

建筑装饰工程中点支式幕墙施工的关键技术与应用

王天珍

中交一公局建工集团有限公司工程设计咨询分公司 重庆 400039

摘要: 随着建筑业对美学和功能的不断追求,点支式幕墙因其通透、轻盈、空间感等优点,已逐渐被建筑行业所重视。但因其结构特点和技术条件的复杂性,使得该结构质量和施工安全性都面临严峻的考验。本文以点支式幕墙施工为核心,综合分析技术的原理,进而探讨技术的关键要点,再结合实例分析技术的具体应用。结果发现,通过优化支撑结构设计、玻璃工艺精确把控、连接节点技术创新,可以有效提高点支式幕墙施工质量和工作性能,为类似工程提供借鉴。

关键词: 建筑装饰工程;点支式幕墙;施工技术;具体应用

点支式幕墙,是当前建筑行业新型的外围护结构,其应用于建筑装饰工程,以简洁、透明的视觉效果被广泛使用。点支式幕墙采用点状玻璃片和支撑结构结合的方式,降低常规幕墙骨架对视线的阻隔,体现其特有的建筑美感。然而,点支式幕墙施工涉及选材、结构设计和安装等多个方面,其工艺复杂,且在施工中极易发生玻璃断裂、节点松动等质量问题,严重影响建筑的整体性能。因此,对点支式幕墙的施工技术进行系统分析,对保证工程质量和提高建筑装饰质量有着重要意义。

一、技术分析

点支式幕墙,是指以玻璃片为主要构件,利用连接件将玻璃和支撑结构连接起来的外围护结构系统。它由三个主要部件构成:玻璃面板、支撑结构和连接装置。玻璃面板采用高强度玻璃,如钢化或夹层,具有很好的抗压和抗冲击能力,可以更好抵抗外部载荷和环境影响。支撑结构有多种,常用的有钢结构、索桁架和拉压杆等,这些结构型式适合于不同的施工要求和空间形式,对幕墙起到稳固的支撑作用。作为玻璃与支撑结构之间的重要组成部分,连接装置通常使用的是不锈钢丝钩等连接件,其设计和装配的准确性。将对整个幕墙的工作状态产生重要的作用。

点支式幕墙以其特有的透光度和轻盈感,突破传统幕墙的沉重和封闭,给建筑空间带来崭新的体验。该技术尤其在采光性能方面体现出优势,通过对太阳能的高效使用,可以显著降低建筑的能量消耗,从而达到节能减排的目的。点支式幕墙在施工阶段,模块化装配可以明显加快建设速度、减少建设周期,但是对施工技术和

精度有很高的要求,需要对各阶段的施工质量进行严密监控。

二、建筑装饰工程中点支式幕墙施工的关键技术探讨

(一) 支撑结构优化设计技术

支撑结构是点支幕墙的关键承载系统,其多维度受力和参数优选是支撑结构设计的关键。根据《建筑结构荷载规范》^[1]规定基本风压、雪荷载和地震作用等外界荷载,并根据建筑物的功能要求进行室内荷载设置。以某商业综合体为例,建筑施工位于B类地形地区,其基础风压值为 0.65kN/m^2 ,而对工程进行风洞试验,得到风荷载的体形系数,其中在幕墙面的风荷载最大为1.8。利用ANSYS分析软件,构建施工的三维模型,进而对钢梁与钢柱的断面结构进行设计优化。

根据不同截面高度,结合翼缘宽度和腹板的宽度,对不同结构形式的钢梁进行比较选择。根据实验结果,选择 $\text{H}300 \times 150 \times 6.5 \times 9$ 断面,其最大承载力达到 185MPa ,低于 $\text{Q}345\text{B}$ 型钢的 345MPa ,达到其承载能力的标准。钢梁跨中挠度最大达到 $L/450$ ($L=3000\text{mm}$),满足设计要求。在钢管柱设计中,必须重视轴压、弯折复合荷载的作用,采用 $\Phi 250 \times 250 \times 8$ 的钢管,其稳定系数达到0.89,其总体稳定性良好。通过对截面参数进行适当优化,使得钢结构总用钢量比原设计降低约12%,达到经济和安全的平衡。

