

ICS 27.140  
P 59

**DL**

中华人民共和国电力行业标准

**P** **DL/T 5211 — 2019**  
代替 DL/T 5211 — 2005

---

大坝安全监测自动化  
技术规范

Technical specification for automation of  
dam safety monitoring

2019-11-04 发布

2020-05-01 实施

---

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

大坝安全监测自动化  
技术规范

Technical specification for automation of  
dam safety monitoring

**DL/T 5211 — 2019**

代替 DL/T 5211 — 2005

主编机构：中国电力企业联合会

批准部门：国家能源局

施行日期：2020年5月1日

中国电力出版社

2020 北京

中华人民共和国电力行业标准  
大坝安全监测自动化技术规范  
Technical specification for automation of  
dam safety monitoring  
DL/T 5211 — 2019  
代替 DL/T 5211 — 2005

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京天泽润科贸有限公司印刷

2020年6月第一版 2020年6月北京第一次印刷  
850毫米×1168毫米 32开本 1.5印张 39千字  
印数 001—500册

统一书号 155198·2197 定价 23.00元

版权专有 侵权必究  
本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换

国家能源局  
公 告

2019 年 第 6 号

国家能源局批准《水电工程电法勘探技术规程》等 384 项能源行业标准（附件 1）、《Technical Guide for Rock-Filled Concrete Dams》等 48 项能源行业标准英文版（附件 2）、《风电场项目环境影响评价技术规范》等 7 项能源行业标准第 1 号修改单（附件 3），废止《风电场工程勘察设计收费标准》等 5 项能源行业标准/计划（附件 4），现予以发布。

- 附件：1. 行业标准目录  
2. 行业标准英文版目录  
3. 行业标准修改通知单  
4. 行业标准和计划废止目录

国家能源局  
2019 年 11 月 4 日

## DL/T 5211 — 2019

附件 1:

### 行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
...							
210	DL/T 5211—2019	大坝安全监测自动化技术规范	DL/T 5211—2005		中国电力出版社	2019-11-04	2020-05-01
...							

中华人民共和国电力行业标准

大坝安全监测自动化  
技术规范

Technical specification for automation of  
dam safety monitoring

**DL/T 5211 — 2019**

代替 DL/T 5211 — 2005

主编机构：中国电力企业联合会

批准部门：国家能源局

施行日期：2020年5月1日

中国电力出版社

2020 北京

中华人民共和国电力行业标准  
大坝安全监测自动化技术规范  
Technical specification for automation of  
dam safety monitoring

**DL/T 5211 — 2019**

代替 DL/T 5211 — 2005

\*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京天泽润科贸有限公司印刷

\*

2020年6月第一版 2020年6月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 1.5印张 39千字

印数 001—500册

\*

统一书号 155198·2197 定价 **23.00**元

**版权专有 侵权必究**

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换

国家能源局

公 告

2019 年 第 6 号

国家能源局批准《水电工程电法勘探技术规程》等 384 项能源行业标准（附件 1）、《Technical Guide for Rock-Filled Concrete Dams》等 48 项能源行业标准英文版（附件 2）、《风电场项目环境影响评价技术规范》等 7 项能源行业标准第 1 号修改单（附件 3），废止《风电场工程勘察设计收费标准》等 5 项能源行业标准/计划（附件 4），现予以发布。

- 附件：1. 行业标准目录  
2. 行业标准英文版目录  
3. 行业标准修改通知单  
4. 行业标准和计划废止目录

国家能源局

2019 年 11 月 4 日



## DL/T 5211 — 2019

附件 1:

### 行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
...							
210	DL/T 5211 —2019	大坝安全监测 自动化技术 规范	DL/T 5211 —2005		中国电力 出版社	2019-11-04	2020-05-01
...							

## 前 言

根据《国家能源局综合司关于印发 2017 年能源领域行业标准制（修）订计划及英文翻译出版计划的通知》（国能综通科技〔2017〕52 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结国内外近年来大坝安全监测自动化技术的新发展和成功经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本规范。

本规范的主要技术内容是：监测自动化系统设计、技术要求、安装调试、系统考核及验收、运行维护。

本规范修订的主要技术内容是：

- 删除了关于自动化设备的试验方法、检验规则、标志、使用说明、包装、存储，将对监测自动化系统的相关具体技术要求统一编成“技术要求”一章；
- 对监测自动化系统的构建方式进行修订，补充云技术应用及监测自动化系统与大坝强振动监测系统联动等内容；
- 增加了安全风险较高的大坝宜具备安全在线监控功能要求；
- 修订了对软件系统的基本要求；
- 修订了采集计算机及服务器的要求，增加对网络通信设备的要求；
- 增加了对仪器在接入系统前进行现场检查、测试、鉴定的要求；
- 系统运行维护引用了现行行业标准《大坝安全监测系统运行维护规程》DL/T 1558 中对应监测自动化部分的要求；
- 修订了平均无故障时间的计算方法；
- 修订了比测指标的内容。

## DL/T 5211 — 2019

本规范由中国电力企业联合会提出，由电力行业大坝安全监测标准化技术委员会（DL/TC 32）负责日常管理，由国网电力科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。

