

中华人民共和国水利行业标准

SL/T 828—2024

# 小型水库监测技术规范

Technical specification of small reservoirs monitoring

2024 - 10 - 22 发布

2025 - 01 - 22 实施

中华人民共和国水利部 发布

# 中华人民共和国水利部

## 关于批准发布《小型水库监测技术规范》等 4项水利行业标准的公告

2024年第20号

中华人民共和国水利部批准《小型水库监测技术规范》  
(SL/T 828—2024)等4项为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	小型水库监测技术规范	SL/T 828—2024		2024. 10. 22	2025. 1. 22
2	土石坝安全监测技术规范	SL/T 551—2024	SL 551—2012	2024. 10. 22	2025. 1. 22
3	水库大坝风险等级划分与评估导则	SL/T 829—2024		2024. 10. 22	2025. 1. 22
4	水土保持监测技术规范	SL/T 277—2024	SL 277—2002 SL 342—2006 SL 452—2009 SL 592—2012	2024. 10. 22	2025. 1. 22

水利部

2024年10月22日



# 前 言

根据水利技术标准制修订计划安排，按照 SL/T 1—2024《水利技术标准编写规程》的要求，编制本标准。

本标准共 11 章和 11 个附录，主要包括以下内容：

- 雨水情测报；
- 大坝安全监测；
- 视频图像监视；
- 水库监测站与监测中心站；
- 监测平台；
- 通信与信息传输；
- 监测资料整编与分析；
- 巡视检查与运行维护。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部运行管理司

本标准解释单位：水利部运行管理司

本标准主编单位：水利部大坝安全管理中心

本标准参编单位：水利部信息中心

南京水利科学研究院

南京水利水文自动化研究所

联通数字科技有限公司

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：何勇军 刘六宴 江 超 郭健玮  
朱寿峰 李 铮 刘成栋 侯文昂  
刘 岩 周亚平 朱沁夏 李宏恩  
严吉峰 高 全 肖 城 李 磊  
赵和松 吉恩跃 周 宁 沈 剑

尹江珊 曹 昕 祖安君

本标准审查会议技术负责人：李同春 卢正超

本标准体例格式审查人：于爱华

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条 2 号；邮政编码：100053；电话：010 - 63204533；电子邮箱：bzh @ mwr.gov.cn；网址：<http://gjkj.mwr.gov.cn/jsjd1/bzcx/>）。

# 目 次

1	总则	1
2	术语和缩略语	3
2.1	术语	3
2.2	缩略语	3
3	基本规定	5
4	雨水情测报	6
4.1	一般规定	6
4.2	降水量测报	6
4.3	库水位测报	7
5	大坝安全监测	9
5.1	一般规定	9
5.2	渗流监测	9
5.3	变形监测	13
5.4	白蚁情监测	16
6	视频图像监视	17
6.1	一般规定	17
6.2	设备技术要求	18
6.3	设备安装调试	18
7	水库监测站与监测中心站	20
7.1	一般规定	20
7.2	水库监测站	20
7.3	水库监测中心站	22
7.4	防雷与接地	23
8	监测平台	24
8.1	一般规定	24
8.2	数据库	24

8.3	业务应用系统	25
8.4	运行支撑环境	27
8.5	网络安全与数据共享	28
9	通信与信息传输	30
9.1	一般规定	30
9.2	通信组网	30
9.3	信息流程与工作模式	32
9.4	数据传输规约	33
10	监测资料整编与分析	34
10.1	一般规定	34
10.2	雨水情测报资料整编与分析	35
10.3	大坝安全监测资料整编与分析	35
10.4	成果报告	36
11	巡视检查与运行维护	38
11.1	一般规定	38
11.2	巡视检查	38
11.3	监测设施运行维护	42
附录 A	雨水情测报与大坝安全监测设施安装 考证表样	45
附录 B	雨水情测报记录表样	51
附录 C	大坝安全监测技术要求	52
附录 D	水库监测站	59
附录 E	监测平台	61
附录 F	小型水库雨水情测报及大坝安全监测系统 数据通信规约	83
附录 G	监测资料整编计算公式	100
附录 H	监测成果统计表样	105
附录 J	巡视检查	109
附录 K	监测设施运行维护技术要点	114

附录 L 监测设施检查与维护记录表样 .....	121
标准用词说明 .....	123
条文说明 .....	125

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范小型水库监测设施建设和运行管理，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于小型水库监测设施的建设与运行管理，其中，建设阶段包括监测设施新建与更新改造。

**1.0.3** 监测设施建设应遵照安全可靠、经济合理、信息共享、应用至上的原则。

**1.0.4** 监测设施建设应统筹现有设施设备与水利信息化资源，进行整合完善，避免重复建设，满足雨水情测报、大坝安全监测、视频图像监视等需求。

**1.0.5** 监测设施建成投入运行后，应加强运行维护，定期开展监测资料整编分析。

**1.0.6** 本标准主要引用下列标准：

GB/T 2260 中华人民共和国行政区划代码

GB/T 10156 水准仪

GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范

GB/T 12898 国家三、四等水准测量规范

GB/T 21303 灌溉渠道系统量水规范

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 22240 信息安全技术 网络安全等级保护定级指南

GB/T 27663 全站仪

GB/T 28181 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50179 河流流量测验规范

SL/T 34 水文站网规划技术导则

SL/T 213 水利对象分类与编码总则

SL/T 247 水文资料整编规范

SL 323 实时雨水情数据库表结构与标识符  
SL/T 478 水利数据库表结构及标识符编制总则  
SL 502 水文测站代码编制导则  
SL 530 大坝安全监测仪器检验测试规程  
SL 531 大坝安全监测仪器安装标准  
SL/T 551 土石坝安全监测技术规范  
SL 601 混凝土坝安全监测技术规范  
SL 621 大坝安全监测仪器报废标准  
SL 651 水文监测数据通信规约  
SL 766 大坝安全监测系统鉴定技术规范  
SL/T 812.1 水利监测数据传输规约 第1部分：总则

**1.0.7** 小型水库监测设施建设和运行管理除应符合本标准规定外，还应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和缩略语

### 2.1 术 语

下列术语及其定义适用于本标准。

#### 2.1.1 监测设施 monitoring facilities

主要包括雨水情测报、大坝安全监测、视频图像监视等设施  
设备，以及监测信息汇集、应用和共享的监测平台。

#### 2.1.2 监测信息 monitoring information

监测活动中产生的信息，主要包括设备参数、考证资料、监  
测数据、仪器性态等相关信息。

#### 2.1.3 水库监测站 reservoir monitoring station

设置在水库大坝现场，具备进行雨（水）量、库水位、渗  
流、变形及视频图像等要素数据采集、处理、传输等功能的设备  
或场所，由雨水情测报、大坝安全监测、视频图像监视中的感知  
设备，以及通信和辅助设施等组成。

#### 2.1.4 水库监测中心站 junction station of reservoir monitor- ing

汇集、处理、分析水库监测站信息并上传至监测平台的  
场所。

#### 2.1.5 监测平台 monitoring platform

用于雨水情测报、大坝安全监测、视频图像监视信息汇集、  
分析、应用与共享服务的信息系统，分为部级、省级和县级等  
平台。

### 2.2 缩 略 语

下列缩略语适用于本标准。

BDS (BeiDou Navigation Satellite System): 中国北斗卫星  
导航系统

CGI (Common Gateway Interface): 通用网关接口

CIF (Common Intermediate Format): 通用影像传输格式

CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor): 互补金属氧化物半导体

DTU (Data Transfer Unit): 数据传输单元

FS (Full Scale): 满量程

GNSS (Global Navigation Satellite System): 全球导航卫星系统

IP (Internet Protocol): 互联网协议

KVM (Keyboard, Video, Mouse Switch): 多电脑切换器

LoRa (Long Range Radio): 长距离无线通信技术

MCU (Measuring and Control Unit): 测量控制单元

MPEG (Moving Picture Experts Group): 运动图像专家组制定的一系列视频编码标准

MTBF (Mean Time Between Failure): 平均无故障工作时间

NB-IoT (Narrow Band Internet of Things): 窄带物联网

NTP (Network Time Protocol): 网络时间协议

ONVIF (Open Network Video Interface Forum): 开放型网络视频接口论坛

PSIA (Physical Security Interoperability Alliance): 物理安防互操作性联盟

RTU (Remote Terminal Unit): 远程终端单元

SMS (Short Message Service): 短信息服务

UPS (Uninterruptible Power Supply): 不间断电源

VPN (Virtual Private Network): 虚拟专用网络

RS-485/422A: 异步串行通信

## 3 基本规定

- 3.0.1** 小型水库监测项目宜基于工程规模、坝型、坝高、地质条件等设置，主要包括降水量、库水位、表面变形、渗流量、渗流压力（扬压力）、视频图像监视等，其他监测项目可根据需要设置。
- 3.0.2** 监测信息宜实现自动采集和报送，并同时具备人工采集条件。
- 3.0.3** 监测设施的平面坐标及高程系统，宜与水库大坝设计、施工和运行阶段采用的平面坐标及高程系统一致。
- 3.0.4** 监测仪器设备应选用技术成熟、性能可靠、运行稳定、经济实用的产品，安装埋设前应经具有计量认证资质的专业机构检验合格。
- 3.0.5** 重要监测设施宜具备双路供电、多种通信、断电存储等功能，以及极端条件下应急监测能力。
- 3.0.6** 监测仪器设备安装埋设后应及时观测取得初始值，并填写安装考证表，其格式可参照附录 A。安装考证表应经相关责任人签字确认。
- 3.0.7** 监测设施建设完成后，应依据有关规定，按设计、规范要求验收。

## 4 雨水情测报

### 4.1 一般规定

4.1.1 小型水库雨水情测报项目主要包括降水量和库水位，可根据需要开展入库、出库流量测报。

4.1.2 降水量与库水位测报设施宜一体化布置，并共用一套供电系统与数据采集终端。

4.1.3 入库、出库流量测报应按 GB 50179、GB/T 21303 的有关规定执行。

### 4.2 降水量测报

4.2.1 坝址区应设置不少于 1 个降水量观测点，库区集雨面积内降水量观测点数量宜按 SL/T 34 的规定设置。

4.2.2 降水量观测点布设应符合下列规定：

1 降水量观测点应避开强风区，周围应空旷、平坦，不受突变地形、树木和建筑物的影响。

2 雨量计（器）至障碍物边缘的距离应大于障碍物顶部与承雨器口高差的 2 倍。如周边为边坡或山体时，应使承雨器口至山顶的仰角不大于  $30^{\circ}$ 。

4.2.3 降水量宜采用翻斗式雨量计观测，主要技术指标应符合下列规定：

1 承雨口径为  $200_{0.00}^{+0.60}$  mm。

2 降水强度测量范围为 0 mm/min~4 mm/min。

3 分辨力不低于 1.0 mm，多年平均降水量小于 800 mm 的地区可选 0.5 mm，多年平均降水量大于等于 800 mm 的地区可选 1.0 mm。

4 测量最大允许偏差为  $\pm 4\%$ 。

4.2.4 翻斗式雨量计安装应符合下列规定：

1 雨量计应检查确认仪器部件完整无损、功能正常后安装。

2 雨量计支架或基础应保证仪器装置牢固和承雨器口水平，遇暴风雨不发生抖动或倾斜。

3 安装完成后，应检查仪器各部件安装是否正确，运转是否正常，量测误差等指标是否符合要求，并及时填写安装考证表，安装考证表样可参照附录 A.1。

**4.2.5** 降水量观测应符合下列规定：

1 降水量以毫米为单位，记录至 0.5 mm 或 1.0 mm。

2 采用人工雨量计观测，每日 8 时量测降水量；当库区降雨达到暴雨量级时，应不少于每小时测报 1 次。

3 采用自记式雨量计观测，每日 8 时检查观测记录，自动测报站点实现“有雨即报”。

4 降水量人工观测记录表样可参照附录 B。

**4.2.6** 降水量观测记录应及时记录和分析，定期进行资料审核、统计分类、成果归档。人工观测应坚持随测、随算、随整理、随分析，自动采集遥测降水量数据库应定期进行备份。

### 4.3 库水位测报

**4.3.1** 小型水库应设置不少于 1 个库水位自动测报点和 1 组人工观测水尺。

**4.3.2** 库水位测点应设置在坝前不受风浪和泄流影响，且便于安装和观测的岸坡或永久性建筑物上。

**4.3.3** 库水位测报设备宜根据现场条件选择浮子式、雷达式、压力式等类型观测仪器。

**4.3.4** 库水位测报应能测记坝顶至死水位之间的水位。自动测报设备不能测记全变幅水位时，可同时配备 2 套以上，并保证各设备观测值范围有不少于 0.5 m 的重合。

**4.3.5** 水尺应根据现场条件优先选用直立式水尺；当直立式水尺设置或观读有困难时，可选用倾斜式或矮桩式水尺。水尺应沿大坝上游坝面或近坝稳定岸坡布设，避开溢洪道、泄洪洞、输水

洞进水口等受泄洪水流影响的位置。

**4.3.6 库水位观测应符合下列规定：**

1 库水位每日 8 时定时测读，并根据观测任务增加观测频次。水位观测分辨力不大于 1.0 cm。

2 人工测读时，按水面与水尺的相交处读取数值。当水面出现风浪时，应读取浪峰、浪谷时的数值，取其平均值作为水位测值。

3 当水位测报断面结冰冻实时，可不测读水位，但应记录冻实时间；水尺附近未冻实时，可将水尺周围的冰层清除，待水面平静后再测读水位。

4 库水位自动测报设备应根据测报需要设置定时测报和加密测报时段。

5 库水位人工观测记录表样可参照附录 B。

**4.3.7 库水位自动测报设备应采用水尺观测值定期比测，比测频率应每年不少于 1 次。库水位在运行过程中变幅超过 10 m 的，比测频次应每半年不少于 1 次。**

**4.3.8 水尺零点高程每 1 年~2 年应校核一次，水尺、水位计每年汛前应进行检查。**

## 5 大坝安全监测

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 小型水库大坝安全监测类别主要包括渗流和变形监测，可根据需要开展应力应变、温度、白蚁蚁情等监测。各监测类别应针对工程实际配合布置，突出重点，兼顾全面。

**5.1.2** 监测范围应包括坝体、坝基，以及影响工程安全的泄输水建筑物和近坝岸坡，关键部位测点可冗余布置。

**5.1.3** 监测仪器设备选型应考虑自动监测技术条件，并应配备必要的比测设备，满足人工比测需要。

**5.1.4** 监测仪器安装埋设前应按 SL 530 的规定进行检验测试。

**5.1.5** 监测仪器安装埋设应符合 SL 531 的规定，并减少对主体工程施工影响。工程运行或施工应为仪器设备安装埋设提供必要的条件。

**5.1.6** 各监测项目宜在同一时间监测，监测频次按附录 C.1 的规定执行。

**5.1.7** 浆砌石坝安全监测可参照 5.2.8 条、5.2.9 条、5.3.3 条、5.3.4 条、5.3.6 条有关混凝土坝安全监测的规定执行。

### 5.2 渗流监测

**5.2.1** 渗流监测项目主要包括渗流量、渗流压力（扬压力）、绕坝渗流监测。

**5.2.2** 渗流量监测布置应符合下列规定：

1 已建存在渗漏明流且具备汇集条件的小型水库大坝或新建的小型水库大坝，应设置渗流量监测项目。

2 监测点数量宜根据渗漏部位、严重程度、汇集条件等确定，可设置多个监测点。

**5.2.3** 渗流量监测方式应根据渗流量大小和汇集条件确定，并

应符合下列规定：

1 渗流量不超过 1 L/s 的，宜采用容积法监测。

2 渗流量大于 1 L/s 的，宜采用量水堰法。其中渗流量为 1 L/s~70 L/s 的，宜采用直角三角堰；大于 70 L/s 的，宜采用梯形堰或矩形堰。

**5.2.4 量水堰法监测设施及其安装埋设应符合下列规定：**

1 量水堰应设在排水沟直线段的堰槽内，堰槽段应采用矩形断面，两侧墙应平行和铅直。槽底和侧墙应加衬砌，不应渗水。堰槽内杂物应及时清理，防止影响流态。

2 堰板宜采用不锈钢板制作，应与堰槽两侧墙和来水流向垂直，且平整、水平，高度应大于 5 倍的堰上水头。

3 堰口水流形态应为自由式。

4 测读堰上水头的水尺、测针或量水堰计，应设在堰口上游 3 倍~5 倍堰上水头处，其零点高程与堰口高程之差不应大于 1 mm。

5 宜安装量水堰计自动监测渗流量，量水堰及量水堰计安装完成后，应及时填写安装考证表，安装考证表样可参照附录 A.2。

**5.2.5 渗流量监测应符合下列规定：**

1 采用容积法测量时，容器充水时间应根据渗流量的大小确定，宜不小于 10 s。渗流量两次测值之差应不大于其平均的 5 %。

2 用量水堰监测时，水尺的水位读数应精确至 1 mm，测针、量水堰计的水位读数应精确至 0.1 mm，堰上水头两次监测值之差应不大于 1 mm。

3 采用量水堰计自动监测的，每年人工比测应不少于 1 次。

**5.2.6 土石坝渗流压力监测布置应符合下列规定：**

1 土石坝渗流压力监测内容主要包括坝体与坝基渗流压力，其监测宜根据大坝结构、地质条件及运行情况等布置。

2 小（1）型水库大坝、坝高 15 m 及以上或关系下游公共

安全的小（2）型水库大坝，应设置不少于 1 个监测横断面；其他小（2）型水库大坝可根据需要设置不少于 1 个监测横断面；坝长超过 500 m 的小型水库可增加监测横断面。

3 监测横断面宜设置在最大坝高、地质条件复杂、坝体与穿坝建筑物接触部位附近、渗流隐患等坝段。

4 每个横断面宜设置不少于 2 个监测点，设置在坝顶下游侧或心（斜）墙下游侧、排水体前缘，无排水体的设置在下游坝脚。下游坝坡有马道的，宜在马道增设 1 个监测点。

5 坝体监测点高程应位于预计最低浸润线以下，坝基监测点高程应位于坝基范围内。

6 宜设置 1 个下游水位监测点。

5.2.7 土石坝渗流压力监测仪器设施及其安装埋设应符合下列规定：

1 宜采用在测压管内安装渗压计的方式自动监测。

2 测压管宜采用硬工程塑料管或热镀锌钢管，内径宜采用 50 mm。

3 测压管由透水管和导管组成，管底封闭，不留沉淀管段。测压管透水段长度宜为 1 m~2 m，面积开孔率宜为 10%~20%，开孔应均匀分布、管内无毛刺，外部包扎无纺土工织物。导管段应顺直，内壁平整无阻。透水段与坝体之间回填干净细砂、中粗砂等反滤料，导管段回填与坝体相同或接近的材料。

4 测压管管口应高于坝面；封孔回填完成后，应向管内注入清水开展灵敏度试验，试验合格后加装防止人为破坏与外水渗入的保护装置。

5 测压管可随坝体填筑埋设，也可通过钻孔方式埋设。测压管安装埋设应符合附录 C.2 的规定。

6 渗压计吊装高程应根据测压管水深与仪器量程确定，与测压管底距离宜不小于 0.5 m；吊装缆绳长度超过 15 m 的，宜采用钢丝绳悬吊安装；缆绳在管口固定可靠，管口应留有通气孔；渗压计安装至设计高程后应进行人工比测，比测误差应符合

SL 766 的相关规定。

7 测压管、渗压计安装埋设后应及时填写安装考证表，安装考证表样可参照附录 A. 2。

#### 5.2.8 混凝土坝扬压力监测布置应符合下列规定：

1 小（1）型水库大坝和关系下游公共安全的小（2）型水库大坝，宜设置 1 个扬压力监测纵断面，监测纵断面宜布置在第一道排水幕线上；宜根据坝体结构、坝地质条件等设置不少于 3 个扬压力监测点。

2 监测点高程宜位于建基面高程以下 0 m~1 m 处，监测孔与排水孔不应互换或代用。

3 宜设置 1 个下游水位监测点。

#### 5.2.9 混凝土坝扬压力监测仪器设施及其安装埋设应符合下列规定：

1 宜采用在测压管内安装渗压计的方式自动监测。

2 测压管制作与安装、渗压计安装应按 5.2.7 条的规定执行。有压测压管管口应封闭并加装压力表，无压测压管管口应设孔口保护装置。测压管可在施工期预埋，也可通过钻孔方式埋设。

3 测压管、渗压计安装埋设后应及时填写安装考证表，安装考证表样可参照附录 A. 2。

#### 5.2.10 绕坝渗流监测应符合下列规定：

1 存在绕坝渗漏明流且坝高在 15 m 及以上的小型水库大坝，宜设置绕坝渗流监测点。

2 绕坝渗流监测宜沿流线方向或渗流集中的透水层布置 1 个监测断面，监测断面上布置 2 个~3 个测点。

3 宜采用在测压管内安装渗压计的方式自动监测。

4 测压管制作与安装、渗压计安装应按 5.2.7 条的规定执行。测压管、渗压计安装埋设后应及时填写安装考证表，安装考证表样可参照附录 A. 2。

#### 5.2.11 渗流压力（扬压力）、绕坝渗流监测应符合下列规定：

1 土石坝测压管管口高程，施工期和初蓄期应每半年校核 1 次，运行期应每两年校核 1 次。管口高程疑有变化时应随时校测。

2 测压管深度和灵敏度，运行期检测应每两年不少于 1 次。

3 采用自动化监测的测压管水位，每年人工比测应不少于 1 次。

**5.2.12 渗流监测仪器设备选型应符合下列规定：**

1 渗压计量程应根据测量范围确定。当测量水位变化幅度小于 10 m 时，宜选择量程相对较小的仪器。

2 振弦式仪器分辨率应不大于 0.05% FS，非线性度应不大于 1.0% FS，不重复度应不大于 0.5% FS，滞后应不大于 1.0% FS，综合误差应不大于 1.5% FS，绝缘电阻应不小于 50 MΩ。

3 其他型式仪器主要技术参数指标应不低于 SL 530 的有关规定。

## 5.3 变形监测

**5.3.1 变形监测项目主要为坝体表面变形。对影响工程安全的内部变形、裂（接）缝与近坝岸坡变形，应进行必要的监测。**

**5.3.2 变形监测的正负号应符合下列规定：**

1 垂直位移：下沉为正，上升为负。

2 水平位移：向下游为正，向左岸为正；反之为负。

3 裂（接）缝：张开为正，闭合为负。

**5.3.3 坝体表面变形监测包括坝面垂直位移和水平位移，监测布置应符合下列规定：**

1 对坝高 30 m 及以上或关系下游公共安全的土石坝，坝高 50 m 及以上或关系下游公共安全的混凝土坝，以及新建小型水库大坝，应设置表面变形监测项目；其他小型水库可根据需要设置。

2 土石坝设置不少于 1 个监测纵断面和 1 个监测横断面，

纵断面宜设置在坝顶上游侧、坝顶下游侧、下游马道、坝脚等位置，横断面应设置在最大坝高、合龙段、地形突变处、地质条件复杂处、坝内埋管处或可能异常处。

3 土石坝纵断面上的监测点间距，当坝轴线长度小于 200 m 时，宜取 20 m~50 m；坝轴线长度大于等于 200 m 时，宜取 50 m~100 m。

4 混凝土重力坝设置不少于 1 个监测纵断面，宜设置在坝顶下游侧、廊道等位置；纵断面上的监测点应设置在最大坝高、地形突变处、地质条件复杂处或可能异常处，宜不少于 3 个监测点。

5 拱坝在拱冠和坝顶拱端设置监测点，必要时可在 1/4 拱处设置监测点。

6 应设置必要的工作基点和基准点。有条件的工程可建立变形控制网。

#### 5.3.4 坝体表面变形监测方法应符合下列规定：

1 水平位移监测可采用视准线法、前方交会法和 GNSS 法等。混凝土坝也可采用垂线法、引张线法等，有关方法要求应符合附录 C.3 的规定。

2 垂直位移监测可采用水准测量、三角高程测量等方法，应采用三等水准及以上要求测量，有关方法应符合附录 C.4 的规定。

3 水平位移与垂直位移监测也可采用测量机器人、机器视觉等方法。

#### 5.3.5 坝体表面变形监测设施安装埋设应符合下列规定：

1 基准点应设在不受工程影响的稳定区域，工作基点可布设在工程附近相对稳定位置，监测点应与坝体牢固结合。

2 垂直位移及水平位移监测宜共用一个观测墩，可采用柱式或墩式。

3 岩基上的基准点、工作基点可直接凿坑浇筑混凝土埋设；土基上的基准点、工作基点观测墩底座埋入土层深度应不

小于 1.5 m，监测点观测墩底座埋入土层的深度不小于 0.5 m；冰冻区基准点、工作基点、监测点观测墩底座应深入冰冻线以下。

4 基准点、工作基点周围宜设置防止车辆机械及人为碰撞破坏的保护设施。

5 水平位移基准点、工作基点和监测点宜采用带有强制对中基座的混凝土观测墩，基座对中误差不超过  $\pm 0.1$  mm，水平倾斜度不大于  $4'$ ；基准点、工作基点观测墩应高出地面或坝面 1.2 m 以上。

6 视准线监测点对中基座中心与视准线的距离偏差应不大于 20 mm。

7 监测设施安装埋设后，应及时观测初始值，并填写安装考证表，安装考证表样可参照附录 A.2。

### 5.3.6 坝体表面变形监测应符合下列规定：

1 土石坝变形监测允许误差相对于临近工作基点应为  $\pm 3$  mm，混凝土坝变形监测允许误差相对于临近工作基点应为  $\pm 2$  mm。

2 工作基点稳定性校测宜每两年不少于 1 次。工作基点校测结束后，应进行闭合差验算、粗差分析。如为复测，还应进行稳定性分析。

3 采用自动监测方式的，人工比测宜每年不少于 1 次。

5.3.7 大坝内部变形、裂（接）缝、近坝岸坡变形监测布置、方法与要求应按 SL/T 551、SL 601 的规定执行。安装埋设后应及时填写安装考证表，安装考证表样可参照附录 A.2。

### 5.3.8 变形监测仪器设备选型应符合下列规定：

1 GNSS 接收机定位误差不大于  $3\text{ mm} + D \times 10^{-6}$  mm。

2 全站仪测角误差不大于  $1''$ 。

3 水准仪满足三等水准及以上等级水准测量要求。

4 其他变形监测仪器主要技术参数指标应不低于 SL 530 的有关规定。

## 5.4 白蚁蚁情监测

**5.4.1** 白蚁蚁情监测主要包括地表白蚁活动监测和白蚁分飞期有翅成虫监测等内容。

**5.4.2** 地表白蚁活动监测可在蚁患区和蚁源区布设引诱桩（堆、坑、片）、诱集箱、智能监测等装置，并应符合下列规定：

1 根据蚁情合理布设装置数量。安装间距宜为 5 m~10 m。安装两排及以上时，宜采用梅花形布置。

2 白蚁监测装置人工检查频次每月不少于 1 次，检查内容宜包括装置运行、白蚁入站、饵料状况和环境变化等情况。

3 白蚁智能监测装置的监测数据报送频次每周应不少于 1 次，发现报警信号后应及时到现场进行检查处理。

**5.4.3** 白蚁分飞期有翅成虫监测，可在水利工程蚁源区外沿布设白蚁有翅成虫诱捕装置，并应符合下列规定：

1 白蚁有翅成虫诱捕装置的布设离坝脚线的距离应大于诱捕装置的有效照射半径；布设位置应透光良好、地域开阔、没有遮挡物，形成连续的光屏障，并避开照明灯光直射。

2 每次分飞时应做好有翅成虫的观察，并记录分飞时间和当时的气象数据，包括温度、湿度、气压、降雨、风向、风力等；分飞后应及时检查并统计诱捕到的有翅成虫数量和入站情况，做好记录。

