

DOI: 10. 7672 /sgjs2016020026

枣庄市体育中心体育馆游泳馆钢结构施工关键技术

唐香君¹, 谷金省², 曹云宝¹, 刘俊威¹, 李鹏¹

(1. 江苏沪宁钢机股份有限公司, 江苏 宜兴 214231; 2. 浙江江南工程管理股份有限公司, 浙江 杭州 310003)

[摘要] 枣庄市体育中心体育馆、游泳馆均由混凝土结构部分和钢结构外罩部分组成。两馆在地下室和地上1层连为整体, 2层以上为2个独立的结构单体。钢结构进场施工时, 两馆间的连接体结构已经施工完成, 此结构限制了大型吊装设备的行走, 无法形成吊装线路的贯通。针对现实环境条件, 对于连接体的结构及混凝土柱结构进行研究计算, 采用设置无基础、不打桩的压重式塔式起重机作为两馆连接体两侧钢结构的主要吊装设备, 以及运用了张弦梁施工及挂索用临时支撑的设计、张弦梁安装、挂索安装、拉索张拉等各项关键性技术, 圆满完成了钢结构的吊装。

[关键词] 体育馆; 钢结构; 塔式起重机; 吊装; 张拉

[中图分类号] TU758.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2016)02-0026-04

Key Construction Technology of Steel Structure of Zaozhuang City Sports Center Gymnasium and Natatorium

Tang Xiangjun¹, Gu Jinsheng², Cao Yunbao¹, Liu Junwei¹, Li Peng¹

(1. Jiangsu Huning Steel Mechanism Co., Ltd., Yixing, Jiangsu 214231, China; 2. Zhejiang Jiangnan Engineering Management Co., Ltd. Hangzhou Zhejiang 310003, China)

Abstract: Zaozhuang Sports Center Gymnasium and Natatorium are composed of concrete structure and steel structure housing part. Two pavilions are overall in the basement and the ground layer 1, and above layer 2 are two separate monomers. Before steel structure in construction, the connection structure between the two pavilions has been completed. This structure limits the large hoisting equipment, is unable to form a lifting line. According to the reality environment conditions, the connecting structure and the concrete columns structure is simulated and calculated, and the pressure type tower crane without foundation and no piling is used as the main hoisting equipment for the steel structures on the two sides of connector. Meanwhile, the key construction technologies for beam string construction, temporary support design, beam string structure installation, hanging cable installation, cable tensioning and so on were applied to assure steel structures hoisting successfully.

Key words: gymnasiums; steel structures; tower cranes; hoists; stretching

1 工程概况

枣庄市体育中心体育馆、游泳馆位于枣庄文体中心的东北侧。总用地面积 211 177m², 总建筑面积 156 170m²。

体育馆、游泳馆均由混凝土结构部分(下部看台)和钢结构外罩部分(屋盖和四周幕墙龙骨)组成。两馆在地下室和地上1层连为整体, 不设永久变形缝; 2层以上为2个独立的结构单体。如图1所示。

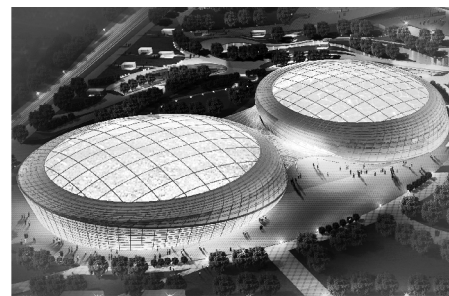


图1 枣庄市体育中心体育馆、游泳馆工程效果

Fig.1 Zaozhuang City Sports Center Gymnasium and Natatorium

[作者简介] 唐香君, 工程师, 项目技术负责人, E-mail: hngjtxj@yeah.net

[收稿日期] 2015-10-20

2 钢结构概况

体育馆、游泳馆结构形式相似,包含下部混凝土结构和上部外罩钢结构,整体呈椭圆形布置。外罩钢结构主要由钢斜柱结构、屋盖环梁、屋盖张弦梁及水平支撑、系杆、柱间交叉支撑、箱形檩条等结构体系组成。

钢斜柱结构由弧形箱形结构组成,下端连接于混凝土结构楼层及混凝土柱,上端与屋盖张弦梁连接固定,钢斜柱下端与上端均通过销轴铰连接柱底埋件和柱顶张弦梁梁端。

屋盖张弦梁为弧形箱形拱架结构,张弦梁弦杆为“日”字形箱形截面形式,张弦撑杆为钢管结构,上端均铰接连接固定。拉索为双索,由2根 $\phi 80\text{mm}$ 或 $\phi 90\text{mm}$ 的高钒索组成。张弦梁结构整体两端通过支座节点连接于主体结构柱顶埋件上,两端采用抗震球形钢支座。

