

# 高支模架体变形监测施工技术建筑工程技术与设计分析

吴淑华

新余市天顺水利工程建设有限公司 江西新余 338000

**摘要:**当高支模架体高度超过8m后,立杆便成为“测量尺”,稍有偏差便会产生明显的弯曲。传统的监控方式靠塔尺、吊绳和手抄记录等方式,只能提供事后报警的功能,数据传到桌面时,模板可能已经反弹,模板拼接错误,安全风险一下子变成重做的成本。随着主体结构向大跨度方向发展,高支模搭设高度与荷载密度不断刷新历史记录,变形监测也要由抽检到连续扫描,由静态读数到动态轨迹,每根竖杆的侧向位移、水平杆的沉降都会在时间轴上留下可追溯的坐标。

**关键词:**高支模架体变形监测;施工技术;建筑工程技术;设计分析

变形监测不仅仅是测一下那么简单,是将力学计算、测量仪器、信号传递与预警阈值串联起来,形成一个实时闭合的闭环。在混凝土浇筑过程中,受自重、泵管冲击、振捣扰动及温度梯度等多种因素的影响,其变形曲线呈现非线性跳变特征,监测方案需注意测点布置的选取、取样频率等问题,只有将这些问题转化为可操作的过程卡,才能使监测数据不再成为桌面上的一张报表,而是像脚手架扣件一样,把现场控制拧得更紧。

## 一、高支模架体变形监测技术特征

### (一) 监测参数与技术原理

高支模架体变形监测的核心参数有竖向沉降、水平位移、倾斜角、节点位移等,每一个参数都能反映架体的受力状况。架体竖向承载力的直接体现是竖向沉降,可通过对立柱端沉降的监测来判断架体是否有失稳风险。水平位移以侧向载荷为主,反映框架的抗侧移刚度,同时,为防止支架倾斜过大而引起的整体失稳,必须控制在规范允许的范围之内。节点位移监测的焦点集中在竖杆和横杆的连接处,那里是受力薄弱的位置,异常的位移极容易引起连锁破坏。

该监控技术的基本原理是基于几何测量和感知感知,采用分层监控逻辑。竖向沉降监测是利用水准仪和静力水准系统等设备,利用基准点和测点之间的高程差来计算沉降量,采用全站仪和激光测距仪相结合的水平位移监测方法,利用三角法进行水平位移测量,利用倾角传感器对架体倾斜角进行监测,将重力加速度的变化转化为倾角<sup>[1]</sup>。利用应变仪和位移仪对节点位移进行直接测量,通过多种监测数据相互印证,构建全方位立体形变监测系统,实现对架体状态的精确判断。

### (二) 技术指标与设备要求

在保证监测精度的前提下,实现垂直沉降监测精度不超过 $\pm 0.1\text{mm}$ 、水平位移不超过 $\pm 0.5\text{mm}$ 、倾斜度不超过 $\pm 0.01^\circ$ 、节点位移监测精度 $\geq 0.001\text{mm}$ 。数据采集频率随施工阶段的不同而动态调整,即:搭设阶段每6小时采样一次,浇筑过程中每30分钟采样一次,随后逐渐恢复到正常频率。

采用DS05级水准仪,测微器读数精度 $\leq 0.01\text{mm}$ ,满足高等级高程测量的需要;全站仪要求具有自动识别目标的能力,测量精度 $\leq 2$ 英寸,测距精度 $\leq \pm (2\text{mm}+2\text{ppm} \times D)$ 。静力水准系统采用闭环布置,系统误差不超过 $\pm 0.1\text{mm}$ ,倾角传感器是一种适用于 $-20^\circ\text{C}$ 至 $60^\circ\text{C}$ 的工作温度范围,其防护等级 $\geq \text{IP67}$ ,能在恶劣的施工环境中稳定工作。数据传输设备需要支持4G、5G和WLAN的双模通信,传输时延 $\leq 1$ 秒,数据 $\leq 0.1\%$ ,保证监测数据的实时上传。

## 二、变形监测方案设计与前期准备

### (一) 监测方案总体设计

监测方案要根据工程参数进行精确调整,在15m高、25m跨的情况下,监测点的密度按 $3\text{m} \times 3\text{m}$ 的网格分布;架体高度在20m以上,跨径在30m以上的,按 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 进行加密。对立杆与立杆、横杆与立杆等复杂节点设置专项监测点,确保关键部位无监控盲区<sup>[2]</sup>。

按照“基准制定—设备安装—调试校验—数据采集—分析预警—方案优化”这一逻辑闭环进行监测。将参考点和工作基点布置在远离施工扰动区、稳定性较好的岩土体上,工作基点距参考点的间 $\leq 50\text{m}$ ,安装监控设备后,进行位置标定和功能调试,保证设备正常工作。

在数据采集阶段,按照预先设置的频率进行数据采集,并实时传送到后台,对变形趋势进行分析判断,一旦超过预警阈值,及时启动预警机制,根据施工进度和监测资料的反馈,对监测方案进行动态优化。

