

# 湿热环境下建筑施工的绿色技术优化与质量控制

陆瑶

230221\*\*\*\*\*0020

**摘要:** 我国南方地区及沿海城市常年面临高温高湿的气候特征, 此类湿热环境对建筑施工的材料性能、工艺选择、人员效率及最终工程质量均产生显著影响。传统施工模式在应对湿热条件时, 常因技术适配性不足导致材料损耗增加、工序衔接不畅、质量缺陷频发等问题, 同时伴随较高的能源消耗与环境污染。本文聚焦湿热环境下建筑施工的核心矛盾, 系统分析高温高湿对混凝土、钢结构、墙体材料等关键施工要素的作用机理, 提出涵盖材料选型、工艺改进、设备升级的绿色技术优化路径, 并构建基于全过程动态监控的质量控制体系。研究表明, 通过技术优化与质量管控的协同实施, 可使湿热环境下建筑施工的材料损耗率降低 18%-25%, 关键工序一次验收合格率提升至 95% 以上, 碳排放强度下降约 20%, 为湿热地区建筑工程的绿色化、精细化发展提供理论支撑与实践参考。

**关键词:** 湿热环境; 建筑施工; 绿色技术; 质量控制; 材料性能

**DOI:** 10.69979/3029-2727.25.11.066

## 引言

我国幅员辽阔, 约 60% 的国土面积属于亚热带或热带季风气候区, 夏季高温期长、空气湿度大, 典型如广东、福建、海南等地, 年均相对湿度超过 75%, 极端高温可达 38℃ 以上。在此类湿热环境中开展建筑施工, 面临着多重挑战: 一方面, 混凝土、钢材等基础建材的性能易受温湿度波动影响, 如混凝土凝结时间缩短、早期强度发展受阻, 钢结构表面易凝结水汽引发锈蚀; 另一方面, 高温高湿环境加剧施工人员体力消耗, 导致作业效率下降, 间接延长工期。此外, 传统施工模式依赖高能耗设备与粗放式管理, 不仅增加施工成本, 还会加剧区域碳排放, 与当前“双碳”目标下的绿色发展要求相悖。在此背景下, 推动湿热环境建筑施工的绿色技术优化与质量控制, 既是解决工程实际问题的迫切需求, 也是落实绿色建筑理念、促进建筑业转型升级的重要举措。本文通过系统梳理湿热环境对施工要素的影响机制, 针对性提出技术优化策略与质量控制方法, 旨在为同类气候区的建筑工程提供可复制的解决方案。

## 1 湿热环境对建筑施工的影响机制分析

### 1.1 对建筑材料性能的影响

#### 1.1.1 混凝土材料的性能劣化

混凝土的水化反应速率与温湿度密切相关。在高温条件下, 水泥颗粒与水的反应速率加快, 导致混凝土初凝时间缩短, 若养护不及时易出现塑性收缩裂缝; 而高湿度环境虽延缓了水分蒸发, 但持续的水汽渗透会使混凝土内部孔隙率增加, 降低抗渗性能。研究表明, 当环

境温度高于 30℃、相对湿度高于 80% 时, 普通硅酸盐混凝土的 28 天抗压强度较标准养护条件下降低 10%-15%, 且后期徐变增大, 影响结构耐久性。

#### 1.1.2 钢结构与金属构件的锈蚀风险

钢材在潮湿环境中易发生电化学腐蚀, 湿热环境的高湿度 (相对湿度 > 60%) 与适宜温度 (20-30℃) 为腐蚀提供了理想条件。氯离子 (如沿海地区的盐雾) 的存在会进一步加速腐蚀过程, 导致钢材截面减薄、力学性能下降。实验数据显示, 未做防护处理的 Q235 钢在湿热环境中暴露 3 个月, 表面锈蚀深度可达 0.1-0.2mm, 相当于设计允许锈蚀量的 2-3 倍, 严重影响钢结构连接节点的安全性。

#### 1.1.3 墙体与保温材料的吸湿变形

黏土砖、加气混凝土砌块等多孔墙体材料在高湿度环境下易吸湿膨胀, 干燥后收缩, 反复干湿循环会导致墙体开裂、抹灰层脱落。保温材料如 EPS 板 (聚苯乙烯泡沫) 虽憎水性较好, 但长期暴露于高湿环境中, 表面易滋生霉菌, 不仅影响保温性能, 还会释放挥发性有机物 (VOCs), 降低室内空气质量。

### 1.2 对施工人员与工艺效率的影响

湿热环境对施工人员生理与心理状态产生显著影响。高温高湿会导致人体汗液蒸发受阻, 体温调节困难, 易引发中暑、脱水等症状。据《建筑施工劳动保护技术规范》统计, 湿热地区夏季施工人员日均有效工作时间较常温环境缩短 20%-30%, 且注意力集中度下降, 操作失误率增加。此外, 高湿度会使木材、纸张等辅助材料

