

智能监测在高支模施工管理中的应用研究

曾京

武汉科技大学校园建设处 湖北武汉 430081

DOI:10.12238/ems.v7i12.16368

[摘要] 本文分析了在高支模施工中智能监测的原理,通过布置相关传感器实时监测关键参数,同时分析监测数据,构建动态预警机制,及时发现并解决安全隐患,确保了施工安全和质量。结合工程实例和实施效果,探究其在施工安全管控中的核心作用,为其推广提供技术支撑与参考。

[关键词] 高支模;建筑工程;智能监测;安全管理

引言

高支模施工因跨度大、荷载高、风险集中等特点,成为施工安全管理的关键环节,作为危险性较大的分部分项工程,需要在浇筑中进行实时监测,避免安全事故的产生。传统监测主要采用全站仪、水准仪等光学仪器进行人工监测,该方法操作繁琐、方式单一,监测时易受架体和人员业务水平影响,存在精度不高、效率低、覆盖差、实时性差等问题,高支模坍塌事故时有发生。赵岩枫等人针对混凝土浇筑过程中高支模的实时监测进行了深入分析,通过收集和分析监测数据,揭示了高支模在浇筑时的受力特点和变化规律,为施工方案的调整和优化提供了指导。虽进行了实时监测,但未建立有效的预警机制来及时发现和处理潜在的安全隐患。

如果在高支模施工时采用智能监测系统,既保证实时监测,又能做到监测准确。在武科大沁湖体育馆项目高支模施工中,我校园建设处与承建方武汉建工集团科创灰盾小组运用高支模智能预警监测技术,实现施工安全监测和无线通讯技术相结合,通过高支模方案中计算分析的最大受力的部位、相应挠度等数据,在砼浇筑时对相应的沉降、倾角、立杆轴力均进行实时监测,切实保障了高支模的安全施工。同时,通过对立杆实际承载力与容许承载力,对架体布置进行了优化,将局部间距过小的杆件优化成标准间距,提高了架体的经济性。本文通过高支模智能监测原理和对案例的实时监测分析从而有效预防高支模坍塌等安全事故的发生。

1 高支模智能监测原理与系统架构设计

1.1 工艺原理

在高支模支撑体系里建立传感器网络,其中各个传感器分别采集高支模支撑系统的轴力、倾角、位移等电信号,将信号通过有线或无线方式传输至物联网设备。物联网设备接收各类信号后,并将其分别转换成轴力、倾角、位移数据,通过 4G 网络上传到云平台,实现监测数据的实时采集与云端

同步。云平台接收并存储这些数据,进行预处理,包括数据清理、数据校验等步骤,确保数据的准确性和可靠性。利用先进的数据分析算法对处理的数据进行分析,提取出有用的信息,并据此判断高支模支撑系统的状态是否异常,是否需要发出预警。

用户可通过用户端设备远程访问云平台,查看实时监测数据,即支撑的受力、倾斜、位移情况,以及历史数据;还可以根据需要对监测系统进行配置和管理,如调整传感器的采样频率、设置预警阈值等。当其超过安全阈值时,会触发报警,启动现场的报警装置,以提醒现场人员及时采取措施。

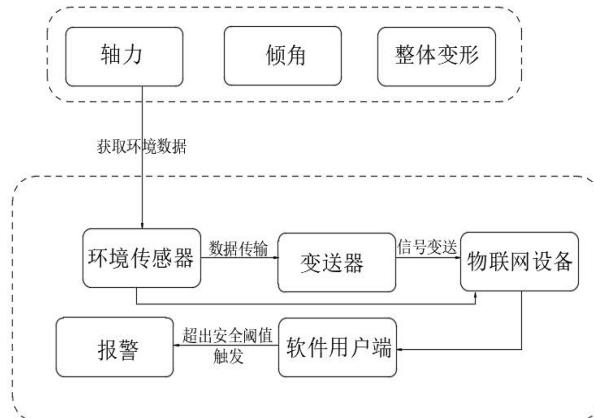


图 1 工作原理图

1.2 系统构成

高支模智能监测预警系统采用无线技术与施工安全监测相融合,整体由硬件和软件两大部分组成,硬件系统包括采集主机(物联网设备)、有线倾角仪、轴压传感器、位移传感器、终端控制器、声光报警器以及安装扣配件等设备,软件系统由数据管理、实时数据分析、项目管理等集合组成。