本规范主编单位：国网电力科学研究院有限公司

本规范参编单位：国家能源局大坝安全监察中心

中国三峡建设管理有限公司

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

本规范主要起草人员：刘观标 邓检华 刘 果 赵花城  
於三大 凌 骐 崔 岗 马文锋  
胡 波 蓝 彦 权录年 郑健兵  
王梅枝 郑水华 罗孝兵 滕世敏  
李君军 张 锋

本规范主要审查人员：张秀丽 汪 毅 王玉洁 顾冲时  
何金平 卢正超 李端有 郑晓红  
陈绪高 赵志勇 季 祥 文富勇  
李运良 王 跃 谭恺炎 郭 晨  
沈省三 王为胜 徐国龙 胡晓云  
王进攻 濮久武 沈定斌 钟 平  
宫玉强

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

## 目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 监测自动化系统设计	4
4 技术要求	9
5 安装调试	15
6 系统考核、验收	17
7 运行维护	19
附录 A 平均无故障工作时间	20
附录 B 数据缺失率	21
附录 C 短期测值稳定性	22
附录 D 比测指标	23
本规范用词说明	25
引用标准名录	26
附：条文说明	27

## Contents

1	General provisions .....	1
2	Terms .....	2
3	System design .....	4
4	technical specifications .....	9
5	Installation and debugging .....	15
6	Assessment and acceptance .....	17
7	Operation and maintenance .....	19
	Appendix A Mean time between failures .....	20
	Appendix B Ratio of data missing .....	21
	Appendix C Short-term stability .....	22
	Appendix D Comparison measure index .....	23
	Explanation of wording in this specification .....	25
	List of quoted standards .....	26
	Addition: Explanation of provisions .....	27

## 1 总 则

**1.0.1** 为规范大坝安全监测自动化系统的设计、实施和运行管理，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于大中型水电水利工程的大坝安全监测自动化系统。

**1.0.3** 大坝安全监测自动化系统包括监测仪器设备、数据采集装置、计算机及外部设备、网络通信设备、电源及防护设备、在线采集软件与安全监测信息管理软件等。

**1.0.4** 新建水电水利工程应进行相应的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。

**1.0.5** 已建水电水利工程进行大坝安全监测系统自动化改造时，应对原大坝安全监测系统进行综合评价后，进行专项设计。

**1.0.6** 人工测量的数据及巡视检查记录应纳入监测自动化系统数据库。

**1.0.7** 监测自动化系统设计、实施和运行管理除执行本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 监测仪器设备 monitoring instrument and equipment

基于各种原理的监测仪器（传感器）、监测装置及其相应的监测信息自动采集、存储、传输和供电设备的总称。

### 2.0.2 数据采集装置 data acquisition unit

对监测仪器的输出信号进行自动采集、存储与传输的设备。

### 2.0.3 监测站 monitoring station

安装集线箱或数据采集装置的位置或场所。

### 2.0.4 监测管理站 monitoring management station

安装采集计算机、在线采集软件及其相关外部设备的场所。

### 2.0.5 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、监测信息管理软件和相关外部设备的场所。

### 2.0.6 测量仪表 readout/indicator

采集监测仪器设备输出信号的便携式装置。

### 2.0.7 应答控制方式 response controlling mode

数据采集装置按照采集计算机发出的指令进行数据的采集、存储与传送。

### 2.0.8 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。

### 2.0.9 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。

### 2.0.10 监控 supervisory control

在安全监测基础上，辅以综合分析和结构安全性评价手段，

发现建筑物及其环境中的异常征兆和安全隐患，警示安全风险，为后续安全控制措施制定提供支持，避免产生严重后果。

**2.0.11 试运行期 trial operation period**

监测自动化系统安装调试完成并通过预验收后开始的考核运行期。



## 3 监测自动化系统设计

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 监测自动化系统设计应以监控大坝安全为目的，遵循“实用、可靠、先进、经济”原则，应满足水电厂管理的需求。

**3.1.2** 监测自动化系统应进行设计。设计可分为可行性研究设计、招标设计和施工设计三个阶段。

**3.1.3** 监测自动化系统应统一规划，考虑工程施工、蓄水和运行的要求总体设计，具备条件时应尽早实施。

**3.1.4** 监测自动化系统宜具备与大坝强振动监测系统联动的接口。

**3.1.5** 监测自动化系统配套系统软件应采用中文操作界面。

### 3.2 设计内容

**3.2.1** 可行性研究阶段设计主要内容包括：

- 1 初步确定纳入监测自动化系统的监测项目、监测点及其布置。
- 2 初步确定纳入监测自动化系统监测仪器设备的技术指标和要求。
- 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、防雷接地设计，拟定供电方式。
- 4 基本确定大坝安全管理信息系统功能要求。
- 5 基本确定施工技术要求。
- 6 初步确定考核与竣工验收要求。
- 7 编制投资概算。

### 3.2.2 招标阶段设计主要包括：

- 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。
- 3 确定监测仪器设备的技术指标、要求和数量。
- 4 确定数据采集装置的布置设计、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，确定大坝安全管理信息系统功能及相关配置要求。
- 8 提出系统运行方式要求。
- 9 提出施工技术要求。
- 10 提出考核与竣工验收要求。

