SL

中华人民共和国行业标准

P　　SL 60—94

土石坝安全监测技术规范

1994—8—27 发布　　1994—10—01 实施

中华人民共和国水利部　发布

中华人民共和国行业标准

土石坝安全监测技术规范

SL 60—94

主编单位:水利部大坝安全监测中心
批准部门:水利部、电力工业部

中华人民共和国水　利　部
电力工业部

关于发布《土石坝安全监测技术规范》(SL 60—94)的通知

水科教[1994]392号

由水利部水利管理司委托水利部大坝安全监测中心主编的《土石坝安全监测技术规范》,经水利部、电力工业部共同审查、批准为水利行业标准。其名称和编号为《土石坝安全监测技术规范》SL 60—94,现予颁发。自1994年10月1日起施行。

各单位在施行中应注意总结经验,如有意见和建议请函告主编单位。本规范由水利部水利管理司和电力工业部安全监察及生产协调司负责解释。

本规范由水利电力出版社出版发行。

一九九四年八月二十七日

目　　次

1　总则 …… (4)
2　巡视检查 …… (5)
3　变形监测 …… (7)
4　渗流监测 …… (13)
5　压力(应力)监测 …… (17)
6　水文、气象监测 …… (19)
7　监测资料的整编与分析 …… (22)
附录A　总则 …… (25)
附录B　巡视检查 …… (27)
附录C　变形监测 …… (27)
附录D　渗流监测 …… (31)
附录E　压力(应力)监测 …… (34)
附录F　地震反应监测 …… (35)
附录G　泄水建筑物水力学观测 …… (35)
附录H　波浪及异重流观测 …… (40)
附录I　监测组织与仪器设备管理 …… (42)
附加说明 …… (43)

1 总 则

1.0.1 为加强我国土石坝安全监测技术工作,保障工程安全运行,根据《水库大坝安全管理条例》的要求,特制定本规范。

1.0.2 本规范主要适用于水利水电枢纽工程等级划分及设计标准中的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级碾压式土石坝。Ⅳ、Ⅴ级碾压式土石坝以及其它类型的土石坝可参照执行。

1.0.3 本规范的监测范围,包括土石坝的坝体、坝基、坝端和与坝的安全有直接关系的输、泄水建筑物和设备,以及对土石坝安全有重大影响的近坝区岸坡。安全监测方法包括巡视检查和用仪器设备进行观测。

1.0.4 土石坝的安全监测,必须根据工程等级、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及其相应设施,定期进行系统的观测。各类监测项目及其设置,详见附录A表A1及其有关说明。其中有关地震反应监测和泄水建筑物水力学观测的内容和要求,详见附录F和附录G。

1.0.5 土石坝的安全监测工作应遵循如下原则:

1.0.5.1 各监测仪器、设施的布置,应密切结合工程具体条件,既能较全面地反映工程的运行状态;又宜突出重点和少而精。相关项目应统筹安排,配合布置。

1.0.5.2 各监测仪器、设施的选择,要在可靠、耐久、经济、实用的前提下,力求先进和便于实现自动化观测。

1.0.5.3 各监测仪器、设施的安装和埋设,必须按设计要求精心施工确保质量。安装和埋设完毕,应绘制竣工图、填写考证表,存档备查。

1.0.5.4 应保证在恶劣气候条件下仍然能进行必要项目的观测。必要时可设专门的观测站(房)和观测廊道。

1.0.6 各阶段的监测工作应符合如下要求:

1.0.6.1 可行性研究阶段:应提出安全监测系统的总体设计方案、观测项目及其所需仪器设备的数量和投资估算(约占主体建筑物总投资的1%～3%)。

1.0.6.2 初步设计阶段:应优化安全监测系统的总体设计方案、测点布置、观测设备及仪器的数量和投资概算。

1.0.6.3 招标设计阶段:应提出观测仪器设备的清单、各主要观测项目及测次;各观测设施、仪器安装技术要求及投资预算。

1.0.6.4 施工阶段:应根据监测系统设计和技术要求,提出施工详图。承建施工单位应做好仪器设备的埋设、安装、调试和保护;固定专人进行观测工作,并应保证观测设施完好及观测数据连续、准确、完整。工程竣工验收时,应将观测设施和竣工图、埋设记录和施工期观测记录,以及整理、分析等全部资料汇编成正式文件,移交管理单位。

1.0.6.5 初期蓄水阶段:应制定监测工作计划和主要的监控技术指标,在大坝开始蓄水时就做好安全监测工作,取得连续性的初始值,并对土石坝工作状态作出初步评估。

1.0.6.6 运行阶段:应进行经常的及特殊情况下的巡视检查和观测工作,并负责监测系统和全部观测设施的检查、维护、校正、更新、补充、完善,监测资料的整编,监测报告的编写以及监测技术档案的建立。

在本阶段,土石坝的管理单位还应根据巡视检查和观测资料,定期对土石坝的工作状态提出分

析和评估(工作状态可分为正常、异常和险情三类),为大坝的安全鉴定提供依据。

有关监测组织与仪器设备管理的要求详见附录 I。

1.0.7 各监测项目的阶段和测次,详见附录 A 表 A2 及其有关说明。相互有关的监测项目,应力求同一时间进行观测。

各项观测应使用标准记录表格,认真记录、填写,严禁涂改、损坏和遗失。观测数据应随时整理和计算,如有异常,应立即复测。当影响工程安全时,应及时分析原因和采取对策,并上报主管部门。

1.0.8 当发生有感地震、大洪水,以及大坝工作状态出现异常等特殊情况时,应加强巡视检查,并对重点部位的有关项目加强观测。

1.0.9 已建坝监测设施不全或损坏、失效的,应根据情况予以补设或更新改造。

当工程进行除险加固、扩建、改建或监测系统更新改造时,应根据本规范有关规定做出监测系统更新设计。精心实施,并保持观测资料的连续性。

1.0.10 在采用自动化监测系统时,必须进行技术经济论证。仪器、设备要稳定可靠。观测数据要连续、准确、完整。系统功能应包括:数据采集、数据传输、数据处理和分析等。

1.0.11 本规范与其他规范的关系:土石坝的级别划分应按《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准》(山区、丘陵区部分)(SDJ 12—78)及其补充规定执行。涉及土石坝安全管理工作时应符合《水库大坝安全管理条例》的要求。涉及混凝土建筑物的有关监测可参照《混凝土大坝安全监测技术规范》(SDJ 336—89)。土石坝设计和施工中的安全监测技术工作,应符合本规范的要求。

2 巡视检查

2.1 一般规定

2.1.1 对土石坝,从施工开始,都应自始至终地进行本章规定的巡视检查。

2.1.2 土石坝的巡视检查分为日常巡视检查、年度巡视检查和特别巡视检查三类。

2.1.2.1 日常巡视检查。应根据土石坝的具体情况和特点,制订切实可行的巡视检查制度,具体规定巡视检查的时间、部位、内容和要求,并确定日常的巡回检查路线和检查顺序,由有经验的技术人员负责进行。

日常巡视检查的次数:在施工期宜每周两次,但每月不得少于四次;在初蓄期或水位上升期间,宜每天或每两天一次,但每周不少于两次,具体次数视水位上升或下降速度而定;在运行期,一般宜每周一次,或每月不少于两次,但汛期高水位时应增加次数,特别是出现大洪水时,每天应至少一次。

2.1.2.2 年度巡视检查。在每年的汛前汛后、用水期前后、冰冻较严重的地区的冰冻期和融冰期、有蚁害地区的白蚁活动显著期等,应按规定的检查项目,由管理单位负责人组织领导,对土石坝进行比较全面或专门的巡视检查。检查次数,视地区不同而异,一般每年不少于二至三次。

2.1.2.3 特别巡视检查。当土石坝遇到严重影响安全运用的情况(如发生暴雨、大洪水、有感地震、强热带风暴,以及库水位骤升骤降或持续高水位等)、发生比较严重的破坏现象或出现其他危险迹象时,应由主管单位负责组织特别检查,必要时应组织专人对可能出现险情的部位进行连续监视。

当水库放空时亦应进行全面巡视检查。

2.2 检查项目和内容

2.2.1 坝体的检查项目和内容如下:

2.2.1.1 坝顶:有无裂缝、异常变形、积水或植物滋生等现象;防浪墙有无开裂、挤碎、架空、错断、

倾斜等情况。

2.2.1.2 迎水坡:护面或护坡是否损坏;有无裂缝、剥落、滑动、隆起、塌坑、冲刷、或植物滋生等现象;近坝水面有无冒泡、变浑或漩涡等异常现象。

2.2.1.3 背水坡及坝趾:有无裂缝、剥落、滑动、隆起、塌坑、雨淋沟、散浸、积雪不均匀融化、冒水、渗水坑或流土、管涌等现象;排水系统是否通畅;草皮护坡植被是否完好;有无兽洞、蚁穴等隐患;滤水坝趾、减压井(或沟)等导渗降压设施有无异常或破坏现象。

2.2.2 坝基和坝区的检查内容如下:

2.2.2.1 坝基:基础排水设施的工况是否正常;渗漏水的水量、颜色、气味及浑浊度、酸碱度、温度有无变化;基础廊道是否有裂缝、渗水等现象。

2.2.2.2 坝端:坝体与岸坡连续处有无裂缝、错动、渗水等现象;两岸坝端区有无裂缝、滑动、崩塌、溶蚀、隆起、塌坑、异常渗水和蚁穴、兽洞等。

2.2.2.3 坝趾近区:有无阴湿、渗水、管涌、流土或隆起等现象;排水设施是否完好。

2.2.2.4 坝端岸坡:绕坝渗水是否异常;有无裂缝、滑动迹象;护坡有无隆起、塌陷或其他损坏现象。

2.2.2.5 有条件时尚应检查上游铺盖有无裂缝、塌坑。

2.2.3 输、泄水洞(管)的检查内容如下:

2.2.3.1 引水段:有无堵塞、淤积、崩塌。

2.2.3.2 进水塔(或竖井)有无裂缝、渗水、空蚀等损坏现象。

2.2.3.3 洞(管)身:洞壁有无裂缝、空蚀、渗水等损坏现象;洞身伸缩缝、排水孔是否正常。

2.2.3.4 出口:放水期水流形态、流量是否正常;停水期是否有水渗漏。

2.2.3.5 消能工:有无冲刷或砂石、杂物堆积等现象。

2.2.3.6 工作桥:是否有不均匀沉陷、裂缝、断裂等现象。

2.2.4 溢洪道的检查内容为:

2.2.4.1 进水段(引渠):有无坍塌、崩岸、淤堵或其他阻水现象;流态是否正常。

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

2.2.4.3 消能功及工作桥(或交通桥):参照 2.2.3.5 及 2.2.3.6 进行。

2.2.5 闸门及启闭机的检查要求如下:

2.2.5.1 闸门及其开度指示器、门槽、止水等能否正常工作,有无不安全因素。

2.2.5.2 启闭机能否正常工作;备用电源及手动启闭是否可靠。

2.2.6 观测及通讯设施是否完好、畅通;照明及交通设施有无损坏及障碍。

2.3 检查方法和要求

2.3.1 检查方法应符合以下要求:

2.3.1.1 常规方法:用眼看、耳听、手摸、鼻嗅、脚踩等直观方法,或辅以锤、钎、钢卷尺、放大镜、石蕊试纸等简单工具对工程表面和异常现象进行检查。

2.3.1.2 特殊方法:采用开挖探坑(或槽)、探井、钻孔取样或孔内电视、向孔内注水试验、投放化学试剂、潜水员探摸或水下电视、水下摄影或录像等方法,对工程内部、水下部位或坝基进行检查。

2.3.2 检查工作要求如下:

2.3.2.1 巡视检查必须是熟悉土石坝情况的管理人员参加。

2.3.2.2 日常巡视检查人员应相对稳定,检查时应带好必要的辅助工具和记录笔、簿。

2.3.2.3 年度巡视检查和特别巡视检查,均须制定详细的检查计划并做好如下准备工作:

(1)安排好水库调度,为检查输水、泄水建筑物或进行水下检查创造条件。

(2)做好电力安排,为检查工作提供必要的动力和照明。

(3)排干检查部位的积水,清除检查部位的堆积物。

(4)安装好临时交通设施,便于检查人员行动。

(5)采取安全防范措施,确保工程、设备及人身安全。

(6)准备好工具、设备、车辆或船只,以及量测、记录、绘草图、照相、录像等器具。

2.4 检查记录和报告

2.4.1 记录和整理工作要求如下:

2.4.1.1 每次巡视检查均应按附录 B 的表 B1 作出记录。如发现异常情况,除应详细记述时间、部位、险情和绘出草图外,必要时应测图、摄影或录像。

2.4.1.2 现场记录必须及时整理,还应将本次巡视检查结果与以往巡视检查结果进行比较分析,如有问题或异常现象,应立即进行复查,以保证记录的准确性。

2.4.2 报告和存档工作要求如下:

2.4.2.1 日常巡视检查中发现异常现象时,应立即采取应急措施,并上报主管部门。

2.4.2.2 年度巡视检查和特别巡视检查结束后,应提出简要报告,并对发现的问题及时采取应急措施,然后根据设计、施工、运行资料进行综合分析比较,写出详细报告,并立即报告主管部门。

2.4.2.3 各种巡视检查的记录、图件和报告等均应整理归档。

3 变形监测

3.1 一般规定

3.1.1 变形监测项目,主要有坝的表面变形、内部变形、裂缝及接缝、混凝土面板变形及岸坡位移等观测。

3.1.2 变形监测用的平面坐标及水准高程,应与设计、施工和运行诸阶段的控制网坐标系统相一致。有条件的工程应与国家网建立联系。

3.1.3 变形观测工作应遵守下列规定:

3.1.3.1 表面竖向位移及水平位移观测,一般应共用一个测点。深层竖向及水平位移观测应尽量结合布置;竖向及水平位移观测应配合进行。

3.1.3.2 观测基点应设在稳定区域内;测点应与坝体或岸坡牢固结合。基点及测点应有可靠的保护装置,并受国家法律保护。

3.1.3.3 变形观测的正负号规定:

(1)水平位移:向下游为正,向左岸为正:反之为负。

(2)竖向位移:向下为正,向上为负。

(3)裂缝和接缝三向位移:对开合,张开为正,闭合为负;对沉陷,规定同(2);对滑移,向坡下为正,向左岸为正,反之为负。

3.1.3.4 观测测次见附录 A 表 A2。

3.2 表面变形

3.2.1 表面变形观测包括竖向位移和水平位移。水平位移中包括垂直坝轴线的横向水平位移和

平行坝轴线的纵向水平位移。

3.2.2 观测布置应符合以下要求:

3.2.2.1 断面选择和测点布置:

(1)观测横断面通常选在最大坝高或原河床处、合龙段、地形突变处、地质条件复杂处,坝内埋管及运行有异常反应处,一般不少于3个。

(2)观测纵断面一般不少于4个,通常在坝顶的上、下游两侧布设1～2个;在上游坝坡正常蓄水位以上一个,正常蓄水位以下可视需要设临时测点;下游坝坡半坝高以上1～3个,半坝高以下1～2个(含坡脚一个)。对软基上的土石坝,还应在下游坝趾外侧增设1～2个。

