

高等学校教材
专科适用

水工建筑物检测与维修

浙江水利水电专科学校 王立民 主编



高等学校教材

||||| 专 科 适 用 |||||

水工建筑物检测与维修

浙江水利水电专科学校 王立民 主编

水利电力出版社

(京)新登字115号

高等学校教材(专科适用)

水工建筑物检测与维修

浙江水利水电专科学校 王立民 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市京东印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 19.5印张 441千字

1993年6月第一版 1993年6月北京第一次印刷

印数0001—3290册

ISBN 7-120-01676-8/TV·611

定价5.05元

内 容 提 要

本书共有十二章。第一章介绍水库工程失事的原因及危害、水库枢纽运行状态的标准以及检测维修工作的目的、意义和要求；第二至第六章介绍水工建筑物检测的基本知识、检测方法和成果的整理与分析；第七至十二章着重叙述水工建筑物的病害及其维修的原则、方法和要求，并对防汛抢险、堤坝蚁害的防治、水工建筑物的冻害及防治作了专门阐述。

本书为高等学校水利水电类水利工程专业专科教材，也可作为水工、农水专业师生的参考书和水利水电工程管理技术人员的工作指导书。

前 言

本教材是根据“水利部1990——1995年高等学校水利水电类专业专科教材选题和编审出版规划”组织编写的。

编写过程中，参照我国现行的有关规范、管理通则和工作手册，参考和收集了有关的专著、资料和成功的经验，按照“水利工程管理”专业专科培养目标的要求，并注意到本专业设计和管理人员的实际需要，进行了取材和归纳。

参加本教材编写的同志有：浙江水利水电专科学校王立民（第一、八、九、十一章），陈良堤（第三、四、六章）；南昌水利水电专科学校李再林（第七、十、十二章）；河北水利水电专科学校杨天恩（第二、五章）。

本教材由王立民副教授主编，南昌水利水电专科学校高凤梧副教授主审。

《水工建筑物检测与维修》是一门实践性很强的课程，内容十分广泛，教学中需要随着我国检测和维修技术的发展不断进行更新。参加本教材编写的同志虽在这方面作了努力，力求内容全面、系统，并能反映当前的实践技术状况，但限于水平，难免存有不妥和疏漏，诚恳地希望读者批评指正。

编 者

1992年3月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 水工建筑物失事的原因及危害	1
第二节 水库枢纽工程工作状态的标准	3
第三节 检测工作的目的和要求	4
第四节 加强维修工作的重要意义	6
第二章 土石坝的检测	8
第一节 土石坝的巡视检查	8
第二节 土石坝水平位移的观测	10
第三节 土石坝垂直位移的观测	22
第四节 土坝固结的观测	26
第五节 土石坝渗流的观测	32
第三章 混凝土坝和浆砌石坝的检测	43
第一节 混凝土坝和浆砌石坝的巡视检查	44
第二节 混凝土坝和浆砌石坝的变形观测	45
第三节 混凝土坝和浆砌石坝的扬压力观测	59
第四节 混凝土坝和浆砌石坝的伸缩缝、裂缝观测	65
第五节 混凝土坝和浆砌石坝的温度、应力观测	68
第四章 水闸、溢洪道的检测和库区观测	80
第一节 水闸的检测	80
第二节 溢洪道的检测	81
第三节 库区观测	83
第五章 土石坝观测资料的整理与分析	97
第一节 观测资料整理与分析的方法	97
第二节 回归分析及其在观测中的应用	99
第三节 土石坝水平位移观测资料的整理与分析	103
第四节 土石坝垂直位移观测资料的整理与分析	105
第五节 土石坝渗流观测资料的整理与分析	108
第六章 混凝土坝和浆砌石坝观测资料的整理与分析	121
第一节 混凝土坝和浆砌石坝变形观测资料的整理与分析	121
第二节 混凝土坝和浆砌石坝渗流观测资料的整理与分析	131
第三节 混凝土坝和浆砌石坝温度观测资料的整理与分析	135
第四节 混凝土坝和浆砌石坝坝体应力观测资料的整理与分析	137
第七章 土石坝的维护与修理	147

