

ICS 27. 140
P 59

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 725—2016

水利水电工程安全监测设计规范

Design specification for safety monitoring in
water and hydropower projects

2016-05-23 发布

2016-08-23 实施



中华人民共和国水利部 发布

<https://www.sljxx.com>
水利造价信息网

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排，按照 SL 1—2014《水利技术标准编写规定》的要求，编制本标准。

本标准共 15 章和 3 个附录，主要技术内容有：总则；术语；基本规定；混凝土坝监测；土石坝监测；溢洪道监测；厂房建筑物监测；通航建筑物监测；水工隧洞监测；水闸监测；渠道及渠系建筑物监测；堤防工程监测；边坡及滑坡监测；专项监测；安全监测自动化系统。

本标准全文推荐。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计总院

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：长江勘测规划设计研究有限责任公司
长江空间信息技术工程有限公司（武汉）

本标准参编单位：黄河勘测规划设计有限公司
中水东北勘测设计研究有限责任公司
中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司
中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司
河北省水利水电第二勘测设计研究院
河南省水利勘测设计研究有限公司

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：杨爱明 马能武 武方洁 李双平
郑 敏 吴 瑕 段国学 陈绪春
周 翔 杜泽快 李盛青 於三大

王 跃 李海河 李迎春 李克绵
王珍萍 王玉洁 郑晓红 赵志勇
谭志伟 耿运生 李书群 吉 刚
董振锋 李俊富 姜盛吉 徐岩彬
马述江

本标准审查会议技术负责人：刘志明 温续余

本标准体例格式审查人：牟广丞

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：010-63204585；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

<https://www.slzjxx.cn>
水利造价信息网

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	混凝土坝监测	5
4.1	一般规定	5
4.2	变形监测	5
4.3	渗流监测	8
4.4	应力应变及温度监测	11
5	土石坝监测	14
5.1	一般规定	14
5.2	变形监测	14
5.3	渗流监测	18
5.4	应力应变及温度监测	20
6	溢洪道监测	23
6.1	一般规定	23
6.2	变形监测	23
6.3	渗流监测	23
6.4	应力应变监测	24
7	厂房建筑物监测	25
7.1	一般规定	25
7.2	变形监测	25
7.3	渗流监测	27
7.4	应力应变及温度监测	29
8	通航建筑物监测	31
8.1	一般规定	31
8.2	变形监测	31

8.3	渗流监测	33
8.4	应力应变及温度监测	33
9	水工隧洞监测	35
9.1	一般规定	35
9.2	变形监测	35
9.3	渗流监测	37
9.4	应力应变及温度监测	37
10	水闸监测	39
10.1	一般规定	39
10.2	变形监测	39
10.3	渗流监测	39
10.4	应力应变监测	40
11	渠道及渠系建筑物监测	41
11.1	一般规定	41
11.2	渠道监测	41
11.3	渡槽监测	42
11.4	倒虹吸(竖洞)监测	43
11.5	输水管道监测	44
12	堤防工程监测	45
12.1	一般规定	45
12.2	变形监测	45
12.3	渗流监测	46
12.4	其他	46
13	边坡及滑坡监测	47
13.1	一般规定	47
13.2	变形监测	47
13.3	渗流监测	48
13.4	应力应变监测	49
14	专项监测	50
14.1	变形监测网	50

<http://www.szjxx.com> 水利造价信息网

14.2	水力学监测	51
14.3	环境量监测	53
15	安全监测自动化系统	55
15.1	一般规定	55
15.2	系统总体设计	55
15.3	监测站、监测管理站、监测管理中心站设计	56
15.4	网络通信设计	56
15.5	电源及防护设计	57
15.6	防雷接地设计	57
15.7	监测自动化系统功能及性能	57
附录 A	监测项目	59
附录 B	监测精度	70
附录 C	监测频次	74
	标准用词说明	82
	条文说明	83

<https://www.szjxx.com>
水利造价信息网

1 总 则

1.0.1 为适应安全监测技术发展和满足工程建设与管理要求，规范水利水电工程安全监测的设计，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程 1 级~5 级挡水建筑物及其他 1 级~3 级水工建筑物。其余水工建筑物的安全监测设计可参照执行。

1.0.3 安全监测设计应具有针对性、适用性和科学性。监测仪器设备应可靠、耐久、实用，技术性能指标满足规范及工程要求，便于实现自动化监测。

1.0.4 本标准主要引用下列标准：

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

SL 486 水工建筑物强震动安全监测技术规范

SL 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 616 水利水电工程水力学原型观测规范

1.0.5 水利水电工程安全监测设计除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 施工期 construction period

本标准中施工期指从工程开始施工到首次蓄水（或通水）为止的时期。

2.0.2 初期运行期 preliminary stage of operation

工程首次蓄水（或通水）后的前3年。

2.0.3 运行期 operation period

初期运行期之后的时期。

2.0.4 监测断面 monitoring section

对工程安全有控制性作用，并集中布置有监测设施的断面。

2.0.5 初始值 initial value

仪器设备安装埋设后开始正常工作的测值。

2.0.6 基准值 fiducial value

作为计算起点的测值。

3 基本规定

3.0.1 安全监测设计内容应根据建筑物类型和级别，按照设计阶段的要求确定，包括设计目的、设计依据、设计原则、监测项目、监测布置、实施要求、巡视检查及资料分析等。

3.0.2 水利水电工程安全监测包括常规监测和专项监测。常规监测包括变形监测、渗流监测、应力应变及温度监测、巡视检查；专项监测包括变形监测网、水力学监测、强震监测和环境量监测等。

3.0.3 安全监测设计应收集下列基本资料：

- 1 工程规模、设计标准和建筑物结构形式等相关设计资料；
- 2 水文资料；
- 3 地形、地质资料；
- 4 试验资料；
- 5 设计计算成果；
- 6 国内外相关仪器资料；
- 7 其他相关资料。

3.0.4 应根据建筑物级别和类型，结合工程实际选择监测项目，并符合附录 A 的规定。

3.0.5 应根据工程特性、建筑物级别和部位，提出主要监测项目的精度要求，并符合附录 B 的规定。

3.0.6 应对不同建筑物的各类监测项目在不同时段和条件下的观测频次提出具体要求，并符合附录 C 的规定。

3.0.7 安全监测设计应提出建筑物巡视检查的具体内容、方法和要求。

3.0.8 安全监测设计应对施工期和初期运行期的安全监测资料整理与分析提出具体要求。

3.0.9 应宣贯施工期和初期运行期的安全监测工作，并应明确

需在蓄水（或通水）前取得初始值的监测项目。若蓄水（或通水）前永久性监测设施未完工或不具备观测条件时，应制定适当的临时监测措施。

3.0.10 安全监测设计宜考虑重要仪器设备的维护和更换要求，以及监测系统运行期的升级、改造要求。对监测系统的更新改造项目，应提出监测成果连续性的要求。

3.0.11 施工期临时监测项目及工程除险加固、扩建、改建或监测系统更新改造的设计，可参照相应建筑物和等级的设计要求执行。

3.0.12 水利水电工程的强震监测设计应按 SL 486 的规定执行。

4 混凝土坝监测

4.1 一般规定

4.1.1 混凝土坝安全监测范围包括坝体、坝基、坝肩边坡和拱坝坝肩抗力岩体，坝基及坝肩加固措施。

4.1.2 重力坝监测断面在河床溢流坝段宜每 3~5 个坝段布置 1 个监测断面；厂房坝段宜每 2~4 个坝段布置 1 个监测断面；非溢流坝段宜布置 1 个监测断面。具体监测断面的确定宜结合结构设计成果和地质条件，布置在高度较大、地质条件较差、结构和受力条件复杂的坝段。

4.1.3 拱坝监测断面应布置在拱冠和拱座部位，对于较高的 1 级、2 级拱坝还宜结合地质条件，在 1/4 拱、3/4 拱附近布置监测断面。

4.1.4 砌石坝等其他坝型的监测断面可参照重力坝和拱坝，并结合坝型自身特点布置。

4.1.5 对 1 级、2 级大坝宜分设重点监测断面和一般监测断面。

4.2 变形监测

4.2.1 混凝土坝变形监测项目包括水平位移、垂直位移、倾斜、基岩变形、接缝和裂缝开合度等。

4.2.2 水平位移监测宜采用下列方法：

1 重力坝坝体和坝基水平位移监测宜采用垂线法、引张线法和真空激光准直法。若坝轴线较短、通视条件有利，也可采用视准线法或大气激光准直法。

2 拱坝坝体和坝基水平位移监测宜采用垂线法。坝体水平位移监测也可采用交会法或 GNSS (Global Navigation Satellite System) 法。

3 坝肩边坡和拱坝抗力体的水平位移可采用垂线法、交会

法或 GNSS 法等监测。

4.2.3 水平位移测点的布置应符合下列规定：

1 大坝水平位移测点应设置在坝顶和基础附近，高坝还应在中间不同高程处设置测点。

2 引张线和真空激光准直的两端宜设置垂线作为基准点，当其两端设在足够深的山体平洞内时，也可不设垂线基准点，可利用两岸坝肩岩体内的平洞设置测点作为水平位移监测工作基点。

3 垂线的布置应符合下列规定：

1) 垂线单独设置时，应选择结构复杂或存在地质缺陷的坝段，以及坝最高坝段和其他有代表性的坝段。

2) 拱坝的拱冠和坝顶拱端应设置垂线，坝轴线较长的拱坝还应在 1/4 拱处设置垂线。垂线与各高程廊道相交处应设置垂线观测点。

3) 正垂线宜采用一线多测站式，线体设在坝体内的预留竖井或预埋管内，也可利用其他竖井或宽缝设置，已建大坝可钻孔埋设。单段正垂线长度不宜大于 50m。

4) 倒垂钻孔深入基岩的深度应参照坝工设计计算结果，达到经分析认为变形可忽略处；缺少该项计算结果时，钻孔深度可取坝高的 1/4~1/2；钻孔孔底距建基面不应少于 10m。

5) 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。

4 引张线的布置应符合下列规定：

1) 引张线宜利用坝内廊道或坝顶预留沟槽布置。

2) 线体长度小于 300m 时，宜采用无浮托式；线体长度超过 300m 时，可采用浮托式。

3) 重力坝坝轴线长度大于 500m 时，宜分段设置引张线，分段端点均宜设垂线作为工作基准。

5 视准线长度不宜过长，用于重力坝时不宜超过 300m，

用于拱坝时不宜超过 500m。

6 激光准直的布置应符合下列规定：

- 1) 真空激光准直宜设在坝体廊道中，也可设在坝顶。
- 2) 真空激光准直的两端宜设置垂线作为水平位移监测的基准点。
- 3) 大气激光准直宜设置在坝顶，也可设在气温梯度较小、气流稳定的廊道内；两端点的距离，不宜大于 300m。在坝顶设置时，应使激光束高出坝面和旁离建筑物 1.5m 以上。

7 交会法应依据实际情况结合精度要求进行设计。

8 坝高 200m 以上的高拱坝应进行谷幅、弦长监测，宜在两岸坝肩及上下游侧成对布置测点，可采用测距法或其他适宜的方法监测。

4.2.4 垂直位移的监测宜采用下列方法：

1 混凝土坝坝基和坝体垂直位移监测宜采用精密水准法、静力水准法和真空激光准直法。

2 坝肩边坡和拱坝抗力体的垂直位移监测可采用精密水准法或其他适宜的方法。

4.2.5 垂直位移测点的布置应符合下列规定：

1 应在基础廊道和坝顶各设一排垂直位移测点，高坝应根据需要在中间高程廊道内增设测点。坝顶和不同高程廊道的垂直位移，可通过高程传递连接。

2 精密水准宜在两岸相对稳定部位各设置 1 个工作基点，高坝宜在下游两岸不同高程的相对稳定部位布置工作基点。工作基点应采用垂直位移监测网或双金属标定期校测。

3 静力水准和真空激光准直监测系统的两端应各布置 1 个工作基点，工作基点宜设置钢管标或双金属标。

4.2.6 坝体和坝基的倾斜监测宜采用精密水准测量方法，也可采用静力水准仪和测斜仪。

4.2.7 坝体和坝基的倾斜测点的布置应符合下列规定：

1 基础测点宜设在横向廊道内，也可在下游基础廊道和上游基础廊道对应位置设置测点。坝体测点和基础测点宜设在同一坝段，并宜设在垂线所在的坝段内。

2 用精密水准法监测倾斜时，两点间距离在基础附近不宜小于20m，在坝顶不宜小于6m。

3 用静力水准法监测倾斜时，测线应设在两端温差较小的部位。

4.2.8 基岩变形宜采用基岩变形计、多点位移计、滑动测微计和测斜仪监测。

4.2.9 基岩变形监测的布置应符合下列规定：

1 重点监测断面的坝踵和坝趾处宜布置基岩变位计监测基岩压缩变形。

2 存在较大断层、裂隙、夹层等软弱结构面的坝基和坝肩边坡，可布置测斜仪、滑动测微计、多点位移计监测岩体深部结构面的相对变形，其测点钻孔方向应根据结构面产状和岩体变形方向布置。

4.2.10 接缝和裂缝开合度监测应符合下列规定：

1 在重力坝和拱坝需要灌浆的纵、横缝面每个灌浆区中心宜布置测缝计，高拱坝在横缝面距上下游面2.5m以外的位置宜各布置一支测缝计。

2 坝踵、较陡的岸坡坝段基岩与混凝土接合处宜布置测缝计。

3 宜在宽槽缝一期、二期混凝土结合面处布置测缝计。

4 设置有周边缝的拱坝，应在周边缝处布置测缝计。

5 对施工和运行中出现的危害性裂缝宜布置裂缝计。

4.3 渗流监测

4.3.1 混凝土坝渗流监测项目包括扬压力、渗透压力、渗流量、绕坝渗流、近坝岸坡地下水位和水质分析等。

4.3.2 扬压力监测应符合下列规定：

1 扬压力宜采用测压管监测，也可采用渗压计监测。

2 扬压力监测应根据大坝类型、工程规模、坝地质条件、渗控措施等进行布置，纵向和横向扬压力监测断面应结合布置。宜设纵向监测断面1~2个，横向监测断面不少于3个。

3 纵向监测断面应布置在第一道排水幕线上，当有下游排水幕时，还宜在下游侧布置1个纵向监测断面。纵向监测断面上每个坝段宜至少设1个测点；重点监测部位测点应适当加密。坝基有大断层或强透水带的，灌浆帷幕和第一道排水幕之间宜增设测点。

4 应选择在大坝高坝段、岸坡坝段、地质构造复杂坝段布置横向监测断面。横断面间距宜为50~100m，如坝轴线较长，各坝段坝体结构与地质条件大致相同，则可加大横断面间距。

5 每个横向监测断面宜设置3~4个测点，若地质条件复杂，可适当加密测点。在防渗墙或板桩后宜设测点。有下游帷幕时，应在其上游侧布置测点。

6 扬压力监测孔在建基面以下深度不宜大于1m，与排水孔不应互换或代用。

7 坝基若有影响大坝稳定的浅层软弱带，应适当增设测点。浅层软弱带多于1层时，应分层设置测点，渗压计或测压管宜分孔安设。渗压计的集水砂砾段或测压管的进水管段应埋设在软弱带以下0.5~1.0m的基岩内。应做好软弱带不同层面间和软弱带与建基面间的止水，防止下层潜水向上层的渗透。

8 建基面设有封闭抽排措施的消力池和水垫塘，宜设置扬压力测点。

4.3.3 碾压混凝土坝坝体水平层间结合面渗透压力监测宜采用渗压计。测点宜布置在上游坝面至坝体排水管之间，必要时也可在坝体排水管下游布置测点。测点自上游向下游由密渐疏设置，靠上游面的测点距坝面的距离不应小于20cm。

4.3.4 渗流量监测应符合下列规定：

1 廊道或平洞排水沟内的渗流量宜用量水堰法监测，也可用流量计监测。排水孔渗流量很小的渗流点宜用容积法监测。坝体混凝土缺陷、冷缝和裂缝的渗流水宜采用目测法检查或容积法监测。

2 应结合工程的集流和排水设施布置，分区监测。

3 坝基和坝体渗流量应分别监测。河床坝段和两岸坝段的坝基渗流量应分段监测，必要时可单独监测每个排水孔的渗流量。坝体上游侧排水管的渗流水流入排水沟后，可采用分段集中的方式监测。

4.3.5 绕坝渗流监测应符合下列规定：

1 绕坝渗流监测宜采用测压管，也可采用渗压计。

2 绕坝渗流监测点应根据坝址地形、枢纽布置、渗控措施及绕坝渗流区域水文地质条件布置。宜在两岸帷幕后沿流线方向布置2~3个监测横断面，测点的分布靠坝肩附近应较密，每个横断面布置3~4个测点；必要时，帷幕前可布置少量测点，帷幕的两岸端头宜各布置1个测点。

3 对于层状渗流地质构造，宜利用不同高程上的平洞布置监测点；无平洞时，应将钻孔钻至各层透水带，各层透水带分别布置测点，若一个钻孔内埋设多根测压管或多支渗压计时，上、下两测点之间应做好隔水。

4 坝址外近坝区有对大坝坝基、坝肩的稳定有重大影响的地质构造带，应进行地下水位监测。沿渗流流线方向通过构造带至少布置1个监测断面，每个断面布置2~3个测点；也可利用通过构造带的平洞或专门开挖平洞布置测点。

4.3.6 水质分析应符合下列规定：

1 应在水库蓄水后选择有代表性的排水孔或绕坝渗流孔，定期进行渗流水水质分析。发现有析出物或侵蚀性水时，应取样进行全分析。

2 在对渗流水水质分析的同时，应进行库水水质分析。

3 水质宜进行简易分析，必要时进行全分析或专门研究。

4.4 应力应变及温度监测

4.4.1 混凝土坝应力应变监测项目包括混凝土应力应变、锚杆应力、锚索受力、钢筋应力、钢板应力和温度等。

4.4.2 混凝土坝的应力应变监测应符合下列规定：

1 测点的应变计数量和方向应根据应力状态而定。空间应力状态宜布置七向~九向应变计组，平面应力状态宜布置四向或五向应变计组，主应力方向明确的部位可布置单向或两向应变计组。

2 每一应变计（组）旁 1.0~1.5m 处应布置 1 支无应力计。无应力计与相应的应变计（组）距坝面的距离应相同。

3 坝体受压部位可布置压应力计。压应力计和其他仪器之间应保持 0.6~1.0m 的距离。

4.4.3 重力坝的应力应变监测布置除满足 4.4.2 条外，还应满足下列要求：

1 应根据坝高、结构特点及地质条件选定重点监测坝段。各重点监测坝段可布置 1~2 个监测断面。在每个监测断面上，可布置几个不同高程的水平监测截面。水平监测截面宜距坝基 5m 以上，必要时应在混凝土与基岩结合面附近布置测点。同一水平监测截面上的测点不应少于 2 个，纵缝两侧应有对应的测点。

