

水文学

HYDROLOGY

主编 桂劲松

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

Civil Professional Textbooks for the 11th Five-Year Plan

主审 康海贵

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

水 文 学

Hydrology

丛书审定委员会

王思敬 彭少民 石永久 白国良
李 杰 姜忻良 吴瑞麟 张智慧

本书主审 康海贵

本书主编 桂劲松

本书副主编 银英姿

本书编写委员会

桂劲松 银英姿 陈昌平 王立军

华中科技大学出版社

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

水文学/桂劲松 主编.—武汉:华中科技大学出版社,2008年4月
ISBN 978-7-5609-4384-8

I.水… II.桂… III.水文学-高等学校-教材 IV.P33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 205392 号

水文学

桂劲松 主编

责任编辑:杜妍

封面设计:张璐

责任校对:刘竣

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华中科技大学惠友文印中心

印刷:华中科技大学印刷厂

开本:850mm×1065mm 1/16

印张:10.5

字数:230 000

版次:2008年4月第1版

印次:2008年4月第1次印刷

定价:19.00元

ISBN 978-7-5609-4384-8/P·11

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本教材共分 6 章,系统地介绍了水文学的基本概念、水文统计的基本原理和方法、设计年径流、设计洪水以及水文学在土木工程中的应用。

本教材力求反映教学改革的最新成果,符合学校、学科的课程设置要求。在编写工作中尽量做到概念准确,文字精练,图文并茂,便于学生对理论知识的掌握。

本教材可用于土木工程、给排水工程专业本科生教学,亦可供相近专业师生和工程技术人员参考。

总 序

教育可理解为教书与育人。所谓教书,不外乎是教给学生科学知识、技术方法和运作技能等,教学生以安身之本。所谓育人,则要教给学生做人道理,提升学生的人文素质和科学精神,教学生以立命之本。我们教育工作者应该从中华民族振兴的历史使命出发,来从事教书与育人工作。作为教育本源之一的教材,必然要承载教书和育人的双重责任,体现两者的高度结合。

中国经济建设高速持续发展,国家对各类建筑人才需求日增,对高校土建类高素质人才培养提出了新的要求,从而对土建类教材建设也提出了新的要求。这套教材正是为了适应当今时代对高层次建设人才培养的需求而编写的。

一部好的教材应该把人文素质和科学精神的培养放在重要位置。教材中不仅要内容上体现人文素质教育 and 科学精神教育,而且还要从科学严谨性、法规权威性、工程技术创新性来启发和促进学生科学世界观的形成。简而言之,这套教材有以下特点。

一方面,从指导思想来讲,这套教材注意到“六个面向”,即面向社会需求、面向建筑实践、面向人才市场、面向教学改革、面向学生现状、面向新兴技术。

二方面,教材编写体系有所创新。结合具有土建类学科特色的教学理论、教学方法和教学模式,这套教材进行了许多新的教学方式的探索,如引入案例式教学、研讨式教学等。

三方面,这套教材适应现在教学改革发展的要求,提倡所谓“宽口径、少学时”的人才培养模式。在教学体系、教材编写内容和数量等方面也做了相应改变,而且教学起点也可随着学生水平做相应调整。同时,在这套教材编写中,特别重视人才的能力培养和基本技能培养,适应土建专业特别强调实践性的要求。

我们希望这套教材能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型工程建设人才,我们也相信这套教材能达到这个目标,从形式到内容都成为精品,为教师和学生,以及专业人士所喜爱。

中国工程院院士 王 思 敬

2006年6月于北京

前 言

本教材力求反映教学改革的最新成果,符合学校学科的课程设置要求。以土木专业指导委员会颁发的专业培养目标为依据,注重教材的科学性、实用性、普适性,尽量满足普通院校同类专业的需求。教材在内容上处理好传统内容与现代内容的关系,尽力补充新知识、新技能、新工艺、新成果。在编写工作中尽量做到概念准确、文字精练、图文并茂,有利于学生对理论知识的掌握。每章之后配有“本章要点”、“思考与练习”,便于学生复习。

