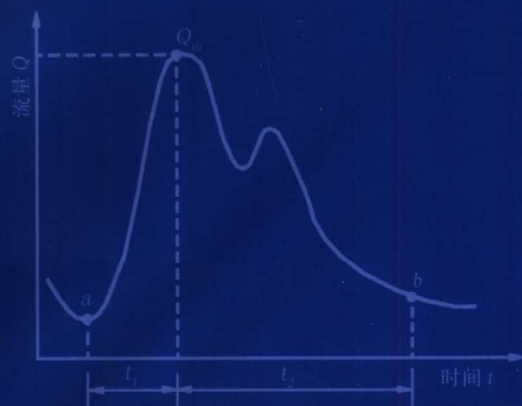
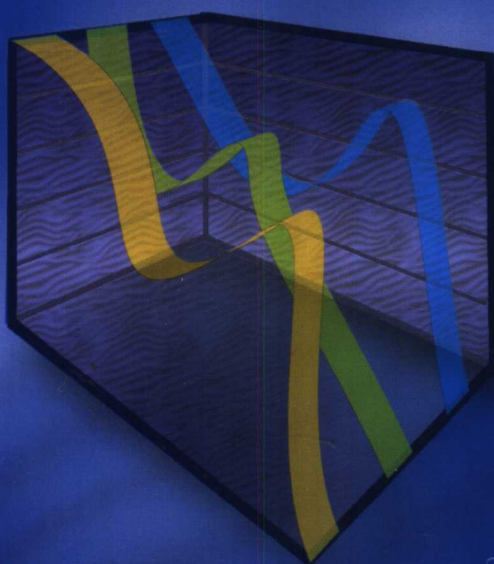


全国水利水电类高职高专统编教材

水文与水利水电规划

朱岐武 拜存有 主编



黄河水利出版社

全国水利水电类高职高专统编教材

水文与水利水电规划

朱岐武 拜存有 主编

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是全国水利水电类高职高专统编教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的《水文与水利水电规划》课程教学大纲编写完成的。全书包括绪论、水分循环及径流形成、水文资料的收集、水文统计的基本方法、年径流和多年平均输沙量计算、设计洪水分析计算、水库兴利调节计算、水电站水能计算、水库防洪调节计算、水库调度等内容。

本书供高等职业技术学院、普通高等专科学校水利水电工程专业、农业水利技术专业教学使用,也适用于水利工程监理、水利工程施工、水利工程管理、水土保持等专业,并可用于成人专科学校及普通本科院校的高等职业技术学院同类专业教学,还可供水利水电工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

水文与水利水电规划/朱岐武,拜存有主编. —郑州:
黄河水利出版社,2003.1

全国水利水电类高职高专统编教材

ISBN 7-80621-651-0

I. 水… II. ①朱…②拜… III. ①工程水文学—
高等学校:技术学校—教材②水利规划—高等学校:技
术学校—教材③水力发电工程—水利规划—高等学校:
技术学校—教材 IV. ①TV12②TV212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 000108 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail:yrp@public2.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:17.375

字数:401 千字

版次:2003 年 1 月第 1 版

印数:1—4 100

印次:2003 年 1 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-651-0 / TV·302

定价:28.00 元

前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,报水利部批准,用中央财政安排的“支持示范性职业技术学院建设”项目经费组织编写的水利水电类全国统编教材。

本教材主要是按照高职高专水利水电工程专业和农业水利技术专业的指导性教学计划和《水文与水利水电规划》课程教学大纲编写的。在编写过程中力求概念清晰、计算方法步骤清楚、深入浅出,理论上以适当够用为度,不苛求学科的系统性和完整性,力求结合专业,突出实用性,体现高职高专教育的特色。

参加本书编写的有杨凌职业技术学院拜存有(绪论、第一、三章)、张升堂(第二、四章)、安徽水利水电职业技术学院高建峰(第五章)、黄河水利职业技术学院朱岐武(第六、七、九章)、钮本良(第八、九章)。全书由朱岐武、拜存有主编,朱岐武统稿,山东水利职业学院郭传金主审。全国水利水电高职教研会农田水利类专业组的同仁对本书提出了许多宝贵意见,在此表示最诚挚的感谢。同时,书中引用的各种教材、资料等未能一一列出,编者也一并表示真诚的感谢。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,恳请广大读者对本书的缺点和错误予以批评指正。

