

897625

高等学校教材

中小型水电站的 运行检修管理

河海大学 李贤庆 主编



水利电力出版社

高等学校教材

中小型水电站的 运行检修管理

河海大学 李贤庆 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书比较系统、全面地介绍了中小型水电站水工建筑物、水轮机、发电机、水轮发电机组及电气设备的运行、维护与管理方面的基本知识,并对机组检修中的重大工艺和缺陷处理作了重点介绍。

本书可作为高等院校“水利水电动力工程”专业的选修教材,同时还可供中等专业学校该专业的师生及从事中小型水电厂领导工作的人员及工程技术人员参考。

高 等 学 校 教 材

中小型水电站的运行 检修 管理

河海大学 李 贤 庆 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

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 12印张 270千字

1989年11月第一版 1989年11月北京第一次印刷

印数 0001—4700 册

ISBN 7-120-00765-3/TV·272

定价2.40元

前 言

近年来,我国的中小型水电站发展迅速,每年都有数以千计的中小型水电站投入运转。中小型水电站多以地方建设、地方管理为主,因此,缺乏有全面知识的技术人才和管理领导人才;同时迫切需要比较系统全面介绍中小型水电站水工建筑物、水轮机、发电机、水轮发电机组及电气设备等的运行、维护及管理方面的知识的书籍,为中小型水电站的安全、经济、高效运行服务。这也是作者编写本书的目的。

全书共分六章,第一、六章由姜树芬同志编写,其余由李贤庆同志编写和统稿。第一章介绍水工建筑物的运行与维护,第二、三、四、五章介绍水电站机电设备的运行、维护、检修与试验,第六章介绍中小型水电站的生产技术管理知识。为适应各类人员的阅读,略去了公式的理论推导过程,全书通俗易懂,实用性强。

在本书初稿的编写过程中,曾经得到河海大学研究生部沈根龙高级工程师、水动教研室刘大恺教授、电力系季一峰副教授等人的审阅,并提出了许多宝贵意见。全书最后由北京农业工程大学的杨存葆教授审定,在此一并致谢。

本书涉及面广并需一定的实际经验,由于作者水平及篇幅所限,不妥甚至错误之处在所难免,切望读者指正。

作 者

1988年10月于南京

目 录

前 言

第一章 中小型水电站水工建筑物的运行与维护	1
第一节 挡水建筑物的运行与维护	1
第二节 输水建筑物的运行与维护	10
第三节 水电站厂房及其维护	17
第二章 水轮机的运行与检修	19
第一节 水轮机概述	19
第二节 水轮机的运行	24
第三节 水轮机运行中的一般故障及处理	28
第四节 水轮机的汽蚀及其补焊	31
第五节 水轮机的其它部件的维护与检修	38
第六节 水轮机附属部件的维护与检修	51
第三章 发电机运行与试验	54
第一节 发电机概述	54
第二节 发电机运行中的操作和监视	57
第三节 发电机运行中的常见故障及其处理	64
第四节 发电机运行与检修中的试验	67
第四章 水轮发电机组的运行与检修	79
第一节 水轮发电机组的试运行	79
第二节 水轮发电机组的维护与检修	82
第三节 立式机组检修中的重大检修工艺	88
第四节 卧式机组的重大检修工艺	99
第五节 水轮发电机组的振动和平衡	107
第五章 水电厂电气设备的运行与维护	121
第一节 水电厂电气设备概述	121
第二节 变压器的运行与维护	124
第三节 高压断路器运行与维护	137
第六章 水电厂的生产技术管理	147
第一节 水电厂必须加强生产技术管理	147
第二节 建立健全生产指挥系统	148
第三节 安全生产与可靠性管理	149
第四节 水电厂运行管理	152
第五节 水电厂检修管理	154
第六节 水电厂规程制度	157

第七节 水电厂技术培训工作	158
第八节 水电厂技术组织措施计划	159
第九节 技术情报、技术革新和合理化建议、基础工作	160
附录 1 绝缘电阻的测量项目、周期与标准	162
附录 2 泄漏电流和直流耐压试验的项目、周期和标准	164
附录 3 交流耐压试验的项目、周期与标准 ..	166
附录 4 运行管理中常用的表格式样	169
附录 5 水轮发电机组大修参考项目	179
附录 6 电力设备评级办法 ..	183

第一章 中小型水电站水工建筑物的运行与维护

建国以来, 水利水电建设取得了巨大的成就。水工建筑物星罗棋布, 在抗御水旱灾害、夺取农业丰收, 保证电力供应, 促进国民经济发展等项工作中, 发挥了很大的作用。

水工建筑物在自然条件的作用下, 承受各种作用力, 其工作状态随时都在发生变化, 特别是由于水的作用, 使其工作性态复杂化。如运行管理不当, 加之设计和施工不够完善, 就容易出现异常情况, 甚至引起失事, 造成损失。为了充分利用水力资源, 发挥工程效益, 延长建筑物的使用年限, 确保机电设备的长期正常运行, 搞好水工建筑物的运行与维护是非常必要的。