2 监测坝体应力的应力计（组）与上下游坝面的距离宜大于 1.5m，在严寒地区还应大于冰冻深度，纵缝附近的测点宜距纵缝 1.0~1.5m。

3 边坡陡峻的岸坡坝段，宜根据设计计算成果及试验的应力状态布置应变计（组）。

4.4.4 拱坝的应力应变监测布置除满足 4.4.2 条外，还应满足下列要求：

1 根据拱坝坝高、体形、坝体结构及地质条件，可在拱冠、1/4 拱圈处选择铅直监测断面 1~3 个，在不同高程上选择水平

监测截面 3~7 个。

2 在薄拱坝的水平监测截面上，靠上、下游坝面附近应各布置一个测点，应变计（组）的主平面应平行于坝面；在厚拱坝或重力拱坝的水平监测截面上应布置 2~3 个测点。拱坝设有纵缝时，测点可多于 3 个。

3 水平监测截面应力分布的应变计（组）距坝面不应小于 1.0m，测点距基岩开挖面应大于 3.0m，必要时可在混凝土与基岩结合面附近布置测点。

4 拱座附近的应变计（组）支数和方向应满足监测平行拱座基岩面的剪力和拱推力的需要，在拱推力方向还可布置压应力计。

5 坝趾和坝趾除布置应力应变监测点外，还应配合布置其他项目监测点。

4.4.5 坝基、坝肩的应力应变监测应符合下列规定：

1 监测断面应选择地质条件、结构形式、受力状态等具有代表性或关键部位，宜选择一个重点监测断面，在其附近设一般监测断面 1~2 个。在重点监测断面，应力应变宜与其他监测项目结合布置。

2 坝基、坝肩岩体采用锚杆、预应力锚索等加固措施时，应进行锚杆应力和锚索受力监测。

4.4.6 在孔口、闸墩等应力集中部位应布置钢筋应力测点。有条件时可在钢筋计附近混凝土内布置应变计及无应力计，同时监测钢筋和混凝土的受力状态。对预应力闸墩结构，应布置锚索测力计。采用锚杆加固的消力池和水垫塘，宜对锚杆应力进行监测。

4.4.7 坝体和坝基的温度监测应符合下列规定：

1 温度监测应设置在重点监测坝段，其测点分布应根据混凝土结构的特点和施工方法确定。

2 坝体温度测点应根据温度场的特点布置。在温度梯度较大的坝面或孔口附近宜适当加密测点。布置坝体温度测点时，宜

结合布置坝面温度和基岩温度测点。

3 在重力坝监测坝段的中心断面上，宜按网格布置温度测点，网格间距为 8~15m。对于坝高 150m 以上的高坝，间距可适当增加到 20m，以能绘制坝体等温线为原则。引水坝段的测点布置应顾及空间温度场监测要求。

4 在拱坝监测坝段，根据坝高不同可布置 3~7 个水平监测截面。在水平监测截面和垂直监测断面的每一条交线上可布置 3~5 个测点。在拱座的水平监测截面上可增设必要的温度测点。

5 重力坝纵缝面和拱坝横缝面灌区未布置兼测温度的测缝计时，每个灌区宜布置温度计。

6 可在距上游 5~10cm 的坝体混凝土内沿高程布置坝面温度测点，间距宜为 1/15~1/10 坝高，死水位以下的测点间距可适当加大。表面温度计在蓄水后可作为坝前库水温度计。在受日照影响的下游坝面可适当布置若干坝面温度测点。当拱坝两岸日照相差很大时，两岸下游面宜分别布置温度测点。

7 在坝体温度监测断面的底部，宜在坝上、下游附近坝内各设置一个 5~15m 深的孔，在孔内不同深度处布置测点监测基岩温度。

8 在能兼测温度的其他仪器处，不宜再布置温度计。

5 土石坝监测

5.1 一般规定

- 5.1.1 土石坝安全监测范围包括坝体、坝基及坝肩边坡。
- 5.1.2 监测仪器布置应综合考虑现场碾压施工、坝体分区筑筑、坝体临时度汛、面板分期浇筑等因素，采用的仪器、电缆及接头应适应大变形、大围压、高频强振动、高外水压等条件。
- 5.1.3 土石坝表面变形监测与内部变形监测应能相互印证，临时监测宜与永久监测结合布置。布置观测站及观测房时，应对上坝交通、接地和电源接点等观测条件提出具体要求。
- 5.1.4 横向监测断面不宜少于 3 个，宜选在最大坝高、地形突变、地质条件复杂等部位。
- 5.1.5 对于坝高在 100m 以上的高土石坝或地形地质条件复杂的土石坝，应设置坝体内部纵向监测断面，纵向监测断面可由横向监测断面上的测点构成，必要时根据坝体结构、地形地质情况增设测点或断面。

5.2 变形监测

- 5.2.1 土石坝变形监测项目包括坝体表面变形、坝体内部变形、坝基变形、界面变形、脱空变形、混凝土面板变形等。
- 5.2.2 表面变形监测应符合下列规定：
- 1 1 级~3 级土石坝平行坝轴线的表面变形测线不宜少于 4 条，宜在坝顶设 1~2 条；在上游坝坡正常蓄水位以上设 1 条；在下游坝坡 1/2 坝高以上设 1~3 条；在 1/2 坝高以下设 1~2 条。对 100m 以上的高心墙坝或坝基地质条件复杂的心墙坝，宜在坝顶心墙中心线设 1 条。对位于深厚覆盖层或软基上的土石坝，宜在下游坝趾外侧增设 1~2 条。上游坝坡正常蓄水位以下，可视需要设临时测线。对高面板堆石坝，应在各期上游面板顶部

和相应部位的垫层料上设置施工期临时测线。

2 4级、5级土石坝平行坝轴线的表面变形测线不应少于1条。

3 平行坝轴线的表面变形测线，应在各条测线与监测横断面相交部位布置测点，并根据坝体结构、材料分区和地形、地质及坝后观测房布置等情况增设测点。坝轴线长度小于300m时，测点间距宜取20~50m；坝轴线长度大于300m时，测点间距宜取50~100m。对V形河谷中的高坝和坝基地形变化陡峻的土石坝，坝顶靠近两岸部位的测点适当加密。对坝轴线较长的大坝，可适当增加测点间距。

4 视准线工作基点应在测线两岸延长线上各布置1个。当坝轴线为折线或坝长超过500m时，可在折点处或测点间增设工作基点。视准线工作基点应与变形监测网定期联测。

5 表面变形测线应布置在旁离障碍物1m以上的位置，垂直位移测点宜与水平位移测点同体布置。

5.2.3 内部变形监测应符合下列规定：

1 内部变形监测包括分层竖向位移、分层水平位移、界面位移及深层应变等。内部变形监测可采用水平分层监测和分层竖向监测布置方式。分层水平监测可采用水管式沉降仪、引张线式水平位移计等，分层竖向监测可采用测斜仪、电磁式沉降仪或两者相结合的方式。

2 横向监测断面上的坝体内部变形监测宜采用水平分层测线和竖向测线的布置方式。水平分层测线可采用水管式沉降仪、引张线式水平位移计等，竖向测线可采用测斜仪、电磁式沉降仪或两者相结合的方式。

3 采用水平分层方式布置时，典型横向监测断面上可布置3~5个监测层面，层面间距20~50m，1/3、1/2、2/3坝高宜设为监测层面。同一监测层面上下游方向测点间距20~40m，坝体各主要分区应至少布置1个测点。同一横向监测断面各监测层面的测点在垂直向宜重合，以形成竖向测线。水平位移测点和

垂直位移测点宜布置在同一位置。

4 采用竖向方式布置时，典型监测横断面宜布置 2~5 个竖向测线，宜在横断面上的坝轴线附近及下游坝面设置测线。测线底部应深入基础变形相对稳定部位。测线上垂直位移测点间距可设置为 5~10m。对深厚覆盖层或软土地基宜在坝基面及坝基内部布置测点。

5 采用水平测线和竖向测线结合布置时，两者的监测断面位置应一致，测点数量应根据监测要素综合考虑。

5.2.4 混凝土面板堆石坝、沥青混凝土面板坝内部变形监测除应符合 5.2.3 条的规定外，还应符合下列规定：

1 周边缝应布置三向测缝计。应在最大坝高断面底部、两岸岸坡 1/3、1/2、2/3 坝高处布置测点，在高趾墙、岸坡较陡、地形突变及地质条件复杂的部位加密布置。

2 面板垂直缝应在受拉、受压及拉压交替部位布置测缝计，高程分布宜与周边缝相同，且与周边缝测点组成纵横向监测断面。高坝宜在河床中部压性缝增设测缝计数量。当岸坡较陡或坝址为不对称峡谷时，可在靠近岸坡的张性缝上适当增加测缝计数量。对分期浇筑或分期挡水的面板，应根据大坝挡水高程，在垂直缝上增设测缝计。

3 对分期浇筑的面板水平施工缝，宜在典型面板条块水平施工缝布置裂缝计。对面板表面（非干缩、冰冻缝）出现的缝宽大于 5mm 或缝长大于 5m 或缝深大于 2m 的纵、横向缝，以及其他危及大坝安全的裂缝，应在修复处理后适当布置裂缝计等进行监测。

4 对趾板前布置有防渗墙和连接板的面板堆石坝，应在防渗墙与连接板之间、连接板与趾板之间布置单向或双向测缝计，布置断面不宜少于 3 个。

5 面板挠度监测布置可采用电平器或测斜仪。挠度监测底部第一个测点应设置在趾板或坝基内，顶部最末测点宜与面板顶部表面测点对应布置。如采用电平器的布置方式，其测点间距宜

为 5~10m。

6 高面板堆石坝宜监测面板与垫层料接触面的脱空变形，每个监测断面上的测点间距宜为 10~20m，每期面板顶部应加密监测点。

5.2.5 土质心墙坝、土质斜墙坝内部变形监测除应符合 5.2.3 条的规定外，还应符合下列规定：

1 土质心墙或斜墙内部变形监测宜采用竖向测线的布置方式，坝体其他部位内部变形监测可采用水平分层测线、竖向测线或两者相结合的布置方式。

2 对坝高在 100m 以上的高坝，可采用布置水平向或竖向测线的方式监测上游坝体内部变形，但测线不得穿过心墙。

3 当心墙或斜墙底部设置廊道时，可根据工程特点，利用廊道布置变形监测项目。

4 当心墙或斜墙底部设置垫层时，对坝高在 100m 以上的高坝可根据垫层结构分缝情况布置测缝计。

5.2.6 均质坝监测应以表面变形为主，当坝高较高时或坝体与刚性建筑物连接时，宜监测坝体内部变形。内部变形监测应采用竖向测线的布置方式，测点布置应符合 5.2.3 条的规定。

5.2.7 土工膜防渗体坝的变形监测应以表面变形和周边接缝开合度为主，可根据其结构型式和施工特点针对性布置。测点布置应符合 5.2.3 条的规定。

5.2.8 坝基为深厚覆盖层或地质条件较差时，深厚覆盖层变形、基础防渗墙及其与坝体防渗体结合部位的变形监测测点布置，应根据地形地质条件及结构设计要求确定。

5.2.9 界面位移监测应符合下列规定：

1 界面位移监测点宜布置在不同坝料交界、土石坝与混凝土建筑物结合部位、坝体与陡峻岸坡连接处等部位。

2 在坝体防渗心墙的上、下游侧，宜设置心墙与过渡料接触面的剪切和法向位移监测点，监测断面应与坝体内部变形监测断面一致。

3 在坝体与陡峻岸坡之间，宜布置土体位移计组，监测范围应根据坝基地形确定。

4 在坝体防渗体与基础防渗墙结合处，宜在结合部位的上、下游布置监测点。若为不对称河谷坝址，还应设置接缝剪切位移监测点。

5.3 渗流监测

5.3.1 土石坝渗流监测项目包括坝体与坝基渗透压力、绕坝渗流、渗流量及水质分析等。渗流监测宜采用渗压计、测压管、量水堰等，测点布置应根据大坝及基础防渗类型、结构型式、监测断面上渗透压力分布及浸润线等渗流场特征确定。

5.3.2 面板坝坝体渗透压力监测应符合下列规定：

1 宜在典型监测断面沿坝基面，在上游帷幕后面板周边缝处、垫层料区（过渡料区）和堆石区设置 5~6 个测点，其中堆石区不宜少于 2 个。高坝宜沿高程布置 2~4 个层面，在面板后垫层料区和过渡料内布置渗透压力测点。

2 纵向监测断面可由横向监测断面的测点构成，并结合开挖地形、地质条件，在帷幕后沿面板周边缝基础增设测点，间距宜为 20~50m。

5.3.3 心墙坝、斜墙坝坝体渗透压力监测应符合下列规定：

1 对土质心墙坝和斜墙坝，宜在典型横向监测断面的心墙或斜墙底部上游侧布置 1~2 个测点，其中 1 个测点位于心墙或斜墙上游反滤料内；心墙或斜墙底部下游侧宜布置 2~3 个测点，其中 1 个测点位于心墙或斜墙下游反滤料内；在心墙或斜墙底部宜布置 2~3 个测点。心墙或斜墙内渗透压力测点宜在正常蓄水位以下布置 2~5 个监测层面，每个监测层面布置 3~5 个测点。心墙或斜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。

2 对沥青混凝土心墙坝、土工膜心墙坝和斜墙坝，宜在典型横向监测断面的心墙或斜墙底部上游侧布置 1~2 个测点，其

中 1 个位于心墙或斜墙与反滤料结合部；心墙或斜墙底部下游侧宜布置 2~3 个测点；其中 1 个位于心墙或斜墙与反滤料结合部；心墙或斜墙底部宜布置 1~3 个测点。

5.3.4 对均质坝，应在横向监测断面的坝基面沿上、下游方向布置测点，坝轴线上游侧至少布置 1 个测点，下游排水体前缘布置 1 个测点，其间宜布置 2~3 个测点；坝体内正常蓄水位高程以下宜布置 2~3 个监测层面，每层内不少于 3 个测点。

5.3.5 坝基渗透压力监测应符合下列规定：

1 坝基渗透压力包括天然土层、人工防渗和排水设施等部位的渗透压力。每个典型监测断面坝基渗透压力监测点不宜少于 3 个。

2 应根据基础防渗、排水结构型式布置坝基渗透压力测点。对有铺盖的心墙坝、斜墙坝或均质坝基础，应在铺盖末端底部布置 1 个测点，其余部位适当插补测点。当心墙或斜墙坝设有防渗墙（槽或帷幕）时，应在墙（槽或帷幕）的上、下游侧对应布置测点。当面板坝设有防渗墙时，应在防渗墙墙体下游侧布置测点。当有减压井（沟）等坝基排水设施时，还应在其上、下游侧和井间适当布置测点。

3 层状透水坝基，宜沿横断面在各强透水层中的中、下游段和渗流出口附近布置渗透压力监测点，测点数不宜少于 3 个。

4 坝基存在贯穿上下游的断层、破碎带、软弱带、岩溶等不利地质条件时，应沿其走向在坝体坝基的接触面或截渗墙（槽或帷幕）的上、下游侧布置 2~3 个测点。

5 在上石坝与混凝土建筑物接界面应设置测点，并宜沿接触面不同高程布置测点。

6 对坝基埋管（涵），应在管（涵）身与坝体和地基的接触面布置测点。

7 对重点监测断面或坝基地质条件复杂部位的防渗帷幕，应在帷幕后布置 1~3 个测点。

5.3.6 坝体及基础渗流量监测应符合下列规定：

1 渗流量监测布置,应根据坝型和坝基地质条件、渗透(漏)水的出流、流向、汇集条件、排水设施,以及监测方法等确定。

2 对坝体、坝基、绕坝渗流,以及减压井、减压沟和排水廊道等导渗渗流量,宜分区、分段监测,有条件时宜修建截水墙、监测廊道等辅助设施。

3 当坝体(基)下游有渗透(漏)水出逸时,宜在大坝下游附近设导渗沟,可分区、分段设置,在导渗沟出口或排水沟内设置水堰。

4 对设有排水检查廊道的面板堆石坝、心墙坝、斜墙坝等,量水设施应在廊道内分区、分段设置。

5 当坝址区存在天然涌泉出流时,应根据地形条件修建排水沟,在沟内设置水堰。

6 当坝基覆盖层深厚或下游尾水较高时,可设截水墙汇集渗流进行监测。当深覆盖层地基,下游无尾水且渗透(漏)水低于河床面,可采用在坝下游河床中间隔设置测压管经地下水坡降计算来求取渗流量时,测压管间距一般为10~20m,以获得10cm以上的水头差为宜。

5.3.7 绕坝渗流监测布置应符合4.3.5条的规定。

5.3.8 应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,定期进行水质分析,并符合4.3.6条的规定。

5.4 应力应变及温度监测

5.4.1 土石坝应力应变及温度监测项目包括坝体和坝基应力、界面应力、孔隙水压力、防渗墙和面板应力应变及温度等。

5.4.2 坝体和坝基应力监测应符合下列规定:

1 对面板堆石坝,可在监测断面的中下部布置2~5个层面进行土压力监测,测点宜布置在上游过渡料、坝轴线及坝轴线上下游侧中部,且应与内部变形测点布置相结合。对高面板堆石坝的受压面板分缝部位可布置压应力计。

2 对心墙或斜墙堆石坝,宜在上下游堆石体、心墙或斜墙内部及其上下游反滤料布置土压力计测点,且与渗透压力或孔隙水压力测点对应布置。

5.4.3 界面土压力监测应符合下列规定:

1 界面土压力监测点宜沿界面,在土压力最大、受力情况复杂、工程地质条件差或结构薄弱等部位布置。

2 对于高面板堆石坝,可在每期面板顶部与垫层料接触面布置测点。

3 对于高心墙堆石坝,应在心墙与岸坡的接触部位、心墙与地形突变处接触部位、心墙与混凝土垫层接触面布置测点。

4 对坝基设有高趾墙的土石坝,宜在高趾墙的下游侧界面布置侧向压力测点。

5.4.4 面板应力应变及温度监测应符合下列规定:

1 面板应变监测的测点按面板条块布置,并宜布置于面板条块的中心线上。应根据工程规模、坝体结构,选择1~5个面板监测条块,并宜与监测断面相结合,其中1个应设置在河床中部最长面板条块。对于高面板堆石坝,还应在面板受压部位增设1~2个面板监测条块。