编 者

2002 年 9 月

目 录

前言	
绪论	(1)
第一节 水资源及其开发利用	(1)
第二节 水文现象及其研究方法	(4)
第三节 本课程在水资源开发利用工程中的应用	(6)
复习思考题	(7)
第一章 水分循环及径流形成	(8)
第一节 水分循环	(8)
第二节 河流与流域	(10)
第三节 降水	(15)
第四节 蒸发与下渗	(21)
第五节 径流	(24)
第六节 流域水量平衡	(28)
复习思考题	(30)
第二章 水文资料的收集	(31)
第一节 水文测站	(31)
第二节 降水与蒸发的观测	(32)
第三节 水位观测与资料整理	(35)
第四节 流量测验与资料整理	(38)
第五节 泥沙测验与资料整理	(46)
第六节 水文调查	(50)
第七节 水文资料的收集	(51)
复习思考题	(53)
第三章 水文统计的基本方法	(54)
第一节 概述	(54)
第二节 概率、频率、重现期	(54)
第三节 随机变量及其频率分布	(57)
第四节 样本审查与相关分析	(65)
第五节 频率计算	(76)
复习思考题	(83)
第四章 年径流和多年平均输沙量的计算	(84)
第一节 概述	(84)
第二节 具有实测径流资料时设计年径流的分析计算	(86)

第三节 缺乏实测径流资料时设计年径流量的分析计算	(91)
第四节 枯水径流分析计算	(93)
第五节 河流多年平均输沙量的分析计算	(98)
复习思考题	(101)
第五章 设计洪水的分析计算	(102)
第一节 设计洪水概述	(102)
第二节 由流量资料推求设计洪水	(106)
第三节 由暴雨资料推求设计洪水	(117)
第四节 小流域设计洪水估算	(130)
第五节 设计洪水的其他问题	(136)
复习思考题	(142)
第六章 水库兴利调节计算	(143)
第一节 概述	(143)
第二节 水库特性	(146)
第三节 兴利用水与水库水量损失	(151)
第四节 水库死水位的确定	(161)
第五节 年调节水库兴利调节计算	(162)
第六节 多年调节水库兴利调节计算	(171)
复习思考题	(175)
第七章 水电站水能计算	(177)
第一节 概述	(177)
第二节 水电站的保证出力和发电量计算	(181)
第三节 电力系统的负荷与容量组成	(189)
第四节 水电站装机容量的选择	(193)
第五节 水库防洪特征水位的选择	(196)
复习思考题	(199)
第八章 水库防洪调节计算	(201)
第一节 水库的调洪作用和计算原理	(201)
第二节 无闸门控制的水库调洪计算	(204)
第三节 有闸门控制的水库调洪计算	(219)
复习思考题	(226)
第九章 水库调度	(228)
第一节 水库调度的意义、内容和任务	(228)
第二节 水库的兴利调度	(231)
第三节 水库的防洪调度	(235)
第四节 水库优化调度简介	(247)
复习思考题	(251)
附表	(252)

附表 1	皮尔逊Ⅲ型曲线的离均系数 Φ_p 值表	(252)
附表 2	皮尔逊Ⅲ型曲线模比系数 K_p 值表	(255)
附表 3	三点法用表—— S 与 C_s 关系表	(260)
附表 4	三点法用表—— C_s 与有关 Φ 值的关系表	(261)
附表 5	瞬时单位线 S 曲线查用表	(263)
参考文献		(269)

绪 论

第一节 水资源及其开发利用

一、水资源的涵义

水是一种重要的自然资源,也是人类乃至整个生态系统赖以存在和发展的基本物质条件。对于水资源,目前还没有非常明确的定义,但比较普遍的说法是有广义和狭义之分。广义的水资源是指地球水圈内的水,它以气态、固态和液态等形式存在和运动着,如海洋水、湖泊水、河流水、地下水、土壤水、生物水和大气水等。地球上水资源的总储量达13.86亿 km^3 ,其中海水占96.5%;天然淡水量约0.35亿 km^3 ,占总储量的2.53%,而其中的99.86%是深层地下水和两极、高山冰雪等难以为人们所利用的静态水。真正与人类活动密切相关的江、河等河槽淡水量只占淡水总储量的0.006%;而地下淡水的储量却占淡水总储量的30%。如表1-1所示。