3 具有自动测报功能的白蚁诱捕装置，在分飞期的测报频次应每 30 min 不少于 1 次，发现报警信号后及时进行检查处理。

## 6 视频图像监视

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 小型水库视频图像监视站点数量应符合下列规定：

- 1 小（1）型水库应设置不少于 2 个监视点。
- 2 小（2）型水库应设置不少于 1 个监视点。

3 坝长 500 m 以上或有副坝的小型水库，可根据需要增加监视点。

**6.1.2** 视频图像监视站宜设置在大坝、溢洪道、放水涵等部位，重点监视大坝全貌，覆盖水尺、坝前水面、溢洪道进出口、放水涵出口、水库大坝管理区等区域。可根据管理需要，在库区、下游河道等位置设置视频图像监视站。

**6.1.3** 视频图像监视站应符合下列规定：

- 1 具备图像接入、管理、调用、存储、转发和显示等功能。
- 2 单路画面像素数量不小于  $352 \times 288$ （CIF）。采用有线网络或无线网桥传输的，单路显示基本帧率不小于 25 fps；采用无线公网的，单路显示基本帧率不小于 20 fps。

3 根据需要可具备区域入侵侦测、越界侦测、移动侦测等智能侦测功能，具备入侵管理区域主动告警和语音广播联动报警功能。

4 存储图像信息分辨率像素不小于  $352 \times 288$ （CIF）。

5 交流电供电方式的视频图像监视站本地应实现自动连续循环存储，宜采用硬盘存储，视频图像本地存储时间不少于 30 d；太阳能板浮充蓄电池供电方式的视频监视站宜采用安全数字存储卡等存储，视频图像本地存储时间不少于 15 d。

**6.1.4** 视频图像监视站宜优先选用交流电供电方式，采用太阳能板浮充蓄电池供电时，太阳能板功率及蓄电池容量应保证视频图像监视站在连续阴雨天气 7 d 以上条件下正常工作。

## 6.2 设备技术要求

6.2.1 视频图像监视站设备主要包括摄像机和云台等，宜选择低功耗摄像机，并应符合下列规定：

1 对坝区、水面等区域进行监视或需要快速变换监视对象的，宜选用一体化高速球形摄像机。

2 对溢洪道、放水涵、水尺等固定对象进行监视的，宜选用固定式枪机。

3 室内设备应满足防尘、防潮要求。室外设备应根据现场环境满足抗风、抗震、防雨电、防尘要求。

4 在滨海地区盐雾环境下工作的设备，还应具有耐盐雾腐蚀的性能，同时宜综合考虑现场的电磁环境、系统电磁敏感度、电磁骚扰和周边其他系统的电磁敏感度等要求。

6.2.2 摄像机主要技术指标应符合下列规定：

1 不小于 200 万像素，具备夜视功能且视距不小于 50 m。

2 球机应不小于 23 倍光学变焦，16 倍数码变焦，具备自动聚焦功能。

3 支持 H.265、H.264、MPEG 等视频格式，支持远程监控。

4 支持不小于 256 GB 的安全数据存储卡。

5 支持 ONVIF、CGI、PSIA 协议接入。

6.2.3 摄像机室外设备箱防护级别应高于 IP 67。

## 6.3 设备安装调试

6.3.1 摄像机安装位置宜布置在视野开阔地段，摄像机前无遮挡，光线充足，离地面应高于 3 m。

6.3.2 立杆安装后，应在风力小于 6 级时不晃动，保障摄像机输出的视频图像不抖动。

6.3.3 线缆宜采用开沟地埋铺设，特殊地段可架空或混凝土包裹防护。地埋时，埋深应不小于 0.5 m，并采用套管防护；架空

铺设时，宜采用加强钢丝、安装支架和接线座等。

**6.3.4** 采用太阳能板浮充蓄电池供电时，蓄电池宜采用地埋式安装；太阳能板安装仰角宜为  $45^{\circ}$  或所在的纬度  $+10^{\circ}$ ，方向宜为正南方。

## 7 水库监测站与监测中心站

### 7.1 一般规定

7.1.1 小型水库应设置水库监测站，将监测信息汇集至市县级及以上监测平台。

7.1.2 根据管理工作的需要，小型水库可设置水库监测中心站，采用水库监测站、水库监测中心站和监测平台的三级体系结构进行数据汇集。

7.1.3 水库监测站宜具备监测信息采集、存储、编码、传输等主要功能，并具备一站多发功能。

7.1.4 水库监测中心站宜具备信息采集接收、信息存储、资料整编、异常报警、故障显示及监测设施管理等功能。

7.1.5 水库监测站与监测中心站及监测平台之间可采用有线或无线通信方式，并应符合下列规定：

1 有线通信可采用光纤、RS-485/422A 等方式。

2 无线通信宜具备主、备双信道数据通信，可采用超短波、物联网、无线网桥、北斗卫星、NB-IoT、LoRa 等方式。

3 当采用有线方式时，所使用电缆应加以保护，室外电缆宜布设在电缆沟或电缆保护管内。电缆沟宜封闭，并应有排水设施。

7.1.6 应采取必要的防雷措施，防止从天馈线、电源线和信号线等感应雷电损坏设备，保证监测站、监测中心站设施可靠运行。

7.1.7 水库监测站和监测中心站应在明显位置设置监测设施标识牌和警示牌。

### 7.2 水库监测站

7.2.1 水库监测站主要包括雨水情测报站、大坝安全监测站、

视频图像监视站及通信设备等，其组成应符合以下规定：

1 雨水情测报站主要包括水位/雨量传感器、RTU、通信设备和供电设备等。

2 大坝安全监测站主要包括渗压计、量水堰计、GNSS 设备、MCU、通信设备、供电设备及相关设施等。

3 视频图像监视站主要包括摄像机、感知传感器、供电设备及相关设施。

4 通信设备主要包括通信模块、天馈线等；供电设备主要包括太阳能电池板、蓄电池组、充电控制器或交流供电设备等。

5 水库监测站组成结构见附录 D.0.1。

7.2.2 水库监测站宜设置在水库大坝坝顶、管理所或结合启闭机房等基础设施布置。雨水情测报站、视频图像监视站宜采用立杆式，大坝安全监测站宜采用立杆或落地式，也可采用站房式。水库监测站结构见附录 D.0.2~D.0.4。

7.2.3 水库监测站可采用交流或太阳能板浮充蓄电池供电方式。太阳能板浮充蓄电池供电时，雨水情测报及大坝安全监测站的蓄电池应能保证在连续阴雨天气可靠工作 30 d 以上，视频监视站的蓄电池应能保证在连续阴雨天气可靠工作 7 d 以上。

7.2.4 RTU 应符合下列规定：

1 具有数据自动采集、存储、远程传输和电源管理功能，并预留扩展传感器接口、通信接口及软件升级功能。

2 可设置自报式、查询一应答式和兼容式等测报方式。

3 具备现场和远程修改参数功能。

4 宜支持增量、并行、模拟信号、串行、频率等输入接口。

5 宜支持移动、北斗卫星、超短波等通信方式。

6 宜具备检测与发送遥测终端机电源电压等工况功能，水文参数无变化时，能定时自报。

7 具有保存测站 1 年以上数据固态存储功能。

8 MTBF 不小于 25000 h。

7.2.5 MCU 应符合下列规定：

1 宜具备监测数据、时间信息等存储与设置功能，并保障意外断电时的数据安全性。

2 采集模块配置通道数能满足安全监测需要，采样时间巡视时小于 5 min，单点采集时小于 10 s/点，单通道数据存储容量不少于 400 测次。

3 宜支持串行、现场总线、以太网等通用接口，并支持移动、北斗卫星、超短波等通信方式。

4 具有支持网络结构的通信协议，并具备兼容相关协议的控件、函数库、动态链接库等文档或软件接口。

5 具备人工采集数据上传接口。

6 MTBF 不小于 6300 h。

**7.2.6** 视频图像数据采集装置应符合下列规定：

1 采集装置接口应与传输系统的接口匹配，网络接口应支持 RJ 45 网口，通信协议应符合 GB/T 28181 的要求。

2 采集装置对其控制信息的即时响应能力应满足使用要求。

**7.2.7** 系统自动采集数据缺失率应不大于 2%，缺失率为未收到数据的次数与总请求次数的比率。

## 7.3 水库监测中心站

**7.3.1** 水库监测中心站应结构简单、维护方便、扩展性好、易于改造和升级，具备与监测平台通信功能。监测中心站可建在水库现场办公房、管理所（站）等便于开展安全管理的场所。

**7.3.2** 水库监测中心站宜包括计算机网络、通信、存储和备份、电源及防护等设备，并根据需要配置打印机等外部设备。计算机网络性能应满足现场应用环境，运算速度和存储容量应能满足运行的需要。

**7.3.3** 水库监测中心站应采用交流电供电，并配置稳压电源及 UPS。

## 7.4 防雷与接地

**7.4.1** 水库监测站和监测中心站应有防雷电感应措施，防雷措施应符合下列规定：

1 安装避雷针时，其高度应满足保护范围要求。

2 天馈线系统应安装合适的避雷装置。

3 交流电源输入端应增加浪涌吸收器、隔离变压器或其他防雷装置。

4 传感器、采集装置及通信介质的雷电过电压防护可采用避雷器、隔离装置、过载装置等。

**7.4.2** 接地网应按 GB 50057 的要求设置，水库监测站接地电阻应不大于  $10\ \Omega$ ，水库监测中心站接地电阻应不大于  $4\ \Omega$ 。

## 8 监测平台

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 小型水库监测平台可分为部级、省级、市县级监测平台，总体框架见附录 E。

**8.1.2** 部级监测平台应汇集省级监测平台的数据，可通过标准化接口为部级、流域级相关系统提供数据共享。

**8.1.3** 省级监测平台应与水库监测站或水库监测中心站或市县级监测平台连接，汇总全省（自治区、直辖市）水库的雨水情测报、大坝安全监测和视频图像等信息，为市县级和水库用户提供应用服务，并与部级监测平台互联互通。省级监测平台应提供接口，供部级监测平台访问水库现场视频图像。

**8.1.4** 市县级监测平台可根据需要设置。市县级监测平台数据应与省级监测平台保持同步，可由水库监测站或水库监测中心站汇总，也可通过省级监测平台接口共享。

**8.1.5** 监测平台应由数据库、业务应用系统和运行支撑环境组成，并具有网络安全保护措施和数据共享能力。

### 8.2 数据库

**8.2.1** 监测平台应构建相应数据库，用于存储水库雨水情测报、大坝安全监测、视频图像、运行维护等信息，并关联水利信息化资源的水库基础信息。

**8.2.2** 数据库存储信息应符合下列规定：

- 1 雨水情测报信息包括测点信息、降水量、库水位等。
- 2 大坝安全监测信息包括测点信息、巡视检查信息、渗流监测信息、变形监测信息等。
- 3 视频图像信息包括站点信息、视频信息、图像信息等。
- 4 运行维护信息包括监测设备运行状态、通信情况、供电

情况、监测设备档案，以及 Web 端和数据库运行情况、网络通信状态、防火墙运行情况、工单流程、操作日志等。

5 水库基础信息包括水库名称、所在地、工程规模、流域水系、河流、经纬度、特征水位、特征库容、坝型、最大坝高、坝顶高程、注册登记号等注册登记信息。

**8.2.3** 数据库表结构应按 SL/T 478、SL/T 213 的相关规定建立。雨水情测报站基本属性表、实时信息类表名称和结构应遵照 SL 323 执行；大坝安全监测数据库、视频图像数据库主要表结构及标识应符合附录 E 的规定。水库和测站已建有的编码与规定不一致的，在数据交换时宜进行必要的转码，建立目标编码与已有编码的对应关系表。

## 8.3 业务应用系统

**8.3.1** 业务应用系统宜设置数据接收、数据处理、数据存储、资料整编、分析应用、信息管理、信息展示、预警提醒、数据统计、系统管理、用户管理等模块。

**8.3.2** 数据接收模块应提供数据传输端口和访问接口，接收水库监测站或水库监测中心站或监测平台的数据。

**8.3.3** 数据处理模块应具备数据检验功能，能自动识别不合理和粗大误差数据。

**8.3.4** 数据存储模块应将接收的数据及时存储至数据库，并定期备份。

**8.3.5** 资料整编模块应具备下列功能：

1 打印报表。可自动生成时段报表、日报表、月报表、年报表。

2 绘制图形。可自动绘制过程线、相关线、平面分布图、浸润线等。

**8.3.6** 分析应用模块应具有统计模型分析功能。对监测数据进行统计和分析，可采用最小二乘法或多因子线性逐步回归法等方法建立统计模型，也可建立混合模型。

### 8.3.7 信息管理模块应具备下列功能：

1 监测数据管理。主要包括新增、修改、删除、统计、下载、导入数据等。

2 监测设备管理。主要包括查看监测设备的通信状态、电压、电池的剩余电量等，以及远程管理监测站点，进行配置、校准、升级、维护与重启等。

8.3.8 信息展示模块宜具备基于统一底图的省级、市县级、水库等多层级水库安全监测与预警信息的综合展示与查询功能，并提供水库所在地点、工程规模等条件筛选。展示信息应包括下列内容：

1 水库分布。结合地图显示水库位置分布，应能区分工程规模。

2 降水量。结合报表、雨量直方图展示当日降水量和历史降水量。

3 库水位。结合报表、过程线显示当前库水位、历史库水位。

4 渗流量。单测点或多测点的渗流量过程线、相关线、报表。

5 渗流压力。单测点或多测点的渗流压力过程线、相关线、报表。

6 表面变形。单测点或多测点的表面变形过程线、分布图、报表。

7 视频图像。应具备通过视频接口浏览水库端的实时视频画面的功能，也可利用数据融合，展示库水位、库容、降水量等实时信息。

8.3.9 预警提醒模块宜具有超汛限水位、降水量等级、历史极值、仪器量程、拟定指标等警戒值分级预警功能，通过监测平台自动或人工发布预警提醒至不同级别用户和可能受影响群体，具备警戒值联动预警广播功能。

8.3.10 数据统计模块宜实现测点最大值、最小值、平均值等特

征值统计功能。

**8.3.11** 系统管理模块宜具备用户角色权限管理、菜单管理、数据字典管理、系统日志管理等功能。

**8.3.12** 省级监测平台用户应覆盖市县级主管部门、水库管理单位及相关业务单位，也可至乡镇级或村级。用户根据分配的角色和权限使用。

**8.3.13** 业务应用系统可结合无人机、大数据、人工智能、5G等新技术，根据小型水库安全管理需要，进一步拓展下列功能：

1 预报。具有洪水预报、纳雨能力分析、工程安全性态研判等功能。

2 预警。支持监测预警指标阈值和预警等级设置，具有监测预警、险情预警信息发布等功能。

3 预演。支持洪水演进仿真预演、水库调度预演、洪水风险推演等功能。

4 预案。实现应急预案信息管理、预案仿真、应急物资及应急设施管理、应急响应、应急演练等功能。

5 智能巡检。具有巡查提醒、轨迹记录、报告生成、异常预警等功能。

6 风险管理。支持危险源识别、风险评估、风险排序、风险动态管控等功能。

7 自动报警。支持如上游坝坡、下游坝坡、坝顶人员入侵报警，以及库水位越限、降水量超标准提示、泄洪提示、车辆入侵、循环提示等场景触发自动报警的功能。

8 大数据分析。支持基于海量监测数据，进行异常数据识别、监测物理量预测、隐患图像识别等应用。

9 移动应用。实现移动端的实时监测数据查询、统计分析图表展示、视频图像浏览、巡检上报等功能。

## **8.4 运行支撑环境**

**8.4.1** 监测平台运行支撑环境应由硬件设备和系统软件组成。

**8.4.2** 硬件设备应配置国产服务器和计算机设备、存储和网络设备、安全设备及其他设备，并应符合下列规定：

1 数据库服务器应设置主备服务器，支持备份要求。存储容量应能满足区域水库数据存储、交换要求。

2 接口和应用服务器宜不少于 2 台，出现单台服务器故障时，不影响使用。

3 视频服务器接收并存储视频图像信息，具备播放实时和历史视频图像功能。历史视频图像存储时间应不少于 30 d。

4 存储和网络设备可采用存储资源池、磁盘存储介质、磁带库、数字存储卡及配套设备、核心交换机、服务器接入交换机、办公区接入交换机、光纤交换机等。

5 安全设备应按照相应的等级保护要求配备。

6 其他设备主要包括 VPN、UPS、KVM 系统、空调系统、防雷设备，也可配备智慧大屏、机房环境监控系统等。

**8.4.3** 系统软件宜配置操作系统、数据库管理软件、中间件、认证系统、备份软件等，并应符合下列规定：

1 数据库管理软件应选择主流的关系数据库管理系统，并优先考虑国产数据库管理系统或开源数据库管理系统。

2 中间件宜配置网络应用服务器、消息中间件、工作流引擎等。

3 认证系统宜采用双因子身份认证。

4 备份软件应支持所选操作系统和数据库管理软件，对操作系统和数据进行完全和增量备份，以及原机及异机进行恢复。

**8.4.4** 监测平台硬件设备及系统软件也可根据情况采用政务云等方式，或接入现有在用局域网。

## **8.5 网络安全与数据共享**

**8.5.1** 监测平台应按照 GB/T 22240 有关规定开展网络安全等级保护定级工作，并按照 GB/T 22239 的要求进行测评。

**8.5.2** 监测平台应具备监测信息资源共享功能，实现监测信息

的互联互通，并符合下列规定：

1 监测平台通过标准化接口为相关系统提供数据共享，应确保网络传输安全和数据安全，不应存储或传输涉密信息。

2 共享的数据宜包括雨水情测报、大坝安全监测、视频图像信息等，根据共享对象的权限及时提供部分或全部数据。

3 数据共享宜与气象、自然资源、地质、地震等部门衔接，及时获取最新的灾害预警信息。

4 不同监测平台之间应建立数据共享协调机制，及时对接数据需求，保持数据同步。

## 9 通信与信息传输

### 9.1 一般规定

9.1.1 通信与信息传输设施应准确、及时、可靠地传输水库雨水情测报、大坝安全监测、视频图像、设备状态等信息。

9.1.2 各级监测平台之间宜采用水利专网传输信息。

9.1.3 通信技术指标应符合下列规定：

1 系统一次完成各省、市县范围内水库监测站或水库监测中心站实时数据收集、处理和转发的时间宜小于 20 min；系统实时数据上报监测平台的时间宜小于 10 min。

2 信道误码率  $Pe$  应满足表 9.1.3 规定。

表 9.1.3 信道误码率  $Pe$

信道	超短波通信	卫星通信	移动通信	光纤
误码率 $Pe$	$\leq 1 \times 10^{-4}$	$\leq 1 \times 10^{-6}$	$\leq 1 \times 10^{-5}$	$\leq 1 \times 10^{-6}$

3 以无故障天数计，水库监测站或水库监测中心站月平均畅通率应不低于 95%，监测平台之间月平均畅通率应不低于 99%。

4 系统基准时钟应采用 GNSS 授时系统，宜首选 BDS 授时系统作为系统时钟同步时钟源，也可使用经授信使用的网络 NTP 授时系统同步系统时钟。

### 9.2 通信组网

9.2.1 监测设施宜采用移动通信、卫星信道、超短波信道、光纤通信等信道组网，也可根据现场通信条件，采用通信电缆、无线网桥、NB-IoT、LoRa 等其他通信信道组网，并应符合下列规定：

1 宜根据水库的通信资源、系统规模、信息流程、信息交换量等条件和要求，合理选择通信组网信道。

2 在满足数据传输可靠性和速率的前提下，优先选择公网和已建专网。

3 省级监测平台与市县级监测平台的通信信道应满足系统最大数据量传输要求。

4 组网设计应考虑提高通信资源利用率。

5 宜首选双信道方式通信。无法实现双信道通信方式的监测站，现场监测设备应有数据存储功能。

**9.2.2 采用移动通信组网应符合下列规定：**

1 信号强度应满足通信误码率要求。个别测站信号强度达不到要求，可通过自建短距离信道将测站信息传至移动通信信号符合要求的地点，再采用移动通信信道。自建短距离信道宜选用超短波、传感器网络、无线网桥或光纤等。

2 传输速率应由实际使用需求确定，并保证数据的准确性和时效性。

3 可同时用于数据通信和图像传输。

**9.2.3 采用卫星信道组网应符合下列规定：**

1 卫星通信终端的工作体制和频率应满足系统要求。

2 安装地点应满足卫星波束覆盖、天线仰角及信号强度的要求。

3 卫星通信终端的传输速率和时延应满足通信要求。

4 应保障通信数据的安全性。

5 应注意工作频段“雨衰”现象对通信的影响。

6 数据报文长度应不超过通信设备单次传输的长度限制，必要时可采用报文拆分发送。

**9.2.4 采用超短波信道组网应符合下列规定：**

1 工作频率应优先选用国家无线电管理部门分配给水利系统的专用频率。

2 数据传输速率宜为 1200 bit/s。

3 可自定义用户区字节数，模拟收发机字节长度不超过 30 B，数字收发机字节长度不超过 140 B，可采用报文拆分发送。

**9.2.5** 采用光纤通信时，应根据建设要求、网络结构、规模容量，制定合理的通信组网方案，数据传输速率宜根据系统数据传输要求以及通信资源本身的传输能力确定。

**9.2.6** 视频图像传输应优先选用光纤或移动通信。当传输速率不小于 1 Mbit/s 时，应传输实时视频；当传输速率小于 1 Mbit/s 时，可传输短视频或图片。

### **9.3 信息流程与工作模式**

**9.3.1** 监测设施信息流程应根据各省、市县实际情况选用逐级上传、集中分发、多目标并发模式或多种模式相结合的方式，并符合下列规定：

1 逐级上传模式。水库监测站或水库监测中心站发送信息至市县级监测平台，再由市县级监测平台向省级监测平台转发的信息流向。

2 集中分发模式。水库监测站或水库监测中心站发送信息至省级监测平台，再由省级监测平台向市县级监测平台转发的信息流向。

3 多目标并发模式。水库监测站或水库监测中心站同时向市县级监测平台或省级监测平台发送的信息流向。

**9.3.2** 工作模式应根据业务工作要求，选择自报式、查询一应答式或兼容式，并宜符合下列规定：

1 监测平台仅需要获取测站数据变化情况时，采用自报式，并配置定时自报。

2 监测平台需要主动随时取得测值数据时，采用查询一应答式。

3 以上两种需求都需要时，可在兼容式、自报式和查询一应答式混合组网工作模式中选用。

## 9.4 数据传输规约

9.4.1 数据传输应符合下列规定：

1 雨水情测报通信规约应符合 SL 651 的规定。

2 大坝安全监测通信规约应符合 SL/T 812.1 的规定，大坝安全监测常用要素标识符引导符应执行附录 E 的规定，要素标识符引导符可根据实际需要增加。

3 视频监视通信规约应符合 GB/T 28181 的规定。

4 数据传输规约示例见附录 F。

9.4.2 有信息传输安全要求的系统，宜在统一数据传输规约基础上采用加密传输技术措施。

## 10 监测资料整编与分析

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 小型水库监测资料主要包括雨水情测报和大坝安全监测资料，应定期进行整编与分析。

**10.1.2** 监测资料整编与分析频次应符合下列规定：

1 在施工期和初蓄期，整编与分析频次根据工程施工和蓄水情况确定，最长不宜超过1年。

2 在运行期，每年汛前应对上一年度的监测资料进行整编与分析。

3 发生有感地震、大洪水以及运行过程中工程出现异常情况时，应及时对监测资料进行整编与分析。

**10.1.3** 人工监测资料整编应坚持随测、随算、随整理、随分析，自动采集数据应及时检查、确认，发现不合理数据应及时查找原因并处理。

**10.1.4** 应及时编制月、年监测数据报表，并经相关责任人签字确认后存档。

**10.1.5** 监测资料分析前应进行可靠性分析，主要通过判断测值是否合理、是否符合大坝变形和渗流规律等进行分析。监测资料不可靠的监测项目，应分析原因并提出改进措施。

**10.1.6** 过程线图绘制应符合下列规定：

1 降水量过程线宜以直方图展示，并将纵坐标轴设置为逆序刻度；其他监测物理量过程线宜以折线图展示。

2 宜绘制监测设施投入运行以来的历年累积数据过程线，分析长序列监测数据趋势性变化规律。

3 渗流、变形监测数据过程线应以横断面、纵断面为单元绘制，并同时绘制库水位、降水量等相关量的过程线。

4 垂直位移过程线宜将纵坐标轴设置为逆序刻度。

**10.1.7** 宜通过监测平台业务应用系统，对监测资料进行初步整编与分析。

## **10.2 雨水情测报资料整编与分析**

**10.2.1** 雨水情测报资料整编应符合下列规定：

1 库水位测报物理量应换算为水位高程。

2 雨水情测报资料整编应按 SL/T 247 的相关规定执行，有条件的水库可摘录年最强降水的时段降水量，以及洪水过程及库水位峰、谷数据。

**10.2.2** 雨水情测报资料宜通过特征值统计、绘制过程线等方法进行分析，并应符合下列规定：

1 特征值统计分析。宜重点分析库水位年最大值和最小值及出现时间、变幅，24 h 最大降水量、年降水总量等。

2 过程线分析。库水位与降水过程线宜绘制在同一过程线图中进行分析，并重点关注水库蓄水过程、泄洪情况、降水情况等。

## **10.3 大坝安全监测资料整编与分析**

**10.3.1** 大坝安全监测资料主要包括巡视检查记录与渗流、变形监测数据。

**10.3.2** 大坝安全监测资料整编应符合下列规定：

1 渗流监测数据应换算成渗流监测物理量。渗流压力监测物理量应为渗流压力水位，渗流量监测物理量应为流量，计算公式见附录 G。

2 变形监测数据应换算成变形监测物理量。表面变形、内部变形监测物理量应为位移量，裂（接）缝监测物理量应为开合度，计算公式见附录 G。

3 其他大坝安全监测资料整编应按 SL/T 551、SL 601 的相关规定执行。

**10.3.3** 巡视检查资料分析应重点关注巡视检查工作发现的主要

问题，除定性描述外，应配以必要的实景照片。

**10.3.4 渗流监测资料**宜通过特征值统计，以及绘制过程线、浸润线等图件进行分析，并应符合下列规定：

1 特征值统计分析。宜重点统计分析各测点年最大值及相应发生时间、库水位、降水量等。

2 过程线分析。应重点关注渗流压力、渗流量与库水位相关性以及趋势性变化规律。

3 浸润线分析。宜绘制年度最高库水位下的监测横断面浸润线图，重点关注浸润线形态是否正常，是否超过设计浸润线或警戒值等。

**10.3.5 变形监测资料**宜通过特征值统计，以及绘制过程线、分布图等图件进行分析，并应符合下列规定：

1 特征值统计分析。宜重点统计分析各测点年位移量、历年累积位移量、变形速率等。

2 过程线分析。水平位移应重点关注位移与库水位相关性以及变形趋势性规律，垂直位移应重点关注变形趋势性规律以及沉降速率。

3 分布图分析。宜以同一监测纵、横断面上的测点为单元，以桩号或坝轴距为横坐标，绘制不同时期、不同部位测点的累积垂直位移量，应重点关注不同部位测点的变化规律。

## 10.4 成果报告

**10.4.1 监测资料整编与分析**后应编写成果报告，成果报告宜包括工程概况、监测概况、巡视检查资料分析、雨水情测报数据分析、渗流监测数据分析、变形监测数据分析、结论与建议、附图附表等内容。监测成果统计表可参照附录 H。

**10.4.2 成果报告**应按下列分类评价大坝运行状态：

1 正常状态。大坝达到设计要求的功能，无影响正常使用的缺陷，且各主要监测量的变化处于正常状态。

2 异常状态。大坝的某项功能已不能完全满足设计要求，

或主要监测量出现异常，因而影响工程正常运行的状态，但在一定控制运用条件下工程能安全运行。

**3 险情状态。**大坝出现严重缺陷，危及大坝安全，或主要监测量出现异常，若按设计条件继续运行大坝将出现事故的状态，工程不能按设计正常运行。

**10.4.3** 当大坝运行状态评价为异常或险情时，应立即上报主管部门。

## 11 巡视检查与运行维护

### 11.1 一般规定

**11.1.1** 小型水库管理单位应对水库大坝和库岸边坡进行巡视检查，并根据水库实际情况制定巡视检查计划，规定检查时间、部位、内容和方法，确定巡查路线，配置必要的工器具。巡视检查应按 SL/T 551、SL 601 的相关规定执行。

**11.1.2** 宜对库区进行巡视检查，库区巡视检查可采用无人机、无人船等方式。

**11.1.3** 运行维护人员应熟悉监测设施布置、有关设备的工作原理和功能技术指标，掌握运行管理规程和相关规定，了解监测平台架构及功能。

**11.1.4** 运行期应按 SL 766 的有关规定定期对监测设施的运行性态进行鉴定评价，依据鉴定结论和 SL 621 的相关规定对监测设施进行处置，并调整相关监测项目、测点、频次。当监测设施不能满足监测要求时，应进行更新改造。

### 11.2 巡视检查

**11.2.1** 小型水库巡视检查应包括日常检查、年度检查和特别检查，并符合下列规定：

1 日常检查。日常巡查次数每周不少于 1 次，汛期每日不少于 1 次。遭遇险情或其他特殊工况时，应增加检查频次。

2 年度检查。每年汛前、汛中、汛后，应对大坝进行现场检查，并检查巡视检查、运行维护记录和监测数据等档案资料，提出水库年度检查报告或检查表。

3 特别检查。在坝区（或其附近）发生地震、大洪水、高水位运行、库水位骤变、水库放空以及发生其他影响大坝安全运用的特殊情况时，应及时组织特别检查，编写特别检查报告，必

