

1 总则

1.1 为规范水电厂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，特制定本细则。

1.2 大坝安全监测自动化系统的建设应遵循“实用可靠、技术先进、经济合理”和“总体规划、分步实施”的原则，积极、稳妥地进行。

1.3 制定本细则的依据：

《水电站大坝安全监测工作管理规定》（电综〔1997〕500号）

《水电站大坝安全检查施行细则》（能源电〔1988〕37号）

《水电站大坝安全管理办法》（电安生〔1997〕25号）

《混凝土大坝安全监测技术规范》（SDJ 336—1989）

《土石坝安全监测技术规范》（SL 60—1994）

1.4 大坝安全监测自动化系统（以下简称系统），包括传感器、数据采集装置、中央控制装置、安全监测系统软件，以及其他配套设备。

1.5 本细则适用于国家电力公司系统水电厂所建设、管理的大坝安全监测自动化系统。

2 实用化要求

2.1 系统建设要求

2.1.1 系统应根据工程实际，采用成熟可靠的技术和设备，防止建设过程中造成平台纷杂和系统不协调。

2.1.2 系统的建设应突出重点项目、重点部位，测点的布置应坚持少而精的原则。各种坝型至少应有以下几种自动监测项目：

- 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：面板周边缝变形、渗流、环境量。

2.1.3 系统的设计应委托有相应设计资质的单位承担，设计方案的审查按《水电站大坝安全监测工作管理规定》(电综 [1997] 500号) 执行。

2.1.4 系统的建设应由有资质的单位承担，运行单位应参与仪器设备的出厂验收、安装调试等全过程管理。

2.2 功能要求

2.2.1 系统的要求

1) 具备监测数据自动采集、传输及信息管理与性态分析的自动化功能。

2) 具有高度的可靠性和长期稳定性，硬件结构、数据库结构、软件结构符合大坝安全监测技术发展及计算机网络技术发展要求，系统应具有良好的开放性和兼容性。

3) 具备自校措施，用以验证监测数据是否真实可靠，保证维修前后监测数据的连续性。

4) 具有较强的环境适应性和耐恶劣环境性，具备防雷、防潮、防锈蚀、防鼠、抗震、抗电磁干扰等性能，能够在潮湿、高雷击、强电磁干扰条件下长期连续稳定运行。

5) 具有掉电保护和短期自动供电功能，在断电情况下能由备用电源自动供电，确保维持正常运行一周以上。

6) 设有手工采集数据的手段，系统连接的传感器应具有人工测读的条件，系统的数据采集装置应具备用检测仪进行人工测量的接口，以便必要时进行人工补测、比测数据。

7) 具有现场网络数据通信和远程通信功能，应具有开放的系统网络通用规约和传感器输入输出规约。

8) 能够通过网络向电厂 MIS 系统及上级主管部门发送监测数据和有关大坝安全信息，能与水调自动化系统进行信息交换，预留有与其他系统进行信息交换的接口。

9) 具有网络安全防护功能，设置有网络硬防火墙或软防火墙来确保网络的安全运行。

10) 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。

2.2.2 传感器要求

1) 传感器技术指标应满足国家标准的规定（尚无国家标准的传感器应满足行业或企业标准），具有生产计量器具许可证，并按计量法的有关要求经计量检定部门检定合格，有相应有效期内的检定合格证书。

2) 对于埋设的传感器要有相应的比对标准，依据标准每年进行比对，确定传感器是否有效。

3) 传感器能够连续、准确、可靠地监测数据，在使用寿命期能适应工作环境，精度满足技术规范要求，能够长期稳定运行，受温度或其他因素影响的数据年漂移量满足产品标准的规定。

2.2.3 数据采集、传输与处理功能要求

1) 系统的数据采集装置应能接人大坝变形、渗流、应力应变及温度、环境量等各类监测仪器（传感器），对接入的监测仪器进行精确测量，其综合准确度能满足大坝安全监测技术规范的要求。

2) 系统的数据采集装置能够以中央控制方式（应答式），按照中央控制装置（监控主机）指令进行选点、巡回及定时检测，或以自动控制方式（自报式）按设定的时间和方式进行自动数据采集。

3) 系统的数据采集装置能够按要求将传感器采集的各种输出信号转换为监测量数据，并将所测数据传送到系统的中央控制装置或其他微机。

4) 系统中央控制装置能自动地对接收到的监测数据进行分类管理，存入各数据库。

5) 具有监测数据自动检验和报警功能，能对监测数据进行自动检验、判识，监测量超限、显示异常时能检错、纠错处理，能自动报警。

6) 具有设备故障监测、报警功能，能对系统设备、电源、通信状态自动进行监测、检验，具有自诊断功能。

2.2.4 数据管理、分析软件功能要求

1) 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。

2) 具有对原始数据进行检验、计算，制作图形报表等一系列日常监测管理功能。

3) 能够为监测数据进行初步分析和异常值判识提供计算、检验和辅助服务。

4) 可方便地制作或自动生成日常管理报表、图形，可方便地对数据库进行维护及资料的整编和制作整编图表。系统要有基于剖面或平面显示的实时监测数据功能，图形可无级缩放。

