

# 大型体育场罩棚钢结构局部液压同步提升施工管理

贺 印 李华波 孙立祺

深圳市润置城市建设管理有限公司 广东 深圳 518000

**【摘要】**：大型体育场罩棚钢结构因为通常为悬挑结构，常采用大型机械吊装方案，但也有部分场馆因为造型特殊，局部适合采用液压同步提升施工工艺。本文以大湾区文化体育中心为例，系统阐述大型体育场罩棚钢结构局部液压同步提升施工管理。该技术不仅可以解决大型体育场特殊造型区域的安装难题，也能保证工程的质量和施工安全，对同类型的工程项目还能起到参考作用。

**【关键词】**：体育场馆；钢罩棚；同步提升

DOI:10.12417/3083-5526.25.05.005

## 一、工程概况

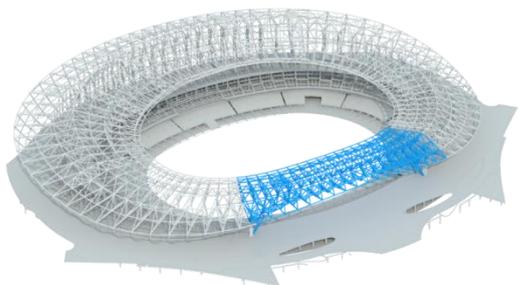
### (一) 项目背景

南沙大湾区文化体育中心（原南沙全民文化体育综合体项目）位于广东省广州市南沙区最南端，地处粤港澳大湾区的“几何中心”，坐拥70万平方米的公园景观，是一个集文化、旅游、体育于一体的大型城市综合体。项目所在地为粤港澳大湾区几何中心，北距广州中心城区60公里、东南至深圳前海25公里、西南至珠海横琴50公里，可与大湾区主要城市60分钟内互达，周边基础设施正在加速建设，不断完善。

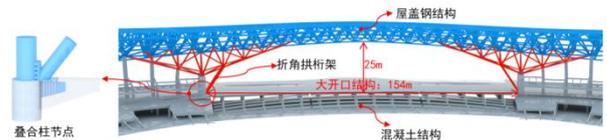
项目净用地879亩，总建筑面积46.7万m<sup>2</sup>，主要包括一个6万座综合体育场，一个2万座综合体育馆、一个4000座游泳跳水馆、运动员中心及配套设施。6万座综合体育场为甲级体育建筑，建筑面积约17.9m<sup>2</sup>，建筑高度63.8m，地上5层，无地下室，主体为钢筋混凝土框架结构，屋盖为空间钢结构桁架体系。综合体育场东南滨海侧设置宽145m的观海景观窗，拥有无敌海景。

### (二) 项目钢结构概况

综合体育场罩棚钢结构主要由屋盖钢结构、大开口处拱桁架、背撑钢结构和马道钢结构四部分构成，最大跨度154m，最大悬挑60m，总用钢量约1.7万吨。为实现观海效果，屋盖钢结构在东南观海侧设置了大开口拱桁架，拱桁架采用“折角拱+小斜率折角”的结构形式，结构跨度为154m，桁架最低点距离二层看台面为25m，桁架截面形式为圆管，最大截面尺寸为P1200×40mm，材质为Q420B。



罩棚钢结构效果图



大开口拱桁架结构示意图

## 二、重难点及方案比选

本项目体育场罩棚钢结构工程与其他体育场馆相比，核心特点在于观海侧大开口拱桁架的设置，该部分也是罩棚钢结构施工的重难点。传统体育场钢罩棚施工多采用单元吊装方案，本项目大开口以外区域均沿用该传统方案。但观海侧大开口拱桁架存在跨度大、杆件截面大、杆件密集等特点，整体重量约2300吨。若采用传统吊装方案施工，需选用大型吊装机械，且支撑布置密集、后补杆件数量多，导致施工经济性差、效率低。经综合论证分析，最终确定大开口拱桁架采用液压同步提升施工方案。

## 三、液压同步提升方案及施工模拟计算

### (一) 提升吊点设置及提升设备配置

结合施工计算结果，提升区域共设置8个吊点，吊点均布置在原结构上弦节点位置。根据吊点布置情况及计算数据，共配置10台提升器，提升能力范围为1800KN~4050KN，总提升能力达36450KN，总反力为22835KN。具体设备配置如下表所示：