针对索桁结构进行预应力控制,必须将其与结构整体结构和施工技术相结合。以某展览中心施工为例,采用LL-DYNA对索桁结构进行数值模拟,采用迭代法求

出了最优索力分布特征。使用高钒密闭索，其直径达到20mm，额定拉伸强度为1670MPa，破断拉力在524kN。设计预拉力采用分级拉伸、应力松弛的方式，初始受力达到（80 kN）的50%，以实现拉索的初次受力和解除松弛效应。在24h内完成二次张拉，达到80%，在此过程中，实测斜拉索的应力松弛在8%左右，采用补偿张拉方法进行校正；预应力钢束第三次张拉至100%，预应力钢束张拉全过程由张力传感器进行，张力测量的结果与实测结果基本一致，且偏差小于±3%。采用该技术，在确保幕墙表面质量前提下，可以确保结构整体质量，降低15%的钢材消耗，达到结构的轻量化目的（如表1）。

表1 索桁结构使用参数参考

项目	参数
类型	高钒密闭索
直径	20mm
公称抗拉强度	1670MPa
破断拉力	524kN
预拉力施工工艺	分级张拉-应力松弛补偿
首次张拉比例	50%设计预拉力（80kN的50%）
首次张拉后间隔	24小时
二次张拉比例	80%设计预拉力
第三次张拉比例	100%设计预拉力
张拉过程误差控制	±3%以内
索桁架成型后矢高误差	±15mm

（二）玻璃加工与安装高精度控制技术

玻璃面板制作准确性对幕墙的光学特性和结构可靠程度有直接影响。在切削部分，使用CNC激光切割机，配合高精度的伺服电机驱动，使切削精度达到±0.3mm。选择2500mm×1800mm尺寸的玻璃为例，通过对切削轨迹优化，使其切削速率达到8m/min，而热影响区的宽度不超过0.2mm，从而解决加工过程中由于温度升高而引起的微观开裂问题^[2]。磨边利用五轴铣边器，对其周边进行45度的倒角加工，将切边厚度控制在1.5+0.2mm以内，其表面粗糙度达到Ra0.6μm，从而有效地降低加工过程中的边界应力，提高玻璃耐冲击性能在20%以上。

制备夹层玻璃时，其物理和化学作用比较复杂。选择厚度为1.52mm的PVB胶片，该材料在135-145℃之间的流动性能最佳。胶片的封膜过程采用无尘室，保持30%-40%的湿度，以避免胶片因潮湿而起泡。在热压复合技术中，首先将胶片以3℃/min的速度加热到120℃，再经过10分钟的时间后进行初始的软化处理；将胶片加

热到140℃，外加1.MPa的压力，保持35分钟，以保证胶片与玻璃的完整结合。试验表明，采用这种方法生产的夹层玻璃，其耐撞击能力满足GB9962-1999中I-1级的规定，当3 kg级钢珠从1米高空坠落时，只有部分开裂，无碎屑四溅。

玻璃安装利用3D坐标动态标定技术，以BIM建模为基础，采用TrimbleS9全站仪在环境中实现毫米级别的精确定位。以某座文化体育中心工程为例，施工采用双曲面幕墙形态，将其分为9个测量控制点，施工中实时采集现场控制点坐标，再与理论计算结果进行比较。如果平整度偏差±1.5mm，则用电气调整机构来微调驳接爪的位置。使用激光测距机对两块玻璃板之间的间隙进行测量，使嵌缝的宽度控制在8±0.5mm以内，以保证嵌缝的宽度统一。针对温度变化问题，依据GB/T 21086-2007标准，通过对玻璃的热膨胀变形进行分析，选择硬度40、厚度在2.5mm的EPDM弹性垫片，从而防止玻璃在高温下发生变形。

（三）连接节点创新技术

针对常规驳接爪在受力过程中容易产生应力集中的难题，从接头结构的角度出发，提出新型球铰式驳接爪技术，借助仿生关节设计可以突破当前力学性能的局限。节点使用直径达到50mm的球体与球窝匹配的结构，球面经过淬硬后，其硬度达HRC58-62；球面内侧为0.02mm厚的硬质铬合金，其表面粗糙度Ra0.4μm，可使摩擦系数减小到0.12。根据有限元分析发现，与常规驳接爪相比，针对±30°转角范围时，该技术最大受力的比焊钳减小35%^[3]。再经力学测试计算，在30kN张力下，球铰式驳接爪的位移量只有0.8mm，卸荷后的剩余变形不超过0.1mm；在20kN的剪切荷载下，节点抗剪强度为120kN/mm，比常规节点提高22%。拉力位移公式计算：

$$\Delta L = \frac{F}{37.5}$$

F：以千牛（kN）为单位，1 kN=1000N，用以测量新型球铰式驳接爪的张力。

ΔL：以mm为单位，是新型球铰式驳接爪承受张力时所引起的位移量。

双道密封技术的核心是材料特性的协调和组织的最佳设计。有机硅构造的封缝剂选择的是中性的固化物，其干燥期为2-3小时，14天即可完成。在注胶前，通过对玻璃和驳接爪进行离子清洁，使其接触角由75度降低到30度，结合强度提高40%以上。经过测试发

