

839245

高等学校教材

503122

2183

参58

水电能源学



虞锦江 梁年生 编著
金 琼 周之豪

成都科技大学图书馆
基本藏书

503122

2183

58

华中工学院出版社

水 电 能 源 学

虞锦江 梁年生 编著
金 琼 周之豪

华中工学院出版社

水 电 能 源 学

虞博江 梁年生
金 琼 周之豪 编著
责任编辑 李 德

华中工学院出版社出版

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所发行

华中工学院出版社沔阳印刷厂印刷

开本, 787×1092 1/16 印张, 13.25 字数, 315 000

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数: 1—1 300册

ISBN 7—5609—0082—8/TK·3

统一书号, 15255—113 定价, 2.24元

内 容 提 要

本书系统地论述水电能源开发与利用的基本原理和方法,同时介绍系统分析方法在水电能源方面的应用。主要内容有:水利系统及其组成;河川径流与水文过程的随机模拟;水利水能计算;水电站主要参数的选择;系统分析方法在水电能源规划中的应用;电力系统中水电站优化运行。

本书可作为高等院校生产过程自动化(侧重水电)及有关专业的教材,亦可作为有关学科研究生、教师的参考书,同时可供从事水利、水电能源规划、设计、运行等方面工程技术人员参考。

前 言

能源是发展国民经济的原动力，是实现四化的重要物质保证。从我国能源全局的长远规划考虑，优先发展水电，是解决我国能源问题的战略措施。本书作者长期从事这方面的教学和科研工作，深感编著“水电能源学”一书确有必要，对水电能源的开发与利用，对培养这方面的人才，起到一点促进作用。

参加本书编著工作的有：华中工学院虞锦江、梁年生，河海大学金球、周之豪等同志。虞锦江同志编写绪论、第二、第三章，金球同志、周之豪同志编写第一、第四章，梁年生同志编写第五、第六章。全书由虞锦江同志主持编写，长江水资源保护局方子云总工程师、教授负责主审，他提出很多宝贵意见，对提高本书质量帮助很大，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书的内容、论点、系统等方面可能存在缺点和错误，希望读者提出批评和指正。对本书的意见请寄武汉华中工学院水电能源研究所。

编著者

1986年1月28日

目 录

结 论	(1)
第一章 水利系统及其组成	(4)
第一节 水资源的综合利用及河流的梯级开发	(4)
第二节 水利系统及其组成	(6)
第三节 洪涝灾害和水库的防洪作用	(8)
第四节 兴利部门的用水要求和用水特点	(10)
第五节 各水利部门之间存在的矛盾和解决矛盾的措施	(12)
第六节 水利系统规划简述	(13)
第二章 河川径流与水文过程的随机模拟	(18)
第一节 径流形成的简述	(18)
第二节 年径流量的变化及其年内分配	(19)
第三节 洪水分析与计算	(40)
第四节 径流统计特征及随机过程的基本概念	(47)
第五节 蒙特卡罗法简介	(49)
第六节 径流过程的随机模拟	(51)
第三章 水利水能计算	(53)
第一节 水库调节性能的分类	(53)
第二节 水库及其特性	(55)
第三节 径流调节计算的原理和方法	(59)
第四节 水库洪水调节	(66)
第五节 设计保证率与设计代表期的选择	(74)
第六节 水电站的水能计算	(76)
第七节 水电站群的水能计算	(82)
第四章 水电站主要参数的选择	(88)
第一节 电力系统负荷特性和容量组成	(88)
第二节 各类电站运行特性及其在电力系统中的运行方式	(91)
第三节 水电站经济计算和分析	(96)
第四节 水电站单机容量选择	(105)
第五节 水电站正常蓄水位及死水位选择	(117)
第六节 抽水蓄能发电站	(124)
第五章 系统分析方法在水电能源规划中的应用	(127)
第一节 系统分析的基本原理和水电能源系统	(127)
第二节 水电能源系统模型和最优化技术	(129)
第三节 梯级水电站参数最优选择	(139)
第四节 河流梯级水电站开发程序优化模型	(144)
第六章 电力系统中水电站优化运行	(154)

第一节 水电站运行工况最优化.....	(154)
第二节 水电站水库优化调度.....	(162)
第三节 水电站群联合优化调度.....	(173)

附 录

附表 I~附表 IV.....	(184)
参考文献.....	(203)

