

ICS 27.140

P 59

备案号: J1421—2012



中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5272 — 2012

大坝安全监测自动化系统 实用化要求及验收规程

Acceptance code and practical requirement of automation
system for dam safety monitoring

2012-04-06 发布

2012-07-01 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系统
实用化要求及验收规程

Acceptance code and practical requirement of automation
system for dam safety monitoring

DL/T 5272 — 2012

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：2012 年 7 月 1 日

室内存放
不准发出



T0008025

中国电力出版社

2012 北 京

中华人民共和国电力行业标准
大坝安全监测自动化系统
实用化要求及验收规程

Acceptance code and practical requirement of automation
system for dam safety monitoring

DL / T 5272 — 2012

*

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>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2012 年 7 月第一版 2012 年 7 月北京第一次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 1.625 印张 39 千字
印数 0001—3000 册

*

统一书号 155123 · 969 定价 14.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

本规程根据《国家发展和改革委员会办公厅关于印发 2008 年行业标准计划的通知》(发改办工业〔2008〕1242 号文)的要求制定。

本规程规定了大坝安全监测自动化系统的建设、功能、性能、管理等技术要求,以及实用化验收应具备的条件和组织工作等要求。

本规程由中国电力企业联合会提出。

本规程由电力行业大坝安全监测标准化技术委员会归口。

本规程主编单位:国家电力监管委员会大坝安全监察中心。

本规程参编单位:北京木联能工程科技有限公司。

本规程主要起草人:赵花城、沈海尧、王玉洁、郭晨、尚宏、陆声鸿。

本规程主要审查人:卢有清、汪毅、张秀丽、郑晓红、刘剑鸣、颜义忠、赵志勇、耿贵彪、王跃、顾冲时、薛桂玉、荆岫岩、黄小应、王梅枝、王为胜、徐国龙、沈省三、吴亚辉、胡晓云、宫玉强、王锋辉、张运雄、濮久武、李长和、杨国祥。

本规程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

前言	I
1 总则	1
2 术语	2
3 实用化要求	4
3.1 建设要求	4
3.2 功能要求	6
3.3 性能要求	8
3.4 管理要求	9
4 实用化验收	11
4.1 申请验收条件	11
4.2 验收组织工作	11
附录 A 大坝安全监测自动化系统验收主要报告编制大纲	13
附录 B 大坝安全监测自动化系统定量考核指标计算方法	16
附录 C 大坝安全监测自动化系统实用化验收现场检查、 测试、考核	18
附录 D 大坝安全监测自动化系统实用化验收鉴定书格式	25
本标准用词说明	28
引用标准名录	29
附：条文说明	31

Contents

Preface	I
1 General	1
2 Terms	2
3 Practical Requirements	4
3.1 Construction Requirements	4
3.2 Functional Requirements	6
3.3 Performance Requirements	8
3.4 Management Requirements	9
4 Practical Acceptance	11
4.1 Application Conditions for Acceptance	11
4.2 Organization for Acceptance	11
Appendix A Outline of Acceptance Report of Automation System	13
Appendix B Indexes Calculation Method in Quantitative Assessment of Automation System	16
Appendix C Site Inspection, Test and Assessment in Practical Acceptance of Automation System	18
Appendix D Format of Practical Acceptance Report of Automation System	25
Explanation of Wording in This Standard	28
List of Quoted Standards	29
Addition: Explanation of Provisions	31

1 总 则

1.0.1 为加强对已运行水电站大坝安全监测自动化系统的管理，规范监测自动化系统的建设、验收工作，提高实用化水平，充分发挥监测自动化系统在监控大坝安全运行中的作用，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于已运行水电站大坝安全监测自动化系统的建设和实用化验收。

1.0.3 监测自动化系统建设应以大坝安全监测为目的，遵循“实用可靠、技术成熟、经济合理、突出重点”的原则。

1.0.4 监测自动化系统包括监测仪器、数据采集装置、采集计算机、数据采集软件、电源及通信线路、监测信息处理计算机及外部设备、监测信息管理系统软件等软硬件。

1.0.5 水电站大坝安全监测自动化系统实用化验收除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

下列术语适用于本规程。

2.0.1 监测仪器 monitoring instrument

基于各种原理的传感器和测量装置。

2.0.2 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。

2.0.3 监测点 monitoring point

监测仪器布设的位置。

2.0.4 监测站 monitoring station

安装集线箱或数据采集装置的位置或场所。

2.0.5 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。

2.0.6 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。

2.0.7 读数仪 readout/indicator

便携式数据读取装置。

2.0.8 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。

2.0.9 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。

2.0.10 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。

2.0.11 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。

2.0.12 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。

2.0.13 平均维修时间 MTTR, mean time to repair

修复故障所需时间的平均值。

2.0.14 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。

2.0.15 实用化要求 practical requirement

满足大坝安全监控与运行管理的最基本要求。

3 实用化要求

3.1 建设要求

3.1.1 监测自动化系统的建设应按《水电站大坝运行安全管理规定》(电监会第3号令)的要求,进行专项设计、专项审查和专项验收。

3.1.2 水电站运行单位应委托有相应设计资质的单位承担自动化系统设计。

3.1.3 水电站运行单位应组织人员或委托其他有资质的单位对施工过程进行监督管理;施工过程中,应派大坝安全监测专业人员全过程参与。

3.1.4 自动化系统的施工,应严格按设计和有关规范要求进行。

3.1.5 实施监测自动化系统前,应先对原大坝安全监测系统进行综合评价。

3.1.6 根据监测系统综合评价成果,结合大坝的重点或薄弱部位、实际安全状况和管理需要,对自动化系统进行专项设计。下列坝型的大坝实现监测数据自动采集的监测项目应包括(但不限于):

- 1 混凝土坝:水平位移、渗流、环境量。
- 2 土石坝:渗流、环境量。
- 3 面板堆石坝:面板接缝变形、渗流、环境量。

其他未实现监测数据自动采集的监测项目或测点,其人工监测数据应能通过人工录入的方式输入“监测信息管理系统”,实现监测信息的及时处理、分析、报送。

3.1.7 监测自动化系统的关键技术和设备,应根据工程的实际需

要和运行环境，采用成熟、可靠的技术和满足国家或行业标准易维护的产品。

3.1.8 新增监测仪器应满足下列要求：

1 技术指标应满足相应的国家或行业标准以及 DL/T 5178《混凝土坝安全监测技术规范》和 DL/T 5259《土石坝安全监测技术规范》的要求，应符合国家计量法的规定。

2 应是经过长期运行考验的成熟的产品，结构简单，容易维护，可靠性高，稳定性好，并能在潮湿环境下长期正常工作，主要性能满足相应的规范要求。

3 输入输出信号标准应开放；带通信接口的智能监测仪器的通信接口宜采用 RS485，通信规约应开放或提供软件接口（如控件、函数库、动态链接库等）。

3.1.9 数据采集装置应满足下列要求：

1 技术指标应满足 DL/T 5211《大坝安全监测自动化技术规范》的规定，并应具备产品生产许可证。

2 具有人工测量装置。对内部埋设传感器，应能在不插拔传感器与数据采集装置之间接线的情况下进行人工读数。

3.1.10 通信介质应满足下列要求：

1 通信介质的选择应和系统网络结构相适应。

2 系统通信方式为多层网络结构。

3 现场网络介质为光纤、双绞线、网线、无线（包括卫星、移动通信等）、电话线，根据网络结构和通信速率选定；必要时，应具备能够支持多种有线、无线通信组网方式和主备信道自动切换的功能。

