

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

水利水电工程管理

(水利水电工程技术专业)

主 编 梅孝威
责任主审 张勇传
审 稿 石自堂
 钱尧华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是中等职业教育国家规划教材，依据教育部颁发的全国中等职业学校“水利水电工程管理”课程指导纲要编写。全书共分十一章，主要有：绪论，水库控制运用，用水管理，土石坝运用管理，混凝土及浆砌石坝运用管理，水闸和溢洪道运用管理，隧洞和涵管运用管理，渠道及渠系建筑物运用管理和堤防管理。并对防汛抢险、堤坝土栖白蚁的防治和冻土地区水工建筑物的冻害与防治作了专门的阐述。

本书为中等职业学校水利水电工程技术和农业水利技术等水利类专业的教材，还可供从事水利水电工程管理的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程管理/梅孝威主编. —北京：中国水利水电出版社，2002

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-5084-1337-7

I. 水... II. 梅... III. ①水利工程-管理-专业学校-教材②水力发电工程-管理-专业学校-教材 IV. TV

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第097727号

书 名	中等职业教育国家规划教材 水利水电工程管理(水利水电工程专业)
作 者	主编 梅孝威
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话:(010) 63202266(总机) 68331835(发行部)
经 售	全国各地新华书店
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	787×1092毫米 16开本 13.75印张 326千字
版 次	2003年1月第一版 2003年1月第一次印刷
印 数	0001—4100册
定 价	18.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

中等职业教育国家规划教材

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2002 年 10 月

前 言

本教材是根据教育部 2001 年颁布的《中等职业学校水利水电工程管理教学指导纲要（试行）》的要求，由教育部职业教育与成人教育司组织编写的。本书是水利水电工程技术和农业水利技术专业的教材，也可作为水利水电类其他专业的选修教材。

本教材的任务是使学生掌握中小型水利水电工程的检查观测、养护维修、调度运行以及防汛抢险的基本知识和基本技能，为从事水利水电工程技术管理工作打下基础。

参加本教材编写的有：湖北水利水电职业技术学院梅孝威（第一、四、九、十、十一章）、福建省水利电力学校林辉（第二、三章）、湖北水利水电职业技术学院桂剑平（第五、六、七章）、山东省水利职业技术学院刘方贵（第八章）。全书由湖北水利水电职业技术学院梅孝威主编。

本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定，由华中科技大学张勇传院士担任责任主审，武汉大学教授石自堂、钱尧华审稿，中国水利水电出版社另聘福建水利电力学校林辉主审了全稿，提出了许多宝贵的修改意见，在此一并表示感谢。

“水利水电工程管理”是一门新兴的学科，实践性很强，内容十分广泛，教学中需随着我国水利水电工程管理技术的发展不断更新与完善。虽然在编写中我们力求全面反映当前的实践技术状况，满足中等职业技术教育的需要，但限于水平，难免有取舍不妥和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2002 年 11 月

出版说明

前 言

第一章 绪论	1
第一节 我国水利水电管理的发展和成就	1
第二节 水利水电工程管理的意义	3
第三节 水利水电工程管理的任务和内容	3
复习思考题	4
第二章 水库控制运用	5
第一节 概述	5
第二节 水库防洪运用	7
第三节 水库兴利运用	14
第四节 水库泥沙淤积的防治	22
复习思考题	26
第三章 用水管理	28
第一节 灌区用水管理	28
第二节 城镇用水管理	34
复习思考题	39
第四章 土石坝的运用管理	41
第一节 土石坝的检查与观测	41
第二节 土石坝的日常维护	46
第三节 土石坝的裂缝与处理	46
第四节 土石坝的渗漏与处理	57
第五节 土石坝的滑坡与处理	73
第六节 土石坝护坡的破坏与修理	79
复习思考题	82
第五章 混凝土及浆砌石坝的运用管理	83
第一节 混凝土及浆砌石坝的检查观测与日常养护	83
第二节 增加重力坝稳定性的措施	87
第三节 混凝土及浆砌石坝裂缝处理	90
第四节 混凝土及浆砌石坝渗漏处理	102

复习思考题	112
第六章 水闸和溢洪道的运用管理	114
第一节 水闸和溢洪道的检查观测	114
第二节 水闸的操作运用和日常养护	117
第三节 水闸的损坏及修理	120
第四节 溢洪道的养护与修理	126
复习思考题	129
第七章 隧洞和涵管的运用管理	131
第一节 隧洞和涵管的日常养护	131
第二节 坝下涵管常见病害及处理	132
第三节 隧洞常见病害及处理	136
复习思考题	142
第八章 渠道及渠系建筑物运用管理	143
第一节 渠道和渠系建筑物的日常运用	143
第二节 渠道的防渗	146
第三节 渠道常见病害的防治	152
第四节 渡槽的运用管理	156
第五节 倒虹吸管和涵洞的运用管理	160
复习思考题	164
第九章 堤防管理与堤坝防汛抢险	165
第一节 堤防的检查与管理养护	165
第二节 堤防的病害及处理	169
第三节 防汛工作	171
第四节 堤坝险情的抢护	174
复习思考题	191
第十章 堤坝土栖白蚁的防治	192
第一节 土栖白蚁对堤坝的危害	192
第二节 白蚁的群体及生活习性	193
第三节 堤坝白蚁的检查观察	194
第四节 堤坝白蚁的防治	195
复习思考题	198
第十一章 冻土地区水工建筑物的冻害与防治	199
第一节 季节性冻土	199
第二节 水工建筑物冻害破坏	200
第三节 水工建筑物冻害防治	204
复习思考题	209
参考文献	210