现,在 -40°C – 80°C 环境下,其拉伸粘接强度均不低于 1.2MPa 。耐候封闭剂为具有 $\pm 25\%$ 置换容量的改性有机硅橡胶,其具有 0.15MPa 的胶态弹性模数,当材料因温度改变而发生膨胀时,其本身的弹性形变可以将所受压力吸收。在节点构造方面,采用内外两层橡胶缝隙,外侧为 12mm ,内层为 8mm ,构成软缓冲、刚接组合密封系统。经过5年的实际使用,采用红外线测温技术对建筑结构进行测试,结果发现节点区域没有出现严重的漏水和散热问题,从而提高建筑的耐用性和节约能源。

三、技术具体应用

(一) 商业综合体项目应用实践

以某大型商业综合体为例,采用点支式幕墙,其总占地面积为 15 万平方米,幕墙总面积为 $32,000$ 平方米。根据工程大跨度和高度特点,设计夹层玻璃幕墙与钢结构支撑系统。在支撑体系中,采用Midas Gen有限元程序对结构进行分析,得到钢梁间距在 3m ,钢柱间距在 6m 的支撑体系。采用BIM模型对工程进行仿真分析,及早检测出多个预埋件碰撞问题,及时优化设计方案,以此缩短施工日期。

玻璃制作中,使用完全自动化流水线,确保玻璃的大小和外观的精确。在安装过程中,组织专业施工队伍,利用塔式起重机和电动葫芦组合,每块玻璃 $2.5\text{m} \times 1.8\text{m}$,重 200kg ,安装周期均不超过 30 分钟。经过以上技术实施,商场幕墙竣工后,其气密性符合GB/T 21086–20074级,防水等级为3,抗风压等级为5级,从而创造出透明、美观的商业综合楼,提高该项目的商业价值和品牌影响力。

(二) 文化场馆项目应用实践

以文化场馆开展点支式幕墙工程为例,由于其特殊的外形和较高的表面结构,使得该工程具有较高的施工难度。为了达到预期的施工目的,施工过程中使用索桁支撑体系和钢化玻璃板。进行索桁结构设计时,根据建筑物表面形状,运用Grasshopper有限元程序对其进行成形分析,得到最佳形式。索桁选用 16mm 粗钢丝绳,预张力

15kN ,采用分级张拉技术,保证索桁架成形的精确性。

玻璃加工是按照建筑表面的曲率,最小直径为 3m 进行设计,可以将其弯曲程度控制在 $\pm 0.3\%$ 之内。施工中,通过对所架设的索桁结构进行3D扫描,并依据监控结果进行合理定位,保证玻璃面板与索桁的良好结合。该项目采用点支式幕墙,不仅达到建筑美感和结构力学的完美结合,也可实现节能减排的目的。通过测试,该项目获得 0.45 的遮阴率和 0.6 的透光率,使该项目的节能效果显著。

结语

综上,通过对建筑装饰工程中点支式幕墙技术和参数进行分析,从支撑结构优化设计入手,同时也关注玻璃加工安装的高精度控制,最后要重视连接点的创新技术应用。支撑体系的优化,可以提高其承载力和稳定度,从而减少施工成本。高精度的玻璃制作和安装,可以确保其外形和服务性能。再结合新型连接方式,使建筑整体更加安全耐用。点支式幕墙施工技术的合理运用,可以很好地适应现代建筑美学,提高建筑的整体功能参数,更好地满足当前施工对安全和环保的要求。展望未来,随着建筑技术的持续优化和改进,点支式幕墙的应用,将会向智能化和绿色化发展。积极引用物联网技术,开展建筑结构的健康监控,坚持使用环境友好的新材料,以此提高建筑的节能效果,以此促进我国建筑行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 田玉基, 杨庆山, 范重.《建筑结构荷载规范》围护构件风荷载的修订建议[J].建筑结构学报, 2017, 38(10): 108–115.
- [2] 余鑫.改进型点支玻璃幕墙在建筑装饰工程中的应用研究[J].价值工程, 2024, 43(02): 114–116.
- [3] 刘铁强, 李俊.点支式玻璃幕墙施工精度控制的研究[J].建材世界, 2023, 44(06): 68–71.