本教材可用于土木工程、给排水工程专业。对土木工程专业中的道桥学科方向、交通土建学科方向,建议为必修课,32学时,讲授本教材全部内容;对土木工程专业中的其他学科方向,建议为选修课,24学时,讲授除第5章外的其余内容;对给排水工程专业,建议为必修课,24学时,讲授除第5章外的其余内容。

本教材由大连水产学院桂劲松主编,大连理工大学康海贵主审。各章编写分工如下:绪论、第1章、附录由内蒙古科技大学银英姿编写;第2章由桂劲松编写;第3章、第4章由大连水产学院陈昌平编写;第5章由东北林业大学王立军编写。

教材中引用了相关书籍的部分资料,在此一并致谢。

限于编者的水平,教材中难免存在疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

目 录

绪论	(1)
0.1 水文学的研究对象及分类	(1)
0.2 水文学的作用	(2)
0.3 水文现象的特点与研究方法	(3)
0.4 水文循环与水量平衡原理	(5)
0.5 水文学与道路桥梁工程、给排水工程的关系	(10)
思考与练习	(10)
第 1 章 水文学的基本知识	(12)
1.1 河流	(12)
1.2 流域	(15)
1.3 河川径流	(17)
1.4 河川径流特征值	(20)
1.5 固体径流	(22)
1.6 水文资料的收集与整理	(23)
1.7 水位与流量关系曲线	(28)
思考与练习	(31)
第 2 章 水文统计的基本原理和方法	(33)
2.1 概率与频率	(33)
2.2 随机变量及其概率分布	(35)
2.3 统计参数及其估计	(40)
2.4 现行水文频率计算方法	(46)
2.5 相关分析	(52)
思考与练习	(58)
第 3 章 设计年径流	(60)
3.1 概述	(60)
3.2 设计年径流量	(60)
3.3 设计年径流量的年内分配	(68)
思考与练习	(72)
第 4 章 设计洪水	(73)
4.1 概述	(73)
4.2 由流量资料推求设计洪水	(75)

4.3 由暴雨资料推求设计洪水	(84)
思考与练习	(97)
第5章 水文学在土木工程中的应用	(99)
5.1 大中桥设计流量及水位推算	(99)
5.2 大中桥位勘测设计	(104)
5.3 桥梁墩台冲刷计算	(120)
5.4 小桥涵勘测设计	(134)
思考与练习	(142)
附录 A 皮尔逊Ⅲ型曲线的离均系数 Φ_p 值表	(144)
附录 B 皮尔逊Ⅲ型曲线的模比系数 K_p 值表	(148)
附录 C 皮尔逊Ⅲ型曲线三点法的 S 与 C_s 关系表	(155)
附录 D 与耿贝尔曲线有关的表格	(157)
附录 E 海森几率格纸	(159)
参考文献	(160)

绪 论

0.1 水文学的研究对象及分类

0.1.1 水文学的研究对象

水文学是一门研究水在自然界运行变化规律的科学。工程水文学是水文学的一个分支,是为工程规划设计、施工建设及运行管理提供水文依据的一门科学。自然界中水的运行变化形态概括有:

① 降水,包括空气中气态水遇冷凝而成液态和固态的雨、雪、雹、霰等形式下降于大陆或海洋;

② 蒸发,是由大陆或海洋上的液态水或固态水升入天空成为气态水的过程;

③ 入渗,地表水在重力作用下进入土壤或岩层中的过程;

④ 径流,分为地表径流和地下径流,水沿地表流动为地表径流,水在地下土壤或岩石裂缝中的流动为地下径流。

降水、蒸发、径流和入渗都是交通工程、环境工程以及水利工程等研究的对象。

0.1.2 水文学的分类

根据研究对象及任务的侧重情况,水文学有多个分支。广义的水文学可分为水文学、水文地质学和地表水文学三大类。地表水文学又分为陆地水文学与海洋水文学。随着生产的发展与陆地上径流现象某些规律的特殊性,陆地水文学又包括:

