

浅谈大跨度拱状球形网架钢结构施工

王波

中国电建集团核电工程有限公司, 山东 济南 250000

[摘要] 结合由公司承建的安徽某电厂干煤棚球形钢网架结构施工, 详细对大跨度拱状球形网架的安装过程、施工难点、施工注意要点等问题进行详细分析, 同时对重要控制点、重要控制措施总结阐述。

[关键词] 大跨度; 球形网架结构; 高空散装法

DOI: 10.33142/aem.v5i5.8652

中图分类号: TU399

文献标识码: A

Brief Discussion on the Construction of Large Span Arched Spherical Grid Steel Structure

WANG Bo

PowerChina Nuclear Power Engineering Company Limited, Ji'nan, Shandong, 250000, China

Abstract: Based on the construction of the spherical steel grid structure of the dry coal shed of a certain power plant in Anhui undertaken by the company, a detailed analysis is conducted on the installation process, construction difficulties, construction precautions, and other issues of the large-span arched spherical grid. At the same time, important control points and measures are summarized and elaborated.

Keywords: large span; spherical grid structure; high-altitude bulk method

引言

随着国家对环保的要求, 电厂煤场区域逐渐走向封闭状态。由于钢网架结构属于空间结构体系, 且具有杆件整体性好, 空间强度大, 可以在空间上承受各方荷载, 抗震性能好, 节约钢材等优势, 因此钢网架结构在大型煤场封闭结构上得到普遍的采用。本文结合工程实践, 对大跨度拱状球形网架钢结构施工难点、技术要点等进行一些浅议, 为类似工程实施提供参考。

1 工程概况

安徽某电厂#1、#2号干煤棚均采用大跨度拱状球形网架结构, #1干煤棚网架为新建工程, #2干煤棚网架在原钢网架基础上两端封闭。#1干煤棚网架结构长度262m, 跨距100m, 结构矢高36.815m, 厚度3.315m。支座球中心高度1.9m, 下弦多柱点支撑, 柱顶标高2.1m, 网架结构形式为筒壳, 下弦支撑。#2干煤棚网架结构总长度449m, 其中扩建需封盖长度57.5+327.5=385m, 跨距102m, 结构矢高38.057m, 厚度3m。扩建网架支座球中心高度1.7m与原老煤厂网架支座球中心高差0.8m, 下弦多柱点支撑, 柱顶标高1.9m, 网架结构形式为筒壳, 下弦支撑。现场采用局部跨度整体吊装、山墙起步吊装和高空散装相结合方法进行安装。

2 重难点分析

2.1 跨度大、矢高高

#1干煤棚网架结构长度262m, 跨距100m, 结构矢高36.815m; #2干煤棚网架结构总长度449m, 其中扩建需封盖总长度385m, 跨距102m, 结构矢高38.057m。该项目

球形钢网架具有较大的跨距, 且矢量较高, 因此必须对其刚度、稳定性、吊点反力、挠度等特征进行严格的施工验算, 以确保其安全可靠。

2.2 场地受限

#1干煤棚区域输煤系统正常运行状态, 场地内堆积煤炭, 根据现场实际情况, 只能清理出部分便道, 大型机械站位受限, 无法满足网架现场组装整体吊装条件。

3 施工安装工艺

3.1 起步网架施工工艺流程

起步网架施工工艺流程, 如图1所示:

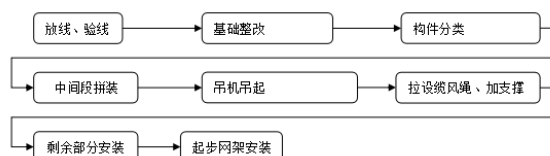


图1 起步网架施工工艺流程图

3.2 施工方法

#2干煤棚钢网架在28-29轴和45-46线之间有两个伸缩缝, 在原煤场基础上扩建将整个网架分为了四部分, 安装时需要安装四个起步网架。起步网架位于1-3轴线(山墙起步法)、54-56轴线(山墙起步法)、22-23轴线(地面拼装整体吊装法)和37-38轴线(地面拼装整体吊装法)。

#1干煤棚钢网架在16-17轴有一个伸缩缝, 将整个网架分为了两部分, 安装时需要安装两个起步网架。起步网架位于1-3轴线(山墙起步法)、25-26轴线(地面拼

装整体吊装法)。

3.3 网架山墙起步安装法

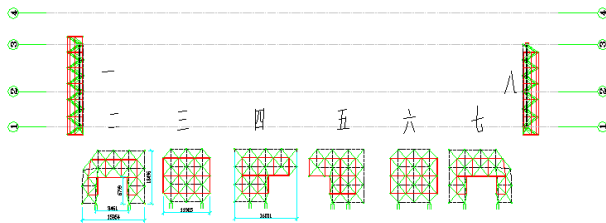


图2 起步拼装平面布置图

步骤1: 山墙起步法主要是网架起步从山墙开始, 考虑到安全性及方便施工将山墙分成6段(二、三、四、五、六、七号网架单元), 每段都在地面拼装成块状单元; 在地面拼装一段屋面网架(一、八、号网架单元)。