2 确定智能监测系统方案

根据原理将总体方案分级,研究可实现的多条途径。将各途径进行比选,确定最佳实现路径,汇总各分级的最佳路

径, 得出最佳方案如下: 本监测系统将拉压力传感器通过螺纹孔装置与转接杆配合使用, 插入混凝土支撑架的立杆中, 确保受力均匀。在混凝土浇筑过程中, 立杆受到的轴力会传递到拉压力传感器上, 传感器内部的应变片发生形变, 电阻值随之变化。转换电路将电阻变化转换成电流或电压信号, 这个信号随后被物联网设备接收。有线倾角传感器被固定在混凝土支撑架的特定位置, 确保其能够准确反映架体的倾斜情况。在混凝土浇筑过程中, 如果支撑架发生倾斜, 倾角传感器会捕捉到这一变化, 并输出相应的电信号。激光位移传感器被安装在能准确反映模板支撑架位移变化的位置, 在混凝土浇筑过程中, 如果支撑架发生位移, 激光位移传感器会捕捉到这一变化, 并输出相应的位移数据。物联网设备接收各传感器的信号, 并将其分别转换成轴力、倾角、位移数据, 通过自带 4G 网卡 ZHC492C 物联网设备通过网络上传云台。

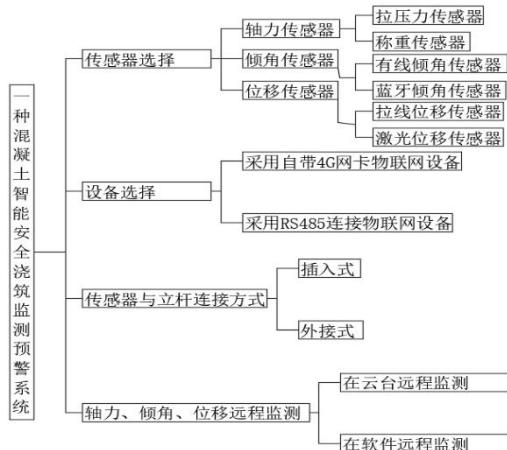


图 2 方案比选



图 3 最终方案

我校园建设处和武建科创灰盾 QC 小组就以上思路, 对上述高支模监测系统进行了实用经济分析, 每套传感器成本(人

工加辅材): 即插入式压力传感器 820 元, 插入式链接件 700 元, 有线倾角传感器 925 元, 激光位移传感器 820, 每组约 3265 元; 物联网设备 1030 元, 本套(次)智能监测设备预备用 3 套传感器加一台 ZHC492C 的物联网设备共计约 10830 元未(未含终端系统), 上述设备普通架子工在技术员指导下即可完成安装, 无需配备专业安装人员。采用无线网络等通信技术, 实现监测数据的实时采集与云端同步, 解决传统有线监测布线复杂、灵活性差的问题, 实时监测到支撑架的受力、倾斜、位移, 确保数据传输的可靠性与时效性, 当其超过预设阈值时, 即可触发报警。

3 设备选择与改进

拉压力传感器采用螺纹孔装置与转接杆配合使用, 插入立杆方便、受力均匀, 内置高敏应变片在轴力不同的情况下应变会发生变化, 经过转换电路可以将轴力变化转换成电流变化。有线倾角传感器采用镁铝合金氧化外壳, 黄铜镀镍防水接头, 防水防尘, 不受潮湿环境影响, 不会发生短路现象。激光位移传感器采用铝合金外壳, 防尘防击打, 浇筑砼时不受恶劣环境影响。自带 4G 网卡的 HC492C 的物联网设备, 支持 4 路 4~20mA 模拟量输入, 可接收到拉压力传感器、倾角传感器、激光位移的信号, 兼 Modbus RTU/TCP, 支持 JSON 协议, 可将数据传至云台, 远程监测和控制, 简单易操作。该系统具备报警功能, 当监测数据超出设定阈值时, 立即自动声光报警。

4 智能监测在高支模施工中的应用实践

4.1 应用工程概况

武科大沁湖体育馆工程高支模区域一, 位于 1/10~15 轴交 B~N 轴(三层梁), 结构复杂, 安全风险高, 被列为重点监测对象。该区建筑面积 1564.2m², 标高为 -0.05m~11.450m, 支撑范围 47.4×33m, 支撑高度 4.5m~8.6m, 板厚度为 150mm, 其中大截面现浇梁截面尺寸为 1500 mm×2900 mm, 跨度 8.4~11.7m, 采用盘扣式销键型支撑架, 立杆材质为 Q345, 截面面积 48×3.2mm。

4.2 监测点布置设计

监测点位布置原则: 跨度大、截面大的现浇梁跨中, 反映高支模体系整体水平位移的部位(模板沉降较大的部位); 此次监测点布置在第三层标高 11.45m 大截面连续梁 KL26(5) 梁的跨中方向且梁宽居中的位置, 该梁两端跨度是 11.7m, 中间三跨 8.4m, 截面尺寸 1500 mm×2900 mm。在第五跨 1#、第四跨 2#、中间跨 3# 共计 3 个点进行监控, 布置 3 组监控设备。每点应布置 1 个立杆轴力 1 个位移、1 个倾角传感器。

