****CECSxxxxx-xxxx

中国工程建设协会标准

**核电厂结构安全监测自动化**

**技术规程**

Technical specification for safety monitoring automation of nuclear powerplant structures

（征求意见稿）

中国xxxx出版社

中国工程建设标准化协会标准

**核电厂结构安全监测自动化**

**技术规程**

Technical specification for safety monitoring automation of nuclear powerplant structures

CECSxxx:20xx

主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20xx年xx月xx日

中国xxxx出版社

20xx北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018年第二批协会标准制定、修订计划>的通知》（建标协字[2018]030号）的要求，规程编制组开展了广泛的调查研究，认真总结了近年来的相关成果及实战经验，参考了国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本规程共分为12章和个附录主要技术内容包括：1总则；2术语和符号；3基本规定；4自动化监测系统设计；5系统设备；6系统设备测试方法；7系统设备检验；8系统安装调试及验收；9标志标牌；10包装、运输与储存；11质保资料及产品使用说明；12系统运行维护。

本规程的某些内容涉及专利，涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本规程主编单位协商处理。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会冶金分会归口管理，由中冶建筑研究总院有限公司（北京市海淀区西土城路33号，邮编100088）负责解释。在使用中如发现需要修改和补充之处，请将意见和资料寄解释单位。

**主编单位:** 中冶建筑研究总院有限公司

**参编单位:**

**主要起草人：**xxx

Xxx

**主要审查人：**xx

# 目 次

[1 总则 (1)](#_Toc99721810)

[2 术语 (2)](#_Toc99721811)

[3 基本规定 (4)](#_Toc99721812)

[4 自动化监测系统设计 (6)](#_Toc99721813)

[4.1 设计功能 (6)](#_Toc99721814)

[4.2 设计内容 (7)](#_Toc99721815)

[4.3 自动化系统设计 (8)](#_Toc99721816)

[5 系统设备 (16)](#_Toc99721817)

[5.1 环境要求 (16)](#_Toc99721818)

[5.2 监测传感器 (16)](#_Toc99721819)

[5.3 数据主采集器 (17)](#_Toc99721820)

[5.4 采集计算机 (18)](#_Toc99721821)

[6 系统设备测试方法 (19)](#_Toc99721822)

[6.1 测试条件 (19)](#_Toc99721823)

[6.2 测试方法 (19)](#_Toc99721824)

[7 系统设备检验 (21)](#_Toc99721825)

[7.1 出厂检验 (21)](#_Toc99721826)

[7.2 进场验收 (21)](#_Toc99721827)

[8 系统安装调试及验收 (22)](#_Toc99721828)

[8.1 系统安装 (22)](#_Toc99721829)

[8.2 系统调试 (22)](#_Toc99721830)

[8.3 系统考核 (23)](#_Toc99721831)

[8.4 系统验收 (23)](#_Toc99721832)

[9 标志标牌 (25)](#_Toc99721833)

[10 包装、运输与储存 (26)](#_Toc99721834)

[10.1 包装 (26)](#_Toc99721835)

[10.2 运输 (27)](#_Toc99721836)

[10.3 储存 (27)](#_Toc99721837)

[11 质保资料及使用说明书 (28)](#_Toc99721838)

[11.1 质保资料 (28)](#_Toc99721839)

[11.2 使用说明书 (28)](#_Toc99721840)

[12 系统运行维护 (29)](#_Toc99721841)

[12.1 系统运行 (29)](#_Toc99721842)

[12.2 系统维护 (29)](#_Toc99721843)

[本规程用词说明 (31)](#_Toc99721844)

[引用标准名录 (32)](#_Toc99721845)

附：[条文说明 (33)](#_Toc99721846)

# Contents

[1 General provisions (1)](#_Toc99721810)

[2 Terms (2)](#_Toc99721811)

[3 Basic requirement (4)](#_Toc99721812)

[4 Automatic monitoring system design (6)](#_Toc99721813)

[4.1 Design function (6)](#_Toc99721814)

[4.2 Design contents (7)](#_Toc99721815)

[4.3 Automated system design (8)](#_Toc99721816)

[5 System equipment (16)](#_Toc99721817)

[5.1 Environmental requirements (16)](#_Toc99721818)

[5.2 Monitoring sensor (16)](#_Toc99721819)

[5.3 Core data acquisition unit (17)](#_Toc99721820)

[5.4 Monitoring computer (18)](#_Toc99721821)

[6 Equipment test methods (19)](#_Toc99721822)

[6.1 Test condition (19)](#_Toc99721823)

[6.2 Test methods (19)](#_Toc99721824)

[7 Equipment inspection (21)](#_Toc99721825)

[7.1 Factory inspecion (21)](#_Toc99721826)

[7.2 Mobilization inspection (21)](#_Toc99721827)

[8 Installation, debugging and acceptance (22)](#_Toc99721828)

[8.1 Installation (22)](#_Toc99721829)

[8.2 Debugging (22)](#_Toc99721830)

[8.3 Assessment (23)](#_Toc99721831)

[8.4 Acceptance (23)](#_Toc99721832)

[9 Label and sign (25)](#_Toc99721833)

[10 Package, transportation and storage (26)](#_Toc99721834)

[10.1 Package (26)](#_Toc99721835)

[10.2 Transportation (27)](#_Toc99721836)

[10.3 Storage (27)](#_Toc99721837)

[11 QA documents and user’s manual (28)](#_Toc99721838)

[11.1 QA documents (28)](#_Toc99721839)

[11.2 User’s manual (28)](#_Toc99721840)

[12 System operation and maintenance (29)](#_Toc99721841)

[12.1 System operation (29)](#_Toc99721842)

[12.2 System maintenance (29)](#_Toc99721843)

[Explanation of wording in this specification (31)](#_Toc99721844)

[List of quoted standards (32)](#_Toc99721845)

[Addition: Explanation of provisions (33)](#_Toc99721846)

# 总 则

* + 1. 为了确保核电厂建构筑物安全使用、可持续发展，规范结构安全监测自动化系统集成、运行和维护，做到质量可靠、技术统一，特制定本规程。
    2. 本规程适用于新建及在役核电厂建构筑物的结构安全自动化监测系统。
    3. 新建核电厂应在工程建设阶段同步建立结构安全自动化监测系统。
    4. 在役核电厂结构安全非自动化监测系统应通过升级改造，建立结构安全自动化监测系统。
    5. 其它一般民用和工业建筑结构安全监测自动化技术可参照使用。
    6. 本规程中未涉及的部分应执行现行国家、行业相关标准的规定。

# 术 语

* + 1. 结构安全监测 structural safety monitoring

为了保证建构筑物的结构安全，频繁、连续地观察或测量结构的状态、变化特征及其发展趋势的信息，并进行分析、反馈的活动。

* + 1. 监测仪器 monitoring instrument

基于各种原理的传感器及对应的数据测量装置。

* + 1. 数据采集装置 data acquisition unit

根据终端传感器类型设计的可以按照一定的数据采集方式和采集频率读取特定的传感器数据的装置。

* + 1. 监测系统 monitoring system

由布置在结构体上的监测仪器、数据采集装置以及相关的辅助装置共同构成的系统。

* + 1. 数据主采集器 core data acquisition unit

用于传感器数据测量的数据采集装置中的核心数据采集单元。

* + 1. 分路模块 splitter

实现传感器信号一进多出的接线装置。

* + 1. 接线盒 junction box

用于将一定区域范围内的同类或多类传感器按照就地原则归集到一处的接线装置。

* + 1. 便携式读数仪 portable reading instrument

重量小于5kg，容易携带，用于读取并显示特定传感器数据的测读仪表。

* + 1. 手动开关箱 manual switchbox

连接便携式读数仪，并通过波段开关控制逐一对接入的传感器进行手动数据采集的装置。

* + 1. 手动数据采集装置 manual data acquisition unit

便携式读数仪配合手动开关箱进行人工数据采集的装置。

* + 1. 自动开关箱 automatic switchbox

通过数据主采集器自动控制测量的安装有多路复用器的集线装置。

* + 1. 自动数据采集装置 automatic data acquisition unit

自动开关箱配合数据主采集器进行自动控制测量的数据采集装置。

* + 1. 集中式采集系统 centralized acquisition system

数据采集系统集中且数据采集形式统一的一种数据采集方式。

* + 1. 分布式采集系统 discrete acquisition system

数据采集系统分散或数据采集形式不统一的一种数据采集方式。

* + 1. 组网 networking

将若干个分散的传感器或子系统通过接入网形成传感网络。

* + 1. 监测频率 monitoring frequency

单位周期内对被监测对象测量的次数。

* + 1. 监测管理软件 monitoring & management software

用于获取并处理监测仪器、数据采集装置的数据，以及设置及控制数据采集装置的运行参数的应用软件。

# 基本规定

* + 1. 核电厂结构安全监测系统设计应以核电厂结构安全监测为根本目的，遵循“实用、可靠、先进、经济”原则，并应满足核电厂现代化管理的需求。
    2. 核电厂结构安全监测系统设计应根据核电厂结构的重要性程度，由一次设计按如下原则确定监测阶段、范围及基本要求：

