

水利计算与 水库调度

武鹏林 霍德敏 编著
马存信 晋 华



地质出版社

水利计算与水库调度

武鹏林 霍德敏 马存信 晋 华 编著

地 震 出 版 社

2000

图书在版编目(CIP)数据

水利计算与水库调度/武鹏林等编著. —北京:地震出版社,2000.5
ISBN 7-5028-1760-3

I. 水… II. 武… III. ①水利计算②水库调度 IV. ①TV214 ②TV697.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 26159

水利计算与水库调度

武鹏林 霍德敏 马存信 晋 华 编著

责任编辑 张友联

责任校对 庞娅萍

★

地震出版社 出版

北京民族学院南路9号

北京朝阳东华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

★

787×1092 1/16 17.75 印张 455 千字

2000年5月第一版 2000年5月第一次印刷

印数 0001—2500

ISBN 7-5028-1760-3/TV·2

(2291) 定价:26.80 元

序

水利是农业的命脉,也是一个国家经济与社会发展的重要基础产业。我国是水资源十分短缺的国家,人均水资源占有量不到世界人均占有量的四分之一,而且分布很不均匀。因此,水资源的开发利用与保护在实施科教兴国和可持续发展战略中具有特别重要的地位。我国劳动人民在水资源的利用和水利建设方面有着悠久的历史,积累了极其丰富的宝贵经验。4000 多年前的大禹治水传说广为今人所称颂,战国时期的都江堰工程至今仍在川西平原发挥着巨大的效益。当今,随着科学技术的进步,人们对自然界水的循环过程 and 水的流动规律的认识不断深化,在水资源的综合利用及调节控制等工程技术领域取得了许多重要成就,大大推动了水利事业的发展。

水利计算作为一门应用学科,它的出现和发展与水利工程尤其是水库工程的开发利用是分不开的。其主要内容是根据国民经济的发展,遵照水资源本身及其在开发利用中的实际要求,确定水利水电工程的合理开发方式、开发规模和可以获得效益。

水库调度的任务主要是,按照国家的方针政策和有关规定,在水库原规划设计的基础上,根据工程的实际运用状况、水文气象特性和国民经济各部门对水库的要求,选定水库的各种特征水位和径流调节方式,恰当地安排蓄泄关系,力争在防洪、灌溉、发电、水运、渔业、工业与民用供水等各方面发挥水库最大的综合利用效益。

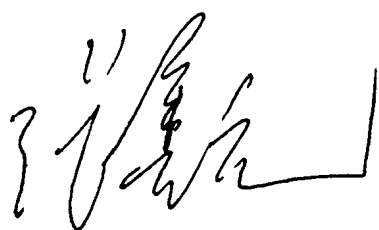
《水利计算与水库调度》这部专著将以上两方面的内容有机地结合起来,体现了学科的延续性与完整性。该书的主要特点是传统理论与现代研究方法相结合,在介绍水资源综合利用的基础上,系统地论述了水库兴利调节计算、水电站水能计算、水库调洪计算、水利工程经济计算与评价;水库兴利调度、防洪调度、库群调度及水库优化调度的基本理论与计算方法,书中列举了一定数量的生产实例,给出了许多图表,不少内容反映了作者多年来研究成果。

本书在叙述上深入浅出,概念清晰,注重理论结合实际,照顾了不同层次和专

业的读者;每一章后均附有小结及习题,增加了它的可读性和适用性。

该书内容丰富,注重实用,结构新颖,别具风格,表现出作者对水利事业的高度热忱和严谨治学的科学态度,它的问世将对水利学科的数学和科学研究以及工程应用起到一定的积极推动作用,希望能受到学术界和工程界广大读者的欢迎。

在本专著出版之际愿为其作序,表示衷心的祝贺!



教授、博士生导师

国家级有突出贡献的中青年专家

山西省优秀专家

中国力学学会理事、山西省力学学会理事长

中国高等工程教育研究会理事

1999.12

前 言

为适应目前水利工程规划设计及运行管理的需要,编者在积累了多年教学、科研及生产成果的基础上,征求有关师生及科研技术人员的意见和吸取其他有关文献的经验,经过调整、充实、提高而完成了本书的编写工作。

与其他相近著作相比较,本书具有如下特点:

1. 在编写过程中,力求做到重点突出,层次分明,深入浅出,理论与实际相结合,列举了适当数量的实例,使本书通俗易懂。这样避免了由于简单地强调理论而忽略了读者的认识过程,有效地克服了读者学习时的困难。

