

张弦梁结构玻璃采光顶全程监理控制要点

吴国庆

中衡设计集团工程咨询有限公司 江苏 苏州 215000

摘要：建筑美学持续演进，建筑界对玻璃的运用正逐步扩大，光伏技术的快速发展使得与传统屋面玻璃采光顶相异的新型应用如雨后春笋般涌现。然而为了追求通透，采光顶结构会朝着大跨度的方向发展，导致施工难度急剧提高，随之而来的因施工不到位引发的结构安全问题以及管控不到位导致的热工节能问题越发尖锐，为此监理在施工过程中的质量管控尤为重要。

关键词：玻璃采光顶；数字化；全过程工程咨询

引言

玻璃采光顶作为现代建筑的重要围护结构，兼具自然采光、空间美学与节能环保功能。然而，大跨度采光顶普遍存在施工变形控制难、密封失效及热工性能不足等问题。本文结合某医院建设项目案例，从图纸审核、材料验收、施工过程管理、安全验收等四个维度构建全生命周期监理质量管控体系进行了简述。

张弦梁结构特点张弦梁结构系由刚性构件上弦、柔性拉索及中间撑杆构成的自平衡体系。上弦受压，拉索受拉，撑杆作为中间传力构件，对拉索实施预应力加固工程，对结构整体受力效能进行精准优化，成功跨越了宽广的挑战之路，既经济又洋溢着艺术韵味。

1 项目概况

1.1 项目基本情况

本项目占地62547.58平方米，规划总建筑面积199138.78平方米，地上建筑面积达112216.65平方米，集结了综合门诊医技、妇产专科、全科医生培养基地、儿童专科、综合内科、中医养生、办公楼、科研楼、肿瘤基地住院楼及独立城市公厕。地下建筑面积为86922.13平方米，地下空间巧妙地呈现为两层结构，整合了停车场、营养餐厅、污水处理站、机房、库房、洗衣房、人防急救医院、人防二等人员掩蔽所及人防物资库等关键组成部分。项目建筑采用框架结构，地下按人防设计。总投资为200000万元。项目建成后，新增床位800张。

1.2 采光顶方案概况

本工程为某医院建设项目的采光顶安装工程，采光顶区域东西两侧标高20.49m，东西中心线标高为21.442m，位于8轴~15轴（东西）29.7m，A轴~G轴（南北）34.58m。采光顶钢梁采用Q355B板材，局部为Q235B，GL2焊接为三级焊缝，其余钢结构焊接均为二级焊缝。销轴材料采用45钢，调质处理（28-32HRC），

表面镀锌，本项目包含6榀张弦梁，ZXL3为3榀，ZXL2为1榀，ZXL1为2榀，共计6榀张弦梁。拉索长度约20.3~27.5m。

2 图纸审核

图纸是施工过程的指南，直接决定了建筑质量以及安全性能。监理工程师应仔细审核施工图纸，同时根据张弦梁采光顶的特点，确定重点审核内容。

2.1 张弦梁结构安全性审核

张弦梁结构巧妙地构建了一个自我平衡的模型，此构造由上弦的刚性梁（桁架）、支撑杆和下弦的柔性索线构成。在图纸审核中需要重点关注张弦梁的结构布置、撑杆数量及间距。张弦梁结构是通过下弦的柔性索，在预应力的作用下实现结构的预起拱，最终在玻璃面板等恒荷载的作用下，实现较小的竖向变形^[1]。为此应重点审核索上施加预应力的的大小，同时依据规范要求，确保设置预应力不应大于索设计破断力的50%。同时需关注张弦梁与结构的连接节点设计是否合理，张弦梁通常设置铰接节点，检查图纸与提供的结构计算书中所设计的力学模型是否一致，由于结构通常会较大产生较大的轴力，在支座位置也会产生的一定位移，确保支座的设计可以有效承担对应的变形，同时重点审核其焊接节点要求焊接质量等级能否满足结构轴力变形的拉力。

2.2 玻璃采光顶设计细节审核

玻璃采光顶的设计细节同样至关重要。审核玻璃的类型（如钢化玻璃、夹胶玻璃）、厚度、透光率、耐候性等参数，确保其符合设计要求和相关标准。由于对节能不断提出新的要求，玻璃应设计为中空夹胶玻璃，夹胶层应该朝下避免自爆产生的玻璃碎块掉落造成财产损失。检查玻璃采光顶与张弦梁的连接节点，包括密封胶条、压条等的设计，确保连接牢固且密封性能良好。节点设计应考虑玻璃的热胀冷缩，避免因温度变化导致玻

