

中等专业学校教材



水利水电规划

东北水利水电专科学校 朱伯俊 主编



TV212
1

中等专业学校教材

水利水电规划

东北水利水电专科学校 朱伯俊 主编

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本教材在说明水利水能计算所需基本资料的基础上,着重叙述水库兴利调节计算、防洪调节计算、水电站水能计算、电力系统中水电站主要参数的选择,以及灌溉水库和发电水库调度等基本原理和方法。全书编有连贯的系统算例。

本书为中等专业学校水利水电工程建筑专业通用教材,同时兼顾农田水利工程专业的需要。亦可供其它相近专业师生和水利水电技术人员参考。

中等专业学校教材

水 利 水 电 规 划

东北水利水电专科学校 朱伯俊 主编

水利电力出版社出版

(北京三里河路4号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市密云县印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 11.5印张 257千字

1992年6月第一版 1995年5月北京第二次印刷

印数 09591—16620 册

ISBN 7-120-01530-3/TV·554

定价 6.60 元

前 言

本教材根据水利部科技教育司《1990~1995年中等专业学校水利水电类专业教材选题和编审规划》，适应水利水电工程建设、农田水利工程（简称水工、农水）专业的教学要求，参照水工专业的《水利水电规划》教学大纲和农水专业的《工程水文学》教学大纲中的径流调节部分，按54学时编写的。因此，教材内容较广，各专业可根据教学要求，酌情取舍。

本教材虽是新编，但编写时认真研究和考虑了第二轮教材的教学实践经验。本书中水利水能计算所需要的基本资料、水库兴利调节计算、水库防洪调节计算、水库调度等章节，在原《工程水文学》（第二版）径流调节的基础上，进行编写；水能计算内容参考了《水电站》（第二版）有关部分。本书各章在阐明基础理论的情况下，为加强理论联系实际，培养学生分析问题、解决问题的实际计算能力，编写了较多的系统算例，且各章算例前后联系，并结合算例较详细地讲述所学理论知识的应用，以便于学生阅读。

本教材由东北水利水电专科学校朱伯俊编写绪论、第四、五、六章，广东水利电力学校奚文华编写第一、二、三章。全书由朱伯俊任主编，江西水利水电学校周忠一任主审。

本教材在编写中，参阅引用了有关院校的教材和生产科研单位的技术资料，未一一注明，编者均表示衷心的感谢！

限于水平，书中的缺点错误，诚恳地欢迎广大读者批评指正，以便今后进一步提高教材质量。

编 者

1991年4月

目 录

前 言	1
绪 论	1
第一章 水利水电规划所需要的基本资料	4
第一节 水资源综合利用的意义和水库兴利用水	4
第二节 水库地形特性及特征水位	11
第三节 水库的水量损失	14
第四节 水库淤积的估算和死水位的确定	17
第五节 水库的淹没和浸没问题	20
复习思考题	21
习题	21
第二章 水库兴利调节计算	24
第一节 兴利调节的作用与分类	24
第二节 设计保证率 and 设计代表年	26
第三节 兴利调节计算原理	29
第四节 年调节水库兴利调节时历列表法	30
第五节 年调节水库兴利调节时历图解法	39
第六节 多年调节水库兴利调节计算	52
复习思考题	60
习题	61
第三章 水库防洪调节计算	63
第一节 水库的调洪作用和任务	63
第二节 水库防洪调节计算的基本原理	66
第三节 无闸门控制的水库调洪计算	67
第四节 有闸门控制的水库调洪计算	81
复习思考题	88
习题	88
第四章 水能计算	91
第一节 水能利用的原理及开发方式	91
第二节 水电站的保证出力和发电量计算	96
第三节 灌溉水库结合发电的水能计算	110
复习思考题	115
习题	116
第五章 电力系统中的水电站主要参数选择	118
第一节 电力系统的负荷与容量	118
第二节 水利水能规划中的经济比较	123

第三节	水电站装机容量的选择	125
第四节	水电站正常蓄水位及死水位的选择	132
复习思考题		138
习题		138
第六章	水库调度	140
第一节	水库调度的内容与任务	140
第二节	水库防洪调度	141
第三节	水库灌溉调度	154
第四节	水库发电调度	160
复习思考题		172
习题		173

