

桥梁结构健康监测系统设备安装

盛庆义

江苏育通交通工程咨询监理有限责任公司 江苏南京 211100

摘要: 桥梁结构监测系统工程分为传感器系统、数据采集与传输系统、数据存储与显示系统、软件系统和系统试运行五个分部工程,涉及供电、防雷接地、传感器安装、数据采集设备、网络通讯设备、硬件设备安装环境、软件系统设计、测试和文档编制等方面,旨在确保系统的稳定运行和高效监测,为桥梁的养护和管理提供有力支持。

关键词: 桥梁结构健康监测;系统;现场实施

1. 传感器系统实施要求

实施传感器系统时,必须根据设备参数选择合适的电源,并确保供电线路遵守 GB50052-2016 规范。安装传感器时,应按设计要求选择合适的位置、方向、角度、高度,特别是对测量方向敏感的传感器,其方向偏差要严格控制在 1° 以内。在安装面的平整度方面,要求倾斜角也要小于 1° 。传感器及其保护装置的表面应保持一致的光泽,没有任何划痕或腐蚀痕迹。对于立柱、支架和螺栓等安装硬件,需要符合设计规范,并采取适当的防腐措施以防锈蚀。埋入式传感器在安装过程中,应确保信号线缆固定,且通过保护套管,避免直接悬挂。钻孔安装的传感器,孔洞大小应适当,既要大于传感器最大尺寸的1.5倍,又不超过5倍,确保孔内无杂物。使用混凝土砂浆或环氧树脂进行填充,并保证至少7天的养护期。表面安装的传感器需要与测量对象紧密贴合,如有必要,应使用结构胶并配合辅助装置进行固定,固定至少1天后,待胶充分固化再移除辅助装置。附属设施安装的传感器,其刚度要满足设计要求,以保证测量精度。为避免解调干扰,应尽量分散传感器中心波长。安装完成后,要在24小时内记录下初始数据,并在整个施工过程中保留详细的影像或照片记录。

2. 数据采集与传输系统实施要求

数据采集工作站施工要求: a) 外站位置分布合理,安装稳固端正,无伤残痕迹; b) 外站机柜尺寸、防腐措施满足设计要求; c) 外站机柜内接线端子和接插座安装规范,强、弱电区分明确,金属机箱与接地端连接可靠; d) 机柜整体密封性能良好,柜内无积水、尘土,机柜内宜安装温度控制系统; e) 机柜内设备分布合理,布线整齐、捆扎牢固,标识清晰;

f) 机柜内供电、外站防雷接地应符合要求。

线缆安装时需遵循相关标准: a) 管道、桥架的布置和线缆铺设必须符合相关规范; b) 线缆应远离可能释放腐蚀性物质的区域,避免强磁场或电场的影响,若不可避免,则需采取相应的防护或屏蔽手段。c) 铺设前应检查线缆表面,确认制造商信息、产品型号和额定电压的标记清楚可见,外护套完好无损。铺设工作中,线缆要保持直顺并安全固定;完成后,线缆的起始和结束点应标注明确的标识牌。d) 光缆铺设应参照《商业建筑电讯布线系统标准-光纤布线部件》的规定。e) 铺设光缆前,除外观检查外,还应进行导通性测试,铺设过程中确保光缆弯曲半径至少为光缆外径的15倍以上。f) 光缆的接续工作应使用专业设备进行熔接,确保熔接点的损耗不超过0.3dB。

3. 网络通讯施工要求

网络通讯施工应确保设备运行正常且接线满足设计规范。数据传输应遵守 EIA/TIA568 标准,保证时延、信号衰减在规定范围内,误码率 BER 不超过 10^{-8} 。数据存储与展示子系统的安装环境需控制温湿度,符合 GB50174-2008 规范。供电系统设计应遵循 GB50052-2016 规定,确保电源区分清晰。防雷接地应满足 GB50343-2012 标准。服务器及设备需安装牢靠,保持外观完好,接线端子和插座安装得当,标识醒目。机柜内部设备布局合理,无锈蚀,内部线路应规整有序,并且标识清晰。

4. 软件系统施工要求

软件系统的设计需遵循 GB/T20271-2016 中的信息安全技术标准。在软件测试阶段,必须按照 GB/T15532-2016 中的计算机软件测试标准进行。同时,软件文档的制

作应当满足 GB/T8567-2006 中计算机软件文档规范的要求。数据采集与传输软件技术要求 a) 数据采集与传输软件应采用模块化设计, 根据不同类型的监测设备进行选择、配置。b) 数据采集与传输软件应保存运行状态文件, 记录软件运行情况和错误代码。c) 数据采集与传输软件应具备较强的鲁棒性, 在网络过载或个别硬件设备故障等情况下, 能够不崩溃, 不影响其他设备的数据采集与传输。d) 在动态同步数据采集过程中, 所有传感器的同步误差必须控制在 10 毫秒以内。e) 对于静态数据同步采集, 传感器之间的同步误差应保持在 30 秒以下。

