

ICS 27.140

P 59

备案号: J422—2005

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5211—2005

大坝安全监测自动化技术规范

**Technical specification for dam safety
monitoring automation**

2005-02-14 发布

2005-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 总则	3
4 术语和定义	4
5 大坝安全监测自动化系统设计	6
5.1 一般规定	6
5.2 设计内容	7
5.3 监测系统设计	8
6 大坝安全监测自动化系统设备	12
6.1 系统环境要求	12
6.2 系统功能要求	12
6.3 系统性能要求	14
6.4 监测仪器	15
6.5 数据采集装置	15
6.6 采集计算机	16
6.7 监测管理中心设备	17
7 系统设备试验方法	19
7.1 试验条件	19
7.2 试验方法	19
8 检验规则	21
8.1 出厂检验	21
8.2 型式检验	21
8.3 现场验收	22
9 标志、使用说明书	23

DL/T 5211 — 2005

9.1 标志	23
9.2 使用说明书	23
10 包装、储存	24
10.1 包装	24
10.2 运输	25
10.3 储存	25
11 系统安装调试	26
11.1 监测设备安装	26
11.2 系统调试	26
12 系统现场考核、验收	27
12.1 系统考核	27
12.2 系统验收	28
13 系统运行维护	29
附录 A (资料性附录) 自动化采集系统框图	30
附录 B (规范性附录) 平均无故障工作时间	31
附录 C (资料性附录) 比测指标	32
条文说明	33

前 言

本标准根据原国家经贸委《关于确认 1998 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（国经贸电力〔1999〕40 号文）下达的制定任务，开展编制工作。

本标准的附录 A、附录 C 为资料性附录，附录 B 为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业大坝安全监测标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准起草单位：国电自动化研究院、国家电力监管委员会大坝安全监察中心。

本标准主要起草人：彭虹、卢有清、刘果、刘广林、刘观标、邹念椿、赵花城、魏德荣、沈海尧、陈文华。

1 范 围

本标准规定了大坝安全监测自动化系统的设计、系统的功能和性能要求、系统设备的检验方法和检验规则、系统设备的包装储运要求、系统安装调试、系统验收及运行维护要求等。

本标准适用于水电水利 I、II、III 等工程安全监测自动化系统。其他工程安全监测自动化系统可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 191 包装储运图示标志

GB 6388 运输包装收发货标志

GB 9969.1 工业产品使用说明书 总则

GB/T 9361 计算机场地安全要求

GB/T 15464 仪器仪表包装通用技术条件

DL/T 5178 混凝土坝安全监测技术规范

SL 60 土石坝安全监测技术规范

SL 268 大坝安全自动监测系统设备基本技术条件

3 总 则

3.0.1 为适应我国大坝安全监测自动化技术的发展，做好大坝安全监测自动化系统的规划、设计、建设和运行管理，统一技术标准，特制订本标准。

3.0.2 新建水电水利工程需设置大坝安全监测自动化系统时，应进行相应的大坝安全监测自动化系统设计，并将系统的建设纳入工程建设一并实施。

3.0.3 已建水电水利工程需要实施大坝安全监测自动化系统时，应在对原大坝安全监测系统综合评价的基础上，结合更新改造设计设置监测自动化系统。

3.0.4 本标准中未包含的其他自动测量系统和人工测量的数据，可纳入监测自动化系统数据库。

3.0.5 本标准中未涉及的部分应执行国家、行业相关标准的规定。

4 术 语 和 定 义

下列术语和定义适用于本标准。

4.0.1

监测仪器 monitoring instrument

基于各种原理的传感器和测量装置。

4.0.2

数据采集装置 data acquisition unit

按某种数据采集方式进行数据采集的设备。

4.0.3

监测点 monitoring point

监测仪器布置的位置。

4.0.4

监测站 monitoring station

安装集线箱或数据采集装置的位置或场所

4.0.5

监测管理站 monitoring management station

安装采集计算机、采集软件及其相关外部设备的场所。

4.0.6

监测管理中心站 central station for monitoring management

安装大坝安全监测管理计算机、监测管理软件和相关外部设备的场所。

4.0.7

读数仪 readout/indicator

便携式数据读取装置。

4.0.8

采集系统 acquisition system

对监测仪器信号进行数据采集的硬软件系统。

4.0.9

基本采集系统 basic acquisition system

仅包含一个监测管理站和若干个监测站的采集系统。

4.0.10

监测系统 monitoring system

由布置在大坝或工程结构物上的监测仪器及采集系统组成的系统。

4.0.11

中央控制方式 central controlling mode

数据采集装置按照监测计算机发出的指令进行数据的采集、存储。

4.0.12

自动控制方式 automatic controlling mode

数据采集装置按照设定的时间进行数据的采集和存储，并将数据上传到采集计算机。

4.0.13

平均无故障工作时间 MTBF mean time between failures

两次相邻故障间的工作时间的平均值。

4.0.14

平均维修时间 MTTR mean time to repair

修复故障所需时间的平均值。

4.0.15

数据缺失率 failure rate

未能测得的有效数据个数与应测得的数据个数之比。

5 大坝安全监测自动化系统设计

5.1 一般规定

5.1.1 监测自动化系统设计应以工程安全监测为目的，遵循“实用、可靠、先进、经济”原则，并应满足水电厂现代化管理的需求。

5.1.2 大坝安全监测自动化系统应作专题设计，分为三个设计阶段：可行性研究阶段、招标设计阶段和施工设计阶段。

5.1.3 根据工程的等别和运用要求，监测自动化可应用于工程施工期、蓄水期和运行期。系统的建设应统一规划，分步实施。

5.1.4 监测自动化的监测点或监测站，有条件的应配备独立于自动测量监测仪器的人工测量设备，以备监测自动化设备故障时能保持有连续测值，必要时也可作为检验监测自动化设备的参照设备。

