

大跨度钢结构空间网架屋盖施工技术分析

郑建华

中铁二十局集团第二工程有限公司

摘要: 大跨度网架结构抗震性能良好、结构整体性好、立体感强,在建筑行业中被广泛应用于体育馆、飞机库、火车站和大跨度工业厂房之中。但其安装施工技术是网架结构施工的重点和难点,如何依据不同的工程选出合适的施工方案对于工程质量有极其重要的影响。本文结合张家口奥林匹克体育中心项目的游泳馆屋盖工程,通过对三种网架安装施工方案从工期、经济和安全三方面综合考虑的比选,得出了采用提升架分阶段拼装提升的方案更为合适的结论,并对其施工工艺及操作要点进行介绍。

关键词: 大跨度; 钢结构; 屋盖施工技术; 方案比选; 提升架提升

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2023.03.116

引言

大跨度钢结构屋盖具有优美的外观形状和良好的受力性能、较大的刚度和较好的整体性,能够有效的抵抗各种荷载。本文结合张家口奥林匹克体育中心项目一游泳馆工程项目,对该项目的钢结构屋盖的三种施工方案进行比选,得出了提升架分阶段整体提升方案综合考虑安全、工期、经济和质量各方面因素更优的结论。

一、工程概况

张家口奥林匹克体育中心项目一游泳馆及配套服务用房工程钢结构如图1所示,屋面结构形式为双向正交焊接球桁架结构体系,桁架采用箱型截面摇摆柱支撑于混凝土结构+6m标高的平台上,混凝土结构的四个角部设置核心筒并延伸至12m标高的位置,屋面桁架结构分别在这四个位置设置四角锥支撑于混凝土核心筒上。屋盖长119.2m(X向),宽86.3m(Y向)。核心筒之间X向跨度54.3m, Y向跨度63.4m。屋盖桁架跨中心厚度3.8m,建筑最高点+22.65m,桁架基本网格尺寸8.4m×8.4m。

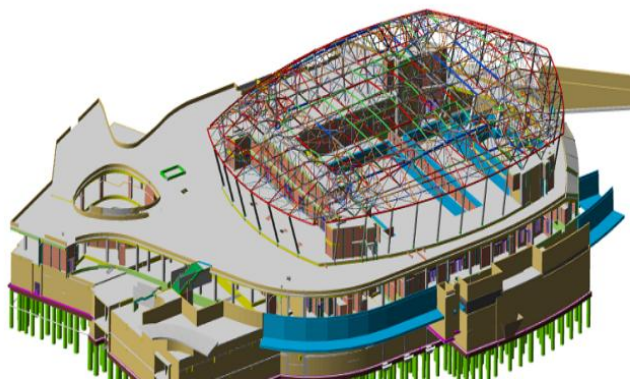


图1 结构整体轴测图

二、钢结构屋盖特点及施工重难点

架跨度大,制作及施工时均需考虑自重及施工荷载造成的桁架下挠,吊装过程中需要防止拼装单元变形,高空作业量大,且多专业交错施工,平、立面空间的作

业面较多,对施工的安全监管造成很大的困难,故施工的安全管理是项目的工作重点。

钢结构屋盖四周均为架空屋面,混凝土结构板面厚度为200mm,钢结构屋盖正底部为游泳池、热身池及戏水池,无法满足大型机械在混凝土板上进行作业。

三、施工方案比选

由于屋盖支撑于+6m标高的混凝土平台上,钢结构屋盖正底部为游泳池、热身池及戏水池,履带吊无法进场,故无法采用整体吊装法进行施工。初步确定的施工方案有高空滑道提升安装、搭设满堂脚手架在钢结构原位进行拼装及提升架分阶段拼装提升方案三类。