第一节	土石坝的日常维护	147
第二节	土石坝的裂缝与处理	147
第三节	土石坝的渗漏与处理	160
第四节	土石坝的滑坡与处理	182
第五节	土石坝护坡的破坏与修理	191
第六节	土石坝的加高与扩建	197
第八章	混凝土坝和浆砌石坝的维护与修理	201
第一节	混凝土坝和浆砌石坝的日常维护	201
第二节	增加重力坝和拱坝稳定性的措施	202
第三节	混凝土坝表层损坏的处理	209
第四节	混凝土坝的裂缝与处理	220
第五节	混凝土坝的渗漏与处理	226
第六节	砌石坝的病害与处理	227
第七节	灌浆处理	231
第八节	水下修理	242
第九章	水闸及其它水工建筑物的维护与修理	247
第一节	水闸的维护与修理	247
第二节	溢洪道的维护与修理	255
第三节	隧洞和涵管的维护与修理	258
第四节	渠道及渠系建筑物的维护与修理	264
第十章	防汛抢险	269
第一节	防汛抢险的意义与准备工作	269
第二节	堤坝险情的抢护	270
第三节	溢洪道、涵管及闸门的抢护	277
第四节	河道防凌	279
第十一章	土栖白蚁的防治	282
第一节	土栖白蚁对堤坝的危害	282
第二节	白蚁及其生活习性	283
第三节	堤坝白蚁的检查与观察	285
第四节	堤坝白蚁的防治	288
第十二章	水工建筑物的冻害与防治	292
第一节	季节性冻害的概念与危害	292
第二节	季节性冻土冻害的防治	295
第三节	混凝土水工建筑物冻融破坏与防治	299
第四节	土坝上游护坡的冻害与防治	301
参考资料		304

第一章 绪 论

建国以来,我国的水利建设事业发展迅速,全国现有水库8.6万余座,是世界上水库最多的国家。与此同时,还建成了一大批山塘小水库、水闸、万亩以上灌区、机井、机电排灌工程以及河道海岸堤防。这些水利工程是抗御水旱灾害、发展国民经济的重要物质基础,对促进工农业生产的发展和保障人民生命财产的安全发挥着巨大作用。

但从另一方面看,在已建的水利工程中,还存在着不少不安全因素,发生过不少事故和严重事故,特别是大坝的安全问题尤为突出。自河南“75.8”特大水灾以来,人们对垮坝造成的严重后果有了进一步的认识。各级水利部门对加强工程安全管理工作极为重视,且有较大的进展。其中,大型水库和失事将造成极大损失的中小型水库的安全加固工作进展较快,已取得较大的成绩。而对一般的中小型水库,由于数量多、原设计标准普遍偏低、施工质量较差、安全加固工程量大以及经费上的原因,仍有不少水库未能达到1978年部颁标准,其效益也由此未能得到充分发挥。因此,尚需作很大努力。

第一节 水工建筑物失事的原因及危害

运用中的水工建筑物,在下述因素作用下,有的会向不利方向转化而受到损害。

1) 水工建筑物经常在水中工作,受到的水压力、渗透、冲刷、气蚀和磨损等物理作用及侵蚀、腐蚀等化学作用,甚至超标准自然因素(如超标准洪水、强烈地震和特大流冰等)的影响,会使建筑物遭到破坏。

2) 由于人们对自然界事物发展规律的认识还具有一定的局限性,使水工建筑物在勘测、规划和设计中,难免有不符合客观实际之处,从而使水工建筑物本身存在不同程度的缺陷和弱点。

3) 在施工过程中,由于各种主观因素和客观条件的限制,施工质量较差,造成建筑物中存在不同程度的隐患。

4) 管理不善,使建筑物遭到人为的和生物的破坏。如船只撞击,在建筑物上或在影响建筑物安全的范围内进行挖坑、建鱼塘、炸鱼等对工程有害的活动,调度运用不科学以及白蚁鼠獾钻洞等。