### 3.2.3 施工阶段设计主要包括：

- 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 确定自动化设备现场检验、自动化设备及通信设备的安装及调试、配套土建工程、防雷接地工程、系统集成和调试的具体方案。
- 4 确定系统运行方式的要求。

### 3.2.4 新建工程的监测自动化系统应根据大坝安全监测系统总体设计，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。

**3.2.5 测点选择及监测仪器设备选用的原则：**

1 测点应反映大坝的工作性态，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 监测仪器设备应稳定可靠，在满足准确度要求的前提下，监测仪器设备的品种、规格宜统一，结构应简单，维护方便。

**3.2.6 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设计。**

**3.2.7 监测自动化系统应进行直击雷和雷电感应过电压防护设计。**

### 3.3 系统设计

**3.3.1 监测自动化系统设计应包括：**纳入监测自动化系统的测点选择原则，接入监测项目，测点、测站与管理站布置，网络拓扑，通信，供电，防雷与接地，在线采集软件，监测信息管理软件，自动化设备工程量和技术指标等。

**3.3.2 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相对独立的采集子系统组成。

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，采集计算机可设置在监测管理站或监测管理中心站。

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，在线采集软件也可布置在云端。

5 采集系统通信网络应采用 EIA-RS-485/422-A、以太网、移动通信网、WiFi 等符合国际标准的网络技术构建；子系统之间及子系统与监测管理中心站之间宜采用局域网连接。监测自动化

系统宜具备与系统外局域网或广域网连接的接口，与外网连接时宜配置硬件防火墙。

### 3.3.3 监测站设计应符合下列要求：

1 监测站宜设置在监测仪器相对集中，交通、照明、通风较好且无强电磁干扰的部位。

2 监测站应具备一定的空间和工作空间，应有良好的接地。

3 引入监测站的监测仪器线缆存在雷电感应风险时应设置专用防雷保护器。

4 设置在露天或可能受到水淋的地方时，应采取防护措施。

5 监测站内数据采集装置的测量范围应覆盖被测对象的有效工作范围，测量精度应不低于测量对象的精度。应配置人工比测接口，人工比测时不应影响自动化系统的正常运行和接线配置。

### 3.3.4 监测管理站设计应符合下列要求：

1 监测管理站宜布置在工作环境较好的坝顶、两岸坝头、坝后厂房内或地下电站主厂房内，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，应有稳定可靠的电源和良好的接地装置。

2 监测管理站应配备采集计算机，可根据需要配备打印机、网络设备、不间断电源、净化电源以及防雷设备等必要的外部设备。

3 监测管理站应配置监测在线采集软件，具备与数据采集装置进行通信、数据采集、参数查询与修改、自诊断、测点维护、数据存储、异常告警及权限管理等功能。

### 3.3.5 监测管理中心站设计应符合下列要求：

1 监测管理中心站宜布置在大坝安全管理部门的附近，应具备足够的设备空间和工作空间，具备良好的照明、通风和温湿度调节环境。

2 监测管理中心站应配置服务器、工作站、打印设备、存储

## DL/T 5211 — 2019

设备、网络设备、不间断电源等。

3 监测管理中心站应配置可靠的供电线路和防雷接地设施，要求参照现行国家标准《计算机场地安全要求》GB/T 9361 执行。

4 监测管理中心站应配置大坝安全监测信息管理软件，应具有监测数据存储、编辑、查询、导出与备份、数据可靠性检验、报表与曲线分析、预警提醒及信息推送、工程文档及影像资料管理、输出等功能。

5 监测管理中心站宜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。

6 安全风险较高的大坝宜具备安全在线监控功能。

**3.3.6** 根据工程的规模和需要，监测管理站与监测管理中心站可合并设置。

**3.3.7** 通信网络设计应符合下列要求：

1 通信网络拓扑可采用星形、环形和总线结构，通信介质可采用光纤、双绞线和无线等。

2 监测站之间及监测站与监测管理站的通信应采用 EIA RS-485/422A、以太网（TCP/IP）及其他国际标准通信协议。

3 监测管理站与监测管理中心站之间的网络通信，可根据站点所在物理位置采用局域网或广域网连接。

4 通信线路布设时应做好线缆的防护接地。

**3.3.8** 电源及其防护设计应符合下列要求：

1 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，宜采用双回路专线供电，无可靠交流电源时，可采用太阳能或风能等现地电源供电。

2 电源应结合现场情况设置避雷器、隔离装置及稳压装置，容量应根据系统功率计算确定。

3 监测管理中心站及监测管理站应配置不间断电源（UPS）。

**3.3.9** 监测自动化系统防直击雷和防雷电感应过电压接地装置宜与工程接地网连接。

## 4 技术要求

### 4.1 系统环境要求

#### 4.1.1 正常工作条件

##### 1 工作条件

监测自动化系统监测站、监测管理站、监测管理中心站设备的工作环境应满足表 4.1.1 的要求。

表 4.1.1 工作环境要求

名 称	温度 (°C)	相对湿度 (%)
监测站	-10~50	≤95
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

- 1) 无爆炸危险, 无腐蚀性气体、无严重霉菌、无剧烈振动冲击源、无导电尘埃。
- 2) 监测站接地电阻不宜大于  $10\ \Omega$ 。
- 3) 监测管理站、监测管理中心站接地电阻不宜大于  $4\ \Omega$ 。

