

土石坝观测技术

张启岳等 编著

水利电力出版社

土石坝观测技术

张启岳等 编著

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书共分十章,有绪论、表面观察、表面位移观测、坝体内部位移观测、裂缝与伸缩缝观测、渗流观测、孔隙水压力观测、土压力观测、混凝土面板堆石坝的应力和温度观测、水位水温和降雨量观测等章组成。书末附有各种观测记录表的格式和各种量水堰的流量计算公式。

对每个观测项目,分别按观测目的和要求,观测设备的结构及埋设方法,观测方法及资料整理分析,观测设备的检修来进行叙述,简明扼要,实用性强。

本书内容丰富、取材新颖,可供水利水电工程设计、施工、运行人员使用,也可供有关高等院校师生参考。

土石坝观测技术

张启岳等 编著

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京四季青印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 14.25印张 322千字

1993年3月第一版 1993年3月北京第一次印刷

印数 0001—2790册

ISBN 7-120-01800-0/TV·646

定价 11.50元

1B

序

我国已建成挡水坝8万6千余座,其中90%以上为土石坝。这些坝在发电、防洪、灌溉、航运、城市供水、工业供水等方面发挥着重要作用。此外,还有几万座尾矿坝和煤灰坝,是选矿厂和火力发电厂的重要组成部分,这些坝绝大多数是土石坝。挡水坝、尾矿坝、煤灰坝如果失事,将给社会带来巨大灾害。因此,政府和社会都十分重视坝的安全问题。能源部已经颁布了《混凝土大坝安全监测技术规范》,水利部已经责成大坝安全监测中心正在编制《土石坝安全监测技术规范》。技术规范规定,安全监测包括巡视检查和仪器观测两个不同内容。本书深入地描述土石坝的观测技术,为土石坝安全检测服务,也适用于尾矿坝和煤灰坝。

本书介绍了土石坝的各种观测仪器和设备,项目齐全,有外部位移观测标点和觐标;内部位移观测的横梁沉降管、电磁式沉降仪、水管式沉降仪、测斜仪、引张线位移计、钢弦式位移计、正倒垂线位移计等;混凝土面板堆石坝的面板伸缩缝和周边缝的两向三向测缝计;测压管、钢弦式孔隙水压力仪、电阻应变片式孔隙水压力仪等;接触土压力计、土内土压力计;混凝土面板的单向两向三向应变计、温度计、钢筋应力计等。每项仪器都描述了工作原理、埋设方法、观测方法等。这些仪器大多数是80年代以来研制的新产品,已经在鲁布革心墙堆石坝和西北口混凝土面板堆石坝取得了满意的观测值。

对坝的观测资料进行整理分析,建立数学模型(例如统计模型或确定模型),可以解释坝及地基在外界因素(如水位、温度、时间)作用下的效应表现(如变形、应力、测压管水位、渗流量)是否正常,进而控制大坝运行(如降低水位等)。此外,还可以将分析成果反馈给设计人员验证设计所采用的模型和参数是否正确,以提高设计水平。在施工时,将观测资料分析成果反馈给设计人员,可以及时修改设计,使建筑物更加可靠和经济。对运行中坝的长期观测资料定期多次地作反演分析,可以识别龄期对坝料参数的影响,以深化岩土力学和建筑科学理论。由此可见,观测仪器观测技术有很重要的作用。当然,巡视检查也很重要,不论仪器观测精度多高,总还是局部的、定点的。即使用自动监控系统报警,还要结合巡查宏观现象才能决策。以往大坝失事的先兆,60%是巡视检查发现的。

本书作者张启岳、王伟、李泽崇、唐崇钊等同志,长期从事岩土工程测试、观测仪器研制、观测仪器埋设、现场观测,有丰富的理论知识和实践经验。本书内容丰富,条理清晰,深浅适度,是部很实用的技术专著,对工程管理人员和设计人员很有帮助,故为之序。

河海大学教授
水利部技术委员会委员

顾滢臣

1992年6月

422960

前 言

中华人民共和国成立以来，兴建了大量的土石坝工程，对国民经济的发展起了巨大的作用，收到很好的经济效益和社会效益。为了管好用好和保证大坝安全，充分发挥效益，有效地进行土石坝的原型观测是水利工程管理部门的一项重要工作内容。原水利电力部水利司1978年编制的《水工建筑物观测工作手册》，对观测工作起了积极的指导作用。随着观测仪器的开发，混凝土面板堆石坝新坝型的发展，原有《手册》的部分内容已不适应工作的需要。但是，直至今天在我国还没有一本满足实际需要的土石坝观测技术书籍。本书即为此而编写。

