

电力行业大坝安全监测标准化技术委员会

大坝标函〔2024〕146号

关于征求国家标准《土石坝安全监测技术规范》 (征求意见稿)意见的函

各有关单位、委员及专家：

根据《国家标准化管理委员会关于下达2021年第四批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》(国标委发〔2021〕41号)的要求，由国家能源局大坝安全监察中心等单位制定的《土石坝安全监测技术规范》已完成征求意见稿，现公开征求意见，请审阅并提出具体修改意见和建议，于2024年6月15日前以信函或邮件方式反馈至国家能源局大坝安全监察中心。

《土石坝安全监测技术规范》(征求意见稿)的全文可登录中国电力企业联合会网站(<https://dls.cec.org.cn/>)的“电力标准化-标准征求意见”栏下载，或国家能源局大坝安全监察中心网站(<https://dam.nea.gov.cn/>)的“中心通知”栏下载。

联系人：韩荣荣

电话：0571-56629340 18757112198

传真：0571-88822757

邮箱：han_rr@hdec.com

邮寄地址：浙江省杭州市余杭区高教路 201 号

国家能源局大坝安全监察中心

邮 编：311122

附件：1. 国家标准征求意见表

2. 《土石坝安全监测技术规范》（征求意见稿）及编制说明

电力行业大坝安全监测标准化技术委员会

2024 年 4 月 25 日

（主动公开）

附件 1

国家标准征求意见表

标准名称： 《土石坝安全监测技术规范》

填表单位： _____

填表人： _____ 联系电话： _____ 电子邮箱： _____

序号	章节或页码	原条文内容	建议修改内容	修改理由
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
...				

填表日期： 2024 年 ____ 月 ____ 日

注 1： 纸张不够请另附页；

注 2： 在提交反馈意见时， 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

附件 2

ICS 27.140

P 59

备案号:



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXX—202x

土石坝安全监测技术规范

Technical code for earth-rockfill dam safety monitoring

(征求意见稿)

202x-XX-XX 发布

202x-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

目 次

前 言.....	1
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 总体要求.....	6
5 监测系统设计.....	7
6 监测系统安装调试与验收.....	14
7 监测系统运行维护.....	27
附录 A 监测物理量正负号及单位规定.....	32
附录 B 监测项目分类和选择.....	33
附录 C 项目测次.....	35
附录 D 监测系统维护内容及频次.....	37

前 言

本文件按照 GB/T1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业大坝安全监测标准化技术委员会(DL/TC32)归口。

本文件起草单位：国家能源局大坝安全监察中心、水利部大坝安全管理中心、水利部小浪底水利枢纽管理中心、中国电建华东勘测设计研究院有限公司、中国电建昆明勘测设计研究院有限公司、长江勘测规划设计研究有限责任公司、黄河勘测规划设计研究院有限公司、中国葛洲坝集团勘测设计有限公司、中国水利水电第八工程局有限公司、南京南瑞水利水电科技有限公司、国网新源集团有限公司、国能大渡河流域水电开发有限公司、杭州国家水电站大坝安全和应急工程技术中心有限公司。

本文件主要起草人：……

本文件为首次发布。

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

土石坝安全监测技术规范

1 范围

本文件规定了土石坝安全监测系统设计、安装调试与验收、运行维护等技术要求。

本文件适用于土石坝坝体、坝基、坝肩、泄水消能建筑物、近坝库岸和枢纽区边坡，以及与土石坝安全有直接关系的其他建筑物和设施的安全监测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范
- GB/T 17942 国家三角测量规范
- GB/T 18314 全球定位系统（GPS）测量规范
- GB/T 22385 大坝安全监测系统验收规范
- GB/T 35226 地面气象观测规范 空气温度和湿度
- GB/T 50138 水位观测标准
- GB/T 51416 混凝土坝安全监测技术标准
- GB 50201 防洪标准
- DL/T 2155 大坝安全监测系统评价规程
- DL/T 2699 大坝安全监测仪器检验规程
- DL/T 5113.15 水电水利基本建设工程单元工程质量等级评定标准 第 15 部分：安全监测工程
- DL/T 5416 水工建筑物强震动安全监测技术规范
- DL/T 5772 水电水利工程水力学安全监测规程
- DL/T 5839 土石坝安全监测系统施工技术规范
- SL 176 水利水电工程施工质量检验与评定规程
- SL 486 水工建筑物强震动安全监测技术规范
- 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 616 水利枢纽水力学原型观测规范
- SL 766 大坝安全监测系统鉴定技术规范

3 术语和定义

3.1

首次蓄水期 observation

从水库首次蓄水到（或接近）正常蓄水位为止的时期。若首次蓄水后长期达不到正常蓄水位，则延至首次蓄水后头一年。

3.2

初蓄期 observation

首次蓄水期后的头3年。

3.3

运行期 observation

初蓄期后的时期。

3.4

观测 observation

指采用各种仪器设备或人工完成一次数据采集、记录的活动。

3.5

监测 monitoring

在土石坝建设与运行全生命周期，按一定的频次，采用仪器测读和现场检查的方式进行观测、记录，并对成果变化情况进行分析的工作。

3.6

安全监测 safety monitoring

从掌握建筑物运行性态的角度出发，对其进行监测，并运用监测资料评价结构运行安全性。

3.7

监控 supervisory control

在安全监测基础上，辅以综合分析和结构安全性评价手段，发现建筑物及其环境中的异常征兆和安全隐患，警示安全风险，为后续安全控制措施制定提供支持。

3.8

巡视检查 inspection

凭借感官及必要的工器具对土石坝进行检查、记录的工作。

3.9

监控指标 monitoring indices

评判监测数据所反映的大坝运行性态是否正常的监测物理量及其变化速率限值和趋势性的总称。

3.10

初测值 first measurement

监测仪器设备安装埋设后的首次测值为初测值。

3.11

初始值 initial value

监测仪器设备安装埋设正常工作后的首次测值为初始值。

3.12

基准值 base line value

作为各阶段计算起点的测值。可根据各阶段计算分析需要选取计算基准值。

3.13

监测仪器设备 monitoring instrument and equipment

基于各种原理的传感器、监测装置及其相应的监测信息采集、传输和供电设备的总称。

3.14

监测设施 monitoring facilities

各类监测仪器设备及其保护装置、观测房、观测便道等辅助设施的统称。

3.15

监测系统 monitoring system

由各类监测设施和监测信息管理软件组成的系统。

3.16

监测资料 monitoring information

巡视检查和仪器观测所获得的数据、记录等资料的统称。

3.17

资料整理 arrangement of monitoring data

校核监测数据和现场检查资料，换算物理量、统计填表、绘制过程线图、初步判断异常值等，并将监测资料入库。

3.18

资料整编 compilation of monitoring data

在监测资料整理基础上，定期对监测资料进行归纳、处理、编辑、生成标准格式电子文档和刊印等。

3.19

资料分析 monitoring data analysis

基于整编后的监测资料，定性和定量分析监测物理量变化发展与空间分布规律，解析异常，评价工程安全性态。

3.20

近坝库岸 near-dam slopes

水库区域内其失稳将直接影响土石坝安全的库岸边坡。

3.21

枢纽区边坡 slope in project area

临近土石坝和附属建筑物、其失稳将直接影响土石坝安全的边坡。

4 总体要求

- 4.1** 土石坝应根据工程等级、规模、结构型式及其地形、地质条件和地理环境等因素，设置必要的监测项目，用以监控大坝安全、掌握大坝运行性态、指导施工和运行、反馈设计。
- 4.2** 监测设计应进行总体规划，监测项目及测点应突出重点、兼顾全面；监测仪器设备选型应可靠、耐久、实用，且便于实现自动化监测。
- 4.3** 监测系统应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。坝高 200m 及以上的土石坝监测系统建设应进行专项设计、审查和验收。
- 4.4** 监测设施的安装应位置准确、时机适宜，现场安装调试后，应及时进行观测和记录。
- 4.5** 监测资料应及时整理、整编、分析、预警。监测物理量正负号及单位规定见附录 A。
- 4.6** 监测系统应按规定的频次观测，相关区域监测项目应同步观测。发现测值异常应立即复测并分析原因。当发生有感地震、特大暴雨、台风、库水位骤变等特殊工况以及土石坝工作性态异常时，应增加观测频次，必要时增加监测设施。
- 4.7** 监测系统应定期进行检查、维护和鉴定，对存在的缺陷和问题及时进行分析处理。
- 4.8** 土石坝安全监测项目按运行寿命可分为永久监测项目、长期监测项目和短期监测项目三类，分类应符合附录 B 的规定。永久监测项目的监测设施应保证可以修复或更换。对于长期监测和短期监测项目，当监测设施完成使命后可做封存停测处理。
- 4.9** 监测精度应根据监测物理量的预估值确定。

5 监测系统设计

5.1 一般规定

5.1.1 土石坝监测系统的监测项目包括环境量、变形、渗流、压力（应力）及温度等，应根据建筑物级别、功能、结构特性等确定监测项目，监测项目的设置应按附录 B 的规定执行。

5.1.2 变形、渗流、压力（应力）及温度等监测项目和测点宜结合布置，互相校验。建设期短期监测设施与永久监测设施应结合布置。

5.1.3 监测项目的观测频次设定应按附录 C 的规定执行。对需要进行高频次或多项目同步监测或受条件制约人工难以监测的项目，宜采用自动化监测，自动化监测系统应定期进行人工比测。

5.1.4 施工期坝体临时挡水度汛或蓄水前坝体永久和长期监测项目不具备监测条件的，应布置短期监测设施，并与相应监测项目的测值建立关联。

5.1.5 监测设计应综合考虑交通、接地、供电等因素布置监测站及观测房，并应布置人工巡视检查与仪器观测所需的通道。当土石坝底部设置有廊道时，可根据工程特点，利用廊道布设监测项目。

5.1.6 监测设计各阶段应依据下列基本资料：

a) 工程规模、设计标准、建筑物体型及材料分区、施工布置、施工测量控制网布置、水文气象、地形、地质等工程基本资料；

b) 结构计算、工程安全风险分析、地质力学模型试验及水工模型试验等成果；

c) 坝体填筑材料物理力学参数、坝基岩土物理力学参数；

d) 建筑物设计与施工方案；

e) 同类型建筑物监测资料及发生安全事故案例等资料；

f) 监测仪器原理、技术性能指标；

g) 其他相关资料。

5.1.7 监测设计成果要求如下：

a) 监测设计报告应包括监测系统布置、仪器设备选型、监测安装调试与观测要求、巡视检查内容与要求、监测资料整编分析要求、监测系统维护要求、投资概算等。

b) 监测设计施工详图应包括测点测站布置、观测与巡检通道布置、电缆走线、监测系统工程量及技术指标等。监测自动化系统设计施工详图应包括监测自动化系统接入测点数量、测站与管理站布置、网络拓扑、通信、供电、防雷、自动化设备工程量及技术指标等。

c) 监测施工及观测技术要求应包括监测仪器设备检验、安装埋设方法、线缆敷设、监测设施保护、观测方法、观测频次、初始值及基准值选取、监测信息化管理、监测资料整理、整编及分析等要求。

d) 监测工程竣工设计报告应包括监测系统布置、永久与长期和短期监测项目划分、施工期设计变更、监测仪器及自动化设备工程量及技术指标、巡视检查范围和-content、监测频次等。

e) 监测系统运行维护要求应包括运行期重点监测部位与项目、监测仪器设备运行条件、维护要求、观测要求等。

5.2 环境量

5.2.1 环境量监测包括上下游水位、气温、降水量、库水温、坝前淤积、下游冲刷、冰压力等项目。环境量监测项目的选择及布置可与枢纽区气象及水情测报系统相结合。

5.2.2 枢纽区应布置上、下游水位监测点。水位监测设施应安装在水流平稳、便于安装和基础稳固的位置，可采用水尺、水位计进行监测，水尺、水位计选型应符合《水位观测标准》GB/T 50138 的规定。

5.2.3 在坝址区附近宜设置一个气温监测站，测点应设置在坝址区开阔地带，可采用温度计安装在专用百叶箱内，温度计的选型应符合《地面气象观测规范 空气温度和湿度》GB/T 35226 的规定。

