

科学赋能设计 工程践行理论

ISSN 3080-8065 (print)

ISSN 3080-8073 (online)

推动建筑科学与工程实践的全球对话

建筑科学与工程研究

Architectural Science and Engineering Research

2025年8月 第1卷 第1期 (双月刊)



QUEST PRESS LIMITED



www.SciOnline.com



QUEST PRESS

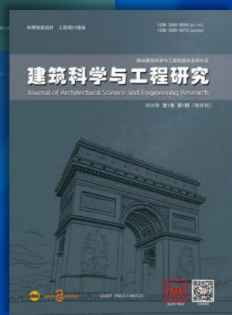
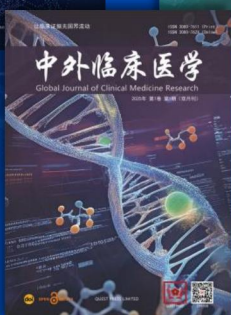
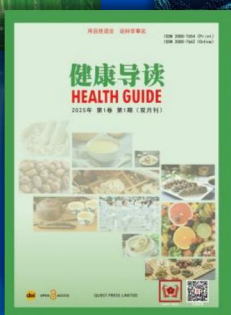
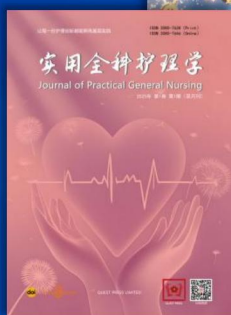
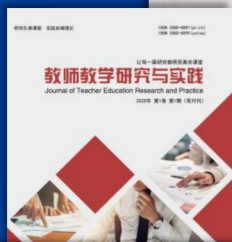
扫码阅读

深度求索 | 卓越创新 | 开源共享



QUEST
PRESS
LIMITED

QUEST PRESS



SciOnline

OPEN  ACCESS

 doi

ISSN 3080-8065 (Print)
ISSN 3080-8073 (Online)

编委会

主办单位

求索出版社有限公司

主 编

王 涵

副主编

关 军 余 涛 邓梦思

胡嘉钰 李聪聪 王 晖

李宗凡 黄盛浩 章鹏鑫

(以上排名不分先后顺序)

编委会助理

王明远

编辑出版

求索出版社有限公司

地址

澳门巴掌围斜巷 19 号 7 楼 D

电话

00853-68819699

邮箱

QuestPress@hotmail.com

网站

jzkk.scionline2025.com

出版时间

2025 年 8 月

建筑科学与工程研究

Architectural Science and Engineering Research

2025 年 8 月 第 1 卷 第 1 期 (双月刊)

目 次

◆ 设计研究

滨海地区高校教学建筑抗台风结构优化建议

Suggestions for optimizing the anti-typhoon structure of teaching buildings in coastal universities

林远平 (1)

基于余热回收的二氧化碳捕捉系统设计与经济性分析

Design and Economic Analysis of a Carbon Dioxide Capture System Based on Waste Heat Recovery

余 建 (4)

设计伦理视角下湖南省包装设计评价体系的构建与优化研究

Research on the Construction and Optimization of the Packaging Design Evaluation System in Hunan Province from the Perspective of Design Ethics

雷蕊如 (8)

高校宿舍楼结构设计与学生生活需求的适配性研究

Research on the Adaptability of University Dormitory Building Structural Design to Students' Living Needs

林远平 (14)

◆ 规划研究

淄博市桓台人民公园景观规划设计

Zibo City Huantai People's Park Landscape Planning and Design

付 颖 孔祥通 (18)

促进乡村振兴背景下的实用性村庄规划研究—以大同市云州区大北庄村为例	
Study on practical village planning in the context of promoting rural revitalization—— Take Dabeizhuang Village, Yunzhou District, Datong City as an example	
刘 强.....	(23)
智能化赋能城市公园园林景观营造	
Intelligent empowerment in the construction of urban park landscapes	
吴志敏.....	(28)

◆ 工程技术研究

边坡牵引压实方法在中珠联围海堤加固工程中的应用	
Application of Slope Pull-Compaction Method in the Reinforcement Project of Zhongzhuolian Coastal Dike in Guangdong Province	
田 甜 陈洪伟.....	(32)
国道 318 线拉萨至曲水大桥段地质灾害危险性评估与防治对策研究	
Risk Assessment and Prevention Measures for Geological Hazards along the Lhasa–Qu Shui Bridge Section of National Highway 318	
王瀚玉.....	(37)
新型复合材料在建筑结构中的创新应用	
Innovative Applications of Novel Composite Materials in Building Structures	
尤一帆 张思奥 赖 涵.....	(45)
色浆储罐 T151A/B 厂房制作及现场安装的质量控制	
Quality control of production and on-site installation of color paste storage tank T151A/B in the factory building,	
王喜庆 马铎芬.....	(50)

◆ 工程造价

建筑工程造价的工程结算与概算探究	
Research on project settlement and estimate of construction project cost	
孔祥通 徐子茜 孔冠雨.....	(54)
工程造价业务的拓展路径与发展机制研究	
Research on the Expansion Path and Development Mechanism of New Engineering Cost Business	
王 飞.....	(59)

滨海地区高校教学建筑抗台风结构优化建议

林远平

北海康养职业学院, 广西北海, 536000

摘要: 滨海地区台风频发, 对高校教学建筑结构安全威胁极大, 不仅影响师生安全, 还会打乱教学秩序。本文以北海等滨海地区高校为研究对象, 通过实地查看, 梳理出台风对教学建筑基础与主体、屋面、围护、连接节点的常见破坏形式, 找出标准不适配、功能与安全冲突等核心问题, 从基础加固、屋面优化、围护防护、节点强化四个方面提出具体优化建议。实践证明, 这些建议能有效降低建筑台风损坏率, 为滨海高校教学建筑抗台风设计与改造提供实用参考。

关键词: 滨海地区; 高校教学建筑; 抗台风; 结构优化

Suggestions for optimizing the anti-typhoon structure of teaching buildings in coastal universities

Yuanping Lin

Beihai Vocational College of Wellness, Beihai, Guangxi, 536000, China

Abstract: Frequent typhoons in coastal areas pose a great threat to the structural safety of university teaching buildings, not only affecting the safety of teachers and students, but also disrupting teaching order. This article takes universities in coastal areas such as Beihai as the research object, and through field investigation, sorts out the common forms of damage caused by typhoons to teaching building foundations and main bodies, roofs, enclosures, and connecting nodes. It identifies core issues such as standard mismatch, functional and safety conflicts, and proposes specific optimization suggestions from four aspects: foundation reinforcement, roof optimization, enclosure protection, and node strengthening. Practice has proven that these suggestions can effectively reduce the damage rate of buildings caused by typhoons, providing practical references for the design and renovation of teaching buildings in coastal universities to resist typhoons.

Keywords: coastal areas; University teaching buildings; Typhoon resistance; Structural optimization

1 引言

我国滨海地区每年都会遭遇多次台风, 强风加暴雨常常导致高校教学建筑受损, 影响正常教学。高校教学建筑不仅要满足日常教学, 有时还会作为临时避难所, 人员密集且作用重要, 但目前其抗台风结构大多沿用普通建筑标准, 没考虑到大跨度教室、重型设备实验室等特殊需求。调研发现, 多数滨海高校教学建筑存在抗台风隐患, 却仅有少数高校有专项改造预算。本文旨在分析台风对建筑结构的影响与问题, 提出优化建议,

保障师生安全, 减少教学中断。

2 滨海地区台风对高校教学建筑结构的主要影响

台风对滨海高校教学建筑结构的破坏集中在基础与主体、屋面、围护、连接节点四个关键部位, 且和高校建筑的功能特点密切相关。

2.1 基础与主体结构: 荷载叠加致受力超标

强风会对建筑产生水平推力和向上的拔力, 容易让基础出现不均匀沉降。高校实验室楼层因放置重型设备, 重量远大于普通教室, 结构受力



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



更复杂,台风期间易出现构件受力超标问题;大跨度教室的梁体在台风负压作用下,中间易向下弯曲,长期反复受力会降低混凝土耐用性,留下安全隐患。

2.2 屋面系统:风荷载与雨水双重破坏

屋面系统是台风破坏的重灾区。台风裹挟杂物猛击屋面,易导致屋面瓦松动、掀翻,强风产生的负压会加速瓦材脱落;高校教学楼屋面常装空调外机、太阳能板等设备,若固定方式简单,未考虑台风荷载,易被整体吹落。此外,屋面天沟若为普通材质且未及时清理,易因杂物堵塞排水口引发雨水倒灌,渗进屋面结构层导致钢筋生锈、混凝土变质,降低屋面承载能力,后续维修成本高且影响教学^[1]。

2.3 围护结构:风压与雨水引发多重破坏

围护结构的损坏主要在外墙和门窗。滨海台风常伴随强负压,外墙瓷砖易空鼓、脱落,玻璃幕墙胶条老化后,强风可能导致幕墙板块脱落;教室窗户为满足采光设计较大,普通玻璃抗风能力差,临海面窗户在台风中破碎率极高。开放式走廊虽通风好,但台风期间会灌进大量雨水,导致地面湿滑、墙体渗水,既增加安全风险,又加速墙体损坏。

2.4 连接节点:薄弱部位易发生整体性破坏

连接节点是结构薄弱环节,台风中易出现整体破坏。女儿墙若仅为砖砌且未与屋面梁体有效连接,强风会导致其根部开裂甚至倒塌;阳台护栏、设备支架与主体结构连接部件,若强度不足或未做防腐处理,在台风与滨海盐雾环境共同作用下,易出现断裂、脱落,威胁人员安全。

3 高校教学建筑抗台风结构的核心痛点

高校教学建筑抗台风结构存在四个核心痛点,这些问题和高校建筑的功能特点、建设维护条件紧密相关,不是简单维修就能解决的。

3.1 标准适配不足:未考虑高校建筑特殊需求

现有建筑抗台风设计标准主要针对民用住宅和普通公共建筑,没充分考虑高校教学建筑的特

殊需求。高校大跨度教室、重型设备实验室等区域,结构承受的重量远大于普通建筑,但现有标准未明确要求这些高荷载区域额外考虑台风负压影响,导致结构安全储备不足。此外,高校建筑常存在功能改造,如教室改实验室,改造后重量增加,却未重新核验抗台风结构性能,进一步加剧安全隐患^[2]。

3.2 功能与安全冲突:教学需求与抗风要求难平衡

功能与安全的冲突是高校建筑特有的难题。高校教学建筑需满足采光好、通风顺、空间灵活的教学需求,这与抗台风安全要求天然存在矛盾。为保证采光,教室窗户设计较大,虽提升照明效果,但抗风能力显著下降;开放式走廊能实现自然通风,却在台风期间易雨水倒灌,只能临时采取挡水措施,防护效果有限。同时,高校艺术楼、体育馆等为追求造型采用的异形屋面,风荷载分布复杂,现有普通抗台风标准无法适配,台风中损坏率更高。

3.3 既有建筑改造难度大:工期、成本与教学需求难协调

既有建筑改造难度大,阻碍抗台风优化推进。我国滨海地区多数高校教学建筑建设年代早,受当时条件限制,结构基础薄弱,抗拔、抗剪能力不足。改造时需兼顾不影响教学与控制成本,施工时间仅能选在寒暑假,工期短且任务重;若采用传统改造方式,不仅会破坏周边环境,还需投入高额费用,远超高校维修预算。此外,改造过程中需保护教学设备,尤其是实验室精密仪器,搬迁与保护难度大、成本高,让多数高校对改造望而却步。

3.4 维护机制缺失:隐性隐患加速结构性能衰减

维护机制缺失导致结构抗台风耐用性不断下降。大多数高校没建立完善的台风后结构定期检查与维护机制,仅在建筑出现明显损坏时临时维修,无法及时发现螺栓生锈、混凝土变质等隐性隐患。这些隐患会逐步降低结构强度,叠加台风荷载后,极易引发安全事故。同时,高校后勤维

作者简介:

林远平(1983-),男,汉族,工程师,经济师,工商管理硕士;研究方向:职业教育、建筑结构。

修人员多缺乏专业结构知识，台风后难以准确判断隐患风险，仅能表面修补，无法从根本上解决问题，长期积累导致结构抗台风能力持续衰减。

4 滨海地区高校教学建筑抗台风结构优化建议

4.1 基础与主体结构优化：强化承载与稳定性

基础加固需分新建和既有建筑，针对性提升抗台风能力。新建教学建筑建议采用“抗拔桩+筏板基础”组合，抗拔桩选用高强度混凝土管桩，桩长比普通建筑增加，确保桩端深入稳定土层，增强抗拔与抗倾能力；筏板基础加厚并配置双层双向钢筋，提升整体性，抵抗台风导致的不均匀沉降。既有建筑基础加固可采用植筋技术增设抗拔锚杆，锚杆选用高强度螺栓，通过专用胶与基础紧密结合，施工选在寒暑假，采用分段开挖方式，避免基础整体暴露，严格控制工期以不影响教学^[3]。

主体结构强化重点关注高荷载区域与薄弱构件。实验室、大跨度教室所在楼层，梁体截面尺寸比普通楼层增大，采用高强度钢筋，提升抗弯曲、抗剪切能力；梁端箍筋加密区域延长、间距缩小，增强抗剪性能。既有建筑柱体可采用外包碳纤维布加固，通过专用胶粘贴，提升抗侧移刚度；新建建筑柱体缩小箍筋间距、优化截面尺寸，增强抗台风横向推力能力。大跨度教室可增设次梁或采用预应力混凝土梁，通过施加预应力抵消部分台风负压，减少梁体弯曲，保障结构安全。

4.2 屋面系统优化：防风防水双重防护

屋面形式与材料选择需兼顾防风和防水。新建教学建筑优先采用双坡屋面，适当增大屋面坡度，减少台风正面作用面积，降低掀翻风险；屋面瓦选用防水性好、抗冲击强的彩钢板，替代传统陶土瓦，采用螺栓与密封胶双重固定，增加固定点数量，防止雨水渗入与瓦材脱落。既有建筑屋面瓦改造，若损坏率低，可加铺防水卷材并在接缝处涂密封胶；若损坏率高，整体更换为防水彩钢板，更换时检查并修复屋面檩条，确保承载能力。

屋面设备与构件固定需加强防风措施。空调

外机、太阳能板等设备采用型钢支架与预埋件固定，支架选型匹配设备重量，与屋面梁体通过预埋件满焊连接，设备与支架用高强度螺栓固定并点焊防松。支架与屋面连接部位涂防腐漆，定期补涂以抵抗盐雾腐蚀。屋面天沟采用耐腐蚀的不锈钢材质，加宽天沟并增设排水口，确保排水顺畅；天沟底部加设保温层，防止冬季结冰损坏。女儿墙控制高度，采用砖砌加混凝土压顶结构，在根部与屋面梁体增设连接钢筋，增强整体性，防止台风掀翻^[4]。

4.3 围护结构优化：平衡安全与功能

门窗选型需兼顾抗风和采光需求。临海面教室、实验室窗户采用断桥铝与双层中空钢化玻璃组合，型材内置增强型钢，提升抗弯曲能力；玻璃选用高强度钢化玻璃，确保抗冲击性能，玻璃与型材间用优质胶条密封，保证防水与抗风效果。窗户抗风压等级需满足抵御强台风要求，开启方式优先选择内开内倒，避免台风导致变形损坏；外开窗加装限位器，限制开启角度。既有建筑窗户改造，若窗框完好可仅更换玻璃并加装抗风五金件；若窗框损坏则整体更换，同时对窗口周边墙体做防水处理，防止雨水渗入。

外墙防护需降低脱落风险、提高耐用性。新建建筑外墙采用外墙保温一体板，替代传统瓷砖，通过专用砂浆与锚栓固定，确保连接牢固，避免台风中脱落；一体板表面涂抗老化面漆，提升抗盐雾腐蚀能力。既有建筑外墙若为瓷砖饰面，定期检查空鼓情况，空鼓率低则用专用胶加固，空鼓率高则局部更换为保温一体板，更换区域与原有墙面做好衔接。开放式走廊设置可折叠防风挡板，采用轻质高强度材质，台风前展开形成封闭防护，非台风季节折叠收纳，兼顾防风与通风采光。

4.4 连接节点优化：强化薄弱部位防护

关键节点加固需提高连接强度与整体性。阳台护栏与主体结构连接采用不锈钢螺栓加焊接双重固定，螺栓选用更粗规格，确保深入墙体足够深度，防止松动；护栏立柱与墙体满焊，焊后涂防腐漆与面漆，增强抗腐蚀能力。女儿墙与屋面

(下转第13页)

doi 10.12479/questpress-jzkxygcyj.20250102

基于余热回收的二氧化碳捕捉系统设计与经济性分析

余建

广州东华博泰科技有限公司, 广东广州, 510405

摘要: 在国家“双碳”战略的大背景下, 石化行业作为高能耗、高排放的典型领域, 其绿色转型迫在眉睫。本文着重于石化行业二氧化碳捕捉系统, 通过融合余热回收、溴化锂吸收式制热等核心技术, 构建了一套适用于石化行业的低碳节能工艺。以大庆石化百万吨级项目为实例, 验证了该系统在降低蒸汽耗量(每年 37.912 万吨, 1.0MPaG 饱和蒸汽)、减少循环水消耗(每年 2580 万吨, 32℃→40℃)以及二氧化碳减排(每年 7.44 万吨, 通过节约蒸汽能源换算得出)等方面的显著效果。经详细测算, 项目投资回收周期预估为 1.34 年, 经济效益达到 5695 万元每年, 为石化行业的低碳转型提供了可借鉴、可推广的技术路径。

关键词: 二氧化碳捕捉; 余热回收; 溴化锂吸收式制热; 能效优化

Design and Economic Analysis of a Carbon Dioxide Capture System Based on Waste Heat Recovery

Jian Yu

DH Bitech-IoT Co.,Ltd, Guangzhou, Guangdong, 510405, China

Abstract: Against the backdrop of China's "dual-carbon" strategy, the petrochemical industry, as a typical sector with high energy consumption and high emissions, is facing an urgent need for green transformation. This paper focuses on carbon dioxide capture systems in the petrochemical industry and constructs a low-carbon and energy-saving process suitable for the petrochemical industry by integrating core technologies such as waste heat recovery and lithium bromide absorption heating. Taking the million-ton-level project of Daqing Petrochemical as a case study, the significant effects of the system are verified in reducing steam consumption (379,120 tons per year of 1.0MPaG saturated steam), decreasing circulating water consumption (25.8 million tons per year with a temperature range from 32℃ to 40℃), and achieving carbon dioxide emission reduction (74,400 tons per year, calculated by converting saved steam energy). Through detailed calculation, the estimated investment payback period of the project is 1.34 years, with annual economic benefits reaching 56.95 million yuan. This provides a replicable and promotable technical path for the low-carbon transformation of the petrochemical industry.

Keywords: Carbon Dioxide Capture; Waste Heat Recovery; Lithium Bromide Absorption Heating; Energy Efficiency Optimization

1 引言

随着全球对气候变化问题的关注度日益提升, 我国积极践行“双碳”目标, 陆续出台了一系列政策推动各行业节能减排。石化行业在国民经济中占据重要地位, 但其碳排放问题突出。据《中

国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2023)》数据显示, 石化行业碳排放占工业总排放量的 18%, 其中 70%集中在工艺加热环节。《2030 年前碳达峰行动方案》等政策的落地, 使得石化行业面临前所未有的节能减排压力^[1]。在传统石化工艺中, 解析塔塔顶汽、贫胺液



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



等余热资源大多通过循环水冷却后直接排放，造成了大量能源的浪费。与此同时，传统的石化行业碳捕集工艺能耗巨大，每捕捉 1 吨 CO₂ 需要消耗 1.3 吨 0.3MpaG 饱和蒸汽，这使得碳捕集工艺的运行成本居高不下，严重制约了石化行业的可持续发展。因此，开发低能耗的替代技术成为石化行业实现低碳转型的关键。

本研究遵循“温位对口、梯级利用”的原则，将余热回收系统与二氧化碳捕捉工艺有机结合，致力于在能源高效利用和减排目标上实现双重突破，为石化行业的绿色发展探索新的路径。

2 二氧化碳捕捉系统概述

二氧化碳捕捉技术旨在从工业废气中分离出二氧化碳，目前主要包括吸收、吸附、膜分离等方法。在石化行业中，物理吸收法的低温冷凝分离技术应用较为广泛。该技术依据二氧化碳在不同温度和压力下的相态变化特性，通过冷却器降低温度，使二氧化碳从气态转变为液态或固态，从而实现与其他气体的分离，达成二氧化碳的回

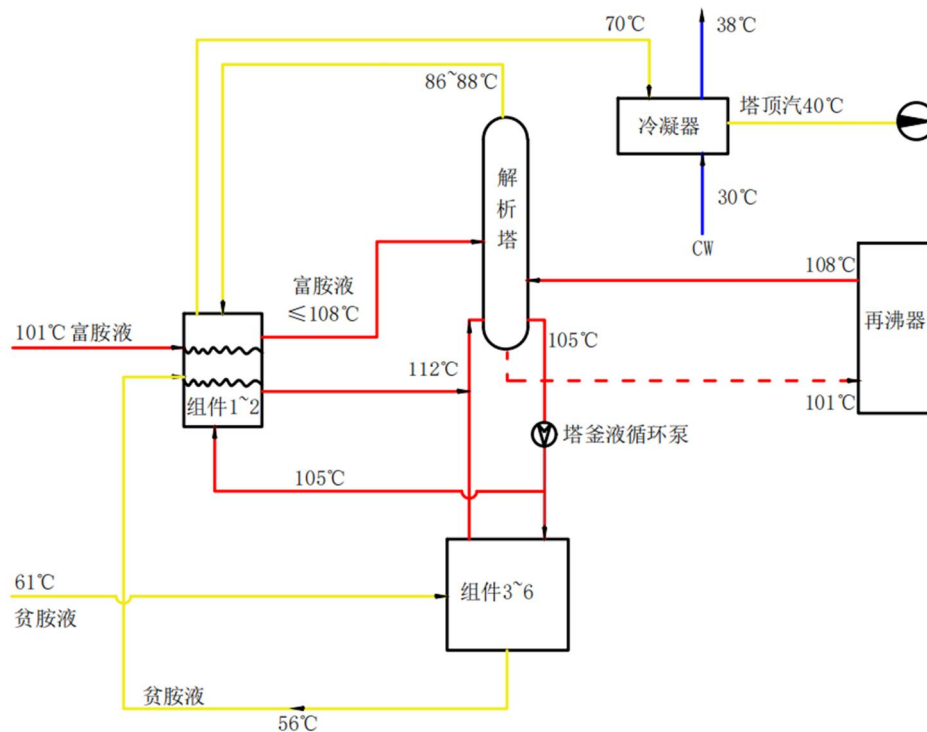
收目的^[2]。

本文所研究的大庆石化二氧化碳捕捉系统项目采用的正是物理吸收法，并融入了余热利用技术，以此进一步提升能源利用效率。在大庆石化百万吨级项目的原系统中，贫胺液、解析塔塔顶汽以及焦炉煤气主要依靠循环水进行冷却。循环水吸收焦炉煤气的热量，降低其温度，降温后的焦炉煤气被送入冷凝器进一步冷却，之后进入气液分离器，从中提取出二氧化碳，实现二氧化碳的回收，进而降低碳排放。

3 大庆石化百万吨级项目系统优化方案

3.1 基本工艺流程

基于二氧化碳吸收解吸的基本工艺原理，结合项目实际的热需求和余热条件，设计了针对贫胺液、解析塔塔顶汽热量的回收方案，回收的热量用于富胺液预热以及塔釜液加热。具体的余热回收系统工艺流程图如下。通过这一流程，实现了余热的有效利用，减少了额外能源的消耗，提升了整个系统的能源利用效率。



3.2 热需求参数

依据二氧化碳吸收解吸基本工艺，系统的主要热需求集中在塔釜液再沸器加热环节。在实际

运行过程中，塔釜液的温度会发生变化。运行初期，塔釜液温度为 101℃，经再沸器加热后约为 108℃，设计温升为 7℃；随着运行时间的推移，

塔釜液温度可能会有所上涨。在本方案设计中，设定塔釜液运行温度约为 105℃，进塔温度为 112℃，设计温升同样为 7℃。当塔釜液温度 ≤ 105℃时，能够保证节能量；若塔釜液温度高于 105℃，节能量则会相应降低^[3]。

在现有工艺条件下，富胺液进料温度为 101℃，再沸器的热负荷为每捕捉 1 吨二氧化碳需消耗 1.3 吨 0.3MPaG 饱和蒸汽。按照项目 100 万吨 / 年的产量计算，蒸汽耗量约为 162t/h，解析塔的热负荷为 100.44MW。

3.3 余热源：解析塔塔顶汽、贫胺液

3.3.1 解析塔塔顶汽：解析塔塔顶汽流量为 168.292t/h，以 88-86℃ 的温度进入热能回收系统组件 1-2，在此降温至 70℃ 过程中释放的热量为 17MW。之后，塔顶汽继续进入原冷凝器，进一步降温至 40℃^[4]。

3.3.2 贫胺液：贫胺液流量为 3800t/h（扣除二氧化碳产量 200t），温度为 61℃，进入热能回收系统组件 3-6。贫胺液降温至 56℃（或 50℃）后再进入下级冷却环节。贫胺液的比热范围在 4.07838-4.10806kJ/(kg · K) 之间，取其平均值为 0.9778kcal/(kg · K)。经计算，按照贫胺液温度从 61℃ 降至 50℃，余热总量为 4087.2 万 kcal/h，换算后为 47.53MW；按照贫胺液温度从 61℃ 降至 56℃，余热总量为 1857.8 万 kcal/h，即 21.61MW。

3.4 驱动能源

本方案设计采用 1.0MPaG 饱和蒸汽作为驱动能源。在热能回收系统中，蒸汽完成任务冷凝后，其凝液经回收被送至原再沸器的蒸汽凝液管网，实现了水资源的循环利用^[5]，进一步提高了系统的综合效益。

3.5 节能技术指标

在额定工况下，系统的各项运行参数如下：

系统供热量：100.44MW，相当于 162t/h，压力为 0.3MPaG 饱和蒸汽，或者 158.67t/h，压力为 1.0MPaG 饱和蒸汽。其中，余热回收量 30MW，约等同于 47.39t/h，压力为 1.0MPaG 饱和蒸汽。

驱动蒸汽：蒸汽 1.0MPaG 饱和蒸汽，耗量 111.28t/h，蒸汽凝液温度 120℃；

富胺液预热：流量 4000t/h，温度从 97℃ 预热至 ≤ 108℃；

塔釜液：温度 105℃ → 112℃（同再沸器运行工况），流量约为 10268.5t/h；

解析塔塔顶汽：温度 88℃ → 70℃，放热量 17MW；

贫胺液：温度 61℃ → 56℃，热能回收装置可利用的流量为：2300t/h，热负荷 13MW，流量占比约 60.2%；

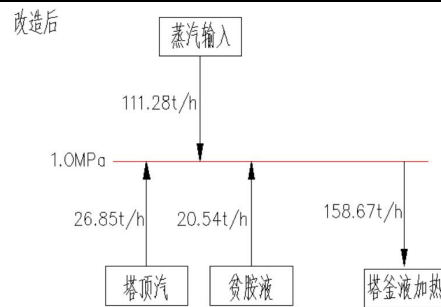
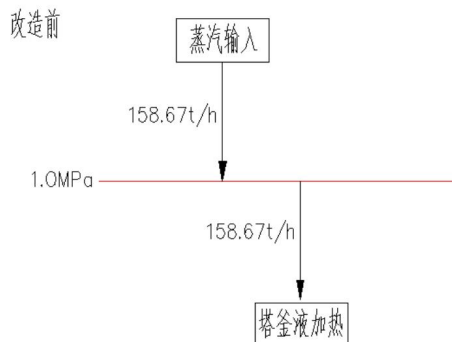
循环水消耗量：系统运行后，减少循环水消耗量 3225t/h（按照 32 → 40℃），平均减少冷却塔补水量 45t/h；

系统耗量：系统总耗电量约为 1230kW。

表 2.1 节能改造前后主要运行参数

分类	参数	耗量 t/h	电耗 kW
原方案	1.0MPaG 或 0.3MPaG 饱和蒸汽	158.67t/h 或 162t/h	0kW
热能回收系统	1.0MPaG 饱和蒸汽	111.25t/h	1230kW
热能回收系统	循环水 32 → 40℃	循环量-3225t/h 补水：-64.5t/h	-415kW
结论	节约 47.39t/h（蒸汽 1.0MPaG 饱和蒸汽）；增加电耗 815kW，节约冷却塔补水 64.5t/h（全年平均）。		

3.6 蒸汽系统平衡图



注：塔顶汽回收的余热折算后，相当于 26.85t/h 网量（1.0MPaG）蒸汽；

贫胺液回收的余热折算后,相当于20.54t/h 纲量(1.0MPaG)蒸汽。

4 优化后经济效益与投资回收周期

4.1 经济效益分析

在进行经济效益分析时,参考的能源价格如

下:电价为0.59元/kW·h;蒸汽价格为140元/吨;新鲜水价格为3.88元/吨;循环水价格为0.22元/吨。需要注意的是,实际能源市场价格存在波动,本研究列出的价格仅作参考,具体应以实际价格为准。按年运行8000h计算,节能节水减排量汇总见下表:

表 3.1 节能量汇总表

序号	类别	单位时间节约	年节约	效益
1	蒸汽	47.39t/h	37.912 万吨/年	5307.68 万元
2	电	-815kW·h	-652 万度电/年	-384.68 万元
3	循环水	3225t/h	2580 万吨/年	567.6 万元
4	循环水补水	64.5t/h	52.6 万吨/年	204.088 万元
5	节约标煤	3.74t/h	2.99 万吨/年	\
6	减排 CO ₂	9.3t/h	7.44 万吨/年	\
7	减排 SO ₂	0.08t/h	657.54 吨/年	\
8	减排 NO _x	0.14t/h	1120.8 吨/年	\
9	效益合计			5694.688 万元

注:减排 CO₂是节约蒸汽能源所换算的二氧化碳的量,不包含工艺捕捉的二氧化碳,若是加上工艺捕捉的二氧化碳此部分减少的碳排放还将进一步减少。

4.2 投资回收期分析

本技术方案建设为EPC模式,主要设备有溴化锂热泵机组,水泵,定压补水装置,凝水回收装置等,建设总投资总计约7636万元,而每年产生的经济效益约为5694.69万元,每年节省蒸汽量达37.91万吨,折合成标煤约2.99万吨/年。经计算,项目投资回收周期可缩短至1.34年,这表明该项目具有良好的经济可行性和投资价值。

5 结语

本文的二氧化碳捕捉系统采用成熟可靠的吸收式热泵技术,通过方案论证,证明该系统在不影响石化行业安全运行和原有工艺的前提下,能够有效节省蒸汽、减少循环水用量、提高二氧化碳回收工艺的能源利用率,实现显著的节能效果和经济效益,切实响应了国家节能节水和“双碳”政策^[6]。

为进一步推动二氧化碳捕捉系统在石化行业的广泛应用,本文提出以下三点建议:一是对石化行业中贫胺液、解析塔塔顶汽、焦炉煤气等可利用热量进行全面排查,充分挖掘余热资源潜力;二是划定示范区域,对项目应用过程中的经验进

行全面总结,不断提升技术水平,逐步推广范围;三是政府应出台相关鼓励政策,从资金、税收等方面给予支持,促进石化行业绿色转型。

6 展望

随着技术的持续进步和政策的有力推动,二氧化碳捕捉系统在石化行业的应用前景将愈发广阔。未来,有望通过技术创新进一步提升系统的能源利用效率和二氧化碳捕捉能力,同时降低设备成本和运行成本,实现石化行业与环境的和谐共生,为全球应对气候变化贡献中国智慧和力量。

参考文献

- [1] 国务院.2030年前碳达峰行动方案[Z].2021.
- [2] 张贤,杨晓亮,鲁玺等.中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2023)[R]
- [3] 李俊华.溴化锂吸收式热泵在石化余热回收中的应用[J].化工学报,2020,71(3):987-995.
- [4] Nguyen DN. Carbon dioxide geological sequestration: Technical and economic reviews[C]. Proceedings of the SPE/EPA/DOW Exploration and Production Environmental Conference, March 2003. United States. 249 - 254.
- [5] 国家发展改革委.工业重点领域能效标杆水平和基准水平(2023年版)[Z]
- [6] 建筑碳排放计算标准[S].GB/T51366-2019.

doi 10.12479/questpress-jzkxygcyj.20250103

设计伦理视角下湖南省包装设计评价体系的构建与优化研究

雷蕊如

湖南工学院, 湖南衡阳, 421001

摘要: 随着全球可持续发展议程的推进, 包装设计行业的环境责任与伦理问题日益凸显。湖南省作为中国制造业重要基地, 其包装设计行业在政策驱动下面临绿色转型的机遇与挑战。然而, 现有评价体系多侧重于经济效益, 忽视了设计伦理的关键作用。本研究旨在从设计伦理的视角, 构建并优化适用于湖南省包装设计行业的综合评价体系。通过文献综述与实地调研, 研究初步确立了涵盖设计质量、环保性、社会责任与技术创新的多级评价指标。研究采用层次分析法 (AHP) 确定各指标权重, 并运用模糊综合评价法 (FCE) 对体系进行验证, 以确保其科学性与实操性。本研究突破了传统单一的经济评价维度, 创新性地将伦理因素量化, 并提出了长期跟踪与动态更新机制, 旨在为湖南省包装设计行业的绿色转型与可持续发展提供理论与实践支持, 实现经济效益、环境责任与社会价值的平衡。

关键词: 设计伦理; 包装设计; 评价体系; 层次分析法 (AHP); 模糊综合评价法 (FCE)

Research on the Construction and Optimization of the Packaging Design Evaluation System in Hunan Province from the Perspective of Design Ethics

RuiRu Lei

Hunan Institute of Technology, Hengyang Hunan, 421001, China

Abstract: With the advancement of the global sustainable development agenda, the environmental responsibilities and ethical issues in the packaging design industry have become increasingly prominent. As a significant manufacturing base in China, Hunan Province's packaging design industry faces both opportunities and challenges for green transformation under policy-driven initiatives. However, existing evaluation systems predominantly focus on economic benefits, overlooking the critical role of design ethics. From the perspective of design ethics, this study aims to construct and optimize a comprehensive evaluation system applicable to the packaging design industry in Hunan Province. Through literature review and field research, a multi-level evaluation indicator framework—covering design quality, environmental sustainability, social responsibility, and technological innovation—was preliminarily established. The study employed the Analytic Hierarchy Process (AHP) to determine indicator weights and applied the Fuzzy Comprehensive Evaluation (FCE) method to validate the system, ensuring its scientific rigor and practical applicability. Breaking through the traditional single-dimensional economic evaluation, this research innovatively quantifies ethical factors and proposes mechanisms for long-term tracking and dynamic updates. It aims to provide theoretical and practical support for the green transformation and sustainable development of Hunan's packaging design industry, thereby balancing economic benefits, environmental responsibility, and social value.