第一节 挡水建筑物的运行与维护

挡水建筑物用以拦截水流, 形成水库, 抬高水位, 是水利枢纽的主要水工建筑物。它由堰、坝、闸等组成。它的正常与否直接影响到其它建筑物的正常运行, 甚至造成人民财产的巨大损失。因此, 我们在运行管理过程中应严格按操作规程操作, 并进行必要的定期检查和观察, 一旦发现问题应立即进行维护或采取其它的相应措施。

一、土坝的运行管理与维护

根据水库的管理经验, 土坝在运行过程中容易出现以下几个方面的问题: 坝体裂缝; 坝体、坝基及绕坝渗流; 坝坡滑动; 坝体沉陷和自然条件对坝面造成的破坏等。因此, 在运行管理过程中应特别注意这几个问题。

1. 土坝的裂缝观测

土坝的裂缝是一种较为常见的有害现象。有的从坝体外观就可以看到, 有的则潜藏于坝体内部不为所见。有的裂缝对坝体没多大影响, 而有的裂缝则潜伏着巨大危险。如细小的坝体横向裂缝, 在渗透水作用下有可能发展成为坝体的集中渗漏水的通道; 而有的纵向裂缝, 也许是坝坡滑动的预兆。

土坝的裂缝按部位分有表面裂缝, 内部裂缝; 按走向又可分为横向裂缝, 纵向裂缝, 水平龟纹裂缝; 按成因则可分为沉陷裂缝, 滑坡裂缝, 干缩裂缝, 振动裂缝。当发现后应立即观察, 详尽记录。对平行于坝轴线的裂缝看是否有滑坡的现象; 对垂直于坝轴线的裂缝注意是否有形成贯穿上、下游而形成渗漏通道的可能, 并对裂缝进行保护, 防止雨水的侵入及其它人为的践踏, 并应阻止裂缝的扩展。同时还应采取必要的量测, 记述裂缝的位置、走向、长度、宽度和深度, 绘出裂缝分布图, 供分析用。

2. 土坝的维护

(1) 裂缝的原因分析 裂缝的种类很多, 开裂的原因不尽相同, 其危害也不尽相同, 正确分析裂缝的成因及发生的部位, 对不同的裂缝采取不同的相应措施, 这在运行管

理中是非常必要的。土坝的裂缝成因，主要是由于坝基承载能力的不均一，坝体施工质量差，坝体结构及断面尺寸设计不当或其它因素引起，有的裂缝是由于单一的原因引起，有的则是多种因素造成的。

1) 干缩与冻融裂缝。干缩裂缝是由于土体表面失水发生收缩，土体内部收缩甚微，表面土体受到约束，发生拉应力，而形成的裂缝。这种裂缝多发生于含水量较高、薄膜水较厚的细沙土体且仅限于表层。如均质坝、粘土心墙斜墙的表层，这种裂缝宽不超过1cm，深度几厘米到1m左右。从工程角度看，除了要防止雨水渗入缝中发生冲蚀外，一般来说，这种裂缝对土石坝危害不大。

冻融裂缝同样也是容易发生于含水量较高的细粒土体中。它是当土体冻结、气温又骤降时，表层冻土发生收缩，但又受到内部未降温土体的约束而在表层发生的裂缝。这种裂缝的范围仅限于冰冻范围。随着气温的回升，冻土的融化，裂缝一般能自行闭合。所以，这种裂缝对坝的威胁也不大，只要在易冻裂土体上覆盖有足够厚度的非粘性土作为防冻层即可防止发生冻裂。

2) 纵向裂缝。纵向裂缝多数出现于坝顶及坝上、下游坝坡，其走向平行于坝轴线。这种裂缝主要是由于横向不均匀沉降的结果。比较典型的是粘土心墙坝顶附近的裂缝，如图1-1所示。这是由于坝壳砂砾料沉降速度比墙快，在沉降过程中，坝壳通过交界面上的剪力向心墙传递荷载，在坝顶部位产生一个拉伸区的结果。这种裂缝有突发的性质，形成裂缝后，应力释放，达到新的平衡，除非坝壳有很大的变形，一般不会连续发展。这种裂缝多数发生在施工后期、竣工期以及水库蓄水初期坝壳发生较大沉陷的时期。这种裂缝与筑坝材料的变形性能密切相关。

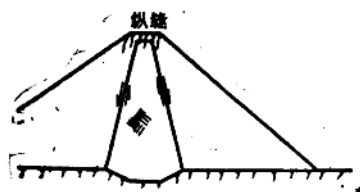


图 1-1 心墙坝纵缝示意图



图 1-2 斜墙纵缝
1—斜墙沉降；2—纵缝

当粘土斜墙后的坝体沉降量过大时，则在斜墙中也可能发生裂缝，如图1-2所示。

对于未经处理的深厚黄土地基，当水库蓄水后，其上游部分先沉陷，下游后沉陷，地基不均匀沉陷引起坝体出现纵向裂缝。黄土地基上有的坝，中间部分因荷载大，填筑时压缩变形大，相对湿陷变形小，故上下游坝基湿陷量反比中间大，致使坝坡产生纵向裂缝，如图1-3所示。