2. 在讲义与科研报告的基础上,适当充实了本书内容,突出了解决当前水库运行管理阶段的问题,增加了近年来有关水库调度的新内容,以推动其进一步成熟与发展。如选用本书作教材,教师可根据自己的观点,结合教学大纲,对文中内容作取舍而不会影响内容的连贯性。

3. 本书每章后均附有小结,可作为读者预习的指导和复习的指示。各章均有思考题与习题,能帮助读者进一步理解书中内容。

4. 书中每一概念及关键词均给出了英文翻译,使读者能更深刻地理解每一概念的内涵,而且在学习水利计算与水库调度的同时,也掌握了其英语专业词汇,为今后查阅与翻译相关英文文献资料提供了方便。

全书共十一章,内容包括:兴利调节计算、水电站水能计算、洪水调节计算、经济计算与评价、水库兴利调度、防洪调度、优化调度及水库主要参数的选择等。

本书的第一、二、五、七、八、十一章由武鹏林编写;第四、六、九章由晋华编写;第三章由霍德敏编写,第十章由马存信编写。全书由武鹏林统稿、主编并定稿。

本书的读者对象是水利类专业的工程技术人员。可供高等水利院校水利水电工程、农田水利工程、水利工程管理专业的教学使用,也可作为水利类专业的自学或函授教材,乃至其他专业师生和工程技术人员参考。

在编写过程中,参阅引用了国内外许多单位及个人的文献、资料、讲义和教材,由于范围广泛,未能一一注明,在此一并致谢。

我校副校长、博士生导师张善元教授为本书撰写了序,并对全书进行了审稿,提出了许多宝贵意见,编者谨此致谢。

我们要感谢山西省教委高教处对本书出版的资助,同时还要感谢向编者提供资料,提出意见和建议以及关心本书编写出版的所有同志。

我们诚恳地希望读者对本书存在的缺点和错误提出意见,以便修编时加以改进。函寄:太原市迎泽西大街79*,太原理工大学建筑与环境工程学院(邮编:030024)。

作 者

1999.8

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 水资源概况	(1)
第二节 水资源特性	(2)
第三节 水利计算与水库调度的任务及内容	(3)
第二章 水资源的综合利用	(6)
第一节 概述	(6)
第二节 灌溉用水	(7)
第三节 水力发电用水	(11)
第四节 给水	(14)
第五节 防洪与治涝	(15)
第六节 其他需水部门用水及综合需水图	(17)
第七节 各部门的用水规划与关系协调	(21)
第八节 水利工程对环境的影响	(24)
第三章 调节计算基本资料及水库特性	(28)
第一节 概述	(28)
第二节 径流调节的基本资料及其特性	(29)
第三节 水库的设计标准	(30)
第四节 水库特征	(34)
第五节 水库的特征水位与特征库容	(37)
第六节 水库水量损失	(40)
第七节 水库的淹没、浸没和其他后果	(42)
第八节 水库的淤积及其特点	(44)
第四章 兴利调节计算	(49)
第一节 兴利调节分类	(49)
第二节 年调节水库兴利调节计算	(51)
第三节 兴利调节时历图解法	(61)
第四节 多年调节水库兴利调节计算	(69)
第五节 多年调节计算的数理统计法	(74)
第五章 小型水电站水能计算	(88)
第一节 概述	(88)
第二节 设计代表年和设计代表期	(88)
第三节 水电站的分类	(89)
第四节 电力系统的负荷及其容量组成	(91)

第五节	水电站保证出力的计算	(94)
第六节	水库多年平均发电量的计算	(105)
第七节	水电站装机容量的选择	(107)
第六章	洪水调节计算	(119)
第一节	概述	(119)
第二节	水库的调洪作用与任务	(119)
第三节	水库调洪计算原理	(122)
第四节	水库调洪计算的方法	(124)
第五节	水库的防洪计算	(132)
第六节	水库防洪能力复核	(138)
第七节	地区防洪计算	(140)
第八节	溃坝洪水计算	(148)
第七章	水利工程经济计算与评价	(154)
第一节	概述	(154)
第二节	资金的时间价值及其计算	(155)
第三节	经济评价	(160)
第四节	财务评价	(163)
第五节	方案比较方法	(169)
第六节	综合利用水利工程的投资分摊	(171)
第八章	水库兴利调度	(177)
第一节	水库调度的意义及调度图	(177)
第二节	年调节水库灌溉调度图的绘制	(178)
第三节	多年调节水库灌溉调度图的绘制	(180)
第四节	当年水库灌溉计划调度图的绘制	(183)
第五节	发电调度图的绘制	(186)
第六节	发电调度图的应用	(192)
第七节	发电调度效益检查	(196)
第九章	防洪调度	(199)
第一节	概述	(199)
第二节	防洪限制水位的确定	(199)
第三节	防洪调度方式的拟定	(203)
第四节	洪水预报调度	(213)
第五节	防洪调度规则的制定	(218)
第六节	综合利用调度	(219)
第十章	库群规划与调度	(226)
第一节	库群规划与调度的基本知识	(226)
第二节	非发电库群调度	(229)
第三节	水电站库群规划与调度	(234)
第四节	库群洪水调度	(243)