Keywords: design ethics; packaging design; evaluation system; Analytic Hierarchy Process (AHP); Fuzzy Comprehensive Evaluation (FCE)

1 引言

随着全球对可持续发展的关注不断加深, 包装设计行业的社会责任和环境影响成为了重要议题。湖南省作为中国中部的制造业基地, 近年来

通过政策推动, 积极探索包装设计的绿色转型。2024年, 湖南省将绿色经济和智能制造列为重要发展方向, 表明该地区的包装设计行业正面临绿色转型的重大机遇与挑战。然而, 现有的包装设



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



设计评价体系多侧重经济效益，忽略了设计伦理的作用。湖南省的“十四五”规划和“碳达峰行动”等政策文件，重点提及减少过度包装、提升资源利用效率，并推动智能制造与环保材料的结合。尽管政策推动力强大，但设计过程中的伦理问题，如环保性、可循环利用性和对社会的长远影响，常常被忽视。在社会需求逐步向绿色消费转型的背景下，市场对更环保、更可持续的包装设计提出了更高要求，这也促使设计师在满足商业目标的同时，需要更加关注环保和社会责任。本课题的初衷是研究在湖南省包装设计绿色转型过程中，如何将设计伦理融入评价体系，以在追求经济效益的同时，实现环境责任的平衡。通过探讨设计伦理的实践，期望为湖南省的包装设计行业提供一条切实可行的绿色发展路径，同时也为行业的长期可持续发展奠定理论与实践基础。

1.1 国外研究现状

近年来，国外关于设计伦理的研究逐渐深化，尤其在技术辅助设计、社会服务、健康护理等领域，逐步形成了较为完善的理论框架和实践探索。研究主要围绕设计伦理的评价标准、量化方法、长期评估机制及标准更新等方面展开。

Buhr 等人 (2024) 在技术辅助失智症护理中的研究提出了“价值偏好档案”和“伦理合规量化”的方法，通过量化手段将伦理标准嵌入技术设计中，确保设计不仅满足功能需求，还能兼顾伦理责任。这种方法为设计评价的量化提供了创新的实践路径，在技术设计领域尤其具有应用价值。Maria (2024) 则研究了“共同设计”在城市规划中的伦理实践，强调通过多方利益相关者的合作，在设计中实现道德共识。她的研究展示了设计伦理在复杂社会环境中的适应性，特别是对社会互动和社区建设中的作用。然而，长期跟踪评估机制仍有待完善，特别是在监测设计对社会影响的持续性方面。在健康护理设计领域，Na 等人 (2023) 通过分析基于设计伦理的老年护理产品，探讨了其对社会与经济发展的影响，展示了设计伦理在提高老年人生活质量中的价值。然而，该研究在长期监测设计对老年群体的持续影响方面，仍缺乏系统的评估框架。Xia 等人 (2024) 探

讨了现代主义设计伦理的当代意义，梳理了设计伦理与社会价值的关联，强化了设计伦理在当前设计实践中的理论基础。这一研究进一步推动了设计伦理的学术讨论，但在评价体系的实用性和更新机制方面仍有不足，国外研究逐步形成了多维度的设计伦理评价体系，尤其重视量化评估方法的引入。然而，在长期跟踪评估和评价标准的动态更新上，仍有提升空间。

1.2 国内研究现状

近年来，国内关于设计伦理的研究逐步深化，特别是在包装设计领域，研究逐渐从理论探讨转向实践应用。然而，国内关于设计伦理的评价标准尚不完善，尤其在量化评估方法、长期跟踪机制和标准更新方面仍有待加强。

在评价标准的构建上，研究多强调环保性和社会责任，但系统化的综合标准仍显不足。石静怡 (2024) 在探讨外卖产业一次性包装的伦理问题时，指出设计师应承担环保责任，但其研究主要集中于对现有问题的批判分析，缺乏系统的量化评估方法。同样，宋振锋和余玲 (2023) 也提出设计应兼顾美观与环保责任，但在如何将这些伦理维度融入量化评价体系方面，探讨尚不充分。国内学者对设计伦理的量化评估方法仍多停留在定性讨论层面。李正周 (2018) 探讨了包装设计中的材料可持续性，提出设计应减少环境负担，但未深入探讨如何通过量化工具衡量设计的社会责任与环保性。刘永涛 (2010) 在研究低碳经济背景下的包装设计时，强调设计师在降低碳排放中的责任，虽然提出了设计师的伦理责任，但对于如何量化这些责任的具体影响，研究仍待深入。设计伦理的长期跟踪评估和标准更新也相对薄弱。宗传玉 (2022) 在设计教育中倡导通过伦理课程提升学生的社会责任感，尽管为未来设计人才提供了理论支持，但如何在设计实践中建立长期的评估和反馈机制仍未提出有效方案。此外，评价标准的动态更新也未得到系统性讨论，许多研究虽强调设计伦理的重要性，但缺乏对如何应对市场变化和技术进步的探讨。

综上所述国内关于设计伦理的研究虽取得一定进展，但仍缺乏系统化的评价标准和有效的量

化工具。研究多集中于定性讨论，较少涉及如何长期跟踪设计的实际影响及如何动态更新评价标准。对于湖南省包装设计行业的绿色转型，构建兼顾设计伦理、经济效益与环保责任的综合评价体系，将是推动行业可持续发展的关键一步。

2 研究内容

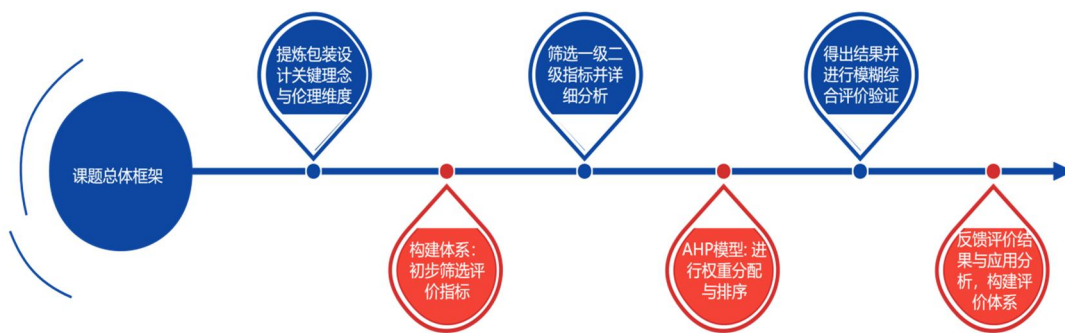
2.1 研究对象

本研究聚焦湖南省包装设计行业的绿色转型，旨在探讨该行业评价体系的构建与优化。湖南省作为中部制造业强省，近年来在绿色经济和智能制造的政策驱动下，包装设计行业逐步向可持续发展迈进。然而，现有的评价体系偏重经济效益，缺乏对设计伦理的深入考虑，需系统性改进。研究对象集中于湖南省内在智能包装与绿色包装领域具有代表性的企业，重点分析其产品环保材料应用、智能制造技术等方面的创新实践。成品包装的市场表现较设计构想更能反映设计理念的实际落地与市场适应性，研究将通过实际案例评估这些企业如何在设计中落实社会与环境责任，探讨经济效益与社会责任的平衡。本研究将结合政策与市场需求，系统评估湖南省包装设计行业在绿色转型中的实际成效，探索设计伦理的实践路径。研究结果将为构建更完善的包装设计评价体系提供理论依据与实践参考，助推该

行业在智能制造与绿色经济背景下的可持续、高效发展。

2.2 总体框架

本研究以设计伦理为切入点，探讨湖南省包装设计行业的评价体系构建。通过与省内包装设计领域的专家学者交流，并结合文献分析，梳理出适用于行业评价的核心理念和伦理维度。初步确定的一级指标包括设计质量、环保性、社会责任、技术创新等，二级指标则进一步细化为资源利用效率、可回收性、文化传承等具体标准。该过程旨在确保评价体系既有理论依据，又贴合行业实际需求与伦理责任。为科学确定各指标的重要性，本研究采用层次分析法（AHP）进行权重分配。这一方法有助于衡量各指标的相对优先级，确保设计质量与伦理责任之间的平衡。同时，运用模糊综合评价法（FCE）对指标体系进行验证，通过量化复杂数据，提升评价体系的科学性和操作性。在此基础上，研究进一步分析这些指标在湖南包装设计行业中的应用效果，探讨符合设计伦理的评价路径。结合政策导向与行业实际，本研究不仅为包装设计的绿色转型提供了理论支撑，还为行业的评价标准化建设提供了可行的方案。本研究立足于实际需求，注重操作性和实践价值，希望为湖南省包装设计行业的可持续发展和政府政策的实施提供有力支持。



3 重难点分析

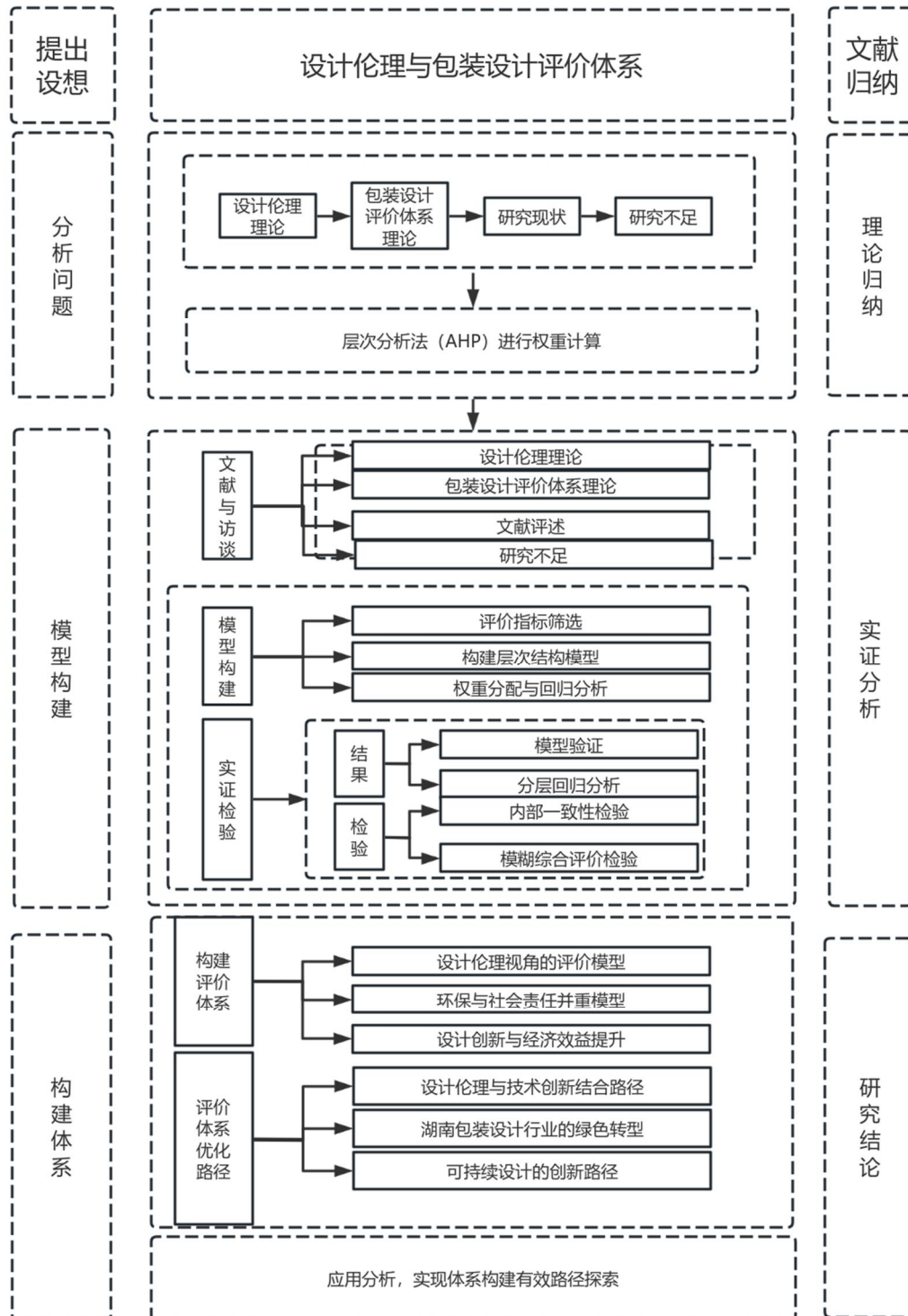
本研究的重点在于构建基于设计伦理的湖南包装设计行业评价体系，而难点则在于如何科学地量化并平衡各个伦理维度。包装设计不仅需要关注商业价值和新技术，更要考虑其对社会、环境保护等方面的影响。如何在设计质量、

环保性和社会责任之间取得平衡，成为评价体系构建的核心挑战。尤其在运用层次分析法（AHP）进行指标权重分配时，如何确保各项指标的客观性和可操作性是一个难点。此外，模糊综合评价法（FCE）的应用也要求对多维度、模糊性较强的数据进行精确处理，以确保最终的评价体系既具

有理论依据，又能有效指导实际设计操作。这需要跨学科的知识整合和方法论的严密性，才能实现评价体系的科学性与适用性。

3.1 思路方法

本研究以构建湖南省包装设计行业的评价体系为目标，重点围绕设计伦理与可持续发展展开。研究主要分为三个阶段，结合理论分析与实践验证，确保评价体系的科学性与应用性。



思路构建图

3.1.1 文献综述与调研分析

首先,通过系统性的文献综述,梳理国内外在设计伦理与包装设计评价领域的研究现状,分析其成果与不足,为评价体系构建奠定理论基础。与此同时,研究结合湖南省包装设计行业的实际情况,调研具有代表性的企业和产品的包装设计,分析绿色转型中的设计实践和挑战。这一阶段通过理论与实践的结合,初步筛选出涵盖设计质量、环保性、社会责任、技术创新等多维度的评价指标。

3.1.2 层次分析法(AHP)进行指标权重分配

在确定初步评价指标后,采用层次分析法(AHP)对各指标进行权重分配。AHP通过构建多层次结构,细化一级指标(如设计质量、环保性等)和二级指标(如资源利用效率、可回收性等),并结合专家意见,确定各指标的重要性与权重。该方法能有效处理复杂多维度指标,确保评价体系的科学性与合理性。

3.1.3 模糊综合评价法(FCE)进行验证

为确保评价体系的有效性,研究将采用模糊综合评价法(FCE)进行验证。FCE法能够处理主观与模糊性数据,将定性分析与定量分析相结合,提升评价体系的精度。通过对各项指标的验证与分析,研究将形成一个全面、科学的评价体系,适用于湖南省包装设计行业的绿色转型。这一研究方法从理论与实践相结合,采用多维度评价模型,确保构建的评价体系具有学术严谨性与实践可操作性,为包装设计行业的可持续发展提供坚实的理论和决策支持。

4 创新之处

本研究突破了传统单一维度的评价方式,将文化内涵、品牌价值、功能性和环保性等多个关键因素纳入评价标准,构建了一个多维度、全面的评价体系。通过将设计的文化传承、品牌效应、设计质量、资源利用效率和环保性等因素并重,确保评价结果不仅反映设计的质量和环保标准,还能评估其对品牌增值和社会责任的贡献。

研究创新性地引入了量化评估方法,通过结合市场调研和消费者测试等数据,对各个评价维度进行量化分析,显著提高了评价的公正性和准

确性。此方法有效降低了主观因素的影响,确保评价结果更加客观、可信,不仅科学衡量了设计质量与伦理责任的平衡,还为行业改进提供了切实可行的依据。

研究强调建立长期跟踪评估机制,持续监测包装设计在市场中的表现和消费者反馈,确保设计方案适应市场变化、满足长期需求。此外,研究提出评价体系应密切关注市场趋势和消费者需求的变化,及时更新评价标准,以推动行业在绿色转型和可持续发展中的创新与进步。

5 预期成果

本研究旨在构建一套适用于湖南省包装设计行业的评价体系,基于设计伦理的核心理念,涵盖设计质量、环保性、社会责任等多个维度的评价指标。该体系将重点关注行业的实际需求和可持续发展目标,推动更全面、科学的评价标准,助力行业在绿色转型中的持续优化与提升。通过层次分析法(AHP)和模糊综合评价法(FCE)的结合,研究将实现复杂、多维度数据的定量化分析,提供操作性强的工具。此外,研究将为湖南包装设计行业的绿色转型和可持续发展提供理论支持与实践路径,提升行业竞争力。同时,评价体系的实施不仅能优化包装设计流程,减少资源浪费,还将促进湖南包装行业的技术创新和环保意识,从而推动地区经济的高质量发展。研究成果也将在学术领域产生重要影响,计划通过发表高质量研究论文,并在学术会议和行业论坛中推广,以进一步推动设计伦理在实践中的应用,助力行业与经济的协同进步。

参考文献

- [1] Buhr E ,Welsch J ,Shaukat S M .Correction: Value preference profiles and ethical compliance quantification: a new approach for ethics by design in technology-assisted dementia care[J].AI & SOCIETY,2024,(prepublish):1-1.
- [2] Buhr E ,Welsch J ,Shaukat S M .Value preference profiles and ethical compliance quantification: a new approach for ethics by design in technology-assisted

- dementia care[J].AI & SOCIETY,2024,(prepublish):1-17.
- [3] Xia Y , Wang L , Wang Y . The contemporary significance of modernist design ethics[J].Academic Journal of Humanities & Social Sciences, 2024,7 (1):
- [4] Maria K .Co-design ethics in action: Oakland Shoreline Leadership Academy[J].Journal of Urban Design,2024, 29(1):32-34.
- [5] Na Q ,Xun Z ,Attique M K , et al.Social and economic development impact of elderly health care products based on design ethics[J].Intelligent Data Analysis, 2023,27(S1):137-150.
- [6] 石静怡.关于一次性包装的设计伦理研究——以外卖产业为例[J].中国包装,2024,44(03):31-36.
- [7] 宋振锋,余玲.基于设计伦理理念的人性化包装设计研究[J].中国包装,2023,43(08):43-46.
- [8] 宗传玉.高校艺术设计类专业设计伦理课程建设探析[J].美术教育研究,2022,(12):138-139.
- [9] 古天龙,高慧,李龙,等.一种基于强化学习设计伦理智能体的方法[P].广西壮族自治区:CN202110531696.0, 2021-09-17.
- [10] 李正周.设计伦理学视域下对包装伦理的思考[J].美术大观,2018,(10):130-131.
- [11] 谢玮.成器思论[M].中国书籍出版社: 2017,10.243.
- [12] 高颖,王双阳.从现代设计人文关怀内涵的转变看设计伦理的发展[J].文艺研究,2010,(11):123-130.
- [13] 刘永涛.基于设计伦理和设计批评理论的低碳包装研究[C]中国振动工程学会包装动力学专业委员会,中国包装联合会包装工程专业委员会(筹),世界包装组织亚洲包装中心.第十三届全国包装工程学术会议论文集.武汉理工大学;河南工程学院;2010:4.
- [14] 姜松荣.姜松荣:设计的"伦理原则"[J].设计,2019, 32(24):2.DOI:CNKI:SUN:SJTY.0.2019-24-030.

(上接第3页)

连接除增设连接钢筋外,在根部设混凝土翻边,与屋面防水层有效搭接,防止雨水渗入节点;女儿墙顶部压顶配筋,提升整体性,避免台风中断裂。设备支架与屋面连接节点,采用型钢与预埋件焊接,焊接部位涂防腐漆并定期检查维护,确保连接牢固。

防腐处理需适配滨海高盐雾环境。所有金属连接节点优先选用不锈钢材质;无法采用不锈钢的构件,表面涂覆抗盐雾性能好的防腐漆,延长防腐年限。混凝土连接部位涂刷渗透型阻锈剂,防止内部钢筋生锈,定期补涂维护。建立节点定期检查机制,每年台风季前组织专业人员检查节点外观与螺栓松紧度,及时拧紧松动螺栓、修复锈蚀部位,确保节点始终处于安全状态。

5 结论与展望

本文针对滨海地区高校教学建筑抗台风结构的实际需求,从基础与主体、屋面、围护、连接

节点四个方面提出优化建议。通过增强结构承载能力、优化材料选型、完善连接方式,能有效提高建筑抗台风性能,减少灾害损失。这些建议充分考虑高校教学建筑的功能特点和改造条件,实用性与可操作性较强。未来可结合智能监测技术,在关键节点加装监测设备,实时掌握台风期间结构受力情况,提升优化建议精准度;同时推动地方出台专项规范,统一滨海高校建筑抗台风技术标准,进一步保障校园安全。

参考文献

- [1] 明天轶,李玫.轻钢结构建筑受台风破坏因素解析及抗台风方案[J].中国建筑金属结构.2024,23 (12):34-36.
- [2] 田利,张来仪.台风作用下建筑结构的研究进展[J].山东大学学报(工学版).2022,52 (01) :28-38.
- [3] 李兰雨萱,李岳岩,陈静.日本小型轻钢装配式建筑设计研究[J].城市环境设计,2023(06):356-363.
- [4] 邱发强.轻钢结构在台风破坏下的灾害调查与分析[J].工程质量,2017,35(11):26-29.

doi 10.12479/questpress-jzkxygcyj.20250104

高校宿舍楼结构与学生生活需求的适配性研究

林远平

北海康养职业学院，广西北海，536000

摘要：当前，部分高校宿舍楼存在空间布局局促、功能分区僵化、承重设计不足等问题，与学生日益多样化的生活需求严重脱节。本文实地调研多所不同类型高校的宿舍楼案例，系统分析结构与学生生活需求之间的适配矛盾，提炼出空间布局、承重能力、设施配套、安全保障等关键适配要点，进而提出差异化设计、细节优化、协同规划等针对性改进策略，为高校宿舍楼的人性化设计提供兼具理论参考与实践价值的指导方案。

关键词：高校宿舍楼；结构设计；学生生活需求

Research on the Adaptability of University Dormitory Building Structural Design to Students' Living Needs

Yuanping Lin

Beihai Vocational College of Wellness, Beihai Guangxi, 536000, China

Abstract: Currently, some university dormitory buildings face issues such as cramped spatial layout, rigid functional zoning, and inadequate load-bearing design, which are seriously out of touch with the increasingly diverse living needs of students. This paper conducts field research on dormitory building cases from various types of universities, systematically analyzes the adaptation contradictions between structural design and student living needs, refines key adaptation points such as spatial layout, load-bearing capacity, facility support, and safety assurance, and proposes targeted improvement strategies such as differentiated design, detail optimization, and collaborative planning. It provides a guiding scheme for the humanized design of university dormitory buildings that combines theoretical reference and practical value.

