

## 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发 2014 年工程建设标准规范制订修订计划的通知》(建标〔2013〕169 号)的要求,标准编制组经广泛的调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制本标准。

本标准的主要技术内容是:总则、术语、基本规定、监测设计、监测施工、监测运行等。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由中国电力企业联合会负责日常管理,由国家能源局大坝安全监察中心负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送国家能源局大坝安全监察中心(地址:浙江省杭州市高教路 201 号,邮编:311122)。

本标准主编单位:国家能源局大坝安全监察中心

本标准参编单位:中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

中国三峡建设管理有限公司

中国葛洲坝集团勘测设计有限公司

中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司

雅砻江流域水电开发有限公司

华能澜沧江水电股份有限公司

黄河勘测规划设计有限公司

国网电力科学研究院有限公司

长江勘测规划设计研究有限责任公司

中国大唐集团公司

青海黄河上游水电开发有限责任公司

中国水利水电科学研究院

中国水利水电第八工程局有限公司

本标准主要起草人员:张秀丽 於三大 王玉洁 赵花城  
赵志勇 谭恺炎 任大春 冯永祥  
王 跃 傅春江 郑晓红 刘贝贝  
张礼兵 权录年 姚红兵 胡迪忠  
胡晓云 余宗翔 王朝晴 李长和  
王新寿 卢正超 邓检华 李桃凡  
尹光景

本标准主要审查人员:汪 毅 刘观标 蔡跃波 谢霄易  
沈海尧 王士军 吴时强 袁培进  
李端有 徐建强 陈绪高 王永晖  
文富勇 李运良 王进攻 濮久武  
钟 平 宫玉强 沈省三

# 目 次

1	总 则	( 1 )
2	术 语	( 2 )
3	基本规定	( 4 )
4	监测设计	( 6 )
4.1	一般规定	( 6 )
4.2	监测设计要求	( 6 )
4.3	监测项目选择及布置	( 8 )
4.4	监测自动化系统设计	( 14 )
4.5	巡视检查	( 15 )
5	监测施工	( 16 )
5.1	一般规定	( 16 )
5.2	施工准备	( 16 )
5.3	安装埋设	( 17 )
5.4	初期观测与施工资料整编	( 19 )
6	监测运行	( 21 )
6.1	一般规定	( 21 )
6.2	观测	( 21 )
6.3	监测资料综合分析	( 23 )
6.4	安全监控	( 23 )
6.5	监测系统维护	( 24 )
	附录 A 监测项目与测次	( 26 )
	附录 B 监测资料综合分析要求	( 30 )
	本标准用词说明	( 36 )
	引用标准名录	( 37 )

# Contents

1	General provisions	( 1 )
2	Terms	( 2 )
3	Basic provisions	( 4 )
4	Monitoring design	( 6 )
4.1	General requirements	( 6 )
4.2	Monitoring design requirements	( 6 )
4.3	Selection and layout of monitoring items	( 8 )
4.4	Automation considerations	( 14 )
4.5	Inspection	( 15 )
5	Monitoring implementation	( 16 )
5.1	General requirements	( 16 )
5.2	Preparation	( 16 )
5.3	Installation and embedment	( 17 )
5.4	Initial observation and compilation of implementation information	( 19 )
6	Monitoring operation	( 21 )
6.1	General requirements	( 21 )
6.2	Observation	( 21 )
6.3	Comprehensive analysis of monitoring information	( 23 )
6.4	Supervisory control of dam safety	( 23 )
6.5	Monitoring system maintenance	( 24 )
Appendix A	Selecion of monitoring items and observation frequency	( 26 )
Appendix B	Requirements for comprehensive analysis report	( 30 )

Explanation of wording in this standard ..... ( 36 )  
List of quoted standards ..... ( 37 )

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范混凝土坝安全监测设计、施工和运行,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于1级、2级、3级混凝土坝的安全监测。混凝土坝建筑物级别划分应按现行国家标准《防洪标准》GB 50201执行。

**1.0.3** 混凝土坝安全监测范围应包括坝体、坝基、坝肩、近坝库岸和枢纽区边坡,以及与混凝土坝安全有直接关系的其他建筑物和设施。

**1.0.4** 混凝土坝安全监测工作应贯穿于混凝土坝设计、施工、运行全生命周期各个阶段,分阶段完成目标,坚持监测系统运行维护与建设并重,巡视检查与仪器观测并重,分析评价与获取成果并重,风险预警与分析反馈并重。

**1.0.5** 混凝土坝的监测工作除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 观测 observation

采用各种仪器设备或人工完成一次数据采集、记录的活动。

### 2.0.2 监测 monitoring

在混凝土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。

### 2.0.3 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,提示建筑物安全风险的工作。

### 2.0.4 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订提供支持,避免产生严重后果。

### 2.0.5 在线监控 online supervisory control

利用互联网、信息化、智能化等先进技术手段,实现实时安全监控的工作。

### 2.0.6 巡视检查 inspection

凭借感官及必要的工器具对混凝土坝进行检查、记录的工作。

### 2.0.7 设计警戒值 design threshold

基于设计计算成果和类似工程经验确定的混凝土坝正常状态下的监测物理量及其变化速率的限值。

### 2.0.8 监控指标 monitoring indices

基于结构设计计算分析或监测资料综合分析成果确定的监测物理量及其变化速率的限值。

**2.0.9 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。

**2.0.10 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。

**2.0.11 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。

**2.0.12 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。

**2.0.13 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。

**2.0.14 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。

**2.0.15 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。

**2.0.16 近坝库岸** near-dam slopes

水库区域内其失稳将直接影响混凝土坝安全的库岸边坡。

**2.0.17 枢纽区边坡** slope in project area

临近混凝土坝和附属建筑物,其失稳将直接影响混凝土坝安全的边坡。



## 3 基本规定

**3.0.1** 混凝土坝全生命周期的全过程管理应设置专责人员。从事监测设计、施工、运行的人员,应准确把握混凝土坝安全关键部位及其监测项目,确保监测项目有效实施和运行。

**3.0.2** 对于高坝大库或结构特别复杂且安全风险高的混凝土坝宜建立大坝安全在线监控系统,发现异常现象应及时分析、反馈预警。

**3.0.3** 混凝土坝安全监测应设巡视检查项目。对于坝高 15m 以下或结构简单且安全风险低的混凝土坝可简化或不设仪器观测项目;其他混凝土坝原则上应设仪器观测项目,不设仪器观测项目应经专题论证和安全风险评估。

**3.0.4** 混凝土坝的安全监测项目及其观测频次应实行动态管理:

1 基于大坝建设与运行的全生命周期安全监控理念,混凝土坝安全监测项目按运行寿命分为永久监测项目、长期监测项目和短期监测项目三类。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以封存停测。