绪 论

能源问题是当代世界上最突出、最引人注目、最有影响的重大问题之一。从各国经济发展的统计资料分析，可以认为国民经济生产总值的增长是与能源消费的增长成正比的。有的国家曾经由于能源供应不足，给国民经济造成重大损失。例如，1974年世界能源危机时，美国能源短缺1.16亿吨燃料（标准煤），国民生产总值减少了930亿美元。能源大体可分三类：第一类是来自地球以外天体的能量，其中最重要的是太阳辐射能（也称太阳能）；第二类是地球本身蕴藏的能量，如原子核能以及地球内部的热能；第三类是由于地球和其他天体相互作用而产生的能量，如潮汐能。从来源上讲，化石燃料（煤炭、石油等）属于第一类能源，因为它们所蕴藏的能量是从太阳辐射能转化而来的。风、流水、海流、波浪等所含的能量也来自太阳辐射能，属于第一类能源。18世纪以前，草木、水力、畜力是重要的能源。蒸汽机的应用和工业革命使草木等燃料在世界能源消耗量的构成中所占比重越来越小。在许多工业化国家中，煤炭成了主要的能源。20世纪以来，石油在能源中的地位日益提高，到20世纪60年代中叶，在世界能源消耗量的构成中，石油超过了煤炭居第一位。从目前发展趋势来看，原子能的作用将愈来愈重要。其他能源，诸如地热、潮汐等，也受到人们的关注。现在世界上利用地热发电最多的是美国，其次是意大利，但它们在能源消耗量的构成中所占比重仍然很小。石油、煤炭、天然气、水力和原子能构成了现代世界“一次能源”的五大支柱。

一、水电在我国能源结构中的地位

我国能源资源比较丰富，理论上水能蕴藏量为6.8亿千瓦，其中可开发的容量为3.8亿千瓦，居世界首位；煤炭储量有6000多亿吨，仅次于苏、美而居世界第三位；石油远景储量（陆上与海上的）也较多。由于我国能源发展长期落后于整个工业的发展，造成了能源供求紧张，成为当前国民经济中一个十分突出的问题。电力是能源的重要组成部分，从各国发展的历史看，国民经济单位产值能耗在下降，而电力消费在增加，也就是说电力消费或生产发展速度，一般都是超过国民经济或工农业生产的发展速度的。

在1950年，世界总发电量9544亿度，水电占35.7%，火电占64.2%，其他（主要是地热发电）占0.1%；到1981年，世界总发电量83571亿度，其中水电占21.3%，火电占68.9%，核电占9.6%，其他占0.2%；1982年核电占总发电量的11%，到1983年世界上有二十五个国家和地区已建成核电站，其容量是1.91亿千瓦，占世界总发电量的12%；可见世界能源结构产生了明显变化。目前和今后二十年内，主要发电能源仍将是水电、火电和核电。

优先发展水电，是各个国家工业发展中的一条共同经验。到1982年，瑞士、法国的水能资源利用程度已达到90%以上；澳大利亚、日本等国已利用50%以上；美、加拿大已利用40%以上；发展中国家如埃及、印度、巴西等国的水能资源已利用12%以上；我国到1983年仅开发利用4.5%，远远落后于世界上其他国家。1981年8月联合国在内罗毕召开能源和再生能源会，据专家估计，今后四十年，全世界可以开发的水力资源的80%都可能得到开发，到2020年时，全世界的水电可能达到18亿千瓦。

我国水电装机容量从1949年的16万千瓦，到1985年增为2626万千瓦，水电发电量由1949年的7亿度，至1985年增为910亿度；水电容量在水火电总容量中的比重，也逐步增长。从常规能源来讲，水电潜力很大，但水电地位不提高，潜力即无从发挥。水电建设是一次能源开

发和二次转换为电力同时完成的，火电厂加上煤矿和运煤铁路的综合投资，每千瓦需1500元左右，与水电投资差不多，从国家计划投资来看，水电投资并不比火电贵，而且发电成本要便宜得多。在一定意义上来说，水力发电，就是向江河要煤要油。水力发电运行灵活，不污染环境，还具有防洪、灌溉、航运、渔业、供水、旅游等综合效益。特别是在我国丰富的水能资源尚未很好开发利用而燃料又十分紧张的情况下，优先发展水电，节约原煤，这是一个极其重要的战略措施。

二、水能资源开发的方针

预计到本世纪末，我国电力工业仍将主要依靠煤炭和水力，如不大量发展水电，则难以想象煤炭供应的困难情况。充分利用我国丰富的水力资源，加快我国经济建设的这一规划思想是符合我国国情的，也会取得巨大的经济效益。

当前，摆在我们面前的紧迫任务，就是要择优开发水电，把有限的资金，投到效果最好的水电项目上去。例如大家公认开发条件最好的几个河段是：黄河上游，从龙羊峡到青铜峡，可以连续开发1000多万千瓦；红水河流域，从上游南盘江的天生桥到下游黔江的大藤峡，全部开发后，可获得水电装机容量1000多万千瓦；长江上中游的水能资源丰富，地理位置适中，三峡电站就是举世瞩目的大型工程，当正常蓄水位为150米时，装机容量为1300万千瓦，比将要建成的世界上最大的伊泰普水电站（装机容量为1260万千瓦）还要大。三峡电站的兴建，对解决华中华东地区远景的电力供应，缓和能源供应的紧张状况，具有重大意义。

