

中国工程建设协会标准

结构健康监测系统运行维护与管理标准

Standard for operational maintenance and management of structural
health monitoring systems

(征求意见稿)

2019 北京

中国工程建设协会标准

结构健康监测系统运行维护与管理标准

**Standard for operational maintenance and management of
structural health monitoring systems**

T/CECS *-2019**

主编单位：大连理工大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2019 年 6 月 1 日

中国建筑工业出版社

2019 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2018]015 号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本标准。

本标准共分为 6 章和 5 个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、日常管理、定期检查与维护、异常处置。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑振动专业委员会归口管理，由大连理工大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：辽宁省大连市凌工路 2 号，大连理工大学土木工程学院，邮编：116023），以供今后修订时参考。

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1	总则	
2	术语和符号	
2.1	术语	
2.2	符号	
3	基本规定	
3.1	基本内容	
3.2	一般要求	
4	日常管理	
4.1	监测系统	
4.2	采集子站	
4.3	监控中心	
5	定期检查与维护	
5.1	传感器	
5.2	数据采集设备	
5.3	数据传输设备	
5.4	数据存储设备	
5.5	数据显示设备	
5.6	系统软件	
6	异常处置	
附录 A	日常管理记录表	
附录 B	定期检查与维护记录表	
附录 C	异常处置记录表	
附录 D	日常管理流程图	
附录 E	定期检查与维护流程图	
	本标准用词说明	
	附：条文说明	

Contents

- 1 General provisions
- 2 Terms and symbols
 - 2.1 Terms
 - 2.2 Symbols
- 3 Basic requirements
 - 3.1 Basic contents
 - 3.2 General requirements
- 4 Daily management
 - 4.1 Monitoring system
 - 4.2 Data acquisition station
 - 4.3 Monitoring center
- 5 Regular inspection and maintenance
 - 5.1 sensor
 - 5.2 Data acquisition device
 - 5.3 Data transmission device
 - 5.4 Data storage device
 - 5.5 Data display device
 - 5.6 System software
- 6 Exception handling
- Appendix A Daily management record form
- Appendix B Regular inspection and maintenance record form
- Appendix C Exception handling record form
- Appendix D Daily management flowchart
- Appendix E Regular inspection and maintenance flowchart
- Explanation of wording in this standard
- Addition: Explanation of provisions

1 总则

1.01 为保障结构健康监测系统硬件和软件设备安全、稳定、可靠、持续和高效运行，以及规范采集子站和监控中心的操作与管理行为，制定本标准。

1.02 本标准适用于结构健康监测系统在运行期间的日常管理、定期检查与维护、异常处置。

1.03 结构健康监测系统宜与监测对象的维护和管理工作统筹考虑，做到技术先进、经济合理、方便可行、统一集成。

1.04 结构健康监测系统运行维护与管理除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 结构健康监测 structural health monitoring

利用现场的、无损的、实时的方式采集环境与结构信息，分析结构反应的各种特征，获取结构因环境因素、损伤或退化而造成的改变。

2.1.2 结构健康监测系统硬件 hardware of structural monitoring system

用于环境与结构信息感知、采集、传输、存储和显示的所有实体部件和设备的统称。

2.1.3 结构健康监测系统软件 software of structural monitoring system

用于环境与结构信息感知、采集、传输、存储和显示以及结构反应分析、结构改变获取、环境与结构信息显示的计算指令集合。

2.1.4 采集子站 data acquisition station

将不同被监测物理参量的数据采集、数据传输、电源等设备集中安放的装置。

2.1.5 监控中心 monitoring center

安装结构健康监测系统的管理计算机、系统软件和相关外围设备的集中场所。

2.1.6 数据采集设备 data acquisition equipment

将从传感器等模拟和数字被测单元中自动采集非电量或电量信号进行存储和预处理的仪器或装置。

2.1.7 异常处置 exception handling

对结构健康监测系统的报警和故障状况所采取的处理措施。

2.2 符号

符 号	定 义	位置（节）
δ	精度等级	5.1.1
$\Delta_{\max}$	最大测量误差	5.1.1
$A_{\max}$	最大测量量程	5.1.1
δ_L	线性度	5.1.1
$\Delta_{L\max}$	传感器实际的输入输出特性曲线对理想输入输出特性曲线的最大偏差量	5.1.1
Y_{FS}	传感器满量程输出值	5.1.1
δ_H	迟滞误差	5.1.1
$\Delta_{H\max}$	各标定点上正反行程输出平均值之间的最大偏差	5.1.1
δ_R	重复性误差	5.1.1
Δ_R	同一激励量对应多次循环的同向行程响应量的绝对误差	5.1.1
σ	正反行程各标定点响应量的标准偏差（标准差）	5.1.1
K	置信因子	5.1.1
Y_i	测量值	5.1.1
$\bar{Y}$	测量值的算术平均值	5.1.1
n	测量次数	5.1.1
S	灵敏度	5.1.1
Δy	输出量变化	5.1.1
Δx	输入量变化	5.1.1

F	分辨率	5.1.1
$\Delta x_{\max}$	全量程范围内能引起输出量阶跃变化的最小激励变化量的最大值	5.1.1

3 基本规定

3.1 基本内容

- 3.1.1** 结构健康监测系统运行维护与管理宜包括日常管理、定期检查与维护 and 异常处置。
- 3.1.2** 结构健康监测系统日常管理对象应包括监测系统、采集子站和监控中心。
- 3.1.3** 结构健康监测系统定期检查与维护对象应包括传感器、数据采集设备、数据传输设备、数据存储设备和数据显示设备。
- 3.1.4** 结构健康监测系统异常处置应包括响应机制和应急措施。
- 3.1.5** 结构健康监测系统日常管理的内容宜包括运行环境管理、工作状态检查和运行安全管理。
- 3.1.6** 结构健康监测系统定期检查与维护的内容宜包括工作状态检查、保养与维护和保护装置的维护。

3.2 一般要求

- 3.2.1** 结构健康监测系统运行维护与管理应由专业技术人员进行。
- 3.2.2** 结构健康监测系统日常管理宜每周进行一次，对于采集子站的日程管理宜两个月进行一次现场巡检，结构健康监测系统定期检查与维护应每六个月进行一次，结构健康监测系统异常处置应在异常发生的 24 小时内进行。宜每六个月向上一级管理部门或负责人上报结构健康监测系统运行维护与管理纸质总结报告并存档。
- 3.2.3** 结构健康监测系统硬件更换应保证更换后硬件的主要技术指标不低于被更换硬件的主要技术指标，结构健康监测系统软件升级应保证升级后软件的性能高于升级前软件的性能。应做好结构健康监测系统硬件更换和软件升级前后监测数据的衔接。
- 3.2.4** 结构健康监测系统日常管理、定期检查与维护 and 异常处置应分别填写完整的日常管理记录表、定期检查与维护记录表和异常处置记录表（日常管理记录表见附录 A、定期检查与维护记录表见附录 B、异常处置记录表见附录 C）并存档，记录表中正常和异常的判断应按照设计文件和本标准的要求执行。