5.2.4 枢纽区应至少布置一个降水量监测点，设置在坝址区开阔地带，监测仪器可采用翻斗式、虹吸式、称重式等雨量计。

5.2.5 库水温监测点宜布置在正常蓄水位以下，70m 以上的高坝宜沿高程方向分层布置，观测仪器可采用深水温度计、半导体温度计、电阻温度计等。

5.2.6 库区可能出现阶段性结冰期的工程宜设置冰压力监测项目，观测仪器可采用压力传感器配套温度计监测，并同步监测气温与冰厚。

5.2.7 泥沙对建筑物运行影响较大的工程宜进行坝前淤积监测，坝下游冲淤可能影响建筑物稳定和机组出力的宜进行下游冲淤监测。

5.3 变形监测

5.3.1 变形监测所采用的平面坐标及高程系统，宜与工程原有测量坐标系统相一致，也可建立独立的测量坐标系统。

5.3.2 变形监测控制网包括水平位移监测控制网和垂直位移监测控制网。工程区域变形范围和深度大或枢纽区受施工、蓄水影响范围大的工程，宜建立变形监测控制网。

5.3.3 变形监测工作基点应布置在相对稳定的岩石或坚实土基上，其校测方法如下：

a) 交会法、视准线法、极坐标法、GNSS 法监测表面水平位移监测工作基点，可采用水平位移监测控制网或倒垂线或延长线基点等方法校测。

b) 几何水准法等垂直位移工作基点，可采用垂直位移监测控制网或双金属管标等校测。

5.3.4 坝体表面变形监测设计应符合下列要求：

a) 坝体表面变形监测包括水平位移和垂直位移监测。平行坝轴线方向应设置纵向测线，垂直坝轴线方向应设置监测横断面。

b) 表面变形监测纵向测线宜设置在坝顶、上、下游坝坡。横向监测断面应选择地质条件或坝体结构复杂处、最大坝高处、坝内埋管和其它有代表性的部位布置。

c) 表面变形测点应布设在纵向测线与横断面交点部位，并根据坝体结构、材料分区和地形、地质情况增设测点。对“V”形河谷中的高坝、坝基地形变化陡峻的坝，坝顶靠两岸部位的测点应当加

密。

d) 表面水平位移及垂直位移监测，宜共用一个观测墩。表面水平位移可采用交会法、GNSS 法、视准线法、极坐标法等监测。表面垂直位移可采用水准测量、三角高程法、GNSS 法等监测。

e) 高面板堆石坝宜在施工各期面板顶部和相应部位的垫层料上设置短期表面变形监测。

f) 软基上的土石坝宜在下游坝脚外侧的地基上设置表面变形监测。

5.3.5 坝体内部变形监测设计应符合下列要求：

a) 坝体内部变形监测包括坝体垂直位移和水平位移监测，监测布置宜结合表面变形的监测横断面，选择布置在最大坝高处、地质及地形复杂处、结构及施工薄弱部位，不宜少于 2 个断面。

b) 坝体内部变形监测断面内测线布置有竖向和水平分层方式，两种方式可结合布置。

c) 采用水平分层测线方式时，至少应在监测横断面 1/2 坝高布置测线，其他测线高程间距按 20 m~50 m 布置；同一测线上测点可按照 20 m~70 m 间距布置。水平测线不应穿过坝体防渗体，延伸至坝体表面的端点宜设表面变形监测点作为基准点。

d) 采用竖向测线方式时，宜在横断面上的坝轴线附近及下游的坝坡设置测线，竖向测线可选取基础变形相对稳定处或顶部表面变形测点作为基准点。

e) 坝体内部水平位移监测宜采用引张线式水平位移计、活动式测斜仪、杆式位移计、柔性测斜仪、固定式测斜仪等设备，内部垂直位移监测宜采用水管式沉降仪、电磁沉降仪、柔性测斜仪、横梁式沉降仪等设备。

5.3.6 坝基为深覆盖层时宜布置坝基变形监测，宜结合坝体内部变形监测进行设置。

5.3.7 防渗体变形监测

5.3.7.1 混凝土面板变形监测

高沥青混凝土面板宜对受力集中的部位进行变形监测，可采用大量程、耐高温位移计进行监测；钢筋混凝土面板变形监测应符合下列要求：

a) 面板应布置周边缝监测，测点应布置在河床最大坝高、两岸坡大约 1/3、1/2 及 2/3 坝高处，在岸坡较陡、坡度突变及地质条件复杂处应增加测点。监测设备可选用两向、三向测缝计。

b) 面板垂直缝监测宜布置在张开和压缩变形最大的面板接缝处，高程方向宜与周边缝测点组成纵、横监测线。监测设备可采用测缝计。

c) 高度 70m 以上的堆石坝可设置面板挠度变形监测，挠度测线宜设在内部变形监测断面所在面板条块，监测设备可采用倾角计、柔性测斜仪、固定式测斜仪。

5.3.7.2 心墙变形监测

高坝的土质和沥青心墙宜监测压缩变形和挠度变形，混凝土心墙宜设置挠度变形监测，监测布置应符合下列要求：

a) 挠度监测点宜沿心墙高程方向形成竖向测线，并与坝体内部变形布置形成横向监测断面。底端应深入相对稳定部位，延伸至坝体表面的端点应设表面变形监测点。

b) 心墙挠度变形可采用活动式测斜仪、固定式测斜仪、柔性测斜仪监测。沥青心墙压缩变形可

分段设置位移计监测。

5.3.8 土石坝坝体防渗体与坝基防渗体、坝体与坝肩岸坡、坝体与混凝土建筑物、心墙与过渡料，以及面板与垫层料等接触部位可设置界面变形监测，采用测缝计或位移计。

5.3.9 泄水消能建筑物的变形监测布置应符合下列要求：

a) 岸边式溢洪道控制闸段监测布置应符合《混凝土坝安全监测技术标准》GB/T 51416 的规定；进水渠道导墙、泄槽侧墙顶部的表面变形监测，可采用交会法、GNSS 法监测；溢洪道直接与土石坝连接时，宜布置界面变形测点。

b) 泄洪隧洞段的变形应根据地质条件、围岩受力状态等，选择具有代表性的洞段或关键部位布置监测横断面，宜监测隧洞围岩变形、接缝变形，可采用多点变位计、收敛测点及测缝计监测。

5.3.10 枢纽区边坡及近坝库岸变形监测布置应符合下列要求：

a) 对工程枢纽建筑物安全有影响的近坝岸坡、塌滑体等潜在不稳定体，均应设置变形监测。

b) 变形监测应以整体稳定性监测为主，兼顾局部稳定性。主监测断面宜结合勘测、及边坡稳定计算分析成果沿主滑方向布置，每个主监测断面不宜少于 2 个变形测点。

c) 边坡表面水平位移、垂直位移测点宜结合布置。表面水平位移可采用交会法、GNSS 法监测；垂直位移可采用水准测量法、GNSS 法、三角高程法监测。库区大面积滑坡体、边坡监测可采用卫星或地基 InSAR。

d) 边坡深部变形测点宜与表面变形测点结合布置，采用多点变位计、活动式测斜仪、固定式测斜仪、柔性测斜仪等监测。

e) 边坡在施工或运行中出现危害性裂缝的应布置裂缝变形测点。

f) 边坡采用抗滑桩、挡墙等抗滑支护结构的，可在结构体顶部布置表面变形监测点，在内部或靠山体侧布置深部变形测点。

5.3.11 挡水封堵体与洞壁接缝处应设置接缝变形测点。

5.4 渗流监测

5.4.1 坝体渗透压力监测布置应符合下列要求：

a) 坝体渗透压力应根据坝体防渗类型、结构型式和浸润线等渗流场特征，同时结合变形监测横断面进行测点布置。

b) 面板坝坝体渗透压力监测应沿坝基面布置，宜在上游帷幕后面板周边缝处、垫层料区、过渡料区和堆石区分别设置测点。高坝宜考虑沿高程方向分层在面板后垫层料区、过渡料设置测点。面板周边缝后的垫层料区宜结合周边缝变形监测设置坝体渗透压力测点。

c) 土质心墙坝和斜墙坝坝体渗透压力监测应在心墙或斜墙底部的上游侧、下游侧及墙内部分别布置测点，其中墙内部渗透压力测点在正常蓄水位以下宜至少布置 2 个水平监测层面。墙底部设混凝土垫层的坝基，应在垫层顶部和底部对应布置渗透压力测点。沥青混凝土心墙、混凝土心墙宜在心墙底部上、下游侧布置测点，其中心墙上、下游与反滤料结合部宜布置测点。

d) 均质坝坝体渗透压力监测宜在布置在死水位以下高程布置测线，高坝坝体内正常蓄水位高程

以下宜布置不少于 2 个水平监测层面。测点布置在坝轴线上游侧、下游坝坡及下游排水体前缘布。

e) 坝体渗透压力可采用测压管、渗压计或分布式光纤/光纤光栅进行监测。

5.4.2 坝基渗透压力监测布置应符合下列要求：

a) 坝基渗透压力监测横断面根据坝基岩土特性、地质结构及其渗透性确定。测点布置应根据建筑物地下轮廓形状、坝基地质构造、防渗和排水型式确定，每个断面不宜少于 3 个测点。

b) 当坝基基岩有贯穿上下游的断层、破碎带或其他易溶、软弱带时，应沿其走向与坝体的接触面，在帷幕后、截渗墙下游侧布置渗透压力测点。

c) 坝基渗透压力可采用测压管、渗压计监测。

5.4.3 坝体防渗体与坝基防渗体、坝体与坝肩陡峭岸坡、坝体与混凝土建筑物、心墙与过渡料等接触部位宜结合界面变形监测设置渗透压力监测，可采用测压管、渗压计监测。

5.4.4 绕坝渗流监测应在两岸帷幕后沿绕渗流线方向设置监测断面和测点，可利用灌浆平洞布设测压管、渗压计，测孔应深至透水层天然地下水位以下。

5.4.5 渗流量监测应结合排水和集水设施分区布置测点，可采用量水堰、容积法等监测。坝基透水层深厚时，在有条件且不影响下游坝脚安全情况下，宜在近坝脚部位设截渗墙测量渗流量，经论证后，可通过在坝下游布设渗透压力测点计算渗透坡降和渗流量。

5.4.6 水质分析宜选择有代表性绕坝渗流监测孔、量水堰和下游渗流水及库水定期监测。

5.4.7 挡水封堵体与洞壁接缝处宜布置渗透压力测点。

5.4.8 泄水消能建筑物的渗流监测布置应符合下列要求：

a) 对独立布置的溢洪道，宜在溢洪道两侧布置绕渗监测；对紧靠坝体的溢洪道，应结合大坝绕坝渗流、接触面渗流等统筹布置渗流监测。

b) 溢洪道或泄洪洞的进水渠、控制段、泄槽段基底、消能防冲段的渗透压力监测可根据工程规模、地质条件以及基础处理措施进行选择布置。溢洪道防渗帷幕后应布设帷幕后渗透压力监测点。

5.4.9 近坝岸坡地下水监测布设应符合下列要求：

a) 水文地质条件复杂或稳定性对地下水敏感且对土石坝安全有较大影响的滑坡体或高边坡，宜设置边坡地下水位监测项目，测点宜结合变形监测断面进行布置。

b) 有压泄洪洞、引水洞穿过的边坡，宜结合隧洞设置内水外渗监测项目，布置地下水位监测。

c) 设有排水洞边坡的宜按排水分区设置渗流量监测项目。

5.5 压力（应力）及温度监测

5.5.1 土石坝压力（应力）及温度监测宜结合坝体变形、渗流监测横断面进行布置。

5.5.2 坝体土压力监测的布设应符合下列要求：

a) 土石坝土压力监测宜布置在监测横断面的中下部高程，测点布置宜兼顾上游堆石区、坝轴线处、下游堆石区等部位。

b) 土质心墙堆石坝宜在心墙内部布置监测点，并与孔隙水压力监测成对布置。

c) 土压力监测可采用单支土压力计、土压力计组监测。

5.5.3 界面压应力监测宜布置在面板堆石坝面板与垫层料接触面、心墙堆石坝的心墙与陡峻岸坡的接触部位、地形突变部位、心墙与混凝土垫层接触面、心墙与混凝土建筑物结合面等部位。刚性接触界面可采用混凝土压应力计监测，非刚性接触面可采用土压力计。

5.5.4 防渗体应力、应变及温度布设应符合下列要求：

a) 混凝土面板应力应变测点应沿监测面板条块高程方向布置，监测仪器宜成组布置，可采用钢筋计、应变计、无应力计。

b) 混凝土、沥青混凝土心墙应力应变测点宜与内部变形监测点结合布置。混凝土心墙可布置钢筋计、应变计；沥青混凝土心墙宜在心墙下游侧、沿高程方向布置竖向向应变监测，应选择耐高温应变计。

c) 坝基防渗墙应力、应变及温度宜沿监测横断面不同高程设置测点。

5.5.5 均质土坝、冲填坝、松软坝基、土质防渗体、砂壳等土体内宜布设孔隙水压力监测，宜与渗流监测相结合布置，监测设备可采用孔隙水压力计。

5.5.6 对于大型、地基条件复杂或结构复杂的溢洪道、泄洪洞及消力池等泄水消能建筑物宜布置应力应变监测项目，布置符合下列要求：

a) 溢洪道控制段闸墩、堰体可布置钢筋应力、混凝土应力应变监测。对于设有预应力锚索的溢洪道应布置锚索测力计。

b) 竖井式溢洪道洞身、泄洪洞等泄水建筑物可根据支护和衬砌结构，在监测断面上布置支护锚杆应力、钢板应力、混凝土应力应变监测。

c) 泄槽、挑坎、消力池底板锚杆或锚筋桩可布置锚杆应力监测。

5.5.7 枢纽区边坡及近坝库岸应力监测布置应符合下列要求：

a) 岸坡采用锚杆、预应力锚索等加固时，应对锚杆、锚索受力状态进行监测；

b) 边坡布置有抗滑桩、抗剪洞与锚固洞的可设置钢筋应力、混凝土应力应变、界面压力等监测项目。

5.6 巡视检查

5.6.1 巡视检查设计应提出不同阶段的检查部位、内容要求和记录格式，时间上应贯穿土石坝全生命周期，巡视检查范围应包括土石坝及永久堵头等挡水建筑物、泄水及消能建筑物、枢纽区边坡、近坝库岸、闸门及启闭机、安全监测设施等。