提升结构提升设备配置表						
吊点编号	反力标准值 (kN)	提升器型号	提升器数量 (台)	单台设备钢绞线数量 (根)	提升能力 (KN)	备注
D01	1117	YS-SJ-180	1	10	1800	
D02	3122	YS-SJ-405	1	27	4050	
D03	3157	YS-SJ-405	1	27	4050	
D04	1120	YS-SJ-180	1	10	1800	

设备编号	提升重量/kN	提升设备型号	提升速度/m·min	提升高度/m	提升时间/h
D05	2115	YS-SJ-285	1	18	2850
D06	5058	YS-SJ-405	2	22	8100
D07	5039	YS-SJ-405	2	21	8100
D08	2107	YS-SJ-285	1	18	5700
合计	22835		10	196	36450



提升吊点设置示意图

**(二) 提升临时措施设计**

提升支架分为4种类型，分别适配不同吊点位置，支架由提升梁、标准节、分配梁等构件组成，材质均为Q355B。各杆件之间采用一级熔透焊缝连接，并设置加劲板增强结构稳定性。提升支架底部支撑于二层看台台阶及主体结构上，荷载通过柱顶埋件及分配梁传递。提升过程中，在吊点位置设置加固杆，下吊点对应上吊点布置在待提升单元下弦球上，配备专用吊具确保连接可靠性。液压提升器通过固定板安装在提升支架上，每台提升器均配置导向架，保障钢绞线导出顺畅。

**(三) 卸载方案设计**

卸载施工遵循“分区、分级、同步”原则，以变形控制为核心，通过精准测量确保荷载平稳过渡。根据有限元分析结果，将卸载区域划分为内侧分区、外侧分区及大开口独立分区，采用液压提升器反向分级同步卸载方式，分五级逐步将支撑荷载转换为结构自身受力。各级卸载量根据卸载点位移计算确定，确保结构变形处于安全可控范围。

**(四) 施工模拟计算**

施工模拟计算旨在通过有限元仿真分析，验证提升过程中结构及临时支撑体系的受力合理性、变形协调性及稳定性，确保施工过程安全可控。

建立被提升结构三维有限元模型，采用壳单元与梁单元模

拟钢结构构件，考虑结构自重、施工荷载等荷载组合（标准荷载组合：1.0D+1.0L；基本荷载组合：1.3D+1.5L）。计算结果显示，提升阶段结构最大变形值为51mm，最大应力比为0.73<1.0，提升点最大反力为5058kN；安装完成后，结构跨中最大变形为122mm，其跨度L约为149m，变形为L/1221<L/400，满足规范要求。临时加固杆在提升阶段应力比最大，卸载完成后最大应力比降至0.39，结构受力转换平稳。

针对各类型提升支架分别建立有限元模型，考虑恒荷载、活荷载及风荷载作用（提升作业按6级风设计，支承结构按8级风校核）。计算结果表明，支承结构最大应力比为0.78<1.0，提升工况下（6级风及以下）支架顶部最大水平变形为50mm，其高度H约为45m，变形为高度的1/900，满足提升规范H/120的要求。稳定性分析显示，提升支架最小失稳安全系数为3.5，提升支架三、四最小失稳安全系数为5.5，稳定性良好，均满足施工要求。

采用ANSYS有限元程序对180t、285t、405t三种型号下吊具进行仿真分析，基本荷载组合取1.5倍提升反力标准值。计算结果显示，180t吊具最大应力为329MPa（开孔位置），最大变形0.60mm；285t吊具最大应力为380MPa，最大变形0.70mm；405t吊具最大应力为387MPa，最大变形0.84mm，三种吊具大部分应力在295MPa以下，满足设计要求。

**四、施工工艺及保障措施**

**(一) 核心施工工艺流程**

平台拼装屋盖桁架→全面检查后试提升（脱离胎架100mm，静置12小时）→分三次提升（第一次提升11m，安装第一道腰桁架；第二次提升22m，安装第二道腰桁架；第三次提升至设计标高）→安装大开口处拱桁架→嵌补杆件安装→检验合格后卸载→拆除提升胎架。