5. 数据存储与显示软件技术要求

a) 数据存储与显示软件应具有原始数据保存功能, 存储的原始数据精度不低于传感器的分辨率, 原始数据存储时间不小于 1 年, 到期后进行备份、存档。b) 数据存储与显示软件应将预处理后的统计数据入库, 动态数据库中的统计数据宜永久保存。c) 数据存储与显示软件应作为统一的数据出口, 实现多用户操作及数据共享。

结构状态评估和预警软件技术要求 a) 评估软件应综合判断环境因素和结构损伤状态, 评估结构性性能退化的征兆和趋势, 实现对日常管理养护工作的指导。b) 评估软件应按照权重比例, 对桥梁上部结构、下部结构和附属结构三部分的安全状态进行评分。c) 预警软件应采用分级报警机制, 实现特殊事件报警功能。

6. 系统试运行要求

系统试运行时长无相关规定时不得少于 90 天; 试运行期间, 平均无故障运行时间应大于总时长的 95%。试运行期间, 数据缺失率应不大于 5%。

7. 质量检验要求

建设、监理、设计以及施工各方应共同进行桥梁结构监测系统的施工质量检验和评估。

硬件验收应涵盖: (1) 设备和材料的数量、型号和技术规格应与合同及设计文件相符, 需有完整的合格证明、保修卡、使用说明和厂检报告; (2) 传感器的安装应准确、稳固、端正, 与结构紧密结合, 无缝隙, 且有适当的防腐蚀保护措施, 信号线路正确接入; (3) 数据采集器正常运行, 机柜内的电线、信号线和组件布局应直观、有序且安全固定, 接头牢靠, 标识明确。出线管道应与机柜密封连接, 确保机柜内部无水渍、尘埃或霉菌, 机柜接地应稳固, 无腐蚀迹

象; (4) 光电缆布线和数据中心设备的安装应符合《公路工程机电工程质量检验评定标准》(JTGF80-2) 的相关规定。

表 1: 桥梁结构监测系统的质量检验要求

检验要求项	描述	规范或标准	备注
硬件验收	设备和材料应与合同和设计文件相符, 具备合格证明、保修卡等	合同、设计文件	完整性检查
安装准确性	传感器的安装应准确、稳固、端正, 与结构紧密结合	设计要求	无缝隙, 防腐蚀保护
信号线路	信号线路应正确接入, 数据采集器正常运行	设计要求	机柜内布局直观、有序、安全固定
机柜内部	机柜内电线、信号线和组件布局应直观、有序且安全固定	设计要求	接头牢靠, 标识明确, 出线管道密封连接
接地情况	机柜接地应稳固, 无腐蚀迹象	设计要求	保证安全
光电缆布线	光电缆布线应符合《公路工程机电工程质量检验评定标准》	JTGF80-2	安装规范
数据中心设备	数据中心设备的安装应符合《公路工程机电工程质量检验评定标准》	JTGF80-2	安装规范

软件验收应包含以下内容: (1) 数据采集与传输软件功能完整性和一致性检查, 能够正常采集、存储、转发监测数据, 各项功能指标满足设计文件要求; (2) 数据处理与管理软件功能完整性和一致性检查, 能够正常接收、处理、存储、转发监测数据, 各项功能指标满足设计文件要求; (3) 用户界面软件功能完整性和一致性检查, 各软件模块功能满足设计文件要求, 静态基础数据、实时监测数据、历史统计数据等各类数据准确、齐全; (4) 软件整体请求响应速度、数据刷新率等性能指标满足设计文件要求。(5) 软件由具备相关认证的第三方测评单位的软件测评单位进行测试, 测试内容应包含单元测试、功能测试、性能测试、集成测试等, 并出具《软件测试报告》, 报告应详细描述每个测试用例的测试结果, 对于重大功能偏离、缺陷和逻辑错误, 需经开发单位修复完善后再次提交测试, 最终测试通过率应不低于测试用例总数的 95%。

8. 结束语

在桥梁结构监测系统工程中, 我们强调了分部工程的技术要求, 包括传感器系统、数据采集与传输系统、数据存储与显示系统、软件系统和系统试运行。这些要求覆盖了从传感器安装到软件测试的各个方面, 确保系统的稳定运行和高效监测。展望未来, 我们期待解决现有挑战, 将结构健康

监测系统拓展到更多工程领域。技术的不断进步将进一步提升这些系统在保障结构安全和促进可持续发展中的作用。我们相信，通过持续的研究和创新，结构健康监测将为工程建设带来更大的利益。

参考文献

[1] 伊廷华, 郑旭, 杨东辉, 等. 中小跨径桥梁结构健康监测系统轻量化设计方法 [J]. 振动工程学报, 2023, 36(2): 458-

466.

[2] 汪孝宜, 郑策, 王伟, et al. 桥梁结构健康监测系统, 方法和平台 :CN202211025378.8[P].CN202211025378.8[2024-01-15].

[3] 王雷, 李文龙, 高杨, 等. 一种面向桥梁结构健康监测的实时风速指标计算方法及系统 :CN202211484936.7[P].CN115718669A[2024-01-15].