要时还宜派专人连续监视。

#### **11.2.2 坝体检查应包括下列内容：**

1 坝顶有无裂缝、异常变形、积水或植物滋生等现象；防浪墙有无开裂、挤碎、架空、错断、倾斜等情况。

2 上游坝坡是否损坏，块石护坡有无块石翻起、松动、塌陷、垫层流失、架空或风化变质等损坏现象；有无裂缝、剥落、滑动、隆起、塌坑、冲刷等现象；近坝水面有无冒泡、变浑等异常现象。

3 下游坝坡及坝趾有无裂缝、剥落、滑动、隆起、塌陷、孔洞、冒水、渗水坑，或流土、管涌，或兽洞、蚁穴等现象；表面排水系统是否通畅，有无裂缝或损坏；减压井（沟）等导渗降压设施有无异常；排水反滤设施是否堵塞或排水不畅，渗水有无骤增骤减和浑浊现象。

4 混凝土坝或砌石坝还应检查伸缩缝开合、止水设施等情况。

#### **11.2.3 坝基和坝肩检查应包括下列内容：**

1 基础排水设施的工况是否正常；渗水、颜色、气味及浑浊度、酸碱度、温度有无变化。

2 坝体与岸坡连接处有无错动、开裂及渗水，或兽洞、蚁穴等情况；两岸坝肩区有无裂缝、滑动、滑坡、崩塌、溶蚀、隆起、塌坑、异常渗水等。

3 坝趾附近有无渗水、管涌、流土或隆起等现象；排水设施是否完好。

4 坝肩岸坡有无裂缝、塌滑迹象；护坡有无隆起、塌陷或其他影响大坝安全的情况；下游岸坡渗流是否正常。

5 混凝土坝或砌石坝应检查廊道有无裂缝、位移、漏水、溶蚀、剥落；伸缩缝开合状况；止水设施工作状况；照明通风设施工作状况。

#### **11.2.4 输泄水洞（管）检查应包括下列内容：**

1 引水段有无堵塞、淤积、崩塌等情况。

2 进水口边坡坡面有无新裂缝、塌滑发生，原有裂缝有无扩大、延伸；地表有无隆起或下陷；排（截）水沟是否通畅、排水孔工作是否正常；有无新的地下水露头，渗水量有无变化。

3 进水塔（或竖井）混凝土有无裂缝、渗水、空蚀或其他损坏现象；塔体有无倾斜或不均匀沉降。

4 洞（管）身有无裂缝、坍塌、鼓起、渗水、空蚀等现象；原有裂（接）缝有无扩展、延伸。

5 放水时出口水流形态、流量是否正常，有无冲刷、磨损、淘刷；停水期是否有水渗漏；出口有无淤堵、裂缝及损坏；出水口边坡有无裂缝及滑移。

6 工作桥是否有不均匀沉陷、裂缝、断裂等现象。

#### 11.2.5 溢洪道检查应包括下列内容：

1 进水段有无坍塌、崩岸、淤堵或其他阻水现象；流态是否正常。

2 堰顶或闸室、闸墩、胸墙、边墙、溢流面、底板有无裂缝、渗水、剥落、冲刷、磨损、空蚀等现象；伸缩缝、排水孔是否完好。

3 泄水槽有无气蚀、冲蚀、裂缝、损伤和塌坑。

4 消能设施有无磨损、冲蚀、裂缝、变形和淤积。

5 下游河床及岸坡有无冲刷、淤积。

6 工作桥有无不均匀沉降、裂缝、断裂等现象。

7 主体结构是否完整。

#### 11.2.6 闸门及启闭机检查应包括下列内容：

1 闸门有无变形、裂纹、螺（铆）钉松动、焊缝开裂；门槽有无卡堵、气蚀等情况；钢丝绳有无锈蚀、磨损、断裂；止水设施是否完好；闸门是否发生振动、气蚀现象。

2 启闭机是否正常工作；制动、限位设备是否准确有效；电源、传动、润滑等系统是否正常；启闭是否灵活；备用电源及手动启闭是否可靠。

3 金属结构防腐及锈蚀状况。

**11.2.7** 近坝岸坡检查应包括下列内容：

- 1 岸坡有无冲刷、开裂、崩塌及滑移迹象。
- 2 岸坡护面及支护结构有无变形、裂缝及位错。
- 3 岸坡地下水露头有无异常，表面排水设施和排水孔工作是否正常。
- 4 库区水面有无漩涡、冒泡等现象。

**11.2.8** 管理设施检查应包括下列内容：

- 1 监测设施是否运行正常。
- 2 防汛道路、供电、通信、照明设施是否正常。
- 3 防汛物资等应急设施是否完备。

**11.2.9** 日常检查人员应相对稳定，宜采用眼看、耳听、手摸、鼻嗅、脚踩等直观方法，辅以智能巡检终端等设备，按规定的路线，对工程表面和异常现象开展检查。

**11.2.10** 年度检查除宜采用 11.2.9 条规定的日常检查方法外，还可采用以下方法：

- 1 采用开挖深坑（或槽）、探井、钻孔取样，或孔内电视、孔内注水试验、投放化学试剂、潜水员探摸，或水下电视、地质雷达、高密度电法、瞬变电磁法等方法，根据需要检查和检测工程内部、水下部位或坝体坝基。

- 2 采用水下多波束等设备对库底淤积、岸坡崩塌堆积体等进行检查，采用无人机巡检、卫星遥感等先进实用技术作为辅助检查手段。

**11.2.11** 每次巡视检查应做好现场记录，记述时间、部位、险情和绘出草图，必要时应测图、摄影或录像。对于有可疑迹象部位的记录，应在现场及时校对。巡视检查记录表样可参照附录 J.1。

**11.2.12** 应及时整理现场检查记录，并将本次检查结果与前期检查结果对比分析，必要时结合相关仪器监测资料综合分析。如发现异常，应立即在现场对该检查项目复查，必要时可启动特别检查。

**11.2.13** 对巡视检查发现的安全隐患，应建立问题台账，及时报告并开展相应处置。

**11.2.14** 巡视检查结果应上传至监测平台，可通过智能巡检等信息化技术自动上报。

**11.2.15** 巡视检查后应形成检查报告，检查报告内容及格式可参照附录 J.2。

**11.2.16** 现场检查记录表、照片、视频、检查报告及其电子文档应存档备查。

### **11.3 监测设施运行维护**

**11.3.1** 监测设施运行维护宜结合日常观测和工程巡视检查开展，维护内容应符合附录 K.1 的规定。

**11.3.2** 监测设施发生故障时应及时检查，常见故障现象及判断可参照附录 K.2。

**11.3.3** 监测设施运行维护情况应建立专门的维护日志，做好记录并存档。记录表样式可参照附录 L。

**11.3.4** 雨水情测报设施设备运行维护应包括下列内容：

1 检查和测试雨水情测报设施的运行状态，保养、校核传感器，发现和排除故障，更换故障设备等。

2 检查雨量器遮挡、器口变形、器口面水平、器身稳固情况，检查、清除承水器滤网上的杂物和漏斗通道堵塞物。检测承水器口的直径和水平度。

3 清洁太阳能电池板，清理水位井进水口。

4 检查电源供电情况或蓄电池电压。

5 检查设备接地情况。

6 检查各结点接触情况及工作状态。

**11.3.5** 渗流压力（扬压力）监测设施运行维护应包括下列内容：

1 检查测压管孔口保护装置的外露构件防护和密封情况，按附录 C.2 的方法测试测压管灵敏度。

2 定期校测电测水位计的测尺长度，保持尺度标记清晰，检查蜂鸣器的工作状态。

3 定期按 SL 601 的规定测试压力表的灵敏性和归零情况。

4 定期比对测压管内渗压计计算水位与人工测量水位。

5 埋入式渗压计应检查电缆线头、标识和保护设施。

#### 11.3.6 渗流量监测设施运行维护应包括下列内容：

1 量水堰监测设备应检查、清理堰板前后排水沟中的淤积物，清除水尺和堰板处的附着物，检查、清除量水堰计浮筒及其进水口附近的杂物，并检查量水堰堰体、堰槽是否存在漏水或外水汇入。

2 对量水堰计或水尺的起测点和堰口高程进行校测。

3 监测部位渗流量与量水堰量程不匹配时，应更换量水堰或采用其他监测方法。

#### 11.3.7 变形监测设施运行维护应包括下列内容：

1 检查变形监测控制网、表面变形监测点、基准点状况，检查并清除影响通视的障碍物，检查修复损坏的观测道路、网点或测点。

2 变形监测仪器的维护应按 GB/T 27663 和 GB/T 10156 的相关规定执行。

3 检查 GNSS 测点安装是否稳固、供电系统与保护装置是否正常、卫星信号接收是否稳定。发现天线 15°高度角以上存在障碍物时应及时清理。

#### 11.3.8 视频图像监视设施运行维护应包括下列内容：

1 检查摄像机及电源、风扇、加热、雨刷、辅助照明装置等设备的工作状态；对摄像机镜头、防护罩及附件进行清洁；根据视频监视需要调整摄像机焦距和监视范围等。

2 检查视频图像监视设备的安装支架、立杆等构件，如发现问题应及时进行加固、除锈、防腐、清洁等养护。

3 检查通信线缆有无破损、老化等情况。

4 检查设备指示灯、设备电压/电流是否正常。

5 检查存储的视频图像质量、帧率、连续存储周期长度是否满足要求。

**11.3.9 信息传输系统运行维护应包括下列内容：**

1 超短波通信应检查信道信号传输情况。

2 移动通信应测试信号强度，对监测设施的移动号码统一管理，及时缴费。

3 有线通信检查线缆是否完好、有无破损，线缆接头是否接触良好、有无锈蚀现象，传输阻抗、信道衰耗等是否符合设计指标，信号转换器、光端机等是否运行正常。

**11.3.10 水库监测站及监测中心站运行维护应包括下列内容：**

1 定期检查数据采集情况，数据缺失率高、异常数据增多时，应及时查明原因。

2 自动化系统易损件、保护性器件应配备必需的备品、备件。

3 在远程诊断和维护时，应由经过授权的管理人员操作，操作完成后应及时关闭该功能。

**11.3.11 监测平台运行维护应包括下列内容：**

1 检查监测平台各项功能是否正常，服务器等相关硬件宜定期维护，软件应及时更新。

2 监测平台异常数据增多时，应及时查明原因。

3 定期开展网络安全检查，发现问题时应及时处理。

# 附录 A 雨水情测报与大坝安全监测 设施安装考证表样

## A.1 雨水情测报设施安装考证表样

A.1.1 雨量计安装考证表样见表 A.1.1。

表 A.1.1 雨量计安装考证表

工程名称		测点编号		测点位置	
雨量计编号		雨量计型号		分辨力/mm	
生产厂家					
基座水平度 /(°)		承雨口水平度 /(°)		安装高度 /m	
翻斗翻转 次数/次		记录器记录 次数/次			
每斗水量/mL		翻转总次数/次		理论排水量 L/mL	
实际排水量 P /mL			翻斗计量误差 E /%		
电缆长度/m			电缆长度标记/m		
安装日期		当日天气		气温/°C	
上游水位/m			下游水位/m		
安装示意图 及说明					
有关责任人	监理或主管		校核人		填表人
	日期		日期		日期
注：项目设有监理机构的，有关责任人由监理工程师签字确认，否则由项目法人代表签字确认，下同。					

A.1.2 水位计安装考证表样见表 A.1.2-1、表 A.1.2-2。

表 A.1.2-1 浮子式水位计安装考证表

工程名称					
测井编号		测井位置			
测井直径/mm		测井顶高程/m		测井底高程/m	
传感器编号		量程/m		生产厂家	
分辨率/cm		电缆长度/m		电缆长度标记/m	
水位计平台高程/m		水位轮高度/m		初始读数/m	
当日天气		上游水位/m		下游水位/m	
安装日期		气温/℃		气压/kPa	
安装示意图及说明					
有关责任人	监理或主管		校核人		填表人
	日期		日期		日期

表 A.1.2-2 雷达/压力式水位计安装考证表

工程名称			测点位置		
传感器编号		量程/m		分辨率/mm	
传感器生产厂家					
传感器安装高程/m		初始读数/m		上游水位/m	
安装日期		当日天气		气温/℃	
安装示意图及说明					
有关责任人	监理或主管		校核人		填表人
	日期		日期		日期

## A.2 大坝安全监测设施安装考证表样

A.2.1 渗流量监测设施安装考证表样见表 A.2.1，此表为振弦式传感器安装考证表样，其他类型传感器安装考证表样可根据需要修改。

表 A.2.1 渗流量监测设施安装考证表

工程部位					测点编号	
测点坐标	桩号/m		坝轴距/m		堰槽底高程/m	
堰体参数	堰型			水尺 (传感器)	水尺(传感器)型式	
	堰板材料				水尺(测针)位置	
	堰口宽度/mm				零点高度/mm	
	堰口至堰槽底 距离/mm				仪器出厂编号	
	堰槽尺寸 /(mm×mm×mm) (长×宽×高)				量程/mm	
					仪器系数/(mm/字)	
仪器测值	零位读数/字				温度/℃	
	安装后读数/字				温度/℃	
上游水位 /m			下游水位 /m		天气	
安装示意图 (或照片) 及说明						
安装时段	年 月 日 至			年 月 日		
有关责任人	监理或主管		校核人		填表人	
	日期		日期		日期	
注：字= $f^2/1000$ ，称为频率模数， $f$ 表示频率，下同。						

A.2.2 渗流压力(扬压力)监测设施安装考证表样见表 A.2.2，此表为测压管内安装振弦式渗压计的安装考证表样，安装其他类型渗压计的安装考证表样可根据需要修改。

表 A. 2. 2 渗流压力（扬压力）监测设施安装考证表

工程部位				测点编号		
桩号/m		坝轴距/m		生产厂家		
测压管 参数	钻孔直径/mm		渗压计 参数	仪器型号		
	土层分布			量程/MPa		
	测压管材质			仪器编号		
	管径/mm			安装高程/m		
	孔口高程/m			仪器系数		
	孔底高程/m			温度系数		
	管长/m			初始读数（字）/ 温度（℃）		
	监测部位 （坝体/坝基）			就位读数（字）/ 温度（℃）		
	花管长度/m			计算水头/m		
反滤回填顶 高程/m		人工测量水头 /m				
上游水位 /m		下游水位 /m		天气		
埋设安装 示意图 （或照片） 及说明						
安装埋设 时段	年 月 日 至 年 月 日					
有关责任人	主管或监理		校核人		填表人	
	日期		日期		日期	

A. 2. 3 表面变形监测设施安装考证表样见表 A. 2. 3，此表为水平位移和垂直位移共用监测墩的情形，其他情形安装考证表样可根据需要修改。

表 A. 2. 3 表面变形监测设施安装考证表

工程名称		监测方法			使用仪器				
测点编号	型式	埋设日期	基础情况	水平位移			垂直位移		备注
				对中装置点位坐标			初始读数 /mm	水准点 初始高程 /m	
				X/m	Y/m	H/m			
埋设示意图及说明									
有关责任人		监理或主管		校核人		填表人			
		日期		日期		日期			

A. 2. 4 沉降管安装考证表样见表 A. 2. 4。

表 A. 2. 4 沉降管安装考证表

工程名称		工程部位					
沉降管编号		管口高程/m			管底高程/m		
仪器型号		仪器生产厂家			仪器标距 K/mm		
埋设桩号/m		沉降管埋设区域及材料			沉降环数量/个		
坝轴距/m				沉降环类型			
埋设方法		沉降管材质			接管数量/根		
沉降管外径/mm		沉降管内径/mm			沉降管长度/m		
沉降环编号	埋设日期	埋设高程/m	土层初始厚度/m	初始读数/m	备注		
埋设示意图(或照片)及说明							
埋设时段	年 月 日 至 年 月 日				天气		
有关责任人		监理或主管		校核人		填表人	
		日期		日期		日期	

### A. 2.5 测斜管垂向安装考证表样见表 A. 2. 5。

表 A. 2.5 测斜管垂向安装考证表

工程名称				工程部位		
测孔编号		测斜管材质		生产厂家		
钻孔深度/m		管口高程/m		管底高程/m		
钻孔直径/mm		测斜管埋设 区域及材料		测斜管长度/m		
埋设桩号/m			接管数量/根			
坝轴距/m		测斜管外径/mm		回填材料		
布置方式		埋设方式		A0 导槽方位/(°)		
埋设示意图 (或照片) 及说明						
埋设时段	年 月 日 至 年 月 日			天气		
有关责任人	监理或主管		校核人		填表人	
	日期		日期		日期	

A. 2.6 杆式位移计（测缝计）安装考证表样见表 A. 2. 6，此表为振弦式传感器安装考证表样，其他类型传感器安装考证表样可根据需要修改。

表 A. 2.6 杆式位移计（测缝计）安装考证表

工程名称				工程部位		
测点编号		仪器型号		仪器生产厂家		
仪器出厂编号		量程/mm		埋设区及材料		
埋设桩号/m		坝轴距/m		测点高程/m		
仪器系数 /(mm/字)			温度系数 /(mm/°C)			
仪器埋设后 初始读数	初始读数/字			初始温度/°C		
埋设示意图 (或照片) 及说明						
埋设时段	年 月 日 至 年 月 日			天气		
有关责任人	主管或监理		校核人		填表人	
	日期		日期		日期	

## 附录 B 雨水情测报记录表样

**B.0.1** 降水量人工观测记录表样见表 B.0.1。

**表 B.0.1 降水量人工观测记录表**

测站编号：____ 雨量器型式：____ 口径：____ 器口离地面高度：____ m							
____ 月份 采用 ( ) 段次							
日	观测起止时间		实测降水量 /mm	时段降水量 /mm	日降水量		备注
	起时	止时			日	降水量 /mm	

**B.0.2** 库水位人工观测记录表样见表 B.0.2。

**表 B.0.2 库水位人工观测记录表**

测站编号：____ 水位计类型：____ 月份 ____							
日	时：分	水尺编号	水尺零点高程 /m	水尺读数 /m	水位 /m	日平均水位 /m	备注

## 附录 C 大坝安全监测技术要求

### C.1 安全监测项目测次

C.1.1 渗流、变形监测项目在施工期、初蓄期、运行期等不同阶段的人工监测频次要求执行表 C.1.1 的规定；实现自动化监测的项目，监测频次宜不少于每日 1 次。

表 C.1.1 安全监测项目测次表

监测类别	监测项目	监测阶段和测次		
		第一阶段 (施工期)	第二阶段 (初蓄期)	第三阶段 (运行期)
渗流	渗流量	6~3 次/月	30~3 次/月	4~2 次/月
	渗流压力(扬压力)	6~3 次/月	30~3 次/月	4~2 次/月
变形	坝体表面变形	4~1 次/月	10~1 次/月	6~2 次/年
	坝体(基)内部变形	10~4 次/月	30~2 次/月	12~4 次/年
	裂(接)缝变形	10~4 次/月	30~2 次/月	12~4 次/年
	近坝岸坡变形	4~1 次/月	10~1 次/月	6~4 次/年

C.1.2 当发生地震、大洪水、库水位骤变、高水位运行、大坝出现异常等特殊情况，应加密监测频次。

### C.2 测压管钻孔安装埋设技术要求

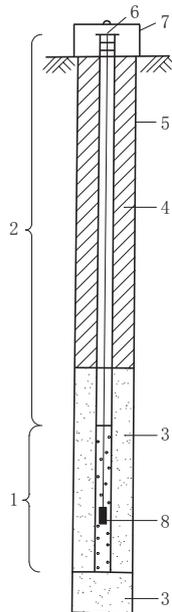
C.2.1 钻孔直径宜采用 110 mm，要求在 50 m 深度内的钻孔倾斜度不大于 3°，不应泥浆护壁。应测记初见水位及稳定水位，描述各土(岩)层岩性，绘制钻孔柱状图。

C.2.2 先在孔底填约 20 cm 厚的反滤料，然后将测压管逐根对接下入孔内。待测压管全部下入孔内后，在测压管与孔壁间回填反滤料至设计高程。对黏壤土或砂壤土可用细砂作反滤料；对砂砾石层可用细砂~粗砂的混合料；对扬压力监测孔可用中粗砂作

反滤料。反滤层以上用与坝体相同或接近的材料回填并夯实，距管口约 2 m 处采用水泥砂浆或膨胀泥球封孔。

**C.2.3** 在岩体内布置渗流测点时，若岩体较完整，可直接利用钻孔，不再安装测压管。

**C.2.4** 测压管封孔回填完成后，应向孔内注水开展灵敏度试验。试验前先测定管中水位，然后向管内注水。若进水段周围为壤土料，注水量相当于每米测压管容积的 3 倍~5 倍；若为砂砾料，则为 5 倍~10 倍。注入后不断观测水位，直至恢复到或接近注水前的水位。对于黏壤土，注入水位在 120 h 内降至原水位为合格；对于砂壤土，24 h 内降至原水位为合格；对于砂粒土，1 h~2 h 降至原水位或注水后升高不到 3 m 为合格。检验合格后，安设管口保护装置。测压管安装埋设见图 C.2.4。



1—透水段；2—导管段；3—反滤料；4—封孔回填料；  
5—钻孔；6—管盖；7—保护装置；8—渗压计

图 C.2.4 测压管安装埋设示意图

## C.3 水平位移监测技术要求

C.3.1 视准线变形监测应符合下列规定：

1 监测设置应符合下列规定：

- 1) 视准线两端的工作基点和校核基点应布置在相对稳定区域，校核基点应设置在视准线两侧的延长线上，数量各 1 座~2 座。
- 2) 视准线长度不宜超过 500 m。当超过 500 m 时应增设工作基点。
- 3) 当受地形条件制约，视准线校核基点无法设置时，可采用倒垂线或三角形网测量校核视准线工作基点的稳定性。
- 4) 视准线应旁离障碍物 1 m 以上，距离地面高度不宜小于 1.2 m。

2 监测方法与要求应符合下列规定：

- 1) 可依地形条件选用活动觇牌法或小角度法。
- 2) 同一监测点每次应按两测回进行监测，一测回正镜、倒镜各照准监测点目标 2 次，取中数计算一测回监测值。以两测回均值作为监测成果。监测限差应满足表 C.3.1。
- 3) 当采用小角度法监测时，各测次均应使用同一度盘分划线；如各测点均为固定觇标时，可采用方向监测法。
- 4) 全站仪标称精度应满足测角误差不大于  $1''$ ，望远镜放大倍率不小于 30 倍。

表 C.3.1 视准线监测限差

观测方法	正镜或倒镜两次读数差	两测回观测值之差
活动觇牌法	2.0 mm	1.5 mm
小角度法	4.0''	3.0''

**C.3.2** 采用前方交会法应符合下列规定：

**1** 监测设置应符合下列规定：

- 1) 前方交会法分为角度交会法、距离交会法和边角交会法，当监测采用角度或距离交会法时，宜按 3 座控制点开展监测方案设计。
- 2) 角度交会法监测，交会角应为  $40^{\circ}\sim 100^{\circ}$ ，固定点至变形监测点距离不宜超过 500 m。
- 3) 距离交会法监测，交会角应为  $30^{\circ}\sim 150^{\circ}$ ，固定点至变形监测点距离不宜超过 500 m。
- 4) 边角交会法监测，交会角应为  $30^{\circ}\sim 150^{\circ}$ ，当交会角接近限值时，其最大边长不宜超过 800 m。
- 5) 变形监测点应安置配套反射棱镜或其他固定照准标志。

**2** 监测方法与要求应符合下列规定：

- 1) 全站仪标称精度应满足测角误差不大于  $1''$ 、测距误差不大于  $(1+D\times 10^{-6})$  mm。
- 2) 方向监测一测回正镜、倒镜各照准监测点目标 2 次，取中数计算一测回监测值，以各测回均值作为方向监测成果。
- 3) 距离监测一测回照准监测点目标 1 次，进行 2 次读数，取中数计算一测回监测值，以各测回均值作为距离监测成果。距离监测时应同时记录气温、气压，其读数精确到  $0.2^{\circ}\text{C}$  和 50 Pa。
- 4) 监测及限差要求执行表 C.3.2 的规定。

**表 C.3.2** 交会法监测及限差

交会方法	监测测回数	2 次读数限差	测回间互差
角度交会	方向三测回	2.0''	3.0''
距离交会	距离三测回	1.0 mm	1.5 mm
边角交会	方向三测回	2.0''	3.0''
	距离三测回	1.0 mm	1.5 mm

### C.3.3 采用 GNSS 法应符合下列规定：

#### 1 监测设置应符合下列规定：

- 1) GNSS 法适用于对地势开阔工程特定部位的永久性持续监测。
- 2) 固定基准站宜不少于 1 座。
- 3) 固定基准站及监测点上部对空条件良好，无障碍物遮挡，应远离大功率无线电信号干扰源（如高压线、无线电发射站、电视台、微波站等）。
- 4) 长期监测项目的数据传输宜采用光纤或移动通信；短期监测项目的数据传输可采用无线电传输。
- 5) 对永久性 GNSS 监测设施宜采取必要防护措施，避免破坏。

