

# 建筑工程中石材幕墙干挂施工技术优化研究

王冠

220122\*\*\*\*\*0710

**摘要:** 石材幕墙作为现代建筑外围护结构的重要形式,以其庄重典雅、耐久性强的特点被广泛应用。干挂施工技术作为其核心安装工艺,直接关系到幕墙的安全性、美观性及使用寿命。然而,传统干挂技术在结构设计、施工工艺、材料性能及质量控制等方面仍存在可优化空间。本文旨在系统分析石材幕墙干挂技术的结构组成,比较典型固定方式的优劣,梳理施工流程与控制要点,并重点从结构设计、工艺标准化、材料环保性以及质量维护体系四个维度,探析施工技术的优化路径,以期提升石材幕墙工程的整体质量与可靠性提供理论参考与实践指导。

**关键词:** 石材幕墙;干挂施工;技术优化;结构设计;工艺控制;质量控制

**DOI:** 10.69979/3029-2727.25.02.078

## 引言

随着建筑行业的快速发展与审美需求的提升,石材幕墙在高层及公共建筑中的应用日益广泛。干挂法相较于传统的湿贴工艺,具有连接可靠、抗震性能好、避免泛碱、施工季节影响小等显著优势,已成为主流施工技术。然而,在实际工程应用中,干挂技术仍面临诸多挑战:如结构设计不合理可能导致应力集中,施工工艺粗放易引发安装精度偏差,材料选用不当影响耐久性与环保性,后期维护体系缺失缩短幕墙寿命等。因此,对石材幕墙干挂施工技术进行系统性的优化研究,对于保障建筑安全、提升工程品质、推动行业技术进步具有重要的现实意义。本文结合工程实践与相关理论,对干挂技术的核心环节进行深入剖析,并提出综合性的优化策略。

## 1 石材幕墙干挂施工技术结构组成

石材幕墙干挂体系是一个复杂的系统工程,主要由支撑结构体系、金属连接系统、石材面板及密封系统四大部分构成。支撑结构体系通常采用钢结构或铝合金骨架,包括竖向主龙骨、横向次龙骨以及与建筑主体结构的连接件,其核心作用是将幕墙所承受的荷载可靠地传递至建筑主体<sup>[1]</sup>。金属连接系统是干挂技术的核心,包括挂件、螺栓、背栓、槽式预埋件等,它实现了石材面板与龙骨之间的柔性或刚性连接,其设计与选型直接决定了幕墙的安全性与适应性。石材面板作为装饰与防护层,其材质、厚度、加工精度及表面处理均需严格把关。密封系统则包括接缝处的密封胶、防水胶条等,承担着防水、防风、保温及适应变形的功能。这四个子系统相

互关联、协同工作,共同确保了石材幕墙的整体性能。

## 2 干挂石材幕墙典型固定方式比较分析

目前,干挂石材幕墙的固定方式主要分为钢销式、通槽式、短槽式、背栓式等几种典型类型,各有其适用范围与优缺点。钢销式是最早的干挂形式,通过插入石材边孔的销钉进行连接,对石材厚度要求高,抗震能力较弱,现已较少用于重要工程。通槽式采用铝合金SE挂件嵌入石材通长槽内,连接面积大,受力较好,但对石材开槽精度及强度要求高,槽口处存在应力集中风险。短槽式分为单肢与双肢短槽,通过短槽与挂件局部连接,施工相对灵活,但同样存在槽口处石材强度削弱问题,且承受荷载能力相对有限。背栓式是当前应用广泛且被认为安全性较高的一种方式,通过石材背部的扩孔与专用背栓连接,形成独立的固定点,实现了点连接,板材受力更合理,应力分布均匀,对石材厚度要求相对降低,且便于更换单块板材<sup>[2]</sup>。综合比较,背栓式在抗震性能、荷载传递、板材安装自由度及维护便利性方面优势明显,但成本相对较高。选择何种固定方式,需综合考虑建筑高度、抗震设防要求、石材种类、经济成本及设计风格等因素。

## 3 石材幕墙干挂技术施工流程与常见控制要点

干挂石材幕墙的施工是一个多工序、多专业配合的精密过程,其主要流程包括:施工准备与测量放线、主体结构预埋件检查与后置埋件安装、金属龙骨体系安装、石材面板安装、嵌缝密封处理及清洁验收。