本书以简明易懂的条文式方法编写，采纳了原水利电力部水利司编制的《水工建筑物观测工作手册》1978年版中可行的章节，同时考虑到新旧观测仪器的衔接，仍保留了现在很少采用或基本不用的观测仪器，例如横梁管式沉降仪、水管式孔隙水压力仪等，更多地编入了“六五”以来生产的，经实践证明行之有效，较先进的仪器设备。但书中编入电阻应变片式孔隙水压力仪，这并不认为该仪器长期运用的成功，因其能进行动态观测，可作短期应用观测，故仍编写入本书。

本书第一、二、三、四、五、十章由张启岳编写，第六章由王伟编写，第七章由李泽崇、张启岳编写，第八章由李泽崇编写，第九章由唐崇钊、林世卿编写。全书由张启岳统稿。在编写过程中南京水利科学研究所土工研究所有关同志给予校阅订正和帮助完成描图工作，在此表示衷心感谢。

本书内容较多，观测技术较新，限于编著者的水平和实践经验，错误和不妥之处在所难免，敬希读者赐正。

作者

1992年5月

目 录

序

前言

| | |
|------------------|---|
| 第一章 绪论 | 1 |
| 第一节 一般原则 | 1 |
| 第二节 土工试验 | 4 |
| 第三节 观测报告和观测设备的运行 | 5 |
| 第二章 表面观察 | 6 |
| 第一节 目的和一般要求 | 6 |
| 第二节 土工建筑物的观察 | 7 |
| 第三节 混凝土建筑物的观察 | 7 |

变形观测部分

| | |
|--------------------|----|
| 第三章 表面位移观测 | 9 |
| 第一节 目的和一般要求 | 9 |
| 第二节 观测设备的布置 | 9 |
| 第三节 观测设备的结构和埋设 | 11 |
| 第四节 观测方法及精度要求 | 19 |
| 第五节 资料的整理 | 23 |
| 第六节 设备的养护修理 | 25 |
| 第四章 坝体内部位移观测 | 27 |
| 沉降观测(垂直位移观测) | 27 |
| 第一节 目的和一般要求 | 27 |
| 第二节 观测设备的布置 | 27 |
| 第三节 观测设备的结构和埋设方法 | 28 |
| 第四节 观测方法及资料整理分析 | 38 |
| 水平位移观测 | 46 |
| 第一节 目的和一般要求 | 46 |
| 第二节 观测设备的布置 | 47 |
| 第三节 观测设备的构造和埋设方法 | 47 |
| 第四节 观测方法及资料整理分析 | 62 |
| 观测设备的检查与养护修理 | 69 |
| 第五章 裂缝与伸缩缝观测 | 70 |
| 第一节 土工建筑物的裂缝观测 | 70 |
| 第二节 混凝土建筑物的裂缝观测 | 71 |
| 第三节 混凝土建筑物的伸缩缝观测 | 73 |
| 第四节 混凝土面板堆石坝的周边缝观测 | 76 |

渗流观测部分

| | |
|--------------------|-----|
| 第六章 渗流观测 | 87 |
| 第一节 目的和一般要求 | 87 |
| 第二节 坝体浸润线观测 | 88 |
| 第三节 坝基渗流动水压力观测 | 97 |
| 第四节 绕坝渗流观测 | 100 |
| 第五节 渗流量观测 | 101 |
| 第六节 渗水的透明度观测及化学分析 | 105 |
| 第七节 资料的整理和分析方法 | 106 |
| 第八节 观测仪器设备的检查和养护修理 | 116 |

