

# 大跨度空间双曲面螺栓球网架施工卸载技术

杨海波

陕西建工机械施工集团有限公司

DOI:10.32629/btr.v3i3.2962

**[摘要]** 大跨度空间螺栓球网架屋盖结构以其优越的力学性能被大量应用,其施工难度也日益提高,本文主要介绍了汉中东辰外国语学校一期(EPC)10#风雨操场大跨度空间双曲螺栓球网架的同步卸载技术,该技术利用大跨度钢网架的柔性,采取多台液压千斤顶,分区同步卸载。通过施工卸载模拟计算,对屋盖结构卸载过程进行的数值仿真分析表明,变形及应力监测结果与有限元分析结果吻合度相对较高,卸载计算模型合理正确,卸载过程中整个结构受力稳定,验证了现场施工方案和卸载技术的可行性。既保证了结构的安全及施工质量,又保证了卸载的效率。

**[关键词]** 大跨度; 螺栓球网架; 同步卸载技术; 应力监测

## 1 工程概况

汉中东辰外国语学校一期建设项目(EPC)工程总承包,建设地点位于陕西省汉中市南郑区龙岗新区,北临龙岗大道,南临龙岗二路,西临梁山三路,东临梁山二路。项目一期建筑面积约为97700m<sup>2</sup>,项目总投资12亿元,由汉中市城市建设投资开发有限公司投资建设其中10#风雨操场工程建设投影面积约5000m<sup>2</sup>,建筑造型为“蛋壳”形。

风雨操场为空间螺栓球网架结构,网架类型为正放四角锥,下悬支撑。8根钢柱悬挑支撑。网架高度2.82m,网架含钢量43.6Kg/m<sup>2</sup>。网架长150m,宽53m,建筑高度最高点32m,最低点12.5m。钢柱:Φ1600×20mm的圆管,采用预埋锚栓+混凝土固定。±0.00mm以下埋深4m,外包钢筋混凝土,内灌C40无收缩细石砼。

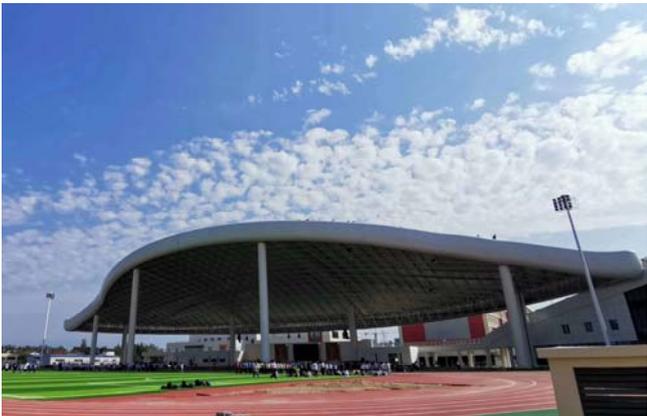


图1 工程效果图



图2 网架施工完成效果图

## 2.1 大跨度、双曲面、高差大、施工难度大

钢柱间距最大跨度39.9m,网架为双向曲面悬挑结构,施工高差大,空间定位放线难度大。大跨度双曲面正放四角锥节点网架采用满堂支撑脚手架+格构式支撑架的施工方法。工厂加工、现场拼装、高空悬挑散装。安装顺序:低空外扩安装,由东侧最低点向西侧最高点进行安装,先安装中区(第一部分),然后安装南、北两侧(第二部分),每个独立分区的安装的顺序均由一侧向另一侧推进安装,向前移动空出支撑胎架,再安装、再移动支撑架,直至全部主体结构安装完成。

## 3 螺栓球网架同步分级卸载施工方案

本工程钢网架结构在主结构安装完成之后开始卸载,卸载方法为“分阶段整体分级同步卸载”。支撑架体进行同步分区卸载,卸载过程中每次卸载量需要依据计算结构卸载前后的变形量进行确定,以保证卸载过程中结构稳定安全,其位形变化和应力应变满足设计要求。卸载遵循如下原则:以理论计算为依据,以变形控制为核心,以测量控制为手段,以平稳过渡为目标,严格按照计算机模拟计算结果进行卸载。

### 3.1 卸载工艺

#### 3.1.1 卸载顺序

本工程中支撑胎架数量多,卸载面积大,支撑胎架高。根据结构本身及支撑胎架的布置情况,在计算分析的基础上将支撑胎架体系分为三个部分。一区为满堂支撑脚手架,二区、三区为格构式支撑架。

网架支撑拆除,先拆除黄色区域满堂脚手架(1),再拆除红色方格支撑架(2),最后拆除绿色方格支撑架(3)。第二区域支撑架拆除需在卸载完成后进行,南北两侧对称同步进行。在千斤顶下方放置6mm/8mm/10mm钢板,千斤顶顶起后,垫入钢板,分级卸载。