第一章 绪 论

第一节 我国水利水电管理的发展和成就

我国是水利工程建设历史悠久的国家，长期以来，积累了丰富的管理经验。我国古代有过诸如河防、岁修、堵口复堤、通舟保漕等属于水利管理范畴的事迹和制度。唐《水部式》就是唐代颁布执行的水利工程法规，代表了当时水利管理的成就。但 19 世纪中叶以后，我国沦为半封建半殖民地社会，不仅水利建设停滞不前，而且工程年久失修，管理制度废弛，管理水平落后。直至 20 世纪初，我国才开始学习和引进西方先进的水利科学技术，但管理落后的局面并未有大的改变。

中华人民共和国成立 50 年后，水利水电建设事业迅速发展，水利水电管理事业也不断壮大，其发展过程可大体分为三个阶段。

第一阶段是中华人民共和国成立初期的三年经济恢复时期和第一个五年计划时期。这一时期中，水利水电建设发展快，工程质量好，效益显著。随着新修工程的迅速增加，水利工程的管理也随之开展。从中央到地方各级水利部门相应建立了工程管理部门，开始对工程进行运用管理。并把水利工程的技术管理归纳为检查观测、养护修理和控制运用，建立了有关规章制度。

第二阶段是从“大跃进”到“十年动乱”时期。1958 年的“大跃进”中，大批水利工程上马，水利建设虽然取得了很大成绩，但在“左”的思想指导下，进行“边勘测、边设计、边施工”，不少工程标准低、质量差、尾工多、配套不全，给管理工作留下了后遗症。全国现有 300 多座大型水库中有 200 多座是在这个时期动工兴建的，由于设计标准低、质量差，使除险加固任务十分艰巨。同时，在水利建设中“重建设、轻管理”的现象十分严重，出现了不少中小型工程无人管理和管理中乱指挥、乱运用、乱操作的情况。为了建立正常的管理秩序，水利电力部曾陆续颁发了水库、坝、堤防管理通则，制定了水利工程检查观测和养护的技术规范。

十年动乱时期，水利水电管理也遭到了严重破坏。许多水利管理机构被撤消、大批科技人员下放、大批技术资料档案被销毁、管理制度废弛、秩序一片混乱。统计表明，水库垮坝最多、最严重的是 1973 年，全国中小水库垮坝 500 余座。1975 年，河南省遭受特大洪水，板桥、石漫滩两座大型水库垮坝失事，使下游地区遭受毁灭性的灾难。1976 年唐山地震，陡河、密云等水库出险，天灾人祸交织，水利管理遭到空前浩劫。

第三阶段，是党的十一届三中全会以后，我国推行了以经济建设为中心，全面改革开放的一系列正确方针政策，国民经济持续稳定增长，国家面貌发生了深刻变化，水利水电管理工作也产生了根本性的变化，工作成绩十分显著，主要表现在以下几个方面：

(1) 完成了艰巨的管理任务，发挥了巨大的工程效益。新中国成立 50 多年来，交付

管理的水库 8.4 万多座，水闸 3.1 万多座，整修和新建江海堤防 25 万 km，机电排灌面积 1200 多万 hm²，机井、塘坝皆以百万计。全国有效灌溉面积达 3500 万 hm²，其中旱涝保收面积 3600 万 hm²。已建水电站 4.9 万多座，装机容量 6400 多万 kW。水利工程年供水量 5500 多亿 m³。虽然管理任务繁重，但从整体看已较好地完成了对这些工程的管理，发挥了防洪、供水、灌溉、发电和综合经营的巨大效益。

仅 1995、1996 年两年，水利工程在抵御特大洪水、防止减免洪涝灾害中，挽回的经济损失就达 7800 亿元。新中国成立以前，平均每两年泛滥一次的黄河，新中国成立 50 多年来安然无恙；都江堰灌区旧貌换新颜，灌溉面积发展到近 1000 万亩；在我国不到总数一半的有灌溉设施的土地上生产出全国总产量 70% 多的粮食和其他农产品。我国北方过去严重缺水的城市，现在依靠引水工程解决供水问题。水力发电量约占全国总发电量的 20%。全国 8 万余座水库，养殖水面 20 万 km²，约占淡水养殖面积的 40%。总之，经过各级水利管理单位的努力，现有水利水电工程已发挥了巨大的综合效益。

(2) 建立了覆盖全国的多层次的水利管理组织系统。我国的水利管理机构，50 多年来从无到有已逐步建立起来，改革开放后有了更迅速的发展。到 20 世纪 80 年代后期，由国家管理即由县级以上各级政府管理的水利工程约 2.1 万项，设置专管机构 1.3 万个。

流域机构、地方基层管理机构，加上乡镇水利站的管理人员，总数超过 50 万人，形成了一支相当完整的水利管理队伍。

(3) 随着改革不断深入和法规的日趋完善，改革开放以来，逐步扭转了不讲经济效益及重建轻管的思想，使水利管理工作逐步走上了以提高经济效益为中心的轨道上来。把水利工程管理的任务归纳为“安全、效益、综合经营”，制定了“加强经营管理，讲究经济效益”的水利工作方针。党的十四届五中全会提出，水利是国民经济的基础产业，被列为国民经济基础设施的首位。全社会重视水利，也给水利水电管理工作带来了难得的发展机遇，水利水电管理工作必将取得长足的进步。

