

建筑幕墙工程施工质量通病防治技术研究

周如海

嘉峪关市工程建设监理有限责任公司 甘肃 嘉峪关 735100

摘要:在幕墙工程的施工过程中,由于设计、材料、施工工艺及管理等多方面因素的影响,常出现诸如渗漏、脱落、变形、密封失效等质量通病,严重影响建筑的安全性、耐久性和使用功能。本文在系统梳理当前建筑幕墙工程中常见质量通病的基础上,深入分析其成因,并结合工程实践与规范标准,提出针对性的防治技术措施。研究表明,通过优化设计、严控材料质量、规范施工流程、强化过程监管以及引入BIM等数字化技术手段,可有效预防和控制幕墙工程质量通病的发生,提升整体工程品质。本研究对推动幕墙工程高质量发展具有重要的理论价值与实践指导意义。

关键词:建筑幕墙;施工质量;质量通病;渗漏;结构安全;防治技术

引言

建筑幕墙是指由面板(如玻璃、金属板、石材等)与支承结构体系组成的、可相对主体结构有一定位移能力、不承担主体结构所受作用的建筑外围护结构或装饰性结构。自20世纪80年代引入中国以来,幕墙技术迅速发展,已成为现代城市天际线的重要组成部分。然而,伴随着幕墙工程规模的扩大,质量问题也日益凸显。近年来,多地发生幕墙玻璃自爆、板块脱落、雨水渗漏等事故,不仅造成财产损失,更严重威胁公共安全。因此,系统研究幕墙工程施工中的质量通病及其成因,并提出科学有效的防治技术,对于保障建筑安全、延长幕墙使用寿命、提升建筑品质具有重要意义。

1 建筑幕墙工程常见质量通病类型及成因分析

1.1 渗漏问题

渗漏是幕墙工程中最常见的质量通病之一,主要表现为雨水通过接缝、开启窗、结构连接处等部位渗入室内。其根本原因往往并非单一因素所致,而是设计构造不合理、材料性能不足与施工操作不当共同作用的结果。在实际工程中,密封胶施工若存在不连续、内部气泡、厚度不足或基层处理不到位等问题,会显著削弱其粘结性能,使雨水在风压作用下轻易穿透胶缝。此外,部分幕墙系统未充分贯彻“雨幕原理”,缺乏有效的等压腔设计或排水路径被堵塞,导致雨水无法顺利排出,反而在负压区被吸入室内。开启窗部位由于频繁启闭,其密封胶条易因压缩量设计不足或五金件安装偏差而失去有效密封,成为渗漏高发区域。更值得注意的是,主体结构在使用过程中的沉降、温度变形或风致振动,也可能引起幕墙接缝宽度变化,超出密封材料的位移能力,从而诱发开裂渗水。

1.2 幕墙板块脱落或松动

在北方严寒、大风、昼夜温差大且冬季漫长的实际环境下,幕墙板块脱落或松动风险显著升高。连接系统可靠性不足是主因:预埋件或后置锚栓若定位偏差大、锚固深度不足,或在低温下使用不适用的化学锚栓,易因冻融循环导致锚固失效。材料方面,若不锈钢等级低于316L或防腐涂层不到位,在工业大气与融雪剂盐蚀共同作用下,连接件易发生腐蚀开裂。结构设计若未充分考虑强风、温度应力及风压集中效应,节点强度储备不足,易引发疲劳破坏。冬季施工中,低温焊接易产生裂纹,硅酮胶在5℃以下固化不良,同时,密封胶条(如EPDM)在长期低温环境下易硬化、收缩甚至脆化,丧失弹性密封功能,导致接缝松动、雨水渗入并加剧内部构件腐蚀;若胶条选型不当(如未采用耐低温型)或安装时预压缩量不足/过大,亦会加速其失效。此外,野蛮吊装造成隐性损伤,均埋下隐患。春季风沙堵塞排水孔、冬季积雪附加荷载,若缺乏入冬前专项检查与定期维护,微小缺陷极易演变为突发脱落事故。

1.3 面板破损(如玻璃自爆)

在玻璃幕墙中,钢化玻璃的自爆虽属小概率事件,但其突发性和碎片飞溅特性使其成为重点防控对象。自爆的主要内在原因是玻璃熔制过程中混入的硫化镍(NiS)杂质,在钢化后的长期使用中发生晶型转变,体积膨胀约2%~4%,在玻璃内部产生巨大局部应力,最终导致无外力作用下的自发破裂。除材料本身因素外,玻璃边缘在磨边、钻孔或开槽等加工过程中若产生微裂纹或崩边,会在安装后因框架约束或温度变化形成应力集中点,加速裂纹扩展。此外,若幕墙框架设计刚度过大或安装间隙预留不足,会使玻璃在热胀冷缩时受到额外约束,产生附加弯曲应力,进一步增加破裂风险^[1]。