4.3 监测点安装

立杆轴压传感器: 将其放置紧挨顶托下立杆上, 螺纹装置与顶托拧紧。激光无线位移传感器: 使用自带专用扣件固定在顶托下第一步横杆的位置; 有线数据倾角仪: 使用自带专用扣件固定在立杆顶部以下 500 mm, 将一台立杆轴压传感器、一台高精无线位移传感器、一台倾角仪合并为一组传感器设备。

4.4 预警值及报警值参数设置

立杆轴力: 根据 JGJ/T 231-2021《建筑施工承插型盘扣式钢管支架安全技术规程》, 考虑压杆的稳定性, 计算如式所示: $\lambda = \mu l / i$, 式中: λ 为稳定性系数, μ 为长度因数,

l 为压杆长度, i 为回转半径; 经过计算, λ 为 113.2. 根据 λ 线性内查得 $\phi = 0.378$, 据 $N = \phi A [f] = 0.378 * 435 * 305 = 50.1 \text{ kN}$, 立杆轴力限值为 50 kN, 即立杆所承受力的极限大小为 5 t; 模板沉降: 监测限值可根据 JGJ 162—2016 建筑施工模板安全技术规程, 4.4.1 第 3 条, 支架的压缩变形或弹性挠度, 为相应的结构计算跨度的 $1/1000$, 根据跨度分别为 11.7 mm 和 8.4 mm; 立杆倾角: 监测限值根据 JGJ 300—2013 建筑施工临时支撑结构技术规范, 表 8.0.9, 水平位移限值: $H/300$, 折算角度为 0.2° 。预警值取限值的 60%, 报警值取限值的 80%, 详见表 2

表 2

测点点点	项目	限值	预警值	报警值	实测最大值	检测结果
1#	轴力 (kn) (KN)	50	30	40	26.98	正常
	沉降 (mm) (mm)	11.7	7.0	9.4	3.2	正常
	倾角 (°)	0.2	0.12	0.16	0.08	正常
2#	轴力 (kn)	50	30	40	27.11	正常
	沉降 (mm)	8.4	5.1	6.72	2.5	正常
	倾角 (°)	0.2	0.12	0.16	0.1	正常
3#	轴力 (kn)	50	30	40	27.03	正常
	沉降 (mm)	8.4	5.1	6.72	2.6	正常
	•	0.2	0.12	0.16	0.09	正常

4.5 监测结果分析

本次实时监测从早上 7:30 分该区砼浇筑开始, 晚上 8:50 分结束, 共 13h20 分, 监测结果见表 2。在本次高支模监测过程中, 通过 3 个监测点实时追踪, 立杆轴向压力变化、模板的位移变化、立杆倾斜变化基本保持一致: 随着混凝土施工荷载的不断增大, 模板轴向压力逐渐增大, 位移沉降也呈现增大趋势。立杆倾斜受外界影响因素较多 (如施工振捣等), 偶然会出现不规律的变化趋势, 但总体仍按混凝土荷载变化情况呈现相应的变化趋势。呈平稳上升趋势, 最终稳定在安全范围内。这表明该高支模体系在施工过程中整体稳定性良好。

5 结论

在智能监测系统在沁湖体育馆的使用过程中, 实现了对浇筑过程的轴力、倾角、位移等关键参数的实时监测, 精准捕捉浇筑过程中的微小变化, 并能发出预警, 从而有效提高了高支模施工的安全性, 避免了潜在安全隐患, 确保了施工人员的安全和工程的顺利进行。建议在高支模施工中广泛应用智能监测技术, 将其纳入相关施工规范和标准中, 并完善传感器布置标准和监测频率要求, 推动智能监测技术的

标准化发展。

[参考文献]

- [1] 吴博. 高支模自动化监测系统在施工场的应用. 《施工技术 (中英文)》, 2024S1 刊
- [2] 付杰等. 智能监测技术在支撑架体中的应用研究 [J]. 施工技术, 2022 (S1): 500-504.
- [3] 周向阳. 自动化监测技术在高大排架及模板支撑体系安全管控中的应用建筑施工·第 43 卷·第 1 期
- [4] 牛建新. 大截面现浇梁高支模监测系统设计实施分析 [J]. 山西建筑第 46 卷第 3 期 2020 年 2 月
- [5] 陈仁进等. 高支模施工安全监测竖向变形测点布置研究 [J]. 施工技术, 2017 (S1): 17-20
- [6] 赵岩枫等. 混凝土浇筑过程中高支模实时监测分析 [J]. 建筑安全, 2020, 35 (7): 4-7.
- [7] JGJ231-2010, 建筑施工承插型盘扣式钢管支架安全技术规程 [S].

作者简介: 曾京 (1971—), 男, 汉族, 江西吉水县人, 本科学历, 工程管理人员, 从事校园建设项目建设前期咨询和项目施工管理工作。