为了维护正常管理秩序，推动体制改革，国家颁布了《中华人民共和国水法》及一系列关于工程管理体制、经营管理和工程安全管理等的条例和办法，水利管理的法规体系日趋完善。

但是，我们应该看到，目前已建水利水电工程还远不能适应国民经济和社会发展的要求，主要表现在水利工程抗灾标准低，老化失修，病险严重。用水管理不严，浪费水严重，水资源利用效率不高。同时在经济上，许多水管单位尚未形成自我维持、自我发展的良性运行机制。今后的工作要以确保工程安全为重点，充分利用水资源，努力提高经济效益。

水利管理的内容随着水利事业的发展也在不断充实和发展。从 20 世纪 50 年代只限于技术管理的内容，发展成为了以已建的水利系统为对象，以水利技术为基础，以现代管理科学为手段，以提高经济效益为宗旨的一门新的管理学科。它的内容很广泛，一般可分为工程技术管理和经营管理。本课程只讲述工程技术管理的内容，包括水库控制运用，用水管理，工程检查观测，工程养护维修，防汛抢险等，其他有关水利管理的内容将在“水利水电工程经营管理”等课程中讲述。

第二节 水利水电工程管理的意义

水利水电工程的建成，为发展国民经济创造了有利条件，但要确保工程安全，充分发挥工程效益，还必须加强工程管理。常言道：“三分建，七分管”，对水利水电工程而言，建设是基础，管理是关键，使用是目的。工程管理的好坏，直接影响效益的高低，管理失当可能造成严重事故，给国家和人民生命财产带来不可估量的损失。

影响水利水电工程安全和性能的主要因素有以下几个方面：

(1) 由于影响水利水电工程自然因素复杂，水工理论技术仍处于发展阶段，同时水工建筑物的工程量大、施工条件困难，因此，在工程的勘测、规划、设计和施工中难免有不符客观实际之处，致使水工建筑物本身存在着不同程度的缺陷、弱点和隐患。根据1996年底统计，我国大中型病险水库占水库总数的1/4左右，小型水库所占比例更高，约2/5，分布面广、量大，除险加固任务艰巨。

(2) 水工建筑物长期处于水中工作状态，受到水压力、渗透、冲刷、气蚀、冻融和磨损等物理作用以及侵蚀、腐蚀等化学作用的影响。

(3) 水工建筑物在长期运行中，可能受到设计时所未能预见的自然因素和非常因素的作用，如遭遇超标准的特大洪水、强烈的台风和地震等。

总之，水工建筑物在运用中，受到各种外力和外界因素的作用，随着时间的推移，将向不利方向转化，逐渐降低其工作性能，缩短工程寿命，甚至造成严重事故。因此，对水工建筑物加强检查观测，及时发现问题，进行妥善的养护，对病害及时进行维修，不断发现和克服不安全的因素，确保工程安全。同时，科学调度、使用和保护水资源，使水利水电工程长期地充分发挥其应有效益，这就是水利水电工程管理的意义。

第三节 水利水电工程管理的任务和内容

一、水利水电工程管理的任务

水利水电工程管理的任务是：确保工程的安全、完整，充分发挥工程和水资源的综合效益。具体是通过合理调水用水，除害兴利，最大限度发挥水资源的综合效益；通过检查观测了解建筑物的工作状态，及时发现隐患；对工程进行经常的养护，对病害及时处理；开展科学研究，不断提高管理水平，逐步实现工程管理现代化。

为了做好工程管理工作，首先应当详细掌握工程的情况。在工程施工阶段，就应筹建管理机构，并派驻人员参与施工；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，一并移交管理单位；管理单位要根据工程具体情况，制定出工程运用管理的各项工作制度，并认真贯彻执行，保证工程正常高效的运用。

在建筑物的管理中，必须本着以防为主、防重于修、修重于抢的原则。首先做好检查观测和养护工作，防止工程中病害的发生和发展，发现病害后，应及时修理。做到小坏小修，随坏随修，防止病害进一步扩大，以免造成不应有的损失。

改革开放以来，各级水利部门十分重视水工建筑物的养护维修工作，取得了很好的效果，积累了许多整治病害的经验，在水库除险中引进了许多新技术、新材料、新工艺。例

如采用高压定向喷射灌浆法构筑防渗墙以处理坝基渗漏；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以节省投资、缩短工期；采用新技术、新工艺防止钢闸门腐蚀等。在养护修理工作中，对于难以解决的特殊问题，一般需与设计、施工、科研等单位会商，确定处理措施，并及时进行观测，验证其效果。工程出现险情，应在党和政府的统一领导下，充分发动群众，立即进行抢护。在防汛抢险中，应随时做好防大汛抢大险的准备，制定相应的抢险方案，尽可能地减少洪灾造成的损失。

二、水利水电工程管理的內容

(1) 水库控制运用。在原规划设计的基础上，根据水文气象、上下游防洪要求，结合工程情况与用水部门的要求，合理地有计划地进行洪水调度和兴利调度，保证工程安全和发挥最大效益。

