

综合利用水库调度

水利经济丛书

综合利用水库调度

水利部长江流域规划办公室

河海大学 合编

水利部丹江口水利枢纽管理局

070

水利电力出版社

《水利经济丛书》出版说明

为贯彻执行党中央提出的注意提高各项工作经济效益的方针，经中国水利经济研究会第一届理事会倡议并由原水利部决定编写《水利经济丛书》，以作为提高水利建设经济效益的一项措施。

1981年4月，该会成立了“水利经济丛书编辑组”负责丛书编写的组织协调工作。编辑组由水利电力部所属有关单位派出的九位同志组成，即叶永毅、陈家琦、张志乐、刘善建、陈清濂、徐咏九、牛运光、陈效华和鲁学仁，并由叶永毅任组长，刘善建、牛运光任副组长。

《水利经济丛书》包括：

- (1) 水利经济学概论；
- (2) 水利土木工程系统分析方法；
- (3) 水资源系统分析；
- (4) 综合利用水库调度；
- (5) 水利工程经营管理。

此外，还组织翻译和推荐了下列三册国外水利经济专著，供阅读参考：

- (1) 水利经济学[苏]；
- (2) 水资源规划经济学[美]；
- (3) 水资源科学分配[美]。

本丛书可作为水利经济技术干部的培训教材，作为高等院校教学参考用书，也可供工程技术人员参考。

前 言

本书是经中国水利经济研究会第一届理事会倡议并由水利部决定编写的《水利经济丛书》中的一册。

本书主要是介绍已建水库如何编制常规的水库调度计划和如何进行优化调度,以及日常的水库调度工作如何组织与实施等方面的内容,力求理论与实际相结合,尽可能多举实例。但所列出的实例只是为了说明方法,有关数据不一定与该水库目前实际采用者完全相同。关于优化调度的应用,在我国还开始不久,为便于说明问题,还列出了一些算例。为了节省篇幅,对目前习用的一些水文、水利、水能计算及优化技术的具体方法均未列入,必要时可参阅有关书刊。

本书的编写工作由水利部长江流域规划办公室主持,会同河海大学、水利部丹江口水利枢纽管理局合编。参加编写的同志有:谭培伦、蒋光明编写第一章至第三章,余敷秋编写第四章,叶秉如、鲁子林编写第五章。方正、周棣华、程国梁等曾审阅了部份讨论稿,以后,又由牛运光、陈效华、王本德、刘爱杰、马鸿鹏、林延江、常锡厚等同志分别审稿提出意见。修改后全书由谭培伦统稿,最后由牛运光同志校阅审定。

由于我们了解情况还不十分全面,本书内容还难以完全反映各地的丰富经验,也必然存在不少缺点甚至错误,请读者提出宝贵意见,以便今后补充修订。

在本书编写过程中,全国不少水库寄来了调度总结、调度计划、调度研究报告等方面的资料,对编写工作有很大帮助,特表示衷心的感谢!

编 者

1987年7月

目 录

《水利经济丛书》出版说明

前 言

第一章 水库调度工作概况	1
第二章 水库调度的基本资料	6
第三章 水库的基本调度方式	10
第一节 防洪调度.....	10
第二节 发电调度.....	35
第三节 灌溉调度.....	55
第四节 其他方面的调度要求.....	66
第五节 综合利用调度.....	77
第六节 水库群调度.....	94
第四章 水库调度的组织与实施	112
第一节 水库调度的基本工作	112
第二节 水库调度工作制度	130
第三节 水库年度调度计划的编制	133
第四节 调度实施与考核	141
第五章 水库优化调度	149
第一节 概述	149
第二节 径流特征及其处理	158
第三节 单一水库优化调度	179
第四节 水库群优化调度	211
第五节 水库优化调度例题	240

第一章 水库调度工作概况

水库调度,亦称水库控制运用。水库调度工作是根据水库承担的水利任务的主次及规定的调度原则,运用水库的调蓄能力,在保证大坝安全的前提下,有计划地对入库的天然径流进行蓄泄,达到除害兴利、综合利用水资源、最大限度地满足国民经济各部门的需要目的。它是水库运行管理的中心环节,其主要内容包括:拟定各项水利任务的调度方式;编制水库调度规程和年调度计划;确定面临时段(月、旬)水库蓄泄计划及日常实时操作规则等。它是保障水库安全、充分发挥水库综合效益的最重要的环节。水库调度工作关系到国民经济各部门的发展,调度得当,其增加的效益十分可观;如果调度失误,将造成十分严重的损失。因此,各级有关部门对水库调度工作应当十分重视。在水利工作的重点已经转移到管理上来的今天,进一步加强水库调度工作就更加具有特殊的意义。

