

全国高职高专水利水电类专业规划教材

工程水文与 水利计算

黎国胜 王颖 主编
关洪林 主审



黄河水利出版社

全国高职高专水利水电类专业规划教材

工程水文与水利计算

主 编 黎国胜 王 颖
副主编 刘能胜 刘艳芳
刘红英 段树萍
主 审 关洪林

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书是全国高职高专水利水电类专业规划教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的工程水文与水利计算课程教学大纲编写完成的。全书包括绪论、水分循环与水文资料收集整理、水文统计、径流计算、设计洪水、水库防洪调节计算、兴利调节等内容。

本书可供高等职业技术学院、普通高等专科学校水利水电建筑工程、水利工程、灌溉排水技术等专业教学使用,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

工程水文与水利计算/黎国胜,王颖主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.8

全国高职高专水利水电类专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 80734 - 702 - 6

I. 工… II. ①黎…②王… III. ①工程水文学 - 高等学校 - 教材②水利计算 - 高等学校 - 教材 IV. TV12
TV214

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 148359 号

组稿编辑:王路平 电话:0371 - 66022212 E-mail:hhslwlp@163.com
马 翀 66026749 machong2006@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:16.25

字数:380 千字

印数:1—4 100

版次:2009 年 8 月第 1 版

印次:2009 年 8 月第 1 次印刷

定价:29.00 元

前 言

本书是根据《教育部、财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)、《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)等文件精神,由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,在中国水利教育协会指导下,由全国水利水电高职教研会组织编写的第二轮水利水电类专业规划教材。第二轮教材以学生能力培养为主线,具有鲜明的时代特点,体现出实用性、实践性、创新性的教材特色,是一套理论联系实际、教学面向生产的高职高专教育精品规划教材。

本书主要是按照高职高专水利水电建筑工程、水利工程、灌溉排水技术等专业的指导性教学计划和工程水文与水利计算课程教学大纲编写的。本书的编写针对现阶段高职特点,以培养学生技能、提高学生从业综合素养和能力为主,理论叙述力求深入浅出、概念清晰、通俗易懂;内容安排力求结合实际工程规范,特别紧密结合工作岗位和工作过程,具有一定的先进性;写作上力求理论分析与工程项目案例研究相结合,一般理论与个别特性相结合,并结合我国现行水利工程规划设计中水文与水利计算规范,力求结合专业特点,突出实用性,体现高职高专教育的特色,通过学习不断提高学生思考问题、解决问题的能力。每章开头指出学习目标及要点,每章结束配有复习思考题,提高学生的动手能力。充分利用现行规范,使学生能掌握行业最前沿的知识。

本书编写人员及编写分工如下:湖北水利水电职业技术学院黎国胜(第一章到第五章及第七章部分内容的修改和审定等)、刘能胜(第六章),内蒙古机电职业技术学院段树萍(第二章),四川水利职业技术学院雷强(第二章第一节部分内容),浙江同济科技职业学院王颖(第三章),杨凌职业技术学院刘红英(第四章),重庆水利电力职业技术学院徐义萍(第五章第一节到第三节)、尹文亮(第五章第四节),华北水利水电学院水利职业学院刘艳芳(第七章)。全书由黎国胜和王颖担任主编,由黎国胜、刘能胜统稿,由刘能胜、刘艳芳、刘红英、段树萍担任副主编,由湖北省水利水电科学研究院总工、教授级高工关洪林博士担任主审。

湖北水利水电职业技术学院和湖北省水利水电科学研究院及湖北省水利水电勘测设计院的许多领导和专家也对本书提出了很多宝贵意见,在此表示最诚挚的感谢,同时书中引用的各种资料未能一一列出,也一并表示真诚的感谢。

由于编者水平有限,不足之处恳请广大读者批评指正。

编 者

2009年7月

目 录

前 言	
第一章 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)
第二章 水分循环与水文资料收集整理	(8)
第一节 水分循环	(8)
第二节 河流与流域	(11)
第三节 降水、蒸发与下渗	(16)
第四节 径流与水量平衡原理	(23)
第五节 水文测站及观测	(28)
第六节 水文资料收集整理	(41)
第七节 水文调查与水文资料的采集	(46)
复习思考题	(49)
第三章 水文统计	(51)
第一节 概 述	(51)
第二节 概率、频率、重现期	(51)
第三节 随机变量及其频率分布	(54)
第四节 样本审查与相关分析	(61)
第五节 频率计算	(67)
复习思考题	(73)
第四章 径流计算	(75)
第一节 概 述	(75)
第二节 具有长期实测径流资料时设计年径流的分析计算	(78)
第三节 具有短期实测径流资料时设计年径流的分析计算	(84)
第四节 缺乏实测径流资料时设计年径流的分析计算	(86)
第五节 枯水径流分析计算	(89)
复习思考题	(93)
第五章 设计洪水	(95)
第一节 概 述	(95)
第二节 由流量资料推求设计洪水	(99)
第三节 由暴雨资料推求设计洪水	(111)