绪 论

一、我国的水资源

所谓水资源,广义地说,自然界所有的水,包括气态、固态和液态三种形式存在的水,统称水资源;而目前通常所说的水资源是狭义概念,是指可供人们取用的、在一定时间内能够得到恢复和更新的地面、地下淡水量。大气降水量是水资源的补给来源。我国多年平均年降水量约628mm,低于全球陆面的834mm和亚洲陆面的740mm。根据《水利规划》1990年1期有关资料,我国水资源年均总量28124亿 m^3 ,其中河川年均径流量是27115亿 m^3 ,低于巴西、苏联、加拿大、美国和印尼等五国,居世界第六位,为世界径流总量的5.8%。我国的水资源量从人口平均来看:1988年全国人均占有径流量2474 m^3 ,为世界人均值的1/4;到将来如果按15亿人口计,人均占有将下降到1808 m^3 ,低于美国在采取节约措施后1985年的人均实际用水量1903 m^3 ,可见我国水资源并不丰富。从耕地面积平均来看:亩均占有水量约为世界亩均的3/4。从水土资源地区分布来看:也极不均匀,全国有45%的国土处于降水量少于400mm的干旱、少水地带;长江流域和长江以南地区径流量占全国82%,耕地只占全国38%;黄、淮、海三大流域径流量占全国6.6%,而耕地却占40%。从水资源的时程变化来看:其主要部分地面径流的年内、年际分配极不均匀,使我国广大地区水、旱灾害频繁出现,对农业生产危害很大。从城镇及农村居民供水来看:有不少城市和农村缺水,如1984年统计,有88个城市缺水,日缺水量达1240万 m^3 ;全国农村(包括岛屿)尚有数千万人口的饮水问题尚待解决。我国水资源的这些特点,说明水利事业的形势是严峻的,任务也非常繁重,存在许多重要问题有待解决。

河川水流和沿海潮汐所蕴藏的天然水能,又称为水能资源。我国幅员辽阔,江河纵横,湖泊棋布,海岸线长,水能资源丰富。全国河川水能资源,按多年平均流量计算的理论蕴藏量为6.76亿kW,年发电量5.9万亿kW·h。其中可能开发的水能资源为3.8亿kW和1.9万亿kW·h/年,分别占全世界的1/6和1/5,均居世界第一。我国海洋水能资源也很丰富,仅潮汐能源,初步估计有1.1亿kW。可见我国水能资源的开发利用,前景十分广阔。

我国水资源的利用历史悠久,古代兴建了举世闻名的四川岷江上游都江堰、沟通湘江与桂江的灵渠、纵贯南北的大运河等水利工程。在水能利用方面,早在二、三千年以前就有代替人力作工的水车、水磨等简单水力机械,用于磨粉和提水灌溉等。但是,几千年的封建社会阻碍了生产力的发展,也阻碍了水利事业的发展。新中国成立前的近百年来逐步沦为半封建半殖民地社会,水利建设与其它部门一样,没有多大发展。至新中国成立前仅有大型水库6座、中型水库17座和少量的小型工程;灌溉面积2.4亿亩;水电站装机容量16万kW。

新中国成立后,党和政府十分重视水利水电建设,有计划地整治江河,防治水旱灾

害,开发利用水资源。到1989年末全国建成水库82848座,总库容4617亿 m^3 ,为河川年均径流量的17%;灌溉面积增加到7.25亿亩,居世界第一位;水电站装机容量3458万kW居世界第六位,开发程度9.1%;修建了堤防21.7万km,防洪除涝的效益不可估量,如黄河,明、清以来,仅开封市上、下游就决口100多次(平均5年1次),新中国成立后40年来未发生一次决口;华北地区为了利用地下水资源,打了大量机井。这些水利建设对抗御水旱灾害,促进工、农业生产的发展,保障城乡人民生活用水,都发挥了重要作用。

二、水利水能计算的任务与内容

(一)水利水能计算的任务

目前开发利用的水资源主要是河川径流部分,为了适应国民经济的发展,充分合理地开发利用河川水资源,需要兴建水利水电工程控制和调节河川天然径流。故必须在掌握河川水文变化规律的基础上,综合研究国民经济中各部门对水资源的要求,结合当地自然条件,规划水资源的开发利用方式、内容和主要目标。通过水利工程控制并重新分配河川径流,改造自然,防止洪水灾害,提高兴利效益。在水利水电工程的规划、设计、施工、管理运用的各阶段,由于水文情势的不断变化及工程情况不同,都需要针对不同的要求进行水利计算或水能计算。

由此可见,水利水能计算的任务就是在掌握水文情势的基础上,根据水文计算成果和国民经济各部门的综合利用要求,对水资源进行除害与兴利计算,重新分配径流,合理确定工程设施、规模、调度方式和效益,以达到改造自然,开发利用水资源的目的。

(二)水利水能计算的内容

在河流上修建水库是调节径流的一项措施,从径流调节的目的和作用来看,水利计算可分两方面:以防止或减轻洪水灾害的径流调节计算,为防洪调节计算;以拦蓄水量调节天然径流以满足用水需要的径流调节计算,为兴利调节计算。兴利调节中专门为利用水能发电的调节计算,又称为水能计算。