屋盖环梁为箱形截面结构,直接与张弦梁两端进行刚接连接。

水平支撑、系杆等结构亦为箱形截面,与主体结构之间通过刚接连接固定。如图2所示。

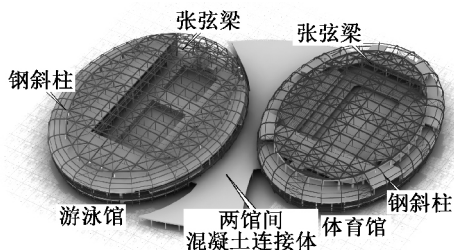


图2 体育馆、游泳馆钢结构轴测图

Fig. 2 Axonometric drawing of steel structure of Gymnasium and Natatorium

3 现场施工难点

3.1 现场施工条件限制

土建主体结构已基本施工完成,钢结构施工已经无法采用起重机进入体育馆与游泳馆两馆馆内进行吊装,只能站位于馆外吊装。

体育馆与游泳馆的地下室结构与地上1层连成一个整体。两馆间连接体顶标高为5.950m,起重机无法从此之间通行行走。

3.2 工程钢结构结构特殊

本工程结构比较特殊,构件数量多,吊装质量大,高空焊接工作量大,且焊接要求较高,较多构件钢板较厚,高空焊接变形大,应力集中,另外构件安装高度高,定位精度要求高,如何采取措施保证吊装质量、控制应力应变、减小结构变形是本工程钢结构安装的控制重点与难点。

3.3 双索施工

体育馆、游泳馆均采用张弦梁双拉索结构,拉索和钢构件都是结构中重要的组成部分。由于张拉整体索结构中的钢索及撑杆为一有机整体,索力与撑杆内力是密切相关的,相互影响、互为依托,其张拉施工方案的选择是保证整个屋盖结构施工的安全,并使施工完成后的预应力状态满足结构设计的要求是重点也是难点。

3.4 张弦梁施工及挂索用临时支撑设置

根据现场施工条件,体育馆、游泳馆双拉索张弦梁采用临时支撑辅助、分段吊装的方法进行安装。设置一种同时满足张弦梁分段与双索安装的临时支撑是施工难点之一。

3.5 钢结构施工测量、校正和定位

曲面形屋盖的安装测量、校正和定位不同于其他结构。选择测量控制点亦较为困难。

4 钢结构施工关键技术

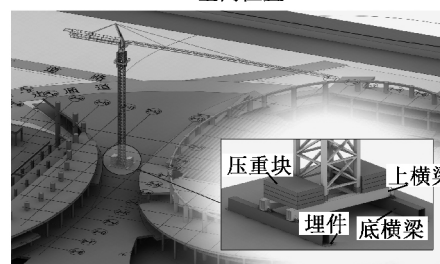
4.1 压重式塔式起重机应用技术

根据项目结构特征以及实际进度,考虑到两馆间的连接体结构阻碍了起重机通行。另外,土建主体结构已基本施工完成,常规塔式起重机的基础(桩基)无法设置在连接体结构上。因此,采用压重式塔式起重机后问题就迎刃而解。

压重式塔式起重机布置在两馆间2层(标高5.950m)结构楼面上,利用既有的4根混凝土柱作为塔式起重机基础的支承结构,在混凝土柱柱顶设置钢埋件。上面设置相关的塔式起重机基座,竖立塔式起重机。塔式起重机要求:吊装最大半径为60m;立塔高度为30m。如图3所示。



a 空间位置



b 细部设置

图3 压重式塔式起重机设置

Fig. 3 Pressure type tower crane setting

根据压重式塔式起重机位置、4 根混凝土柱及周边结构、塔式起重机工作荷载等,进行仿真模拟计算,验算结果均能满足施工要求。

4.2 张弦梁施工及挂索用临时支撑设计

体育馆、游泳馆均为张弦梁双拉索结构,张弦梁分段安装成整体后才开始安装拉索。因此,需要设计一种同时满足张弦梁分段与双索安装的临时支撑。

根据计算机仿真模拟分析结果,设计成双单片形式的临时支撑,两立面单片之间设置若干可拆装的横向系杆。横向系杆随拉索安装提升而拆除与恢复。

临时支撑截面为 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$,立杆为钢管 $\phi 180 \times 8$,腹杆为钢管 $\phi 89 \times 6$,横向系杆采用角铁或钢管。材质均为 Q235B。如图 4 所示。