5.1.5 新建工程的监测自动化系统应根据大坝监测系统总体设计，按下列原则选择实施自动化监测的项目和内容：

1 为监视大坝安全运行而设置的监测项目。

2 需要进行高准确度、高频次监测而用人工观测难以胜任的监测项目。

3 监测点所在部位的环境条件不允许或不可能用人工方式进行观测的监测项目。

4 拟纳入自动化监测的项目已有成熟的、可供选用的监测仪器设备。

5.1.6 测点选择及监测仪器设备选用的原则：

1 测点应反映大坝及其基础的工作性态，目的明确。

2 测点选择宜相互呼应，重点部位的监测值宜能相互校核，

必要时可进行冗余设置。

3 自动测量监测仪器设备在满足准确度要求的前提下,应力求结构简单、稳定可靠、维护方便。

4 系统应选用稳定可靠的监测仪器,其品种、规格有条件时宜尽量统一,以降低系统维护的复杂性。

5.1.7 已建工程的监测自动化系统应根据大坝运行情况,对已有监测系统进行综合评价和更新改造,并在此基础上实施监测自动化改造。纳入监测自动化系统的项目应为监视大坝安全所必需的项目。

5.1.8 为消除或避免影响准确度的因素,监测仪器、测量装置中的准直线(如引张线、垂线系统的线体)以及信号线、通信线、电源线等均应加以必要的保护。

5.1.9 为确保监测自动化系统可靠运行,应进行防雷设计。

5.2 设计内容

5.2.1 可行性研究阶段应论证设置大坝安全监测自动化系统的必要性;需要设置监测自动化系统时,应进行监测自动化系统的规划设计,主要内容包括:

1 初步确定纳入自动化监测的项目、监测方式和测点数量,以及监测仪器设备的布置方案。

2 初步确定监测仪器的技术指标和要求。

3 基本确定数据采集装置的布设、通信方式及网络结构设计,拟定供电方式。

4 编制投资概算。

5.2.2 招标阶段进行大坝安全监测自动化系统总体设计,应包括下列主要内容:

1 确定监测自动化系统的功能及性能和验收标准。

2 确定纳入自动化的监测项目、监测方式和测点数量,以及监测仪器设备的布置方案。

- 3 确定监测仪器的技术指标和要求。
- 4 确定数据采集装置的布设、通信方式及网络结构设计。
- 5 确定电源、过电压保护和接地技术及设备防护措施。
- 6 确定系统设备配置方案。

7 根据工程的安全级别,结合工程的实际需求,基本确定软件的配置。

- 8 提出系统运行方式要求。

5.2.3 施工阶段大坝安全监测自动化系统设计应包括下列主要内容:

- 1 监测仪器设备的布置及施工图设计。
- 2 配套土建工程及防雷工程施工设计。
- 3 提出施工技术要求。
- 4 确定系统运行方式的要求。

5.3 监测系统设计

5.3.1 大坝安全监测自动化系统宜采用分布式系统,其布置框图参见附录 A。

5.3.2 采集系统由监测仪器、数据采集装置、通信装置、监测计算机及外部设备、数据采集软件、信号及控制线路、通信及电源线路等组成。

5.3.3 监测自动化系统可按以下方式构建:

1 根据工程的规模和特点,监测自动化系统可由一个或多个基本采集系统组成。

2 采集系统的数据采集装置分散设置在靠近监测仪器的监测站,其采集计算机设置在监测管理站。

3 根据工程的规模和需要,监测自动化系统可设置一个监测管理中心站。监测管理中心站可设置在监测现场,也可设置在远离现场的地区。

4 根据工程的具体情况,系统的采集计算机及其相关外设可

移至监测管理中心站。

5 基本采集系统内部可采用 EIA-RS-232C、EIA-RS-485/422-A、CANbus 以及其他国际标准构建现场通信网络；基本系统之间及基本系统与监测管理中心站之间可采用局域网连接；监测自动化系统应具备与系统外局域网或广域网连接的接口。

6 通信网络可根据需要采用双绞线、电话线、无线和光纤等通信介质。

7 监测管理中心站应配备满足工程安全监测所必需的计算机及相应的外部设备，通常应配置服务器、工作站、打印设备、存储设备、网络设备、电源设备（如不间断电源、隔离稳压电源）等。

8 监测管理中心站应配备满足工程安全监测所必需的安全管理软件。

5.3.4 监测站应按以下要求进行设计：

尽量布置在所测监测仪器的附近，应选择交通、照明、通风较好且无干扰的部位，并应具备一定的空间和工作空间和稳定可靠的电源。监测站不得设置在具有强电磁干扰设备附近，并应有良好的接地；当监测站设置在露天或可能受到水淋的地方，必须加装适当的防护措施。

5.3.5 监测管理站应按以下要求进行设计：

1 布置在工作环境较好的大坝坝顶、两岸坝头或坝后厂房内，也可设在远离现场的管理区内。监测管理站内应具备一定的设备空间和工作空间，应有良好的照明、通风条件，并应有稳定可靠的电源和接地装置，以满足室内设备正常运行的环境要求。

2 配备采集计算机，也可根据需要配备必要的外部设备，如打印机、网络设备、不间断电源、净化电源及防雷设备等。

3 配置监测数据在线采集软件和网络通信软件，并具有现场监测、数据存储和备份功能。

5.3.6 监测管理中心站应按以下要求进行设计:

1 布置在大坝安全管理部门的附近,如有必要,也可与监测管理站设置在一起。应具备足够的设备空间和工作空间,并具备良好的照明、通风和温、湿度调节环境。

2 配置计算机及网络设备,并配备相应的外部设备。

3 配置可靠的供电线路和防雷接地设施,其要求见 GB/T 9361。

4 配置大坝安全监测管理软件,应能对整个监测自动化系统的采集进行监测和管理。

5 具备同监测自动化系统以外的计算机网络系统进行连接的接口。

5.3.7 现场网络通信应按以下要求进行设计:

1 现场网络通信包括监测站之间和监测站与监测管理站之间的数据通信。应根据工程的实际需求在保证通信质量的前提下,选择实用经济、维护方便的通信方式。

2 监测站之间和监测站与监测管理站之间可采用双绞线、光纤、电话线、无线连接。

3 现场通信线路布设时必须考虑预防雷电感应对系统可能造成的影响,应做好线缆的防护接地。

5.3.8 监测管理站与监测管理中心站的通信应按以下要求进行设计:

1 监测管理站与监测管理中心站的通信是计算机之间的通信,可根据其距离的远近,采用局域网或广域网络通信方式。

2 局域网或广域网络通信介质可采用双绞线、光纤、电话线或无线。

3 通信线路布设时必须考虑预防雷电感应对系统可能的影响,应做好线缆的防护接地。

5.3.9 电源及其防护设计:

系统供电电源应根据系统功率需求和技术指标规定进行配

置，应实施统一管理，宜采用专线供电，并设置供电线路安全防护及接地设施。

5.3.10 自动化监测系统应接地，有条件的应接入工程的接地网。单独接地时，接地电阻不应大于 10Ω 。

6 大坝安全监测自动化系统设备

6.1 系统环境要求

6.1.1 正常工作条件

1 工作条件

设备	温度	相对湿度
监测站数据	-10℃~50℃	≤95%
采集装置	(严寒地区: -20℃~60℃)	
监测管理站	0℃~50℃	≤85%
监测管理中心站	15℃~35℃	≤85%

2 周围环境要求

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。

监测站接地电阻不宜大于 10Ω。

监测管理站、监测管理中心站接地电阻不宜大于 4Ω。

6.1.2 工作电源要求

1 交流电源

a) 额定电压: 交流 220V, 允许偏差±10%;

交流 36V, 允许偏差±10%。

b) 频率: 50Hz, 允许偏差±2%。

2 不间断电源 (UPS), 交流电源掉电时 UPS 维护系统正常工作时间不小于 30min。

6.2 系统功能要求

6.2.1 系统应具备巡测和选测功能, 系统数据采集方式可分为中央控制方式和自动控制方式。

6.2.2 系统应有显示功能，应能显示建筑物及监测系统的总体布置、各监测子系统组成、过程曲线、报警状态显示窗口等。

6.2.3 系统应有操作功能，应能在监测管理站的计算机或监测管理中心站的计算机上实现监视操作、输入/输出、显示打印、报告现在测值状态、调用历史数据、评估系统运行状态；根据程序执行状况或系统工作状况给出相应的提示；修改系统配置、进行系统测试和系统维护等。

6.2.4 系统设备应具备掉电保护功能。在外部电源突然中断时，保证数据和参数不丢失。

6.2.5 系统应具备数据通信功能，包括数据采集装置与监测管理站计算机之间的双向数据通信，以及监测管理站和监测管理中心站内部及其同系统外部的网络计算机之间的双向数据通信。

6.2.6 具有网络安全防护功能，确保网络的安全运行；具有多级用户管理功能，设置有多级用户权限、多级安全密码，对系统进行有效的安全管理。

6.2.7 系统宜具有自检功能，以便能为及时维修提供方便。

6.2.8 系统应配备工程安全监测管理系统软件。该软件宜有在线监测、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、测值的离线性态分析、图形报表制作等日常工程安全管理的基本内容。

6.2.9 除自动采集数据自动入库外，还应具有人工输入数据功能，能方便地输入未实施自动化监测的测点或因系统故障而用人工补测的数据。

6.2.10 系统应备有与便携式计算机或读数仪通信的接口，能够使用便携式计算机或读数仪采集监测数据，以便进行人工补测、比测或防止资料中断。

6.3 系统性能要求

6.3.1 系统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：差动电阻式、电感式、电容式、压阻式、振弦式、差动变压器、电位器式、光电式等监测仪器，步进电机式测量装置、真空激光准直装置及其他测量装置。
- 3 系统运行方式：支持 24h 不间断运行，根据需要可调。
- 4 测量周期：大于 10min，根据需要和测量装置特点（如有无控制部件）可调。

5 系统采样时间：

巡测：

- a) 无控制、常态/快速测量，小于 1h；
- b) 有控制、常态测量，小于 2h。

选测（单点）：

- a) 无控制、常态测量，小于 1min；
- b) 有控制、常态测量，小于 10min；
- c) 无控制、快速测量，小于 0.5min。

6.3.2 系统的测量准确度应满足 DL/T 5178、SL 60 和 SL 268 中的各项要求。

6.3.3 现场网络通信应符合下列要求：

- 1 系统通信方式为多层网络结构。
- 2 现场网络结构为主从结构或其他结构。
- 3 现场网络介质为双绞线、光纤、无线、电话线。
- 4 网络通讯速率宜根据构建现场网络的通信方式，以通信稳定可靠为原则选定。