应力和温度观测部分

| | |
|------------------------|-----|
| 第七章 孔隙水压力观测 | 118 |
| 第一节 目的和一般要求 | 118 |
| 第二节 观测仪器的布置 | 118 |
| 第三节 观测仪器和埋设方法 | 119 |
| 第四节 观测方法及精度要求 | 135 |
| 第五节 观测资料的整理 | 137 |
| 第六节 观测设备的检查与养护修理 | 139 |
| 第八章 土压力观测 | 140 |
| 第一节 目的和一般要求 | 140 |
| 第二节 土石坝的土压力(应力)观测 | 140 |
| 第三节 混凝土建筑物的接触土压力观测 | 143 |
| 第四节 观测方法及资料的整理 | 146 |
| 第九章 混凝土面板堆石坝面板的应力和温度观测 | 148 |
| 第一节 目的和一般要求 | 148 |
| 第二节 仪器设备及测点布置 | 148 |
| 第三节 差动电阻式仪器的原理及工作特性 | 152 |
| 第四节 仪器埋设 | 159 |
| 第五节 观测方法及记录格式 | 165 |
| 第六节 混凝土观测应力的计算 | 171 |
| 第七节 资料整理分析 | 179 |

水文观测部分

| | |
|---------------------|-----|
| 第十章 水位、水温和降雨量观测 | 180 |
| 第一节 水位观测 | 180 |
| 第二节 水温观测 | 180 |
| 第三节 降雨量观测 | 182 |
| 附录一 参考表式 | 183 |
| 附录二 各种量水堰流量计算公式及查用表 | 218 |
| 参考文献 | 221 |

第一章 绪 论

第一节 一 般 原 则

1-1 目的。为了拦蓄洪水而设计的大坝，通常是水利枢纽中的主要建筑物，用以开发河流的灌溉、供水、发电、防洪、航运、疗养等。

人们期望大坝能够长期安全地承受巨大的库水压力。如果大坝一旦失事，瞬间大量的非计划泄放的库水将给下游人民的生命财产造成巨大损失。因此大坝的正常和安全运行是关系国计民生极端重要的问题。土石坝的观测工作是保证大坝安全，充分发挥工程效益，更好地为工农业生产服务的一项重要手段。

土石坝受各种力的作用，以及各种自然因素的影响，其状态和工作情况随时都在变化。有的是正常变化，对建筑物的安全影响不大。但也有一些土石坝，由于某些内因和外因的影响，会出现异常现象，甚至引起失事。为了及时掌握土石坝变化的情况和性质，必须进行观测工作。实践证明，加强观测工作，及时发现问题，采取有效措施，可保证建筑物的安全，忽视观测工作，不能及时发现隐患，一旦险情发展，措手不及，往往造成事故。因此，应对土石坝的观测工作予以足够的重视。

1-2 必要性。土石坝的观测工作是通过各种仪器设备和工具，对正在施工和投入运用的结构物的变形、应力和渗流以及结构内部和其地基中的孔隙水压力，进行经常的、系统的观察和测量，是检验、预测、法律和研究所必需的。

1. 检验的需要：

(1) 设计的检验。工程师一般不能绝对肯定他们对某项工程的设计是既安全而又最经济的，通常都采用“观测法”进行施工，这样观测设备在施工中就有着极重要的意义，其观测成果可使工程师在施工中求得设计的合理和完善。

用观测设备收集到的资料可帮助修正考虑实际现场条件影响的理论计算。坝工设计通常是考虑各种作用力，以材料的特性和结构性态的传统假定为基础的，这些假定是为设计中的未知数，或不确定性提供设计依据。但由观测仪器组成的监测系统所取得的观测成果和对大坝结构性态影响的估计，有助于减少这些未知数，并且可使分析技术和未来设计技术取得进步。

(2) 新施工技术的优越性和施工质量的验证。新的或改进的施工技术，以及通用的施工质量，在得到实际效果检验之前不易做出评价，而从观测设施得到的资料就可以帮助评估其优越性。

(3) 恶性事故的检测。如果在坝址发生了某种破坏、局部破坏或严重险情，由观测系统取得的资料对确定事故的特性是有很大大意义的，并有助于确定加固的方案和效果。

(4) 运行性态的验证。通过观测系统不断取得的资料表明坝的运行是良好的，其观

测似乎不怎么重要，如果在未来资料中出现某些变化的异常，这样的信息证明它是很有价值的。

2. 预测的需要。运用长期积累的观测资料，进行大坝未来性态的评价是很重要的一项工作，有助于确定大坝的运行安全，若需加固它可提供有价值的资料和依据。

3. 法律的需要。对由于工程事故而引起的责任和赔偿问题，观测资料有助于确定其原因和责任，以便法庭作出公正的裁决。

4. 研究的需要。大坝性态的观测资料是其在许多互相相关力作用下工作性态的反映，它可为未来设计提供定量的信息，研究这些资料可改进施工技术，有利于设计概念的更新及破坏机理的了解。