5.6.2 巡视检查可采用眼看、耳听、鼻嗅、手摸、脚踩等人工直观方法，也可采用视频监控、无人机、巡检机器人、水下多波束等设备辅助检查。

5.6.3 巡视检查应分为日常检查、年度详查和特殊情况检查，检查频次应按照附录 C 的规定执行。

5.7 监测自动化系统

5.7.1 监测自动化系统应包括监测仪器设备、数据采集装置、计算机及外部设备、网络通信设备、电源及防护设备，采集软件与安全监测管理软件等。

5.7.2 监测自动化系统设计应提出纳入自动化系统的测点选择原则、接入测点数量、测站与管理站布

置、网络拓扑、通信、供电、防雷与接地、数据采集、监测信息化管理及分析、自动化设备工程量及技术指标等。

5.7.3 监测站应具备数据采集功能，宜设置在监测仪器相对集中的部位。监测管理站、监测管理中心站应具备现场监测数据采集、数据存储和备份、数据分析及信息发布等功能，根据需要可合并设置。

5.7.4 监测自动化系统网络拓扑可采用星形环形和总线结构，通信介质可采用光纤、双绞线和无线等。监测站之间及其与监测管理站的通信可采用 EIA-RS-485/422A、网络通讯协议(TCP/IP)及其他国际标准构建的通信协议，宜采用局域网连接。监测管理站与监测管理中心站之间的网络通信可根据站点所在物理位置采用局域网或广域网连接。

5.7.5 电源宜采用双回路专线供电，无可靠交流电源时，可采用太阳能或风能等现地电源供电。电源应结合现场情况设置避雷器、隔离装置及稳压装置，容量应根据系统功率计算确定。监测管理中心站及监测管理站应配置不间断电源(UPS)。

5.7.6 监测自动化系统应进行直击雷和雷电感应过电压防护设计，宜接入工程接地网。监测站接地电阻不应大于 10Ω ，监测管理站和监测管理中心站接地电阻不应大于 4Ω 。

5.7.7 数据采集装置的测量范围应满足被测对象的有效工作范围，测量精度不应低于测量对象的精度。应配置人工比测接口，人工比测时不应影响自动化系统的正常运行和接线配置。

5.7.8 监测自动化系统应具备数据采集、掉电保护、自诊断功能、数据异常报警及故障显示、数据存储及管理、通信及网络安全防护、防雷及抗干扰、与便携式读数仪或计算机的通信接口筹功能。

5.7.9 采集软件应具备与采集装置进行通信、数据采集、参数查询与修改、自诊断、测点维护、数据存储、异常告警及权限管理等功能，并应开放数据库接口。

5.7.10 安全监测管理软件应具有监测数据存储、编辑、查询、导出与备份、数据可靠性检验、报表与曲线分析预警提醒及信息推送、工程文档及影像资料管理、输出等功能。

5.7.11 通过测量机器人或 GNSS 实现表面变形自动化监测时，应将测点信息及数据纳入监测自动化信息管理软件进行统一管理。

5.8 强震动、水力学专项监测系统设计应根据工程特点，综合分析论证后设置相应的监测项目。

6 监测系统安装调试与验收

6.1 一般规定

6.1.1 监测系统安装前应具备下列条件：

- a) 设计及相关技术资料齐全，设计技术交底完成、施工图纸已会检；
- b) 专业施工组织设计和安装方案已审批并已进行安全和技术交底；
- c) 安装人员已按相关规定考核合格；
- d) 用于监测系统安装的机械、工器具应安全可靠，计量器具应检定合格并在有效期内；
- e) 安装环境及用水、电、气等满足施工要求。

6.1.2 监测系统安装应采购符合设计、规范技术指标要求的监测设备。仪器设备应小心装卸、运输和保管，应有出厂前应检验证。

6.1.3 监测系统安装调试应根据工程施工进度统筹规划，并应根据工程施工进度与环境变化及时调整实施方案。

6.1.4 监测系统安装应按设计和产品技术文件的要求进行。如需修改设计或采用代用设备、材料时，应经设计、监理和建设单位批准后实施。

6.1.5 监测系统安装不得影响建筑物结构与防渗安全，钻孔、灌浆等作业位置应与监测仪器和监测线缆保持安全距离。

6.1.6 观测房、观测通道与安全防护、监测系统防雷及保护设施等宜与监测仪器设备安装埋设同步建设并投入使用，并及时读取初测值和初始值。

6.1.7 监测系统安装调试后应及时进行观测、资料整编分析，并将监测成果反馈给相关单位。

6.1.8 监测仪器及接长电缆的标识应正确、清晰。

6.1.9 监测设施安装调试后，应及时按照《水电水利基本建设工程单元工程质量等级评定标准第 15 部分：安全监测工程》DL/T 5113.15 或《水利水电工程施工质量检验与评定规程》SL 176 要求进行质量评定。

6.1.10 监测设施质量评定通过且具备验收条件时，应及时组织验收。

6.2 安装调试前准备

6.2.1 监测设施安装调试前应根据设计文件、施工条件和进度安排等编制施工组织设计，施工组织设计包括以下内容：

- a) 组织机构、工作场所布置及主要施工设备配置。
- b) 监测仪器设备的采购、运输计划。
- c) 监测仪器设备的检验方案、计划及保管方案。
- d) 监测施工程序与进度计划。
- e) 监测设施安装调试方法及保护措施。
- f) 监测线缆牵引线路规划。

- g) 观测方法、频次和监测信息采集设备使用、维护方法及要求。
- h) 监测资料整编分析方案与反馈。
- i) 安全、质量、环境保护、水土保持、职业健康与文明施工措施。

6.2.2 监测仪器设备采购应满足施工进度要求，到货后应进行开箱验收并保存验收记录与资料，验收应满足以下要求：

- a) 仪器设备的数量、生产厂家、规格型号与供货合同或计划一致，合格证、出厂检验报告、技术说明书及配件齐全。
- b) 外观检查满足产品标准和说明书的规定。
- c) 仪器设备测读正常。

6.2.3 监测仪器设备现场运输应采取防颠簸措施，运输和储藏环境应按仪器设备产品标准和说明书要求执行。

6.2.4 监测仪器设备与监测线缆安装调试前应经检验合格后方可使用，检验宜在工地进行。检验方法与技术要求按照《大坝安全监测仪器检验规程》DL/T 2699 或《大坝安全监测仪器检验测试规程》SL 530 执行。

6.2.5 安装调试前应核查监测仪器设备及安装附件的种类和数量，检查安装条件，准备所需的相关资料、施工机械、工器具和材料。组装的仪器设备宜先进行预装。

6.3 安装调试

6.3.1 环境量监测设施安装调试应符合下列要求：

6.3.1.1 水位计安装调试应满足以下要求：

- a) 浮子式水位计的测井（管）宜竖直安装牢固，其底部进水口应低于监测设计提出的最低水位；各部件应组装固定牢靠，使浮子和平衡锤的中心位于测井（管）孔中心。
- b) 超声波水位计传感器应安装水平，传感器探头与水面间距应在有效测量范围。
- c) 水位计安装后应进行通信及测读测试，并校核其读数准确性。
- d) 其他水位监测设施安装调试应按《水位观测标准》GB/T 50138 执行。

6.3.1.2 埋设在混凝土中的库水温度计应使温度计水平且轴线平行于混凝土迎水面。直接安装在水中的温度计可采用不锈钢钢缆吊装，也可固定在建筑物表面。

6.3.1.3 气温与气压监测仪器应悬置安装在四周开阔的百叶箱内，应避免热源安装，避免阳光的直接照射和风的直接吹拂。百叶箱及其支架应安装牢固。

6.3.1.4 雨（雪）量计四周及上部不应有障碍物，承水口应水平，并安装稳固。

6.3.1.5 冰压力及冰温监测的传感器受压面应平行于坝轴线，并安装稳固。

6.3.1.6 安装完毕后应进行通信和计量准确度调试试验，保证仪器处于正常工作状态。

6.3.2 变形监测设施安装调试应符合下列要求：

6.3.2.1 变形监测控制网与表面变形测点观测墩（标）安装应满足以下要求：

- a) 变形监测控制网应尽早建成投入使用，至少应在首次蓄水前取得初始值。

- b) 变形监测控制网网点基础应稳定、可靠，表面变形测点观测墩（标）应与被测对象牢固结合。
- c) 强制对中基座及水准标芯应安放平正、镶接牢固，并应设保护装置。

6.3.2.2 引张线式水平位移计的安装调试应满足以下要求：

- a) 安装基床应碾压平整，穿过坝体反滤料区域时应采用反滤料填筑。
- b) 锚固板宜浇筑在混凝土保护墩内，测点埋设位置与设计位置的允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ 。
- c) 钢丝绳装配施工时应涂上防锈油脂，并不得弯折、损伤、交叉，锚固板、伸缩接头、保护管之间连接应密封、牢靠，整条测线应在一条直线上。
- d) 按设计要求覆盖并逐层人工夯（捶）实，回填压实密度与周围坝体相同。
- e) 测量装置的安装应牢固可靠。
- f) 安装完毕应进行测量重复性调试，采用正常测量荷载加荷后稳定 30min 进行读数，重复进行 3 次，最大互差的绝对值应不大于 2mm。

6.3.2.3 水管式沉降仪的安装调试应满足以下要求：

- a) 安装基床应朝观测站方向放坡，坡度宜为 0.5%~2%。基床施工以及覆盖施工要求与引张线式水平位移计埋设要求相同。
- b) 水管式沉降仪管路应平顺、松弛并预留伸缩段，进水管宜采用整管铺设。铺设时应采取措施保护管路，铺设完毕应逐管进行气密性检查。
- c) 沉降测头应安装牢固、水平，其埋设位置与设计位置的允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ 。
- d) 量测系统应安装牢固，量测管与测尺应竖直且相互平行。向测头内注液时应排除进水管及量测系统内的气泡。
- e) 安装完毕应进行测量重复性调试，向测头注入测量液体直到完全充满管路，待管路水位稳定 10min 后，测读水位，重复测读 3 次，最大互差的绝对值应不大于 2mm。

6.3.2.4 水平杆式位移计安装调试应满足以下要求：

- a) 水平杆式位移计安装基床施工与覆盖要求同引张线式水平位移计，心墙内埋设时应采用大坝填筑料回填。
- b) 固定端锚固板宜采用铰接方式与传感器连接，护管连接部位应采取措施防止坝料进入。锚固板埋设位置与设计位置的允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ 。
- c) 传感器应根据预估位移或设计要求进行预拉。
- d) 安装完毕后应进行测量重复性调试，重复测读 3 次，最大互差的绝对值应不大于 2mm。

6.3.2.5 沉降测斜管安装调试应满足以下要求：

- a) 沉降测斜管管底应做密封防水处理，安装时应严格控制导槽对准设计观测方向。伸缩接头导槽应对正并连接稳固。沉降环宜安装在测斜管接头之间偏中上部。
- b) 采用非坑式安装埋设时外套钢质保护管与沉降测斜管之间的间隙宜回填细沙，采用坑式安装埋设时回填料粒径应不大于 50mm，管周边宜分层回填并人工夯（捶）实；钻孔式安装

埋设时沉降测斜管与孔壁间隙应回填密实。

- c) 安装埋设后应测量管底和各沉降环的安装高程，并采用模拟传感器进行测管通畅测试，采用测扭仪进行测斜管扭转度测试，并做好记录。

6.3.2.6 沥青混凝土心墙压缩位移计竖向安装时应保持竖直，在沥青混凝土铺筑时预埋上下锚板，按设计要求或预估变形量预拉后固定，并用钢尺测量仪器上下锚固板的标距。仪器与过渡料之间应采用保护罩隔开，仪器埋设坑应人工分层回填夯（捶）实。