(3)对"V"形河谷中的高坝和两坝端以及坝基地形变化陡峻坝段,坝顶测点应适当加密,并宜加测纵向水平位移。

(4)测点的间距,一般坝长小于300 m时,宜取20～50 m;坝长大于300 m时,宜取50～100 m。

(5)视准线应旁离障碍物1.0 m以上。

3.2.2.2 各种基点均应布设在两岸岩石或坚实土基上,起(引)测方便,避免自然及人为影响。

(1)起测基点可在每一纵排测点两端的岸坡上各布设一个,其高程宜与测点高程相近。

(2)采用视准线法进行横向水平位移观测的工作基点,应在两岸每一纵排测点的延长线上各布设一个。当坝轴线为折线或坝长超过500 m时,可在坝身每一纵排测点中增设工作基点(可用测点代替),工作基点的距离保持在250 m左右。当坝长超过1000 m时,一般可用三角网法观测增设工作基点的水平位移,有条件的,宜用测边网或测边测角网法或倒垂线法。

(3)水准基点一般在土石坝下游1～3 km处布设2～3个。

(4)采用视准线法观测的校核基点,应在两岸同排工作基点连线的延长线上各设1～2个。

3.2.3 观测设施及其安装应符合以下技术要求。

3.2.3.1 观测设施的要求为:

(1)测点和基点的结构必需坚固可靠,且不易变形;并力求美观大方、协调实用。

(2)测点可采用柱式或墩式。同时兼作竖向和横向水平位移观测的测点,其立柱应高出坝面0.6～1.0 m,立柱顶部应设有强制对中底盘,其对中误差均应小于0.2 mm。

(3)在土基上的起测基点,可采用墩式混凝土结构。在岩基上的起测基点,可凿坑就地浇注混凝土。在坚硬基岩埋深大于5～20 m情况下,可采用深埋双金属管柱作为起测基点。

(4)工作基点一般宜采用整体钢筋混凝土结构,立柱高度以司镜者操作方便为准,但应大于1.2 m。立柱顶部强制对中底盘的对中误差应小于0.1 mm。

(5)校核基点的结构及埋设要求与工作基点相同。

(6)水准基点结构与埋设可参照国家水准测量规范(GB 12897—91和GB 12898—91)的有关规定执行。

(7)水平位移观测的觇标,可采用觇标杆、觇牌或电光灯标。其尺寸与图案,应根据观测条件选定。

3.2.3.2 观测设施的安装的要求有:

(1)测点和土基上基点的底座埋入土层的深度不小于0.5 m;冰冻区应深入冰冻线以下。并应采取措施,防止雨水冲刷、护坡块石挤压和人为碰撞。

(2)埋设时,应保持立柱铅直,仪器基座水平。并使各测点强制对中底盘中心位于视准线上,其偏差不得大于10 mm,底盘调整水平,倾斜度不得大于4′。

3.2.4 观测方法和要求如下:

3.2.4.1 竖向位移。表面竖向位移,一般用水准法测量,也可用连通管法测量。

(1)用水准仪观测表面竖向位移时,可参照国家三等水准测量(GB 12898—91)方法进行,但闭合差不得大于$\pm 1.4\sqrt{n}$ mm(n 为测站数,下同)。

起测基点的引测、校测、可参照国家二等水准测量(GB 12897—91)方法进行,但闭合差不得大于$\pm 0.72\sqrt{n}$ mm。

(2)用连通管观测表面竖向位移时,可采用移动式或固定式。观测应在气温最为稳定的时间进行,观测时应注意保持水面稳定,应平行测读两次,两次读数差不得大于 2 mm。

3.2.4.2 水平位移。横向水平位移,一般用视准线法测量。必要且有条件时,也可设置倒垂线或引张线装置观测水平位移。倒垂线和引张线装置的设计、安装与观测,应结合土石坝变形特点参照《混凝土大坝安全监测技术规范》(SDJ 336—89)执行。

(1)用视准线法观测横向水平位移时,可采用经纬仪或视准线仪。当视准线长度大于 500 m 时,应采用 J1 级经纬仪。

(2)视准线的观测方法,可据实际情况选用活动标法或小角度法。观测时宜在视准线两端各设固定测站,用各测站的仪器观测其靠近的位移测点的偏离值。

(3)用活动标法校测工作基点、观测增设的工作基点时,允许误差应不大于 2 mm(取两倍中误差)。观测位移测点时,每测回的允许误差应小于 4 mm(取两倍中误差)。所需测回数不得少于两个测回。

(4)用小角度法观测横向水平位移时,一般应采用 J1 级经纬仪。测微器两次重合读数之差不应超过 0.4″;一个测回中,正倒镜的小角值较差,不应超过 3″;同一测点,各测回小角值较差不应超过 2″。

(5)用三角网前方交会法观测增设工作基点(或测点)的横向水平位移时,应用 J1 级经纬仪和全圆测回法,且不少于 4 个测回。各项限差要求为:半测回归零差±6″;二倍视准差之互差±8″;各测回的测回差±5″。

(6)有条件时,可采用大气激光准直法观测横向水平位移。设施的设计、安设及观测,应按照《混凝土大坝安全监测技术规范》(SDJ 336—89)执行。

(7)表面纵向水平位移观测,一般用因钢尺测量,或用普通钢尺加改正系数,其中误差不大于 0.2 mm。有条件时可用光电测距仪测量。

3.3 内部变形

3.3.1 内部变形观测包括分层竖向位移、分层水平位移、界面位移及深层应变观测等。

3.3.2 观测布置的要求如下:

3.3.2.1 观测断面应布置在最大横断面及其他特征断面(原河床、合龙段、地质及地形复杂段、结构及施工薄弱段等)上,一般可设 1～3 个断面。

每个观测断面上可布设 1～3 条观测垂线,其中一条宜布设在坝轴线附近。观测垂线的布置应尽量形成纵向观测断面。

观测垂线上测点的间距,应根据坝高、结构形式、坝料特性及施工方法与质量等而定,一般 2～10 m。一条观测垂线上的测点,一般宜 3～15 个。最下一个测点应置于坝基表面,以兼测坝基的沉降量。

水管式沉降仪的测点,一般沿坝高横向水平布置三排,分别在 1/3、1/2 及 2/3 坝高处。对软基及深厚覆盖层的坝基表面,还应布设一排测点。一般每排设测点 2～5 个,测点的分布应尽量形成观测垂线。

3.3.2.2 分层水平位移的观测布置与分层竖向位移观测相同。观测断面可布置在最大断面及两坝端受拉区,一般可设1～3个断面。观测垂线一般布设在坝轴线或坝肩附近,或其他需要测定的部位。

测点的间距,对于活动式测斜仪为0.5 m或1.0 m;对于固定式测斜仪,可参考分层竖向位移观测点间距,并宜结合布设。

引张线式水平位移计的埋设,可参考水管式沉降计,并应结合布置。

3.3.2.3 界面位移测点,通常布设在坝体与岸坡连接处、组合坝型不同坝斜交界及土坝与混凝土建筑物连接处,测定界面上两种介质相对的法向及切向位移。

深层应变观测测点,通常布设在两坝端受拉区,上、下游坝肩受拉区以及斜墙、心墙的受拉区和最大横断面上。

3.3.3 观测仪器和设施及其安装的技术要求。

3.3.3.1 分层竖向位移观测要求为:

(1)分层竖向位移观测宜采用电磁式沉降仪、干簧管式沉降仪及水管式沉降仪,也可采用横臂式沉降仪或深式测点组。沉降管的刚度应尽量与周围介质的相当。

(2)沉降管的埋设,一般应随坝体填筑埋设(见附录C1)。对于软基及已建水坠坝,可采用带叉簧片的沉降环,用钻孔法埋设。

(3)水管式沉降仪必须随坝体填筑埋设。通常采用挖沟槽法埋设(见附录C2)。条件允许时,也可采用不挖沟槽的方法,但须有效地防止施工机械及人为的损坏。

(4)横臂式沉降仪适于随施工埋设,并应采用坑式埋设法。

(5)对于坝高不超过20 m,且坝基沉降量不大的均质土坝及塑性心墙坝,也可采用深式测点组。

深式测点组一般随坝体填筑埋设,可采用坑式或非坑式埋设(见附录C1)。也可在土坝竣工后埋设(见附录C3)。

3.3.3.2 分层水平位移观测的要求为:

(1)分层水平位移观测宜采用测斜仪及引张线式位移计。必要且有条件时,也可采用正、倒垂线。

(2)测斜仪的测量方式,一般应采用活动式的。固定式的仅在实现活动式观测有困难或进行在线自动采集时采用。

测斜仪管道选材与沉降管相同。当同一条观测铅直线上同时布有分层水平位移及分层竖向位移观测时,应尽量合用同一根管道。

测斜管道的埋设,应尽量随坝体填筑埋设;对已建坝和坝基,可采用钻孔埋设。固定式测头埋设方式同活动式的,但勿需管道。

随坝体填筑埋设,可参照沉降管道的埋设方法执行。

测斜管道埋设的主要技术要求见附录C4。

(3)引张线式水平位移计的埋设方法与水管式沉降仪相同,并且宜与水管式沉降仪组合埋设,有困难时可分开埋设。分开埋设或单独(该测点不布设沉降计)埋设时,钢丝均应与水平线上倾预估沉降量的一半。埋设施工的其他主要技术要求应按3.3.3.1规定执行。

3.3.3.3 界面位移及深层应变观测:

(1)界面位移及深层应变观测,可采用振弦式位移计及电位器式位移计。在量程与精度满足要求的情况下,应优先用振弦式位移计。

(2)位移计的埋设,对于测定坝体的位移或应变,宜用坑式埋设法,对于测定坝体与岸坡交界面切向位移,宜用表面埋设法。根据需要,可单支埋设也可串联埋设,埋设的方法可参见附录C5。

3.3.4 观测方法和要求。

3.3.4.1 分层竖向位移的观测:

(1)电磁式沉降仪观测,用电磁式测头自下而上测定。每测点应平行测定两次,读数差不得大于 2 mm。

(2)干簧管式沉降仪观测方法及精度要求与电磁式相同。

(3)水管式沉降仪观测,应先排尽测量管路内的水和气。用测量板上带刻度的玻璃管测定。应平行测读两次,读数差不得大于 2 mm。

(4)横臂式沉降仪用测沉器或测沉棒观测。应平行测读两次,读数差不得大于 2 mm。

(5)深式测点观测,用水准仪测定,其精度要求与表面竖向位移观测相同。

3.3.4.2 深层水平位移的观测:

(1)伺服加速度计测斜仪测头用四位半数字显示测读仪接收;电阻应变片式测斜仪测头用电阻应变仪接收。

观测时,用测斜仪测头从测斜管底自下向上,每隔 50 cm(或 100 cm)一个测点,逐次测定。应平行测读两次,两次读数差,伺服加速度计式测斜仪不得大于 0.0002 V;电阻应变片式测斜仪不得大于 3 με。

随坝体填筑每接长一节管,必须进行一次观测。

(2)引张线式水平位移计的观测,应平行测定两次,其读数差不得大于 2 mm。

3.3.4.3 界面位移及深层应变的观测:

(1)振弦式位仪计用相应的频率接收仪测定。每测次平行测定两次,其测读数差不大于 1 Hz。

(2)电位器式位移计用三位半数字显示繁用表测定。每测次应平行测定两次,其读数差不大于 0.002 V。

(3)深层应变观测可采用振弦式位移计或电位器式位移计。观测方法及精度要求同界面位移观测。将测定位移量除以锚固板的间距便获得应变值。

3.4 裂缝及接缝

3.4.1 观测布置应符合以下要求:

3.4.1.1 对已建坝的表面裂缝(非干缩、冰冻缝),凡缝宽大于 5 mm 的,缝长大于 5 m 的,缝深大于 2 m 的纵、横向缝,都必须进行监测。

3.4.1.2 对在建坝,可在土体与混凝土建筑物及岸坡岩石接合处易产生裂缝的部位,以及窄心墙及窄河谷坝拱效应突出的部位埋设测缝计。

3.4.1.3 混凝土面板堆石坝接缝观测布置:

(1)观测点一般应布设在正常高水位以下。

(2)周边缝的测点布置,一般在最大坝高处布 1～2 个点;在两岸坡大约 1/3、1/2 及 2/3 坝高处各布置 2～3 点;在岸坡较陡、坡度突变及地质条件差的部位应酌情增加。

(3)受拉面板的接缝也应布设测缝计,高程分布与周边缝相同,且宜与周边缝测点组成纵横观测线。

(4)接缝位移观测点的布置,还应与坝体竖向位移、水平位移及面板中的应力应变观测结合布置,便于综合分析和相互验证。

3.4.2 观测仪器和设施及其安装的技术要求。

3.4.2.1 土石坝裂缝观测的要求:

(1)对土石坝表面裂缝,一般可采用皮尺、钢尺及简易测点等简单工具进行测量。对 2 m 以内的浅缝,可用坑槽探法检查裂缝深度、宽度及产状等。

(2)对深层裂缝,当缝深不超过 20～25 m 时,宜采用探坑或竖井检查,必要时埋设测缝计(位移计)进行观测。

(3)位移计的埋设方法,对在建坝,与界面位移及深层应变观测相同(见 3.3.3.3);对已建坝,在探坑或竖井中埋设,可采用将锚固板插入裂缝两边土体内的埋设方法。

3.4.2.2 混凝土面板堆石坝接缝观测的要求:

(1)可采用旋转电位器式测缝计、由电位器式位移计组装的电位器式测缝计及振弦式测缝计进行观测。

接缝位移包括垂直于面板的挠曲、垂直于接缝的开合及平行于接缝的滑移三向位移。一般最大断面处的周边缝可观测其挠曲和开合度。两岸坡周边缝应选用三向测缝计;面板接缝,有条件的亦应选用三向测缝计。

(2)视情况需要,也可采用单支位移计,分别测定各向位移。

(3)测缝计的安装见附录 C6。

3.4.3 观测方法及要求。

3.4.3.1 土石坝裂缝的观测:

(1)表面裂缝的长度和可见深度的测量,应精确到 1 cm。

(2)裂缝宽度,可用钢尺在缝口测量。对表面裂缝宽度的变化,宜采用在缝两边设简易测点,测量测点的距离来确定。裂缝宽度应精确到 0.2 mm。

(3)对于深层裂缝,除按上述要求测量裂缝深度和宽度外,还应测定裂缝走向,精确到 0.5 度。其开合度的观测方法及精度要求见 3.3.4。

3.4.3.2 混凝土面板堆石坝接缝的观测。

(1)旋转电位器式测缝计,用专用检测仪按仪器操作说明分别测定各传感器钢丝测读数,两次平行测读差不得大于 0.0002 V。

(2)电位器式测缝计和振弦式测缝计,其单支位移计的观测方法及精度要求,见 3.3.4。

3.5 混凝土面板变形

3.5.1 混凝土面板变形观测包括面板的表面位移、挠度、应变及接缝位移观测。

应变观测见 5.5;接缝位移观测见 3.4。

3.5.2 观测布置应符合以下要求:

3.5.2.1 表面位移观测的布置,观测断面的选择同 3.2.2.1。在横断面上可沿高程布设 3～5 排,一般在正常高水位以上设 1～2 排,以及在 1/3、1/2 和 2/3 坝高上各布设一排。