4 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。

3.1.11 系统电源、系统防雷应满足 DL/T 5211 的规定。数据自动采集装置、网络通信、系统电源等宜独立设置防雷装置，并可靠接地。

3.1.12 监测信息管理系统（安全监测应用软件）建设应满足电力行业水电站大坝安全监管和运行管理要求。

3.2 功 能 要 求

3.2.1 数据采集及处理功能

1 应具有自动巡测和人工选测的功能，可采用中央控制和自动控制方式进行数据采集。

2 具有在数据采集装置与监测管理站或监测管理中心站内的计算机之间进行双向数据通信，以及与系统外部的网络计算机进行双向数据通信的功能。

3 具有对重要测点进行远程数据采集的功能。

4 监测管理站或监测管理中心站内的计算机具有处理数据采集装置采集的各种监测仪器输出信号，并将其转换为监测物理量的功能。

3.2.2 状态判别及报警功能

1 具有自动监测和诊断采集设备、电源、通信等硬件的工作状态，对异常情况自动报警的功能。

2 具有自动检验测值是否超限，并进行报警的功能。

3.2.3 系统维护和管理功能

1 可进行扩充和删减，不影响系统正常工作。

2 可对系统硬件进行维修和更换。

3 可对系统参数进行设置和调整。

4 可增减测点、更改测点属性和计算公式等。

5 可增减用户、更改口令和权限等。

6 可增减、更改监测系统布置图。

3.2.4 信息交换功能

1 可按《水电站大坝运行安全信息报送办法》（电监安全〔2006〕38号文）的要求，发送监测信息。

2 可与其他系统进行信息交换或在系统中预留相应的接口。

3.2.5 数据处理功能

1 能编辑整编数据库中的监测数据,对录入的人工监测数据进行有效性验证,删除数据前应有确认,数据改变时应自动计算相应的监测物理量,历次编辑情况都应记入日志。

2 查询数据,查询结果可用图表显示和导出。

3 可由用户定制表格,制作周报、月报、季报、年报及任意时段的通用表格。

4 可维护管理采集数据库和整编数据库,数据的修改只能在整编数据库中完成。

5 应具备数据库自动定期备份和手动备份的功能。

3.2.6 数据整编功能

能按 DL/T 5209《混凝土坝安全监测资料整编规程》和 DL/T 5256《土石坝安全监测资料整编规程》的要求制作下列图表:

1 测点基本资料表。

2 测值年度统计整编表。

3 测值整编图。

3.2.7 数据分析功能

1 能用过程线、分布线、相关线等对监测数据进行图形化处理,显示的图形可无级缩放和平移,图形要素可编辑,图形可打印和以矢量图形式输出到常用办公软件。

2 具有对监测物理量特征值进行统计及建立统计模型分析的功能,并对模型进行合理检验和成果分解。

3.2.8 电源管理功能

1 电源能自动切换,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。

2 蓄电池能自动充电。

3.2.9 安全保护功能

1 设置多级用户权限,具有多级用户管理功能。

2 具有网络安全防护功能。

3.3 性能要求

3.3.1 定性要求

- 1 具有较好的长期稳定性。
- 2 具有良好的防雷、防潮、防锈和防小动物侵入等性能。
- 3 具有抗振、抗电磁干扰等性能。
- 4 具有系统可扩展性。
- 5 具有数据掉电保护性能。
- 6 具有电源自动转换和蓄电池自动充电性能。
- 7 硬件维护便捷。
- 8 软件运行稳定。
- 9 软件开发和用户界面规范。
- 10 软件使用便捷。
- 11 接入到数据采集装置上的数据线等接口应方便现场检修或更换。
- 12 数据采集装置的机箱应有足够的空间，方便现场检查和维护。
- 13 采集的数据能反映监测对象的变化规律，具有良好的连续性、周期性，无系统性偏移。
- 14 与对应时间的人工读数比较，变化规律基本一致，变幅相近。

3.3.2 定量要求

- 1 有效数据缺失率不大于 3%。
- 2 采集装置年平均无故障工作时间 MTBF 不小于 6300h。
- 3 采集装置平均维修时间 MTTR 不大于 2h。
- 4 自动化系统采集数据与同时同条件人工测读数据差值 δ 保持基本稳定，无趋势性变化，两者差值 δ 应不大于两倍均方差。
- 5 在被测物理量基本不变的条件下，自动化系统数据采集装

置连续 15 次采集数据的中误差应达到设备技术指标。

3.4 管 理 要 求

3.4.1 按 DL/T 5211 及本规程的要求完成监测自动化系统的实用化验收工作，做好设计、施工、监理、设备安装调试，以及运行单位提交的技术报告的归档工作。技术报告包括书面报告、图纸及其电子文档。

3.4.2 应结合工程的实际情况，编制监测自动化系统使用维护手册，并制定相关的管理规定，以及系统发生故障时保证不间断监测的应急预案。

3.4.3 应加强监测自动化系统的维护和管理，定期对系统的设备（包括监测仪器）进行校验，并备有备品、备件。

3.4.4 运行单位应指派专人负责监测自动化系统的运行、管理、维护。

3.4.5 监测自动化系统安装调试完成后应进行预验收，并投入为期 1 年的试运行。

3.4.6 监测自动化系统的监测频次试运行期一般为 1 次/天，并保持原人工观测频次。实用化验收后，监测频次不少于 1 次/周，非常时期应加密监测频次。宜每半年对系统的部分或全部测点进行 1 次人工比测。

3.4.7 所有原始实测数据必须全部入库（采集数据库），监测数据至少每 3 个月作 1 次备份。

3.4.8 至少每月对主要自动化监测设施进行 1 次巡视检查，汛前和汛后应进行 1 次全面检查、维护。

3.4.9 每月应校正 1 次系统时钟。

3.4.10 应有监测自动化系统日常运行维护日志。

3.4.11 通过实用化验收的水电站大坝，其他未接入监测自动化系统的监测项目或测点，可根据实际情况逐渐减少人工监测频次或停测，但应按照有关规定上报批准后方可实施。

DL / T 5272 — 2012

3.4.12 根据大坝实际运行安全状况和管理需要,应适时对监测自动化系统进行完善、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。

4 实用化验收

4.1 申请验收条件

4.1.1 自动化系统在系统试运行期满或竣工验收后，且有连续完整的运行记录，各项要求已实现，自查合格后，方可申请实用化验收。有条件的，自动化系统竣工验收和实用化验收宜联合一并进行。

4.1.2 申请验收单位应按要求组织一次自查测试，逐项检查各项考核指标，在此基础上编写自查报告，供验收时参考。

4.1.3 验收时，设计、施工、设备安装调试及运行管理单位应提交相关技术报告。主要报告编制大纲见附录 A。

- 1 设计单位应提交自动化系统设计报告。
- 2 设备安装调试单位应提交自动化系统安装调试技术总结报告。
- 3 运行单位应提交自动化系统运行总结报告、自动化系统实用化验收申请报告。

4.2 验收组织工作

4.2.1 实用化验收工作应按 GB/T 22385《大坝安全监测系统验收规范》的要求，由水电站运行单位委托大坝安全技术监督单位对监测自动化系统进行验收。由大坝安全技术监督单位根据工程规模 and 特点组织有关专家成立验收专家组。

4.2.2 运行单位应提前 30 天将自动化系统实用化验收申请报告（书面），最近 1 年的自动化系统采集的数据库、人工比测数据，以及完整的系统运行维护日志（电子文件）等送达验收组织单位。

4.2.3 验收组织单位收到申请材料后，应先对自动化系统采集的数据进行初步统计分析，重点考察其数据缺失率、平均无故障工作时间、自动化系统采集数据与人工测读数据两者差值控制标准（人工比测指标）、短期测值稳定性，计算方法见附录 B。上述指标达到本规程第 3.3 节的要求后，方可正式受理。