Keywords: university dormitory building; structural design; student living needs

1 绪论

随着我国高等教育的普及与发展，高校招生规模不断扩大，学生对宿舍的需求已从单纯的“住宿功能”转向“生活-学习-社交一体化空间”。当代大学生不仅关注宿舍的基本居住条件，更对空间舒适性、功能多样性、使用安全性提出了更高要求。然而，现有高校宿舍楼设计常沿用传统标准化模式，缺乏对学生实际需求的深入调研与针对性考量，导致结构与实际使用需求存在诸多不匹配之处。

本文以解决这一矛盾为出发点，采用实地调研、案例分析、需求访谈等研究方法，探究高校宿舍楼结构与学生生活需求的适配路径。这一研究对于提升宿舍居住品质、保障学生在校生活质量、推动高校后勤设施建设的人性化发展，具有重要的现实意义与应用价值。

2 高校学生宿舍生活需求的核心要素

2.1 基础住宿需求

学生在宿舍的基础住宿需求主要体现在空间舒适性与私密性保障两个方面：



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



空间舒适性：需保证人均居住面积达到合理标准，确保学生日常活动不受限制。房间的开间与进深比例需协调，避免因床与衣柜、书桌与墙体间距过窄，导致通行困难或活动受阻。

私密性保障：床位与书桌的布局应尽量减少相互干扰。例如，可通过设置可调节隔断、预留床帘安装结构槽位等方式，为学生营造相对独立的个人空间，满足其休息、学习时对私密环境的需求^[1]。

2.2 学习与生活功能需求

学习与生活功能需求是学生对宿舍的核心诉求之一，具体体现在学习空间与储物空间两个维度：

学习空间：书桌需具备足够承重能力，保证放置电脑、大量专业书籍、打印机等学习设备后的结构稳定性；同时，书桌位置应与墙面插座布局匹配，避免电线因长度不足而杂乱缠绕。

储物空间：衣柜、储物柜不仅要具备承载行李箱、厚重衣物、季节性物品的结构强度，还需兼顾空间利用率最大化。例如，预留顶天立地柜安装结构条件，或在床底、书桌下方设计可收纳储物空间，满足学生多样化储物需求。

2.3 日常活动与安全需求

日常活动与安全需求直接影响学生在宿舍的生活体验与人身安全，主要包括公共活动空间与安全保障设计：

公共活动空间：走廊宽度需满足多人同时通行、搬运行李及快递的需求，避免空间狭窄导致拥堵；阳台作为学生晾晒衣物、短暂休息或小型聚会的场所，其承重能力需适配相应活动，防止荷载过大产生结构安全隐患。

安全保障设计：楼梯踏步的高度与宽度需符合人体工学原理，减少学生上下楼时的疲劳感与摔倒风险；卫生间地面需采用防滑结构设计，降低滑倒可能性；应急通道需保持结构通畅，无堆

放物或障碍物遮挡，确保突发情况下的安全疏散^[2]。

2.4 特殊需求

学生的特殊需求虽针对特定场景，但对结构设计的适配性要求同样重要，主要包括适应性需求与无障碍需求：

适应性需求：体现在宿舍使用过程中对设施的增设与升级。例如，墙体需具备足够承重能力，满足空调、洗衣机等电器的安装固定要求；同时，结构设计阶段需预留充足管线预埋空间，避免后期安装时破坏墙体、楼板。

无障碍需求：聚焦特殊学生群体，要求宿舍入口坡道坡度合理、防滑性能良好；卫生间内扶手安装的墙体需保证足够牢固度，为残障学生或行动不便者提供安全、便捷的居住环境。

3 高校宿舍楼结构设计与生活需求的适配性问题分析

3.1 空间布局与功能需求的脱节

空间布局与功能需求脱节是高校宿舍楼的普遍问题，主要表现为“老旧宿舍空间局促”与“新建宿舍设计同质化”两类情况：

老旧宿舍：受早期设计理念限制，部分建校时间较长的宿舍采用“小开间+密集床位”布局，人均居住面积不足3平方米。紧张的空间被大量床位占据，储物空间严重压缩，学生日常转身、整理物品都显局促，更无法满足小型学习交流或放松活动的需求。

新建宿舍：部分新建宿舍虽硬件条件有所提升，但为追求建设效率与管理便利，推行统一标准化户型，未考虑不同年级学生需求差异。例如，研究生因科研任务重，对独立学习空间需求迫切；而本科生更倾向于充足活动空间以方便同学交流，这种“一刀切”设计导致结构布局与实际功能需求严重错位。

作者简介：

林远平（1983-），男，汉族，工程师，经济师，工商管理硕士；研究方向：职业教育、建筑结构。

3.2 结构承重与实际使用的不匹配

结构承重设计与学生实际使用需求不匹配,给宿舍安全使用带来隐患,具体问题包括:

家具承重不足:部分宿舍书桌初始承重设计未考虑学生放置大量专业书籍、台式电脑等重物的情况,使用一段时间后出现桌面变形、桌腿松动;阳台栏杆固定方式简单,学生晾晒较多衣物或放置盆栽时,栏杆连接处易松动,甚至存在坠落风险。

墙体承载隐患:随着学生对生活品质要求提高,自行在墙体悬挂书架、安装空调外机的情况增多。但部分墙体因砌筑材料强度不足或施工工艺问题,出现裂缝、墙面脱落现象。这些问题的根源在于设计时过度参照建筑结构规范最低荷载标准,未充分预估学生实际使用中的集中储物、设备增设带来的荷载增量。

3.3 设施配套的结构适配缺陷

设施配套的结构适配缺陷直接影响宿舍使用便利性与耐久性,主要体现在管线冲突与细节缺失两方面:

管线与结构冲突:空调外机安装位置未预留合适承重支架,仅通过简单膨胀螺丝固定在墙体上,导致支架与墙体连接不牢固,长期使用存在安全隐患;卫生间下水管道与楼板衔接处,因结构预留孔洞尺寸与管道不匹配、密封处理不佳,出现漏水现象,影响楼下宿舍正常使用。

细节设计缺失:衣柜深度仅45cm,无法容纳长款大衣、连衣裙,导致衣物褶皱或悬挂不下;书桌与配套座椅高度差不合理,学生长期伏案学习易出现颈椎、腰椎疲劳;走廊内消防栓、配电箱等设施突出墙面,占用通行空间,既影响美观,又在上下课高峰期易造成碰撞。

3.4 安全设计与学生行为习惯的矛盾

安全设计未充分结合学生行为习惯,难以发挥有效保障作用,具体问题如下:

防护设施适配性差:当代学生平均身高较以往明显提升,但部分宿舍楼梯扶手仍沿用1米传统高度,身高较高学生倚靠时易失去平衡,存在

跌落风险;阳台护栏间距普遍达15cm,虽符合早期规范要求,但学生在阳台活动时,书本、水杯等小型物品易从间隙掉落,对楼下行人构成安全威胁。

应急通道设计不合理:应急通道本应是安全疏散关键,但部分宿舍因结构设计问题,通道内设置突出结构柱或隔墙,既缩小通行宽度,又在紧急情况下易造成学生拥挤、碰撞,不符合安全疏散要求。

4 提升高校宿舍楼结构设计适配性的策略

4.1 基于需求调研的“差异化结构设计”

推行基于需求调研的“差异化结构设计”是提升适配性的基础,具体实施路径包括:

需求精准采集:设计前期通过问卷调查、小组访谈、实地观察等方式,收集不同类型学生需求。例如,本科生重视宿舍及楼层公共活动空间,方便社交互动、小组讨论;研究生因科研任务重,需独立安静的学习空间与充足储物空间,以存放科研资料和实验样本。

针对性结构响应:本科生宿舍每层设置30-50m²共享活动区,配备可移动桌椅、多功能储物柜,采用轻质隔墙或活动隔断,灵活划分床位区域与活动区域,既保证休息私密性,又为交流提供开放空间,还可根据活动规模调整区域大小;研究生宿舍强化独立学习空间结构稳定性,将书桌与墙体通过预埋件固定连接,增加楼板配筋量以提高承重能力,桌面宽度扩展至1.2米以上,满足放置大型专业书籍、实验设备的需求^[3]。

4.2 结构细节的人性化优化

对结构细节进行人性化优化,可显著提升宿舍使用体验与安全性,重点优化方向包括:

空间布局优化:采用“灵活开间”设计,在房间内部预留隔断轨道或连接节点(轨道采用隐藏式设计避免绊倒风险),根据招生规模及学生需求变化,灵活调整为4人或6人户型,调整过程无需破坏主体结构;走廊宽度设为1.8-2米,规划结构柱位置时避开主要通行区域,或采用异形

柱设计减少凸起,柱体边角做圆角处理避免碰撞,方便学生通行、搬运行李及快递。

承重适配优化:针对书桌、衣柜等重物集中区域,将楼板配筋率提高10%-20%,采用双层双向配筋增强整体性;墙体采用强度等级不低于C30的混凝土浇筑,砌筑时增加拉结筋密度;阳台栏杆与墙体连接采用预埋钢板或螺栓替代传统膨胀螺丝,连接处做防腐处理,大幅提升连接节点抗拔力与整体稳定性。

4.3 设施与结构的协同设计

推动设施与结构的协同设计,可避免后期使用中的各类冲突与问题,具体措施如下:

设施安装提前规划:结构设计阶段同步规划空调、洗衣机、热水器等设施安装位置。例如,空调外机处预设承重预埋件(采用Q235钢材并深入墙体至少20cm),确保支架安装牢固,且外机位置避开床头区域减少噪音;楼板上预留设备管线孔洞需精准匹配管道尺寸,孔洞周边做环形钢筋加固,提前加装防水套管(高度高于地面5cm)防止漏水;洗衣机、热水器放置区域预设承重支架,支架与楼板钢筋焊接固定,承重标准提升至500kg以上。

细节适配优化:将衣柜深度增加至60cm,内部设置可调节隔板和挂衣杆,满足长款衣物、西装悬挂需求;书桌高度根据我国学生平均身高设为75-80cm,桌面边缘做圆弧处理防止磕碰,配套座椅高度调整至40-45cm,座椅底部预留收纳空间;走廊内消防栓、配电箱等设施采用嵌入式设计,与墙面平齐,表面采用同色系盖板,避免占用通行空间并保持美观^[4]。

4.4 安全设计的针对性改进

结合学生行为特点对安全设计进行针对性改进,有效提升宿舍安全保障水平,具体改进方向包括:

防护设施适配调整:针对学生平均身高提升,将楼梯扶手高度提高至1.1米,直径设为4cm便于抓握,顶部增加耐磨橡胶防滑条纹;扶手从楼梯起点延伸至平台1.5米处,防止转弯处失衡;

阳台护栏间距缩小至10cm以内,采用竖杆加横向连接杆双重防护设计,高度保持在1.2米以上,底部设置15cm高实体挡板,防止小型物品坠落。

应急通道优化:应急通道采用“无柱化”理念,确保障碍物宽度不超过0.1米,通道净宽不小于1.2米;地面做防滑耐磨处理并设置荧光指示标识;楼梯踏步表面防滑条采用金刚砂材料与混凝土一体浇筑,宽度设为3cm且间距均匀,即使地面潮湿摩擦系数仍保持在0.6以上,减少滑倒风险。

5 结论与展望

研究表明,高校宿舍楼结构与学生生活需求的适配性是提升宿舍品质的关键。需以学生实际需求为核心导向,通过差异化布局满足不同群体需求、优化结构细节提升使用体验、推动设施与结构协同设计减少后期冲突、针对性改进安全设计保障居住安全,从而有效解决空间、承重、安全等方面的适配问题。

本研究仍存在一定局限:案例调研主要集中在部分地区高校,未充分涵盖不同气候、地域条件下的宿舍设计差异。未来可扩大调研样本范围,结合南北方气候特点、不同地域学生生活习惯优化设计方案,并对改进后的宿舍进行长期跟踪评估,持续完善适配策略,为高校宿舍楼的人性化建设提供更全面的理论与实践支撑。

参考文献

- [1] 王伟,潘月辉.布置软钢阻尼器结构的减震设计研究——某中学学生宿舍为例[J].价值工程.2022,41(14):155-157.
- [2] 马洪成.关于建筑工程混凝土结构加固方案的探讨[J].陶瓷.2023,(09):124-126+177.
- [3] 汪玲.金属耗能阻尼器消能减震研究[J].建筑结构.2017,47(S1):604-608.
- [4] 鲁荫阳.某高校钢筋混凝土框架结构加固改造项目研究——关于改造前鉴定及加固设计的探讨[J].新疆钢铁.2024(03):36-38.

淄博市桓台人民公园景观规划设计

付颖 孔祥通

曲阜远东职业技术学院, 山东曲阜, 273100

摘要: 随着我国城市化进程的迅猛发展, 城市的各项建设正在如火如荼地进行, 城市面貌日新月异, 人们欣喜的同时却忘却了环境的污染, 目前, 我们的城市环境正面临严峻的挑战。对于我们来说, 设计方案不仅仅注重给人们的生活提供便利, 更重要的是注意环境的保护与改善, 形成公园小气候。当然, 在规划设计时要考虑到人文性、社会性, 最大化的接近公众。本设计方案正是着眼于公园的现状, 切合大众的需求对其进行规划设计, 使其设计方案坚持以“自然、生态、人文”为指导, 立足地方特色和历史文脉, 彰显时代精神, 创造接近自然人民公园, 营造和谐的公园环境。

关键词: 生态环境; 人文; 规划; 设计; 植物

Zibo City Huantai People's Park Landscape Planning and Design

Ying Fu, Xiangtong Kong

Qufu Far East Vocational and Technical College, Qufu 273100, Shandong, China

Abstract: With our country's rapid development of urbanization, the construction of the city is picking up, the appearance of city with each passing day. people were delighted at the same time but forget the pollution of the environment. At present, our urban environment is facing serious challenges. For us, design is not only pay attention provide convenience to people's life, more importantly, pay attention to environment protection and improvement, form the microclimate in the park. And, of course, in the planning and design to consider humanity and sociality, close to maximizing the public. As the great Max Miller in an evening twilight stroll about in the stage of 'I know you where it is, I can hear you breathing'. This design scheme is focus on the present situation of the park, suit the needs of the public on the planning and design, make its design adhere to 'natural ,ecological, humanities' as a guide, based on local characteristics and the historical context, reveal the spirit, to create the people's park close to nature, create a harmonious environment in the park.

Key words: Ecological environment; Humanities; planning; design; Pla

引言

当物质生活达到一定的丰富程度以后, 人们对于精神生活的追求更显突出。人们开始更多的关注其城市生活, 从城市的历史文化到城市的生态环境等方面。对于城市景观方面, 人们的态度也发生了明显的变化, 人们开始不单单满足于单纯的形式美以及简单的功能需求, 他们认为自己生活的城市应该具有安逸的、愉快的、亲切的、惊奇的、舒适的景观“表情”。概而言之, 人们需要的是一个具有个性的城市景观。

在经济迅速发展的今天, 城市越来越趋于密集化、商业化, 而现代建筑也随之增加。随着建筑的增加绿地面积也越来越少, 城市环境趋于恶劣。因此, 在现代城市发展建设中, 要充分提供土地的利用率, 更多的增加绿地面积。在此情况下, 公园中绿地的营造成为现代城市低碳生活最有效最直接的措施, 以此来推动社会主义绿色城市建设。

1 选题的来源

城市公园是城市中最重要和最具代表性的绿



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



地,是城市中的“绿洲”和环境优美的游憩空间。它是随着近代城市的发展及社会生活的需求而产生、发展和逐步成熟起来的。城市公园不仅为城市居民提供了休闲健身娱乐以及其他活动的场所,也为人们了解社会、认识自然、享受现代科技带来了种种便利。此外,城市公园对美化城市面貌、平衡城市生态环境、调节气候、净化空气等均有积极作用。因此,无论在国内还是国外,作为城市基础设施之一的园林建设,公园都占有重要的地位。城市公园的数量与质量既可以体现某个国家或地区的园林建设水平和艺术水平,同时也是展示当地社会生活和精神风貌的橱窗。设计方案将立足当地实际,形象地展现公园景观,建成一个贴近自然,符合大众需求的舒适的环境。

2 淄博市桓台人民公园的现状研究

2.1 人民公园的研究背景和现状分析

本案例位于桓台县中心大街和东岳路交叉路口的东北方向,南面是大型商场,北面、东面和西面都是住宅区。人员密集而景观绿化少,设计方案将更多的空间让渡于自然,在有限的空间内将山水的神韵浓缩,并用新的设计手法进行景观规划,让人们能够充分的聆听、享受蕴藏在景观中的独特魅力。

人民公园是桓台最早建成的开放式公园,已经建成多年,平淡无奇,年久失修,道路系统凌乱,道路分级不明确,绿地规划不合理。现在杂草丛生,许多基础的健身、休闲设施损坏而无人管理。最重要的是在4万平方米的公园内没有水景区,既无法满足人们亲水的需要,也越来越无法满足人们高品位的活。针对这一现状本设计方案将遵循公园景观规划设计的基本原则并且迎合大众的需要对人民公园进行景观规划设计。

2.2 人民公园的研究目的

针对周围居民对居住环境的需求,解决当地的环境问题,同时也为了给居民提供更多的便利,设计方案结合了许多优秀的设计案例,并结合当地现状,用自然景观营造空间效果,强化特定氛围,达到人与自然情感的共鸣,唤起某些美好。公园中不仅种植了大片的绿地,而且增设了多种

多样的游憩活动设施,是居民享受生活的绿色空间。此外,公园的建成将对城市面貌、环境保护、居民的文化生活起着不可或缺的作用。

3 淄博市桓台人民公园的设计理念与设计原则

3.1 人民公园的设计主题与设计理念

3.1.1 设计主题

“和谐,共生”:16世纪的理论家和建筑师舒特将城市比做人的形象:“一座城市应该像人的身体,因为这个原因,它应该充满了给予生命的事物。”而公园是城市的核心,它不仅有大片的绿色植被,而且有各种休闲娱乐设施,为人们提供了一个“加油站”,使人们得到休息,身心得到放松。

设计方案正是以“和谐,共生”为主题,打造一个人与自然和谐共生的人性化公园。公园设置了水景区、观赏区、游乐区、文娱区等多功能区域,给人们提供全方位的服务设施,使人们流连忘返。

3.1.2 设计理念

设计理念:生态,人文,休闲。根据改造需求,对道路、植被、分区等进行规划设计,并增加水景区,以更好地服务大众。本方案景观设计建立在具有自然景观客观规律的空间客体上,注重环境保护和资源的合理利用,使人与自然和谐相处,突出景观的生态性和人文性。公园功能齐全,能满足不同年龄阶层的需求。

3.2 设计原则

人民公园位于繁华的闹市,人员流动大,空气污染严重,绿化面积少。为了给周边居民提供良好居住环境,在设计方案中,植物配置方面的选择体现了生物的多样性原则,并尽量不破坏生态系统。还选择了大量能吸收有害气体的植被,能有效的减少噪音污染,美化环境,保持水土,净化空气。水景区设置了音乐喷泉,为城市的夜晚增添一抹亮色。亲水栈道,水边观景亭和拱桥的设计增添了人们的游玩趣味。各种健身娱乐设施齐全,满足人们多方位的需求。

3.2.1 自然生态原则

自然生态原则是城市公园设计所要遵循的首要原则,由于其特殊的地理位置,处在城市的中心地带,车水马龙,污染比较严重。而崇尚自然和生态也是当今人们关注的焦点,在对本次方案的设计规划过程中,进行了实地考察,对当地现状进行分析,在不破坏生态系统的情况下,对人民公园进行规划改造。

3.2.2 场地适宜原则

第一,本方案设置在市区,为城市居民提供了一个休闲娱乐的地方,也为前来购物的人们提供一个休息的地方。

第二,选择多种植物配置,不但增加了观赏性,还净化了当地的空气,改善了当地的小气候。

第三,充分利用空间,设置了多功能设施,满足当地人的休闲娱乐需求。

第四,人与生俱来就有亲水性,因此设置了水景区,音乐喷泉,实现人和水体的交流,让人感受到水体的魅力。

3.2.3 区域性原则

结合当地的实际情况,在现有的公园基础上进行规划改造,发觉当地的个性魅力,使设计方案能与当地文化一脉相承,满足当地人们使用功能和观赏功能的要求。为此本方案设置了具有当地特色的石碾,小推车、压水机等当地的民俗文化遗产,让游园的市民更好的认识历史,实现文脉的延续,让市民在游憩的同时也能享受历史文化和现代都市文化的双重熏陶。

3.2.4 以人为本原则

景观设计的核心是“人”,使人与自然环境达到高度的和谐,这是景观设计的出发点。当代美国景观设计大师哈尔普林曾说过:“我们所作所为,意在寻求两个问题:一为何者是人类与环境共栖共生的关系?我们希望能和居住者共同设计出一个以生物学和人类感性为基础的生态体系。我们希望能和居住者共同设计出一个以生物学和人类感性为基础的生态体系。”一言以蔽之,“以人为本”是当今以及将来所要追求的目标,景观设计的最终目的是为人民服务。

4 淄博市桓台人民公园设计解析

4.1 人民公园的设计构思

本设计方案在公园现有布局的基础上,分析当地人们对生态环境的需求和空间使用的要求,并结合周边环境对公园进行规划改造设计。首先对公园进行功能分区,包括水景区、观赏区、游乐区、文娱区以及管理服务区。通过植被、地形、园路、铺装、水景、景观小品等内容来营造一个规划布局合理、舒适美观的空间环境。

桓台人民公园设计方案的内容主要分为三个层面:

第一,整个园区的总体规划,包括人流、道路走向的分析,基础土壤的分析,功能分区分析,地面材料的铺装,观光节点的描述。

第二,景观设施,即景观小品的设计,公共设施设计,音乐喷泉及绿篱的设计规划。

第三,景观空间植物配置和绿化的布局,根据植物的特性及人们的空间和时间需要,植物景观具有私密性和通透性,并做到三季有花,四季常青。

4.2 人民公园的专项设计构思

人民公园是城市最具代表性也是最重要的绿化空间,是城市中的绿洲,也是城市居民的游憩空间。它是随着近代城市的发展及社会生活的需求而产生、发展并逐渐成熟起来的。设计方案切合当地现状,增加了公园中的绿化面积和水景区,并对园中路线进行了规划设计,将给人们提供更多的便利,让人们来到人民公园有一种回归大自然的感受,能够更好的体验生活,享受生活。

4.3 人民公园的景区规划设计构思

人民公园地处繁华的闹市,面积约为四万平方米。设计方案将以“生态、人文、休闲”为设计理念,顺应自然,因地制宜。在强调自然性的同时考虑人文性,做到以人为本。

公园的主入口在正南方,初入公园一股自然的气息扑面而来,这是由于主干道两边种植了大面积的植被,主干道用的是暖灰色方砖,自然而又富有田园气息。沿着主入口继续往前走是圆形广场,广场设计了音乐喷泉,给人美的享受。圆形广场周边选置了花坛和棕榈树,远远的就能闻到阵阵花香,徜徉在小路上,呼吸着清新的空气,

岂不美哉。

公园水景区呈“S”形分布在园中，水景区分为浅水区、深水区 and 喷泉区。浅水区位于全园的南面，考虑到大家的亲水性，园中设置了游泳池，夏天可以在水中嬉戏游泳，设置了亲水平台和观景区。亲水栈道、小桥及观景亭采用防腐木板制作，亭采用的是防腐木板制作，防止水的腐蚀。大家在水中嬉水，累了可以在观水亭休息，家长也可以在亲水栈道上或小亭子中看着孩子在水中玩耍。小桥的北面是深水区，深水区种植着荷花，夏天来临时，湖面上荷花一片，让人不禁想起“接天莲叶无穷碧，映日荷花别样红”。一阵微风吹过，碧蓝色的水面波光粼粼，在阳光的映照下，闪闪发光。

健身区分为两部分，满足老年人和中青年的不同需求，设计了多种健身器材，又满足老年人按摩和局部按摩的器材，也有秋千、单双杠等中青年喜爱的运动器材。运动场地设置了篮球、羽毛球、乒乓球等场地，并在周边设置了休息区，满足了大家健身、休闲、娱乐的需求，为大家提供更多的便利。

为了传承中华民族的优秀文化传统，满足广大戏曲朋友的要求，在公园的西北方向设置了梨园区，戏台的背景是对牡丹花的变形，让人不禁想起《牡丹亭》，戏迷朋友聚在一起互相交流，相互提高，增添了公园的艺术气息。整个公园展现出一派生机，使人们更好的亲近自然，回归自然，让他们在此放松身心，陶冶情操，享受大自然的恩赐。

4.4 人民公园的景观小品设计构思

景观小品是景观设计中的点睛之笔，景观的总体效果是通过精彩景观小品来体现的，为周围的环境增添了一笔亮色。景观小品所涉及的范围很广，包括生活设施小品，建筑小品，道路设施小品等，给人们的景观活动提供了观赏、照明、休息、导向等服务，提高了人们的艺术品位和思想境界，提升了环境的整体品质。

第一，音乐喷泉，沿着主干道首先看到的是大的圆形广场，广场上设置了音乐喷泉，夜晚华

灯初上，喷泉随音乐此起彼伏，在地灯的映衬下，让人们的听觉和视觉细胞跳跃起来，给人以美的享受。

第二，照明设施，公园内的照明设施选用了庭院灯、壁灯、草坪灯、地灯、水下灯等。公园的道路两旁设置了庭院灯，庭院灯形式多样，美观大方，节省电源，不仅能美饰环境，而且价格合理。壁灯主要配合庭院灯使用，起到辅助照明的作用，而且壁灯面积小，易于安装，便于长明。草坪灯主要安置在草坪中，可以增加草坪区的视觉效果，还能增大游览者的安全性。地灯能渲染人们夜生活的氛围，在给人们带来明亮的同时增加了安全系数。水下灯设于水池中，方便人们夜间观景，色彩的变换给人带来新奇感，给人带来无限遐想。

第三，儿童乐园，以木台、沙地、攀爬架和错落有致的地台营造多种形式的活动空间，地面采用塑胶，呈现出儿童活泼好动的场景。滑梯、秋千，嬉笑打闹，让孩子们在快乐和欢笑声中，留下对童年的美好记忆，印在成长的足迹里。

4.5 人民公园的园路布置及铺装的设计构思

城市道路铺装是整个景观规划中不可或缺的一部分。在进行道路景观铺装设计时，应协调好铺装的质感、色彩、图案等方面的问题。本设计方案依据城市道路景观规划原则进行了规划设计，为市民提供更多便利。

主干道采用的是暖黄色和灰色相搭配的设计，初入园中就给人温暖感，加之蓝色花砖相衬，色泽鲜明而平衡。本方案采用的方砖表面有粗糙的纹理，耐腐蚀，耐高温，并且耐磨性和抗滑性好。

亲水平台用防腐木板铺装，木板是一种“暖性”材料，给人以舒适感。水边铺上鹅软石，人们赤脚走在纯天然的石材上可以进行免费的足底按摩。而且鹅软石抗压、耐磨、耐腐蚀，可以随意造型，是一种理想的绿色石材。

4.6 人民公园的植物配景设计构思

公园是城市中的绿洲，植物配置是公园绿化的重要组成部分。植物分布于公园的各个部分，占地面积最多，是构成公园绿地的基础材料。植物能使公园充满生机，它有净化空气、调节气候、

防护遮荫、美化环境、陶冶情操等作用。绿色是生命的源泉,自然界的绿色多来自于植物,植物配置就是利用植物材料结合园林造园的其他题材,按照植物的生长规律和立地条件,采用不同的构图形式,组成不同的园林空间,创造各式的园林景色,以满足人们游玩赏景的需要。

观景区内种植着三色堇百日草、桃花、迎春花、丁香花、紫薇花、矮牵牛、竹林、小叶黄杨、向日葵、郁金香、矢车菊等。百日草耐干旱、性强健、根深茎硬不易倒伏。它的花期很长,从六月到九月,花朵陆续开放,长期保持鲜艳的色彩。春天最早开放的当属迎春花,让人早早感受到春天的气息,黄色的小花带给人无限温暖。紫薇花对气候的适应性强,喜爱阳光,耐旱,对二氧化硫、氟化氢及氮气的抵抗性强,能吸入有毒气体,还能吸滞粉尘。因此,它是城市绿化的理想树种。公园中还有一片小竹林,枝枝挺拔秀丽,而且四季清翠,人们漫步其中感受到的是清爽和幽静。

水景区选择了垂柳,垂柳细长柔软,随风摇曳生姿,轻拂水面,别有一番情趣。垂柳适合种植在温暖湿润的地方,喜欢阳光,可以防风固沙,也可以吸收一定的有毒气体。作为夏花的代表,荷花的观赏期长达8个月,群体花期也在2-3个月,是消夏花种的最好选择。荷花与垂柳一起产生了高低、远近层次丰富的视觉感受。春季柳絮纷纷,小荷露尖;夏秋柳丝翠绿,花叶亭亭;冬季柳条披雪,残荷有声,不失为佳景圣地。盛夏人乏蝉鸣,桃李无言,亭亭荷莲在一汪碧水中散发着阵阵清香,沁人心脾,使人心旷神怡。

5 淄博市桓台人民公园的设计展望

传说伏羲氏“仰则观象于天,俯则观法于地,观鸟兽之文与地之宜”,人类关心自然,把自然与人类融为一体。公园作为城市的重要组成部分,对城市生态环境和城市可持续发展尤为重要。针对居民对城市环境的要求,本设计方案根据生态景观设计的“整体性”原则,使公园景观与城市整体空间结构和肌理融合,纳入城市文脉相互补

充,使其与周围环境构成一个相互渗透的有机共生整体。它为市民提供多样功能的自然化的游憩生活场所,将担任起城市“起居室”和“绿肺”的复合功能,成为展示桓台新面貌的一个重要窗口。

结论

城市公园不仅优化了人们的生活环境,而且改善了生态环境,使人与自然和谐相处。本设计方案从人们的需求出发,对整个空间进行了合理的规划设计,实现了生态环境的可持续发展和人文环境的人性化。以“和谐,共生”为设计主题,设计充分考虑公园与周边环境的关系,整个空间构成体现整体、连续、多样的构成原则,将人工造景与自然造景有机结合,实现人与景的情感交融,改善局部的小气候,打造适合人类健身休闲娱乐的生态空间。

参考文献

- [1] 李壮.中国景观表现集成[M].天津:大学出版社,2009.
- [2] 夏克梁.中国手绘.第3辑[M].南京:东南大学出版社,2011.
- [3] 尹安石.现代城市景观设计[M].北京:中国林业出版社,2006.
- [4] 蒋啸镝,杨君顺.21世纪高等院校艺术设计专业规划教材[M].环境艺术设计手绘表现,2008.
- [5] 李仲信,刘学.园林空间设计[M].济南:齐鲁艺苑出版社,2002:121-122.
- [6] 张大为,尚金凯.景观设计[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [7] 王涛.城市公园景观设计研究[M].西安:西安建筑科技大学出版社,2003.
- [8] 生茂林.地域性城市公园景观设计研究[M].杭州:苏州大学出版社,2010.
- [9] 张丹.城市公园设计中文脉的体现[M].南京:南京林业大学出版社,2007.
- [10] 徐静,王万喜.我国主题公园研究初探[M].合肥:安徽农业科学出版社,2007.

doi 10.12479/questpress-jzkxygcyj.20250106

促进乡村振兴背景下的实用性村庄规划研究 ——以大同市云州区大北庄村为例

刘 强

中科建（北京）建筑规划设计有限公司，北京，100080

摘要：本文聚焦于乡村振兴与国土空间规划的新时代要求，以特色保护类村庄——山西省大同市云州区聚乐乡大北庄村为例，通过分析和梳理村庄的发展现状，找准存在问题，对全面推进乡村振兴下特色保护类村庄实用性村庄规划进行研究，旨在推动乡村地区的产业和生态发展，实现国土用途有管制、村庄发展有目标、自然景观和文化遗产有保护、农村人居环境有改善、重要建设项目有安排，优化国土空间保护与开发布局，系统构建全省乡村山清水秀的生态空间、宜居适度的生活空间、绿色高效的生产空间，优化国土空间保护与开发布局，系统构建乡村山清水秀的生态空间、宜居适度的生活空间、绿色高效的生产空间，为乡村振兴战略下同类特色村庄的规划实践提供典型范式与经验借鉴。

关键词：乡村振兴；国土空间规划；特色保护类村庄；实用性规划；生态产业发展

Study on practical village planning in the context of promoting rural revitalization—— Take Dabeizhuang Village, Yunzhou District, Datong City as an example

Qiang Liu

Zhongke Construction (Beijing) Architectural Planning and Design Co., LTD., Beijing 100080, China

Abstract: This article focuses on the new era requirements of rural revitalization and national land spatial planning. Taking Dabeizhuang Village, Jule Township, Yunzhou District, Datong City, Shanxi Province as an example of a characteristic protected village, this article analyzes and sorts out the development status of the village, identifies existing problems, and studies the practical village planning of characteristic protected villages under the comprehensive promotion of rural revitalization. The aim is to promote the industrial and ecological development of rural areas, achieve controlled land use, targeted village development, protection of natural landscapes and cultural heritage, improvement of rural living environment, and arrangement of important construction projects, optimize the layout of national land spatial protection and development, systematically construct ecological spaces with beautiful mountains and clear waters, livable and moderate living spaces, green and efficient production spaces in rural areas throughout the province, and optimize the protection and development of national land space. Layout, The system constructs ecological spaces with beautiful mountains and clear waters, livable and moderate living spaces, and green and efficient production spaces in rural areas, providing typical paradigms and experience references for the planning and practice of similar characteristic villages under the rural revitalization strategy.

Keywords: rural revitalization, national spatial planning, characteristic protected villages, practical planning, ecological industry development.