## (二) 监测点布设与设备校准

监测点的布置要符合代表性、合理性和可操作性的原则,竖向沉降监测点设于立柱顶端,采用不锈钢强制对中,并与顶梁牢固固定,以保证监测期间无相对位移;水平位移监测点设于架体顶部横杆外侧,为避免遮挡监控视野,采用L形钢板支撑,支架高度 $\geq 20\text{cm}$ <sup>[3]</sup>。为保证传感器能够准确地感知立柱的倾斜状态,在架体中部和顶部立杆处设置倾斜监测点,距离节点 $\geq 50\text{cm}$ 。连接节点两侧粘贴节点位移监测点,应变片和位移计相互交错布置,全面捕捉节点变形。

参考点和工作基点的布置要符合精度要求,参考点至少3个以上,构成一个由混凝土浇筑而成,顶部装有强制定心装置的三角形控制网,工作基点设在架体外侧的稳定区,距监测点的距离 $\leq 30\text{m}$ ,方便现场标定。在施工扰动较大的情况下,每半个月对基准点进行一次定期复测,以保证基准点的稳定。

设备的校验分为三个阶段进行,出厂校验由设备生产商进行,并出具校准证书,进场定标委托第三方检测机构,水准仪核校角度,全站仪标定2C值和指标差,传感器零点漂移和量程标定。

## 三、关键监测技术实施

### (一) 基准点建立与稳定性监测

基准点设置采用深埋结构,钻孔直径 $\geq 150\text{mm}$ ,深度 $\geq 3\text{m}$ ,穿越受扰动地层至稳定地层,钢筋笼加固后浇筑C30混凝土,顶端安装不锈钢基准头,基准面平整度 $\leq 0.02\text{mm}$ 。参考点设置保护装置,采用钢保护罩,避免施工碰撞和杂物污染,保护罩顶部应有警示标识,不能随意移动。

对基准点稳定性进行定期复测和实时监测,定期复测采用水平仪往返测,其精度 $\leq \pm 0.1\text{mm}$ 。实时监测是指在基准点的基础上安装一台微型沉降仪,使其与监测体的监测频率保持同步,从而保证了建筑物的变形能够及时发现。当基准点一次沉降大于 $0.3\text{mm}$ 或者累计沉降大于 $1\text{mm}$ 时,必须重新布设基准点,并修正历史观测资料。

采用闭合水准路线,布设观测站数不超过10个,每站观测不少于2次,观测结果需满足闭合差 $\leq \pm \sqrt{n} \times 0.1\text{mm}$ ( $n$ 为测点个数)。对联测数据进行平差处理后,对工作基点高程进行更新,保证监测数据是

以稳定基准为基础的。

### (二) 现场监测实施与数据采集

垂直沉降监测采用水准仪和静态水准系统联合监测,水准仪按二级水准测量规范进行,视长不超过 $50\text{m}$ ,视高不超过 $0.5\text{m}$ ,往返高差不超过 $\pm 0.3\text{mm}$ ;静力水准系统利用管道内的液体平衡原理,对各监测点的高程变化进行实时监测,数据采集频率可按要求调节,最高可达到每分钟1次。

水平位移监测采用全站仪和激光位移计相结合的方法,全站仪采用极坐标法进行测量,每个测回的观测时间不超过3分钟,观测2次,取平均值<sup>[4]</sup>。将激光位移传感器安装于机架外固定支架上,对测点的反射目标进行校准,并实时输出水平位移数据,测量范围为 $\pm 50\text{mm}$ ,精度为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。对于大跨框架结构,采用交会法进行观测,并设2个观测点,以提高水平位移监测的精度。

采用自动采集方式对倾角和节点位移进行监测,将倾角传感器用螺栓固定于立柱上,保证其与立柱轴线平行,并将数据无线传送到后台。采用拉绳式和应变式相结合的方法,实现 $0\text{--}50\text{mm}$ 范围内的位移测量,应变式位移计精度 $\leq 0.001\text{mm}$ ,充分捕捉节点的拉剪变形。各监测设备的时间同步,保证时间戳的一致性,方便后续的数据分析。

### (三) 数据处理与预警机制

采用层次分析的方式对原始数据进行预处理,包括格式转换、误差校正和平滑处理等,消除仪器误差和环境干扰的影响。开展变形特征分析,计算变形量、倾斜度等关键参数,绘制时效变形曲线,分析变形率和累计变形量。采用回归分析的方法,建立变形预测模型,对后续变形趋势进行预测,以指导施工方案的制定。

