

建筑幕墙施工中常见质量问题的预防与处理措施

杨春

上海开祥幕墙有限公司，上海，201700；

摘要：本文以威迈斯建设项目幕墙工程为例，针对该工程约 16000 m² 幕墙施工中常见的质量问题进行系统分析，通过工程实践与文献研究，识别出安装精度偏差、密封失效导致的渗漏及材料与构件质量缺陷是幕墙工程中发生率最高的三类质量问题。同时，结合具体工程数据与行业统计，提出针对性的预防和处理措施，通过全过程质量控制、标准化施工工艺和数字化技术的使用，显著提升幕墙工程的实体质量与耐久性，为同类建筑幕墙施工提供实践参考。

关键词：建筑幕墙；施工质量；渗漏防治；安装精度；密封胶

DOI：10.64216/3080-1508.26.02.010

引言

建筑幕墙是现代建筑的外围护结构，集美学、功能和节能于一体，其施工质量直接关系建筑的安全性、耐久性与使用性能。随着建筑高度与形态复杂性持续改变，幕墙工程施工技术难度越来越大，产生的质量问题增多。结合现有行业监管报告可知，既有幕墙质量抽查中，实体检查项目符合率不到 50%，其中密封胶老化、开启扇故障及安装缺陷是普遍存在的质量问题。这些问题如果处理不当，既会导致渗漏、能耗增加等使用功能缺陷，也会引发安全隐患。直接影响建筑全生命周期的价值。基于此，本研究结合威迈斯建设项目幕墙工程，深入分析幕墙施工中的典型质量问题，并基于工程实践与行业数据，提出具有可行性的预防与整改措施，以期为提升建筑幕墙工程施工质量管理的系统性与科学性提供参考。

1 工程概况

威迈斯建设项目幕墙工程位于上海市闵行区，具体地块东至华宁路，南至申芳路，西至莘泉实业，北至紫磊环路。该项目规划总用地面积为 19340.8 m²；主要包括二标段 1-2#楼和 1-3#楼。其中，1-2#楼是地上 13 层，建筑高度 59.85m；1-3#楼是地上 3 层，建筑高度 15.15m；建筑设计使用年限 50 年，抗震设防按 7 度设防，建筑耐火等级一级；项目幕墙面积约 16000 m²，其中框架玻璃幕墙约 13000 m²，铝板幕墙约 3000 m²，铝合金格栅 95 m²；主要系统为竖明横隐框架玻璃幕墙系统、铝板幕墙系统、玻璃栏板系统、铝合金格栅系统等。本标段 1-2#楼幕墙最大标高处为 59.85 米，幕墙施工高度超过 50 米，属于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程。

鉴于此，本项目在幕墙安装施工前，已严格组织编制了专项施工方案，按照规定由施工单位技术负责人审核签字、加盖单位公章，并报请总监理工程师审查签字、加盖执业印章。针对这一超规模的危大工程，施工单位已组织召开了专家论证会，对专项施工方案进行论证，经专家论证通过后的专项方案是现场施工的最高技术指导文件，必须严格执行，不得擅自修改。这一管理要求为本项目应对高空作业、复杂工艺带来的质量与安全风险奠定了严格的制度基础

2 建筑幕墙施工中常见质量问题分析

2.1 安装精度偏差导致的外观缺陷与性能下降

幕墙安装施工精度是质量的基础保障。针对该项目而言，其 1-2#楼高达到 59.85m 的立面上，微小的初始误差随着高度产生显著累积效应。该质量问题的产生，与龙骨安装偏差、板块对缝不平与错台、预埋件位置偏差三个方面存在密切的关系。（1）结合现有数据测算，如果第一层竖向龙骨安装产生±3mm 的初始偏差，在没有进行有效纠偏的情况下，到 13 层顶部偏差理论累计值可以达到 40mm，远远超过规范允许的±15mm 总偏差限值，直接导致立面严重扭曲。（2）本项目约 9500 块玻璃及铝板板块中，如果因放线或加工误差导致相邻板块出现>1.5mm 的错台，在低角度光照下将形成明显的视觉缺陷。根据现有研究可知，安装偏差每增加 1mm，幕墙单元在风荷载下的最大变形风险增加大约 15%，直接威胁密封系统的耐久性。（3）预埋件是连接幕墙与主体结构的关键，其前后倾角偏差如果>±10mm，将迫使采用后置埋件补救。但是，该项目需要确保所有后

置埋件（约占连接点 5%）均按设计要求采用至少 4 个 M12x160 的化学锚栓固定，单个锚栓抗拉拔力须经现场拉拔试验证实 $\geq 25\text{kN}$ ，否则将构成根本性安全隐患。