(2) 用水管理。根据水源情况、工程条件、工农业生产安排等编制用水计划，实行计划用水。按照用水计划的规定和水量调配组织的指导，调节、控制水量，准确地从水源引水、输水和按定额向用水单位供水，同时做好量测水工作。在灌溉用水中，减少渠道水量损失、提高灌溉水的利用率是一项极为重要的工作。其主要措施包括改善灌水技术、渠道防渗、积极开展灌排试验等。

(3) 检查观测。水工建筑物在运用过程中，其状态和工作情况随时都在变化，有的是正常变化，不影响建筑物的安全，但是，属异常变化的，就可能引起失事。管理人员应对建筑物进行经常的、系统的、全面的检查观测，随时掌握建筑物的状况，及时发现问题并采取措旆，改善工程运用状况，保证工程安全。

(4) 养护修理。根据检查观测的情况，及时消除建筑物的隐患，进行加固处理，以保持建筑物处于良好的工作状态。除此之外，还要对建筑物经常地、定期地进行维护，使建筑物保持完整，正常运行。

养护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：根据检查观测发现的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：在每年汛后检查工程存在的问题，尔后编制岁修计划，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订修复计划，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。各级机构建立防汛机构，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。

复习思考题

1. 水利水电工程管理的意义是什么？
2. 水利水电工程管理的任务是什么？它的内容主要有哪些？

第二章 水库控制运用

第一节 概 述

一、水库控制运用

水库的作用是兴利调节，防洪除害。但是水库在运用中常常存在各种矛盾，如防洪与兴利的矛盾、各兴利部门之间在用水上的矛盾等，解决矛盾的途径和方式不同，相应的效果也不同。水库控制运用，也称水库调度。水库控制运用的任务，就是根据水库工程承担的水利任务、河川径流的变化情况以及国民经济各部门的用水要求，利用水库的调蓄能力，在保证水库枢纽安全的前提下，制定合理的水库运用方案，有计划地对入库天然径流进行控制蓄泄，最大限度地发挥水资源的综合效益。水库控制运用是水库工程运行管理的中心环节。合理的水库控制运用，还有助于工程的管理，保持工程的完整，延长水工建筑物的使用年限。

水库控制运用的工作内容包括：拟定各项水利任务的控制运用方式；编制水库调度规程、水库调度图、当年调度计划；制订面临时段（月、旬）的水库蓄泄方案；进行水库水量调度运用的实时操作等。

水库控制运用的日常业务主要有：①加强水库控制运用的基础工作，逐步建立健全水文、雨量报讯站网，推广应用水情自动测报技术；②努力掌握完整的基本资料；③研究采取科学合理的水库控制运用方式；④建立完整的水库控制运用工作制度；⑤加强水库控制运用的科研工作。

二、水库控制运用指标和基本资料

水库控制运用的主要技术指标包括：上级批准或有关协议文件确定的校核洪水位、设计洪水位、防洪高水位、汛限制水位、正常蓄水位、综合利用的下限水位、死水位、库区土地征用及移民迁安高程、下游防洪系统的安全标准、城市生活及工业供水量、农牧业供水量、水电厂保证出力等。新建成的水库，如在工程验收时规定有初期运用要求的，应根据工程状况逐年或分阶段明确规定上述运用指标，经水库主管部门审定后使用。

基本资料是水库控制运用组织与实施的基础，必须充分重视。水库控制运用的基本资料是逐步积累的，从规划设计阶段开始，对有关的设计、施工、验收文件及竣工图纸均需收集并存档。进入运行阶段后，更要注意积累，务必把有关的历史资料及现状搞得十分清楚，才有助于搞好水库控制运用工作。一般来说，水库控制运用需要以下各方面的资料。

1. 自然地理和水文气象资料

水库所在流域的地形、地质、覆盖、植被情况，流域的面积和形状，河道比降和长度等自然地理特征，河流所在处的气候带、降雨量、蒸发量、气温、湿度、风向及日照数等水文气象特征，水位、流速、流量、含沙量及库区渗漏等水情资料，以及人类活动对径流

量、水质的影响程度等。

2. 水库特性资料

(1) 水库的面积、容积特性曲线。

(2) 水库各特征水位及其相应库容。

(3) 水库枢纽建筑物的组成，基本尺寸，以及泄（放）水建筑物的泄流曲线等。

3. 水库的设计标准、任务及效益情况

水库工程洪水设计标准：设计标准、校核标准、下游防洪标准；各种兴利用水标准：灌溉、发电、工业和生活等供水保证率。水库工程的防洪、灌溉、发电及其他部门的用水任务。水库枢纽建成、运行以来的基本情况，包括泄洪度汛、兴利运用，以及防洪效益、兴利效益情况等。

4. 水库工程的质量

水库工程的质量是指各项水工建筑物的施工质量、完好状况，历年的检查、观测、使用、损坏、维修、加固情况和现状情况等。

三、水库控制运用工作制度

水库控制运用关系着人民生命财产的安全及国民经济的发展。要搞好水库控制运用，除合理安排蓄泄外，还要加强统一领导，建立一套切合实际的水库控制运用工作制度。

1. 控制运用计划的编制、审批、执行制度

水库管理单位，每年汛前都要根据水库规划设计意图、工程状况，掌握水文气象情况和国民经济各部门对水库的要求，编制年度控制运用计划，经上报主管部门审批后执行。

2. 请示汇报制度

凡水库控制运用计划和指标的修订、变更、补充都必须报请主管部门批准后方可执行。对重大问题的处理，如发生超设计洪水，泄洪建筑物超标准运用，非常保坝措施的采用等，事先要及时请示，事后要及时报告。

