

衢州市游泳馆工程大跨度异形钢结构屋盖施工支撑技术

徐坚梁 蒋群芳 姜龙飞

浙江江南工程管理股份有限公司衢州市体育中心监理部 浙江杭州 310000

【摘要】本文以衢州市游泳馆工程项目为例，深入研究了大跨度异形钢结构屋盖的施工技术。通过BIM设计支撑体系，完成了支撑胎架系统的安装。同时，开展台架监测、钢结构健康监测，监测结果显示各方面结果均符合规范，可为类似工程提供有益参考。

【关键词】大跨度；异形钢结构；屋盖施工技术；临时支撑体系

随着现代建筑工程领域发展速度加快，很多先进技术应用到实践中，特别是大跨度异形钢结构屋盖施工技术全面应用，对提高建筑工程建设水平以及施工效率有积极作用。大跨度异形钢结构屋盖作为先进施工技术，其结构形式独特，力学性能优越，并且空间利用率较高，已经成为建筑工程中广泛使用的结构形式。但是大跨度异形钢结构屋盖施工技术面临较多的困难，受到构件加工精度、定位准确性、施工中变形控制等影响。基于此，深入分析建筑

工程大跨度异形钢结构屋盖施工技术，全面落实各项控制措施，进而提高建筑工程施工水平，为我国建筑工程领域发展和进步做出贡献^[1]。

1 工程概况

衢州市游泳馆位于体育中心的东北侧，建筑面积39670 m²，为乙级中型馆，建筑内部设有2000个座位，外部300厚覆土草坡。该项目包含地下1层和地上1层，建设高度40.8m。其中，看台最高点标高11.07m，比赛大厅净高

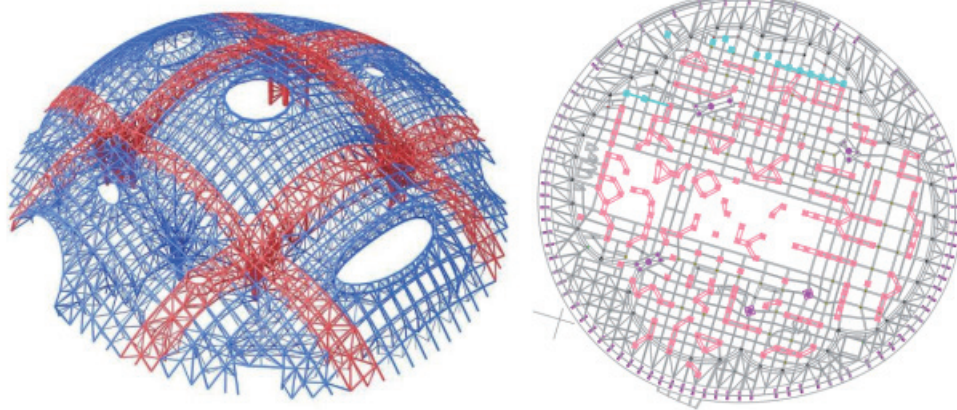


图1 游泳馆钢结构轴测图及台架布置图

表1

游泳馆安装措施材料

序号	名称	规格	单位	数量	备注
1	75t标准胎架	3m/6m标准节	米	2475	支撑胎架
2	型钢	HW300*300	吨	600	支撑胎架转换梁
3	槽钢	C30A	米	2400	胎架间支撑
4	路基箱	2m*6m*0.25m	块	150	履带吊行走

游泳馆反顶加固措施材料

序号	名称	规格	单位	数量	备注
1	钢管	Φ245*12	米	2010	加固立柱
2	型钢	HW300*300	米	1000	加固立柱转换梁及栈桥
3	钢板	PL20	吨	20	立柱封板及栈桥
4	型钢	H400*200	米	48	吊车支腿
5	钢板	PL10	吨	10	立柱顶板