第四节	小流域设计洪水估算	(131)
复习思考题	.....	(137)
第六章	水库防洪调节计算	(139)
第一节	概 述	(139)
第二节	水库特性曲线及特征水位	(141)
第三节	水库调洪作用与计算原理	(147)
第四节	无闸门控制的水库调洪计算	(150)
第五节	有闸门控制的水库调洪计算	(161)
第六节	水库的防洪调度	(166)
复习思考题	.....	(172)
第七章	兴利调节	(176)
第一节	概 述	(176)
第二节	水库水量损失与水库死水位确定	(178)
第三节	水库兴利调节计算	(193)
第四节	水电站的保证出力与保证电能计算	(207)
第五节	水电站装机容量的确定	(230)
复习思考题	.....	(233)
附 录	.....	(236)
附表 1	皮尔逊Ⅲ型频率曲线的离均系数 Φ_p 值表	(236)
附表 2	皮尔逊Ⅲ型频率曲线的模比系数 K_p 值表	(239)
附表 3	三点法用表—— S 与 C_s 关系表	(244)
附表 4	三点法用表—— C_s 与有关 Φ 值的关系表	(245)
附表 5	瞬时单位线 S 曲线查用表	(247)
参考文献	.....	(253)

第一章 绪 论

学习目标及要点

1. 了解水文水利计算在工程规划与设计中的作用,了解水资源开发利用和水文现象及研究方法,了解本课程的性质及任务。
2. 掌握水利水电建设的各个阶段对水文水利计算的要求。
3. 使学生初步具有理解水文水利计算知识在水利工程建设中应用的技能,逐步培养同学们应用水文水利计算知识的能力。

第一节 水资源及其开发利用

一、水资源概述

水是自然资源,是生命的缔造者,是生物体内最基本的物质成分,是人类赖以存在和发展的基本物质条件,是人类生产、生活所必不可少的重要自然资源。人类一切社会经济活动都离不开水这一极其宝贵的自然资源,随着人口的增长、工农业生产的发展和人民生活水平的提高,人类对水资源的需求量也不断增长。

对于水资源,目前还没有非常明确的定义,但普遍认为有广义和狭义之分。广义的水资源是指地球水圈内的水,包括自然界所有的液态、气态和固态的水体。我们通常所说的水资源是狭义概念,是指在目前的经济技术条件下可供人们取用的、在一定时间内能够自然恢复和更新的地表及地下淡水量。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%。

按水体所处空间位置,水资源可分为地表水资源和地下水资源。按水资源的作用可分为江河、湖泊、井泉以及高山积雪、冰川等可供人类长期利用的水源资源,利用江河、湖泊等天然航道以及水库、运河等人工航道发展交通运输的水运资源,用来发展水产养殖以及旅游事业的水域资源,河川水流、沿海潮汐等所蕴藏的水能资源等。

二、水资源的开发利用

水资源是基础性自然资源,又是战略性经济资源,其作为与人类生活、生产关系十分密切的自然资源,是一种动态资源,其特性主要表现为再生性、有限性、用途多样性、分布不均匀性等;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而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是，工程措施可分为：

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，工程措施可分为：

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。缓解水资源供需矛盾的主要对策是开源、节流、保护水质、加强管理。

三、我国水资源的特点

我国地域辽阔，地形复杂，受太平洋影响，大陆性季风气候显著。人们在这块古老的土地上休养生息，同时也干扰和破坏了自然的水土构成，形成了我国水资源的特点。

(一) 水资源总量多，但人均占有量少，人均水资源量并不丰富

我国平均年降水量为 648 mm，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 ，总量在世界上居第六位。但中国人口众多，人均占有水资源量仅为世界人均占有量平均值的 1/4，为美国的 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^①均占有河川径流也只有 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、日本和加拿大的亩均水量。因此，我国水资源总量从绝对数量来看还算丰富，但人均、亩均水量却很少。

