

水利部示范性高等职业院校建设规划教材
中央财政支持专业特色教材

水文与 水资源利用

主编 刘贤娟 梁文彪
主审 邢肖鹏



黄河水利出版社

水利部示范性高等职业院校建设规划教材
中央财政支持专业特色教材

水文与水资源利用

主 编 刘贤娟 梁文彪
主 审 邢肖鹏

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书是水利部示范性高等职业院校建设规划教材、中央财政支持专业——水利水电建筑工程专业建设与课程改革教材,按照教育部颁布的水文与水资源利用课程标准,结合山西省水文水资源状况编写的。全书共分6个项目,包括水文水资源基础知识、水文资料的收集、地表水源的分析计算、设计洪水的计算、水库兴利调节计算、水库防洪调节计算等内容。本书突出了水文水资源的基本知识以及水资源管理及应用。

本书为高等职业技术学院水文水资源、城市水利、水利水电建筑工程、水利工程、水利工程管理等专业的通用教材,也可作为从事水文水资源领域及水资源管理等一线技术人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水文与水资源利用/刘贤娟,梁文彪主编. —郑州:黄河水利出版社,2014.3

水利部示范性高等职业院校建设规划教材

ISBN 978-7-5509-0731-7

I. ①水… II. ①刘… ②梁… III. ①水文学-高等职业教育-教材 ②水资源利用-高等职业教育-教材 IV. ①P33
②TV213.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 042514 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwp@163.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:hhslebs@126.com

承印单位:郑州文华印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:8.5

字数:200千字

印数:1—1 500

版次:2014年3月第1版

印次:2014年3月第1次印刷

定价:20.00元



前言

本书是根据《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)、《教育部关于推进高等职业教育改革创新引领职业教育科学发展的若干意见》(教职成[2011]12号)等文件精神,根据水利部示范性高等职业院校建设计划水利水电建筑工程重点建设专业及专业群人才培养方案要求,在全国水利水电高职教研会指导下,用中央财政安排的“支持高等职业学校专业建设”项目经费组织编写的教材。

本套教材以学生能力培养为主线,以工作任务为载体,融“教、学、练、做”为一体,适合开展项目化教学,体现实用性、实践性和创新性的特色,是一套紧密联系生产实际的高职高专教育精品规划教材。

水文与水资源利用是水文水资源专业中一门理论与实践相结合的必修专业基础课。本教材在编写过程中特别突出实用性,并严格按照水文水资源的新规范、新标准、新技术的要求编写。

本书介绍了水文与水资源的基础知识、水文要素的观测与资料整理方法、年径流与洪水的计算方法及水库的调节计算方法。全书共分6个项目,包括水文水资源基础知识、水文资料的收集、地表水源的分析计算、设计洪水的计算、水库兴利调节计算、水库防洪调节计算等内容。

本书在吸收有关教材精华的基础上,充实了新思想、新理论、新方法和新技术,同时不过分苛求学科的系统性和完整性,强调理论联系实际,突出应用性,以期突出高职高专教育教学的特色。

本书由山西水利职业技术学院承担编写工作,编写人员及编写分工如下:项目1由肖纳新编写,项目2由山西省水资源研究所梁文彪编写,项目3由杜玉柱编写,项目4、6由岳延兵编写,项目5由刘贤娟编写。全书由刘贤娟、梁文彪担任主编,刘贤娟负责全书统稿;由山西省河道管理服务总站邢肖鹏担任主审。

本书中所有的水文资料均来自山西省水资源研究所和山西省河道管理服务总站。书中还参考并引用了有关院校编写的教材和生产科研单位的技术文献资料,除部分列出外,其余未能一一注明,在此一并致谢!

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳切希望读者提出批评和指正。

编者

2014年1月



目 录

前 言

项目 1 水文水资源基础知识	(1)
任务 1 水资源与水文现象	(1)
任务 2 水分循环与河川径流	(3)
任务 3 水文统计	(9)
思考题与练习题	(24)
项目 2 水文资料的收集	(26)
任务 1 水文测站与降水测算	(26)
任务 2 蒸发和下渗观测	(32)
任务 3 水位观测与资料整理	(35)
任务 4 流量观测与资料整理	(36)
任务 5 泥沙测验与资料整理	(41)
思考题与练习题	(46)
项目 3 地表水源的分析计算	(49)
任务 1 设计年径流的基本概念	(49)
任务 2 具有实测资料时设计年径流的计算	(53)
任务 3 无实测资料时设计年径流的计算	(69)
思考题与练习题	(75)
项目 4 设计洪水的计算	(77)
任务 1 了解洪水与设计洪水	(77)
任务 2 由流量资料推求设计洪水	(81)
任务 3 小流域设计洪水的估算	(88)
思考题	(90)
项目 5 水库兴利调节计算	(91)
任务 1 水 库	(91)
任务 2 年调节水库兴利调节计算	(95)
任务 3 多年调节水库兴利调节计算	(105)
思考题	(110)
项目 6 水库防洪调节计算	(111)
任务 1 水库的防洪作用	(111)