① 水文测量学,是研究水文资料的收集、测量、成果整编方法以及水文测站站网的布设等;② 水文地理学,是根据水文特征值和自然地理因素之间的相互关系,研究水文现象的地区性分布与变化规律;③ 普通水文学,是研究自然界中各种水体的水文特征值的基本变化规律及彼此间相互依存的一般性问题;④ 工程水文学,是研究工程规划设计所需要的水文测量以及水文水力计算的原理与方法,并预估工程在运用期间所面临的水文情势,是将水文学理论应用于环境工程、土木工程、水利工程等各种工程建设的学科,是为环境工程、土木工程、水利工程等的规划、设计、施工、管理提供服务的。

0.1.3 水文学的发展历史

水文学是随着社会经济发展和水利工程建设需要,从萌芽到成熟、从经验到理

论逐步发展起来的。今后的发展仍将遵循这一规律。水文学的发展,大体可分为萌芽时期、奠基时期、应用水文学的形成时期、现代水文学时期等四个阶段。

1) 萌芽时期(1400 年以前)

这一时期中国的水文理论居于世界领先地位,如公元前 239 年成书的《吕氏春秋》最先提出水文循环的概念;2000 多年前建成的都江堰,至今仍在发挥巨大作用;又如公元 527 年成书的《水经注》,是领先欧洲 1000 多年的水文地理巨著。

2) 奠基时期(1400—1900 年)

这一时期,西欧的产业革命促进了水利事业的发展,在水文观测方面,发明创造了雨量器、蒸发器、流速仪等,系统的水文测量为水文定量计算及预报奠定了坚实基础。

3) 应用水文学的形成时期(1900—1950 年)

进入 20 世纪,水利水电建设蓬勃发展,使应用水文学迅速发展起来。美国 1900 年 J. A. 塞登提出著名的塞登定律、1932 年 L. R. K. 谢尔曼提出单位线法、1935 年 G. T. 麦卡锡建立了马斯京根河道洪水演算法、1924 年 H. A. 福斯特完整地提出了 P-Ⅲ 频率曲线水文分析方法等,象征应用水文学的形成。而这一时期我国则比较落后。

4) 现代水文学时期(1950 年后)

随着计算机、3S 系统等高新技术的应用,使水文学发展进入了一个新时代。流域数学模型、水资源学、水环境学、随机水文学等相继建立,为水文学理论奠定了坚实的基础,使其研究方法逐渐理论化和系统化。

0.2 水文学的作用

本课程的内容,主要叙述水分循环运动中,从降水到径流入海的这一段过程,包括河川径流的基本概念、地面径流的运动规律、河川水文要素测量方法及在工程上的应用等问题。在水文分析中,常用数理统计的基本原理推求河川径流的年际变化与年内分配、枯水径流与洪水径流的调查分析与计算、降雨资料的整理与暴雨公式、小流域暴雨洪水的流量和城市降雨径流的特点等。

通过本课程的学习,要求能了解河川水文现象的基本规律,掌握水文统计的基本原理与方法,能够独立地进行一般水文资料的收集、整理工作,具备一定的水文分析计算技能。由于水文现象本身所具有的特点,一般在处理上多运用数理统计方法进行分析,注重实际资料的收集,强调深入现场进行调查研究。因此在学习中,不仅要学会具体方法的运用,而且要注意运用这种方法的条件。总之,随时注重资料收集,深入掌握分析方法,全面熟悉应用条件,才能在学习中有所获益。

0.3 水文现象的特点与研究方法

0.3.1 水文现象的特点

唯物辩证法认为世界上的事物和现象不仅普遍具有内在联系,而且经常处于不断运动变化之中,水文现象也不例外。根据对立统一规律,水文现象的基本特点可以归结为周期性与随机性、相似性与特殊性两个方面。

1) 周期性与随机性

在水文现象的时程变化方面存在着周期性与随机性的对立统一。水文现象的变化对任何一条河流都有一个以年为单位的周期性变化。例如,每年河流最大和最小流量的出现中虽无具体固定的时日,但最大流量每年都发生在多雨的汛期,而最小流量多出现在雨雪稀少的枯水期,这是由于四季的交替变化是影响河川径流的主要气候因素。又如,靠冰川或融雪补给的河流,因气温具有年变化的周期,所以随气温变化而变化的河川径流也具有年周期性,其年最大冰川融水径流一般出现在气温最高的夏季七、八月间。

