

国家示范院校重点建设专业

水利水电建筑工程专业课程改革系列教材

水工建筑物监测 与维护

◎ 主 编 胡昱玲 毕守一
◎ 副主编 王 强 关水平
◎ 主 审 万会林

43
3



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国家示范院校重点建设专业

水利水电建筑工程专业课程改革系列教材

水工建筑物监测 与维护

◎ 主 编 胡昱玲 毕守一

◎ 副主编 王 强 关水平

◎ 主 审 万会林



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是按照高职高专水利工程及相关专业培养目标的要求,以工作过程为导向,结合现行标准和先进的水工建筑物监测、除险加固和防汛抢险技术编写的。全书分为绪论和6个学习项目,分别是:土石坝的监测与维护、混凝土及砌石坝的监测与维护、水闸的养护与修理、溢洪道的养护与修理、渠道及渠系建筑物养护与修理、堤坝防汛抢险。

本书可作为高职高专院校水利类各专业及其他成人高校相应专业的教材,也可作为相关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水工建筑物监测与维护 / 胡昱玲, 毕守一主编. --
北京: 中国水利水电出版社, 2010.3
(国家示范院校重点建设专业、水利水电建筑工程专业课程改革系列教材)
ISBN 978-7-5084-7293-5

I. ①水… II. ①胡… ②毕… III. ①水工建筑物—
监测—高等学校: 技术学校—教材②水工建筑物—维护—
高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TV6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第039509号

书 名	国家示范院校重点建设专业 水利水电建筑工程专业课程改革系列教材 水工建筑物监测与维护
作 者	主 编 胡昱玲 毕守一 副主编 王 强 关水平 主 审 万会林
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 14印张 340千字
版 次	2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	28.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本教材是国家示范院校重点建设专业——水利水电建筑工程专业的课程改革成果之一。根据改革实施方案和课程改革的基本思想,《水工建筑物监测与维护》在课程整体设计过程中以职业能力培养为重点,与企业合作进行基于工作过程的课程开发与设计,课程的设计充分体现职业性、实践性和开放性的特点。

《水工建筑物监测与维护》课程内容的选取标准是,内容要有针对性和实用性。根据专业发展需要,根据学生未来工作岗位所需要的知识、能力和素质的要求,我们把以往《水利工程管理》的内容进行了解构和重构,其中把用水管理和水库运用调度以及经营管理内容删去,水闸项目和溢洪道项目分开。根据项目导向的指导思想,全书划分为6个学习项目,分别是土石坝项目、混凝土及砌石坝项目、水闸项目、溢洪道项目、渠道及渠系建筑物项目和堤防项目,每个学习项目以水工建筑物的管理任务即检查、观测、养护、维修为主线,构成一个水工建筑物管理的工作过程。

在编写过程中,体现两个育人主体、两个育人环境的本质特征,明确了在校内水工管理仿真实训场的真实场景下实训的目标和任务,依托真实的学习情境,配套了适量的综合实训项目;注重学生的职业能力的训练和个性培养,坚持学生知识、能力、素质协调发展,力求实现学生由“会干”向“能干”的转变、教学过程“以教师演示为主”向“以学生自学实作为主”转变、理论和实践分开教学向两者融于工作过程教学转变。

本教材由安徽水利水电职业技术学院胡昱玲、毕守一任主编,王强、关水平任副主编。全书共6个学习项目,由以下人员完成:安徽水利水电职业技术学院关水平(项目1)、胡昱玲(项目2、项目5)、毕守一(项目3、项目4)、王强(项目6)。全书由胡昱玲统稿。

本教材在编写过程中,专业建设团队的领导和全体老师提出了许多宝贵意见,学院及教务处领导也给予了大力支持,同时得到安徽水安建设发展股份有限公司、安徽省水利厅质检站和合肥海恒项目管理有限公司的有关专家积极参与和大力帮助,万会林副院长(原淠史杭工程管理处和驷马山引江工程管理处主任)也在百忙中抽出宝贵的时间进行了主审,在此表示最诚挚的感谢。

由于时间紧,作者水平有限,本书难免有一些疏漏,不足之处,恳请广大师生和读者提出意见和建议,以便我们再版时进一步完善。

编者

2010年1月

前言

绪论	1
学习情境 0.1 概述	1
学习情境 0.2 水工建筑物监测与维护的重要性	1
学习情境 0.3 水工建筑物监测与维护工作的内容和要求	2
学习情境 0.4 水工建筑物监测与维护工作的任务	4
学习情境 0.5 水利枢纽的三种状态	5
项目 1 土石坝的监测与维护	6
学习情境 1.1 土石坝的运行特点	6
学习情境 1.2 土石坝的巡视检查	7
学习情境 1.3 土石坝的变形观测	10
学习情境 1.4 土石坝渗流观测	18
学习情境 1.5 监测资料的整编与分析	29
学习情境 1.6 土栖白蚁的防治	36
学习情境 1.7 土石坝的养护修理	43
学生工作任务书	74
强化训练	75
项目 2 混凝土及砌石坝的监测与维护	78
学习情境 2.1 混凝土及砌石坝的巡视检查	78
学习情境 2.2 混凝土及砌石坝的变形观测	78
学习情境 2.3 混凝土及砌石建筑物扬压力观测	94
学习情境 2.4 混凝土坝应力和应变观测	98
学习情境 2.5 混凝土坝观测资料的整编	104
学习情境 2.6 混凝土及浆砌石坝的日常养护	107
学习情境 2.7 混凝土及浆砌石坝的维修	109
学习情境 2.8 水工建筑物混凝土缺陷的处理	124
学生工作任务书	133
强化训练	134
项目 3 水闸的养护与修理	137
学习情境 3.1 认识水闸	137