#### 2 监测方法与要求应符合下列规定：

- 1) GNSS 接收机类型可选用双频或三频，其标称测量误差应不大于  $3\text{ mm} + D \times 10^{-6}\text{ mm}$ 。
- 2) GNSS 接收机安装时天线的水准器应严格居中，天线定向标志线指向正北，天线相位中心高度应量取 2 次，2 次较差应不大于 1 mm。
- 3) GNSS 监测基本技术要求执行表 C.3.3 的规定。
- 4) GNSS 监测时间应通过现场试验方法予以确定，其固定解算成果的点位误差应满足 5.3.6 条的要求。

表 C.3.3 GNSS 监测基本技术要求

卫星截止高度角 /(°)	同一卫星导航系统同步 有效监测卫星数	卫星分布象限数	采样间隔 /s
≥15	≥5	≥3	10~30

### C.3.4 采用垂线法应符合下列规定：

#### 1 监测设置应符合下列规定：

- 1) 正垂线可采用“一线多测站式”，即一条垂线多个测站，线体设在预留孔或钻孔内，也可利用其他竖井或

宽缝设置。悬挂点应设在坝顶附近。单段正垂线体长度宜不大于 50 m。

- 2) 倒垂线宜采用“一线一测站式”，即一条垂线只设一个测站，不宜穿越廊道。倒垂钻孔深入基岩的深度，应达到变形可忽略处，可取坝高的  $1/4 \sim 1/2$ ，但钻孔底高程宜低于建基面 10 m 以下。倒垂孔内宜埋设保护管，必要时孔外宜装设测线防风管。
- 3) 测线宜采用直径为 1.0 mm~1.2 mm 的不锈钢丝，宜不大于 1.6 mm。正垂线线体极限拉力应大于重锤重量的两倍，倒垂线线体极限拉力应大于浮子浮力的 3 倍。
- 4) 当正、倒垂线结合布置时，正、倒垂线宜在同一个观测墩上衔接；不具备条件时，应选择在同坝段、同高程部位衔接。

## 2 监测方法与要求应符合下列规定：

- 1) 垂线监测可采用电测垂线坐标仪、光学垂线坐标仪或其他同精度仪器。
- 2) 采用人工观测时，每一测次应测读两测回，测回间应重新整置仪器，两测回观测值之差应不大于 0.15 mm。

### C.3.5 采用引张线法应符合下列规定：

#### 1 监测设置应符合下列规定：

- 1) 引张线宜采用浮托式，线长不足 200 m 时，可采用无浮托式。
- 2) 测线宜采用直径不超过 1.6 mm 的不锈钢丝，抗拉强度应不小于工作拉应力的 2 倍。
- 3) 引张线线体应设防风保护管。
- 4) 应在引张线的两端同高程相对稳定区域各设置一个工作基点。

#### 2 监测方法与要求应符合下列规定：

- 1) 引张线监测可采用电测引张线仪或读数显微镜、两线

仪、两用仪、放大镜。严禁仅通过目视观测读数。

- 2) 左右边缘读数差和钢丝直径之差应不大于 0.15 mm，人工观测每一测次应测读两测回，两测回观测值之差应不大于 0.15 mm。

## C.4 垂直位移监测技术要求

C.4.1 采用水准测量应符合下列规定：

- 1 应依据水准基点和水准工作基点所处位置，拟定垂直位移监测点的水准观测线路，每期监测的水准路线应保持一致。

- 2 垂直位移监测点宜采用附和或闭合水准监测路线，在提高监测点精度的同时应增强成果的可靠性。

- 3 使用的水准仪标称精度应满足三等水准及以上等级水准监测要求。

- 4 各等级水准监测的技术指标及限差按 GB/T 12897 和 GB/T 12898 的相应规定执行。

C.4.2 采用三角高程测量应满足下列要求：

- 1 全站仪标称误差：测角误差不大于 1"、测距误差不大于  $2\text{ mm} + 2 \times D \times 10^{-6}\text{ mm}$ 。

- 2 垂直角中丝法六测回监测，测回间垂直角较差应不大于 6"。

- 3 测距边长度宜控制在 500 m 以内，测距中误差应不超过 3 mm。

- 4 仪器高和觇标高量测应精确至 0.1 mm。

- 5 宜采用双测站监测，监测时应测量温度、气压，计算时加入相应改正。

## 附录 D 水库监测站

### D.0.1 水库监测站组成见图 D.0.1。

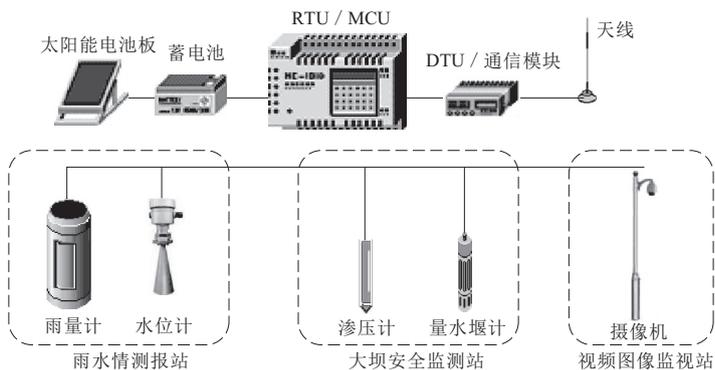


图 D.0.1 水库监测站组成示意图

### D.0.2 立杆式雨水情测报站见图 D.0.2。

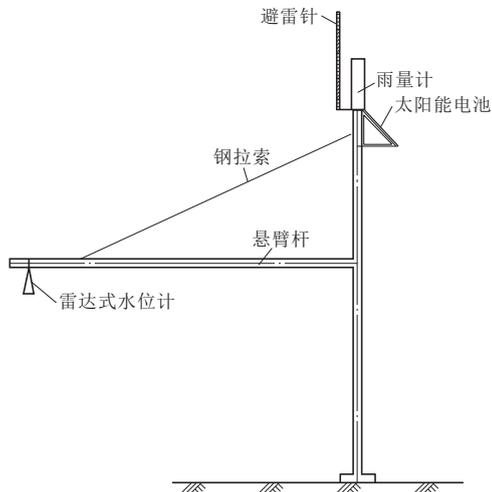


图 D.0.2 立杆式雨水情测报站示意图

D.0.3 落地式大坝安全监测站见图 D.0.3。

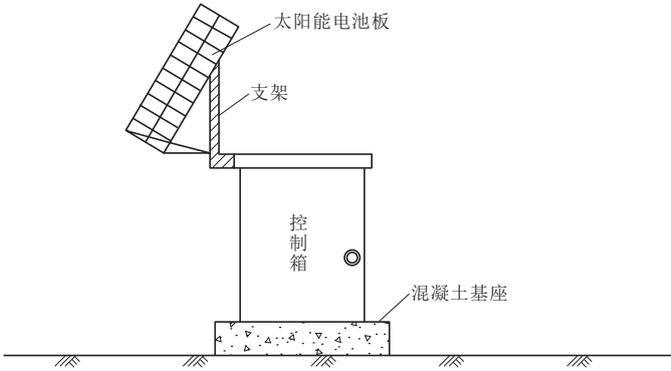


图 D.0.3 落地式大坝安全监测站示意图

D.0.4 站房式监测站见图 D.0.4。

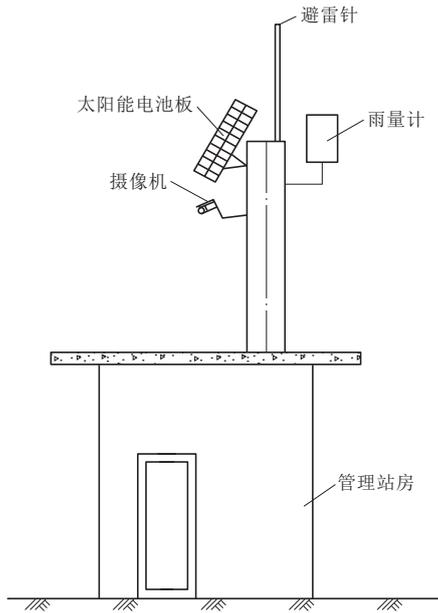


图 D.0.4 站房式监测站示意图

# 附录 E 监测平台

## E.1 各级小型水库大坝监测平台总体框架

E.1.1 各级小型水库大坝监测平台总体框架见图 E.1.1。

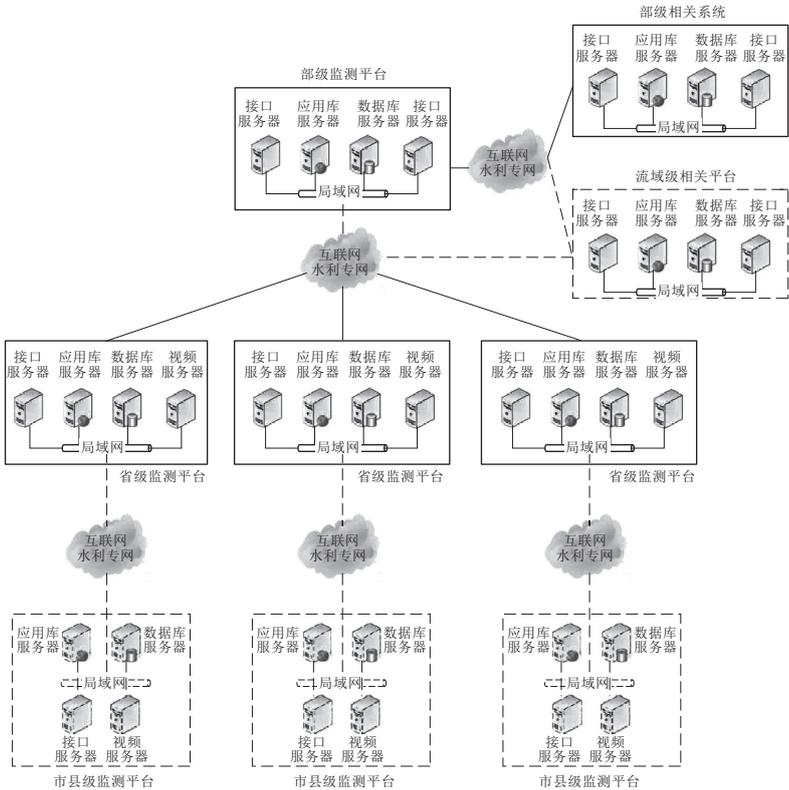


图 E.1.1 各级小型水库大坝监测平台总体框架图

**E.1.2** 部级相关系统主要包括全国水库运行管理信息系统、水利一张图等。

## E.2 大坝安全监测类表

**E.2.1** 表面垂直位移监测基点表 (DSM\_DFR\_SRVRDSBP) 见表 E.2.1-1, 其各字段要求如下。

**表 E.2.1-1 表面垂直位移监测基点表 (DSM\_DFR\_SRVRDSBP)**

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HYCNCD	C (3)	N	—	2
基点编号	BPCD	C (20)	N	—	3
考证信息日期	TXINDT	Date	N	—	4
基点类型	BPTP	C (1)	—	—	—
桩号	CH	C (9)	N	—	—
轴距	OFAX	N (6, 2)	N	m	—
高程	EL	N (8, 4)	N	m	—
型式	TP	C (40)	—	—	—
基础情况	BSIN	C (60)	—	—	—
安装日期	INDT	Date	N	—	—
测定日期	DTDT	Date	—	—	—
经度	LGTD	N (9, 6)	—	°	—
纬度	LTTD	N (9, 6)	—	°	—
工作状态	WKN	C (1)	—	—	—
备注	RM	C (200)	—	—	—
注：“—”表示空格内无内容。					

**1** 水库代码：水库工程的识别代码，按 SL 213 的规定编制并填写。

**2** 水工建筑物编号：大坝、溢洪道、非常溢洪道、泄洪洞、输水洞等水工建筑物的代码。水工建筑物编号由 3 位字符组成，第 1

位为水工建筑物类别代码，应符合表 E.2.1-2 的规定，后 2 位为同类水工建筑物的序号，由水库管理单位根据实际情况自行编号。

表 E.2.1-2 水工建筑物类别代码表

代码	水工建筑物类别	代码	水工建筑物类别
1	大坝	6	引水洞
2	溢洪道	7	电站厂房
3	非常溢洪道	8	通航建筑物
4	泄洪洞	9	其他
5	输水洞		

**3 基点编号：**表面垂直位移监测基点的编号，宜采用已有编号或大坝安全监测设计编号。

**4 考证信息日期：**表面垂直位移监测基点的考证信息日期或最新更新日期，兼作其工作状态发生变化的日期。

**5 基点类型：**基点类型取值及其代码，1 为表面垂直位移监测水准基点，2 为表面垂直位移监测水准工作（起测）基点。

**6 桩号：**表面垂直位移监测基点的桩号，以  $K+\times\times\times.\times\times$  或  $K-\times\times\times.\times\times$  表示的表面垂直位移监测基点与零桩号（0+000.00）的水平距离，“+”与“-”表示相反方向。“+”或“-”前的 K 为 0 开始的自然数，单位为 km，“+”或“-”后的  $\times\times\times.\times\times$  单位为 m。如“1+500.00”表示距零桩号 1500 m。

**7 轴距：**表面垂直位移监测基点垂直于坝轴线或闸轴线的水平距离，上游为“-”，下游为“+”，单位为 m，如-10.00 表示距坝轴线上游 10 m。

**8 高程：**表面垂直位移监测水准基点或水准工作（起测）基点的高程值。

**9 型式：**表面垂直位移监测基点的型式，如出露式混凝土墩、沉井式混凝土墩、岩石标、钢管标、双金属标等，其内容不应超过 20 个汉字。

**10 基础情况：**表面垂直位移监测水准基点或水准工作（起

测) 基点或表面垂直位移监测基点的基础岩性, 如岩基、土基等, 其内容不应超过 30 个汉字。

11 安装日期: 表面垂直位移监测基点安装完成的日期。

12 测定日期: 表面垂直位移监测基点高程的测量日期。

13 经度: 基点所在位置的经度坐标。

14 纬度: 基点所在位置的纬度坐标。

15 工作状态: 工作状态取值及其代码, 1 为正常, 0 为失效。

16 备注: 表面垂直位移监测基点需要备注说明的信息, 其内容不应超过 100 个汉字。

E. 2. 2 表面垂直位移测点表 (DSM \_ DFR \_ SRVRDSMP) 见表 E. 2. 2, 其各字段要求如下。

表 E. 2. 2 表面垂直位移测点表 (DSM \_ DFR \_ SRVRDSMP)

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HYCNCD	C (3)	N	—	2
测点编号	MPCD	C (20)	N	—	3
考证信息日期	TXINDT	Date	N	—	4
桩号	CH	C (9)	N	—	—
轴距	OFAX	N (6, 2)	N	m	—
起始高程	STEL	N (8, 4)	N	m	—
型式	TP	C (40)	—	—	—
基础情况	BSIN	C (60)	—	—	—
安装日期	INDT	Date	—	—	—
测定日期	DTDT	Date	—	—	—
仪器出厂编号	DVFCCD	C (20)	—	—	—
经度	LGTD	N (9, 6)	—	°	—
纬度	LTDT	N (9, 6)	—	°	—
工作状态	WKN	C (1)	—	—	—
备注	RM	C (200)	—	—	—

注: “—”表示空格内无内容。

- 1 水库代码：同表 E. 2. 1 - 1。
- 2 水工建筑物编号：同表 E. 2. 1 - 1。
- 3 测点编号：表面垂直位移测点的编号，宜采用已有编号或大坝安全监测设计编号。
- 4 考证信息日期：同表 E. 2. 1 - 1。
- 5 桩号：表面垂直位移测点的桩号，同表 E. 2. 1 - 1。
- 6 轴距：表面垂直位移测点垂直于坝轴线或闸轴线的水平距离，同表 E. 2. 1 - 1。
- 7 起始高程：表面垂直位移测点的首次高程值。
- 8 型式：表面垂直位移测点的型式，如综合标、混凝土嵌心标、墙上标、钢管标等，其内容不应超过 20 个汉字。
- 9 基础情况：表面垂直位移测点的基础岩性，如筑坝填土、岩石、干（浆）砌石、混凝土等，其内容不应超过 30 个汉字。
- 10 安装日期：表面垂直位移测点埋设安装完成的日期。
- 11 测定日期：表面垂直位移测点起（初）始高程的测量日期。
- 12 仪器出厂编号：表面垂直位移测量仪器的出厂编号。
- 13 经度：同表 E. 2. 1 - 1。
- 14 纬度：同表 E. 2. 1 - 1。
- 15 工作状态：同表 E. 2. 1 - 1。
- 16 备注：表面垂直位移测点需要备注说明的信息，其内容不应超过 100 个汉字。

**E. 2. 3 表面垂直位移表 (DSM \_ DFR \_ SRVRDS)** 见表 E. 2. 3，其各字段要求如下。

**表 E. 2. 3 表面垂直位移表 (DSM \_ DFR \_ SRVRDS)**

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HYCNCD	C (3)	N	—	2
测点编号	MPCD	C (20)	N	—	3

续表 E. 2. 3

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
测量时间	MSTM	Time	N	—	4
垂直位移	VRDS	N (6, 1)	N	mm	—
注：“—”表示空格内无内容。					

1 水库代码：同表 E. 2. 1 - 1。

2 水工建筑物编号：同表 E. 2. 1 - 1。

3 测点编号：表面垂直位移测点的编号，同表 E. 2. 2。

4 测量时间：表面垂直位移测量时的时间。

5 垂直位移：表面垂直位移测点高程与其起（初）始高程的差值，垂直向下（下沉）为“+”、垂直向上（抬升）为“-”。

**E. 2. 4 表面水平位移监测基点表 (DSM \_ DFR \_ SRHRDSBP)**  
见表 E. 2. 4，其各字段要求如下。

**表 E. 2. 4 表面水平位移监测基点表  
(DSM \_ DFR \_ SRHRDSBP)**

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HVCNCD	C (3)	N	—	2
基点编号	BPCD	C (20)	N	—	3
考证信息日期	TXINDT	Date	N	—	4
基点类型	BPTP	C (1)	—	—	—
桩号	CH	C (9)	N	—	—
轴距	OFAX	N (6, 2)	N	m	—
高程	EL	N (7, 3)	N	m	—
型式	TP	C (40)	—	—	—
基础情况	BSIN	C (60)	—	—	—
安装日期	INDT	Date	—	—	—

续表 E. 2. 4

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
测定日期	DTDT	Date	—	—	—
经度	LGTD	N (9, 6)	—	°	—
纬度	LTTD	N (9, 6)	—	°	—
工作状态	WKN	C (1)	—	—	—
备注	RM	C (200)	—	—	—

注：“—”表示空格内无内容。

- 1 水库代码：同表 E. 2. 1 - 1。
- 2 水工建筑物编号：同表 E. 2. 1 - 1。
- 3 基点编号：表面水平位移监测基点的编号，同表 E. 2. 1 - 1。
- 4 考证信息日期：同表 E. 2. 1 - 1。
- 5 基点类型：基点类型取值及其代码，1 为表面水平位移监测基准点，2 为表面水平位移监测工作基点。
- 6 桩号：表面水平位移监测基点的桩号，同表 E. 2. 1 - 1。
- 7 轴距：表面水平位移监测基点垂直于坝轴线或闸轴线的水平距离，同表 E. 2. 1 - 1。
- 8 高程：表面水平位移监测基点的高程值。
- 9 型式：表面水平位移监测基点的型式，如出露式混凝土墩、岩石标、钢管标、双金属标等，其内容不应超过 20 个汉字。
- 10 基础情况：表面水平位移监测基点的基础岩性，如岩基、土基等，其内容不应超过 30 个汉字。
- 11 安装日期：表面水平位移监测基点安装完成的日期。
- 12 测定日期：表面水平位移监测基点的测定或复核的日期。
- 13 经度：同表 E. 2. 1 - 1。
- 14 纬度：同表 E. 2. 1 - 1。
- 15 工作状态：同表 E. 2. 1 - 1。
- 16 备注：表面水平位移监测基点需要备注说明的信息，其

内容不应超过 100 个汉字。

**E. 2.5 表面水平位移测点表 (DSM\_DFR\_SRHRDSMP)** 见表 E. 2. 5, 其各字段要求如下。

**表 E. 2. 5 表面水平位移测点表 (DSM\_DFR\_SRHRDSMP)**

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HYCNCN	C (3)	N	—	2
测点编号	MPCD	C (20)	N	—	3
考证信息日期	TXINDT	Date	N	—	4
桩号	CH	C (9)	N	—	—
轴距	OFAX	N (6, 2)	N	m	—
高程	EL	N (7, 3)	N	m	—
X 向基准值	XRFVL	N (6, 1)	N	mm	—
Y 向基准值	YRFVL	N (6, 1)	N	mm	—
型式	TP	C (40)	—	—	—
基础情况	BSIN	C (60)	—	—	—
安装日期	INDT	Date	—	—	—
测定日期	DTDT	Date	—	—	—
仪器出厂编号	DVFCCD	C (20)	—	—	—
经度	LGTD	N (9, 6)	—	°	—
纬度	LTTD	N (9, 6)	—	°	—
工作状态	WKN	C (1)	—	—	—
备注	RM	C (200)	—	—	—
注：“—”表示空格内无内容。					

- 1 水库代码：同表 E. 2. 1 - 1。
- 2 水工建筑物编号：同表 E. 2. 1 - 1。
- 3 测点编号：表面水平位移测点的编号，同表 E. 2. 2。
- 4 考证信息日期：同表 E. 2. 1 - 1。
- 5 桩号：表面水平位移测点的桩号，同表 E. 2. 1 - 1。
- 6 轴距：表面水平位移测点垂直于坝轴线或闸轴线的水平

距离，同表 E. 2. 1 - 1。

7 高程：表面水平位移测点的高程值。

8 X 向基准值：表面水平位移测点测定时的基准值，即作为计算起点的测值，X 为上下游方向。

9 Y 向基准值：表面水平位移测点测定时的基准值，即作为计算起点的测值，Y 为左右岸方向。

10 型式：表面水平位移测点的型式，如综合标、墙上标、钢管标等，其内容不应超过 20 个汉字。

11 基础情况：表面水平位移测点的基础岩性，如岩基、土基等，其内容不应超过 30 个汉字。

12 安装日期：表面水平位移测点埋设安装完成的日期。

13 测定日期：表面水平位移测点基准值的测量日期。

14 仪器出厂编号：表面水平位移测量仪器的出厂编号。

15 经度：同表 E. 2. 1 - 1。

16 纬度：同表 E. 2. 1 - 1。

17 工作状态：同表 E. 2. 1 - 1。

18 备注：表面水平位移测点需要备注说明的信息，其内容不应超过 100 个汉字。

**E. 2. 6 表面水平位移表 (DSM \_ DFR \_ SRHRDS)** 见表 E. 2. 6，其各字段要求如下。

**表 E. 2. 6 表面水平位移表 (DSM \_ DFR \_ SRHRDS)**

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HYCNCD	C (3)	N	—	2
测点编号	MPCD	C (20)	N	—	3
测量时间	MSTM	Time	N	—	4
X 向水平位移	XHRDS	N (6, 1)	—	mm	—
Y 向水平位移	YHRDS	N (6, 1)	—	mm	—

注：“—”表示空格内无内容。

- 1 水库代码：同表 E. 2. 1 - 1。
- 2 水工建筑物编号：同表 E. 2. 1 - 1。
- 3 测点编号：表面水平位移测点的编号，同表 E. 2. 2。
- 4 测量时间：表面水平位移测量时的时间。
- 5 X 向水平位移：X 向水平位移测值与 X 向基准值的差值，向下游为“+”、向上游为“-”。
- 6 Y 向水平位移：Y 向水平位移测值与 Y 向基准值的差值，向左岸为“+”、向右岸为“-”。

**E. 2. 7 渗流压力测点表 (DSM\_SPG\_SPPRMP)** 见表 E. 2. 7 - 1，其各字段要求如下。

**表 E. 2. 7 - 1 渗流压力测点表 (DSM\_SPG\_SPPRMP)**

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HYCNCD	C (3)	N	—	2
测点编号	MPCD	C (20)	N	—	3
考证信息日期	TXINDT	Date	N	—	4
桩号	CH	C (9)	N	—	—
轴距	OFAX	N (6, 2)	N	m	—
高程	EL	N (7, 3)	—	m	—
监测类型	MSTP	C (1)	—	—	—
透水段底高程	PMBTEL	N (7, 3)	—	m	—
透水段顶高程	PMTPEL	N (7, 3)	—	m	—
安装日期	INDT	Date	—	—	—
仪器出厂编号	DVFCCD	C (20)	—	—	—
经度	LGTD	N (9, 6)	—	°	—
纬度	LTTD	N (9, 6)	—	°	—
工作状态	WKN	C (1)	—	—	—
备注	RM	C (200)	—	—	—

注：“—”表示空格内无内容。

- 1 水库代码：同表 E. 2. 1 - 1。
- 2 水工建筑物编号：同表 E. 2. 1 - 1。
- 3 测点编号：渗流压力测点的编号，同表 E. 2. 2。
- 4 考证信息日期：同表 E. 2. 1 - 1。
- 5 桩号：渗流压力测点的桩号，同表 E. 2. 1 - 1。
- 6 轴距：渗流压力测点垂直于坝轴线或闸轴线的水平距离，同表 E. 2. 1 - 1。
- 7 高程：渗流压力测点的高程值。
- 8 监测类型：描述渗流压力测点的具体监测类型，取值及其代码应符合表 E. 2. 7 - 2 的规定。

表 E. 2. 7 - 2 监测类型代码表

代码	监测类型	代码	监测类型
1	坝体渗流压力	5	地下水位
2	坝基渗流压力	6	洞室外水压力
3	绕坝渗流压力	7	围岩渗透压力
4	扬压力	9	其他

- 9 透水段底高程：渗流压力测点处透水段底部的高程值。
- 10 透水段顶高程：渗流压力测点处透水段顶部的高程值。
- 11 安装日期：用于测量渗流压力的仪器安装埋设日期。
- 12 仪器出厂编号：渗流压力测量仪器的出厂编号。
- 13 经度：同表 E. 2. 1 - 1。
- 14 纬度：同表 E. 2. 1 - 1。
- 15 工作状态：同表 E. 2. 1 - 1。
- 16 备注：渗流压力测点需要备注的信息，其内容不应超过 100 个汉字。

**E. 2. 8 渗流压力水位表 (DSM \_ SPG \_ SPPR)** 见表 E. 2. 8，其各字段要求如下。

表 E.2.8 渗流压力水位表 (DSM\_SPG\_SPPR)

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HYCNCD	C (3)	N	—	2
测点编号	MPCD	C (20)	N	—	3
测量时间	MSTM	Time	N	—	4
温度	TM	N (4, 1)	—	℃	—
渗流压力水位	SPPRWL	N (6, 2)	—	m	—

注：“—”表示空格内无内容。

- 1 水库代码：同表 E.2.1-1。
- 2 水工建筑物编号：同表 E.2.1-1。
- 3 测点编号：渗流压力测点的编号，同表 E.2.2。
- 4 测量时间：渗流压力测量时的时间。
- 5 温度：渗流压力测点的温度值。
- 6 渗流压力水位：测点渗流压力水位高程值。

E.2.9 测压管表 (DSM\_SPG\_PZTB) 见表 E.2.9，其各字段要求如下。

表 E.2.9 测压管表 (DSM\_SPG\_PZTB)

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HYCNCD	C (3)	N	—	2
测点编号	MPCD	C (20)	N	—	3
考证信息日期	TXINDT	Date	N	—	4
桩号	CH	C (9)	N	—	—
轴距	OFAX	N (6, 2)	N	m	—
监测类型	MSTP	C (1)	—	—	—
管口高程	TBTPEL	N (7, 3)	—	m	—
管底高程	TBBTEL	N (7, 3)	—	m	—
进水段底高程	IPBTEL	N (7, 3)	—	m	—