1.4 密封胶老化与开裂

硅酮结构胶和耐候胶作为幕墙密封的关键材料，其耐久性直接影响系统整体性能。然而，在长期暴露于紫外线辐射、昼夜温差循环、臭氧侵蚀及酸雨等复杂环境因素下，密封胶易发生物理化学老化，表现为硬化、粉化、开裂或失去弹性。选材不当是首要诱因，例如未严格按照GB16776标准选用适用于幕墙工程的硅酮密封胶，或在高紫外线地区使用普通耐候胶而非抗紫外型产品。施工环境控制不严同样影响深远，在低温、高湿或灰尘污染严重的条件下打胶，会导致胶体固化不完全、界面粘结不良，大幅缩短使用寿命。此外，设计阶段若未充分考虑项目所在地的气候特征，如南方湿热地区的霉菌侵蚀或北方严寒地区的低温脆性，也会造成密封胶过早失效。

1.5 平面度与垂直度偏差

幕墙表面的平整度与垂直度不仅关乎建筑外观效果，也间接影响防水、气密等性能。此类偏差多由施工精度控制不足引起。龙骨系统作为幕墙的骨架，其立柱与横梁的安装若缺乏高精度测量放线支持，仅凭经验定位，极易造成累积误差，最终反映在面板拼缝错台或整体曲面扭曲。测量基准点在高层建筑中传递过程中若未进行三维复核，也可能导致上下层幕墙错位^[2]。此外，铝型材在运输、堆放过程中若未采取有效防护措施，可能发生弯曲变形；安装时若未考虑热胀冷缩效应，未按规范设置伸缩缝或滑动连接，也会在温度变化下产生内应力，导致面板鼓起或凹陷。

2 质量通病防治技术措施

2.1 设计阶段的预防控制

幕墙节点构造应充分考虑水密、气密、结构安全与可维护性，尤其在开启窗、阴阳角、收口及与主体结构交接等复杂部位，需通过三维建模进行详细推敲，避免现场“边干边改”。推荐采用“等压腔+导水槽”的复合防水设计理念，利用压力平衡原理阻断雨水渗透路径，并辅以独立排水通道确保积水及时排出。材料选型必须与工程所处环境相匹配，例如在人员密集区域优先采用夹层玻璃以防止坠落伤害，在沿海项目中选用316L不锈钢或重防腐处理的碳钢连接件。结构设计方面，应对关键受力节点进行有限元分析，综合考虑风荷载、地震作用、温度变形及施工误差，设置合理的安全冗余，确保在极端工况下仍具备足够的承载能力。

2.2 材料进场与加工质量控制

所有主材，包括玻璃、铝型材、密封胶、五金件等，均需提供完整的出厂合格证明及第三方检测报告，并在进场后按批次进行复检，重点验证玻璃的抗冲击性能、铝型材的力学指标及密封胶的相容性与粘结强度^[3]。推广工

厂化预制是提升加工精度的有效途径，单元式幕墙将大部分组装工作转移至环境可控的车间内完成，可显著减少现场切割、焊接、打胶等湿作业，降低人为误差。针对钢化玻璃自爆问题，应强制要求用于幕墙的钢化玻璃必须经过均质处理（HST），并通过热浸试验剔除含NiS杂质的高风险产品，从源头上控制自爆率。同时，建议在行业规范中明确材料信息标识要求，实现“一板一码”的全生命周期追踪。

2.3 施工过程关键技术控制

施工是设计意图落地的关键环节，其质量控制需贯穿全过程。预埋件的安装精度直接决定幕墙整体稳定性，应在混凝土浇筑前利用BIM模型进行空间定位模拟，并采用全站仪进行三维坐标复核，确保位置偏差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内；对于后置埋件，必须进行现场拉拔试验，验证其实际承载力不低于设计值的1.5倍。龙骨安装应遵循“先主后次、逐层校正”的原则，利用激光投线仪与高精度测量仪器进行放样，每三层设置一道三维可调支座，有效消除累积误差。横梁与立柱的连接宜采用机械锁紧方式，如销钉配合不锈钢螺栓，避免单纯依赖焊接带来的热变形与质量波动。密封胶施工必须严格执行标准化流程，打胶前彻底清洁基材表面，必要时涂刷底涂剂以增强粘结；施工环境温度应控制在 $5\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $40\%\sim 80\%$ ，胶缝尺寸需符合规范要求，并通过样板先行制度验证施工效果^[4]。开启窗作为功能性部件，其五金件必须与型材系统配套，安装后启闭力应小于 50N ，胶条压缩量控制在 $25\%\sim 35\%$ 之间，并设置独立排水孔防止雨水倒灌。