4.2.4 验收专家组一般由 5~7 人组成，成员应以有实践经验的专业人员为主，包括水工设计、监测设计、监测资料分析，以及自动化系统硬件、软件、运行等方面的专家。自动化系统的设计、安装调试、运行单位作为被验收单位不参加验收专家组，但应参加验收专家组会议，向验收专家组汇报各自的工作。

4.2.5 验收专家组下设硬件测试组、软件测试组和资料审查组，其成员一般由验收组织单位指定，由验收专家组成员和被验收单位代表参加，被验收单位代表主要参与配合工作，不参与报告编写。硬件测试组负责自动化系统的现场检查 and 硬件测试，编写现场测试报告；软件测试组负责自动化系统的软件测试，编写软件测试报告；资料审查组负责审查提交的验收材料的完整性，编写资料审查报告。

4.2.6 验收专家组主要现场工作：

- 1 对自动化系统进行现场检查和测试，内容见附录 C.1。
- 2 听取运行单位及各参建单位对自动化系统的建设、运行、管理情况的汇报。
- 3 采取座谈会和现场询问的方式，向运行人员了解自动化系统的实际运行和使用情况。
- 4 按本规程第 3.1 节、3.2 节、3.3 节、3.4 节的要求进行考核，考核表格式见附录 C.2。
- 5 编写验收鉴定书，格式见附录 D。

4.2.7 为保证工作质量，实用化验收的现场工作时间不得少于 2 天。

4.2.8 验收鉴定书应按有关规定报上级主管部门备案。

附录 A 大坝安全监测自动化系统验收 主要报告编制大纲

A.0.1 监测自动化系统设计报告应包括下列内容（但不限于）：

1 概述

- 1) 工程概况。
- 2) 大坝竣工安全鉴定或最近一次定期检查结论和建议。
- 3) 大坝结构特点、重点部位或薄弱部位。

2 现有监测系统布置及运行情况

3 监测自动化系统设计原则及依据

4 监测自动化系统设计

- 1) 接入监测自动化系统的监测项目及其测点。
- 2) 监测仪器设备技术指标设计。
- 3) 监测数据自动采集系统设计。
- 4) 监测信息管理系统（安全监测应用软件）设计。

5 主要监测仪器设备施工技术要求

6 运行期监测技术要求

7 工程投资概算

8 附图

A.0.2 监测自动化系统安装调试技术总结报告应包括下列内容（但不限于）：

1 工程概况

2 监测仪器设备和完成的主要工程量

监测仪器设备的生产厂家、型号、数量；完成的主要工程量，监测自动化系统硬、软件清单；实际完成情况与设计布置及数量的对比、主要变更情况等。

DL/T 5272 — 2012

3 施工过程及质量管理

主要项目的施工情况及开工和完工日期、施工中发现的主要问题及处理情况等。

质量保证体系及实施情况、监测仪器设备现场安装调试情况、施工质量自检情况等。

4 施工技术措施

采用的主要施工方法、技术要求及其效果评价等。

5 监测仪器设备基本资料、测点监测物理量计算公式

具体内容和要求见 DL/T 5209 和 DL/T 5256。

6 监测自动化系统各项指标考核自评

7 存在的问题与建议

8 附件

1) 监测自动化系统施工管理大事记。

2) 监测自动化系统竣工图。

3) 监测自动化系统硬、软件设备清单。

4) 各测点监测物理量过程线等。

5) 监测自动化系统使用维护操作手册。

A.0.3 监测自动化系统运行总结报告应包括下列内容（但不限于）：

1 概述

1) 工程概况。

2) 大坝竣工安全鉴定或最近一次定期检查结论和建议。

3) 大坝运行情况及存在的问题。

4) 现有监测系统布置及运行情况。

5) 接入监测自动化系统的监测项目及其测点。

6) 监测自动化系统的组成。

2 监测自动化系统建设

简述设计、安装调试、监理单位，以及设计审查、施工验收等情况。

3 监测自动化系统运行维护和管理

包括人员培训、运行维护、规章制度建立情况、工程效益等，以及自动化系统运行维护日志。

4 监测自动化系统运行和考核评价

包括人工比测成果、监测精度、数据缺失率、平均无故障工作时间是否满足要求；评价监测数据管理软件能否满足要求；绘制各监测物理量自系统投入运行以来的测值过程线（含人工比测测值过程线）等。

5 存在的问题与建议

6 附件

1) 监测运行管理机构设立的批文。

2) 监测运行主要工作人员简介。

3) 监测管理规章制度目录。

A.0.4 自动化系统实用化验收申请报告应包括下列内容（但不限于）：

1 工程完成情况

2 验收条件检查结果

3 验收组织准备情况

4 建议验收时间、地点和参加单位

附录 B 大坝安全监测自动化系统定量 考核指标计算方法

B.0.1 数据缺失率 FR

数据缺失率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，最长不得超过 1 周。数据缺失率 FR 按式 (B.0.1) 计算：

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

式中： NF_i ——缺失数据个数；

NM_i ——应测得的数据个数。

B.0.2 平均无故障工作时间 $MTBF$

故障是指采集装置不能正常工作，造成所控制的单个或多个测点测值异常或停测。平均无故障工作时间 $MTBF$ 按式 (B.0.2) 计算：

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{r_i}}{n} \quad (\text{B.0.2})$$

式中： t_i ——考核期内，第 i 个测点或采集单位的正常工作时数；

r_i ——考核期内，第 i 个测点或采集单元出现的故障次数，
当第 i 个测点或采集单元在考核期内未发生故障时，

取 $r_i = 1$ ；

n ——系统内测点或采集单元总数。

B.0.3 自动化系统采集数据与人工测读数据两者差值控制标准

方差分析是取某测点考核期自动化监测和人工比测相同时间或相近时间的测值分别组成自动化测值序列和人工测值序列。设某一时刻的自动化测值为 x_{zi} ，人工测值为 x_{ti} ，则两者差值按式 (B.0.3-1) 计算：

$$\delta = |x_{zi} - x_{ti}| \quad (\text{B.0.3-1})$$

两者差值的方差 σ 按式 (B.0.3-2) 计算：

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_z^2 + \sigma_r^2)} \quad (\text{B.0.3-2})$$

两者差值控制标准按式 (B.0.3-3) 计算：

$$\delta \leq 2\sigma \quad (\text{B.0.3-3})$$

式中： σ_z ——自动化测量精度；

σ_r ——人工测量精度。

B.0.4 短期测值稳定性

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。

根据大坝的结构和运行特点，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 $\bar{x}$ 按式 (B.0.4-1) 计算：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (\text{B.0.4-1})$$

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 σ_m ，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。中误差按式 (B.0.4-2) 计算：

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (\text{B.0.4-2})$$

附录 C 大坝安全监测自动化系统实用化 验收现场检查、测试、考核

C.1 监测自动化系统实用化验收现场检查、测试

C.1.1 系统设备安装和调试

1 接入监测自动化系统的监测仪器设备应按设计要求安装和调试完毕，各项技术指标应满足设计和规范的要求。变形监测仪器的安装方向应与人工测量装置、设计规定的方向一致。接入监测自动化系统的监测仪器应具有人工比测装置。

检验数量：全数检查。

检验方法：对照设计报告；检查设备出厂合格证，出厂前的检验测试报告，埋设或安装调试过程中的检验记录、监测资料；测试组现场检查测试。

2 数据采集系统的技术指标应符合设计和规范的要求，防雷接地系统安全、可靠。能实现数据采集装置与监测管理站或监测管理中心站内的计算机之间进行双向数据通信，以及与系统外部的网络计算机进行双向数据通信。内部埋设传感器在不插拔传感器与数据采集装置之间接线的情况下，能用读数仪进行人工读数。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查出厂合格证、说明书、出厂前的检验测试报告；埋设或安装调试过程中的检验记录、监测资料；测试组现场测试。