璃破裂。此外,审核采光顶的排水系统设计,确保排水坡度、排水口位置合理,避免积水。检查排水口的尺寸是否满足排水要求,排水管道是否与建筑的排水系统有效连接。

2.3 施工可行性审核

审核图纸中是否明确了张弦梁和玻璃采光顶的施工顺序和工艺,特别是拉索张拉和玻璃安装的步骤。施工顺序应合理,避免因施工顺序不当导致结构变形或损坏。检查图纸中是否考虑了施工过程中的安全措施,如高处作业防护、临时支撑等。安全措施应详细明确,确保施工人员的安全。审核图纸中所选用的材料是否在当地容易采购,是否有替代材料的建议。材料供应的及时性对施工进度有重要影响,应提前考虑材料的采购渠道和供应计划^[2]。

2.4 与其他专业的协调审核

检查图纸中是否预留了机电设备的安装位置和通道,如通风管道、电缆桥架等,避免与张弦梁和玻璃采光顶发生冲突。机电设备的安装应与结构施工同步进行,避免后期凿孔和切割。审核采光顶的装修设计是否与整体建筑风格一致,是否考虑了后期维护和清洁的便利性。装修设计应符合建筑的功能需求,同时兼顾美观和实用性。

2.5 规范和标准符合性审核

确保图纸设计符合国家和地方的建筑结构设计规范,特别是抗震、防火、节能等方面的要求。检查设计文件中是否引用了最新的设计规范和标准,设计内容是否符合规范要求。审核图纸中所选用的材料是否符合相关标准,如钢材、玻璃、拉索等的性能指标。材料标准的符合性是确保工程质量的重要保障,应严格审核材料的规格、型号和性能指标。

3 施工质量过程控制

3.1 安装精度控制

弧形箱型钢梁作为采光顶结构的关键受力构件,节点排列宛如蔓延的藤蔓网络,焊接过程中易出现角变形、扭曲变形及局部或整体变形。若焊接变形未得到有效控制,尺寸标准将面临偏离的严重威胁,构件质量正面临下滑的挑战,现场安装难度在焊接变形失控下变得更为繁重。采光顶施工涉及空间钢结构体系,结构定位的精确性对屋面体系的现场安装和受力均衡起着核心作用,是结构体系安全性能的核心支撑点。在弧形屋面梁的组装阶段实施,打造了一个三维坐标系模型,并利用全站仪进行全程跟踪测量,以2台电子经纬仪实现弧形构件的精确定位,精准锁定施工基准。

3.2 拉索安装质量控制

张弦梁的组装程序涵盖构筑支撑体系、吊起主弦钢梁及支撑立柱,并随后进行拉索的安装。采用卷扬机将地面拉索提升至高空,与之实现精确地连接于撑杆底部与锚固端的关键节点。在安装前,务必详尽核对索体、锚具及配件的出厂合格证与检验报告,确保索体规格型号与锚固端的精确无误,详尽获取拉索的预定交付尺寸,确保误差值与《索结构技术规程》(JGJ 257—2012)中表7.2.5的规定。拉索安装质量控制要点为:拉索安装前,应检查索体表面和索头防腐层是否有破损;在牵引索体过程中,应避免碰伤、刮伤索体,避免电焊火花烧伤拉索;检查拉索连接的节点是否安装到位、连接可靠;对索头调节装置进行检查等。

3.3 操作平台搭建质量控制

拉索安装前需预先搭建稳固的操作平台与挂架。本工程采用钢管与扣件构建拉索安装及张拉操作平台挂架,经计算,挂架最大竖向位移、杆件最大应力及应力比均符合设计规范要求。挂架吊篮尺寸为1.5m(长)×1.0m(宽)×1.2m(高)。

3.4 拉索张拉质量控制

本工程中,张弦梁一端使用成品铰支座,此端与钢梁紧密相连。在钢结构和支座安装完成后,实施对拉索的紧绷作业。张拉动作自一端开端,张拉过程自核心向周边逐步扩散,具体为S5/S6/S7/S8、S3/S4/S9/S10、S1/S2/S11/S12序列。严守拉索张拉的双控原则之则,核心力与形变紧密互动调节,努力实现张拉锚固后的索力与施工分析的理论张拉力的一致性。张拉设备包括液压千斤顶、油管、油压表、油泵及张拉工具。在张拉作业的序幕拉开之前,需对预应力施工进行全流程模拟分析,精确量取每根张拉索的各阶段张拉数值,确保结构最终成形后索力与结构位形满足设计要求。施工单位应与设计方携手并行,精确捕捉索结构各阶段的力值与形态特征,这确立了施工监控与品质把控的基准。在现阶段的工程研究阶段,深入挖掘张拉作业索力、结构最大等效应力及位移、支撑最大压力的数值表现。对施工各阶段梁单元应力组合进行了详尽审查,对施工收尾阶段的支撑架构内力、支撑架拆除后的拉索钢结构垂直位移、拉索索力及梁单元组合应力进行了深入的数值探讨。分析表明,张拉作业的每一步骤展开,相邻构件的张拉作用存在相互影响;张拉作业阶段顺利完成了使命,极个别索支撑架尚未完成分离,众多支撑架已与结构解除束缚;作业实施正在进行,钢结构的应力水平始终维持在一个较低的水平面,稳如泰山地保持在弹性应力的安全

区域。拉索张拉作业应遵循分阶段、分级、对称、匀速、同步的原则。本工程张拉施工阶段被细致地分割为八个独立工况^[3]。

3.5 接缝处理质量控制

隐蔽验收合格后,用高效清洁溶剂将接缝垃圾、油污清理干净。接缝底部贴胶带,填塞泡沫填充条(接缝小于20mm可不设),接缝密封胶采用低模数硅酮耐候密封胶,二次成型。第一道密封胶为接缝高度的2/3,以盖住泡沫填充条为准,第二道略高出玻璃面层,仔细修整成圆凸面,确保接缝与玻璃边框不积水。接缝清洁与泡沫填充条填塞、第一道密封胶应连续进行,第二道密封胶应在第一道密封胶固化后进行。

3.6 验收质量控制

接缝作业圆满结束,质检人员对采光顶工程进行了全面彻底的质量监控,包括玻璃面层外观是否存在裂纹、划痕等明显缺陷,胶体接缝是否露出裂缝、气泡等异常迹象?检验达标之时,执行性能淋水测试程序,精心挑选业主与监理现场考察。正式召唤具备专业资质的检测单位对采光顶进行详尽的安全性能评估,待详尽安全评估结果揭晓之时,业主或监理工程师将主持验收会议。

4 安全验收

4.1 安全防护措施检查

在施工过程中,安全始终是最重要的。监理工程师需周密检查并核准现场安全措施的实施,坚定把守施工安全与工程品质的双重防线。检查施工现场的安全防护措施是否到位,如脚手架的搭设、安全网的安装等。确保脚手架的稳定性、安全网的覆盖范围符合安全要求。

4.2 施工人员安全教育

督促施工单位对施工人员进行安全教育和交底,确保施工人员熟悉施工工艺和安全操作规程。施工人员应佩戴必要的个人防护装备,如安全帽、安全带等。

4.3 高处作业安全检查

在高处作业时,要求施工人员佩戴五点式安全带,确保安全带的挂点牢固可靠。检查高处作业平台的稳定性和防护栏的设置,防止高处坠落事故。

4.4 临时用电与消防设施检查

对施工现场的临时用电进行检查,确保用电设备的接地保护、漏电保护装置符合安全要求。检查消防设施的配置和有效性,确保施工现场的消防安全。

5 后期维护监理建议

5.1 定期检查制度建立

监理工程师应督促建设单位建立张弦梁结构玻璃采光顶的定期检查制度。定期检查的周期一般为每年一次,对于使用频繁或处于恶劣环境条件下的采光顶,可适当缩短检查周期。制定详细的检查内容和标准,包括结构构件的变形、裂缝情况,拉索的应力变化,玻璃的破损情况,密封胶的老化、开裂情况等。

5.2 维护保养措施指导

指导建设单位对张弦梁结构进行维护保养,如对钢结构表面进行防腐处理,定期涂刷防锈漆,防止钢材锈蚀。对于拉索,应检查其防护层是否完好,如有破损应及时修复。对于玻璃采光顶的玻璃,应定期进行清洁,保持玻璃的透光性。清洁时应采用合适的清洁剂和工具,避免损伤玻璃表面。应检查密封胶条和密封胶的密封性能,如有老化、脱落等情况,应及时更换^[4]。

5.3 应急处理预案制定

协助建设单位制定张弦梁结构玻璃采光顶的应急处理预案。针对可能出现的突发情况,如强风、暴雨、地震等自然灾害导致的结构损坏、玻璃破碎等,制定相应的应急处理措施。

应急处理预案应涵盖应急救援组织架构、人员职责、应急响应流程及救援措施等核心内容。危机应对能力的提升离不开定期举行的模拟实战操练,增强处理紧急状况的实战素养。

结束语

通过对某医院建设项目张弦梁结构玻璃采光顶的监理实践,本文从图纸审核、材料验收、施工过程管理、安全验收四个维度构建了全生命周期监理质量管控体系。实践证明,该体系验证有效,施工质量实现重大突破,结构稳固性得到稳固地支撑,施工现场的问题与隐患大幅消减。在今后的类似工程中,监理工程师应继续总结经验,不断完善监理质量管控体系,为建筑行业的高质量发展贡献力量。

参考文献

- [1]朱玉林.预应力钢结构采光顶施工平台的设计和实现[J].工程与建设,2022,36(5):1298-1300.
- [2]王萌,王绍华.超高大跨度采光顶操作平台设计[J].中国高科技,2021(8):2.
- [3]大跨度复杂钢结构施工过程中的若干技术问题及探讨[J].杨晓池.绿色环保建材,2019(12)
- [4]贾颖,贾永利,冯辉.刚果(布)外交部礼堂钢结构屋面防水施工技术[J].施工技术,2010,39(10):105-107.