#### 4.1.2 工作电源要求

##### 1 交流电源

- 1) 额定电压:  
交流 220 V, 允许偏差为  $\pm 10\%$ ;  
交流 36 V, 允许偏差为  $\pm 10\%$ 。
- 2) 频率: 50 Hz, 允许偏差为  $\pm 2\%$ 。

## 2 不间断电源 (UPS)

无市电时,监测管理站及监测管理中心站 UPS 维持计算机设备正常工作时间不小于 1 h。

### 4.2 系统功能要求

4.2.1 系统应具备巡测和选测功能,系统数据采集方式可分为应答控制方式和自动控制方式。

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、步进式等监测仪器,真空激光准直装置及其他测量装置。

3 定时采集周期可调。

4.2.2 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、各子系统组成、采集数据过程曲线、报警状态显示窗口等。

4.2.3 系统应有操作功能,应能在监测管理站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。

4.2.4 在外部电源突然中断时,系统工作参数及采集数据不丢失。

4.2.5 系统应具备双向数据通信功能,包括数据采集装置与监测管理站计算机之间、监测管理站和监测管理中心站之间及监测系统与外部的网络计算机之间的双向数据通信。

4.2.6 系统应具有网络安全防护功能;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。

4.2.7 系统应具有自检功能,及时提供自检信息。

4.2.8 系统应配备大坝安全监测信息管理软件。该软件应有在线监测、离线分析、数据库管理、安全管理、图形报表制作、系统

运维日志等功能，软件应提供中文交互界面。

**4.2.9** 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、客户机/服务器（C/S）或浏览器/服务器（B/S）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 宜支持移动客户端。

**4.2.10** 系统除自动化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的测点的数据或因系统故障而用人工补测的测点数据。

**4.2.11** 系统应备有与便携式计算机、测量仪表或移动终端通信的接口，能够使用便携式计算机、测量仪表或移动终端采集监测数据。

**4.2.12** 系统应具备防雷、防潮、防锈蚀、防小动物破坏、抗震、抗电磁干扰等性能。

### 4.3 系统性能要求

**4.3.1** 系统宜具备下列采集性能指标：

- 1 最小采集周期 10 min。
- 2 系统采样时间：
  - 巡测：
    - 1) 无控制、常态/快速测量，小于 30 min；
    - 2) 有控制、常态测量，小于 1 h。
  - 选测（单点）：
    - 1) 无控制、常态测量，小于 1 min；
    - 2) 有控制、常态测量，小于 10 min；
    - 3) 无控制、快速测量，小于 0.5 min。

**4.3.2** 系统的测量准确度应满足现行行业标准《大坝安全监测数据自动采集装置》DL/T 1134 的要求。



4.3.3 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 网络通信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。

4.3.4 系统运行的可靠性应满足下列指标:

- 1 系统平均无故障时间(MTBF)大于6 300 h,计算方法见本规范附录A。
- 2 系统自动采集数据缺失率不应大于3%,计算方法见本规范附录B。

4.3.5 系统设备内置抗瞬态浪涌能力应达到:

- 1 防雷电感应:500 W~1 500 W;
- 2 瞬态电位差:小于1 000 V。

#### 4.4 监测仪器

4.4.1 接入自动化系统的监测仪器,其技术指标应满足现行行业标准《混凝土坝安全监测技术规范》DL/T 5178和《土石坝安全监测技术规范》DL/T 5259的要求。

4.4.2 接入自动化系统的数字化监测仪器,其接口协议应开放。

#### 4.5 数据采集装置

4.5.1 数据采集装置的功能、性能应满足现行行业标准《大坝安全监测数据自动采集装置》DL/T 1134的要求。

4.5.2 数据采集装置应具有人工比测测量接口,人工比测时不应影响自动化系统的正常运行和接线配置。

#### 4.6 网络通信设备

4.6.1 网络通信设备应满足系统通信网络设计的接口及功能实现要求。

4.6.2 与安全相关的隔离装置、防火墙、网关等网络设备应通过安全认证。

## 4.7 监测管理站

4.7.1 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计算机，宜配置便携式计算机作为移动工作站，并宜配有打印机。