因此,从狭义角度讲,水资源是指在目前的经济技术条件下,可供人们开发利用的淡水量;是在一定时间内可以得到恢复和更新的动态量。一般包括水量和水质两个方面。由地表水、土壤水和地下水及其相互转化构成水资源系统。大气降水是其总补给来源。但是,随着科学技术和社会经济的不断发展,狭义水资源的内涵也是在不断发展变化的。现在人们常说的水资源,一般是指狭义水资源。

二、水资源的开发利用

水资源是一种动态资源。其特点主要表现为可恢复性、有限性、时空分布不均匀性和利害双重性。人们在长期的生产、生活过程中,为了自身和环境的需要在不断地认识和开发利用水资源,其内容包括兴水利、除水害和保护水环境。兴水利主要指农田灌溉、水力发电、城乡给排水、水产养殖、航运等;除水害主要是防止洪水泛滥成灾;保护水环境主要是防治水污染,维护生态平衡,为子孙后代的可持续利用和发展留下一片绿水青山。

水资源的开发利用主要是通过各种各样的工程措施来实现的。

按照开发利用水资源的目的分为:

兴利工程:农田灌溉工程、水力发电工程、城乡给排水工程、航道整治工程等。

防洪工程:水库工程、堤防工程、分洪工程、滞洪工程等。

水环境保护工程:治污工程、水土保持工程、天然林保护工程等。

按照开发利用水资源的类型分为:

地表水资源开发利用工程:引水工程、蓄水工程、扬水工程、调水工程等。

地下水资源开发利用工程:管井、大口井、辐射井、渗渠等。

综上所述,无论哪种工程措施都与水密切相关。所以,工程的规划设计、施工和管理

运用都必须用到关于水的科学知识。

三、我国水资源的特点

(一)水资源总量多,但人均、亩均占有量少

据统计,我国平均年降水量为 648mm,年水资源总量约为 28 124 亿 m^3 ,其中河川径流量 27 115 亿 m^3 。就总量而言在世界上仅次于巴西、俄罗斯、加拿大、美国和印度尼西亚,居第六位。但中国人口众多,人均占有水资源量仅为世界平均值的 1/4,相当于日本人均占有量的 1/2,美国的 1/4,俄罗斯的 1/12,巴西的 1/20,加拿大的 1/44。在统计的 149 个国家中,排列第 109 位,属于人均水资源贫乏的国家之一。耕地亩均占有河川径流量也只有 1 900 m^3 ,相当于世界亩均水量的 2/3 左右,远低于印度尼西亚、巴西、日本和加拿大。因此,我国水资源总量从绝对数来看还算丰富,但人均、亩均水量却很少。

(二)水资源地区分布不均匀,水土资源配置不均衡

我国水资源的地区分布很不均匀,南多北少,相差悬殊,与耕地和人口的分布极不相适应,是我国水资源开发利用中的一个突出问题。总趋势是南方水多地少,北方水少地多。如表 0-1 所示。

表 0-1 我国水资源、耕地、人口分区统计(1993 年)

流域片	占全国(%)			人均 水资源量 ($\text{m}^3/\text{人}$)	亩均 水资源量 ($\text{m}^3/\text{亩}$)
	水资源	人口	耕地面积		
松辽河	6.9	9.7	20.2	1 704	661
海河	1.5	10.0	11.2	358	259
淮河	3.4	16.2	15.2	505	437
黄河	2.6	8.5	12.9	749	400
长江	34.2	34.3	23.8	2 388	2 795
珠江	16.7	12.1	6.7	3 327	4 842
东南诸河	9.2	5.5	2.5	2 962	5 346
西南诸河	20.8	1.6	1.8	31 914	23 089
内陆河	4.6	2.1	5.7	5 270	1 590
全国	100	100	100	2 342	1 900

根据 1993 年资料统计,北方 5 片(松辽河、海河、淮河、黄河、内陆河)人口占全国总人口的 46.5%,耕地占全国的 65.2%,但水资源只占全国的 19%;南方 4 片(长江、珠江、东南诸河、西南诸河)人口占全国的 53.5%,耕地占全国的 34.8%,而水资源量占全国的 81%。西南诸河水资源最为丰富,而海河流域片水资源最为匮乏。

(三)水资源年际、年内变化大,水旱灾害频繁

我国大部分地区受季风的影响,水资源的年际、年内变化较大。南方地区年降水量的最大值与最小值的比值达 2~4,北方地区为 3~6;最大年径流量与最小年径流量的比值,南方为 2~4,北方为 3~8。水量的年内分配也不均衡,主要集中在汛期。汛期的水量占年水量的比重,从长江以南地区的 60% 左右(4~7 月),到华北平原等部分地区河流的 80% 以上(6~9 月)。大部分水资源量集中在汛期以洪水的形式出现,利用困难,且易造