2 应根据应力分布情况,在监测面板条块上沿不同高程布置应力应变测点,高面板坝还宜在各期面板水平施工缝部位增设测点。

3 各测点应力应变监测仪器应成组布置,宜布置二向~四向应变计组。面板底部周边缝附近应力应变较复杂部位宜布置四向应变计组。应力应变测点附近宜对应布置无应力计。

4 钢筋应力测点宜与面板应变测点配套布置,面板钢筋计宜按顺坡向和水平向布置。

5 高面板堆石坝温度监测布置,除了利用应力应变测点兼测温度以外,还应在典型监测条块布置温度计,水位变动区应加密布置,正常蓄水以上至少布置1个测点。

5.4.5 混凝土(沥青混凝土)心墙监测项目包括应变、钢筋应

力和温度。应力应变监测断面宜与变形监测断面相结合，测点布置宜能与内部变形监测点相互验证。对基础混凝土防渗墙，应根据其特性和规模，设置相应监测项目。

5.4.6 均质坝、土质心墙坝和土质斜墙坝等大坝土体内宜进行孔隙水压力监测。在重点监测横断面、纵断面上应布置孔隙水压力测点，宜与渗流监测点布置相结合，可分布在3~4个层面上。1级、2级建筑物可加密布置。

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

6 溢洪道监测

6.1 一般规定

- 6.1.1 本章适用于岸边式溢洪道。
- 6.1.2 溢洪道监测范围包括进水渠、控制段、泄槽、消能防冲设施及出水渠。

6.2 变形监测

- 6.2.1 变形监测项目包括水平位移、垂直位移、接缝开合度等。
- 6.2.2 宜在进水渠导墙、控制段、泄槽侧墙表面设垂直位移测点；必要时，在高边墙区域等可同时布置水平位移测点。
- 6.2.3 接缝监测宜采用测缝计；表面裂缝可采用单向或三向测缝计。
- 6.2.4 基础变形监测宜采用单点位移计或多点位移计。
- 6.2.5 溢洪道与大坝连接部位，可根据连接形式的不同，布置界面变形测点。

6.3 渗流监测

- 6.3.1 渗流监测项目包括绕渗、基底渗透压力、渗流量等。
- 6.3.2 溢洪道渗流监测应符合下列规定：
 - 1 对独立布置的溢洪道，可在两侧布置渗压计或测压管监测绕渗；对紧靠坝体的溢洪道，应结合大坝绕坝渗流统筹布置。
 - 2 进水渠、控制段、泄槽段基底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有选择地布置。可在进水渠、泄槽段沿流向至少布置1个监测断面，宜采用渗压计监测；控制段可沿流向布置1~3个监测断面，每个断面布置不少于3支渗压计，防渗帷幕后应增设幕尾渗透压力监测测点。
 - 3 消能防冲段基底渗透压力监测可根据工程规模、消能防

冲设施的型式、基础处理措施，同时结合泄洪建筑物消能防冲设施综合布置，采用渗压计监测。

4 溢洪道排水系统宜分区布置量水堰，进行渗流量监测。

6.3.3 消力池底板基底宜布置渗压计监测基底渗压。有封闭防渗和抽排的消力池，应在帷幕下游主排水幕上布置测压管，并在集水井处布置量水堰监测基础排水孔的渗流量。

6.4 应力应变监测

6.4.1 应力应变监测项目包括混凝土应力应变和钢筋应力等。

6.4.2 混凝土应力应变和钢筋应力测点宜布置在结构受力较大或可能出现拉应力的部位，如控制段的闸墩、弧门铰支座等部位。

6.4.3 消力池的抗浮锚杆和锚桩上宜布置钢筋计。

7 厂房建筑物监测

7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于地面厂房、地下厂房、泵站厂房的安全监测设计。地面厂房监测范围为主厂房、副厂房；地下厂房监测范围为主厂房、副厂房、主变室、母线洞、交通洞等；泵站厂房监测范围为厂房、进水池。

7.1.2 河床式厂房监测项目应与拦河坝、引水道等枢纽建筑物统一考虑。

7.1.3 河床式厂房宜每 2~5 个坝段设置 1 个监测断面；坝后式厂房监测断面宜与其上游挡水坝段监测断面相对应。

7.1.4 地下厂房监测应根据围岩地质条件、支护结构特性、洞室规模选择有代表性的部位布置监测断面，监测断面的具体布置，应重点选择高边墙、贯穿高边墙的洞室及其洞口段、相邻洞室间的薄体岩壁、围岩结构面不利组合部位、岩壁吊车梁岩台区等部位进行布置。施工期监测应与运行期结合考虑。

7.1.5 地下厂房交通洞、通风洞等附属洞室，应以监控施工安全为主要目的设置监测断面，监测断面重点布置在地质条件较差的部位。

7.1.6 泵站厂房监测断面选择及布置应根据结构设计和地质条件等具体情况，至少选择 1 个监测断面。

7.2 变形监测

7.2.1 地面厂房变形监测项目包括水平位移、垂直位移、倾斜、接缝及裂缝开合度等；地下厂房变形监测项目包括围岩变形、岩壁吊车梁变形、接缝及裂缝开合度等；泵站厂房变形监测项目包括水平位移、垂直位移、接缝开合度。

7.2.2 河床式厂房变形监测应符合下列规定：

1 每个厂房坝段宜在坝顶和基础廊道设置水平位移和垂直位移测点。

2 在地质条件复杂的厂房基础宜布置基岩变形计、多点位移计、钢管标等。

3 厂房坝段接缝开合度的监测，宜在监测断面和基础地质条件复杂的厂房坝段接缝处分层布置测点。

7.2.3 坝后式厂房变形监测应符合下列规定：

1 每个机组段的发电机层的四角中应至少选择3个角各布置1个垂直位移测点。地质条件复杂的厂房基础变形监测布置参照7.2.2条的规定执行。

2 每个坝段的厂房间接缝部位，应分层布置接缝开合度测点。

7.2.4 引水岸边式厂房变形监测应符合下列规定：

1 机组段发电机层的垂直位移监测布置可按照7.2.3条的规定执行。

2 地质条件复杂或软基厂房，宜在厂房机组段接缝内分层布置接缝开合度测点。

7.2.5 地下厂房围岩变形监测应符合下列规定：

1 施工期收敛变形应根据围岩类别布置收敛断面，Ⅴ类围岩每个机组段布置1~2个断面，Ⅲ类、Ⅳ类围岩每个机组段布置1个断面。每个监测断面不应少于5个测点。

2 主洞室顶部岩体厚度较浅的Ⅳ~Ⅴ类围岩，应进行地表垂直位移监测。

3 围岩内部变形宜采用多点位移计监测，每个监测断面宜布置3~7个测孔，测孔宜布置在拱顶、上下游拱座或岩锚梁部位、高边墙中部。孔内测点数量宜为3~6个，从围岩表面向深部由密到疏布置，具体点位宜根据钻孔地质描述调整。

4 围岩变形监测宜在厂房主洞室开挖前利用主洞附近的勘探洞、排水廊道、施工洞预安装埋设监测设施。

5 采用测斜仪监测厂房侧壁附近的围岩侧向位移时，应在

边墙侧壁附近布置铅直测斜仪钻孔，钻孔与侧壁表面的间距不宜大于2.0m。

7.2.6 岩壁吊车梁梁体宜根据需要布置位移测点，每段梁不宜少于1个。

7.2.7 地下厂房接缝与裂缝开合度监测应符合下列规定：

1 支护结构与围岩接缝或支护结构和围岩中出现危害性裂缝的开合度监测，应选择影响结构稳定的部位或可能扩展的裂缝布置测点。

2 机座混凝土与围岩间接缝开合度测点的布置，应在选定的监测断面内上下游侧各布置2~3个测点。

3 相邻机座间接缝开合度测点的布置，应沿机组结构接缝两侧布置测点，测点部位应与选定的监测断面的机组相对应，数量可根据实际需要确定。

4 岩壁吊车梁混凝土与岩壁接缝开合度监测，应在每个断面上、下游侧的结合面上各布置1~3个测点，并与围岩变形测点和锚杆应力测点布置在同一监测断面上。

7.2.8 泵站厂房变形监测应符合下列规定：

1 水平位移和垂直位移测点应布置在泵站厂房各角点及各段翼墙上。

2 当泵站地基条件较差、结构不均匀沉降对工程运行影响较大时，可在泵站厂房与进水池分缝处布置测缝计进行接缝开合度监测。当出现影响结构安全的裂缝时，应进行裂缝的检查和监测，必要时可布置测缝计。

7.3 渗流监测

7.3.1 地面厂房渗流监测项目包括扬压力和渗流量监测；地下厂房渗流监测项目包括洞室外水压力、围岩渗透压力和渗流量监测；泵站厂房渗流监测项目为扬压力监测。

7.3.2 河床式电站厂房扬压力监测应符合下列规定：

1 厂房基础扬压力监测，应根据坝地质条件、渗控措施

等进行布置，纵向和横向扬压力监测断面应结合布置，纵向监测断面宜与挡水坝段结合。

2 对于仅设置上游防渗帷幕的基础扬压力监测，纵向监测断面应布置在主帷幕下游排水幕线上，每坝段应设置 1~2 个测点；对于封闭式防渗帷幕的基础扬压力监测，应在上、下游帷幕的排水幕线上设置测点。

3 横向监测断面上的测点可在基础横向廊道内或沿厂房基础定基面布置，每个横向监测断面沿水流方向布置 2~3 个测点。

4 对具有承压含水层和深层滑动面的地基，应同时进行深层渗透压力监测。

7.3.3 坝后式厂房扬压力监测应符合下列规定：

1 对于下游设置帷幕灌浆防渗的基础扬压力监测，纵向监测断面应布置在下游帷幕的上游侧排水幕线上，每坝段应设置 1~2 个测点。

2 横向监测断面宜与其上游挡水坝段监测断面相结合。

7.3.4 引水岸边式厂房应结合厂房后边坡地下水位及下游尾水进行基础渗透压力监测，测点可沿厂房上、下游方向在定基面处布置。

7.3.5 地下厂房渗流监测应符合下列规定：

1 应在相应监测断面内的洞室顶拱和上下游边墙的围岩内，沿不同高程布置渗透压力测点；机组尾水锥管段以及扩散段的围岩内，沿上下游方向布置渗透压力测点。

2 监测洞室支护结构外水压力时，围岩渗透压力监测点应布置在顶拱、底部、侧墙等部位的支护结构外缘与围岩界面处。

3 应在各排水廊道或排水系统内分区布置量水堰，监测分区渗流量；在渗流集中的集水井部位布置量水堰，监测总渗流量。

7.3.6 泵站厂房的扬压力可通过埋设渗压计或测压管监测，每个监测断面上的测点不应少于 3 个。

7.4 应力应变及温度监测

7.4.1 地面厂房应力应变及温度监测项目包括结构应力应变、钢筋应力及温度监测；地下厂房应力应变及温度监测项目包括支护结构混凝土应力应变、钢筋应力、围岩压力、钢板应力、锚杆应力、锚固力及温度监测。泵站厂房应力应变及温度监测项目包括结构应力应变、钢筋应力及温度监测。

7.4.2 地面厂房应力应变及温度监测应符合下列规定：

1 厂顶溢流的坝后式电站厂房，应进行厂房顶部结构受力监测，宜布置钢筋计、应变计及无应力计，测点布置应根据计算成果确定。

2 厂坝联合受力的厂房，可根据实际情况进行厂坝接缝面应力应变监测，测点布置与厂房接缝监测相对应，布置压应力计、应变计。

3 温度监测布置可按照 4.4.7 条的规定执行。

7.4.3 地下厂房应力应变监测应符合下列规定：

1 地下厂房顶拱、高边墙、洞室交叉等关键部位采用钢筋混凝土支护结构时，可根据各部位的受力特点布置应变计、无应力计和钢筋计。

2 厂房围岩采用锚杆和预应力锚索加固时，应进行锚杆应力和锚索荷载监测。每个监测断面内宜布置 3~5 根监测锚杆，根据需要每根锚杆宜布置 1~3 个测点；预应力锚索监测宜选择有代表性的部位，按锚固区、锚索吨位和锚索长度选择进行布置。监测数量宜按锚索数量的 2%~5% 选取，每个锚固区或每种锚索至少监测 3 束。

3 在地下厂房主洞室围岩和支护结构的接触界面上，宜布置围岩压力监测点，洞室拱部围岩压力监测点布置应与混凝土应变监测点布置相同。

4 岩壁吊车梁混凝土应力应变和钢筋应力监测，宜在上、下游岩壁吊车梁上对称布置，钢筋计应布置在主受力筋上，每个

断面不少于 2 个测点。岩壁吊车梁的锚杆应力监测，应根据锚杆的应力分布特点布置测点。

7.4.4 泵站厂房宜在主受力构件上布置钢筋应力测点。有条件时钢筋计与混凝土内布置的应变计及无应力计应配合布置，同步监测钢筋和混凝土的受力状态。

7.4.5 水头较高、装机容量大的电站厂房机组支撑结构（机墩、蜗壳、尾水管）宜监测钢板应力、钢筋应力、混凝土应力应变。

8 通航建筑物监测

8.1 一般规定

8.1.1 通航建筑物包括船闸和升船机，船闸监测范围包括闸首和闸室等；升船机监测范围包括闸首、承船厢室段和斜坡道段等。

8.1.2 船闸和升船机上游挡水部分（上闸首）监测断面宜与其他挡水坝段监测断面统一考虑和布置。

8.1.3 船闸监测断面和部位应根据地质条件和结构特点选择，监测断面应布置在结构受力复杂及基础地质条件不利的部位。上、下闸首人字门支承体闸块宜各布置 1 个监测断面，闸室宜布置至少 1 个监测断面。对于多级船闸，宜根据衬砌式、重力式和混合式等不同结构型式布置监测断面。

8.1.4 升船机监测断面应根据地质条件和结构特点选择。垂直升船机闸首、承船厢室段宜各布置 1~2 个监测断面；斜面升船机闸首、斜坡道段宜各布置 1 个监测断面。对于带中间渠道分级布置的垂直升船机，宜根据中间渠道不同结构型式布置监测断面。

8.1.5 船闸引航道和闸室应布置水位监测设施，水位采用水尺监测。大中型船闸除采用水尺监测外，还应同时采用水位计监测。

8.2 变形监测

8.2.1 船闸变形监测包括水平位移、垂直位移、接缝开合度等项目。船闸变形监测应符合下列规定：

1 船闸应进行垂直位移监测；垂直位移测点布置在闸首和闸墙顶部，每一闸首边墩和闸端块宜至少布置 1 个垂直位移测点。对于布置有基础廊道的大型船闸上闸首，宜在基础廊道闸首

边墩及航槽处布置垂直位移测点。垂直位移宜采用精密水准法监测。

2 对于大型船闸应监测水平位移，且闸首人字门支承体边墩应采用垂线监测水平位移，同时兼测其顶部与底部的相对水平位移（倾斜），闸墙顶水平位移宜用引张线或表面水平位移测点监测。一般船闸闸首水平位移宜用垂线或表面水平位移测点监测。表面水平位移测点宜采用水平位移监测网网点作为工作基点进行交会法监测。

3 大型船闸闸室底板与闸室边墙间可采用测缝计监测接缝开合度。

4 船闸覆盖层地基宜采用基岩变形计或多点位移计监测相对沉降。

8.2.2 升船机变形监测包括水平位移、垂直位移、基岩变形、接缝开合度等。升船机变形监测应符合下列规定：

1 垂直升船机上闸首左、右边墩和承船厢室段承重结构，斜面升船机上闸首或挡水结构，宜布置水平位移监测设施。水平位移宜采用垂线法监测，条件允许时可采用交会法、GNSS法监测。采用交会法和GNSS法监测时，水平位移测点宜布置在承船厢室段承重结构外墙及上闸首左、右墩顶部。

2 升船机垂直位移宜采用精密水准、静力水准进行监测。精密水准点宜布置在上闸首基础廊道、上闸首左、右墩顶部、承船厢室段底板、承船厢室段承重结构顶部。静力水准宜布置在升船机上闸首基础廊道和承船厢室段承重结构顶部，其测点宜与精密水准点对应布置。

3 当基础地质条件较差时，可在上闸首和承船厢室段地质条件较差的部位布置基岩变形计或多点位移计监测基岩变形情况。

4 斜面升船机斜坡道宜监测基础地基垂直位移，根据具体情况布置精密水准点、基岩变形计或多点位移计。

5 升船机上闸首和承船厢室底板宜监测纵、横向接缝或宽

槽缝开合度，在接缝、宽槽缝面上不同高程布置测缝计。

8.3 渗流监测

8.3.1 通航建筑物渗流监测项目包括渗透压力、渗流量等。

8.3.2 船闸渗流监测应符合下列规定：

1 重力式闸首、闸墙及闸室底板宜监测基底渗透压力，有防渗帷幕时应监测帷幕后的基底渗透压力。宜采用渗压计监测，有基础廊道时应采用测压管监测。闸首左、右墩及航槽基底处宜至少各布置 1 个渗透压力测点，底板基底宜布置 1~3 个渗透压力测点。

2 衬砌式闸首、闸墙宜监测闸墩和闸墙墙背渗透压力，宜采用渗压计监测。必要时可在闸墩墩背和闸墙墙背岩体内布置地下水监测孔。

3 设有基础灌浆和排水廊道的船闸应监测基础渗流量，宜采用量水堰监测。

8.3.3 升船机闸首宜监测基底渗透压力和基础廊道渗流量，有防渗帷幕时应监测帷幕后的基底渗透压力。渗透压力宜采用渗压计监测，有基础廊道时应采用测压管监测。闸首基础廊道渗流量宜采用量水堰监测。

8.4 应力应变及温度监测

8.4.1 船闸应力应变及温度监测项目包括墙后土压力、混凝土应力应变、钢筋应力和温度等，衬砌式船闸还包括边坡支护结构（锚杆和锚索）受力监测。

8.4.2 船闸应力应变监测应符合下列规定：

1 墙后土压力应采用土压力计监测，土压力监测断面上宜按不同高程至少布置 3 个测点。

2 混凝土应力应变和钢筋应力测点应布置在人字门支承体部位、阀门井、反弧门支铰等结构受力较大的部位。

3 衬砌式闸首及闸墙结构锚杆上应在混凝土与基岩结合面

处布置锚杆应力测点。

4 衬砌式船闸边坡宜按边坡监测要求布置锚杆应力计和锚索测力计，监测部位宜选择在闸首和块体等地质条件较差的部位。

5 对于船闸大体积混凝土结构部位，如闸首边墩、重力式闸室墙宜布置温度监测断面。温度测点宜按网格布置，在温度梯度较大的近表面测点宜适当加密。

8.4.3 升船机应力应变及温度监测项目包括混凝土应力应变、钢筋应力、销间受力和温度等。

8.4.4 升船机应力应变及温度监测应符合下列规定：

1 受力复杂的升船机上闸室宜布置1~2个垂直流向监测断面，监测断面受力复杂的部位宜布置钢筋计、应变计、无应力计；若闸首有预应力锚索，应布置锚索测力计，锚索测力计数量宜按锚索总量的2%~5%选取。

