

张弦拱桁架施工过程中支撑胎架的应用

曹鹏飞¹ 陈鑫¹ 许来勇¹ 潘崇²

1. 江苏省第一工业设计研究院股份有限公司 江苏 徐州 221000

2. 江苏徐塘发电有限责任公司 江苏 邳州 221300

摘要: 本论文旨在探讨大跨度张弦拱桁架施工过程中, 采用塔式起重机标准节作为大跨煤棚钢结构安装的重要措施, 通过计算分析和构造要求确保在施工过程中施工验算可靠。通过在露天主煤场封闭改造工程大跨度中的实际应用, 确认此技术成熟高效, 对大跨钢结构施工提供有力保障, 解决了超规模危险性较大工程重大疑难。

关键词: 大跨钢结构; 安装; 施工验算; 支撑胎架

1 工程概况

本项目为江苏徐塘发电有限责任公司投资兴建的露天主煤场封闭改造工程, 干燥棚的功能主要属于大型的储存库房, 实现煤炭的存储, 所以它必须具有一定的初春和作用空间, 即结构必须能满足一定的净宽要求^[1]。因此本项目采用单跨大跨度预应力张弦桁架结构, 三心圆拱形造型, 单跨164m, 矢高45m, 二期工程纵向长度为115m, 总面积约18550.89m²。

该结构标准榀为三角形圆管相贯焊接立体桁架ZHJ-1 (如图1), 支座采用半球铰接支座, 悬索采用钢丝束外包PE。纵向联系桁架(CHJ-1~5)采用空间圆管立体桁架, 支撑体系采用柔性拉索, 西端与一期同跨度榀管桁架纵向连接, 东山墙采用螺栓球节点网架墙。本工程是目前本地区最大跨度钢结构工程。

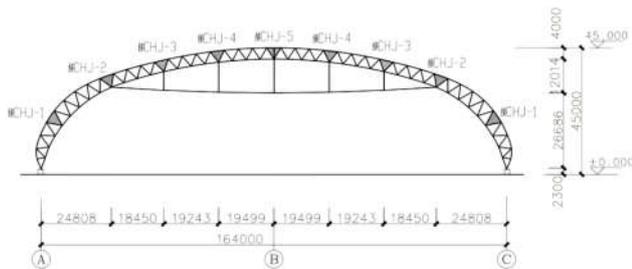
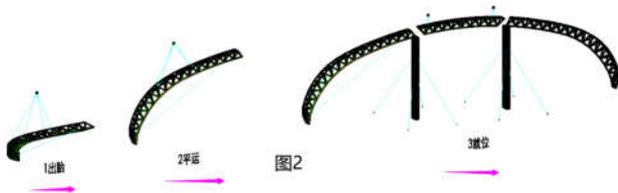


图1 ZHJ-1 立面结构布置



大跨度空间体系在建设中已被广泛运用, 已有学者对大跨度空间施工技术中的钢结构施工方案^[2]、屋盖的整体提升技术^[3]、等进行了大量细致的研究, 而对采用支撑架安装的方案涉及较少。本项目采用分段吊装的安装形

式。将大跨度管桁架分为三段, 中间设置两个支撑架作为各分段的临时支撑(如图2)。

支撑胎架是分段施工的重要技术, 保证支撑架的可靠、稳定的工作是工程顺利进行的前提条件。

传统支撑胎架一般采用角钢、圆管等规格材现场焊接而成, 通常支撑架断面为四边形, 由立杆、水平腹杆、斜腹杆组成。针对本工程特点, 如何高效高精度提供工具式支撑体系, 是值得研究的内容。

传统支撑架焊制需要耗费大量时间, 通过市场调查, 随着大规模建设的结束, 市场上存在相当数量的退役塔吊, 利用现存的塔吊标准节, 对提高施工效率, 发挥退役塔吊标准节结构剩余价值, 用于大跨度钢结构安装, 具有相当的经济价值。

利用塔吊标准节用于支撑胎架, 需要进行必要分析验算, 施工部署须满足安全施工专项方案要求, 如何高效满足施工验算, 对结构技术人员是任务也是挑战。

支撑架由塔吊标准节组装而成, 塔吊标准节截面尺寸 1.5×1.5m×2.2m, 柱肢为角钢。标准节之间采用 M20 螺栓连接。每个胎架用两组桁架组合二层, 桁架间距 0.8~1m。两个支撑架间采用型钢或桁架连接, 胎架的布局应方便安拆。节点的安全性主要决定于其刚度与强度, 应防止焊缝与螺栓等连接部位开裂引起节点失效^[4]。通过塔吊标准节的使用, 可以有效减少节点失效的概率。本工程支撑胎架易于分成三段, 最重段是底端连同预制基础, 共20t, 有260t履带起重机吊装设备, 易于移位, 这给提升效率起到重要作用。现场稳定实现4天一个标准榀的较佳施工效率。