1-3 观测仪器的基本要求。理想的观测仪器其精度应满足要求，长期稳定性好，结构牢固，维护要求不高，便于施工，费用低廉，操作简单。事实上，选择全满足上述要求的仪器是难以做到的，应综合考虑上述往往相互矛盾的要求以寻求最佳的仪器。在上述要求不能全满足的情况下，如下三点必须满足：精度、长期稳定、结构牢固。

一座坝上需要的仪器数量、型号和测点布置等的确定主要是依靠经验、一般认识和对工程特性的了解。观测系统的设计必须对坝址的特殊地质条件加以留意和考虑。通常，一座新建坝合理可靠的观测系统的费用大约是全部大坝工程费用的1%，在特殊的环境条件下，这种费用可高达大坝工程费用的2%~3%。

1-4 土石坝的观测工作，应遵循下列原则：

1) 观测项目要能满足监视工程的工作情况，了解工程变化规律的需要，要求有明确的针对性。既要有重点，又要全面考虑。对互有联系的观测项目，要结合进行。

2) 观测设备要合理布置，精心设计，正确埋设，作到能了解工程全貌，特别是能掌握工程重要部位和薄弱环节的变化情况。

3) 观测测次要能掌握测点变化过程，保证资料的连续性。一般说来，在施工阶段和运用初期观测测次要较多，当经过较长时间考验后，建筑物的变化情况已基本稳定，或初步掌握了建筑物的变化规律后，则测次要适当减少。在特殊情况下，除规定的以外，还应增加测次要，增加测点及其有关的观测项目。

4) 观测资料要保证真实、准确反映客观实际。观测必须按时，测值必须符合精度，计算必须正确无误，分析资料必须全面客观。

1-5 建立合理的规章制度，做到职责明确，各尽其责。

参加监测计划工作的人员都需进行很好的培训，了解要监测的内容，和为什么要监测，认识工作的重要性。因为整个工作过程中一处的错误都会使资料变得毫无意义，因为它会使人们导致采取错误的措施。

有时很大比例的异常问题是由仪器，或人为错误造成。因此，负责观测的人员必须加以培训，使他们能够正确确定仪器功能是否满足要求。这就需要备用的仪器设备和定期的维护和校验。应该由经过培训的人员采集数据，不要使用水平很低的人员或临时工。

全部观测工作必须做到认真的、细致的工作，因为即使一支仪器的反应异常也是极其重要的。不能因为仅有一支仪器发生异常而忽视了大坝工作状态的异常。应认真分析观测

资料，有问题和情况要及时向上级报告。

1-6 设计部门在进行工程设计时，除按有关规范外，应结合工程具体情况进行观测设计，确定观测项目，观测设备的布置，以及观测仪器，埋设方法和观测方法，作为工程设计内容之一。所需投资和设备，应列入基建计划。

1-7 施工部门要根据观测设计文件要求，编制施工计划，指定专人负责安装埋设，注意埋设质量和安全保护，防止损坏，负责施工期的观测工作。管理机构应派人员参加这一工作。

在验收交接工程时，施工部门应将所有观测设备的埋设记录，和全部考证图表，及其观测资料，完整无缺地移交工程管理部门，由管理部门继续进行观测工作。

1-8 科研部门要协助管理部门总结观测经验，分析观测资料，研究推广新技术，不断提高观测技术水平。

1-9 水利工程管理部门应根据建筑物的具体情况，制定出观测工作细则。包括观测项目的测次、时间、顺序、人员分工、精度要求、资料整理分析保管，以及观测仪器设备保护、率定、检修、安全操作等有关各项工作制度，作为工程管理规范的组成部分，报请上级主管部门批准后执行。