2 受力复杂的承船厢室段承重结构，宜根据结构高度设置2~4个水平监测截面，布置钢筋计、应变计和无应力计。

3 大、中型斜直升船机宜监测斜波道上的轨道梁和板式基础结构应力，在受力较大的部位布置钢筋计、应变计和无应力计。

4 宜在承船厢室段底板布置钢筋计、应变计和无应力计。

5 上闸首、承船厢室底板及承重结构等大体积混凝土部位宜布置温度计，温度计在断面上宜按网格状布置。

9 水工隧洞监测

9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于开挖岩体、主体形成输水隧洞的工程安全监测设计，监测范围包括泄洪洞、输水洞、引水隧洞、尾水隧洞、压力钢管、调压室、尾闸室、导流洞、封堵体等。

9.1.2 1级~3级水工隧洞、大洞径或大跨度水工隧洞、不良工程地质条件的隧洞和土洞，高压及高流速水工隧洞、沿线地表有重要建筑物的水工隧洞以及采用新技术、新材料、新设计理论和方法的隧洞等宜进行安全监测。

9.1.3 水工隧洞应重点监测围岩稳定性、进出口建筑物及边坡稳定性。监测项目选择，应尽可能施工期监测。

9.1.4 隧洞监测断面布置，应根据地质条件、围岩结构、衬砌结构形式、受力状态等选择具有代表性的洞段或关键部位，每一代表性洞段布置1~3个监测断面。

9.1.5 水工隧洞岔管宜根据设计计算的应力状态在岔管的主管及挂管处布置监测断面。具有多个岔管的水工隧洞，可在主管、主支管相贯线、腰线及肋板等部位设置监测断面，并加强衬贯线、腰线折角点部位监测。

9.1.6 进水口、出水口结构及闸门井、闸室监测布置，应根据建筑物实际情况设置监测断面。

9.1.7 1级~3级封堵体应布置监测设施。

9.1.8 调压室宜监测围岩变形、衬砌结构受力、衬砌外水压力等，具体监测仪器布置可参考地下厂房监测仪器的布置。

9.2 变形监测

9.2.1 水工隧洞变形监测项目包括隧洞围岩变形、拱顶沉降、地表沉降、接缝及裂缝开合度等。

9.2.2 水工隧洞变形监测应符合下列规定：

1 施工期收敛变形和拱顶沉降监测，宜根据围岩类别布置监测点，监测断面间距：Ⅲ类围岩不大于50m；Ⅳ类围岩不大于40m；Ⅴ类围岩不大于30m；断层破碎带为5~10m。具体布置时，可根据围岩性态进行调整。收敛变形监测每个断面不应少于3个测点。

2 围岩内部变形应采用多点位移计监测，每个监测断面宜布置3~5个测孔。测孔中测点的位置，宜根据围岩径向位移变化梯度确定，位移变化大的部位宜加密测点，每孔测点数量宜3~6个，从围岩表面向深部由密到疏布置，具体点位宜根据钻孔地质描述调整。围岩内部变形监测基点应设在围岩松动范围之外的岩体中，深度宜大于1.5倍洞径。

3 隧洞接缝及裂缝开合度监测应包括隧洞衬砌结构与围岩接缝、压力钢管和混凝土衬砌接缝、衬砌结构和围岩中出现的危害性裂缝等的监测。接缝及裂缝开合度监测每个监测断面至少布置3个测点。

4 水工隧洞进口、出口建筑物及洞脸边坡变形监测，应根据需要进行测点布置，设置与施工监测相结合的位移监测点。

5 隧洞封堵体与围岩（或衬砌结构）接缝开合度监测，宜在顶部和边墙两侧对称布置监测点，每个监测断面至少3个测点。

9.2.3 隧洞围岩变形监测设计应根据洞室布置和施工情况，宜利用隧洞周围的排水洞、勘探平洞、模型试验洞、通风洞、施工支洞等预埋监测仪器。

9.2.4 土洞变形监测应满足下列要求：

1 浅埋土洞及稳定性较差洞段，施工时应进行支护监测和沿洞线（洞段）的地表沉降监测。

2 洞口应设置与施工监测相结合的位移监测点，监测地面沉降及边坡稳定情况。

3 对湿陷性黄土、膨胀土、软黏土洞段中的混凝土或钢筋

混凝土衬砌，应设永久性安全监测断面，并进行放空时的断面收敛量测。

9.3 渗流监测

9.3.1 水工隧洞渗流监测项目包括隧洞衬砌外水压力、进出口基础扬压力等。

9.3.2 水工隧洞渗流监测应符合下列规定：

1 隧洞外水压力的监测，宜在每个监测断面布置 1~3 个测点。同时可根据需要在隧洞沿线的山体上布置地下水位监测孔。对压力引水隧洞内水外渗及引起的地下水位变化宜加强监测。

2 水工隧洞穿越防渗帷幕时，应进行帷幕的防渗效果监测，并在防渗帷幕前后一定距离范围内布置测点，测点处应避免防渗帷幕灌浆影响。

3 浅埋隧洞或围岩（土）稳定性对渗漏敏感的洞段，应布置渗透压力和渗流量监测点，每个监测断面宜布置 3~5 个测点。

4 隧洞进、出口建筑物，泄洪洞出口消力池等结构宜进行基础扬压力监测。测点布置应根据结构型式、轮廓线形状和水文地质条件等因素确定。

5 1 级、2 级封堵体应进行渗透压力监测，宜在封堵体与衬砌混凝土结构间、原衬砌混凝土结构与围岩间布置测点，每个监测断面至少布置 3 个测点。

6 湿陷性黄土洞段，应进行渗流监测。

9.4 应力应变及温度监测

9.4.1 水工隧洞应力应变及温度监测项目包括支护结构混凝土应力应变、钢筋应力、围岩压力、锚杆应力、锚固力以及压力钢管钢板应力等。

9.4.2 水工隧洞应力应变及温度监测应符合下列规定：

1 隧洞混凝土衬砌应力应变监测，应根据混凝土衬砌隧洞的功能，在混凝土衬砌内布置测点，每个断面宜布置 4~8 个测

点，每个测点由切向和轴向布置的应变计组成，每个断面宜布置 1~4 支无应力计。

2 隧洞混凝土衬砌结构钢筋应力的监测，应在衬砌的内层钢筋上布置测点，根据需要每个断面布置 4~8 个测点。必要时，可在钢筋计附近的混凝土内布置应变计及无应力计，同时监测钢筋和混凝土的受力状态。

3 钢板衬砌隧洞的钢板应力监测，每个监测断面宜布置 2~8 个测点，每个测点宜布置由切向及轴向应变计组成的应变计组。

4 围岩与支护结构接触压力监测，应在隧洞顶拱围岩与支护结构的接触面上布置测点。每个断面宜布置 1~3 个测点。

5 隧洞采用锚杆和预应力锚索加固时，应进行锚杆应力和锚索载荷监测。锚杆应力监测宜选择有代表性的部位按锚杆的形式选择进行布置，监测数量根据需要确定，每个监测断面宜布置 3~5 根监测锚杆，每根监测锚杆宜布置 1~3 个测点；预应力锚索监测宜选择有代表性的部位，按锚固区、锚索吨位和锚索长度选择进行布置，监测数量根据需要确定，每个锚固区或每种锚索至少监测 3 束。

6 进、出口建筑物应根据实际需要布置应力应变监测点。

7 封堵体温度监测可根据施工温控需要布置。

10 水 闸 监 测

10.1 一 般 规 定

10.1.1 本章适用于拦河闸、防洪闸、引水闸、挡潮闸、节制闸、分洪闸、排水闸等水闸的安全监测设计，监测范围包括闸室段、消能防冲段和上下游连接段。

10.1.2 水闸监测项目包括变形、接缝开合度、渗透压力、侧向绕渗、结构应力、地基反力、土压力等。渠系建筑物的水闸监测可适当简化。

10.2 变 形 监 测

10.2.1 水闸的变形监测项目包括水平位移、垂直位移、接缝开合度等。

10.2.2 垂直位移测点宜布置在闸墩、岸墙、翼墙顶面的两端和中部。工程施工期可先埋设在底板面层，工程竣工后再引接到上述结构的顶部。

10.2.3 水平位移测点宜布置在可以构成视准线的垂直位移测点处。

10.2.4 接缝开合度可通过简易方法监测，对于地质条件复杂的水闸接缝，有条件时可采用测缝计监测，测点的数量和布置宜根据实际需要确定。

10.3 渗 流 监 测

10.3.1 水闸基底渗透压力监测断面应根据地质条件、水闸结构型式、闸基轮廓线形状等因素确定。对于1级~3级水闸，监测断面不少于闸孔数的1/3，并不少于2个。

10.3.2 水闸基底的渗透压力可通过埋设渗压计或测压管监测。测点宜布置在地下轮廓线有代表性的部位，每个断面上的测点不

应少于 3 个。

10.3.3 侧向绕流监测可在岸墙、翼墙填土侧布置测点，每个断面上的测点不应少于 3 个。

10.4 应力应变监测

10.4.1 水闸的应力应变监测项目包括地基反力、结构应力、土压力等。

10.4.2 水闸结构应力监测以钢筋应力监测为主，辅以混凝土应力应变监测。

10.4.3 对于大型水闸，当存在地基承载力低、压缩变形大、土压力和边荷载影响程度高等问题时，可沿单块整体结构顺水流方向和垂直水流方向各设置不少于一个监测断面，进行地基反力和土压力监测。

11 渠道及渠系建筑物监测

11.1 一般规定

11.1.1 本章适用于承担灌溉、供水、发电、调水等任务的输水渠道、管道及渡槽、倒虹吸、涵洞等建筑物的安全监测设计。

11.1.2 渠道及渠系建筑物与其他工程交叉时，除应满足本标准要求外，还应满足相关行业标准要求。

11.1.3 对于渠道等线状工程，监测站设置应考虑通信、交通、管理、仪器布置等因素，监测站宜结合工程管理设施布置。

11.1.4 渠道及渠系建筑物安全监测应以巡视检查为主，对1级、2级渠道的不良地质、深挖方、高填方渠段和特殊的1级、2级建筑物应设置安全监测设施。

11.2 渠道监测

11.2.1 渠道的安全监测项目包括变形、渗流等。

11.2.2 渠道变形监测项目包括水平位移和垂直位移监测，且宜按照横断面布置。横断面位置 and 间距应结合渠道级别、结构类型、地质条件、施工顺序、运行条件等因素确定。渠道变形监测应符合下列规定：

1 填方渠道变形监测，每个横断面不宜少于2个测点，渠顶应设置1~2个测点，迎水侧渠坡设计水位以上应布置1个测点，背水侧渠坡根据堤高、坡度等条件设置。挖方渠道测点不宜少于2个，坡顶地面应设置1~2个测点，迎水坡设计水位以上可每5~10m高度设置1个测点。

2 表面水平位移监测可采用视准线法、交会法、测距法等方法，垂直位移监测可选择精密水准法、三角高程法等。

3 渠道内部变形监测宜按照横断面布置，深层水平位移监测可采用测斜仪或多点位移计，垂直位移监测可采用沉降计或多

点位移计。

11.2.3 渠道渗流监测项目包括渠堤浸润线、渠堤与渠基渗透压力等，宜结合表面变形监测断面设置。渠道渗流监测应符合下列规定：

1 浸润线可采用渗压计、测压管监测，每个监测断面测点不应少于3个。

2 层状透水渠基渗透压力监测点宜在各透水层中布置，沿横断面中、下游和渗流出口附近布置，每个透水层测点不应少于3个。

3 对有贯穿渠道的断层、破碎带、软弱带、岩溶等不利地质条件的渠段，测点宜沿其走向，在渠基的接触面、截渗墙等重点部位布置。

11.3 渡槽监测

11.3.1 渡槽安全监测项目包括变形、接缝开合度、结构应力应变、预应力、地基反力、土压力等。

11.3.2 渡槽变形监测包括水平位移、垂直位移、挠度、接缝开合度等，应符合下列规定：

1 渡槽的水平位移和垂直位移测点可布置在槽墩、渡槽顶缘板、岸墙顶部。

2 渡槽的挠度监测宜在跨中、1/4跨、跨端布置垂直位移测点，有条件时，可布置收敛测桩。

3 接缝开合度宜通过简易方法监测，对于地质条件复杂、量测不便的接缝，可布置测缝计。

11.3.3 渡槽进出口段的渗流监测可通过埋设渗压计或测压管监测。测点宜布置在有代表性的转折处。监测断面不宜少于2个，每个断面上的测点不应少于3个。对于岸坡侧向绕流的监测，可在岸墙和翼墙填土侧布置测点。

11.3.4 渡槽应力应变及温度监测项目包括混凝土应力应变、锚杆应力、锚固力、钢筋应力、钢板应力和温度等，渡槽应力应变

及温度监测应符合下列规定:

1 渡槽结构应力监测以钢筋应力监测为主, 辅以混凝土应力应变监测。

2 测点的应变计数量和方向应根据应力状态确定, 宜选择跨中、1/4跨、跨端进行监测, 主应力方向明确的部位可布置单向或双向应变计。

3 每一应变计旁 1.0~1.5m 处应布置 1 支无应力计。无应力计与相应的应变计距结构面的距离应相同。当温度梯度较大时, 无应力计轴线宜与等温面正交。

4 预应力渡槽, 宜布置锚索测力计。

11.4 倒虹吸(涵洞)监测

11.4.1 倒虹吸(涵洞)安全监测项目包括变形、接缝开合度、结构应力应变、预应力、地基反力、土压力等。

11.4.2 倒虹吸(涵洞)变形监测包括垂直位移、水平位移、结构开合度等, 应符合下列规定:

1 倒虹吸、涵洞, 应顺轴线方向选择 1~2 条测线进行垂直位移监测。

2 垂直位移监测应以布置沉降标点为主, 每节涵管不宜少于 2 个测点, 在两岸相对稳定区域设置垂直位移工作基点。

3 接缝开合度可通过简易方法监测, 地质条件复杂、对运行安全影响较大的接缝, 可设置测缝计。

11.4.3 进出口段渗流安全监测应按 11.3.3 条的规定执行。

11.4.4 倒虹吸(涵洞)应力应变及温度监测项目包括混凝土应力应变、锚杆应力、锚索受力、钢筋应力、钢板应力和温度等, 应符合下列规定:

1 应根据地质条件、工程布置、结构特点等因素确定监测断面位置、数量和测点布置。

2 结构应力监测应以钢筋应力监测为主, 辅以混凝土应力应变监测。

3 设置应变计时，数量和方向应根据应力状态确定，主应力方向明确的部位可布置单向或双向应变计。每一应变计旁 1.0~1.5m 处应布置 1 支无应力计。

4 预应力倒虹吸和涵洞，宜布置锚索测力计。

11.5 输水管道监测

11.5.1 建筑物级别为 1 级、2 级的输水管道；管径大于 2m 且工作压力大于 0.5MPa 的 3 级建筑物管道，采用新结构、新材料、新工艺、新设计理论和方法的管道等应进行安全监测。

11.5.2 输水管道监测项目应考虑工程规模、压力等级、管道材料、地基条件、运行条件等因素，从下列各项中选取：

- 1 内水压力。
- 2 管道应力。
- 3 钢丝、钢筋应力（混凝土管）。
- 4 外包混凝土应力。
- 5 外水压力。
- 6 土压力。

12 堤防工程监测

12.1 一般规定

12.1.1 堤防工程监测应以巡视检查为主，内容包括裂缝、滑坡、坍塌、隆起、泉眼、翻砂、冒水、渗透变形、表面侵蚀破坏、洞穴破坏及穿堤建筑物结合部等。

12.1.2 堤防工程监测断面间距宜为 300~500m，每一代表性堤段布置的监测断面宜为 1~4 个，如地形地质条件无异常变化，断面间距可适当扩大。监测断面宜选择在老溃口、软弱堤基、浅层强透水带、承压水带以及有穿堤建筑物等特殊堤段。

12.1.3 监测内容应以变形和渗流监测为主，并兼顾其他监测项目。对于失事影响较大、地质条件特别复杂的重要堤段，或需要进行试验研究的地段，应根据需要增加专项设计内容。

12.2 变形监测

12.2.1 变形监测项目包括垂直位移和水平位移监测。

12.2.2 堤身垂直位移、水平位移监测应符合下列规定：

1 应以表面变形监测为主，对于 1 级、2 级堤防的重要部位可设置必要的内部变形监测项目。

2 每个监测断面的位移测点宜为 2~6 个。位移测点宜在渠顶的上、下游两侧各设 1 个，复式断面宜在戕台位置分别设置 1 个测点；对于软弱基础上的堤防，应在背水面坡脚线以外设置 1~2 个测点。

3 堤身垂直位移宜采用精密水准法监测，水平位移可采用视准线法、三角网法等方法监测。内部变形可采用沉降仪、测斜仪等进行监测。

4 堤身表面变形监测，可利用沿渠顶埋设的里程碑或专门埋设的固定测量标点定期进行监测。

12.3 渗流监测

12.3.1 堤防工程渗流监测项目包括堤身浸润线、堤基渗透压力等。必要时，还需配合进行渗流量、水质分析等监测项目。

12.3.2 渗流监测应符合下列规定：

1 堤防渗流监测应以测压管为主，也可埋设渗压计。对于穿堤建筑物附近堤段可结合穿堤建筑物监测采用渗压计。

2 堤防与穿堤建筑物接触面的渗流监测断面应布置在穿堤建筑两侧接触面位置，穿堤建筑物防渗刺墙上、下游各布置1~2测点，下游坡面及坡脚位置各布置1个测点。当穿堤建筑宽度较大时，应沿建筑物轴线方向布置至少1个监测断面。

12.4 其他

12.4.1 汛期应对堤岸防护工程区的近岸及其上下游的水流流向、流速、浪花、漩涡、回流及折冲水流等流态变化进行监测。

12.4.2 河型变化较剧烈的河段应对水流的流态变化，主流走向，横向摆幅及岸滩冲淤变化情况进常年监测或汛期跟踪监测。

12.4.3 汛期受水流冲刷岸崩现象较剧烈的河段，应对崩岸段的崩塌体形态、规模、发展趋势及渗水点出逸位置等进行跟踪监测。

13 边坡及滑坡监测

13.1 一般规定

13.1.1 本章适用于水利水电工程影响范围内的各种边坡、岸坡和滑波及其支挡结构的安全监测设计。

13.1.2 边坡监测应以整体稳定性为主，兼顾局部稳定，对采取加固措施的边坡及滑坡应进行重点监测。

13.1.3 对建筑物附近的边坡安全监测，应结合建筑物进行设计。

13.1.4 坝前和泄水、输水建筑物附近滑坡体安全监测应为库岸滑坡监测设计的重点。

13.1.5 边坡监测项目和监测设施布置应能反映边坡变形动态和加固结构的受力特点，表面和内部监测相结合构成立体监测系统。

13.1.6 边坡应按区段设置监测断面。每个区段根据边坡地质与加固工程特点选择代表性监测断面，宜与勘探剖面相结合。1级边坡应结合规模和地质条件布置监测断面，2级、3级边坡不应少于1个监测断面。宜与潜在滑动面的滑移方向或地下水渗流方向综合考虑。

