, imperfect management system, and outdated technical equipment, the construction and maintenance of water supply pipelines face a series of problems such as inadequate quality control, lack of maintenance management, and equipment aging. These problems result in low operational efficiency of the water supply system, frequent malfunctions, and even water supply interruptions. Therefore, how to improve the level of construction and maintenance management and ensure the long-term stable operation of the pipeline network has become a key issue that urgently needs to be addressed.

Keywords: city; water supply network; construction management; maintain

引言

随着城市化进程的加快，城市供水系统在基础设施建设中的重要性愈加突出。供水管网不仅直接影响居民的日常生活与生产活动，而且对城市的可持续发展起着至关重要的作用。随着供水管网的不断扩展与老化，施工与养护管理中逐渐暴露出一系列问题，这些问题严重影响了供水系统的稳定性与安全性。因此，提升供水管网施工与养护管理水平，不仅对于增强系统的可靠性、降低维护成本至关重要，也对提升城市服务质量具有深远的意义。

1 城市供水管网概述

随着城市化进程不断推进，城市供水管网的建设需求日益增长。供水管网施工作为一项复杂的系统工程，涉及多个环节和任务，如试压、定线、管道连接、下管、开挖沟槽及覆土等。这些工作不仅对技术要求高，而且每个环节都可能面临不同的施工挑战。特别是在开挖沟槽时，当地下水位较高时，必须先进行降水处理，以保证施工安全。通常，地下水需降至开挖垫层面以下 0.5 米，以避免土壤流失或砂土渗入，从而影响后续施工的顺利进行。施工便道的建设也是项目成功的关键因素之一，便道不仅能够有效运输施工材料和清理废料，还能确保施工现场的交通畅通，保障人员及设备的安全通行。因此，施工便道的建设应根据各阶段的实际需求及时展开，确保其满足施工过程中的各类要求。在土方开挖环节，由于地理位置的复杂性和多变的地质条件，开挖技术的选择显得尤为重要。采用科学、合理的开挖方法，能够有效应对施工中的种种复杂情况，确保土方作业的顺利完成。

2 城市供水管网施工与养护存在的主要问题剖析

2.1 施工与养护监管不到位

在城市供水管网的施工与养护过程中，监管不到位已成为普遍存在的关键问题。建设与养护任务繁杂，技术要求高，涉及的多个环节需要严格把控，然而许多施工单位和养护部门在监管方面常存在疏漏。尤其在一些地区，由于监管机构缺乏足够的技术力量与专业人员，施工现场及养护工作的有效监督往往无法得到保障，导致问题未能及时发现和纠正。此外，某些项目因施工周期较长、管理层级繁杂，信息沟通的障碍进一步加剧了监管缺失的情况。特别是在养护阶段，定期检查与动态管理机制薄弱，往往只有在管网发生故障或出现重大问题时，相关部门才会介入。这种被动的监管方式不仅对施工质量产生了负面影响，也使得管网长期运行的安全性未能得到充分保障。

2.2 管网养护体系不健全

目前，城市供水管网的养护体系普遍存在不健全的问题。养护工作在规划与实施上缺乏系统性，许多地方未能制定长远的养护计划，也缺少科学的养护周期安排。结果，养护工作往往仅停留在应急处理或临时修复阶段，未能建立持续、预防性的管理模式。同时，养护资金投入的不足也限制了养护体系的有效运行。在许多城市，预算编制时未充分考虑管网养护所需的资金，导致养护工作难以按计划进行，甚至在某些情况下出现了“养护短缺”的问题。再者，养护人员的专业能力普遍不足，缺乏先进设备与技术，难以应对日益复杂的管网维护需求。大部分养护工作仅限于对管道的简单修复，未能从根本上解决管网老化、腐蚀等深层次问题。若这一局面持续下去，管网的运行效率与安全性必将受到严重影响。

2.3 项目转包管理不科学

在城市供水管网的施工过程中，项目转包管理不科学的问题尤为突出。为了降低成本或缩短工程周期，许多施工单位将部分任务转包给其他承包商。然而，这一过程中常常缺乏明确的责任划分与有效的管理措施，导致工程质量难以得到有效保证。部分转包商资质不足、经验匮乏，任务未能按照施工标准完成，进而影响了工程质量的合格性。同时，由于转包合同的不规范，责任划分模糊，项目管理层与实际施工单位之间的联系往往断裂，进度与质量的控制难以得到有效监督。项目的监督机制与反馈渠道不完善，问题一旦出现，责任的追溯便变得极为困难。过度转包的现象，还造成了项目管理层与施工现场操作之间的层层隔阂，使得管理难度大大增加，最终影响了供水管网施工的质量与长期稳定性。

3 城市供水管网施工管理与养护优化路径

3.1 加强施工与养护监督体系建设

3.1.1 完善施工监管机制

完善施工监管机制，是确保城市供水管网建设高质量实施的关键所在。各监管部门的职责与权限应从根本上明确，清晰的工作流程需加以制定，以避免因责任不清晰而产生监管空白。在施工过程中，必须实施全程监督，覆盖设计审查、材料采购、施工进度与质量验收等环节，确保每个阶段都有专人负责监管。随着传统的人工检查方式已不再适应当前需求，引入信息化管理手段成为了必要措施，例如监控系统、进度追踪软件以及数据分析平台，能实现施工现场的实时监控与数据化管理。与施工单位的紧密合作，也是施工监管不可或缺的一部分，定期进行现场检查与技术指导，能够确保施工方严格按照设计方案与行业标准执行。此外，监管机制还应强调信息的公开透明，确保检查结果及整改情况及时向社会披露，做到公开、公正，从而增强各方的责任感与紧迫感。通过进一步完善施工监管机制，可以有效避免偷工减料、质量不达标等问题，确保供水管网项目的顺利进行，为后续的养护工作打下坚实的基础。

3.1.2 增强养护检查力度

增强养护检查的力度是确保城市供水管网长期稳定运行的基础，定期检查机制的建立，尤其对老化或易损的管段显得尤为重要。及时的检测与维护必须得到保证，检查的频次应根据管网的实际运行状态及环境条件灵活调整，重点加强对高风险区域和复杂地段的检查工作。现代科技手段，如智能监控与远程感知的结合，可以使管网状态实现实时监控，早期发现潜在问题，避免小故障转化为更严重的隐患。除了传统的物理检查，数据分析也应成为养护检查的核心手段，通过整理历史数据，分析管网的运行情况，能够预测潜在的风险点，从而为提前防范提供依据。提高检查人员的专业技能也同样关键，通过定期的技术培训与知识更新，能够增强其问题诊断与处理能力。加强养护检查，不仅能延长供水管网的使用寿命，还能提高运行效率，减少突发故障对城市供水系统造成的干扰。

3.2 完善施工管理与养护体系

3.2.1 建立科学的施工与养护流程

建立科学的施工与养护流程，是确保城市供水管网项目高效、安全运行的核心所在。施工阶段，详尽的施工流程图应被制定，明确每个环节的操作规范及时间节点。这样可以确保所有施工人员明确并遵循统一的标准，从而避免因环节疏漏影响项目的质量与进度。无论是开工准备、材料采购、施工实施，还是竣工验收，每一步都应配备严格的质量控制与进度监控。在养护阶段，工作流程的科学安排同样至关重要，养护任务应根据管网的实际运行情况及维护需求灵活制定计划。定期检查、故障修复以及技术更新等环节，要根据具体要求合理安排，确保每项任务能在最佳时机完成，且设定清晰的目标与标准。科学的流程管理可以有效避免人为因素造成的混乱，从而提高整体工作的效率与质量。结合信息化管理系统支持施工与养护流程，数据实时监控各项任务的进展不仅能确保流程的透明性，还能实现可追溯性。这种标准化的施工与养护流程，能显著提升工程质量，延长管网使用寿命，同时有效降低后期的维护成本。

3.2.2 发展智能化管网管理

发展智能化管网管理，是提升城市供水系统效率、降低运营成本及增强管理水平的关键途径。通过物联网、大数据、云计算等现代技术，智能化管网管理能够实现对管网运行状况的实时数据监测与分析，精准掌握管网的运行状态，及时识别潜在问题与风险。全天候监控管网压力、水流量、管道状态等关键指标的传感器与智能监控系统，能够将数据通过无线网络传送至集中管理平台，确保远程实时监控。借助这种技术支持，管网的运行状况随时可控，从而能够迅速发现故障隐患，避免因突发事件导致大规模

供水中断[1]。智能管网利用大数据分析，能够深入挖掘历史数据，预测管网使用寿命、维修周期及可能的故障点，从而优化养护计划。同时，自动化调度系统能够高效分配资源，提升响应速度，减少人工干预，从而进一步提高工作效率。精准实施管网维护的智能管理，不仅能优化运营，还能够增强供水管网的可靠性，为决策者提供科学依据，最终有效降低整体运行成本。随着智能化技术的不断进步，城市供水管网的管理将变得更加高效、精细与透明，为保障城市供水系统的稳定运行提供强有力的技术支持。

3.3 提高设备维护与养护水平

3.3.1 建立设备维护与管理档案

建立设备维护与管理档案，是提升供水管网设备管理水平的重要措施。每台设备都应有详细的档案，包括设备的基本信息、安装地点、使用年限、维修记录以及定期维护周期等，这些档案不仅使设备的运行状态得以实时监控，还为设备的故障排查、定期检修及更新工作提供了可靠的数据支持。每次维修的详细信息应记录在档案中，包括故障分析、维修过程、替换的部件及维修后的测试数据等，为后续管理工作提供了宝贵的参考依据[2]。设备档案管理应与信息化平台相结合，建立电子档案系统，进而实现设备的远程监控与实时更新，通过这种方式管理人员能够随时查阅设备的维护历史与当前状态，及时发现潜在问题并作出调整。科学的设备档案管理，不仅能够延长设备使用寿命，还能确保维护工作具有系统性和连贯性，减少设备故障发生的概率，从而提高供水管网的运行稳定性。

3.3.2 引入先进技术进行设备检测与维修

引入先进技术进行设备检测与维修，已成为提升供水管网设备维护效率与精准度的关键举措。随着管网需求的日益复杂，传统的检查与维修方法逐渐难以应对新的挑战。现代检测技术的应用，如超声波检测、红外热成像和激光扫描，能够精确诊断设备状况，提前识别潜在的故障隐患。通过这些非破坏性技术，设备在不中断正常运行的情况下得以全面检查，从而及时发现漏水、腐蚀、老化等问题。此外，物联网与大数据技术的广泛应用，使设备运行数据能够实时传输至监控平台，通过数据分析能够对设备的磨损情况及故障风险进行准确预测，这种智能化检测方法不仅提升了设备维护的效率，还增强了故障预警能力，显著减少了突发故障对供水系统的影响。在维修过程中，采用3D 打印技术及机器人维修等创新手段，不仅缩短了维修周期，也提高了维修的精确度。借助这些技术，设备的可靠性得以增强，维护流程得以优化，同时降低了长期运营成本，最终确保了供水管网的持续稳定运行。

3.4 强化施工现场管理

强化施工现场管理，是确保供水管网工程高效、安全完成的关键。精确的施工流程与进度控制至关重要，只有确保每项任务按照既定计划顺利推进，才能有效避免进度延误[3]。在施工过程中，必须严格遵守技术规范与操作规程，确保每个环节都符合质量标准，避免因施工不当引起的后期修复或故障问题。与此同时，现场物资与设备的管理，需要合理规划与调配，以确保资源的有效利用，避免物资积压与浪费。材料在采购、运输及存储过程中，质量检查必须加强，以防不合格材料进入施工环节。而对于施工设备，必须定期检查其使用状态，确保设备始终处于最佳工作状态，从而避免施工进度受影响。人员管理也是施工现场管理中不可忽视的方面，现场工人需接受全面的安全培训与技术指导，确保其具备必要的操作技能与安全意识。管理人员应随时监督施工进展，及时发现并解决现场问题，确保施工的安全性与质量。通过一系列严格的管理措施，施工效率可有效提高，进而保障供水管网工程的顺利实施。

4 结语

城市供水管网的施工与养护对城市发展及居民生活质量的影响，不容忽视。随着城市化进程的加速，相关管理中的问题日益显现。本文探讨了当前施工与养护过程中存在的主要问题，并提出了优化路径，这些路径包括加强监管、完善管理体系、提升设备维护水平以及强化现场管理。通过引入智能化技术与科学化管理措施，供水管网的运行效率与可靠性能够得到显著提高。展望未来，管网管理水平将因持续的创新与协同发展而不断提升，从而保障供水系统的稳定性与可持续性。

[参考文献]

[1]覃瑞奇,罗宇飞,蔡德炜,等.城市供水管网施工管理与养护分析[J].居业,2024(7):211-213.
[2]王雨.城市供水管网施工管理与养护的探究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(14):10-12.
[3]钟明旭,段明.城市供水管网的施工技术和质量控制措施[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2020(11):154-155.

作者简介：赵成学（1989.2—），毕业院校：东北财经大学，所学专业：工程管理，当前就职单位：新疆北新路桥集团股份有限公司，职称级别：工程师。

论景观园林施工设计及绿化养护技术要点

黄 河
杭州萧山园林集团有限公司，浙江 杭州 311201

[摘要]景观园林不仅是城市环境的重要组成部分，也是提高居民生活质量、促进生态平衡的重要手段。其设计施工应遵循科学的原则，如生态性、适应性与美学性，确保空间的多功能性与环境的协调性。绿化养护则是保证景观长期美观与生态功能的关键，包括合理修剪、病虫害防治、水肥管理等技术措施。通过系统的施工设计与持续的养护管理，能够有效提升园林绿化的质量，创造更加宜居的城市环境，推动生态文明建设。

[关键词]景观园林；施工设计；绿化养护；技术要点；生态功能
DOI：10.33142/sca.v8i4.15918　　中图分类号：TU9　　文献标识码：A

Discussion on the Key Points of Landscape Architecture Construction Design and Greening Maintenance Technology

HUANG He
Hangzhou Xiaoshan Landscape Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311201, China

Abstract: Landscape architecture is not only an important component of urban environment, but also an important means to improve residents' quality of life and promote ecological balance. Its design and construction should follow scientific principles, such as ecology, adaptability, and aesthetics, to ensure the multifunctionality of the space and the coordination of the environment. Greening maintenance is the key to ensuring the long-term beauty and ecological function of the landscape, including reasonable pruning, pest control, water and fertilizer management and other technical measures. Through systematic construction design and continuous maintenance management, the quality of landscaping can be effectively improved, creating a more livable urban environment and promoting ecological civilization construction.

Keywords: landscape architecture; construction design; greening maintenance; technical key points; ecological function

引言

随着城市化进程的加快，园林绿化在提升城市美学、改善生态环境、促进生物多样性等方面发挥着重要作用。景观园林不仅仅是装饰性元素，它与城市的气候调节、空气净化、环境保护等功能紧密相连。因此，景观园林的施工设计及绿化养护工作，已成为城市管理中不可忽视的一部分。设计与施工的质量直接影响到园林的长期效果，而科学地养护能确保景观的持久性和生命力。

1 景观园林施工设计的要点

景观园林施工设计是确保园林绿化功能和美学效果的基础。在设计过程中，考虑到生态、环境、经济等多方面的因素，必须从以下几个方面进行全面规划。

1.1 景观功能与生态设计

景观设计不单单是美化环境的手段，还是为人们规划功能性空间的关键部分。合理的景观布局要依照周边环境的特性，合理规划景观节点与功能区域，让不同功能的空间彼此衔接、协调共存。在选择植物的时候，除了把美观性列入考虑范畴，仍需结合当地气候、土壤条件以及景观的主题实施精心配植。温带地区可挑选适应寒冷气候的植物，热带地区可挑选耐高温、抗干旱的植物。植物本身所具有的生态功能同样不可忽视。选取具备净化空气、改善水质、减轻噪声等作用的植物，不仅能增强环境质量水平，还可推动生物多样性的提高，增加生态恢复的能力水平。设计师不应该过度依赖单一品种的植物，尽量选取多样化的物种加以组合，这能增添景观的视觉层次效果，还能增强生态系统的稳定性与抗逆能力。凭借科学的植物搭配以及合理的功能分配手段，景观设计可实现美学与生态两者之间的平衡[1]。

1.2 园路与景观小品的布局

园路作为景观设计不可或缺的组成部分，设计要把行走流线的合理性考虑在内，也应充分考量它跟周围景观元素的融合契合度。园路布局需避免那种简单、机械化的设计方式，而是要跟景观的整体风格和功能需求相契合。阔大的主干道可设计成实现通行流畅的直线或弯道，某些小径可以设计成迂回曲折的样子，来增加步行这件事的趣味性。如喷泉、雕塑、休息亭等景观小品，需要根据空间大小、用途和审美要求来恰当布置，在设计过程中，也应留意景观小品的季节性使用需求，喷泉可充当游客消暑的地方，而休息亭可为游客提供遮阳、休息的场地。每一处景观小品的配置工作，均应将提升空间的功能性与美感当作

出发点，同时需顾及它使用的持续性以及长期适用性。通过对园路及景观小品做合理布局，可切实增强园林的可达性、舒适性和观赏性。

1.3 水系与绿化结合的设计

水系景观是园林设计中极为关键的元素，能有效提升景观的视觉效果与生态价值。水系设计需兼顾自然与人文二者的结合，应展现自然景观的流动风姿，也要跟周围环境实现融合，营造出自然与人工相辅相成的和谐美感。水流路径的设计极为关键，应思考水流从起始到流动直至终点的全程，让水流形成有节奏感的动态景观效果。适宜选择水体植物同样是提升水系景观效果的关键之举。水生植物能为景观增添层次感，还能助力水体净化、维持生态平衡。水质管理同样是水系设计面临的一大挑战，需要采用科学的管理举措，维持水体的洁净与生态良好状态，防止水质被污染。绿化与水系相组合要维持恰当的比例，保障水体的清洁，又可使绿化景观在视觉和生态领域相得益彰，搭配水系与绿化应着重展现自然感，减少过多的人工雕琢操作。通过水系跟绿化的有机联合，不仅可打造出具备动感和层次感的景观环境，还可提升生态方面的功能，让园林环境更具宜人的特质[2]。

2 景观园林施工管理的技术要点

2.1 材料选择与运输

在园林施工的阶段，材料选择是保障工程质量的关键环节，尤其是植物的选择，要严格依照设计方面的要求，保证品种、规格、健康状态与设计方案相匹配。植物是园林景观里的关键组成部分，其生长状况会直接影响景观效果以及生态功能，挑选植物的时候，既要考虑它们的外观相关特性，也应留意其适应性和抗逆性。要是选择耐寒或耐旱植物的话，需要顾及当地气候条件；要是选择观赏性植物的话，需保证其生长状态佳、无病虫害，必须对所有材料进行严格验收，保证所涉材料质量符合行业标准，杜绝因材料问题干扰施工进度与后期维护工作。运输活动开展期间，尤其是针对植物这类易受损材料，要采用恰当的包装与运输手段，防止在搬运时造成植物受损、根系暴露或枯萎等现象。为保证运输流程顺利实施，往往需要用到专门的运输车辆，要让植物在运输过程中能通风且有水分的补充，以保障植物的生命力以及健康状态。

2.2 施工技术与质量控制

在施工工作开展期间，严格执行施工图纸要求是实现设计理念的基础。绿化种植与其他景观设施安装得按照设计要求准确地实施，任何的偏差都可能会影响到最终效果。施工人员应详细掌握设计图纸，对应施工现场的真实情形，保障每一项工作都合乎标准。在绿化施工的进程中，土壤处理是极其关键的环节。依据植物需求开展土壤改良，保障土壤有良好的疏松性、排水性以及肥力，需要对植物的种植深度和间距进行严格把控，过深或者过浅的种植深度会影响到植物根系生长。若种植间距不恰当，就会影响植物的生长空间，甚至有引发植物病害传播的可能。针对喷泉、雕塑等景观小品而言，必须保证这些设施的稳固性，防止因安装不牢固而出现倾斜、倒塌等方面的安全隐患。在开展施工活动期间，需强化质量管控，开展全过程监督，从原材料入场直至工程竣工，保证各个环节均符合设计与施工规范。按时开展对施工质量的检查，及时察觉并纠正偏差，保障项目在规定时间里高质量地达成完工目标[3]。

2.3 安全与环保管理

安全管理在园林施工中十分关键，施工队伍务必要严格依照安全操作规程行事，确保施工现场人员及设备的安全无虞。应在施工现场设置显著的安全标志，保证工人掌握并遵守安全措施，施工当中运用的机械设备要定期做检查，防止设备故障引发安全方面的事故。施工人员得佩戴必要的安全防护装备，如安全帽、手套、工作服之类，杜绝出现意外造成的伤害。就环保管理而言，施工阶段产生的废料需做严格分类处理，使施工现场整洁，维护环境的友好性。园林施工当中会产生的建筑垃圾、废料、油漆桶等，须按规定方式对其进行回收处理，防止对环境产生污染。尤其是在开展施工工作的时候，若涉及大型水系建设和植物的栽种事宜，必须采取有效的措施，杜绝水土流失和环境污染情况出现。可采用设置围挡、加固水土保持措施等手段，减轻施工阶段对自然环境造成的破坏，施工的时候，还应注意对水资源的合理利用，杜绝过度用水引起的水源浪费现象。通过提升安全和环保管理水平，而且能保证施工顺利地开展，还能把对环境的负面影响降到最低限度，推动园林施工进入可持续发展阶段。

3 绿化养护技术的要点

3.1 栽植后的定期养护

新栽种的植物在起始阶段要精心养护一番，才会适应新环境，实现健康茁壮地成长。尤其在花木和树木的种植操作上，除了需保证根系稳固，需保证它们处在适宜的生长环境中。为促进根系的良好发育及植物的整体生长服务，新种下去的植物，尤其是春夏这两个时间段，比较容易受气候变化的波及，所以需结合天气变化与土壤湿度状况及时浇水。应杜绝过多积水和过于干燥的情形，因为这会干扰根系的正常呼吸，引发植物生长质量变差。依照多样植物的需求，应挑选恰当的肥料，同时需把控施肥的频次和量的大小，一般情形下，若对氮肥、磷肥、钾肥进行合理搭配，可促进植物根系健康发育和植物整体的生长，尤其是对于花木以及树木，它们对肥料的需求量较大，要采用施肥手段补充土壤里的营养成分[4]。

定期开展修剪能去除病弱枝条、老化枝条，带动植物的新陈代谢，还能防止过度生长造成树木和花木的负担。针对树木的生长应该及时修剪可助力树木构建良好的树形及树冠结构，降低风灾、病虫害出现的频率；草类植物

频繁地和栽植植物争抢水分、养分，减缓栽植植物的生长，赶快清除杂草，保障土壤的透气性与肥力是植物健康的关键。借助清除杂草，也可减少病虫害发生的概率，因为害虫常把杂草当作栖息地。经由恰当的耕作方式，疏松土壤同时增加土壤里的有机质含量，可提高土壤的透气程度，切实推动植物根系的生长与扩展。就土壤管理而言，采用有机肥和化学肥料搭配的使用方式，可有效提升土壤的肥力，保障植物有充足的营养补给。

3.2 灌溉系统的管理

在园林绿化中，灌溉系统是保障植物生长能得到所需水分的核心设施，它在促进植物健康和优化环境美观上意义重大。为使植物于不同季节维持良好生长状况，需按照气候变化、植物类型和土壤湿润程度对灌溉系统的设计做合理调整，夏天的时候气温比较高，水分消耗的步伐较快，故而在此季节，灌溉系统需补充水量，从而让植物能得到充分的水分补给。植物生长速率降低，水分蒸发量不大，故而灌溉量要适度削减，避免过度灌溉造成水分浪费或损伤植物根部。

各类植物对水分的需求是不一样的，如草坪、花卉、灌木和树木的植物，根系结构存在差别，对水分吸收能力和所需水量不一样。园林设计过程中，需根据植物水分需求差异规划灌溉系统，保障各类植物都可得到最适配的水分补给。滴灌系统能按照不同植物的需求精确把控水流，防止水分供给出现过多或过少的情形，有利于提升水资源的利用效率。大面积的草坪或花坛等区域适宜采用喷灌系统，可模拟自然界的降水现象，把水量均匀地铺洒。伴随技术的不断进步，现代化的滴灌和喷灌系统等灌溉技术，逐步成为园林绿化中的主流方式。这些技术可显著节省用水，减少水分的散失，还能保障每个植物都有充足的水分获取，防止水分不均匀所造成的生长问题出现。尤其在干旱区域以及水资源紧张的地段，节水灌溉技术的采用对水资源合理利用意义明显[5]。

3.3 病虫害的防治

病虫害作为影响景观绿化质量的重要因素，大多会引起植物生长出现不良情况，影响园林景观美观以及生态功能的发挥。园林绿化管理中，及时把病虫害防治好是一项关键任务，病虫害对植物正常生长的破坏是存在的，会带来一定经济损失，甚至造成生态平衡受到干扰。采用多种手段防治病虫害十分关键，物理防治方法属于最环保的措施范畴，采用修剪病弱枝叶、清除枯枝落叶的方式，减少虫卵和病菌的滋生源头。利用防虫网、黏虫板等物理工具可有效阻挡病虫害来袭，降低植物跟害虫的接触频次，针对部分树木，应该设置树干防护网，避免昆虫爬行也是一种普遍的物理防治手段。

选用恰当的农药，尤其选用低毒、环保的生物农药，可有效阻止虫害和病害的扩散。实施化学防治需严格遵循使用规定，防止对环境以及非靶标生物产生负面效果，药剂使用时合理的时间、浓度及喷洒方式，可提升防治成效，减轻药物残留现象。生物防治是愈发受重视的绿色防治手段。依靠引入天敌，诸如捕食性昆虫、寄生蜂之类，能高效地把控害虫数量，实现生物抑制的成效。跟化学防治相比，生物防治比较温和，同时具备可持续性。防止化学药剂对环境进行长期污染，除了这些办法，定期查看植物生长状况也是防治病虫害的关键举措。园林绿化管理人员需按一定周期巡视园区，马上发现病虫害的早期症状。采用有针对性的防治方法，阻拦病虫害的蔓延，能有效降低其对植物造成的损害程度[6]。

4 结语

景观园林的施工设计与绿化养护是一个系统的工程，需要设计师、施工方、养护人员密切配合，才能确保园林绿化的长期效果。随着城市化的进程加快，景观园林的设计与养护将面临更多挑战，亟需借助先进的技术手段，提高施工精度与养护效率。通过科学的设计和合理的养护措施，能够实现园林绿化的可持续发展，推动城市生态环境的持续改善。

[参考文献]

[1]楼华.景观园林绿化施工设计及养护技术要点[J].城市建设理论研究(电子版),2024(30):223-225.
[2]林诗云.景观园林绿化施工设计及养护技术要点探讨[J].园艺与种苗,2024,44(10):66-68.
[3]黄林军.景观园林设计施工及绿化养护技术要点研究[J].工程建设与设计,2024(8):151-153.
[4]刘芳艳.景观园林绿化施工设计及养护技术要点[J].科技资讯,2023,21(15):162-165.
[5]李雪华,侯爱霞,孙玉波,等.景观园林绿化施工设计及养护技术要点分析[J].农业开发与装备,2023(5):190-192.
[6]马建生,陈培真,陈旭东,等.景观园林绿化施工设计及养护技术要点分析[J].大众标准化,2022(22):170-172.

作者简介：黄河（1982.9—），毕业学校：浙江大学，专业：土木工程（工程管理），单位：杭州萧山园林集团有限公司，职务：项目经理：职称：中工。

高速铁路节能发展助力碳中和碳达峰

崔晓旭
中铁工程设计咨询集团有限公司，北京 100071

[摘要]随着全球气候变化问题日益严峻，碳中和和碳达峰已成为全球各国的主要发展目标。高速铁路作为一种低碳、环保的交通工具，在节能减排、促进碳中和碳达峰方面起着重要作用。文中基于高速铁路节能发展现状，分析了其能源利用现状与节能措施，评估了高速铁路在促进碳中和和碳达峰目标中的贡献。通过对项目建设方案的节能评估，分析了现行节能技术的可行性及其对能源消费的影响，提出进一步优化能源利用结构和提升能效的措施，为未来高速铁路的发展提供参考。
[关键词]高速铁路；节能发展；碳中和；碳达峰；能源利用
DOI：10.33142/sca.v8i4.15946　　中图分类号：F205　　文献标识码：A

High-speed Railway Energy-saving Development Helps Achieve Carbon Neutrality and Peak Carbon Emissions

CUI Xiaoxu
China Railway Engineering Design and Consulting Group Co., Ltd., Beijing, 100071, China

Abstract: With the increasingly severe global climate change problem, carbon neutrality and peak carbon emissions have become the main development goals of countries around the world. As a low-carbon and environmentally friendly means of transportation, high-speed railways play an important role in energy conservation, emission reduction, and promoting carbon neutrality and peak carbon emissions. Based on the current situation of energy-saving development in high-speed railways, this article analyzes their energy utilization status and energy-saving measures, and evaluates the contribution of high-speed railways in promoting carbon neutrality and carbon peak goals. Through the energy-saving evaluation of the project construction plan, the feasibility of current energy-saving technologies and their impact on energy consumption were analyzed, and measures to further optimize the energy utilization structure and improve energy efficiency were proposed, providing reference for the future development of high-speed railways.
Keywords: high-speed railway; energy-saving development; carbon neutrality; carbon peak; energy utilization

引言

在应对全球气候变化和实现碳中和碳达峰目标的过程中，交通行业扮演着至关重要的角色。高速铁路作为一种高效、环保的运输方式，具有极大的节能潜力。随着技术的不断进步，高速铁路的能源利用效率得到了显著提升。然而，如何在未来发展中进一步减少能耗、降低碳排放，实现节能目标，仍然是亟待解决的问题。本文将围绕高速铁路的节能发展进行探讨，评估其建设方案中的节能措施，分析项目的能源利用状况，提出有效的节能对策。

1 高速铁路节能发展现状与意义

1.1 高速铁路的能效水平及现状

高速铁路作为现代化的交通工具，其能源消费特征具有明显的优势和独特性。首先，高速铁路的能源主要来自电力，与传统的燃油驱动交通工具相比，电力驱动减少了对化石能源的依赖，因此从整体上具有较低的碳排放水平。尤其是在清洁能源日益发展的背景下，电力驱动的优势愈加显现。在中国，高速铁路的电力供应逐步过渡到可再生能源，如风能和太阳能等，这使得高速铁路在能源使用上有更低的碳足迹。高速铁路的能源消耗并非完全无害。尽管电力驱动减少了燃料消耗，但其依赖的电力来源仍会影响能效水平。高铁系统需要大量的电能来支持列车的高速运行、车站的供电以及其他基础设施的运转。由于电网结构和电力供应存在一定差异，部分地区的电力可能仍以煤炭为主，这对高铁的能效水平和碳排放产生了影响。高速铁路的能效水平相较于传统铁路和汽车交通工具已经有了显著提高。以中国为例，其设计时速可达 300km/h 以上的高速列车已经实现了较为精确的能效控制。与飞机和汽车等其他交通方式相比，高速铁路的单乘客能耗较低，尤其在大量旅客和长途运输中，显示出其在节能减排方面的潜力。

1.2 高速铁路在碳中和和碳达峰中的作用

高速铁路在碳中和和碳达峰中扮演着至关重要的角色。其最大的优势在于能够大幅减少交通运输领域的碳排放，推动能源消费结构的优化。随着全球碳中和目标的提出，交通行业的碳排放成为了关注重点。高速铁路通过替代传统的内燃机驱动交通工具，如汽车和飞机，显著减少了二氧化碳的排放。具体来说，高速铁路在运输过程中所消耗的能源主要是电力，而这部分电力的来源越来越倾向于可再生能源，从而进一步减少了交通领域的碳排放。高速铁路的运行不仅仅是替代传统运输方式，更重要的是推

动了能源结构的转型。通过铁路运输的电气化和清洁能源应用，推动了电网体系的绿色发展，促进了清洁能源的利用，进一步加速了低碳经济的发展。尤其是在一些国家和地区，政府出台了多项政策，支持高速铁路的建设与发展，形成了低碳出行的社会共识。高速铁路在减排方面仍面临一些挑战。首先，建设和维护高速铁路的成本较高，尤其是在一些地理条件复杂或人口稀少的地区，铁路的运营效率可能较低，造成较高的能源消耗。其次，高速铁路建设需要大量的资源投入，如钢铁、水泥等，这些过程本身也会带来碳排放。如何在减少碳排放的同时，控制整个系统的生命周期能源消耗，成为了未来高速铁路可持续发展的关键课题。

2 项目建设方案节能评估

2.1 高速铁路项目的建设标准与节能设计

在高速铁路项目的建设过程中，节能设计方案起着至关重要的作用。为了达到更高的能效水平，设计阶段必须考虑如何在整体规划中实现能源的合理利用。首先，现代高速铁路建设的设计标准已不再仅仅关注铁路的安全性和舒适性，更加注重其能效和环保要求。设计时，采用了许多先进的节能技术，如线路的优化设计、桥梁与隧道的结构设计，以及车辆的动力系统改进等，均致力于减少能源消耗，提高整体运行效率。高速铁路的节能设计方案通常包括了对能源消耗进行科学预测，制定节能目标，以及引入高效、低能耗的建设技术。例如，采用轻质、高强度的铁路材料，以降低车体重量，从而减少动力消耗。列车采用了空气动力学优化设计，减少空气阻力，提高运行效率。对于供电系统，采用了高效的电力传输技术和更高效的电力变电站，减少了能源的损耗。通过模拟运行、实际测试等手段，对不同节能设计方案进行全面评估，确保所选技术方案的可行性和经济性。比如，车辆的动态性能、能耗数据、轨道结构等均需进行详细评估，以确保在项目投入使用后能够达到预期的节能效果。项目建设过程中，采用的节能技术不仅要考虑其初期投入，还要关注长期的运行成本和环保效益。

2.2 高速铁路建设过程中能源的优化利用

在高速铁路的建设过程中，如何优化能源利用，是保证其长期节能效果的关键。节能设备和智能化控制技术的应用为能源的优化利用提供了有力支持。例如，在高速铁路的电力供应系统中，广泛应用了智能电网技术。通过智能调度系统，能够在不同时间段合理分配电力资源，根据列车的运行需求自动调整电力的供应，避免了电力浪费。随着列车运行数据的不断反馈，智能系统能够实时监测并调整能耗，使得每列列车在运行过程中保持最佳的能源利用效率。

节能设备的广泛应用也提升了能源的优化利用。在高速铁路的建设过程中，轨道电气化技术的应用是能源优化的一项重要举措。通过高效的电气设备以及智能控制系统，能够在不同的运行模式下实现电能的高效使用。这些设备包括了高效的变压器、变频器、能量回馈系统等，能够将制动过程中产生的能量回收并转化为电力，供列车继续使用，从而进一步减少能源消耗。高速铁路的线路与车站设计也对能源的优化利用起到了至关重要的作用。首先，轨道的建设注重减少坡度和曲线半径，以提高列车的运行效率，减少能耗。其次，车站建筑的设计上也充分考虑节能，采用了现代化的节能技术，如高效空调系统、LED 照明、智能温控等，以降低车站的能源消耗。车站的设计还注重与外部能源系统的协调，合理利用太阳能、风能等可再生能源，为车站提供部分能源需求，减少对传统电力的依赖。

3 节能措施与能效提升评估

3.1 关键节能技术与措施

当前高速铁路领域应用了多种关键节能技术，以提高整体能效并减少能源消耗。首先，列车的空气动力学优化是其中一项重要的节能技术。通过设计流线型的列车车身，减少空气阻力，能够有效地降低能量消耗，尤其是在高速行驶时。列车外形的优化使得高速铁路在运行过程中能在最小的阻力下获得最大速度，从而提升能源利用效率。

列车的电力驱动系统逐渐由传统的电力驱动向更高效的系统过渡。采用高效的牵引电机和先进的变频控制技术，可以根据列车的实时需求调整电力供应，减少不必要的能量损耗。能源回收技术的应用也是一项关键节能措施。在制动过程中，高速铁路的列车能够将动能转化为电能，通过再生制动系统回馈到电网，减少能量浪费。

此外，高速铁路的节能措施还包括轨道优化设计和车站设施节能。轨道设计通过优化坡度、减少曲线半径等，降低列车运行时的能耗。车站建筑节能措施在整个铁路系统的能效提升中也占据重要地位。车站建筑采用高效照明、空调系统以及智能化控制技术，以降低能耗。例如，LED 照明系统的广泛应用能够有效减少电力消耗，同时智能照明控制系统能够根据人流量自动调节亮度，进一步提高能源利用效率。空调系统方面，采用高效能热泵、地源热泵和冷热联供系统，可以显著降低供暖和制冷的能耗。此外，站房结构设计充分利用自然采光和自然通风，减少人工照明和机械通风的需求，进而降低建筑整体能耗。

3.2 节能措施实施效果评估

高速铁路的节能措施在实际运营中取得了显著成效，尤其是在降低能源消耗和提高能效方面表现突出。首先，列车空气动力学优化显著减少了高速行驶时的空气阻力，从而降低了能耗。据研究，优化车身流线型设计可以减少约 10%～15%的空气阻力，使列车在相同功率下能够达到更高速度或减少能量损耗。此外，采用轻量化材料也在降低能耗方面发挥了重要作用。例如，高速列车使用铝合金或碳纤维复合材料，相较于传统钢材车身，可减少 15%～

20%的重量，进而降低牵引能耗。

电力驱动系统的升级也极大地提升了能效。高效牵引电机和先进的变频控制系统能够根据列车运行状态动态调整能耗，从而减少不必要的电能浪费。例如，采用全新的 IGBT（绝缘栅双极晶体管）变频控制技术后，牵引系统效率可提高 5%～8%。此外，制动能量回收技术进一步降低了能源损耗。再生制动系统能够将制动时的动能转化为电能并回馈至电网或供给其他列车使用，在实际运营中可回收约 20%～30%的牵引能量，大幅减少电力需求。

轨道和车站节能措施同样贡献显著。轨道优化设计减少了曲线半径和坡度，使列车运行更加顺畅，降低了不必要的能耗损失。车站建筑的节能改造进一步降低了整体能源消耗。例如，北京南站采用太阳能光伏发电系统，每年可提供约 200 万千瓦时的清洁电力，占站内总用电量的10%以上。此外，智能照明系统的应用使得车站照明能耗减少约 30%，而高效空调系统结合地源热泵技术可减少15%～25%的空调能耗。

4 项目能源利用状况核算及能效提升

4.1 项目能源消费状况核算

项目能源消费状况核算是了解高速铁路能源利用效率和节能潜力的关键环节。通过对高速铁路的能源消费数据进行详细分析，可以更好地把握其能源利用现状。高速铁路的能源消耗主要来源于列车的电力驱动系统、电力设备的运行以及车站、隧道等设施的照明和空调系统。具体来说，每列高速列车在运营中的电力消耗取决于其运行速度、载客量和线路的坡度等因素。根据近年来的数据，高速铁路的单位能耗已经有了显著降低，例如一列 300km/h 的列车，每乘客公里的能耗低于同等距离的飞机和汽车。与传统交通方式相比，高速铁路在能源消耗方面表现出明显的优势。传统汽车和航空运输方式通常依赖于化石燃料，且其单位运输能耗较高。根据统计，航空运输在长途旅行中的能耗比高速铁路高出约三倍，而汽车的单位能源消耗也显著高于高速铁路。与之相比，高速铁路在运行中主要依赖电力，尤其是在电力逐渐由可再生能源供应的背景下，其碳排放和能耗显著低于传统燃油驱动的交通工具。这些数据充分表明，高速铁路的能源利用效率远高于其他传统交通方式，具有较大的节能潜力。

4.2 提升能源利用效率的策略

为了进一步提升高速铁路的能源利用效率，需要在多个方面采取优化措施，推动能源的高效利用。首先，优化能源利用结构是提升整体能效的核心策略。高速铁路系统的电力供应结构应逐步过渡到低碳、可再生能源，以减少对传统火力发电的依赖。例如，随着风能和太阳能等可再生能源的逐步应用，高速铁路能够利用这些绿色电力代替传统煤电，进一步降低其碳足迹。与此同时，智能电网的建设也可以在调度过程中根据实时需求优化电力分配，确保电力资源的高效利用，避免能源浪费。提升系统综合效率是实现节能目标的另一个重要措施。这可以通过改善列车动力系统、优化车站设施、提升轨道设计等方面来实现。列车动力系统的优化可以通过改进电动机效率、降低摩擦损失以及采用先进的电力回馈系统来减少能量浪费。对于车站设计来说，利用智能化控制系统对照明、空调和电力消耗进行动态调节，可以大幅度降低车站的能源需求。轨道设计方面，采用轻质材料和减少坡度的设计，可以减少列车运行时的能耗。通过优化能源利用结构和提升系统综合效率，高速铁路的能源消耗可以得到显著降低，不仅能减少运营成本，也能够在实现碳中和和碳达峰的过程中发挥重要作用。

5 结束语

高速铁路作为重要的绿色交通工具，已在促进碳中和和碳达峰方面取得了显著进展。通过对项目建设方案和节能措施的评估，本文认为，未来应进一步推动节能技术的创新与应用，优化能源消费结构，不断提升能效。只有实现全面节能，才能最大限度地降低碳排放，推动我国交通行业的绿色可持续发展，助力实现碳中和和碳达峰的目标。高效、环保的高速铁路将在全球气候变化的应对中发挥重要作用，成为推动绿色交通发展的典范。

[参考文献]

[1]赵光辉.我国交通运输碳达峰碳中和规制及政策研究[J].改革与战略,2022,38(4):14-30.
[2]王文丽.高速铁路对成渝城市群经济高质量发展影响研究[D].北京:北京交通大学,2022.
[3]冯超,段瑞芳,赵宇泽.高速铁路冻土路基施工质量的控制[J].建材发展导向,2025,23(4):10-12.
[4]柯睿思.ABB 积极支持中国可再生能源和铁路发展 ABB 智能技术和增效节能解决方案助力中国重点行业发展[J].电气制造,2010(5):14.

作者简介：崔晓旭（1992.10—），女，北京市，汉族，研究生，工程师，就职于中铁工程设计咨询集团有限公司，从事铁路工程环境保护相关工作。

高温环境下沥青路面抗车辙性能改进研究

张大龙
甘肃朴信建筑安装工程有限公司，甘肃 定西 743000

[摘要]高温环境下，沥青路面易出现车辙现象，影响道路使用寿命及安全性。针对这一问题，通过改进沥青配合料、添加高性能改性剂等手段，提升沥青的高温稳定性。研究表明，改性沥青能够有效改善路面的抗车辙性能，延长其使用年限。利用车辙试验及温度场模拟分析，进一步验证了不同改性方法对沥青路面性能的提升效果，为高温地区的道路工程提供了有效的技术支持与改进措施。

[关键词]高温环境；沥青路面；抗车辙性能；改性沥青；路面稳定性
DOI：10.33142/sca.v8i4.15930　　中图分类号：U418.6　　文献标识码：A

Research on the Improvement of Anti Rutting Performance of Asphalt Pavement under High Temperature Environment

ZHANG Dalong
Gansu Puxin Construction and Installation Engineering Co., Ltd., Dingxi, Gansu, 743000, China

Abstract: Under high temperature conditions, asphalt pavement is prone to rutting, which affects the service life and safety of the road. In order to address this issue, measures such as improving asphalt mix materials and adding high-performance modifiers can be taken to enhance the high-temperature stability of asphalt. Research has shown that modified asphalt can effectively improve the anti rutting performance of road surfaces and extend their service life. By using rutting tests and temperature field simulation analysis, the improvement effect of different modification methods on asphalt pavement performance was further verified, providing effective technical support and improvement measures for road engineering in high-temperature areas.

Keywords: high temperature environment; asphalt pavement; anti rutting performance; modified asphalt; road stability

引言

随着交通量的增加及气候变化的影响，沥青路面在高温环境下容易出现车辙问题，严重影响道路的安全性和耐久性。车辙不仅降低了路面的行驶舒适性，还加速了路面结构的破坏，给道路养护带来巨大压力。为解决这一问题，许多研究集中于沥青材料的改性，探索提升路面高温稳定性的有效途径。通过合理的改性方法，有望显著提高沥青路面的抗车辙性能，确保道路在高温条件下的长期可靠性和安全性。

1 高温环境下沥青路面车辙现象的成因与影响

高温环境下，沥青路面易发生车辙，影响路面性能及道路安全性。深入分析车辙现象的成因及其影响，对于提高沥青路面在高温环境下的使用寿命和行车舒适性至关重要。

1.1 车辙现象的定义与表现

车辙是指车辆行驶过程中，路面表面因车轮荷载作用而发生的永久性变形。特别在高温环境下，沥青材料的流动性增加，使得沥青路面容易发生塑性变形，形成车辙。车辙的深度和宽度随着温度升高而加剧，尤其在交通繁忙的路段，高温和交通荷载的共同作用使得车辙现象更加显著。

车辙不仅仅是表面变形的简单表现，长时间积累会导致沥青路面出现裂纹、坑洞等病害，严重影响道路的行车安全和舒适性。车辙现象的出现，尤其在高温天气下，使得沥青路面更容易产生深度损伤，影响其结构稳定性和使用寿命[1]。

1.2 高温环境对沥青材料的影响

高温环境对沥青的影响主要体现在其流变特性上。沥青作为一种黏弹性材料，在高温下表现出较强的流动性。当环境温度升高时，沥青的黏度降低，导致其塑性变形更加明显。尤其在交通负荷作用下，沥青会在车轮轨迹区域发生持续的变形，从而形成车辙。

沥青的组成成分也在高温下发生变化。由于沥青的沸点较低，当温度过高时，沥青中某些挥发性组分可能会蒸发，导致其黏结性下降，这使得路面更容易在车辆荷载作用下发生永久性变形。高温不仅影响沥青的流动性，还加剧了路面结构的损害，尤其是在高温持续时间较长的地区。

1.3 车辙对道路性能和安全性的影响

车辙现象会显著影响道路的性能和安全性。首先车辙使得路面出现凹陷，车轮与路面的接触不均匀，从而增加了驾驶的困难和危险。车辙的存在，尤其在行车高峰期，极易导致车辆的侧滑、碰撞等交通事故，严重影响道路的行车安全。其次，车辙还会影响路面的排水能力，积水会在车辙处积聚，形成水坑，进而加剧水害和冻胀等问题。此外，车辙的加剧会导致路面材料的失效，产生裂纹、坑

洞等二次损伤，进一步降低路面的耐久性，增加维护成本。长期存在的车辙现象不仅影响行车舒适性，还会给道路的维修和养护带来额外的负担。

2 沥青路面抗车辙性能的评价方法与试验分析

为了提高沥青路面在高温环境下的抗车辙性能，准确评价沥青材料的性能至关重要。通过多种试验方法，可以科学评估沥青路面的抗车辙能力，从而为材料选择与改性提供依据。

2.1 车辙试验方法

车辙试验是评估沥青路面抗车辙性能的常用方法之一。该试验通过模拟车辆行驶过程中的轮压作用，测量沥青路面在不同温度下的车辙深度。常见的车辙试验设备包括车辙仪、轮压试验机等。试验过程中，沥青试样在一定的高温条件下承受模拟车辆的轮压作用，随着时间的推移，路面上的塑性变形（即车辙）逐渐增加。

车辙深度是衡量路面抗车辙能力的重要指标。车辙深度越小，表明沥青路面的抗车辙能力越强。试验结果可以帮助工程师了解沥青材料在高温下的性能，并根据结果选择合适的改性沥青材料或调整沥青配合料，从而有效提高路面的抗车辙能力[2]。

2.2 流变学测试与高温性能分析

流变学测试方法用于评估沥青在不同温度下的流变特性，如剪切模量、黏度等指标。通过流变学测试，可以了解沥青在高温环境下的黏弹性行为，进一步判断其抗车辙性能。一般采用动态剪切流变仪（DSR）来进行流变学测试，通过施加不同频率和应变的剪切应力，测量沥青的抗剪切能力。

在高温条件下，沥青的剪切模量通常会减小，表现为更大的流动性。这种流动性增加使得沥青在车轮荷载作用下更容易发生塑性变形。因此，通过流变学测试，可以预测沥青的高温稳定性，并为沥青改性提供理论依据。此外，黏度测试也能帮助评估沥青的温度敏感性和抗车辙能力，确保选用的沥青材料能在高温下保持足够的强度和稳定性。

2.3 模拟试验与现场验证

除了实验室试验，模拟试验和现场验证也对评估沥青路面抗车辙性能具有重要作用。模拟试验通过数值模拟与温度场分析，模拟不同气候条件和交通荷载下的沥青路面表现。这些模拟试验不仅能预测沥青材料的车辙趋势，还能帮助优化材料配方和施工工艺。

现场验证则通过对已有路段的车辙情况进行实地监测，分析高温环境对路面抗车辙性能的实际影响。通过现场的车辙监测数据，可以进一步调整实验室结果，确保实验条件与实际使用情况的高度吻合。此外，结合现场路面病害的调查数据，能为后续的材料优化和施工改进提供直接指导。

通过综合评价方法，全面了解沥青路面抗车辙性能，合理调整和改性措施，提高高温环境下的耐久性和安全性。

3 改性沥青材料的选择与性能提升机制

为了提高沥青路面的抗车辙性能，改性沥青材料成为解决高温环境下车辙问题的重要途径。选择合适的改性材料，并深入探讨其性能提升机制，能够显著增强沥青路面的耐久性和稳定性。

3.1 改性沥青材料的种类与选择

改性沥青材料的选择主要包括聚合物改性沥青、橡胶改性沥青、纳米材料改性沥青等多种类型。聚合物改性沥青常使用的改性剂有 SBS（苯乙烯-丁二烯-苯乙烯）和 APP（聚烯烃类），它们能够提高沥青的高温稳定性、低温抗裂性及抗老化能力。SBS 改性沥青尤其在高温条件下表现出较强的抗车辙性能，可以有效减少沥青流动性，延缓车辙的形成。

橡胶改性沥青使用废旧轮胎橡胶粉末或橡胶颗粒作为改性剂，具有良好的耐磨性和抗车辙性能。橡胶改性沥青通过提高沥青的弹性和塑性，增强了其在高温下的抗车辙能力。纳米材料改性沥青近年来也受到了广泛关注，如纳米硅、纳米黏土等材料能够显著改善沥青的热稳定性和抗压性能，提高抗车辙能力。

改性沥青材料的选择需要根据具体的路面使用环境、交通荷载以及气候条件来定。不同类型的改性剂可以根据实际需求进行组合，以获得最佳的抗车辙性能和经济效益。

3.2 改性沥青的性能提升机制

改性沥青的性能提升机制主要通过改变沥青的分子结构和流变性能。聚合物改性沥青通过聚合物分子的长链结构，与沥青基质的相互作用，增强了沥青的弹性和黏附性，显著提高了其抗车辙性能。SBS 改性沥青通过形成聚合物网状结构，增加了沥青的高温黏弹性，改善了其在高温下的流动性，从而有效抑制了车辙的产生。

橡胶改性沥青则通过添加橡胶颗粒或橡胶粉末，增强了沥青的抗变形能力。橡胶分子与沥青中的天然分子相互作用，改善了沥青的粘附力，增加了路面在高温下的稳定性。此外，橡胶颗粒的加入还可以提高沥青的抗老化性能，延长路面使用寿命。

纳米材料改性沥青通过引入纳米粒子，改善沥青的热稳定性和力学性能。纳米粒子能够在沥青基质中形成微观结构，增强其对外界温度变化的适应性，减少高温下的变形[3]。这些纳米材料还具有优异的抗氧化性能，有助于提高沥青的抗老化能力，从而延长路面的使用寿命。

3.3 改性沥青的实际应用与效果

在实际工程中，改性沥青的应用效果已被多项实验和案例验证。研究表明，使用 SBS 改性沥青后，沥青路面的抗车辙性能显著提高，车辙深度明显减小，且沥青路面在高温下保持了较好的黏结性和抗老化性。橡胶改性沥青在一些热带地区的道路中得到了广泛应用，特别是在高温季节，能有效防止车辙的出现，提升路面的使用寿命。纳米材料改性沥青

的应用较为新颖，但其效果也十分显著。在一些试点工程中，纳米改性沥青展示了较强的高温稳定性和抗变形能力，特别适用于交通压力较大的主要道路和高速公路。

合理选择改性材料和优化施工工艺，可提升沥青路面抗车辙性能，延长使用寿命，减少养护成本，为高温环境下提供可靠解决方案。

4 高温环境对沥青路面性能的影响及对策

高温环境对沥青路面的影响主要表现为车辙的加剧。针对这一问题，采取有效的对策可以显著改善沥青路面的性能，延长其使用寿命，提高道路安全性。

4.1 高温对沥青路面的物理化学影响

高温环境下，沥青的流动性显著增加，导致其黏度降低，容易发生塑性变形，形成车辙。沥青作为黏弹性材料，在高温下更容易流动和变形。特别是在重交通荷载作用下，沥青路面会在车轮压痕处发生永久性沉陷，形成车辙。高温还会加速沥青的老化过程，沥青中的挥发性成分会随着温度升高而蒸发，导致其黏结性下降，进一步加剧车辙现象[4]。

高温也会导致沥青材料的氧化和脆化，降低其抗压强度和抗裂性能。这不仅影响路面耐久性，还会引发裂缝等病害，减少路面的使用寿命。

4.2 车辙现象对道路性能的影响

车辙现象直接影响道路的平整度和行驶舒适性。随着车辙深度的增加，路面变形明显，驾驶者容易遇到不平整的路面，增加了行车的危险性。同时，积水也容易在车辙处形成，导致路面排水性能下降，加剧水害。特别是在雨季，车辙区域积水可能导致水毁问题，进一步恶化路面的结构性能。

车辙还会对沥青路面的抗疲劳性造成影响，长时间的车轮压痕作用会加速路面材料的劣化，产生裂纹和坑洞，影响道路的正常使用和养护成本。

4.3 高温环境下的对策与改进措施

为了应对高温环境对沥青路面的负面影响，首先需要选择合适的改性沥青材料，增强其抗车辙性能。聚合物改性沥青（如 SBS）和橡胶改性沥青可以有效提高沥青的高温稳定性，减少其流动性和塑性变形。其次，在施工过程中，应严格控制温度和摊铺工艺，确保沥青的均匀性和密实度。此外，采用纳米材料等新型改性剂，可以进一步提升沥青的热稳定性和抗车辙能力，延长路面的使用寿命。

5 改性沥青应用效果的实际工程验证与应用展望

改性沥青在实际工程中的应用已获得显著效果，能够有效提高沥青路面的抗车辙性能。通过工程验证和未来展望，改性沥青为高温环境下的道路提供了有力的技术支持。

5.1 实际工程中的应用效果

在多个高温地区的道路工程中，改性沥青已得到广泛应用，尤其是在热带和亚热带地区。采用 SBS 改性沥青的路面表现出明显的抗车辙能力，车辙深度较常规沥青路面显著减少，且路面保持了较好的平整性[5]。在一些交通密集的道路上，橡胶改性沥青也成功减少了车辙和路面开裂的发生，极大地延长了路面的使用寿命。

在实际应用中，改性沥青不仅提高了路面的耐高温性能，还改善了其抗老化能力和抗疲劳性能，有效应对了高温环境下的长期使用压力，减少了养护成本。

5.2 工程验证中的挑战

尽管改性沥青在多项工程中取得了良好的效果，但其应用仍面临一些挑战。例如，改性沥青的成本较高，特别是在大规模施工时，需要投入更多的改性剂和工艺控制。此外，改性沥青在不同地区、不同气候条件下的表现差异，需要进一步通过实验数据进行验证，以确保其长期稳定性。

5.3 未来应用展望

未来，随着技术的不断发展，改性沥青的性能还将得到进一步提升。新型改性材料，如纳米改性沥青、功能性聚合物等，可能会成为提高沥青高温稳定性和抗车辙能力的新趋势。随着材料成本的下降和施工技术的成熟，改性沥青将在更多地区和道路类型中得到广泛应用，进一步改善高温地区的道路质量与使用体验。

6 结语

通过对高温环境下沥青路面抗车辙性能的研究与分析，改性沥青材料在提升路面稳定性和耐久性方面表现出显著效果。通过合理选择改性材料，如聚合物和橡胶改性沥青，可以有效改善沥青的高温稳定性，减少车辙的产生，延长道路使用寿命。尽管仍面临成本和适应性等挑战，随着技术的不断进步，改性沥青将在未来的道路工程中得到更加广泛的应用，为高温地区的道路建设提供有力保障。

[参考文献]

[1]殷豪强.SFP-20 在沥青路面中面层的抗车辙性能研究[D].山东:青岛理工大学,2019.
[2]李媛媛.温度对沥青混合料抗车辙性能影响的试验分析[J].散装水泥,2021(4):126-128.
[3]朱华阳.基于 MLS11 的复拌就地热再生沥青混合料长期抗车辙及抗滑性能研究[D].重庆:重庆交通大学,2022.
[4]王世玉.考虑环境湿度的多场耦合作用下沥青路面抗车辙性能研究[D].上海:东华理工大学,2023.
[5]徐淑春.市政改性沥青路面高温抗车辙性能试验研究[J].成都工业学院学报,2023,26(6):36-41.

作者简介：张大龙（1985.12—），男，毕业院校：张家口职业技术学院，所学专业：道路与桥梁工程技术，当前就职单位：甘肃朴信建筑安装工程有限公司，职务：项目经理，职称级别：中级工程师。

海绵型道路施工期排水效能动态监测与实时调控技术

张 帅 李衍富 王 媛
山东省路桥集团有限公司，山东 青岛 266000

[摘要]海绵型道路作为一种新型的生态道路设计，具有良好的雨水渗透与存储功能。在施工期，排水效能的动态监测与实时调控技术对于保障海绵型道路的排水性能和道路长期使用的安全至关重要。通过智能化传感器网络监测排水系统的流量、渗透速率等参数，结合实时数据分析和自动调节技术，能够及时发现并修复排水系统中的潜在问题，从而提升排水效能和减少道路水害风险。该技术为海绵型道路施工和管理提供了重要支撑。

[关键词]海绵型道路；排水效能；动态监测；实时调控；智能传感器
DOI：10.33142/sca.v8i4.15923 中图分类号：TU992 文献标识码：A

Dynamic Monitoring and Real-time Control Technology for Drainage Efficiency during Sponge Road Construction Period

ZHANG Shuai, LI Yanfu, WANG Yuan
Shandong Road & Bridge Group Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract: Sponge roads, as a new type of ecological road design, have good rainwater infiltration and storage functions. During the construction period, the dynamic monitoring and real-time control technology of drainage efficiency is crucial for ensuring the drainage performance of sponge roads and the safety of long-term road use. By monitoring the flow rate, infiltration rate, and other parameters of the drainage system through an intelligent sensor network, combined with real-time data analysis and automatic adjustment technology, potential problems in the drainage system can be detected and repaired in a timely manner, thereby improving drainage efficiency and reducing road water hazard risks. This technology provides important support for the construction and management of sponge roads.

Keywords: sponge road; drainage efficiency; dynamic monitoring; real time regulation; intelligence sensor

引言

随着城市化进程的加快，海绵型道路作为一种创新的生态道路设计，成为了应对城市排水问题的重要方案。然而，如何在施工期有效监测和调控其排水效能，确保其长期稳定运行，仍然是一个亟待解决的难题。通过引入动态监测与实时调控技术，可以实时掌握排水系统的运行状态，及时发现并处理潜在问题，从而提升海绵型道路的排水效率和可持续性。这一技术的应用，为生态城市建设提供了新的思路和解决方案。

1 海绵型道路排水系统的工作原理与设计特点

随着城市防洪排水问题的日益严峻，海绵型道路作为一种新型的城市道路排水解决方案，凭借其独特的设计理念与生态功能，成为应对城市水害的重要手段。

1.1 海绵型道路的基本原理

海绵型道路是通过设计具有渗透性、蓄水性和透气性的道路结构，将雨水引导、渗透和储存到地下，模拟天然土壤的吸水功能。这一系统不仅能减少城市地表径流，还能促进水的自然循环，缓解城市排水压力。其工作原理主要依靠道路表面和路基中的透水材料，确保雨水能够迅速渗入地下，避免了传统硬化路面对水的阻隔作用。同时，通过设置合适的蓄水池和渗水设施，雨水能够储存并缓慢释放，减少了洪涝灾害的发生频率。通过这些设计，海绵型道路还能够提高地下水位，改善土壤湿度，促进植物生长，实现道路与自然环境的和谐共生[1]。

1.2 海绵型道路的设计特点

海绵型道路的设计首先注重生态功能，其道路表面采用透水材料，如透水混凝土、透水砖等，这些材料不仅能有效吸收和储存雨水，还能保持良好的路面平整性和行车安全性。其次，海绵型道路的路基结构通常包含排水层和蓄水层，使得雨水在渗透的过程中不会积水表面，而是被引导至地下储水系统。此外，海绵型道路的设计还考虑到了绿化带的功能，通过绿色植被的配置，进一步提升道路的水吸收能力，改善城市环境，减少热岛效应。

1.3 海绵型道路排水系统的优势与挑战

海绵型道路的排水系统具有诸多优势，首先，它能够有效减少城市雨水径流，降低传统排水管网的压力，缓解城市内涝问题。其次，通过雨水的收集和利用，海绵型道路能够提升城市水资源的利用效率，促进可持续发展。然而，这种设计也面临一些挑战。例如，在施工过程中需要确保材料的选择与排水系统的布局精准匹配，才能充分发

挥排水效能。同时，海绵型道路对维护的要求较高，尤其是在积水较多的区域，需要定期检查并清理排水系统，以防止系统失效。因此，如何在实际应用中保持其长期效能，仍然是一个亟待解决的问题。

2 动态监测技术在海绵型道路施工期的应用

在海绵型道路的施工期，动态监测技术为保障道路排水效能提供了重要支持，通过实时监控排水系统的运行状态，及时调整优化方案，确保项目顺利进行。

2.1 动态监测技术的基本概念与发展

动态监测技术是通过现代传感器网络、物联网技术及数据分析手段，对海绵型道路的各项关键指标进行实时监测与调控。在施工期，这一技术能够实时收集道路表面及地下排水系统的相关数据，包括雨水渗透速率、流量、积水深度等参数。通过这些实时数据的反馈，管理人员能够及时发现潜在问题并采取相应措施，从而有效提高排水系统的施工质量和效率。随着技术的发展，动态监测系统越来越智能化，能够通过自动化分析和人工智能算法预测系统的长期表现，进一步优化设计和施工方案[2]。

2.2 动态监测技术在施工期的应用实践

在海绵型道路的施工期，动态监测技术主要应用于雨水渗透、流量和积水情况的实时监控。施工过程中，通过安装传感器和监测设备，可以实时获取雨水渗透量、道路表面积水情况以及下层蓄水层的水位变化等信息。基于这些数据，工程师能够快速评估道路的排水能力，及时发现可能的设计缺陷或施工问题。例如，如果发现某一部分的积水较多，可能是该部分排水设施存在问题，监测系统可以立即警报，促使施工人员进行检查与修复。此外，动态监测技术还能实时记录施工环境中的变化，比如雨量变化对排水系统的影响，为施工方案的调整提供数据支持。

2.3 动态监测技术的优势与挑战

动态监测技术在施工期的应用，能够有效提升施工管理水平，确保海绵型道路设计的排水功能能够如预期运行。其最大优势在于能够实时跟踪各项施工数据，及时调整施工方案，从而提高施工效率和质量。此外，监测技术还能够提供长周期的数据支持，为后期道路使用中的维护和优化提供依据。然而，动态监测技术的实施也面临一定挑战。首先，监测设备和系统的安装成本较高，尤其是在复杂的施工环境中，需要对设备进行精准部署。其次，监测数据的分析与处理需要强大的计算能力和专业知识，这对于施工单位和管理人员的技术要求较高。最后，设备的长期稳定性和维护问题也是一个需要解决的难题。因此，在实际应用中，需要克服这些挑战，确保监测系统能够长期稳定运行，为海绵型道路的施工与维护提供可靠保障。

3 实时调控技术提升排水效能的关键机制

实时调控技术通过精准控制海绵型道路排水系统的各项参数，实现高效排水与水资源管理，确保系统在不同气候条件下的稳定性与长期效能。

3.1 实时调控技术的基本原理

实时调控技术主要依靠传感器、智能控制系统与数据分析平台，结合动态监测数据对海绵型道路的排水过程进行精细化调节。该技术通过对雨水流量、积水深度、渗透速率等参数的实时监测，能够自动调整排水系统的工作状态，例如通过调节排水管道开关、改变储水设施的泄洪速度等方式，确保雨水能够及时被引导、渗透或储存，避免地表积水过多或排水不畅。通过这些智能化的调控手段，系统能够在各种降雨条件下优化排水效能，确保道路长期保持良好的排水能力[3]。

3.2 实时调控技术在提升排水效能中的应用

在海绵型道路的排水系统中，实时调控技术应用于多个关键环节，尤其是在强降雨期间。通过对降水量和流量的实时监测，调控系统可以即时调整排水速率，防止排水系统因流量过大而发生堵塞或溢流现象。比如，当某一段路面积水过多时，系统能够自动开启下层蓄水池，减少地表水的积存。同时，调控系统能够通过调节渗透速率，优化土壤层的吸水功能，避免道路过于干燥或水分过多，从而保持道路表面的良好状态。此外，调控技术还能在遇到极端天气时，调整排水系统的工作方式，最大限度地减少城市内涝和水灾的发生。

3.3 实时调控技术的挑战与发展方向

尽管实时调控技术在提升排水效能方面具有显著优势，但其实施仍面临诸多挑战。首先，技术实现需要高精度的传感器和高效的数据处理能力，这要求系统的硬件设备和软件平台达到高度的兼容性和可靠性。其次，在复杂的城市环境中，如何根据不同地区、不同排水系统的特点进行精准调控，也是技术发展中的难点。未来，实时调控技术将朝着更加智能化、自动化的方向发展，借助人工智能和大数据技术，进一步提升预测能力和响应速度，实现更加精细的排水管理与优化。

4 智能传感器网络的构建与数据分析方法

智能传感器网络为海绵型道路提供了精准的动态监测和实时数据分析功能，借助先进的传感技术和大数据分析，能够全面提升排水效能和系统优化。

4.1 智能传感器网络的构建原理

智能传感器网络通过在海绵型道路的关键位置部署各种传感器设备，实时监测雨水渗透、流量、积水深度等关键指标。这些传感器一般包括雨量传感器、流量传感器、湿度传感器等，通过无线通信将数据传输到中央控制系统。为了保证传感器网络的高效运作，传感器之间通过无线网络进行数据共享与协同工作，确保覆盖整个道路区域。智能传感器网络的构建不仅要考虑传感器的精度与稳定性，还需考虑网络的覆盖范围和可靠性，避免信号丢失或监测盲区的存在。此外，传感器还需要具备一定的防水和耐候

能力，确保在各种气候条件下正常工作。

4.2 数据收集与处理方法

智能传感器网络采集到的数据量巨大，如何有效处理和分析这些数据成为提升排水效能的关键。数据收集后，首先通过传感器节点将数据传输到中央数据平台，采用云计算和大数据处理技术对其进行实时分析与存储。传统的排水监测方法通常依赖人工定期巡查和记录，而智能传感器网络能够提供持续、不间断的数据流，为排水系统的实时调节提供精准依据。通过数据融合与分析，系统能够从多个角度判断道路排水情况，例如实时计算积水深度、渗透速率、排水流量等，并基于这些分析结果进行预警和调控。借助机器学习和人工智能技术，系统能够学习并优化调控策略，进一步提高排水效能[4]。

4.3 智能数据分析在排水效能优化中的应用

智能数据分析在海绵型道路排水效能优化中起到至关重要的作用。通过实时数据的分析，系统能够识别排水系统中的潜在问题，如排水不畅、积水过多等现象，并在早期阶段采取应对措施。例如，当系统检测到某一段路面积水较多时，能够迅速调节排水速率或启动备用储水设施，以避免积水对交通或环境造成影响。数据分析还可以对排水系统的历史数据进行趋势分析，预测未来可能发生的排水问题，为道路维护和优化提供科学依据。随着技术的发展，数据分析方法将进一步深化，智能传感器网络将能更准确地模拟不同气候条件下的排水情况，为海绵型道路的长期运营与维护提供强有力的技术支持。

5 海绵型道路排水效能优化的技术挑战与发展趋势

在海绵型道路的排水系统中，效能优化面临多方面挑战，随着技术进步，未来将逐步克服这些问题，实现更高效、智能的排水管理。

5.1 技术挑战：系统的精准性与稳定性

海绵型道路的排水效能优化需要高精度的传感器和控制系统支持，然而，当前传感器的准确性与稳定性仍面临挑战。尤其是在恶劣天气或复杂环境下，传感器可能会出现数据偏差或失效，导致排水系统出现误判。此外，传感器的长期稳定性也是一个问题，因为长期暴露于雨水、灰尘及其他外界因素，可能会影响其传感能力，甚至导致故障。解决这一问题需要对传感器的材料与技术进行持续的改进，确保其在各种环境条件下都能高效、稳定运行。

5.2 数据处理与分析的复杂性

海绵型道路排水系统中涉及的数据种类繁多，涵盖雨量、流量、湿度、渗透率等多个维度。这些数据的高效收集与精准处理是提升排水效能的关键。然而，现有的数据处理能力还面临挑战，尤其是在处理大规模、实时流数据时，可能出现系统负荷过重、处理延迟等问题。如何将海量的实时监测数据快速、准确地转化为可操作的信息，进行有效的排水调控，是当前技术发展的瓶颈之一[5]。为了应对这一挑战，未来需要进一步提升大数据分析与人工智能算法的应用，确保数据分析更智能、实时。

5.3 发展趋势：智能化与自动化

随着人工智能、物联网等技术的快速发展，海绵型道路的排水效能优化将朝着智能化和自动化方向发展。未来，传感器和控制系统将更加智能化，能够自主判断排水系统的状态，并根据实时数据自动调节排水设施的工作状态。此外，通过深度学习和数据挖掘技术，系统将能够对未来的排水需求进行预测，从而提前进行调控。这种自适应的系统不仅能提高排水效能，还能大幅减少人工干预，提高工作效率。未来，随着技术的不断进步，海绵型道路排水系统的效能优化将更加精细化和智能化，为城市排水问题提供更加高效的解决方案。

6 结束语

海绵型道路作为一种创新的排水解决方案，其排水效能的提升离不开动态监测、实时调控和智能传感器网络的支持。尽管在技术实施过程中存在精准度、稳定性和数据处理等方面的挑战，但随着智能化、自动化技术的不断发展，海绵型道路的排水系统将更加高效、智能。未来，随着技术的进一步完善和应用，海绵型道路将为城市水资源管理和生态环境保护提供更为可靠的支撑，助力可持续发展目标的实现。

[参考文献]

[1]郭大炜,张孟强,林聪,等.海绵型道路设计方法及参数设置的研究[J].大众标准化,2020(22):178-179.
[2]张少华,郑明强.海绵型道路多指标综合评价方法研究[J].企业科技与发展,2020(4):110-111.
[3]杨华保.海绵型道路技术选择与目标分析研究[J].运输经理世界,2022(21):16-18.
[4]禹贵春,肖传语,孙悦.海绵型道路横断面排水设计参数优化[J].黑龙江交通科技,2023,46(1):1-5.
[5]孙伟,贺广奇.海绵型市政道路排水设计及关键节点分析——以宿迁市为例[J].海峡科学,2024(2):78-83.