1 引言

1.1 全面推进乡村振兴，加快构建新发展格局，着力推动高质量发展

2024年1月，中华人民共和国人民政府发布

《中共中央 国务院关于学习运用“千村示范、万村整治”工程经验有力有效推进乡村全面振兴的意见》，暨中央一号文件。编制实用性村庄规划，必须运用“因地制宜、分类施策”的经验，立足于村庄发展基础，把握村庄演进发展规律，进行分类



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



有序编制。因地制宜开展乡村空间设计。按照全域全要素的要求,从大地景观、村庄风貌、重要建筑等不同层次、不同侧面体现不同村庄的特点,实现各美其美、美美与共的目标,杜绝“千村一面”。

要将村庄规划成果及时纳入国土空间规划“一张图”,并结合年度国土变更调查等开展规划实施体检评估,推动建立村庄规划编制、审批、实施、监督的全周期管理工作机制。指导地方编制能用、好用、管用的‘多规合一’的实用性村庄规划,为推动乡村全面振兴提供空间保障。

1.2 加快建设宜居宜业和美乡村,提升乡村建设水平,推进乡村全面振兴

2024年3月,山西省人民政府办公厅发布《关于学习运用“千村示范、万村整治”工程经验做好2024年推进乡村全面振兴工作的实施意见》,暨山西省一号文件。统筹推进乡村布局和村庄建设工作。强化县域统筹,立足资源禀赋、区位条件、村庄特色等实际,科学定位村庄发展方向,坚持先规划后建设,加强村庄规划编制实效性、可操作性和执行约束力^[1]。

1.3 《山西省村庄规划编制指南》提出及修订提出

村庄规划编制的具体要求

村庄规划编制要做到“尊重民意、因地制宜、分类指导、应编尽编”,为乡村振兴战略实施提供规划指引。全面推进乡村振兴,先规划后建设,实现国土用途有管制、村庄发展有目标、自然景观和文化遗产有保护、农村人居环境有改善、重要建设项目有安排,形成宜居宜业和美乡村建设的县域整体优势。

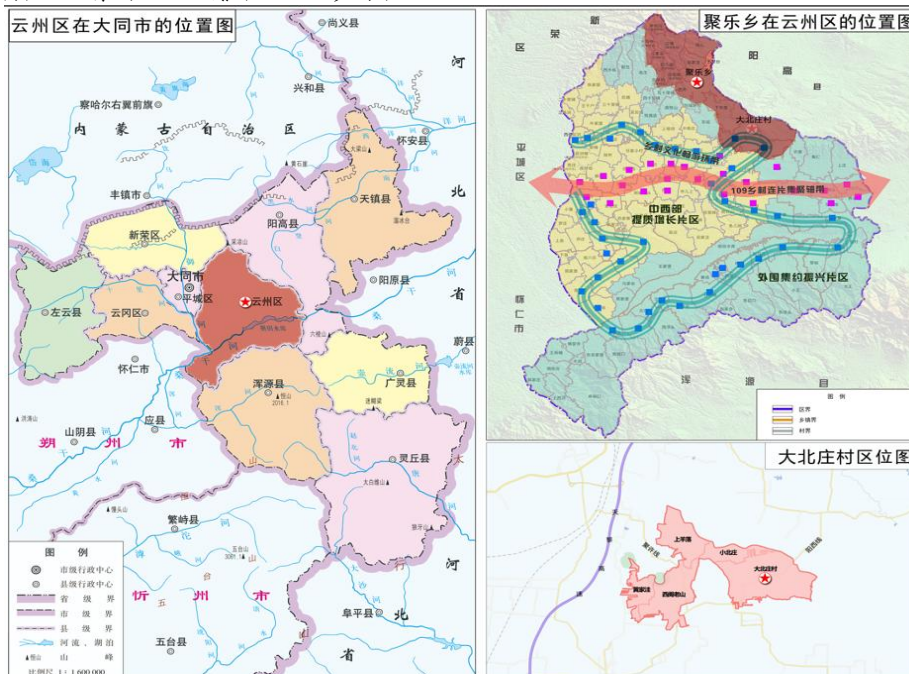
2 村庄现状与现存问题

2.1 村庄发展现状

2.1.1 村庄基本情况

大北庄村行政村下辖黄家洼村、西阁老村、小北庄村、上羊落村、大北庄村5个自然村,位于云州区聚乐乡的东北部,南临山自造村,西里处,靠东阁老山村,东与阳高县下深井乡接壤,县道阳西线穿村而过。

其中黄家洼村、西阁老村、小北庄村、上羊落村等四个村位于火山群地质公园内,已经搬迁至社区安置小区内,存在少数未搬迁宅院,规划期内搬迁完成。



大北庄村区域位置图

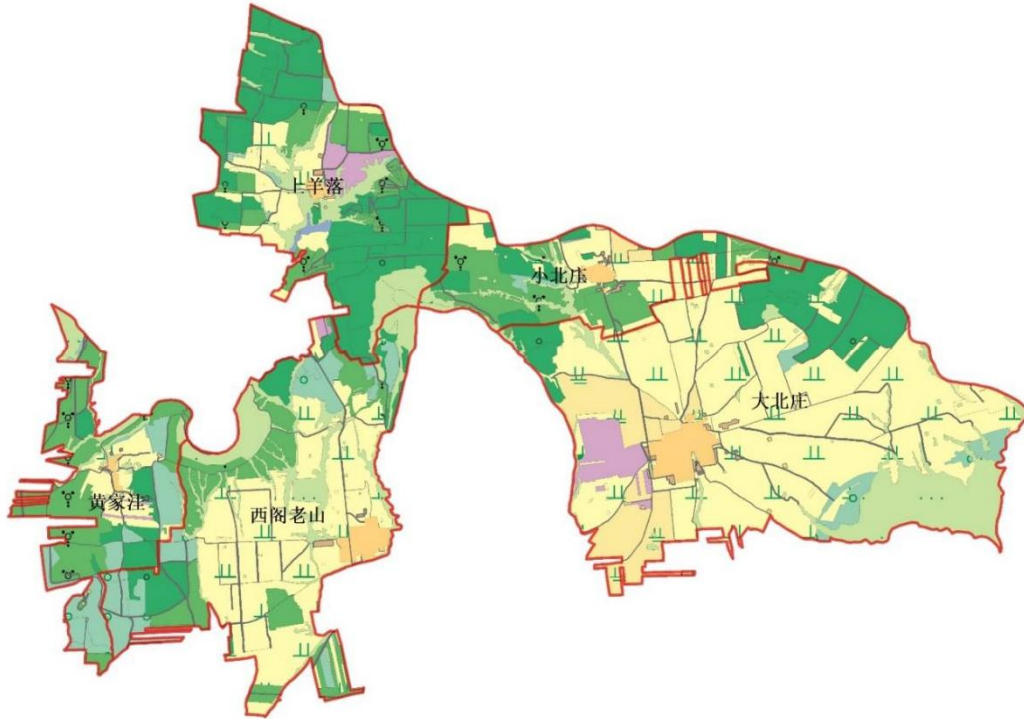
作者简介:

刘强 (1987.02-), 男, 汉, 黑龙江双鸭山人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 城乡规划、农业区域发展与规划、产业规划、城市更新方向等。

2.1.2 土地利用现状

大北庄行政村为典型的平原火山地貌，主要用地类型以耕地、林地为主。耕地：1255.20公顷，占比43.47%；林地：1089.96公顷，占比37.57%；

园地：64.30公顷，占比2.20%；建设用地：77.86公顷，占比2.32%，其中村庄面积：52.68公顷，占比1.81%。



大北庄村土地利用现状图

2.1.3 村庄建设现状

大北庄村基础设施较为全面，服务功能需进一步提升。大北庄自然村2018年进行原址重建，按照统一规划布局统一建设，建设用地布局集中，整体风貌良好，老旧土窑待拆除腾退，村内基础设施较为全面，功能齐全，部分服务功能如公园等需进一步提升。村内有村委会1处、养老院1处、文化活动室1处、小型体育活动的场1处、农村卫生服务站1处、村邮站1处、益农信息社1处、若干农村商店及小型超市及若干小广场和绿地等。

黄家洼、上羊落、西阁老山、小北庄等四个自然村已经搬迁至区集中安置小区，安置区内各类基础设施布置全面。存在零星未搬迁居民仍在旧村生活。旧村基础设施薄弱，部分旧民居已经拆除，残破不堪。

2.1.4 发展特色分析

(1) 区位优势：大北庄村距离云州区政府12公里，阳西线、聚落线穿村而过，交通条件便利。

(2) 资源优势：独具特色的火山地质群景观环境

(3) 发展机遇：位于云州“1234”——“一心双擎三轴四片”的全域旅游空间格局，大同火山群地质大奇观的“双引擎”之一和“火山黄花文化体验区”的四片区之一。

2.2 村庄现存问题

2.2.1 资源优，主题无

大北庄村依托优质的火山地质公园，未形成本村的鲜明主体、特色旅游资源，知名度较低。

2.2.2 产业格局雷同，联动弱

云州区以黄花为特色产业，黄花产业产品雷同，为发挥特色保护类村庄的优势，缺少村庄竞争力，联动性不强缺乏成规模的产业，竞品多，类型重复。

2.2.3 发展优，底线管控影响大

村域内现状耕地多、林地多，受大同火山群国家地质公园、生态保护红线、永久基本农田管

控范围大；退宅还耕，退宅还林，可腾退建设用地少；旅游资源丰富，发展潜力大，暂无项目落地^[2]。

3 基于乡村振兴背景下的特色保护类村庄规划研究

3.1 研究思路

3.1.1 区域联动，依托各类生态人文资源，发展多种旅游类型，丰富旅游产品

搭结构，塑主题，串联全区节点，实现城乡协同发展。

乡村游：围绕云州区火山大景区的定位，串联各旅游村庄，延伸“吃住行游购娱”产业链，精心规划旅游线路，构建“点、线带、面”相结合的旅游新格局，推动乡村旅游提质升级。

生态游：采凉山森林、桑干河湿地、吉家庄森林合围，将整个云州区环抱，形成东部绿色屏障。在保护生态的发展理念下，发展生态旅游，实现生态与经济双赢。

3.1.2 火山景观化，乡村田园生活

产业差异化：聚焦云州区内部，结合国土空间规划产业规划，寻找差异化发展之路，从单打独斗走向全域旅游，力争打造全域式景区，处处是景点，处处有特色。

山上：识别高海拔、高坡度空间（火山地质公园区内）——以拆除改造村庄，保护生态空间为主。以大同火山群国家地质公园、黄花产业为引擎，建设火山黄花文化体验区。

山下：依托云州区民俗文化博物馆、广袤的农田资源，黄花、绿豆等小杂粮特色农产品，通过旅游业资源植入打造新乡村田园生活区。

3.1.3 探索适合火山地质公园旅游区的村庄规划及全域土地综合整治模式

耕地：做大耕地，建设用地复垦和宜耕后备资源开发。林地：保障生态红线、退耕还林。园地：作美园地，推动杏园园区化建设，推动农旅融合。村民居住点：未实施搬迁的个别村民，以村民意愿为基础，引导搬迁。

3.1.4 业态“标配化”、主体“眼球化”

(1)区别于周边区域的自然资源(眼球化)；

(2)利用特定的资源与原有景区相融合(个性)；

(3)全业态运营，重点突出(共性)研究。

3.2 规划目标

本次规划以增加村民经济收入和提高村民生活水平为出发点，以实施农村人居环境整治为重点，立足大北庄村火山景观区的自然禀赋和产业优势，结合区域产业发展，依托大同火山群资源，发挥村庄区位、生态和旅游优势，以发展文化+旅游、农村+旅游等功能为主，以“三产”带动“一产”协同发展，村庄坚持“以农业为主，农旅结合”的发展路线，推动三产的融合，形成村庄小杂粮产业链、火山旅游产业链及两条产业链的融合闭环的形成，进一步带动村庄农业的发展，最终实现产业繁荣兴盛、生态和谐宜居、乡风淳朴文明、治理高效有序、生活富足安康的乡村振兴总要求，全面构建乡村振兴高质量发展新格局。

3.3 发展定位

充分发挥火山地质群遗迹、黄花产业的优势，围绕大同火山群国家地质公园核心旅游资源，按照“山上山下一体保护、开发”的原则，坚持“以农为主，农旅结合”的发展路线，以观光、民俗体验、采摘等业态为发展重点，打造形成农旅融合、乡村全面振兴的“火山地质型旅游村庄”。

3.4 规划内容

3.4.1 科学预测人口，增加本地人口

西阁老村和大北庄村以集体建设用地入市的方式，将老窑洞原居民点通过引进外来资金打造晋风风貌的乡村聚落，在规划中布局相应的配套设施，建设满足休闲旅游的场所。同时运用上羊落火山地质公园和坑塘山水的优势，打造上羊落康养胜地，增加就业，多渠道吸引出去务工人员归巢就业，增加本地人口。

3.4.2 科学规划，保障用地

规划用地布局，对农业空间、建设空间、生活空间进行整治，提出措施。对整村搬迁的宅基地通过建设用地增减挂钩，用于区级重点项目建设，旧区通过土地综合整治，增加耕地面积，增加的耕地指标用于补充占补平衡指标交易，同时新增的耕地以集体经济组织形式纳入合作社统一

管理,增加农民收入。大北庄村利用闲置宅基地改建小杂粮加工厂,西阁老村依托火山地质公园和民俗文化博物馆新建旅游设施用地和保留部分宅基地做民宿,发展旅游。大北庄村属于特色保护类村庄,规划在土地资源要素有限、建设用地需求增加与低效闲置土地并存的情况下,在总量控制保持的基础上,注重对土地进行余量挖掘厘清存量,统筹发展,用地保障,提升建设用地节约集约利用水平。

3.4.3 产业发展,突出主体。

探索“捆绑品牌效应+EOD”模式。摒弃创痛以黄花为主题的片区打造,捆绑相关农产品品牌如“中粮”,打造IP类景区:依托火山群景区、区内区外联动。充分利用大北庄村背靠火山群、交通便利的优势,发展面向大同市及外地的旅游休闲产业,并按照景区内、区外的地理空间特征有机组织产业布局。同时注重规划区内的产住平衡、生态宜居,体现出当地村域的风土人情。

火山群景区内、两侧道路景观农业种植(高粱、油菜花),其他地区主要以生态保护为主,结合现有林场适当发展林经济,并结合旅游开发,点状建设游览游憩设施,发展火山观光。依托云州区民俗博物馆整体包装打造,目前除民俗展厅外还有四处农家院,包含了24间窑洞。以火山群为核心,营造火山地质特色娱乐康养,丰富产业体系。景区以田园风光为核心,拓展乡村旅游业态发展农家乐、蔬果采摘、田园观光、农耕体验等多种项目^[3]。

3.4.4 完善设施,落实“七有五性”

(1) 基础设施方面。针对村民需求和“七有五性”,完善基础设施,保障村民需求。

(2) 住房建设方面。严格落实“一户一宅”的政策,合理确定宅基地规模,划定宅基地建设范围。需根据大北庄村特色保护类村庄的属性,对村庄按改造、保留、整治、拆除、翻建等方式分类处理,对不满足规范要求的建筑进行重新组合,使住房建筑合理,空间发展个性化,土地高效利用。对于整治的村民居住区,在改造过程中应尽可能地尊重原有的村庄大格局和肌理。

(3) 整体风貌方面。尊重火山景观村庄风貌

区村庄自然肌理,突出乡土特色和地域特点,利用田园、绿地弱化区域边界,展示火山地质特色田园风光。强调与火山地质景观环境的有机融合,继承和发扬优秀传统建筑文化,把原村居风貌和现代元素结合起来,塑造富有时代特征、彰显区域特色、蕴含传统文化价值的乡村整体特色风貌,以改善现代居住条件为目标,以人居环境为主线,延续地域文化的基因,实现新老建筑之间的协调,使整体风貌协同统一。

4 规划实施保障

4.1 制度保障

4.1.1 加强规划土地用途管制

落实耕地保护和节约集约用地责任制规划,确定的各项目标和主要控制指标应纳入云州区国民经济和社会发展规划,加强村庄规划的土地用途管制实施;规划范围内编制的村庄、交通、水利、旅游、生态等相关建设活动,应当符合规划总体布局和分区管控安排,将规划作为未来用地开发审查的唯一标准。

4.1.2 健全规划实施管理制度

完善“留白”用地用途管制,对本规划中的留白用地实行严格管控,依据规划提高现有建设用地的利用强度,非必要不启用“留白”用地。引导改善农村人居环境、有利于农村生产生活的项目合理使用留白用地。规划范围内的城乡建设、土地开发等各项土地利用活动,必须符合村庄规划确定的土地用途。

4.2 人才保障

4.2.1 加强高质量人才培养

一是优先集聚与近期项目相关的创新型领军人才;二是大力开发现代先进制造业和现代服务业发展急需人才;三是不断推进人才和区域布局优化;四是全面加强党政人才和新一代年轻人才的思想建设、作风建设、能力建设、制度建设和勤政廉政建设。充分带动项目周边居民的人才培训,提供适合当地的人才模式与就业岗位。不断吸引人才的回流,减少人口流失的同时加固了本地企业与人才的聚集。

(下转第53页)

doi 10.12479/questpress-jzkxygcyj.20250107

智能化赋能城市公园园林景观营造

吴志敏

中都工程设计有限公司湛江分公司, 广东湛江, 524005

摘要: 党的二十大以来, 中国致力于推动城市园林绿化工作的深化创新, 力求实现城市绿化的高质量发展。本文围绕“智能化赋能城市公园园林景观营造”展开, 阐述我国城市园林绿化高质量发展背景下, 城市公园的重要地位及智能化技术带来的新机遇。智能化技术的快速发展, 使公园管理的数字化、智能化成为必然需求。将其融入景观营造, 可实现精细化管理、优化游客体验、提高运营效率, 助力资源可持续利用, 旨在为相关领域研究与实践提供参考。

关键词: 智能化; 城市公园; 园林景观; 营造

Intelligent empowerment in the construction of urban park landscapes

Zhimin Wu

Zhanjiang Branch of ZhongDU Engineering Design Co., LTD., Zhanjiang 524005, China

Abstract: Since the Party's 20th congress, China is committed to promoting the deepening innovation of urban landscaping work, and strive to achieve the high-quality development of urban landscaping. This paper focuses on "intelligent enabling the construction of urban park landscape", expounds the important position of urban parks and the new opportunities brought by intelligent technology under the background of high-quality development of urban landscaping in our country. With the rapid development of intelligent technology, the digitization and intelligence of park management become an inevitable demand. Integrating it into landscape construction can realize fine management, optimize tourist experience, improve operational efficiency, and help sustainable use of resources. The purpose is to provide a reference for research and practice in related fields.

Keywords: intelligentization; urban parks; landscape architecture; construction

1 引言

1.1 研究背景

城市公园作为城市生态系统的关键构成部分, 不仅是市民休闲娱乐的场所, 还在改善城市生态环境、调节城市气候、净化空气、减少噪音等方面发挥着关键作用, 已然成为提升城市居民生活质量与幸福感的核心要素。智能化技术近年来取得了飞速发展, 物联网、大数据、人工智能等前沿技术不断涌现。在原有的城市公园园林景观营造策略中融入智能化技术, 可实现对公园环境、设施、游客的精细化管理与智能化服务, 为游客带来便捷、舒适、个性化的游览体验, 助力提高公园运营效率与管理水平, 推动资源的优化配置

与可持续利用。

1.2 研究意义

本研究理论上可完善智能化与园林景观融合体系, 实践中能为公园智能化建设提供指导。国外在该领域应用成熟, 如新加坡滨海湾花园等案例成效显著, 对智能设施应用效果等研究丰硕。国内受智慧城市推进和政策支持, 多地公园尝试智能化改造, 学者在技术应用等方面也有进展。综合来看, 本研究能为相关领域研究与实践提供参考, 推动城市公园智能化建设进程。

1.3 研究方法与创新点

本研究主要采用文献研究、案例分析、实地调研法对部分城市公园进行实地调研, 观察公园内智能化设施的应用情况, 与公园管理者、游客



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



进行交流，了解他们对智能化技术在公园园林景观营造中应用的想法和需求，获取第一手资料，多维度分析智能化对公园景观的影响以及探索本土化智能化营造策略，为我国城市公园智能化建设提供更加贴合实际的指导^[1]。

2 城市公园园林景观营造的现状与问题

在智能化技术融入城市发展的背景下，城市公园园林景观营造虽有变革契机，但仍存在诸多问题，且智能化技术尚未充分解决这些痛点。

2.1 自然要素利用不足且智能化干预缺失

植物配置种类单一、群落简单，乡土植物应用少，生态与景观效果欠佳，因缺乏传感器实时监测植物生长数据以科学规划。地形改造过度人工化，破坏自然肌理，微地形设计缺失致空间层次差，未用智能地形模拟优化。水体多为封闭景观水景，驳岸硬化，水质维护难，未广泛应用智能化监测与循环系统。

2.2 人工要素设计失衡且智能化整合不够

部分公园园路与广场布局不合理，交通无序、使用率低；景观建筑、小品与整体不协调，功能实用性不足且缺创新。因未充分用大数据分析游客行为，以智能化手段优化设计，以人为本理念难落实，技术与设计整合度低^[2]。

2.3 要素表达欠缺且智能化赋能不足

一是对地域文化挖掘不深，文化素材应用效果单一，难形成良好氛围，无法有效传递历史与人文精神。利用虚拟现实等智能化技术活化文化、丰富表达的案例少，技术赋能作用未充分发挥。二是生态要素考虑不周且智能化支撑薄弱。建设中过度开发破坏生态，生态材料应用有限，传统硬质铺装占比高，影响雨水渗透与生态循环，难成完整保障体系。缺乏智能化生态监测与管理系统，无法实时监测指标、优化材料使用，技术支撑作用未充分体现。

3 智能化与城市公园园林景观营造的融合案例

3.1 提升景观设计效率与科学性

上海世博文化公园运用BIM技术构建精准模型，模拟景观山丘不同坡度排水状况以规避积水，

通过生态分析软件匹配上海气候配置植物，保障生态稳定与景观多样，强化设计科学性。

3.2 优化公园运营管理

在青岛太平山中央公园，应用物联网实现设施实时监测，AI实现预测性维护降本；用人脸识别、定位系统等方式提升人员管理效率，在疏导游客流量方面应用客流数据经算法分析；智能调节灌溉与照明，实现资源高效利用。这些智能化的应用，综合提升优化了公园管理的方式方法，提升效率的同时降低工效成本。

3.3 增强游客体验

武汉东湖听涛景区的智能导览系统，向游客推送景点信息与讲解，应用VR为游客打造沉浸式个性体验，杉树林区AR叠加虚拟萤火虫光影，历史文化通过VR手段重现古代场景，通过技术手段带领游客“穿越”古代，大幅提升游览趣味与满意度^[3]。

4 智能化赋能城市公园园林景观营造的优势与面临挑战

4.1 优势分析

4.1.1 提升景观品质与吸引力

智能化技术通过创新表现形式与优化空间布局，为公园景观注入新活力。在景观形式创新上，投影技术与感应装置结合打造的互动光影喷泉，可根据游客触摸或肢体动作改变喷射形态与色彩，使静态景观转化为动态参与式艺术；VR等现代技术构建的虚实融合场景，如将虚拟花鸟植入实景园林，突破物理空间限制，为游客带来沉浸式视觉冲击。

在布局优化层面，大数据分析支撑的精准设计成为核心。通过解析游客热力图与停留时长数据，可定位高人气区域并强化景观节点密度；结合气候大数据模拟四季光照、温湿度变化，能科学配置植物群落，如在夏季高温区增加遮阳乔木，在冬季光照带布置常绿灌木，确保景观观赏性与生态功能性平衡。上海世博文化公园便通过BIM技术模拟地形排水与植物生长周期，使景观布局既符合自然规律又贴合游客行为习惯。

4.1.2 提高公园运营管理效率

智能化技术重构了公园运营的“感知-决策-执行”链条。设施维护领域，物联网传感器实时

采集照明设备亮度衰减、游乐设施振动频率等数据，AI算法通过趋势分析提前预警故障。人员管理通过技术工具实现精准调度。人脸识别考勤系统杜绝代岗现象，GIS定位平台实时显示保洁、安保人员位置，结合客流热点数据动态调配人力，使高峰时段重点区域服务响应速度提升至5分钟内。资源调配则可依托智能控制系统实现闭环管理：土壤湿度传感器联动灌溉阀门，可使景区灌溉用水量减少；光照传感器与LED路灯协同，根据天色明暗自动调节亮度，可达到节电效果。

4.1.3 增强游客互动体验

技术赋能让游客从“旁观者”转变为“参与者”。互动设施方面，音乐感应装置可将游客的拍手、口哨声转化为定制旋律，科普互动屏通过手势操作演示植物光合作用过程，使知识传递更具趣味性。西南大学通过声景观与乡土植物的融合，展现市井生活魅力，强调自然与文化的回溯，提升了游客参与率。

智能导览系统实现服务个性化。基于北斗定位的手机APP能推送实时路线规划，如为老人推荐平缓步道，为亲子家庭标注游乐区位置；AR扫描功能可触发景点历史故事弹窗，配合语音讲解使文化传播效率提升。城市公园还可以结合实际开发社交模块，允许游客分享游览轨迹与照片，形成线上线下联动的体验闭环。

4.1.4 促进可持续发展

智能化技术构建了公园低碳运营体系。能源管理上，太阳能光伏座椅为手机充电，风力传感器调控通风设备运行，使可再生能源利用率提升；雨水回收系统结合智能过滤装置，可将80%的收集水用于灌溉与保洁。生态保护方面，物联网监测网络实时追踪空气负氧离子浓度、土壤pH值等指标，数据异常时自动触发干预措施，如在PM2.5超标时启动雾森系统。通过AI分析植被生长数据，精准投放生物防治药剂，形成“监测-分析-调控”的生态管理闭环。

4.2 面临挑战

4.2.1 技术难题

户外环境对设备稳定性构成考验。高温多雨地区的传感器故障率是实验室环境的3倍，如土壤湿度探测器因受潮，数据误差率高达20%；电

磁干扰导致5G信号传输中断，使智能导览系统频繁卡顿。数据安全风险凸显，游客人脸信息、消费记录等数据存储存在泄露隐患。系统兼容性问题则造成“数据孤岛”，如智能灌溉系统与环境监测平台分属不同厂商，无法共享气象数据，形成管理盲区。

4.2.2 成本投入

初期建设成本高昂，高精度客流传感器单价超万元；软件定制开发费用年均增长15%，城市公园的管理平台维护费可能每年达百万元。长期运维压力大，户外显示屏每3年需更换一次，中小公园难以承担智能灌溉阀门的维修成本。

4.2.3 人才短缺

行业面临“复合型人才荒”，现有从业者中掌握Python编程与BIM技术较少，大部分公园因缺乏专业人员，导致智能系统功能闲置。高校风景园林专业中，较少开设智能景观课程，人才供给与市场需求脱节。运维人员技术能力不足，大多设备故障源于操作失误，如误删数据导致灌溉系统瘫痪^[4]。

4.2.4 公众认知与接受度

60岁以上群体中，大部分老人因操作复杂放弃使用智能导览设备；38%的受访者担忧人脸识别技术侵犯隐私，拒绝配合入园身份核验。认知偏差也影响接受度，部分市民认为“智能化会破坏自然景观”，对互动装置持排斥态度。

5 智能化赋能城市公园园林景观营造的发展策略

5.1 技术创新与应用策略

5.1.1 加强技术研发与合作

推动科研机构与企业合作，是公园智能化技术发展的关键。科研机构凭借理论基础和专业人才开展前沿研究，企业依托实践经验和市场洞察力实现成果转化，双方优势互补可加速技术创新与应用。针对公园需求，可联合研发高精度环境传感器，精准监测温湿度、空气质量等参数，为生态保护提供依据；合作开发智能设施管理系统，实现设施远程监控、故障预警和智能维护，提升管理效率与可靠性。还可通过共建研发中心、开展产学研项目等方式加强交流，让科研人员了解实际需求，

企业人员参与研究, 促进成果快速转化。

5.1.2 推动技术集成与融合

促进物联网、大数据、人工智能等技术集成应用, 能实现公园管理和服务的全面升级。物联网通过部署传感器和智能终端, 实时采集传输数据, 连接公园物理实体; 大数据分析海量数据, 为管理决策、资源配置和服务提升提供支持; 人工智能借助算法实现智能分析处理, 自动控制设施并提供个性化服务。例如照明系统集成技术后, 可远程监控控制照明设备, 分析光照需求和客流制定策略, 实现自动调光、故障诊断和节能优化。游客服务方面, 结合物联网定位、大数据分析兴趣习惯、人工智能提供服务, 能提升游览体验。

5.2 提升公众认知与参与策略

5.2.1 宣传推广智能化公园理念

多渠道宣传智能化公园的优势特色, 可提高公众认知与接受度。利用电视、报纸、广播等传统媒体发布新闻、专题节目和广告, 制作专题片介绍智能设施, 开设专栏解读理念价值。借助微信公众号、微博、抖音等新媒体平台发布生动宣传内容, 制作短视频展示公园亮点, 开展线上互动活动吸引关注。在公园入口、服务中心设宣传区, 通过展板、多媒体等介绍相关知识, 安排讲解员现场演示讲解^[5]。

5.2.2 鼓励公众参与公园智能化建设与管理

建立公众反馈机制, 提供官网、公众号反馈入口, 开通热线和邮箱, 及时收集分析意见, 将有价值建议纳入决策, 改进设施使用问题, 采纳合理功能建议。鼓励公众参与规划设计, 项目启动前通过座谈会、问卷征求意见, 邀请代表评审方案, 使设计更贴合公众需求, 如在智能导览系统设计中征求公众意见。建立监督机制, 邀请公众志愿者巡查维护设施, 定期发布信息接受监督评价, 增强管理透明度, 促使提升设施运行效率和服务质量。

6 结论与展望

6.1 研究结论

本研究深入探究智能化赋能城市公园园林景观营造, 分析表明, 智能化技术在多方面优势突

出, 提升景观品质与吸引力, 通过创新互动景观、虚实结合场景及优化布局吸引游客; 提高运营效率, 借助物联网监测设施、人脸识别管理人员、大数据调配资源, 降低成本; 增强游客体验, 以互动装置和智能导览提供个性化服务; 促进可持续发展, 通过智能系统节能减排、优化资源利用。

同时, 该领域面临多重挑战, 技术上, 物联网设备稳定性、数据安全及系统兼容性存问题; 成本上, 软硬件采购与维护费用高; 人才上, 行业缺乏复合型智能人才; 公众认知与接受度低, 存在操作困难和隐私担忧; 政策法规与标准不完善, 影响建设规范。针对挑战, 研究提出发展策略: 技术上加强产学研合作与技术集成; 成本上按需规划、选高性价比设备; 提升公众认知与参与。

6.2 研究展望

未来, 智能化技术在城市公园应用前景广阔。随着技术发展, 应用领域将拓展至植物养护、生态修复、景观安全等, 如智能诊断植物病虫害、监测生态环境、保障景观安全。技术将更注重与文化内涵、地域特色结合, 通过虚拟现实等手段生动呈现文化元素, 让游客感受城市魅力。还将进一步提升游客体验, 提供定制化服务, 满足不同需求, 不断实现城市公园向智慧、绿色、人文方向发展, 结合智能交互设施设计, 开展更具针对性的景观营造研究, 推动城市公园园林景观向更人性化、智能化、可持续化方向发展。

参考文献

- [1] 黄慧,李明.基于生态理念的城市公园景观规划设计——以佛山市王借岗森林公园为例[J].现代园艺, 2022,45(20):93-94,97.
- [2] 胡一可.景观智能化规划与设计[J].风景园林, 2023, 30(7):216.
- [3] 牛铁达,马畅.现代城市园林景观设计现状及发展趋势分析[J].现代园艺, 2022,45(5).
- [4] 周扬.城市公园绿地植物景观设计研究——以北京市奥林匹克森林公园北园为例[J].当代园艺, 2022,45(6):81-83.
- [5] 王兰,冯文宇,方铎.城市更新背景下智慧系统在社区公园中的应用浅析[J].城市建筑空间,2022,29(2).