(二) 水资源分布不均匀，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。

北方人口占全国总人口的 46.5%，耕地面积占全国耕地总面积的 65.2%，但水资源量仅占全国水资源总量的 19%；南方四片的人口占全国总人口的 53.5%，耕地面积占全国耕地总面积的 34.8%，而水资源量却占全国水资源总量的 81%。西南诸河流域片水资源最为丰富，而海河流域片水资源最为匮乏。

(三) 水资源变化大，水旱灾害频繁

我国大部分地区受季风影响，水资源的年际、年内变化较大。最大年降水量与最小年

① 1 亩 = 1/15 hm^2 ，全书同。

降水量的比值,南方地区为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。汛期的水量占全年总水量的比重,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) 雨热同期

我国国土面积仅占世界陆地面积的7%,却抚育了占世界22%的人口,除优越的社会制度外,良好的自然条件也是一个重要原因。水资源就是最重要的条件之一,雨热同期是我国水资源分布的突出优点,较高的气温、充足的雨水是许多作物生长需要同时具备的自然条件。我国各地6~8月高温期一般也是全年雨水最多的时期,这就具备了农作物生长的良好条件,因此才能在有限的土地上,经过辛勤耕耘,取得丰硕的收获。

(五) 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植被遭到严重破坏,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 ,占全国陆地总面积的38.2%,每年流入江河的泥沙50亿t,流失的肥力相当于全国化肥年产量的9倍多。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、湖泊严重淤积,使其行洪、防洪能力减小,防洪难度加大。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年的。泥沙淤积还使水库库容减小、效益降低。此外,从多沙河流引水灌溉、供水,泥沙处理也是难题。

(六) 天然水质较好,但人为污染严重

我国河流的天然水质较好,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9个湖泊受到严重污染,5个湖泊部分水体受到污染。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,加剧了缺水危机。

四、我国水资源开发利用现状

我国自有文字记载以来,就有了关于水的开发利用的记载。相传的大禹治水发生在公元前2000年。公元前1000年左右的西周就有了蓄水、灌溉、排水、防洪的设施。历代修建的水利工程,比较著名的有:四川的都江堰灌区(公元前256年),陕西关中的郑国渠(公元前246年),坎儿井(南宋时期),广西兴安县灵渠航运工程(公元前221~前214年);还有始于春秋(公元前497年),经多次增修改建,到元代(公元1271~1368年)全线开通的南北大运河等。

中国是世界上水利事业历史最悠久的国家之一。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年年底,全国已整修、新修江河堤防24.8万余km,形成了初具规模的防洪体系。建成水库约8.5万座,总库容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 (相当于7.67亿亩)。累计治理水土流失面积达61.3万 km^2 ,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kWh。

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%)。但与世界先进国家相比,工业用水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;农业灌溉水利用系数平均约为0.45,而发达国家为0.7,有的甚至达到0.8;消耗每立方米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80.5%,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0.4%。另外,海水直接利用量为127亿 m^3 。我国北方地下水资源的开发利用程度要高于南方。在北方,地表水供水量占其总供水量的75.3%,地下水供水量占其总供水量的24.7%;南方地表水供水量占其总供水量的96.5%,而地下水供水量仅占其总供水量的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性

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。如降雨、蒸发以及河流中的洪水、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。通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性。

(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。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形成的具体条件,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同等。

(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的特点,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,水量普遍比较丰沛,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。

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种。

(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,使其在实际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

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,对未来的水文情势作出概率预估,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水文现象随机性特点的研究,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,气候因素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,找出该地区分布规律,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、水利计算的研究方法

水利计算的目的是在水文分析研究的基础上,结合工程的实际进行兴利、除害的综合利用计算,以提供工程规划设计和经济分析所必需的资料和数值,为最终论证并合理选定工程规模、建筑物型式和尺寸,计算所能获得的效益提供依据。计算中应遵循水量平衡原理。

四、水文水利计算的主要内容

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;探讨水体的物理性质和化学性质以及它们对环境的作用,包括它们与生物的关系。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。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。

水文水利计算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,对它的综合开发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。每一个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水利计算问题,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方面的内容)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,以及拟定水利水电工程的合理管理运用方式等。