另一方面,河流某一年的流量变化过程,实际上不会和另一年完全一样,每年的最大与最小流量的具体数值也各不相同,这些水文现象的发生在数值上都表现为随机性,即带有偶然性。因为影响河川径流的因素极为复杂,各因素本身也在不断地发生着变化,在不同年份的不同时期,各因素间的组合也不完全相同,所以受其制约的水文现象的变化过程,在时间上和数量上都没有重复出现过,都具有随机性。

水文现象的随机特征是受时空分布多变因素影响的结果,而其周期性是相关的气候因素受到地球自转、公转以及其他天体制约的结果,因而具有年、季、月以及多年的周期性变化的规律,即周期性(重现性)。

2) 相似性与特殊性

不同流域所处的地理位置如果相近,气候因素与地理条件也相似,由其综合影响而产生的水文现象在一定范围内也具有相似性,其在地区的分布上也有一定的规律。例如:在湿润地区的河流,其水量丰富,年内分配也比较均匀,而在于干旱地区的大多数河流则水量不足,年内分配也不均匀;降水量和径流量南方大、北方小,沿海大、内陆小,山区大、平原小。又如同一地区的不同河流,其汛期与枯水期都十分相近,径流变化过程也都十分相似。水文现象的相似性是缺乏实测资料地区移用相似地区实测资料的理论依据,也被称为水文比拟法。

另一方面,相邻流域所处的地理位置与气候因素虽然相似,但由于地形地质等条件的差异,会产生不同的水文变化规律。例如:在同一地区,山区河流与平原河流其洪水运动规律就各不相同;沿海与内陆河流,地下径流丰富的河流与地下径流贫乏的河流,其径流变化规律各不相同。一些经验性的分析结果往往有一定的地域局限性。

这就是与相似性对立的特殊性。

由于水文现象具有时程上的随机性和地区上的特殊性,故需要对各个不同流域的各种水文现象进行年复一年的长期观测,积累资料,统计计算,分析其变化规律。又由于水文现象具有地区上的相似性,故只需有目的地选择一些有代表性的河流设立水文站进行观测,将其成果移用于相似地区即可。为了弥补观测年限的不足,还应対历史上和近期发生过的大暴雨、大洪水及特枯水等进行调查研究,以便全面了解和分析水文现象随机性、特殊性的变化规律。

0.3.2 水文现象的研究方法

由上述水文现象的基本特点可知,对水文现象的分析研究,都要以实际观测资料为依据。按不同目的要求,可把水文学常用的研究方法归结为成因分析法、数理统计法和地理综合法三类。

在解决实际问题时,以上三类方法常常同时使用,它们是相辅相成、互为补充的。经过多年实践,我国已初步形成一种具有自己特点的研究方法,可概括为“多种方法、综合分析、合理选定”。在使用时,应根据工程所在地的地区特点,以及可能收集到的资料情况,对采用的方法应有所侧重,以便为工程规划设计提供可靠的水文依据。

1) 成因分析法

利用水文现象的确定性规律解决水文问题的方法,称为成因分析法。当某种水文现象与其影响因素之间确定性关系较为明确时,可通过观测水文站资料(水位、流量等资料)和室内实验数据,从物理成因出发,建立水文现象与影响因素之间的定量关系,研究水文现象的形成过程,以阐明水文现象的本质,从而求出比较确切的成果,如由暴雨资料推求洪峰流量的公式。但由于影响水文现象的因素极其复杂,其形成机理还不完全清楚,因而成因分析法在定量方面仍然存在着很大困难,目前尚不能满足工程设计的需要。

2) 数理统计法

根据水文现象具有的随机特性,以概率论为基础,运用数理统计方法,处理长期实测所获得的水文资料,求得水文现象特征值的统计规律,为工程规划、设计提供所需的水文数据。在水文分析计算中,数理统计方法是最常用的方法,也称为水文统计法。这种方法是根据过去与现在的实测资料来推算未来的变化,但它未阐明水文现象的因果关系。若将数理统计法与成因分析法结合起来运用,则有望获得较满意的成果。