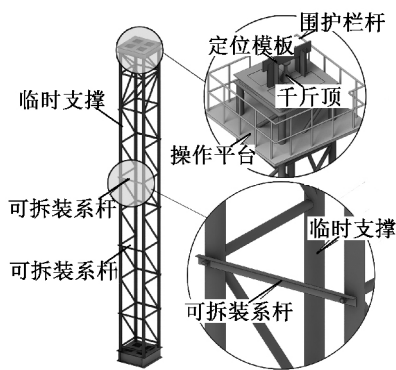


图 4 临时支撑示意

Fig. 4 The temporary supports

4.3 张弦梁安装技术

由于体育馆、游泳馆混凝土结构已经完成,起重机无法进入馆内安装钢结构。因此,张弦梁只能采取分段吊装。

事先根据分段空间位置,计算好分段吊点位置,并装焊好吊耳。吊装前,在张弦梁两端拴棕绳作溜绳。并在张弦梁分段两端标出张弦梁中线,便于张弦梁就位时,张弦梁中心线对齐支座上的轴线。

撑杆与张弦梁之间采用销轴与向心关节轴承结合的节点形式。当张弦梁分段起吊离开地面约 1.5m 时,起重机停止上升。将拉索撑杆组装到张弦梁上,观察此时分段的空间角度是否符合其实际空间角度。若不符合,则经调整符合要求后正式起吊。

当张弦梁分段徐徐下落到接近安装部位时,起重工方可伸手去触及梁,并利用临时支撑辅助安装,吊装就位后用卡板固定以防端部移位。

就位后根据柱顶和临时支撑顶部的测量定位轴线及时找正,接口部位与胎架临时固定,进行对

接口焊接。如图 5 所示。

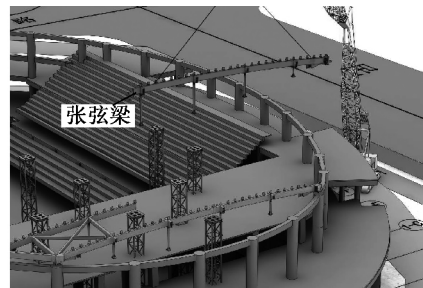


图 5 张弦梁安装示意

Fig. 5 The beam string installation

4.4 挂索安装技术

体育馆、游泳馆均采用张弦梁双拉索结构,双索正好悬挂在张弦梁正下方。张弦梁为分段安装,拉索无法预先组挂在张弦梁上一起安装。

首先,根据拉索空间位置投影,将拉索的索盘就位后,利用卷扬机将索沿其投影位置慢慢展开。在展索过程中,因拉索是穿过临时支撑的,需密切注意不得碰撞临时支撑。安装系杆、水平支撑等屋盖次结构。

拉索采用三点起吊,使拉索平缓上升。拉索上升过程中,临时支撑上的活动连杆亦相应随之复位固定。

拉索提升过程中,拉索中间部分先与索夹接触。最后拉索两端与张弦梁端索固定节点接触。将拉索两端穿入节点孔并初步固定。从中间向两侧进行拉索与索夹连接。如图 6 所示。

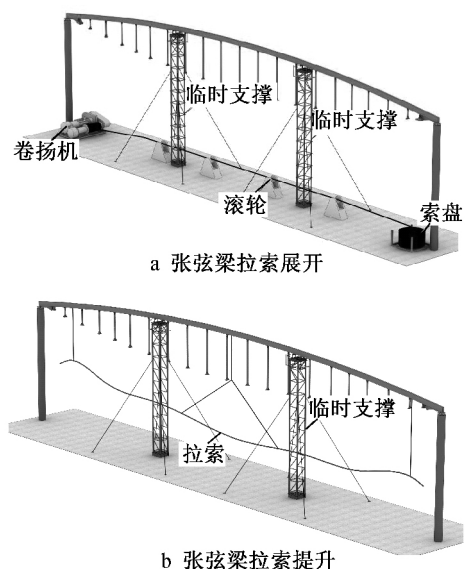


图 6 张弦梁挂索安装示意

Fig. 6 The beam string cables installation

4.5 张拉施工技术

4.5.1 张弦梁张拉的总体施工流程

待全部钢结构部分(外围结构、张弦梁主梁、次

梁、撑杆、支座固定) 安装完毕后, 开始进行拉索的安装, 待钢结构焊接完毕并检验合格以后开始进行屋盖张弦梁的张拉, 张拉分 2 级完成, 最后安装屋面檩条。

由于拉索数量比较多, 因此需要分批对拉索进行张拉, 由于所有拉索不是一级直接张拉到位, 根据全过程仿真计算结果, 分 2 级对结构进行张拉, 第 1 级张拉至设计张拉值的 70%, 该状态下张弦梁基本脱离胎架, 然后对张弦梁进行第 2 级张拉, 在每一级张拉时, 一次同时对称张拉 2 榀张弦梁。如图 7 所示。

