



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 12

第8卷 总第68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12期（总第68期）

主办单位：Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N：2630-5305 (online)

2717-5391 (print)

发行周期：月刊

出版时间：12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：195 Pearl's Hill Terrace, #02-41,

Singapore 168976

学术主编：王高捍

责任编辑：刘艳利

学术编委：陈慧珉 李荣才

尹晓水 陈惠芳

蔡成涛 贾鹏飞

于大泳

美工编辑：李亚 Anson Chee

印制：北京建宏印刷有限公司

定价：SGD 20.00

### 本刊声明

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

版权所有，未经许可，不得翻译、转载本刊所载文章。

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

## 目 录

### CONTENTS

#### 城乡规划

城市建筑设计与自然景观的融合策略研究.....

..... 王 颖 王梓茜 1

建设用地批后监管的机制创新与实践路径研究.....

..... 黄姗姗 5

#### 市政园林

浅谈城市道路绿化园林植物选择和配置..... 卢彦杰 10

#### 路桥与交通

提升高速公路机电工程设计质量和效率探讨.....

..... 陈 平 14

路桥工程过渡段施工技术要点与管理措施..... 舒 同 18

基于交通工程视角的公路局路面病害检测与修复技术应用.....

..... 刘 鸿 22

#### 通讯通信技术

基于 5G 通信的电气设备远程监控方法研究.....

..... 周根生 周 静 26

基于大数据的无线通信用户行为分析与精准传播策略研究.....

..... 张 浩 张诗淇 30

精细化管理在电信市场营销中的应用分析..... 高景松 34

数字化转型背景下电信企业信息安全治理研究.....

..... 黄 洁 38

#### 工程管理

浅析基于大数据的工程造价结算审核方法..... 石 伟 42

绞吸挖泥船疏浚施工管理存在问题及对策研究.....

..... 李焕章 46

招标代理机构在建筑工程管理中的作用及其提升策略.....

..... 何 卉 50

建筑工程施工技术应用研究..... 尹 伟 闫 伟 54

#### 机电机械

智能控制在机电控制工程中的应用研究.....

..... 韩洲亮 张 建 李亚宁 58

机械设备运行维护管理研究.....  
..... 赵正锋 李海龙 张小刚 62

## 自动化技术

电气系统安全运行与风险控制研究..... 周 敏 66

火力燃煤电厂集控运行中智能化应用研究..... 张 力 70

智能建筑中建筑电气自动化技术的实现与挑战.....  
..... 郑礼建 76

冶金工程中自动化与智能化技术的应用探索.....  
..... 云爱军 80

生产过程自动化与智能仪表融合应用研究.....  
..... 白翰韬 张小刚 84

## 石油化工

化工储罐的选型与安全设计要点分析..... 高天祥 88

化工园区给排水管网系统水力计算与布局优化研究.....  
..... 郝 杰 93

电厂煤炭管理中的问题分析与对策探讨..... 梁瑞玲 97

## 城市建筑设计与自然景观的融合策略研究

王颖<sup>1</sup> 王梓茜<sup>2</sup>

1.河北建筑设计研究院有限责任公司,河北 石家庄 050000

2.北方工程设计研究院有限公司,河北 石家庄 050000

[摘要]城市建筑和自然景观之间的关系变得越来越紧密,怎样让它们有机地融合在一起,这已经成为现代城市规划以及建筑设计领域的一个重要研究课题。文中先对城市建筑与自然景观的理论基础加以梳理,接着分析影响二者融合的关键因素,提出从空间、生态还有文化这三个方面去融合的策略,希望能给未来城市建筑设计给予理论层面的参考以及实践操作方面的指导。

[关键词]城市建筑;自然景观;融合设计策略

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18761

中图分类号: TU984.1

文献标识码: A

### Research on the Integration Strategy of Urban Architectural Design and Natural Landscape

WANG Ying<sup>1</sup>, WANG Ziqian<sup>2</sup>

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

2. North Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** The relationship between urban architecture and natural landscapes is becoming increasingly close, and how to organically integrate them has become an important research topic in modern urban planning and architectural design. The article first sorts out the theoretical basis of urban architecture and natural landscape, then analyzes the key factors that affect the integration of the two, and proposes strategies for integration from three aspects: space, ecology, and culture, which can provide theoretical references and practical guidance for future urban architectural design.

**Keywords:** urban architecture; natural landscape; integration of design strategy

城市化进程催生的高密度建筑布局以及城市环境方面所面临的压力,让城市生态、景观还有公共空间遭遇到了前所未有的诸多挑战。在现代城市规划以及建筑设计领域当中,仅仅单纯地去追求建筑形式以及功能这样的设计理念,已经很难契合城市发展对于生态、文化以及可持续性所提出的综合方面的要求了。自然景观属于城市生态系统极为重要的一个构成部分,它不但可以对城市微环境起到优化的作用,还能够提升空间美学方面的体验感受,并且还能强化居民心理舒适度以及社会归属感。所以说,去探索城市建筑与自然景观相融合的策略,这既有着理论层面的研究价值,同时也具备着实际应用中的指导意义。本文通过针对城市建筑与自然景观的概念加以界定、设计原则予以明确、影响因素展开分析以及融合策略开展研究等方式,进而提出一些切实可行的设计方法。

#### 1 城市建筑与自然景观融合的理论基础

##### 1.1 城市建筑与自然景观的概念界定

城市建筑乃是城市空间形态极为重要的承载之物,它

不光肩负着居住、办公以及交通等诸多功能,而且还担负着表达城市文化以及社会价值的重要使命。自然景观涵盖有城市绿地、公园、河流、山体这类自然元素,并且也包含经过设计所塑造出来的生态空间,这些要素在城市环境当中占据着调节微气候、提升视觉方面的体验以及让公共空间的功能变得更加丰富的关键位置。城市建筑同自然景观的融合,指的是在城市设计以及建筑实践进程里,凭借合理的空间布局、建筑形态方面的设计还有景观配置等举措,促使建筑和自然环境在功能层面、形式方面以及美学维度达成协调统一的一个过程。这样的融合一方面注重建筑和景观在空间上的衔接情况,另一方面还着重强调生态、文化以及社会价值的综合呈现,其最为关键的目标是要达成城市环境的和谐共生状态以及实现可持续发展的目的。通过对二者概念以及功能定位予以科学且明确的界定,能够为后续展开的理论分析以及设计实践筑牢清晰的基础,使得融合策略的制定具备更强的针对性以及更高的可操作性。

## 1.2 自然景观设计的基本原则

### 1.2.1 以人为本原则

景观设计和其他设计一样，都离不开人，终究是要为人服务。因此，需要将以人为本放在特别重要的位置。在进行设计时，要将人们对环境的需求及对环境的适应性作为重要的参考依据，只有这样，才能使建筑自然景观设计更加人性化。只有坚持以人为本的原则，才能设计出真正有温度的作品，让人们感受到大自然的绿色生机，满足精神上的需求。

### 1.2.2 协调统一原则

协调统一原则着重于建筑与自然景观在整体空间方面、视觉呈现方面以及功能布局方面达成的和谐统一状态。在实际开展设计工作的过程中，这就意味着建筑的形态、所占的体量、呈现出的色彩都要和其周边的自然环境相互间有所呼应，绝不是要形成那种突兀鲜明的对比情况。设计者借助对地形地貌状况、植被分布情形、水体走向走向等自然元素展开科学且细致的分析，便能够于建筑布局环节体现出自然景观的延伸态势以及延续特性，进而让建筑既可作为城市空间里相对独立的存在形式，又能够顺利融入到整个环境当中去。这种协调统一的特点并非仅仅在视觉感受层面有所体现，它同样会在功能使用的层面有所反映，就好比建筑出入口和绿地之间的衔接处理、屋顶花园同周边生态系统所达成的融合状态等，通过这些方式最终达成人、建筑以及自然环境三者之间整体意义上的和谐状态，以此来提升城市空间所具备的可持续发展性能以及宜居方面的特性。

### 1.2.3 可持续发展原则

可持续发展这一原则，贯穿在城市建筑同景观相互融合的过程当中，要全面且充分地去考量生态环境的保护事宜、资源的节约情况以及长期使用的效益状况。在相关的具体设计环节里，应优先采用生态材料，同时选用低能耗的建筑技术，另外还应当采用能够实现可循环利用的绿化模式，通过这样的方式有效降低城市建设给自然环境所带来的负面影响。以此借助对景观布局加以优化的操作，能够对微气候起到调节的作用，也能够对雨水管理予以妥善处理，并且还能够对生物多样性的保护工作给予助力，进而促使建筑和自然环境之间形成一种良性的互动关系。比如说，采取雨水花园这样的形式，还有透水铺装以及屋顶绿化等一系列的措施等，如此一来可以有效地减少城市所存在的热岛效应，能够对雨洪管理进行改善，并且还能够让生态价值得以提升。可持续性原则得以切实贯彻之后，城市建筑在充分满足现代功能方面的需求之际，既不会对

自然景观造成破坏，而且还能够进一步增强其生态服务方面的功能，从而达成城市环境能够实现长远且健康的发展这样的目标。

### 1.3 自然景观设计在城市建筑中的作用

自然景观设计在城市建筑方面有着多维度的作用体现。其一，它可对城市生态环境予以优化，借助布置合理的植被、水体以及绿地等方式，达成空气净化、温度调节还有生态多样性保护的目，进而强化城市所具有的环境承载能力。其二，自然景观设计能够提升空间的美学价值以及使用的体验感受，凭借绿化、广场、水景等诸多元素来营造宜人的视觉效果与感官体验，让建筑空间不单单拥有实用的功能，而且能够给予舒适的休闲及社交环境。其三，自然景观设计对于增进人地关系的和谐共生是有帮助的，通过创造出可亲近自然的的城市空间，使得居民在日常生活当中能够获取心理的放松以及精神的愉悦，推动社区文化方面的交流以及社会凝聚力的形成。

## 2 影响城市建筑与自然景观融合的主要因素

### 2.1 地理与气候条件因素

地理与气候条件是城市建筑与自然景观融合的关键影响要素。城市所处的地形地貌状况、海拔高低情况、河流分布情形以及土壤类型特点，会对建筑布局以及景观配置的可行性产生直接的影响。就好比说，在丘陵或者河谷这样的地带，建筑在建设的时候就需要顺着地形的起伏走势来开展相关工作，要尽力去避免对自然坡度造成破坏，并且还要充分地借助自然水系来展开景观方面的设计事宜；而在平原地区，就可以通过合理的布局绿轴、设置开敞空间以及构建建筑群等方式，来达成视觉引导的效果以及实现生态连通性的目标。气候条件当中包含了温度、降水、风向以及光照等诸多因素，这些因素会决定植被的选择方向、建筑的朝向定位、采光设计的具体方案以及通风的方式方法。综合且合理地考量地理与气候条件，这既有利于建筑与景观在空间层面实现良好的融合，又可以促使能源利用效率得以优化，同时生态环境效益也能得到提升，进而让城市空间在功能方面以及生态层面都具备更强的可持续发展特性。

### 2.2 建筑功能与空间需求

建筑功能以及空间需求在城市建筑与自然景观融合设计方面属于极为重要的考量要素。原因在于，建筑的使用属性、空间布局还有人流组织这些情况，会对景观设计的实现途径以及最终效果产生直接的影响。不同功能类型的建筑，其对于空间的需求存在明显差异。就好比公共建筑，它需要有较为广阔的开放空间，并且要具备便捷的景

景观通达性,如此才能满足人们开展各类活动以及进行社交活动的需求。然而住宅建筑则更为着重于私密性的营造以及景观视线的可达性方面。在融合设计的过程中,建筑功能一方面确定了景观元素的配置位置以及呈现的形式,另一方面也对空间的流动性以及连续性起到影响作用。所以设计者必须要在全面且透彻地理解建筑功能与使用需求的前提下,把景观和建筑空间紧密且有机地结合起来,让自然景观不只是充当视觉上的补充,而且能够和建筑功能形成相互之间的呼应,进而提升使用的体验感以及空间的舒适程度,达成建筑与景观整体协调以及动态融合的共生状态。

### 2.3 社会文化与审美价值取向

社会文化背景以及审美价值取向,对于城市建筑与自然景观融合的设计方向有着颇为重要的影响作用。在不同的地域当中,在各自不同的历史文化背景之下,居民对于空间形态、建筑风格还有景观布局所呈现出的审美取向是存在一定差异的,而正是这种差异情况,确定了设计策略在文化适应性方面的情况。城市建筑与景观的融合,一方面要满足现代功能方面的需求,另一方面更要充分体现出地方文化所具有的特征,可以通过对建筑形态、景观符号、色彩以及材料选择等方面的方式方法,来传达出城市所蕴含的历史记忆以及文化价值。因此尊重公众的审美习惯以及社会行为模式,能够使得城市空间的使用率得以提升,并且让居民的认同感也得到增强,进而促使建筑与自然景观的融合不再仅仅停留在形式这一层面,而是能够实现文化以及社会意义的深度契合状态。

### 2.4 环境保护与可持续发展要求

城市建筑设计和自然景观相融合的时候,环境保护以及可持续发展这两方面的要求,已然成为极为关键的约束条件。伴随着生态环境所面临的压力一天天增大,再加上绿色城市建设理念也日益被更多人知晓并接受,在这样的大背景之下,城市设计在开展相关工作之时,务必要充分考量诸如资源节约、污染控制以及生态修复等诸多因素。在实际的设计操作环节当中,可以通过对绿地、水体以及生态廊道展开合理的规划布局,以此来确保生态系统能够维持其完整性,并且让生物多样性得以保存。同时还应当运用低能耗的建筑技术、可再生的能源以及绿色环保的建材,从而尽可能地削减建筑以及景观建设给环境所带来的负面作用。把环境保护以及可持续性的要求切实落实到位,一方面能够让建筑和景观融合所依仗的生态基础得到有力的保障,另一方面也能为城市的发展提供长期可行性的解决办法,进而促使城市空间在功能层面、生态层面以及

景观价值层面均达成多维度的优化提升。

## 3 城市建筑与自然景观融合的设计策略研究

### 3.1 空间融合策略

空间融合策略着重于在城市建筑以及自然景观的布局方面达成连续性与延展性的目标。凭借对建筑群体和开放空间、绿地还有水体相互间关系的合理规划,能够从视觉层面将自然景观予以延伸,让建筑不再是以孤立的状态呈现,而是能成为自然环境当中的一个部分。在实际展开设计工作的过程当中,需要考量建筑和其周边环境所存在的比例关系,同时也要关注开敞空间的具体布局情况以及公共区域的流线组织状况,从而确保居民可以于建筑空间和自然景观二者之间自由地来回穿行并且展开互动<sup>[1]</sup>。空间融合这一做法,一方面提升了城市景观整体而言的美学方面的效果,另一方面也对建筑的功能性进行了改善,使得像生态廊道、公共广场以及屋顶绿化这类景观元素能够和建筑结构较为协调地衔接起来,进而实现生态层面、功能层面以及审美层面的统一状态。

### 3.2 生态融合策略

生态融合策略,乃是借助建筑设计同景观规划相互融合的方式,力求达成环境保护以及生态效益的最大程度实现。具体而言,在建筑布局方面,要留存原有的自然元素,另外还需去创建人工湿地、雨水花园以及绿化屋顶,以此来促使城市空间的生态功能得以提升<sup>[2]</sup>。与此建筑材料以及施工工艺务必要兼顾节能与环保这两个方面,从而尽力降低建筑给环境所带来的破坏情况。生态融合策略一方面着眼于对自然环境展开物理层面的保护,另一方面着重于建筑与景观在生物多样性方面的维护工作,比如凭借科学合理的植物选择以及精心设计的栖息地,推动城市动植物生态系统的良好发展态势。经过生态融合这一举措,建筑不但达成了与自然景观在视觉上的良好衔接效果,而且还在功能以及环境这两个层面上构建起了能够实现可持续发展的共生关联。

### 3.3 文化融合策略

文化融合策略着重于让城市建筑以及自然景观设计凸显出地方特色并体现出历史文化的价值。建筑还有景观可不仅仅是物质空间,它们其实还是承载着城市文化的所在之处<sup>[3]</sup>。如果把地域性的建筑元素、历史方面的符号、传统的材料以及景观符号融入到设计里面,那么就能够强化城市空间所具有的认同感以及文化延续的特性。并且,文化融合对于在公共空间当中营造有着浓厚文化氛围的交流之地是有帮助的,能够让居民在日常生活里体会到自然以及文化这两方面的价值。这样的策略一方面提升了建

筑以及景观的美学方面的品质,另一方面也给城市的发展赋予了独特的文化内涵以及精神层面的支撑,达成了生态、功能以及文化从多个维度去融合的状况。

#### 4 结语

城市建筑同自然景观达成有机融合,这已然成为现代城市可持续发展进程之中以及高质量空间建设方面极为重要的一项目标。通过对相关理论基础展开细致分析,对诸多影响因素加以深入考察,并且针对空间、生态以及文化这三个不同层面的设计策略展开相应研究之后,能够察觉到,要让建筑和景观实现和谐统一的状态,那么就必须同时兼顾到功能性方面的考量、美学价值层面的追求、生态环境维度的维护以及文化传承意义上的延续。未来的城市建筑,在关注自身功能的同时更要借助自然景观的融入,

以此来进一步提升城市所具备的生态品质以及蕴含的文化内涵。

#### [参考文献]

- [1]何韵潇,杨昕昀.现代公共建筑中的自然景观设计研究[J].美与时代(城市版),2024(1):8-10.
- [2]李方晓.现代公共建筑中室内自然景观设计的应用探思[J].居舍,2021(32):127-129.
- [3]汪晟昱.绿色自然空间在建筑设计中的积极应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(17):91-93.

作者简介:王颖(1986.5—),女,汉族,毕业学校:河北工业大学,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司;王梓茜(1986.11—),女,汉族,毕业学校:河北工业大学,现工作单位:北方工程设计研究院有限公司。

## 建设用地批后监管的机制创新与实践路径研究

黄姗姗

连云港市赣榆区土地整理储备中心, 江苏 连云港 222199

**[摘要]**在城镇化与土地资源紧约束的背景下, 强化建设用地批后监管是提升土地节约集约利用水平、推进治理现代化的关键。本文旨在系统探究我国建设用地批后监管的困境成因与创新路径。通过辨析监管效能的多维制约因素与比较地方创新实践, 研究提炼出四种典型监管模式。基于此, 研究提出一个系统性优化框架, 主张从“法治化、协同化、智慧化、精细化”四个维度协同发力, 通过健全法规标准、创新协同机制、构建智慧平台及完善激励约束等措施, 构建现代化的批后监管体系, 以期提升土地治理效能提供理论支撑与实践参考。

**[关键词]**建设用地批后监管; 节约集约用地; 闲置土地; 协同治理; 土地全生命周期管理

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18741

中图分类号: TU311.52

文献标识码: A

### Research on Mechanism Innovation and Practical Path of Post Approval Supervision of Construction Land

HUANG Shanshan

Lianyungang City Ganyu District Land Consolidation and Reserve Center, Lianyungang, Jiangsu, 222199, China

**Abstract:** Against the backdrop of urbanization and tight constraints on land resources, strengthening post approval supervision of construction land is the key to improving the level of land conservation and intensive use, and promoting modernization of governance. The purpose of this article is to systematically explore the causes and innovative paths of the difficulties in post approval supervision of construction land in China. By analyzing the multidimensional constraints on regulatory effectiveness and comparing local innovative practices, four typical regulatory models have been studied and extracted. Based on this, a systematic optimization framework is proposed, advocating for collaborative efforts from four dimensions: "rule of law, collaboration, intelligence, and refinement". Through measures such as improving regulatory standards, innovating collaborative mechanisms, building smart platforms, and enhancing incentives and constraints, a modern post approval supervision system is constructed to provide theoretical support and practical reference for improving land governance efficiency.

**Keywords:** post approval supervision of construction land; efficient and intensive use of land; idle land; collaborative governance; land lifecycle management

#### 1 概述

土地作为最基本的生产要素和最为稀缺的空间载体, 其配置与利用效率直接关系到国家粮食安全、生态安全与经济社会可持续发展的全局。当前在“保护资源”与“保障发展”的双重压力下, 推动土地利用方式从粗放外延式向节约集约式的根本转变, 已成为国家重大战略抉择。然而, 在长期的实践中, 各级政府及相关职能部门将大量精力倾注于建设用地项目的前端准入环节, 相比之下, 建设用地批后监管仍是当前土地管理链条中的相对薄弱环节。

为准确把握研究范畴, 本研究中的“建设用地批后监管”, 是指土地行政主管部门依据法律法规、土地出让合

同或划拨决定书等约定, 在建设用地完成供应审批之后, 直至项目通过竣工验收的整个期间, 对土地使用权人履行约定、依法用地的情况进行全程跟踪、检查、核验、处置等一系列行政管理活动的总称。这一概念强调其时间跨度覆盖“供地-开发-竣工”的全过程, 核心内容聚焦于开发时限、规划建设条件、土地用途等关键指标的履约情况。

“土地节约集约利用”则强调在减少土地占用的同时, 通过增加要素投入提升土地利用强度和产出效率, 其实现程度是检验批后监管成效的重要标尺。而对于“闲置土地”的认定, 主要采纳《闲置土地处置办法》的法定界定, 同时特别关注其成因的复杂性, 这是制定精准处置策略的前

提。近年来,“土地全生命周期管理”这一先进理念逐渐被采纳,它将土地视为一个有“生命”的有机体,对其从规划审批到开发利用再到绩效评估的全过程进行系统管理,而批后监管正是这一管理理念承上启下的核心环节。

学界对土地管理问题的研究已积累了丰硕成果。在问题诊断与成因分析方面,现有研究已形成了高度共识,普遍指出了批后监管需要持续提升思想认识、加快完善法律法规体系、强化跨部门协同机制、全面加强监管能力建设。在地方实践与经验总结方面,现有文献提供了丰富的案例素材,如浙江省运用 PDA、移动 GIS 技术构建动态监管系统的“技术赋能”路径,深圳市通过“遴选+监管协议+弹性年期”构建的“全链条治理”模式,泰安市设立专职监管机构的“机构专业化”探索等。这些案例研究极具价值,但主要停留在单一地区的经验介绍,还需进行跨案例的比较分析与共性规律的提炼。在对策建议研究方面,学界提出的方向普遍正确、实用,但仍需要构建一个能够将制度、技术、组织、政策等要素有机整合起来的系统性框架。

基于此,本研究旨在已有研究的基础上通过构建“制度-技术-治理”三维一体的系统性分析框架,将分散的问题、经验与对策纳入一个连贯的逻辑体系中,深入揭示其内在作用机理。进而综合运用文献研究法、政策文本分析法以及多案例比较研究法,系统剖析批后监管的现实困境与深层症结,深入比较国内多个典型地区的创新实践,识别关键的成功要素。最后,在上述分析的基础上,集成构建一个旨在实现建设用地批后监管体系现代化转型的系统性优化路径。

## 2 建设用地批后监管的现实困境与优化方向

尽管建设用地批后监管在理论与政策层面的重要性已成共识,但在具体实践中,其执行效果却始终难以令人满意,一系列错综复杂的问题交织在一起,构成了当前监管工作的现实困境。这些困境首先直观地表现为土地资源的显著闲置与严重低效利用。从全国范围看,“批而未供”与“供而未用”的土地规模庞大,土地利用的粗放模式在许多地区仍未得到根本性扭转,不仅扰乱了土地市场的正常秩序,更使得精心设计的空间蓝图与政策目标在落地环节面临失效的风险。

上述监管效能的制约,根源在于观念、制度、组织与技术多重因素交织的深层机理。首先是观念与认知层面的路径依赖,需推动管理观念的持续更新。有必要进一步淡化“重审批、轻监管”的传统惯性,将供地后的全过程跟踪管理摆在与前期审批同等重要的位置。其次,在制度与

法律层面,可考虑推动提升批后监管相关规定的法律位阶,增强其权威性与约束力,并结合实践反馈开展评估与修订,进一步明确细化相关处置程序与标准,提升可操作性与执行刚性。

再次,在组织与管理层面,协同失灵与能力不足是两大掣肘。一方面,建设用地批后监管涉及多部门职责,亟需构建常态化的跨部门信息共享与联合工作机制,打破数据与职能壁垒,凝聚监管合力。另一方面,应特别重视基层监管力量的配备与强化,切实提升一线监管队伍的覆盖能力和专业水平。最后,在技术与手段层面,传统落后的监管方式已难以适应新形势的要求,需积极借助技术手段实现效能跃升。在现有土地市场动态监测与监管系统基础上,应加快推进系统的全国整合、功能完善与数据实时更新。

## 3 国内典型地区批后监管的创新实践与模式比较

为破解前述多维度的制约,一些地方政府在建设用地批后监管领域进行了卓有成效的探索,形成了各具特色的创新模式。对这些典型案例进行比较分析,有助于提炼出具有启示意义的改革路径与操作方案。浙江省的实践代表了“技术赋能”驱动监管现代化的典型路径。其核心在于构建了全省统一的建设用地供应动态监管系统,并创新性地开发了基于移动 GIS 的 PDA 野外数据采集系统。这一技术架构实现了对土地供应与开发利用过程的现场实时监管,监管人员可以利用手持设备在现场录入项目进展、拍摄影像资料,并通过数据接口实时同步至省级平台。这不仅极大地提升了数据采集的准确性与时效性,更重要的是,系统内嵌了预警机制,能够对临近开竣工期限、出让金逾期缴纳等异常情况自动生成催办或警示文书,从而将监管关口前移,从事后处置转向过程控制。浙江模式充分展示了现代信息技术如何重塑监管流程,通过技术刚性弥补人为柔性,为实现精细化、动态化监管提供了强大的工具支撑。

与之相比,深圳市的探索则呈现出“全链条治理”的鲜明特征,其创新更侧重于制度设计与市场规则的精细化。作为最早面临土地资源约束的超大城市,深圳率先步入以存量用地供应为主的发展阶段,其监管逻辑也从简单的“管土地”转向复杂的“管行为”与“管绩效”。其一,深圳建立了产业用地“遴选+监管”机制,在土地供应前即由产业部门对项目进行综合评估和遴选,并将《产业发展监管协议》作为土地供应合同的附件。该协议详细规定了产业准入、投资强度、产出效率、节能环保、股权变更约束、退出机制等全生命周期要求。其二,深圳创新性地实施了工业及其他产业用地弹性年期供应制度,针对不同

产业的生命周期特点,提供20年、30年等不同出让年限,避免了土地资源因过长年限锁定而可能导致的低效利用。其三,深圳构建了梯度处置与主动退出机制,明确了从履约预警、收取违约金直至解除合同、无偿收回土地使用权的阶梯式惩处措施,同时允许用地单位因自身原因申请退还土地,并明确了剩余出让价款的退还规则。这套组合拳体现了深圳在市场规则设计上的成熟度,通过清晰的产权界定、灵活的供应方式和严格的合约精神,引导和约束用地主体的行为。

湖南省的实践则可概括为“精准化与协同化”并重的省级统筹模式。面对历史上积累的大量批而未供和闲置土地问题,湖南省自然资源厅展现了强大的省级行政推动力。其最具代表性的创新是“月清‘三地’”机制,即每月对批而未供土地、闲置土地和违法用地进行清理、处置和通报。该机制的有效运转,依赖于省级层面利用卫星遥感监测、视频监控等现代化技术手段,定期提取疑似问题图斑,并组织市县进行核查、整改与上报,形成了“天上看、地上查、网上管”的立体监管格局。在协同化方面,湖南特别强化了部门联动执法,主动与纪检监察、检察、法院、公安等部门建立协作机制,对重大典型案件实行联合查处、联合督办,并将土地违法情况纳入地方党政领导干部的绩效考核,显著提升了执法监察的威慑力与执行力。湖南模式表明,在现行体制下,强有力的省级行政调度与跨部门协同,是短期内破解监管难题、压实地方政府主体责任的有效途径。

泰安市的经验则提供了“机构专业化”这一组织创新视角的范本。针对行政科室人员少、监管任务重的普遍矛盾,泰安市没有选择在原有框架内修修补补,而是进行了大胆的机构重组。经编制部门批准,他们将原“地租征收处”更名为“土地资产监管中心”,并赋予其国有建设用地批后监管的全新职能。这一改革从组织上确保了监管工作有专人负责、有专门机构落实,实现了监管主体的专业化和专职化。在此基础上,泰安市配套实施了“一牌、一卡、一书”的标准化监管流程,即在项目现场设立“建设项目用地公示牌”接受社会监督,建立“批后监管跟踪卡”记录每次巡查情况,最后通过“项目竣工土地检查核验意见书”进行闭环管理。这套做法将监管工作具象化、可视化、流程化,有效解决了基层监管“谁来干、干什么、怎么干”的问题,保证了监管工作的持续性与稳定性。

综合比较这四种模式,可以发现其成功均源于对特定约束条件的创造性突破。浙江以技术赋能解决了信息不对称和监管效率问题;深圳通过完善市场规则和契约设计来

引导市场主体行为;湖南依靠强有力的行政干预和协同治理来快速破解历史遗留问题;泰安则通过组织创新为监管职责的落实提供了实体保障。这些模式并非相互排斥,而是从不同维度揭示了监管体系优化的可能路径,它们的共同启示在于:有效的批后监管必须建立在清晰的产权与契约基础之上,并需要强有力的执行主体、现代化的技术手段以及跨部门的协同网络作为支撑。

#### 4 构建现代化批后监管体系的系统性路径

基于对现实困境的深度剖析与对地方创新经验的比较借鉴,要系统性地提升我国建设用地批后监管的效能,必须超越零敲碎打的修补策略,从法治、技术、协同与激励等多个维度进行顶层设计与系统重构,构建一个适应高质量发展要求的现代化批后监管体系。首要任务是健全法规标准体系,为监管工作提供坚实的法治保障。推动《闲置土地处置办法》从部门规章升级为国务院行政法规,全面提升其法律位阶与权威性,以增强对地方政府及其他职能部门的约束力。在此过程中,必须对闲置土地的认定标准、调查程序、处置方式,以及因政府原因与企业原因导致闲置的不同处理规则进行精细化界定,并寻求与《民法典》中物权保护原则的妥善衔接。同时,由国家层面统一制定并推广土地出让合同和划拨决定书的标准化范本,强制性地投资强度、容积率、开竣工时限、违约责任、股权转让限制、产出绩效要求等核心条款纳入其中,从源头上为后续监管奠定明确的契约基础。

其次,必须创新协同治理机制,彻底打破部门壁垒,形成监管合力。核心在于全面落实“谁审批、谁监管,谁主管、谁监管”的共同责任机制,通过地方性法规或政府规章的形式,明确界定自然资源、发展改革、规划、建设、生态环境、市场监管等部门在批后监管链条中的具体职责与衔接程序。其中,强化“建设项目竣工联合验收”是关键抓手。必须确立自然资源部门的用地核验意见在项目竣工验收收中的“一票否决”地位,明确规定凡是未通过土地核验的项目,建设主管部门不得办理竣工验收备案,不动产登记机构不得办理产权登记。此举能有效扭转自然资源部门在监管末端孤军奋战的局面,将监管要求嵌入到项目建设管理的核心流程中。此外,应建立常态化的“建设用地批后监管联席会议制度”,由地方政府牵头,定期召集相关部门共享信息、研判形势、协调解决重大疑难问题,通过制度化的沟通平台保障协同治理的顺畅运行。

再次,应着力构建智慧监管技术体系,实现从传统人海战术向现代精准治理的转型。目标是打造全域覆盖、全流程在线的“土地全生命周期管理信息平台”。该平台应

以国土空间规划“一张图”为基础，深度整合建设用地审批、供应、开发利用、抵押登记、执法监察等各环节信息，实现“批、供、用、补、查”数据的无缝衔接与动态更新。在平台功能上，应积极推广“天空地”一体化监测技术，综合运用高分辨率卫星遥感、无人机航拍、视频监控等手段，自动识别、比对和预警土地闲置、超占面积、改变用途等异常情形。更进一步，应引入大数据和人工智能技术，对海量土地利用数据进行分析挖掘，构建土地利用绩效评价模型和风险预测模型，实现对区域土地集约利用水平的常态化体检以及对潜在闲置风险的早期预警，从而为差别化、精准化的监管决策提供科学依据。

最后，完善激励与约束机制是确保监管体系持续有效运转的动力源泉。在约束方面，必须强化考核问责，将批后监管成效、闲置土地处置率、土地集约利用水平等关键指标，正式纳入地方党政领导干部政绩考核体系和自然资源资产管理离任审计范围，对监管不力、问题突出的地区实施严肃问责，并探索与年度新增建设用地计划指标分配挂钩的奖惩机制。同时，要加快建立土地市场诚信管理体系，将用地单位的违规违约行为信息纳入全国信用信息共享平台，实施跨部门联合惩戒，使其在融资、投标、上市等方面受到限制，大幅提高其失信成本。在激励方面，除了惩罚性措施，也应设计正向的经济激励。例如，对于高效利用土地、超额完成集约指标的企业，可给予一定比例的城镇土地使用税减免或财政奖励；探索建立“亩均效益”领跑者制度，公开表彰集约用地先进典范。通过构建这种“奖优罚劣”的鲜明导向，才能引导地方政府和用地单位从“被动应付监管”转向“主动节约集约”，最终形成保护与合理利用土地资源的内生动力和社会共识。

## 5 结论与展望

本研究通过对建设用地批后监管这一土地管理关键环节的系统性审视，揭示了其面临的现实困境与深层机理，并在梳理比较国内典型地方创新实践的基础上，提出了构建现代化监管体系的系统性路径。研究结果表明，当前批后监管的失效并非单一因素所致，而是源于“重审批、轻监管”的路径依赖、法律法规的制度性缺陷、跨部门协同的组织性障碍以及监管技术手段落后等多重问题的叠加。这意味着，任何孤立的改进措施都难以从根本上扭转局面，必须采取整体性的改革方案。

本研究的核心结论在于，未来建设用地批后监管体系的优化，必须紧紧围绕“法治化、协同化、智慧化、精细化”四个核心方向协同推进。法治化是根基，要求提升监管法律依据的位阶并增强其可操作性，以清晰的规则界定

各方权责，稳定市场预期。协同化是关键，旨在打破政府部门间的职能壁垒，通过共同责任机制和联合验收等制度设计，将分散的监管力量整合为有效的治理合力。智慧化是引擎，借助现代信息技术实现监管信息的实时采集、动态监测与智能分析，从根本上提升监管的效率、精准性与穿透力。精细化是标准，要求改变粗放的管理方式，根据不同地区、不同类型用地的特点，以及闲置低效的不同成因，实施“一地一策”“一企一议”的差异化、全生命周期管理策略。浙江、深圳、湖南、泰安等地的实践分别从技术、规则、行政和组织等不同侧面印证了上述方向的必要性与可行性，它们的经验共同构成了我国土地治理现代化进程中的宝贵地方知识。

展望未来，本研究领域仍有若干议题值得深入探讨。首先，随着城乡统一的建设用地市场逐步建立，集体建设用地的批后监管问题将日益凸显。如何将国有建设用地监管中积累的经验与教训，应用于权属关系更复杂、市场主体更多元的集体建设用地领域，是一个亟待研究的全新课题。其次，新技术应用的深度与伦理值得关注。例如，如何利用人工智能和机器学习模型，对海量土地利用数据进行深度挖掘，实现从“监测预警”到“预测预警”的跨越；同时，在利用遥感、无人机等技术时，如何平衡监管效能与隐私保护、数据安全的关系，也需要未雨绸缪。最后，批后监管的政策评估有待加强。需要建立科学的评估指标体系，对各项监管政策的实施效果进行长期跟踪与定量评估，确保政策调整和政策优化建立在坚实的证据基础之上，从而持续提升土地治理体系的效能与适应性。

总而言之，强化建设用地批后监管，实现土地节约集约利用，绝非一朝一夕之功，它是一项涉及法律法规、管理体制、技术手段和社会观念的系统工程。它要求我们从传统的、以审批为中心的土地管理思维，彻底转向现代的、以全过程监管为核心的国土空间治理思维，坚持系统观念，勇于制度创新，善于技术赋能。这既是对政府治理能力的严峻考验，也是推动经济社会高质量发展的必然要求。

### [参考文献]

- [1]李秀荣,陈洁.成武县建设用地批后监管的分析探讨[J].山东国土资源,2011(6):48-53.
- [2]苏志兴.创新联审机制加强批后监管努力提高节约集约用地水平[J].浙江国土资源,2008(10):22-23.
- [3]李红霞.加强建设用地批后监管实现土地有效利用的思考[J].西部资源,2014(12):186-187.
- [4]陈锦光,扈明朗.凤城市多措并举加强土地供应和批后监管[J].国土资源,2013(7):29.

- [5]马晓兰.关于建设用地批后监管的思考与对策[J].法制博览,2015(4):71-72.
- [6]明传鹏.关于完善建设用地批后监管的思考[J].能源与环境,2017(4):112-113.
- [7]刘潮莹.浙江省文成县建设用地批后监管研究[D].福建:福建农林大学,2024.
- [8]沈彦.湖南:土地管理全程化精准化精细化的探索[J].中国土地,2020(9):53-54.
- [9]王闯.浅谈省以下建设用地批后监管[J].国土资源,2017(5):48-49.
- [10]刘会和.强化建设用地审批监管促进经济社会科学发展[J].国土资源导刊,2012(3):55-57.
- [11]吕卫东,黄强.泰安市国有建设用地批后监管工作探索[J].山东国土资源,2010(8):65-66.
- [12]刘芳.探索建设用地批后监管制度的构建——以深圳市为例[J].中国土地,2020(1):33-36.
- [13]靳利飞.我国闲置土地处置管理问题刍议[J].资源与环境,2017(5):6-8.
- [14]许言科.新型城镇化进程中的双保双赢之路——以中牟县为例[J].国土资源导刊,2016(12):24-25.
- [15]沈皎.浙江海宁市节约集约利用建设用地探析[J].统计科学与实践,2011(10):46-47.
- [16]陈建杰,严政,冯洪山.浙江省建设用地供应动态监管系统应用及新进展[J].国土资源信息化,2010(4):9-12.
- 作者简介:黄姗姗(1988.4—),当前就职单位:连云港市赣榆区土地整理储备中心,职称级别:助理工程师。

# 浅谈城市道路绿化园林植物选择和配置

卢彦杰

德州市陵城区创城协调服务中心, 山东 德州 253500

[摘要]城市公共绿化在城市的整体形象和居民的幸福感的占有重要的地位,城市道路绿化作为公共绿化的一部分,不仅在交通上的起到了指引及隔离作用,更是生态防护及城市景观塑造上具有无可替代的作用。选择适合城市地域的园林植物通过合理的色彩及空间上的搭配,形成特色的道路绿化景观,有助于塑造城市风貌名片。

[关键词]城市道路绿化;植物选择;配置

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18743

中图分类号: TU985.18

文献标识码: A

## Brief Discussion on the Selection and Configuration of Urban Road Greening and Garden Plants

LU Yanjie

Dezhou City Lingcheng District Chuangcheng Coordination Service Center, Dezhou, Shandong, 253500, China

**Abstract:** Urban public greening plays an important role in the overall image of the city and the happiness of residents. As a part of public greening, urban road greening not only plays a guiding and isolating role in transportation, but also plays an irreplaceable role in ecological protection and urban landscape shaping. Choosing garden plants that are suitable for urban areas through reasonable color and spatial matching can create distinctive road greening landscapes, which helps shape the urban landscape.

**Keywords:** urban road greening; plant selection; configuration

### 引言

城市道路绿化指在城市道路用地范围内,道路两侧、分隔带或中间以种植乔木、灌木、地被等植物为主体建设的绿地,兼具交通防护、生态改善、景观美化等综合功能。道路绿化景观考验的是城市绿化建设管理的水平,同时也是人们直观感知城市绿量,评价城市生态性美观性的重要方面。在实际应用中因设计阶段时间紧迫,设计者往往以协调性为主,参考周围道路已有景观,忽略道路本身应呈现独特性,导致城市的道路绿化景观较为单一。如何在城市道路绿化合理地进行植物选择和配置,丰富道路景观层次和效果,值得我们深入思考和探究,本文对德州市道路绿化园林植物选择和配置进行了相关的研究和分析,以期对我们后期进行相关道路植物配置工作有所帮助。

### 1 城市道路绿化现状

对于城市道路绿化景观来说,经济基础固然是重要的影响因素,但城市道路用地条件、道路宽度同样决定了绿化的可能形式与规模。通过对德州市的多条道路进行实地考察发现:老城区的基础差、道路宽度受限,绿化用地比例受限,部分道路绿化只有行道树,且行道树树种单一,以法桐、白蜡、国槐为主,随着树木不断增粗,树池略显

狭小,周围铺装出现隆起现象。新城道路建设条件好,宽度合理,道路绿化形式多样,但部分道路绿化树种单一,标准段形式的种植使道路形象大同小异缺少种植特点,部分道路两侧绿化带出现苗木过密的现象。通过参考其他城市优秀改良案例,在老城区可以通过扩大行道树树池(改造后树池最小尺寸为1.5m×1.5m),将树池内建设碎石+铸铁篦子的方式,既不妨碍行人通行,同时满足树木生长需求。新城道路绿化树木过密的情况可以通过合理疏苗留足生长空间,更加值得我们关注的是道路绿化树种单一性问题,我们可以通过合理的绿化园林植物选择和配置避免相似问题出现。

### 2 道路绿化园林植物选择

道路园林植物的选择与项目所在的地理位置、光照强度、土壤的酸碱性息息相关,德州市属于华北地区,地处山东省西北部,黄河下游冲积平原左岸,其气候特点为夏季高温多雨,冬季寒冷干燥,同时道路绿化面临养护线路长,取水点远,取水困难;雨季多风季节,行道树倒伏风险高;养护区域广,人为破坏严重;道路用地内车流量多,错峰养护难度大;汽车尾气、粉尘污染严重,树木长势不佳等诸多问题,综合以上问题,道路绿化园林植物选择应

从以下几个方面进行考虑:

### 2.1 植物生长习性

植物生长习性是植物在长期适应环境过程中形成的特有属性,包括花期、果期、生长周期以及植物对光照、水分、土壤、温度等因素的适应性和需求。道路绿化中应适树适地种植园林植物,指的是根据项目的地理位置及场地客观条件,选择生长习性适宜的植物进行栽植,从而提高绿化植物的成活率,倡导以栽植乡土树种为主。德州市属于华北地区温带季风气候,道路绿化养护面临着冬季低温、春季干旱多风、夏季短暂降水集中的环境挑战,选择抵御以上气候的树种有助于打造更加富有活力的园林景观,在植物的选择上可参考《园林树木应用指南(华北西北东北篇)》一书,进行乔、灌木及地被的合理搭配。

### 2.2 植物的形态特征

植物的形态特征的是植物在生长发育过程中所表现形态特点,按照通常园林分类,一般将树木分为乔木、灌木、藤本、地被及草坪。不同类型的植物构成了不同的空间、结构形式,乔木因其挺拔的姿态,在道路绿地中所占比重较大,用作行道树、背景树等占据绿化空间的上层;灌木多以花和叶为主要设计要素,常常因为花期不同以及彩叶占据绿化空间的中层。藤本植物多以墙体(高架桥)、护栏或其他支撑物为依托,起到丰富立体空间的作用。地被主要观赏在于其色彩的多样性,常常与地被植物结合占据绿化空间的下层和草坪可以有效覆盖地面整合园林绿化,提升景观和谐度。不同形式的树木选择特点也不相同,例如,行道树应选择分支点高,遮阴效果好的植物;常绿树在道路绿化中常常以背景树和地被的姿态出现;灌木则以丛生或独杆的姿态,群植或散植于绿带中;同时,在植物配置设计中应考虑成熟树(达到生长成熟阶段的树木,具有稳定的高度、结构和生理特征)的空间需求,避免绿带中出现树木过密的现象。

### 2.3 植物的抗逆性

植物的抗逆性是指植物具有的抵抗不利环境的某些性状;如抗寒,抗旱,抗盐,抗病虫害等。如何在道路绿化土壤条件差、微气候显著、污染相对严重、空间资源受限、养护难度大等诸多因素影响下,提高园林植物的生存能力,使其展现理想的景观效果是设计者优先考虑的问题。选择耐干旱、耐污染、耐贫瘠、抗病虫害的园林植物,同时,考虑到道路绿地树木换植难度高,成本大,应选择生长健壮、寿命长、耐修剪、愈合力强的树种。

### 2.4 园林植物周围的环境

道路绿化一般分布于道路两侧、分隔带或中间,道路

两侧绿化主要由行道树及街边绿带组成,行道树因其通行需求,要求分支点大于等于 2.5m,分隔带考虑到驾驶安全性,对于植物高度有严格控制,通常要求绿化带内的灌木或地被植物的高度不应超过驾驶员的视线高度(一般建议不超过 0.8~1.0m),除此之外,道路绿化相邻区域因功能属性不同(厂区/商业区/居民区/交通枢纽等)对于植物选择也有很大影响,直接决定植物配置的品种筛选:相邻区域为厂区应以“抗污滞尘、防护隔离”为主,采用乔木+灌木双层为主,减少草本(易积尘、难养护),乔木选高大通直型,形成污染阻隔林带,灌木密植形成下层防护,提升滞尘效果;相邻区域为商业区则需兼顾观赏性与抗破坏能力,宜采用乔木+花灌木+耐践踏地被的模式,预留少量通行空间,避免密植造成人为踩踏破坏,同时保证景观层次;相邻居民区需兼顾遮阴、降噪、生态性,同时避免植物飞絮、异味等问题,乔木+花灌木+草本地被,模拟自然群落,增加开花、观果品种(如海棠、石榴),提升人居体验,提升生态性和遮阴效果;相邻交通枢纽(高铁站/汽车站/高速口):“抗风滞尘+视野通透”为核心,适配高流量交通,且绿地需满足交通视距要求,避免植物遮挡视线引发安全隐患,同时需快速形成景观效果,适配枢纽形象。优先抗风、耐瘠薄、强滞尘、生长迅速的品种,乔木选低矮、冠幅紧凑型,灌木选密植、耐修剪品种,地被选耐旱、易养护的宿根花卉。采用单层/简易双层结构,交叉口、转弯处仅植地被和低矮灌木,保证视野通透,非视距区可密植乔木形成防风滞尘带。以规则式、简洁化种植为主,大面积片植色彩统一的地被和灌木,提升辨识度,避免复杂景观,减少养护成本。五、相邻行政办公区:采用规则式复层结构(乔木+造型灌木+地被),株距均匀,层次清晰。以规则式种植为主,路口、入口处可做小型模纹、造型灌木,体现规整性,兼顾政务形象。

## 3 道路绿化园林植物配置

园林植物配置就是综合考虑植物种类特性、个体姿态差异及种植方式,选择符合园林景观整体特点的植物品种进行色彩及空间上的搭配,运用园林树木学、色彩学等多个学科通过系统性搭配从而增加植物搭配的美感和层次,表达出设计者独有的设计理念,使园林景观整体上呈现的艺术性和观赏性。

### 3.1 适地适树原则

植物配置首先要综合当地的气候条件和地形地貌,考虑到植物能否在该地区健康的成长,从而保证植物成活率,再者,植物配置一定要符合树种的生物学特性。例如,金叶榆新叶的颜色最黄,充足的阳光使其呈现鲜艳的金黄色,

光照不足或叶片成熟老化都使叶片逐渐转绿失去彩叶效果；紫叶小檗等要求全光照才能体现其色彩，一旦处于半阴或全阴的环境中，叶片恢复绿色，失去彩叶效果；花叶玉簪则要求半阴的条件，一旦光线直射，就会引发生长不良，甚至死亡；其次规划场所也不容忽视。有些植物色彩在某些特定的地域或场合需要使用而一些却禁止使用，例如医院的园林绿化需要给病人制造出安静平和的环境空间主要应用色彩为绿色；儿童活动场所中要为儿童塑造出欢快娱乐的气氛则需要使用彩色和赏花类植物；有些植物像剑麻、月季、夹竹桃等有刺有微毒的植物因安全性被限制使用，设计时需要将这些要素考虑周全，才能保证景观的合理性美观性。

### 3.2 整体性原则

在道路绿化景观中，植物并不是作为独立的景观要素存在的，而是作为景观的一部分和其它景观搭配到一起。整个园林的景观配置应与周围环境（行政区的正式、商业区的活泼、居住区的生态自然等）相协调，避免边界化设计产生的割裂感，相近的道路之间，以城市地域乡土植物为统一植物基底，保证核心骨干树种（行道树、中层骨干灌木）的部分一致性，保障道路间植物景观的整体辨识度；同时在植物搭配、季相营造、层次组合上做适度差异化设计，实现“整体统一、局部特色”，既规避植物品种杂乱导致的视觉割裂，又避免景观同质化。

### 3.3 季相变化原则

季相是植物在不同季节表现的外貌，在不同的气候带，植物季相表现的时间不同。植物景观设计中正是利用各种植物可供观赏的季相如返青、开花、早熟、叶变色、落叶后的枝条形状、色彩等创造具有季节特点的景观。根据设计需求，可尽量将赏花、赏叶、赏枝、赏果的植物位置前移，体型大的植物后移，从而起到围合衬托前面景观植物的作用。植物色彩配置常用来突出表现季节景观，春季景观以嫩绿、金黄、紫色、粉色为突出色，早春以迎春、连翘、紫荆为代表，中晚春以紫叶李、海棠、碧桃为代表的；夏季以粉、红为突出色，代表植物为月季、紫薇、石榴树等；秋季以黄、红为突出色，代表植物为银杏、黄栌等叶形、叶色突出的植物；冬季则以常绿和赏枝赏果植物为代表的，如雪松、金枝槐、丝棉木、红瑞木等。可利用树木地上部分季相变化，对整体景观进行构思，避免整体景观重复和枯燥，创造更加有生机变化的景色。

### 3.4 色调协调原则

道路绿化植物的色彩要和建筑、广场等周边环境的色彩相协调。色彩是园林景观给人的第一印象，它直接影响

着人们对景观的总体评价，因而在进行植物配置时，首先要从植物的色彩特征进行考虑，包括花色、叶色、果色、枝色等都要综合进去。色彩搭配最重要的一点就是要和谐，忌讳堆砌色彩，避免杂乱无章之感。常用的配色方法有：①类比色。类比色的布局给人以和谐之美，如由红、橙、黄等暖色调组成的景观给人温暖、热情的感觉，而由蓝、紫、白等冷色调则让人感到清爽、冷静。②互补色。互补色的布局会令园林充满生机，但太多强烈色彩的对比会让人感觉不适，因而互补的宜于在小范围内使用，道路的一角，景观节点等。③单色。一种颜色因植物的不同高度、深浅、图案等变化构成不同色相效果，如绿色，可有浓绿、黄绿、草绿、翠绿等。将单色进行不同的布置、组合，加上形状、质感、光影的变化，也可构成丰富的景观。自然界开花植物很多，花色丰富，再加上各种各样的叶色、果色、枝色，因而园林植物搭配可选择的植物色彩也很多，不一定拘泥于某种方法，只要搭配协调，让人觉得美即达到了目的。

### 3.5 差异化配置原则

道路绿化植物配置差异化设计，是实现“一路一景，各具特色”必要环节，设计的基础是对整个城市道路进行摸底，了解城市绿化的“大多数”，通过景观主题、植物搭配、群落结构来表达差异化设计，明确道路骨干树种（基调树）、特色树种、配景树种分级：基调树选用本土适生的高大乔木（如法桐、国槐、白蜡），近年来，德州市几条道路尝试青桐、北栎、金叶榆、苦楝等特色乡土树种作为行道树，成功将其作为道路绿化的“识别符号”，成为当地道路绿化景观的一大亮点。配景树以搭配灵活，形式多样，层次丰富为主，配置主要考虑“三季有花，四季有绿”，但在市民眼中，多数道路只有在开花时有所差别，平时看起来都一样。对此，设计者应该从更为直观的表达出道路效果的不同，例如，德州市的常绿树示范工程打造的五条主要路段，则主要通过提升常绿树比例（路段常绿树比例达50%以上）、设置不同形式的灌木组团来展现道路的特色。还可以通过“紧凑型”“疏林型”及大量应用彩叶、彩枝植物，通过一两种的主要色彩，给道路“染上”自己的专属色彩。利用季相变化打造春景路（海棠、樱花、迎春、连翘为主）、夏景路（合欢、紫薇、木槿、石榴为主）秋景路（栎树、银杏、乌桕、鸡爪槭为主）、冬景路（雪松、黑松、苦楝、南天竹为主），实现“一路一季相”，避免所有道路均以“春季开花、秋季叶色”。

除此之外，按道路主题设计专属节点景观，拒绝千篇一律的“球形灌木+乔木”模式，也是让人印象深刻的一

种手段。需要注意的是,差异化设计需控制养护成本:复杂的花境、模纹仅用在节点区域,带状绿地应以简洁的片植、带植为主。

#### 4 结语

综上所述,研究城市道路绿化园林植物选择和配置,有助于打造道路绿化景观,形成城市的“特色”骨架,它是城市绿地建设的核心环节,不仅影响道路绿化的景观呈现,更是对城市整体景观、人居品质、生态功能、特色塑造具有重要意义。

#### [参考文献]

[1]张怀文.浅析园林景观植物的色彩运用[J].工程建设标

准化,2022,11(19):12-13.

