

球形网架整体提升过程中结构变形监测方法与实践

徐增强 陈 义 张 靖 甘欣然 周 威

浙江省二建建设集团有限公司 浙江 宁波 315200

【摘 要】随着大跨度网架结构在大型工程中的广泛应用，整体提升工艺因其施工效率高、高空作业量少等优势得到普遍采用，但提升过程中的结构变形直接关系工程安全与施工质量。本文针对球形网架整体液压同步提升的施工特点，构建涵盖提升前准备、提升过程动态跟踪、卸载阶段监控的全流程变形监测体系，结合工程实践分析监测数据的处理方式与预警机制。实践表明，该监测体系可有效捕捉网架提升过程中的变形规律，及时规避结构失稳风险，为类似大跨度网架整体提升施工提供可靠的技术参考。

【关键词】：球形网架；整体提升；结构变形监测；液压同步提升；全站仪监测

DOI:10.12417/2811-0528.26.04.003

1 引言

在特高压换流站、大型场馆等重大工程中，球形网架结构因其空间刚度大、整体稳定性高、覆盖面积广等特点被广泛应用。整体提升工艺通过地面拼装、整体同步提升至设计标高的方式，大幅降低了高空拼装的安全风险，缩短了施工周期，但网架结构在提升过程中受荷载分布变化、提升同步性差异、环境因素影响，易产生水平位移、垂直沉降、挠度变形等问题，若变形量超出允许范围，可能导致杆件受力不均、节点损坏甚至整体结构失稳。本文结合该工程实践，深入探讨球形网架整体提升过程中的结构变形监测方法与应用效果。

2 工程背景与监测必要性

2.1 工程概况

±800 千伏换流站中高端阀厅平面轴线尺寸为 89.1m×69.0m，总高度 42.4m，网架高度 7.2m，包含杆件 4971 根、球节点 1124 个，提升重量 6500KN；低端阀厅平面轴线尺寸为 80.6m×58.5m，总高度 34.0m，网架高度 6.3m，包含杆件 3501 根、球节点 800 个，提升重量 5500KN。网架结构形式为三层正方四角锥，节点形式采用螺栓球与焊接球混合节点，采用上弦周边支承，下部支撑为单层管桁架排架柱结构，杆件材质为 Q355B。施工采用“地面拼装完成后液压同步提升”的综合施工法，提升过程中需严格控制结构变形，确保提升同步性与结构稳定性。

2.2 监测必要性

该工程网架结构规模大、提升重量大、跨度大，施工过程中面临多重变形风险。一是提升同步性控制难度大，8 个提升点的位移差异可能导致网架局部受力集中，引发杆件变形；二是地面拼装精度直接影响提升过程的变形状态，分段累积拼装误差可能在提升过程中放大；三是施工环境复杂，现场存在多专业交叉施工，可能对网架提升产生干扰，引发意外变形；四

是卸载阶段的荷载传递变化易导致网架产生二次变形，若监测不到位可能引发结构失稳。因此，开展全程结构变形监测，实时掌握网架在提升前、提升中、卸载后的变形数据，及时调整提升参数与施工策略，是保障工程质量与施工安全的核心环节。

3 变形监测体系构建

3.1 监测内容确定

结合工程特点与施工流程，变形监测内容涵盖三大核心环节：一是提升前的基准状态监测，包括网架拼装完成后的初始挠度、支座位置精度、提升架垂直度等基础参数；二是提升过程中的动态变形监测，重点监测各提升点位移同步性、网架水平变形、垂直沉降、关键节点三维位移及挠度变化；三是卸载阶段的变形监测，跟踪网架卸载过程中的荷载传递变形，以及卸载完成后的最终变形状态。

各关键监测指标的允许值、预警值及检查工具详情如下表所示。

表 1 各关键监测指标的允许值、预警值及检查工具详情

监测项目	搭设允许偏差(mm)	变形允许值(mm)	变形预警值(mm)	检查工具
提升架整体水平位移	/	±10	±5	全站仪
提升架基础沉降	/	-20	-15	全站仪
网架应力挠度变形	/	L/250 (L 为跨度)	/	全站仪
提升点位移同步误差	/	±3	±2	同步传感器、全站仪