6.3.2.7 三向测缝计安装调试应满足以下要求：

a) 通用要求如下：

- 1) 三向测缝计安装前，应准备匹配的安装基面和仪器固定。三向测缝计支架应有足够的刚度、强度。
- 2) 安装基面应与被测缝两侧结构结合紧密、牢固，传感器及其支架的安装应牢固。
- 3) 传感器安装轴线与接缝止水结构的间距应大于 10cm，安装后按设计要求或预估变形量进行预拉。
- 4) 安装后的仪器宜采用保护罩保护。

b) 周边缝三向旋转电位器式测缝计的不锈钢丝安装前后不应有损伤，安装调试完毕后应准确测量三根钢丝的初始长度和三个传感器之间的距离并记录。

c) 周边缝三向杆式测缝计的连接杆两端均应设万向节并涂抹黄油，安装调试完毕后应准确测量坐标板上三个传感器固定点之间的距离和这三个固定点到汇聚点的距离并记录。

6.3.2.8 界面位移计安装调试应满足以下要求：

a) 通用要求如下：

- 1) 锚杆或锚固板应进行防锈处理，埋设在沥青混凝土中的锚固件埋入深度不宜超过心墙厚度的 1/3。
- 2) 当仪器可能受剪时，仪器与固定端锚固板应采用铰接，并涂抹黄油。
- 3) 仪器安装后，应按设计要求或预估变形量进行预拉，宜人工回填并夯（捶）实。安装的空间位置允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ ，传感器安装角度允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。

b) 基岩与坝体界面剪切位移计轴线宜平行于界面和剪切位移监测方向，仪器宜刻槽安装在基岩内，仪器安装槽应预留锚板的位移空间。

c) 心墙与过渡料剪切界面位移计轴线应平行于界面和剪切位移监测方向，心墙中的锚固点埋入深度不宜超过心墙厚度的 1/3。仪器与过渡料之间应采用保护罩隔开。

d) 心墙与混凝土基座位错计宜在混凝土基座上刻槽安装，仪器轴线平行于界面和剪切位移监测方向，传感器应采用钢管或浇筑混凝土保护，仪器安装槽应预留锚板的位移空间。

6.3.2.9 监测面板脱空的两向杆式测缝计的两端均应设万向节（铰）并涂抹黄油。由两支位移计组成的三角形平面应顺坡向垂直于面板。仪器安装后，按设计要求或预估变形量进行预拉，并测量仪器三角形的边长。仪器安装埋设的空间位置允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ 。

6.3.2.10 监测面板挠度的倾角仪（计）的基座应与面板混凝土结合牢固，仪器安装后应保护。安装位置允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ ，角度允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。

6.3.2.11 监测面板挠度的固定式测斜仪安装调试应满足以下要求：

- a) 测斜管连接时应对正导槽，管底和连接处均应进行密封防水处理。测斜管应安装在面板混凝土内。测斜管安装轴线允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ ，导槽与设计观测方向的允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。
- b) 测斜仪和支撑管（杆）应连接牢靠，安装时应保证测斜仪的主观测方向与设计观测方向一致，整管安装完毕应使测斜仪串悬挂在测斜管内。
- c) 当无更换测斜仪需求时，可将测斜仪按设计高程直接安装埋设在面板混凝土内，应保证测斜仪的主观测方向与设计观测方向一致，允许偏差为 $\pm 1^\circ$ ；并准确测量记录测斜仪埋设高程。

6.3.2.12 柔性测斜仪安装调试应满足以下要求：

- a) 监测坝体沉降变形时宜水平安装埋设，宜套 PE 管保护，锚固杆与仪器连接宜采用铰接。仪器周围 20cm 范围内的回填料应剔除粒径 20mm 以上粗料，其余覆盖施工以及基床施工按引张线式水平位移计要求执行。
- b) 监测坝体水平位移时宜采用导管安装埋设，导管安装埋设要求按沉降测斜管的要求执行。仪器与管壁间隙宜采用水泥浆灌注密实。
- c) 监测面板挠度时柔性测斜仪应固定在面板背侧垫层料上。
- d) 柔性测斜仪应远离电源线、发电机、电机、电压互感器、电焊机或其他强磁设备安装埋设。安装时应根据传感器方向标识调整方位，角度允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。

6.3.2.13 测缝计安装调试应满足以下要求：

- a) 埋设在混凝土内用于监测缝开合的测缝计套筒应垂直于缝面，套筒口与缝面齐平，测缝计宜按设计要求预拉，测缝计与套筒间隙用棉纱小心填塞，并应采取措施密封。人工回填混凝土覆盖仪器并应振捣密实。
- b) 埋设在混凝土与基岩接触面的基岩测缝计钻孔应冲洗干净并清除孔内积水。套筒底座宜焊接加长杆，孔内回填膨胀水泥砂浆。预拉量根据设计要求确定，测缝计与套筒间隙用棉纱小心填塞，并应采取措施密封。人工回填混凝土覆盖仪器并应振捣密实。

6.3.2.14 基岩变形计钻孔终孔后应冲洗钻孔。测杆应按实际孔深配置，并进行防锈和包裹隔离处理，测杆底部锚固段应用水泥砂浆充填密实，非锚固段测杆与孔壁间隙可回填泥浆或细砂。传感器预拉量根据设计要求确定，其与套筒的间隙用棉纱填塞，并应采取措施密封，人工回填混凝土覆盖仪器并应振捣密实。

6.3.2.15 裂缝计安装调试应满足以下要求：

- a) 当裂缝计直接安装在混凝土表面时，地脚螺栓应锚固牢靠，固定支架与仪器、地脚螺栓的连接应牢固。裂缝计预拉量根据设计要求确定，并宜安装保护罩进行保护。
- b) 采用平面机械测缝标点或立面弯板式测缝标点观测表面裂缝或结构缝的开合度时，标点宜采用铜质或不锈钢材料制作，应与被测物体连接牢固。

6.3.2.16 倒垂线装置的安装调试应满足以下要求：

- a) 钻孔完成后应全面清洗，并根据岩芯或钻孔电视绘制钻孔柱状图。
- b) 钻孔保护管底部应密封，保护管接头处应采取密封措施防水，护管安装后的有效孔径应满足设计要求且不小于 75mm。
- c) 垂线线体不得弯折和损伤，应安装在护管的有效孔径中心，其允许偏差为 $\pm 4\text{mm}$ 。垂线支架及防风管安装应牢固可靠。
- d) 浮桶内应注入变压器油，浮子应完全没入液体中，不应触及浮桶底部和侧壁，使浮子处于自由状态。浮子宜位于浮桶中心。
- e) 坐标仪底盘的安装应使仪器导轨（轴线）平行或垂直于监测方向，允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。
- f) 安装完毕应进行测线复位调试：拨动测线，使测线自由震荡，待测线稳定后，测量测值并记录稳定时间；共重复 3 次，最大测值的互差的绝对值应不大于 0.2mm，复位稳定时间不大于 30min。

6.3.3 渗流监测设施应在蓄水前完成施工并投入使用，其安装调试应符合下列要求：**6.3.3.1** 测压管安装调试应满足以下要求：

- a) 测压管的透水段可用导钢管材加工制作。管底应封闭，管节之间连接应牢固、密封并保持轴线平直。
- b) 测压管钻孔安装调试应满足以下要求：
 - 1) 钻孔倾斜度不应大于 1° 或满足设计要求。透水段钻孔不得采用泥浆、水泥浆、植物胶固壁。钻孔宜取芯或做孔内摄像，绘制钻孔柱状图并记录钻孔全过程。
 - 2) 孔底应先填 10cm 厚的反滤料，测压管与钻孔孔壁之间的空隙应进行体积计算后按设计要求回填。
- c) 测压管随坝体填筑施工安装调试应满足以下要求：
 - 1) 测压管随填筑层施工不断接长上升，应保持导管竖直。
 - 2) 测压管随坝体填筑施工套保护管埋设时，保护管与导管之间的间隙宜回填洁净细沙，保护管周边宜采用小型碾静碾压实。
 - 3) 测压管随坝体填筑施工直接埋设时，透水段周围 20cm 回填反滤料，反滤料上下 20cm 回填洁净细砂，管边宜人工分层夯（捶）密实。
- d) 测压管安装后宜进行初始灵敏度测试，并按设计要求安装管口装置及其保护装置，应及时测量管口高程和测压管水位。
- e) 测压管内安装渗压计时，应使用不锈钢绳吊装安置在距管底 50cm~100cm 处，监测线缆和钢丝绳引出位置应设止水设施。安装后应测量记录渗压计的实际安装高程，并采用电测水位计校测。

6.3.3.2 渗压计安装调试应满足以下要求：

- a) 安装前应将渗压计放入干净水中浸泡，使其达到饱和状态，应观测并记录泡水饱和的渗压

计初始读数。

- b) 在建基面和坝体中宜采取坑式方法安装埋设，将用洁净细沙袋包裹好的渗压计埋设在坑内并用细沙覆盖填满，然后人工分层回填夯（捶）密实。
- c) 钻孔埋设渗压计的钻孔要求与测压管相同，安装前应测量孔底高程以及水位。
 - 1) 在孔内填入干净中粗砂或粒径 10mm~20mm 的砂砾石直至渗压计安装高程，渗压计安装高程与设计高程的允许偏差为 $\pm 100\text{mm}$ 。
 - 2) 渗压计上部填入一层干净细砂，厚度宜为 20cm~50cm，细砂上部填入膨润土球封孔或按设计要求回填。

注：灌浆影响区域内的渗压监测设施应在灌浆后安装，确需在灌浆前安装的应对渗压监测设施采取防堵塞措施。

6.3.3.3 量水堰安装调试应满足以下要求：

- a) 按设计要求加工堰板，堰板、水尺、测针应采用不锈钢等防锈材料。堰背加工成斜面，斜角（斜面与水平面夹角）为 45° 。
- b) 坝后量水堰的截水墙、防渗帷幕、堰槽应按设计要求进行施工。堰板应与堰槽垂直正交且密封不漏水，顶部应水平，堰板顶部斜面朝向水流方向。
- c) 当流态不稳时宜在堰板上游设置消浪栅，消浪栅距离堰板宜为 10 倍最大堰上水头。堰上水位监测设施应安装牢固、铅直。
- d) 量水堰安装完毕，应将量水堰充满水，当水位稳定时，测量堰上水尺、测针或量水堰计的测值作为零点测值。

6.3.3.4 分布式光纤/光纤光栅及传输光缆安装调试应满足以下要求：

- a) 分布式光纤/光纤光栅及传输光缆宜挖槽安装埋设在面板背侧的垫层料表层，并保持自然松弛状态，先回填厚度 2cm 的细砂料，再回填垫层料并人工夯实。
- b) 覆盖前应进行光路测试确认完好，并测绘光纤敷设图确定光纤定位长度，精确至 10cm。采用光纤光栅测温时应准确测量测温光栅的位置并记录，相邻测温光栅之间宜用砂浆隔离止水。
- c) 光纤/光缆的连接应采用熔接方法并用防水光缆接头盒对接头进行保护。预留的光纤/光纤光栅及传输光缆应设置保护箱进行保护。

6.3.4 压力（应力）及温度监测设施安装调试应符合下列要求：

6.3.4.1 土压力计安装调试应满足以下要求：

- a) 坝体土压力计宜采用挖坑或预留坑的方式埋设，坑底宜按照粒径过渡的原则回填，仪器周围 5cm~10cm 应填细砂并压实，按照设计的监测方向固定仪器，回填料应分层回填并整平夯（捶）实。安装埋设的空间位置允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ ，安装角度允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。
- b) 界面（接触）土压力计宜采用挖坑或预留坑的方式埋设，仪器宜预埋在相对刚性一面的结构中，使承压膜面朝向填筑料且与界面平齐，仪器周围 10cm 范围内回填细砂至高出传感器，其余部分按照粒径过渡的原则逐级回填级配粒料，回填料应分层填筑并夯（捶）实。

安装埋设的空间位置允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ ；安装角度允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。

6.3.4.2 混凝土应变计安装调试应满足以下要求：

- a) 混凝土应变计宜随混凝土浇筑同步埋设，宜使用配套的支座、支杆固定应变计。埋设过程应采取措施防止混凝土振捣时产生的流动性拖拽监测线缆。
- b) 安装埋设过程应控制应变计的方向误差不超过 1° ；位置误差不超过 10cm 或设计要求。埋设过程应观测应变计读数变化，宜控制在 $10\%F.S$ 以内。
- c) 无应力计应与应变计组同步埋设，混凝土面板内无应力计应埋设于面板背侧的垫层料中，无应力计筒内回填的混凝土与同组应变计周围混凝土一致。

6.3.4.3 温度计安装调试应满足以下要求：

- a) 埋设在混凝土中的库水温度计安装调试要求见 6.3.1.2。
- b) 混凝土内温度计可绑扎在定位钢筋上安装埋设，温度计与钢筋之间应采用布条等隔热材料绑扎进行隔热，也可直接埋设在混凝土内。
- c) 基岩温度计的钻孔应冲洗干净，回填灌浆应密实。温度计宜绑扎在固定杆上埋设，固定杆应采用细木条等导热系数较低的材料。安装高程允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

6.3.5 水力学监测设施安装调试应符合下列要求：

6.3.5.1 水力学通用底座应按设计要求的尺寸和材质进行加工或采购。通用底座宜在混凝土施工时同步预埋，其安装位置允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

6.3.5.2 通用底座外壁应与周围结构钢筋牢固焊接，其顶面应与溢流面齐平，其轴线应与溢流面垂直。

6.3.5.3 通用底座内预留监测线缆长度宜为 $50\text{cm}\sim 100\text{cm}$ ，监测线缆端部应进行密封防水处理，底座出线孔空隙应进行封堵，顶盖螺孔及缝隙宜涂抹黄油。

6.3.5.4 水力学监测仪器设备安装与观测按《水电水利工程水力学安全监测规程》DL/T 5772 或《水利水电工程水力学原型观测规范》SL 616 相关要求执行。