数理统计法着眼于“实验”或“观测”。例如,在分析水文现象(水位、流量、降水量等)的发生规律时,就需要大量的观测资料,把每一次的观测资料都看做是一次实验,在观测中所得的数值就是实验的结果。由于水文现象在大量的实验资料中能体现出具体的统计规律性,它便是水文分析与计算的理论依据。因此在水文分析与计算中,

需要大量的实测资料作依据,对水文现象观测的年代越长,收集的资料越多,分析计算的水文结果也就越可靠。

3) 地理综合法

因气候因素和地形、地质等因素的分布具有地区特征,某些水文现象及水文特征值变化在地区的分布上也呈现出一定的规律性。可以用等值线图的方式将水文特征值的地区变化反映出来,或建立地区性的经验公式;也可与地图结合在一起绘制水文特征的等值线等,以分析水文现象的地区特性,解决水文现象的地区分布规律。水文分析计算中,可用此类等值线图或经验公式推求观测资料短缺地区的水文特征值,此方法即地理综合法。

0.4 水文循环与水量平衡原理

0.4.1 自然界的水文循环

自然界的水是在不断运动中的:海洋和陆地上的水受到太阳辐射热的作用,蒸发上升到大气中,且随着大气而运动;在一定的条件下,大气中的水汽凝结成降水,重新降落到地球表面;降落到地表的水一部分被蒸发,另一部分则经过河道又汇入海洋。水循环总的趋势是海洋向陆地输送水汽,陆地向海洋注入径流。在海洋向内陆输送水汽的过程中,一部分水在陆地上空冷凝降落,形成径流,向海洋流动,另一部分再次蒸发成水汽继续向更远的内陆输送,愈向内陆运动水汽愈少,循环逐渐减弱,直到不能形成降水为止。水的这种周而复始的运动过程称为水循环。水循环的循环方式可分为以下两种。

① 水的大循环。从海洋蒸发到大气中的水,一部分被携带到陆地上空,又凝结降落到地面,其中一部分重新被蒸发,另一部分沿着地表坡面流动,并逐渐汇集到河流中、流入海洋,还有的水渗入地下,并以渗流的方式补给河道,最终流入海洋。这样一种整体性的海洋和陆地之间进行的水的交换,称为水的大循环。

② 局部循环(又称作小循环)。降落到地面的水在没有回到海洋之前又被蒸发到空中,并重新降落到地面;从海洋蒸发的水,在没有到达陆地之前,又凝结降落到海面。这样在陆地范围内或海洋范围内进行的局部循环,称为水的小循环。

降水到达地面后,由地面和地下注入河流,最后流出流域的出口断面,这样的物理过程称为径流。其中:降落到地面后,沿坡面流动,并经过沟、涧流入河道,再流到流域出口断面的水,称为地表径流;而渗入地下,补充地下水,在地下土壤或岩石裂缝中流动,并以渗流的方式补给河道的水,称为地下径流。

在水循环的过程中,水的形态和存在形式是不断变化的。由于水不断得到交换和更新,使得水资源具有可恢复性(再生性)。但在一定时间、空间范围内,大气降水对水资源的补给毕竟是有限的,因此,水资源具有有限性。同时,因为气候和地理位

置的不同,水循环的情势不同,水资源具有时间和空间分布的不均匀性。

研究水文循环的目的在于认识它的基本规律、揭示其内在联系,这对合理开发和利用水资源、抗御洪旱灾害、改造自然、利用自然都有十分重要的意义。

水文循环是水文现象运行变化的基本规律及其形象描述。据统计:全球海洋上单位面积多年平均蒸发量 Z_1 及降水量 X_1 为

$$Z_1 = 1\,400\text{ mm}, \quad X_1 = 1\,270\text{ mm}$$

$Z_1 > X_1$,说明水汽随大气运行进入内陆;

全球陆地上单位面积多年平均蒸发量 Z_2 及降水量 X_2 有

$$Z_2 = 485\text{ mm}, \quad X_2 = 800\text{ mm}$$

$Z_2 < X_2$,说明多余的水分以径流的形式回归大海。

0.4.2 水文循环与水资源的关系

水文循环是最重要、最活跃的物质循环之一,与人类生活有密切的关系。水是人类生产和生活不可缺少的资源。水资源具有再生性和不可替代性。人类可以通过农林措施与水利措施对水文循环产生影响。