3.2 监测方法选择

针对不同监测内容与指标,结合工程现场条件,选用多种监测方法协同作业:一是水平变形监测采用激光垂直法,利用激光经纬仪的高精度定位优势,捕捉网架水平方向的位移变化;二是垂直变形监测采用水准测量法,通过自动安平水准仪监测提升架基础沉降与网架垂直沉降;三是三维位移变形与挠度观测采用全站仪自动跟踪测量法,选用 SET1130R3 型全站仪,以免棱镜模式对关键节点进行实时跟踪测量,确保监测精度;四是提升同步性监测采用传感器与计算机联动监测,在每台液压提升器处设置同步传感器,构建闭环控制系统。

3.3 监测点布设

监测点布设遵循“关键部位全覆盖、监测数据可追溯”的原则,具体布设方案如下。在网架下弦焊接球及相连腹杆等关键受力节点布设应力计与应变计,重点监测受力变形;在网架跨度方向选取中央点及四等分点布设挠度监测点,纵向每5个网格设置1个检测点,监测点粘贴反光贴以提升全站仪测量精度;在8个提升点及提升架关键部位布设位移监测点,跟踪提升过程中的位移变化;在提升架基础及支座处布设沉降监测点,监测基础沉降与支座位移。同时,在现场布设一级导线控制网作为监测基准,基线上的基准点施测水准高程,精度不低于二等,确保各监测点坐标和高程的统一性。

3.4 仪器配置

根据监测精度要求与工程实际需求,配置专业监测仪器设备,主要包括:全站仪2台,用于三维位移与挠度监测;激光经纬仪2台,用于水平变形监测;自动安平水准仪2台及塔尺6把,用于垂直沉降监测;同步传感器8套,用于提升点同步性监测;应力计与应变计若干,用于关键节点受力变形监测。所有仪器均经计量检定合格,确保监测数据的准确性。

4 监测实施过程

4.1 提升前准备阶段监测

提升前监测核心是建立基准数据体系,为后续变形对比提供依据。首先对网架拼装质量进行全面监测,采用全站仪测量网架下弦网格尺寸、对角线尺寸及上弦网格尺寸,确保拼装精度符合要求;利用水准仪和水平尺复核土建基础支承面的标

高、轴距及平整度,支座标高允许偏差控制在 -3.0mm 以内,水平度允许偏差控制在 $1/1000$ 以内。对提升架垂直度进行监测,采用激光经纬仪检测提升架整体垂直度,确保符合施工要求;对所有监测仪器进行调试校准,完成监测点布设与基准数据采集,记录各监测点的初始坐标、高程及应力应变数据,形成监测基准报告。

4.2 提升过程动态监测

提升过程采用“分级加载、同步监测、动态调整”的监测策略,确保变形数据实时可控。分级加载过程中,依次按20%、40%、60%、80%、90%、95%、100%的荷载等级逐步加载,每级加载完成后暂停提升,对各监测点进行全面监测,重点检查提升点位移同步性、网架变形及提升架稳定性,确认无异常后再进行下一级加载。当网架提升至既定标高后,利用液压提升系统锁定,空中停留12小时以上进行全面监测,重点监测网架变形的稳定性及提升设备的受力状态,各项指标合格后再进行后续施工。监测频率根据提升进度调整,提升累积安装过程中按提升、卸载步骤进行监测,每2至3个轴线监测一次。

4.3 卸载阶段监测

卸载阶段是网架受力状态转换的关键环节,易产生二次变形,需严格控制监测频率与精度。卸载采用“分级卸载、逐步落位”的方式,每级卸载完成后,对网架挠度、关键节点位移、支座沉降等指标进行全面监测,重点跟踪荷载传递过程中的变形变化。卸载过程中,实时监测网架与提升架的变形协调情况,若出现异常变形,立即停止卸载,分析原因并采取调整措施。卸载完成后,对网架进行最终变形监测,记录各监测点的最终变形数据,与提升前基准数据对比,评估网架整体变形状态是否符合设计要求。

5 结论

球形网架整体提升过程中的结构变形监测是保障工程安全与质量的关键技术手段。工程实践表明,该监测体系可有效捕捉网架提升全过程的变形规律,及时预警异常变形,为施工参数调整提供可靠依据,确保了网架整体提升施工的安全与质量。该监测方法具有较强的实用性与可操作性,可为类似大跨度球形网架整体提升工程的变形监测提供技术参考与实践经验。

参考文献:

- [1] 马强.基于变形监测的房屋建筑结构检测鉴定方法探究[J].建材发展导向,2025,23(12):25-27.
- [2] 程茜.基于高精度智能监测技术的房屋建筑结构变形监测分析[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2024,42(12):116-119.