[2]霍丹.建筑环境的植物构建意义研究[D].辽宁:大连理工大学,2009.

[3]罗乐,魏民.园林树木应用指南(华北西北东北篇)[M].北京:中国建筑工业出版社,2020.

[4]潘加,张琛,苏玉石.园林设计中的植物色彩搭配探究[J].现代园艺,2017,11(8):11-13.

作者简介:卢彦杰(1988.2—),毕业院校:河北科技师范学院,所学专业:园林,当前就职单位:德州市陵城区创城协调服务中心,职务:业务指导股股长,职称级别:工程师。

## 提升高速公路机电工程设计质量和效率探讨

陈平

郑州市交通规划勘察设计研究院有限公司, 河南 郑州 450000

**[摘要]**随着我国高速公路建设规模持续拓展以及运营管理水准不断提高,机电工程于高速公路安全运行、服务保障以及智能化发展方面的作用日益显著。机电工程的设计质量以及设计效率与工程建设成效、系统运行稳定性以及后期运维成本紧密相关。当下,高速公路机电工程在设计环节依旧存在标准执行不够统一、前期调研不够充分、专业协同不够顺畅等问题,这些问题在某种程度上对工程质量提升以及设计效率提高形成了制约。鉴于此,文章在剖析高速公路机电工程设计中主要问题的基础上,围绕设计质量与设计效率这两个核心目标,从完善设计标准、强化系统集成、加强质量控制以及推动流程优化和数字化应用等方面给出相应对策,期望能为提升高速公路机电工程设计水平给予参考。

**[关键词]**高速公路; 机电工程; 工程设计; 设计质量; 设计效率

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18762

中图分类号: U49

文献标识码: A

## Discussion on Improving the Quality and Efficiency of Mechanical and Electrical Engineering Design for Highways

CHEN Ping

Zhengzhou Communications Planning Survey&Design Institute Co.,Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450000, China

**Abstract:** With the continuous expansion of Chinese highway construction scale and the continuous improvement of operation and management level, the role of mechanical and electrical engineering in the safe operation, service guarantee, and intelligent development of highways is becoming increasingly significant. The design quality and efficiency of electromechanical engineering are closely related to the effectiveness of engineering construction, system operation stability, and later maintenance costs. At present, there are still problems in the design process of highway electromechanical engineering, such as inconsistent standard implementation, insufficient preliminary research, and unsmooth professional collaboration. These problems have to some extent hindered the improvement of engineering quality and design efficiency. In view of this, based on the analysis of the main problems in the design of highway electromechanical engineering, this article focuses on the two core goals of design quality and design efficiency, and provides corresponding countermeasures from the aspects of improving design standards, strengthening system integration, enhancing quality control, and promoting process optimization and digital application. It is expected to provide reference for improving the level of highway electromechanical engineering design.

**Keywords:** highway; mechanical and electrical engineering; engineering design; design quality; design efficiency

### 引言

高速公路属于国家综合交通运输体系里的重要组成部分,它的运行安全状况、通行方面的效率以及服务所达到的水平,会直接对区域经济的发展情况以及社会公众出行时的体验产生影响。伴随信息技术还有智能交通技术不停地发展,高速公路已经从原本传统的交通基础设施渐渐朝着信息化、智能化的系统去转变,而机电工程在这其中起着极为关键的支撑作用。机电工程的设计属于工程建设开始前的必要前提与基础,其具备的科学性质、合理性特

点以及前瞻性考量,会直接决定后续施工所能达成的质量状况以及系统能够实现的运行效果。不过,在实际开展的工程当中,因为建设条件较为复杂、技术更新的速度比较快,并且多专业交叉涉及的程度颇高,机电工程设计就面临着不少的挑战。怎样在确保设计质量能够得以保障的基础之上提升设计的效率,已然变成当下高速公路机电工程领域迫切需要去深入研究的一个重要课题。

### 1 高速公路机电工程的重要性

高速公路机电工程的重要性不容忽视,其是现代高速

公路运营管理的核心支撑体系。机电工程不但关系到高速公路的通行效率与服务质量,更是保障行车安全、实现智能化管理的重要基础。机电工程中涵盖了通信、监控、收费、照明、供配电等多个子系统,这些系统协同工作,共同支持高速公路信息的实时传递、交通状况的实时监控、车辆收费的快速处理以及道路设施的稳定运行。在紧急情况下,机电工程能够快速响应,启动应急预案,为救援和疏导提供有力支持。同时,随着技术的发展,机电工程中不断融入新的智能化元素,如车联网、大数据分析等,为高速公路的未来发展注入了新的活力。因此,加强高速公路机电工程的建设与管理,对于提升高速公路整体效能、保障公众出行安全有着重要的意义,同时也为实现智能交通系统的全面升级提供了坚实的技术基础。

## 2 高速公路机电工程设计中存在的主要问题

### 2.1 设计标准执行不统一、规范适用性不足

在高速公路机电工程设计期间,相关设计标准与技术规范的数量颇为可观,所涵盖的内容涉及到通信、监控、收费、供配电以及信息安全等诸多系统领域。然而在具体落实之时,不同地区、不同建设主体以及不同设计单位对于标准条文的理解程度以及执行的尺度均存在较为明显的差异,使得设计成果在技术路线、设备选型以及系统配置等方面欠缺统一性与协调性。其一,部分设计人员针对新颁布或者修订的国家以及行业规范,学习不够系统且更新不够及时,依旧沿用以往项目当中的经验做法又或者是已过时的标准条文,如此一来便容易出现设计参数存在偏差或者技术要求不符合现行规定的情况。其二,现有的部分规范在编制的时候着重于通用性要求,对于复杂路网条件、特殊地形环境以及新技术应用场景的针对性指导相对匮乏,设计人员在实际运用当中通常需要结合工程条件开展大量的解释性调整以及补充说明工作,这无疑增加了设计工作的复杂程度以及沟通协调的成本,并且在一定程度上也削弱了规范的约束效力,进而对高速公路机电工程整体设计质量的稳定提升产生了不利的影响。

### 2.2 前期调查与需求分析不充分

机电工程设计对前期调查资料以及需求分析成果存在高度依赖情况,这乃是保障设计方案具备科学性、合理性以及可实施性的根基所在。不过在实际开展的工程项目当中,因受工期较为紧张、资源配置有所欠缺以及组织协调不够通畅等诸多方面因素的作用,前期调研工作的深度与广度常常难以抵达理想的水准,进而致使设计方案所依据的数据不够完备。部分设计单位于方案编制进程里仅仅依靠基础资料或者历史经验,对于沿线地形条件、交通流

量特性、气候环境状况、既有设施情况以及未来交通发展规划和运营管理需求缺少系统且细致的剖析,如此一来便使得设计方案在施工实施阶段以及系统联调阶段频频出现修改与调整的情况,增加了设计返工的几率以及工程成本。与此由于运营管理单位的实际使用需求没有在设计初始阶段获得充分采集以及准确体现,系统功能配置的合理性、适用性以及操作便利性均受到了影响,更进一步对机电系统的整体性能与运行效率形成了制约,降低了设计成果给予高速公路运营管理的支撑效力,也为工程的长期维护与升级带来了潜在的挑战。

### 2.3 专业协同不足与设计衔接不畅

高速公路机电工程有着系统构成复杂、技术集成度高、专业交叉频发等较为突出的特点,其设计进程得要通信、交通工程、电气、自动化、计算机以及信息系统等诸多专业在统一的技术框架之下协同着往前推进。不过在实际的设计工作当中,各个专业常常是依照自身的技术体系以及设计习惯各自独立地去开展工作,前期的沟通以及信息共享机制也并非十分完备,这就使得系统接口条件、功能边界还有设备配置关系等方面未能得到充分且周全的考量,很容易在后续的阶段把系统集成不顺畅、功能衔接不合理等一系列问题给暴露出来。因为专业之间缺少有效的协同与统筹安排,这不但加大了设计阶段出现技术冲突以及反复修改的几率,而且有可能在施工实施以及系统联调的过程当中引发工序交叉一片混乱、资源配置极不合理等状况,进而对工程进度的控制以及运行的稳定性都会产生负面的影响,最终对高速公路机电工程设计成果的整体水平以及综合效益的提升形成了制约作用。

## 3 提升高速公路机电工程设计质量的关键措施

### 3.1 完善设计标准体系与技术规范应用

提升机电工程设计质量,要以规范化、标准化作为基础,全面且细致地梳理现行的设计标准以及技术规范,清楚明确它们的适用范围以及实施要求,以此来确保设计工作能够遵循一定的规则。在实际开展设计工作的过程中,需要强化对最新行业标准以及技术文件的学习,并且将其切实应用到实际当中,要依据工程的实际条件来合理地选择并加以细化落实。通过对典型工程经验加以总结,进而形成统一的技术导则以及设计指引,这对于减少设计过程中的随意性是非常有帮助的,也有助于提升设计成果的一致性以及可靠性。

### 3.2 加强前期调研与系统方案论证

要想收获高质量的设计成果,那就得依靠扎扎实实的前期调研,还得有科学且系统的方案论证,毕竟这是确保

高速公路机电工程设计既合理又能顺利实施的关键所在。在设计这个阶段当中，应当充分调动起专业团队的力量，让他们去开展现场踏勘以及资料收集方面的工作。要针对沿线的地形地貌情况、交通流量呈现出的特征、所处的环境条件、现有设施的实际状况，还有未来运营管理方面的诸多需求，展开一番详尽而又细致的分析。如此一来，才能让设计方案稳稳地立足于真实、完整并且可靠的这些数据所构成的基础之上。与此要综合考量工程的规模大小、技术方面的条件以及经济层面的约束限制，去着手开展多方案的比选工作，同时也要做技术经济方面的分析。要对系统配置方案、设备选型的情况、功能布局的具体安排以及接口衔接的实际情况，去充分论证其可行性以及所具备的优越性。通过这样的方式，在设计阶段就能够预见到潜在的风险以及可能出现的问题，进而对方案的结构加以优化，从源头处尽力削减后期设计方面的调整以及施工过程中的变更情况，以此来降低工程的成本支出以及周期方面的风险，最终促使整体工程建设的效率得以提升，运行的可靠性也能够得到增强。

### 3.3 强化机电系统整体性与兼容性设计

机电工程各个子系统彼此间有着紧密的关联，其设计方面，不但关乎单个系统功能的达成，还牵涉到整个高速公路机电系统的整体性能以及长期的运行成效，所以在设计进程里务必要确立起系统集成方面的思维，着重于全局性和协调性。在方案设计这个阶段，需要全方位地去统筹各个系统之间的接口条件、数据交互的方式、信号传输的逻辑还有功能运行的顺序，保证各个子系统在实际运行之时可以互相兼容且协同开展工作，防止出现功能冲突或者信息滞后的状况<sup>[1]</sup>。与此要结合高速公路未来智能化的发展走向以及新技术应用的需求，针对设计方案做出前瞻性的考量，给后续系统的升级、功能的扩展或者设备的更新预留出技术接口以及改造的空间，如此一来，既能提升工程建设的实用价值以及运行效率，又能有效地延长系统的使用寿命，强化工程的整体经济效益与社会效益，为高速公路机电工程的长期安全稳定运行给予稳固的保障。

### 3.4 注重设计质量控制与审查机制建设

健全设计质量控制与审查机制，这可是保障设计成果质量的关键举措。设计单位得借助内部校核、审查以及评审这些环节，仔细把控设计文件的完整性、准确性还有合理性<sup>[2]</sup>。与此引入有多方参与的审查机制，广泛吸纳业主单位以及运营管理部门所给出的意见，这样能助力发现潜在的问题并且及时予以修正，进而提高设计成果的实用性以及可靠性。

## 4 提升高速公路机电工程设计效率的优化路径

### 4.1 推进设计流程标准化与模块化建设

要提升高速公路机电工程设计效率，得从优化设计流程开始着手。把设计任务内容、工作环节还有操作步骤仔细梳理一番，进而构建起一套科学、清晰且规范的流程体系。如此一来，能让各个阶段的工作有序地衔接起来，责任分工也更为明确，防止出现重复劳动以及信息遗漏的情况。在这样的基础之上，针对机电工程里常见的子系统、功能单元以及接口模块展开标准化与模块化设计，这样能够达成设计成果的高效复用效果，减少重复开展的计算工作以及绘图工作，进而提高设计的质量以及一致性<sup>[3]</sup>。流程标准化以及模块化建设，一方面有助于缩短设计周期，降低项目所耗费的时间成本；另一方面还能强化设计团队内部的协作性以及组织性，促使各个专业以及各个环节在设计过程中实现顺畅的衔接，这有利于多专业的协同工作以及信息共享。与此模块化设计给后续的工程施工、运维管理以及系统升级都提供了技术接口以及操作规范，增强了设计方案的可扩展性以及适应性，从而为高速公路机电工程的高效实施以及长期运行给予了坚实的保障。

### 4.2 加强多专业协同设计与信息共享

高效的设计流程离不开多专业紧密合作。构建统一的信息共享平台，强化设计中各专业的沟通协调，可减少信息滞后与误差。设计阶段要强化专业间协同工作，及时处理接口问题和技术冲突，保证各系统设计成果相互契合，提升整体设计效率和成果品质。

### 4.3 应用 BIM 等数字化技术提升设计效率

随着信息技术持续发展并广泛运用，BIM 等数字化技术在工程设计方面的作用愈发明显，于高速公路机电工程设计领域，其应用已然成为提高设计效率及质量的关键方式<sup>[4]</sup>。把 BIM 技术融入机电工程设计当中，一方面能达成设计信息的高度整合以及可视化呈现，让设计人员可凭借三维模型直观查看系统布局、空间占用状况以及各子系统间的接口关联；另一方面可在设计阶段便提早察觉潜在的冲突与问题，防止在施工阶段出现返工及调整情况，进而节约时间且降低成本。数字化设计手段可大幅提升设计数据的准确性以及共享效率，助力多专业、多部门之间实现信息同步与实时交流，为通信、交通、电气、自动化等各专业的协同设计给予强有力的技术支撑。

## 5 结语

高速公路机电工程设计的质量与效率得以提升，这在保障工程建设取得成效以及推动高速公路实现高质量发展方面，构成了极为重要的基础。就当下设计过程里所存

在的那些主要问题而言,通过去完善设计标准、强化在前期开展的调研工作、重视系统的集成事宜,再加上推进流程方面的优化以及数字化应用等相关举措,如此一来,便既能够保障设计的质量,又可以切实有效地提升设计的效率。在未来,随着技术不停地向前推进以及管理模式不断地加以优化,高速公路机电工程设计会朝着更为标准化、更加智能化且更为高效化的方向去发展,进而为高速公路能够安全、稳定且智慧地运行给予强有力的支撑。

#### [参考文献]

[1]周玉鑫.高速公路机电工程安装与质量检测策略研究[J].

汽车周刊,2025(5):47-49.

[2]余志龙.智慧高速公路机电工程建设项目管理分析[J].价值工程,2024,43(3):47-49.

[3]杨尚儒.高速公路机电工程施工质量问题与应对措施[J].集成电路应用,2022,39(5):292-294.

[4]杨海霞.BIM技术在高速公路机电工程施工中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2021(11):164-165.

作者简介:陈平(1993.6—),毕业学校和专业:昆明理工大学 交通运输工程专业,单位名称:郑州市交通规划勘察设计研究院有限公司。

## 路桥工程过渡段施工技术要点与管理措施

舒 同

湖北兴达路桥有限公司, 湖北 咸宁 437000

**[摘要]**在路桥工程当中,过渡段属于路基和桥梁结构之间的关键衔接部分,其施工质量会对道路运行的平顺性以及安全性产生直接影响。因为结构形式存在差异、材料性能有所不同以及荷载作用不够均匀等诸多因素的作用,过渡段特别容易出现不均匀沉降以及桥头跳车之类的问题,这已然成为制约路桥工程使用性能的一个重要因素。鉴于此,文章依据路桥工程施工的实际状况,针对过渡段施工的关键技术环节展开较为系统的分析,着重对地基处理、填筑材料控制与分层填筑等方面的技术要点展开探讨,并且深入剖析过渡段施工管理当中存在的诸多主要问题,同时相应地提出完善施工组织、强化质量控制以及健全监测机制等一系列管理举措,希望能够为提升路桥工程过渡段的施工质量以及运行安全性给予一定的参考。

**[关键词]**路桥工程;过渡段施工;施工技术要点;施工管理

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18760

中图分类号: U48

文献标识码: A

## Key Points and Management Measures for the Construction Technology of Transition Sections in Road and Bridge Engineering

SHU Tong

Hubei Xingda Road and Bridge Co., Ltd., Xianning, Hubei, 437000, China

**Abstract:** In road and bridge engineering, the transition section is a key connecting part between the roadbed and the bridge structure, and its construction quality will have a direct impact on the smoothness and safety of road operation. Due to various factors such as differences in structural forms, variations in material properties, and uneven loading, the transition section is particularly prone to uneven settlement and vehicle bumps at the bridgehead, which has become an important factor restricting the performance of road and bridge engineering. In view of this, based on the actual situation of road and bridge engineering construction, this article conducts a systematic analysis of the key technical links in the construction of transition sections, focusing on the technical points of foundation treatment, filling material control, and layered filling. It also deeply analyzes the many main problems in the management of transition section construction, and proposes a series of management measures such as improving construction organization, strengthening quality control, and improving monitoring mechanisms, which can provide some reference for improving the construction quality and operational safety of transition sections in road and bridge engineering.

**Keywords:** road and bridge engineering; transition section construction; key points of construction technology; construction management

### 引言

随着我国交通基础设施建设规模逐步扩大,路桥工程在城市道路以及公路网络当中的比重也在持续增加。过渡段属于连接路基与桥梁的特殊结构区域,因其刚度差异较为明显且受力条件十分复杂,在长期受到车辆荷载以及环境因素的作用之下,容易出现沉降不均、结构变形等一系列问题,对行车安全以及舒适性造成影响。实践证明,过渡段施工质量问题通常并不是由单一的技术因素导致的,而是施工技术控制不到位与管理措施落实不足相互共同

作用所产生的结果。所以,有必要从施工技术以及管理这两个层面针对路桥工程过渡段展开系统的研究,通过对关键技术要点加以总结并且完善管理体系。

### 1 路桥工程中过渡段的重要作用分析

在路桥工程中,过渡段施工至关重要,一个优质的过渡段施工,不仅可以充分保障行车平稳,减少跳车现象出现的概率。因此,为建设出符合国家要求及施工规范的路桥工程,在实际施工环节,施工人员必须深刻意识到其重要作用,依据工程施工实情,选用恰当的技术手段,以保

证过渡段施工的顺利、有序进行。经研究,其作用通常体现在如下几个方面:(1)提升工程结构耐久性。在路桥工程中,通过科学开展过渡段施工作业,不仅可以使路桥工程有效抵御车辆的反复荷载及周围环境因素的不良影响,而且还能够最大限度减少因应力集中而造成的疲劳损伤;(2)保障人们出行安全。一般来讲,若过渡段施工不合理,极易引发桥头跳车现象,而一旦有此类情况的出现,轻则影响人们的交通出行效率,重则引发交通安全事故,做好过渡段施工,可以为人们提供一个安全、高效的出行环境。总之,过渡段在路桥工程中不仅是技术上的必要环节。

## 2 路桥工程过渡段施工技术要点

### 2.1 过渡段地基处理技术要点

过渡段地基处理属于路桥工程里把控不均匀沉降、确保结构整体稳定的关键基础环节,其处理质量会对后续填筑以及结构层的受力状况和长期使用性能起到决定作用。在实际施工之时,要结合工程所在地的地质条件、水文特征以及设计要求,对地基承载力、压缩性还有稳定性展开综合分析,在此基础之上合理选定地基处理方案。借助采用换填、夯实或者加固等技术手段,能够有效提升地基力学性能,增强其承载能力以及整体稳定性。施工进程当中需要严格把控处理范围与处理深度,防止因为局部处理不到位而出现软弱区,与此同时应当合理安排施工顺序,让地基处理和填筑、结构施工等工序构成连续且协调的施工体系,进而给过渡段结构给予均匀且可靠的基础条件。

### 2.2 过渡段填筑材料选择与控制

填筑材料所具备的物理力学性能,对于过渡段结构呈现出的变形特性以及其长期稳定性而言,有着颇为重要的影响作用。合理地去选择填筑材料,并且严格把控其质量状况,这无疑是保证施工质量的一个极为关键的前提条件。在进行过渡段填筑作业的时候,应当优先考虑选用那种级配较为连续、强度相对稳定并且抗压缩性能表现良好的材料,通过这样的方式来强化填筑体的整体性,进而提升其抗变形的能力。在整个施工进程当中,需要切实加强针对材料来源情况、各项性能指标以及施工适应性方面的管理工作,务必要确保进入到施工现场的材料都能够符合设计方面的要求以及相关规范所规定的要求。与此要综合施工环境的具体情况以及工艺条件的实际状况,对填筑材料的含水率还有粒径组成等要素展开动态化的控制操作,防止因为材料自身状态处于不稳定的状态而致使压实工作难以开展或者出现密实度不够的情况,如此一来便会对过渡段结构的耐久性以及使用性能产生不利的影响。

### 2.3 过渡段分层填筑与压实技术

分层填筑以及压实这一施工技术手段对于达成过渡段结构均匀受力、降低差异沉降有着重要作用,其施工质量和过渡段的整体稳定性息息相关。在施工环节里,要依照设计方面的要求以及施工规范来把控每一层填筑的厚度,务必要让填筑材料在压实的过程当中能够实现充分的密实状态,进而构建起稳定的结构层。借助合理地挑选压实机械设备以及压实参数,使得填筑体既能够符合密实度方面的规定要求,又可以防止出现过度压实或者压实不够的情况。与此要着重关注填筑进程的连续性以及整体的协调性,尽可能地削减施工间断给结构性能所带来的负面作用,以此来确保过渡段在长期受到荷载作用的情况下拥有不错的稳定性和承载能力。

## 3 路桥工程过渡段施工管理中存在的问题

### 3.1 施工组织协调不足

在部分路桥工程项目开展施工期间,过渡段施工组织呈现出缺少系统性以及整体统筹的状况,其施工计划的编制也欠缺细致程度,对于工序衔接关系的考量存在不足之处,这就使得不同工种以及各个作业面之间的协调难以顺畅展开。因为过渡段施工常常要和路基、桥梁等相关工程一同向前推进,倘若没有建立起统一的协调机制,那么就特别容易出现施工顺序陷入混乱、资源配置不够合理等一系列问题,最终对施工进度以及质量控制的效果产生影响。并且,部分项目在施工组织管理方面责任划分不够清晰明确,现场协调工作大多依靠经验来做出判断,缺乏制度化管理方面的有力支撑,这无疑增加了过渡段施工质量出现失控情况的风险。

### 3.2 技术交底与执行不到位

技术交底不够到位的情况属于对过渡段施工质量起到制约作用的重要管理方面的问题之一。在实际开展的工程项目当中,有一部分技术交底仅仅停留在表面形式上,并没有切实围绕施工环节的重点以及难点展开细致且详尽的阐述说明。施工人员对于设计所要达成的意图、具体的施工工艺还有质量控制的相关要求往往理解得不够透彻全面,这就致使在实际的操作进程里出现随意地去调整施工办法或者无端地简化施工流程这类情况。与之相伴的是,技术交底完成之后还欠缺行之有效的执行监督举措以及反馈方面的机制,如此一来,技术要求在施工进程中便渐渐变得淡化了,对于关键工序的把控也难以做到位,进而对过渡段施工的整体质量以及稳定性产生了影响。

### 3.3 质量控制体系不完善

过渡段施工质量控制涵盖了材料选用、工艺实施以及

过程检测等诸多环节,在部分工程项目当中,质量管理体系还没有构建起完整的闭环,对于施工过程的控制以及动态检查的力度都显得不足,在施工进程里,对质量问题的察觉大多集中在事后的检查环节,缺少针对关键工序的全程监控,如此一来,施工出现的偏差便难以及时得到纠正,与此质量责任的划分不够清晰,与之相关的检测制度以及检测频次的落实情况也不到位,致使部分隐蔽工程的质量问题在施工阶段没能充分暴露出来,最终给过渡段结构的长期使用性能带来了负面的影响。

### 3.4 后期监测与养护重视不足

在工程完成建设并且正式投入实际使用的这个阶段之后,有一部分路桥项目在对过渡段运行状态方面,其监测以及养护管理所给予的关注力度是不够的,并且还没有建立起一套完整的、能够长期施行的监测机制。因为欠缺针对沉降、变形这些关键指标展开的持续追踪工作,所以当在初期阶段出现那些比较细微的病害情况时,通常是没有办法被及时察觉到的,更别提对其进行相应的处置了,而随着时间一年年过去,使用年限不断增加,这些原本细微的问题便慢慢演变成较为严重的结构方面的难题。除此之外,在养护管理工作的开展过程中,大多是以一种处于被动状态的维修方式作为主要手段的,严重缺乏那种具备前瞻性的预防性养护理念,如此一来,不但使得后期用于维修的资金成本有所增加,而且对于行车过程中的安全状况以及整个工程的耐久性能也都埋下了一定程度的潜在风险。

## 4 路桥工程过渡段施工管理措施

### 4.1 完善施工组织与技术方案管理

在路桥工程的施工过程当中,其过渡段呈现出施工工序繁多且相互之间衔接紧密这样的特点。所以,在正式开展施工之前,也就是在施工准备阶段,应当十分科学地去编制施工组织设计以及专项技术方案<sup>[1]</sup>。要充分把工程地质方面的实际条件、结构所呈现出来的具体形式还有施工时所处的环境等因素都结合起来考虑,进而对整个施工流程、资源的具体配置情况以及技术方面所要走的路线做出较为系统的规划安排。通过清晰明确地界定出各个工序在施工当中的先后顺序以及各自对应的技术方面的要求,合理且妥善地安排好施工进度,从而防止因为组织工作做得不够到位而致使出现工序之间产生冲突或者施工过程出现间断这样的情形。与此还需要进一步强化项目管理层面的统筹协调方面的作用,把岗位职责以及质量责任都更加细致化,把施工组织管理实实在在地落实到具体的某个人员以及具体的某个环节当中,以此来促使施工管理在整体

性以及执行力这两个层面上都能够得到提升,从而给过渡段的施工质量给予可靠的保障。

### 4.2 强化施工过程质量控制

施工过程中的质量控制属于保障过渡段施工成效的关键环节,需全程贯穿于材料进场之时、工序实施期间以及成品保护阶段。在施工进程里,要严格依照相关技术规范以及质量标准来执行,强化对原材料质量、施工工艺参数还有施工结果的动态把控,避免因过程失去控制而出现质量隐患的情况发生<sup>[2]</sup>。与此借助完善检查与验收方面的制度,针对关键工序展开全过程的跟踪检查,以此保证各项技术措施能够切实落实到位。还得着重关注施工质量数据的系统性记录与分析工作,做到及时察觉施工偏差并加以调整,进而促使质量控制从以往的事后检查逐步转变为过程控制的状态。

### 4.3 加强关键工序与节点管理

过渡段施工里的地基处理、填筑压实以及桥头搭板等工序,其实在工程质量方面有着决定性的影响,得把这些当作施工管理的重点来把控。在实际施工的时候,针对关键工序要开展专项技术管理,对施工参数和操作流程严格把关,务必要让各工序的施工质量都能符合设计以及规范的规定。与此还得强化关键节点的验收管理,一定要等到上一道工序的质量合格了,才能进入到下一道工序,如此才能有效地防止质量问题不断累积并且逐渐放大。通过加强对关键工序以及节点的管理,能够在很大程度上降低施工风险,提升过渡段结构的整体稳定性以及耐久性。

### 4.4 提升施工人员技术与管理水平

施工人员的技术素质以及质量意识这两方面的情况,会对过渡段施工质量产生直接影响,所以应当把人员能力的提升事宜纳入到施工管理的关键内容当中来。借助开展具有针对性的技术培训活动,同时大力宣贯相关规范,以此促使施工人员能够完整且透彻地掌握过渡段施工所涉及的技术要点,还有质量控制方面的具体要求,进而强化他们规范施工的意识以及肩负的责任意识<sup>[3]</sup>。与此还得重视管理人员现场管理能力的提高工作,着力增强他们在施工过程中展开监督以及进行协调的能力,从而保证各项技术措施都能够切实有效地得以执行。持续不断地提升施工人员以及管理人员的整体综合素质,能够为过渡段施工质量实现稳定的提升给予强有力的人员方面的支撑保障。

### 4.5 健全施工监测与信息反馈机制

建立起较为完善的施工监测以及信息反馈机制,这无疑是一项极为重要的管理举措,其对于保障过渡段施工质量以及后期运行安全有着不容忽视的作用。在具体施工进

程当中,务必要依据工程的实际状况,针对那些关键的施工参数还有结构状态展开动态化的监测工作,如此方能实时且准确地掌握施工质量的具体情况以及变形的相关情形。借助于进一步完善信息反馈方面的渠道,把所监测到的各项结果能够及时有效地传达到施工以及管理层那里,进而方便相关人员针对施工方案以及管理措施做出相应的调整与优化处理。与此若能将施工监测同后期的养护管理工作紧密结合起来,那么便更有助于提前去发现那些潜在存在的病害问题,并且能够及时采取行之有效的处置办法,最终实现提升过渡段结构长期稳定性以及使用安全性的目的。

## 5 结语

过渡段施工的质量和路桥工程的使用性能以及行车安全紧密相关,提高其施工技术和管理方面的水平有着重要的实际意义。全面且细致地整理过渡段施工的关键技术

要点,同时针对施工管理出现的问题给出相应的改进办法,如此便能有效地降低桥头跳车这类病害出现的几率,进而提升整个工程的质量以及耐久性。在未来开展路桥工程建设工作的时候,需要进一步加强技术与管理之间的协同配合效果,持续不断地去总结实际的操作经验,以此来促使路桥工程过渡段施工水平能够不断地得到提升。

## [参考文献]

- [1]方宏彬.路桥工程过渡段施工技术要点及管理措施[J].城市建设理论研究(电子版),2025(28):138-140.
- [2]胡良彬.市政路桥工程过渡段施工方案设计研究[J].工程机械与维修,2025(10):128-130.
- [3]党思雨.论路桥工程建设中路桥过渡段的施工处理[J].汽车周刊,2024(11):132-134.

作者简介:舒同(1993.7—),汉族,籍贯:湖北黄石,工程师,本科,路桥工程,湖北兴达路桥有限公司。

## 基于交通工程视角的公路局路面病害检测与修复技术应用

刘 鸿

商水县公路管理局, 河南 周口 466100

**[摘要]**随着公路交通运输需求的不断增长,道路路面病害问题日益突出,严重影响了行车安全和道路服务水平。文中从交通工程的角度出发,系统分析了常见路面病害的类型及其成因,结合现代检测技术,梳理了适用于公路局实际工作的路面病害检测流程和方法。针对检测结果,探讨了多种修复技术的选用原则及其应用效果,强调了合理技术选取对延长道路寿命和提升路面品质的积极作用。研究表明,融合交通工程理念,综合运用高精度检测设备和科学修复工艺,不仅能够提高病害识别的准确性,还能优化修复材料和工艺的匹配,有效降低后续养护成本。文中最后总结了当前技术应用中的不足,提出了未来在智能化检测及绿色修复材料研发方面的研究方向,旨在为提升我国公路局路面病害治理水平提供理论依据和实践参考。

**[关键词]**交通工程;路面病害;检测技术;修复工艺;公路养护

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18753

中图分类号: U418.6

文献标识码: A

### Application of Road Surface Disease Detection and Repair Technology in Highway Bureau from the Perspective of Traffic Engineering

LIU Hong

Shangshui County Highway Management Bureau, Zhoukou, He'nan, 466100, China

**Abstract:** With the continuous growth of demand for highway transportation, the problem of road surface diseases has become increasingly prominent, seriously affecting driving safety and road service level. From the perspective of transportation engineering, this article systematically analyzes the types and causes of common road surface diseases, and combines modern detection technology to sort out the road surface disease detection process and methods applicable to the actual work of highway bureaus. Based on the test results, the selection principles and application effects of various repair techniques were discussed, emphasizing the positive role of reasonable technology selection in extending road life and improving road surface quality. Research has shown that integrating transportation engineering concepts and utilizing high-precision detection equipment and scientific repair processes can not only improve the accuracy of disease identification, but also optimize the matching of repair materials and processes, effectively reducing subsequent maintenance costs. At the end of the article, the shortcomings of current technological applications were summarized, and future research directions in intelligent detection and green repair material development were proposed, so as to provide theoretical basis and practical reference for improving the level of road surface disease control in Chinese highway bureaus.

**Keywords:** traffic engineering; road surface diseases; testing technology; repair process; road maintenance

#### 引言

交通网络快速扩展以后,公路国民经济和社会发展基本地位变得更加重要。交通流量持续增长、重型车辆数量增多加上环境各种因素影响,路面破坏经常发生,公路通行安全水平和服务质量受到很大危害。全国公路养护管理信息公报显示,裂缝、坑槽、车辙、松散这些常见路面破坏出现比例年年上升,而且呈现出明显区域特点和结构特点。这种情况加大道路保养维修工作技术难度,同时显著增加保养维修花费金额。过去使用损坏检测维修方法面对

复杂交通工程条件时候,识别精确程度有限、施工适应能力不足、延长使用时间效果不明显这些缺点逐渐表现出来。非常需要引入更加合理规范的交通工程思想,实现路面损坏的准确判断和迅速高效修补。行业和学术界已经在路面检查和修补方向进行了很多尝试,涵盖地质雷达、激光扫描这些先进检查手段,以及新型复合材料、环保修补方法各个方面。但是目前整体推广还没有形成高度协同的工作流程,某些重要步骤依然依赖经验估计,迫切需要建立规范标准并且进行全面改进。文章从交通工程角度出发,详

细分析公路路面损坏的检查技术、操作流程和修补方法的协同机制，目的是明确高标准道路养护管理的科学方法，提升损坏处理的技能水平，为交通基础设施的长期使用提供理论和实践支持。

## 1 路面病害的类型与成因

### 1.1 公路常见路面病害分类

公路路面损坏种类非常多，通常分成结构损坏和功能损坏两大类。结构损坏包括裂缝、坑槽、沉陷这些情况，大部分由于超重车辆碾压、基础沉降不均匀、材料老化这些原因引起。这些损坏降低路面承受重量能力，导致局部地方应力集中、使用年限变短。功能损坏包含路面不平整、车辙这些情况，多数因为施工做得不好、选用材料不合适、排水设施不完善这些原因引起。功能损坏直接影响开车舒服程度和安全程度，增加汽车耗油量。结构损坏和功能损坏里面，裂缝属于出现最多并且形态最多样一种损坏，具体有纵向裂缝、横向裂缝、网状龟裂、反射裂缝这些种类，每种表现方式和产生原因都不一样。正确辨认并且划分清楚损坏种类，能够为后面检查工作和修补工作提供可靠科学根据。

### 1.2 病害产生的主要影响因素

路面损坏受到很多因素影响，主要包括气候条件、交通重量以及道路材料性质。气候条件里面，温度起伏和降雨多少明显改变路面材料的膨胀收缩还有内部构造，温度湿度多次交替特别容易产生路面裂缝这类损坏。交通重量通过车辆轴重长时间压迫加速路面疲劳破坏，尤其交通流量很大并且重型车辆很多路段，更容易出现路面结构层裂缝变形。道路材料性质也很重要，材料持久能力和抵抗疲劳能力决定抵抗损坏水平，材料选择不当特别容易导致早期损坏出现并且持续加重。科学分析这些影响因素有助于采取针对性办法，延长道路使用年限。

### 1.3 病害发展对交通运行的影响

路面损坏程度加重明显影响交通运行，具体表现车辆行驶舒适程度安全程度明显降低。路面损坏出现导致路面平整程度降低，引起车辆振动行驶噪音增加，因此影响驾驶员操作稳定程度乘客乘坐感受。严重损坏情况，例如坑槽裂缝这些情况，加重车辆轮胎损坏底盘受损危险，提高交通事故发生几率。上面这些情况威胁行车安全，同时容易造成通行速度降低，限制道路整体服务能力交通效率发挥。损坏情况持续加重增加后期维护修复资金压力。

## 2 交通工程视角下的路面病害检测技术

### 2.1 高精度检测设备及其应用

高准确度检验设备应用在路面病害检查工作中，保证

检查结果精确显得格外重要。在交通工程领域中，先进检查设备能够给出详尽具体的路面状况信息，尤其擅长找出裂缝、坑洞和隆起等各种问题，效果确实很不错。高清晰度摄像头、激光扫描仪和探地雷达等设备一起配合操作，采取无接触和高速度的方式来进行检查，显著降低人工检查过程中可能出现的错误和疏漏。激光扫描技术能够通过多个角度精准记录路面实际情况，生成十分精确的数字模型，为后续的数据分析提供可信赖的帮助。探地雷达特别擅长分析路面内部结构中隐藏的风险问题，可以精确测量路基层的湿度、空隙以及材料变化的具体情况。依靠先进设备，检查的精确性和工作效率都得到了显著提升，同时为路面病害修复提供了非常具体的参考数据，让修复方案设计得更加科学合乎逻辑，满足实际工程需求并确保工程质量。

### 2.2 检测流程与标准化操作

交通工程视角认为路面损坏检查过程和统一操作成为最重要部分。按照已经确定的检查顺序，明确检查路径和检查区域，确保全部地方都覆盖到。检查仪器需要进行完整校准和验证，确保测量准确并且运行可靠。工作人员需要参加专门学习，认真按照设备使用规则去做，避免因为人为原因出现错误。收集数据时候，必须马上记录并且发送到主数据库里面，方便后面开展研究。统一操作规则要求对检查数据做初步整理，包括清除错误数据和找出不正常部分。数据研究工作使用现在先进计算方法，准确判断损坏种类和严重水平，从而为后面修补工作提供可靠依据。

### 2.3 检测数据处理及结果判定

路面病害检测过程当中，数据处理和结果判定属于重要步骤。现代检测技术产生很多数据需要经过仔细处理，才能确保准确程度和可信程度。使用优秀算法以及软件工具，就可以迅速分析检测数据，判断病害种类和严重水平。依靠对比历史数据以及规定标准数值，迅速评定路面情况，生成详细检测报告。这些结果既给修复决定提供科学根据，也能够用于建立长期路面监测系统，帮助交通工程规划和优化工作。

## 3 面向公路局实际需求的修复工艺

### 3.1 路面修复材料的选择原则

公路局挑选路面修复材料时候需要全面考虑很多方面从而确保修复质量保持长期效果。材料耐久性属于最重要方面必须能够承受车辆重量天气变化化学腐蚀这些影响。材料相容性需要重视必须跟原来路面材料结构匹配防止出现黏结不好功能失效情况。施工便捷性属于提高工作

效率关键点工艺必须简单可靠适应不同路面环境。经济性需要考虑材料购买价格加上整个使用期间维护费用从而降低未来管理花费。环保性现在变成重要标准应该优先选择毒性低能够再生材料从而减轻环境负面影响给实现持续发展提供支持。满足上面这些要求以后修复材料必须经过足够试验检测确认实际使用时候效果好并且性能稳定。

### 3.2 修复工艺匹配与应用效果

路面病害修补过程当中,方法挑选和组合对修补效果特别关键。采用修补方法必须和病害类型以及严重程度相对应匹配,才能保证修补有效果。表面裂纹能够使用封堵处理技术,成功阻止水分进入造成继续恶化,结构损伤需要使用更彻底局部重新修补。不同施工环境和交通负荷条件下,挑选合适材料,比如高性能沥青或者改良材料,能够提升修补方法持久时间和耐久性能。实际操作过程当中,评估实施效果时候,需要全面考虑技术可行性、操作方便性以及环境适应性,保证修补完成之后路面性能达到最好状态并且维护收益实现最大值。

### 3.3 养护管理中的技术优化措施

维护工作当中,技术提升办法主要集中当前路面修补技术精细化和节省化运用。依靠先进检测设备,实时查看路面情况,实现精确预测和迅速处理。提升办法包含采用更加环保材料和设备,降低环境损害,提高施工效率。引入数字化平台,提供路面维护在线数据分析帮助,优化资源分配,达到精确化管理。建立各个部门协作和信息共享渠道,帮助提高整体维护技术水平和管理能力。

## 4 技术应用效果及养护成本优化

### 4.1 病害检测准确性提升途径

为了提升病害检测的准确性,最关键的是把注意力集中在技术设备的改进和数据分析方法的加强方面。选择高精度的检测设备是保证路面病害检测准确性的基本条件,借助激光扫描、地质雷达和摄影测量等先进工具,可以获得路面详细的数据和图像信息。这些技术方法能够辨别出路面表面的细小裂纹和内部结构的损坏情况,使检测的精度和可靠性得到提升。改进数据分析方法也非常重要,依靠机器学习和人工智能算法,可以对大量数据展开分析,挖掘其中的规律,自动分辨出病害的具体类别和严重程度,减少人工检查花费的时间,使判断结果公正准确,确保检测工作科学合理,符合实际需求,体现技术进步带来的益处。完善实时监控帮助快速发现病害并且发出警报发挥重要作用,给后面修补决定提供可靠根据,有效控制病害继续扩散。依靠设备提升加上数据分析技术提升,实现准确快速病害检查,给完善道路维护提供坚实基础。

### 4.2 修复工艺对道路寿命的影响

挑选修复方法对道路使用年限造成很大影响。合适修复方法能够有效减慢路面损坏扩散速度,增加道路能够使用时间。恰当修复材料和方法需要跟检测数据紧密对应,同时考虑损坏种类和周围环境情况,确保修复完成路面功能满足实际需要。良好修复工作可以减少结构方面破坏,防止水分进入和温度波动对路面造成伤害,这样提高路面整体抗老化能力。修复方法准确执行可以降低裂缝和坑槽多次出现情况,维持路面表面平整状态,这样给车辆通行带来更加安全稳定条件。

### 4.3 降低养护成本的技术整合策略

为了显著减少路面损坏维修费用,必须把高精度探测技术跟改良修补方法相融合。高精度探测可以准确辨识路面损坏,降低错判情况,节约多余的修补资源。在修补方法挑选方面,借助解析损坏特征,采用契合度强的修补材料与方案,提高修补成效从而延长道路使用年限。全面运用信息化管理平台开展保养安排,科学分配资源投入,提升保养效能,这些措施不但可以缩减保养开支,而且能够保证道路服务品质的平稳。

## 5 智能检测与绿色修复技术发展趋势

### 5.1 智能化检测技术的最新进展

智能检测技术使用路面病害检测已经获得明显成绩。先进传感器技术和数据处理算法大大提高检测准确程度以及检测速度。激光雷达技术能够完成路面形状高精度探测,生成详细表面轮廓数据,清楚识别裂缝坑槽这些缺陷特征。无人机携带高清摄像头以及多光谱传感器,可以快速覆盖大片区域道路,采集空中图像和光谱信息,为缺陷检测提供重要支持。人工智能结合机器学习算法实现海量检测数据自动分析和缺陷识别,降低人工操作带来错误影响。依托物联网 IoT 的即时监测系统更进一步提升了数据获取的时效性,借助传感设备即时收集并且传送路面状态信息,为公路维护决策供给即时的依据。这种智能化的检测技术不但提高了诊断的精准性,而且为后续的路面修复工作供给关键的技术支撑。

### 5.2 绿色修复材料的研发与应用

绿色修复材料慢慢成为公路路面病害治理里面不可缺少重要部分,这种材料降低环境影响提高修复效果拥有突出优势。这类材料主要包括可再生材料生物基沥青生态友好型黏结剂等,它们减少碳排放同时保持出色力学性能耐久性。使用纳米技术先进复合材料,绿色修复材料提高路面抗疲劳性能抗裂性表现出显著效果。这些材料生产施工过程有效减少能源消耗污染物排放,符合可持续发展要求。随着技术不断进步,绿色修复材料应用前景广阔,道

路养护获得生态友好高性能全新选择。

### 5.3 公路病害治理的未来方向

将来道路损坏处理主要依赖智能检查技术和环保修复材料的进步。更加智能高效,能够大幅提升损坏辨认的准确度和速率。环保修复材料的研制,朝向生态友好可循环方向发展,因此降低环境破坏,提升修补质量和持久性能。结合这些技术的发展变化,将来道路损坏处理变得越来越智能高效环保,为改善路面质量延长使用年限提供更可靠的技术支持。

## 6 结束语

本文集中于公路局路面病害检测和修复技术的运用,依托交通工程理论全面分析了病害类型识别、成因分析还有科学修复工艺选用和执行。研究结果显示,结合交通工程视角并且运用高精度检测设备,能显著提高病害识别的准确性,对于修复材料和工艺的匹配度产生明显改善效果,进而达成路面寿命延伸以及道路服务品质提高。整体技术运用不但加强了养护作业的时效性和经济性,还给公路局日常养护管理给予了强有力的技术支持。现有技术于检测效率、适应性以及修复材料环保性能层面还是具有一些不足。高精度检测设备大量使用时候遇到价格很高操作复杂真正问题。部分修补材料长期表现以及环境友好程度急需大幅提升。智能检测系统加上新型环保材料开发目前处于

起步探索阶段,未来继续加大资金支持力度。接下来工作集中下面几个方向,一依靠人工智能加上大量数据分析,完成路面破坏自动识别以及多种数据融合提升检测自动水平。二开发环境友好路面修补材料并且评估实际使用效果,推动资源反复利用。三建立破坏检测加上修补技术统一标准体系,促进行业技术共同分享交流。通过理论与实践的协同推进,有望进一步提升公路局路面病害治理的整体水平与可持续发展能力。

### [参考文献]

- [1]张法学.公路路基路面病害常用检测技术[J].技术与市场,2022,29(7):155-156.
- [2]余鑫红.浅析公路交通工程路面养护工程病害成因及处治[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(8):109-111.
- [3]金建鹏.公路路基路面病害检测与修复分析[J].运输经理世界,2023(10):94-96.
- [4]徐煊紫.公路工程路面病害养护施工技术分析[J].交通科技与管理,2021(35):84-85.
- [5]王兆昌.公路沥青路面病害检测与养护[J].交通世界,2023(21):72-74.

作者简介:刘鸿(1980.6—),性别:男,民族:汉,籍贯:河南省周口市商水县,学历:大专,研究方向:交通。

## 基于 5G 通信的电气设备远程监控方法研究

周根生<sup>1</sup> 周静<sup>2</sup>

1.河南油田水电厂, 河南 南阳 473132

2.河南油田采油二厂, 河南 南阳 473132

**[摘要]**随着发电厂规模的不断扩大,对电气设备的运行状态进行实时监控和故障预警已经成为保证电力生产连续、安全运行的重要前提。5G 以其高传输速率、毫秒级时延和大范围连通能力,将为工业远程监控系统的革新提供全新的解决方案,虽然已有研究初步探索了 5G 技术在电力系统中的应用前景,但针对电站强电磁干扰、高温高压等复杂工况的系统化远程监测体系还存在明显不足,特别是在设备感知层和通信网络层的深度协同设计上还没有形成成熟的范式。因此,迫切需要建立一套适用于电厂特殊环境的 5G 远程监测系统,实现对设备状态数据的高效采集、高可靠传输和智能化的远程运维管理。

**[关键词]**5G 通信; 电气设备; 远程监控; 监控方法

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18763

中图分类号: TP301.