0.4.3 水文循环的作用

水文循环有以下作用:

- ① 形成了各种天气,营造了绚丽的自然景观;
- ② 参与了动植物的新陈代谢,影响各类生物的活动;
- ③ 体现了自然环境内部能量转移和物质循环过程,向人类提供了取之不尽的能源;
- ④ 可以分散、悬移、溶解各种固体颗粒、气体、离子及生物原生质等,形成水质的本底状态;
- ⑤ 对于污染的水体有自净更新功效。

0.4.4 水文循环的影响因素

自然界的水文循环是最重要、最活跃的物质循环之一,是使水不断得到交换和更新的过程。在水文循环的过程中受到气候、下垫面以及人类活动等因素的影响。

① 气候。气候因素包括气压、气温、风向、风力等,它受大气环流即气团等大气运动的控制和支配。在夏季,大陆强烈高热可造成热低压,使气流由海洋向大陆运动;在冬季,气流则由大陆向海洋运动。

我国的水汽主要来自东南的太平洋,并向西北方向移动,因而在东南沿海形成较多的降水,越往北水汽量就越少;其次是南方水汽的输入,主要来自印度洋,但由于高山的阻隔,使水汽不能深入内陆。西北边疆的水汽输入,来自大西洋,由西风环流带

入。在我国的西北还有来自北冰洋的水汽,它借助强盛的北风,经西伯利亚、蒙古进入我国西北地区,但由于降水量不大,风力较大,大部分水汽不参与水文循环。由此可知,我国的水汽主要来自东南、南、西南方向,它的输出口主要是东部上空和沿海诸河,水汽形成的径流,绝大部分经河川注入太平洋,小部分流入印度洋和北冰洋。

② 下垫面。下垫面是指水文循环所处的自然地理条件,如地形、地貌、土壤、地质构造、岩层性质、植被情况、河系组成以及湖泊沼泽分布情况等,是对水分循环不可忽视的影响因素。

③ 人类活动。例如:封山育林、水土保持等农林改造措施,可改变地形、土质结构和森林植被因素,从而改变入渗、径流、蒸发等水文要素,影响水文循环;兴修水利,修建水库、渠道工程,人口密集的现代化城市的建设,都可直接影响到水文循环。

0.4.5 水量平衡原理

在水文循环过程中,对任意一个区域、任意一个时段进入水量与输出水量之差等于其蓄水量的变化量,这就是水量平衡原理。水量平衡原理是水文学的基本原理,它是质量守恒定律在水文学中的表达方式。水量平衡法是分析研究水文现象,建立水文要素之间定性或定量关系,了解其时空变化规律的主要方法之一。

根据水量平衡原理,可列出水量平衡方程。对某一区域,有

$$X=Y+Z\pm\Delta W_0+\Delta q \quad (0-1)$$

式中 X ——给定时段内,某一区域的平均降水量;

Y ——给定时段内,某一区域的平均径流量;

Z ——给定时段内,某一区域的平均蒸发量;

ΔW_0 ——给定时段内,某一区域的蓄水变化量;

Δq ——给定时段内,某一区域经地面或地下流出或流入的径流增量。

式(0-1)为水量平衡方程的通用式,对不同的研究对象,需具体分析其输入、输出量的组成,写出相应的水量平衡方程式。

0.4.6 地球上的水量平衡

某一时刻储存于地球表面(地表面积为 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$)上的水量约为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ 。分布在海洋的水量约为 $13.38 \times 10^8 \text{ km}^3$,占总水量的 96.5%;分布在陆地上的水量约为 $0.48 \times 10^8 \text{ km}^3$,占总水量的 3.5%。而陆地水中有 48.6%存在于极地冰雪,48.6%存在于地下水中,仅有 2.8%存在于地面和大气中。其中大气中的水量很小(仅 $12\,900 \text{ km}^3$),但地球上的水循环不已,每年通过大气的水量是很大的,年循环量达 $577\,000 \text{ km}^3$,其更新期约为 8 天。地球上的水量平衡如表 0-1 所述。