步骤2: 先吊装八号网架单元, 安装就位后支座焊接, 此时吊车不松钩, 另一台吊车紧接着吊装七号网架单元, 吊装就位后, 安装缝合七、八号网架单元的连接网架杆件即此体系形成一稳定体。

步骤3: 以上形成的稳定体作为单元, 接着以此吊装连接六、五、四、三、二号网架单元。

步骤4: 待步骤3的内容完成后, 重复步骤2的内容, 一号网架单元与二号网架单元连接成型。

步骤5: 当以上内容完成后, 以小锥体(一球三杆或一球四杆)为单元采用高空散装法向上累计安装山墙钢网架, 且同时拉设钢丝绳于山墙钢网架上作为临时构造措施以防山墙钢网架单元倾覆。同时屋面钢网架采用高空散装法同步安装。待屋面网架合拢后即起步钢网架已算完成, 后续剩余的钢网架安装工作以此为单元采用小锥体高空散装法将网架安装完成。

3.4 地面拼装整体吊装法

对于用地面拼装整体吊装法安装的钢网架部分, 通过施工验算, #1 干煤棚钢网架计划从22—23轴、37—38轴、#2 干煤棚钢网架25—26轴开始起步, 地面拼装共计21网格, 至两端部各剩余6个网格时, 吊机吊起, 安装剩余网格, 直至安装完成, 网架成型, 放在支座上就位, 网架起步安装完成。具体方法如下:

网架吊装施工流程: 处理埋件→复测标高轴线→网架杆件分类→网架装配螺母→网架地面拼装→吊机吊起安装好的21网格→安装剩余网格→起步网架的安装完成→固定网架在支座上。

步骤1: 从22—23轴线中间位置H88螺栓球处网格单元开始拼装, 拼装时先按三下弦二上弦的方法, 依次拼装成21网格, 据支座6个上弦球的位置。

步骤2: 在步骤1完成后, 即采用70T吊车离钢网架5米分别用钢丝绳绑扎22、23轴钢网架结轴线4个F117上弦球并提升至所需高度。随即采用两部25T吊车分别位

于两端组拼三角锥单元网格。重复上述作业, 直至拼装完该柱间拼装单元的所有杆件及节点。此时应该注意, 网架吊起时, 为防止外力作用造成网架侧向失稳, 需设置揽风绳, 揽风绳设置在吊点位置, 每侧设置两道揽风, 防止网架侧向失稳。在重复组拼三角锥单元网格过程中, 根据施工验算的结果, 严格按照施工验算分析结果进行吊点步骤进行。

步骤3: 基本单元拼装完成后, 将网架放置于支座位置, 待支座调整校平后, 将该基本拼装单元的支座全部点焊接固定。

步骤4: 网架第一稳定单元完成后, 由此完成的空间稳定系统同时分两个作业面分别向两长度方向轴线外端施工, 采用高空散装法, 直至网架安装完毕

4 工艺质量控制要点(安装注意要点)

4.1 施工前质量控制

杆件和螺栓球等材料进场后, 必须检查材料质量证明书和出厂合格证, 并依据设计图纸的要求进行外观质量、型号规格、标志标号及运输过程中损伤划痕等进行认真验收。按规定对杆件、螺栓球、焊接用材及焊接用的钢板抽取一定数量进行检验批复检。

螺栓球、杆件及钢构件表面应采用喷砂除锈处理, 将表面铁锈、污垢、油漆、氧化物腐蚀物和其他物质清理干净, 然后进行涂装, 涂装采用底漆两遍、面漆两遍, 涂装必须满足设计图纸要求。螺栓球、杆件及钢构件进场后采用仪器对涂膜厚度进行检测并做好记录, 满足设计后方可使用。

施工前由技术人员依据图纸、施工方案及相应规范要求要求进行技术交底, 并按照安装图纸将需要组装单元的螺栓球、杆件按编号分类筛选, 安装时杆件编号与图纸必须对应, 并复核杆件尺寸。

钢网架安装前复核基础柱轴线, 并在柱顶埋件位置弹出控制线, 复核埋件标高是否与图纸一致, 确定钢网架底座在基础柱顶部的准确位置, 对不满足精度要求的埋件进行校正。