在施工准备阶段,需对石材幕墙的设计图纸进行深

化会审,明确各专业管线与幕墙龙骨的位置关系,避免后期冲突;同时要做好石材面板的进场检验,包括外观质量、物理性能及加工精度的复核,不合格板材严禁使用。测量放线时,除了常规的平面坐标控制,还需考虑建筑主体结构的沉降变形及温度变形对幕墙的影响,预留合理的位移补偿量。预埋件检查应重点关注其位置偏差、数量及锚固深度,若发现预埋件缺失或位置偏移超出规范要求,需采用化学锚栓等后置埋件进行补救,且后置埋件的拉拔力必须符合设计要求并留存检测报告<sup>[3]</sup>。龙骨安装过程中,竖向主龙骨通常采用螺栓与埋件连接,需确保螺栓连接的紧固力矩达到设计值,横梁与主龙骨的连接宜采用角码与螺栓固定,避免焊接变形;安装完成后,应对龙骨体系进行整体刚度检测,确保其在风荷载作用下的挠度满足规范限值。石材面板安装前,需进行预排版,对石材的颜色、纹理进行分类编号,尽量减少相邻板块的色差;安装时,挂件与石材之间应设置弹性垫片,以吸收振动和温度变形产生的应力,同时通过调节挂件的位置精确控制板块的进出、左右及高低偏差,确保面板表面平整、接缝均匀。嵌缝密封施工前,需用专用清洁剂清理接缝两侧的石材表面,粘贴美纹纸控制胶缝宽度和直线度,注胶时应保持匀速、连续,确保胶缝内无气泡、无断缝,注胶完成后及时撕去美纹纸并清理多余胶体。施工过程中,应建立工序交接检验制度,上道工序未经检验合格不得进入下道工序,尤其对隐蔽工程需留存影像资料及验收记录,为后续质量追溯提供依据。

#### 4 石材幕墙干挂施工的技术优化路径探析

针对现有技术存在的不足与施工中的常见问题,应从系统性、全生命周期的角度进行综合优化。

##### 4.1 结构设计优化策略

结构设计的优化是提升幕墙安全性与经济性的根本。首先,推广采用基于性能的设计方法,运用有限元分析等现代计算工具,对幕墙体系在不同荷载工况下的受力状态进行精细化模拟,特别关注连接节点、应力集中区域的力学行为,优化龙骨截面尺寸、间距及连接方式,实现安全与经济的平衡。其次,注重节点的创新设计与标准化<sup>[4]</sup>。例如,开发新型的减震抗震连接节点,提高幕墙在动力荷载下的耗能能力;推广使用三维可调的连接系统,以更有效地吸收施工误差和结构变形。再

者,推动设计信息的数字化与协同,利用BIM技术进行幕墙系统的整体建模、碰撞检测、下料加工和安装模拟,从设计源头减少错漏碰缺,提高设计精度与施工可行性。

同时,在结构设计阶段还应充分考虑建筑所在区域的气候条件,如强风、高温、严寒等对幕墙结构的影响,通过风洞试验、温度场模拟等手段,优化结构的抗风载、抗温度变形能力。此外,针对大跨度、异形石材幕墙等复杂形式,需进行专项结构分析与验算,合理设置加强肋或转换层,确保结构体系的整体稳定性。在满足安全性的前提下,还可通过优化石材板块的分割尺寸与排列方式,减少材料损耗,降低整体自重,进一步提升结构设计在经济性与合理性。

##### 4.2 施工工艺流程标准化与精细化控制

施工工艺的优化核心在于标准化与精细化的落实。应编制详尽且可操作性强的标准化作业指导书,将测量放线、龙骨安装、挂件定位、石材安装、打胶等每一道工序的操作标准、允许偏差、检验方法具体化。推广使用高精度的测量仪器(如全站仪、激光扫描仪)和专用的安装工具,提升施工精度。引入“样板引路”制度,在大面积施工前,通过样板段的施工验证工艺、材料及工序衔接的合理性。加强过程质量控制,实行工序“三检制”,并利用信息化手段(如移动终端APP、二维码标识)进行质量数据的实时采集与追溯,实现施工过程的可视化管理。

针对石材安装环节,可建立“预排版-编号-定位”的标准化流程,利用BIM模型对石材颜色、纹理、尺寸进行虚拟预拼,生成带编号的加工清单与安装顺序图,减少现场色差与尺寸错配问题。对于龙骨安装的焊接或螺栓连接节点,应制定专项工艺标准,明确焊接电流、焊缝高度、螺栓拧紧扭矩等参数,并采用扭矩扳手、焊缝检测尺等工具进行量化检验。嵌缝密封工序需优化注胶工艺,推广使用双组分打胶机确保胶缝饱满度与混合均匀性,同时控制注胶环境温度、湿度,避免在雨天或灰尘过大时施工,注胶后应设置临时保护措施防止胶体污染或变形。此外,通过引入精益施工理念,对各工序的人员配置、机具调度、材料流转进行统筹优化,减少工序等待时间,提升施工效率,同时建立关键工序的可视化交底机制,利用三维动画、现场样板等方式确保施工人员准确理解工艺要求,从源头上降低操作偏差。