13.1.7 边坡及滑坡监测项目包括变形、地下水位、渗流量、应力应变等。

13.2 变形监测

13.2.1 每个监测断面上的表面位移测点不宜少于3个，其他监测项目的测点不宜少于1个，地质条件复杂的边坡宜增设测点。在边坡支挡结构部位应结合监测断面布置测点。

13.2.2 表面变形监测应符合下列规定：

- 1 表面水平位移监测宜采用视准线法、交会法，也可采用

GNSS法。

2 表面垂直位移监测宜采用精密水准法，也可采用三角高程法。采用三角高程法监测垂直位移时，宜与边角网结合组成“三维网”。

3 监测工作基点宜与外部基准点组成边角网，1级岩质边坡的外部监测基点不易选取时，可布置垂线作为基点。

13.2.3 内部变形监测应符合下列规定：

1 内部变形宜采用多点位移计、滑动测微计、测斜仪等设施进行监测。

2 多点位移计钻孔宜穿过断层、节理裂隙密集带、夹泥层和岩石破碎带。钻孔底部的测点宜设在相对稳定的岩（土）体内。

3 测斜孔宜竖向布置，底部宜深入潜在滑动面以下5m。孔口附近可布置1个表面水平位移测点。对70m以上的高边坡宜采用分级组合的方式布置。测斜孔可与地下水监测孔结合。

4 重要工程边坡宜在监测洞内采用多点位移计、测斜仪、垂线等进行监测。

13.2.4 裂缝开合度宜采用测缝计、伸缩仪或土体位移计监测，也可采用游标卡尺等简易方法监测。对地表裂缝还应进行人工巡视检查。

13.3 渗流监测

13.3.1 边坡及滑坡渗流监测项目包括地下水位和渗流量。1级、2级边坡和高边坡应进行坡体地下水位或渗流场及渗流量监测。

13.3.2 地下水位监测应符合下列规定：

1 地下水位或地下孔隙水压力可采用渗压计或测压管监测。

2 对于地下水位高的1级边坡，每个断面的地下水位测点不宜少于3个。

3 地下水位应根据坝址地质、地形条件和地下水分布状态

进行监测，并宜利用地质勘探钻孔和不同高程的探洞布置地下水位监测孔。

4 对压力引水隧洞可能存在内水外渗的边坡部位，宜有针对性的布置测点。

5 如边坡及滑坡内有不同的隔水层时，宜分层进行地下水位监测。

13.3.3 渗流量监测宜分区进行。排水洞内渗流水，宜专设量水设施进行监测。

13.4 应力应变监测

13.4.1 边坡及滑坡应力应变监测包括锚杆应力、锚固力、钢筋应力、混凝土应力应变、界面压力等。

13.4.2 应力应变监测应符合下列规定：

1 对边坡治理中采用的预应力锚杆（索），应布置锚杆（索）测力计监测。监测数量宜按预应力锚杆（索）总量的2%~5%选取，1级~3级边坡预应力锚杆（索）监测数量不宜少于3根。

2 对边坡治理中采用了抗滑桩、抗剪洞塞与锚固洞、挡土墙等加固措施时，应对加固效果进行相应的钢筋应力、混凝土应力应变、界面压力监测。

14 专项监测

14.1 变形监测网

14.1.1 变形监测网设计包括水平位移监测网设计和垂直位移监测网设计。

14.1.2 设计变形监测网时，应收集下列资料：

- 1 变形观测区的地形图、地质图等；
- 2 监测系统及建筑工程布置总图；
- 3 施工测量控制网布置图。

14.1.3 变形监测网应与施工控制网的坐标系统保持一致，并宜与国家控制网坐标系统建立联系。

14.1.4 监测网网点由基准点、工作基点、监测点组成。基准点应布置在工程施工影响范围之外稳定的区域。工作基点应布置在方便观测监测点，且相对稳定的地方，其稳定性由监测网检测。

14.1.5 水平位移监测基准点标型宜为带有强制归心装置的钢筋混凝土标墩，应设置在稳定的弱风化岩体上或新鲜基岩上。强风化或全风化岩体处基准点宜在标墩基础下设置钢管桩。也可在水平位移监测基准点相同部位设置铅垂线监测该部位的稳定性。

14.1.6 垂直位移基准点宜为基岩标，并按 1 个主标、2 个副标成组布置，可设在平洞内。若没有稳定基岩，则宜为钢管标或双金属标。

14.1.7 网点的设置应兼顾工程施工期及运行期监测需求，应考虑工作人员的交通便利和人身安全。

14.1.8 设计监测网时应进行精度估算，混凝土坝、岩体高边坡等工程变形监测网网点位移量中误差允许值为 $\pm 2.0\text{mm}$ ，土石坝、滑坡等其他工程变形监测网网点位移量中误差允许值为 $\pm 3.0\text{mm}$ ；水平位移监测网还应进行可靠性评价，可靠性因子不宜小于 0.2。

14.1.9 变形监测网应定期复测，复测频次应为施工期1年1次，初期运行期1~2年1次，运行期3~5年1次。特殊时期（如发生大洪水、地震等），可增加测次。

14.1.10 水平位移监测网设计还应满足下列要求：

1 应设置2个或2个以上的基准点；对于面积大于 10km^2 的监测网应设置3个以上的基准点。

2 作为基准点校核设备的倒垂线，其读数基准方向应与监测网坐标系保持一致。

3 对于覆盖面积大于 10km^2 的监测网宜采用分级布置的方式，但精度不分级；其中第一层次为校核工作基点稳定性的校核网。

4 可采用三角测量、边长测量、边角测量、GNSS测量等方法；当观测边长大于 3km 时，相应的边宜采用GNSS测量。观测方法应按GB/T 17942、GB/T 18314的有关规定执行。

5 网点的高程连测，可采用几何水准观测或三角高程对向观测，精度不低于二等水准要求。

14.1.11 垂直位移监测网设计还应满足下列要求：

1 对于水电站的大坝基础及两岸坝肩（坝端）的垂直位移工作基点，宜采用双金属标或测温钢管标。

2 垂直位移监测网由水准基点和水准工作基点组成，宜布置由闭合环或附合线路构成的节点网，采用几何水准方法观测。观测方法应按GB/T 12897的有关规定执行。

14.2 水力学监测

14.2.1 对1级过水建筑物、新型过水建筑物，均应在初期运行期进行水力学监测。

14.2.2 水力学监测项目包括水流流态、水面线（水位）、波浪、动水压强、水流流速、流量、消能（率）、冲刷（淤）变化、道气量、掺气浓度、空化噪声、过流面磨蚀、泄洪雾化、系缆力、冰情与水温等。应根据过水建筑物类别、等级，开展相应监测

项目。

14.2.3 水力学监测应符合下列规定：

1 水力学监测布置，应根据工程规模、等级，并结合工程实际及上、下游影响进行，并考虑与数值计算和模型试验比较及验证。

2 采样时间应能反映水力要素的变化过程。

3 必要时，同步进行水文气象条件监测。

14.2.4 水压力监测应符合下列规定：

1 水压力监测应包括时均压力和脉动压力。

2 泄洪洞（孔）水压力监测测点应布置在进口底板、堰面、反弧段、挑坎、渗气坎前后等体型突变部位；有压隧洞动水压力，应选定若干控制断面测量动水压力分布，确定压坡线。

3 电站水压力监测测点应布置在引水压力段、机组进口段、蜗壳进口段、尾水锥管段、尾水肘管段、尾水扩散段及调压井段；对长尾水洞应选定若干控制断面测量动水压力分布及有可能发生的明满流交替。在调压室、阻力井内应布置水位监测点，以监测机组负荷或机组动水事故关门时井内的水位变化过程。

4 水压力可埋设测压管监测；也可埋设压力传感器或压力变送器监测。

14.2.5 近壁流速监测应符合下列规定：

1 近壁流速可埋设总压式底流速仪监测。

2 近壁流速测点应布置在泄洪洞进口段、反弧段、挑坎等部位；顺水流方向可选择若干观测断面布置流速测点，应注意水流特征与边界条件有突变的部位进行或实施流速观测。

14.2.6 水流空化监测应符合下列规定：

1 水流空化特性可埋设水听器监测。

2 水流空化监测测点宜布置在水流曲率突变或水流发生分离倾向的下游处、扩散段。对于有压隧洞，测点宜布置在进口、闸门门槽、过渡段、分岔段、弯曲段、出口及水流边壁突变的部位；对于无压隧洞，测点宜布置在陡坡泄流曲线段、反弧段、扩

散或收缩段、闸墩、门槽及其出口段等部位。

14.2.7 通气量监测应符合下列规定：

1 通气量监测测点宜布置在通气孔形状比较规则且前后均有一定长度的直段部位。

2 通气量可采用毕托管法和风速仪法监测。

3 风速传感器探头应根据通气管尺寸布置一个或多个，总压孔方向应正对管道轴向。

14.2.8 掺气量监测应符合下列规定：

1 掺气监测测点宜在掺气设施下游底板沿程布置。在掺气设施上游，至少埋设一个清水掺气测点。

2 掺气监测可埋设电阻式掺气片。

14.2.9 泄洪雾化应重点监测下游近坝两岸边坡、进厂交通公路和厂房尾水平台、开关站等部位。可采用自计雨量计或人工观测。

14.2.10 水力学监测方法应符合 SL 616 的规定。

14.3 环境量监测

14.3.1 环境量监测项目包括水位监测、气温监测、降水量监测、水温监测、冰压力监测、坝前淤积和下游冲淤等。

14.3.2 水位监测应符合下列规定：

1 大坝、水闸、泵站、渠道等建筑物和边坡及滑坡，水位监测设施应布置在水流平稳，受风浪、泄水或抽水影响较小，且便于观测的部位。建筑物轴线较长或水位不平稳，可设两套以上的监测设施。

2 长距离输水隧洞内的水位监测设施宜布置在结构监测断面或施工支洞附近。

3 水位监测宜采用遥测水位计或水尺。

14.3.3 大坝、水闸、泵站、渠道等建筑物和边坡及滑坡，宜至少布置 1 个气温测点，有条件的高坝可在背水侧布置 1 条气温梯度测线。

14.3.4 大坝、水闸、泵站、渠道等建筑物和边坡及滑坡，宜至少布置1个降雨量测点，有条件的可扩大布置范围。

14.3.5 大坝可在靠近上游坝面或进水塔前布置测温垂线，其位置宜与重点监测坝段一致；其他水工建筑物可根据结构应力监测需要布置适当水温测点。

14.3.6 冰压力监测应符合下列规定：

1 结冰前，可在坚固建筑物前缘，自水面至最大结冰厚度以下10~15cm处，每15~20cm布置一个压力传感器，并在旁边相同深度设置一个温度计，进行静冰压力及冰温监测。

2 融冰前应根据变化趋势，在大坝前缘适当位置及时布置压力传感器，进行动冰压力监测，同时还可对冰情、风力、风向进行监测。

14.3.7 坝前淤积和下游冲刷宜采用断面法监测，也可采用水下地形测量法监测。断面位置应根据工程规模、河流泥沙情况选取。坝前、沉沙池、下游冲刷区域应至少各设置一个监测断面。

15 安全监测自动化系统

15.1 一般规定

- 15.1.1 监测自动化系统应结构简单、维护方便、扩展性好、易于改造和升级。
- 15.1.2 监测自动化系统应配有独立的人工观测比测设施或手段。
- 15.1.3 监测自动化系统宜具备与其他自动化系统、系统外局域网或广域网连接的接口。

15.2 系统总体设计

- 15.2.1 监测自动化系统包括监测仪器、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、数据采集软件与安全监测管理软件等。
- 15.2.2 纳入自动化系统的测点，应根据监测部位重要性、监测项目关键性及仪器可靠性确定，施工期监测及为科学研究设置的测点可不纳入自动化系统。
- 15.2.3 对监测范围广、测点数量多的安全监测自动化系统，宜采用分级管理方式。
- 15.2.4 监测自动化系统结构设计应符合下列规定：
 - 1 根据工程规模和特点，监测自动化系统可由一个或多个基本采集系统组成，采集系统的数据采集装置宜分散设置在靠近监测仪器的监测站。
 - 2 根据工程的规模 and 需要，监测自动化系统可仅设置监测管理站，也可分别设置监测管理站及监测管理中心站。
 - 3 网络拓扑可采用星形、环形和总线结构，通信介质可采用双绞线、光纤、电话线和无线等。
- 15.2.5 数据采集装置主要技术指标应符合下列规定：

- 1 数据存储容量：不少于 50 测次的数据。
- 2 测量方式：定时、单检、巡检、选测或设测点群。
- 3 定时采集周期间隔：不大于 10min，并可调节。
- 4 工作环境：温度和湿度可适应工程现场环境要求。
- 5 人工观测接口：人工观测时不应影响自动化系统的正常运行和接线配置。

15.3 监测站、监测管理站、监测管理中心站设计

15.3.1 监测站应符合下列规定：

- 1 应布置在监测仪器相对集中的位置，并配置数据自动采集装置。
- 2 宜选择交通方便、照明及通风条件好、有稳定可靠的电源、无强电磁干扰等部位。
- 3 设置在露天或环境恶劣的部位时，应加装防护设施。

15.3.2 监测管理站应符合下列规定：

- 1 宜布置在现场管理场所，应有良好的照明、通风条件、稳定可靠的电源和接地装置等，以及满足室内相关设备正常运行的环境要求。
- 2 具备现场监测、数据存储和备份功能。

15.3.3 监测管理中心站应符合下列规定：

- 1 宜布置在管理办公区内，也可与监测管理站合并设置。应具备足够的设备空间和工作空间，并具备良好的照明、通风和温、湿度调节环境。
- 2 具备监测系统管理、数据分析、数据备份及信息发布等功能。

15.4 网络通信设计

15.4.1 监测站之间、监测站与监测管理站之间的网络通信，可采用 485 接口（EIA-RS-485/422A）、网络通信协议（TCP/IP）、232 接口（EIA-RS-232C）、串行总线接口（CANbus）

以及其他国际标准构建的通信网络，宜采用局域网连接。

15.4.2 监测管理站与监测管理中心站之间的网络通信，宜根据站点所在物理位置选择局域网或广域网连接，通信网络宜采用专用网络，也可采用公用网络。

15.4.3 网络通信可采用有线或无线传输介质，误码率不应大于 10^{-4} 。

15.4.4 应对监测传感器及有线通信线路的线缆进行防护设计。

15.5 电源及防护设计

15.5.1 监测自动化系统的电源容量应根据系统功率计算确定，电源宜采用双回路专线供电。附近无可靠市电供应的条件下，可采用太阳能或风能等就地电源供电。

15.5.2 监测管理中心站及监测管理站，应配置不间断电源(UPS)，其容量宜按维持设备正常工作60min和30min配置。

15.5.3 监测自动化系统的计算机及数据自动采集装置的电源，应设置避雷器、隔离装置及稳压装置。

15.6 防雷接地设计

15.6.1 监测自动化系统应进行直击雷防护和雷电感应过电压防护设计，宜接入工程接地网。

15.6.2 监测自动化系统设备集中的建筑物的直击雷防护可采用避雷针、避雷带和接地系统等。

15.6.3 监测自动化系统的电源、传感器、采集装置及通信介质的雷电感应过电压防护可采用避雷器、隔离装置及过流装置等。

15.6.4 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 。

15.7 监测自动化系统功能及性能

15.7.1 安全监测自动化系统应具备下列基本功能：

- 1 数据采集功能；

- 2 掉电保护功能；
- 3 自检、自诊断功能；
- 4 数据异常报警及故障显示功能；
- 5 数据存储、分析及管理功能；
- 6 现场网络数据通信和远程通信及网络安全防护等功能；
- 7 防雷及抗干扰功能。

15.7.2 监测自动化系统性能应符合下列基本要求：

1 环境条件：监测站温度， $-10\sim+50^{\circ}\text{C}$ ($-20\sim+60^{\circ}\text{C}$ 可选)，湿度， $\leq 95\%$ ；监测管理站及监测管理中心站温度， $15\sim 35^{\circ}\text{C}$ ；湿度， $\leq 85\%$ 。

2 工作电源：电压， $220(1\pm 10\%) \text{ V}$ 或 $36(1\pm 10\%) \text{ V}$ ；频率， $50(1\pm 2\%) \text{ Hz}$ 。

3 采样时间：巡测， $< 10\text{min}$ ；单点采样， $< 30\text{s}$ （带驱动控制测量的仪器除外）。

4 测量周期： $10\text{min}\sim 30\text{d}$ ，可调。

5 系统平均无故障时间（MTBF）： $> 6300\text{h}$ 。

6 抗瞬态浪涌能力：防雷电感应， $500\sim 1500\text{W}$ ；瞬态电位差， $< 1000\text{V}$ 。

7 数据采集装置功耗：工作状态， $\leq 3\text{W}$ ；待机状态， $\leq 0.5\text{W}$ 。

附录 A 监测项目

A.0.1 混凝土坝安全监测项目应按表 A.0.1 的要求进行选择。

表 A.0.1 混凝土坝安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	大坝级别				
		1级	2级	3级	4级	5级
变形监测	坝体表面变形	★	★	★	★	★
	坝体内部变形	★	★	★	☆	☆
	坝基变形	★	★	★	☆	☆
	倾斜	★	☆	☆		
	接缝、裂缝开合度	★	★	☆	☆	
渗流监测	渗流量	★	★	★	★	☆
	扬压力	★	★	★	★	☆
	坝体渗透压力	☆	☆	☆	☆	
	绕坝渗流	★	★	☆	☆	☆
	水质分析	★	★	☆	☆	
应力应变及 温度监测	应力	★	☆			
	应变	★	★	☆		
	混凝土温度	★	★	☆		
	坝基温度	★	★	☆		

注1: 附录A中所有表格内,有★者为必设监测项目,有☆者可选监测项目,可根据需要选设,空格为不作要求。
 注2: 对高混凝土坝或基岩有软弱岩层的混凝土坝,建议进行深层变形监测。
 注3: 1级~3级坝若出现裂缝,需要按裂缝开合度监测项目。
 注4: 坝高70m以上的1级坝,应力应变为必设项目。

A.0.2 土石坝安全监测项目应按表 A.0.2 的要求进行选择。

表 A.0.2 土石坝安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	大坝级别				
		1级	2级	3级	4级	5级
变形监测	坝体表面水平位移	★	★	★	☆	☆
	坝体表面垂直位移	★	★	★	★	★
	坝体内部变形	★	★	☆	☆	☆
	坝基变形	★	★	☆		
	接缝、裂缝开合度	★	★	☆		
	界面位移	★	★	☆		
渗流监测	渗流量	★	★	★	★	★
	坝体渗透压力	★	★	☆	☆	☆
	坝基渗透压力	★	★	☆	☆	☆
	绕坝渗流	★	★	☆	☆	☆
	水质分析	★	★	☆		
应力应变及温度监测	孔隙水压力	★	☆	☆	☆	☆
	土压力	★	☆	☆		
	应力应变及温度	★	☆	☆		