4 日常管理

4.1 监测系统

4.1.1 运行环境管理

- 1 传感器的运行环境应满足设计文件和产品技术文件的要求。
- 2 采集子站和监控中心的运行环境应满足设计文件和本标准的要求。

4.1.2 工作状态检查

- 1 日常工作状态检查以查看监测系统的运行日志为主，检查内容宜包括：
 - 1) 监测系统实时状态及所有与数据相关的后台进程是否正常。
 - 2) 监测系统日志记录是否正常。
 - 3) 存储空间的使用情况，当剩余存储空间小于设计文件的规定或总存储量的 20%时，应向上级汇报并采取措施保证数据的正常备份。
 - 4) 数据库日志是否正常、完备。
- 2 管理人员应按维护计划、规定路线对监测系统进行日常运行维护，并应记录维护的事件内容、人员、时间、操作后指标参数变化及调整信息等。

4.1.3 运行安全管理

- 1 应对使用监测系统的人员或网络设备用户进行身份鉴别。
- 2 未经批准，不得更改、更新、增删监测系统的硬件和软件。
- 3 不得随意变更修改监测系统配置。
- 4 未经批准，不得关闭监测系统。
- 5 应采取必要措施提升监测系统的网络安全，避免信息在网络传输过程中被窃取。

4.2 采集子站

4.2.1 运行环境管理

- 1 站内温度不应低于-10℃，不应高于 50℃，温度变化率应小于 15℃/h，不应有凝露。
- 2 站内相对湿度不应低于 20%，不应高于 80%。
- 3 站内含尘浓度控制范围应满足设备正常运行要求，在静态测试条件下每升空气中大于或等于 0.50μm 的尘粒数应少于 18000 粒/m³。
- 4 站内仪器之间静电电位不应大于 1kV，周边不宜安装强电设备及开关；站内无线电干扰场强不应大于 126dB，磁场干扰环境场强不应大于 800A/m，周边 1m 以内不应安装会产生电磁干扰的设备。
- 5 采集子站应固定于稳定平面内，三个方向的振动加速度均不应大于 50mm/s²。
- 6 站内不得有虫鼠等危害设备正常运行的生物。
- 7 采集子站顶部的防水层和底部的防潮层完好，站内不得有明水。
- 8 设置避雷装置的采集子站，避雷装置应正常和有效。
- 9 站内交流电电压应在 200V~240V，频率应在 49Hz~51Hz 之间。

4.2.2 工作状态检查

- 1) 显示灯正常，读数仪有读数。
- 2) 外观无损坏、明显变形及腐蚀，站内外不应有明水。
- 3) 接入线应与接口连接可靠且无松动。
- 4) 不宜有明显落尘。
- 2 性能检查
 - 1) 读数仪的读数应正常读数范围内。
 - 2) 显示屏上各项数据应能正常显示。

3) 工作时采集子站工作时噪声不得高于 65dB, 加装两个风扇以上的产品, 其噪声要求应在产品标准中规定。

4) 检查系统的运行日志及警告文件, 各项运行应正常。

5) 配置的稳压器和过电防护设备应正常和有效。

6) 采集子站实时状态及所有与数据相关的后台进程应正常。

4.2.3 运行安全管理

1 安全防护管理

1) 应控制、鉴别和记录接触采集子站的人员。

2) 应对使用采集子站系统的人员或网络设备用户进行身份鉴别。

3) 应实行操作系统和数据库系统特权用户的权限分离, 依据安全策略控制用户对资源的访问, 正常的业务操作和数据维护只能通过应用系统访问数据库。

4) 未经批准, 不得在采集子站上安装、更新、拷贝以及删去任何文件, 若需安装、更新或拷贝, 应首先进行病毒检测等例行操作。

5) 不得随意变更修改系统配置, 如需变更修改应经申请批准。

6) 未经批准, 不得关闭采集子站, 若需关机重启, 开关机时间间隔应大于 8s。

2 运行管理

1) 应每周由网络设备进行日常检查, 处理日志中的提示、警告和错误等信息, 并详细登记处理的内容, 无法处理的问题或重大隐患, 需及时向上级汇报并建立档案。

2) 日常检查应由网络设备登陆采集子站操作系统, 查看采集子站运行状况及运行日志, 主要包括: 连接电池的使用情况; 检查采集子站实时状态及所有与数据相关的后台进程是否正常; 日志记录是否正常, 警告文件有无异常; 检查存储空间的使用情况, 重点关注使用量增长较快的表空间情况, 如果存储空间不足一定比例, 应向上级汇报并提出清理不用的文件或扩充存储空间的申请; 检查数据备份是否正常; 检查数据库日志是否正常和完备。

3) 定期两个月进行现场巡检, 应派专业人员进入现场, 进行集子站的运行环境检查、外观检查和性能检查, 申请并处理采集子站内外部落尘以及现场发现的问题或隐患, 详细登记处理内容, 无法处理的问题或重大隐患, 需及时向上级汇报并建立档案。

4) 应建立并严格执行采集子站管理活动中常用的安全管理制度, 应将安全管理制度发布给相关人员并进行必要的培训工作。

5) 应建立采集子站运行管理工作日志, 并及时更新运行管理过程中的各项记录, 包括事件内容、人员、时间和操作后指标参数值以及调整信息等。

6) 应建立并严格执行采集子站运行管理工作汇报及反馈机制, 定期向上级汇报运行管理状况。

4.3 监控中心

4.3.1 运行环境管理

1 监控中心宜有温度、湿度调节装置, 监控中心的温度宜控制在 15~30℃, 温度变化率应小于 15℃/h, 且不应有凝露; 相对湿度宜控制在 30%~80%。

2 应保持监控中心的清洁, 人员和设备进出站房应有防尘措施。

3 在监测设备停机时, 监控中心地板表面垂直及水平向的振动加速度值应不大于 50mm/s²。

4 监控中心内应无强电场干扰, 在频率范围为 0.15~1000MHz 时应不大于 126dB。

5 监控中心建筑上的孔洞应密封, 管线及门窗处宜有防止生物侵害的措施。

6 监控中心内照度应不低于 300Lx。在应急照明情况下, 照度应不低于 50Lx。

7 在监测设备停机时, 监控中心主操作员位置处测量的噪声值应小于 65dB。

8 监控中心的地面、墙体、屋顶和门窗处均无积水、渗水以及水浸蚀现象。

9 监控中心建筑的防雷设施应完好、接地应可靠, 数据采集及存储设备的有防雷器应无损坏迹象。

4.3.2 工作状态检查

1 对监控中心出现的设备掉电、计算机故障、系统通讯中断等异常情况，应及时进行处理，并建立事件单。

2 应定期对监控中心设备的运行情况进行检查，间隔周期不宜大于 1 个月。检查内容应包括：

1) 运行环境应符合本标准第 4.3.1 条的规定。

2) 各设备工作状态指示正常。

3) 计算机及各类设备的系统时钟误差应不大于 10ms。

4) 计算机设备的磁盘空间剩余量应不小于设计规定值或总容量的 20%。

5) 计算机的 CPU 负荷率、内存使用率不宜超过 80%，应用程序或服务运行良好。

6) 配线架应无破损、锈蚀、变形，标签应清晰可辨。

3 设备定期维护每季至少进行一次。维护内容应包括：

1) 对监控中心主机进行外部除尘，除尘时应使用干燥、清洁的软布和中性清洁剂。

2) 当设备供电异常时，应增加稳压设备。

3) 当设备散热异常时，应进行维修或增加散热设备。

4) 对传输介质、线缆及接口异常，应更换老化、损坏的线路及接口。

4.3.3 运行安全管理

1 监控中心宜设专人管理，非管理人员不得随意进出。

2 监控中心服务器不应下载、安装与健康监测系统无关的应用、多媒体和游戏等软件。

3 软件备份、升级、参数设置更改以及新软件安装宜由专业技术人员负责完成。

4 数据库中数据和日志文件的保留周期应符合健康监测系统要求。当监测系统无要求时，保留周期不应少于 3 年。

5 未经许可，不得复制、传播监控中心的各类软件和数据文件。

5 定期检查与维护

5.1 传感器

5.1.1 工作状态检查

1 外观检查

传感器外观检查宜六个月一次，必须由专业技术人员主要负责。针对发现不正常的状况，应进行必要的维护保养；如发现较大问题，必须及时报告。外观检查应包括：传感器安装位置是否符合监测要求，位置是否由于外力作用发生错位；传感器内、外部有无影响传感器正常使用功能的污垢和异物；传感器外壳是否密封、无裂缝；传感器安装是否固定无松动；传感器信号传输线路是否老化，绝缘保护层是否开裂破损；若有保护装置，应检查保护装置是否损坏。