2 当发现新的坝体危害性裂缝、沉降、坝段错动、坝基和坝肩渗漏新增出水点,以及近坝库岸、枢纽区边坡拉裂缝等缺陷和隐患时,应增加监测项目。

3 当发生有感地震、特大暴雨、台风、库水位骤变以及混凝土坝工作性态异常时,应增加观测频次,必要时应增加监测项目。

**3.0.5** 监测设施的安装埋设应位置准确、时机适宜,保证各项技术性能正常。

**3.0.6** 监测运行应符合下列规定:

1 相关区域监测项目应同步观测,巡视检查与仪器观测成果相互印证,做到监测资料连续,记录真实,注记齐全,整理分析及时;发现测值异常应立即复测并分析原因。

2 监测资料管理应建立信息管理系统,及时完成监测资料的入库、整编、分析、应用,及时监控大坝的运行性态。

3 监测设施应定期进行检查、维护和鉴定,对存在的缺陷和问题,应及时分析处理。

### 3.0.7 监测物理量正负号应符合下列规定:

1 水平位移:混凝土坝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。

2 垂直位移:下沉为正,上抬为负。

3 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。

4 接缝和裂缝开合度:张开为正,闭合为负。

5 岩体轴向变形:拉伸为正,压缩为负。

6 应力应变:拉为正,压为负。

7 渗透压力:压为正。

8 界面压应力:压为正。

3.0.8 监测物理量的单位,对水压强值和应力值宜为 MPa,位移值宜为 mm,渗流量值宜为 L/s,泄流量值宜为  $\text{m}^3/\text{s}$ ,高程和平面坐标值宜为 m,温度值宜为  $^{\circ}\text{C}$ ,锚索锚固力值宜为 kN。

3.0.9 监测精度应根据监测物理量的预估值确定。

## 4 监测设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 监测设计应进行总体规划,监测项目设置和测点布置应考虑建设期和运行期有机结合,技术可行,经济合理,施工方便,便于运行维护。

**4.1.2** 监测仪器布置应考虑工程规模、混凝土坝级别、结构特点、工程地质、水文地质、环境要素、工程建设、运行阶段及工程运用等因素,并与结构计算和模型试验成果相结合;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;监测仪器及电缆布置不应影响结构安全。巡视检查范围和内容应根据工程特点确定。混凝土坝安全监测项目分类和选择见本标准附录 A.1。

**4.1.3** 监测仪器设备的性能指标应满足工程监测要求,且稳定可靠、实用耐久、经济合理,便于实现自动化监测。

**4.1.4** 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,自动化系统应定期进行人工比测。

**4.1.5** 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,应布置短期监测项目,并与相应监测项目的测值建立关联。

**4.1.6** 混凝土坝坝基扬压力监测孔不应与排水孔互相替用。

**4.1.7** 监测设计应布置人工巡视检查与仪器观测所需的通道。

### 4.2 监测设计要求

**4.2.1** 监测设计应依据下列基本资料:

- 1 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。

2 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。

3 坝体混凝土材料物理力学参数、坝基岩土物理力学参数。

4 建筑物设计与施工方案。

5 同类型建筑物监测资料及发生安全事故案例等资料。

6 监测仪器原理、技术性能指标。

7 其他相关资料。

4.2.2 监测总体规划应包括监测项目的选择、永久和长期监测项目划分、监测资料分析反馈及安全评价要求、安全监测信息化管理要求、监测仪器设备数量、投资估算等。

4.2.3 监测设计专题报告应包括监测系统布置、重点监测部位与项目、各监测项目运行时段、监测仪器设备选型、监测施工与观测要求、巡视检查内容与要求、监测资料分析要求、人工观测通道设计、监测自动化系统设计、需研究的监测技术问题、投资概算等。

4.2.4 监测设计施工详图应包括测点布置、测站布置、人工观测通道布置、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、数据采集、监测信息化及安全监控系统功能,自动化设备工程量及技术指标等。

4.2.5 监测施工及观测技术要求应包括监测仪器设备检验、监测设施安装完成时间节点、安装埋设方法、电缆走线及连接、监测设施保护、观测方法、观测频次、初始值及基准值选取、施工期转序到运行期的安全监测工作衔接、监测信息化管理、监测资料整理整编及综合分析等要求。

4.2.6 监测工程竣工设计报告应包括监测布置、永久与长期和短期监测项目划分、重点监测部位与项目、施工期设计变更、监测自动化系统设计、监测仪器及自动化设备工程量及技术指标、巡视检查范围和內容、观测频次、运行初期监测资料分析结论等,并对安

全监测系统是否满足竣工验收要求作出评价。

**4.2.7** 监测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、封存报废条件、监测资料整理整编及综合分析要求、设计警戒值,监测系统修复、增设及更新改造要求。

### **4.3 监测项目选择及布置**

**4.3.1** 环境量监测布置应符合下列规定:

1 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。

2 枢纽区应布置上、下游水位测点,坝后无水时宜在坝趾布置地下水水位监测孔代替下游水位测点。

3 枢纽区宜布置气温和降水量监测点,测点应设置在坝址区开阔地带。

4 高坝宜布置库水温监测点,下游水深较深的高拱坝宜布置下游水温监测点。

5 库区可能出现阶段性结冰期的宜设置冰压力监测项目,并应同步监测气温与冰厚。

6 泥沙对建筑物运行影响较大的工程宜设置坝前淤积监测项目,坝下游冲淤可能影响建筑物稳定和机组出力的宜设置下游冲淤监测项目。

**4.3.2** 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。

**4.3.3** 变形监测工作基点布置应符合下列规定:

1 准直法、交会法、GNSS法和精密水准法等变形观测方法应布置工作基点,位置应选择在相对稳定的地方。

2 水平位移工作基点的位移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,垂直位移工作基点的位移可采用垂直位移监测控制网或双金属标等方法校测。

#### 4.3.4 重力坝变形监测布置应符合下列规定：

1 纵向监测断面宜沿坝轴线方向布置，高坝沿高程方向宜设在坝顶、坝基和坝体中间高程，低坝可仅设在坝顶。横向监测断面宜垂直于坝轴线方向布置，应选择地质条件或坝体结构复杂的坝段、最高坝段和其他有代表性的坝段。

2 高坝的水平位移监测宜设置纵向和横向监测断面，低坝的水平位移监测可仅设置坝顶纵向监测断面，宜从垂线法、引张线法、真空激光准直法、视准线法、交会法等监测方法中选用。

3 垂直位移测点监测宜与水平位移测点结合布置，宜从精密水准法、静力水准法或真空激光准直法等监测方法中选用。

4 倾斜监测宜沿横向监测断面布置。高坝宜在基础廊道和坝顶布置测点，必要时可在坝体中间高程的廊道布置测点，低坝可仅在坝顶布置测点，宜采用精密水准法或静力水准法等监测。

5 高坝的坝踵及坝趾部位或坝基岸坡较陡或地质条件复杂的建基面应设置接缝变形监测，岸坡较陡的坝段宜同时布置侧向稳定测点。

6 重力坝设有横缝、纵缝、诱导缝的可在缝面布置接缝变形测点。

7 高坝的坝踵及坝趾部位或坝基地质条件复杂时宜布置坝基深部位移测点。

#### 4.3.5 重力坝渗流监测布置应符合下列规定：

1 坝基扬压力监测应设置纵向和横向监测断面，扬压力横向监测断面宜与变形横向监测断面一致，在谷岸台地、灌浆帷幕转折等坝段应增加横向监测断面。

2 上游帷幕后、下游帷幕前的各排水幕线上应布置坝基扬压力测点，其他部位根据需要布置。

3 坝基存在多层承压水、薄弱地质结构或为软基、深覆盖层等情形时，宜布置深层渗透压力测点。

4 高碾压混凝土重力坝宜在坝体混凝土层间设置渗透压力

测点。

5 绕坝渗流监测应在两岸帷幕后沿流线方向设置监测断面和测点,具有岸坡灌浆平硐的,其端部应布置渗压测点。

6 渗流量监测应结合排水和集水设施分区布置测点,必要时可对单个排水孔、渗水点单独监测。

7 水质分析宜在坝基排水孔、绕坝渗流孔、坝基坝肩渗水点等部位采样,应同时做库水、下游河道及山体地下水水质对比分析。

**4.3.6 重力坝应力应变监测布置应符合下列规定:**

1 高坝应设置应力应变监测项目,低坝可根据需要设置。坝体应力应变监测断面宜与变形横向监测断面一致。

2 坝体应力应变监测应根据坝体应力计算成果布置,同一高程沿上下游方向不宜少于 2 个测点。宜采用平面应变计组,主应力方向明确的部位可布置单向或两向应变计,每组应变计组旁 1.0m~1.5m 处应布置无应力计。

3 高坝应设置坝基应力应变监测项目,测点宜布置在坝踵和坝趾部位。

4 坝基进行置换处理的宜在置换体与基础及置换体与坝体的接触面上设置应力应变监测项目。

5 坝基采用锚杆、预应力锚索等加固措施的宜设置锚杆应力和锚索荷载监测项目。

6 坝体内闸墩、坝体孔口、预应力大梁等部位应设置钢筋应力和锚索荷载监测项目。

**4.3.7 拱坝变形监测布置应符合下列规定:**

1 拱向监测断面宜沿拱坝轴线方向布置,沿高程方向宜设在坝顶和拱向推力较高的高程。梁向监测断面垂直于拱坝轴线方向布置,应选择拱冠梁坝段、左右 1/4 拱坝段、地质条件或坝体结构复杂坝段以及其他有代表性的坝段。

2 高坝的水平位移监测应设置坝体梁向和拱向监测断面及

两岸拱座部位,低坝的水平位移监测宜设置坝体梁向监测断面及两岸拱座部位,宜采用垂线法或交会法监测。

3 垂直位移监测宜与水平位移测点结合布置。高坝宜在基础廊道和坝顶布置测点,具备条件时还宜在坝体倒悬部位附近廊道布置测点,低坝可仅在坝顶布置测点,宜采用精密水准法或静力水准法监测。

4 倾斜监测宜沿梁向监测断面布置,宜在基础廊道和坝顶布置测点,具备条件的高坝还宜在坝体倒悬部位附近廊道布置测点,宜采用静力水准法或精密水准法等监测。

5 坝体横缝每个灌区中部应布置测缝计监测横缝灌浆前后的变形,梁向监测坝段的横缝距上、下游坝面 2m~3m 处宜布置测缝计监测横缝灌浆后坝体的整体性。

6 高坝的坝踵及坝趾部位或地质条件复杂的建基面应布置接缝变形测点。

7 拱坝设有诱导缝、周边缝的宜在缝面布置接缝变形测点。

8 高拱坝应设置坝体弦长变形监测项目,测点宜布置在坝顶、拱向推力较大高程的两拱端坝体部位,宜采用测距法监测。

9 高坝的坝踵及坝趾部位或坝基地质条件复杂时应布置坝基深部位移监测点。坝基岩体应力较高部位宜布置卸荷变形测点。

10 拱座地形单薄或孤峰突出或有地质缺陷的应在拱向推力较大部位布置深部位移监测点。

11 高拱坝枢纽区岸坡卸荷发育的宜设置谷幅变形监测项目,测点宜布置在两岸同高程坝肩岩体上。

**4.3.8 拱坝渗流监测布置**除应符合第 4.3.5 条第 4 款~第 7 款外,还应符合下列规定:

1 坝基扬压力监测宜设置拱向和梁向监测断面,梁向扬压力监测断面宜与梁向变形监测断面一致,薄拱坝可不设置梁向扬压力监测断面。



2 上游帷幕后、下游帷幕前的各排水幕线上应布置坝基扬压力测点,其他部位根据需要设置。

**4.3.9** 拱坝应力应变监测布置除应符合第 4.3.6 条第 4 款~第 6 款外,还应符合下列规定:

1 坝体应力应变监测应设置拱向和梁向监测断面构成拱梁监测体系,宜与变形梁向和拱向监测断面一致。

2 坝体应力应变监测应根据坝体应力计算成果布置,梁向监测断面的测点应结合拱向监测断面所在高程布置,每个拱向监测断面应在两拱端坝体内布置测点。

3 坝体应力应变监测宜采用空间应变计组,应变计组的主平面宜分别平行于拱梁截面。厚拱坝或重力拱坝梁向监测断面的同一高程沿上、下游方向宜布置 3 个~5 个测点,薄拱坝梁向监测断面的同一高程宜在上、下游坝面附近各布置 1 个测点。每组应变计组旁 1.0m~1.5m 处应布置 1 支无应力计。

**4.3.10** 坝体、坝基温度监测布置应符合下列规定:

1 坝体温度监测断面宜与坝体应力应变监测断面一致,可根据温控措施增设温度监测断面。

2 坝体温度测点宜结合温度场的分布按网格状布置,在温度梯度较大的坝面或孔口附近宜适当加密,布置有能兼测温度的其他仪器处可不再布置温度计。

3 高拱坝宜在距下游坝面混凝土 10m 范围内布置导温系数测点,测点间距宜由外至内由密至疏。南北向河谷的拱坝宜在两岸坝体表面布置温度测点。

4 高坝宜设置坝基温度监测,测点宜布置在坝体温度监测断面的坝基钻孔内,最深测点应在坝体混凝土温度影响范围外。

**4.3.11** 封堵体与洞壁接缝、封堵体分缝处应布置接缝变形及渗透压力测点,布置有温控措施的封堵体宜设置温度监测。

**4.3.12** 消能建筑物渗流监测布置应符合下列规定:

1 二道坝宜设置坝基扬压力纵向监测断面,测点宜布置在排

水幕线上。水垫塘宜在底板基础廊道顺河流向布置 1 个~3 个扬压力监测断面,每个监测断面的测点不宜少于 2 个。

2 二道坝和水垫塘底板宜分区布置渗流量测点。

**4.3.13 枢纽区边坡及近坝库岸变形监测布置应符合下列规定:**

1 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探、稳定性分析成果沿主滑方向布置,每个主监测断面不宜少于 3 个变形测点。

2 表面水平位移测点宜与垂直位移测点结合布置。水平位移宜采用交会法监测;垂直位移宜采用精密水准法监测,满足精度要求时也可采用三角高程法监测。具备条件时可采用 GNSS 法监测水平位移和垂直位移。

3 深部变形测点宜与地下水位及表面变形测点结合布置。

4 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。

5 边坡采用抗滑桩、挡墙等抗滑支护结构的,可在顶部布置表面变形监测点,在内部或靠山体侧布置内部变形测点。

**4.3.14 枢纽区边坡及近坝库岸渗流监测布置应符合下列规定:**

1 水文地质条件复杂或稳定性对地下水敏感且对混凝土坝安全有较大影响的滑坡体或高边坡,宜设置地下水位监测项目。

2 边坡表面较近部位布置有压泄洪洞、引水洞的宜设置内外渗监测项目。

3 边坡布置有排水洞的宜分区设置渗流量监测项目。

**4.3.15 枢纽区边坡及近坝库岸支护结构受力监测布置应符合下列规定:**

1 预应力锚索(杆)应设置锚索(杆)锚固荷载监测项目,监测锚索应采用无黏结预应力锚索。

2 设置非预应力长锚杆的可设置锚杆应力监测项目。

3 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。

4.3.16 强震动、水力学专项监测应根据工程特点,综合分析论证后设置相应的专项监测项目。

#### 4.4 监测自动化系统设计

4.4.1 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。

4.4.2 监测自动化系统设计应包括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。

4.4.3 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,宜合并设置。

4.4.4 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。

4.4.5 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)。

4.4.6 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  $10\Omega$ ,监测管理站和监测管理中心站接地电阻不应大于  $4\Omega$ 。

4.4.7 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。

**4.4.8** 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等功能。

**4.4.9** 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。

**4.4.10** 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。

## 4.5 巡视检查

**4.5.1** 巡视检查范围应包括混凝土坝及永久堵头等挡水建筑物、泄水及消能建筑物、近坝库岸、枢纽区边坡、闸门及启闭机、安全监测设施等。

**4.5.2** 巡视检查应贯穿混凝土坝全生命周期,设计应提出不同阶段的检查部位、内容要求和记录格式。

**4.5.3** 巡视检查频次应符合下列规定:

1 日常检查:施工期 1 次/周,首次蓄水期 1 次/天~1 次/2 天,运行期 1 次/月~2 次/月(枯水期)或 2 次/月~4 次/月(汛期)。

2 年度详查:汛前、汛后各 1 次。

3 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混凝土坝安全运用情况时,应进行巡视检查。

## 5 监测施工

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 监测施工包括监测仪器设备的施工准备、安装埋设、初期观测与施工资料整编。主体工程施工应为监测设施安装、埋设和观测提供必要的时间和空间,监测设施安装埋设应紧跟主体工程进度,并做好仪器设备的保护。

**5.1.2** 监测系统施工人员应了解监测相关建筑物结构、地形及地质条件、工程施工规划,熟悉安全监测设计文件。

**5.1.3** 监测施工不得影响建筑物结构与防渗安全,施工过程应采取保护措施保护人员与设备安全。

### 5.2 施工准备

**5.2.1** 监测系统施工前应编制满足设计文件及现场施工环境要求的施工组织设计,应包含以下内容:

- 1 监测仪器设备的选型、性能指标及采购计划。
- 2 监测仪器设备的检验方案与检验计划。
- 3 监测仪器设备的安装埋设方法及保护措施。
- 4 观测方法、频次和监测数据采集设备使用、维护方法及要求。
- 5 施工程序与进度计划。
- 6 组织机构、现场工作场所布置及主要设备配置。
- 7 安全、质量、环保与文明施工措施。

**5.2.2** 监测仪器设备采购应考虑供货能力与质量保证,其性能指标应满足设计要求。

**5.2.3** 监测仪器设备现场运输应采取防颠震措施,储藏环境应满

足正常工作条件要求。

**5.2.4** 监测仪器设备到货后应进行开箱验收并保存记录与资料，验收应符合下列规定：

1 合格证、出厂检验报告、技术说明书或使用手册及配件齐全。

2 外观检查满足产品标准和说明书的规定。

3 仪器读数正常、稳定。

4 绝缘电阻满足相应标准要求。

**5.2.5** 监测仪器设备安装埋设前应经检验合格后方可使用，检验宜在工地进行。

**5.2.6** 安装埋设前应提前核查监测仪器设备及其保护装置，准备相应的施工机械、工器具和材料，必要时应进行预安装。

### 5.3 安装埋设

**5.3.1** 监测系统应根据现场主体工程施工进度与施工环境变化及时进行施工，并及时读取初测值和初始值。具体要求如下：

1 变形监测控制网应尽早建成投入使用，并在首次蓄水前取得初始值。

2 布置在坝基、边坡等部位的监测仪器应随岩体开挖、支护等施工进度及时安装埋设。

3 布置在混凝土内部的监测仪器应随混凝土浇筑进度进行安装埋设。

4 布置在混凝土坝廊道或坝顶表面的监测仪器设备应在具备安装埋设条件后及时完成。

5 两岸绕坝渗流监测设施应在蓄水前完成施工并投入使用。

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

**5.3.2** 观测通道、安全防护与保护设施等宜与监测仪器设备安装埋设同步建设。

**5.3.3** 混凝土中监测仪器埋设宜采用与混凝土浇筑同步埋设法。对于碾压混凝土中的仪器安装埋设可采用预留坑槽、挖坑槽等后埋法。

**5.3.4** 监测设施安装埋设位置与方向应满足设计要求。

**5.3.5** 现场安装埋设前应测读监测仪器自由状态数据并记录；安装过程应随时测读和监控仪器的状态是否正常，并检查仪器位置及方向正确，发现问题应及时处理或更换仪器，重要的隐蔽工程应保留安装埋设时的影像资料；安装、埋设后应测读仪器的初测值，并进行记录。

**5.3.6** 监测设施安装过程应设置安全标识，并派人观察交叉作业情况与周围存在的安全隐患，保护人员与监测仪器设备安全。

**5.3.7** 监测钻孔应根据设计要求取芯或做孔内电视摄像，应做岩芯描述。钻孔回填灌浆压力应根据结构与监测设施承受能力确定，回填应密实。

**5.3.8** 监测线缆敷设应符合下列规定：

1 线缆线路应按设计要求和现场施工情况进行规划，宜做到“横平竖直”。

2 线缆应防止遭受机械性外力、高温、腐蚀及接触尖角锋利物品等破坏，应做好牵引线路标志和记录。

3 线缆跨缝时应采取措施使线缆有伸缩的余地。

4 线缆垂直敷设时应避免线缆承受过大拉力。

5 建筑物内部表面线缆敷设宜采用桥架、线槽或保护管。外部线缆敷设应采用钢管保护或挖槽回填保护，严禁裸线牵引。

6 对有抗干扰要求的线缆线路，不得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。

**5.3.9** 监测线缆连接应符合工艺要求，连接前后应记录监测仪器测读数据，同时记录接长线缆的长度。

**5.3.10** 监测设施安装埋设后应复核安装埋设位置并设立醒目标识，必要时采取保护措施。

**5.3.11** 监测设施安装埋设区域内的钻孔与灌浆施工应通过监测系统施工单位复核和会签,钻孔应与监测仪器和电缆保留安全距离。

**5.3.12** 监测设施安装埋设后应及时绘制安装埋设及有关线缆走线图,并填写基本资料表。具体要求如下:

1 埋设竣工图应详细标明监测仪器设备安装埋设位置、方向、结构尺寸、设计编号,以及线缆的走线。必要时应绘制安装埋设大样图。

2 基本资料表应记录安装埋设时间、部位、气温、气象、监测人员姓名,安装埋设方法与过程及其他需要说明的事项。埋设在混凝土内部的监测仪器宜同时记录混凝土等级、级配、入仓温度。

#### **5.4 初期观测与施工资料整编**

**5.4.1** 监测仪器设备安装埋设应及时进行观测,观测频次应符合下列规定:

1 混凝土应变计、无应力计、温度计埋设后的第1天: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7天~第14天:1次/24小时;之后按本标准附录A.2中的测次要求进行观测。

2 测缝计、裂缝计、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7天~第14天:1次/24小时;之后按本标准附录A.2中的测次要求进行观测。

3 锚索测力计与预应力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A.2中的测次要求进行观测。

4 其他监测仪器设备安装埋设正常工作测得初始值后,按本标准附录A.2中的测次要求进行观测。

**5.4.2** 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。

**5.4.3** 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。

**5.4.4** 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、归档保存以下资料:

1 仪器开箱验收资料,包括仪器设备合格证、出厂检验报告、验收记录等资料。

2 仪器与电缆检验资料,包括原始检验记录与检验报告。

3 仪器电缆连接记录表,包括仪器出厂编号、接长电缆型号及长度、连接前后的仪器读数及电缆芯线电阻、连接时间及人员等信息。

4 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。

5 安装埋设资料,包括安装埋设竣工图、基本资料表、安装埋设时的影像资料。

6 监测施工质量评定表与验收表。

7 初期观测原始记录。

8 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。

9 设计图纸、设计技术要求、设计变更通知、监理指令。

## 6 监测运行

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 监测设施安装完毕,完成初期观测,并取得初始值后,应开展进入监测运行阶段的相关工作。
- 6.1.2 监测运行工作的内容主要应包括监测、监测资料综合分析、安全监控、监测系统管理。
- 6.1.3 首次蓄水期、初蓄期、运行期混凝土坝监测项目测次应按本标准附录 A.2 的规定执行。
- 6.1.4 监测仪表应设置专库存放和管理,并满足仪器存放要求,应定期检验或校准,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。
- 6.1.5 发现测值异常时,应及时复测,同时巡视检查相关位置的结构变化和环境影响情况,并分析处理。

### 6.2 观测

- 6.2.1 仪器观测应遵循以下原则:
  - 1 仪器观测应同时记录观测时段相关环境及工程形象面貌等要素。
  - 2 各类监测仪器中成组布置的各测点应同步观测。
  - 3 同部位各类监测仪器应在同一观测时段进行观测。
  - 4 发现测值异常应及时复测,并与巡视检查成果比对。
- 6.2.2 变形观测应符合下列规定:
  - 1 根据工程特点和监测设计要求,制订变形观测实施方案。
  - 2 变形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。

3 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。

4 变形观测外业成果应完整记录原始数据。

5 每期观测结束后,应及时对变形观测外业成果进行检查、验算,全部合格后进行计算处理。

6 根据变形观测成果和现场环境条件,定期对变形观测工作基点的稳定性进行分析评判。

#### 6.2.3 渗流观测应符合下列规定:

1 根据工程地质、水文地质条件特点和监测设计要求,制订渗流观测实施方案。

2 量水堰型式与渗流量不匹配时,应及时调整。

3 有集水井等抽排系统的,应定期收集、记录抽排水量资料。

4 渗水中发现有析出物等异常情况时,应及时记录;必要时取样进行渗水和析出物水质分析。

#### 6.2.4 巡视检查应符合下列规定:

1 巡视检查范围应按第 4.5.1 条的规定执行。

2 巡视检查应按规定的路线、方法、频次实施。

3 巡视检查应配备现场检查所需的工器具和安全防护装备。

4 巡视检查应有专门的记录表格,检查记录内容包括文字、略图、素描、照片、录像等。记录应随查随时,描述应准确、完整。

5 巡视检查工作结束后应及时整理检查记录并编写检查报告,报告应及时存档,并录入电子台账。

6 巡视检查中发现有重大缺陷和重大安全隐患时,应进行专项检查。

#### 6.2.5 监测自动化系统数据采集应符合下列规定:

1 监测数据宜每 3 个月进行一次备份。

2 发现数据异常应及时进行检查、复核。

3 每半年宜对接入自动化系统的部分或全部测点进行人工比测。

4 监测自动化数据采集装置应定期进行检查维护。

6.2.6 每次仪器观测或巡视检查后应随即对原始记录加以检查和整理,将资料录入数据库或监测信息管理系统,并及时作出初步分析。

6.2.7 每年应进行一次监测资料整编。

### 6.3 监测资料综合分析

6.3.1 监测运行阶段应定期进行监测资料综合分析,在首次蓄水前、竣工验收前及出现异常或险情时也应进行监测资料综合分析。

6.3.2 监测资料综合分析工作应包括下列内容:

1 仪器观测与巡视检查结果相结合,定性与定量分析相结合。

2 分析监测物理量的时空分布规律,以及与工程地质、水文地质、环境要素和结构特点的关系。

3 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。采用数学模型法分析时,应分析效应量与原原因量之间的相关关系,确定效应量的时效分量的大小和变化趋势。

4 对异常现象作出成因解释,并分析其对建筑物运行安全的影响。

5 评价建筑物的运行性态。

6.3.3 各时期、各类型大坝的监测资料综合分析应符合本标准附录 B 的规定。

### 6.4 安全监控

6.4.1 混凝土坝安全监控工作应通过仪器观测、巡视检查等手段,监视大坝运行性态的变化,发现混凝土坝缺陷、隐患以及监测管理等问题时,应及时预警,为后续安全控制措施的制订提供支持。

6.4.2 安全监控所需的信息应包括施工期和运行期监测信息、水

情信息、相关工程资料和安全管理工作文档信息等。

**6.4.3** 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。

**6.4.4** 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,应及时分析异常情况对大坝安全的影响。

**6.4.5** 在线监控系统应符合下列规定:

1 在线监控系统应具有在线监测管理和在线安全监控等功能,实时反映监测系统的工作状况和混凝土坝的工作性态,并实时预警反馈。对特高坝或高风险坝,在线监控系统宜具备在线技术会商和快速分析功能。

2 在线监控的监测项目测次不宜少于1次/天,遭遇大地震、大洪水、极端气温等恶劣自然条件或大坝出现异常时,应加密监控测次。

3 在线监测管理功能宜包括监测信息远程传输、误差识别和反馈,监测系统运行情况监控,监测问题反馈,闭环管理等功能。

4 在线安全监控功能宜具备在线信息检查、在线结构性态评判、在线安全问题管控等功能。

## 6.5 监测系统维护

**6.5.1** 监测运行阶段应进行监测设施的定期检查、鉴定和维护,并建立仪器仪表维护档案。

**6.5.2** 监测设施及其标识标牌等应根据自身特点和使用环境采取必要的防护措施。

**6.5.3** 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与维护管理。监测自动化系统操作应设定权限,定期对监测自动化系统进行检查维护,并记录、存档。检查周期不应超过30天。

**6.5.4** 监测仪表均应放置在专用库房,由专人保管,并应注意防尘、防潮;在运输和使用过程中,应轻拿轻放,平稳放置,不受挤压、撞击或剧烈颠簸振动。

**6.5.5** 表面变形网点、测点保护装置应定期检查维护,清除影响通视的障碍物及周边杂物,维护或修复排水设施和观测通道。对稳定性差的网点,应及时加固或重建。

**6.5.6** 当发现影响结构安全的裂缝、变形、渗流等异常,现有监测系统布设项目不能满足大坝安全监控要求时,应增设相应的监测项目和仪器设备。

**6.5.7** 监测仪器封存停测或报废应符合下列规定:

1 短期及长期监测设备经确认完成任务的可以封存停测,损坏失效的可报废。

2 封存的仪器设备应进行保护,必要时重新启用。

3 封存、报废仪器的各种相关资料应整理归档。

**6.5.8** 监测系统更新改造应符合下列规定:

1 损坏或失效的永久监测仪器设备应及时修复或更换。

2 当监测系统不能满足混凝土坝安全监控要求时,应进行更新改造。

3 混凝土坝进行除险加固或改建时,应同步开展监测工作。

4 监测系统的更新改造应满足监测数据的连续性要求。

## 附录 A 监测项目与测次

### A.1 分类和选择

A.1.1 混凝土坝安全监测项目应按表 A.1.1 进行分类和选择。

表 A.1.1 混凝土坝安全监测项目分类和选择表

序号	监测类别	监测项目	重力坝级别			拱坝级别			监测系统运行时段	
			1	2	3	1	2	3	重力坝	拱坝
一	巡视检查	枢纽区建筑物、边坡及近坝库岸	●	●	●	●	●	●	永久	永久
二	变形	1. 变形监测控制网	○	○	○	○	○	○	永久	永久
		2. 坝体位移	●	●	●	●	●	●	永久	永久
		3. 坝肩位移	○	○	○	●	●	●	永久	永久
		4. 倾斜	●	○	○	●	○	○	长期	长期
		5. 接缝变形	●	●	○	●	●	○	长期	长期
		6. 裂缝变形	○	○	○	○	○	○	长期	长期
		7. 坝基位移	●	●	○	●	●	○	永久	永久
		8. 枢纽区边坡及近坝库岸位移	○	○	○	○	○	○	长期	长期
三	渗流	1. 扬压力或坝基渗透压力	●	○	○	●	○	○	永久	永久
		2. 坝体渗透压力	○	○	○	○	○	○	长期	长期
		3. 绕坝渗流(地下水位)	●	○	○	●	●	○	永久	永久
		4. 渗流量	●	○	○	●	○	○	永久	永久
		5. 水质分析	○	○	○	○	○	○	长期	长期

续表 A.1.1

序号	监测类别	监测项目	重力坝级别			拱坝级别			监测系统运行时段	
			1	2	3	1	2	3	重力坝	拱坝
四	应力应变及温度	1. 坝体应力应变	●	○	○	●	○	○	长期	长期
		2. 坝基应力应变	○	○	○	●	○	○	长期	长期
		3. 混凝土温度	●	●	○	●	●	○	长期	长期
		4. 坝基温度	○	○	○	●	●	○	长期	长期
		5. 锚杆应力	○	○	○	○	○	○	长期	长期
		6. 钢筋应力	○	○	○	○	○	○	长期	长期
		7. 预应力锚索(杆)锚固力	●	●	●	●	●	●	长期	长期
五	环境量	1. 上、下游水位	●	●	●	●	●	●	永久	永久
		2. 气温	●	●	●	●	●	●	永久	永久
		3. 降水量	●	●	●	●	●	●	永久	永久
		4. 库水温	○	○	○	○	○	○	长期	长期
		5. 坝前淤积	○	○	○	○	○	○	长期	长期
		6. 下游冲淤	○	○	○	○	○	○	长期	长期
		7. 冰冻	○	○	○	○	○	○	长期	长期

注:1 有●者为必设项目,有○者可根据需要选设。

2 坝高 100m 以下的 1 级重力坝,坝体应力应变监测为可选项。

3 上、下游水位监测可与水情自动测报系统相结合。

4 对于坝高 15m 以下或结构简单且安全风险低的混凝土坝,气温、降水量监测可以根据工程规模选择在坝址附近专设,也可选择从附近当地气象站获得监测数据。

5 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。

## A.2 项目测次

A.2.1 混凝土坝安全监测项目人工测次应按表 A.2.1 确定。



表 A.2.1 混凝土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/旬~ 1次/月	1次/天~ 1次/旬	1次/旬~ 1次/月	2次/月~ 1次/月
2	内部变形	1次/旬~ 1次/月	1次/天~ 1次/旬	1次/旬~ 1次/月	2次/月~ 1次/月
3	倾斜	1次/旬~ 1次/月	1次/天~ 1次/旬	1次/旬~ 1次/月	2次/月~ 1次/月
4	混凝土坝外部 接缝、裂缝变化	1次/旬~ 1次/月	1次/天~ 1次/旬	1次/旬~ 1次/月	2次/月~ 1次/月
5	近坝区岸坡 稳定	2次/月~ 1次/月	2次/月~ 1次/月	2次/月~ 1次/月	1次/月~ 4次/年
6	扬压力及渗透 压力	2次/旬~ 1次/旬	1次/3天~ 1次/天	2次/旬~ 1次/旬	1次/旬~ 2次/月
7	绕坝渗流	1次/旬~ 1次/月	1次/天~ 1次/旬	1次/旬~ 1次/月	1次/周~ 1次/月
8	渗流量	2次/旬~ 1次/旬	1次/3天~ 1次/天	2次/旬~ 1次/旬	1次/旬~ 2次/月
9	水质分析	按需要	按需要	按需要	按需要
10	应力、应变	1次/旬~ 1次/月	1次/天~ 1次/旬	1次/旬~ 1次/月	1次/月~ 1次/季
11	混凝土坝及坝 基的温度	1次/旬~ 1次/月	1次/天~ 1次/旬	1次/旬~ 1次/月	1次/月~ 1次/季
12	混凝土坝内部 接缝、裂缝	1次/旬~ 1次/月	1次/天~ 1次/旬	1次/旬~ 1次/月	1次/月~ 1次/季
13	钢筋、锚索、锚 杆应力	1次/旬~ 1次/月	1次/天~ 1次/旬	1次/旬~ 1次/月	1次/月~ 1次/季

续表 A.2.1

序号	监测项目	施工期	首次蓄水期	初蓄期	运行期
14	上、下游水位	1次/天	4次/天~ 2次/天	2次/天~ 1次/天	2次/天~ 1次/天
15	库水温	1次/天~ 1次/旬	1次/天~ 1次/旬	1次/旬~ 1次/月	1次/周~ 1次/月
16	气温	逐日量	逐日量	逐日量	逐日量
17	降水量	逐日量	逐日量	逐日量	逐日量
18	坝前淤积		按需要	按需要	按需要
19	冰冻		按需要	按需要	按需要
20	坝区水平位移 监测控制网	取得初始值	1次/年~ 2次/年	1次/年	1次/年~ 1次/3年
21	坝区垂直位移 监测控制网	取得初始值	1次/年~ 2次/年	1次/年	1次/年~ 1次/3年
22	下游冲淤			泄洪年汛后	泄洪年汛后

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、库水位骤变以及混凝土坝工作性态异常),应增加测次。有自动化监测条件的可根据需要,适当加密测次。

2 在施工期,监测仪器设备安装埋设后初期按第 5.4.1 条的要求测次进行观测;坝体浇筑进度快的,变形和应力监测应加密测次。在首次蓄水期,库水位上升快的,应加密测次。在初蓄期,开始时应加密测次。在运行期,当变形、渗流等变化异常时,应加密测次;当多年运行性态稳定时,可减少测次;当水位超过前期运行水位时,仍应按首次蓄水期的测次执行。

3 对于坝高 15m 以下或结构简单且安全风险低的混凝土坝,位移测次可减少为 1 次/季。

4 巡视检查的频数应按第 4.5 节执行。

5 施工期临时监测和科学试验等短期监测的测次可参照本表执行。

6 经运行期 5 次以上复测表明稳定的水平位移和垂直位移监测控制网,测次可减少为 1 次/2 年~1 次/3 年。

## 附录 B 监测资料综合分析要求

### B.1 各时期监测资料综合分析要求

#### B.1.1 首次蓄水前监测资料综合分析应符合下列规定：

1 工程概况,包括工程特性,地质条件,各建筑物布置及结构特点,施工期出现问题的部位、时间以及处理情况和效果。

2 监测系统概况,包括监测项目、监测设施布置、测点编号及基本资料,附各监测设施布置图。

3 监测设施安装埋设情况,包括各监测物理量初始值及蓄水基准值。

4 监测工作情况,包括各项目观测方法、观测频次、测值正负号定义。

5 现场巡视检查主要成果,包括坝体、坝基及廊道、坝肩及平洞、工程边坡等检查发现的问题。

6 监测物理量分析,重点分析坝基、坝肩、枢纽区边坡变形,以及坝体温度和变形是否满足温控、灌浆的施工控制要求,并与设计计算成果或模型试验成果或设计警戒值对比分析。

7 对异常现象或存在的工程缺陷,应结合现场检查、附近相关监测物理量或复核计算成果,分析其对建筑物运行安全的影响。

8 根据巡视检查和仪器观测成果的综合分析,评价建筑物的安全性。

#### B.1.2 竣工验收前监测资料综合分析应符合下列规定：

1 工程概况,包括工程特性、地质条件、各建筑物布置及结构特点。

2 蓄水过程,包括水库水位变化情况,出现问题的部位、时间以及处理情况和效果。

3 监测系统概况,包括监测项目、监测设施布置、测点编号及基本资料,附各监测设施布置图。

4 监测工作情况,包括各项目观测方法、观测频次、测值正负号定义。

5 现场巡视检查主要成果,包括坝体、坝基及廊道、坝肩及平洞、枢纽区边坡、近坝库岸等检查发现的问题。

6 监测物理量分析,包括坝体、坝基、坝肩、工程边坡和特殊结构部位蓄水以来的变形、渗流、应力变化情况,以及原有工程缺陷的变化情况。

7 对异常现象或存在的工程缺陷,应结合现场检查、附近相关监测物理量或复核计算成果,分析其对建筑物运行安全的影响。

8 综述巡视检查和仪器观测综合分析成果,与设计计算成果或模型试验成果或设计警戒值对比,评价建筑物的工作性态。

#### **B.1.3 运行期监测资料综合分析应符合下列规定:**

1 工程概况,包括工程特性、地质条件,各建筑物布置及结构特点,运行中出现问题的部位、时间以及处理情况和效果。

2 监测系统概况,包括现有监测项目、监测设施布置、测点编号及基本资料,附各监测设施布置图。

3 监测工作情况,包括各项目观测方法、观测频次、测值正负号定义、监测资料年度整编情况等。

4 现场巡视检查主要成果,包括坝体、坝基及廊道、坝肩及平洞、枢纽区边坡、近坝库岸等检查发现的问题。

5 监测物理量分析,包括坝体、坝基、坝肩、工程边坡和特殊结构部位的变形、渗流、应力情况,以及原有工程缺陷的变化情况。

6 对异常现象或存在的工程缺陷,应结合现场检查、附近相关监测物理量或复核计算成果,综合分析其对建筑物运行安全的影响。

7 综述巡视检查和仪器监测资料综合分析成果,与监控指标、设计计算成果或模型试验成果或设计警戒值对比,评价建筑物

的工作性态。

8 根据混凝土坝结构特点、监测资料分析成果,提出混凝土坝重点监控部位、监控项目和监控测点,并对监控测点提出或修正监控指标。

**B.1.4** 出现异常或险情时,监测资料综合分析应符合下列规定:

1 工程概况,包括工程特性、地质条件、各建筑物布置及结构特点。

2 对混凝土坝出现异常或险情状况的描述。

3 根据巡视检查和仪器观测综合分析成果,判断出现异常或险情的可能原因和发展趋势及对工程安全的影响。

4 提出对异常或险情的处理建议。

## **B.2 分析重点**

**B.2.1** 混凝土重力坝应重点分析以下内容:

1 环境量应重点分析以下内容:

1)分析上、下游水位运行特点和规律,说明放空、超蓄等特殊运用情况。

2)分析气温变化特点和规律,说明历年最高、最低气温发生时段,水库结冰时段,最大冰层厚度。

3)分析统计降雨分布特点和规律。

4)分析统计基岩温度、库水温过程线变化特点和规律,说明库水温沿高程的空间分布图特点,是否存在异重流、取水或坝前淤积对库水温的影响。

5)说明坝前淤积、下游冲刷情况,近坝区域的地震活动、重大施工活动等情况。

6)环境量的特殊组合情况。

2 变形监测物理量应重点分析以下内容:

1)分析变形控制网点的稳定性。

2)结合环境量情况、地形地质条件和坝体结构特点,分析坝

体的水平位移、垂直位移的变化规律和空间分布规律,并与同类工程及设计情况进行对比,判断变形测值及变化速率的合理性以及结构的完整性和稳定性。

- 3) 分析坝基变形性状,判断坝基稳定性,对基岩内缓倾角结构面发育区、断层交汇带、节理密集带及有软弱夹层部位以及坝基开挖面向下游倾斜部位的稳定情况,应作为重点对象进行分析。
- 4) 分析坝体纵横缝、建基面和基岩面之间以及其他特殊部位接缝的各向测值的变化规律和空间分布规律,评价结构的相互作用及稳定性。
- 5) 分析坝体裂缝的分布、延展、开合情况,评价是否影响结构完整性和稳定性。
- 6) 施工期应注意分析基础开挖、固结灌浆等施工引起的变形,评价结构的完整性和稳定性。

### 3 渗流监测物理量应重点分析以下内容:

- 1) 结合环境量、水文地质条件、坝基处理情况和坝体、坝基扬压力、渗流量以及绕坝渗流监测数据,分析坝体、坝基扬压力及渗流和坝肩水位测值的变化规律以及空间分布规律情况,并与同类工程及设计情况进行对比,评价固结灌浆、帷幕、排水及断层破碎带处理的效果和坝体、坝基、坝肩防渗体系工作状况。
- 2) 库水具侵蚀性或坝体坝基析钙明显时,应评价混凝土材料及帷幕的耐久性。

4 温度监测物理量分析应结合环境量、筑坝材料、施工温控等情况,分析坝体内部温度的变化规律和空间分布规律(周期性、变幅、滞后、冰冻深度),以及与气温、太阳辐射、库水温度、基岩温度的关系,并与设计资料对比分析,评价施工期坝体温控措施效果以及坝体温度引起裂缝的风险。

### 5 应力应变监测物理量应重点分析以下内容:

- 1) 结合无应力计实测数据分析混凝土的线膨胀系数及自身体积变形,判断混凝土为膨胀型还是收敛型或稳定型,是否存在碱骨料变形,对混凝土裂缝控制及应力变化的影响。
- 2) 利用混凝土弹性模量和徐变试验资料,根据无应力计及应变计(组)实测数据计算混凝土应力,分析应力的变化规律和空间分布规律,结合钢筋计、锚索测力计等评价混凝土结构的应力水平、裂缝风险和稳定性,特别是坝踵、坝趾以及孔口结构较复杂的引水、泄水坝段等部位。

6 综合环境量、变形、渗流、温度、应力应变等情况,评价坝体的整体性、稳定性,对老坝应关注冻融破坏的迹象、混凝土坝材料老化的风险,并分析其对混凝土坝性态的影响。

7 对于碾压混凝土坝或坝体碾压混凝土部位,还应着重通过渗压监测成果分析其坝体抗渗性能,通过垂线、应变计及测缝计资料评价其施工缝面抗剪断安全性态,通过测缝计、裂缝计分析常态混凝土与碾压混凝土竖向接合面的连结情况,关注越冬施工面部位产生危害性裂缝的可能性,评价坝体的整体性和稳定性。

8 通过对边坡及深层变形监测物理量的分析及岩体地下水位、渗透压力和排水洞、排水孔排水量的分析,评价边坡的稳定性及锚固工程效果。

**B.2.2** 混凝土拱坝除同混凝土重力坝监测数据分析内容外,还应重点分析下列内容:

1 结合环境量、地形地质条件及坝体体型,分析坝体的水平位移、垂直位移的变化规律和空间分布规律,特别是与坝体、坝基变形的不对称性和坝体体型、日照等物理条件、地形地质条件不对称性的关系,并与同类工程及设计情况进行对比,判断变形测值的合理性以及坝体的完整性、坝肩的稳定性。

2 施工期应关注灌浆施工和坝体倒悬的不利影响,分析坝体产生危害性裂缝的可能性;结合环境量情况,评价施工期封拱温度

对坝体温度应力和稳定的影响。

3 运行期应关注高温低水位、低温高水位、低温低水位、高温高水位环境量组合,分析拱坝的变形、应力情况。

4 当坝体、坝基渗流变化不稳定、测值异常时,应分析其对拱坝结构安全和拱座稳定的影响。

**B. 2. 3** 枢纽区边坡及近坝库岸应重点分析下列内容:

1 分析边坡变形合位移矢量方向、变形速率,分析库水位变化、降雨对变形速率、危害性裂缝与错动现象的影响。

2 分析边坡地下水位与库水位变化、降雨及泄洪雾化雨的影响,评估边坡截、排水的效果和水压荷载的变化。

3 根据边坡变形敏感部位、危害性裂缝与错动现象,分析判断最可能失稳的区域与趋势。

4 根据边坡变形特征与失稳机理,综合分析边坡整体稳定状况。



## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

《防洪标准》GB 50201

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用