3.5.2.2 挠度观测的布置,一般可设 1～3 个横断面。在横断面上,当用水管式沉降仪时,一般可在 1/3、1/2、2/3 坝高上及正常高水位附近布设 2～4 排。

3.5.3 观测仪器和设施及其安装要求如下:

3.5.3.1 表面位移观测的设施见 3.2.4。设于混凝土面板上的位移测点的高度,视观测需要和具体条件,在 0.2～1.0 m 之间选取。

3.5.3.2 挠度观测可采用斜坡测斜仪或水管式沉降仪。

(1)斜坡测斜仪采用伺服加速度计式测头,测斜管道宜采用铝合金管。

(2)测斜管道的安装,一般将管道直接安设在面板表面,并将其下端固定于趾板上:在寒冷地

区,也可将管道设于面板之下,但在浇筑面板时,应严加保护。

(3)水管式沉降仪测头埋设在面板之下的垫层中,采用坑式埋设法。

3.5.4 观测方法及要求:

3.5.4.1 面板表面位移的观测方法及精度要求,应按 3.2.4 条规定执行。

3.5.4.2 面板挠度观测:

(1)采用伺服加速度计式测头测斜仪时,用四位半数字显示测读仪接收。每次观测应平行测定两次,其读数差不得大于 0.0002 V。

(2)采用水管式沉降仪时,其观测方法及精度要求见 3.3.4。

3.6 岸坡位移

3.6.1 对于危及大坝、输泄水建筑物及附属设施安全和运行的新老滑坡体或潜在滑坡体必须进行监测。

3.6.2 岸坡位移观测包括表面位移、裂缝、位错及深层位移的观测。有条件的应增设地下水位观测。

3.6.3 观测布置应符合下列要求:

3.6.3.1 表面位移测点布置,以能控制滑坡体范围及位移分布规律为度。通常顺滑坡方向布设 2～4 个观测断面,包括主滑断面及其他特征断面;每个断面宜在裂缝外侧(上方)布设 1 个测点,在内侧(下方)布设 1～3 测点。当滑坡范围大,且复杂时,断面及测点可酌情增加。

3.6.3.2 裂缝观测点,可布设在最大裂缝处及可能的破裂面部位。

3.6.3.3 深层位移观测,可结合表面位移观测,在预计滑动区内设 1～3 个观测断面,每个断面布置 1～3 条测线,用来揭示内部变形(深层水平位移)规律及确定潜在滑动面。

3.6.4 观测仪器(设施)及其安装要求如下:

3.6.4.1 岸坡表面位移观测的仪器和设施及安装,见本规范 3.2.3。

3.6.4.2 岸坡裂缝观测,可采用简易的观测装置。有条件时,也可采用电测测缝计。电测测缝计及其安装见 3.4.2。

3.6.4.3 深层水平位移观测,采用测斜仪。仪器设备及其埋设见 3.3.3。测斜管道采用铝合金管。

3.6.5 观测方法及要求如下:

3.6.5.1 岸坡表面位移的观测方法及精度要求参见 3.2.4。有条件时,可采用光电测距仪测距或 J1 级经纬仪测角的边角网法。

3.6.5.2 用简易装置观测岸坡裂缝时,采用游标卡尺直接量测缝口处的三向位移,精确到 1 mm。

电测测缝计的观测方法及精度要求见 3.4.3。

4 渗流监测

4.1 一般规定

4.1.1 本章系土石坝在上下游水位差作用下产生的渗流场的监测,包括渗流压力、渗流量及其水质的观测。与压力(应力)有关的孔隙水压力观测见 5.2。与混凝土建筑物有关的渗流监测按 SDJ 336—89 执行。

4.1.2 一般土石坝的渗流监测,按表 A1 和表 A2 执行。异常或险情状态坝的渗流监测,应根据工程实际状况和安全论证需要提出专门部署和要求。

4.1.3 凡不宜在工程竣工后补设的仪器、设施(如铺盖和斜墙底部的仪器,以及截水墙、观测廊道等),均应在工程施工期适时安设。当运用期补设测压管或开挖集渗沟时,应确保渗流安全。

4.2 坝体渗流压力

4.2.1 坝体渗流压力观测,包括观测断面上的压力分布和浸润线位置的确定。

4.2.2 观测布置的技术要求如下:

4.2.2.1 观测横断面宜选在最大坝高处、合龙段、地形或地质条件复杂坝段,一般不得少于 3 个,并尽量与变形、应力观测断面相结合。

4.2.2.2 观测横断面上的测点布置,应根据坝型结构、断面大小和渗流场特征,设 3～4 条观测铅直线。一般位置是:

(1)均质坝的上游坝肩、下游排水体前缘各 1 条,其间部位至少 1 条。

(2)斜墙(或面板)坝的斜墙下游侧底部、排水体前缘和其间部位各 1 条。

(3)宽塑性心墙坝,墙体内可设 1～2 条,心墙下游侧和排水体前缘各 1 条。窄塑性或刚性心墙坝,墙体外上下游侧各 1 条,排水体前缘 1 条。必要时经论证方可在墙体轴线处设 1 条。

4.2.2.3 观测铅直线上的测点布置,应根据坝高和需要监视的范围、渗流场特征,并考虑能通过流网分析确定浸润线位置,沿不同高程布点。一般原则是:

(1)在均质坝横断面中部,心、斜墙坝的强透水料区,每条铅直线上可只设 1 个观测点,高程应在预计最低浸润线之下。

(2)在渗流进、出口段,渗流各相异性明显的土层中,以及浸润线变幅较大处,应根据预计浸润线的最大变幅沿不同高程布设测点,每条铅直线上的测点数一般不少于 2～3 个。

4.2.2.4 需观测上游坝坡内渗压力分布的均质坝、心墙坝,应在上游坡的正常高水位与死水位之间适当增设观测点。

4.2.3 观测仪器及其安装应符合以下要求:

4.2.3.1 渗流压力观测仪器,应根据不同的观测目的、土体透水性、渗流场特征以及埋设条件等,选用测压管或振弦式孔隙水压力计。一般情况是:

(1)作用水头小于 20 m 的坝、渗透系数大于或等于 10^{-4} cm/s 的土中、渗压力变幅小的部位、监视防渗体裂缝等,宜采用测压管。

(2)作用水头大于 20 m 的坝、渗透系数小于 10^{-4} cm/s 的土中、观测不稳定渗流过程以及不适宜埋设测压管的部位(如铺盖或斜墙底部、接触面等),宜采用振弦式孔隙水压力计,其量程应与测点实有压力相适应。

4.2.3.2 测压管及其安装。

(1)测压管宜采用镀锌钢管或硬塑料管,一般内径不宜大于 50 mm。

(2)测压管的透水段,一般长 1～2 m,当用于点压力观测时应小于 0.5 m。外部包扎足以防止周围土体颗粒进入的无纺土工织物。透水段与孔壁之间用反滤料填满。

(3)测压管的导管段应顺直,内壁光滑无阻,接头应采用外箍接头。管口应高于地面,并加保护装置,防止雨水进入和人为破坏。

(4)测压管的埋设,除必须随坝体填筑适时埋设者外,一般应在土石坝竣工后、蓄水前用钻孔里设。具体埋设和检验方法详见附录 D1。

随坝体填筑施工埋设时,应确保管壁与周围土体结合良好和不因施工遭受破坏。

4.2.3.3 振弦式孔隙水压力计及其安装见 5.2 和附录 E1。

4.2.4 观测方法与要求如下:

4.2.4.1 测压管水位的观测,宜采用电测水位计。有条件的可采用示数水位计、遥测水位计或自

记水位计等。

(1)测压管水位,两次测读误差应不大于 2 cm。

(2)电测水位计的测绳长度标记,应每隔 1～3 个月用钢尺校正一次。

(3)测压管的管口高程,在施工期和初蓄期应每隔 1～3 个月校测一次;在运行期至少应每年校测一次。

4.2.4.2 振弦式孔隙水压力计的压力观测,应采用频率接收仪。测读操作方法应按产品说明书进行,两次读数误差应不大于 1 Hz。测值物理量用测压管水位来表示。

有条件的也可用智能频率计或与计算机相联。

4.3 坝基渗流压力

4.3.1 坝基渗流压力观测,包括坝基天然岩土层、人工防渗和排水设施等关键部位渗流压力分布情况的观测。

4.3.2 观测布置的主要技术要求为:

4.3.2.1 观测横断面的选择,主要取决于地层结构、地质构造情况,断面数一般不少于 3 个,并宜顺流线方向布置或与坝体渗流压力观测断面相重合。

4.3.2.2 观测横断面上的测点布置,应根据建筑物地下轮廓形状、坝基地质条件、以及防渗和排水型式等确定,一般每个断面上的测点不少于 3 个。

(1)均质透水坝基,除渗流出口内侧必设 1 测点外,其余视坝型而定。有铺盖的均质坝、斜墙坝和心墙坝,应在铺盖末端底部设 1 测点,其余部位适当插补测点。有截渗墙(槽)的心墙坝、斜墙坝,应在墙(槽)的上下游侧各设 1 测点;当墙(槽)偏上游坝踵时,可仅在下游侧设点。有刚性防渗墙与塑性心(斜)墙相接时,需在结合部适当增设测点。

(2)层状透水坝基,一般只在强透水层中布置测点,位置宜在横断面的中下游段和渗流出口附近,测点数一般不少于 3 个。

当有减压井(或减压沟)等坝基排水设施时,还需要在其上下游侧和井间布设适量测点。

(3)岩石坝基,当有贯穿上下游的断层、破碎带或其它易溶、软弱带时,应沿其走向在与坝体的接触面、截渗墙(槽)的上下游侧、或深层所需监视的部位布置 2～3 个测点。

4.3.3 观测仪器(设施)及其安装一般情况同 4.2.3 之规定。但当接触面处的测点选用测压管时,其透水段和回填反滤料的长度宜小于 0.5 m。

4.3.4 观测方法和要求同 4.2.4。

4.4 绕坝渗流

4.4.1 绕坝渗流观测,包括两岸坝端及部分山体、土石坝与岸坡或混凝土建筑物接触面,以及防渗齿墙或灌浆帷幕与坝体或两岸接合部等关键部位。

4.4.2 观测布置应符合下列要求:

4.4.2.1 土石坝两端的绕渗观测,宜沿流线方向或渗流较集中的透水层(带)设 2～3 个观测断面,每个断面上设 3～4 条观测铅直线(含渗流出口)。如需分层观测,应做好层间止水。

4.4.2.2 土石坝与刚性建筑物接合部的绕渗观测,应在接触轮廓线的控制处设置观测铅直线,沿接触面不同高程布设观测点。

4.4.2.3 在岸坡防渗齿槽和灌浆帷幕的上下游侧各设 1 观测点。

4.4.3 观测仪器设施及其安装同 4.2.3。

4.4.4 观测方法与要求同 4.2.4。

4.5 渗流量

4.5.1 渗流量观测,包括渗漏水的流量及其水质观测。水质观测中包括渗漏水的温度、透明度观测和化学成分分析。

4.5.2 观测布置的主要技术要求为:

4.5.2.1 渗流量观测系统的布置,应根据坝型和坝基地质条件、渗漏水的出流和汇集条件以及所采用的测量方法等确定。对坝体、坝基、绕渗及导渗(含减压井和减压沟)的渗流量,应分区、分段进行测量(有条件的工程宜建截水墙或观测廊道)。所有集水和量水设施均应避免客水干扰。

4.5.2.2 当下游有渗漏水出逸时,一般应在下游坝趾附近设导渗沟(可分区、分段设置),在导渗沟出口或排水沟内设量水堰测其出逸(明流)流量。

4.5.2.3 当透水层深厚、地下水位低于地面时,可在坝下游河床中设测压管,通过观测地下水坡降计算出渗流量。其测压管布置,顺水流方向设两根,间距约 10～20 m。垂直水流方向,应根据控制过水断面及其渗透系数的需要布置适当排数。

4.5.2.4 对设有检查廊道的心墙坝、斜墙坝、面板堆石坝等,可在廊道内分区、分段设置量水设施。对减压井的渗流,应尽量进行单井流量、井组流量和总汇流量的观测。

4.5.2.5 渗漏水的温度观测以及用于透明度观测和化学分析水样的采集,均应在相对固定的渗流出口或堰口进行。

4.5.3 观测设施及其安装要求。

4.5.3.1 根据渗流量的大小和汇集条件,选用如下几种方法和设备:

(1)当流量小于 1 L/s 时宜采用容积法。

(2)当流量在 1～300 L/s 之间时宜采用量水堰法。

(3)当流量大于 300 L/s 或受落差限制不能设置水堰时,应将渗漏水引入排水沟中,采用测流速法。

4.5.3.2 量水堰的设置和安装应符合以下要求:

(1)量水堰应设在排水沟直线段的堰槽段。该段应采用矩形断面,两侧墙应平行和铅直。槽底和侧墙应加砌护,不漏水,不受其它干扰。

(2)堰板应与堰槽两侧墙和来水流向垂直。堰板应平正和水平,高度应大于 5 倍的堰上水头。

(3)堰口水流形态必须为自由式。

(4)测读堰上水头的水尺或测针,应设在堰口上游 3～5 倍堰上水头处。尺身应铅直,其零点高程与堰口高程之差不得大于 1 mm。水尺刻度分辨率应为 1 mm;测针刻度分辨率应为 0.1 mm。必要时可在水尺或测针上游设栏栅稳流。

(5)量水堰安装完毕,应详细填写考证表,存档备查。

量水堰的型式及其制作、安装,见附录 D2。

4.5.3.3 测流速法观测参流量的测速沟槽应符合以下要求:

(1)长度不小于 15 m 的直线段。

(2)断面一致,并保持一定纵坡。

(3)不受其它水干扰。

4.5.4 观测方法与要求如下:

4.5.4.1 渗流量及渗水温度、透明度的观测次数与渗流压力观测相同。化学成份分析次数可据实际需要减少,且一般仅限于简单分析。

4.5.4.2 量水堰堰口高程及水尺、测针零点应定期校测,每年至少一次。

4.5.4.3 用容积法时,充水时间不得少于 10 s。平行二次测量的流量误差不应大于均值的 5 %。

4.5.4.4 用量水堰观测渗流量时,水尺的水位读数应精确至 1 mm,测针的水位读数应精确至 0.1 mm。堰上水头两次观测值之差不得大于 1 mm。

4.5.4.5 测流速法的流速测量,可采用流速仪法或浮标法(具体方法可参照现行河流流量测验规范和水文普通测量规范的有关规定)。两次流量测值之差不得大于均值的 10 %。

4.5.4.6 在观测渗流量的同时,必须测记相应渗漏水的温度、透明度和气温。温度须精确到 0.1 ℃。透明度观测的两次测值之差不得大于 1 cm。当为浑水时,应测出相应的含沙量。

4.5.4.7 渗水化学成分分析的取样及有关要求,可按水质分析要求进行,并同时取库水水样做相同项目的分析,以资对比。

5 压力(应力)监测

5.1 一般规定

5.1.1 土石坝的压力(应力)监测,包括孔隙水压力、土压力(应力)、接触土压力以及混凝土面板应力等项观测。压力(应力)观测,一般用于Ⅰ、Ⅱ级工程和高坝。

5.1.2 所用压力计,在埋设前必须做好仪器的标定和连接电缆的电器检查,做好相应的编号、标志。埋设后应及时将连接电缆沿最短路线引入观测房并妥为保护,及时测读初始值和做好各种埋设的考证工作,并同时确认连接电缆与相应测头编号无误。