水库调度学科的迅速发展始于20世纪初,当时由于大量水库和水电站的兴建,促进了河川径流调节理论的发展,开始应用经验的方法(以实测水文要素为依据),利用水库对洪水和枯水进行调节。1926年苏联莫洛佐夫(А.А.Морозов)提出水电站水库调配调节的概念,而后逐步发展形成以水库调度图为指导的水库调度方法。这种方法至今仍被广泛采用。50年代以来,由于现代应用数学、径流调节理论、电子计算技术及其实时控制技术的迅速发展,使得以最大经济效益为目标的水库优化调度理论得到了迅速发展,特别以水电站和电力系统经济运行为目标的水电站水库优化调度日益完善,并在实际运用中取得了初步效果。

我国的水库调度工作,经历了从无到有,逐步发展的过程。解放前,修建的水库既少又小,谈不上系统的水库调度工作。建国三十多年来,我国共兴建大、中、小型水库86000多座,其中大型水库(库容1亿 m^3 以上的)300多座。水库调度工作也由浅入深,逐步走上正轨。在50年代,一批重要的大型水库(例如官厅水库、佛子岭水库、梅山水库、大伙房水库、狮子滩水库等)相继建成,国外的径流调节、水库调度方面的理论与实践经验也逐步被介绍引进,从而使水库调度工作逐步开展起来,一批水库开始研究合理的调度方式,并每年制定当年的控制运用计划,在全国性的会议上进行过交流。1959年,一本专门介绍水库调度的书——《丰满水电站的水库调度》出版。在这本书中,以丰满水库为实例,比较系统地介绍了如何进行防洪、发电及其他综合利用方面的调度工作,以及调度工作的组织与实施方面的经验,并多次举例说明在调度中遇到各种情况如何处理,当时这本书对其他水库有较大的参考价值。长江流域规划办公室水文水利计算室编写的《河流综合利用水文水利计算》一书,对水库调度方法也有相当的叙述。进入60年代,对水库调度工作的研究逐步深入,有关科研单位及大专院校曾探讨过利用预报进行水库调度、综合利用水库调度、运用现代数学进行水库优化调度等。水利电力部也在总结全国经验的基础上,编制出了我国第一个包含有水库调度运用内容的管理规范——《水库工程管理通则》,并

颁布试行。但是，水库调度工作也和其他方面一样，受到十年动乱的严重干扰，使得不少水库原来已建立起来的一套工作方法与制度不能继续实施。同时，不顾客观条件，任意按主观意志盲目调度的情况较普遍发生，其中最突出的问题，就是盲目多发电，造成大部分水电站低水位运行，从而损失了大量电能。据1975年全国水电站水库调度座谈会估计，当时新安江等12座水电厂低水头发电的损失每年共达13亿千瓦小时，占这些厂年发电量的7.4%。在防洪方面，则表现为不严格控制汛限水位，盲目提前蓄水，致使发生洪水时防洪库容不足，从而造成上、下游不应有的损失。再就是对综合利用的其他方面照顾不够，往往挤掉了次要的需水部门。党的十一届三中全会以后，随着各方面工作的拨乱反正，水库调度工作也逐步改进。为了彻底扭转水电站低水头运行的不合理情况，电力部门制定并由国家经委颁布了《水电站经济调度试行条例》，并制定了各项竞赛指标，试行几年来，取得了较好成绩。有些单位对水电站优化调度工作已经研究有初步成果，并开始在柘溪等水电站试用。《水库工程管理通则》^[1]也经过进一步修订后由水利部颁布。为了加强水库调度工作，组织编写了《水库控制运用》等有关水库调度的书，并在水利电力部工程管理部培训中心及有关高等院校开办了多期控制运用及预报、调度培训班，轮训了大批管理人员，这对于搞好水库调度工作有相当大的作用。1983年初，水利电力部在湖北省丹江口市召开了全国水库调度运用经验交流会。会议认为自党的十一届三中全会以后，水库调度运用工作取得了显著成绩，表现在做了大量的基础工作，增加了经济效益，加强了技术培训，提高了调度技术水平。会议还表扬了一批调度运用搞得较好的水库，如湖北的丹江口、陆水，吉林的丰满、海龙，辽宁的大伙房，广东的合水、江谷，湖南的欧阳海，福建的汀溪，河北的岳城、安各庄，河南的三门峡，陕西的黑山林等。他们在防洪、兴利及水沙调度以及水库调度管理等方面的成功经验，标志着我国的水库调度工作达到了一个新水平。

但是还必须看到，从总的方面看，我国的水库调度工作还是水库技术管理工作的一个薄弱环节，发展很不平衡，还不能适应当前社会主义现代化建设的需要，与其他先进国家相比，还有很大的差距。其主要表现在：技术力量薄弱，专职技术人员很少；基础工作差，不少水库的气象水文测验工作及通讯工作不能满足调度工作的需要；技术水平低，难以正常开展业务工作，据部分大型水库初步统计，做洪水预报的仅18%，做兴利计划的仅31%，远不能满足形势发展的需要。