在高压缩性的地基上建坝，由于地基的不均匀沉陷及两侧的塑性流动，不仅会引起坝坡表面的纵缝产生，还可能产生于坝内表面的纵缝，如图1-4所示。

3) 横向裂缝。其走向是垂直于坝轴线的，也是一种拉伸缝，是由于在坝轴线处不均匀沉陷而引起的向河心方向的水平位移。

在坝的纵剖面，一些局部地形变化或刚性建筑物而引起的不均匀沉陷，也可能使坝产



图 1-3 黄土地基不均匀湿陷引起的纵缝

1—黄土湿陷；2—纵缝

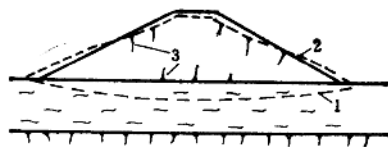


图 1-4 高压缩性地基不均匀沉降引起的纵缝

1—地基沉降；2—坝体变形；3—纵缝

生局部拉伸区并产生横缝。横缝的危害性极大，若贯穿坝的防渗体，特别是位于河床、坝高较大的坝段中的横缝及位于坝底的横缝，当裂缝伸至水位以下时有可能产生渗漏集中的通道，导致险情的发生。可能发生横缝的各种情况，如图1-5所示。

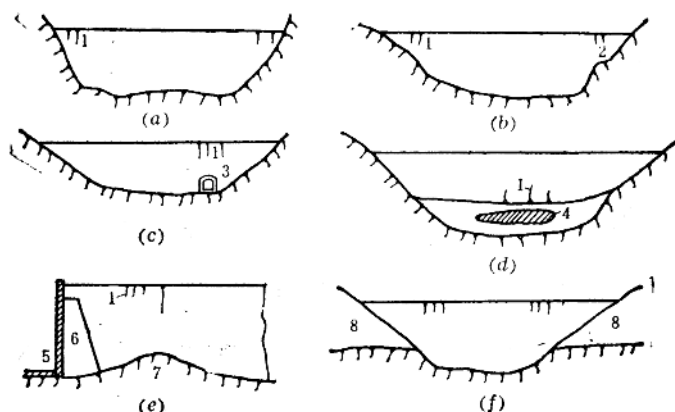


图 1-5 可能发生横缝的各种情况示意图

(a)岸坡陡峻；(b)岸坡陡变；(c)坝下埋管；(d)地基中有高压缩性土；(e)岩盘高差较大；(f)两岸为湿陷性黄土

1—横缝；2—台阶；3—埋管；4—高压缩性土；5—溢洪道导墙；6—刺墙；7—岩面突起；8—湿陷性黄土

4) 水平裂缝。通常发生于粘土薄心墙坝中，是一种内部裂缝。这种裂缝深潜于坝体内部，一般较难发现，是一种危害较大的裂缝，所以应予以重视。

发生水平裂缝的原因是坝壳心墙的拱效应，非粘性土沉降快，较早到达稳定，而粘土则固结速度慢，较长一段时间内将继续发生沉降。坝壳通过心墙接触面上的摩擦力阻止心墙的沉降，或者说心墙将部分荷载传递到坝壳，这就是坝壳对心墙的拱效应。拱效应的作用使心墙中的垂直正应力减小，如作用剧烈，则有可能出现拉应力，出现水平裂缝，如图1-6所示。

(2) 土坝的裂缝处理 各种裂缝对土坝都有一定的不利影响，尤以贯穿坝体的横向裂缝和水平裂缝更为严重，一旦发

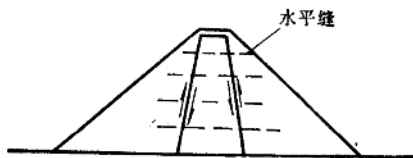


图 1-6 拱效应图

现后除继续观测和监视外，应及时地进行处理，以免造成不良的后果。

裂缝的处理通常采用开挖回填和灌浆两种方法或该两种方法结合使用。

1) 开挖回填。是处理裂缝比较彻底的方法，适用于裂缝不大的表层裂缝及防渗部位的裂缝。开挖回填的处理方法有三种：①梯形楔入法：适用于裂缝不太深的非防渗部位，见图1-7(a)所示；②梯形加盖法：适用于裂缝不太深的防渗斜墙及均质土坝迎水坡的裂缝，见图1-7(b)所示；③梯形十字法：适用于处理坝体或坝端的横向裂缝，如图1-7(c)所示。