任务2 有闸门控制的水库防洪调节计算	(113)
任务3 无闸门控制的水库防洪调节计算	(117)
思考题与练习题	(121)
附表	(122)
附表1 皮尔逊Ⅲ型曲线的离均系数 Φ_p 值表	(122)
附表2 皮尔逊Ⅲ型曲线的模比系数 K_p 值表	(125)
参考文献	(130)
(1)	
(2)	
(3)	
(4)	
(5)	
(6)	
(7)	
(8)	
(9)	
(10)	
(11)	
(12)	
(13)	
(14)	
(15)	
(16)	
(17)	
(18)	
(19)	
(20)	
(21)	
(22)	
(23)	
(24)	
(25)	
(26)	
(27)	
(28)	
(29)	
(30)	
(31)	
(32)	
(33)	
(34)	
(35)	
(36)	
(37)	
(38)	
(39)	
(40)	
(41)	
(42)	
(43)	
(44)	
(45)	
(46)	
(47)	
(48)	
(49)	
(50)	
(51)	
(52)	
(53)	
(54)	
(55)	
(56)	
(57)	
(58)	
(59)	
(60)	
(61)	
(62)	
(63)	
(64)	
(65)	
(66)	
(67)	
(68)	
(69)	
(70)	
(71)	
(72)	
(73)	
(74)	
(75)	
(76)	
(77)	
(78)	
(79)	
(80)	
(81)	
(82)	
(83)	
(84)	
(85)	
(86)	
(87)	
(88)	
(89)	
(90)	
(91)	
(92)	
(93)	
(94)	
(95)	
(96)	
(97)	
(98)	
(99)	
(100)	



项目1 水文水资源基础知识

任务1 水资源与水文现象

1 我国水资源及其利用

1.1 水资源

水是一种重要的自然资源。人类要生存,一刻也离不开水:城市生活用水、工业用水、农业灌溉用水。水资源目前没有确切的定义,但普遍认为有广义和狭义之分。广义的水资源是指存在于地球水圈中固态、液态和气态三种形式的各种水体,如海洋水、河流水、地下水、土壤水、生物水、大气水等。狭义的水资源是指可供人类在目前经济技术条件下取用的,并且在一定时段内可以得到恢复和更新的地表、地下淡水量。随着科学技术和社会经济的发展,狭义水资源的内涵也在不断发展变化。现在人们常说的水资源,一般是指狭义的水资源。

自然界的水主要存在于地表(江河、湖泊、沼泽、冰川、海洋)和地下。全球大约有138.6亿 m^3 水,其中淡水所占比例约为2.53%,且地下和地表各占1/2。现实中可以用到的淡水总量所占比例约为0.034%。全国及山西省水资源量情况见表1-1。

表1-1 水资源量

项目	全国	山西省
多年平均降水量	61 889 亿 m^3	508.8 mm
多年平均径流量	27 115 亿 m^3	114 亿 m^3
多年平均径流深	284 mm	8.78 m^3/km^2
多年平均降水深	648 mm	534 mm
水资源总量	28 124 亿 m^3	142 亿 m^3
理论水能蕴藏量	6.76 亿 kW	
可开发利用水能	3.8 亿 kW	
年发电量	1.9 万亿 kWh	
流域面积	>50 km^2 (45 203 条)	4 000 km^2 (9 条)
人均水量	2 700 m^3 , 世界第 88 位, 为世界人均水量的 1/4	466 m^3
亩均水量	1 770 m^3 , 为世界亩均水量的 3/4	143 ~ 194 m^3
南方占全国水量	人口 54.7%, 耕地: 35.9%	
北方占全国水量	人口 43.2%, 耕地: 58.3%	