续表 E. 2. 9

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
进水段顶高程	IPTPEL	N (7, 3)	—	m	—
安装日期	INDT	Date	—	—	—
仪器出厂编号	DVFCCD	C (20)	—	—	—
经度	LGTD	N (9, 6)	—	°	—
纬度	LTTD	N (9, 6)	—	°	—
工作状态	WKN	C (1)	—	—	—
备注	RM	C (200)	—	—	—

注：“—”表示空格内无内容。

- 1 水库代码：同表 E. 2. 1-1。
- 2 水工建筑物编号：同表 E. 2. 1-1。
- 3 测点编号：测压管测点的编号，同表 E. 2. 2。
- 4 考证信息日期：同表 E. 2. 1-1。
- 5 桩号：测压管测点的桩号，按管口中心计算，同表 E. 2. 1-1。
- 6 轴距：测压管测点垂直于坝轴线或闸轴线的水平距离，同表 E. 2. 1-1。
- 7 监测类型：同表 E. 2. 7-2。
- 8 管口高程：测压管管口的高程值。
- 9 管底高程：测压管管底的高程值。
- 10 进水段底高程：测压管进水段（透水花管段）底部的高程值。
- 11 进水段顶高程：测压管进水段（透水花管段）顶部的高程值。
- 12 安装日期：测压管设备安装埋设完成的日期。
- 13 仪器出厂编号：测压管水位测量仪器的出厂编号。
- 14 经度：同表 E. 2. 1-1。
- 15 纬度：同表 E. 2. 1-1。

16 工作状态：同表 E. 2. 1 - 1。

17 备注：测压管需要备注的信息，其内容不应超过 100 个汉字。

**E. 2. 10 测压管水位表 (DSM \_ SPG \_ PZTBWL)** 见表 E. 2. 10，其各字段要求如下。

**表 E. 2. 10 测压管水位表 (DSM \_ SPG \_ PZTBWL)**

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HYCNCN	C (3)	N	—	2
测点编号	MPCD	C (20)	N	—	3
测量时间	MSTM	Time	N	—	4
测压管水位	PZTBWL	N (6, 2)	—	m	—

注：“—”表示空格内无内容。

1 水库代码：同表 E. 2. 1 - 1。

2 水工建筑物编号：同表 E. 2. 1 - 1。

3 测点编号：测压管测点的编号，同表 E. 2. 2。

4 测量时间：测量测压管水位的时间。

5 测压管水位：测压管水位高程值。

**E. 2. 11 渗流量测点表 (DSM \_ SPG \_ SPQNMP)** 见表 E. 2. 11，其各字段要求如下。

**表 E. 2. 11 渗流量测点表 (DSM \_ SPG \_ SPQNMP)**

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HYCNCN	C (3)	N	—	2
测点编号	MPCD	C (20)	N	—	3
考证信息日期	TXINDT	Date	N	—	4
桩号	CH	C (8)	N	—	—
轴距	OFA	N (6, 2)	N	m	—

续表 E. 2. 11

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
高程	EL	N (7, 3)	—	m	—
安装日期	INDT	Date	—	—	—
仪器出厂编号	DVFCCD	C (20)	—	—	—
经度	LGTD	N (9, 6)	—	°	—
纬度	LTTD	N (9, 6)	—	°	—
工作状态	WKN	C (1)	—	—	—
备注	RM	C (200)	—	—	—
注：“—”表示空格内无内容。					

- 1 水库代码：同表 E. 2. 1 - 1。
  - 2 水工建筑物编号：同表 E. 2. 1 - 1。
  - 3 测点编号：渗流量测点的编号，同表 E. 2. 2。
  - 4 考证信息日期：同表 E. 2. 1 - 1。
  - 5 桩号：渗流量测点的桩号，同表 E. 2. 1 - 1。
  - 6 轴距：渗流量测点垂直于坝轴线或闸轴线的水平距离，同表 E. 2. 1 - 1。
  - 7 高程：渗流量测点的高程值；量水堰法指堰口高程；容积法指出水点高程；流速法指渠道渠底高程。
  - 8 安装日期：渗流量测点的安装埋设日期。
  - 9 仪器出厂编号：渗流量测量仪器的出厂编号。
  - 10 经度：同表 E. 2. 1 - 1。
  - 11 纬度：同表 E. 2. 1 - 1。
  - 12 工作状态：同表 E. 2. 1 - 1。
  - 13 备注：渗流量测点需要备注的信息，其内容不应超过 100 个汉字。
- E. 2. 12 渗流量表 (DSM \_ SPG \_ SPQN)** 见表 E. 2. 12，其各字段要求如下。

表 E. 2. 12 渗流量表 (DSM \_ SPG \_ SPQN)

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
水工建筑物编号	HYCNCD	C (3)	N	—	2
测点编号	MPCD	C (20)	N	—	3
测量时间	MSTM	Time	N	—	—
温度	TM	N (4, 1)	—	℃	—
渗流量	SPQN	N (6, 2)	—	L/s	—
标准水温渗流量	STSPQN	N (6, 2)	—	L/s	—

注：“—”表示空格内无内容。

- 1 水库代码：同表 E. 2. 1 - 1。
- 2 水工建筑物编号：同表 E. 2. 1 - 1。
- 3 测点编号：渗流量测点的编号，同表 E. 2. 2。
- 4 测量时间：渗流量测量时的时间。
- 5 温度：渗流量测点的温度值。
- 6 渗流量：渗流量测点的渗流量。
- 7 标准水温渗流量：计算得到的 10 ℃水温的渗流量。

E. 2. 13 巡视检查信息表 (DSM \_ INS \_ ININ) 见表 E. 2. 13, 其各字段要求如下。

表 E. 2. 13 巡视检查信息表 (DSM \_ INS \_ ININ)

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
巡视检查日期	INSDT	Date	N	—	2
巡视检查类别	INTP	C (1)	N	—	—
巡视检查内容	INCN	VC (1000)	N	—	—
巡视检查人员	INPS	VC (500)	N	—	—
巡视检查设备	INEQ	C (200)	—	—	—
上游水位	UPWL	N (6, 2)	—	m	—

续表 E. 2. 13

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
天气	WT	C (16)	—	—	—
气温	ARTM	N (4, 1)	—	℃	—
巡视检查路线	INLN	VC (1000)	—	—	—
巡视检查记录	INRC	VC (5000)	N	—	—
巡视检查结论	INCC	VC (1000)	N	—	—
巡视检查警示信息	INWRIN	VC (1000)	—	—	—
巡视检查报告	INRP	B	—	—	—

注：“—”表示空格内无内容。

1 水库代码：同表 E. 2. 1 - 1。

2 巡视检查日期：巡视检查开始的日期。

3 巡视检查类别：巡视检查类别取值及其代码，1 为日常巡视检查，2 为年度巡视检查，3 为特别巡视检查。

4 巡视检查内容：土石坝应符合 SL/T 551 第 3.2 节的要求，混凝土坝应符合 SL 601 第 3.2 节的要求，其内容不应超过 500 个汉字。

5 巡视检查人员：巡视检查人员姓名及职称，姓名和职称之间用半角逗号“,” 隔开，人员之间用半角分号“;” 隔开，职称可空缺，如“张三，工程师；李四;”，其内容不应超过 250 个汉字。

6 巡视检查设备：巡视检查工具、仪器及设备的名称、型号等，其内容不应超过 100 个汉字。

7 上游水位：巡视检查时的水库坝前水位。

8 天气：巡视检查期间的天气情况。

9 气温：巡视检查期间的大气平均温度。

10 巡视检查路线：巡视检查人员巡检的路线，其内容不应超过 500 个汉字。

11 巡视检查记录：巡视检查记载的内容，其内容不应超过

1000 个汉字。

**12 巡视检查结论：**巡视检查完成后总结的主要结论，其内容不应超过 500 个汉字。

**13 巡视检查警示信息：**巡视检查发布的警示和预警信息，其内容不应超过 500 个汉字。

**14 巡视检查报告：**编制的巡视检查的报告文档，编制要求及格式应符合 SL 601 第 3.4 节和 SL/T 551 第 3.4 节的要求。

**E. 2. 14 巡视检查异常情况表 (DSM \_ INS \_ INAS)** 见表 E. 2. 14 - 1，其各字段要求如下。

**表 E. 2. 14 - 1 巡视检查异常情况表 (DSM \_ INS \_ INAS)**

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
巡视检查日期	INSDT	Date	N	—	2
异常情况编号	ASCD	C (3)	N	—	3
水工建筑物编号	HYCNCD	C (3)	N	—	—
异常类型	ASTP	C (2)	N	—	—
异常情况描述	ASDS	VC (2000)	—	—	—
异常严重程度	ASSV	C (1)	—	—	—
异常原因	ASRS	VC (500)	—	—	—
处置措施	DSMS	VC (500)	—	—	—
异常处理状态	ASDSCN	C (1)	—	—	—
异常处理日期	ASDSDT	Date	—	—	—

注：“—”表示空格内无内容。

- 1 水库代码：**同表 E. 2. 1 - 1。
- 2 巡视检查日期：**发现异常情况时对应的巡视检查日期。
- 3 异常情况编号：**巡视检查异常情况的编号，由 3 位数字组成，从“001”开始。
- 4 水工建筑物编号：**同表 E. 2. 1 - 1。
- 5 异常类型：**描述异常类型的代码，应符合表 E. 2. 14 - 2

的规定。

表 E. 2. 14 - 2 描述异常类型的代码

代码	异常类型	代码	异常类型
01	冒泡	17	断裂
02	漩涡	18	裂缝
03	渗水	19	错位
04	漏水	20	剥蚀
05	散浸	21	冻融
06	管涌	22	锈胀
07	渗流水水质异常	23	止水失效
08	流土	24	白蚁
09	滑坡	25	排水堵塞
10	塌陷	26	输泄水通道进出口堵塞
11	隆起	27	闸门故障
12	崩塌	28	启闭设施故障
13	不均匀沉陷	29	通信故障
14	磨损	30	应急电源故障
15	空蚀	31	防汛道路不畅
16	淘刷	99	其他

**6 异常情况描述：**对异常情况的具体描述，其内容不应超过 1000 个汉字。

**7 异常严重程度：**异常的严重程度，由巡视检查人员根据经验判断。异常严重程度取值及其代码，1 为严重，2 为较严重，3 为一般。

**8 异常原因：**能够判定的异常情况发生的原因，其内容不应超过 250 个汉字。

**9 处置措施：**针对异常情况采取的处置措施，其内容不应超过 250 个汉字。

**10 异常处理状态：**异常处理状态取值及其代码，0 为未处

理，1 为已处理。

11 异常处理日期：异常情况处理完成的日期。

**E. 2. 15 巡视检查多媒体信息表 (DSM \_ INS \_ INMM)** 见表 E. 2. 15，其各字段要求如下。

**表 E. 2. 15 巡视检查多媒体信息表 (DSM \_ INS \_ INMM)**

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
巡视检查日期	INSDT	Date	N	—	2
多媒体文件编号	MMFLCD	C (3)	N	—	3
多媒体文件名称	MMFLNM	C (50)	N	—	—
拍摄部位	SHPS	C (20)	—	—	—
经度	LGTD	N (9, 6)	—	°	—
纬度	LTTD	N (9, 6)	—	°	—
多媒体文件类型	MMTP	C (1)	N	—	—
多媒体文件	MMFL	B	N	—	—
多媒体信息描述	INMMDS	C (200)	—	—	—
异常情况编号	ASCD	C (3)	—	—	—

注：“—”表示空格内无内容。

- 1 水库代码：同表 E. 2. 1 - 1。
- 2 巡视检查日期：巡视检查多媒体信息采集的日期。
- 3 多媒体文件编号：巡视检查相关的多媒体文件编号，由 3 位数字组成，从“001”开始。
- 4 多媒体文件名称：巡视检查相关的多媒体文件名称。
- 5 拍摄部位：多媒体文件的拍摄部位。
- 6 经度：多媒体文件拍摄点的经度坐标。
- 7 纬度：多媒体文件拍摄点的纬度坐标。
- 8 多媒体文件类型：多媒体文件类型取值及其代码，1 为图像，2 为视频。
- 9 多媒体文件：巡视检查时拍摄的多媒体文件。

10 多媒体信息描述：多媒体信息的描述，其内容不应超过100个汉字。

11 异常情况编号：当多媒体信息针对异常情况时，填写与表 E. 1. 14 - 1 对应的异常情况编号；否则，该字段为空。

### E. 3 视频图像监视类表

E. 3. 1 视频图像监视点表（DSM \_ IMVD \_ INFO）见表 E. 3. 1。

表 E. 3. 1 视频图像监视点表（DSM \_ IMVD \_ INFO）

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
视频图像 监控点编号	IMVDMPCD	C (20)	N	—	2
监控点类型	MPTP	C (1)	N	—	—
安装日期	INDT	Date	—	—	—
安装位置	INPS	VC (200)	—	—	—
经度	LGTD	N (9, 6)	—	°	—
纬度	LTTD	N (9, 6)	—	°	—
工作状态	WKN	C (1)	—	—	—
备注	RM	C (200)	—	—	—
注 1：监控点类型取值及其代码，1 为图像，2 为视频，3 为图像及视频。 注 2：“—”表示空格内无内容。					

E. 3. 2 视频图像表（DSM \_ IMVD \_ IMVDMPCD）见表 E. 3. 2，其各字段要求如下。

表 E. 3. 2 视频图像表（DSM \_ IMVD \_ IMVDMPCD）

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
水库代码	RSCD	C (18)	N	—	1
视频图像 监控点编号	IMVDMPCD	C (20)	N	—	2

续表 E.3.2

字段名	标识符	字段类型及长度	有无空值	计量单位	主键序号
监控时间	MSTM	Time	N	—	3
文件类型	FLTP	C (1)	N	—	—
文件格式	FLFR	VC (10)	—	—	—
文件路径	FLPT	C (200)	—	—	—
注：“—”表示空格内无内容。					

1 文件类型：文件类型取值及其代码，1 为图像，2 为视频。

2 文件格式：图像或视频文件的格式，如图像文件格式有 JPEG、TIFF、PNG、BMP 等，视频文件格式有 AVI、MP4、3GP、RM、RMVB 等。

3 文件路径：图像或视频文件的存储路径。

# 附录 F 小型水库雨水情测报及大坝安全 监测系统数据通信规约

## F.1 报文帧结构示例

**F.1.1** 报文帧基本单元为字节，按异步方式传输，每个字节包含 8 个数据位、1 个起始位“0”和 1 个停止位“1”，帧基本单元结构见表 F.1.1，传输顺序为低位在前、高位在后。

表 F.1.1 帧基本单元结构

起始位	8 个数据位								停止位
0	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	1

**F.1.2** 小型水库监测数据传输通信报文帧可分为 ASCII 字符编码报文帧和 HEX/BCD 字符编码报文帧，以帧起始符对编码区分，上行报文帧结构框架见表 F.1.2-1，下行报文帧结构框架见表 F.1.2-2。不管传输的字符采用何种编码，均应满足表 F.1.2-1 和表 F.1.2-2 帧结构框架规定。传输顺序为高位字节在前，低位字节在后。

表 F.1.2-1 上行报文帧结构框架

序号	名称	说明
1	帧起始符	01H/7E7EH
2	县市级平台或省级平台地址	范围为 1~255，选用 ASCII 字符编码或 HEX/BCD 字符编码
3	监测站地址	选用 ASCII 字符编码或 HEX/BCD 字符编码，按照规则编码
4	传输密码	—
5	功能码	—
6	报文上下行标识及长度	—

续表 F. 1. 2 - 1

序号	名 称		说 明
7	报头	报文起始符	STX/SYN
8		包总数及序列号	报文起始符为 SYN 时编入该组，其他情况下省略。选用 ASCII 字符编码或 HEX/BCD 字符编码
9	报文正文		选用 ASCII 字符编码或 HEX/BCD 字符编码
10	报文结束符		ETB/ETX
11	校验码		校验码前所有字节的 CRC 校验，生成多项式： $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ ，高位字节在前，低位字节在后。选用 ASCII 字符编码或 HEX/BCD 字符编码
注：“—”表示空格内无内容。			

表 F. 1. 2 - 2 下行报文帧结构框架

序号	名 称		说 明
1	报头	帧起始符	01H/7E7EH
2		监测站地址	选用 ASCII 字符编码或 HEX/BCD 字符编码
3		县市级平台或省级平台地址	范围为 1~255，选用 ASCII 字符编码或 HEX/BCD 字符编码
4		传输密码	选用 ASCII 字符编码或 HEX/BCD 字符编码
5		功能码	—
6		报文上下行标识及长度	—
7		报文起始符	STX/SYN
8		包总数及序列号	报文起始符为 SYN 时编入该组，其他情况下省略。选用 ASCII 字符编码或 HEX/BCD 字符编码

续表 F. 1. 2 - 2

序号	名 称	说 明
9	报文正文	选用 ASCII 字符编码或 HEX/BCD 字符编码
10	报文结束符	ENQ/ACK/NAK/EOT/ESC
11	校验码	见表 F. 1. 2 - 1 说明
注：“—”表示空格内无内容。		

**F. 1. 3** 报文帧控制字符定义见表 F. 1. 3。ASCII 字符编码的帧起始采用 SOH (01H)，HEX/BCD 编码的帧起始采用 7E7EH，其他控制字符在两种编码帧结构中的定义和编码相同。

表 F. 1. 3 控制字符定义

控制字符代码	对应编码	功 能	使用 说明
SOH	01H	帧起始	ASCII 字符编码报文帧起始符
	7E7EH		HEX/BCD 编码报文帧起始符
STX	02H	传输正文起始	—
SYN	16H	多包传输正文起始	多包连续发送，一次确认的传输模式中使用
ETX	03H	报文结束，后续无报文	作为报文结束符，表示传输完成，等待退出通信
ETB	17H	报文结束，后续有报文	在报文分包传输时作为报文结束符，表示传输未完成，不可退出通信
ENQ	05H	询问	作为下行查询及控制命令帧的报文结束符
EOT	04H	传输结束，退出	作为传输结束确认帧报文结束符，表示可以退出通信
ACK	06H	肯定确认，继续发送	作为有后续报文帧的“确认帧”报文结束符

续表 F.1.3

控制字符代码	对应编码	功能	使用说明
NAK	15H	否定应答, 反馈重发	用于要求对方重发某数据包的报文结束符
ESC	1BH	传输结束, 终端保持在线	在下行确认帧代替 EOT 作为报文结束符, 要求终端在线。保持在线 10 min 内若没有接收到中心站命令, 终端退回原先设定的工作状态
注: “—”表示空格内无内容。			

**F.1.4** 水库监测站地址编码见表 F.1.4, 由 5 字节 BCD 码 (A5~A1) 构成。其中 A5 为高位字节, A1 为低位字节, HEX/BCD 编码传输采用原码, ASCII 编码传输对其进行码转换, 首字节为 00, 后 4 字节编码方式按照 SL 502 的规定执行。

表 F.1.4 水库监测站地址编码

水库监测站地址组成				
A5	A4	A3	A2	A1
00	水库监测地址, 按照 SL 502 规定编制			

**F.1.5** 其他监测站编码见表 F.1.5, 由 5 个字节混合编码组成, 监测平台解码时还原为 6 个字节 BCD 码。前三个字节 A5、A4、A3 采用 GB/T 2260 规定的行政区域划分代码的前 6 位, A5 为省 (自治区、直辖市) 码, A4 为地 (市、州、盟) 码, A3 为县 (市、区、旗) 码; A5、A4、A3 采用 BCD 码。后 2 个字节 A2、A1 为监测站地址自定义段, 采用 HEX 码, 监测平台解码时还原为 3 个字节 BCD 码; 每个县水库监测站选址自定义范围为 1~60000, 通信中继站选址范围为 60001~65534。65535 为广播地址, 0 为无效地址。遥测站地址编制部门应保证遥测站地址的唯一性。

表 F.1.5 其他监测站地址编码

其他监测站地址组成				
A5	A4	A3	A2	A1
使用 GB/T 2260 规定的行政区划代码作为测站编码前 6 位			监测站地址自定义 1~60000 中继站选址范围为 60001~65534	

**F.1.6** 密码为 2 字节 HEX 码，由中心站生成，省级监测平台应能远程统一修改遥测终端密码。遥测终端应设定初始密码，入网后应及时更改。ASCII 码传输时对 2 字节 HEX 实行码转换。

**F.1.7** 功能码确定应符合下列规定：

1 由 1 个字节 HEX 码组成，ASCII 码传输时对 1 字节 HEX 码转换。

2 功能码定义可参见 SL 651 的规定。

**F.1.8** 报文上下行标识及长度应符合下列规定：

1 上行标识指水库监测站至监测平台，下行标识指监测平台至水库监测站。

2 ASCII 字符编码传输报文帧结构中，用 2 字节 HEX 编码转换为 4 个 ASCII 字符传输。第 1 个字符表示上下行标识（0 表示上行，8 表示下行）；其余 3 个字符表示报文正文长度，即表示报文正文起始符之后、报文结束符之前的报文字节数，允许长度为 1~4095。

3 HEX/BCD 编码报文帧结构中，用 2 字节 HEX 编码传输。高 4 位表示上下行标识（0000 表示上行，1000 表示下行）；其余 12 位表示报文正文长度，即表示报文正文起始符之后、报文结束符之前的报文字节数，允许长度为 1~4095。

**F.1.9** 包总数及序列号应符合下列规定：

1 该字段由报文正文多包传输起始符 SYN 引出。

2 当采用 ASCII 编码传输时，该字段采用 3 个字节 HEX 码转换为 ASCII 码。前 3 个 ASCII 字符表示包总数，后 3 个 ASCII 字符表示本次发送数据包的序列号，范围为 1~4095。

3 当采用 HEX/BCD 编码传输时，该字段采用 3 个字节 HEX 码。高 12 位表示包总数，低 12 位表示本次发送数据包的序列号，范围为 1~4095。

**F.1.10** 帧校验码为其之前所有字节的 CRC16 校验，传输顺序为高位字节在前、低位字节在后；HEX/BCD 编码传输采用原码；ASCII 编码传输对其进行码转换。

## F.2 要素（参数）编码示例

**F.2.1** 报文正文要素（参数）信息 ASCII 字符编码应符合下列规定：

1 报文正文中信息组编码由要素（参数）标识符与相应数据构成，标识符编列在前，数据编列在后。各要素（参数）标识符、数据之间均用“空格”作为分隔符，“编码结构”表示为“要素（参数）标识符 空格 数据 空格”，报文正文最后的 1 个空格不得省略。水文常用要素标识符引导符规定参见 SL 651，大坝安全监测常用要素标识符引导符规定参见 SL/T 812.1。

2 ASCII 字符编码传输报文帧结构中比如图片信息等特殊规定的信息采用原编码传输，其他信息组编码均应采用 ASCII 字符传输。

**F.2.2** 报文正文要素（参数）信息 HEX/BCD 字符编码应符合下列规定：

1 报文正文中信息组编码由标识符与相应数据构成，编码结构表示为“标识符 数据”。标识与数据、信息组之间均不采用分隔符。数据是 HEX/BCD 码时采用原编码传输；数据是十进制浮点数时省略小数点，压缩为 BCD 码传输，数据长度及小数点位置由标识符说明，采用最短数据格式。

2 “标识符”通常采用 2 字节 HEX 码，扩展时为 3 字节，表示为“标识符引导符 数据结构定义”。高位字节是标识符引导符，低位字节用于定义后续数据的字节数及其小数点后的位数。HEX/BCD 编码“标识符”结构见表 F.2.2-1，水文常用要素

标识符引导符规定参见 SL 651，大坝安全监测主要要素标识符引导符规定见表 F. 2. 2-2。

表 F. 2. 2-1 HEX/BCD 编码标识符结构

高位字节	低位字节		说明
标识符引导符	数据定义		要素标识符与水库监测站配置参数标识符取值相同，用功能码区分是要素还是水库监测站参数标识
通常为 1 字节 HEX 码，范围为 01H~FEH；当该字节取值 FFH 时，其后增加 1 字节扩展标识符	字节高 5 位	字节低 3 位	
	表示数据字节数（不含小数点）	表示小数点后位数	
	字节数为扣除小数点后包含符号位的长度，范围为 0~31 字节	范围为 0~7 位	

表 F. 2. 2-2 大坝安全监测要素标识符定义

标识符引导符	信息元素属性	量和单位	最长数据定义
FF0XH	表面垂直位移	mm	N (6, 1)
FF1XH	表面 X 向水平位移	mm	N (6, 1)
FF2XH	表面 Y 向水平位移	mm	N (6, 1)
FF3XH	内部垂直位移	mm	N (6, 1)
FF4XH	内部 X 向水平位移	mm	N (6, 1)
FF5XH	内部 Y 向水平位移	mm	N (6, 1)
FF6XH	接缝裂缝开合度（位移）	mm	N (6, 1)
FF7XH	渗流压力水位	m	N (6, 2)
FF8XH	测压管水位	m	N (6, 2)
FF9XH	渗流量	L/s	N (6, 2)
FFAXH	温度	°C	N (4, 1)
FFBXH	模数	kHz <sup>2</sup>	N (6, 1)
FFCXH	频率	Hz	N (6, 1)
<p>说明：标识符引导符中 X 为监测站的通道号，范围 0~15。当监测站通道大于 16 时，一个物理监测站分为 2 个逻辑监测站（拥有 2 个测站号），一次测量分 2 个报文发送。</p>			

### 3 HEX/BCD 码要素数据应符合下列规定：

- 1) 应采用标识符中的数据长度定义表达后续数据的长度和小数点位置，数据长度定义规定见表 F. 2. 2 - 1，且应采用最短有效数据位进行编码。
- 2) 数据是十进制浮点数时省略小数点，压缩为 BCD 码传输，数据长度及小数点位置由标识符说明，并对数据有效位进行编码，整形数按照无小数的浮点数进行编码。
- 3) 数据是正数，且有效位数是奇数，数据高位前插入 1 个“0”并省略小数点后进行压缩 BCD 编码；数据有效位数是偶数，数据保持不变并省略小数点后进行压缩 BCD 编码。
- 4) 数据是负数，且有效位数是奇数时，省略负号，数据高位前插入“FF0”并省略小数点后进行压缩 BCD 编码；数据有效位数是偶数时，省略负号，数据高位前插入“FF”并省略小数点后进行压缩 BCD 编码。“FF”表示负数符号位。
- 5) 当采用 BCD 编码的信道地址（如短信接收号码等，且不可能是负数）等特定数据位数是奇数时，最高位用“A”补齐，解码时去掉“A”；位数是偶数时，直接采用原数据。
- 6) 数据需用 HEX 或 ASCII 码编码表示时，可通过标识符定义识别，并采用原编码传输。

## F. 3 报文正文基本结构示例

**F. 3. 1** 在采用 ASCII 字符编码或 HEX/BCD 编码报文帧结构时，采用统一格式报文正文结构，只是传输编码不同，且采用与帧结构相同的编码编报报文正文。

**F. 3. 2** 报文正文与报文帧结构相对应，分为上行报文正文和下行报文正文。上行报文正文基本结构见表 F. 3. 2 - 1，下行报文正文基本结构见表 F. 3. 2 - 2。

表 F.3.2-1 上行报文正文基本结构

序号	编码名称	编码结构	编码说明 (原编码: HEX/BCD)
1	流水号	流水号	2 字节 HEX 码, 范围 1~65535
2	发报时间	发报时间	6 字节 BCD 码, YYMMDDHHmmSS
3	监测站地址组	地址标识符	—
		监测站地址	见 F.1.4、F.1.5
4	监测站分类码	监测站分类码标识符	1 字节 HEX
5	监测时间组	监测时间标识符	—
		监测时间	—
6	要素 (或参数) 信息组	要素 (或参数) 标识符 1	—
		数据 1	不定长
		要素 (或参数) 标识符 2	—
		数据 2	不定长
		...	...
注: “—” 表示空格内无内容。			