要想把水电搞上去，没有几个大的骨干项目是不行的，我们设想到本世纪末，在现有的基础上，再搞4000多万千瓦水电，其中包括1000万千瓦左右小水电，3000多万千瓦大、中型水电。大型水电站的开发，将主要集中在水能资源条件优越、经济指标较好、淹没损失较少的“富矿”河段，包括黄河上游、红水河、长江上中游干支流等。

按国家规定的分类标准来统计，在1985年全国水电装机2626万千瓦的容量中，500千瓦至2.5万千瓦的小型水电站的装机容量占39%，2.5万千瓦至25万千瓦之间的中型水电站的装机容量占21%，大于25万千瓦的大型水电站的装机容量占40%。由以上的统计数字可以看出，我国小水电发展很快，对解决农村用电起了很大的作用，今后必须强调由地方和群众自建、自管和自用，群策群力加速小型水电站的建设。要抓紧兴建一批中型水电站，中型水电站工期较短，投资积压较少，见效较快，可及时满足用电需要。

三、水电能源规划中环境保护问题

水电能源的开发肯定要对环境产生影响，如水电能源进一步的开发利用对环境的影响越来越严重，环境又直接影响人类和生物，因此，对此课题应当十分重视。水库的兴建，将带来巨大的防洪、发电、灌溉、航运、给水等方面的效益。但同时将对环境产生各种各样的影响。这些影响是多方面的，而且往往是相当大的。如河流水文状况的变化、水温的变化、下游河道的冲刷等。

我国是发展中国家，环境污染问题已相当严重，在以往修建的水库中也有一些对环境发生了较严重的影响，如新丰江水库的诱发地震问题，三门峡水库的泥沙淤积问题等。美国在水资源开发中很重视全面考虑环境问题，在1969年公布了环境保护法，凡水利水电工程不符合环境保护规定就不准兴建，甚至有些已建成的工程也因此不准运行。

治理河流污染的原则应是“节污水之流（减少污染负荷），开清水之源（增加河流的稀释自净能力）”。这样双管齐下，综合治理，才是最有效的。考虑环境保护问题来选择水利开发方案，使它在完成开发任务时不仅具有优越的技术、经济指标，而且对环境的副作用

(或者通过环境保护)要最小。在水库调度中如何改善环境,消除污染及消除由于修建水库带来的消极影响等方面将占有很重要的地位。在某些时候各种调度方式在经济上的差别也许不大,但可能对环境方面产生相当不同的影响。例如丰满水库下游的松花江被污染较严重,在正常枯水年份,水库发电放流达 $350\text{m}^3/\text{s}$,基本上可以适应冲污要求,但如调度不善或其他原因,这段时间发电出力过小,则对冲污十分不利,从尽可能考虑改善下游水质出发,可以把整个枯水期的运行方式加以适当调整。应当指出:目前运用系统工程的理论,把河流开发与污染治理结合起来研究,是一个发展的方向,必须引起重视。

第一章 水利系统及其组成

第一节 水资源的综合利用及河流的梯级开发

一、水资源的综合利用

水是人民生活与生产劳动必不可少的物质。它有多方面的利用价值人们对水的利用十分广泛，与其关系密切的主要包括：防洪、治涝、水力发电、农田灌溉、工业和居民给水、水路运输、竹木筏运、水利卫生、游览与环境改良等等。正因为人类对水的需要和利用如此广泛和不可缺少，就使得地面和地下水源成为一种重要的自然资源，称为水资源。水资源范围很广，大体上包括江河、湖泊、井泉、高山积雪、冰川等可供长期利用的水源；河川水流，沿海潮汐等所蕴藏的天然水能；江河、湖、海等可供发展水运的天然航道以及发展水产养殖事业的天然水域等等。要开发利用水资源来造福人类，就必须贯彻综合利用原则。这个原则是以整个国民经济建设计划为基础，既要综合解决国民经济各部门当前迫切的要求，也要满足远景发展的需要。用最少的人力、物力和财力消耗，以期最充分、合理地利用水资源，获得最高的综合效益。

水资源的综合利用不仅是十分必要，而且也确有可能。虽然由于各水利部门自身的特点，对水资源有其不同的要求，但是这些要求有其统一的一面。例如，发电、灌溉、防洪、航运、渔业等部门，在利用水资源时都要求修建水库，这说明水库的建成就可同时满足几个部门的需要，使各部门能联合起来共同开发和利用水资源。当然，它也存在着矛盾的一面。例如，由于灌溉耗水量大，它与其它用水部门的矛盾就比较突出，若从水电站上游引水灌溉，则将减少发电用水。若从下游引水，虽可先发电后灌溉，但控灌范围将受灌区高程的限制，并且两者在需水量和用水时间上也存在一定矛盾等等。协调这种矛盾的正确方法，是在集中领导下，从整体利益出发，全面规划，统筹安排。对各个水利部门不应作机械的同等对待，而应根据需要与具体自然特性和技术特性，视轻重缓急，分清主次地加以解决。只有这样，才能合理地解决水资源的综合利用问题。例如位于长江支流汉江上的丹江口水利枢纽，就是按照水资源综合利用原则建成的我国大型水利工程之一，它担负着防洪、发电、灌溉、航运等任务，有显著的综合利用效益。