5.2 孔隙水压力

5.2.1 孔隙水压力观测,一般仅适用于饱和土及饱和度大于 95 %的非饱和粘性土。均质土坝、冲填坝、尾矿坝、松软坝基、土石坝土质防渗体、砂壳等土体内需进行孔隙水压力的观测。

5.2.2 观测布置应符合以下技术要求:

5.2.2.1 孔隙水压力观测断面,一般设 2～3 个横断面,且其中 1 个为主观测断面。Ⅰ、Ⅱ级工程可另增设 1～2 个观测纵断面。

孔隙水压力观测横断面,应设于最大坝高、合龙段、坝基地质地形条件复杂处,并应尽量同变形、渗流、土压力观测断面相结合。

5.2.2.2 孔隙水压力测点在横断面、纵断面上的布置,应尽量能测绘孔隙水压力等值线,并应尽量同渗流观测点结合,可分布在 3～4 个高程上。Ⅰ、Ⅱ级工程和高坝,可酌情增加。

5.2.2.3 孔隙水压力观测,可在同一测点布设不同类型的孔隙水压力计,进行校测。对重要部位,可平行布置同类型孔隙水压力计进行复测。

5.2.3 观测仪器及其安装应符合以下要求:

5.2.3.1 孔隙水压力计的选型,应优先选用振弦式仪器。当粘土的饱和度低于 95 %时,应选用带有细孔陶瓷滤水石的高进气压力孔隙水压力计。高进气压力孔隙水压力计的选用,应经充分论证。

5.2.3.2 孔隙水压力计埋设时,一般应在埋设点附近适当取样,进行土的干密度、级配等物理性质试验。必要时尚应取样进行有关土的力学性质试验。具体埋设方法详见附录 E1。

5.2.4 观测方法与要求如下:

5.2.4.1 孔隙水压力计的测读方法,依所选用仪器类型而定。振弦式孔隙水压力计,通过测读其自振频率的变化以确定其反应的孔隙水压力的变化。

5.2.4.2 孔隙水压力的观测测次,依坝的类型和监测阶段而定,除满足第 1 章要求外,应遵守下列规定。

(1)在施工期,每当填方升高 5～10 m 或 10～15 天时应观测一次。同时必须测记观测断面填方的填筑高程变化。

(2)对于已运行的坝,如新建观测系统,在第一个高水位周期,应按初蓄期的规定进行观测。

5.3 土压力(应力)

5.3.1 土压力(应力)观测,包括土与堆石体的总应力(即总土压力)、垂直土压力、水平土压力,和大、小主应力等的观测。

土或堆石的大、小主应力,通过具有不同埋设方向土压力计组的观测间接确定。

5.3.2 观测布置应符合以下要求:

5.3.2.1 土压力观测,可设 1～2 个观测横断面。特别重要工程或坝轴线呈曲线形的工程可增设 1 个观测纵断面。观测断面的位置,应同坝内孔隙水压力、变形观测断面相结合。

5.3.2.2 土压力观测断面上的测点,一般可布设 2～3 个高程,必要时可另增加。测点在横断面、纵断面上的布设可不对称。

5.3.2.3 观测断面内每一测点处的土压力计,一般成组布置,每组 2～3 个,必要时可布置 4～6 个。

5.3.2.4 土压力计测点的布置,应同孔隙水压力测点成对,并应考虑同竖向位移、水平位移测点结合。同一测点区内各观测仪器之间的距离不宜超过 1 m。

5.3.3 观测仪器及其安装的技术要求如下:

5.3.3.1 土石坝的土压力计应选用振弦式土压力计,其相应测读仪依其类型选用。

5.3.3.2 土压力计的埋设,应特别注意减小埋设效应的影响。必须做好仪器基床面的制备、感应膜的保护和连接电缆的保护及其与终端的连接、确认、登记。具体埋设方法详见附录 E2。

5.3.3.3 土压力计埋设时,一般在埋设点附近适当取样,进行干密度、级配等土的物理性质试验,必要时尚应适当取样进行有关土的力学性质试验。

5.3.4 观测方法与要求为:土压力计的测读方法,依所用仪器类型而定。振弦式土压力计的测读方法与测次同 5.2.4。

5.4 接触土压力

5.4.1 接触土压力观测,包括土和堆石等与混凝土、岩面或圬工建筑物接触面上的土压力观测。

5.4.2 观测布置的技术要求如下:

5.4.2.1 接触土压力观测测点沿刚性界面布置。一般布置在土压力最大、受力情况复杂、工程地质条件差或结构薄弱等部位。

5.4.2.2 接触土压力观测,必要时可用同一类型的接触土压力计进行平行布置。

5.4.3 观测仪器及其安装应符合下列要求:

5.4.3.1 接触式土压力计的选型,可参照 5.3.3 条规定,并宜选用振弦式接触土压力计。

5.4.3.2 接触土压力计埋设时,应在埋设点预留孔穴。孔穴的尺寸应比土压力计略大,并保证埋设后的土压力计感应膜与结构物表面或岩面齐平。

当在混凝土结构内埋设时,应在埋设点混凝土浇筑 28d 后进行。

5.4.3.3 土压力计埋设后应认真保护,当填方不能及时掩盖时应加盖保护罩。当填方即将掩盖时,依覆盖材料的类型、性质应作不同的保护。

5.4.3.4 接触土压力计测点附近取样试验的规定,可参照 5.3.3 条并略为简化的原则执行。

5.4.4 接触土压力计的测次和要求,可参照 5.2.4 条规定执行。

5.5 混凝土面板应力

5.5.1 混凝土面板应力观测的项目,包括面板混凝土应变、无应力应变、钢筋应力和温度。

5.5.2 观测布置的技术要求为:

5.5.2.1 面板混凝土应变观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。设置测点的面板条块不宜少于3～5个,其中1个应为面板中部最长的条块。

无应力观测点的布置,一般仅限于相应应力观测的面板中部最长的条块,且测点数不宜少于3～5个,其布置高程应同相应应力测点对应。当坝顶较长时,可适当增加无应力观测的面板条块。

5.5.2.2 Ⅰ、Ⅱ级工程或当有特殊需要时,可在面板条块预计拉应力区顺面板坡向布置钢筋应力测点。

5.5.2.3 面板混凝土应变观测,各测点的观测仪器应成组布置,并位于同面板平面平行的同一平面内。一般布置二向仪器组。其中一个顺坡方向,一个呈水平方向,二者夹角90°。

5.5.3 观测仪器及其安装应符合以下技术要求:

5.5.3.1 面板应变观测,利用应变计进行。无应力应变观测,利用无应力应变计进行。

(1)应变计应选用差动电阻式。经过论证,亦可选用振弦式。

(2)钢筋应力观测利用钢筋计进行。钢筋计宜选用差动电阻式或振弦式。钢筋计的直径,应等于或略大于被测钢筋的直径。

(3)温度计可选用电阻式温度计。

(4)差动电阻式应变计、钢筋计应使用专用电缆。

5.5.3.2 应变计埋设,应使用专用仪器支座、支杆,并在面板钢筋绑孔后随面板混凝土浇筑进行。应变计埋设时,依埋设部位应预调出其测量量程的30 %～50 %。

5.5.3.3 无应力计的埋设,主要采用板下埋设法,即将无应力计埋设于面板之下的垫层中。

无应力计埋设时,宜使其隔离筒大口向上,其应变计周围的混凝土浇筑,应使用同样的相应应变计组周围的混凝土。

5.5.3.4 钢筋计的埋设,应采用焊接法。可在钢筋加工场预焊,亦可在现场截下被测的钢筋就地焊接。焊接时,仪器内的温度不得超过70 ℃。

5.5.3.5 温度计的埋设,可按将仪器在埋设点的钢筋网格中固定的方法进行。

5.5.3.6 埋设于混凝土中的差动电阻式仪器,必须确定相应仪器的电阻比与温度基准值。基准值的确定,应根据观测仪器的刚度与周围混凝土的硬化时间等而定,一般可在初期合格的观测值中选取。

5.5.4 观测方法与要求如下:

5.5.4.1 应变计、无应力计、钢筋计、温度计的测读方法,依所选用的仪器类型而定。

5.5.4.2 面板应力观测的测次,除遵照附录A表A1.0.2的规定外,在仪器埋设初期,应按确定观测基准值的要求加密测次。

当进行应力观测时,必须同时进行混凝土温度观测,记录气温、库水位、下游水位,并应同面板变形观测相结合。

6 水文、气象监测

6.1 一般规定

6.1.1 开展水文、气象观测,除应按水文、气象方面的规定外,还必须执行本章有关规定。

6.1.2 有必要且有条件的水库,应在库面设置漂浮蒸发站,按水文、气象方面有关规定进行水面蒸发观测;或在库区选定若干固定地点,定期取水样,按环保方面有关规定,进行水质观测。

6.2 水位、降水量、水温、气温

6.2.1 上游(水库)水位观测的技术要求如下:

6.2.1.1 测点布置。必须于蓄水前在坝前设置一个永久性测点。水面广阔或形状特殊的水库,为掌握风壅和动水影响形成的倾斜水面,可于蓄水后在库区不同部位设置若干个短期测点。测点应设置在:

(1)水面平稳、受风浪和泄流影响较小、便于安装设备和观测的地点。

(2)岸坡稳固处或永久性建筑物上。

(3)基本能代表坝前平稳水位的地点。

6.2.1.2 观测设备。一般应设置水尺或自记水位计。有条件时可设遥测水位计或自动测报水位计。其延伸测读高程应高于校核洪水位。

水尺零点高程每隔3~5年应校测一次。当怀疑水尺零点有变化时应及时进行校测。水位计应每年汛前检验。

6.2.1.3 测次。除按水文、气象方面一般规定外,开闸泄水前后应各增加观测一次。汛期还应根据需要调整测次。

6.2.1.4 同时观测项目有:风力、风向、水面起伏度。

6.2.2 下游(河道)水位观测应符合以下要求:

6.2.2.1 测点布置的技术要求:

(1)与测流断面统一布置。

(2)应布置在水流平顺、受泄流影响较小、便于安装设备和观测的地点。

(3)当各泄水口泄流分道汇入干道时,除在干道上必需设置测点外,可在各分道上也布设测点。

(4)河道无水时,下游水位用河道中的地下水位代替。观测方法,宜根据大坝下游地形、地质情况设置测压管或观测井,并尽量与渗流观测相结合。

6.2.2.2 观测设备、测次及同时观测项目同6.2.1.2、6.2.1.3、6.2.1.4

6.2.3 输、泄水建筑物水位观测应符合以下规定:

6.2.3.1 测点布置。泄水建筑物的水位观测,除可与6.2.1和6.2.2条相结合者外,根据水流观测需要,可在泄水建筑物中若干部位(如渠首及堰前、闸墩侧壁、弯道两岸、消力池等处)增设水位测点。消力池的下游水位测点,须设置在距离不小于消能设备总长的3至5倍处。

6.2.3.2 观测要求及方法。闸墩处水位、消力池水位及设有进水渠泄洪工程的渠首及堰前水位,应观测时均水位。坝面波浪、水电站尾水波动及调压井、引水明渠和前池涌浪,及船闸充、泄水时应观测瞬时水位。

观测方法,时均水位一般用目测水尺法,水尺有直立式、倾斜式、矮桩式和悬锤式,也可用自记水位计自动记录。瞬时水位一般用波浪仪器或电测水位计。

6.2.4 坝区降水量观测。观测设备用雨量器。有条件时,可用自记雨量计、遥测雨量计或自动测报雨量计。

6.2.5 水温观测应满足以下要求:

6.2.5.1 观测布置的技术要求为:

(1)固定点或固定垂线应选择在有代表性的地点,一般可设在坝前水位测点附近。固定断面应

设置在坝前或泄水建筑物进口前。

(2)固定点的测点一般应在水面以下 1 m 处。固定垂线上至少应在水面以下 20 cm 处、1/2 水深处和接近水库底处定 3 个测点。固定断面上至少设 3 条垂线。

6.2.5.2 观测设备

采用深水温度计、半导体水温计、电阻温度计等。

6.2.6 气温观测应满足以下要求:

6.2.6.1 坝区至少应设置一个气温测点。

6.2.6.2 观测设备设在专用的百页箱内,设直读式温度计、最高最低温度计或自记温度计。需要时可增设干湿球温度计。

6.3 波浪

6.3.1 库面波浪观测的技术要求如下:

6.3.1.1 观测设施布设地点:

(1)库面开阔区,距岸边不宜小于 100 m。

(2)水深大于该区可能出现的最大波长之半。

(3)水下地形比较平坦。

6.3.1.2 观测要素和观测方法的要求如下:

(1)一般采用测波标杆或测波器观测波高和周期,采用漂浮波速尺观测波长并算出波速。

(2)也可采用布设成直角等腰三角形(其中一腰应与岸边平行)的三根测波标杆观测波高和周期,算出波速和波长。

(3)有条件时,可采用遥测自记测波标杆,采集风和浪的全部要素。

(4)波浪观测应结合观测风力、风向。

(5)库面波浪的具体观测方法及输、泄水波浪观测详见附录 H。

6.3.2 波浪作用于护坡的有关观测应符合以下要求:

6.3.2.1 护坡变形观测。在护坡上布置简易变形测点网,观测水平和竖向位移。对于受风浪影响较大的变形、裂缝和损坏的局部地区,应进行专门测量。

6.3.2.2 护坡浪压力观测。在护坡上埋设压力传感器或土压力计,用相应仪器进行观测。观测仪器和方法参见第 5 章。

6.3.2.3 波浪在护坡上爬高观测。在护坡上按高程刻划水尺直接测读,或量取斜坡浪迹长度折算成爬高。

6.4 坝前(及库区)泥沙

6.4.1 观测布置的技术要求如下:

(1)在坝前至少设置一个观测断面。

(2)在库区应根据水库形状、规模,自河道入库区直至坝前设置若干观测断面。

(3)库岸设立相应的控制点。

6.4.2 观测方法为:

(1)水下部分一般采用交会法定位,用测杆、测深锤或回声测深仪测深。水上部分采用普通测量方法。

(2)对于断面不能全部控制的局部复杂地形,应辅以局部地形测量。

(3)有条件时,可应用电磁波测距仪或激光测距仪定位或利用遥感照片分析水库淤积。

6.4.3 测次要求为:

(1)多沙河流上的水库,应每年施测一次。

(2)一般水库可每3～5年或更长时间施测一次。有条件的水库可每10～15年施测一次水库淹没区地形图。

坝前(及库区)异重流观测见附录H3。

6.5 冰冻

6.5.1 土壤冻结深度观测的内容及要求如下:

6.5.1.1 观测布置。至少选择向阳、背阴两处设观测点。

6.5.1.2 观测方法的要求为:

(1)每半月挖新坑直接观测。

(2)自地表至最大冻结深度以下20 cm处,每20 cm埋设一个地温计,冻结期内每5～10日观测一次。

6.5.1.3 同时观测项目:气温。

6.5.2 冰盖位移观测。库水结冰后,在冰面上有代表性的地点设置位移观测点,由岸上控制点用交会法定期进行观测。

6.5.3 冰压力观测的主要技术要求如下:

6.5.3.1 静冰压力及冰温观测应符合下列要求:

(1)结冰前,在距坚固建筑物20 m左右的水体中,对于冬季水位比较稳定的水库,可在坚固建筑物前缘,自水面至最大结冰厚度以下10～15 cm处,每10～15 cm设置一个土压计,并在附近相同深度处,设置一个电阻温度计同时进行观测。

(2)自结冰之日起开始观测。每日至少观测两次。在冰层胀缩变化剧烈时期,应连接三天每2～3 h观测一次。

(3)同时观测项目:气温、冰厚。

6.5.3.2 动冰压力观测的要求为:

(1)消冰前根据变化趋势,在坚固建筑物前缘适当位置及时安设预先配备的压力传感器或土压力计进行观测。

(2)在风浪过程或流冰过程中进行连续观测。

(3)同时观测项目:冰情及风力、风向。

7 监测资料的整编与分析

7.1 一般规定

7.1.1 资料整编包括平时资料整理与定期资料编印。

7.1.1.1 平时资料整理的重点是查证原始观测数据的正确性与准确性;进行观测物理量计算;填好观测数据记录表格;点绘观测物理量过程线图,考察观测物理量的变化,初步判断是否存在变化异常值。

7.1.1.2 定期资料编印,应在平时资料整理的基础上进行观测物理量的统计,填制统计表格;绘制各种观测物理量的分布与相互间的相关图线;并编写编印说明书。

定期编印的时段,在施工期和初蓄期,视工程施工或蓄水进程而定,最长不超过一年。在运行期,视工程规模以1～5年为宜。

7.1.2 资料的整编、分析工作,在工程竣工前应由水库施工单位负责完成;工程竣工后应由水库管理单位负责完成。工程有问题时,设计单位配合。必要时可邀请专业研究单位协作。

整编成果应项目齐全,考证清楚,数据可靠,图表完整,规格统一,说明完备。

7.1.3 在整个观测过程中,均应及时对各种观测数据进行检验和处理,并结合巡视检查资料进行分析。有条件的应利用计算机建立数据库,并采用适当的数学模型;分析重点主要是对土石坝的安全性态作出评价。

7.1.4 全部资料整编、分析成果应建档保存。如土石坝存在安全问题,则提出处理意见。如停止或减少观测项目的资料整编和分析工作,应经上级主管部门批准。

7.2 资料整编

7.2.1 平时资料整理工作的内容:

7.2.1.1 检验观测数据的正确性、准确性:每次观测完成之后,应立即在现场检查作业方法是否符合要求,有否缺漏现象,各项检验结果是否在限差以内,观测值是否符合精度要求,数据记录是否准确、清晰、齐全。

7.2.1.2 观测物理量的计算:经检验合格后的观测数据,应换算成观测物理量,记入相应记录表。

7.2.1.3 绘制观测物理量的过程线图。

7.2.1.4 在观测物理量过程线图上,初步考察物理量的变化规律,发现异常,应立即分析该异常量产生的原因,提出专项文字说明。对原因不详者,还要向上级主管部门报告。

7.2.2 定期资料编印的一般步骤:

7.2.2.1 资料收集:包括基本资料与观测资料收集。

基本资料主要是:各项观测设备的考证图表,监测系统施工竣工资料,仪器出厂证书和说明书,土石坝的工程设计、勘探、试验资料等。

观测资料即平时资料整理的成果,包含所有观测数据、文字和图表。

7.2.2.2 资料复查:复查收集到的资料是否齐全,各项物理量计算及坐标、高程系统有无错误,记录图表是否按统一规定编制,物理量过程线图是否连续、准确、清晰。

7.2.2.3 观测物理量统计:按统一规定对各观测物理量进行统计,填入相应的统计表格;绘制观测物理量的分布图,有关各量间的相关图。

7.2.2.4 编制编印说明:重点阐述本编印时段的基本情况、编印内容、编印组织与参加人员,存在哪些观测物理量异常及其在土石坝的分布部位,以及对观测设备和工程采取过何种检验、处理等。

7.2.2.5 资料存档:各规定时段的原始资料及其整编成果应建档保存。

7.2.3 资料整编的成果图表,一般应包括下列内容:

7.2.3.1 各项目观测设备的考证表:如各种基(测)点考证表,各种位移计、压力计的考证表,测压管和量水堰的考证表等。

7.2.3.2 各项观测物理量的统计表:如各种水位(如上下游水位、渗压力水位)统计表,降水量统计表,测点竖向及水平位移量统计表,渗流量统计表等。

7.2.3.3 各观测物理量的过程线图,分布图,相关图:如测点竖向及水平位移过程线,渗压力水位及渗流量过程线;各断面上的竖向及水平位移分布图,竖向位移量平面等值线分布图,断面及平面上的渗流等势线分布图;渗压力水位及渗流量与作用水头的相关图等。

7.3 资料分析

7.3.1 资料分析的方法通常有:比较法、作图法、特征值统计法、数学模型法。

7.3.1.1 比较法的一般内容是:

(1)通过巡视检查,比较土石坝外表各种异常现象的变化和发展趋势。

(2)通过各观测物理量数值的变化规律或发展趋势的比较,预计土石坝安全状况的变化。

(3)通过观测成果与设计的或试验的成果相比较,看其规律是否具有一致性和合理性。

7.3.1.2 作图法的一般内容是:通过绘制观测物理量的过程线图(如将库水位、降水量、测压管水位绘于同一张图),或特征过程线图(如某水位下的测压管水位过程线图);相关图;分布图等;直观地了解观测物理量的变化规律,判识有无异常。

7.3.1.3 特征值统计法的一般内容是:对各观测物理量历年的最大和最小(包括出现时间)、变差、周期、年平均值及年变化率等进行统计分析,考察各观测物理量之间在数量变化方面是否具有一致性和合理性。

7.3.1.4 数学模型法的一般要求为:建立表达观测物理量的原因量与效应量之间的关系的数学模型。对于观测资料系列较长的土石坝,宜建立统计学模型(回归分析),有条件时也可建立确定性模型或混合模型。

7.3.2 资料分析的内容,一般包括如下几方面:

7.3.2.1 对观测物理量的分析:

(1)分析观测物理量随时间、空间变化的规律性。

(2)分析观测物理量特征值的变化规律性。

(3)分析观测物理量之间相关关系的变化规律性。

从分析中获得观测物理量变化稳定性、趋向性及其与工程安全的关系等结论。

7.3.2.2 将巡视检查成果、观测物理量的分析成果、设计计算复核成果进行比较,以判识土石坝的工作状态、存在异常的部位及其对安全的影响程度与变化趋势等。还应特别注重土石坝施工期和初蓄期(见7.1.1.2)的资料分析,其中尤应注意对坝体裂缝、变形、渗漏、有感地震、暴雨反应等情况的分析。

7.3.3 资料分析报告,一般按下列要点编制:

7.3.3.1 观测设备情况的述评,包括设备、设施的管理、保养、完好率、变更情况等。

7.3.3.2 巡视检查开展情况,有何主要成果、结论。

7.3.3.3 观测资料整编、分析情况,有何主要成果、结论。

7.3.3.4 综合评价土石坝的安全状况;保证土石坝的安全运行应采取的措施建议。

7.3.3.5 对改进安全管理工作和运行调度工作有何建议。

附录A 总 则

A1 土石坝安全监测项目分类表

表A1 土石坝安全监测项目分类表

序号	监测类别	观测项目	建筑物级别		
			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
一	巡视检查	巡视检查(含日常、年度和特别三类)	★	★	★
二	变形	1.表面变形; 2.内部变形; 3.裂缝及接缝; 4.岸坡位移; 5.混凝土面板变形	★ ★ ★ ★ ★	★ ☆ ☆ ☆ ☆	★
三	渗流	1.渗流量; 2.坝基渗流压力; 3.坝体渗流压力; 4.绕坝渗流	★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ☆	★ ☆ ☆
四	压力(应力)	1.孔隙水压力; 2.土压力(应力); 3.接触土压力; 4.混凝土面板应力	★ ☆ ★ ★	☆ ☆ ☆ ☆	
五	水文、气象	1.上、下游水位; 2.降水量、气温; 3.水温; 4.波浪 5.坝前(及库区)泥沙; 6.冰冻	★ ★ ☆ ☆ ☆ ☆	★ ★ ☆	★ ★ ☆
六	地震反应	1.地震强震; 2.动孔隙水压力	☆ ☆	☆	
七	水流	泄水建筑物水力学	☆		

注:①有★者为必设项目。有☆者为一般项目,可根据需要选设。
②对必设项目,如有因工程实际情况难以实施者,应报上级主管部门批准后缓设或免设。

A2 土石坝安全监测项目测次表

表A2 土石坝安全监测项目测次表

观测项目 \ 阶段和测次	第一阶段(施工期)	第二阶段(初蓄期)	第三阶段(运行期)
1.日常巡视检查	10～4次/月	30～8次/月	4～2次/月
2.表面变形; 3.内部变形; 4.裂缝及接缝; 5.岸坡位移; 6.混凝土面板变形	6～3次/月 10～4次/月 10～4次/月 6～3次/月 6～3次/月	10～4次/月 30～10次/月 30～10次/月 10～4次/月 10～4次/月	6～2次/年 12～4次/年 12～4次/年 12～4次/年 12～4次/年
7.渗流量; 8.坝基渗流压力; 9.坝体渗流压力; 10.绕坝渗流	10～4次/月 10～4次/月 10～4次/月 10～4次/月	30～10次/月 30～10次/月 30～10次/月 30～10次/月	6～3次/月 6～3次/月 6～3次/月 6～3次/月

续表 A2

观测项目 \ 阶段和测次	第一阶段 (施工期)	第二阶段 (初蓄期)	第三阶段 (运行期)
11. 孔隙水压力; 12. 土压力(应力); 13. 接触土压力; 14. 混凝土面板应力	6～3 次/月 6～3 次/月 6～3 次/月 按需要	30～4 次/月 30～4 次/月 30～4 次/月 按需要	6～3 次/月 6～3 次/月 6～3 次/月 按需要
15. 上、下游水位; 16. 降水量、气温; 17. 水温; 18. 波浪; 19. 坝前(及库区)泥沙; 20. 冰冻	2 次/日 逐日量 按需要 按需要 按需要 按需要	4～2 次/日 逐日量 按需要 按需要 按需要 按需要	2～1 次/日 逐日量 按需要 按需要 按需要 按需要
21. 地震强震; 22. 动孔隙水压力	按需要(自动测记加定期人工检查、校测) 按需要(自动测记加定期人工检查、校测)		
23. 泄水建筑物水力学	按 需 要		

注:①表中测次,均系正常情况下人工测读的最低要求。如遇特殊情况(如高水位、库水位骤变、特大暴雨、强地震等)和工程出现不安全征兆时应增加测次。

②阶段的划分如下:

第一阶段:原则上从施工建立观测设备起,至竣工移交管理单位止。坝体填筑进度快的,变形和应力观测的次数应取上限。若本阶段提前蓄水,测次需按第二阶段执行。

第二阶段:从水库首次蓄水至达到(或接近)正常蓄水位后再持续三年止。在上蓄过程中,测次应取上限;完成蓄水后的相对稳定期可取下限。若竣工后长期达不到正常蓄水位,则首次蓄水三年后可按第三阶段要求执行。但当水位超过前期运行水位时,仍需按第二阶段执。

第三阶段:指第二阶段之后的运行期。渗流、变形等性态变化速率大时,测次应取上限;性态趋于稳定时可取下限。若遇工程扩(改)建或提高水位运行,或经长期干库又重新蓄水时,需重新按第一、二阶段的要求执行。如因水库淤蓄、废弃、改变用途,或因多年运行性态稳定等,需减少测次、减少项目或停测时,应报上级主管部门批准。

附录 B 巡视检查

B1 巡视检查记录表格式

表 B1 巡视检查记录表

日期:_____年_____月_____日 库水位:_____m 天气:_____

巡视检查部位		损坏或异常情况
坝体	坝顶 防浪墙 迎水面 背水面 坝趾 排水系统 导渗降压设施 观测设施	
坝基和坝区	坝基 基础廊道 两岸坝端 坝趾近区 坝端岸坡 上游铺盖 观测设施	
输、泄水洞(管)	引水段 进水塔(竖井) 洞(管)身 出口 消能工 闸门 动力及启闭机 工作桥 观测设施	
溢洪道	进水段(引渠) 堰顶或闸室 溢流面 消能工 闸门 动力及启闭机 工作(交通)桥 下游河床及岸坡 观测设施	
其他		(包括备用电源等情况)

检查人:_____ 负责人:_____

注:被巡视检查的部位若无损坏和异常情况时应写"无"字。

附录 C 变形监测

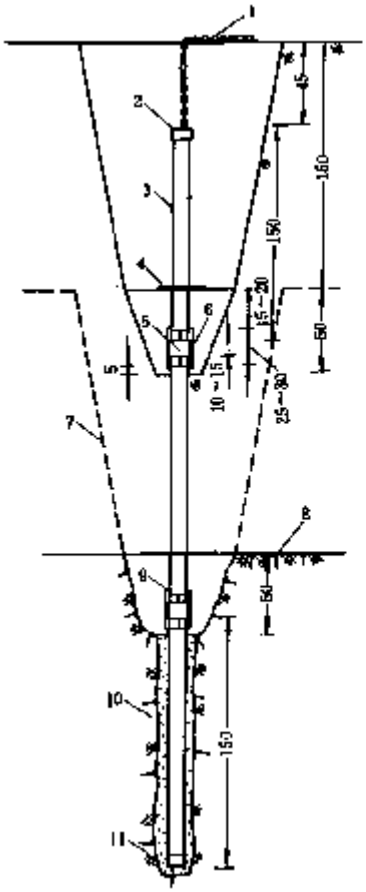
C1 沉降管的埋设方法

沉降管随坝体填筑埋设时,有坑式埋设法和非坑式埋设法两种,分别参见图 C1 及图 C2。

C2 水管式沉降仪沟槽法埋设的主要技术要求

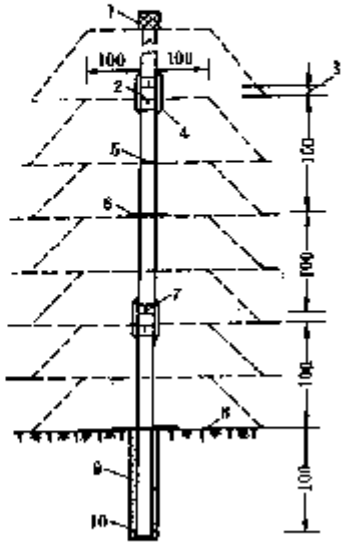
沟槽开挖深度 1.0～1.2 m(粗粒料坝体用上限),对粗粒料坝体,须以反滤形式人工压实整平基床;对细粒料坝体,应注意避免超挖。在埋设测头处浇筑厚约 10 cm 的混凝土基床,并用水平尺校