6.3.6 强震动监测设施安装调试应符合下列要求：

6.3.6.1 安装加速度传感器的观测墩应与被测体紧密结合，墩体宜预留监测线缆穿入孔。

6.3.6.2 加速度传感器安装固定前，应将加速度传感器调整到符合设计要求的方位，采用螺栓和粘合剂联合固定在观测墩上，并安装保护罩。

6.3.6.3 强震动加速度记录器应固定安装在监测室的工作台上，工作台应稳固。

6.3.6.4 监测室应接入稳定可靠的电源，电源避雷器接地电阻应小于 10Ω ，其温度、湿度和电磁环境应满足设备正常运行要求。

6.3.6.5 安装后应检查调试，确认记录器各通道的极性和加速度传感器的零位，调整灵敏度使其处于待触发状态。

6.3.7 监测自动化系统安装调试应符合下列要求：

6.3.7.1 监测自动化系统安装调试应满足以下要求：

- a) 监测自动化系统施工前应根据施工组织计划进行整体规划，相应网络安全技术措施应同步规划、同步建设、同步使用。
- b) 自动化系统设备应验证其对本工程所使用监测仪器的兼容性，安装前应按照有关标准的规定方法进行各项试验。
- c) 系统接入前应对所有需要接入的监测仪器进行鉴定，监测仪器鉴定按照《大坝安全监测系统评价规程》DL/T 2155 或《大坝安全监测系统鉴定技术规范》SL 766 相关要求执行。根据设计要求及鉴定结果接入工作状态正常的监测仪器。
- d) 监测自动化系统施工期间应做好监测数据衔接，监测线缆处理和接入前后都应进行测读和记录，前后测值相差较大时应查明原因并进行修正。
- e) 自动化采集系统的电源宜独立设置，并应稳定可靠。
- f) 自动化系统建设完成后，在正式投入系统试运行前，应提交完整的系统安装调试报告，报告内容应包括系统组成及配置、主要仪器设备规格型号与参数、采集装置各通道的接入以及系统测试情况等重要信息。

6.3.7.2 数据采集装置安装调试应满足以下要求：

- a) 数据采集装置的安装环境应满足使用环境要求，安装位置应考虑监测仪器接入方便和节约线缆，便于检查和维护。
- b) 数据采集装置箱体应安装牢固，安装高度不宜超过 160cm。数据采集装置应布线整齐、标识清楚，并设置必要的防护措施。
- c) 数据采集装置的接地电阻不应大于 10Ω；采用交流电的采集装置 AC 220V 接线端子对外壳接地点的绝缘电阻应大于 50MΩ。

6.3.7.3 监测仪器接入应满足以下要求：

- a) 应变计组等同组类型的监测仪器，宜接入同一采集模块。
- b) 监测线缆与采集模块的接线端子应连接牢固。
- c) 采集模块每个通道接入的监测仪器编号应准确记录，并宜在采集单元箱内张贴每个通道所对应的监测仪器编号表。
- d) 接入监测自动化系统的监测线缆应在接入前端有标识编号。
- e) 所有监测线缆接入完成后，应将采集单元箱剩余通道的监测线缆卡套孔封堵。

6.3.7.4 计算机等信息管理设备安装应满足下列要求：

- a) 计算机等信息管理设备的安装环境应满足监测管理站、监测管理中心站工作环境的要求。
- b) 设备的网络应正确连接，并采用恰当的安全控制策略。
- c) 设备工作电源容量应满足设备功率需求，并安装足够容量的 UPS 电源。
- d) 逐项检验系统功能和系统性能，应满足设计要求。

6.3.7.5 信息管理设备安装完成后应进行调试，调试应满足以下要求：

- a) 在软件系统中应创建所有接入自动化系统的监测仪器信息，创建信息应准确、完整，至少

应包括物理量计算公式、计算参数、埋设位置等信息，相关项目的现场试验也应通过软件系统进行。

- b) 对每个自动化监测点均应进行快速连续测试，以检验测值的稳定性。对有条件的监测项目及测点，人工给予一定物理量变化，自动化测值应正确反映变化。
- c) 调试过程中应与人工监测数据进行同步比测，并将自动化监测的基准值调整到与人工监测相一致，应进行整机和抽样检验考核。
- d) 逐项检查系统功能，应满足设计要求。

6.3.7.6 监测自动化系统的监测站、监测管理站、监测管理中心站应可靠接地，宜就近接入工程接地网，无可用工程接地网时需单独设立。监测站接地电阻不宜大于 10Ω ，监测管理站、监测管理中心站接地电阻不宜大于 4Ω 。

6.3.7.7 GNSS 监测系统的安装调试应满足以下要求：

- a) GNSS 基准站及监测站观测墩安装要求见 6.3.2.1 的要求。
- b) 接收天线应固紧于观测墩的强制对中标志上，天线定向指北标志与磁北方向差异应小于 5° ，天线电缆应加装低损耗射频电缆防雷装置，并进行接地电阻测试。
- c) 接收机应根据设备安装说明书进行安装，应合理放置于机柜内，安装完成后应通电进行功能测试。
- d) 供电系统的电源线路应作接地保护，并加装电涌防护设备，安装完成后应作通电测试。
- e) 通信系统安装应按照设备的安装说明书进行安装，并进行通信联通性测试。
- f) 服务器及解算软件安装完成后，应进行软件功能、性能测试。

6.3.7.8 测量机器人监测系统的安装调试应满足以下要求：

- a) 观测房应稳固、牢靠，满足测量机器人防盗、防雨、防尘及开窗观测视线通视的要求。
- b) 测量机器人观测墩建设和稳定性校测应按照 5.3.3 a) 的要求执行。
- c) 测量机器人应牢固安装在观测墩上，且应至少进行两个以上互相垂直方向的精确整平，纵横方向偏差不超过 $5''$ 。
- d) 完成系统供电、防雷、通信设施的安装后，应分别进行系统测试。
- e) 服务器和软件安装后应进行测量机器人 IP 地址识别、设站、测点分组等软件设置和调试工作。

6.3.8 监测线缆连接与敷设应符合下列要求：

6.3.8.1 监测电缆连接应满足以下要求：

- a) 连接前后应测读监测仪器并记录，同时记录接长的长度及芯线电阻值。
- b) 监测电缆连接可采用硫化法、热缩法及模胶法连接，宜进行工艺试验，并按照工艺试验结果选用满足设计要求的连接工艺。
- c) 监测电缆连接应严格控制工艺，保持各芯线长度一致，并使各芯线接头错开，焊点应光滑平整无毛刺，不应出现虚焊和过焊。

- d) 监测电缆连接完成后, 应将接头淹没在水中, 用 100V 绝缘电阻表检测芯线与水之间的绝缘电阻, 其绝缘电阻不应小于 50MΩ。

6.3.8.2 监测线缆敷设应满足以下要求:

- a) 线缆牵引线路应按设计要求和现场施工情况, 按照牵引距离最短和施工干扰最小的原则进行规划, 宜做到“横平竖直”。
- b) 线缆应避免遭受机械性外力、高温、腐蚀及接触尖角锋利物品等破坏, 土石坝体内应穿保护管敷设; 混凝土面板内敷设宜绑扎在钢筋下侧; 沥青混凝土内敷设宜包裹耐高温布; 大体积混凝土内可裸线敷设; 有防雷击或动物破坏要求时, 引出电缆宜用钢管保护, 钢管应接地。
- c) 线缆在土石坝填筑体内水平向宜挖沟槽敷设, 垂直向宜随填筑同步上升, 线缆在保护管内呈自由松弛状态, 不得绷紧拉直, 宜采用细颗粒料按照粒径从小到大的原则逐层回填密实。
- d) 线缆在硬质保护管的端口应采用土工布等包裹保护。
- e) 线缆跨缝或穿越不同材料界面时应采用保护管保护, 并在保护管内预留足够长度的线缆。监测线缆不宜穿越防渗体, 确需穿越防渗体时应按防渗体的技术要求采取防渗措施。
- f) 建筑物内部明敷线缆宜采用保护管、线槽或桥架。保护管、线槽或桥架应采用专用接头及弯头连接牢固, 应采用专用卡扣或支架牢固固定。
- g) 建筑物外部监测线缆敷设应采用钢管保护并可靠接地, 或穿管后挖(切)槽回填保护, 严禁裸线牵引。
- h) 对有抗干扰要求的监测线缆线路, 不宜设置在具有强电磁干扰设备的附近, 并按设计要求采取抗干扰措施。
- i) 观测端芯线宜搪锡并采取避免浸水、曝晒、灼烧、雷击、腐蚀和人畜损坏的保护措施。

6.3.8.3 光纤、光缆、同轴电缆、低噪声电缆等监测用其他专门线缆应按相应的技术标准要求进行检验、连接及敷设。

6.3.9 其他类型的监测设施安装调试要求按照《土石坝安全监测系统施工技术规范》DL/T 5839 或《大坝安全监测仪器安装标准》SL 531 执行。

6.4 初期观测与安装调试资料整编

6.4.1 监测仪器设备安装调试应及时进行观测, 观测频次应符合下列要求:

- a) 混凝土应变计(组)、无应力计、温度计埋设后的前 24h: 1 次/4 小时; 第 2 天~第 3 天: 1 次/8 小时; 第 4 天~第 7 天: 1 次/12 小时; 第 8 天~第 14 天: 1 次/24 小时; 之后按本标准附录 C 中的测次要求进行观测。
- b) 测缝计、钢筋计、基岩应变计、基岩变形计、锚杆应力计埋设后第 1 天~第 3 天: 1 次/8 小时; 第 4 天~第 7 天: 1 次/12 小时; 第 8 天~第 14 天: 1 次/24 小时; 之后按本标准附录 C 中的测次要求进行观测。
- c) 预应力锚索测力计与锚杆应力计锁定后第 1 天~第 3 天: 1 次/12 小时; 第 4 天~14 天: 1 次

/24 小时；之后按本标准附录 C 中的测次要求进行观测。

- d) 沉降测斜管的每个沉降环，以及水管式沉降仪、引张线式水平位移计及其观测房安装调试后均应进行位移观测，观测频次应符合本标准附录 C 中的测次规定和设计要求。
- e) 其他监测仪器设备安装调试正常工作测得初始值后，按本标准附录 C 中的测次规定或设计要求进行观测。

注：从监测仪器安装埋设至取得初始值期间的观测，不同于运行期的观测，定义为初期观测。

6.4.2 坝前淤积地形测量宜在首次蓄水前完成，下游冲刷及淤积地形测量宜在首次泄水前完成。

6.4.3 监测施工记录应完整、规范、准确、字迹清晰。观测记录应及时录入数据库。

6.4.4 监测施工后应及时绘制监测竣工图、编制监测施工竣工报告，并及时整理以下资料：

- a) 监测仪器设备开箱验收资料，包括监测仪器设备合格证、出厂检验报告、验收记录等资料。
- b) 监测仪器与监测线缆检验资料，包括原始检验记录与检验报告。
- c) 监测电缆连接记录，包括监测仪器出厂编号、接长电缆型号及长度、连接前后的监测仪器读数及监测电缆芯线电阻、连接时间及人员等信息。
- d) 钻孔取芯的芯样描述、芯样照片、钻孔柱状图，钻孔记录等资料。
- e) 安装埋设资料，包括仪器安装埋设图、线缆走线图、基本资料表、安装埋设时的影像资料。
- f) 监测施工质量评定表与验收表。
- g) 观测原始记录。
- h) 监测数据采集设备的检定或校准报告、期间核查资料、运行记录。
- i) 设计图纸、设计技术要求、设计变更通知、监理指令。

6.5 验收

6.5.1 安全监测系统验收分为分部工程验收、阶段验收、竣工验收，当监测系统规模较小时，可不进行分部工程验收。

6.5.2 分部工程验收前应完成所有单元工程及其质量评定，验收资料齐备。分部工程验收过程中应检查监测工程是否达到设计标准及合同约定的要求，查验重要监测部位（断面）和一般监测部位（断面）是否满足设计要求，检查监测工程是否具备运行或进行下一阶段建设的条件，对验收遗留问题提出处理意见。

6.5.3 水库蓄水前，应进行安全监测系统阶段验收。当进行截流验收、专项工程验收及其他特殊验收时，可根据工程实际情况参照蓄水阶段验收要求进行。蓄水阶段验收过程中应检查已建大坝安全监测系统的建设、运行情况及监测资料分析成果，检查蓄水期大坝安全监测方案、措施及监测工作准备落实情况，研究验收中发现的问题，并提出处理要求。

6.5.4 竣工验收一般与枢纽工程验收同步进行，也可根据工程实际对监测系统进行专项竣工验收。竣工验收过程中应对有关文件资料和参建各方的工作报告进行审阅，对工程建设和运行情况检查，对分部、阶段验收所发现的问题处理情况进行核查，评价遗留问题对监测大坝安全的影响，提出处理要求。