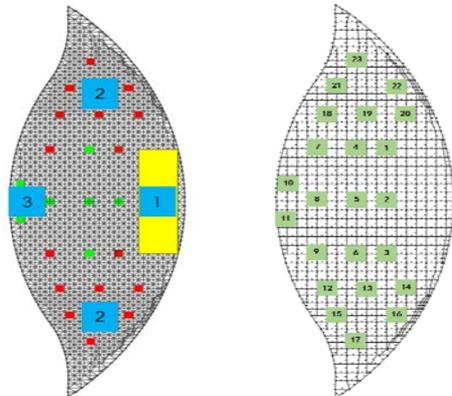


图3 网架拆除布置图

## 2 工程施工难点分析

格构式支撑架拆除顺序							
序号	支撑架编号						备注
	北区			南区			
1	21	22	23	15	16	17	
2	18	20	/	12	14	/	
中区							
1	4			6			
2	10			11			
3	5			8			

图4 格构架拆除顺序图

3.1.2网架卸载施工工况模拟验算

根据网架的结构设计图,采用MIDAS建立实体计算模型,对网架的自重荷载、卸载时结构的应力分布,卸载后结构的竖向位移等进行模拟分析计算,经过有限元分析验算,分阶段网架卸载完成后的结构变形如下图所示,其位移变形及应力应变均满足要求,卸载方案合理、安全。

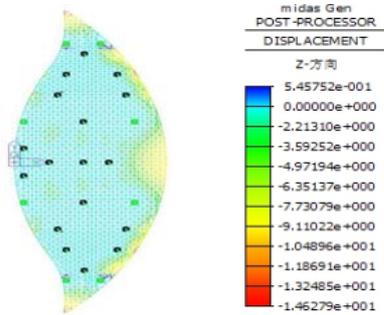


图5 满堂脚手架拆除网架变形

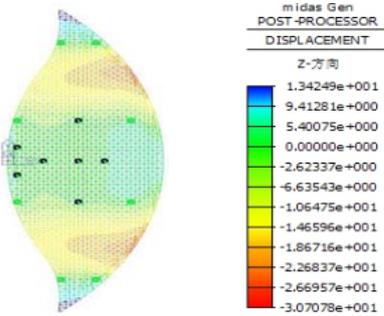


图6 南、北侧支撑架拆除网架变形

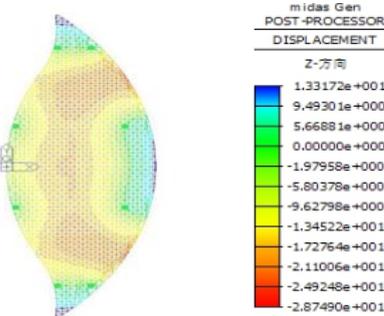


图7 中部支撑架体拆除网架变形



图8 网架卸载完成

3.1.3网架卸载后变形监测

卸载过程中的结构位移和变形监测,采用全站仪测量未卸载前各支撑点的坐标,并记录在案。掌握各次卸载量,每一步的卸载量都要严格按照规定要求的卸载量进行卸载,要对卸载进行精确的跟踪控制。卸载施工人员配备一小段钢尺,以量取每次卸载的卸载量进行控制,提前在支撑处画上线,每次卸载量的控制都要严格按照该画线处量取。每次卸载后,测量卸载点的标高,根据施工验算结合现场的实际情况,以调整确定下一次卸载值。网架主结构施工完成,整体卸载完成。

网架支撑拆除前后应测量挠度值,所测的挠度值不应超过相应设计值的1.15倍,实测的挠度曲线应存档。依据《钢结构工程施工质量验收规范》(GB50205-2001)的规定,跨度在24米以上的钢网架结构测量下弦中央一点及各向下弦跨度的四等分点。卸载完成后,经过测量记录,网架主结构最大下挠3cm,满足设计要求,可以开始进行金属屋面系统施工。

4 结语

在汉中东辰外国语学校10#风雨操场大跨度双曲螺栓球网架的主结构施工完成后,根据施工模拟验算分析,按照卸载方案进行卸载,卸载比较成功,其网架卸载施工技术措施对保证工程施工质量和施工进度起到重要作用,缩短了项目施工工期,同时我们积累了相关工程经验,对后续行业内同类型的空间网架结构施工卸载提供参考。

[参考文献]

[1]陶署生,侯恩宏,罗丕均.南宁吴圩国际机场新航站楼大跨度双曲面网架同步卸载施工[J].施工技术,2015,44(02):58-59.

[2]苏英强,王留成,段先军.北京新机场航站楼屋盖钢结构卸载技术研究[J].建筑技术,2018,49(09):951-955.

[3]饶晓文,李鸿晶,伍小平.大跨空间结构施工临时支撑卸载次序研究[J].施工技术,2014,43(11):122-126.

[4]钟红春.四角锥网架钢结构卸载技术的研究及应用[C].装配式钢结构建筑工程技术应用:中国建筑金属结构协会,2018:392-398.