针对以上情况，有关部门已经制定了发展规划，明确了奋斗目标。要求在现阶段要善及推广已经行之有效的成功经验，搞好常规调度。各地要根据《水库工程管理通则》的要求，做到大型水库都编制年度调度运用计划，绘制调度图表，有条件的要汇编基本资料，编制本水库的调度手册和调度规程，实行科学调度。中型水库也要编制年度运用计划或运用指标。在下一阶段，要力争水库调度工作有一个较大的发展和提高，除了以上的基本要求之外，还要逐步实行优化调度，梯级水库和水库群要实行统一联合调度。一般的中小型水库，也要按分级管理的原则，抓好调度工作。

为了达到以上要求，除了各级水利管理部门要加强对水库调度工作的领导、逐步充实水库调度专业技术人员以外，从水库调度本身业务工作来说，还有大量工作要做。以下这

些方面是必须充分注意的。

一、加强水库调度的基础工作，逐步建立健全水文、雨量报讯站网，改善水库通讯报讯手段

水库调度工作在很大程度上依赖于水文、气象测验资料，且具有很强的时间性，特别是在汛期，争取几小时甚至几十分钟都具有很大的意义。而目前不少水库在水文测站的设置、测验手段方面存在很多问题，通讯方面则基本上仍依靠有线通讯，只有少数水库配了无线通讯设备，因而传递时间长，甚至在关键时刻通讯中断。为了改变这一情况，各大中型水库都需要在几年内根据自己的要求建立适当密度的报讯站网，并改进通讯手段。对于位置重要、关系重大的水库的主要站网，要逐步实行无线报讯或遥测报讯。对这一问题要做出规划，并制定分期实施计划，努力促其实现。

二、努力掌握完整的基本资料

基本资料是水库调度工作的基础。水库调度人员，必须对基本资料有透彻的掌握，做到对基本资料了如指掌，才能做好水库调度工作。

要掌握基本资料，必须下苦功夫去做深入细致的调查研究工作，才能真正把第一手材料完整地弄到手。除了进行大量的统计、计算工作以外，对于一些重要的基本数据，如流域面积、库容曲线、高程系统、设计洪水、水工建筑物的泄水能力、下游河道与堤防的防洪能力等等，应当反复核实。对库区与下游的情况，应当定期进行实地调查，做到心中有数。

基本资料要系统化、规格化，以往不少水库各种基本资料数据散见于各有关文献，应用起来很不方便，也容易出错。因此，应当在逐一核实的基础上，将各种有用的基本资料汇编成专册，例如丰满、大伙房、丹江口等水库所编制的调度工作手册，就是这方面的很好的例子。各个水库都可以根据自己的实际情况参考编制。

三、研究采取合理的水库调度方式

水库调度方式就是水库为满足既定的水利任务和要求而拟定的具体蓄泄规则。在确保安全的前提下，如何充分挖掘水库的潜力，力争多发挥各方面的综合效益，是每一个水库应当经常研究的问题，为此，应当探讨适合本水库特点的合理的调度方式。

一般来说，在原设计时对水库的调度方式已有原则的规定，但随着资料的积累及情况的变化，原有的调度方式不一定适合目前的情况，在编制水库的调度规程之前，一般应对水库调度方式进行研究。如果原始资料与水利任务有重大变化，还应进行工程参数的复核。

研究合理的调度方式，必须坚持综合利用原则，正确处理安全与效益的矛盾，在确保安全的前提下，尽可能地考虑防洪与兴利、兴利各部门之间的结合，尽量减少弃水，做到一水多用。对于次要的需水部门，要在可能条件下尽量予以照顾。

在水库的实际调度中，可根据当时的情况适当灵活运用所定调度方式，但应符合既定的主要调度原则。一定要防止不顾安全盲目蓄水和片面强调安全不注意蓄水兴利的倾向。

在兴利方面，要长计划短安排，不能只顾一时而不考虑后期需要。特别是发电方面，一定要避免低水位运行，决不能因为系统缺电就不顾水电站的能力而盲目加发电量，这方面已往的教训是十分深刻的。

四、建立完整的调度工作制度

水库调度工作牵涉到很多方面，需要各有关部门配合协作，每一个调度措施关系重大，不允许出现差错，否则将带来严重影响。同时，它又有很强的时间性，必须特别讲求工作效率。所以，为了保证调度计划的实现，必须建立一套完善的规章制度。

有条件的水库，要在分析研究本水库合理的调度方式基础上，逐步制定本水库的调度规程。在这个规程中，要把主要的调度依据、调度方式、调度措施、调度计划的编制与执行等方面以条文的形式原则上规定下来，经上级领导单位批准后作为开展调度工作的主要依据。如遇情况有重大变化，还应及时修订并报请原批准单位再批。

为了保证每一项调度措施得到正确的执行，应当建立一系列工作制度。例如：联系汇报制度、水情预报制度、值班制度、水工闸门开关制度等。

为了积累调度资料与积累经验，还应根据具体情况制定调度总结制度、调度资料的编及归档制度等。

五、加强水库调度的科研工作

为了使我国的水库调度工作能够尽快赶上世界先进水平，除了以上几方面的工作以外，还必须加强科研工作。水利管理部门要积极主动争取气象、水文、科研、大专院校等部门在培训、技术咨询、科学研究等方面的协作与帮助。当前，在以下几方面应当积极进行研究。