作者简介：张帅（1987.10—），男，青岛市，汉族，本科，高级工程师，就职于山东省路桥集团有限公司，从事施工现场管理、技术创新课题管理工作。

开展有效路桥试验检测试验的相关操作要点思考

翟茂芹
江苏安达工程管理有限公司，江苏 淮安 223400

[摘要]路桥试验检测是道路和桥梁工程建设中的重要环节，对于确保工程质量、延长工程使用寿命和保障交通安全具有重要意义。文中从路桥试验检测的基本操作要点出发，探讨了检测过程中需遵循的操作规范、注意事项以及应对不同检测条件的技术要求。通过对路桥试验检测试验操作的深刻思考，旨在为相关工作人员提供科学、有效的检测指导，推动路桥工程质量的提升。

[关键词]路桥试验；检测试验；操作要点；工程质量；安全性
DOI：10.33142/sca.v8i4.15916　　中图分类号：U45　　文献标识码：A

Thoughts on the Key Points of Operation for Conducting Effective Road and Bridge Testing and Inspection Experiments

ZHAI Maoqin
Jiangsu Anda Engineering Management Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu, 223400, China

Abstract: Road and bridge testing is an important part of road and bridge engineering construction, which is of great significance for ensuring project quality, extending project service life, and ensuring traffic safety. Starting from the basic operational points of road and bridge testing, this article explores the operational norms, precautions, and technical requirements for different testing conditions that need to be followed during the testing process. Through profound thinking on the operation of road and bridge testing, the aim is to provide scientific and effective testing guidance for relevant personnel and promote the improvement of road and bridge engineering quality.

Keywords: road and bridge testing; testing and inspection; key points of operation; engineering quality; safety

引言

随着我国交通基础设施建设的不断推进，路桥建设成为现代化城市发展的重要组成部分。作为交通工程中的关键环节，路桥试验检测在确保结构安全性、耐久性以及使用功能方面起到了至关重要的作用。然而，由于检测过程中涉及的技术复杂性和操作多样性，开展有效的路桥试验检测试验需要严格的操作规程和高效的试验方案。本文将从多个维度出发，探讨开展有效路桥试验检测试验的相关操作要点。

1 路桥试验检测试验的基本操作要求

1.1 设备准备与校准

实施路桥试验检测工作前，设备准备及校准工作，是保障检测结果准确性的第一步。检测设备存在多种类别，涉及应变仪、测距仪、激光扫描仪、振动传感器等种类，使用这些设备前，必须定期对其校准，校准的目标是保证设备测量精度契合相关标准，防止仪器误差引发试验结果的偏差。长期使用设备的过程中，环境变化或许会对它产生作用，定期进行设备的检查、维护以及校准尤为必要。在设备筹备过程中，试验人员还需对设备的功能状态进行检查，保证所有设备均能正常运转。就高精度仪器而言，试验人员需进行周全的检查，保证仪器无故障情况，数据采集系统正常运作。当选择测量工具的时候，试验人员要根据试验所需选择恰当的设备型号及测量范围，让测试结果符合既定标准要求[1]。

1.2 试验人员的技能要求

路桥试验检测这一工作高度专业化，做试验的人员应具备扎实的理论根基，还需要具备大量的实践经验。尤其在理解路桥结构特性的深度与广度维度上，实践经验的积累十分关键，考虑到每座路桥的结构及环境条件不一样，试验人员应当能根据不一样的桥梁特性，灵活挑选恰当的检测方法与工具，保障检测流程顺利开展。试验人员应接受特定的专项培训，得掌握最新试验技术，也要熟悉各类试验方法的适用范畴及注意事宜。试验人员必备的技能之一是具备良好的数据分析能力，他们需要能依据检测数据开展精准分析，分析桥梁结构的安全稳定性。在繁杂的测试环境中，试验人员尚需具备处理突发情况的应急能力，保证试验任务得以顺利完成。

1.3 数据记录与分析

在开展路桥试验检测的阶段中，整个试验过程的核心环节是数据的记录与分析。精确的数据记录不仅能为后续数据分析给予可靠的证据，还能辅助及时找出桥梁结构当中的潜在问题，试验人员应采用规范的记录手段进行记录，要让每一项数据都准确无差地记录归档。为避免数据丢失以及错误产生，试验人员要定期检查记录工具以及数据存

储设备是否正常工作，然后采用数字化记录的手段，增强数据的精准度和处理效能。数据整理及归档工作同样十分关键。试验实施结束后，试验人员应当及时把数据整理归档，保证数据既完整又可追溯源头。在实施数据分析的阶段，试验人员需要采用对比分析的方法处理历史数据，找出当前桥梁结构大概存在的隐患，依照分析结果拟定合理的技术改进手段，以此保证路桥结构的安全与稳定[2]。

2 路桥检测试验常见试验类型与操作要点

不同类型的路桥试验检测有着不同的操作要求和技术标准。以下为几种常见的检测试验类型及其操作要点：

2.1 静载试验

常用的评估桥梁结构性能的方法里有静载试验，其主要目的是通过对稳定荷载的施加，测试桥梁受力情形下的变形特性以及承载能力，该类试验能为设计和维护人员提供桥梁实际承载能力的精准资料。静载试验一般在桥梁建成后的初期开展，用以检验其设计是否达标，保证桥梁在日常使用情形下可安全承载交通负载。当实施静载试验的时候，首先要让加载系统的稳定性得到保障，一般会采用液压千斤顶等设备对其施加荷载，从而保证荷载是均匀分布的，防止荷载不均引起局部损伤或误差。试验人员要紧密监测荷载施加过程里的变化，保证荷载逐步往上增加，不可骤然加大负载，防止给桥梁造成多余的破坏。依靠精确把握荷载的施加方式，可以对桥梁在实际使用里的不同荷载情况加以模拟，得到其在长期使用时的变形特征。

在试验实施期间，试验人员还需要对桥梁的各关键部位做实时监测，如桥梁的中跨、支座、梁端之类，常见的监测参数有像应变、位移、加速度之类的。借助应变计、位移计和加速度计等传感器可实现这些数据的采集，这些数据能协助研究人员弄清楚桥梁的受力状态，评估该桥梁承载能力及结构安全性。静载试验结束这一节点后，试验人员需要进行细致的数据分析，把实际测试结果与设计预期的差异作比较，若在试验期间发现桥梁有显著的结构缺陷或过度变形情况，应当迅速采取修复或加固手段，以此保障桥梁的安全运用[3]。

2.2 动态检测

动态检测主要是针对桥梁在实际交通荷载作用下的动态响应进行测量，评定其结构的动态性能。与静载试验存在差异，动态检测更聚焦于桥梁在实际运行环境里的表现，尤其是车辆通过桥梁的时候，桥梁产生的振动、加速度和位移等动态特性。这种检测方式可协助工程人员评估桥梁在实际使用时的安全性与耐久性，尽早察觉潜在隐患。在动态检测这个阶段，挑选恰当的传感器和测量设备意义重大，一般常用的传感器有加速度计、位移计、应变计等，这些仪器可实时获取桥梁的动态响应数据。为保证数据的准确性，必须保证传感器与桥梁结构接触良好，防止因接触不达标或设备故障引起测量误差。传感器的安装位置要依据桥梁实际情况精准选定，一般会重点对桥梁的跨中、支座、桥面等关键部位开展监测。

在动态检测期间，试验人员尚需依照实际情况调整采样频率与信号处理方式。数据的质量直接受采样频率选择的影响，采样频率过低或许会让数据失真，但过高的采样频率或许会加大数据处理的复杂性。为获得清晰的动态响应数据，试验人员得按照桥梁的运动频率和振动特性，选定恰当的信号采集及处理手段。数据处理的进程中，往往需要进行频域分析以及时域分析，用以精准辨别桥梁的振动模式与频率响应，评价其动力学性能。动态检测数据有助于弄清桥梁在交通荷载下的响应态势，还能助力工程人员找出潜在的结构弊病，如松动的构件、疲劳产生的裂纹等，给后续的维修及加固提供相关依据。

2.3 无损检测

无损检测是一种无需毁坏桥梁结构就可检测其内部缺陷及性能的方法，普遍应用在桥梁的定期检查和维护事宜中。采用无损检测途径，工程人员可发现桥梁结构里面的潜在问题，诸如裂痕、空洞、锈蚀现象等，因而能提前采取相关行动，防止损伤加剧进而产生安全方面的隐患。常见无损检测所采用的方法包含超声波检测、X 射线检测、涡流检测、电磁波检测等，实施超声波检测期间，向桥梁结构发射出高频声波，声波碰到不同介质产生的反射信号能揭示结构内部的缺陷。这种方法尤其适合检测混凝土和钢结构里的裂纹与空洞，X 射线检测借助高能 X 射线穿过桥梁材料完成，查看材料的密度有无变化，进而判断桥梁结构里的缺陷。在金属结构检测时，涡流检测和电磁波检测会更多地被采用，能对腐蚀、裂纹和疲劳损伤进行有效识别[4]。

按照桥梁的材质和结构特点选定合适的无损检测方法。一般情况下，混凝土桥梁采用超声波进行检测，而钢结构桥梁采用涡流检测可能是更优选择。不同检测方法的适用范围及优势各有不同，试验人员需结合实际情形选取最相符的技术。开展数据分析的过程中，必须留意不同检测方法结果对比分析，以此确保对桥梁健康状况的准确诊断。无损检测的一个关键好处是它的非破坏性，能在不影响桥梁正常运转的情形下，快速找出潜在的结构隐患，为确保数据精准可靠，试验人员必须严格按照操作规则执行，防止操作不当引起数据的误差。

2.4 地质勘察与基础检测

桥梁的整体稳定性与基础部分直接相关联，地质勘察与基础检测在桥梁检测中是十分重要的。基础承载能力直接关乎桥梁的安全性与使用寿命，地质勘察可为桥梁设计、施工及后期维护提供关键基础数据。在开展地质勘查期间，试验人员首先得知晓桥梁所在地区的土壤性质、地下水位以及基础承载力等情况，基础的承载能力和桥梁的长期稳定性会受这些因素的影响，钻孔取样、标准贯入试验、原

位剪切试验等为常见的地质勘察方法[5]。

利用钻孔取样的方式可得到地下土壤样本，实施试验室的分析，弄清楚土壤的力学性质及化学成分。标准贯入试验采用打入钢管的办法，评估地下土壤密实度与承载能力，通过这些试验可得到基础承载力的直观数据，协助设计人员把握土壤的承载性能。地下水位对桥梁稳定性的影响不容小觑，开展基础检测的时间段内，试验人员要去测量地下水位，还需要清楚水位的波动情形。因为地下水的改变有可能造成土壤性质出现变化，继而影响到桥梁基础的稳定性，地质勘察结果可当作桥梁设计的科学依据，保证基础部分能承受预计的荷载。

3 检测环境与操作中的注意事项

3.1 环境因素的影响

像天气、温度、湿度等，对路桥试验检测的准确性影响重大。在进行路桥试验的阶段时，试验人员必须掌握有关气象条件，接着根据气象条件对试验时间进行合理安排，如大风、暴雨、纷飞雪天等，会妨碍设备的正常运行进程，甚至可能引起试验数据的偏差。强风会造成仪器摇摆，造成测量精度下降；高温与低温环境也许会造成材料的性能出现变动，由此影响试验的结果。试验人员应根据天气预报去判断是否适合开展试验，杜绝在不稳定、极端的环境条件下做检测，温湿度的变化也许会影响材料物理方面的性质，尤其是针对水泥、钢筋等建筑材料的检测方面。湿度改变可能会造成试验结果不稳定，鉴于这种情形，试验人员应借助温湿度控制设备，保证试验环境恒定不变，从而提升试验的准确水平和可靠水平[6]。

3.2 安全防护

在进行路桥试验检测过程中，由于存在高空作业、重型设备操作等潜在危险因素，因此采取有效的安全防护措施显得尤为重要。在开始试验前，需严格按照相关安全操作要求行事，保证本人及其他人的安全。试验人员要穿戴合适的个人防护物件，如安全帽、防护眼镜、耳塞、防护手套之类，尤其是进行高空作业的时候，安全带和防滑鞋是必不可少的装备。在重型设备操作时段，务必让所有操作人员经过专业培训，掌握设备的操作流程。杜绝因操作不当造成的安全事故，需设置警戒区域，严格把控非相关人员进入试验区域，防止无关人员因疏漏而碰上事故。在检测实施的现场，应配置急救设备，且要定时进行安全演练，保证在有紧急情况发生时可迅速响应处理。采用严格的安全管理及防护方案，可有效减少试验期间可能面临的危险，保障试验顺利进行，守护人员安全。

4 试验结果的评估与反馈

在试验数据获取之后，试验人员需要对数据进行详细而全面的分析，确保数据的准确性和可靠性。这一过程不仅仅是对试验结果的整理，更重要的是通过对比现有标准和规范，评估数据是否符合预定的技术要求和行业标准。若发现某些项目未达到标准或存在异常数据，试验人员应及时进行反馈，指出具体的不合格环节，并结合试验过程提出相应的改进措施，确保后续试验能够有效解决存在的问题。

此外，评估结果不仅要向相关部门及时报告，还应对后续的工作提供有力的支持。对于结构优化或维修方案的制定，评估结果可以作为重要的依据，指导工程人员对问题进行定位、分析，并制定合理的修复或优化计划。这一过程的及时性和有效性，能够为项目的顺利推进提供保障，避免因数据问题导致的潜在风险或损失。因此，试验数据的分析、评估、反馈和改进措施的制定是确保工程质量和安全的重要环节，贯穿整个项目的实施过程。

5 结语

路桥试验检测是确保交通工程质量与安全的关键环节，通过科学的试验操作与合理的数据分析，可以有效评估路桥的结构安全性。为提升试验检测的精确性，试验人员应加强技术培训，严格遵循操作规程，并随时关注环境变化和安全问题。未来，随着新技术的不断发展，路桥试验检测将更加智能化、高效化，为道路桥梁的长期稳定性和安全性提供更有力的保障。

[参考文献]

[1]原建春.路桥工程试验检测的现状与提高检测质量对策[J].交通科技与管理,2024,5(23):151-153.
[2]徐斌.路桥工程试验检测的现状与提高检测质量的措施[J].运输经理世界,2024(19):113-115.
[3]李晓琳,鄢伟凯.路桥工程试验检测中常见的问题及对策分析[J].山东交通科技,2024(3):135-137.
[4]潘华花.路桥工程原材料试验检测的质量管理问题与对策[J].交通建设与管理,2024(2):170-172.
[5]吕兴连.路桥工程试验检测现存问题及应对措施探析[J].质量与市场,2024(2):101-103.
[6]袁晓娟.分析路桥试验检测中的常见问题及解决对策[J].交通科技与管理,2024,5(3):154-156.

作者简介：翟茂芹（1991.12—），所学专业：建筑工程技术，当前就职单位：江苏安达工程管理有限公司，职务：试验检测师。

电力信息网络在智能电网中的作用与挑战

孟艳群 刘 妍 陈若男 冯妍妍
国网河南省电力公司郑州供电公司，河南 郑州 450000

[摘要]智能电网作为现代电力系统的升级版，集成了先进的传感技术、通信技术、计算技术及自动化技术，其核心是电力信息网络。电力信息网络为智能电网提供了数据传输、监控、调度与管理的基础保障，推动电力系统向更加智能、高效、环保的方向发展。文中探讨了电力信息网络在智能电网中的作用及其面临的主要挑战。通过分析其在数据采集、传输、监控与控制等方面的功能，揭示了网络安全、数据隐私保护、系统集成等问题，并提出了相应的解决方案。通过深入研究，为未来智能电网的发展提供理论支持和技术参考。

[关键词]智能电网；电力信息网络；数据安全；挑战；发展趋势
DOI：10.33142/sca.v8i4.15953 中图分类号：TM76 文献标识码：A

The Role and Challenges of Power Information Network in Smart Grid

MENG Yanqun, LIU Yan, CHEN Ruonan, FENG Yanyan
Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He’nan Electric Power Company, Zhengzhou, He’nan, 450000, China

Abstract: As an upgraded version of the modern power system, the smart grid integrates advanced sensing technology, communication technology, computing technology, and automation technology, with the core being the power information network. The power information network provides the basic guarantee for data transmission, monitoring, scheduling, and management of the smart grid, promoting the development of the power system towards a more intelligent, efficient, and environmentally friendly direction. The article explores the role of power information networks in smart grids and the main challenges they face. By analyzing its functions in data collection, transmission, monitoring, and control, issues such as network security, data privacy protection, and system integration have been revealed, and corresponding solutions have been proposed. Through in-depth research, provide theoretical support and technical references for the development of future smart grids.

Keywords: smart grid; electric power information network; data safety; challenge; development trend

引言

智能电网是传统电网的升级版，通过信息化手段提高电网的自动化水平，提升电力供应的可靠性与效率。电力信息网络作为智能电网的关键组成部分，在其发展过程中发挥了重要作用。它不仅负责电力数据的传输与管理，还提供实时监控、调度控制等服务。随着智能电网规模的扩大，电力信息网络在提升电力系统运行效率和增强安全性方面的作用愈加突出。然而，这一过程中也面临着诸如数据安全、网络稳定性等多方面的挑战。本文旨在深入分析电力信息网络的作用与挑战，并探讨解决方案与发展前景。

1 电力信息网络的基础构架与功能

1.1 电力信息网络的组成

电力信息网络是智能电网的基础构架，支撑着电网的智能化与自动化运行，主要由数据采集、传输、存储和分析四大系统组成。数据采集系统通过传感器和智能电表实时获取电网的电流、电压、功率等信息，是电网优化调度和预测分析的基础。数据传输系统通过高速可靠的通信网络（如光纤、无线通信）将数据传输至控制中心，确保数据的即时性和准确性。数据存储系统负责接收并存储海量数据，采用分布式存储与冗余备份确保数据的安全与完整性。数据分析系统则对电力数据进行处理，实时监控电网状态，预测需求、优化调度，及时识别并解决潜在故障或问题[1]。

1.2 电力信息网络的主要功能

电力信息网络是智能电网自动化和智能化操作的核心，主要功能包括实时数据采集、传输与分析、智能调度、负荷预测和电力系统监控。通过传感器与智能电表，电力信息网络实时采集电网的运行数据，并通过可靠的通信系统传输至数据中心。系统通过数据分析，实时监控电网状态，及时发现故障隐患并发出警报，支持预测性维护，提高系统稳定性。智能调度与负荷预测功能基于实时和历史数据，优化电力资源分配，提升电网运行效率。通过集中监控和远程控制，电力信息网络确保电网稳定运行，增强灵活性和响应速度。各子系统协同工作，支撑智能电网高效、可靠的运行。

2 电力信息网络在智能电网中的关键作用

2.1 提升电力系统的可靠性与稳定性

电力信息网络对提升电力系统的可靠性与稳定性起着至关重要的作用。智能电网依赖于实时的数据传输与监控，以便及时发现和应对可能的异常情况。通过部署各种

智能传感器和设备，电力信息网络能够在电网的各个环节实时监控电流、电压、频率等重要参数，一旦系统出现异常或偏离正常状态，网络可以立即捕捉到异常信息，并快速进行处理。

例如，在发生线路故障、设备过载或电网电压波动等情况时，电力信息网络能够迅速识别出问题，并启动预警机制，通知相关人员进行干预。这种快速响应不仅可以避免潜在的设备损坏，还能够有效减少停电的风险，保障电力供应的持续性与稳定性。此外，电力信息网络还能够通过自动化修复机制，降低人为干预的需要，进一步提高电力系统的稳定性与应急响应能力。

2.2 支持智能调度与负荷预测

智能调度与负荷预测是智能电网的重要功能之一，电力信息网络在这一过程中提供了不可或缺的数据支持。电力系统需要对各个时段的电力需求进行预测，并根据实时负荷变化合理调度电力资源，以确保电网的平衡和运行效率。电力信息网络通过对大量历史数据与实时数据的采集与分析，可以准确预测未来的负荷需求。基于负荷预测模型，电力系统可以提前调整电力的供给策略，优化资源分配，避免因过度供电或供电不足导致的能源浪费或电力短缺。同时，实时数据的采集使得电力调度能够更加灵活和精确，能够根据瞬时负荷波动进行实时调度。通过这种智能调度，电力信息网络降低了电力系统的运行成本，提高了能源的利用效率，减少了能源的浪费[2]。

2.3 促进绿色能源接入与电力市场化

电力信息网络支持绿色能源接入和电力市场化，助力现代电力系统的转型。随着风能和太阳能等可再生能源的比例增加，电网面临负荷波动和不稳定性问题。电力信息网络通过实时监测和分析各类能源的输出，能够灵活调节电网的供需平衡。例如，遇到可再生能源波动时，系统可调整传统电厂或储能系统的发电量，确保电力供应稳定。此外，电力信息网络优化电力调度和供需匹配，为电力交易提供数据支持，推动电力市场健康发展。通过精准预测和调度，电力信息网络降低了运营成本，促进绿色能源接入，为电力系统现代化奠定基础。

3 电力信息网络面临的主要挑战

3.1 网络安全与数据隐私保护

随着电力信息网络的不断扩展，网络安全与数据隐私保护问题愈加突出。智能电网依赖于大量传感器、数据采集设备和实时信息传输系统，这使得电力信息网络成为潜在的攻击目标。网络攻击如 DDoS（分布式拒绝服务）攻击、黑客入侵以及病毒和恶意软件的传播，可能导致电力系统的瘫痪或数据篡改，严重威胁电力供应的稳定性。电力信息网络涉及大量的用户数据与敏感信息，如用户的用电量、消费行为等，这些数据一旦泄露，不仅可能侵犯用户的隐私，还可能被恶意使用，影响社会安全。因此，如何有效地保护这些敏感数据的安全，防止未经授权的访问和泄露，成为电力信息网络面临的重大挑战。加强数据加密技术、身份认证机制和访问控制策略的实施，以及提升网络安全监测与防护水平，已成为保障电力信息网络安全运营的关键。

3.2 系统集成与互操作性

电力信息网络由多个子系统组成，这些子系统包括数据采集、处理、监控、控制等各个环节。随着技术的快速发展，各类设备和系统层出不穷，这就带来了系统集成与互操作性的问题。不同设备、软件系统以及协议的兼容性差异，可能导致系统无法顺畅协作，从而影响整体电力信息网络的效能。尤其在多种设备和系统的集成过程中，常常会遇到通信协议不统一的问题。不同厂商的设备可能使用不同的通信协议和标准，造成信息交换与共享的困难，进而影响电力网络的高效调度与管理。为了解决这一问题，需要在设备选型时统一标准，推行开放式架构和标准化的通信协议，确保不同系统、设备之间能够顺利互通[3]。

3.3 数据处理与存储的挑战

电力信息网络需要处理的实时数据量庞大，尤其是在智能电网全面铺开后，数据量更是呈指数级增长。如何高效、准确地存储、处理和分析这些海量数据，是电力信息网络面临的一大挑战。数据处理能力不足可能导致信息延迟或丢失，进而影响电网的实时调度与响应能力。数据存储系统需要具备强大的存储容量与高效的数据管理能力，能够在保证数据安全性的同时，实现海量数据的快速访问和分析。其次，随着大数据和人工智能技术的发展，电力信息网络需要更加高效的处理能力来应对海量数据的实时分析与处理。这不仅要求数据处理系统具备高性能计算能力，还需要优化数据传输链路，确保低延迟和高可靠性的传输。为此，分布式存储与边缘计算等技术的应用，可以有效解决存储容量和处理速度的问题。

3.4 法规与政策障碍

智能电网的建设不仅依赖技术的推进，还需要完善的法规和政策支持。然而，许多国家和地区的法规体系尚未完全适应智能电网的需求，造成政策滞后和不适应的问题。例如，现行的电力行业法规可能无法涵盖智能电网在数据隐私保护、跨区域电力调度和电力市场化方面的具体需求。缺乏针对性和前瞻性的法律法规，可能会导致智能电网的部署和运行面临法律风险，甚至阻碍新技术的推广应用。电力信息网络的运行和发展还受到能源政策、环保政策等方面的影响。如何在智能电网建设过程中协调各方利益，优化政策体系，推动法规的制定与完善，是智能电网发展的重要保障。针对这些挑战，政府需要加快相关法律法规的修订与完善，鼓励企业与科研机构进行技术创新，并为智能电网的发展提供政策支持和保障。

4 应对挑战的策略与解决方案

4.1 加强网络安全技术研究

为了确保电力信息网络的安全性，必须加强对网络安全技术的研究，特别是在防范网络攻击、数据泄露等方面。

智能电网的运行依赖于实时数据传输和控制指令的执行，这使得网络成为攻击的重点。为此，采用先进的加密技术是确保数据传输安全的基础。例如，利用端对端加密技术可以有效防止数据在传输过程中被窃取或篡改。同时，采用多因素身份认证、访问控制和权限管理机制，可以保障只有授权的人员才能访问敏感数据和关键系统，降低内外部的安全风险。智能电网需要具备防御各种类型网络攻击的能力，包括 DDoS 攻击、病毒、恶意软件等。加强网络监控与入侵检测系统的部署，实时发现潜在的安全威胁，及时采取应对措施，是提升电力信息网络防护能力的关键。政府与企业应加强网络安全人才的培养与合作，共同提升电力系统的安全性和抗攻击能力。

4.2 促进标准化与互操作性

电力信息网络的高效运行离不开设备与系统之间的良好协同与互操作性。然而，不同厂商和设备之间常常存在通信协议不统一、数据格式不兼容等问题，导致信息共享困难。为了解决这些问题，推动标准化建设成为关键一环。各方应联合制定统一的通信协议和数据格式标准，确保设备、系统和平台之间能够无缝衔接和互操作。通过推行开放的系统架构和标准接口，能够降低不同设备间的集成成本，提高电力信息网络的可扩展性和灵活性。此外，推动跨行业、跨区域的标准化合作，有助于进一步提升整个电力系统的效率与可靠性，为智能电网的发展提供坚实的技术基础[4]。

4.3 提高数据处理与存储能力

随着电力信息网络数据量的不断增长，如何高效存储和处理海量数据成为关键问题。大数据技术和云计算平台的应用可以显著提高数据处理能力，确保实时数据的高效传输与处理。通过分布式数据存储技术，可以有效应对数据存储的挑战，提高存储系统的可扩展性与可靠性，满足智能电网对大规模数据存储和处理的需求。结合云计算技术可以实现灵活的数据计算资源调度，使得系统能够根据需求动态调整计算能力，保证数据处理的实时性和准确性。在数据传输方面，采用低延迟的通信网络，能够确保数据在各个环节间的快速流动，从而提升整个电力信息网络的响应速度和调度能力。通过大数据分析技术，可以从海量数据中提取有价值的信息，进行趋势预测、故障诊断与优化调度，进一步提高电网运行的效率和安全性。

4.4 完善法规与政策体系

智能电网的建设和发展不仅依赖于先进的技术，还需要健全的法律法规和政策体系的保障。目前，许多国家和地区的法规体系尚未完全适应智能电网的需求，政策滞后可能会影响电力信息网络的顺利部署。为了应对这一挑战，政府应加快智能电网相关法律法规的建设，确保其符合时代发展的需求。政府可以从多个方面推进法规与政策的完善。例如，制定与智能电网相关的电力数据保护法规，明确数据隐私保护的责任与义务；在跨区域电力调度和电力市场化方面出台相应的政策，促进各地区之间的电力资源共享与优化配置；同时，鼓励行业标准的制定，为设备制造商和服务提供商提供明确的技术方向和规范。通过完善的法规与政策支持，能够为电力信息网络的建设与运营提供良好的法律保障和政策环境，推动智能电网的健康、可持续发展。

通过加强网络安全技术研究、推动标准化与互操作性、提高数据处理能力及完善法规政策体系，可以有效应对电力信息网络面临的挑战。这些策略不仅有助于提升电力信息网络的效率与安全性，也为智能电网的长期发展奠定了坚实的基础。

5 结束语

电力信息网络作为智能电网的核心组成部分，发挥着不可替代的作用。它不仅提升了电网的可靠性与效率，还推动了绿色能源的接入与市场化。然而，随着智能电网规模的不断扩大，电力信息网络面临着网络安全、系统集成、数据处理等多重挑战。为应对这些挑战，需要采取加强网络安全、推进标准化建设、提升数据处理能力等多项举措，确保电力信息网络能够在未来发挥更加重要的作用。加强相关技术研究与政策保障，是推动智能电网可持续发展的关键。

[参考文献]

[1]张超.电力信息通信网络的建设与运营探析[J].信息与电脑(理论版),2024,36(19):114-116.
[2]杨子纯.智能电网运行中的问题分析[J].上海电气技术,2024,17(3):8-12.
[3]杨谊.面向能源互联网的电力信息系统双层耦合网络级联故障研究[D].北京:北京邮电大学,2023.
[4]丁俐夫.基于多智能体强化学习的智能电网分布式能量管理研究[D].杭州:浙江大学,2023.

作者简介：孟艳群（1994.12—），女，河南省商丘市人，汉族，研究生，中级电力工程师，就职于国网郑州供电公司，从事信息系统检修维护工作。

抗裂型灌浆复合抗车辙半柔性沥青路面技术研究

薛志伟
江苏东交智控科技集团股份有限公司，江苏 南京 211100

[摘要]抗裂型灌浆复合抗车辙半柔性沥青路面技术，有效提高传统灌浆技术路面的抗裂性能、耐磨性能，抗车辙能力及温度稳定性远超其他类型的沥青路面，从根本上解决沥青路面车辙病害。

[关键词]抗裂、耐磨；半柔性沥青路面
DOI：10.33142/sca.v8i4.16130　　中图分类号：U416.21　　文献标识码：A

Research on Crack Resistant Grouting Composite Anti Rutting Semi Flexible Asphalt Pavement Technology

XUE Zhiwei
Jiangsu Easttrans Intelligent Control Technology Group Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211100, China

Abstract: The crack resistant grouting composite anti rutting semi flexible asphalt pavement technology effectively improves the crack resistance, wear resistance, anti rutting ability, and temperature stability of traditional grouting technology pavement, far exceeding other types of asphalt pavement, fundamentally solving the rutting disease of asphalt pavement.

Keywords: crack resistance, wear resistance; semi flexible asphalt pavement

引言

抗裂型灌浆复合抗车辙半柔性沥青路面属于半柔性沥青面层，1954 年，法国在科涅雅克（Cognac）航空港喷气式飞机跑道上首次应用了水泥灌浆沥青混凝土，称为“Salviacim”施工法，这是灌浆复合沥青路面最早的应用。之后，各国陆续开展新型抗车辙沥青路面的研究，在传统沥青柔性路面的基础上，提出了灌浆复合半柔性沥青路面的新思路。由于传统沥青混合料是一种典型的柔性路面，沥青在其中起到关键性的作用。同时，也因为沥青的固有特性，使得沥青路面的强度和耐久性受环境温度变化的影响较大，在夏冬季节温差较大的区域，沥青路面因夏季的高温和冬季的低温，路面的强度和抗变形能力会出现明显降低，当受到路面通车社会车辆行驶过程中不同方向力的反复作用，沥青混合料出现软化，改变混合料内部各材料间的黏结，降低路面的使用性能。研究出一种可实现抗裂、耐磨抗车辙的沥青面技术，贴近工程应用实际需求。

1 传统柔性沥青路面的特点

传统柔性沥青混合料由骨料、矿粉、沥青和因各类不同需求加入的添加剂组成。具有高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性和耐疲劳性；表面平整、无接缝，行车舒适平稳，噪声少；施工期短，养护维修简便且可再生利用等优点。夏季过高的环境温度会导致沥青混合料出现软化，沥青路面的强度降低，重载交通条件下极易导致沥青路面形变，发张为各类高温病害；冬季温度过低，沥青路面变脆，易出现裂缝。沥青路面的设计空隙率对其性能有着很大的影响，未达到设计压实度的沥青路面经通行车辆的反复碾压，出现各类路面病害。

随着社会的快速发展，人民群众增高质量的出行需求与传统沥青路面性能不足的矛盾日益突出；同时，沥青路面通行过程中产生的车辙等病害也带来了更多的安全隐患。

2 抗裂型灌浆复合抗车辙半柔性沥青路面技术概述

抗裂型灌浆复合抗车辙半柔性沥青路面技术应用一种结合水泥基材料刚性特点，在基体沥青路面中，制备高性能浆体进行灌注，以基体沥青混合料为骨架，提供柔性路面的特性；以固化后的浆体为填充，引入刚性路面的特性，同时因采用高兴能浆体，提高了灌浆复合抗车辙沥青路面自身的抗裂性能。因此，抗裂型灌浆复合抗车辙半柔性沥青路面技术是一种“刚柔并济”的复合路面技术，同时兼顾了路面的抗裂性能。

2.1 技术原理

表 1　灌浆材料技术要求

序号	试验项目		材料要求		检测方法
1	外观		黑色粉末		/
2	流动度		初始：10～14s；30min：14～20s		JT/T 946
3	凝结时间	初凝时间	≥45min		GB/T 1346
		终凝时间	≤2h		
4	成型强度	抗压强度	3h	≥10MPa	GB/T17671
			7d	≥20MPa	
		抗折强度	3h	≥1.5MPa	
			7d	≥5MPa	
5	抗收缩性能	3d 干缩率	0～0.3%		JCT 603

在基体沥青路面（空隙率 22%～28%）中，灌入“强度高、收缩小、流动性好”的特殊浆体而形成“刚柔并济”的兼具高强、耐久和抗疲劳特性的抗裂型灌浆复合抗车辙半柔性沥青路面体系。

2.2 技术路线

基体沥青配合比设计需要考虑沥青混合料的孔隙率、水泥浆的流动性、强度以及两者的结合性能。具体设计如下：

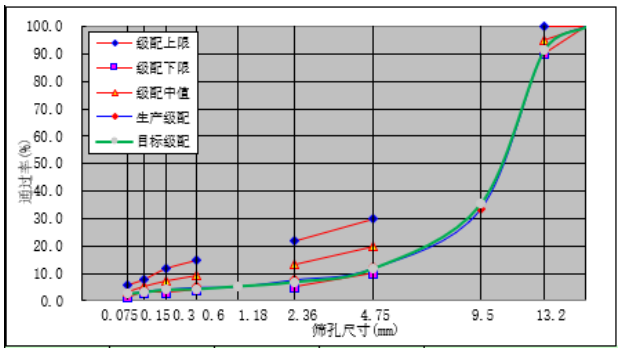

图 1 筛孔尺寸

基体沥青混合料的空隙率需要满足一定的要求，要保证足够的开口连通空隙，同时减少闭口空隙。因此，沥青用量及细集料的用量显得尤为重要。采用马歇尔击实试验进行沥青混合料的力学性能评估和最佳沥青用量确定。

通过控制体积参数、验证抗裂型灌浆复合抗车辙半柔性沥青路面结构设计的合理性，实现抗车辙能力提升 50%以上（对比常规沥青路面）、反射裂缝抑制效果显著（灌浆层模量达 15～20GPa）、寿命周期成本降低（设计寿命可达 20 年），从而确保沥青路面的性能和使用寿命。

2.3 性能验证

抗裂性能将从混合料性能（低温弯拉应变试验、劈裂强度试验、间接拉伸试验、热应力约束试验、蠕变试验、断裂韧性试验、动态力学分析、低温收缩试验）等方面综合控制。

2.3.1 低温弯曲试验

温度敏感是沥青混合料的重要特征，基体沥青的力学性能会随着温度的变化出现增强和减弱。基体沥青温度收缩应力会随着温度的降低而产生，温度降幅越大，温度收缩应力越集中，基体沥青表现出脆性，路面刚性增大，形变能力减弱。随着应力达到基体沥青阈值，裂缝随之产生。

表 2 小梁弯曲试验数据结果（不同结构类型）

混合料类型	破坏应变（με）	劲度模量（MPa）	抗弯拉强度（MPa）	灌浆饱满度（%）	最大荷载（kN）
改性沥青混合料	2633	4411	8.90	/	1.04
传统型灌浆混合料	2587	4210	9.54	96.2	1.23
抗裂型灌浆混合料	2533	3411	10.78	97.3	1.32

试验结果分析可知：

（1）抗裂型灌浆混合料抗裂型弯拉强度最高，表明抗裂型灌浆复合抗车辙半柔性沥青路面在低温条件下的抗裂性能最好。

（2）抗裂型灌浆混合料弯拉应变最大，表明抗裂型灌浆复合抗车辙半柔性沥青路面在低温条件下的变形能力最强，抗裂性能最好。

（3）抗裂型灌浆混合料曲劲度模量最小，表明沥青混合料在低温条件下的柔韧性最，抗裂性能最佳。

2.2.2 冻融循环试验

冻融循环试验通过模拟自然环境中的冻融过程，从而评估其抗冻融性能。将试件在低温冻结和常温（或水）融化的条件下反复循环，测定试件在冻融前后的性能变化（如强度、质量损失、体积变化等）。

表 3 冻融劈裂试验结果（不同结构类型）

混合料类型	劈裂强度比（%）	冻融后劈裂强度（MPa）	未冻融劈裂强度（MPa）	质量损失率（%）
改性沥青混合料	87.2	0.5628	0.6449	4.5
传统型灌浆混合料	85.8	0.8612	1.0033	4.1
抗裂型灌浆混合料	87.4	0.8865	1.0138	3.7

通过模拟冻融循环，评估抗裂型灌浆混合料在水和低温共同作用下的抗水损害能力。分析沥青混合料在冻融循环作用下的性能衰减规律，评估其长期耐久性。

试验结果分析可知：

（1）质量损失率越小，说明试件在冻融循环中的损伤越小。抗裂型灌浆混合料质量损失率小于改性沥青混合料及传统型沥青混合料。

（2）强度损失率越小，说明试件在冻融循环中的力学性能衰减越小。抗裂型灌浆混合料强度损失率小于改性沥青混合料及传统型沥青混合料。

通过分析各指标的变化趋势，判断混合料的抗冻融性能是否随循环次数增加而显著下降。

冻融循环试验数据分析是评估沥青混合料抗冻融性能的关键步骤。通过计算质量损失率、强度损失率、相对动弹性模量等指标，并结合趋势分析、对比分析和规范对比，可以全面评估抗裂型灌浆混合料的抗冻融性能。

2.2.3 热应力约束试件试验

热应力约束试件试验通过模拟沥青路面在低温环境下的温度应力变化，测定混合料在约束条件下的开裂温度、热应力发展规律等参数，从而评估其低温抗裂性能，是一种用于评估沥青混合料在温度变化下抗裂性能的试验方法。

通过观察试件开裂瞬间的温度数据确定开裂温度（T_c），从热应力-温度曲线中提取最大值得到最大热应力（σ_{max}），绘制热应力（σ）随温度（T）变化的曲线，分析曲线的斜率、拐点等特征，通过温度应力曲线的斜率计算得出应力速率（$d\sigma/dT$）。

对两种沥青混合料（A 和 B）进行 TSRST 试验，得到

以下数据：

表 4　两种沥青混合料（A 和 B）进行 TSRST 试验数据

温度（°C）	传统型灌浆混合料 A 热应力（MPa）	抗裂型灌浆混合料 B 热应力（MPa）
20	0	0
10	1.2	0.8
0	2.5	1.5
-10	4.0	2.2
-20	5.8	3.0
-30	7.5（开裂）	4.5
-40	—	6.0（开裂）

试验结果分析可知：

（1）传统型灌浆混合料开裂温度为-30°C，抗裂型混合料 B 的开裂温度为-40°C；开裂温度越低，表明混合料在低温环境下越不易开裂。

（2）传统型灌浆混合料最大热应力为 7.5MPa，抗裂型混合料 B 的最大热应力为 6.0MPa；传统型灌浆混合料低温性能较差。

（3）计算两种混合料的应力速率（dσ/dT），传统型灌浆混合料的应力速率较高，表明其对温度变化更敏感。

热应力约束试件试验（TSRST）数据分析通过评估应力速率、温度应力曲线、最大热应力和开裂温度等参数，全面反映沥青混合料的低温抗裂性能。通过对比分析不同混合料的试验结果，可以进一步优化抗裂型灌浆混合料配合比设计，提高混合料的低温抗裂性能，从而延长路面的使用寿命。

2.2.4 蠕变试验

蠕变试验是评估长期荷载作用下沥青混合料在变形特性的重要方法。本文研究抗裂型灌浆混合料于传统型灌浆混合料的流变性能、抗车辙能力及长期耐久性。该试验模拟了路面在车辆荷载长期作用下的变形行为，为沥青混合料设计、性能评价提供关键数据。

对沥青混合料试件在恒定温度和恒定荷载条件下施加持续压力，测量其随时间变化应变的变化规律。由于沥青混合料是典型的黏弹性材料，其变形包括：黏性流动变形（不可恢复的永久变形）、延迟弹性变形（随时间逐渐恢复的变形）、瞬时弹性变形（加载瞬间的可恢复变形）。

沥青混合料的蠕变曲线可分为三个阶段：

（1）瞬时弹性阶段（0～10s）：加载瞬间的弹性变形。

（2）延迟弹性阶段（10～100s）：变形速率逐渐减缓。

（3）稳态流动阶段（100～3600s）：变形趋于稳定，应变与时间呈线性关系。

对两种沥青混合料（A 和 B）进行蠕变试验，得到以下数据：

表 5　对两种沥青混合料（A 和 B）进行蠕变试验

传统型灌浆混合料 A		抗裂型灌浆混合料 B	
时间（s）	应变（με）	时间（s）	应变（με）
1	520	1	490
10	1850	10	1620
100	4250	100	3950
1000	8650	1000	6580
3600	12500	3600	9100

根据稳态蠕变速率评估抗车辙能力：

优：＜1.0×10^-6 s^-1

良：1.0-3.0×10^-6 s^-1

差：＞3.0×10^-6 s^-1

试验结果分析可知：

蠕变试验是评价沥青混合料稳定性的核心方法，通过分析应变-时间曲线、计算蠕变参数，可有效预测路面车辙发展，指导材料优化设计。结合时温等效原理（WLF 方程），抗裂型灌浆混合料抗变形性能优于传统型灌浆混合料。

3 结语

抗裂型灌浆复合抗车辙半柔性沥青路面技术在满足现有规范要求的同时，相较于其他技术相似技术，在抗车辙性能不变的基础上，通过各项性能验证，具备更强的抗裂性能，对建设长寿命路面具有重要意义。

[参考文献]

[1]Wang, L.,& Li, J.Durability and crack resistance of grouted composite asphalt pavement under freeze-thaw cycles[J].Cold Regions Science and Technology,2019(158):1-9.

[2]Liu, Z.,& Zhang, Y.Fatigue performance of grouted composite asphalt pavement under repeated loading[J].International Journal of Pavement Engineering,2020,21(5):567-576.

作者简介：薛志伟（1990.9—），男，单位名称：江苏东交智控科技集团股份有限公司；毕业学校和专业：淮阴工学院；交通工程。

轻钢集成建筑设备一体化快速施工技术研究——以装配式干法连接为例

唐 艳 李 鑫
广东白云学院，广东 广州 510080

[摘要]随着建筑行业的现代化进程，建筑施工技术不断朝着高效、环保、节能的方向发展。轻钢集成建筑作为一种新型的建筑形式，因其具有轻质、抗震、环保等特点，在建筑市场中逐渐占据了重要地位。文章基于装配式干法连接技术，探讨了轻钢集成建筑设备一体化的快速施工技术，分析了该技术在提升施工效率、减少现场工作量、降低能源消耗等方面的优势，并提出了实施过程中可能遇到的技术难题与应对策略。研究表明，装配式干法连接技术是轻钢集成建筑快速施工的重要途径，具有良好的应用前景。

[关键词]轻钢集成建筑；装配式干法连接；快速施工技术；设备一体化；建筑施工
DOI：10.33142/sca.v8i4.15921 中图分类号：TU392 文献标识码：A

Research on Integrated Rapid Construction Technology of Light Steel Integrated Building Equipment — Taking Prefabricated Dry Connection as an Example

TANG Yan, LI Xin
Guangdong Baiyun University, Guangzhou, Guangdong, 510080, China

Abstract: With the modernization process of the construction industry, construction technology is constantly developing towards high efficiency, environmental protection, and energy conservation. Light steel integrated buildings, as a new type of building form, have gradually occupied an important position in the construction market due to their characteristics of lightweight, earthquake resistance, and environmental protection. Based on the prefabricated dry connection technology, this article explores the rapid construction technology of light steel integrated building equipment integration, analyzes the advantages of this technology in improving construction efficiency, reducing on-site workload, and reducing energy consumption, and proposes technical difficulties and countermeasures that may be encountered during the implementation process. Research has shown that prefabricated dry connection technology is an important way for rapid construction of light steel integrated buildings and has good application prospects.

Keywords: light steel integrated building; prefabricated dry connection; rapid construction technology; equipment integration; building construction

引言

在当前建筑业转型升级的背景下，轻钢集成建筑逐渐成为一种高效、绿色、可持续发展的建筑方式。与传统建筑方式相比，轻钢集成建筑不仅具有更高的抗震性和耐久性，还能有效缩短建设周期，降低能源消耗。装配式建筑技术的应用，尤其是装配式干法连接技术，作为提升建筑施工效率、保证结构质量的关键技术，得到了广泛的关注和应用。本文旨在分析轻钢集成建筑设备一体化的快速施工技术，特别是装配式干法连接的应用，探索其在提高施工效率、降低人工成本和提升建筑质量方面的优势。

1 轻钢集成建筑与装配式干法连接技术

1.1 轻钢集成建筑的特点与优势

轻钢集成建筑是一种把钢材当作主要建筑材料的样式，采用轻钢结构实施装配的新型建筑形式，其设计理念与传统建筑存在差异，主要凭借钢材的高强度与轻质特性，这种建筑模式的关键优势之一是重量轻，可切实减轻建筑物的自重，缓解对基础施工的负担，由此降低了施工成本，鉴于轻钢结构具有较高的抗拉强度跟韧性，轻钢集成建筑还展现出极为强大的抗震性能，尤其适用于地震活跃区域[1]。

轻钢集成建筑施工周期不长，主要凭借预制装配式的设计，这种建筑方式在工厂里面预先完成多数组件的制造，再经由现场拼装实施组装，着实缩短了施工时间，这不但削减了施工人员的劳动强度，还着实降低了由于天气等外部因素对施工进度产生的影响，最关键的是，这种建筑途径可实现工厂化生产，增进生产效率，在维系建筑质量的同时，节约了大量的人工及管理成本，轻钢集成建筑展现出较高的经济效益和社会效益，成为现代建筑行业当中日益受喜爱的选择。

1.2 装配式干法连接技术的概述

装配式干法连接技术堪称一种创新的建筑施工技术，它凭借机械连接方式来达成各个建筑组件的组合，而不凭借传统的湿法施工手段，如水泥和砂浆，该技术所采用的连接方式涵盖螺栓、卡槽、插接等，拥有施工速度快、操作简便和质量稳定等突出长处，跟传统湿法施工对比，装配式干法连接避开了湿法材料的采用，降低了施工期间可能出现的质量问题，同时躲开了湿法施工阶段因气候变化

引发的延误。

该技术的关键优势在于其能够提升建筑施工的精度与一致性，鉴于各个组件在工厂里面完成了精确的预制及加工，因此在现场拼装时能够实现快速、精准无误地连接，装配式干法连接也降低了施工期间的噪音与粉尘污染，合乎现代建筑的环保要求，这种施工方式还极大程度缩短了施工周期，切实提升了建筑工程的整体效率，随着建筑行业对施工效率及质量要求的提高，装配式干法连接技术将在未来的建筑项目中实现更广泛应用[2]。

1.3 轻钢集成建筑设备一体化实施的背景

伴随现今建筑行业对施工质量、效率以及环保要求的不断攀升，传统建筑施工的方法及设备渐趋无法满足快速发展之需，传统建筑往往借助人工操作跟现场施工，施工所耗周期长，质量处于不稳定情形，而且其对环境的影响程度较大，处于这种背景情形，轻钢集成建筑设备一体化概念适时诞生，设备一体化的实施情形，正是为了上扬建筑施工的整体效率，并借助集成化的设计理念推动建筑工艺实现标准化、模块化和系统化。

轻钢集成建筑设备一体化不仅可提升施工效率，还能令建筑工艺进一步高效、节能与环保，经由将建筑设备与建筑结构实施一体化设计和集成，可降低施工阶段设备与建筑结构的协调难度，让施工流程简化，下压施工成本，设备一体化的实施行动，推动着轻钢集成建筑的智能化和自动化进展，让建筑实施过程中的能源利用更趋合理，进而实现达成节能环保的目的，伴随社会对绿色建筑和可持续发展的关注愈发增强，设备一体化于轻钢集成建筑的应用将发挥日益重要的作用，带动建筑行业朝着更高效、智能与环保的方向前行。

2 轻钢集成建筑设备一体化快速施工技术的应用

2.1 设备一体化的技术框架

设备一体化技术的核心思想是把建筑构件、设备安装与装配式技术相组合，依靠精细化的设计与协调，造就一个高效协同的施工体系，此技术模式旨在改变传统建筑施工中以人工和现场加工为主的样式，依靠先进的技术手段，推动施工过程迈向现代化和智能化。在实际的施工过程中，设备一体化技术可达成建筑各部件的工厂预制，尤其是涉及建筑的结构构件、设备管线以及内部装饰等部分，这些部件皆可在工厂按照标准化、模块化的样式生产，该生产方式明显减少了现场施工环节，减少了现场劳动力的耗用，降低了因现场施工环境复杂衍生的风险，极大增强了施工的效率与精度。

采用设备一体化技术，建筑施工的各个环节可更加紧密地协同工作，降低了材料浪费与资源消耗，同时还可增进施工质量，保障各项构件的精度与安全性，工厂所预制的构件可提前开展全面详细的检查和调试，保证这些构件在安装时能够精确无误地安装到位，这种做法不仅压缩了施工周期，还极大提升了建筑项目的整体质量，设备一体化技术还展现出环境友好性，利用在工厂内完成大部分制造及装配工作，减少了施工现场诸如粉尘、噪声的污染，降低了对周边环境的干扰[3]。

2.2 装配式干法连接在轻钢集成建筑范畴的应用

在轻钢集成建筑落实施工的进程里，装配式干法连接技术成为一种关键的施工方式，它不仅可以有效降低人工操作，还明显加快了施工速度，保障项目可以按时达成目标，干法连接技术借助标准化的连接件，让各个构件的安装变得简便又高效，进一步带动了建筑行业的工业化推进进程。采用标准化连接部件的装配式干法连接技术，得以实施模块化施工，这种施工方法采用在工厂提前生产及加工的预制构件，再输送到施工现场实施快速组装，减小了现场施工的复杂性及变数，各个连接件跟构件的精度及标准实现统一，造就了施工过程中的高度一致性及稳定性，规避了因人工操作失误而产生的施工误差与质量问题。

干法连接技术的合理设计与优化同样保障了结构的安全性，各类连接方式均经过严格的工程验证，可满足建筑结构所要求的力学性能水准，保障了建筑物的抗震性与耐久性，在实际施工的过程中，干法连接技术令构件之间的拼接更为紧密又稳固，进一步提升了建筑物安全及长期稳定性。干法连接技术同样呈现出较为明显的环保优势，因为大部分构件在工厂里边完成生产，降低了施工现场的湿作业量，极大降低了噪音和粉尘的污染，这不仅为施工人员营造了更安全、健康的工作场所，也削减了对周边居民及环境的影响，符合现代建筑在绿色环保和可持续发展的需求。

2.3 快速施工技术的优势与挑战

快速施工技术是一种采用集成化设计以及高效施工策略来缩短建筑建设周期的创新技术，其根本优势在于能够大幅度增进施工效率，进而缩短建设时长，减低建筑项目的总体花销，依托这种技术的支持，建筑施工过程当中的各项工序可并行推进，极大增强了工程进度及工期控制能力，快速施工技术凭借模块化设计和预制构件的大量应用，进一步降低了施工的难度跟复杂性，使整个项目能够更高效地得以完成[4]。

从资源消耗的具体层面看，快速施工技术也展现出了明显的优势，就传统建筑施工而言，湿法施工一般都会大量运用水泥和其他建筑材料，这不仅加剧了资源的消耗，还造成环境存在较大的污染，而快速施工技术凭借减少水泥等材料的耗用，尤其在采用干法施工方式的情形下，削减了对原材料的依赖水平，减小了环境压力。这种技术的实施能够明显削减建筑施工过程中产生的废弃物和污染物，促进建筑行业朝着更绿色、更可持续的方向迈进，尽管快速施工技术在提高效率、降低开支、减少资源消耗等方面体现显著优势，在实际实施过程中，依旧面临着一些

挑战，设备与技术的成熟程度仍是限制其广泛应用的缘由。即便该技术有了一定的进展，但部分施工设备和工艺仍需进一步改进与优化，现场施工的配合问题也得格外留意，尤其是于多方协同作业的过程里，如何保障各道工序顺利衔接仍属一个难题，技术人员的培养和技术普及也是应用快速施工技术的一个关键挑战，快速施工技术要求施工人员掌握更高的专业技能和操作规范，对技术人员的培训要贴合时代节奏，确保其能熟练掌握新技术及新设备的使用。

3 轻钢集成建筑快速施工技术的前景与发展方向

3.1 技术创新推动施工方式升级

伴随科技的持续进步与创新，装配式干法连接技术于轻钢集成建筑里的应用前景愈发广阔，该技术依靠标准化的连接件以及模块化施工方式，删减了传统建筑施工里繁杂的工艺流程，使施工更具高效性与安全性，伴随技术的不断变迁，新型连接技术的相继涌现，定然会带动整个建筑行业施工方式的升级，进一步增强施工的整体效率及建筑的质量。新型连接技术的开发及采用不仅能让构件之间的连接更加紧密、扎实，减少因传统湿法施工带来的不确定性因素，还能于施工过程中显著提升连接精度，实现施工质量的高度一致性，依靠创新的连接设计，可满足更多样化且复杂的建筑需求，满足各类结构形式的工程需求，这些新型连接技术在施工过程中还可大幅度降低人工操作的复杂程度，弱化施工人员的劳动强度，减少人为操作失误对质量的影响。

新技术的持续投入应用同样推动了施工设备和工艺的更新替换，新型连接技术往往要求更加精细的施工工具和设备，这促成了施工设备智能化和自动化的拓展，优化了施工的精度与速度水平。设备的高效运转同样削减了施工成本，实现了资源配置的优化，增添了建筑项目的经济效益。随着此类创新技术的进一步成熟及普及，装配式干法连接技术于轻钢集成建筑中将起到愈发关键的作用，切实地推动建筑行业的发展。新型连接技术的诞生，将让轻钢集成建筑不仅在施工效率、质量方面实现进一步提高，也将在环保、节能等范畴产生深远的影响，从而推动行业朝着更绿色、更可持续的方向迈进。

3.2 标准化与智能化助力施工效率提升

标准化跟智能化技术的应用将成为轻钢集成建筑快速施工技术发展的主要方向，伴随科技的逐步发展，物联网、大数据跟智能化设备的融合施行，将进一步促进建筑施工行业的变革，在这一技术的带动下，施工过程当中的各个环节将达成更精细化、自动化管理。采用物联网技术，施工现场的不同设备及材料将可实时监控并反馈信息，从而达成对施工进度和质量的精细把控。大数据分析技术可针对施工过程中产生的海量数据开展智能处理，辅助项目管理者做出更为科学的判定，防范因人为因素产生的施工延误或质量问题[5]。

智能化设备的普遍运用，好比自动化装配机器人、智能运输系统等，也会大幅提高施工效率，这些设备可完成大量重复性工作，减少人工操作量，借此缩短施工周期，缩减人力成本，提升施工精准度，智能化技术还可助力达成资源的优化配置，减少建筑材料的无谓消耗，进一步促成工程成本降低。伴随标准化、智能化技术的持续发展与普及，未来轻钢集成建筑的施工会愈发高效、精确、安全，全国建筑行业将朝着更加绿色、可持续的方向挺进，促进建筑行业全面步入智能化时代。

4 结语

轻钢集成建筑设备一体化的快速施工技术，特别是装配式干法连接技术，已经成为现代建筑施工的重要发展方向。该技术通过提高施工效率、减少现场施工环节、降低环境污染等优势，正在不断推动建筑行业向着高效、绿色和可持续的方向发展。然而，技术的推广和应用仍面临一定的挑战，需要在设备标准化、技术成熟度、现场施工管理等方面进行持续优化。随着科技的不断进步和行业需求的日益增加，装配式干法连接技术有望在未来的轻钢集成建筑施工中发挥更加重要的作用。

课题名称和编号：课题是《轻钢集成建筑设备一体化技术研发》和课题编号：2024CPCCE-K11。

[参考文献]

[1]邹诠.全钢集成附着式升降脚手架在高层建筑工程中的应用[J].科技与创新,2023(10):170-172.
[2]罗思蜀,刘宜丰,王欢,等.羌族轻钢民居建筑模块化集成建造体系研究[J].新建筑,2022(4):48-53.
[3]李元齐,吴雨杭.冷弯型钢轻钢集成体系建筑工业化建造技术发展现状与展望[J].四川建筑科学研究,2021,47(3):1-19.
[4]杨军,刘秘,胡铭,等.超高层建筑塔楼全钢集成架的斜面爬升[J].建筑施工,2020,42(11):2079-2082.
[5]郑晓云,徐金秀.基于LCA的装配式建筑全生命周期碳排放研究——以重庆市某轻钢装配式集成别墅为例[J].建筑经济,2019,40(1):107-111.

作者简介：唐艳（1986.10—），单位名称：广东白云学院，毕业学校和专业：湖南科技大学，矿产普查与勘查专业。

绿色混凝土在高层建筑结构中的应用研究

丁如平
合肥东凯新型建材有限公司，安徽 合肥 230000

[摘要]随着全球环保意识的增强和可持续发展目标的推进，绿色混凝土作为一种环保型建筑材料，在高层建筑结构中的应用逐渐成为研究的热点。尽管绿色混凝土具有良好的环保性能和经济效益，但其在高层建筑中的应用仍面临着材料性能的稳定性、施工工艺的适应性及长期耐久性等方面的挑战。文中通过对绿色混凝土的深入研究，旨在为实现建筑行业的绿色发展提供理论依据和实践指导。

[关键词]绿色混凝土；高层建筑；建筑结构；应用
DOI：10.33142/sca.v8i4.15920　　中图分类号：TU375　　文献标识码：A

Research on the Application of Green Concrete in High-rise Building Structures

DING Ruping
Hefei Dongkai New Building Materials Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract: With the increasing global awareness of environmental protection and the promotion of sustainable development goals, the application of green concrete as an environmentally friendly building material in high-rise building structures has gradually become a research hotspot. Although green concrete has good environmental performance and economic benefits, its application in high-rise buildings still faces challenges in terms of material performance stability, construction process adaptability, and long-term durability. The article aims to provide theoretical basis and practical guidance for achieving green development in the construction industry through in-depth research on green concrete.