注:1 亩=1/15 hm^2 ,下同。



1.2 我国水资源利用状况

我国水资源利用状况见表 1-2。

表 1-2 水资源利用状况

项目	1949 年以前	现今
水库数	大型 6 座, 中型 17 座	98 002 座
灌溉面积	2.4 亿亩	10.02 亿亩
装机容量	16 万 kW	3.33 亿 kW
总库容	30 亿 m ³	9 323 亿 m ³

1.3 水资源利用存在的问题及对策

- (1)地区分配不均:南方水多地少,北方水少地多,南水北调,进行跨流域引水。
- (2)灌溉、城市用水增长:节水灌溉,节约用水。
- (3)供需矛盾日益突出:合理利用,开发水资源。
- (4)水污染日趋严重:减少污染源。
- (5)水资源管理和保护:依法管理,加强保护措施,提高管理者素质,加大打击力度。

2 水文学的概念、分类、内容和任务

2.1 水文学的概念

水体指存在于某一位置的水的总称。如河、湖、海等。

水文学是研究地球上各种水体的形成、循环、分布及水体的物理、化学性质和对环境的反映的一门学科。

2.2 水文学的分类

按水体所处位置,水文学可分为水文气象学、海洋水文学、陆地水文学、地下水水文学。陆地水文学按陆地水体位置又可以分为湖泊水文学、沼泽水文学、河流水文学、冰川水文学。河流水文学按研究对象、目的又可以分为地表水水文学、水文信息采集与处理、水文统计学、水文计算、水利水电规划、水能计算、水文预报、水质监测等。

2.3 水文学的内容

天然来水与兴利(防洪)用水(泄水)存在矛盾,解决此矛盾及工程防洪能力等均为其研究内容,具体如下:

- (1)河流一年的来水量为多少,即河流年径流量计算;
- (2)洪水的大小,即设计洪水的确定;
- (3)泥沙含量,即河流输沙量的计算;
- (4)工程规模大小,即兴利、防洪调节计算。

2.4 水文学的任务

- (1)具备水文学的基本知识;
- (2)了解水文测验的一般方法,能收集水文计算的基本资料;
- (3)初步掌握水文计算的基本原理和常用方法;



(4)能进行以灌溉为主的水库的兴利、防洪调节计算。

3 研究方法

3.1 水文现象

水文要素(降水、蒸发、下渗、径流、水位、流量、泥沙)的变化现象称水文现象。

3.2 水文现象的特点

根据对水文要素长期观测资料的分析,它具有以下特点。

3.2.1 不重复性(随机性)