拼装胎架措施材料

序号	名称	型材	数量	材质	长度 (m)	总重 (kg)
1	钢板	PL10*145	96	Q235B	518.4	5760
2	H型钢	HW200*200*8*12	/	Q235B	2500	126250
3	H型钢	HW300*300*10*15	/	Q235B	4200	396900
5	角钢	L100*8	28	Q235B	4137.04	50784

28.2m, 面积3236m²。该游泳馆选择使用钢结构+钢筋混凝土复合结构。由于该游泳馆建筑形式较为特殊, 由8个大小不同的气泡相交组成。长轴环梁中心线长度151.6m, 短轴环梁中心线长度145.1m。为保证游泳馆上部能够支撑钢结构气泡外形, 室内设置5个气泡相交区域, 设置钢混复合异形柱, 为屋盖钢结构提供有力的支撑, 覆盖外部支撑点的上下弦杆直接安装到内外两圈环梁上, 环梁中间布置型钢梁。确保屋盖钢结构的刚度性能达到标准。经过对设计方案以及数据统计分析, 确定本游泳馆项目钢结构中包含钢骨柱、梁、屋面桁架、楼承板等结构, 总重14760t, 其中地下1820t, 屋盖12940t。(见图1)

2 施工段部署

2.1 本工程材料措施见下表(见表1)

2.2 支撑方案

第一, 布置方式

支撑胎架按照屋面桁架施工安排, 在桁架分段处进行设置, 每个分段处平行设置两个胎架支撑桁架的上弦杆, 距下弦分段最近节点处设下弦支撑胎架, 标准胎架上部设可调节段非标准胎架。胎架间设置连杆, 为不破坏胎架主体, 下部使用同胎架外径规格的抱箍进行转换连接, 使支撑胎架形成稳定结构:

表2 支撑胎架设计

序号	胎架类型	名称部位	规格型号	材质
1	标准胎架	立柱	PIP180*12	Q235B
2		支撑	PIP83*6	Q235B
3	非标胎架	立柱	HW300*300*10*15	Q235B
4		转换梁	HW300*300*10*15	Q235B
5		横梁	HW300*300*10*15	Q235B
6		斜撑	HW200*200*8*12	Q235B
7	胎架连杆	横梁	C30A	Q235B
9	胎架基座	路基箱	2000*6000*180	Q235B

3 支撑胎架安装

3.1 下端部设置转换梁

下端部设置转换梁, 主要目的是保证转换梁能够精准、稳定的安装在下部连接节点上, 从而确保上部荷载精准传递以及分散, 确保结构稳定性、可靠性达到技术标准。

第一, 前期准备以及连接点布置。下部转换梁安装作业开始前, 按照技术标准落实各项准备工作。在准备工作过程中先进行现场勘察以及测量, 根据设计方案精准标注转换梁的位置、尺寸等。同时, 执行设计方案在下部预先设置混凝土预埋件、路基箱等连接节点, 这些连接节点主要作用是保证转换梁运行时有足够稳定的支撑以及连接结构, 并且将其稳定连接在下部结构上。连接点布置过程中

精准计算位置、尺寸、精度等, 确保后续施工作业符合设计方案, 也能确保各项施工任务有序完成。

第二, 转换梁的吊装与定位。在准备工作结束后使用起重设备将转换梁吊升, 缓慢下降到预定安装位置。在转换梁吊装阶段做好安全控制工作, 确保起重设备的稳定性合格, 且转换梁具备较高平衡性。与此同时, 在吊装过程中采用全站仪、水准仪等作为测量设备进行转换梁的位置精准调节, 确保转换梁安装阶段水平度、垂直度符合设计方案。吊装以及定位阶段, 随时关注转换梁结构状态, 并结合现场实际情况进行调整, 确保吊装过程中质量和安全不受影响^[3]。

第三, 连接与固定。转换梁安装到位后, 按照工艺方案使用焊接或螺栓连接方式连接, 确保其与底部基础结构稳定连接。该环节是下端部转换梁施工工艺的核心, 对于转换梁结构承载力、稳定性方面存在直接影响。在转换梁连接操作阶段执行设计方案和技术标准选择合适固定措施, 确保连接点位强度、刚度、耐久性合格。同时, 组织技术人员展开连接点位置的全面检查和验收, 确保其连接质量符合标准。在连接作业结束后, 对转换梁结构整体性能展开全面检验和测试, 确保其能够承受上部荷载并且抗震性能满足运行需求, 见图2。