在气象水文观测与信息传递方面，我们目前是比较落后的。水情预报的速度由于受到测验、通讯、预报计算等制约而显得很慢，在国外，由卫星、气象雷达、自动测报系统、电子计算机等组成的预报系统可以在很短时间作出洪水预报与调度方案，从而大大有利于洪水的调度。在这方面，我国目前还在试验阶段，不可能在短时间改变目前的情况，只能利用不多的投资有计划地逐步配备有关的设备，因而有必要研制既保证一定测验精度、能进行可靠传递而又投资不算太大的设备与实施方案。

在单一水库及水库群联合调度方法方面，现行的一般水库调度方法，大都基于古典的径流调节计算理论与手工计算。随着先进的数学工具、随机水文学理论与系统分析方法不断地进入水库调度领域，以及电子计算机的普遍应用，已经使水库调度工作达到了一个新的水平。在国外，近年来关于优化调度方面的研究有相当进展，在实践中也已取得不少成功经验。以系统分析方法为基础的水库群统一优化调度理论与实践均有报道。国内这方面虽已开始研究，但还有不少问题有待进一步解决，特别是综合利用水库如何进行统一优化调度，必须从我国的实际情况出发走出自己的路，在今后应当大力加强这方面的研究。

在运用气象、水文预报进行水库调度方面，过去进行过一些探索，它是协调防洪兴利矛盾的重要手段。在多数情况下，成功地进行预报调度所获得的效益将会大于实行优化调

度所得效益。但目前的关键是预报问题，特别是中长期气象、水文预报精度及合格率均还达不到据以调度的要求，因而还要加强这方面的研究。水库预报调度方法，有些水库在实践中已积累了一些经验，但还很不系统，应当在总结的基础上提高一步，并在实践中进一步有意识地运用，以创造更多的成功经验。

关于电子计算机在水库调度中的应用方面，过去受设备限制，难以普遍开展。随着计算机的逐步普及，应当大力推广应用，这也是国家计算机应用规划的要求。在目前，首先要抓好在洪水预报中应用电子计算机，要在较短时间内促其实现，再逐步研究把计算机应用于水库调度的实时控制。

第二章 水库调度的基本资料

水库调度是一项牵涉到很多部门、很多专门学科的工作。在实际工作中，需要多方面的基本资料与数据。基本资料是开展水库调度工作的基础，必须充分重视。

水库调度所需的基本资料是逐步积累的。从规划设计阶段开始，有关的设计、施工验收文件及竣工图纸均是重要的资料；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均搞得十分清楚，才能有助于搞好水库调度工作。

一般来说，水库调度需要以下各方面的资料。

一、自然地理和社会经济方面的资料

这方面包括水库控制面积内及有关地区的地形、地质、植被、土壤分布、水系情况、污染源分布、有关地区的社会经济情况（人口、耕地、工农业发展、交通情况等）、已有水利水电工程情况等等。它应当有文字的综述，还要有一些统计数据。在有关的规划设计报告的概述部分或综合论述部分一般都有这类叙述，但应在实际运行中逐步加以修正充实。

（一）流域图与流域面积

为了形象地表现本流域各方面的情况，应当绘制一张比较完备的流域图以作为基础。建国以来，测绘部门已做了大量工作，现在全国的1/50000、1/100000地形图已基本齐备，根据它可以缩绘一张比较准确的流域图。

对于本水库及有关水文测站的控制面积，除了已有根据较准确的地形图量出的数据以外，应当根据上述1/50000或1/100000地形图勾绘流域界并仔细量算，以获得准确的数据。对于河流长度，则还应尽可能用更大比例尺的图来量算。

（二）地形图

要求每个水库都具备本流域所有的地形图，是难以做到的，但一般要求具备库区地形图、坝下游河道地形图。对于本流域已经有了哪些地形图，它们的编号（国家有统一规定）及本流域地形图的接合表、在什么单位可以找到这些图等方面的情况，应当仔细了解，以便一旦需要时就可以较快地找到。

高程系统的情况必须查得很清楚，特别是水文方面采用的高程系统与地形方面所采用的高程系统是否一致？如不一致，它们的关系如何？均必须查清。这个问题看来似乎简单，但由于各个时期各方面依据的数据及基面不一定一致，实际上是相当复杂的，而它又关系甚大，应慎重对待。

二、水文气象方面的资料

这方面包括水库控制面积及有关地区内的降雨、蒸发、气温、风向、风力和冰冻情况

等, 坝址上下游水文站网布设, 各站雨量、水位、流量、流速、水质、含沙量和径流等特征资料, 水位~流量关系曲线, 人类活动对径流的影响, 各种频率水文分析计算成果, 水文预报方案与评定结果等。这方面的资料大部分以统计数据的形式给出, 并随着运行时间不断补充修正。