第十一章 水库优化调度	(247)
第一节 概述	(247)
第二节 径流描述	(249)
第三节 最优化技术简介	(251)
第四节 单一水库优化调度	(261)
参考文献	(273)

第一章 绪 论

第一节 水资源概况

水是资源,是工农业生产过程中不可替代的资源,对水资源(或水利资源)的含义存在着不同的见解。水资源(water resources)通常指逐年可以恢复和更新的淡水,而大气降水是它的补给来源^[1]。从广义上讲,水资源是指地球上所有的水体,而我们所提的水资源是指陆地上可以利用的淡水(fresh water)资源,它包括江河(river)、湖泊(lake)、泉(spring)、积雪(snow pack)、冰川(glacial)、大气水(atmospheric water)、土壤水(soil water)以及地下水(ground water)等可供长期利用的水源^[2]。直到1977年,联合国召开水会议后,联合国教科文组织(UNESCO 或 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)共同提出了水资源的含义:“水资源是指可以利用或有可能被利用的水源,这种水源应当有足够的数量和可用的质量,并在某一地点为满足某种用途而得以利用。”^[3]

据估计^[4],陆地上约有2800多万 km³ 的淡水,占地球总水量的2%,由于冰川在自然界的特殊地位,开发利用极其困难,陆地上比较容易开发利用的淡水约有400多万 km³,占地球总水量的0.3%。可见,陆地上的水资源并不丰富。

陆地上水资源的分布很不均匀,有些国家和地区水资源较多,有些国家和地区水资源则严重不足。我国水资源总量为28 142亿 m³,其中多年平均河川径流量为27 115亿 m³(巴西51 912亿 m³,俄罗斯47 144亿 m³,加拿大31 220亿 m³,美国29 702亿 m³,印尼28 113亿 m³),居世界第六位。然而人均占有水量只及苏联的1/7,美国的1/5,世界的1/4,亩均占有水量只为世界的1/2,属于人均、亩均水量最低的国家之列。表1.1为全国各流域片(分区)的年降水量、径流量

表 1.1 全国各流域片(分区)年降水量、径流量统计表

流域片名称	年平均降水量/mm	年平均径流深/mm	$p = 50\%$ 年径流量/ 10^8 m^3	$p = 75\%$ 年径流量/ 10^8 m^3	径流均值占 全国百分数/(%)
黑龙江流域片	495.5	129.1	1 119.0	863.0	4.3
辽河流域片	551.0	141.1	472.0	380.0	1.8
海河、滦河流域片	559.8	90.5	268.0	199.0	1.1
黄河流域片	464.4	83.2	642.0	563.0	2.4
淮河流域片	859.6	225.1	689.0	496.0	2.7
长江流域片	1 070.5	52.0	9 417.0	8 656.0	35.1
珠江流域片	1 544.3	806.9	4 640.0	4 120.0	17.3
浙闽台诸河片	1 758.1	1 066.3	2 507.0	2 097.0	9.4
西南诸河片	1 097.7	687.5	5 853.0	5 380.0	21.6
内陆诸河片	153.9	32.0	1 060.	1 004.0	3.9
额尔齐斯河流域	394.5	189.6	97.0	78.0	0.4

注:1. 流域片包括本流域以外的附近小流域;2. 所有径流量都已还原至天然状态。

统计表^[5]。我国水源年内分布、地区分布不均匀、开发利用不合理、用水浪费、水源污染等原因,使得许多地方的水资源平衡遭到破坏,供水与需水的矛盾日益突出。

1977年联合国向全世界发出警告:“水不久将成为一项严重的社会危机,石油危机之后的下一次危机便是水”。据有关部门统计,1986年我国324个大中城市中,约有180多个城市不同程度地缺水,其中有40个城市严重缺水。今后随着工农业生产的发展,以及人民生活水平的提高,需水量将逐年上升。水利部水资源研究及区划办公室估计:目前全国农业和城市工业用水的总需水量达7000亿 m^3 ,约占我国水资源总量的25%,由于水资源地区分布不均匀,全国缺水700亿 m^3 ,主要集中在北方水资源贫乏的黄、淮、海、辽四个流域片。水资源已成为我国北方地区经济发展的最大制约因素^[6]。