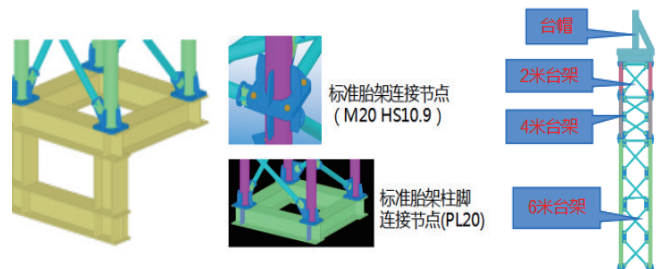


图2 下端部不同部位柱脚及台架整体安装图

3.2 6米标准胎架安装

针对高度6m的标准胎架, 首先要让胎架保持竖直状态, 并且稳定性符合标准, 见图3所示。该胎架设置时其高度为6m, 两侧各设置一根H型钢架, 规格H200×100×6×8, 两根钢架中间采用X交叉方式连接, 交叉点距离地面3m左右。

安装过程中先使用吊车将两根钢架竖立在预定位置, 并且完成初步固定作业。由施工人员在两根钢架的3m位置, 使用规格 $\phi 50 \times 3.5$ mm钢管交叉杆件连接, 采用焊接、高强度螺栓等方式与钢架稳定连接。在连接过程中交叉杆件和钢架的夹角为45°, 以保证连接结构具有较高的稳定性。

安装阶段采用水准仪检测胎架的垂直度、水平度符合技术标准, 误差为 ± 5 mm以内。与此同时, 在焊接结束后对焊接位置展开探伤检测, 确保没有任何焊接缺陷。

3.3 4米标准胎架安装

根据本项目施工方案, 在胎架施工过程中其高度为4m, 两侧各配置1根规格H150×75×4×6的H型钢架, 见图4所示。在钢架连接过程中采用X型交叉设计方式, 交叉点距离地面1m左右。在连接过程中先将H型钢架设置在两侧预定位置,

确保其处于竖直状态，并且两根钢架达到平行的状态。在1m高度位置上选用 $\phi 40 \times 3$ mm的钢管作为交叉杆件，利用焊接、螺栓连接等方式和钢架稳定连接，确保连接强度、稳定性符合技术标准。在连接过程中确保交叉杆件和钢架之间角度为 45° ，确保其稳定性、支撑力符合技术标准。

3.4 整体胎架安装

在2m标准胎架安装过程中，以安装完成的6m或4m标准胎架作为基础，并且形成多层次、稳定的支撑结构体系，确保结构支撑性能符合技术标准，见图5所示。在2m标准胎架安装过程中，按照如下步骤逐步完成：

第一，对6m或4m标准胎架展开检测，确保其稳定性、连接强度符合技术标准，垂直度、水平度符合设计方案。在检查完成后，进入到2m标准胎架的安装工序。

第二，根据设计方案2m标准胎架的高度为2m，两侧各布置1根H型钢，规格 $H150 \times 75 \times 4 \times 6$ ，和标准胎架对比其结构更加紧凑，但也要保证强度、稳定性达到技术标准再开展安装作业。现场安装过程中将2根H型钢分别放置在6m标准胎架上部，并且和下部6m标准胎架达到平行且竖直的状态。

第三，在2根H型钢的1m高位置使用 $\phi 40 \times 3$ mm钢管作为交叉杆件，并利用焊接、螺栓连接等方式和2根钢架稳定连接。在连接过程中确保交叉杆件和钢架夹角为 45° ，从而确保连接结构具备较高的强度以及稳定性。