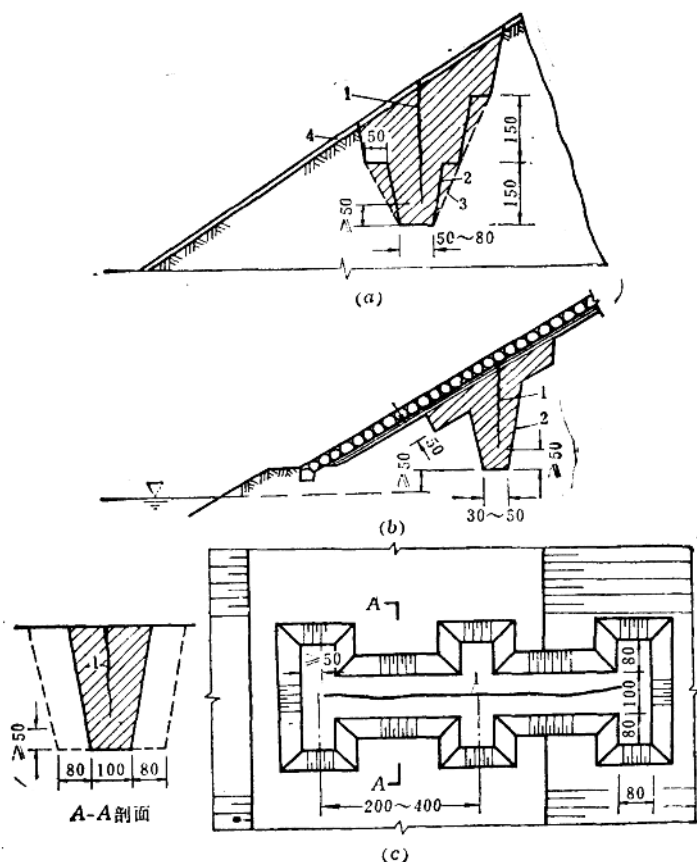


图 1-7 开挖回填处理裂缝示意图 (单位: cm)

(a) 梯形楔入法; (b) 梯形加盖法; (c) 梯形十字法
1—裂缝; 2—开挖线; 3—回填时削坡线; 4—草皮护坡

具体的做法：开挖梯形沟槽，为便于裂缝的走向检查，开挖前灌入少量的石灰水，以利于掌握开挖边界，开挖时底部宽度至少应为0.5m，深度则要大于原裂缝0.5m，长度要超过缝两端1m以上。开挖的边坡应满足边坡稳定及新旧填土结合的要求。然后根据具体情况选择回填土料，按原来的密实度要求分层夯实。处理沉陷裂缝所用的土料应选用塑性

较大的土料，控制其含水量大于最优含水量的1%~2%；用于干缩和冻融裂缝的土料其含水量则要求低于最优含水量的1%~2%。

2) 灌浆。对坝内裂缝，非滑动性的很深的表面裂缝，当开挖困难或开挖危及坝坡的安全时，可采用粘土灌浆处理。通常采用重力灌浆和压力灌浆的方法。重力灌浆是以浆自重灌入裂缝；压力灌浆法除浆液自重外再加机械压力，使浆液在较大的压力作用下，灌入裂缝。灌注的浆液主要是土泥浆。在处理浸润线以下部分裂纹时，掺入一部分水泥，制成粘土水泥浆，以加速凝固。

根据一些灌浆试验结果表明，灌浆液对裂缝具有很高的充填能力，不论裂缝的大小都能与缝壁紧密地结合。所以，这是一种比较理想的处理方法。当然，要想取得良好的效果，还应当注意灌浆孔的布置及浆液的配制。同时，还应合理地控制灌浆压力，不能过大或过小。压力过大，对坝体稳定会造成不良的影响。采用的最大灌浆压力应以小于灌浆部位以上土体重量为依据，灌浆压力的大小应通过试验来确定。

对于中等深度的裂缝，当库水位较高时，不易全部采用开挖回填处理的部位，可采用上部开挖回填、下部灌浆处理的方法进行。

(3) 土坝的变形观测 土坝的坝体和坝基在荷载作用下会发生变形。这种变形表现在坝身上固定点的变形移动，是可以观测的。而这种位移可分为水平位移和垂直位移。

土坝的变形主要由于孔隙水和空气被排出，使孔隙变小而引起的，变形的过程即为土体的固结过程。由于土压力的作用使土粒不只是垂直下沉，而且有水平方向的移动，因此土坝不只是沉陷，也有水平位移。

土坝在各种力的作用下，会产生各种变形，且有一定的规律和限度。其规律和限度与影响变形的因素有一定关系。若超过或违反这些规律，则会出现异常情况，这也可能就是发生裂缝和滑坡的先兆。为了及时了解土坝的运行情况，保证土坝的运行安全，必须对土坝的变形进行观测。

土坝的变形观测是在土坝坝顶和坝坡上的适当部位安设位移标点，用量测仪器进行的。在有代表性的地段选择若干典型观测断面用视准线法观测，可以得到水平位移。大坝的垂直位移可用水准测量进行。视准线法观测水平位移的观测布置如图1-8所示。

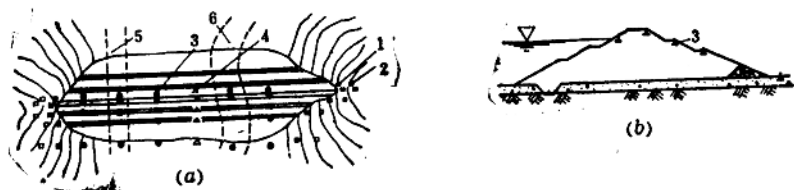


图 1-8 视准线法水平位移观测布置示意图

(a)平面图; (b)横断面图

1—工作基点; 2—校核基点; 3—位移标点; 4—增设工作基点; 5—合筑段; 6—原河床

在进行土坝变形观测的同时，还应注意坝体现象的观测。如有无虫害等隐患，坝体有无滑坡、坍塌、表面冲蚀及坡脚凸起等异常现象。对块石护坡应注意有无翻起、松动、塌陷、垫层流失、架空和风化等现象。坝顶路面及防浪墙是否完好，有无塌陷、裂缝等现象。