水文现象在时间上和数量上不会完全重复出现,因此需对水文要素进行长期观测,取得大量的观测资料,再经过统计分析得出其变化规律。

3.2.2 周期性

水文现象具有以年为单位进行周期性变化的特性,即河流每年均出现丰水期和枯水期,年与年之间又出现丰水年和枯水年。

3.2.3 地区性

水文现象在不同地区具有各自不同的特性,即当某地区气候和地理条件相似时,则河流的水文现象在一定程度上也具有相似性。

3.3 研究方法

3.3.1 成因分析法

从水文现象的成因出发,研究水文要素变化的规律,建立各种水文要素与其影响因素之间的定量关系,此法可得出较为确切的结果。

3.3.2 数理统计法

根据水文现象的特点,应用数理统计法原理,以频率计算的方法为基础,根据水文资料分析水文特征值的统计规律,从而可以为工程提供设计水文数据。

3.3.3 地区综合法

根据水文现象的特点,水文现象具有地区分布规律,对于缺乏水文资料地区,可借用邻近相似地区资料进行水文计算。如等值线图法、经验公式法、图表法等。

4 与其他课程的关系

本课程是水利水电专业(水利工程、农田水利、水土保持、水利工程管理、城市水利等专业)的一门专业基础课,它为确定工程各种建筑物的尺寸和工程规模大小提供科学依据。

任务2 水分循环与河川径流

1 水文循环

1.1 自然界的水运动

自然界的水始终处于运动之中,这是由其内因与外因造成的。

内因:水的三态(液态、固态和气态)在常温下的相互转化。

外因:太阳的辐射和地球的引力,其中太阳的辐射是促进水分运动的最基本动力。太阳的辐射和地球的引力是永恒的,于是自然界中的水分运动也就没有停止过。

1.2 自然界水的运动形式

(1)海洋水蒸发后,在一定条件下又以降水的形式落回海洋或陆地。

(2)陆地水蒸发后,在一定条件下以降水的形式落回陆地。

(3)水循环:水的各种运动形式呈现出往复循环、不断转移交替的现象称水循环。

(4)水文循环:水循环是通过降水、蒸发、下渗、径流等水文要素实现的,因此称为水文循环,包括大循环和小循环。

①大循环:海洋与陆地之间的水分交替过程。

②小循环:海洋与海洋、陆地与陆地之间的水分交替过程。

1.3 水文循环的水量

全球每年参与水文循环的总水量约为 577 万亿 m^3 。

1.4 水文循环的影响因素

(1)气象因素:风力、风速、温度、湿度等。

(2)下垫面因素:地质、地形、土壤、植被等。

(3)人类的经济活动:水利工程措施、农林牧业措施等。

水文循环过程如图 1-1 所示。

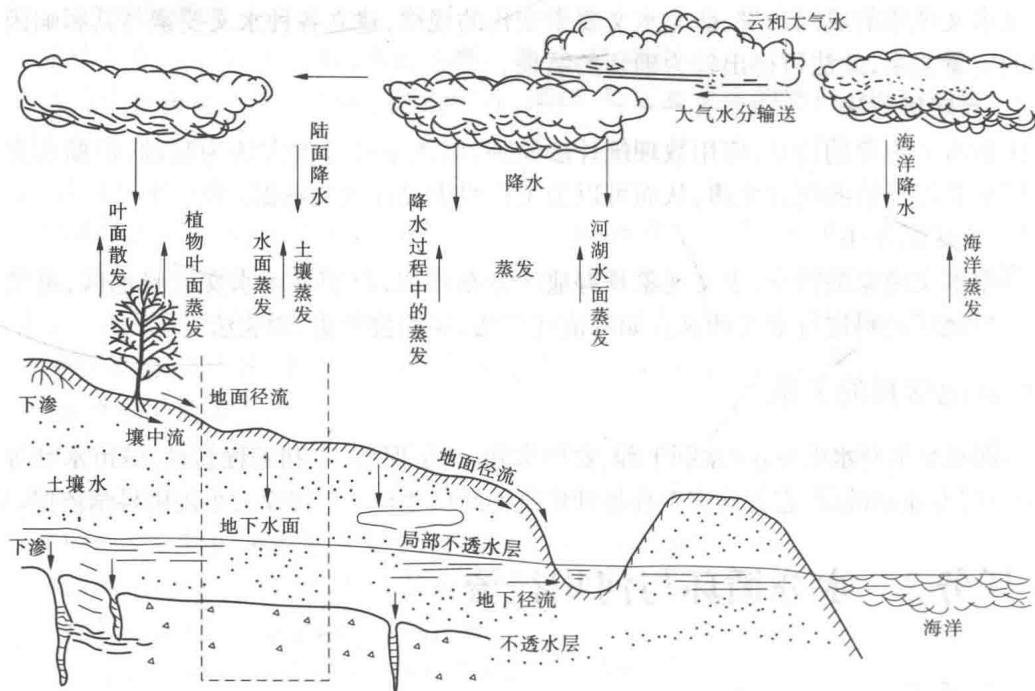


图 1-1 水文循环示意图



2 河流和流域

2.1 河流

河流是接纳、汇集地面和地下径流的天然泄水道,是水文循环的必经之途。流入海洋的河流称为外流河,流入内陆湖泊或消失于沙漠之中的河流称为内流河。按河流流经地区的特性,又可分为山区型河流和平原型河流。

2.1.1 河长(河流的长度)

河流的长度指干流的自然弯曲长度,单位为 km。河长是用求线仪(量线仪)或卡尺在水系地形图上进行量计的。

河流一般都可分为河源、上游、中游、下游、河口五段。如:黄河源头为青藏高原巴颜喀拉山北麓约古宗列渠,河源至内蒙古托克托为上游,托克托至河南花园口为中游,花园口至山东利津为下游,利津以下为河口;汾河源头为宁武县管涔山宋家崖,源头至古交山峡出口(上兰村)为上游,上兰村至介休义棠为中游,义棠至河津庙前村为下游,庙前村以下为河口。

2.1.2 河系(水系)

地表水和地下水通过地面、地下,由高处向低处汇入小沟、小溪,最后汇集成大小河流。河流由干流、支流、湖泊、沼泽等构成脉络相通的泄水系统,称为河系。一般把长度最长或水量最大的称干流,汇入干流的称一级支流、汇入一级支流的称二级支流、依次类推……

根据河流干支流分布情况,可把河系分为如下几种:

- (1)扇形水系,如我国的海河。
- (2)羽毛形水系,如我国的红水河、太湖河。
- (3)平行水系,如我国的淮河。
- (4)混合水系,如我国的长江。

2.1.3 河床和河谷

- (1)山谷:两山之间狭长而弯曲的洼地。
- (2)河谷:排泄水流的谷地。
- (3)河床:谷底过水部分(河槽)。
- (4)过水断面:与水流方向相垂直的断面。

2.1.4 河流的比降

- (1)水面落差:河流两断面的水面高差。
- (2)水面比降:单位河长的水面落差。
- (3)总落差:河源至河口的河底高差。
- (4)河道纵比降:单位河长的落差,其计算式为

$$J = \frac{(Z_0 + Z_1)L_1 + (Z_1 + Z_2)L_2 + \cdots + (Z_{n-1} + Z_n)L_n - 2Z_0L}{L^2} \quad (1-1)$$

式中 J ——河流干流的平均纵比降;

L ——河长;

$Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ ——各转折点高程;

$L_1, L_2, \dots, L_n$ ——相邻转折点之间的河流长度。

2.2 流域

流域是指河流某断面以上汇集水流的区域。

2.2.1 流域的几何特征

2.2.1.1 分水线与集水面积

(1) 分水线:相邻流域的起到分水作用的界线称分水线(分水岭)。

(2) 流域:分水线所包围的区域。

(3) 地面分水线:一般位于山峰、岭脊处,起着分地面水的作用,如秦岭是长江、黄河的分水岭。分水线与等高线垂直。

(4) 闭合流域:地面、地下分水线重合。

(5) 非闭合流域:地面、地下分水线不重合。

(6) 流域面积:地面分水线所包围的面积,用 F 表示,单位为 km^2 。

2.2.1.2 流域形状

(1) 流域长度与平均宽度。流域长度为流域的几何中心轴长,用 L 表示(利用同心圆法求得),单位为 km 。流域平均宽度为流域面积与流域长度之比,用 B 表示,单位为 km , $B = \frac{F}{L}$ 。当 F 相同时, L 大则 B 小,径流难以集中; L 小则 B 大,径流易集中。

(2) 流域形状系数。流域平均宽度与长度之比,用 K_f 表示, $K_f = \frac{B}{L} = \frac{F}{L^2}$ 。当 $K_f = 1$ 时,为方形流域,径流易集中;当 $K_f < 1$ 时,为狭长形流域,径流难集中;当 $K_f > 1$ 时,为扁形流域,径流易集中。

2.2.1.3 流域地形特征

(1) 流域平均高程。指流域内地表的平均高程,其计算公式为

$$Z = \frac{f_1 Z_1 + f_2 Z_2 + f_3 Z_3 + \dots + f_n Z_n}{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n} = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^n f_i Z_i \quad (1-2)$$

式中 Z ——流域平均高程;

f_i ——相邻等高线之间的面积;

Z_i ——相邻等高线的平均高程;

F ——流域面积。

(2) 流域平均坡度。指流域范围内地表坡度的平均状况,其计算公式为

$$J = \frac{\Delta Z \left(\frac{1}{2} l_0 + l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_{n-1} + \frac{1}{2} l_n \right)}{F} \quad (1-3)$$

式中 J ——平均坡度;

l_i ——各等高线长度, $i=0, 1, 2, \dots, n$;

ΔZ ——相邻等高线高差;

F ——流域面积。



2.2.2 流域自然地理特征

流域自然地理特征包括地理位置、气候条件、地形特征、地质与土壤、植被覆盖、湖泊与沼泽、人类活动。

3 河川径流与水量平衡

3.1 河川径流的水量

3.1.1 定义

降落在流域表面的降水,经过地面和地下流入河川,最后由流域出口断面流出的水量,称为河川径流的水量。

3.1.2 河川径流的水源

河川径流的水源有雨水、冰雪融水、地下水。

(1)以雨水为主的区域。秦岭以南,径流变化主要受降水季节变化影响,夏季经常发生洪水。

(2)以雨水和季节性冰雪融水为主的区域。华北和东北部分地区,每年有春、夏两次汛期。

(3)以冰雪融水为主的区域。西北阿尔泰山、天山、祁连山洪水期发生于夏季,枯水期发生于冬季,径流多少受气温的影响。

3.2 河川径流的形成过程

雨水降落在流域表面后,当满足了其蓄渗后,就会产生径流,径流由地面和地下向流域出口断面汇集。其中,地面部分称为地面径流,地下部分称为地下径流。从降雨到径流流出流域出口断面的整个物理过程,称为河川径流的形成过程。