水工建筑物的缺陷、隐患和损坏,都是水工建筑物的病害。如果不予及时处理,病害必然趋向严重,容易导致事故和严重事故的发生。

一般地说,所建工程的数量多,出现工程事故和失事的机会也多。据国际大坝委员会的不完全统计,垮坝失事约占总建坝数的0.5%,出现各种事故的坝占5%。我国的垮坝和事故率要比这个百分数大得多,这反映了我国大坝安全问题的严重性。造成这种状况的原因,与我国的一些具体情况有关。目前运用中的水库,许多是五十年代末至六十年代初

期在“边勘测、边设计、边施工”的条件下修建的，违反了基建程序。工程匆促上马，强调进度而忽视质量，导致设计欠周和施工不良的现象较普遍。由于当时技术水平较低，基本资料不全，加之工程全面铺开，点多面广，经费和物质受到限制，使许多工程设计标准偏低，施工质量较差。特别是占总建坝数97%的小型水库，问题更为突出。在已修建的大坝中，绝大多数是土坝。这种坝型抗御外部侵蚀的能力较差，像洪水漫顶、渗流破坏、滑坡坍塌、心墙和坝体裂缝漏水以及白蚁鼠獾危害等都容易导致各种事故和失事的发生。许多水利工程在运用中管理不善，特别是很多小型水库建成后没有专管机构和人员，更无安全检测设施。不了解工程运用的状态，盲目乐观，甚至有的知道工程有病害，因各种原因不能及时维修加固，又不注意安全运用，存在工程带病渡汛的侥幸心理。一旦险情出现，就措手不及，增加了工程事故和垮坝失事的机会。

表 1-1

我国大坝失事型式及分类

序号	垮 坝 失 事 型 式		占统计垮坝总数的百分数(%)	
			分 类	合 计
1	漫 顶	泄洪能力不足而漫坝	42.0	51.5
		超设计标准洪水而漫坝	9.5	
2	质量问题	坝体渗漏	22.7	38.5
		坝体滑坡	2.6	
		基础渗漏	1.3	
		溢洪道渗漏	0.6	
		溢洪道质量问题	6.0	
		输水洞渗漏	4.5	
		输水洞质量问题	0.8	
3	管理不当	因超蓄降低防洪标准	1.1	4.2
		维护运行不良	1.3	
		溢洪道筑堵不及时拆除导致漫坝	0.5	
		无人管理	1.3	
4	其它原因	库区或溢洪道岸坡塌方堵塞泄洪设施	1.7	4.6
		人工扒坝泄洪	2.3	
		工程设计布置不当	0.6	
5	原因不明		1.2	1.2

水利部工程管理局1979年编制的《全国水库垮坝登记册》的资料表明：在垮坝的总数中，由于标准低、泄洪能力不足和质量问题而引起垮坝的占90%，其中土坝占98.3%，小型水库占96%。垮坝失事的型式归纳为5类，见表1-1。通过对分布在26个省、市、自治区的241座大型水库先后发生过的1000宗工程事故的分析，将事故的型式分为9类，见表1-2。

水库一旦垮坝，除工程本身遭到破坏外，直泻而下的溃坝流量更有着强大的破坏力，将给水库下游的人民生命财产和经济建设造成严重灾害，甚至是毁灭性的灾害。同时，水库原有的效益一旦消失，这个地区的工农业发展也将受到严重影响。例如美国的提堂坝，是

表 1-2

我国大坝事故型式及分类

序号	大 坝 事 故 型 式		占统计事故总数的百分数(%)	
			分 类	合 计
1	裂 缝	大坝裂缝	12.9	25.3
		大坝铺盖裂缝	1.1	
		其它建筑物裂缝	11.3	
2	渗 漏	坝基渗漏	6.7	26.4
		坝体渗漏	7.0	
		坝头绕渗	3.1	
		其它建筑物渗漏	9.6	
3	管 涌		5.3	5.3
4	滑坡塌坑	大坝滑坡	5.3	10.9
		大坝塌坑	2.5	
		岸坡滑塌	3.1	
5	护 坡 破 坏		6.5	6.5
6	冲 刷 破 坏		11.2	11.2
7	气 蚀 破 坏		3.0	3.0
8	闸 门 启 闭 失 控		4.8	4.8
9	白 蚁 打 洞 及 其 它		6.6	6.6