4.7.2 能通过采集计算机或移动终端对现场仪器设备进行采集和控制。

4.7.3 采集计算机性能应满足：

- 1 CPU 正常负荷： $\leq 30\%$ 。
- 2 CPU 活跃负荷： $\leq 50\%$ 。
- 3 内存占用量： $\leq 50\%$ 。

4 外部存储器容量应保证可存储系统自动化采集及人工测量数据不少于 6 个月，宜留有 50% 以上的裕度。

4.7.4 不间断电源维持监测管理站设备正常工作时间不应小于 1 h。

4.7.5 在线采集软件应满足如下主要要求：

1 具有可视化中文用户界面，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。

2 具有对采集数据库进行管理的功能。

3 具有图形、报表输出及格式编辑功能。

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

5 可提供远程通信、远程辅助维护服务支持。

6 具有自动报警功能。

7 具有运行日志、故障日志记录功能。

## 4.8 监测管理中心站

4.8.1 监测管理中心站服务器性能应满足：

- 1 CPU 正常负荷:  $\leq 30\%$ 。
  - 2 CPU 活跃负荷:  $\leq 50\%$ 。
  - 3 内存占用量:  $\leq 50\%$ 。
  - 4 外部存储器容量应保证可存储系统自动化采集及人工测量数据不少于 24 个月, 宜留有 50% 以上的裕度。
  - 5 单条数据计算时间不超过 1 s。
  - 6 单个监测点年度数据查询时间不超过 2 s。
  - 7 相关系统的数据实时传输在 10 min 内完成。
- 4.8.2 不间断电源维持监测管理中心站设备正常工作时间不应小于 1 h。
- 4.8.3 能完成大坝监测数据的管理及日常工程安全管理工作。
- 4.8.4 能实现远程同有关管理部门及上级主管部门进行数据通信。
- 4.8.5 大坝安全监测信息管理软件应满足现行行业标准《水电站大坝运行安全管理信息系统技术规范》DL/T 1754 的要求。
- 4.8.6 系统数据库表结构及标识符宜满足现行行业标准《大坝安全监测数据库表结构及标识符标准》DL/T 1321 的要求。
- 4.8.7 具备声光报警提示, 宜通过移动终端实现监测数据的预警或报警。

## 5 安装调试

### 5.1 监测自动化设备安装

**5.1.1** 监测仪器在接入监测自动化系统前应对其工作状态进行现场检查、测试。

**5.1.2** 各类线缆需要连接时，芯线之间应焊接牢靠，做好绝缘及防潮处理，线缆长度应留有一定裕量。

**5.1.3** 各类线缆布线应整齐并标识，室外线缆应放入电缆沟、穿金属钢管或设金属线槽保护。

**5.1.4** 数据采集装置宜安装在观测房内并做好接地连接，在室外安装时应设置防护装置。

**5.1.5** 监测仪器设备支座及支架应安装牢固，确保与被测对象联成整体，支架应进行防锈处理。

**5.1.6** 计算机等信息处理设备应安装在有空调的机房内。

### 5.2 监测自动化调试

**5.2.1** 逐项检查监测仪器设备的安装方向，核对接入测点，检查仪器参数设置。在线采集软件中的相关参数配置应与实际接入的监测仪器正确对应。

**5.2.2** 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，检查自动化测值能否正确反映外部变化。

**5.2.3** 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。

**5.2.4** 有条件的监测项目及测点应同步进行人工比测。

**5.2.5** 应做好数据衔接，对新老系统的测值关系和处理应做出

说明。

**5.2.6** 逐项检查监测自动化系统功能,系统功能应满足设计要求。

**5.2.7** 系统安装调试完成后,应提供系统安装调试报告,报告内容应包括监测自动化系统组成及配置,主要仪器设备型号、参数,以及系统测试情况等重要信息。

## 6 系统考核、验收

### 6.1 系统考核

**6.1.1** 系统中的线缆敷设、监测仪器的接入以及数据采集装置的安装等应符合 5.1 的要求。

**6.1.2** 系统联机运行后应能实现下列功能：

- 1 数据采集、处理及数据库管理功能。
- 2 系统运行状态自检和报警功能。
- 3 监测自动化相关信息设置功能。
- 4 监测信息录（导）入功能。
- 5 图形绘制与报表制作功能。
- 6 监测资料整编功能。
- 7 权限及日志管理功能。

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

**6.1.4** 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 自动化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 选取工作正常的传感器，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 次采集数据的中误差应达到监测仪器的技术指标要求，具体计算方法见本规范附录 C。

**6.1.5** 试运行期内系统可靠性应满足本规范第 4.3.4 条的要求。

**6.1.6** 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  $\delta$  保持基本稳定, 无趋势性漂移。与人工比测数据对比结果  $\delta$  小于等于  $2\sigma$ , 具体见本规范附录 D。

## 6.2 系统验收

**6.2.1** 监测自动化系统的试运行期为一年, 试运行期满后应进行正式验收。

**6.2.2** 验收一般包括现场施工检查, 系统软硬件功能、性能检查、测试, 以及相关资料的审查等。

**6.2.3** 系统验收前应提交相关资料及技术报告:

- 1 设计单位应提交“监测自动化系统设计报告”。
- 2 施工单位应提交“监测自动化系统竣工报告”。
- 3 工程监理单位(如有)应提交“监测自动化系统工程监理报告”。
- 4 运行管理单位应提交“监测自动化系统试运行总结报告”。
- 5 监测自动化系统安装调试技术总结报告。
- 6 系统硬软件设备清单、系统硬软件使用说明书。

## 7 运行维护

**7.0.1** 监测自动化系统的监测频次在试运行期不少于1次/天，宜保持原人工观测频次。运行期不少于1次/周，非常时期应提高监测频次，宜每半年对系统的部分或全部测点进行1次人工比测。

**7.0.2** 所有原始实测数据必须全部入库保存，监测数据至少每3个月作1次备份。

**7.0.3** 根据大坝实际运行安全状况和管理需要，应定期对监测自动化系统的整体运行进行评估，及时对监测自动化系统进行完善、改造、升级，包括增加或减少接入监测自动化系统的项目或测点，以满足大坝安全监控的要求。

**7.0.4** 监测自动化系统运行维护其他要求按现行行业标准《大坝安全监测系统运行维护规程》DL/T 1558 中监测自动化系统相关内容的要求执行。



## 附录 A 平均无故障工作时间

**A.0.1** 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)。

**A.0.2** 故障定义: 数据采集单元不能正常工作, 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。

**A.0.3** 在一年考核期内, 平均无故障时间可按下式计算:

$$MTBF = \left( \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{1+r_i} \right) / n \dots\dots\dots (A.0.3)$$