3 监测信息管理系统(安全监测应用软件)应具有在线监测、监测物理量特征值统计、统计模型分析、图表制作功能、测值预

报、数据库管理、网络通信功能、安全保密、人工监测数据录入、监测信息发送等功能。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查软件说明书；测试组现场测试。

4 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，采用专线供电。电源线路的走向应满足设计的要求。电缆、线槽、保护管、支架、电缆沟的规格应满足设计要求。供电线路敷设应整齐、美观，现场标识明晰，安装质量满足设计和规范要求。供电线路具有完善的接地设施，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 。

检验数量：抽查。

检验方法：检查设计报告、竣工资料、竣工图；测试组现场察看。

5 通信线路的布置应符合设计要求。信号线、通信线的规格、型号及质量应满足设计和规范要求。线路敷设应整齐、美观，现场标识明晰，安装质量应满足设计和规范要求。通信线路布设时应做好接地防护，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 。

检验数量：抽查。

检验方法：检查设计报告、竣工资料、竣工图；测试组现场察看。

6 网络通信、计算机、存储设备和软件产品的规格、性能应满足规范和设计的要求。产品的质量应满足相应的标准。系统软件应基于通用的操作环境，具有图文并茂的用户界面。网络通信、计算机、存储设备的布置应满足设计要求，各种设备、电缆排列整齐美观，安装稳固，设备间连接正确。

检验数量：抽查。

检验方法：检查设计报告，出厂合格证、说明书、出厂前的检验测试报告，安装调试记录；测试组现场测试。

C.1.2 现场监测站

1 应布置在所测监测仪器的附近,其布置的部位、建筑和装饰质量应满足设计和相关要求。

2 应有防止电磁干扰措施。

3 应具备一定的 workspace 和稳定可靠的电源,并应有良好的接地,接地电阻不宜大于 10Ω 。

4 具有适当的安全防护设施。

检验数量:抽查。

检验方法:竣工资料;测试组现场察看。

C.1.3 监测管理站

1 建筑和装饰质量应满足设计和相关规范的要求。

2 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,接地电阻不宜大于 4Ω 。

3 应有防止电磁干扰措施。

4 具有适当的安全防护设施。

检验数量:全数检查。

检验方法:竣工资料;测试组现场察看。

C.1.4 监测管理中心站

1 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 应配置可靠的供电线路和防雷接地设施,接地电阻不宜大于 4Ω 。

检验数量:全数检查。

检验方法:竣工资料;测试组现场察看。

C.1.5 备品配件

1 应配备各类采集模块、通信模块、防雷模块作为备品配件。

2 各类备品配件应有 2 件~3 件。

检验数量:全数检查。

检验方法:测试组现场检查。

C.1.6 系统准确性、短期稳定性、长期稳定性

1 在系统中对不同类型的采集模块抽取总数的 30%（总数少于 3 块时，则全数测试），同一模块抽取 3 个~5 个测量通道进行准确性测试。测试时，采用一定的方式，人工给予一个标准物理量变化，检查自动化系统测值与标准物理量的较差，以检验系统的测值准确性。

2 在被监测物理量基本不变的条件下，系统数据采集装置对每个测点进行连续 15 次数据采集，根据实测值计算中误差，精度应达到监测仪器的技术指标要求。

3 根据系统运行以来所有历史监测数据资料，以及运行、维护、维修情况记录，计算系统平均无故障工作时间和数据缺失率，以检验系统的可靠性和长期稳定性。

检验数量：抽查。

检验方法：依据监测自动化系统试运行报告，运行期监测数据，现场测试成果。

C.2 监测自动化系统实用化验收考核

监测自动化系统实用化验收考核表格式见表 C.2。

表 C.2 监测自动化系统实用化验收考核表

类别	考核要素	考核结果	备注
建设要求	专项设计	☐ 由有资质单位设计 ☐ 由无资质单位设计 ☐ 未设计	
	专项审查	☐ 按规定审查 ☐ 未审查 组织单位_____ 参加单位_____	
	专项验收	☐ 按规定验收 ☐ 未验收 组织单位_____ 参加单位_____	
	系统设计原则	☐ 先对原有监测系统进行综合评价 ☐ 针对大坝实际性态 ☐ 突出重点 ☐ 所有测点	
	接入系统的监测项目	混凝土坝： ☐ 水平位移 ☐ 渗流 ☐ 环境量 其他_____ 土石坝： ☐ 渗流 ☐ 环境量 其他_____ 面板堆石坝： ☐ 面板接缝变形 ☐ 渗流 ☐ 环境量 其他_____	

续表 C.2

类别	考核要素	考 核 结 果	备注
建设 要求	接入系统的测点数	总数_____, 其中变形_____ 渗流_____ 环境量_____ 其他_____	
	重点、薄弱部位测点数	总数_____, 其中变形_____ 渗流_____ 其他_____	
	系统施工	☐ 按设计和规范要求 ☐ 施工单位有相关资质 ☐ 有监理 ☐ 运行单位派人全过程参与	
	监测仪器	☐ 成熟可靠 ☐ 输入输出信号标准开放 ☐ 能适应实际运行环境	
	数据采集装置	☐ 成熟可靠 ☐ 满足 DL/T 5211 要求 ☐ 具有独立于自动数据采集装置人工测量接口	
	通信介质	☐ 光纤 ☐ 双绞线 ☐ 无线 ☐ 电话线 其他_____	
	监测信息管理系统	☐ 能录入人工监测数据, 并处理、分析 ☐ 能按电监安全(2006)38号文的规定及时报送 ☐ 满足日常运行管理要求 ☐ 未实现	
功能 要求	数据采集方式	☐ 可自动巡测 ☐ 可人工选测 ☐ 可对重要测点进行远程采集	
	现场通信	☐ 单向 ☐ 双向	
	数据处理	☐ 单测点换算 ☐ 多测点换算 ☐ 随测随换算	
	其他取数方式	☐ 用便携机在测控单元读数 ☐ 用小键盘在测控单元读数 ☐ 通过独立端口人工比测	
	硬件诊断和报警	☐ 测控单元供电 ☐ 测控单元状况 ☐ 通信 ☐ 监测仪器状况 ☐ 其他_____	
	测值超限处理	☐ 报警 ☐ 重测 ☐ 纠错, 纠错方式_____	
	系统维护	☐ 可扩充 ☐ 可删减 ☐ 硬件可维修 ☐ 硬件可更换 ☐ 参数可设置和调整	
	信息交换	☐ 可按大坝运行安全信息报送办法要求发送监测信息 ☐ 可发送主管部门 ☐ 其他_____	
	数据查询	☐ 可查询 ☐ 数据可图示 ☐ 数据可导出	
	报表制作	☐ 可由用户定制表格 ☐ 周报 ☐ 月报 ☐ 季报 ☐ 年报 ☐ 任意时段通用表格	