6.3.4 系统运行的可靠性应满足下列指标：

系统平均无故障时间（MTBF）大于 6300h。

6.3.5 系统抗瞬态浪涌能力应达到：

- 1 系统防雷电感应：500W~1500W。
 - 2 瞬态电位差：小于 1000V。
- 6.3.6 采集系统设备测量范围应符合各类监测仪器的要求。
- 6.3.7 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。
- 6.3.8 系统软件应满足下列基本要求：
- 1 基于通用的操作环境，并根据需要采用单机或客户机/服务器结构。
 - 2 具有图文并茂的用户界面。
 - 3 为用户提供通用的浏览器界面。
 - 4 能随计算机操作环境和系统工具软件的版本升级而更新。

6.4 监 测 仪 器

- 6.4.1 接入自动化系统的监测仪器，其技术指标应满足 DL/T 5178 和 SL 60 的要求，应符合国家计量法的规定。
- 6.4.2 监测仪器宜定期进行检查和校验。
- 6.4.3 监测仪器能够连续、准确、可靠地工作，在使用寿命期能适应工作环境，主要性能满足技术规范要求。
- 6.4.4 接入自动化系统的监测仪器，其输入输出信号标准应开放。

6.5 数 据 采 集 装 置

- 6.5.1 数据采集装置应具备下列基本要求：
- 1 具有电源管理、电池供电和掉电保护功能。蓄电池供电时间不应少于三天（需强电驱动控制的设备除外）。
 - 2 具有选测、按设定时间自动巡测和暂存数据功能。
 - 3 具有同采集计算机进行通信的功能。
 - 4 可接收采集计算机的命令设定、修改时钟和测控参数。
 - 5 可使用便携式计算机或读数仪实施现场测量，可用采集

计算机、便携式计算机从数据采集装置中获取其暂存的测量数据。

6 具有一定的自检、自诊断功能，能自动检查各部位运行状态，将故障信息传输到管理计算机，以使用户维修。

7 通道数：标准配置宜为 8~32 个通道。

8 采样对象：可为电阻式、电容式、电感式、压阻式、振弦式、光电式、步进电机测量装置、电位器式以及输出为电流、电压等带有变送器的监测仪器和其他测量装置。

9 测量方式：定时、单检、巡检、选测或任设测点群。

10 定时间隔：大于 10min，可设置。

11 采样时间：小于等于 30s/点（带驱动控制的测点除外）。

12 适应工作环境：温度 $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ ($-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 可选)；湿度不大于 95%。

13 平均无故障时间 (MTBF)：6300h。

14 平均维修时间 (MTTR)：不大于 2h。

15 防雷电感应：500W~1500W。

16 数据存储容量：不小于 50 测次。

17 通信接口：宜采用 RS-485 或其他通信方式，提供软件接口（如控件、函数库、动态链接库等）或开放通用通信規約。

18 具有人工测量接口，以方便人工比测或在采集装置发生故障时人工测读数据。

6.6 采集计算机

6.6.1 应具备适合工业应用环境，有较高运算速度和较大存储容量的工业 PC 机，宜配置便携式计算机作为移动工作站，并宜配有打印机。

6.6.2 应能与监测管理中心站和监测站进行网络通信，并接收管理计算机的命令向监测站数据采集装置转发指令。

6.6.3 应具有可视化用户界面，能方便地修改系统设置、设备参数及运行方式；能根据实测数据反映的状态进行修改、选择监测的频次和监测对象。

6.6.4 具有对采集数据库进行管理的功能。

6.6.5 具有画面、报表编辑功能。

6.6.6 具有系统自检、自诊断功能，并实时打印自检、自诊断结果及运行中的异常情况，作为硬拷贝文档。

6.6.7 当配备调制解调器和程控线路，应能提供远程通讯、辅助维护服务支持。

6.6.8 具有自动报警功能。

6.6.9 具有运行日志、故障日志记录功能。

6.7 监测管理中心设备

6.7.1 监测管理中心的基本配置应为：数据库服务器、微机工作站、打印机、电源设备等硬件和监测管理软件。工程等级较高、工程规模较大的系统应根据需要增配服务器、扫描仪、存储设备、网络设备等构成网络工作组。

6.7.2 交流电源掉电时，不间断电源维持系统正常工作时间应不小于 30min。

6.7.3 能通过采集计算机对现场采集系统进行采集和控制。

6.7.4 能完成大坝监测数据的管理及日常工程安全管理工作。

6.7.5 能实现同有关管理部门及远程上级主管部门进行数据通信。

6.7.6 具备能完成日常工程安全管理的工程安全监测管理软件，该软件的主要功能宜包括：

- 1 在线监测。
- 2 离线分析。
- 3 图表制作。
- 4 测值预报。

- 5 厂区和远程网络通信。
 - 6 数据库及其管理。
 - 7 系统管理、安全保密等。
- 6.7.7 具备声光报警提示或其他方式报警功能。

7 系统设备试验方法

7.1 试 验 条 件

7.1.1 正常试验大气条件:

环境温度: $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$

相对湿度: $25\% \sim 75\%$

大气压力: $86\text{kPa} \sim 106\text{kPa}$

7.1.2 仲裁试验大气条件:

环境温度: $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

相对湿度: $45\% \sim 55\%$

大气压力: $86\text{kPa} \sim 106\text{kPa}$

7.1.3 电源条件:

交流频率: 50Hz , 允许偏差 $\pm 2\%$

电压: 220V , 允许偏差 $\pm 10\%$

7.2 试 验 方 法

7.2.1 数据采集装置试验方法

数据采集装置性能及功能应按照有关标准的规定方法进行各项试验。

7.2.2 系统功能及性能试验方法

1 系统功能及性能试验应满足 6.2 和 6.3 的规定。

2 工程应用系统的功能试验应按以下方法进行:

- a) 按工程应用配备的监测自动化设备(数据采集装置、监测仪器或仪器的模拟件), 应按照现场配置方式组成大坝安全自动采集系统, 分别进行功能及性能试验。至少应进行以下试验(不限于此):

- 1) 根据工程监测系统布置, 输入模拟参数, 检验测点换算的公式、制作抽样测点的测值表格;
 - 2) 设置几种异常值, 检验系统告警处理的功能;
 - 3) 设置故障, 检验系统的自检功能。
- b) 工程应用监测系统产品, 出厂前还应连续通电 72h, 定时检验间隔不大于 4h, 按 6.2 进行功能检验。如测试中出现重大故障则终止连续运行试验, 待故障排除后重新开始计时试验; 如测试中出现一般性故障, 待故障排除后继续试验。排除故障过程不计。

7.2.3 所有用于试验的计量设备均应按国家有关要求的规定定期进行检定。

8 检 验 规 则

8.1 出 厂 检 验

8.1.1 数据采集装置应进行逐台出厂检验，其他配套装置包括计算机应用软件，应进行有关功能的验收检验。

8.1.2 出厂检验应按 7.2 规定的方法进行检验，检验系统设备是否具备 6.2 规定所选的功能，以及是否达到 6.3 规定的要求。

8.2 型 式 检 验

8.2.1 当出现下列情况之一时，应进行型式检验：

1 正常生产时，定期或积累一定产量后，应周期性进行一次检验。

2 正式生产后，因结构、材料、工艺有较大改变，可能影响设备性能时。

3 监测设备长期停产后又恢复生产时。

4 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

5 国家质量技术监督机构提出进行型式检验要求时。

6 新型设备或老产品转厂生产的试制定型鉴定。

7 合同规定进行型式检验时。

8.2.2 型式检验应按本标准规定的全部试验项目（设备可靠性试验除外）进行全性能检验。

8.2.3 型式检验的样品应从经出厂检验合格的产品中随机抽取，一般单机台数不应少于 3 台，若产品总数少于 3 台，则应全检。

8.2.4 可靠性试验不为型式检验项目，可通过专项试验进行，也可以在监测系统运行或监测系统验收移交时进行统计。

8.2.5 检验结果的评定：

型式检验中有一台以上（包括一台）单机不合格时，应加倍抽取该产品进行检验。若仍有不合格时，则判该批产品为不合格；若全部检验合格，则除去第一批抽样不合格的单机产品，该批产品应判为合格。

8.2.6 经过型式检验的设备需要更换易损件时，应在更换后再经出厂检验合格后方能出厂。

8.3 现 场 验 收

8.3.1 当系统所有设备在现场安装、调试、联调完毕后，按 6.2 和 6.3 规定的要求由供货单位和客户进行确认。

9 标志、使用说明书

9.1 标 志

9.1.1 设备标志

在监测系统设备的显著位置应具有完整的铭牌标志，内容包括：

- 1 名称及设备型号。
- 2 商标及生产单位名称。
- 3 独立出厂编号等。

9.1.2 包装标志

在监测系统设备的包装箱的适当位置，应标有显著、牢固的包装标志，内容包括：

- 1 设备型号及名称。
- 2 设备数量。
- 3 箱体尺寸 (mm)。
- 4 净重或毛重 (kN)。
- 5 运输作业安全标志。
- 6 到站 (港) 及收货单位。
- 7 发站 (港) 及发货单位。

9.1.3 包装储运图示和收发货标志应根据被包装产品的特点，按照 GB 191 和 GB 6388 的有关规定正确选用。

9.2 使用说明书

使用说明书的内容按 GB 9969.1 的规定。

10 包装、储存

10.1 包装

10.1.1 监测系统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。

10.1.2 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。

10.1.3 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。

10.1.4 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。

10.1.5 监测系统设备的防震、防潮、防尘等防护包装按 GB/T 15464 中的有关规定进行。

10.1.6 随机文件应齐全，文件清单如下：

- 1 装箱单。
- 2 设备出厂合格证明书。
- 3 设备使用说明书。
- 4 出厂前的检验测试报告。
- 5 设备技术条件规定的其他文件。

10.1.7 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。

10.2 运 输

按本标准的包装规定进行包装的监测系统设备应能适应各种运输方式。

10.3 储 存

10.3.1 包装状态下的监测系统设备应能适应以下储存环境条件：

- 1 储存温度： $-30^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 储存湿度：不大于 85%RH ($+35^{\circ}\text{C}$ 时)。