文献标识码: A

### Research on Remote Monitoring Method of Electrical Equipment Based on 5G Communication

ZHOU Gensheng<sup>1</sup>, ZHOU Jing<sup>2</sup>

1. He'nan Oilfield Hydropower Plant, Nanyang, He'nan, 473132, China

2. No. 2 Oil Production Plant of He'nan Oilfield, Nanyang, He'nan, 473132, China

**Abstract:** With the continuous expansion of power plants, real-time monitoring and fault warning of the operating status of electrical equipment has become an important prerequisite for ensuring the continuous and safe operation of power production. 5G, with its high transmission rate, millisecond level latency, and wide range connectivity, will provide a new solution for the innovation of industrial remote monitoring systems. Although preliminary research has explored the application prospects of 5G technology in the power system, there are still significant shortcomings in the systematic remote monitoring system for complex working conditions such as strong electromagnetic interference and high temperature and high pressure in power plants, especially in the deep collaborative design of device perception layer and communication network layer, which has not yet formed a mature paradigm. Therefore, there is an urgent need to establish a 5G remote monitoring system suitable for the special environment of power plants, to achieve efficient collection, high reliability transmission, and intelligent remote operation and maintenance management of equipment status data.

**Keywords:** 5G communication; electrical equipment; remote monitoring; monitoring methods

### 引言

5G 通信具有低时延、高可靠性和广域性等特点,为构建电力设备远程监测系统提供了基础技术支持,与 4G 等传统无线通信技术相比,5G 在关键性能指标上实现了跨越式突破:将端到端时延降低到毫秒级,为设备异常状态的实时感知和预警创造了条件,将连接密度提高到每平方公里百万个量级,充分满足工业场景中大规模节点并发接入的需要。本项目提出基于多模态监测数据并行传输的新方法,其理论峰值速率可达 10Gb/s,可同时实现高清视频、多通道振动、温度场等多模态监测数据

的并行传输,为设备健康状态精细表征和多维度特征挖掘提供数据基础<sup>[1]</sup>。

### 1 电气设备远程监控需求分析

在工业自动化系统持续演化的大背景下,电气设备远程监测系统建设面临多维度技术挑战,其需求特征对系统体系结构设计和路径选择产生深刻影响,其一,在功能实现方面,需要实现对多种物理量的精确捕捉和实时传输。其中,关键电参数的采样率必须突破万次/s,才能完全捕捉到瞬态故障的特征;同时,将感知节点到控制中心之间的全链路传输延时压缩到 50ms 以内,以保证继电保

护设备的快速响应。其二，在运行可靠性方面，面临强电磁干扰和不稳定网络环境的双重考验，数据传输完整性必须达到 99.9% 以上，核心状态参数的丢失概率低于千分之一，本项目的研究将为无线通信链路的抗干扰设计、自适应纠错机制和高效的重传策略提出严格的要求。其三，安全防护体系需要建立深度防御机制：一方面利用高强度的加密算法来抵御数据窃取和恶意篡改；另一方面，构建严格的设备身份认证系统和细粒度的权限控制模型，保证敏感的监测信息只对被授权的人开放，此外，该系统还需要适应变电站、电厂等复杂应用场景，监测点密集，并面临高温高湿等极端工作环境，这就要求体系结构具有很强的可伸缩性，不仅能够支持多个终端的并发访问，而且能够在恶劣环境下长时间稳定运行。

## 2 基于 5G 通信的电气设备远程监控方法

### 2.1 系统架构设计

本项目以电力设备运行状态为研究对象，以实时状态感知、智能诊断分析和远程运维调控为核心，构建一套完整的运行状态管理系统，本项目将 5G 通信的低时延、高可靠、广连接的核心特征充分结合起来，采用分层结构，总体上由 5G 通信传输单元、设备状态采集单元、数据智能处理和分析单元、用户交互和遥控单元（四个功能单元组成。在系统运行过程中，设备状态采集单元利用前端的传感器阵列实时采集设备的运行参数，如电流、电压、温度、振动等，采集的数据通过 5G 通信传输单元，以较高的速率和较低的丢包率完成端到端的数据传输，并将数据传输到后端的智能处理和分析单元。在此基础上，本项目以深度学习模型为基础，对海量数据进行特征提取和关联分析，实现设备健康状态评估和隐患预测，最后通过人机交互和远程控制单元，将分析结果以可视化的图形、趋势报告等形式呈现出来，并与远程指令下发界面相结合，支持操作人员对设备进行参数调整、启停控制等操作，实现对设备全生命周期的智能远程控制<sup>[2]</sup>。

### 2.2 关键技术与模块设计

#### 2.2.1 5G 通信模块

本系统所使用的 5G 通信模块主要包括基站、核心网络和边缘计算服务器，5G 基站部署在变电站、配电房等用电设备密集的区域。作为底层接入节点，承担设备状态数据实时采集和转发，并向最近的边缘计算节点发送数据，5G 核心网络以服务化架构构建，具有灵活的网络切片能力，能够为电力设备提供低时延高可靠性传输信道，以满

足不同应用场景的差异性需求，边缘计算服务器一般布置在设备侧的机房附近，负责数据的汇聚、预处理和实时分析，以缓解云的计算压力。在数据传输方面，模块采用了多种安全机制：对数据包进行加密、解密和完整性检验，结合多因子身份认证机制，防止非法侵入，保证数据的保密性和安全性，模块内建有网络切片编程器，可以根据数据延时的敏感性、可靠性等因素，自动调整高、中、低三个层次的切片资源，优化传输效率。在模块之间的交互方面，5G 通信模块将采集到的数据传输到数据分析和处理模块中，接收控制命令，实现设备的遥控调整，当通信链路发生异常时，该模块将主动上报链路质量指标，为故障诊断和自愈决策提供依据。

#### 2.2.2 电气设备数据采集模块

电气设备数据采集模块作为前端状态感知单元，由智能传感器、数据采集器及现场总线构成，智能传感器直接安装在设备关键部位上，采集温度、湿度、振动和局放等多维状态参数，采集到的数据通过现场总线上传到现场数据采集器，经过滤波、放大、A/D 转换，将其转换成数字量，存入高速缓冲存储器中。针对电流和电压等容易受到电磁干扰的模拟量，采用自适应门限滤波技术滤除噪声；对于开关量，采用抗抖动算法，消除触点抖动的影响。同时，为了提高数据的传输效率，对原始数据进行压缩编码，为了保证时间序列的一致性，采集器内部采用了高精度时钟，通过精确的时间协议实现了与网络时钟的同步，使得时钟误差可以精确控制在 1 $\mu$ s 以内。在模块联动层次上，数据采集器通过光纤环路向 5G 通信模块实时上传数据，根据数据分析和处理模块反馈的采样速率，对采集策略进行动态优化，当检测到异常数据时，数据采集器将报警信息发送给数据分析和处理模块，并启动本地保护措施，避免设备受到损害<sup>[3]</sup>。

#### 2.2.3 数据处理与分析模块

数据处理与分析模块部署在电网调度中心数据中心机房中，该模块对 5G 通信模块上传的设备状态数据进行处理，按照设备类型和监控参数等维度对其进行分类存储，并进行数据清洗和规范化处理，在分析阶段，将机器学习算法和专家知识库相结合，对设备的健康状况进行评估和趋势预测。在对变压器油中溶解气体的分析中，首先提取油中的特征气体，如 H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 等，利用“三比值法”对故障类型进行判别，并将 Rogers 比率法和多因子加权法相结合，计算出系统的运行风险指标，以此来识别故障隐患。分析变压器油溶解气体时，常用的

特征气体浓度门限和标准如表 1 所示,当监测参数超出预定阈值或者运行风险指标超过 0.7,系统会触发预警机制,将预警信息推送给运维人员,并将分析结果反馈给人机交互控制模块,支持设备维修决策。

表 1 变压器油中溶解气体分析常用特征气体浓度阈值及判据

特征气体	浓度阈值/( $\mu\text{L/L}$ )	缺陷判据
H <sub>2</sub>	>150	放电、局部过热、电晕
CH <sub>4</sub>	>200	低温过热、电弧放电
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	>150	高温过热
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	>280	高温过热、电弧放电

### 2.2.4 用户交互与控制模块

用户交互与控制模块是电力设备远程监测系统的人机交互前端,由工业级计算机、高精度 LCD 显示屏等硬件和人机交互软件平台组成,是电力设备远程监测系统的人机交互前端。在硬件配置上,工业电脑采用英特尔 E5-2640V4 系列处理器,拥有 32GB 的内存,保证了数据分析和图形显示的流畅;该高精度 LCD 显示屏具有超 4K 的分辨率和 65 英寸以上的对角线尺寸,可以满足多人协作观看的需要。在软件实现方面,该模块利用网络服务从数据分析模块中获取设备的健康评价信息,经过模型映射和坐标转换等处理,把数据转换成图形化的仪表盘、曲线图、告警表等人性化组件,例如,当氢气浓度大于  $150\mu\text{L/L}$  或者甲烷浓度大于  $200\mu\text{L/L}$  时,系统会在报警列表中产生严重报警项,同时仪表盘上对应的变压器指针由绿色变为红色,操作人员可以通过报警信息进入设备详细信息页面,查看各种气体浓度的时间变化曲线,并根据罗格斯比率等准则对故障原因进行初步诊断。当需要对设备进行跳闸操作时,维护人员通过身份验证,选择目标断路器,设置其开断指令和启动时间,该系统采用加密的隧道方式将指令进行加密后发送到现场的智能开关装置,同时要求现场值班人员进行二次确认,将误操作的风险降到最低<sup>[4]</sup>。

### 2.2.5 边缘计算协同处理模块

边缘计算协同处理模块是 5G 远程监测系统的近端算力中心,部署在电厂厂区边缘节点机房内,该模块通过 5G 专网与前端采集模块和后端云平台建立低延迟通信连接,实现数据预处理、实时分析和局部决策响应。在数据预处理方面,模块对采集到的多模态数据进行实时滤波、去重和格式转换,利用滑动窗算法提取关键周期的特征数据,去除无用的冗余信息,使数据传输量降低 40% 以上,显著减少骨干网络对带宽的占用,针对变压器振动信号、断路器工作时序等时滞敏感数据,通过

构建轻量化机器学习模型,实现毫秒级的故障特征识别,当检测到幅度大于  $3.5\text{mm/s}$  或者 PD 信号出现异常峰值时,及时触发局部报警并向控制模块推送,为设备的应急保护赢得时间。同时,模块具备边缘-云计算协同调度功能,将设备健康趋势预测、大数据统计建模等非实时分析任务上传到云中,通过分层计算能力提升系统整体运行效率,并支持断网情况下局部独立运行,保证监测服务不中断<sup>[5]</sup>。

### 2.2.6 抗干扰与冗余备份模块

针对发电厂强电磁干扰和复杂的工作环境,设计了抗干扰和备份模块,从硬件保护和传输冗余两个方面构建了系统的可靠性保证体系。在硬件抗干扰方面,5G 通信终端和前端采集模块都采用电磁屏蔽外壳,屏蔽效果大于 100dB,能够有效抵御 400kV 以下输变电设备的电磁辐射干扰;传感器信号电缆采用双绞式屏蔽线,并安装有电涌保护器,可有效抑制共模干扰和瞬时过电压冲击,针对 5G 主链路和工业光纤备用链路双链路结构,采用实时链路质量监控模块(LQMM)对 5G 信号强度、丢包率等指标进行动态评估,在主链路丢包超过 0.5% 或者时延超过 50ms 时,自动切换到备用光纤链路,控制切换时间不超过 200ms,保证数据传输的连续性。在存储冗余方面,采用本地缓存+云备份+异地容灾三级存储策略,对关键数据进行 24h 缓存,云端实时同步到异地灾备中心,采用 RAID5 阵列和数据校验机制,保证数据存储的可靠性达到 99.99%。

## 3 实验验证

### 3.1 实验设计

本项目以 220kV 智能变电站为研究对象,开展基于工业以太网+4GLTE 的传统监测方式的性能对比研究,采用 32 台 5G 微基站和 8 台边缘计算单元,监测终端采用 12kHz 采样频率的多参量传感模块,支持 pi/2-BPSK 调制和 LDPC 信道编码。本项目以典型工况、过负载和故障为研究对象,模拟三种典型工况:正常运行(60%负荷)、过负载(90%负荷)和故障(短路故障)<sup>[6]</sup>。

### 3.2 实验结果解析

实验结果表明,该方法在电力设备远程监测方面具有明显的性能优势,如表 2 所示,三种工作状态下,传输时延稳定在 39ms 以内,完整数据传输率大于 99.97%,设备状态辨识准确率大于 99%,丢包率小于 0.06%,信道切换耗时小于 20ms,能效比大于  $6.5\text{Mbit/J}$ ,各项性能指标均远超传统方案。在此基础上,结合 URLLC 网络切片、MIMO 空间复用、LDPC 前向纠错等关键技术,在数据传

输实时性、数据可靠性和能耗经济性等方面取得突破，充分满足电力设备远程监测对实时性、稳定性和安全性的苛刻要求。

表 2 不同监控方案性能对比

设备状态	性能指标	本方案	传统方案
正常状态	平均传输时延 (ms)	36.7	125.3
	数据传输完整率 (%)	99.98	98.45
	状态识别准确率 (%)	99.23	88.72
	识别响应时间 (ms)	44.8	151.2
	最大丢包率 (%)	0.04	0.79
	信道切换耗时 (ms)	17	63
	能量效率比 (Mbit/J)	6.9	2.08
过载状态	平均传输时延 (ms)	35.9	127.5
	数据传输完整率 (%)	99.99	98.58
	状态识别准确率 (%)	99.11	87.59
	识别响应时间 (ms)	43.5	153.8
	最大丢包率 (%)	0.05	0.81
	信道切换耗时 (ms)	16	65
	能量效率比 (Mbit/J)	7.2	2.25
故障状态	平均传输时延 (ms)	37.1	128.6
	数据传输完整率 (%)	99.97	98.53
	状态识别准确率 (%)	99.18	89.38
	识别响应时间 (ms)	42.3	155.9
	最大丢包率 (%)	0.05	0.85
	信道切换耗时 (ms)	18	71
	能量效率比 (Mbit/J)	6.7	1.87

## 4 结论

综上所述，本文以 5G 技术为背景，以电力设备远程监控为应用背景，构建多模块融合的智能监测架构。实验结果表明，该系统能够在高负荷工况下进行高效的数据处理和故障判别，具有良好的实时性和稳定性，为电网设备的智能化运行提供可靠的技术支持，本项目的研究成果对于促进电力物联网的发展和电网数字化水平的提高具有重要的借鉴意义。

### [参考文献]

- [1]汪坤华,朱玉鑫,曹雄宣.基于 5G 通信的电气设备远程监控方法研究[J].电气技术与经济,2025(11):47-50.
  - [2]王晨力.基于 5G 的钢铁电气设备远程监控系统关键参数实验室检测研究[J].实验室检测,2025,3(22):133-135.
  - [3]马战南,高杰,宋淼,等.5G 通讯技术在火电厂设备监测与故障诊断中的应用研究[J].电气技术与经济,2025(10):115-117.
  - [4]刘超飞,胡武超.5G 物联网技术在汽车维修智能诊断系统中的应用[J].汽车电器,2025(9):158-160.
  - [5]孟宪政,郟鑫,王晓宁,等.带有隔震装置的特高压电抗器-套管体系地震模拟振动台试验及地震易损性分析[J].中国电机工程学报,2025,45(21):8634-8646.
  - [6]唐风会.电气设备智能化技术在智能变电站的应用研究[J].电力设备管理,2024(17):182-184.
- 作者简介：周根生（1977.9—），男，长江大学，计算机科学与技术，电气工程师。

## 基于大数据的无线通信用户行为分析与精准传播策略研究

张浩<sup>1</sup> 张诗淇<sup>2</sup>

1. 中国电信股份有限公司唐山分公司, 河北 唐山 063000

2. 澳门城市大学, 澳门 999078

**[摘要]**为解决无线通信行业用户规模扩张与传播效率不匹配、资源配置同质化等问题, 本篇文章提出一套基于大数据的全流程用户行为分析与精准传播技术体系。文章整合无线通信网络日志、终端交互数据、业务消费记录等多源异构数据, 构建“数据采集-预处理-特征工程-模型训练-策略输出”的闭环架构。在技术实现上, 采用改进的 K-Means++算法优化用户分群精度, 结合 CNN-LSTM 融合模型挖掘用户行为时序特征与场景关联规律, 创新性提出“动态画像+实时适配”的精准传播机制。实证结果表明, 该体系可将用户行为识别准确率提升至 89.7%, 传播转化率较传统模式提高 34.2%, 资源投入成本降低 27.5%, 能为无线通信企业的精细化运营提供技术支撑与实践路径。

**[关键词]**大数据; 无线通信; 用户行为分析; 精准传播

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18759

中图分类号: TP39

文献标识码: A

### Research on Wireless Communication User Behavior Analysis and Precise Propagation Strategy Based on Big Data

ZHANG Hao<sup>1</sup>, ZHANG Shiqi<sup>2</sup>

1. Tangshan Branch of China Telecom Corporation, Tangshan, Hebei, 063000, China

2. City University of Macau, Macau, 999078, China

**Abstract:** In order to solve the problems of mismatched user scale expansion and propagation efficiency, as well as homogeneous resource allocation in the wireless communication industry, this article proposes a full process user behavior analysis and precise propagation technology system based on big data. The article integrates multi-source heterogeneous data such as wireless communication network logs, terminal interaction data, and business consumption records to construct a closed-loop architecture of "data collection - preprocessing - feature engineering - model training - strategy output". In terms of technical implementation, an improved K-Means++ algorithm is adopted to optimize the accuracy of user grouping, combined with the CNN-LSTM fusion model to mine the temporal characteristics of user behavior and scene correlation rules. An innovative precise propagation mechanism of "dynamic profiling + real-time adaptation" is proposed. The empirical results show that this system can improve the accuracy of user behavior recognition to 89.7%, increase the transmission conversion rate by 34.2% compared to traditional models, reduce resource investment costs by 27.5%, and provide technical support and practical paths for the refined operation of wireless communication enterprises.

**Keywords:** big data; wireless communication; user behavior analysis; accurate dissemination

### 引言

随着 5G 技术的规模化部署与数字经济的深度发展, 无线通信行业进入“存量竞争”与“增量创新”并存的新阶段, 用户需求呈现出个性化、场景化、动态化的显著特征。传统基于群体统计的粗放式传播模式, 因缺乏对用户个体行为的深度洞察, 导致传播内容与用户需求错位、资源配置效率低下、用户体验提升乏力等问题日益突出, 难以适应行业高质量发展的需求。基于此, 立足大数据技

术与机器学习算法, 构建多维度、深层次的用户行为分析体系, 创新提出适配无线通信场景的精准传播策略, 可为无线通信企业优化资源配置、提升传播效率、增强用户黏性提供技术参考, 同时为大数据技术在通信行业的深度应用拓展实践路径。

#### 1 大数据驱动的无线通信用户行为分析技术体系

##### 1.1 多源数据采集与预处理技术

无线通信用户行为数据具有来源分散、类型多样、体

量庞大、噪声密集等特征,其采集与预处理的质量直接影响后续分析结果的可靠性<sup>[1]</sup>。本文构建的多源数据采集框架涵盖四类核心数据:网络侧数据(包括基站接入日志、网络流量数据、信号强度变化记录、切换成功率等),主要利用5G核心网的UPF(用户面功能)、AMF(接入和移动管理功能)模块实时采集;终端侧数据(包括终端型号、操作系统、硬件配置、电池状态、应用安装与使用记录等),凭借终端SDK与设备管理平台协同采集;业务侧数据(包括通话时长、短信收发量、流量套餐类型、增值业务订阅记录、消费金额等),从业务支撑系统(BSS)与运营支撑系统(OSS)中提取;场景侧数据(包括用户地理位置信息、时间维度数据、场景标签如通勤、办公、居家等),根据GPS定位、基站三角定位与行为特征关联推导获取。

为保障数据质量,设计四级预处理流程:第一级数据清洗,采用基于统计规则的异常值检测算法(如 $3\sigma$ 准则)剔除网络波动导致的异常数据,根据缺失值插补模型(KNN插值法)补充缺失数据,利用重复数据检测算法(基于MD5加密的记录去重)删除冗余信息;第二级数据集成,采用联邦学习框架实现多源数据的分布式融合<sup>[2]</sup>,在不泄露原始数据的前提下完成数据关联,利用Schema映射技术解决异构数据结构不一致问题;第三级数据转换,将非结构化数据(如应用使用日志)通过TF-IDF算法转化为结构化特征向量,对数值型数据采用Min-Max归一化处理,对分类数据采用独热编码转换,确保数据格式满足建模要求;第四级数据规约,采用主成分分析(PCA)与局部线性嵌入(LLE)结合的混合降维算法,在保留核心特征的前提下,将高维数据维度降低60%以上,提升后续模型训练效率。

## 1.2 用户行为特征工程与建模

用户行为特征的提取与建模是行为分析的核心环节,因此一定要兼顾特征的全面性与针对性。基于预处理后的多源数据,构建“三维度”特征体系。基础属性特征包括用户性别、年龄、终端类型、套餐等级等静态特征,反映用户的固有属性;通信行为特征包括通话频率、时长分布、流量消耗规律、增值业务使用偏好、网络接入时段等动态特征,体现用户的核心通信需求;场景关联特征包括地理位置分布、场景切换频率、不同场景下的行为差异等情境特征,揭示用户行为的场景依赖性。进行特征交叉与衍生处理后,生成如“通勤时段4G/5G网络切换频率”“居家场景视频业务使用时长占比”等深度特征,丰富特征维度。

在行为建模阶段,采用“聚类分群+时序预测”的双

模型架构:首先,针对传统K-Means算法对初始聚类中心敏感、易陷入局部最优的缺陷,引入改进的K-Means++算法,通过基于密度的初始中心选择策略提升聚类稳定性,结合轮廓系数与Calinski-Harabasz指数自适应确定最优聚类数,将用户划分为高频通信型、流量消费型、增值业务偏好型、基础需求型、低活跃型五类群体,聚类准确率较传统算法提升15.3%;其次,针对用户行为的时序关联性,构建CNN-LSTM融合预测模型,利用CNN网络提取用户行为的时空特征(如不同业务间的关联关系),依托LSTM网络捕捉行为的长短期时序依赖(如节假日流量消费规律),结合注意力机制强化关键时间节点的特征权重,实现对用户未来15d内通信需求、流量消耗、业务办理意向的精准预测,将预测误差控制在12%以内。

## 1.3 动态用户画像构建

传统静态用户画像在适应无线通信用户行为的动态变化方面显得越来越力不从心,故本文构建了“基础画像+实时画像”的双层动态画像体系。基础画像基于用户长期行为数据构建,涵盖用户基本属性、核心需求偏好、长期消费能力等稳定特征,采用增量学习算法每季度更新一次;实时画像聚焦用户短期动态行为,包括实时网络状态、当前所在场景、近期行为变化趋势、临时业务需求等动态特征,基于流计算框架(Flink)实现秒级更新。

画像融合采用加权融合策略,采取层次分析法(AHP)确定基础画像与实时画像的权重系数,其中基础画像权重占比60%,实时画像权重占比40%,确保画像既反映用户长期稳定特征,又能快速响应短期动态变化。为提升画像的实用性,建立画像标签体系,包括一级标签5类、二级标签23类、三级标签89类,标签粒度细化至“工作日早高峰通勤场景5G流量高消耗用户”“夜间居家场景视频会员订阅意向用户”等精准维度,为后续精准传播提供明确的目标导向。

## 2 基于用户行为分析的精准传播策略设计

### 2.1 差异化内容定制策略

基于用户分群结果与动态画像,构建“需求-内容”精准匹配机制,做到“因人施策”。针对高频通信型用户,重点推送语音套餐升级、亲情网业务、高清通话增值服务等内容,突出通信质量提升与资费优惠;考虑到流量消费型用户的需求,推荐大流量套餐、定向流量包、流量叠加包等产品,并结合用户流量消耗高峰时段推送限时优惠活动;针对增值业务偏好型用户,根据其具体偏好(如视频、音乐、游戏、阅读)推送对应会员服务、专属内容权益、业务组合套餐,同时基于协同过滤算法推荐关联度高的其

他增值业务；就基础需求型用户而言，以简洁实用的基础套餐优化、账单清晰化服务、网络故障快速报修通道等内容为主<sup>[3]</sup>，避免过度营销；低活跃型用户方面，推送回归激励礼包、个性化套餐降级方案、专属客服一对一咨询等内容，激活用户活跃度。

内容呈现形式根据用户终端类型与使用习惯差异化设计。对年轻用户群体（流量消费型、增值业务偏好型），采用短视频、H5 互动页面、直播带货等生动直观的形式；对中老年用户群体（基础需求型、高频通信型），以文字短信、语音播报、图文结合的简洁形式为主，确保信息传递的有效性。

## 2.2 动态渠道选择与时机优化策略

渠道选择方面，基于用户场景特征与渠道偏好数据，构建多渠道协同传播体系。对用户行为进行详尽分析之后，识别各用户群体的偏好渠道——高频通信型用户偏好短信、客服电话渠道；流量消费型用户集中在 APP 推送、小程序弹窗、短视频平台广告；增值业务偏好型用户对社交媒体推广、直播带货、KOL 推荐接受度更高；基础需求型用户倾向于营业厅线下推广、社区服务点宣传；低活跃型用户需通过多渠道联动（短信+APP 推送+线下海报）提升触达率。

传播时机优化采用“时序预测+场景匹配”的双重驱动机制。基于 CNN-LSTM 预测模型输出的用户行为高峰时段，结合场景特征确定最佳传播时机：对通勤场景用户，选择早 7:00~9:00、晚 17:00~19:00 的通勤时段，利用车载终端、手机 APP 推送相关内容；对办公场景用户，避开工作高峰时段，选择午间 12:00~13:30、下班后 18:00~20:00 推送；对居家场景用户，集中在晚 20:00~22:00 的休闲时段推送视频、娱乐类增值业务；对节假日场景用户，提前 3~5d 推送流量套餐、出行相关通信服务等内容。同时，引入强化学习算法，根据用户对不同时机传播的反馈（如点击、办理、忽略）实时调整传播时机参数<sup>[4]</sup>，持续优化触达效果。

## 2.3 传播效果评估与闭环优化机制

为真正做好传播效果的评估，构建多维度、量化的传播效果评估体系，涵盖传播触达率、内容点击率、业务转化率、用户留存率、资源投入回报率五大核心指标。传播触达率衡量信息成功传递的用户比例，反映渠道覆盖的有效性；内容点击率体现用户对传播内容的兴趣度；业务转化率是核心评估指标，反映传播策略对用户行为的引导效果；用户留存率关注传播后用户活跃度的持续情况；资源投入回报率以计算传播带来的收益与投入成本比值的

方式评估策略的经济性。

最后，建立“评估-分析-优化”的闭环优化机制。利用大数据分析平台实时采集各传播环节的指标数据，采用层次分析法（AHP）确定各指标的权重系数，计算综合效果得分；针对效果不佳的环节，深入分析原因，如触达率低可能源于渠道选择不当，转化率低可能是内容与用户需求不匹配；基于分析结果，对传播策略进行针对性优化，包括调整内容形式、更换传播渠道、优化推送时机、更新用户画像标签等，以增量迭代的方式持续提升传播效果。以及，将优化后的策略反馈至模型训练环节，更新模型参数，形成“数据-模型-策略-效果-数据”的良性循环<sup>[5]</sup>，有始有终、始终如一。

## 3 实证分析

### 3.1 实验数据与环境

实验数据来源于某区域无线网络的用户数据，选取 10 万用户连续 3 个月的多源数据作为样本，包括网络日志数据（约 500GB）、终端交互数据（约 120GB）、业务消费数据（约 80GB）、场景关联数据（约 50GB）。样本用户涵盖不同年龄、性别、职业、消费能力群体，确保样本的代表性。

实验环境配置如下：硬件采用 Intel Xeon Gold 6330 处理器，64GB 内存，10TB SSD 存储；软件环境基于 Ubuntu 20.04 操作系统，采用 Hadoop 3.3.4 构建分布式数据处理集群，使用 Python 3.8 作为开发语言，借助 TensorFlow 2.8 框架实现机器学习模型训练，采用 Spark 3.3.0 进行大数据分析。

### 3.2 实验结果与分析

#### 3.2.1 用户行为分析模型性能

对比本文提出的改进 K-Means++ 聚类算法与传统 K-Means、DBSCAN 算法的性能，结果显示，改进 K-Means++ 算法的聚类准确率为 89.7%，较传统 K-Means 算法提升 15.3%，较 DBSCAN 算法提升 11.2%；聚类迭代次数减少 28%，运算效率显著提升。在用户行为预测方面，CNN-LSTM 融合模型的平均预测误差为 11.8%，较单一 LSTM 模型降低 4.5%，较 CNN 模型降低 6.3%，表明融合模型能更全面地捕捉用户行为的时空特征。

#### 3.2.2 精准传播策略效果

将本文提出的精准传播策略与传统粗放式传播策略进行对比实验，结果如下：精准传播策略的传播触达率达 92.3%，较传统策略提升 18.5%；内容点击率为 27.6%，提升 31.4%；业务转化率达 15.8%，较传统策略的 11.7% 提升 34.2%；用户留存率在传播后 30d 内达 82.1%，提升

23.7%；资源投入回报率为1:3.8，较传统策略的1:2.4提升58.3%，资源投入成本降低27.5%。实验结果表明，本文提出的基于大数据的用户行为分析与精准传播策略，在提升传播效果、优化资源配置方面具有显著优势。

### 3.2.3 模型适应性与稳定性

通过改变样本规模（5万、10万、15万用户）与数据维度（基础数据、基础+业务数据、全维度数据），测试模型的适应性与稳定性。结果显示，当样本规模从5万增加至15万时，改进K-Means++算法的聚类准确率波动不超过2.1%，CNN-LSTM模型的预测误差波动控制在1.5%以内；当数据维度从基础数据增加至全维度数据时，模型性能持续提升，且在全维度数据下趋于稳定，表明模型具有良好的适应性与稳定性，能够应对不同规模与维度的用户数据处理需求。

## 4 结束语

综上所述，本文围绕无线通信行业精准传播的核心需求，构建了一套基于大数据的用户行为分析与精准传播技术体系，为用户行为分析提供了高质量的数据支撑，也为大数据与机器学习技术在通信行业的深度应用提供了实践参考，具有重要的理论价值与工程意义。未来可结合5G-A与6G技术的发展趋势，融入空天地一体化网络数据、物联网终端交互数据等新型数据维度，优化用户行为

特征体系与建模方法，进一步适应未来通信网络的发展需求。随着技术的持续迭代，大数据驱动的精准传播将成为无线通信行业高质量发展的核心驱动力，为行业创造更大的商业价值与社会价值。

### 【参考文献】

- [1]杨小均.基于大数据的学生行为分析与管理策略[J].中国管理信息化,2025,28(17):191-194.
- [2]荆军昌,张志勇,宋斌,等.融合用户传播风险和节点影响力分析的虚假信息传播控制方法[J].智能系统学报,2024,19(2):360-369.
- [3]刘阳.大数据时代新闻可视化的传播策略[J].东西南北,2024(6):59-61.
- [4]张宇,吴雨晨,朱乾光,等.大数据分析技术下无线通信网络信号异常诊断探究[J].中国宽带,2025,21(9):82-84.
- [5]梁超.基于大数据的新媒体传播效果评估与优化策略探讨[J].传播力研究,2025,9(1):13-15.

作者简介：张浩（1979.1—），男，本科毕业于吉林大学，无线通信专业，研究生毕业于电子科技大学，软件工程专业，现就职于中国电信股份有限公司唐山分公司，云中台解决方案技术经理及产品经理，通信工程师；张诗淇（2006.4—），女，澳门城市大学本科在读，计算机科学专业。

## 精细化管理在电信市场营销中的应用分析

高景松

中国电信股份有限公司唐山分公司, 河北 唐山 063000

**[摘要]**随着人口红利逐渐消失、市场竞争趋于饱和以及客户需求日益多元化和个性化,传统粗放式的营销模式已难以支撑电信运营商的持续增长,此文章聚焦于精细化管理在电信市场营销中的应用,旨在探讨其核心价值与实践路径,通过结合具体案例与实践模式,本篇文章深入剖析了精细化在客户洞察、产品设计、渠道协同、促销执行及服务维系等营销关键环节的落地应用;研究表明,实施精细化管理是电信运营商从“规模扩张”向“价值经营”转型、构筑差异化竞争优势的必然选择,对于提升营销效率、客户忠诚度与企业盈利能力具有重要的战略意义。

**[关键词]**精细化管理; 电信企业; 市场营销

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18756

中图分类号: F426.

文献标识码: A

## Application Analysis of Refined Management in Telecommunications Marketing

GAO Jingsong

Tangshan Branch of China Telecom Corporation, Tangshan, Hebei, 063000, China

**Abstract:** With the gradual disappearance of the demographic dividend, the saturation of market competition, and the increasing diversification and personalization of customer demands, the traditional extensive marketing model is no longer able to support the sustained growth of telecommunications operators. This article focuses on the application of refined management in telecommunications marketing, aiming to explore its core values and practical paths. By combining specific cases and practical models, this article deeply analyzes the landing and application of refinement in key marketing links such as customer insight, product design, channel collaboration, promotion execution, and service maintenance; Research has shown that implementing refined management is an inevitable choice for telecom operators to transform from "scale expansion" to "value management" and build differentiated competitive advantages, which has important strategic significance for improving marketing efficiency, customer loyalty, and corporate profitability.

**Keywords:** refined management; telecommunications companies; marketing

### 引言

在数字经济浪潮席卷全球的背景下,电信行业作为关键的信息基础设施提供者,过去依靠网络规模扩张和用户自然增长的发展模式已触及“天花板”;以5G、物联网、云计算为代表的新技术不仅催生了新的业务形态,也极大地改变了消费者的行为模式与期望值,他们对通信服务的需求呈现出个性化、场景化和价值化的新特征。

面对这一复杂局面,传统“一刀切”“广撒网”式的市场营销策略显得力不从心,普遍存在营销成本高企、客户响应率低、资源投放效率不足以及客户流失率居高不下等问题;在此背景下,精细化管理的理念从制造业、服务业等领域被引入并广泛应用于电信市场营销实践,它强调基于详尽的数据分析,对市场、客户、产品、渠道及流程

进行科学的“精耕细作”,旨在以最小的资源投入实现客户价值与企业收益的最大化。

### 1 电信市场营销引入精细化管理的意义

#### 1.1 精细化管理重构客户关系

在过去几十年,电信市场依赖人口增长及普遍服务所带来的“规模红利”实现了高速发展,然而随着市场日益趋于饱和,此种红利正逐渐消退,精细化管理通过客户细分及精准营销,帮助企业从单纯追求用户数量转变为着力挖掘用户价值;以中国移动所推广的“和彩云”业务为例,通过对用户数据展开分析,企业识别出那些经常更换手机且具有大量文件存储需求的商务人士及摄影爱好者。针对这一群体,企业推出了定制化的营销方案,使得业务转化率提升幅度超过30%,这种精准触达提高了营销效率,

且依靠满足个性化需求提高了客户黏性<sup>[1]</sup>。

精细化客户管理在客户生命周期的全程优化方面都有所体现，电信企业通过数据分析来预测客户流失风险，针对高价值客户采取保留举措，对潜在流失客户开展预警干预，例如某省级电信运营商实施客户流失预警系统后，月度客户流失率成功从 2.5% 降至 1.8%，每年因客户流失导致的收入损失减少超过 5000 万元。

### 1.2 精细化管理优化运营效率

传统电信营销大多时候依靠大规模的广告投放及渠道推广，资源消耗量大且效果难以精确衡量，精细化管理通过数据分析及流程优化，实现了营销资源的智能配置；在营销渠道管理层面，精细化分析帮助电信企业评估不同渠道的投入产出比例，某电信公司经过分析发现，尽管线下营业厅成本比较高，然而在办理复杂业务及高端客户服务方面具有不可替代的价值，而线上渠道在简单业务办理及年轻客户获取方面更具优势。基于这一洞察，企业重新分配渠道资源，将简单业务引导到线上，线下营业厅转变为体验中心及解决方案提供点，整体营销效率提高了 25%<sup>[2]</sup>。

营销活动策划通过精细化分析变得更为科学，通过对历史营销活动数据展开挖掘，电信企业可以辨别出最为有效的促销策略、最为优质的产品组合及最为理想的推广时机，举例而言，某运营商察觉到“宽带+移动+电视”三合一产品在家庭用户中的接受程度远远高于单一产品，且在周末进行推广所取得的效果要优于工作日，依据这些情况对营销策略做出调整之后，产品推广的成功率提升了 40%。

### 1.3 精细化管理驱动业务转型

在数字经济的时代背景下，电信企业所扮演的角色已不再局限于单纯的通信服务提供者，而是朝着数字化生态构建者的方向转变，精细化管理为企业实现从被动应对对市场变化到主动开展创新的转变创造了条件。

电信企业通过大数据分析，可以了解潜在的市场需求及消费趋势，例如对网络使用数据展开分析，可以揭示远程办公、在线教育、智慧家庭等新兴需求的增长态势，推动企业提前规划相关产品与服务，某电信运营商通过剖析疫情期间网络使用模式的变化，快速推出面向家庭场景的“远程办公保障套餐”及“在线教育加速包”，在创造新的收入途径基础上，又提升了品牌的社会价值<sup>[3]</sup>。

精细化营销让产品创新更贴合用户需求，电信企业通过对客户反馈、使用行为及服务投诉展开分析，得以识别现有产品的不足与潜在改进方向，基于数据的持续优化循

环，使得产品迭代更为科学高效，中国电信的“天翼云盘”产品，依靠持续收集用户反馈，不断优化存储能力、分享功能与用户体验，逐渐从单纯的云存储服务发展成融合存储、分享、协同办公功能的综合云服务。

## 2 基于精细化管理的电信市场营销逻辑

### 2.1 寻找市场契机

探寻市场契机，实际上是对潜在客户群体展开深度挖掘及系统识别，电信企业身为高度依赖用户规模与需求的服务提供商，不能仅仅满足于为现有客户提供服务，还需敏锐地察觉到市场里尚未被充分满足或者即将出现的新需求；电信企业要系统地研究宏观的市场营销环境，包括政策导向、技术演进趋势、竞争格局变化及社会经济因素等方面，也要深入洞察微观的消费者需求状况，通过问卷调查、用户访谈、行为数据分析等方式，去了解消费者的使用习惯、痛点、偏好及潜在期望。只有将环境分析和消费者洞察结合起来，才可准确评估某一市场机会的规模、可持续性以及与自身能力的匹配程度，将看似模糊的“契机”转变为可落地、可盈利的战略行动，为产品创新、服务优化及市场拓展筑牢坚实基础。

### 2.2 筛选目标市场

在当下广泛、多元的消费市场情形里，以往那种粗放式的销售策略大多时候依靠设定宽泛的目标市场，致使实际经营过程中出现“货不对路”的状况，具体表现为，一方面部分热销产品频繁出现缺货现象，错失了销售机会，另一方面大量滞销品堆积在仓储之中，造成了资源浪费及成本的攀升。这样一种供需失衡的现象，充分反映出传统市场定位方式已经难以适应现代消费环境的动态变化及个性化需求。

在精细化管理导向下企业要转变思路，从“全面覆盖”变为“重点突破”，聚焦个别核心目标市场深入经营，这就需要通过科学系统的市场调查，精准识别有高潜力的细分客户群体，洞察其消费偏好、购买习惯和真实需求，在此基础上集中资源打造匹配的产品组合，设计针对性销售活动与推广策略，实现从产品供应到消费体验的全链路优化。通过聚焦深耕模式，企业能提升库存周转效率，减少缺货与多货并存的结构矛盾，还可以与目标客群保持密切关系，在激烈市场竞争中构建可持续差异化优势，推动品牌实现高质量增长。

### 2.3 设计市场营销组合

企业制定市场营销战略的关键之处在于对可控要素进行系统整合，以此精准满足目标市场的需求，企业要清晰明确自身的产品结构，通过差异化定位打造覆盖不同层

级的产品线,依据该产品线制定相应的价格体系,实现对细分市场的有效渗透,基于此,企业需谨慎挑选分销渠道及销售地点,保证产品可高效抵达目标消费者,同时结合市场实际状况,灵活安排广告、公关、销售促进等推广手段,形成有针对性的促销组合。这种针对产品、价格、渠道、促销等要素的协同规划,是通过对不同市场采取特殊化处理,实现企业资源的最大化与最优化配置,让企业在市场竞争中占据主动位置。

企业需要有较高的市场适应性及战略弹性,在制定营销策略时,不应只局限于一种方案,而是要预先设计多种备选的市场营销组合,打造柔性化的策略储备,为调整留出足够空间,企业就能在环境突变时迅速响应、灵活转向,让营销活动一直与动态市场环境相匹配,以预案多样性应对环境不确定性的这种思路,可分散市场风险,还可以提升企业在复杂商业中的生存能力与成功概率。

#### 2.4 执行市场营销计划

执行市场营销计划在市场营销管理过程中起到了承前启后的作用,它不是只存在于理论设想,而是将战略规划转变为实际成果的关键一步,优秀的计划要是只停留在书面上,那就完全没有价值了,只有依靠切实、灵活的执行,才能将市场分析、目标设定及策略构想转变成实实在在的客户接触、品牌影响力和销售收入。

这一步骤非常关键,因其直接检验计划可行性,还动态连接企业与变化多端的市场,执行时企业要合理配置人力、财力、物力等资源,协调跨部门团队,将产品、定价、渠道、推广等策略转化为具体行动和时间表,这不是简单按图索骥的过程,而是持续的监控、评估与调整循环,一旦市场环境、竞争态势或消费者反馈有变化,执行环节就得敏捷响应,对原计划做必要优化,以保证企业营销活动始终朝着战略任务和总体目标高效前行。执行是将“正确的战略”转化为“正确的结果”的核心能力,它决定企业市场投入能否转化为预期商业回报,是实现可持续竞争优势不可缺少的一环<sup>[4]</sup>。

### 3 精细化管理在电信市场营销中的策略构建

#### 3.1 优化整合

在过去三十年里电信行业不断推出新产品,然而却缺少系统规划,致使业务结构变得繁杂混乱,升级创新大多时候只是在技术层面进行局部调整,很难真正满足市场需求,就拿移动通信来说,通话时长、流量及短信等业务被简单组合起来,形成了各种套餐和专项业务,可是这些产品在定位和特性方面存在诸多重叠之处,这给用户增添了选择时的困惑,也限制了行业开拓新增长空间的可能性。

当前这种状况说明电信市场依旧是以技术或者业务作为核心,并非围绕客户需求来开展,在未来,行业需要从客户的角度出发,对现有的产品体系给予全面整合与重新塑造:摒弃仅仅依靠技术升级的方式,有条理地梳理产品线,去除其中的冗余和重合部分,构建起清晰的产品与客户品牌之间的对应联系,让不同的品牌或者产品系列可精确地满足不同用户群体的需求及使用场景。只有这样做,才可提高用户体验,提高市场的辨识度,开创电信服务差异化及价值提升的崭新局面。

#### 3.2 市场细分

多元化社会不断发展所形成的格局,对用户需求的差异性产生了深刻的塑造作用,年龄分层、职业属性、文化背景及地域特征等众多因素相互交织在一起,致使当下的通信需求变得日益碎片化且个性化,中国移动当前主要推广的全球通、动感地带、神州行这三大品牌,尽管覆盖了一部分基础市场,然而却难以精确地匹配不同群体的实际使用场景,使得部分用户产生了“不实用”“不够用”的感觉。

面对拥有数亿规模的用户市场,要开展精细化、动态性的细分工作,这需紧密结合中国的人口结构特征、区域文化差异及城乡发展梯度情况,对不同层级城市、不同人文环境里用户的通信行为与期待展开系统分析,基于此,还需综合考量地方收入水平、性别比例、年龄构成等诸多因素,设计出更具针对性的通信产品套餐、资费模式及服务内容,同时配套差异化的营销策略与渠道触达方式。

#### 3.3 定位组合

电信市场长期处于垄断格局,使得企业在产品定位方面呈现出较为突出的强势特性,一般更着重于自身的产品规划及市场主导地位,相对而言却忽视了用户在真实场景里的体验和需求,就5G发展情况来看,尽管5G手机早已广泛普及,已然成为多数用户的日常使用设备,然而移动5G网络信号的覆盖依旧存在诸多盲区及薄弱区域,在偏远地区、地下空间或者部分楼宇内部,信号不稳定、网速缓慢的问题一直存在,且改善的进展较为迟缓。这种信号覆盖状况与实际使用需求之间的差距,说明当前产品与服务定位并未完全围绕用户展开<sup>[5]</sup>。

若想扭转当前局面,电信运营商需主动转变自身定位思维,由以往单纯的“提供产品”转变为着重“保障体验”,积极获取服务优化的主动权,实现这一目标,企业需进行系统性投入,包括网络建设与优化工作,加快基站部署及信号提高工程的推进速度,构建用户反馈的快速响应机制,以此形成“监测-修复-提升”的完整服务闭环。唯有持续

完善信号服务系统,切实解决用户在网络可用性方面所面临的痛点,方可确立以用户感知为核心的产品定位,在竞争变得日益激烈的通信市场中赢得长久信任及差异化优势。

#### 4 结语

综上所述,本研究立足于电信行业营销现状与挑战,系统性地分析精细化管理在市场营销各环节的应用逻辑与实践价值,并通过对精细化理论与电信营销实践的结合探讨,为电信运营商及相关企业在日益激烈的市场竞争中,如何通过精细化运营实现可持续增长提供切实可行的策略参考与决策依据。

#### [参考文献]

[1]李蕾.精细化管理在电信市场营销中的应用分析[J].现代营销(信息版),2019(26):165.

代营销(信息版),2019(26):165.

[2]李丹.NYJZ 手机连锁企业精细化管理实施策略研究[D].郑州:郑州大学,2018.

[3]魏远东.精细化管理在电信市场营销中的应用[J].现代营销(下旬刊),2018(30):167.

[4]何雨晨.M 水表制造公司营销精细化管理研究[D].广西:广西师范大学,2018.

[5]叶锦权.浅谈精细化管理在电信市场营销中的应用[J].技术与市场,2018,25(1):179-181.

作者简介:高景松(1975.11—),男,研究生毕业于河北大学, MBA 工商管理专业,现就职于中国电信股份有限公司唐山分公司,通信工程师。

## 数字化转型背景下电信企业信息安全治理研究

黄洁

中国电信股份有限公司伊犁哈萨克自治州分公司, 新疆 伊宁 835000

**[摘要]**在数字化转型这一背景之下,云计算、大数据、人工智能以及5G等各类技术于电信企业当中得到了广泛的应用,这不仅推动了业务方面的发展,而且促使管理领域发生了变革,与此也使得信息安全风险变得更加复杂。电信企业属于关键信息基础设施范畴,其信息安全治理的水平对于企业的稳定运行以及社会公共安全而言有着极为重要的影响。文章就数字化转型背景下电信企业信息安全治理的相关问题展开分析,还对提升信息安全治理能力的具体实施路径进行了探讨,期望能够为电信企业在实现安全与发展协调推进方面给予一定的参考。

**[关键词]**数字化转型; 电信企业; 信息安全; 安全治理

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18750

中图分类号: F275

文献标识码: A

### Research on Information Security Governance of Telecommunications Enterprises under the Background of Digital Transformation

HUANG Jie

Ili Kazakh Autonomous Prefecture Branch of China Telecom Corporation, Yining, Xinjiang, 835000, China

**Abstract:** In the context of digital transformation, various technologies such as cloud computing, big data, artificial intelligence, and 5G have been widely applied in telecommunications enterprises. This not only promotes business development, but also leads to changes in the management field, making information security risks more complex. Telecommunications companies belong to the category of critical information infrastructure, and their level of information security governance has a crucial impact on the stable operation of the enterprise and social public safety. The article analyzes the relevant issues of information security governance in telecommunications enterprises under the background of digital transformation, and explores specific implementation paths to enhance information security governance capabilities, hoping to provide some reference for telecommunications enterprises in achieving coordinated promotion of security and development.