A.0.3 水质分析项目应按表 A.0.3 的要求进行选择。

表 A.0.3 水质分析项目分类和选项表

全分析项目	水的物理性质	水温、气味、浑浊度、色度
	pH值	
	溶解气体	游离二氧化碳—CO ₂ 、腐蚀性二氧化碳—CO ₂ 、硫化氢—H ₂ S、溶解氧—O ₂
	耗氧量	
	生物原生质	亚硝酸盐—NO ₂ ⁻ 、硝酸盐—NO ₃ ⁻ 、磷—P、铁离子(高铁—Fe ³⁺ 及亚铁—Fe ²⁺)、铵离子—NH ₄ ⁺ 、硅—Si
	总硬度、总碱度及主要离子	碳酸根—CO ₃ ²⁻ 、重碳酸根—HCO ₃ ⁻ 、钙离子—Ca ²⁺ 、镁离子—Mg ²⁺ 、氯离子—Cl ⁻ 、硫酸根—SO ₄ ²⁻ 、钾和钠离子—K ⁺ Na ⁺
矿化度		
简易分析项目	色度、水温、气味、浑浊度、pH值、游离二氧化碳、矿化度、总碱度、硫酸根、重碳酸根及钙、镁、钠、钾、氨	

A.0.4 溢洪道安全监测项目应按表 A.0.4 的要求进行选择。

表 A.0.4 溢洪道安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
变形监测	表面水平位移	★	★	★
	表面垂直位移	★	★	★
	地基变形	★	☆	☆
	接缝、裂缝开合度	☆	☆	☆
渗流监测	绕渗	★	★	
	基底渗透压力	★	★	☆
	渗流量	☆	☆	☆
应力应变监测	结构应力应变	☆	☆	☆
	锚杆应力	☆	☆	☆

A.0.5 厂房建筑物安全监测项目应按表 A.0.5-1~表 A.0.5-4 的要求进行选择。泵站厂房监测项目可参照选择，并适当简化。

表 A.0.5-1 河床式厂房建筑物安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
变形监测	表面水平位移	★	★	★
	表面垂直位移	★	★	★
	地基变形	★	★	★
	倾斜	★	☆	☆
	接缝开合度	★	★	☆
渗流监测	扬压力	★	★	★
	渗流量	★	★	★
应力应变及 温度监测	应力应变	☆	☆	
	混凝土温度	★	★	☆

表 A.0.5-2 坝后式厂房建筑物安全监测项目和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
变形监测	水平位移	☆	☆	☆
	垂直位移	★	★	★
	地基变形	☆	☆	☆
	倾斜	☆	☆	
	接缝开合度	★	★	☆
渗流监测	扬压力	★	★	★
	渗流量	★	★	★
应力应变及 温度监测	应力应变	★	★	☆
	混凝土温度	☆	☆	

表 A.0.5-3 引水岸边式厂房建筑物安全监测项目和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
变形监测	水平位移	☆	☆	☆
	垂直位移	★	★	★
	地基变形	☆	☆	☆
	倾斜	☆	☆	
	接缝开合度	★	★	★
渗流监测	扬压力（渗透压力）	★	★	★
	渗流量	☆	☆	☆
应力应变及 温度监测	应力应变	★	★	☆
	混凝土温度	☆	☆	

表 A.0.5-4 地下厂房建筑物安全监测项目和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
变形监测	围岩变形	★	★	★
	围岩与衬砌接触缝	★	★	★
	接缝、裂缝开合度	★	★	☆
渗流监测	渗透压力	★	★	☆
	渗流量	★	★	☆
应力应变及 温度监测	锚杆、锚索应力	★	★	★
	钢筋混凝土衬砌应力	★	★	★
	围岩压力	★	☆	☆
	温度	☆	☆	☆

A.0.6 通航建筑物安全监测项目应按表 A.0.6-1、表 A.0.6-2 的要求进行选择。

表 A.0.6-1 船闸安全监测项目和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
变形监测	垂直位移	★	★	★
	水平位移	★	★	☆
	接缝开合度	★	★	☆
渗流监测	渗透压力	★	★	☆
	渗流量	★	★	☆
应力应变及 温度监测	应力应变	★	★	
	混凝土温度	★	★	☆

表 A.0.6-2 升船机安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
变形监测	垂直位移	★	★	★
	水平位移	★	★	☆
	接缝开合度	★	★	☆
渗流监测	渗透压力	★	★	☆
	渗流量	★	★	☆
应力应变及温度监测	应力应变	★	★	
	混凝土温度	★	★	☆

A.0.7 水工隧洞安全监测项目应按表 A.0.7-1 的要求进行选择。
水工隧洞衬砌体安全监测项目应按表 A.0.7-2 的要求进行选择。

表 A.0.7-1 水工隧洞安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
变形监测	进、出口建筑物变形	★	★	★
	围岩变形	★	★	★
	接缝、裂缝开合度	★	★	★
渗流监测	渗透压力	★	★	★
	渗流量	☆	☆	☆
应力应变及温度监测	锚杆(索)应力	★	★	☆
	应力应变	★	★	☆
	岩体温度	☆	☆	
	混凝土温度	☆	☆	☆

注：1级~3级水工隧洞的混凝土衬砌结构的混凝土应力应变和钢筋应力监测项目为必选项目。

表 A.0.7-2 水工隧洞衬砌体安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
变形监测	接缝变形	★	★	★
渗流监测	周边渗透压力	★	☆	☆
应力应变及 温度监测	应力应变	☆	☆	
	混凝土温度	☆	☆	☆

A.0.8 水闸安全监测项目应按表 A.0.8 的要求进行选择。

表 A.0.8 水闸安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
变形监测	水平位移	★	★	★
	垂直位移	★	★	★
	接缝开合度	★	☆	☆
渗流监测	渗透压力	★	★	★
	绕闸绕渗	★	★	★
应力应变及 温度监测	土压力	☆	☆	
	应力应变	☆	☆	
	混凝土温度	☆	☆	

A.0.9 渠道安全监测项目应按表 A.0.9-1 的要求进行选择，渠系建筑物安全监测项目应按表 A.0.9-2 进行选择。

表 A.0.9-1 渠道安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
变形监测	水平位移	★	★	
	垂直位移	★	★	
渗流监测	浸润线	☆	☆	
	渗透压力	☆	☆	

表 A.0.9-1 (续)

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	3级
应力应变及温度监测	土压力	☆	☆	
	应力应变	☆	☆	
	混凝土温度	☆	☆	

表 A.0.9-2 梁系建筑物安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	建筑物级别		
		1级	2级	2级
变形监测	水平位移	★	★	
	垂直位移	★	★	
	接缝开合度	☆	☆	
渗流监测	渗透压力	☆	☆	
	测向流渗	☆	☆	
应力应变及温度监测	土压力	☆	☆	
	钢筋应力	☆	☆	
	应力应变	☆	☆	
	混凝土温度	☆	☆	

A.0.10 堤防安全监测项目应按表 A.0.10 的要求进行选择。

表 A.0.10 堤防安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	堤防级别		
		1级	2级	3级
变形监测	表面变形	★	★	★
	内部变形	☆	☆	
	接缝、裂缝开合度	☆	☆	☆
渗流监测	地下水位	★	★	☆
	渗透压力	★	★	☆
	渗流量	☆	☆	☆

注：对1级、2级堤防建议根据工程安全和管运运行的需要，有选择地设置近岸河床的冲刷变化、护岸工程的变位、河道水流形态及河势变化、滩岸地下水的水位情况等监测项目。

A.0.11 边坡及滑坡安全监测项目应按表 A.0.11 的要求进行选择。

表 A.0.11 边坡及滑坡安全监测项目分类和选项表

监测类别	监测项目	边坡级别		
		1级	2级	3级
变形监测	表面变形	★	★	★
	内部变形	★	☆	
	倾斜	☆	☆	
	裂缝开合度	☆	☆	
渗流监测	地下水位	★	★	☆
	渗透压力	★	☆	
	渗流量	☆	☆	
应力应变监测	锚杆(索)应力	★	★	★
	支挡措施应力应变	☆	☆	
	支挡措施界面压力	☆	☆	

A.0.12 1级、2级过水建筑物水力学监测项目应按表 A.0.12 的要求进行选择。

表 A.0.12 水力学监测项目分类和选项表

过水建筑物	淤塞	水位与波浪	动水压力	流蚀	流量	运气量	移气浓度	空化	过流面磨蚀	冲刷雾化	系绳力
溢洪道	★	★	★	☆	☆		☆	☆	☆	☆	
泄洪孔	★	★	★	★	☆	☆	☆	★	☆	☆	
浪洪洞	★	★	★	★	☆		☆	★	☆	☆	
排沙孔	★	★	★	★		☆		★	☆		
排淤孔	★	★	★	★	☆			☆			
消力池	★	★	★						★		
水垫塘	★	★	★						★		
机经过流系统	★	★	★	☆				★			

表 A.0.12 (续)

过水建筑物	流态	水位与 波浪	动水 压强	流速	流量	通气 量	掺气 浓度	空化	过流面 磨蚀	泄洪 雾化	系统 力
船舶输水系统	★	★	★			★		★			★
引航道	★	★	☆	☆							
岔道	★	★		★	★						
闸(阀)门	★	★	☆		☆						
泵站	★	★									
调压(阻力)井		★									

注：其他级别的过水建筑物根据工程实际需要适量的设置必要的水力学监测仪器。

A.0.13 环境量监测项目应按表 A.0.13 的要求进行选择。

表 A.0.13 环境量监测项目分类和选项表

建筑物类别	监测项目	建筑物级别				
		1级	2级	3级	4级	5级
混凝土坝	上、下游水位	★	★	★	★	★
	气温	★	★	★	★	☆
	降水量	★	★	★	★	
	库水温	★	★	☆	☆	
	坝前淤积	☆	☆	☆		
	坝下冲淤	☆	☆	☆		
	冰压力	☆	☆	☆		
土石坝	上、下游水位	★	★	★	★	★
	气温	★	★	★	☆	☆
	降水量	★	★	★	☆	
	库水温	★	★	★		
	坝前淤积	☆	☆			
	坝下冲淤	☆	☆			
	冰压力	☆	☆			

表 A.0.13 (续)

建筑物类别	观测项目	建筑物级别				
		1级	2级	3级	4级	5级
溢洪道	上、下游水位	★	★	★	☆	☆
厂房建筑物	上、下游水位	★	★	★	☆	☆
船闸	闸室水位	★	★	★	☆	☆
隧洞	水位	★	★	★		
水闸	上、下游水位	★	★	★	☆	☆
渠道、渡槽	水位	★	★	★	☆	☆
	气温	★	★	★		
	降水量	☆	☆	☆		

http://www.sizjxx.cn
水利造价信息网

附录 B 监测精度

B.0.1 混凝土坝变形监测项目测量精度不应低于表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 混凝土坝主要变形监测项目精度表

监测项目			单位	位移量中误差限值	
水平位移	坝体	梁力坝、支墩坝	mm	±1.0	
		拱坝	径向	mm	±2.0
			切向	mm	±1.0
	坝基	梁力坝、支墩坝	mm	±0.3	
		拱坝	径向	mm	±0.3
			切向	mm	±0.3
垂直位移	坝体	mm	±1.0		
	坝基	mm	±0.3		
倾斜	坝体	"	±5.0		
	坝基	"	±1.0		
坝体表面接缝和裂缝开合度			mm	±0.2	

注：表中表面位移量中误差均指相对工作基点的测量中误差，下同。

B.0.2 土石坝变形监测项目测量精度不应低于表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 土石坝主要变形监测项目精度表

监测项目	单位	位移量中误差限值
坝体表面水平、垂直位移	mm	±3.0
接缝、裂缝开合度	mm	±1.0

B.0.3 溢洪道变形监测项目测量精度不应低于表 B.0.3 的规定。

表 B.0.3 溢洪道主要变形监测项目精度表

监测项目	单位	位移量中误差限值
垂直位移	mm	±2.0
水平位移	mm	±2.0
地基变形	mm	±0.3
接缝、裂缝开合度	mm	±0.2

B.0.4 厂房变形监测项目测量精度不应低于表 B.0.4-1 和表 B.0.4-2 的规定。

表 B.0.4-1 地面厂房主要变形监测项目精度表

监测项目	单位	位移量中误差限值
水平位移	mm	±1.0
垂直位移	mm	±0.3
接缝开合度	mm	±0.2

表 B.0.4-2 地下厂房主要变形监测项目精度表

监测项目	单位	位移量中误差限值
围岩表面变形	mm	±2.0
围岩内部变形	mm	±0.3
接缝、裂缝开合度	mm	±0.2

B.0.5 通航建筑物变形监测项目测量精度不应低于表 B.0.5-1 和表 B.0.5-2 的规定。

表 B.0.5-1 船闸主要变形监测项目精度表

监测项目	单位	位移量中误差限值	
水平位移	闸墩顶、闸墩底	mm	±1.0
	基础廊道处	mm	±0.3
垂直位移	闸顶	mm	±1.0
	梁盖层处、闸首和闸墩背回填土沉降	mm	±1.0
接缝开合度	mm	±0.2	

表 B.0.5-2 升船机主要变形监测项目精度表

监测项目		单位	位移量中误差限值
水平位移	闸首闸板、承重结构	mm	±2.0
	闸首基础廊道	mm	±0.3
垂直位移	闸顶、承重结构	mm	±1.0
	基础廊道	mm	±0.3
斜坡渣地基沉降		mm	±1.0
接缝开合度		mm	±0.2

B.0.6 水工隧洞变形监测项目测量精度不应低于表 B.0.6 的规定。

表 B.0.6 隧洞主要监测变形监测项目精度表

监测项目		单位	位移量中误差限值
进、出口建筑物	水平位移	mm	±2.0
	垂直位移	mm	±2.0
	基础垂直位移	mm	±0.3
衬砌衬管	表面变形	mm	±2.0
	内部变形	mm	±0.3
接缝、裂缝开合度		mm	±0.2

B.0.7 水闸变形监测项目测量精度不应低于表 B.0.7 的规定。

表 B.0.7 水闸主要变形监测项目精度表

监测项目	单位	位移量中误差限值
水平位移	mm	±2.0
垂直位移	mm	±2.0
接缝开合度	mm	±0.2

B.0.8 渠道和渠系建筑物变形监测项目测量精度不应低于表 B.0.8 的规定。

表 B.0.8 渠道和渠系建筑物主要变形监测项目精度表

监测项目	单位	位移量中误差限值
水平位移	mm	±3.0
垂直位移	mm	±3.0
接缝开合度	mm	±0.2

B.0.9 堤身变形监测项目测量精度不应低于表 B.0.9 的规定。

表 B.0.9 堤身主要变形监测项目精度表

监测项目	单位	位移量中误差限值
表面位移	mm	±3.0
内部位移	mm	±3.0
接缝、裂缝开合度	mm	±1.0

B.0.10 边坡及滑坡变形监测项目测量精度不应低于表 B.0.10 的规定。

表 B.0.10 边坡及滑坡主要变形监测项目精度表

监测项目	单位	位移量中误差限值	
水平位移	近坝区岩体和高边坡	mm	±2.0
	滑坡体(岩质边坡)	mm	±3.0
	滑坡体(土质边坡)	mm	±5.0
垂直位移	近坝区岩体和高边坡	mm	±2.0
	滑坡体	mm	±3.0
倾斜	°	±10	
接缝开合度	岩质边坡	mm	±0.5
	土质边坡	mm	±1.0
	滑坡体	mm	±1.0

附录 C 监测频次

C.0.1 附录 C 中监测频次为基本要求，各时期的观测频次应根据工程实际情况适当增减。

C.0.2 混凝土坝安全监测频次应按表 C.0.2 的要求进行选择。

表 C.0.2 混凝土坝安全监测频次表

监测类别	监测项目	施工期	初期运行期	运行期
变形监测	坝体表面位移	1次/月	2次/月	1次/月
	坝体内部位移	1次/旬	2次/月	1次/月
	倾斜	1次/旬	1次/周	1次/月
	接缝、裂缝开合度	1次/旬	1次/周	1次/月
	坝基位移	1次/旬	1次/周	1次/月
	坝肩边坡变形	1次/旬	2次/月	1次/月
渗流监测	渗流量	1次/旬	1次/周	2次/月
	扬压力	1次/月	1次/周	2次/月
	坝体渗透水力	1次/旬	1次/周	2次/月
	绕坝渗管		1次/周	1次/月
	水质分析		2次/年	1次/年
成力应变及 温度监测	应力应变	1次/月	1次/周	1次/季
	混凝土温度	1次/月	1次/周	1次/季
	坝基温度	1次/月	1次/周	1次/季

C.0.3 土石坝安全监测项目频次应按表 C.0.3 的要求进行选择。

表 C.0.3 土石坝安全监测频次表

监测类别	监测项目	施工期	初期运行期	运行期
变形监测	坝体表面变形	1次/月	1次/月	2次/年
	坝体内部位移	1次/旬	2次/月	4次/年
	防渗体变形	1次/旬	2次/月	4次/年
	接缝开合度	1次/旬	2次/月	4次/年
	坝基变形	1次/旬	2次/月	4次/年
	界面位移	1次/旬	2次/月	4次/年
渗流监测	渗流量	1次/旬	1次/旬	1次/月
	坝体渗透压力	1次/旬	1次/旬	1次/月
	坝基渗透压力	1次/旬	1次/旬	1次/月
	防渗体渗透压力	1次/旬	1次/旬	1次/月
	绕坝渗流(地下水位)	1次/月	1次/旬	2次/月
	水质分析		3次/年	1次/年
应力应变及温度监测	坝体应力应变及温度	1次/旬	1次/旬	1次/月
	防渗体应力应变及温度	1次/旬	1次/旬	1次/月

C.0.4 溢洪道安全监测频次应按表 C.0.4 的要求进行选择。

表 C.0.4 溢洪道安全监测频次表

监测类别	监测项目	施工期	初期运行期	运行期
变形监测	垂直位移	1次/月	2次/周	2次/月
	水平位移	1次/月	2次/周	1次/月
	地基变形	1次/周	2次/周	1次/月
	与大坝的接头变形	1次/周	2次/周	1次/月
	接缝、接缝开合度	1次/周	2次/周	1次/月
渗流监测	渗流	1次/月	1次/周	1次/月
	渗透压力	1次/周	1次/天	2次/月
	渗流量	1次/周	1次/天	2次/月
应力应变监测	混凝土应变	1次/月	1次/周	1次/季
	钢筋(轴力)应力	1次/月	1次/周	1次/季