1. 根据核电厂建构筑物的安全等级及监测目的，确定安全监测阶段。
2. 根据核电厂建构筑物的安全等级确定监测范围及技术条件。
3. 具有大容量、多参数及广分布特点的结构监测项目，应进行自动化监测系统设计。
4. 核安全相关的建构筑物宜进行结构安全自动化监测系统设计。
5. 结构安全监测实施区域存在较高的核安全或工业安全风险的，宜进行自动化监测系统设计。
   * 1. 在役时期结构安全监测系统在进行升级改造设计时，应对原监测系统进行综合评估，更新升级原监测系统中损坏失效、技术落后及无法接入自动化系统的监测仪器，纳入新的结构安全监测所必须的项目。
     2. 核电厂永久性结构安全监测系统设计应考虑系统安全冗余度以及功能拓展性能，同时监测系统应采用自动化技术。
     3. 核电厂结构安全监测自动化系统应包含独立的手动数据采集装置，以备自动数据采集装置失效时进行有效的数据测量，必要时可以验证自动数据采集装置的准确性和可靠性。
     4. 核电厂结构安全监测自动化系统设计一般流程如下图所示：

结构安全监测需求分析

技术架构设计

监测测点布置设计

监测传感器选型及信号分析

监测传感器归集设计

手动数据采集装置设计

自动数据采集装置设计

结构安全监测管理软件设计

系统供电设计

结构安全监测自动化主机柜设计

电缆路径设计

自动化监测系统集成

图3.0.6 自动化监测系统设计流程图

* + 1. 自动化监测系统应进行仪表及数据采集装置使用环境设计，确保系统的耐用性。
    2. 自动化监测系统投入使用后，应制定相应的检查、运行、维护制度，以确保系统处于完备的工作状态。

# 自动化监测系统设计

## 设计功能

* + 1. 自动化监测系统应具备巡测和选测功能。
    2. 系统测试精度高、可靠性好、可以长时间不间断地对结构运行状态参数进行实时监测。
    3. 系统应具备显示功能，应能显示实时数据，历史数据，实时过程曲线及异常数据预报。
    4. 系统应有操作功能，应能在监测管理主机房的采集计算机实现监视操作、实时测值状态、调用历史数据、数据导出、修改系统配置、进行系统测试和系统维护等。
    5. 系统应具备结构安全性报警功能，可以按工程实际情况对不同监测项目的测试数据进行报警基准设置。一旦测试数据触发报警限值，软件应能提供明确的报警等级信息。报警信息可以在软件中进行查询。
    6. 系统应具备自动采集数据入库功能，还应具备人工手动下载入库功能。
    7. 系统应具备更改数据监测采集周期功能。
    8. 系统应具有安全保护功能，系统应对不同权限的用户授权数据范围标准，对不同访问主体、访问对象进行安全分级管理，以确保数据的安全性。
    9. 系统设备应具备断电保护功能，在外部交流电异常时，应保证监测数据不丢失。
    10. 系统应具有较强的环境适应性，具备防雷、防潮、防锈蚀、防鼠、抗振、抗电磁干扰等性能。
    11. 系统性能和运行稳定性应符合使用环境的电磁兼容要求，现行国家标准《电磁兼容通用标准》GB／T17799有相关规定。
    12. 系统应配备结构安全监测管理系统软件。该软件宜具备在线监测、离线分析、数据库管理、安全管理等功能。应包含数据的人工/自动采集、测值的离线形态分析、图形报表制作等日常工程结构安全管理的基本功能。

## 设计内容

* + 1. 核电厂结构安全监测系统根据使用期限，按照永久性或临时性确定设计内容。
    2. 永久性结构安全监测自动化系统设计，主要内容包括：

1. 结构安全监测需求分析；
2. 总体技术架构设计；
3. 监测测点布置设计；
4. 监测传感器选型及信号分析；
5. 监测传感器归集设计；
6. 手动数据采集装置设计；
7. 自动数据采集装置设计；
8. 结构安全监测自动化主机柜设计；
9. 系统供电设计；
10. 电缆路径设计；
11. 结构安全监测管理软件设计；
12. 监测机房设计。
    * 1. 在役时期结构安全监测系统升级改造设计，主要内容包括：
13. 原监测系统构成分析；
14. 总体技术架构设计；
15. 手动数据采集装置设计；
16. 自动数据采集装置设计；
17. 结构安全监测自动化主机柜设计；
18. 系统供电设计；
19. 新增电缆路径设计；
20. 结构安全监测管理软件设计；
21. 监测机房设计。
    * 1. 临时性结构安全监测自动系统设计，主要内容包括：
22. 结构安全监测需求分析；
23. 总体技术架构设计；
24. 监测测点布置设计；
25. 监测传感器选型及信号分析；
26. 手动数据采集装置设计；
27. 自动数据采集装置设计；
28. 结构安全监测管理软件设计。
    * 1. 为确保结构安全监测自动化系统可靠运行，应进行防雷设计。
      2. 临时性结构安全自动化监测系统宜进行便携式、轻量化、通用性设计。
      3. 进行结构安全监测自动化系统设计时，应形成的设计技术资料内容如下：
29. 核电厂结构安全监测自动化系统设计方案；
30. 核电厂结构安全监测自动化系统设计手册；
31. 核电厂结构安全监测自动化系统施工图；
32. 核电厂结构安全监测自动化系统运行维护手册。

## 自动化系统设计

* + 1. 结构安全监测需求分析应包括下列内容：

1. 核电厂拟监测建构筑物的基本工程信息，包括建构筑物的结构形式、几何尺寸、材料性能等技术参数及该建构筑物的安全等级和设计使用年限。
2. 明确结构安全监测的目的、意义，分析结构安全监测的必要性。
3. 应调查建构筑物结构的作用、使用环境和使用历史，综合考虑使用条件在目标使用年限内可能发生的变化，根据监测目的确定结构安全评价所必须的监测项目，如应力、位移、变形、倾斜度、沉降、温度、压力、锚索预应力等。
4. 应进行建构筑物结构参数的理论计算及模拟分析，确定监测项目所需的测量范围及测量精度。
5. 应根据现行国家标准《核电厂建构筑物维护及可靠性鉴定标准》GB/T51323的相关规定，确定核电厂建构筑物安全评价方法。
   * 1. 核电厂结构安全监测自动化系统宜采用分布式采集系统，也可采用集中式采集系统。
     2. 核电厂结构安全监测分布式采集系统总体技术架构可按如下结构设计：

