

Summary and Application Research on the Dismantling and Reconstruction Construction of Double-Layer Shell-Type Grid Structures

Jianguo Ji¹ Jiejun Zeng²

1. China State Construction Harbor Construction (Shenzhen) Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

2. China Minmetals 23 冶 Construction Group Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

Abstract

With the development of urbanization, grid structures are widely used in various roof structures, and the quantity and structural forms of grids are constantly increasing. As an important form of long-span spatial structures, current grid projects mainly focus on new construction and reinforcement, and there are few cases of dismantling and reconstructing the original double-layer shell-type grid structures. Currently, there are no specific construction specifications in China for the dismantling and reconstruction of double-layer shell-type grid structures. The technical levels of construction teams vary, and some projects adopt a rough management approach of “dismantling while inspecting.” This paper summarizes and conducts application research on construction techniques, construction processes, quality, safety, and other aspects based on completed construction cases.

Keywords

Double-layer shell-type grid structure; Dismantling and reconstruction construction; Temporary support; BIM technology

双层壳型网架拆改施工总结与应用研究

季建国¹ 曾杰军²

1. 中建港湾建设（深圳）有限公司，中国·广东 深圳 518000

2. 五矿二十三冶建设集团有限公司，中国·湖南 长沙 410000

摘 要

随着城市化发展，网架结构广泛应用于各种工程，网架的数量与结构形式不断增多。双层壳型网架作为大跨度空间结构的重要形式，目前网架工程主要以新建和加固为主，部分网架结构需要进行功能调整，需要对原有网架进行拆除和改造。对原有双层壳型网架进行拆除和改造的案例很少。目前国内尚无专门针对双层壳型网架拆改的施工规范，施工队伍技术水平参差不齐，部分项目存在“边拆边验”的粗放式管理。通过已施工案例对施工工艺、施工流程等方面进行总结并应用研究。

关键词

双层壳型网架；拆改施工；临时支撑；BIM 技术

1 引言

双层壳型网架以其跨度大、自重轻、造型灵活的特点，广泛应用于体育场馆、展览中心等大型公共建筑。然而，随着既有建筑老龄化及城市更新需求的增加，20 世纪 90 年代建设的大量网架结构面临功能升级与安全性改造的挑战。当前国内网架拆改施工缺乏专项规范，多依赖《钢结构加固技术规范》（CECS 77）和《既有建筑鉴定与加固通用规范》（GB 55021），存在“边拆边验”的粗放式管理现象，亟需形成系统化的施工工法。本文提出一套涵盖结构检测、

临时支撑设计、分步骤拆改、智能监测及环保回收的完整施工总结，通过技术总结实现网架拆改的安全性、经济性与环保性统一。

2 应用领域

本工法适用于双层壳型网架杆件更换、节点加固或小范围开洞等局部拆改、拆除整片网格并替换为新型子结构等区域重构、全屋面网架加固或曲面形态调整等整体升级。

3 技术原理

双层壳型网架通过上下层曲面网格与腹杆形成空间受力体系，荷载传递路径为“上层网架→腹杆→下层网架→基础”。拆改工法基于结构力学分析，明确杆件受力状态：先拆除次要杆件，后拆除主要受力杆件，同时在关键节点设

【作者简介】季建国（1971-），男，中国江苏泰兴人，硕士，工程师，从事建筑施工技术研究。

置临时支撑（如满堂脚手架或液压顶升系统），确保部分结构拆除后剩余体系的刚度与稳定性。双层结构形式使得网架具有较大的刚度和稳定性。在拆改时，通过合理安排拆除顺序和临时支撑措施，确保在部分结构拆除后，剩余结构仍能保持足够的刚度和稳定性，防止结构发生过大变形或失稳。施工全过程监测，监测发现问题时及时进行调整和控制。改造完成后对整体网架进行检测，检测合格后进行临时支撑架子的拆除。

4 施工流程

前期准备→拆改定位→临时支撑→分步拆除→新结构安装→节点处理→支撑卸载→检测验收

5 操作要点

前期准备：结构检测与评估：对原网架进行三维扫描、材料性能检测（如焊缝、螺栓、杆件锈蚀情况）、荷载复核。BIM 模型建立：利用 BIM 技术建立原结构模型，模拟拆改过程，优化施工方案。临时支撑设计：根据拆改区域设计临时支撑体系（如满堂脚手架或液压顶升系统），确保结构稳定性。拆改区域定位：通过全站仪或激光定位技术，精确标定需拆除或改造的杆件、节点位置。临时支撑安装：在拆改区域周边搭设临时支撑架，确保荷载转移路径连续，避免结构变形。