(一) 高空滑移法

高空滑移法是指将整体网架结构的分条网架单元在事先拼装好的滑移轨道上滑移到设计位置拼装成整体的安装方法。项目根据施工现场周围环境情况,需要在游泳馆结构物西侧平整出一块场地,并严格控制肥槽回填土施工质量。回填土完成后对周围场地进行整平,南北向长度为95m,东西向长度为50m。在建筑物的两边铺设滑道,先将滑移轨道安装完成后,再进行钢结构屋盖的拼装,采用逐条累积滑移的方式将钢结构屋盖安装到位。从而完成整体钢结构的拼装。

在结构滑移设计时要对滑移工况进行受力性能验算,保证结构的杆件内力与变形符合规范和设计要求。滑移牵引力要正确计算,当钢构件单元与滑轨钢面滑动摩擦时,摩擦系数取0.12~0.15。滑移时要确保同步,位移不同步应小于50mm,同时应满足结构安全的要求。

(二) 高空散装法

高空散装法是指将小拼单元或散件(单根杆件及单个节点)直接吊到设计位置进行拼接的方法,高空散装法有全支架法(满堂脚手架)和悬挑法两种。本工程结合钢结构形式,拟选用全支架法,在施工时,钢结构轮廓内采用满堂式钢管脚手架。

满堂脚手架的搭设的具体要求如下:

(1) 满堂脚手架搭设的主要杆件有立杆、横杆、水平拉杆、栏杆、扫地杆等。

(2) 钢管、扣件、丝杠无锈蚀，弯曲，无烂口，并定期刷防锈油漆。密目网、竹架板、木板、方木质量必须符合有关规定要求。

(3) 支架架体采用 $\phi 48 \times 3.5$ 的Q235钢管。立杆支撑在底托上，底托下部垫设方木。

(4) 支架按步高1.5m，纵向、横向水平杆间距0.6m，纵向、横向立杆间距0.6m，立杆顶部为顶托，顶托上部安装200H型钢做为分配梁。脚手架外立杆四周连续设置剪刀撑，内杆每隔两排立杆沿纵向设一道剪刀撑，剪刀撑水平宽度为四跨，垂直宽度为四步与水平夹角在 $45^\circ \sim 60^\circ$ 之间。立杆下必须全设扫地杆，为双向每跨满设，扫地杆距地面高度 $\leq 150\text{mm}$ 。

(5) 钢结构建筑物四周按规定设置1.2m高的防护栏杆。正面设安全通道。

采用 $\phi 48 \times 3.5$ 钢管、扣件、顶托和底托等构成的脚手架，立杆和水平杆是主要受力构件，剪刀撑是保证脚手架整体强度和稳定性的杆件，并具有加强脚手架抵抗垂直和水平作用力的能力，扣件是脚手架组成整体的连接件和传力件。

(三) 分阶段整体提升法

整体提升法是指在地面或拼接平台上完成网架的拼装，借助提升设备将网架提升到设计位置并完成固定的施工方法。采用整体提升法网架的整体性较好，施工简便，大大减少了高空作业。

本工程钢结构桁架采用楼地面分块拼装提升的施工方法，游泳池正上方的桁架在池内和楼地面拼装、焊接完成经验收合格后用提升架进行桁架提升。桁架提升到一定高度后将各块桁架空中对接成整体后，将桁架提升到设计标高并将桁架就位后，进行支座固定。

根据荷载分析情况，综合分析屋盖结构布置的特点，初步拟定提升点设置在桁架下弦球上，提升架的布置如图2所示。

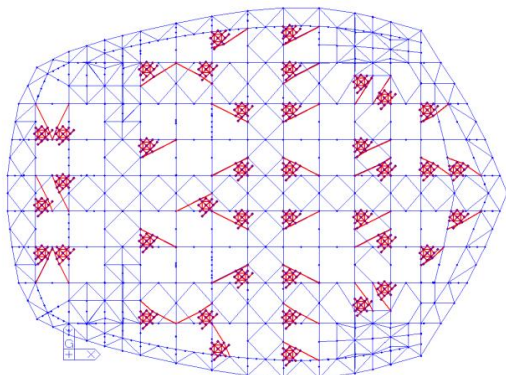


图2 提升架布置示意图 (共40台)