1-10 观测工作有以下内容：

1) 观测设计。包括观测项目的确定和布置，观测设备的采用，仪器设备的埋设和安装，并绘制观测设计总图、主要观测设备布置和结构图。

2) 观测仪器设备的埋设和安装。要严格按设计要求进行。竣工后要绘制竣工图和填列考证表。

3) 现场观测。组织巡回观察或利用观测仪器工具，根据规定的观测项目、测次、时间，在现场进行观测记载，并要求做到“四无”（无缺测、无漏测、无不符精度、无违时），“四随”（随观测、随记录、随计算、随校核）。为了有利于提高观测精度和效率，还应做到“四固定”（人员、仪器、测次、时间）。测次有变动时，应报请上级主管部门批准后执行。

4) 观测资料的整理分析。现场观测成果要进行校对，防止差错，及时绘制过程线和关系曲线，进行分析。如发现异常情况，应找出原因，采取措施。如原因一时查不清，应加强观测。分析成果，并及时上报。

5) 定期进行资料整编，并对观测工作进行技术总结。对建筑物工作状态做出鉴定，提出工程运用和维修意见。

1-11 观测设备系统变动后，应尽可能保持新旧观测设备系统同时工作一个时期，找出新旧系统的关系，以保证观测资料的连续性。

1-12 各种土石坝工程的观测项目见表1-1。

1-13 当土石坝受到地震烈度五度以上地震，或相当于五度以上的震动以后，应即对大坝建筑物进行全面的观测工作。在大坝的设计地震烈度较高时，上述规定可适当放宽。

1-14 水文、气象观测以及有关测量工作，凡本书未详述者，可参照水文测验、气象

观测以及测量等规范或手册进行。

表 1-1 各类土石坝观测项目一览表

| 工程名称 | 水平位移 | 垂直位移 | 固结 | 裂缝 | 伸缩缝 | 浸润线 | 渗流量 | 绕坝渗流 | 坝基渗水压力 | 导渗降压 | 渗水透明度 | 渗水化学分析 | 基础扬压力 | 外水压力 | 混凝土应变 | 钢筋应力 | 混凝土温度 | 土应力 | 孔隙水压力 | 库区地形变化 | 上游水位 | 下游水位 | 波浪 | 冰凌 | 水温 | 异重流 | 水质污染 | 降雨量 | 气象 |
|------------------|------|------|----|----|-----|-----|-----|------|--------|------|-------|--------|-------|------|-------|------|-------|-----|-------|--------|------|------|----|----|----|-----|------|-----|----|
| 大型水库土坝 (包括土石混合坝) | ☆ | ☆ | ○ | ○ | | ☆ | ☆ | ○ | ☆ | ○ | ○ | | | | | | | ○ | ○ | | ☆ | ☆ | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| 中型水库土坝 (包括土石混合坝) | ☆ | ☆ | ○ | ○ | | ○ | ☆ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | ○ | | ☆ | ☆ | ○ | | | | ○ | ○ | ○ |
| 钢筋混凝土面板堆石坝 | ☆ | ☆ | | ○ | ☆ | | ☆ | ○ | ○ | | | | ☆ | | ○ | ○ | ☆ | ○ | | | ☆ | ☆ | | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ |
| 圉工坝 | ☆ | ☆ | | ○ | ☆ | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ☆ | | ○ | | | | | | ☆ | ☆ | | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| 库区 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | ○ | | | | ○ | ○ | | | |

说明: 1. 其中“☆”符号为必须观测项目,“○”符号为建议观测项目或存在此类问题时建议观测项目。在特殊情况下,可酌予调整。
 2. 根据需要进行必要的水文、气象、地震等观测项目。开展这些项目时,可请有关部门帮助指导。
 3. 根据水工建筑物的不同情况,可增减观测项目。

第二节 土工试验

1-15 目的。对观测设备邻近的坝体和坝基的土体应进行必要的土工试验,以便确定这些土料的物理力学性质。仪器特性直接地受到邻近土料特性的影响。因此必须对邻近土料进行试验,其试验方法按《土工试验规程SD128—84》进行。

1-16 试验项目。试验包括土的颗粒组成、比重、流塑限,以及密度、渗透和固结试验等。假若土料含有腐蚀性物质,还应加测其化学成份。试验的数量建议如下:

1) 内部位移测量。在每一位移测量点均应取原状土样进行有关的土工试验,但取样点不宜太密,以不使试验工作量太大;但最密的取样点也不能小于2 m。

在岩基内安装内部位移测量装置时一般不做固结试验,取样量视具体情况适当减少。

2) 压力测量(孔隙水压力、土压力)。应力仪器装置的测点应取样做密度、渗透试验和必要的物理性质、化学试验。在坝基和坝身中埋设压力计时,每钻一孔都应沿孔深记录其土层情况,且应在埋设点取原状样进行有关试验。