分步拆除作业：顺序控制：遵循“对称、均衡、分块”原则，自上而下或由外向内逐步拆除。杆件切割：采用等离子切割或气焊切割技术，避免振动对周边结构造成损伤。节点处理：保留关键节点时需局部加固，防止应力集中。

新结构安装：杆件替换：新杆件材质、截面需与原设计匹配，采用高强螺栓或焊接连接。曲面拟合：通过三维坐标调整新网架曲面，确保与原结构平滑过渡。

连接节点处理：焊接工艺：采用 CO_2 气体保护焊，控制热输入以减少残余应力。螺栓紧固：按规范要求初拧、终拧，并做扭矩值检测。

临时支撑卸载：采用分级卸载法，同步监测结构变形，确保卸载后网架内力分布符合设计要求。

检测与验收：进行焊缝无损检测（UT/RT）、整体挠度测量及荷载试验，验收合格后移交。

6 材料与设备

涉及的材料与设备主要为制作或更换网架的杆件、节点的钢构件、高强度螺栓、普通螺栓、螺母、垫圈、焊条、焊丝、焊剂、防锈漆、防火涂料、钢管、扣件、钢筋、电锤、钻机、火焰切割机、等离子切割机、砂轮切割机、手工电弧焊机、气体保护焊机、千斤顶、葫芦吊、吊车、电动扳手、2m 靠尺、铁锤、全站仪、经纬仪、水准仪、超声波探伤仪、磁粉探伤仪等，以及操作人员必需的劳保用品等。

7 质量控制

7.1 施工前质量控制

7.1.1 图纸会审与技术交底

组织设计单位、施工单位、监理单位等相关人员对双层壳型网架拆改的设计图纸进行会审。检查图纸是否完整、准确，有无矛盾或不明确之处，对设计意图、技术要求、施工难点等进行深入理解和沟通。

施工单位技术负责人向施工人员进行详细的技术交底，明确拆改的工艺流程、质量标准、安全注意事项等，确保施工人员熟悉施工要求和操作规范。

7.1.2 材料质量检验

对用于网架拆改的钢材、焊接材料、螺栓等主要材料，严格检查其质量证明文件，如出厂合格证、质量检验报告等，确保材料的品种、规格、性能等符合设计要求和相关标准。

对钢材进行抽样检验，包括力学性能试验（如拉伸试验、弯曲试验等）和化学成分分析，对焊接材料进行焊接工艺评定，对螺栓进行扭矩系数或预拉力检验，严禁使用不合格的材料。

7.1.3 设备与仪器校准

对施工所需的切割设备、焊接设备、吊装设备等进行全面检查和调试，确保设备性能良好，运行正常。

对测量仪器（如全站仪、水准仪、经纬仪等）和检测设备（如超声波探伤仪、磁粉探伤仪等）进行校准和标定，保证测量和检测数据的准确性和可靠性。

7.2 施工过程质量控制

7.2.1 拆除过程质量控制

严格按照拆除方案进行操作，先设置好可靠的临时支撑，确保网架结构在拆除部分杆件或节点时的稳定性。临时支撑的布置、强度和稳定性应经过计算和验算。

控制拆除顺序，遵循先次要后主要、先外后内的原则，避免因拆除顺序不当导致结构失稳或变形。对拆除的杆件和节点进行标识和记录，以便后续检查和分析。

在拆除过程中，加强对网架结构的变形监测，及时发现并处理异常情况。如发现结构变形超过允许范围，应立即停止拆除作业，分析原因并采取相应的加固措施。

7.2.2 加工与制作质量控制

对于需要加工制作的杆件和节点，严格按照设计图纸和工艺要求进行加工。控制杆件的长度、截面尺寸、弯曲度等精度，保证节点的构造和连接尺寸符合要求。

对焊接部位进行严格的质量控制，包括焊接工艺参数的控制（如电流、电压、焊接速度等）、焊缝外观质量检查（如焊缝尺寸、表面平整度、有无气孔、裂纹等缺陷）和内部质量检测（如超声波探伤、磁粉探伤等）。对不合格的焊缝及时进行返修处理。