Keywords: green concrete; high-rise building; building structure; application

引言

随着全球环境问题的日益加剧，建筑行业，作为资源消耗和能源使用的主要领域，正面临着日益严峻的环保压力。特别是在高层建筑施工中，传统混凝土的使用通常伴随着大量天然资源的消耗与二氧化碳的排放，进而严重影响了环境的可持续发展。为应对这一挑战，绿色混凝土作为一种新型环保材料，凭借其高效的资源利用率和低碳排放特性，逐渐成为建筑行业关注的重点。绿色混凝土通过采用再生骨料、工业废弃物（如粉煤灰、矿渣等）及其他可持续材料，替代了传统水泥与天然骨料，这不仅有效降低了资源消耗与环境污染，而且提升了混凝土的长期性能与耐久性。随着高层建筑规模的不断扩大以及建筑结构的日益复杂，绿色混凝土在提升建筑质量、延长结构寿命与降低维护成本等方面展现出了明显的优势。研究绿色混凝土在高层建筑结构中的应用，不仅能够为推动建筑行业的绿色转型提供重要支持，而且为实现低碳、可持续建筑的目标提供了理论依据与实践指导。重点将放在绿色混凝土的类型、在高层建筑中的应用现状、优化应用策略以及其长期性能的相关研究上，旨在为高层建筑的绿色建设提供技术支持与实践经验。

1 绿色混凝土的类型

1.1 生态环保型混凝土

生态环保型混凝土是一种旨在减少环境负担、提高资源利用效率的混凝土材料，其核心特征在于使用环保型原材料，同时在生产与使用过程中尽量降低能耗与污染排放。这类混凝土通常通过替代传统混凝土原料，采用废弃物、工业副产品或天然材料，以减少对天然资源的消耗。例如，矿渣、粉煤灰、炉渣等工业废渣常被作为水泥的部分替代材料使用，这不仅降低了水泥的使用量，还减少了二氧化碳排放。此外，这些废弃物的有效消纳还减轻了环境污染。在配比设计方面，特别注重材料的可再生性及其在生命周期中的环境影响，确保了在整个使用过程中保持较低的环境负荷。同时，生态环保型混凝土通常展现出较好的耐久性，能够适应高温、湿度及污染等复杂环境条件，进而有助于延长建筑物的使用寿命，并减少日常维护成本。

1.2 再生骨料混凝土

再生骨料混凝土是一种利用废弃混凝土、建筑废料或其他工业副产品作为骨料的混凝土类型，旨在实现资源的循环利用，缓解建筑垃圾对环境的压力。在这类混凝土中，再生骨料通常来源于拆除建筑物、道路、桥梁等结构所产生的废弃混凝土，经过破碎、筛选与清洗处理后得到。这些再生骨料不仅能够有效替代天然砂石骨料，还能显著减少对自然资源的依赖。使用再生骨料的混凝土具备一定的环保优势，它有助于减少废弃物的堆积与填埋，进而减少了资源浪费与环境污染。然而，由于再生骨料的来源具有不稳定性，且质量参差不齐，这可能导致其在某些性能指标上低于

传统骨料，例如强度较弱、吸水率较高以及抗冻性较差等。为了确保再生骨料混凝土的质量符合建筑要求，骨料在生产过程中必须经过严格的筛选与处理[1]。随着技术的不断发展与改进，再生骨料混凝土的性能逐渐得到提升，特别是在高层建筑与大规模工程中的应用，已逐步得到扩展。

1.3 高掺量粉煤灰高性能混凝土

高掺量粉煤灰高性能混凝土是一种通过使用高比例粉煤灰来降低生产成本并提升性能的混凝土类型。该混凝土广泛应用于高层建筑和大型桥梁等工程项目，因其优异的耐久性和抗压强度。与传统混凝土相比，高掺量粉煤灰高性能混凝土减少了水泥的使用量，降低了对环境的负担，符合可持续发展的要求。因此，这种混凝土在未来的建筑工程中具有广泛的应用前景。

2 绿色混凝土在高层建筑中的应用现状

绿色混凝土在高层建筑中的应用正在逐步推进。随着环保理念的普及与可持续发展目标的推动，绿色混凝土的应用在高层建筑项目中日益增多，尤其在降低资源消耗、提升建筑能源效益及延长使用寿命方面，已发挥着重要作用。近年来，越来越多的建筑设计与施工单位开始重视混凝土的环保性能，选择了低碳、低污染的材料，以减少对环境的不利影响。例如，再生骨料混凝土与高掺量粉煤灰混凝土在高层建筑中的应用逐渐增多，且部分高层建筑项目已开始广泛使用绿色混凝土，以降低碳排放与生产过程中能耗。在提高建筑结构的耐久性、抗压强度与抗震性能等方面，绿色混凝土也取得了一些成功应用，尤其在一些大型城市的高层建筑中，其使用逐步得到了推广[2]。然而，在实际应用中，绿色混凝土在性能稳定性、施工工艺、材料选择及成本等方面仍面临挑战，这些问题一定程度上限制了其在更多高层建筑中的广泛应用。

3 绿色混凝土在高层建筑结构中的优化应用研究

3.1 材料配比的优化研究

在高层建筑中，绿色混凝土的材料配比优化对于提高其性能与可持续性至关重要。为了提升混凝土的环保性能及力学性能，必须科学选择与配比各类绿色掺合料，如再生骨料、粉煤灰、矿粉与硅灰等。再生骨料的使用不仅有助于减少建筑垃圾的堆放问题，还能有效降低天然骨料的开采，从而减轻资源消耗与环境压力。然而，由于再生骨料的物理性质与天然骨料存在差异，尤其是其较强的表面吸水性，混凝土的工作性与强度可能会因此受到影响。因此，在配比设计时，再生骨料的掺入比例应合理控制，并结合水胶比、砂率等因素进行调整，以确保混凝土的力学性能不被影响。粉煤灰作为绿色掺合料之一，不仅能够有效减少水泥的使用量，降低二氧化碳排放，还具备较好的抗渗透性与耐久性，尤其适用于高层建筑中对长期性能的需求。其掺入比例应根据工程的具体要求进行调整，过高的掺量可能导致早期强度不足，而过低则可能无法充分发挥其环保与耐久性优势。矿粉与硅灰等材料的使用同样有助于提升混凝土的抗压强度与抗裂性能，特别是在对强度与耐久性要求较高的高层建筑环境中，合理掺用这些材料能够显著提高结构的综合性能。综合考虑材料的特性与高层建筑的特定需求，如抗震、抗压、耐火等性能要求，材料配比的精确调整显得尤为重要。

3.2 施工工艺的优化与创新

在高层建筑中，绿色混凝土的应用要求对施工工艺进行优化与创新，以确保其在实际工程中的性能及可持续性。施工工艺的优化不仅需要关注混凝土的配比与材料选择，还必须考虑施工过程对环境的影响及资源的高效利用。在绿色混凝土的生产与施工中，环保材料的合理选择至关重要，加入粉煤灰、矿渣、再生骨料等绿色材料，不仅能减少水泥的使用量，降低二氧化碳排放，还能显著提高混凝土的强度与耐久性。在施工过程中，各环节的工艺优化至关重要，如搅拌、运输与浇筑。搅拌环节中，确保混凝土均匀性是关键，以避免因原材料分布不均而影响其整体性能。运输过程中，运输时间与条件需要合理控制，以确保混凝土的工作性与强度不受影响。浇筑工艺方面，创新措施如适当的分层浇筑、振捣与养护方法，能有效避免裂缝、气泡等质量问题，提高混凝土的密实度与强度。绿色混凝土施工工艺的创新还应与现代建筑技术结合，例如自动化浇筑与智能化监控等。通过利用这些高科技手段，施工过程可以得到优化，能源消耗与材料浪费得以减少，从而进一步降低环境污染，提升绿色混凝土的应用效果。

3.3 绿色混凝土的长期性能研究

绿色混凝土的长期性能研究是评估其在高层建筑结构中可持续应用的重要依据。随着绿色混凝土在建筑行业，特别是高层建筑中的应用逐步扩展，研究其长期耐久性、抗老化性、抗腐蚀性等性能变得尤为关键。绿色混凝土常采用替代性材料，如粉煤灰、矿渣及再生骨料，尽管这些材料能够有效降低环境负荷，但其在长期使用中的性能变化仍需通过系统研究来验证其可靠性。研究表明，绿色混凝土的耐久性与水泥含量、外加材料的比例、孔隙率及所处环境条件密切相关。粉煤灰、矿渣等材料的加入，可以显著提高混凝土的抗渗透性与抗腐蚀性，尤其在潮湿或盐雾等恶劣环境下，混凝土的劣化过程能够有效减缓。此外，绿色混凝土的长期性能还受到施工工艺、养护方法及混凝土内部微观结构的影响。因此，在研究其长期性能时，绿色混凝土在不同气候、湿度、温度波动及化学侵蚀等多种外部因素下的表现需要重点关注[3]。同时，混凝土的收缩、膨胀及裂缝扩展等特性应被监测，以评估其在长期荷载作用下的稳定性。这些因素对于确保绿色混凝土在高层建筑中的长期应用至关重要。

3.4 高层建筑绿色混凝土应用的可行性分析

高层建筑中绿色混凝土的可行性分析是评估其在实

际工程应用中潜力与效果的关键环节。这一分析涉及多个方面，包括材料供应、成本控制、性能表现以及施工技术等因素。随着环保法规的日益严格以及建筑行业对可持续发展要求的提升，绿色混凝土在高层建筑中的应用逐渐受到广泛关注。从材料的角度来看，采用的再生骨料、粉煤灰、矿渣等工业副产品的绿色混凝土，有效减少了资源消耗与废弃物堆积，同时降低了生产过程中的二氧化碳排放，对环境的负担产生了积极的影响。成本方面，尽管绿色混凝土的初期投资可能较高，但通过减少水泥使用量以及降低废弃物处理费用，整体成本得以有效控制，尤其是在大规模项目中，这种节约效果显得更为显著。在性能表现上，绿色混凝土不仅能够满足传统混凝土的耐久性与抗压强度要求，还在抗腐蚀性、抗渗透性及抗冻性等方面展现出色的性能。这使得绿色混凝土在高层建筑中的适应性与稳定性更为突出。施工技术方面，随着绿色施工工艺的不断发展与创新，施工过程中遇到的难度与技术挑战已得到有效克服。然而，绿色混凝土在一些特殊环境或极端气候条件下的长期使用效果仍需要进一步研究与验证，尤其是在低温、高湿度或高污染环境下的表现。为了确保绿色混凝土在高层建筑中的可行性，需要根据具体项目的需求、地理条件以及施工环境进行科学评估。此外，政策支持与市场接受度也被视为推动绿色混凝土广泛应用的关键因素，政府应出台相关激励措施，以加速绿色建筑材料的推广与普及。

4 绿色混凝土的经济性与环境效益分析

绿色混凝土的经济性与环境效益分析在衡量其在建筑行业可持续发展潜力方面起着至关重要的作用。从经济角度来看，通过使用再生骨料、矿渣、粉煤灰等工业副产品替代部分传统水泥与天然砂石，绿色混凝土显著降低了原材料采购成本。尤其是在大规模建筑项目中，节约的资源成本与物流费用对整个项目的总造价产生了积极影响。此外，生产绿色混凝土的过程中通常消耗较少能源，减少了高温煅烧水泥所需的能源量，从而有效降低了建筑项目的能源消耗成本。尽管在某些情况下，绿色混凝土的初期投资较高，但随着环保政策的推动与市场需求的增加，生产成本有望逐渐降低。从长期来看，其经济效益将不断显现。从环境效益的角度分析，绿色混凝土有效减少了建筑行业对自然资源的依赖。特别是在骨料获取方面，通过回收利用建筑废料，减少了自然砂石的开采强度，减轻了对生态环境的破坏。此外，绿色混凝土生产过程中排放的二氧化碳比传统混凝土低，尤其是采用高掺量粉煤灰的混凝土，能够显著减少碳足迹。其较强的耐久性不仅延长了建筑物的使用寿命，还减少了维修与更换的频率，进一步降低了资源消耗与环境负担。

5 结语

绿色混凝土作为一种创新型环保材料，展现出了巨大的潜力与应用前景，尤其是在高层建筑中的应用，展现了其独特优势。通过采用再生骨料、粉煤灰等工业副产品，绿色混凝土不仅有效减少了资源浪费和环境污染，还显著降低了建筑工程中的碳排放。在高层建筑的应用中，不仅能够满足结构的安全性与耐久性需求，还积极促进了建筑行业朝可持续发展的目标迈进。然而，在实际应用过程中，绿色混凝土仍面临一定的技术和工艺挑战，如材料性能稳定性、施工技术的适应性以及长期耐久性保障等问题。未来的研究应着重于优化材料配比，创新施工工艺，强化长期性能监测，并推动政策支持及行业标准的完善。只有通过持续的技术创新与实践积累，绿色混凝土才能在高层建筑中得到更广泛的应用，最终为创建更绿色、环保的建筑环境奠定坚实基础。

[参考文献]

[1]熊海贝,郑颖达.高层建筑中新型绿色混凝土-木框盒体系研究[J].建筑结构,2021,51(12):1075-1081.
[2]唐雍,唐后乐.高层建筑混凝土绿色施工管理探析[J].居舍,2020,11(6):156-157.
[3]南春明.高层建筑绿色混凝土施工管理探析[J].工程技术研究,2018,12(14):111-112.

作者简介：丁如平（1986.9—），毕业院校：安徽建筑大学，所学专业：无机非金属材料科学工程，当前就职单位：合肥东凯新型建材有限公司，职务：试验室主任，职称级别：中级工程师。

智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用

田双庆
河北建工集团国际工程有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]伴随着信息技术的迅猛进步，智能化工程管理技术正日益成为建筑工程领域的关键工具。智能化技术集成了物联网、大数据与人工智能等手段，改进了项目的各个管理阶段，提升了项目品质、效能及安全保障水平。通过分析了智能化工程管理技术在建筑领域的应用情况，探讨了其在项目管理、进度管控、质量监管等方面的长处，提出了实施过程中所遭遇的挑战，并综合实例提供了解决方案。通过对智能化技术的探究与实践剖析，致力于为建筑业打造一种全新的管理范式，提升工程管理现代化程度。

[关键词]智能化工程管理；建筑工程；大数据；人工智能；物联网
DOI：10.33142/sca.v8i4.15940　　中图分类号：TU741　　文献标识码：A

Application of Intelligent Engineering Management Technology in Construction Engineering Management

TIAN Shuangqing
Hebei Construction Engineering Group International Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid advancement of information technology, intelligent engineering management technology is increasingly becoming a key tool in the field of construction engineering. Intelligent technology integrates means such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence, improving various management stages of projects and enhancing project quality, efficiency, and security levels. By analyzing the application of intelligent engineering management technology in the construction field, this paper explores its strengths in project management, schedule control, quality supervision, and other aspects. It also identifies the challenges encountered during the implementation process and provides solutions through comprehensive examples. Through exploration and practical analysis of intelligent technology, we are committed to creating a new management paradigm for the construction industry and enhancing the modernization of engineering management.

Keywords: intelligent engineering management; construction engineering; big data; artificial intelligence; Internet of Things

引言

伴随着建筑业的不懈进步，传统的管理模式已不足以应对日益增长的工程复杂性。智能化工程管理技术发展的新趋势，提出了创新性方案，融合大数据、物联网、人工智能等前沿技术，可显著增强建筑项目管理效能、施工品质与安全保障。智能化技术显著提升了资源配置效率，还为实时监督、进度管理、质量评定等提供了更为精准的数据支撑，本文旨在研究智能化工程技术在建筑领域的应用情况，探讨其遭遇的挑战，提出相应对策。

1 智能化工程管理技术在建筑工程管理中的概述

随着建筑行业复杂度的上升及对高效管理的需求日益增长，工程管理传统模式已难以适应现代建筑工程的日益增长需求。智能化工程技术在工程管理领域的应用，亦能增强工程管理效能，尚能就品质、成本及时间管控提供更精确的应对策略。智能化管理技术涵盖物联网、大数据分析、人工智能、云计算等前沿技术领域，它们可实现施工现场的实时监控，收集丰富的施工资料，并采用智能化算法进行数据分析和预判，进而实施项目的风险监管与进度调控[1]。

建筑工程管理因智能化技术的融入，实现了“信息化、智能化、精细化”的转型升级。例如，物联网可借助传感器及摄像头对施工场地环境与设备状态实施实时监测，及时洞察并发出问题预兆；大数据技术通过深入剖析与挖掘海量数据，为项目管理决策提供支撑，促进管理者进行科学规划与部署。人工智能通过机器学习与自动化手段，提升施工效能与精确度，降低人为失误。

此外，智能化技术的运用可增强各环节间的协同作业，提升建筑项目整体效益。依托云计算平台，项目合作伙伴可即时互通资讯与数据，达成高效交流与合作，突破传统信息流通迟缓、交流不畅的瓶颈。因此，智能化工程技术在建筑领域的应用前景广阔，发展潜力巨大。

2 智能化技术在建筑工程管理中存在的问题

2.1 技术应用的挑战与障碍

尽管智能化建筑工程管理技术于建筑领域展现出巨大潜能，并且普遍被视为提高工程品质与管理效能的关键途径。在实践运用中，依然遭遇众多技术实施难题与阻碍，建筑领域的技术采纳率普遍不高，诸多项目经理、施工人员以及相关管理人员面临对新技术的认知与接纳的挑战。

建筑业与其他产业相比较，长期依赖传统施工与管理模式，技术革新推广速度较缓。众多参与建筑施工作业的人员对智能化管理工具，诸如建筑信息建模（BIM）、物联网、人工智能等技术的了解不够充分，认为此类技术颇为繁复，且执行难度较高，导致技术普及与应用的障碍。

建筑行业对智能化技术的应用范围尚不广泛，特别是在中小型建筑工程中，众多项目缺乏实施智能化管理的必要硬件设施与技术保障。此类项目通常缺乏特定预算以支持技术装备的购置、部署与维护，智能化系统推广遭遇阻碍。例如，建筑项目需安装物联网设备以实现现场数据搜集，鉴于经费限制或设备购置途径不畅，众多项目缺乏必要传感器与数据采集装置配置。此外，智能化系统需深度融合硬件与软件平台以实现实时监控与数据解析，众多项目现场硬件配置匮乏，或者现行系统与新技术的相容性不足，导致系统运作不稳定或功能无法充分发挥，进而制约了技术应用成效。智能化工程管理技术的普及面临技术迭代迅速、技术方案难以达成共识等挑战，众多项目常面临智能化技术迅猛更新迭代的挑战，引发技术应用与设备陈旧化的问题[2]。

2.2 行业内的技术推广难题

智能化工程管理技术的普及推广遭遇技术实施难题，仍受行业内部诸多要素的限制，特别是在资金投入、标准化水平以及技术解决方案的成熟度方面。在若干小型建筑工程中，项目经费普遍有限，其难以大量投资于智能化系统的构建与保养。构建智能化系统需投入庞大硬件资源，如部署传感器、构建数据收集网络、购置相应软件系统等，对资金预算受限的微型建筑项目而言，这是一笔沉重的负担。众多小微企业及项目负责人致力于成本管控，通常忽略智能化技术的应用，或延后技术更新策略，丧失了提升项目管理效能与品质的良机，即便涉及某些巨型项目。在资金丰裕条件下，也可能遭遇项目成本预算变动对技术投资造成的影响，进而制约技术应用的广泛实施。

行业内部缺少统一的技术规范与标准，亦为智能化技术的普及带来了显著挑战。各智能化技术企业所提供的解决策略存在差异，这些系统间存在一定程度的兼容性障碍。鉴于业界缺少统一的技术规范，项目管理者常面临技术方案的抉择难题，且难以确保不同技术平台间的有效协同。不同技术系统在数据接口、系统集成、信息共享等领域可能遭遇障碍，该项目整体智能化管理水平受到显著影响。

鉴于缺乏成熟的技术途径与实操经验，诸多建筑项目在采纳智能化技术过程中常遭遇实施指导缺失困境。众多建筑工地的管理者与技术人员对智能化技术应用的实操步骤及方法掌握不足，缺乏规范化技术培训与辅导。这使得众多项目难以高效推进智能化系统建设，甚至可能发生技术故障或误用情形。因此，项目管理者在运用智能化技术之际，常欠缺具体操作指南、规范流程及技术援助，项目推进遭遇阻碍。此外，缺乏成熟的技术途径，众多企业在执行阶段需自行探寻，技术实施面临较高挑战，技术成效波动不定[3]。

3 智能化工程管理技术在建筑领域管理中的应用策略

3.1 加强技术培训与人员素质提升

在建筑领域，智能化工程管理技术的有效实施取决于从业者的专业技能与技术素养。因此，强化技术训练与提高人员能力是保障智能化技术高效实施的核心步骤，建筑企业需采取多元化、多层面的培训途径，增强项目经理、技术人员及施工人员的技术能力，协助他们领会及精通智能化技术的应用途径与操作诀窍。项目经理是项目管理的关键角色，必须具备显著智能化技术运用实力。他们需掌握项目全流程概况，需精通智能化系统操作与数据分析技能。例如，项目经理可经培训习得 BIM（建筑信息建模）技术运用技能，进而实现项目规划、设计、施工、运营等全流程的有效管理。依托智能化技术深度掌握，项目经理可实时掌握项目相关数据，实施全面监管与调节，提升项目管理效能与准确性。

技术人员和施工人员是智能化技术的直接操作和执行者。对他们的培训应当涵盖智能化技术的基础理论、操作技能及其在实际工程中的应用场景。例如，施工人员可通过培训习得物联网设备操作技能、传感器安装与调试技术，保障项目现场数据搜集的精确性与时效性。此外，通过培训，提升施工人员对新技术的信赖度，增强其对智能化系统的适应性及操作技能水平，降低操作失误引发的技术故障及项目延期风险。除了技术培训，建筑企业需重视提升员工的学习与创新能力，激发他们对行业资讯的关注，持续深化技术学习。企业可采取设立创新奖项、举办技术论坛等方式，激发员工持续提升个人素质与技能水平，促进企业整体技术水平的发展[4]。

3.2 完善智能化系统的整合与应用

智能化工程管理技术的成功应用离不开技术系统的有效整合与协同。建筑企业应根据不同项目的特点与需求，选择合适的智能化技术，并将其与现有的管理系统进行无缝对接，从而实现各项技术的协同工作，提升项目管理效率。BIM（建筑信息建模）技术的采纳构成智能化工程管理的核心步骤。基于建筑信息模型（BIM）技术构建数字建筑模型，项目全生命周期信息全面呈现。融合 BIM 与物联网技术，可实时追踪项目动态，采集施工现场数据。物联网传感器能够即时收集诸如温度、湿度以及建筑结构健康状况等相关信息，将此类数据导入 BIM 平台，协助项目管理人士作出更为精准的抉择。例如，传感器能够监测混凝土湿度波动，适时警示管理人员调整施工进度的必要性或实施对应策略，预防施工质量问题的产生。

智能化系统的成功实施亟需多元技术平台间的协同作业。建筑行业需关注系统整合，保障各技术平台间的数

据交流与兼容。例如，项目管控平台须具备与工地物联网系统、建筑信息模型（BIM）系统、施工管理应用等实现数据交互的能力，达成信息的一致性监管与流转。项目管理者可在同一平台浏览所有资料，实时监控项目发展、品质、安全等各维度动态信息，进而实施综合判断，增强项目管理精确度与效能，智能化系统融合需兼顾数据安全与隐私防护，企业需挑选契合国度规范与行业准则的技术产品，保障系统之稳定与安全。同时，应定期执行系统维护与更新，针对技术迭代与安全隐患的应对，确保智能化管理系统的持续可靠运作[5]。

3.3 强化政策支持与行业规范建设

智能化工程管理技术的普及推广亟需技术创新与实际应用相结合，尚需政策扶持与行业标准的构建。政府与行业机构需主动促进智能化技术的标准化实施，为建筑业企业增拓政策扶持，推动智能化技术在建筑业中的广泛应用与深化实施。政府有必要颁布相应政策，提供建筑企业相应的财政扶持与技术指导，促进智能化技术的实施。例如，政府得以借助资金扶持、税费减免等手段，促进建筑企业采纳高端智能化管理手段，该政策有助于显著减少建筑行业的技术成本投入，激发企业采纳智能化技术的热情。政府需强化对智能化技术的政策导向，制定相应法律法规，确立智能化技术应用的规范与条件，促进企业技术应用的规范化，降低技术误用引发的风险[6]。

行业协会和监管当局在推动智能化技术应用的标准化过程中，扮演着至关重要的角色。为了促进智能化技术的广泛应用和有效实施，标准化进程必须加速，依托行业标准的指导是确保技术能够普及的关键。行业协会应积极发挥其组织协调作用，组织定期的技术交流会和研讨会，邀请各界专家学者及技术开发者共同探讨智能化技术的应用现状与发展趋势，促进技术知识的共享与传播。

此外，行业协会还应当编撰和发布相关的技术指南与操作手册，帮助企业了解并遵循统一的技术标准。通过确立详细的行业规范，可以为智能化技术的研发和应用提供明确的方向，确保技术的实施不会偏离既定的框架，并在行业内部形成良性互动。这些技术标准不仅有助于企业进行技术创新和优化，也能提高企业产品的市场竞争力。

基于统一的技术规范，能够大幅提升行业技术系统之间的兼容性与互联互通水平，避免因标准不一致而导致的技术壁垒。行业标准的实施将有效降低不同系统和设备之间的沟通成本，确保不同厂商的技术产品能够无缝衔接，从而推动智能化技术的普及与广泛应用。行业协会与监管当局的积极参与和引导，不仅为技术创新提供了支持，也为行业的可持续发展奠定了坚实的基础[7]。

监管当局需强化对智能化技术运用环节的监管力度，保障建筑企业在采纳智能化技术过程中遵守国家法律法规及行业规范。通过强化监管力度，防止技术运用中的违法举动与技术差错，确保项目的安全性及效能，提升技术培训力度、优化系统融合与运用、并增强政策扶持及行业规范构建是促进智能化工程管理技术有效实施的关键途径。建筑企业应经过多途径努力，促进智能化技术在建筑领域的广泛应用，进而提高项目管理能力，保障项目的顺利进行、安全可靠与高质量完成。

4 结语

智能化工程管理技术作为建筑行业现代化管理的重要组成部分，正在发挥越来越重要的作用。它通过整合物联网、大数据、人工智能等技术，帮助建筑项目实现高效管理、精细化控制和高质量建设。然而，在技术推广与应用过程中，还面临诸多挑战。通过加强技术培训、完善技术系统的整合与应用、强化政策支持等措施，建筑行业可以有效提升智能化工程管理技术的应用水平，推动建筑行业的现代化进程，提升建筑项目的管理效率和质量。

[参考文献]

[1]杨国良.住宅建筑管理中智能化工程管理技术的融入与应用[J].居舍,2024(34):66-69.
[2]吴大霞.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用研究[J].建筑与预算,2024(7):61-63.
[3]黄滕.基于智能化工程管理技术在住宅建筑工程安全管理应用研究[J].居舍,2024(13):140-143.
[4]樊东阳.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(11):20-22.
[5]周晶.智能化工程管理技术在住宅建筑工程管理中的应用[J].居舍,2024(3):77-80.
[6]罗娴静.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J].大众标准化,2022(21):91-93.
[7]王鹏.建筑智能化工程管理技术及其应用[J].现代物业(中旬刊),2020(1):152.

作者简介：田双庆（1972.5—），毕业学校：广东开放大学，工作单位：河北建工集团国际工程有限公司。

建筑施工管理中施工图纸会审的重要性及实施策略

胡康旗
新疆维吾尔自治区阿克苏地区政府投资代理建设服务中心，新疆 阿克苏 843000

[摘要]施工图纸会审在建筑施工管理中起着至关重要的作用，它直接关系到项目实施的质量与进度。施工图纸不仅体现了设计方案的具体内容，还对项目的成本控制及施工安全产生深远影响。在实际工程中，设计图纸与现场实际条件常常存在一定的差异，这种偏差往往导致工期的延误或工程质量问题。为了有效应对这些问题，施工图纸会审通过集体讨论与审查，有助于及时发现设计缺陷及施工难题，并进行必要的调整。优化这一过程能够减少返工及图纸变更，提高资源利用效率，确保施工安全，从而提升项目整体质量与效益。

[关键词]施工图纸；会审；建筑施工管理；实施策略；建筑信息模型（BIM）
DOI：10.33142/sca.v8i4.15938　　中图分类号：U44　　文献标识码：A

The Importance and Implementation Strategy of Construction Drawing Review in Construction Management

HU Kangqi
Government Investment Agency Construction Service Center of Aksu Prefecture, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Aksu, Xinjiang, 843000, China

Abstract: The review of construction drawings plays a crucial role in construction management, as it directly affects the quality and progress of project implementation. The construction drawings not only reflect the specific content of the design scheme, but also have a profound impact on the cost control and construction safety of the project. In practical engineering, there are often differences between the design drawings and the actual conditions on-site, which often lead to delays in the project schedule or quality issues. In order to effectively address these issues, the construction drawing review is conducted through collective discussion and review, which helps to promptly identify design defects and construction difficulties, and make necessary adjustments. Optimizing this process can reduce rework and drawing changes, improve resource utilization efficiency, ensure construction safety, and thus enhance the overall quality and efficiency of the project.

Keywords: construction drawing; joint review; construction management; implementation strategy; Building Information Modeling (BIM)

引言

随着建筑工程规模的扩大及工程复杂度的提升，施工图纸的准确性和可操作性变得尤为重要。作为施工方的关键依据，施工图纸既是设计理念的具体表达，也是施工的指导蓝图。然而，传统的施工图纸会审过程中，主要依赖人工审查和现场反馈，信息传递不畅，沟通不充分，常常会忽略潜在问题。随着建筑信息模型（BIM）技术的引入，施工图纸会审的效率与准确性大幅提升。BIM 通过三维可视化与动态仿真技术，使得图纸的准确度得到增强，项目参与方可以在施工前充分利用这一技术，全面审查设计内容，及时发现问题并加以调整，从而有效降低项目风险。施工图纸会审的优化，不仅对项目质量和进度产生了积极影响，也推动了建筑行业的管理技术进步。

1 施工图纸会审的概述

1.1 施工图纸会审的定义与作用

施工图纸会审是指在施工过程中，涉及施工单位、设计单位、监理单位等各方对施工图纸进行系统审查、分析与讨论的过程。其主要目的是确保图纸内容的准确性、完整性，并且符合实际施工需求。通过施工图纸会审，各方能够深入讨论设计意图与施工要求的匹配程度，避免施工过程中由于理解偏差而出现的问题。这种集体审查的方式，能够确保图纸的准确传达，并推动施工单位按照设计要求执行施工，减少了因设计与实际施工条件不符而产生的质量问题。另一个重要的作用是降低施工过程中的变更和返工风险。设计上的疏漏或者不合理之处，若在施工阶段才发现，不仅会增加工期，还可能造成项目成本的上升。通过提前审查图纸，施工图纸会审能够有效预防后期的不必要修改，保障施工进度与项目成本的控制。

1.2 施工图纸会审的基本流程

施工图纸会审的基本流程通常包括以下几个阶段，每一阶段都至关重要，确保会审工作的顺利进行：①图纸审查准备：在正式会审前，各相关单位需要提前准备好图纸及相关资料，并明确参与人员。预审阶段要求相关人员对图纸内容进行初步审查，以便为正式会审做好准备。②正式会审：正式会审通常以集体讨论的形式进行。会上，设计、施工、监理等单位的代表会逐项审查施工图纸，对其

中的设计内容进行深入分析，确保图纸中的每一项设计都符合施工要求。同时，参与方针对施工过程中可能遇到的问题进行充分讨论，提出修改意见和建议。③问题整理与反馈：在会审过程中，所有提出的问题、意见和建议都要详细记录，随后反馈给设计单位。设计单位应依据反馈进行修订，确保图纸的调整符合施工要求。这一过程保证了会审的有效性和设计的合理性。④会审结果确认：对于修改后的图纸，需要进行再次审查，以确认所有提出的问题已被妥善解决，设计与施工要求的协调性得到保障。通过这一确认阶段，确保修改后的图纸能够实际指导施工，不再出现新的问题。⑤会审结论汇总与档案管理：会审过程中产生的相关记录和结论应汇总成文件，并妥善归档。有效的档案管理不仅能为后续施工提供参考，还能为项目的后期追溯提供依据。

1.3 施工图纸会审的参与方与责任分配

施工图纸会审涉及多个单位的共同合作，每个参与方都有明确的职责分配，确保会审工作的顺利进行。具体分工如下：①施工单位：施工单位主要负责审查图纸的可施工性，即评估图纸内容是否能够在实际施工中顺利执行[1]。施工单位需要关注施工工艺、施工方法以及图纸中的潜在施工问题，提出优化方案，确保施工工作的顺利开展。②设计单位：设计单位在施工图纸会审中起着关键作用。设计单位负责对会审过程中提出的修改意见进行修订，确保设计与实际施工要求的协调性。在审查过程中，设计单位需要及时调整设计内容，消除设计中的缺陷，保证图纸的准确性与可行性。③监理单位：监理单位负责对会审过程进行监督，确保会审的每个环节都符合相关的规范与标准。监理单位需要确保会审的公正性与科学性，并对施工图纸的合理性进行有效评估。④质量管理部门：质量管理部门在施工图纸会审中主要负责对图纸质量进行控制。质量管理部门通过审查图纸是否符合质量标准，确保施工过程能够按照既定质量要求进行。该部门还需协助发现图纸中的潜在质量问题，并确保在施工前解决这些问题。

2 施工图纸会审的重要性

2.1 确保设计与施工的协调性

施工图纸会审为确保设计与施工之间的协调性提供了有力保障。在施工过程中，设计方与施工方对图纸的理解可能会出现偏差，从而导致施工过程中产生不必要的偏差与质量问题。通过施工图纸会审，各方能够共同参与审查，确保对设计的理解完全一致，并通过讨论避免因理解差异而出现的错误[2]。会审帮助各方明确设计要求，从而确保施工过程的顺利进行。

2.2 避免施工中的错误与变更

施工图纸中设计错误或不合理之处，如果在施工过程中发现，通常会导致变更或返工。这不仅增加了施工的时间与成本，还可能影响到工程进度。通过提前进行图纸会审，设计中的问题能够及时发现并加以修改，从而有效减少后期修改的次数。施工图纸会审在项目初期识别潜在问题，为施工阶段的顺利进行奠定基础，进而减少了后期变更带来的不必要麻烦。会审通过对图纸的全面审查，能够有效减少施工过程中的变更和返工，从而提高施工效率并降低项目成本。

2.3 提升工程质量与安全性

施工图纸会审是确保施工质量的重要保障。通过对施工图纸的全面审查，各方可以在设计阶段就识别出潜在的质量隐患，并及时采取措施进行修改，避免设计缺陷对后期施工造成影响。此外，施工图纸会审也能够帮助识别可能的安全风险，提前在设计阶段进行调整，从而避免施工阶段的安全事故。

2.4 优化资源配置，降低成本

施工图纸会审有助于对项目资源进行优化配置。在会审过程中，设计中存在的不合理之处可以得到及时修改，从而减少不必要的浪费。施工单位可以通过优化施工方案，合理配置人员、设备与材料，降低资源消耗。在施工过程中，通过提前明确施工要求，能够减少不必要的资源浪费，降低工程的整体成本。

2.5 提升项目管理效率与工程进度

施工图纸会审有助于提升项目的管理效率与施工进度。在施工前对图纸进行充分的审查，能够减少施工过程中遇到的不确定性与问题，从而保证项目能够按时完成。提前确认设计与施工要求的协调性，减少了后期施工过程中由于设计问题带来的延误。通过高效的会审，项目管理团队能够提前识别出施工中的潜在难题，及时做出调整，为施工的顺利开展奠定基础。这样，项目的各项工作能够更加高效、有序地推进，从而确保工程按期完成。

3 施工图纸会审中常见问题及影响

3.1 设计与施工之间的沟通障碍

施工图纸会审中，设计与施工方之间缺乏有效沟通是常见的问题之一。在施工过程中，设计单位通常根据理论标准完成图纸，但这些标准往往忽略了实际施工中的技术条件和环境限制。若设计方与施工方没有建立有效的沟通渠道，容易产生图纸理解的偏差，甚至可能导致设计错误未被及时发现。此类沟通障碍不仅影响施工质量，也可能直接导致工程延误或质量不达标。特别是在项目进展过程中，设计方未能对施工方提出的修改意见作出及时回应，导致施工过程中缺乏明确的指导。

3.2 施工图纸不完整或错误

施工图纸的不完整或错误也是会审过程中常见的难题。如果设计方未能提供完整的图纸，或图纸中存在设计缺陷，这将直接影响施工单位的工作，可能导致施工进度滞后或工程质量出现问题。在收到错误或不完整的图纸后，施工单位往往依据这些不准确的信息进行施工，容易导致后期返工或更改设计，增加了成本与时间的浪费。

3.3 参与方缺乏足够的专业知识与经验

会审过程中，参与人员的专业素养对图纸审查的质量

至关重要。若审查人员缺乏足够的专业知识与经验，他们可能无法及时识别出图纸中的问题或潜在风险，这会在施工过程中引发不必要的麻烦。尤其是在面对复杂设计或特殊施工要求时，专业能力的欠缺会使得审查失误频繁发生，直接影响项目的顺利实施。

3.4 会审时间安排不合理

会审时间的安排合理性，直接影响着施工图纸审查的效果。如果会审时间过短，审查人员无法对图纸进行充分的分析与讨论，容易错过潜在问题[3]。相反，若会审时间过长，可能导致工程进度受到影响。因此，合理安排会审的时间，是确保各方能够充分准备并高效讨论图纸问题的关键。

3.5 施工图纸与现场实际情况不符

施工图纸与实际现场条件不符的情况，也时有发生。设计图纸中可能未能充分考虑现场的地形、气候、施工环境等因素，导致施工过程中遇到困难。此类问题若未在会审过程中及时发现，将增加施工风险，甚至可能需要返工或调整方案。因此，在图纸会审时，必须特别关注设计内容与现场实际情况的匹配度。设计方应根据现场条件，调整图纸中的不合理部分，以确保施工图纸能够顺利实施。

4 施工图纸会审的实施策略

4.1 制定规范的会审流程与标准

要确保施工图纸会审工作高效开展，首先需要制定标准化的会审流程与规定。这些规范有助于明确各参与方的职责与权限，从而保障会审过程的有序进行。标准化流程能够规范审查活动，避免因程序不当或组织混乱而导致审查质量下降。此外，统一的会审标准有助于确保各方按照相同的标准进行审查，避免因审查方法的不同而出现不一致的结果。这一标准化流程的实施，有助于提高图纸审查的准确性与效率。

4.2 加强参与方的协作与沟通

施工图纸会审的关键，在于参与方之间的协作与沟通。设计单位、施工单位及监理单位等各方应密切配合，确保在审查过程中及时交换意见。通过良好的沟通，设计方可以及时回应施工方的疑问，施工方则可以提出实际操作中的困难与问题，监理单位则负责确保图纸符合相关标准。加强协作，促进信息流通，能够有效避免误解或遗漏，确保施工图纸的每一项设计都经过充分讨论。推动跨部门合作，提高信息共享，能够使审查更加深入与全面，从而提升施工图纸会审的整体效果。

4.3 充分利用信息化手段，提高会审效率

随着信息技术的快速发展，建筑行业已逐渐引入信息化手段来提升会审效率。通过使用图纸管理软件、在线协作平台等工具，相关人员可以实时查看、修改图纸，提升了会审的互动性与实时性。信息化工具不仅提高了审查的精准度，还减少了纸质文件的使用，降低了管理成本。此外，信息化手段可以帮助各方同步最新图纸版本，确保所有参与方查看的是相同的图纸版本，避免因信息滞后而产生错误。信息化工具的使用，使得项目管理更加透明、高效，促进了施工图纸会审的高效推进。

4.4 定期组织会审培训，提升人员素质

为了确保施工图纸会审的顺利进行，定期的培训至关重要。通过培训，参与方能够更好地理解会审流程及方法，掌握图纸审查的技巧与要领。培训有助于提升参与人员的专业素质，使其能够识别图纸中的潜在问题并提出有效解决方案。培训不仅能够提高人员的技术水平，还能够促进对会审工作重要性的共识。通过不断的学习与实践，参与方能够提升应对复杂图纸审查任务的能力，从而确保会审过程的高质量与高效率。

4.5 建立有效的反馈与跟踪机制

会审并非一项一次性的工作，建立有效的反馈与跟踪机制，确保会审中发现的问题得到及时解决，是非常重要的[4]。对于修改后的图纸，参与方应进行二次审查，以确保问题完全得到解决。同时，跟踪机制能够帮助监督图纸修改的实施情况，确保每一项问题都得到妥善处理。通过反馈与跟踪机制，能够及时发现图纸修改后的新问题，确保会审成果的有效性。此机制不仅能够提高图纸审查的质量，还能够促使各方在实施过程中密切关注问题的解决情况，从而确保施工图纸的准确性与施工顺利进行。

5 结语

在建筑施工管理中，施工图纸会审至关重要。通过多方协作与审查，设计与施工之间的有效衔接得以保障。高效的施工图纸会审能有效避免施工中的错误与变更，提高工程质量与安全性，优化资源配置，降低整体项目成本。随着信息化技术的普及，尤其是BIM技术的发展，施工图纸会审的质量与效率得到了显著提升。展望未来，随着技术与管理水平的不断进步，施工图纸会审将变得更加科学、精准与高效。为此，相关单位应加强流程规范化管理，提升协作沟通效率，充分利用信息化工具，并提高参与人员的专业素质，最终为建筑工程的高质量建设提供有力保障。

[参考文献]

[1]王金鹏.铝合金模板下的城市地下综合管廊施工研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(2):95-97.
[2]张志强.建筑工程中的土建施工技术分析[J].建材发展导向,2025,23(3):52-54.
[3]曲星宇.建筑工程土建施工管理研究[J].企业科技与发展,2022(12):166-168.
[4]高龙玉,李炳辉,孙治涛,等.建筑工程中土建施工技术分析策略[J].中国建筑金属结构,2022(12):67-69.

作者简介：胡康旗（1974.7—），毕业院校：新疆大学，所学专业：经济地理，当前就职单位名称：新疆维吾尔自治区阿克苏地区政府投资代理建设服务中心，就职单位职务：阿克苏地区政府投资代理建设服务中心主任，职称级别：正高。

建筑施工事故防范与安全生产监督管理探索

任继龙
西安高新区应急管理局，陕西 西安 710117

[摘要]预防建筑施工事故和加强安全生产监管，是建筑行业持续发展及员工生命安全的基础。建筑行业规模不断扩展，施工事故的反复发生，对社会、企业及个人造成了极大的不良后果。因此，建筑施工企业应着力提升事故预防及安全生产的管理水平，规范相关法规与标准体系，扩充安全生产监管与管理的实力资源。通过针对建筑施工安全生产的现状进行分析，对施工过程中存在的问题进行了全面分析，诸如安全管理意识薄弱、安全设施配置不完善等，进而实施了一系列优化措施，涉及强化员工安全培训、提高安全技术运用效率、优化监督体系等，力图向建筑施工安全管理提供切实可行的策略与方法。
[关键词]建筑施工；事故防范；安全生产；监督管理；优化策略
DOI：10.33142/sca.v8i4.15933　　中图分类号：TU714　　文献标识码：A

Exploration on Prevention of Construction Accidents and Supervision and Management of Safety Production

REN Jilong
Xi'an High-tech Zone Bureau of Emergency Management, Xi'an, Shaanxi, 710117, China

Abstract: Preventing construction accidents and strengthening safety production supervision are the foundation for the sustainable development of the construction industry and the safety of employees' lives. The continuous expansion of the construction industry and the repeated occurrence of construction accidents have caused great adverse consequences to society, enterprises, and individuals. Therefore, construction enterprises should focus on improving their management level of accident prevention and safety production, standardizing relevant laws and standards, and expanding the strength and resources of safety production supervision and management. By analyzing the current situation of construction safety production, a comprehensive analysis was conducted on the problems existing in the construction process, such as weak safety management awareness and incomplete safety facility configuration. A series of optimization measures were implemented, including strengthening employee safety training, improving the efficiency of safety technology application, optimizing the supervision system, etc., aiming to provide practical and feasible strategies and methods for construction safety management.
Keywords: construction; accident prevention; safety production; supervision; optimization strategy

引言

建筑业作为国民经济的关键支撑，然而，在建筑业迅猛发展的阶段，施工安全隐患逐步显现。鉴于施工场所的复杂性、恶劣环境及多种外部因素的叠加影响，施工过程中事故屡见不鲜，企业承受了巨额的经济损失，甚至危及工人生命。力求减少施工事故的发生次数，当前，首要任务是加强安全生产监管，尽管安全管理措施已有一定进步，尽管安全管理取得进展。尽管安全管理取得一定成效，但安全责任未落实，设备管理不规范现象依然明显。本文对建筑施工事故的成因进行了详实梳理，以现行的安全生产管理模式为参照，提出提升安全管理效能的实施对策，努力推动行业安全生产管理的持续进步。

1 建筑施工安全生产概述

建筑行业的发展离不开安全生产这一基础保障，施工人员生命安全与企业经济效益紧密绑定。城市化进程的加速与建筑项目规模的扩大相伴随，施工现场的安全隐患持续上升，施工安全事故不断涌现，引发了社会、企业和个人面临巨大的经济损失。施工事故类别多样，涵盖高空坠落、设备故障、电气火灾等事故类别[1]。

建筑施工安全生产的监管应实现全面性与多层次性要求，涉及确立安全生产法规、规范施工操作、强化安全设施建设与管理等关键环节。目前，尽管众多企业已逐步构筑起完善的安全管理体系，尽管各企业在管理水平、技术手段及人员素质上存在差异，施工现场的安全隐患依然明显暴露。如何利用高效监管与精细化管理，提高施工安全防护水平，减少事故发生次数，是建筑行业当前面临的关键挑战。

2 建筑施工事故防范面临的问题

2.1 安全意识和安全文化建设问题

建筑施工中，安全意识的缺乏是导致事故频发的根本原因之一。安全意识缺失是关键原因，众多企业在施工阶段忽略了安全文化的塑造，引发工人对安全规章制度的认知存在缺陷，甚至出现了侥幸心理。对安全操作规程的执行有所疏忽。施工现场上部分工人未能切实遵守安全守则，

惯于采取冒险策略，疏于采取安全防护措施。

一个有效的安全文化不仅依赖于管理层的安全承诺，还需要通过实际的培训和教育活动，确保每一位员工都能理解并遵守安全规范。定期举办安全培训、应急演练及发布安全警示信息，不断增进员工的安全责任感，树立正确的安全思维模式。此外，企业需构建一套安全文化激励机制，对那些遵守安全规章且表现优异的员工给予奖励，以树立榜样营造积极向上的安全文化气象[2]。

2.2 安全管理体系不完善

在建筑施工阶段，安全管理体系的不完善是事故频发的主要导火索。安全管理体系覆盖项目从启动到施工结束的各个阶段，涉及从安全规划到评估的各个环节。然而，众多企业在相关环节暴露出缺陷，特别是在现场安全管理及监督环节存在不足。部分建筑项目在安全管理责任划分上存在模糊地带，安全管理关注度偏低，安全措施落实不到位。

此外，众多建筑企业尚未构建起健全的安全档案及追溯体系，未能迅速识别施工阶段的安全缺陷。一旦事故发生，未采取有效的分析及整改对策，进而导致类似问题频发。因此，安全管理体系健全是首要任务。首先，企业应当界定安全管理层级及责任归属，实现责任个体化分派，将施工各环节的安全管理责任分配给专人。其次，提升施工现场的安全监管水平，实施持续跟踪，确保施工现场安全措施得到有效执行，不留死角。

2.3 工人安全操作技能缺乏

工人安全操作技能的不足是导致建筑施工安全事故的又一关键原因。建筑施工作业技术要求高，风险系数大作业人员需精通多项技术要领，必须按照操作规范行事。然而，众多建筑企业未能充分开展职业技能培训，导致工人对操作流程和安全规程的理解存在缺陷，工人的安全操作技能存在明显缺陷。尤其是在这些高风险的作业岗位之列，所指行业领域有高空作业、电焊、吊装等，从业人员在上述高风险岗位上的操作技能与安全防范意识不足，事故频现，安全堪忧[3]。

以该课题为背景，企业应加大力度对工人进行安全技能培训，定期实施安全教育及实操技能训练，确保工人们对必要的安全知识与应急处理技能的掌握达到熟练水平。培训内容应包含安全规程及操作规范两项，也需涉及对常见安全隐患的识别与处理技巧的讲解。此外，实施认证模式，也可保证所有工人接受专业培训并取得相应资格证，进而调整施工团队的安全技能整体结构。

2.4 施工现场的安全技术和设备问题

施工现场安全技术及设备面临的问题，构成建筑施工安全隐患的核心要素之一。建筑技术进步的带动下，现代施工技术与安全技术已普遍实施，尽管若干企业未能及时对设备进行更新换代，或因设备维护存在缺陷，诸多施工地点的安全设施与设备效果不尽如人意。例如，部分施工机械显现老化及故障等迹象，或因操作失误引发设备故障。同时，施工现场的安全技术手段存在滞后性的困扰，若干企业未充分采纳现代技术手段，采用监控、传感器等技术手段，实时跟踪施工安全风险。

因此，建筑企业有必要对施工设备实施定期的检查与维护，确保设备作业性能满足既定标准。在设备保养之外，需对陈旧的安全技术设备进行及时替换，实施智能监控手段，改善施工阶段的安全防护状况。引入高效的安全防护设施，诸如防护栏、气体报警系统等安全设备，事故发生率显著下降。此外，依托现代信息技术支撑，建筑企业应实施对施工场所的实时监控工作。依靠数据搜集与分析手段，及时捕捉并应对潜在的安全隐患。采纳预防性措施，此举无疑有助于增强施工现场的安全防护水平，进而借助更精确的数据，企业安全管理得以深化。

3 建筑施工安全管理优化策略

3.1 完善安全生产监管体系

巩固安全生产监管体系是保障建筑施工安全的基础，当前众多建筑企业在安全管理上监管不力，制度也不健全，引起安全隐患的积聚，必须对建筑施工安全给予保障。必须构建起健全的安全生产监管体系，政府监管至企业内部管理层面，全面强化安全监管水平。政府需提升安全生产法规与政策的引导水平，调整法律结构，并严格实施对施工场地的监管与核查，确保安全生产措施得到全面实施。企业需契合自身实际背景，形成完整的安全生产责任架构，明确各级管理人员的安全责任归属，具体化安全责任体系，直至涵盖所有岗位及个人。企业必须切实提升安全生产档案的管理效能，确保施工各阶段均有翔实的安全记录资料存档，便于随时查核与追溯[4]。

同时，企业应配置专职安全岗位，承担日常安全检查及隐患排查义务。依靠周期性安保审计与现场勘查，快速识别并纠正潜在的安全隐患。采用风险评估与隐患排查工具，显著提高安全生产的科学性与系统性水平。此外，需强化对外部合作伙伴的监管，要求供应商与分包商落实安全生产规定，采用完善的安全生产监管体系，有效降低事故概率，巩固建筑施工安全防线。

3.2 强化安全培训与教育

安全培训与教育是促进建筑施工安全水平提高的核心手段之一。建筑工地环境错综复杂，施工人员的安全意识及操作技能对事故的预防效果有直接影响。然而，众多建筑工人对安全操作规程的认识有限，若干工人未接受过专业安全培训，安全防范意识淡漠。由此，施工现场事故频发，不容忽视，因此必须深化安全培训与教育的实施，源头提升施工人员的安全素养水平。

企业需打造全面的安全培训结构，编制翔实的培训大纲，保证所有进入施工现场的工人接受过专业安全教育培

训，确保员工掌握安全操作的基本技巧。培训内容应包括安全操作规范、典型事故类型、应急处理流程等核心要点，专项培训应着重针对高风险岗位员工，同步实施定期的安全教育与考核流程。此外，企业应推动工人进行安全演练，让工人掌握应急救援措施及事故处理流程的操作要领，提升工人对突发事件的应对能力[5]。

培训阶段企业可采纳现代技术装备，采用虚拟现实（VR）、增强现实（AR）等技术实施模拟训练，增强培训的实战效果与实际效用。实施持续优化的教材，引用实际事故案例与经验，增强培训的实用性及针对性。安全培训不能仅针对新员工的入门阶段。企业需定期推行安全复训，维持全体员工的安全意识水平，维持安全操作技能的现代技术水平，同时推动员工积极献策安全事宜，打造全员参与的安全文化气象。

3.3 采用先进的安全技术与智能化手段

在科技日新月异的今天，随着科技进步的背景，在建筑施工领域，安全技术与智能化应用的价值正日益显现。随着现代建筑施工对安全性能提出的高要求，传统安全管理方法显得捉襟见肘，运用尖端的安全技术，显著增强施工现场的安全与管理素质。采用前沿的安全技术，施工过程的安全性得以显著提升，也能有效地预见潜在风险，消除事故风险。

建筑企业应采纳智能化监控系统，对施工现场的安全状态进行不间断跟踪。采用安装摄像头、传感器等设备，实时采集施工现场的环境变量，诸如温度、湿度、气体浓度等指标，一旦异常现象显现，系统迅速启动报警程序，促使相关人员响应。此外，采用先进物联网技术，施工现场的设备与安全设施实时互联互通，以数据交互与深度剖析为支撑，迅速识别并锁定设备故障、隐患及异常操作，并执行针对性的修复与校正。无人机在高风险作业区域执行巡检操作，降低人员进入高风险区域的次数，降低人员伤亡风险系数。机器人适合承担风险和繁重的作业，诸如危险化学品处理及高空作业等任务，确保人员远离危险区域，保障生命安全，同时建筑企业也能借助虚拟现实技术进行安全培训及模拟演练，让工人在模拟环境中熟练掌握应急处理技能，增强其紧急情况下的反应速度[6]。

3.4 提升事故应急管理能力

在建筑施工领域，事故预防与应急管理是必不可少的环节，即便在现代施工技术不断发展的背景下，事故发生的概率也有所下降，即便施工现场条件复杂，事故风险依然存在，事故发生的概率依旧存在。因此，改善事故应急处理效果，确保事故发生后及时实施有效应急措施，守护生命、降低财产损害，尤为关键。企业需制定一套完善的事故应急预案，也需定期开展应急演练，应急预案的编制必须与施工现场的具体情况相匹配，全面覆盖所有潜在的突发事件。诸如火灾、坍塌、泄漏等事故类型，明确划分各级管理人员和施工人员在紧急状态下的职责与角色。此外，应急预案应与当地政府、消防、医院等相关部门的应急资源相匹配，确保事故发生时能迅速集结外部救援力量。

企业需强化应急物资的储备体系，增强事故发生后的即时应对能力。必备的应急物资诸如灭火器、急救药品、应急照明设备以及通信设备等，此类物资需随时处于备用状态，避免事故发生之后，此类物资若匮乏，将制约救援工作的开展。同时，企业应组建快速反应团队，确保事故发生时，迅速快速汇聚相关人员，启动应急预案，事故应急处理效能的增长，离不开对员工应急培训的加强。借助定期进行应急演练，增强员工应对紧急情况的反应能力及操作技巧，演练进行阶段，需兼顾事故处理流程的观察，应强化员工在混乱状况下的冷静应对和迅速行动技巧。进行系统性的应急培训课程，让员工对应急程序了如指掌，加强员工整体应急处理能力[7]。

4 结语

随着建筑施工事故的频繁发生，建筑行业必须深化安全生产管理的各项措施。通过完善安全生产监督管理体系，提升技术支持和员工安全意识，建筑企业能够有效减少事故发生的概率，保护工人生命安全，并推动行业的可持续发展。通过实施先进的安全管理模式、加强安全培训、完善监管机制，建筑施工安全水平必将得到显著提高，为行业的健康发展打下坚实的基础。

[参考文献]

[1]吴光用.建筑施工安全生产监督管理机制与事故防范策略分析[J].建材发展导向,2025,23(3):43-45.
[2]施芳芳,王云云.浅析建筑施工事故防范与安全生产监督管理[J].房地产世界,2020(15):64-66.
[3]尹董洋.建筑施工事故防范与安全生产监督管理研究[J].智能城市,2020,6(5):106-107.
[4]刘敏.浅析建筑施工事故防范与安全生产监督管理[J].建材与装饰,2020(2):200-201.
[5]赵玉民.浅析建筑施工事故防范与安全生产监督管理[J].门窗,2019(24):201.
[6]乔杰.谈建筑施工安全生产监督管理机制与事故防范策略[J].科学技术创新,2017(32):102-103.
[7]汤新.建筑施工事故防范与安全生产监督管理研究[J].建材与装饰,2017(35):140-141.

作者简介：任继龙（1993.6—），男，汉族，专业：环境科学，中级职称。

房屋建筑工程施工管理存在的问题及策略

华 斌
江西嵩辉建设工程有限公司，江西 赣州 341000

[摘要]随着城市化进程的持续推进以及房地产市场的逐渐回暖，房屋建筑工程的数量与规模将继续扩大，新技术、新工艺的迭代更新项目的复杂性也因此增加。与此同时，市场对建筑质量的要求不断提高，工程质量、施工安全和工期已成为项目成功的关键指标。实际施工管理中，仍有许多亟待解决的问题。例如，合同管理不到位可能引发纠纷，缺乏规范的材料管理容易导致质量隐患，而监督管理不严格则可能带来安全事故等。这些问题不仅影响项目的正常进展，还增加了施工过程中的风险。因此，如何识别并解决这些问题，以提高房屋建筑工程施工管理水平，已成为行业普遍关注的重要课题。

[关键词]房屋建筑；施工管理；问题；策略
DOI：10.33142/sca.v8i4.15929　　中图分类号：TU721.1　　文献标识码：A

Problems and Strategies in Construction Management of Housing Construction Projects

HUA Bin
Jiangxi Songhui Construction Engineering Co., Ltd., Ganzhou, Jiangxi, 341000, China

Abstract: With the continuous advancement of urbanization and the gradual recovery of the real estate market, the quantity and scale of housing construction projects will continue to expand, and the complexity of iterative updates of new technologies and processes will also increase. At the same time, the market's demand for building quality continues to increase, and engineering quality, construction safety, and schedule have become key indicators of project success. In actual construction management, there are still many urgent problems that need to be solved. For example, inadequate contract management may lead to disputes, lack of standardized material management may result in quality hazards, and lax supervision and management may lead to safety accidents. These issues not only affect the normal progress of the project, but also increase the risks during the construction process. Therefore, how to identify and solve these problems to improve the construction management level of building engineering has become an important issue of widespread concern in the industry.

Keywords: housing construction; construction management; problem; strategy

引言

房屋建筑工程的施工管理是确保项目顺利推进的核心环节，涉及质量、进度、安全、成本等多个方面。随着建筑行业规模不断扩大及技术持续发展，工程项目的复杂性与管理需求也随之增加。施工管理不仅仅是对现场的监督与控制，更在于合理调配各类资源并确保高效管理。尽管如此，许多建筑项目仍面临管理不规范、技术落后、人员素质不足等问题，这些因素直接影响了工程的质量与施工效率。因此，提升施工管理模式与管理水平，已成为当前建筑行业亟需解决的关键课题。

1 房屋建筑工程施工管理重要性

房屋建筑工程的施工管理是确保项目顺利推进及实现预定目标的核心要素。它不仅涉及严格控制施工过程中的质量、合理安排进度，以及有效管控成本，还直接关系到项目的安全性、经济效益及最终使用效果。管理的关键在于精确规划与有效监控工程各个环节。从项目初期的设计方案确定，到材料采购的执行，再到施工过程的管理，直至竣工验收，每个阶段都需要一个完善的管理体系加以支撑。在当前行业竞争日益激烈、工程规模不断扩大的背景下，施工管理的优劣直接影响着项目能否按期交付、是否能达到预期质量要求，以及是否能有效避免资源浪费与成本超支等问题。通过提升房屋建筑工程的施工管理水平，不仅能显著提高整体工程质量与施工效率，还为建筑企业的长远发展提供了坚实保障。

2 房屋建筑工程施工管理存在的问题

2.1 合同管理不规范

在房屋建筑工程的施工管理中，合同管理的不规范问题已变得极为严重。在许多项目中，签订合同时条款设置往往不够细致，具体责任和工作内容的明确规定常常缺失。这些模糊的合同条款在执行过程中容易引发责任不清，进而导致各方之间产生分歧与纠纷，严重影响项目的顺利推进。在合同履行的过程中，部分项目未能充分监督合同执行情况，合同是否得到遵守未能及时检查，导致责任方未按约定履行义务或项目变更未能及时反映到合同中，这对施工质量与进度构成了潜在隐患。此外，合同管理人员的专业能力也常常不足，未能深入理解合同条款，缺乏对潜在风险的前瞻性与应对措施，这进一步影响了项目的合规性与执行性。合同管理的不规范不仅增加了项目的管理难

度，还大大提高了工程风险，甚至可能导致项目延期或遭受损失。

2.2 材料管理缺乏规范性

材料管理在建筑工程中占据着至关重要的位置，它直接影响着施工质量与工程进度。在实际操作中，许多建筑项目在材料管理方面存在明显的规范缺失，这给工程整体效果带来了不小的影响。材料的采购、存储与使用是一个环环相扣的复杂过程，每一个阶段都需要严格的控制。然而，在很多项目中，材料采购时未能做到严格筛选，导致质量不过关或不符合施工要求的材料进入施工现场。例如，某些材料的性能并未经过充分验证，或通过不规范的渠道采购，最终影响了工程质量。此外，施工现场的材料管理也常常存在漏洞，材料未按类别与用途进行有效区分与规划，造成现场的杂乱无章。特别是一些特殊材料，例如钢筋等，如果未能得到妥善保管，容易受到外界环境的影响，从而导致损耗或质量问题。钢筋如果长时间暴露在潮湿环境中，可能会生锈，严重时会降低其承载能力，影响结构安全。这些管理上的疏漏不仅造成了大量材料的浪费，还为后期工程质量埋下了隐患，严重情况下甚至可能引发工程延期或质量事故。

2.3 监督管理执行不严

在房屋建筑工程施工管理中，监督管理执行不严是一个普遍存在的问题。尽管在项目启动阶段已制定了详细的施工计划与监管流程，但在实际操作过程中，监督管理往往未能得到有效执行。由于一些项目存在人力资源短缺，或是管理层未能充分认识到监督工作的重要性，监督环节往往流于形式，缺乏足够的现场检查与持续跟踪，从而导致施工质量与进度的管控出现漏洞。在施工过程中，许多问题或不合格行为未能及时发现或处理，致使隐患长期积压。例如，施工队在操作过程中未遵循标准，使用了不合格材料或偏离设计要求的工艺，而监督人员未能及时采取纠正措施。另一方面，监督人员的专业能力不足，或对施工细节掌握不够全面，错失了及时发现潜在问题的机会，进而影响了工程的整体质量与安全。若监督管理未严格执行，不仅可能导致工程质量不达标，还可能带来安全隐患或额外成本，严重阻碍项目的顺利完成。

2.4 管理体系仍需进一步完善

在许多建筑工程项目中，管理体系的完善程度不足，难以有效满足日益复杂的施工管理需求。现行的管理结构常常存在职责模糊、层级不清的问题，这导致各部门与人员在执行任务时缺乏有效的沟通与协作，进而影响了整体项目的顺利实施。管理流程中往往存在冗余环节，缺乏明确的规范，从而造成了时间延误与资源浪费。同时，项目经理与现场管理人员的决策多数依赖于个人经验，缺少统一的标准化操作流程及科学的决策支持系统。随着项目规模的不断扩大以及施工难度的增加，现有管理体系的不足逐渐显现，难以适应复杂的施工环境与市场需求的变化。管理体系的不完善不仅未能有效预防潜在问题，还难以应对施工过程中突发的风险与变故，最终导致了项目的质量、安全与进度受到影响。

2.5 施工技术更新滞后

在许多房屋建筑工程中，施工技术的滞后已成为项目进展与质量提升的主要制约因素。尽管现代建筑行业已引入了多种先进的施工技术与设备，但许多项目依然坚持传统施工方法，缺乏技术创新与更新。由于资金投入不足、技术研发相对滞后，或管理机制的局限，部分施工企业未能及时采用新型建筑技术及高效设备，导致施工效率低下，甚至出现质量问题。例如，许多施工项目仍广泛依赖人工操作，缺乏自动化与智能化技术的支持，这不仅增加了工人的劳动强度，还提高了人为错误的发生风险。同时，传统施工技术无法有效满足日益复杂的建筑设计需求，难以提升施工质量与安全。施工技术的滞后直接影响了工程进度的控制与成本管理，也制约了建筑行业向更高效、环保与智能化方向的发展。

3 房屋建筑工程施工质量管控策略

3.1 完善合同管理制度

完善合同管理制度对于提升房屋建筑工程施工质量至关重要。作为项目实施的法律依据，合同不仅明确了各方的权利与责任，还为项目的顺利进行提供了必要的保障。通过建立健全的合同管理制度，可以有效避免因合同条款不明确或执行不力所引发的争议与纠纷。在合同签订阶段，必须清晰界定施工质量标准、工期要求及各方职责，以确保每个环节均受到法律严格的约束。合同中应详细列明质量验收标准及违约条款，以便在施工过程中一旦发生质量问题，能迅速明确责任并采取相应的补救措施[1]。执行合同的力度也应进一步增强，确保各方按照约定履行职责。特别是在材料采购与工艺流程等关键环节，必须严格监督合同的落实情况。此外，建立动态调整机制十分重要。在项目执行过程中遇到不可预见的变化时，应及时修订和补充合同内容，确保其与实际情况始终保持一致。通过这些有效的管理措施，项目管理的规范性与透明度将得到提升，为确保施工质量提供坚实保障。

3.2 规范化材料管理流程

规范化的材料管理流程是确保房屋建筑工程施工质量的关键。每一个施工环节，从采购、验收到使用都需要严格把控与监控。在材料采购阶段，科学的选材标准应当制定，并且建立严格的供应商审核机制，以确保所采购的材料符合质量要求，且能够按时交货，防止因材料质量问题或供应不足影响施工进度及质量。一旦材料到达施工现场，应立即进行详细的验收与登记，确保其符合设计规范，同时合理分类存放，避免施工过程中出现混乱或材料损耗[2]。对于钢筋、水泥等特殊材料，应当设立专门的存储区域，并

采取适当的保管措施，防止环境因素对材料性能产生负面影响。材料的使用必须严格按照施工计划进行，避免浪费或使用过期材料，同时确保每批次材料都能追溯，便于出现问题时迅速查明原因并有效处理。通过规范化的管理流程，不仅能确保工程质量，还能够降低成本，并提高工程的整体执行效率。

3.3 强化监督管理力度

加强监督管理是确保房屋建筑工程施工质量的重要保障。每一个施工环节都应当受到严密监控，任何疏忽都可能为工程的质量与安全带来隐患。监督人员应具备丰富的专业知识与实践经验，以便能够及时发现施工中的潜在问题。除常规检查外，还应开展定期的专项检查，特别是针对关键施工环节，如结构安全、材料质量等，应加大检查的频率与力度[3]。在施工现场，监督管理要做到无死角，确保所有作业人员都严格按照施工规范操作，杜绝任何侥幸心理或违规行为。监督工作不仅限于事后检查，更应注重施工过程中的实时监控，确保问题能在第一时间被发现并立即采取整改措施。对于违反规范的行为，应建立明确的处罚机制，并追究相关责任人，以确保每个施工环节都能得到有效管理。通过强化监督管理，施工中的风险可被大幅降低，确保工程质量始终处于可控范围内。

3.4 提升施工管理的信息化水平

提高施工管理的信息化水平，是提升建筑工程效率与质量的关键途径。随着科技的迅速发展，信息技术在建筑行业中的应用愈加广泛，数字化和智能化的管理工具能够显著提高施工管理的准确性与时效性。通过引入人工智能、大数据分析及物联网技术，施工全过程的数据采集、处理与分析变得更加智能化与自动化，进而实现项目进度的精准监控和资源配置的动态优化。此外，智能项目管理平台的广泛应用，使得施工现场能够实现实时远程监控，及时发现并调整施工中的问题，增强了问题解决的及时性与准确性。信息化手段还可以精确管理材料采购、库存管理和质量控制等环节，确保各项数据透明且可追溯，提升了施工过程的可控性与可靠性。更为重要的是，信息化系统能够有效整合各方信息，打破传统的信息孤岛，促进各环节之间的协同合作，从而减少沟通成本与错误发生的几率。通过提升施工管理的信息化水平，不仅可以显著提高施工过程的效率，还能增强项目的风险控制能力，确保工程按期、高质量地完成。

3.5 完善管理体制与机制

完善的管理体制与机制，是房屋建筑工程顺利推进及质量保障的核心基础。一个清晰高效的管理体制，能够有效界定各方的责任，优化资源配置，并提升决策的及时性与准确性。项目管理团队的职责划分需明确，以避免因责任不清或管理重叠而导致效率低下或执行不力。同时，管理机制的设计应具备灵活性，能够根据工程进展的不同需求做出及时调整。在质量管理方面，设置专门的质量监督团队至关重要，确保施工每一环节都严格遵守相关标准。与此同时，建立严格的奖惩制度，不仅能激励表现出色的员工，还能对违反规定的行为实施严格惩处，激发团队的责任感与工作积极性。信息流通的畅通无阻，也是管理体制完善的关键，决策层应能够快速根据实时数据与现场反馈做出调整，而不应仅仅依赖传统的管理模式。同时，持续优化的管理机制应增强风险预警与应急反应能力，以便及时应对突发状况，确保项目按计划顺利推进。通过不断加强管理体制与机制的完善，为施工质量、进度控制与成本管理提供坚实的保障。

3.6 提升相关人员的专业素质和能力

提升相关人员的专业素质与能力，是确保房屋建筑工程顺利完成的核心要素。在建筑行业，施工人员的技术水平直接影响项目的整体执行效果与工程质量。管理层及技术人员的持续培训，尤为重要，尤其是在新技术与新工艺的应用领域。确保这些人员能够迅速掌握并熟练运用行业最新的技术标准与施工方法，工程的执行力与质量得以有效提升。此外，施工人员不仅需要扎实的专业知识，还应具备良好的团队合作与沟通能力。鉴于工程项目通常涉及多个部门及人员的协同作业，只有在顺畅的协调下，才能高效推进各个施工环节。对于现场作业人员，除了专业技能的提升，更需强化安全意识与质量控制的认知，以避免因操作不当或疏忽大意导致的安全事故或质量问题。通过定期的考核与评估，员工在实际岗位中得以积累经验并提高综合能力，不仅能提升施工效率，也能有效预防潜在的质量隐患，从而保障工程项目按期顺利完成。

4 结语

房屋建筑工程施工管理对项目质量、进度和安全至关重要。尽管行业不断发展，管理中仍面临合同不规范、材料管理不统一、监督不到位等问题直接影响工程进展。通过优化管理体系、规范材料流程、加强监督和提升专业素质，这些问题可以有效解决。随着新技术和管理模式的创新，施工管理需持续更新理念、提升技能，推动科学化、精细化发展，确保实现高质量、高效益的建设目标。

[参考文献]

[1]张光杰.房屋建筑工程施工质量管理问题及解决措施[J].散装水泥,2024(1):127-129.
[2]刘小彬.房屋建筑工程管理存在的问题及策略研析[J].江苏建材,2023(4):145-146.
[3]林冬生.建筑工程施工管理中的问题和应对策略[J].中国建筑装饰装修,2023(3):123-125.