认真贯彻综合利用原则，必然获得显著的综合利用效益，较好地满足国民经济各部门的需要。还必须强调指出：“综合开发、综合治理、综合利用、综合平衡”是一个完整的规划思想。只有这样，才真正体现对水资源综合利用造福于人类的总原则。

二、河流的梯级开发

为开发和治理一条河流，选择合理的梯级开发方案（包括串联、并联水库群），必须首先进行河流的综合利用规划。它的任务是根据国民经济发展总计划与本地区经济建设计划所提出的要求，结合河流的自然条件，本着需要与可能相结合、局部与整体相结合、近期与远景相结合的原则，妥善处理工业与农业、除害与兴利、干流与支流、上游与下游、蓄水与泄水、水源的利用与保护等等多方面的关系，统筹兼顾，全面安排，制定全流域经济合理的综合利用方案，布置水利水电枢纽和水库梯级。从组合最优的观点，选定河流梯级开发方案以及开发规模与开发程序，以期获得河流水资源充分合理的利用，并保证获得最大综合效

益。

在一条河流上，从上游到下游有一系列的水利水电枢纽，形成阶梯形布置，称为梯级开发。图1-1所示是红水河梯级开发方案的例子。由于同一条河流各河段的地形、地质和水文等自然条件不同，各地区经济发展的要求也不尽相同，因此，必需因地制宜地选取枢纽地点，进行不同方案之间的技术经济比较，使得各枢纽之间的组合布置恰当。一般来说，在河流的上、中、下游及主要支流上，应该因地制宜地安排若干大、中型控制性工程，综合解决防洪、发电、灌溉、航运等各方面问题。从充分地开发利用河流的水能资源来讲，需将全河流划分为若干河段，分别布置梯级水库和电站，进行分级开发。分级时的一般考虑是：对坝式开发应尽量减少级数，每级集中尽可能大的水头（但往往受地形、地质、淹没等条件的限制）；尽可能使各枢纽首尾衔接，以充分利用河流的落差；各级水库位置和库容的安排应与它控制的来水有较好的配合，力争减少水库淹没；开发方式有良好的技术经济指标等。另外，运行经验证明，上游具有较大水头的梯级开发方案是比较理想的方案，这样可以“一库建成，多站受益”。