式中:  $t_i$  ——考核期内, 第  $i$  个测点或采集单元的正常工作时数;  
 $r_i$  ——考核期内, 第  $i$  个测点或采集单元出现的故障次数;  
 $n$  ——系统内测点或数据采集单元总数。

## 附录 B 数据缺失率

**B.0.1** 数据缺失率 (FR) 是指在考核期内未能测得的有效数据个数与应测得的数据个数之比。错误测值或超过一定误差范围的测值均属无效数据。对于因监测仪器损坏且无法修复或更换而造成的数据缺失, 以及系统受到不可抗力及非系统本身原因造成的数据缺失, 不计入应测数据个数。统计时计数时段长度可根据大坝实际监测需要取 1 天、2 天或 1 周, 最长不得大于 1 周。数据缺失率 FR 按下式计算:

$$FR = \frac{NF_i}{NM_i} \times 100\% \dots\dots\dots (B.0.1)$$

式中:  $NF_i$  —— 缺失数据个数;  
 $NM_i$  —— 应测得的数据个数。

## 附录 C 短期测值稳定性

**C.0.1** 自动化系统短期测值稳定性考核主要通过短时间内的重复性测试，根据重复测量结果的中误差来评价。

根据大坝结构和运行特点，假定在较短时间内库水位、气温、水温等环境量基本不变，则相关监测值也应基本不变。通过自动化系统在短时间内连续测读  $n$  次（如  $n=15$  次），读数分别为： $x_1, x_2, \dots, x_n$ ，由  $n$  次读数计算其中误差，根据中误差评价读数精度及测值稳定性。 $n$  次实测数据算术平均值  $\bar{x}$  按下式计算：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (C.0.1)$$

**C.0.2** 对短时间内重复测试的数据，用贝塞尔公式计算出短期重复测试中误差  $\sigma$ ，作为采集装置的测读精度，评价是否达到厂家的标称技术指标，按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (C.0.2)$$

## 附录 D 比测指标

**D.0.1** 人工比测一般采用过程线比较法或方差分析法进行对比。

**D.0.2** 过程线比较法是分别选取某测点在试运行期间内相同次数、相同时间的系列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。

**D.0.3** 方差分析法是分别选取某测点在试运行期间内相同次数、相同时间的系列自动化测值和人工测值，分别组成自动化测值序列  $X_{zi}$  和人工测值序列  $X_{ri}$ 。每次进行人工及自动化对比测量时的连续测读次数宜为 3 次~9 次，记录对应测量过程中的中间值  $X_{zi}$ 、 $X_{ri}$ 。按式 (D.0.3-1) 计算两个序列之间的偏差  $\delta_i$ ，按式 (D.0.3-2) 计算比测偏差序列的均方差  $\delta$ ，按式 (D.0.3-3) 计算比测偏差控制限值  $\sigma$ ，取  $\delta \leq 2\sigma$ 。

$$\delta_i = |X_{zi} - X_{ri}| \cdots \cdots \cdots \text{(D.0.3-1)}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i^2} \cdots \cdots \cdots \text{(D.0.3-2)}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_r^2 + e_z^2 + e_r^2} \cdots \cdots \cdots \text{(D.0.3-3)}$$

式中： $i$  ——第  $i$  次比测；

$n$  ——总比测次数；

$\sigma_z$  ——自动化测量精度；

$\sigma_r$  ——人工测量精度。

按式 (D.0.3-4)、式 (D.0.3-5) 计算本次对比测量时该测点的标准差  $e_{ri}$ 、 $e_{zi}$ ；按式 (D.0.3-6)、式 (D.0.3-7) 计算试运行期间内该测点的标准差算数平均值  $e_r$ 、 $e_z$ 。

$$e_{ri} = \frac{X_{rimax} - X_{rimin}}{C} \dots\dots\dots (D.0.3.4)$$

$$e_{zi} = \frac{X_{zimax} - X_{zimin}}{C} \dots\dots\dots (D.0.3.5)$$

$$e_r = \frac{e_{r1} + e_{r2} + \dots + e_{rn}}{n} \dots\dots\dots (D.0.3.6)$$

$$e_z = \frac{e_{z1} + e_{z2} + \dots + e_{zn}}{n} \dots\dots\dots (D.0.3.7)$$

式中： $X_{rimax}$ ——第*i*次比测时，人工连续测读中的最大值；

$X_{rimin}$ ——第*i*次比测时，人工连续测读中的最小值；

$X_{zimax}$ ——第*i*次比测时，自动化连续测读中的最大值；

$X_{zimin}$ ——第*i*次比测时，自动化连续测读中的最小值；

$C$ ——极差系数，通过查询表 D.0.3 得到。

表 D.0.3 极差系数查询表

测读次数	2	3	4	5	6	7	8	9
$C$	1.13	1.69	2.06	2.33	2.53	2.70	2.85	2.97

注：当测点在试运行期间保持基本稳定时，可只记录测点的某一次  $e_{ri}$ ，取  $e_z = e_r = e_{ri}$ 。

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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 本规范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”。