C.0.5 厂房建筑物安全监测频次应按表 C.0.5-1 和表 C.0.5-2 的要求进行选择。

表 C.0.5-1 地面厂房安全监测频次表

监测类别	监测项目		施工期及有水调试准备期	有水调试期、吊车梁承载试验及工况	运行期
变形监测	水平位移	河床式	与坝体一致	与坝体一致	与坝体一致
	垂直位移、倾斜	河床式、坝后式	与坝体一致	与坝体一致	与坝体一致
		引水岸边式	4次/月	2次/周	1次/月
接缝开合度	河床式、坝后式	与坝体一致	与坝体一致	与坝体一致	
	引水岸边式	4次/月	2次/周	1次/月	
渗流监测	扬压力	河床式	与坝体一致	与坝体一致	与坝体一致
	渗透水压力	河床式、坝后式	与坝体一致	与坝体一致	与坝体一致
		引水岸边式	4次/月	2次/周	1次/月
	渗流量	河床式、坝后式		与坝体一致	与坝体一致
		引水岸边式		2次/周	1次/月
泥沙压力	河床式		按需要	按需要	
应力应变监测	结构应力应变		4次/月	2次/周	1次/月

注：如遇工程扩（改）建或长期停运又重新充水调试时，需再按第一、第二阶段的要求进行观测。

表 C.0.5-2 地下厂房安全监测频次表

监测类别	监测项目	施工期及有水调试准备期	有水调试期、吊车梁承载试验及工况	运行期
变形监测	收敛变形	1次/周或按需要		
	内部变形	4次/月	8次/月	1次/月
	接缝、裂缝开合度	4次/月	8次/月	1次/月
	岩壁吊车梁梁体变形	2次/月	按需要	1次/月

表 C.0.5-2 (续)

监测类别	监测项目	施工期及有水调试准备期	有水调试期、吊车梁承载试验及工况	运行期
渗流监测	渗流量		8次/月	1次/月
	渗流压力	4次/月	3次/月	1次/月
应力应变及温度监测	应力应变及温度	4次/月	8次/月	1次/月

注1: 岩锚吊车梁的相关监测应具体结合试验程序与工况进行观测(含机械检修吊车梁吊运大件)均应进行监测。
注2: 如遇工程扩(改)建或长期停运又重新充水调试时,需严格按第一、第二阶段的要求进行观测。

C.0.6 通航建筑物安全监测频次应按表 C.0.6-1 和表 C.0.6-2 的要求进行选择。

表 C.0.6-1 船闸安全监测频次表

监测类别	监测项目	施工期	调试期	运行期
变形监测	水平位移	1次/月	根据闸室水位观测	高水位1次/月
	垂直位移	1次/月	2次/月	1次/月
	接缝开合度	1次/旬	根据闸室水位观测	1次/月
渗流监测	渗流量	1次/旬	根据闸室水位观测	2次/月
	渗压	1次/旬	根据闸室水位观测	2次/月
应力应变及温度监测	应力应变	1次/旬	根据闸室水位观测	1次/月
	混凝土温度	1次/旬	1次/旬	1次/月

表 C.0.6-2 升船闸安全监测频次表

监测类别	监测项目	施工期	调试期	运行期
变形监测	水平位移	1次/月	根据船厢升降行程观测	高水位1次/月
	垂直位移、斜坡道地基沉降	1次/月	根据船厢升降行程观测	1次/月
	接缝开合度	1次/旬	根据船厢升降行程观测	1次/月

表 C.0.6-2 (续)

监测类别	监测项目	施工期	调试期	运行期
渗流监测	渗流量	1次/旬	1次/旬	2次/月
	渗透压力	1次/旬	1次/旬	2次/月
应力应变监测	应力应变	1次/旬	根据船闸升降行程观测	1次/月
	混凝土温度	1次/月	1次/旬	1次/月

C.0.7 水工隧洞安全监测项目监测频次应按表 C.0.7-1 的要求进行选择。水工隧洞封堵体安全监测项目监测频次应按表 C.0.7-2 的要求进行选择。

表 C.0.7-1 水工隧洞安全监测频次表

监测类别	监测项目	施工期及过水准备期	初期运行期	运行期
变形监测	收敛变形	1次/周至竣工前		
	围岩内部变形	4次/月	8次/月	1次/月
	进、出口衬砌墙面变形	与规范一致	与坝体一致	与坝体一致
	渗流、裂缝开合度	4次/月	8次/月	1次/月
渗流监测	外水压力(渗透压力)	4次/月	3次/月	1次/月
	渗流量	1次/月	3次/月	1次/月
应力应变及温度监测	锚杆(索)应力	4次/月	8次/月	1次/月
	应力应变及温度	4次/月	8次/月	1次/月

注：如遇工程扩(改)建或长期停运又重新充水调试时，需再按第一、第二阶段的要求进行观测。

表 C.0.7-2 水工隧洞封堵体安全监测频次表

监测类别	监测项目	施工期	初期运行期	运行期
变形监测	接缝开合度	1次/月，开始冷却至灌浆完成期间，2次/天	1次/月	视需要
渗流监测	渗流压力	2次/月	1次/周	1次/月

表 C.0.7-2 (续)

监测类别	监测项目	施工期	初期运行期	运行期
应力应变及温度监测	应力应变	1次/月	1次/月	1次/月
	温度	1次/月	1次/月	视需要

C.0.8 水闸安全监测频次应按表 C.0.8 的要求进行选择。

表 C.0.8 水闸安全监测频次表

监测类别	监测项目	施工期	初期运行期	运行期
变形监测	位移	1次/月	1次/月	1次/年
	接缝开合度	1次/月	1次/月	1次/月
扬压力监测	扬压力	1次/周	1次/周	1次/旬
	侧向绕渗	1次/周	1次/周	1次/旬
应力应变监测	钢筋应力	1次/月	1次/周	1次/月
	混凝土应变	1次/月	1次/周	1次/月
	地基土应力	1次/月	1次/周	1次/月
	温度	1次/月	1次/周	1次/月
	土压力	2次/月	1次/周	1次/月

C.0.9 渠道和渠系建筑物安全监测频次应按表 C.0.9 的要求进行选择。

表 C.0.9 渠道和渠系建筑物安全监测频次表

监测类别	监测项目	施工期	初期运行期	运行期
变形监测	位移	1次/月	1次/月	1次/年
	永久缝开合度	1次/月	1次/月	1次/月
扬压力监测	扬压力	1次/周	1次/周	1次/旬
	侧向绕渗	1次/周	1次/周	1次/旬
应力应变监测	钢筋应力	1次/月	1次/周	1次/月
	钢筋预应力	2次/月	1次/周	1次/月
	混凝土应变	1次/月	1次/周	1次/月
	混凝土应力	1次/月	1次/周	1次/月
	温度	1次/月	1次/周	1次/月
	土压力	2次/月	1次/周	1次/月

C.0.10 堤防安全监测项目频次应按表 C.0.10 的要求进行选择。

表 C.0.10 堤防安全监测项目频次表

监测类别	监测项目	堤防级别		
		施工期	汛期	非汛期
变形监测	表面位移	1次/月	4次/月	1次/2月
	内部位移	1次/月	4次/月	1次/2月
	接缝、裂缝开合度	4次/月	4次/月	1次/月
渗流监测	地下水位	4次/月	4次/月	1次/月
	渗透压力	4次/月	4次/月	1次/月
	渗流量	4次/月	4次/月	1次/月

C.0.11 边坡及滑坡安全监测频次应按表 C.0.11 的要求进行选择。

表 C.0.11 边坡及滑坡安全监测频次表

监测类别	监测项目	施工期	初期运行期	运行期	
变形监测	表面位移	边坡及滑坡	1次/月	2次/周	1次/月
		岸坡	1次/月	1次/周	1次/季
	内部位移	边坡及滑坡	1次/月	2次/周	1次/月
		岸坡	1次/月	1次/周	1次/季
		倾斜	1次/月	2次/周	1次/月
		裂缝开合度	1次/周	2次/周	1次/月
渗流监测	地下水位	1次/月	1次/周	1次/季	
	渗透压力	1次/周	1次/天	2次/月	
	渗流量	1次/周	2次/天	2次/月	
应力应变监测	锚杆应力	1次/月	1次/周	1次/季	
	锚索预应力	1次/月	1次/周	1次/季	
	抗滑措施应力应变	1次/月	1次/周	1次/季	
	抗滑桩界面压力	1次/月	1次/周	1次/季	

C.0.12 环境量监测频次应按表 C.12 的要求进行选择。

表 C.0.12 环境量安全监测项目观测频次表

建筑物类别	监测项目	施工期	初期运行期或 (充水) 试验阶段	运行期
混凝土坝	上、下游水位	1次/天	2次/天	1次/天
	气温	逐日量	逐日量	逐日量
	降水量	逐日量	逐日量	逐日量
	库水温	1次/月	1次/周	2次/月
	坝前淤积		按需要	按需要
	坝下冲刷		按需要	按需要
	冰压力	按需要	按需要	按需要
土石坝	上、下游水位	1次/天	1次/天	1次/天
	气温	逐日量	逐日量	逐日量
	降水量	逐日量	逐日量	逐日量
	库水温		1次/月	1次/月
	坝前淤积		按需要	按需要
	坝下冲刷		按需要	按需要
	冰压力	按需要	按需要	按需要
渠道、水闸、渡槽	水位		逐日量	逐日量
	气温	逐日量	逐日量	逐日量
	降水量	逐日量	逐日量	逐日量

注：船闸、升船机、水工隧洞、地上厂房等建筑物参照相应的拦河建筑物。

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、不得	
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

水利水电工程安全监测设计规范

SL 725—2016

条文说明

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

2 术语.....	85
3 基本规定.....	86
4 混凝土坝监测.....	87
5 土石坝监测.....	89
6 溢洪道监测.....	94
7 厂房建筑物监测.....	95
8 通航建筑物监测.....	96
9 水工隧洞监测.....	97
10 水闸监测.....	98
11 渠道及泵系建筑物监测.....	99
12 堤防工程监测.....	101
13 边坡及滑坡监测.....	103
14 专项监测.....	105
附录 C 监测频次.....	106

2 术 语

2.0.2 在初期运行期，要针对工程不同的蓄水（或通水）特点，提出相应的监测要求。每次蓄水到新的水位之后的前 3 年均应按初期运行期对待。



<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

3 基本规定

3.0.4 在满足建筑物监测要求的前提下，监测仪器设备的品种和牌建议少或单一。

<https://www.slzjxx.cc>
水利造价信息网

4 混凝土坝监测

4.1 一般规定

4.1.2 由于采用支墩坝型的工程越来越少,本标准不做专门规定,其监测断面可以参照重力坝布置。

4.2 变形监测

4.2.2 对于重力坝的坝体和坝基水平位移监测,本标准建议采用引张线法、真空激光准直法和垂线法。引张线法由于设备简单、直观、准确度高、费用少,在国内大坝安全监测中应用较广,也较有成效。真空激光准直法,虽然费用高一些,但可以同时监测水平和垂直位移,准确度高,性能稳定,也受到大坝业主欢迎。垂线法可以同时测定大坝各个高程的水平位移,让倒垂结合,又可为各种水平位移准直法提供测量基准值,准确度也高。在混凝土坝水平位移监测中,为优先选用项目。

视准线受大气旁折光影响严重,不易达到变形监测最低精度要求,故当坝长较短、条件有利时才可选用。此处沿用 SL 601《混凝土坝安全监测技术规范》中的规定,明确其长度不宜超过 300m。

大气激光准直不仅受旁折光影响严重,观测精度较低,而且实施难度较大,国内鲜有成功事例,且完全能用引张线或真空激光准直替代,一般不建议采用。

GPS 是美国的卫星导航系统。GPS、北斗、GLONASS、Galileo 这些导航卫星系统统称 GNSS。GNSS 法是一种利用全球导航卫星系统技术进行的大地测量监测方法。GNSS 在水利水电工程、桥梁、滑坡监测中的应用越来越多。在隔河岩水电站大坝变形监测,在三峡工程、丹江口加高工程的监测网观测中的位移量精度均优于 ±2mm,满足水电站变形监测的要求。但在使用

GNSS 观测时应满足 GNSS 观测条件的要求。

4.2.3 引张线和真空激光准直是两种常用的大坝水平位移监测设施，一般顺坝轴线方向布置，并在经过的每个坝段设一个测点。采用这两种监测手段时，在坝基位置一般利用靠近坝基的灌浆廊道或排水廊道设置；在坝中位置一般利用中间高程的排水廊道或交通廊道设置；在坝顶位置一般在坝顶预留沟槽或利用靠近坝顶的管线廊道设置。引张线和真空激光准直两端宜布置正倒垂线作为工作基点，若两端可延伸进山体平洞内，且深度足以忽略变形影响时，可以直接以端点为起算基准点，而不再另设倒垂线。

垂线在大坝水平位移的监测中处于中心的位置，它不仅能测读大坝有关高程的水平位移，而且常常为各类准直线提供位移基准值。当作为水平位移监测手段的单独使用时，往往要根据局部结构的监测需要，设在结构复杂或存在地质缺陷的坝段；当作为各类准直线的工作基点使用时，设在准直线的对应端点附近，且倒垂线底部应深入基岩内变形可忽略处。

从国内小湾、二滩、溪洛渡等高拱坝的监测成果来看，在大坝首次蓄水过程中，由于坝体承压水头短时间内急聚增大，两岸抗力体受力状态迅速作出调整，导致拱坝弦长和坝肩及毗连区的谷幅均出现较大变化，故此明确规定坝高 200m 以上的高拱坝应做谷幅、弦长监测。

4.3 渗流监测

4.3.2 当坝基存在影响大坝稳定的浅层软弱带时，除监测大坝基底面的扬压力外，还需监测浅层软弱层面的扬压力。

4.3.3 从国内大坝层间缝监测经验来看，常态混凝土胶结材料含量较高，若仓面冲毛处理合格，层间缝一般测不到渗透压力，对于常态混凝土大坝而言，监测坝体渗透压力的意义不大。故本标准中坝体渗透压力定性为选测项目，仅建议在碾压混凝土坝中开展此项监测。

5 土石坝监测

5.1 一般规定

5.1.2 土石坝监测仪器选型需充分考虑工程实际情况。土石坝施工对监测仪器埋设干扰较大，在填筑、碾压过程中监测仪器工作条件较差，监测仪器需在满足耐久、可靠的前提下提高仪器精度指标。另外，土石坝变形较大，监测仪器量程需留有余地，做好电缆牵引规划，在穿越不同分区材料的情况下需采取特殊措施确保仪器及电缆成活。对100m以上的高土石坝，需对仪器、电缆及电缆接头提出明确的耐水压技术要求。

5.1.5 对于坝高在100m以上的高土石坝或地质条件复杂土石坝，纵向监测断面除了利用坝体表面测点外，需在坝体内部设置监测点。对心墙堆石坝，纵向监测断面设置重点考虑心墙沿纵向的拉伸变形。对面板堆石坝，尤其是坝高在150m以上的高面板堆石坝，重点关注面板与堆石体之间纵向变形差异，充分考虑由于面板与堆石体之间的变形差异对岸坡面板受拉、河床中部面板受压等不均匀变形的影响。

5.2 变形监测

5.2.2 本条规定表面变形测点的布置要反应土石坝的结构特性。为便于对比分析，表面变形监测点采用测线的布置方式，即将沿某一直线布置的监测点组成观测线；通过分析观测线上各测点位移分布及变化规律全面掌握大坝变形特征。

5.2.3 土石坝类型主要包括非土质防渗体坝、土质防渗体分区坝和均质坝，其中非土质防渗体坝主要有混凝土面板堆石坝、沥青混凝土面板堆石坝和心墙坝、土工膜斜墙坝和心墙坝，土质防渗体分区坝主要有土质心墙坝和斜墙坝。本条主要规定不同类型土石坝内部变形监测共性的布置方式。内部变形监测点布置结合

永久监测断面、施工临时断面、坝料分区、坝体填筑方式、上坝交通、面板分期施工等要求进行。

面板堆石坝内部变形大多采用水平分层测线的布置方式，在中低坝中应用情况较好。对于高坝，尤其是 200m 及以上的高坝，在测线长度超过 400m 后，传统的引张线式水平位移计和水管式沉降仪系统误差增加，观测难度大，有必要对传统监测仪器进行改进或研发新型监测仪器。如采用竖向测线，受堆石体碾压施工及坝体变形影响，测管保护难度大，需提出测管保护措施，确保监测系统完好。

5.2.4 面板坝堆石体内部变形监测点尽量与面板监测点对应布置，以便于从接缝的开合度、面板混凝土应力、堆石体内部变形等监测量综合对比分析和相互验证。对面板垂直缝，早期因担心张性缝张开过大、拉裂止水而注重张性缝的监测，但近年来已建工程已出现面板压性缝挤压破坏现象，因此对 100m 以上的高坝压性缝也要重点关注。

5.2.5 土质心墙坝或斜墙坝内部变形监测仪器埋设受施工碾压振动、高围压、高水压等因素影响，出现测管变形、扭曲、弯折、卡孔等影响正常观测的风险较大，很多工程出现了监测探头无法下放至孔底的情况。为提高监测系统的可靠性，高土质心墙坝、斜墙坝内部变形监测可以采取冗余布置。此外，心墙内各种测管、电缆的接头如处理不当可导致仪器失效，要针对上述接头的材料、连接及保护方式等提出详细的技术要求。

鉴于心墙坝、斜墙坝的心墙或斜墙将堆石体分成上、下游两部分，且其上游部分坝体在蓄水后位于水位以下，重要性不低于下游堆石体。以往的监测设计中未明确上游堆石体内部变形监测要求，因此本条强调了对上游堆石体的监测要求。对中低坝上游堆石体变形可不监测，对坝高在 100m 以上的高坝上游堆石体内部变形监测应设置监测点，以分析上游堆石体与心墙及过渡区变形的协调性。上游测线一般设在最大断面，可以采用测斜兼沉降管、固定式测斜仪等。

5.2.6 均质坝变形主要监测表面变形。当坝高较高或与刚性建筑物连接时，内部位移监测布置要注意减少对坝体防渗的影响，采用竖向测线的布置方式，不能采用水平向分层的布置方式，其原因主要在于水平向分层布置的引张线式水平位移计、水管式沉降仪等通常需敷设上下游方向的基床带，可能会形成渗流通道，不利于坝体防渗。

5.2.8 目前防渗墙变形监测难度较大，当防渗墙顶部设有灌浆廊道时，可以在廊道内设置真空激光系统、引张线系统监测防渗墙顶部的水平位移分布及不均匀沉降；深覆盖层基础沉降变形监测点布置及监测方法可以与坝体变形监测统一考虑。

5.2.9 本条对界面位移及其监测内容进行了界定，界面位移系指两种介质接触面相对的法向及切向位移（上下、左右），主要有：坝体与混凝土建筑物及岸坡岩石接触，混凝土面板与垫层料接触，心墙与过渡料接触，坝体心墙与基础防渗带等接触位移统称为界面位移。