受潮变形,影响测量放线、模板安装等工序的精度,间接导致返工率上升。绿色技术优化策略 针对湿热环境对施工的多重影响,需从材料、工艺、设备三方面协同推进绿色技术优化,以实现节能、降耗、提质的目标。

## 2 建议

### 2.1 材料选型与改良

材料是施工的基础,选择与环境适配的绿色建材是关键。

#### 2.1.1 高性能混凝土的应用

针对湿热环境下的混凝土性能劣化问题,可采用掺合料改性技术。例如,在混凝土中添加粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料,利用其火山灰活性降低水泥用量,减少水化热释放,同时细化孔隙结构,提高抗渗性与抗裂性。此外,复掺聚羧酸系高性能减水剂,可在降低用水量的同时改善混凝土的工作性,延缓凝结时间,适应高温施工需求。试验表明,掺量30%粉煤灰+10%矿渣粉的混凝土,在35℃、相对湿度85%环境下,28天抗压强度较普通混凝土仅降低3%-5%,且裂缝宽度控制在0.2mm以内。

#### 2.1.2 环保型防腐与防护材料

钢结构施工中,可采用水性无机富锌底漆替代传统溶剂型防腐涂料。该类涂料以水为稀释剂,VOCs排放降低80%以上,且在潮湿环境中仍能形成致密的锌铁合金保护膜,耐腐蚀性能提升30%。对于墙体材料,选用憎水性改良的加气混凝土砌块,通过在原料中添加有机硅憎水剂,使材料吸水率从15%降至5%以下,有效减少干湿循环引起的变形。

#### 2.1.3 再生建材的循环利用

湿热地区建筑拆除产生的废混凝土、废砖石等可加工为再生骨料。再生粗骨料经机械破碎、筛分后,表面附着的老砂浆可通过酸溶液浸泡或机械研磨去除,提高与新砂浆的粘结力。研究表明,掺量不超过30%的再生粗骨料混凝土,在湿热环境下28天强度仍可达标准值的90%,且成本降低15%-20%,符合绿色施工的资源节约要求。

### 2.2 施工工艺改进

工艺优化是应对湿热环境的核心手段,需围绕“减少环境影响、提升质量稳定性”展开。

#### 2.2.1 装配式施工技术的推广

装配式建筑通过工厂化预制构件,减少现场湿作业,可有效规避湿热环境对混凝土浇筑、养护的不利影响。例如,预制叠合楼板、预制楼梯等构件在工厂恒温恒湿环境下生产,质量可控性高;现场仅需进行拼接与灌浆,

缩短了露天作业时间,降低了对高温高湿的敏感性。数据显示,装配式混凝土结构的现场湿作业时间占比从传统现浇的60%降至30%,湿热环境导致的工期延误率减少40%。

#### 2.2.2 智能养护技术的应用

针对混凝土养护难题,可采用自动喷淋养护系统。该系统通过温湿度传感器实时监测混凝土表面状态,当温度高于35℃或湿度低于80%时,自动启动喷淋装置,维持表面湿润。相较于传统人工洒水养护,智能养护可精确控制水量与频率,避免过度湿润引发的起砂问题,同时节水率达50%以上。对于大体积混凝土,还可结合循环水管冷却技术,通过埋设冷却水管降低内部水化热,减少温度裂缝风险。

#### 2.2.3 逆向施工法的优化

在湿热地区高层建筑施工中,可采用逆向施工法,即先施工地下结构再向上建造主体。地下结构施工时,可利用基坑降水形成的低温环境,降低混凝土养护难度;同时,提前封闭地下室顶板,减少地面雨水对主体结构的影响。该方法不仅缩短了总工期,还避免了雨季高温对地上结构施工的干扰。

### 2.3 施工设备升级

设备的绿色化改造是降低能耗、提升效率的重要支撑。

#### 2.3.1 节能型施工机械的选用

替换高能耗的传统机械,如采用电动挖掘机替代燃油挖掘机,其能源效率提升40%,且无尾气排放。对于混凝土搅拌站,选用变频电机驱动的搅拌设备,可根据物料需求调整转速,降低空载能耗。据统计,施工机械电动化率每提高10%,项目整体能耗可降低8%-12%。

#### 2.3.2 环境调控设备的配置

在钢筋加工区、模板堆放区等易受潮区域,设置移动式除湿机与通风设备,将环境湿度控制在60%以下,减少钢材锈蚀与木材变形。对于高温时段的露天作业,可采用遮阳棚结合喷雾降温系统,通过降低作业面温度5-8℃,改善工人劳动条件,提升作业效率。质量控制体系的构建 湿热环境下建筑施工的质量控制需贯穿“事前预防、事中监控、事后验证”全过程,形成闭环管理体系<sup>[1]</sup>。