表 0-1 地球上的水量平衡

水 情	海 洋	陆 地
面积/($\times 10^3 \text{ km}^2$)	361 000	149 000
降水/(km^3/a)	458 000	119 000
(mm/a)	1 270	800
蒸发/(km^3/a)	505 000	72 000
(mm/a)	1 400	485
地面/(km^3/a)		44 700
(mm/a)		300
地下/(km^3/a)		2 200
(mm/a)		15
总径流/(km^3/a)		46 900
(mm/a)		315

0.4.7 各种水体的分布

地球上的水包括海洋水、地下水、冰川与永久雪、岛屿、湖泊、沼泽、河流等,具体分布如表 0-2 所示。

表 0-2 地球上各种水体的数量与分布

水的种类	流量 /($\times 10^3 \text{ km}^3$)	占总量 /(%)	占淡水 /(%)	年循环量 / km^3	更新所需时间
海洋水	1 338 000.00	96.539 0		505 000	2 650 年
直至 2 000 m 深的地下水	23 400.00	1.688 4		16 700	1 400 年
其中:淡水	10 530.00	0.759 8	30.060 6		
土壤水	16.50	0.001 2	0.047 1	16 500	1 年
咸水	12 853.50	0.927 4			
冰川与永久雪	24 064.10	1.736 3	68.697 2		
其中:南极	21 600.00	1.558 5	61.662 8		
格陵兰	2 340.00	0.168 8	6.680 1	2 477	9 700 年
北极岛屿	83.50	0.006 0	0.238 4		
其他山区	40.60	0.002 9	0.115 9	25	1 600 年

续表

水的种类	流量 /($\times 10^3 \text{ km}^3$)	占总量 /(%)	占淡水 /(%)	年循环量 / km^3	更新所需时间
地面冰(永冻)	300.00	0.021 6	0.856 4	30	10 000 年
湖泊	176.40	0.012 7		10 376	17 年
其中:淡水湖	91.00	0.006 6	0.259 8		
咸水湖	85.40	0.006 2			
沼泽	11.47	0.000 8	0.032 7		5 年
河流	2.12	0.000 2	0.006 1	49 400	16 日
大气水	12.90	0.000 9	0.036 8	577 000	8 日
生物水	1.12	0.000 1	0.003 2		数小时
总水量	1 385 968.11	100			
总淡水量	35 029.21	2.53	100		

0.4.8 水资源

地球表层可供人类利用的水,称为水资源。水资源包括水量、水质、水能资源和水域。对人类最为实用的水资源,是陆地上每年可以更新的降水量。降水可以直接为人类利用,同时,它又是江河径流和浅层地下淡水的来源。全球陆地上多年平均年降水量为 800 mm,中国为 628 mm(在整个国土上平均每年的降水量为 $6.0 \times 10^{12} \text{ m}^3$),比全世界年均值少 22%。江河径流是人类最重要和最经常利用的水资源。人类可从江河引水,供城市、工矿、农业灌溉利用。在全球 $46.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的江河年径流量中,中国占 $2.72 \times 10^{12} \text{ m}^3$,折合水深 284 mm。我国水资源量与世界各国比较,仅次于巴西、前苏联、加拿大、美国及印尼,居世界第六位。但因为人口众多,人均占有 $2\,400 \text{ m}^3$,只有世界人均占有量的 1/4,排在世界百位以后。耕地平均分摊水量只有世界平均数的 3/4。

中国降水量的地区分布也很不均匀:南部和东南沿海平均年降水量大于 1 600 mm;台湾省的平均年降水量为 2 540 mm,是全国最湿润地区;华北和东北年降水量为 400~800 mm;西北的大部地区,只有 200~400 mm;一些沙漠边缘地区少于 100 mm;新疆塔里木盆地和青海柴达木盆地平均年降水量小于 25 mm,是全国最干旱的地区。中国境内江河年径流深的分布趋势,大致与年降水量分布相似,自东南向西北逐渐递减。东南沿海年径流深大于 900 mm,而西北部的沙漠边缘年径流小于 10 mm。由于降水径流与耕地间的不相适应,造成我国水土资源不平衡,需要跨流域调度水资源。

各地的降水量和江河径流量在各年之间和年内各月之间都不均衡,这就使水资源利用困难,并造成洪涝和干旱灾害。