成洪涝灾害。近一个世纪以来,受气候变化和人类活动的影响,我国水旱灾害更加频繁,平均每2~3年就有一次水旱灾害,如1991年长江大水、1998年的长江和松花江大洪水、1999年、2000年北方及黄淮流域的大旱,灾害损失愈来愈严重。水旱灾害仍然是中华民族的心腹之患。

(四)水土流失和泥沙淤积严重

随着人口的膨胀,过度砍伐树木、放牧、山坡垦田和不合理的耕作,使地面被覆遭到严重破坏,水土流失严重。据统计,到1992年全国水土流失面积已扩大到367万 km^2 ,占全国陆地面积的38.2%,每年流入江河泥沙50亿t,流失的肥力相当于全国化肥年产量的9倍之多。水土流失不但造成土壤瘠薄、农业低产、生态环境恶化,而且同时造成河道、湖泊淤积严重,使其行洪、防洪能力减小,防洪难度加大。比如,1998年长江大洪水的洪峰流量比1954年的小,而洪水位却超过了1954年。泥沙淤积还使水库库容减少,效益降低。此外,从多沙河流引水灌溉、供水,泥沙处理也是个难题。

(五)天然水质好,但人为污染严重

我国河流的天然水质是相当好的,但由于人口的不断增长和工业的迅速发展,废污水的排放量增加很快,水体污染日趋严重。1999年废污水日排放量达606亿t,80%以上的废污水未经任何处理直接排入水域,使河流、湖泊遭受了不同程度的污染。根据1999年水质监测结果,全国11万km长的河流中有37.6%被污染(Ⅳ类水质以上),被调查的24个湖泊中有5个湖泊部分水体受到污染,9个湖泊受到严重污染。水资源污染后失去了使用价值,严重的甚至破坏生态平衡,造成水资源的污染性短缺,加剧了缺水的危机。

四、我国水资源开发利用现状

新中国成立以来,水利事业取得了长足的发展,水资源开发利用成绩斐然。据统计,截至1996年底,全国已整修、新修江河堤防24.8万余公里,形成了一个初具规模的防洪体系。建成水库约8.5万座,总蓄水库容4571亿 m^3 。其中,大型水库394座,总库容3260亿 m^3 ;中型水库2618座,总库容724亿 m^3 ;小型水库81893座,总库容587亿 m^3 。同时,灌溉事业也得到了蓬勃发展,建成万亩以上灌区5606处,配套机电井333万眼,机电排灌动力发展到7020万kW,全国灌溉面积发展到5116万 hm^2 (7.67亿亩)。累计治理水土流失面积达61.3万 km^2 ,累计解决饮水困难地区1.59亿人的吃水问题。目前,全国水电装机总量约4770万kW,年发电量达1560多亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

全国总用水量从1949年的1000多亿 m^3 增加到2000年的5498亿 m^3 。其中,工业用水占20.7%,农田灌溉用水占63.0%,林牧渔用水占5.8%,生活用水占10.5%(其中城镇生活用水占5.2%,农村生活用水占5.3%)。但是,与世界先进国家相比,工业和城镇生活用水所占的比例较低,农业用水占的比例过大,总用水水平较低。例如,我国1997年工业万元产值用水量136 m^3 ,是发达国家的5~10倍。据统计,我国工业用水的重复利用率为30%~40%,实际可能更低,而发达国家为75%~85%。全国城市输配水管网和用水器具的漏水损失高达20%以上;农业灌溉水的利用系数平均约为0.45,而先进国家为0.7甚至0.8;消耗每方水所能生产的粮食平均只有1.1kg,也与发达国家相差较远。

根据1999年水资源公报,全国总供水量5613亿 m^3 ,其中地表水源供水量占

80.4%,地下水源供水量占 19.1%、其他水源供水量(污水处理回用和雨水利用)占 0.5%。另外,海水直接利用量为 127 亿 m^3 。流域间主要的水量调配情况是:海河流域引黄河水 53.6 亿 m^3 ,淮河流域从长江、黄河分别引水 68.5 亿 m^3 和 19.4 亿 m^3 ,山东半岛从黄河引水 14.4 亿 m^3 。而总的说来,我国北方地下水资源的开发利用程度要高于南方。在北方,地表水供水量占总供水量的 75.3%,地下水占 24.7%;南方地表水占其总供水量的 96.5%,而地下水仅占 3.5%。

第二节 水文现象及其研究方法

一、水文现象及其基本特点

水文现象,属于自然现象的一种,是由自然界中各种水体的循环变化所形成的。比如降雨、蒸发、河流中的洪水、枯水等。它和其他自然现象一样,是许许多多复杂影响因素综合作用的结果。这些因素按其影响作用分为必然性因素和偶然性因素两类。其中,必然性因素起主导作用,决定着水文现象发生发展的趋势和方向;而偶然性因素起次要作用,对水文现象的发展过程起着促进和延缓作用,使发展的确定趋势出现这样或那样的振荡、偏离。经过人们对水文现象的长期观察、观测、分析和研究,发现水文现象具有以下三种基本特点。

(一)水文现象的确定性

水文现象既然表现为必然性和偶然性两个方面,我们就可以从不同的侧面去分析研究。在水文学中通常按数学的习惯称必然性为确定性,偶然性为随机性。由于地球的自转和公转,昼夜、四季、海陆分布,以及一定的大气环境、季风区域等,使水文现象在时程变化上形成一定的周期性。如一年四季中的降水有多雨季和少雨季的周期变化,河流中的水量则相应呈现汛期和非汛期的交替变化。另外,降雨是形成河流洪水的主要原因,如果在一个河流流域上降一场暴雨,则这条河流就会出现一次洪水。若暴雨雨量大、历时长、笼罩面积大,形成的洪水就大。显然,暴雨与洪水之间存在着因果关系。这就说明,水文现象都有其发生的客观原因和具体形成的条件,它是服从确定性规律的。

(二)水文现象的随机性

因为影响水文现象的因素众多,各因素本身在时间上不断地发生变化,所以受其影响的水文现象也处于不断的变化之中,它们在时程上和数量上的变化过程,伴随着确定性出现的同时,也存在着偶然性,即具有随机性。如任一河流,不同年份的流量过程不会完全一致。即使在同一地区,由于大气环境的特点,某一断面的年最大洪峰流量有的年份大,有的年份小;而且各年出现的时间不会完全相等等。

(三)水文现象的地区性

由于气候因素和地理因素具有地区性变化特点,因此受其影响的河流水文现象在一定程度上也具有地区性特点。若气候因素和自然地理因素相似,则其水文现象在时空上的变化规律具有相似性。若气候因素和自然地理因素不相似,则其水文现象也具有比较明显的差异性。如我国南方湿润地区的河流,普遍水量丰沛,年内各月水量分配比较均

匀,而北方干旱地区的大多数河流,水量不足,年内分配不均匀等。

二、水文学的基本研究方法

根据水文现象的基本特点,水文学的研究方法相应地可分为以下三类。

(一)成因分析法

由于水文现象与其影响因素之间存在着比较确定的因果关系,因此可通过对实测资料或实验资料的分析,建立某一水文要素与其主要影响因素之间的定量关系,从而由当前的影响因素状况预测未来的水文情势。这种方法在水文预报上应用较多,但是,由于水文现象的影响因素非常复杂,使其在应用上受到一定的限制,目前并不能完全满足实际的需要。

(二)数理统计法

根据水文现象的随机性特点,运用概率论和数理统计的方法,分析水文特征值实测资料系列的统计规律,对未来的水文情势做出概率预估,为工程的规划设计和施工提供基本依据。数理统计法是目前水文分析计算的主要方法。不过这种方法只注重于水文现象的随机性特点,所得出的统计规律并不能揭示水文现象的本质和内在联系。因此,在实际应用中必须和成因分析法相结合。

(三)地区综合法

根据水文现象的地区性特点,气候和地理因素相似的地区,水文要素的分布也有一定的地区分布规律。可以依据本地区已有的水文资料进行分析计算,找出其地区分布规律,以等值线图或地区经验公式等形式表示,用于对缺乏实测资料的工程进行水文分析计算。

以上三种方法,相辅相成,互为补充。在实际运用中应结合工程所在地的地区特点以及水文资料情况,遵循“多种方法,综合分析,合理选用”的原则,以便为工程规划设计提供可靠的水文依据。

三、水文学的主要内容

水文学是研究地球上各种水体的一门科学,属于地球物理学的一个分支。它研究各种水体的存在、循环和分布规律;探讨水体的物理和化学性质以及它们对环境的作用,包括它们对生物的关系。根据研究的水体不同,水文学可分为水文气象学、陆地水文学、海洋水文学和地下水文学。但是,与人类关系最为密切的是陆地水文学,它又可分为河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学等。河流水文学发展最早、最快,内容也最为丰富。因此,一般所说的水文学指的就是河流水文学。

河流水文学按其研究的任务不同,可分为以下几门主要分支学科。

水文学原理:研究水循环的基本规律和径流形成过程的物理机制。

水文测验与资料整编:研究如何布设水文站网,通过长期的定位观测收集较准确的有代表性的基本水文资料。同时通过水文调查,弥补实测水文资料的不足。然后将所得资料按科学的方法和全国统一规范,进行整编刊印或建立资料数据库,供国民经济建设各部门使用。

水文分析与计算:根据长期实测和调查的水文资料,运用数理统计法,并结合成因分

析法、地区综合法,推估未来长期的水文情势,为水利水电工程的规划设计提供合理的水文依据

水文预报:根据实测和调查资料,在研究过去水文现象变化规律的基础上,预报未来短期内或中长期(如几天、几个月)内的水文情势,为防洪、抗旱及水利水电工程的施工和管理运用等提供依据

水利水电规划:在水文分析与计算和水文预报的基础上,根据预估和预报未来的水文情势,进行水量、水能调节计算和经济论证,对水利水电工程的位置、规模、运行情况等提出经济合理的方案,以满足合理综合开发利用水资源的目的。

第三节 本课程在水资源开发利用工程中的应用

水资源是一种特殊而宝贵的自然资源。对它的综合利用是国民经济建设中的一项重要任务,而开发利用水资源的各种措施(包括工程措施和非工程措施)都需要研究掌握水资源的变化规律。每一项工程的实施过程一般可以分为规划设计、施工和管理运用三个阶段。每一阶段的任务是不同的。本课程主要是研究水利水电工程建设各个阶段的水文问题,属于应用水文学的范畴,内容主要包括工程水文学和水利水电规划两大部分。

工程水文学是将水文学知识应用于工程建设(本书主要涉及水利水电工程建设)的一门学科。它主要研究与水利水电工程建设有关的水文问题,即为水利水电等工程的规划、设计、施工和管理运用提供有关暴雨、洪水、年径流、泥沙等方面的分析计算和预报的水文依据。

水利水电规划则是根据国民经济的实际需要,以及水资源的客观情况,研究如何经济合理地开发利用水资源、治理河流,确定水利水电工程的开发方式、规模和效益,以及拟订水利水电工程的合理管理运用方式,等等

在工程的规划设计阶段,主要是研究河流水情的变化规律,对河流未来的水量、泥沙和洪水等水文情势做出合理的预估,经径流调节计算确定工程的规模参数,如水库的死库容与死水位、兴利库容与正常蓄水位、调洪库容与设计洪水位、水电站的保证出力和多年平均发电量等,并确定主要建筑物尺寸,如水库大坝高度、溢洪道尺寸、引水渠道尺寸、水电站的装机容量等。然后再经过不同方案(即不同的参数组合)的经济技术和环境评价、论证,从而确定最后的设计方案。

在施工阶段,主要是研究整个工程施工期的水文问题,如施工期的设计洪水或预报洪水大小、施工导流问题、水库蓄水计划等,从而确定临时建筑物(如围堰、导流隧洞等)的规模尺寸,以及编制工程初期蓄水方案等。

在管理运用阶段,需要根据当时的和预报的水文情况,编制工程调度运用计划,以充分发挥工程的效益。例如,为了控制有防洪任务的水库,需要进行洪水预报,以便提前腾空库容和及时拦蓄洪水。在工程建成以后,还要不断复核和修改设计阶段的水文计算成果,对工程进行改造。

总之,在开发利用水资源的过程中,为了建好、管好和用好各种水利工程,都必须应用工程水文与水利水电规划的基本知识和原理、方法。因此,本学科涉及的研究范围很广,

内容丰富,并且还在不断发展之中,有些问题还需进一步探索。

在水利水电工程和农业水利技术专业设置该课程的目的,主要是使学生了解我国的水资源特点,掌握河流水文学的基本知识、水文分析计算以及水利水能计算的基本原理方法,具备一定的水文水利(能)计算能力。本课程与《水力学》、《农田水利学》、《水工建筑物》和《水利经济》等课程联系紧密。

复习思考题

1. 如何理解水资源的涵义和主要特点?
2. 联系实际分析我国水资源的特点。
3. 试举例分析水文现象的基本特点。
4. 水文现象的研究方法各自出发点有何不同?
5. 查阅有关资料总结水利水电工程的建设程序及其用到的水文学知识。

第一章 水分循环及径流形成

第一节 水分循环

一、地球上的水分布

地球的总表面积约为 5.1 亿 km^2 ，水圈内全部水体总储量达 13.86 亿 km^3 。海洋面积 3.61 亿 km^2 ，占地球总表面积的 70.8%；海洋水量为 13.38 亿 km^3 ，占地球总储水量的 96.5%。陆地面积 1.49 亿 km^2 ，占地球总表面积的 29.2%，水量仅为 0.48 亿 km^3 ，占地球总储水量的 3.5%，且大部分在北半球。

在陆地有限的水体中并不全是淡水，淡水量只有 0.35 亿 km^3 ，占陆地水储量的 73%。其中大部分分布于冰川、多年积雪、南北两极和多年冻土中，真正便于人类利用的水只是其中一小部分，主要分布在 600m 深度以内的含水层、湖泊、河流、土壤中。如表 1-1 所示。

表 1-1 地球上的水体分布

项 目	水量 (10^6 km^3)	占总水量百分比 (%)	淡 水 量 (10^6 km^3)	占总淡水量百分比 (%)
总水量	1 385.984 61	100	35 029 21	100
海洋水	1 338.0	96.5		
地下水	23.4	1.7	10.53	30.06
土壤水	0.016 5	0.001	0.016 5	0.05
冰雪总量	24.064 1	1.74	24.064 1	68.7
其中：南极	21.6	1.56	21.6	61.7
格陵兰岛	2.34	0.17	2.34	6.68
北极	0.083 5	0.006	0.083 5	0.24
山岳	0.040 6	0.003	0.040 6	0.12
冰士地下水	0.3	0.022	0.3	0.86
地表水	0.189 99	0.014	0.104 59	0.3
其中：湖泊	0.176 4	0.013	0.091	0.26
沼泽	0.011 47	0.000 8	0.011 47	0.03
河川	0.002 12	0.000 2	0.002 12	0.006
大气中水	0.012 9	0.001	0.012 9	0.04
生物内水	0.001 12	0.000 1	0.001 12	0.003

淡水资源在地球上不仅数量有限，而且分布也极不均匀。如果以年降水量来反映，世

界各大洲水资源分布情况如表 1-2 所示

表 1-2 世界各大洲水资源分布状况

洲名	面积 (10^6 km^2)	年降水量		年径流量	
		(mm)	(km^3)	(mm)	(km^3)
欧洲	1 050	789	8 290	306	3 210
亚洲	4 347.5	742	32 240	332	14 410
非洲	3 012	742	22 350	151	4 750
北美洲	2 420	756	18 300	339	8 200
南美洲	1 780	1 600	28 400	660	11 760
大洋洲	133.5	2 700	3 610	1 560	2 090
澳大利亚	761.5	456	3 470	40	300
南极洲	1 398	165	2 310	165	2 310
地球	14 900	800	119 000	315	46 800

注 * 不包括澳大利亚,但包括塔斯马尼亚岛、新西兰岛和伊里安岛等岛屿

由表可见,世界上水资源最丰富的大洲是南美洲,其中尤以赤道地区水资源最为丰富。水资源较为缺乏的地区是中亚南部、阿富汗、阿拉伯和撒哈拉地区。西伯利亚和加拿大北部地区因人口稀少,年人均量值相当高。澳大利亚的水资源并不丰富。就各大洲的水资源相比较而言,欧洲稳定的淡水量占其全部水量的 43%,非洲占 45%,北美洲占 40%,南美洲占 38%,澳大利亚和大洋洲占 25%。

二、水分循环

地球表面的各种水体,在太阳的辐射作用下,从海洋和陆地表面蒸发上升到空中,并随空气流动,在一定的条件下,冷却凝结形成降水又回到地面。降水的一部分经地面、地下形成径流并通过江河流回海洋;一部分又重新蒸发到空中,继续上述过程。这种水分不断交替转移的现象称为水分循环,也叫水文循环,简称水循环。

