

Analysis and research on steel structure construction of Shantou Overseas Chinese Economic and cultural Industry Incubation Base

Hongyu Huang

China Communications Fourth Navigation Bureau Jiangmen Hangtong Shipping Co., Ltd., Jiangmen, Guangdong, 529145, China

Abstract

Shantou Overseas Chinese economic and cultural industry incubation base is an important construction project of Shantou city, integrating the functions of international exhibition and economic and cultural exchange. Based on the actual construction process of the project, this paper discusses in detail from the aspects of engineering background, project overview, construction difficulties and technical countermeasures, construction implementation and technical innovation, and combines with BIM technology, reverse construction and large span roof truss. By summarizing the construction effect and experience, it provides reference for the construction of similar projects.

Keywords

Shantou overseas Chinese economic and cultural industry; steel structure construction; BIM technology; construction difficulties; reverse method

汕头华侨经济文化产业孵化基地钢结构施工分析与研究

黄红宇

中交四航局江门航通船业有限公司, 中国 · 广东 江门 529145

摘要

汕头华侨经济文化产业孵化基地是汕头市的重要建设项目, 集国际会展与经济文化交流功能于一体。本文以项目实际施工过程为基础, 从工程背景、项目概况、施工难点与技术对策、施工实施情况以及技术创新等方面展开详细讨论, 并结合 BIM 技术、逆作法施工和超大跨屋面桁架等重点技术进行了深入分析。通过总结施工成效与经验, 为类似工程的建设提供参考。

关键词

汕头华侨经济文化产业; 钢结构施工; BIM 技术; 施工难点; 逆作法

1 引言

汕头华侨经济文化产业孵化基地(又名汕头国际会展中心), 是汕头市投资控股集团有限公司大力推动的重点建设项目。本项目立足地理区位优势, 旨在为国际化的经济文化交流提供高品质平台, 项目亦获得较高的社会关注。本工程包含钢结构和金属屋面等复杂构件, 为新型钢桁架结构与金属装饰屋面的应用提供了示范性案例。据统计, 本项目总用地面积为 87776.22 平方米, 场地为填海吹填用地, 地质条件较差, 但其周边交通便利, 景观资源丰富, 为施工奠定了基础条件。本文着眼于施工特点与技术难点, 系统性梳理施工过程中的技术方案与创新成果, 为建筑行业的类似建设

项目提供有益借鉴。

2 项目概况

汕头市华侨经济文化产业孵化基地, 又名汕头国际会展中心, 是集展览、旅游、文化交流等功能于一体的综合性建筑群, 由汕头市投资控股集团有限公司建设。其项目施工涉及多家领先单位, 包括勘察单位广东省建筑设计研究院有限公司、设计单位华南理工大学建筑设计研究院有限公司, 以及监理单位广州珠江监理咨询集团有限公司等。该项目的钢结构及金属屋面工程由中交第四航务工程局有限公司承建, 具体施工由中交四航局江门航通船业有限公司负责, 合同总金额约为 2.78 亿元人民币。

项目位于广东省汕头市澄海区华侨经济文化合作试验区的莱湾片区, 紧邻汕头体育中心、汕头大学东校区以及东海岸大道, 地理位置优越, 交通便利, 用地总面积约为

【作者简介】黄红宇(1979-), 男, 中国浙江金华人, 本科, 高级工程师, 从事房屋建筑工程结构研究。

87,776.22 平方米。场地西侧和北侧为汕头大学校园景观，南侧为汕头体育馆，东面有一览无余的海景，具备极佳的自然和人文景观资源。然而，场地为填海吹填用地，地质条件较差，这对工程施工提出了较高要求。

汕头国际会展中心由 1 至 3 号展馆、多功能厅及登陆厅等部分组成。展馆和多功能厅的屋面结构特色鲜明，采用大跨度平面桁架设计，为了满足工程强度和美观需求，桁架结构以箱型钢框架为主体，结合焊接 H 型钢以优化桁架的承重性能。其中，多功能厅的桁架跨度为 57 米，并采用了特殊设计以解决施工和运输中的相关问题。整个项目的钢结构部分对于空间利用和结构节点优化提出了极高的技术要求。

本项目的金属屋面工程是另一大亮点，包括屋面装配式三角铝板、檐口装饰铝板及室外吊顶部分。屋面以双曲面造型为主题，充分展示了先进的设计美学与技术实力，而屋面结构深化设计、多功能厅双曲面造型调整以及铝板支座优化都经过了周密规划。

3 工程难点与技术对策

汕头华侨经济文化产业孵化基地钢结构和金属屋面的施工工程，是一项规模大、技术复杂的工程。经过全面分析，项目施工面临以下主要工程难点，并采取了一系列针对性技术对策予以解决。

3.1 大跨度屋面桁架安装的复杂性

本工程屋面桁架跨度最大可达 64 米，桁架截面高度达到 4.5 米，因运输条件限制，必须现场分段加工。此外，施工过程中结构受力复杂，需进行多阶段拼装且确保桁架的稳定性。