学习情境 3.2 水闸的操作运用和日常养护	139
学习情境 3.3 水闸的损坏及处理	145
学生工作任务书	152
强化训练	153
项目 4 溢洪道的养护与修理	155
学习情境 4.1 认识溢洪道	155
学习情境 4.2 溢洪道的检测与养护	158
学习情境 4.3 溢洪道的病害处理	161
学生工作任务书	165
强化训练	166
项目 5 渠道及渠系建筑物养护与修理	167
学习情境 5.1 渠道及渠系建筑物的日常养护	167
学习情境 5.2 渠道及渠系建筑物的维修	168
学生工作任务书	180
强化训练	181
项目 6 堤坝防汛抢险	183
学习情境 6.1 防汛指挥系统	183
学习情境 6.2 堤坝险情的抢护	186
学习情境 6.3 涵闸抢险	199
学习情境 6.4 防汛抢险案例	202
学生工作任务书	212
强化训练	213
参考文献	215

绪 论

学习情境 0.1 概 述

我国水资源贫乏,年径流总量约 2.78 万 m^3 ,人均约 2140 m^3 ;我国水能资源却十分丰富,据最新可靠复查数据,我国大陆的水电理论蕴藏量约 6.944 亿 kW,其中,技术可开发利用的达 5.416 亿 kW,经济可开发量达 4.48 亿 kW,居世界首位。为了开发利用这些水资源和水能资源,我国迄今已修建约 8.4 万座堤坝,其中 15m 以上大坝有 1.9 万余座,水库总库容在 5100 亿 m^3 ,总装机容量约 1 亿 kW,灌溉面积约 0.55 亿 hm^2 。这些水利水电工程在防洪、灌溉或供水、发电和航运等方面产生了巨大的社会效益。

据水利部和国家电力公司对所属大坝的安全定期检查发现,截至 1999 年底,我国已建水利堤坝(即以防洪、灌溉和供水为主的大坝,由水利部门管理)中,有 30413 座为病险坝,其中,大型坝 145 座、中型坝 1118 座、小型坝 29150 座,从 1991~2002 年垮坝达 245 座;电力部门所管理的以发电为主的 130 多座水电站大坝中有 9 座为病险大坝。检查发现,大坝的主要缺陷和隐患是由于设计洪水标准、坝基及库岸地质、施工质量、工程设计和运行管理等方面的问题引起的,尤其是 20 世纪 60~70 年代修建的大坝,由于多种原因,隐患病害尤为严重。

学习情境 0.2 水工建筑物监测与维护的重要性

水工建筑物的安全状况,不仅关系到其自身能否正常运用和充分发挥经济效益,更重要的是大坝安全关系到下游人民生命财产的安全和国家建设的发展。我国许多水库大坝下游人口稠密,有重要的城市、广阔的农村、铁路公路交通干线,比其他工程对公众事业的安全有更大的影响。有时因各种原因不得不在自然条件恶劣的坝址修建大坝和水电站,更增加了工程的复杂性和水工建筑物安全监测与维护的重大意义。

与其他建筑物相比,水工建筑物有如下一些显著的特点:

(1) 大中型水工建筑物承受巨大的荷载,受力和运行条件复杂。在水库蓄水运用以后,挡水、引水建筑物经常在水下工作,承受水压力、泥沙压力、冰压力、风浪压力和作用于基础的扬压力等荷载。引水、泄水和排沙建筑物除承受上述荷载外,还要经受高速水流的冲刷和磨蚀作用。

(2) 水下和基础部位的许多工程是隐蔽的,损坏不易察觉。如大坝基础的断层破碎带和软弱部位在水压力作用下发生某些变化,往往不易被发现,泄水建筑物发生空蚀以及下游河床发生淘刷,也往往不能及时发现。引水隧洞或压力钢管经常处于连续运行状态,不能随时停机检查,也难于及时发现缺陷。因此,加强水工建筑物的运行维护和安全监测有着重要意义,可防止某些损坏恶化和发生突然事故。

(3) 每座水电站或水库都是根据自己的条件单独设计的,具有自身的特点和特殊要



求。设计也不可能尽善尽美,有些问题往往需要运行阶段解决;自然现象的复杂变化,也威胁着水工建筑物的安全,如发生大洪水和强烈地震,可能使水工建筑物遭致严重破坏。新丰江水库诱发地震,使大坝遭到严重破坏,产生裂缝,不得不进行加固处理。坝址或水库近坝区的滑坡,可能引起巨大涌浪翻坝,对大坝造成严重威胁。