1-17 试验报告。试验点的试验结果均应完整地列在土石坝观测设备埋设的最终报告中。报告中对试验的土样均应注明有“碾压”、“夯实”或“不扰动”样文字。

第三节 观测报告和观测设备的运行

1-18 观测报告。观测报告一般必须有两种报告，一是观测仪器设备埋设安装报告，二是观测仪器设备的运行观测报告，即通称的观测结果的汇编。

观测仪器设备埋设安装报告通常是在大坝竣工时提出，或是在仪器设备埋设安装完成后提出，其目的是提供观测仪器设备实际施工情况的完整简明记录和观测结果。该报告包括的内容：

- 1) 实际安装的设备和使用的材料和文件，包括厂家、型号、仪器的检验和率定资料，以及其他有关资料；
- 2) 仪器设备安装前后的测试记录；
- 3) 仪器安装孔的钻孔记录；
- 4) 有关工作所遇到的问题和异常情况的叙述和讨论；
- 5) 修改设计的说明和修改的图纸；
- 6) 观测仪器设备的照片；
- 7) 所有仪器设备安装的施工资料和考证记录，观测设计的图纸应标明施工中修改之处；
- 8) 实际观测仪器设备的分项费用和施工费用；
- 9) 仪器设备验收后所进行的维护或修理的记录；
- 10) 施工期间采集到的观测资料，及其分析和讨论意见；
- 11) 土工试验报告等等。

观测仪器设备的运行观测报告（汇编），一般应每年编报一次，大坝的工作情况发生异常应立即报送专门报告。该报告的内容主要应包括：

- 1) 各种观测仪器设备的运行维护检验情况和有关的建议；
- 2) 各种仪器设备的观测结果记录；
- 3) 观测结果的整理和分析，以及对大坝运行情况的讨论和建议。

1-19 各项观测仪器设备的检验和维修。凡置于表面的和可移动的各种观测仪器设备都必须按厂方提出的操作说明书进行定期的维护、养护和检测、率定，以保持良好的工作状态，并必须将所作的工作记录在案。

第二章 表面观察

第一节 目的和一般要求

2-1 为及时发现土石坝建筑物外露的一切不正常现象，并从中联系分析，判断建筑物内部可能发生的问題，从而进一步采取相宜的观察、观测和养护修理措施，以消除工程缺陷或改善工程外观，保证工程的安全和完整，应对所有土石坝建筑物进行观察。

2-2 表面观察，可采取眼看、耳听、手摸等方法，并辅以简单工具进行。

2-3 表面观察的内容、次数、时间、顺序等，应根据建筑物的具体情况，进行全面安排。原则上每月至少应进行一至二次。

2-4 当建筑物有不正常现象或处于容易引起问题的外界条件下，应加强观察。必要时，对可能出现险情的部位应昼夜监视。对于屡经观察而无明显变化的部位，可适当减少观察次数。