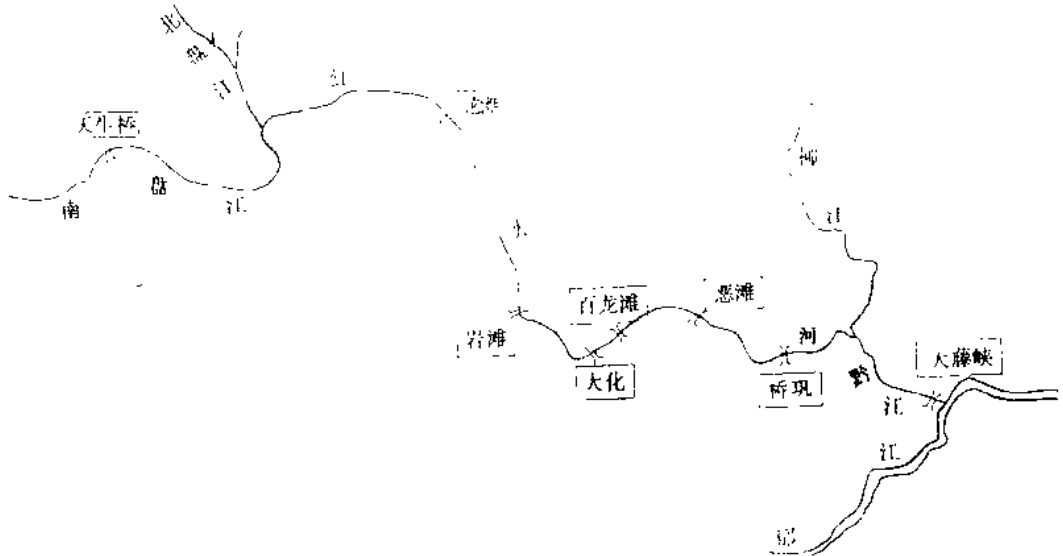


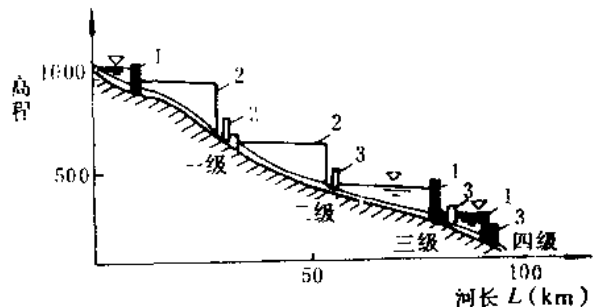
图1-1 红水河梯级开发方案

关于河流梯级开发方案中各河段的水能开发方式，要根据具体条件确定。可以是坝式水电站，引水式水电站或混合式水电站。如图1-2是已建成的梯级水电站，第一级是混合式开发，第二级是引水式开发，第三级与第四级为坝式开发。

所拟定的河流梯级开发方案中的各级水利水电枢纽，有一个开发的先后次序问题。梯级开发方案中被选定首先开发的一个或一批枢纽，称为近期工程。选择近期工程时，一般考虑以下条件：

(1) 近期工程应当是河流综合利用规划中比较关键性的工程，最能满足当地迫切的综合利用要求；

(2) 必须是资金问题可以解



1—坝；2—引水道；3—水电站厂房

图1-2 河流的梯级开发

决、技术条件能满足的枢纽，且有较优越的条件和指标；

(3) 所选枢纽符合远景安排，并为实现远景规划创造较有利的条件；

(4) 一般情况下最好先建设中、上游的大型水库。这样可改善下游电站的水利、动力特性，提高动能指标；获得防洪效益、改善航运条件；为供水、灌溉提供丰富水源，改善所有下游枢纽的施工条件等。但是实际情况往往是错综复杂的，必须妥善地作出抉择。

第二节 水利系统及其组成

通常所说的“系统”，是指由若干个可以相互区别、而又相互联系和相互作用的元素组成，处在一定环境中为实现同一目标而存在的有机集合体。系统必定有两个部分：一个是系统本身，另一个是系统所处的环境（或系统界限）。作为一个系统，它应具备下述特征：

1. 集合性

系统应由两个或两个以上的可以相互区别的元素所组成。

2. 相关性

系统内的元素既要相互联系、相互作用，又有明确的分工。

3. 目的性

这是系统赖以存在的条件。系统具有明确的目的性，才有存在的必要性。系统具有的目的性，往往不是单一的，而且表现有定量的目标。

4. 环境性

任何一个系统都必须存在于一定的物质环境之中。系统内部以及系统与外部环境之间有物质、能量和信息的流动。

随着水资源的开发、利用愈来愈广泛，流域范围内的各种水利设施（如水库、闸坝等）愈建愈多，河流水系间的相互关系愈来愈错综复杂。因此，客观存在着相互联系、相互作用的诸元素，它们为实现水资源综合利用的同样目标而联系起来，构成我们通常所说的“水利系统”。具体地说，为开发利用水资源所包括的各种水源，各种水利工程设施和服务对象所构成的有机集合体，体现上述系统的主要特征，构成了“水利系统”。

水利系统的组成，一般讲可按下述分类：

(1) 按开发目标来分，即着眼于主要服务对象，围绕着主要服务对象将其有关的诸元素联系起来组成为一个系统。例如有防洪系统、水力发电系统、灌溉和排水系统、内河航运系统、城市和居民供水系统、环境保护系统以及综合利用水利系统等。各个系统中均包括有水源、必要的工程设施和服务对象等，是为同一目标而联系起来的有机集合体。

(2) 按建筑物的作用来分，一般所讲的水利系统中，包括有许多相互依赖、相互作用的结构单元，如形成水库或抬高水位形成落差的挡水建筑物（例如闸坝）、渲泄多余水量的溢流建筑物（例如泄洪洞，溢流坝等）、引水兴利的进水建筑物（例如无压进水口和有压进水口等）、输送兴利水量的输水建筑物（例如明渠、隧洞、管道等），以及各水利部门的专用建筑物（例如水电站、抽水站、通航建筑物等）。各种建筑物均有其特定功能，并有机地结合在一起，就可发挥它们的集体作用，达到安全、有效和经济合理地利用水资源来为经济建设服务的目的。

下面举例具体分析。我们把以发电为主要任务的整个水力枢纽作为一个总系统，根据水电站的生产特点（利用水、通过机、生产电）及其生产过程，将这个总系统分为若干子系统。一

般可分为：

1. 库坝系统

由于水电站要利用水，因此必须对天然来水加以控制和按需要进行调节。在条件许可的情况下，一般要建库，有库必有坝闸这一类挡水建筑物。或者说，有挡水建筑物必然形成一定容量的蓄水库和一定的落差。故库与坝互相联系、互相依赖，组合为一个系统。