图4.3.3 分布式结构安全监测自动化系统总体架构图

* + 1. 核电厂结构安全监测集中式采集系统总体技术架构可按下图设计：



图4.3.4 集中式结构安全监测自动化系统总体架构图

* + 1. 监测测点布置设计要求如下：

1. 根据结构安全监测需求分析的结果，确定拟监测建构筑物监测项目测点的最低要求数量。
2. 进行隐蔽在结构实体内的监测测点设计时，应考虑一定数量的备用测点，对于重要的结构备用测点的数量宜为最低要求数量的20%~30%。
3. 监测测点应覆盖拟监测建构筑物的所有的结构构件类型，并应选择有代表性的构件进行测点布置。
4. 监测测点应重点设置在结构构件的敏感部位。
5. 核电厂既有建构筑物已经存在明显变形、缺陷、损伤、腐蚀的，应在相关区域增设一定数量的监测测点。
6. 核电厂安全壳结构应设置监测测点的构件或部位宜包括：筏基、筒体、穹顶、扶壁柱、人员闸门、设备闸门、蒸汽贯穿件周边区域及预应力钢绞线。
7. 核电厂非安全壳结构安全监测测点应设置在地基基础及主要的承重构件上。
8. 应将设计确定的监测测点进行系统编号，并形成测点信息表。测点信息表的内容包括：测点编号、测点部位、测点位置、测点类型、传感器数量等。
9. 根据测点信息表，绘制测点布置图，并指导后期进行传感器安装与归集设计。
10. 核电厂结构安全监测测点的数量和布置，尚应符合核电厂发布的结构性能试验等相关技术规格书的要求。
    * 1. 监测传感器选型应按照下列原则进行：
11. 应根据测量对象及测量环境合理选用监测传感器。
12. 核电厂结构安全监测所用的监测传感器，特别是用作永久性仪表的监测传感器，应具备较高的可靠性和稳定性，宜且有核电应用经历。
13. 隐蔽使用的监测传感器的基本工作原理不宜太过复杂，在保证性能情况下，宜选用结构简单、牢固可靠的产品。
14. 用于结构安全监测的传感器应选用标准输出信号，常用的标准信号类型有：频率、电阻、电压、电流等。
15. 应合理选择灵敏度高的监测传感器，同时应避免过高的灵敏度引入外界噪声而影响监测传感器的精度。
16. 监测传感器应根据结构监测项目的测量需求满足合理的精度要求，且在正常使用范围内应具有良好的线性度。
17. 监测传感器应具有良好的响应特性。
18. 监测传感器量程应能覆盖结构参数理论变化的范围，且应有一定的裕量。
19. 监测传感器宜采用可靠的有线电缆连接方式，且测量电缆与监测传感器宜为一体式设计；在供电需求、传输距离等工作环境满足时，可选择无线传输方式的传感器。
20. 所选用监测传感器尚应符合国家现行标准的相关要求。
    * 1. 监测传感器归集设计要求如下：
21. 监测传感器归集设计应在已确定的测点布置的基础上进行。
22. 应按照传感器类型、测点所处区域进行归集设计，同类型传感器应就近接入接线盒中；在测点传感器数量有限前提下，不同类型的传感器也可就近接入同一接线盒中。接线盒主要部件包括：箱体、信号接线端子、接地端子、锚固件等。箱体及锚固件应设计使用不易生锈的金属材料制作。
23. 应对监测传感器及接线盒设置唯一性编号，编号宜能够反应传感器类型及传感器部位，以便于后期施工安装和使用维护管理。
24. 预埋式监测传感器应设置钢筋保护笼，信号电缆宜设置保护管，未设置保护管情况下电缆应沿着主体钢筋的底部敷设，路径力求最短。
25. 同类型的监测传感器测量电缆设计接线线序应统一。测量电缆两端应安装清晰的电缆编号标签。
26. 监测传感器的信号电缆屏蔽导线应有效接地，接线盒箱体应有效接入核电厂接地网。
27. 在无线传输方式下，监测传感器应就近归集到信号接收装置，监测传感器与信号接收装置的距离应适当，能够保证二者之间的有效数据传输。
28. 监测传感器归集设计应形成施工图纸，图纸应能明确标识传感器的编号及安装位置、接线盒的编号及安装位置，有清晰的传感器的归集信息表。
    * 1. 手动数据采集装置集成设计要求如下：
29. 手动数据采集装置提供端口将各类便携式读数仪接入结构安全监测系统，并通过手动开关箱测读所有监测传感器的数据。
30. 手动开关箱主要部件包括：箱体、接线端子台、波段开关面板、数据传输端口、数据排线、接地端子及锚固件等。端子台用分路模块替代时，手动开关箱可兼作自动开关箱的信号源。
31. 分路模块独立安装时，手动式开关箱内需设置测量电缆连接端子台与分路模块。
32. 不同类型监测传感器的手动数据采集装置宜单独进行设计，以便于内部电缆端接、分类测量及后期管理。
33. 手动数据采集装置的通道数量应能满足监测系统要求，宜有一定的裕度，便于后期新增监测传感器时使用。
34. 手动数据采集装置的数据传输端口应与便携式读数仪的数据传输端口相匹配。
35. 手动数据采集装置的测量电缆屏蔽导线应有效接地，箱体应有效接入核电厂接地网。
36. 手动数据采集装置的测量电缆应设置清晰的电缆标签。
    * 1. 自动数据采集装置集成设计要求如下：
37. 自动数据采集装置应包括数据主采集器及多路复用器组成的自动开关箱。
38. 数据主采集器应具备多参数、大容量监测传感器的快速数据采集能力，满容量采集时最小采集周期不高于5分钟/次。
39. 数据主采集器应具有电源管理、电池供电和掉电保护功能。
40. 数据主采集器应能实现按设定频率自动巡测和暂存数据的功能。
41. 数据主采集器具有与采集计算机进行实时通信的能力，通信接口宜采用通用串行接口（RS485、RS232）、网络接口Ethernet或通用串行总线（USB）的一种或多种。
42. 无线方式进行数据传输的数据主采集器应满足核电厂对无线传输设备的相关要求。
43. 数据主采集器可接收采集计算机的命令设定、修改时钟及测控参数。
44. 数据主采集器应具有自检、自诊断功能，能够发出故障信号或将故障信息传输到采集计算机。
45. 数据主采集器应支持监测传感器的所有信号类型。
46. 多路复用器应与数据采集器相匹配，能够在数据主采集器的控制下对连接的通道进行巡测。
47. 多路复用器宜具有工作状态指示灯，便于人员进行维护和检修。
    * 1. 结构安全监测自动化主机柜设计
48. 结构安全监测自动化主机柜内部主要构成：柜体、主采集器、工控机及外部设备、显示器、交换机、UPS电源、PDU、电源控制器。
49. 主机柜应符合国家现行标准《电子设备机柜通用技术条件》GB/T 15395的要求。
50. 主机柜宜具备数据远程传输能力，数据传输可选用有线传输或无线传输方式。
51. 工控机应符合国家现行标准《工业控制计算机系统通用规范》GB/T 26802.1的要求。
52. 工控机数据接口应与数据主采集器的接口相匹配，在通过交换机连接主采集器时应与交换机的接口匹配。
53. UPS电源供电能力应能保证工作人员在系统临时断电后，有足够的时间将已有监测数据进行存储及导出。
54. 主机柜应配置可拆卸、可更换的固定式配电单元（PDU），用于机柜设备电源的引入、分配、保护、分合及插接等。
55. 同一机柜内交流配电和直流配电不应混用。测量电缆与动力电缆应隔离布设。
56. 主机柜接地设计应符合现行行业标准《核电厂仪表和控制设备接地准则》NB/T20073的相关规定。
57. 主机柜尚应符合核电厂发布的就地盘柜通用技术规格书的要求。
    * 1. 系统供电设计要求如下：
58. 系统供电宜采用220V、50Hz交流电源。电源容量应根据用电设备的额定功率进行计算。经过直流转换的设备，还应考虑转换功率和功率因数。
59. 供电系统上游应设计主配电箱，现场有供电需求的监测仪器附近应设计分配电箱。
60. 主配电箱能够控制主机柜和分配电箱电源的总体分合和独立分合。
61. 分配电箱应能控制所有接入监测仪器的总体开合和独立分合。
62. 如现场电压不稳定，主配电箱内应配备电源稳压器。
63. 主配电箱和分配电箱均应设置独立的过流、短路保护装置。
64. 保护装置可选用交流用空气开关或熔断式隔离开关，保护装置的额定值应与输出额定值相匹配。空气开关及隔离开关应符合《低压开关设备和控制设备 第3部分：开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器》GB/T 14048.3的相关规定。
65. 系统供电还应符合现行行业标准《核电厂仪表和控制设备接地准则》NB/T 20073的相关规定。
    * 1. 电缆路径设计
66. 电缆路径设计包括动力电缆路径设计、测量电缆路径设计和控制电缆路径设计。
67. 进行电缆路径设计前应先确定电缆的编号规则。编号规则应能反应电缆的使用区域、电缆类别，并应符合核电厂的相关要求。
68. 电缆路径应包含电缆编号、电缆起止位置、电缆路径长度，经过房间号、电缆托盘或桥架编号、防火屏障编号等基本信息。完整的电缆路径由这些信息按照逻辑关系排列组成。
69. 电缆路径应根据电缆类型选用同类或专用电缆托盘或桥架，禁止混用。动力电缆还应根据电压等级使用对应的电缆托盘。
70. 电缆路径设计应结合工作场所的现场布置进行，优选距离短、打开防火屏障少、施工便捷的路径。
71. 电缆路径设计的成果文件为电缆路径清单，必要时应绘制电缆路径图。
    * 1. 结构安全监测管理软件系统设计要求如下：
72. 监测管理软件系统与数据主采集器接口协议应符合现行国家标准《基于传感器的产品监测软件集成接口规范》GB/T 33137相关要求。
73. 软件应具备用户权限管理模块，可设置多级用户并配备适当的操作权限。
74. 软件应具备时钟同步功能，实现数据采集装置、数据库、的时钟同步。
75. 软件应采用成熟、稳定、易于操作的数据库管理系统。
76. 软件应具备显示功能，应能显示实时数据，历史数据，实时过程曲线及异常数据报警。
77. 软件应具备数据查询、存储及导出功能。
78. 软件应能实现对自动数据采集装置进行参数配置，相关参数包括：通道参数、采集频率、多级预警限值。
79. 软件应具备数据处理功能，可以将标准信号数据转换为结构评价所需的物理量。
80. 软件宜具有生成报表功能。
81. 软件宜支持在线实时数据处理分析及离线数据处理分析两种工作模式。
82. 软件宜具有自动数据采集装置的标定模块，该模块可对自动数据采集装置进行辅助校准。
83. 软件基于通用的操作环境，具有图文并茂的用户界面，操作界面清晰直观。
84. 监测机房可分为监测管理主机房和监测站机房。监测机房设计应符合下列要求：
85. 永久性结构安全监测自动化系统应设置监测管理主机房。集中明装、易损的监测仪器区域宜设置监测站机房。
86. 监测管理主机房应选择具备良好的照明、通风和温湿度调节环境的清洁房间，应避开有强电磁干扰和靠近强振动源的区域，不应设置在辐射防护风险及工业安全风险较高的区域。
87. 监测管理主机房应配备可靠的供电线路和防雷接地设施，其要求参照《计算机场地安全要求》 GB/T 9361及《建筑物电子信息系统防雷技术规范》 GB 50343。
88. 监测管理主机房应有足够空间。机柜正面通道净宽不应小于1.2m；当机柜对面有设备时，机柜与对面设备的净间距不应小于1.5m；背后开门的机柜距墙净间距不应小于0.8m；机柜侧间距以满足人员通行为宜。
89. 监测管理主机房内宜预留网络、电话接口。
90. 监测管理主机房能完成核电厂结构安全监测数据及安全的日常管理工作。
91. 监测站机房应具备足够的空间，便于人员进行仪器检查、维护、拆卸与维修操作。
92. 监测站机房宜具备良好的照明和温湿度调节环境，能够满足监测仪器的正常使用要求。