准测头的水平。管路基床坡度为1 %～3 %(预计测点及沿线沉降量大时取上限),其不平整度允许偏差为±2 mm。测头周围现场浇10 cm厚钢筋网混凝土(400#)保护。粗粒料坝体中以反滤形人工压实回填至测头顶面1.8 m;细粒料坝体中回填原坝料,人工压实至头顶面以上1.5 m时,才可按正常碾压施工。



1—铁链;2—管盖;3—沉降管(每节1.5m);4—沉降板;5—连接管;6—无纺土工织物;7—开挖线;8—岩基面;9—连接管上的滑槽;10—水泥砂浆;11—管座

图C1 沉降管坑式埋设过程示意图(单位:cm)



1—管盖;2—连接管;3—预留沉降段;4—无纺土工织物;5—沉降管;6—沉降板;7—连接管上的滑槽;8—岩基面;9—水泥砂浆;10—管座

图C2 沉降管非坑式埋设过程示意图(单位:cm)

C3 深式测点组的埋设方法

深式测点组若在竣工后埋设,需在施工中预埋混凝土底板。竣工后用钻机造孔,钻至距底板20～50 cm时下套管。后改用小钻头钻至底板,测定底板高程。再钻入混凝土20 cm左右,将钻提出,向混凝土底板的孔内注入水泥砂浆,插入标杆。

C4 测斜管道埋设的主要技术要求

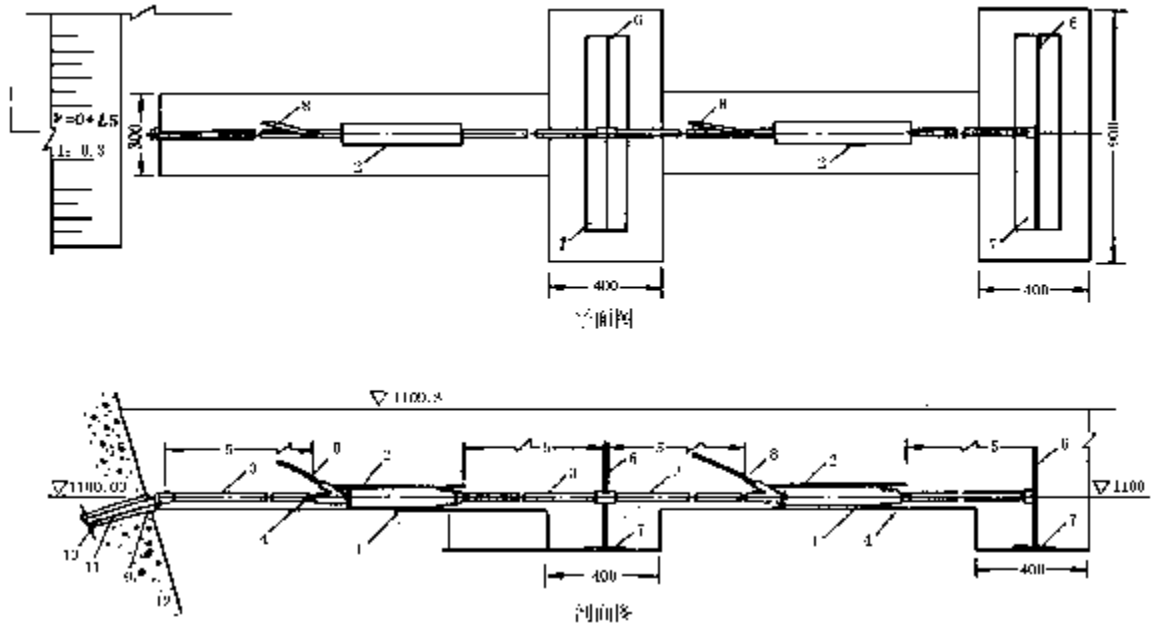
测斜管道下端一般应埋入岩基约2 m,或覆盖层足够深(如应力包以下约2 m)处;接长管道时,应使导向槽严格对正,不得偏扭;每节管道的沉降段长度不大于10～15 cm,当不能满足预估的沉降量

时,应缩小每节管长;测斜管道的最大倾斜度不得大于1°;导向槽与欲测方位应用经纬仪严格对正。

对于钻孔埋设,要求钻孔直径不小于150 mm,倾斜度小于1°。钻孔回镇,应使回填料与孔周介质符合反滤及密度要求。

C5 位移计的埋设方法

测定坝体中的位移,多采用坑式埋设方法(见图C3);测定坝体与岸坡交界面剪切位移,多用表面埋设方法(见图C4);基床平整的方法及压实要求同水管式沉降仪。



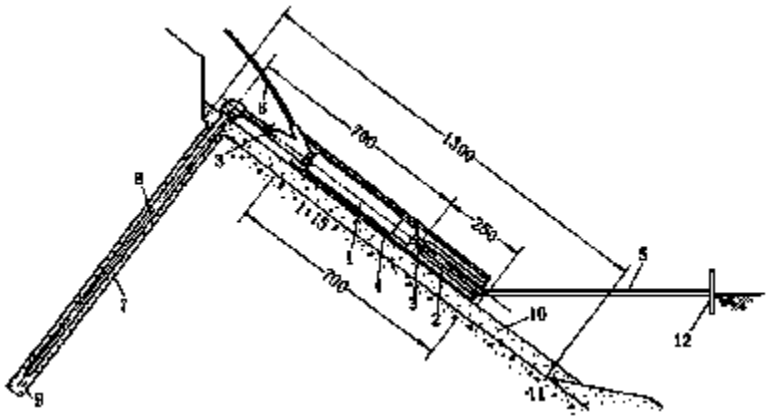
1—位移计;2—保护钢管;3—塑料保护管;4—铰;5—拉杆;6—锚固板;7—垫板;8—电缆;9—钻孔(ϕ>60 mm, L=1000 mm);10—锚固钢筋(ϕ20 mm, L=1000 mm);11—充填水泥砂浆(200#);12—混凝土

图C3 位移计坑式埋设法示意图(单位:cm)

C6 测缝计的安设

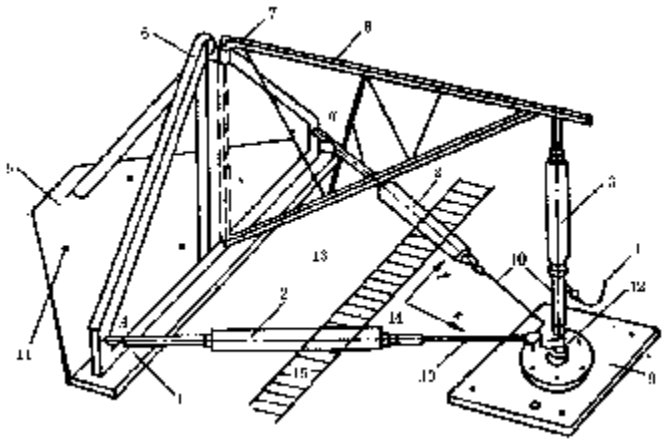
C6.0.1 由位移计组装的三向测缝计的安设参见图C5,安设时应注意使趾板上和面板上的固定支座位于同一安装平面上。

C6.0.2 旋转电位器式三向位移计安设参见图C6。



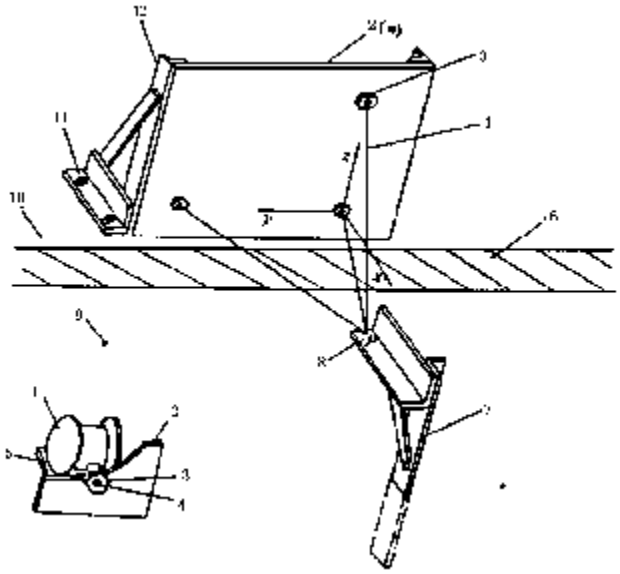
1—位移计;2—拉杆;3—铰;4—保护钢管;5—锚固板;6—电缆;7—钻孔(ϕ>60 mm, L=1000 mm);
8—锚固钢筋(ϕ20, L=1000 mm;9—回填砂浆(200#);10—砂浆　垫层(200#);11—混凝土垫层;12—现场焊接

图 C4　剪切位移计表面埋设法示意图(单位:cm)



1—万向轴节;2—观测张开和滑移的位移计;3—观测沉降的位移计;4—输出电缆;5—趾板上的固定支座;6—支架;
7—不锈钢活动铰链;8—三角支架;9—面板上的固定支座;10—调整螺杆;11—固定螺孔;12—位移计支座;
13—趾板;14—面板;15—周边缝

图 C5　组装的三向测缝计安装示意图



1—位移传感器;2—坐标板,*趾板较高时,可在其中预留传感器腔室,
坐标板有膨胀螺栓固定在腔室周边上;3—传感器固定螺母;4—不锈钢丝;5—传感器托板;
6—周边缝;7—预埋板(虚线部分埋入面板内);8—钢丝交点;9—面板;10—趾板;
11—地脚螺栓;12—支座

图 C6 旋转电位器式三向测缝计安装示意图

附录 D 渗流监测

D1 测压管的埋设安装及灵敏度检验方法

D1.1 造孔

在坝高或埋深小于 10m 的壤土层中埋设测压管时,可采用人工取土器钻孔(不宜加水)。深度大于 10 m 者应采用钻机造孔。

为有足够容隙填充封孔材料,装单管(测压管内径小于 50 mm 者)时钻孔直径不宜小于 100 mm。埋设多管时,应根据装管数量及其直径,自下向上逐级扩径,原则上每增加一根测管相应孔径至少扩大一级。自上而下逐级成孔。自下而上逐管埋设。

不论何种土质,造孔均宜采用岩芯管冲击法干钻,并对岩芯作编录描述。严禁用泥浆固壁。需要防止塌孔时,可采用套管护壁,如估计难以拔出,应事先在监测部位的套管壁上钻好透水孔。终孔后应测量孔斜,以便精确确定测点位置。

D1.2 测压管制造

测压管由透水段和导管组成。透水段可用导管管材加工制做,面积开孔率约 10 %～20 %(孔眼形状不限,但须排列均匀和内壁无毛刺),外部包扎足以防止土颗粒进入的无纺土工织物,管底封闭,不留沉淀管段。也可采用与导管等直径的多孔聚乙烯过滤管或透水石管作透水段。透水段顶端与导管牢固相连。

导管长度视管材和埋设方便而定。两端接头处宜用外丝扣,用外箍接头相连。

D1.3 测压管安装

埋设前,应对钻孔深度、孔底高程、孔内水位、有无塌孔以及测压管加工质量、各管段长度、接

头、管帽情况等进行全面检查并做好记录。

下管前应先在孔底填约 10 cm 厚的反滤料。下管过程中,必须连接严密,吊系牢固,保持管身顺直。就位后,应立即测量管底高程和管水位,并在管外回填反滤料,逐层夯实,直至本测点的设计进水段高度。从孔底至反滤料顶面的孔段长度,才是真正的测压管进水段(可大于测压管管体透水段),也是该测压管的实际监测范围,故须在埋设中严格遵守设计意图,精确测量并记录存档。

对反滤料的要求,既能防止细颗粒进入测压管;又具有足够的透水性,一般其渗透系数宜大于周围土体的 10～100 倍,对粘壤土或砂壤土可用纯净细砂;对砂砾石层可用细砂到粗砂的混合料。回填前需洗净,风干、缓慢入孔。

D1.4 封孔

凡不需要监视渗透的孔段(即非反滤料段),原则上均应严密封闭,以防降水等干扰。尤其在一孔埋设多个分层测点者,更需注意各测点间的隔离止水质量,必要时需在导管外叠套橡皮圈或油毛毡圈 2～3 层,管周再填封孔料,以防水压力串通。

封孔材料,宜采用膨润土球或高崩解性粘土球。要求在钻孔中潮解后的渗透系数小于周围土体的渗透系数。土球应由直径 5～10 mm 的不同粒径组成,应风干,不宜日晒、烘烤。封孔时需逐粒投入孔内,必要时可掺入 10 %～20 %的同质土料,并逐层捣实。切忌大批量倾倒,以防架空。管口下 1～2 m 范围内应用夯实法回填粘土。

封至设计高程后,向管内注水,至水面超过泥球段顶面,使泥球崩解膨胀。

D1.5 灵敏度检验

测压管安装、封孔完毕后应进行灵敏度检验。检验方法采用注水试验,一般应在库水位稳定期进行。试验前先测定管中水位,然后向管内注清水。若进水段周围为壤土料,注水量相当于每米测压管容积的 3～5 倍;若为砂粒料,则为 5～10 倍。注入后不断观测水位,直至恢复到或接近注水前的水位。对于粘壤土,注入水位在五昼夜内降至原水位为灵敏度合格;对于砂壤土,一昼夜降至原水位为灵敏度合格;对于砂砾土,1～2 h 降至原水位或注水后水位升高不到 3～5 m 为合格。

当一孔埋多根测压管时,应自上而下逐根检验,并同时观测非注水管的水位变化,以检查它们之间的封孔止水是否可靠。

D1.6 管口保护

灵敏度合格者,应尽快安设管口保护装置。管口保护装置,一般可采用混凝土预制件、现浇混凝土或砖石砌筑,但均要求结构简单、牢固,能防止雨水流入和人畜破坏,并能锁闭且开启方便。尺寸和形式,应根据测压管水位的测读方法而定。当采用自记或遥测装置时,还应满足测量仪表的各种需求。

D1.7 原始资料考证

在从造孔始至灵敏度检验合格止的全过程中,应随时记录和描述有关情况及数据,必要时需取样进行干密度、级配和渗透等试验。竣工时需提交完整的“测压管钻孔柱状图”和“测压管考证表”,并存档妥善保管。

D2 量水堰及其安装

D2.1 量水堰的类型和结构

D2.1.1 直角三角形堰:当流量在 1～70 L/s 之间(堰上水头约 50～300 mm)时采用。

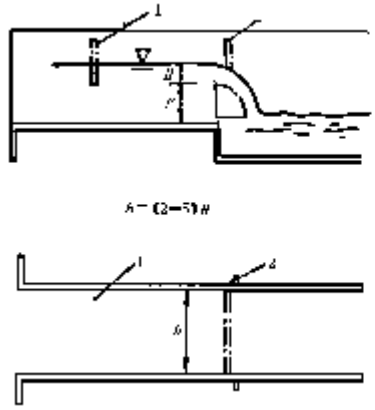
D2.1.2 梯形堰:当流量在 10～300 L/s 时采用。一般常用 1:0.25 的边坡。底(短)边宽度 b 应小于 3 倍堰上水头 H,一般应在 0.25～1.5 m 范围内。

D2.1.3 矩形堰:当流量大于 50 L/s 时采用。堰口 b 应为 2～5 倍堰上水头 H,一般应在 0.25～2 m 范围内。其中无侧向收缩的矩形堰见图 D1,水舌下部两侧壁上应设补气孔。