作者简介：华斌（1987.8—），毕业院校：南昌工程学院，所学专业：土木工程，当前就职单位：江西嵩辉建设工程有限公司，职称级别：中级工程师。

建筑设计中材料选择与创新应用的环保性分析

房赞松
河北建筑设计研究院有限责任公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着环境问题日益严重，建筑设计中材料的选择与创新应用成为提升环保性的关键。通过采用可持续材料、循环利用材料和低碳技术，优化建筑结构和功能设计，显著减少建筑对环境的负面影响。研究聚焦于新型环保材料的实际应用，分析其在不同建筑类型中的适用性和环保优势。通过实验和案例分析，验证了绿色建筑材料在节能、减排和资源高效利用方面的突出表现，提出了一些创新材料的前景与发展方向。实施这些环保材料不仅能降低建筑能耗，还能提高建筑的环境适应性，为可持续发展贡献力量。

[关键词]建筑设计；环保材料；创新应用；可持续发展；绿色建筑
DOI：10.33142/sca.v8i4.15941　　中图分类号：TU5　　文献标识码：A

Environmental Analysis of Material Selection and Innovative Application in Architectural Design

FANG Zansong
Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the increasingly serious environmental problems, the selection and innovative application of materials in architectural design have become the key to improving environmental protection. By adopting sustainable materials, recycled materials, and low-carbon technologies, optimizing building structure and functional design, significantly reducing the negative impact of buildings on the environment. The research focuses on the practical application of new environmentally friendly materials, analyzing their applicability and environmental advantages in different types of buildings. Through experiments and case analysis, the outstanding performance of green building materials in energy conservation, emission reduction, and efficient resource utilization has been verified, and some prospects and development directions for innovative materials have been proposed. Implementing these environmentally friendly materials can not only reduce building energy consumption, but also improve the environmental adaptability of buildings, contributing to sustainable development.

Keywords: architectural design; environmental materials; innovative application; sustainable development; green building

引言

随着全球环保意识的不断提高，建筑行业作为能源消耗和碳排放的重要领域，亟需实现可持续转型。在这一过程中，建筑材料的选择与创新应用发挥着至关重要的作用。新型环保材料的出现为建筑设计提供了更多的可能性，不仅能够有效减少资源浪费，还能显著降低对环境的负面影响。如何在建筑设计中合理应用这些材料，以提升建筑的能效和环保性，成为当前研究的热点话题。通过探索绿色建筑材料的创新应用，推动建筑行业向着更加节能、环保的方向发展，不仅是行业发展趋势，也符合全球可持续发展的战略需求。

1 环保建筑材料的种类与特性分析

1.1 环保建筑材料的种类

环保建筑材料可分为天然材料、再生材料和合成绿色材料三大类。天然材料如竹材、木材和石材，因其天然可再生性和较低的环境影响而广泛应用。竹材生长速度快，碳吸附能力强，是一种高效的绿色建筑材料。木材则通过光合作用吸收大量二氧化碳，对缓解气候变化有积极作用。石材作为一种耐用且自然的材料，也符合环保建筑的要求，能够在建筑中提供长期的稳定性和美观性。

再生材料如回收塑料、废弃玻璃和金属，利用废弃物进行再利用，不仅能够减少对环境的负担，还能降低新资源的消耗。例如，回收玻璃可以制成建筑装饰面板，废弃金属可用于结构框架等应用，有助于降低建筑行业的资源消耗与废弃物排放。而合成绿色材料则通过科技创新提供了更加环保的选择，如高性能保温材料（聚氨酯、矿棉等）能够有效提高建筑的热效能，减少能耗，透水性材料则有助于雨水管理和减少城市热岛效应。这些创新材料的使用为建筑行业的可持续发展提供了重要的支撑。

1.2 环保材料的技术特性

环保建筑材料不仅在资源利用上具有优势，其技术特性也是其广泛应用的关键。例如，天然材料如木材和竹材的轻便性和良好的热隔离性能，使其在建筑设计中具备独特的适应性和舒适性。而再生材料则具备良好的强度和耐久性，经过改良处理后的再生塑料和金属能够承受长时间的使用和环境压力，同时降低材料的生产成本。合成绿色材料，如高效保温材料，具有较低的导热性，能够大幅度提高建筑的能源效率，减少建筑物的能耗。此外，透水性材料有助于雨水的自然渗透，减少城市排水系统的负担，

缓解城市热岛效应。

1.3 环保材料的生态效益

采用环保建筑材料能够显著减少建筑项目对生态环境的负面影响。首先，天然材料的使用能够保持生态平衡，因为这些材料的生产过程对环境的污染较少，并且它们本身能够吸收二氧化碳，从而减少温室气体的排放。其次，使用再生材料能够有效减少废弃物的积存，减少对土地的填埋压力，同时降低资源开采所带来的环境破坏。合成绿色材料在降低能源消耗和资源利用效率上具有明显优势，通过提高建筑的节能性能，减少了建筑物的碳足迹，为应对气候变化提供了积极解决方案。总体来看，环保建筑材料的应用不仅符合可持续发展的理念，还能有效推动建筑行业走向更加绿色环保的未来。

2 创新材料在建筑设计中的应用现状

2.1 创新材料的主要应用领域

创新材料在建筑设计中展现出广泛的应用领域，覆盖结构材料、装饰材料和功能性材料等多个方面。在结构材料领域，高强度轻质材料如碳纤维复合材料、超高性能混凝土等已逐渐应用于高层建筑和桥梁工程，这些材料的强度高、耐久性好，同时显著减少了建筑自重和资源消耗。在装饰材料领域，透明混凝土、光敏陶瓷等创新材料不仅实现了装饰美学，还具备透光和感应性能，提升了建筑的智能化水平。功能性材料则集中在节能环保应用方面，例如光伏玻璃可直接吸收太阳能转化为电能，为建筑提供可再生能源支持，同时减少对传统能源的依赖。

2.2 创新材料的技术优势

创新材料的技术优势使其在建筑设计中得到了广泛应用。这些材料通常具备比传统建筑材料更高的强度、耐久性和适应性，能够应对更为复杂的环境条件。例如，**超高性能混凝土(UHPC)**具有极高的抗压强度和耐久性，能够抵抗极端天气和自然灾害，延长建筑的使用寿命，同时减少维护成本。

另外，智能材料的出现大大提高了建筑的自愈能力。例如，自修复混凝土能够通过化学反应自动填补微裂缝，避免了因裂缝造成的结构损害，进一步减少了长期维护的需求和费用。这些智能材料不仅提升了建筑的耐用性，还减少了对后期维修资源的依赖。

在节能和环保方面，透明混凝土和光伏玻璃等材料表现突出。透明混凝土能够保持结构强度的同时，允许自然光通过，减少了人工照明需求，提升了室内采光效果。光伏玻璃则具有发电功能，能够有效利用太阳能，为建筑提供可再生能源，减少能源消耗。这些材料的生产过程也较为高效，通常对环境的影响较小，符合绿色建筑发展的需求，推动了可持续设计的实践。

2.3 创新材料应用的典型案例

创新材料在建筑设计中的应用已有许多成功案例。米兰垂直森林（意大利）：此项目使用了光敏陶瓷和新型保温材料，结合自然绿植设计，达到优化热能管理的效果。光敏陶瓷能够根据光照强度自动调节表面反射率，减少热量吸收，提升建筑的能效。新型保温材料增强了建筑的隔热性能，为建筑内的绿植创造了更加适宜的生长环境，推动了可持续建筑理念的应用。

哥本哈根 CopenHill 能源工厂（丹麦）：该建筑采用了光伏玻璃和高性能复合材料，光伏玻璃不仅美观且具备发电功能，能够为建筑提供可再生能源。复合材料在外立面的使用，不仅减轻了结构自重，还提高了耐久性。该建筑设计还包括滑雪场和观景台等多功能空间，展现了建筑与自然环境和社会需求的结合。

上海中心大厦（中国）：作为中国最高的建筑，上海中心采用了超高性能混凝土（UHPC）和双层幕墙系统。超高性能混凝土提高了建筑的抗震能力和结构稳定性，而双层幕墙系统有效提升了建筑的能源效率，提供了更好的隔热和保温性能。此外，双层幕墙系统还增加了建筑的美观性，改善了外立面的视觉效果。

3 环保材料在节能减排中的效果与优势

3.1 节能效果的提升

环保建筑材料在节能方面具有显著优势，能够通过优化建筑的热性能，减少建筑能耗。例如，采用高效保温材料如聚氨酯泡沫、岩棉和真空绝热板，可以有效阻止热量的流失，在寒冷气候下减少取暖需求，在炎热气候中降低空调负荷。这类材料能够提升建筑物的热隔离性能，降低能源消耗。此外，绿色屋顶、墙体外保温和窗户的优化设计，也能减少建筑对外部气候的依赖，提高室内温控效率，从而降低建筑的整体能耗。

3.2 减少碳排放

环保材料在建筑设计中不仅有助于节能，还能显著减少碳排放。传统建筑材料在生产过程中会释放大量二氧化碳，而创新的环保材料在生产和应用阶段的碳足迹较低。例如，使用再生材料如废旧玻璃、回收金属和再生塑料等，能够减少原材料的开采和生产过程中的能源消耗，降低二氧化碳排放。此外，利用太阳能发电的建筑材料，如光伏玻璃、太阳能屋顶板等，通过直接转化太阳能为电能，减少了对化石能源的依赖，从而减少了温室气体的排放。这些材料在建筑设计中的使用，为建筑行业的低碳发展提供了重要支持。

3.3 提高资源利用率

环保建筑材料的另一个优势是提高了资源的利用率，推动了建筑行业向循环经济模式转型。通过使用可回收、再生的建筑材料，减少了对天然资源的消耗，并有效降低了建筑废弃物的产生。例如，采用回收木材、钢铁和混凝土等材料，不仅能减少建筑过程中的废料排放，还能减少垃圾填埋对环境的压力。此外，绿色建筑材料通常具备更

长的使用寿命，能够减少频繁的维修和更换，从而进一步提升资源的使用效率和建筑物的可持续性。

3.4 改善环境质量

环保材料的应用对建筑的环境质量有积极影响。绿色建筑材料通常不含有害物质，能够改善室内空气质量，减少室内空气污染。例如，采用无VOC（挥发性有机化合物）涂料、天然石材、竹材等材料，能够有效降低室内污染源，创造更健康的居住环境。此外，环保材料在设计和施工过程中，能够减少建筑对周围生态环境的破坏，保护水源和土壤质量。例如，透水性地面材料的使用可以减少雨水径流，降低城市内涝风险，并通过自然渗透补充地下水资源，从而改善城市的生态环境。这些节能减排效果和资源利用优势表明，环保材料的广泛应用不仅能显著降低建筑对环境的负面影响，还能为建设可持续的绿色建筑提供有力支持。

4 绿色建筑材料的未来发展趋势与挑战

4.1 可持续性与循环利用的推进

绿色建筑材料的未来发展将更加注重可持续性和资源循环利用。随着全球对环境保护和资源节约的重视，建筑材料的生产和应用将向循环经济模式转型。未来的绿色材料将更加注重从源头上减少资源消耗，通过回收、再利用等方式减少废弃物的产生。开发新型可降解材料、低能耗生产工艺以及能够多次循环使用的建筑材料将成为重点方向。例如，开发具有较长使用寿命且可多次回收的建筑外装饰材料，如回收玻璃、再生塑料和无机材料等，能够有效减缓资源的消耗速度，推动建筑行业实现真正的绿色可持续发展。

4.2 智能化与自适应功能的融合

未来的绿色建筑材料将更加智能化，具备自适应和自调节功能。随着建筑信息模型（BIM）技术的发展，智能建筑材料将能够实时监测建筑环境变化并作出响应。例如，利用光敏材料或热敏材料，在光照和温度变化时自动调整建筑外立面的透光率和热传导率，从而优化室内环境，提高能效。这些智能材料不仅能在建筑中提供更好的舒适度，还能通过实时调整建筑能耗，降低能源的浪费。此外，带有自修复功能的建筑材料将成为发展趋势，这些材料能够自动修补微裂缝或损坏，从而延长建筑物的使用寿命，减少维修和维护的成本。

4.3 高性能与多功能材料的研发

绿色建筑材料的未来发展趋势之一是多功能化与高性能化。随着技术进步，新型建筑材料的研发将不再局限于单一功能，而是朝着多功能、高性能方向发展。例如，光伏玻璃不仅具备透光功能，还能够转化太阳能为电能，成为建筑的能源供应系统；智能隔热涂层不仅能提升建筑的热隔离性，还能调节室内温度，提升舒适性。除此之外，具有抗污染、自清洁功能的绿色建筑材料也逐渐崭露头角，这些材料能有效应对外界环境污染，降低建筑外观的维护成本。随着新技术的不断发展，未来的绿色建筑材料将不仅限于环保，还能够在多维度上提升建筑的整体性能。

4.4 面临的技术与市场挑战

尽管绿色建筑材料的前景广阔，但在技术创新和市场推广方面依然面临诸多挑战。首先，绿色建筑材料的研发仍处于不断探索阶段，许多新型材料的性能和稳定性尚未完全成熟，可能会受到高成本、生产技术瓶颈和规模化应用的限制。其次，绿色建筑材料的市场接受度需要进一步提高，尤其是在一些传统建筑市场中，由于成本较高或缺乏足够的技术支持，可能会阻碍其大规模推广。此外，绿色材料的标准化、认证体系的完善及行业政策支持也是亟待解决的问题。为推动绿色建筑材料的普及，政府、科研机构和企业需要通力合作，加大技术研发和市场教育力度，同时推动政策法规的出台，以鼓励绿色建筑材料的应用。

5 结语

随着环境问题日益严峻，建筑行业在追求可持续发展的过程中，绿色建筑材料的应用显得尤为重要。通过合理选择和创新应用环保材料，可以显著提升建筑的节能效果，减少碳排放，并有效提高资源利用率。新型环保材料不仅在功能性和性能上具有优势，更能促进建筑行业向循环经济和智能化方向发展。未来，绿色建筑材料将朝着更加可持续、智能化和多功能化的方向演进，为应对全球气候变化、减少资源消耗和提升生活质量提供有力支持。然而，绿色建筑材料的广泛应用仍面临技术研发、成本控制及市场接受度等挑战。只有通过持续的创新和跨领域的合作，才能实现建筑行业的绿色转型，为生态环境保护贡献力量。

[参考文献]

[1]吴华北.建筑设计中的绿色建筑设计理念及要点分析[J].居舍,2023(21):106-109.
[2]徐晓玲.环境艺术设计理念在建筑结构设计中的有效应用[J].建筑结构,2023,53(16):154.
[3]李波.试论绿色建筑设计理念在建筑设计中的整合与应用[J].陶瓷,2023(6):156-158.
[4]姚俊华.浅析绿色建筑设计理念在建筑设计中的整合与应用[J].中华建设,2023(4):74-76.
[5]翟博.建筑设计中的绿色建筑设计理念及要点分析[J].居舍,2023(20):111-114.

作者简介：房赞松（1989.11—），男，汉族，毕业学校：河北联合大学，现工作单位：河北建筑设计研究院有限责任公司。

绿色建筑施工中现浇梁板模板施工技术研究

余海明
新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]近年来，随着建筑行业在提高质量与确保安全的同时，环保要求逐渐得到加强，现浇梁板模板施工作为其中的重要环节，直接影响着工程的整体质量。尽管传统模板施工方法已较为成熟，但往往忽视了资源消耗与环境保护的挑战，进而导致大量建筑废料及能源浪费。随着绿色建筑理念的提出，施工过程中对环保与可持续性的关注愈加重要，尤其是在材料选择、能源消耗的减少以及施工效率的提升方面。在现浇梁板模板施工中，将绿色建筑理念落实到实际操作中，减少资源浪费、提升施工质量与效率，已经成为建筑施工技术研究中的关键课题。此外，施工过程中采用环保材料、绿色施工技术及智能化管理系统，能够进一步推动行业向低碳、节能的方向发展，实现建筑行业的可持续发展目标。通过持续的技术创新与管理优化，建筑行业的绿色转型将进一步加速，为实现更加环保、经济的建筑目标奠定坚实基础。

[关键词]绿色建筑；现浇梁板；模板；施工技术
DOI：10.33142/sca.v8i4.15934　　中图分类号：TU755.69　　文献标识码：A

Research on the Construction Technology of Cast in place Beam and Slab Formwork in Green Building Construction

YU Haiming
Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: In recent years, with the construction industry improving quality and ensuring safety, environmental requirements have gradually been strengthened. The construction of cast-in-place beam and slab formwork, as an important link, directly affects the overall quality of the project. Although traditional formwork construction methods are relatively mature, they often overlook the challenges of resource consumption and environmental protection, resulting in a large amount of construction waste and energy waste. With the introduction of the green building concept, the focus on environmental protection and sustainability during the construction process has become increasingly important, especially in terms of material selection, reduction of energy consumption, and improvement of construction efficiency. In the construction of cast-in-place beam and slab formwork, implementing the concept of green building into practical operations, reducing resource waste, and improving construction quality and efficiency has become a key issue in the research of construction technology. In addition, the use of environmentally friendly materials, green construction technologies, and intelligent management systems during the construction process can further promote the industry's development towards low-carbon and energy-saving directions, and achieve the sustainable development goals of the construction industry. Through continuous technological innovation and management optimization, the green transformation of the construction industry will be further accelerated, laying a solid foundation for achieving more environmentally friendly and economical building goals.

Keywords: green building; cast in place beam and slab; formwork; construction technology

引言

随着全球环保意识的提升及可持续发展理念的广泛传播，绿色建筑逐渐成为各国建筑行业发展的主流趋势。绿色建筑不仅重视建筑材料的环保性，更注重施工过程中的资源节约、能源效率优化以及环境保护。为此，现浇梁板模板施工技术作为建筑工程中的基础工艺，肩负着保障结构安全与质量的核心职责。随着绿色建筑理念的深入应用，如何在施工过程中有效融合绿色理念，提升施工效率，减少能耗与污染，已成为建筑行业亟待解决的关键问题。与此同时，创新技术和材料的应用也为绿色建筑提供了更多的可能性，推动着行业不断迈向可持续发展的未来。

1 现浇梁板模板施工技术概述

现浇梁板模板施工作为建筑工程中的关键工艺，涵盖了施工现场布置与梁板模板搭设等重要环节。这一工艺在各类建筑项目中得到了广泛应用，主要因其能够根据现场实际情况以及项目特殊需求进行灵活调整，从而确保施工过程的精准性与结构稳定性。在实施过程中，施工设计与规划应基于建筑物的结构特点，精准计算梁板及建筑荷载，以便制定合理的施工步骤。此阶段的目标是确保所有设计细节符合建筑物的安全标准，避免任何可能对结构安全造成影响的问题。在贯彻绿色建筑理念方面，施工方需要制定详尽的绿色施工计划，明确环保目标及实施措施。从源头到施工全过程，均应尽量降低能耗与资源浪费，这包括

选择符合环保标准的建筑材料，以及优先使用支撑性能强且可回收的模板材料，以确保结构的稳定性并减少环境负担。模板架设是施工中至关重要的环节，施工过程中需要根据现场的具体情况进行模板的组装，严格控制模板的垂直度与水平度，确保模板拼接精确无误。钢筋安装也应严格依据设计图纸执行，以确保为混凝土构件提供足够的抗压支撑，同时不影响模板的稳定性与整齐。在混凝土浇筑阶段，首先对混凝土进行充分搅拌，确保各组分均匀混合后，通过混凝土运输车运送至施工现场。浇筑过程中，混凝土的振捣作业至关重要，它能有效排除气泡，提升混凝土的密实度，进而增强其强度与稳定性。混凝土浇筑完成后，必须对其进行细致的养护，严格控制湿度与温度，避免出现裂缝或气泡等问题。待混凝土养护至设计强度后，才可进行模板拆除，拆除时需特别小心，避免损坏混凝土结构或模板。质量控制贯穿施工的每个环节，确保工程的安全性与施工工艺的精确性。在整个施工过程中，应严格遵循质量标准，进行细致的监督与检查，确保最终的施工质量符合设计要求。绿色建筑施工的一个关键方面是环保与节能，在施工现场应通过防护围栏和定期洒水抑尘等措施，控制粉尘污染。同时，合理安排施工时间并使用低噪声设备，减少噪音对周边环境和居民生活的影响。推动可再生能源的使用，减少对传统化石能源的依赖，将有效促进建筑施工朝着更环保、更可持续的方向发展。

2 绿色建筑施工中的现浇梁板模板技术

2.1 新型模板材料的应用

在绿色建筑施工中，现浇梁板模板的材料选择显得尤为重要。随着环保意识不断提高，传统模板材料正逐渐被新型环保材料所替代，这些新型材料不仅具备更强的结构性能，还能有效降低施工过程中的环境负担，符合可持续发展的要求，并在提升施工效率与质量方面发挥着重要作用。例如，塑料模板与复合材料模板因其重量轻、耐腐蚀、易拆卸等特性，已成为现浇梁板模板施工中的重要选择。相比传统的木模板，塑料模板具有更长的使用寿命与更高的回收价值。而复合材料模板凭借其卓越的强度与稳定性，在减少施工过程中废料产生的同时，还有效降低了对环境的污染。蜂窝结构模板材料由于其优异的抗压性能与轻质特点，也被广泛应用于施工中，这些材料通过合理的结构设计，不仅保证了模板的承载能力，还减轻了模板的自重，从而提升了施工的便捷性与安全性。随着绿色建筑理念的逐步普及，环保型、可再生材料正在取代传统木材与金属，逐渐成为行业发展的主流方向。

2.2 模板施工技术的创新

随着建筑行业的持续发展，现浇梁板模板施工技术不断迎来创新，尤其在施工效率、质量控制与环保方面的进展，成为提升整体施工水平的重要因素。模板施工技术的革新不仅体现在材料的更新换代，还包括施工方法、设备引入及智能化技术的广泛应用。智能化技术正逐步改变传统的施工方式，借助建筑信息模型（BIM）技术，施工团队能够在施工前模拟整个模板安装过程，精准预测潜在的施工难点与风险进而优化施工方案，这种前瞻性的设计与施工提高了模板施工的精度与效率，减少了现场反复调整与施工误差的出现。自动化施工设备的广泛应用也推动了模板施工技术的革新，模板拼接、调平及支撑等工作均可通过自动化设备完成，显著提高了施工速度与安全性，通过减少人工操作的复杂性，这些设备不仅确保了施工精度，还降低了施工过程中可能出现的安全隐患。与此同时，快速拆模与模板再利用技术也在不断改进。借助创新设计与材料升级，模板的拆除过程变得更为迅速且简便，减少了拆卸过程中对混凝土结构的损害，进一步提升了模板的可重复使用性。随着这些技术的进步，施工成本得到了有效降低，废料的产生也大幅减少，从而推动了绿色建筑的实践与推广。

2.3 模板回收与再利用技术

在绿色建筑施工中，模板回收与再利用技术已成为推动可持续发展的关键环节。随着环保要求的不断提升，传统模板在使用后往往被丢弃，这不仅导致了资源的浪费，还对环境造成了污染。通过应用模板回收与再利用技术，材料成本得到了有效降低，施工过程中的环境负担也显著减少，这项技术逐渐成为推动绿色建筑发展的重要手段。现代模板回收技术主要涵盖清洗、维修与重新加工等环节。借助专用清洗设备，模板表面的混凝土残留物被去除，模板的光滑度与承载能力得以恢复。对于表面轻微损坏的模板，可以通过修复处理继续投入使用，从而有效延长其使用寿命，这种循环利用方式不仅减少了新模板的需求，也降低了废弃模板对环境的负面影响。除了传统材料模板的回收，新型环保材料模板的回收技术也在不断发展。例如，塑料模板与复合材料模板在使用后可通过专门的回收流程拆解、粉碎，再加工成新的模板或其他建筑材料，这一方法最大限度地实现了资源的再利用，同时降低了废弃物处理的成本。模板回收与再利用的技术创新同样体现在数字化管理的应用上。通过建立模板使用与回收的数字化管理系统，施工方能够实时监控模板的使用状态、维修进度及回收情况，从而实现资源的合理调配与最大化利用。智能化管理系统显著提高了施工现场的管理效率，减少了模板浪费。

3 绿色建筑中的施工质量控制

3.1 现浇梁板模板施工质量要求

在绿色建筑施工中，现浇梁板模板的质量对建筑结构的安全性与耐久性起着至关重要的作用。因此，模板施工的质量要求必须得到严格遵守，确保从设计、施工到后期维护的每个阶段都能实现精细化管理。模板的设计需符合结构要求，确保其能够承受混凝土浇筑时的压力以及其他潜在负载。在材料选择上，需考虑模板的强度、刚度与稳

定性，避免因材料性能不足导致模板变形或坍塌。在设计过程中，模板的可拆卸性与再利用性也应当得到充分考虑，以减少施工过程中对环境的负面影响。在模板安装过程中，施工人员必须严格按照设计图纸操作，确保模板的尺寸、形状与位置的精准性。模板的水平度与垂直度应符合规范要求，以防止梁板出现倾斜或变形。在拼接时，接缝必须严密，无缝隙或错位，以防混凝土渗漏影响构件质量。在支撑体系搭设方面，必须确保其稳固性，以防止模板在混凝土浇筑过程中发生移位或倾斜[1]。钢筋的安装也应当严格遵循设计要求，确保钢筋的位置、数量及绑扎方式均符合规范。钢筋是梁板承载力的关键支撑，其安装的精确性直接影响模板的稳定性，必须确保安装无误，以保障结构的整体性与稳定性。在混凝土浇筑阶段，必须特别关注混凝土的质量与振捣工艺，确保混凝土均匀密实，避免出现空洞与裂缝。此外，浇筑过程中还应严格控制温度与湿度，确保混凝土的养护条件满足标准，以有效预防早期裂缝的发生。

3.2 施工质量控制的关键技术

在现浇梁板模板施工中，确保施工质量的关键在于对每个环节的严格把控，而技术手段的有效应用在这一过程中起着至关重要的作用。施工质量控制的核心技术包括精准的监测手段、智能化管理系统的应用以及材料与设备的创新。精准的施工监测是确保施工质量的基础，通过引入激光水平仪、全站仪等高精度测量设备，模板的垂直度、水平度及其位置能够实时进行监控，确保安装的精准性。这些设备不仅可以高效且精准地检测施工过程中微小的变化，还能有效减少人为误差，提高施工精度。在梁板模板的支撑体系中，尤其需要对支撑点的稳定性进行监测，以防模板的变形或倾斜。智能化施工管理系统的应用使得施工流程变得更加高效与精细[2]。结合 BIM 技术，施工团队能够提前模拟模板的安装、混凝土浇筑等各项工序，识别潜在的施工难题，并及时进行优化与调整。通过实时数据采集与反馈，施工现场的项目经理能够随时掌握施工进度与质量状态，从而灵活调整施工计划，避免问题的扩展。在材料与设备的创新方面，选择符合绿色建筑标准的先进材料与环保设备，不仅提升了施工质量，也有效减少了资源浪费。高强度轻质模板与自动化支撑系统的使用，显著增强了模板的承载力与稳定性，从而减少了因设备不当带来的质量隐患。同时，创新的混凝土振捣技术，如振动筛与高频振动器，能够确保混凝土的充分密实，避免气泡与空洞的产生，从而提高结构的耐久性。

3.3 施工质量监控与验收标准

施工质量监控与验收标准是确保现浇梁板模板施工质量的关键依据。通过科学的监控技术与严格的验收标准，能够确保施工过程中每一个环节都严格符合设计要求，防止质量问题的出现。质量监控应贯穿于施工的每一个环节，实时监测并及时反馈，确保施工的精确性。在实际施工中，质量监控主要通过多种检查措施来进行，涉及模板安装的准确性、钢筋布置的规范性及混凝土浇筑的均匀性等多个方面。借助激光扫描、全站仪等先进的测量设备，模板的垂直度、水平度及整体位置得以精确控制，确保符合设计要求[3]。此外，对于混凝土的配比、浇筑顺序及振捣工艺必须严格把控，以确保混凝土的密实性与均匀性，避免出现空洞或振捣不均的现象。验收标准应依据国家与行业相关的规范进行，确保模板施工的强度与稳定性达到规定要求。特别是模板的承载能力、接缝处理及支撑体系的稳固性，均需进行严格检查。混凝土浇筑完成后，验收不仅包括对养护状况、裂缝控制的检查，还要对表面平整度进行确认。混凝土的强度及抗压性能必须符合设计标准，并且养护期间的湿度与温度应严格控制在规定范围内。拆除模板的时机与方法是验收标准中的另一关键部分，拆模过早可能导致结构受损，而过晚拆除则会影响施工进度。拆模前，必须确保混凝土已达到足够的强度，通常通过试验与检测确认混凝土的稳定性，从而保障拆模后的结构完整性。

4 结语

绿色建筑注重环保与可持续发展，现浇梁板模板施工技术在提升工程质量的同时，也为建筑行业的环保进程作出了重要贡献。通过模板材料、施工方法及回收再利用技术的不断创新，不仅施工效率与质量得以提升，资源消耗与环境污染也得到了有效减少。新型环保材料的应用和智能化施工管理的推动，更加优化了施工流程，减少了资源浪费。虽然面临一定的挑战，随着技术的进步及行业标准的完善，绿色建筑施工有望实现更高效、更环保的目标。推动行业发展的关键，将在于持续的创新与实践，未来绿色建筑将在建筑业中占据更加重要的地位，成为主流趋势。

[参考文献]

[1]刘畅.绿色建筑施工中现浇梁板模板施工技术研究[J].新城建科技,2024,33(11):127-129.
[2]高登.现浇梁板模板施工技术在房建工程中的应用[J].江苏建材,2024(1):114-115.
[3]刘振国.现浇梁板模板施工技术在房建施工中的应用[J].中国建筑金属结构,2022(11):25-27.

作者简介：余海明（1991.8—），毕业院校：重庆交通大学，所学专业：材料科学与工程/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:工程师。

基于人工智能的机电系统智能控制策略研究

张荣飞
滨州市安全评价中心有限公司，山东 滨州 256600

[摘要]传统的机电控制方法在应对复杂且动态变化的生产环境时，常常显得力不从心。借助人工智能技术，特别是机器学习与深度学习，凭借其强大的数据处理与优化能力，新的解决方案应运而生，有效应对了这些挑战。通过将人工智能引入机电系统，不仅能实现更精确的控制，还能提升资源利用效率，推动系统向智能化与自动化方向发展。尽管已有一定进展，如何在复杂环境中实现优化应用，依然是亟待解决的关键问题。

[关键词]人工智能；机电系统；智能控制
DOI：10.33142/sca.v8i4.15944　　中图分类号：TU83　　文献标识码：A

Research on Intelligent Control Strategy of Electromechanical Systems Based on Artificial Intelligence

ZHANG Rongfei
Binzhou Safety Evaluation Center Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256600, China

Abstract: Traditional electromechanical control methods often struggle to cope with complex and dynamically changing production environments. With the help of artificial intelligence technology, especially machine learning and deep learning, and their powerful data processing and optimization capabilities, new solutions have emerged to effectively address these challenges. By introducing artificial intelligence into electromechanical systems, not only can more precise control be achieved, but resource utilization efficiency can also be improved, promoting the development of the system towards intelligence and automation. Despite some progress, how to implement optimized applications in complex environments remains a key issue that urgently needs to be addressed.

Keywords: artificial intelligence; electromechanical systems; intelligent control

引言

随着工业4.0及智能制造的迅速发展，传统机电系统在提升效率与保障稳定性方面面临双重挑战。通过运用人工智能的智能控制策略，结合深度学习、强化学习与模糊控制等技术，传统控制方法的局限得以克服，从而实现了更加高效与精准的系统管理。重点探讨人工智能在机电系统中的多方面应用，尤其是在系统设计、故障诊断、调度优化与能效管理等领域，为机电系统的智能化转型提供了有力的理论依据与技术路径。

1 人工智能技术概述

智能控制系统是一种结合计算机技术与人工智能算法的先进控制方式，对生产过程中涉及的信息与知识进行科学处理，并将其有效应用于实际生产环境。通过对传统控制系统的改进与创新，智能控制能够解决传统机电系统难以应对的复杂任务，满足更加多样化的需求。它不仅通过机器学习和数据分析不断优化控制结构，还具备自主调节与控制的能力，从而提升系统的稳定性与精确度，最终带来生产效率的提升。与传统机电控制技术不同，智能控制技术不仅局限于底层的自动化操作。传统机电系统依赖特定设备执行重复性任务，通过机械设备替代人工劳动，而智能控制技术则主要应用于系统的高层控制单元，负责全局调度。它具备较高的灵活性和优化潜力，能够根据生产过程中的多元需求进行自主调整，尤其在动态、复杂的环境下，实时处理海量信息并作出精确决策。更为关键的是智能控制具备自我优化能力，可以在生产过程中主动检测并调整系统运行，基于实时反馈不断积累经验，优化控制策略。此特性不仅确保生产过程的平稳运行，也为持续提升效率提供了空间，加速了工业化进程。智能控制技术不仅是自动控制、信息学与运筹学等学科融合的结果，也是制造业领域的一项重大创新，为多种生产系统提供了更加高效、精确的控制解决方案。

2 基于人工智能的智能控制策略

2.1 智能控制系统的设计与构成

智能控制系统的设计与构建是一个跨学科的复杂过程，涉及计算机技术、人工智能算法、自动化控制理论以及传感器技术等多个领域。整体目标是通过实时采集、处理与分析生产过程中的动态数据，做出最优的控制决策，从而确保系统的高效与稳定运行。在智能控制系统的核心结构中，传感器与执行器扮演着至关重要的角色，实时监测并获取系统中的关键数据，如温度、压力、速度等，由传感器完成；而执行器则在接收到控制信号后，调整系统的运行状态。系统的控制精度与响应速度在很大程度上依赖于传感器与执行器的精确度，因此，在设计过程中，需选择适合且高精度的设备，以保证信息反馈的准确性。智

能控制系统中的决策模块，通常由基于人工智能的算法模型构成，作为系统“大脑”的重要部分。通过模糊逻辑、神经网络或强化学习等算法，这一模块能够对传感器反馈的数据进行深入分析与推理，从而做出精确的决策。具体选择何种算法，会根据应用场景与控制目标进行调整，尤其是在应对非线性与动态变化的系统时，神经网络与深度学习能够帮助系统更好地适应环境变化与任务需求。优化模块在智能控制系统中的作用不可忽视，它直接影响着系统的持续性能提升，通过机器学习算法，这一模块能够不断自我优化，识别历史数据中的潜在问题并进行调整，从而提高控制策略的精准度与系统的整体效率。正是这种自我学习与优化的功能，使得智能控制系统相较于传统控制方法具有显著优势。为了实现高效的系统协同，智能控制系统还需与外部设备或平台进行数据交换与信息交互。在复杂的工业环境中，信息通信模块显得尤为重要。借助数据传输及云平台的支持，系统可以与其他设备、企业管理平台以及云计算平台进行实时数据共享，从而实现全局的优化与管理。

2.2 常见人工智能算法在控制中的应用

在智能控制系统中，几种常见的人工智能算法各自具备独特的优势，能够解决传统控制方法难以应对的复杂问题。这些算法包括模糊逻辑、神经网络、遗传算法以及强化学习。模糊逻辑控制（FLC）尤为适用于处理不确定性与模糊信息，常被应用于无法精确建模的系统。通过设置模糊规则，模糊逻辑能够在复杂情境中做出决策。例如，在温度控制系统中，模糊控制依据“过热”或“寒冷”等模糊描述来调整设备的状态，避免了精确模型的局限。神经网络则更擅长处理非线性或复杂系统，通过大量数据的训练，神经网络能够不断自我调整，优化系统的决策。在机器人控制中，环境数据的输入使神经网络可以实时调整操作，确保任务的精确执行。遗传算法（GA）通过模拟自然选择的机制，优化系统的参数，特别适合多目标优化问题。例如，在电力系统的负荷分配中，遗传算法能够避免陷入局部最优解，从而有效解决复杂的非线性问题，提升优化效果。强化学习则通过与环境的不断互动来优化决策策略，使系统能够适应变化的条件。在自动驾驶技术中，强化学习能够使系统通过经验积累调整驾驶策略，从而提升行车的安全性。这些算法相互补充，显著提高了智能控制系统的精度、适应能力与优化水平，推动了工业自动化与智能化的发展。

2.3 深度学习与强化学习在机电控制中的应用

在机电控制领域，深度学习与强化学习已成为推动系统性能突破的关键技术。深度学习通过构建多层神经网络，能够自动从大量数据中提取复杂特征，特别适用于控制高维、非线性的系统。在机电系统的应用中，深度学习常被用于设备故障的预测与诊断。设备运行数据的分析使得深度学习能够识别潜在故障的早期迹象，从而提前进行维修，防止生产中断，并提高设备的可靠性。强化学习则通过与环境的持续互动来优化控制策略，尤其适合应对动态、不确定的系统。在机电系统中，强化学习主要应用于生产调度与控制策略的优化。例如，在自动化生产线中，强化学习能够实时调整各个环节的运行参数，以实现生产效率与能效的最优化。通过试错与奖励机制，强化学习能在复杂环境中自主调整，适应不同的控制需求，甚至在未知或变化的环境中迅速做出反应。结合深度学习与强化学习的应用，机电控制系统在应对复杂任务与动态环境时，能够展现更高的自适应能力与优化潜力，这种结合大大提升了系统的响应速度、控制精度与稳定性，加速了传统机电控制向智能化、自动化的转型。

3 智能控制策略在机电系统中的应用

3.1 机电系统的自动化与智能化控制

机电系统的自动化与智能化控制是推动现代工业发展的关键因素。通过整合传感器、执行器与控制算法，自动化控制能够高效地执行生产过程中的常规操作与调节，减少人工干预的依赖，从而提高生产效率与精度[1]。不同于传统的自动化控制模式，智能化控制则通过应用人工智能算法，使系统具备自主感知、分析与优化控制策略的能力，能够应对更加复杂且不断变化的生产环境。在机电系统中，智能化控制通过深度学习、模糊控制、强化学习等先进技术，使得系统不仅能够自动执行任务，还能根据实时反馈进行自我调整。举例来说，自动化生产线上的智能控制系统，除了承担实时监控设备状态的功能外，还能预测潜在的设备故障，并根据情况动态优化生产流程，最大化整体生产效率。这种智能化控制显著提升了生产过程的精准度，并增强了系统的灵活性，使其能够应对不同的生产需求与突发状况。通过智能化控制的实施，机电系统的响应速度与决策能力得到了显著提升。关键信息能够从海量数据中提取，趋势预测与异常检测得以实施，从而使系统能够及时调整与优化。最终，智能化控制推动了机电系统从传统自动化模式向更加高效、自主且智能的方向转型，不仅提升了生产效率，也为工业4.0的实现奠定了坚实的基础。

3.2 基于人工智能的机电设备故障诊断

基于人工智能的机电设备故障诊断技术，借助机器学习与数据分析方法，能够在设备出现故障之前识别潜在问题，并进行精确诊断。其主要优势在于能够处理海量的实时数据，识别设备运行中的异常模式，从而提供比传统诊断方法更加高效且精准的检测手段。传统故障诊断依赖人工检查与经验判断，这种方法在复杂系统或微小故障情况下存在明显局限性，常常导致漏诊或误诊。与此不同，基于人工智能的诊断系统通过传感器实时采集设备的运行数据，如温度、振动、声音与压力等，并结合深度学习与神经网络等算法进行分析与训练，自动识别设备故障的初

期迹象[2]。例如，通过分析历史故障数据，神经网络能够建立设备的健康模型，并持续监控设备的运行状态。当设备发生异常时，系统能够迅速发出警报或自动调整工作参数，以防止故障蔓延。同时，模糊逻辑与决策树算法在处理不确定或模糊信息时，也能在复杂环境中做出快速而准确的故障诊断。这种基于人工智能的故障诊断技术，不仅大幅提高了诊断精度与效率，还有效地缩短了设备停机时间，降低了维修成本。通过提前预警与精准定位故障源，企业能够在计划外停机前进行维修，从而确保生产的连续性及设备的长期稳定运行，加速了机电设备管理向智能化转型的步伐。

3.3 基于人工智能的机电系统优化调度

基于人工智能的机电系统优化调度，借助先进的算法与模型，有效解决了生产过程中复杂的资源分配与任务调度问题。这项技术不仅提升了系统的整体运行效率，还优化了资源的使用，减少了能源浪费及非必要的停机时间。传统的机电系统调度通常依赖固定规则与人工操作，面对多任务、多设备及动态变化的生产环境时，往往难以满足复杂的调整需求。通过引入人工智能，特别是强化学习与遗传算法，调度系统能够根据实时数据自动调整工作流程与任务分配，从而实现全局最优。在制造业中，人工智能可以根据设备的实时状态、生产需求及任务优先级，动态调整生产环节的任务分配。当设备发生故障或负荷发生变化时，智能调度系统能够迅速识别问题并重新进行调度优化，确保生产线的高效运行。强化学习通过与系统的不断交互，能够自我学习最优调度策略，尤其适合应对高度不确定且需要实时反馈的复杂环境。此外，基于人工智能的调度系统还能够在能源管理方面进行优化，通过分析能源消耗与工作负载，系统能够提出节能方案，从而进一步降低整体运行成本。智能调度不仅提升了生产线的柔性与响应速度，也有效提高了系统的生产能力，推动机电系统向更加智能化与自动化的方向迈进。

3.4 人工智能在机电系统能效优化中的应用

人工智能在机电系统能效优化中的应用，旨在通过智能化分析与预测，降低能源浪费，提高整体运行效率。随着工业智能化的持续推进，能源消耗已成为制约生产成本与环境可持续性的关键因素。通过引入人工智能技术，机电系统可以实现更加精准的能效管理，优化设备运行状态与能源分配，从而实现绿色制造与成本节约的双重目标。通过实时采集与分析数据，人工智能技术能够监控机电系统的能源使用情况，及时发现能效低下的环节及不合理的能源消耗模式。结合深度学习与机器学习算法，AI 能够基于历史运行数据预测未来的能源需求，并动态调整设备负载与运行参数[3]。例如，在空调系统或电机驱动系统中，根据温度变化与负载波动，AI 算法能够自动调整设备的工作状态，从而有效避免能源浪费。在设备维护与调度方面，人工智能同样具有重要作用，通过实时监测与分析设备运行数据，AI 能够提前识别潜在故障风险并发出预警，避免因设备故障引发的过度能耗或停机损失。优化调度系统则可以根据实时负荷需求与能源价格，自动调整设备的启停顺序与工作模式，最大限度地降低能源消耗。

4 结语

基于人工智能的机电系统智能控制策略，显著提升了系统的效率、稳定性及自适应能力。通过深度学习、强化学习与模糊控制等技术的应用，传统的机电控制系统得到了优化，从而实现了更加精准与高效的操作。这些智能控制方法不仅推动了机电系统在自动化与智能化方面的进展，还在故障诊断、调度优化及能效提升等关键领域，发挥了至关重要的作用。随着技术的不断进步，机电系统的智能化水平将不断提升，进而推动制造业朝着更加智能化的方向转型。尽管实施过程中面临一定的挑战，智能控制技术所展现出的巨大潜力与广阔前景，毫无疑问使其成为值得深入研究与广泛应用的关键领域。

[参考文献]

[1]解向阳,孔宁宁.智能控制技术在机电控制系统中的应用[J].造纸装备及材料,2021,50(6):106-107.
[2]郭宜君,孙海秀,王颖.智能控制技术在机电控制系统中的应用[J].造纸技术与应用,2024,52(3):49-51.
[3]陈辉.智能控制技术在机电控制系统中的应用[J].电子技术,2024,53(4):214-215.

作者简介：张荣飞（1979.4—），女，毕业院校：湖北黄冈职业技术学院，所学专业：计算机科学与技术，毕业院校：中国地质大学（武汉），所学专业：机械设计制造及其自动化，毕业院校：济南大学，所学专业：工商管理，当前就职单位：滨州市安全评价中心有限公司，职务：职工，职称级别：中级职称。

基于大语言模型的函数调用功能研究与性能对比

张自鑫
航天通信中心，北京 100000

[摘要]随着数据分析的需求日益增加，自动化分析工具在提高工作效率方面发挥了重要作用。近年来，基于大模型的自动化数据分析逐渐成为一种研究热点。此文围绕 GLM4 模型的 function call 功能展开，结合 akshare 金融数据接口，探索如何通过 GLM4 自动化生成金融数据分析图。此文首先利用 GLM4 自动分析数据并选择绘图类型生成图表，从而简化了分析过程；接着，测试了 GLM4 的函数调用极限能力，绘制了函数调用数量与调用成功率之间的折线图，并与 matplotlib 和 echarts 绘图库的性能进行了对比。实验结果表明，GLM4 能够高效处理数据分析任务，具有较强的自动化绘图能力。此外，此文还从调用函数成功率、平均运行时间、归一化运行时间等角度，详细对比了不同绘图库的性能表现，为金融数据自动化分析提供了新的方法和思路。

[关键词]大语言模型；函数调用；数据分析；自动化绘图
DOI：10.33142/sca.v8i4.15952　　中图分类号：TP312　　文献标识码：A

Research and Performance Comparison of Function Call Function Based on Large Language Model

ZHANG Zixin
Space Communication Center, Beijing, 100000, China

Abstract: With the increasing demand for data analysis, automated analysis tools have played an important role in improving work efficiency. In recent years, automated data analysis based on large models has gradually become a research hotspot. This article focuses on the function call function of the GLM4 model and explores how to automatically generate financial data analysis graphs through the AKShare financial data interface. This article first utilizes GLM4 to automatically analyze data and select the type of plot to generate charts, thereby simplifying the analysis process; Next, the function call limit capability of GLM4 was tested, and a line graph was plotted between the number of function calls and the call success rate. The performance was compared with the matplotlib and echarts drawing libraries. The experimental results show that GLM4 can efficiently handle data analysis tasks and has strong automation drawing capabilities. In addition, this article provides a detailed comparison of the performance of different drawing libraries from the perspectives of function call success rate, average running time, and normalized running time, providing new methods and ideas for automated analysis of financial data.

Keywords: large language model; function call; data analysis; automated drawing

引言

随着大数据和人工智能技术的发展，数据的分析与可视化已经成为各个领域研究和决策的重要工具。然而，传统的数据分析往往依赖于人工干预，缺乏足够的自动化和智能化，限制了分析效率和准确性。因此，如何利用智能模型自动化完成数据分析和绘图，成为当前的研究热点。本文基于 GLM4 模型的 function call 功能，结合 akshare 金融数据接口，探讨了利用 GLM4 自动生成金融数据分析图的可行性。研究中，首先利用 GLM4 自动选择合适的绘图类型，并生成图表，减少了人工操作；然后，通过对比 matplotlib 和 echarts 的绘图性能，评估了不同方法在实际应用中的表现。实验结果为金融数据的自动化分析提供了新的思路和方法。

1 大语言模型函数调用与数据分析方法概述

1.1 大语言模型函数调用发展现状

大语言模型（Large Language Models，LLMs）自其诞生以来，经历了从规则驱动的语言处理到深度学习驱动的多任务学习模型的快速发展。最早的大语言模型主要依赖于人工规则和模板来进行语言生成，但随着深度学习技术的崛起，尤其是基于 Transformer 架构的模型（如 GPT、BERT 等）的出现，语言模型的能力和应用得到了极大提升。这些模型能够通过大规模的文本数据进行预训练，具备强大的语言理解和生成能力，广泛应用于自然语言处理（NLP）的各个领域，如机器翻译、问答系统、文本生成等。

在函数调用方面，大语言模型的进展同样迅速。从最初的“基于规则的调用”到现代的“基于模型预测的调用”，函数调用逐渐向智能化、自动化方向发展。现代大语言模型不仅能理解和处理文本输入，还能根据用户的需求进行特定功能的调用。例如，OpenAI 推出的 GPT-3，通过与外部 API 的集成，能够在对话过程中调用外部函数，执行如天气查询、数据分析、绘图等任务。这一发展为模型提供了更强的实用性，使得它们在更多实际应用场景中展现了

巨大的潜力。

GLM4 等更为先进的大语言模型则在此基础上进一步扩展了函数调用的能力，不仅能够处理复杂的自然语言任务，还能根据上下文自动选择最适合的函数进行调用，以实现更加智能的数据处理和分析功能。

1.2 传统数据分析方法

传统的数据分析方法经历了多个阶段，涵盖了从手工计算到自动化分析的转变。早期的数据分析主要依赖于人工统计和图表绘制，分析师需要手动处理大量的原始数据，通过数据清理、汇总、统计等步骤，逐步得出分析结果。随着计算机技术的发展，数据分析逐渐转向使用电子表格软件（如 Excel）进行操作，这使得数据处理效率得到了显著提升。然而，这些方法仍然依赖于人工设置和输入，对于大规模、多样化的数据集，人工分析的效率和准确性仍然存在一定的局限性。

随着各类技术发展，统计学和计算机科学的结合带来了更加先进的分析工具。经典的统计分析方法，如回归分析、方差分析、聚类分析等，被广泛应用于各类数据集的挖掘和建模。同时，数据可视化技术也得到了迅速发展，常用的图表类型包括柱状图、折线图、饼图、散点图等，这些图表有助于数据分析结果的直观呈现。

然而，尽管这些传统方法在一定程度上能够解决数据分析中的问题，但它们通常需要较多的人工干预，尤其是在面对复杂数据和动态数据集时，传统方法显得力不从心。例如，处理实时数据、做出实时决策等任务常常需要大量的手动操作和算法调整，这在一定程度上限制了分析的灵活性和效率。此外，传统方法的分析过程和结果往往难以满足个性化和智能化的需求，尤其在数据量庞大或数据类型多样时，人工分析的局限性更加明显。

1.3 当前面临的问题与挑战

尽管传统数据分析方法取得了一定的进展，但在处理大规模、多维度、动态变化的数据时，仍然面临诸多挑战。首先，传统方法往往无法高效地处理海量数据。随着数据规模的不断扩大，传统的分析工具和算法在处理速度和计算能力上无法满足需求，导致分析结果延迟，难以及时为决策提供有效支持。例如，实时金融数据的处理通常要求在毫秒级别完成计算和图表生成，而传统方法在此类高频交易或实时数据流的处理上往往无法做到即时响应。

其次，传统方法对于数据的灵活处理能力较弱。面对复杂的非结构化数据，如文本、图片、音频等，传统数据分析工具和技术往往需要繁琐的预处理和特征工程。这使得处理过程中不仅耗时长，而且容易受到人为因素的干扰，难以达到理想的分析效果。此外，传统方法通常依赖于专家经验，分析过程的自动化和智能化水平较低，导致在快速变化的环境中，分析结果的可靠性和准确性受到限制。

此外，传统数据分析方法的应用场景较为固定，对于多样化需求的应对能力有限。数据分析的需求常常随着业务的不断发展而变化，传统方法往往无法灵活地根据不同需求调整分析流程和方法。例如，在金融数据分析中，分析师可能需要对不同类型的财务数据进行快速、精准的分析，并根据分析结果及时做出决策。传统方法无法快速适应这些不断变化的需求，也无法进行个性化定制，分析效果和效率往往达不到最佳状态。

这些问题和挑战为数据分析方法的创新提供了巨大空间，也促使了新技术的不断涌现。特别是大语言模型在自然语言理解、自动化操作、智能决策等方面的进展，为解决上述问题提供了新的思路。基于大语言模型的自动化数据分析系统，不仅能够实现快速、高效的分析，还能够灵活地根据不同数据类型和分析需求选择适当的分析方法和工具。这也是本文研究的核心内容——通过 GLM4 模型的 function call 功能，探索如何实现金融数据分析的自动化，并对不同绘图方式的性能进行对比，以期为数据分析领域带来更多创新的解决方案。

2 函数调用的原理与应用

2.1 函数调用的定义与工作流程

函数调用是计算机编程中一个核心概念，指的是程序通过调用特定的函数来完成某一特定任务或计算。在传统编程中，函数调用主要通过传递参数、执行计算和返回结果的方式进行。然而，在现代的大语言模型（LLM）中，函数调用的范围和复杂度得到了显著扩展，尤其是与外部数据源和服务的交互。GLM4 模型便是这种扩展的典型应用，它通过理解自然语言输入来选择适当的外部函数或 API 接口，自动执行任务并返回结果。

在 GLM4 的应用中，函数调用的流程是高度自动化的。首先，用户通过自然语言输入指令，GLM4 对输入内容进行解析和理解，识别出任务类型及其所需的数据。之后，GLM4 根据解析结果选择适当的函数或 API 接口，在本文中，GLM4 通过调用 akshare 的 API 接口获取金融数据并使用特定的绘图库自动生成合适的图表。整个过程无需人工干预，完全依赖于 GLM4 的智能推理和任务执行能力。最终，GLM4 将分析结果或图表输出给用户，完成任务。

2.2 大语言模型与外部数据源的交互

在大语言模型中，外部数据源的交互是实现自动化分析和绘图功能的基础。大语言模型能够根据用户的自然语言指令，通过调用外部 API 接口从数据源中获取所需的实时数据。与传统的数据分析方法不同，大语言模型通过集成外部数据源，能够更加灵活地处理动态变化的数据，并自动化完成数据的分析和可视化任务。

以 akshare 金融数据接口为例，GLM4 能够通过与该接口的交互，自动获取最新的股票、基金、期货等金融数据。在用户指令的帮助下，GLM4 不仅能够从金融市场中实时提取数据，还能根据数据的特点自动选择分析方法和

图表类型。当用户要求查看某支股票的历史价格变化时，GLM4 会自动选择时间序列分析方法，并生成折线图以直观展示价格波动趋势。

数据交互的过程一般包括四个步骤。首先，用户通过自然语言输入请求数据的种类和时间范围。GLM4 解析这些指令后，调用 akshare 的 API 接口进行数据检索，获取符合条件的数据。之后，GLM4 会对这些数据进行预处理，实现去除缺失值、格式化数据等。最后，经过处理的数据被输入到指定的绘图库中，生成相应的可视化图表。

2.3 函数调用的应用

在现代大语言模型的应用中，函数调用不仅仅是简单的外部接口调用，而是实现更复杂任务自动化和提升模型智能化能力的关键。通过函数调用，大语言模型能够访问和利用外部资源和服务，这使得它能够超越单纯的预训练知识，进行实时的数据获取、计算和处理，满足各种实际应用需求。

首先，函数调用为大语言模型提供了与外部世界交互的能力。在天气信息的获取与分析中，预训练的大语言模型虽然能够理解和生成关于天气的文本，但模型并不具备实时获取天气数据的能力。要实现天气查询功能，模型必须通过调用外部接口来获取实时数据，这种实时获取信息的能力是通过函数调用实现的，模型仅依赖于预训练数据是无法提供此类服务的。时间信息的获取和处理也是大语言模型无法仅通过预训练模型完成的任务。当用户要求查询某个时刻的特定时间，或要求生成基于当前时间的数据分析报告，模型本身并不内建有实时的系统时间信息，而是必须通过调用操作系统的时间函数，或通过外部时间接口来获取当前的时间数据。函数调用使得大语言模型能够获取到动态更新的时间数据，进而根据时间来调整模型的输出。

此外，函数调用在大语言模型的应用场景中还包括了金融数据查询、股票实时价格分析、交通路线规划等场景。在金融领域，模型可以通过调用接口实时获取股市数据，而不仅仅是依赖历史数据或预训练知识库。金融分析中的股票价格波动、趋势预测等，往往需要调用实时数据来进行计算和绘图。在交通领域，若用户要求查询某个城市的实时交通状况，模型可以通过调用地图服务接口来获取实时路况信息，并基于这些数据生成合适的建议。

在大语言模型与智能家居的结合中，用户可以通过语音指令控制家中的设备，模型通过调用外部智能家居接口来实现任务，如调整温度、开关灯光等。在健康监测和推荐系统中，模型可以通过调用医疗数据接口实时获取用户的健康数据，并基于这些数据提供个性化且实时的健康建议。

通过函数调用，大语言模型能够跨越静态预训练数据的局限，直接访问外部数据和服务，从而提升了模型的实时处理能力和灵活性。

3 自动化数据分析与绘图方案设计

3.1 数据预处理与格式化

在进行数据分析和绘图前，数据预处理是一个必要的环节。金融数据的多样性和复杂性决定了数据预处理的多样化步骤，尤其是在实时获取数据并进行动态分析的场景下。

本文使用 GLM4 通过调用 akshare API 接口获取金融数据，这些数据通常包括股票、基金、期货等多种不同类型的金融信息。获取到的数据包含多个字段，如时间戳、交易量、开盘价、收盘价等。然而，由于金融市场数据的特点，获取的数据往往包含噪声、缺失值，甚至格式不统一，因此必须进行数据清洗。数据清洗的步骤通常包括：去除空值、填充缺失值、转换时间格式以及标准化价格和交易量数据等。本文通过自定义编写的函数库对 API 调用进行封装和优化。以此对不同格式的数据源进行统一封装。首先，程序判断返回的数据是否为 pandas.DataFrame 格式，如果不是，则会将其转换为 DataFrame，从而方便后续的处理与分析。之后，所有从 akshare 获取的数据都会经过清洗处理，具体包括去除缺失值和最大行数截断。这种预处理确保了数据的一致性并便于后续的分析与绘图。对于每个函数，生成了两种版本。第一版本返回 pandas.DataFrame 格式的数据，适合进行进一步的数据分析；第二版本则将 DataFrame 转换为字符串格式，适合用于简洁的文本报告输出。通过解析 akshare 中 API 的描述和名称，自动生成了一系列函数，这些函数不仅调用了 akshare 接口，还对返回的数据进行处理并进行格式化，提升了整个数据处理流程的自动化程度。

3.2 模型数据分析流程与方案设计

在数据预处理完成后，接下来的任务是对数据进行分析。本文采用 GLM4 来自动化选择并调用适当的函数进行分析。GLM4 采用了多层次的指令解析架构，其中包括：（1）语义理解层：解析用户表达的核心需求，提取关键实体和分析意图；（2）知识映射层：将识别的实体映射到系统支持的具体金融实体；（3）任务规划层：根据分析意图和实体，生成一系列需要执行的操作步骤。

首先，用户通过自然语言输入分析任务，GLM4 对输入的文本进行解析，识别出所需的任务和数据源。例如，用户可能请求查看某种金融数据的趋势变化或某类商品的价格波动。通过调用相应的函数，GLM4 将执行相应的数据查询操作。对于每个查询任务，GLM4 会首先调用对应的 akshare API 获取数据，并将其转换为标准格式。数据将经过处理后返回给用户。在这个过程中，GLM4 还会根据分析需求自动选择合适的数据分析方法，或根据上下文推测最适合的绘图方式。在数据查询后，GLM4 会决定是否需要使用时间序列分析，或者选择统计方法来对数据进行进一步处理。此时，模型会根据数据的类型和要求自动选择并调用相关的函数进行处理，从而实现完全自动化

的数据分析和决策。

3.3 绘图方案设计

在完成数据分析后，下一步是将分析结果通过图表进行可视化展示。本文中使用了 echarts 库和 matplotlib 来绘制图表，具体步骤包括选择合适的图表类型、确定横纵坐标轴、设置图表标题等。在此过程中，首先，GLM4 会根据用户输入的查询内容（例如，金融数据的类型、分析目的等）来推断应该选择何种类型的图表。常见的图表类型包括：折线图（用于展示数据随时间的变化）、柱状图（适合类别比较）、散点图（用于数据分布展示）、饼图（展示部分与整体的关系）等。在模型的输入响应中，echart 和 matplotlib 图表的类型、横纵坐标轴的标签和图表标题将自动生成，并传递给绘图函数。具体绘图时，图标绘制函数负责将数据输入到指定的图表类型中，并设置相应的图表属性，如坐标轴、标题、标签等。对于 echarts，绘图过程会生成一个 HTML 文件，图表通过 echarts 的可交互性功能进行展示，这使得用户不仅能查看静态的图表，还可以通过鼠标悬停、点击等方式交互，进一步探索数据。

4 实验结果与分析

4.1 实验环境与设置

本文实验基于 Python 环境，使用 ZhipuAI API 接口调用 GLM4 大语言模型进行函数调用测试。主要使用的核心组件和库包括：大语言模型 GLM4；数据获取库 akshare（用于获取金融数据）；可视化工具 pyecharts 和 matplotlib；以及辅助库 pandas、json、re、time 和 traceback。

为了全面评估 GLM4 的函数调用能力，本文设计了一系列实验场景，主要包括：（1）函数调用极限能力测试：通过改变可调用函数的数量（从 10 到 50 个函数），测试 GLM4 的函数调用能力边界；（2）函数调用成功率测试：对每个函数进行重复调用 10 次，统计平均调用成功率；（3）绘图性能对比：比较 GLM4 自动绘图在 matplotlib 和 echarts 执行效率上的差异。实验中使用的函数主要来源于 akshare 金融数据接口，包含了各类金融数据查询功能，如股票行情、期货数据、宏观经济指标等。所有实验结果都通过 Excel 文件和图表形式记录，并计算相关性能指标如函数调用成功率、平均运行时间和归一化运行时间等。

为了测试 GLM4 的函数调用能力，本文对 GLM4 与传统绘图库（matplotlib 和 echarts）进行了性能对比。在测试中，对比了不同绘图库的函数调用成功率、平均运行时间和归一化运行时间等关键指标。结果表明，GLM4 能够在高并发或复杂数据场景中保持较高的函数调用成功率，且在处理速度上相比传统绘图库更具优势。GLM4 的绘图功能不仅能够自动选择最佳绘图类型，还能够在极短的时间内生成高质量的图表。

4.2 GLM4 函数调用性能分析

随着大语言模型上下文长度的增加，其处理复杂任务的能力也相应提升。本节重点分析 GLM4 在不同函数数量下的性能表现。首先，本文统计了不同函数数量对应的 token 消耗，如表 1 所示。可以看出，函数数量与 token 消耗呈现近似线性关系，每增加 10 个函数约增加 1500～1600 个 token。

函数调用成功率是评估大语言模型函数调用能力的关键指标。图 1 展示了在每个函数重复调用 10 次的情况下，不同函数数量下 GLM4 的平均调用成功率。从图中可以看出，当函数数量在 10～30 个范围内时，GLM4 保持了相对稳定的高成功率；但当函数数量增加到 40～50 个时，成功率出现了明显下降（降至约 86%）。这表明 GLM4 在处理大量函数选择时存在一定的性能瓶颈，可能是由于上下文理解能力受限或函数相似度增加导致的选择困难。

虽然在 50 个函数的高负载情况下，GLM4 函数调用成功率有所下降，但仍然保持了 86%以上的调用成功率，这也展示了其在复杂场景下的稳定性和可靠性。通过分析失败案例，发现主要错误类型包括：函数选择错误（选择了与用户需求不匹配的函数）和参数解析错误（无法正确解析用户指令中的参数要求）。这些发现为后续优化 GLM4 的函数调用能力提供了明确方向。

表 1　函数数量对应 token 数量统计表

函数数量	Token 数量
50	7910
40	6472
30	4833
20	3404
10	1633

图 1　每个函数重复调用 10 次平均调用率

4.3 绘图性能分析

在数据分析和可视化领域，绘图效率和质量是评估工具性能的重要维度。本节比较了基于 GLM4 的自动化绘图在 matplotlib 和 echarts 上的性能差异。

图 2 显示了不同绘图方法的归一化性能指标对比。该图综合考虑了绘图时间、图片命中率（图表返回成功率）

和函数命中率（函数调用成功率）三个维度，通过归一化处理后进行比较。结果表明，在执行速度上 matplotlib 不如 echarts 方法，但在图片命中率上，matplotlib 展现出了明显优势。特别是在处理非结构化数据或需要智能选择图表类型的场景中，matplotlib 的优势更为明显。

在图表质量方面，echarts 生成的图表在美观度和信息传达效率上普遍优于手动配置的基础图表，并且 echarts 提供交互式的图表体验。特别是在坐标轴标记、图例布局和配色方案等细节上，echarts 较为优于 matplotlib。

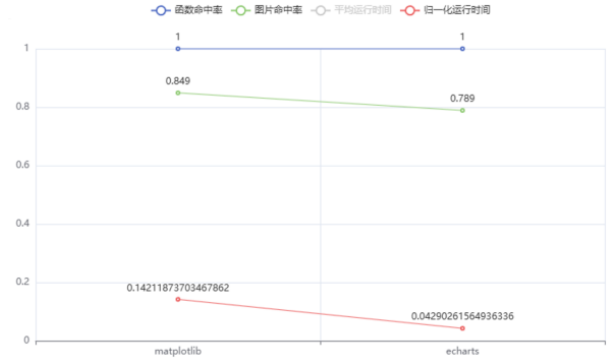

图 2　不同绘图方法的归一化性能指标对比

图 3 展示了不同绘图方法的平均运行时间对比。从图中可以观察到，GLM4 调用 matplotlib 的运行时间总体上高于 echarts，matplotlib 平均运行时间为 46.11 秒，而 echarts 平均运行时间仅为 13.92 秒，这一显著差异反映了两种可视化工具在性能方面的巨大区别。echarts 在运行效率上约为 matplotlib 的 3.3 倍，这种性能优势在处理大型数据集或需要实时渲染的应用中尤为关键，可能直接影响用户体验和系统响应性。

从数据角度分析，matplotlib 和 echarts 在绘图时的工作方式不同，这也是导致运行时间差异的重要原因之一。matplotlib 是一个传统的 Python 绘图库，设计上注重灵活性和功能的多样性，但这些特性也使得它在绘制图形时需要大量的计算和资源消耗。每一个细节都需要调整和计算，尤其是当数据量较大或图形较复杂时，matplotlib 的计算负担较重，从而导致了较长的运行时间。与此不同，echarts 将数据处理和图形渲染的工作交给了前端的图形引擎，主要是通过浏览器中的 JavaScript 来完成。这种做法将图形渲染从 Python 后端移交给了前端，极大地减少了 Python 环境中的计算需求。由于 echarts 仅负责数据的组织和传输，绘图工作由浏览器高效地完成，因此它的运行时间明显低于 matplotlib。

从绘图库的原理角度来看，matplotlib 采用的是全栈式的渲染方式，所有的计算和绘图工作都在 Python 环境内完成。每一个坐标点、线条、颜色的变化都需要 Python 后端进行繁重的计算和渲染，这使得在处理复杂的图形时，matplotlib 可能面临更高的计算开销。相比之下，echarts 的渲染原理则较为轻便。它将图形的绘制任务交给前端浏览器中的 JavaScript 引擎，减少了后端的计算压力，从而能够更快速地完成图形渲染。由于图形的呈现并不依赖于 Python 后端的实时计算，echarts 在处理大规模数据时通常能表现出更高的效率。

图 3　不同绘图方法的平均运行时间对比

实验结果表明，echarts 相较于 matplotlib 具有更高的绘图效率，尤其在大数据量或复杂图形绘制时表现更为明显。这一差异源于两者在数据处理和渲染过程中的实现方式不同。matplotlib 适合需要高度自定义和精细调控的图形，而 echarts 更适用于追求响应速度和前端渲染效率的应用场景。因此，开发者在选择绘图库时，应根据实际需求进行权衡，决定是否优先考虑图形渲染的效率或自定义功能的强大。

5 应用前景与挑战

5.1 行业应用前景

基于 GLM4 的函数调用和自动化绘图技术在多个行业领域展现出广阔的应用前景。在金融分析领域，它可以帮助分析师快速处理和可视化大量市场数据，提高决策效率；在商业智能领域，非技术背景的管理者可以通过自然语言交互获取数据洞察，无需掌握复杂的数据分析工具；在教育领域，它可以作为学习辅助工具，帮助学生理解数据可视化原理并快速生成高质量图表。此外，该技术还可以与现有的业务系统集成，实现从数据获取、分析到可视化的全流程自动化，大幅降低数据分析的技术门槛和时间成本。未来，随着模型能力的进一步提升，基于 GLM4 的自动化分析系统有望成为企业数据决策的重要助手。

5.2 潜在的挑战与解决对策

尽管 GLM4 在函数调用和自动绘图方面表现出色，但仍面临一些挑战。首先，当可选函数数量增多时，模型可能难以准确选择合适的函数，因此需要通过优化函数描述的清晰度，引入函数分类层次结构，并利用少样本学习来提升模型对特定领域函数的理解能力。其次，数据安全与隐私问题也是一大隐患，将敏感数据传输给模型进行分析可能带来安全风险。为了解决这一问题，可以采取本地部

署模型、数据脱敏处理以及建立严格的访问控制机制等措施。此外，实验结果表明，GLM4 在绘图过程中的执行效率相较于专用绘图库有一定的时间开销，未来可以通过模型优化、API 调用缓存以及开发专用的绘图模型来提升其执行效率。最后，结果的可解释性也值得关注，模型自动选择的分析方法和图表类型可能缺乏足够的解释，导致用户对结果产生质疑。因此，增加透明度报告，提供分析选择的理由和可能的替代方案，将有助于增强用户的信任感。

5.3 未来研究方向与改进空间

基于本文的发现，提出一下未来研究方向。首先，未来可以探索多模态交互，整合图像输入和输出能力，使用户能够通过草图或参考图来引导模型生成风格相似的数据可视化。此外，针对金融、医疗、教育等特定领域，开发专用的函数库和绘图模板，将有助于提高模型在这些场景下的表现。与此同时，交互式迭代改进也是一个值得关注的方向，开发允许用户对自动生成的图表进行反馈和调整的交互机制，能够使模型通过用户的反馈不断优化和改进其输出。跨语言支持也将是未来的重要发展方向，增强模型对多语言指令的理解能力，能够使全球用户更便捷地使用自然语言进行数据分析和可视化。此外，计算资源优化也是未来研究的重点，如何在保持模型功能完整性的同时，降低其对计算资源的需求，以便在更广泛的设备上应用。通过持续的研究和改进，基于大语言模型的函数调用和自动化数据分析有望成为数据科学领域的重要工具，进一步推动各行各业的数据驱动决策，提供更加便捷和高效的支持。

6 结语

本文通过对 GLM4 模型函数调用能力的深入研究，构建了一个自动化金融数据分析与可视化系统，探索了大语言模型在数据处理领域的应用潜力。实验结果表明，GLM4 能够高效处理金融数据分析任务，在函数调用数量可控的情况下保持较高的成功率。同时，本文对比了 matplotlib 和 echarts 两种绘图方式的性能差异，发现 echarts 在运行效率上具有显著优势。尽管仍面临函数选择准确性、数据安全与执行效率等挑战，但基于大语言模型的自动化数据分析系统已展现出广阔的行业应用前景，未来有望成为数据科学领域的重要工具，进一步推动数据驱动决策的普及与发展。

[参考文献]

[1]吕书航,李实,席铭,等.基于大语言模型的虚假新闻检测研究[J].计算机应用文摘,2024,40(22):91-96.
[2]任娟,荆晓远,于军,等.基于大语言模型和提示工程的机械故障诊断问答研究[J].信息技术与信息化,2024(9):114-119.