10.3.2 长期储存状态下的监测系统设备，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。

11 系统安装调试

11.1 监测设备安装

11.1.1 监测系统设备安装及电缆布线应整齐，监测设施应考虑必要的防护措施。

11.1.2 监测设备支座及支架应安装牢固，确保与被测对象联成整体，支架必须进行防锈处理。

11.1.3 对接入自动化监测系统的监测仪器应进行检查或比测。

11.2 系统调试

11.2.1 对每个自动化监测点进行快速连续测试，以检查测值的稳定性。

11.2.2 对有条件的监测项目及监测点，人工干预给予一定物理量变化，检查自动化测值是否出现相应变化。

11.2.3 逐项检查系统功能，以满足设计要求。

11.2.4 逐项检查监测仪器设备的安装方向，确保与规范规定一致。

11.2.5 对于更新改造工程，应对新老系统的测值关系和处理作出说明。

11.2.6 系统安装调试完成后，应提供系统安装调试报告。

12 系统现场考核、验收

12.1 系 统 考 核

12.1.1 系统联机运行后应能实现下列功能：

1 数据采集功能：

系统可用中央控制方式或自动控制方式实现自动巡测、定时巡测或选测。

2 数据处理和数据库管理功能。

3 监测系统运行状态自检和报警功能。

12.1.2 系统时钟应满足在规定的运行周期内，监测系统设备月最大计时误差小于 3min。

12.1.3 系统运行的稳定性应满足下列要求：

1 试运行期监测数据的连续性、周期性好，无系统性偏移，能反映工程监测对象的变化规律。

2 自动测量数据与对应时间的人工实测数据比较变化规律基本一致，变幅相近。

3 在被监测物理量基本不变的条件下，系统数据采集装置连续 15 次采集数据的精度应达到监测仪器的技术指标要求。

4 自动采集的数据其准确度应满足 DL/T 5178、SL 60 和 SL 268 中的各项要求。

12.1.4 系统可靠性应满足下列要求：

1 系统设备的平均无故障工作时间 (MTBF)，计算公式见附录 B (下同)，应满足下列规定：

数据采集装置 MTBF 不小于 6300h。

2 监测系统自动采集数据的缺失率应不大于 3%。

12.1.5 系统比测指标可用下列标准：

系统实测数据与同时同条件人工比测数据偏差 δ 保持基本稳定,无趋势性漂移。与人工比测数据对比结果 $\delta \leq 2\sigma$ 。参见附录 C。

12.2 系统验收

12.2.1 安装调试完成后进行预验收,正式验收在系统试运行期满时进行。试运行期为一年。

12.2.2 设备安装调试单位、设计、施工、监理、运行管理单位在验收前应提交相关技术报告:

1 设备安装调试单位应提交“竣工验收申请报告”,并提交系统安装调试报告,系统硬软件设备清单、系统硬软件使用说明书。

2 设计单位应提交“监测自动化系统设计报告”,报告中应包含在工程实施中发生的增补变更内容。

3 土建施工单位应提交“监测自动化系统土建工程施工报告”。

4 工程监理单位应提交“监测自动化系统工程监理报告”。

5 运行管理单位应提交“监测自动化系统试运行报告”。

12.2.3 验收小组应提出监测自动化系统验收意见。

13 系统运行维护

13.0.1 自动化系统的监测频次规定如下：

试运行期 1 次/天，常规监测不少于 1 次/周，非常时期可加密测次。

13.0.2 所有原始实测数据必须全部入库。

13.0.3 监测数据至少每 3 个月作 1 次备份。

13.0.4 宜每半年对自动化系统的部分或全部测点进行 1 次人工比测。

13.0.5 运行单位应针对本工程特点制订监测自动化系统运行管理规程。

13.0.6 每 3 个月对主要自动化监测设施进行 1 次巡视检查，汛前应进行 1 次全面检查。

13.0.7 每 1 个月校正 1 次系统时钟。

13.0.8 系统应配置足够的备品备件。

附 录 A
(资料性附录)
自动化采集系统框图

A.1 分布式数据采集方式参见图 A.1。

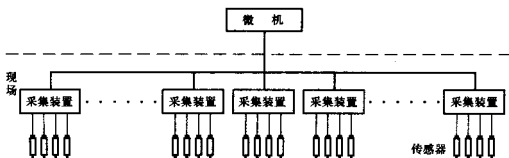


图 A.1 分布式数据采集方式

附 录 B

(规范性附录)

平均无故障工作时间

B.1 系统可靠性可用平均无故障工作时间来考核。平均无故障工作时间 (MTBF) 是指两次相邻故障间的正常工作时间 (短时间可恢复的不计)。

B.2 采集单元故障定义: 系统控制监测仪器数据采集的单元不能正常工作, 造成所控制的单个或多个测点测值异常或停测, 称为采集单元发生故障。

B.3 采集单元平均无故障时间 (考核期一年) 可按式 (B.1) 计算:

$$MTBF = \sum_{i=1}^n t_i / \left(\sum_{i=1}^n r_i \right) \quad (B.1)$$

式中:

t_i ——考核期内, 第 i 个单元的正常工作时长;

r_i ——考核期内, 第 i 个单元出现的故障次数;

n ——系统内数据采集单元总数。

附 录 C

(资料性附录)

比 测 指 标

C.1 人工比测一般采用过程线比较或方差分析进行对比。

C.2 过程线比较是取某测点相同时间、相同测次的自动化测值和人工测值，分别绘出自动化测值过程线和人工测值过程线，进行规律性和测值变化幅度的比较。

C.3 方差分析是取某监测点试运行期自动化监测和人工比测相同时间、相同测次的测值分别组成自动化测值序列和人工测值序列，计算其标准差 σ_z 、 σ_r ；再设某一时刻的自动测值为 X_{zi} ，人工测值为 X_{ri} ，则两者差值按式(C.1)计算：

$$\delta_i = |X_{zi} - X_{ri}| \quad (\text{C.1})$$

取 $\delta \leq 2\sigma$ ，其中均方差按式(C.2)计算：

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_z^2 + \sigma_r^2)} \quad (\text{C.2})$$