续表 C.2

类别	考核要素	考 核 结 果	备注
功能要求	数据编辑	☐ 输入数据进行有效性验证 ☐ 删除前应有确认 ☐ 有关监测量能自动计算	
	采集数据库管理	☐ 自动备份 ☐ 人工备份 ☐ 恢复	
	测值图形表示	☐ 过程线 ☐ 分布线 ☐ 相关线 ☐ 无级缩放 ☐ 平移 ☐ 可编辑 ☐ 打印 ☐ 矢量图输出	
	数据分析	☐ 特征值统计 ☐ 统计模型 ☐ 混合模型 ☐ 确定性模型 ☐ 合理检验 ☐ 成果分解	
	数据整编	☐ 基本资料表 ☐ 单点整编表 ☐ 多点整编表 ☐ 整编图	
	电源管理	☐ 自动切换 ☐ 在外部电源突然中断时,保证数据和参数不丢失 ☐ 蓄电池自动充电	
	安全保护	☐ 多级用户权限 ☐ 软防火墙 ☐ 硬防火墙	
性能定性要求	长期稳定性	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	防雷	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	防潮	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	防锈	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	防小动物	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	抗振	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	抗电磁干扰	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	扩展性	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	数据掉电保护	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	硬件维护便捷性	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	软件的稳定性	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	软件的规范性	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	软件的便捷性	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	

续表 C.2

类别	考核要素	考 核 结 果	备注
性能定性要求	数据的连续性	☐ 好 ☐ 较好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差	
	采集装置数据线接口是否方便现场检修或更换	☐ 方便 ☐ 较方便 ☐ 一般 ☐ 不方便	
	采集装置的机箱空间是否方便检查和维护	☐ 方便 ☐ 较方便 ☐ 一般 ☐ 不方便	
性能定量指标	有效数据缺失率 FR		
	年平均无故障工作时间 $MTBF$		
	平均维修时间 $MTTR$		
	人工比测偏差	变形监测: 平均_____ 最大_____ 最小_____ 渗流监测: 平均_____ 最大_____ 最小_____	
	连续 15 次读数中误差	变形监测: 平均_____ 最大_____ 最小_____ 渗流监测: 平均_____ 最大_____ 最小_____	
管理要求	资料档案	☐ 完整 ☐ 不完整 ☐ 无	
	运行记录	☐ 完整 ☐ 不完整 ☐ 无	
	使用手册和管理规定	☐ 可操作 ☐ 空洞 ☐ 无	
	技术人员	☐ 1 人 ☐ 2 人以上 ☐ 技术熟练	
	日常维护	☐ 好 ☐ 差	
	主要备品、备件	☐ 满足 ☐ 有, 但不满足 ☐ 无	
结论:			

附录 D 大坝安全监测自动化系统 实用化验收鉴定书格式

D.0.1 监测自动化系统实用化验收鉴定书封面格式见图 D.0.1。

××水电站 大坝安全监测自动化系统实用化验收 鉴 定 书 ××年××月 ××水电站大坝安全监测自动化系统实用化验收组
--

图 D.0.1 监测自动化系统实用化验收鉴定书封面格式

D.0.2 监测自动化系统实用化验收鉴定书扉页格式见图 D.0.2。

××水电站	
大坝安全监测自动化系统实用化验收鉴定书	
主持单位:	
项目法人:	
设计单位:	
施工单位:	
运行单位:	
验收日期: ××年××月××日至××年××月××日	
验收地点:	

图 D.0.2 监测自动化系统实用化验收鉴定书扉页格式

D.0.3 监测自动化系统实用化验收鉴定书内容见表 D.0.3。

表 D.0.3 监测自动化系统实用化验收鉴定书

××水电站大坝安全监测自动化系统实用化验收鉴定书

前言（简述验收主持单位、参加单位、时间、地点等）

1 工程概况

2 监测自动化系统的组成

3 监测自动化系统建设有关单位

包括项目法人、设计、施工、主要设备制造、运行管理等单位。

4 监测自动化系统施工、安装调试过程

包括主要项目的开工日期及完工日期、施工情况、施工中发现的主要问题及处理情况等。

5 监测自动化系统完成情况及主要工程量

6 监测自动化系统阶段验收及移交情况。

包括验收时间、主持单位、遗留问题处理、移交单位和时间。

7 监测自动化系统运行和考核

8 存在的主要问题及处理意见

包括验收遗留问题处理责任单位、完工时间、存在问题的处理建议、对运行管理的建议等。

9 验收结论

包括对工程安全监测系统规模、质量能否按设计和运行管理要求投入使用，以及相应档案资料整理等作出明确的结论。

10 验收组成员签字表

11 被验收单位代表签字表

12 附件

1) 会议代表名单

2) 验收考核表

3) 验收现场硬件、软件测试报告

4) 验收资料审查报告

5) 保留意见（应有具体责任人签字）

本标准用词说明

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,在条件许可时应首先这样做的:
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”、“应按……执行”或“应符合……”。

引用标准名录

- GB/T 22385 大坝安全监测系统验收规范
DL/T 5178 混凝土坝安全监测技术规范
DL/T 5209 混凝土坝安全监测资料整编规程
DL/T 5211 大坝安全监测自动化技术规范
DL/T 5256 土石坝安全监测资料整编规程
DL/T 5259 土石坝安全监测技术规范

中华人民共和国电力行业标准

大坝安全监测自动化系统
实用化要求及验收规程

DL/T 5272 — 2012

条 文 说 明

目 次

1 总则..... 33

3 实用化要求..... 35

4 实用化验收..... 40

1 总 则

1.0.1~1.0.2 这两条提到的“已运行水电站大坝”主要是指已在国家电力监管委员会进行安全注册的大坝。考虑其他在建工程的大坝在管理体制、大坝实际运行性态尚不清楚，以及监测系统还有检验施工质量、反馈设计和科学研究的要求等因素，对这些大坝的安全监测自动化系统暂不作“实用化”要求。

2002年9月12日，原国家电力公司印发了《水电厂大坝安全监测自动化系统实用化验收细则（试行）》（发输电发〔2002〕631号文），其目的是规范水电站运行单位大坝安全监测自动化系统的建设和管理，进一步推动大坝安全监测自动化系统的实用化工作，充分发挥其监测大坝安全、指导大坝运行的作用。

2006年9月29日，国家电力监管委员会，印发了《水电站大坝运行安全信息报送办法》（电监安全〔2006〕38号文）。目前，全国电力系统水电站大坝安全监测自动化改造工作已全面展开，大坝运行安全信息报送方式朝着网络化、实用化的方向发展。

随着电力系统对大坝安全工作的日益重视，特别是经过1987年~1999年的首轮大坝安全定期检查，2000年~2005年的第二轮大坝安全定期检查和2006年~2010年的第三轮大坝安全定期检查，不仅促进了大坝安全补强加固工作的开展，同时也推进了大坝安全监测系统的更新改造。大坝安全监测系统技术改造的目标是更及时、更精确地获取反映大坝工作性态的监测资料，同时也可降低观测人员的劳动强度，提高监测效率。随着计算机和数字通信技术的推广和普及，监测自动化改造已经成为很多水电站运行单位水工技术改造的首选项目。据不完全统计，已有近70%的水电站大坝进行了监测系统的自动化改造，为水电站大坝

的安全运行发挥了积极作用。

然而，早期一些大坝监测系统自动化改造的项目并不十分成功。有些改造后的系统，其精度和长期稳定性无法达到要求，不能做到代替人工观测或减少人工测次，没有发挥应有的作用。此外，20 世纪 90 年代以后兴建的水电站中，有些水电站的大坝安全监测系统也不尽如人意：有的系统过于庞杂，项目设置重点不突出，仪器种类繁多，质量参差不齐，监测项目的针对性不强，监测目的不明确，分散了运行管理人员的精力，影响了重点或必要监测项目的正常开展；有的系统又过于简陋，项目设置和监测精度远没有达到规范要求，不能有效地监视大坝安全运行。