3. 联系制度

水库管理单位应保持与上下游地方政府、防汛机构、上级有关部门、水文气象部门、各用水部门及交通、电讯等单位的情报联系，确保水库调度方案的正常组织与实施。

4. 值班制度

水库管理单位应建立常年的调度值班制度，汛期更要加强。

5. 保管制度

水库控制运用工作中的各项记录、技术资料、原始数据等，要按规定进行校核和审查，并及时整理归档，技术资料档案要设专人保管。

6. 总结、学习制度

为了考评水库调度效益和不断提高水库运用管理水平，应建立总结和学习制度。

四、水情自动测报与调度自动化系统

随着计算机、电子技术及卫星通信在水情自动测报与调度自动化技术领域的广泛应用，近 20 多年来，我国众多水库开发和应用这项技术取得了巨大的进步，发挥了重要的社会效益和经济效益。当水库建立了水情自动测报与调度自动化系统之后，水库控制运用的工作效率和效果将大幅度增强。例如，在汛期，系统自动遥测收集水文气象数据，通过

无线电通讯系统传输，迅速进行综合处理，准确作出洪峰、洪量、洪水位、流速、洪水到达时间、洪水历时等洪水特征值的预报，并密切配合防洪工程，进行洪水优化调度。还可对洪泛区及时发出警报，组织抢险和居民撤离，以减少洪灾损失。

第二节 水库防洪运用

水库防洪运用的任务是，根据规划设计确定或上级主管部门核定的水库安全标准和下游防护对象的防洪标准、防洪调度方式及各防洪特征水位对入库洪水进行调蓄，保障大坝和下游防洪安全。遇超标准洪水，应力求保大坝安全并尽量减轻下游的洪水灾害。

水库防洪运用的原则是：①在保证大坝安全的前提下，按下游防洪需要对洪水进行调蓄；②水库与下游河道堤防和分、滞洪区防洪体系联合运用，充分发挥水库的调洪作用；③防洪调度方式的判别条件要简明易行，在实时调度中对各种可能影响泄洪的因素要有足够的估计；④汛期防洪限制水位以上的防洪库容的调度运用，应根据各级防汛指挥部门的调度权限，实行分级调度。

一、水库防洪调度图的绘制和应用

水库防洪运用要处理的主要矛盾可分为两个方面：①解决水库蓄洪与泄洪的矛盾。即正确处理下游防洪安全与水库防洪安全的矛盾；②解决水库防洪安全与兴利蓄水的矛盾。从防洪安全来说，防洪限制水位低比较安全，但对兴利蓄水不利；从兴利要求来说，防洪限制水位高可多蓄水兴利，但可能调洪库容不够，影响防洪安全。为了有效地利用防洪库容，妥善解决上述两个矛盾，一般水库都要绘制防洪调度图。

1. 水库防洪调度图的基本形式

通常，水库防洪运用方案，在设计阶段就已编制，但那时是为了协调防洪和兴利的矛盾，确定水库的主要参数，这种运用方案考虑运行时的因素是不完全的，所以在水库投入运行以后，每年都要结合当时的具体要求和水文气象情况，编制防洪运用方案，以保证安全度汛，满足兴利要求。

防洪调度图是防洪运用方案的主要内容，由一些控制水库蓄放水的水库水位（或蓄水量）指示线所组成，见图 2-1。这种蓄水指示线是要求在汛期内为了拦蓄洪水，保障工程安全，水库水位不能超过指示线，若洪水来临时已超过指示线，则应根据调度规则，将库水位降低至指示线以下，以确保水库有一定的防洪库容，以便调蓄下一场洪水。防洪调度图是由校核洪水位 $Z_{校}$ 、设计洪水位 $Z_{设}$ 、防洪高水位 $Z_{防}$ 及各分期汛限水位 $Z_{汛}$ 线的连接线所组成。此连接线又称为防洪调度线。各分期汛限水位线以上的空间，是水库在汛期所必须预留出的防洪库容。

2. 分期汛限制水位的确定

根据我国多数地区汛期水文特性和当地暴雨

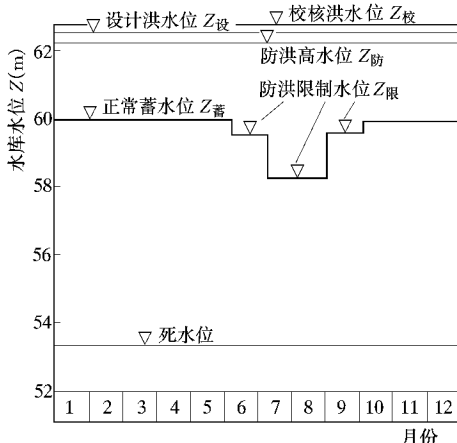


图 2-1 水库防洪调度图

发生的规律，水库防洪运用一般可分为初汛期、主汛期、尾汛期（也可分为两期或四期）进行控制蓄泄。初汛期和尾汛期洪水较小， $Z_{限}$ 可以适当抬高一些，以增加兴利蓄水量，主汛期洪水较大， $Z_{限}$ 可低一些，以提高水库的抗洪能力。