表 F.3.2-2 下行报文正文基本结构

序号	编码名称	编码结构	编码说明 (原编码: HEX/BCD)
1	流水号	流水号	2 字节 HEX 码, 范围 1~65535
2	发报时间	发报时间	6 字节 BCD 码, YYMMDDHHmmSS
3	监测站 地址组	地址标识符	—
		监测站地址	见 F.1.4、F.1.5
4	监测站分类码	监测站分类码标识符	根据需要选择定义编报
5	要素 (参数) 信息组	要素 (参数) 标识符 1、数据 1	由一组或多组命令参数组成, 根据功能码定义选编
		要素 (参数) 标识符 2、数据 2	
		...	
注: “—” 表示空格内无内容。			

**F.3.3** 报文正文信息组编码由要素（参数）标识符与相应数据构成，标识符编列在前，数据编列在后。

**F.3.4** ASCII 编码中传输时，各要素（参数）标识符、数据之间均用“空格”作为分隔符，“编码结构”表示为“要素（参数）标识符 空格 数据 空格”；其中流水号及发报时间后不带“空格”分隔符。报文正文最后的 1 个空格不应省略。

**F.3.5** 流水号，表示发送报文的顺序。上行报文流水号在 01～65535 之间循环；确认帧下行报文的流水号与上行报文的流水号相同；由中心站发起的下行报文流水号为 0。重发报文使用原报文流水号；报文正文分包传输时只有第 1 个包有流水号。

**F.3.6** 发报时间表示发送报文的时间，在发送报文时取于实时时钟，由年、月、日、时、分、秒组成，编码格式为 YYMMDDHHmmSS。其中：

- 1 YY 表示年份，2 位数字，取值 00～99。
- 2 MM 表示月份，2 位数字，取值 01～12。
- 3 DD 表示日期，2 位数字，取值 01～31。
- 4 HH 表示小时，2 位数字，取值 00～23。
- 5 mm 表示分钟，2 位数字，取值 00～59。
- 6 SS 表示秒，2 位数字，取值 00～59。

**F.3.7** 报文正文中的流水号、发报时间组应编于指定位置；在监测数据报文中，水库监测站地址与水库监测站分类码是固定组合，不应分割。

**F.3.8** 水库监测站地址用标识符导引，也是多站报文的分隔符。当一份报文中包含多个水库监测站的信息数据时，报文正文第 3 组开始的编报顺序是“水库监测站 1 地址组、水库监测站 1 分类码、观测时间组 1、水库监测站 1 要素信息组、水库监测站 2 地址组、水库监测站 2 分类码、观测时间组 2、水库监测站 2 要素信息组……”。

**F.3.9** 观测时间组表示要素信息组中各水文要素的观测时间，其编码格式规定如下：

1 观测时间码由年、月、日、时、分组成，编码格式为YYMMDDHHmm。

2 对瞬时值（或状态）类要素，观测时间码表示要素值的观测时间（或发生时间）。

3 对时段类要素，观测时间码表示要素值观测时段末的时间。

4 对均匀时段信息报，观测时间码表示第一组数据的观测时间。

5 一份报文中不同观测时间的要素数据时，应同时编报要素对应的观测时间，要素的数据信息编报在相应的观测时间组之后。观测时间组由观测时间标识符与观测时间组成。

**F.3.10** 水库雨水情测报站类型可按 SL 651 规定执行；大坝安全监测站类型可按 SL/T 812.1 规定执行。

**F.3.11** 应根据功能码编报报文正文，相关要素（参数）信息内容可为要素信息、遥测终端配置表、应答帧内容等，由一个或若干个要素（参数）的编码组成。

**F.3.12** 下行报文“命令参数”是选编内容，它应根据报文帧功能码定义编报相应的命令参数（或要素）标识符及其数据。观测时间组之后的数据组应是与该观测时间有关联的数据，而数据组的前后顺序可随意，但不应编到观测时间组之前。

## F.4 传输链路协议

**F.4.1** 链路传输模式规定见表 F.4.1，应根据系统需求、通信信道特点和系统工作模式选定链路传输模式，在一个系统中可以混合使用多种链路传输模式。M3、M5 的应用应遵循下列要求：

1 对于多包发送/一次确认模式 M3 和查询/多包发送响应模式 M5，适用于传输的数据量大，通信信道是双向通信，通信可靠性和数据传输畅通率比较高的应用场景。数据发送方（不一定是通信发起端）是监测站，数据接收方是监测平台。

2 传输流程为：数据的发送方与接收方建立连接后，发送

方将要发送的数据分包后，依次全部发完，接收方在接收到最后一帧数据包后，如果全部正确，接收方只给发送方发送一次数据流程为：数据的发送方与接收方建立连接后，发送方将要发送的数据分包后，依次全部发完，接收方在接收到最后一帧数据包后，如果全部数据错误或丢失的包序号将相应的数据帧再次发送。接收过程中，如果超过一定时间没有接收到后续报文，按照丢包方式处理。

3 发送方在依次发送分包数据时，应设定两帧数据包之间的帧时间间隔，以免造成发送信道拥挤而导致数据丢失；帧时间间隔应考虑通信发生时通信信道带宽、接收方的接收缓冲、接收方的数据接收处理能力、中间环节延时等因素。

4 在数据分包时，分包长度应根据通信信道类型、一次通信的最大负载长度、信道繁忙状况等因素确定。

表 F. 4. 1 链路传输模式种类

模式代号	模式种类	适用工作模式	适用信道
M1	发送/无回答	自报式	单向或双向信道
M2	发送/确认	自报式	双向信道
M3	多包发送/一次确认	自报式	双向信道
M4	查询/响应	查询应答式	双向信道
M5	查询/多包发送响应	查询应答式	双向信道

F. 4. 2 逐级上传模式、集中分发模式和多目标并发模式的传输链路协议包括自报式和查询应答式报文帧传输链路协议，其报文帧传输链路协议分别按图 F. 4. 2 - 1 和图 F. 4. 2 - 2 的规定执行。

F. 4. 3 链路传输模式应用应符合下列规定：

1 M1，监测站为通信发起端。监测站发出报文后，监测平台只需接收不需应答响应。可用于特定信道发送单帧自报报文，没有下行确认帧。M1 自报式报文传输链路见图 F. 4. 2 - 1 (a)。

2 M2，监测站为通信发起端。监测站发出报文后，监测平台接收报文正确，应响应发送“确认”报文；监测平台接收报文

无效，则不响应。监测站收不到响应报文应启动重发机制，最多重发 2 次。多帧报文有一包传输不正确，该份报文下次通信重发。M2 自报式报文传输链路见图 F. 4. 2 - 1 (b)。

3 M3，监测站为通信发起端。监测站连续发出多包报文后，监测平台正确接收全部数据包，仅应回答 1 次确认报文；若有错误或丢失数据包，监测平台应发送包括错误或丢失的数据包序列号（1 个包序列号，每包单独重发）的响应包，监测站重发相应序列号包数据，此时重发应改为由监测平台控制，最多重发 2 次；接收过程中，如果超过一定时间没有接收到后续报文，按照丢包方式处理。M3 自报式报文传输链路见图 F. 4. 2 - 1 (c)。

4 M4，监测平台为通信发起端。监测平台发出查询请求报文后，监测站接收请求报文正确，应发送响应帧；如监测站接收请求报文无效，则不响应。监测平台发出命令后收不到响应报文应启动重发机制，最多重发 2 次。监测平台未能接收到第二包及以上包响应报文，应重新发起通信，最多重发 2 次；监测平台接收第二包及以上包报文出错，则应发送“接收错误”否认帧，监测站重发对应帧，监测平台控制最多重发 2 次；重发 2 次不成功，结束本次通信。M4 用于查询监测站监测数据，设置（修改）监测站运行状态参数、控制监测站运行。M4 查询/应答式报文传输链路见图 F. 4. 2 - 2 (a)。

5 M5，监测平台为通信发起端。监测平台发出查询请求报文后，监测站接收请求报文正确，应发送响应帧；如监测站接收请求报文无效，则不响应。监测站收到查询请求后，监测站连续发出多包报文，监测平台正确接收全部数据包，仅应回答 1 次确认报文；若有错误或丢失数据包，监测平台应发送包括错误或丢失的数据包序列号（1 个包序列号，每包单独重发）的响应包，监测站重发相应序列号包数据，最多重发 2 次；接收过程中，如果超过一定时间没有接收到后续报文，按照丢包方式处理。M5 查询应答式报文传输链路见图 F. 4. 2 - 2 (b)。

**F. 4. 4 帧传输间隔应遵守下列规则：**

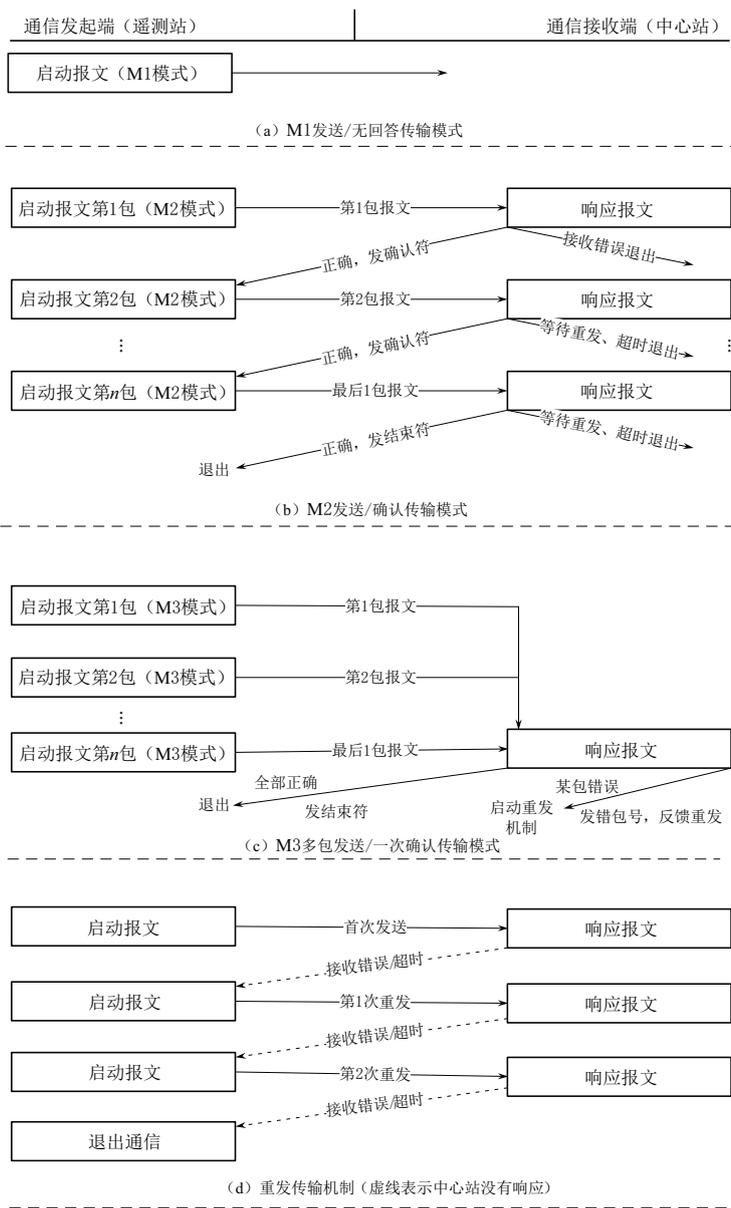


图 F.4.2-1 自报式报文传输链路图

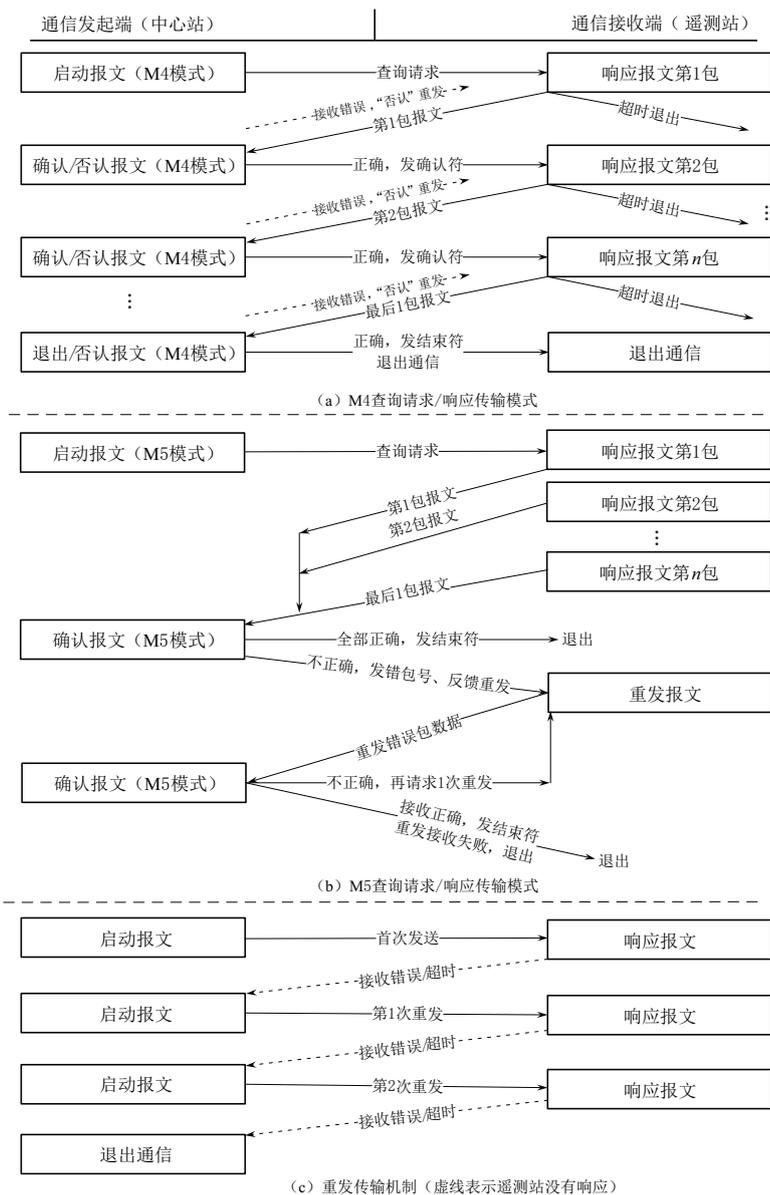


图 F.4.2-2 查询—应答式报文传输链路图

- 1 报文帧的字节之间不设线路空闲间隔。
- 2 在两个数据帧之间应至少等待一个线路空闲间隔。
- 3 两帧之间的线路空闲间隔应根据信道网络延时、中间环节延时、终端响应时间、传输速率等因素确定。

**F.4.5 通信超时处理应遵守下列规则：**

1 超时等待时间应根据信道类型、传输速率以及报文末帧长度等因素确定。

2 发起端在规定时间内没有正确收到响应报文，应作为超时出错处理。

3 接收端在刚建立的链路上接收帧信息错误，接收端直接退出，发送端作为超时处理。

4 自报式工作模式中，监测站发起多包报文传输时，监测平台接收第 2 包及以上包报文，应等待到超时退出。

5 查询应答式工作模式中，监测站发出报文包后应等待监测平台回复。回复是“确认”信息，进入下一个进程；回复是“否认”信息，重发该包，并应继续等待，收到“确认”信息进入下一个进程，否则超时退出。

**F.4.6 报文传输重发机制应符合下列规定：**

1 通信出现超时，宜由通信发起端控制启动重发机制，最多应重发 2 次。

2 对应接收端未正确收到的任何一个报文包，发起端均应启动重发机制，最多应重发 2 次。

3 若连续 3 次重发均未被成功接收，应退出通信，等待下次重新建立链路。

4 自报式重发机制见图 F.4.2-1 (d)，查询-应答式重发机制见图 F.4.2-2 (c)。

**F.4.7 半双工信道应采用非平衡传输规则，并应符合下列规定：**

1 在前一次数据通信服务结束后，方可启动新一次数据通信。

2 对于单向信道，在前一次通信的传输过程结束后，应选择适合的帧传输空闲间隔等待后进行下一次的发送传输，监测站发完报文即退出通信。

3 对于双向信道，宜由监测平台负责控制是否退出通信状态。

**F.4.8** 全双工信道传输可采用平衡传输规则，可同时建立一个或多个通信服务。同时建立多个通信服务时，应由通信发起端进行数据流控制。

## 附录 G 监测资料整编计算公式

### G.1 渗流监测资料整编计算公式

**G.1.1** 渗流压力（扬压力）监测可按下列公式计算：

1 振弦式孔隙水压力计：可按公式（G.1.1-1）和公式（G.1.1-2）计算：

$$P_i = K(R_0 - R_i) - C(T_0 - T_i) \quad (\text{G.1.1-1})$$

$$h_i = P_i / 9.8 + h_0 \quad (\text{G.1.1-2})$$

式中  $P_i$ ——渗压，为正值（kPa）；

$h_i$ ——渗压换算水位（m）；

$h_0$ ——仪器安装高程（m）；

$K$ ——仪器系数， $\text{kPa} / (f^2 \times 10^{-3})$ ， $f$  为频率；

$C$ ——温度系数（ $\text{kPa}/^\circ\text{C}$ ）；

$R_0$ ——初始频模读数， $f^2 \times 10^{-3}$ ；

$R_i$ ——当前频模读数， $f^2 \times 10^{-3}$ ；

$T_0$ ——初始温度（ $^\circ\text{C}$ ）；

$T_i$ ——当前温度（ $^\circ\text{C}$ ）。

2 差动电阻式孔隙水压力计：可按公式（G.1.1-3）和公式（G.1.1-4）计算：

$$P_i = b_0(Z_0 - Z_i) - b(T_0 - T_i) \quad (\text{G.1.1-3})$$

$$h_i = P_i / 9.8 + h_0 \quad (\text{G.1.1-4})$$

式中  $b_0$ ——最小读数（ $\text{kPa}/0.01\%$ ）；

$b$ ——温度修正系数（ $\text{kPa}/^\circ\text{C}$ ）；

$Z_0$ ——初始电阻比， $0.01\%$ ；

$Z_i$ ——当前电阻比， $0.01\%$ 。

**G.1.2** 测压管内水位监测可按公式（G.1.2）计算：

$$H_i = V_0 - V_i \quad (\text{G.1.2})$$

式中  $H_i$ ——测压管内水位（m）；

$V_i$ ——实测管口至孔内水面的距离 (m)；

$V_0$ ——测压管管口高程 (m)。

### G. 1.3 渗流量监测可按下列公式计算：

#### 1 量水堰法计算公式如下：

1) 直角三角形量水堰按公式 (G. 1.3-1) 计算：

$$Q = 1.4H^{\frac{5}{2}} \quad (\text{G. 1.3-1})$$

式中  $Q$ ——渗流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )；

$H$ ——堰上水头 (m)。

2) 梯形量水堰 (边坡比为 1 : 0.25) 按公式 (G. 1.3-2) 计算：

$$Q = 1.86bH^{\frac{3}{2}} \quad (\text{G. 1.3-2})$$

式中  $b$ ——堰口宽度 (m)。

3) 无侧收缩矩形量水堰按公式 (G. 1.3-3) 计算：

$$Q = (0.402 + 0.054H/P)B\sqrt{2g}H^{\frac{3}{2}} \quad (\text{G. 1.3-3})$$

式中  $B$ ——堰槽宽度 (m)；

$P$ ——堰口至堰槽底的距离 (m)；

$g$ ——重力加速度 ( $\text{m}/\text{s}^2$ )。

#### 2 容积法按公式 (G. 1.3-4) 计算：

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{G. 1.3-4})$$

式中  $V$ ——充水容积 ( $\text{m}^3$ )；

$t$ ——充水时间 (s)。

## G. 2 变形监测资料整编计算公式

### G. 2.1 视准线法监测水平位移计算应符合下列规定：

1 当计及端点位移时，视准线法监测位移按公式 (G. 2.1-1) 计算：

$$d_i = L + K\Delta + \Delta_{\text{右}} - L_0 \quad (\text{G. 2.1-1})$$

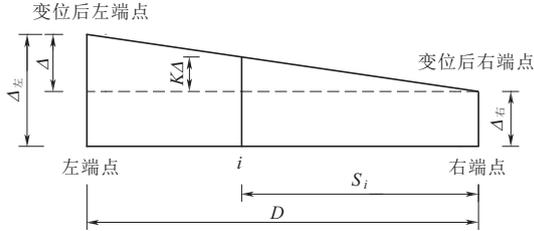
式中  $d_i$ —— $i$  点的位移量 (mm)；

$K$ ——归化系数,  $K=S_i/D$ ;

$\Delta$ ——左、右端点变化量之差 ( $\Delta=\Delta_{左}-\Delta_{右}$ ) (mm);

$L_0$ ——第  $i$  点的首次观测值 (mm);

$L$ ——第  $i$  点的本次观测值 (mm)。



注:  $S_i$ ——测点至右端点的距离 (m);

$D$ ——视准线两端工作基点间的距离 (m)。

图 G.2.1-1 视准线法观测位移计算示意图

## 2 观测值 $L$ 的确定方法如下:

1) 视准线活动觇标法: 观测值  $L$  等于活动觇标读数。

2) 视准线小角度法:  $L$  值按公式 (G.2.1-2) 计算:

$$L = \frac{\alpha_i''}{\rho''} S_i \quad (\text{G.2.1-2})$$

式中  $\alpha_i''$ ——观测的角值;

$\rho''$ ——固定常数 206265;

$S_i$ ——工作基点至测点之距离 (mm)。

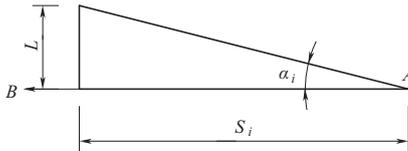


图 G.2.1-2 视准线小角度法观测位移计算示意图

## G.2.2 裂(接)缝计算应符合下列规定:

1 振弦式测缝计(位移计)按公式 (G.2.2-1) 计算:

$$W_i = K(R_i - R_0) + C(T_i - T_0) \quad (\text{G.2.2-1})$$

式中  $W_i$ ——当前开合度或位移 (mm)。

2 差动电阻式测缝计 (位移计) 按公式 (G. 2. 2 - 2) 计算:

$$W_i = b_0(Z_i - Z_0) + b(T_i - T_0) \quad (\text{G. 2. 2 - 2})$$

3 电位器式位移计 (TS) 位移按公式 (G. 2. 2 - 3) 和公式 (G. 2. 2 - 4) 计算:

$$W_t = W_i - W_0 \quad (\text{G. 2. 2 - 3})$$

$$W_i = (C/V_0) \times (V_i - C'V_0) \quad (\text{G. 2. 2 - 4})$$

式中  $W_i$ —— $t$  时位移计的位移 (mm);

$W_0$ —— $t_0$  时位移计初读数 (mm);

$W_t$ ——土体位移 (mm);

$C$ 、 $C'$ ——位移计常数, 由厂家给出;

$V_0$ ——工作电压 (V);

$V_i$ ——实测电压 (V)。

4 旋转电位器式三向测缝计位移按公式 (G. 2. 2 - 5) ~ 公式 (G. 2. 2 - 13) 计算:

$$dy = (s^2 - L_3^2 + L_2^2)/2s - y \quad (\text{G. 2. 2 - 5})$$

$$dz = (h^2 - L_1^2 + L_2^2)/2h - z \quad (\text{G. 2. 2 - 6})$$

$$dx = [L_2^2 - (dy + y)^2 - (dz + z)^2]^{1/2} - x \quad (\text{G. 2. 2 - 7})$$

$$L_3 = L_{03} - (U_3 - U_{03})/K_3 \quad (\text{G. 2. 2 - 8})$$

$$L_2 = L_{02} - (U_2 - U_{02})/K_2 \quad (\text{G. 2. 2 - 9})$$

$$L_1 = L_{01} - (U_1 - U_{01})/K_1 \quad (\text{G. 2. 2 - 10})$$

$$y = (s^2 - L_{03}^2 + L_{02}^2)/2s \quad (\text{G. 2. 2 - 11})$$

$$z = (h^2 - L_{01}^2 + L_{02}^2)/2h \quad (\text{G. 2. 2 - 12})$$

$$x = (L_{02}^2 - y^2 - z^2)^{1/2} \quad (\text{G. 2. 2 - 13})$$

式中  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ ——1、2、3 号传感器变位后的钢丝长度 (cm);

$L_{01}$ 、 $L_{02}$ 、 $L_{03}$ ——1、2、3 号传感器至测点  $P$  的钢丝初始长度 (cm);

$U_1、U_2、U_3$ ——1、2、3号传感器变位后的测读数  
(字)；

$U_{01}、U_{02}、U_{03}$ ——1、2、3号传感器的初始读数(字)；

$K_1、K_2、K_3$ ——1、2、3号传感器的斜率(cm/字)；

$y、z、x$ ——测点  $P$  的初始坐标(cm)；

$h$ ——坐标板上传感器1号与2号的中心距  
(cm)；

$s$ ——坐标板上传感器2号与3号的中心距  
(cm)；

$dy、dz、dx$ ——测点  $P$  在  $y、z、x$  方向上的位移  
(cm)。

## 附录 H 监测成果统计表样

H. 0. 1 降水量统计表格式见表 H. 0. 1。

表 H. 0. 1 降水量统计表

单位：mm

_____年												
日期	月 份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01												
02												
03												
04												
05												
⋮												
31												
各时段最大	1 h											
	2 h											
	3 h											
	6 h											
	12 h											
	24 h											
月统计	日最大降水量											
	日期											
	月累计降水量											
	月降水天数											
年统计	年最大日降水量				年累计降水量						年降水天数	
	日期											
备 注												

**H.0.2** 上游、下游水位统计表格式见表 H.0.2。

**表 H.0.2 上游、下游水位统计表** 单位：m

		_____年		_____游水位									
日期	月 份												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
01													
02													
03													
04													
05													
⋮													
31													
全 月 统 计	最高												
	日期												
	最低												
	日期												
	均值												
全年统计	最高					最低				均值			
	日期					日期							
备注													

**H.0.3** 垂直位移统计表格式见表 H.0.3。

**表 H.0.3 垂直位移统计表** 单位：mm

		_____年		初始值观测日期_____				
日期 (月-日)	累计垂直位移量					备注		
	测点 1	测点 2	测点 3	…	测点 $n$			
…								
全 年 特 征 值 统 计	最大值							
	日期							
	最小值							
	日期							
	平均 年变幅							
备注								

**H.0.4** 水平位移统计表格式见表 H.0.4。

**表 H.0.4 水平位移统计表**

单位：mm

_____年		初始值观测日期_____					备注
日期 (月-日)	累计水平位移量						
	测点 1	测点 2	测点 3	…	测点 <i>n</i>		
…							
全年 特征值 统计	最大值						
	日期						
	最小值						
	日期						
	年变幅						
备 注							

**H.0.5** 渗流压力水位统计表格式见表 H.0.5。

**表 H.0.5 渗流压力水位统计表**

单位：m

_____年		测点编号：_____											
日期	月 份												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
01													
02													
03													
04													
05													
⋮													
31													
全年统计	最大值				最小值				平均值				
	日期				日期				变幅				
备注													