2-5 每年汛前、汛后，用水期前后，都应配合工程检查，对土石坝工程建筑物进行一次全面的观察。

2-6 在不同情况和外界因素影响下，应加强对容易发生问題部位的观察。例如：

1) 在高水位期间，应加强对土坝背水坡、反滤坝址、两岸接头、下游坝脚和其他渗流出逸部位的观察。

2) 在大风浪期间，应加强对土坝迎水面护坡的观察。

3) 在暴雨期间，应加强对土石坝的表面，及其两岸山坡的冲刷、排水情况，以及可能发生滑坡坍塌部位的观察。

4) 在水位骤降期间，应加强对土坝迎水坡可能发生滑坡部位的观察。

5) 在冰凌期间，应注意对冰冻情况，冰凌对建筑物的影响，及防冻、防凌措施效果的观察。

6) 在冬季和温度骤降期间，应加强对混凝土建筑物缝形变化和渗水情况的观察。

7) 在遭受五度以上地震以后，应即对土石坝建筑物进行全面的观察。特别要注意有无裂缝、塌陷、翻砂冒水及渗流量异常等现象。

8) 结合本工程具体情况，加强观察其他应注意部位。

2-7 为保持建筑物的完整，并不断改善外观条件，应观察建筑物各部位是否有杂草生长，尘土、垃圾、杂物积存、表面损坏、轮廓线起伏、歪斜及其它有碍观瞻的现象。

2-8 建筑物表面的观察，应确定专人负责。观察时，应作好记录，必要时应就地绘出草图，并加描述。

2-9 对于观察中发现的重要问题,应及时上报,并要抓紧分析研究,进行处理。对需要进一步了解其发展情况的问题,应继续观察或观测。

第二节 土工建筑物的观察

2-10 注意观察有无裂缝。当发现裂缝后,对重要的应即观察其位置,并记述其情况,必要时应按第五章要求进行观测。

对于平行于坝轴线的裂缝,应注意观察是否有滑坡迹象;对于垂直于坝轴线的裂缝,应注意能否形成贯穿上、下游的漏水通道。

对于重要裂缝应妥加保护,防止雨水流入和人畜践踏。

2-11 对土坝背水坡,两岸接头和坝脚一带,必须注意观察有无散浸、漏水、管涌、流土或沼泽化等现象,泉眼、减压井、反滤排水沟等的渗水是否有异常变化,渗水是否浑浊或是否有其它色泽,结合有关观测成果,分析判断其对建筑物的影响。

必要时,应进一步进行探测检查,并加强观察和观测。

2-12 注意观察有无害虫、害兽的活动痕迹。在发现上述痕迹后,应进一步追查有无鼠穴、獾洞、白蚁窝等隐患。

2-13 注意观察有无滑坡、塌陷、坍坑、表面冲蚀及坡脚凸起等现象。

2-14 对块石护坡,应注意观察有无块石翻起、松动、塌陷、垫层流失、架空或风化变质等损坏现象。

2-15 对表面排水系统,应注意观察有无裂缝或损坏,沟内有无障碍物及泥沙淤积或石缝中长草等情况,以及降雨时的排水情况。

2-16 注意观察坝顶路面及防浪堤是否完好,有无塌陷、裂缝等情况。

2-17 对于堤防,还须注意观察下列各项:

- 1) 护坡草皮和防浪林的生长情况;
- 2) 护岸、护坡是否完好,有无冲刷和坍塌现象;
- 3) 河道水流情况有无变化,是否有险工上提下错现象;
- 4) 堤身有无挖坑、取土、挖缺口和耕种农作物等人为损坏现象。

第三节 混凝土建筑物的观察

2-18 观察有无裂缝,发现裂缝后,对重要的应按第五章要求设点进行观测。

2-19 对混凝土面板堆石坝及其与地基、两岸接头部分,必须观察有无渗漏现象。当发现渗漏现象后,应观察其位置、面积和渗漏程度,并注意有无游离石灰及黄锈析出。

渗漏程度可分湿斑点和漏流两类,漏流又可分为点滴流、细流、射流。

如需测量渗漏水量,可用下列方法:

- 1) 用脱脂棉花和纱布,先称好重量,然后铺贴于渗漏面上吸收渗漏水,经过一定时

间，取下再称其重量，即可算得渗漏水量；

2) 将渗漏水引入容器，直接量渗漏水的容积或重量。

2-20 对混凝土表面应观察有无脱壳、松软、侵蚀等现象，可采用木锤敲击混凝土表面，以判断有无脱壳现象。对于混凝土的松软，可用手指、刀子、凿子试剥的方法，以判断其松软程度及范围。

2-21 对混凝土建筑物的伸缩缝，应观察缝内填充物有无流失，有无漏水现象。

变形观测部分

第三章 表面位移观测

第一节 目的和一般要求

3-1 为了解大坝在施工和运用期间是否稳定和安全,应对其进行位移观测,以掌握它的变形规律,研究有无裂缝、滑坡、滑动、倾覆等趋势。

3-2 土石坝的位移观测是在其上安设固定的标点,观测垂直和水平方向的位置变化值。一般规定:垂直位移,向下为正,向上为负;水平位移,向下游为正,向上游为负,向左岸为正,向右岸为负。