象。认真观测，做好记录以便维修时分析研究。

二、土坝的渗漏观测及其处理

1. 渗漏检查和观测

土坝坝体及坝基都有一定的透水性，水库蓄水后，在水压力的作用下，水流将沿着坝身土料、坝基土体和两岸地基中的孔隙渗向下游，造成坝体渗漏、坝身渗漏和绕坝渗漏，这是正常的现象。但如果设计不周、施工不当、运行管理不善，则可能造成异常的渗漏，轻则损失水量，重则产生渗透变形危及坝身安全。因此，应经常对坝体、坝基进行检查和观测。

土坝的渗透观测项目包括：浸润线，渗透流量（包括绕坝部分），坝基渗透压力及渗透水深的浑浊度。

土坝的浸润线的形状和位置随土坝的结构型式、土料的性质、施工质量、断面尺寸和上下游水位的变化而变化。浸润线的形状和位置对渗流和稳定有很大的影响。为了了解土坝浸润线的位置变化，掌握土坝在运行期间的渗透情况，在坝内典型断面埋设了若干测压管进行检查和观测。测压管布置如图1-9。

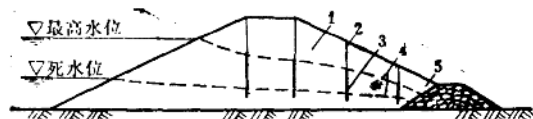


图 1-9 土坝测压管布置示意图

1—土坝；2—测压管；3—进水管段；4—浸润线；5—反滤坝趾

土坝渗流量的观测，一般是在坝体排水设备下游的适当地点将渗流进行集中。渗透流量的大小，可用各种形式的量水堰、量水容器或浮标、流速仪来测量。

在正常情况下，渗流量随水库水位升降而发生变化。库内水位升高时，渗流量增加。水位降低时，渗流量则减少。若突然增加，则应注意是否发生渗透变形。

水库蓄水后，在水头的作用下，当坝基为透水层时，也会发生渗流现象。坝基渗流是否正常，对水库的安全关系很大。为全面了解坝基透水层和相对不透水层中的透流情况，应对坝的防渗和排水设备的作用进行分析。为了估算坝基的实际水力坡降，推测是否发生渗透变形，应对坝基进行渗透压力的观测。坝基渗水压力通常也是采用在坝基处埋设测压管进行观测的。坝基渗透压力测试布置如图1-10所示。

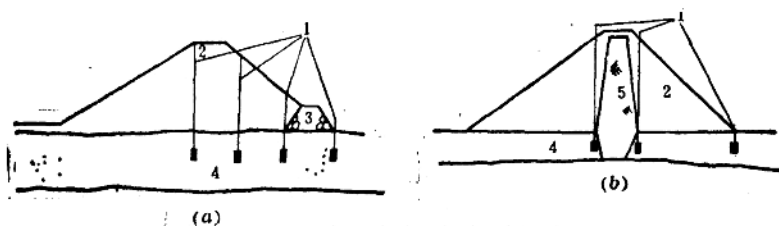


图 1-10 坝基渗透压力测试布置示意图

1—测压管；2—坝体；3—排水设备；4—透水地基；5—心墙

如果坝与岸交接不好,或两岸存在透水地基,将出现绕坝渗流。为了防止不正常的渗透以影响大坝的安全,便于进行分析研究和采取相应的措施,需要在土坝两端岸坡的适当地点埋设测压管来观测浸润线的位置及变化。

渗透水流的浑浊程度可以表明其中细土粒的含量。正常情况下,渗透水流是清澈透明的。当出现浑浊时,则可能是管涌的先兆,必须引起足够的重视。因此,应经常对渗流水进行透明度的鉴定以了解排水设备是否正常;并结合其它渗流观测,分析是否发生渗透破坏。渗透水流的浑浊度是用透明管观测的。

2. 土坝的渗漏处理

产生土坝的渗漏是多方面的,如设计人员对坝基的地质情况了解不够透彻,坝体设计过于单薄,基础处理不力,加之施工时碾压达不到要求等,这些都可能導致土坝的渗漏。白蚁等害虫在坝身打洞营巢,也是造成坝体集中渗漏的原因之一。

土坝渗漏处理的原则是“上截,下排”。“上截”就是在坝轴线以上封堵渗漏入口,截断渗漏途径,防止渗入。如抛土放淤、抽浑水放淤、重做粘土铺盖、粘土斜墙、粘土截水墙、粘土灌浆、砂浆板桩、连锁井柱、混凝土防渗墙。值得一提的是高压定向喷射帷幕板墙,它不仅用于地下截流,还用于地下构筑物的修补,以后将作详细介绍。“下排”就是在下游采用导渗和滤水措施,使渗水在不带走土粒的前提下迅速安全排出,以达到稳定。如用导渗、压渗、减压井等办法。