GB/T XXX—202x

6.5.5 验收所提供的文件、资料以及验收工作的主要内容、方法、技术要求按照《大坝安全监测系统验收规范》GB/T 22385 执行。

7 监测系统运行维护

7.1 一般规定

7.1.1 监测系统运行维护主要包括观测、监测资料整编和分析、监测系统维护。

7.1.2 观测应按照规定的时间、测次和技术要求实施，并根据工程特点和实际运行情况进行加密观测和调整。测次应按照附录 C 的规定执行。

7.1.3 观测前应检查监测设施的工作状态，观测记录应真实、准确、完整，发现测值异常时，应及时复测、确认并分析原因。仪器观测和巡视检查应同时记录相关环境要素。

7.1.4 监测资料整编成果应做到项目齐全，数据可靠，资料、图表应完整，规格统一，说明完备，注记齐全。

7.1.5 监测资料分析应在监测数据可靠性评价的基础上，结合地质条件、结构特点、运行环境和巡视检查成果等，揭示大坝的异常情况和不安全因素，评估大坝运行性态。

7.1.6 监测系统维护应满足系统正常运行的要求，根据监测设施的特点，从环境、安全、防护和功能等方面开展检查、检验、清洁、维修和保养等工作。

7.2 观测

7.2.1 环境量观测

7.2.1.1 水位观测应符合《水位观测标准》GB/T 50138 的规定。

7.2.1.2 气温观测应读数至 0.1℃，宜取每日 2 时、8 时、14 时、20 时观测值的平均值作为日平均气温。

7.2.1.3 降水量观测应读数至 0.1mm，日降水量应按照 8 时至次日 8 时的累计降水总量进行计算。

7.2.1.4 库水温观测应读数至 0.1℃，库水温测读的同时应观测气温。

7.2.1.5 对于多泥沙河流上的水库，坝前淤积宜每年施测一次。一般水库可每 3 年~5 年或更长时间施测一次。有条件的水库可每 10 年~15 年施测一次水库淹没区地形图。

7.2.1.6 每年汛期泄洪后，应视情况施测下游冲刷情况。

7.2.1.7 冰压力观测应自结冰之日起开始，每日观测不少于两次，同时观测气温、风力、风向、冰厚。在冰层胀缩变化期间、风浪或流冰过程中应加密观测，频次可根据冰压力变化趋势确定。

7.2.2 变形观测

7.2.2.1 变形监测控制网观测应符合下列要求：

- a) 水平位移监测控制网宜采用边角网法或 GNSS 网法进行观测，边角网法观测应按《国家三角测量规范》GB/T 17942 的规定执行，GNSS 网观测应按《全球定位系统（GPS）测量规范》GB/T 18314 的规定执行。
- b) 垂直位移监测控制网可采用精密水准法或三角高程法观测，精密水准法观测应按《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的规定执行，三角高程法观测应按《国家三角测量规范》GB/T 17942 的规定执行。

7.2.2.2 采用视准线法、交会法、极坐标法、水准测量、三角高程法对表面变形进行人工观测应符合下列要求：

- a) 观测采用的仪器设备应与观测精度相匹配，使用前应进行检查、校正，并做好记录；
- b) 全站仪、经纬仪、水准仪等精密测量仪器在观测前仪器温度与环境温度应趋于一致，观测中不得受到日光的直接照射；
- c) 变形观测作业宜采用电子记录，观测过程中应进行限差控制，超限时应及时进行重测，观测成果应完整记录原始数据；
- d) 每期观测结束后，应及时对观测成果进行检查、整理、验算，全部合格后进行计算处理。

7.2.2.3 采用测量机器人对表面变形进行自动化监测应符合下列要求：

- a) 各监测站均应设置气象传感器进行气温、气压等气象数据自动采集，气温观测精度不低于 0.2°C ，气压观测精度不低于 50Pa 。
- b) 全站仪应使用观测房或其他装置进行保护，并应设置自动门窗或自动升降设施。
- c) 控制程序应能够按预设程序进行逐点观测，自动判断观测数据质量，数据不合格时应自动补测。
- d) 无人值守情况下，可周期性地全天候自动观测。

7.2.2.4 采用 GNSS 法监测表面变形时，宜采用实时在线自动监测方法，若采用人工观测，应采用 B 级及以上精度的 GNSS 静态测量法。

7.2.2.5 引张线式水平位移计人工观测前应按规定的要求加载重量，平稳后测读，每隔 10min 测读一次，直到前后 2 次的读数差小于 2mm ，宜同步测量和叠加所在观测房的水平位移。

7.2.2.6 水管式沉降仪人工观测前应检查储水箱的水量、输水管路和排气管路的通畅情况，在确认工作状态正常后，依次对每个测点进行补水，待补水结束和管内水位稳定后测读，每隔 10min 测读一次，直到前后 2 次的读数差小于 2mm ，宜同步测量和叠加所在观测房的垂直位移。

7.2.2.7 活动式测斜仪人工观测前应采用模拟探头在 A、B 槽全孔深滑行一遍，无异常后进行观测，读数时应将测斜仪缓缓放置孔底，待其温度稳定后，自下而上进行测读，完成正向行程测量后，将测斜仪调转 180° ，完成反向行程测量。正向、反向行程测量完成后，应及时将两组读数相加，取其平均值作为测斜仪传感器零偏移值，当零偏移值超过仪器规定值时应重测。

7.2.2.8 电磁式沉降仪人工观测前应检查沉降仪是否正常工作，自检合格后，将沉降仪探头放至管底，自下而上测读，每测点应平行测读 2 次，读数差不得大于 2mm ，取其平均值作为观测值。

7.2.2.9 杆式位移计、固定式测斜仪、柔性测斜仪、横梁式沉降仪、倾角计、多点变位计、测缝计和其他埋入式位移传感器的人工观测，观测要求可按 7.2.4 有关规定执行。

7.2.2.10 垂线人工观测前应检查垂线是否处在自由状态，可采用光学垂线坐标仪或垂线瞄准器（人工读数盘）测读，每一测次应测读两测回，两测回测值之差不应大于 0.15mm ，取两测回平均值作为观测值。

7.2.2.11 双金属标人工观测前应检查管口夹具和读数仪器的连接情况，读数仪器的观测要求按 7.2.4

有关规定执行。

7.2.3 渗流观测

7.2.3.1 测压管水位人工观测应符合下列要求：

- a) 无压孔水位人工测读宜使用电测水位计；有压孔水位人工测读宜使用压力表。
- b) 使用电测水位计测读时，每次应平行测读 2 次，读数差不应大于 1cm；使用压力表测读时，测值应测读至压力表的最小估读值。
- c) 当测压管内放置渗压计进行监测时，应按照已标定的仪器参数和安装高程计算测压管水位。

7.2.3.2 埋入式渗压计人工观测应采用配套读数仪进行测读，两次读数误差应不大于仪器的最小读数。

7.2.3.3 渗流量人工观测应符合下列要求：

- a) 采用容积法观测时，量具充水的时间不得小于 10s，平行 2 次测量的流量差不应大于均值的 5%，取平均值为该次流量测值。
- b) 采用量水堰监测渗流量时，水尺水位读数应精确至 1mm，堰上水头两次测值之差不得大于 1mm；测针水位读数应精确至 0.1mm，两次读数差不应大于 0.3mm。
- c) 采用流速法观测时，应连续测读两次，流量之差不应大于均值的 10%，取平均值为流量测值。

7.2.3.4 采用分布式光纤/光纤光栅测温系统监测大坝渗漏情况的，人工观测应采用配套的读数仪进行测读。

7.2.3.5 水质分析宜包括水的物理性质、pH 值和化学成分分析；渗水化学成份分析时，应同时取库水水样做对比分析。

7.2.4 压力（应力）及温度人工观测应符合下列要求：

- a) 压力（应力）及温度监测仪器主要包括孔隙水压力计、土压力计、压应力计、应变计、无应力计、钢筋或锚杆应力计、钢板应力计以及锚索测力计、温度计等，测读方法应根据仪器类型确定，可根据说明书操作。
- b) 测读前，应保持监测仪器电缆的清洁、干燥，无锈蚀、氧化现象，测量仪表功能性能正常。
- c) 测读时，应选择仪器相应的测量仪表和测量模式，并将监测仪器电缆芯线与测量仪表对应颜色的接线柱牢固连接，不得用手或其他导体直接接触传感器连接芯线。
- d) 应待测值稳定后再读数、记录，宜同时将本次测值与上次测值进行比较。
- e) 监测仪器成组布置的各测点应同步观测。

7.2.5 水力学观测应符合《水电水利工程水力学安全监测规程》DL/T 5772 或《水利水电工程水力学原型观测规范》SL 616 的规定。

7.2.6 强震动观测应符合《水工建筑物强震动安全监测技术规范》DL/T 5416 或《水工建筑物强震动安全监测技术规范》SL 486 的规定。

7.2.7 巡视检查应按规定的项目、路线、频次开展，检查时应配备专用工器具和安全防护装备；检查记录应准确、完整、详细，必要时应附有略图、素描或照片等，并将本次检查结果与上次或历次

检查结果对比分析，发现异常应立即复查确认。

7.2.8 监测自动化系统数据采集应符合下列要求：

- a) 采集频次宜设定为每天 1 次，特殊情况下应加密观测。
- b) 数据采集后应立即自动整理、评判，对于报警信息应及时处理。
- c) 每半年宜对接入自动化系统的部分或全部测点进行 1 次人工比测。
- d) 自动化监测数据库宜每 3 个月进行一次备份。

7.3 监测资料整编和分析

7.3.1 监测资料整编包括日常资料整理和定期资料整编。日常资料整理应在每次仪器观测或巡视检查后随即进行，并及时对监测数据的准确性进行评判处理；定期资料整编应按规定时段对监测资料进行整编和趋势性分析，对异常现象应进行标注说明，发现有危及大坝安全的异常情况时，应立即上报。

7.3.2 定期资料整编应刊印成册，并生成通用格式电子文档。仪器观测和巡视检查的各种现场原始记录、图表、影像资料及整理、整编资料等均应归档保存。

7.3.3 应定期进行监测资料分析，在首次蓄水前、蓄水到规定高程、工程竣工、大坝安全定期检查或鉴定、大坝出现异常或险情及其他有必要时也应进行监测资料分析，并提出监测资料分析报告。

7.3.4 监测资料分析应符合下列要求：

- a) 仪器监测数据与巡视检查成果应相互印证，定性分析与定量分析应相结合。
- b) 监测数据分析宜采用比较法、作图法、特征值统计法及数学模型法，应重点对监测物理量量值大小、时空分布规律、效应量与原因量的相关性、时效变化趋势和速率等进行分析。
- c) 根据监测数据分析成果，结合巡视检查成果分析评价大坝运行性态；对异常现象和工程缺陷，应综合地质条件、施工过程、结构特点和运行环境等，分析其产生原因、危害性及发展趋势，及其对大坝运行安全的影响。
- d) 在监测资料分析基础上，根据实际需要，提出影响大坝结构安全的重点监控部位及监控测点，拟定监控测点的监控指标。

7.3.5 对用于安全监控的监测项目，应根据理论计算、模型试验或监测资料综合分析成果，参考类似工程经验提出单测点监控指标和结构安全综合评判指标，并根据实际情况动态调整。

7.3.6 当单测点监控指标超限时，应及时排除监测仪器和管理问题；结构安全综合评判指标超限时，应及时预警，并分析异常情况对大坝安全的影响。

7.3.7 监测资料整编、分析和监控预警工作宜通过信息管理系统开展。系统功能应符合下列要求：

- a) 系统应具备测点基本信息、观测成果信息管理功能，系统应能对监测数据进行图形化处理。
- b) 系统应具备数据有效率、数据缺失率、平均无故障时间等关键指标统计计算功能，并具备监测数据特征值统计功能。
- c) 系统应具备监控指标管理功能，应能对异常数据进行标识，并有报警功能。
- d) 对高坝大库，系统宜具备在线监测管理、在线监控预警、在线技术会商和快速分析功能。

e) 系统应具备与其他系统进行数据传输和信息交换的功能。

7.4 监测系统维护

7.4.1 监测系统维护包括日常维护、定期维护和故障维护。日常维护可结合日常观测和工程日常巡视检查开展，定期维护可结合工程年度详查和监测系统鉴定开展，故障维护应在发现监测系统故障后立即进行。日常维护内容和频次宜按照附录 D 的规定执行。

7.4.2 监测系统仪器设备、装置、线缆等应设置标识，并应根据自身特点和使用环境采取必要的防护措施。

7.4.3 监测自动化系统监测站、监测管理站及监测管理中心站的工作环境应利于仪器设备、监测自动化系统的正常运行和维护管理。

7.4.4 监测系统维护应根据监测设施的运行要求，配备相应的维修维护工具、器件和材料，满足系统维护需要。

7.4.5 监测数据出现异常时，应对相关的监测仪器设备进行检查维护。监测自动化系统采集的数据出现异常时，应对自动化系统及时进行检查，并对相关仪器的人工测值进行比较。