**Keywords:** digital transformation; telecommunications companies; information security; security governance

#### 引言

随着数字经济快速向前发展,新一代信息技术也得到了广泛运用,数字化转型已然变成电信企业提高运营效率以及服务能力的关键战略走向。云计算、大数据、人工智能还有5G等技术都融入到了电信网络以及业务系统之中,在推动业务模式创新以及管理方式变革的时候,还让信息系统架构变得更为复杂,数据资源也高度集中起来,信息安全风险呈现出多样且动态的特性。作为国家关键信息基础设施的重要部分,电信企业在确保通信网络稳定运行以及用户信息安全方面肩负着重责,信息安全治理水平直接关乎企业可持续发展以及社会公共安全。在数字化转型不断推进的形势下,信息安全问题已经从单纯的依靠技术来防护的问题转变成了涉及制度建设、组织管理以及风险控制

制的综合性的治理难题。鉴于此,本文围绕数字化转型背景下电信企业信息安全治理来开展研究,通过对电信企业信息安全治理的实际状况以及主要挑战加以分析,去探讨提升信息安全治理能力的具体实施途径,期望能给电信企业达成安全与发展协同推进给予一定的参考。

#### 1 电信企业数字化转型的技术特征

电信企业数字化转型的技术特征主要表现为网络运维的自动化与智能化、基础设施的云化与虚拟化以及系统架构的融合化发展。通过引入人工智能、机器学习和大数据分析技术,电信企业不断提升网络运维的智能水平,实现对故障、资源和性能的精细化管理;依托云计算和网络功能虚拟化技术,构建灵活可扩展的IT基础设施,为业务的快速部署和资源动态调配提供支撑;同时,通过数据

融合与平台化建设,打破传统业务域之间的数据壁垒,强化数据治理和业务洞察能力。在此基础上,5G技术与边缘计算的深度集成进一步满足了多样化业务场景对网络性能和可靠性的需求,而IT与CT技术的深度融合,则有效提升了网络运维效率与业务目标之间的协同水平,为电信企业数字化转型提供了坚实的技术基础。

## 2 电信企业信息安全治理现状与问题分析

### 2.1 电信企业信息安全治理体系现状

随着数字化转型持续推进,电信企业搭建起涵盖网络、系统、数据以及业务全流程的信息安全治理体系。从架构来看,多数电信企业依照国家网络安全法律法规、行业规范,凭借企业内部安全管理制度构建信息安全治理架构,把信息安全融入企业整体治理与风险管理体系。在组织方面,信息安全治理一般由企业高层推动,相关部门协同参与,涉及网络安全、数据安全、系统安全及运行安全等方面;在制度层面,电信企业大多制定了信息安全管理办法、数据管理规范以及应急处置流程,对系统建设、业务运行和人员行为加以约束;在技术层面,逐渐引入身份认证、访问控制、安全审计以及态势感知等手段,针对关键信息基础设施和核心业务系统开展分级分类防护。

### 2.2 信息安全组织架构与责任分工分析

在当下的治理实践当中,电信企业大多都搭建起了相对完备的信息安全组织架构,并且把信息安全管理方面的职责融入到了企业的整体管理体系里面。就组织架构的设置情况而言,信息安全相关的工作一般是由企业高层来统一给予领导,像信息技术、网络运维、业务管理以及审计等诸多相关部门会一同参与到其中,由此便形成了多个部门协同开展工作的管理格局。各个层级的组织在信息安全治理工作当中肩负着不一样的职能,其中高层主要侧重于战略层面的决策以及总体上的管控事宜,而中层部门则是负责落实各项制度、开展风险识别以及做好日常管理工作,至于一线从事业务和技术工作的人员,则是直接去承担那些具体的执行任务<sup>[1]</sup>。不过,在实际的运行过程当中,因为业务条线众多、系统规模庞大、管理层级较为复杂,所以不同部门在信息安全职责的边界界定、协作机制的构建以及权责的划分等方面,依旧存在着一定程度的交叉与模糊不清的情况,信息安全责任在纵向的传导过程以及横向的协同配合当中很容易受到各种影响,最终会对整体的治理效能起到一定的制约作用。

### 2.3 信息安全制度与流程执行情况分析

在电信企业的信息安全治理实际操作当中,信息安全方面的制度以及相关流程,大体上已经构建起一个比较完

整的框架体系,这里面包含了安全管理制度、操作规程、应急响应流程还有责任分工等诸多内容。然而在具体的执行环节,依旧存在着一些颇为凸显的欠缺之处。部分制度仅仅停留在文本形式上,其更新速度赶不上云计算、大数据、人工智能等新技术的实际应用状况,这就使得制度和业务的发展出现了脱节的情况,在实际的操作过程当中,这些制度所具有的可执行性以及指导性都显得不是很强。制度落实方面存在着“重制定、轻执行”这样的情况,安全流程在日常的运维工作以及业务高峰期的时候,很容易被简化掉,甚至会被绕过去,特别是在系统变更、权限审批以及外包运维管理等这些环节,流程执行的力度不够严格,存在着一定的管理漏洞。再者说,跨部门之间的协同配合不够充分,这也是对流程执行产生重要影响的一个因素,信息安全责任在网络、业务、运维等部门之间,其边界划分得并不清晰,如此一来,在制度执行的过程当中,就容易出现互相推诿或者重复管理这类情况。

### 2.4 技术防护与监测能力建设现状

在信息安全治理的具体实践当中,电信企业不断加大针对技术防护以及安全监测能力方面的投入力度,进而逐步搭建起能够涵盖网络、系统还有数据等多个层面的技术防护体系。从技术防护这个角度来讲,企业在核心网络以及关键业务系统里都部署了像防火墙、入侵检测与防御、身份认证、访问控制以及数据加密这类安全技术,以此来对重要信息系统展开分级分类式的防护操作。而在安全监测这块,凭借集中运维平台以及安全管理系统,对网络的运行状态、系统的日志以及异常行为加以持续不断的监控与分析,从而达成对部分安全事件的实时发现与响应效果。不过,伴随云化架构、业务平台化以及数据集中化的程度一步步提高,信息系统的结构变得越来越复杂起来,安全监测的对象以及数据规模也在快速地扩大<sup>[2]</sup>。如此一来,现有的技术手段在监测覆盖的范围、关联分析的深度以及风险识别的及时性等诸多方面面临着一定的压力,技术防护与监测能力实际所呈现出来的效果在不同的业务场景之中也体现出了一些差异化的特征。

## 3 电信企业信息安全治理实施路径与保障措施

### 3.1 完善信息安全制度与标准体系

在数字化转型不断向前推进的大背景之下,完善信息安全制度以及标准体系,对于电信企业来讲,其是提升信息安全治理能力所不可或缺的基础性保障所在。从一个方面来讲,得依据国家层面有关网络安全、数据安全还有个人信息保护等方面的诸多相关法律法规的要求,对现有的信息安全管理制度展开系统的梳理与整合工作,进而形成

一套能够贯穿网络建设、系统开发、业务运行、数据管理以及运维管理整个过程的制度体系,以此来保证各类安全要求能够在企业内部做到有章可循、有据可依。从另一个方面来讲,要围绕电信业务自身的特点以及数字化应用的具体场景,去建立起统一、清晰并且具有可操作性的信息安全标准,把安全要求进一步细化成为具体的各项技术规范以及操作准则,并且把这些规范和准则融入到项目建设、业务上线以及日常管理流程当中。与此借助制度和标准所具备的动态更新机制,能够及时地对新技术的应用情况以及业务模式的变化作出响应,以此来强化制度体系的适应性以及前瞻性,促使信息安全治理在企业内部达成规范化、制度化以及常态化的运行状态,从而为实现整体的安全治理目标给予强有力的支撑。

### 3.2 加强信息安全技术防护与能力建设

在数字化转型这样的大背景之下,电信企业所面临的各种安全威胁呈现出复杂化、隐蔽化以及系统化等诸多特点。所以,强化信息安全技术防护以及相关能力的建设,已然成为确保业务能够连续开展以及数据安全无虞的关键所在。电信企业应当从整体架构这个层面上去对安全技术布局加以统筹安排,围绕着通信网络、业务系统、云平台还有数据资源等这些重点方面的对象,去构建起一个多层次且具备纵深防御特性的技术防护体系,要让安全能力能够贯穿在整个系统从规划到建设再到运行直至维护的整个过程之中。在此基础之上,还应当进一步强化安全监测以及分析的能力,借助集中化的安全管理平台,针对网络流量、系统日志以及用户行为展开持续不断的监控活动,并且对其进行关联分析,以此来提高对于异常行为以及潜在风险的识别精准度以及响应处理的效率<sup>[3]</sup>。与此由于云计算、大数据以及人工智能等一系列技术在电信业务当中得到了极为广泛的运用,所以在信息安全技术能力的建设方面,还得更关注其能否适应业务融合以及架构发生变化的情况,促使安全防护从原先单一设备的防御模式朝着体系化并且智能化的方向不断演进,让技术防护能力可以与业务发展的规模以及复杂程度相契合,进而切实有效地支撑电信企业在数字化转型过程中实现安全稳定的运行状态。

### 3.3 推进安全意识培训与专业人才培养

在电信企业信息安全治理具体实施进程当中,推动安全意识培训以及专业人才的培养工作,这无疑属于提升整体防护能力的关键保障举措之一。一开始,得面向全体员工去构建起分层分类的信息安全意识培训体系,并且依据岗位职责方面存在的不同差异来制定出具有针对性的培

训相关内容。对于管理层而言,应当着重强化其安全治理方面的理念认知、合规责任的理解以及风险决策的能力提升;而对于技术人员来讲,则需凸显网络安全、数据安全以及系统防护等方面的专业技能方面的培训内容;至于普通员工,那么侧重点就放在在日常操作规范、数据保护意识以及常见安全威胁的识别能力上,以此来防止因为人为出现的失误而引发相应的安全事件。接着,要结合电信业务自身的特点以及新技术的发展走向趋势,持续不断地开展专业化且实战化的培训活动,借助案例分析、攻防演练以及应急演练等多种方式,提升员工面对复杂安全场景时的应对能力,从而让培训的实际成效得以进一步增强。与此还应当对信息安全专业人才的培养以及引进机制予以完善。从一个方面来讲,可通过内部选拔、岗位轮换以及专项培养计划等方式,打造出一批既了解通信业务又熟悉信息安全技术的复合型人才团队;从另一个方面来讲,要积极地引进高水平的网络安全专家以及技术骨干,以此来补充关键岗位所需的力量。

### 3.4 强化安全合规与监督考核机制

在电信企业开展信息安全治理工作期间,强化安全合规以及监督考核机制,这对于各项安全制度能够切实有效地落实下去而言,是极为重要的保障措施。一方面要建立起与国家层面的网络安全相关法律法规、行业监管方面的要求以及企业自身的内部制度相互衔接起来的合规管理体系,把信息安全合规方面的具体要求细化落实到像网络建设、系统运维、数据处理、业务外包等一系列具体的业务环节当中去,进而形成清晰明了且具备实际操作性的合规清单以及责任台账,以此来保证每一项工作都能够做到“有章可循、有据可查”。另一方面需进一步完善监督检查机制,采用日常巡查、专项检查以及内部审计相结合的方式对安全制度的实际执行情况展开常态化的监督,尤其要着重加大对权限管理、系统变更、数据使用以及第三方合作等存在较高风险的环节的检查力度,以便及时地发现其中存在的隐患并加以整改。除此之外,还要构建起科学合理且行之有效的考核评价体系,把信息安全合规的具体情况纳入到部门以及个人的绩效考核范围之内,明确各项考核指标及其所占的权重,对于那些执行情况到位并且取得明显成效的部门给予相应的激励,而对于出现违规行为的情况则要实行责任追溯以及问责处理,以此来强化制度所具有的约束作用<sup>[4]</sup>。与此还需引入信息化的相关手段来为监督考核提供有力支撑,借助安全管理平台达成过程留痕、数据可视化以及自动预警等效果,从而提升监督工作的效率以及透明程度。

### 3.5 构建持续改进的信息安全治理机制

在数字化转型进程逐步推进且安全威胁始终处于演变态势的背景之下,构建起能够持续改进的信息安全治理机制,这无疑是保证电信企业信息安全体系可以实现长期且有效运行的重要保障所在。信息安全治理绝不能仅仅停留在开展一次性制度建设或者采取阶段性管理举措这样的层面,相反,应当形成一套贯穿于规划、实施、评估以及优化整个过程之中的动态管理机制,借助定期对安全风险变化情况、治理效果状况以及管理短板方面加以评估的方式,及时地去调整治理的重点所在以及管理的方式方法。电信企业有必要把风险评估、安全审计还有运行反馈等诸多环节都纳入到常态化的管理流程当中来,让信息安全治理能够随着业务的发展进程、技术的更新换代以及外部环境的变化情况不断地进行迭代升级操作。与此通过针对治理经验展开系统的总结以及对改进成果予以持续的固化处理,促使信息安全管理从单纯的被动响应模式朝着主动预防模式转变,进而强化治理体系所具备的适应性、韧性以及可持续性,以此为电信企业数字化转型给予稳定且长期的安全保障。

### 4 结语

在数字化转型不断向前推进这样的大背景之下,电信企业的信息安全治理已然变成了保障其业务能够稳定地运行以及达成高质量发展的极为关键的基础所在。仔细分析电信企业数字化转型所呈现出的技术方面的特征还有其信息安全治理当下的实际状况可以发现,信息安全方面

存在的那些问题已经开始从单纯的某一技术层面逐渐朝着制度层面、组织层面以及管理层面等多个不同的维度去不断地延伸拓展开来,并且对于信息安全治理的要求也在随着时间的推移而不断地提高起来。本文紧紧抓住电信企业在信息安全治理过程当中所实实在在面临的种种现实问题,深入探讨了与之相对应的实施的具体路径以及相关的保障举措,其根本目的就在于促使信息安全治理能够和数字化转型一道实现协同并进的发展态势。在未来,伴随着新技术以及新的业务形态不停地涌现出来,电信企业的信息安全治理依旧需要持续不断地加以完善并且做出动态性的调整,唯有如此才能够使得整体的安全水平得以不断地提升上去,进而为整个行业能够健康良好地发展以及社会公共安全能够得到切实有效的维护给予强有力的支撑与保障。

### [参考文献]

- [1]崔亮亮.绽放信息通信技术服务能力[N].通信产业报,2025-09-08(16).
  - [2]晓镜.为数字化转型提供充沛动能[N].人民邮电,2023-05-19(01).
  - [3]杨官荣.信息通信企业携手助力昆明数字化转型[N].昆明日报,2025-05-13(01).
  - [4]董鑫.电信企业多维筑牢出海“数字保障网”[N].国际商报,2025-09-25(03).
- 作者简介:黄洁(1979—),毕业于南开大学信息安全专业。

## 浅析基于大数据的工程造价结算审核方法

石伟

中车株洲电力机车有限公司, 湖南 株洲 412001

**[摘要]**在大数据时代, 各类工程项目涉及的数据量急剧增加, 传统的工程造价结算审核方法已经无法满足快速、准确、全面的需求。大数据技术以其强大的数据处理和分析能力, 为工程造价结算审核提供了新的解决方案。文章首先分析大数据技术对工程造价审核结算的重要意义, 其次, 深入剖析大数据应用的基础架构, 系统研究核心审核方法, 并提出保障措施, 旨在推动工程造价管理的现代化转型, 提高工程建设的质量和效益。

**[关键词]**大数据; 工程造价; 结算审核; 厂区工程; 审核方法

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18757

中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

### Brief Analysis of the Audit Method for Engineering Cost Settlement Based on Big Data

SHI Wei

CRRC Zhuzhou Electric Locomotive Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan, 412001, China

**Abstract:** In the era of big data, the amount of data involved in various engineering projects has increased sharply, and traditional methods of engineering cost settlement and review can no longer meet the needs of speed, accuracy, and comprehensiveness. Big data technology provides a new solution for engineering cost settlement review with its powerful data processing and analysis capabilities. The article first analyzes the significance of big data technology in engineering cost audit and settlement. Secondly, it deeply analyzes the infrastructure of big data applications, systematically studies core audit methods, and proposes safeguard measures, aiming to promote the modernization transformation of engineering cost management and improve the quality and efficiency of engineering construction.

**Keywords:** big data; engineering cost; settlement review; factory engineering; review method

### 引言

在当今数字化时代, 大数据技术的迅猛发展正深刻改变着各行各业, 其中, 工程造价结算审核领域也不例外<sup>[1]</sup>。随着工程项目规模的不断扩大与复杂化, 传统的手工审核方式已难以满足高效、精准的需求。大数据技术的应用, 为工程造价结算审核注入了新的活力<sup>[2]</sup>。通过对海量工程数据的收集、整理与分析, 能够迅速识别成本波动、潜在风险, 并基于历史数据与实时市场信息, 为审核工作提供科学依据。该技术不仅极大地提升了审核效率, 还增强了审核结果的客观性和准确性, 为工程项目的成本控制与决算管理提供了强有力的支持, 推动了工程造价行业的数字化转型与智能化升级<sup>[3]</sup>。

### 1 在工程造价审核结算中大数据技术的重要性分析

在工程造价审核的结算环节中, 大数据的应用尤为关键, 伴随着工程建设领域的快速发展, 项目不仅类型

繁杂, 而且规模庞大。然而传统的人工审核模式在应对多元企业大量的数据时存在精确度不高, 核查效率低下等弊端, 无法满足当下对高效、精准审核的迫切需求。而大数据技术, 以其强大的数据处理和分析能力, 为工程造价审核结算带来了革命性的变革<sup>[4]</sup>。大数据技术因其强大的数据处理能力, 可以快速分析和处理海量工程数据, 有助于提高工程造价审核环节的工作效率与准确性, 为审查人员提供数据支撑, 更准确的对项目成本进行评估, 从而确保工程造价结算文件的准确性、合规性和合理性。大数据因其强大的数据处理与分析能力, 有助于及时发现核查过程中所存在的风险与问题, 在工程造价审核结算方面, 应用大数据技术通过收集、分析历史数据, 发现潜在的问题规律, 并以此为依据, 为审核人员提供有针对性的建议, 可以有效减少人工审核的精力消耗与时间, 进一步提高工程造价审核结算工作的质量与效率<sup>[5]</sup>。与此同时, 大数据技术的实时数据监控能

力，可以对工程造价审核结算过程中的各类数据进行实时监控，及时发现异常情况，及时发出警报，在第一时间进行处理，进一步提高审核的准确性。此外，大数据技术还可以提升工程造价审核结算的决策水平。通过对数据的深度剖析，梳理项目进展过程中的关键因素与核心影响因素，为决策者提供更加科学、合理的建议<sup>[6]</sup>。帮助决策者更加及时全面地了解项目的实际状况，提高决策的准确性和有效性<sup>[7]</sup>。

## 2 基于大数据的工程造价结算审核基础架构

### 2.1 数据来源体系构建

#### 2.1.1 工程全生命周期内部数据

工程全生命周期内部数据贯穿于工程建设全流程，是结算审核核心依据<sup>[8]</sup>。在设计阶段，主要涵盖设计说明，施工图纸等相关数据，为后续造价控制奠定技术基础；在招投标阶段，主要包括招标控制价，工程量清单，投标报价等数据文件，对计量规则、计价依据、合同条款确定方式等商务条款进行了明确；在施工阶段所产生的材料核价单、变更签证等过程数据，主要反映了工程的实际施工情况，为结算审核提供佐证。至结算阶段，汇总了合同价款、变更调整、索赔处理等结算要素，构成审核工作的核心对象。

#### 2.1.2 外部公共数据资源

外部数据资源可为结算审核工作提供多维度的专业参考依据，主要涵盖各类取费费率标准、工程造价定额体系、税收政策法规等；建材市场价格数据包括实际成交价、官方指导价、价格波动趋势，为材料价格审核提供支撑；同类工程历史数据可作为横向对比基准，提升审核的合理性<sup>[9]</sup>；此外，还包括地质勘察数据、气象数据等，有助于核实异常成本支出的客观性。

#### 2.1.3 第三方数据资源

第三方数据作为内部数据与外部公共数据的有益补充，能够增强审核工作的全面性与精准性。具体而言，第三方造价机构的专业数据库、行业协会发布的权威造价报告以及金融机构的贷款资金流向数据等，可为审核提供多维度、深层次的参考依据；在材料价格审核环节，通过引入第三方电商平台的建材销售数据及物流成本信息，能够从市场交易实际出发，对材料价格的真实性与合理性进行交叉验证，有效提升审核结论的公信力。

### 2.2 数据处理流程

基于大数据的工程造价结算审核数据处理流程，涵盖数据采集、清洗、整合及存储四大核心环节，具体如下：

**数据采集：**自动化与人工采集结合。内部结构化数据（如工程量清单、合同）经系统接口导入；非结构化数据（如施工图纸）用 OCR 识别转化；外部公共数据靠网络爬虫抓取官网、行业平台信息；第三方数据通过与合作机构构建共享接口采集。

**数据清洗：**着重处理数据质量，先剔除重复、错误（如工程量、材料价错误）及关键信息缺失（如无签字的变更签证）数据；再统一数据格式、计量单位、编码规则；最后校验数据逻辑一致性（如材料消耗量与工程量、费用计取与定额标准）。

**数据整合：**依厂区工程类型（道路等）与审核维度（工程量等）分类整合清洗后数据。以唯一工程 ID 关联同一工程各阶段数据，构建关联模型，实现工程量等要素智能关联，为审核分析打基础。

**数据存储：**采用分布式（如 Hadoop、Spark 存非、半结构化数据）与关系型（如 MySQL、Oracle 存结构化核心业务数据）数据库结合架构，同时建立备份与加密机制保障数据安全完整。

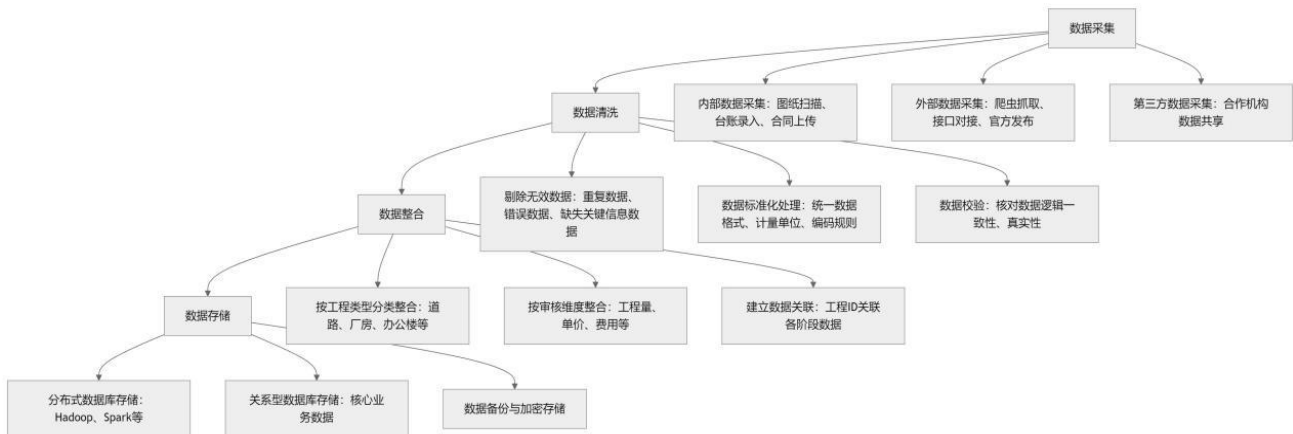


图 1 采集、清洗、整合及存储四大核心环节图

## 2.3 技术支撑体系

大数据处理技术（如分布式计算、数据挖掘、可视化技术）可高效处理厂区工程数据，挖掘潜在关联，直观展示审核结果；人工智能技术（机器学习、自然语言处理、计算机视觉）提升审核智能化，实现自动审核、信息提取与图纸比对；BIM 技术提供三维数据支撑，自动计算工程量、动态跟踪成本、核查隐蔽工程；区块链技术提升审核数据公信力与安全性，实现数据不可篡改、全程追溯及多方共享。

## 3 基于大数据的厂区工程造价结算审核核心方法

### 3.1 工程量审核方法

#### 3.1.1 基于 BIM+大数据的工程量自动计算

工程量审核作为结算审核工作的核心基石，其精准程度直接影响工程造价的准确性。在开展厂区工程的工程量审核工作时，需针对不同工程类型的特点，充分借助大数据技术的强大优势实现工程量的自动计算、智能化比对与偏差分析。针对厂区厂房、办公楼等结构复杂工程，构建 BIM 三维模型，借助大数据技术深度整合建筑构件信息与设计图纸数据，实现自动计算工程量。将设计图纸导入专业建模软件生成 BIM 并传至大数据平台；再由平台用机器学习识别构件类型，并匹配计算规则；最后系统依据匹配结果自动完成工程量计算。针对厂区道路工程这一特定场景，系统可智能关联路面宽度、厚度、材料类型等道路设计参数，自动计算基层与面层的工程量。

#### 3.1.2 多源数据比对的工程量偏差识别

借助大数据技术对施工过程中的多源数据进行深度整合，构建工程量比对模型，旨在精准识别施工过程中的工程量偏差情况。通过建立施工日志与工程量清单之间的关联，核查施工进度与完成情况匹配性，保障项目数据真实可靠。整合工程变更签证与原始工程量清单，运用专业方法和标准流程核实变更计算的合规性，保障工程费用计算的准确性与公正性。

#### 3.1.3 隐蔽工程工程量的大数据核验

在厂区工程建设领域，隐蔽工程（诸如厂房基础、道路基层、地下管线等）存在特殊性，因其施工完成后往往被后续工程所覆盖，难以通过直观方式进行核查，给工程量的精准审核工作带来了极大的挑战。基于大数据技术的审核方法，整合验收记录、材料出入库台账、工程影像资料等数据，构建间接核验体系。具体而言，运用先进的计算机视觉技术对工程影像进行智能识别，从中精确提取尺寸参数，生成具有高度准确性的尺寸比对清单，为隐蔽工程等审核工作提供可靠依据。

## 3.2 工程单价审核方法

### 3.2.1 多维度材料价格数据库构建

工程单价审核是控价的关键，厂区工程材料、设备品类比较多、单价波动大。需整合内外部及第三方数据，构建多维度厂区工程材料价格数据库，涵盖常用材料基础、实时价格及波动趋势等信息。数据来源包括施工方采购资料、造价管理部门信息、电商平台数据、行业协会指数及历史工程数据，并通过应用大数据技术以确保数据的时效性与准确性。

### 3.2.2 材料单价的智能比对与偏差分析

借助大数据分析技术，从多维度对施工单位所提交的结算材料单价与既定价格数据库中的数据进行全面比对，以识别其中存在的偏差。一方面将施工单位结算材料单价与同期市场平均价格进行比对，同时与官方发布的价格指导价展开对照分析，超合理范围即刻将其标记为可疑数据，以便后续进行核查和处理；另一方面是分析价格的波动趋势，若其与施工期内的预期趋势存在偏差则发出核查提醒。再者，要细致关联并比对材料品牌、规格、产地等关键信息，防止以次充好、虚报高价等行为的出现。此外，将当前价格与历史同类工程单价进行对比分析，偏差大则结合工程情况分析原因。

### 3.2.3 定额套用大数据合规性审核

定额套用是工程单价计算的核心基准，基于大数据的审核方法通过深度整合各类定额标准以及丰富的历史数据资源建立审核模型，实现自动化的合规审核。首先全面比对结算资料与数据库信息，对定额子目套用的准确性展开细致核查，运用先进的机器学习算法构建出错误识别模型，自动识别当前结算资料中可能存在的类似错误，确保审核的准确性，提高审核效率。紧密结合工程实际情况，对定额换算的合规性以及系数的准确性进行严格核查。

### 3.2.4 人工、机械单价的大数据审核

针对厂区工程中人工与机械使用费用的审核工作，整合工程所在地各类工资相关数据，建立人工单价，作为审核基准。收集工程常用机械的市场价格数据，综合考虑机械的性能参数、使用年限、品牌差异等因素对价格的影响，构建全面、准确的机械单价库。在审核机械厂区工程中人工与机械使用费用时，将结算中的人工、机械单价与数据库中的对应数据进行比对。

## 3.3 费用计取审核方法

### 3.3.1 计取依据的大数据整合与比对

在费用计取审核工作中，需着重聚焦措施费、间接费、利润以及税金等各项费用的计取情况，严格审查是否合规

准确。利用大数据收集行业标准规范,政策法规文件、施工合同等相关数据,建立依据库。在核查时通过信息化系统可以自动提取结算费用计取信息,同时可以与依据库中的数据展开对比,以此来观察核查依据的合规性。同时,核查的过程中应用自然语言处理技术能够对合同中的模糊表述进行细致分析,明确计取原则,避免审核误差。

### 3.3.2 费用计取的逻辑一致性审核

运用大数据关联分析技术对费用计取逻辑的一致性展开深度核查,以识别错误。具体而言,着重关联直接工程费与措施费的相关数据,细致核实取费基数同工程量、单价之间的匹配程度,确保各项费用计取合理合规。借助历史同类工程费用比例指标,将其与待审工程展开对比分析。一旦发现偏差,偏差已经超出了预期的合理范围后,系统可以自动触发预警。

### 3.3.3 变更签证费用的大数据专项审核

变更签证费用是厂区工程结算重点难点,基于大数据的审核方法整合多类数据实现专项审核。通过关联分析施工日志、验收记录等相关资料,系统核查工程变更签证的真实性及其合规性,确保所有变更均具备有效依据且符合既定规范。依托先进的大数据模型对各项费用占比进行精准测算与分析,若发现费用占比超出合理范围,则进一步深入核查,判定是否存在不合理变更情形。此外,联原工程量清单与变更签证的详细数据,构建全方位数据比对机制,精准识别并有效防范费用重复计取风险,确保费用核算的准确性与合规性。

## 4 结论

在大数据背景下,结合厂区内多种工程场景,构建针对性、科学的大数据的审核架构,提出涵盖工程量、单价、

费用计取的审核方法。通过本文研究结果可以看出这种方法可以对全生命周期数据进行高度整合与利用,通过借助先进的智能技术手段,如人工智能、物联网等,可以达成审查流程的自动化,确保审查结果的精准化,同时可以提升审查工作的效率,进而有效控制造价风险,推进项目的顺利进行。

### [参考文献]

- [1]宿建祥.建筑工程造价预结算审核优化策略分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)经济管理,2024(2):143-146.
- [2]杜康.建筑工程造价预结算审核工作要点及管理措施分析[J].建筑与装饰,2024(13):4-6.
- [3]陆华.浅谈建筑工程造价预结算审核优化策略[J].中国科技期刊数据库工业 A,2023(3):120-123.
- [4]刘厚飞,周琦.基于数据库的轨道交通工程造价数据利用研究[J].建筑经济,2020,41(1):84-87.
- [5]高松敏,徐梅,孙海伟.建筑工程造价预结算审核工作要点分析[J].中国产经,2024(8):98-100.
- [6]何馨.大数据对提高工程造价预结算审核的价值分析[J].散装水泥,2024(2):168-170.
- [7]张蓓莉.建筑工程造价预结算与成本管理的关联性研究[J].中国建筑金属结构,2024(2):178-180.
- [8]沈娴钰.建筑安装工程造价咨询过程跟踪与结算审核研究[J].工程技术研究,2024(4):155-157.
- [9]郭华莹.大数据技术对提高工程造价预结算审核的价值分析[J].建筑与预算,2024(1):46-48.

作者简介:石伟(1989.4—),单位名称:中车株洲电力机车有限公司,毕业学校和专业:华中科技大学测控技术与仪器。

## 绞吸挖泥船疏浚施工管理存在问题及对策研究

李焕章

长江南京航道工程局, 江苏 南京 211800

**[摘要]**伴随着水利、港口与航道疏浚工程的建设发展, 绞吸式挖泥船普遍应用于施工中, 但因其施工作业环境复杂、对机器设备要求严格等因素, 以及施工现场存在管理不到位的现象, 在使用中还存在着一些不足之处, 如组织不协调、机器设备保养维护不到位、安全管理不到位、环境保护落实不到位及质量检查不到位等。上述问题都直接影响到施工进度和工程项目的质量, 并产生相关安全隐患和环境污染。基于此现状, 文中进行分析, 找出原因, 并给出相关解决对策。此项研究的意义就是为了给疏浚工程施工提供相应的管理参照, 从而提高项目部工作效率、保证工程质量、加强安全生产和施工环境保护, 进而促进公司工程建设项目的顺利开展和持续稳定发展。

**[关键词]**绞吸挖泥船; 疏浚施工; 施工管理; 问题及对策

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18754

中图分类号: U445

文献标识码: A

## Research on the Problems and Countermeasures of Dredging Construction Management of Cutter Suction Dredgers

LI Huanzhang

Changjiang Nanjing Waterway Engineering Bureau, Nanjing, Jiangsu, 211800, China

**Abstract:** With the construction and development of water conservancy, port and waterway dredging projects, cutter suction dredgers are widely used in construction. However, due to the complex construction environment, strict requirements for machinery and equipment, and inadequate management of construction sites, there are still some shortcomings in their use, such as lack of coordination in organization, inadequate maintenance and upkeep of machinery and equipment, inadequate safety management, inadequate implementation of environmental protection, and inadequate quality inspection. The above issues directly affect the construction progress and quality of the project, and generate related safety hazards and environmental pollution. Based on this situation, the article analyzes and identifies the reasons, and provides relevant solutions. The significance of this study is to provide corresponding management references for dredging engineering construction, thereby improving the work efficiency of the project department, ensuring engineering quality, strengthening safety production and construction environmental protection, and promoting the smooth and sustainable development of the company's engineering construction projects.

**Keywords:** cutter suction dredger; dredging construction; construction management; problems and countermeasures

### 引言

伴随着水利工程、港口工程和航道整治工程的快速发展, 绞吸挖泥船作为一种高效型的水下挖掘机械被广泛应用于河道清淤工程、航道加深工程与泥沙移动工程等当中。但是由于水下挖掘环境复杂, 如水流情况、水位状况、风浪情况与周围生态环境的复杂多样, 再加上机器操作难度大、施工过程步骤多而繁琐、管理制度较复杂等原因, 在进行绞吸式挖泥船的施工时, 常会发生效率低、质量不符合标准、机器损坏频繁、存在较大的危险性以及环境保护落实不到位等诸多问题。上述问题不仅会导致施工进度延

迟、工程质量不过关, 而且还可能导致存在巨大的安全隐患、生态环境遭到破坏等情况的发生, 严重的还会增加施工项目的成本, 影响整个工程项目的长期发展。由此可以看出, 对绞吸挖泥船水下疏浚工程建设中遇到的相关施工管理问题进行全面剖析和深入了解, 并制定相应有针对性的有效解决策略和改善建议是非常有必要的。这对以后施工单位加强自身的施工管理能力、确保工程项目的安全与质量、减少施工项目的风险, 使施工企业能够长久地生存和发展下去有着重要的促进意义。鉴于此, 笔者将在文章中着重论述绞吸式挖泥船施工管理模式的特点、在施工中

所遇到的各种管理问题及其具体原因等内容,并结合工程实际对绞吸式挖泥船的施工管理问题加以分析,给出一些可行性较高的解决方案,希望能给工程施工者们一些相关的理论知识指导与实践经验帮助。

### 1 绞吸挖泥船施工管理特点

绞吸挖泥船施工管理突出体现在挖掘作业形式、船位固定方式、分区措施、技术准备工作和船舶的特殊结构上,是一个高技术水平并且需要周密计划的项目。其中,在挖掘作业和船位固定的形式上,依据不同的通航水域状况和船只配置情况采取横向开挖法、顺逆流作业等方式来适应不同的风浪条件、流速大小,并满足定位系统对船体稳固性和安全性的要求。对于分区措施来说,这是针对复杂环境的有效举措,分为超出长度限制分割区、弧线型接近直线路段分区、出于标准或工期的要求而划分区间和因外界因素影响下的适时切割断面,有利于提高工作效率和精确度。在技术准备环节上,则要求预先实施测量放线工作并形成完善的坐标体系与高程控制网,并严格对照图样及规章制度开展测定工作,从而保障了施工精准度和原始数据可溯源性。而在机械特点上,绞吸式挖泥船利用船首旋转式的绞刀对泥土进行搅动,而后借助于离心泵完成吸取、扬升和排出等步骤,尾部设置的定位桩和升降设备负责固定船体和挪移。因而,对施工现场管理者而言,既要兼顾到机器设备本身的状态,又要顾及管路铺设与排泥管道距离的问题等。

### 2 绞吸挖泥船疏浚施工管理存在的问题

#### 2.1 施工组织协调不够合理

绞吸挖泥船施工过程中施工组织安排不合理,也是制约工程效率和工程施工质量存在的突出问题,主要体现在各个施工步骤相互之间衔接不到位,施工工序编排不合理,导致挖泥船施工与其他辅助的运输船组以及陆域保障设备之间产生时间和空间上的矛盾冲突,从而降低了施工效率;各个参与工程施工单位之间的联络与信息传达不到位,施工现场指挥调度缺乏统筹协调,造成整个施工项目的资源利用不合理,机器设备空耗以及闲置等待的情况经常出现;现场施工作业人员对于施工过程的环节划分及自身所担负工作任务的认识存在差异,容易导致重复劳动或者任务缺失,增大项目安全风险,提升管理成本;施工方案应急措施不到位,在突发事件发生之后应对滞后,进而扩大施工组织的混乱程度。

#### 2.2 设备维护与管理不到位

而绞吸挖泥船在进行疏浚作业时,机械设备的管理和维修不到位也是影响施工效率和确保工程质量的关键问题之一。主要体现在机械经常性检查和保养不够规范,机

械核心部位磨损、老化及损坏不能及时得到反馈并解决,施工时常会发生机器故障甚至因此停机。并且对于所用器械缺少完整的使用记录报告,机械使用状况无系统化的数据记录追踪,这就造成机械管理者不了解其所负责机械的工作性能状况以及机器使用寿命等问题,导致机械施工进度无法合理规划等<sup>[1]</sup>。而且机械管理制度不全面,权责不清,机械使用者对所管辖机械的操作流程和机械保养常识了解不到位等情况都加大了机械使用的危险系数和机械磨损程度。

#### 2.3 安全管理体系不完善

而在绞吸挖泥船的疏浚项目当中,安全制度不健全也是造成整个工程安全以及人员安全的一大隐患。主要表现在施工现场的安全管理制度不够全面,对于一些安全的操作流程以及应急方案不够系统化、科学化且不够实用,以致施工人员在遇见紧急情况时不知道如何及时应对。并且在进行安全教育方面力度不够,有一部分施工人员不清楚机器设备的操作规程,不了解其中存在的危险因素、不清楚有关防护措施等,在施工过程中就容易出现一些由于自身失误而造成的人身伤害事故。再者,施工现场的安全巡视与监管并没有形成一个常态化机制,巡查工作做得不到位,导致施工现场存在的一些安全隐患没有被发现,或者即使发现了也没有得到相应重视,以至于没有及时处理,这样就使得施工现场存在的一些隐患以及风险得不到应有的重视,以致其不能得到有效治理。最后,安全管理方面的职责分配不明,各级管理者之间联系不够紧密,以致安全管理出现纰漏。

#### 2.4 环保与生态保护措施落实不力

关于绞吸挖泥船疏浚施工过程中出现的环境保护及生态对策执行不到位的情况,则是在工程施工环保方面的一大难点。主要体现在施工单位的实际操作过程中并没有给予环境保护足够的重视,缺乏相应的生态保护设计、施工环保对策措施,在此情况下会不可避免地在工程施工过程中会发生泥浆扩散、浑水以及对周围岸边生态的影响等问题。其次,施工过程产生的各类废水、废泥浆及其固体废物等污染物随意排放现象严重,部分污染物未经处理而直接排放至环境中,对水生动植物及周围生态系统带来一定威胁。最后,对于工程施工海域的生态监控及保护职责未能落实到位,环境保护管理制度欠缺,未建立针对工程施工可能带来的生态问题风险及后续监督制度,使得环保工作形同虚设。

#### 2.5 工程质量控制存在缺陷

在绞吸挖泥船疏浚施工中,施工质量管控不到位是制

约工程施工质量和工程长久可靠性的关键因素。主要体现在对于施工中的质量问题标准落实不到位,一些施工过程缺少必要的监督及检验步骤,导致挖掘深度、坡度、充填密实度等施工指标未能完全符合设计要求<sup>[2]</sup>。另外,在整个施工阶段对于输送排泥、落淤以及充填的质量情况查看不够精细,缺乏详尽的质量日志或者质量台账陈旧失修,从而导致后期难以精准把控项目真实状况。现场操作人员和监督管理者质量意识薄弱,未能熟练地理解掌握施工方法与作业规程,致使经常出现失误性违章和遗漏现象。

### 3 绞吸挖泥船疏浚施工管理对策与优化建议

#### 3.1 完善施工组织与计划管理

加强施工组织及计划管理是绞吸挖泥船疏浚工程项目顺利实施和质量保证的关键,它不仅仅涉及工程建设的速度,而且涉及到工程所需的各种资源,工程的安全问题,整个工程的风险是否可控等方面的问题。合理的工程施工组织需要根据工程量大小、现场施工条件、地质条件、水文气象特征等因素来编制一个系统化、可行性强的施工组织设计,并且将工程划分为各个施工环节,确定在施工中所用到的各种船只,包括绞吸式挖泥船、运输船队、陆域配套设施,还有就是参与此次工程的相关负责人及其相应工作和责任;施工计划一方面要保证施工的连贯性,另一方面又要具备一定的灵活性,制定出科学有序的工作顺序与时间节拍、关键节点,给一些突发事件,比如天气情况、机械损坏、施工过程中出现的一些突发情况,留有一定的机动安排。在现场施工时还需要形成一套完善的通讯联络及指挥网络系统,以便及时准确地把施工现场所发生的各种事情以及相关的施工技术和安全操作要点传达给每个施工人员,通过例会或者监控视频随时调整现场施工组织计划等。并且要使施工组织计划同项目的质量保证措施、安全防护体系、环境保护措施等有机结合在一起,做到人尽其用、物尽其用,使施工组织计划合理有效。

#### 3.2 强化设备管理与维护制度

加强机械设备及维修管理制度是保证绞吸式挖泥船疏浚工程施工作业正常进行以及工程质量和安全性的有力保障,主要目的是通过对机械设备的管理和维护制度化、规范化来提升整个机械设备的利用率、使用年限以及安全性。对于施工单位来说,必须要对所有机械设备建立健全设备使用档案,将每一条挖泥船以及相关的辅助设备的规格型号、使用性能、使用状况、历次故障及维修情况等信息都记录其中,使得机械设备管理者可以全面清楚地了解每一种机械设备的情况以及如何对其进行合理的调配。并

且针对每一种不同类型的机械设备制定详细的日常保养维护及定期检修方案,包括巡检、小修保养、大修保养、更换重要零件、紧急抢修等步骤,以此使机械设备即使是在超负荷工作情况下也能处于最佳运作水平。同时要加强对设备使用人员的操作培训,让相关使用人员能够真正熟悉和了解机械设备的各项指标参数和正确操作方法、检修流程,避免出现因为误判失误而造成的人为性损坏<sup>[3]</sup>。最后要形成一套完整的设备故障排查预警体系,利用各类感应器或者监控摄像装置,甚至是定期检测的方式,做到早发现、及时解决问题,避免将一个小的问题拖成大问题,从而导致整个项目的进度延误。

#### 3.3 健全安全管理体系

完善安全管理体系是绞吸挖泥船疏浚工程中保证人员生命财产和工程安全施工的关键所在,它是以健全系统的、制度化的安全管理体系为目标,把安全工作落实到整个施工过程的每一个阶段。具体在施工过程,首先要做的就是确定各个职位的安全管理责任,确立一个由上级至下级的责任链条,在工程负责人、项目经理直至每一个基层工人手中都有一份额属于自己的安全责任田。其次要制定详尽的安全管理制度以及安全生产的操作规定,如机械设备的操作步骤,施工现场存在的各种安全隐患及其应对策略,紧急情况应急预案以及安全事故上报程序等,让施工现场的一切活动都可以在有章可循的基础上有序开展。安全教育也是其中不可或缺的部分,有必要让每一个参与工程施工的人都接受定期的安全教育培训,增强人员的安全意识,学习正确的施工方式方法,并熟悉突发事件发生时的解决手段以及个人安全防护设备使用方法,还要综合考虑施工现场的具体环境因素组织相应的演习活动,提升大家的风险识别水平。最后要在施工过程中建立动态化安全监测预警体系,要落实现场监督巡视制度以及事故隐患自查模式,对施工现场进行每日巡视检查,定时开展风险分析,统计收集施工安全信息,从而能够第一时间获取施工现场的各项安全状态指标,并对可能出现的各种隐患做到防微杜渐,与此同时也可以借助信息技术实现对现场施工区域内的全方位安全状况实时掌握和反馈。

#### 3.4 加强环保与生态保护措施

落实环境保护以及生态措施是绞吸挖泥船疏浚施工可持续发展的体现,也是承担社会责任的表现,主要表现为把环境保护同工程施工有机结合起来,让工程行为对水域、周边海岸生态环境以及周围环境的破坏降到最低程度。具体施工时要结合施工作业带的环境特征和水面情况,实施合理的环境保护计划,对产生的泥浆流、悬浮物、噪音

震动以及产生的各种废弃物进行综合治理,严格按照国家和地方政府有关污染排放的标准执行。另外应当对施工使用的工具和技术加以改进,使用绿色环保机器,削减排放量,减少土地和水资源浪费。并制定施工现场废水、废弃泥、固体废弃物收集、处理和再利用制度,杜绝污染物未经处理直接排入环境<sup>[4]</sup>。而在施工时需要实施动态的环境调查,对周围的水质、泥浆沉积以及生态系统变化进行实时观测,并且针对调查情况及时调整施工手段来减轻生态环境扰动。强化环境保护和生态系统保护必须落实责任制,把环保规定作为考核指标加入到施工管理体系中,使每一个层次的建设者都能认真贯彻各项保护制度。

### 3.5 提升工程质量控制水平

提高工程质量管理水平是绞吸挖泥船疏浚施工作业管理中取得良好施工效果和保障持久工程可靠性的重中之重,关键是通过一系列规范化、标准化的质量管控方式,对整个工程项目的实施阶段进行全过程的质量跟踪监督和合理评价。具体落实到施工任务上,需要有一套完善质量保障体系,包括事前的技术文件学习、机械设备检查、作业队伍部署;事中的施工环节把控、质检流程规范、原始记录填写;事后的竣工检验评定,环环相扣。在实施施工时,一定要做好挖泥量、坡度大小、泥沙夯填程度、沉降分布等方面的实际数据记录和核验,保证达到施工图样及有关技术标准所规定的各项指标。另外要强化相关人员的质量观念,对参与人员进行施工工艺规范、工程质量要求、相关检查手段等方面的教育培训,做到每一个步骤都能按照规定来。通过采取一些信息化管理措施,例如现场

施工视频监控、数据收集统计软件,可以对工程的进展状况、质量指标、异常事件及时了解,让管理者更好地掌握一手资料以便做出正确判断。

### 4 结束语

绞吸挖泥船疏浚工程施工管理主要包括施工组织与协调、机务设备维护管理、安全管理及环境保护以及质量管理等方面的内容,通过对施工中存在问题的剖析,可以看出管理上的漏洞直接决定了工程效率的高低以及工程质量的好坏、工程的安全与否。而对上述方面的问题分别采取合理有效的施工组织协调方式、做好设备管理和维护工作、健全安全管理机制、强化环境保护意识和措施、严抓工程质量控制等措施,可以有效地提高施工管理水平,保证工程项目的顺利推进和长期稳定的发展,对于疏浚工程施工管理具有一定的实践借鉴价值。

#### [参考文献]

- [1]李付马,张君锋.绞吸式挖泥船疏浚施工技术[J].产品可靠性报告,2025(6):141-143.
- [2]盛文波.基于数据驱动的航道疏浚绞吸挖泥船施工优化[J].珠江水运,2024(15):104-106.
- [3]郭赞.深水港口航道疏浚中绞吸挖泥船施工工艺的优化探析[J].珠江水运,2024(3):122-124.
- [4]蔡振邦.耙吸挖泥船在常回淤航道疏浚施工中的运用分析[J].珠江水运,2020(24):63-64.

作者简介:李焕章(1972.1—),男,重庆江津人,汉族,中专学历,沿海一等船长,从事船舶管理和航道疏浚施工工作。

## 招标代理机构在建筑工程管理中的作用及其提升策略

何 卉

杭州建设工程造价咨询有限公司, 浙江 杭州 310000

**[摘要]**随着我国建筑行业的持续发展与工程项目规模的不断扩大, 建筑工程管理的复杂性日益突出。招标代理机构作为连接项目业主与施工单位之间的桥梁, 在建筑工程管理中发挥着不可或缺的作用。从项目招标策划、文件编制、投标评审审核到合同签订, 招标代理机构不仅提升了招标工作的规范性和透明度, 促进了公平竞争, 还有效降低了业主的管理成本与风险。与此同时, 招标代理机构在加强信息公开、推动技术创新及完善管理流程等方面具有积极意义。随着行业发展及相关政策的逐步完善, 招标代理机构亟需通过提升专业水平、加强团队建设、拓展服务内容、完善制度规范等策略, 进一步增强自身的服务能力和市场竞争力。深入研究招标代理机构在建筑工程管理中的作用及其提升路径, 不仅有助于工程项目管理水平的提高, 也为建筑行业的健康有序发展提供坚实支撑, 具有重要的现实意义和应用价值。

**[关键词]** 招标代理机构; 建筑工程管理; 服务能力提升; 风险控制; 制度规范

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18751

中图分类号: F244

文献标识码: A

## The Role and Improvement Strategies of Bidding Agencies in Construction Project Management

HE Hui

Hangzhou Construction Cost Consulting Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

**Abstract:** With the continuous development of Chinese construction industry and the continuous expansion of project scale, the complexity of construction project management is becoming increasingly prominent. As a bridge connecting project owners and construction units, bidding agencies play an indispensable role in construction project management. From project bidding planning, document preparation, bid review and approval to contract signing, bidding agencies not only enhance the standardization and transparency of bidding work, promote fair competition, but also effectively reduce the management costs and risks of owners. At the same time, bidding agencies have a positive significance in strengthening information disclosure, promoting technological innovation, and improving management processes. With the development of the industry and the gradual improvement of related policies, bidding agencies urgently need to enhance their service capabilities and market competitiveness through strategies such as improving their professional level, strengthening team building, expanding service content, and improving institutional norms. In depth research on the role and improvement path of bidding agencies in construction project management not only helps to improve the level of project management, but also provides solid support for the healthy and orderly development of the construction industry, which has important practical significance and application value.