3-3 垂直位移观测,通常是用水准仪根据起测基点的高程,测定标点的高程变化。

水平位移观测,通常是用经纬仪按视准线法、小角度法和三角网法,根据工作基点测定标点的水平位置变化。

3-4 在进行建筑物的位移观测时,垂直位移与水平位移观测必须配合进行,并应同时观测上下游水位。对于混凝土面板堆石坝应同时观测混凝土的温度和气温。

3-5 大坝竣工两三年内,垂直位移和水平位移观测应每月进行一次。汛期应根据水位上升情况,增加测次。位移已基本稳定,或已基本掌握其变化规律后,测次可适当减少,但每年不得少于两次。当水位超过运用以来最高水位时,还应增加测次。遇有水位骤降或水库放空时,应及时加测。

第二节 观测设备的布置

3-6 坝面上位移标点的布置,应根据重要性、规模、施工、地质情况,以及采用的观测方法而定,以能全面掌握建筑物的状态为原则。通常,将垂直位移标点和水平位移标点设在同一标点桩上。

(一) 土石坝

应在有代表性而且能控制主要变化情况的地段上选择观测断面,如最大坝高处、合龙段、坝内有泄水底孔处及坝基地形和地质变化较大地段。横断面间距一般为50~100m。断面基本相同和基础无大变化的长坝,间距可适当加大,横断面不得少于3个。

在每个横断面上标点的布置,一般不少于4个。在上游坝坡正常水位以上至少布置一点;坝顶下游坝肩布置一点(有条件的,上游坝肩也可布置一点);半坝高以上的标点一般不少于3个,半坝高以下的标点,对坝基处于岩基上可适当减少,一般布置一点就行了,在软粘土地基上,或水中填土坝,设置测点不宜少于2个。对软粘土地基上筑坝,还

应在坡趾外增设2~3个标点,作为地基稳定性的控制标点。

为监测横向开裂的可能性,应在坝基地形突变地段(包括坝的两岸)、地质变化较大地段,以及坝内有泄水底孔处的坝顶增设测点,其间距以10~20m为宜。

(二) 混凝土面板堆石坝

坝面的标点布置同土石坝。除此之外还应根据其重要性、规模、地质情况、面板下的填料性质设置测点,进行面板周边缝开合度的观测。

面板表面的位移观测,通常选最大坝高处沿面板坡度设一条连续的测线(即测斜仪测量管线),特殊情况下沿坝长,视实际情况而设测线。

面板周边缝测点一般在最大坝高河床部位设一测点,两岸约1/3和2/3坝高处各设2个测点,以及两岸坡地形、地质突变处增设测点。

(三) 圪工重力坝

平行坝轴线,在坝顶下游坝肩及坝趾各设一纵排标点(有条件的,可在廊道内布置一纵排)。纵排上的标点,应在每个坝段中间布置一个,在较重要的坝上,可在每个坝段的两端各布置一个。

3-7 为避免折光的影响,应使标点尽量远离防浪墙或其他建筑物。有条件的可将标点做成标点墩,使之高出地面0.8~1.2m。

3-8 起测基点和工作基点的布置。

(一) 起测基点

垂直位移观测的起测基点,通常布置在建筑物两岸便于对标点进行观测的岩石或坚实土基上,一般在每一纵排标点的两端岸坡上各设一个。

(二) 工作基点

水平位移观测的工作基点,应布置在不受任何破坏而又便于观测的岩石或坚实的土基上。

1) 采用视准线法进行水平位移观测的工作基点,通常是在建筑物两岸每一纵排标点的延长线上各布置一个。

当建筑物长度在500m以上时,为减少观测误差,可在建筑物的每一纵排标点直线上增设一个或几个工作基点(并兼作标点用),使工作基点间距保持适当距离。有条件的,可保持在250m左右,其布置如图3-1(a)。

有条件的,可设正、倒垂线测定增设工作基点的水平位移值。

2) 采用三角网法进行水平位移观测的工作基点(或称测站点),对于前方交会测量,一般可布置两个工作基点,但为了提高精度,也可布置三个工作基点。在选择工作基点的位置时,交会三角形边长,最好在300~500m左右,最多不要超过1000m。务使对各交会点的视线交角都很适当,并注意各相邻两点的倾角不宜太大,其布置如图3-2。对于后方交会测量,可参考上述要求自行布置。

3-9 水准基点和校核基点的布置。

每一水工建筑物,应在附近地基稳固可靠而又便于引测的地方安设2~3个水准基点,据以引测和校测起测基点的高程。位置适合的水准基点,也可作为起测基点。