2. 进水和输水系统

为了将水引入水轮机，设置了进水口（包括拦污栅、进水口闸门等）、输水道（压力隧洞或明渠）、平水建筑物（对无压引水来讲，主要平衡水量，设有压力前池、分叉管等；对有压引水来讲，主要是平衡水压，设有调压井等）、压力水管。

3. 厂房及厂区系统

厂房是水、机、电各种设施和设备的所在地，是水能变为电能的中枢所在。水流经压力水管进入蜗壳，推动水轮机，然后由尾水管排入下游。水轮机带动发电机所生产的电通过输电线路经各种电器开关设备送到变压器、开关站，然后通过高压线输送入电网。

水电站的生产过程总是产供销平衡。外界需求的变化随时反映到水电站的生产过程中，因此水电站要有一套适应各种变化的调节系统与相应的设备。水电站既是电力系统的组成部分，又是水利系统的组成部分，后者表现在国民经济各部门对水的利用上要互相协调与相应的满足。

上面是把一个水力枢纽作为一个总系统来分析，弄清所属的主要子系统。如果根据每一建筑物的具体功能来分，还可再细分为许多更小的子系统，如进水口系统、输水道系统、平水系统、厂房中的各种系统等等。系统的概念是相对的，在某种具体场合下的总系统，在另一场合下它又可能是分系统（或子系统）。例如，可以把全流域的水利、土地、环境作为一个系统，研究全流域多目标、多领域的整体开发；也可以把多河段的水利、土地、环境等作为一个系统，研究多目标多河段的开发；也可以把单河段的水利、土地、环境等作为一个系统，研究单河段单目标或多目标的开发等。总之，应该根据所研究的目标，选择适当的对象以及环境的界限等组成合适的系统，以便通过对具体系统的研究，得到所追求的目标。

前面讲过，任何一个系统都有系统本身和系统所处的环境两个部分。而系统本身又由三个部分构成，即输入、运用（转换、处理等）和输出。系统环境实际上就是系统的实际限制条件。这样，一个系统在特定环境下对输入进行“工作”就产生输出，这就是一个系统的工作。例如对水利系统来讲，在一定的时间内，它承受着可控制的或不可控制的水量或水能等的输入，并作用于与其相关的系统单元，或者通过这个系统的运用，而将输入转换为相应的水量、电量、产量或其他经济效益的输出。这就是水利系统所具有的特定功能与实质，并且输出还可反作用于输入，即所谓反馈作用。基本的系统模型及系统的工作如图 1-3 所示，

以上叙述了水利系统的主要特性。在以后各章节中将系统地介绍水利系统规划方面的有关问题，进一步弄清楚水利系统的特点、水利系统的工程特征值、以及主要特征值的选定方法等。

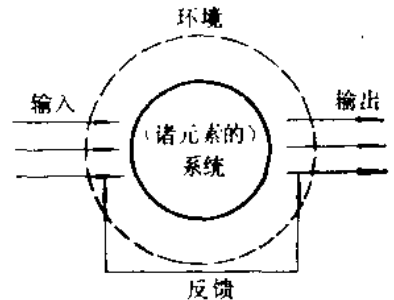


图 1-3 基本的系统模型

第三节 洪涝灾害和水库的防洪作用

一、洪涝灾害

洪水灾害的产生，归纳起来不外两方面的原因，一是来水过大，二是泄流不畅。它们之间不同的相互关系，就构成了不同程度的洪水灾害。防洪的主要对象是每年雨季的雨洪以及台风暴雨洪水，因为雨洪往往峰高量大，汛期长，而台风暴雨洪水则来势迅猛，历时短而雨量集中，更有狂风助浪，二者均易酿成大灾。但是洪水是否成灾，还要看河床及堤防所形成的泄流能力如何。若河床泄洪能力强，堤防坚固，即使洪水较大，也不一定会泛滥成灾。反之，若河床浅窄、曲折、泥沙淤塞、堤防残破等，则遇到一般洪水也有可能漫溢或决堤。所以，洪水成灾是由于洪峰流量超过了河床的安全泄量，水位被迫壅高而冲决堤防，从而泛滥成灾。因此，防洪的措施，尽管形式不同，其实质不外蓄、泄两类。如筑堤御水，疏竣河道，是以泄为主；建库调洪，是以蓄为主；滞洪、分洪则是蓄泄结合。

涝灾的产生，归纳起来有两点。一是降水集中，地面径流集聚在盆地、平原或沿江沿湖洼地，积水过多或地下水位过高。二是积水区排水系统不健全，或因外河外湖洪水顶托倒灌，使积水不能及时排出，或地下水位不能及时降低，这两方面相互作用的结果，就会妨碍农作物正常生长，以致减产，或使工矿区、城市淹水而妨碍正常生产和人民正常生活，这就成为涝灾。所以治涝的任务是尽量阻止易涝地区以外的山洪、坡水等向本区汇集，并防御外河、外湖洪水倒灌。例如可修筑围堤，保护洼地，以免外水入侵；可开渠撇洪拦截地面径流，引向外河、外湖或水库，不使它们向淤区汇集等。另外要健全排水系统，能及时排除设计暴雨范围以内的雨水，并及时降低地下水位。