分期抬高汛期防洪限制水位，是解决防洪与兴利矛盾的有效办法。我国绝大多数河流的洪水是由降雨产生的，一般可由水库所在流域上的暴雨或洪水发生的时间和次数，统计分析洪水出现的规律性，以确定汛期洪水的分期。如某中型水库统计的 1963~1982 年日降雨量超过 50mm 的次数，列于表 2-1。从表中的统计可以得出初汛期、主汛期、尾汛期出现的时期。

表 2-1 某水库日降雨量大于 50mm 的次数统计表

月	6			7			8			9		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
次数	0	2	3	6	11	8	9	12	9	5	3	2
洪水分期	初汛期			主汛期						尾汛期		

分析出洪水发生的规律后，推求汛期分期防洪限制水位 $Z_{限}$ ，大体上有两种途径：

(1) 各分期采用不同的防洪设计标准。如上述中型水库主汛期水库设计洪水标准 $P=1\%$ ，初汛期、尾汛期 $P=2\%$ ，而汛期各分期选用同一洪水理论频率曲线。根据汛期各分期的设计洪水，分别进行调洪演算，得出各分期的防洪限制水位 $Z_{限}$ 。由于主汛期洪水标准较高，则 $Z_{限}$ 较低；非主汛期洪水标准较低，则 $Z_{限}$ 较高。这种途径常用于缺乏资料的中小型水库分期 $Z_{限}$ 的推求。

(2) 各分期采用相同的防洪设计标准。由流量资料或暴雨资料推求汛期各分期的设计洪水，如初汛期为 6 月 10 日至 7 月 10 日，将每年这个时期中的洪峰流量最大值选出，组成系列作频率分析，得出初汛期的设计洪峰流量。同理，分别求出其他时期的设计洪峰流量。虽然洪水的频率相同，但主汛期的洪水大于其他时期，故主汛期推求的 $Z_{限}$ 较低。而非主汛期相同标准的设计洪水较小，推求的 $Z_{限}$ 较高，也就是抬高了汛期限限制水位，可多蓄水兴利。这种途径常用于有实测资料的大中型水库。

在水库的防洪运用中，需根据水库工程检查观测的结论确定水库允许的最高水位 $Z_{允}$ ，然后推求 $Z_{限}$ 。 $Z_{允}$ 可能大于、等于或小于水库设计洪水位 $Z_{设}$ 。为了避免试算，可从 $Z_{允}$ 开始向下调洪计算，这种方法称为调洪逆运算。若采用调洪顺运算，则需先假设起调水位往上调洪计算，看所得最高水位与 $Z_{允}$ 是否相符，如果不符则重新假设起调水位再进行试算。直到二者相符时，所假设的起调水位，即为 $Z_{允}$ 条件下的 $Z_{限}$ 。

下面分别举例说明无闸门控制自由泄流情况下和有闸门分级控制情况下的调洪逆运算方法。

【例 2-1】 某年调节水库，百年一遇设计洪水过程线资料列入表 2-2 中①、②栏，水位库容关系与 $q=f(V)$ 关系曲线如表 2-3，或点绘成 $Z-q$ 关系曲线，见图 2-2 中的 1 线。水库溢洪道为无闸门控制的实用堰，堰宽 70m，堰顶高程与正常蓄水位 59.98m 齐平。当 $Z_{允}=62.52m$ ，水库溢洪道自由泄流时，试用调洪逆运算法推求相应于 $Z_{允}$ 的防洪限制水位 $Z_{限}$ 。

解：(1) 计算并绘制调洪辅助曲线见图 2-2。曲线图中 2 线为 $Z - \left(\frac{V}{\Delta t} - \frac{q}{2} \right)$ 关系曲线，3 线为 $Z - \left(\frac{V}{\Delta t} + \frac{q}{2} \right)$ 关系曲线，具体计算见《工程水文学》。

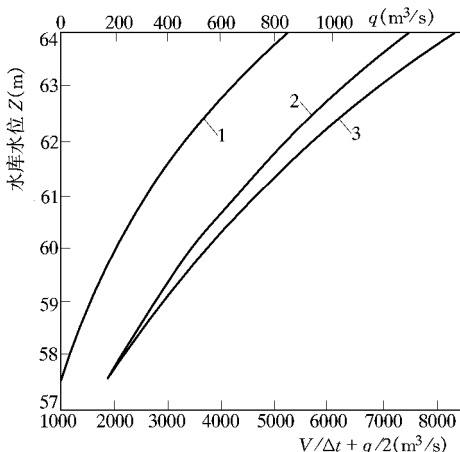


图 2-2 调洪逆运算辅助曲线

(2) 应用辅助曲线，由 $Z_{允}$ 开始作调洪逆运算求 $Z_{限}$ ，见表 2-3，其计算步骤为

1) 若水库 $Z_{允} = 62.52\text{m}$ ，相应的 $q_{允} = 588\text{m}^3/\text{s}$ 。因在 $q_{允}$ 时库水位最高，且入库流量等于出库流量，故应将 $Z_{允}$ 填写在⑦栏中 $q_{允}$ 与 \bar{Q} 相近的时段，即 (6~7) 时段。库水位 (6~7) 时段达到 $Z_{允}$ ，因此，从 (6~7) 时段末库水位为 62.52m 开始逆运算。

表 2-2 某水库推求防洪限制水位的调洪逆运算表 (自由泄流, $P = 1\%$)