边坡牵引压实方法在中珠联围海堤加固工程中的应用

田 甜 陈洪伟

广州市庆和源建设工程有限公司, 广东广州, 511328

摘要: 在中珠联围海堤加固工程中针对堤防加高培厚边坡压实方式分层碾压而后后期需要削坡的问题以及平板压实坡面不平整问题, 提出采用由压路机和牵引台车共同组成的协同工作的边坡牵引压路机, 在工期、材料、施工质量与安全、经济成本等方面对三种边坡压实方式进行对比, 最后确定工程所选边坡压实方式。在实地场地进行边坡碾压试验后获得质量控制的压实参数。严格控制机具重量、行走速度、振动频率等压实参数, 进而保证中珠联围海堤加固工程土方回填边坡压实质量与进度。

关键词: 堤防加固; 边坡压实; 牵引压路机

Application of Slope Pull-Compaction Method in the Reinforcement Project of Zhongzhuolian Coastal Dike in Guangdong Province

Tian Tian, Hongwei Chen

Guangzhou Qingheyuan Construction Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 511328, China

Abstract: In the reinforcement project of Zhongzhu Lianwei seawall, in order to address the problems of layered compaction and later slope cutting required for embankment heightening and thickening, as well as the unevenness of flat compacted slopes, a collaborative slope traction roller composed of a roller and a traction trolley is proposed. The three slope compaction methods are compared in terms of construction period, materials, construction quality and safety, and economic cost, and finally the selected slope compaction method for the project is determined. Obtain compaction parameters for quality control after conducting slope compaction tests on site. Strictly control the compaction parameters such as the weight, walking speed, and vibration frequency of the equipment, in order to ensure the compaction quality and progress of the earthwork backfill slope in the reinforcement project of Zhongzhu Lianwei seawall.

Keywords: Levee reinforcement; slope compaction; traction roller

1 引言

19世纪, 国外出现了压路机后, 摸索出用来对边坡进行压实的动力机械作业方式^[1]。国内学术上对斜坡压实的研究较少, 出现的斜坡压实研究多用于公路路边斜坡, 用于水利工程中的极少。1992年徐立汉等在新疆哈密一座面板堆石坝水库采用自重36t挖掘机改装成牵引车吊装单钢轮压路机对水库大坝坡面进行碾压^[2]; 2007年陈永清等对斜坡摊铺混凝土振动碾进行了牵引车设计, 用于大坝迎水面垫层碾压与摊铺混凝土面板碾压^[3]; 2023年李玲等研制出沟渠边坡摊铺、碾压、自行于一体设备^[4]。

2 工程概况

为提高堤防的防洪能力对已建堤防进行加宽培厚是一种常见的加固方式^[1]。中珠联围海堤位于广东省珠江三角洲的南部, 地处珠江八大出海口之一的磨刀门水道东岸, 地跨中山、珠海两市, 起点是中山市境内的马角山, 终点是珠海市境内的石角咀水闸, 形成封闭的中珠联围防洪圈^[2-3]。联围建于1958年, 由原来的500多个小围联合形成, 于1966年完成闭口, 包括中山段和珠海段两部分, 现有干堤约34km^[4]。中珠联围在建成以后的多年运行中, 逐渐进行了加固使中珠联围海堤



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



达到了现状的20年一遇防洪潮标准^[5]。但随着堤防内经济的快速发展,海堤作为中山与珠海两市的重要防洪屏障,堤防的防洪标准已与当地经济发展不相匹配。中珠联围海堤加固工程位于中山市坦洲镇,主要建设内容为加固中珠联围海堤马角(Z0+000)至大涌口水闸(Z8+691)段堤线长度8.217km;封堵合二暗窦(Z6+756);总投资将近3亿元。堤防加固设计沿原堤线走向,除堤后紧邻

民房、用地受限制以及水闸引堤等堤段基本不退堤外,其余堤段堤线沿原堤向堤内退让,堤防轴线距离现状放浪墙边线向堤内退让约9m,堤身加宽部分在原堤背水侧围内进行。工程实施后,提高中珠联围马角至大涌口水闸段海堤防洪排涝能力,保障人民群众生命财产安全。防洪(潮)标准为100年一遇设计洪(潮)水位,堤防级别为1级,施工总平面布置图如图1所示。

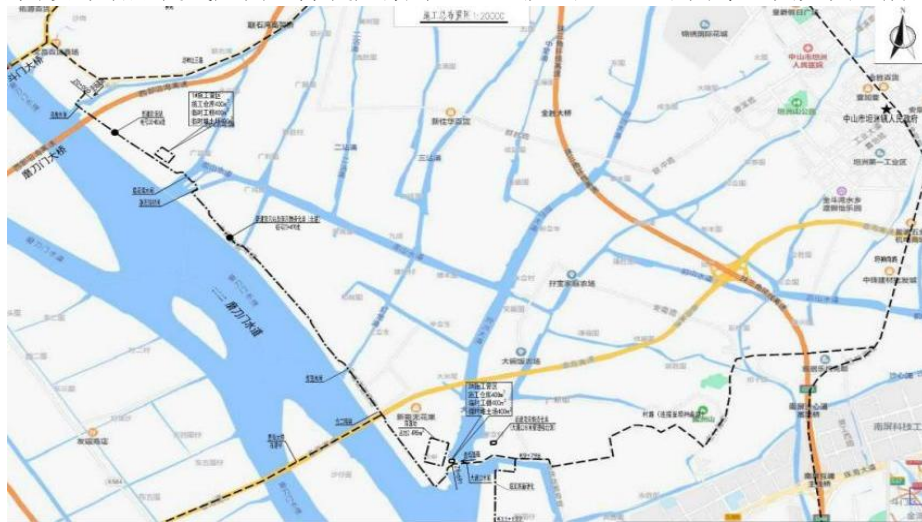


图1 施工总平面布置图

3 施工方案

堤身加宽部分在原堤背水侧围内进行,施工线路长,土方回填量大。土方填筑采用8t自卸汽车运土,74kW推土机平土,采用3Y12/15三轮压路机压实。靠近防浪(洪)墙5m范围内应采用轻型压实机具,要求铺土厚度为15~20cm。海堤加固标准断面图

如图2所示,加固培厚外堤边坡长度最长是18.79m,整个项目压实边坡面积约12.8万m²。海堤外坡面如何压实在工程设计中尚未明确,结合海堤加固工程实际,提出边坡牵引压实、正常压路机压实后削坡方案、挖掘机液压平板夯,并进行方案工期、材料、施工质量与安全、经济成本等比较,详见表1。

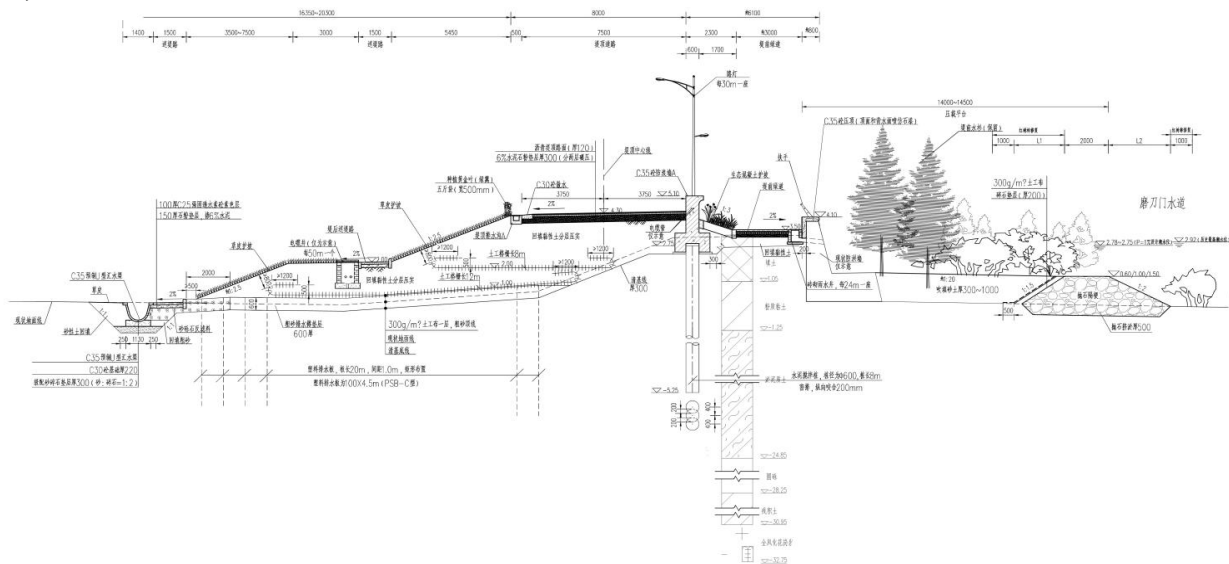


图2 海堤加固标准断面图

3.1 边坡牵引压实方案

边坡牵引压路机是由压路机和牵引台车共同组成，如图3所示。牵引台车主要由发动机、钢绞线盘、驾驶室、回转平台、油箱、底盘、牵引跳板等组成；压路机主要由震动钢轮、发动机、油箱、配重等组成。如图3所示。特点：①适用于长距离、大角度坡面，能适应多种斜面地形，可在 $18^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 坡面实施碾压，根据中珠联围海堤加固标准断面图，坡面在 22° 左右，设备完全适应中珠联围海堤加固工程实际，另外压路机能

在坡面上长期停留，激振压实；②双动力发动机提供动力，一台为压路机提供，一台为牵引车提供；③全液压系统，激振力强劲，液压振动，行走采用履带式液压驱动；④可遥控控制，人身操控安全，启动、熄火、转速、振动都是简洁明了操控简单；⑤震动钢轮激振力能始终与边坡面垂直，钢绞线牵引速度可调节，碾压机具重量、激振力、振动频率、行走速率等压实试验参数都能通过试验获得最佳数值，易控制边坡压实质量，不易出现欠压或超压，压实后边坡面平整度高^[6]。

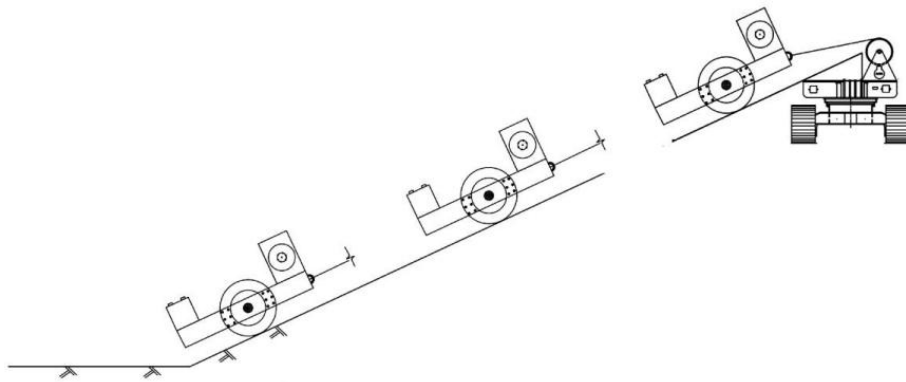


图3 边坡牵引压实方案图

3.2 正常压路机压实后削坡方案

水平分层碾压作业，如图4所示。作为传统压实方法在土方回填中的特点主要包括以下几个方面：①压实效果，传统压路机通过滚筒产生的振动力进行压实，适用于大多数路基土壤、砂土、石屑、砂砾等。尤其对干燥、稳定的土层效果较好，能够快速完成大面积压实工作。②适用场景，适用于一般土质的路基、场地平整以及道路建设。对于干燥、稳定的土层效果较好，但对于湿软土质或者粘性较强的土壤效果较差，可能需要反复作业以达到满意的压实效果。③工作效率：传统压路机的工作效率较高，能够快速完成大面积压

实工作，适合用在坚硬、密实的土质上。④设备类型：传统压路机有多种类型，包括平碾、羊足碾及气胎碾等。平碾适用于碾压黏性和非黏性土，羊足碾适用于黏性土，气胎碾则对土壤碾压较为均匀。⑤操作和维护：传统压路机通常装备汽油机或柴油机，性能优越，启动方便。采用液压传动单元，无级变速，前后行走，液压转向，操作轻松方便。在中珠联围海堤加固堤防加厚加高方案中，采用的是三轮压路机进行加高加厚。缺点：边坡部分存在超填削坡，工作量大；边角和边坡边缘等难以机械压实的地方需要人工夯实或小型夯实机具配合夯实。

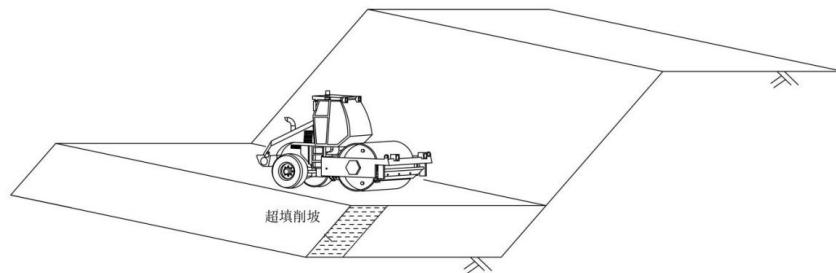


图4 正常压路机压实后削坡方案

3.3 挖掘机液压平板夯

挖掘机液压平板夯是一种由挖掘机液压系统提供动力，通过振动器产生高频振动，将振动传递到夯实工具上对土壤进行夯实的设备^[7]。如图5所示。平板安装于挖掘机斗杆前端铲斗位置，由夯板装置、减震垫、偏心装置、液压马达、机架、联接头、联接销轴等组成，利用液压马达带动偏心机构转动，转动产生的震动经夯板作用于被夯土料，产生激震力达到对松土夯实。优点：挖掘机液压平板夯具有重量轻，结构紧凑，机构灵活，实施范围小，可完成边角、沟缝等处的夯实任务，可靠性强，安全性高，操作简便，维护方便，操纵方便简单、组装方便、进出场和移动速度快等优点。主要用于夯实颗粒之间的粘结力及摩擦力较小的土壤，如河砂、碎石、沥青等。平板的激振力始终与边坡面垂直，有利于计算压实参数。在工程施工中用于平面、斜坡夯实与快速打桩任

务，可与大型压路机配合使用，完成公路、铁路、机场、水电等大型压路机达不到的工作面夯实任务。缺点：效率低，施工质量不易控制，是每一次更换压实位置时金属连接件碰撞噪音；空压造成的金属撞击声较大；压实过程是不断更换位置的过程，边坡面能清晰的看到平板印记，整个压实面缺乏平整度；压实深度不够、易出现欠压造成压实度不达标。

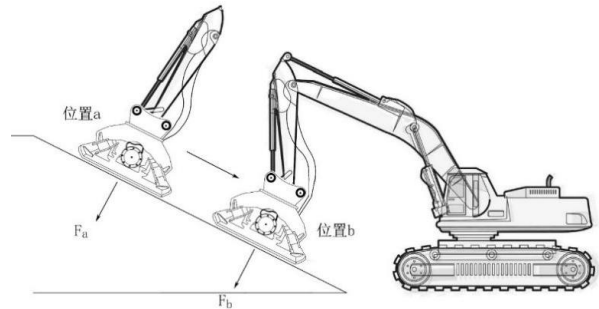


图5 挖掘机液压平板夯方案

表1 海堤外坡面压实施工方案比选

施工方案	边坡牵引压实	正常压路机压实后削坡方案	挖掘机液压平板夯
适用范围	粘性土、沙土、碎石等	粘性土、沙土、碎石等	主要用于夯实颗粒之间的粘结力及摩擦力较小的土壤，如河砂、碎石、沥青等
人工及材料投入	人工投入少、工种单一	人工投入多、后期削坡浪费大量材料	人工投入少、工种单一
工期	工序少、机械化程度高	工序多，超填、削坡再压实	工序少、机械化程度相对高
施工安全	双动力发动机提供动力，一台为压路机提供，一台为牵引车提供；全液压系统，激振力强劲，液压振动，行走采用履带式液压驱动；可遥控控制，人身操控安全，启动、熄火、转速、振动都是简洁明了操控简单	分层竖向进行回填碾压，振动大、激振力强、竖向激振力对周边房屋影响大	平板安装于挖掘机斗杆前端铲斗位置，由液压马达、偏心机构、夯板组成，利用液压马达带动偏心机构转动，转动产生的震动经夯板作用于被夯土料，使之得到密实
施工质量	震动钢轮激振力能始终与边坡面垂直，钢绞线牵引速度可调节，碾压机具重量、激振力、振动频率、行走速率等压实试验参数都能通过试验获得最佳数值，易控制边坡压实质量，不易出现欠压或超压，压实后边坡面平整度高	该项施工方法受周围环境影响小，所需的碾压机械易获得，施工方法成熟、施工质量有保证	压实过程是不断更换位置的过程，边坡面能清晰的看到平板印记，整个压实面缺乏平整度；压实深度不够、易出现欠压造成压实度不达标
经济成本	土方回填量少	边坡部分存在超填削坡，工作量、土方量大	土方回填量少
是否推荐	是	否	否

4 工程应用实际

工程中加固培厚中珠联围海堤马角(Z0+000)

至大涌口水闸(Z8+691)段堤线长度8.217km，基本上分为2级加固的外坡加固培厚，边坡碾压距离长，对质量要求高。回填黏性土黏粒含量为

10%~35%,塑性指数为7~20,渗透系数 $K \leq 1.0 \times 10^{-4} \text{cm/s}$,含水量与最优含水量的偏差不得超过 $\pm 3\%$,且不得含植物根茎、砖瓦垃圾等杂质。回填黏性土夯实后干容重 $\gamma \geq 15 \text{kN/m}^3$,黏性土填筑压实度不应小于0.95(桩号Z6+780~Z8+045段堤外堆填土预压平台除外),砂性土填筑相对密度要求不小于0.65。外坡堤身土方填筑分层分期进行压实,且每层厚度不大于30cm;填土采用分两级加载,第一级加载至2.0m高程,加载时间大于60天,严格控制土方加载速率,加载速率不超过50cm/周,加载完成后

需静载不少于90天,待第一级填土沉降稳定后再加载第二级;第二级加载时间不少于60天,加载完成后需静载不少于120天,待堤身填土沉降稳定(堤身沉降量小于8mm/月)后,方可进行上部结构的施工。因此在项目实施过程中,根据工程实际,对所选型边坡牵引压实机进行碾压试验,根据土性质标定压实参数,堤身培厚加高完成一段,就进行一段堤身边坡压实,严格控制边坡压实质量。工程实际应用断面如图6所示、工程实际应用如图7所示。

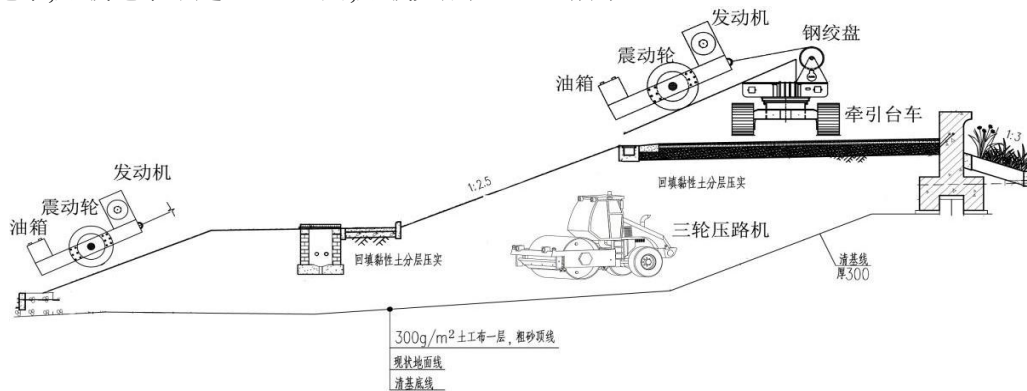


图6 工程实际应用断面图



图7 工程施工拍摄图

5 结语

堤防加固培厚边坡压实质量直接关系到堤身填筑质量与施工进度,为后期坡面附着物的实施提供坚实的质量保证。特别是如中珠联围海堤马角水闸至大涌口水闸段加固工程中,加固后最长需要压实的边坡长度达到19m,采用传统的边坡压实方案已经无法满足工程要求,工程中破除传统思维,采用牵引边坡压实方案,既提高施工进度,保证工程质量,为工程的顺利建设提供更多

的参考。

参考文献

- [1] 路涛,刘长生,王坤明,邓民崖.路基边坡压实装置及其技术探讨[J].建筑机械,2007,(01): 55-57+61.
- [2] 徐立汉.我们是怎样进行斜坡振动碾压的[J].建筑机械化,1993,(03):5-6.
- [3] 陈永清,杨蔚华,方子帆.斜坡摊铺混凝土振动碾牵引车的设计[J].三峡大学学报(自然科学版),2007,(06): 533-535.
- [4] 李玲等.沟渠边坡压实装置: CN219671304U[P].2023-09-12.
- [5] 陈浩,占鑫杰,曹风旭,等.不同地基处理方法对加宽培厚堤防差异沉降控制效果研究[J].粉煤灰综合利用,2022,36(06):35-42+128.
- [6] 卢健涛,王保华,薛娇,等.基于 WebGIS 的中珠联围洪涝预报预警系统[J].水电能源科学,2022,40(09):95-98+189.
- [7] 童小冬,王涛.挖掘机属具液压振动夯国内外发展概况[J].凿岩机械气动工具,2013,3:6-10.

doi 10.12479/questpress-jzkxygcyj.20250109

国道 318 线拉萨至曲水大桥段地质灾害危险性评估 与防治对策研究

王瀚玉

四川矿产机电技师学院, 四川成都, 611200

摘要: 本文根据建设用地地质灾害危险性评估报告, 结合川藏公路和输变电工程地质灾害研究文献, 构建适用于高海拔复杂地质条件的评估模型, 以国道 318 线拉萨至曲水大桥段路面处治工程为研究对象。危岩、泥石流等灾害危险分区采用模糊综合评价法和层级分析法, 有针对性地提出防治措施。研究结果表明, II 区 (中等危险) 9 段与 III 区 (低危险) 9 段的分布与地层岩性、地形坡度密切相关, 建议加强施工期监测预警及工程防护措施。

关键词: 国道 318 线; 地质灾害; 危险性评估; 层次分析法; 模糊综合评价法

Risk Assessment and Prevention Measures for Geological Hazards along the Lhasa - Qu Shui Bridge Section of National Highway 318

Hanyu Wang

Sichuan Mineral Mechanical and Electrical Technician College, Chengdu, Sichuan 611200, China

Abstract: This study focuses on the road surface treatment project of the Lhasa-Qu Shui Bridge section of National Highway 318. Based on the geological hazard risk assessment report for construction land and referencing research literature on geological hazards in Sichuan-Tibet Highway and power transmission projects, an assessment model suitable for high-altitude complex geological conditions is established. Using the fuzzy comprehensive evaluation method and analytic hierarchy process (AHP), hazard zoning for unstable rock masses, debris flows, and other disasters is conducted, and targeted prevention measures are proposed. The results indicate that the distribution of 9 medium-risk (Zone II) and 9 low-risk (Zone III) segments is closely related to stratigraphic lithology and terrain slope. It is recommended to enhance monitoring, early warning systems, and engineering protection measures during construction.

Keywords: National Highway 318; geological hazards; risk assessment; analytic hierarchy process (AHP); fuzzy comprehensive evaluation method

1 引言

西藏自治区地处青藏高原, 地质构造复杂, 新构造运动活跃, 地质灾害频发, 对公路交通设施构成严重威胁 (刘炫妍, 2023)。国道 318 线作为西藏重要的交通干线, 其拉萨至曲水大桥段路面处治工程是“十二五”期间重点建设项目之一。该路段穿越高山峡谷与宽谷地貌, 地质环境条件复杂, 地质灾害发育, 开展地质灾害危险性

评估对保障工程建设与运营安全具有重要意义。

该段建设用地依据《地质灾害防治条例》(国务院令第 394 号)和有关技术规范, 采用层次分析法(AHP)和模糊综合评价法, 结合现场调查和历史资料, 构建评价模型, 旨在为工程设计、施工和运行提供科学依据。并提供同类地区地质灾害评估和防治的参考资料。

2 研究区概况



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



2.1 工程概况

国道 318 线拉萨至曲水大桥段路面处治工程起点位于东嘎大桥以北与团结路衔接处(桩号 K4648+260),终点与曲水县至浪卡子县公路省道 307 线相衔接(桩号 K4703+483.82),线路全长 55.224km,其中比较线 2.928km。工程按 II 级公路标准设计,设计时速 60 公里,路基宽度 12 米(行车道 2×3.75 米,硬路肩 2×0.75 米、土路肩 1×1.5 米),路面宽度 9 米,采用沥青混凝土路面结构,设计时速 60 公里。设计荷载为公路 I 级,凹型竖曲线极限半径 3000m,最大纵坡 2.17%,最小坡长 360m。

2.2 自然地理条件

调研区属高原温带半干旱气候区,地处青藏高原南部,冈底斯山与喜马拉雅山藏南河谷地带,属高原温带半干旱气候区。年均气温为 10.6℃,年均降水量为 453.9mm,降水主要分布在 6 月至 9 月期间。研究区内主要河流为拉萨河和雅鲁藏布江,属典型的宽谷河段,线路大致沿河流阶地走线。

2.3 地质环境条件

2.3.1 地形地貌

研究区域位于藏南谷地,属于构造剥蚀形成的高中山峡谷宽谷地貌。地势总体西高东低,最高点贡波日海拔 4794.7m,最低点拉萨河与雅鲁藏布江汇入口海拔 3580m,相对高差 1214.7m。沿线地形起伏较大,以南北向、南北向或南北向的次岭居多,主要山岭呈南北走向或东西走向。本研究范围可分为三个地貌单位,分别为:

(1)河床、河漫滩地貌:主要分布于拉萨河、雅鲁藏布江河谷及其两侧,地形平坦,地表水发育,地下水埋深较浅。表层覆盖着第四系全新统的冲积卵石土,厚度在 10 至 20 米之间。

(2)河流阶地地貌:分布在河流两侧,发育成地势较平坦、略向河谷倾斜、阶面宽 500-2000 米、高差 3-5 米的 I-III 级阶地,为主要聚居地和耕地分布区。

(3)中高山地貌:山势陡峭,属深切割高山河谷地貌,地形坡度 35°-50°,植被稀疏,主要

为杂草和矮灌木。

2.3.2 地层岩性

该研究区主要有从老到新的露水地层。

(1) 侏罗系上统桑日群:岩性为夹砂岩、板岩、大理岩的灰白色安山岩,为强风化带厚约 3 米的硬质岩,呈硬质岩。

(2) 白垩系下统塔克那组(K₁t):这一地层主要由浅黄色和灰色的砂岩、页岩以及泥岩交互层组成,岩性较软,厚度范围为 345 至 666 米。

(3) 黄垩系下统楚木龙组:为较硬岩,强风化带厚度 3-5m 的灰至灰白色含砾石英砂岩、粉砂岩,属较硬岩。

(4) 白垩系下统林步宗组(kl):岩性为夹无烟煤层和煤线的灰黑色粉砂岩和板岩,为较硬的岩石,强风化带厚 5 米左右。

(5) 白垩纪侵入岩:包括二长花岗岩、二长黑云母花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩等似斑状的黑色云母岩,一般为 5~10 米厚的风化带硬质岩。

(6) 第四系(Q):包括冲积层(Q_{al})和冲洪积层(Q_{al+pl}),岩性主要为卵石土,厚度一般 10-20m,最大厚度超过 20m。

2.3.3 地质构造与地震

研究区域位于两大构造单元交接部位——喜马拉雅和冈底斯的雅鲁藏布江缝合带北侧,主体构造为雅鲁藏布江深大断裂带。该断裂带呈近东西走向,延伸约 1000 公里,断距达到数千米,下切深度深入至上地幔,是一种高陡倾角的压扭性逆冲断裂,其断面向南倾斜,倾角在 40° 到 70° 之间。区内次级构造发育,在桩号 K4687 附近有一韧性剪切带通过。

工程区的地震动峰值加速度范围为 0.15-0.20g,基本烈度为 VII-VIII 度,地震动反应谱的特征周期为 0.45 秒,地震分组被划分为第三组。工区处于历史上曾发生过多次强烈地震的高水平地震活动的喜马拉雅地震带和藏中地震带交接区。

2.3.4 水文地质条件

该课题组主要地下水类型包括:研究区水文地质条件相对简单;:

(1) 松散层孔隙水：主要分布于河谷地带的冲积层和冲洪积层中，接受大气降水和地表水补给，埋深浅，富水性中等-强，水位随季节变化幅度较大。

(2) 基岩裂隙水：主要赋存于受构造、岩性条件和风化程度控制、富水性弱、埋藏较深、随季节动态变化较大的砂岩、火成岩构造裂隙和风化裂隙中。

2.3.5 人类工程活动

研究区域内的人类工程活动相对活跃，主要涉及房屋建设、公路铺设、通信设施建设、输变电工程和物料堆场的挖掘等。其中，对地质环境影响最突出的是公路建设，而现有国道 G318 在路基开挖过程中，由于容易形成崩塌和危岩，形成了一些较高、较陡的边坡，致使临空面较大。另外，对地质环境造成一定影响的还有料场开挖、农田开垦等工程活动。

3 评估方法与工作流程

本次地质灾害风险评估工作严格遵循《地质灾害防治条例》（国务院令 394 号）以及《国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》（国土资发〔200〕）。根据 4) 69 号的要求，采用一级评估标准，结合多种手段和方法的技术路线。

3.1 资料收集与分析

充分收集研究区及周边地质、水文地质等基础资料，如西藏自治区地质调查院报告、原地矿部九一五水文地质工程地质大队报告等。经过整理分析，初步掌握了研究区的地质环境背景及地质灾害发展特点，为开展野外考察工作打下了基础。

3.2 野外调查方法

通过结合路线穿越和重点追索、调查与访问的方法，对线路走廊及其影响范围内的地质灾害进行全面详细的调查。该调查主要旨在评估线路遭受灾害的可能性和威胁程度，具体方法包括：

- (1) 全面调查地质环境条件，以确定背景信息；
- (2) 深入分析地质灾害的类型等情况，特别对重

要灾害点进行详细测绘。(3) 研究人类工程活动及其对地质环境的影响，并分析二者之间的相互作用关系；(4) 拜访当地居民和相关部门，以补充野外调查的不足之处。

3.3 评估方法

采取定性定量考核相结合的方法：(1) 为定量考核提供依据，如地质灾害形成条件的定性分析；(2) 用信息迭加法对危险程度进行分区评估，建立指数体系，进行指数计算和等级设定。