对螺栓连接部位，确保螺栓的安装方向正确，拧紧力矩符合设计要求。采用扭矩扳手进行拧紧力矩的检查和控

制，对重要部位的螺栓连接进行抽样检验。

7.3 安装过程质量控制

网架部件安装前，对基础进行复查，确保基础的坐标、标高、平整度等符合设计要求。对基础表面进行清理和处理，保证网架与基础的连接牢固可靠。

控制网架部件的安装顺序和位置，按照设计图纸和安装方案进行吊装和就位。在安装过程中，使用测量仪器及时调整网架的位置、标高和垂直度，确保安装精度符合要求。

对网架的连接节点进行重点检查，确保节点连接牢固、密封良好。对焊接节点，按照焊接质量控制要求进行检查和验收；对螺栓连接节点，检查螺栓的拧紧情况和防松措施。

7.4 施工后质量控制

7.4.1 结构验收

网架拆改完成后，按照相关标准和规范进行结构验收。检查网架的外观质量，包括杆件的平直度、节点的连接情况、防腐和防火涂层的质量等。

对网架的几何尺寸进行测量，包括跨度、高度、网格尺寸等，与设计图纸进行对比，确保符合设计要求。测量网架的变形情况，如挠度等，变形值应在允许范围内。

对网架进行荷载试验（如有要求），检验结构的承载能力和变形性能。根据试验结果评估网架结构的安全性和可靠性。

7.4.2 资料整理与归档

收集、整理施工过程中的各种质量资料，包括材料检验报告、施工记录、测量记录、检测报告、隐蔽工程验收记录等。

对质量资料进行审核和归档，确保资料的完整性、准确性和可追溯性。这些资料将作为工程质量评定和验收的重要依据，同时也为后续的维护和管理提供参考。

通过以上全面的质量控制措施，可以有效保证双层壳型网架拆改工程的质量，确保网架结构的安全性和可靠性。

8 安全控制

双层壳型网架拆改施工有安全风险，需全面有效安全控制措施保障施工人员安全和工程顺利进行。以下是安全控制要点：

8.1 人员安全管理

安全教育培训：对参与施工人员进行公司级、项目级和班组级三级安全教育培训，内容含安全法规等，考核合格上岗。特种作业人员管理：特种作业人员如焊工等须持有效特种作业操作证，严禁无证上岗，定期考核评估。安全防护用品配备与使用：为施工人员配合格防护用品，监督正确佩戴使用，高空作业系好安全带并设安全绳和网。

8.2 施工过程安全控制

拆除作业安全：拆除前检查结构，确定顺序方法，制定方案，遵循拆除原则；设临时支撑和防护设施，监测结构

变形；及时清理拆除杆件构件，吊运防止坠落。

焊接与切割作业安全：作业前清理易燃易爆物，配灭火器材；焊工遵守规程，设备接地良好；切割用合格设备，控制参数，清理余料。

吊装作业安全：作业前检查维护吊装设备，选合适设备吊具；设警戒区，指挥持证上岗；严禁超载，试吊无误后起吊，异常情况停止作业。

脚手架作业安全：脚手架由专业人员按规范搭设，验收合格使用；作业设防护栏杆和网，禁超载堆放和嬉戏；定期检查维护，恶劣天气后全面检查。

设备与设施安全管理：机械设备定期检查维护，故障及时维修；电气设备安装使用维护符合规范，接地并设漏电保护器；临时设施合理布局，定期检查维护。

安全应急管理：制定安全应急预案，明确组织职责和处置程序；定期组织应急演练；储备应急物资设备并定期检查维护。

9 节能与环保

采用预制装配技术，拆除时可通过逆向工艺分离网架单元，保留钢材、连接件等材料的完整性，回收率可达 85% 以上，减少新材生产能耗（钢铁行业碳排放占全球 7%）。通过局部加固或替换受损构件，避免整体拆除重建，降低 70% 以上的材料消耗。改造中采用高强度钢或复合材料（如碳纤维），减少结构自重，降低后续使用阶段的荷载能耗。通过建筑信息模型模拟拆改方案，减少返工率和无效运输，缩短工期 20%~30%，间接降低能源消耗。使用水性防腐涂料替代溶剂型涂料，减少 VOC 释放。通过隔音屏障、静音设备（如电动液压剪）将施工噪音控制在 65dB 以下，符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》。

10 结语

双层壳型网架拆改施工工法通过结构力学分析、BIM 技术模拟及预制装配创新，构建了一套安全、高效、环保的拆改体系。工程实践表明，该工法在既有网架结构的功能升级与安全性改造中具有显著优势，尤其适用于杆件更换、节点加固及曲面形态调整等场景。

未来可进一步探索智能监测技术（如无人机巡检、物联网传感器）与绿色建材（如高强度耐候钢）的应用，推动网架拆改施工向数字化、低碳化方向发展，为城市更新中的空间结构改造提供更优解决方案。

参考文献

- [1] 钢结构加固技术规范（CECS 77）[S]. 北京：中国计划出版社，2011.
- [2] 既有建筑鉴定与加固通用规范（GB 55021）[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2021.
- [3] 钢结构施工规范（GB 50755）[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2012.