(一) 测站考证与各项统计资料

水文测站(特别是哪些与水库紧密相关的测站)水尺位置的变动情况、历年使用的水准基面、冻结基面与国家统一采用的基面的关系必须考证得十分清楚。

各种气象及水文要素的统计值, 应尽可能包括所有的历史资料, 但应除去经过考证属于伪造者。这里特别要提出的是入库流量的统计资料, 对于有一定调节能力的水库来说, 坝下的出流已经过水库的调节, 与原来建库前的入流不属同一基础, 不能合并统计。建库后的入流资料, 对于较长时段的(例如旬、月、年的入流)可以根据水库出流资料及水库水位资料用水量平衡的方法反推。当入库水文测站控制面积与水库控制面积相近时, 亦可用这些测站的资料来推算, 或以上两种方法互相验证。对于短时段(例如日及几小时)的入流, 用水量平衡的方法反推受到很多因素(如库水位观测误差、水库动库容蓄水等)影响, 常使推出的洪峰过程有些跳动, 而且, 这样推出的洪水过程属入库洪水, 与建库前的坝址洪水也不是同一基础。如要与以前的坝址洪水相一致, 还应根据库区河道槽蓄资料按一定的方法换算到坝址, 当然, 对入库洪水也要进行研究, 所以用水量平衡推算也是必要的。推算入流是一件日常工作, 最好能及时做, 集中到一起做则工作量很大。推算的成果, 还应与水文方面各个测站之间进行水量平衡分析, 以便发现有无严重不合理之处。经过分析论证认可后, 才用作历年统计及其他有关分析。

(二) 设计洪水与水位流量关系

设计洪水资料一般由设计部门提供。在河南1975年8月特大暴雨发生后, 水库一般都做过防洪复核和加固设计, 应搜集有关设计洪水的变化情况资料。为大坝安全的设计、校核洪水资料是必备的, 如果水库承担有下游防洪任务, 还应具备相应频率的设计洪水, 如果水库是采用补偿调节方式, 还应具备相应的区间设计洪水。

大坝下游、电站尾水及有关测站的水位~流量关系曲线, 是进行日常调度及核算大坝安全的重要资料。一般, 在水库投入运行时, 这些曲线均已具备。但是, 这一关系曲线是随着下游河道的冲淤而有一定变化的, 就是在正常情况下, 它也会受到水流不恒定流动的影响, 有一定的变化幅度, 应当及时地根据实际观测资料补充、修正这些曲线。

三、工程方面的资料

这方面包括水库工程的规划、设计、竣工文件及图纸, 水库库容、面积, 溢流、泄流特性曲线, 库区淤积变化、库岸坍塌及回水影响资料, 历年检查观测、养护修理的资料, 水库上下游直接有关工程的主要技术指标和工程质量等。

(一) 枢纽工程资料

这部分资料包括各水工建筑物及设备的基本情况、主要尺寸、设计标准、工程质量情况、泄水能力曲线以及水轮发电机组的特性曲线, 这些都可以从设计及竣工文件中得到。

泄水能力曲线是水库调度中最重要的基本资料之一，包括：泄洪设备的泄水能力曲线、引水设备的过水能力曲线、水轮发电机组的过水能力曲线。在设计文件中，一般都给出了这些曲线，但当时只是根据模型试验或有关资料提出的，在实际运行中可能发现它们有不尽符合实际之处，故有条件时应根据历年运行中水文测验的数据加以订正。特别是泄洪能力曲线，如果不准确，会对大坝及下游的防洪安全带来严重威胁，一定要仔细核定。

（二）水库库容曲线

水库的库容曲线，是一个水库最重要的基本资料之一，它的正确与否对安全与效益关系极大，要反复核实。一般，在设计报告中给出了这条曲线，但应当查明是否根据最新的、最详细的库区地形图量算的。如果在它量出以后又测有新的库区地形图，则应当重新量算一次。一般，库容曲线应根据 $1/5000 \sim 1/25000$ 比例尺的库区地形图量算，大水库用图比例尺可小些，小水库则要求比例尺大一些。

在水库运行中，还应当根据水文资料来校核库容曲线。一般来说，两者是会相互协调的，如果两者矛盾很大，就要仔细找出原因并采取相应的改正措施。

水库的淤积情况以及对库容的影响，是来沙量相对较大的水库所需着重了解的。水库淤积观测一般一年或数年进行一次，应给出逐年的水库纵剖面及分部位、分高程的淤积量，以便及时修正库容曲线。有条件时，应在运行一定年限后抓紧水库消落到最低水位时赶测库区被淹部分地形图，重行量算，修正库容曲线。如库区有较多地区进行了围垦，且影响库容较多时，应及时修正库容曲线。