2 性能检查

1) 传感器性能检查应包括物理性能检查和工作性能检查。

2) 传感器物理性能检查应包括：检查传感器内部元件、电路是否有损伤、严重老化现象；对传感器线路和通道各接口进行检查，观察是否有污渍，接口如果有污渍应清理干净；检查传感器或传感设备电源高压参数，保证传感器或设备正常安全运行。

3) 传感器工作性能检查应包括传感器的精度、线性度、迟滞、重复性和灵敏度等检查。

4) 传感器精度检查中，最大测量误差与最大测量量程的百分比不应超出传感器技术参数规定值。宜在传感器的测量范围内，用一个标准仪表进行测量结果对比，并进行读数修正和数据处理，以确定该传感器的实际精度。

5) 传感器线性度检查中，实际输入输出特性曲线对于理想线性输入输出特性曲线的偏离程度不应超出传感器技术参数规定值。在传感器的满量程范围内，宜由最小二乘法或端基法求取输入输出信号的拟合直线，并计算实际的特性曲线与拟合直线之间的最大非线性绝对误差，误差与满量程输出值的百分比作为实测的线性度。

6) 传感器迟滞性检查中，正（输入量由小到大）反（输入量由大到小）行程特性曲线的偏离程度不应超出传感器技术参数的规定值。宜根据试验，计算正反行程输出值间的最大差值与传感器满量程输出值的百分比，得到传感器的实测迟滞误差。

7) 传感器重复性检查中，重复性误差不应超出传感器技术参数规定值。宜通过多次测量（3 次以上）在同一激励量下，计算多次循环所对应的同向行程的最大偏差与满量程输出值的百分比，作为实测重复性误差。

8) 传感器灵敏度检查中，灵敏度误差不应超出传感器技术参数规定值。宜通过传感器实际稳定输出对应的标称灵敏度之差对该标称灵敏度的百分比计算灵敏度误差。

9) 定期检查维护传感器，并填写检查维护记录表。

5.1.2 保养与维护

1 对于普通环境下工作的传感器，工作环境温度宜在 $10^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，且不应低于 0°C 或高于 40°C ；相对湿度宜在 20%~60% 范围内，且不应低于 20% 或高于 60%；环境磁场场强不应大于 30A/m；无显著振动或冲击；无强酸强碱腐蚀等。

2 对于特殊环境下（酸性、碱性、高辐射、高温和强磁场等）工作的传感器提供保护措施。

3 对于高温环境下工作的传感器（非温度传感器类），必须采用耐高温传感器；另外，必须加有隔热、水冷或气冷等装置。

4 在粉尘和潮湿环境下工作的传感器，外壳必须有良好的密封性，防潮防粉尘。

5 在腐蚀性较高的环境下，如潮湿、酸性环境，传感器外表面应进行过喷塑或不锈钢外罩，且必须选择抗腐蚀性能好且密闭性好的传感器。

6 在电磁场环境下，应对传感器的屏蔽性进行严格检查，保证其具有良好的抗电磁干扰能力。

7 保护措施必须根据现场情况采取相应的防风、防雨雪、防雷、防尘、防晒和防强烈振动等措施。

- 8 根据季节变化采取相应的防护措施，防止雨水、高温和冰冻等对传感器的损坏。
- 9 应周期性清理传感器内部灰尘，擦拭传感器外壳（禁止使用强腐蚀物或强化学物质，可用干净的纱布沾上中性洗涤剂擦拭）。
- 10 传感器保养维护过程中，应保证适宜的工作环境，排除安全故障。
- 11 对敏感元件细小的传感器检查维护，探头部位极其脆弱的，清洁过程中应保证不造成使用功能损害。

5.1.3 保护装置的维护

- 1 特殊环境下的传感器装有保护装置时，应定期（具体检查周期视使用环境而定）对保护装置进行检查维护，检查保护装置是否破损、锈蚀和变形等。
- 2 传感器保护装置必须具有相对应的防水、防高温、防腐蚀、抗压、抗震和抗冲击等的能力。

5.2 数据采集设备

5.2.1 工作状态检查

1 外观检查

- 1) 数据采集设备在野外运行环境时，应检查数据采集设备是否受阳光直射、是否做好防水防潮措施、是否设置保护装置。
- 2) 应检查保护装置外观是否有潮湿、腐蚀、人为破坏等情况，并检查保护装置是否牢固。
- 3) 数据采集设备在室内运行环境应检查室内环境是否保持清洁，应根据数据采集设备正常使用要求保持室内的温度和湿度在允许范围内，环境温度宜控制在 15℃~28℃，湿度宜控制在 20%RH~80%RH，检查并杜绝室内运行环境有食物、纸屑和灰尘等，检查并避免室内运行环境有虫鼠等。

2 性能检查

- 1) 应检查数据采集设备能否正常开机，检查仅有内置电源时能否开机和工作时间长短，确定数据采集设备内置电源是否工作正常；检查使用外接电源时能否开机，确定外接电源是否工作正常。
- 2) 应检查数据采集设备能否采集到被测传感器或仪器等测量结果，测量值是否稳定、是否有读数。
- 3) 应检查数据采集设备的通讯是否正常，检查通讯软件的通讯格式设置；检查通讯硬件是否正常，包括连接线、输入/输出端口是否连接可靠；检查连接线长度是否超标，连接线长度不宜超过 10m。

5.2.2 保养与维护

1 运行操作管理

- 1) 在对数据采集设备进行操作时，应先断电再进行相应的操作，严禁带电操作，防止数据采集设备受损。
- 2) 在对数据采集设备进行拆卸和重新安装操作时，应对数据采集设备安装位置和通道进行记录，重新安装时应确保与记录情况保持一致，防止安装错误，并应对拆卸和重新安装操作情况留存详细记录备查，宜辅以影像记录。

2 运行维护管理

- 1) 数据采集设备应定期被送回生产厂家或法定计量机构进行检验和率定，周期宜为一年。
- 2) 数据采集设备应根据采集界面可视化、测量值存储格式、远程传输模块、系统集成等需求进行数据采集设备的软件系统升级。
- 3) 数据采集设备超出设备出厂使用寿命年限、存在人为或自然灾害引起无法修复的故障、无法满足前端传感器数据采集、无法满足系统集成功能需求时，应对数据采集设备进行设备替换或设备升级替换。
- 4) 对于内置电池的数据采集设备，应按照数据采集设备操作使用手册进行充电与正常使用，避免误操作而造成的电池使用寿命缩短，设备长期不使用时应将电池放空后储藏，并应每隔半年对设备进行一次完全充放电。