各种量水堰的堰板宜采用不锈钢板制做。过水堰口下游宜成 45°斜角。

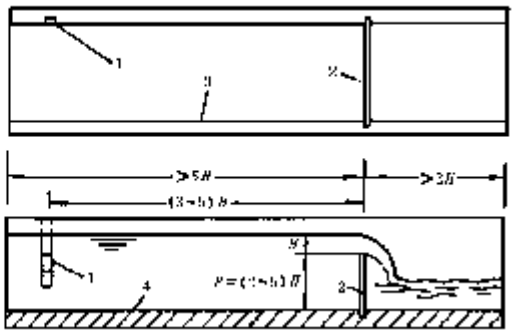
D2.2 量水堰的安装

D2.2.1 堰槽段的尺寸及其与堰板的相对关系应满足如下要求:堰槽段全长应大于 7 倍堰上水头,但不小于 2 m。其中,堰板上游段应大于 5 倍堰上水头,但不得小于 1.5 m;下游段长应大于 2 倍堰上水头,但不小于 0.5 m。堰槽宽度应不小于堰口最大水面宽度的 3 倍,示意图见图 D2。



1—水尺或测针;2—通气孔

图 D1 无侧收缩矩形量水堰结构示意图



1—水尺或测针;2—堰板;3—堰槽侧墙;4—堰槽底

图 D2 量水堰与堰槽结构示意图

D2.2.2 堰板应为平面,局部不平处不得大于±3 mm。堰口的局部不平处不得大于±1 mm。

D2.2.3 堰板顶部应水平,两侧高差不得大于堰宽的 1/500。直角三角堰的直角,误差不得大于 30″。

D2.2.4 堰板和侧墙应铅直。倾斜度不得大于 1/200。侧墙局部不平处不得大于±5 mm。堰板应与侧墙垂直,误差不得大于 30″。

D2.2.5 两侧墙应平行。局部的间距误差不得大于±10 mm。

D2.2.6 量水堰安装后,应详细记录考证表。

D2.3 量水堰的流量计算公式

D2.3.1 直角三角形量水堰。

推荐计算公式 $$Q = 1.4H^{5/2} \tag{D1}$$

式中 Q——渗流量;

H——堰上水头。

D2.3.2 梯形量水堰。

推荐计算公式 $$Q = 1.86bH^{3/2} \tag{D2}$$

式中 b——堰口宽底;其余同前。

D2.3.3 无侧收缩矩形量水堰。

推荐计算公式 $$Q = mb\sqrt{2g}H^{3/2} \tag{D3}$$

式中 $m = (0.402 + 0.054H/P)$;

其余符号见图 D1。

附录 E 压力(应力)监测

E1 孔隙水压力计埋设方法

E1.1 施工期埋设

E1.1.1 土石坝内、坝基表部孔隙水压力计的埋设,可采用坑式埋设法。在坝内埋设时,当坝面填筑高程超出测点埋设高程约 0.3 m 时,在测点挖坑,坑深约 0.4 m,采用砂包裹体的方法,将孔隙水压力计在坑内就地埋设。砂包裹体由中粗砂组成,并以水饱和。然后采用薄层铺料、专门压实的方法,按设计回填原开挖料。埋设后的孔隙水压力计,仪器以上的填方安全覆盖厚度应不小于 1 m。

E1.1.2 孔隙水压力计的连接电缆可沿坝面开挖沟槽敷设。当横穿防渗体敷设时,应加阻水环;当在堆石坝壳内敷设时,应加保护管。当进入观测房时,应以钢管保护。

连接电缆在敷设时必须留有裕度,并禁止相互绞绕。敷设裕度依敷设的介质材料、位置、高程而定,一般约为敷设长度的 5 %～10 %。

连接电缆、水管以上的填方安全覆盖厚度,在粘性土填方中应不小于 0.5 m,在堆石填方中应不小于 1 m。

E1.2 运用期埋设

E1.2.1 运用期孔隙水压力计的埋设,应采用钻孔埋设法。钻孔孔径,依该孔中埋设的仪器数量而定,一般采用 ϕ108～146 mm。成孔后应在孔底铺设中粗砂垫层,厚约 20 cm。

E1.2.2 孔隙水压力计的连接电缆,必须以软管套护,并铺以铅丝与测头相连。埋设时,应自下而上依次进行,并依次以中粗砂封埋测头,以膨润土干泥球逐段封孔。封孔段长度,应符合设计规定。回填料、封孔料应分段捣实。

E1.2.3 孔隙水压力计埋设与封孔过程中,应随时进行检测,严禁损坏仪器测头与连接电缆,一旦发现,必须及时处理或重新埋设。

E2 土压力计埋设方法

E2.0.1 土压力计的埋设,宜按非坑式埋设方法进行,在堆石坝内埋设时最宜采用。

E2.0.1.1 当采用非坑式方法埋设时,在填方高程即将达到埋设高程时,即在填筑坝面上的测点位置直接制备仪器基床面。基床表面必须平整、均匀、密实,并符合规定的埋设方向。在堆石体内,仪器基床面应按过渡层法制备,即先以较大的砾石(碎石)填充埋设点处堆石的表面孔隙,再以较小颗粒的砂砾、砂铺平、压实。随之按规定的监测方向,安设土压力计,掩埋保护,铺填、压实。仪器周围安全覆盖厚度以内的填方,必须采用薄层铺料、专门压实的方法,确保仪器安全,并应尽量使仪器周围材料的级配、含水量、密度(孔隙比)等同邻近填方接近。

仪器感应膜的保护,依感应膜的刚度而定。接触感应膜的土石材料的最大粒径,以不损伤感应膜并能均匀感应上压力为限,一般宜采用中细砂。在粘性土中宜先以薄层砂保护,在堆石体内的土压力计,应按上述过渡层法保护。

E2.0.1.2 当采用坑式方法埋设时,依填方材料的不同,在填方高程超过埋设高程约 1 m 时,在埋设点开挖坑槽进行埋设。

在粘性土中坑槽深约 1.2 m,坑底面积约 1 m×1.2 m,以能方便工作为准。对于按分散方法水平埋设的土压力计,宜在坑底中心刻挖仪器承台,承台高约 0.2 m,利用承台制备仪器基床面。仪器就位后,将开挖的土料筛除大于 5 mm 的碎石,薄层回填,专门压实。对于铅直向与倾斜向埋设

的土压力计,按要求方向在坑底挖浅槽。槽深约等于土压力计的半径,宽约为仪器厚度的2～3倍。回填方法同前。

在堆石中,坑槽深约1 m,应按E2.0.1.1的要求制备基床面、进行感应膜保护,然后回填、压实。

E2.0.2 组成各土压力计的中心位置高程,应符合设计埋设高程。

土压力计组的埋设,依成组土压力计的数量,可采用就地分散埋设法。分散式各土压力计之间的距离不应超过1 m。其水平向以外的土压力计的定位、定向,借助模板或成型体进行。

E2.0.3 土压力计埋设后的安全覆盖厚度,即能恢复正常施工必需的填方覆盖厚度,依填方材料、施工机械、仪器类型等而异。一般,在粘性土填方中应不小于1.2 m,在堆石填方中应不小于1.5 m。

E2.0.4 土压力计连接电缆的敷设及电缆之上的填方要求等,与E1.1.2同。

附录F 地震反应监测

F1 一般规定

F1.0.1 地处地震基本烈度7°及其以上地区的Ⅰ、Ⅱ级土石坝,经过论证,可进行坝体地震反应监测。

F1.0.2 土石坝的地震反应监测,应按地震强震观测与土石坝动力反应观测分别进行。强震观测应同专门地震网点相结合。

土石坝的动力反应观测,分为动孔隙水压力、动土压力与动位移观测。除动孔隙水压力以外,现时不宜进行动土压力与动位移观测。

F2 地震强震观测

F2.0.1 地震强震观测的测点布置,依坝的高度与重要性而异。可在最大断面处的坝顶、下游坝脚分别布置测点。或另在半坝高处增设测点。

F2.0.2 地震强震观测,利用强震仪进行。强震仪包括强震加速度仪、峰值记录加速度仪等。

F2.0.3 强震观测的测次,依地震活动情况及时进行。

F3 动孔隙水压力观测

F3.0.1 动孔隙水压力观测的重点部位是,土石坝的砂壳、松软坝基,和高含水量粘土宽心墙等。

动孔隙水压力观测,应结合地震观测进行。

F3.0.2 动孔隙水压力的观测布置,可参照5.2.2条进行。

对于心墙砂壳坝,在靠近心墙的上游砂壳底部附近,应布置较密测点。

对于松软坝基,当有较大的砂透镜体或砂夹层时,应增密测点。

F3.0.3 动孔隙水压力观测利用动孔隙水压力仪进行。

F3.0.4 动孔隙水压力仪的埋设,可参照5.2.3条中电测动孔隙水压力仪的有关埋设规定进行。

F3.0.5 动孔隙水压力的观测,藉助相应的测读自动记录系统进行。观测期间必须做好仪器系统保养,保证其良好的工作状态。

附录G 泄水建筑物水力学观测

G1 压强观测

压强观测需根据泄水建筑物进出口水位差而定。当水位差超过80～100 m时必须设压强观测

点。内容包括时均压强、瞬时压强及脉动压强观测。

G1.1 测点布置

泄水建筑物的压强观测点须能反映过水表面压强分布特征,满足监测工程安全运行要求。测点的数目应尽量精简但又能测到分析问题所必需的数据。一般布置在:

(1)闸孔中线,闸墩两侧和下游。

(2)溢流堰的堰顶、坝下反弧及下切点附近以及其相应位置的边墙等处。

(3)有压管道进口曲线段、渐变段、分岔段及局部不平整突体的下游壁面。

(4)过水边界不平顺及突变等部位,如闸门门槽下游边壁,挑流鼻坎,消力墩侧壁等。

G1.2 观测仪器及其安装

G1.2.1 测压管。

测压管的测头表面与壁面齐平。既要防止泥沙颗粒进入,也要防止孔过大时引起水流漩涡使测压值失真。在平时不进行测验时,可用薄金属板将测头盖紧。

测压管装好后应进行编号,测定位置高程,详细记录并绘入布置图中。

G1.2.2 压力表。

用压力表测压强时,应根据测点处可能出现的最大压强选用压力表量程和级别。

如条件允许随时变动压力表的设置高程时,可使用小级别的标准压力计,使拟读读数位于量程的1/3～2/3范围内。

G1.2.3 脉动压力传感器。

脉动压强的观测,需在施工期预先埋设电缆线和传感器底座。根据水流流态将测点布置在关键部位。

在脉动压强周围,应设置1～2个测压管,以便测量时均压强,相互验证。

所有测量系统的一、二、三次仪表,在应用前均需经过率定和检验。

G1.3 观测方法与要求

(1)时均压强观测常用测压管水银比压计和压力表。安装位置应低于测压孔进口高程,比压计的液面和压力表的高程需精确测定。压力表须经率定后方可使用。

(2)瞬时压强及脉动压强观测常用电阻式脉动压强传感器、SZ型压强传感器及压阻式脉动压强传感器。应用瞬时压强仪器测得的压强,其平均值即为时均压强。

G2 流速观测

G2.1 测点布置

流速观测,应根据排漂、漩涡、空蚀、磨蚀、掺气及消能冲刷等需要,确定测量部位。一般布置在:挑流鼻坎末端,溢流坝面,渠槽底部,局部突变处,下游回流及上下游航道等部位。

G2.2 观测方法

流速观测,可用浮标、流速仪、毕托管等。

G2.2.1 浮标测速法。

该法适于观测水流表面流速。对不同的浮标,其修正系数α也不同,应事先通过率定再正式使用。

观测浮标的方法,有目测法、普通摄影法、连续摄影法、高速摄影法,以及经纬仪立体摄影法和经纬仪交会测量法等。

G2.2.2 流速仪测速法。

G2.2.2.1 超声波时差法测速法

该法适用于水面较窄的泄水建筑物。测速方法分为多层法、三层法和一层法。

(1)多层法是在水流中,每隔一定深度测一层上的流速,一般用 0.3～0.5 m 一层,垂直水流方向层层下测,直到测不到信号为止。

(2)三层法是沿断面水深 H 取 0.2、0.6、0.8 倍处测量流速取其平均值为横断面的平均流速。

(3)一层法又分为 0.2 H 一层法、0.6H 一层法和任意一层法三种,相应断面平均流速计算公式为

$$\left.\begin{aligned} V &= 0.913\ V_{0.2H} + 0.005 \\ V &= V_{0.6H} \\ V &= 0.92\,\eta^{-0.0776} V_{\eta} \end{aligned}\right\} \qquad \text{(G1)}$$

式中 η—— 自河底算起的测层相对位置,$\eta = y/H$;

y—— 测层至河底的深度;

V_{η}—— η 位置上的层平均流速,m/s。

G2.2.2.2 电波流速仪测速法。电波流速仪为非接触式测速仪器,现有测速仪器测量流速范围为 0.5～16 m/s,距离为 20～25 m。

G2.2.2.3 普通流速仪测速法。在水工建筑物上用流速仪测流速时,常应用旋杯式和旋桨式流速仪。

G2.2.3 毕托管测速法。毕托管可较精确地测量流速分布。其构造是通过测量动水压强和静水压强之差 ΔH 来测量流速。流速 V 由下式求出

$$V = C\sqrt{2g\Delta H} \qquad \text{(G2)}$$

式中 C— 毕托管修正系数,应由率定求得,如为标准毕托管,C 可近似取为 1.0;

g ——重力加速度。

G3 流量观测

泄水建筑物流量观测,须在工程建成后,积累过流的水位与流量关系的资料,直至可绘出水位与流量关系曲线。在有控制闸(阀)门时,应绘制闸(阀)门不同开度下的水位流量关系曲线。

G3.1 测点布置

一般按测试需要分为固定测流断面和临时测流断面。

G3.1.1 固定测流断面,应选择断面稳定的地段。

G3.1.2 临时测流断面,视泄水建筑物具体情况确定。若用浮标法需同时选定投标断面和测量断面。

G3.2 观测方法

G3.2.1 应用流速仪测量流速换算流量。

G3.2.2 溶液测流法。适用于测量不规则断面或测量管道流量。溶液法的适用范围为 0.02～10 m^3/s。

G3.2.3 水库容积法。适用于进库流量比较稳定,在小库容变化对应大水位变化的条件。

G3.2.4 动压管法。适用于泄水孔口、泄水管道及泄洪洞等。

对泄水建筑物过流量的测定,也可用浮标法和超声波时差法。有条件时,在应用一种方法测量后,最好再用另一种方法加以校核。

G4 水面线观测

G4.0.1 在泄水建筑物运用初期和运用后遇有超历史水位时,应对泄水建筑物有水面线的部分进行水面线观测。

水面线观测包括明流溢洪道水面、明流泄洪隧洞水面、挑射水舌轨迹线及水跃波动水面等。

G4.0.2 观测方法:

(1)明流溢洪道等有边壁可供绘制网格的泄水建筑物,其衔接水面线及沿程水面线,可用直角坐标网格法、水尺法或摄影法。

(2)挑流水舌轨迹线,可用经纬仪测量水舌出射角、入射角、水舌厚度,也可用立体摄影测量平面扩散等。

(3)水跃观测,须测量水跃长度及平面扩散的水面线。

(4)明流泄洪洞应用水尺或预涂粉浆法测量最高水面线,也可用电测远传水位计测量任意时刻的水面线,测点间距 5～20 m。

G5 消能观测

消能观测包括底流、面流和挑流各类水流形态的测量和描述。其中对自由挑流需测量水舌剖面轨迹、平面扩散覆盖范围,碰撞挑流加测撞击位置。

观测方法用目测法和摄影法,也用单经纬仪交会法和双经纬仪交会法。

计算过坝水流的总消能率时,需测量通过下游标准河床断面的水位和流量。

G5.1 底流消能

G5.1.1 底流消能观测的重点是:明槽水流从急流状态变到缓流状态时水面产生水跃的水力现象,包括水跃长度及其前、后水深,水跃的形式、型态和流速等。

G5.1.2 水跃长度及水深,可通过设于侧墙上的方格网及水尺组,用目测法或摄影法测量。

G5.1.3 当消力池中流速大于 15 m/s 时,应观测消能设施和底板有无空蚀发生。

G5.2 面流消能

G5.2.1 面流消能观测重点是涌浪及平面回流。涌浪可用目测,可辅以网格或水尺,观测记录水舌涌高及跃后涌浪并详细记录。

G5.2.2 平面回流观测要求详细记录回流位置、范围和回流流速。

G5.2.3 在需要了解面流消能效果时,需在下游河段中选择开始恢复正常紊动的断面,测量稳定河床断面的水位和流量,再推算消能率。

所有测量成果,均应详细记录整理分析,发现对安全有影响的现象时,应及时上报并采取改善措施。

G5.3 挑流消能

G5.3.1 挑流消能观测分为挑流测量和水垫消能测量两部分。

G5.3.2 挑射水舌测量可应用单经纬仪交会法、双经纬仪交汇法及摄影法等。

射流跌入下游尾水后,应观测水舌入水位置,平面水流流态,激溅水体影响范围,水面波动影响范围等。

G5.3.3 在需要分析消能效果时,与面流消能采取同样观测方法。

G6 冲刷观测

泄水建筑物的冲刷观测,重点在溢流面、闸门下游底板、侧墙、消力池、辅助消能工、消力戽及泄水建筑物下游泄水渠道和护坦底板等处有无冲刷破坏。水上部分可直接目测和量测;水下部分采用抽干检查法、测深法、压气沉柜检测法及水下电视检查法等。

G6.1 局部冲刷

局部冲刷观测,要求准确测定冲坑位置、深度、形态及范围。水下部分测点和断面的间距,一般为3～10 m,在地形陡变部位,测点应适当加密。最终成果应能提出冲刷坑地形等高线及有关分析意见。

当采用抽干检查法时,还应对冲刷岩石的节理裂隙、断层等情况进行描述记录。

G6.2 局部淘刷

在采用面流、戽流等消能工时,需对鼻坎齿槽、冲坑底部与其他建筑物衔接处易受旋滚及挟带砂石淘刷的部位进行检查观测,并详细记录淘刷部位、范围、深度,绘制平面图及剖面图。

G6.3 淤积物

在泄水工程下游,根据基础条件、泄流条件选择若干条有代表性纵横断面,可每隔10～20 m设一测量点。在测量点区域内量测岩石块的平均尺寸及最大岩块尺寸并详细记录。还需测量淤积厚度、分布状况和淤积数量。

G7 振动观测

对泄水时易导致振动的部位,如闸门段、导墙、管道段、溢流厂房顶部面板、坝顶及进水塔等应进行振动观测。测试时需结合有关项目共同进行。

振动观测时可采用加速度计、拾振器、电动式振动变位计、接触式振动仪及振动表等。

G8 通气观测

通气观测包括泄水管道的工作闸门、事故闸门、检修闸门、掺气槽坎,及水电引水管道的快速闸门下游等处通气管道的通气情况观测。

观测通气效果需测量进气量或进气风速,有的还需测量通气管末端的负压值。

观测通气量可用孔口板法、毕托管法、风速仪法。观测负压值可用测压管或压力表。

G9 掺气观测

G9.0.1 掺气观测,包括明渠水流表面自然掺气及加设掺气坎后的水流底层掺气浓度的观测。

在进行掺气浓度观测时,必须同时进行水位、水面线、流量、流速、压力等观测。

G9.0.2 观测要求。

(1)测量过水断面掺气水深,与未掺气水深比较给出断面平均掺气量。

(2)量测沿水深方向的掺气量,给出沿水流方向各点的掺气浓度及底部掺气浓度,也给出沿垂线上的掺气浓度分布。

G9.0.3 观测方法。

(1)取样法:一般常用负压取样器,通过对样品的水、气分离处理测得掺气量。

(2)电测法:一般有电阻法、电容法多种,常用电阻法。其工作原理系用水和空气的导电率不同,水气混合后的导电能力随水中掺气量的多少而异,可用下式表示其关系。

$$C = \{(R_t - R_{ot})/[(R_t - R_{ot})/2]\} \times 100\ \% \qquad \text{(G3)}$$

式中 C——为水流的体积掺气浓度;

R_{ot}——为清水时两电极间的水电阻;

R_t——为掺气水流两极间的水电阻。

(3)同位素法:利用放射性同位素的γ射线通过水和空气吸收值不同的特点,可测量分层掺气量。

G10 空化空蚀观测

观测重点主要在边界曲率突变或水流发生分离现象的下游处。包括扩散段、弯道、岔道、消力墩、闸门门槽、溢流面反弧段、坝身底孔与坝面溢流交汇处、不平整处及突体处等。

空化现象可用水下噪声测试仪观测。

空蚀破坏可用目测、摄影、拓模等计量。

附录 H 波浪及异重流观测

H1 库面波浪观测

H1.1 测波标杆法

(1)单杆观测:系用一根标杆观测波高和周期。测出 30～50 个连续的波浪通过标杆的历时,除以相应的次数即得平均周期。

(2)三点法观测:采用三根标杆,布成直角等腰三角形,其中一腰应与岸边平行,见图 H1。

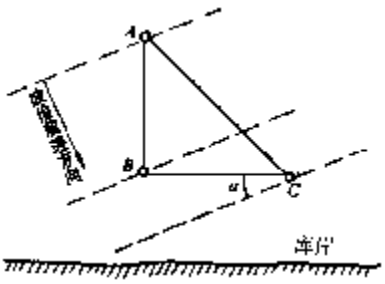


图 H1 三点法观测波浪平面示意图

观测时,用秒表测出某一波顶通过标杆 A、B、C 的时间 t_1、t_2、t_3。波顶线与岸边的交角为 α,三角形腰长为 L,则可用下式求出波速 V。

当 $\alpha < 45°$ 时 $V = L\cos\alpha/(t_2 - t_1)$ (H1)

当 $\alpha > 45°$ 时 $V = L\sin\alpha/(t_3 - t_2)$ (H2)

波长 λ 可根据公式 $\lambda = TV$ 算出。

此外,还可用漂浮波速尺测读波长,见图 H2。用下式计算波速

$$V = \lambda/T \tag{H3}$$

式中 V—— 波速,m/s;

λ—— 波长,m;

T ——周期,s。

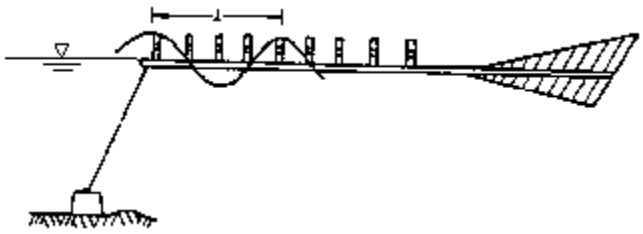
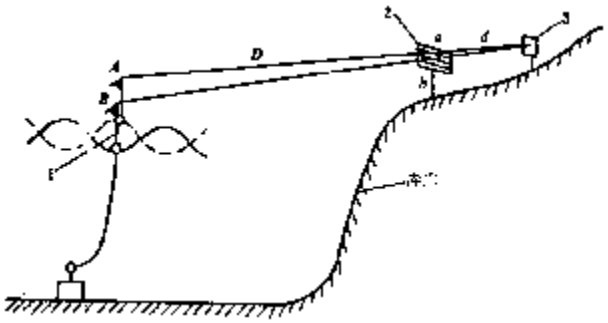


图 H2 浮动波速尺示意图

H1.2 测波器法

在水面设置浮标,其上设一测标。浮标底部系一绳索,锚固于库底重物上。在岸上设框架和准星,框架上设等距离水平线条,见图 H3。

观测时用秒表直接测出历时,算出周期,并按下式计算波高



1—浮标;2—框架;3—准星

图 H3 测波器观测波浪示意图

$$h = (D + d)k/d \tag{H4}$$

式中 h——波高,即图中之 AB,m;

k——观测波顶和波底时,视线在框架上所截间距。即图中的 ab,m;

D——浮标至框架的距离,m;

d——准星至框架的距离,m。

H1.3 遥测自记法

H1.3.1 电阻式测波杆法。由测波杆和讯号转换器组成,其工作原理是利用水的导电性能,测波杆在水中的工作情况,相当于并联电阻的数量的变化。水面上升,电阻减小;反之,电阻增大。波浪的起伏反映为电阻的变化,通过电讯号的转换,把电阻的变化转化为电压变化,送入电子示波仪或电子电位差计记录。

H1.3.2 电容式测波杆法。利用水与空气的电介常数的不同,波浪的起伏使淹没在水中的两电容极片的面积引起电容的改变,再通过电讯号转换,送入记录器进行记录。

H1.3.3 电感式测波杆法。利用水面的起伏,带动一个磁铁在线圈里上下移动,获得线圈电感的变化,再通过电讯号的转换,送入记录器进行记录。

H2 输、泄水波浪观测

对水电站尾水及泄水建筑物下游波浪和明渠高速水流的水面波动观测,测点布置在水电站尾水管下游、通航的引航道、泄水建筑物直接受冲击波影响的部位。

对高速水流水面波动的测量方法,可采用边墙水尺法或网格法、重复暴光摄影法或录像记录法等。

H3 坝前(及库区)异重流观测

H3.1 观测布置

(1)一般可在库区淤积观测断面中,至少选 3～5 个断面。必要时可增设几个断面。

(2)仅施测坝前浑水面高程者,可仅在坝前设置一个观测点。

(3)库岸设立相应的控制点。

H3.2 观测要素

一般包括:异重流与清水分界线;异重流与淤积面分界线;异重流不同高程的含沙量、流速、流向。必要时,可对库水的温度、硬度、离子含量和泥沙的容重、级配、流塑限、粘滞性、絮凝程度、沉降速度、固结程度进行测验。

H3.3 观测方法

(1)现场观测水深、流速、流向、水温。其余采取分层取样、室内试验方法。

(2)一般由进库处第一个断面开始,测完后依次施测其他断面。若异重流运行较快,应在各断面上分别安排测船施测。若断面较大,应安排多只测船同时施测。

(3)按淤积观测方法进行定位。

(4)每次异重流观测,应在异重流入库前至少半小时开始。

附录Ⅰ 监测组织与仪器设备管理

Ⅰ1 监测组织

Ⅰ1.0.1 土石坝的管理单位以及进行施工期监测的施工单位,必须根据《水库大坝安全管理条例》精神建立、健全土石坝安全监测的专业组织。

Ⅰ1.0.2 监测组织必须实行岗位责任制,认真执行本规范和各有关规范、规程和工作细则,确保观测和资料整编分析及时,成果真实准确,符合精度要求。

Ⅰ1.0.3 根据监测任务,必须配备具有相应的工程技术知识和监测经验的专职人员,并尽量保持人员固定。

Ⅰ1.0.4 监测组织必须为观测人员创造工作条件,并配备必要的安全劳动保护用品。

Ⅰ2 监测仪器、仪表的管理

Ⅰ2.0.1 应建立仪器、仪表档案。一般包括:名称、生产厂家、出厂号码、规格、型号、附件名称及数量、合格证书、使用说明书、出厂率定资料、购置商店及日期、本单位予以的编号以及使用日期、使用人员、发生故障或损伤和相应的排除或送厂修复等情况。

Ⅰ2.0.2 仪器、仪表在运输和使用过程中,必须轻拿轻放,确保平稳放置,不受挤压、撞击或剧烈颠簸振动。使用时应严格依照厂家提供的使用说明和注意事项。

Ⅰ2.0.3 除埋设在土石坝内部的仪器外,各项仪器,仪表均应设置在通风、干燥、平稳、牢固的地方,并应注意防尘、防潮。对于温度不适应的时空,应设置温控设施。

Ⅰ2.0.4 各项仪器、仪表应定期进行保养、率定、校正。用电仪表应定期通电检验。

Ⅰ2.0.5 观测中发现异常测值时,在进行复测前,应检查仪器、仪表是否正常,使用方法是否有错误。

Ⅰ2.0.6 仪器、仪表使用后,应进行保养、维护。入水观测的仪具,必须擦净晾干,并涂必要的防护油。

Ⅰ2.0.7 经常使用的无检修间隙时间的仪器、仪表,必须配置备件。

Ⅰ3 监测设备、设施的管理

Ⅰ3.0.1 设置在现场的所有监测设备、设施,都应在其适当位置,明显标出其编号;并应经常或定期进行检查、维护。如有破损,应及时修复。

Ⅰ3.0.2 所有基点和观测点,都应有考证表,并绘制总体布置图。水准基点应定期校测。当附近发生引起较大变形地震时,应重新引测校核。表面基点和测点,都应有相应的保护罩;在工作基点处宜修建观测室。

Ⅰ3.0.3 电传观测设备,应定期检查接线是否坚固、电触点是否灵敏、是否有断线、漏电现象,防雷设施是否正常,接地电阻是否合格,电缆是否有浸水、老化、损坏;并及时修复改善,必要时更换新件。

Ⅰ3.0.4 应及时清除影响测值的一切障碍物。量水堰应及时清洗堰板和清除上下游水槽内的水草、杂物。

测压管淤积厚度超过透水段长度的1/3时,应进行掏淤。经分析确认副作用不大时,也可采用压力水或压力气冲淤。

I3.0.5 现场自动化监测设施或集中遥测的观测站(房),应保持各种仪器设备正常运转的工作条件和环境。

I3.0.6 在工程除险加固或扩(改)建中对应保留的观测设备,在工程维修施工中对表面监测设备及设施,均应妥加保护,保证监测工作能够正常进行。对传输电缆应作特殊保护。

I3.0.7 为保护观测人员在高空、水面、坑道、竖井、陡崖、窄道、临水边墙等处安全操作和通行所设置和配置的护栏、扒梯、保险绳、安全带、救生衣、安全鞋帽等,应经常检查、维护或更新。

附加说明

主编单位:水利部水利管理司

参加单位:水利部大坝安全监测中心

南京水利科学研究院

北京市官厅水库管理处

湖南省水利水电厅工程管理局

长江水利委员会陆水试验枢纽管理局

主要起草人:张秀玲 牛运光 刘嘉炘 李君纯 周章焕 王仁钟 司洪洋 陈次武

陈秋楚 柴恭纯