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作出合理的预估,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;然后经过不同方案的经济技术和环境评价论证,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学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。

在水利水电建筑工程、水利工程、灌溉排水技术等专业设置该课程的目的主要是使读者了解我国水资源的特点,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,具备一定的水文与水利水能计算能力。本课程与水力学、农田水利学、水工建筑物和水利工程经济等课程联系紧密。

复习思考题

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

第二章 水分循环与水文资料收集整理

学习目标及要点

1. 了解各种水文现象的形成和变化规律,掌握河川径流计算方法。
2. 掌握流域的概念及其特征,了解水文测站的布设方法,了解水文资料整编和审查方法,了解水文调查的目的和方法。
3. 使学生初步具有分析计算降雨量、径流量和搜集水文资料等技能,培养分析计算水文要素和应用水文资料的能力。

第一节 水分循环

一、地球上的水分布

地球仪表面大部分面积是蓝色的,这是因为蓝色代表着地球表面 71% 的水面,因而地球素有水的“行星”之称。整个地球上约有 13.86 亿 km^3 的水,其中海水约占 96.5%,陆地上水仅占 3.5%,其中地表水和地下水各占 1/2。据估计,对于与人类生活和生产关系密切且可恢复的淡水资源仅有 0.48 亿 km^3 ,占全球总水量的 3.5%,且分布极不均匀,未能发挥应有的效益。

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 600 m 深以内的含水层、湖泊、河流、土壤中,如表 2-1 所示。淡水资源在地球上不仅数量有限,而且分布也极不均匀。如果以降水量来反映,世界各大洲水资源分布情况如表 2-2 所示。

由表 2-2 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%,非洲的淡水量占其全部水量的 45%,北美洲的淡水量占其全部水量的 40%,南美洲的淡水量占其全部水量的 38%,澳大利亚和大洋州的淡水量占其全部水量的 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

表 2-1 地球上的水体分布

项目	水量 ($\times 10^6 \text{ km}^3$)	占总水量百分比 (%)	淡水量 ($\times 10^6 \text{ km}^3$)	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	96.538		
地下水	23.4	1.688	10.53	30.061
土壤水	0.016 5	0.001	0.016 5	0.047
冰雪总量	24.064 1	1.736	24.064 1	68.697
其中:南极	21.6	1.558	21.6	61.663
格陵兰岛	2.34	0.169	2.34	6.68
北极	0.083 5	0.006	0.083 5	0.238
山岳	0.040 6	0.003	0.040 6	0.116
冰土地下水	0.3	0.022	0.3	0.856
地表水	0.189 99	0.014	0.104 59	0.299
其中:湖泊	0.176 4	0.013	0.091	0.260
沼泽	0.011 47	0.000 8	0.011 47	0.033
河川	0.002 12	0.000 2	0.002 12	0.006
大气中水	0.012 9	0.000 9	0.012 9	0.037
生物内水	0.001 12	0.000 1	0.001 12	0.003

表 2-2 世界各大洲水资源分布情况

洲名	面积 ($\times 10^4 \text{ km}^2$)	年降水量		年径流量	
		mm	km^3	mm	km^3
欧洲	1 050	789	8 285	306	3 213
亚洲	4 347.5	742	32 258	332	14 434
非洲	3 012	742	22 349	151	4 548
北美洲	2 420	756	18 295	339	8 204
南美洲	1 780	1 600	28 480	660	11 748
大洋州*	133.5	2 700	3 605	1 560	2 083
澳大利亚	761.5	456	3 472	40	305
南极洲	1 398	165	2 307	165	2 307
地球	14 902.5	799	119 071	315	46 943