一座坝高为91.5m的土坝, 1976年6月5日水库第一次蓄水时溃决失事, 冲走坝体土料300万m³, 下游200多km的平原洪水泛滥, 损失达4亿美元。我国也有不少垮坝的惨重教训。因此, 对于水库的安全问题, 应予以特别重视。即使是小型水库的失事, 其造成的灾害对一个小区来说, 也是难以承受的。

第二节 水库枢纽工程工作状态的标准

坝、溢洪道(或泄洪隧洞)、放水隧洞(或涵管)是组成水库枢纽的三大主要水工建筑物。因此, 通常所谓水库的病害、检测、维修, 实际上是针对这三大水工建筑物的。

我国的水库工程数量多, 维修工程量大, 而且资金不足的矛盾也比较突出, 不可能在短期内全部维修完毕, 因此, 不能及时维修的险库仍然承受着垮坝的危险。为使水库失事的数量和失事后的损失尽可能地减少, 各级水利部门应对所辖水库进行必要的检测, 按病害程度以先重后轻的顺序, 集中资金、设备和材料, 分期分批地进行维修, 并首先对失事后会造成严重损失的水库及时进行维修。

水库工程的病害程度决定着它的运行状态, 而习惯上以水库工程的运行状态来反映它的病害程度。为便于维修工作的正常开展, 对水库运行状态的划分必须有一个统一的标准, 通常把水库划分为正常状态、病害状态和危险状态三等, 其标准如下。

正常状态: 水库枢纽中的主要水工建筑物均达到设计校核防洪标准, 工程质量良好,

在正常情况下均能安全可靠地运行，并充分发挥水库枢纽的应有效益，安全渡汛基本没有问题。

病害状态：水库枢纽中的主要水工建筑物均达到设计防洪标准，但低于校核防洪标准或存在一般的病害，且能迅速维修安全渡汛。

危险状态：水库枢纽中的主要水工建筑物未达到设计防洪标准或存在严重的病害，不能安全蓄水和渡汛。

应当指出，水库枢纽运行状态各等级标准的伸缩性较大，确定时应慎重。同时必须指出，水库枢纽的安全运行问题与水文资料、勘探成果、设计方法、施工质量、材料选用、管理措施以及检查观测等多种因素密切相关，工程存在的缺陷和弱点不可能完全被人们所掌握，并且在长期运用中会不断暴露出来甚至向不利的方向转化。因此，各等级之间实际上并没有明确的界限，即使对被划为正常状态的水库枢纽，同样必须重视日常检测和维修工作，发现异常现象应及时研究分析，妥善处理，以保证工程的安全。

第三节 检测工作的目的和要求

一、检测工作的目的和意义

运用中的水工建筑物，受到各种荷载和自然因素的作用，工作情况随时都在变化，甚至状态也发生变化。这种由正常状态转化为病害状态或由病害状态转化为危险状态的变化，是一个病害发展由量变到质变的过程，必然会出现一些异常的现象。加强检测工作，能及时发现问题，采取有效措施，把事故消灭在萌芽状态中，可以保证建筑物的安全。例如我国丰满水库大坝为坝高91m的混凝土重力坝，是解放前修建的，工程质量很差。1950年观测的成果表明，坝体渗漏严重，坝基扬压力和坝身的水平位移都很大。据观测资料分析，在百年一遇洪水到来时，大坝将有倾覆的危险。据此进行了紧急加固，从而降低了坝基扬压力和渗流量，提高了大坝的稳定性，保证了大坝的安全。反之，忽视检测工作，不能及时发现问题，一旦险情发展，措手不及，往往导致事故的发生。法国玛尔帕塞坝的溃决失事，即是一起因忽视检测工作的惨重事例。该坝是一座高66.5m的双曲薄拱坝，1959年建成，当年12月2日晚上突然溃决。失事的当天下午，几名工程师曾对大坝进行了视察，但由于坝内未埋设任何观测设备，未能发现异常现象，还认为坝的运行是正常的。

