

建筑不规则外立面幕墙工程施工技术研究

王丹丹

上海屹恒建筑工程有限公司

DOI:10.12238/bd.v9i2.4343

[摘要] 不规则外立面幕墙以独特的艺术表现力和复杂的技术挑战,成为当代建筑创新的典型代表。本文重点探讨了不规则幕墙施工过程中的关键技术,包括测量放线、龙骨安装、注胶密封、特殊节点处理和板材安装等,阐述了各工艺环节的实施要点和质量控制措施。同时,文章还分析了BIM等数字化技术在不规则幕墙设计优化、生产加工、装配施工等方面的应用价值,展望了装配式、精益化、智能化等先进建造方式对行业发展的引领作用。文章指出,实现不规则幕墙的高质量建造,需要设计、生产、施工等各方通力协作,充分利用数字化手段,并将协同、精益、可持续等理念贯穿于建造全过程。

[关键词] 不规则外立面幕墙; 施工技术; BIM技术; 数字化建造

中图分类号: TV52 文献标识码: A

Research on Construction Technology of Irregular Facade Curtain Wall Engineering in Buildings

Dandan Wang

Shanghai Yiheng Construction Engineering Co., Ltd

[Abstract] Irregular facade curtain walls have become a typical representative of contemporary architectural innovation with their unique artistic expression and complex technical challenges. This article focuses on the key technologies in the construction process of irregular curtain walls, including measurement and setting out, keel installation, adhesive sealing, special node treatment, and panel installation. It elaborates on the implementation points and quality control measures of each process link. At the same time, the article also analyzed the application value of digital technologies such as BIM in the optimization of irregular curtain wall design, production and processing, assembly and construction, and looked forward to the leading role of advanced construction methods such as assembly, lean, and intelligence in the development of the industry. The article points out that achieving high-quality construction of irregular curtain walls requires collaboration among all parties involved in design, production, and construction, making full use of digital means, and integrating concepts such as collaboration, lean, and sustainability throughout the entire construction process.

[Key words] irregular facade curtain wall; Construction technology; BIM technology; Digital construction

引言

当代建筑设计日益追求个性化和艺术化表达,不规则外立面幕墙以其独特的造型和卓越的性能,成为彰显建筑创新精神的重要载体。不规则幕墙打破了传统方盒子的设计思路,通过曲面、折线、异形等复杂几何体形塑造建筑表情,营造出灵动多变的视觉效果,成为现代建筑语汇的新宠。然而,不规则幕墙的设计和施工复杂度远超传统平面幕墙,对深化设计能力、构件生产工艺、安装施工组织提出了更高要求。这也为建筑工程带来新的机遇和挑战。

1 不规则外立面幕墙概述

1.1 不规则外立面幕墙的定义

不规则外立面幕墙是指在建筑外围护结构中,不遵循传统平面、规则几何形态的幕墙系统。这类幕墙打破了常规的矩形

网格布局,呈现出曲面、折线、扭转或不规则多边形等复杂形态,为建筑赋予独特的艺术表现力和视觉冲击力。

1.2 不规则外立面幕墙的设计特点

建筑设计角度看,不规则外立面幕墙突破了传统建筑的刚性表达,实现了建筑师更为自由的创作语言。这种幕墙系统往往成为建筑的标志性元素,体现了当代建筑追求个性化、艺术化的设计趋势。代表性案例包括北京国家大剧院的蛋壳状玻璃幕墙、广州歌剧院的流线型外立面等,这些设计通过不规则形态传达了独特的建筑理念。从技术层面来看,不规则外立面幕墙通常具有空间曲率变化、节点复杂化、构件非标准化等特点。与常规幕墙相比,它需要更加复杂的几何控制和精确的空间定位,对设计深化、构件制造和现场安装都提出了更高要求。

2 建筑不规则外立面幕墙施工关键技术

2.1 测量放线技术

测量放线是不规则幕墙施工的基础,其精度直接影响后续构件安装和整体效果。首先,应根据深化设计图纸,利用全站仪、激光扫描仪等设备对幕墙的空间曲面和关键节点坐标进行测量,获取准确的三维数据。其次,在现场放出定位轴线和标高控制点,并用专用工装校核曲面的实际形状与理论模型的偏差。再次,将放线数据录入BIM系统,生成符合实际的数字化模型,指导构件加工和安装定位。同时,建立测量成果的检验机制,运用激光跟踪仪等设备实施复核,确保放线精度满足设计要求。

2.2 龙骨安装技术

不规则幕墙的龙骨安装是一项复杂的专业工作,对施工精度和效率提出了较高要求。龙骨多采用异形铝合金或钢构件,需要根据曲面几何特征和应力分布进行优化设计,并采用数控加工等先进工艺制造。安装时,应借助经过参数化深化设计的定位胎架,控制标准层高、构件轴线和平整度。采用带有微调机构的非标准连接件,如组合爪钩、角码等,能够灵活调节构件之间的衔接关系,保证安装精度。此外,还需综合运用三维激光扫描、吊装监测等数字化手段,动态跟踪测量龙骨架的空间位置和变形,为后续面板安装提供可靠的基准。同时,加强龙骨材料验收和成品保护,做好防腐防锈处理,确保骨架安全、耐久。科学的龙骨安装是不规则幕墙施工质量的关键,需要设计、加工、测量、安装等多环节的精细化管控。

2.3 注胶技术

注胶是不规则幕墙防水密封的关键工艺,直接影响建筑的适用性和耐久性。不规则幕墙多采用硅酮结构胶进行注胶,这种胶具有良好的粘结性能和耐候性。注胶前,应对胶缝进行合理设计,优化胶缝宽度和深度比,确保胶层具有足够的变形能力。同时,要对接缝面进行打磨、清洁、涂刷底涂剂等前处理,提高胶层与基材的粘结强度。采用气动胶枪进行注胶施工,控制打胶速度和胶量,确保胶缝饱满、连续、无气泡。注胶完成后,需要进行外观检查和拉伸试验,评估胶缝的粘结强度和抗拉伸性能。针对复杂的空间曲面,可采用机器人自动注胶等智能化施工技术,提高注胶效率和精度。注胶的耐久性还取决于正确的维护,定期开展胶缝清洁和修补,避免胶材劣化失效。

2.4 特殊节点处理技术

不规则幕墙在转角、凹凸面等部位往往出现异形节点,这些节点的构造和施工处理对幕墙的整体性能至关重要。设计时,需针对节点的几何形态、受力特点进行专项深化,优化确定龙骨布置、面板分割和连接方式。加工时,异形节点构件多采用数控机床和3D打印等柔性化生产方式,以适应造型复杂、小批量、多品种的生产需求。安装时,要对节点进行精确测量和定位,利用三维激光扫描等数字化手段辅助装配,并用精密调节件实现毫米级安装公差控制。在节点防水方面,设计中应采取等高纵剖面、凹槽排水等措施,现场施工时严格做好附加防水层敷设、堵漏等专项处理,确保节点防水等级满足设计要求。节点处的装饰

盖板安装同样需要精细操作,采用干挂暗锚固定,并预留适宜的伸缩缝,以适应结构变形。

2.5 幕墙面板安装与调整技术

不规则幕墙面板安装是整个幕墙施工的最后一道工序,直接决定幕墙的视觉效果和使用性能。面板安装前,应对龙骨架进行实测,并据此对面板的尺寸和分布进行优化调整,确保面板与龙骨的匹配度。安装时采用定位胶垫或马鞍垫等连接件,可在一定范围内调节面板的空间位置,从而补偿龙骨安装偏差带来的影响。对于曲面幕墙,面板安装还需要借助数字化测量和吊装工具,实时监控面板的空间坐标和法向偏差,引导安装就位。面板安装完成后,需要对接缝进行校正,控制缝宽均匀一致,确保整体视觉效果。针对热弯玻璃等非平板材,安装精度控制尤为关键,可采用真空吸盘等专用工装,实现无应力安装。此外,面板安装还要满足幕墙的开启功能要求,铰链、执手等五金件安装同样需要精细调试。不规则幕墙面板安装是手工技艺与数字化技术相结合的典型,对施工操作的专业性和细致性提出了更高要求。

2.6 运用BIM技术

BIM技术在不规则幕墙工程中得到了广泛应用,为设计优化、生产加工、现场安装等环节提供数字化支持。基于BIM平台,可对幕墙进行参数化设计和虚拟装配,优化龙骨布置和面板分割方案,并自动生成各构件的加工数据,实现设计与生产的无缝衔接。施工准备阶段,利用BIM进行碰撞检查和4D施工模拟,预判施工难点,优化资源配置和作业顺序。现场施工中,可将深化设计模型导入移动终端,指导构件定位与安装,并与实测数据对比分析,及时发现和解决偏差。基于BIM的运维管理则可实现幕墙构件信息与实物的精确对应,便于开展质量追溯和维修养护。将BIM技术与物联网、激光扫描等技术深度融合,可打造智慧幕墙,实现设计、施工、运维全生命周期的数字化管理。BIM正在成为不规则幕墙工程的核心竞争力,推动行业向精益化、智能化方向发展。

3 建筑不规则外立面幕墙工程施工措施

3.1 施工准备措施

不规则幕墙施工准备是确保工程顺利实施的关键,施工准备应从设计交底开始,组织各参与方进行图纸会审和技术澄清,明确设计意图和技术路线,识别关键节点和难点部位,制定针对性的施工方案。材料准备方面,应提前调查市场,优选有资质的供应商,对玻璃、铝板、硅酮胶等主材进行抽样检测,确保材料质量满足设计和规范要求。设备准备方面,应根据幕墙特点配置经过检定的测量仪器、高空作业平台、智能化吊装设备等,并做好设备进场验收、操作人员培训等工作。技术准备方面,应组织设计、施工、监理等各方进行技术交底和方案论证,开展关键工艺的试验与验证,优化施工工法和操作规程。同时,要做好技术培训,提高各工种作业人员的技能水平,并考核合格后持证上岗。此外,还应做好场地硬化、排水、用电等施工现场准备工作,合理布置材料堆放场、加工车间、办公区等临时设施。施工准备是不规则幕墙工程实施的基础性工作,需要工程各参与方的