2.2 密封失效与雨水渗漏

雨水渗漏的建筑幕墙施工常见的功能性质量问题，直接影响建筑使用。针对该项目而言，渗漏发生与密封胶施工质量缺陷、排水系统设计或施工缺陷、开启扇部位渗漏三个方面存在密切的关系。（1）在该项目中，幕墙胶缝总长度预计 $> 2000\text{m}$ ，如果注胶工艺不合理，如基层清洁不达标。胶缝宽厚比没有控制在 2:1（如 6mm 宽、3mm 厚）的合理范围内等。结合现有数据统计，密封胶施工问题占幕墙渗透案例的 60%。（2）幕墙的“等压腔”排水原理至关重要。如果横梁排水孔出现遗漏或堵塞（孔径 $\geq 5\text{mm}$ ），同时层间封修、窗台等水平位置的“朝天缝”没有做导水设计，积水无法及时排出。在上海基本风压 0.55kN/m^2 的作用下，滞留在腔体内的雨水极易突破内部密封。（3）该工程包含数百个开启扇，是动态密封的薄弱环节。如果密封胶条压缩量不足（设计压缩量 $\geq 25\%$ ）或五金件（如锁点）调节不合理导致扇框闭合不严，缝隙 $> 1\text{mm}$ ，在风雨交加时会直接进水。

2.3 材料与构件自身质量及处理缺陷

材料是幕墙工程质量的物质基础，其缺陷具有隐蔽性和长期性，直接影响建筑为期 50 年的设计使用年限。

（1）在该项目中，大量使用钢制转接件、埋件等，如果热浸镀锌层不足（规范要求 $\geq 85 \mu\text{m}$ ）或焊接后没有进行二次防腐（如涂覆 $70 \mu\text{m}$ 以上富锌漆），在高湿环境下腐蚀速率加快。结合现有检查数据可知，没有达标的防腐处理可以让关键连接件的设计寿命缩短 50% 以上。（2）虽然项目以玻璃、铝板幕墙为主，但其 3000 m^2 的铝板幕墙如果涂层质量不达标（氟碳树脂含量 $\leq 70\%$ ），短期内出现失光、褪色。同时，如果铝板折边强度不足或加强筋设置不当（间距 $\leq 600\text{mm}$ ），在风荷载反复作用下很容易产生塑性变形或噪音。（3）该项目是耐火等级一级的建筑，层间防火封堵非常重要。如果防火岩棉的填充密度 $< 00\text{kg/m}^3$ 或承托的 1.5mm 厚镀锌钢板未连续铺设，将无法达到 1 小时以上的耐火极限要求。在保温构造中，若 24mm 厚保温岩棉的铺贴率低于 95% 或与玻璃面板间未留设 $\geq 50\text{mm}$ 的空气间层，显著降低幕墙系统的整体热工性能，导致型材内侧结露风

险增加，直接影响建筑节能效果。

3 建筑幕墙施工中常见质量问题的预防与处理措施

3.1 利用全过程测量控制与标准化安装，解决安装精度偏差问题

在该项目中，预防与处理安装精度偏差需要实施从设计到验收的全过程精细化管控，才能消除误差累积，从而实现毫米级精度。针对该问题而言，其预防措施以数字化与标准化为核心。在施工前，技术人员利用 BIM 技术建立与主体结构完全协调的幕墙三维信息模型，通过对全楼超过 9500 个幕墙模板进行数字化预拼装，提前发现并解决 $> 95\%$ 的潜在碰撞与尺寸冲突问题。同时，项目团队建立独立于土建的高精度三维测量控制网。其中，第一级（整体控制网）是以 ≥ 3 个永久基准点为基础，使用全站仪复核主体结构，偏差 $> 10\text{mm}$ 时必须修正；第二级（楼层控制线）是每层放出幕墙平面基准线和 $+1.000\text{m}$ 标高线，线位误差 $\leq 2\text{mm}$ ，并设置永久标识；第三级（构件定位线）是根据二级控制线精准弹出龙骨、埋板位置，定位误差 $\leq 1.5\text{mm}$ ，每级放线必须经不同人员双线复核，形成可追溯的测量记录。另外，现场龙骨安装推行“首件样板制”，首根立柱安装后，项目团队使用激光经纬仪在 0° 、 90° 、 180° 、 270° 四个方向复核，其垂直度偏差 $\leq H/1000$ 且 $\leq 3\text{mm}$ （H 为立柱高度）。等待验收合格后，其工法、工具和标准作为后续 13000 m^2 框架幕墙的统一安装基准。

针对已经出现的安装精度问题，需要采取针对性地处理措施。如果检测发现偏差在转接件长圆孔的可调范围内（通常为 $\pm 20 \sim 30\text{mm}$ ），通过微调螺栓进行矫正，矫正后需重新锁定；若偏差超出范围（如单层垂直度偏差 $> 5\text{mm}$ ），需要暂停作业，由技术部门制定专项矫正方案，可能涉及增设 5mm 厚钢补强板或附加转接件，所有方案经原设计单位书面确认。

3.2 借助系统性防水与精细化密封，解决渗漏问题

幕墙防水是系统性工程，需要遵循“以排为主、防排结合、多道设防”的原则。针对该项目而言，项目团队应当采取具量化的预防与处理措施。为预防渗透问题的产生，项目团队坚持构造优化与过程严控。在深化设计阶段，对所有窗台、女儿墙压顶等水平接缝进行排水分析，取消“朝天缝”，统一改为向外坡度 $\geq 5\%$ 的“企