测评工作程序如下：资料搜集野外勘察地质环境条件分析地质灾害现状测评综合分区测评为综合区级防患于未然、防治措施建议结语和意见。

4 地质灾害现状评估

4.1 地质灾害类型与分布特征

通过详细的野外调查，在研究区内共发现地质灾害点 33 处，按类型可分为危岩崩塌、泥石流和河岸坍塌三种。灾害点分布规律明显，受地形地貌控制，受地层岩性控制，受地质构造控制，受人类工程活动影响。

危岩崩塌灾害点共 24 处，主要分布在山体斜坡坡脚地带，特别是公路开挖形成的高陡边坡地段。这些地段的岩体受构造裂隙、风化裂隙和卸荷裂隙的控制，在降水、冻融等外力作用下易发生崩塌，威胁公路安全和行车安全。

主要分布在山前地阶部分的泥石流灾害点共有 6 处，多为稀土性泥石流。这些地段的泥石流多与人类工程活动改变地表排水条件有关，坡面汇水在阶地部位集中排放，加大了排水量和冲刷能力，将松散物质带入公路，影响公路通行。

河岸坍塌灾害点共 3 处，主要发生在河流的凹岸地段。这些地段受河流侧蚀作用影响，加上原有路基地势过低，雨季河水上涨淹没路面，浸泡、侧蚀路基，造成路堤边坡失稳，危害公路安全。

4.2 地质灾害危险性现状评估结果

经对 33 个地质灾害点进行详细勘察分析，现将其危险性、危害性等情况进行评估，现将有关情况说明如下：

崩塌灾害: 24个危岩点中, 15个处于中等危险、中等危害; 6处为危险程度较小, 危害程度较重的部位; 危险性不大, 危害不大者占2处; 中等危险, 较小危害者占1处。

泥石流灾害: 6处泥石流点险情均属中等、中等危害。

河岸垮塌灾害: 在3处河岸塌塌点中, 险情中等、危害性中等的2处; 危险小、危害性小的1个。

5 地质灾害预测评估

5.1 工程建设可能引发或加剧的地质灾害预测

拟建工程为路面处治工程, 基本沿原有道路建设, 路基宽度与现有路基一致, 对现有工程环境改变不大。但在局部地区, 由于工程施工可能造成地质灾害或加重地质灾害, 具体表现为:

5.1.1 山体开挖引发或加剧危岩崩塌

在K4653+560~K4654+684.33三段、K4669+580~K4670+473.84五段、K4698+520~K4699+430.02九段, 为提高转弯半径, 需要开凿山体, 这将增大现有边坡的高度和坡度, 破坏岩体原有的平衡状态。对已有危岩造成的不稳定程度可能加剧, 甚至可能造成新的崩塌灾害。尤其是在岩体破碎、裂隙发育的地段, 控制性结构面可能因开挖扰动而被激活, 从而造成更大规模的岩体失稳。

这几个区段可能会出现新的塌方, 分别是 $1.8 \times 10\text{m}/(\text{K}4653+560\sim\text{K}4654+684.33)$ 三个区段、 $1.6 \times 10\text{m}/(\text{K}4669+580\sim\text{K}4670+473.84)$ 5个区段和 $0.9 \times 10\text{m}/(\text{K}4698+520\sim\text{K}4699+430.02)$ 九段。据估计, 施工和公路运行安全受到威胁的主要是中等危险和中等危害的道路。

5.1.2 料场开挖引发边坡失稳

工程规划有8处料场, 其中块石料场(IV类料场)多位于山体斜坡地带, 开挖可能形成高陡边坡, 在卸荷裂隙、风化裂隙和构造裂隙的共同作用下, 可能引发岩质边坡失稳。尤其是IV2、IV3、IV4号料场, 位于坡度为 $35^\circ\sim 40^\circ$ 的斜坡上, 该区域岩体破碎较为严重。开挖后边坡的稳定性

较差, 容易出现崩塌现象, 给施工安全带来威胁, 存在中等程度的危险性。危害程度中等。

5.1.3 路基抬高引发边坡失稳

在K4654+600~K4654+900、K4663+080~K4663+500、K4665+500~K4665+800等7段地势低洼地段, 为提高路基高程, 需进行填方工程。虽然填方高度一般在3米以下, 并采用分层夯实技术, 但仍可能出现路面基础不均匀沉降或在局部填方较高或夯实不密实的路段边坡不稳, 给公路安全带来影响。这类题目从整体上看, 规模不大、危险不大、危害不大。

5.1.4 其他工程活动的影响

养护工区建设、桥梁基础开挖、弃土堆填等工程活动也可能对地质环境造成一定影响, 但规模较小, 引发地质灾害的可能性低, 危险性小。工程建设对地下水和水环境的污染可能性也较小, 只要做好施工管理, 基本不会造成严重环境问题。

5.2 工程本身可能遭受的地质灾害预测

5.2.1 遭受危岩崩塌威胁

在山地斜坡坡脚地带, 如K4652+160~4652+700、K4653+500~K4654+080、K4665+858~K4670+340等段, 现有危岩在自然条件下或工程扰动下可能发生崩塌, 直接威胁公路安全和行车安全。特别是在转弯半径扩大开挖地段, 新形成的岩质高边坡在降雨、冻融等外力作用下, 可能发生崩塌, 危险性中等, 危害性中等。

5.2.2 遭受泥石流威胁

在K4654+100~K4654+200、K4657+200~K4659+200、K4689+200~K4689+800等泥石流发育地段, 如果排导设施不完善, 泥石流可能越过公路, 威胁行车安全, 同时在公路两侧低洼地带聚集, 浸泡路基, 软化路基。该工程在泥石流受到威胁、危险性、危害性的中等可能性中具有较强的可行性。

5.2.3 遭受河岸坍塌威胁

在K4665+500~K4665+800、K4654+600~K4654+900、K4656+300~K4656+600等河流凹岸地段, 如果防护措施不到位, 河流侧蚀作用可能造成路基边坡失稳, 威胁公路安全。尤其是丰水

期河水上涨,侧蚀作用加剧,河岸溃决几率增大,危险性中等,危害程度也较大。

5.2.4 遭受其他地质灾害威胁

在路基抬高段,填方工程如果没有严格控制质量,可能会出现凹凸不平的沉陷,对路面的平整度造成影响,也会对行车安全造成影响;料场开挖区内,由于边坡不稳,施工安全可能受到威胁;在河流阶地区,路基稳定性可能会受到地下水变化的影响。这些问题总体上是小问题、小风险。

6 地质灾害危险性综合分区评估

基于对地质灾害现状的评估和预测,运用综合评估方法对整个线路进行地质灾害风险分区,以此为工程建设用地的适宜性评价和防治规划提供参考依据。

6.1 评估方法与指标体系

6.1.1 评估原则

本次综合评估遵循以下原则:

(1) 以工程建设为中心,紧密结合公路工程特点;

(2) 确保工程安全的原则;

(3) 兼顾地质环境条件的原则;

(4) 相似性与差异性原则。

6.1.2 评估方法

危险分区评估采用信息迭加法,计算公式为:

$$P = \sum (\alpha_i \times L_i) / L \times 100$$

其中:P为危险性指数; α_i 为灾种权重系数;

L_i 为单灾种威胁公路长度;L为被评估段的长度。

各灾权重系数根据研究区地质灾害特点确定为:危岩 0.35 处,泥石流 0.35 处,河岸崩塌 0.30 处。

6.1.3 危险性分级标准

将地质灾害危险程度按危险指数 P 值分为 3 类:

$P \geq 20$: 危险性大 (III级)

$10 \leq P < 20$: 危险性中等 (II级)

$P < 10$: 危险性小 (I级)

6.2 综合分区结果

按照上述考核办法和标准,将全线 55.224 公里划分为 18 个路段,其中危险中等区 9 个路段,共计 23.035 公里,占 41.71%;危险社区 9 个断面,总长度 32.189km,占 58.29%。各分区详细情况如下:

6.2.1 危险性中等区 (II区)

II 1 区 (K4652+160~K4652+700, K4653+500~K4659+440)

长度 6480m,位于拉萨河右岸斜坡坡脚及山前阶地地带。自然坡角在 30° 至 40° 之间,地层岩性主要为白垩系的变质砂岩和板岩,岩体呈现较为破碎的状态。发育危岩 WY1~WY5、河岸坍塌 HT1、HT2 和泥石流 N1、N2。地质灾害危险性指数为 $P=16$,显示出中等的危险性和中等的危害性。

II 2 区 (K4661+450~K4663+850)

长度 2400m,位于拉萨河右岸斜坡坡脚及山前阶地地带。天然坡角约 30° ,地层岩性为花岗岩、花岗闪长岩,岩体破碎,为白垩纪黑云二长。发育危岩 WY6、WY7 和泥石流 N3、N4。地质灾害危险性指数为 $P=16$,表示其危险程度和危害程度均属中等。

II 3 区 (K4665+500~K4670+340)

长度为 4840 米,位于拉萨河右岸斜坡的坡脚处。自然坡角 $30^\circ \sim 40^\circ$,地层岩性为岩体破碎的白垩世黑云二长花岗岩,岩层呈黑色。发育危岩 WY8~WY12 和河岸坍塌 HT3。危险程度指数 $P=19$ 为地质灾害,处于中等危险状态,危害程度中等。

II 4 区 (K4672+350~K4673+500, K4674+930~K4675+580)

全长 1800 米,位于拉萨河右岸斜坡脚。自然坡度为 40° ,地层岩性包括白垩纪的似斑状黑云母二长花岗岩及花岗闪长岩。区域内发育有危岩 WY13 至 WY16。危险程度指数 $P=11$ 、危险程度中等、危害程度中等的地质灾害危险指数。

II 5 区 (K4678+000~K4679+000)

长度为 1000 米,位于拉萨河右岸斜坡的坡脚处。天然坡角为 40° ,地层岩性为二长花岗岩,

为白垩世黑云之花。发育危岩 WY17、WY18。危险程度指数 $P=13$ 为地质灾害危险等级,中等危险程度,中等危害等级等级。

II 6 区 (K4681+000~K4683+000)

长度为 2.2 千米,地处斜坡脚的拉萨河右岸。

呈 45° 自然坡角,地层岩性为长花岗岩,呈白垩纪黑云状。发育危岩 WY19~WY21。危险程度指数 $P=15$ 、危险程度中等、危害程度中等的地质灾害危险指数。

II 7 区 (K4689+000~K4690+000, K4691+000~K4691+500)

长度 1500m,位于拉萨河右岸斜坡坡脚及山前阶地地带。呈 45° 自然坡角,地层岩性为长花岗岩,呈白垩纪黑云状。发育中的危岩 WY22 和泥石流 N5 的地质灾害危险性指数为 $P=17$,表明其危险性和危害性均属于中等水平。

II 8 区 (K4692+780~K4694+000)

长度 1220m,位于拉萨河右岸山前阶地地带。天然坡角为 40° ,汇水面积为 2.8km。开发泥石流 N6。地质灾害危险性指标 $p=10$,属于中等危险、中等危害。

II 9 区 (K4697+340~K4699+135)

雅鲁藏布江左岸斜坡脚位于 160 米,长度约为 0.6 千米。天然坡角为 40° ,地层岩性为二长花岗岩,为白垩世黑云之花。发育危岩 WY23、WY24。危险程度指数 $P=12$ 为地质灾害危险等级,中等危险程度,危害程度中等。

6.2.2 危险性小区 (I 区)

I 1 区 (K4648+260~K4652+160, K4652+700~K4653+500)

长度 4600m,位于拉萨河右岸 I 级阶地,地形平坦,坡度 $<10^\circ$,地层为第四系冲积卵石土。不发生地质灾害,危险指数为 $P=0$ 。

I 2 区 (K4659+440~K4661+450, K4663+850~K4665+500)

长度 3660m,位于拉萨河右岸 I 级阶地,地形平坦,坡度 $<10^\circ$,地层为第四系冲积卵石土。不发生地质灾害,危险指数为 $P=0$ 。

I 3 区 (K4670+340~K4672+350)

长度 2010m,位于拉萨河右岸 I 级阶地,地形平坦,坡度 $<10^\circ$,地层为第四系冲积卵石土。不发生地质灾害,危险指数为 $P=0$ 。

I 4 区 (K4673+500~K4674+930, K4675+580~K4678+000)

长度 3850m,位于拉萨河右岸 I 级阶地,地形平坦,坡度 $<10^\circ$,地层为第四系冲积、冲积卵石土。不发生地质灾害,危险指数为 $P=0$ 。

I 5 区 (K4679+000~K4681+000)

长度 2000m,位于拉萨河右岸 I 级阶地,地形平坦,坡度 $<5^\circ$,地层为第四系冲积卵石土。不发生地质灾害,危险指数为 $P=0$ 。

I 6 区 (K4683+000~K4689+000)

长度 6000m,位于拉萨河右岸 I 级阶地,地形平坦,坡度 $<10^\circ$,地层为第四系冲积卵石土。不发生地质灾害,危险指数为 $P=0$ 。

I 7 区 (K4690+000~K4691+000, K4691+500~K4692+780)

长度 2280m,位于拉萨河右岸 I 级阶地,地形平坦,坡度 $<10^\circ$,地层为第四系冲积卵石土。不发生地质灾害,危险指数为 $P=0$ 。

I 8 区 (K4694+785~K4697+340)

长度 2555m,位于雅鲁藏布江左岸 I 级阶地,地形平坦,坡度 $<10^\circ$,地层为第四系冲积卵石土。不发生地质灾害,危险指数为 $P=0$ 。

I 9 区 (K4699+135~K4703+483.82)

长度 4348.32m,位于雅鲁藏布江左岸 I 级阶地,地形平坦,坡度 $<10^\circ$,地层为第四系冲积、冲积卵石土。不发生地质灾害,危险指数为 $P=0$ 。

6.3 建设用地适宜性评价

研究区建设用地适宜性分级标准根据地质灾害危险性区划结果,结合建设用地适宜性分级标准《地质灾害危险性评估技术要求》进行评估。

危险性中等区 (II 区): 该区域的地质环境条件复杂程度适中,不良地质现象相对明显,工程建设面临地质灾害的风险也处于中等水平,同时引发或加剧地质灾害的可能性也属于中等。但可以采取相应措施加以处理。该类地段建设用地"基本适宜",需采取有效防治措施后方可进行工

程建设。

危险性小区 (I区): 该区域的地质环境条件相对简单, 工程建设受到地质灾害影响的可能性较低, 且引发或加剧地质灾害的风险也很小, 整体危险性较低, 处理起来相对容易。这类地段的建设用地是“适宜”的, 工程施工可以直接进行。

7 地质灾害防治措施建议

结合工程建设特点提出如下防治措施: 针对研究区地质灾害类型及特征:

7.1 危岩崩塌防治措施

(1) 清除措施: 采用人工或机械清除规模小、危险性大的危岩体, 将隐患彻底消除在萌芽状态。

(2) 主动防护网: 对边坡上部稳定性差, 落石容易发生的地段, 应设置防止岩块崩落的主动防护网。

(3) 被动防护网: 在坡脚区域安装被动防护网, 以拦截坠落的岩石, 从而保障公路及行驶安全。

(4) 锚固措施: 在岩质边坡中采用锚杆、锚索等加固, 规模较大, 整体稳定性较好。

(5) 挡土墙: 将挡土墙设置在坡脚, 将边坡支撑起来, 防止塌方对路面造成直接威胁。

(6) 排水措施: 改善坡面排水系统, 降低降水渗透对坡面稳固性的冲击。

(7) 监测预警: 建立监测系统, 对危险较大的边坡, 做到边坡变形实时监测, 预警及时到位。

7.2 泥石流防治措施

(1) 导排措施: 设置泄洪槽、涵洞等导排设施, 从公路上顺利地排出泥石流。

(2) 拦截性措施: 将拦截性设施设置在格栅坝、沙坝等, 减少向下游输送固体物质的泥石流形成区或流道。

(3) 固源措施: 在物源区采取植树种草、坡面整治等措施, 固定松散物质, 减少物源供给。

(4) 抬高路基: 适当抬高受泥石流影响的路段的路基, 避免泥石流对路面的直接淹没。

(5) 预警制度: 建立泥石流监测预警制度, 加强暴雨期间的监控, 及时预警。

7.3 河岸坍塌防治措施

(1) 护岸工程: 在河流凹岸段设置砼护岸墙、石笼护岸等防护工程, 抵抗水流冲刷。

(2) 导流工程: 如有必要, 改变水流方向, 减少冲刷岸坡, 应设置导流堤、丁字坝等导流设施。

(3) 基础防护: 为防止因水流冲刷造成的工程故障, 加固护岸工程基础。

(4) 生态护岸: 在条件允许地段采用生态护岸技术, 既保护岸坡又改善生态环境。

7.4 工程施工防治措施

(1) 开挖控制: 山体开挖采用阶梯式开挖, 按岩土性质确定稳定坡比: 坚硬完整岩石 1:0.1~1:0.3; 破碎风化岩石 1:0.5~1:1.0; 土质路段 1:0.5~1:1.25。

(2) 填方控制: 路基填方分层压实, 严格控制压实度, 填方边坡坡比 1:1.5。

(3) 基坑支护: 为防止坑壁崩塌, 对开挖的桥基、涵洞及其它基坑应采取适当的支护措施。

(4) 料场管理: 按规范进行料场开采, 采取控制边坡度数、合理堆放废料的阶梯式开采。

(5) 弃土处理: 为防止引发新的地质灾害, 选择平缓场地堆放弃土, 并做好防护措施。

7.5 环境保护措施

(1) 水资源环境保护: 经过沉淀处理后将施工废水排放出去, 严禁将污水从河流中直接排放; 加强建筑管理, 防止水体受到污染, 如油料、化学物质等。

(2) 生态修复: 减少建筑对植被造成的破坏, 使生态得到及时的恢复; 野生动物栖息地得到保护。

(3) 水土保持: 实施有效措施以防止水土流失, 尤其是在斜坡开挖区域。

(4) 垃圾处理: 集中收集建筑生活垃圾, 定时清运处理。

7.6 监测预警措施

建立包括:

(1) 专业监测: 在重大地质灾害隐患点布设专业监测设备, 监测变形、裂缝等变化情况。

(2) 巡视监测: 对新发生的危险性隐患, 要经常开展地质灾害巡视。

(3) 气象预警: 与气象部门合作, 建立暴雨、

连续降雨等恶劣天气预警机制。

(4) 应急响应: 制定地质灾害应急预案, 确保一旦发生险情, 能够做到有备无患、有惊无险。

7.7 主要工程点防治措施

针对工程中的重要工点, 提出具体防治措施:

(1) 曲水养护段和工区: 进行基坑放坡, 完善排水系统, 并加强基坑支护。

(2) 料场: 砂砾料场控制开挖深度, 材料堆放不宜过高; 块石料场采用阶梯式开采, 控制边坡坡度; 河滩料场枯水季节开采。

(3) 比较线段: K 线方案边坡开挖按稳定坡比放坡, 设置防护网和警示标志; 比较线方案路基分层夯实, 设置防护堤; 桥基采用预制桩基, 枯水季节施工。

8 结论与建议

8.1 主要结论

(1) 研究区地质环境条件中等复杂, 以地质灾害危险性评估等级为第一层次的建设工程为重要工程。

(2) 研究区发育 33 处地质灾害, 包括 24 处危岩、6 处泥石流、3 处河岸坍塌。现状评估显示, 危岩、泥石流、河岸坍塌危险性均以中等为主。

(3) 预测评估表明, 工程建设可能加剧现有危岩失稳, 尤其在山体开挖地段, 还可能引发新崩塌灾害, 对泥石流、河岸坍塌影响较小。危岩垮塌, 泥石流, 河岸垮塌, 这些都可能威胁到工程本身。

(4) 全面考核, 全线共分 18 个路段, 其中危险程度中等的 9 个路段, 总长度 23.035 公里, 占 41.71%; 9 个路段险情较小, 总长度 32.189km, 占 58.29%。基本适宜建设危险中等区的土地, 需要进行预防和控制; 危险区内适宜建设的土地。

(5) 针对不同类型地质灾害, 提出清除、防护、排水、监测等综合防治措施, 建立完善防治体系。

8.2 建议

(1) 加强工程地质勘察, 尤其是挖方边坡、桥基、料场等重要部位, 为设计施工提供准确地

质依据。

(2) 优化工程设计, 避免大挖大填, 减少对地质环境扰动, 在危险性中等地段采取防护措施。

(3) 重视施工期地质灾害防治, 制定施工组织设计和防治方案, 加强施工中地质监测与巡查。

(4) 建立地质灾害监测预警系统, 对重大隐患点专业监测, 健全预警和应急响应机制。

(5) 加大环保保水工作力度, 适时实施生态修复, 减轻建设对生态环境的影响。

(6) 对施工人员进行地质灾害防治知识培训, 提高他们的防灾意识, 提高他们处理突发事件的能力。

(7) 本评估报告基于现有资料和调查结果, 后续工程若发现新地质问题, 应及时补充调查评估。

(8) 建议公路运营期继续开展地质灾害监测和巡查, 确保运营安全。

参考文献

- [1] 刘炫妍. 川藏公路北线地质灾害危险性评估[D]. 西华大学, 2023.
- [2] 陈满, 陈龙, 张世殊, 等. 川藏联网输变电线路工程地质灾害发育规律与特征研究[C]// 2016 年全国工程地质学术年会论文集, 2016: 1464-1470.
- [3] 曾贤友. 试论输变电线路工程地质勘察[J]. 低碳世界, 2016(07): 68-69.
- [4] 王玉涛. 安哥拉卡赞卡-齐凡贡多输变电线路工程地质勘察[J]. 中国水能及电气化, 2013(11): 56-58.
- [5] 黄伟. 公路边坡工程地质灾害危险性评估方法研究[D]. 重庆交通大学, 2012.
- [6] 张毅. 山区公路路基地质灾害评估与防治对策研究[D]. 西南交通大学, 2011.
- [7] 牛新宇. 基于模糊综合评价法的柳树颀输变电线路路径选择研究[D]. 华北电力大学, 2011.
- [8] 谢波. 公路路基地质灾害危险性评价指标与方法研究[D]. 长安大学, 2009.
- [9] 韩华, 孙保卫, 朱国祥, 等. 公路地质灾害危险性综合评估方法探讨[J]. 公路交通科技, 2005(S2): 13-15.
- [10] 吴茂明. 边坡失稳灾害的模糊综合评估技术及其应用[D]. 福州大学, 2006.

doi 10.12479/questpress-jzkxygcyj.20250110

新型复合材料在建筑结构中的创新应用

尤一帆 张思奥 赖涵
四川矿产机电技师学院, 四川成都, 611200

摘要: 由于建筑领域对高性能、耐久性以及智能化结构的要求越来越高, 新型复合材料在建筑结构的应用越来越广泛。本文主要研究了纤维增强复合材料 (FRP)、水泥基高延展复合材料 (ECC) 以及其他一些高性能复合材料的优点, 如轻质高强、耐腐蚀、耐疲劳、延展性好以及可设计性高等优点。并将它们应用于桥梁加固、高层建筑外墙及楼板、大跨度屋盖和抗震建筑等, 将其作为结构加固、新建结构、功能构件及智能建筑的一种可靠结构材料来考虑。新型复合材料不仅提高了结构的承载能力和耐久性, 还缩短了工期、实现了多功能一体化和结构健康监测, 并提供给绿色、智慧建筑技术基础, 然而存在造价高、施工技术及标准规范等问题, 需研发更多高性能材料、创新性施工技术并完善现有标准体系, 推进工程建设方式的转型升级。

关键词: 新型复合材料; 建筑结构; FRP; ECC; 结构加固; 智能建筑

Innovative Applications of Novel Composite Materials in Building Structures

Yifan You, Siao Zhang, Han Lai

Sichuan Mineral Resources Electromechanical Technician College, 611200, Chengdu, Sichuan Province, China

Abstract: With the increasing demand for high-performance, durable, and intelligent structures in the construction field, the application of novel composite materials in building structures has become increasingly widespread. This paper focuses on the advantages of fiber-reinforced composites (FRP), cement-based high-ductility composites (ECC), and other high-performance composite materials, such as light weight, high strength, corrosion resistance, fatigue resistance, excellent ductility, and high design flexibility. These materials are applied in bridge reinforcement, high-rise building façades and floor slabs, large-span roofs, and seismic-resistant structures, serving as reliable structural materials for structural reinforcement, new constructions, functional components, and intelligent buildings. Novel composite materials not only enhance structural load-bearing capacity and durability but also shorten construction periods, enable multifunctional integration, and support structural health monitoring, providing a technical foundation for green and smart buildings. However, challenges such as high costs, complex construction techniques, and incomplete standards remain. Therefore, further development of high-performance materials, innovative construction technologies, and the improvement of existing standard systems are required to promote the transformation and upgrading of construction methods.

Keywords: Novel Composite Materials; Building Structures; Structural Reinforcement; Intelligent Buildings

1 引入

近年来, 随着建筑行业对结构性能、耐久性、环保性以及施工速度等方面要求的不断提高, 传统的钢材、混凝土及砖石材料等其自身的承载能力有限, 其耐腐蚀性差, 易疲劳, 耐久性差, 寿

命周期成本高。尤其是对于在沿海和湿度大的地区中, 钢筋混凝土中的钢筋会出现锈蚀现象, 而且混凝土容易出现裂缝等问题, 会进一步造成结构安全隐患和加大维护费用。

针对超高层建筑、大跨度结构、桥梁和有特殊功能的建筑而言, 提出了更高的材料性能要求,



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



而各种各样的新型复合材料由于具有强度高、质量轻、抗腐蚀性和可设计性强等特点而逐渐成为建筑结构领域中新的研究热点^[1-2]。除此之外,通过对新型复合材料的研究不仅可以提高建筑结构性能,而且还可以利用其提高使用寿命、节省维护费用的理念去实现绿色建筑的理念。

例如,广泛使用的纤维增强复合材料(FRP)加固法,工程表明对原桥梁加固后承载力增加20%~30%;利用水泥基复合材料(ECC)所具有的良好延性和耐久性可减少建筑物、抗震结构的开裂,延缓破坏时间,提高安全系数^[3]。

尽管国内外对复合材料的研究越来越深入,但由于成本较贵、施工难度较大、没有统一的标准等问题^[4]。本文总结并梳理了目前各类复合材料的分类及性能特点和应用实例,并对各类复合材料优缺点进行了分析,同时展望了未来的发展趋势,可以为今后建筑行业推广复合材料应用提供借鉴依据。

本文主要研究内容包括:

- (1) 新型复合材料定义、分类及发展现状;
- (2) 复合材料在建筑结构中的应用案例及实践分析;
- (3) 复合材料性能优势及面临的挑战;
- (4) 未来发展趋势及研究方向。

2 新型复合材料概述

2.1 定义与分类

新型复合材料是由两种或两种以上材料,通过物理或化学方法组合而成的多相材料,其目的是充分发挥各组分材料的优势,从而获得超越单一材料的综合性能。根据基体材料类型、增强材料形式以及功能特性,新型复合材料主要可分为以下几类:

纤维增强复合材料(FRP):以树脂为基体,玻璃纤维、碳纤维或芳纶纤维为增强材料。FRP具有高强度、轻质、耐腐蚀等特点,是建筑结构加固、梁柱修复及新型结构构件设计的重要材料。

水泥基复合材料(ECC):把水泥作为基体加入聚合物纤维以及其他的增强材料,形成一种能产生巨大延展性并且有自愈能力的材料。这

种 ECC 在一些高层建筑和桥梁还有抗震结构都有广泛的运用。

高性能复合材料:包括高性能树脂基复合材料、纳米复合材料等,具有优良的力学性能、耐环境性能,可用于有特殊结构要求的场合,如大跨度屋盖结构和功能性构件等^[4-6]。

2.2 材料发展历程

自 20 世纪 70 年代起,FRP 材料在土木工程加固领域开始应用。20 世纪 90 年代,ECC 材料进入研究阶段,用于解决传统混凝土易开裂、耐久性差的问题。进入 21 世纪后,高性能复合材料和智能复合材料逐渐发展,部分材料已在高层建筑、桥梁及工业建筑中实现工程应用^[7-8]。

在国内,主要研究方向为复合材料高性能水泥基材料及 FRP 结构加固材料等方面,在此基础上开始通过 BIM 技术实现施工模拟与结构优化;而国际上已经开始使用复合材料来进行桥梁、体育馆、大跨度屋盖等项目建设,其中美国某高层建筑项目中以 CFRP 为材料制成梁柱构件,使得该项目结构减轻自重 15%,提升了整体结构承载能力 20%左右。

2.3 理论基础

基于力学理论开展复合材料结构的设计,涉及纤维和基体中的应力分布、界面结合能力、复合结构整体受力情况等;采用材料优化设计,确定纤维方向、密度以及基体性能等,实现材料性能的定向调控;通过有限元分析、数值模拟等技术开展复合材料结构的性能预测,为工程设计提供依据,比如桥梁梁板的 CFRP 加固设计利用有限元分析进行应力分布计算从而获得合理的材料用量和确保施工安全。

3 新型复合材料在建筑结构中的应用

作为新材料家族中的一员,新型复合材料是构成建筑结构的一类重要材料,并且作用越来越大,是建筑工程创新发展的重要动力源。它不仅被用于老旧建筑加固、高层建筑建造等领域,而且还应用到了大跨度结构、功能性构件、智能建筑之中。文章针对结构加固修复、新建结构设计、功能性构件以及智能建筑四个方面展开论述,并

运用实际工程项目数据说明了新型复合材料的应用价值。

3.1 结构加固与修复

不少在建工程的老化桥梁、厂房以及办公楼等，由于增加荷载，老材料失效和设计落后的问题愈加突出，采用新工艺对这些地方进行结构加固是有必要的。而新型复合材料的应用就是其中的一种较好的手段。目前常用的是 FRP（纤维增强复合材料），具有较高的强度、质量轻以及良好的耐腐蚀性能，在梁柱板的加固中得到了广泛的应用。

案例分析：

(1) 桥梁加固某沿江城市跨江桥梁梁底采用 CFRP 布加固后，桥梁承载力提升约 25%，梁挠度降低 30%，裂缝的发展速度明显减缓，使用寿命延长 10 年以上；施工时用环氧树脂将 CFRP 布粘贴在梁底表面，再设临时支撑进行固化，加固施工时间仅为常规的 60%，且 FRP 加固几乎不受桥梁自重和桥面荷载的影响。

(2) 办公楼梁柱加固该旧办公楼的梁柱均有开裂及受力不足问题，在使用 GFRP 板粘贴加固之后，梁的抗弯能力提高了约 40%、柱的轴心抗压承载力提高了 35%，裂缝宽度 $\leq 0.3\text{mm}$ 。施工中先对 GFRP 板表面进行打磨处理、清理干净后，在涂抹一层环氧胶与原结构紧密结合后达到加固的效果。