(四) 三种施工方案比选

1. 高空滑移方案

如果采用此方案施工，项目施工工期将会缩短20天左右，但滑道施工需要大量的钢材，且滑移路线太长，安全风险非常高，虽然滑道搭设完成后需要验收合格后才能施工，但安全风险无法排除，由于本项目施工工期较为充足，不需要通过缩短工期而承担更高的安全、质量事故风险，故在项目方案比选初期就排除此施工方案。

2. 满堂脚手架与提升架分阶段拼装施工方案对比

(1) 工期

满堂脚手架搭设面积大，搭设高度高，且需要数量巨大，搭设时间约在10天左右。钢结构拼装完成后，满堂架体拆除，钢管扣件全部要进行归还，且上部屋盖安装完成，垂直运输困难极大，综合考虑满堂架体拆除约在15天左右。

提升架施工是钢结构施工队伍自有设备，且施工人员在施工过程中长期采用此施工方法，在钢结构拼装的同时便可进行提升架拼装及电动葫芦安装，不需要钢结构拼装人员进场等候。钢结构卸载完成，部分人员进行补杆，部分人员进行提升架拆除，安装及拆除大概10天内完成。

通过对比，提升架分阶段拼装较满堂支架搭设施工工期可提前15天左右，对工期有利。

(2) 经济投入对比

搭设满堂脚手架施工，钢管、扣件等均需要寻找材料租赁商进行承租，按照施组要求工期120天，租赁费为318.27万元，架体顶部20H型钢需进行采购，约需1218t，按照市场采购价格为385.1万元。满堂脚手架搭设时需要专业架子工（持证上岗）25人，按照当地劳务人员市场价为每人每天450元，架子工人工费为22.5万元。钢结构拼装施工人员40人，每人每天400元，拼装所需人工费192万元。故满堂脚手架施工完成钢结构拼装所需投入为917.88万元。

提升架分阶段拼装施工，施工所需提升架设备均为专业施工队伍自有设备，费用为摊销费、部分提升架、电动葫芦维修费，经过与专业施工队伍谈判及项目初步评估大约为200万元。提升架底部40H型钢重量为87.6吨，按照当地市场价格采购每吨为3160元，钢材采购总价格为27.67万元。提升架安装由钢结构拼装人员自行完成，不需要单独招聘安装人员，在钢结构拼装间隙抽出部分人员安装完成，并完成屋盖提升，钢结构拼装需要40人即可按照施组要求工期完成拼装提升施工，按照本地实际劳务市场价每人每天400元，共计需要人工费192万元。故提升架分阶段拼装提升完成钢结构拼装所

需投入为419.67万元。

通过上述经济投入对比,提升架分阶段拼装提升较满堂支架施工少投入498.2万元。施工选取提升架分阶段拼装施工方法更经济。

(3) 安全风险对比

满堂支架搭设对钢管、扣件材质要求非常严格,材料进场需要加大人力对材料进行验收,满堂支架搭设过程中,需要每节点逐步检查,经过严格验收后才能进行钢结构拼装施工。支架的整体稳定性较好。

采用提升架分阶段拼装提升时,提升架由于受力不均匀,可能发生倾覆产生坍塌事故,安全风险不易控制。

通过上述对比,单从风险方面来说应该选用满堂支架施工。但是通过模型模拟施工过程,对提升架受力进行模拟,对提升架吊点进行模拟计算,加之施工人员长期利用此工艺进行钢结构施工,具有一定的施工经验,可以避免提升架倾覆事件发生。通过对提升架四周加设揽风绳的措施,理论上能够避免提升架倾覆事件发生。但现场施工过程中,要严格按照施工方案控制现场提升架位置及钢丝绳的吊点位置必须一致,才能避免安全事故发生。

通过对技术方案的对比,对方案实施的可行性进行多次论证,通过咨询部分专家,对工期、经济投入计算对比,对安全风险讨论、研讨,在能够确保安全的前提下,项目部包括钢结构专业施工队伍一致同意选用提升架分阶段拼装提升方案。