口缝”或设置 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的滴水线。同时，为确保幕墙横梁上的排水孔通畅，其直径应 $\geq 5\text{mm}$ ，间距宜 $\leq 500\text{mm}$ ，形成明确的排水路径，促使进入等压腔的雨水能在 30s 内有效排出。另外，在板块安装和打胶完成后，项目团队进行100%的自检和抽检淋水试验，使用专业喷淋设备，对包括转角、层间、开启扇在内的所有关键部位，以 $\geq 0.3\text{MPa}$ 的水压、 $3.0\text{L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 的流量，持续喷淋 15min ，室内侧观察无任何渗漏方为合格。

针对已经出现的渗漏问题，项目团队利用精准诊断与计划性维护。在发现渗透后，项目团队人员使用红外热成像仪与示踪气体检测法精准定位进水点（漏点与内壁湿迹位置偏差常达 2m 以上）。如果是胶缝开裂，施工人员将原失效胶体彻底剔除到 $\geq 10\text{mm}$ 深度，按照上述标准工艺重新施胶，并养护 7d 以上；如果是排水孔堵塞，立即疏通并测试排水速度；如果是开启扇密封问题，调整五金件促使闭合缝隙 $\leq 0.5\text{mm}$ 或更换符合型号、压缩量 $\geq 25\%$ 的密封胶条。

3.3 依托源头管控与工艺升级，解决材料与构件缺陷问题

为确保项目幕墙工程在50年设计年限内的安全与性能，杜绝材料与构件缺陷，项目团队实施覆盖供应链、生产加工及现场工艺的全链条精准管控。为预防材料与构件缺陷问题，项目团队实施从源头到工艺的标准化，建立严格的材料准入与追溯体系，其中铝型材实测壁厚不得低于设计值（如主受力杆件 $\geq 3.0\text{mm}$ ），阳极氧化膜平均厚度 $\geq 15\mu\text{m}$ ；玻璃须查验CCC标志，提供均质处理证明以防自爆，原片品牌、批次需统一；钢材提供材质单，其热浸镀锌层局部厚度 $\geq 85\mu\text{m}$ ；硅酮结构密封胶必须提供与实际接触材料（玻璃、铝型材）的相容性及粘结性试验报告。所有材料均应附带二维码追溯标签，实现从生产到安装的全过程信息管理。同时，项目逾9500块幕墙板块的加工精度是质量基础。所有铝型材的切割、钻孔、攻丝必须在配备CNC数控加工中心的工厂完成，长度加工误差控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内，孔位偏差 $\leq 0.3\text{mm}$ 。对于关键的隐框玻璃板块，必须在温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 5\%$ 的净化车间内完成玻璃与铝

副框的注胶组合，并进行 7d 的养护。每批次须按1%的比例（且 ≥ 3 件）进行“切开法”或 90° 剥离法现场粘结性测试，不合格则整批报废。

针对已经出现的材料与构件缺陷问题，项目团队零容忍，并采取科学措施进行处理。对于已上墙的不合格材料，如色差超出允许范围的铝板（目视距离5米处可察觉）、有 $\geq 3\text{mm}$ 划伤的玻璃或防腐不达标的钢件，项目团队无条件拆除更换。同时，追溯同批次、同炉号的所有材料，进行100%复查，防止问题扩散。另外，在发现锈蚀后，项目团队进行科学评估。如果是表面浮锈（锈蚀深度 $\leq 0.1\text{mm}$ ，截面损失率 $< 5\%$ ），可打磨至露出金属光泽后，按标准补涂防锈漆与面漆。如果锈蚀已导致螺栓丝扣损坏或钢板实测厚度 $<$ 设计值10%以上，更换构件。但是，在更换前，施工人员设置临时支撑，技术人员验算其安全性。

4 结语

本文以威迈斯建设项目幕墙工程为例，系统分析建筑幕墙施工中安装精度偏差、密封渗漏及材料缺陷三个常见质量问题的成因与影响。从现有研究可知，在这种项目中，任何单一环节的失控都会导致连锁质量问题，如龙骨初始 3mm 的安装偏差在 59.85m 高度上产生近 40mm 的累积误差，而胶缝宽厚比未达 $2:1$ 标准致使渗漏风险显著增加。为预防与处理这些质量问题，项目团队提出全过程测量控制、系统性防水及源头管控为核心的措施，通过BIM技术预拼装、三级测量放线及密封胶全流程管控等方式，可以实现从设计、加工、安装、验收的闭环质量管理。未来研究需要引入物联网技术对幕墙受力、渗漏及胶体老化等进行长期实时监测，可以满足预测性维护的需求，以此保障幕墙施工质量达标。

参考文献

- [1] 杨王坤, 蔡璇, 雷军, 等. 新中式建筑幕墙设计要点解析——以西安国家版本馆为例[J]. 城市建筑空间, 2024, 31(12): 25–28.
- [2] 刘会莹. 建筑施工质量管理初探——以北京大学深圳医院深汕医院幕墙分部工程为例[J]. 建设科技, 2024, (S1): 130–133.