**Keywords:** bidding agency; construction project management; improvement of service capability; risk control; regulations and standards

### 引言

伴随我国经济的迅猛增加与城镇化进程的持续加速, 建筑行业作为国民经济的关键支柱产业, 其工程项目的规模与复杂性连绵提高。此背景下, 合理、标准的建筑工程管理转变为保障项目顺畅执行与行业高水平进步的至关重要环节。招标代理机构依靠其专精的服务能力, 逐渐转变为链接项目业主和施工单位的中心枢纽, 对建筑工程管理活动带来了长远作用。依据《中国招标投标发展报告

2023》, 截止 2022 年底, 全国注册招标代理机构数量已经超越 2 万家, 每年平均加入各种工程招标项目达到数十万项, 表明其在工程管理体系中的关键地位 (来源, chinabidding.mofcom.gov.cn)。招标代理机构负责项目策划、文件编制、投标审查、合同洽谈等多个环节, 推动招标活动走向标准化和公开化的发展方向, 助力打造工程市场的公平竞争氛围, 同时改善各种资源的科学分配方式。工程管理方面的法律法规和行业政策不断健全, 造成招标

代理机构遇到服务质量提升、技术创新手段运用、流程管理方式改进等许多问题。当前研究主要关注招标代理机构招标流程中的常规作用和影响,针对工程管理全生命周期的长期价值意义以及长期改进路径的具体实证分析仍然不足。本文凭借建筑工程管理作为视角,系统整理并点评招标代理机构于里面施展的实际作用,分析当前具有的主要问题,并给出具有指向性的提高策略,期望为建筑行业工程管理水平提高与行业有序发展供给理论支撑与实践参考。

## 1 招标代理机构的基础概述

### 1.1 招标代理机构的定义与发展历程

招标代理机构负责连接项目业主和施工单位,属于非常重要的中介组织,专门管理工程项目从头到尾的招标工作。核心任务包括制定招标计划、编写相关文件、审查投标文件以及协助签订合同。这种机构最早出现在市场经济开始发展的时期,那个时候为了确保工程项目符合法律规定,做到规范合理,同时让资源分配更科学,招标代理制度慢慢建立起来。建筑市场不断完善,政府对工程质量要求越来越严格,这种机构得到了快速成长。从二十世纪开始,信息技术不断提升,相关政策也得到优化,这个行业实现了更标准的运作和更先进的管理方式。招标代理机构在技术上不断突破创新,通过专业服务帮助建筑行业变得更加公开透明,促进公平的竞争环境。作用非常关键,已经成为建筑工程管理中不可缺少的一部分。为了更好地满足项目需求,这些机构持续提高自身水平,适应市场变化,确保工程顺利进行,维护各方利益的平衡。

### 1.2 招标代理机构在建筑工程中的主要职能

招标代理机构承担建筑工程的主要任务,包含四个不同的工作内容。项目招标策划工作启动之后,招标代理机构会协助项目管理人一起拟定一份贴合工程实际情况和具体需求的详细招标计划,务必保证工程可以顺利展开并正常推进。招标文件编制任务启动时,招标代理机构会严格依据国家法律法规和工程技术标准,起草出一份既具法律效力又涵盖技术要求的招标文件,必须确保每一家有意参与投标的企业都能获得公平合理的竞争机会。投标评审和审查工作进行期间,招标代理机构会组织专业领域的专家对所有投标文件进行仔细评判,帮助项目管理人选出最合适的施工团队,同时尽量降低因选错团队而导致的各种潜在问题和风险。合同签订任务展开之后,招标代理机构会负责帮助起草合同文本并仔细检查每一条款,必须确保合同内容公平合理且符合国家法律的合规要求,为工程后续顺利推进提供可靠的法律保障和有力支撑。

### 1.3 行业现状与政策环境

建筑行业当前情况显示,招标代理机构发挥重要作用非常明显,但是必须承受专业水平需要快速提高并且市场竞争变得特别激烈造成很大压力。政策情况发生变化,政府发布了多部相关法律规定,目标让招标活动保持公开透明以及公正合理。这些政策措施有力促进招标代理行业走向规范道路,推动各个机构建立健全内部管理制度,从而满足行业快速变化发展需要。各个机构需要努力提升服务质量和技术能力,积极面对各种困难和问题。

## 2 招标代理机构在建筑工程管理中的作用

### 2.1 规范化招标流程与促进透明公开

建筑工程管理领域,招标代理机构肩负重要职责,制定规范化的招标流程来提升公开程度和透明程度,力求每一步操作都清晰。执行规范化的招标流程,需要认真编制招标文件的标准内容,严格把控投标活动的每个环节,确保评审投标工作公平进行,争取每一部分都符合规定。这样的流程能够保障所有参与方遵循统一的标准进行操作,降低各种可能出现的风险,让整个过程更加公平合理,保证工程项目能够顺畅推进,避免出现意外问题。招标代理机构会负责发布相关信息,借助多种平台将招标信息、评标结果以及具体过程呈现出来,方便大家查看。这样能让项目业主、投标单位以及普通公众都能清楚知晓相关情况,削减信息不平等的现象,做到大家心中有数。通过这些努力,可以打破信息壁垒,让外界对招标过程更加信赖,帮助建筑行业形成平等竞争环境和资源的合理分配,守护市场秩序的稳固发展,创造一个更好的行业环境。

### 2.2 降低管理成本与控制项目风险

招标代理机构在减少建筑工程管理成本与控制项目风险方面拥有关键作用。借助规范化、条理化的招标流程,招标代理机构协助业主高效缩减了在招标过程中的多余开支。此类规范化减少了由于实施不妥或信息不对称所造成的隐性成本。招标代理机构通过专家级的市场分析和风险评估,预先辨别项目隐性风险点,为业主给予恰当的风险回避建议。招标代理机构同时在合同谈判和签订过程中,拟定完备的风险分担机制,保障项目各方的权益与义务均获得适当分配,因此减少项目实施中的不稳定性与风险显现。

### 2.3 促进公平竞争与优化资源配置

招标代理机构负责建筑工程管理事务,依靠细致全面的招标方案和严谨认真的评审标准,促进了公平竞争氛围以及资源的合理配置优化。公开透明的招标过程中,代理

机构运用严格恰当的评审方式,使所有参与投标的企业能够站在同一起跑线上展开公平比拼,杜绝干预或者暗箱操作,保证工程项目维持公正。招标代理机构凭借专业的市场调查和分析能力,协助项目负责人制定资源挑选和配置的最优决策。这样做提高了工程品质和成本效益,也推动了建筑行业整体资源的高效合理运用。

### 3 当前招标代理机构面临的挑战

#### 3.1 专业能力与团队建设短板

招标代理机构如今建筑工程管理中面对着专业能力和团队搭建方面的巨大难题。因为建筑工程项目的规模越来越大,复杂程度也越来越高,所以对招标代理机构的专业水平要求变得更加严格。很多机构缺乏足够的高水平人才,培训工作也没跟上,这直接影响到项目管理的效果。行业内普遍存在团队搭建不完善、内部组织结构不合理的状况,所以处理复杂工程项目时,经常出现工作效率低下、团队之间配合不顺畅的问题。团队成员的专业技能不够强,项目管理经验也不足,导致招标代理工作的完成质量达不到合格标准。要解决这些问题,必须加大对专业人才的培养力度,多引进优秀人才,同时优化团队内部的组织结构,这样才能提升整体服务水平,进一步增强市场竞争能力。招标代理工作要想做到专业化和高效率,团队的搭建和发展显得特别重要。

#### 3.2 服务内容与技术创新不足

招标代理机构提供的服务内容和技术创新方面有着不少突出的不足之处,主要表现为服务覆盖面偏小,技术手段显得落伍。许多代理机构提供的服务仅仅局限于传统的招标流程,技术创新方面,信息系统的研发和应用显得非常落后,拖慢了工作效率的提高,也阻碍了服务向智能化方向迈进的步伐。缺乏对新技术的资源投入和实际运用,导致招标过程的透明度和高效率受到很大限制,难以适应建筑工程领域对管理要求的日益提升。这样的问题极大地削弱了招标代理机构在市场上的竞争能力,影响了整体发展前景。

#### 3.3 制度规范与信息公开障碍

招标代理机构对于制度规范和信息公开的问题遇到了很多困难。制度规范不够完善会导致招标流程不一致,增加出现腐败和不正当行为的可能性,直接影响到招标工作的公平和合理。关于信息公开,信息不对等的情况非常明显,披露的信息不够完整可能会导致投标方的不信任,减少投标方的参与热情,最终影响到整个投标活动的开展。由于没有足够先进的信息化平台作为支撑,信息公开的及时性和全面性得不到保障,限制了市场公平竞争的环境和

透明程度的提高。制度和信息公开方面的这些问题急需通过完善政策和采用先进技术手段来解决,必须尽快采取有效措施来改善现状。

### 4 招标代理机构服务能力的提升路径

#### 4.1 提高专业水平与人才培养

招标代理机构应当重视提升专业水平与人才培养,用顺应持续变迁的建筑工程管理需求。加强专业水平能够通过引入领先的国内外知识和技术,提高员工的专业素养以及实务操作能力。体系化培训和持续教育应变为常规,激励从业人员取得相关认证与资格证书,以保证团队一直处于行业发展的前沿。构建以学习为导向的企业文化,推动知识共享与交流,有利于提升团队整体能力。在人才培养方面,优化招聘流程,招揽高素质人才参与,借助拟定具吸引力的职业发展路径和激励机制,留住核心人才并调动其潜力。更深层次增加对后备力量的培养力度,通过与高校、科研机构合作,共同开发人才培养计划。借助以上措施,招标代理机构能提升竞争力,更优助力于建筑工程管理。

#### 4.2 拓展服务内容与技术应用

增加服务项目和采用新技术对提升招标代理机构的能力有很大帮助。依靠引进一些先进的科技手段,能更好地对工程项目的每一个环节进行实时跟踪和管理,这样做可以让工作效率变得更高,同时服务质量也能得到明显改善。通过使用大数据分析的方法,能够更准确地研究市场情况和提供决策方面的支持,从而制定出更好的招标计划。搭建一个数字化的平台,可以让业主和施工单位之间的交流变得更加顺畅,使得整个招标流程显得更加公平和迅速。扩大服务的内容范围,比如提供专业咨询和项目完成后效果评估这样的附加服务,能够更好地满足各种不同项目业主的具体需求,从而让客户感到更加满意,同时也增强在市场上的竞争实力。

#### 4.3 完善管理制度与流程优化

优化管理制度与完善流程为提升招标代理机构服务能力的核心途径。应当依托吸收先进的管理理念,建立完备的制度框架,确保招标工作的规范性与高效率。应当运用信息技术手段,完善工作流程,加强各环节的协同与衔接。借助流程重塑,减少冗余的操作步骤,提升处理速度与工作效率,加强对招标项目的全过程监管。逐步建立规范化作业流程,有助于提升服务质量,提高对市场动态的快速响应能力,增强客户认可度与信赖度。

### 5 结束语

本文通过全面性研究招标代理机构在建筑工程管理

中的核心作用,显然其不只给项目业主和施工单位之中构建了顺畅交流与合作的纽带,而且于标准化招投标流程、提高公开性、和维护公正角逐等方面展现了重大促进作用。现今行业的进步需求招标代理机构持续提升专精能力,强化团队建设,深入扩展业务内容,并且改进内务管理与外界规则规范,因此高效减少工程管理费用和隐患。招标代理机构在推动信息透明、促进科技革新、改善管理流程等领域拥有无可取代的价值,此对增强我国建筑工程项目全局层次与效能具有正面价值。招标代理机构遇到的供应模式比较单一,专业人才储备不够多,信息化水平急需提高等问题非常多。

#### [参考文献]

- [1]韩强张俊.建筑工程招标代理质量管理提升策略[J].中国招标,2022(5):133-134.
  - [2]邹韬.建筑工程招标代理质量管理提升对策探析[J].中文科技期刊数据库(全文版)经济管理,2023(8):99-101.
  - [3]龙佳媛.招标代理机构在建筑工程项目中的风险管理对策[J].中国科技期刊数据库 工业 A,2023(7):90-93.
  - [4]戴芳萍.试论招标代理机构在建筑工程招投标中的作用[J].中国科技期刊数据库 工业 A,2023(5):121-124.
- 作者简介:何卉(1988.4—),性别:女,民族:汉,籍贯:浙江杭州人,学历:本科。

## 建筑工程施工技术应用研究

尹伟 闫伟

亿利洁能股份有限公司达拉特分公司, 内蒙 鄂尔多斯 014300

**[摘要]**建筑工程施工技术作为提升工程施工效率, 确保工程质量的核心支撑, 其应用水平对建筑工程施工的时间以及综合效益有着直接的影响。先进的施工技术可以提高施工效率, 缩短工期, 降低成本, 同时还能提高工程质量, 减少工程返工和维修的几率。文章研究紧密围绕建筑工程施工的核心需求进行深入的探究, 对施工技术的逻辑框架, 关键核心要点进行了阐述, 并以建筑工程施工的关键环节作为研究的重点, 对各环节施工技术的具体应用情况进行了系统的梳理, 同时分析技术应用期间频发的典型问题, 并制定针对性的优化建议, 把推进建筑工程施工技术的规范化与科学化, 为建筑工程施工提供实践指引。

**[关键词]**建筑工程; 施工技术; 地基基础; 主体结构; 应用优化

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18747

中图分类号: TU198

文献标识码: A

## Application Research on Construction Technology in Building Engineering

YIN Wei, YAN Wei

Dalad Branch of Elion Clean Energy Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 014300, China

**Abstract:** As the core support for improving construction efficiency and ensuring project quality, the implementation technology of construction projects has a direct impact on the usage time and comprehensive benefits of construction projects. Advanced construction techniques can improve construction efficiency, shorten construction periods, reduce costs, while also improving project quality and reducing the likelihood of rework and maintenance. The article closely explores the core requirements of construction engineering, elaborates on the logical framework and key core points of construction technology, and focuses on the key links of construction engineering. It systematically sorts out the specific application of construction technology in each link, analyzes typical problems that occur frequently during the application of technology, and formulates targeted optimization suggestions to promote the standardization and scientificization of construction technology, providing practical guidance for the construction of construction engineering.

**Keywords:** construction engineering; construction technology; ground foundation; main structure; application optimization

### 引言

近些年来, 伴随着建筑行业的升级与转型, 新型建筑材料与智能化施工设备不断涌现, 建筑工程施工的结构形势呈现出多元化、复杂化特点, 对于施工技术的创新性、规范性以及专业性有了更为严格的要求。在建筑工程施工过程中合理应用相关技术不仅可以规避潜在的施工安全风险, 而且通过优化节能设备、施工工艺等措施, 能够推动施工环节的节能降耗。然而, 我国建筑工程施工的实践过程中仍存在着亟待解决的技术应用问题, 如技术更新速度相对滞后、技术与施工实际需求的适配程度欠佳、存在技术应用不规范等问题, 难以满足日益提高的工程质量标准与施工效率要求。鉴于此, 本文主要围绕建筑工程施工技术的实际应用逻辑, 从核心技术的原理、应用要点、存在的不足以及优化建议等关键维度进行深入的探究, 推动建筑工程施工

业的高质量发展。

### 1 建筑工程施工技术应用的核心原则

在建筑工程施工的领域过程中, 施工技术的应用必须严格秉承安全、高效、合理、科学的原则, 充分考量工程的结构特点, 结合复杂多变的施工环境与严格的质量要求, 实现技术与施工各环节的精准适配, 从而为建筑工程施工进度、质量和安全提供坚实的技术支撑。一是质量优先原则。建筑工程的质量与人民群众的生命安全有着直接的影响, 因此, 在施工技术的实际应用过程中以保障工程质量为首要前提, 为了避免因技术应用不合理而引起的质量隐患风险, 在施工的过程中, 必须严格执行技术标准与施工规范。二是效率适配原则。施工技术的应用同时要兼顾工程效率, 在施工的过程中紧密结合施工进度计划, 通过合理的优化施工流程, 选择高效、便捷的施工技术与设备,

从而提高施工效率。三是安全可控原则。安全始终贯穿于施工技术的应用中，提前识别并规避技术应用环节中可能出现的安全风险，加强完善安全防护措施。四是绿色节能原则。在绿色发展理念融入产业变革的大背景下，建筑行业应该优先选用低碳环保节能的施工技术，降低能源的无效损耗。

## 2 建筑工程关键环节施工技术应用研究

### 2.1 地基基础施工技术应用

地基基础是建筑工程的核心承载部分，其施工质量直接决定建筑工程的稳定性与使用寿命。常见的地基基础施工技术主要包括换填垫层法、夯实法、挤密法、桩基施工技术等，不同技术的应用原理与适用范围存在差异，需根据实际施工需求合理选用，具体见表 1。

表 1 地基基础施工技术的应用原理、适用范围、关键控制要点

地基基础施工技术类型	核心原理	适用范围	关键控制要点
换填垫层法	挖除软弱土层，替换为高强度垫层材料，提升地基承载力	软弱土、湿陷性黄土浅层地基	垫层材料质量、铺设厚度、夯实密度
强夯法	利用重锤冲击力，压实深层土层，提高密实度与承载力	砂土、粉土、碎石土深层地基	夯实能量、夯实次数、夯实间距
挤密法	挤压土层排出空气水分，掺入固化材料增强强度	湿陷性黄土、素填土地基	挤密深度、固化材料掺量、土层挤密效果
桩基施工技术	植入桩基，将荷载传递至深层稳定土层	高层建筑、重型建筑地基	桩位偏差、桩身垂直度、混凝土浇筑质量

### 2.2 主体结构施工技术应用

#### 2.2.1 混凝土结构施工技术

混凝土结构呈现出强度大、耐久性佳、适配性强的特性优势，其施工技术主要包括模板工程、钢筋工程、混凝土浇筑与养护工程三个核心环节。其中模板工程作为混凝土结构施工的关键前置环节，其核心作用是确保固定混凝土浇筑的形状与尺寸，为混凝土结构的性能与质量奠定基础。模板材料的选择尤为关键，优先选择具备足够稳定性、刚度与强度的材料，其中钢模板因质量稳定、具有较高的周转次数、操作相对简便快捷等优势，尤其适用于标准化或大规模的施工中。值得注意的是，在安装模板期间要严格控制安装的精度，确保拼接处做到严密，撑体系要牢固可靠，避免在施工过程中发生坍塌等问题。在混凝土结构中，钢筋工程作为关键的受力体系，因此，应该严格按照设计图纸以及施工规范进行执行，以确保施工质量。其中在切断钢筋环节中需要严格控制切断的长度，误差严格控制在不大于 5mm 的范围内。绑扎钢筋的牢固，对钢筋骨

架的整体稳定性有着直接的影响，因此，对于受力钢筋，绑扎间距偏差不得超过 10mm，箍筋的间距偏差应严格控制在 20mm。混凝土的浇筑与养护环节直接决定了整个建筑工程的长期性能与安全。鉴于此，在混凝土制备阶段需要精准把控原材料的用量，混凝土浇筑作业应保持连续性，浇筑过程中遵循科学合理的工艺参数，时间 20~30s，间距不大于 500mm，养护时间一般不少于 14d。

#### 2.2.2 钢结构施工技术

钢结构具备高强度特性、自重轻量化以及抗震性能，其施工技术主要包括钢结构加工、钢结构安装、钢结构防腐与防火处理。在钢结构加工过程中，应该严格按照设计图纸规定的各项标准与要求进行，针对钢结构构件的切割作业，采用火焰切割、等离子切割等方式，以确保切割面不存在裂纹、毛刺等质量隐患。在焊接的过程中需要对焊接的温度与速度进行合理的把控，避免出现气孔、未焊透等缺陷，同时可通过射线检测、超声波检测等形式检查焊接的质量。钢结构安装作业需依据现场施工环境状况以及构件具体规格尺寸，选择适宜的吊装设备，同时规划出切实可行的吊装方案，避免吊装过程中出现构件碰撞、变形、坠落等问题。在安装钢结构的过程中需要对构件的标高、定位进行严格的把控，安装全部完成之后，要对其进行临时性的固定处理，然后进行节点连接。此外，为了提高钢结构的耐腐蚀性与耐火的极限，可通过涂刷防腐涂料、实施热镀锌处理，以及运用涂刷防火涂料、包覆防火板材等方式。

#### 2.2.3 砌体结构施工技术

砌体结构具有施工便捷、取材方便，同时造价相对较低等优势，适用于围护结构以及多层建筑主体结构的施工中，砌体结构的施工技术主要涉及三个重要环节，即准备砌体材料、砌筑施工、勾缝与养护。在材料选择方面，严格选用强度指标满足设计规范要求的砂浆、砖、砌块等，其中砂浆的配合比是影响工程质量的主因，因此需要精准控制，搅拌完成的砂浆需要立即投入使用，避免因放置时间过长而影响工程质量的情况。砌筑灰缝的厚度需严格控制在 8~12mm 的标准范围内，灰缝的饱满度不得低于 80%，施工速度应保持适度，不可因速度过快而影响到砌筑的质量，也不可过慢而影响工程进度。

#### 2.2.4 防水工程施工技术应用

防水工程关乎建筑使用功能与耐久性，若施工质量不佳，易出现渗漏，会严重影响居住体验。屋面防水的重点在于选好防水卷材和施工工艺，常用的防水卷材涵盖 SBS 改性沥青防水卷材、APP 改性沥青和分子防水

卷材等，SBS 改性沥青防水卷材耐高温表现优异，弹性好、黏结强，适合寒冷地区；APP 改性沥青防水卷材具备卓越的耐候性能，耐紫外线强，适用于炎热地区。施工时，先处理屋面基层，保证平整、干燥、清洁且无缺陷，随后均匀涂刷基层处理剂，以平整、严密的标准规范铺设防水卷材，搭接宽度不小于 100mm，并涂密封胶，最后用水泥砂浆、细石混凝土等做保护层，防止卷材受损。见图 1。

地下室防水要兼顾抗渗防潮，分迎水面和背水面防水，

前者用防水卷材、涂料等，后者用防水砂浆、混凝土等。重点把控施工缝、变形缝、穿墙管等渗漏高发部位，施工缝设止水带，变形缝用柔性构造，穿墙管衔接处涂密封胶。施工后做抗渗试验，确保抗渗等级达标。墙面防水适用于卫生间、厨房、外墙等。施工先处理基层，清理灰尘等、修补裂缝孔洞，保证墙面平整干燥；再选黏结力、柔韧性与耐水性好的防水涂料，均匀涂刷 2~3 遍，每遍厚度不大于 0.5mm，前遍干透再涂下一遍；最后做不少于 24h 闭水试验，无渗漏才可进行下道工序。

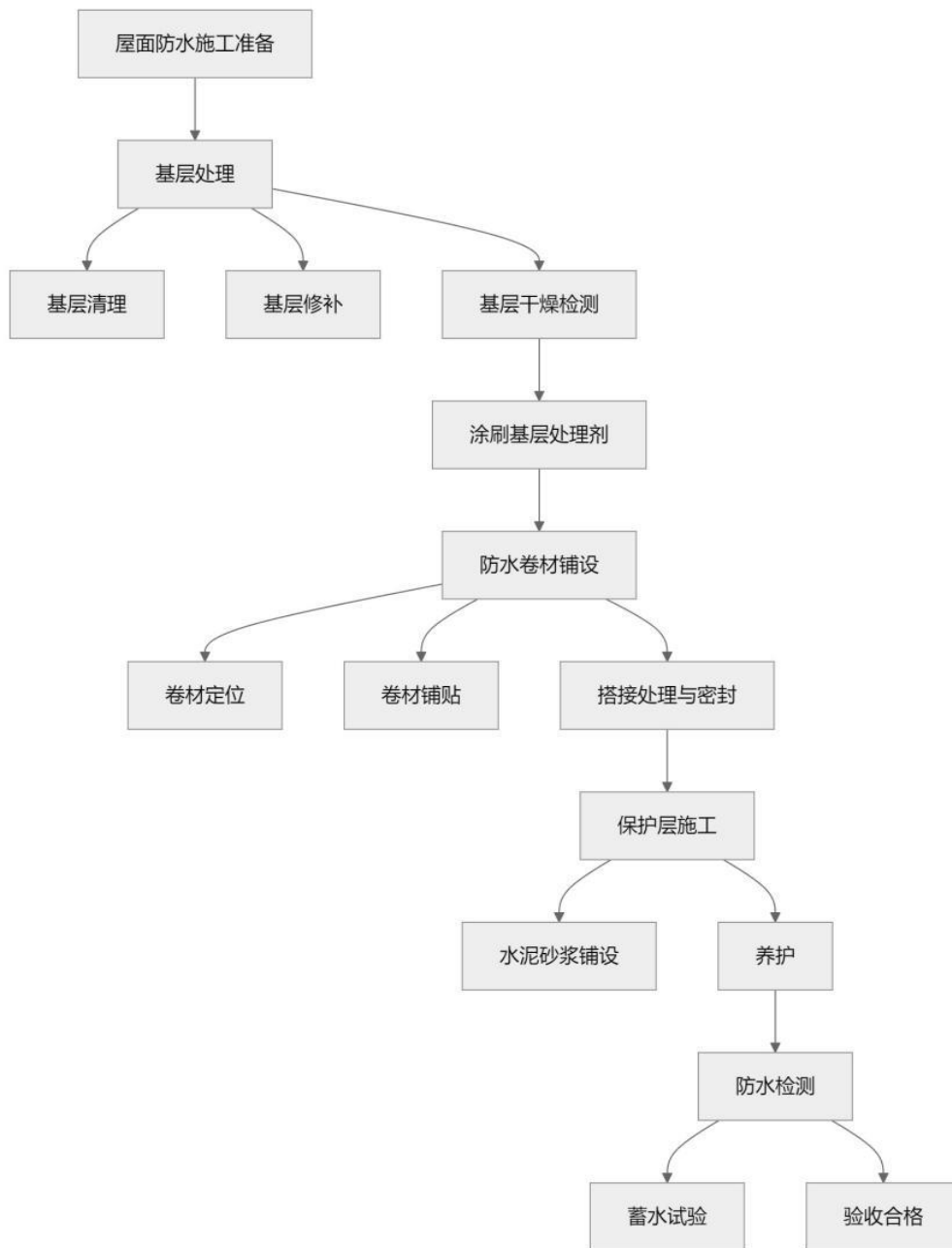


图 1 防水工程施工技术应用流程

### 3 建筑工程施工技术应用中的常见问题

尽管我国的建筑工程施工技术有了不断的发展与完善,但是在实际工程运用过程中,容易受到多种因素的影响一系列常见问题依旧凸显,不仅对施工技术应用的实际效果造成严重的影响,同时也对建筑工程的整体质量造成了不利影响。其中,在建筑工程施工领域中,施工技术的应用不规范是一个亟待解决的问题,未重视对施工人员的专业技术培训,导致部分施工人员在实际的作业技术应用不符合施工规范与技术标准要求。与此同时,部分施工企业追求施工进度,甚至会简化施工的工序,在一定程度上恶化了施工技术应用不规范的现象。部分施工企业在技术选型环节中存在着明显的短板,未能充分考虑工程的地质条件、环境约束等,这种凭经验主义导向的技术选择模式导致施工技术与施工需求适配度不足,从而对工程结构的安全性及稳定性造成影响。此外,部分施工企业所使用的设备因长期运行而出现老化的情况,加之日常维护工作未能及时开展,不仅导致故障频发,而且也会影响设备的运行效率。部分施工企业缺乏创新意识,在施工技术应用方面因循守旧,不注重技术更新与升级,难以满足现代建筑工程对高效施工的迫切需求。

### 4 建筑工程施工技术应用的优化策略

#### 4.1 规范施工技术应用流程

施工企业需要加强完善施工技术的管理相关制度体系,对施工技术的应用流程以及质量标准进行明确,做到有章可循,有据可依。与此同时,定期组织施工人员参加技术培训,培训期间着重讲解施工的规范标准、新型施工技术等。另外,通过案例分析研讨、模拟施工场景等方式强化对施工人员的实践操作训练,强化施工人员的操作规范意识,提升其专业技术水平,使施工人员在工作中可以规范的应用施工技术。

#### 4.2 优化施工技术选择

施工企业结合工程的实际状况合理选择施工技术,综合考量工程的地质条件、结构形式、预期的施工进度,质量标准,选择与施工需求适配度高的施工技术。是同时需要高度重视施工前期的勘察与设计环节,对工程的技术难点进行明确,据此制定合理的施工技术方案,对于一些技术复杂、施工难度大的项目可进行技术论证,确保施工技术方案在实际施工中具有可行性与科学性。

#### 4.3 提升施工设备与材料质量

施工企业需要完善施工材料与设备的采购管理制度体系,在采购环节,要坚决杜绝任何劣质设备或材料流入施工现场,实行严格的进场验收机制,对每一批次的材料与设备进行全面的质量检测,验收合格后方可投入使用,

对于不合格的材料或设备及时进行退货处理。在施工设备的管理方面,应该制定科学合理的设备维护方案,通过系统化的维护管理降低设备故障的发生概率。施工企业要根据材料的特性,实施针对性的管理方案,充分考虑材料的防火、防潮、防腐蚀性等特殊要求,合理规划储存方式,确保材料质量的稳定性。

#### 4.4 推动施工技术更新与创新

施工企业应该顺应时代的发展,积极创新,尤其要加大对施工技术的研发,积极引进新型施工技术、建筑材料、施工设备。与科研机构、高校建立长期稳定、互利共赢的战略合作关系,开展施工技术研究,结合建筑行业的发展趋势,聚焦绿色建筑、智能化建筑等新兴领域,研发新型的施工技术。

### 5 结论与展望

建筑工程施工技术的先进程度直接影响到工程质量、效率和成本。在施工技术的选择与应用过程中,需要根据具体的工程情况和需求进行综合考虑,需遵循质量优先、效率适配、安全可控、节能绿色的核心原则,精准控制施工要点,以保证施工的速度和质量,保证建筑结构的安全性和可靠性。对于目前建筑工程施工技术应用中存在的问题,通过规范技术应用流程、优化技术选择、提升设备与材料质量、推动技术更新与创新等策略,提升施工技术应用水平。未来,随着建筑技术的不断发展,需进一步加强施工技术的研发与应用,不断完善化施工技术方案,进而推动建筑工程质量和安全水平的持续提升。

#### [参考文献]

- [1]贺银强.关于建筑工程施工技术及其现场施工管理策略探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2024(19):56-58.
- [2]曹浪嘉.建筑工程施工技术及其现场施工管理探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2023(31):61-63.
- [3]秦海东,祝捷.建筑工程施工技术及其现场施工管理对策分析[J].工程建设与设计,2022(18):179-181.
- [4]曾善勇.建筑工程施工技术及其现场施工管理分析及探讨[J].砖瓦,2021(10):157-158.
- [5]段建宇.建筑工程高大模板施工技术的实践研究[J].建材发展导向,2024,22(17):41-43.
- [6]宁其澄.建筑工程模板施工技术要点与质量控制措施[J].中国住宅设施,2021(7):113-114.

作者简介:尹伟(1987.6—),单位名称:亿利洁能股份有限公司达拉特分公司,内蒙古建筑职业技术学院—工程造价,国家开放大学-土木工程。

## 智能控制在机电控制工程中的应用研究

韩洲亮 张 建 李亚宁

河北钜昇科技有限公司, 河北 石家庄 050073

**[摘要]**随着工业化自动化的深入发展和智能科技的进步,机电控制工程是当今制造业生产与工程建设中的重要组成部分。传统的机电控制系统是以固定的程序与经验为基础的规则,对于复杂的非线性的控制任务以及对精确度要求高的情况下会出现反应迟钝,控制过程不够精准,难以灵活应用等问题。而智能控制策略的提出给机电系统带来了新的自学习能力、非线性映射功能和系统优化方法,使系统具备了在复杂环境下进行准确、快速以及可靠地操控的能力。文章针对智能控制技术应用于机电控制系统的重要性与优势进行了深入剖析,阐述了几种主流智能控制算法的特点和方法原理,结合其在工程机械、数控机床、机器人和交直流伺服系统等领域的应用实例,讨论了当前智能控制技术的具体应用情况以及今后的发展前景。结论认为基于智能控制方案设计的机电控制系统不仅可以提高系统的自身性能,同时有助于合理配置设备资源、推动自动化和柔性制造的发展并为以后高效的智能化机电控制系统提供强有力的技术保障。

**[关键词]**机电控制系统;智能控制技术;工程应用

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18748

中图分类号: TM921.5

文献标识码: A

## Research on the Application of Intelligent Control Technology in Mechanical and Electrical Control Engineering

HAN Zhouliang, ZHANG Jian, LI Yaning

Hebei Fansheng Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050073, China

**Abstract:** With the deepening development of industrial automation and the advancement of intelligent technology, electromechanical control engineering is an important component of manufacturing production and engineering construction today. Traditional electromechanical control systems are based on fixed programs and empirical rules. For complex nonlinear control tasks and situations with high precision requirements, there may be issues such as slow response, imprecise control processes, and difficulty in flexible application. The proposal of intelligent control strategies has brought new self-learning capabilities, nonlinear mapping functions, and system optimization methods to electromechanical systems, enabling them to operate accurately, quickly, and reliably in complex environments. The article deeply analyzes the importance and advantages of applying intelligent control technology to electromechanical control systems, elaborates on the characteristics and principles of several mainstream intelligent control algorithms, and discusses the specific application situation and future development prospects of intelligent control technology based on their application examples in engineering machinery, CNC machine tools, robots, and AC/DC servomechanism. The conclusion is that the electromechanical control system designed based on intelligent control scheme can not only improve the system's own performance, but also help to reasonably allocate equipment resources, promote the development of automation and flexible manufacturing, and provide strong technical support for efficient intelligent electromechanical control systems in the future.

**Keywords:** electromechanical control system; intelligent control technology; engineering application

### 引言

伴随着制造业的进步与工程建设难度加大,机电控制系统在制造业中占据着重要位置,对机器的工作效率,产品的质量 and 项目的安全性都有着重要影响。但是传统的机电控制主要通过预编程或者人为操作经验来完成控制任

务,在复杂的非线性强、强耦合度和不确定环境下会出现滞后、精确度低、稳定性弱的情况;近年来随着智能控制技术以其自身的自适应、学习功能和容错机制等优点成为了解决机电控制系统问题的新趋势,智能控制技术可以根据系统的状态及外界的变化自行调节以达到复杂情况下

最佳控制器的效果从而大大提高了工作效率与稳定水平。以下是对智能控制技术应用于机电控制领域的相关研究,先说明了为何要在机电系统当中采用智能控制方式和技术以及智能控制技术的优点,然后介绍了智能控制的不同技术和方法,最后列举了几个典型的智能控制的应用实例说明其效果和可行性。可以作为未来机电控制项目智能化重要理论依据和实践借鉴。

### 1 智能控制技术在机电控制系统中应用的必要性

现阶段的机电控制系统普遍面临复杂的运行过程与不确定的环境状况,已不再适合使用常规的控制手段达到高性能、高速度、高可靠性的控制效果。当前机电系统广泛应用于工业化生产、工程建设以及高科技仪器领域当中,面对着诸多复杂的情况如:多变量、非线性、强耦合性甚至是外界干扰等,但传统的控制方式大多建立在线性的条件上或者固定参数的情况下并不能适用于不断变动的实际工作条件。同时伴随着智能制造和工业4.0时代的到来,机电系统的自调节能力以及实时优化调整要求也在不断提升,传统的控制系统对于复杂的控制任务及其特殊的运行状态乃至是整个生产线上的生产过程都难以胜任。智能化控制方法通过采用自主学习、自主调节和智能化判断等功能使整个机电装置能自行识别周围的变化情况并自行调整其控制方案、依据以往的工作经验加以改进从而可以很好的解决非线性与时变等问题。所以智能化控制方法运用到机电控制环节的重要性不仅仅是针对控制本身的性能提升或者稳定性的改善而言,更是为现代工业化生产和建筑工程向智能型转变提供必要的技术支持以及可靠保障。

### 2 智能控制技术在机电控制系统中的优势

#### 2.1 提升控制精度与系统稳定性

智能化控制技术可经由即时数据获取及回馈调整来对机电系统的各项重要指标加以精确掌控,大大提高了系统的准确度与可靠性。采用模糊处理、人工智能与自学习方式等手段的智能型控制系统可以在强非线性、时滞与时变和强关联的严峻环境下对系统的响应做出较为正确的估计并对系统予以调整,进而可以有效的减少偏差并降低系统的动荡情况,在精密制造、流水线作业及机器人操控等领域中这种精准操控十分必要,因为细微的差距会导致产品质量的下降或者机器本身的磨损程度加大,利用智能型控制使得机电产品在维持较高转速情况下兼具了输出过程的平稳可靠和精确无误,提高了整个项目的产品质量及其产品的生产产量。

#### 2.2 优化生产效率与资源利用

智能化控制不仅追求高控制精度而且还可通过优化

系统的运行参数来加快生产节拍,节约原材料。复杂的制造环境中的机电一体化系统常常伴随着大量的能量和物料的消耗,通常的控制方式不能针对即时要求进行适时调节,就会导致能量和生产能力的浪费。基于对运动状态、负荷情况及周围条件的实时监测,智能化控制系统可自行调节系统工作状态,科学安排能量与物质分配以节省能耗。如对于数控机床或机器人的装配作业,通过智能化控制可对移动路线、切削轨迹、操作步骤加以规划以加速工件的处理过程并节约原材料,缩短了无用行程及等待时间从而使整个制造系统更快速、经济和绿色。

### 2.3 支持自动化与柔性生产

随着对工业自动化的柔性化生产的迫切需求的到来,智能控制技术给机电控制系统的提供了可靠的技术支持。利用自学习以及自决策算法,智能控制系统可以自行承担复杂工作的安排、实施与更改,实现自动化的处理以及自动化的生产线。对于柔性生产的不同产品加工任务和工艺,会经常产生变动,传统的控制方式很难作出及时的变动,使用智能控制技术可以在不停机的情况下对当前的生产任务以及机器情况等进行监测来动态的修改当前生产策略,这就让控制系统能迅速适应不同的产品及不同的工序要求。这种高度的自主性和灵活性使得控制系统更加适应新的产品、新任务以及新的环境的能力以及扩展性、反应的敏捷性都得到了较大的提升,这同时也给当今制造业以及建筑施工单位提供智能化的基础保证,从而使机电控制系统能够在如此复杂的环境中正常并且高效的运作。

### 3 智能控制技术类型及原理

#### 3.1 分级控制系统

分层控制系统指针对复杂的机电系统中的控制系统依照层次对控制功能加以分割的一种智能控制系统,其主要思路就是对系统按照不同的层次加以拆分,每个控制层级对应不同程度复杂性的、不同颗粒度级别的控制问题,高级别层负责制定策略以及做出选择,中间层负责实施调控以及流程协调管理,基层则负责与控制器打交道,完成精细控制指令,这样的一种层次式控制系统可以有效的简化对于系统的控制难度使每个层次都可以各自独立工作并通过反馈来进行全局调整来保障整个系统在强非线性及多变量条件下的可靠运作,在机电产品上的应用上分级控制系统常被应用于各类复杂生产流水线、自动化工控机器设备以及大型机电机械设备之上并能因其模块化的控制机制而使得系统的工作效能和稳定性大大提高同时也易于后期的维修升级。

#### 3.2 学习控制系统

自学习控制系统属于典型的智能控制方法,其主要特

点在于系统可以通过自身历史运行过程中的经验和当前的测量数据自己寻找控制规律来改善系统的性能,它使用自适应技术和最优化理论,通过反复探索、试探来寻找最优控制器从而达到控制复杂时变或高度非线性系统的目的,而在机电控制工程领域则经常用于数控机床与机器人的控制以及自动装配线调节等方面,通过对工作条件的变化、负载的变动以及其他一些外来扰动等影响因素进行识别并适应,使得机器能够在整个工作过程中始终寻求最理想的工作轨迹和最准确的操作定位。而这也正是控制系统从经验积累中具备的一种自学习功能,不但提升了整个系统的控制准确度与可靠性,也使得机器具有更强的环境适应力和自我恢复能力,这也是智能控制技术能够自动调节并寻优的一个重要体现方式。

### 3.3 专家控制系统

专家控制系统是以建立知识库、规则库的形式,将人的专家知识以及判断力转为具体实施控制策略的人工智能型控制系统,其可以根据当前实时的工作状态,在既有规则下进行推导判断并作出相应的精确控制动作以处理复杂机电设备。而在电气工程中,专家控制系统主要负责的是对机器的故障检测、维修选择以及复杂度高的任务操控等部分,它通过读取传感器上的参数与内部的知识库相对照对比从而迅速发现的问题并作出最好的应对方案。规则和经验相结合的系统控制方式使得该控制系统可以在复杂多变又存在大量不确定性的场合依然可靠地工作,降低了人为参与的需求,也提升了工程施建及后续产品的制造的安全系数与信赖程度。

### 3.4 神经网络控制系统

神经网络控制系统的架构及运作模拟了大脑神经元的功能和连接方式,在经过多层次的非线性变换以及特征学习以后完成对于较为复杂的机电产品的预测及控制的过程;它的基本思想就是在有训练样本以及学习算法的前提下,让这个网络具备描述输入量和输出量之间准确关系的能力从而解决以往常规控制技术无法解决的一些非线性、多变量的问题<sup>[1]</sup>。在当前的机电控制工程技术领域当中,神经网络控制器主要是被用来对机器人的轨迹控制、精密切削以及对具有极高动态特性的设备进行调节,并通过对整个系统的状态以及周围环境状况的在线检测来达到自主地对有关控制参数进行调整的目的。如此这般自适应的控制策略一方面使得系统的反应速度得以加快、控制精度得到了增强,另一方面也使得系统对外部扰动更加不敏感,在复杂多变的工作环境中具有更强的适应性和稳定性。

## 4 智能控制在机电控制工程中的应用

### 4.1 工程机械系统应用

智能控制在工程机械行业的应用主要是液压控制系统、电机以及自动化的操作控制三个方面,在传统的工程机械中都是采用的人工操控以及固定的控制程序,面对复杂的建筑工地的施工环境经常会出现工作效率低以及精度差的情况<sup>[2]</sup>,而在加入智能控制技术之后机械设备会根据所承受的荷载大小、周围的工作环境、具体的施工作业主动地去对自身的运动参数进行调整达到自主化操作以及精准化控制的效果。比如,在智能的液压控制系统中利用了压力检测器、流量调节装置以及组合阀等设备实时动态调控液压执行单元的运行,从而使挖掘机、装载机、摊铺车等机器能够在不同的荷载状况、不同的地形条件下均能平稳可靠高效地开展运转;此外智能控制还借助了实时的数据监测、信息反馈,通过对工程机械的工作过程中的各项参数指标、作业时的各项荷载情况以及施工现场的各项条件等信息进行全面考察分析来预估机器可能出现的各种损坏、渗漏故障并及时作出检修调整减少机器的无计划停车状况发生次数。而且该控制系统还会形成一份施工的工作效率分析报表供工程项目的负责人参考以便更好的做出决策,因此不仅仅是提高了工程机械的操作效率与准确性还增加了机器的使用年限,合理分配了施工项目的机械资源,实现了整个项目施工过程的智能化管理控制。

### 4.2 数控加工与机床控制

在数控加工行业当中,智能化控制技术的有效应用可以有效的提高数控加工行业的加工精度以及数控加工效率同时还可以使得加工系统的稳定性有所增强。数控机床经常会出现高速运转的情况以及比较复杂的走位、同时还存在多个程序同时进行的工作情况,而传统的控制方式并不能很好的处理好工件形状不断变化、工件材质的不同与加工过程中产生的误差不断增加等问题,在数控机床中应用智能控制技术,例如采用自适应控制算法、模糊控制器以及神经网络控制等手段可以使数控机床依据自身的加工信息对自身切割速度、行走路线、进给速度和加工参数等做出及时的调节,以此来达到误差补偿的目的并完成动态调整;另外采用智能控制模式还可以配合线性的检测装置以及传感器的数据完成对于切削工具磨损量、机床振动状况以及切割时候受到的力量等情况的估计并且自动做出相应的改变,进而可以减少产品的废品率并保证自己可以生产出优质产品。智能控制系统应用于数控机床不仅提高了加工精度,而且赋予了系统自我适应能力和柔性制造的能力,同时通过对加工顺序以及机器负荷的合理安排使得产

量增加, 机器使用效率得到提高, 进而实现了生产要素的最佳化组合, 为当前的小批量多品种复杂化的产品生产提供强有力的技术支持<sup>[3]</sup>。

#### 4.3 机器人领域应用

在机器人控制系统中引入智能控制主要体现在机器人的运动控制, 轨迹跟踪, 协同作业以及环境的适应方面等。对于完成复杂的任务而言无论是工业机器人还是服务型机器人既要面临多个关节的同时运作又要解决多个传感器的信息采集还要应对周围的环境干扰情况等, 传统的控制方式很难做到精准快速高效地动态响应而应用了智能技术的控制器采用的人工神经网络以及模糊控制以及专家系统的智能方法可以即时对机器人的行为做出调整。机器人可以根据感应设备传输回来的信息自行调整自身的姿势、行走线路以及力量以提升操作的成功率和工作效率减少与其它物体之间发生碰撞的可能性从而减少机器人本身的损耗程度。举个例子, 在自动组装流水线上应用智能控制可以使机器人自己完成对工件的抓取、传输、安装等一系列过程并针对不同的生产任务进行相应的应对调控使得机器人控制系统能在复杂不断变化的工作环境中依旧保持高性能高可靠性的特点。

#### 4.4 交流伺服系统应用

交流伺服系统是典型的机电控制工程产物, 在精密机械控制、自动化流水线以及高性能驱动装置中有广泛应用。智能化控制方法的应用让交流伺服系统具备了对被控对象进行精准的位置控制、速度控制和转矩控制的能力, 可实现实时响应迅速、控制准确; 通过对控制系统本身的状态变量在线监测, 配合相应的神经网络或者自适应控制计算, 可以让交流伺服系统自行调节内部电动机的参数设置, 改进驱动反应性能以及控制方式等, 进而降低震动幅度,

增强控制过程中的稳定特性并使得其在负载变化或是外界环境扰动的情况下仍具有良好的表现。此外运用基于智能控制算法的故障检测技术和预见性维修也使交流伺服系统具备对机器自身状况做出评估并提示的功能, 可以预警未来的可能发生的问题, 以增加机器的可靠度, 缩短出现故障时机的停工期并且加速产品的产出速率。

#### 5 结语

智能控制在机电控制系统中有很高的应用意义, 其可以有效地增强系统的精度、稳定性以及生产力, 合理利用资源, 还能进行自动控制和柔性制造等, 基于分级控制、学习控制、专家控制器和神经元网络控制器等各种智能化手段使机电装置能在复杂的非线性的场合下自我调整和实时优化, 极大地解决了常规控制系统存在的问题, 譬如工程机械、数控机床、机器人和交直流伺服系统等都是比较好的应用范例, 也充分说明了应用智能控制后能取得良好的性能指标, 有很好的质量和较高的可信赖度, 相信今后随着人工智能、大数据和物联网等研究工作的深入推进会进一步拓宽智能控制的应用范围, 从而使系统的高性能、高精度以及智能化得到根本保证。

#### [参考文献]

- [1]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.
- [2]邓玲黎,沈侃,曹嘉佳.智能控制技术在机电控制系统中的应用[J].自动化应用,2023,64(6):93-95.
- [3]张钦.智能控制技术在机电控制系统中的应用[J].大众标准化,2024(7):131-133.

作者简介: 韩洲亮 (1991.5—), 男, 毕业院校: 内蒙古科技大学, 所学专业: 控制工程, 当前就职单位: 河北钜昇科技有限公司, 职称级别: 中级工程师。

## 机械设备运行维护管理研究

赵正锋 李海龙 张小刚

亿利洁能股份有限公司达拉特分公司, 内蒙 鄂尔多斯 014300

**[摘要]**机械设备是生产的物质基础,对生产效率,产品质量以及经济收益等方面有着重要影响。目前设备在长时间工作中易产生磨损,老化,受环境因素及人为操作而产生的风险,传统的保养方法无法有效保证高效率、安全作业。所以构建合理的运营管理机制十分有必要,在巡视检查、预防保养、实时监控、标准化操作和紧急抢修等方式,能够增强设备稳定度、增加工作年限以及减少设备意外发生的情况。文章研究将对企业进行设备管理具有一定的参考价值作用,有助于提升企业的生产力和安全性。

**[关键词]**机械设备;设备运行;维护管理

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18745

中图分类号: TH17

文献标识码: A

## Research on Operation, Maintenance and Management of Mechanical Equipment

ZHAO Zhengfeng, LI Hailong, ZHANG Xiaogang

Dalad Branch of Elion Clean Energy Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 014300, China

**Abstract:** Mechanical equipment is the material basis of production and has an important impact on production efficiency, product quality, and economic benefits. At present, equipment is prone to wear and tear, aging, and risks caused by environmental factors and human operation during long-term operation. Traditional maintenance methods cannot effectively ensure high efficiency and safe operation. Therefore, it is necessary to establish a reasonable operational management mechanism, which can enhance equipment stability, increase working life, and reduce the occurrence of equipment accidents through inspection, preventive maintenance, real-time monitoring, standardized operations, and emergency repairs. The research in this article will have certain reference value for equipment management in enterprises, which will help improve their productivity and safety.