作者简介：张自鑫（1998.2—），女，航天通信中心，北京市，职称助理工程师，籍贯：汉。

新能源汽车运营管理的信息化解决方案研究

张 君
中国石化江汉油田分公司车辆服务中心，湖北 潜江 433122

[摘要]近年来，在国内外政策支持、技术创新及市场需求的推动下，新能源汽车行业取得了快速发展，生产和销售持续增长。与此同时，新能源汽车的运营管理面临着诸多挑战，例如充电设施的布局与调度、车辆的维护管理以及不断变化的用户需求等，这些问题亟需更加精准与高效的管理方式来应对。为此，信息化技术的应用逐步成为提升行业运营效率、确保可持续发展的关键工具。借助信息化系统，新能源汽车行业得以实现资源配置的优化、运营流程的智能化与自动化，从而为行业的持续发展提供了坚实的保障。

[关键词]新能源汽车；运营管理；信息化
DOI：10.33142/sca.v8i4.15939　　中图分类号：F426　　文献标识码：A

Research on Information Technology Solutions for Operation Management of New Energy Vehicles

ZHANG Jun
Vehicle Service Center of Sinopec Jianghan Oilfield Branch, Qianjiang, Hubei, 433122, China

Abstract: In recent years, driven by domestic and foreign policy support, technological innovation, and market demand, the new energy vehicle industry has achieved rapid development, with continuous growth in production and sales. At the same time, the operation and management of new energy vehicles face many challenges, such as the layout and scheduling of charging facilities, maintenance and management of vehicles, and constantly changing user needs. These issues urgently require more precise and efficient management methods to address. Therefore, the application of information technology has gradually become a key tool for improving industry operational efficiency and ensuring sustainable development. With the help of information systems, the new energy vehicle industry is able to achieve optimization of resource allocation, intelligence and automation of operational processes, providing a solid guarantee for the sustainable development of the industry.

Keywords: new energy vehicles; operation management; informatization

引言

随着全球能源结构的转型与环保意识的提升，新能源汽车逐渐成为交通行业的主要选择，象征着绿色与可持续发展。伴随市场的快速扩展，如何高效且安全地管理新能源汽车的运营已成为亟待解决的核心问题。传统的人工管理模式已无法应对日益复杂的运营挑战，推动信息化技术的应用，已成为新能源汽车管理发展的必然趋势。通过物联网、大数据分析及智能调度系统等信息化手段，运营方能够实现对车辆、充电桩以及运营数据的实时监控与精准分析，从而优化管理流程，提高效率，降低成本，增强整体竞争力。

1 信息化在新能源汽车运营管理中的必要性

在新能源汽车运营管理中，信息化技术已成为推动行业发展的关键动力。随着市场竞争的加剧以及消费者需求的不断变化，传统的管理模式已无法有效应对日益复杂的运营挑战。信息化手段通过智能化提升了运营效率，减少了人工干预，优化了资源配置。通过实时数据的采集与分析，运营方能够精确掌握车辆状态、充电桩使用情况及电池健康状况，从而实现高效的调度与维护。这种基于数据的管理方式显著降低了设备故障和运营失误带来的成本，缩短了车辆停运时间，提升了整体运营效率。在降低运营成本方面，信息化系统也发挥了重要作用，新能源汽车的运营环节如充电、维修、保养及人员调度等，都需要精确的协调与管理。借助信息化手段，运营商可以优化充电站布局，提升充电桩的使用效率，减少电能浪费，同时通过智能调度降低空载率。数字化的运营管理不仅能够跟踪车辆故障与维护周期，还能减少不必要的维修支出，延长车辆使用寿命，进一步降低整体运营成本。信息化的深度应用使企业在市场竞争中具备了更强的优势，大数据分析帮助运营方深入了解用户需求、市场趋势及运营瓶颈，支持制定更为精准的运营策略，提升服务质量，增强客户满意度。这一转型不仅优化了各项运营流程，还让新能源汽车企业能够迅速应对市场的变化，保持灵活性与适应性，从而在激烈的竞争中稳固其市场地位。信息化已经成为新能源汽车运营管理的不可或缺的一部分，直接关系到企业综合竞争力的提升。

2 新能源汽车运营管理信息化解决方案的框架

2.1 系统总体架构设计

新能源汽车运营管理的信息化解决方案的系统总体架构设计需要从多个维度进行综合考虑，涵盖车辆管理、

能源管理、数据分析及用户服务等方面。基于分布式设计，系统架构应确保数据采集、处理与存储的高效性，同时具备高度灵活性。在此基础上，所有涉及车辆、充电设施、用户与运营方的各类信息，需通过统一的平台整合与传输，以实现实时监控与动态调度。系统架构从层次结构上可分为三大部分：感知层、网络层与应用层。感知层通过传感器、车载设备及充电桩等终端设备，实时收集车辆的状态数据、充电数据以及用户位置信息。这些数据随后通过网络层传输至后台的数据处理系统，进而通过云平台进行存储与进一步处理。应用层则包括智能调度、数据分析、故障预警等功能模块，以便运营管理人员根据数据做出合理的决策与调整。在架构设计中，高可用性与可扩展性也是必须重点考虑的因素，以应对未来车辆数量与运营规模的快速增长。随着数据量的不断增加，系统应当具备良好的扩展能力，以满足复杂的运营需求。为了确保系统能够稳定运行，冗余备份机制也必须设计，以保证关键数据能够安全存储，确保系统在故障发生时能够迅速恢复，避免数据丢失或服务中断。

2.2 数据管理与共享平台

数据管理与共享平台是新能源汽车运营管理信息化解决方案的核心组成部分，承担着集中处理与高效传输数据的任务，打破信息孤岛，促进各环节之间的协作与信息流动。其主要功能是将来自车辆、充电桩、用户以及后台管理系统的数据整合，确保信息的及时、准确流转，从而为决策者提供全面、可靠的支持。为了保障平台的稳定运行，必须构建强大的数据存储与处理能力，所有采集的数据，包括车辆状态、充电记录、维修历史及用户行为等，需统一存储在云端数据库中，以确保数据的安全性、可访问性及长期有效存储。同时，为了有效应对海量实时数据，平台应具备高效的数据处理能力，通过数据清洗与标准化等处理手段，确保信息的准确性与一致性。共享功能同样是平台的一项重要特点，打破了各部门与系统之间的数据壁垒，实现了信息的互联互通。通过开放的 API 接口，不同模块，如车辆管理、运营调度、客户服务等，可便捷地访问所需数据，减少了信息的重复录入与手工处理，从而显著提高工作效率。此外，平台还为第三方合作伙伴提供数据接口，支持与供应商、服务商等进行数据交换，进一步推动了整个生态系统的协同发展。智能分析功能作为平台的另一关键特性，通过大数据分析与机器学习技术，能够从海量数据中提取出有价值的洞察，为运营管理提供科学的决策支持。例如，基于充电桩的使用数据，平台可以预测未来的需求波动，或者通过分析车辆使用数据，优化维护计划，进而减少不必要的维修支出，提高整体运营效率。

2.3 运营监控与智能调度系统

运营监控与智能调度系统是新能源汽车运营管理信息化解决方案中的核心组成部分，通过实时监控与智能调度的有机结合，保障了运营的高效性与灵活性。其主要目标是优化资源利用，减少空载与拥堵现象，同时有效降低运营成本。运营监控系统依赖于车辆、充电桩及其他关键设备上的传感器，实时采集数据，如车辆位置、运行状态、剩余电量及充电桩的使用情况。通过实时分析模块，系统将这些数据进行处理，为运营方提供车辆状态与充电设施使用情况的即时反馈。若发生故障或异常情况，系统可迅速发出警报，确保运营人员及时响应，从而减少潜在损失。智能调度系统则通过智能算法，结合实时监控数据与历史运行数据，对车辆与充电桩进行优化调度。这一调度方式不仅有助于减少空载率，还能平衡充电桩负载，避免资源在某一时段的过度集中。举例而言，系统能够根据车辆的当前位置与目的地，自动优化最短行驶路线，或根据实时用户需求调整充电桩分配，确保各个区域的车辆能够及时得到充电服务。此外，智能调度系统还具备强大的预测能力，能够通过历史数据分析预测高峰时段、热门路段与充电需求，从而提前进行资源调整，避免资源浪费或服务延误。在用户需求量较大的时段，系统将自动优化调度，确保充电桩与车辆资源的高效利用，保障运营的顺畅与服务的及时性。

2.4 车载信息系统与云平台

车载信息系统与云平台的结合，提供了更加智能化且便捷的新能源汽车运营管理解决方案。作为车辆的“大脑”，车载信息系统集成了多种传感器与通信模块，能够实时监控诸如电池电量、行驶位置、驾驶行为等各项状态数据。这些数据通过车载终端被上传至云平台，实现信息的流畅传输与即时更新。云平台在整个信息化系统中扮演着数据中枢的关键角色，所有车辆数据通过互联网实时传输至云端，统一进行存储、处理与分析。借助其强大的计算与存储能力，云平台能够高效处理海量数据，生成可视化分析结果，从而帮助运营方实时掌握每辆车的运行状况、充电情况及维修需求。通过云平台，运营管理方不仅能够进行实时监控，还能更加精准地优化车辆调度与维护计划。车载信息系统与云平台的协同作用，大大提升了车辆管理的透明度，进一步增强了运营决策的准确性。例如，若车载信息系统检测到电池电量不足，相关数据将立即传送至云平台，后者依据分析结果及时调整充电桩的调度，确保车辆得到及时充电。此外，车载信息系统与云平台的互动，使得运营方能够提前识别潜在的车辆故障或维护需求，避免突发问题的发生，从而确保车辆高效运行与服务的连续性。

2.5 移动应用与大数据分析

在新能源汽车运营管理中，移动应用与大数据分析扮演着至关重要的角色，它们不仅提升了运营效率，也显著增强了用户体验。通过移动应用，运营方与用户可以随时随地获取关键数据，进行远程监控与控制，从而优化管理流程。车主与运营人员能够实时查看车辆状态、充电

进度、故障提醒等信息，这些功能支持了更加精准的决策与调整[1]。对于运营方而言，移动应用还承担着调度工具的功能，实时更新车辆位置与状态，确保资源得到高效利用，车辆能够精确调度。与此同时，大数据分析技术的应用使得整个运营管理变得更加智能化和前瞻性。通过对海量运营数据的实时分析，运营方能够识别出用户的行为模式、充电需求的高峰时段以及车辆使用频率较高的区域等关键趋势。这些数据为运营决策提供了有力的支持。例如，基于历史数据，系统能够预测充电桩的使用需求，从而优化充电桩的分布与调度，避免资源浪费或不必要的拥堵。大数据分析还能够帮助运营方评估车辆的健康状况，预测潜在故障，并及时采取预防措施，从而有效降低维修成本和停运时间。

3 新能源汽车运营管理信息化系统的核心技术

3.1 物联网技术在运营管理中的应用

物联网技术的引入为新能源汽车运营管理赋予了高度的智能化与自动化，极大提升了车辆、充电桩及相关设备的管理效率与精准度。通过物联网，运营方能够实时获取车辆的各种状态数据，如电池电量、驾驶模式、故障报警等。传感器与智能终端将这些数据及时传输至后台系统，为运营人员提供实时监控功能，支持远程诊断与调整[2]。快速的数据反馈不仅显著缩短了故障响应时间，也有效避免了设备故障引发的停运问题，从而大幅提高了运营效率。在充电桩管理方面，物联网技术的应用同样发挥了关键作用，每个充电桩都配备智能传感器与通信模块，使得运营方能够实时掌握充电桩的使用状态、故障信息及负载情况。这一举措有助于优化充电桩的布局与资源配置，并确保在出现故障时，能够及时报警并派遣维修人员处理，减少用户受到的影响。通过对充电数据的分析，物联网还能够预测高峰期的充电需求与使用模式，进一步优化充电桩调度，缩短用户等待时间，提升整体服务体验。此外，物联网还推动了车辆维修与保养的智能化管理，系统通过实时监控车辆的运行数据，分析出潜在的隐患，及时通知维修人员进行预防性维护。这不仅有助于延长车辆的使用寿命，还能减少因突发故障导致的运营中断。通过物联网技术的实时监控与数据反馈，新能源汽车的运营管理得到了更精细化的执行，降低了运营成本，同时提高了车辆与设备的效率与可靠性。

3.2 大数据分析与决策支持系统

大数据分析与决策支持系统在新能源汽车运营管理中发挥着至关重要的作用。通过对大量运营数据的处理与分析，系统为运营方提供了宝贵的洞察，帮助决策者做出更加精准的判断与战略调整。随着数据的持续积累，涵盖车辆运行状态、用户行为以及充电桩使用情况等信息，数据本身蕴含着巨大的价值。通过对数据的整合、清洗与分析，大数据技术能够揭示潜在规律，为企业提供科学决策的依据[3]。例如，历史数据的分析使得系统能够有效预测充电需求的高峰期，从而自动调整资源配置，优化充电桩的分布与负载，避免资源过度集中或闲置。大数据还可用于预测车辆的维护周期，分析运行状态与故障记录，提前发现潜在问题，从而减少突发故障对运营的影响。在用户行为分析方面，通过精确识别不同地区与用户群体的需求差异，运营方能够为不同的用户群体提供量身定制的服务，提升整体用户体验与满意度。在此基础上，决策支持系统为管理者提供了一个智能化平台，能够从复杂的海量数据中提取出关键信息，为运营管理提供可操作的决策建议。通过系统的可视化界面，管理者得以直观地监控各项运营指标，迅速识别潜在问题并采取相应的解决措施。系统还支持多维度分析，模拟不同情境下的决策效果，帮助运营方在面对不确定性时做出最优决策。

4 结语

新能源汽车运营管理的信息化解决方案在提升运营效率、降低成本及增强市场竞争力方面发挥了至关重要的作用。通过物联网、大数据分析、云平台等先进技术的集成应用，车辆管理、充电桩调度、维修保养等环节实现了更加智能化与精细化的管理。随着技术的不断进步，运营模式的优化将继续得到推动，企业的管理水平将得到提升，行业挑战得以更好地应对，同时发展机遇也将被更好把握。进一步推动行业朝着绿色、可持续的方向发展的作用，信息化技术将持续发挥。

[参考文献]

[1]郭卫.新能源汽车后市场运营管理及运营模式构建[J].汽车与新动力,2023,6(2):66-69.
[2]李永林,高金敏.基于新能源汽车的《运营管理》课程思政教学体系构建研究[J].专用汽车,2024(4):112-114.
[3]齐明.开放式创新下 Y 新能源汽车公司知识产权管理的策略研究[D].山东:山东大学,2022.

作者简介：张君（1981.9—），单位名称：中国石化江汉油田分公司车辆服务中心，毕业学校和专业：武汉理工大学，计算机科学与技术专业。

工业智能化时代电子信息技术的应用研究

杨 洁
东台市信息化办公室，江苏 盐城 224200

[摘要]随着工业智能化时代的到来，电子信息技术也迎来了黄金发展期。互联网、大数据、区块链和人工智能等新兴技术的不断涌现和应用，使得电子信息技术的应用变得更加广泛和创新。电子信息技术在集成化与微型化、快捷化与高效化、数字化与网络化、智能化与自动化等方面的优势，为实际应用提供了重要支撑。文章还提出了针对性对策，旨在为推动工业智能化进程、解决行业痛点提供参考。通过对电子信息技术的深入研究，期望为工业领域的智能化改造和数字化转型提供理论基础和实践指导。

[关键词]工业智能化时代；电子信息技术；技术应用
DOI：10.33142/sca.v8i4.15932　　中图分类号：TP399　　文献标识码：A

Research on the Application of Electronic Information Technology in the Era of Industrial Intelligence

YANG Jie
Dongtai City Information Office, Yancheng, Jiangsu, 224200, China

Abstract: With the arrival of the industrial intelligence era, electronic information technology has also ushered in a golden period of development. The continuous emergence and application of emerging technologies such as the Internet, big data, blockchain and artificial intelligence make the application of electronic information technology more extensive and innovative. The advantages of electronic information technology in integration and miniaturization, speed and efficiency, digitization and networking, intelligence and automation provide important support for practical applications. The article also proposes targeted measures aimed at providing reference for promoting the process of industrial intelligence and solving industry pain points. Through in-depth research on electronic information technology, it is expected to provide theoretical basis and practical guidance for the intelligent transformation and digital transformation of the industrial field.

Keywords: industrial intelligence era; electronic information technology; technical application

引言

随着人工智能、大数据、物联网、云计算等信息技术的不断发展与成熟，工业智能化逐渐成为全球工业发展的重要趋势。在这一背景下，电子信息技术的深度融合与创新应用，推动了各行业从传统生产模式向智能制造、自动化控制与智能决策等多个方面的转型。通过利用电子信息技术，不仅提高了生产过程的自动化与智能化水平，而且优化资源配置、提升生产效率、降低能耗与成本、增强产品质量与可靠性，使得工业领域的全方位变革得以实现。在工业智能化浪潮的推动下，电子信息技术作为关键支撑突破了传统应用的边界，广泛应用至制造业、交通、能源、环境等多个领域，从而带来了产业升级与技术创新的新机遇。然而，工业智能化的推进，也伴随着一些挑战的出现，例如技术创新的可持续性、数据安全问题以及产业人才的短缺等。本文的研究，旨在探讨电子信息技术在工业智能化时代中的应用现状、技术特点与发展趋势，分析所面临的挑战，并讨论如何通过创新策略来应对这些问题，从而为相关行业的智能化转型提供理论依据与实践指导。

1 工业智能化时代电子信息技术的特点

1.1 集成化与微型化发展

在工业智能化时代，电子信息技术展现出了集成化与微型化的发展趋势。集成化是指将分散的电子元件与系统整合成一个单一模块，这不仅能够提升整体系统的性能与可靠性，而且生产成本与空间占用也得到了显著降低。微型化则是在集成化的基础上，电子元件的体积进一步缩小，使得原本庞大的设备得以变得更加紧凑与轻便。这一趋势，使得智能设备能够在有限空间内实现更强大的功能，推动了其在工业领域的广泛应用。例如，智能制造中的自动化控制系统、传感器与机器人等，通过集成化与微型化技术，实现了高效能与高精度的工作能力。

1.2 快捷化与高效化发展

在机械设计与制造中，电子信息技术的应用对控制精度提出了较高的要求。为了确保每个切削过程的高精度，许多连续切削的 CNC 机床依赖插补功能的电子信息技术元件，从而提升机械设计与制造的精度。常见的电子信息系统通常结合软件与硬件，通过插补控制器实现对相关装备的精准、高效控制。此外，在实际操作中，插补控制器有助

于减少 CPU 速度和插补算法的影响，确保切削过程的稳定性。为了进一步提高机械设计与制造的精度、效率和自动化控制水平，相关企业需要引入先进的电子信息技术装备，并采用多种关键技术手段来提升电子信息技术的应用精度。

1.3 数字化与网络化发展

在工业智能化时代，数字化与网络化已被视为电子信息技术的重要特征。数字化，涉及将传统的模拟信号转换为数字信号，这一转变极大地提升了数据存储、处理、传输与分析的效率与准确性。通过数字化技术的应用，工业设备的控制精度得到了显著提高，同时，数据分析能力也得到了大幅增强，从而为智能化生产与实时监控提供了有力的支撑[1]。同时，网络化的发展，使得工业设备、传感器及控制系统等能够通过网络实现互联与通信，进而形成了一个全面连接的工业互联网环境。

1.4 智能化与自动化发展

在工业智能化时代，智能化与自动化已被视为推动电子信息技术发展的关键力量。智能化，应用人工智能、机器学习、数据分析等技术，使得工业系统具备了自主感知、分析和决策的能力，从而减少了人工干预，提高了生产效率与质量。自动化，则依赖于传感器、控制系统与执行机构的协同工作，实现了生产过程的全自动化。这两者的结合，不仅提升了生产线的作业速度与精度，而且在面对复杂或突发情况时，智能算法得以借助进行实时调整与优化，从而确保了生产的连续性与稳定性。此外，通过实时监控与数据反馈，智能化技术还能够自动识别设备故障或质量问题，并进行预测性维护，从而有效减少了停机时间及维修成本。

2 工业智能化时代电子信息技术的具体应用

2.1 与工业化设计与加工制造紧密结合，释放传统劳动力

在工业智能化时代，电子信息技术与工业设计及加工制造的深度融合，不仅促进了生产效率的提升，还释放了传统劳动力。过去，传统制造业依赖大量人工操作，尤其在设计与加工过程中，往往需要大量的人工干预与手工操作，这不仅降低了生产效率，还影响了产品的一致性与质量。随着电子信息技术的不断进步，特别是计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）与机器人技术的应用，制造过程逐渐向智能化与自动化转型。通过电子信息技术的应用，设计、生产到检测的各个环节，已能够通过数字化与自动化系统完成，极大地减少了对人工操作的依赖，传统劳动力得到了释放。智能设备与系统的引入，不仅使得生产状态能够实时监控，而且优化了生产过程，提升了生产线的自动化水平与加工精度，从而提高了生产效率，减少了人为失误与浪费。

2.2 与光电技术有机整合，满足工业自动化与精密化控制需求

在工业智能化时代，光电技术与电子信息技术的深度融合，极大地满足了工业自动化与精密控制的需求。光电技术，作为一种结合光学与电子学的技术，依靠光信号的传输与处理，能够实现高效、精确的信号采集与传输，具有快速响应、强抗干扰能力及高精度等显著优势。在工业自动化应用中，光电技术已广泛应用于传感器、图像处理、激光测量、光纤通信等领域。例如，光电传感器能够精准检测物体的位置、速度与尺寸信息，并与电子信息技术结合，实现了实时数据采集与处理。这些精确的数据被传输到工业控制系统，用于自动化设备的调整与优化，从而确保了生产过程的高效运行。在精密控制方面，光电技术的应用，使得生产过程中的微小变化能够即时被捕捉并调节，从而提高了产品的制造精度与质量。结合现代控制系统，光电技术能够精准控制机械手臂、自动化生产线等设备，减少了人工干预，提高了生产效率[2]。此外，光电技术在远程监控与数据传输中的优势，也为工业生产提供了更灵活的控制方式，拓展了其应用前景，进一步推动了智能化制造的发展。

2.3 机械设计制造、机械设备等行业融合，加快 CPU 处理器多核改进

在工业智能化时代，机械设计制造与机械设备行业的融合，推动了电子信息技术的广泛应用，尤其加速了 CPU 处理器多核技术的发展。随着工业生产智能化水平的不断提高，对计算能力的需求愈加迫切，尤其体现在精密制造、自动化控制与数据处理等方面。传统的单核处理器，在面对复杂计算任务和大规模数据处理时，常常无法提供足够的处理能力，导致效率较低。相比之下，通过并行计算，多核处理器显著提升了处理速度和并发任务的处理能力。在机械设计与制造领域，精确计算与控制是确保生产质量与效率的核心。引入多核 CPU 后，多个任务，例如复杂的力学模拟、生产调度、质量控制与实时监控等，能够被设计师与工程师同时处理。这不仅提升了设计效率，还显著缩短了生产周期，减少了计算瓶颈引起的延迟。同时，多核处理器为复杂自动化设备与智能制造系统提供了强大的计算支持，使得机器人、CNC 机床与智能传感器等设备，能够在更高效、更精确的控制下运行。在机械设备领域，尤其是在数控机床与自动化装配线上，多核处理器的采用，进一步优化了控制算法，提升了设备的响应速度与加工精度。

2.4 应用于绿色化与环保化矿业领域

在工业智能化时代，电子信息技术在绿色矿业与环保领域中的应用，日益变得重要。随着全球环保意识的提升以及可持续发展目标的要求，矿业行业面临着更大的环境保护压力，传统的生产模式已无法满足现代社会对生态环境保护的需求。通过引入电子信息技术，特别是大数据、物联网与人工智能等技术，矿业生产不仅能够实现高效能，同时也能够有效减少对环境的负面影响。物联网技术的应用，使得矿区内的设备与生产流程得以实现

实时监控与管理。通过传感器与智能设备，矿山开采、运输与冶炼等环节的温度、湿度、气体浓度等环境数据，得以实时获取，从而及时识别潜在的污染风险。例如，采矿过程中产生的废气、废水与固体废弃物等，能够通过信息化技术得到有效监控，确保排放符合环保标准，减少污染物的排放。大数据技术在矿业生产中的应用，显著提升了能效管理与资源利用率。通过对采矿设备与生产线数据的分析，能够实现设备的智能调度与优化，提升资源开采效率，避免过度开采与浪费。同时，通过数据分析，还可预测矿山的开采进程，提前制定合理的采矿方案，从而减少环境破坏与资源浪费。人工智能技术的引入，进一步增强了矿业的环保能力[3]。智能化矿山开采技术，不仅减少了人工操作，降低了人为因素对环境的负面影响，还通过深度学习与算法优化，对矿山的环境影响进行了精准评估，能够根据环境变化自动调整开采策略，推动绿色矿业目标的实现。

2.5 与计算机网络通信多元化融合

在工业智能化时代，电子信息技术与计算机网络通信的多元化融合，成为了提升工业生产效率与推进智能化发展的关键因素。随着工业 4.0 的到来，传统的工业生产模式已无法满足现代社会对高效、精准及灵活生产的需求。为这一转型提供了坚实支持的，正是计算机网络通信技术的广泛应用。电子信息技术与计算机网络的深度结合，特别是在工业自动化、智能控制系统及大数据应用等领域，推动了智能工厂和智能制造系统的建立，显著提高了生产过程的效率、灵活性与精度。计算机网络技术的进步，使得工业设备之间的互联互通变得更加广泛。通过高速网络通信，生产设备、控制系统与传感器等，能够在不同地点进行连接，形成一个高效且智能的生产网络。通过这种网络化的协同工作模式，生产数据得以实时收集并进行分析，为生产管理与决策提供了准确的信息支持。设备间的互联互通，确保了信息的快速传输，提升了生产过程的响应速度与灵活性。此外，网络通信技术的多元化发展，进一步增强了工业自动化系统的智能化水平。例如，工业物联网技术通过无线网络实现了设备状态的实时监控与管理，传感器与智能终端随时获取设备运行数据，并上传至云平台进行分析。这一过程帮助生产管理者及时发现潜在故障或异常，从而采取了相应的预防措施。计算机网络与云计算、大数据等技术的结合，不仅实现了实时监控，还能够深入挖掘数据并进行智能分析，优化生产流程、降低成本及提升产品质量。在智能制造领域，计算机网络技术的多元化融合，进一步促进了智能控制系统的发展。通过先进的网络通信技术，生产中的各个环节，能够实现信息共享与协同工作。例如，在高度智能化的生产线中，机器人的操作、产品的组装与质量检测等过程，得以通过计算机网络无缝连接，形成自动化与高效化的生产流程。这种集成化智能系统，极大地提升了生产效率与产品一致性，同时减少了人工干预，降低了生产过程中的错误率。

3 工业智能化面临的挑战和对策建议

3.1 工业智能化面临的挑战

在工业智能化的推进过程中，企业面临诸多复杂挑战，其中技术创新与适应性问题尤为突出。由于传统工业体系与设备难以匹配智能技术的发展需求，且技术更迭速度加快，企业在应用和整合新技术时常遭遇重大阻碍。尤其是中小企业，受限于资金与技术储备，在技术升级与创新过程中承受的压力更大。此外，数据安全与隐私保护问题日益严峻。随着大数据、物联网及云计算技术的广泛应用，核心生产数据、客户信息以及商业机密的泄露与滥用风险显著增加，甚至可能对企业运营乃至国家安全构成威胁。与此同时，受高端技术人才短缺及培训体系滞后的影响，智能制造的发展受到了严重制约。相比传统工业生产主要依赖熟练技工，智能化生产模式对高水平专业技能人才的需求更高。然而，目前行业内合格技术人员的供应仍然不足，现有培训体系尚未完全适应智能化生产的要求。进一步加剧智能化进程阻碍的，是法律法规与标准化体系的滞后。由于智能制造涉及多种新兴技术的融合，现行法律框架与行业标准难以全面覆盖，导致企业在实施过程中缺乏明确的规范指导，增加了技术应用的不确定性。

3.2 工业智能化的对策建议

推进工业智能化转型，需在技术创新、数据安全、人才培养、法律法规及投资管理等多个方面协同发力，以确保转型过程高效且可持续。对研发的投入应当加大，完善的技术创新体系需被建立，核心技术能力的提升可通过自主研发、产学研合作等方式实现。同时，先进智能技术的引进应得到重视，并应构建灵活的技术升级机制，以便企业迅速适应行业发展与市场需求的变化。在数据安全与隐私保护方面，严格的数据安全管理体系需被构建，高强度加密、分级权限控制及网络安全防护手段应被广泛采用，以防止生产数据、客户信息及商业机密的泄露。此外，数据安全相关法律法规的完善需加快推进，由政府与行业组织主导的数据合规体系建设将进一步强化企业的信息安全意识及防护能力。作为智能化推进的重要基础，人才储备不容忽视[4]。企业应加强内部培训，并与高校及科研机构建立长期人才培养合作机制，同时优化薪酬与激励体系，以吸引并培养具备数字化、自动化及智能制造能力的复合型人才，满足行业对高技能劳动力的需求。与此同时，法律法规与行业标准体系的健全亦至关重要，相关政策的制定与更新应由行业主管部门加快推进，以确保法律框架能够适应新兴智能技术的发展，从而为企业提供明确的操作规范和标准，减少智能化应用的不确定性。关于投资与成本控制，资金配置的优化应被纳入企业的核心管理策略，政府补贴及专项资金的引入将有助于缓解资金压力。此外，

通过融资租赁、产业基金等金融工具，企业可降低资本支出风险，而采取分阶段实施智能化改造、共享制造资源及灵活的技术升级方案，则能有效提升投资回报率并控制运营成本。

4 结语

随着工业智能化时代的到来，电子信息技术的应用不断扩展，深刻变革了各行业的生产方式。通过集成化、微型化、智能化等技术的融合，电子信息技术为工业领域的发展注入新动能。光电技术的进步、多核 CPU 的改进以及网络通信技术的结合，推动了行业的创新与转型。然而，在这一进程中，数据安全与隐私保护等问题依然是亟待解决的重要挑战。展望未来，随着技术的不断发展，电子信息技术将在加速工业智能化进程中发挥更加关键的作用。

[参考文献]

[1]任静锋.工业智能化时代电子信息技术的应用研究[J].信息记录材料,2023,24(10):141-143.
[2]李远,刘倩.煤炭工业智能化生产中信息技术的应用[J].现代工业经济和信息化,2024,14(3):132-133.
[3]王素,黄帅.工业信息安全,企业智能化转型的必修课[J].进出口经理人,2018(7):48-50.

作者简介：杨洁（1989.4—）,单位名称：东台市信息化办公室。

基于模糊 PID 控制的智能艾灸机械臂设计

陈蔓林　岳 靖　曹栩睿　彭学健　黄治铭　李 丹
电子科技大学成都学院，四川 成都 610000

[摘要]随着医疗技术的进步，医用机械臂越来越广泛地应用于手术、康复等领域，以 STM32F405RGT6 芯片为主控核心，实现艾灸机械臂控制系统的设计。该系统采用模块化设计，包括主控模块，驱动模块，传感模块，人机交互模块。采用 PID 模糊控制，传感器高精度控温调节，利用 OpenCV 实现 AI 影像分析，实现三种穴位选择和艾灸手法模拟，同时加入艾烟净化系统，实现环保与个性化需求的双优结合。

[关键词]STM32f405RGT6 芯片；主控模块；电机驱动模块；传感模块；OpenCV；AI 影像分析
DOI：10.33142/sca.v8i4.15931　　中图分类号：TP789　　文献标识码：A

Design of Intelligent Moxibustion Robot Arm Based on Fuzzy PID Control

CHEN Manlin, YUE Jing, CAO Xurui, PENG Xuejian, HUANG Zhiming, LI Dan
Chengdu College of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: With the advancement of medical technology, medical robotic arms are increasingly widely used in fields such as surgery and rehabilitation. The STM32F405RGT6 chip is used as the main control core to design the control system for moxibustion robotic arms. The system adopts a modular design, including a main control module, a driver module, a sensing module, and a human-computer interaction module. Adopting PID fuzzy control, high-precision temperature control adjustment of sensors, utilizing OpenCV to achieve AI image analysis, realizing three types of acupoint selection and moxibustion technique simulation, while adding moxa purification system, achieving a dual optimization combination of environmental protection and personalized needs.

Keywords: STM32f 405RGT6 chip; main control module; motor drive module; sensing module; OpenCV; AI image analysis

引言

在一些医疗设备的使用场景中，如 TDP（特定电磁波谱疗法）治疗仪和熏艾治疗，通常需要将设备长时间定位在患者的特定部位进行治疗。为了确保治疗效果，医生通常会借助支架等工具将医疗设备牢固固定在特定位置，以维持设备与患者病灶部位的适当距离，并进行照射或熏艾一定时间。然而，在治疗过程中，医生可能难以同时照顾多名患者，导致某些情况下患者的特定部位可能会出现照射或熏艾时间过长或过短的情况，从而影响治疗效果。

作为医疗领域机器人技术的重要应用，艾灸机械臂可以在康复治疗中辅助医生同时照顾多位病人，机械臂可以沿着预定的轨迹移动，保证设备与病人的特定部位保持适当的距离，从而保证照射或熏艾时间的精确，提高治疗效果。

1 系统设计

本设计基于 STM32F405RGT6 主控芯片，开发六自由度红外艾灸智能机械臂系统。该系统集成高精度温度控制模块（MCP9808 传感器）、人机交互终端及艾烟净化装置，通过 OpenCV 的图像处理能力实现穴位精准定位。机械臂采用闭环控制算法，确保艾灸头与皮肤保持 1～3cm 稳定距离，温度波动范围控制在±1.5℃内。艾烟净化模块通过负压风机与活性炭过滤层，实现 95%以上烟雾吸附率，符合医疗环境空气质量标准。整体设计兼顾治疗精度与环保需求，适用于中医康复领域的智能化诊疗。

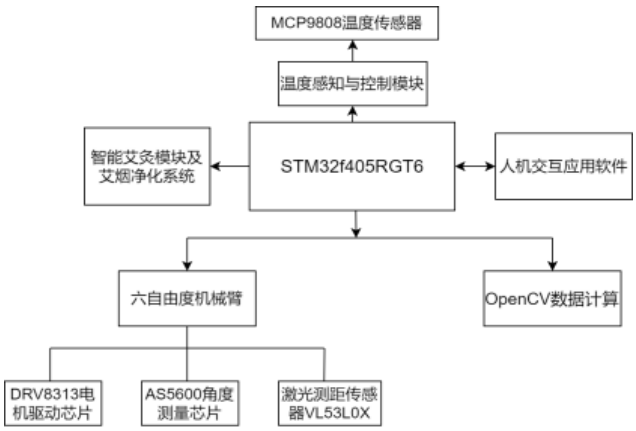

图 1　医疗机械臂整体构造图

1.1 六自由度机械臂系统模块

1.1.1 电机驱动模块

该模组采用 TB6612 双向直流马达驱动晶片，利用 STM32F405RGT6 微控制器进行实时控制。把 OpenCV 摄像机模块传回的图像处理数据提取关键控制信息后，通过串口将这些处理后的数据传输到步进马达驱动系统。采用这种方式，STM32F405RGT6 能够精准地控制步进电机的运行状态，从而实现整个系统的自动化控制和最终预期的运行效果。

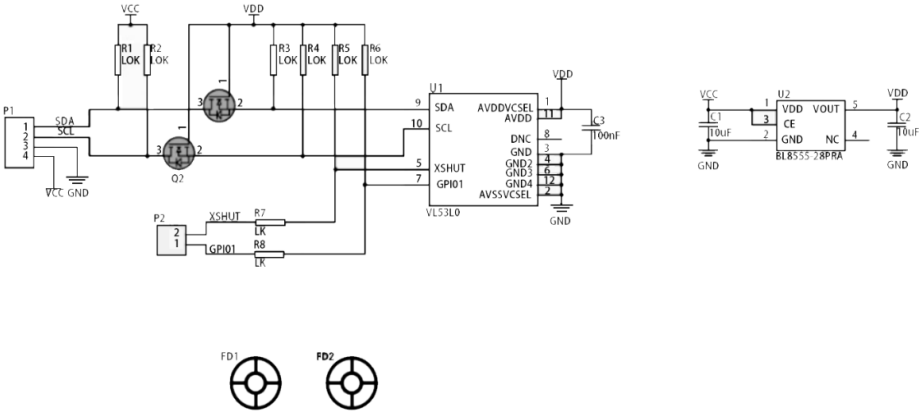

图 2　激光测距传感器 VL53L0X

1.1.2 角度和距离测量

角度模块采用 AS5600 芯片，该芯片基于磁力原理工作。它通过对周围磁场变化的探测，精确地确定传感器所处的位置与磁场相对。此外，其简易的接口和低功耗设计，使得集成到系统中变得更加方便。激光测距传感器选择 VL53L0X，通过发射激光脉冲并测量其反射回传感器的时间来确定目标物体的距离。

1.2 温度控制与模块选择

1.2.1 温度传感器的选择

选择温湿度传感器 MCP9808 结合测距传感器，实时检测灸头到皮肤表面的距离，调整治疗温度的设定值，以适应红外理疗、艾灸过程中对温度的需求，同时结合关节的灵活度调整、姿势的长期稳定性以及外界温湿度等环境因素的变化，实时调整距离。温湿度感应器中，模组 DHT11 在不同的温湿度条件下，将不同的电压反馈给主控晶片，主控晶片处理后，在数码管上显示出来。

1.2.2 温度调节的方法

双机械臂分别连接 TDP 治疗仪与熏艾机构，预设时间到后自动分离。其中一臂配置伸缩组件，可调节与 TDP 的距离，并通过前端集成的温度传感器来实时监测治疗区温度。为了调节红外和艾灸理疗的体表温度，我们主要采用模糊 PID 控制，实现温度的自动切换。

控制策略分为两步实施：

（1）分档控制：系统通过粗调快速减小大误差 EC=｜e(t)｜/E max（归一化误差），并通过动态调节动力挡位（如图中分档控制模块所示）抑制超调。

（2）模糊 PID 控制：输入部分 e(t)=r(t)-Y(t)为误差信号、de/dt 为误差变化率、误差上下文 EC=｜e(t)｜/E max（归一化误差），Kd，Kp，Ki 分别为微分增益，比例增益和积分增益。根据误差阶段优化增益参数。初期(EC＞0.8)时，Ki=0（关闭积分通道，防积分饱和）。Kd↓（减少对动态响应的抑制），Kp↑（加速误差收敛）；中期时（0.5<EC≤0.8），Kp↓（降低增益以抑制过冲），Kd↑（增大微分增益以预测误差趋势），Ki≈适中（补偿稳态误差）；后期（EC≤0.5），Kp↑（提高比例增益以修正微小偏差），Ki↑（增强积分增益以消除残余误差），Kd 进行动态调节，若 EC 小（接近目标），Kd↑（增强灵敏度），若 EC 大（误差反复），Kd↓（防振荡）。

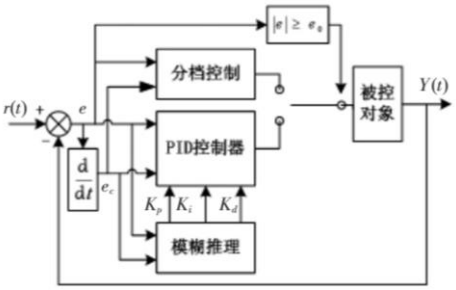

图 3　温度感知闭环系统控制图

1.3 智能艾灸模块

智能艾灸模块由两大部分组成：一是由高压电源 SKR-08WDC-001 模块、铝制金属铜和光敏树脂非金属容器构成艾烟进化系统；二是智能穴位选择与手法模拟系统。由这两大板块协同发力，让用户艾灸体验更加高效便捷。

利用电晕放电产生负离子的原理，将艾灸过程中产生的艾烟颗粒带电，吸附在具有高压电场的净化装置筒壁上，从而达到除烟的效果。高压电源 SKR-08WDC-001 模块，针对空气净化器因使用环境、负载变化等因素造成的臭氧超标问题，通过闭环控制器控制输出电压和电流，可有效抑制。

灸法模拟实现路径：基于温和灸、雀啄灸、回旋灸三种技法，融合 D-H 机械臂建模与 MATLAB Robotics Toolbox 平台，通过 DOBOTMagician 二次开发完成运动学仿真，建立笛卡尔空间位移时序曲线，解算关节角度/角速度/角加速度三阶运动参数，实现灸疗动作数字化建模。

穴位定位系统实现路径：基于 OpenCV 构建三阶段处理架构，采用 OV7725 传感器（640×480@60fps）实施多模态图像采集，通过色阈值分割、轮廓检测、质心计算实现穴位点定位，结合摄像机标定完成像素-机械臂坐标系转换，集成降噪/双边滤波/畸变校正/对比度增强四重预处理算法提升识别精度。

2 控制算法

2.1 算法实现流程

该系统的软件设计流程主要是微控系统。系统控制涵盖温度感知与控制模块、智能艾灸模块、智能 TDP 控制模块、艾烟净化模块以及以太网通讯模块。首先，启动理疗机械臂后，可以通过远程控制或直接控制选择理疗模式，再调整机械臂到恰当的位置，机械臂开始穴位的识别以及定位，接着根据当前的位置和穴位定位的数据通过 PID 运算及 PWM 脉冲控制机械臂的电机运动。在理疗的过程中，机械臂也会实时的进行人体表面的温度数据的检测与采集，并显示在机械臂屏幕上。再将采集的温度数据与设定的温度进行比较，根据不同的比较结果来控制艾烟净化装置和过温保护装置，保证能够安全理疗的同时又不污染环境。

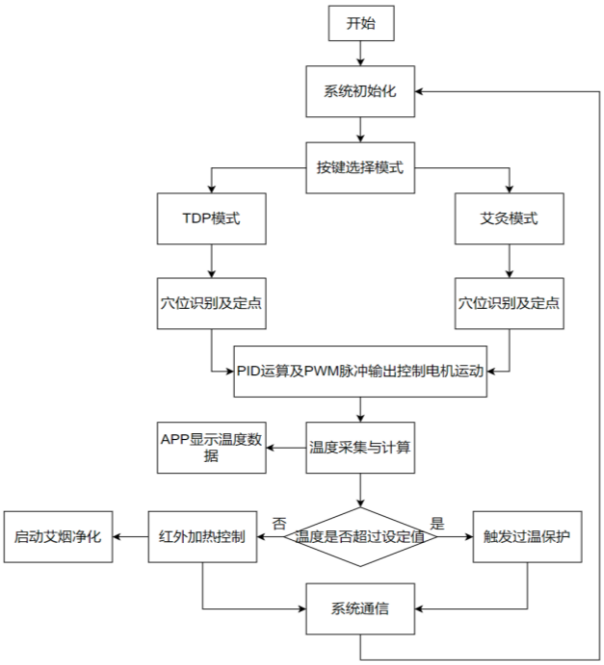

图 4　TDP 和艾灸双模式实现流程图

2.2 机械臂整体定位算法流程

机械臂穴位定位系统通过灰度化-阈值分割二值化处理图像，采用 FindContours 算法结合图像矩法提取质心坐标。经 PID 调控的三相驱动模块（含 Clark/Parker 变换、SVPWM 调制）驱动伺服电机，配合编码器闭环反馈实现 μm 级定位精度。系统具备动态轨迹优化与电流电压精准控制功能。

其中，在对机械臂的控制以及穴位定位中，“Clark 变换”和“Park 变换”将主要用于将三相交流电信号转换为更易于处理的两相交流信号和直流信号。“Clark 变换”的主要目的是将三相系统（通常是电流或电压）转换为两个正交的信号，这两个信号通常称为 α 轴(I_α)和 β 轴（I_β）这让得分析和控制变得更加直观和简便。其中假定三相电流为：Ia，Ib，Ic。那么：

$$I_\alpha = I_a - \frac{1}{2}I_b - \frac{1}{2}I_c \quad (1)$$

$$I_\beta = \frac{\sqrt{3}}{2}I_b - \frac{\sqrt{3}}{2}I_c \quad (2)$$

“Clark 变换”将三相信号压缩为两相信号，但并不会将交流信号转换为直流信号，而是使得后续的分析（如帕克变换）变得更加容易。为了将两相信号 I_α，I_β进一步转换为直流信号 I_d，I_p我们将继续采用帕克变换：其中，θ 是旋转角度，通常与电机转子的转动角度相关。

最终，通过“Clark 变换”和“Park 变换”，将三相交流信号转换直流信号，大大简化了分析过程以及控制过程，使对电机的控制更加精确和高效。

3 实验测试结果

将各个模块连接在 STM32F405RGT6 上，将程序下载到单片机芯片中，使用万用表检测电路是否正常，测试各部分功能是否正常。启动理疗臂的艾灸模式，观察并记录理疗臂穴位定位正确时，不同温湿度下机械臂的角度。

图 5　机械臂实物图和模式界面

机械臂的主页模式中，一共包含背部扫描，肌肉检测，艾灸，皮肤检测四个功能。根据实验结果看出，四个功能在不同的环境温度和湿度中，机械臂的角度旋转相对误差都较小，控制在 1° 到 2° 的角度偏差范围内，同时即使在温度和湿度波动的情况下，医疗臂的理疗温度误差范围也能控制在 0 到 0.18℃，确保在实际操作中实现高效的定位与运动。该特性使设备在多种环境下都能保持性能表现的一致性，以满足医疗领域对稳定性和可靠性的苛刻要求。

4 结论

设计并实现基于 STM32F405RGT6 的一体化智能理疗机械臂。该系统整体架构采用“机械臂+理疗端”的有机结合，实现红外和艾灸理疗功能的综合设计。六自由度机械臂通过感知、识别和控制信息，结合理疗端的特性，精确瞄准身体特定区域进行理疗。在温度调节方面，系统采用“距离温度测量+模糊 PID 控制”算法，确保与设定温度的稳定一致。同时，为了满足艾灸理疗的特定应用需求，通过结合“视觉感知+深度学习”技术，实现身体穴位的识别与定位，并模拟艾灸手法，同时净化艾灸产生的烟雾。该智能理疗臂具有智能化、高安全性等显著特点，广泛适用于医疗场所、康复机构及居家保健，

市场前景十分广阔。

[参考文献]

[1]张逸.低热烧伤的特点及治疗[J].交通医学,1999,13(4):501.
[2]谢宋和,甘勇.单片机模糊控制系统设计与应用实例[M].北京:电子工业出版社,1999.
[3]周黎英,赵国树.模糊PID控制算法在恒速升温系统中的应用[J].仪器仪表学报,2008,29(2):405-409.
[4]彭安娜,袁愿,冯金垣.基于RFID和LABVIEW的分布式温湿度监控系统的设计[J].电子设计工程,2016,24(6):145-148.
[5]林城美,王公宝,汪光森,等.基于脉冲跳变的空间矢量脉冲宽度调制策略[J].电机与控制学报,2016,20(1):43-51.
[6]杨景发,徐景智,赵庆勋,等.红外理疗的机理探讨与红外理疗仪的发展前景分析[J].红外,1999(11):9-13.
[7]朱嵘涛,武洪涛.基于增量式PID算法的直流电机调速系统[J].仪表技术与传感器,2017(7):121-126.
[8].李广弟.单片机基础[M].北京:航空航天大学出版社,2000.
[9]孙育才.Atmel新型AT89S52系列单片机及其应用[M].北京:清华大学出版社,2005.
[10]陆坤等.电子设计技术[M].成都:电子科技大学出版社,1917.
[11].陈大钦.电子技术基础实验[M].北京:高等教育出版社,2001.
[12]周江.STM32 单片机原理及硬件电路设计研究[J].数字技术与应用,2015(11):1.

作者简介：陈蔓林 女(2005.1-) 电子科技大学成都学院通信工程

智能化安全监测在深基坑支护中的应用研究

沈志成
安徽建工三建集团有限公司，安徽 合肥 235300

[摘要]在当前新时期背景下，城市建设过程中的地下空间开发场景逐渐增多，而深基坑支护在相关工程中发挥重要作用。智能化安全监测技术作为保障深基坑支护结构安全重要手段，其应用研究在提升深基坑工程安全性、经济性以及施工效率方面发挥重要作用。基于此，本篇文章研究中将首先对智能化安全监测技术在深基坑支护技术的应用意义进行探究，在此基础上深入分析该技术在污水处理厂深基坑支护施工管理中的应用要点。

[关键词]智能化安全监测技术；深基坑支护；应用
DOI：10.33142/sca.v8i4.15927　　中图分类号：TU753　　文献标识码：A

Application Research on Intelligent Safety Monitoring in Deep Foundation Pit Support

SHEN Zhicheng
Anhui Construction Engineering Sanjian Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 235300, China

Abstract: In the current new era, the development scenarios of underground space in urban construction are gradually increasing, and deep foundation pit support plays an important role in related projects. Intelligent safety monitoring technology, as an important means to ensure the safety of deep foundation pit support structures, plays an important role in improving the safety, economy, and construction efficiency of deep foundation pit engineering through its application research. Based on this, this article will first explore the application significance of intelligent safety monitoring technology in deep foundation pit support technology, and on this basis, deeply analyze the application points of this technology in the construction management of deep foundation pit support in sewage treatment plants.

Keywords: intelligent safety monitoring technology; deep foundation pit support; application

引言

随着建筑技术发展水平不断提升，深基坑工程建设规模与深度也随之不断增长，所面临地质条件也愈发复杂，此情况直接导致传统监测方法难以适应现代深基坑工程对安全性的高要求。由此智能化安全监测技术应运而生，在传感器技术、数据通信技术、信息处理技术等支持下实现对深基坑支护结构进行实时、连续、自动化监测，以此为工程安全提供相应技术支持。

1 智能化安全监测技术的应用意义

1.1 提升工程安全性与风险防控能力

智能化安全监测在实际应用中可通过实时动态监测技术为提升深基坑支护项目安全性提供有力保障。该技术主要将倾角计、应变计等物联网传感器与自动化数据采集系统充分结合，进而实现对深基坑支护结构变形、位移以及周边地表沉降等关键指标进行持续监测。该全天候监测方式可确保管理人员及时发现异常情况并及时采取相应处置措施，防止潜在安全隐患演变成实际事故。

在风险防控方面，智能化安全监测则充分利用大数据分析和人工智能算法优势构建出智能化预警系统。利用该系统对监测数据进行有效处理，预测支护结构失稳等潜在风险事件。系统在预测到潜在风险后将立即启动多级预警机制，确保相关人员可迅速做出响应，规避事故风险或降低事故造成的损失。

1.2 优化施工管理与决策支持

在深基坑支护施工管理方面，智能化安全监测可依托于数据驱动相关决策优化。施工管理部门可利用积累的监测数据以及深度挖掘，构建出深基坑支护动态数值模型。将该模型与BIM技术充分结合，可为施工管理人员提供相应决策支持工具，促使对支护方案和施工工艺优化路径进行精准把握，如基于实时监测数据对支撑轴力、锚杆预应力等关键参数进行调整，以此保障支护结构安全性与稳定性。

同时，施工管理部门还可积极引入智能化平台，对监测数据、设计参数和施工进度等信息进行有效整合，以此促使不同部门间进行实时信息共享与协同工作。该协同管理方式可大幅提高管理效率，切实保障施工有序开展。

1.3 降低工程成本与资源浪费

在深基坑支护施工实际开展中，通过实施早期风险预警和及时干预措施可最大限度地避免支护结构破坏导致的工程返工问题，以此切实减少因事故导致停工损失以及额外成本投入，以此大幅提升工程项目经济效益，并降低施工作业对环境和社会的影响。

此外，工程实际作业中还可利用自动化监测技术替代

传统人工巡检方式，以此提高监测准确性和效率，大幅减少现场人力资源投入。该优势在超深、复杂基坑方面表现尤为显著，人工巡检方式在相关工程中所耗费时间与人力资源较多，且需面临一定安全隐患，而自动化监测技术可实现持续、稳定地提供监测数据，为工程项目有序开展提供有力保障。同时，此也可为节约人力成本、降低资源浪费提供有力保障。

2 案例工程概况

为深入探究智能化安全监测在深基坑支护中的应用要点，本文研究中将选取具体案例进行深入探究。案例工程污水处理设施初始设计日处理污水量为 5 万 t，中水回用量为 2 万 t，远期规划将扩容至污水 10 万 t、中水 5 万 t。案例项目位处冲洪积平原三角区域，紧邻河西岸一级阶地前沿。项目建设区域形状规则、地势平坦，周边环境较为复杂，四周围绕诸多建筑。

考虑到项目位于场地东南侧，基坑最深处 14.95m，周长约 132m，基坑侧壁安全等级为一级，北侧 13.66m 为拟建细格栅及曝气沉砂池单体，东侧 5.8m 为厂区内主干道，南侧 9m 为大门内侧场地硬化区域，西侧 5m 为拟建混凝土挡土墙。北侧及西侧建（构）筑物均在基坑支护完成后施工。均采用上部放坡+灌注桩+内支撑，灌注桩中间用高压旋喷加固土体，支护桩外侧采用高压旋喷桩止水帷幕方案。

3 智能化安全监测在深基坑支护中的应用要点

3.1 自动化监测预警系统

为切实提高深基坑支护施工安全监测预警智能化水平，有技术人员在实际作业中对物联网+、互联网+以及地质+等技术进行整合，构建出高效且智能的感知预警平台。该平台在发展初期主要用于满足地质灾害智能监测需求，而随着时间逐渐推移，其应用范围也逐渐扩展至建筑工程施工领域，并展现出强大适应性以及可扩展性。

在案例深基坑工程实际作业中，施工技术人员结合项目实际情况，构建出基于多源数据融合的数字化监测系统。该系统可对深基坑结构位移、沉降等关键参数进行实时在线监测，进而为工程安全提供相应数据支持。在具体实施中，施工单位严格遵循相应流程对该系统进行布置：首先，施工单位基于相关规范要求对传感器网络进行精心布设；其次，技术人员建立起完善的设备组网通信系统，以保障数据传输稳定性；最后，施工单位技术人员搭建云端数据处理中枢，有效实现对海量数据进行快速分析和处理目标。

技术人员利用系统阈值预警功能，根据 JGJ120-2012 规范以及支护类型设定本次工程警戒值为 50mm。在监测参数超过预设限值时，系统将自动触发多级预警机制，通过移动终端和管理平台迅速将预警信息同步推送给相关人员，确保相关人员可及时发现并处理潜在安全隐患。自动化监测预警系统如图 1 所示。

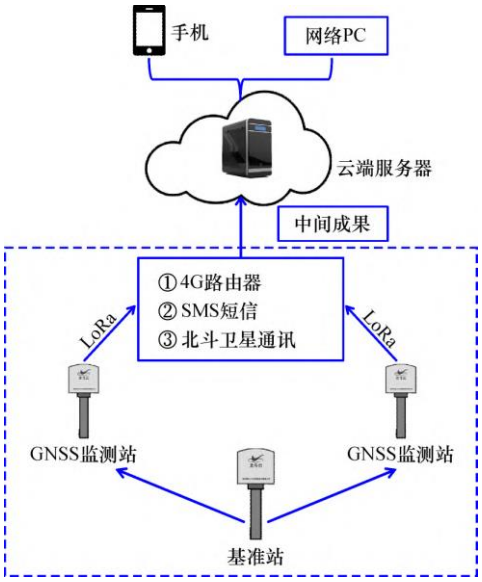

图 1 深基坑支护结构信息转换系统

3.2 系统核心组件

案例工程中所用深基坑支护安全监测系统主要由高精度定位终端、智能采集终端、边缘计算网关三大核心功能模块构成，其各自承担不同任务功能，共同支撑起系统整体运行稳定性。

在高精度定位终端方面，该设备对先进的多模卫星定位技术进行有效整合，以此为用户提供精确的位置信息服务。此外终端中还嵌入低功耗广域通信技术，有效实现在 3km 半径范围内构建出稳定的网络，该特性大幅拓展其应用场景。此外，该终端设备中还支持远程参数配置功能，即使在无公共网络覆盖环境下，用户也可依托于 Wi-Fi 直连方式实现操作管理，此可大幅提升设备使用灵活性以及实用性。从实际应用角度分析，高精度定位终端在平面监测的精度可达到±1.5mm，高程监测方面的精度同样可达到±2.5mm，该高精度特征可完全满足各类监测任务实际需求。

在智能采集终端设备方面，其在实际应用中呈现出强大的自适应传感器接口优势，可对市面常用传感器设备进行兼容，此即为用户应用提供较大便利条件支持。该设备采用有线与无线相结合的混合传输模式实现数据传输目标，此设计有效保障数据传输稳定性以及高效性，最大限度地避免数据丢失或传输中断问题出现。此外，智能采集终端设备中还内置的协议库可为即插即用功能提供支持，进而对用户操作流程进行大幅简化，以此降低使用难度。需重点注意的是，该终端设备在面临异常工况时依然可稳定开展数据采集工作，为后续故障排查工作提供相应数据支持和参考依据。

在边缘计算网关方面，其主要作为网络层数据中转站并发挥至关重要的作用。网关支持断点续传功能，可切实保障数据完整性不受影响，同时其还具备强大的协议转换

能力，可确保不同协议间的数据实现顺畅流通，进而最大限度地提升系统兼容性以及灵活性。此外，边缘计算网关中还内置有本地存储模块，可为远程升级功能实现提供相应支持，用户在实际操作中可基于自身实际需求做出灵活配置和升级操作。相关功能共同提升系统整体稳定性以及可扩展性，进而为用户带来更便捷、高效的监测服务体验。

3.3 监测网络部署策略与数据分析

案例工程深基坑支护作业中，技术人员在项目周边关键区域采用精细化网格布设法，以 20m 为间距精心设置 31 个监测点，以实现对支护体系与邻近建筑物间的协同变形情况进行全面准确地监控，以保障工程施工安全性。

在施工作业过程中，施工单位严格实施日常巡检与定期专业监测相结合策略，以此保证监测作业连续性，同时切实保障数据精准度和可靠性。从 2018 年 11 月至 2019 年 7 月期间，施工技术人员成功采集到完整的变形时序数据，可为后续深入分析提供坚实基础保障。

为直观展示深基坑变形情况，技术人员在工作中选取四个典型监测点（WY16、WY19、WY22 和 WY25）开展重点分析。通过绘制出如图 2 所示监测点时程曲线可清晰发现：在深基坑支护体系施工初期（即前 30 天），受土壤结构变化作用影响，坡顶水平位移快速增长至 42.1mm。然而随锚固体系逐渐生效，位移增长速度开始放缓，此结果充分显现出支护措施具备较强有效性。此外需重点注意的是，在 2019 年汛期阶段，部分监测点在强降水冲击作用下出现局部位移陡增现象，日变化量最高达到 4mm。为有效应对该紧急情况，施工单位迅速启动应急处置预案，通过采取有针对性的处置措施成功将位移变化控制在稳定范围内。

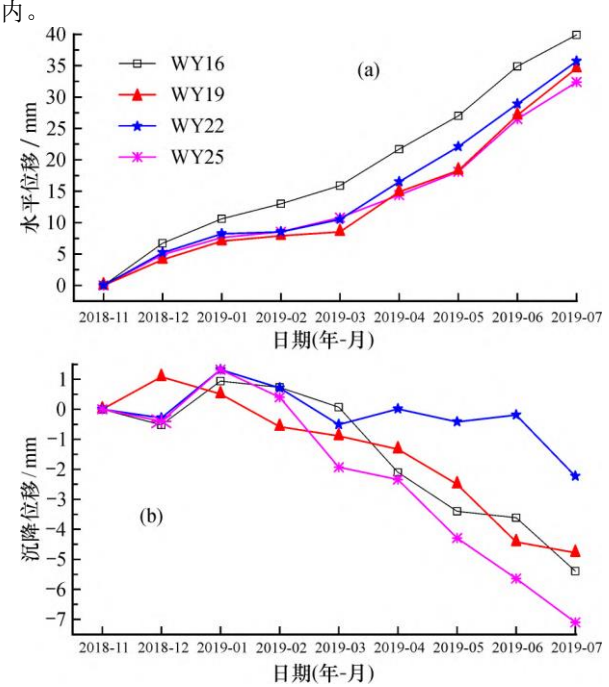

图 2　深基坑支护结构监测点位移时间累积曲线

技术人员在进行全面监测与分析后得出结论：各监测点累计位移值均稳定在较低水平，其中水平位移与沉降位移分别达到 43mm 以及 5.38mm，该数值均远低于设计警戒阈值。此结果有效验证技术人员所设计支护体系具备较强有效性以及稳定性，同时也为后续施工和监测工作提供相应经验参考支持。

3.4 支护结构动态设计

在案例深基坑工程推进至南侧区域深基坑的-6.5 米深度时，施工单位所部署的先进监测系统敏锐捕捉到该区域出现异常变形情况。系统在监测到该情况立即触发现场紧急响应程序，技术人员通过细致的实地核查后确定导致异常变形情况出现的原因在于地下水渗流作用导致的施工区域土体显著软化，此对深基坑整体结构稳定性造成严重威胁。

面对该紧急情况，施工管理部门迅速组织地质、土木、水利等领域专家开展跨专业会诊会议，共同探讨应对策略。在经过深入讨论与分析，施工单位决定采用综合性治理措施以应对当前挑战，具体措施主要包括如下几方面：

第一，对周边排水系统进行优化。施工单位为有效处置地下水渗流问题，对施工区域周边排水设施进行全面排查与优化，切实保障排水系统可对地下水进行有效疏导，最大限度地减少其对施工区域土体的不良影响。

第二，调整支护参数。基于案例工程当前地质条件以及变形趋势，施工单位决定对支护结构设计参数做出灵活调整，以切实增强其抵抗变形能力。经过优化后的断面设计有效实现增强支护结构强度与稳定性目标，以此有效避免土体进一步变形。

第三，提升监测频率。为切实保障施工过程整体安全性，施工管理部门决定将监测频率提升至每日 2 次，以保障对施工区域变形情况进行及时、精准地掌握，为后续决策提供必要数据支持。

在实施改进实施后，施工单位对深基坑变形速率变化情况进行持续跟踪与评估。通过实施此一系列综合措施，施工区域变形速率被有效地控制在 0.5mm/d 以内，此情况充分验证出监测反馈机制具备较强有效性以及及时性。

4 结语

综上所述，智能化安全监测技术在深基坑支护施工中发挥重要作用，通过构建起完善的智能化预警系统，可实现对深基坑支护作业中的潜在安全风险进行预警与处置，同时也可实现优化施工管理决策支持以及降低工程成本与资源浪费情况。本文研究中基于案例工程对智能化安全监测应用要点进行深入分析，在高精度定位终端、智能采集终端、边缘计算网关等关键组件支持下构建并部署自动化监测预警系统，可有效实现对监测网络所采集数据进行有效分析，并在此基础上对支护结构设计参数进行动态调整，以此显著提高深基坑施工安全性，并最大限度地提升

施工管理效率和经济效益，为确保深基坑支护施工达到预期目标提供有力保障。

[参考文献]

[1]范国鹏.深基坑支护结构施工中变形监测及安全性评估方法探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2024(33):127-129.
[2]李会.基于模型数据与变形监测分析深基坑安全处理研究[J].工程机械与维修,2023(1):291-293.
[3]王兆洋.软土地层地铁深基坑施工智能化监测技术研究[J].城市建筑,2024,21(6):205-208.
[4]骆安金.监测技术在深基坑支护施工中的应用研究[J].房地产世界,2024(8):104-106.
[5]廖原,乔绍财,黄海荣,等.某超高层深基坑支护设计及智能监测技术的应用[J].桂林理工大学学报,2023,43(1):100-107.
[6]吴晔.深基坑工程变形监测技术及应用研究[J].江西建材,2023(12):175-176.
[7]曾森华,吴晨龙,王飞祥.基于光纤传感技术的超深基坑支护监测技术研究[J].山西建筑,2024,50(3):75-77.