5) 可通过人机对话的方式方便地对数据进行查询、检索及编辑，能灵活显示、绘制和打印各种监测数据、图表及文档、图片。

6) 具有大坝安全信息文档、图片管理功能，可以以人机交互方式方便、快捷地查询、检索、输出各种全管理档案。

7) 具有必要的离线分析与评估功能, 具备对监测资料进行定量分析所需的主要计算、检验、评价功能。

2.3 指标要求

2.3.1 监测准确度

监测数据准确度应满足 SDJ 336—1989 或 SL 60—1994 的规定要求。

2.3.2 监测稳定性

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 次内采集数据的准确度应接近一次测量的准确度要求。

2.3.3 数据采集缺失率

系统数据采集缺失率 $W \leq 3\%$ 。

2.3.4 采集单元平均无故障工作时间 $MTBF$

采集单元平均无故障工作时间 $MTBF \geq 8000h$ 。

2.3.5 比测指标

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 $\delta \leq 2\sigma$ 。

2.3.6 采集时间

系统单点采样时间 $\leq 30s$;

系统完成一次巡测时间 $\leq 20min$ (规模较大的系统, 巡测时间可适当放宽)。

2.4 系统管理要求

2.4.1 应有完整的系统技术、使用、维护手册及工程

验收资料。

2.4.2 应有完整的系统运行记录。

2.4.3 应制定相应的系统使用和管理规定。

2.4.4 应制定系统故障时，保证不间断监测的应急技术、管理措施（预案）。

2.4.5 使用管理单位应指派两名及以上观测技术人员负责管理系统，且能熟练地使用系统的各项基本功能。

2.4.6 使用管理单位应加强系统的日常维护，设备仪器的率定、校验，应有必要的备品、备件。

3 实用化验收

3.1 申请验收应具备的条件

3.1.1 系统应按实用化要求考核至少一年，并有连续完整的运行记录且自查合格后，方可申请实用化验收。

3.1.2 被验收单位应按实用化验收要求，由企业主管部门组织一次自查测试，在此基础上写出自查报告。

3.1.3 验收时需具备的资料：

- 1) 实用化验收申请报告；
- 2) 系统工程验收报告；
- 3) 考核期内的系统运行报告；
- 4) 按本细则进行自查的自查报告。

3.2 验收工作的组织

3.2.1 系统的实用化验收由国家电力公司发输电运营部组织进行，验收单位应成立相应的验收组，人数一般

为 5~7 人。

3.2.2 验收组成员应以具有实际相关工作经验的专业人员及对系统较为熟悉的使用人员为主，并须有主管部门有关人员参加。此外，根据需要也可邀请科研单位及生产厂家的有关人员参加。

3.2.3 系统通过实用化验收后，由国家电力公司发输电运营部发文公布。

3.2.4 一般情况下，验收单位每 3~5 年应对通过实用化验收的系统进行一次复查，复查可参照实用化验收的方法有所简化地进行。

3.2.5 系统通过实用化验收后，使用管理单位可根据实际情况逐渐减少人工测次。

4 附则

4.1 本细则由国家电力公司发输电运营部负责解释。

4.2 本细则自颁布之日起实行。

附 录

1 比测

系统实用化考核期，数据的采集周期以每周一次（或不少于一次）为宜，且每月进行一次人工比测。应规定每周的固定时段为考核采集时间，每月的同一时段为人工比测时间。

人工比测一般采用过程线比较或方差分析进行对比。

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。

方差分析是取某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 $\sigma_{\text{自}}$ 、 $\sigma_{\text{人}}$ ；再设某一时刻的自动测值为 $X_{\text{自}i}$ ，人工测值为 $X_{\text{人}i}$ ，则两者差值

$$\delta_i = X_{\text{自}i} - X_{\text{人}i}$$

取 $\delta \leq 2\sigma$ ，其中均方差

$$\sigma = (\sigma_{\text{自}}^2 + \sigma_{\text{人}}^2)^{1/2}$$

式中 $\sigma_{\text{自}}$ ——自动化测量精度；

$\sigma_{\text{人}}$ ——人工测量精度。

2 数据缺失率

数据缺失率是指在考核期内未能测得的数据个数与

应测得的数据个数之比。测得的错误测值或超过一定误差范围的测值（异常测值）也作为缺失数据。已埋设因故损坏而无法补救的监测仪器缺测，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。

数据缺失率（考核期一年）

$$W = \rho / \omega$$

式中 ρ ——缺失数据个数；

ω ——应测数据个数。

3 系统的可靠性

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）。

系统中心站应设有双机备份。

系统控制传感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。

采集单元平均无故障工作时间（考核期一年）

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

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。