支撑架下方预制基础, 通过地脚锚栓相连, 基础平面尺寸为6.0×4.0m, 采用钢筋混凝土结构。基础下地坪应使用砂石抄平并压实, 地坪承载力特征值不小于100kPa。支撑架简图如图3。

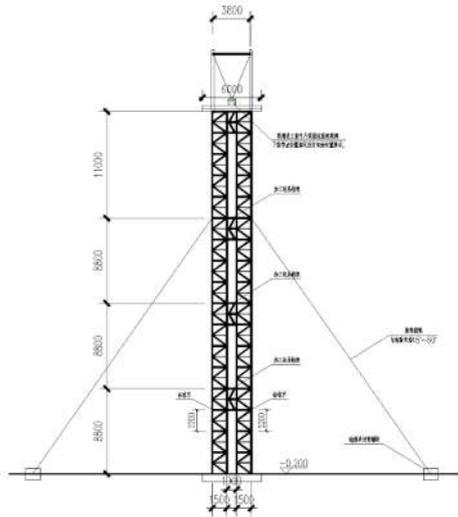


图3

2 计算分析

利用塔吊标准节作为支撑台架，必须满足各工况的力学验算。有限元分析软件3D3S在结构验算中具有良好的方便性能。支撑胎架支撑端部分段时，具有水平位移较大特点，这给胎架的性能带来相当大的疑惑，能否确保初始单元准确的起始位置，是支撑胎架是否合理有效的重要因素。

基于荷载位移模式的模型计算下，支撑架顶部水平位移较大，这种模式下，即使启用较大的缆风绳张力，也不能有效解决。但现实可以采取确保分段节点理论位置，为什么？因为支撑胎架顶部的千斤顶。螺旋式千斤顶在支撑胎架调节分段位置中起到举足轻重的作用。利用支撑架顶部设置强迫位移，可以有效地验证有千斤顶作用的支撑胎架是否有效。

2.1 计算简图

计算单元分为普通单元、连接单元，绿色实心圆为支座，黄色实心圆为主从节点的主节点。如图4

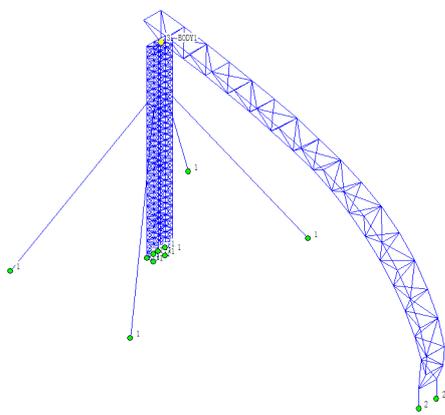


图4

支座信息表

(单位: 刚度: kN/mm kN*mm/rad 位移: mm rad)

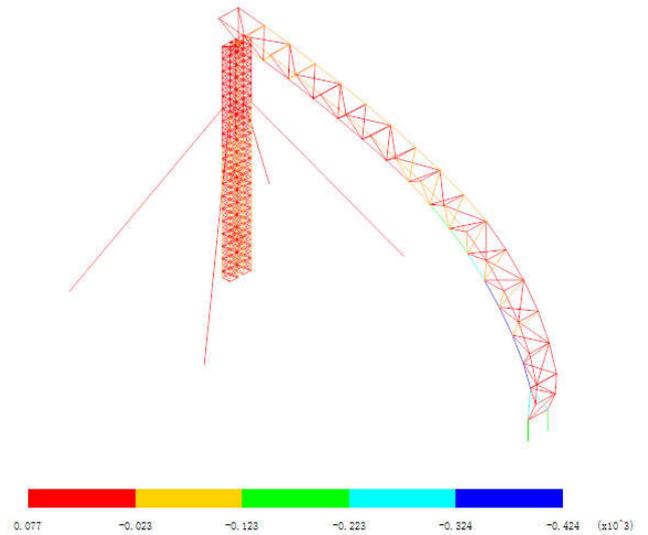
支座类型	平动1	平动2	平动3	转动R1	转动R2	转动R3
1	刚性	刚性	刚性	无	无	无
2	刚性	刚性	刚性	刚性	刚性	刚性
3	无	支座位移 50.000	无	无	无	无