5) 应用沾了肥皂和水的软抹布对数据采集设备的机壳和面板作定期的清洁, 野外运行环境的数据采集设备应增加定期清洁次数, 室内运行环境的数据采集设备可适当减少定期清洁次数。

6) 在对数据采集设备进行定期清洁过程中应注意: 不应使用任何类型的溶剂, 不应将任何类型的碎屑沾到数据采集设备上, 应防止水等液体进入数据采集设备面板或各插座端子内。

5.2.3 保护装置的维护

1 应定期清洁保护装置, 保护装置不牢固或无法满足对数据采集设备进行保护的作用时, 应对保护装置进行替换。

5.3 数据传输设备

5.3.1 工作状态检查

1 外观检查

1) 数据传输设备的检查应包括数据传输终端设备, 数据传输互联设备和数据传输介质设备的检查, 外观应无破损, 清洁干燥, 且网络应保持连接正常。

2) 数据传输互联设备与数据传输终端设备的连接设备应无破损, 并连接正常。

3) 数据传输终端设备、互联设备和传输介质的标签应清晰耐磨。

4) 数据传输设备的保护装置应无破损、锈蚀和变形。

2 性能检查

1) 数据传输设备所运行的环境温度、相对湿度应满足设备正常使用要求, 工作环境温度宜在 10~35℃ 范围, 不应低于 10℃ 或高于 35℃, 相对湿度宜在 20%~80% 范围内, 不应低于 20% 或高于 80%。

2) 数据传输设备所运行的空气含尘浓度, 在静态条件下测试, 直径大于等于 0.5 μm 的尘粒浓度 ≤18000 粒/升。

3) 数据传输设备环境无线电干扰场强不应大于 130dB, 环境磁场场强不应大于 30A/m。

4) 数据传输终端设备的网络连接正常, 网络故障及告警信息应及时处理。

5) 数据传输互联设备应能执行各项业务功能, 传输响应时间应满足设计要求。

6) 数据传输介质设备应能执行各项业务功能, 并保持稳定。

7) 当出现数据传输异常情况, 应进行数据通讯测试, 确定原因, 并对异常设备进行维护或者更换。

5.3.2 保养与维护

1 运行操作管理

1) 应对登陆操作系统的用户进行身份标识和鉴别。

2) 严格按照数据传输设备使用说明进行运行操作, 确保设备安全和有效运行。

2 运行维护管理

1) 应指定专门的部门或人员对数据传输设备的运行环境温度、湿度和含尘度进行采集, 并及时准确填写定期检测日志。

2) 对数据传输设备等进行管理和维护后, 应及时准确填写定期检查日志, 并记录设备维护情况。

3) 应指定人员对数据传输设备异常原因进行分析和处理, 准确填写数据传输异常情况登记表, 并建立档案; 并应通知专业人员进行数据通讯测试, 确定原因, 并对异常设备进行维护或者更换, 并应做好数据传输异常的时间、处理过程、处理结果和异常原因分析等的详细记录, 准确填写数据传输异常情况登记表, 并建立档案。

5.3.3 保护装置的维护

1) 数据传输设备的保护装置应满足相应的防水和抗压要求, 对于不满足防水和抗压要求的保护装置应及时维护或者更换。

2) 对破损、锈蚀和变形等缺损的数据传输设备保护装置应及时维护或者更换。

5.4 数据存储设备

5.4.1 工作状态检查

1 外观检查

1) 数据存储设备及其附属设备应按照本标准第 3.2 条规定定期进行外观检查。

2) 数据存储设备及其附属设备的外观检查应包括检查设备表面是否破损、机身是否清洁、金属部件是否发生锈蚀、设备有无积水、设备运行过程中是否存在过热或烧损融化现象、设备运行是否有异响和异常振动。

3) 外观检查还应包括检查存储设备输入和输出端接口是否出现接线松动或脱落等导致接触不良的情况。

4) 数据存储设备及其附属设备的外观检查应按照表附录 B.4 进行记录。

2 性能检查

1) 数据存储设备及其附属设备应按照本标准第 3.2 条规定定期进行工作性能检查。

2) 存储设备宜通过定期查询历史监测数据是否完整，有无数据存储丢包状况，以此判断存储设备是否具备正常工作性能。

3) 当采用磁盘阵列作为数据存储设备时，应检查存储设备的磁盘阵列是否正常，包括存储指示灯有无警告、控制器指示灯有无警告、控制器电池有无故障、磁盘柜电源状态有无异常、网口是否正常发光、存储连接是否有冗余。

4) 对配备有不间断电源的数据存储设备，应检查不间断电源的工作情况，检查项目应包括不间断电源指示灯是否正常、是否能够正常启动。此外，还应检查市电及停电时不间断电源主机输入和输出电压、输出频率以及零-地电压是否符合产品使用标准。市电正常供电情况下，应检查电量是否充足。停电且不间断电源电量少于 10% 时，数据存储设备应及时关机，以免损坏数据存储设备。