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。

断交替转移的现象称为水分循环,也称为水文循环,简称水循环。

水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。大循环是包含许

多小循环的复杂过程。如图 2-1 所示。

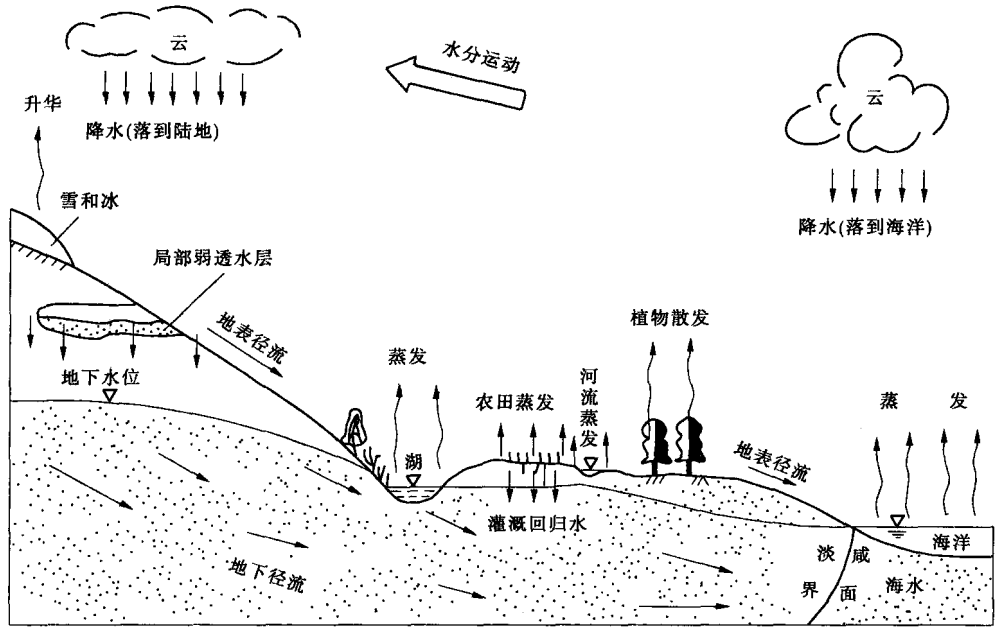


图 2-1 地球上水分循环示意图

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,促使液态、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,并且促使地表水、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水资源和地下水资源。同时也造成了旱涝灾害,给水资源的开发利用增加了难度。

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,水汽主要来自于太平洋,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,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,也能参与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,风力大且稳定时,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,小部分经由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全国总面积的 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,地表水沿天然槽道沟谷运动形成的水体称为河流,由流动的水体和容纳水流的河槽两个要素构成。习惯上按此类水体的大小分别称为江、河、川或溪等,但事实上,对它们并无严格、准确的划定。流入海洋的河流称为外流河,如黄河、长江以及海河等;流入内陆湖泊或消失于沙漠之中的河流称为内流河,如新疆的塔里木河以及青海的格尔木河等。

河流是地球上的重要水体之一,在陆地表面分布广泛。与其他地表水体相比,河流的水面面积和水量相对较小,但它与人类的关系最为密切,从传说中的大禹治水开始,几千年来人们对河流兴利除害,与之斗争不息。因此,河流也就成为水文学研究的主要对象。

一条河流按其流经区域的自然地理和水文特点划分为河源、上游、中游、下游及河口五段。河源是河流的发源地,可以是溪涧、泉、冰川、湖泊或沼泽;而河口是河流的终结处,即河流汇入海洋、湖泊或其他河流处。通常将一个水系中长度最大或水量最大的槽道沟谷及其中的水流视为干流。例如,长江发源于唐古拉山主峰格拉丹东雪山西南侧,源头为沱沱河;河源到湖北宜昌为上游段;湖北宜昌到江西湖口为中游段;江西湖口至入海处为下游段;河口处有崇明岛,江水最后流入东海。长江干流的长度为 6 300 km,是我国最长的河流,居世界第三位。

汇入干流的河流称为一级支流;汇入一级支流的河流称为二级支流;其余依此类推。由干流与各级支流所构成脉络相通的泄水系统称为水系、水系或河网。

根据干支流的分布状况,一般将水系分为以下几种:

- (1) 扇形水系——河流的干支流分布形如扇骨状,如海河。
- (2) 羽状水系——河流的干流由上而下沿途汇入多条支流,好比羽毛状,如红水河。
- (3) 平行水系——河流的干流在某一河岸平行接纳几条支流,如淮河。
- (4) 混合水系——一般大的江河多由上述 2~3 种水系组成,混合排列。

水系形状如图 2-2 所示。不同形状的河系,会产生不同的水情。

划分河流上、中、下游时,有的依据地貌特征,有的着重水文特征。上游段直接连接河源,一般落差大,水流急,水流的下切能力强,多急流、险滩和瀑布;中游段坡降变缓,下切力减弱,旁蚀力加强,河道有弯曲,河床较为稳定,并有滩地出现;下游段一般进入平原,坡降更为平缓,水流缓慢,泥沙淤积,常有浅滩出现,河流多汊。