式中：

σ_z ——自动化测量精度；

σ_r ——人工测量精度。

大坝安全监测自动化 技 术 规 范

条 文 说 明

目 次

1	范围	35
3	总则	36
5	大坝安全监测自动化系统设计	37
5.1	一般规定	37
5.2	设计内容	37
5.3	监测系统设计	38
6	大坝安全监测自动化系统设备	41
6.1	系统环境要求	41
6.2	系统功能要求	41
6.3	系统性能要求	41
6.4	监测仪器	42
6.6	采集计算机	42
13	系统运行维护	43

1 范 围

本标准关于大坝的定义中，包括坝体、坝基、坝肩和近坝岸坡，其他与大坝安全有直接关系的建筑物则包括输水道、电站厂房、船闸、地下洞室等水利水电枢纽建筑物。

3 总 则

3.0.1 本标准的宗旨。为了统一工程安全监测自动化的技术要求，凡是可能在全国统一的共同性的通用内容，本标准均加以规定。本标准对新技术、新方法的采用，持积极慎重的态度，凡经过三年以上稳定可靠应用的新设备、新方法，均纳入本标准的使用范围。在内容和指标的规定上，做到“体现国情，技术先进，经济合理，安全适用”。

5 大坝安全监测自动化系统设计

5.1 一般规定

5.1.1 自动化监测系统设计原则。本标准本着“实用、可靠、先进、经济”的设计原则，在确保安全监测系统实用、可靠的基础上，对大坝安全管理现代化的需求给予积极的支持。在进行安全监测系统设计时应结合近期和未来发展的需求，全面规划，逐步实施。

5.1.5 监测布置原则及仪器选型原则。工程安全监测有别于工程中的特定对象监测，它必须考虑对工程进行全面的安全监测，并对重点部位予以加强。无论是针对面上或是点上的监测布置，都应该能取得预期的实效，即其监测成果能为评估工程结构物的安全提供可靠的、有用的信息。本标准没有采用“少而精”这样的用词，因为这种提法比较空泛，缺乏实际指导作用，且容易引起歧义。

仪器设备的选用原则。长期以来，用于工程安全监测的仪器设备多数均为非标准输出的专用设备，如电阻式、电感式、电容式、振弦式等传感器，步进电机式坐标仪、真空激光准直装置等。基于工程安全监测的这种现实特点，本标准在仪器设备选用原则中，对接入自动化监测系统的仪器设备的输出信号未作规定。

5.2 设计内容

有别于采用人工观测的安全监测系统设计，自动化监测系统提出了一些新的设计内容。本标准针对自动化监测系统的特点，对自动化监测系统设计作出了明确的规定。这些规定包括自动化监测系统的功能、性能和验收标准，实施自动化监测的项目和仪

器选择,数据采集系统的设置,数据通信方式及网络结构,监测管理硬软件设备,供电系统及安全防护,以及自动化系统运行方式设计等。通过合理的设计,为自动化监测系统建立一个良好的工作环境,使之能持续、稳定地正常运行。

5.3 监测系统设计

5.3.1 自动化监测系统的三种基本形式。集中式、混合式、分布式是我国大坝安全监测自动化发展历程中出现的三种基本数据采集形式,在工程中均得到了应用。现代科技的发展使分布式采集方式的技术经济指标远优于集中式和混合式采集方式,分布式采集方式已基本上取代了集中式和混合式采集方式,因此本标准仅对分布式采集方式的规定。

分布式采集系统是一种概念明确、有广泛适用性的数据采集方式。设备厂家的分布式采集系统产品可能各具特色,并冠以“智能型”、“开放型”或其他表明产品特色的形容词。但作为行业标准,则不宜取用含有个性色彩的词汇,而应采用能充分表达对象一般特征的名词作为本标准用词。

5.3.2 采集系统的构成。鉴于应用于大坝安全监测的监测仪器大多为非标准输出的仪器设备,其数据采集装置为专门研制。因此,大坝安全监测采集系统的构成除包含数据采集装置、通信装置、采集计算机就外部设备、数据采集软件、信号及控制线路、通信及电源线路等外,还常把监测仪器设备纳入监测系统中。

5.3.3 监测自动化系统的构建。自动化系统可以根据现场实际情况采用多种方式构建,现场网络可以采用 RS-232C、RS-485、CANbus 以及其他国际标准构建。国内自动化监测系统目前大多都采用 RS-485 构建现场通信。RS-485 并非网络标准,它仅是串行数据接口标准,只对接口的电气特性作出规定,而不涉及接插件、电缆或协议,系统厂家需在此基础上建立自己的高层通信协议。鉴于自动化采集系统产品现场网络构建的差异性,本标准未

对自动化系统的现场网络作出明确规定。

现场网络和局域网络的传输介质均可以是双绞线、光纤和无线。本标准中的“无线”是泛指采用无线介质进行通信的方式，而未限定实现的手段和技术。它可以是专用无线电台，也可以是 GSM (Global System for Mobile Communications)、CDMA (Code Division Multiple Access)、GPRS (General Packet Radio Service) 或更先进的其他无线通信方式。

5.3.4 监测站设计。监测站是放置自动化采集设备的地方，采集设备都是弱电设备。因此，应将监测站设置在交通方便、通风防潮、防电磁干扰的地方。如果现场不具备这样的条件，设计上应采取一定的措施，创造一个较好的人工环境，以确保采集设备能长期稳定地工作。

5.3.5 监测管理站设计。监测管理站是基本采集系统的终端节点，其上为监测管理中心站，其下则面对数据采集装置。监测管理站以现场总线与数据采集装置通信，监测数据采集装置进行数据采集和数据传输，并暂存在监测管理站的计算机中。监测管理站与监测管理中心站可以是局域网络通信，此时监测管理站是局域网络中的一个远程节点（当现场远离管理中心时）。