5) 数据存储设备及其附属设备的工作状态检查应按照表附录 B.4 进行记录。

5.4.2 保养与维护

1 数据存储设备及其附属设备的保养与维护周期应符合本标准第 3.2 条的相关要求

2 保养与维护周期内应定期对数据存储设备进行定期除尘、除湿，其中相对湿度应控制在 30%~80%。还应对电源线、数据线接口污渍进行清理。

3 保养与维护周期内应定期对存储设备的防尘过滤网进行清理，保持数据存储设备通风散热良好。

4 保养与维护周期内应定期对存储设备剩余磁盘空间进行检查，应确保磁盘剩余空间不小于总容量的 20%。

5 对于配有温控设备的数据存储设备，温控设备宜每隔 4 个月更换 1 次空调器风扇启动电容，确保夏天时温控设备正常工作。

6 数据存储设备出现人为或自然灾害引起无法修复的故障、无法满足监测数据实时存储需求时，应对设备进行升级或替换。

7 对配备有不间断电源的存储设备，应按照产品使用说明定期对不间断电源进行充放电。

8 数据存储设备及其附属设备的保养与维护应按照表附录 B.4 进行填写记录。

5.5 数据显示设备

5.5.1 数据显示设备宜包括位于监控中心的展示大屏和监测系统显示设备，以及位于采集子站的工控机显示设备。

5.5.2 工作状态检查

1 外观检查

1) 显示设备的外壳是否存在裂缝、孔洞等破坏。

2) 显示屏表面是否存在划痕、裂缝等破坏。

3) 显示设备的各功能按键是否存在破损、掉落等破坏。

4) 显示设备的连接插口及插头是否存在堵塞、弯曲、掉落等病害。

5) 显示设备的供电线路、视频传输线路等连接线是否存在老化、破损等病害。

6) 用于固定显示设备的支架及螺栓是否存在锈蚀、松动等破坏。

2 性能检查

1) 显示设备工作时是否存在图像显示失真以及色彩、明暗显示异常等问题。

2) 应定期进行不同画面的调取等操作查看显示屏是否能正常显示。

3) 应定期使用功能键对设备进行调试, 检验显示设备的功能键是否能正常工作等。

4) 新安装或更换的显示器, 应先检查设备显卡和驱动程序是否安装完整, 再进行设备调试; 对于不常用的显示屏, 宜每月开机一次, 检验设备是否可以正常工作。

5.5.3 保养与维护

1 设备保养

1) 显示设备的摆放位置应远离高压线等强磁场, 应避免阳光直射。

2) 设备所处环境应进行温度湿度控制, 监控中心的显示设备应进行室内温度湿度调节。

3) 结构附近的设备应放在阴凉通风干燥位置, 避免高温高湿的工作环境。

4) 显示设备所处环境应保持干净、清洁, 监控中心应每周进行一次环境除尘。

5) 结构附近的显示设备存放位置应每月进行一次环境除尘。

6) 显示屏表面以及相关线路应当进行定期除尘, 可采用酒精等中性液体擦拭或采用吸尘器吸出。

2 设备维护

1) 显示设备宜定期关机休息, 避免连续长期工作。

2) 对于发现的划痕、破洞、按键掉落等局部破损应当及时予以维修。

3) 发现显示设备显示不正常时, 应及时关闭设备, 并通知专业技术人员进行检查。

4) 各个类型显示器内部线路或部件的更换必须由专业技术人员进行。

5) 移动显示设备前应先检查电源是否关闭, 插头是否拔除。

6) 发现显示设备有冒烟等异常现象时, 须立即关闭电源, 并尽快安排专业技术人员进行检查。

5.5.4 保护装置的维护

1) 显示设备的防护外壳应定期检查, 保证有效的阻隔作用; 避雷设备应每半年检验连接线路是否有脱开等破损, 保证线路通畅; 辐射防护装置应每半年检查装置是否破损, 安装是否牢固, 破损的保护装置应进行相应维护。

2) 在进行显示设备的日常检查与维护作业中, 若发现保护装置的病害, 应进行相应维护, 对人员和设备可能造成的安全隐患应及时进行维护并记录。

5.6 系统软件

5.6.1 工作状态检查

1 外观检查

1) 监测系统软件图标应正常。

2) 双击后应能正常打开程序并运行。

3) 程序界面不应出现乱码、花屏等现象。

2 性能检查

1) 系统控制检查: 应对传感器系统和数据采集系统的运行进行控制和管理。

2) 数据处理检查: 应对所有来自数据采集系统的监测数据进行选择、处理、分析和显示, 并生成管理系统数据库。

3) 结构健康评价检查: 应分析和解释监测数据, 并将其与定期的历史检测、监测数据和设定的标准数据进行对比, 并显示和存档(存储)所有分析结果。

5.6.2 保养与维护

1 保养

1) 不应随意删除或修改软件, 应防止误删或错删等情况。

2) 应定期对系统进行备份，并对重要数据加强备份保护。

2 维护

1) 病毒检测：计算机出现故障时，应首先查杀计算机内存和硬盘病毒。

2) 软件匹配性检查：应检查应用软件与计算机系统内其他软件是否匹配，并删除或修改可能导致兼容性问题的软件。

5.6.3 保护装置的维护

1) 硬加密保护技术：应妥善保管“加密狗”和“加密卡”，避免遗失和损坏。

2) 软加密保护技术：应对注册码和密码妥善保管，不应随意泄露给其他人员。

6 异常处置

6.0.1 系统异常处置应根据系统报警和系统故障这两种异常情况分别制定响应机制和应急措施，处置过程中的时间、现象、措施、结果和人员均应详细记录并妥善保存。

6.0.2 系统异常响应机制应包括下列内容：

- 1 制定异常事件报告管理制度，规定异常事件的现场处理、事件报告和后期恢复的管理职责。
- 2 根据系统的设计要求或异常事件对监测对象产生的影响程度，对异常事件进行分类和分级。
- 3 对不同的异常事件制定相应的响应方式，包括报告程序、报告对象和报告方式。

6.0.3 系统异常应急措施应包括下列内容：

- 1 在统一的框架下制定不同异常事件的应急预案，框架包括：应急预案启动条件、应急处理流程、系统恢复流程、事后教育和培训等内容。
- 2 定期对系统相关人员进行应急预案培训和演练。
- 3 定期审查应急预案，并根据实际情况对预案进行不断优化和完善。

6.0.4 系统管理人员交接班时如有异常发生或正在处理异常时，本班人员应协同处置至异常解决或告一段落后再进行交接。

附录 A 日常管理记录表

附录 A.1 监测系统日常管理记录表

项目名称					
巡检周期	一周	起止时间	起：____年__月__日__时__分 止：____年__月__日__时__分	操作者	
日常管理项目		正常状态判断内容		结论	异常情况说明
PC 机或服务器是否运行		机器运行，有风扇转动声音，显示器有画面		☐ 正常 ☐ 异常	
监测软件是否流畅		没有出现卡顿、停滞问题，运行流畅		☐ 正常 ☐ 异常	
监测软件界面是否正常		显示完全，没有错误提示		☐ 正常 ☐ 异常	
传感器数据是否全部显示		所有传感器均有数据显示		☐ 正常 ☐ 异常	
CPU 负荷率、内存使用情况、应用程序进程		CPU 负荷率 70% 以下，内存使用情况 70% 以下，没有无关应用程序进程		☐ 正常 ☐ 异常	
监测系统计算机上是否安装有其他无关软件		没有安装无关软件		☐ 正常 ☐ 异常	
显示屏幕是否正常显示		显示屏幕正常显示		☐ 正常 ☐ 异常	
监控画面显示是否正常		监控画面正常显示		☐ 正常 ☐ 异常	
监控画面是否减少		监控画面没有减少		☐ 正常 ☐ 异常	
外观是否有破损		外观没有破损		☐ 正常 ☐ 异常	

附录 A.2 采集子站日常管理记录表

项目名称					
巡检周期	两个月	起止时间	起：____年__月__日__时__分 止：____年__月__日__时__分	操作者	
项次	日常管理项目	正常状态判断内容		结论	异常情况说明
	温度是否在允许范围内	-10~50℃		☐ 正常 ☐ 异常	
	湿度是否在允许范围内	30%~80%		☐ 正常 ☐ 异常	
	是否有垃圾或大量尘土	无垃圾或大量尘土		☐ 正常 ☐ 异常	
	设备处是否有明显振动	采集设备无明显振动异响		☐ 正常 ☐ 异常	
	子站是否有明显振动	子站整体无明显振动		☐ 正常 ☐ 异常	
	附近是否有电磁场干扰	附近无通讯发射塔架、照明线路或其他电线		☐ 正常 ☐ 异常	
	是否有生物侵害隐患	无老鼠、白蚁等小动物进出痕迹		☐ 正常 ☐ 异常	
	是否有水患	无水侵蚀、积水或渗水		☐ 正常 ☐ 异常	
	防雷设施运行是否正常	建筑有防雷接地、设备安装有防雷器，且运行正常		☐ 正常 ☐ 异常	
	电源和过压防护设备是否正常	空气开关橘红色按钮按下，运行正常		☐ 正常 ☐ 异常	
	有无火灾隐患	无可燃、易燃易爆及与采集子站设备无关物品		☐ 正常 ☐ 异常	
	机房室内门锁安全是否有效	门锁完好		☐ 正常 ☐ 异常	