对于基础渗漏,当不能放空水库时,在探明集中渗漏孔口的前提下,可采用在上游水中抛土和抽浑水放淤的办法,堵住渗漏孔口。如能放空水库,可针对地基的具体情况,采用重做粘土铺盖、截水墙、防渗板墙等处理方法。

对于坝体渗漏处理则根据渗漏的具体情况,采用不同的措施,如上游采用粘土斜墙,或在坝体打板桩等措施。在做好“上截”的同时,在下游要采取相应的导渗措施,如设置导渗沟、减压井、岩石排水孔和导渗洞、压渗等设施。

出现问题后,可以采取上面所介绍的办法进行处理。如果在运行管理中按规程办事,有些问题是可以解决的,甚至可以避免发生。所以,在运行管理中,一定要细心检查观测,发现问题及时解决。但有一些工程,由于管理不善,造成水工建筑物的失事,危及到人民的生命财产安全,其教训是极其深刻的。

过去多少年来,地下构筑物修补及截渗多数采用静压灌浆法,解决了一些坝基渗漏问题。但对多数坝基松散地层采用静压灌浆,存在可灌性差,浆液扩散范围小的弊病,不易形成防渗帷幕。

近年来用高压喷射灌浆技术于坝基帷幕防渗。该项技术防渗效果好,施工速度快,且较经济,有着广泛的发展应用前途。

高压喷射灌浆法的基本原理是利用水、气同轴喷射切割地层,经掺搅同时注入水泥浆液置换地层形成充填凝固体。其作用原理如图1-11所示。在泵作用下的高速水流射束,从直径2~3mm的喷嘴喷出,出口速度达200m/s以上。同轴通入的气形成气幕起保护水流射束的作用,使水流的喷射能量在水和地层中不致过早散失。高速水流冲击土体,承受很大的动压力以及沿孔隙作用的水力劈裂力,由于脉动压力和连续喷射,造成土体强度降低等

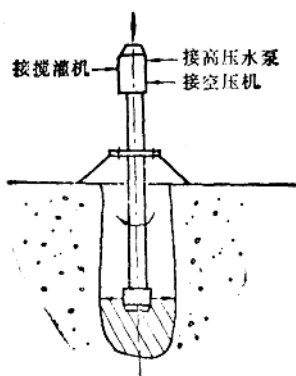


图 1-11 喷射作用原理图

学性质随所用灌浆材料及地层情况不同而不同，最常用的灌浆材料是灌注水泥浆。如果地层属砂砾成分，则凝结体的强度等指标相当于水泥砂浆；如地层属粘性土，则凝结体的性质相当于水泥土。用于地基防渗时，采用粘土水泥混合浆比较适宜。有关灌浆材料的选用及凝结体性质指标，需通过室内配方及现场取样试验确定。

三、土坝的滑坡处理

当土坝坝坡太陡，土体抗剪强度不能满足要求，坝坡内部土体的滑动力超过阻滑力时，就有可能产生局部滑动。或因坝基的抗剪强度不足，使坝体坝基一同发生滑动。一旦形成滑坡，就有可能造成重大损失。如在高水位时滑坡，库水漫顶就会出现严重的垮坝事故，给人民生命财产带来损失。由于土坝滑坡可能危及大坝的安全，所以在运行管理过程中，要做好经常性的养护工作，注意避免和减轻、消除造成滑坡的外界因素；水库的蓄放水严格按规程办事，一旦发现征兆，立即采取有效措施进行抢护，防止恶化。抢护的基本原则是上部减载，下部加重。一旦形成滑坡，待坍塌终止后，结合具体情况详尽研究，进行永久性处理。补强坝坡，处理原则仍是上部减载，下部压重。通常需经稳定分析后确定加固处理断面。

四、混凝土坝与砌石坝的运行管理及维护

1. 混凝土坝与砌石坝在运行中的检查、观测与维护

混凝土坝与砌石坝的运行，应按有关规程定期维护。闸坝运行中如发现基础渗漏或绕坝渗漏时，应仔细查清渗水的来源，加强检查观测，并进行必要的处理。在地基岩石有断层或岩层节理较发育的地方，应经常观察其外露部分有否变形、错动、张开等现象。并分析建筑物的安全状况。汛前、汛后都应观察泄水建筑物有无裂缝、汽蚀、磨损以及建筑物的边墙、底板有无淘刷，排水设施是否有堵塞等现象。消能设备是否符合设计要求，能否起到消能作用。还应注意扬压力的变化情况，并研究其变化规律。在运行管理过程中应经常注意坝面有无侵蚀破坏，是否出现裂缝。对预留伸缩缝要定期检查、观察，注意防止杂物卡塞、填料流失，对多泥沙河流要定期进行浅水排砂。对上、下游的漂浮物应经常处理，以免阻水、卡堵门槽及冲坏消能设施。对所有观测设备都要做好保护，如有损坏或失效应及时处理。