四、提升架分阶段提升工艺流程及操作要点

(一) 施工总体思路

根据工程特点,将整个钢结构屋盖分为3个区域(如图3所示)。2区采用室内池内拼装(塔吊辅助),游泳池内桁架拼装完毕利用提升架进行提升至±0楼地

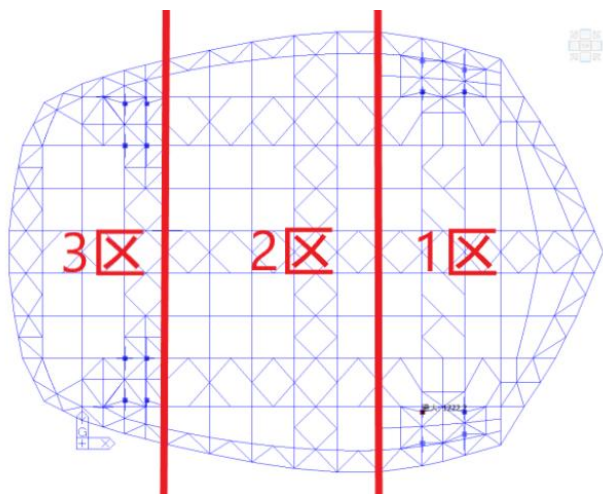


图3 屋盖区域划分图

面(泳池顶),延展拼装2区±0范围内杆件,继续升至+6m标高完成2区剩余杆件拼装;3区在+6m标高楼地面完成拼装提升至设计标高完成支座安装及固定;1区(热身池、戏水池区域)两侧支座位置桁架安装到位,支座可靠连接,其余区域在楼地面拼装完成后提升至设计标高与两侧支座位置桁架连接;将2区提升至设计位置首先与1区连接,再与3区完成合拢。通过对称原则,先卸载核心筒处周边的6座提升架,然后再分几个步骤卸载其余提升架,卸载过程要求采用位移控制,提升架逐步退出工作的办法进行。第1步,卸载核心筒周边的6个提升架;第2步安装周围摇摆柱;第3步,继续去除核心筒周边9座提升架;第4步继续去除剩余25座提升架。至此完成施工。

(二) 提升施工工艺流程

施工准备→放线定位→下弦钢管支托定位→搁置下弦球→调整下弦球标高→组装下弦→组装上弦、腹杆→检查→校正→验收→提升→向外扩展拼装→边提升边拼装→支座就位焊接→空中补杆→最终验收

(三) 分阶段网架提升过程

第一次提升:把1区核心筒两个钢柱支座处杆件和3区杆件提升到预定标高,并进行现场安装固定。

第二次提升:把1区两个钢柱支座之间的部分通过提升架提升到位,然后与核心筒部分杆件进行拼装。

第三次提升:把中间部分(2区)桁架,通过提升架一次提升到位,然后连接与前面两次提升的部位进行空中焊接拼装。

五、结语

大跨度空间网架结构复杂,高度高、跨度大,构件数量多,网架拼装精度要求高,因此在网架安装工程中选择适合于工程的先进、合理、经济的施工方案,从而达到降低工程成本和提高劳动生产率的效果尤为重要。

本文依托张家口奥林匹克张家口奥林匹克体育中心项目一游泳馆钢结构屋盖工程,对其施工方案进行分析比选,通过基于工期、投资及风险等因素的综合考虑,对高空散装法(搭设满堂脚手架)、高空滑移法和提升架分阶段拼装法进行比较,得出采用提升架分阶段拼装法综合考虑更优的结论,并对其施工工艺进行介绍。

参考文献

[1]张翔宇,巫明杰,葛方,等.北京星火站屋盖钢结构施工方案选择分析[J].施工技术,2020,49(20).

[2]郭彦林,郭宇飞,刘学武.大跨度钢结构屋盖落架分析方法[J].建筑科学与工程学报,2007,(1).

作者简介:郑建华,1987,男,汉族,甘肃平凉人,本科,中级职称。