如有必要时，应根据水库回水曲线推算成果，计算水库动态库容曲线，这组曲线一般以库区稳定流量为参数。

四、经济效益方面的资料

这方面包括设计所规定的水利规划情况及建成后历年运用效益的发挥情况，水库上下游水资源的开发利用情况，库区土地利用和生产建设现状，以及上级批准的有关文件、协议等。

（一）水利规划资料

包括本水库所承担水利任务各方面的基本情况、历次规划设计安排的情况以及水库回水、淹没、移民情况等。它们可从规划设计报告中得到。水库运行以后如有变化，则应及时补充有关资料。

（1）防洪 防洪保护区范围、面积、高程、人口、社会经济情况；堤防基本情况、高程、纵横剖面、允许泄量、各种流量情况的河道水面线；分蓄洪区位置、高程、容积、区内耕地人口及社会经济情况；水库防洪规划的防洪标准、防洪库容、调洪方式、与其他防洪工程配合运用的方式、历年防洪效能统计等。

（2）发电 所纳入的电力系统的基本情况、本电站接入系统情况、电站及机组的基本参数、特征出力、水库发电调度的方式、历年发电实际情况等。

（3）灌溉 灌区面积与分布、渠系分布、作物组成、需水过程、灌区内中小型水利工程情况与供水能力、水库灌溉调度方式、库容划分、历年灌溉供水情况等。

(4) 航运 上下游航道滩险情况、通航船舶与船队形式与吃水深度、货流情况、各地通航特征水位、历年通航情况统计、过船建筑物使用情况等。

(5) 其他有关方面 如供水、防凌、环境保护、防止泥沙淤积、消落区土地利用等方面的基本情况与要求。

(6) 淹没 淹没区概况、迁移人数、各种频率的水库回水曲线、安置区情况等。

(二) 有关水库调度的文件、协议汇编

这部分资料往往分散在各种文件中，要查起来很不容易，有必要予以汇编。其内容包括：审批历次设计文件中对设计标准、设计洪水、调度方式、规划安排、各种设计参数与规模等方面的来往文件及批示文件，有关部门对分水、分电、移民安置等方面的协议、文件等。

以上介绍了进行水库调度工作应搜集的基本资料，当然不是说每一个水库都要具备所有的资料，而是视具体情况、承担的水利任务的情况、以及资料与人力条件逐步把基本资料完善起来，但对以上重点介绍的部分，则一般是必备的。

在汇集以上资料的基础上，再择其要者编印成水库调度手册，将十分有助于水库调度工作。

第三章 水库的基本调度方式

水库调度方式就是水库为满足既定的水利任务和要求而拟定的具体的蓄泄规则。合理的调度方式，能够充分发挥水库的综合效益，故在水库运行阶段必须对调度方式作仔细的研究，为制定水库调度规则提供足够可靠的依据。

在水库设计阶段确定建设方案时，一般也进行过水库调度方式的研究，但当时进行这一工作的主要目的，是为方案比较提供统一的基础，且由于设计方案较多，资料也不充足，故研究不会很深入，但其选定方案所采用的主要调度原则，应当是运行阶段研究水库调度方式的依据。在水库运行阶段，由于水库的规模已经确定，且随着资料的积累与情况的变化，有可能也有必要进一步研究水库调度方式。本章所叙述的内容，就是已成水库编制水库调度规则和调度计划时，所需了解的目前经常采用的常规调度方式的基本知识，关于优化调度问题研究的内容见第五章。

水库调度方式的研究，要用到许多专业知识，包括水文计算、水文预报、径流调节、水力学计算、水能计算等方面知识。因受篇幅限制，在此不可能全部介绍。本章将着重介绍水库承担各种水利任务时相应的调度方式以及综合利用调度方式，至于为了确定这些调度方式所需进行的上述各种专业计算的方法，将只作简要介绍或推荐有关参考资料。

第一节 防洪调度

防洪调度是每座水库（除极个别完全以引水为水源的水库以外）都需要研究的问题，这是由于每座水库都要确保大坝的防洪安全，还有一些水库承担有下游防洪任务。因此，为了充分发挥水库的防洪作用及确保水库安全，应当根据上下游及水库本身的防洪要求、自然条件、洪水特性、工程情况等方面研究拟定合理的防洪调度方式，并据以确定各有关的防洪特征水位。

一、防洪调度中要研究的问题

在分析洪水特性、河道特性及历史洪灾情况的基础上，研究解决以下问题。

（一）选择合适的防洪调度方式

水库防洪调度方式的基本要求是要安全可靠，并能充分发挥防洪库容的作用。对于未承担下游防洪任务的水库，防洪调度的目的是为了保证大坝安全，调度方式一般比较简单，往往采用库水位达到一定高程后泄洪建筑物敞泄的方式。而承担有下游防洪任务的水库，防洪调度方式既要满足下游防洪要求，又要保证大坝安全，而且两者要包括在一个统一的防洪调度方式之中，是比较复杂的，这也是我们要着重研究的内容。