对混凝土面板堆石坝，界面位移主要指混凝土面板与垫层料之间的法向和顺坡向剪切位移，即面板脱空位移。对高于100m的混凝土面板一般需要监测面板与垫层料的脱空变形。

对心墙堆石坝，界面位移主要指心墙与过渡料接触的开合度和剪切位移，心墙与岸坡接触的剪切位移和开合度。

当挡水建筑物为混合坝型时，界面位移主要指土石坝与混凝土坝结合部位的剪切位移，以及混凝土心墙与混凝土防渗墙接缝开合度等。

5.3 渗流监测

5.3.2 面板坝堆石体一般为强透水料，渗透水易垂直下渗，在防渗体下游侧一般形成沿基础相对隔水层面以上的渗流，不易形成如土体中的浸润线，同一铅垂线上的水头值与其位置高程无关，故可以在坝基面设一个测点。垫层和过渡料中等势线较倾斜或弯曲，属“渗流急变区”，同一铅垂线上的水头值不相等，故

需按不同高程布置测点。

5.3.3 一般不在混凝土、沥青心墙（窄塑性或刚性心墙）防渗体内布置渗流监测点。布置在上、下游侧反滤料中的渗流测点，明确其电缆牵引路径，采取必要的措施保证监测电缆铺设不会对防渗和反滤体产生影响。

土质心墙墙体内等势线变化较大，一般沿不同高程设置测点，并按竖向测线布置。对土质心墙，渗压计应与土压力计对应布置，以分别监测心墙总土压力和有效土压力。

5.3.5 土石坝坝基利用天然岩土或覆盖层，设有防渗（槽、墙和帷幕）及排水措施，需对其防渗及排水效果进行监测。当坝基为岩基、防渗能力强的沉积土基，坝体及坝基渗流浸润线（地下水位）高于建基面，确认坝基岩土层不会产生渗透破坏或仅采取帷幕防渗时，坝基渗透压力监测可仅在建基面或以下浅层布置测点。如建基面即为坝基相对隔水层，沿坝轴线方向坝基沟梁相间时，监测横断面上坝基测点宜沿其走向在沟底布置，其监测横断面不一定与坝轴线垂直。

5.3.6 本条为结合建筑物排水系统，设置专门的集渗设施并安装量水堰或采用容积法、测流速法及通过地下水坡降计算，对渗流量进行监测。

当深覆盖层地基，下游无尾水且渗透（漏）水低于河床面，可以采用在坝下游河床中间隔设置测压管经地下水坡降计算来求取渗流量时，测压管间距一般为10~20m，以获得10cm以上的水头差为宜。该水头差值是根据渗流量监测误差不大于10%的要求反算而得。执行中可以根据不同介质的实际透水性灵活掌握。

当覆盖层地基，下游尾水较高时，尽量采用截水墙拦截渗流，截水墙深度尽量做到相对不透水层。

5.4 应力应变及温度监测

5.4.1 为了便于各项监测成果的对比分析，压力（应力）监测

断面宜与面板挠度、接缝、心墙渗透压力、堆石体位移等监测项目一致，仪器布置位置接近。

5.4.2 混凝土或沥青混凝土心墙的主要作用是防渗，对1级、2级工程和坝高大于100m的高坝可以根据需要，设置心墙内部应力应变监测项目。

对黏土心墙坝，土压力与孔隙水压力密切相关，因此需要成对布置。

5.4.4 随着高混凝土面板坝的出现，以及高寒地区、高地震区、窄深河谷及深覆盖层上面板坝的兴建，也出现了新的问题，如西北口混凝土面板的裂缝、株树桥混凝土面板堆石坝漏水事故、天生桥一级面板垂直缝挤压破坏等。因此，面板应力监测条块选择，需综合考虑河谷地形、地质情况、计算分析成果，适当增减，对可能产生挤压破坏的高坝应在挤压垂直缝面增设压应力监测断面，其布置位置除与坝体内部变形监测层面对应外，还要根据计算分析应力分布情况布置。

5.4.5 近年来部分工程基础混凝土防渗墙内布置的应变计测值异常的情况较多，主要与应变计埋设难度大有关，因此基础防渗墙内布置应变计和无应力计应研究其埋设方式。

5.4.6 孔隙水压力监测应考虑施工期和运行期的需要，将大坝孔隙水压力监测和渗透压力监测结合布置。

6 溢洪道监测

6.1 一般规定

6.1.1 其他形式溢洪道监测设计参考类似建筑物并结合工程的自身特点进行，如有些侧槽溢洪道的侧槽和泄水道为隧洞，且洞室尺寸较大，监测设计可以参考第9章。非常溢洪道监测设计根据其建筑物形式参考本标准相应章节并结合自身特点进行。河床溢洪道和正槽溢洪道的布置基本类似，可以根据主坝坝型特点并结合本章进行设计。

7 厂房建筑物监测

7.2 变形监测

7.2.2 河床式厂房基础内部变形监测，可以采用沉降仪、基岩变形计和多点位移计等。厂房坝段间接缝开合度的变化，可以视需要布置单向、双向或三向测缝计。

7.2.3 坝后式厂房水平位移监测，一般在地基岩层中存在软弱夹层的情况下设置。

7.3 渗流监测

7.3.2 河床式厂房基础扬压力及渗透压力监测根据上游帷幕灌浆和封闭式帷幕灌浆防渗情况确定测点布置。

河床式厂房渗流主要包括上游胸墙渗水、基础渗水、机组渗水及机组检修排水等，需对上游胸墙、基础和机组的渗流量分别进行监测。

7.4 应力应变及温度监测

7.4.5 机组支撑结构（机墩、蜗壳、尾水管）是机组安全稳定运行的基础，对于水头较高、装机容量大的水电站其支撑结构尺寸大、受力复杂，因此有必要对大规模的电站机组支撑结构（机墩、蜗壳、尾水管）布置钢板应力、钢筋应力混凝土应力应变监测仪器，以监测在施工期、机组调试期和运行期机组支撑结构的受力情况，为电站安全运行提供可靠地保证。目前国内已建和在建的三峡、小湾、三滩、向家坝、溪洛渡、锦屏等水电站，均在机组支撑结构（机墩、蜗壳、尾水管）布置了监测设施。

8 通航建筑物监测

8.1 一般规定

8.1.3 高坝多级升船机，往往有中间渠道，如龙滩和百色水利枢纽采用带中间渠道的两级垂直升船机方案，构皮滩水电站通航建筑物采用带二级中间渠道的三级垂直升船机方案。中间渠道通常采用隧洞、渡槽或明渠等型式，其监测项目和监测断面应根据相应的建筑物型式要求选择。

8.2 变形监测

8.2.1 大型船闸闸首人字门支承体部位边墩顶部与底部的相对位移必须在设计允许范围内，以保证人字门的正常运行，因此船闸闸首变形是监测的重点。闸首变形一般采用垂线观测，以获得较高的观测精度。垂线一般结合闸首管线廊道或人字门启闭机室布置。当闸首基岩条件较好时可以不布置深入基岩的倒垂线，仅需布置以建基面为基准的倒垂线或正垂线。

8.3 渗流监测

8.3.2 分离式闸室底板渗压是监测的重点，需通过监测保证底板渗压值在抗浮限值以内。如某大型船闸运行过程曾因闸室基础排水廊道渗水未及时抽排导致底板基底扬压力超过抗浮限值，底板反复升降，底板与闸墙接缝间产生挤压破坏。因此，对于抽排基础，如果存在闸室底板抗浮问题，一般同时记录和观测基础廊道集水井水位。大型衬砌式船闸因闸坎间接缝多，止水往往是薄弱环节，接缝漏水随时间会增大，且冬季低气温时段渗漏量最大，因此，一般将接缝渗水作为重点监测项目，并加强冬季的渗流量观测，以确定渗漏的接缝部位。

9 水工隧洞监测

9.1 一般规定

9.1.7 隧洞封堵体级别通常与主要挡水建筑物相同，以接缝开合度、温度监测为重点，施工期为确定灌浆的时机、混凝土温控提供资料，运行期以监测安全为主要目的。

9.2 变形监测

9.2.2 监测仪器（测点）的位置设定，建议考虑监测结果相互印证的关系：洞室收敛监测，测线一般以三角形布置，测线3~6条；拱顶沉降监测的测点，可以与收敛监测拱顶上的测点共用；围岩内部位移监测，测孔的位置要与测线相应布置，以便监测结果互相印证。

9.3 渗流监测

9.3.1、9.3.2 隧洞衬砌外水压力、基础扬压力受地质条件、地下水位、隧洞及调压室内水外渗等因素的影响，是设计的不确定因素，需对衬砌外水压力、围岩渗透压力、基础扬压力进行监测。

9.4 应力应变及温度监测

9.4.2 由于岔管段水流条件复杂，无论是混凝土衬砌岔管还是钢衬砌岔管，均要进行重点监测，对于具有多个岔管的水工隧洞，可以根据实际情况，选择全部监测或部分重点监测。

10 水闸监测

10.2 变形监测

10.2.3 水平位移测点宜与垂直位移测点同体布置，但并非在每一个垂直位移测点处布置水平位移测点。一般选择可构成视准线的垂直位移测点处，同体布置 1 排或多排水平位移测点。

10.2.4 水闸结构之间的不均匀沉降或者水平位移，引起接缝止水结构的破坏，接缝开合度一般通过卡尺量测等简易方法进行量测。当地质条件复杂、现场量测条件较差时，可以考虑设置测缝计。

10.3 渗流监测

10.3.1 渗流监测断面数量与水闸长度、闸孔宽度、闸室结构、地基条件有关，本条中监测断面数量根据部分水闸的实际设置情况，以及不同级别水闸的常规工程布置测算确定。

11 渠道及渠系建筑物监测

11.1 一般规定

11.1.4 输水渠道和管道线路长，渠系建筑物较分散，现有工程的安全监测基本以巡视检查为主。随着技术水平和管理要求的提高，对现有工程进行安全监测的改造，基本以提高运行管理水平为目的，增加了水位、流量的监测和闸门运行的控制，以及视频监控系統。

鉴于渠道及渠系建筑物失事造成的影响相对较小，本标准规定对1级、2级渠道的不良地质、深挖方、高填方渠段和特殊的1级、2级建筑物设置安全监测设施，常规渠道及渠系建筑物不做规定。

不良地质主要包括膨脹土、湿陷性黄土、液化土、地下矿山采空区、高地下水等类型。对于深挖方和高填方，尚无明确定义，南水北调中线一期总干渠工程规定挖深大于30m属于深挖方，填高高于8m属于高填方，也有结合地质条件将挖深大于15m归于深挖方、填高大于6m归为高填方的。特殊建筑物指结构型式、设计理论、计算方法、材料等相对于常规建筑物有较大变化的建筑物。

11.2 渠道监测

11.2.1 对于输水渠道，从工程功能方面主要监测水位、流量和水质，从工程安全角度主要监测渗流、垂直位移和水平位移（含分层水平位移）。本节列出了常设的监测项目在设计时根据实际情况选择确定。

11.3 渡槽监测

11.3.1 渡槽监测项目的设置参考了南水北调中线一期工程大型

渡槽的监测设计方案，目前这些渡槽的充水试验基本完成，结果证明监测项目的设置基本能够反映渡槽的工作状态，能够很好的反馈设计。

11.4 倒虹吸（涵洞）监测

11.4.1 倒虹吸监测项目的设置参考了南水北调中线一期工程大型渠道倒虹吸的监测设计方案，目前这些倒虹吸工程的充水试验基本完成，结果证明监测项目的设置基本能够反映建筑物的工作状态，能够很好的反馈设计。

11.5 输水管道监测

11.5.1、11.5.2 近年来随着大口径 PCCP、PE、PVC 等管材的生产应用，且管材的规格往往大于现行有关规范，例如在南水北调配套工程邢洁干渠工程中采用了 DN1400 的 PE 管道。针对新材料、新工艺的管材，有必要结合科学实验设置监测项目，为技术标准的修订提供支持。

输水管道工程的管材较多，目前采用较多的有预应力混凝土管、钢筒预应力混凝土管、钢筋混凝土管、钢管、球墨铸铁管、聚乙烯管、聚氯乙烯管、玻璃钢管等，管材性质不同，受力特点不同。目前安全监测多结合工程管理、运行调度相结合，以内水压力监测和流量监测为主。

12 堤防工程监测

12.1 一般规定

12.1.2 堤防工程具有与其他挡水建筑物不同的特点和复杂性，如堤线长、洪水位变化迅速，有的堤段的堤身与堤基存在隐患，在汛期容易出现险情等，其监测设计应在全面收集资料的基础上，确定监测项目，选择有代表性的断面，一种设施多种用途，做到少而精，经济合理。对于地形、地质条件复杂及设有穿堤建筑物等特殊堤段，可以根据工程安全控制需要或科学研究需要增加监测项目及监测断面。

12.1.3 堤防工程战线长、地形地质条件变化大，安全监测断面、项目总量多，管理工作量大。但是堤防工程一般高度不大，影响到堤身安全的主要是沉降变形和堤身、堤基渗流状况。因此监测设计一般以变形和渗流监测为主。

12.2 变形监测

12.2.2 堤防工程竣工后，无论是初期运行期或运行期，都要定期进行位移监测。主要是表面变形，重点要进行堤身沉降量监测，必要时也可以设置部分内部监测项目。

工程初期运行期，堤身填土尚未固结稳定，大部分沉降量将在这一阶段发生，因此要加强对堤身进行沉降监测，以了解土体的沉降速度和稳定性。当工程进入正常运行状态后堤身填土已逐步趋于稳定时，年监测次数可以减少，但每年汛前、汛后至少要分别进行一次全面检查，为工程度汛及工程冬修提供资料。

渠坡位移监测，主要是选择一些有潜在滑坡危险的代表性堤段进行垂直位移监测，必要时也可以结合进行水平位移监测。测量方法根据堤防工程特点，多采用视准线法和三角网法，也可以根据自身条件采用其他监测方法。

12.3 渗流监测

12.3.2 建造在冲积平原区双层或多层地基上的堤防工程，汛期渠致滑移、堤基翻沙涌水，是最易发生的渗流破坏现象，因此在工程管理设计中要选择一些有代表性的堤段进行渗流监测。渗流监测项目，一般有堤身浸润线、堤基渗透压力及减压排渗工程的防渗效果等。必要时，还需结合进行渗透流量和水质分析等项目的监测。对于代表性堤段各渗流监测项目，通常要统一进行布置，同步进行监测。它们对监测断面的选择布置要求基本上是一致的，只是测压管分布位置和埋管深度有所区别。因此条文只对渗流监测项目的共性方面提出了一些综合性的设计要求，而未分项进行具体规定。

渗流监测通常采用测压管进行监测，直观方便。但当测压管布置不变，或对工程堤防稳定有影响时可采用埋设渗压计进行监测。对于重要堤防及大型穿堤建筑物附近的堤段，有条件时可以埋设渗压计，方便自动化监测。

对于改建、扩建及加固堤防已有明显渗流发生的危险堤段，要加强堤基渗流量监测。

13 边坡及滑坡监测

13.1 一般规定

13.1.1 水利水电工程实施范围和影响范围内各种边坡、岸坡和滑坡主要指：大坝坝肩边坡，溢洪道、水闸两岸边坡，溢洪道、水闸、泄洪洞、输水洞、发电引水洞、导流洞、交通洞等建筑物进出口边坡，厂房、变电站，管理设施及其他构筑物场地边坡，进场公路边坡，库区岸坡和滑坡，渠系建筑物边坡，渠线、管架临空面边坡，管架坡面，有渠线、管线及其他构筑物、建筑物穿越的边坡、滑坡等。

13.1.4、13.1.5 根据国内外已建水库工程已发生的由滑坡引起的地质灾害情况看，危害性极大。且库区滑坡很多分布分散，交通不便，不易及时发现，需对其监测设计提高标准，要考虑主要监测信息采集和传输的冗余（热备）设置。

13.2 变形监测

13.2.2 由于部分边坡受地形条件的限制，外部基准点不易选取或其他监测方法观测工作量较大，有的为实现监测自动化需要与其他测点进行同步观测，采用垂线法能较好地解决上述难题。故本条规定1级岩质边坡可同时按照垂线法布置表面水平位移测点。范围较大的1级天然滑坡，由于受交通和监测条件的限制，采用其他监测方法不易布置或观测工作量较大，且目前GNSS监测的技术成熟，故本条规定1级天然滑坡可采用GNSS法布置表面水平位移测点。

13.3 渗流监测

13.3.2 1级、2级边坡和高边坡进行坡体地下水位或渗流场及渗流量监测时，可以利用勘探钻孔改造为地下水位长期观测孔，

也可以专门布置水位观测孔。可以设专门钻孔埋设渗压计，也可以在排水井、抗滑桩、抗剪洞、贴坡或挡土墙等边坡治理结构基础中埋设渗压计。有条件的地方，由排水井、排水洞等组成的地下监测系统，可以设置量水堰，监测渗流量，与降水和边坡变形进行对比，分析其相关性和规律。

13.3.3 根据渗流水汇流条件分区域设置量测设施。有条件的地方应利用地表防水、排水、截水系统，对坡面天然或泄洪雾化降雨量进行汇流监测，并与变形监测成果进行对比分析，监测降雨对边坡稳定的影响。

13.4 应力应变监测

13.4.2 在边坡的加固措施中，最常用的措施是采用预应力锚杆进行加固，为此规定了预应力锚杆的监测数量，并根据边坡的重要性对1级、2级、3级边坡提出了下限要求，对于其他加固措施的监测，如非预应力锚杆、抗滑桩、挡土墙、抗剪洞等，条文中未做具体规定，其监测项目的设置和布置数量由设计者根据边坡的实际情况确定。边坡治理中结构应力应变可以在结构中布置应变计、无应力计或钢筋计，有条件时也可以对结构背面的岩土压力用压力盒进行监测。抗滑桩、抗剪洞、贴坡或挡土墙等结构可在典型的墙、桩中设测斜孔，采用钻孔测斜仪监测。

14 专项监测

14.1 变形监测网

14.1.4 基准点、工作基点、监测点的划分主要是根据网点功能和位置的不同确定的。建立变形监测网，要设置基准点；当基准点距离监测对象较远致使监测精度不够或者作业不方便时，则设置工作基点。监测点为直接布置在变形体上的点。变形监测网网点由基准点和工作基点组成，但监测网中也可以存在网形需要的过渡点（监测点等），用以检测工作基点的稳定性。

附录 C 监测频次

C.0.1 附录 C 中的测次均是正常情况下人工测读的基本要求，特殊时期，如发生暴雨、大洪水、地震、蓄水位变化较快等，要适当增加测次，运行期如测值长期保持基本不变，可以适当调减测次。监测自动化可以根据需要，适当加密测次。