二、水库的防洪作用

在防护区上游筑坝修库以蓄洪、滞洪，是一项保护防护区的重要防洪措施。但是，筑坝蓄水有时也带来水库上游的防洪问题，如水库两岸地下水位上升后发生的浸没现象，可能危及上游城市及工矿企业建筑物基础的安全，同时也产生了水利枢纽本身的防洪安全问题。因此，水库的防洪任务有：

(1) 水库下游防洪，主要是通过水库蓄洪、滞洪后，使下游防护区在遭遇频率符合防洪标准的洪水时，流经河道某控制点的下泄流量或水位高程不超过允许的限定值，从而保证防护区免受洪水灾害。

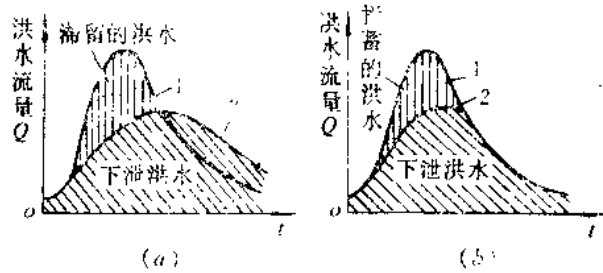
(2) 水利枢纽本身的防洪，这主要是防止因洪水漫顶而引起建筑物溃塌，保证工程建筑物本身的安全。当然，这样也避免因溃坝而给下游带来灾难性的洪灾。

(3) 水库上游防洪，这是指一定水库水位以上的水库上游地区，不许淹没、浸没的防洪问题。

通常所讲的水库防洪任务，一般指满足下游防洪要求而言的。当然，确保水工建筑物安全的任务总是首要的。承担水库下游防洪任务，主要体现在用足够的库容来拦蓄洪水。水库设有专用的防洪库容或通过预泄，留出部分库容来拦蓄洪水，以削减洪峰，改变天然洪水过程，满足下游防洪要求，而且蓄留的一部或全部洪水，枯水期内可供兴利部门使用，这种情况称为蓄洪，如图1-4(b)所示。如仅仅利用大坝抬高水位，增大水库调蓄能力，在入库洪水流速超过下游安全泄流量时，将部分洪水暂时滞留在水库内，待洪峰过后再将滞留的洪水慢慢放回原河下泄，以腾空库容迎接下次洪峰，从而起到削减洪峰、展平洪水过程以适应下游

防洪要求的作用，这种情况称为滞洪，如图1-4(a)所示。一个水库的蓄洪、滞洪作用往往兼而有之。

水库的调洪作用，主要是通过改变天然洪水过程线（即洪水变形）使下泄流量不超过下游河道的允许泄量。这种洪水变形的过程，主要体现在防洪库容中蓄水量的变化上，即调节水量的充蓄与泄放。图1-5可形象地说明水库的调洪作用。