第二节 水资源特性

水资源供需矛盾产生的原因之一,主要是自然状态下水资源的某些特性与人类的需求不相适应。因此,要充分利用、合理开发水资源,就必须首先了解水资源的特性。水资源特性概括起来有以下几点:

1. 水资源的时空分布不均匀性

依照水文循环的周期性、水资源能不断再生,不像矿藏等资源有固定储量。以多年或长期的观点来看,地球上的水量大体是平衡的。然而,由于影响水文循环的因素很多,变化复杂,降水量的地区分布很不均匀,且年内年际变化很大,在局部地区,特定时段内水量是有限的,并非“取之不尽,用之不竭”。

2. 水资源具有水利和水害两重性

众所周知,江河水流既能为国民经济建设服务,也会带来洪水、内涝等灾害。在河流上兴建水利工程,譬如修建水库,一方面可以用于兴利(灌溉、发电、给水等)和防洪,但也会引起库区农田、森林、矿藏淹没和人口迁移等不利影响。

3. 水资源可以综合利用

许多国民经济部门利用水的方式是各不相同的,可分耗水(water demand)和用水(water utilization)两种。例如,农业灌溉和工业、民用供水都消耗一定的水量,故称耗水或需水。水电站只利用水的能量;航运和渔业也主要是利用水体环境,它们都不消耗水量或消耗很少水量。因此,修建水库常能同时满足几个用水部门的需要,进行库容和水量的综合利用。也就是“一库多用和一水多用”。当然,某些部门之间有时在用水量 and 用水时间上会存在一定的矛盾,而在兴利用水部门和防洪之间,也可能存在库容利用上的矛盾。

4. 水流随时间而变化,且变化难测

河川径流不论是年内或年际间的变化都很大,变化的趋势通常也难以确切预测(故有所谓“水文的随机性和不确定性”)。这个自然情况给水利工程的合理设计和建成后的合理运行,都带来一定的困难。但是任何自然现象和规律总是可以认识的。随着人类对水文变化规律的日益掌握,也就能够使水资源蕴藏和变化情况更加确切了解,并更有效地为国民经济建设服务。在另一方面,它仍较煤或石油等其他资源(不易勘探,难以可靠估算)情况要好,因为水资源的平均数量是较易获知的。

5. 水利资源的地区性和整体性

首先,所谓地区性是:一方面,水资源的蕴藏量及其分布情况和变化特性常因地区自然条件不同而不同。另一方面,水资源的开发和河流治理方式的重点,也因地区自然条件和社会经济情况的不同而各有差别。譬如我国西南地区,河流多、坡降大、水量充沛、蕴藏着丰富的水力资源(hydroelectric resources),因此开发水电和通航常为首要。而在淮河、海河、辽河等丘陵和平原地区河流,则防洪、排涝和农业灌溉问题就比较突出。其次,所谓整体性是指:水由上游到下游穿流各处。因此水资源问题,无论是水量、水质,或防洪、兴利,都具有上下(游)、左右(岸),各地区、各部门间的相互影响极为错综复杂的关系。正因为这样,才有“水资源系统”(water resources system)或“水利系统”(water system)这些新的名词。

以上这些说明了水资源的主要特性及其在自然状态下的某些缺陷。如何掌握这些特性,改造其缺陷,进而发挥其在经济上的巨大作用,为我国社会主义建设服务便是水文水利工作者在科学和建设的实践中所面对和需要解决的重大任务。

由于水资源的上述特点,因此为了进行有效的开发利用,一个重要的、基本的手段就是对天然径流的人工控制或人工调节。也就是在第三章要说明的径流调节。

第三节 水利计算与水库调度的任务及内容

解决水资源的不足,主要是开源、节流,同时要作好水资源的保护工作。

在河流上兴建水库进行径流调节是解决水资源供需矛盾的重要措施,要实现这一措施必须对河流的水文情况,用水部门的要求,径流调节的方案和效果,以及技术经济论证等有关问题进行分析和计算,以便提出在各种方案下经济合理的水利设施。这就是水利计算与规划(hydraulic calculating and planning)(简称水利计算)的主要内容。而水库调度(reservoir regulation)的中心问题是拟定“水库泄用水规则”,以满足各级用水需要或保证一级需水图都能在相应的设计标准条件下得到满足。水资源的开发利用程度愈高,对径流调节和综合利用的要求愈高,则水利计算与水库调度这一环节的作用也愈显著。