4.2 拼装质量控制

杆件的拼装精度影响到整体网架合拢能否准确、顺利完成, 因此杆件拼装质量尤为重要。

杆件拼装必须根据安装图纸正确安装, 网架杆件编号, 螺栓球编号要与图纸一一对应, 不得混用, 否则将造成无法合拢情况。如发现拼装网架杆件错误, 应及时停止安装, 并把安装好的错误杆件拆除替换正确杆件。杆件与螺栓球组装过程中高强螺栓要全部拧紧到位, 不得有松动现象。小单元网架安装完成后, 要做相应检查, 防止误差累积, 对螺栓松动情况进行复拧, 确保安装质量。

4.3 吊装、对接质量验收要点

起步网架吊装、对接完成后要进行质量验收, 验收重

点如下:

①安装人员在网架对接完成后,必须检查螺栓是否全部拧入,检查方法:将顶丝继续拧紧,可以拧入的表明高强度螺栓已经完全拧入,如顶丝不能拧入的,则应继续拧紧高强度螺栓。

②每个小单元对接完成后应采用经纬仪进行检查轴线偏差,轴线偏差较大的应重新进行调整,确保每个单元均满足要求,避免累计偏差造成后续大面积返工情况。

③材料核对后,所有对接位置的构件要进行预拼装,保证所有的螺栓都能够完全拧紧。预先安装的对接杆件,随结构一起吊装时要有卸荷措施,防止螺栓受弯曲应力。

④拼装过程中及构件起吊前及安装后均应进行构件挠度检测,确保钢网架的挠度在设计范围内后方可进行下一步安装。

⑤对接完成后,质检人员对接接质量进行检查,合格后方可让吊车松开,吊装工作完成。

4.4 安装后质量控制

网架安装完成后,应测量钢网架纵横方向长度偏差,高度偏差、及构件挠度值。纵横向长度偏差不大于 1/2000,且不大于 30mm,支座中心位移偏差不大于 1/3000,且不应大于 30mm,相邻支座高差不大于 15mm,最高点与最低点支座高差不大于 30mm。并网架整体挠度值进行测定,所测挠度值不得超过设计的 1.15 倍,挠度观测点应按规范要求布置,实测的挠度曲线应存档保存。

5 重点部位控制措施

该项目主要采用局部起步架吊装,以一球三杆(一球四杆)高空散装的方式,因此高空拼装对接精度是确保网架保质、保量完成的重点,因此在施工过程中采取以下控制措施:

①拼装前对多使用的杆件、螺栓球等按编号对应安装,并核对相应尺寸是否与图纸相符,避免错用、误用。

②材料核实无误后,进行杆件拼装,拼装时保证所有的螺栓按要求全部拧紧。每个小单元拼装完成后均需进行检查。检查方法:检查顶丝能否拧入丝杆凹槽内,如果不能则证明安装不到位,需继续紧固。拼装完成后,项目质检员对拼装质量进行检查,验收合格后方可进行吊装。

③起步网架防倾覆控制措施,起步安装时,山墙网架安装完成,起步跨拱形区尚未安装时,由于山墙、拱壳部位网架均为单排支座,在网架自重作用下,网架结构有一个向外的倾覆力矩,该倾覆力矩会使网架产生位移,甚至因位移过大产生永久变形、发生破坏甚至出现事故。为此在网架起步完成后,继续安装前在山墙外侧增加临时支撑来平衡该倾覆力矩,并在山墙网架内外两侧拉设缆风绳以调节山墙网架的垂直度及保持稳定。

临时支撑采用 $\varnothing 104 \times 4$ 钢管,材质为 Q235B,共设 10 处,底部增加斜撑以加大接地面积及稳定性,地面为夯实

地面,可视情况增加垫木以减小对地基压强。

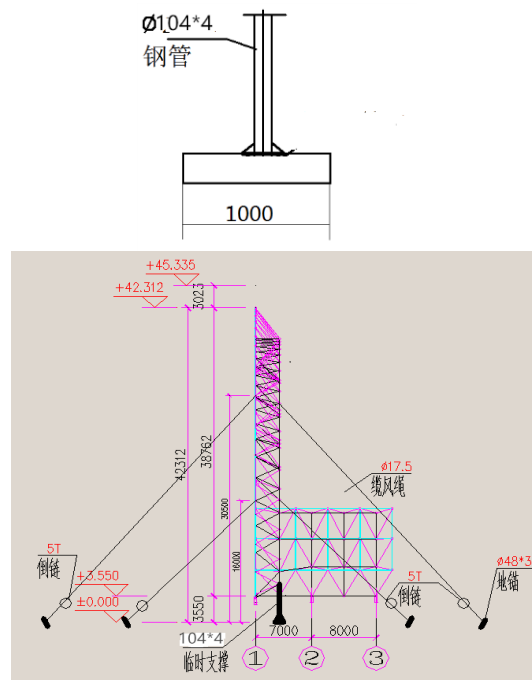


图3 辅助支撑与缆风绳设置做法

缆风绳采用 6*37+1 钢丝绳,直径为 $\varnothing 17.5$,安全系数 3.5,可承受拉力 4.3T。分上下两层拉设,下层拉设高度 16m,在网架内外侧各拉设 5 道,内外对称;上层拉设高度 30.5m,在网架内外侧各拉设 3 道,内外对称。缆风绳与地面夹角不大于 45 度,并设置地锚。