2. 混凝土坝的表面损坏修补和裂缝处理

(1) 表面损坏修补 混凝土建筑物, 由于设计考虑不周, 施工质量不好, 管理不善或其它原因, 往往会引起不同程度的表面损坏。如高速水流冲刷、淘刷、磨损及汽蚀等, 引起混凝土表面形成麻面、骨料外露、疏松、冻融、风化剥蚀引起的表面疏松、脱壳, 撞击引起的混凝土表面凹凸不平等。这些表面破坏, 一般造成表面不平整或使混凝土表面松软, 引起局部剥蚀, 并不断扩大。由于表层的破坏, 还会导致钢筋外露, 引起锈蚀, 削弱结构强度, 使建筑物失稳而发生破坏。

由于引起表面破坏的原因不同, 所以采取的处理方法也不同。对水流引起的破坏, 应主要改善水流的边界条件; 对气候条件引起的破坏, 应注意表面的保护; 对撞击引起的破坏, 则应采用避免撞击的措施。若表面已形成破坏, 则应对已损坏的部位进行修补。修补的办法是: 将已损的混凝土清除, 然后用普通混凝土, 采用喷混凝土或压混凝土法回填, 当修补面较小时, 还可采用环氧回填。

(2) 裂缝处理 混凝土建筑物由于设计不周、施工时不注意养护和温控、运行管理不善, 均有可能导致裂缝。当出现裂缝后, 应加强检查与观测, 并进行分析, 查明形成裂缝的原因及不利影响, 及时进行修补。

裂缝的修补一般宜在低水头和适宜于修补材料凝结固化的温度, 或干燥的条件下进行。修补的措施可以是: ①表面涂抹: 用水泥浆、水泥砂浆、防水快凝砂浆、环氧基液及环氧砂浆等, 涂抹于裂缝部位表面; ②表面贴补: 用橡皮、玻璃布、紫铜片和橡胶等材料, 贴在裂缝部位的混凝土表面上; ③凿槽嵌补: 沿混凝土裂缝凿一深槽, 槽内嵌填环氧砂浆及预缩砂浆等防水材料; ④喷浆修补: 在裂缝部位已经凿毛的混凝土表面, 喷射一层密实而强度高的水泥砂浆保护层。以上各种方法应视裂缝的具体情况及对建筑物的影响加以选用。

3. 混凝土坝的渗漏处理

混凝土坝在蓄水应用后, 在水压力作用下, 坝体有可能沿着裂缝、结构缝、伸缩缝等引起渗漏, 坝基及绕坝也有可能出现渗漏现象。坝体的渗漏, 将使坝体内部产生较大的渗透压力, 影响建筑物的稳定, 降低坝的压应力。坝基的渗漏会增大坝下的扬压力, 影响坝的稳定, 还可能引起渗透变形。在运行管理中, 应经常检查观测坝体及坝基的渗透情况, 对所观测的资料进行分析研究, 为确定处理方案提供依据。

处理混凝土坝渗漏水的基本原则是: “上截, 下排”。坝基的渗漏可采用处理土坝的有关方法进行。坝体的渗漏处理则要视造成渗漏的具体情况而采用不同的方法: 对于由裂缝引起的渗漏, 可按修补裂缝的办法进行处理, 这样既补好了裂缝, 又阻止了坝体的渗漏; 对于用止水结构缝而引起的渗漏, 则采取补做止水结构的办法。对混凝土坝段伸缩止水结构可采取如下方法: 对沥青井补灌沥青, 或对缝进行全灌浆或局部灌浆。不论是坝体渗漏, 还是坝基渗漏, 都要做好排水工作, 在坝体内设置排水管, 坝基间设置排水廊道及其它排水设备。

4. 砌石坝的修理

砌石坝是以石料为主的建筑物, 尤以浆砌石坝为主。浆砌石坝坝体破坏型式与混凝土

坝大致相同，修理也可采取与混凝土坝相同的办法。但浆砌石坝又有与混凝土坝不同处，具有自己的特点，在选择处理方法时要视具体情况而定。

(1) 裂缝的修理方法 对于缝深10cm以内的一般浅缝，可沿缝凿开，冲洗干净，使之露出砌石面，然后在缝内刷一层水灰比为0.45~0.5的水泥浆，再以1:1的砂浆填塞压实，表面抹光。

对裂缝较宽，且已贯穿砌体的，须将上、下游缝口边的损坏砌块拆除，使之成交错状态，冲洗干净后，再重砌平整。还可以将裂缝用压力水冲洗干净，上、下游缝口用模板封好，将缝内的积水排除，再灌注水泥砂浆或用混凝土回填。

对于漏水严重，而且又会危及建筑物安全的裂缝，在修理时除防渗堵漏外，还要对坝体进行加固。即对坝的上游面水平缝凿槽填补混凝土之后，再加筑混凝土防渗墙及浆砌条石加固。

(2) 渗漏处理方法 当上游混凝土防渗墙或浆砌石防渗体裂缝时，可采用涂抹环氧材料堵漏处理。对于由坝身沉陷引起的防渗面渗漏，可补浇混凝土或钢筋混凝土，利用喷浆盖面或沥青盖面等方法，恢复防渗护面的不透水性。对于迎水面的混凝土，防渗面产生裂缝而引起的渗漏，还可以采用钻孔灌浆的方法处理。