水工建筑物在设计时，由于不可能对所有影响建筑物安全的因素都能做到精确计算，常采用一些简化公式、经验公式、实验系数和模型试验成果，以求得近似解。这些公式、系数与成果能否满足工程使用要求，还需进行实践检验。从施工开始直至整个运行阶段对水工建筑物进行全面系统地观测，不仅可以验证其安全状况，作为鉴定工程质量的依据，而且可以为提高设计水平提供第一手资料。如刘家峡水库大坝的扬压力分析是按通常的设计假定计算的，而观测资料表明实际的扬压力较小，这不仅对坝身稳定有利，也为同类工程提供了宝贵的经验。

水利工程管理的目标必须是既能安全可靠地运行，又能发挥最大效益，而这两者常常是矛盾的，片面追求某一个方面必然导致经济上的损失。检测能了解工程的工作情况和状

态变化,掌握工程变化规律,再结合水情预报,可为管理单位负责人分析和制定正确的运行方案提供科学依据。

当上游河道由于人类活动或自然因素的影响被污染时,水质、生物质、底质质量也会恶化。水污染严重时,水体难于自净,妨碍了水体的正常功能,造成环境质量、资源质量、生活质量、人体质量的下降和经济的巨大损失。对水质进行检测,可以了解水质变化动态,发现问题及时作出水质恶化预报,使有关部门及早采取措施进行控制和治理,不致造成严重危害。同时,当发现水体中含有对钢铁或混凝土有侵蚀破坏作用的物质(如氯盐、硫酸盐等)时,便于尽早采取防治措施,以延长建筑物的使用寿命,保证运行安全。

综上所述,检测工作具有十分重要的意义。其目的在于:

- 1) 及时发现异常现象,分析原因,指导维修工作,防止事故发生,保证工程安全。
- 2) 通过原形观测,对建筑物的设计理论、计算方法和计算指标进行验证,有利于设计理论水平的提高。
- 3) 监视水情和水流状态、工程状态和工程情况,掌握水情和工程变化规律,为正确管理提供科学依据。
- 4) 根据水质变化动态,做出水质恶化预报,便于有关部门及时采取措施,控制和消除水质污染,并对建筑物有侵蚀破坏的水质,便于早期做好防治工作,以延长建筑物使用寿命和保证安全运用。
- 5) 通过分析施工期观测资料,控制施工进度,保证工程质量。

二、检测工作的基本要求

水工建筑物的检测工作由巡视检查、仪器观测和资料分析三部分组成。其中,巡视检查又分为日常巡视检查、年度巡视检查和特殊情况下的巡视检查三类。

日常巡视检查:应根据实际情况制定日常巡视检查程序,由管理单位指定有经验的专职人员对工程进行的例行检查,以便及时发现异常迹象。

年度巡视检查:在每年汛前、汛后及高水位、低气温时,按规定的检查项目,对工程进行较全面的巡视检查(在汛前可结合防汛检查进行)。年度检查由管理单位负责人组织领导,必要时可请上级主管部门派人参加。年度检查应结合观测工作及有关分析资料进行。

特殊情况下的巡视检查:当发生特大洪水、坝区(或其附近)发生有感地震、工程非正常运用以及其它特殊情况时,应立即进行巡视检查。特殊情况下的巡视检查组可由上级主管部门聘请有关专家组成,但应有原巡视检查人员参加。

巡视检查必须按规定的检查项目、次数和时间认真进行,详细记载,并将结果存入技术档案。巡视检查中如发现大坝有损伤、附近岸坡有滑坡崩塌征兆或其它异常迹象,应立即上报,并分析其原因。

观测工作的范围,包括坝体、坝基、坝肩、大坝上下游对安全有重大影响的岸坡,以及其它有关的水工建筑物。观测期则包括施工期、初次蓄水期和运行期。

国外的事故统计资料表明,施工期的大坝事故率最高,其次是初次蓄水期,即开始蓄水的头一年,以后就顺次递减。因此,施工期和初次蓄水期对大坝进行的安全检测,对保证大坝在这个时期的安全运行非常重要。同时,初次蓄水过程中所进行的观测,可为评价坝

体和坝基性态的种种变化提供初始依据。运行期的时间较长，应观测大坝在各种因素作用下，其缺陷和弱点可能向不利方向转化的情况，特别要注意对坝的整体性及其某些特殊部位的结构性态进行观测，发现问题及时采取措施，以确保大坝的安全。