技术对策：①组织保障：组建由高级工程师和业内专家组成的专项技术团队，提前进行方案指导和评审，通过有效技术研发解决空中精准对接问题，确保桁架的健康结构及安全运行。②计算与仿真：使用 Midas 和 Sap 软件对施工过程进行受力及变形建模分析，通过数值仿真优化施工方案，确保各阶段荷载工况对结构安全的控制。③过程监督：在桁架吊装、拼接和卸载过程中，采用全站仪对关键部位进行实时监测，结合 BIM 技术监控节点变形，实时反馈调整，确保施工精度和安全。④现场操作：分段制作和现场拼装时，严格控制尺寸偏差，每个过程中均设置反光贴及监测设备，确保精确对接。

3.2 厚钢板焊接及变形控制

屋面桁架的端柱采用厚达 60 毫米的钢板，焊接难度极大。焊接中的变形控制是施工的重点，直接影响结构稳定性和精度。

技术对策：①焊接工艺优化：制定详细焊接工艺方案并进行评定，采用多层焊缝间预热保温、锤击硬化等技术，减少焊缝收缩应力。②顺序控制：根据节点力学特性，合理安排焊接顺序，先焊接收缩量大的部位以释放约束，再焊接

精密部位，分解焊接应力。③施工监控：全过程实时监督焊接质量，严格执行技术规范，层层验收，确保焊缝强度和整体结构符合设计要求。

3.3 双曲面屋面施工的精度控制

展厅屋面设计为双曲面结构，双曲面造型复杂，施工难度极大。尤其是楼承板与钢梁贴合及铝板表面弯曲的精准控制，需多次调整。

技术对策：①楼承板深化设计：运用 Tekla 软件模拟楼承板的铺设过程，针对双曲面结构出具分段排布图，用数值仿真校核安装和变形值，确保贴合紧密。②现场压制与加固：对楼承板进行现场压板调整，利用专用设备逐段固定，通过细化安装方案排除施工误差。③铝板模型优化：使用 Rhino 三维建模和三维扫描技术优化铝板加工，依据施工实况调整板块尺寸和安装顺序，确保铝板装配的整体平滑性。④动态调整：通过施工预演模拟施工过程中的误差变化，提前纠偏，以维护双曲面外观的连贯性和光滑效果。

3.4 复杂气候条件对施工组织的影响

该工程临海施工，施工期间受暴雨、大风和高湿度影响显著，尤其是台风季节存在安全隐患。运输和吊装机械安全以及焊接湿度控制需额外部署。

技术对策：①应急预案：针对暴雨、台风等极端天气制定防风、防雨及热应力管理预案，保证吊装及焊接工作的安全性。②施工计划优化：依据气候特点合理调整各阶段任务安排，在良好的气候条件下优先完成关键施工节点。③机械作业安全：加强吊装机械检修，发现异常时立即停止作业，减少因天气引发的设备故障。

3.5 “逆作法”与交叉工序的高效衔接

为协调设备安装与桁架施工，项目采用逆作法施工，需合理安排屋面钢桁架、框架及地下室的工序，提高交叉作业效率。

技术对策：①分区施工：优先完成展厅端头等部分，为钢桁架的吊装及后续屋面施工创造空间。②多工序协调：各工序并行施工，使用 BIM 技术模拟和排查交叉作业的碰撞及潜在冲突，优化施工顺序。③灵活调整：依据实际进度和施工面协调多专业施工队伍，确保资源按需配置，保证现场施工畅通无阻。④吊装通道优化：使用级配碎石和路基箱加固地下室及桁架吊装道路，减少因设备承载力不足而导致的耗时重建。

3.6 装配式铝板精确安装

多功能厅和展厅屋面均采用装配式三角铝板设计，其中铝板连接的高精度要求以及复杂空间三角面调整对施工提出了高标准。

4 钢结构施工技术方案

4.1 施工总体部署

本项目钢结构施工采用科学合理的施工部署方案，按照“合理穿插、技术领先”“择优汰劣、按需配置”“成熟

稳妥、科学合理”“全面协调、遵章守纪”等原则进行部署和管理。其中,展厅和多功能厅采用“逆作法”施工,具体流程为:展厅地下室土建优先完成,展厅两侧框架先行施工,再进行金属屋面的吊装和封顶作业,最后完成主厅各层平台的施工。

针对施工内容较为复杂的钢结构部分,本工程优先明确项目总体施工思路,即根据设计图纸的构造特点,细分为地脚螺栓、钢骨柱、钢桁架、屋面框架梁及钢筋桁架式楼承板等不同部分进行施工顺序安排。同时,提前制定施工组织设计、专项施工方案、钢结构安装进度的具体流程安排,包括分段施工、各类构件的预拼装与优化运输计划。