当监测管理站远离管理中心时，监测管理站应配备有计算机、打印机、网络设备、UPS、净化电源和防雷设备等一套基本完整的计算机房硬件设备，以及在线采集软件、网络通信软件和必要的数据库管理软件。

5.3.6 监测管理中心站设计。监测管理中心站负责整个工程监测自动化系统的数据管理、数据分析、安全管理，因此监测管理中心站应配备较强功能的计算机硬软件设备。根据工程规模和用户需求，通常需配备具有计算能力强、存储容量大的服务器、工作站，并配套必要的打印设备、网络设备、UPS、净化电源和防雷设备等。大坝安全监测管理软件应能完成在线监测、离线分析、图表制作、数据库管理等大坝安全管理的功能。此外，对于联网

的监测管理中心站，为了确保监测数据的安全，还应考虑网络隔离等安全措施。

5.3.7 现场网络通信设计。现场网络通信通常可采用双绞线、光纤、电话线、无线方式，各种通信方式可混合使用。当采用线缆跨越建筑物或障碍物有困难时，可采用无线通信方式；当对现场通信要求很高或现场电磁干扰严重影响通信质量时，可采用光纤通信方式；当现场通信的线路很长时（如区域地形复杂的流域梯级电站），可采用有线电话网进行通信。

5.3.8 监测管理站与监测管理中心站的通信设计。监测管理站与监测管理中心站的通信是计算机之间的通信，可采用局域网或广域网通信方式，通信介质可为有线、无线、光纤。当距离较远时，可采用电话拨号方式或光纤专线方式。

5.3.9 电源及其防护设计。应用实践表明，电源供应对大坝监测自动化系统的稳定、安全运行影响很大，故本标准专列一条，要求在系统设计时即要统一考虑电源的供应及其防护。

5.3.10 系统接地设计。大坝监测自动化系统不同于一般工业测控的系统，它通常处于高电磁干扰、高雷电感应环境，因此系统的接地是确保自动化监测系统稳定、正常运行的重要措施，应在系统设计时统一考虑系统接地方案。

6 大坝安全监测自动化系统设备

6.1 系统环境要求

6.1.2 工作电源要求。大坝安全监测自动化系统对电源要求统一管理，专线供电。但对于线路很长的工程（如供水工程），通常采用就地取电。当自动化系统设备与大负荷设备（如启闭机、泵站）共用线路时，电源波动将很大，应考虑配置稳压设备。

不间断电源（UPS）是一种应急备用电源，当交流电源掉电时，UPS 向系统供电，以维持系统继续正常工作一段时间。UPS 不是用于持续供电的设备，出于经济的考虑，UPS 的蓄电池容量通常配置为数小时以内。

6.2 系统功能要求

6.2.8 在自动化监测系统中，工程安全监测管理软件是一个重要的组成部分。根据工程的规模和特点，监测管理软件的构成各有差异。本标准只规定了基本的功能要求，有条件 and 有更多需求的工程，可以提出本标准未包含的合理的、经过努力可以达到的功能要求。

6.2.9 自动化系统除接受自动采集的数据入库外，还应可接受人工观测数据的输入。人工观测数据可以是键盘输入的数据，也可以是其他形式的数据，如存储在电子表格、手持设备的数据。

6.3 系统性能要求

6.3.1 本标准对自动化监测系统的各项采集性能指标作了一般性规定。由于采集系统是针对适用于静态量测的大坝监测仪器研制的，对于大坝安全监测中大部分监测项目，这些性能指标规定

能满足工程的应用要求。但对于具有动态变化特征的某些监测对象，如船闸充放水过程、调压井内压力、抽水蓄能电站上库水位等，其测量周期和采样时间将受到一定的限制。

由于有些自动化测量设备中有测量控制部件（如土石坝引张线式水平位移计），在进行测量时需耗费较长时间，因此系统采样时间分成有控制和无控制两种。本标准的采样时间不包含采样前的准备工作时间（如土石坝水管式沉降仪测量前的充水过程）。

6.4 监 测 仪 器

由于大坝的结构特点和应用环境，大坝安全监测所采用的仪器大多为非标准输出的仪器设备，有些自动化测量装置甚至是专为大坝安全监测而定制。相应地，大坝安全监测自动化采集设备也多是针对这些仪器设备而研制的，因此在编制本标准时不可避免地要牵涉到监测仪器，并对自动化系统中使用的监测仪器作出一定的规定。

6.6 采 集 计 算 机

采集计算机是监测管理站的主要设备，由于监测管理站通常设置在现场，其工作环境相对较差，且肩负随时监测数据采集装置的职责，因此宜配备工业控制机。监测系统规模小、监测管理站与监测管理中心站合并的工程，可考虑以监测管理中心站的工作站兼作采集计算机。但任何情况下，不得采用数据库服务器兼作采集计算机。

13 系统运行维护

不同规模和特点的混凝土坝、土石坝等工程监测对象，对自动化监测的要求差异很大。各工程可根据实际需要对安全监测的频次、监测数据的比测和备份时间进行规定，但不得低于本标准规定的时间。

为确保自动化监测系统稳定、正常运行，必须对系统进行经常性巡视检查，发现问题应及时维护，并作好详细记录。特别是对容易受到外界环境影响的垂线、引张线系统，应仔细检查线体是否稳定、自由，避免串风、动物侵入、液位失衡等。

为使自动化监测系统始终保持设备先进、状态良好、运行可靠，系统的硬软件除定期检查和维护外，应根据设备的使用年限和运行状况进行定期更新。