3.2.1 河川径流的产流过程

河川径流的产流过程为(植物截留)损失→(填洼)损失→(下渗)损失→面雨强>入渗率→产生超渗雨→沿坡面流动→雨强>入渗率(表层流)全面漫流→土壤含水量饱和→壤中流→通过包气带渗入→地下水位以下,不透水层以上→浅层地下径流→地下水位以下,不透水层以下→深层地下径流。

损失量 = 植物截流量 + 填洼量 + 入渗量 = 降雨量 + 径流量(产流量)

3.2.2 河川径流的汇流阶段

降雨产生的径流(地面、地下)逐渐汇入河网,再通过河网由上游向下游,由支流到干流,最后全部径流流出流域出口断面,这个过程称为河网汇流,又称河槽集流,其中有河岸调蓄、河槽调蓄作用。

3.3 径流的表示方法和度量单位

3.3.1 流量

流量为单位时间内通过某一过水断面的水量,通常用 Q 表示,单位为 m^3/s 。有瞬时流量、日平均流量、月平均流量、年平均流量、多年平均流量。

3.3.2 径流总量

径流总量为某一时段 T 内通过某一过水断面的水量,通常用 W 表示,单位为 m^3 、万 m^3 、亿 m^3 、 $(\text{m}^3/\text{s}) \cdot \text{月}$ 。计算公式为

$$W = QT \quad (1-4)$$

3.3.3 径流深

径流深为某时段内的径流总量均匀地平铺在流域面积上的水层深度,通常用 R 表示,单位为 mm。

$$R = \frac{W}{1\,000F} = \frac{QT}{1\,000F} \quad (1-5)$$

3.3.4 径流模数

径流模数指流域出口断面流量与流域面积之比,通常用 M 表示,单位为 $L/(s \cdot km^2)$ 、 $m^3/(s \cdot km^2)$ 。

$$M = \frac{1\,000Q}{F} \quad \text{或} \quad M = \frac{Q}{F} \quad (1-6)$$

3.3.5 径流系数

某时段的径流深与其对应的流域平均降雨量之比,通常用 α 表示($\alpha < 1.0$),无单位。

$$\alpha = \frac{R}{H_F} \quad (1-7)$$

3.3.6 径流变率

径流变率指某时段内径流特征值与其对应的多年平均值之比,又称模比系数,其计算式为

$$K_i = \frac{Q_i}{Q_{\text{多}}} = \frac{W_i}{W_{\text{多}}} = \frac{M_i}{M_{\text{多}}} = \frac{R_i}{R_{\text{多}}} \quad (1-8)$$

【例 1-1】 已知某流域设计断面以上集水面积 $F = 132 \text{ km}^2$, 多年平均降雨量 $H_F = 1\,350 \text{ mm}$, 径流深 $R = 743 \text{ mm}$, 试求多年平均流量、径流模数、径流总量、径流系数。

解: (1) $W = 1\,000RF = 1\,000 \times 743 \times 132 \approx 9\,808 (\text{万 m}^3)$;

(2) $Q = W/T = 9\,808 \text{ 万} / (365 \times 24 \times 3\,600) = 3.11 (\text{m}^3/\text{s})$;

(3) $M = Q/F = 3.11/132 = 0.024 (\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2))$;

(4) $\alpha = R/H_F = 743/1\,350 = 0.55$ 。

3.4 流域水量平衡

3.4.1 水量平衡原理

水量平衡原理水力学上称连续性原理,应用到水文学上后称为水量平衡原理。对于某一不闭合水体或区域,它既有水进,也有水出,可令进入的水量为 $W_{\text{入}}$,流出的水量为 $W_{\text{出}}$,某时段内水体或区域的蓄水变量为 ΔW ,则 $W_{\text{入}} - W_{\text{出}} = \pm \Delta W$ 。

3.4.2 通用水量平衡方程式

在某时段内进入某区域(水体)的水量与流出水量之差,应等于该区域内蓄水变化量。进入区域的水量有时段区域平均降水量 X ,时段凝结量 E_1 ,地面径流流入量 Y_1 ,地下径流流入量 W_1 ,区域时段初蓄水量 V_1 ;流出区域的水量有时段内总蒸发量 E_2 ,地面径流流出量 Y_2 ,地下径流流出量 W_2 ,区域时段末蓄水量 V_2 ,用水量 q 。