4.2 钢结构制作和运输技术

钢结构构件制作基于设计图纸要求,并由具备生产资质的加工厂进行统一筹划与生产。具体措施包括:提前备料,锁定关键材料供应;按确认图纸有序生产并实施可行的深化设计;分段制作与工厂预拼装;配套运输满足现场安装需要;以及严格质量检验确保出厂构件满足要求。

5 施工实施效果与创新成果

汕头华侨经济文化产业孵化基地在钢结构施工过程中,不仅提前完成所有施工目标,还创造了显著的创新成果,体现出项目团队卓越的技术实力和管理能力。以下从施工进度、技术创新、质量管理及社会效益等方面进行总结。

5.1 施工实施效果

5.1.1 提前完成任务

项目通过严密的施工计划、灵活的调整与高效的组织管理,在确保质量的前提下,实现了吊装、大跨度桁架安装、铝板铺装等各重要施工环节的高效衔接,使项目整体工期提前完成。至 2024 年 1 月,36 榀大跨度桁架的安装全部完工,并确保了质量过硬,为项目后期主体工程顺利完成奠定了坚实基础。

5.1.2 严控施工成本

施工中通过应用 BIM 技术优化设计和施工工序,合理选择材料及减少资源浪费,显著地降低了预算成本。在数字化管控下,材料采购、构件加工到吊装施工的全过程减少了人为误差,大幅提高了生产效率,实现了高效经济的施工管理。

5.1.3 质量管理优化

项目通过严格的施工质量把控流程与精密的施工技术,尤其在屋面桁架细节设计、焊接工艺、曲面装饰铝板安装等环节的精准操作,确保了钢结构工程的整体质量,达到了设计要求。同时,铝板等新型材料的应用有效克服了双曲面造型的施工难题,提升了装饰效果与建筑美学。

5.2 创新成果

5.2.1 专利技术的突破

在施工过程中,项目团队开发并申请了多项技术专利,包括针对屋面三角铝板装饰的设计及安装工艺的发明专利,其独创的三角铝板装配技术通过优化点位测量、编号加工和

现场组装等环节,完美解决了异形双曲面装饰易形变、不平整等问题。这项技术为后续类似大型项目提供了可借鉴的施工方案。

5.2.2 BIM 技术的全面应用

BIM 技术贯穿于施工的每个环节,从深化设计、模拟分析到施工优化,全面提升了施工效率与精度。例如,在大跨度桁架吊装中,项目运用 Tekla 模型导出精确的节点坐标,结合 Midas GEN 模拟分析吊装时的应力与变形状态,使吊装过程更加安全可靠。

5.2.3 工艺流程的创新

在施工组织和工艺流程上,大跨度双曲面桁架施工采取了“逆作法”施工,先行安装地下部分及两侧框架结构,为屋顶钢结构提供吊装基础,随后科学调整各区域工序,采用交叉作业提升效率。在复杂吊装环节中,配合使用精确的胎架设计、分区卸载及尺寸复核方式,确保了施工精度和安全性。

5.2.4 社会认可与荣誉

项目建设得到了业主和社会的高度认可,荣获了“广东省优质钢结构奖”和省级 BIM 大赛二等奖,并获得国家级 BIM 奖项提名。这不仅意味着施工技术的领先性,也展现了建筑业数字化的创新潜力。

6 结论

通过汕头华侨经济文化产业孵化基地的建设案例,我们可以清晰地看到钢结构建筑在现代建筑施工中的重要性与应用潜力。该项目不仅是钢结构与金属屋面技术的成功结合,还是大型场馆施工管理与技术创新的典范。其采用的 BIM 技术及逆作法施工,显著提升了施工效率和质量,这为类似项目提供了宝贵的实践经验。本工程主要解决了大跨度桁架安装和双曲面构建等技术难题,展示了如何在复杂条件下实施高标准的钢结构施工。获奖的广东省优质钢结构奖与 BIM 省级大赛二等奖,进一步证明了该项目在技术创新和施工质量方面的杰出表现。未来,建筑施工行业应借鉴此项目的经验,在项目规划阶段加强数字化和智能化技术的应用,以提高施工效率及项目成果。这不仅有助于克服当前建筑行业面临的挑战,也将推动整个行业的技术进步与发展。

参考文献

- [1] 王玉芳,李夏至,吴娜.高层钢结构建筑工程冬季技术之我见之一[J].城市建设理论研究,2012(19).
- [2] 何占宇,刘洪波,陈忠德.给予仿真分析的大跨越斜拉索拱钢结构安装方法研究[J].科技致富向导,2011(06).
- [3] 罗伊晴,王倩倩,陶炳奎.大跨度钢结构转行桁架预压施工与监测技术的研究和应用[J].城市建设理论与研究,2009(11).
- [4] 郭颖珍,郭俊哲,张改翠.单层多跨钢结构厂房吊装施工技术改进及应用[J].建筑施工,2009(30).
- [5] 齐佳欣,王兰宁,茂建东.试论钢结构施工技术在高层建筑中的应用[J].城市建设理论与研究,2012(35).