大坝基础处理设计和施工质量是决定大坝安全的最重要的因素之一。一些重大的垮坝事故,如法国的马尔巴赛坝、美国的铁堂坝失事是由于坝地质复杂,处理不当造成的。软土坝基在建设时未作适当处理,水库蓄水后在渗水压力作用下,可能会发生渗透失稳,严重的坝基渗漏,可能引起管涌或流土,以致基础脱空沉陷,造成基础破坏,引起大坝失事。岩石坝基如有断层破碎带处理不当,运行中会发生渗漏加大,扬压力升高,威胁大坝稳定,甚至引起大坝失事。

建筑材料老化,也是一种自然规律。混凝土老化使强度和抗渗抗侵蚀性能降低;基础水泥灌浆帷幕老化,防渗作用降低甚至失效;土坝边坡破坏和颗粒破裂,是土坝多年不断变化的重要原因;特别是在施工中产生的缺陷和质量隐患,蓄水后在水压力和水质侵蚀作用下,逐渐向不利方向发展。材料老化虽然发展缓慢,但当出现明显迹象时,往往是很危险的,处理不及时可能导致严重事故。

为了加强水工建筑物运行管理,充分发挥其效益,应重视水工建筑物运行维护和安全监测工作,建立必要的管理制度,定期进行检查和观测。在汛前和汛后、发生地震之后或发生大洪水之后,还应进行特殊检查,掌握水工建筑物的变化规律和工作状态。特别要注意水下工程和隐蔽工程的状况,要防微杜渐,发现缺陷或异常及时采取措施处理。一般在运行多年,缺陷较多或有重大异常现象时,应组织技术鉴定,提出处理方案,重大工程应作专门设计。

学习情境 0.3 水工建筑物监测与维护工作的内容和要求

0.3.1 水工建筑物监测与维护工作的内容

水工建筑物监测与维护工作的内容包括:

(1) 水工建筑物的巡查工作。巡查即巡视检查,是用眼看、耳听、手摸等直观方法并辅以简单的工具,对水工建筑物外露的部分进行检查,以发现一切不正常现象,并从中分析、判断建筑物内部的问题,从而进一步进行检查和观测,并采取相应的修理措施。人工巡视检查是大坝安全监测的重要内容,能较好地弥补仪器监测的局限性,但这种检查只能进行外表检查,难以发现内部存在的隐患。

(2) 水工建筑物的观测工作。水工建筑物在施工及运行过程中,受外荷载作用及各种因素影响,其状态不断变化,这种变化常常是隐蔽、缓慢、直观不易察觉的。为了监视水工建筑物的安全运行状态,通常在坝体和坝基内埋设各种监测仪器,以定期或实时监测埋设仪器部位的变形、应力应变和温度、渗流等,并对这些监测资料进行整理分析,评价和监控水工建筑物的安全状况。然而,在出现隐患、病害的部位不一定预埋监测仪器,或者因仪器使用寿命而失效,因此需要用巡视检查和现场检测加以弥补。

(3) 水工建筑物的养护工作。养护是指保持工程完整状态和正常运用的日常维护工



作，它是经常、定期、有计划、有次序地进行的。

(4) 水工建筑物的维修工作。维修工作一般可分为岁修、大修和抢修三种。岁修：在每年汛后检查发现工程问题，而后编制岁修计划，报批后进行的修理。大修：工程发生较大损坏，修复工作量大，技术较复杂，管理单位报请上级主管部门批准，邀请设计、施工和科研单位共同研究制定修复计划，报批后修理。抢修：工程发生事故，危及工程安全时，管理单位应立即组织力量进行抢险，同时上报主管部门，采取进一步的处理措施。

(5) 防汛抢险工作。各级机构应建立防汛机构，组织防汛队伍，准备物资器材，立足于防大汛抢大险，确保工程安全。不断总结抢险的经验教训，及时发现险情，准确判断险情的类型和程度，采取正确措施处理险情，迅速有力地把险情消灭在萌芽状况，是取得防汛抢险的胜利的关键。

0.3.2 水工建筑物监测工作的要求和步骤

1. 监测工作的基本要求

(1) 检查观测的项目要有明确的的目的性和针对性，既要全面，又要有重点，要能满足监视工程的工作情况、掌握工程状态变化规律的需要。有关建筑物状态变化的观测项目应与荷载及其他影响因素的观测项目同时进行，相互影响的观测项目应配合进行，以求正确地反映客观实际情况。

(2) 观测设备要合理布置，精心埋设，测点布局要有足够的代表性，能够掌握工程变化的全貌。

(3) 观测时间和测次的规定，应保证资料的系统性和连续性，要能反映工程变化的过程。一般在运行的初期，测次较密，经过长期运行和高水位考验后，如果工作正常，则可减少测次；当发现异常现象时，应增加观测项目和测次。增减观测项目或测次均应报请主管部门批准。

(4) 制定切实可行的检查观测制度，加强岗位责任制。观测必须按时，测值必须符合精度要求，记录必须真实，观测成果应及时进行整理和分析，保证观测资料的真实性和准确性，正确地反映客观实际情况。

2. 监测工作的步骤

(1) 监测系统设计。设计是安全监测的龙头，监测设计不仅要满足建筑物性态分析和安全监控的需要，还要根据工程规模大小、建筑物结构型式、工程具体情况和需要，确定监测项目和仪器设备布置，制定技术要求，设计出全面的监测系统。