UPS 是否工作正常	指示灯正常，无漏液、烧糊烧焦痕迹	☐ 正常 ☐ 异常	
各设备工作状态指示是否正常	指示灯正常	☐ 正常 ☐ 异常	

附录 A.3 监控中心日常管理记录表

项目名称					
巡检周期	一周	起止时间	起：____年__月__日__时__分 止：____年__月__日__时__分	操作者	
日常管理项目	正常状态判断内容			结论	异常情况说明
温度是否在允许范围内	15~30℃			☐ 正常 ☐ 异常	
湿度是否在允许范围内	30%~80%			☐ 正常 ☐ 异常	
是否有垃圾或大量尘土	无垃圾或大量尘土			☐ 正常 ☐ 异常	
设备处是否有明显振动	采集或存储设备无明显振动异响			☐ 正常 ☐ 异常	
附近是否有电磁场干扰	附近无通讯发射塔架、照明线路或其他电线			☐ 正常 ☐ 异常	
是否有生物侵害隐患	无老鼠、白蚁等小动物进出痕迹			☐ 正常 ☐ 异常	
照明是否正常	照明设备能正常发光			☐ 正常 ☐ 异常	
是否有水患	监控中心的地面、墙体、屋顶和窗户等均无积水或渗水以及水浸蚀现象			☐ 正常 ☐ 异常	
防雷设施运行是否正常	建筑有防雷接地、设备安装有防雷器，且运行正常			☐ 正常 ☐ 异常	
电源和过压防护设备是否正常	空气开关橘红色按钮按下，运行正常			☐ 正常 ☐ 异常	
有无火灾隐患	无可燃、易燃易爆及与监控中心设备无关物品			☐ 正常 ☐ 异常	
UPS 是否工作正常	指示灯正常，无漏液、烧糊烧焦痕迹			☐ 正常 ☐ 异常	
各设备工作状态指示是否正常	指示灯正常			☐ 正常 ☐ 异常	
计算机与采集设备时钟是否同步	各设备系统时钟误差不大于 1ms			☐ 正常 ☐ 异常	

附录 B 定期检查与维护记录表

附录 B.1 传感器定期检查与维护记录表

项目名称					
巡检周期	六个月	操作者		起止时间	起：____年__月__日__时__分 止：____年__月__日__时__分
定期检查项目		结论		传感器编号	存在问题及维护情况
传感器清洁情况		☐ 正常 ☐ 异常			
传感器锈蚀情况		☐ 正常 ☐ 异常			
传感器内部积水情况		☐ 正常 ☐ 异常			
安装是否牢固		☐ 正常 ☐ 异常			
安装位置是否变动或偏移		☐ 正常 ☐ 异常			
保护装置锈蚀破损情况		☐ 正常 ☐ 异常			
传感器是否破损		☐ 正常 ☐ 异常			
保护装置密封情况		☐ 正常 ☐ 异常			
传感器工作环境是否发生较大改变		☐ 正常 ☐ 异常			
传感器精度、线性度、迟滞、重复性和灵敏度是否满足要求		☐ 正常 ☐ 异常			

附录 B.2 数据采集设备定期检查与维护记录表

项目名称					
巡检周期	六个月	操作者		起止时间	起：____年__月__日__时__分 止：____年__月__日__时__分
定期检查项目		结论		设备名称与编号	存在问题及维护情况
温度控制情况		☐ 正常 ☐ 异常			
湿度控制情况		☐ 正常 ☐ 异常			
清洁情况		☐ 正常 ☐ 异常			
锈蚀情况		☐ 正常 ☐ 异常			
积水情况		☐ 正常 ☐ 异常			
虫鼠情况		☐ 正常 ☐ 异常			
是否有异响		☐ 正常 ☐ 异常			
过热或烧损融化现象		☐ 正常 ☐ 异常			
是否有风从设备吹出		☐ 正常 ☐ 异常			
物理外观（物理撞击）		☐ 正常 ☐ 异常			
开机情况		☐ 正常 ☐ 异常			
采集情况		☐ 正常 ☐ 异常			
通讯情况		☐ 正常 ☐ 异常			
UPS 是否工作（能否正常启动，指示灯是否正常，市电时电量是否充足，充放电是否满足要求）		☐ 正常 ☐ 异常			

附录 B.3 数据传输设备定期检查与维护记录表

项目名称					
巡检周期	六个月	操作者		起止时间	起：____年__月__日__时__分 止：____年__月__日__时__分
定期检查项目	结论		线缆或设备详情	存在问题及维护情况	
线缆是否损伤	☐ 正常 ☐ 异常				
线缆是否老化	☐ 正常 ☐ 异常				
线缆有无异常升温	☐ 正常 ☐ 异常				
线缆有无异味现象	☐ 正常 ☐ 异常				
传感器与线连接松动情况	☐ 正常 ☐ 异常				
采集设备与线连接松动情况	☐ 正常 ☐ 异常				
线捆绑是否松动	☐ 正常 ☐ 异常				
配线架是否破损、锈蚀、变形	☐ 正常 ☐ 异常				
线缆两端标签是否清晰	☐ 正常 ☐ 异常				
网线是否松动	☐ 正常 ☐ 异常				
网络日志是否异常	☐ 正常 ☐ 异常				
数据传输设备是否漏电	☐ 正常 ☐ 异常				
数据传输设备保护装置是否破损、锈蚀、变形	☐ 正常 ☐ 异常				

附录 B.4 数据存储设备定期检查与维护记录表

项目名称					
巡检周期	六个月	操作者		起止时间	起：____年__月__日__时__分 止：____年__月__日__时__分
定期检查项目	结论		设备名称与编号	存在问题及维护情况	
清洁情况	☐ 正常 ☐ 异常				
锈蚀情况	☐ 正常 ☐ 异常				
积水情况	☐ 正常 ☐ 异常				
是否有异响	☐ 正常 ☐ 异常				
过热或烧损融化现象	☐ 正常 ☐ 异常				
是否有风从设备吹出	☐ 正常 ☐ 异常				
物理外观（物理撞击）	☐ 正常 ☐ 异常				
电池、电源、风扇模块是否正常	☐ 正常 ☐ 异常				
磁盘剩余空间情况（不小于 20%）	☐ 正常 ☐ 异常				
存储丢包情况	☐ 正常 ☐ 异常				
磁盘阵列或刀片机箱是否正常	☐ 正常 ☐ 异常				
UPS 是否工作（能否正常启动，指示灯是否正常，	☐ 正常 ☐ 异常				

市电时电量是否充足，充 放电是否满足要求)			
--------------------------	--	--	--

附录 B.5 数据显示设备日常检查与维护记录表

项目名称					
巡检周期	六个月	操作者		起止时间	起：____年__月__日__时__分 止：____年__月__日__时__分
定期检查项目		结论		设备名称与编号	存在问题及维护情况
显示屏幕是否正常显示		☐ 正常 ☐ 异常			
监控画面显示是否正常		☐ 正常 ☐ 异常			
监控画面是否减少		☐ 正常 ☐ 异常			
外观是否有破损		☐ 正常 ☐ 异常			
视频传输线路是否破损		☐ 正常 ☐ 异常			
供电线路是否破损		☐ 正常 ☐ 异常			
功能按键是否正常		☐ 正常 ☐ 异常			
固定支架是否破损		☐ 正常 ☐ 异常			
设备插口是否完好		☐ 正常 ☐ 异常			
备用部件是否完好		☐ 正常 ☐ 异常			
防护外壳是否完好		☐ 正常 ☐ 异常			
避雷设备是否完好		☐ 正常 ☐ 异常			
辐射防护装置是否完好		☐ 正常 ☐ 异常			