3.5 上端部设置胎帽

根据本项目施工需求，在胎帽设计过程中采用数字“4”的反方向型，确保所有胎架已经安装完毕且技术人员检测达到技术标准，再进行胎帽的安装作业。由于本项目胎帽结构形式设计比较独特，类似于数字4的反向，有两个平行的延伸部分，能够使其支撑力合格，且具备较高的稳定性。

第一，选择和胎架相匹配的胎帽，按照本项目施工需求在胎帽选择阶段，使用高强度混凝土或者钢材材料制作，确保结构的承载力、稳定性达到标准。本项目施工时胎帽宽度1.5m，高度10cm以上，两侧平行延伸长度1m，从而使支撑结构具备较高的稳定性。

第二，胎帽安装开始前对胎架顶部进行清理，确保没有任何杂物、残留物等对胎帽安装效果产生不利影响。同时，组织技术人员使用水准仪、卷尺等检测胎架顶部尺寸，确保其尺寸精度合格，满足胎帽安装需求，并且保证胎帽和胎架轴线达到一致。

第三，将检测完成的胎帽缓慢放置在标记的位置上。由于本项目施工中胎帽形状较为特殊，所以在安装过程中要合理调整安装方向，并保证其稳定性合格，避免出现倾斜、滚动等情况影响胎帽安装效果。在胎帽安装阶段使用专业测量工具精准调整，使胎帽安装位置精度达标。

4 监测情况

4.1 台架监测

针对本游泳馆项目施工需求，在台架施工过程中确保其稳定性、安全性达到技术标准，选择使用应变片监测方法确定其施工效果是否合格。台架安装完成在关键受力点位粘贴应变片，随时监测台架在荷载条件下的应变情况，从而评估其结构运行状态。

应变片监测方法应用时按照如下步骤进行：第一，台架设计阶段，根据结构力学设计特点精准确定关键受力位置，再在该位置粘贴应变片。应变片粘贴时分析其灵敏度、稳定性、耐久性等参数，以保证监测数据精度达标。第二，应变片与数据采集系统稳定连接，随时掌握监测数据，明确采样频率、监测时间等。第三，应变片监测作业阶段数据采集系统能随时获取应变片监测数据，并将其传输到计算机软件中精准分析。

4.2 钢结构健康监测

本项目游泳馆屋盖采用混凝土薄壳与正交空间钢结构桁架共同作用及受力，通过内外环梁、中部巨型异形柱支撑主体屋盖结构。本项目监测结合传力路径，立足于典型的混凝土薄壳开口位置、钢桁架与巨柱连接位置的关键构件、内外预应力环梁以及巨型柱的受力特点，对其进行应力应变监测，监测关注工况主要为上部屋盖完成状态、满覆土施工完成状态等。

游泳馆主体结构关键检测构件包括：高应力比杆件(55)、铸钢杆件(24)、多杆汇交杆件(25)、外支座杆件(47)和内支座杆件(142)，共计293个杆件。每个杆件仅布置一个应变计，共计293个应变计。

经过不同时间段、不同工况下监测值同设计应力、应变对比，均符合规范要求。

5 结语

建筑工程大跨度异型钢结构屋盖施工技术难度较大，但该结构形式新颖，能够满足大型公共场所建筑施工需求。同时，大跨度异型钢结构屋盖施工技术有更高要求，采用先进的设备和技术才能提高施工水平，并构建完善质量体系确保建筑工程施工效果合格。本文以实际工程案例展开分析，发现该项目施工存在较多难点，通过先进技术逐一化解，提高大跨度异型钢结构屋盖施工技术水平，确保建筑工程运行的稳定性、可靠性达到标准。

参考文献：

- [1] 曹靖. 大跨度异形钢结构分区安装施工关键技术研究与实践[J]. 安徽建筑, 2021, 28(07): 73-76.
- [2] 张翔宇, 葛方, 潘湘东, 等. 大跨度钢结构屋盖吊装施工技术分析[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(05): 130-133.
- [3] 王中旗, 包桂波, 王海玉, 等. 大跨度多曲面异形张弦梁钢结构施工技术的应用[J]. 建筑施工, 2023, 45(02): 301-303.