(2) 仪器选型。仪器是安全监测的基础，它不仅要求质量优良，具有长期工作的稳定性和恶劣环境下的可靠性，而且要求技术上先进，能适应复杂工程安全监测的需要。

(3) 仪器埋设安装。监测施工是安全监测的保障，监测施工应按照监测设计和规范规定要求进行，对所需的观测仪器和设备进行检查、安装和埋设。

(3) 现场观测。按规定的测次和技术要求，定期进行各种项目的观测。

(4) 监测资料分析。资料分析是安全监测的重要环节，资料分析不仅要對建筑物运行性态作出解释，对安全状况作出评价，而且要通过监测资料及时发现工程安全隐患，为除险加固提供依据。

(5) 安全评估和监控。监控是安全监测的关键，对建筑物安全状态进行监控，是工程安全监测的根本性目的，安全监控不仅要力求准确，不枉不纵，而且要实现实时在线。



学习情境 0.4 水工建筑物监测与维护工作的任务

1. 水工建筑物监测与维护工作中存在的问题

在过去很长一段时期,人们往往只重建设而轻视管理,只讲投资而不讲效益,不重视对水工建筑物的安全监测和维护工作,致使水利工程存在诸多问题,主要表现在以下几个方面:

- (1) 水利工程失修、设备老化,需要进行更新改造。
- (2) 不少工程遭到一定程度的人为和生物性破坏现象。
- (3) 工程的配套不够,设备利用率低,经济效益不高。
- (4) 安全检测与维修技术落后,监测与维修水平有待提高。
- (5) 跑、冒、滴、漏、渗等问题严重,能源消耗较大。
- (6) 有些工程的抗御灾害的标准偏低,特别是大江、大河、大坝的安全问题。

2. 水工建筑物监测与维护工作的任务

针对水工建筑物安全监测与维护工作中存在的问题,可以知道安全监测与维护工作是保证水利工程的安全,充分发挥水利工程的效益,更好地为工农业生产服务的一项重要的基本工作。为了做好这项工作,首先应当详细了解工程的情况,在工程施工阶段应筹建管理机构,并派人员参与施工;工程竣工后,要严格履行验收交接手续,要求设计和施工单位将勘测、设计和施工资料一并交给管理单位;管理单位要根据工程具体情况,制定出水工建筑物监测与维护工作规章制度,并要做到认真贯彻执行,保证工程的正常运行,充分发挥其效益。

对水工建筑物进行监测与维护,必须本着以防为主,防重于修,修重于抢的原则。做好日常检查和养护工作,防止工程出现病害或发展扩大,发现水工建筑物出现病害后,应及时进行维修。做到小坏小修,随坏随修,以免造成更大的损失。在水工建筑物的维修工作中,应根据监测的结果,吸取先进的经验教训,因地制宜,力求取得最大的经济效益。对于难以解决的某些特殊情况,应请设计、施工和科研等单位协商,确定处理措施,并及时进行观测,验证其效果。当水工建筑物出现险情,应在党和政府的统一领导下,充分发动群众,立即进行抢护,从思想上、组织上、物质上和技术上,充分做好防汛抢险准备,做好相应的抢险方案,尽可能减少洪水损失。

几十年来,我国工程安全监测技术人员为保障工程安全付出了大量心血,取得了丰硕的成就。各级水利部门十分重视水工建筑物养护维修工作,取得了很好的效果,积累了许多整治病害的经验。在水库安全监控和除险加固中引进了许多新技术、新材料、新工艺。例如:土坝渗流热监测技术,光纤传感技术在隧道健康监测中的应用,4S技术在堤坝安全监测中发展并应用,采用一些防水堵漏新技术,在土坝中采用劈裂灌浆法处理渗漏,应用土工膜和土工织物防渗排渗,采用新技术、新工艺防止钢闸门腐蚀,使用新品种水泥和新型防水材料等。

总之,水工建筑物监测与维护工作的任务就是:通过检查观测了解水工建筑物的工作状态,及时发现隐患,对水工建筑物进行经常养护,对病害及时处理,以确保水利工程的安全、完整,充分发挥水利工程的效益。



学习情境 0.5 水利枢纽的三种状态

水利枢纽的三种状态分别是：正常状态、病害状态和危险状态。

如果水利枢纽的主要建筑物均达到设计防洪标准，工程质量良好，都能够安全可靠地运行，充分发挥应有的效益，并能安全度汛，则该枢纽是处于正常状态。具体有以下标志：

(1) 大坝的水平位移和垂直位移变化规律正常，符合设计计算数值；坝身无贯穿性裂缝，坝坡或坝体的抗滑稳定性能达到设计要求；坝基和坝端两岸无渗透破坏迹象，渗流量在允许范围以内，渗透水清澈透明；土坝坝身浸润线无突然升高现象；混凝土及砌石坝的扬压力符合设计要求。

(2) 泄洪建筑物的尺寸和泄洪能力均符合设计要求，下泄洪水能安全地泄入下游河道。

(3) 放水建筑物在各种运用水位条件下均能安全放水，坝下涵管与坝体结合紧密，无断裂漏水现象。

(4) 泄水、放水建筑物的闸门和启闭设备操作灵活可靠，能够准确而迅速地控制流量；闸门关闭后无严重漏水现象，开启放水时无严重振动或空蚀现象；下游消能设施可靠，不致产生危及建筑物安全的冲刷。