(3) 抗震结构改造采用 ECC 材料进行梁柱加固在地震多发地区应用较多，其具有较好的延性和均匀的开裂，在一定程度上能减小集中应力和脆性破坏；利用 ECC 材料对结构梁柱加固以后，经受模拟 8 度地震的考验，在试验楼栋的结构破坏程度较小且明显优于未加固状态，试验楼栋的梁柱延性相比于其他类型的材料得到有效的提高。

3.2 新建结构设计

新型复合材料在新建高层建筑、桥梁及大跨度结构中，发挥轻质高强和可设计性优势，实现结构优化和施工便捷化。

案例分析：

(1) 高层建筑外墙与楼板 某办公楼新建项目中，采用 ECC 预制板，墙板的厚只有传统混凝土

土板的 60%，抗裂强度可提高 50%，施工工期缩短 30%，且预制板是在工厂里进行浇筑与养护后运至现场，进行现场拼装、安装，故不用现场浇筑模板、脚手架及工人数量；在楼板结构方面，用 CFRP 筋代替一部分钢筋，其作用为将楼板的结构自重减轻约 12%，但原有的承载力不变。

(2) 大跨度屋盖结构 将纤维增强复合材料制作成各种大小跨度的梁或者桁架，可以有效减轻大跨度屋盖（体育馆、大型展览馆、机场航站楼）的自重，并且改善使用性能。某机场航站楼屋盖就采用了碳纤维复合梁，跨径达到 80 米，相比传统的钢结构减重约为 15%，施工期缩短约 20%，且其耐久性相比传统的钢材屋面有着极大的优势。

(3) 桥梁新建结构 CFRP 复合材料被应用到桥梁梁板、斜拉索和护栏等方面，例如某高速公路的桥梁斜拉索就采用了 CFRP 复合材料，抗拉强度达到 2500MPa，耐腐蚀性能远远超过了钢索 10 倍以上，使用寿命预计达到 50 年左右。另外，FRP 桥梁梁板能够实现模块化预制，快速安装，减小交通中断时间。

3.3 功能性结构构件

除了传统承载功能，新型复合材料还可用于功能性和多功能结构构件，实现建筑性能集成化。

(1) 隔热与节能功能

纤维增强复合板、多层 ECC 复合板实现了结构功能，以及隔热、防火、吸声等多种用途，如将 ECC 复合板用于高层办公楼的外墙面，在其内部配置隔热层及吸音纤维，则满足了节能设计规范要求，使夏天室温降低了 2-3℃，冬天保温效果有明显的提高。

(2) 能量吸收构件

在抗震建筑与防爆建筑领域，ECC 以及 FRP 可用作能量吸收墙体或梁柱，减小冲击荷载对结构的危害，在抗冲击试验过程中，利用 ECC 梁柱吸收冲击荷载能力比传统混凝土梁柱提高约 40%-50%，同时使结构破坏形式更加趋于韧性^[9]。

(3) 自修复功能

智能复合材料可以通过嵌入微胶囊或者形状记忆聚合物实现微裂缝自修复的功能，在桥梁梁

板内填充自修复 ECC 材料, 在发生微裂缝后释放修复剂, 防止微裂缝扩大, 以延长维修周期、减少维护成本。

复材在智能建筑也有其独特应用, 将光纤传感器或形状记忆材料嵌入 CFRP 梁柱中后, 能够监测建筑的应力、形变及损伤情况, 为建筑运营维护提供依据。

案例: 在该抗震实验楼梁柱间埋设光纤传感器进行试验, 在地震模拟振动台试验过程中得到该楼的应力分布及裂缝发展, 并用来改善和完善设计、维修的方案。

BIM 与复合材料结合: 把复合材料构件的信息添加到 BIM 模型中, 可以在以后实现整个项目的结构建造、施工管理和后期维护, 方便后续的工作开展, 使整个工程更为安全高效。

综上所述, 新型复合材料在建筑结构的应用具有以下几点价值。

(1) 结构加固: 让老房子多活几年, 提升安全度。

(2) 新建结构优化: 减小自重、增大承重量、压缩施工周期。

(3) 多功能集成: 具备承重、隔热、阻燃、吸声、消能等功能。

(4) 智能化应用: 结构健康监测, 数据分析以及智能维修。

(5) 经很多工程实际应用与数据验证后发现, 新类型的复合材料已应用到许多工程中去, 如: 桥梁、高层建筑、大跨度屋盖、抗震建筑等, 在此背景下可使用新型复合材料。

4 未来发展趋势与研究方向

随着建筑行业越来越重视高性能、耐久、环保和智能的建筑, 对新型复合材料在建筑结构中的应用提出了更高的要求, 新型复合材料在建筑结构中的应用势必迎来更广阔的市场空间, 其发展方向将向材料研发、施工技术进步、规范标准制定、跨领域应用、智能化等功能倾斜。

4.1 材料研发方向

未来的新型复合材料发展水平决定于材料本身的性能的不断进步和完善, 目前主要研发的材

料有高强度、轻质、耐腐蚀、耐疲劳和多功能复合材料等。

纳米复合材料: 加入纳米颗粒、纳米纤维或二者混合物到基体材料之中可以大幅度地提高材料强度、韧性、耐蚀性, 并且有助于改善材料的微观结构, 在一定程度上实现对材料裂纹扩展的控制。根据实验结果表明加入纳米 SiO₂ 颗粒的 ECC 抗拉应变比未加纳米 SiO₂ 颗粒的 ECC 提高了 20% 左右, 裂缝宽度小于 50 μm。

智能复合材料: 开发一种复合材料以获得其自感知、自修复和能量吸收的功能, 如把光纤传感器或形状记忆材料掺杂到梁柱等结构中, 能够实现结构的健康监测以及对结构内部微裂缝的自动修复。

多功能复合材料: 同时考虑到结构承载及隔热、吸声、防火等多方面的要求来满足建筑的功能需要, 如纤维增强隔热复合板就可以在高层建筑外墙上发挥承重与热工性能的作用。

材料研究开发除加强对材料各项性能的要求外, 还要求材料具有可循环性、低能耗及少排放的特性, 符合建筑行业绿色、低碳以及节能减耗的理念。

4.2 施工技术创新

材料性能提高的同时也必须要有施工技术创新相结合才能进行工程化应用。以后的施工技术创新发展需要朝以下方向发展:

3D 打印复合材料构件: 利用 3D 打印技术精准形成梁、板、墙等结构构件, 实现复杂几何结构高精度施工。试验证明, 采用 3D 打印技术制作 CFRP 梁构件, 其强度误差控制在 ±3% 以内, 能够大幅降低施工误差^[8]。

BIM 与数字孪生技术结合: 运用 BIM 技术对复合材料结构整个寿命周期过程进行模拟, 进而实现材料布置、施工顺序及成本的最优化; 借助于数字孪生技术, 达到施工现场和模型同步施工的目的, 提高施工进度和安全性能。

模块化与预制化施工: 未来复合材料会更多用到预制化的模块化构件中去, 实现工厂制作、现场组装, 节省工期, 节约劳动力成本。比如: 高层建筑外墙板可以使用 ECC 预制模块, 然后用

吊车进行现场拼装,可以节约施工时间 30%-40%,即减少 1 个半月左右的时间。

4.3 标准规范完善

国内建筑结构领域复合材料推广应用受标准规范不完善的影响。其发展方向主要体现在以下几个方面。

制定统一设计规范:明确复合材料结构设计方法,确定所用材料性能指标、最大荷载工况组合及安全系数。

建立施工规范与质量控制标准:FRP 粘贴过程;ECC 预制件的安装要求;固化环境和检测方法。

建立验收与维护标准:包含复合材料结构的健康监测、寿命预测和维护周期等使产品能在长时期内能投入使用。

国外的经验也说明,美国、日本等发达国家都有成套的复合材料建筑结构的设计和施工规范,可供我国借鉴。

4.4 跨领域应用拓展

复合材料的性能优势决定了其在建筑工程中有多种跨领域应用潜力:**绿色建筑与节能建筑:**复合材料的优点包括轻质高强、施工节能和可利用多功能复合板来隔热、吸声、防火。

抗震建筑:ECC、FRP 材料可以提高抗震构件的延性以及能量吸收能力,试验表明利用 ECC 梁柱体系建立的抗震框架,在 8 级地震模拟时整体的结构损伤程度相对较小^[9]。

智能建筑与数字化管理:基于复合材料的传感器及监控系统的智能材料可以通过自身感知、自我报告的功能助力建筑物的运维,并给予建筑实时数据。

此外,复合材料用于桥梁、隧道、体育馆、大跨度屋盖和一些特殊功能建筑的设计建造为建筑设计开拓了创新性设计的新思路。

4.5 融合技术与未来研究方向

未来复合材料发展方向将由单一的材料转而向与其它先进制造技术相结合的方式转变。

人工智能(AI)与数据分析:运用 AI 对复合材料结构的受力数据进行分析、预测,并基于此开展智能设计与维护。

多尺度材料设计:不管是用纳米,还是微米乃至宏量结构,来优化材料性能也都是很好的。

可持续发展:开展可回收复合材料研发、低能耗生产工艺研发和生命周期碳排放评价,为建筑行业绿色发展提供支持。

5 结论

本文基于前期对新型复合材料的研究成果,通过分类、归纳总结出纤维增强复合材料(FRP)、水泥基高延展复合材料(ECC)、高性能复合材料等目前较为典型的建筑用复合材料,并对其性能及工程应用做总结分析,阐述它们在现代建筑中的重要性。研究得出复合材料具有质量轻、强度高、耐腐蚀、耐疲劳、延展性好、可设计性高等优点,在大跨径桥梁加固、高层建筑外墙面板、楼板、抗震结构以及功能性的构件上均有较好的工程效益。特别是对一些大跨径桥梁、超高层建筑和特殊环境下的建筑来说,利用复合材料能够有效提高其结构承载力、延长其使用寿命、减少其后期的维修费用以及符合当下绿色、智慧建筑的要求。

同时,除了详细论述新建筑材料的推广应用困难外,还描述了新型复合材料推广应用过程中面临的另一大难关——高成本、施工难度大、国内相关标准规范尚未完善的现实问题,并提出可以从材料研发、施工技术、标准制定以及交叉运用等多个方面加以解决。例如,可以研发纳米复合材料及智能复合材料等,使复合材料的功能得到多样化提升;结合 3D 打印、BIM 及模块化施工技术加强施工;并制定统一的设计、施工和验收标准,为工程提供规范;并把复合材料的应用从节能、抗震、智能建筑等方面推广到整个建筑工程中。

综上所述,新型复合材料广泛应用于建筑结构中,将会使我国建筑行业朝向高性能化、绿色化及智能化发展,未来随着材料性能不断改善、施工工艺不断创新和完善以及相关标准逐步完善,新型复合材料在建筑工程中所起作用越发重要,且对建筑设计提供更多的可能性,对我国建筑行业可持续性发展有强大助力。

(下转第 58 页)

doi 10.12479/questpress-jzkxygcj.20250111

色浆储罐T151A/B厂房制作及现场安装的质量控制

王喜庆 马铎芬

洛阳三隆安装检修有限公司, 河南洛阳, 471000

引言: 2022年某石化为填补某特种聚酯材料国内市场空白, 在聚合部新上特黑公关项目。其中2台色浆储罐(T151A/B)的预制安装是该项目的控制工程, 因: ①尺寸较大($\phi 4900 \times 14475 \times 10\text{mm}$ 304), 需要预制成筒节现场组装; ②内表面的粗糙度(Ra0.8)较高。成为该项目的施工安装和质量控制的难点之一。为在施工工程中更好的控制施工质量, 从以下五个方面控制质量。

关键词: 组对焊接; 分段预制; 现场拼装; 垂直度; 椭圆度; 质量控制

Quality control of production and on-site installation of color paste storage tank T151A/B in the factory building

Xiqing Wang, Duoqin Ma

Luoyang Sanlong Installation and Maintenance Co., LTD. Luoyang 471000, China

Introduction: In 2022, a certain petrochemical company launched a new special black public relations project in the polymerization department to fill the gap in the domestic market for a certain special polyester material. The prefabrication and installation of two color paste storage tanks (T151A/B) are the control engineering of this project. Due to their large size ($\phi 4900 \times 14475 \times 10\text{mm}$ 304), they need to be prefabricated into tube sections for on-site assembly; ② The roughness of the inner surface (Ra0.8) is relatively high. Becoming one of the difficulties in the construction, installation, and quality control of this project. To better control construction quality in construction projects, quality control should be carried out from the following five aspects.

Keywords: group welding; Segmented prefabrication; On site assembly; verticality; Ellipticity; Quality Control

1 色浆储罐(T151A/B)预制及运输的质量控制:

大(直径 $\phi 4900\text{mm}$), 不能满足在厂区道路上整体运输(洛阳分公司厂区内过路龙门架限高多数5米或4.5米)。只能在某厂房预制成筒节, 运输到现场进行组对焊接, 封头接管等按成品外购。

1.1 色浆储罐的运输: 因该2台色浆储罐的尺寸较

设备名称	色浆储罐 T151A/B	主要受压元件材料	S30408
容器类别	类外	全容积	219.5m ³
设计温度	60℃	工作温度	40℃
设计压力(MPa)	0.005 (-0.0005)	工作压力(MPa)	常压
设备重量	23.068吨	设备尺寸	$\phi 4900 \times 14475 \times 10\text{mm}$

1.2 色浆储罐的分段预制质量控制:

图纸及筒体排版图进行下料及滚圆, 并做好材料标识及标记移植, 同时做好过程记录。

(1)设备裙座及筒体按色浆储罐T151A/B按



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

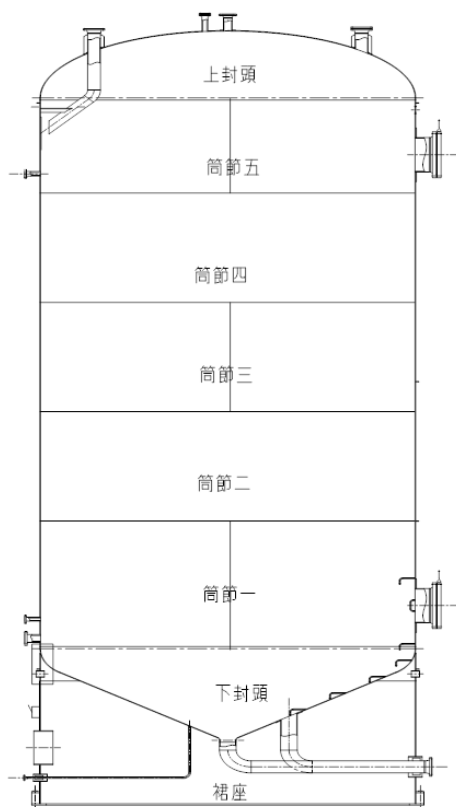


表2 色浆储罐 T151A/B 分段预制情况:

分段情况	名称	规格/尺寸 (mm)	重量 (吨)	安装高度	备注
自下第一段	裙座	φ 4900*2900*10	4.3	EL+2900	
自下第二段	下封头+筒节一	φ 4900*3740*10/12	4.6	EL+4900	
自下第三段	筒节二	φ 4900*2000*10	2.5	EL+6900	
自下第四段	筒节三	φ 4900*2000*10	2.5	EL+8900	
自下第五段	筒节四	φ 4900*2000*10	2.5	EL+10900	
自下第六段	筒节五+上封头	φ 4900*3275*10/12	4.54	EL+14175	

(2)色浆储罐分段预制及运输过程中的质量控制

①. 因色浆储罐预制筒节尺寸较大, 运输过程中需用大型的板式拖车(拖车高度不超过 1.2 米)运输。因预制筒节最大尺寸为 φ 4900*3740mm, 而厂内经九路和化四路的限高都为 5 米, 3.740 米 +1.2=4.974 米 ≤ 5 米。该路线满足限高要求。



②. 由于筒节直径较大, 预制好的每段筒节需用米字型支撑均布六点进行支撑, 支撑选用 φ 89*5.5 20# 的管子制作, 支撑点布置在每段筒节中堡附近, 米字型支撑不能与罐体壁板直接点焊, 要用不锈钢板隔开。筒节现场组对安装后, 拆除“米”字型支撑, 打磨焊点, 利用砂布研磨焊点, 最终达到图纸要求的 Ra0.8。

③. 预制筒节按照图纸要求进行 20% RT

检验III合格, 探伤位置必须覆盖到每个丁字缝。

④. 预制完成的筒节对称布置 4 个板式吊耳 (3 吨级), 预制好的筒节内部米字支撑以防止变形。米字型支撑用 φ 89×6 20# 钢管或 [8 槽钢 Q235B 制成。支撑点焊接不锈钢板, 不能碳钢支撑直接点焊在不锈钢内壁上。安装完成后割除支撑, 并打磨处置焊点, 达到 Ra0.8 粗糙度。

(3) 筒节制作过程中的质量控制:

①裙座的制作:

a. 组装裙座底环板。裙座底环板分为 8 份下料预制, 预制时放置在平整基础上组对, 用水平尺找平后点焊。裙座底环板焊接坡口型式采用单面 60 度无钝边坡口, 2~3mm 组对间隙确保全焊透。

b. 组装裙座壁板。裙座壁板组对完成放在底环板上后, 将裙座上开口 SA1-2 先划线开孔以方便进出施工。

c. 组焊装裙座筋板。裙座壁板安装完成后, 组对裙座筋板、盖板。点焊完成后将设备吊起放在稳固位置将筋板靠近螺栓一侧焊缝焊接。按四个正方做好标记。

② 筒节一+下封头的制作:

a. 在预制平台上将筒节纵缝组对焊接完成, 过程中应控制筒体椭圆度 $(D_{max}-D_{min}) \leq D_i$ (内径) /100, 及棱角度 $E \geq 3.2mm$, 以及纵缝错变量 $\leq 2.5mm$, 用磁力线坠控制筒体的垂直度 $\leq h/1000$ 。

b. 筒节预制做好之后, 在预制平台上找平找正, 再组对下封头, 因设备筒节壁厚 10mm 厚, 封头壁厚 12mm 厚, 组对焊接时保持设备筒节与封头内壁齐平。

③筒节二、三、四的制作:

a. 在预制平台上将筒节纵缝组对焊接完成,

过程中应控制筒体椭圆度 $(D_{max}-D_{min}) \leq D_i$ (内径) /100, 及棱角度 $E \geq 3.2\text{mm}$, 以及纵缝错变量 $\leq 2.5\text{mm}$ 。

b. 筒体环缝组对时应控制环缝错边量 $\leq 2.5\text{mm}$, 用磁力线坠控制筒体的垂直度 $\leq h/1000$ 。筒节预制做好之后, 在预制平台上找平找正, 再组对下封头, 因设备筒节壁厚10mm厚, 封头壁厚12mm厚, 组对焊接时保持设备筒节与封头内壁齐平。

c. 封头与筒节组装时, 需要个控制封头的水平度。过程中可将设备开孔、垫板及加强圈位置、方位进行标记方便下步施工。

④筒体五+上封头的制作:

a. 在预制平台上将筒节纵缝组对焊接完成, 过程中应控制筒体椭圆度 $(D_{max}-D_{min}) \leq D_i$ (内径) /100, 及棱角度 $E \geq 3.2\text{mm}$, 以及纵缝错变量 $\leq 1.5\text{mm}$ 。

b. 筒体环缝组对时应控制环缝错边量 $\leq 1.5\text{mm}$, 用磁力线坠控制筒体的垂直度 $\leq h/1000$ 。筒节预制做好之后, 在预制平台上找平找正, 再组对上封头, 因设备筒节壁厚10mm厚, 封头壁厚12mm厚, 组对焊接时保持设备筒节与封头内壁齐平。

C. 封头与筒节组装时, 需要个控制封头的水

母 材	焊条电弧焊 SMAW		气体保护焊 GTAW		
	焊条/规格	烘干温度/时间	焊丝/规格	保护气体	纯 度
S30408	A102/ $\phi 3.2$	350°C/1h	H08Cr21Ni10/ $\phi 2.5$	Ar	99.9%

2 现场组对、焊接的质量控制要点:

2.1 纵缝组对:

①组对前在平台上放出实样, 按放样线在内外均布点焊挡板。

②将两片筒节板放在预制平台上, 用龙门块、销铁、加减丝和顶丝等工具先点焊一条纵缝, 控制组对间隙。

③用盘尺测量筒节上下口外圆周长, 控制剩下一条纵缝组对间隙, 调匀后点焊固定。

④组对完成后拆除卡具, 将焊点焊疤打磨平滑。

2.2 环缝组对:

①现场环缝组对时应有经纬仪配合找正, 以

平度。过程中可将设备开孔、垫板及加强圈位置、方位进行标记方便下步施工。

1.3 色浆储罐现场焊接拼装的质量控制

(1) 裙座的现场安装:

裙座在厂房预制防腐完毕之后运至现场。裙座安装时, 首先在四个正方为放置垫铁, 裙座就位后, 使用经纬仪/水平尺找平找正后再加装其它垫铁。将裙座整体调平后点焊垫铁, 垂直度 $\leq h/1000$ 。

(2) 筒节一+下封头与裙座、筒节二、三、四与筒体五+上封头的现场组焊安装:

①. 筒体组焊过程中, 并使用经纬仪控制设备筒体的垂直度, 按垂直度 $\leq h/1000$ 控制。

②. 安装过程中可将设备开孔、垫板及加强圈位置、方位、进行标记方便下步施工。

③. 筒体环缝组对时应按排版图及图纸控制开口方位, 筒体椭圆度及棱角度。按椭圆度 $(D_{max}-D_{min}) \leq D_i$ (内径) /100; 及棱角度 $E \geq 3.2\text{mm}$, 以及环缝错变量 $\leq 1/4 \delta$ 。

④. 设备开孔。筒体组焊完成后, 按排版图在筒体上划线, 严格执行三检制度, 并报请监理确认后开孔, 将人孔件组对焊接。

⑤. 色浆储罐的焊接按照焊接工艺规程执行, 焊接基本参数按下表执行:

控制塔体的垂直度。

②现场环缝组对时应尽量少使用工装夹具, 且所有的工装夹具拆除后, 应对受损母材进行补焊并打磨平滑。

③环缝组对前应测量上下口的周长, 根据周长差控制组对错边量, 保证错边量不大于 4.5mm。

④环缝组对时, 用龙门块、销铁、加减丝和顶丝等工具进行组对; 组对时从一个位置开始分别向两个方向进行组对, 点焊长度不小于 40mm, 间距不大于 300mm。

⑤组对结束后, 立即将使用的所有辅助工具拆除, 并将留下的焊疤打磨圆滑过渡; 需要补焊时, 应补焊后再打磨至圆滑过渡。设备内部不壁板和封头到货构件经过抛光处理, 如果在内壁点

焊辅助工具, 割除后, 焊点处内壁需达到图纸要求粗糙度 Ra0.8。

2.3 组装公差要求:

①对口间隙 2mm; 对口错边量 b 不能大于 3mm。

②轴向形成的棱角用不小于 300mm 长的直尺样板检查, 棱角角度小于等于 3.8mm。

③整体垂直度小于等于 H‰(H 为两端部测点间距离), 且不大于 30mm。

3 内壁及内壁焊缝粗糙度的控制

按图纸要求, 设备内所有不锈钢材质与介质接触面采用抛光处理, 粗糙度为 Ra0.8, 为满足图纸要求采取以下措施:

(1)色浆储罐壁板及封头在板材及封头出厂时, 要求壁板及封头内侧粗糙度达到 Ra0.8 并贴膜保护, 在安装后、投用前去掉保护膜。

(2)对于预制和现场组焊的焊缝, 首先用剖光片打磨, 在用粒度 80 的砂纸打磨, 最后粒度为 180 的砂纸打磨, 经监理现场验收合格。

4 色浆储罐的水压试验:

(1)水压试验采用高压离心泵上水, 以新鲜水为水源, 要求水温不低于 5℃; 上水前应先将设备顶部的放空口打开。

(2)水上满且基础沉降观测合格后进行缓慢打压, 等压力升至试验压力值 0.05 MPa 保压至少 30 分钟, 设备本体无异常变形、无异常声响、无渗漏、无压降为合格; 然后打开放空阀将压力降至设计压力值 (0.05/-0.0005MPa) (以设备顶部压力为准), 保持足够长的时间(不小于 15 分钟)以对容器本体所有焊接接头和连接部位进行检查, 设备无异常变形、无异常声响、无渗漏、无压降为合格。

(3)水放完后再一次设备本体垂直度和基础沉降复测, 并做好数据记录。

综上所述: 采用以上的五方面的质量控制措施, 很好的管控了色浆储罐下料预制, 现场焊接安装的质量, 通过了现场监理和质量监督站的验收。对今后类似的工程有借鉴意义。

(上接第 27 页)

4.3 政策保障

4.3.1 强化各类政策保障支撑作用

贯彻落实好本规划, 政策协同是保障。要按照短期规划目标服从长期发展目标、短期规划政策服从长期发展政策、公共财政服从和服务于公共政策的原则要求, 坚持规划定方向、财政做保障、金融为支撑、其他政策相协调, 着力构建规划与宏观政策协调联动机制。

4.3.2 深化各类政策保障实施

要根据规划重大项目进行职责分工, 制定乡镇规划涉及本地区、本部门的主要目标任务和实施方案。对规划确定的约束性指标、重大工程项目和公共服务、生态环保、安全保障等领域任务, 要明确责任主体和进度要求, 合理配置公共资源, 引导调控社会资源, 确保如期完成。

4.4 村规民约

村规民约是大北庄村全体村民共同商议、认可并自觉遵守的行为准则。它涵盖了村民日常生

活、环境卫生、邻里关系、公共设施维护、乡风文明建设等多个方面。在具体内容上, 保持村容村貌整洁, 不乱丢垃圾、不随意堆放杂物; 尊重他人, 和睦相处, 解决纠纷时采取协商或调解方式; 积极参与村庄公共事务, 共同维护公共设施; 鼓励发展特色产业, 勤劳致富, 共同促进村庄经济发展; 弘扬优秀传统文化, 传承良好家风家训, 提升村庄文化软实力等。

参考文献

- [1] 王茜茜. 乡村振兴背景下特色保护类村庄的实用性村庄规划研究: 以山西省介休市南庄村为例[D]. 兰州: 兰州大学, 2021.
- [2] 杨芷怡, 焦健楠. 国土空间规划背景下特色保护类村庄规划探讨[J]. 规划与设计 2024 (06) 6-9.
- [3] 陈李波, 李琴, 陈剑宇, 等. 社区类型差异化视角下的城市老城区住宅社区适老化改造策略研究: 以武汉市为例[J]. 现代城市研究, 2022 (4): 95-103, 109.

建筑工程造价的工程结算与概算探究

孔祥通¹ 徐子茜² 孔冠雨³

1. 曲阜远东职业技术学院, 山东曲阜, 273100

2. 齐鲁理工学院, 山东章丘, 250200

3. 曲阜市奎文学校, 山东曲阜, 273100

摘要: 本文将深入探讨建筑工程造价的工程结算与概算。首先介绍工程结算和概算的概念、作用以及区别, 随后分析两者在工程造价管理中的重要性。文章将结合实际案例, 阐述工程结算和概算的编制流程、关键要素、常见问题以及相应的解决措施。最后, 展望未来建筑工程造价管理的发展趋势, 为更好地进行工程造价管理提供参考。

关键词: 建筑工程造价; 工程结算; 概算; 工程造价管理

Research on project settlement and estimate of construction project cost

Xiangtong Kong¹, Ziqian Xu², Guanyu Kong³

1. Qufu Far East Vocational and Technical College, Qufu 273100, China

2. Qilu Institute of Technology, Zhangqiu, Shandong 250200, China

3. Qufu Kuiwen School, Qufu 273100, China

Abstract: This article will deeply discuss the construction project cost settlement and estimate. Firstly, the concept, function and difference of project settlement and estimated budget are introduced, and then the importance of them in project cost management is analyzed. This paper will combine the actual case, expounds the project settlement and budget preparation process, key elements, common problems and corresponding solutions. Finally, this paper looks forward to the development trend of construction cost management in the future, and provides reference for better project cost management.