具体来说:在水库规划设计阶段兴利调节计算的主要内容,是根据设计年径流和调节计算的基本原理,计算与研究设计供水标准(保证率 P)、水库兴利蓄水量、供水量三者之间的关系,确定水库兴利库容的大小和供水效益;水能计算的主要内容是由设计年径流(或径流长系列)根据水能利用的原理,计算和分析水电站设计标准(保证率 P)、发电库容、保证出力和多年平均年发电量之间的关系,确定水电站的发电效益指标和反映水电站规模的主要参数——正常蓄水位、装机容量和死水位等;防洪调节主要是根据设计洪水由调洪计算确定水库的调洪库容、防洪水位、溢洪道尺寸,为确定水库大坝规模提供数据。

根据历史水文资料 and 各部门的用水要求,通过水利计算可绘制水库调度图。在水库规模确定后,可应用调度图进一步核算各项水利水能指标;在水库管理运用中,可应用这种调度图,参考经验进行来水预报和用水预测,制定实施性调度图,指导水库运用,有计划地进行防洪与兴利调度,充分发挥水库的综合效益。

三、本课程的教学任务

《水利水电规划》是一门专业课教材,其内容实用性、针对性较强,是从事水利、水电工程技术人员所必须具备的专业技术知识。本课程的教学任务:是学生学习工程水文

学的基础上,进一步学习水利水电工程规划的基本知识、基本理论,初步掌握水利水能计算和分析的方法,为毕业后从事水利专业工作打下基础。

因为本课程的内容与实际联系密切,涉及面广,头绪繁多,对初学者来说,往往感到知识零散,多而杂,前后联系困难,不易系统地连贯起来。为此,本教材编串了系统的算例,前后计算例题互相联系,前面章节算例的成果是后面章节算例的依据。从第一章到第六章一些例题联串起来,就是一座以灌溉为主或以发电为主的中型水库水利水能计算,包括:搜集整理资料,灌溉兴利调节计算,防洪调节计算,水能计算,防洪调度,灌溉调度和发电调度等基本内容。这样,有利于培养学生较为系统的概念,明确和应用所学的基本知识和基本理论,有利于培养学生水利水能计算与规划的工作能力。

本教材为适应水利水电工程建筑、农田水利工程专业的共用教材,故内容较多,各专业可根据教学要求适当地精简某些部分,特别是农水专业对水能计算和水电站的有关知识可大量删减。

本教材各章之后编写了复习思考题和习题。由于祖国疆域辽阔,气候地理因素差异较大,故习题和复习思考题仅供参考。各校也可根据当地情况自编习题和复习思考题。

复 习 思 考 题

0-1 我国水资源是否丰富?水资源的地区分布和时程变化是否有利于国民经济?

0-2 我国的水能资源及其开发利用的前景如何?

0-3 水利水能计算的任务、主要内容和教学任务各如何?

第一章 水利水电规划所需要的基本资料

水利水电规划所需要的基本资料, 主要包括: 河川径流特性, 国民经济各部门的用水特性及水库特性等三方面的资料。

河川径流特性方面的资料, 是水利水电规划的基本数据。由于水文现象的随机性, 不可能对水库未来几十年甚至上百运行时期的河川水文情况进行长期预测。因此, 在水库规划设计中, 通常只有按历史的径流资料, 预估未来的水文情势和来水特性, 即假定未来的径流变化可用历史的实测系列或地区的概化资料来代表。河川径流特性资料的推求已由工程水文学专门阐述。

国民经济各部门用水特性方面的资料, 是进行规划计算的另方面的依据。为确定用水要求, 就需要了解规划地区的工业、农业、动力、交通等部门当前和远景发展计划的资料。同时, 还要了解各部门的用水特性, 它们对水量、水质、保证程度、用水时间和引水地点等的要求。

水库特性方面的资料, 包括水库的面积、容积特性, 水库的蒸发和渗漏损失, 水库的淤积, 水库淹没和浸没等。这些水库特性资料, 一般需要根据水文气象资料、库区地形资料、水文地质查勘资料及库区经济资料等求得。

基本资料是水利水电规划设计和运用的根本依据, 直接影响计算成果的质量, 必须重视其可靠性和正确性。

第一节 水资源综合利用的意义和水库兴利用水

一、水资源综合利用的意义

地面上的水源主要由降水补给。由于降水量在年上和年际分布的不均匀性, 雨水较丰年份常会出现暴雨或霪雨, 以致某些地区或河段造成洪涝灾害; 雨水较枯年份, 久旱无雨, 会使某些地区田地龟裂, 苗株枯萎, 形成旱灾。凡此都直接影响到经济生产和人民生命财产的安全。所以, 自古以来防治水旱灾害就成为水利事业中的首要任务。人们在除水害的同时, 千方百计地为各种不同目的去兴修水利工程, 以求充分利用水资源, 包括防洪、治涝、灌溉、水力发电、工业民用给水、航运、渔业和水环境保护等, 各种水利工程, 往往是根据上述某一项或几项的需要而兴建的。