##### 4.3 材料与环保性能优化路径

材料的优化是保障幕墙耐久性与绿色环保的关键。在石材选材上,除了关注色彩纹理,更应严格控制其物理力学性能(如抗弯强度、吸水率、冻融系数)和放射性指标,推广使用经过加强处理的复合石材或超薄石材,以减轻自重。在金属材料方面,优先选用耐腐蚀性能优异的优质不锈钢或热浸镀锌钢材,并保证足够的截面尺寸。连接挂件和背栓应选用正规厂家生产的合格产品,其材质、规格、承载力必须符合设计要求<sup>[5]</sup>。环保性能优化方面,积极采用环保型密封胶(低模量、无污染);探索石材背衬保温一体化板的应用,提升幕墙的热工性能;关注幕墙系统的可拆卸设计,提高未来石材回收利用的可能性,体现循环经济理念。

同时,加强材料进场检验与质量追溯体系建设,对石材、钢材、密封胶等主要材料实行严格的抽样送检制度,确保其各项性能指标符合国家标准和设计要求。在材料运输与存储环节,应采取有效的防护措施,避免石材面板出现破损、污染或变形,金属构件需做好防腐防锈处理,防止在施工前发生锈蚀。此外,推动绿色建材的应用,优先选择获得绿色建材认证的产品,减少高能耗、高污染材料的使用,从材料源头降低幕墙工程对环境的负面影响,助力建筑工程实现可持续发展目标。

#### 4.4 质量验收与后期维护体系优化

建立科学、全面的质量验收体系并重视后期维护,是延长幕墙使用寿命的重要保障。验收工作应贯穿材料进场、工序交接、隐蔽工程和竣工验收全过程,不仅包括外观、尺寸检查,更要强化对结构性节点的力学性能检测(如锚栓拉拔力、挂件承载力)和密封性能的淋水试验。引入第三方检测机构进行独立评估。必须改变“重建设、轻维护”的观念,建立完善的幕墙工程档案,制定定期的检查、维护与保养制度。建议在工程交付后,编制《石材幕墙使用与维护手册》,明确日常检查内容、周期性检测项目(如连接件紧固状态、胶缝老化情况、排水系统通畅性等)以及常见问题的处理方法。可探索利用无人机、红外热像仪等设备进行高空巡检,提高检查效率与安全性,实现预防性维护。

同时,针对石材幕墙在长期使用过程中可能出现的石材开裂、密封胶失效、连接件锈蚀等问题,应建立分

级响应机制,明确不同故障等级的处理流程和责任主体。对于日常巡检发现的轻微损伤,如胶缝局部破损、石材表面污渍等,应及时进行修复和清理;对于影响结构安全的隐患,如连接件松动、石材板块位移等,需立即停工整改并组织专家评估。此外,还应加强对维护人员的专业培训,确保其具备识别风险、规范操作的能力,通过技术交底、案例分析等方式提升维护团队的专业素养。在信息化管理方面,可依托BIM技术构建幕墙数字孪生模型,将验收数据、维护记录、材料信息等纳入数据库,实现对幕墙全生命周期的动态追踪与管理,为后续维护决策提供数据支持。通过构建“预防为主、防治结合”的质量验收与后期维护体系,能够有效降低幕墙使用风险,延长其服役年限,确保建筑外观的持久美观与结构的长期安全。

## 5 结语

石材幕墙干挂施工技术的优化是一个涉及设计、材料、施工、管理及维护等多个层面的综合性课题。随着建筑技术的不断进步和行业标准的日益提高,未来的优化方向将更加注重安全性、精细化、绿色环保与智能化。通过推行基于性能的结构设计、实现施工工艺的标准化与精细化管控、选用高性能环保材料以及构建全生命周期的质量维护体系,能够有效提升石材幕墙工程的整体品质、安全可靠性与耐久性,推动建筑幕墙行业向着更高水平健康发展。本研究提出的优化路径旨在为工程实践提供系统性思路,具体应用仍需结合项目实际条件进行深入分析与灵活运用。

### 参考文献

- [1]许令准. 建筑工程中石材幕墙干挂施工技术优化研究[J]. 石材, 2026, (01): 125-127.
- [2]江睿. 建筑装饰工程中石材幕墙施工技术分析[J]. 中国住宅设施, 2025, (09): 164-166.
- [3]王洪霞. 建筑外墙干挂石材幕墙施工技术[J]. 砖瓦, 2025, (07): 156-158.
- [4]王秋勤. 建筑幕墙施工中的石材干挂施工技术分析[J]. 新发现, 2025, (12): 79-81.
- [5]田宝平. 建筑外墙干挂石材幕墙施工技术[J]. 中国住宅设施, 2025, (03): 10-12.