第二节 输水建筑物的运行与维护

中、小型水电站的布置有以下几种典型形式：①坝式水电站：水头由坝集中，厂房紧靠坝体布置于坝的下游，水电站的输水建筑物为穿过坝体的压力钢管及进水建筑物；②河床式水电站：水电站本身起挡水作用，直接从水库引水；③引水式水电站：水电站的水头全部或相当大的一部分由引水道集中，按照引水道的型式，又分为有压引水式及无压引水式水电站。根据自然条件和水电站型式不同，输水建筑物可以是明渠、隧洞、管道，有时还包括渡槽、涵洞、倒虹吸管、桥梁等交叉建筑物。在有压引水道和无压引水道中，一般还分别有调压室和压力前池等。输水建筑物的运行情况好坏，直接影响到水电站机组的正常运行。因此，对这些建筑物应经常检查观测，同时及时维护，按有关规程操作，保证电站机组的正常运行，发挥经济效益。

一、引水渠道的观测与维护

渠道是最简单的无压水道，水电站渠道用来向机组输水（引水渠），并用以将发电站用过的水流排走（尾水渠）及用来集中落差。对水电站渠道的要求是：①有足够的输水能力，渠道要能随时输送水电站所需的流量，并有适应流量变化的能力；②水质符合要求，要防止有害的污物及泥沙进入渠道；③运行要安全可靠，渠道在运行期要防止冲刷和淤积。渠道常见的缺陷主要为渗漏、淤积和冲刷。在某些情况下，也会发生漫溢和溃缺等严重事故。因此，在运行中要注意加强观测，一旦出现问题应及时修理，以保证机组的安全运行。

1. 引水渠道的检查与观测

根据水电站输水渠道的要求，应对渠道经常检查观测。在渠道过水期间，应检查各渠

段的流态, 是否有阻水、冲刷和渗漏破坏现象, 有无较大的漂浮物冲击渠坡以及风浪影响和渠顶超高是否足够。在渠道停水期, 应检查有无淤线冲深、渠坡塌滑、防渗层破坏及渠内是否有堆积物或杂草生长等。渠道淤积, 可使流速、流量减小, 严重的阻水, 还会造成渠岸坍方。

水电站对输水渠道的第一要求是应有足够的过水流量, 因此, 应经常对流量进行观测, 对已投入运行的渠道, 由于底宽及其它因素都已按设计施工完毕, 影响流量大小的主要因素为过水深度。所以, 应主要观测引水渠的过水深度。通常是在渠道上设立水位观测点。

在水电站引水渠道的设计中已经考虑了渗漏损失, 正常运行期间, 其少量渗漏损失是允许的。如发现较大的渗漏情况, 要加强检查、观测和及时处理。如发现渗漏的是清水, 水量变化又不大, 就可能是从岩石裂缝里渗漏出来的, 不会影响渠道的安全, 只是损失部分流量。如果渗漏是浑水, 且不断增大, 发生在外坡岸中, 就要及时处理, 否则将会危及渠道的安全, 造成渠岸坍塌等事故。

2. 运行要求

新建成的土渠第一次通水及老渠道修理后重新放水时, 应慢慢地升高水位, 细心观测水流的流态。由于新建渠岸和建筑物附近的新回填土不够密实, 没有达到沉陷限度, 若很快满渠过水, 会引起严重变形和塌溃现象, 甚至会冲开缺口。因此, 放水时应由浅到深, 并将浅水位维持一段时间, 使渠岸缓慢地吸水沉实, 检查薄弱环节, 发现问题进行修理, 然后继续抬高水位, 一般在新渠道投入运行前一个星期就应进行这一工作。

满渠水放干也应缓慢, 特别是过水流量较大的渠道更应缓慢地进行。因有些土质渠道, 当渠水骤然放空时, 会使渠道受到破坏。

枯水期以后重新投入运行的渠道, 也应按上述要求进行试放水工作。

对正常运行的引水渠道, 应按有关的操作规程运行, 即: ①维持渠道的正常流量, 满足发电需要; ②维持渠道的设计流速, 防止淤积和冲刷; ③控制过大的流量, 减少溢流, 节约用水。

3. 渠道的维护

(1) 渠道的修理 渠道每运行一段时间后, 都应停水进行一次全面的检查、维护和加固。修复遭破坏的渠道, 清除淤积物。对由于渗透而引起的局部破坏, 通常采用在背水坡堤脚增设滤水体和在堤外开挖导渗沟, 以达到导渗固脚、增强堤身稳定的目的。近年来, 较多地采用在迎水面做防渗处理, 这样不仅解决了渗透破坏问题, 而且减少了水量的损失, 降低了地下水位。

渠道经过地质条件比较差的地带, 如堆积层地带、破碎带, 以及穿过砂土或砂卵石高地的深挖方渠道, 其边坡往往不易稳定, 且易受水流淘刷, 容易发生较大沉陷和大量的坍方, 不仅清理工作量大, 而且造成淤塞, 影响水电站机组的正常运行, 甚至造成危害。由于自然条件所限, 改成缓坡有很大困难时, 可根据不同的情况, 研究不同的处理措施。有的采用换基的办法; 有的采用挡土墙的办法; 有的改用反拱底板衬砌明渠, 如图1-12(a)所示; 也有的用三铰拱暗渠, 如图1-12(b)所示。