作者简介：沈志成（1990.11—），男，南京工程学院，工程管理，安徽建工三建集团有限公司，技术负责人，工程师。

浅析电气工程自动化节能环保技术研究

丁凯悦
河北省交通规划设计研究院有限公司交建分公司，河北 石家庄 050000

[摘要]电气工程自动化节能环保技术作为现代能源管理和环境保护的重要组成部分，正日益受到重视。在全球能源紧张和环保压力加大的背景下，如何有效提升电气系统的能效，减少能源消耗与环境污染，成为了电气工程领域亟需解决的核心问题。信息技术的飞速发展，为电气工程的自动化和节能环保提供了强有力的支持。通过智能化设计、实时监控、自动化操作以及优化能源管理等手段，电气工程的自动化水平不断提升，同时也在推动绿色能源的广泛应用。文中探讨信息技术在电气工程自动化节能环保中的关键应用，包括设计优化、智能监控、自动化操作、能源管理及绿色能源促进等方面，并分析这些技术如何在实际应用中发挥作用，以期为未来技术的发展提供参考和借鉴。

[关键词]电气工程自动化；节能环保技术；信息技术；智能监控
DOI：10.33142/sca.v8i4.15947　　中图分类号：TM76　　文献标识码：A

Brief Analysis of Energy-saving and Environmental Protection Technologies in Electrical Engineering Automation

DING Kaiyue
Communications Construction Branch of Hebei Provincial Communications Planning, Design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Electrical engineering automation energy-saving and environmental protection technology, as an important component of modern energy management and environmental protection, is increasingly being valued. Against the backdrop of global energy scarcity and increasing environmental pressure, how to effectively improve the energy efficiency of electrical systems, reduce energy consumption and environmental pollution has become a core issue that urgently needs to be addressed in the field of electrical engineering. The rapid development of information technology has provided strong support for the automation, energy conservation, and environmental protection of electrical engineering. Through intelligent design, real-time monitoring, automated operations, and optimized energy management, the automation level of electrical engineering continues to improve, while also promoting the widespread application of green energy. The article explores the key applications of information technology in energy conservation and environmental protection of electrical engineering automation, including design optimization, intelligent monitoring, automation operation, energy management, and green energy promotion. It also analyzes how these technologies play a role in practical applications, in order to provide reference and inspiration for the future development of technology.

Keywords: electrical engineering automation; energy-saving and environmental protection technologies; information technology; intelligent monitoring

引言

随着经济的迅速发展和城市化进程的加快，能源需求不断增长，传统能源的过度使用导致了严重的环境污染和资源枯竭。与此同时，全球对环境保护的关注也不断加大，促使各国政府和企业寻求更为高效、环保的能源管理解决方案。基于此，电气工程领域的自动化技术作为提升能效和减少环境影响的重要手段，受到广泛关注。信息技术的快速进步，为电气工程自动化节能环保技术的应用提供了强大的技术支持。从设计阶段到实际运行，信息技术在优化设计、智能监控、自动化操作、能源管理和绿色能源使用等方面的应用，在推动电气工程领域的转型升级，助力实现可持续发展目标。

1 电气工程自动化节能环保技术应用的积极作用

自动化技术通过优化设备运行和能源使用，显著提高了系统的能效。自动化系统能够实时监测和调节电力负荷，从而有效减少能源浪费。还能够实现设备的智能化管理，降低人为操作失误，提升运行稳定性，从而进一步降低能源消耗和碳排放。例如，智能电网和自动化控制系统能够动态调整电力供应，避免了过度生产和无效消耗，促进了能源的高效利用。自动化技术在节能方面的贡献不仅体现在减少能源使用量，通过精确控制和优化能源管理，企业能够减少能源支出，并将节省的成本用于其他关键领域的发展。电气工程自动化技术的广泛应用也推动了绿色能源的使用。自动化系统能够更好地集成和管理可再生能源，支持可持续发展目标。

2 电气工程自动化节能环保技术的应用现状

2.1 电气工程自动化节能环保技术研究成果

随着科技的进步和节能环保需求的提升，电气工程领

域的自动化技术不断发展和成熟。从最初的基础控制技术到现如今的智能化系统，电气工程自动化技术已经在实践中展现出良好的节能环保效果。现代自动化系统通过集成先进的传感器、数据分析和智能控制技术，实现了对能源使用的精确监测和优化管理。例如，智能电网和自动化配电系统能够根据实时负荷和需求调整电力供应，从而有效降低了能耗和排放。此外，自动化控制系统还能够通过实时数据分析和预警机制，及时发现和解决运行中的问题，进一步提高了系统的能源利用效率和设备的运行稳定性[1]。许多企业和机构已经在实际应用中验证了这些技术的有效性，显著降低了运营成本和环境影响。研究成果表明，自动化节能环保技术不仅优化了能源使用，减少了资源浪费，还推动了可持续发展的目标。

2.2 电气工程自动化节能环保技术瓶颈

尽管电气工程自动化节能环保技术取得了一些积极成果，但在实际应用中仍面临若干瓶颈，制约了技术的进一步发展和推广。尽管一些先进的自动化系统已经投入使用，但在许多传统电气工程项目中，自动化水平仍然较低，导致技术效益无法充分发挥，不仅影响了节能效果，也制约了环保目标的实现。电气工程自动化节能环保技术的研究经验尚不丰富，许多技术方案缺乏充分的实践验证和积累的经验，使得在实际应用中可能遇到预期外的问题和挑战。信息技术在电气工程中的应用往往滞后，影响了数据采集、处理和分析的能力。信息化建设的不足使得自动化系统在运行中无法充分利用大数据和智能分析来优化性能，从而制约了系统的节能和环保效果。总之，自动化水平不足、研究经验匮乏和信息化建设落后，这些瓶颈问题需要在未来的发展中得到有效解决，以推动电气工程自动化节能环保技术的全面进步。

3 电气工程自动化节能环保技术发展探索

3.1 提升电气工程自动化水平

加大电气自动化技术的研发力度是提升自动化水平的重要前提。通过投入更多资源于技术创新和开发，可以推动新技术的出现和现有技术的改进，提高系统的智能化和自动化程度。例如，通过研发先进的传感器、控制器和智能算法，可以显著提升系统的控制精度和响应速度，从而提高整体的能效和环保效果。电气自动化技术的复杂性要求从业人员具备扎实的专业知识和技能。因此，通过系统的培训和教育，提高工作人员的技术能力和操作水平，将有助于技术的有效应用和系统的优化运行。建立和完善管理机制，规范技术标准和操作流程，可以提高系统的管理效率和运行稳定性，确保技术的有效实施。管理体系的完善还包括建立有效的监督和评估机制，以及时发现和解决运行中的问题，进一步优化系统性能。促进电气工程自动化技术与其他技术的融合也是提升自动化水平的重要方向。通过与信息技术、人工智能、物联网等先进技术的结合，可以实现系统的智能化、数据化和网络化，从而提高系统的综合性能和效益。例如，智能控制技术与大数据分析的结合，可以实现对系统运行状态的实时监控和智能调整，提高节能和环保效果。通过在实际应用中不断总结经验和改进技术方案，可以发现技术应用中的问题和不足，进而优化技术方案，提高系统的实际效果[2]。应用实践不仅包括技术的实际操作，还包括技术的维护和升级，确保系统能够适应不断变化的需求和环境。不断优化技术方案和系统设计，可以实现更高的能效和更低的能源消耗，从而达到节能和环保的目标。节能优化不仅涉及到技术本身，还包括系统的运行和管理，通过综合措施实现整体节能效果的提升。与国际同行的交流与合作，可以借鉴先进经验和技术，了解最新的发展动态，从而推动技术的创新和进步。国际合作还可以促进技术标准的统一和规范，提升技术的全球适应性和竞争力。总之，通过加大研发力度、提升专业素质、完善管理体系、促进技术融合、强化应用实践、关注节能优化和加强国际合作，可以全面提升电气工程自动化水平，推动节能环保技术的发展和应用。

3.2 把握电气工程自动化节能环保技术的发展方向

把握电气工程自动化节能环保技术的发展方向，是推动技术进步和实现节能环保目标的关键。随着人工智能、机器学习和大数据技术的不断成熟，智能化技术在电气工程中的应用越来越广泛。智能化不仅能够提升系统的自动化水平，还能通过精准的数据分析和预测，提高系统的运行效率和节能效果。例如，智能控制系统可以根据实时数据自动调整设备运行状态，优化能源使用，减少能源浪费。随着全球节能减排目标的日益紧迫，电气工程自动化技术需要不断创新，以实现更高的能效。未来的技术发展将重点关注能源管理系统的优化，探索更高效的能源使用方式和节能措施。通过对电力系统的深入分析和优化，可以显著降低能耗，并提高能源利用效率。环保技术的应用可以有效减少对环境的负面影响，推动绿色发展。未来的技术发展将加强对环保技术的研究和应用，探索新型环保材料和技术，降低系统对环境的影响。同时，技术创新将支持可再生能源的应用和集成，提高系统的环保性能。例如，通过自动化技术优化可再生能源的接入和管理，促进绿色能源的高效使用。信息化的推进也是电气工程自动化技术发展的一个关键方向。信息化技术的发展将极大地推动电气工程系统的智能化和数据化。未来，信息化建设将涵盖更广泛的领域，包括数据采集、处理、分析和决策支持。通过建设完善的信息化平台，可以实现对系统的全面监控和优化，提高技术的应用效果。最后，国际化合作将成为推动电气工程自动化节能环保技术发展的重要途径。全球化的背景下，国际间的技术交流与合作将有助于技术的创新和进步。总之，电气工程自动化节能环保技术的发展方向将集中在智能化、节能化、环保化、信息化和国际化合

作等方面。

3.3 加强信息技术在电气工程自动化节能环保中的应用

3.3.1 优化设计

信息技术的应用在电气工程的设计阶段发挥着关键作用，通过先进的设计工具和技术实现系统的优化，提升整体性能。计算机辅助设计（CAD）和建筑信息模型（BIM）等技术的引入，使得电气系统的设计更加精确和高效。CAD系统允许设计人员在虚拟环境中进行电气系统的详细建模，包括电路布局、设备安装以及线路走向等。BIM技术则进一步增强了设计的协同性和信息的共享，使得各专业人员能够在同一平台上实时更新和协作，确保电气设计与建筑结构和其他系统的无缝对接。通过电力系统仿真软件，可以模拟不同运行条件下的系统表现，评估系统的负荷能力、稳定性和能效。动态负荷分析工具也可以根据实际需求预测电力负荷的变化，进行相应的系统设计调整，确保系统在各种操作条件下都能保持高效运行。设计人员可以使用优化算法对不同设计方案进行评估，选择最佳方案以满足节能和环保的目标。

3.3.2 智能监控

智能监控技术通过集成传感器、监控系统和数据分析工具，可以实现对电气设备和系统的实时监测和管理。智能监控系统利用各种传感器和测量设备，实时采集电力系统的运行数据，进行实时显示和分析。监控系统可以生成详细的运行报告和图表，帮助操作人员了解系统的实时状态和性能指标。此外，系统还可以设定阈值，自动发出警报并触发预设的控制措施，当监测到超出正常范围的参数时，及时采取纠正措施，从而防止设备故障和性能下降。智能监控技术通过对历史数据和实时数据的分析，可以识别设备的运行趋势和潜在故障。预测性维护技术基于数据分析和机器学习算法，可以预测设备可能出现的问题，从而在问题发生之前进行维护和修复。通过互联网和通信技术，操作人员可以在远程地点实时查看电气系统的状态，进行远程操作和调整。

3.3.3 自动化操作

自动化操作在电气工程中起着至关重要的作用，它通过智能化控制系统减少了人工干预，提高了系统的效率和稳定性。控制系统能够根据预设的策略和实时数据，自动调整设备的运行状态。例如，自动化变电站系统可以根据负荷变化自动调节变压器的运行状态，优化电力分配，提高系统的能效。在电气工程中，过程自动化可以实现对生产线的全程监控和控制，从而优化生产效率和资源使用。例如，自动化生产线可以通过传感器和控制系统，实现对电气设备的精确控制和自动调节，减少了人工干预，提升了生产过程的效率和一致性。智能调节系统能够根据实时数据和运行状态，自动优化设备的运行设置，从而提高能效和节能效果。例如，智能空调系统可以根据室内外温度变化自动调整制冷和加热功率，确保舒适的环境同时降低能源消耗。通过集成传感器和监控系统，自动化操作系统可以实时监测设备的运行状态，自动调整运行参数，以保持系统的最佳运行状态。

3.3.4 优化能源管理

能源管理系统（EMS）作为优化能源管理的重要工具，通过集成数据采集、分析和控制功能，实现对能源资源的全面管理和优化配置。能源管理系统能够实时监测和记录能源消耗数据，包括电力、热力和冷却等各类能源的使用情况。系统可以根据实时数据和预测信息，自动调整能源供应和使用策略，优化能源配置。例如，通过对电力负荷的预测和调节，能源管理系统可以实现峰谷电价的优化利用，降低能源成本。优化算法还可以帮助系统识别出能效低的设备和系统，提出改进建议，提高整体能源利用效率。系统生成的报告可以提供详细的能源消耗分析和优化建议，帮助企业和机构了解能源使用情况，制定科学的节能措施。通过图形化界面和仪表盘，操作人员可以直观地查看能源使用情况和系统运行状态。总之，通过能源管理系统的应用，可以实现对能源使用的全面监控和优化，提高能源利用效率，降低能源成本，达到节能环保的目标。

3.3.5 促进绿色能源使用

信息技术在这一领域的应用，能够支持绿色能源的集成和管理，推动可再生能源的广泛使用，从而减少对传统能源的依赖，实现可持续发展目标。信息技术支持通过智能电网和能源管理系统，可以实现对绿色能源的动态调度和优化管理。例如，智能电网可以实时监测可再生能源的生产和需求情况，根据电力负荷和生产能力，自动调节绿色能源的接入和分配。通过数据采集和分析技术，可以实时监测绿色能源的生产和消耗情况，优化能源的配置和使用。绿色能源管理系统可以根据天气预报和能耗预测，调整绿色能源的生产和使用策略，提高能源的利用效率。通过对绿色能源系统的实时监控和数据分析，可以评估其性能和效果，发现潜在的问题和改进机会。例如，太阳能发电系统可以通过传感器和监控系统，实时检测光伏组件的运行状态和发电效率，进行必要的调整和维护，提高系统的发电效益。通过智能家居和能源管理平台，用户可以实时了解绿色能源的使用情况，参与到能源管理和节能措施中。例如，用户可以通过智能家居系统调整能源使用设置，优化家庭能源消费，支持绿色能源的使用。

4 结语

在全球能源短缺和环境污染日益严重的背景下，电气工程自动化节能环保技术的应用显得尤为重要。信息技术的迅猛发展为电气工程的节能和环保提供了强大的技术支持，通过优化设计、智能监控、自动化操作、优化能源

管理以及促进绿色能源使用等手段，显著提升了电气系统的能效和环保性能。未来，随着技术的不断进步和应用的深入，电气工程自动化技术将继续发挥其在节能环保方面的巨大潜力，为应对全球能源和环境挑战提供更加有效的解决方案。

[参考文献]

[1]姜银浩.节能技术在电力变压器设计中的有效应用[J].能源与节能,2023(4):86-88.

[2]焦东升,孔晓光,杜帅.含分布式电源和电动汽车接入的配电网电压分析及规划[J].电气技术与经济,2023(7):115-117.

作者简介：丁凯悦（1993.2—），女，汉族，毕业学校：石家庄铁道大学，现工作单位：河北省交通规划设计研究院有限公司交建分公司。

调度自动化系统及数据网络安全防护

刘 刚
宇哲融创科技（北京）有限公司，北京 100000

[摘要]随着经济的持续发展，电网的稳定性和安全性成为社会各界关注的重点。在电网调度工作中，应用自动化流程至关重要，通过对调度自动化系统解析的数据进行整合，可以确保配备更加系统化的数据网络，从而为电网管理提供稳固的基础保障。在此基础上，完善的安全防护措施成为确保电力系统高效运行的关键。因此，文章简要分析了调度自动化系统及数据网络安全防护的重要性，重点阐述了具体的防护方案，并结合实际问题提出了相应的优化建议。

[关键词]调度自动化系统；数据网络；安全防护
DOI：10.33142/sca.v8i4.15937　　中图分类号：TP3　　文献标识码：A

Scheduling Automation System and Data Network Safety Protection

LIU Gang
Yuzhe Rongchuang Technology (Beijing) Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract: With the continuous development of the economy, the stability and safety of the power grid have become the focus of attention for all sectors of society. In the work of power grid dispatch, the application of automation processes is crucial. By integrating the data parsed by the dispatch automation system, a more systematic data network can be ensured, providing a solid foundation for power grid management. On this basis, comprehensive safety measures have become the key to ensuring the efficient operation of the power system. Therefore, the article briefly analyzes the importance of scheduling automation systems and data network security protection, focuses on specific protection schemes, and proposes corresponding optimization suggestions based on practical problems.

Keywords: scheduling automation system; data network; safety protection

引言

随着电力系统现代化和智能化的持续推进，调度自动化系统，作为电力调度的核心组件，已在电网运行管理、负荷调度、故障诊断及恢复等方面发挥着不可或缺的作用。依赖于数据网络，信息的快速传输与处理得以实现，从而确保电网能够在复杂环境下保持稳定运行。然而，随着信息技术的广泛应用，调度自动化系统面临的安全威胁日益严峻。黑客攻击、病毒入侵、数据泄露、系统故障等问题，已不再是少数事件，这些问题不仅威胁到电力系统的正常运作，甚至可能导致大范围的电力中断，进而给社会经济带来巨大的损失。因此，电力系统发展的关键任务之一，便是确保调度自动化系统及其数据网络的安全防护。在此背景下，制定有效的安全防护策略显得尤为重要。一个多层次、多维度的安全防护体系必须被构建，它不仅需要保障系统的物理安全、网络安全和数据安全，还应预防人为操作失误，以确保在突发事件发生时，系统能迅速恢复。尤其在智能电网快速发展的今天，调度自动化系统的安全性已直接影响着电力系统的稳定性与可靠性。针对当前面临的安全威胁与防护现状，本研究旨在提出应对措施和未来发展方向，提供理论依据和实践指导，为电力系统的安全管理和技术进步贡献力量。

1 调度自动化系统及数据网络安全防护的意义

调度自动化系统及其数据网络的安全防护，在现代电力系统中被认为至关重要。随着电力行业信息化与自动化水平的不断提高，已成为保障电网安全、稳定运行的核心技术之一的，正是调度自动化系统。该系统不仅涉及电网的实时监控和调度决策，还直接关系到整个电网的可靠性、经济性与安全性。然而，随着调度自动化系统的广泛应用以及数据网络日益复杂化，系统的安全性问题逐渐暴露出来，成为亟需解决的关键瓶颈。数据网络的安全防护，不仅需防范外部攻击，还必须保障内部数据传输的完整性与保密性。若发生安全事件，调度自动化系统及其数据网络，可能导致电网调度失误、设备误操作，甚至在极端情况下，引发大规模电力事故或系统瘫痪，这将严重影响社会经济及民众生活。因此，强化调度自动化系统及数据网络的安全防护，不仅有助于潜在安全隐患的预防，还能够提升电力系统应对网络攻击的能力，确保电网在复杂多变的环境下，依然能够保持稳定与安全运行。

2 电力系统中各类网络应用的特点

电力系统中的各类网络应用，展现出了多样性与复杂性，主要体现在实时性、可靠性、分布性与安全性等方面。在电力系统中，实时性要求尤为严格，特别是在调度自动化、故障检测与响应以及负荷调度等关键环节，必须达到毫秒级的响应速度，以确保电网的稳定运行及迅速恢复故障。与此同时，电力系统的网络应用，必须具备高度的可靠性。任何网络延迟、设备故障或数据丢失，都可能导致

电力中断、设备损坏，甚至引发大规模的系统崩溃。为了确保这一点，电力系统常采用冗余设计、备份通信链路及容错技术，以便在网络故障或设备损坏的情况下，能够迅速恢复并持续提供服务。电力系统的网络应用，具有显著的分布性，覆盖着广泛的地理区域，各个子系统之间，需要高效地协作与数据共享。这就要求网络必须支持大范围的分布式架构，如区域调度中心、变电站、配电网等，以确保不同层级系统之间能够无缝对接并做出快速响应。安全性，则是电力系统网络应用中的关键特征[1]。随着信息技术的不断发展，电力系统正逐步朝着智能化、自动化转型，伴随而来的是网络攻击、数据泄露及系统入侵等风险的不断增加。为了应对这些挑战，电力系统的网络应用不仅需要采用先进的网络安全技术，如加密、防火墙、入侵检测等，还必须建立严格的访问控制及审计机制，防范外部与内部的安全威胁，确保系统的数据完整性、机密性与可用性。

3 自动化系统二次安全防护的现状

3.1 自动化系统二次防护的简单结构

原有的电力自动化控制系统较为单一，业务模块较少且彼此独立运行，模块间和系统间的数据交换也相对较少，因此，二次防护系统结构较为简单。随着电力系统的不断发展和新技术的不断更新，供电企业为了更好地服务电网管理，已在电力调度自动化领域投入了大量的新技术应用，如 IES 调度自动化系统、调度一体化系统（EMS）、调度运行管理系统（OMS）以及仿真调度员培训系统等。这些新系统的引入，导致自动化系统的二次防护结构变得更加复杂。同时，随着庞大数据传输需求的增加以及各业务系统之间日益频繁的数据交换和共享，自动化系统对二次安全防护的要求也变得更加严格。

3.2 自动化系统二次防护措施达不到要求

目前，自动化系统在二次安全防护方面的措施，存在诸多不足，无法充分应对电力系统日益复杂的安全需求。尽管已经实施了一定的二次安全防护，许多自动化系统，但这些防护手段，往往未能有效应对日益复杂的安全威胁。例如，仍依赖传统的安全防护技术，一些系统，未能及时更新以适应新的网络攻击手段和技术进展，这就限制了防护能力。此外，部分自动化系统的二次防护措施，在配置上存在不合理之处，漏洞较多，防护层次也较为单一，无法实现对不同安全风险源的分级管理与防护。随着自动化系统功能的不断扩展，处理的数据量和复杂性也在不断增加，原有的防护手段，已无法高效应对潜在的安全风险，导致防护效果大打折扣。

3.3 自动化系统二次防护的落后管理

当前，自动化系统二次安全防护的管理，存在明显滞后，主要表现在管理理念、执行力度及技术更新等多个方面。一方面，仍沿用传统管理模式，许多电力企业，未能充分认识到自动化系统安全防护的重要性，这导致了安全管理体系的不完善。多数自动化系统的安全防护，停留在表面，缺乏深入的风险评估及持续的安全管理。另一方面，安全管理的执行力度较弱，部分企业未能定期进行安全检查与评估，防护措施，往往流于形式，且缺乏有效的监督与考核机制。这种管理上的松懈，导致了安全防护的漏洞，特别是在面对突发安全事件时，缺乏及时响应与有效处置的能力[2]。此外，随着自动化技术的快速发展，许多企业未能及时升级和优化现有的安全防护措施，管理滞后于技术需求，导致系统在应对现代复杂安全威胁时，显得力不从心。

4 加强继电保护的运行管理

4.1 运行管理的关键是坚持做到“三个管好”和“三个检查”

加强继电保护的运行管理，关键在于确保“三个管好”与“三个检查”到位。所谓“三个管好”，指的是设备、人员和流程的全面管理。设备管理要求，继电保护装置的高效运行必须得到保障，定期进行检查、校验与维护，隐患及时发现并消除，防止设备老化或故障影响系统的稳定性。尤其在高压及复杂环境下，设备的可靠性，是保证保护动作及时有效的基础。人员管理则强调，操作人员不仅应具备扎实的技术知识，还应熟练掌握各项操作规程与应急处理流程。通过定期培训与考核，提升人员的操作能力与应对突发情况的能力，确保在设备出现故障时，能够迅速、准确地执行保护动作。流程管理则着重于继电保护操作流程的标准化与规范化，确保每项操作严格按照规定的流程进行，防止因人为疏忽或流程不规范导致的失误。在此基础上，继电保护管理中的“三个检查”，起着至关重要的保障作用，分别为定期检查、专项检查与应急检查。定期检查，涉及对继电保护设备进行系统性的定期维护与性能检测，确保其在长时间运行中依然保持应有的保护功能，避免因设备老化或环境变化导致功能失效。专项检查，则集中于特定设备或环节，识别潜在的安全隐患并采取针对性的改进措施，尤其在新设备投入使用或系统发生重大变动时，专项检查尤为重要。应急检查，则是在继电保护系统出现故障或异常时，迅速对系统进行检查，找出故障源并进行修复或调整，确保电力系统尽快恢复正常运行。

4.2 加强运行方式的管理

加强继电保护的运行方式管理，是确保电力系统稳定与安全运行的关键环节。继电保护系统，不仅需要具备高效、精准的故障检测与处理能力，还应在系统设计、运行模式及实际操作中实现精确配合，以提升系统的可靠性与抗风险能力。运行方式管理的要求，是根据电网的运行状态与负荷变化，灵活调整继电保护的配置与参数。电网在不同运行模式下，如正常运行、故障状态或负荷波动时，采取的保护策略需有所不同。例如，电力系统正常运行时，

继电保护系统，需确保对常规故障的快速响应；而在大规模故障或紧急修复过程中，保护方式，应根据实际情况进行调整，避免误动或缺动，确保电网的稳定性。加强运行方式管理，还包括优化继电保护系统的联动机制[3]。继电保护的协调性，至关重要，任何环节的失误，都可能引发连锁反应，进而影响整个电网的安全。因此，在管理中，应注重加强各类保护设备间的协调，确保一旦某个设备发生故障，系统其他部分能够及时响应，并避免不必要的停运或大范围的保护动作。此外，运行方式管理，还需关注提升应急响应能力。在突发故障情况下，继电保护系统，必须能够迅速、准确地执行保护指令，减少对电网运行的干扰。为此，应定期开展演练与故障模拟，检验应急响应能力，确保在紧急事件中，保护系统能够高效、准确地进行故障处理。

5 调度自动化系统的安全防护

5.1 制定调度自动化系统安全防护策略的重要性

制定调度自动化系统的安全防护策略，是确保电力系统稳定、安全运行的关键。随着现代电力网络日益复杂、自动化水平不断提高，调度自动化系统，在调度控制、故障处理及负荷分配等方面，发挥着至关重要的作用。作为电网的“大脑”，调度自动化系统，负责实时数据采集、监控、分析以及决策执行。随着信息技术与智能设备的广泛应用，这些系统的复杂性与重要性，使其成为潜在的安全攻击目标。网络攻击、恶意软件、系统故障、管理疏漏等问题，都可能威胁到系统的正常运行，进而引发电力调度错误、保护失效、数据泄露等严重后果。为了应对这些威胁，制定全面且有效的安全防护策略，显得尤为紧迫。该策略，应从多层面、多角度构建起坚固的防线，利用网络安全技术、数据加密、身份认证等手段，防止外部非法入侵及病毒攻击等威胁。同时，内部安全管理与风险管控，应得到强化，确保操作人员权限控制与责任追踪到位，避免人为错误或管理漏洞导致的安全隐患。随着电力系统的不断智能化，调度自动化系统，将面临越来越复杂的安全挑战。因此，安全防护策略，不仅需要应对当前的风险，还必须具备前瞻性，能够快速适应新兴技术与安全威胁的变化，确保电网在任何复杂情况下，都能迅速响应并恢复正常运行。

5.2 信息系统的安全分层理论

信息系统的安全分层理论，强调将安全防护措施按照不同层级进行分隔，以便针对性地应对各类安全风险。在调度自动化系统中，采用这一理论，尤为重要，因为该系统涉及大量实时数据交换及复杂控制指令，其安全性，直接影响到电网的稳定性与安全性。依据安全分层理论，信息系统的防护，应覆盖物理层、网络层、应用层及数据层，逐级实施保护措施，以确保系统在不同安全威胁下，能够持续稳定运行[4]。物理层的安全保护，关注硬件设施与设备的物理防护，旨在避免恶意攻击或自然灾害对系统硬件造成损害。网络层，作为信息系统的基础，保障数据传输的安全性，利用防火墙、入侵检测系统、虚拟专用网（VPN）等技术手段，有效防止外部非法访问与数据篡改。应用层安全，则侧重于操作系统与软件平台的防护，通过访问控制、漏洞修补及身份认证等措施，确保系统内部程序不受到恶意软件的侵扰。数据层的保护，关系到所有信息的机密性、完整性与可用性，采用数据加密、备份、访问控制与审计等技术手段，确保关键数据在存储与传输过程中，不被泄露、篡改或丢失。通过这种分层次的安全防护策略，不仅能够降低单一层级被突破后，对系统整体安全的影响，还能确保各层级的保护措施，相互补充、独立运行，从而提供全方位的安全保障。

6 结语

调度自动化系统及其数据网络的安全防护，对保障电力系统的稳定与安全运行，至关重要。随着电力行业不断迈向智能化和自动化，系统所面临的安全威胁和挑战，也在不断增加。因此，愈加迫切地实施全面且有效的安全防护措施，变得更加必要。通过强化技术手段与管理措施，增强网络的防护能力，可以显著减少安全风险，从而确保电力系统在复杂多变的环境下，依然能够保持高效稳定的运行。展望未来，随着技术的不断进步及电网规模的扩大，调度自动化系统的安全防护工作，需要持续优化，以应对不断涌现的安全威胁，确保电力系统的长期稳定性与可靠性。

[参考文献]

[1]高小芊.调度自动化系统及数据网络的安全防护技术研究[J].通讯世界,2024,31(11):25-27.
[2]杨天丽.调度自动化系统及数据网络安全防护技术[J].通讯世界,2019,26(12):266-267.
[3]罗兴国.调度自动化系统及数据网络的安全防护[J].通信电源技术,2018,35(10):283-284.

作者简介：刘刚（1977.2—），男，汉族，学历：大专，专业：信息安全与管理。

智能网联环境下车路协同路径规划算法研究

杨 源
中国邮政速递物流股份有限公司，北京 100053

[摘要]智能网联环境下，车路协同系统通过实现车辆与道路基础设施、环境的智能交互，显著提升了交通系统的安全性与通行效率。路径规划算法作为智能网联车辆实现高效出行的关键技术，受到广泛关注。文中在分析车路协同系统架构的基础上，综述现有路径规划算法的发展现状，重点研究基于智能网联环境下多源信息融合的协同路径规划算法设计，并通过仿真测试验证算法的有效性和实用性，旨在为智能交通系统的优化提供理论依据和技术支持。

[关键词]车路协同；路径规划；智能网联；多源信息融合；智能交通系统
DOI：10.33142/sca.v8i4.15942　　中图分类号：U495　　文献标识码：A

Research on Collaborative Path Planning Algorithm for Vehicles and Roads in Intelligent Networked Environment

YANG Yuan
China Postal Express & Logistics Co., Ltd., Beijing, 100053, China

Abstract: In the intelligent networked environment, the vehicle road collaboration system significantly improves the safety and traffic efficiency of the transportation system by achieving intelligent interaction between vehicles, road infrastructure, and the environment. The path planning algorithm, as a key technology for intelligent connected vehicles to achieve efficient travel, has received widespread attention. On the basis of analyzing the architecture of vehicle road collaborative systems, this article summarizes the current development status of existing path planning algorithms, focusing on the design of collaborative path planning algorithms based on multi-source information fusion in intelligent networked environments. The effectiveness and practicality of the algorithms are verified through simulation testing, aiming to provide theoretical basis and technical support for the optimization of intelligent transportation systems.

Keywords: vehicle road collaboration; path planning; intelligent networking; multi-source information fusion; intelligent transportation system

引言

随着智能网联技术和车路协同系统的迅速发展，路径规划问题已成为实现智慧交通系统和智能出行服务的核心研究方向之一。在智能网联环境下，车辆不再是信息孤岛，而是通过车路协同系统与路侧基础设施、其他车辆以及云端平台实现高效互联。路径规划算法不仅需要综合考虑车辆自身的动态状态信息，如位置、速度、能耗等，还需实时整合道路条件、交通流量、信号灯状态、突发事件以及天气等多源异构数据。通过多维度信息融合，提升路径决策的全面性与精准性，实现路径的全局最优选择与动态实时调整。

1 智能网联环境与车路协同系统概述

1.1 智能网联汽车技术发展现状

近年来，随着信息通信技术、人工智能和自动驾驶技术的快速发展，智能网联汽车（Intelligent Connected Vehicles, ICV）成为全球汽车产业的重要发展方向。智能网联汽车融合了自动控制、环境感知、路径规划、决策执行等多项核心技术，通过车载传感器、通信系统以及智能算法，实现对车辆周边环境的实时感知与自主决策。我国在智能网联汽车领域政策支持力度不断加强，工信部、发改委等相关部门陆续出台了系列发展战略，推动智能网联汽车技术标准体系和产业生态建设。目前，自动驾驶技术已实现从辅助驾驶（L2）向有条件自动驾驶（L3）乃至更高级别自动驾驶（L4、L5）的跃升。与此同时，5G、C-V2X等新一代通信技术为智能网联汽车提供了高速率、低延时、大连接的通信能力，进一步促进了车路协同系统的实现。

1.2 车路协同系统架构与功能

车路协同系统（Vehicle-to-Everything, V2X）是智能网联汽车的重要组成部分，通过实现车辆与道路基础设施、其他车辆、行人以及云平台的互联互通，构建开放共享的交通信息交互网络。系统架构通常包括感知层、网络层和应用层三大部分。感知层负责收集道路基础设施、交通状况、环境信息等；网络层通过V2V、V2I、V2P等通信技术实现信息实时传输与共享；应用层则基于云计算与大数据分析，实现路径优化、交通诱导、事故预警等功能。车路协同系统能够打破单车智能的感知和决策瓶颈，提升整体交通系统的智能化水平，推动交通系统向更高效、安全、绿色方向发展。

1.3 车路协同环境对路径规划的影响

在智能网联环境下，车路协同系统极大地拓展了路径

规划算法的应用空间和优化潜力。首先，通过 V2X 通信技术，车辆能够实时获取全局交通信息，如道路拥堵情况、交通信号状态、事故预警等，从而为路径规划提供更加全面和动态的数据支持。其次，车路协同使得路径规划从单车决策走向多车协同，通过信息共享和协同决策，实现多车辆之间的路径优化与冲突避免，提高整体交通流效率。路侧单元（RSU）和云平台的计算资源可以辅助车辆进行复杂的路径计算与动态调整，显著降低车载计算负荷，提升路径规划的实时性和准确性。综上所述，车路协同环境不仅丰富了路径规划的数据信息来源，还优化了路径计算方式，为实现动态、高效的智能路径规划奠定了基础。

2 智能网联环境下路径规划算法研究现状

2.1 传统路径规划算法回顾

路径规划作为智能交通系统的核心问题之一，其研究起源于传统静态导航系统。早期路径规划算法主要集中在单一车辆的最短路径或最优路径计算。典型算法包括 Dijkstra 算法和 A 算法。Dijkstra 算法通过构建图模型，基于节点之间的最小代价迭代搜索最短路径，算法简单可靠，但在大规模路网中计算复杂度较高。A 算法在 Dijkstra 基础上引入启发式搜索函数，能够有效降低搜索空间和计算时间，被广泛应用于动态路径规划场景。遗传算法、蚁群算法等智能优化算法也被引入路径规划问题中，通过模拟自然进化和群体行为，探索全局最优路径，但这些算法通常收敛速度慢，受初始参数和搜索空间影响较大。总体来看，传统路径规划算法在静态环境中具有效率高、实现简单等优点，但在动态、复杂的交通环境下，其实时性和灵活性不足。

2.2 智能网联环境下路径规划新需求

智能网联环境下，车路协同系统对路径规划算法提出了更高的应用需求。首先，路径规划不再局限于单车视角，而是基于全局交通状态，实现多车协作和全局路径优化。其次，路径规划必须具备动态调整能力，能够根据实时交通流、交通信号、道路施工等信息进行快速响应和路径重规划。再次，智能网联环境产生大量多源异构数据，包括车辆传感器数据、路侧设备信息和云平台分析结果等，路径规划算法需具备强大的数据融合与处理能力。路径规划不仅需优化行驶时间，还需综合考虑交通安全、能耗优化和碳排放控制等多目标优化需求。综上，智能网联环境对路径规划算法提出了实时性、协同性和多目标优化等多方面的新挑战。

2.3 现有智能路径规划算法综述

为满足智能网联环境下的复杂需求，学术界和工业界提出了一系列智能路径规划算法。首先，基于多源信息融合的路径规划算法通过整合车辆、道路和环境信息，实现动态路径计算和优化。这类算法通常结合贝叶斯网络、卡尔曼滤波等技术提升信息融合精度。其次，基于交通流控制的协同路径规划算法充分利用车路协同系统，实现多车辆间的信息共享与路径协调，减少交通冲突和拥堵现象，提升整体通行效率。此类算法多采用博弈论、群体智能优化等理论，强调系统整体优化。再次，近年来深度学习和强化学习等人工智能技术被引入路径规划领域。通过构建神经网络模型或训练智能体，系统能够在复杂环境中自主学习路径规划策略，实现高鲁棒性和动态适应性。尽管现有算法在仿真和部分实际应用中取得良好效果，但仍需进一步提升算法的实时性、稳定性以及面对大规模交通环境的泛化能力。

3 车路协同路径规划算法设计与实现

3.1 系统架构与数据模型设计

在智能网联环境下，车路协同路径规划系统通常由三大部分构成：车载端、路侧单元（RSU）和云端平台。这三者通过高效协同，共同实现对车辆路径的动态规划与优化。车载端主要负责获取自身状态信息，包括实时位置、速度、加速度、行驶方向以及车辆周边环境感知数据。同时，车载系统通过 V2X 通信模块接收来自 RSU 和云端平台的路径指令，实现行驶路径的调整与决策执行。路侧单元（RSU）作为信息中转和处理枢纽，部署在道路关键节点，能够实时采集车流量、道路状况、交通信号灯状态、突发事件等动态信息，并通过低延时通信将数据发送至云平台和车辆终端。云端平台则依托强大的计算能力和大数据分析技术，对多源异构信息进行融合与处理，应用全局路径优化算法，为各车辆提供最优路径规划服务。在数据模型设计方面，需构建多层次的环境感知模型、道路拓扑结构模型以及动态交通流模型，确保系统具备高精度的信息感知与预测能力。同时，必须保障数据的实时性、准确性和安全性，以支持路径规划算法的高效运行，提升车路协同系统的整体性能和可靠性。

3.2 协同路径规划算法设计

协同路径规划算法以多车协作和全局最优为核心目标，旨在提升智能网联环境下交通系统的整体运行效率和安全性。该算法体系主要包括路径搜索、路径评估和动态调整三个关键环节。首先，在路径搜索阶段，算法采用层次化路径规划架构，将全局路径规划与局部路径优化相结合。全局路径规划依托实时路网信息和交通大数据，通过启发式搜索算法（如改进型 A*算法或 D*算法）快速生成满足整体交通优化目标的初步路径方案，确保车辆在宏观层面上选择最优行驶路径。局部路径规划则根据车辆周边环境的动态变化，实时感知障碍物、突发事件和局部交通拥堵情况，灵活调整行驶路径，以保障车辆的行驶安全性和路径有效性。其次，在路径评估阶段，算法引入多目标优化模型，不仅以最短路径和最小行驶时间为优化目标，还综合考虑交通安全性、车辆能耗、排放水平以及道路通行能力等多维因素，通过粒子群优化、蚁群算法等智能优

化方法，实现多目标的综合平衡与动态优化。

3.3 算法实现与优化

为进一步提高协同路径规划算法在智能网联环境下的实际应用性能，必须在算法实现与系统部署过程中进行全面优化。首先，在通信层面，应采用高效的通信协议，如C-V2X(蜂窝车联网)和5G URLLC(超可靠低延时通信)，以确保路径规划相关数据的高速率、低延迟和高可靠性传输，显著降低信息在传输过程中的时延，满足车辆路径动态调整的实时性需求。其次，在计算层面，为应对大规模动态路径规划所需的高计算资源，需优化算法的计算复杂度。通过引入边缘计算和分布式计算架构，将一部分路径计算和决策任务下沉到RSU（路侧单元）或车载终端，减轻云端计算平台的压力，提升整体系统的处理效率和响应速度。与此同时，在路径选择与避障策略方面，融合基于历史数据和实时感知信息的交通预测模型，能够提前识别交通流的变化趋势，提高路径规划的前瞻性和合理性，避免潜在交通冲突。

4 车路协同路径规划算法仿真与应用分析

4.1 仿真平台搭建与实验设计

为验证车路协同路径规划算法的有效性与可行性，本文基于多种高精度仿真平台进行系统搭建与实验设计。首先，采用 SUMO（Simulation of Urban Mobility）作为核心微观交通流仿真平台。SUMO 能够高度还原实际城市道路网络与交通流动状况，精确模拟单车行为、交通信号控制以及复杂的路网结构，为路径规划算法提供真实可靠的交通环境基础。其次，结合NS-3网络仿真平台，实现车路通信环境的高仿真模拟。NS-3 支持多种 V2X 通信协议（如 DSRC、C-V2X），能够有效还原不同通信条件下的数据传输延时、丢包率和网络负载等情况，确保车路协同信息交互的真实性与时效性。借助CARLA自动驾驶仿真平台，进一步测试车辆在感知、定位与路径执行过程中的算法适应性和鲁棒性，实现从路径规划到实际控制的闭环仿真。实验设计方面，选择典型城市道路、快速路及复杂交叉口等多类型路网，设置正常通行、交通拥堵、突发交通事故、恶劣天气等多种仿真工况。实验参数涵盖车辆数量、道路容量、通信时延、数据丢包率等指标，全面评估算法在路径优化效率、系统稳定性、多车协同能力以及应对突发事件时的反应能力，为算法优化和工程应用提供数据支持与理论依据。

4.2 算法仿真结果分析

通过仿真实验，本文算法在车路协同路径规划任务中展现出良好的性能。首先，在全局路径优化方面，相较于传统A*算法和Dijkstra算法，本文提出的多源信息融合路径规划算法显著降低了平均行驶时间和路径长度，优化率达 12%～18%。其次，在交通拥堵环境下，算法具备较强的动态路径重规划能力，通过实时路况分析与路径调整，减少车辆在拥堵区域的滞留时间，提高整体通行效率约15%。在通信延迟和数据丢包条件下，算法表现出较高的鲁棒性，系统延迟保持在100ms以内，满足车路协同系统实时性需求。多车协作场景中，路径协调有效避免了交通冲突，系统整体通行率提升显著，特别是在高密度车流条件下，表现优于单车自主路径规划模式。

4.3 实际应用案例与应用前景

车路协同路径规划算法已在部分智慧城市和园区交通管理中得到初步应用。例如，在某智慧物流园区，基于车路协同的路径规划系统实现了自动配送车辆的全流程调度与路径优化，显著提升了物流配送效率和安全性。同时，在城市主干道的智能交通控制项目中，通过部署RSU和云端协同平台，实现了公共交通优先调度和道路拥堵动态诱导，缓解了高峰期交通压力。展望未来，随着 5G、边缘计算及人工智能技术的持续发展，车路协同路径规划算法将在自动驾驶、无人配送、智慧高速公路等领域发挥更大作用。算法的智能化与自适应水平也将进一步提高，为构建高效、安全、低碳的智慧交通系统提供有力技术支撑。

5 结束语

本文针对智能网联环境下车路协同路径规划问题，系统梳理现有算法发展，提出了基于多源信息融合的协同路径规划方法。通过仿真验证，所提算法在路径优化、计算效率与协作效果等方面表现优越。未来将进一步研究算法的实时性与智能化水平，推动智能网联车路协同系统在实际交通场景中的落地应用。

[参考文献]

[1]闫宇飞.车路协同环境下智能网联电动汽车速度优化研究[D].昆明:昆明理工大学,2024.
[2][王翠杰,刘恒.智能网联汽车车路协同系统优化研究[J].汽车测试报告,2023(23):152-154.
[3]马冠超.智能网联车路协同系统在煤矿井下的应用研究[J].能源与环保,2023,45(10):236-240.
[4]张游.车路协同环境下交叉口智能网联车辆通行控制方法研究[D].青岛:青岛理工大学,2022.

作者简介：杨源（1993.12—），男，北京市，汉族，研究生，工程师，就职于中国邮政速递物流股份有限公司，从事处理中心作业标准管理工作。

深度强化学习在无人驾驶路径规划中的应用

陈江涛
天津滨海汽车工程职业学院，天津 300352

[摘要]随着人工智能技术的快速发展，深度强化学习（Deep Reinforcement Learning，DRL）在无人驾驶技术中的应用日益广泛。路径规划作为无人驾驶系统的核心技术之一，直接影响车辆行驶的安全性与效率。文中系统综述了深度强化学习在无人驾驶路径规划中的关键技术、典型算法及其应用现状，分析当前存在的挑战与不足，并探讨未来的发展方向。通过对比传统路径规划方法与基于DRL的方法，验证其在复杂动态环境下的优越性，旨在为无人驾驶技术的进一步发展提供理论依据与技术支持。
[关键词]深度强化学习；无人驾驶；路径规划；智能决策；自动驾驶算法
DOI：10.33142/sca.v8i4.15943　　中图分类号：TP242.6　　文献标识码：A

Application of Deep Reinforcement Learning in Path Planning for Autonomous Driving

CHEN Jiangtao
Tianjin Binhai Vocational Institute of Automotive Engineering, Tianjin, 300352, China

Abstract: With the rapid development of artificial intelligence technology, the application of Deep Reinforcement Learning (DRL) in autonomous driving technology is becoming increasingly widespread. Path planning, as one of the core technologies of autonomous driving systems, directly affects the safety and efficiency of vehicle operation. The article systematically summarizes the key technologies, typical algorithms, and application status of deep reinforcement learning in unmanned driving path planning, analyzes the current challenges and shortcomings, and explores future development directions. By comparing traditional path planning methods with DRL based methods, we aim to verify their superiority in complex dynamic environments and provide theoretical basis and technical support for the further development of autonomous driving technology.
Keywords: deep reinforcement learning; autonomous driving; path planning; intelligent decision-making; autonomous driving algorithm

引言

无人驾驶汽车作为未来智能交通的重要组成部分，路径规划技术直接影响行车安全与效率。传统路径规划方法在面对复杂动态环境时存在局限，而深度强化学习凭借其强大的环境适应能力和自学习能力，成为解决路径规划问题的重要手段。本文将深入探讨深度强化学习在无人驾驶路径规划中的理论基础、关键算法、应用实践与未来发展趋势。

1 深度强化学习基础理论

1.1 深度学习概述

深度学习（Deep Learning）是人工智能领域中的一种重要方法，属于机器学习的分支。其核心是通过构建深层神经网络模型来自动学习和提取数据中的高层次特征。常见的深度神经网络结构包括前馈神经网络（FNN）、卷积神经网络（CNN）和循环神经网络（RNN）。在无人驾驶领域，卷积神经网络被广泛应用于图像识别与目标检测任务，如识别道路、车辆、行人及交通标志。CNN通过局部感受野、权值共享和池化等机制，有效地降低了计算复杂度并提升模型的泛化能力。而循环神经网络则适合处理时间序列数据，能够实现对车辆状态信息和传感器数据的动态建模。这些深度学习模型为无人驾驶系统的感知与决策提供了坚实的基础。

1.2 强化学习基本概念

强化学习（Reinforcement Learning，RL）是一种基于试错机制和奖励反馈的学习方法。其核心思想是通过智能体（Agent）与环境（Environment）的交互行为，学习最优策略以实现长期累积回报最大化。强化学习问题通常使用马尔可夫决策过程（Markov Decision Process，MDP）进行建模，MDP 包含状态（State）、动作（Action）、状态转移概率和奖励函数（Reward Function）等基本要素。在无人驾驶路径规划任务中，智能体根据当前环境状态决定采取何种动作，如加速、减速或转向等。当智能体做出正确决策并到达目标位置时，将获得正向奖励；反之，碰撞障碍物或偏离车道则会受到负向反馈。通过不断试验和调整，强化学习模型能够逐步优化路径规划策略，提高系统的自主决策能力。

1.3 深度强化学习模型框架

深度强化学习（Deep Reinforcement Learning，DRL）融合了深度学习和强化学习的优势，具备强大的自主学习与决策能力。通过引入深度神经网络，DRL 能够有效处理高维复杂状态空间，并实现对动态环境的精准建模。具体而言，深度神经网络被用于近似强化学习中的值函数或策略函数，从而提升模型的泛化能力与预测精度。典型的DRL 系统框架通常由状态感知模块、决策模块和执行模块构成。状态感知模块通过多传感器融合技术，感知和提取环境特征信息；决策模块根据环境状态输出相应动作策略；执行模块则完成车辆控制指令的下发与路径执行。深度强

化学习方法主要分为两大类：基于值函数的算法和基于策略梯度的算法。前者以深度 Q 网络（Deep Q-Network，DQN）为代表，通过学习状态-动作值函数指导决策；后者包括 PPO（Proximal Policy Optimization）、TRPO（Trust Region Policy Optimization）等算法，直接对策略函数进行优化。Actor-Critic 方法结合了值函数评估和策略优化的优点，进一步提升了学习效率。如图 1 所示。

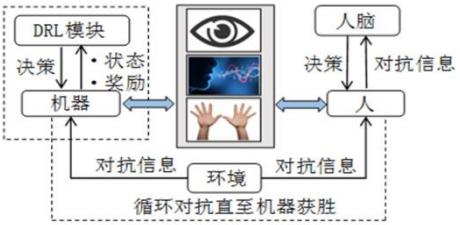

图 1　DRL 系统框架

2 无人驾驶路径规划问题描述

2.1 路径规划的基本需求

路径规划是无人驾驶系统实现自动驾驶功能的关键环节，其主要目标是在复杂的道路环境中，为车辆规划出一条安全、平滑、高效的行驶路径。首先，路径规划必须确保行车安全，即避免与其他车辆、行人或障碍物发生碰撞，遵守交通规则和道路标志。路径需要具备良好的舒适性，尽量减少急加速、急减速和频繁转向，保障乘客体验。路径规划算法应追求时间与能耗的最优化。在保证安全与舒适的前提下，合理选择行驶路线，缩短行程时间，降低能源消耗，提高无人驾驶系统的整体效率。最后，路径规划必须满足实时性需求，能够在动态变化的环境中迅速做出决策与调整，对突发情况进行及时响应。这要求系统具有较强的鲁棒性和应急处理能力。

2.2 无人驾驶环境模型

无人驾驶车辆在执行路径规划时，依赖于对环境的全面感知与建模。首先，环境模型需准确描述道路信息，包括车道线、交叉路口、交通标志及信号灯等。其次，需要动态感知和预测其他道路参与者（如车辆、行人、自行车）的行为轨迹。静态环境建模方面，依靠高精地图提供详细的地理信息和道路结构数据，确保车辆在全局范围内具备精准定位能力。动态环境感知依赖多种传感器（如激光雷达、摄像头、毫米波雷达等）对周围障碍物进行实时检测与跟踪，结合数据融合技术提高环境感知的准确性与鲁棒性。环境模型还需动态更新，及时反映突发情况，如道路封闭、交通事故等，确保路径规划依据的环境信息始终有效。

2.3 路径规划问题的数学建模

无人驾驶路径规划问题通常被建模为一个最优化问题或基于强化学习的决策过程。在经典路径规划方法中，首先定义状态空间（State Space），表示车辆当前位置、速度、朝向等信息；然后定义动作空间（Action Space），包括车辆的加速、制动和转向等操作。状态和动作的组合决定了车辆的运动轨迹。路径规划的目标是设计一个代价函数或奖励函数，用于评估路径优劣。代价函数通常考虑路径长度、行驶时间、能源消耗、安全距离等因素，通过求解代价函数最小化问题获得最优路径。而在强化学习框架中，智能体通过与环境交互学习最优策略，奖励函数则综合考虑安全性、效率与舒适性等指标，激励智能体学习最优行为策略。路径规划还需满足车辆动力学约束和环境约束。例如，车辆转向角速度、加速度等物理限制，以及避免碰撞和遵守交通规则的要求，这些都对路径规划算法的设计提出了更高的数学建模要求。

目标函数：

目标是找到最优路径，使成本函数 J 最小化：

$$y = \omega_1 J_{length} + \omega_2 J_{time} + \omega_3 J_{energy} + \omega_4 J_{safety}$$

其中：$J_{length} = \int_0^T \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}\, dt$；

$J_{time} = T$(行驶时间)；

$J_{energy} = \int_0^T a^2 dt$（能耗）；

J_{safety} 取决于障碍物的距离，常用于：$J_{safety} = \sum_{i=1}^{Nobs} \frac{1}{d_i + \epsilon}$。

其中：d_i 是车辆到第 i 个障碍物的最小距离，ϵ 是一个小正数防止分母为零。权重 ω_i 决定不同因素的重要性。

3 深度强化学习在路径规划中的算法与实现

3.1 基于值函数的方法

基于值函数的深度强化学习方法主要通过估计状态或状态-动作对的值函数（Value Function），指导智能体选择最优动作。在无人驾驶路径规划中，最具代表性的是深度 Q 网络（Deep Q-Network，DQN）算法。DQN 使用卷积神经网络来逼近 Q 值函数，将复杂的高维状态空间映射为对应的动作价值，智能体依据 Q 值选择具有最大长期奖励的动作。为了提升算法的稳定性和收敛性，DQN 引入了经验回放（Experience Replay）机制，通过打乱训练样本的时间相关性，提高样本利用率。此外，目标网络（Target Network）在 DQN 中用于固定一定时间内的 Q 值更新目标，有效缓解了训练过程中的不稳定问题。在无人驾驶路径规划任务中，DQN 能够帮助自动驾驶车辆学会在复杂动态环境下避障和选择最优行驶路径。然而，标准 DQN 存在 Q 值高估的问题，因此后续发展了 Double DQN 和 Dueling DQN 等改进方法。Double DQN 通过分离动作选择与动作评估，有效降低了 Q 值的高估偏差；Dueling DQN 则将状态价值和优势函数分开估计，提高了模型对状态价值的评估精度，进一步增强路径规划的表现。

3.2 基于策略梯度的方法

基于策略梯度的深度强化学习方法直接对策略函数进行参数优化，避免了值函数方法中的高估和不稳定问题。该类方法通过最大化期望回报来优化策略，使得无人驾驶

车辆能够根据当前状态灵活选择动作。典型的策略梯度方法包括 PPO（Proximal Policy Optimization）和 TRPO（Trust Region Policy Optimization）。PPO 通过引入裁剪概率比值的方式，限制策略更新幅度，在保证策略改进的同时提高训练效率与稳定性。TRPO 则通过优化问题的约束条件，确保策略更新步长在一个信赖域（Trust Region）内，从而保证每次更新都能带来性能的提升。在无人驾驶路径规划中，基于策略梯度的方法能够高效处理高维、连续的动作空间问题。例如，车辆在变道、超车或避障时，PPO 算法可实现动态平滑路径调整，保证车辆决策的灵活性与连贯性。相比基于值函数的方法，策略梯度算法更适合需要高精度控制与动作连续性的复杂驾驶任务。

3.3 混合方法及优化

混合方法结合了值函数和策略梯度两大类算法的优势，在路径规划任务中表现出更强的学习能力和决策效率。最常见的混合方法是 Actor-Critic 架构，该方法由 Actor（策略网络）负责决策动作，Critic（值函数网络）负责评估策略性能。Soft Actor-Critic（SAC）是当前应用较为广泛的混合算法之一。SAC 在传统 Actor-Critic 结构的基础上引入熵正则化机制，提升智能体探索能力，增强鲁棒性与收敛性。在无人驾驶路径规划任务中，SAC 能够帮助车辆在复杂环境中灵活选择最优路径，并兼顾安全性与效率。此外，SAC 支持连续动作空间，适用于高速公路驾驶、城市道路复杂交互等多场景路径规划任务。随着无人驾驶系统复杂度的增加，多智能体深度强化学习（Multi-Agent DRL）也逐渐成为研究热点。该方法支持多个智能体协同决策，提升车辆在车队行驶、交叉路口等场景下的协调性与整体优化效果。未来，通过优化模型结构和引入强化学习与传统算法的融合，有望进一步提高无人驾驶路径规划的智能化水平和应用可靠性。

4 深度强化学习路径规划的应用案例与挑战

4.1 典型应用案例分析

深度强化学习（DRL）已在多个无人驾驶路径规划应用中取得了显著成效。Waymo 是全球领先的自动驾驶公司之一，其自动驾驶系统在路径规划中应用了深度强化学习（DRL）技术，以提升车辆在复杂城市环境中的决策能力。Waymo 采用 基于深度 Q 网络（DQN）和近端策略优化（PPO）的强化学习算法，使车辆能够在动态交通环境中进行实时决策。例如，在遇到交叉路口、行人穿行或其他车辆突然变道时，Waymo 车辆能够通过 DRL 预测未来可能的交通演化趋势，并选择最优路径以确保安全和高效通行。此外，该系统结合了模仿学习（Imitation Learning）和 规则约束强化学习（Constrained RL），使得训练的智能体不仅能遵守交通规则，还能适应未见过的复杂场景。

4.2 当前技术挑战

尽管 DRL 在无人驾驶路径规划中表现出广泛应用前景，但仍存在诸多技术挑战。首先，样本效率低和训练时间长是当前主要瓶颈。由于路径规划涉及高维状态和动作空间，训练 DRL 模型通常需要大量交互数据和反复迭代，导致开发周期较长。泛化能力不足使得训练好的模型在不同环境下的迁移性能较差。许多算法只能在特定场景中表现良好，难以适应天气变化、道路状况突变或突发交通事件，严重限制了无人驾驶系统的实用性。深度强化学习算法的安全性与鲁棒性仍需进一步加强。路径规划决策错误可能导致交通事故，而 DRL 模型在面对未知环境或极端情况时，可能出现不可预测的行为，带来潜在安全风险。因此，如何提升模型在复杂动态环境中的决策稳定性与可靠性，是当前技术攻关的重要方向。

4.3 未来研究方向

深度强化学习在无人驾驶路径规划中的研究将重点围绕以下几个方向展开。提升样本效率和训练算法的稳定性，将是核心目标之一。通过引入迁移学习、元学习等方法，使模型能够快速适应新环境，减少对大量训练样本的依赖。多模态感知与数据融合技术的引入，将提升环境建模的准确性。通过融合激光雷达、摄像头、毫米波雷达等多传感器信息，增强路径规划系统对环境变化的响应能力。联邦学习与隐私保护也是未来的重要研究方向。无人驾驶车辆作为数据收集和处理终端，采用联邦学习框架能够在保护用户隐私的前提下，实现分布式模型训练和共享，促进路径规划算法的协同优化。强化学习与传统控制方法的融合将为路径规划算法提供更多可靠性保障。将强化学习的灵活性与传统基于规则或优化的控制算法相结合，有望解决现有 DRL 模型在安全性和可解释性方面的不足，为自动驾驶系统提供更安全、更可靠的路径规划解决方案。

5 结束语

深度强化学习为无人驾驶路径规划带来了新的技术突破，其强大的自主学习和决策能力使自动驾驶系统在复杂环境下更加智能和高效。然而，现有算法仍面临样本效率低、泛化能力差等挑战。未来，随着感知、控制与智能算法的进一步发展，深度强化学习将在无人驾驶路径规划中实现更加广泛和成熟的应用，推动智能交通系统的创新与落地。

[参考文献]

[1]周从航,李建兴,石宇静,等.深度强化学习在无人机编队路径规划中的应用[J].电光与控制,2024,31(10):27-33.
[2]杨思明.深度强化学习在无人机升空平台路径规划中的应用[D].郑州:战略支援部队信息工程大学,2021.
[3]李书杰.基于深度强化学习的室外无人车辆路径跟踪控制系统研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2023.
[4]黄国明.自动驾驶汽车三维路径规划与路径跟踪控制方法研究[D].长沙:湖南大学,2022.

作者简介：陈江涛（1992.4—），女，天津市，汉族，研究生，就职于天津滨海汽车工程职业学院，从事智能网联专业相关教学工作。

大数据时代建筑施工企业成本管控研究

乔永平
华电煤业集团工程技术有限公司，陕西 榆林 719000

[摘要]随着大数据技术的快速发展，建筑施工企业在成本管控方面面临着全新的机遇与挑战。文章分析了大数据在建筑施工企业成本管控中的应用，探讨了大数据技术如何在项目管理、材料采购、工期控制等方面提升成本管控效率，并提供了相应的建议与对策。通过对大数据技术的深入研究，提出建筑施工企业应如何有效利用数据驱动的决策，提升企业成本管控水平，确保工程项目的经济效益和可持续发展。

[关键词]大数据；建筑施工；成本管控；项目管理；材料采购
DOI：10.33142/sca.v8i4.15925　　中图分类号：F426　　文献标识码：A

Research on Cost Control of Construction Enterprises in the Era of Big Data

QIAO Yongping
Huadian Coal Industry Group Engineering Technology Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract: With the rapid development of big data technology, construction enterprises are facing new opportunities and challenges in cost control. The article analyzes the application of big data in cost control of construction enterprises, explores how big data technology can improve cost control efficiency in project management, material procurement, and schedule control, and provides corresponding suggestions and countermeasures. Through in-depth research on big data technology, this paper proposes how construction enterprises can effectively utilize data-driven decision-making, improve their cost control level, and ensure the economic benefits and sustainable development of engineering projects.