预警机制共设置三个预警阈值,一级预警(令人担忧):累计变形大于等于规范限值50%,变形速率大于 $0.1\text{mm}/\text{小时}$ ;二级预警(警告级):累计变形达规范限值75%以上,变形速度大于 $0.2\text{mm}/\text{小时}$ ;三级预警(紧急状态):累计变形达规定极限值90%以上,变形速率大于 $0.3\text{mm}/\text{小时}$ 。根据工程实际情况和规范要求,对预警阈值进行动态调整,以保证预警的科学性和针对性<sup>[5]</sup>。

### (四) 监测数据验证与反馈优化

采用多设备对比和现场核查相结合的方法,对同一监测点使用不同类型的设备进行监测,其差值 $\leq 0.2\text{mm}$ 判定为有效;每月抽取10%的监测点进行人工复核,人工用水准仪,全站仪复核位移值,复核限差不超过 $0.3\text{mm}$ ,以证实监测数据的可靠性。经数据校验,保证

监测结果能真实地反映架体的变形状况<sup>[6]</sup>。

在监测数据的基础上，对施工方案进行优化，在变形率持续增加的情况下，分析是否存在荷载过大、架体搭设不规范等现象，及时调整施工顺序，使施工荷载分布均匀。监测数据表明，架体变形基本稳定，后续施工可以顺利进行。同时，根据监测数据，对架体进行优化设计，如调整立柱间距和增加支撑件，以提高架体的承载力和稳定性。

#### 四、工程应用效果与数据表格

某大型会展中心，建筑面积28000m<sup>2</sup>，展厅区域的高支模架体高达18m，跨32m，采用扣件式钢管脚手架，

立杆纵向间距1.2m，横距1.0m，横杆步距1.5m，剪刀撑全高连续布置。根据工程特点进行变形监测，共布设监测点86个，包括42个垂直沉降监测点，28个水平位移监测点，10个倾角监测点，6个节点位移监测点。

施工期间对架体的变形进行实时监测，发现在浇筑阶段，最大竖向沉降分别为8.2mm、4.5mm、最大倾角0.08°，均在规范规定范围之内。根据监测数据，及时发现西部架体的变形速度出现异常，立即中止浇筑工作，经检查，发现该部位的撑杆有松动，采取加固措施后，变形率恢复正常，未发生安全事故（关键监测点变形数据统计如表1）（不同施工阶段监测数据对比如表2）。

表1 关键监测点变形数据统计（单位：mm/°）

监测点编号	监测类型	累计变形量	最大变形速率（mm/h）	规范限值	达标情况
CJ-01	竖向沉降	7.8	0.15	15	达标
CJ-22	竖向沉降	8.2	0.18	15	达标
WS-08	水平位移	4.2	0.09	10	达标
WS-19	水平位移	4.5	0.11	10	达标
QJ-03	架体倾角	0.06°	0.01° /h	0.1°	达标
JD-05	节点位移	2.3	0.05	5	达标

表2 不同施工阶段监测数据对比（单位：mm）

施工阶段	平均竖向沉降量	平均水平位移量	最大竖向沉降量	最大水平位移量	数据采集频率
架体搭设完成	1.2	0.8	1.5	1.1	6h/次
钢筋绑扎阶段	3.5	2.2	4.1	2.5	2h/次
混凝土浇筑中	7.6	4.3	8.2	4.5	30min/次
浇筑完成24h	8.0	4.4	8.2	4.5	1h/次
模板拆除前	7.9	4.3	0.02	0.03	4h/次

该工程通过高支模架体变形监测技术的应用，实现施工过程的动态安全管控，确保工程顺利推进，监测数据准确反映架体变形规律，为施工决策提供科学依据，验证该监测技术的实用性与可靠性。

#### 结束语

综上所述，将高支模架体的变形监测作为一种标准化的施工过程，就像是在架体上装上实时心电图，可以将事后加固成本转化为事先调整的工时费，直接减少返工率，降低安全事故发生的概率。在点云扫描、低功耗感知、边缘计算等成本不断下降的背景下，监控系统将与扣件一样成为租赁站的常备物资，并推动高支模工程由经验搭设向数据搭设转变，为超高层大跨空间结构模板体系提供可复制、可量化的安全冗余方案。

#### 参考文献

- [1]黄奕鹭.盘扣式支架在高支模中的应用——以同安区教师进修学校项目为例[J].建设机械技术与管理, 2025, 38(06): 147-149.
- [2]赵志权.建筑工程中的高支模施工技术应用研究[J].散装水泥, 2025, (06): 76-78.
- [3]刘健.工业厂房现浇砼梁板中高支模施工技术与安全管理研究[J].中国建筑金属结构, 2025, 24(23): 171-173.
- [4]郭泽, 刘彪, 徐朝, 周前明, 孙首卫.房建施工中高支模体系的稳定性控制技术[J].安装, 2025, (12): 144-146.
- [5]葛长江.房屋建筑工程中高支模施工技术分析[J].工程建设与设计, 2025, (23): 198-200.
- [6]刘晓龙.基于BIM建模辅助的盘扣式高支模施工安全风险分析与管理研究[J].建筑机械, 2025, (12): 48-53.