主从节点信息表

束缚名称	束缚类型	x轴 平移	y轴 平移	z轴 平移	转角x	转角y	转角z
BODY1	体束缚	刚性	刚性	刚性	刚性	刚性	刚性

2.2 计算结果

在线性组合包络下，杆件内力远小于其设计值，结果如下：

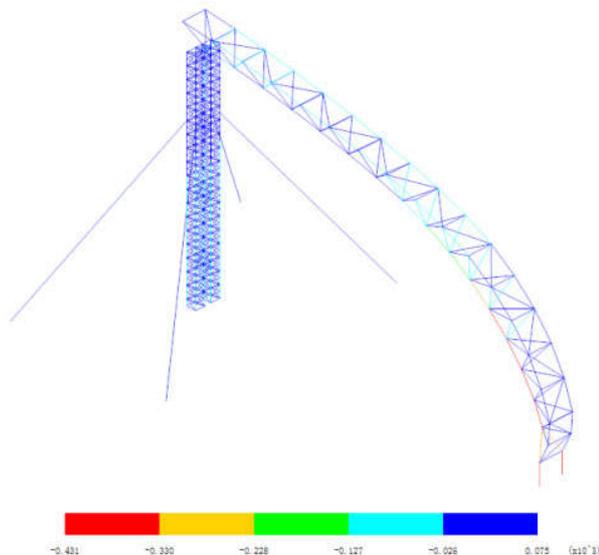


线性组合轴力N最大包络云图: kN (整体)

轴力N最大的前10个单元的内力

(单位: m, kN, kN.m)

序号	单元编号	位置	轴力N	剪力Q2	扭矩M	弯矩M2
1	4362	0.000	76.945	2.954	0.040	0.063
2	4363	0.000	74.490	2.842	0.041	-0.070
3	4358	0.000	62.229	0.885	-0.020	-0.000
4	4364	0.000	49.560	4.410	0.047	0.077
5	4292	5.071	46.838	-0.298	0.011	-0.000
6	4242	5.071	45.962	-0.298	-0.017	0.000
7	4361	0.000	45.584	3.128	0.036	-0.034
8	4255	5.435	37.947	-0.696	-0.007	-0.000
9	4307	5.780	37.702	-0.563	0.003	0.000
10	4287	0.000	37.386	0.663	0.029	-0.299



线性组合轴力N最小包络云图：kN（整体）

轴力N最小的前10个单元的内力

（单位：m，kN，kN.m）

序号	单元编号	位置	轴力N	剪力Q2	扭矩M	弯矩M2
1	4373	3.993	-431.04	-0.596	-0.002	0.037
2	4339	3.800	-425.86	-80.946	0.826	-124.228
3	4340	3.800	-424.88	-79.356	-0.167	124.032
4	4372	4.477	-421.50	-2.522	-0.010	-0.103
5	4371	4.450	-382.81	-2.607	0.003	0.136
6	4370	4.421	-333.17	-2.867	0.005	-0.049
7	4369	4.447	-276.64	-3.102	0.007	0.079
8	4374	4.665	-238.35	-1.342	0.382	-0.227
9	4272	4.665	-235.53	-1.281	-0.392	-0.440
10	4368	4.442	-214.59	-3.465	0.012	-0.051

3 构造要求，本工程支撑胎架的技巧

本工程支撑胎架采用下弦支点支承方式，千斤顶采用100t螺旋千斤顶。备用措施还有，在支撑架顶部钢梁与

上弦杆间设置手拉葫芦调整器，一旦分段各节点位置调节到位，顶部千斤顶支点与分段下弦节点采用局部焊接锁定分段位置。千斤顶变形调节器作为工装加工制作。

支撑架利用塔吊标准节中设置垂直爬梯，供操作人员上下。

4 优点及推广

根据计算结果及实际应用可以得出结论，本项目采用塔式起重机塔身标准段作为支撑架是十分有效和可靠的。塔式起重机标准节在大跨钢结构施工中作为支撑胎架，能够迅速建立起结构稳定体，承受分段结构重量并保持结构稳定。标准节之间的连接通过螺栓或销钉进行，这种连接方式使得安装和拆卸过程相对简单现在组装方便，安装质量可控；塔身标准段，方便及时拆装，可以循环利用。

在本项目中借助此项工艺，安装速度最快达到4天一跨标准榀，做到了在结构安全可靠的同时极大的缩短了安装时间；并且取得了显著的经济效益。

因此，采用塔式起重机塔身标准段用于大跨钢结构拼装施工优势明显，相关工法能有效支撑大跨钢结构施工，不断解决施工面临的更大跨度。

参考文献

[1]曹正罡,范峰等.《大跨度预应力钢结构干煤棚设计与施工》

[2]王涛.大跨度钢网架结构整体提升施工关键技术研究(D).北京:北京建筑大学,2013.

[3]ZHENG J,HAO J P,ZHONG W H.The mechanics analysis and research of multi-suspension-centeis integral lifting technology for long-span steel roof[J].Applied Mechanics and Materials,2012,170/171/172/173:3194-3198

[4]钢结构设计标准:GB 50017-2017[S].北京:中国建筑工业出版社,2018.