如果水库枢纽的主要建筑物虽能达到设计防洪标准，但存在一定病害或隐患，而这些病害或隐患能较快维修处理，不影响安全度汛，则为病害水库。

如果水库枢纽的主要建筑物没有达到设计防洪标准，或存在严重病害，难以较快维修，不能保证安全度汛，则为危险水库。

对于病险水库，必须加强养护维修，提出有效的安全度汛方案，确保安全，并及时对病害进行研究分析，提出整治措施，报请批准后，积极进行除险加固。而对于正常状态的水利枢纽，要进行有计划、有次序、经常的检查观测和养护工作，保证水库枢纽处于正常状态，不向病害状态转变。

项目 1 土石坝的监测与维护

学习情境 1.1 土石坝的运行特点

土石坝是指由当地土料、石料或土石混合料，经过抛填、碾压等方法堆筑成的挡水建筑物。

1.1.1 土石坝的工作特点

土石坝按坝高可分为：低坝、中坝和高坝。按施工方法可分为碾压式土石坝、水力冲填坝、水中填土坝、定向爆破堆石坝等，应用最为广泛的是碾压式土石坝。按坝体材料的组合和防渗体的相对位置，碾压式土石坝又可分为均质坝、土质心墙坝、土质斜心墙坝、土质斜墙坝以及人工材料心墙坝、人工材料面板坝。

由于填筑坝体的土石料为散粒体，抗剪强度低，颗粒间孔隙较大，因此易受到渗流、冲刷、沉陷、冰冻、地震等方面的影响。在运用过程中常常会因渗流使水库损失水量，还易引起管涌、流土等渗透变形，并使浸润线以下的土料承受着渗透动水压力，使土的内摩擦角和黏聚力减小，对坝坡稳定不利；因抗剪能力小、边坡不够平缓、渗流等而产生滑坡；因土粒间联结力小，抗冲能力很低，在风浪、降雨等作用下而造成坝坡的冲蚀、侵蚀和护坡的破坏，所以不允许坝顶过水；因沉降导致坝顶高程不够和产生裂缝；因气温的剧烈变化而引起坝体土料冻胀和干裂等。故要求土石坝有稳定的坝坡、合理的防渗排水设施、坚固的护坡及适当的坝顶构造，并应在水库的运用过程中加强监测和维护。

1.1.2 土石坝的失事

我国现有运行的土石坝中许多存在不同程度的缺陷和病害，严重的则导致大坝失事。促使病害产生并影响土石坝安全的因素很多，主要有以下几点：

(1) 运用过程中，长期受到水的渗透、冲刷、空蚀和磨损等物理作用和侵蚀、腐蚀等化学作用。

(2) 由于勘测、规划、设计和施工的原因使土石坝结构本身存在一些不足和缺陷。

(3) 工程管理不当及人为因素。

(4) 遭遇不可见的自然因素和非常因素的作用。

1981 年原水利电力部水管司对全国 1000 件土石坝工程事故原因调查分析显示：坝体裂缝占 12.9%，防渗铺盖裂缝占 6.7%，坝体漏水占 7%，坝头山体漏水占 3.1%，管涌占 5.3%，其他建筑物漏水占 9.6%，坝体滑坡、坍塌占 7.8%，岸边塌滑占 3.1%，护坡破坏占 6.5%，冲刷破坏占 11.2%，空蚀破坏占 3%，闸门启闭失灵占 4.8%，白蚁钻洞及其他事故占 6.6%。从中可看出，运行中的土石坝主要病害是大坝的渗漏和裂缝，其次是大坝的滑坡和坍塌。从上述已失事大坝的破坏原因和运行大坝的病害分析中可看出，土石坝维护与加固重点在于处理大坝渗漏，其次是处理大坝的裂缝和滑坡。多年来，我国对于有缺陷和发生病害的大坝，采取积极有效的措施，进行了大量的维护 and 加固工作，使一些病险坝转危为安，发挥了应有的工程效益，并总结出一套切实可行的维护加固原则，指



导土石坝维护和加固工程的顺利实施。

学习情境 1.2 土石坝的巡视检查

土石坝的巡视检查是用眼看、耳听、手摸等直观方法并辅以简单的工具,对水工建筑物外露的部分进行检查,以发现一切不正常现象,并从中分析、判断建筑物内部的问题,从而进一步进行检查和观测,并采取相应的修理措施。

土石坝的观测是用专门的仪器设备进行定期定量观测,这可以获得比较精确的数据。但仅用仪器设备对坝体进行观测是不能完全说明问题的,这是因为在坝的表面和内部设置的测点是典型断面和个别部位上的一些点。而坝的表面和内部异常情况的发生,往往不一定刚好发生在测点位置上,这就造成在测点上有可能测不出局部破坏情况。其次,用仪器观测是定时进行,定时的时间间隔一般较长,这就可能造成坝的异常情况发生在未观测时而错过及时发现故障的时机。例如某大型水库在一个深夜于库水位下的上游坝面发生滑坡,是保安人员巡视发现的。据国内外水工建筑物的检查观测统计,大部分异常情况不是首先由仪器观测发现的,而是由平时的巡查发现的。

土石坝的检查观测工作分为三个时期;初蓄期(第一期)是从施工期到首次蓄水至设计水位后 1 个月,此阶段坝体与坝基的应力、渗漏、变形较大、较快,是对土石坝加强检查观测的时期;第一期后经过 3~5 年或更长时间,土石坝的性能及变形渐趋稳定,称为稳定运行期(第二期);经过第二期以后的运用期,有时又称为坝的老化期(第三期)。水工建筑物的检查观测在各阶段的要求是不同的。

1.2.1 土石坝巡视检查的制度和内容

土石坝的巡视检查工作分为经常检查、定期检查、特别检查和安全鉴定等 4 项。

经常检查由工程管理单位的职能科(股)组织有关专职人员进行,用直观的方法经常对土石坝表面、坝趾、坝体与岸坡连接处等部位进行巡查,以了解坝的形态和性能变化,发现不正常或影响安全的情况,保证土坝安全、完整、清洁、美观。经常检查在初蓄期每周至少 1 次,稳定运行期每月至少 2 次,老化期每月至少 1 次。

定期检查是在每年汛前汛后、用水期前后、第一次高水位、冻害地区的冰冻期,由工程管理单位组织有关科(股)人员和专职人员,对土石坝进行较全面或专项的巡查,上级部门可视情况抽查或复查。定期检查主要是了解土石坝可否正常蓄水拦洪,或经过汛期运用有无不正常现象,防凌、防冻措施效果如何,冰冻对坝坡有无破坏现象。

特别检查是当土石坝发生比较严重的险情或破坏现象,或发生特大洪水、3 年一遇暴雨、7 级以上大风、5 级以上地震,以及第一次最高水位、库水位日降落 0.5m 以上等非常运用情况下,由工程管理单位组织专门力量进行的巡查,必要时可邀请上级主管部门和设计、施工等单位共同进行。特别检查应结合观测资料进行分析研究,判断外界因素对土石坝状态和性能的影响,并对水库的管理运用提出结论性报告。

安全鉴定在水库建成的第一、第二时期每隔 3~5 年进行 1 次,第三期每隔 6~10 年进行 1 次。按照工程分级管理的原则,由上级主管部门组织管理、设计、施工、科研等单位及有关专业人员共同参加的鉴定工作,应对土石坝的安全情况作出鉴定报告,评价工程建筑物的运行状态,如需处理应提出措施。



为了保证巡视检查工作的正常开展，必须要有专人负责，落实巡视检查工作的“五定”要求：定制度、定人员、定时间、定部位、定任务。同时确定巡视检查路线和顺序。特别应注意在高水位期间，要加强对背水坡、排水设备、两岸接头处、下游坝脚一带和其他渗透出逸部位进行巡视检查，在大风浪期间加强对上游护坡的巡视检查，在暴雨期间加强对坝面排水系统和两岸截流排水设施的巡视检查，在泄流期间加强对坝脚可能被水流淘刷部位的巡视检查，在库水位骤降期间加强上游坝坡可能发生滑坡的巡视检查，在冰冻、有感地震后加强对坝体结构、渗流、两岸及地基进行巡视检查，观察是否有异常现象。

1. 土石坝巡视检查的要求

对土石坝进行巡视检查应注意以下要求：

(1) 每次巡视检查都应按照规定的内容、要求、方法、路线、时间进行，每项工作都应落实专人，要明确各自的任务和责任。

(2) 发现异常情况应及时上报，上级主管部门应分析决定是否进行高一级巡视检查工作。

(3) 应加强水库安全运行的宣传工作，号召坝区群众爱护工程设施，爱护观测设备，做到防患于未然。

2. 土石坝巡视检查的内容

土石坝的巡视检查一般包括以下内容：

(1) 坝体有无裂缝、塌坑、隆起、滑坡、冲蚀等现象，有无兽害，有无白蚁活动迹象。

(2) 坝面排水系统有无裂缝、损坏，排水沟有无堆积物等。

(3) 坝面块石护坡有无翻起、松动、垫层流失、架空、风化等现象，还应注意观察砌块下坝面有无裂缝。

(4) 背水坡、两端接头和坝脚一带有无散漫、漏水、堵塞、管涌、流土或沼泽化现象，减压井、反滤排水沟的渗水是否正常。

(5) 防浪墙有无变形、裂缝、倾斜和损坏。

(6) 对于堤防，还应注意护岸、护坡是否完好，有无冲刷和坍塌，堤身有无挖坑、取土和耕作，护坡草皮和防护林是否完好，河道水流有无变化，险工是否有上提下挫。

影响土石坝安全运用的病害主要有裂缝、渗漏、滑坡等，因此巡视检查时这些方面应是重点。

1.2.2 裂缝的巡视检查观测

土石坝裂缝是最常见的病害现象，对坝的安全威胁很大。个别横向裂缝还会发展成集中渗流通道，有的纵向裂缝可能造成滑坡。有资料显示，在土坝出现的各种事故中，因裂缝造成的事故要占到 1/4。因此，对土石坝裂缝的巡视检查必须引起重视。

土石坝裂缝的巡视检查主要凭肉眼观察。对于观察到的裂缝，应设置标志并编号，保护好缝口。对于缝宽大于 5mm 裂缝，或缝宽小于 5mm 但长度较长、深度较深或穿过坝轴线的横向裂缝、弧形裂缝（可能是滑坡迹象的裂缝）、明显的垂直错缝以及与混凝土建筑物连接处的裂缝，还必须进行定期观测，观测内容包括裂缝的位置、走向、长度、宽度和深度等。

观测裂缝位置时，可在裂缝地段按土坝桩号和距离，用石灰或小木桩画出大小适宜的



方格网进行测量，并绘制裂缝平面图。

裂缝长度可用皮尺沿缝迹测量。对于缝宽，可在整条缝上选择几个有代表性的测点，在测点处裂缝两侧各打一排小木桩，木桩间距以 50cm 为宜。木桩顶部各打一小铁钉。用钢尺量测两铁钉距离，其距离的变化量即为缝宽变化量。也可在测点处撒石灰水，直接用尺量测缝宽。

必要时可对裂缝深度进行观测，在裂缝中灌入石灰水，然后挖坑探测，深度以挖至裂缝尽头为准，如此即可量测缝深及走向。

对土石坝裂缝观测的同时，应观测库水位和渗水情况，并作好观测记录，见表 1.2.1。

表 1.2.1 裂缝观测记录表

日期	编号	裂缝位置 及走向	缝长 (m)	缝深 (cm)	测点缝宽 (cm)			温度 (℃)		上游 水位 (cm)	裂缝渗水 情况	备注

观测者： 校核者：

土石坝裂缝巡测的测次，应视裂缝发展情况而定。在裂缝发生的初期，应每天巡测 1 次。待裂缝发展缓慢后，可适当延长间隔时间，但在裂缝有明显发展和库水位骤变时，应加密测次，雨后还应加测。特别是对于可能出现滑坡的裂缝，在变化阶段，应每隔 1~2h 巡测 1 次。

1.2.3 渗漏巡视检查

土石坝渗漏的巡视检查也是用肉眼观察坝体、坝基、反滤坝趾、岸坡、坝体与岸坡或混凝土建筑物结合处是否有渗水、阴湿以及渗流量的变化等。

在进行渗漏巡视检查时，应记录渗漏发生的时间、部位、渗漏量增大或减小的情况，渗水浑浊度的变化等，同时应记录相应的库水位。渗水由清变浑或明显带有土粒，漏水冒沙现象，渗流量增大，是坝体发生渗透破坏的征兆。若渗水时清时浊、时大时小，则可能是渗漏通道塌顶，也可能由蚁患引起，但这种情况可观察到菌圃屑或白蚁随水流出，此时应加强巡视检查和渗漏观测，并采取措施予以处理。

如下游坝基发生涌水冒沙现象，说明坝基已发生渗透破坏。出现这种情况时，涌水口附近开始会形成沙环，以后沙环逐渐增大。当渗水再增大时沙粒会被带走，涌水口附近可能出现塌坑。

巡视检查中如发现库水位达到某一高程时，下游坝坡开始出现渗水，就应检查迎水面是否有裂缝或漏水孔洞。

1.2.4 滑坡巡视检查

在水库运用的关键时刻，如初蓄、汛期高水位、特大暴雨、库水位骤降、连续放水、有感地震或坝区附近大爆破时，应巡视检查坝体是否发生滑坡。在北方地区，春季解冻后，坝体冻土因体积膨胀，干容重减小。融化后土体软化，抗剪强度降低，坝坡的稳定性变差，也可能发生滑坡。坝体滑坡之前往往在坝体上部先出现裂缝，因此应加强对坝体裂



缝的巡视检查。

学习情境 1.3 土石坝的变形观测

1.3.1 概述

土坝坝体和土基在荷载作用下将会发生变形。由于土体中的土粒和孔隙水变形十分微小，一般可以忽略不计，因此，可以认为土体的变形主要是由于孔隙水和空气被排出使孔隙变小而引起的。这个过程就叫做土体的固结。土体固结使土面下沉，产生垂直位移，通常称为沉陷。由于土坝坝体填土厚度不同，坝基土面也不是个水平面，加之受水压力等影响，土坝固结时，坝面土粒不是垂直下沉，而有水平方向的移动，通常称之为水平位移。

土坝和土基发生固结、沉陷和水平位移是必然的客观现象。我们研究土坝的变形，目的在于了解土坝实际发生的变形是否符合客观规律，是否在正常范围之内。如果土坝变形发生异常情况，就有可能是发生裂缝或滑坡等破坏现象。为此，为了保证土坝的安全和稳定，必须在水库的整个运用期间对土坝进行变形观测。

土坝的变形监测一般是指表面沿上下游方向的变形和铅直方向的变形。

土坝的水平位移通常是在坝面布置适当的测点，用仪器设备量测出测点在水平方向的位移量来观测的。对于土坝，主要是了解垂直坝轴线方向的位移，因此一般用视准线法进行观测，对一些较长的坝或折线形坝，则常用前方交会法或视准线和前方交会结合法进行观测。

土坝的沉陷也是在坝面布置适当的测点，用仪器设备测量其垂直方向的位移量，即测点的高程变化，因此也可称为垂直位移观测。测量测点高程变化通常采用水准测量或连通管法。

当土坝发生裂缝时，需进行裂缝观测。

变形观测的符号规定：

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

土坝变形随着时间的增长而逐渐减缓，亦即间隔变形量与时间成反比。以沉陷为例，土坝建成后，第一年产生的沉陷量最大，以后逐年减小，在相当长时间以后，如果荷重不发生变化，坝体固结到一定程度后，变形趋近于零，即不再继续沉陷。因此，土坝变形的测次可随时间相应减少。根据有关规定，土坝施工期，每月测 3~6 次；初蓄期，每月测 4~10 次；运行期，每年测 2~6 次。变形基本稳定或已基本掌握其变化规律后，测次可适当减少，但每年不得少于 2 次。当水位超过运用以来最高水位时，增加测次。

1.3.2 视准线法测定土坝水平位移

1.3.2.1 观测原理

视准线法又称方向线法。由于视准线法观测方便、计算简单、成果可靠，因此是观测土工建筑物水平位移的一种常用方法，其观测原理如图 1.3.1 所示。在坝端两岸山坡上设工作基点 A 和 B，将经纬仪安置在 A 点(或 B) 上，后视 B(或 A)，构成视准线。由于 A、



B 点在两岸山坡上, 不受土坝变形影响, 因此 AB 构成的视准线是固定不变的, 以此作为观测坝体变形的基准线。然后沿视准线在坝体上每隔适当距离埋设水平位移标点, 如 a 、 b 、 c 、 d 、 e 。测出标点中心离视线的距离 l_{a0} 、 l_{b0} 、 l_{c0} 、 l_{d0} 、 l_{e0} , 作为初测成果, 记录了各位移标点与视准线的相对位置。当坝体发生水平位移后, 各位移标点与视准线相对位置发生变化。再用经纬仪安置在工作基点 A (或 B) 上, 后视 B (或 A) 点, 可测出各位移标点离视准线的距离 l_{a1} 、 l_{b1} 、 l_{c1} 、 l_{d1} 、 l_{e1} , 与初测成果的差值即为该位移标点垂直视准线方向的水平位移量。以 c 点为例, 初测成果为 l_{c0} , 变位后离视准线距离为 l_{c1} , l_{c1} 与 l_{c0} 的差值即为位移标点 c 的水平位移量 δ_{c1} 。

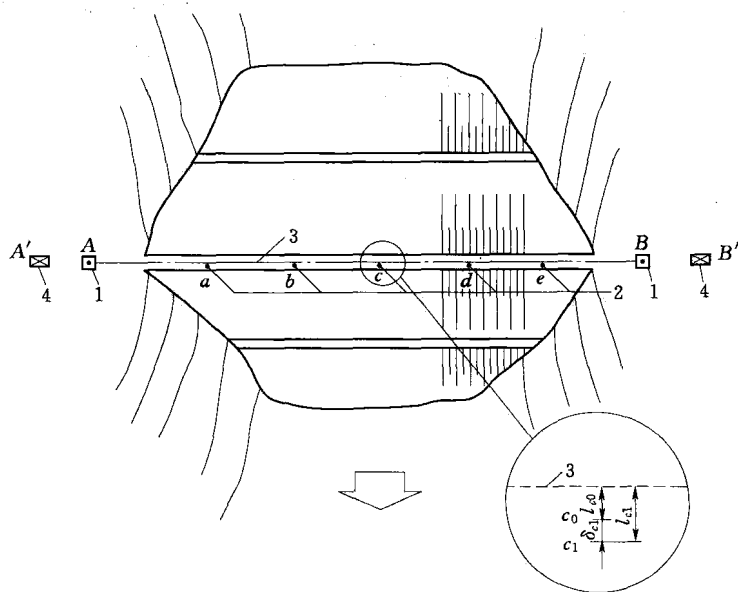


图 1.3.1 视准线法观测水平位移示意图

1—工作基点; 2—位移标点; 3—视准线; 4—校核基点

1.3.2.2 测点的布设

为了全面掌握土坝的水平位移规律, 同时又不使观测工作过于繁重, 就要在土坝坝体上选择有代表性的部位布设适当数量的测点进行观测。一般布置是: 坝顶靠下游坝肩布设一排测点; 兴利最高水位以上的上游坡布设一排; 下游坡布设 2~3 排。每排测点的间距为 50~100m。每排测点延长线两端山坡上各设一个工作基点。为了校测工作基点有无变动, 在两个工作基点延长线上各埋设一个校核基点, 如图 1.3.1 所示。校核基点也可不设在视准线延长线上, 而在每个工作基点附近, 设置两个校核基点, 使两校核基点与工作基点的连线大致垂直, 用钢尺丈量以校测工作基点是否发生变位。

1.3.2.3 观测仪器和设备

1. 观测仪器

用视准线法观测水平位移, 一般用经纬仪进行。观测的精度主要与经纬仪望远镜的放大倍数有关, 望远镜放大倍数愈大, 照准误差愈小, 观察精度愈高。我国北京光学仪器厂生产的红旗型经纬仪、杭州光学仪器厂生产的红旗光学经纬仪、蔡司 030 型经纬仪以及威