

激光扫描在幕墙施工中的应用

刘霆宇

武汉凌云建筑装饰工程有限公司 安徽 合肥 430000

摘要: 随着当代建筑幕墙工程朝着结构复杂和施工精密方向演进,传统施工工艺在测量精度作业效率和质量管理等环节暴露技术瓶颈,三维激光扫描技术凭借高效精准空间数据采集特性,为现代幕墙工程提供创新性技术解决方案,由于各类高新技术产品不断涌现,极大改善了人类生活的整体品质,作为建筑幕墙施工领域前沿技术,三维激光扫描在工程实践中展现显著技术优势与应用价值。文章对激光扫描在幕墙施工中的应用进行了研究分析,以供参考。

关键词: 激光扫描;幕墙施工;应用

1 引言

建筑幕墙属于建筑外立面的重要组成部分,它不仅承担着装饰、节能、防护等多项功能,而且其施工质量会直接影响建筑的安全性与耐久性。近年来,伴随建筑造型逐渐变得日趋复杂,像曲面幕墙、异形幕墙得到广泛应用,对幕墙施工的精度要求从厘米级提升到了毫米级,传统测量技术比如全站仪、水准仪,已难以满足复杂工况下高效数据采集与分析需求。激光扫描技术也被称作“三维激光扫描技术”,它能通过非接触式方式快速获取目标物体的三维点云数据,进而实现对建筑构件、结构及现场环境的高精度数字化建模。该技术自21世纪初引入建筑领域之后,在古建筑保护、大型场馆施工等场景中已经展现出显著优势。把它应用到幕墙施工当中,能够突破传统技术存在的瓶颈,实现从设计到施工、验收全流程的数字化管理。本文基于激光扫描技术的基本原理,结合幕墙施工的技术特点,系统分析其在施工各阶段的应用路径,目的是为幕墙工程的技术创新与质量提升提供理论与实践参考。

2 激光扫描技术概述

2.1 概述

幕墙施工过程中其结构复杂性普遍比较高,施工环境也存在着潜在的安全风险,这种情况容易引发各类安全事故。要是采用传统的测量方法,很难获取到全面的技术数据。和传统测量技术相比,三维激光扫描技术在幕墙施工领域应用时,能够精确记录设备的实际状态,还可以依据实际条件灵活调整档案记录。为了保证档案的时效性和准确性,以此来指导设备更新以及计划改造,必须精确测量现有的各类设备。从成本效益方面进行分析,要是重测对设备运行影响非常小,那么成本相对来说比较低,要是影响大,就可能造成成本显著增加。运用激光扫描技术,只需要一天时间就能完成现场

勘查,获取到详实且精确的数据,而且不会影响施工进度,还能确保现场安全。所以,三维激光扫描技术在幕墙施工当中的应用具有重要实践价值。

2.2 技术原理

激光扫描技术是通过发射激光束对目标物体表面做高速扫描,利用激光测距原理也就是飞行时间法或者相位差法,来记录激光脉冲从发射到反射的时间差或者相位差,再结合扫描角度信息去计算出目标点的三维坐标即X、Y、Z,最终形成包含数百万甚至数千万点的点云数据。点云数据经过处理之后能够生成三维模型,可真实反映目标物体的几何形态和空间关系。依据扫描范围和精度,激光扫描设备能够分为地面式、机载式、手持便携式等类型,其中地面式和手持便携式在幕墙施工当中应用最为广泛,地面式设备精度可以达到 $\pm 2\text{mm}$,适用于大面积现场扫描,手持设备灵活性比较强,适用于复杂构件或者狭小空间的扫描。

3 激光扫描在幕墙施工中的具体应用

3.1 工程概况

1#楼,是一个带有多处双曲铝板的裙楼工程,由联营单位施工。24年1月底,本工程存在百余处弯弧洞口无法封闭,涵盖异形包梁、吊顶、护栏。项目进度滞留数月,期间有派经验丰富的施工员去指导,有派多位项目经理去协助,有要求铝板厂家多次现场测量和订货安装,均无功而返,不能有效封闭洞口。项目形象展示较差,工期滞后,面临一项非常棘手的难题,见图1。

3.2 设计阶段

在幕墙设计阶段进行三维建模与方案优化时,激光扫描能够用于对建筑主体结构现状开展三维重构工作,从而为幕墙方案设计提供精准的基础数据,施工前要对已完工的主体结构像混凝土梁柱、钢结构骨架等进行全面扫描,生成点云模型后与设计模型做对比分析,识别

出如垂直度、平整度误差等结构偏差，以此为幕墙设计调整提供依据，就像某超高层项目里，通过激光扫描发现主体钢结构存在 $\pm 50\text{mm}$ 的垂直度偏差，设计方依据此优化幕墙龙骨的连接节点，避免了后期安装冲突情况发生，对于双曲、折面等异形幕墙开展异形幕墙参数化建模时，利用激光扫描获取的点云数据可直接导入Rhino、Grasshopper等软件，生成参数化模型来实现幕墙构件的精准分缝与下料设计，减少因几何形态复杂所导致的设计误差。

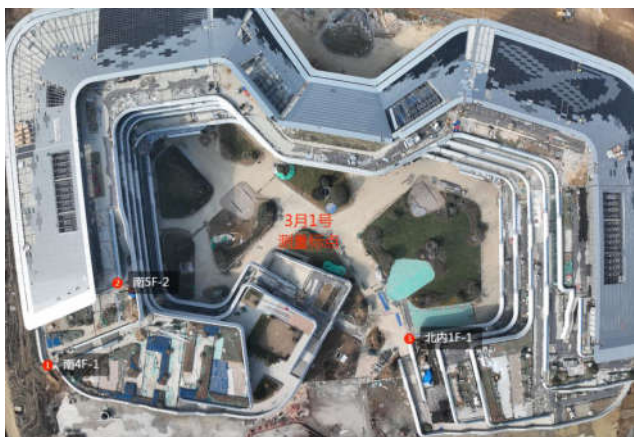


图1 项目测绘俯视图

3.3 施工准备阶段

现场测量以及构件预制指导方面，一是进行基准线复核与定位，通过激光扫描来建立现场三维坐标系，把幕墙安装基准线像控制线、标高线等和点云模型进行对比，以此确保基准线精度能够符合设计要求，和传统放线方式相比，该方法能够一次性完成大面积基准复核，让效率提升60%以上，二是开展构件预制尺寸优化，依据扫描所获取的现场实际尺寸像洞口尺寸、结构间距等，对幕墙构件如玻璃、石材的预制尺寸做动态调整，避免因现场尺寸和设计存在偏差而导致构件报废，在某商业综合体项目当中，借助该技术让构件预制准确率从85%提升到了99%。

3.4 施工过程

负责质量控制相关工作并提供安装指导内容，进行实时进度监测工作，定期对施工中的幕墙开展扫描操作，把点云数据和BIM模型叠加起来做分析，生成可直观呈现各区域施工进度偏差的“进度热力图”，方便及时对资源配置情况作出调整，开展安装精度控制工作，在幕墙龙骨和面板安装的过程当中，借助激光扫描获取实时的点云数据，将其与设计模型进行对比来计算安装误差，像位置偏差和角度偏差等情况，通过软件生成如龙骨焊接位置修正值这类调整指导方案，以此确保安装精

度能够符合相关规范，开展碰撞检测与预警工作，把幕墙点云模型跟机电管线以及钢结构等模型做碰撞分析，提前识别如幕墙龙骨与消防管道位置重叠这类安装冲突问题，避免出现后期返工的情况。

3.5 竣工阶段

验收与数据归档。全面质量验收：竣工后对幕墙进行整体扫描，生成三维点云模型，自动计算各项指标（如平面度、接缝宽度、垂直度），生成数字化验收报告。相较于传统抽样验收，该方法可实现100%覆盖，且数据可追溯。数字化档案建立：将竣工点云模型与构件信息（如材质、生产日期、供应商）关联，形成幕墙全生命周期数字档案，为后期维护（如构件更换、漏水维修）提供精准数据支持。

4 激光扫描技术的发展趋势

在建筑行业持续革新的进程中，建筑幕墙施工正朝着更为复杂、精细的方向迈进，激光扫描技术作为一项关键支撑技术，其在幕墙施工中的应用呈现出诸多具有前瞻性的发展趋势，这些趋势将深刻改变幕墙施工的模式与效率。

4.1 与BIM深度融合实现全流程数字化管理

BIM技术凭借强大三维信息集成能力在建筑领域广泛应用，激光扫描技术和BIM深度融合能构建幕墙施工全流程数字化管理体系，从设计到运维都能实现高效管理，在设计阶段通过激光扫描获取建筑主体结构点云数据精确导入BIM模型，设计师依据此进行幕墙方案深化设计可规避设计与实际结构冲突，像复杂异形幕墙设计中点云数据辅助BIM模型能精确定每块幕墙面板尺寸和安装位置，让设计方案更贴合实际施工需求，施工过程中利用激光扫描实时采集幕墙施工进度与质量数据并和BIM模型实时比对分析，通过“点云-BIM”动态联动系统施工人员借助AR设备可在现场直观查看幕墙构件安装偏差来实现精准施工，以某超高层幕墙项目为例应用该技术后施工精度提升至毫米级且安装效率提高30%以上还大幅减少因返工造成成本浪费，竣工后整合激光扫描竣工点云数据与BIM模型形成含幕墙全生命周期信息数字化档案为后期运维提供全面精准数据支持。

4.2 智能化数据处理提高工作效率与精度

随着激光扫描技术逐渐普及开来，所产生的海量点云数据处理成关键问题，引入人工智能（AI）算法和机器学习技术，能够实现点云数据的智能化处理工作，AI算法可以自动识别点云数据里的幕墙构件类型，像龙骨、面板、连接件等都能识别，还可精准提取关键特征信息，极大提高数据处理效率，比如利用深度学习模型

对扫描的幕墙点云数据进行训练,模型能够自动识别面板安装缺陷,如变形、错位、接缝过大等情况,并且生成详细的质量检测报告,相比人工检测效率提升数倍且精度更高,机器学习技术还可用于预测幕墙施工过程中的变形趋势与潜在风险,通过对不同施工阶段的点云数据进行分析学习,建立变形预测模型,提前预警可能出现的结构变形状况,为施工决策提供科学依据以有效降低施工风险,此外智能化数据处理还能实现数据的自动分类、整理与归档操作,方便施工各方快速获取所需信息来促进项目协同管理。

4.3 设备小型化、集成化拓展应用场景

传统激光扫描设备往往体积较大、操作复杂,在一定程度上限制了其应用范围。未来,激光扫描设备将朝着小型化、集成化方向发展,这将极大拓展其在幕墙施工中的应用场景。小型化的激光扫描设备,如集成于无人机、机器人或手持终端的扫描模块,可轻松进入狭小空间或高危区域进行扫描作业。在超高层建筑幕墙施工中,无人机搭载激光扫描设备,能够快速完成外立面的整体扫描,获取幕墙施工进度与质量数据,避免人工登高作业的安全风险,同时提高数据采集效率。机器人集成的激光扫描系统可在幕墙施工现场自主移动,实时监测施工过程,对幕墙构件的安装精度进行动态检测与调整。手持便携式激光扫描仪则方便施工人员随时随地对幕墙节点、局部区域进行精细扫描,为现场施工提供及时、准确的数据支持。设备的小型化与集成化还将降低操作门槛,使更多施工人员能够熟练使用,进一步推动激光扫描技术在幕墙施工中的广泛应用。

4.4 多技术融合推动幕墙施工技术创新

激光扫描技术会和物联网、大数据、云计算等其他新兴技术深度融合,从而给幕墙施工带来更多创新应用,借助物联网技术把激光扫描设备和施工现场的位移、应力、环境等各类传感器连接起来,以此实现数据的实时采集与传输,这些多源数据在云计算平台进行存储与处理,再结合大数据分析技术,就能全面掌握幕墙施工过程里的结构状态、环境影响因素以及施工进度等信息,进而为施工管理提供更全面精准的决策依据,举例来说,分析激光扫描得到的幕墙变形数据和环境温度、湿度传感器数据的关联关系,便可建立幕墙结构的环境响应模型,为幕墙的变形控制与维护提供科学指

导,多技术融合还会推动幕墙施工朝着自动化与智能化方向发展。

4.5 行业标准化与人才培养体系逐步完善

随着激光扫描技术在幕墙施工中的应用日益广泛,行业标准化与人才培养体系的完善迫在眉睫。目前,相关部门与行业协会已开始着手制定激光扫描技术在幕墙施工中的应用标准与规范,涵盖设备选型、数据采集方法、数据处理流程、质量验收标准等方面。统一的标准将确保激光扫描技术在不同幕墙项目中的应用具有一致性与可比性,提高技术应用的可靠性与质量。同时,为满足行业对掌握激光扫描技术专业人才的需求,高校、职业院校以及企业内部培训将加大相关课程与培训项目的开发力度。培养既懂幕墙施工技术,又掌握激光扫描设备操作、数据处理分析以及与BIM等技术协同应用的复合型人才,为激光扫描技术在幕墙施工中的持续发展提供坚实的人才保障。

5 结论

激光扫描技术凭借高精度、高效率、非接触式等优势,有效解决幕墙施工中测量复杂、精度控制难、质量追溯滞后等问题,在设计优化、构件预制、安装控制及验收等环节发挥重要作用,实践表明该技术应用可使幕墙施工效率提升50%以上、质量缺陷率降低70%,显著提升工程经济效益与安全性,尽管目前激光扫描技术在设备成本、数据处理等方面仍存在挑战,但随着技术迭代与应用模式创新其在幕墙施工中普及率将持续提高,未来通过与BIM、AI等技术深度融合,激光扫描技术将推动幕墙施工向“数字化、智能化、精细化”方向转型,为现代建筑幕墙工程高质量发展提供核心技术支撑。

参考文献

- [1]周华伟.三维激光扫描技术与GIS在古建筑保护中的应用[J].工程勘察,2013(6).
- [2]周克勤.三维激光扫描技术在特异型建筑构件检测中的应用初探[J].测绘通报,2013(8).
- [3]罗利,蔡金生,张峰,等.BIM+3D激光扫描技术辅助异形曲面铝板幕墙施工工艺[J].绿色建造与智能建筑,2024(8):43-46.
- [4]范小源,熊峰,杨高勇,等.连续多段弧形曲面波纹铝板幕墙安装施工技术[J].建筑施工,2022,44(9):2104-2107.