据 2009 年各水电站运行单位上报的材料，205 座在国家电力监管委员会大坝安全监察中心注册的大坝中，变形、渗流、环境量三项大坝安全监控需要的项目均实现自动化的仅有 77 座（占 38%）。因此本条强调，为了加强对已运行水电站大坝安全监测自动化系统的管理，规范监测自动化系统的建设、验收工作，使其充分发挥监控大坝安全、指导大坝运行的作用，特制定本规程。

1.0.3 水电站大坝安全监测项目设置要从“需要和可能”入手。对于已运行多年的水电站大坝，为指导施工而设置的监测项目，在工程竣工后就已完成历史使命；对于纯粹为科学研究而设置的项目，一旦掌握了结构的变化规律，达到了科研目的，其任务也算完成。运行期应是自动化监测的主要服务时期，应根据大坝实际的设计、施工和初期运行情况，针对大坝的关键部位和薄弱环节，设置相应的监测项目。在监测针对性加强和重点突出后，接入监测自动化系统的测点数量将大幅度减少，但对监测的有效性和接入项目的监测精度、可靠性要求会更高。因此，运行期水电站大坝安全监测自动化系统建设应以监控大坝安全为目的，遵循“实用可靠、技术成熟、经济合理、突出重点”的原则。

3 实用化要求

3.1.1 水电站大坝经过首轮、第二轮和第三轮定期检查，发现大多数监测系统存在各种问题，很多水电站运行单位针对大坝安全监测系统存在的不足进行了更新改造。更新改造后情况虽有改善，但结果并不尽如人意。究其原因有以下几方面：设计方案不合理，方案未审查或审查不严格，仪器设备选型和安装调试单位选择不慎重等。

设计方面：在实际工作中，有些水电站运行单位没有按规定开展设计工作。有的水电站运行单位只请仪器生产厂家做一个简单的方案，设计思路不明确，监测的重点不突出，监测项目和测点布置过多、过滥，更有少数厂商甚至为推销自己的仪器设备，在设计方案中掺有明显不合理的成分；有的水电站运行单位虽请设计单位做了设计方案，但有的设计单位限于其自身的水平，设计出来的也仅仅是一个没有针对性的笼统方案。因此，为了保证监测系统更新改造的质量，应由专业设计单位的资深设计人员在全面了解、深入研究的基础上，提出高水平的设计方案。

审查方面：对设计方案的审查是保证设计质量的重要环节，应邀请有丰富水工和监测方面经验的资深专家参与审查。专家应了解大坝的实际工作性态和安全运行要点，重点应审查方案的设计原则、测点布置和仪器选型。实际工作中，个别水电站运行单位曾出现过聘请了责任心不强、业务水平低的专家参与审查，没有起到把关的作用；还有个别水电站运行单位甚至出现过某些专家为了个人或部门的私利，影响、干扰设计方案的情况。因此，水电站运行单位应当重视对设计方案的审查，以便确保设计方案的最优化。

实施方面：监测系统更新改造的实施一般都通过招投标方式选择承包商。承包商应有丰富的实践经验和良好的信誉。由于大坝安全监测仪器安装在现场，有些部位较潮湿，有些部位有电磁波干扰，在仪器设备选择时，一定要注意选择适合大坝现场工作环境的设备。设备采购要排除非技术因素干扰，应根据水电站运行单位实际情况选择最合适的产品。对监测自动化系统的关键监测设施要现场率定，并在高湿度恶劣环境下经过长时间的通电考验。水电站运行单位技术人员应在系统安装调试的全过程中跟班操作，掌握基本的维修保养技能。实际工作中，曾发现个别水电站运行单位在选购仪器设备时较草率，造成改造后的系统与更改的初衷不一致，达不到设计的要求。

验收方面：与其他工程项目一样，监测系统更改完毕后，为了检查土建施工和仪器设备安装调试的质量是否满足合同要求，应对建成后的系统进行验收。由于大坝安全监测系统是与大坝安全有关的重要项目，其改造效果直接关系到能否及时掌握大坝的运行性态，因此大坝安全监督部门必须对改造结果进行检查验收。对于监测自动化改造项目，要求新系统达到设计要求，否则对应的人工监测仍不能停止。实际工作中发现，有些水电站运行单位在实现大坝监测自动化后，情况虽有所改善，但效果并不理想，有些自动化系统的精度和长期稳定性甚至低于人工监测，结果自动化系统运行的同时，人工监测仍不能停止，造成了人力、物力、财力的极大浪费。这种情况不但无法提高大坝安全监测工作的效率，还耗费了监测人员的大量精力，干扰了正常的大坝安全监测工作。因此，监测系统的更新改造一定要保证质量，并在工程竣工验收时，把好最后一道关，只有质量达到要求方能通过合同验收。

2008年9月24日由中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化委员会联合发布，于2009年8月1日实施的GB/T 22385《大坝安全监测系统验收规范》有以下要求：

“5.1.1 当大坝安全监测系统具备验收条件时，应及时组织验收。未经验收或验收不合格的工程不得交付使用。”“5.4.4 竣工验收工作由项目法人按照有关规定，委托大坝安全技术监督单位对大坝安全监测系统进行专项竣工验收。大坝安全技术监督单位根据工程规模 and 特点组织有关专家成立竣工验收委员会。”

国家电力监管委员会于2004年12月1日发布，2005年1月1日施行的《水电站大坝运行安全管理规定》（电监会第3号令）有以下要求：“第十二条……水电站大坝监测系统的更新改造，水电站运行单位应当组织专项设计、专项审查，并在工程竣工验收时，向大坝中心申报专项检查验收。”

3.1.2 我国目前尚未颁发“监测设计资质”，这里所指的“相应设计资质的单位”，是指与该工程设计单位的设计资质相对应。

3.1.5 已建水电站大坝安全监测系统更新改造（包括实施监测自动化系统）时，必须先对现有监测系统进行一次详细检查测试和鉴定评价，了解现有系统存在的具体问题；其次要对已有的所有监测资料，结合大坝的设计、施工资料进行全面分析，掌握大坝的实际工作性态，特别应对影响大坝安全的薄弱部位和重要部位有清醒的认识；然后要按照“以大坝安全监控为目的，遵循实用可靠、技术成熟、经济合理、突出重点”的原则，从监控大坝安全运行的角度，对监测系统的完备性、可靠性作出综合评价；最后针对具体问题提出有效的监测措施，布置相应的监测项目和测点，提出系统的运行管理要求等。

3.1.6 已运行水电站大坝实施监测自动化改造时，应以变形和渗流监测为主，并重视对坝基和坝肩的监测。变形、渗流监测是世界各国公认的最重要的监测项目，我国在混凝土坝安全监测技术规范 and 土石坝安全监测技术规范中都将其明确规定为必测项目。这不仅因为变形和渗流监测的监测值直观可靠，而且这些监测值基本上反映了在各种荷载作用下大坝的工作状态，是综合效应量。

同时为做到实时监控，根据原因量（即环境量，主要指库水

位、下游水位、气温、降水)分析效应量(监测物理量)变化的原因,必须同时获得原因量的实时监测数据。

本条规定了目前工程中常规坝型混凝土坝、土石坝、面板堆石坝等应接入监测数据自动采集系统的监测项目。“其他监测项目”是否接入监测数据自动采集系统,应根据大坝运行实际情况,由专项设计、专项审查确定。例如:

1 重力坝:典型坝段、结构或基础地质条件复杂坝段、运行中出现问题的坝段的变形、渗流;坝基扬压力;总渗流量;高坝或两岸地质条件复杂大坝的绕坝渗流;环境量。

2 拱坝:拱冠、1/4拱、两岸坝肩及基础变形;坝体薄弱部位应力、应变;坝基、坝肩扬压力、渗流量;绕坝渗流;环境量。

3 心墙土石坝:渗流量;心墙渗透压力;高坝或两岸地质条件复杂大坝的绕坝渗流;环境量。

4 面板堆石坝:渗流量和渗透压力;高坝或两岸地质条件复杂大坝的绕坝渗流;面板接缝变形;高坝面板薄弱部位应力、应变;环境量。

5 均质土坝:渗流量和渗透压力;高坝或两岸地质条件复杂大坝的绕坝渗流;环境量。

另外,考虑到目前各监测项目实现监测数据自动采集的可能性,一些如坝体、边坡表面位移测点、采用滑动式测斜仪的边坡深层位移测点等无法接入监测数据自动采集系统的,其人工监测数据应能通过人工录入的方式输入“监测信息管理系统”,实现监测信息的及时处理、分析、报送。

3.1.9 监测数据的准确性和连续性很重要,考虑电子元器件的老化等因素,自动化系统出现故障是难免的。因此,有必要定期进行人工比测,校测自动化系统的准确性;或当自动化系统出现故障时,采用人工测读,以保证监测数据的连续性。但要求在在进行人工比测或人工读数时,尽量避免不对自动化系统产生较大的干扰,要求在不插拔传感器与数据采集装置之间接线的情况下,方

便地进行人工比测或人工读数。

3.1.12 电力行业大坝运行安全监管有一套全面系统的管理规章，按照《水电站大坝运行安全信息报送办法》（电监安全〔2006〕38号文）的规定，“水电站运行单位应当及时收集、整理和保存大坝运行安全信息，并逐步实现大坝运行安全监测信息的自动采集、管理及报送。大坝运行安全信息的报送应当及时、准确、完整，内容包括大坝安全监测信息、大坝安全年度详查报告、大坝安全工作年报表、大坝安全监测系统更新改造的设计、验收、运行专题报告以及大坝险情预测分析报告等”。目的是“形成以远程管理与现场检查相结合，及时发现并消除安全隐患的大坝运行安全管理新格局；做好险情预计与应急预案、废坝拆除与生态环境修复，实现大坝安全全过程管理现代化”。要求以现代通信和信息处理技术为基础，充分利用现有的互联网、电力网、移动通信网、监测自动化系统等硬件资源，灵活运用当前先进的 Web Services、XML、智能客户端等技术，结合我国水电站大坝安全管理的实际，建立具有显著的权威性、完整性和及时性特色的水电站大坝安全管理和技术交流的统一平台，即大坝安全远程信息管理系统，以提高水电站大坝安全管理工作的整体水平和工作效率，为实现远程管理与现场检查相结合的大坝安全管理新格局、水库的科学运行调度和及时掌握大坝运行性态提供有力的技术保障。

3.2.1 实际操作中，为简化管理和维护，许多运行单位将监测管理站和监测管理中心站合并在一起，因此，本条叙述“计算机监测管理站或监测管理中心站内的计算机”。

3.2.4 信息交换功能中“可与其他系统进行信息交换或在系统中预留相应的接口”主要是指与运行单位的水情自动测报系统的接口或办公系统，因较多大坝的水位、降水量都直接利用水情自动测报系统中的数据，监测自动化系统未单独设置水位、降水量监测项目。

4 实用化验收

4.1.1 按照 DL/T 5211 中 12.2.1 款的规定, 自动化系统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 1 年。本条规定“已经实施监测自动化的水电站运行单位, 应在系统投入试运行期满或竣工验收后申请实用化验收”, 主要有三方面的考虑: ① DL/T 5211 试运行期为 1 年的规定; ② 根据工程实践经验, 有些系统试运行 1 年后, 不具备验收条件需整改, 则试运行期延长; ③ 当现有自动化系统满足竣工验收条件, 但不能满足本规程要求时, 应对系统进行完善。本规程要求完善后, 满足实用化验收条件, 才可申请。

考虑“竣工验收”和“实用化验收”两者之间的共同之处和不同之处, 当自动化系统的要求既满足“合同规定”, 又满足“实用化验收要求”时, 竣工验收和实用化验收宜联合一并进行验收。

根据目前对监测自动化系统建设的要求, 特别是监测物理量、原因量、监测信息管理宜同时实现自动化的宣传, 一般情况下, 本标准颁布后, 满足“竣工验收”的系统, 能满足“实用化验收”的要求。

4.1.2 申请验收单位的自查测试报告, 可按附录 B 和附录 C 逐项进行, 并应有满足要求、具备验收条件的明确自查意见。

4.2.3 监测自动化系统的数据缺失率、平均无故障工作时间、自动化系统采集数据与人工测读数据两者差值控制标准(人工比测指标)、短期测值稳定性是定量考核指标, 比较好操作和评判; 测值过程线是定性评价的重要依据。因此, 以上指标在验收前应重点考核。

平均无故障工作时间(有的文献称平均故障间隔时间或平均

无故障时间)是可修复产品可靠性的一个重要定量指标,现代产品设计时都要提出明确的平均无故障工作时间指标要求。根据应用行业领域的不同,平均无故障工作时间的全称和计算方法有所区别,但总体上是一致的,即“可修复产品在相邻两次故障之间工作时间的数学期望,简单地说就是两次相邻故障之间工作时间的平均值,相当于产品的工作时间与这段时间内产品故障数之比”。

表1所示为有关标准和文献中对平均无故障工作时间的定义和计算方法,它们对平均无故障工作时间的英文全称和缩写都是相同的。

表1 平均无故障工作时间定义和计算方法

序号	标准或文献名称	定 义	计算公式	备 注
1	中华人民共和国国家军用标准 GJB 451A—2005 《可靠性维修性保障性术语》 GJB 899—1990 《可靠性鉴定和验收试验》	可修复产品的一种基本可靠性参数。其度量方法为:在规定的条件下和规定的期间内,产品寿命单位总数与故障总次数之比	GJB 899—1990 中设备试验的 MTBF 观测值(点估计值)计算公式: $MTBF = \frac{T}{r}$	T 为设备的总试验时间; r 为责任故障数
2	中华人民共和国行业标准 《大坝安全自动监测系统设备基本技术条件》 (SL 268—2001)	指两次相邻故障间的正常时间(短时间可恢复的不计)	$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n r_i}$	t_i 为考核期内,第 i 台设备的工作时数; r_i 为考核期内,第 i 台设备出现的故障次数; n 为系统内系统设备台数
3	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—2005)	指两次相邻故障间的正常工作时间(短时间可恢复的不计)	$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n r_i}$	t_i 为考核期内,第 i 个单元的正常工作时数; r_i 为考核期内,第 i 个单元出现的故障次数; n 为系统内数据采集单元总数

续表 1

序号	标准或文献名称	定 义	计算公式	备 注
4	《仪器仪表可靠性设计》 (上海交通大学出版社)	可修复产品的平均寿命,是指两次相邻故障间的工作时间,而不是指到每个产品报废(失效)的时间	$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} t_{if}}{\sum_{i=1}^n n_i}$	t_{if} 为第 i 个产品从第 $j-1$ 次故障到第 j 次故障的工作时间 (h); n_i 为第 i 个测试产品的故障数; n 为测试产品的总数
5	《工程可靠性》 (北京航空航天大学出版社)	一组可修复产品无故障时间的算术平均值	$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$	t_i 为可修复产品故障间隔时间; n 为总产品数

在我国国家军用标准 GJB 899—1990 中给出了可靠性验证试验的几种方案,包括概率比序贯试验方案、定时截尾试验方案和全数试验方案。上述统计试验方案主要用于确定 MTBF 的真值是否达到合同或规范的规定,并给出 MTBF 的实测值和验证区间。这几种统计试验方案均以产品(设备)的故障前工作时间符合指数分布(即故障率为常数)的假设为基础。评定判决的依据是根据产品(设备)合同或规范中的性能要求,确定应测试的性能参数及其合格限值,并将这些参数及其合格限值纳入相应的试验方案。若按此标准进行可靠性试验,则需要事先确定表示方案中 MTBF 的真值与接受概率的关系曲线(OC 曲线)、与所需平均试验时间的关系曲线(ETT 曲线),以及计算 MTBF 置信限所用的置信限系数等参数。