通力合作和精心组织, 为确保幕墙工程的质量、安全、进度奠定坚实基础。

3.2 施工工序措施

不规则幕墙施工工序繁多, 各专业交叉作业频繁, 需要科学统筹, 精准管控。测量放线是首要工序, 直接影响后续施工, 应综合运用全站仪、激光扫描仪、BIM模型等手段, 实现数字化放线和复核。龙骨安装应以放线数据为基准, 并使用经过深化设计的定位胎架, 确保骨架精准就位。龙骨安装还应与埋件预埋、防火封堵等专业工种密切配合, 协调解决接口问题。幕墙面板安装前, 应对骨架进行预调平, 并结合BIM模型对面板排版进行优化, 以最大限度减少规格型号, 提高工厂化预制比例。面板安装采用分块循序作业方式, 严格控制固定点位置和缝隙均匀度。防水打胶则穿插于面板安装中, 并应分多道工序进行, 确保饱满密实。施工过程中, BIM模型应作为信息载体, 指导各工序操作, 并及时更新完善。同时, 应加强过程检验和关键节点验收, 坚持“零缺陷”移交。不规则幕墙施工工序的合理安排和精细化管理是确保质量、提高效率的关键所在。

3.3 质量控制措施

不规则幕墙的质量控制贯穿设计、施工、验收全过程, 应建立完善的质量管理体系, 实行全员、全方位、全过程的质量管理。设计阶段, 应组织相关专业进行设计评审, 优化设计方案, 提高深化设计质量。采购阶段, 应严格执行材料认证制度, 从源头把控材料质量, 并经过见证取样检测后方可进场使用。施工阶段, 应健全质量责任制, 层层落实质量责任。编制详细的施工方案和操作指引, 并对关键工序实行样板引路, 加强自检互检。同时, 做好材料复检、设备调试、技术交底等工作, 强化过程质量控制。验收阶段, 应严格执行相关验收规范, 对不合格工程“零容忍”, 坚决返工重做。质量检查应形成闭环管理, 将质量问题追溯到相关责任人并及时总结经验教训。引入第三方检测开展飞行检查, 客观评估工程实体质量。此外, 应建立数字化质量管理平台, 运用BIM等信息化手段实现质量数据的采集、分析、预警, 助力精细化质量管控。

3.4 安全保障措施

不规则幕墙施工面临较大的安全风险, 必须将安全管理放在首要位置。应建立健全安全生产责任制, 明确各级管理人员和作业人员的安全职责, 签订安全目标责任书, 层层传导压力。要编制可操作性强的安全专项施工方案, 针对高空作业、起重吊

装、消防安全等危大工程制定针对性的安全技术措施。应开展全员安全教育培训, 提高从业人员的安全意识和技能, 并将安全培训考核与绩效考核挂钩。加强安全设施管理, 配备足够的安全帽、安全带、安全网等防护用品, 并定期进行检查和维护。严格执行危险作业审批制度, 规范动火、临边等作业行为。在脚手架、升降机等临时设施搭设和使用过程中, 应严格按照方案要求进行验收和日常巡检, 及时消除安全隐患。可引进塔吊可视化监控、VR安全培训等信息化手段, 提高安全管理的精细化水平。要制定应急预案, 配备必要的应急救援物资, 定期组织应急演练, 提高突发事件的应急处置能力。不规则幕墙施工必须时刻紧绷安全之弦, 将安全理念贯穿于施工全过程, 为建设精品工程保驾护航。

4 结束语

综上所述, 不规则外立面幕墙是当代建筑创新设计的产物, 其独特的艺术表现力和复杂的技术挑战备受关注。不规则幕墙施工涉及测量放线、构件安装、防水打胶、节点处理等诸多关键技术, 需要设计、加工、安装等各方的通力协作。BIM等数字化技术正在为不规则幕墙的设计优化、生产加工、装配施工等环节赋能, 推动行业迈向精益化、智能化发展新阶段。展望未来, 在数字化建造、装配式施工等新兴理念的指引下, 不规则幕墙的设计、施工模式必将经历新的变革, 为人类营造更加美好、更可持续的建筑环境。作为建筑从业者, 我们应紧跟行业发展潮流, 积极拥抱新技术、新工艺, 在创新发展中实现自身价值, 为推动建筑业的进步贡献智慧和力量。

[参考文献]

- [1]罗相鹏.公共建筑不规则外立面幕墙工程施工的关键技术分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(2):000.
- [2]黄锐.公共建筑外立面幕墙工程设计与施工方法分析[J].江西建材,2023(6):246-248.
- [3]周程.公共建筑工程中的采光顶幕墙施工技术[J].工程建设与设计,2023(2):146-148.
- [4]冯元科.公共建筑玻璃幕墙工程绿色施工技术分析[J].建材与装饰,2024,20(33):34-36.

作者简介:

王丹丹(1982--),女,汉族,吉林省四平市人,本科,工程师(中级),研究方向:幕墙设计及安装。