时间 t (h)	流量 Q (m^3/s)	时段 Δt (1h)	平均流量 \bar{Q} (m^3/s)	$\left(\frac{V}{\Delta t} + \frac{q}{2} \right)$ (时段末)(m^3/s)	$\left(\frac{V}{\Delta t} - \frac{q}{2} \right)$ (时段初)(m^3/s)	库水位 Z (时段初) (m)
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
10	0	9~10	81			
9	162	8~9	244			
8	326	7~8	409			
7	492	6~7	574	6318	5744	(62.52) 62.45
6	656	5~6	738	6250	5512	62.25
5	820	4~5	903	6030	5127	61.85
4	986	3~4	1068	5550	4482	61.13
3	1150	2~3	960	4750	3790	60.30
2	770	1~2	580	4020	3440	59.90
1	390		195	3630	3435	* 59.87
0	0	0~1	0	3670	3670	60.12

表 2-3 某水库 $q = f(V)$ 关系曲线表

水库水位 Z (m)	59.98	60.5	61.0	61.5	62.0	62.5	63.0	63.5	64.0	64.5
总库容 V (万 m^3)	1296	1460	1621	1800	1980	2180	2378	2598	2817	3000
堰上水头 h (m)	0	0.52	1.02	1.52	2.02	2.52	3.02	3.52	4.02	4.52
下泄流量 q (m^3/s)	0	46.5	127.6	232.2	256	496	650	818	999	1191

2) 逆运算的公式，为水量平衡方程式 $\left(\frac{V_2}{\Delta t} + \frac{q_2}{2} \right) - \bar{Q} = \left(\frac{V_1}{\Delta t} - \frac{q_1}{2} \right)$ ，式中 V_1 、 q_1 和 V_2 、 q_2 分别表示时段初和时段末的蓄水量和泄流量， \bar{Q} 为该时段的平均入库流量。其方法：由 $Z_{允} = 62.52\text{m}$ ，查 $Z - \left(\frac{V}{\Delta t} + \frac{q}{2} \right)$ 曲线，得 $\left(\frac{V_2}{\Delta t} + \frac{q_2}{2} \right) = 6318\text{m}^3/\text{s}$ ，填在⑤栏 (6~

7) 时段; 由 $\left(\frac{V_2}{\Delta t} + \frac{q_2}{2}\right) - \bar{Q} = 6318 - 574 = 5744\text{m}^3/\text{s}$, 得时段初的 $\left(\frac{V_1}{\Delta t} - \frac{q_1}{2}\right)$ 值, 填在⑥栏; 由 $\left(\frac{V_1}{\Delta t} - \frac{q_1}{2}\right) = 5744\text{m}^3/\text{s}$, 在 $Z - \left(\frac{V_1}{\Delta t} - \frac{q_1}{2}\right)$ 曲线上查得时段初的库水位 $Z_1 = 62.45\text{m}$, 填写入⑦栏。

3) 进行下一个时段的计算。重复上述方法, 将 62.45m 当成下一个时段末的库水位 Z_2 ; 查 $Z - \left(\frac{V}{\Delta t} + \frac{q}{2}\right)$ 曲线得 $\left(\frac{V_2}{\Delta t} + \frac{q_2}{2}\right) = 6250\text{m}^3/\text{s}$, 填写入⑤栏中 (5~6) 时段; 由 $6250 - 738 = 5512\text{m}^3/\text{s}$, 查 $Z - \left(\frac{V}{\Delta t} - \frac{q}{2}\right)$ 曲线, 得 $Z_1 = 62.25\text{m}$, 填入⑦栏。

4) 依上述步骤计算至库水位上升为止。第⑦栏中的最低水位, 即为防洪限制水位 $Z_{\text{限}} = 59.87\text{m}$, 该值就是相应于 $Z_{\text{允}} = 62.52\text{m}$, 在自由泄洪情况下的 $Z_{\text{限}}$ 。

【例 2-2】 由例 2-1 的资料, 若 $Z_{\text{允}} = 62.52\text{m}$, 相应于下游防洪要求的水库防洪高水位 $Z_{\text{防}} = 61.91\text{m}$, 下游防护对象要求按 $q_{\text{安}} = 50\text{m}^3/\text{s}$ 控制泄流, 当水库溢洪道分级防洪控制时, 用调洪逆运算法推求分期防洪限制水位 $Z_{\text{限}}$, 并绘制防洪调度图。

解: 本例属中型水库缺乏资料情况下, 推求分期防洪限制水位采用不同防洪设计标准的途径。汛期划分为初汛期、主汛期、尾汛期, 见表 2-1。水库设计洪水标准主汛期 $P = 1\%$, 初汛期、尾汛期 $P = 2\%$; 水库下游防洪标准为 10% 。

当水库水位高于 $Z_{\text{防}}$ 时, 溢洪道自由泄流; 当库水位低于 $Z_{\text{防}}$ 时, 溢洪道泄流控制为 $q_{\text{安}} = 50\text{m}^3/\text{s}$ 。

表 2-4 某水库推求防洪限制水位的调洪逆运算表 (分级控制泄流, $P = 1\%$)