## 引用标准名录

- 《计算机场地安全要求》 GB/T 9361
- 《混凝土坝安全监测技术规范》 DL/T 5178
- 《土石坝安全监测技术规范》 DL/T 5259
- 《大坝安全监测系统运行维护规程》 DL/T 1558
- 《大坝安全监测数据自动采集装置》 DL/T 1134
- 《大坝安全监测数据库表结构及标识符标准》 DL/T 1321
- 《水电站大坝运行安全管理信息系统技术规范》 DL/T 1754

中华人民共和国电力行业标准

大坝安全监测自动化技术规范

**DL/T 5211—2019**

代替 DL/T 5211—2005

条 文 说 明



## 目 次

1 总则 .....	29
2 术语 .....	30
3 监测自动化系统设计 .....	31
4 技术要求 .....	34
5 安装调试 .....	36
附录 A 平均无故障工作时间 .....	37
附录 D 比测指标 .....	38

# 1 总 则

**1.0.1** 为了统一大坝工程安全监测自动化的技术要求，可能在全国统一共同性的通用内容，本规范均加以规定。

**1.0.2** 本规范关于大坝的定义中，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。小型水电水利工程的大坝安全监测自动化系统可结合实际需求参照本规范要求执行。

## 2 术 语

**2.0.1** 随着监测技术的发展,在监测领域出现了类似无线传感器、CCD 垂线坐标仪、带数字输出接口(变送器)的静力水准及水位计,甚至像水管式沉降仪、引张线式水平位移计等非传统意义上的监测仪器(装置),这些监测仪器(装置)已经可以直接接入采集计算机,监测仪器设备用来统称这些监测仪器(装置),监测仪器设备有别于自动化系统中的数据采集模块,数据采集模块不仅通道多,而且自动化方面的功能更加丰富。

**2.0.2** 数据采集装置的核心部分是数据采集模块,一台数据采集装置可以配置多个数据采集模块。数据采集装置是监测自动化系统中监测现场的核心设备,是自动化功能的主要实现者。

**2.0.4** 监测管理站一般布设在大坝(厂区)监测现场,直接管理监测自动化系统中的数据采集装置。

## 3 监测自动化系统设计

### 3.1 一般规定

**3.1.3** 新建工程建设期的现场环境条件差，观测工作量大，在复杂地质条件下的地下厂房及洞室的开挖、大坝蓄水期等特殊期间，对观测的频次要求非常高，市场已有较成熟的自动化测量及组网成套技术可以满足建设期的自动化观测需要，所以在条件具备时宜尽早实现自动化。对于处于雷击风险环境下的新建土石坝工程，监测自动化系统应统一规划还体现在：在土建设计、施工期间就应该为自动化监测站设计好接地系统，因为这类监测站的接地设施在后期的设计、施工难度往往非常大，某些场合甚至无法施工。

### 3.2 设计内容

**3.2.7** 监测自动化系统的防雷设计关乎整个自动化系统能否安全、稳定运行，应结合工程的实际情况进行专门设计。《大坝安全监测数据自动采集装置》DL/T 1134 中对监测自动化数据采集装置的防雷标准是参照低压仪器仪表制定的，适合于处于防雷末端的电子设备本身的要求。由于土石坝坝区，以及混凝土的两岸边坡、坝顶、野外测站等区域一般都属于易遭受直击雷或强雷电感应的场合，自动化设备安装在这些场合时必须进行系统的防雷设计，建设合格的接地系统，配置必要的专用防雷装置，规范施工，并注意对缆线的保护。

### 3.3 系统设计

**3.3.2** 监测自动化系统的构建可以根据现场实际情况采用多种方

式，现场网络可以采用 RS-485、以太网、移动通信网、WiFi 以及其他国际标准构建。无线通信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。无线通信的具体实现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）、WiFi（wireless fidelity）或更先进的其他无线通信方式。近些年，云技术的发展及应用取得了较大进展，故在组建网络时也纳入了云技术的应用。

### 3.3.3 监测站设计。

1 监测站是放置自动化采集设备的地方，由于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工作。

3 在大量实际工程中，当引入监测站的监测仪器线缆存在雷电感应风险时，仅靠装置内置的防雷电路往往无法保护装置本身及传感器，所以要求“引入监测站的传感器（线缆）存在雷电感应风险时应设置专用防雷保护器”。

3.3.4 本条规定了监测管理站设计应符合的要求。监测管理站是子系统的终端节点，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，数据采集装置进行数据采集和数据传输，并可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。

### 3.3.5

6 《混凝土坝安全监测技术标准》GB/T 51416—2020 中已提出了安全监控要求，故在监测自动化系统建设时，对于安全风险较高的大坝宜具备安全在线监控功能。

**3.3.7** 在通信网络设计时，现场网络通信通常可采用双绞线、光纤、无线方式，各种通信方式可混合使用。

**3.3.9** 大坝监测自动化系统不同于一般工业测控的系统，大坝监测自动化系统通常处于高电磁干扰、高雷电感应环境，因此可靠的接地是确保监测自动化系统稳定、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。