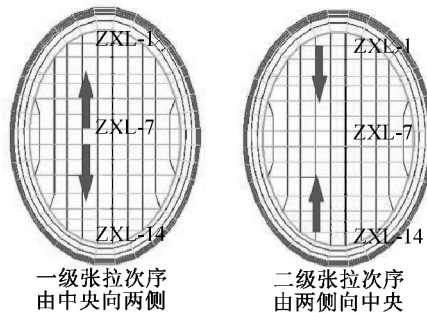


图 7 张拉顺序示意

Fig. 7 Tensioning sequence

4.5.2 张拉注意事项

1) 在张拉之前, 应提供桁架、支座、次梁等的焊接检测报告, 在保证焊接质量合格的前提下, 方可进行拉索的安装、张拉和卸载。

2) 张拉设备安装 由于本工程张拉设备组件较多, 因此在进行安装时必须小心安放, 使张拉设备形心与钢索重合, 以保证预应力钢索在进行张拉时不产生偏心。

3) 预应力钢索张拉 油泵启动供油正常后, 开始加压, 当压力达到钢索设计拉力时, 超张拉 5% 左右, 然后停止加压, 完成预应力钢索张拉。张拉时, 要控制给油速度, 给油时间不应低于 0.5min。

4) 在预应力拉索张拉过程中, 为防止 U 形卡受力后脱落伤人, 张拉之前应预先用吊装带将同一根拉索对应的 2 个 U 形卡环绕绑紧, 以防止在承受较大拉力时从索头耳板上侧向脱落。

4.5.3 预应力补偿措施

结构全部张拉完成后, 根据实测的索力值, 确定是否进行索力的调整。若需调整, 应根据实测的拉索拉力值建立结构计算模型, 通过仿真计算确定索力的调整顺序和调整值, 以避免相邻各榀张弦梁拉索索力的相互影响。

4.5.4 张拉过程中的控制措施

张拉以结构索力控制为主、变形控制为辅。某根索张拉结束后未达到索力要求, 可以通过个别施加预

应力进行补偿的方法, 张拉力控制范围是 $\pm 5\%$ 。

如果结构变形与设计计算不符, 出现较大异常, 应立即停止张拉, 同时报请业主、监理及设计院, 找出原因后再重新进行预应力张拉。

5 结语

通过压重式塔式起重机应用技术、张弦梁施工及挂索用临时支撑的设计、张弦梁安装、挂索安装、拉索张拉等各项关键性技术及相应的措施, 高质量完成了枣庄市体育中心体育馆、游泳馆钢工程的任务。其中无基础、不打桩的压重式塔式起重机在枣庄市体育中心体育馆、游泳馆钢结构工程施工中成功应用, 以及张弦梁分段安装后拉索挂索安装技术等为类似工程提供了借鉴。

参考文献:

- [1] 北京钢铁设计研究总院. 钢结构设计规范: GB50017—2003 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2003.
- [2] 陈禄如. 建筑结构施工手册 [M]. 北京: 中国计划出版社, 2002.
- [3] 赵熙元. 钢结构设计手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1995.
- [4] 冶金工业部建筑研究总院. 钢结构工程施工质量验收规范: GB50205—2001 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2002.
- [5] 沈祖炎. 钢结构制作安装手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [6] 中冶建筑研究总院有限公司, 中国二冶集团有限公司. 钢结构焊接规范: GB50661—2011 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.

328.8m 创珠澳新高 珠海中心大厦封顶

2015 年 12 月 18 日, 上海宝冶集团总承包建设的珠海十字门中央商务区标志性单体——珠海中心大厦主体结构顺利封顶。

珠海中心大厦总建筑面积 14.68 万 m^2 , 地下 2 层, 地上 65 层, 结构高度 328.8m。其建筑外形轮廓随高度变化, 楼层平面形状沿竖向, 从带切角的三角形渐变为接近圆形, 再由圆形渐变至与底部方向相反的带切角的倒三角形。作为珠海市标志性建筑, 珠海中心与周围自然景观和城市景观融为一体, 与对面澳门观光塔相映生辉。

作为珠海十大工程的重中之重, 珠海中心所在的十字门中央商务区成为珠海启动国家战略横琴开发、打造珠江口西岸核心城市的重要举措, 具有构筑粤港澳一体化发展新格局、实现珠澳同城化发展格局、开创珠海城市发展的新格局的深远意义。珠海十字门中央商务区组团一期工程包括国际展览中心、国际会议中心、城市绸带、珠海中心(标志性塔楼)、喜来登酒店、公寓式酒店等。

(摘自《建筑时报》2015-12-31)