时间 t (h)	流量 Q (m^3/s)	时段 Δt (1h)	平均流量 \bar{Q} (m^3/s)	$\left(\frac{V}{\Delta t} + \frac{q}{2}\right)$ (时段末 $\times \text{m}^3/\text{s}$)	$\left(\frac{V}{\Delta t} - \frac{q}{2}\right)$ (时段初 $\times \text{m}^3/\text{s}$)	库水位 Z (时段初) (m)	$\frac{V}{\Delta t}$ (时段末 $\times \text{m}^3/\text{s}$)	泄流量 q (时段初) (m^3/s)
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
10	0	9~10	81					
9	162	8~9	244					
8	326	7~8	409					
7	492	6~7	574	6318	5744	(62.52) 62.4		
6	656	5~6	738	6250	5512	62.25		(512) 50
5	820	4~5	903				5768	50
4	986	3~4	1068				4915	50
3	1150	2~3	960				3897	50
2	770	1~2	580				2987	50
1	390	0~1	195				2457	50
0	0		0				* 2312	50
			0				2362	50

(1) 推求主汛期 $P = 1\%$ 洪水时的 $Z_{\text{限}}$ 。调洪逆运算见表 2-4, 其步骤为:

- 1) 从库水位 $Z_{\text{允}} = 62.52\text{m}$ 开始向下运算, 溢洪道为自由泄流, 计算方法同表 2-3。
- 2) 当库水位算至 62.25m 时, 即将接近 $Z_{\text{防}} = 61.91\text{m}$, 则应按下游防洪要求 $q_{\text{安}} =$

$50\text{m}^3/\text{s}$ 控制泄流。由 62.25m 查图 2-2 中 $Z-q$ 曲线得 $q_1 = 512\text{m}^3/\text{s}$ ，则

$$\frac{V_1}{\Delta t} = \left(\frac{V_1}{\Delta t} - \frac{q_1}{2} \right) + \frac{q_1}{2} = 5512 + \frac{512}{2} = 5768\text{m}^3/\text{s}$$

，即下一个时段末的 $\frac{V}{\Delta t}$ 值，填写入

⑧栏。
3) 按控制泄流的水量平衡公式 $\frac{V_1}{\Delta t} = \frac{V}{\Delta t} - \bar{Q} + q = 5768 - 903 + 50 = 4915\text{m}^3/\text{s}$ ，填入
⑧栏。下一个时段末： $4915 - 1068 + 50 = 3897\text{m}^3/\text{s}$ ；连续运算得出⑧栏中的最小值 $\frac{V}{\Delta t} = 2312\text{m}^3/\text{s}$ 。

4) 由最小库容 $V = 2312$ 、 $\Delta t = 2312 \times 3600 = 832$ 万 m^3 ，查库容曲线得 $Z_{\text{限}} = 58.28\text{m}$ 。

(2) 推求初汛期、尾汛期 $P = 2\%$ 入库洪水的 $Z_{\text{限}}$ 。用分级防洪控制，从 $Z_{\text{允}} = 62.52\text{m}$ 开始向下调洪逆运算，其计算方法同表 2-4，求得初、尾汛期的 $Z_{\text{限}} = 59.72\text{m}$ 。

(3) 绘制防洪调度图，即图 2-1。设计洪水位 62.52m 、防洪高水位 61.91m 、正常蓄水位 59.98m 为已知，初、主、尾汛期的 $Z_{\text{限}}$ 为本例计算成果。以防洪调度图作为指导水库汛期防洪运用的基本依据，一般情况下，当库水位低于防洪限制水位时，按兴利要求供水不泄洪；当库水位在 $Z_{\text{限}}$ 与 $Z_{\text{防}}$ 之间，按下游防洪控制点的安全泄流量泄洪；当库水位高于 $Z_{\text{防}}$ 时，则按第二级防洪要求，为确保水库安全，自由泄流。由于防洪调度图是在一定设计条件下制定的，它不能包括防洪调度中的许多细节情况和具体措施，故还需拟定各种频率洪水在不同库水位时，相应的蓄水、泄水、闸门开启操作程序等调度规则。

二、水库防洪调度方式的拟定

上面所介绍的防洪调度图，虽能表达在汛期内各时期水库应预留的防洪库容，但是当洪水来临时，水库应如何控制蓄泄，还需要考虑上下游的防洪要求、水文预报的可靠程度、洪水特性、泄洪设备使用情况等因素，据此拟定出合适的调度方式。

(一) 下游无防洪任务的水库调度方式

水库未承担下游防洪任务时，防洪调度的首要任务就是确保大坝安全，水库泄洪一般采取库水位超过某一数值后，即敞开闸门泄洪的方式，现就溢洪道是否设有闸门情况的调度方式介绍于后。

1. 溢洪道上无闸门控制的调度方式

水库溢洪道上不设闸门，汛限制水位一般与溢洪道堰顶齐平，洪水来临时，库水位到达溢洪道堰顶高程之后，水库就开始自由溢洪，下泄流量的大小取决于库水位的高低。

2. 溢洪道上有闸门控制的调度方式

许多水库为了抬高兴利蓄水位和增加水库泄洪时的初始流量，在溢洪上设置闸门，并使汛限制水位高于溢洪道堰顶高程。由于闸门的调节性能不同，调度方式又可分为以下两种。

(1) 闸门逐渐开启方式。闸门能够逐渐开启进行调节流量，调度方式是当库水位为限制水位且洪水开始起涨时，逐渐开启闸门，控制下泄量等于入库流量，水库水位维持在汛限制水位。当闸门开启到与汛限水位齐平时，则将闸门全部开启，水库便自由泄流，其泄流过程及库水位变化过程见图 2-3。