附录 C 异常处置记录表

附录 C.1 报警处置记录表

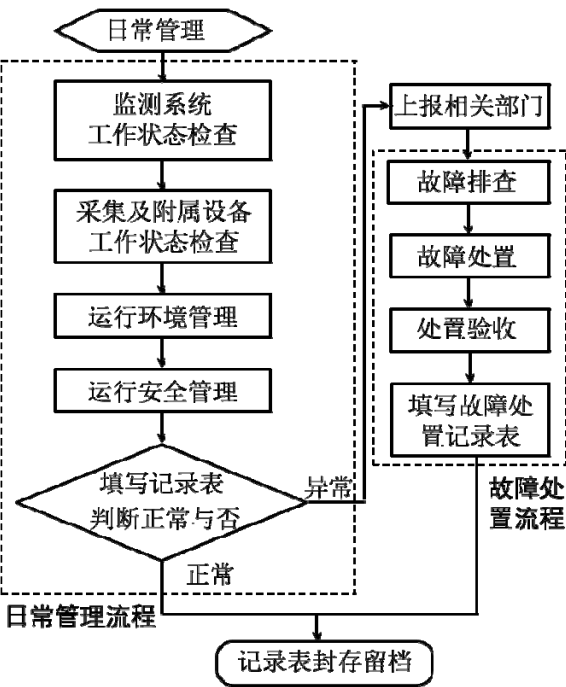
项目名称		操作者		
报警现象	异常排查	应急措施	时间	结果
传感器数据异常	结构是否有明显损伤			
	传感器安装是否松动			
	传感器安装是否偏移错位			
	传感器是否有其他物体碰撞			
	设备是否有效接地			
	采集设备、传感器及沿途线路是否有强电磁场			
	传感器存在问题			
	传输网络是否存在问题 (如 GPS 网络问题造成解算错误)			

附录 C.2 故障处置记录表

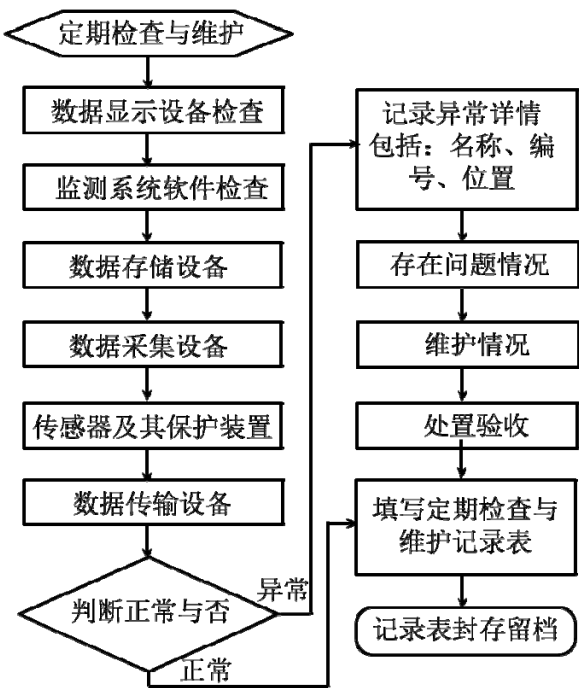
项目名称		操作者		
故障现象	故障排查	应急措施	时间	结果
传感器数据丢失	线缆与设备连接是否松动			
	传感器是否损坏			
	线缆与传感器、摄像头连接是否松动			
	采集设备通道是否损坏			
	网络传输是否异常			
视频图像显示不全	线缆与设备连接是否松动			
	摄像头是否损坏			
	线缆与摄像头连接是否松动			
	采集设备通道是否损坏			
	网络传输是否异常			
PC 或服务器运行异常	机器是否正常运行, 是否有风扇转动声音, 显示器是否有画面			
监测软件不流畅	是否出现卡顿, 是否停滞			
监测软件界面有问题	软件是否损坏, 是否中毒			
CPU 负荷率、内存使用、应用程序进程出现饱和	是否有无关应用程序运行, 是否中毒			
监控中心或子站温度超过允许范围	不通风是否正常, 必要时需开空调			
监控中心或子站湿度超过允许范围	是否有积水渗水			
监控中心、子站内	与外界是否过于畅通, 或常有外			

或设备附近有垃圾或大量尘土	来无关人员			
机架与设备明显振动	设备本身是否振动，是否螺丝松动，是否机架不牢固			
监控中心地面或子站整体有明显振动	外界是否有强震源本身是否不稳定，是否有减振措施			
监控中心或子站内有老鼠、白蚁等小动物进出痕迹	监控中心或子站内是否有洞或长期对外			
室内没有照明	照明设备已坏			
监控中心或子站内有积水、渗水或水侵蚀现象	地面、墙体、顶墙、窗户等是否有破损或裂痕			
配电柜内部器件部分或整体在雷雨天烧坏	是否安装有防雷器，是否正常可用			
机房供电箱跳闸	是否配置有稳压器和过压防护设备			
空气开关橘红色按钮按下跳闸	线路连接是否正确，上下出线是否连反，是否超过额定功率，空气开关是否已坏			
监控中心或子站墙体、玻璃、隔断等有脱落破损	建筑墙面是否渗水，是否附近有施工间接导致			
监控中心或子站内有可燃、易燃易爆及与机房无关物品	是否外界人员擅自进入，存放无关物品			
室内消防措施缺失、损坏或超过有效期	是否没有定期检查			
室内门锁损坏	是否遭受到人为破坏			
UPS 不能正常工作或有漏液、烧焦现象	UPS 能否正常启动，市电电量是否充足，充放电是否满足要求，指示灯是否正常			
各设备工作状态指示灯不正常	是否接地不当，是否电压不稳			
计算机与采集设备时钟不同步，误差岛屿 1ms	设备是否有校时功能，是否对准时钟，设备自身时钟是否不一致或时钟精度较低			

附录 D 日常管理流程图



附录 E 定期检查与维护流程图



本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时应首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中国工程建设协会标准

结构健康监测系统运行维护与管理标准

T/CECS ***-2019

条文说明

目 次

1	总则	
2	术语和符号	
2.1	术语	
2.2	符号	
3	基本规定	
3.1	基本内容	
3.2	一般要求	
4	系统日常管理	
4.1	监测系统	
4.2	采集子站	
4.3	监控中心	
5	定期检查与维护	
5.1	传感器	
5.2	数据采集设备	
5.3	数据传输设备	
5.4	数据存储设备	
5.5	数据显示设备	
5.6	系统软件	
6	异常处置	
附录 A	日常管理记录表	
附录 B	定期检查与维护记录表	
附录 C	异常处置记录表	
附录 D	日常管理流程图	
附录 E	定期检查与维护流程图	
	本标准用词说明	
	附：条文说明	

5 定期检查与维护

5.1 传感器

5.1.1 工作状态检查

2 传感器工作性能检查

1) 精度

精度反映的是仪表误差的大小。根据仪表测量所允许的最大绝对误差来计算出仪表的精度等级，不同类型的传感器按照不同的精度要求维护或更新传感器。

$$\delta = \frac{\Delta_{\max}}{A_{\max}} \times 100\% \quad (5.1-1)$$

式中： δ ——精度等级；

$\Delta_{\max}$ ——最大测量误差；

$A_{\max}$ ——最大测量量程。

仪表的精度等级有：0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5。

2) 线性度

线性度是指传感器的实际输入输出特性曲线对于理想线性输入输出特性的接近或偏离程度。其用实际的输入输出特性曲线对理想输入输出特性曲线的最大偏差量与满量程输出值的百分比来表示。

$$\delta_L = \frac{\Delta_{L\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (5.1-2)$$