**H.0.6 渗流量统计表格式见表 H.0.6。**

**表 H.0.6 渗流量统计表**

单位：L/s

_____年 测点编号：_____												
日期	月 份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01												
02												
03												
04												
05												
⋮												
31												
全年统计	最大值			最小值			平均值					
	日期			日期			变幅					
备注												

# 附录 J 巡视检查

## J.1 巡视检查记录表样

J.1.1 土石坝巡视检查记录可参照表 J.1.1 填写。

表 J.1.1 土石坝巡视检查记录表样

日期：                  库水位：                  天气：                  检查人员：

项目（部位）检查情况		检查情况	备注
坝体	坝顶		
	防浪墙		
	上游坝坡/面板		
	下游坝坡		
	坝趾/反滤排水体		
	导渗降压设施		
	坝面排水		
坝基及坝肩	坝基		
	两岸坝肩		
	坝趾		
	坝端岸坡/坝肩		
	上游铺盖		
输、泄水洞（管）	引水段		
	进水口		
	进水塔（竖井）		
	洞（管）身		
	出水口		
	消能工		
	下游渠道		

续表 J. 1. 1

项目（部位）检查情况		检查情况	备注
溢洪道	进水段（引渠）		
	溢流堰/闸室		
	泄水槽		
	消能工		
	下游河床及岸坡		
闸门及 启闭设施	闸门		
	启闭设施		
	其他金属结构		
	电气设备		
近坝库岸	岸坡体		
	护坡/支护		
	库区		
监测设施	监测仪器设备		
	传输线缆		
	通信设施		
	防雷设施		
	供电设施		
	保护设施		
管理设施	供电及备用电源		
	照明与应急照明设施		
	对外通信与应急通信设施		
	防汛交通		
	防汛物资及应急设备		
其他			

**J.1.2 混凝土坝（浆砌石坝）巡视检查记录可参照表J.1.2填写。**

**表 J.1.2 混凝土坝（浆砌石坝）巡视检查记录表样**

日期：                      库水位：                      天气：                      检查人员：

项目（部位）检查情况		检查情况	备注
坝体	坝顶		
	上游坝面		
	下游坝面		
	坝体		
	排水系统		
坝基及坝肩	坝基		
	坝趾		
	坝基及坝肩		
	两岸坝端/拱座		
	廊道		
输、泄水洞（管）	引水段		
	进水口		
	进水塔（竖井）		
	洞（管）身		
	出口		
	消能工		
	下游渠道		
溢洪道	进水段（引渠）		
	控制段		
	泄水段		
	消能设施		
	下游河床及岸坡		
闸门及启闭设施	闸门		
	启闭设施		
	其他金属结构		
	电气设备		

续表 J.1.2

项目（部位）	检查情况	检查情况	备注
近坝岸坡	岸坡体		
	护坡/支护		
	库区		
监测设施	监测仪器设备		
	传输线缆		
	通信设施		
	防雷设施		
	供电设施		
	保护设施		
管理设施	供电及备用电源		
	照明与应急照明设施		
	对外通信与应急通信设施		
	防汛交通		
	防汛物资及应急设备		
	其他		

## J.2 大坝安全现场检查报告（提纲要点）

**J.2.1** 日常检查报告内容应简单、扼要说明问题，必要时附上影像资料。

**J.2.2** 其他检查报告应包括下列内容：

- 1 检查日期。
- 2 本次检查的目的和任务。
- 3 检查组参加人员名单及其职务。
- 4 检查时运行环境及现场检查结果（包括文字记录、略图、影像资料）。
- 5 与前期检查结果的对比、分析和判断。
- 6 异常情况发现、分析及判断。

- 7 必须加以说明的特殊问题。
- 8 检查结论（包括对某些检查结论的不一致意见）。
- 9 检查组的建议。
- 10 检查组成员的签名。

## 附录 K 监测设施运行维护技术要点

### K.1 监测设施运行维护内容及频次

**K.1.1** 监测设施运行维护内容宜按表 K.1.1 执行，运行维护频次应符合表 K.1.1 的规定。

表 K.1.1 监测设施维护内容及频次

监测项目	监测设施或设备	维护内容	频次要求
雨水情 测报	库水位 测报设施	水位观测井和水尺的外观检查	1次/月
		水尺零点高程校准	1次/(1~2)年
		水位传感器比测	1次/年
	降水量 测报设施	雨量计外观检查，清除滤网和漏斗杂物	1次/月
检测承雨器口直径、水平度，自记雨量计比测校验		2次/年~4次/年	
渗流压力 监测	测压管	孔口装置防护、密封情况	1次/月
		电测水位计的测尺长度校测，尺度标记的清晰度；蜂鸣器的工作状态；压力表灵敏性和归零情况检查	1次/季
		管口高程、压力表中心高程和渗压计安装高程校测，测压管灵敏度测试	1次/2年
	渗压计	电缆标识、电缆损伤、电缆连接情况；测压管内渗压计计算水位与人工测量水位比对	1次/年
渗流量 监测	量水堰	排水沟、水尺和堰板淤积情况，量水堰计浮筒和进水口清理，渗水水质状况	1次/月
		量水堰计和水尺的起测点校测	1次/年

续表 K. 1. 1

监测项目	监测设施或设备	维护内容	频次要求
变形监测	工作基点	工作基点完好、稳固情况	1次/年
	水准基准点	水准基准点完好、稳固情况	1次/年
	监测点	监测点完好、稳固情况	1次/月
	传感器	电缆标识和敷设情况，电缆线头维护；检查传感器外露部分和保护装置状况	1次/季
视频监控	摄像机	摄像机运转情况、分辨率、帧率、信噪比、马赛克效应、颜色平滑度；检查云台工作情况，通信线路状况，立杆是否稳固；各类指示灯、电压/电流状态	1次/月
数据采集传输设备		通信状态、系统供电、绝缘度	1次/年
通信系统		软件设置、通信线路、通信干扰	1次/月
监测平台		计算机操作系统、系统配置、参数设置、计算机防火墙、系统备用空间、软件计算效率、应用软件工作状态，数据存储和备份管理	1次/年

**K. 1. 2** 每年汛前应对监测设施进行检查维护。

## K. 2 常见故障现象及判断

**K. 2. 1** 水库监测站常见故障可根据表 K. 2. 1 进行判断。

表 K. 2. 1 水库监测站常见故障及原因分析表

监测设施	常见故障	原因分析
水库监测站	规定的发信时段（不应超过24h）内，没有向中心站发送数据	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 遥测设备供电系统故障；</li> <li>2. 供电电压过低；</li> <li>3. 连接线缆断开；</li> <li>4. 天馈线故障；</li> <li>5. 电台故障；</li> <li>6. RTU 故障</li> </ol>

续表 K. 2. 1

监测设施	常见故障	原因分析
水库监测站	通信正常，数据跳变或有误	水库监测站数据采集板故障
	发送数据有间断	供电系统故障
	通信正常，区域有降雨但数据无变化	1. 雨量传感器故障、翻斗卡阻； 2. 遥测设备雨量接口故障； 3. 遥测设备 RTU 计数模块故障
	通信正常，库水位有变化但数据无变化	1. 水位传感器故障； 2. 遥测设备水位接口故障； 3. 遥测设备 RTU 采集模块故障

**K. 2. 2** 水库监测中心站及监测平台常见故障可根据表 K. 2. 2 进行判断。

表 K. 2. 2 水库监测中心站及监测平台常见故障及原因分析表

监测设施	常见故障	原因分析
水库监测中心站/监测平台	接收不到水库监测站信号	1. 通信系统设备故障； 2. 解码器故障； 3. 计算机串口损坏； 4. 串口服务器损坏； 5. 信号线及连接线损坏； 6. 天馈线损坏； 7. 多路数据中心控制仪故障； 8. 通信设备卡（手机卡）欠费
	短信设备接收不到水库监测站信号	1. 通信卡欠费； 2. 现场信号弱； 3. 天馈线故障； 4. 通信卡接触不良； 5. 短信基站有故障
	卫星系统接收不到水库监测站信号	1. 地面站故障； 2. 天馈线故障； 3. 卫星管理洋区漂移

续表 K. 2. 2

监测设施	常见故障	原因分析
水库监测 中心站/ 监测平台	超短波设备接收不到水库监测站信号	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 天馈线故障；</li> <li>2. 新建房屋等障碍物阻挡；</li> <li>3. 现场有干扰；</li> <li>4. 接收设备频率漂移</li> </ol>
	数据接收计算机不能启动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 交流电断电；</li> <li>2. UPS 损坏；</li> <li>3. 计算机电源线或电源损坏；</li> <li>4. 计算机主板、内存或硬盘损坏；</li> <li>5. 计算机 CMOS 或操作系统故障</li> </ol>
	信号正常，计算机正常，数据无法正常接收	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 数据采集软件故障；</li> <li>2. 数据接收模块故障；</li> <li>3. 数据接收设置改变；</li> <li>4. 数据接收参数改变；</li> <li>5. 移动通信设备（卡）欠费</li> </ol>
	计算机启动正常，但计算机运行不稳定	计算机存在病毒
	信号正常，计算机正常，显示画面不稳定	显卡故障或显示器故障
	计算机网络不通	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 网络参数、IP 地址设置不正确；</li> <li>2. 网线连接存在脱落、松动、断路等情况；</li> <li>3. 需要重启计算机、交换机及其他网络设备</li> </ol>
	软件运行故障	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 操作系统存在异常；</li> <li>2. 系统配置和防火墙参数设置不正确；</li> <li>3. 计算参数设置不正确；</li> <li>4. 数据库存在异常</li> </ol>

**K.2.3** 水位计常见故障可根据表 K.2.3 进行判断。

**表 K.2.3 水位计常见故障及原因分析表**

监测设施	常见故障	原因分析
浮子式 水位计	水位误差超过正常范围	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 测井淤塞；</li> <li>2. 悬索受阻或变形；</li> <li>3. 水面有漂浮物</li> </ol>
	水位数据不准确	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 传输线缆断开或虚焊；</li> <li>2. 齿轮或编码开关故障；</li> <li>3. 传感器损坏；</li> <li>4. 编码器有断开或接触不良；</li> <li>5. 雷电或发信机干扰</li> </ol>
	数据不动或慢变化时不动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 传动轮松脱；</li> <li>2. 编码器电路故障；</li> <li>3. 钢丝绳老化造成浮子或重锤被卡；</li> <li>4. 传感器码盘损坏；</li> <li>5. 浮子或重锤脱落</li> </ol>
压力式 水位计	传感器数值不变或无数据	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 传感器损坏；</li> <li>2. 电缆断开；</li> <li>3. 传感器被淤泥覆盖</li> </ol>
气泡式 水位计	传感器数值不变或无数据	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 传感器气泵损坏；</li> <li>2. 传感器导气管被淤泥堵塞；</li> <li>3. 传感器气瓶无气；</li> <li>4. 传感器气瓶压力表损坏</li> </ol>
激光、雷达 水位计	有数据传输，但数据有误	传感器与水面间有障碍物
其他	传感器正常，但无水位信息	传感器参数设置不正确

K. 2.4 翻斗式雨量计常见故障可根据表 K. 2.4 进行判断。

表 K. 2.4 翻斗式雨量计常见故障及原因分析表

监测设施	常见故障	原因分析
翻斗式雨量计	传感器无信号输出	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 干簧管损坏；</li> <li>2. 永磁铁退磁；</li> <li>3. 翻斗不翻转；</li> <li>4. 信号传输线有故障</li> </ol>
	雨量精度不符合要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 翻斗倾斜角度不正确；</li> <li>2. 排水量测量不准确；</li> <li>3. 翻斗翻转不灵活</li> </ol>
	雨量计无信号输出	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 干簧管损坏；</li> <li>2. 干簧管、磁钢位置过远；</li> <li>3. 雨量线断或焊线脱落；</li> <li>4. 磁钢退磁</li> </ol>
	翻斗次数与信号数不合	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 导通次数多于翻转次数，干簧管、磁钢位置过近，引起干簧管常吸；</li> <li>2. 导通次数少于翻转次数，干簧管、磁钢位置过远</li> </ol>
	有数据传输，但数据无变化	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 干簧管故障或损坏；</li> <li>2. 翻斗翻转部位卡死或脱落；</li> <li>3. 雨量计漏斗堵塞</li> </ol>
	传感器机械部分正常，但无数据传输	传感器线缆故障

K. 2.5 数据采集装置常见故障可根据表 K. 2.5 进行判断。

表 K. 2.5 数据采集装置常见故障及原因分析表

监测设施	常见故障	原因分析
数据采集装置	通信数据传输不畅	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设备电源未连接；</li> <li>2. 通信线路断路；</li> <li>3. 地址参数设置有误</li> </ol>

续表 K.2.5

监测设施	常见故障	原因分析
数据 采集装置	监测数据异常	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 传感器接线不牢固；</li> <li>2. 通道参数设置错误；</li> <li>3. 激励频段设置错误；</li> <li>4. 采样间隔时间不充足</li> </ol>
	时钟异常	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 未定期校准；</li> <li>2. 时钟故障</li> </ol>

## 附录 L 监测设施检查与维护记录表样

L.0.1 监测设施检查记录表样见表 L.0.1。

表 L.0.1 监测设施检查记录表

监测设施名称：	
安装部位：	
检查时间：	
检查人员/单位：	
检查内容	
检查结论与建议	结论：
	存在问题和处理意见：

**L.0.2 监测设施维护记录表样见表 L.0.2。**

**表 L.0.2 监测设施维护记录表**

监测设施名称：	
安装部位：	
故障发生时间： 年 月 日 时 分	
故障排除时间： 年 月 日 时 分	
维护人员/单位：	
故障现象	
故障判定	<input type="checkbox"/> 操作不当 <input type="checkbox"/> 维护不当 <input type="checkbox"/> 自然劣化 <input type="checkbox"/> 设备老化故障 其他说明：
维护方案	
预防措施	

## 标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应	
宜	允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件下可以这样做



中华人民共和国水利行业标准

小型水库监测技术规范

SL/T 828—2024

条 文 说 明

## 制 定 说 明

SL/T 828—2024《小型水库监测技术规范》，经水利部 2024 年 10 月 22 日以第 20 号公告批准发布。

本标准在制定过程中，编制组根据面向发展新质生产力的水利技术标准新要求，立足于面广量大的小型水库监测设施建设与运行管理需求，坚持安全可靠、经济合理、信息共享、应用至上原则，规范了小型水库监测设施设计、施工、运行维护、数据分析应用等全生命周期管理各项工作。

为便于广大设计、施工、科研、管理等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《小型水库监测技术规范》编制组按照章、节、条、款、项的顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

## 目 次

1	总则 .....	128
3	基本规定 .....	129
4	雨水情测报 .....	130
5	大坝安全监测 .....	133
6	视频图像监视 .....	138
7	水库监测站与监测中心站 .....	140
8	监测平台 .....	142
9	通信与信息传输 .....	144
10	监测资料整编与分析 .....	151
11	巡视检查与运行维护 .....	152

# 1 总 则

**1.0.5** 一般要求每年汛前完成监测设施运行维护与上一年度监测资料整编分析工作，通过定期运行维护来确保监测设施长效稳定运行，定期资料整编分析来充分发挥监测设施作用，为水库运行调度与安全运行提供数据支撑。

## 3 基本规定

**3.0.1** 雨水情测报项目一般包括库水位、坝前水温、气温、大气压力、降水量等，大坝安全监测项目一般包括变形、渗流、应力、应变及温度、地震反应、水力学监测等。对于小型水库，降水量、库水位、渗流量、渗流压力（扬压力）、表面变形及视频图像等监测项目已基本满足监测要求。

**3.0.2** 监测项目即使实现了自动化观测，也需要开展必要的人工观测，如定期人工比测校核以及自动化设备故障期间的人工观测，用来确保监测数据的可靠性与连续性。因此，监测设施建设阶段要考虑充分后期人工监测需求，实现自动化的同时建议也具备人工观测条件。

**3.0.4** 为了避免小型水库监测设施建设质量不高，建成后运行效果差等情况发生，切实加强小型水库安全监测质量管理，本条规定监测仪器设备应通过专业检验检测机构认证合格。监测仪器设备主要指水位计、雨量计、渗压计等量测类仪器，以及遥测终端（RTU）、测量模块（MCU）等采集终端类设备。

**3.0.5** 与现代化水库运行管理矩阵建设相衔接，对重要小型水库的重要监测设施，有条件时建议实现“管控全天候”，全天候保障水库安全监控能力。

## 4 雨水情测报

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 小型水库雨水情测报以满足水库环境量监测需求为主，其中降水量和库水位是小型水库最基本的配置，降水量包括了降雪、降雹等其他形式的降水，其他入库、出库流量测报项目，根据水库日常管理需要设置。

### 4.2 降水量测报

**4.2.1** 小型水库一般集雨面积不大，规定在坝址区设置不少于 1 个降水量观测点，若集雨面积较大，参照 SL/T 34《水文站网规划技术导则》设置库区雨量站。总体上，小型水库集雨面积不大，但也有小型水库集雨面积超过  $20 \text{ km}^2$  的情况，如位于内蒙古自治区某水库，水库库容为  $616 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，属于小型水库，但其坝址以上流域面积为  $271.4 \text{ km}^2$ ，该水库在建设水雨情测报系统中建设了 6 个以上的降水量测点。随着社会经济水平的发展，以及局地强降雨事件频发，很多城市也逐步加密降水量的观测，以应对可能发生的局地暴雨事件，对可能发生的灾害提前预警。

**4.2.3** 从长期的工程实践来看，翻斗式雨量计在全国范围内应用广泛，能够被气象和水利行业广泛认可。结合不同地区使用经验，也有采用微虹吸式、称重式或压电式雨量计。对于小型水库，建议优先选用翻斗式雨量计，也不反对使用技术更先进且量测结果可靠的仪器设备。

**4.2.4** 翻斗式雨量计安装时需要注意几个主要方面，分别为承雨器口是否水平，翻斗是否工作正常。雨量计采用支架安装时特别需要关注支架的牢固，因为降雨时通常伴有强风，没有可靠的支撑将导致雨量计发生抖动或倾斜，严重时雨量计无法正常工作。其他类型雨量计参照其说明书安装。

#### 4.2.5

1 雨量计在气象、水文和水利行业有着广泛的应用，对测量精度的要求也不一致。目前，雨量计的分辨力能够达到 0.1 mm，甚至更低。但对于小型水库日常管理，主要是根据观测的降水量信息与以往数据对比，判断发生险情或灾害的可能，实现提前预警，因此观测分辨力达到 0.5 mm 以上即满足观测要求。

2 日降水量一般以 8 时为日分界线，即从观测当日 8 时至第二日 8 时的降水量为观测当日降水量。

### 4.3 库水位测报

4.3.1 大中型水库存在建设多个库水位监测站的情况，但使用后结果并不理想，有时甚至出现水位数据混乱。因此，对小型水库一般建设 1 个库水位测报站即满足要求，采取定时进行水尺比对的方法，以确保观测值的准确性。

4.3.2 风浪、水库泄洪等均会对库水位观测准确性造成影响，库水位监测点选择时需要考虑泄流对水位的影响，安装在受水流影响较小的部位。

4.3.4 库水位观测需满足量程的需求，包括人工观测和自动化采集其最大测读高程均高于校核洪水位。

#### 4.3.6

1 库水位观测设定为早晨 8 时观测是水库管理单位的惯例，但考虑到时差和冬季严寒影响，如东北、内蒙古、宁夏、青海、新疆、西藏等部分地区根据实际情况自行设置观测时间，但观测时间在一段时间内尽可能保持一致。在汛期或库水位快速降落期，根据需要设置加密观测频次。

4.3.7 安装的水位自动监测设备需要进行比测，但考虑到小型水库水位通常变幅不大，每年进行一次比测基本满足运行管理要求。

4.3.8 水尺零点高程校核是水库日常运行管理中的一项工作，

有利于保证水位观测的准确性和连续性。新建水库受蓄水和坝体自身沉降等因素影响，水尺零点高程可能发生变动，因此有必要定期开展水尺零点高程校核，每 1~2 年进行一次对于小型水库是能够满足运行管理要求的。

## 5 大坝安全监测

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 根据 SL 725—2016《水利水电工程安全监测设计规范》中 4 级、5 级大坝的常规安全监测类别为渗流监测与变形监测，应力应变及温度监测为可选项目，对部分风险等级高、坝型复杂、新建的小型水库，根据需要设置应力应变及温度监测项目。温度监测指对混凝土（沥青混凝土）结构的温度进行监测。为相互印证变形监测与渗流监测结果，一般将两类监测项目结合布置，即在同一区域同时布置变形监测与渗流监测设施。针对小型水库害堤动物危害问题，重点对存在白蚁蚁情地区提出了监测要求，獾、狐、鼠等其他害堤动物主要通过巡视检查查找洞穴来进行监测。

**5.1.2** 对关键监测部位，特别是在水库初建期间采用直接埋设方式安装的不可更换监测仪器，这类仪器一旦损坏，后期很难通过钻孔方式补充或补充安装代价过大，因此，建议新建工程在关键部位适当冗余布置测点。

**5.1.3** 用于坝体表面变形人工监测的全站仪、水准仪，用于渗流人工监测的电测水位计和读数仪等，常用于比测自动监测数据和自动化设备故障期间开展安全监测工作，对确保监测数据连续性与可靠性具有重要意义。

**5.1.4** 渗压计、GNSS 等监测仪器设备的监测精度、耐久性、稳定性等直接关系到大坝安全监测工作的成败，投入使用前需提供具有计量认证资质的专业机构检验合格的报告。

**5.1.7** 浆砌石坝工作原理与混凝土坝基本相同，其监测技术要求参照本标准对混凝土坝的有关规定执行。

### 5.2 渗流监测

**5.2.1** 小型水库大坝按筑坝材料主要分为土石坝、混凝土坝，

土石坝渗流监测项目主要为渗流量与渗流压力，混凝土坝渗流监测项目主要为渗流量与扬压力。

### 5.2.2

1 SL 725 将渗流量设定为 4 级、5 级土石坝和 4 级混凝土坝的必设安全监测项目，但对已经建成但不存在渗漏明流的小型水库，实施渗流量监测比较困难且效果不佳，因此，本条文规定对已建存在明显渗漏且具备汇集条件的小型水库，要求进行渗流量监测。对新建小型水库，需按照 SL 725 设置渗流量监测。

2 部分水库可能多个部位存在渗漏隐患，为监测不同部位渗流量情况，评估相应渗漏险情，对有分区监测条件的大坝，可以设置多个渗流量监测点。

5.2.6 对部分常年不蓄水的小（1）型水库、坝高 15 m 以上或关系下游公共安全的小（2）型水库，在遭遇强降雨时依然可能短期蓄水甚至高水位运行，仍有必要对这类水库进行渗流压力监测。另对部分安全风险较高的水库，按照 SL/T 551《土石坝安全监测技术规范》提高建设标准是必要的。关系下游公共安全的水库一般指溃坝影响范围内人口密集、有重要基础设施的水库。

1 小型土石坝若坝体、坝基材料渗透系数接近，一般不区分坝体、坝基分别进行渗流压力监测，渗流压力监测点（测压管钻孔高程）一般布置在建基面高程附近。

2 其他小（2）型水库指坝高 15 m 以下、下游影响一般的小（2）型水库，推荐开展渗流压力监测主要基于以下原因：①根据溃坝案例统计分析，渗透破坏是仅次于洪水漫顶的主要溃坝原因，渗流压力监测能有效控制渗透破坏风险；②与变形监测相比，渗流压力监测对监测精度要求相对低，实施难度小、效果好，因此，土石坝一般建议优先设置渗流压力监测项目；③渗流压力监测数据是大坝安全评价的重要基础资料，是提升大坝安全鉴定成果质量的关键，有条件时建议设置渗流压力监测设施并积累监测数据，为大坝定期安全鉴定提供数据支撑；④截至 2021 年年底，我国共有坝高小于 15 m 的小（2）型土石坝 40632 座，

占小型水库总数的 43 %，若这些小（2）型土石坝不设置安全监测设施，将导致数量庞大的小型水库监测设施缺失，不利于提高小型水库整体监测预警水平。综上所述，为保障小型水库运行安全，建议有条件时坝高小于 15 m 的小（2）型土石坝也至少设置 1 个渗流压力监测横断面。对坝长超过 500 m 的水库，根据需要增加监测横断面，重点布置在最大坝高处、地形地质条件复杂处、坝体与穿坝建筑物结合部、渗流隐患处等位置。

**3** 近年来我国发生的多起溃坝事故和穿坝建筑物与坝体间的接触渗漏有关，因此，穿坝建筑物与坝体间接触渗漏监测是渗流压力监测的重点内容。

**6** 监测下游水位或近坝地下水位具有重要意义。首先，缺乏实测下游水位或近坝地下水位，无法绘制完整的坝体浸润线；其次，其与上游水位同为大坝安全计算分析的重要边界参数，缺乏实测数据将会使下游水位取值依据不充分；此外，SL 725 将下游水位规定为 4 级、5 级土石坝、混凝土坝环境量监测的必设项目。因此，建议结合渗流压力监测布置，有条件时至少设置 1 个下游水位测点；当下游无明流时，至少设置 1 个近坝地下水位测点。

**5.2.7** 考虑到小型水库土石坝多、坝高一般较小的特点，对土石坝渗流压力监测仪器设施及其安装埋设做出规定。

**1** 因水头大于 20 m 的小型水库数量较少，且采用测压管直接监测渗流压力便于人工比测与运行维护，因此，不同于 SL/T 551 考虑滞后效应影响，分测压管监测与渗压计直接埋设两种情形，本条文推荐采用在测压管内安装渗压计的自动监测方式。

**6** 人工比测为人工测量水位与自动测量水位比较的过程，两种方式测量结果误差越小，监测数据越可靠。

**5.2.8** 对混凝土坝扬压力监测布置做出规定，考虑了小型水库与大中型水库的区别。

**1** SL 601《混凝土坝安全监测技术规范》、SL 725 均规定扬压力为 4 级混凝土坝必设监测项目，但 GB/T 51416《混凝土

坝安全监测技术标准》规定扬压力仅为 1 级混凝土坝的必设项目，鉴于部分已建混凝土坝不具备再安装扬压力监测设施条件，且与现有规范体系保持一致，本条文未将扬压力作为小型混凝土坝的必设监测项目，但对 4 级和关系下游公共安全的 5 级混凝土坝，建议有条件时进行扬压力监测。

**5.2.9** 对混凝土坝或浆砌石坝扬压力监测仪器设施安装埋设，考虑安装便捷性和后期运行维护方便等，做了相关规定。

1 为便于后期运行维护，加强人工比测，优先推荐采用测压管内安装渗压计自动监测扬压力。对部分新建工程，也能采用在坝基直接埋设渗压计方式监测扬压力。

#### **5.2.12**

1 渗压计一般量程越小，测量精度越高。当前市场上渗压计量程一般为 350 kPa、700 kPa，对测量水位变化幅度小于 10 m 时情形，建议选用量程为 170 kPa、70 kPa 的渗压计。

### **5.3 变形监测**

**5.3.3** 大坝表面设置变形监测项目是必要的，本条针对土石坝、混凝土坝体表面变形监测项目明确了设置标准。

1 较多建成运行多年的坝高 30 m 及以上或关系下游公共安全的土石坝、坝高 50 m 及以上或关系下游公共安全的混凝土坝，虽表面变形基本稳定，但在强降雨、放空水库、突发事件等外部因素影响下，依然存在安全运行风险，仍有必要设置表面变形监测项目。根据 SL 725，新建小型水库应设置表面变形监测设施。另对部分安全风险较高的水库，按照 SL/T 551、SL 601 提高建设标准是必要的。