由水量平衡原理可得

$$X + E_1 + Y_1 + W_1 + V_1 = E_2 + Y_2 + W_2 + V_2 + q \quad (1-9)$$



3.4.3 流域水量平衡方程

对于闭合流域有 $W_1=0, Y_1=0, Y=Y_2+W_2, q$ 略, 则

$$\begin{aligned} X + V_1 &= E + Y + V_2 \\ X &= E + Y + V_2 - V_1 = E + Y \pm \Delta V \end{aligned} \quad (1-10)$$

对于多年平均值来讲, 即

$$\sum_1^n \frac{\Delta V}{n} \rightarrow 0 \quad (1-11)$$

则

$$\bar{X} = \bar{E} + \bar{Y} \quad (1-12)$$

任务3 水文统计

1 概述

1.1 水文现象的必然性与偶然性

1.1.1 水文现象

水文要素的变化现象称为水文现象。

1.1.2 水文现象的必然性

(1) 水文现象是自然现象的一种, 由于自然界水分循环的结果, 必然会产生降水, 而降水又会产生径流。同时由于气候的不断变化, 降水、径流也会发生变化, 那么河流的水情也会发生变化, 即河流水情可分为丰水期、平水期、枯水期, 具有周期性。也就是说, 水文现象具有必然性。

(2) 所谓必然性, 是指研究对象在一定条件下必然会发生或必然不会发生, 如向上抛一石子, 它必然会受地心引力作用而下落; 同性电荷必然不会相吸引; 自由落体运动的路程、时间、重力加速度有确定性关系; 每年的夏秋季节, 降水多, 河流水量也多, 那么河流某断面在每年汛期均要出现一个瞬时最大流量, 即洪峰流量。

(3) 对于必然现象, 我们可以通过物理成因, 应用一定的数学工具, 分析其变化规律。

1.1.3 水文现象的偶然性

(1) 每年汛期河流出现瞬时最大流量是必然性的, 而由于产生瞬时最大流量的影响因素多且复杂多变, 因此流量出现的时间、数量却不会一样, 这就是水文现象的偶然性。又如抛出一枚均质硬币, 它必然会向下落, 但落下来后是哪一面向上事先无法确定。

(2) 偶然性是指在研究对象一定的条件下, 具有多种可能出现结果, 究竟出现哪一种结果, 事先并不能确定。它产生的原因是: 无法利用因果关系加以严格控制和准确预测。

(3) 偶然现象需通过大量观察和试验, 以获取大量的实测资料, 然后通过对资料进行统计分析研究, 寻求其产生、发生的规律。这是我们所研究的主要对象, 它的这种规律需要用统计学进行研究分析, 因此称其为统计规律。

1.1.4 必然性与偶然性的关系

实践表明, 事物的必然性是通过无数的偶然性表示出来的。在表面是偶然性在起作用

用的地方,这种偶然性始终是受内部的隐蔽规律所支配,而关键就是发现这种规律。

1.2 水文统计的任务

目前,受水文气象学发展水平所限,并不能确切地预报河流未来长期内水文要素的变化过程,而只能基于统计规律,预估某水文变量的数量与出现的可能性,这种预估即为概率预估。

在自然界中,一切自然现象都可纳入两种基本范畴,一种是必然现象,另一种是偶然现象(随机现象)。前者在某种条件下必然出现,后者在重复试验中,有时出现,有时不出现。

例如:一个大气压下,100℃的水沸腾;盒中有红色、蓝色、白色粉笔,不用眼看,每次摸出一支,可能是红色、蓝色、白色三种之一;某班学生个子高低、体重轻重,对任何一个人来说,可能是体重小、体重大、体重不小不大(取决于先天和后天两种因素)。

水文现象是自然现象的一种,在其发生、发展和演变过程中,既包括着必然性的一面,也包含着偶然性的一面。

例如:对于河流来说,由于降雨量多,流量 Q 增大,并且在某一时刻有最大流量值,这个最大值年年不同,出现的时间也不同。

蒸发在水分子吸收热能后,在风的作用下发生了。

解决方法如下:

(1)对于必然现象,一般而言,可通过物理成因分析,利用微分方程将描述现象的数学或物理方程列出并求解,即可预测以后任意时刻的状态。

例如:依据流域上降落的暴雨量和流域的前期湿润状态,借助径流成因公式就可预报洪水过程。

(2)偶然现象(随机现象)表面看起来是无规律性可循的,但观察了大量的同类随机现象之后,还是可以看出其偶然现象的变化规律。

例如:河流中任一断面的年径流量 Q ,由于受许多因素影响每年都不相同,所以是一种随机现象;但多年长期观察的结果却表明,年径流量的平均值即多年平均年径流量是一个稳定的数值。

又如投掷硬币,出现正面或反面是一种随机现象,但多次重复投掷,就可以发现出现正面的频率(出现正面的次数与投掷总次数之比)会逐渐稳定于 $1/2$ 。

前面举的例子:同学身高、体重。任一个人都有一个身高、一个体重,而且个个不相同;但分组统计可看出特高、特低、特重、特轻的少,而中等的值越多。

盒中的粉笔10个红色、10个白色、20个蓝色。各种颜色被摸出的机会分别为 $1/4$ 、 $1/4$ 、 $1/2$ 。可见,随机现象仍是有规律的。随机现象所遵循的规律一般叫作统计规律。

研究随机现象统计规律的学科称为概率论,而由随机现象的一部分实测资料去研究全体现象的数量特征和规律的科学称为数理统计学。

概率论和数理统计学密切相联,数理统计学必须以概率论为基础,概率论往往把数理统计学所揭露的事实提高到理论的认识,从而丰富了自己的内容。因此,概率论和数理统计学常常总称为统计数学。

由于水文现象有一定的随机性,用数理统计方法来分析研究这些现象可以认为是符合实际的、合理的。通常,在工程水文计算中将数理统计称为水文统计。



工程水文计算中运用数理统计方法,不仅是合理的,而且是必要的。

例如,流域开发,首先需要搞清未来河流流量的多少;设计拦河坝、堤防需要知道未来长期的径流情势,作出估计。如果所建工程计划使用100年,那么就要对未来100年中径流情势作出预估。但是,由于影响径流的因素众多,我们难以基于必然现象的规律,应用成因方法对径流作出这样长期的时序定量预报,只能基于统计规律,运用数理统计方法对径流作出概率预估,来满足工程实际的需要。

水文统计即应用数理统计的原理和方法来分析研究水文现象的变化规律。

水文统计的任务为通过对水文要素的观测,取得大量的资料(如历年的年径流量、最大流量、降水量等),然后对这些资料进行分析计算,寻求其变化的规律,为工程规划设计和运用提供所需要的水文数据。概括起来主要有以下两方面:

一是根据水文要素的大量资料进行计算,并用各种特征数值或图形表示其变化规律,如比较两个地区降雨量大小可用均值、等雨量线图、径流深等值线图。

二是在了解水文要素变化规律的基础上,根据需要预估河流未来长期(几十年、几百年、几千年)可能发生的水文情势。

应强调一点,“预报”和“预估”在意义上是不同的,因当前水文气象技术水平有限,还不能确切地“预报”未来长时期内河流逐年逐月的水文要素数量出现的机会(可能性)。例如:预估某河某断面100年一遇的洪峰流量是多少,某流域50年一遇的最大一日暴雨量是多少。预估出它的数量,而不论它们出现在什么时间,这种预估称为“概率”预估,是水文计算的一个重要特点,也是水文计算的基本任务。

2 概率、频率、重现期

2.1 事件

2.1.1 随机试验

(1)在日常生活中会经常遇到试验,如科学种田试验、导弹发射试验、水库各种建筑物试验、径流试验、流域人工降雨试验、泥沙试验等。

(2)在相同的条件下可重复进行,而每次试验的结果是不确定的,不能准确预言的试验称为随机试验。

(3)特点:在相同条件下可重复进行;结果不止一个,但可以知道试验的所有结果;进行每次试验前,哪一个结果会出现并不能确定。

2.1.2 事件

随机试验的结果即事件,事件可以是数量性质的,也可以是属性性质的。例如:某河流某断面的年径流量,抽一张扑克牌的点数,天气的阴雨晴风及婴儿的性别等。

2.1.3 事件分类

(1)必然事件:一定条件下必然发生的事件。

(2)不可能事件:一定条件下绝对不可能发生的事件。

(3)随机事件:一定条件下,可能发生也可能不发生的事件。随机事件一般用大写字母A、B、C…表示。随机事件在试验结果中,可能出现,也可能不出现,但其出现(或不出现)可能性的大小有所不同。例如:掷骰子出现一点和出现大于一点这两种随机事件,前