Keywords: big data; construction of buildings; cost control; project management; material procurement

引言

建筑施工企业的成本管理是企业竞争力的重要体现。随着信息技术的不断进步，大数据逐渐渗透到建筑施工企业的各个环节，尤其是在成本管控方面，带来了显著的变革。大数据不仅能够优化企业的成本预算、核算与控制过程，还能帮助企业在风险预测、资源调配、供应链管理等方面做出更加科学和高效的决策。本文旨在探讨大数据时代下建筑施工企业如何通过有效的成本管控来提高整体运营效益，并提出相应的对策与建议。

1 大数据技术对建筑施工企业成本管控的影响

1.1 项目管理中的成本管控

在建筑施工项目中，成本控制是保障项目盈利的关键要素之一，凭借采用大数据技术，项目管理者可以在施工实施期间实时监控各类数据，诸如材料使用情况、工人工作效率和设备使用状况，这些数据可辅助项目经理全面了解项目的运营局面，保证成本管控在预算范围里。以材料使用方面为例，依靠数据分析，项目管理者可精准把控材料的消耗状况，确保采购数量跟实际需求相符，借助对施工现场实时监控数据的剖析，项目经理可及时识别工期延误的潜在风险，恰当调整施工进度，杜绝因项目进度滞后造成的额外开支，倘若数据分析显示某一环节工作效率欠佳，可及时对施工人员与资源配置作出调整，保证项目按时落实，最大限度降低因工期延误引发的资金浪费，从而为企业缩减成本并增进盈利实力[1]。

1.2 材料采购与成本管控

于建筑施工项目当中，材料采购一般会占据项目总成本的较大比重，因此对其成本的管控意义重大，传统的材料采购途径存在预算超支、物料浪费等情形，尤其当市场价格波动表现得较大的时候，采购成本不易把控，伴随大数据技术的运用，企业可凭借对历史采购数据、市场价格走势以及供应商信誉等信息的综合研究，优化采购安排，杜绝因盲目采购产生的成本损耗。采用大数据分析，项目经理可精准预估材料的需求量，防止材料采购过量或不足，保障材料的供应与施工进度紧密契合，大数据技术还可协助企业抉择最具性价比的供应商，并借助实时监测采购环节的进展，保证材料按时抵场，防止因材料延迟或库存过度积压引起的工期延误和额外费用付出，利用精准的材料采购管控，企业不仅可以有效把控成本，还可增强项目的整体效率与盈利实力。

1.3 工期控制与成本管控

工期延误是建筑施工项目引发成本超出预算的常见原因之一，延误不仅会添加直接成本，诸如加班费用、设备租赁费用等，还可能影响到项目的整体盈利水平，大数据技术在工期控制方面的应用可有效预测和规避这些问

题，依靠实时监控项目进度、资源使用、天气条件等多维度数据，项目管理者可预先识别潜在的工期风险，并实施动态整改。若大数据分析说明某一工序也许因天气缘故延误，项目经理可提前实施施工计划调整，防止工期延误造成的额外费用，在项目开展的过程中，集成化数据平台可实时反馈项目的进度信息，帮扶管理者及时作出抉择，调控资源分配，保障项目按时落实，大数据技术还可辅助管理者合理安排人力、物力和设备资源，以此防止资源出现浪费，并保证项目依照预算与计划开展，凭借精准的工期掌控，项目管理者不仅能够躲开工期延误带来的额外成本，还可增强项目的综合经济效益。

2 大数据时代建筑施工企业成本管控的策略

2.1 构建大数据平台

为实现大数据在建筑施工企业成本管控实践中的全面运用，企业首需搭建一个完备的大数据平台，该平台必须涵盖项目管理、财务控制、采购管理等多个环节，保证能全面采集并整合项目的各类数据，这些数据不只涉及材料采购、施工进度、人工成本、设备使用等信息，还应囊括项目预算、实际支出、合同执行情况等财务数据，依托对这些数据的深度研判，平台可生成一个全方位的监控与分析系统，为管理者提供精准及时的决策支撑[2]。

该大数据平台应具备强大的实时数据采集与处理能力，具备动态监控项目各项进展及成本情况的能力，采用传感器、物联网设备等技术，平台可实时采集施工现场的实际数据，保障信息的及时性与准确性，这些数据借助智能算法与数据分析模型加以处理，可为企业开展预测分析，支持管理人员识别潜在的成本风险及资源浪费问题。平台的核心优势在于可依据数据分析结果，自动生成决策指引，并通过可视化报告帮扶企业管理层做出更精准的判定，当项目预算超出预算范围时，平台会自动警示相关人员，并给出恰当的调整方案；若施工进度出现滞后时，平台会给出优化办法，帮扶项目及时回归正途，依托这样的大数据应用，建筑施工企业不仅可以提升成本管控的准确程度和效率，还能够在应对复杂项目时，及时做出回应，由此降低成本、提高收益，增添企业的竞争力。

2.2 数据驱动的决策管理

处于大数据时代，建筑施工企业宜积极推进决策管理的智能化与精准化，以适应日益错综的市场环境及竞争压力，依靠大数据分析，企业可全面掌握各项业务运作的细节，洞悉成本管控中潜在的风险及优化的空间，依靠对工人工时、设备使用状态、物资采购等各类数据的实时分析，企业可全面审定资源的使用效率，及时察觉过度安排、资源闲置等问题，由此有力杜绝资源浪费。

企业可凭借对工人工时数据的分析，精准掌握各个项目、各个阶段的人工需求，恰当安排工人的工作任务，防止工人过度劳累或人力资源过度冗余现象，这种借由数据驱动的安排方式，不仅对优化人员配置有益，还能增进员工工作效率，缓解因人力欠缺或不合理调配造成的项目延误。设备使用情况的分析也能辅助企业更好地管理设备，合理安排设备的使用与维修，规避设备闲置或过度使用状况引发的高额维护成本，基于数据驱动的决策管理可让企业在面对市场变化时作出更迅速的反应，当市场需求、材料价格乃至政策法规出现变化时，企业可凭借大数据平台迅速分析相关影响状况，并依照数据模型预测变化走向，及时对项目计划和预算安排作出调整，这种迅速响应的能力，不仅可减少市场波动引发的风险，还可辅助企业在竞争中占据先机，提高运营效率与盈利水平[3]。

2.3 加强与供应链的协同

大数据技术不仅可以协助建筑施工企业实施内部成本管控，还能促进跟供应链各环节的紧密协同合作，建筑行业的供应链一般牵涉多个环节，含有供应商、物流、材料采购、仓储等，各环节的有效衔接加上信息流通对保障项目顺利运作至关重要，采用大数据技术，企业得以实现供应链中各环节的数据整合与实时监控，从而更精确地掌握物料供应的情形，增进整体运营效率。企业可依靠大数据技术实时核查供应商的履约情况，借助对供应商交货时间、质量检查报告、过往合作历史等数据的解析，企业可对供应商的表现进行评估，保障合作的可靠性与及时性，这不仅能促进减少因供应商延误而引起的施工进度滞后情况，还可为企业供给更为科学的供应商选择依据，以此提升采购决策的精准度和可靠水平。

依靠大数据分析，企业还可全盘掌握材料的运输状况与库存水平，依靠与物流公司、运输服务商的系统对接，企业可实时掌握运输过程中材料的运输进度、配送路线、运输时效等数据，这些信息助力企业更准确地预判材料的到货时间，防止因运输延误引起的项目停滞。借助对库存数据的实时剖析，企业还可知晓每种材料的消耗速度，恰当规划采购计划，弱化库存压力，降低因过多积压材料引发的成本，大数据还能够辅助企业开展需求预测及采购优化，依靠历史数据做分析，结合市场走向与项目实际需求，企业可更精细地预测未来的物料量，避免产生采购过多或过少的情形，这不仅可减少库存积压引发的成本，还可减少因物料短缺对项目进度产生影响的风险。

3 大数据应用中的挑战与对策

3.1 数据安全与隐私保护

在大数据实施应用的过程里，建筑施工企业遭遇日益严峻的数据安全性与隐私保护问题，伴随信息技术的逐步进步，大数据的收集、存储、分析跟共享已经成为行业发展的关键助力，数据的广泛采用也让企业和合作伙伴的敏感信息面临着被泄露、滥用或经受网络攻击的风险，建筑施工企业务必高度重视数据安全管理，采用一系列策略以保障数据的安全性与隐私保护[4]。

企业宜建立严格的数据访问权限控制制度，采用对员工和合作伙伴的数据访问权限实施精确划分，保证仅授权人员可访问与其职责相关的数据，企业得定期对权限设置开展审核与调校，防止权限过大或过小造成的安全隐患，企业还需采用加密技术对敏感数据进行加密存储及传输，防范数据在传输阶段被拦截或篡改。企业应当严格依从国家和地区有关数据保护的法律法规，保证在数据收集、存储、处理和共享过程中符合合规要求，建筑施工企业在触及个人信息时，务必符合《中华人民共和国个人信息保护法》等法律的相关要求，保证个人隐私不被冒犯，商业敏感数据，如财务信息、合同条款等，也应落实严格的保密管理要求，防范被非法泄露或肆意滥用。

3.2 数据质量与整合问题

大数据分析的成果直接仰赖于数据质量，尤其在建筑施工企业此类复杂行业的范畴内，建筑施工企业的业务牵扯多个环节和部门，如设计、采购、施工、质量把控、工程管理等，数据来源繁杂无序，且不同部门及系统的数据格式未实现统一，这使得数据的准确性与完整性经常面临挑战，假如不加以处理，这些问题大概会造成数据分析结果的偏差，进而影响企业决策质量的高低，甚至对项目的顺利推进造成负面干扰[5]。

为达成提高数据质量的目的，建筑施工企业需要制订并实施一套严谨的数据标准化管理措施，企业需为不同数据源制定统一的数据采集标准以及格式规范，保证各个环节采集的数据在格式、内容和单位等方面达到一致，优化数据采集过程中的实时监控，保障数据的及时性与准确性。采用自动化的监测工具和数据清洗技术，可以及时发掘数据里的异常值和缺失，杜绝有差错的数据进入系统，不同系统及部门的数据需开展有效的整合，在建筑施工企业里，往往存在多种信息系统，诸如项目管理系统、财务系统、物料管理系统等，这些系统彼此的数据一般是存在结构差异的。为处理这一问题，企业应搭建一个数据整合平台或数据仓库，执行跨系统的数据对接及处理，依靠数据清洗、转换及合并，把不同来源的数据开展统一管理，让其可以在一个平台上开展分析与决策，从而为企业的战略决策提供更为周全、精准的数据支持[6]。

3.3 人才短缺与技术壁垒

大数据技术在建筑施工企业当中的应用潜力极大，但要达成这一潜力的发挥，企业必须拥有充分的技术后盾，目前众多建筑施工企业在数据分析、技术运维等领域的专业人才储备依旧不足，使得大数据技术的应用效应未能充分施展，为了冲破这一瓶颈，企业须加大对大数据技术人才的培养强度，构建完备的培训体系，增进现有员工的技术水平。企业也应留意从外部引进高水平的数据科学家、工程师等专业人才，保证技术实施的专业性及可持续发展，企业可经由与科研机构、技术公司等外部力量进行合作，彼此协作推动技术创新，这种合作不仅可以协助企业得到最新的技术支持，还可达成技术资源共享，提高企业在大数据技术应用层面的竞争力，凭借搭建人才储备与外部合作的双重保障，建筑施工企业可更有效地适应数字化转型，提升数据分析及决策的精准水平，进而助力企业整体效率和创新能力的上扬[7]。

4 结语

在大数据时代，建筑施工企业遭遇着更为复杂且瞬息万变的市场环境，而成本管控一直是企业发展及生存的核心，大数据技术为建筑施工企业缔造了更加精确、高效的成本管控工具，帮扶企业优化项目管理、材料采购、工期控制等关键环节，尽管大数据应用面临数据安全、数据质量与技术人才等方面的挑战，但只要企业能够有效应对这些问题，助力数据驱动的决策及管理，必将实现更为精确、科学的成本管控，增进企业的整体竞争力以及市场占有率。

[参考文献]

[1]赵珺轩，高杨，朱周楷.大数据时代建筑施工企业成本管控研究[J].上海企业，2025(1)：72-74.
[2]姚州捷.建筑施工企业成本精细化管理分析[J].纳税，2024，18(31)：124-126.
[3]高怡然.建筑施工企业成本控制指标的设计和应用研究[D].天津：天津工业大学，2023.
[4]周娟玉.加强建筑施工企业成本管控的措施分析[J].环渤海经济瞭望，2022(9)：37-39.
[5]吕云翠.施工企业成本管控研究[J].纳税，2020，14(27)：173-174.
[6]袁江华.大数据时代建筑施工企业如何提升成本管理[J].财富生活，2020(18)：110-114.
[7]金平贵.大数据时代建筑施工企业如何提升成本管理[J].建材与装饰，2018(19)：150-151.

作者简介：乔永平（1986.8—），男，汉族，专业：交通运输，中级工程师。

基于大数据分析的基础设施智能化预测性维护研究

杨 平
鄂尔多斯市康巴什区政府投资项目代建中心，内蒙古 鄂尔多斯 017010

[摘要]随着基础设施智能化发展，预测性维护成为提高运行效率和减少故障停机的重要手段。基于大数据分析，通过对基础设施设备运行数据的实时监测与分析，可以及时发现潜在问题并预测设备故障趋势，从而实现精准维护和资源优化配置。大数据技术在维护决策中的应用能够提升基础设施管理的智能化水平，降低维护成本，提高系统稳定性与安全性。研究表明，基于数据驱动的预测性维护模式能够有效延长设备生命周期并提高基础设施整体性能。
[关键词]大数据分析；智能化维护；预测性维护；基础设施管理；设备故障预测
DOI：10.33142/sca.v8i4.15924　　中图分类号：TM621　　文献标识码：A

Research on Intelligent Predictive Maintenance of Infrastructure Based on Big Data Analysis

YANG Ping
Ordos Kangbashi District Government Investment Project Construction Center, Ordos, Inner Mongolia, 017010, China

Abstract: With the development of intelligent infrastructure, predictive maintenance has become an important means to improve operational efficiency and reduce downtime. Based on big data analysis, real-time monitoring and analysis of infrastructure equipment operation data can timely identify potential problems and predict equipment failure trends, thereby achieving precise maintenance and resource optimization configuration. The application of big data technology in maintenance decision-making can enhance the intelligence level of infrastructure management, reduce maintenance costs, and improve system stability and security. Research has shown that data-driven predictive maintenance models can effectively extend equipment lifecycle and improve overall infrastructure performance.
Keywords: big data analysis; intelligent maintenance; predictive maintenance; infrastructure management; equipment failure prediction

引言

随着信息技术的飞速发展，基础设施智能化已成为提升城市管理效率和保障公共安全的关键。传统的维护模式往往依赖定期检查或故障后修复，无法有效避免突发问题。大数据分析作为智能化管理的重要工具，通过对设备运行状态的实时监控和数据挖掘，能够提前识别潜在风险，实现预测性维护。这不仅优化了维护资源配置，还大大提高了设备的可靠性和使用寿命，为基础设施的高效运营提供新的解决方案。

1 大数据在基础设施智能化维护中的应用前景

随着技术的不断进步，大数据在基础设施智能化维护中的应用展现出巨大的潜力。通过精准的故障预测和维护决策，能够显著提升基础设施管理效率，降低运营风险。

1.1 大数据技术与智能化维护的结合

大数据技术在基础设施维护中的应用使得传统的被动维修模式逐渐向预测性和智能化方向发展。通过实时采集和处理基础设施设备的各类运行数据，如温度、压力、振动等，系统能够持续监测设备状态并识别出潜在故障风险。相比于传统依赖人工经验的维修方式，基于大数据的智能化维护能够在问题发生前进行预测，从而减少设备停机时间，提高设施的整体运作效率。

1.2 故障预测与决策优化的实现

在传统的基础设施管理中，故障的预测大多依赖于周期性的检查，往往无法及时发现隐藏的风险。而大数据分析能够通过对大量历史数据的处理与挖掘，识别出设备运行中的潜在问题。例如，通过机器学习和人工智能技术，系统能够分析设备的运行模式，并基于历史数据预测出设备的故障趋势[1]。通过这种方式，能够精确掌握设备的维护周期，并为维护决策提供数据支持，从而避免了无效的过度维修或忽视潜在故障的情况。

1.3 提升基础设施运营效率与降低成本

智能化的预测性维护不仅提高了基础设施的运行效率，还大大降低了维护成本。通过大数据分析，运营方可以及时调配资源进行精准的设备检修，避免了资源浪费和过度的维护支出。此外，减少了设备故障带来的意外停机时间，进一步提高了设施的可靠性与安全性。这种维护模式的引入，可以在保证基础设施稳定运行的同时，有效控制运营成本，提升整体经济效益。

大数据技术通过智能化、预测性维护优化设备管理，推动基础设施智能化转型，提升运营效率、安全性和经济性。

2 预测性维护技术的核心原理与方法

预测性维护技术依托大数据和智能算法，能够在设备发生故障前进行有效预警。其核心原理与方法为基础设施提供了一种全新的、更加高效的维护模式，极大提升了管理效能。

2.1 预测性维护的基本原理

预测性维护的核心原理是通过持续监测和分析设备的运行状态，基于历史数据和实时数据来预测设备可能发生的故障。传统的维护方式通常依赖于定期检查或故障后的修复，而预测性维护则基于大数据技术，通过分析设备的运行数据，如温度、压力、振动等参数，识别出潜在的故障迹象。利用数据挖掘和机器学习算法，系统能够精确预测设备的剩余使用寿命，并提前告知维护人员进行检修，从而避免了设备突发故障所带来的损失和停机时间。

2.2 数据采集与分析技术

预测性维护技术依赖于精准的数据采集与分析过程。通过安装传感器等设备实时采集设备运行状态数据，确保数据的准确性和实时性。这些数据包括设备的运行温度、压力、转速、振动幅度等，这些数据能够反映出设备的健康状态。随后，利用大数据分析平台对海量数据进行深度挖掘与处理，通过算法建模和预测分析，系统可以识别出设备状态的异常模式，并对潜在的故障进行提前预警[2]。这些分析结果为决策者提供了科学依据，帮助他们制定精准的维护计划，最大化设备的使用寿命。

2.3 机器学习与故障预测模型

机器学习是预测性维护中不可或缺的一部分，它能够通过算法自动从大量的设备运行数据中学习并提取规律。通过使用回归分析、决策树、支持向量机（SVM）等算法，系统能够建立出故障预测模型。在这些模型的支持下，预测性维护不仅可以提前预测设备的故障，还能准确判断故障发生的时间、原因以及影响范围。例如，使用时间序列分析方法，可以根据设备的历史运行数据，预测设备在未来某一时间点可能发生的故障，并采取相应的预防措施。

3 基于大数据分析的设备故障预测模型

基于大数据分析的设备故障预测模型通过深度挖掘设备运行数据，提前识别潜在问题，极大提高了预测的准确性与效率。这一技术在基础设施管理中正发挥着越来越重要的作用。

3.1 故障预测模型的构建原理

基于大数据分析的设备故障预测模型依托于机器学习和统计学原理，通过历史数据的学习与分析，建立设备健康状况的预测模型。该模型通常会聚焦于设备的多个运行参数，如温度、湿度、压力、振动等，利用这些数据构建多维度的特征空间。通过对历史数据的训练，模型能够识别出设备正常与异常运行之间的差异，并预测设备未来可能发生的故障。预测模型的构建不仅需要高质量的传感器数据，还需要强大的计算平台和算法支持，以确保预测的准确性和实时性[3]。

3.2 数据预处理与特征提取

在建立设备故障预测模型时，数据预处理和特征提取是至关重要的一步。原始数据往往包含噪声和冗余信息，必须进行清洗和整理。首先，利用数据清洗技术去除异常值、填补缺失数据，并对数据进行标准化和归一化处理。接下来，特征提取将对大量的数据进行降维，提取出与故障密切相关的关键特征。通过选择适当的特征，模型能够更有效地捕捉设备的运行趋势，避免不必要的数据干扰，提高预测精度。特征选择的方法包括主成分分析（PCA）、信息增益、卡方检验等，这些方法能够帮助模型在多维数据中寻找最具预测价值的变量。

3.3 机器学习算法与故障预测精度

机器学习算法是设备故障预测模型的核心工具，它通过自动化学习从历史数据中提取规律，实现对设备故障的预测。常用的算法包括支持向量机（SVM）、决策树、随机森林、神经网络等。每种算法具有不同的优势与应用场景。例如，支持向量机（SVM）能够有效处理高维数据，适用于复杂的故障模式识别；而随机森林则能够通过集成学习提高预测的稳定性与准确性。此外，深度学习算法，如卷积神经网络（CNN）和长短期记忆网络（LSTM），也被应用于设备故障预测，尤其适合处理序列数据和复杂的时间相关特征。这些机器学习算法的不断优化和结合，使得设备故障预测的精度和实时性得到了极大地提升。

4 智能化维护系统的实施策略与挑战

智能化维护系统的实施通过数据驱动和算法支持，提升了设备管理的精准性与高效性。然而，在实际应用过程中，系统的实施仍面临技术、成本与操作等方面的挑战。

4.1 智能化维护系统的实施策略

智能化维护系统的实施需要依托大数据、物联网、人工智能等技术，通过传感器和数据采集设备对基础设施设备进行实时监测。首先，必须建立数据采集与处理平台，将各类设备的运行数据实时传输到中央系统进行分析。接着，通过算法模型进行数据挖掘和故障预测，确保系统能够及时预警潜在问题。此外，系统还需要与现有的维护管理平台对接，确保数据共享与业务流程的顺畅衔接。维护人员通过智能平台获取实时故障预警和维护指令，从而根据实际情况进行维护决策。为了提高系统的实施效果，还需要进行不断的模型优化与算法调试，确保其适应不同设备和环境的变化。

4.2 实施过程中面临的技术挑战

尽管智能化维护系统提供了巨大的潜力，但在实施过程中仍面临一些技术挑战。首先，数据的采集与处理是关键，设备传感器和物联网技术的选择直接影响数据的质量和准确性。传感器故障、数据丢失或异常都会影响预测结果，导致维护决策失误。其次，数据的处理能力也是一大挑战，特别是在海量数据的存储、传输和分析过程中，如何保证系统的实时性和高效性需要强大的计算资源支持。此外，算法模型的选择和优化也是实施中的难点，不同设备的特征差异使得同一预测模型在不同设备上可能表现出不同的预测精度[4]。因此，如何为不同设备量身定制预

测模型，提升预测准确性，是实现智能化维护的技术难题。

4.3 实施过程中的成本与操作挑战

智能化维护系统的建设和维护需要较高的初期投入，包括设备购置、技术研发、系统集成等成本。此外，数据采集、存储和处理平台的搭建也需要相应的资金支持。虽然智能化维护能够在长期降低设备故障率和维护成本，但高昂的初期投入仍是许多企业采用此技术的障碍。另一方面，系统的操作与管理也存在挑战，尤其是在技术人才的培训和管理方面。为了确保系统的正常运行，操作人员需要掌握复杂的技术操作和数据分析能力。若没有足够的专业人员或培训机制，系统的效能可能无法完全发挥，甚至可能导致维护决策错误。

5 大数据驱动的基础设施管理优化与资源配置

大数据驱动的基础设施管理优化与资源配置，通过智能化分析和精准预测，不仅提高了设备运行效率，还优化了资源利用，推动了基础设施的智能化升级与持续发展。

5.1 大数据驱动下的基础设施管理优化

大数据技术使得基础设施管理的优化成为可能。通过实时采集和分析设备数据，可以全面掌握设施的运行状态和健康状况，及时发现潜在的故障和安全隐患。例如，通过分析设备的温度、压力、振动等运行参数，系统可以预判设备的使用寿命和故障点，提前采取维护措施。这种实时监控与数据分析可以大大减少设备的停机时间和维修成本。此外，基于大数据的管理平台能够将设备运行状态与历史数据相结合，制定出更为精准的维护计划和调度策略，确保设备的最佳运行状态[5]。通过对数据的深度挖掘，管理者能够在海量数据中提取出有价值的信息，从而提升决策的准确性和运营效率。

5.2 资源配置的智能化与优化

在传统的基础设施管理中，资源配置往往依赖人工经验和定期检查，容易造成资源浪费和效率低下。而大数据驱动的智能化资源配置能够基于实际需求进行精准调度。通过对设备故障预测、维护需求、人员安排等数据的综合分析，系统能够自动进行优化决策，合理安排维修任务、人员分配和设备调度，避免了资源的重复投入和无效使用。通过智能化的调度系统，企业可以将有限的资源投入最需要的地方，从而提高资源的使用效率，降低运营成本。此外，数据驱动的决策不仅能够优化日常运营，还能在突发事件中做出快速反应，保障基础设施的连续性和安全性。

5.3 长期效益与可持续发展

大数据驱动的基础设施管理优化不仅带来了短期的运行效率提升，还对长期的可持续发展产生了深远影响。通过智能化管理与预测性维护，基础设施的整体寿命得到了延长，设备故障率大幅下降，运行成本显著降低。此外，随着智能化技术的不断进步，基础设施的管理模式逐步从传统的被动管理转向更加主动和精确的管理方式。这种转变不仅提升了基础设施的管理水平，还为相关行业提供了可借鉴的经验和发展方向。同时，通过数据的不断积累与分析，系统能够实现自我优化，不断提升管理效能，为未来的智能化发展奠定了基础。

大数据驱动的基础设施管理优化，通过精准数据分析和智能算法，提升了管理效率和资源利用率，为基础设施的可持续发展和智能化转型提供了有力支持。

6 结束语

大数据驱动的智能化维护与基础设施管理技术正在逐步变革传统运维模式，推动设备管理向更加精准、高效的方向发展。通过实时数据监测、故障预测与资源优化配置，不仅提升了基础设施的运营效率，还降低了维护成本，延长了设备使用寿命。然而，技术实施中仍面临诸如数据质量、成本投入和操作挑战等问题。未来，随着技术的不断发展与完善，智能化维护系统将在基础设施管理中发挥更加重要的作用，助力实现更高效、更可持续的运营模式。

[参考文献]

[1]王元卓，靳小龙，程学旗.大数据分析系统创新平台与生态建设[J].大数据，2018，4(1)：92-99.
[2]郭洪杰.大数据分析在电力营销场景中的应用.中国电力设备管理协会.全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(二)[C].中国电力设备管理协会：中国电力设备管理协会，2024.
[3]邱实.基于大数据分析的智慧城市规划与管理研究[J].城市建设理论研究(电子版)，2024(15)：226-228.
[4]梁柳.基于大数据分析的建筑土木工程成本控制策略研究[J].林业科技情报，2024，56(4)：198-200.
[5]金承哲.计算机大数据分析与云计算网络技术运用探微[J].数字技术与应用，2024，42(12)：107-109.

作者简介：杨平（1986.3—），男，鄂尔多斯市，研究生，目前是工程师，就职于鄂尔多斯市康巴什区政府投资项目代建中心，主要从事建筑工程领域方向的工作。

基于数字孪生的轻钢集成建筑设备智能运维系统研究

李 鑫 唐 艳
广东白云学院，广东 广州 510080

[摘要]随着建筑行业的发展，轻钢集成建筑因其结构灵活、建造周期短、环保性能突出等优点得到了广泛应用。为提升轻钢集成建筑的运维效率和质量，文章提出了一种基于数字孪生技术的智能运维系统。通过构建数字孪生模型，实现对建筑设备的实时监控、预测性维护和智能化管理，从而优化建筑设备的运维流程，降低维护成本，提高设备可靠性。文章探讨了数字孪生技术在轻钢集成建筑运维中的应用，并对该系统的实现方法、关键技术和挑战进行了详细分析，提出了未来的发展方向。
[关键词]数字孪生；轻钢集成建筑；智能运维；设备管理；预测性维护
DOI：10.33142/sca.v8i4.15922 中图分类号：TP391.9 文献标识码：A

Research on Intelligent Operation and Maintenance System of Light Steel Integrated Building Equipment Based on Digital Twins

LI Xin, TANG Yan
Guangdong Baiyun University, Guangzhou, Guangdong, 510080, China

Abstract: With the development of the construction industry, light steel integrated buildings have been widely used due to their advantages such as flexible structure, short construction period, and outstanding environmental performance. To improve the operation and maintenance efficiency and quality of light steel integrated buildings, this article proposes an intelligent operation and maintenance system based on digital twin technology. By constructing a digital twin model, real-time monitoring, predictive maintenance, and intelligent management of building equipment can be achieved, thereby optimizing the operation and maintenance process of building equipment, reducing maintenance costs, and improving equipment reliability. The article explores the application of digital twin technology in the operation and maintenance of light steel integrated buildings, and provides a detailed analysis of the implementation methods, key technologies, and challenges of the system, proposing future development directions.
Keywords: digital twin; light steel integrated building; intelligent operation and maintenance; equipment management; predictive maintenance

引言

伴随建筑行业的快速拓展，轻钢集成建筑凭借其具备的高效性、可持续性及模块化设计等优势，日益受到市场的垂青，轻钢集成建筑于实际运维阶段，存在着设备管理复杂、维护周期长、突发故障频繁等弊端，怎样提高建筑设备运维的效率跟准确性，成为当下行业急需应对的难题。数字孪生技术作为一种借助物理实体与虚拟模型实时同步的技术，已大量应用于各类工业领域，其强劲的数据分析和预测能力，为建筑设备的智能运维提供了新的应对方案，本文聚焦于研究基于数字孪生的轻钢集成建筑设备智能运维系统，凭借数据采集、实时监控、预测性维护等技术方式，增进设备管理的智能化水平，实现对运维流程的优化。

1 数字孪生技术概述

1.1 数字孪生的定义及发展历程

数字孪生技术最早肇始于航空航天领域，起初被应用于卫星、飞机等大型复杂设备的实时监控与维护事务中，其核心思路是借助创建物理对象的虚拟副本，以便更精准地监控、优化这些设备的运行状态。在 20 世纪 60 这个年代，伴随计算机技术的渐进发展，数字孪生的理论框架渐次成形。借助创建虚拟模型与物理实体达成相符性，工程师可实时审视设备的各项性能，实施故障预判与推进维护规划[1]。

伴随物联网（IoT）、大数据、云计算等技术的迅猛发展，数字孪生技术的应用场景也稳步扩展。尤其是在建筑、制造业、能源、城市管理等领域得到了普遍关注，数字孪生不仅局限于对单一设备的监控，还可针对复杂系统和整个生产流程开展模拟与优化。就建筑行业而言，利用把建筑物的物理结构、运行状态和环境数据等与虚拟模型加以同步，实现对建筑生命周期的全面监控与管理，增进了设计、施工、运营等各阶段的效率及精准度。

1.2 数字孪生的核心技术

数字孪生的核心技术囊括数据采集与传输、虚拟建模、实时同步与更新以及数据分析与决策支持等几个要点，数据的采集与传输是数字孪生的根基，以物联网设备、传感器、摄像头等硬件设施为途径，可实时获取物理实体的运行数据和状态信息。就制造业而言，传感器可采集设备的温度、震荡、压力等数据，并把数据传输到云端处理中心。

虚拟建模技术按照采集到的数据或既有的物理模型，造就出与实体设备高度类似的数字副本，此虚拟模型不仅能精准反映设备的外观、结构，还能对设备的各项运行参数开展模拟。基于这一基础，实时同步和更新技术保证虚拟模型可与物理实体同步更新，即便设备发生改变之际，虚拟副本也能够迅速体现出相应的调整，由此保障信息的实时性与精准度。

数据分析跟决策支持是数字孪生的核心技术之一。采用大数据分析、人工智能和机器学习等算法，数字孪生系统可针对实时数据做深度处理和分析，预判潜在缺陷、辨识优化重点、提出维护方案，也支持自动化的决策事宜。数字孪生系统可预估设备故障出现的时间及位置，支持企业预先进行维护与修复，由此缩减生产停机时间，增高设备的整体效能与安全性[2]。

2 基于数字孪生的轻钢集成建筑设备智能运维系统设计

2.1 系统架构设计

基于数字孪生模式的智能运维系统，作为现代建筑设备管理的核心组成部分，可实现对设备的全生命周期管理，加大运维效率，下调运维成本。此系统主要归类为数据采集层、数据传输层、处理分析层和应用层四个部分，每一层在系统的运行过程中都起着极为关键的作用。数据采集层借助传感器、智能设备以及设备监控系统，实时采集建筑设备运行的各项数据，这些数据囊括温度、压力、振动、能耗等关键指标。采集层把这些信息转化为数字化信号，并维持信息的准确性与实时性，为后续数据处理铺就基础。数据传输层借助无线通信技术（如 Wi-Fi、5G、LoRa 等）把数据传送至中央处理系统，在传输的过程中，系统须保证数据的可靠性与安全性，以防数据出现丢失与泄漏。传输层需要应对大规模数据传输带来的延迟以及带宽压力。

处理分析层可谓整个系统的“大脑”，它承担对采集到的数据开展存储、处理与分析的工作。采用机器学习、人工智能等先进算法，系统可对建筑设备的运行状态实施实时监控，并针对设备的潜在故障实时预测与诊断，援助运维人员提前发现毛病，由此降低设备的故障概率和维修成本。应用层凭借直观的可视化界面，向用户揭晓建筑设备的状态信息，用户可经由远程监控开展操作，实时把握设备运行状态，及时调整策略然后开展故障处理，应用层也支持多种管理功能，诸如设备管理、故障报警与维护调度，极大增强了运维效率与精确性。

2.2 数据采集与实时监控

为实现设备的智能化运维，需对轻钢集成建筑中的各类设备开展全面且实时的数据搜集。轻钢集成建筑往往涉及复杂的设备系统，含有空调系统、电力供应系统、排水系统、暖通设备等，每一项设备的稳定运行对建筑的整体功能意义重大，实时监控这些设备的运行状况是保障建筑安全、高效运转的前提。为达成这一既定目标，必须在各关键设备上安装传感器，这些传感器可实时采集设备各运行参数，如温度、湿度、振动、压力、电量、能耗等，这些数据可展现设备的实时状态。尤其是当设备呈现异常状态时，传感器可迅速捕捉到这些变化，由此发出预警信号。温度传感器可监测设备的过热情形，振动传感器则可探测到设备运行中的不正常振动，提示潜在的故障隐患[3]。

采集到的设备数据凭借物联网技术被实时传递至中央处理平台，物联网技术借助无线传输、传感器网络等手段，保证设备数据能够高效、安全地传至中央平台，避免了人工数据记录造成的烦琐与延时问题，这些数据依托云计算平台实施处理、存储，为后续的预测性维护夯实了坚实基础。凭借对大规模设备数据的长期聚积与分析，运维人员可依据数据趋势提前预判设备故障，开展有针对性的维护跟维修，杜绝了传统运维过程中由于人为粗心或设备异常未及时察觉而造成的突发故障。

2.3 预测性维护与故障诊断

采用对收集到的设备运行数据进行深度分析，可高效地借助机器学习算法预测设备的潜在故障，以此提升生产过程的效率跟安全性。伴随工业设备渐趋智能化与数字化，企业可实时采集大量的运行数据，涉及设备的温度、振动、压力、电流等多个维度的参数，这些数据不仅可以体现设备此刻的运行状态，还可揭示设备的性能趋势与潜在隐患。

涉及机器学习的算法，尤其是监督学习跟无监督学习模型，可借助设备历史数据开展训练，辨认出不同类型设备在不同工况下的行为模式，采用分析设备的振动频率变化方式，结合温度、湿度等周边环境参数，机器学习模型可探测到设备在出现故障之前的微弱变动。这些数据可协助预测设备可能出现的故障类型，如轴承磨损、电机故障或过热状况，并精准预估故障出现的时间区间，依靠这些预测结果，企业可在设备产生故障前进行有针对性的维护或更换关键零部件，规避因设备突发性故障引起的生产中断。跟传统的定期检查与事后维修相比较，基于数据分析的预测性维护在高效精确上表现更佳，它能够极大幅度减少停机时间，提升产出效率，降低维保成本。预测性维护还可拉长设备的使用寿命，加大设备的运行稳定性，为企业增添更大的经济效益[4]。

2.4 可视化管理与远程监控

数字孪生技术凭借打造物理设备或系统的虚拟模型，让运维人员可借助可视化界面实时监测设备的运行状况，并对设备的各类性能参数开展分析与判定。该虚拟模型实时揭示了设备的各类数据，含有温度、振动、压力、电流等关键指标，从而助力运维人员迅速知晓设备的整体健康状况。这种实时反馈机制可让运维人员更早察觉潜在问题，诸如异常振动或温度过热状况，从而预先采取维护行动，避免因设备故障引起的生产中断。依靠数字孪生技术，运

维人员可直观地辨识每一台设备的状态，不只是以数据展示为限，还可借助模拟不同的工作环境与工况，预估设备在不同情形下的表现，如此的信息透明化和可操作性显著提高了运维决策的准确性与及时性。

把增强现实（AR）和虚拟现实（VR）技术加以结合，运维人员的工作效率实现了进一步提升。依靠 AR 技术，运维人员可把虚拟信息叠加在现实世界中，看清设备内部的详细状况或出现故障的点位，从而更清晰地引领修复步骤。VR 技术可助力运维人员开展模拟操作，在无需抵达现场的状态下开展远程诊断与修复操作。就算为设备的复杂维护操作，还是跟远程专家进行协作指导，AR/VR 技术皆可提供直观的指导，保障每一步操作都精准无忧。此项技术结合增进了运维效率，缩减了人工操作的错漏，并通过远程实施操作极大节约了时间和成本。尤其在设备分布范围广或条件复杂的场景中，数字孪生跟 AR/VR 技术的结合，让设备管理及维护工作更为智能化精准化。

3 数字孪生在轻钢集成建筑中的应用案例

3.1 某轻钢集成建筑项目运维系统实施

在某轻钢集成建筑项目当中，项目组成功采用了基于数字孪生技术的设备智能运维系统，该系统凭借实时数据采集与分析，极大增进了设备的管理效率。系统借助对建筑设备的各类运行数据开展实时监控，涉及温度、湿度、压力、振动等若干关键参数，全面把握设备的健康状况。数字孪生技术打造的虚拟模型跟物理设备实现完全同步，运维人员随时可借助可视化界面去查看设备的工作状态，便于迅速辨认潜在问题。

该系统的核心长处在于其预测性维护功能，经由对历史数据和实时数据的深度挖掘，系统可预测设备故障发生的可能性与时间，预先甄别出存在风险的设备。在项目实施进程中，系统成功预警出多个潜在故障点，包含空调系统的压缩机过热、泵站的流量异常等情形。项目组凭借这些预警信息，提前落实了设备的检修与替换，由此避免了设备突发性故障引发的生产停机。采用这种智能化的管理模式，项目组不仅极大缩减了设备停机时长，还高效降低了紧急维修和替换设备的成本。这种基于数字孪生的设备智能运维系统为建筑项目的平稳推进提供了坚实的技术后盾，也为未来智能建筑运维模式留存了宝贵的经验[5]。

3.2 应用效果与挑战

该系统的实施有效优化了建筑设备的运维效率，降低了设备出现故障的比率，尤其是针对设备远程监控和故障预测方面取得了明显成果，在实际应用进程里，依旧面临着一些挑战，数据采集精度偏低可能引起部分设备的运行数据不够精确，由此影响预测模型的可靠性；系统稳定性呈现短板在高负载情形下可能引发数据丢失或延迟，波及实时监控的实际效果；设备兼容性问题造成不同品牌及型号的设备不能有效集成，降低了系统的整体性能水平。

为进一步强化系统性能，优化传感器布局是要义。恰当的传感器位置和数量可保证数据采集的全面性和精确性，由此提升故障预测的精准水平，提升数据传送的稳定性。尤其是在无线传输的环境下，可降低数据延迟与丢失，保证实时监控的顺利实施，应对设备之间的异构性问题。依靠统一的通信协议及标准化接口，可促成不同设备间的无间断连接，保障系统的整体同步运行，这些优化手段会为系统的长效稳定运行给予有力保障。

4 结语

基于数字孪生模式的轻钢集成建筑设备智能运维系统，全面利用数字孪生技术的长处，做到了对建筑设施设备的智能监控及预测性维护，着实提升了运维效率跟设备可靠性，凭借系统设计、数据采集与实时监控、预测性维护等方面的施行，数字孪生技术为轻钢集成建筑的运维给予了创新的解决办法。尽管现阶段基于数字孪生的运维系统在轻钢集成建筑应用上已取得初步成效，但依旧存在技术难题与挑战。伴随人工智能、5G 通信、大数据分析等技术的进步，数字孪生技术将在建筑设备智能运维过程中发挥更大功用，怎样增进系统的智能化水平，提升数据的精准无误性与实时有效性，优化运维管理举措，应成为未来研究的关键方向。

课题名称和编号：课题是《轻钢集成建筑设备一体化技术研发》和课题编号：2024CPCCE-K11。

[参考文献]

[1]唐雨玉.大数据技术在智能运维系统优化中的应用[J].电子技术,2025,54(1):314-315.
[2]胡烈诚,黄月红,李健勇.城市轨道交通给排水专业智能运维应用[J].现代信息科技,2024,8(24):116-120.
[3]周培明,尹冬航,邹勇,等.基于数字孪生技术的钢铁企业设备智能运维系统[J].冶金设备管理与维修,2024,42(3):41-43.
[4]刘帅凤,赵少雄,周文硕.基于机器学习的智能运维系统优化与性能提升[J].数字技术与应用,2024,42(3):28-30.
[5]于犇.微服务化云平台智能运维系统的设计与实现[D].北京:北京邮电大学,2023.

作者简介：李鑫（1989.9—），单位名称：广东白云学院，毕业学校和专业：郑州大学 过程装备与控制工程。

基于大数据分析的电力物资采购需求预测模型研究

徐 任
四川宏业电力集团金堂分公司，四川 成都 610000

[摘要]随着电力行业的快速发展，物资采购的科学性与前瞻性成为保障工程顺利实施的重要环节。传统的采购需求预测方法存在数据利用率低、响应滞后等问题，难以满足现代电力企业高效运作的需求。文中基于大数据分析技术，构建电力物资采购需求预测模型，从数据采集、特征处理到模型建立与优化，系统提升采购预测的准确性与时效性。研究结果显示，所构建模型能有效降低库存积压与采购成本，为电力企业实现智能供应链管理提供技术支撑。

[关键词]大数据分析；电力物资；采购管理；需求预测；数据建模
DOI：10.33142/sca.v8i4.15919　　中图分类号：TP311.13　　文献标识码：A

Research on Demand Prediction Model for Power Material Procurement Based on Big Data Analysis

XU Ren
Jintang Branch of Sichuan Hongye Electric Power Group, Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: With the rapid development of the power industry, the scientific and forward-looking nature of material procurement has become an important link in ensuring the smooth implementation of projects. The traditional procurement demand prediction methods have problems such as low data utilization and delayed response, which are difficult to meet the efficient operation needs of modern power enterprises. Based on big data analysis technology, this article constructs a demand prediction model for power material procurement. From data collection and feature processing to model establishment and optimization, the system improves the accuracy and timeliness of procurement prediction. The research results show that the constructed model can effectively reduce inventory backlog and procurement costs, providing technical support for power enterprises to achieve intelligent supply chain management.

Keywords: big data analysis; electricity materials; procurement management; demand prediction; data modeling

引言

电力物资采购是电力企业运行中的关键环节，采购计划的准确性直接影响工程进度与成本控制。近年来，随着大数据技术的广泛应用，如何将其应用于采购预测，提升管理效率，成为行业关注的重点。本文围绕大数据驱动的电力物资采购预测展开研究，探索适应实际业务需求的预测模型，助力采购智能化发展。

1 电力物资采购管理现状分析

1.1 当前采购流程概述

电力物资采购是电力企业运行管理中的重要组成部分，涵盖了工程建设、运行维护、应急保障等多个环节。当前多数电力企业的采购流程主要包括需求提报、审批立项、供应商选择、合同签订、物资验收入库等步骤。需求提报往往来源于项目部门或运维单位，依据年度计划或临时项目生成采购申请，经过层层审批后交由采购部门执行采购任务。供应商的选择依据既有的合格供方名录，结合价格、交期、资质等综合评价进行筛选。在信息系统支持下，部分企业已实现了流程的电子化管理，如应用 ERP 系统进行采购过程的标准化管控、进度跟踪及文档归档。然而，尽管系统化水平在不断提升，整个流程仍然存在对历史经验依赖较强、数据利用效率低的问题，尤其在需求预测与物资调配阶段，依然大量依赖人工判断与固定周期性采购，难以有效适应快速变化的市场与项目需求[1]。

1.2 需求预测存在的问题

当前电力物资需求预测方法主要基于以往使用记录和项目计划进行经验性推测。其主要问题体现在以下几个方面：首先，预测依据不全面。由于预测主要依赖于历史消耗数据或施工计划，未能全面考虑气候变化、工程周期调整、市场价格波动等多因素的影响，导致预测结果偏差较大。其次，预测周期固定、响应滞后。大多数企业仍采用季度或年度预测模式，缺乏灵活调整能力，尤其在临时性项目启动或突发设备故障时，常出现物资紧缺或采购延误的问题。预测方式缺乏智能化手段。当前方法以人工计算与规则匹配为主，缺乏对海量数据的深度挖掘与自动学习能力，难以发现潜在的物资使用规律，也无法实现动态预测与持续优化。部门协同机制不完善也是问题之一。采购部门与工程、运行、仓储等多部门间信息不畅通，导致实际需求与采购计划之间存在偏差，形成资源浪费或物资积压，影响整体供应链的运行效率。

1.3 大数据技术引入的必要性

为破解传统需求预测面临的种种难题，引入大数据分析技术已成为现实发展的必然选择。大数据具备多源融合、

实时处理、深度学习等优势，能够为电力物资采购提供更精准、更动态、更智能的预测支持。大数据技术可以整合企业内外部的多维度数据资源，包括设备运行数据、历史采购数据、项目计划、库存信息、天气数据以及供应市场变化等，实现对采购环境的全面建模。通过深度学习与模式识别技术，能够从中提取出隐藏的规律和趋势，用以指导预测模型的构建。基于大数据的预测模型可实现实时更新与动态调整。随着项目进度、设备状态或市场条件的变化，模型能够快速响应并给出调整建议，显著提升预测的灵活性和时效性，减少物资过度准备或临时采购带来的资源浪费与成本上升。引入大数据分析还有助于打破信息孤岛，推动跨部门数据共享与业务协同，构建贯穿“计划-采购-仓储-使用”的闭环式物资管理机制，全面提升电力企业供应链的精细化管理水平。

2 大数据分析在需求预测中的应用基础

2.1 数据采集与预处理技术

数据采集是大数据分析的第一步，其质量直接影响后续预测模型的准确性与稳定性。对于电力物资采购需求预测而言，数据来源复杂多样，既包括内部数据，如历史采购记录、库存动态、设备运行状态、项目计划等，也包括外部数据，如供应商交付能力、天气变化、市场价格波动及政策调整信息。在实际操作中，需通过多种方式实现数据采集，包括传感器实时采集、系统接口集成（如 ERP、SCADA 系统）、手工录入与第三方数据接口调用等[2]。不同来源的数据格式不一、频率不同、存在大量冗余和噪声，需要通过预处理技术进行统一与清洗。数据预处理包括数据清洗、缺失值填补、异常值检测、格式转换与标准化等关键步骤。例如，对于历史采购数据中存在的零值或重复记录，应进行剔除或修正；对缺失的数据字段，则可通过均值填充、插值法或模型预测等方式补全；针对时间序列数据，还需进行时间对齐与重采样处理，确保数据在时间维度上的一致性。

2.2 特征工程与数据建模准备

特征工程是数据建模过程中的核心环节，主要任务是从原始数据中提取出能有效代表问题本质的特征变量，提升模型的预测能力。电力物资采购预测涉及的变量种类繁多，包含时间因素、物资类型、工程类型、设备运行状态、采购周期、供应商绩效等。需要对原始数据进行特征构造，例如将时间字段细化为“季节”“工作日/周末”等类别变量，或者根据历史数据生成“某物资平均消耗周期”“近期使用频率”等统计特征。此外，还可以提取趋势特征（如采购量增长率）、波动特征（如库存变化幅度）以及上下文特征（如是否处于工程高峰期）。要进行特征选择，即从众多特征中筛选对预测最有价值的部分。常用方法包括相关性分析、方差筛选、主成分分析（PCA）以及基于模型的特征重要性排序（如基于随机森林或 XGBoost 模型）。通过特征选择，可以减少冗余，提高模型训练效率，避免过拟合。最后，特征需进行编码与归一化处理。对于分类变量如“物资类别”，可采用独热编码；对于数值型变量，则根据模型需求进行标准化或归一化处理，确保不同尺度下的变量对模型影响保持一致性。

2.3 数据平台与技术架构支持

要实现稳定、高效的大数据分析过程，强有力的数据平台和技术架构是基础保障。当前，主流电力企业大多采用混合式数据架构，即结合本地部署与云平台，构建统一的数据集成、处理与分析系统。数据平台需支持海量数据的高并发处理与存储，一般采用 Hadoop、Spark、Flink 等分布式计算框架，实现对结构化与非结构化数据的统一管理。在数据存储方面，可采用 HDFS、Hive 或 NoSQL 数据库（如 HBase、MongoDB）进行分层存储，根据访问频次与数据价值进行分类管理。为支持预测模型的高效运行，平台还需具备良好的建模工具支持，如集成 Python、R 语言的分析环境，以及 TensorFlow、Scikit-learn 等主流机器学习框架，方便数据科学家开展模型开发与迭代优化。此外，数据平台还应具备可视化分析与调度能力，借助 BI 工具或自定义仪表板实现采购数据、预测结果与业务指标的可视化呈现，辅助管理人员快速做出决策。通过搭建完善的技术架构，不仅能提升大数据分析效率，也为电力物资采购预测模型的稳定运行提供可靠支撑。

3 电力物资采购需求预测模型构建

3.1 模型选择与算法原理

针对电力物资采购需求预测问题，选择合适的预测模型是关键。该类问题通常涉及时间序列特性和多变量输入，因此可选择的算法包括传统统计方法与现代机器学习模型。常见的模型包括 ARIMA（自回归移动平均模型）、多元线性回归、支持向量回归（SVR）、随机森林回归（RF）、梯度提升决策树（GBDT）以及集成学习方法如 XGBoost。若数据量大且特征复杂，也可引入神经网络模型，如 LSTM（长短期记忆网络）进行时序建模[3]。在本研究中，针对历史采购量与多源特征数据，初步选择了三种模型进行对比分析：线性回归（LR）、随机森林回归（RF）与 XGBoost。模型选择考虑预测精度、训练时间、可解释性及系统兼容性等因素。

3.2 模型训练与参数优化

模型训练阶段基于清洗与特征处理后的数据集，将数据按 8:2 比例划分为训练集与测试集。模型训练需对核心超参数进行调优，以提升预测准确性与泛化能力。以随机森林模型为例，需设定决策树数量（n_estimators）、树最大深度（max_depth）、最小分裂样本数等参数；而 XGBoost 模型则关注学习率（learning_rate）、树深（max_depth）、正则项系数（lambda、alpha）等。采用网格搜索（GridSearchCV）与交叉验证（K-fold CV）方

式对参数组合进行系统调优。训练过程中，使用 MSE（均方误差）、MAE（平均绝对误差）与 R^2（决定系数）作为主要评估指标，衡量模型拟合程度与预测精度。在保证模型性能的同时，也关注模型计算效率与可部署性，确保其适用于实际业务场景。

3.3 模型验证与性能评估

模型评估阶段，通过测试集对比三种模型的预测效果，结果如表 1 所示：

表 1　不同模型在测试集上的性能评估对比

模型名称	MAE（万元）	MSE（万元²）	R^2 得分	训练时间（秒）
线性回归（LR）	8.45	132.10	0.721	0.8
随机森林回归（RF）	5.92	91.32	0.836	3.4
XGBoost 回归	4.87	78.64	0.882	4.1

从表中可以看出，XGBoost 在三个主要指标上均优于其他模型，表现出更高的预测精度与较好的稳定性。随机森林在处理非线性关系方面也表现良好，尤其在小样本场景下具有较强的鲁棒性。而线性回归模型虽然计算速度最快，但在精度方面存在明显不足，难以满足高精度业务需求。结合评估结果，最终选择 XGBoost 作为主预测模型，并进行集成部署。后续还可结合实时数据流，实现动态更新与滚动预测，提高采购响应速度与物资调配效率。

4 模型应用实践与优化建议

4.1 典型应用场景分析

基于大数据分析的采购需求预测模型在电力企业的多个实际场景中具有广泛的应用价值，尤其在集中采购和工程物资计划管理中体现最为明显。在年度集中采购计划制定阶段，模型能够基于历史消耗数据、工程进度安排、设备生命周期等信息，生成各类物资的预期需求量，辅助制定更为科学的年度采购计划，避免物资申报中的随意性和主观性。在新建与改扩建工程项目中，模型可结合项目周期、阶段任务与历史类似项目的物资使用情况，动态预测各阶段所需材料及数量，优化物资进场节奏，提高仓储周转效率。在应急运维场景下，模型通过对故障率、维保周期与备件消耗情况的分析，预判未来一段时间内的物资需求，提前安排补货计划，保障供电系统安全稳定运行[4]。

4.2 实施过程中面临的问题

尽管模型在多个场景中表现出良好适应性，但在实际部署和应用过程中仍面临一些挑战与难点。首先，数据质量问题普遍存在。部分历史采购数据存在录入不规范、字段缺失、分类混乱等问题，影响建模的准确性与稳定性。同时，不同部门、系统间数据标准不一致，数据融合存在技术障碍。模型推广难度较大。由于传统采购管理长期依赖人工经验，部分人员对智能模型的理解不足，存在依赖旧有流程、抵触自动预测结果的现象，影响模型应用的深度与广度。系统集成复杂。将预测模型与现有 ERP、供应链管理平台进行无缝对接，需要较高的 IT 支持能力和系统改造投入，尤其在老旧系统中集成接口不兼容、响应不及时的问题较为突出。

4.3 后续优化与发展方向

为进一步提升模型的预测精度与应用效率，未来可从以下几个方向进行优化与深化：

一是增强模型动态学习能力。通过引入实时数据流处理机制，实现模型的周期性迭代训练，使预测结果随业务数据不断优化，增强对突发需求变化的响应能力。二是引入更复杂的智能算法。例如采用 LSTM、Transformer 等深度学习模型处理具有强时间序列特征的数据，提升对非线性、多变量环境下的预测能力，尤其适用于项目波动频繁的工程类物资需求预测。三是推动业务流程重构与组织协同。通过优化数据采集机制，制定统一的数据标准和接口规范，推动采购、工程、仓储等部门间数据共享与流程协同，实现“业务—数据—预测”一体化闭环管理。四是加强用户培训与平台可视化建设。通过交互式仪表板、预测结果图形化展示等方式，提升用户对模型输出的理解与信任，推动其在决策流程中的实际应用。

5 结束语

本文基于大数据分析，建立了适用于电力物资采购的需求预测模型，显著提高了采购决策的科学性和响应速度。在实际应用中，该模型展现出良好的灵活性与准确性，能够有效支持企业的物资计划与库存管理。未来，随着数据技术的发展与业务协同深化，预测模型将更加智能化、动态化，为电力行业的数字化转型提供有力支撑。

[参考文献]

[1]王歆.基于大数据的电力线路工程施工与物资保障策略分析[J].集成电路应用,2024,41(12):278-279.
[2]艾格帆.中国电机工程学会电力信息化专业委员会.2024 电力行业信息化年会论文集[C].北京:人民邮电出版社,2024.
[3]陈辰.基于大数据分析的火电厂物资采购策略研究[J].内蒙古科技与经济,2024(20):42-45.
[4]常晓炜,傅子卿,孟庆豪,等.大数据在电力物资采购管理中的应用[J].投资与创业,2024,35(13):83-85.

作者简介：徐任（1990.6—），男，四川省成都市，苗族，本科，初级工，就职于四川宏业电力集团金堂分公司，从事综合部物资班物资采购工作。

如何利用信息化手段提升安全生产监管水平

杨寻护
西安高新技术产业开发区应急管理局，陕西 西安 710128

[摘要]随着科技的迅速进步，传统的安全生产监管方式，已无法应对日益复杂的生产环境。在高危行业中，频繁发生的事故不仅威胁着社会的稳定，也对人民的生命安全构成了严重风险。信息化技术的引入，如大数据分析与物联网监测，为实时数据采集和精准的风险预测，提供了强有力的支持，成为提升安全生产监管效能的关键工具。如何有效利用这些信息化手段，优化安全监管，已成为当前亟需解决的重要课题。通过信息化技术，潜在风险可被及时识别与预测，从而为决策者提供更加精准的预警和应对措施，有效保障人民的生命财产安全。随着技术的不断发展，信息化手段将更深入地融入各行各业，推动安全生产监管向更加智能化、精准化的方向发展。

[关键词]信息化手段；安全生产；监管
DOI：10.33142/sca.v8i4.15915　　中图分类号：F42　　文献标识码：A

How to Use Information Technology to Enhance the Level of Safety Production Supervision

YANG Xunhu
Emergency Management Bureau of Xi'an High-tech Industrial Development Zone, Xi'an, Shaanxi, 710128, China

Abstract: With the rapid advancement of technology, traditional safety production supervision methods are no longer able to cope with the increasingly complex production environment. In high-risk industries, frequent accidents not only threaten social stability, but also pose serious risks to people's lives and safety. The introduction of information technology, such as big data analysis and Internet of Things monitoring, provides strong support for real-time data collection and accurate risk prediction, becoming a key tool for improving the efficiency of safety production supervision. How to effectively utilize these information technology tools and optimize security supervision has become an important issue that urgently needs to be addressed. Through information technology, potential risks can be identified and predicted in a timely manner, providing decision-makers with more accurate warnings and response measures, effectively safeguarding the safety of people's lives and property. With the continuous development of technology, information technology will be more deeply integrated into various industries, promoting the development of safety production supervision towards a more intelligent and precise direction.

Keywords: information technology means; safety production; supervision

引言

随着工业化进程的不断加快，安全生产面临的挑战愈加复杂，特别是在工业、建筑及交通等高风险行业中。传统的监管方式已难以满足现代安全管理的需求。信息化技术的引入，为提升安全生产监管提供了新的解决途径。通过大数据、云计算、物联网等技术的应用，监管部门能够实现对生产过程的实时监控与精准预警，从而有效识别和防范潜在的安全隐患。通过这些技术，生产环节中的风险可被实时掌控并快速响应，确保潜在问题及时得到处理，避免事故的发生。本文将探讨如何利用信息化手段，优化安全生产监管，确保人民的生命财产安全得到更好保障。

1 安全生产监管的重要性

在工业生产、建筑施工、交通运输等领域，安全生产监管至关重要。这些活动常常伴随高风险因素，如火灾、爆炸及中毒等潜在危险。如果缺乏有效的监管，这些隐患可能演变为重大安全事故，直接威胁到人民的生命安全。事故的发生不仅对个人与企业造成严重财产损失，还会引发社会恐慌与不安。尤其是大规模事故，可能波及到地区的经济、环境及社会秩序，甚至影响社会稳定。因此，健全的安全生产监管体系，具有预防性作用，是保障社会稳定与可持续发展的基础。通过规范操作流程、推动技术创新与加强风险评估，安全生产监管能够有效降低事故发生率。监管部门可通过完善法规与标准，确保企业在日常生产过程中强化安全意识，规范经营行为，保障环境、健康与安全。这样不仅能避免因违规行为带来的法律诉讼与罚款，还能提升企业的社会形象与市场竞争力，推动其可持续发展。在监管引导下，企业应持续探索新技术与新工艺，提高生产效率的同时降低风险。监管部门可与科研机构合作，推动安全生产领域的技术创新，帮助企业采用更先进、更安全的生产方式。通过这一系列措施，安全生产监管不仅能减少事故发生，保护人民生命财产安全，还能为经济与社会的可持续发展提供有力保障。

2 信息化手段在安全生产监管中的应用

2.1 大数据分析与风险评估

在安全生产监管中，大数据分析的关键应用在于通过

收集、存储与处理大量的生产数据，识别潜在的安全隐患与风险因素。通过整合来自生产、设备、人员及环境等多个方面的信息，实时监测安全指标，异常情况得以及时发现。设备的运行状态、环境监测数据、员工的安全行为等都能通过大数据技术得以有效整合，从而为风险评估提供精准的依据。借助机器学习与数据挖掘技术，预测事故发生概率不仅得以实现，还可以模拟在不同情境下的安全风险，揭示潜在的高危环节。基于数据的预测分析，大幅提升了安全生产的前瞻性与准确性。通过对历史数据的分析，特定设备或工序在某些条件下发生故障或事故的可能性被发现，从而可以实施有针对性的预防措施。安全生产策略的优化也得益于大数据分析，风险评估标准被量化，使得更为科学合理的安全防范措施得以制定。在这些数据驱动的决策支持下，资源的分配变得更加高效，优先处理高风险领域，从而确保安全监管的精准与高效。

2.2 云计算与远程监控技术

云计算与远程监控技术在安全生产监管中的应用，显著提升了监管效率与覆盖面。借助云计算强大的数据存储与计算能力，企业与监管部门能够集中管理庞大的生产数据，实现跨地区、跨部门的信息共享与协同工作。安全生产中的各种数据，如设备运行状态、环境监测数据以及员工操作记录都可以实时上传至云平台，随时供相关人员查看、分析与处理。远程监控技术突破了时间与空间的限制，使得监管人员无需亲临现场，便可获取生产一线的安全数据。通过安装在生产设备、环境监测点及人员智能终端上的传感器，信息能够被实时采集，并通过网络传输至云平台进行处理与分析。监管的即时性因此得到了提升，且在出现异常时，警报得以及时发出，相应措施也能迅速采取，避免事故蔓延。借助云计算与远程监控技术，多个区域与工厂的统一管理与监控变得可行，人工巡查的成本与时间显著降低，传统监管模式中信息滞后与监管盲区的问题得以有效解决。与此同时，这些技术还支持历史数据的回溯分析，为后续的风险评估与安全改进提供了重要的数据支持。

2.3 移动互联网与监管平台建设

移动互联网技术与监管平台的构建，为安全生产监管提供了更加灵活高效的解决方案。借助智能手机、平板电脑等移动终端，监管人员可以随时访问并更新安全生产数据，进行实时监控与反馈。这样一来监管活动不再受限于时间与地点，监管人员能够在现场、周围环境，甚至远程区域迅速响应潜在的安全隐患或突发事故。专门设计的监管平台使企业、监管部门与工作人员能够在同一系统内共享信息并进行协调。通过移动互联网技术，平台操作变得更加简便，所有相关数据可实时同步到平台，确保信息的透明与及时传递。从设备运行状态、现场安全检查记录到员工操作行为，所有数据都能即时通过移动终端上传至平台，供管理者进行分析、评估与决策。监管平台不仅具备数据存储与分析功能，还具备报警与指令下发等实时响应能力。在安全事件发生时，事故预警可以通过平台传递给监管人员，及时采取行动并部署现场应对方案。许多平台还集成了智能数据处理与分析功能，能够自动生成风险评估报告，为监管部门提供更加科学的安全管理决策依据。

2.4 物联网技术在安全生产中的运用

物联网技术在安全生产中的应用显著提升了监管的智能化与实时性，通过将传感器、设备、人员以及环境连接到互联网，物联网技术使得生产现场的全面监控成为可能。温度、湿度、气体浓度、设备状态等关键数据由传感器持续采集，并通过网络传输至中央控制系统。借此，监管人员能够远程实时监控生产现场的安全情况，及时发现潜在的安全隐患。在化工、矿山等高风险行业，物联网技术对有害气体浓度、设备运行状态以及负荷情况进行实时监控。当系统检测到异常时，警报会自动触发并及时通知相关人员，确保问题能迅速得到处理。此外，物联网还可通过智能设备监控员工的位置与身体状况，从而有效避免因事故引发的安全问题。物联网的一个显著优势在于其广泛且高频的数据采集能力，与传统人工巡查方式相比，物联网能够持续且稳定地获取各类安全数据，极大增强了安全监管的覆盖面与精准度。结合大数据分析，监管部门不仅能够在事故发生前采取有效的预防措施，还能通过对历史数据的积累与分析，识别潜在的安全风险，为未来的生产决策提供有力的支持。

3 信息化手段提升安全生产监管水平的实施路径

3.1 制定信息化应用的政策和标准

制定信息化应用的相关政策与标准，是提升安全生产监管水平的关键基础。要充分发挥信息化手段的优势，必须依托明确的政策指导与统一的技术规范。结合当前安全生产的实际需求，政府及监管部门应制定针对性的政策，明确信息化建设的目标与发展方向。这些政策需要充分考虑不同行业与企业的特点，设定符合实际的应用要求，从而确保信息化措施能够在各行业和企业中顺利实施。同时，信息化应用的技术标准应保持统一与规范化，避免企业与监管单位在数据采集、传输和存储过程中形成技术壁垒[1]。通过标准化，确保不同设备、传感器及监控系统之间能够实现无缝对接，进而促进数据共享及跨部门的协作。例如，关于安全监测设备的数据传输标准、云平台的数据处理规范以及应急响应系统的操作流程，都应设定统一的技术要求。这样的统一标准将有效避免因技术不兼容而带来的系统孤立问题，从而提升信息化监管的整体效能。政策与标准的制定应与科技发展同步，保持灵活性与前瞻性。随着大数据、云计算、人工智能等技术的持续发展，信息化监管的应用范围与技术手段不断变化。因此，相关政策与标准应随新技术的发展进行适应，确保能够及时调整与优化，进一步提升安全生产监管的效率与质量。

3.2 加强信息安全与数据保护措施

加强信息安全与数据保护，是确保安全生产监管信息化顺利推进的关键环节。在信息化技术的应用过程中，生产数据及监管信息往往涉及企业的核心机密与敏感资料。一旦这些信息遭遇泄露或网络攻击，不仅可能威胁到企业的竞争力，更可能引发严重的社会安全问题。因此，建立一个完善的信息安全保护体系，变得尤为重要[2]。在信息存储、传输与使用的各个环节，安全管控需得到进一步加强。为此，广泛应用数据加密、身份认证、访问控制等技术手段，显得至关重要，这些措施能够确保只有授权人员才能访问敏感数据。同时，监管平台、监控设备及其他信息化基础设施也应定期进行安全检查与漏洞修复，防止黑客攻击或系统故障引发安全风险。通过采用防火墙、入侵检测系统与数据备份等措施，数据的完整性与可靠性得以有效维护。信息安全管理不仅仅涉及技术层面的防护，更需要通过制度化的管理措施与操作规范加以保障。企业与监管机构应明确数据处理、共享与使用的权限与流程，避免因操作不当或疏忽而导致信息泄漏。定期开展信息安全培训，增强员工的数据安全意识，并确保其熟悉操作流程，是防范信息安全风险的有效途径。随着云计算、大数据、物联网等新兴技术的广泛应用，数据保护的难度与复杂性日益增加。因此，企业与监管部门应积极引入第三方专业机构进行安全评估，并根据评估结果及时调整与优化安全策略，持续改进信息安全管理体系。通过技术与管理手段的综合运用，确保监管信息在生产过程中不被泄露、篡改或丢失，从而最大限度地降低信息安全风险。

3.3 建立完善的监督考核机制

建立一个完善的监督考核机制，是确保信息化手段在安全生产监管中发挥实际作用的重要保障。一个高效的考核体系，不仅能有效推动各项监管任务的落实，还能激励相关方不断改进与创新工作方式。应当明确各级监管部门与企业在信息化应用中的责任与义务，从而使各方能够清楚地了解自身的工作目标和评价标准。通过制定科学且可量化的考核指标，如数据采集的准确度、响应速度及事故预防率等，可对各项安全生产措施的实施效果进行实时监控与评估。考核的内容不应仅限于技术层面的应用，更应注重制度执行情况与工作流程的规范性。信息化手段的有效应用，要求与日常安全生产管理有机结合，而这种结合的效果，应通过定期的考核进行检验[3]。例如，是否遵循标准流程进行信息采集与报告，是否及时处理预警信息，以及是否按时进行系统维护与更新，都是评估监管效果的重要标准。考核结果应与奖惩机制紧密关联，形成正向激励与约束作用。对于表现突出的部门或个人，可通过奖励激发其积极性与创新性；而对于未能按要求完成任务或存在安全隐患的单位，则应采取处罚或整改措施。通过严格实施奖惩机制，能够促进各方对信息化监管工作保持高度重视，确保各项任务能够不折不扣地落到实处。监督考核机制，还应具备一定的灵活性与适应性。随着信息化技术的持续发展与监管需求的变化，考核标准及方式必须及时调整与优化。通过不断完善监督考核机制，确保信息化技术在安全生产监管中的有效应用，从而推动整个行业的安全管理水平不断提升。

4 结语

信息化手段在提升安全生产监管水平方面，日益显示出其重要作用。借助大数据、云计算、物联网等技术，生产过程的实时监控与精准预警得以实现，从而有效降低事故发生的概率，确保人民的生命安全与财产安全。信息化应用在实施过程中，仍面临诸如信息安全保障、技术更新速度及人员培训不足等挑战。要进一步提高监管效能，关键在于完善相关政策标准、加强信息安全管理、推动员工培训，并建立高效的监督机制。随着技术的不断进步，信息化将在安全生产监管中发挥更加重要的作用，推动社会实现更高水平的安全与可持续发展。与此同时，监管部门还需适应新兴技术的迅速发展，快速响应行业需求，确保信息化技术能够持续提升监管质量，最终为实现更广泛的安全管理目标奠定坚实基础。

[参考文献]

[1]郭旭光，胡婷婷，刘仟仟.推进精准执法提升安全生产管理效能[N].洛阳日报，2024-04-08(02).
[2]李红颖.标准化在提升安全生产监管效能中的作用分析[J].品牌与标准化，2024(1):62-64.
[3]郁晓霞，郭政韬，胡春梓.新时期安全生产监管能力提升对策初探[J].中国安全生产，2023，18(6):44-45.