**Keywords:** mechanical equipment; equipment operation; maintenance management

### 引言

机电设备作为现代工业生产的基石,设备的运转效率及稳定性决定了生产连续性和产品品质,进而决定着企业的经济效益。随着加工工艺的复杂程度和自动化程度日益升高,机电设备在长时间工作的条件下所要经受的风险也在逐渐加大。例如:设备零部件老化磨损、控制系统失常、工作环境恶劣导致设备损坏和工作人员的人为失误等,都可能对机电设备造成严重损害,甚至出现安全事故。由此造成的经济损失也会进一步影响到企业的生产和经营。所以,建立科学完善的机电设备运行维护管理便成为了保障机器设备有效、安全、持久地工作的主要措施。制定并执行严格的管理制度、开展日常巡查及预防检修、运用检测诊断方法、加强员工技能和安全教育、做好紧急抢修和快速反应工作都可以为构建起一套完整的、立体的防范体系提供帮助。这样可以在保证设备的安全稳定运行的同时还

能够减少故障发生频次,使生产过程更高效有序进行。本文以目前机电设备的管理情况为基础,分析存在的主要风险点,并提出切实可行的解决对策,以帮助企业实现科学系统可持续的设备维护管理模式为目标,为企业机电设备的管理从粗放到精细智能标准化迈进贡献力量。

### 1 机械设备运行维护管理的重要性

机械设备的维保管理本质上是为使设备能长期稳定运行、安全可靠,它的必要性主要有以下几方面:日常维护可以在很大程度上防止设备发生突发性损坏,维护生产的正常进行,以免出现停线情况导致生产进度和交货期延误;合理地进行维护保养可以减少设备的大修次数,提高设备使用寿命等,并在一定程度上改善了润滑及保养工作,使能耗得以降低,进而增加利润;规范的检查可以及时发现事故隐患和设备缺陷,减少了工伤事故的发生概率,保障生产和经营的安全合法;稳定可靠的设备也为产品的质

量提供了有力保证,减少了次品率的产生;良好的设备管理更是为企业自动化建设以及对市场的迅速反应打下了坚实的基础,有利于增强公司实力与竞争水平、实现发展战略。

## 2 机械设备运行现状与风险分析

### 2.1 设备故障类型及特点

对于机械装备的长时间运转来说各种各样的故障形式多种多样、错综复杂,在很大程度上制约着机器本身的可靠性以及生产的连续进行。常见的机械故障现象有:机械磨损、零件折断、润滑不足、震动过大、传动失效、控制失灵等,其中机械磨损及零件老化是最为常见的,机器工作的时间越长轴承、齿轮及密封部位的磨损程度越大,会造成工作效率降低甚至停机。润滑不足、震动过大都会使摩擦增大,耗能增多,并对机器本身产生疲劳损害,影响机器工作的精度以及使用寿命。传动装置的失效会造成动力传输中断,使生产线的工作不能连续进行;控制系统的失效会造成机器自身参数失控或保护失灵。容易造成安全隐患<sup>[1]</sup>。而且有些故障会存在一定的隐蔽性,在初期检查的时候并不明显,但是随着负载量的变化、工作时间的增长,其内在的问题也会逐步暴露出来,加大了维修人员的检修难度及风险防范力度。

### 2.2 运行环境对设备性能的影响

机械装备的工作性能很大程度上受环境条件制约,在不同温、湿度、粉尘颗粒、腐蚀性气体等条件下,都会给机械装置带来很大的影响,导致设备稳定性以及使用寿命减小等。高温或严寒会导致润滑剂失效,设备金属部件热冷伸缩导致设备间隙改变,容易产生额外磨损或者发生变形,使精度下降、工作效率变低;潮湿环境下,会造成电绝缘性能降低、金属构件锈蚀与电路失灵等问题;灰尘以及其他固体颗粒聚集,会产生过量磨损、堵塞传动机构、冷却效果降低等问题从而加大装备损耗以及能量消耗;腐蚀性气体或者化学试剂侵蚀设备表面,使得金属或非金属材料腐蚀速度加快,减少结构强度,使机器设备可靠性降低;长时间振动或者受冲击噪声环境,会使螺丝松脱、轴承磨损严重以及结构疲劳累积,导致机械装备出现故障的概率增大。

### 2.3 人为操作和管理因素导致的风险

对机械装备在其运行期间而言,人的操作及管理因素是造成机械装备损坏及安全隐患的主要诱因,在操作方面工作人员的操作技术水平、实际经验以及是否熟知设备运行规程都决定着机械能否正常运行,若其在操作过程中不正确或者发生误操作会导致机械出现超载运行、启动次序

错误、控制系统设定失误等现象,导致机械加快损耗甚至会发生突然性故障情况;另外在管理方面也不到位会造成机械的安全隐患问题,如:维护保养制度不合理、巡查不到位、职责划分不明晰及操作无记录的情况会导致一些长期存在的隐患未能被察觉,增大了发生事故的风险系数。并且人员缺乏相应的安全意识、风险认知能力,会使机械在一些特殊情况下出现时不能及时做出判断或是做好有效的保护措施而导致事故进一步发生。

### 2.4 设备寿命周期与老化问题

机器设备经过长时间运转之后,寿命与老化的问题会影响到机器设备运转稳定性与安全程度,在机器设备的运行的过程中一些重要部件会发生磨损、老化、损伤的情况,像一些轴承、齿轮、密封圈、传动装置等部分都会发生磨损使机器设备的精度降低、振动加大、耗电量增多等现象,而且机器设备不仅仅是机械设备会出现老化的情况,像机器设备中的电控系统、感应器、显示器等部件也有可能出现因为长时间工作、运行环境的影响还有材料的老化等情况而出现反应迟钝、显示失常或者损坏的现象造成整个机器设备的工作效率及安全性有所降低,此外机器设备在工作的过程中负荷的变化及频繁的启动或停止还有周围环境也会对机器设备的寿命产生加速老化的作用,使某些机器设备未到达使用寿命就进入到损耗阶段,增大机器设备出现故障的可能性<sup>[2]</sup>。机器设备老化的进程是缓慢的并且是隐蔽性的,在最初的时候不容易发现,但是在经历了一段时间或负荷运转后就会暴露出来,导致机器设备可靠性变差、维修费用增多,甚至还会对连续生产及安全运转带来潜在的风险。

## 3 机械设备运行维护管理策略

### 3.1 定期巡检与预防性维护

常规点检与预见性维修是机械装备运转管控体系中最为重要基础性工作,除了能找出显性故障之外,更能通过对机械的科学检测与保养,在设备出现危险因素时及时预警,达到延长使用寿命、提高可靠性、保证连续生产的功效。设备常规点检是要对机械的核心部件、传动机构、润滑系统、控制器以及支撑构件进行全面系统的检查,并结合设备的振动、温升、噪音、电气参数等信号变化实时监控,了解机器的整体状况。通过对常规点检信息进行累积分析,可以尽早察觉到零部件出现磨损、松弛、锈蚀等问题,以及各种性能下降的征兆,为预见性维护提供可靠的判断支持。预见性保养不仅仅是简单的清扫、加油或者替换损耗件,还需要针对传动链、轴承、密封系统、传感器、控制器等进行有规律性的调试校正和功能试验,排除

可能存在的故障源,减少非预期停机和事故的发生概率。相对于传统的补救修理方式,常规点检与预见性维护更具备前瞻性、全面性,可以基于数据分析来进行精准判断,使得设备管理做到精细、可控、智慧,维护不再是靠主观臆断来进行,而是在定量指标和风险分析基础上展开,让设备的安全运转和效益产出得到长期性的保障。与此同时,基于制度化的维护,还能构建起设备状态档案,为未来的装备升级、制定运行策略等管理工作带来长期指导意义,让企业能够在安全的前提下获得最可观的收益。

### 3.2 设备状态监测与诊断技术应用

设备状态监测与诊断技术是对机械设备运维管理的一项重要支持技术,在线获得设备的关键性能指标以及运行特性等,能够科学地对设备运行状态做出评定和预估,同时也可以进行故障分析预测。状态监测包含有振动测试、温度监测、油品监测、声音检查、电气参数监测等多项技术方法,其通过实时采集和分析数据,既可发现设备运行过程中的异常情况;又可辨别瞬时扰动和劣化倾向,以此来及时发出预警提示。而设备诊断则是基于数据分析,采用模式分析法,运用数学算法对所发生的各种机械异常做出分析判断,确定故障种类、部位、产生原因等信息,为维修决策提供参考。伴随着智能化、数字化技术的进步,在线监控系统、数据采集和远程分析平台的应用使得设备的状态监测由事后检测发展到了事前监控,实现了从传统的修复性运维到预测性运维的技术飞跃<sup>[3]</sup>。借助于建立设备状态台账、历史数据库能够开展趋势跟踪及寿命评估,进而制定合理的检修策略,合理安排检修时间间隔,提升设备利用率。

### 3.3 标准化操作规程与管理制度建设

标准化作业指导书和健全的管理制度是对机械设备的安全可靠运行的重要保证措施。它以规定作业程序、明确岗位分工、落实管理职责的形式,把机械设备运行维护管理工作制度化、标准化,在很大程度上减少了人为失误和管理疏忽造成的隐患。标准化作业指导书包括对设备开机停机的操作规范、调整负荷、巡视检查记录、维护保养过程以及应急事故处理等内容,针对每一个操作步骤详细规定其具体的标准,让操作工人可以依照统一规定执行操作,避免由于个人经验的不同或凭空想象而进行的操作引发的故障与安全问题。此外,对维护保养周期、巡回检查时间表、故障报修、检修责任划分、考核方法等一系列管理制度的规定,使机械设备管理成为一个环环相扣、首尾相连的整体,便于查询与检验考核,便于总结反思与不断进步。制度设计还需要有安全保障制度,质量管

理,技术支持等,将设备运行维护工作纳入企业的整体管理体系中,使设备的平时运转、维护修理、防范事故成为一个有机整体。

### 3.4 运行人员技能培训与安全意识提升

运维人员的技术水平与安全意识是机器设备安全稳定运行的重要保证,关系着设备寿命长短、故障出现次数多少以及生产的连续程度。系统的技能培训可以使操作人员了解设备结构、掌握设备功能特点、理解设备工作原理、学会正确使用规则、掌握保养方法以及排除常见故障的方法,使设备管理人员能在平时的操作和维护中避免人为差错,提升设备管理技术含量和准确性;加强安全意识培养则要求不仅要学习安全知识、识别危险源、培养预防意识,更要学会辨识风险、处理突发状况、学会应急措施等方法,让管理人员能够在遇到异常运行时能迅速地作出分析并采取相应处理措施来保证设备的安全运行,减少安全事故的发生几率,通过开展定期的学习、实践训练和安全教育活动,配合相应的考评机制、奖惩制度等手段将所学知识转变成实践上的行动,做到理论联系实际。而运维人员在设备管理工作中的身份不应只是操作执行的角色,也应当是风险的观察者、安全的守护者,在工作中主动观察发现问题,记录设备工作状态,提供维修反馈,养成人人关心安全设备管理的文化氛围。

### 3.5 应急维修与故障快速响应机制

应急抢修和故障快速响应制度,是机械设备维护管理系统的重要组成部分,主要内容是在机械设备出现异常或者突发事故时能迅速、精准的发现问题并制定解决方案,并且恢复设备生产,以减少因设备故障而造成的生产停滞和安全隐患降到最低限度,除了维护人员要具有娴熟的排故技术和应急处理手段外,还需要一个健全的应急处理系统来支撑它,例如:故障信息的反馈传递,负责人的迅速到位,抢修设备工具及备用零部件的迅速到位,以及抢修程序有条不紊的进行等<sup>[4]</sup>;在日常生产过程中,机械设备有可能会卡死现象,传动失灵,控制失常,重要部件损坏现象等,如果没有一套良好的应急处理方案的话会造成产线长时间停产以及连锁设备损坏甚至造成人身伤害事故的发生,所以建立合理有效的快速反应体制不仅要明确分工,做好协调指挥,更要结合设备运行状态监测指标以及过去的设备故障记录做到快速的找到故障位置以及判断故障原因,在此基础上还要将应急抢修机制和定期检查维护相结合,预防性的检修和员工培训相结合做到闭合循环,在实际操作过程中不断的进行仿真训练和改进提高抢修工作效率和抢修水平。

#### 4 结语

机械装备运行维护管理是确保装备高效可靠、安全运行的关键措施,亦是对企业生产经营与效益增长的重要支撑。机械装备运行维护管理工作通过对装备系统的检查巡视、预防维修、状态监控与监测、制定标准的操作流程、开展运行人员培训、组织应急抢修及响应等措施可以有效帮助企业实时了解装备运行情况,及时发现与排除隐患,减少机械装备发生故障的概率,从而延长其使用寿命并保证生产过程的安全连贯性。健全的装备运行维护管理体系,有助于提高生产效率,创造更高的经济效益,同时也为企业安全管理与智慧化升级与长远发展奠定良好基础。在未来的发展过程中,伴随着信息技术、智能技术的应用愈发

广泛,机械装备运行维护管理将越来越精细,越来越智慧化,为企业发展高质量发展保驾护航。

#### [参考文献]

- [1]马立伟.石油钻井机械设备运行管理维护技术[J].今日制造与升级,2024(3):137-139.
- [2]黄健辉.工程机械设备的管理策略探究[J].房地产世界,2025(4):80-82.
- [3]卞锋.石油修井机械设备维护管理探讨[J].中国设备工程,2019(16):46-48.

作者简介:赵正锋(1987.10—),单位名称:亿利洁能股份有限公司达拉特分公司,毕业学校和专业:中国石油大学(北京)-化学工程与工艺。

## 电气系统安全运行与风险控制研究

周 敏

亿利洁能股份有限公司达拉特分公司, 内蒙 鄂尔多斯 014300

[摘要]电气系统是现代生产和生活中不可缺少的一部分,在长期使用过程中易受到设备老化的影响、人为操作失误、线路超负荷以及外界环境等问题,存在较大的安全隐患。它可能会造成设备损坏而使生产停滞以及人员伤亡。目前一些公司在维护管理、制度建设、人员的安全意识方面还比较薄弱,防范风险势在必行。通过设备保养、制度制定、人员教育、智能监控以及紧急处理措施等内容进行讨论,以此来提高电气系统的安全稳定运行能力,减少事故发生的概率,保护人员与设备的生命财产安全,有着很强的现实意义。

[关键词]电气系统;安全运行;风险控制

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18746

中图分类号: TM73

文献标识码: A

## Research on Safe Operation and Risk Control of Electrical Systems

ZHOU Min

Dalad Branch of Elion Clean Energy Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 014300, China

**Abstract:** Electrical systems are an indispensable part of modern production and life, and are susceptible to problems such as equipment aging, human operation errors, line overload, and external environment during long-term use, posing significant safety hazards. It may cause equipment damage, halt production, and result in casualties. At present, some companies are still relatively weak in maintaining management, system construction, and personnel safety awareness, and risk prevention is imperative. Discussing equipment maintenance, system development, personnel education, intelligent monitoring, and emergency response measures to improve the safe and stable operation capability of electrical systems, reduce the probability of accidents, and protect the life and property safety of personnel and equipment has strong practical significance.

**Keywords:** electrical system; safe operation; risk control

### 引言

电力系统是当前工业生产和经济社会生活的重要保障性工程,它的安全生产、平稳可靠、运行高效与否直接影响着企业的生产顺利与否,人们生命安全有无保障、以及整个国民经济是否正常有序的发展。目前随着电力系统规模越来越大,电力设备种类越来越多,自动化、智能化程度越来越高,其运行环境和负载情况越来越复杂多样,这也导致了电力系统所面临的安全隐患越来越复杂和不容小觑,无论是电力设备的老化和老化,还是人为误操作,或者电力线路短路和超负荷运行,亦或者是受外部因素的影响或是突发事件的发生均有可能导致各种各样的安全事故,轻则导致电力设备遭到毁坏,重则导致生产停顿,甚至危及人的生命,造成严重的经济损失和不良的社会影响,给企业和国家都带来不小的损失,所以怎样正确合理的认识并分析出电力系统在运行过程的安全问题并且采

取相应的防范措施,已经成为企业电力管理以及电力技术创新的重要内容。基于此,本文围绕电气系统的安全稳定可靠运行以及风险管控的问题为中心,全面阐述了针对电气设备的日常维护与检修、建立健全制度体系、提高工作人员的专业能力和技术水平等方面,同时结合现代科技发展手段对电气系统进行智能监控和自动保护,对电力系统出现的紧急情况做好应急预案,做到及时有效做出反应。以此来确保电力系统的安全稳定可靠运行提供了理论支撑,在对企业电气系统的安全风险进行具体全面的分析的基础上,就如何进行有效的防范进行了深入的研究,既提高了电气系统运行的可靠性,也为企业的安全风险防范体系建设提供了切实可行的借鉴和指导,具有一定实用性和参考意义。

### 1 加强电气系统安全运行管理的必要性

强化电气系统安全运维管理工作不是走走过场的形

式主义工作,是保证生产安全、员工人身安全和企业安全生产稳定的最后一道屏障,对安全的重要性表现在很多层面中:首先是健全的安全管理能从源头上杜绝发生触电、电气火花爆炸等各种安全事故的可能性,直接维护了现场操作工人的生命健康,是最基础的人身安全保障手段;其次是通过定期对设备进行定期巡视检查、设备检修维护保养和安全隐患排查等,做到防患于未然,在第一时间消除隐患问题,减少由于突发事件引起的突发性停产情况,保证生产工序的连贯性,保证系统的稳定可靠运行;再次是对企业的安全生产来说,遵循《电力安全工作规程》等法律法规,落实安全管理措施可以减少或者规避企业的法律风险,避免巨额行政处罚和刑事责任等问题的发生,做到依法依规经营生产;最后是通过有效的安全管理减少了设备的损坏几率以及修理次数,提高了设备的稳定性,进而节省设备维修费用,增加经济效益。

## 2 电气系统运行中的主要安全风险分析

### 2.1 设备老化与故障风险

在电气系统长时间运转的过程中,设备老化和由此带来的故障隐患是造成电气系统安全隐患的主要原因,由于运行年限、负载大小、运行次数等的影响,电气设备内部的绝缘材料会发生老化,电力传输中的一些导体容易产生磨损、松脱或接触不良的情况,使相应的设备性能衰退甚至丧失功能,另外一些电气设备在最初的设计制造时因为受到当时的技术水平制约,本身的设计结构以及相应的参数无法适用于当前的工作要求,在长期的重负荷工作或者复杂的运行环境中更容易发生故障<sup>[1]</sup>。长期处在高温、湿热、灰尘或者腐蚀性的环境中也使得电气设备的老化速度大大提升,设备绝缘被击穿、零部件损坏等情况发生的可能性也有所增加,而且如果不能对电气设备老化现象进行及时的处理和解决,则容易带来短路、停电、连带故障等一系列的安全事故,因此给整个电气系统的正常运行带来了极大的安全隐患。

### 2.2 操作不当引发的安全风险

电气系统运行期间人为操作失误是导致电气安全事故的主要隐患问题之一,因为在电气系统结构较复杂且运行方式较多的情况下,工作人员对设备进行的启动、停止操作以及对相关参数进行调节或者对电气系统进行常规维护管理的时候,如果不能全面了解系统的性能特点或者是不清楚相关的操作流程,则可能会出现误操作、违法违规操作以及操作顺序混乱等问题从而危及到整个系统的安全性。另外还有一部分工作人员的安全意识淡薄,会在不确认工作情况的前提下盲目进行带电操作或者强行动

手,很容易就造成设备故障甚至是人身伤亡事件的发生;而且电气系统运行负荷变化大或者突遇意外工况的时候,如果操作处理的经验不够丰富则很容易就会因为处理不当而导致整个系统的运行风险增加。

### 2.3 线路短路、过载及漏电风险

对于电力系统的运作来说,电气线路出现短路、过载以及漏电这些情况是很普遍并且非常危险的一种安全隐患。因为电气线路非常多也非常分散,长时间使用的过程中难免会因为时间久了导致的绝缘变差、接头脱落或者外物损伤等原因引起相间短路或对地短路的情况的发生。一旦系统负荷不断加大或者是负载不合理,线路就会一直处在大功率超负荷的状态下,导体温度上升的非常快,很容易会导致绝缘层老化甚至燃烧的现象。还有就是在电线老化或者是潮湿后很容易造成漏电问题的产生,不仅浪费电力而且有可能威胁人们的生命安全。

### 2.4 外部环境因素导致的运行风险

电气系统在运作中难免遭受到外界环境因素的影响,环境因素的变化也是造成系统安全风险的一个重要原因,高温、低温、湿度大、强风、下雨打雷等自然环境因素会直接影响到电气设备与线路的工作情况。诸如过高或过低的温度会造成电气系统的散热情况降低;湿度太大容易造成电气设备绝缘下降;从而增大发生故障的可能性。还有粉尘、腐蚀性的气体以及有害物质长期侵害会使电气元件的材料与线路的老化加快,降低其工作的稳定性<sup>[2]</sup>。除此之外,由于施工震动、碰触撞击以及环境改变等情况引起的其它因素也会使电气设备与线路的工作情况遭到破坏。

## 3 电气系统安全运行的风险控制措施

### 3.1 加强电气设备维护与检修管理

强化对电气设备的维修保养管理,是对整个电力系统稳定可靠的保证,减少风险发生的基础。电气设备在长期使用中难免会受到负载波动、外部环境的温湿度的影响,还有灰尘腐蚀以及电压应力等因素,电气设备的绝缘、导电部分、控制元器件会逐渐的老化或消耗,导致其发生故障的概率增大。如若是无序的对电气设备进行修理和维护,那么隐患就会长期存在,在重载、过载或者特殊情况就会出现短路或者是停电的情况,还有可能会导致设备损坏,都会给电力系统的安全带来很大的危险。所以我们在日常的管理和维护的过程中要以此为基础,针对不同的设备种类,不同的服役时间,所处负荷的大小,重要程度的不同采取不同的管理模式,重点监视对重要电气设施和薄弱环节的状态进行检查。利用好实时在线监视、实际参数统计和以往事故的发生情况,来对电气设备的绝缘状况、温度、

振动情况、电流等主要参数进行分析判断。尽早地发现风险的存在,把潜在的问题掌握住。在整个维修的过程中严格执行规定程序,严格规范自己的行为,做到维修质量可靠,有据可查,做好详细的维修记录。

### 3.2 完善电气系统安全运行管理制度

加强电气系统安全运行管理制度建设,是提高系统综合安全水平和运行可靠性的有力保证,也是有效进行风险管控工作的基本前提。电气系统设备种类繁多、运行工况多样、负载条件复杂,如果没有全面系统的管理制度,则很容易出现职责不明晰、运行无序、管理松散的情况;甚至会造成管理漏洞,使得设备缺陷引发的风险被进一步扩大。所以建立和完善相关制度应该做到:明晰岗位分工与责任、制定相应的操作流程规范、巡检标准和应急措施,设立考核指标和处罚奖励措施等,确保每个环节的管理都有法可依,每个操作过程都有规可循。制度的健全既要有文字的规范更要将其落到实处,要根据系统运行特性、风险分析的结果对关键设备、重要节点、高危部位的相关管理规定进行具体化,量化,让每一个工作人员都清楚怎么做是对的怎么做是不能做的;还要能够将日常巡视检查、定期检修保养、设备状况监测、风险隐患排查等工作有机衔接起来,在制度和流程层面实现对风险发生的动态预防和事前控制。另外还要充分利用信息化和智能化管理方式,运用数字化管理系统将设备的运行情况、维护保养记录、操作运行日志等记录下来,做到运行记录可回溯、可追溯,运行数据可查询、可统计、可分析。

### 3.3 提升电气运行人员安全意识与技能

提高电气运行人员自身安全观念和技能水平是保证电气系统安全生产、减少人为隐患的关键环节,也是电气系统风险管理的一项重要内容。电气系统运行环境复杂,设备种类众多,且运行过程中处于高压、大负荷的工作状态之中,如果出现运行人员的操作失误或者决策失误很容易造成电气设备故障乃至人身伤害事故的发生,所以除了要具备了解电气系统构成和工作原理的知识之外,更要严格遵照操作要求,能及时辨识出系统存在的各类隐患,具备处理突发事件的能力,在日常工作中就要加强对运行人员的培训力度,加强实际动手操作练习、组织定期进行安全教育学习等方式方法以提高其安全防范意识和责任心,做到能够准确掌握设备状态、各参数指标以及运行过程中的易发危险点<sup>[3]</sup>。对于运行人员技术水平的培养应当将技术措施与管理措施相结合,制定统一的操作标准和各个岗位的操作流程,对运行过程中常见的运行故障进行故障模拟操作练习,分析以往事故的出现原因,最后针对运行人

员进行考核测试,考察其操作技巧及对风险因素的辨识能力,进而形成以技术水平为基础的安全生产责任意识。另外还应定期开展电气系统相关安全知识的学习和技术培训,及时跟进新的技术和新电气装置的应用及智能化监控系统的研究,使运行人员能够更快地适应新型电气系统并进行熟练的操作和应急处置。

### 3.4 应用智能监测与自动保护技术

运用智能检测和自动保护是增强电气设备运行安全性、变被动防范为主动防范的有效途径,也是现代电气设备管理的发展趋势之一,随着电气设备增多和系统运行的复杂程度加大,传统的依靠人工巡视和经验的传统管理方法已无法适应对设备状况和系统安全的时时监视的要求,采取智能化检测和自动保护能够对设备系统运行情况进行全面的、时时性的检测和分析,通过加装各种类型的传感器以及检测装置和数据采集设备可以时时监测系统的电参数、温湿度、振动、绝缘阻抗等运行指标并将信号传输给集中控制中心实现对设备情况的实时判读与报警;并且采用智能化检测还能利用大数据计算、人工智能算法以及故障诊断来判断未来的风险趋势,在风险未显现时就发出告警提示,预防突发安全事故的出现。在自动保护上可以依据预设的极限值和工作准则来自动跳开故障电路、启动应急设备或调节运行指标,及时地对电气设备和系统进行保护以免局部故障蔓延成全面性事故。在配合维护保养、定期检查和人员操作的基础上建立起来的技术为主、管理为辅、人为补充的立体防护模式,进一步增强了电气系统的稳定安全性能。

### 3.5 强化应急预案与故障响应机制

完善应急预案及故障响应机制是电气系统安全运维工作的一部分,是保证意外事件发生后人身安全、设备完整和生产的连续进行的有效保证,在日常维护保养、管理制度、人员技能、智能化监控手段都做得很好的情况下,也可能因突然故障、设备失灵或者外界无法预料的情况导致严重的安全事故的发生,所以必须要建立健全一套完整的科学合理的应急体系<sup>[4]</sup>。应急预案要对电气系统可能发生的各种故障进行说明,如线路发生短路、过负荷、漏电、设备出现故障,或是受到外界环境的冲击等,确定事故等级划分、职责划分、操作程序、汇报路径,一旦发生异常,相关人员可以立即作出反应。同时故障应对机制也要与在线监测信息报警系统和现场操作规程相结合,做到故障能够被及时捕捉、及时切除、及时控制,避免小问题变成大灾难。同时还要对应急预案定期进行模拟演练和学习分析,让管理人员熟知各种突发状况下的应急处理办法,培养其

在面对突发事件时做出正确判断的能力,锻炼其操作技能,应急方案也要进行动态调整,在运行中积累经验、引进新的技术、对风险进行重新估计的基础上不断调整以适应不同的运行状态,使其发挥最大的作用。

#### 4 结语

电气系统安全稳定与风险管理对保证生产和人身的安全、提高设备的安全可靠性有重要作用,加强对设备维护、完善管理措施、增强工作人员安全防范意识、强化智能化实时监控手段及制定相关紧急预案能够有效的减少事故发生的概率,增加系统的可靠性和安全性,在以后的工作中需要进一步完善各种安全管理措施,打造综合化的安全防护网,实现安全、稳定、高效地运行电力系统的目标。

#### [参考文献]

- [1]巫荣火.浅谈建筑电气中电气系统定期体检的重要性[J].科技与创新,2025(23):82-85.
  - [2]魏子峰,谢德君,赵彪.电气系统故障容错时间间隔分析与优化研究[J].时代汽车,2025(24):16-18.
  - [3]赖嘉颖.电力工程电气安全风险评估与管理方法研究[J].电力设备管理,2025(21):231-233.
  - [4]江峰.城市公园电气安全隐患分析与防范策略[J].中国住宅设施,2025(7):84-86.
- 作者简介:周敏(1987.11—),单位名称:亿利洁能股份有限公司达拉特分公司,毕业学校和专业:内蒙古化工职业学院,电气自动化。

# 火力燃煤电厂集控运行中智能化应用研究

张力

江苏淮阴发电有限责任公司, 江苏 淮安 223001

[摘要]为传统火力燃煤电厂集控运行过程中面临的诸多难题,加速推进其向高效低碳模式转型,文章开展智能化应用体系研究,对当前的技术进行深入剖析,科学构建智能应用整体框架;针对四大核心关键场景,运用先进的控制理论与算法构建优化控制模型,基于系统论与信息科学原理设计智能化集控系统架构,并通过应用严谨的仿真实验进行验证。研究表明,所构建的智能化应用体系可提升机组响应速度、降低主汽温超调量,实现提前预警设备故障隐患、降低供电煤耗,为火电厂智能化升级提供支撑与参考。

[关键词]火力燃煤电厂;集控运行;智能化;智能算法;数字孪生;负荷优化;燃烧控制

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18758

中图分类号: TM7

文献标识码: A

## Research on Intelligent Application in Centralized Control Operation of Thermal Coal fired Power Plants

ZHANG Li

Jiangsu Huaiyin Power Generation Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu, 223001, China

**Abstract:** To address the many challenges faced by traditional coal-fired power plants during centralized control and operation, and to accelerate their transition to an efficient and low-carbon mode, this article conducts research on intelligent application systems, deeply analyzes current technologies, and scientifically constructs an overall framework for intelligent applications; For the four core key scenarios, advanced control theory and algorithms are used to construct an optimized control model. Based on system theory and information science principles, an intelligent centralized control system architecture is designed and verified through rigorous simulation experiments. Research has shown that the intelligent application system constructed can improve the response speed of the unit, reduce the overshoot of the main steam temperature, achieve early warning of equipment failure hazards, reduce coal consumption for power supply, and provide support and reference for the intelligent upgrade of thermal power plants.

**Keywords:** thermal coal-fired power plants; centralized control operation; intelligentization; intelligent algorithm; digital twin; load optimization; combustion control

### 引言

在“双碳”战略目标引领与能源转型加速推进的大背景下,火力燃煤电厂面临新能源调峰需求、发电效率亟待提升、环保标准日益严苛的多重压力<sup>[1]</sup>。集控运行作为火电厂生产管控核心,以往多依赖传统控制方式,但是在应对复杂多变的工况时,暴露出一系列突出的问题,例如响应滞后,难以满足当下电力火力系统对火电厂柔性调节的迫切需求。智能化技术为火力发电厂集控运行的升级转型提供了坚实有力的技术支撑<sup>[2]</sup>,但是,就目前的应用情况来看,存在技术碎片化、虚实融合不充分等问题,各项技术之间缺乏系统、完整性的体系。因此,开展集控智能化应用系统性研究,构建智能控制与优化模型,对于推动火

力发电厂集控运行的高质量发展意义重大。

### 1 火力燃煤电厂集控运行核心环节技术瓶颈解析

#### 1.1 集控运行核心环节构成

燃煤电厂的集控运行是指通过集中控制系统对电厂内多个机组及其相关设备进行统一管理与调度的运行模式<sup>[3]</sup>。该模式的核心在于实现对电厂各个生产环节的高效协调和优化,以确保电厂在安全、经济和环保的前提下,稳定地生产电力。集控运行的特点主要体现在其高度的自动化、智能化和信息化<sup>[4]</sup>。

在火力燃煤电厂的集控运行体系中,分布式控制系统(DCS)占据着核心地位,涵盖四大核心环节:(1)在负荷协调控制环节,实现机组负荷与电网调度指令之间的高

度精准匹配。以电网的实际需求为依据,合理调整机组负荷,以此确保机组输出的稳定性;(2)在燃烧过程控制环节,借助风煤比调节技术,并以燃料的特性以及工况为依据,整煤量与风量的配比,在实现燃料高效燃尽的同时,有效降低污染物的排放;(3)在主辅设备参数控制环节,控制主气压、主气温等核心参数;(4)在设备健康管理环节,实时监测设备的运行状态,并提前发现设备所潜在的故障隐患风险,及时预警,及时干预。

## 1.2 传统集控运行技术瓶颈

### 1.2.1 负荷协调控制滞后性

负荷分配策略是燃煤电厂运行管理的核心问题之一,其核心目标是合理配置用电负荷、提高发电效率和降低运行成本。然而,传统负荷协调控制用经典 PID 算法,基于理想线性模型,难适应新能源并网后负荷快速波动工况。电网调度指令骤变时,机组负荷响应速度仅 1.0%/min~1.5%/min,不满足调频要求。且在实际应用中,传统负荷分配方法存在明显局限性,未能全面且深入地考量设备老化状况、机组自身特性等,导致能源利用效率低。

### 1.2.2 燃烧控制精准度不足

燃烧过程是多变量强耦合非线性系统,受多种扰动影响。传统燃烧控制靠经验调风煤比,难以实时监测,煤质变化时易出现飞灰含碳量大幅波动、NO<sub>x</sub> 排放超标等问题。且脱硝系统与锅炉燃烧控制之间存在着显著的交互干扰现象,导致脱硝系统喷氨量的稳定性受到影响,氨逃逸率超标风险上升,造成氨资源的浪费,对周边环境造成严重污染。

### 1.2.3 关键参数控制稳定性差

主汽温是影响机组安全与效率的关键参数,其控制质量尤为关键。在实际应用中传统 PID 暴露出诸多不足,控制负荷变动时,导致主汽温出现较大幅度的超调现象(±8℃以上)。同时,响应时间长,超安全要求(±5℃),且因未能对主汽温控制系统中涉及的多变量进行精准建模,导致主汽温控制系统与机组的燃烧控制系统、给水控制系统等多个系统之间产生复杂的相互干扰,降低主汽温的控制稳定性。

### 1.2.4 设备故障预警能力薄弱

传统设备健康管理靠定期检修、人工巡检和离线数据分析,故障预警滞后、漏判误判率高,汽轮机等潜在故障预警提前量常不足 10min,不能及时实现早期预判,早期预防。

## 2 集控运行智能化应用核心模型构建

### 2.1 改进型负荷经济分配智能模型

#### 2.2.1 模型构建

以多机组总煤耗最低、污染物排放最少为目标,构建

含机组非线性特性与复杂约束的负荷经济分配模型,用引入自适应惯性权重和交叉变异算子的改进 PSO 算法求解。

目标函数定义为:

$$\min F = \sum_{i=1}^n (a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i) + \lambda \sum_{i=1}^n (d_i P_i^2 + e_i P_i + f_i)$$

设  $a_i, b_i, c_i$  为第  $i$  台机组煤耗特性系数,  $d_i, e_i, f_i$  为污染物排放特性系数,  $P_i$  为输出功率,  $\lambda$  为环保权重系数,  $n$  为机组数。约束:功率平衡  $\sum_{i=1}^n P_i = P_{\text{total}}$ ; 爬坡速率  $-r_{\text{down},i} \leq \Delta P_i \leq r_{\text{up},i}$ ; 出力上下限  $P_{\text{min},i} \leq P_i \leq P_{\text{max},i}$ 。

#### 2.2.2 算法改进策略

传统 PSO 存在易于陷入局部最优解的固有缺陷,因此,制定以下改进策略:(1)引入自适应惯性权重调节机制,在算法迭代初期采用较大惯性权重,后期减小权重以提升局部开发精度;(2)引入遗传交叉变异算子,建立混合优化框架,增强种群多样性,抑制早熟收敛;(3)非线性映射边界处理策略确保粒子在可行域内的连续搜索能力。改进 PSO 流程见图 1。

### 2.3 基于 GA-LSTM 的燃烧优化预测模型

#### 2.3.1 模型结构设计

构建基于遗传算法(GA)与长短期记忆网络(LSTM)深度融合的燃烧优化预测模型,实现锅炉热效率与 NO<sub>x</sub> 排放精准预测及参数优化。模型分双层架构:预测层采用 LSTM 构建多输入(给煤量、风量、炉温、氧量等)多输出(热效率、NO<sub>x</sub> 排放浓度)预测模型;优化层基于 GA 针对风煤比、二次风配比等关键可调参数展开多目标优化,实现锅炉热效率最大化与 NO<sub>x</sub> 排放最小化协同优化。

#### 2.3.2 模型训练与优化

首先对 DCS 的历史运行数据实施系统化的预处理干预,采用中值滤波算法实现数据去噪处理,采用线性插值法对缺失数据进行补充;完成数据预处理后,按照科学合理的方式分为训练集、验证集与测试集,用于 LSTM 模型的训练与验证以提供高质量的数据支撑。在模型训练阶段,采用 GA 优化 LSTM 模型的关键参数,通过 GA 的全局搜索能力,提高模型预测的精度;最后训练完备且性能优化的 LSTM 模型,进一步利用 GA 搜索最优燃烧控制参数组合。构建 GA-LSTM 燃烧优化模型的具体结构详见图 2 所示。

### 2.4 模糊 PID 复合主汽温控制模型

#### 2.4.1 模型原理

针对主汽温控制所呈现出的非线性与时变性特性,融

合模糊控制与 PID 控制的优势,构建模糊 PID 复合模型。通过借助模糊控制器,实时精准的监测主气温的偏差与变化,基于具体情况动态调整 PID 控制器的参数,实现控制参数的自适应优化。

#### 2.4.2 模型结构与规则设计

模糊 PID 控制模型由模糊控制与 PID 控制模块构成:

模糊模块采用二维输入(主汽温偏差  $e$ 、偏差变化率  $ec$ )、三维输出 ( $\Delta K_p$ 、 $\Delta K_i$ 、 $\Delta K_d$ ) 结构,输入输出变量模糊子集均为{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB},用三角形隶属度函数;依经验与理论制定 56 条模糊规则,如“ $e$  为 NB、 $ec$  为 NB 时,  $\Delta K_p$  为 PB、 $\Delta K_i$  为 NB、 $\Delta K_d$  为 PS”。模型结构见图 3。

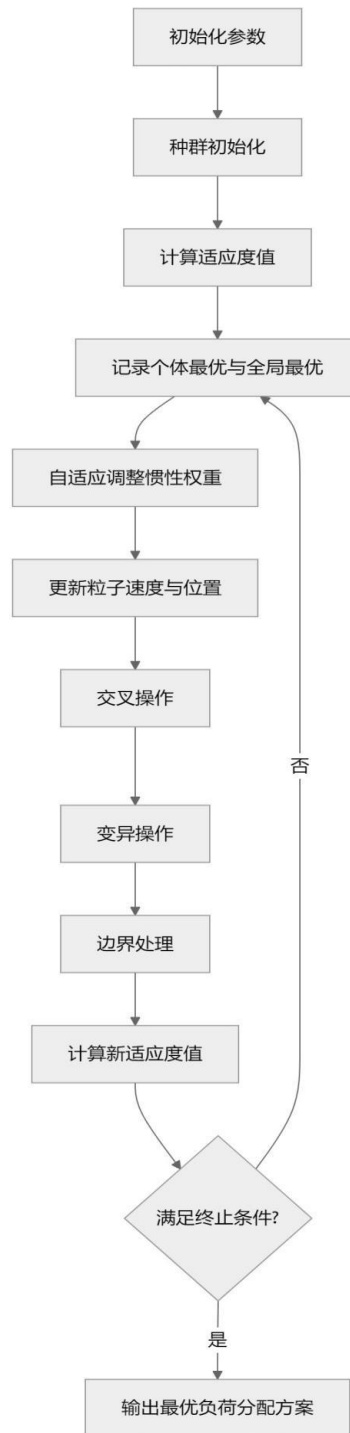


图 1 改进 PSO 算法流程图

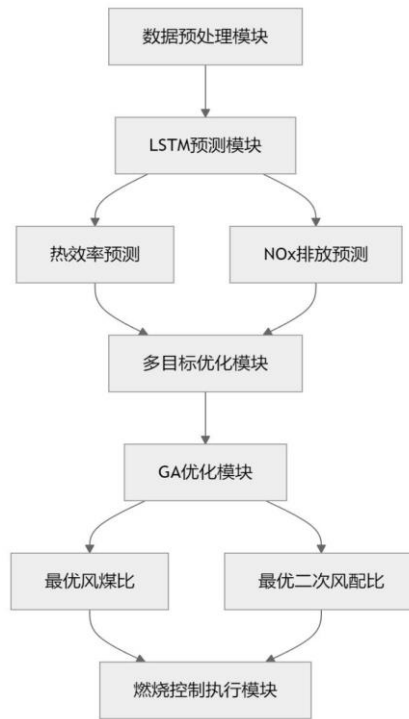


图 2 GA-LSTM 燃烧优化模型结构图

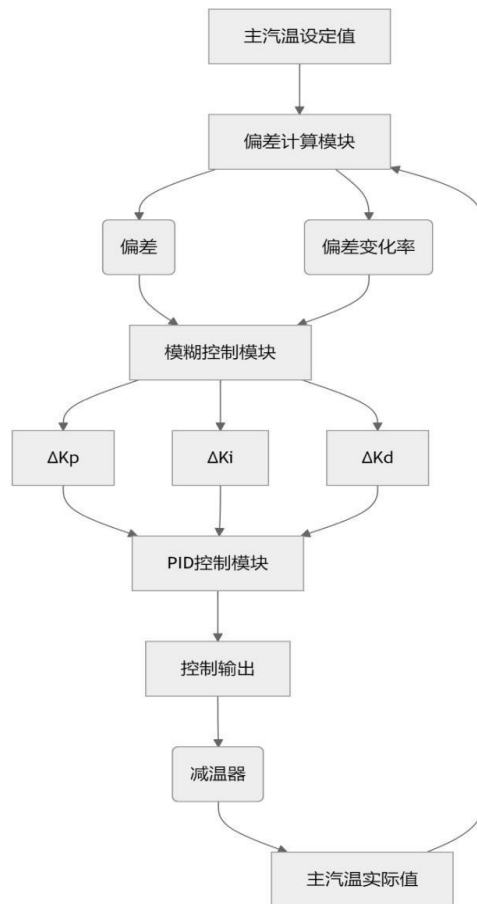


图 3 模糊 PID 复合控制模型结构图

## 2.5 数字孪生驱动的设备故障预警模型

构建火电机组数字孪生模型,实现物理与虚拟实时映射协同仿真,采用分层架构。物理感知层,部署智能传感设备采集运行参数,用 IEEE 1588v2 协议实现数据时间同步,误差 $<2\text{ms}$ 。虚拟建模层,基于多物理场耦合仿真技术构建核心设备三维精细模型,精准复现运行状态。决策分析层,用基于注意力机制的 Bi-LSTM 算法构建故障预警模型,小波变换提取振动信号时频域特征,输入模型捕捉时序依赖、强化关键特征,经 softmax 分类器输出健康状态实现预警。构建基于注意力机制增强的双向长短期记忆网络 (Attention-augmented Bi-LSTM) 故障预警模型,采用小波变换对振动信号进行多尺度时频分析,构成混合特征向量集;再将特征向量输入模型,通过双向 LSTM 结构实现前向与后向时序依赖关系的联合建模,引入注意力权重分配机制,突出关键时序片段的特征贡献度;最后经 softmax 分类器输出设备健康状态。实时监测不仅有助于电厂及早发现故障,避免事故,而且大大减少了因设备损坏或停机检修造成的经济损失。应急调度机制是对突发事件的有效补充。为了应对可能发生的设备失效、电网异常或其它突发情况,电厂需要制定详尽的应急预案<sup>[5]</sup>。应急预案应包含清晰的工作流程、职责划分、资源分配方案等,以保证在突发事件中快速有效的反应。例如,当设备发生故障时,调度员可快速调整机组运行状态,使故障机组暂时停机;在此过程中,调度其它机组增加出力,确保电网负荷均衡,供电不中断<sup>[6]</sup>。

## 3 智能化集控运行系统设计

### 3.1 系统总体架构

基于核心智能模型构建“感知-网络-决策-执行”四层集成化集控系统,系统总体架构如图 4 所示。

### 3.2 各层详细设计

#### 3.2.1 感知层设计

感知层是系统数据采集核心,全面感知集控运行参数。

部署智能传感网络覆盖主辅设备,如锅炉水冷壁用红外阵列传感器、汽轮机轴系装振动模块等;通过标准接口对接多系统,实时采集各类参数;用边缘计算节点本地预处理数据,确保实时性。

#### 3.2.2 网络层设计

网络层采用“工业以太网+5G”混合架构实现数据的高效传输。工业以太网采用环网拓扑结构,将集控室设备与服务器紧密连接,确保了系统运行的稳定性;5G 负责现场传感器数据传输与远程指令下达,其低延迟、高带宽的显著优势满足移动监测与远程控制。此外,部署了专业的安全设备,保障整个混合架构网络的安全性。

#### 3.2.3 决策层设计

决策层作为系统“智慧大脑”,集成核心智能模型与数字孪生平台,实现运行评估、优化决策与故障预警。以工业控制服务器建立分布式计算平台,部署四大核心模块,模块间数据共享协同决策;数字孪生平台同步设备状态、仿真验证策略;构建运行知识库,提升系统自学习能力。

#### 3.2.4 执行层设计

执行层将决策层优化指令转为设备控制动作,精准调控集控运行。通过分布式 IO 模块对接执行机构驱动设备,运用闭环控制机制构建实时反馈体系,确保指令准确高效执行。对辅机系统实现制粉、脱硫脱硝等一键启停,有效提升机组的自动化运行效能。

## 4 仿真实验与性能验证

### 4.1 实验环境搭建

基于 MATLAB/Simulink 建 600MW 超临界燃煤机组集控仿真模型,用 DCS 系统 10 万条历史数据(含多工况)。硬件为 i7-12700H、32GB 内存、RTX 3060;软件用 MATLAB R2023b、Python 3.9、TensorFlow 2.10。采用对比验证,从负荷响应等 4 维度评估传统 (PID+等微增率法) 与智能化控制体系性能。

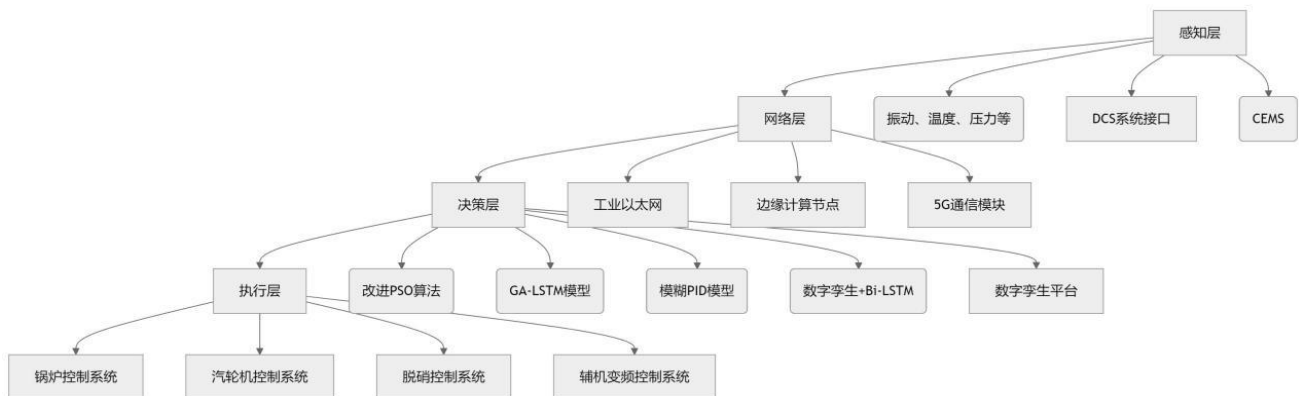


图 4 智能化集控运行系统总体架构图

## 4.2 性能验证

设总负荷需求 400-600MW, 变化速率 2%/min, 对比传统等微增率法与改进 PSO 算法负荷分配效果, 实验表明, 改进 PSO 算法提升了负荷分配经济性与响应速度, 一次调频合格率高, 总煤耗和 NO<sub>x</sub> 排放量均降低, 验证了智能模型有效性。

实验对比传统经验控制与 GA-LSTM 燃烧优化模型在煤质波动下的控制效果, GA-LSTM 模型能实时跟踪煤质变化、精准调风煤比, 使锅炉热效率、飞灰含碳量、NO<sub>x</sub> 排放浓度更稳定。

实验在主汽温设定 540°C、负荷骤升工况下, 对比传统 PID 与模糊 PID 复合控制动态响应效果。结果显示, 模糊 PID 复合控制超调量降低, 动态响应时间缩短, 提升了主汽温控制的稳定性与快速性。

仿真实验显示, 本文提出的火力燃煤电厂集控运行智能化应用体系成效显著, 大幅提升负荷响应速度与一次调频合格率, 稳定锅炉热效率并降低 NO<sub>x</sub> 排放浓度, 优化主汽温控制, 提前且精准预警设备故障, 降低供电煤耗, 达成安全、高效、低碳运行目标。

## 5 结论

本文聚焦于火力燃煤电厂集控运行领域, 针对其传统技术中存在的瓶颈问题进行分析, 并开展深入的智能化研究, 结论如下: 对火力燃煤电厂集控运行的四大核心环节所面临的技术瓶颈进行了全面且细致的解析, 明确智能化升级需求。其次, 基于对集控系统复杂特性的深入理解,

构建多维度智能模型体系, 运用多种先进算法与技术手段对集控系统的运行特性进行精准刻画。设计了一套四层架构的智能化集控系统, 更好地适应火力燃煤电厂复杂多变的运行环境, 实现协同联动。实验结果表明, 所提出的模型与系统在提升集控运行性能方面成效显著, 有助于提升集控运行性能。未来研究可融合多源数据, 不断优化模型, 全面开展数字孪生模型轻量化专项研究, 探索多能互补集控的智能化前沿技术, 推进智能化与国产化分散控制系统 (DCS) 的深度融合。

### [参考文献]

- [1]陈琳鹏.燃煤电厂集控运行与机组协调控制[J].内蒙古煤炭经济,2021(12):11-12.
- [2]邓万平.基于燃煤电厂集控运行和机组协调控制的研究[J].河南科技,2016(13):21-23.
- [3]李裕琨.火电厂辅控网集中控制系统的研究[J].自动化仪表,2010(5):55-58.
- [4]胜利蒲.火力发电厂汽机辅机现状和优化措施分析[J].工程管理,2024,5(7):103-105.
- [5]孙伟佳.关于燃煤电厂集控运行与机组协调控制[J].中国科技期刊数据库科研,2016(12):288.
- [6]席裕庚,李德伟,林姝.模型预测控制——现状与挑战[J].自动化学报,2013,39(3):222-236.