2.4 数字化技术赋能质量管理

BIM（建筑信息模型）技术已在行业内逐步推广，在设计阶段可用于幕墙分格优化与各专业间的碰撞检查，有效减少因图纸冲突导致的返工；在施工阶段，可基于模型生成精确的构件加工图和安装定位图，辅助现场放线与安装交底，提升施工精度；在项目交付后，BIM模型还可作为运维基础资料，整合幕墙材料规格、施工记录及验收资料，为后期维护提供信息支撑。此外，通过在加工厂和施工现场引入数字化放样、数控加工设备以及二维码或RFID标签管理系统，可实现构件从生产、运输到安装全过程的信息追溯，提高质量管控的系统性和可追溯性。这些技术手段虽不追求“高精尖”，但已在多个大型幕墙项目中落地应用，显著提升了工程质量与管理效率。

3 工程案例

以某超高层办公楼（高度280m）幕墙工程为例，该

项目地处东南沿海，台风频发，幕墙面积约8万m²，采用单元式玻璃幕墙系统。在初期施工阶段，监理单位通过淋水试验发现部分单元板块接缝存在渗水现象，同时个别开启窗启闭阻力过大，影响正常使用。经联合排查，问题根源在于单元板块底部排水孔在打胶过程中被意外堵塞，导致雨水无法排出；开启窗铰链安装角度存在约3°偏差，造成摩擦力异常增大；另有少量单元板块在长途运输中因固定不牢导致角码轻微变形，影响安装精度。针对上述问题，项目团队重新优化了排水构造，在单元底部设置双排水孔并加装防虫滤网；对所有开启窗进行三维空间校正，更换为高精度多点锁闭五金系统；同时在工厂端推行“三检制度”，强化出厂前的质量把关。此外，引入BIM与RFID技术，为每个单元板块赋予唯一身份编码，实现从原材料入库、加工、运输到现场安装的全流程信息追溯。整改后再次进行高标准淋水试验（3L/m²·min，持续5分钟），未发现任何渗漏，开启窗操作顺畅，项目最终顺利通过竣工验收，并荣获“鲁班奖”。

4 管理与制度保障

建议在大型幕墙项目中推行全过程工程咨询模式，引入具备专业资质的第三方幕墙顾问，从方案比选、深化设计到施工验收全程参与，提供独立、客观的技术监督。施工人员作为质量的直接执行者，其技能水平至关重要，应对打胶工、测量员、吊装指挥等关键岗位实行持证上岗制度，并定期组织工艺标准与安全规范培训，提升一线作业人员的质量意识。同时，应建立完善的质量责任追溯机制，通过信息化手段记录每一块面板、每一根龙骨的来源、加工人、安装时间等信息，做到“事事可查、责任可究”。在监管层面，住建主管部门应加强对幕墙类危大工程专项施工方案论证质量、现场实施一致性及验收程

序的抽查力度，对“以包代管”“方案与现场两张皮”等突出问题开展专项整治。行业协会则应牵头编制《幕墙工程质量通病防治指南》和《幕墙危大工程施工安全管控要点》，总结典型事故案例与最佳实践，引导企业从“低价中标”转向“品质优先、安全为本”的良性竞争。

5 结语

本文研究表明，渗漏、脱落、自爆等通病虽表现各异，但根源多在于细节设计缺失、材料控制不严或施工工艺粗糙；通过精细化设计、工厂化预制、标准化施工及数字化技术应用，可显著提升幕墙工程质量；建立全过程质量责任机制与行业协同治理模式，是实现幕墙工程长治久安的根本保障。未来，随着智能材料（如自修复密封胶）、机器人施工、AI质量识别等新技术的发展，幕墙工程质量通病防治将迈向更高水平。建议在《建筑幕墙工程技术规范》修订中，进一步强化对通病防治的技术要求，推动行业从“经验驱动”向“标准+数据驱动”转型。

参考文献

- [1]吉俊杰.建筑幕墙常见质量问题及对策研究[J].重庆建筑,2025,24(07):88-90.
- [2]沈雷.建筑工程施工质量通病防治技术研究与应用[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集(五).江苏银洲建设集团有限公司,;2025:425-429.
- [3]李光艺.高层住宅建筑玻璃幕墙工程施工质量管理探究[J].居舍,2025,(35):149-152+164.
- [4]冯润华.建筑幕墙施工技术及其质量控制探讨[J].石材,2025,(09):94-96.