7.4.6 监测系统维护后应记录维护时间、维护内容和维护效果，消缺后应记录仪器、测量仪表和数据采集装置等故障处理情况；维护记录应及时归档。

7.4.7 监测仪表应设置专库存放和管理，并满足仪表存放要求；应定期对光学仪器和测量仪表等进行检验或校准，检验或校准周期根据设备的性能、使用环境以及使用频次等确定。

7.4.8 监测系统应定期进行鉴定，并对监测设施的增设、修复或更换、封存停测、报废和维护改造等提出意见。

7.4.9 当发现影响结构安全的裂缝、变形、渗流等异常时，应增设相应的监测仪器设备；损坏或失效的永久监测仪器设备应及时修复或更换。

7.4.10 监测设施的封存停测、报废应按规定程序审查、确认后实施；封存、报废仪器的资料应整理归档；封存的仪器设备应进行保护。

7.4.11 监测系统不能满足大坝安全监控要求或大坝进行除险加固、改扩建时，应对监测系统进行更新改造，改造期间的监测数据应保持连续，更新改造应当进行专项设计、审查和验收。

附录 A

(规范性)

监测物理量正负号及单位规定

A.1 监测物理量正负号应符合下列要求：

a) 水平位移：坝体、岸坡式溢洪道水平位移向下游为正，向上游为负；向左岸为正，向右岸为负；边坡水平位移向临空面为正，向坡内为负；面向临空面向左为正，向右为负。

b) 垂直位移：下沉为正，上抬为负。

c) 岩体轴向变形：拉伸为正，压缩为负。

d) 倾斜：向下游转动为正，向上游转动为负；向左岸转动为正，向右岸转动为负。

e) 界面、接（裂）缝及脱空变形：张开、脱开为正，闭合为负。

f) 周边缝剪切变形：

1) 竖向剪切：相对趾板，面板下沉为正，反之为负；

2) 平面剪切：岸坡段面板向坡下为正，河床段面板向左岸为正，反之为负。

g) 面板挠度：沉陷为正，隆起为负。

h) 渗透压力：压为正。

i) 应力应变：拉为正，压为负。

j) 孔隙水压力、土压力、界面应力：压为正。

A.2 监测物理量的单位，位移值宜为 mm，水压强值和应力值宜为 MPa，渗流量值宜为 L/s，泄流量宜为 m³/s，水位、水头、高程和平面坐标值宜为 m，应变宜为 $\mu\epsilon$ ，温度值宜为 °C，锚固力宜为 kN。

附录 B

(规范性)

监测项目分类和选择

表 B.1 土石坝安全监测系统项目分类和选择表

序号	监测类别	监测项目	面板坝级别			心墙坝级别			均质坝级别			监测系统运行时段		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	面板坝	心墙坝	均质坝
一	环境量	1.上、下游水位	●	●	●	●	●	●	●	●	●	永久	永久	永久
		2.气温	●	●	●	●	●	●	●	●	●	永久	永久	永久
		3.降水量	●	●	●	●	●	●	●	●	●	永久	永久	永久
		4.库水温	○	○	/	○	○	/	○	○	/	长期	长期	长期
		5.坝前淤积	○	○	○	○	○	○	○	○	○	长期	长期	长期
		6.下游冲刷	○	○	○	○	○	○	○	○	○	长期	长期	长期
		7.冰压力	○	/	/	/	/	/	/	/	/	长期	长期	长期
二	变形	1.变形监测控制网	○	○	○	○	○	○	○	○	○	永久	永久	永久
		2.坝体表面垂直位移	●	●	●	●	●	●	●	●	●	永久	永久	永久
		3.坝体表面水平位移	●	●	●	●	●	●	●	●	●	永久	永久	永久
		4.坝体内部垂直位移	●	●	○	●	●	○	○	○	○	长期	长期	长期
		5.坝体内部水平位移	●	○	○	●	○	○	○	○	○	长期	长期	长期
		6.坝基变形	○	○	○	○	○	○	○	○	○	长期	长期	长期
		7.接缝变形	●	●	○	○	○	○	/	/	/	长期	长期	长期
		8.坝体防渗体变形	●	○	○	●	○	○	/	/	/	长期	长期	长期
		9.坝基防渗体变形	○	○	○	○	○	○	○	○	○	长期	长期	长期
		10.界面变形	●	○	○	●	●	○	○	/	/	长期	长期	长期
		11.枢纽区边坡及近坝库岸变形	○	○	○	○	○	○	○	○	○	长期	长期	长期
三	渗流	1.坝体渗透压力	●	○	○	●	○	○	●	●	○	长期	长期	永久
		2.坝基渗透压力	●	●	○	●	●	○	●	●	○	长期	长期	长期
		3.防渗体渗透压力	●	●	○	●	●	●	/	/	/	长期	长期	长期
		4.绕坝渗流(地下水位)	●	●	○	●	●	○	●	●	○	永久	永久	永久
		5.渗流量	●	●	●	●	●	●	●	●	●	永久	永久	永久
		6.水质分析	○	○	○	○	○	○	○	○	○	长期	长期	长期
四	压力(应力)及温度	1.坝体压应力	○	○	/	○	○	/	○	○	/	长期	长期	长期
		2.坝基压应力	○	○	○	○	○	○	○	○	/	长期	长期	长期
		3.界面压应力	●	○	○	●	○	○	○	/	/	长期	长期	长期
		4.坝体防渗体应力、应变及温度	●	○	○	●	○	○	/	/	/	长期	长期	长期
		5.坝基防渗墙应力、应变及温度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	长期	长期	长期
		6.孔隙水压力	/	/	/	○	○	○	●	○	○	长期	长期	长期
		7.锚杆应力	○	○	○	○	○	○	○	○	○	长期	长期	长期
		8.预应力锚索锚固力	●	●	●	●	●	●	●	●	●	长期	长期	长期

序号	监测类别	监测项目	面板坝级别			心墙坝级别			均质坝级别			监测系统运行时段		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	面板坝	心墙坝	均质坝
五	巡视检查	枢纽区建筑物、边坡及近坝库岸、监测设施	●	●	●	●	●	●	●	●	●	永久	永久	永久
<p>注 1：有●者为必设项目；有○者可根据需要选设项目，有/者为可不设项目。4、5 级土石坝安全监测项目选择可参照本表执行。土石坝级别划分按 GB50201 执行。</p> <p>注 2：坝高 70m 以下的 1 级、2 级坝的内部垂直位移、内部水平位移监测项目为可选项。</p> <p>注 3：施工期临时监测和科学试验等短期监测的仪器布置应根据工程需要确定。</p>														

附录 C
(规范性)
项目测次

表 C.1 土石坝安全监测项目人工测次表

序号	监测项目	施工期	首次蓄水期	初蓄期	运行期
1	表面变形	1次/月~4次/月	1次/月~10次/月	1次/月~10次/月	1次/6月~1次/月
2	坝体内部变形	4次/月~10次/月	2次/月~1次/天	2次/月~1次/天	1次/3月~4次/月
3	防渗体变形	4次/月~10次/月	2次/月~1次/天	2次/月~1次/天	1次/3月~4次/月
4	接缝变化	4次/月~10次/月	2次/月~1次/天	2次/月~1次/天	1次/3月~1次/月
5	坝基变形	4次/月~10次/月	2次/月~1次/天	2次/月~1次/天	1次/3月~1次/月
6	界面变形	4次/月~10次/月	2次/月~1次/天	2次/月~1次/天	1次/3月~1次/月
7	渗流量	1次/旬~2次/旬	3次/月~1次/天	3次/月~1次/天	2次/月~2次/旬
8	坝体渗透压力	1次/旬~2次/旬	3次/月~1次/天	3次/月~2次/旬	2次/月~2次/旬
9	坝基渗透压力	1次/旬~2次/旬	3次/月~1次/天	3次/月~1次/天	2次/月~2次/旬
10	防渗体渗透压力	1次/旬~2次/旬	3次/月~1次/天	3次/月~1次/天	2次/月~2次/旬
11	绕坝渗流(地下水位)	1次/月~4次/月	3次/月~1次/天	3次/月~2次/旬	2次/月~4次/月
12	坝体压应力	3次/月~2次/旬	3次/月~1次/天	3次/月~1次/天	2次/月~4次/月
13	防渗体应力、应变及温度	3次/月~2次/旬	3次/月~1次/天	3次/月~1次/天	10次/月~4次/月
14	孔隙水压力	10次/月~4次/月	10次/月~4次/月	10次/月~4次/月	1次/月~4次/月
15	上下游水位	2~1次/天	1次/天~4次/天	1次/天~4次/天	1次/天~2次/天
16	库水温		1次/月~1次/天	1次/月~2次/旬	1次/月~2次/月
17	气温		4次/日	4次/日	4次/日
18	降水量		逐日量	逐日量	逐日量
19	坝前淤积			按需要	按需要
20	冰冻		按需要	按需要	按需要
21	水质分析		按需要	按需要	按需要
22	坝区水平位移监测控制网	1次/年	1次/3年~2次/年	1次/3年~1次/年	1次/5年~1次/年
23	坝区垂直位移监测控制网	1次/年	1次/3年~2次/年	1次/3年~1次/年	1次/5年~1次/年
24	下游冲淤			泄洪后	泄洪后
25	日常巡视检查	1~2次/周	1次/周~1次/天	1次/周~1次/天	1次/月~3次/月(枯水期)、 2次/月~4次/月(汛期)

注 1: 表中测次均系正常情况下人工测读的最低要求。特殊时期(如发生地震、特大暴雨、台风、库水位骤变以及土石坝工作性态异常), 应增加测次。对自动化监测项目, 可根据需要加密测次。

注 2: 在施工期, 监测仪器设备安装埋设后初期按上表中要求的测次进行观测。施工期坝体填筑进度快的, 变形的测次应取上限; 首次蓄水期库水位上升快的或施工后期坝体填筑进度快的, 各项目测次应取上限。初蓄期和运行期: 高坝、大库或变形、渗流等性态变化速率大时, 测次应取上限; 低坝或性态趋于稳定时, 可取下限; 但当水位超过前期运行水位时, 仍需按首次蓄水执行。

注 3: 巡视检查除日常巡视检查按照上表执行外, 年度详查和特殊情况检查频数应按以下执行:

a) 年度详查: 汛前、汛后各 1 次;

b) 特殊情况检查: 当发生有感地震、极端气温、重现期 5 年以上洪水、库水位骤降骤升、高水位期、低水位期及其他影响土石坝安全运用情况时, 应进行巡视检查。

注 4: 竣工验收后运行 5 年以上, 经资料分析表明位移基本稳定的中、低坝, 变形监测的测次可减少为 1 次/季。

注 5: 监测控制网中的基准点和工作基点经运行期 5 次以上复测表明稳定的, 监测控制网测次可减少为 1 次/3 年~1 次/5 年。

注 6: 施工期临时监测和科学试验等短期监测的测次按设计要求执行。

附录 D

(规范性)
监测系统维护内容及频次

表 D.1 监测系统维护内容及频次表

监测类别	监测仪器设备	维护内容	频次要求 (不低于)
环境量 监测	水位 监测设施	水位观测井、进水口水尺的外观检查, 清除杂物和附着物	1 次/月
		水位传感器及其采集装置校验	1 次/年
		水尺或遥测水位计零点标高校测	1 次/ (1~2 年)
	气温 监测设施	百叶箱和温度传感器清洁; 温度传感器比测	1 次/月
	库水温 监测设施	电阻式温度计, 测值稳定性及绝缘度检测 活动式水温计送检或比对	1 次/季
	降水量 监测设施	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		定期检查	
变形 监测	表面变形 监测设施	线路巡查, 检查网点、测点完好性和通视情况	1 次/年
		变形监测控制网网点稳定性分析, 对于稳定性差的网点, 根据实际情况, 采取加固或重建等措施	每次复测后
		检查 GNSS 网点通视情况、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	1 次/季
		全站仪、水准仪、经纬仪等大地测量仪器和配件自检	定期检查
	引张线式 水平位移计	挂重装置、测读装置和线体检查维护	1 次/月
		自动化加载设备的电机、行程开关、限位开关、传递装置及加载装置等检查	1 次/季
	水管式沉降仪	观测房、测量柜、水位指示装置、管路和接头、液体工况检查; 自动化采集装置的电磁阀门及继电器检查	1 次/季
		进水管、排水管、通气管的连通性检查	定期检查
	电磁式沉降仪	管口及管口保护装置检查维护	1 次/月
		沉降仪电缆长度校验	1 次/年
	测斜管和 测斜仪	活动式测斜仪导轮、弹簧、密封圈等的工况检查; 管口变形情况和保护装置检查	1 次/月
		测斜仪电缆长度标尺复核	1 次/半年
		测斜管扭曲检查	必要时
	垂线	观测房、测点工况、支撑架、油桶、线体等的检查维护	1 次/月
		垂线瞄准器或垂线坐标仪检查	
		垂线孔(管)检查维护	1 次/年
线体稳定性、测值准确性检验		必要时	
双金属标	管体和测点装置变形、连接情况、锈蚀检查	1 次/年	
	双金属标仪固定情况检查		
	双金属标仪检验或校测		

监测类别	监测仪器设备	维护内容	频次要求 (不低于)
	埋入式位移传感器	电缆标识和敷设情况检查，电缆线头维护； 检查传感器外露部分和保护装置	1次/季
		传感器稳定性、绝缘电阻等工作性能检查	定期检查
渗流监测	测压管	孔口装置防护、密封情况检查	1次/月
		电测水位计尺长校测，蜂鸣器灵敏度检查； 压力表灵敏度和归零情况检查	1次/季
		管口高程、压力表中心高程和渗压计安装高程校测； 测压管灵敏性测试； 测压管内渗压计计算水位与人工测量水位对比	定期检查
	埋入式渗压计	电缆标识检查，电缆头锈蚀、氧化检查维护	1次/季
	量水堰	排水沟、水尺和堰板检查清淤，量水堰仪浮筒和进水口检查和清洁，渗水点的水质状况进行检查描述	1次/月
		量水堰计、水尺、测针的零点校测	1次/年
压力（应力）及温度监测	埋入式传感器	电缆标识和敷设情况检查，电缆线头维护； 检查传感器外露部分和保护装置	1次/季
		传感器稳定性、绝缘度等工作性能检查	定期检查
地震反应监测	参数	检查参数设定、通道极性设置、加速度传感器零位电压、触发设定与阈值、定位系统同步、供电状态	3次/月
	台阵	检查时标校准，记录器面板检查，电源电压检测，各通道记录检查，待触发位恢复等	1次/月
	设备检测	检测加速度传感器、信号传输、强震动记录器	1次/年
自动化系统	自动化测点	人工比测	1次/半年
	数据采集装置	通信端口、供电电压、防雷模块和接地保护装置检查	1次/年
	计算机系统	计算机系统的硬件、软件和网络检查，含操作系统、防病毒软件及防护隔离硬件	1次/年
	系统通信、供电、防雷和接地保护装置	通信设施、供电设施、避雷设施和绝缘电阻检查	1次/季
	计算机站房	机房温度、湿度及照明，机房防火、防水、防雷、防静电、防有害生物等措施和设备检查	1次/季
测量仪表		准确性测试和自检	1次/季
		检验或校准	1次/年
集线箱		清洁维护，集线箱密封性、通道切换开关和档位检查	1次/季
		焊接点检查，箱体绝缘度检查	定期检查

监测类别	监测仪器设备	维护内容	频次要求 (不低于)
<p>注 1: 表中未提及的仪器设备和检查维护项目, 可根据现场条件和仪器设备状态确定其检查维护的周期。如遇强震、狂风、沙尘、暴雨、冻融或受水流冲击等情况时, 应及时进行检查, 发现问题应及时处理。</p> <p>注 2: 每年一次进行的检查维护项目, 宜安排在汛前进行, 每年绝缘度检查时间宜安排在环境湿度较大的情况下进行。</p> <p>注 3: 频次要求为定期检查的, 可结合水工建筑物安全运行要求进行定期检查, 或根据监测设施或设备使用要求进行定期检查。</p>			

中华人民共和国国家标准

土石坝安全监测技术规范

编制说明

国家能源局大坝安全监察中心

水利部小浪底水利枢纽管理中心

中国电建昆明勘测设计研究院有限公司

黄河勘测规划设计研究院有限公司

中国水利水电第八工程局有限公司

国网新源集团有限公司

杭州国家水电站大坝安全和应急工程技术中心
有限公司

水利部大坝安全管理中心

中国电建华东勘测设计研究院有限公司

长江勘测规划设计研究有限责任公司

中国葛洲坝集团勘测设计有限公司

南京南瑞水利水电科技有限公司

国能大渡河流域水电开发有限公司

2024年4月

目 录

1	工作简况.....	1
2	专题研究及主要内容.....	2
3	重要内容的解释说明.....	3
4	与国际、国内相关标准水平的对比.....	4
5	采标及引用或采用国际国外标准情况.....	4
6	与现行法律、法规、政策及相关标准的协调性.....	4
7	重大分歧意见的处理经过和依据.....	5
8	涉及专利的有关说明.....	5
9	贯彻标准的要求和措施建议.....	5
10	代替或废止现行标准的建议.....	5
11	标准实施后的经济效益和社会效益.....	5
12	其他应予说明的事项.....	5

1 工作简况

1.1 任务来源

本标准编制的立项依据是《国家标准化管理委员会下达 2021 年第四批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》(国标委发〔2021〕41 号),起草程序依据是《国家标准管理办法》,标准内容格式依据是 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分:标准化文件的结构和起草规则》,相关技术内容的依据是水利、电力行业工程实践经验及相关技术发展成果等。

1.2 制订目的和原则

为规范土石坝安全监测设计、施工、运行管理,在全国范围内为水利、能源(电力)、建设、交通、农业等行业提供统一的基础通用技术要求,引领各相关行业提升土石坝的安全监测水平,进一步加强土石坝安全风险管控,保障下游人民的生命财产安全、生态安全、经济安全、社会安全、国家安全,特制订本标准。

本标准制订的原则是在广泛收集资料、深入开展调研的基础上,综合水利、能源(电力)等行业成熟、先进的大坝安全监测技术和成功经验,宏观、全面、系统地提出监测设计、施工、运行等各领域工作的框架性技术规定,同时注意与已颁布的相关行业标准相协调,做到实用性与先进性兼顾,大坝建设(新建或改扩建)与运行兼顾,技术可行性与经济合理性并重,对全国所有大、中、小型土石坝的安全监测工作起到有效的规范作用。

1.3 制订过程

本标准由国家能源局大坝安全监察中心主编,参编单位分别为水利部大坝安全管理中心、水利部小浪底水利枢纽管理中心、中国电建华东勘测设计研究院有限公司、中国电建昆明勘测设计研究院有限公司、长江勘测规划设计研究有限责任公司、黄河勘测规划设计研究院有限公司、中国葛洲坝集团勘测设计有限公司、中国水利水电第八工程局有限公司、南京南瑞水利水电科技有限公司、国网新源集团有限公司、国能大渡河流域水电开发有限公司、杭州国家水电站大坝安全和应急工程技术中心有限公司。

2021 年 12 月 31 日国家标准化管理委员会下达了 2021 年第四批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划(国标委发〔2021〕41 号),国家能源局大坝安全监察中心随即着手起草工作组的组建和起草工作,具体如下:

（一）准备阶段（2022年1月~3月）

1. 组建起草工作组，拟定标准编制工作大纲。工作大纲包括国家标准的主要章节内容及起草组成员分工、工作进度计划、需要调查研究的主要问题等内容。

2. 2022年3月25日召开起草工作组第一次工作会议，会议在杭州以线下+线上相结合的方式召开；会议议程包括宣布起草工作组成员，学习国家标准管理的有关文件，讨论通过工作大纲，确定各调研专题题目及分工和进度计划要求，形成会议纪要。

（二）起草阶段（2022年3月~2024年4月）

1. 2022年3月，起草工作组向国内典型土石坝的运行或主管单位发放调研问卷，准备编制6个调研专题报告；根据标准编制工作大纲，同步着手起草标准初稿及编制说明。

2. 2023年3月20日，召开标准各章节负责单位内部讨论视频会，对标准初稿进行讨论，提出修改完善意见。

3. 2023年7月31日，召开标准内部讨论视频会，对标准修改稿中各章节对总则的响应性以及各章节之间的详略匹配进行讨论。

4. 2023年11月6日—10日在杭州召开编制组第二次会议，对提交的6个调研专题报告送审稿进行审查，并对标准初稿进行整体讨论，提出修改完善意见。

5. 2024年3月，完成编制组第二次会议后标准各章节修改内容的汇总工作，形成标准征求意见稿。

2 专题研究及主要内容

2.1 专题研究

（1）《电力行业与水利行业土石坝安全监测技术规范对比报告》

（2）《土石坝监测项目设置、测点布置和运行情况调研报告》

子题 1：调研渗流量监测设施设计及运行情。

子题 2：调研防渗体监测布置及运行情况

（3）《土石坝外部变形监测方法及精度调研报告》

（4）《土石坝内部变形观测施工及运行情况调研报告》

（5）《土石坝安全监测新技术应用情况调研报告》

（6）《抽水蓄能电站大坝安全监测情况调研报告》

2.2 标准主要内容

本文件规定了土石坝安全监测系统设计、安装调试与验收、运行维护等技术要求，适用于土石坝坝体、坝基、坝肩、泄水消能建筑物、近坝库岸和枢纽区边坡，以及与土石坝安全有直接关系的其他建筑物和设施的安全监测。

按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求编写，主要内容共7章和4个附录，包括：

- 1 范围
- 2 规范性引用文件
- 3 术语和定义
- 4 总体要求
- 5 监测系统设计
- 6 监测系统安装调试与验收
- 7 监测系统运行维护

附录 A 监测物理量正负号及单位规定

附录 B 监测项目分类和选择

附录 C 项目测次

附录 D 监测系统维护内容及频次

3 重要内容的解释说明

(1) 本标准所述的土石坝应为广义的挡水建筑物，包括适用于土石坝、泄水消能建筑物、近坝库岸和枢纽区边坡，以及与土石坝安全有直接关系的其他建筑物和设施的安全监测。

(2) 本标准从监控大坝安全风险角度出发，结合大坝的结构特性和安全薄弱环节，提出了大坝建设与运行全生命周期安全监控的理念，章节编排按照行业实际工作阶段安排为监测系统设计、监测系统安装调试与验收、监测系统运行维护，分层次对大坝安全监测工作提出技术要求，其中：

① 监测设计的工作内容包括监测系统项目设置、观测频次、监测断面及测点布置、监测仪器选型等要求；

② 监测施工的安装调试包括：监测仪器设备的采购、运输、检验、保管、安装调试前准备、安装调试、初期观测与安装调试资料整编、验收等；

③ 监测运行的工作内容包括：观测、监测资料整编和分析、监测系统检查维护等。

(3) 本标准基于大坝建设与运行的全生命周期安全监控理念，对土石坝安全监测项目的划分从“必设”、“选设”的常规分类方式调整为“永久监测”、“长期监测”和“根据需要监测”三类，旨在引导行业规范仪器的制造安装和监测项目的运行维护。

4 与国际、国内相关标准水平的对比

国外：①美国陆军工程师团(USACE) 1995 年发布的《土石坝和堤防工程监测》(Instrumentation of Embankment Dams and Levees)；②美国土木工程师学会(ASCE) 2000 年发布的《大坝监测和测量导则》(Guidelines for Instrumentation and Measurements for Monitoring Dam Performance)；③国际大坝委员会(ICOLD) 2000 年发布的 118 号公报《大坝监测自动化系统指南及案例》(Automated Dam Monitoring Systems - Guidelines and Case Histories)；④英国土木工程师协会(ICE) 2012 年发布的《岩土工程手册》(Institution of Civil Engineers)。

国内：水利行业标准《土石坝安全监测技术规范》(SL 551-2012) 和电力行业标准《土石坝安全监测技术规范》(DL/T 5259-2010)。上述两部标准分别结合各自行业特点，规定了相关技术要求，但建设、交通、农业等行业尚无相关规范。另外，在混凝土坝的安全监测方面有国家标准《混凝土坝安全监测技术标准》(GB/T 51416-2020) 和《大坝安全监测系统验收规范》(GB/T 22385-2008)。

5 采标及引用或采用国际国外标准情况

本标准未采标或引用或采用国际国外标准。

6 与现行法律、法规、政策及相关标准的协调性

本标准的内容与现行国家有关法律法规、强制性标准是协调一致的。

法律法规方面：我国电力行业、水利行业已构建了较为完善的大坝安全运行管理法规体系和技术标准体系，以规范各方的行为，调整各方利益关系。比如，法规方面，有《中华人民共和国防洪法》《中华人民共和国防汛条例》《水库大坝安全管理条例》《水电站大坝运行安全管理规定》等，较好地解答了大坝安全“谁来做”“做什么”等制度性的管理问题。

技术标准方面：涉及的强制性国家标准主要是《防洪标准》(GB 50201) 中大坝级别的划分；涉及的推荐性国家标准主要是 GB/T 12897《国家一、二等水准测量规范》、GB/T

17942《国家三角测量规范》、GB/T 18314《全球定位系统（GPS）测量规范》、GB/T 22385《大坝安全监测系统验收规范》、GB/T 35226《地面气象观测规范 空气温度和湿度》、GB/T 50138《水位观测标准》、GB/T 51416《混凝土坝安全监测技术标准》等中相关技术条款，是协调一致的。

7 重大分歧意见的处理经过和依据

无

8 涉及专利的有关说明

本标准未涉及相关专利。

9 贯彻标准的要求和措施建议

本标准作为推荐性工程建设国家标准，发布后建议在水利、电力全行业内宣贯和培训。

10 代替或废止现行标准的建议

无

11 标准实施后的经济效益和社会效益

本标准颁布实施后，将为水利、能源（电力）、建设、交通、农业等行业从事土石坝安全监测设计、施工、管理领域工作的单位和从业人员提供统一标准和依据，对助力水库水电站大坝高质量建设和确保大坝的安全运行有着重要的指导意义。

12 其他应予说明的事项

无