水利计算与水库调度是各项水利工程在规划设计及运行时的一个经常需要的中间环节。它以水文分析和综合利用要求的研究为基础,通过水利计算这一环节,提出建筑物结构设计和工程经济分析所必须的基本资料、数据。水利计算的成果,一方面是水工建筑物设计的依据,对决定坝高、溢洪道和渠道尺寸、水电站容量、以及这些建筑物和设备的运行规程,起着重要的作用;另一方面又为工程的效益评价(benefit evaluation)和经济分析(economic analyses),甚至综合论证(synthetic proof),提供定量的基本数据(如投资和效益大小,保证程度,工程影响和后果等等)。水库调度是实现水库综合利用的一个重要手段,它可以对水库的运用具体决策,以便定量地解决水库综合利用中的矛盾。

1. 水利计算与水库调度的基本任务

(1)从国民经济当前或一定发展阶段对本流域(或本河段)开发任务的要求,经过各种计算和综合分析、比较,拟定最适当的水利措施的开发形式和开发程度;并确定水工建筑物的基本尺寸,例如坝高、库容及各特征蓄水位,溢洪道型式及尺寸,引水渠道断面大小,水电站装机容量,抽水机的功率等。

(2)确定或阐明能由水利措施获得的水利效益(water benefit)。例如,供给各用水部门的水量和能量的多寡及其质量(保证程度),包括水电站的保证出力和年发电量,灌溉水量,保证的

航深,以及防洪治涝的解决程度或能达到的防治标准,等等。

(3)编制水利枢纽的控制运用规程和水库调度图表及最优运行方案,以保证在选定的建筑物参数的基础上,实际运行时能获得最大可能的水利经济效益。有时,还须提供水库未来多年工作情况总的统计数字和图表。例如,多年中各年供给用户的水量、弃水、水库上下游水位变动过程等等,这些通常是根据历史水文资料作为模拟未来的系列而计算和得出的。

(4)水库建造所引起的影响和后果的估算、预测。水库的建造,除能达到预期的经济目的外,同时也引起开发河段及附近地区自然情况的改变。例如:①引起库区的淹没和库边土地的浸没。②引起库内泥沙淤积,风浪现象的改变和坝下游的河床冲刷。③由于水电站的日调节,引起下游水流波动,影响航运及取水建筑物的工作;由于回水变动,可能会引起库尾浅滩形态的变化;洪水时库区整个汇流情况亦会改变。④建造水库使蒸发渗漏增加,使水质状况、水温情势发生变化,并可能影响库内外附近的生态平衡和局部气候,这些派生的现象在水利计算中根据具体情况,亦应作适当的考虑。

2. 水利计算与水库调度的主要内容

(1)研究和选择河流治理方案、流域水资源开发方案、区域性水系群治理方案及水资源跨流域开发方案。

(2)研究和选择流域中或者区域中水资源工程群的建设顺序,初步选择工程的位置、开发方式、规模和主要参数。

(3)研究和编制近期待建水资源工程的可行性研究(feasibility study)报告,研究和选定其初步设计(preliminary design)中的工程总体布置方案、水资源综合利用开发方式,建设规模和主要参数等。

(4)研究和拟定待建或已建水资源工程群体和个体的综合利用优化调度(optimal dispatching)运用方案和水电站运行计划。

3. 水库设计步骤

(1)收集、整理、分析和研究水利勘测(water survey)和水利调查(water search)所获得的资料、数据和图幅等,其中包括:流域的、区域的或单个工程所在地的长系列水文气象记录和未来中长期预测和估计成果;工程地址及其附近工程地质(engineering geology)和水文地质(hydrogeology)的查勘效果;工程地址和水库区及其附近的地形地貌(topography and geomorphy)测量和查勘成果;工程附近地区的经济和社会情况调查成果(例如城乡居民点分布、土地、人工、国家和个人财产,已有的各类工程设施、工农业生产现状及发展前景、自然资源、物产、文教卫生、交通运输、水旱灾患、名胜古迹和文物等的概况及其对河流治理与水资源开发的要求);工程附近地区的劳动力资源、商品性建筑材料供应和当地建筑材料(如土料和沙石料等)分布概况等。

(2)进行水文方面的分析与计算,参见工程水文学。

(3)拟定水资源综合利用开发方式和工程总体布置初步方案,粗略拟定各主要水工建筑物和主要设备的型式和尺寸。

(4)拟定待建水资源工程主要参数的若干个可能方案,并对各方案进行计算。水电站还要进行水能计算。

(5)对上述主要参数的各个方案进行经济计算与评价。

(6)对上述主要参数的各个方案,分析其非货币指标的社会效益和环境保护、政治、社会等方面的定性评价,将这些分析评价的结果与上述经济评价的结果一起进行多因素综合评价,从

而选出最佳方案,作为选用方案。

(7)制定工程综合利用优化调节方案和水电站运行计划。

4. 主要参数

(1)水力发电的主要参数为设计蓄水位(planning storage level)(指水库或水电站上游的水位)、水库死水位(dead level)(或水库工作深度)和装机容量(installed capacity)。

(2)灌溉的主要参数为水库蓄水库容(storage capacity)及相应水位、渠道(channal)或抽水站(pumping station)设计流量(design discharge)、多年平均年供水量(annual average water supply)等。

(3)城市供水的主要参数与灌溉部门类似。

(4)防洪的主要参数大体上是:水库设计蓄洪库容(planning flood storage capacity)及相应水位和设计下泄流量(design undershot discharge)、河道整治后各河段的设计洪水位(design flood level)和设计流量、堤防各段的堤距和堤顶高程等。

(5)治涝的主要参数大体上是排涝站的设计流量和围堤顶高程。

小 结

本书作为水资源开发利用技术科学的一个部分,对水资源的一些基本特性应有所了解,并着重介绍水利计算与水库调度的一般概念、原理及常用的计算方法。特别是以水库为中心的径流利用和调节计算的基本原理和方法,以及有关水库设计和参数选择的基本知识。它与水利专业的其他课程,特别是水文分析与计算、水利工程基础等具有十分密切的联系。

思 考 题

1. 什么是水资源,你认为哪一种解释较合理?
2. 你认为水资源与水文学的关系怎样?
3. 水资源有哪些特点?
4. 本课程的性质、任务和主要内容各如何?

第二章 水资源的综合利用

第一节 概 述

陆地上的水源(water source)主要由降水(precipitation)补给。但由于降水量(rainfall amount)在年内和年际分布的不均匀性,雨水较丰的年份常会出现暴雨(storm rainfall)或霪雨(excessive rainfall),以致某些地区或河段在短期内汇集了过多的径流,如果不能迅速排走而任其停滞或泛滥,就将形成洪涝灾害。所以,自古以来,除水害——防洪(flood prevention)与治涝(water log control)就成为水利事业中的首要任务。然而,淡水从来就是人类赖以生存和进行生产劳动所必不可少的自然资源,它对于人类来说,毕竟是利多害少。人们在除水害的同时,总是千方百计地为各种不同的目标去兴修水利工程,以求充分地利用水利资源。于是,兴水利与除水害就构成整个水利事业的两大组成部分,包括防洪、治涝、灌溉、水力发电、航运、木材浮运、给水、渔业、水利环境保护等等水利部门(详见本章各节)。各种不同的水利工程,无非是针对上述某一项或某几项的需要而兴建的。

不同的水利部门,有些是除害,有些是兴利。而且,不同的兴利部门,对水资源的利用方式各不相同。例如,灌溉、给水要耗用水量,发电只利用水能,航运则依靠水的浮载能力,渔业却要利用水面面积和水体空间,等等。这就有可能也有必要使同一河流或同一地区的水资源,同时满足几个不同的水利部门的需要,并且将除水害与兴水利结合起来统筹解决。这种开发水资源的方式,就称为水资源的综合利用(multipurpose utilization)。我国大多数大中型水利工程在不同程度上实现了水利资源的综合利用。例如,汉江丹江口水利枢纽就是一项综合利用汉江水资源的大型水利工程。它能有效地控制汉江上游的洪水,大大减轻汉江中下游广大地区频繁的洪水灾害;给鄂西北、豫西南的严重缺水地区内数百万亩农田提供丰富的灌溉水源;为河南、湖北两省工农业提供 90 万 kW 的廉价电力;在它的水库内,形成 220km 长的深水航道,并大大改善了下游 650 km 河道的通航条件;辽阔的水库还可以发展水产养殖,每年能出产数百万公斤淡水鱼。实际上,水资源的综合利用是我国水利建设的一项重要原则。能够使宝贵的水资源得到比较充分的利用,以较少的代价取得较大的综合效益,在进行水利计算与水库调度时,必须重视这一原则。

然而,由于人们认识上的局限性、片面性,以及局部利益等原因,我国有些大中型水利工程,尽管完全具备水资源综合利用的有利条件,却仍然在这方面存在某种缺陷。在水资源综合利用方面,还有一类问题常易被人们忽视,即是环境保护(environment protection)与生态平衡(ecologic balance)问题。大中型水利工程的施工常常要集中大量人力、设备,并耗用大量建筑材料;工程本身常需占有大片土地,特别是水库常造成大面积的淹没。此外,水利工程是人们改造自然的一种重要手段,必然要对河流的水文情况产生重大的影响,等等。人们通过实践,逐步认识了这类问题的重要性,忽视这类问题常会给国家和人民带来巨大损失。因此,我们在进行水利计算与水库调度时,还必须认真研究并尽量避免工程对自然环境和生态环境可能产

生的不良影响。

水资源的综合利用虽然是一个普遍应该考虑的原则,但具体执行起来却往往比较复杂。这是因为,各河流的自然条件千变万化,各地区需水的内容和要求也差异很大,而且各水利部门之间还不可避免地存在一定的矛盾(见本章第七节)。因此,要做好水资源的综合利用,就必须从当地的客观自然条件和用水部门的实际需要出发,抓住主要矛盾,从国民经济总利益最大(maximum total national economic profit)的角度来考虑,因时因地制宜地来制定水利规划编制水库调度方案。切忌凭主观愿望盲目决定,也不能生搬硬套外地经验,尤其不要只顾本地区本部门的局部利益而使整个国民经济遭受不应有的损失。

第二节 灌溉用水^[7]

农作物的生长除了养分及空气之外,还要有适宜的水分(moisture)。适宜的水分,不仅是供给作物生长的需要,而且能调节土壤中的水分、养料和热状态。农作物适宜水分的保持,除了大气的有效降水补给之外,还需从农田水利措施中不断提供补充,以弥补天然降水在时间和数量上的不足,这就是农业的灌溉用水(irrigation water)。

灌溉的主要任务是:在旱季雨水稀少时,或在干旱缺水地区,用人工措施向田间补充农作物生长必需的水分。但旱季河川径流也较少,干旱地区本来就缺水,因此,兴建灌溉工程(irrigation engineering)首先要寻找水源,水源主要有:

(1)蓄洪补枯(flood storage and compensating deficiency)。亦即利用水库、塘坝、湖泊、蓄水池等进行径流调节(详见第四章),拦蓄雨季洪水,供旱季灌溉使用。在山丘区及径流年内分布或年际变化较大的地区,蓄水灌溉甚为普遍。

(2)引取水量较丰的河湖水。流域面积较大的河湖,在旱季也还常有较多水量可用。为此,常需修筑长渠引水到干旱缺水地区,甚至跨流域引水,例如河南林县的红旗渠等。

(3)汲取地下水。多用于干旱地区地面径流比较枯涸的情况下。例如河北的井灌、新疆的坎儿井等等。

配合上述水源,需要修建相应的工程。

(1)蓄水工程(water storage works)。为了蓄洪补枯,需要修建水库、塘坝等,或者在天然湖泊出口处建闸控制等等。蓄水工程常可兼顾防洪或其他兴利部门的需要。

(2)自流灌溉引水渠首工程。不论是从水库引水或从河、湖引水,一般都希望尽量采用自流灌溉(irrigation by gravity)的方式,这适用于水源的水位高于灌区高程的情况下。自流灌溉需筑渠首工程(canal head works),渠首可分无坝引水式与有坝引水式两种(图 2.1 和图 2.2)。无坝引水投资较小,但只能引取河水流量的一小部分。有坝引水