**(二) 组织保障措施**

成立以建设、监理、施工三方负责人组长的安全管理组织机构，分为领导层、管理层、作业层三个层次，明确各岗位安全生产职责。建立安全生产教育制度，对新进场人员、转场作业人员及特种作业人员开展分级分类培训，培训内容包括安全法规、操作规程、应急技能等。实施技术审批、技术交底、安全检查及隐患排查制度，加强提升设备日常维护与管理，确保施工全过程安全可控。

**(三) 安全技术保障措施**

施工现场配备安全帽、安全带、安全网、劳保鞋等劳动防护用品，严格执行佩戴标准。提升胎架设置内置钢爬梯及防坠器，顶部搭设操作平台并采用密目网围挡。动火作业严格遵守“十不烧”规程，办理动火审批手续，配备看火人员及灭火器材；建立消防管理体系，配置足够消防器材，确保消防通道畅通。针对台风、雨季、高温等季节性特点，制定专项施工措

施，保障极端天气下施工安全。

#### (四) 监测监控保障措施

监测内容包括钢屋盖应力应变、挠度、动力特性、风压及钢结构温度应力应变。施工前制定监测实施方案及测点布置图，明确工期目标，确保监测工作与施工进度同步开展。根据设计文件要求及相关规范，确定关键部位监测测点，选用振弦式应变计等仪器进行温度及应力应变监测，采用全站仪测量结构位移。

应力应变监测同步测量温度值，通过数据采集系统实时传输数据，与设计值对比分析。位移监测设置 26 个测点，包括钢桁架弦杆及胎架顶部角点，施工期间每两周监测一次，提升后实时监测，卸载前进行整体监测，数据异常时加密监测频次。卸载监测在临时支撑措施释放前后及释放过程中进行，重点监测结构位移及应力应变变化，确保卸载安全。

#### 五、验收与卸载

钢罩棚安装、焊接完成后，组织相关人员进行验收，验收完成后准备卸载相关工作。

卸载前需满足以下条件：钢罩棚安装完成，整体校正并焊接完成；各连接节点检查合格，各焊缝检测合格；卸载人员经过技术交底并演练合格；监测设备安装调试完成，数据传输正常；应急物资及救援人员到位。

卸载前准备工作包括：对关键部位焊缝进行复查，形成复查报告；对结构坐标进行复测，监控其标高及变形；检查卸载设备及工具，确保处于正常使用状态；明确卸载指挥体系及分工，确保指令传达畅通。

卸载采用液压提升器反向分级同步卸载，具体施工步骤为：

检查提升器、泵站等设备，连接通讯线，调试操作系统，做好下降准备并记录相关数据；提升器回落至荷载降至 90%（或回落行程 1cm），静置 5 分钟观察，确认桁架焊缝、变形正常；依次回落至荷载 80%、60%、30%、10%，每级回落完成后静置观察，确保结构状态稳定；最终回落至提升器显示荷载为 0，完成卸载过程。

卸载过程中严格控制各级卸载量，根据大开口提升区卸载点位移计算结果，分五级逐步将支撑荷载转换为结构自身受力，各级卸载量分别为 10%、20%、30%、20%、20%，确保结构变形安全可控。实时监测结构应力应变及位移变化，若出现数据异常立即停止卸载，采取应急措施排查处理。

卸载完成后，继续监测结构状态三天，记录结构沉降变形情况，确认结构稳定后拆除提升胎架。对验收及卸载过程中形成的技术资料、监测数据、整改记录等进行整理归档，作为工程竣工结算及质量追溯的重要依据。

#### 参考文献：

- [1] 张顺治.大跨度钢网架液压提升技术研究 [J]. 科技创新与应用, 2025, 16 (1): 176-179.
- [2] 陈州.大跨度钢桁架屋盖液压整体同步提升施工技术研究 [J]. 建筑施工, 2024, 46 (11): 1884-1887.
- [3] 王泽锋.高空大跨度钢结构连廊整体液压提升施工技术 [J]. 城市住宅, 2016, 23 (5): 116-117.
- [4] 陆军, 熊建强, 石韬, 等.大跨度钢桁架屋盖计算机控制整体提升施工技术 [J]. 浙江建筑, 2017, 34 (3): 35-40.
- [5] 刘坤, 李天一, 朱印杰, 等.液压同步提升技术在网架施工中的特点及应用 [J]. 天津建设科技, 2013, 23 (6): 13-14.