不同的国民经济用水部门, 以不同的方式利用水资源。如农业灌溉、工业民用给水都消耗一定用水量, 水力发电只利用水能, 航运和渔业主要是利用水体的存在。但这些用水部门之间在用水量和用水时间上存在着一定矛盾。虽然如此, 有可能也有必要使同一河流或同一地区的水资源, 分清主次, 一库多用或一水多用, 同时满足几个兴利部门的需要, 并且将除水害和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。

水资源综合利用也是我国水利建设的一项重要原则，它能够使宝贵的水资源得到比较充分的利用，以较少的财力、物力取得较大的综合效益。在进行水利水电规划时，一定要遵循这一重要原则。

水资源的综合利用原则，在具体执行起来往往比较复杂。用水的需要，是随河流所在地区而不同，它主要取决于流域内国民经济的主要构成形式，工矿、农业分布的种类，洪涝灾情，动力经济状况，水陆交通情况，城市及居民点的分布等而变化。加之各条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较大，而且各兴利部门之间还不可避免地存在着一定矛盾。因此，要做好水资源的综合利用，就必须从当地客观自然条件和用水部门的实际需要出发，抓住主要矛盾，从国民经济总效益最大来考虑，因时、因地制宜制定水利水电规划。

二、灌溉用水

农作物的生长除了养分及空气之外，还要有适宜的水分。水分不仅供给农作物生长的需要，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，除了大气有效降水补给之外，还需从农田水利设施中不断提供补充，以弥补天然降水在时间上和数量上的不足，这就是灌溉用水。

（一）灌溉设计标准

一般来说，在丰水年水库的来水量较多，灌溉用水量较少，而枯水年则相反。如果所有枯水年的灌溉用水，都要求水库给以满足，是非常困难的，而且经济上也不合理。因此，只能做到设计枯水年保证灌溉用水量，特别枯水年仅减轻旱灾对农业的损失。至于在什么情况下保证农业灌溉用水、灌溉保证程度如何，这就是灌溉设计标准问题。

灌溉设计标准，是考虑了灌溉用水在国民经济中的作用，供水的重要性，缺水造成的损失和影响，以及工程费用等多种因素之后，综合分析加以拟定的。一般采用灌溉设计保证率或抗旱天数作为灌溉设计标准，如设计灌溉保证率 $P=80\%$ ，即相当于5年一遇的设计枯水年情况下，应保证灌溉供水。有关灌溉设计标准的具体指标将在第二章第二节中介绍。

（二）灌溉制度

设计灌溉工程，需要求出灌溉用水量及其随时间的变化过程，它是根据作物灌溉制度得出的。所谓灌溉制度是指根据当地自然条件、作物组成和栽培技术，为获得稳产高产而进行的合理灌溉方法。灌水时间、次数和灌水量的总和叫灌溉制度。农作物在整个生长过程中需要灌溉的次数叫灌水次数，每次单位面积的浇灌水量叫灌水定额，单位为 $\text{m}^3/\text{亩}$ ；水田也可以表示为某一次灌水的水层深度，单位为 mm ，所有各次灌水定额之和称为灌溉定额，单位为 $\text{m}^3/\text{亩}$ 。由于不同年份气候条件（主要指降雨量）不同，作物田间需水量和灌溉制度也不同，重要的是设计枯水年的田间需水量和灌溉制度，这是设计灌溉工程的主要依据。各省（区）灌溉试验站均制定有不同作物的灌溉制度资料可供查阅应用。现以水稻为例说明灌溉制度的确定方法。

【算例 1-1】 推求南方某灌区相应于设计枯水年（ $P=80\%$ ）的中稻灌溉制度。

解

某地区设计枯水年的中稻灌溉制度计算，如表1-1。

(1) 设计适宜水层深，各旬初、旬末水深，旬耗水量：经该灌区试验站对比观测，得出的较优方案，列于②、③、④栏。

表 1-1

南方某地区设计枯水年中稻灌溉制度计算

日 期		设计适宜 水 层 深	旬 初 水 层 深	旬 耗 水 量	降雨量	有效降 雨 量	旬 灌 水 量	旬 末 水 深	排水量	旬灌水 定 额	备 注
月	旬	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /亩)	
①		②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
5	上	10~30	0	120.0	5.0	5.0	135.0	20		90	
	中	10~30	20	80.0	135.5	80.0	0	20	55.5		
	下	10~50	20	120.0	0	0	150.0	50		100	
6	上	10~50	50	105.0	40.0	40.0	75.0	60		50	
	中	20~70	60	200.0	0	0	180.0	40		120	
	下	10~50	40	135.5	10.5	10.5	105.0	20		70	
7	上	10~30	20	130.0	5.0	5.0	105.0	0		70	
	中下										
合 计				890.5	196.0	140.5	750		55.5	500	