式中： δ_L ——线性度；

$\Delta_{L\max}$ ——最大偏差；

Y_{FS} ——满量程输出。

实际工作中经常会遇到非线性较为严重的系统，此时可以采取限制测量范围、采用非线性拟合或非线性放大器等技术措施来提高传感器的线性度。

3) 迟滞性

亦称滞后量、滞后或回程误差，表征传感器在全量程范围内，输入量由小到大（正行程）或由大到小（反行程）两者静态特性不一致的程度。迟滞误差在数值上用各标定点中正反行程输出平均值之间的最大偏差与满量程输出值之比的百分率表示，即：

$$\delta_H = \frac{\Delta_{H\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (5.1-3)$$

式中： $\Delta_{H\max}$ ——各标定点上正反行程输出平均值之间的最大偏差；

Y_{FS} ——满量程输出值；

δ_H ——迟滞误差。

4) 重复性

重复性表示传感器在同一工作条件下，按同一方向作全量程多次（最少 3 次）测量时，对于同一个激励量其测量结果的不一致程度。重复性误差为随机误差，引用误差表示形式为：

$$\delta_R = \frac{\Delta_R}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (5.1-4)$$

式中： Δ_R ——同一激励量对应多次循环的同向行程响应量的绝对误差；

Y_{FS} ——满量程输出值；

δ_R ——重复性误差。

重复性是指标定值的分散性，是一种随机误差，可以根据标准偏差来计算 Δ_R 。

$$\Delta_R = K\sigma \quad (5.1-5)$$

式中： σ ——正反行程各标定点响应量的标准偏差（标准差）；

K ——置信因子。 $K=2$ 时，置信度为 95%， $K=3$ 时，置信度为 99.73%。

当用贝塞尔公式计算标准偏差 σ 时，则有

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (5.1-6)$$

式中： Y_i ——测量值；

$\bar{Y}$ ——测量值的算术平均值；

n ——测量次数。

5) 灵敏度

灵敏度是传感器在静态条件下输出量的变化 Δ_y 和与之相对应的输入量 Δ_x 的比值。理想的静态测量传感器应具有单调、线性的输入输出特性，其斜率为常数。在这种情况下，传感器的灵敏度就等于特性曲线的斜率。

$$S = \Delta y / \Delta x \quad (5.1-7)$$

式中： S ——灵敏度；

Δy ——输出量变化；

Δx ——输入量变化。

当特性曲线无线性关系时，灵敏度的表达式为

$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = dy / dx \quad (5.1-8)$$

灵敏度量纲是输出、输入量的量纲之比。例如，某位移传感器在位移变化 1mm 时，输出电压变化 200mV，则其灵敏度应表示为 200mV/mm。

6) 分辨率

分辨率是指传感器能测量到输入量最小变化的能力，即能引起响应量发生变化的最小激励变化量，用 Δx 表示。由于传感器或测量系统在全量程范围内，各测量区间的 Δx 不完全相同，因此常用全量程范围内最大的 Δx 即 $\Delta x_{\max}$ 与传感器满量程输出值 Y_{FS} 之比的百分率表示其分辨能力。

$$F = \frac{\Delta x_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (5.1-9)$$

式中： F ——分辨率；

$\Delta x_{\max}$ ——全量程范围内能引起输出量阶跃变化的最小激励变化量的最大值；

Y_{FS} ——满量程输出值。

为了保证传感器的测量准确度，工程上规定：传感器的分辨率应不小于允许误差的 1/3、1/5 或 1/10。

5.3 数据传输设备

5.3.1 工作状态检查

1 外观检查

1) 数据传输设备，包括数据传输终端设备，数据传输互联设备、数据传输介质设备。数据传输终端设备是指数据传输中一端或另一端的设备，包括计算机显示终端设备或其他终端设备。数据传输互联设备是指数据传输过程中实现一种网络与另一种网络互访与通信的设备，主要设备有中继器、集线器、网桥、路由器等。数据传输介质设备分为有线传输介质和无线传输介质两大类。其中，有线传输介质设备是指在两个通信设备之间实现的物理连接部分，主要有双绞线、同轴电缆和光纤。

5.4 数据存储设备

5.4.1

1 数据存储设备按照存储方式可分为电能式、磁能式、光学式、磁光式等几种类型。结构健康监测系统通常采用磁能方式存储设备进行监测数据的存储和备份。数据存储设备根据使用需要可配备多种附属设备，包括温控设备、不间断电源等。

2 磁盘阵列是由多个独立的磁盘组合而成的一个大容量的磁盘组，其具有较高的数据传输速率以及数据检验容错功能，越来越多地被应用到结构健康监测系统。

5.4.2

2 对数据存储设备进行清洁时禁止使用强腐蚀物或强化学物质，可用干净的纱布沾上中性洗涤剂擦拭。

5.5 数据显示设备

5.5.2 工作状态检查的目的在于检验结构健康监测系统所用的数据显示设备是否满足预设功能的要求，是否可以正常显示视频监控系统的监控画面以及系统采集的结构状态监测信息。结构健康监测系统维护单位应按照设备的性能特点以及设备工作环境等因素制定检查计划，定期检查与维护记录于“数据显示设备定期检查与维护记录表”，如附录 B.5 所示。

5.5.3 保养与维护的目的在于保证服役期过程中结构健康监测系统所用的数据显示设备能够完成预设功能，保障显示设备正常显示视频监控系统的监控画面以及系统采集的结构状态监测信息。结构健康监测系统维护单位应当按照性能特点、设备工作环境以及定期检查结果等制定保养与维护计划，并记录于“数

据显示设备定期检查与维护记录表”，如附录 B.5 所示，并及时上报。保养与维护包括温度、湿度等在内的环境条件控制，除尘清屏以及设备运输的注意事项宜结合结构健康监测系统的设备组成、性能特点与安装位置制定，可参考《数字电视液晶显示器通用规范》（SJ/T 11343-2015）及《LED 显示屏通用规范》（SJ/T 11141-2016）中相应的条文规定。

5.5.4 本条文所涉及的保护装置，主要是指用于保护显示设备免受振动、电磁、雷电、风雨等环境因素影响的支架、保护罩等装置，对保护装置的检查与维护记录于附录 B.5 所示表格。

6 异常处置

6.0.1 系统异常包括报警和故障两种情况。对于系统故障应分清是硬件故障、软件操作系统故障还是数据库故障。对于数据库故障的处置，应由专业的数据库管理员严格按操作程序进行，不能由系统管理员或使用者直接进行恢复了事。数据库恢复前应制定详细的书面恢复计划并提交给相应的主管领导审批，包括应恢复的内容、恢复的时间、恢复的操作步骤、恢复对应用造成的影响等。主管领导应确认恢复造成的影响，在批准执行恢复前应以相应方式与有关部门进行沟通。在进行恢复前，首先应对现有的内容作相应的备份，以防止在恢复的过程中发生更进一步的错误，并再次确认恢复计划的可行性及造成的后果，确认无误后进入到实际的恢复操作，应将每一步的执行过程记录下来以备后用。在完成恢复结果测试成功后，对恢复后的系统进行相应的备份。

6.0.3

1 应急预案是异常处置工作的核心，预案应对出现的各种可能异常全面考虑。系统相关人员发现异常时，应快速对照应急预案启动条件，准确判断是否启动应急处理流程。维护工程师应保证接警通畅、及时，对异常事件定位、分类准确，在现场处理力量不够的情况下，应及时向上级主管报告，寻求更多的支持。