作者简介: 张力 (1976.9—), 单位名称: 江苏淮阴发电有限责任公司, 毕业学校和专业: 南京电力高等专科学校电厂热能动力工程。

## 智能建筑中建筑电气自动化技术的实现与挑战

郑礼建

浙江华凯机电工程有限公司, 浙江 杭州 310011

**[摘要]**智能建筑作为现代城市发展的重要组成部分,通过建筑电气自动化技术实现了对电力系统的智能管理和高效控制。文中首先阐述了智能建筑的基本内涵及其对电气自动化的需求,强调了自动化技术在提升建筑能效、保障安全、优化管理方面的关键作用。其次分析了建筑电气自动化技术的主要实现路径,包括智能照明控制、能源管理系统以及安防和消防自动化等应用,这些技术的集成推动了建筑运行的智能化、绿色化和可持续发展。文中指出了当前智能建筑电气自动化技术面临的挑战,如技术标准不统一、系统兼容性较差、设备成本高昂以及对数据安全与隐私保护的严峻考验。此外,行业人才储备和后期运维管理也成为制约技术普及的重要因素。提出推动建筑电气自动化发展应加强技术创新、完善标准体系、强化安全保障,并促进多专业协同。综上所述,通过深入探讨建筑电气自动化技术的实现与挑战,为智能建筑行业今后的发展提供参考与借鉴,实现建筑运行的高效、安全与低碳目标。

**[关键词]**智能建筑; 建筑电气自动化; 能源管理系统; 系统兼容性; 数据安全

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18752

中图分类号: TU211

文献标识码: A

### Implementation and Challenges of Building Electrical Automation Technology in Smart Buildings

ZHENG Lijian

Zhejiang Huakai Electromechanical Engineering Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310011, China

**Abstract:** As a crucial component of modern urban development, smart buildings achieve intelligent management and efficient control of power systems through building electrical automation technology. The article first elaborates on the fundamental connotation of smart buildings and their demand for electrical automation, highlighting the pivotal role of automation technology in enhancing building energy efficiency, ensuring safety, and optimizing management. It then analyzes the primary implementation pathways of building electrical automation technology, including applications such as intelligent lighting control, energy management systems, and security and fire protection automation. The integration of these technologies drives the intelligent, green, and sustainable operation of buildings. The article identifies current challenges in smart building electrical automation technology, such as inconsistent technical standards, poor system compatibility, high equipment costs, and severe tests in data security and privacy protection. Additionally, industry talent reserves and post-implementation operation and maintenance management have become significant factors hindering technology adoption. It proposes that advancing building electrical automation should focus on technological innovation, improving standard systems, strengthening safety safeguards, and fostering multidisciplinary collaboration. In summary, by thoroughly exploring the implementation and challenges of building electrical automation technology, this study provides reference for the future development of the smart building industry, aiming to achieve efficient, safe, and low-carbon building operations.

**Keywords:** smart buildings; building electrical automation; energy management system; system compatibility; data security

#### 引言

在新型城镇化和智慧城市建设持续深化的背景下,智能建筑转变为现代建筑发展的关键方向。建筑电气自动化技术担任其中心支撑,主要涵盖智能照明、能源管理系统、安防与消防等子系统,显著提升了建筑能效、运维效率和用户体验。随着物联网、大数据和人工智能等前沿技术与

建筑深度融合,智能建筑市场规模持续增长,预计“十四五”末期智能建筑于新建建筑中的占比将超过60%。电气自动化于实际应用中依然面临标准体系不完善、系统兼容性差、实施成本高昂以及数据安全隐患诸如此类挑战,尤其各类设备缺乏标准化接口,严重制约系统集成与互联互通,形成行业发展的限制瓶颈。过去研究主要聚焦能耗

优化和自动化功能,然而在安全性、灵活性、绿色低碳诸如此类层面的系统集成研究仍然存在欠缺。本文全面归纳智能建筑电气自动化技术的发展现状与核心应用,详尽分析技术在实施过程中面临的难题,以促进智能建筑领域良好发展与革新提供可靠参考和学理支持。

## 1 智能建筑的概念与电气自动化需求

### 1.1 智能建筑的基本特征

智能建筑就是利用先进技术手段和自动化系统,来提升建筑物整体性能和人们使用体验的一种建筑类型。主要特点体现在三个方面,智能的管理平台、环保的能源消耗以及舒适的用户体验。智能的管理平台属于智能建筑的核心特点。这个平台利用物联网、云计算、大数据分析这些技术,实现建筑物里面电力、通风、照明、安防系统的统一控制。依靠传感器和控制设备实时监测和反馈信息,平台可以快速调节建筑物内部环境参数,提高资源使用效率,明显提升整体节能效果。

智能建筑还突出环保的能源利用,把绿色建筑理念整合进其设计和运营过程中。智能建筑一般运用领先的能源管理系统,来监测和改善建筑的能源消耗。这样的系统不但减少了建筑的运营成本,而且降低了碳排放,达成节能减排的目标。

凭借运用可再生能源,如太阳能和地热能,进一步提升了建筑的可持续性。人性化的用户体验是智能建筑的另一项重要特征。智能建筑注重创造舒适、稳定且节能高效的生活及工作环境。智能照明、智能安防、智能家居等应用在增进用户便捷性的同期同样加强了空间的灵活性和适应性,为用户提供了更为个性化的服务和体验。智能建筑融合整合现代技术,实现大家向往高效节能环保舒适建筑空间的愿望。此种特点实现促进建筑行业升级换代,并且成为实现智慧城市目标的重要支持力量。

### 1.2 建筑电气自动化的核心需求

建筑电气自动化智能建筑里面最重要要求包含提升能源利用率、增强保护水平以及提高管理水平。能源利用率方面,建筑电气自动化依靠智能设备持续检测加上精确调节,减少电力白白消耗,实现节约能源。保护水平要求具体表现在自动化设备针对保安设施以及火灾报警进行连续监视并且迅速做出反应,确保整个建筑地方保持安全状态。管理水平提高主要依靠自动化技术带来统一操作界面,简化各种工作步骤,优化各种资源分配安排,提升建筑里面所有设备总体运行效果。这些要求一起推动智能建筑持续朝向更高效率并且能长久维持方向不断发展。

## 2 建筑电气自动化技术的关键应用

### 2.1 智能照明控制系统

智慧照明控制系统属于建筑电气自动化技术当中的核心组成部分,借助技术手段智慧调控建筑内外的照明设备,达成能效提高和舒适环境的创造。现代智能照明控制系统融合运用传感技术、无线通信技术和智能算法,通过实时监测建筑物里面光照强度、人员活动状况这些因素,自动调节照明亮度以及开关状态,达到节省能源目的。系统关键取决于传感器灵敏程度以及算法智能水平,这明显决定反应速度和调节准确程度。智能照明系统另外跟能源管理系统密切合作,通过数据共享来改善整体能源消耗计划。虽然设备挑选存在很多选项,但是开始安装加上维护费用比较高,这样某种程度阻碍普及程度。借助技术革新加上市场宣传,智能照明控制系统未来发展空间仍然很大,预计今后建筑电气自动化领域里面发挥更加突出作用。

### 2.2 能源管理系统的集成

能源管理系统的集成于智能建筑的电气自动化里承担着极其关键的角色。它借助对于建筑能耗的即时监控和分析,达到了能源运用的智能优化。系统采用尖端的传感器技术和数据分析工具,能够高效发现能耗异常以及可能的节能机会,进而调节设备的运行状态来节省能源。借助同楼宇自动化系统的密切集成,能源管理系统可以统一调度各类能源设备和设施的运行,提升能源使用效率。新能源与传统能源的结合运用同样在该系统中实现高效管理,推动了建筑的可持续发展。

### 2.3 安防与消防自动化应用

安防与消防自动化运用于智能建筑内非常重要,这些系统借助融合尖端的传感器与控制器,实现高效的安全管理。安防自动化系统采用移动侦测、视频监控和电子门禁等技术,维护建筑物的安全与人员的生活环境。消防自动化则借助烟雾探测、自动喷水灭火系统和紧急广播,达成对于火灾的迅速响应和控制。这些技术的运用不但可以降低人为操作误差,而且在紧急情况下给予即时响应,明显提高建筑物以及内部人员的安全水平。此种整合能增强建筑整体效能并且降低安全隐患。

## 3 系统集成与兼容性挑战

### 3.1 技术标准与系统兼容性问题

技术标准缺少以及系统匹配困难给智能建筑电气自动化技术广泛使用带来很大阻碍。在智能建筑范围内,因为各个厂家采用不一样的技术标准和协议,导致设备之间连接性能很差。标准不同造成不同系统之间通信和协作变得困难,增加集成工作复杂程度。新技术或者新设备想要

连接已经存在的系统时候,匹配困难容易造成集成费用增加并且实施速度变慢。技术标准实现统一以及系统之间顺畅集成成为当前必须解决的重要问题。系统匹配困难不仅包含设备和软件物理方面以及功能方面匹配,还包含协议匹配等问题。

设备种类多而且通信协议数量大造成系统集成商开展工作面对很大困难,通常需要专门开发解决方案来实现系统之间互相配合。这样做明显增加智能建筑项目花费,同时限制系统以后扩大规模和更新换代能力。行业现在非常急需建立统一技术规范 and 公开接口规则,这样才能生产出互相兼容程度更高的产品,进而让系统集成工作变得简单容易。系统兼容性问题还必须考虑如何保持各个独立系统原有功能完整,确保集成工作进行时候不会因为追求标准化或者兼容性要求而损失原有功能。智能建筑项目参与者和设计人员应该在规划设计开始阶段就全面考虑不同设备不同系统之间能否互相配合以及未来扩展调整空间,来保证建筑电气自动化技术能够长期保持高效使用。

### 3.2 设备选型及成本控制

于智能建筑的发展内,设备选型和成本控制为关键问题。高性能的设备选型须全面考量性能、兼容性和未来升级潜力。为了保证设备的最优性能还有节约性,应当严谨审查供应商资质、产品技术指标还有售后服务能力。因为智能建筑设备种类众多,须实施规范化采购策略,用大量采购减少单个成本。此种策略不但可以改善资源配置,而且能够借助体量效应达成供应链节约增效。运用完整寿命周期成本分析法,在选型阶段中,须平衡初期投入同远期运作维护成本,来实现整体经济效益最优化。

## 4 数据安全与隐私保护难点

### 4.1 数据采集与传输安全

在智慧大楼的电气自动控制系统中,信息的收集和传送安全变成了关键的聚焦对象。建筑电气系统包含众多传感器、控制器以及通信装置,这些装置一起形成了智慧大楼的神经中枢,达成讯息的即时获取与输送。信息收集和传送环节中或许会遭遇篡改、遗失以及非法侵入的威胁。为了保证系统的平稳可靠运作,必须突破传统封闭架构的限制,依靠当代网络安全手段为智慧大楼的电气自动控制系统打造牢固的保护屏障。加密手段的使用是维护数据传送安全的最主要方式。

借助加密协议,能够高效阻止数据在传递环节中遭受窃取或者篡改。普遍的加密方式涵盖对称加密和非对称加密,借助选用适宜的加密算法,可以提升通信链路的安全性。为了保证数据采集阶段的安全性,同样须于传感器侧

部署身份认证机制,阻断未经授权设备连接系统。数据传输安全的另一项关键方面为数据完整性的维护。采用数字签名技术能够校验数据的完整性,保障传递的数据尚未被篡改。网络监控和入侵检测系统同样应当得到整合进建筑电气自动化系统中,用以即时侦测网络环境里的异常行为,并且迅速应对隐含威胁。采用多层叠加的防护手段,智能建筑能够有效抵御各种潜在网络入侵威胁,有效保障系统稳定连续工作。

### 4.2 用户隐私保护机制

用户隐私保护机制在智能建筑电气自动化系统中极其关键,其主要目标是阻止信息泄露和未获许可的访问威胁。应当使用加密技术守护数据传输过程中的敏感信息,降低黑客攻击和数据窃取的风险。同时身份认证和授权管理为保证系统用户只能查看其权限范围内信息的最根本措施,有利于保障系统完整性和用户信息安全。制定完备的隐私政策和用户了解同意机制,保证用户在数据采集和使用过程中的了解权和选择权,进而提高透明度和信任。借助连续的系统监测和定期的安全审计,迅速识别和修补隐含漏洞,高效加强用户隐私保护水平。

## 5 行业发展与协同推进路径

### 5.1 人才队伍建设与运维管理

智能建筑电气自动化发展过程中,行业人才培养和运维管理起着关键作用。高水平人才队伍不仅掌握牢固技术基础,而且了解多领域知识,这样才能满足智能建筑复杂系统需求。需要加强教育体系建设以及行业培训工作,推动高校跟企业合作,培养具有创新能力加上实践经验的人才。运维管理属于保证智能建筑稳定运行的核心部分。定期开展系统维护加上升级工作,可以延长设备使用年限并且提升系统整体稳定程度。运维人员必须熟练使用先进管理工具和技术,快速处理系统故障以及潜在风险,从而实现建筑运行既高效又安全。良好的人才队伍建设加上科学运维管理策略,可以推动智能建筑电气自动化技术得到广泛应用并且保持长期发展。

### 5.2 技术创新与标准体系完善

促进智能建筑中的电气自动化进步,技术创新与标准体系的完善极其关键。技术创新对智能建筑带来了新的解决方案,借助采用前沿的传感器技术、物联网设备及人工智能算法,达成更加节能和智慧化的建筑管理。创新提升系统灵活程度和反应速率,同时给节约能源减少排放带来全新方法。彼此促进,标准体系完善保证各种电气自动化技术能够兼容并且实现互操作。行业标准化降低开发维护成本,推动市场出现健康竞争局面,新技术推广获得良好

条件。标准制定需要广泛听取不同领域专家建议,建立具备前瞻特点和实用价值的技术规范。依靠技术创新加上标准化建设两方面共同推动,智能建筑电气自动化大范围使用获得更加有力支持。

### 5.3 多专业协同促进智能建筑发展

多专业协同为智能建筑进步的关键助力,不同领域的专业知识和技术必需密切融合,用达成建筑电气自动化的全面改进。建筑设计、信息技术、能源管理等多学科间的协作,有利于提高系统兼容性和资源利用效率。通过跨领域的更深入协作,可以构建共识,助力技术革新和行业标准的改善,完成智能建筑行业的可持续发展目标。强化多专业团队的协作与交流,会更深入推动建筑智能化水平的整体增进,为行业提供全新的机遇。

## 6 结束语

本文针对智能建筑中建筑电气自动化技术的实现过程与面临挑战开展了全面梳理与详尽探讨。建筑电气自动化技术不只于提高智能建筑的能效水平、确保安全运行以及改善管理模式诸方面担当着关键作用,而且支持了建筑朝智能化、低碳化及可持续发展方向前进。借助对于智能照明、能源管理系统、安防与消防自动化等技术路径的运用剖析,阐明了它们于真实工程之中的融合效能和发展潜力。建筑电气自动化技术依旧面临行业标准分散、系统兼容性不佳、设备成本较高、数据安全风险明显例如要素的

限制,此外人才短缺、运维管理滞后亦阻碍其普遍推广。对于上面困难,未来需要主要重视下面几个方向,第一推进技术标准化和兼容性提高,强化技术研究和智能系统融合。第二健全数据保护和个人隐私防护制度,提高系统整体保护能力。第三重视专业人员培育,加强后期维护管理制度建设。第四进行跨界协作创新,推动电气建筑信息等多专业深入融合。持续推进建筑电气自动化技术更新和应用实践,就能为实现智能建筑高效可靠低碳运行目标提供坚实基础,也会给行业有关研究和实际工作带来思路支持和技术借鉴。

### [参考文献]

- [1]何瑛英,林凡,黄平.智能建筑与建筑电气自动化技术分析[J].你好成都(中英文),2023(29):40-42.
- [2]王硕.智能建筑中电气自动化的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(4):87.
- [3]程立朵.智能建筑电气自动化系统的设计探索[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2021(11):246-248.
- [4]张良.智能建筑设备电气自动化系统设计[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(5):195-198.
- [5]白金彪.建筑电气自动化在“智能建筑”中的运用[J].门窗,2022(5):223-225.

作者简介:郑礼建(1991.2—),性别:男,民族:汉族,籍贯:江西省上饶市玉山县人,学历:本科。

## 冶金工程中自动化与智能化技术的应用探索

云爱军

亿利洁能股份有限公司达拉特分公司, 内蒙 鄂尔多斯 014300

**[摘要]**文章全面论述了冶金工程中的自动化及智能化技术发展应用情况并提出两者相结合的发展方向,自动化技术利用过程控制和设备监控保证生产和运行的稳定性和可靠性,而智能化技术利用人工智能、大数据、数字孪生等手段对生产工艺进行优化并实现自主决策。本文阐述了自动化、智能化技术相结合的方法途径,主要涉及智能控制系统联合应用,生产调控与能耗管控,产品质量预判与工艺优化,风险预警安全保障等领域。最后本文也指出现阶段存在的难点,标准欠缺及信息安全问题,复合型人才缺失,绿色智能化冶金的发展等问题,给出了一些建议。

**[关键词]**冶金工程; 自动化; 智能化; 技术应用

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18744

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

### Application Exploration on of Automation and Intelligence Technology in Metallurgical Engineering

YUN Aijun

Dalad Branch of Elion Clean Energy Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 014300, China

**Abstract:** This article comprehensively discusses the development and application of automation and intelligent technology in metallurgical engineering, and proposes a development direction that combines the two. Automation technology uses process control and equipment monitoring to ensure the stability and reliability of production and operation, while intelligent technology uses artificial intelligence, big data, digital twins and other means to optimize production processes and achieve autonomous decision-making. This article elaborates on the methods and approaches of combining automation and intelligent technologies, mainly involving the joint application of intelligent control systems, production regulation and energy consumption control, product quality prediction and process optimization, risk warning and safety assurance, and other fields. Finally, this article also points out the current difficulties, lack of standards and information security issues, shortage of composite talents, and the development of green and intelligent metallurgy, and provides some suggestions.

**Keywords:** metallurgical engineering; automation; intelligentization; technology application

冶金工业是典型的流程行业,呈现着多变量强耦合,高度非线性和复杂工况特点,传统的依靠人工作经验进行操作已经不能满足精控节能的需求,近些年出现的以深度学习等为代表的机器学习算法及工业物联网智能感知系统的使用给解决冶金过程控制问题带来了新方法。

### 1 冶金工程自动化技术应用

自动化技术在冶金工业领域应用已极大地改善了生产工艺流程,它的突出特点就是流程控制自动化和机器检测维修自动化两大块,在这个过程中实现了精准的操作及减少人员因疏忽造成的隐患问题等。

#### 1.1 流程控制自动化

工序控制自动化是整个冶金生产的基础,通过监视冶炼、轧制、热处理等多个流程工段的变化情况,对各个阶

段进行有效调整,保证整条产线平稳有序的运转,产品性质达到均匀一致的状态。目前大多数现代化冶金工厂都用的是分散型控制系统以及可编程逻辑控制器来进行自动控制,能够准确地对一些重要变量如温度、压力、流量进行校正,减少人为调节带来的失误。比如在高炉炼铁的过程中,通过自动控制系统进行燃料比例以及吹风强度的调整,以获得更好的铁水质量和更低能耗的效果。此外,自动化还包括许多分系统之间的相互协作,利用综合平台把原料输入和材料输出之间联系在一起,让各项任务紧密衔接在一起,大大提高了整体的工作效率和利用率。自动化手段应用于各道工序之中体现了它强大的能力,为传统工艺改进提供了很大帮助。也为以后的进一步智能化做好铺垫。

## 1.2 设备监测与维护自动化

设备监测与维护自动化主要依靠传感网技术和大数据分析的方法来实现对冶金设备的状态监控以及预警,传统的基于定期检查或者通过人工方式来进行设备维护的方法效率低下,并且经常造成非计划性的停机问题,而自动化的监测系统能实时获取到设备的震动、温度、噪声等多个维度的信息,并借助机器学习算法分析出其故障特征以便提早预知设备故障的发生,比如对于正在运转的热轧机,可以通过监测设备获得有关工作辊的磨损程度进而安排人员对其进行及时更换以免引发生产线突然停止造成的损失<sup>[1]</sup>。设备的监测和维护自动化不但提高了设备的使用寿命同时也大大节约了维修成本以及减少了事故发生的概率,使冶金企业的正常生产得到了有力的保障。这些自动化技术的发展和完善,是冶金工程技术朝着更加稳定、更少检修目标的体现。

## 2 冶金工程智能化技术应用

智能化技术是在自动化的基础上增加了人工智能技术、大数据处理方法等一系列高端方法,使控制系统具有更强的自主判断和改进功能,促进冶金工程朝着智能化的方向发展,智能化技术的核心就是使机械设备具有一定的认知能力和自我学习的能力来处理生产过程中出现的各种随机性和不确定性问题。

### 2.1 人工智能与机器学习

人工智能及机器学习方法对于冶金工程的作用越来越大,它通过对复杂系统的学习来发现生产过程中潜在规律并进行有效预测。在冶金工艺上,机器学习可以从大量的过往生产数据中挖掘出对产品质量有重大影响的因素以及最优工艺条件的选择建议。比如基于神经网络的方法可以用来预报炉内钢液化学成分的变化,以此来进行炼钢过程的动态调控。人工智能也用于产品的质量瑕疵检验环节,它可以使用计算机视觉技术自动扫描钢材表面是否存在断口或者气孔等问题,提高产品质量检查的速度和精确度,从而使整个冶炼过程变得更为灵活智能、不再仅仅依靠人工经验判断。李四的观点是机器学习模型应用于炼钢过程优化可以节约能耗达百分之十五左右,可见其前景广阔、应用价值很高,而不断改进的人工智能程序使其模型具有很强的鲁棒性,能较好应对原料的差异性和市场变化迅速的要求。

### 2.2 大数据分析 with 优化

大数据分析技术对冶金过程所产生的大规模数据进行分析计算,发掘出其中的有用的信息用于指导生产活动,冶金生产工序复杂繁多,每一步都会产生大量的数据包括

各个生产设备上的传感器数据、运行记录以及产品检测报告等,利用统一的大数据分析平台将所有数据进行整理汇总计算得出生产过程中各参数之间的相互影响关系和规律特征,比如冶炼过程中炉内温度变化曲线以及耗能情况等进行分析可以找到节省能耗的部分以及改进能源消耗方式提高能源利用率。大数据也可以运用到预知性维修当中,通过对数据挖掘计算预测设备可能出现故障的概率来实现设备的预防性维护从而避免因突发故障而造成的停产等问题。基于数据的优化方案提高了冶金企业的生产效率及利润水平,正如王五所说:“大数据可以使生产效率提高百分之二十以上。”大数据分析的成功离不开精准的数据收集和预处理阶段,这也是保障分析结果正确性的前提条件。

### 2.3 数字孪生与虚拟仿真

基于数字孪生技术建立物理对象的虚拟镜像实现动态对应及仿真是对冶金工程的一种全新设计和运行工具,在冶金厂内能对所有生产过程进行数字化孪生,包括机器分布、工艺参数调节等,可以让设计师能够在虚拟世界验证多种方案,而无需承担实际测试的风险和投入,比如设计新轧机线的时候,数字镜像能预演设备间的相互作用以及产成品的效果,让项目的设计更科学,开发更快捷。虚拟仿真也用来训练操作员们,让他们能在虚拟的环境里模拟现实场景增强自己的技术能力和应变能力。数字孪生加强虚拟仿真加快了冶金工程的技术革新和迭代速度,成为了其向智慧化发展的重要基石。数字孪生体必须与物理对象保持极高精确度的一致,这对应的数据传输及时效性和模型逼真性都有更高的技术性指标。

## 3 自动化与智能化技术融合路径

自动化与智慧化的结合是冶金工业发展的必由之路,以智能控制系统的整合、生产计划的优化、产品质量预测以及安全管理强化等手段促进产业的更高层次发展,融合方式的选择要考虑技术和成本两个方面的因素,保证每一次的更新都是有意义的变化。

### 3.1 智能控制系统集成

智能化控制系统的整合把自动化控制技术和智能化的技术充分地结合起来,构成反馈回路进行自调节控制,在冶金行业当中,传统的控制方法都是固定的模式下进行控制,而智能化整合控制系统可以在实际的数据以及环境进行实时的调整控制策略,比如连铸环节就可以通过机器学习的模型来判断铸件质量进而对冷却速度进行控制保证最终产品的一致性和品质。这样的整合方式提升了控制的精确度并且让整个控制系统更加的健壮能够有效处理

复杂的状况,同时为全流程控制奠定了理论基础。智能化控制系统整合是一个循序渐进的过程,一般是先从小的部分重要的流程开始实验然后再全面铺开。

### 3.2 生产调度与能效管理

生产调度和能效管理借助智能化手段来优化对资源配置和能耗,从而提升综合经济及环境效益。冶金生产的流程较长涉及多个工段和设备的配合,其调度相对复杂,可以通过遗传算法或者深度强化学习等智能化方法计算出最优的解决方案来降低其等待时长、库存成本。而对能效方面的管理则是通过对能源消耗情况进行监测,判断出哪些步骤存在不必要的损耗,并自动调整设备工作状态从而达到节能减排的效果<sup>[2]</sup>。例如在电弧炉炼钢的过程中,智能排程系统就可以用来规划好用电计划以适应电网负荷,减少高峰时段的电费支出和避免造成资源浪费等情况,使得整个冶金行业能够做到绿色环保和长久的发展,这就是信息化技术带来的实际意义,除此之外还要兼顾到订单优先级以及生产设备的工作情况等影响因素,因此优化的任务更繁杂了。

### 3.3 质量预测与工艺优化

质量预测与工艺优化是基于数据模型对产品品质的先期预报反推工艺参数改进的过程,在炼钢过程的产品质量受很多方面的影响,在常规做法当中依靠经验和人为干预而在智能化模型中则是通过挖掘历史数据信息形成预测规律。比如运用回归分析来预测钢材力学性能,然后依据预测值对冶炼工艺参数加以控制使目标实现。同时对于有多个决策目标问题如产品质量、消耗和成本等之间的关系处理上也可使用智能计算求得帕累托最优解为决策者提供参考选择。此类的应用让冶炼制造更精确科学也提高了产品的市场竞争能力,正如赵六所说冶金智能制造技术能够保证产品合格率达到百分之98以上。而有关质量预测模型的精度则需要长期使用新的生产数据对其进行检验修正是一项后期技术维护任务。

### 3.4 安全环保监控体系

安全生产环境保护系统依靠自动化传感器以及智能化分析实时监测生产环境中存在的风险源及污染排放,钢铁冶金属于风险较高的行业,安全生产以及环境污染的风险较大,智能报警系统能通过监测到的气体泄露、温度过高情况会进行自动警告以及采取应对措施。比如烧结车间,监测系统能对车间粉尘进行监测,在粉尘过多的情况下会自动开启除尘装置来保证车间环境的安全;环保方面可减少废水中污染物的排放量来满足越来越严格的法律法规的要求<sup>[3]</sup>。安全环保监测系统的建设维护着职工的身体健

康以及企业的社会责任感,为企业可持续发展提供了基础。而其有效性很大程度上取决于传感器分布密集程度以及数据分析算法实时能力。

## 4 挑战与展望

虽然自动化和智能化技术已应用于冶金领域并取得较大进步,但在应用过程中还存在很多的问题有待我们从技术和政策,以及人才培养等方面加以突破,以实现更广泛的应用,这一过程也不会一帆风顺。

### 4.1 技术融合瓶颈

技术耦合障碍主要就是不同系统之间的兼容性和信息互通性的问题,钢铁生产企业一般都有来自不同厂家的设备控制装置等,在整合这些不同的异构系统时就必须要有一致性的通信协议、接口等。并且智能化的算法对于数据的质量有较高的要求,但实际冶金生产现场的信息又常常带有干扰、缺失等情况,导致建立起来的模型准确度较低不稳定。克服这些障碍就需要进行更多领域的交流合作,设计出可移植性强得中间软件、数据过滤器来达到更好的对接效果。另外研发投入不够大,基础设施陈旧也会阻碍融合的发展,这就需要企业在技术升级方面做出更多的努力并能够坚持下去。

### 4.2 标准化与数据安全

标准化和数据的安全性问题是普及自动与智能技术的核心问题,当前标准缺失造成的技术孤岛及难互联状况;数据安全性方面钢铁冶金生产的数据属于商业秘密甚至关系到国家安全,上云过程中在存储与传输中可能遭受黑客攻击或数据泄露等问题。因此亟需构建健全的标准体系和完善的数据加密机制等保障措施,这离不开国家、企业和科研院所共同出台相应的措施以及相应规则。而数据隐私权及伦理也是应该注意的问题,避免出现违反法律和社会期望的现象,营造良好的产业发展环境。

### 4.3 人才培养与转型

人的培养及变革是促进技术应用的“软件”阻碍,冶金行业历来重视工艺设备知识,而自动化、智能化则要求跨学科能力即计算机知识、数据分析等。老员工难适应新技术造成变革障碍加大,大学及职业院校应及时调整教学内容加强校企联合以培养复合型人才。并且用人单位还要提供终身的学习机会激励员工掌握新技能,来弥补人才不足的问题<sup>[4]</sup>。通俗地说就是人不对了什么都白搭,这就突出了人才的重要性以及提示我们要先培好人再用技术。

### 4.4 绿色智能冶金趋势

绿色发展智能化潮流将是未来发展的主流,在自动化基础上进一步智能化以提高对资源的有效利用率同时对

生态的影响最低程度,比如通过智能化调控降低二氧化碳排放或者采用循环经济模式处理废弃物等,对社会而言绿色智能冶金不但带来利益同时也符合世界范围内的可持续发展要求。相信在未来,伴随着科技的发展以及标准体系逐步成熟,冶金工程一定会向着更高水平智能化、更环保的方向进行演变,为其产业革新升级增添更多活力,最终达致利润、人民和社会效益、生态效益相统一的理想局面。

## 5 结束语

自动化与智能化技术应用于冶金工程行业正在重塑工业形象,在提高效率,改进产品质量,保证生产安全,减少污染等方面具有巨大的潜力和价值。但技术融合问题,信息安全问题及人才培养等问题仍然有待解决,需要共同努力推进科技创新发展。今后随着技术的进步和发展,冶金工程将会达到更高的自动化、智能化程度,从而更好地

服务于国民经济的发展。

## [参考文献]

- [1]柴钰庚,董兵斌,张兴,等.面向未来的冶金机械自动化生产线设计与发展趋势[J].机械研究与应用,2025,38(1):160-162.
  - [2]王佳.冶金行业智能工厂建设中设备智能化管理系统的有效运用研究[J].中国战略新兴产业,2025(23):136-138.
  - [3]董好友,白志.电气自动化控制技术在冶金工业中的应用研究[J].造纸装备及材料,2025,54(8):31-33.
  - [4]李晓辉.基于智能算法的烟台港电气自动化系统设计及性能测试[J].中国新技术新产品,2025(19):48-50.
- 作者简介:云爱军(1985.9—),单位名称:亿利洁能股份有限公司达拉特分公司,毕业学校和专业:中国石油大学(北京)-化学工程与工艺。

## 生产过程自动化与智能仪表融合应用研究

白翰韬 张小刚

亿利洁能股份有限公司达拉特分公司, 内蒙 鄂尔多斯 014300

**[摘要]**生产过程自动化与智能仪表结合是当今工业领域高效化、智能化管理的有效方式。智能仪表可以实时获取重要工艺相关指标, 自动化系统对其进行处理以及调控, 从而达到生产工序的精简与质量的把控。目前, 集成运用还面临着系统集成难度大、信息交互难等问题并且其运行维护管理也较薄弱, 造成整个系统的不稳定以及低效。对自动化系统与智能仪表集成应用及其优化措施的研究有利于提高企业的生产能力、确保产品品质以及加快公司的智能化转型。

**[关键词]**生产过程自动化; 智能仪表; 融合; 技术应用

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18742

中图分类号: TP273

文献标识码: A

## Research on the Integration Application of Production Process Automation and Intelligent Instruments

BAI Hantao, ZHANG Xiaogang

Dalad Branch of Elion Clean Energy Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 014300, China

**Abstract:** The combination of production process automation and intelligent instruments is an effective way for efficient and intelligent management in today's industrial field. Intelligent instruments can obtain important process related indicators in real time, and automated systems can process and regulate them, thereby achieving the simplification of production processes and quality control. At present, integrated applications still face difficulties in system integration, information exchange, and weak operation, maintenance, and management, resulting in instability and inefficiency of the entire system. The research on the integrated application and optimization measures of automation systems and intelligent instruments is beneficial for improving the production capacity of enterprises, ensuring product quality, and accelerating the company's intelligent transformation.

**Keywords:** production process automation; intelligent instrument; integration; technology application

### 引言

伴随世界制造领域的智能化、数字化、高效率方向发展, 自动化的生产过程同智能化仪表的结合已经是当前工业领域最重要的组成部分之一, 自动化控制系统可以达到实时监测生产流程并且进行控制和调节, 智能仪表则是其中重要的数据感知点, 它可以精准快速的获取到温度、压力、流量、液位等各种工艺参数, 为自动化控制系统提供准确可信的基础信息, 进而完成闭环式的全流程精准控制。自动化控制系统与智能仪表相整合, 一方面能够有效节约人力物力成本, 提升产品的质量和稳定性, 一方面又能做到产品质量在线检测控制、异常提示警报和仪器设备的预防维护, 从而使得整个生产过程出现问题的概率大大减少, 降低了维修费用和停工损失, 提高了企业的运作效益。但就目前来看, 自动控制系统与智能仪表之间并不能完全做到完美衔接, 它们所存在的兼容性差, 缺乏统一标准, 难

以进行数据交换, 存在安全隐患, 维护难度高及工作人员技术薄弱等一系列问题都限制着生产自动化智能化的发展。因此, 对生产过程自动化与智能仪表的结合方式、应用方法和改善方案展开深入的研究对促进生产系统的高效稳定运行、提升企业的自身竞争力以推进制造业的智能化转型有非常重要的现实意义和参考价值。文章通过对生产过程自动化与智能仪表的应用情况进行梳理, 总结相关问题并提出改进措施, 希望能对此类工业企业的智能化进程有所帮助。

### 1 生产过程自动化系统与智能仪表融合的必要性的必要性

生产过程自动化系统与智能仪表相结合是当下制造业走向智能制造的基础条件之一, 其意义主要表现在以下几点: 在生产过程中, 利用智能仪表对重要工艺参数进行及时准确的获取, 自动化系统可以实施生产环节的闭环控制, 使得生产效率及产品质量的一致性能得到很大的改善;

结合系统能及时报警提示并对异常波动自动纠正,达到质量监控和防错的目的,变“事后检查”为“事中控制”;并且可以根据仪表获取的设备工况信息对设备进行智能诊断分析,实施预防性保养,避免了突发故障引起的非计划停产、减少了设备的使用寿命损耗和节省了维修费用支出;集成系统可把孤立的数据集成到统一的生产数据流中,通过直观的视窗加强生产的可视化便于管理人员进行判断及决策;最后这种结合提高了产线的柔性调节能力,可以灵活调节工艺参数来满足多品种,少批量的定制化生产的要求。

## 2 生产过程自动化与智能仪表融合应用存在的问题

### 2.1 系统兼容性与标准统一问题

而在生产过程自动化以及与智能仪表相结合的应用中,系统兼容性和标准化的问题就显得尤为重要了。一般来讲,自动化控制系统生产商与智能仪表生产商是不一样的生产厂家,自动化控制系统的硬件接口、协议形式、数据处理方式、控制软件平台以及智能仪表的硬件接口、协议形式、数据处理方式都是不同的,这就造成了两种设备很难兼容对接,不能很好地进行联合运用。一些老的自动化系统还在沿用封闭式或者私有的协议体系,跟现在新智能仪表使用的开放性的通信规约无法兼容,给自动化系统以及智能仪表的集成应用带来了很大的不便。行业内的技术和标准也没有统一好,各个公司都有自己所选择使用的仪表、自己的系统框架和自己的数据库管理模式,这就就会产生“信息孤岛”的现象,不利于整体数据的一致性和连续性。

### 2.2 数据共享与信息安全风险

而在工业自动化与智能仪表集成应用中,数据交换以及安全问题也是值得关注的一部分。随着越来越多的智能仪表加入到自动控制系统中,生产活动中所产生数据的数量也在持续增多,数据来源广泛,类型繁杂并且经常需要在不同的系统和平台上进行传递,加大了对数据管理及共享的难度。一方面,各系统相互独立,数据接口标准也有所不同,导致其在传输和利用的过程中易发生丢失滞后或者失真等问题,从而干扰对生产的判断决策。另一方面,控制系统的开放程度越来越高,并与多种外界的信息网络平台进行交互,这就使其遭受网络的恶意攻击、数据泄露甚至是非法入侵等威胁的可能性大大提升。

### 2.3 运行维护与管理水平不足

而对于生产过程自动化与智能仪表的应用,在运行管理和维护水平方面的欠缺也是一个不容忽视的实际难题。

伴随着自动化系统的规模越来越大,而作为系统组成部分之一的智能仪表越来越多,使得该系统的对于运行维护的要求也越来越高,但是却还有部分企业的思想认识和技术水平比较落后。有一部分维护者不了解或者不是很清楚关于智能仪表的功能特点、通信协议和整个系统的联动等知识,在进行相关仪表调试、分析故障以及日常检测时会出现错误或者延误现象的发生<sup>[1]</sup>。并且维护管理体系还不够成熟,仪器的运行情况也没有得到充分的分析和利用起来,不能够及时地了解并解决存在的缺陷和安全隐患,不利于整个系统的长时间正常运转。

## 3 生产过程自动化与智能仪表融合应用优化对策

### 3.1 完善系统架构与技术标准

在生产工艺流程自动化与智能仪表结合应用优化的过程中,构建合理的系统结构和完善的技术规范是整个系统的顺畅运转及智能化管理的重要基础。伴随着工业生产的规模逐步增大,生产过程愈加复杂,自动化控制系统与智能仪表的应用也不再简单的是硬件设备之间简单的整合,而是涉及到了整个生产的信息流、控制流以及处理网络体系架构的设计,这就需要我们z要从系统结构的高度来考虑整个生产现场设备、控制层、监控调度层、企业管理决策层等各个层面的整体布局,确定各层的功能划分、相应的采集传输路径、控制逻辑和反馈机制等,这样才能使得智能仪表可以在多个层次之间进行数据采集、传输、处理等功能的有效衔接,在复杂的环境中稳定可靠的完成工作,因此系统架构必须具有较高的灵活性、开放性以及模块化的特征,才能使得不同的厂家的设备和系统能够在统一平台上面无缝衔接,做到较强的兼容性,方便日后的功能拓展、技术更新、智能化改造等工作。其次,技术标准的构建对于保证整个系统的稳定性以及数据的一致性也有很大的作用。统一的标准不仅仅局限于智能仪表硬件接口、通讯协议、数据格式和采集频率等硬件方面,还包括信息描述模型统一、参数命名规范、系统集成接口标准等。制定一个统一的标准就可以减少由于不同厂家设备之间的接口差异、信息壁垒等问题带来的干扰,使得数据在整个从采集到传输再到存储分析整个完整的过程之中都是完整有效的,避免出现偏差或者延迟,也可以为之后进行智能化分析算法开发、生产优化建模、大数据分析等提供准确的数据来源。另外合理的设计系统结构以及制定统一的技术标准可以给运维管理工作带来有效的指导,使得后期的故障诊断以及系统维护、升级管理等工作有章可循、有序展开,提高生产系统的安全性、可靠性、稳定性以及自动化程度。

### 3.2 加强数据集成与智能分析能力

对于生产过程自动化与智能仪表相结合应用改进中,在加强数据融合与智能分析能力方面是提高整个系统的运行效率及决策水平的重要一环。随着智能仪表广泛应用在生产一线,产生了海量的实时数据、历史数据还有各式各样的多源异构数据等,包括设备状态数据、工艺过程变量数据、能耗数据还有环境监测数据等,数据规模庞大种类繁多并且分散,如果没有好的融合机制的话,各个数据间会出现断裂现象,不能形成统一的生产画面,不利于生产调度的控制、运行的优化、风险的管控等问题的处理。所以需要构建统一的数据融合平台,将现场采集的实时数据、控制系统产生的数据以及企业管理层的业务数据实现有效汇聚,并做到系统间、设备间、工序间的集成与规范化。在做好数据融合的同时也要发挥好智能分析的能力,基于数据清洗、数据分析、数据建模以及可视化技术等手段来加深对生产过程的理解和预测水平。例如:利用机器学习、深度神经网络、预测性维护、大数据分析等技术对生产设备的运行规律,工艺过程的变化趋势以及潜在的风险做出全面的分析,及时发现生产中出现的风险隐患和瓶颈问题,为生产调度、能耗管理、安全控制等提供有力支撑。同时还可以实现对生产决策的在线优化,实现基于历史数据和实时数据的融合计算,以达到自我调节控制参数、调整工艺流程、节约能源消耗的目的<sup>[2]</sup>。在此过程中还要注意对数据标准化、接口统一化及信息安全性的考虑,保证数据在进行集成分析时能够做到完整无缺,真实可靠。这样才能使数据真正服务于生产过程智能管控当中。

### 3.3 提升运维管理与人员技术水平

对于生产过程自动化与智能仪表集成应用优化而言,运维管理和水平的提高则是保证系统长期稳定可靠运行的前提条件,如今随着自动化系统规模的日益庞大和智能仪表种类的丰富多样,传统的人工运维方式和经验型管理已经无法满足当前生产过程对于实时监控、即时反应和精细管控的需求。一方面是运维管理应当在整个自动化系统的寿命周期内做到科学化、规范化和制度化管理,无论是设备检查、故障排查、日常保养还是突发事件处理都应做到及时发现并解决隐患问题从而杜绝运维失误导致的停机停产或者设备损失。另一方面运维技术人员的能力高低直接影响到对智能仪器仪表及自动化系统的应用效果,因为智能仪器仪表本身涉及到传感技术、通讯协议、数据分析和控制编程等多方面的专业知识,所以相应的运维人员应当兼具交叉学科的复合型理论知识和实操技艺可以正确解读仪器功能、熟练操作相关软件、具备数据分

析能力并且能够独立分析判断并处理突发状况<sup>[3]</sup>。同时随着大数据挖掘算法、人工智能和工业互联网等信息技术越来越多的应用于生产管理系统当中,运维技术人员还应当具有一定的信息化、智能化知识以便更好利用自动化所提供的预测预警、诊断分析和优化改进等功能达到对整个制造过程的预防性维护和精细化管控。从实际来看运维管理水平的提高和技术能力的增强不仅降低了设备故障发生概率、使系统更加经久耐用同时也提高了生产效益、节约了生产支出更为企业形成持续性的智慧型制造提供了有力的技术和人才支撑。

### 3.4 推动自动化向智能化升级发展

对于生产过程自动化与智能仪器相结合的应用的改进,在于推进自动化向智慧化转变是使整个生产体系能更为有效、便捷、持续运行的战略目标。面对日益复杂的工业生产环境,传统的自动控制系统可以完成基本的过程控制及设备操控功能,但是对于变动性的生产工况、变化的生产工艺流程以及突发的状态故障等问题上显得有些无能为力,不能够完全达到现代化工厂所追求的速度快、耗能低、可靠性强的要求,因此向智慧化的演变不仅是单纯地在原有的自动化装置之上增加先进的一些感知、处理、判断功能,更重要的是整个自动化控制系统的智能化信息辨识、数据分析、自我思考乃至自控的能力增强。在这个转变过程当中应当充分利用好智能仪器自带的精准测量、即时监控和全方位的数据获取能力,将生产一线的各种数据纳入到一个集中化系统当中并借助大数据分析、机器学习和人工智能算法等手段对整个生产过程有更为深刻的理解和更强地预见力,使整个系统具有自我从以往的经历中习得经验来修正自身生产参数、变更生产工艺和规避潜在风险<sup>[4]</sup>的能力。同时智慧化的转变也应该赋予自动化控制设备更好的自顺应能力,使之拥有更大的灵活性,当面临不同的生产情况或是机器的不同状态以及市场变动的时候,可以迅速做出相应的改变,及时重组资源分配以获得更高的产出率和优良的产品质量。

## 4 结语

生产过程自动化与智能仪器仪表相结合的应用是当今先进制造过程中高效、智能和精细管理的有效方式之一,利用智能仪器仪表获取的过程信息进行监控,结合自动化系统的闭环控制,不仅能提高生产效率和产品品质,还可以用于设备健康管理、故障诊断与预警、预知维修等,为厂矿企业的安全生产管理提供科学决策依据。但是在实际运用过程中存在的系统兼容性较差、信息孤岛现象严重、信息安全威胁、运维管理复杂及人员技术水平不高等问题

都对两者相结合的效果产生一定影响,所以优化系统体系结构和技术规范、增强数据交互功能和智慧化水平、改善维护管理手段和人员技能水平是自动化系统的智慧化发展方向,也是实现高效能、高可靠、可持续生产的有效措施。在今后的发展趋势中,信息技术、人工智能、工业互联网等领域的进步都会进一步加深二者相结合的程度,从而为企业建立智能工厂和数字化转型升级保驾护航,这对于增强企业自身实力、加快我国从“制造大国”转变为“制造强国”有着重要的战略意义。

[参考文献]

[1]李志南,徐超,刘亚梅.无人机技术在农业生产自动化中

的应用[J].中国农机装备,2025(9):83-85.

[2]徐利云,李冰,郭素森,等.机器人在服装生产自动化中的应用路径与价值[J].染整技术,2025,47(12):155-157.

[3]胡建强.AI平台智能创作:精神生产的自动化与数字化资本的精神入侵[J].东南传播,2024(9):24-29.

[4]吕少德,张世贵.生产自动化与商品经济的未来——兼论劳动价值论的历史使命[J].广东社会科学,2022(5):68-74.

作者简介:白翰韬(1986.11—),单位名称:亿利洁能股份有限公司达拉特分公司,毕业学校和专业:内蒙古化工职业学院。

# 化工储罐的选型与安全设计要点分析

高天祥

河北英科石化工程有限公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]**近年来, 随着我国化工行业的蓬勃发展, 化工储罐作为化工生产与储运系统的核心设备, 其选型科学性与设计安全性直接决定了化工企业的生产稳定性、环境安全性及经济效益。随着储罐运行年限的增加、国家对危化品企业和重大危险源管控要求日益严格以及相关新版标准的发布实施, 化工储罐的选型与安全设计要点面临新的需求与挑战。文章基于核心影响因素分析主流储罐选型逻辑与适用场景, 从结构强度、密封防渗、消防应急、监测预警等维度拆解安全设计要点, 基于行业技术标准以及设计规范构建“选型-设计-保障”技术体系, 为化工储罐设计与安全管控提供参考。

**[关键词]**化工储罐; 选型依据; 安全设计; 结构强度; 密封防渗

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18755

中图分类号: TQ055.81

文献标识码: A

## Analysis of Selection and Safety Design Points for Chemical Storage Tanks

GAO Tianxiang

Hebei Enco Petrochemical Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** In recent years, with the vigorous development of Chinese chemical industry, chemical storage tanks, as the core equipment of chemical production and storage systems, their scientific selection and design safety directly determine the production stability, environmental safety, and economic benefits of chemical enterprises. With the increasing service life of storage tanks, the increasingly strict control requirements for hazardous chemical enterprises and major hazard sources by the country, and the release and implementation of relevant new standards, the selection and safety design points of chemical storage tanks are facing new demands and challenges. The article analyzes the mainstream tank selection logic and applicable scenarios based on core influencing factors, and breaks down the key points of safety design from the dimensions of structural strength, sealing and anti-seepage, fire emergency, monitoring and early warning. Based on industry technical standards and design specifications, a "selection - design - guarantee" technical system is constructed to provide reference for chemical tank design and safety control.