注 旬末水深可根据天气、作物生长情况，按设计适宜水层深的范围内选择。

(2) 天然降雨量与有效降雨量：相应于设计枯水年的典型年灌溉期实测降雨量列入⑤栏。若旬降雨量大于旬耗水量，则有效降雨量=旬耗水量+(旬末水深-旬初水深)，如5月中旬，有效降雨量=80.0+(20-20)=80.0(mm)，列入⑥栏。若旬降雨量小于旬耗水量，则有效降雨量等于降雨量。

(3) 旬灌水量：旬灌水量=(旬耗水量-旬有效降雨量)+(旬末水深-旬初水深)。如6月下旬，旬灌水量=(135.5-10.5)+(20-40)=105.0(mm)，列于⑦栏。若有效降雨量≥耗水量，则不需要灌水，如5月中旬。

(4) 排水量：排水量=降雨量-有效降雨量，填入⑨栏。

(5) 旬灌水定额：由⑦栏灌水量深度(mm)换算为每亩用水量(m³/亩)，如5月上旬，灌水定额=0.135m×666.7m²/亩=90m³/亩，填入⑩栏。⑩栏就是该地区设计枯水年中稻的灌溉制度。该栏之和500m³/亩即灌溉定额。

(6) 验算：Σ④-Σ⑥=890.5-140.5=750(mm)=Σ⑦栏；

Σ⑤-Σ⑥=196.0-140.5=55.5(mm)=Σ⑨栏。

(三) 灌溉水利用系数

水库灌溉供水量通过渠道系统流到田间，由于渗漏、蒸发损失，田间有效利用的水量就会减少。田间利用水量与水库渠首供水量之比称为灌溉水利用系数，用η表示。

η值的选用，应考虑各级渠道的长度、工程质量、土壤性质、水文地质条件、输水流量大小和灌区管理水平等因素，并参考有关灌区的实际η值。η值一般不低于0.55~0.65。

(四) 灌溉用水过程线

根据作物的灌溉制度、灌溉面积和灌溉水利用系数,可推求水库供水的灌溉用水过程线,以适时适量地满足作物各生长阶段需水量的要求,灌溉用水过程线可按以下步骤计算:

(1) 计算综合净灌水定额: 在一定时段内全灌区各种作物的灌水定额,按相应作物的种植面积加权平均

$$m_{\text{综净}} = \frac{a_1}{A} m_1 + \frac{a_2}{A} m_2 + \frac{a_3}{A} m_3 + \dots$$

$$m_{\text{综净}} = \alpha_1 m_1 + \alpha_2 m_2 + \alpha_3 m_3 + \dots \quad (1-1)$$

式中 $m_{\text{综净}}$ ——某时段内全灌区的综合净灌水定额, $\text{m}^3/\text{亩}$;

$m_1, m_2, m_3, \dots$ ——在一定时段内各种作物的灌水定额, $\text{m}^3/\text{亩}$;

$a_1, a_2, a_3, \dots$ ——各种作物的种植面积, 亩;

A ——全灌区的灌溉面积, 亩;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ ——各种作物种植(灌溉)面积与全灌区灌溉面积的比值; $\Sigma\alpha$ 称复种指数。

(2) 计算综合毛灌水定额: 为了保证满足田间所需的净灌水定额,就必须考虑各级渠系的输水损失。计入输水损失的综合灌水定额称为综合毛灌水定额,按下式计算:

$$m_{\text{综毛}} = \frac{m_{\text{综净}}}{\eta} \quad (1-2)$$

式中 $m_{\text{综毛}}$ ——某时段内综合毛灌水定额, $\text{m}^3/\text{亩}$;

η ——灌溉水利用系数。

(3) 计算全灌区毛灌溉用水量: 用各时段的综合毛灌水定额乘以全灌区的灌溉面积,即

$$M_{\text{毛}} = m_{\text{综毛}} A \quad (1-3)$$

式中 $M_{\text{毛}}$ ——全灌区毛灌溉用水量, m^3 ;

A ——全灌区的灌溉面积, 亩。

(4) 推求灌溉用水过程线: 以灌溉时期为横坐标,全灌区的毛灌溉用水量[或用转换的流量 $q(\text{m}^3/\text{s})$]为纵坐标,即可绘制灌溉用水过程线。