作者简介：杨寻护（1988.10—），男，汉族，学历：本科，专业：微电子学，中级工程师。

地理信息系统（GIS）与 DeepSeek 结合的应用探讨

段金增[1] 王子安[2] 段鹏高[1]
1. 河北省测绘产品质量监督检验站，河北 石家庄 050031
2. 石家庄市勘察测绘设计研究院，河北 石家庄 050019

[摘要]在数字化转型的时代浪潮中，地理信息系统（GIS）作为空间信息技术的核心载体，在这个快速变化的数字时代智能时代正经历着前所未有的革命性变化，正在与人工智能技术快速融合发展。深度求索（DeepSeek）作为国内领先的大模型，其强大的语义理解、多模态数据处理和知识推理能力，为 GIS 领域带来了全新领域变化。为 GIS 注入了新的展示活力，二者的结合不是技术工具软件的简单叠加，是重构空间信息处理利用范式，推动自然资源管理、智慧城市、环境监测等领域的智能化跳跃式进步。

[关键词]地理信息系统；DeepSeek；技术融合；应用场景；发展趋势
DOI：10.33142/sca.v8i4.15950 中图分类号：P4 文献标识码：A

Exploration on the Application of Geographic Information System (GIS) Combined with DeepSeek

DUAN Jinzeng [1], WANG Zi'an [2], DUAN Penggao [1]
1. Hebei Surveying and Mapping Product Quality Supervision and Inspection Station, Shijiazhuang, Hebei, 050031, China
2. Shijiazhuang Institute of Investigation and Surveying Mapping, Shijiazhuang, Hebei, 050019, China

Abstract: In the era of digital transformation, geographic information systems (GIS), as the core carrier of spatial information technology, are undergoing unprecedented revolutionary changes in this rapidly changing digital age and intelligent era, and are rapidly integrating with artificial intelligence technology for development. DeepSeek, as a leading large-scale model in China, has brought new domain changes to the GIS field with its powerful semantic understanding, multimodal data processing, and knowledge reasoning capabilities. Injecting new display vitality into GIS, the combination of the two is not a simple superposition of technical tools and software, but a reconstruction of spatial information processing and utilization paradigms, promoting intelligent leapfrog progress in fields such as natural resource management, smart cities, and environmental monitoring.

Keywords: geographic information system; DeepSeek; technology integration; application scenarios; development trend

1 地理信息系统（GIS）是基础

地理信息系统（Geographic Information System，缩写 GIS）集成了计算机科学、地理学、测量学、地图学等多个学科的技术[1]，是以地理空间数据库为基础，用于数据、图形、图像的的采集、整理、分析、存储、管理、建立模型、提供多种空间的和动态的地理信息如描述和输出地理空间数据、图形、图像的融合技术系统[2]。GIS 将传统的地图相关联数据与计算机技术相融合，它通过整合地理位置与属性信息，帮助人们理解空间关系、发现规律、进行研究并支持决策，是一种决策支持系统，是计算机与地理信息技术的融合发展。

GIS 的核心组成主要是：（1）数据层；描述地理要素的位置和形状（如点、线、面、网格）的空间数据，记录地理要素的非空间信息（如名称、楼高、层数）属性数据，支持时空动态分析（如交通时间阶段变化、交通实时监测）时间数据。（2）技术框架：计算机、服务器、GPS 设备、全站仪、激光扫面、雷达监测设备、遥感设备等硬件，ArcGIS、SuperMap 等工具软件，数据采集、数据建模、空间分析、地图制图等方法。（3）其用户：科研院所、政府、机构、企业、公众等。

GIS 的核心功能主要是：（1）数据采集与处理：通过遥感（RS）、GPS、全站仪、扫描仪、传感器、手机轨迹、自动采集、人工录入等方式获取数据，对数据进行匹配选择、格式转换、坐标配准等预处理，（2）空间分析与建模：空间查询分析、缓冲区分析、叠加分析、网络分析、地形分析、空间统计的基础分析，预测城市发展、自然灾害风险的范围大小等模型构建。（3）可视化与地图输出：生成专题地图（如污染分布图、居住密度分布图），三维可视化（三维地图、三维街景），动态地图（展示湖泊面积变化、车流量）。（4）应用功能：GIS 应用领域广泛，为智慧城市规划建设、国土空间规划、土地资源分配、交通网络优化、交通管理、应急管理提供可视化地图和数据统计支撑，结合 AI 和大数据，实现依据智能结果的决策；在环境保护与生态保护方面有森林、绿化覆盖度监测、珍惜物种栖息地保护等；在灾害应急有污染扩散范围模拟、地震风险区域划定、洪水淹没范围及深度分析、救援道路优

选；在商业与民生方面有商场、超市网点选址、物流配送优化、共享经济（如共享充电桩的配置、库房配置）等；在农业与资源管理方面人们常说的智慧农业精准农业（农机分配、土壤分析、农作物虫害监测）、矿产勘探、木材蓄积量调查等。还在学术研究、政府政务方面都有大的作用。

2 DeepSeek（深度求索）

（1）DeepSeek（深度求索）是由中国杭州深度求索人工智能基础技术研究有限公司团队研发的通用人工智能大模型，使用数据蒸馏技术，得到更为精炼、有用的数据，致力于通过技术跨越式创新突破智能边界，构建具备知识综合强推理、多模态交互与自主进化能力的 AI 系统。其核心目标是实现“轻量级参数，卓越性能”的平衡，摆脱对大算力的过度依赖，提供低成本、高效可控的 AI 解决方案，为大众服务。

（2）DeepSeek（深度求索）有多个不同的应用版本：用户可以根据具体需求选择合适的版本：开发者可选择 V2.5 或 V3，适合代码生成和复杂任务处理；科研人员可选择 R1 系列，适合高难度数学和逻辑推理任务；普通用户可选择蒸馏版 R1 或 V2.5，性价比高且易于部署。

（3）DeepSeek（深度求索）是开源的：鼓励协作与行业定制，通过开源、协作和共享，推动了技术的快速发展和普及，无论是个人开发者还是企业，都可以通过参与开源项目获得技术成长和商业机会，降低企业技术门槛。

（4）DeepSeek 应用方面广阔

信息与科研、政务与城市治理、能源与管理、医疗健康、金融与保险、零售与电商、教育、自动驾驶、交通与物流等方方面面，其中信息与科研、政务与城市治理等方面与 GIS 关系密切。

在了解 GIS 与 DeepSeek 的基本情况，我们可以充分利用两者特点，发挥两者功能，让 1+1 远远大于 2。

3 地理信息系统（GIS）与 DeepSeek 结合的应用实例

DeepSeek（深度求索）正式公布后得到了社会广泛应用认可，青岛勘测院利用 DeepSeek 驱动 AI 革命浪潮，锚定“AI+GIS 时空智能”战略高地，在 DeepSeek 正式发布 DeepSeek-R1 模型并同步开源模型时，青岛勘测院第一时间在时空大数据算力中心进行了部署，并对前期建设的 AgentOS 智能体操作平台、AI 知识库进行了全面升级，从而大幅提升了知识挖掘、时空大数据分析的服务能力。通过这一前沿技术，让城市时空智能架构迈入一个全新的维度。整合 DeepSeek-R1 大模型后，该平台更是基于其强大的推理能力，实现了多种专业技能的综合应用调度，为城市管理和决策提供了前所未有的智能化支持[3]。

北京大兴国际机场临空经济区大兴片区规划中利用 DeepSeek 通过自然语言处理（NLP）、知识图谱技术、GIS 数据等能够快速整合多源数据（如供油网络、交通网络数据等），辅助规划师进行空间分析和方案优化。既通过 AI 提炼政策、产业和空间数据，生成结构清晰的规划建议，生成“银鹰翱翔通四海，大道纵横贯西东”等形象化描述，增强规划文本的可读性与传播性[4]。

九江市自然资源局在三个网络环境中同时部署上线 DeepSeek 大模型，形成 AI 矩阵，以“AI 大脑”赋能全市自然资源要素保障。按照数据的不同需求，AI 大模型分别部署在市自然资源系统政务外网云、自然资源专有云和内网云。在政务外网云，市县融合一体化平台在 PC 端和移动端分别部署应用，提升自然资源全生命周期管控能力，提高审批效率；在电信中部云基地自然资源专有云和局内网云，针对国土空间规划一张图和实景三维平台 GIS 底座应用，提升辅助决策水平，同时部署“自然资源知识通”，协助公务及公文处理，标志着市自然资源局在数字化转型和智能化服务领域迈出重要一步[5]。

常州市测绘院完成 DeepSeek 本地化部署与知识库搭建，借助院早期布局的 CPU+GPU 云算力平台，率先实现 DeepSeek-R1 模型的本地化部署与知识库深度集成，并突破性将其与测绘管理系统（地理信息系统 GIS+）创新推出智慧办公助手“常测小智”。此举不仅推动院内业务管理迈入全流程智能化阶段，更开创了 AI 技术在空间数据查询分析、遥感影像解译及知识图谱构建等领域的创新应用范式，为自然资源管理与城市高质量发展注入强劲科技动能[6]。

4 地理信息系统（GIS）与 DeepSeek 结合应用展望

地理信息系统（GIS）与 DeepSeek 的结合应用在技术突破与行业需求的双重驱动下，展现出以下关键发展方向。

4.1 动态推演与智能决策

4.1.1 灾害预警与应急响应

结合 DeepSeek 的强化学习技术，DeepSeek 的 NLP 技术可解析用户自然语言输入（如“洪水淹没区”），将其转化为结构化地理查询指令，支持 GIS 系统快速调取地图数据或生成分析报告，GIS 系统可实时推演洪水、地震等灾害扩散路径，结合 GIS 动态生成疏散路线和救援方案，提升应急响应效率。如通过卫星影像和气象数据训练模型，预测洪水淹没范围并优化人员物资撤退策略。

4.1.2 城市仿真与规划优化

DeepSeek+GIS 的融合使城市仿真从静态分析升级为“动态推演”，如模拟人流高峰期的交通流量，自动调整信号灯配时或公交线路规划；结合三维 GIS 技术，生成不同建设方案的三维模型，辅助政府评估城市扩张对生态的影响。通过 DeepSeek 与地理信息系统 GIS 结合基础上选择、融合、利用，为国土空间规划分尺度建立数学模型提供基础，形成上下衔接、逐级细化的整体框架。国土空间规划与 DeepSeek 的结合，规划领域从“经验驱动”向“数

据智能驱动”的转型，提升规划的科学性与实施效率，还可增强公众参与度与认同感。未来，随着技术迭代与政策协同，这一融合将推动中国国土空间治理迈入“智慧化、精细化、人本化”的新阶段。

4.2 自动化监测与精准治理

4.2.1 环境与资源监管

DeepSeek 的深度学习模型可自动解译遥感影像，识别非法采矿、森林砍伐等行为；通过融合多模态数据（如气象、传感器数据），构建污染物扩散预测模型，预测碳排放扩散路径或空气质量变化趋势，增强环境监测的时空连续性，支持精细化环境治理。

4.2.2 自然资源管理

基于自然语言交互的 GIS 系统（如 MapGIS 集成 DeepSeek）支持智能问答，自然资源管理部门可依托空间数字化平台，在 GIS 基础上对测绘地理信息管理工作实施计划、组织、领导、协调、控制进行提档升级和重塑，使测绘成果服务、项目备案管理、测绘人员管理、测量标志管护管理等达到最优，实现理想的全省测绘成果资源一张图、服务一站式、信息一键查、监管一条线的地理信息管理服务智能化。快速生成土地规划方案、矿产资源评估报告等。利用智能装备（如无人机+DeepSeek）实现地形测绘自动化，降低人力成本并提升数据采集效率，使监管水平显著提升。

测绘成果服务直接面对社会各行各业，因此社会关注度高，其成果质量、数量、人员服务水平、管理水平、人工智能化程度、用户满意度等受到全社会的高度重视。以地图管理业务为例，自然资源档案馆利用 GIS 的空间数据存储、查询、分析和可视化功能合理建模，经过 DeepSeek（深度求索）深度学习实现建立全流程可视化智能在线地图申请使用审批流程[2]，构建申请适用场景、提交行政许可申请、窗口或网上提交、审核与审批、领取结果等过程清晰明了，若是审核地图可在 GIS 基础上利用 DeepSeek（深度求索）能更好的发现地图问题，能够实现地图人工智能审核、人工智能标注并汇总差、错、漏的问题、人工智能纠差、纠错、纠漏，使问题一目了然实现地图审核管理的智能化服务。

测量标志是国家投入巨资建造的重要测绘成果和基础设施，是国家坐标系统、高程系统、重力系统的载体，是时空信息定位的基础，对保障测绘活动、国土空间规划、灾害监测等具有不可替代的作用，属于国家所有。保护工作由各级测绘行政主管部门负责，需要定期巡查和维护。现实情况是由于建设加速等多种原因，各地测量标志的保护、管理和维护工作面临新的挑战，主要有测量标志破坏严重，随着经济建设的快速发展，各类施工建设工程大幅增加，测量标志被损坏的现象也进一步加剧，测量标志的使用需求频率也大幅增加，增加了损坏几率；测量标志保管落实不到位，保管员未能及时反馈点位破坏信息，没有很好地履行保管员职责；缺少测绘宣传，致使在城市建设中忽略它的存在，由于认识不足导致破坏较多；城市发展影响了测量标志的使用效能，原有测量标志选址时考虑了周边环境因素，比如 GPS 点周边没有房屋遮挡和 50 米内没有高压线，200 米内没有电磁发射装置等。但随着城市发展，很多点位的周边环境发生了很大变化，GPS 点的周边有建筑物遮挡，通视不够开阔，以及新建设的高压铁塔和移动联通的通信塔距离测量标志 200 米以内，已严重影响了测量标志的使用。只能对周边环境破坏的点位重新选址。测量标志管护工作难度不断加大。面对新形势下的新挑战，通过建立地理信息数据模型，加强人、无人机、卫星等多种手段，依靠 GIS 的多重功基础上，利用 DeepSeek（深度求索）建立智能巡查系统。将测量标志管护方式从定期普查转变为人工智能化宣传、巡查、保养维护，测量标志保护将更加高效精准，为测绘地理信息服务和经济社会发展提供坚实基础。

4.3 技术生态与行业普及

4.3.1 开源框架推动行业智能化

DeepSeek 的开源特性支持国产 GIS 平台（如 MapGIS、超图）快速接入 DeepSeek 的能力，降低开发门槛。分布式计算技术优化算力调度，实现海量地理数据的实时处理（如无人机影像毫秒级响应）。

4.3.2 跨领域协同创新

GIS 与游戏引擎（如 Unity3D）、三维可视化工具（如 Cesium）结合，开发沉浸式地理信息应用。面向智慧城市、LBS（基于位置的服务）等场景，开发轻量化 AI 模型适配边缘计算设备。

4.4 演进方向

自主进化能力：通过强化学习减少数据标注依赖，显著降低环保监测、城市规划等领域的数据标注成本。使模型在环保监测等领域持续迭代优化。

大众化交互：自然语言交互技术降低 GIS 使用门槛，非专业人员可通过对话获取专业地理分析结果。PTX 优化技术提升 GPU 利用率，支持 GIS 系统在低成本硬件环境下运行复杂空间分析任务。

实时化服务：5G 与物联网技术推动 GIS 实时数据采集与分析，满足疫情防控、物流调度等动态需求。

5 结束语

GIS 与 DeepSeek 的结合，标志着空间智能从“可视化分析”向“认知决策”的范式转变。通过大模型的推理能力与 GIS 的空间框架协同，已在城市规划、灾害应急等领域取得显著成效。未来需突破数据治理、算力成本等瓶颈，进一步释放“空间智能、认知智能”的融合价值，推动地理信息行业向自动化、动态化方向演进 ，助力数字中国战略实施。

[参考文献]
[1]徐强,张吉平.地理信息系统GIS在哈尔滨市市郊农电局应用[J].黑龙江电力,2004(6):30.
[2]龚强.基于 GIS 实现空间智能及应用研究[J].测绘与空间地理信息,2024(7):35.
[3]王琳,许章华,刘智才.生态环境遥感技术及应用[J].化学工业出版社,2023(9):252.
[4]张兴彬,殷康.倾斜摄影测量与地理信息系统的结合应用研究[J].中学地理教学参考,2022(5):88.
[5]王蕊.DeepSeek 驱动券商业务模式重构更多应用场景将落地[J].证券时报,2025(3):25.
[6]刘霞.DeepSeek 促 AI 开源浪潮涌动[J].科技日报,2025(04):25-28.

作者简介：段金增（1968.1—），男，本科，副高，河北省测绘产品质量监督检验站，质量监督员，负责测绘项目验收检验工作。

铝合金表面化学转化膜技术及耐腐蚀性能提升研究

李 彬
南南铝业股份有限公司，广西 南宁 530200

[摘要]铝合金因其优异的轻质、强度和耐腐蚀性能广泛应用于航空航天、汽车、建筑等领域。然而，在实际应用中，铝合金表面容易遭受腐蚀，限制了其在一些严苛环境中的应用。为了提升铝合金的耐腐蚀性，表面化学转化膜技术作为一种有效的表面处理方法，已受到广泛关注。文章探讨了铝合金表面化学转化膜的制备方法、机理以及耐腐蚀性能的提升策略，并对其在不同领域的应用前景进行了分析。

[关键词]铝合金；表面化学转化膜；耐腐蚀性能；表面处理；性能提升
DOI：10.33142/sca.v8i4.15945　　中图分类号：TG174.45　　文献标识码：A

Research on Chemical Conversion Coating Technology and Corrosion Resistance Improvement of Aluminum Alloy Surface

LI Bin
Alnan Industry Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530200, China

Abstract: Aluminum alloy is widely used in aerospace, automotive, construction and other fields due to its excellent lightweight, strength and corrosion resistance. However, in practical applications, the surface of aluminum alloy is prone to corrosion, which limits its application in some harsh environments. In order to improve the corrosion resistance of aluminum alloys, surface chemical conversion coating technology has received widespread attention as an effective surface treatment method. The article explores the preparation methods, mechanisms, and strategies for improving the corrosion resistance of chemical conversion coatings on aluminum alloy surfaces, and analyzes their application prospects in different fields.

Keywords: aluminum alloy; surface chemical conversion coating; corrosion resistance performance; surface treatment; performance improvement

引言

铝合金由于其优良的力学性能和较低的密度，被广泛应用于航空航天、汽车制造、建筑和电子产品等多个领域。然而，铝合金在实际应用中面临着环境腐蚀问题，尤其是在潮湿、高温或盐雾等极端条件下，铝合金表面容易发生氧化腐蚀，影响其使用寿命和性能。为了解决这一问题，表面化学转化膜技术成为提升铝合金耐腐蚀性能的重要手段之一。通过化学转化膜处理，铝合金表面可以形成一层致密的膜层，有效地隔绝外界环境对基体的侵蚀，显著提高铝合金的耐腐蚀性。本文将对铝合金表面化学转化膜的技术进行系统的研究，重点分析其制备方法、膜层的腐蚀防护性能及其提升措施，并展望未来的发展趋势。

1 铝合金表面化学转化膜技术概述

1.1 铬酸盐转化膜技术

铬酸盐转化膜技术是铝合金表面处理范畴中最为成熟且普遍用的技术，原理是把铝合金泡入含铬酸盐的酸性溶液之中去，采用电化学反应或化学反应的形式达成，在铝合金表面结出一层薄又致密的铬酸盐膜，产生铬酸盐膜可增强铝合金表面耐腐蚀性，还可切实提升铝合金的附着度、硬度以及抗紫外线本领，从而极大扩大铝合金部件的使用有效阶段时长。鉴于其良好的抗腐蚀特性，航空航天、军事装备及高端设备已大量采用铬酸盐转化膜，然而铬酸盐膜技术同样存有一定局限，主要体现在环境影响和安全保障的问题上，铬元素自身存有明显毒性，且在膜制造进程中往往会产生大量有害废水及废气，因此铬酸盐转化膜的使用面临严格环保法规及安全管理方面要求，伴随环保标准逐步上扬，铬酸盐膜应用逐步遭约束，而替代技术研发也愈发成为急务，为减小铬酸盐转化膜给环境造成的消极情形，研究人员开始探索具有环保优势的膜处理技术，尤其是无铬转化膜技术以及别的环保表面处理模式[1]。

1.2 磷酸盐转化膜技术

作为铝合金表面处理手段，磷酸盐转化膜技术相对环保且成本不高，此技术制备一般是把铝合金浸泡在有磷酸盐的溶液里面，经过既定化学反应后，使铝合金表面出现含磷酸盐与铝离子的复合膜，跟铬酸盐转化膜做对比，磷酸盐转化膜成膜操作相对简易，且不用掺和有毒的铬化合物，故而其在环境友好方面表现出较高水平。良好的耐腐蚀性为磷酸盐膜主要优势之一，尤其在低酸性与中性环境下表现良好，此外磷酸盐膜具有一定机械强度与抵御紫外线的本领，于是可在建筑、汽车、家电等方面大范围推广，例如在建筑行业里，铝合金门窗及幕墙的表面处理普遍采用磷酸盐膜，能切实增强铝合金的耐候及抗腐蚀能力；在

汽车工业里面，磷酸盐膜也被拿去处理车身部件，来提升其抗腐蚀能力及外观质量，然而虽说磷酸盐膜耐蚀表现不错，但在高盐、高湿等恶劣环境里的表现有一定局限，为谋求进一步提升磷酸盐膜性能的实效，研究人员已开始探索添加关键元素（如稀土元素）或优化膜层样式，以优化其耐腐蚀及抗老化水平。

1.3 无铬转化膜技术

随着环保观念的稳步增强和法规的日趋严苛水平，无铬转化膜技术渐渐成为铝合金表面处理技术研究的焦点，无铬转化膜技术借助采用无铬化合物，诸如铝酸盐、锆盐、钛盐之类，把传统铬酸盐溶液替代，由此获取铝合金表面转化膜，无铬膜的核心优势是环保及无毒，消除了铬元素对环境与人体的潜在危害，因而无铬膜在越来越多应用范围得推广。无铬转化膜技术突出特征是膜层耐腐蚀性十分强，尤其是在像氯化物这样的腐蚀性介质环境中表现特别明显，研究表明无铬膜在盐雾、酸雾等恶劣环境里的保护效果比传统磷酸盐膜好，因而在航空航天、汽车、建筑等领域大范围应用，除此之外无铬转化膜同样有着较高表面硬度与良好附着力，可以显著提高铝合金表面的抗磨本事。目前无铬膜研究正处持续发展中，针对膜层的致密性、耐腐蚀性等综合性能，研究人员正审查新的成膜剂、复合膜技术及膜层结构优化手段，以进一步提升无铬膜质量，无铬转化膜技术预期未来成为铝合金表面处理技术的主流方向，尤其是在环保与绿色制造的重视氛围不断升温的背景下，其应用前景极为可观[2]。

2 提升铝合金表面化学转化膜抗腐蚀性能的策略

2.1 添加稀土元素

稀土元素涵盖钕（Nd）、镧（La）、铈（Ce）等几种稀土元素，已在铝合金表面转化膜研究及应用领域普遍运用，主要为提升膜层耐腐蚀性与综合性能，故而引入稀土元素，稀土元素可与铝合金基体里的铝离子起反应，形成相对稳固的化合物，由此提高膜层的致密性及稳定性。膜层致密状况直接影响其抗腐蚀及抗磨损能力，故而添加稀土元素能明显改进铝合金表面转化膜长期情形表现，此外稀土元素同样表现出较强的钝化效果，可以有力抑制铝合金表面微裂纹及孔洞的形成，微裂纹跟孔洞是引发腐蚀介质侵入、让腐蚀后果加剧的主要要素，因此添加稀土元素可有效削减膜层的缺陷，增强其抵御外界介质侵入的能力。稀土元素的抗腐蚀性及稳定性让铝合金表面在恶劣环境防护力更高，尤其是在海洋、化工等体现高腐蚀性的环境里，表现得极为明显，值得附带说明的是，稀土元素的添加不只是优化膜层的物理特性，它们还可提升膜层的抗氧化性，作为铝合金表面常见转化膜之一的氧化铝膜，决定膜层寿命长短的关键是其抗氧化性，添加稀土成分，利于催生稳定的氧化膜层，进一步强化其抵抗高温、抗氧化及抗腐蚀的综合能力[3]。

2.2 纳米材料的引入

近年来纳米材料的引入让铝合金表面转化膜技术发展实现新突破，纳米材料表现出极高比表面积及独特物化特性，这些特性让它们在表面处理技术里的地位日益凸显，把纳米氧化铝、纳米硅、纳米钛等材料添加到铝合金化学转化膜里，能明显提升膜层在硬度、耐腐蚀性、抗磨损性等方面的综合性能。由于高比表面积，纳米材料在膜层中能提供更多反应位点，从而加速膜层架构与提升膜的密实水平，此外纳米材料的非凡属性，就如小粒径加上大表面能量，能有效提升膜层附着及结合力，提升膜层的抗老化水平，处于腐蚀环境里，纳米材料可为铝合金表面生成更均匀的保护模式，切实减缓腐蚀出现，提高铝合金部件的使用阶段。纳米硅和纳米氧化铝等材料实施添加，不仅可增强膜层的硬度，还可加大膜层抗磨耗的性能水平，伴随铝合金在高强度及耐磨方面应用增长态势佳，纳米材料的引入，无疑让铝合金表面处理技术性能更上一层楼，尤其是在航空航天、汽车跟军事范围，对膜层的高硬度与耐腐蚀性给出新要求，采用纳米材料的优化，铝合金表面转化膜整体性能获大幅提高成效好。

2.3 多层复合膜

铝合金表面处理方面的重要发展方向乃是多层复合膜技术，通过在铝合金表面依次催生多个具备不同功能的膜层，可切实提高膜层的综合性能，尤其在耐腐蚀性、抗紫外线效果以及机械强度的增强表现上，例如基于磷酸盐膜与无铬膜基础的起点上，又再涂一层有机、金属或复合材料涂层，不仅可增进膜层的抗蚀力，还可让膜层的美观度以及耐磨度提高。多层复合膜最大亮点是功能性互补，不同种类膜层可在不同腐蚀介质与环境条件之下发挥作用，从而明显增进铝合金表面的耐腐蚀及持久能力，例如在部分要求高抗紫外线和高耐腐蚀性能达标的应用场合，能经在膜层表面添加有机涂层达成，进一步拦截紫外线的侵蚀，同时增进膜的抗老化水平；而在一些需高机械强度与抗磨损性能的环境里，添加金属涂层或硬质涂层能明显强化膜层抗划伤与硬度本领。此外多层复合膜技术也可让铝合金外观质量更上一层楼，于膜层内添加各种颜色的涂层或金属层，能在不损害膜层保护性能的基础上，提升其外观审美性，已将这种技术应用到建筑、汽车、家电等行业，尤其是在对外观纹理要求较高的铝合金产品里，存有大规模的应用前景[4]。

3 铝合金表面化学转化膜的应用

3.1 航空航天领域

在航空航天的范围，铝合金凭借其出色的轻质特点和不错的机械性能，频繁应用到飞机和航天器的结构材料里，然而若铝合金长期暴露于恶劣环境（如高湿度、高温、盐雾和紫外线辐射等情况）时，频繁引发锈蚀，这对航空航天器安全性与可靠性形成极大威胁，尤其在高海拔以及太

空这类环境里，腐蚀状况加剧金属疲劳，引起材料性能弱化，甚至出现结构报废。

为解决这一矛盾，铝合金表面一般借助化学转化膜技术进行处理，采用在铝合金表面制成致密转化膜，此膜层不光能搭建有效的物理阻隔，阻拦腐蚀介质的渗透，还可增强铝合金抵御腐蚀和氧化的综合能力，实施化学转化膜工序处理后的铝合金，在陷入高温、低温、强紫外线冲击等极端环境时，能维系其优良的性能，使材料使用寿期延长，保障其在航天器和飞机运行中的稳定与安全性，尤其在航天器在太空中长时间的使用阶段，转化膜可有力阻挡辐射及空间环境对材料的侵蚀，保证其有序飞行，因此化学转化膜处理成了增强铝合金在航空航天范围耐腐蚀性、保障航天器和飞机安全的关键技术之一。

3.2 汽车工业

在现代汽车制造工艺实施中，铝合金靠其轻量化、高强度和良好的加工特性，频繁安置在发动机、车身、轮毂等关键部位，采用铝合金不光能减轻汽车整体的重量，推动燃油效率上扬，还可使汽车在动态性能与操作稳定性方面增强，然而若铝合金处在盐雾、高温、湿气等恶劣环境长期暴露，易出现腐蚀情形，尤其是汽车长时间驾驶结束后，铝合金部件的腐蚀也许会对汽车结构完整性及安全性产生不良影响。

为提升铝合金部件抵御腐蚀能力，频繁采用了表面化学转化膜技术，通过对铝合金表面实施化学转化改良，能形成一层紧实的保护膜，有效提升铝合金的抗腐蚀本事，该膜不仅可有效防止盐雾、酸雨、氧气等腐蚀介质的侵扰，还可在高温与低温环境下维持稳定，减慢铝合金表面氧化腐蚀脚步。尤其是一些高腐蚀环境里，类似海边、湿热环境地段以及冬季用融雪盐处理的道路，铝合金表面化学转化膜可切实降低腐蚀性物质渗透，以此增加汽车部件的使用寿长，因此采用表面化学转化膜技术，不仅能增进铝合金在恶劣环境里的耐腐蚀本事，还可提高汽车整体安全及耐用的水平，为消费者呈上更长期的使用体验，降低维修及零件替换成本。

3.3 建筑行业

在建筑行业内，铝合金门窗与幕墙凭借良好的外观、超群的力学性能和高耐候性，普遍在现代建筑的外立面设计里采用，然而这些铝合金部件频繁面临高湿度、空气污染、紫外线辐射等复杂环境条件的磨砺，尤其是在城市的整体环境里，空气中诸如酸性气体、颗粒物的污染物，常促进铝合金表面氧化腐蚀，要是铝合金出现腐蚀情形，不仅会使建筑外观失去原有风采，还也许影响建筑物的结构安全，降低其使用年限。

4 结语

铝合金表面化学转化膜技术通过在铝合金表面形成一层保护膜，显著提升了铝合金的耐腐蚀性能。随着环保法规的日益严格，铬酸盐转化膜技术逐渐被无铬膜和其他环保型膜技术取代。未来，通过引入稀土元素、纳米材料以及多层复合膜技术，铝合金的耐腐蚀性能将得到进一步提升。该技术在航空航天、汽车、建筑等领域的广泛应用，推动了铝合金材料的广泛使用，并促进了相关产业的技术进步。

[参考文献]

[1]任正茂.铝合金表面处理技术在耐腐蚀性提升中的应用[J].冶金与材料,2024,44(12):79-81.
[2]李峰,吕超.铝合金表面热喷涂氧化锆对其耐腐蚀性能的影响[J].石油化工腐蚀与防护,2024,41(6):15-17.
[3]周小雨.铝合金表面微弧氧化及超疏水涂层的耐蚀性及其机理研究[D].广西:桂林电子科技大学,2024.
[4]禹露,许婄鑫,罗志翔.A356 铝合金的表面改性与耐磨及耐蚀性能研究[J].电镀与精饰,2024,46(4):29-37.

作者简介：李彬（1980.3—），男，民族：汉族，学历：本科，专业：化学工程与工艺。

盐湖提锂过程中杂质离子分离与控制技术研究

丁发虎
金海锂业（青海）有限公司，青海 西宁 810000

[摘要]在全球能源结构转型与新能源汽车产业快速发展的背景下，锂资源作为战略性关键矿产的战略地位日益凸显。作为我国盐湖锂资源核心区的青海省，其盐湖卤水型锂资源开发已成为保障锂资源供给安全的关键路径。青海盐湖卤水普遍存在镁锂比高、杂质干扰严重等特性，以察尔汗、东台吉乃尔等典型盐湖为代表，提锂过程面临分离效率低、能耗高等共性难题。文章聚焦青海盐湖提锂过程中杂质离子分离与控制技术体系，通过解析区域卤水资源特性、本土化分离技术原理及过程控制机制，系统探讨多技术耦合的创新路径。研究将结合青海蓝科锂业、中信国安等省内龙头企业的工业化实践案例，揭示杂质分离技术的演进规律与优化方向，为构建青海特色盐湖提锂技术体系提供理论支撑，对推动青海锂电产业高质量发展具有重要工程价值。

[关键词]盐湖提锂；杂质分离；镁锂分离；钙离子去除；吸附法；膜分离
DOI：10.33142/sca.v8i4.15928　　中图分类号：TQ131.11　　文献标识码：A

Research on Impurity Ion Separation and Control Technology in Salt Lake Lithium Extraction Process

DING Fahu
Jinhai Lithium Industry (Qinghai) Co., Ltd., Xining, Qinghai, 810000, China

Abstract: Against the backdrop of global energy structure transformation and rapid development of the new energy vehicle industry, the strategic position of lithium resources as a strategic key mineral is increasingly prominent. As the core area of lithium resources in salt lakes in China, Qinghai Province's development of brine type lithium resources in salt lakes has become a key path to ensure the safety of lithium resource supply. The brine of Qinghai salt lakes generally has characteristics such as high magnesium lithium ratio and severe impurity interference. Represented by typical salt lakes such as Cha'erhan and Dongtai Jinnaer, the lithium extraction process faces common challenges such as low separation efficiency and high energy consumption. The article focuses on the impurity ion separation and control technology system in the lithium extraction process of Qinghai salt lake. By analyzing the characteristics of regional brine resources, the principle of localized separation technology, and the process control mechanism, the innovative path of multi technology coupling is systematically explored. The research will combine the industrial practice cases of leading enterprises in Qinghai such as Lanke Lithium Industry and CITIC Guo’an to reveal the evolution law and optimization direction of impurity separation technology, providing theoretical support for the construction of a lithium extraction technology system with Qinghai's characteristic salt lakes, and having important engineering value for promoting the high-quality development of Qinghai's lithium battery industry.

Keywords: salt lake lithium extraction; impurity separation; magnesium lithium separation; calcium ion removal; adsorption method; membrane separation

引言

青海盐湖提锂技术的发展与区域资源特性深度耦合。柴达木盆地盐湖群作为我国最大的锂资源储备区，其卤水多属硫酸镁亚型，镁锂质量比普遍超过 100∶1，且伴生高浓度硼、钾等元素，这种复杂的资源特性对分离技术提出特殊要求。省内企业历经二十余年技术攻关，从初期单一的碳酸钠沉淀法，逐步发展出吸附法、膜分离等特色工艺体系。以青海蓝科锂业万吨级碳酸锂项目为例，其开发的“吸附-膜耦合”工艺成功破解高镁锂比分离难题，成为国内盐湖提锂工业化典范。然而，青海盐湖开发仍面临高原环境适应性、副产物资源化等区域特殊挑战。在此背景下，深化杂质离子分离与控制技术的本土化创新，既是提升青海锂资源开发经济效益的关键路径，更是支撑世界级盐湖产业基地建设的战略需求。

1 盐湖提锂技术概述

1.1 盐湖卤水资源特性与锂赋存形态

我国盐湖卤水资源的分布与形成受特殊地质构造与气候条件共同作用，主要集中于青海柴达木盆地、西藏羌塘高原等区域。青海作为我国盐湖锂资源核心区，其盐湖群以氯化物型卤水为主，锂以溶解态 LiCl 形式存在，但镁锂质量比普遍超过 100∶1 的特征成为技术瓶颈。察尔汗盐湖、东台吉乃尔盐湖作为典型代表，卤水中锂浓度仅为 0.2～0.5g/L，而镁离子浓度高达 40～60g/L，形成全球罕见的高镁锂比体系。西藏扎布耶盐湖虽属碳酸盐型卤水，锂以 Li_2CO_3结晶形态赋存，但其资源规模远小于青海盐湖群。青海盐湖的开发难题具有全球独特性，卤水蒸发浓缩过程中锂易与镁、硼形成复杂络合物，导致传统分离工艺效率低下。

1.2 主要杂质离子类型及其影响

青海盐湖提锂的核心挑战源于镁、硼等特征性杂质。镁离子（Mg^{2+}）与锂离子（Li^{+}）的离子半径仅差 0.034Å，化学性质高度相似，传统化学法难以实现选择性分离。察尔汗盐湖工业化案例显示，早期碳酸钠沉淀法锂回收率不足 40%，且产品中镁残留量高达 2000ppm。镁离子的高浓度（＞40g/L）还显著改变卤水流变特性，导致吸附柱传质效率下降 30%以上。钙、硼杂质对青海盐湖开发构成特殊威胁。东台吉乃尔盐湖卤水中硼酸浓度达 2.5g/L，其与锂形成的$[B(OH)_4]^-$-Li^+络合物会毒化吸附材料，蓝科锂业 2019 年因未彻底脱硼导致离子筛寿命缩短 40%。钙离子则与硫酸根结合生成针状石膏结晶，在青海某项目蒸发器中形成 5～10mm 厚结垢层，迫使年度停产清洗 3 次。钠、钾等离子虽分离难度较低，但其质量浓度可达锂的数百倍，在电渗析过程中引发严重的浓差极化现象。

2 典型杂质离子分离技术

2.1 沉淀法分离技术

青海盐湖沉淀法技术的创新突破源于对高镁锂比卤水的深度认知与工艺革新。察尔汗盐湖的开发实践中，科研团队发现传统碳酸钠沉淀法在高镁环境下易形成胶体状沉淀，导致锂的夹带损失。为此，青海盐湖股份联合中科院盐湖研究所，开创性地提出“梯度控温碳酸化”工艺，通过精确控制碳酸化反应的温度与 pH 值时序变化，诱导镁、锂分步结晶。该工艺在工业化应用中展现出显著优势：碳酸镁晶体粒径的增大改善了固液分离效率，而锂的定向结晶减少了共沉淀损失。为解决沉淀剂消耗过高的问题，企业同步开发了 CO_2循环利用系统，将工艺尾气中的二氧化碳经吸收塔回收纯化，再注入反应体系重复利用，不仅降低了药剂成本，更减少了碳排放。与南美盐湖普遍采用的磷沉淀法相比，青海技术彻底避免了磷污染风险，但如何进一步降低沉淀渣中的锂残留仍是后续优化的重点。当前，青海技术团队正探索微波辅助沉淀、超声结晶等新型手段，力求在提升分离效率的同时实现工艺绿色化升级。

2.2 吸附法分离技术

青海盐湖吸附法技术的突破性进展，标志着我国在高选择性分离材料领域实现自主可控。蓝科锂业研发的钛系锂离子筛，其核心创新在于通过分子结构设计实现了锂离子的特异性识别。该材料在介孔结构调控与表面官能团修饰方面的突破，使其在复杂卤水环境中仍保持优异的选择性。工程化应用过程中，针对吸附床层易堵塞的行业难题，中信国安创新设计的脉冲流化床装置，通过周期性流体扰动有效防止了细颗粒悬浮物的沉积，大幅延长了连续运行周期[1]。与此同时，青海大学针对硼污染这一特殊挑战，开发的硼钝化型吸附剂，通过在材料表面构建硼酸根配位层，显著提升了吸附剂的抗毒化能力。这些技术突破不仅解决了青海盐湖提锂的特定问题，更为全球高杂质盐湖开发提供了技术范式。值得注意的是，吸附剂再生环节的废水处理问题仍是行业痛点，当前正通过电化学再生技术的开发实现酸碱试剂的循环利用，推动工艺向零排放目标迈进。

2.3 膜分离技术

青海盐湖膜分离技术的发展，凸显了高原特殊环境下的技术创新特色。针对高海拔地区低压低氧对膜性能的影响，本土企业通过膜材料改性与组件结构优化，成功开发出适应高原工况的专用膜产品。宽流道纳滤膜的设计突破传统流道限制，在保持高脱镁效率的同时，显著降低了膜污染速率。西台吉乃尔盐湖的电渗析示范工程，创新性地引入双极膜技术，在实现锂浓缩的同时副产酸碱溶液，构建起物料内部循环体系。面对卤水中有机物污染的特殊挑战，紫外-过硫酸盐耦合清洗技术的应用，通过高级氧化反应有效分解膜表面污染物，将化学清洗频率降低至行业领先水平。青海技术团队进一步提出的“膜-吸附”耦合工艺，通过多技术协同作用，既发挥了膜分离的预处理优势，又保留了吸附工艺的高选择性特点，在察尔汗盐湖工业化项目中展现出显著的综合效益。当前，膜技术的研发重点已转向抗污染复合膜的开发与能量回收系统的集成，力求在提升分离效率的同时降低整体能耗。

3 过程控制关键技术

3.1 预处理工艺优化

青海盐湖预处理技术的革新体现在对复杂卤水体系的精准调控与资源保全。察尔汗盐湖开发的智能碳酸化系统，通过在线监测 pH 值与氧化还原电位动态变化，实时调整 CO_2注入策略，不仅实现镁的高效沉淀，更通过结晶动力学控制避免锂的共晶损失。针对硼锂络合物的解离难题，创新性引入螯合剂预处理工艺，在特定酸性环境下破坏硼酸根与锂离子的配位结构，显著提升后续工序的锂回收效率[2]。东台吉乃尔盐湖应对冬季极端低温的深冷结晶技术，通过晶种诱导与温度梯度控制，实现硫酸盐类杂质的选择性析出，其预处理后卤水透光率的显著改善为膜分离工艺创造了理想进料条件。

3.2 分离过程参数调控

青海盐湖过程控制技术的智能化转型正在重塑提锂工艺的精准度与稳定性。蓝科锂业构建的多模态控制系统，通过温度、流速、压力的协同调控，有效克服高原昼夜温差对吸附效率的影响，确保工艺参数在动态环境中的最优匹配。膜分离环节引入的自适应压力调节机制，依托电导率实时反馈实现操作压力的精细控制，显著提升了分离效率的稳定性。青海大学研发的高原环境响应模型，集成气象数据与工艺参数，可提前预判气候突变对生产系统的影响，为工艺调整提供科学决策支持。

3.3 杂质回用与环保控制

青海盐湖产业通过技术创新构建起“资源-产品-再生资源”的闭环体系。镁渣资源化技术的突破，将传统废弃物转化为高附加值阻燃材料，成功应用于建材与环保领域，开辟了循环经济新路径。针对硼污染治理，开发的母液回收系统不仅实现硼酸的高效提取，更通过工艺优化使副产

品达到工业级标准。高盐废水处理技术的升级，采用膜分离与蒸发结晶的协同工艺，既回收了有价值的盐类产品，又实现了水资源的循环利用[3]。环保技术的系统集成，使青海盐湖提锂过程的环境足迹显著降低，其绿色发展模式已通过工信部绿色制造体系认证，成为行业可持续发展标杆。

3.4 工艺集成与系统优化

柴达木循环经济试验区的智能化工厂建设，标志着盐湖提锂技术进入系统集成新阶段。通过多级工艺的深度耦合与能量梯级利用，构建起高效协同的生产体系。光伏-储能系统的创新应用，将高原丰富的太阳能资源转化为稳定生产动力，大幅降低传统能源依赖。数字孪生技术的引入，建立起虚拟与现实交互的管控平台，通过实时数据采集与模型预测，实现工艺参数的动态优化与故障预警。这种系统级的集成创新，不仅提升了生产过程的灵活性与适应性，更通过智能化管理使运营成本显著下降，为复杂盐湖资源开发提供了可复制推广的技术范式。

4 工业化发展路径与创新体系构建

4.1 技术迭代驱动产业升级

青海盐湖提锂技术的迭代历程深刻诠释了“问题导向-技术突破-产业升级”的演进逻辑。早期以沉淀法为主导的工艺体系受限于高镁锂比环境，迫使本土企业转向吸附法创新突破。蓝科锂业历时 8 年完成钛系离子筛从实验室克级制备到万吨级工程放大的跨越，其“吸附-解吸-再生”全流程自动化系统使锂回收率提升至 78%，设备国产化率达 95%。青海盐湖股份开发的梯度膜分离技术，通过纳滤-反渗透-电渗析三级耦合，将察尔汗盐湖卤水处理量提升至 5000m³/d，吨锂能耗较传统工艺下降 42%。当前技术迭代呈现智能化跃迁趋势，青海大学联合华为公司开发的工艺优化 AI 模型，通过分析 10 万组历史生产数据，实现分离效率实时预测与参数自调整，系统稳定性提升 35%。这种内生性技术升级正重塑产业格局——青海企业申请的锂提取专利数量占全国盐湖领域总量的 63%，构建起从吸附材料到智能装备的完整技术壁垒。

4.2 跨学科融合创新体系构建

青海盐湖技术创新体系突破学科边界，形成“基础研究-工程转化-产业应用”的立体化创新网络。中科院青海盐湖研究所首创“计算化学指导-微反应器合成”的材料开发模式，通过分子动力学模拟优化钛锂离子筛的孔径分布与表面电荷，使锂吸附容量突破 40mg/g。在过程工程领域，青海大学开发的盐湖数字孪生平台，集成地质、气象、工艺等多源数据，可精准预测卤水组分随季节变化的规律，为工艺参数动态优化提供科学依据[4]。跨学科融合更催生新兴技术方向：新能源需求驱动下，青海绿电提锂联合实验室研发光伏直驱电渗析系统，将清洁能源利用率提升至 92%；生态保护压力倒逼青海环境科学院开发基于微生物矿化的尾水处理技术，实现重金属离子去除率超 99%。这种创新范式变革，使青海盐湖产业从单一资源开发向“技术输出+标准制定”的高端形态转型。

4.3 可持续发展生态体系形成

青海盐湖提锂产业正在构建全球领先的绿色循环发展模式。水资源管理方面，柴达木循环经济试验区建成“卤水提锂-尾水回灌-冷凝水回收”三级水网，实现吨锂耗水量从 50m³ 降至 8m³，节水技术入选国家工业节水标杆。固废资源化领域，青海镁基材料工程中心将提锂副产氯化镁转化为阻燃剂、镁水泥等高值产品，2023 年副产物综合利用率达 91%，减少固废堆存用地 1200 亩。能源结构转型方面，建成全球首个“光伏-储热-提锂”一体化基地，通过光热熔盐储能系统实现 24 小时连续供能，吨锂碳排放强度降至 0.8tCO_2eq，较传统工艺降低 76%。欧盟电池法规实施后，青海企业率先建立锂产品全生命周期碳足迹追溯系统，通过区块链技术实现从卤水开采到电池组装的全程溯源。这种绿色发展范式不仅提升产业竞争力，更推动青海从“资源大省”向“生态工业强省”的战略转型。

5 结语

本研究系统揭示了青海盐湖提锂过程中杂质离子分离与控制技术的创新机理与实践路径。通过深度解析柴达木盆地盐湖卤水的高镁锂比、多杂质共存等独特资源禀赋，构建起“预处理精准调控-分离技术协同优化-资源循环利用”的全链条技术体系。青海蓝科锂业研发的钛系离子筛吸附技术、青海盐湖股份开发的梯度膜分离工艺等本土化创新成果，不仅攻克了高镁锂比环境下的选择性分离难题，更形成了具有自主知识产权的技术标准体系。在可持续发展层面，柴达木循环经济试验区通过“光伏-储能-提锂”系统集成与固废资源化技术突破，开创了全球盐湖开发绿色转型的示范模式。当前，青海盐湖产业已从单一资源提取向“技术输出+生态工业”的高阶形态演进，其建立的锂产品碳足迹追溯系统与区块链溯源平台，为应对国际绿色贸易壁垒提供了中国方案。唯有坚持技术创新与生态保护协同共进，方能将青海盐湖的资源优势转化为产业胜势，为全球能源转型与锂电产业发展贡献青海智慧。

[参考文献]

[1]王万航.新型杂多酸类共萃剂用于盐湖卤水萃取提锂的应用基础研究[D].北京:北京化工大学,2022.
[2]熊家春.电化学脱嵌法盐湖提锂用磷酸铁电极的制备及修复研究[D].长沙:中南大学,2022.
[3]马超群.磷酸铁锂聚多巴胺包覆改性及其盐湖提锂性能研究[D].长沙:中南大学,2023.
[4]段文静.从盐湖卤水及沉锂母液中选择性提锂的新萃取体系开发与应用基础研究[D].北京:北京化工大学,2024.

作者简介：丁发虎（1992.5—），毕业院校：华北水利水电大学，所学专业：应用化学，就职单位名称：金海锂业（青海）有限公司，就职单位职务：生产部经理，职称级别：助理。

实景三维新型测绘能力建设及数字化应用

乔燕英
山东省国土测绘院，山东 济南 250000

[摘要]伴随科技不断进步，传统测绘技术面临着数据处理效率低、精度有限和信息呈现方式单一等挑战。建设实景三维新型测绘能力及其数字化应用的推进成为现代测绘领域发展的必然趋势。实景三维测绘技术利用先进的激光扫描、摄影测量以及计算机视觉等技术结合数字化手段可更精确、直观地披露地理空间数据。建筑、城市规划、灾后评估等领域对该技术的采纳，让测绘精度以及数据处理效率极大跃升。然而，在实际应用过程中怎样使实景三维技术与现有测绘流程达成有效整合，并解决技术标准、设备选型以及数据管理等方面的问题仍然是目前面临的重大课题。文章聚焦于对实景三维测绘能力建设以及其数字化应用关键技术与发展路径的探讨。

[关键词]实景三维测绘；数字化应用；激光扫描；摄影测量；技术整合；数据管理
DOI：10.33142/sca.v8i4.15926　　中图分类号：P25　　文献标识码：A

Construction of New Surveying and Mapping Capability and Digital Application in Realistic 3D

QIAO Yanying
Shandong Provincial Institute of Land Surveying and Mapping, Ji’nan, Shandong, 250000, China

Abstract: With the continuous advancement of technology, traditional surveying and mapping techniques are facing challenges such as low data processing efficiency, limited accuracy, and single information presentation methods. The construction of new real-time 3D surveying capabilities and the promotion of their digital applications have become an inevitable trend in the development of modern surveying and mapping. The real-time 3D mapping technology utilizes advanced technologies such as laser scanning, photogrammetry, and computer vision combined with digital means to more accurately and intuitively disclose geographic spatial data. The adoption of this technology in fields such as architecture, urban planning, and post disaster assessment has greatly improved surveying accuracy and data processing efficiency. However, how to effectively integrate real-life 3D technology with existing surveying processes in practical applications, and solve problems such as technical standards, equipment selection, and data management, remains a major challenge currently faced. The article focuses on the construction of real-time 3D surveying capabilities and the exploration of key technologies and development paths for their digital applications.

Keywords: realistic 3D mapping; digital applications; laser scanning; photogrammetry; technology integration; data management

引言

随着数字技术不断突破升级，传统二维测绘难以契合现代城市及工程建设对测绘精度和效率的高要求。实景三维测绘作为一种新型的空间数据采集和展示技术已逐渐成为测绘行业的重要发展方向。依靠激光扫描、摄影测量等途径，空间数据可在实景三维测绘下被高精度、高效率采集，并通过数字化手段进行处理和可视化被大量应用于建筑设计、城市规划、地形勘测以及灾后评估等范畴[1]。然而，现阶段在实际应用期间，如何构建完善的实景三维测绘能力、如何解决技术整合和标准化问题以及怎样对大量空间数据进行高效管理与运用，仍旧是急需处理的关键事项。本文聚焦于对实景三维新型测绘技术能力建设及数字化应用的研究，以对目前实际情况的分析为基础，提出合适的策略及解决途径。

1 实景三维测绘技术及其发展现状

一种借助激光扫描、航空摄影测量、无人机遥感等方式的实景三维测绘技术，结合计算机图形学、图像处理和数字化技术把现实世界进行三维重铸和可视化呈现的技术。跟传统的二维测绘相比较，实景三维测绘具有更高的精度和更强的数据表现力，地物的三维坐标可被激光扫描技术迅速获取，还可针对建筑物、地形地貌等实施高精度建模。摄影测量利用航空摄影或无人机拍摄的照片采集空间数据。采用图像处理技术构建出三维模型，这些技术的结合能够提供更加真实、直观的数据展示可广泛应用于诸如城市规划、基础设施建设、灾后评估等范畴。目前，实景三维测绘技术正持续替代传统的测量手段，在强化数据处理精度的阶段，实现了工作效率的提高[2]。

2 实景三维测绘面临的挑战与问题

2.1 技术整合与设备选型问题

伴随实景三维测绘技术快速发展，各种类型设备于市场上涌现，含有激光扫描仪、无人机、数字相机、GPS 设备等类，这些设备的技术性能、应用场景及数据输出方式各不相同。在实际应用场景里，怎样结合不同测绘需求去选择恰当的设备，成为高效开展三维测绘所面临的关键问

题之一。不同设备之间的数据类型和格式不一怎样达成技术整合与跨设备数据兼容，仍是亟需攻克的难题。

选择设备应依照具体测绘项目需求。例如，在城市规划及开展建筑物建模之际，激光扫描技术因其高精度和广泛的应用范围成为首选的技术手段；当处于地形较为复杂的实际环境，也需要把传统地面设备和无人机摄影测量结合起来补充数据，保障数据的完整度与精确性。然而，各类设备相互操作的效果较差，引起数据整合成为一个显著挑战。为切实有效化解这一难题，需要在测绘流程中统一设备的数据格式和标准制定一套通用的数据转换和处理标准进而保证从各种不同设备采集的数据能顺畅结合，提高数据处理方面的效率与精准度。

此外，设备的选择还受到预算、技术成熟度以及现场环境等因素的影响。一般而言，价格较高的设备精度往往也高，怎样在维护测绘精度的同时合理甄选设备，实现成本与效益的适配，是设备选型之际必须加以考量的方面。应将设备的性能、耐用性和便捷性纳入选型标准，让设备在复杂环境当中稳定开展工作。通过合理整合各类测绘设备拟定具备标准化的操作流程，可切实提高测绘作业中的数据整合水平，缩减因设备不兼容引起的数据误差[3]。

2.2 数据处理与管理问题

实景三维测绘技术在数据采集方面具有巨大的优势是也产生了数据量迅猛增长和复杂性强化的状况。在传统的测绘方式中数据量相对较小主要为二维坐标数据与简易点云数据分类，经实景三维测绘后生成了大量三维数据，包括点云、图像、视频、模型和空间坐标等。为处理这些数据需要高效处理能力与管理系统，进而达成精准的数据分析及运用。

三维测绘生成的海量数据往往需要存储在云平台或大型数据库中这要求存储系统性能达到较高水平。此外，因为数据类型数量上繁多，如点云数据、三维模型和影像数据等需依据不同类型数据采用不同存储方式，这让数据管理面对复杂的要求。有效的数据管理不仅仅包括数据的存储和备份也应包括数据的分类、索引以及检索，便于后续针对数据进行使用分析。

鉴于实景三维测绘采集的原始数据大多具有较大噪声，并且可能存在缺失或冗余的部分因此需要对数据进行精细化处理和清洗。这一过程中对数据质量实施控制十分关键，要保证去除掉不必要的数据项，同时捍卫必要的精细水准和完整格局。为直面这一挑战，诸多测绘公司与研究机构已启用云计算、大数据分析和人工智能等先进技术处理复杂数据，改善数据处理的效率跟精度。

2.3 应用场景中的精度与效率挑战

在诸多应用场景里，实景三维测绘技术呈现出明显优势，尤其在像城市规划、建筑设计、环境监测和灾后评估等领域里。然而，在实际应用过程中如何促成测绘精度与效率的恰当平衡，成为现阶段不得不面对的主要挑战之一。在部分特殊的应用场景里，对精度的要求体现为极为严格，好比在建筑物建模以及基础设施建设期间，要求每一处数据都必须达到极高的精度进而保障设计跟施工的安全性。然而，在其他一些应用中如大范围的城市建模效率则显得尤为重要，怎样在维持精度足够的情形下提升数据采集及处理效率，是当前技术发展面临的核心问题[4]。

测绘精度和效率的矛盾在数据采集过程里得以主要呈现。往往高精度测绘设备的采集速度较慢，为实现测绘效率的增进，诸多测绘公司采用低精度的设备，这也许会令数据的准确性以及完整性受干扰。特别是在地形复杂、环境变化较大的区域怎样借助对测绘方案的优化及设备的合理抉择。在维持精度之际提高作业效率，成为技术发展的核心要点。例如，在城市建模中采用无人机进行空中拍摄和激光扫描可快速获得大批数据，但与此同时需按不同区域复杂程度灵活选择设备，以此保障精度跟效率的协调。

在推进数据处理工作之际，怎样对大量数据进行处理并达成快速反馈，也是要去冲破的一个重大挑战。处理大规模三维数据时传统计算机处理方法或许存在速度慢、计算能力不足等问题，怎样借助并行计算、大数据技术和云计算等新的技术手段加速数据处理，提高效率仍是当下测绘领域急需攻克的难题。此外，在若干特定的应用场景范畴内，诸如灾后情况评估及环境监测，数据及时性体现出重大价值，这就需要测绘技术可迅速达成数据的采集、处理与反馈，以满足应急响应规格。

3 提升实景三维测绘能力的建设与数字化应用路径

3.1 建立技术标准与统一平台

处于实景三维测绘技术应用进程里，要解决技术整合问题 关键是打造统一的技术标准和平台。目前，不同的设备和技术公司在三维测绘的应用上有各自不同的标准和系统这般标准的多样性与平台的不一致性，极大地挑战了数据共享与设备间的协作。为保障不同设备与技术间的兼容性，增进测绘进程的效率及精准程度，建立行业统一的技术标准和平台至关重要。技术标准得以建立可对设备接口、数据格式及输出结果进行规范，从而规避不同设备间数据出现不一致情形。经由统一数据处理格式跟操作流程的方式，不仅能提升设备间的数据兼容性还能提高测绘结果的可比性和可操作性[5]。

构建统一的测绘平台可以实现不同设备的集中管理和控制杜绝信息孤岛状况形成。以这个平台为支撑，可对不同设备所生成的数据进行集中存储、处理与分析，从而保证数据的高效使用。统一的平台还能够支持多方合作和数据共享促进跨行业和跨部门的协作使得实景三维测绘技术能更好地融入各行各业的应用中。此外，技术标准的建立还应考虑到未来技术的快速发展应保证具有一定的

灵活及可扩展性，用以在新技术诞生时进行合理的更新及优化。因此，行业协会、标准化组织与科研机构需强化合作，共同带动技术标准及平台搭建，推进实现行业内技术的逐步统一与协同，为实景三维测绘的高效应用打下坚实基础。

3.2 提升数据处理能力与信息管理系统

实景三维测绘产生的庞大数据量需要有强大的数据处理能力以及高效信息管理系统支撑。伴随测绘技术呈现发展态势，快速增长的数据量对数据处理与管理提出更高要求。数据处理能力的提升是保证三维测绘技术高效应用的关键，目前大数据处理需求难以借助传统的数据处理方法实现满足，特别是在三维点云数据的处理上需要采用更加先进的算法和技术。大数据分析技术、人工智能（AI）、深度学习等新兴技术可以为数据的处理、分析和提取提供新的思路。例如，利用 AI 技术对点云数据进行智能化识别和分类能大幅提高数据处理的效率以及精准度[6]。

此外，分布式计算和云计算同样为数据处理赋予了强劲的计算及存储能力，能够实现数据的快速处理与高效存储避免了传统计算方式中对硬件的过度依赖。信息管理系统的优化同样至关重要，有效存储、管理和检索测绘数据可由一个高效的信息管理系统实现，给用户给予便利的数据查取服务。同时，数据安全保障功能强大应是信息管理系统的特性，保障测绘数据于存储与传输环节不被篡改或丢失。此外，还应使信息管理系统支持大规模数据的多维度剖析与可视化展现，方便用户根据其需求进行数据查询及分析，对于测绘数据的长期存储和管理还需要借助云平台跟大数据技术，保证数据的持久性、可靠性和高效性。经由提升数据处理能力以及改进信息管理系统，能显著提升实景三维测绘技术的工作效能与数据利用价值，推动其在各个应用场景里的推广与应用更易开展。

3.3 优化设备选型与测绘流程

优化设备选型和测绘流程是提升实景三维测绘技术效率和精度的另一重要环节。实景三维测绘技术牵扯的设备种类数量多，涵盖如激光扫描仪、无人机及地面摄影测量设备等，各类设备的测量精度、应用场景以及操作复杂度各不相同。当进入设备筛选环节时，必须根据测绘任务的具体需求进行精准选型。例如，在城市建筑的测绘作业当中，更高的精度可依靠激光扫描仪实现，在地籍测绘作业期间，无人机可能更加适用，因此在设备选型优化方面不仅要顾及技术性能，还要综合考虑设备的操作便捷性、维护成本、适用环境等因素。在推进设备选型优化期间，还需要考虑如何高效整合不同设备的数据以保证数据的一致性和准确性，这就要求设备间具有较强的兼容性可借助标准化接口开展数据的交换与处理[7]。

设备的选型优化不仅影响测绘工作的质量和效率也对设备后期使用及维护阶段的成本起决定作用。因此，科研机构与相关企业需强化设备研发及合作，推动设备的标准化、模块化发展提高设备面对不同场景时的通用性与适应水平。除设备选型这一要点外，测绘流程的优化同样关键。在传统测绘具体流程的阶段，数据采集、传输、处理和输出大多时候是相互分离的，引发数据处理效率呈现低下、误差偏大。通过优化测绘流程可实现数据采集跟处理并行，省去数据传输及转换中的中间环节，提高测绘事务的综合效率。此外，依靠自动化技术和智能化设备的引入，可以大大降低人工操作的复杂性促进测绘任务执行速度提升及精度提高。因此，优化设备选型与测绘流程对于提升实景三维测绘的整体效率和应用效果具有重要意义。

4 结语

实景三维测绘技术的应用前景广阔，但在技术整合、数据处理和设备选型等方面仍面临诸多挑战。通过建立统一的技术标准和平台，提升数据处理能力，优化设备选型和测绘流程，可以有效解决这些问题，提升实景三维测绘的能力和应用价值。在未来的发展中，实景三维测绘技术将在更多领域得到广泛应用，推动测绘行业向数字化、智能化方向发展。

[参考文献]

[1]范超杰,张贺,巴楯,等.基于三维测绘技术的八字桥数字化保护应用研究[J].测绘与空间地理信息,2024,47(7):47-49.
[2]江浩.实景三维新型测绘能力建设及数字化应用[J].智能建筑与智慧城市,2024(6):33-35.
[3]段秋亚,陈静静.基于BIM技术的建筑三维测绘技术研究与应用[J].信息记录材料,2024,25(5):233-235.
[4]谭玮.数字化测绘技术在地籍测量工程中的应用[J].江苏建材,2024(2):135-136.
[5]王金龙.无人机三维测绘关键技术及应用探究[J].中国高新科技,2023(23):66-68.
[6]顾春雷,黄艺浩.倾斜摄影与三维激光扫描在实景三维测绘中的探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2023(33):166-168.
[7]罗天宇.三维测绘技术与工程测量技术的应用与发展[J].电子世界,2018(17):97-99.

作者简介：乔燕英,(1967.10—),单位名称：山东省国 土测绘院,毕业学校和专业：济南大学,计算机科学与技术。

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