1—入库洪水过程线；2—泄流过程线

图1-4 水库的滞洪和蓄洪

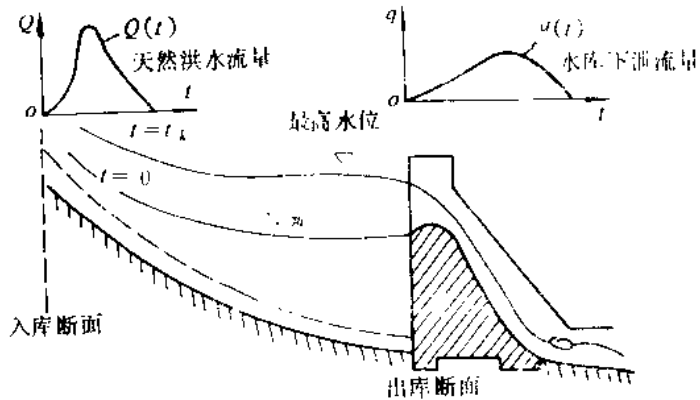


图1-5 水库的调洪作用示意

天然洪水过程经过水库时的具体变化，与水库的容积特性，泄洪建筑物的型式、尺寸，以及水库运行方式等有关。特别是泄洪建筑物是否有闸门控制，对下泄洪水流量过程线的形状有较大的影响。当泄洪建筑物无闸门控制时，如图1-6(a)所示，洪水入库后，水库水位随着蓄水而逐渐升高。当库水位高于泄洪建筑物槛顶高程时（往往采用开敞式溢洪道或溢流坝），水库开始泄洪（图1-6(a)中的A点）。从A点起，兴利部门（如发电、航运等）的下泄流量为 $q_{兴}$ ，总的下泄流量为 q ，则泄洪建筑物的下泄流量为 $(q - q_{兴})$ ，它将随着库水位的升降而增减。一开始入库流量大于下泄流量 q ，多余的流量蓄在水库中，使库水位逐渐升高，促使泄洪建筑物的下泄流量逐渐加大。入库洪峰过后，入库流量逐渐减小，但仍大于 q ，水库继续蓄水，水位继续上升， q 继续加大。直到B点，入库流量等于 q ，水库停止蓄水，水位继续上升， q 也就停止加大。B点以后，入库流量愈来愈小于 q ，水库拦蓄的洪水开始泄向下游，水位开始下降， q 也开始减小，B点的下泄流量达到最大值 q_{max} 。

当水库有闸门控制时，如图1-6(b)，总的下泄流量 q 除受库水位的影响外，还受闸门开启孔数和高度大小的控制，其变化情况比较复杂。不同的水库运行方式将会有不同的下泄流

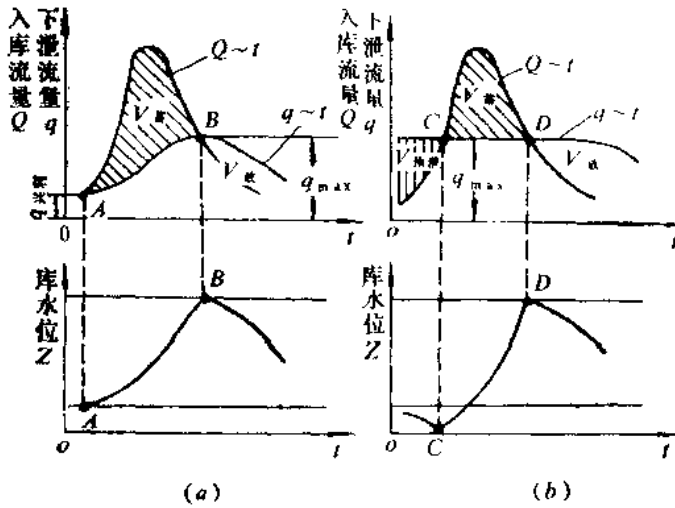


图1-6 水库调蓄后洪水过程线变形示意图

量过程线，并且一次洪水入库后拦蓄的水量也不一定和洪峰过后下放的水量相等。假定如图1-6(b)所示，洪水来临前库水位就高出溢洪道槛顶（如深式泄洪底孔）较多，以致闸门打开到一定开度时能够下泄下游安全泄量 q_{max} 。于是，一开始就按 q_{max} 值泄放水库内原有的存水，以先腾空部分库容。此时，由于来水小于下泄的 q_{max} ，水库水位下降，逐渐加大闸门开度，以继续泄放 q_{max} ，至C点，来水等于 q_{max} ，水库预泄停止，水库水位也停止下降。C点以后，仍继续按 q_{max} 下泄，因来水大于 q_{max} ，水库又开始蓄水，由于水位不断上升，为保持 q_{max} 不变，要逐渐关小闸门开度。直到D点以后，来水小于 q_{max} ，蓄水过程停止，转入放水。这时又要逐渐加大闸门开度，以继续泄放 q_{max} ，或保持开度不变而让 q 逐渐减小。上述两种情况相比，显然有闸门控制时，需要用来拦蓄洪水的库容，将比无闸门控制时为大。

由上述可见，在水库调洪过程中，入库洪水、下泄洪水、防洪库容、库水位的变化以及泄洪建筑物的型式和尺寸等之间有着密切的关系。水库调洪计算的目的，就是为了定量地找出它们之间的关系，为决定水库的有关参数和泄洪建筑物型式、尺寸等提供依据。但要注意，入库洪水的大小不同，下泄洪水、防洪库容、库水位变化等也将不同。因此，在进行水库调洪计算时，必须首先确定一个合理的防洪标准或水工建筑物的设计标准。若水库要承担下游防洪任务，则除了选定水工建筑物的设计标准外，还要选定下游防护对象的防洪标准，即防护对象所应抗御的设计洪水频率。防洪标准应根据防护对象的重要性，历次洪水灾害情况及政治、经济影响，结合防护对象和防洪工程的具体条件，并征求有关方面意见，参照设计规范的有关数据选用。

第四节 兴利部门的用水要求和用水特点

一、水力发电

天然水源相对于某一基准面而言具有一定的势能，并且它在地球引力作用下以一定流速不断向下游流动，故具有一定的功能。总起来说，天然水流具有一定的水能。在天然情况下，河水因克服流动阻力、冲蚀河床、挟带泥沙等，使所含能量分散地消耗掉了。水力发电的任