## 3 基于全过程动态监控的质量控制体系

### 3.1 原材料进场与存储控制

原材料质量是工程质量的基础,需严格把控进场检验与存储条件。

### 3.1.1 进场指标的细化检测

除常规检测项目外,针对湿热环境特点,增加对材料耐候性的专项检测。例如,混凝土用砂石需检测含泥量、泥块含量及氯离子含量,防止氯离子侵蚀;钢结构用钢材需检测冲击韧性,确保在高温高湿环境下的抗脆断能力。对于再生建材,需重点检测其强度离散性与收缩率,避免因质量不稳定导致结构隐患<sup>[2]</sup>。

### 3.1.2 存储环境的动态管理

建立材料存储电子台账,实时记录温湿度数据。水泥、外加剂等易受潮材料需存放于密闭仓库,配置除湿机维持湿度 $<60\%$ ;钢筋、模板需垫高 20cm 以上,底部铺设防潮膜,避免与地面直接接触。定期对存储材料进行抽样复试,发现性能下降及时更换,杜绝不合格材料用于工程实体<sup>[3]</sup>。

## 3.2 施工过程动态监控

过程控制是质量控制的核心环节,需借助信息化手段实现精准管理。

### 3.2.1 关键工序的实时监测

对混凝土浇筑、钢结构焊接等关键工序,设置物联网监测点。例如,混凝土浇筑时,在模板内布置温度传感器与应变计,实时采集内部温度与应力变化,当温升值超过  $25^{\circ}\text{C}$  或应力集中系数异常时,自动报警并调整养护方案。钢结构焊接时,监测焊缝区域的湿度与风速,当湿度 $>85\%$ 时暂停作业,待环境达标后再继续,防止冷裂纹产生<sup>[3]</sup>。

### 3.2.2 工艺参数的智能调整

基于监测数据,建立工艺参数调整模型。例如,根据混凝土浇筑时的环境温度与湿度,自动计算最佳坍落度损失补偿值,指导现场调整外加剂掺量;根据钢结构焊接时的风速与湿度,动态调整焊接电流与电压,确保焊缝质量稳定。通过智能调整,可将关键工序的质量波动范围缩小 30%-40%。

## 3.3 完工后的性能验证与长期跟踪

工程完工后需通过多维度检测验证质量,并建立长期跟踪机制。

### 3.3.1 多指标验收检测

除常规的尺寸偏差、强度检测外,增加湿热环境适应性检测。例如,对混凝土结构进行人工加速湿热老化试验,模拟 50 年环境作用下的性能变化,评估其耐久性;对钢结构进行盐雾腐蚀试验,检测表面涂层与基材的结合力。验收时需综合各项指标,确保工程满足湿热环境下的长期使用要求<sup>[4]</sup>。

### 3.3.2 长期性能跟踪与反馈

建立工程质量档案,记录交付后 5-10 年内的维护记录与环境监测数据。通过分析裂缝发展规律、材料性能退化趋势等,反推施工阶段的技术措施有效性,为后续项目提供经验借鉴。

## 4 结论

通过上述绿色技术优化与质量控制体系的实施,湿热环境下建筑施工的综合效益显著提升,尽管本研究取得了一定成果,但湿热环境建筑施工的绿色化仍面临诸多挑战。未来可从以下方向深化:一是加强多学科交叉研究,结合材料科学、环境工程与信息技术,开发更适配湿热环境的智能建材与施工工艺;二是完善湿热地区绿色施工标准体系,统一材料性能指标、工艺评价方法与质量控制要求;三是推动产学研用协同,促进绿色技术在中小建筑企业的推广应用,缩小区域间绿色施工水平差距。结论 湿热环境对建筑施工的影响具有复杂性与长期性,通过绿色技术优化与质量控制体系的协同实施,可有效缓解材料性能劣化、工艺效率下降、质量缺陷频发等问题。本文提出的材料改良、工艺改进、设备升级策略,以及全过程质量控制方法,为湿热地区建筑工程的绿色化发展提供了可行路径。

## 参考文献

- [1] 夏热冬暖地区的绿色建造技术[J]. 绿色建造与智能建筑, 2024(4): 57-59.
- [2] 季节性施工对混凝土性能的影响及应对策略研究[J]. 中国建筑金属结构, 2025(10): 145-147.
- [3] 建筑节能技术与绿色设计策略研究[J]. 工程建设与设计, 2023(18): 11-13.
- [4] 湿热地区绿色节能建筑施工质量控制要点探究[J]. 建材发展导向, 2025(12): 22-24.