对于下游防洪调度方式，应根据水库至防洪控制点区间来水的情况，决定是采用固定

泄量下泄，还是采用补偿调节的方式；根据防洪保护区的情况研究是否有条件采取分级防洪调度；根据水文预报及河道条件，研究是否有条件采取较完全的补偿调节还是采用经验性的方法等。

（二）确定调度的判别条件

判别条件对防洪调度是至关重要的，根据它确定洪水是否超过了一定的标准，以便能及时改变按上一级洪水来调度。根据本水库的具体情况，确定是按照什么水文气象指标来判别，例如可采取库水位、入库流量、某一定地点的降雨量、某一测站的水位或流量来作判别条件。

（三）计算防洪特征水位及下泄量等指标

根据选择的防洪调度方式及判别条件，按照水库的具体情况正确考虑与水库调洪有关的各种因素，选择合适的调洪计算方法来进行各种频率洪水的调洪计算，求出相应的防洪特征水位及最大下泄量等指标，以作为编制调度规则的依据。关于这部分内容本书从略，需要时可参考有关水利计算的书刊^{[9]、[10]、[11]}。

（四）拟定防洪调度规划

根据所选定的防洪调度方式、判别条件、防洪特征水位，编制成规程式的防洪调度规则。每座水库的防洪调度规则应当是一个整体，无论何种洪水都能适用，这样才能确保安全与发挥防洪效益。因此，这一调度规则必须是连贯的，要适应各种可能出现的洪水情况，使得在任何情况下水库应如何调度均有所遵循。

二、有下游防洪任务的水库防洪调度

当水库承担有下游防洪任务时，防洪调度是比较复杂的，其征结就在于在目前的科学技术水平的条件下，长期预报还远不足以在事先判定一次洪水的量级。一次特大洪水的出现，一般也是由小到大逐步演变的。因此，在水库运行中遇到洪水时，开始并不能肯定它是一般洪水还是特大洪水。为了下游的安全，首先应按照下游防洪的要求进行调度。只有在按照判别条件确定这次洪水的重现期已超过下游防洪标准（例如来水洪峰或洪量已大于某一数值、或库水位已超过某一控制水位、或其他水文气象指标已超过某一数值）后，才能改为按保证大坝安全的要求来调度，这就增加了防洪调度的复杂性。

因此，对于有下游防洪任务的水库，应着重研究下游防洪调度方式及判别条件（关于需同时考虑的保坝防洪调度部分可参见后述），对有条件采取分期防洪调度的水库，应仔细进行研究以尽可能做到防洪与兴利的结合。此外，在有条件考虑水文预报进行预泄时，可在留有余地的条件下考虑这一因素，从而可以适当少留一点专用的防洪库容。

（一）下游防洪调度方式

1. 固定泄量（一级或多级）

这种调度方式主要适用于水库距防洪控制点很近、区间洪水较小的情况，其调度运用比较简便，为不少水库所采用。其具体调度方式是：当来水标准不超过下游防洪标准时，按下级允许泄量或分级允许泄量泄水，判别来水已经超过下游防洪标准后，即不再满足下游防洪要求，从水工建筑物安全考虑以较大的固定泄量泄水或将泄洪设备全开泄洪。

采用这种调度方式,有以下几个方面是应当注意的:

(1) 下游允许泄量应仔细分析确定 一般情况下,可参照历史上已出现过的大水的实际情况,根据堤防的安全情况分析确定。如果要考虑堤防加高加固、河道整治、分蓄洪措施等,则要根据河道地形资料按水力学方法推算水面线,从工程量及效益等方面进行综合分析比较选定下游允许泄量及相应的工程措施。

(2) 对分级调度的考虑 按照“大水多泄、小水少泄”的原则调度,可以较好地利用水库的防洪库容,一般来说是比较合理的,但要对下游防护对象的情况作具体分析。如果各个不同的防护对象的重要性、防洪能力及受灾后的损失有明显差别,则宜于采取分级调度的方式,但分级不宜过多,以免造成调度的困难。

(3) 判别条件必须明确具体 采用这种调度方式,对改变下泄量的判别条件必须明确具体,而且对各种频率洪水的判别条件要统一,即对大洪水过程开始的小流量部分仍要按小洪水调度,超过标准后才能按大洪水调度。

根据拟定的防洪标准及水工建筑物设计标准,综合相应的水文要素及规定的判别条件,即可组成防洪调度规则。

【例 3-1】 湖北省陆水水库,控制流域面积为全流域的86%,水库距防洪控制点仅3km,区间洪水比重很小,因此采用分级固定泄流的防洪调度方式。

根据下游保护区的重要性和现有防洪能力,防洪标准定为廿年一遇洪水,并分为两级:五年一遇洪水(入库洪峰流量 $3400\text{m}^3/\text{s}$),泄量不大于 $2100\text{m}^3/\text{s}$;廿年一遇洪水(入库洪峰流量 $5400\text{m}^3/\text{s}$),泄量不大于 $2500\text{m}^3/\text{s}$ 。编制水库调度规则如下:

1) 汛期水库保持防洪限制水位53m,当入库流量小于 $2100\text{m}^3/\text{s}$ 时,泄量等于来量,库水位不升高;

2) 入库流量在 $2100\sim 3400\text{m}^3/\text{s}$,泄 $2100\text{m}^3/\text{s}$;

3) 入库流量在 $3400\sim 5400\text{m}^3/\text{s}$,泄 $2500\text{m}^3/\text{s}$;

4) 入库流量超过 $5400\text{m}^3/\text{s}$,以保大坝安全为主,溢洪道敞开泄流。

运行十多年来,遇到过几次大水,基本上还能按照上述规则调度,取得了一定的防洪效益。

有些水库由于受水工建筑物消能、闸门振动方面的限制,溢洪道闸门只能全开,不能局部开启控制泄量,则类似于上述固定泄量方式可采取当来水不超过某一标准时,全开一部分泄洪设备泄洪;当来水超过下游防洪标准后,采取泄洪设备全开泄洪的方式。

2. 补偿调节

这种调度方式适用于水库距防洪控制点有一定距离、区间洪水较大的情况。当发生洪水时,区间来水大则水库少放水,区间来水小则水库多放水,控制两者的组合流量不超过防洪控制点的允许泄量。这种调度方式能有效地利用水库的防洪库容,取得较好的防洪效果。

(1) 采用的条件 最理想的补偿调节方式就是使各时刻的水库泄量加上相应区间来量正好等于下游防洪控制点的允许泄量,然而在实际上这几乎是不可能的,因为实现这种方式要受到水文预报、洪水传播、闸门启闭等等方面的制约,故一般只能近似地实现这种

方式,而且还需要具备一定的条件。这些条件大致有:

1) 水库泄水到达防洪控制点的传播时间小于(至多等于)区间洪水的集流时间或预报的预见期。如果上述传播时间大于区间洪水的集流时间或预报的预见期,则当知道区间发生洪水时水库再减少泄量已来不及,这就限制了理想补偿调节方式的实现。

2) 对区间洪水预报的精度要求较高。如果预报误差较大,由于防洪要多从安全角度考虑,必须按预报可能偏小、实际来水可能大来泄水,即少泄一点,这就使防洪库容的利用程度受到影响。

3) 相应于下游防洪标准重现期的区间洪峰流量必须小于防洪控制点的允许泄量。否则,由区间洪水即可对下游防洪造成威胁,即使水库该时完全不放水也无济于事。

另外,按补偿调节来调度,要求随时根据区间洪水情况改变水库的泄量,这就要求在报讯站网的布设、水情的传递、预报的及时提供等方面都要比较理想,才能使补偿调节得到实现。特别是,水库在一定范围内要有调度自主权,否则,如果任何改变泄量都需要请示,将会贻误泄洪时机,影响防洪效果。

由于上述条件一般难以完全具备,特别是区间洪水预报精度一般不会很高(因为区间洪水资料在建库前不可能直接完整地取得,故做出的预报方案误差往往较大),因此,在考虑补偿调节调度方式时不能把条件取得过于理想,而要留较大的余地。

(2) 调度方案的确定 为了确保防洪效益实现,应当研究以下内容:

1) 分析水库泄水传播至防洪控制点的时间;

2) 分析区间洪水预报方案的预见期、预报误差等,确定采用的数值;

3) 对下游防洪标准设计洪水过程线,要考虑各种洪水典型及上游与区间洪水的不利组合情况,对于预报精度可采用平均的情况;

4) 根据以上条件,进行调洪计算。在每一时段,水库泄量应等于下游防洪控制点的允许泄量减去考虑传播时间后的区间来量。为了确保下游允许泄量不被超过,对区间来量应考虑预报误差适当加大,其调节计算示意图可参见图3-1(其中水库设计洪水过程与区间洪水过程是考虑了传播时间后画在一起的)。

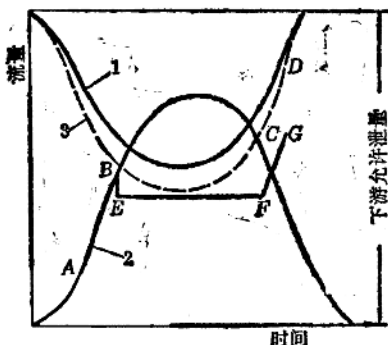


图 3-1 补偿调节计算示意图

1—区间来水过程; 2—水库入流过程; 3—考虑预报误差后加大的区间来水过程

于是水库下泄过程为ABCD,从实际调度的可行性出发,考虑适当留有余地,在计算时还可考虑按ABEFG过程泄水,即再略加大防洪库容;

5) 补偿调节调度方式一般以库水位作为判别条件,即防洪高水位(根据下游防洪要求及设计洪水计算比较确定)以下的库容作为防洪补偿用,库水位达到防洪高水位后,即不再满足下游防洪要求,改按保证大坝安全的要求调度。当水文预报精度较高,经慎重研究也可考虑以预报流量(包括入库与区间)作为判别条件,当