## 4 技术要求

### 4.1 系统环境要求

**4.1.2** 大坝安全监测自动化系统对电源要求统一管理，电源稳定、可靠。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。

**2** 不间断电源（UPS）是一种应急备用电源，主要用于给监测管理站及监测管理中心站的计算机类设备供电，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。当采用太阳能、风能或风光互补电源供电时，应根据实际情况进行专门设计。

### 4.2 系统功能要求

**4.2.8** 在监测自动化系统中，大坝安全监测信息管理软件是一个重要的组成部分。根据工程的规模和特点，监测信息管理软件的构成各有差异。本条只规定了监测信息管理软件的基本功能要求，有条件 and 有更多需求的工程，可以提出本规范未包含的、合理的、经过努力可以实现的功能要求。

**4.2.10** 人工观测数据可以是人工输入的数据，也可以是其他形式的的数据，如存储在电子表格中和手持设备上的数据等。

### 4.3 系统性能要求

**4.3.1** 本条对监测自动化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。本条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）。

**4.3.5** 本条的性能指标是只针对自动化设备本身内部硬件装置提出的要求，存在雷击风险的应用现场可通过增加专用的外置防雷装置等来满足现场防雷的需要。

## 4.6 网络通信设备

**4.6.1** 网络通信设备主要包括交换机、路由器、收发器、协议转换器、通信服务器等，在自动化系统中可以用来实现现场数据采集装置之间、数据采集装置与采集计算机之间、不同子系统之间以及现场与后方管理中心之间的远程连接等，网络通信设备的选用与数据采集装置及自动化系统网络结构密切相关，主要考虑的因素包括接口类型、接口数量、通信速率、通信介质、供电电源以及是否具有管理功能等。



## 5 安装调试

### 5.1 监测自动化设备安装

**5.1.1** 本条中的现场检查、测试，特指监测自动化系统开始安装后、监测仪器接入数据采集装置前，应进行的前期准备工作，以了解仪器当前的短期稳定性及仪器绝缘等工况，与常规的仪器鉴定工作不一样，后者一般包括对仪器的历史资料进行分析评价、现场检测评价与综合评价等工作。

## 附录 A 平均无故障工作时间

本次修订主要对其中的计算公式进行了完善。一是当系统在考核期内无故障发生时，采用原公式计算将出现技术性错误；其次，原公式采用了无区别地累计总的故障时间，然后进行简单计算平均值的方法，当系统中存在某些反复、频繁出现故障的个别仪器设备时，采用原公式计算所得的考核值并不能科学、准确地反映整个系统的真实运行情况。

修改后的计算公式在规避了考核期内无故障发生时出现计算时的技术性错误的同时，对具体仪器设备的正常时间与其对应故障次数先进行了相关计算，分别取得各具体仪器设备对应的平均无故障时间，然后再计算系统总的平均无故障时间，从而能更准确地反映整个系统的真实运行情况。

## 附录D 比测指标

原附录中，在计算自动化与人工测量的偏差时，未考虑工程现场仪器本身工况（稳定性）对测量带来的附加误差影响，因现场仪器本身的稳定性而带来的误差影响往往比设备的测量精度高出一个多数量级，从而使得在实际工程中进行人工比测时，往往需要对相当数量的因仪器本身稳定性而导致的比测偏差超限进行逐一解释、说明，本次修订重点对此进行了补充、完善；同时进一步增加了对相关取值过程的描述，使得现场更加方便操作。在具体计算人工和自动化比测量时测点的标准差时参考了《测量不确定度评定与表示》JJF 1059.1—2012 中的相关内容。

---





## 附录 A 平均无故障工作时间

本次修订主要对其中的计算公式进行了完善。一是当系统在考核期内无故障发生时，采用原公式计算将出现技术性错误；其次，原公式采用了无区别地累计总的故障时间，然后进行简单计算平均值的方法，当系统中存在某些反复、频繁出现故障的个别仪器设备时，采用原公式计算所得的考核值并不能科学、准确地反映整个系统的真实运行情况。

修改后的计算公式在规避了考核期内无故障发生时出现计算时的技术性错误的同时，对具体仪器设备的正常时间与其对应故障次数先进行了相关计算，分别取得各具体仪器设备对应的平均无故障时间，然后再计算系统总的平均无故障时间，从而能更准确地反映整个系统的真实运行情况。

## 附录 D 比测指标

原附录中，在计算自动化与人工测量的偏差时，未考虑工程现场仪器本身工况（稳定性）对测量带来的附加误差影响，因现场仪器本身的稳定性而带来的误差影响往往比设备的测量精度高出一个多数量级，从而使得在实际工程中进行人工比测时，往往需要对相当数量的因仪器本身稳定性而导致的比测偏差超限进行逐一解释、说明，本次修订重点对此进行了补充、完善；同时进一步增加了对相关取值过程的描述，使得现场更加方便操作。在具体计算人工和自动化比测量时测点的标准差时参考了《测量不确定度评定与表示》JJF 1059.1—2012 中的相关内容。

---

DL/T 5211—2019  
代替 DL/T 5211—2005



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 **最及时、最准确、最权威** 的电力标准信息



155198.2197

定价：23.00 元