MTBF 考核是监测自动化系统可靠性考核的一项重要内容,DL/T 5211—2005 规范中提出了 MTBF 大于 6300h 的指标要求,并指出考核期为 1 年(即这里的系统平均无故障工作时间是指“年平均无故障工作时间”),计算公式如下:

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n r_i}$$

式中： t_i ——考核期内，第 i 个单元的正常工作时数；

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。

其中采集单元故障是指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，但短时间可恢复的不计。

DL/T 5211—2005 中指出“故障”在“短时间可恢复的不计”，但没有说明“短时间”的具体时间间隔。由于没有明确统一的量化标准，各应用单位根据对规范的理解不同，容易造成考核标准不统一。例如：

(1) 某个自动化系统有 3 个采集单元。在 1 年考核期内，第 1 个采集单元正常工作时数为 8760h，即故障次数为 0；第 2 个采集单元正常工作时数为 8760h，即故障次数为 0；第 3 个采集单元正常工作时数为 8736h，即故障次数为 1。按上述公式计算得

$$MTBF = \frac{8760 + 8760 + 8736}{0 + 0 + 1} = 26\,256 \text{ (h)}$$

显然在考核期内计算的系统 MTBF 与实际情况不符。

(2) 某个自动化系统在 1 年考核期内未发生故障，即故障次数为 0，则上述 MTBF 计算公式就无意义了。当然，这里根据 MTBF 的基本定义很容易理解该系统在 1 年考核期内的年平均无故障工作时间应为 8760h。

(3) 某个自动化系统，1 年考核期内发生故障 1 次，故障时间为 3 个月，按上述公式计算得

$$MTBF = \frac{365 \times 24 - 90 \times 24}{1} = 6600 \text{ (h)}$$

仍可满足规范 6300h 要求。但实际上这个故障时间太长，显然不能满足工程安全监测的需要。这里涉及另一个系统可靠性考核定量指标“平均修复时间 (MTTR)”的确定问题。

针对上述问题，为了解决或消除现行规范中有关 MTBF 计算公式在实际应用中存在的问题，并方便根据各测点监测数据对系统 MTBF 的统计计算，本标准对计算公式作了修改，并增加了附加说明条件。

系统 MTBF 取各测点或各采集单元平均无故障工作时间的算术平均值，计算公式如下：

$$MBTF = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{r_i}}{n}$$

附加说明条件：当第 i 个测点或采集单元在考核期内未发生故障时，取 $r_i=1$ 。

应用上述公式时，还有注意以下问题：

(1) 考核单元的划分。由于大坝安全监测自动化系统由多种设备及线路构成，既不宜笼统地把整个系统当作一个产品来考核。也不宜细分到把各个设备的元器件作为一个产品来考核。因此，宜将监测数据采集系统中具有独立功能的单元（如将一台现场测控单元或一个测点作为考核单元）作为“产品”来考核，最终整个系统的 MTBF 是各考核单元 $MTBF_i$ 的算术平均值。

在工程实际应用中，判断现场测控单元或者采集系统工作是否正常的依据往往是各测点的监测数据是否正常（排除监测仪器或建筑物自身引起异常的因素），因此，将各测点的 $MTBF_i$ 作为统计现场测控单元或采集系统 MTBF 的基本考核单元是合适的。

(2) 故障的界定。因系统设备或某个测控单元不能正常工作，造成所控制的单个或多个测点测值异常或采集不到数据，称为故障。因监测仪器故障、人为损坏（如电缆被割、砸坏、误操作）或不可抗力等原因造成的无法测取正确的数据，不应算系统或采

集单元的故障。

对一些特殊采集系统（如激光准直系统、某些引张线和垂线监测系统），监测仪器（传感器）和监测数据自动采集系统是一个整体，MTBF 考核时将两部分一并进行考核，在这种情况下，监测仪器的故障应作为系统或采集单元的故障考虑。

(3) 对“故障”在“短时间可恢复的不计”的理解。在 DL/T 5211—2005 中，对自动化系统监测频次要求“试运行期 1 次/天，常规监测不少于 1 次/周”。也就是说，在试运行期间要求自动化系统每天正常采集 1 次数据并存储，试运行考核合格进入正常运行后要求自动化系统至少正常采集 1 次数据并存储。因此，DL/T 5211—2005 中的“短时间”可理解为“如果试运行期间自动化系统 1 天未正常采集到数据，则认为发生故障 1 次；在正常运行期间自动化系统 1 周末正常采集到数据，则认为发生故障 1 次”。

(4) 1 年考核期内几种特殊情况的 MTBF 计算。下面讨论的仅针对一个基本考核单元，根据各考核单元计算的系统 MTBF 作为统计数据，随着考核单元数量的增加，MTBF 将更趋于合理和普遍。

1) 未发生故障时 MTBF 的计算。严格意义上讲，DL/T 5211—2005 中所述的 1 年考核期内的 MTBF 应是“年平均无故障时间”。因此，当考核期内未发生故障时，其 MTBF 应是 1 年的正常工作时间，即 8760h，不能机械地将“故障次数 $r=0$ ”代入公式计算，而造成原计算公式失去意义。当然也可以规定，此时取“故障次数 $r=1$ ”。

2) 发生 1 次故障时 MTBF 的计算。1 年内发生故障 1 次，有两种情况，应酌情考虑 MTBF 的计算。

例 1：发生故障前正常工作时间为 7200h（即 300 天），1 天后系统恢复正常工作，直至考核期结束。按照 MTBF 的定义“两次相邻故障间的正常工作时间”，此时的 MTBF 应该是 7200h，该

计算考核指标未考虑恢复正常工作后的 1536h (即 64 天) 工作时间或更长时间。但就单次正常工作时间来说, 7200h 是实测值, 只是由于考核期较短, 造成样本较少、不够全面。

例 2: 发生故障前正常工作时间为 3600h (即 150 天), 1 天后系统恢复正常工作, 直至考核期结束。若按“例 1”方法计算, 则 MTBF 应该是 3600h, 显然是不合理的。此时的 MTBF 应大于

$$\frac{150 \times 24 - 1 \times 24 + 214 \times 24}{1+1} = 4368 \text{ (h)}.$$

从上述两个例子可以归纳出, 为使 1 年考核期内 MTBF 考核统计计算值更合理, “发生 1 次故障”时, MTBF 宜按下列方法计算。

当发生故障前正常工作时间大于 4392h (即 183 天) 时, MTBF 即为“发生故障前正常工作时间”。

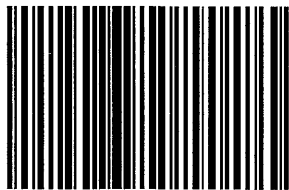
当发生故障前正常工作时间小于 4392h (即 183 天) 时, MTBF 按下列公式计算:

$$MTBF = \frac{t - t_i}{2}$$

式中: t ——考核期小时数, 即 8760h;

t_i ——考核期内故障时数, 即故障开始至恢复工作的时间。

4.2.7 为保证工作的质量, 实用化验收现场测试组应提前 1 天~2 天到现场进行测试, 因此, 实际现场工作时间一般不少于 3 天~4 天。



155123.969

上架建议：规程规范/
水利水电工程/水力发电



统一书号：155123·969
定 价： 14.00 元