地锚采用 $\varnothing 48 \times 3$ 的钢管,入地深度不小于 1.5m,露出地面 0.3m,距上端 0.1 米处设置挡块防止钢丝绳滑脱。地锚设置处地面为混凝土地面,厚度 0.3m,在混凝土地面上凿出地锚孔,将地锚穿入地下。

网架起步安装过程中,当七、八网架单元格就位后,立即用网架杆件缝合七、八号网架单元格使网架成为一个稳定体,同时网架支座与基础预埋件完成点焊,当完成七、八网架单元连接后设第一根缆风绳。此时网架已经是一个稳定体,缆风绳受力不大于 150N,缆风绳可承受拉力 4.3T,满足要求。后续缆风绳受力也不大于 500N,同样满足要求。

地锚入土深度取 1.5m,夹角 70° ,土内摩阻力系数 μ 取值 0.6,采用 $\varnothing 48 \times 3$ 的钢管做地锚,算得地锚抗拔力 135000N,满足要求。

④网架结构拼装时易产生挠度,因此在拼装过程中必须将网架下弦做临时支撑,同时杆件与螺栓球安装时必须拧紧到位;拼装过程中随时观察检测网架挠度变形情况。吊装前对网架整体挠度进行测量,发现挠度超出规范允许范围后应及时查找原因,解决后方可进行下一步工作。

6 安全控制措施

网架施工时重点注意以下安全事项:

①指挥者应把指挥信号、命令,做到明确、清楚。自己应该站在看到吊装全过程的地方,也同时能被全体施工人员看到。如有岗位不能看到指挥者,应加设信号传递助手传递指挥信号。

②在试吊之前应由各岗位人员按分工情况各自检查自己岗位的设备 and 布置情况有否异常,并立即向指挥者报告结果。发现异常情况立即排除或加固。如有天气大雾、大风、雷电等情况停止吊装。

③高空作业时,应做好自身的安全措施“安全帽、安全带、安全绳等”。不准往下面乱扔物件,高空使用的扳手等工具应配带工具袋,较大工具应系保险绳。

④施工中尽量减少交叉作业,必须交叉时,施工负责人事先组织交叉作业各方,商定施工范围及安全注意事项,无法错开的,要有防护隔离措施,进出口危险处,应有安全警示标牌。

⑤吊装时,事先应验算吊装参数,严禁超吨冒险操作。支承点应加大受压面积,保证不陷不松,受压牢固可靠,后才能做变幅起吊。

⑥指挥在操作前应和司机交代指挥信号和吊装要求,司机必须按指挥者的命令操作,其捆扎构件的钢丝绳的安全应满足安全系数的规定。

⑦吊装作业严禁夜间作业,其他工种在夜间作业时实施良好的照明,电线必须挂设布置,不得随意着地布置,应使用安全电压照明,在高空工作不准穿硬底鞋。

⑧施工人员使用钢爬梯到施工位置,钢爬梯要牢固可

靠。在上下移动过程中,安全带始终要保证最少有一个挂在网架杆件上,禁止双钩同时脱离网架。起步网架起吊到位后,安装作业人员通过网架杆件上下,在移位过程中,安全带始终要保持挂好状态。

⑨钢网架安装过程中,施工人员始终使用双钩安全带进行防护,任何时候要保证至少有一个挂钩挂在网架结构上,两个挂钩不得直接相互连接成环形使用。

7 结束语

结合网架结构特点及项目的具体情况,通过前期组织策划,采用科学合理的施工技术方法,做到技术方案策划先行,关键部位重点控制。该工程在保证安全的情况下保质、保量圆满完成,经验收各项指标均满足规范要求,为同类型工程提供一定经验,且该工程被评为国家优质工程奖。

[参考文献]

- [1]丁芸孙,刘罗静,朱洪符,等.网架网壳设计和施工[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.
 - [2]王伯成,姚刚,张利.大跨度网架施工分段划分技术的研究与应用[J].建筑技术,2005(7):512-514.
 - [3]罗尧志.大跨度储煤结构一设计与施工[M].北京:中国电力出版社,2007.
 - [4]张毅刚,薛素铎,杨庆山,等.大跨空间结构[M].北京:机械工业出版社,2005.
- 作者简介:王波(1975.9-),男,籍贯:山东汶上,大学专科,中级工程师,长期从事建筑专业的施工组织管理、担任过多个中小型项目的项目经理。