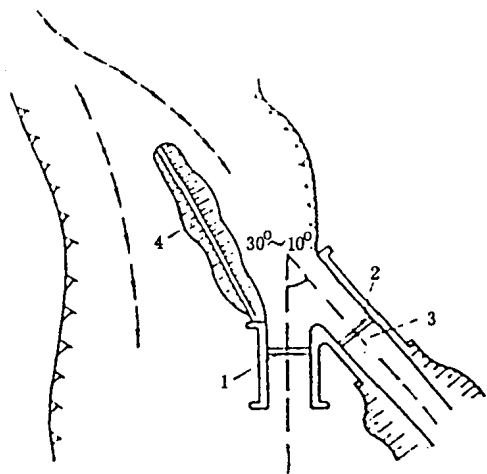


图 2.1 无坝引水渠首示意图

1. 冲沙闸; 2. 进水闸; 3. 干渠; 4. 导水堤

则投资较大,但可拦截并引取河水流量的全部或大部。从综合利用水库中引水自流灌溉,也属

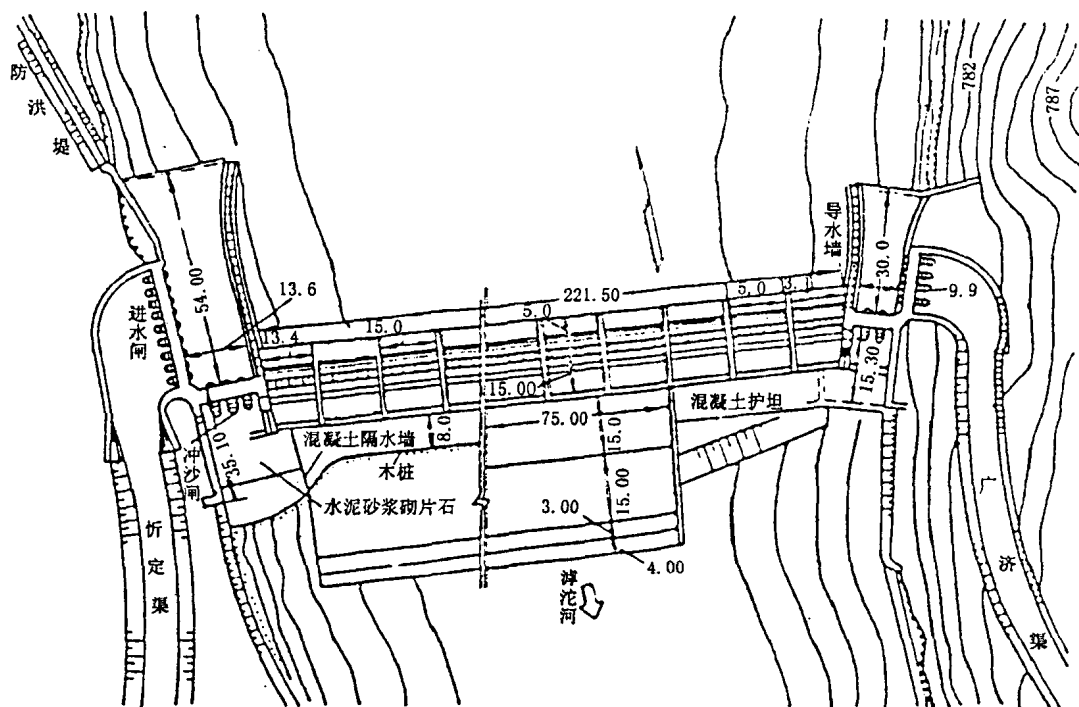


图 2.2 有坝引水渠首示意图

于有坝引水性质。自流灌溉渠首工程包括:进水闸(inlet sluice)、沉沙池(desilting basin)、消能工(energy dissipator)等,有时还包括渠首引水隧洞(diversion tunnel)等。

(3)提水灌溉工程(lift irrigation works)。当水源水位低于灌区高程时,常需提水灌溉,其核心工程是机电泵站,其运行费用常较贵,灌溉成本较高。提水灌溉工程包括:前池(head pond)、泵站(pumping station)、压力池(pressure pond)、分水闸(diversion sluice)等。山区小灌区常用筒车、水轮泵、水锤泵等水力机械提水,以天然水力为能源,费用低廉,深受群众欢迎。当从水电站的水库中引水自流灌溉下游低田时,可能使水能损失较大而降低了发电效益。此时,也可以自水库中引水自流灌溉高田,同时自下游河流中引水灌溉下游低田,二者相结合,常可获较大的综合利用效益。

(4)渠系(canal system)。渠系指渠首或泵站下游的输水及配水各级渠道、以及渠系建筑物等。

(5)长藤结瓜水利系统。在山丘区、盘山开渠,将若干水库、塘坝、蓄水池及干支渠等串连起来,形成蓄水、输水、配水相结合的统一体系,称为长藤结瓜式水利系统。这种措施能扩大水库的流域面积(增加水源),提高水源利用率,增大蓄水容积,扩大灌溉效益。并有利于实现水资源综合利用。

为了适时适量地进行灌溉,必须掌握农作物田间需水规律。田间需水量(irrigation water requirement)因农作物种类,因时、因地而不同。农作物在整个生长过程中需要浇灌的次数叫灌水次数(irrigation frequency),每次的浇灌水量叫灌水定额(irrigation requirement),所有各次浇灌水量的总和叫灌溉定额(irrigation norm)。灌水定额和灌溉定额的单位用 $\text{m}^3/\text{亩}$ 或者 m^3/hm^2 来