Key words: Construction project cost; project settlement; budget estimate; project cost management

前言

在建筑工程领域, 工程造价管理至关重要, 而工程结算和概算是其中的核心环节。工程结算是工程完工后, 根据实际发生的工程量和工程造价标准进行最终结算的过程。概算是指在工程开工前, 根据设计图纸、技术规范和市场价格等信息, 对工程造价进行预估的过程。工程结算和概算准确与否, 直接影响到工程项目的成本控制、资金筹措和投资收益。因此, 深入理解并掌握工程结算和概算的理论和实践, 对于提高建筑工程造价管理水平, 实现项目经济效益和社会效益具有重要意义。

建筑工程造价是工程建设中一项重要的经济指标, 它反映了工程建设的成本, 是工程建设管理的重要依据。工程造价的计算可以分为概算、预算和结算三个阶段, 其中工程结算是工程造价核算的最终阶段, 也是工程款结算的依据。建筑工程造价是指在建筑工程项目建设过程中, 预计或实际发生的全部费用总和。它不仅是衡量项目经济性的重要指标, 也是进行投资决策和成本控制的关键依据。在工程造价管理中, 工程概算和工程结算分别处于项目的前端和后端, 对项目的成功实施具有至关重要的影响。

工程概算是指在项目决策阶段, 根据初步设计文件和现行定额、指标等资料, 预估项目所需



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



的总投资额。其目的是为项目投资决策提供依据，并为后续的设计和施工提供成本控制目标。

工程结算是指在项目竣工验收后，根据实际完成的工程量、合同约定、变更签证等资料，对项目发生的实际成本进行汇总和核算。其目的是准确反映项目的实际投资，为项目效益评估和后续项目提供经验教训。

随着建筑行业的不断发展，工程造价管理面临着越来越多的挑战，如市场波动、技术创新、政策调整等。因此，深入研究工程结算与概算，优化造价管理流程，对于提高项目经济效益，促进行业健康发展具有重要意义^[1]。

1 概算

概算是指在工程设计阶段，根据初步设计或方案设计，对工程造价进行初步估算。概算一般用于投资决策、项目审批、资金筹措等方面，其精度相对较低。

概算的特点：

估算精度相对较低，一般误差率在 10%左右。

以设计图纸和工程量清单为依据，但设计图纸和工程量清单的详细程度有限。

采用一定的估算指标或系数进行计算，例如人工费、材料费、机械费等。

概算的编制方法：

概算指标法：根据类似工程的历史资料，采用概算指标进行估算。

参数法：根据工程技术参数，采用参数公式进行估算。

类似工程比较法：根据已完成的类似工程的造价数据，进行类比估算。

2 预算

预算是指在工程施工阶段，根据施工图纸和工程量清单，对工程造价进行详细计算。预算一般用于工程招标、合同签订、资金控制等方面，其精度较高^[2]。

预算的特点：

以施工图纸和工程量清单为依据，设计图纸和工程量清单的详细程度较高。

采用定额法或清单法进行计算，并考虑各种工程量、材料价格、人工工资、机械使用费等因素。

估算精度较高，一般误差率在 5%左右。

预算的编制方法：

定额法：采用国家或行业颁布的工程造价定额进行计算^[3]。

清单法：采用工程量清单和相应的单价进行计算。

3 结算

结算是指工程竣工后，根据实际发生的工程量、材料价格、人工工资、机械使用费等，对工程造价进行最终核算。结算一般用于工程款结算、工程造价分析、竣工验收等方面，其精度最高。

结算的特点：

以实际发生的工程量、材料价格、人工工资、机械使用费等为依据。

采用工程量清单、材料价格签证、人工工资单、机械使用记录等资料进行核算。

估算精度最高，一般误差率在 2%左右。

结算的编制方法：

清单法：采用工程量清单和相应的单价进行结算^[4]。

实物法：根据实际发生的工程量和材料价格进行结算。

4 工程结算与概算的关系

工程结算与概算是工程造价核算的两个重要环节，它们之间相互联系，相互影响。概算是工程结算的基础，结算是对概算的最终核算和确认。

概算提供工程造价的初步估计，为工程招标、合同签订、资金筹措等提供参考依据。

结算根据实际发生的工程量和材料价格等，对工程造价进行最终核算，并作为工程款结算的依据。

5 工程结算和概算在工程造价管理中的重要性

5.1 工程概算的作用

工程概算是指在工程项目建设前期,根据项目设计图纸、技术规范、市场价格等信息,对工程造价进行初步估算,为项目决策提供参考依据。概算的准确性直接影响到项目的投资决策,其主要作用体现在以下几个方面:

项目投资决策的依据:概算能够帮助业主了解项目的投资规模,为项目投资决策提供重要的参考依据。

资金筹措的参考:概算能够为业主提供项目资金需求的预估,帮助业主进行资金筹措和规划。

项目进度控制的参考:概算能够为项目进度控制提供参考,避免项目超预算或拖延工期。

项目风险控制的参考:概算能够帮助业主识别项目风险,并制定相应的风险控制措施。

5.2 工程结算的作用

工程结算是指工程项目竣工后,根据实际发生的工程量和工程造价,进行最终的结算工作,确定工程项目的最终造价。结算的准确性直接影响到工程项目的最终成本和业主利益,其主要作用体现在以下几个方面:

确定工程项目的最终造价:结算能够准确反映工程项目的实际成本,为业主支付工程款提供依据。

保证业主利益:结算能够防止工程款的虚报和浪费,确保业主利益不受损失。

总结工程造价管理经验:结算能够为今后的工程造价管理提供宝贵的经验教训,提高工程造价管理水平。

为工程造价信息库提供数据:结算数据能够为工程造价信息库提供真实可靠的数据,为后续工程造价估算提供参考。

5.3 工程概算与结算的相互关系

工程概算和结算是工程造价管理中的两个重要环节,两者之间有着密切的联系:

概算是结算的基础:概算是结算的预估,为结算提供参考和控制。

结算是对概算的检验:结算能够验证概算的准确性,并根据实际情况进行调整。

概算和结算共同为工程造价管理服务:两者共同构成了工程造价管理的完整体系,确保工程

项目的经济效益和社会效益。

工程概算和结算是工程造价管理的重要组成部分,对工程项目的顺利实施和最终效益的实现起着至关重要的作用。只有做好工程概算和结算工作,才能有效控制工程造价,降低工程成本,提高工程效益。因此,在工程项目实施过程中,要高度重视工程概算和结算工作,加强管理,确保其准确性和有效性^[5]。

5.4 成本控制:

工程结算和概算可以帮助项目管理人员准确掌握工程成本,及时发现成本偏差,采取措施进行控制。

5.5 资金筹措:

概算为项目资金筹措提供了依据,结算则确定最终的工程款金额,保障资金的合理使用。

5.6 投资决策:

概算为投资决策提供了参考依据,结算则为投资回报率的评估提供了数据支撑。

6 工程结算和概算的编制流程

工程结算和概算是工程造价管理的重要环节,两者在编制流程上具有相似性,但侧重点有所不同。本文将分别阐述工程结算和概算的编制流程,并简要分析其区别。

6.1 工程结算的编制流程

工程结算是指工程竣工后,根据实际发生的工程量和工程造价,编制工程最终结算价的流程。其编制流程如下:

收集资料:收集施工合同、工程变更单、工程签证、材料采购发票、人工工资单、机械租赁合同等相关资料。

核算工程量:根据实际完成的工程量,并结合施工图纸和工程变更单,进行工程量核算。

确定单价:依据国家或地方颁布的工程造价标准、定额以及市场价格信息,确定各分部分项工程的单价。

计算工程造价:将核算的工程量与确定的单价相乘,计算出各分部分项工程的造价,并汇总得出工程总造价。

编制结算报表:按照国家规定的格式,编制

工程结算报表, 包含工程概况、工程量清单、单价分析、造价计算等内容^[6]。

报送审核: 将编制的工程结算报表报送建设单位或相关主管部门进行审核。

结算确认: 审核通过后, 双方签署工程结算确认书, 确定最终结算价。

6.2 工程概算的编制流程

工程概算是指工程开工前, 根据设计图纸、工程量清单、市场价格等信息, 估算工程造价的流程。其编制流程如下:

收集资料: 收集设计图纸、工程量清单、招标文件、市场价格信息等相关资料。

核算工程量: 根据设计图纸和工程量清单, 进行工程量核算。

确定单价: 依据国家或地方颁布的工程造价标准、定额以及市场价格信息, 确定各分部分项工程的单价。

计算工程造价: 将核算的工程量与确定的单价相乘, 计算出各分部分项工程的造价, 并汇总得出工程总造价。

编制概算报表: 按照国家规定的格式, 编制工程概算报表, 包含工程概况、工程量清单、单价分析、造价计算等内容。

报送审核: 将编制的工程概算报表报送建设单位或相关主管部门进行审核。

概算确认: 审核通过后, 双方签署工程概算确认书, 确定初步的工程造价。

6.3 工程结算与概算的差异

工程结算和概算虽然编制流程相似, 但在侧重点和内容上存在差异:

时间节点不同: 工程结算是在工程竣工后进行, 而工程概算是在工程开工前进行。

数据来源不同: 工程结算的数据来自实际发生的工程量和工程造价, 而工程概算的数据来自设计图纸和市场价格信息^[7]。

目的不同: 工程结算的目的是确定最终的工程造价, 而工程概算是为了估算工程造价, 作为工程招标和资金筹措的依据。

工程结算和概算都是工程造价管理的重要环节, 两者相互关联, 共同为工程造价的控制和管

理提供依据。在实际工作中, 需要严格按照规范要求编制, 确保数据的准确性和可靠性。

7 工程结算和概算的常见问题

工程结算和概算作为工程建设过程中的重要环节, 其准确性直接影响到项目成本控制和经济效益。然而, 在实际操作中, 工程结算和概算工作经常会遇到一些问题, 以下列举常见问题及解决方案:

7.1 工程概算

概算编制依据不足: 部分工程概算编制时, 缺乏详细的图纸、设计文件和市场信息, 导致估算结果偏差较大。

概算指标选择不当: 由于缺乏对项目实际情况的了解, 部分概算编制人员往往选择不合适的概算指标, 导致概算结果与实际成本差距较大。

概算编制方法落后: 部分工程概算仍然采用传统的手工计算方法, 效率低且易出错。

7.2 工程结算

工程量清单错误: 部分工程量清单存在漏项、错项和计量错误, 导致结算结果不准确。

计价标准不一致: 不同单位、不同时期采用的计价标准可能存在差异, 导致结算结果出现偏差。

材料价格波动: 材料价格波动是工程结算中常见的难题, 若没有及时进行价格调整, 会影响结算结果的公平性。

7.3 其他问题

缺乏有效的成本控制措施: 部分工程项目缺乏科学的成本控制体系, 导致成本超支。

结算周期过长: 部分工程结算周期过长, 影响工程款的及时支付, 也增加了项目风险。

缺乏沟通协调: 由于缺乏有效沟通, 工程结算过程中容易出现分歧和纠纷, 影响项目进度

8 应对常见问题的措施

(1) 加强工程量清单管理: 制定严格的工程量清单编制、审核和验收制度, 确保清单内容准确、完整, 并定期进行核对和修正。

(2) 建立材料价格动态监控机制: 定期收集

市场材料价格信息,建立材料价格数据库,及时调整工程结算中的材料价格。

(3) 规范工程变更管理:制定严格的工程变更审批流程,明确变更的审批权限、审批时间和责任人,并建立变更记录,确保变更过程规范透明^[8]。

(4) 加强人工成本控制:建立人工成本核算制度,明确人工成本的核算方法和控制标准,并定期进行成本分析,采取措施降低人工成本。

(5) 加强隐蔽工程验收:制定严格的隐蔽工程验收制度,要求进行拍照、录像等记录,并留存验收资料,防止出现结算争议。

9 未来发展趋势

(1) 数字化管理:利用 BIM 等技术进行工程量计算和造价控制。

(2) 大数据分析:利用大数据分析技术,提高造价预测的准确性。

(3) 智能合约应用:利用智能合约技术,提高结算和支付的效率。

结语

工程结算与概算是建筑工程造价核算的重要组成部分,它们对于工程建设管理、资金控制、工程款结算等方面具有重要意义。在工程建设过程中,要严格按照相关规定和标准进行工程结算和概算,确保工程造价的准确性和合理性。工程

概算和工程结算是工程造价管理中不可或缺的两个环节。完善工程概算可以为项目投资决策提供依据,并为后续的成本控制提供目标。完善工程结算可以准确反映项目的实际投资,为项目效益评估提供依据。通过提高概算编制的科学性、加强概算评审、强化概算控制,规范合同管理、强化工程量管理、加强材料价格管理,并应用信息化手段,可以有效提高工程造价管理的水平,提高项目的经济效益,促进行业健康发展。

参考文献

- [1] 谢宝珍.安全文明施工费清单化计价探索与实践[J].工程造价管理,2022(6):65-70.
- [2] 甘海生.对中国《建设工程工程量清单计价规范》中“措施项目费”和英国《新计量规则》中“开办费”的异同分析[J].工程建设与设计,2019(5):288-290,293.
- [3] 李成栋,顾晓辉.工程造价建安费用构成与财务会计制度的对比及建议[J].工程造价管理,2018(3):10-17.
- [4] 程文锦,张菁菁,李萍.英、美、日工程造价管理模式及其特点研究[J].工程造价管理,2017(5):78-84.
- [5] 韩洋.工程造价中措施费的控制研究[J].山西建筑,2015(22):212-213.
- [7] 胡雷,雷雪芹,史小丽.中美机械台班单价组价对比分析[J].工程造价管理,2023(6):16-20.
- [8] 丁梯,张路刚,罗福君.中国与巴基斯坦公路工程造价标准概况对比[J].工程造价管理,2023(6):55-60.


(上接第 49 页)

参考文献

- [1] 王勇.新型复合材料在建筑工程中的应用与研究进展.建筑材料学报,2020,23(6):45-50.
- [2] 何阿强,蒙荣华,李翔.新型复合材料在土木工程结构中的应用研究.建筑实践,2024,17:56-60.
- [3] 李远.新型建筑材料在高层建筑结构中的应用研究.居舍,2023,34:42-44.
- [4] 张磊,王涛.ECC材料在建筑结构中的性能与应用.

建筑材料与结构,2022,12(4):22-29.

- [5] 贾振元.复合材料构件制造关键基础科学问题.国家自然科学基金委员会,2021.
- [6] 余涛.新型复合材料结构.广西,[年份未标明].
- [7] 刘晨.智能复合材料在结构健康监测中的应用.土木工程学报,2023,56(8):101-110.
- [8] 何明,李勇.3D打印复合材料在建筑施工中的应用.建筑技术开发,2022,49(12):45-52.
- [9] 王涛,张鹏.ECC梁柱在抗震建筑中的应用研究.建筑结构学报,2021,42(6):78-85.

 10.12479/questpress-jzkxygcyj.20250113

工程造价业务的拓展路径与发展机制研究

王 飞

天正大原项目管理咨询有限公司，山西太原，030000

摘要：在建筑业转型和市场竞争加剧背景下，传统工程造价业务主要集中在施工阶段成本。为了在这种情况下生存和繁荣，造价咨询公司必须探索其他方式，多元化业务已成为长期发展关键渠道。文章指出，拓展业务对于提高企业核心竞争力至关重要，并刺激全行业发展。然后，详细介绍了九条不同发展路径，包括全流程工程咨询、财务安排和融资或者投资服务、法律支持、争议解决领域。用表格总结了每个子行业核心工作角色、基本技能需求和未来前景。此外，它还提出可以通过制定战略来促进相关活动，建立平台结构，培育品牌。展望未来，该行业将呈现出更加专业化、多要素整合、更加依赖数字技术趋势，从而导致跨学科合作增强、全方位生命周期服务体系创建、数字技术在各种业务运营中更广泛应用等现象。

关键词：工程造价业务拓展；全过程工程咨询、工程造价改革；数字化造价（BIM技术）；全生命周期成本管理；品牌建设

Research on the Expansion Path and Development Mechanism of New Engineering Cost Business

Fei wang

Tianzheng Dayuan Project Management Consulting Co., LTD. Taiyuan 030000, Shanxi, China

Abstract: Amid the transformation of the construction industry and the increasing market competition, traditional engineering - cost business mainly focuses on construction - phase cost m. To stay afloat and prosper in this situation, Cost consulting companies must explore other ways, Diversifying business has emerged as a crucial channel for long - term d. The article points out that expanding business is vital for enhancing corporate core competitiveness and spurs industry - wide r. Then, It then details nine different development paths, including full - process engineering consulting, financial arrangement and financing/investment services, legal support, realms of dispute settlement, A table is employed to summarize the core job roles in each sub - sector, essential skill demands, and future outlooks of each sub - f. Moreover, It proposes that promoting relevant activities can be achieved through strategy formulation, setting up platform structures, and cultivating brand i. Looking ahead, this sector will show trends of more specialization, integration of multiple elements, heavier dependence on digital technology, resulting in phenomena like enhanced cross - disciplinary cooperation, the creation of all - encompassing lifecycle service systems, more extensive application of digital technologies in various business operations.

Key words: Expansion of engineering cost business; Whole process engineering consulting and engineering cost reform; Digital cost estimation (BIM technology); Whole life cycle cost management; brand building

1 引言

在建筑业转型升级背景中，工程造价处于前

所未有机遇和挑战，传统做法大多是集中在建设项目阶段上的成本控制工作里面，主要涉及估算，概算的编制过程以及预算审查这些核心的部分内



© The Author(s) 2025. Published by Quest Press Limited.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited



容。在如今建筑市场竞争越来越紧张的趋势之下,业主方面对于整个项目的投资收益率和全生命周期总成本管理的要求越来越高,所以使得工程造价的服务逐渐朝向多个领域展开的状况出现转变,就站在一个行业观察角度来讲,由于受到房地产调节政策方面的约束因素存在,导致房地产开发商的增速有所下降,并且引起针对工程造价咨询相关服务市场供求量产生波动现象变得更加显著,价格竞争变得异常激烈。这种大环境变化下的情形中,造价咨询服务想要实现长远发展目标并且增强自身的核心能力,必须去寻找并充分发掘自身资源上的优势特点,并尝试开拓具有创新性质的延伸领域方向进行探索研究。

2 工程造价业务延伸方向

2.1 全过程工程咨询

全过程工程咨询属于一种重要的创新形式,在工程造价领域有着很大的发展前途,它的主要特点就是造价专业的工作人员全面介入项目全生命周期的成本控制事务,贯穿决策,设计,招标,执行,验收以及运行维护等关键部分,这种服务包含早期的投资效益评估和经济可行性研究。设计阶段的价值工程操作以及成本改良,招标过程中的合同策略规划和工程量清单编写,施工期间的动态成本监控,竣工之后的结算审核以及绩效评定等内容^[1]。

2.2 财务与投资咨询

工程造价方面的专业人才在财务分析和投资咨询领域表现出很强的专业优势,他们对工程项目经济运行规律和成本构成要素有着全面的把控能力,可以给投资者给予准确的财务规划建议并支持科学的投资决策,其主要的服务内容包含项目融资方案规划,投资回报预估,税务筹划改进,资产价值评价等诸多方面。在金融机构里,这类专家可参与到工程项目信贷风险评判,抵押物价值判定等关键任务当中,伴随我国基础设施投融

资体制改革持续深入,特别是针对专项债券。政策性开发性金融工具等更新的融资形式的推广应用,工程造价同金融行业之间的跨界融合将会孕育出更多的合作机遇和发展潜力。

2.3 法律咨询与纠纷调解

工程造价同法律服务融合之后产生了新的业务形式,由于建筑行业的合同纠纷时常发生,而且大多牵涉到工程价款方面的争端,所以非常需要既懂工程又懂法律的知识型人才来帮忙。造价专业的工作人员可以做的工作范围包括:工程合同的起草与审查,关于变更索赔的咨询,工程造价的司法鉴定,仲裁调解这些主要部分。

2.4 绿色建筑与可持续建造咨询

“双碳”战略目标之下,绿色建筑和可持续发展的理念慢慢变成工程行业的关键走向,给造价行业开拓业务范围给予了宽广的天地,造价从业者可以凭借自身所学的知识体系,去开展绿色建筑成本效益分析,节能技术经济比较,全生命周期碳排放费用估算,绿色金融方案规划等一系列专业服务。

2.5 国际工程咨询

“一带一路”倡议深入推行之际,工程造价行业走向国际化的时机出现,国际工程咨询领域中成本把控,合同经营。FIDIC条款应用以及汇率风险防范等环节显示出明显特性,同国内项目相比,国际工程存在技术标准多样化,法律法规体系繁杂化以及潜在风险要素增多等状况,这就给造价服务的专业水准提出了新的要求^[2]。

2.6 教育与培训

工程造价专业教育与培训属于重要的发展方向,发展状况同行业转型进程联系密切,产业结构持续改善,企业及从业者的知识更新需求越发迫切,造价专业人才可以从事高校工程造价学科教学。职业资格认证指导,企业内部培训以及在线课程开发等工作,特别是数字化造价管理,全过程工程咨询这类新兴领域,系统性培训资源较

作者简介:

王飞(1986.04-),女,汉族,辽宁沈阳,本科学历,高级工程师,一级注册造价师,注册监理工程师,研究方向:工程造价咨询、全过程工程咨询、数字化与信息化、绿色建筑与可持续发展。

为缺乏。在开展此类教育培训的时候,从业人员要有坚实的理论根基,丰富的操作经验,还要熟悉现代教育技术和课程设计手段。

2.7 数据分析与研究

大数据技术迅猛发展时期,工程造价分析慢慢步入业务革新崭新阶段,作为专业领域重要人才,应当好好利用项目所积累起来的海量数据资源,着重展开工程造价指标评判。市场动态监测,成本预测模型创建等关键工作,某咨询机构凭借近五年的住宅工程项目造价数据,大约两千个样本,利用机器学习算法创建起成本预测系统,准确率高达九十二%。给投资决策给予可靠依照,住房和城乡建设部颁布的《工程造价改革方案》显示,以后会加大工程造价数据的系统化经营力度,促使各类建设工程造价信息达成标准化创建,着重化解数据分散状况,做到资源高效整合并共享。

2.8 供应链管理

工程建设项目成本构成里,材料设备费用占了很大比例,这就促使供应链管理渐渐成了造价格管控的关键部分,造价专业人员可以凭借建材市场行情监测,供应商综合评定。采购策略改善设计以及库存资源有效经营等服务,来推动供应链价值的改进,要承担这些职责,从业者就得全面把握建筑材料的技术特性,制造过程以及市场走向。还要深入探究现代物流管理的理论与实际操作,尤其在建筑材料价格起伏加大时,专门化的供应链咨询方案对冲成本风险的价值就更突出。

2.9 工程造价软件开发

信息化技术快速进步给工程造价行业带来了新动力,也给造价专业人员参与软件开发创造了机会,造价工程师是行业里资深专家,他们的实践经历很丰富。在需求分析,功能设计,质量保障等方面有明显的优势,现在主流造价软件开发团队里就有不少有多年从业经验的技术骨干,那些想转行做软件开发的造价从业者,要全面学习计算机科学的基本知识,深入了解软件工程理论体系,还要熟练掌握至少一种编程语言去解决问题。这种既有工程实践经验又有信息技术能力的复合型人才在行业中很有战略价值,有着宽广的职业前景和发展潜力^[3]。

3 业务延伸面临的挑战与应对策略

3.1 专业人才短缺

工程造价服务朝着多领域融合、全生命周期咨询方向发展,数字化转型步伐持续加快,复合型专业人才需求变得愈发明显,目前具备跨学科背景并精通数字化技术的高层次人才较为稀缺。工程造价领域尤其如此,同时掌握法律和财税知识的人才很少,擅长BIM、大数据分析或者人工智能等前沿技术的造价工程师数量不多,持有BIM认证的造价工程师占比大概只有23%。这种情况在一定程度上限制了工程造价服务的发展潜力和服务质量,要解决这个问题,可以创建“1+X”能力模型,把造价核心技能同多种数字化工具应用能力整合起来,要加深校企协同育人机制,改善工程造价专业课程体系,既巩固传统专业知识培养力度,又增添跨学科课程模块和数字化技能培训项目,进而塑造符合行业发展趋势的高素质复合型人才。

3.2 技术应用障碍

虽然BIM、大数据、人工智能和区块链等前沿技术在工程造价方面的应用前景宽广,但其商业化的推行依然遭遇着许多制约性因素。因为这些技术处在初期的成长阶段,有些功能模块不能契合工程造价业务较为繁杂的需求。由于较高的技术落实费用,包括软硬件的购入费用,维持运行的支持性花费,人员培训等费用都让企业感到顾虑重重,为了促使创新科技并加速产业化进度。政府和行业组织要加大对政策的支持力度,促使高校,研究机构和企业共同深入产学研合作,攻克核心技术难关,从而使得技术不断更新迭代并且完善起来,搭建起开放共享型的软件生态系统,提升供需双方的相互协作程度,能够减少技术应用过程中的门槛以及总体花费^[4]。

3.3 市场认知与接受度低

工程造价领域延伸服务的创新发展包含跨学科协同,全生命周期管理和数字化转型衍生的新业态模式,不过这些服务的行业影响力和市场渗透率仍需改进,有些业主由于不了解新的服务形式而更愿意采用传统的工程造价管理模式,没有完全认识到其潜在的价值和竞争优势,要改善市

市场对延伸服务的认同度, 造价咨询机构应该加大品牌塑造和推广力度, 通过举办专题研讨会或者案例分享会之类的活动, 系统阐述业务拓展所带来的经济效益以及实际应用价值。企业借助多种宣传媒介(手册, 微电影等)把线上线下的宣传途径整合起来, 系统地阐述业务领域的知识架构以及核心竞争力要素。政府部门和行业协会应当起到带头作用, 健全有关法律法规体系, 促使工程造价服务模式革新发展, 开展典型示范项目计划, 创建行业标杆案例库, 给同类型企业提供模仿对象和经验参照。

4 工程造价业务延伸的实施路径

4.1 明确企业战略定位

造价咨询企业在开展业务拓展的时候, 首先要形成明确的战略定位, 从自身的核心竞争力, 资源状况以及市场需求等很多方面出发, 规划业务发展的方向和重点领域。如果企业的技术实力很强, 品牌影响力很大, 就可以朝着全生命周期服务的方向转变, 给客户从项目开始规划一直到后期运维管理的全方位一体化服务。在此基础上, 企业要制订出系统的规划方案, 包含设定目标, 执行途径, 时间安排以及资源配置等内容, 还要创建起动态监测机制, 定时对战略执行情况展开评估, 按照内部和外部环境的变化, 随时调整业务布局 and 经营策略, 进而不断改进资源的利用效率。

4.2 构建协同服务平台

为了推动跨学科融合并且完善全生命周期服务模式, 造价咨询机构迫切需要创建协同服务平台, 这个平台要整合企业内部各个专业的资源, 包含造价分析, 法律支持, 税务筹划以及工程监理之类的团队, 做到数据共享并高效协同运作, 而且还要拓宽外部合作网络, 把设计单位。施工单位以及材料供应商等关联方纳入进来, 形成覆盖全产业链的服务生态系统, 依靠信息技术塑造起来的协同平台, 像依靠云计算架构的协作系统, 可以使得项目参与者随时得到信息, 展开线上交流并且一同工作, 进而明显改善工作效率并优化

协作效能^[5]。

4.3 加强品牌建设与市场拓展

品牌建设是企业开展业务延伸的重要支撑。造价咨询企业应注重打造自身的品牌形象, 树立专业、可靠、创新的品牌理念。通过提供高质量的服务, 积累成功案例, 提高客户满意度和口碑, 增强品牌的市场影响力。在市场拓展方面, 企业应采取多样化的策略。除了传统的客户介绍、招投标等方式外, 还可以通过网络营销、战略合作等方式拓展市场。

5 结论

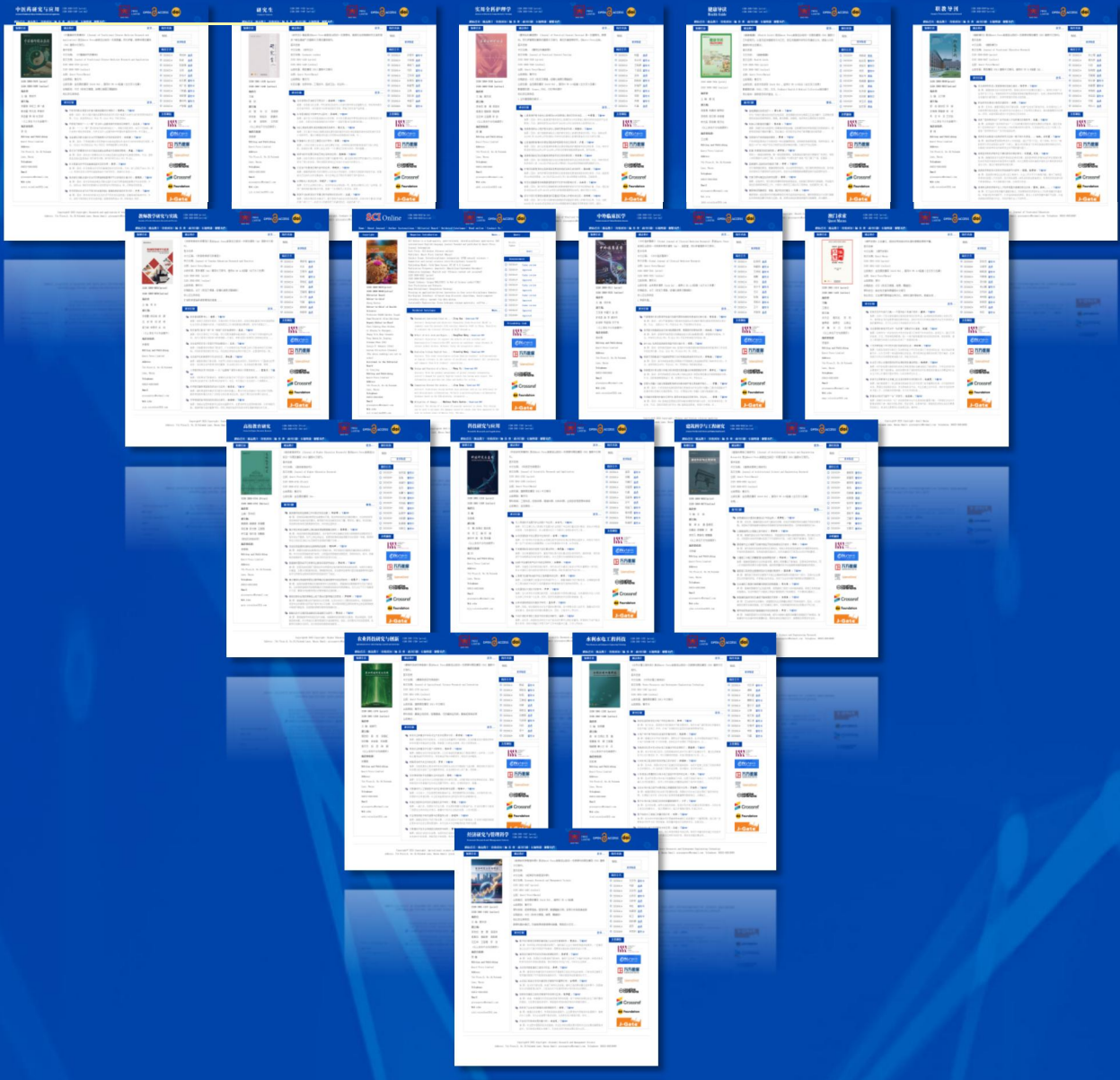
在建筑行业发展变革背景下, 工程造价业务延伸意义重大, 能提升企业核心竞争力、推动行业创新发展、提高项目投资效益, 但过程中面临专业人才短缺、技术应用障碍等挑战, 需通过构建人才培养体系等措施应对, 且明确企业战略定位等是有效实施路径; 随着建筑行业与技术发展, 该业务延伸前景广阔, 跨专业融合、全生命周期咨询、数字化转型将成重要发展方向, 未来行业将向专业化、综合化、数字化迈进, 造价咨询企业需创新变革以提升竞争力, 政府、行业协会与企业也应加强合作, 共同推动行业健康发展, 助力建筑行业转型升级。

参考文献

- [1] 中国建设工程造价管理协会. 中国工程造价咨询行业发展报告(2024版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2024.
- [2] 李萍, 王玉珠, 王诗悦. 中国工程造价咨询行业发展形势分析——基于2018-2020年工程造价咨询统计公报的数据分析[J]. 工程造价管理, 2022(1): 17-26.
- [3] 杨娇娇. 新发展阶段工程造价咨询行业高质量发展路径分析[J]. 建筑与预算, 2024,(04):13-15.
- [4] 牛杰. 工程造价咨询企业规模化发展的制约因素研究[D]. 重庆大学, 2022.
- [5] 宿辉, 窦琴源. 低碳经济下对工程造价咨询行业的研究[J]. 建筑设计管理, 2023,40(08):48-53.

SciOnline

OPEN ACCESS



QUEST PRESS





Architectural Science and Engineering Research

Editorial Committee

Editor-in-Chief

Han Wang

Deputy Editor-in-Chief

Jun Guan, Tao Yu, Mengsi Deng

Jiayu Hu, Congcong Li, Hui Wang

Zongfan Li, Shenghao Huang, Pengxin Zhang

(The above list is in no particular order)

Editorial Assistant

Mingyuan Wang

Editing and Publishing

Quest Press Limited

Address

7th Floor, D, No.19, Palawak Lane, Macau

Telephone

00853-68819699

Email

QuestPress@hotmail.com

Web site

jzkk.scionline2025.com