**Keywords:** chemical storage tanks; selection criteria; safety design; structural strength; sealing and anti-seepage

### 引言

化工行业是国民经济支柱, 生产储运含大量危险介质<sup>[1]</sup>。化工储罐作为危险介质储存的核心载体, 其运行状态的安全性为区域公共安全、周围的生态环境以及企业员工的生命安全有着直接的影响<sup>[2]</sup>。据行业统计数据显示, 化工生产安全事故与储罐系统存在相关性, 其中设计缺陷引发的结构失效、选型不当导致的适配性问题是主要诱因, 化工储罐火灾事故也时有发生。《“十四五”工业绿色发展规划》明确要求, 加强化工储罐等特种设备安全风险管控。因此, 为了降低储罐安全的风险, 保障工业产业链稳定的运行, 本文深入分析化工储罐的选型与安全设计要点, 以工程需求为导向, 先明确储罐选型约束条件, 对比分析不同类型储罐特性与场景以形成选型策略; 再聚焦安全设计维度, 拆解设计要

点与技术要求, 为技术人员提供具有实操性的参考依据。

### 1 主流化工储罐类型及选型要点

#### 1.1 立式圆筒形储罐

立式圆筒形储罐是化工行业应用最广的储罐, 由罐底、罐壁、罐顶组成, 结构简单、造价低、施工成熟、容量调节范围大 ( $50\text{m}^3 \sim 100000\text{m}^3$ ), 适用于常温常压或低压液态介质储存<sup>[3]</sup>。按罐顶结构分固定顶与浮顶储罐, 选型要点不同。

固定顶储罐罐顶固定 (如锥形、拱顶), 与罐壁刚性连接, 密封差, 有介质挥发损耗与安全风险。选型要点: 适用闪点  $> 60^\circ\text{C}$ 、挥发性弱、不易燃爆的液态介质, 如乙二醇、柴油等; 也可以应用于弱腐蚀性介质的储存或者是中腐蚀性介质的储存, 容量一般不超  $10000\text{m}^3$ 。为了确保生产安全, 必须配套呼吸阀、阻火器等安全附件, 易燃介

质的固定顶储罐需增设氮封系统。

## 2.2 卧式储罐

卧式储罐罐体选择水平圆筒形,两端为椭圆或碟形封头,占地小、安装便捷、适应地形强,容量一般 $<500\text{m}^3$ ,适用于小容量低压介质储存。主要适用于场地狭小区域(如车间、郊区小化工厂);储存各类液态(含易燃易爆腐蚀性,需匹配材质)、低气压态介质中。在材质选择方面,普通碳钢用于弱腐蚀不易燃介质;碳钢衬胶/衬塑用于中腐蚀常温介质;不锈钢用于强腐蚀有毒介质;玻璃钢用于强腐蚀常温介质。设置鞍式支座;封头与罐壁焊接保证密封与强度;易燃易爆介质储罐配阻火器、呼吸阀等安全附件,安装位置要便于操作监测,且安装位置需便于操作与监测<sup>[4]</sup>。

## 2.3 球形储罐

球形储罐的罐体为球形结构,受力均匀、材料利用率高、单位容积占地小,适用于高压大容量气/液态介质储存,设计压力 $>1.6\text{MPa}$ ,容量 $100\text{m}^3\sim 10000\text{m}^3$ 。在材质选型方面,常温高压选低合金高强度钢(Q345R等);低温高压选低温专用不锈钢(304L等);强腐蚀高压选耐腐蚀不锈钢或哈氏合金等特种材料;在结构设计方面,球壳由多块球瓣拼接,焊接要求极高(100%无损检测);设支柱式支座;配安全阀、压力表等安全附件,具远程监测控制功能;低温储罐配绝热保温与防潮层。主要适用于高压气态介质(氢气、氧气等)、液化石油气/天然气,及高温高压液态介质(如高温熔融盐)。

## 2.4 低温储罐

低温储罐用于储存沸点低于 $-20^\circ\text{C}$ 介质(如液氧、液氮等),核心特点是高效、绝热、保温与低温材质适应,分低温常压、高压储罐两类。低温常压储罐适用于沸点、饱和蒸气压低介质,设计压力 $\leq 0.1\text{MPa}$ ,容量 $100\text{m}^3\sim 10000\text{m}^3$ ,选型关注绝热保温设计、低温材质选型、罐底绝热结构、BOG回收系统;低温高压储罐适用于小容量、移动式储存,设计压力 $>0.1\text{MPa}$ ,容量 $<100\text{m}^3$ ,选型关注高低协同影响,主要选用耐低温高压的材质,配紧急切断阀、高压安全阀等安全附件,具抗震性能。

## 2.5 特种材质储罐

特种材质储罐用于储存强腐蚀、有毒、高温等特殊介质,核心优势是介质适应性强,常见类型有玻璃钢、不锈钢、碳钢衬里储罐。其中玻璃钢储罐适于强腐蚀、常温介质(如浓盐酸等),容量 $5\text{m}^3\sim 500\text{m}^3$ ,选型依介质浓度、温度选树脂类型,控制储罐的使用压力(常压)。不锈钢储罐适于强腐蚀、有毒、高温介质(如硝酸等),容量

$50\text{m}^3\sim 5000\text{m}^3$ ,选型根据介质选择不锈钢牌号,高温罐考虑热膨胀设膨胀节。碳钢衬里储罐适于中强腐蚀、常温介质(如稀盐酸等),容量 $50\text{m}^3\sim 10000\text{m}^3$ ,衬里材料多样,包括橡胶、塑料(PP、PE)、搪瓷等,选型需要匹配介质特性,保障衬里施工质量。

## 2.6 储罐选型流程

为提升选型的科学性与精准性,需遵循“介质特性分析→工况参数匹配→场地与合规校验→经济效益优化”的核心流程,具体流程如图1所示。

## 3 化工储罐安全设计核心要点

### 3.1 结构承载安全设计

#### (1) 基础设计

储罐基础核心作用是分散储罐与介质总重量,防地基不均匀沉降破坏罐体。设计要点如下:

基础类型选择:依地质条件选,软土等低承载力区优先选桩基础(钢筋混凝土预制桩等),传重至深层硬土层;一般地质条件可选环形基础(立式圆筒形储罐用,省料)或筏板基础(大容量重型储罐用,受力均匀)。

地基处理:不均匀、膨胀、湿陷性黄土地基需处理(换填、夯实、挤密法等)提承载力与稳定性;低温储罐基础设隔热层与排水系统。

基础沉降监测:设计预留沉降观测点,投用后定期监测,不均匀沉降量 $\leq 5\text{mm/m}$ ,总沉降量 $\leq 200\text{mm}$ (GB 50341),沉降量超标及时加固(基础注浆、增设支撑)。

#### (2) 罐壁强度设计

罐壁是承受介质压力与外部载荷的核心结构,其强度设计决定储罐承载能力,设计要点如下:

壁厚计算:依储罐类型与工况参数选公式。常压立式圆筒形储罐按“液柱静压力+风载荷”组合算(依GB 50341),公式为 $t=(\gamma H D)/(2[\sigma]\varphi-0.5\gamma H)$ ;高压储罐(球形、卧式)按内压力容器公式算(依GB 150),公式为 $t=(pD)/(2[\sigma]\varphi-p)$ 。

材料选择与焊缝质量控制:材料匹配介质特性与工况温度,常温常压用Q235B、Q345R碳钢;低温用304L、316L不锈钢;高温用15CrMoR耐热钢。焊缝系数 $\varphi$ 依焊接工艺与检测要求定,100%无损检测 $\varphi=0.9\sim 1.0$ ,局部检测 $\varphi=0.7\sim 0.8$ ;罐壁纵、环焊缝无损检测,常压储罐检测比例 $\geq 20\%$ ,高压储罐为100%。

抗风与抗震设计:高度 $>15\text{m}$ 立式储罐设抗风圈与加强圈,抗风圈在罐壁上部1/3高度处,加强圈间距 $\leq 10\text{m}$ ;地震烈度 $\geq 6$ 度区域,储罐进行抗震设计,用弹性抗震分析方法,确保连接部位不撕裂、支座不失稳。

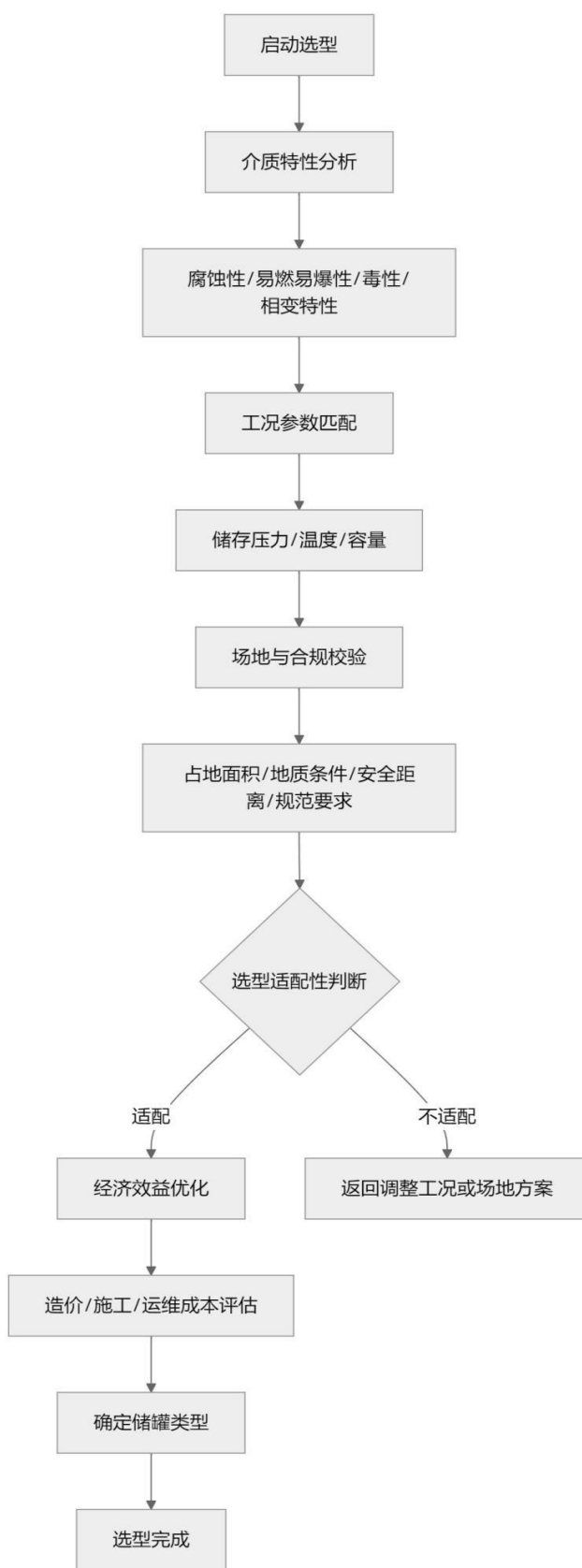


图 1 化工储罐选型流程图

### (3) 罐顶与封头设计

罐顶与封头设计要满足密封与承载要求,防止因压力波动、外部载荷致结构失效:

固定顶设计:锥形顶锥角  $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ,便于排水排尘;拱顶曲率半径为储罐内径  $0.8 \sim 1.2$  倍,受力均匀。罐顶与罐壁用角焊缝连接,要保证强度与密封性,且设加强筋,提升抗风与承载能力。

浮顶设计:外浮顶浮盘用钢制或铝制,厚度依浮力计算,保证平稳漂浮;浮盘与罐壁密封选高效结构(如弹性填料密封+二次密封),密封间隙 $\leq 5\text{mm}$ 减介质挥发。内浮顶设导向柱与限位装置防倾斜旋转,设浮顶支撑防介质液位低时变形。

高压封头设计:球形、卧式高压储罐封头用椭圆形、碟形或球形,球形受力最均匀、材料利用率高。封头与罐壁焊接用全焊透结构,100%无损检测;封头厚度依设计压力与直径计算,考虑封头成型过程中的厚度减薄量(一般减薄量 $\leq 10\%$ )。

### (4) 支座设计

支座支撑储罐主体,要确保载荷传递均匀、结构稳定:

立式储罐支座:采用裙式支座或支柱式支座,裙式支座适用于大容量重型立式储罐,与基础连接牢、受力均;支柱式支座适用于小容量立式储罐,安装方便。均设地脚螺栓固定,防水平位移;高温储罐支座设隔热垫板,防高温传至基础,导致混凝土碳化。

卧式储罐支座:一般设2个鞍座,大容量可设4个(对称布置)。鞍座与罐体接触面积要大,防局部应力大致罐体变形;设滑动支座(一端固定一端滑动),适应热胀冷缩,减少温度应力。

球形储罐支座:柱数4~8根(依储罐容量与直径定),对称布置。支柱与球壳用法兰或焊接连接,焊接要100%无损检测;支柱底部设底板,用地脚螺栓固定,底板下设垫板分散载荷。

## 3.2 密封与防渗安全设计

### (1) 储罐本体密封设计

罐壁与罐底连接密封:采用角焊缝全焊透结构,焊接完成后经煤油渗透或真空箱检测,防止渗漏;强腐蚀介质储罐的连接部位增设衬里层或防腐涂层,强化密封<sup>[5]</sup>。

罐顶与罐壁连接密封:固定顶储罐用螺栓+密封垫(依介质选兼容材料,如丁腈橡胶用于烃类、氟橡胶用于强腐蚀介质);浮顶储罐用弹性填料等高效密封,外浮顶增设二次密封;内浮顶储罐固定顶与罐壁密封,且设呼吸阀与氮封接口维持微正压,减少介质泄漏。

接管与罐体连接密封:进料管等接管与罐体用法兰(选标准如HG/T 20592,配专用密封垫,螺栓紧固力矩均匀)或焊接(全焊透结构,无损检测)连接,确保密封可靠。

### (2) 安全附件密封设计

呼吸阀、安全阀、紧急切断阀、液位计等安全附件的密封性能直接影响储罐的密封效果,设计要点如下:

呼吸阀密封:选带密封装置(如全天候型)呼吸阀,阀瓣与阀座密封面精密加工。开启压力  $2\text{kPa} \sim 5\text{kPa}$ 、关闭压力  $-1\text{kPa} \sim 3\text{kPa}$ ,依据储罐工况设定,防止压力波动而导致介质泄漏。

安全阀密封:高压储罐用密封性好的弹簧式安全阀,阀座与阀芯用硬质合金密封面,正常工作压力下无泄漏。整定压力为设计压力  $1.05 \sim 1.1$  倍,设置安全阀旁路,便于检修且不影响储罐的使用。

紧急切断阀密封:进、出料管设气动或液压驱动紧急切断阀,密封等级达API 607标准。与液位计、压力表联动,在液位或压力超标时自动关闭阀门,切断介质输送。

## 3.3 消防安全设计

化工储罐消防与应急设计要构建“预防-控制-扑灭-应急”全链条体系,降低事故损失,核心要点如下:

消防系统设计:主要依据介质的特性选合理选择消防系统。

固定喷淋冷却系统:适用于易燃易爆介质储罐,喷头均匀布于顶部与罐壁周围,每平方米罐壁喷淋水量 $\geq 5\text{L}/\text{min}$ ,水压 $\geq 0.3\text{MPa}$ 。

泡沫灭火系统:用于油类介质储罐,分固定与移动式,大容量优先固定式。泡沫液匹配介质,抗溶性用于醇类等,普通蛋白用于烃类,喷射时间 $\geq 30\text{min}$ ,覆盖厚度 $\geq 1.5\text{m}$ 。

干粉灭火系统:针对易燃气体、可燃液体储罐,设于顶部或周边,喷头对准关键部位,干粉储备量每立方米容积 $\geq 0.5\text{kg}$ ,与火灾探测器联动自动喷射。

惰性气体保护系统:用于易燃易爆有毒介质储罐,充入氮气等维持微正压( $0.5\text{kPa} \sim 2\text{kPa}$ ),氧气浓度 $\leq 8\%$ ,设压力调节、流量计量、止回阀,压力异常时自动调节。

## 3.4 应急排放系统设计

应急排放系统可在储罐超压、超温或泄漏时,将介质安全排至事故罐、火炬系统指定地点,防止事故扩大,设计要点如下:

紧急排放阀设计:储罐设大口径、快开型紧急排放阀,公称直径依最大排放流量定(一般 $\geq \text{DN}200$ ),设于储罐底部或下部。排放阀采用手动+自动控制,自动与压力、

温度变送器联动，罐内的温度或压力超设定值时，可以自动开启排放阀。

**排放管道设计：**选择与介质兼容材质，直径与排放阀匹配，防止压力损伤过大或发生导管堵塞的问题。排放管道设坡度（ $\geq 3\%$ ）便于介质自流，易燃、易爆介质管道设防静电接地装置（接地电阻 $\leq 10\Omega$ ）。

### 3.5 监测与预警安全设计

监测与预警设计是储罐安全风险防控关键，需构建多参数监测系统并联动处置，具体如下

**液位监测：**依储罐类型与介质特性选液位计，雷达液位计不受多种因素影响，适配复杂结构储罐；超声波液位计安装便捷、成本低；磁翻板液位计直观且可远传，适于中小型常压储罐。需设高、低液位报警及连锁功能，报警阈值依储罐容积和工况定。

**压力监测：**用压力变送器实时监测罐内压力，高压、低温储罐选高精度压力变送器（精度等级 $\leq 0.5$ 级），常压储罐选普通型。设超压、负压报警及连锁功能，超压报警值不超设计压力 90%。

**温度监测：**高温介质（ $> 100^\circ\text{C}$ ）选热电偶，低温介质（ $< -20^\circ\text{C}$ ）选专用低温热电阻，常温介质选普通 PT100 热电阻。

**泄漏监测：**易燃、易爆、有毒气态或易挥发液态介质，在易泄漏点设固定式气体检测报警器，检测精度满足介质职业接触限值要求；液态腐蚀性介质，在储罐底部、基础

防渗层设液体泄漏检测电缆或渗透传感器。

## 4 结论

化工储罐选型与安全设计是化工企业安全生产关键，核心是实现“介质特性-储罐类型-工况条件-安全设施”精准匹配。本文对比分析了多种储罐适用场景与要点，从四大维度拆解安全设计要点与技术要求，形成全流程、多维度安全设计体系，为技术人员提供参考。此外，随着行业规范的不断完善与绿色低碳理念推进，将推动储罐材质、工艺及安全设施创新，为其安全、高效、环保运行提供技术支撑。

### 【参考文献】

- [1]陈永明,付振平,郭必泛,等.防火涂料的研究进展[J].涂料工业,2024,54(3):54-58.
- [2]施源.储罐的选型及布置[J].安徽化工,2013,5(39):72-74.
- [3]孙军,雍德,岳辉.储油罐安全附件常见问题及维护[J].中国石油和化工标准与质量,2015(1):91.
- [4]徐昀,程刚,吴晓梅,等.浅谈大型储罐安全附件的设计[J].化工设备与自动化,2010,2(36):56-57.
- [5]呼义超.油库区火灾应急处置过程事故后果预测研究[D].大连:大连海事大学,2021.

作者简介：高天祥（1995.3—），毕业院校：河北工业大学城市学院，所学专业：化学工程与工艺，当前就职单位：河北英科石化工程有限公司，职务：工艺工程师，职称级别：工程师。

## 化工园区给排水管网系统水力计算与布局优化研究

郝杰

中国电子系统工程第四建设有限公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]**化工园区给排水设计在总体规划阶段的主要任务就是测算化工园区给排水负荷,管网的定线,确定给排水方案、污水处理方案以及为节水减排设计的中水回用方案。由于化工园区废水成分复杂、用水量大以及安全环保要求严苛,传统给排水管网布局及水力计算方法难满足其发展需求。文章以化工园区给排水管网系统为对象,梳理其组成特性与核心技术要求,探讨水力计算模型及关键参数确定方法,研究多目标管网布局优化策略,构建适配的水力计算与布局优化体系,为系统设计运行提供参考。

**[关键词]**化工园区; 给排水管网; 水力计算; 布局优化; 多目标决策

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18749

中图分类号: TU82

文献标识码: A

### Research on Hydraulic Calculation and Layout Optimization of Water Supply and Drainage Pipeline System in Chemical Industrial Park

HAO Jie

The Fourth Construction Co., Ltd. of China Electronics System Engineering, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** The main task of the water supply and drainage design in the overall planning stage of the chemical industrial park is to calculate the water supply and drainage load, determine the pipeline network alignment, determine the water supply and drainage plan, sewage treatment plan, and the reclaimed water reuse plan designed for water conservation and emission reduction. Due to the complex composition, large water consumption, and strict safety and environmental protection requirements of wastewater in chemical industrial parks, traditional water supply and drainage pipe network layout and hydraulic calculation methods are difficult to meet their development needs. The article takes the water supply and drainage pipe network system of chemical industrial parks as the object, sorts out its composition characteristics and core technical requirements, explores hydraulic calculation models and key parameter determination methods, studies multi-objective pipe network layout optimization strategies, constructs an adaptive hydraulic calculation and layout optimization system, and provides reference for system design and operation.

**Keywords:** chemical industrial park; water supply and drainage pipeline network; hydraulic calculation; layout optimization; multi-objective decision-making

#### 引言

化工园区规划是近些年才出现的区域性规划,由于其具有城市区域规划特点,同时又兼有很强的工业区域规划设计特性,属城乡规划中的特殊区域规划,具有很强的行业特点<sup>[1]</sup>。随着我国化工产业加速向园区化、集约化转型,给排水管网系统承担着生产用水供给、生活用水保障、生产废水与雨水收集排放的核心功能,化工园区给排水管网运行关乎企业生产、生态环境质量及公共安全,其特殊性在于用水需求多元、安全环保风险高等<sup>[2]</sup>。当前部分园区管网存在布局不合理、水力失衡、能耗高、应急保障不足等问题,制约园区的绿色低碳发展。鉴于此,开展化工园区给排水管网水

力计算与布局优化研究意义重大,通过精准的水力计算,可以更加全面地掌握管网系统的水力特性,从而设计科学、针对性的管网,提高供水、排水的可靠性,降低环保风险<sup>[3]</sup>。

#### 1 化工园区给排水管网系统组成与特性分析

##### 1.1 管网系统组成

化工园区给排水管网是“供水-用水-排水-处理”闭环系统,由给水与排水管网组成<sup>[4]</sup>。给水系统主要涵盖水源取水、净水处理、输水、配水设施及加压泵站、储水设施及输、配水管网等,水源常采用地表水或地下水,净水处理设施依需求进行针对性的处理,以满足水质需求。输水管网将净水厂处理后的水送至园区储水设施;配水管网采

用环状与枝状相结合的布局形式,覆盖园区企业与公共区域,实现用水点精准供水;加压泵站负责维持管网压力,储水设施用于调节水量波动、保障应急供水。其中,储水设施包括清水池、消防水池等,加压泵站用于提升水压,确保管网末端用水压力满足要求。

排水管网系统主要包括污水收集管网、雨水收集管网、提升泵站、预处理设施等。其中,污水收集管网采用分流制布局,分为生产废水管网与生活污水管网,分别收集不同类型的污水;雨水收集管网负责收集园区内的雨水,避免内涝;提升泵站用于提升污水与雨水的水位,确保其顺利输送至污水处理厂或排放口;预处理设施用于去除污水中的大颗粒杂质、漂浮物及部分悬浮污染物,避免后续处理设备堵塞,降低处理负荷与难度。

### 1.2 管网系统特性

化工园区用水量且水质要求多样,生产用水量大,部分工艺需达到超纯水的相关标准;生活用水量虽然较少,但是必须达到饮用水的相关标准;消防用水既要保证水量充足,又要保障足够水压。排水方面,生产废水排放量大、成分复杂,多含苯、酚等有毒有害物质,部分具有腐蚀性、易燃易爆性;生活污水排放稳定、成分简单;雨水排放量受降雨强度影响显著,具有突发性和不确定性。化工园区给排水管网安全环保要求极高,给水管网泄漏易造成水资源浪费,若泄漏区域存在化工污染物,还可能污染管网内水体;排水管网泄漏则会污染土壤与地下水,甚至引发安全事故。且园区内存在易燃易爆设施,管网设计与运行需规避与这类设施、化工生产装置的空间冲突,降低泄漏引发的安全风险。此外,管网布局受功能分区、地形地貌、企业分布制约,不同分区用水排水需求存在差异,地形影响管网走向与坡度,企业分布决定管网连接方式与管段长度,需精准对接企业用水排水需求。

### 1.3 核心技术要求

基于化工园区给排水管网特性,其核心技术要求如下:

- ①水力稳定:不同工况下保持流量、压力稳定,满足用水,并保障排水顺畅;
- ②耐腐蚀:管材要耐生产废水腐蚀,防止老化、泄漏<sup>[5]</sup>。
- ③安全可靠:抗干扰能力强,能有效应对设备故障、水质异常等情况,配备完善的应急保障机制。
- ④环保达标:污水全收集处理,雨水排放符合标准,减少对水环境影响。
- ⑤经济性:在满足前述要求下,降低建设投资与运维成本。

## 2 化工园区给排水管网水力计算模型构建与参数优化

### 2.1 水力计算核心理论基础

给排水管网水力计算以流体力学基本方程为核心理

论基础,具体应用如下:

(1)连续性方程:管网任意节点流入总流量等于流出总流量( $\sum Q_{\text{入}} = \sum Q_{\text{出}}$ ),是流量分配基础,保障流量平衡。

(2)能量方程:对于管网系统中的任意管段,单位重量流体的能量守恒,即 $z_1 + p_1/\gamma + v_1^2/2g = z_2 + p_2/\gamma + v_2^2/2g + h$ 。其中, $z$ 为位置水头, $p$ 为压强, $\gamma$ 为流体重度, $v$ 为流速, $g$ 为重力加速度, $h$ 为管段水头损失。该方程用于计算管段的水头损失,确定管网各节点的水压。

(3)动量方程:多用于分析管网局部构件(如阀门、弯头、三通)的流体动量变化与作用力关系,为局部水头损失的精准计算提供理论支撑,确保整体水力计算结果的准确性。

### 2.2 水力计算模型构建

结合化工园区给排水管网特性,分别构建给水管网与排水管网水力计算模型,构建流程如图1所示:

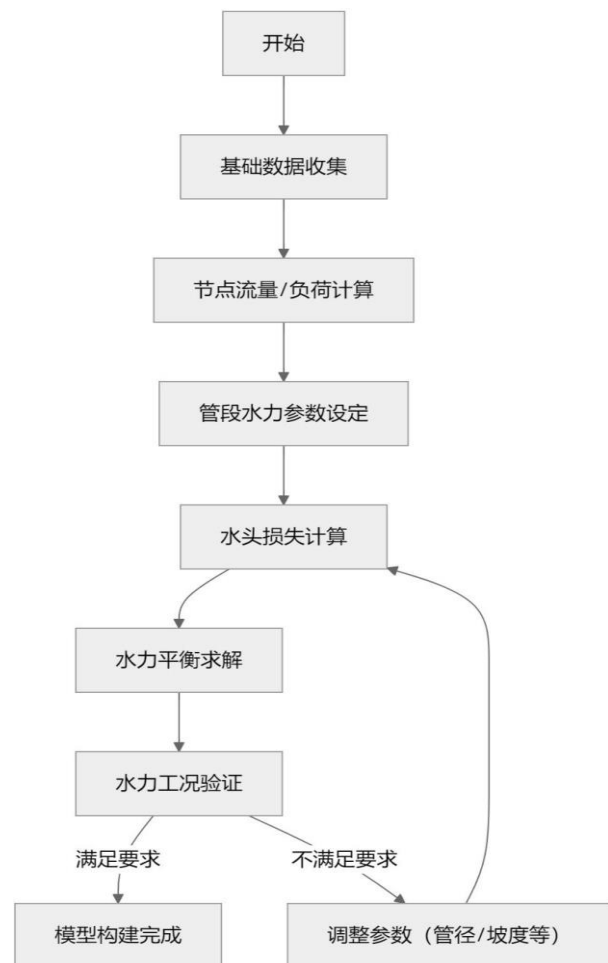


图1 化工园区给排水管网水力计算模型构建流程

基于上述流程,分别构建给水管网与排水管网水力计

算模型:

### 2.3 给水管网水力计算模型

给水管网水力计算的核心是确定各管段的流量、水头损失与各节点的水压。模型构建步骤如下:

(1) 基础数据收集: 涵盖园区地形、企业用水需求、管网管材管径、水源供水能力与水压等数据。

(2) 节点流量分配: 具体运用“用水定额法+面积比法”计算各节点的设计流量, 生产用水依企业规模工艺定, 生活用水节点流量结合生活用水定额与人口数量计算; 按照相关规范确定消防用水量。

(3) 管段水头损失计算: 采用局部水头损失系数法计算局部水头损失, 即  $h_1 = \xi \times v^2 / (2g)$ ; 采用达西-魏斯巴赫公式计算沿程水头损失, 即  $h_2 = \lambda \times L \times v / (2g \times d)$ 。总水头损失  $h = h_1 + h_2$ 。

(4) 管网水力平衡求解: 用牛顿-拉夫逊法解环或节点方程, 确保流量与水压平衡。

### 2.4 排水管网水力计算模型

排水管网水力计算核心在于确定各管段流量、流速、充满度与水头损失, 保障排水顺畅, 防止淤积与溢流。模型构建步骤如下:

(1) 基础数据收集: 涵盖园区地形、企业排水需求、管网管材与管径、污水处理厂接纳能力等数据。

(2) 节点流量计算: 生产废水节点流量依据企业生产规模、工艺特点及排水定额确定; 生活污水节点流量根据人口数量与生活排水定额确定; 雨水节点流量用推理公式  $Q = \psi \times F \times q$  计算, 其中  $\psi$  为径流系数,  $F$  为汇水面积,  $q$  为设计暴雨强度。

(3) 管段水力计算: 排水管网采用重力流设计, 管段流速、充满度需合规。排水是根据坡度、管径和粗糙系数算流速和流量。

(4) 管网水力验证: 验证管段流速、充满度, 不符合相关规定则调管径或坡度重新进行计算。

### 2.5 关键参数优化

化工园区给排水管网水力计算关键参数影响计算准确性, 针对其特性可优化:

管材粗糙系数优化: 传统取值未考虑化工废水腐蚀性, 通过实验研究不同管材在不同浓度腐蚀性废水下的粗糙系数变化, 建立与废水腐蚀性、使用年限的关系模型, 如输送含酸碱废水的管段, 因废水腐蚀会导致管壁粗糙度增加, 需根据废水浓度、pH 值及使用年限修正粗糙系数。

节点流量系数优化: 化工园区生产用水节点流量波动大, 传统取值难适配。用概率统计方法分析企业用水时序

规律, 确定不同时段节点流量系数。

局部水头损失系数优化: 化工园区管网局部构件多, 局部水头损失占比大。通过数值模拟与实验测试, 确定不同局部构件在化工废水输送中的局部水头损失系数, 修正传统取值以提高计算精度。

## 3 化工园区给排水管网布局多目标优化策略研究

### 3.1 优化目标体系构建

结合化工园区给排水管网核心技术要求, 构建多目标优化体系:

(1) 经济性目标: 最小化管网建设与运维总成本, 涵盖管材采购、铺设、设施建设及泵站能耗、维修、清淤等费用。目标函数:  $\min C = C_1 + C_2$  ( $C$  为总费用,  $C_1$  为建设投资,  $C_2$  为运行维护成本)。(2) 安全性目标: 最大化管网运行可靠性与应急保障能力, 分别以节点水压合格率等、故障恢复时间等指标衡量。目标函数:  $\max S = \alpha \times S_1 + \beta \times S_2$  ( $S$  为安全性综合指标,  $S_1$  为运行可靠性指标,  $S_2$  为应急保障能力指标,  $\alpha$ 、 $\beta$  为权重系数)。

(3) 环保性目标: 最小化管网对周边环境影响, 通过污水收集率等、雨水排放达标率等、管网泄漏风险等指标衡量。目标函数:  $\min E = \gamma \times (1 - \eta_1) + \delta \times (1 - \eta_2) + \varepsilon \times R$  ( $E$  为环保影响综合指标,  $\eta_1$  为污水收集率,  $\eta_2$  为雨水排放达标率,  $R$  为管网泄漏风险,  $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\varepsilon$  为权重系数)。

### 3.2 优化约束条件确定

管网布局优化约束条件如下:

水力约束: 给水管网节点水压不低于 0.2MPa, 给水管段流速 0.6~3.0m/s; 排水管段流速 0.6~1.5m/s, 重力流管道充满度不超 0.75。

地形约束: 管网顺应地形, 减少高程差与坡度变化; 管段埋深通常不小于 0.7m, 满足防冻、防破坏要求。

安全约束: 与易燃易爆介质、电力等管线保持规范距离; 具备足够抗荷载能力, 适应园区地面建设与车辆通行。

规划约束: 与园区总体规划、功能分区协调, 预留未来发展空间, 方便扩建改造。

### 3.3 具体优化策略

#### (1) 给水管网布局优化策略

管网拓扑结构优化: 采用环状与枝状相结合的拓扑结构, 依据化工园区功能分区差异化布局: 核心生产区用高密度环状管网(直径 DN500~800m, 节点间距  $\leq 150m$ ), 确保供水的可靠性与稳定性; 次要区域采用枝状管网布局, 末端设应急连通管, 并预留接口。合理划分供水区域, 规避障碍物, 减少管网迂回, 降低水头损失。

管径优化选择: 基于水力计算结果与经济性分析, 建

立“水力性能-经济性-耐久性”三维管径优化模型,考量流量波动系数。用线性规划求出最优管径:设计流量 $>500\text{m}^3/\text{h}$ 主干管,优先选DN500~DN800管,流速控制在 $1.2\sim 2.0\text{m/s}$ ;设计流量 $<100\text{m}^3/\text{h}$ 支管,满足最小流速 $0.6\text{m/s}$ 选DN100~DN250管径。根据水质的特性,合理选择管材;消防管网选无缝钢管,耐压强度 $\geq 1.6\text{MPa}$ 。

泵站与储水设施布局优化:基于园区用水需求与地形,用重心法+水力模拟优化泵站和储水设施位置数量。泵站布于用水负荷中心附近,以降低能耗;储水设施置于高程较高处,利用重力供水减少能耗。其容积依水量波动合理确定,保障突发情况应急供水。

#### (2) 排水管网布局优化策略

排水系统的划分,以雨污分流、分级控制、分质处理为原则。所有污水、清净废水均处理后回用,正常情况下无污水直接外排入环境水体。处理产生的浓盐水进一步提浓,最大限度地回收可利用水资源。厂区排水系统可分为:生活污水系统、生产污水系统(又可细分为含油污水系统、气化污水系统等)、生产清净废水系统(又可细分为循环水排污水系统、锅炉排污水系统等)、初期污染雨水系统、清净雨水系统。排水系统可根据不同的处理要求增加、减少或合并。

清污分流体制特点是将生产生活污水与清洁废水分开收集处理回用,清洁废水单独设收集管网。这种体制优点是清洁废水可以单独进行处理,清洁废水中污染物成分比较单-(含有盐类),处理工艺简单可行,处理后的浓盐水可以采用多效蒸发处理,从而进一步提高废水的回收利用率,甚至可以采取蒸干方法,达到零排放。清污合流体制

将清洁废水与生产生活污水合并流入污水处理厂,经过处理后统一排放或回用。在进行污水管线设计计算时,必须考虑清洁废水排放量。

#### 4 结论

本文以化工园区给排水管网系统为研究对象,明确化工园区给排水管网系统组成与特性后提出核心技术要求,为其水力计算与布局优化打基础。构建适配其特点的水力计算模型,明确给、排水管网模型构建步骤,修正关键参数取值方法提高计算准确性,还借助专业软件实现水力模拟掌握特性。建立涵盖经济、安全、环保性的多目标优化体系,明确目标函数与约束条件,从多方面提出给、排水管网优化策略,实现多目标协同优化,提升运行效益。

#### [参考文献]

- [1]范一丁,杨丽娜.石油化工企业给排水管道工程设计[J].化工设计通讯,2020,46(7):162-163.
  - [2]蒋威.给水排水用软密封闸阀耐久性试验研究[J].阀门,2024,11(10):1212-1215.
  - [3]化工建设项目环境保护设计规范:GB 50483—2019[S].北京:中国计划出版社,20019.
  - [4]化学工业污水处理与回用设计规范:GB 50684—2011[S].北京:中国计划出版社,2012.
  - [5]消防给水及消火栓系统技术规范:GB 50974—2014[S].北京:中国计划出版社,2014.
- 作者简介:郝杰(1986.1—),毕业院校:河北建筑工程学院,所学专业:给水排水工程,当前就职单位:中国电子系统工程第四建设有限公司,职务:给排水工程师,职称级别:副高级工程师。

## 电厂煤炭管理中的问题分析与对策探讨

梁瑞玲

河北华电石家庄裕华热电有限公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]**伴随着我国电力发展速度的加快,煤炭依然是大部分火电厂最主要的能源燃料,但是火电厂煤炭管理中却存在着煤炭供应不稳定、库存管控不合理、煤炭质量变化导致发电效率下降等一系列的问题严重影响着电厂的安全稳定运行以及经济效益的提升,针对上述情况,文中首先在充分了解电厂煤炭管理现状的基础上,对煤炭管理存在的主要问题及其原因进行剖析;其次,提出包括完善煤炭供应链、优化库存管理方法、加大煤炭质量监督管理力度、提高煤炭运输效率以及煤炭信息化智能化管理等在内的煤炭管理综合优化策略。研究结果表明:通过对电厂煤炭实施合理有效的科学化管理,能最大程度地避免煤源供应的风险、减少由于煤质原因带来的发电负荷损失,从而保障电厂的安全稳定发电,提高电厂的经济运行水平,具有重要的实践指导价值。文章的研究对于电厂煤炭管理有着一定的借鉴作用。

**[关键词]**电厂煤炭管理;煤炭供应;库存管理;对策

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18740

中图分类号: F407

文献标识码: A

### Analysis of Problems and Discussion on Countermeasures in Coal Management of Power Plants

LIANG Ruiling

Hebei Huadian Shijiazhuang Yuhua Thermal Power Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** With the acceleration of Chinese power development, coal remains the main energy fuel for most thermal power plants. However, there are a series of problems in coal management in thermal power plants, such as unstable coal supply, unreasonable inventory control, and changes in coal quality leading to a decrease in power generation efficiency, which seriously affect the safe and stable operation of power plants and the improvement of economic benefits. In response to the above situation, this article first analyzes the main problems and causes of coal management based on a full understanding of the current situation of power plant coal management; Secondly, a comprehensive optimization strategy for coal management is proposed, including improving the coal supply chain, optimizing inventory management methods, increasing the supervision and management of coal quality, improving coal transportation efficiency, and implementing coal information and intelligent management. The research results indicate that implementing reasonable and effective scientific management of coal in power plants can minimize the risk of coal supply and reduce the loss of power generation load due to coal quality, thereby ensuring the safe and stable power generation of power plants and improving their economic operation level. This has important practical guidance value. The research in this article has a certain reference value for coal management in power plants.

**Keywords:** coal management in power plants; coal supply; inventory management; countermeasures

#### 引言

电能是当今社会发展的重要能源,它是否安全可靠地供给、有效率地运行都关乎着国家和社会经济能否稳定发展,在我国,火电依然占据主体地位,煤炭是主要燃料,煤炭的采购、运输、存储以及应用管理水平高低直接影响着电厂的安全运行和经济效益。我国电厂规模越来越大,同时燃煤发电成本的压力也越来越大,传统的煤炭管理模式已经慢慢显现出煤炭供应保障不稳定、库存管理不

合理、煤炭质量起伏大、外运价格较高等诸多弊端,这些弊端的存在无疑又会加重运营成本并且会对发电设备的安全稳定运行和发电效率带来负面影响。故此探索研究电厂煤炭管理中存在的主要问题及应对措施,有着很重要的研究意义与实际价值。本文就是围绕电厂煤炭管理中存在的现状及存在的问题进行深入剖析,研究产生的原因并寻求合理的解决方案,以期能给电厂提升煤炭管理质量提供借鉴和指导。

## 1 电厂煤炭管理现状分析

目前,我国电厂煤炭管理系统主要分为煤炭采购、运输、存储以及使用管理以及信息化管理几个方面,首先,煤炭采购方面是以长协加现货模式为主,电厂向上游煤炭生产企业签订长期供煤协议来保证最基本的煤炭供应稳定,然后再结合自身需求对短期用煤进行一定的补采来适应煤炭市场需求的变化,其次,在煤炭运输方面铁路运输以及公路运输依然是最主要的两种方式,在部分地区开始尝试使用水运,运输环节既要负责煤炭从煤矿到电厂之间的中转也要完成运输计划安排以及运输成本的控制;再者,煤炭存储管理在电厂运营中起到调节缓冲的作用,电厂通常会根据自身的机组容量以及燃煤耗用量来进行大小不同的煤场建设,并采取露天堆放结合机械搬运方式来进行存储。储煤管理的任务就是要确保煤炭供给不间断并且要使煤炭在场内存储期间损耗降至最低,在此过程中不仅要防止煤炭发生自然燃烧还要煤质的下降以及土地占用费用的增加。煤质管理也是电厂煤炭管理必不可少的一项内容,对煤炭热值、水分、灰分与硫分等相关指标进行检测,电厂人员通过对煤炭进行定期抽样和实时监控能够在发电过程中根据不同质量的煤炭来进行合理掺配,从而保证锅炉运行的安全以及燃烧的的稳定。信息化管理手段近几年也开始应用于电厂煤炭管理系统当中,电厂通过建立煤炭供应链管理系统、电厂库存管理系统以及煤质监测装置可以达到对于煤炭从采购计划到运输调度再到库存控制最后燃烧使用的全程数据化管控,实现精准高效的决策过程,不过因为各个电厂之间信息化程度的不同以及管理模式的不同还有技术的应用差异都会使电厂总体的煤炭管理水平产生一定的波动,总的来说电厂煤炭管理系统已经初具雏形了,但是针对如何做到更加科学、细致的管理和更高层次的信息智能化运用等方面依然有许多地方值得探讨,应该通过系统完善地优化管理方法并且利用更多先进的信息技术手段来提高管理水平,以适应现今电厂对于高效、安全、经济运行的需求。

## 2 电厂煤炭管理中存在的问题

### 2.1 煤炭供应不稳定及风险问题

火电厂在实际生产过程中,煤炭供给稳定与否关乎着机组满负荷持续率及安全生产问题,但是鉴于我国煤炭资源地理分布的显著区域性特征,部分火电厂长久以来都只固定使用一两处或者几处煤源,若该地煤炭开采出现受极端气候灾害的影响或者煤炭物流中断的情况发生,抑或是煤炭运输受到国家政策上的限制等都会造成煤炭供给的断层或者煤炭供给不足的问题。再加之煤炭价格变动较大,供煤协议不够严谨,供应商调度能力有限等都会使得煤炭

的供应变得扑朔迷离,火电厂面临着缺少燃料供给或者调度困难的风险,在煤炭供给不稳定的时候,为了规避风险,电厂只能加大煤炭储存量建立安全屏障,这样不仅浪费了厂区内稀缺的用地而且还增加了储煤区管理的成本,并且加大了储煤自燃、变质以及调度困难的可能性。供给风险的存在不仅仅威胁到了电厂的发电工作的连续性还可能使煤炭进货价提高,从而危及到电厂整体收益水平甚至对电厂的安全稳定性产生影响。

### 2.2 煤炭库存管理不科学

在煤炭储备上,一些火电厂还在采用传统的经验储备法,缺少合理有效的储备控制办法与调配措施,在库房间对燃煤堆放的方式以及储煤的结构与机组燃烧需要之间也没有进行有效的动态匹配,造成一段时间内存在煤堆局部积压过多或是不足的情况发生,储备不合理不仅造成了煤炭资金积压过多,还易产生燃煤浪费与安全隐患等问题,比如过高的煤堆或通风环境差会产生自燃情况,而不足时又会造成火电企业在用电高峰时期紧急购买,加大了采购成本及供应风险等。同时库存管理信息传递延迟以及调拨计划安排不合理等因素都使煤炭无法及时在库房间合理调动以适应机组的燃烧要求的变化情况,降低了电厂的生产效率以及经济效益。

### 2.3 煤质波动影响发电效率

煤炭的发热量、水分、灰分、硫分等品质因素影响着锅炉燃烧的效果以及机组的安全运行。但是因为电厂采购煤种繁杂,煤质变化较大,在锅炉进行燃烧过程需及时调节掺烧比例以及燃烧参数来保证机组负荷及效率的平稳性。煤质不稳易导致燃煤燃烧不充分,造成锅炉灰渣堆积过多,磨损设备加剧,甚至造成排放超标等问题。提高了维护费用的同时也降低了机组运行的整体效率。尤其在高负荷运转或是特殊工况下对机组的影响较大。给电厂生产安排及经济效益带来更多的不确定因素。

### 2.4 运输与储运成本高

煤炭由原煤基地到电厂的长途输送包含铁路、公路以及水运等运输方式,运输过程中的效率和费用高低都影响着电厂燃煤管理的成本问题。路途较长、装卸较为落后、经过多次周转会造成运价过高、耗损严重的情况,而且对输运安排不合理、未进行统筹规划造成运力浪费,也会导致成本加大。高昂的储运费除了增加了电厂燃料总费用外也会影响到采购燃煤的数量和储煤量的问题,增加电厂对资源分配和经济运作的压力。

### 2.5 信息化管理水平不足

信息管理是当前电厂煤炭管理的重要手段,但是并不

是所有电厂都实现了较高层次的信息管理,现有的信息化系统功能较为简单,信息交流不畅通,缺乏对于煤矿从购买到运输再到储存最后燃烧等环节进行全程实时监测和分析的功能,缺乏有效的数据支撑,造成管理者在处理供煤不稳定、库存调节及煤炭品质变化时往往出现反应迟钝、效率不高的状况,无法做到精准高效地管理问题。另外,信息化系统的不完善,以及没有将信息系统有效融合进实际生产过程中去都会导致其获取数据不全面,影响其做出科学合理的决策。

### 3 电厂煤炭管理问题成因分析

#### 3.1 供应链协调机制不完善

发电厂燃煤采购中存在的问题之一是供应链协调机制缺失。火电企业与煤炭生产企业没有建立战略合作伙伴关系以及信息共享平台,供应链上下游之间协调力度小,当遇到突发性的市场价格波动或者运输通道受阻,火电厂不能及时组织调入备用煤源,燃料供应处于紧张状态。供应链管理除了合同管理以及供应规划之外,还存在运输调度组织、存煤控制以及应急措施不合理等不足之处,使得供应端的风险直接传递到了电厂的生产运行环节上。

#### 3.2 管理制度与操作流程缺陷

火电企业内部管理、运行操作机制上的漏洞同样是造成煤炭管理问题的一个重要原因。一方面部分电厂仍旧沿袭经验性操作,没有形成固定的标准、完善的机制与流程性管理措施,使得库存调节、采购方案和掺烧方案过于随意化,另一方面煤炭管理过程中的岗位责任不明晰,操作流程不完整,使得管理环节低效,容易产生管理疏漏,对于库存调度、运力组织、燃煤质量把控等环节中因为缺少机制及流程管控,导致难以做到规范化管理精细化操作。

#### 3.3 信息化与智能化手段不足

信息化及智慧化管理水平较低是导致当前煤炭管理现代化升级的重要障碍,虽然有些电厂建立了信息系统,但是系统较为简单,难以做到煤炭采买、运输、储存以及燃烧管理的数据采集和智能分析,缺乏智能化指挥调度、预判预警以及辅助决策等功能使得管理人员对煤炭供应波动以及煤质的变化反应迟钝,应对措施滞后,影响了管理效能和生产的安全性,信息化水平低,也不利于以数据为导向进行科学性决策。

### 4 电厂煤炭管理优化对策

#### 4.1 完善供应链管理与风险控制

煤炭供应不稳定的问题可以通过电厂完善供应链管理制度来缓解。电厂要与煤炭生产商签订长期战略合作协议以保持稳定的供应关系,还要建立供应链风险监控和预

警机制,能够及时发现市场变化及运输阻断、自然灾害等对煤炭供应的影响,并提前做好应急调度计划;同时采取多元化多产地采购的策略,做到采购多元化,减少集中采购的风险,增强供应链各节点之间的信息传递和协作水平,提高反应灵活程度,保障煤炭供应不间断,进一步提高电厂的安全稳定生产能力和盈利能力。

#### 4.2 优化库存管理与调度策略

有效的煤炭存储和调运方案是提升煤炭管理水平的重要手段。火电厂应当结合机组负荷状况、季节波动和煤种特性建立动态化的煤炭存储策略,达到最优的库存量与库存结构。并采用新技术新方法进行存储以及科学的调运方式来加大储位利用程度,以减少煤炭的存放自燃损耗和品质下降的情况发生,通过实时监测煤炭储存状况来对发电厂的煤炭进行灵活调度,做到储备与用电负荷相协调,使电厂用煤更具有经济性和有效性。

#### 4.3 加强煤质检测与质量控制

煤质变化严重影响着发电效率因此一定要加强煤质检验以及质量管理环节。电厂应该完善煤质化验程序采取在线监测与定期人工采样、实验相结合的手段,实时了解煤炭热值、含水量、含灰量、含硫量等关键数值并依据化验情况合理地制定掺煤方案,并针对情况进行锅炉燃烧参数的修正,从而提升机组热效率以及达标率。除此之外还应该设立煤质档案制度对各种煤矿煤质情况进行追踪记录,以此来辅助进行相关燃烧控制、采购策略的制定。

#### 4.4 提高运输与储运效率

为了节约运输与储运费用,发电厂应该调整运输方案以及储运方式,科学设置运输频次以及运输路线,提升铁运与汽运、海运联运的整体效益,并采用机械化搬运机械、智能化存储管理模式,对电煤装卸堆放等实施自动控制管理、精确化管控的方式,减少中转损失以及人员支出<sup>[1]</sup>。在储运过程中,电厂应根据不同煤种的特点进行合理码放,保证空气流通与间隔距离从而降低自燃的发生概率,提升储存效率和经济效益等。

#### 4.5 推进信息化与智能化管理

信息化、智能化管理是现代化煤炭管理工作提高效能的主要方式。电厂应该构建一个涵盖从采购、运输到储存、配煤直到燃烧的一体化的信息管理系统,做到现场即时的数据采集、交换和分析处理<sup>[2]</sup>,运用预测模型、智能调度程序等,管理人员可以即时反应出针对供应风险问题、存煤调整、来煤品质变动的问题,合理地进行管理抉择。信息化系统的建立还要和生产设备、监测系统有机结合,做到信息支撑下的精准化管理,使煤炭管理更加合理和

可控制。

#### 4.6 加强人员培训与制度完善

对电厂煤场的有效管理离不开优秀的管理人员及其相应的完善体制的支撑。应该加强对管理人员的培养,使他们具备较强的组织协调供应链、管理库存储备以及掌握燃料质量并能熟练运用信息系统的等技能。还要制定合理有效的管理规章制度及相应的规范的操作程序以及各岗位人员的工作职责和要求,做到规范化、制度化管理<sup>[3]</sup>。从对人与加强制度两方面入手,电厂可以有效减少自身的人为管理上的漏洞,提高煤场的管理水平,保证管理的安全稳定,从而为电厂的安全高效运作提供良好的基础。

#### 5 结语

综上所述,当前电厂煤炭管理中仍然存在采购、存储、煤质、运输和信息管理方面的许多问题,这些问题的存在是源于供应链管理不当,制度不合理,技术手段落后和人员素质较低等多种原因造成的。面对当前存在的问题,电厂应该着眼于增强供应链管理、改进库存安排和优化调度、加大煤质检验力度、加快运输速度、完善信息智能化管理

以及加强员工技能学习和制度完善等方面入手对电厂煤炭管理进行全面升级。通过对电厂煤炭管理进行全方位,系统化的科学管理,不但可以减少电厂煤炭供应风险以及节约生产成本,也可以使电厂发电效率得到提升,保证了发电机组的安全运行,提升了电厂的经济收益以及长远发展的潜力,后期随着信息技术以及智能化水平的不断提高,电厂煤炭管理的精细化与智能化程度也会进一步提高,并为整个电力系统的稳定安全运行提供了有力保障。

#### [参考文献]

[1]李博.燃煤电厂煤炭采制化管理现状及改进策略研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(12):197-201.

[2]李博.燃煤电厂煤炭采制化管理现状及改进策略研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(12):197-201.

[3]卢浩博,姜丽云.煤炭物流仓储管理与优化策略研究[J].中国储运,2025(11):109-110.

作者简介:梁瑞玲(1972.12—),毕业院校:北京电力高等专科学校,所学专业:电厂化学,当前就任单位:河北华电石家庄裕华热电有限公司,职称级别:中级。

# 征 稿

《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。(附个人简历、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](http://www.viserdata.com)



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

195 Pearl's Hill Terrace, #02-41, Singapore 168976

官方网站

[www.viserdata.com](http://www.viserdata.com)

ISSN 2717-5391



9 772717 539258