水分循环可分为大循环和小循环。大循环是指海洋与陆地之间的水分交换过程;而小循环是指海洋或陆地上的局部水分交换过程。比如,海洋上蒸发的水汽在上升过程中冷却凝结形成降水回到海面;或者陆地上发生类似情况,都属于小循环。大循环是包含有许多小循环的复杂过程。如图 1-1 所示。

形成水分循环的原因分为内因和外因两个方面。内因是水在常态下有固、液、汽三种状态,且在一定条件下相互转换。外因是太阳的辐射作用和地心引力。太阳辐射为水分蒸发提供热量,促使液、固态的水变成水汽,并引起空气流动。地心引力使空气中的水汽又以降水方式回到地面,并且促使地面、地下水汇归入海。另外,陆地的地形、地质、土壤、植被等条件,对水分循环也有一定的影响。

水分循环是地球上最重要、最活跃的物质循环之一,它对地球环境的形成、演化和人类生存都有着重大的作用和影响。正是由于水分循环,才使得人类生产和生活中不可缺少的水资源具有可恢复性和时空分布不均匀性,提供了江河湖泊等地表和地下水资源。同时也造成了旱涝灾害,给水资源的开发利用增加了难度。

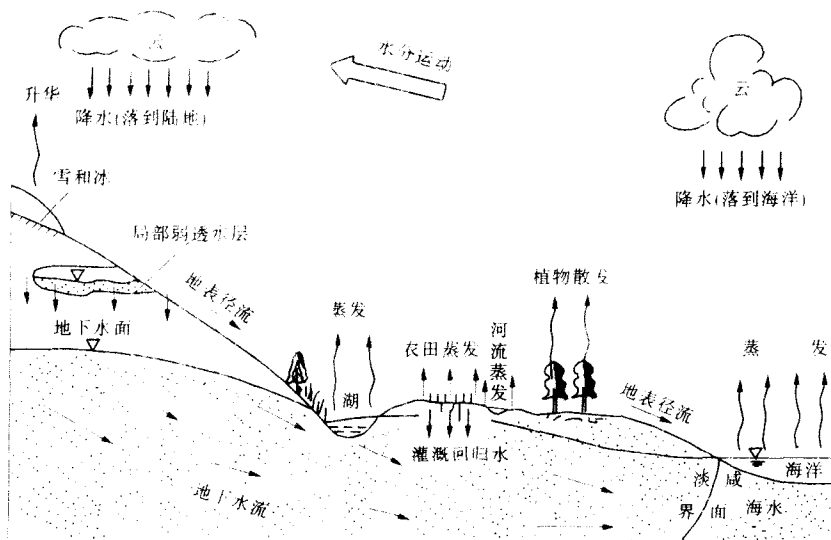


图 1-1 地球上水分循环示意图

三、我国水分循环的路径

我国位于欧亚大陆的东部,太平洋的西岸,处于西伯利亚干冷气团和太平洋暖湿气团的交绥带。因此,水汽主要来自太平洋,由东南季风和热带风暴将大量水汽输向内陆形成降水,雨量自东南沿海向西北内陆递减,而相应的大多数河流则自西向东注入太平洋。例如长江、黄河、珠江等。其次是印度洋水汽随西南季风进入我国西南、中南、华北以至河套地区,成为夏秋季降水的主要源泉之一,径流的一部分自西南一些河流注入印度洋,如雅鲁藏布江、怒江等。另一部分流入太平洋。大西洋的少量水汽随盛行的西风环流东移,也能参加我国内陆腹地的水分循环。北冰洋水汽借强盛的北风经西伯利亚和蒙古进入我国西北,风力大而稳定时,可越过两湖盆地直至珠江三角洲,但水汽含量少,引起的降水并不多,小部分经额尔齐斯河注入北冰洋,大部分汇归太平洋。鄂霍茨克海和日本海的水汽随东北季风进入我国,对东北地区春夏季降水起着相当大的作用,径流注入太平洋。

我国河流与海洋相通的外流区域占全国总面积的 64%,河水不注入海洋而消失于内陆沙漠、沼泽和汇入内陆湖泊的内流区域占 36%。最大的内陆河是新疆的塔里木河。

第二节 河流与流域

一、河流及其特征

(一)河流

河流是水循环的一个重要环节,是汇集一定区域地表水和地下水的泄水通道,由流动的水体和容纳水流的河槽两个要素构成。水流在重力作用下由高处向低处沿地表面的线形凹地流动,这个线形凹地便是河槽。河槽也称河床,含有立体概念,当仅指其平面位置