# 系统设备

## 环境要求

* + 1. 正常工作条件

1 工作条件

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 设备 | 温度 | 相对湿度 |
| 1 | 手动数据采集装置 | -10℃~50℃ | ≤95%，非冷凝 |
| 2 | 自动数据采集装置 | 5℃~40℃  极端环境：-30℃~60℃ | ≤95%，非冷凝 |
| 3 | 监测管理主机房 | 15℃~30℃ | 30%~80% |

2 环境要求

1) 无爆炸危险，无腐蚀性气体及导电尘埃、无严重霉菌、无剧烈振动冲击源。

2) 主机柜接地电阻不宜大于4Ω。

3) 其它数据采集装置接地电阻不宜大于10Ω。

* + 1. 工作电源要求

1 交流电源

1. 额定电压：交流220×(1±10%)V；
2. 频率：50×(1±5%)Hz。

2 不间断电源（UPS），交流电源断电时UPS自动转入电池供电，UPS供电模式转换时间应为零，且UPS维持系统正常工作时间不小于15min。

3 直流电源

1. 24(1±10%)VDC；
2. 12(1±10%)VDC。

## 监测传感器

* + 1. 监测传感器的技术指标应满足设计要求，且应符合国家计量法的相关规定。
    2. 监测传感器输入输出信号的标准应开放。
    3. 监测传感器在使用前应进行检查与校验。
    4. 监测传感器在使用寿期内能够连续、准确、可靠地工作。
    5. 监测传感器应根据安装环境选择保护装置和相应的防护等级措施。

## 数据主采集器

* + 1. 宜具备下列采集性能指标：

1 采集信号：模拟量、数字量；

2 采集对象：振弦、差阻、温度、电压、电流、电阻、频率、数字等信号；

3 运行方式：支持24h不间断运行，根据需要可调；

4 测量周期：根据接入通道数量与类型不同而异，最小测量周期不高于5min。

* + 1. 数据主采集器应支持监测传感器的所有信号类型。
    2. 数据主采集器在正常工作环境下测量的基本信号准确度应满足下列要求，并符合核电厂有关设计规定。

1 电压不低于±0.2%；

2 电流不低于±0.3%；

3 电阻不低于±0.2%；

4 频率不低于±0.2%。

* + 1. 数据主采集器应能实现按设定频率自动巡测和暂存数据的功能。
    2. 具有同采集计算机进行通信的功能，通信接口宜采用通用串行接口（RS485、RS232）、网络接口Ethernet或通用串行总线（USB）的一种或多种。
    3. 数据主采集器可接收采集计算机的命令设定、修改时钟和测控参数。
    4. 数据主采集器可使用便携式计算机实施现场测量；通过采集计算机、便携式计算机可从数据主采集器中获取其暂存的监测数据。
    5. 数据存储容量:≥100MB。
    6. 数据主采集器具有独立的蓄电池供电，供电时间不应少于3天（满通道采集，测量频率每小时1次的情况下）。
    7. 数据采集装置应能进行在线校准。
    8. 运行可靠性应满足：在5.1.1所述工作条件下长期可靠工作，至少满足平均无故障时间(MTBF)大于6300h或年故障次数不超过2次。
    9. 数据主采集器应具有自检、自诊断功能，能够发出故障信号或将故障信息传输到采集计算机。

## 采集计算机

* + 1. 自动化监测系统应选用适应工业环境，有较高运算速度和较大存储容量的高可靠性工控机；临时数据采集可选用便携式计算机。
    2. 硬件配置应具有可扩充性和可维护性。
    3. 应能与自动数据采集装置进行网络通信，并向自动数据采集装置发送采集和控制指令。
    4. 应具有数据传输接口和可刻录光驱，便于拷贝文档。
    5. 应满足WIN7系统最低配置要求。

# 系统设备测试方法

## 测试条件

* + 1. 有下列情况之一时，应进行测试验证：

1 新设备启用前。

2 在更换信号转换配件，如AD卡、信号采集的传感器、信号放大等可能影响测试性能的装置时。

3 超过检定/校准有效期的计量设备。

4 其他需要检定/校准的情况。

* + 1. 设备应在温度为15℃~35℃、湿度为25%~75%、大气气压为86kPa~106kPa的环境条件下进行测试。
    2. 设备应在温度为23℃~27℃、湿度为45%~55%、大气气压为86kPa~106kPa的环境条件下进行仲裁测试。
    3. 电源条件