【算例 1-2】 某水库灌区灌溉面积 $A=3$ 万亩,复种指数^①为142%,各种作物的种植比例及净灌水定额见表1-2。灌溉水利用系数 η 参考有关灌区资料,选用0.65。计算全灌区的灌溉用水量及用水过程,并绘制用水过程线。

解

(1) 统计各种作物的灌溉制度: 列于表1-2中①~⑥栏,如③栏中稻灌溉制度由表1-1的⑩栏得来。

(2) 由公式(1-1)计算 $m_{\text{综净}}$: 以7月中旬为例, $m_{\text{综净}} = 7\% \times 60 + 42\% \times 60 + 30\% \times 50 = 44.4 (\text{m}^3/\text{亩})$, 填于表1-2中第⑦栏。

① 复种指数 $\Sigma\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = 142\%$ 。

表 1-2

某灌区设计用水过程线推算

时 间		各种作物净灌水定额(m^3 /亩)					综合净灌 水 定 额 (m^3 /亩)	综合毛灌 水 定 额 (m^3 /亩)	全灌区毛灌溉	
月	旬	双季早稻 $\alpha_1=49\%$	中 稻 $\alpha_2=14\%$	一季晚稻 $\alpha_3=7\%$	双季晚稻 $\alpha_4=42\%$	早 作 物 $\alpha_5=30\%$	(m^3 /亩)	(m^3 /亩)	用 水 量 ($10^4 m^3$)	流 量 (m^3/s)
①		②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
4	上 中 下	80					39.2	60.3	181	2.1
5	上 中 下	20	90				22.4	34.5	104	1.2
		73.5	100				50.0	76.9	231	2.7
6	上 中 下	26.7	50				20.1	30.9	93	1.1
		66.7	120	80			55.1	84.8	254	2.9
		40	70				29.4	45.2	136	1.6
7	上 中 下		70	60	40		30.8	47.4	142	1.6
				60	60	50	44.4	68.3	205	2.4
					80		33.6	51.7	155	1.8
8	上 中 下			100			7.0	10.8	32	0.4
					60		25.2	38.8	116	1.3
合 计		307	500	300	240	50	357.2	549.6	1649	

(3) 用公式(1-2)计算 $m_{综毛}$: 以7月中旬为例, $m_{综毛} = \frac{44.4}{0.65} = 68.3(m^3/\text{亩})$, 填于表1-2中⑧栏。

(4) 用公式(1-3)计算 $M_{毛}$: 以7月中旬为例, $M_{毛} = 68.3 \times 3 \times 10^4 = 205 \text{ 万}(m^3)$, 填于⑨栏。

(5) 验算: $\frac{\Sigma ⑦}{\eta} = \Sigma ⑧$; $\Sigma ⑧ \times A = \Sigma ⑨$ 。

(6) 计算 q : 将⑨栏数值除以相应时段的时间秒数(s), 即得该时段内的平均流量 $q(m^3/s)$, 填于表中⑩栏。

(7) 绘用水过程线: 以①栏及⑩栏数值, 绘制用水过程线, 如图1-1。

(五) 灌溉用水的特点

对于一个灌区, 所需灌溉总水量的大小及用水过程, 一般取决于两个因素: 一个是灌溉面积及作物种类, 另一个是降雨量多少及其在年内分配情况。如丰水年降雨量多, 蒸发量小, 灌溉用水量较少; 在干旱年, 降雨量少, 蒸发量大, 作物需水量较多, 灌溉用水量则大。灌溉用水的特点为:

(1) 具有明显的季节性。一般夏多冬少, 取决于作物的种类和生长季节。

(2) 灌溉用水的多变性。由于降雨量每年不同, 降雨量的年内分配各年不一, 同一灌区的灌溉用水量各年也不同。因此, 灌溉用水不象其它用水部门(如发电、给水等)具

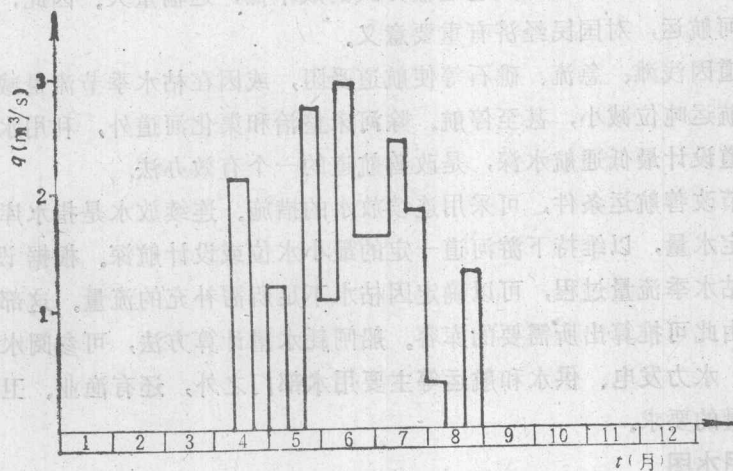


图 1-1 某水库灌溉用水过程线

有年际相对固定的用水量。

(3) 灌溉对缺水的适应性比其它用水部门大。作物的收获量不仅与水量充足与否有关, 也与其它农业措施有关。当水量不足时, 可采用其它耕作措施以补不足, 减少产量损失。因此, 灌溉用水的保证率可较其它用水部门为低。

三、水力发电用水

水力发电是借助于水工建筑物, 集中河道的天然落差并控制水量, 使水的位能通过水轮机与发电机转化为电能, 以满足用电户的需要。水电站的用水要求取决于国民经济部门的用电负荷。水能计算及电力负荷将在第四、五章中详细讲述。

四、工业及民用给水

工业及民用给水是指城市或农村的民用供水与工业用水。它的特点是:

(1) 对水质的要求高。居民用水和以水为原料的工业用水, 对水的气味、溶解质的组成和含量, 以及微生物的数量, 均有一定的要求, 不能超过规定的数值。

(2) 要求的供水保证率较高。因为任何供水中断, 都会引起生产上的很大损失和生活上的很大困难。

(3) 给水有日与年的周期变化。民用供水及工业用水有日周期变化, 它是靠水厂的蓄水池调节来适应的; 而年际的变化较小, 年内一般夏天较多, 冬天较少。

现代化的工矿企业, 需要大量生产用水, 用于制造产品, 冷却设备, 冲洗和排除废物, 以及生产蒸气等。工业用水量常按产品的用水定额来计算, 生活用水标准常按每一居民的每天用水量表示。工业与居民给水的流量常按等流量(均匀供水)来考虑。

随着生产的发展和城市的发展, 近年来城市给水的重要性日渐增加。特别是华北和一些缺水城市, 给水问题将成为制约城市发展的关键因素, 所以沿海地区修建了一批主要为城镇给水服务的水库工程。随着经济的发展, 这个趋势正逐步加强。

五、航运用水

内河航运远较铁路、公路等其它运输方式的成本低，运输量大。因此，在有条件的地方尽力发展内河航运，对国民经济有重要意义。

但天然河道因浅滩、急流、礁石等使航道受阻，或因在枯水季节流量减少，使航道水深不足，迫使航运吨位减小，甚至停航。除河床整治和渠化河道外，利用水库调节径流，以维持全段航道设计最低通航水深，是改善航道的一个有效办法。

用水库调节改善航运条件，可采用连续放水的措施。连续放水是指水库在枯水季全期不断地泄放一定水量，以维持下游河道一定的最小水位或设计航深。根据设计航深的要求，以相应的枯水季流量过程，可以确定因枯水不足所需补充的流量。这部分流量应由水库放水补给，由此可推算出所需要的库容。船闸耗水量计算方法，可参阅水道工程书刊。

除了灌溉、水力发电、供水和航运等主要用水部门之外，还有渔业、卫生、水环境保护等部门对水量的要求。

六、综合用水图

兴建一座水库，往往不是为了单一目的，而是同时为几个用水部门服务，综合利用水资源。新中国成立后兴建的大、中型水库，大部分是综合利用的水库。这些水库除了防洪作用外，从兴利来看，常常要满足灌溉、水力发电、给水、航运等部门（其中一项或数项）的用水要求。这些部门都有各自的用水要求，将各部门的用水要求综合起来，便是总的用水要求，一般可用综合用水图来表示。综合用水图的编制，并不是简单地把各用水部门的用水量同步相加，而是要考虑到一水多用的可能性。例如水力发电的尾水，通常可用于下游灌溉、给水、通航等。但某些用水是无法结合的，例如从水库上游引走的灌溉用水就不能再用于坝后发电。综合用水图的绘制，是在已经明确了各部门用水要求的基础上，