大坝的观测项目取决于坝型、坝高和工程等级。一般的混凝土坝和土石坝的观测项目将在有关章节中叙述。

水工建筑物的观测，必须严格按照规定的测次和时间全面、系统、连续地进行。各种互相联系的观测项目，应配合进行。应掌握特征值和有代表性的测值，研究工程的运行情况，了解工程重要部位和薄弱环节的变化动态，保证观测成果的真实性和准确性。对观测成果应及时进行整理分析，绘制图表，并做好观测资料的整编工作。如发现观测对象的变化不符合一般变化规律或有突变现象时，应进行复测，并根据复测结果，分析原因，进行检查，研究处理。

第四节 加强维修工作的重要意义

一、加强维修工作的重要意义

水工建筑物的维修工作，即是采用工程措施，及时有效地与水工建筑物的病害作斗争，使不安全因素向有利的方向转化，确保工程的安全运用，使其充分发挥应有的效益。

十多年来，不少水利部门对加强水工建筑物的维修工作一直十分重视，并取得了很好的效果，积累了很多整治病害的经验。

例如：浙江省南山水库大坝是高为72m的粘土心墙坝，总库容为1亿多 m^3 。1970年出现输水洞出口漏水，经测定，水压为 $4 \times 10^5 \sim 4.5 \times 10^5 Pa$ 时，总漏水量达20~30L/s。1971年采用灌浆处理效果不佳。后输水洞又有两处出现环向裂缝，于1973年底以钢板内衬补强结合压力灌浆，达到了如期的效果。1973年坝顶两端各出现横向裂缝5条，最大缝深2m，缝宽2cm，采用了翻挖回填夯实处理。1978年又发现一条沿坝轴纵向长达240m的间断缝，最大缝宽4mm，采用冲抓钻造孔填土夯实处理后，经注水试验检查，质量较好。该工程原施工质量差，运用中多次出现险情，但由于管理单位重视安全运用，加强检测维修工作，使工程一直处于正常运行状态，并发挥了应有效益。

这种例子很多，事实说明，只要加强检测维修工作，病险水库可转危为安，发挥正常效益，为工农业生产服务，为人民造福。

二、维修工作的基本要求

维修工作一般可分为经常性的养护修理、岁修、大修和抢修四种。

经常性的养护修理：根据经常检查发现问题而进行日常的保养维护和局部修理，以保持工程完整。

岁修：根据汛后全面检查所发现的工程问题，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，技术性较复杂，管理单位报请上级主管部门邀请设计、科研及施工单位共同研究制定专门的修复计划，报批后的修理。

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，并同时

上报主管部门，采取进一步的处理措施。

维修工作的基本要求是：

1) 管理单位对土、石、混凝土建筑物，金属、木结构、闸门启闭设备，机电动力设备、通讯、照明、集控装置及其它附属设备等，必须进行经常性的养护工作，并定期检修，以保持工程完整、设备完好。

2) 维修应本着“经常养护，随时维修，养重于修，修重于抢”的原则进行。

3) 无论是经常性的养护修理，还是岁修、大岁或抢修，均以恢复或局部改善原有结构为原则；如需扩建、改建时，应列入基本建设计划，按基建程序报批后进行。

第二章 土石坝的检测

检测是用来了解水工建筑物及其地基工作情况的手段，它包含现场巡视检查（以下简称巡查）和仪器观测（简称观测）两方面的内容。用眼看、耳听、手摸或依靠简单工具直接了解水工建筑物及其地基工作情况的方法称为巡查。它能对整个工程（包括上游库区和下游河道）显露于外表的病害现象作全面了解，但巡查结论属于定性分析，准确程度较低。用专门的仪器和设备做间接了解的方法，称为观测。它能了解水工建筑物及其地基的内部变化情况，能对观测成果进行定量分析，精确程度较高，但存在一定的局限性。因为固定测点的布设仅是建筑物某几个典型断面上的几个点，而病害往往不一定正好发生在测点位置上。根据已建工程的检测经验，对于显露在外表的病害现象，多数是通过巡查发现的。因此，巡查和观测是检测工作的两个方面，通过它们的相互配合和补充，才能使对整个工程进行的全面检测获得较好的效果。

第一节 土石坝的巡视检查

对土石坝的巡查，一般包括如下内容。

- 1) 坝体有无裂缝、塌坑、滑坡及隆起现象，有无害虫及害兽活动迹象。
- 2) 迎水坡的干砌块石护坡有无松动、翻起、架空和垫料流失现象；浆砌块石护坡有无裂缝、下沉和垫料掏空现象。
- 3) 背水坡及坝下游老河槽、台地有无散浸和集中渗漏。
- 4) 坝顶的防浪墙有无裂缝。
- 5) 坝头岸坡有无绕渗。
- 6) 坝下埋管外周或与相邻建筑物的连接部位是否有渗漏。
- 7) 坝趾有无流土管涌现象。
- 8) 减压工程和排水导渗设施有无堵塞、破坏和失效。

当土石坝在不同运用情况或遭受外界因素严重影响时，如初次蓄水、高水位、大风浪、暴雨、水位骤涨骤落、冰凌、温度骤变、地震及近处大爆破等情况发生时，要特别注意进行检查和观察。如发现有威胁工程安全的严重问题，还应昼夜监视。

影响土石坝正常运用的病害，除泄洪能力不足外，主要有裂缝、滑坡和渗漏。因此，在巡查时对这三种病害应做重点检查。

1. 裂缝检查

裂缝的种类及特征可参阅第七章有关内容。

土坝的坝体和粘土心墙坝或粘土斜墙坝的防渗体容易发生裂缝的部位有：坝体两端与岸坡的结合处；坝体高差变化较大的部位；坝体分期、分段施工的结合处及合拢段；坝体与其它建筑物接合的部位；坝体施工质量较差或地质条件不好的坝段；用不同材料筑成的

坝体结合处；坝下涵管的上方等。因此，对这些部位应做重点检查。

对于均质土坝，发生在坝顶和下游坝坡的裂缝一般容易发现。发生在上游坝坡护坡石下的裂缝，只能靠仔细观察护坡石有无变形来判断，必要时可挖开护坡进行检查。

坝顶设有刚性防浪墙的粘土心墙坝或粘土斜墙坝，由于刚性结构的极限抗拉应变远比土的极限抗拉应变小，可以从防浪墙的开裂情况来判断心墙或斜墙可能发生裂缝的部位。例如，防浪墙的某处被拉裂，其下的心墙或斜墙可能出现横向裂缝；如果防浪墙被挤碎，其下的心墙或斜墙受压缩，则不会出现横向裂缝。

对发现的裂缝应设置标志并进行编号，及时做好检查观察记录，即记录裂缝发生的时间，裂缝的走向、长度、宽度，绘制裂缝的平面分布图，如图2-1所示。对横向裂缝和重要的纵向裂缝，要定期进行观察，记录观察时间和裂缝的变化情况。必要时还应量出裂缝的深度，即可在裂缝中灌入一些石灰水，然后跟踪追挖进行坑探，深度以挖至裂缝尽头为宜。坑探的断面一般采用 $1 \times 1.5\text{m}^2$ 左右，必要时可加支撑，以保证安全。在裂缝观察期间，为防止雨水流入和避免牲畜或人为破坏，可将裂缝保护起来，不使裂缝失去原状。

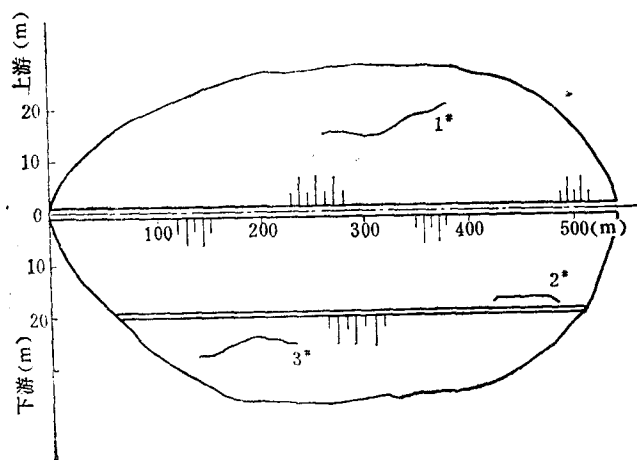


图 2-1 坝体裂缝位置图

2. 滑坡检查

滑坡的种类及特征可参阅第七章有关内容。

土坝容易发生滑坡的几个关键时刻，要特别加强检查观察。如水库初次蓄水和汛期高水位持续期间，应注意检查下游坡有无滑坡现象；水库连续放水，水位下降幅度较大时，应注意检查上游坡有无滑坡现象；持续特大暴雨和台风袭击时，应注意检查上下游坝面是否因土壤饱和而而出现滑坡现象；发生四级以上地震或近处大爆破情况时，应全面检查上下游坝坡有无出现滑坡现象。在北方地区，春季解冻后，坝体中的冻土因体积膨胀，干容重减小，融化后土体软化，抗剪强度降低，坝坡的稳定性差，也很可能发生滑坡，亦应注意对上下游坝坡的检查。

对滑坡裂缝，应做好观察记录，绘出裂缝发生的部位、形状、测出裂缝的宽度和长度，并密切注意观察裂缝的发展情况。

3. 渗漏检查

土坝的坝体及地基都具有一定的透水性，因此，水库蓄水后的渗漏现象是不可避免的。但并不是所有渗漏都会危及坝的安全，从这个角度来看，可将渗漏分为正常渗漏和异常渗漏两种。如果渗水经原设计的导渗排水设施或坝体下游地基中排出，渗水清晰不带土粒，则不会引起土体的渗透破坏，此为正常渗漏。渗漏从下游滤水体以上坝面排出，坝体下游地基或两端岸坡渗水有翻砂带土现象，以及渗漏量较大影响蓄水兴利的，都称为异常渗漏。正常渗漏在某种条件下可能转化为异常渗漏，因此，对土坝的渗漏现象，应当重视并认真检查观察。

异常渗漏的发展将危及大坝的安全。常见的有：

1) 下游坝面出现散渗，会产生坝面阴湿、填土软化的现象。散渗严重时可观察到下游坝面有多股小水流逸出，说明坝内已经发生渗透破坏，或者下游坝面的饱和土向下滑移，局部坝坡开始失稳。

2) 下游坝面出现集中渗漏，渗漏的发展使渗水由清变浊，渗漏量加大，这是坝体发生渗透破坏的征兆。若漏水时清时浊、时大时小，则是渗漏通道塌顶所致，险情将急剧发展。蚁患漏水也属这种现象，漏水增大时还可观察到菌圃屑、白蚁随水流带出。对于巢位不深的砂壤土坝，巢体上方坝坡易出现跌窝；巢位较深而上游水位较高时，漏水呈射流，下游坝面饱和土下滑产生塌坡。

3) 坝体下游地基发生涌水翻砂现象，说明地基已发生渗透破坏。开始时水流带出的砂粒沉积在涌水口附近，形成砂环。砂环随时间增长而增大，发展到一定程度后因渗漏量增大使砂粒被带走，砂环虽不再增大但可能出现塌坑。

发现异常渗漏后，要掌握库水位与渗漏量的关系，为渗漏处理提供资料。若库水位达到某一高程时，坝后出现渗漏或渗漏量突然增多，则渗漏的入口处就在该水位线的附近。检查观察渗漏时，应做好记录，包括渗漏量大小、相应的库水位、渗水的浑浊程度、发生的部位等，以便分析渗漏的原因和病害程度。

第二节 土石坝水平位移的观测

土石坝在自重、水压力等荷载作用下，会产生变形（如水平位移、垂直位移和土体固结），这是一种必然的客观规律。其变形量的大小与施工质量、筑坝材料、地基情况和设计坝坡等多种因素有关，过大的变形可能导致坝体裂缝或滑坡，甚至造成垮坝失事的严重后果。

土石坝水平位移观测是变形观测的一个组成部分，其观测原理是在坝体上埋设位移标点，在坝体外地基稳定处埋设工作基点，测定位移标点相对于工作基点的水平面直角坐标位置，并在不同时期（或不同工作状态）进行重复测定，比较其坐标值之差，即为这不同时期内（或不同工作状态）的水平位移分量。

一、观测点的布设

1. 位移标点