1试验电源应具有产品标准所规定的性能，且能满足设备试验对供电质量的要求。试验交流电源电压宜为220×(1±10%)V，交流频率宜为50×(1±10%)Hz。

2蓄电池的充放电特性、安全性能等指标应满足有关标准规定。

* + 1. 设备测试应采用经定期检定或校准合格期内的标准计量器具。
    2. 除测试开始前允许对设备进行检查调试外，测试过程中一般不允许再作调整。

## 测试方法

* + 1. 外观与结构检查

目测与手感。

* + 1. 系统功能检查

1 进行系统功能性检查时，所测对象应保持电源开启状态并在规定测试环境下放置不少于30分钟。

2 应逐项检查测试系统设备的功能按键是否正常工作。

3 传感器应根据测量原理连接适配的数据采集装置，检查输入量及输出量的类型、量程范围及量值变化趋势。

4 手动信号采集装置应通过手感检查波段开关等机械旋钮的可操作性；通过连接便携式读数仪进行模拟测量，检查端口适配性。

5 自动数据采集装置应逐通道接入设计传感器或具有同样信号类型的数字信号源，测试通道是否能够正常工作。

6 系统设备间的信号电缆应采用目测及使用万用表或同类仪表的方法，检查端接顺序及端接质量。

7 按照设计要求配置采集软件，持续运行24h，检查采集软件功能模块是否符合设计要求。

* + 1. 系统性能特性测试

1 进行系统性能特性测试时，所测对象应保持电源开启状态并在规定测试环境下放置不少于120分钟。

2 传感器及数据采集器等监测仪器如有现行的、可依据的国家计量校准规程的，应遵守相应规程的规定进行检定或校准。

3 无可依据的国家计量校准规程的传感器及数据采集器，应根据传感器工作原理，参考同类设备的测试方法编制自校规程。

a) 传感器可使用精度等级高于所测对象的同类传感器与其进行对比校验。

b) 数据采集器可根据通道输入信号类型，选择适配的标准信号源逐通道进行校验。

4 自动数据采集系统最高采集速率测试可按如下方法进行：

a) 按设计要求配置通道数量及通道信号类型，模拟满载状态。

b) 在控制端启动不间断测试程序，无不间断测试程序的按最高采集频率设置。

c) 同步记录每条测读数据的测量时间，记录时间不低于30min，记录数量不少于10条。

d) 计算平均采集速率。

# 系统设备检验

## 出厂检验

* + 1. 自动化数据采集系统及设备应进行出场检验。
    2. 系统主要设备应按照6.2.1的方法进行外观及结构检查。设备外观应无锈蚀、无裂纹，涂覆盖层无剥落等损伤，文字、标志应清晰完整，结构尺寸符合设计要求。设备外观尚应符合核电厂的相关规定。
    3. 系统应按6.2.2的方法进行功能检查，测试结果应满足第4.1节的相关规定。
    4. 系统应按6.2.3的方法进行性能特性测试，测试结果应满足第5章的相关规定。
    5. 出厂检验完成，应提供系统技术文件和质量证明文件。

## 进场验收

* + 1. 自动化数据采集系统主要设备应进行进场验收。
    2. 应进行外观及结构检查与系统功能检查项目复检，测试方法及要求与7.1.2及7.1.3一致。
    3. 应检查系统技术文件和质量证明文件是否齐全、特性数据是否符合设计技术要求规定。

# 系统安装调试及验收

## 系统安装

* + 1. 系统设备安装前应按设计文件核对规格型号及设备编码。
    2. 系统设备安装前应按本规程第6章的规定进行外观检查及基本功能测试。
    3. 系统设备的安装位置应符合设计文件的规定，当设计文件未规定时，应符合下列规定：

1. 光线充足，操作和维护应方便。
2. 不应影响通行及周边设备的操作和维护。
3. 显示监测仪器应安装在便于观察示值的位置。
4. 监测仪器不应安装在由振动、潮湿、易受机械损伤、有强电磁场干扰、高温、温度变化剧烈、腐蚀性气体和高辐射的位置。
   * 1. 系统设备安装前应检查安装支撑的结构强度，确保支撑可靠。
     2. 系统设备应按厂家技术文件要求进行安装，系统设备安装牢固，连接受力均匀，不应承受非正常外力。
     3. 电缆敷设应符合设计文件，在满足安全要求下，应按最短路径整齐敷设，电力电缆、控制电缆及测量电缆应分开敷设。
     4. 电缆线路不应敷设在易受机械损伤、腐蚀性物质排放、强磁场和强静电场干扰的位置。
     5. 系统安装完毕后，应设置标志标牌及保护设施。

## 系统调试

* + 1. 系统调试前应具备下列条件：

1. 系统设备安装就位。
2. 供电、照明等设施已投入使用。
3. 上游电源电压、频率、容量符合设计文件要求。
   * 1. 系统调试应包括下列内容：
4. 系统线序校验及回路导通性试验；
5. 绝缘电阻测量；
6. 接地系统检查和接地电阻测量；
7. 配电设备输入输出电压的测量和调整；
8. 对系统中的监测仪器进行单体试验；
9. 系统总线、网络通信功能的调试；
10. 系统采集、显示、处理运算、控制、报警功能的调试；
11. 系统时间同步调试；
12. 系统数据记录、拷贝、生成报表及打印等功能的调试；
13. 在信号输入端输入被测量的标准源信号，分别采用自动数据采集装置和手动数据采集装置进行测读，系统示值误差均不应超过回路内各测量部件允许基本误差平方和的平方根值。
    * 1. 监测系统调试完成后，应联机进行120h试运行，并检查运行状态。

## 系统考核

* + 1. 联机运行的监测自动化系统应实现功能:

1. 数据采集功能；
2. 数据处理和数据库管理功能；
3. 数值超限报警功能。
   * 1. 系统时针在规定的运行周期内，应满足月最大计时误差不超过3分钟。
     2. 监测系统运行的稳定性应满足下列要求:
4. 监测数据连续性、周期性好，无系统性偏移，能反映监测对象的变化趋势；
5. 对比自动化采集和手动采集的测值，变化规律基本一致，变幅相近。
   * 1. 监测系统自动采集数据的缺失率不应大于1%。
     2. 在线校验监测自动化系统的数据采集精度应满足系统设计要求。

## 系统验收

* + 1. 系统安装、调试完成后，应组织业主、工程总包（如有）、监理（如有）、设计与施工单位进行竣工联合验收。
    2. 申请验收时，应提交下列文件：

1. 工程竣工图；
2. 系统设计手册；
3. 主要设备及系统的运行维护手册；
4. 安装过程记录；
5. 调试过程记录；
6. 连续48h系统无故障运行记录；
7. 系统设备进场验收记录。
   * 1. 联合验收小组应审核验收资料、进行现场基本功能测试，提出明确验收意见，并形成验收记录。
     2. 施工单位依据验收意见改进，并最终提交自动化监测系统完工报告。

# 标志标牌

* + 1. 在监测仪器的显著位置，应具有完整、清晰、规定尺寸、牢靠的标志标牌。
    2. 标志标牌内容

1. 名称、型号、规格；
2. 商标、厂商名称；
3. 唯一性标识（独立出厂编号）；
4. 出厂时间；
5. 主要技术指标等（必要时）。
   * 1. 设计生产安装要求

应按照核电厂标志标牌总体规定的式样、尺寸、颜色、材质进行设计、生产与安装。

* + 1. 其它要求

安装在核电厂现场的设备，还需按照核电厂相关规定，安装核电厂识别码。

# 包装、运输与储存

## 包 装

* + 1. 设备的包装应符合牢固、美观和经济的要求，应做到结构合理、紧凑、防护可靠，在正常储运、装卸条件下，应保证设备不致因包装不善而引起设备损坏、散失、锈蚀、长霉和降低准确度等。
    2. 设备包装时，周围环境及包装箱内应清洁、干燥、无有害气体、无异物。
    3. 设备包装后，其包装件重心应尽量靠下且居中，设备装在箱内必须予以支撑、垫平、卡紧。设备可移动的部分应移至使产品具有最小外型尺寸，并加以固定。
    4. 设备如有突出部分，在不影响其性能的条件下，应拆卸包装，以缩小包装件体积。
    5. 监测系统设备的防震、防潮、防尘等防护包装按GB/T15464中的有关规定进行。
    6. 随机文件应齐全，文件清单如下:

1. 装箱单；
2. 合格证或设备出厂合格证明书；
3. 设备使用说明书；
4. 计量设备的校准证书；
5. 设备技术条件规定的其他文件。
   * 1. 随机文件应装入塑料袋中，并放置在包装箱内；若整套监测系统设备分装数箱，则随机文件应放在主机箱内。
     2. 包装应在显著位置粘贴标志，内容如下：
6. 设备名称及型号；
7. 设备数量；
8. 箱体尺寸(mm)；
9. 净重或毛重(kN)；
10. 运输作业安全标志；
11. 到站(港)及收货单位；
12. 发站(港)及发货单位。

## 运 输

* + 1. 根据系统设备的物理特性及包装形式选择合适的运输方式。

## 储 存

* + 1. 包装状态下的系统设备应能适应以下储存环境条件:

1. 储存温度：5℃~40℃;
2. 储存湿度：不大于85%RH。
   * 1. 长期储存状态下的系统设备，其储存场所应选择通风、干燥的室内，附近应无酸性、碱性及其他腐蚀性物质存在。
     2. 长期储存应选用带原包装方式进行。

# 质保资料及使用说明书

## 质保资料

* + 1. 质保资料一般应包括如下内容：

1. 经设计公司编审批及业主公司审查后方可使用的设计图；
2. 系统设备的出厂合格证明书（或合格证）、使用说明书；
3. 系统设备出厂前的检验测试报告（证书），以及计量设备的第三方校准证书或检定证书；
4. 自动化监测系统完工报告；
5. 技术条件规定的其他文件。
   * 1. 质保资料应完整、详实，符合编审批三级基本质保监督要求。
     2. 质保资料存储方式分原件、复印件及电子件，原件应按照电厂内部管理规定储存。

## 使用说明书

* + 1. 监测自动化系统说明书应包含设备产品说明书、自动化系统数据采集软件使用说明书、系统设计手册、系统运行维护手册等基本内容。
    2. 设备产品使用说明书应包含产品介绍、原理、结构、主要技术指标、安装、测读、数据处理、故障排除以及其它储运使用维护要求。
    3. 自动化系统数据采集软件使用说明书应包含软件的运行环境、软件安装、软件操作使用等基本内容。
    4. 系统设计手册与系统运行维护手册的编制内容应遵循核电厂的要求。

# 系统运行维护

## 系统运行

* + 1. 运行单位应针对具体结构安全监测制定自动化系统运行管理规程；运行管理规程应按辐射防护分区或实物保护分区划分工作区域，明确自动化系统的工作范围。
    2. 监测系统根据使用需要运行，监测频次应遵循设计要求。在设计无规定的情况下，监测频次可按照如下规定：

1. 日常监测不少于1次/36小时；
2. 性能试验期间不少于1次/30分钟；
3. 其它可根据需要加密。
   * 1. 所有原始实测数据必须全部入库。
     2. 监测数据至少每3个月作1次备份。
     3. 应每3个月校正1次系统时钟。
     4. 为防止病毒入侵自动化系统，工控机中不允许安装使用其它无关软件；移动存储设备需专机专用，使用前应予以有效杀毒。

## 系统维护

* + 1. 为确保安全监测自动化系统能长期稳定运行，每3个月对主要自动化监测设施进行1次巡视检查，每6个月对整体自动化监测系统进行1次深度检查维护，每6个月对自动化系统全部测点进行1次人工比对测量，每1年对全部系统进行1次年度深度检查维护与校验，并出具相应维护报告。
    2. 深度检查维护及校验应由具有相应资质与系统设计经验的专业公司进行。
    3. 深度检查维护与校验应由专业公司根据系统设备运行维修手册，结合系统现场运行环境，编写系统维护工作程序和在线校验工作程序，并经用户审核后方可实施。
    4. 安全监测自动化系统检查维护应包括下列内容：

1. 安全性维护
2. 系统组件安装固定状态；
3. 系统支撑件、保护装置（管、罩等）安装固定状态检查；
4. 接线盒、开关箱、集线箱及电源箱安装固定状态；
5. 主机柜及内部组件安装固定状态；
6. 机柜及主采集器的接地状态确认。
7. 使用性维护
8. 系统清洁；
9. 箱体、保护装置及支撑系统等腐蚀性检查；
10. 接线盒、开关箱、集线箱及电源箱干燥状态、箱体密封性能检查；
11. 标志标牌完整性检查；
12. 铅垂线保护管密封性检查（如有）；
13. 水准罐测量系统的干燥箱干燥状态与密封性检查/及干燥剂更换（如有）；
14. 仪表间设施及环境检查。
15. 功能性维护
16. 内部设备及元器件工作状态；
17. 信号传输检查；
18. 设备及系统故障维修处理；
19. 铅垂线摆锤试验（如有）；
20. 系统正常运行工作先决条件检查；
21. 时钟同步。
    * 1. 系统监测仪器应按照相关的质量保证文件进行周期性校验。对于现场安装的监测仪器宜在线进行校验，在线校验内容如下：
22. 手动数据采集装置对比校验；
23. 自动数据采集装置对比校验；
24. 便携式监测仪器的周期性标定。
    * 1. 系统应配置足够的备品备件。系统设备具有下列情况之一的应及时更换备品备件：
25. 达到产品标准使用年限，且无法验证其能够继续正常使用的；
26. 故障率高，经多次维修仍不能修复的；
27. 维修费用过高，不具备维修价值的；
28. 技术性能降低，经维修仍达不到原规定的技术指标，且不能降级使用的；
29. 校验不合格，又不能维修的。

# 

# 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词，说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”。反面词采用“严禁”。

2）表示严格，在正常情况均应这样做的用词：

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，在条件许可时首先应这样做的用词：

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用词，采用“可”。

2 本规程中指明按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 

# 引用标准名录

《核电厂建构筑物维护及可靠性鉴定标准》GB/T 51323

《电磁兼容通用标准》GB/T 17799

《工业控制计算机系统通用规范》GB/T 26802.1

《低压开关设备和控制设备 第3部分：开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器》GB/T 14048.3

《基于传感器的产品监测软件集成接口规范》GB/T 33137

《计算机场地安全要求》 GB/T 9361

《建筑物电子信息系统防雷技术规范》 GB 50343

《核电厂仪表和控制设备接地准则》NB/T 20073

中国工程建设标准化协会标准

**核电厂结构安全监测自动化**

**技术规程**

Technical specification for safety monitoring automation of nuclear powerplant structures

CECSxxx:20xx

条 文 说 明

# 目 次

[1 总 则 (36)](#_Toc101872484)

[3 基本规定 (37)](#_Toc101872485)

[4 自动化监测系统设计 (39)](#_Toc101872486)

[4.1 设计功能 (39)](#_Toc101872487)

[4.2 设计内容 (39)](#_Toc101872488)

[4.3 自动化系统设计 (39)](#_Toc101872489)

[5 系统设备 (41)](#_Toc101872490)

[5.1 环境要求 (41)](#_Toc101872491)

[5.2 监测传感器 (41)](#_Toc101872492)

[6 系统设备测试方法 (42)](#_Toc101872493)

[6.1 测试条件 (42)](#_Toc101872494)

[6.2 测试方法 (42)](#_Toc101872495)

[7 系统设备检验 (43)](#_Toc101872496)

[7.1 出厂检验 (43)](#_Toc101872497)

[7.2 进场验收 (43)](#_Toc101872498)

[9 标志标牌 (44)](#_Toc101872499)

[10 包装、运输与储存 (45)](#_Toc101872500)

[10.2 运 输 (45)](#_Toc101872501)

[10.3 储 存 (45)](#_Toc101872502)

[12 系统运行维护 (46)](#_Toc101872503)

[12.2 系统维护 (46)](#_Toc101872504)

# 1 总 则

**1.0.1** 本条为制定本《规程》的目的。为了规范核电厂建构筑物安全监测自动化系统的设计、设备选型、检验、安装验收及维护等工作，特制定本规程。

**1.0.2** 本条要求结构安全自动化监测系统建设与其它工程建设阶段同步进行，可综合利用工程阶段的各项便利条件，减少设计及施工的的工作量，更容易获得规范化的工程成果。

**1.0.3** 本条要求结构安全自动化监测系统建设与其它工程建设阶段同步进行，可综合利用工程阶段的各项便利条件，减少设计及施工的的工作量，更容易获得规范化的工程成果。

**1.0.4** 很多已建成的在役核电厂建造时因为技术条件等原因限制，仅设置了手动的结构安全测量系统。为了保证结构安全监测工作的及时性及准确性，保持核电厂整体技术的先进性，本条规定在役核电厂应通过改造的方式建立结构安全自动化监测系统。

# 3 基本规定

**3.0.1** 实用是指监测系统的设置要结合建构筑物的实际情况。核电厂很多重要建构筑物的一些监测仪表是预埋在结构体内的，使得后期无法维修及替换，这就要求结构安全监测系统具备较高的可靠性。核电技术在不断发展进步要求结构安全监测自动化系统在保证性能的情况下应选用更加先进的技术，更成熟可靠的仪器仪表。自动化系统设计还要综合考虑经济性，避免过度设计和不必要的浪费。

**3.0.2** 本条文规定了结构安全监测自动化技术的使用原则。监测阶段包含工程建设时期、在役时期及全寿期监测。监测范围包含整体或局部结构安全监测；基本要求包含监测参数、技术指标、测点布置等。

核电厂厂房功能各异，结构安全重要性不同，监测系统的范围和要求也不同。例如核电厂核岛安全壳等重要结构既承担失水事故工况下的设计压力，又需要有可靠的密封性能预防内部放射性物质泄漏，因此针对这些结构在一次设计时便提出了永久性的结构安全监测系统的要求。又根据监测目的，确立了混凝土应变、混凝土温度、结构筏基沉降变位、壳体水平变位等基本监测参数，明确其技术指标以及设置测点位置等基本要求。

不同阶段的监测具有不同的作用，施工期间的监测多是为施工安全或施工状态检验考虑的，其往往是一种临时的施工保障措施。而针对运行期间的结构安全监测系统则多是较长时间的、甚至是永久性的监测要求。根据需要，施工监测与运行期间监测系统可合并考虑。

核电站结构监测往往是多参数、大容量、广分布的，这些测点测量，尤其是正常运行期间，不能仅仅依靠人工手动测量。人工跑点手动测量效率低、人因误差大、各种工业安全与核安全隐患高，因而自动化监测技术应用是必须的。自动化监测技术应用确保监测高效、适时反映结构安全状况，为核电厂安全运行保驾护航。

**3.0.4** 施工、安装及仪器仪表质量等多重因素，有可能造成监测仪器（传感器）损坏而又无法更换，系统设计在测点布置方面要考虑到一定的安全备用措施，允许在部分测点设备损坏无法获取有效数据情况下，可以通过其它点位获取数据参考。另外，对于有些测试区域在有条件的前提下，对潜在损坏可能的测点还可以通过系统改造或者其它替代方案获取所在测点的有效数据。如核岛筏基的水准罐监测系统，在预埋部分水准罐异常情况下可以通过外部增加一一对应串联水准罐从而实现内部测点有效数据的测量；安全壳结构筒体及穹顶内部混凝土应变测量在预埋应变计异常情况下，可以采用混凝土表面补种应变计等替代测量方法。

**3.0.5** 核电厂对结构安全监测工作具有规定的周期和时间窗口要求，某些特定的试验（如CTT打压试验）更是对试验进程和数据的连续性有严格要求。设置人工监测模块能够在监测自动化系统临时失效时，保证结构安全监测数据的及时性和连续性。

**3.0.6** 系统设计遵循的功能要求和成本—效益分析两大准则，是相辅相成的。对于科学研究为目的，往往系统功能要求占住主导地位。对于技术状况监测与评估以及设计验证，往往两原则相互制约、互为权衡。在进行结构安全监测系统设计时遵循的基本流程：1）进行结构安全监测需求分析，确定监测系统建设目的和功能。2）根据系统建设目的和功能确定监测项目，并进行初步技术架构的设计。3）结合监测投资预算，根据监测结构实际情况筛选监测项目并匹配监测项目规模，确定监测测点布置。4）进行监测传感器及采集设备（包括自动化数据采集装置）的选型及信号分析。5）进行既定传感器的归集设计。6）进行手动采集装置的设计。7）进行自动采集装置的设计。8)进行主机柜设计。9）进行电缆路径设计。10）供电设计。11）结构安全监测管理软件系统设计。

**3.0.7** 核电厂现场环境比较复杂，很多区域无法满足仪器设备的工作环境要求。很多精密设备在恶劣环境下工作，会大大缩短其使用寿命。因此，现场必须设置一个或多个监测机房，内部设置环境改善设备，为监测自动化系统提供良好的工作环境。一般使用环境应保持常温、通风、干燥、无尘，禁冷凝水、禁长期潮湿，具体使用环境要求参见5.1。

**3.0.8** 自动化监测系统由很多部件构成，且具有分散性的特点。想要时刻保持系统的有效性，必须建立定期巡查、维护及故障处理的工作制度。

# 4 自动化监测系统设计

## 4.1 设计功能

**4.1.1** 为适应不同的应用场景，要求自动化监测系统具备按照一定的程序全通道巡测的功能，同时也应具备按照选定的范围局部测量的功能。

**4.1.5** 系统应具备结构安全性报警功能，宜具备多级报警阈值设置的通道，使用方可根据监测对象和监测目的设置报警阈值。报警信号可为界面突出显示、报警音、报警灯及各类组合方式。

**4.1.6** 为了保证系统的冗余性，一般要求采集器具备一定的数据临时存储功能。本条要求系统同时具备自动及人工手动数据入库功能，可以在采集计算机与采集器临时断开时，具备人工从采集器的临时存储单元下载相应数据到数据库的功能，可以极大程度保证数据的完整性。

**4.1.9** 在外部电源异常情况下，系统断电保护功能应能保证当前采集数据的安全性，给操作者提供处理异常问题的时间，还应具备在外部电源恢复后系统仍能够按照原设定继续运行。

## 4.2 设计内容

**4.2.1** 永久性结构安全自动化监测系统是指设计使用寿命与监测对象设计使用寿命一致的系统。临时性结构安全自动化监测系统是指为了满足临时性的试验（如安全壳的CTT强度试验）而设立的系统。

**4.2.2、4.2.3** 这两条都是针对永久性结构安全监测自动化系统的设计内容，第4.2.2条是基于新建系统的设计内容，而第4.2.3条是基于已有人工监测系统进行升级改造的设计内容。

**4.2.5** 核电厂一般处于相对空阔区域，有很多高耸建构筑物，结构安全监测系统的很多部件及电缆等会暴露在外界中，存在较高的雷击风险。为了保护精密的核心监测仪器，必须设置防雷隔离装置，避免对整个系统造成灾难性事故。

## 4.3 自动化系统设计

**4.3.1** 本条列出了进行结构安全监测需求分析的内容。主要工作是获取监测对象的基本信息、分析监测目的、选择监测参数（本条内列出了常用的监测参数）、明确测量精度，以及确定评价方法。

**4.3.2** 核电厂结构安全监测参数种类多、数量大、区域分布广，宜按照分布式系统进行设计。如监测参数种类有限、数量不多且比较集中时，可按照集中式系统进行设计。

**4.3.3** 分布式采集系统特别适用于监测区域较为分散，监测传感器的类型较多，而又有数据集中管理需求的工作场景。监测仪器相对集中的局部区域，单独设置自动数据采集装置（宜兼备手动采集装置）。多个区域通过数据传输网络连接，接入到监测管理主机房的主机柜中。

**4.3.4** 集中式采集系统特别适用于监测区域较为集中，监测传感器的类型相对较少的工作场景。集中式采集系统结构简单，安装调试工作量小，易于现场实施。

**4.3.5** 监测测点主要根据监测对象的结构特点及监测目的进行布置。一般选择布置在具有代表性的结构构件的敏感部位，考虑到测量的不确定性，要求测点数量适当冗余。核电厂安全壳结构作为核电厂安全监测的重点对象，本条中根据历史经验，明确了部分测点的布置区域。对于重要结构对象及关键的试验活动，核电厂按照惯例会形成相应的技术规格书，一般测点布置满足相应的技术规格书要求即可。

**4.3.6** 随着传感器技术的不断进步，针对同一测量对象，可选的传感器也越来越多，传感器的结构形式、工作原理、使用环境、输出量等技术参数也各有不同。本条规定了核电厂建构筑物安全监测传感器的选用原则，主要包括较高的可靠性和稳定性、合理的精度和灵敏度及良好的响应特性等。本条中要求监测传感器的基本工作原理不宜太过复杂，主要是考虑到一般越复杂的传感器通常越容易发生故障。此外，针对核电的特殊应用场景，要求禁止使用未被成熟验证且无核电应用经历的监测传感器。

**4.3.8** 基于核电厂对系统冗余性的要求，安全自动化监测系统应具备手动数据采集的功能，使得在自动化系统在供电电源失效或局部发生故障时，有条件使用系统配备的便携式读数仪完成最大范围的数据采集工作。因此，在进行自动化监测系统设计时，应同步进行手动采集装置的集成设计。

# 5 系统设备

## 5.1 环境要求

**5.1.1** 正常工作条件是指系统设备在保证技术性能的条件下，能够长期良好运行的工作条件。在一些极端环境下，虽然系统设备仍能够运行，但是系统的的一些技术参数如测量精度等可能有所降低。本条个别设备列出了极端环境的工作条件要求，确保在一些特殊应用场景下设备仍能满足一定的使用需求。

## 5.2 监测传感器

**5.2.1 ~ 5.2.5** 不同安全监测自动化系统所包含的监测传感器的种类和数量可能会存在较大差别。监测传感器的技术参数主要是依据测量对象和测量目的进行选定。本规程中仅列出了对监测传感器的一些通用要求，具体技术性能参数未做太过详细的规定，便于设计者在监测传感器选型时有更多的选择空间。

# 6 系统设备测试方法

## 6.1 测试条件

**6.1.3** 仲裁试验由于它的责任重大，因此，在试验取样数量、试验环境条件的控制方面要求均较严格，以便得到较高的试验精度。

## 6.2 测试方法

**6.2.1** 外观与结构主要包括设备的形状、尺寸、颜色、材质、表面处理工艺、系统组件完备性及结构的合理性、完整性等。

**6.2.2** 系统功能检查目的是测试自动化监测系统的所有设备是否能够正常运行并具备完整的设计功能。

**6.2.3** 系统性能特性测试目的主要检测关键测量设备的量程、精度等技术参数是否符合设计要求。

**1** 部分电子设备或部件需要通过预热并与测量环境相适应后，才能达到正常的工作状态，进而才能获得准确的测量结果。

**4** 自动数据采集系统的主采集器一般都会列出特定条件下的最高采集频率的技术数据，但集成自动数据采集系统后，采集性能可能会根据系统的结构发生变化。本条列出了便于操作的系统最高采集速率的一种测试方法，不同系统也可根据主采集器的工作原理及系统特点，确定专用的测试方法。

# 7 系统设备检验

## 7.1 出厂检验

**7.1.1~7.1.4** 出厂检验是设备出厂前的重要质量活动，一般由生产厂家自行组织实施，核电厂相关部门可根据质保要求共同参与出厂检验活动。出厂检验项目涵盖外观结构、功能和性能特性的检查。

**7.1.5** 出厂检验完成，应形成满足核电厂要求的相关质保资料，在进场验收时予以查验。

## 7.2 进场验收

**7.2.1 ~ 7.2.3** 自动化数据采集系统主要设备进场后，未避免出厂检验疏漏及运输途中意外损坏，应进行进场验收，以确保安装时设备符合设计要求。进场验收一般由核电厂相关部门组织实施，安装方及生产厂家可派代表共同参加。进场验收主要是对主要设备外观结构、功能及相关的文件资料进行检查。

# 9 标志标牌

**9.1.1** 标志标牌可以是喷涂式、蚀刻式、安装式或粘贴式等多种式样，但应完整、清晰、耐久。规格尺寸与文字相协调，且应遵循核电厂相关规定。

# 10 包装、运输与储存

## 10.2 运 输

**10.2.1** 运输方式不限于铁路、公路、水路、航空运输等，形式可专运、可零担或快递。

## 10.3 储 存

**10.3.1** 系统设备储存要求不应低于使用要求。系统设备在正常使用的情况下，由于设备自身部件发热等原因会有一定的除湿的功能，因此在储存时一般对湿度的控制要求更高一些。

**10.3.3** 设备原包装一般是根据设备自身特征定做的，更加适用于设备长期储存。此外设备原包装外部还附有一些重要的标识标牌，长期留存有助于设备使用时能获得更准确的信息。

# 12 系统运行维护

## 12.2 系统维护

**12.2.1** 永久性的监测系统应定期进行系统检查与运行维护，对于计量仪器还应定期进行校验，确保系统持续运行可靠。除专项系统和设备检查维护频次遵照厂家产品说明书外，一般的系统日常检查维护不宜少于3个月1次，定期重点检查不应少于1年1次。对于结构性能试验，应确保测量系统经过校验且在有效期内方可施行。

**12.2.4** 本条列出了安全监测自动化系统的安全性、使用性及功能性相关的常规维护内容。由于监测对象和监测目的的不同，安全监测自动化系统的构成可能存在较大的差异，有些系统还由多个子系统组成，因此具体维护项目也不能要求一成不变，不同系统应以保持系统的安全性、使用性及功能性为目的，确定具体的维护项目。表1是核电厂安全壳监测自动化系统的典型维护项目，可供参考。

**表1 核电厂安全壳监测自动化系统维护项目**

|  |  |
| --- | --- |
| **系统名称** | **维护内容** |
| 铅垂线自动化测量子系统 | 系统组件安装固定状态检查、信号传输检查、故障维修处理、清洁、接线盒与保护管密封性检查、腐蚀性检查、摆锤试验等 |
| 水准罐及收敛计自动化测量子系统 | 系统组件安装固定状态检查、信号传输检查、故障维修处理、清洁、干燥箱干燥状态及密封性检查、腐蚀性检查等 |
| 应变及温度自动化测量子系统 | 系统组件安装固定状态检查、信号传输检查、故障维修处理、清洁、接线盒干燥状态与密封性检查、腐蚀性检查等 |
| 预应力自动化测量子系统 | 系统组件安装固定状态检查、信号传输检查、故障维修处理、清洁、接线盒干燥状态与密封性检查、腐蚀性检查等 |
| 竖向变位LVDT自动化测量子系统 | 系统组件安装固定状态检查、信号传输检查、故障维修处理、清洁、接线盒干燥状态与密封性检查、腐蚀性检查等 |
| 倾角计自动化测量子系统 | 系统组件安装固定状态检查、信号传输检查、故障维修处理、清洁、接线盒干燥状态与密封性检查、腐蚀性检查等 |
| 其它参数自动化测量子系统，如湿度、压力自动化测量子系统 | 系统组件安装固定状态检查、信号传输检查、故障维修处理、清洁、接线盒干燥状态与密封性检查、腐蚀性检查等 |
| 数采软件系统 | 系统检查、采样频率、时针检查、实时采集状态、电池状态检查、数据处理、数据存储查询导出、连续性、问题处理、人工比对等 |

**续表1**

|  |  |
| --- | --- |
| **系统名称** | **维护内容** |
| 开关箱、集线箱、电源箱系统 | 箱体及其内部配件固定紧固状态检查、分路模块与多路复用器工作状态检查、故障维修处理、清洁、干燥剂、支撑架金属件的锈蚀与更换、电子元件检查等 |
| 主机柜系统 | 机柜及其内部设备固定情况检查、布置有序状态检查、、标志标牌的完整性、内部接地的完好性、清洁、内部设备及元器件的运行状态检查等 |
| 仪表间设施及环境 | 仪表间密封性、除湿机等其它设备设施检查与维护处理等、检查各个仪表间灰尘与渗水、仪表间外的环境、干燥情况、周边其他设备实施的影响等 |

**12.2.5** 安全监测自动化系统涉及的校验物项一般包括：1)现场就位的明装传感器，如应变计、水准罐、铅垂线坐标仪、铟瓦线LVDT等。2）便携式测读装置，如应变测读仪表、温度测读仪表等。3）手动数据采集装置、自动数据采集装置等。非在线的监测仪器如便携式读数仪、备用传感器等，可送有资质的计量单位进行周期性校验，一般校验周期为12月。现场安装的监测仪表，如将其拆离原安装部位可能会无法保证数据的连续性，一般建议进行在线校验。监测仪器在线校验一般需要编制校验程序，并使用专用的在线校验工具实施。

**12.2.6** 为了保证日常使用，及维护时出现故障或存在潜在风险的异常部件能够得到及时更换，确保系统具备不间断运行的能力，要求系统必须配备一定数量的备品备件，这些备品备件包括主采集器、多路复用器、分路模块、手动开关箱、手动测读装置、明装监测传感器等。备品备件的更换原则包括产品使用年限、现有设备的技术状况、维修情况等。产品标准使用年限一般由生产厂家在相关产品资料中明确。