**5.3.5** 结合近年来小型水库大坝变形监测设施安装埋设过程中存在一些普遍问题，做了相应规定。

2 根据近些年开展的大坝安全监测设施调研，发现较多变形观测墩建设不规范，其中包括“在综合位移观测墩顶部安装水准标点或归心底盘，用于同时观测水平位移和垂直位移”。用于

人工监测的水平位移监测装置一般安装在综合位移观测墩顶部，垂直位移监测装置安装在综合位移观测墩底部。

**3** 冰冻区若变形墩基座位于冻土层中，会导致冻融期测量结果为冻胀位移而非大坝真实位移，影响测量数据准确性与可靠性。

## 6 视频图像监视

### 6.1 一般规定

**6.1.2** 视频图像监视站设置选择主要是从水库安全、运维管理、巡视检查等方面考虑，如溢洪道、放水涵出口水流冲刷可能破坏区，可能被淤积或堵塞的泄洪建筑物进口区域。为满足现代化水库运行管理矩阵建设要求，根据需要对库区和下游河道进行监视。

**6.1.3** 有些地方视频图像监视站配置要求较高，除了摄像头外还配置了硬盘录像机或具备硬盘录像机功能的数据采集智慧一体化终端、喇叭、拾音器、管理所视频显示屏等，如以上设备配置齐全，视频图像能进一步融合本地降水量、库水位、库容、渗流渗压、变形位移等实时信息显示，并具备区域入侵侦测、越界侦测、移动侦测等智能侦测，入侵管理区域主动告警以及自动语音报警等功能。

**6.1.4** 由于视频图像监视站即使采用低功耗摄像头，但如果采用太阳能板浮充蓄电池供电方式时，功耗还是较大，考虑到建设成本，因此只要求太阳能板功率及蓄电池容量保证连续 7d 以上阴雨天气正常工作。

### 6.2 设备技术要求

#### 6.2.2

**4** 因视频图像监视站摄像机存储时间不少于 15d，按码流为 1 MB 进行计算，公式： $\text{码流} \times \text{时间} (3600\text{s} \times 24\text{h} \times 15\text{d}) \times \text{视频路数} \div 8 = 1 \times 3600 \times 24 \times 15 \times 1 \div 8 = 158 \text{ GB}$ ，由于存储卡规格为 128 GB、256 GB，因此规定为不小于 256 GB 储存卡。

## 6.3 设备安装调试

**6.3.4** 视频图像监视站若采用太阳能浮充供电方式，配置的电池容量一般较大，蓄电池体积及重量都较大，不适合采用机箱挂在立杆上，采用专用地埋电池箱封装地埋式安装既经济又方便。

## 7 水库监测站与监测中心站

### 7.1 一般规定

**7.1.2** 一般情况下，水库现场只建设水库监测站，监测信息直接传输至省级、市县级监测平台，水库管理人员通过省级、市县级监测平台查看本水库的雨水情测报和大坝安全监测信息。对于部分重要小型水库，或因水库自身管理需要，水库管理单位有开展雨水情测报和大坝安全管理的需求，为避免重复建设同类水库监测站，水库在已有监测站的基础上，建设监测中心站。水库监测中心站根据需求开发更具针对性的数据分析与管理功能软件，满足水库运行管理需要。

### 7.2 水库监测站

**7.2.2** 立杆式监测站的优点是结构简单、造价较低、安装方便，但由于所有监测、供电等设备均安装于一根立杆上，其稳定性是非常重要的。如果立杆稳定性不好，在降雨和有大风期间，其上的雨量、水位传感器（雷达水位计）会产生晃动，影响观测精度，尤其是遇到台风带来的狂风暴雨时，误差还是相当大的。所以受风浪影响较大地区，雨量观测设置在地面雨量观测场，水位观测采用水位观测井，并用浮子式水位计，以消除大风和波浪的影响。大坝渗流监测站一般是采用落地式测站，但需做好防雨、防盗等安全措施。站房式水库监测站是最好的形式，不仅有利于仪器设备的保护，也方便管理和维护，尤其是北方寒冷地区。受限于多方面条件，并不是每座水库均具备站房式监测站的安装条件，需要综合各水库的管理需要和承受能力来考虑。

**7.2.3** 应用实践表明，由于雷击造成水库监测站损坏的比例较大，采用太阳能板浮充蓄电池供电方式，是减少雷电干扰的有效措施之一。视频监控站耗电量较大，采用交流电供电方式也是比

较常规的选择。

**7.2.4~7.2.7** 数据采集装置是主要数据输入端，对其基本性能进行了规定，主要包括采集对象、采集方式、通信协议等方面的要求。

雨水情设施功耗低，上传数据量小，采用每日或定时自报方式能够满足小型水库运行需求，大坝安全监测设施日常工作时采用自报式可以满足要求，但遇到水位上涨需要获得实时数据，查询一应答式可以给予即时反馈。

### 7.3 水库监测中心站

**7.3.1** 大中型水库因管理机构健全，配置了相关专业技术人员，一般建设有水库监测中心站，对雨水情测报和大坝安全监测设施进行管理和维护。而小型水库点多面广，每座水库均建设水库监测中心站既不经济也不实用，同时也缺乏专业技术人员进行日常维护。对于部分小型水库，作为当地重要的水源地或风景区，其安全性和重要性较高，为了加强水库管理，地方水利部门建设了相应的管理站房及配套设施，在基础设施和经济条件允许的情况下，水库建设监测中心站加强安全管理是可行的。

### 7.4 防雷与接地

**7.4.1** 雷击一般是从天馈线、电源线、遥测设备与传感器间的信号线等几种途径传输，造成监测设备或传感器损坏。采用超短波通信方式时，从天馈线产生的雷击概率最大；大坝渗流监测的传感器信号电缆也是雷击的主要途径，这些都是防雷设计的重点。

所谓避雷针，其实是引雷针，就是在设备所在区域有雷电发生时，通过避雷针将雷电流主动引入地下，以起到保护设备的作用。如果将交流电源接地、防雷接地和设备接地均引线接入同一个地网，不仅起不到防雷作用，还会增加雷击的可能性。各地网之间有一定的距离，就是防止地网之间存在雷电流串通，造成设备损坏。

## 8 监测平台

### 8.1 一般规定

**8.1.3** 省级监测平台提供数据管理功能，各级用户按照不同权限开展对应的数据管理工作。

### 8.2 数据库

**8.2.3** 各地现有水库编码和测站编码标准不一，为不影响已建成的测站和平台使用，现有编码可继续使用。当与其他平台数据交换时，为统一数据格式，通过建立对应关系表进行转码，保证统一编码。有条件的水库，数据库表结构和水库及测站编码鼓励按照 SL/T 478《水利数据库表结构及标识符编制总则》、SL/T 213《水利对象分类与编码总则》及 SL 323《实时雨水情数据库表结构与标识符》执行，以规范监测数据存储和读取工作，便于不同监测平台之间数据共享。

### 8.3 业务应用系统

**8.3.6** 对分析应用模块进行了规定。根据实测资料情况，采用最小二乘法或多因子线性逐步回归法等建立竖向位移统计模型、水平位移统计模型、渗流压力（扬压力）统计模型、渗流量统计模型。有条件的，可以考虑建立确定性模型和混合模型。

### 8.4 运行支撑环境

**8.4.2** 对监测平台的硬件支撑环境做出规定。

1 对重要的服务，比如数据库服务、应用服务等，使用至少两台服务器互相备份，共同执行同一服务。当一台服务器出现故障时，由另一台服务器承担服务任务，从而自动保证系统能持续提供服务，保障监测平台的稳定运行和数据完整性。

3 水库大坝关系到公共安全，对监测平台涉及的视频图像信息应当具有一定时间的保留需求，用于必要的回溯，对水库管理而言，视频图像类监测信息存留时间越长越好。但同时，不同于单座水库的视频监视点，监测平台涉及的视频点数量多，若留存时间过长，需要增加大量的存储设备，成本过高。综合考虑两方面情况，历史视频图像存储时间取为“应不小于 30d”。

**8.4.3** 对监测平台系统软件设置做了规定。

3 双因子身份认证指结合密码以及实物（如令牌、指纹、信用卡、SMS 手机等）两种条件对用户进行认证的方法，可以提高系统安全。

**8.4.4** 具备条件的地区，监测平台尽量采用政务云或自建云等专有云，以保障系统安全。

## **8.5 网络安全与数据共享**

**8.5.1** 监测平台系统安全性非常重要，对系统安全性提出明确要求是必要的，本条明确监测平台系统安全应当符合的要求。

## 9 通信与信息传输

### 9.3 信息流程与工作模式

9.3.1 信息流程有逐级上传、集中分发、多目标并发三种模式。逐级上传模式按图 1 模式构建传输系统，是水库监测站发送信息至市县级监测平台，再由市县级监测平台向省级监测平台转发的信息流向。集中分发模式按图 2 模式构建，是水库监测站发送信息至省级监测平台，再由省级监测平台向市县级监测平台转发的

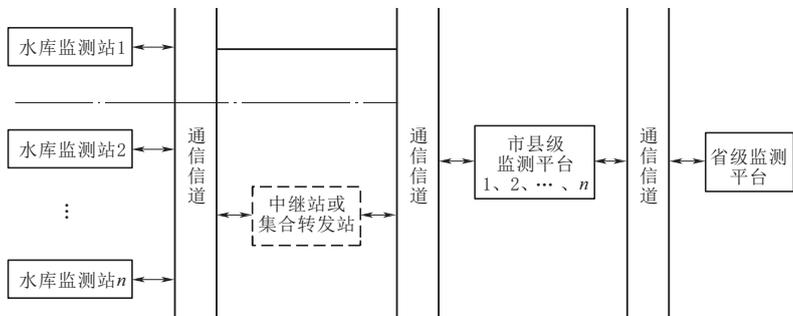


图 1 逐级上传模式组网图

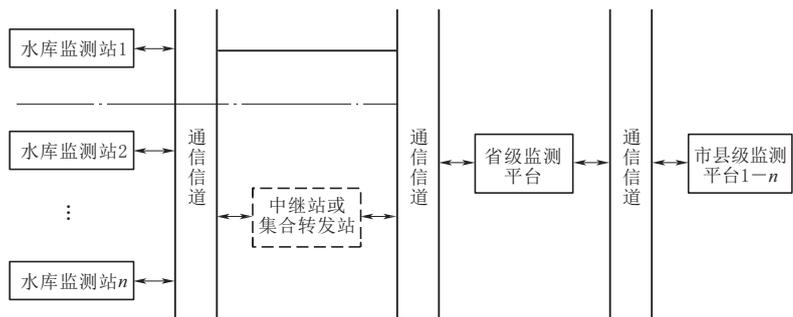


图 2 集中分发模式组网图

信息流向。中继站或集合转发站只负责水库监测站与省级监测平台站间的数据报文转发，为水库监测站与省级平台提供透明的传输信道。多目标并行组网模式应按图 3 模式构建，是水库监测站同时向 2 个以上市县级监测平台或省级监测平台发送信息，可以是逐级上传，也可以是集中分发。

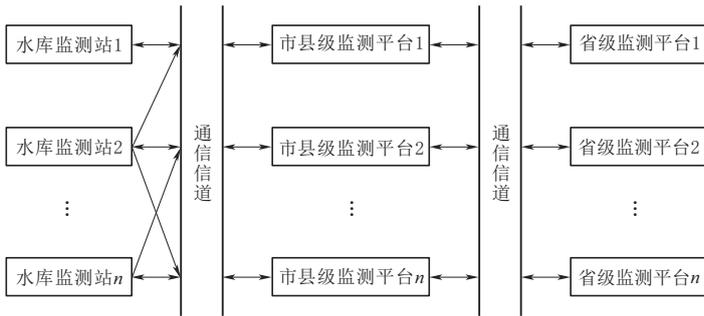


图 3 多目标并发模式组网图

## 9.4 数据传输规约

### 9.4.1 水库监测站报文示例。

#### 1 定时报。

- 1) 上行报文示例：7E 7E 01 00 12 34 56 78 12 34 32 00  
 26 02 00 03 21 05 17 11 00 19 F1 F1 00 12 34 56 78 4B  
 F0 F0 21 05 17 11 00 3A 23 01 02 93 00 3B 1B 98 92 30  
 38 12 12 00 03 9D BE。协议解析见表 1。

表 1 定时报上行报文协议解析

报文	编码名称	编码说明
7E7E	帧起始符	7E7EH
01	接收数据的监测平台地址	1 字节 HEX，范围为 1~255。省、自治区、直辖市（或流域机构）为单元，为市县级、省级监测平台分配的地址

续表 1

报文	编码名称	编 码 说 明
00 12 34 56 78	水库监测站地址	5 字节 BCD 码, 表示测站编码或测站的国家站码。下同
12 34	密码	2 字节 HEX
32	功能码	1 字节 HEX 码, 定义见 SL 651—2014 附录 B
00 26	报文上下行标识及长度	用 2 字节 HEX 编码。高 4 位用作上下行标识 (0000 表示上行, 1000 表示下行); 其余 12 位表示报文正文长度, 表示报文起始符之后、报文结束符之前的报文字节数, 允许长度为 0001~4095
02	报文起始符	STX
00 03	流水号	2 字节 HEX 码, 范围 1~65535
21 05 17 11 00 19	发报时间	6 字节 BCD 码, YYMMDDH-HmmSS
F1 F1	地址标识符	N (10)
00 12 34 56 78	监测站地址	5 字节 BCD 码
4B	监测站分类码标识符	1 字节 HEX, 定义见 SL 651—2014 附录 A
F0 F0	观测时间标识符	N (10)
21 05 17 11 00	观测时间	5 字节 BCD, YYMMDDHHmm
3A	库上水位 (3AH)	要素标识符
23	数据定义	N (7, 3) 十进制浮点数, 保留 3 位小数
01 02 93 00	水位数据	1029.3m
3B	库下水位 (3BH)	要素标识符
1B	数据定义	N (7, 3) 十进制浮点数, 保留 3 位小数

续表 1

报文	编码名称	编 码 说 明
98 92 30	水位数据	989.23m
38	电压	要素标识符
12	数据定义	N (4, 2) 十进制浮点数, 保留 2 位小数
12 00	电压数据	12V
03	报文结束符	控制符 ETX、ETB
9D BE	校验码	CRC16 校验 (高字节在前, 低字节在后)

2) 下行报文示例: 7E 7E 00 12 34 56 78 01 12 34 32 80 08 02 00 03 21 05 17 11 00 19 04 E9 81。协议解析见表 2。

表 2 定时报下行报文协议解析

报文	编 码 名 称	编 码 说 明
7E 7E	帧头	2 字节 HEX 编码
00 12 34 56 78	监测站地址	5 字节 BCD 码
01	接收数据的监测平台地址	1 字节 HEX
12 34	密码	2 字节 HEX 码
32	功能码	1 字节 HEX 码
80 08	下行正文长度	2 字节 HEX 码
02	正文起始符 (STX)	1 字节 HEX
00 03	流水号	2 字节 HEX 码
21 05 17 11 00 19	发报时间, 年月日时分秒	6 字节 BCD 码, YYM-MDDHHmmSS
04	正文结束符	1 字节 HEX
E9 81	CRC16	2 字节 CRC 校验

3 监测站测试报上、下行报文格式除功能码外其余与表 1、表 2 一致，功能码为 30H。

4 监测站加报报上、下行报文格式除功能码外其余与表 1、表 2 一致，功能码为 33H。

5 监测站小时报。

1) 上行报文示例：7E 7E 01 00 12 34 56 78 12 34 34 00  
4B 02 00 04 21 05 17 11 00 19 F1 F1 00 12 34 56 78 4B  
F0 F0 21 05 17 11 00 F5 C0 04 D2 04 D2 04 D2 04 D2  
04 D2 04 D2 04 D3 04 D3 04 D3 04 D3 04 D3 F6  
C0 05 36 05 36 05 36 05 36 05 36 05 36 05 36 05  
36 05 36 05 36 05 36 03 D4 D7。协议解析见表 3。

表 3 监测站小时报上行报文协议解析

报 文	编码名称	编 码 说 明
7E7E	帧起始符	7E7EH
01	接收数据的监测平台地址	1 字节 HEX，范围为 1~255。指以省、自治区、直辖市（或流域机构）为单元，为市县级、省级监测平台分配的地址
00 12 34 56 78	监测站地址	5 字节 BCD 码，表示测站编码或测站的国家站码。下同
12 34	密码	2 字节 HEX
34	功能码	1 字节 HEX 码，定义见 SL 651 附录 B
00 4B	报文上下行标识及长度	用 2 字节 HEX 编码。高 4 位用作上下行标识（0000 表示上行，1000 表示下行）；其余 12 位表示报文正文长度，表示报文起始符之后、报文结束符之前的报文字节数，允许长度为 0001~4095
02	报文起始符	STX

续表 3

报 文	编码名称	编 码 说 明
00 04	流水号	2 字节 HEX 码，范围 1~65535
21 05 17 11 00 19	发报时间	6 字节 BCD 码，YYMMDD-DHHmmSS
F1 F1	地址标识符	N (10)
00 12 34 56 78	监测站地址	5 字节 BCD 码
4B	监测站分类码标识符	1 字节 HEX，定义见 SL651 附录 A
F0 F0	观测时间标识符	N (10)
21 05 17 11 00	观测时间	5 字节 BCD，YYMMDDH-Hmm
F5 C0	1h5min 间隔 相对水位 1 (F5H)	24 字节 HEX。1h 内 5min 间隔相对水位 1 (每组水位占 2 字节 HEX，分辨力是为厘米，最大值为 655.34m，数据中不含小数点；FFH 表示非法数据)
04 D2 04 D2 04 D2 04 D2 04 D2 04 D2 04 D3 04 D3 04 D3 04 D3 04 D3 04 D3	1h 内 5min 间隔 相对水位数据	1h 内 5min 间隔相对水位 1 (m)：12.34 12.34 12.34 12.34 12.34 12.34 12.35 12.35 12.35 12.35 12.35 12.35
F6 C0	1h5min 间隔 相对水位 2 (F6H)	24 字节 HEX。1h 内 5min 间隔相对水位 2 (每组水位占 2 字节 HEX，分辨力是为厘米，最大值为 655.34m，数据中不含小数点；FFH 表示非法数据)
05 36 05 36 05 36 05 36 05 36 05 36 05 36 05 36 05 36 05 36 05 36 05 36	1h5min 间隔 相对水位数据	1h 内 5min 间隔相对水位 2 (m)：13.34 13.34 13.34 13.34 13.34 13.34 13.34 13.34 13.34 13.34 13.34 13.34
03	报文结束符	控制符 ETX、ETB
D4 D7	校验码	CRC16 校验 (高字节在前，低字节在后)

2) 下行报文示例：7E 7E 00 12 34 56 78 01 12 34 34 80 08 02 00 04 21 05 17 11 00 19 04 C9 C9 。协议解析见表 4。

**表 4 监测站小时报下行报文协议解析**

报文	编码名称	编 码 说 明
7E 7E	帧头	2 字节 HEX 编码
00 12 34 56 78	监测站地址	5 字节 BCD 码
01	接收数据的监测平台地址	1 字节 HEX
12 34	密码	2 字节 HEX 码
34	功能码	1 字节 HEX 码
80 08	下行正文长度	2 字节 HEX 码
02	正文起始符 (STX)	1 字节 HEX
00 04	流水号	2 字节 HEX 码
21 05 17 11 00 19	发报时间， 年月日时分秒	6 字节 BCD 码，YYMMDD- DHHmmSS
04	正文结束符	1 字节 HEX
C9 C9	CRC16	2 字节 CRC 校验

## 10 监测资料整编与分析

### 10.1 一般规定

**10.1.5** 监测资料可靠性分析是开展监测资料整编与分析的基础性工作，只有经检验合格的监测数据，才具有进一步整编与分析的价值。

**10.1.6** 过程线图是监测资料整编分析的重要图件，调研发现日常监测资料分析以及监测平台自动绘制的过程线图较多不规范，难以用于大坝安全分析，如未同时绘制库水位、降水量等相关量的过程线，不能按需同时绘制多个测点过程线，因此，本条对过程线图绘制做出了规定。

**2** 基于长序列监测数据绘制的过程线因数据样本多更加具有代表性，有利于更加全面、系统地分析大坝安全状态。

**3** 以横断面、纵断面为单元绘制过程线，便于比较同一断面测点测值变化过程与变化规律，以及与库水位、降雨量的相关性，判断其是否符合大坝渗流、变形的一般性规律。

### 10.3 大坝安全监测资料整编与分析

**10.3.1** 广义的大坝安全监测包括巡视检查与仪器监测，对以定性描述为主的巡视检查资料和定量数据为主的变形、渗流监测资料进行整编与分析，两者可互相验证与补充。

## 11 巡视检查与运行维护

### 11.1 一般规定

**11.1.1** 现场巡视检查是小型水库安全管理的必要工作，是小型水库工程安全隐患发现的最重要途径。历史上绝大多数小型水库发生险情或者溃坝前的状况，都是通过现场巡视检查发现的。美国、加拿大、瑞士等发达国家也将水库大坝安全巡视检查作为与大坝安全监测工作相平行的重要工作，瑞士每年要求两层次大坝专家必须对其负责的水库大坝进行一定频次的大坝安全巡视检查工作，并要求提出巡视检查报告，为大坝安全年度报告提供基础。

**11.1.3** 运行维护工作中涉及雨水情、安全监测、视频监控和监测平台等多个方面内容，其中包括多学科的知识，如水文学、水工建筑物、仪器设备、自动控制、计算机及软件应用等多个方面，且需要对现行规范规程有一定的了解，这就需要相对较为专业人员从事运行管理工作。

### 11.2 巡视检查

**11.2.4** 输泄水洞（管）检查除了包含本条规定的内容外，还需要重点关注穿坝建筑物的安全巡视检查工作，穿坝建筑物是输泄水洞（管）非常重要的检查内容，近年来一些中小型水库发生溃坝的原因很多是来源于穿坝建筑物的接触渗透破坏，重点检查涵洞出口渗漏情况、穿坝涵洞与周围土体的接触渗漏情况、接触带土体变形情况及渗水浑浊度情况。如 2013 年年初的山西省曲亭水库和 2018 年内蒙自治区巴彦淖尔市增隆昌水库，均是由于穿坝建筑物的接触渗透破坏导致的溃坝。此外，经过长期运行和多次扩建加固工程，一些早期建成的水库对当时建设的穿坝建筑物，结合近年来的病险水库除险加固工作进行了封堵，但有的封

堵并不够规范，甚至个别水库在封堵后的后期运行管理过程中又发生了渗漏问题。因此，在大坝现场检查过程中，要重点对已经废弃封堵的输泄水洞（管）进行现场询问和实地检查，确保封堵质量满足安全要求。

**11.2.5** 溢洪道检查要重点关注大坝与溢洪道边墙接触带的接触渗漏问题，避免造成接触渗透破坏。另外，结合近年来实际情况，有些小型水库溢洪道除险加固工作不完善，只开展了大坝主体工程加固，尤其是溢洪道出口考虑不周，没有通过行洪渠道将洪水引导至下游，导致洪水可能直接冲刷坝脚，这对于大坝安全是极为不利的，在改善现状前，需要在小型水库大坝安全巡视检查过程中加以重视。

**11.2.11** 每次巡视检查后按规范要求做好详细的现场记录是非常重要的，但对于部分小型水库，没有将巡视检查记录问题作为一项非常重要的工作予以对待。巡查记录是定期大坝安全鉴定和编写大坝安全年度报告的依据，专业人员可以通过巡查记录获得大坝安全隐患迹象的蛛丝马迹，运行管理过程中必须加以重视。因此，对巡视检查记录及相关要求进行了规定，并提供了巡视检查记录表供参考使用。

**11.2.13** 小型水库大坝安全现场检查的重要性已经众所周知，迄今为止我国历史上已有 3500 余座水库发生溃坝事故，其中 96% 以上为小型水库，事实上，总结以往经验教训，水库大坝在发生险情或溃坝之前都不同程度地显示出一些隐患迹象，如果能够及时、准确地发现隐患并进行必要的干预，可以对大坝安全隐患进行有效处置，避免溃坝险情发生，即便不能阻止溃坝险情发生，也可以延缓事故发生发展时间，给应急抢险、水库调度及下游紧急撤离提供足够充足的预警时间，避免群死群伤事件的发生。因此，现场发现大坝安全隐患迹象是第一步，一旦发现有隐患迹象，必须引起足够的重视，结合相关的仪器设备采集的大坝安全监测信息，以及大坝设计、施工、运行管理等情况，对安全隐患进行综合判断与评估。更重要的是，针对隐患缺陷必须予

以足够重视，在缺陷管理上采取闭环管理，建立问题台账，制定整改措施，明确整改责任和时限，确保大坝安全现场检查发现的隐患缺陷能够得到及时、到位的处置。

目前，在小型水库现场安全巡视检查工作中，存在的比较突出的问题是对发现的隐患未引起足够重视，或对发现的严重或较严重缺陷“视而不见”，导致小型水库大坝安全隐患缺陷成为造成日后溃坝或出险的“灰犀牛”。这种案例比较多，如2007年甘肃小海子水库发生溃决前，坝后导渗沟底部已经长期发生小的管涌险情，但管理单位没有及时发现并做出应有的反应，最终随着时间的积累导致大坝发生管涌溃决。2013年新疆维吾尔自治区联丰水库、黑龙江省星火水库均为土石坝，在水库蓄水运行过程中，闸坝结合部位发生了接触渗漏，随着时间发展逐步形成渗透破坏，最终导致溃坝事故发生，在日常巡视检查过程中没有对重点部位重点关注，没有及时发现可能存在的早期渗漏迹象，最终发展至无法控制的溃坝事故。

通过本条规定，特别是区别于 SL/T 551《土石坝安全监测技术规范》和 SL 601《混凝土坝安全监测技术规范》，明确提出对检查发现的安全隐患，建立问题台账，并及时报告和处置，督促并避免相关问题发生。

**11.2.14** 具备条件的水库，将人工巡视检查结果上传至监测平台，利用监测平台或手机移动终端 APP 将可能存在的大坝现场巡视检查结果，按照不同建筑物分类设定好隐患问题和严重程度进行结构化设定，通过巡查人员勾选的方式对大坝现场巡查结果进行自动统计分析，这是今后大坝现场巡视检查及其数据处置的发展方向。有条件和管理单位和主管部门可探索基于自然语义的大坝安全巡视检查信息统计分析工作，或采用智能巡视等自动巡查手段，推进小型水库大坝安全巡视检查智能化、智慧化发展。

### 11.3 监测设施运行维护

**11.3.2** 监测设施在运行过程中不可避免地会发生各类故障，从

以往的管理实践来看，由于监测仪器的更新换代，各类监测仪器工作原理和产生的故障类别有所不同，导致在日常管理中水库管理人员对出现故障的设备无从下手。针对小型水库技术人员配置更为薄弱的实际情况，根据日常运行中常见的设备故障类型，附录提供了初步的判断和排除故障的方法。

**11.3.6** 渗流是小型水库尤其是小型土石坝的重要观测项目，小型水库应重视渗流量的观测。渗流量观测具有方便实施，测量结果直观等优点，当渗流量异常增大或减小时，需要进行加密观测，必要时同步加强周边巡视检查的频次。所以，日常运行维护保证渗流量观测设施的正常工作尤为重要，要通过常态化的运行维护工作保证渗流量观测的可靠、连续和有效。

### **11.3.7**

**2** 经纬仪、水准仪和全站仪等观测仪器作为计量仪器，其使用和维护都有较为规范的管理规定和标准，使用中一般按照计量器具的相关管理办法和规范要求进行操作和维护，本标准不再另行规定。