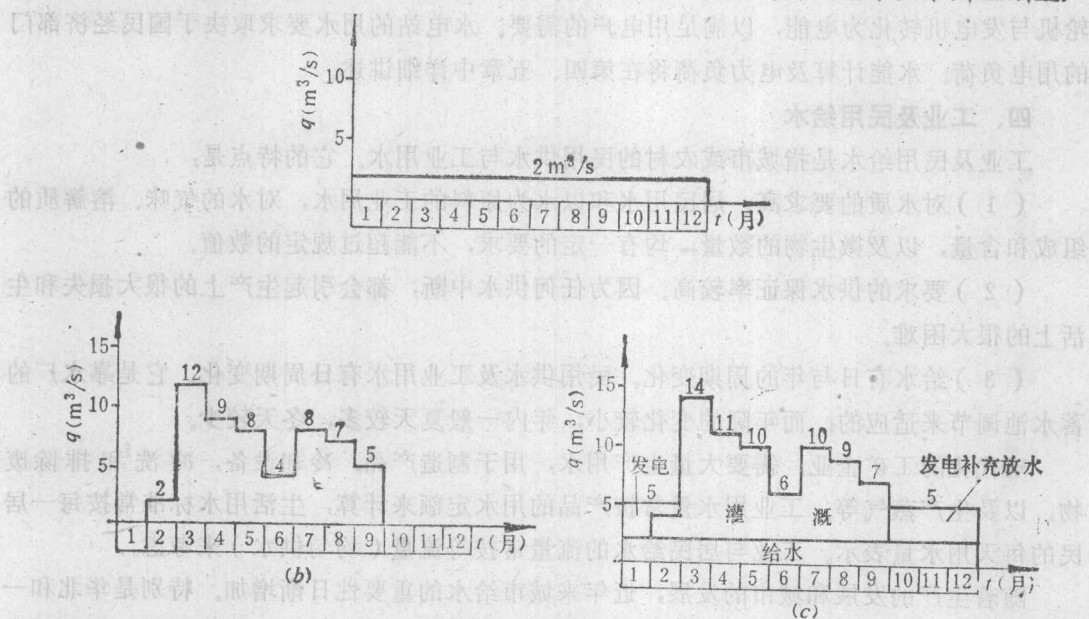


图 1-2 各部门用水及综合用水图

(a)工业及民用给水；(b)灌溉用水；(c)年综合用水

贯彻水资源综合利用原则下绘制的。

关于水库综合用水图和相应各部门用水过程线的一般形状,如图1-2。此图为一座以灌溉为主综合利用水库的例子,除担任一定防洪任务外,水库服务于3个用水部门:灌溉、水力发电及给水。灌溉及给水取水地点在坝下游,水力发电要求全年最小流量不小于 $5\text{m}^3/\text{s}$ 。给水及灌溉用水要求如图1-2中(a)、(b)所示。用水图的编制,主要是各时刻按用水部门所需流量求总和,但扣去可以共用的部分。例如1月份和10~12月份,给水需 $2\text{m}^3/\text{s}$,可同时发电但满足不了水力发电要求的 $5\text{m}^3/\text{s}$,故应加 $3\text{m}^3/\text{s}$ 为水力发电补充流量。据此可绘制各部门的综合用水图,如图1-2(c)所示。

水库进行综合利用时,各用水部门的关系往往错综复杂。从编制综合用水图的角度来看,主要有下列各点:

- 1) 各用水部门要求采用的用水保证率不同;
- 2) 取水地点和回泄地点;
- 3) 用水的年内分配和对水质的要求。

上述的不同要求,可能给水库供水带来矛盾和不够经济、合理,需与有关部门进行协商,必要时可统筹安排,调整个别用水部门的要求。

第二节 水库地形特性及特征水位

一、水库地形特性

在河流上拦河筑坝形成水库进行径流调节。一般地说,坝越高,水库的容积(简称库容)就越大。库容大小主要与库区地形特性有关。如库区地形开阔,则库容较大;如为一峡谷,则库容较小。此外,河流的纵坡对库容大小也有影响,坡降小的库容较大;坡降大的库容较小。

对一座水库来讲,水位高则水库面积大,库容也大。不同水库水位的相应水库面积和库容,对径流调节计算关系密切。水库地形特性定量的表示方法,就是水库水位~面积关系曲线和水位~容积曲线。

(一) 水库面积曲线

水库水位与面积关系曲线,简称水库面积曲线。某一水位的水面面积,等于相应水位的等高线与坝轴线所包围的面积,一般可根据设计要求,选取合适比例尺的库区地形图,用求积仪或方格法量算出不同水位的水库水面面积,其量算结果列入表1-3的①、②栏,高程的间距可取 1m 、 2m 或 5m ,然后以水位为纵坐标,水库面积为横坐标,画出水位~面积关系曲线($Z\sim F_{\text{库}}$ 曲线),如图1-3。该曲线是研究水库库容、淹没范围和计算蒸发损失的依据。

(二) 水库容积曲线

水库水位与库容关系曲线,称为水库容积曲线,或简称库容曲线。其绘制方法为:按水库面积曲线中的水位分层,然后自河底向上逐层计算各相邻高程间的容积 ΔV ,可采用下列公式计算: