

●普通高等学校“十一五”规划教材●

Environmental Hydrology

环境水文学

房明惠 编著

中国科学技术大学出版社

● 普通高等学校“十一五”规划教材 ●

Environmental Hydrology

环境水文学

房明惠 编著

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书根据课程改革的要求,秉承了经典、成熟的理论体系,在系统阐述水文科学基本理论和方法的基础上,强调分析与应用,保证了知识的完备性,充分反映了当代水科学研究的新观点和新技术.全书分为三大部分.第一部分为环境水文学的基本理论和基本研究方法;第二部分阐述水文系统与环境系统之间的交互关系;第三部分阐述水灾害的成因及对人类社会的影响和水资源可持续利用与管理.

本书结构合理,内容新颖,资料丰富,图文并茂,针对性强,突出了理论基础知识与实践应用,强调环境意识,贯穿人地关系和可持续发展思想,符合课程改革的要求,可作为水文水资源、环境科学、地理科学等专业人员和高校师生的参考用书.

图书在版编目(CIP)数据

环境水文学/房明惠编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2009.6
(安徽省高等学校“十一五”省级规划教材)
ISBN 978-7-312-02473-3

I. 环… II. 房… III. 环境科学:水文学 IV. X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 052594 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
网址:<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥学苑印务有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×960 mm 1/16
印张 14.25
字数 279 千
版次 2009 年 6 月第 1 版
印次 2009 年 6 月第 1 次印刷
定价 25.00 元

前 言

环境水文学是水文学与自然地理、地球物理、环境科学、社会行为学等的一个交叉学科,在继承传统水文学基本特点的基础上,重点突出水文系统(如流域、水系、水体等)与自然环境、人类活动之间的交互响应,以保持区域环境可持续发展为原则,探讨水资源保护与合理利用、水环境灾害的预防及控制等内容.环境水文学与传统水文学的区别在于,后者重点讨论水文过程、水文现象产生的机理及水文统计方法,而前者着重解释水文现象产生、水文要素演化过程中的“事理”(即水文-环境效应),阐述如何有效控制与合理利用水资源,使水文系统朝着健康、良性的方向发展.

环境水文学是环境科学及其相关专业的一门重要的专业基础课,着重培养学生运用系统科学的观点分析水文、环境与人类社会三大系统之间关系的能力,使学生了解水文现象产生的原因及机理,并能运用正确的社会、经济、环境发展观来研究水资源保护与利用、水环境灾害预防控制等相关的问题.

环境水文学是在传统水文学的基础上融入了包括环境科学在内的其他学科内容而发展起来的,理论体系并未十分成熟,正处于不断发展与完善阶段.国内外高校环境水文学的课程教学经历了近二十年的时间,但教材的建设工作严重滞后.从目前国内外现有的环境水文学方面的教材来看,均未能从“水文-环境-社会”三大系统的交互与响应出发进行相关学科内容的有机整合,教材内容也没有涵盖水文现象与环境之间的关系.为了适应水科学发展和教学改革的需要,编写一本适合环境科学专业学生学习的水文学教材势在必行.

在上述背景下,笔者根据多年的教学实践编写了本书.在编写时主要考虑了结构的合理性、内容的系统性和知识的完整性,因而符合课程改革的要求和形势发展的需要.本书的第1章至第3章为第一部分内容,系统完整地阐述了水文学的基本理论和研究方法,并将之应用到实例研究中;第4章至第6章为第二部分内容,以系统的观点分析不同水文系统的特征、演变规律及与环境要素的关系,以特定的水系为研究对象,大多给出了实用性的结论和对主要原理的理解;第7章至第8章为第三部分内容,以人地关系为本以可持续发展为指导思想,阐述水对于人类具有的利害两重性和水资源稀缺性.因此,本书不仅能为需要多学科研究的水文和水资源

领域提供参考,而且能为进一步研究提供新的起点.

感谢中国科学技术大学彭子成教授和刘桂建教授的指导和帮助;感谢袁仁民老师给予观测仪器方面的全力支持;同时,对所有在一起合作过的同志一并致以衷心感谢!

由于时间仓促、经验不足,书中的不足在所难免,恳请读者批评指正.

房明惠

2008年11月于合肥

目 录

前 言	(I)
绪 论	(1)
第 1 章 地球系统的水文循环与水量平衡	(9)
1.1 水文循环现象	(9)
1.2 地球系统中的水量平衡	(12)
1.3 蒸发与散发	(15)
1.4 水汽的扩散与输送	(33)
1.5 降水	(37)
1.6 下渗	(50)
1.7 径流	(57)
第 2 章 流域的产流理论与汇流分析	(65)
2.1 流域产流理论	(65)
2.2 流域汇流分析	(78)
第 3 章 水文统计	(86)
3.1 频率计算	(86)
3.2 相关分析	(99)
第 4 章 河流水文系统	(108)
4.1 河流、水系和流域	(108)
4.2 河流的水情要素	(110)
4.3 河流的补给	(115)
4.4 河川径流的变化	(118)
4.5 河水的运动及其对泥沙的影响	(124)
4.6 河流系统与环境系统的相互关系	(132)
第 5 章 城市湿地水文系统——以合肥市景观水域为研究实例	(134)
5.1 合肥市主要水景观模式及功能	(134)

5.2	城市景观水体小气候效应	(145)
5.3	合肥市水景观规划及策略	(148)
5.4	对市内主要水景区的评价	(157)
第6章	地下水水文系统	(163)
6.1	地下水的蓄水构造与岩石的水理性	(163)
6.2	地下水的类型	(167)
6.3	地下水的运动	(174)
6.4	地下水的补给、排泄及动态平衡	(175)
第7章	水灾害成因及对策	(179)
7.1	洪涝灾害	(179)
7.2	泥石流和山体滑坡	(182)
7.3	热带气旋、风暴潮和海啸	(183)
7.4	控制水灾害的对策	(184)
第8章	水资源可持续利用实例	(189)
8.1	水资源涵义及特点	(189)
8.2	水资源量及其分布	(190)
8.3	我国水资源问题及其对策	(194)
8.4	城市雨水资源及其利用	(202)
8.5	雨水资源利用现状与发展趋势	(209)
8.6	北京雨水利用与绿色奥运	(211)
附 录		(215)
参考文献		(219)

绪 论

1. 环境水文学

水是地球环境中的基本要素,它通过自然过程在海洋、陆地和大气之间不断循环往复,参与自然环境中各种物质的循环过程,并不断地更新着自然环境和自然资源.水又是人类社会生存和发展的基本物质和宝贵资源,与人类息息相关,始终影响着人类社会的发展.作为资源的水既具有再生性,又具有时空变化的特征,水文科学在研究水资源的形成、时空分布、合理开发利用与保护,水灾害的形成、预测预报及水利工程建设规划等方面有着重要的意义,因此,对水资源可持续开发利用及人类活动对水文系统的反馈效应的研究,是现代水文学研究的重要内容.

环境水文学作为环境科学及其相关专业的一门重要的专业基础课,运用系统、科学的观点分析水文、环境与人类社会三大系统之间的关系.主要阐述以下方面的问题:①不同水文系统水文现象成因及变化规律.②水文系统和环境系统之间的交互关系,水文情势的变化对环境的影响,即水文要素变化引起的环境问题;环境变化对水循环过程的影响,即环境变化的水文效应.③阐述环境水、灾害水的成因及对人类社会的影响,运用正确的社会、经济、环境发展观来研究水资源的保护利用和水环境灾害预防控制等相关问题.

环境水文学是以地球上的水为研究对象的,是研究与水有关的自然现象的一门科学.包括地球系统中水的存在、分布、运动规律及其质和量的变化,水圈与大气圈、岩石圈和生物圈的相互关系,全球环境变化和人类活动影响下的水文效应等内容,揭示变化环境下的水文现象规律,并努力使水文循环朝着有利于人类生存的方向发展.

环境水文学涉及的内容十分广泛,是地球科学的组成部分.水循环使水圈、大气圈、生物圈和岩石圈紧密联系起来,使得水文学与地球科学中的其他学科,如气象学、地质学、自然地理学密切相关.由于水文学在形成与发展过程中,直接为人类服务,并受人类活动的影响,因此,又属于应用科学的范畴.现在,人类活动对水循环的影响越来越大,因此要从变化的自然和变化的社会的角度来研究水文问题,这种趋势在环境水文学中表现得日益突出.

2. 水文现象及其特点

地球上与水有关的自然现象称为水文现象,即在水文循环过程中,水的存在和

运动的各种形态,例如:河流的水位涨落、冰情的变化、冰川的进退及地下水的运动.水文循环过程中,水文现象在各种自然因素和人类活动的影响下,时空分布变化上具有以下特点:

(1) 水循环的永无止境

任何一种水文现象的发生,都是全球水文现象整体的一部分和永无止境的水循环过程中的短暂的表现,例如,一个地区发生洪水和干旱,往往与其他地区水文现象异常变化有联系.现在的水文现象是以往水文现象的延续,而未来的水文现象则是在现在的基础上发展和演化的结果.因此,任何水文现象在空间上和时间上总存在一定的因果关系.

(2) 水文现象在时间上的周期性和随机性

地球的公转和自转、地球和月球的相对运动及太阳黑子的周期性活动等引起的水文现象也以日、月、年、多年等周期性地变化.河流一般每年有一个汛期和一个枯水期,同时还存在着连续的丰水年和连续的枯水年相交替的多年周期.海洋和河口区的水位既存在以日或半日为周期的涨落潮,还存在以半日为周期的大小潮变化.这种在一定条件下必然出现某种水文现象的特点称为水文现象的周期性,又称为确定性.

影响水文现象的因素很多,而各因素本身又受其他因素的影响而在时程上不断地变化,并且相互影响和制约,因此,水文现象在时程上有周期性变化的同时又表现出非周期性的变化,即又有随机性的一面.例如,河流每年均会出现汛期和枯水期,但汛期和枯水期出现的时间、水量和过程一般不会完全重复,在时间上和量值上具有随机性.水文现象的周期性规律既是必然的,又是偶然的;既有确定性的一面,又有随机性的一面.

(3) 水文现象在空间上的相似性和特殊性

不同的流域,如果所处的地理位置(指纬度、距海远近等)相似,受纬度地带性的影响,水文现象也就具有一定程度的相似性.例如,我国南方湿润区的河流,水量充沛,年内分配较均匀,含沙量较小,而北方干旱地区的河流则水量不足,年内分配不均,含沙量大.地带相似性反映水文现象在空间变化上存在确定性的一面.不同流域虽然处在相似的地理位置,但由于各流域的地质、地形等下垫面条件的差异,水文现象会有很大的差异,例如,同一气候带,山区河流与平原河流,岩溶区与非岩溶区,水文现象就有很大的差别.这种局部性的变化反映水文现象在空间变化上也存在不确定性的一面.

总之,任何水文现象无论在时间或空间上都同时存在确定性和不确定性这两方面的性质,只是在某种情况下,更多地表现出确定性一面,而在另一种情况下,更多地表现不确定性的一面.

3. 环境水文学的研究方法

从水文学发展过程,结合当前新知识及新的科学理论和研究手段,可以总结出环境水文学的研究方法如下:

(1) 多学科交叉的研究方法

近代水文学研究的领域愈来愈广,研究的问题也越来越复杂,这就要求环境水文学不仅要结合同一门类的相邻学科,也要联合不同门类的相关学科,进行多学科相互渗透和交叉攻关研究,这样才能有效探索水文现象的复杂性和不确定性。例如,系统论和控制论的引入产生了系统水文学,计算机技术又导致了计算水文学的产生。水文学与本部门其他学科之间的交叉学科有森林水文学、农业水文学、城市水文学等。

(2) 水文实验方法

水文学的研究必须建立在实测资料的基础上,根据水文现象的基本特性进行综合分析。研究水文规律所需的实测资料,通常是通过水文调查、水文观测和水文实验等途径获得的。水文实验包括布设水文站网进行观测、实验流域试验和实验室试验等三种,1835年,法国水力学家达西通过对均匀沙粒的渗流试验得出描述重力地下水渗流运动的基本方程,这表明水文实验对于揭示水文规律具有重要意义。

(3) 成因分析方法

成因分析法以物理学原理为基础,研究水文现象的形成、演变过程,揭示水文现象的本质、成因及与各种影响因素之间的内在联系,确定其定性和定量的关系,通常建立起某种形式的数学模型。

(4) 水文统计方法

由于水文现象在时间上具有随机性的特征,因此根据实测资料,运用数理统计方法,求得水文现象特征值的统计规律,或对主要水文现象与其影响因素之间进行相关分析,求出经验关系。20世纪60年代发展起来的随机水文科学主要运用随机分析方法,把水文现象确定性和不确定性结合在一起研究。

(5) 地理综合分析法

由于水文现象在空间上的分布具有地带性规律,因此可以用各种水文等值线图表示水文特征的分布规律,或建立地区经验公式,以揭示地区水文特征,这就是地理综合分析方法的主要手段。

4. 本书体系

第一部分阐述环境水文学的基本理论和基本研究方法,包括全球水文循环理论、流域的产汇流理论和水文统计计算方法。全球水文循环理论是水文学的核心内容,它按系统的观点阐述了水文循环的基本过程、各要素的物理机制和分析计算方法。流域的产汇流理论包括流域的产流和汇流两个过程,其实质就是以综合分析自

自然界各要素之间的关系为基础,分析计算流域降水径流的形成过程,它是河流水文学的核心理论,也是流域水资源开发利用和保护的理论基础.传统的水文学研究方法主要有水文实验与水文观测方法、物理成因分析方法、数理统计方法及地理综合方法.本书着重介绍水文统计方法,其他的研究方法分散在各章节的有关内容中.

第二部分阐述水文系统与环境系统之间交互的关系.分别阐述陆地河流水、城市景观湿地水及地下水三大水文系统的水文现象成因及变化规律;水体的水文形势的变化对环境的影响,即水文变化引起的环境问题;环境变化对水循环过程的影响,即环境变化的水文效应.

第三部分阐述水灾害的成因及对人类社会的影响和水资源的可持续利用与管理.根据水文学的基本原理,探讨有效地利用水资源,规划与管理水资源以及水环境保护等相关问题.通过对人类开发利用水资源的案例分析,正确认识和评价人类活动的水文效应和这种效应的环境意义,揭示在人类活动影响下水文现象的变化趋势,并努力防止人类活动对水文循环的影响朝着不利于人类生存的方向发展.

本书体系及内容见图 0-1.

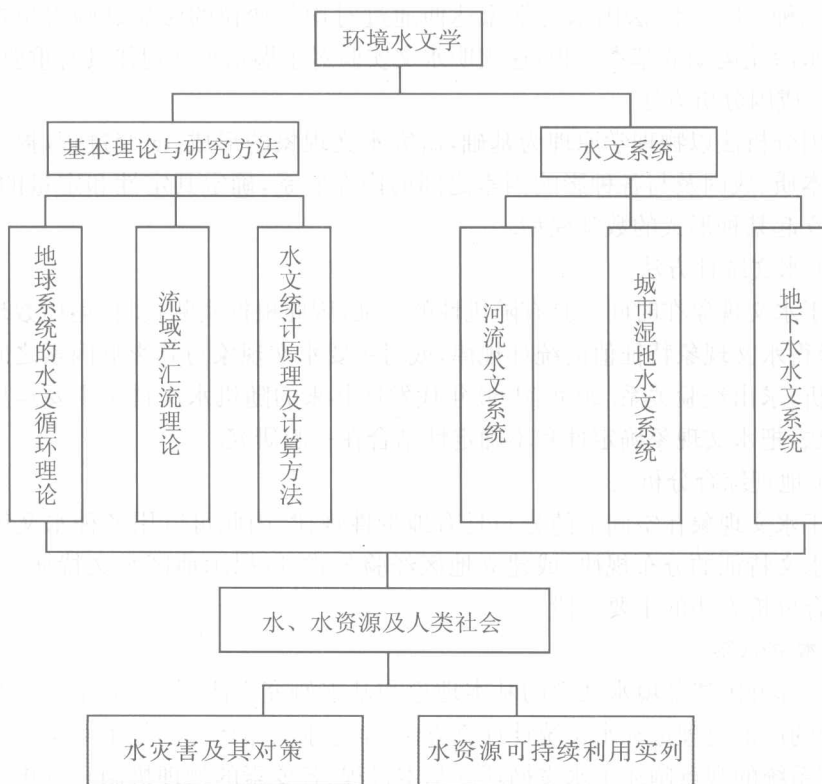


图 0-1 本书体系及内容

5. 人水关系演变及水科学研究进展

(1) 人水关系史

水是人类一切活动的基础物质,水环境又是人类活动的舞台,人水关系在人类的发展历史中占有极其重要的地位.纵观人类文明的发展史,人水关系的历史也就是人类从逐水、用水、怕水、崇水到治水、养水、节水、管水的历史.人类在自己的水事活动中,创造了一次次的辉煌,也孕育了各种水域文化,创立了日臻完善的水科学理论.

在农耕时代,人类逐水草而居,在依山傍水的河流水域形成了古老的农业文明.发祥于底格里斯河和幼发拉底河流域的巴比伦,尼罗河流域的埃及,印度河冲积平原上的古印度及黄河流域的华夏文明都是那时形成的“大河文明”,水域是人类文明的摇篮.

然而,水在养育着人类的同时也在威胁着人类的生存.洪水是毁灭农业文明的祸首,亘古至今,地球上没有哪一条河流没有洪水泛滥的纪录.在当时的科技水平条件下,人类对“洪水猛兽”只能是畏惧和祈求,产生了对水神的崇拜,通过祭以牛羊牲畜等方式来祈求风调雨顺.但肆虐的洪水毫不顾及人类的痛苦与祈求,水灾害仍然威胁着人类文明,人类要生存就不得不面对这样的现实,这就唤醒了战胜洪水灾害的意识,使人类在治水的过程中,寻觅到了水的真谛.经过千百年的寻觅与实践,人类创造了治水的辉煌历史,都江堰、郑国渠、灵渠、大运河、坎儿井等许多治水工程至今都令人叹为观止.从人水关系的历史过程可知,人对水的认识经历了自然崇拜、趋势利用、盲目开发和持续协调的四个阶段,相应产生了有关水事的崇拜文化、水利科技、传统水文学理论及现代水文学理论.

(2) 水科学发展

和其他学科发展历程一样,水科学也是人类在改造自然、利用水资源的过程中不断发展完善起来的.20世纪以前水文学的发展还处在萌芽时期,这一时期的特点是:为生存和生产的需要,开始了原始的水位、雨量观测,对水流特性进行观察,并对水循环现象进行推理解释.公元前3500~公元前3000年埃及人就开始观测尼罗河的水位,公元前450~公元前350年古希腊哲学家柏拉图和亚里士多德提出水循环的臆说.1452~1519年意大利达·芬奇提出水循环观点并使用浮标测量流速.但这一时期学科体系尚未形成,为了抵御洪涝灾害,人类艰难而被动地与水旱灾害进行抗争,水文学只是单纯地为生产服务.

随着经济的发展和科学技术水平的提高,人类对水的认识愈加深刻,对水资源的利用愈加主动,控制水灾害方面的能力日益增强.水文科学作为地球物理的一个分支,主要研究地球系统中水的存在、分布、运动和循环变化规律,水的物理化学性质以及水圈与大气圈、岩石圈和生物圈的关系.水文学主要研究水资源的形成、时

空分布、开发利用和保护,水旱灾害的形成及减灾措施,而水资源的可持续性利用、水旱灾害的预报减灾又是实现社会经济可持续发展的重要支撑条件,因此,水科学在社会经济发展中占有重要地位。

1674 法国人佩劳特(Perreault)通过分析曾得出法国塞纳河流域的年径流量为该流域降水量的 $1/6$ 的结论,这是有记载以来人类为对水文规律所作的第一次定量描述。自此以后,水文学大体上经历了以下发展阶段。

19 世纪水文学得到了极大的发展。基于牛顿力学,1856 年描写渗流运动规律的达西(Darcy)定律被提出,1871 年描写明渠缓变不稳定流运动规律的圣维南(St. Venant)方程组被提出。前者为研究地下水动力学和地下水资源的形成和变化奠定了基础,后者为研究河道和坡面洪水运动以及流域汇流奠定了基础。这一阶段是水文学的奠基阶段。

20 世纪初至 20 世纪 50 年代,由于生产力的发展,人们期望了解和掌握河流洪水和枯水的变化规律,以便能预测预报洪水与枯水,建造水利工程以达到控制洪水、调节枯水的目的。这种与水旱灾害作斗争的客观需要,就导致了工程水文学的兴起与发展。1914 年黑曾(Hezen)提出了水文频率计算方法。1921 年罗斯(Ross)提出了面积-时间曲线。1932 年谢尔曼(Sherman)提出了单位线。1935 年霍顿(Horton)在他的著名论文“地表径流现象”中提出了均质包气带中的产流理论。1938 年麦卡锡(MaCarthy)提出了马斯京干(Muskingum)洪水演算方法。这些理论和方法的提出,不仅为许多水利工程的建造与运行管理提供了合理的水文计算方法,而且奠定了工程水文学的基本内容。这一阶段确立了水文学中的工程水文学的发展方向。

20 世纪 60~70 年代,电子计算机应用所引发的信息革命,带来了现代科技的突飞猛进。经济技术的迅速发展和人口的快速增长,使一些国家和地区在 20 世纪 70 年代就出现水危机。水资源的紧缺已逐步成为经济社会发展的制约因素。水资源合理开发利用和节水技术成为刻不容缓的研究任务。水资源水文学就在这种背景下兴起并得到发展。在此同时,人口膨胀、资源浪费、环境污染,使有些国家所走的“先发展经济,后治理污染”发展道路,已造成了污染治理上愈来愈大的困难。水环境首当其冲,它是最先也是最易被污染的,因此,保护水环境,治理水污染,不仅是各国政府和人民关注的热点,而且是摆在水文学家面前的问题,这一阶段确立了水资源水文学与环境水文学的发展方向。

十多年来,全球气候变化及大气、海洋、陆地相互作用过程的研究,引起了水文学家广泛的兴趣,并认为波及许多国家和地区的水危机和洪涝灾害,与全球气候变化异常有关。伊格尔森(Eagleson)于 1986 年提出全球尺度水文学(Global Scale Hydrology)的概念。太阳辐射在地球上的再分布是气候学研究的中心问题,而水灾

害在这种分布中起着关键性的作用,因为蒸散发、大气中水分的输送以及降水过程都与太阳辐射紧密相关,这就是全球尺度水文学或大尺度水文学研究的基本问题。

从上述水文学的简要发展过程可以看出,其研究领域越来越广,与人类的关系越来越密切,在经济社会发展中的地位越来越重要.并且可以看到该学科在其发展过程中所取得的每一项成就,无不体现了社会的需求和人类对真理的追求,也无不深深打上了各个时代科学技术水平的烙印。

(3) 环境水文学的内涵及特点

传统的水文学多侧重于研究自然界水循环的水量方面,多采用水文现象观测、实验等手段,运用传统的数学、物理方法来研究,其应用多限于洪水预报、水文水利计算等工程技术问题,但是,随着经济社会的发展,人类对水的需求不断增大,对生活环境的质量要求也愈来愈高.自然界发生的洪水和干旱等灾害以及人类经济活动造成的水污染和生态系统破坏,对经济社会发展的阻碍以及对生命的威胁愈来愈大.解决出现的与水有关的各种矛盾及实现经济社会的可持续发展,对传统水文学的发展提出了挑战.环境水文学针对这些实际问题,开展了水资源及人类活动水文效应的研究。

传统的水文学研究只考虑水文情势的自然变化过程,主要为水利工程服务,而基于现代科学技术基础之上的环境水文学不仅仅涉及河川径流及其水文要素的变化规律,还要研究水文系统的演变与其他地球圈层的交互作用、全球变化以及人类活动等方面的影响等,所以无论从研究内容上还是研究尺度上,环境水文学都远远超越了传统水文学的范围,成为地球学科发展的前沿之一。

要从研究全球变化着手来认识区域水循环的变化规律.大气圈、水圈、岩石圈及生物圈的相互作用对过去、现在以及未来水资源演变有着重大的意义,要从长时间尺度上认识水文要素(如河流年径流量丰枯周期)的变化周期.过去人们对流域水循环动力机制与反馈作用关注较少,认为流域及其生态的过程是稳定不变的,但现代科学技术研究进展显示:陆地生态系统对大尺度水文循环有十分重要的反馈作用.因此,全球变化对水文和水资源的影响是 21 世纪水科学研究的前沿问题之一,需要加强水文学与大气物理学的合作,积极开展“全球-陆地-区域-流域尺度水文循环”科学基础的研究。

人类活动对水循环的影响,也是近代水科学面临的主要问题,它特别强调土地利用与水循环的关系.需要研究不同尺度的水循环机理、水循环与生态系统的相互作用、地表水与地下水的相互作用,量化区域水循环演化与土地利用关系,为认识陆地表层生命物质过程提供重要基础科学支撑。

环境水文学的特点如下:水文学的研究领域越来越广泛,研究的问题也越来越复杂,并且遇到了来自许多方面的不确定性和非确知的问题,这给环境水文学的

展提出了挑战,也提供了机遇。多学科联合攻关及相互渗透和交叉研究是环境水文学发展的一个突出特征。

环境水文学的研究已愈来愈注重系统性和整体性。近代水文学将水圈、大气圈、生物圈视为一个有机的联系体,从地球系统角度研究气候-水循环-生态影响-气候变化的相互作用,并预测未来变化的趋势和对人类社会经济的影响;从水文循环和转化机制上解释水文要素的变化与气候变化、生物作用和人类活动的关系。水文尺度分析和不同尺度模式耦合问题研究是关键。对流域尺度水文模拟而言,利用新技术,如地理信息系统、卫星遥感资料 and 与地球化学模型联系在一起的环境示踪,获取更多的信息源,是水文模拟发展的一个趋势。

环境水文学研究要求更多地为人类服务,解决各项水的问题,如水旱灾害预测预报和可持续水资源管理的实现等,将更多地取决于获取信息的多少和信息准确与及时性。所以,利用现代科学技术获取更多的信息,是科学地做出洪水预报决策的重要保证。水的问题是社会发展的重要制约因素。我国仍然面临洪水、干旱灾害,水资源短缺和水环境恶化等严重问题,应将水量、水质和人类活动的影响统一考虑。面对这样的形势,除了开发和引用先进的科学技术与观测手段,还应从中国的实际出发,开展新的水文系统方法研究与实践。

第 1 章 地球系统的水文循环与水量平衡

本章系统地介绍了作为地球最活跃的自然现象之一的水文循环及水文系统的水量平衡. 整个水文循环过程包括了水分蒸发、水汽输送、凝结降水、下渗、径流 5 个环节. 通过这 5 个环节, 地球系统内各圈层的水分得以相互交换, 使地球上的水形成一个统一的整体; 水量平衡是分析研究地球系统内水量的变化及水分循环过程中各要素的内在规律, 是计算区域水资源总量及合理开发利用水资源的基础.

1.1 水文循环现象

地球是一个由岩石圈、水圈、大气圈和生物圈构成的巨大系统, 水在这个系统中起着重要的作用. 有了水, 地球各圈层之间的相互关系就变得十分密切, 水文循环则是这种密切关系的纽带. 地球上的水在太阳能和大气运动的驱动下, 不断地从水面(江、河、湖、海等)、陆面(土壤、岩石等)和植物的茎叶面, 通过蒸发和散发, 以水汽的形式进入大气圈. 在适当的条件下, 大气圈中的水汽凝结成水滴, 在地心引力的作用下, 以降水的形式降落到地球的表面. 一部分降水通过地面渗入地下; 另一部分降水则在重力作用下流入江、河、湖泊, 再汇入海洋; 还有一部分降水通过蒸发和植物的散发重新逸散到大气圈中. 渗入地下的那部分水, 或成为土壤水, 再经蒸发和散发逸散到大气圈, 或以地下水形式排入江、河、湖泊, 再汇入海洋. 水的这种既无明确开端, 也无明确终了的永无休止的循环运动过程称为水文循环, 又称水分循环(如图 1-1 所示).

水文循环由一系列复杂的过程和路径组成. 海洋表面蒸发的水汽, 被气流带到大陆上空, 在适当的条件下, 以降水的形式降落到地面, 其中一部分蒸发到空中, 另一部分经过地表和地下径流又回到海洋, 这种海陆之间的水分交换过程, 称为大循环, 也称海陆间循环. 水仅在局部地区(海洋或陆地)内完成的循环过程称为小循环或内循环. 小循环可分为海洋小循环和陆地小循环. 海洋小循环就是从海洋表面蒸发的水汽, 在空中凝结, 以降水形式降落到海洋上的循环过程. 陆地小循环, 就是从陆地上蒸发的水汽, 在空中凝结, 以降水形式降落到陆地上的循环过程. 一个地区

的水文循环特点,主要决定于该地区的气候、地貌、地质、植被等自然地理条件.随着社会的发展,人类活动也影响到天然水环境,进而影响全球或区域的水文循环.

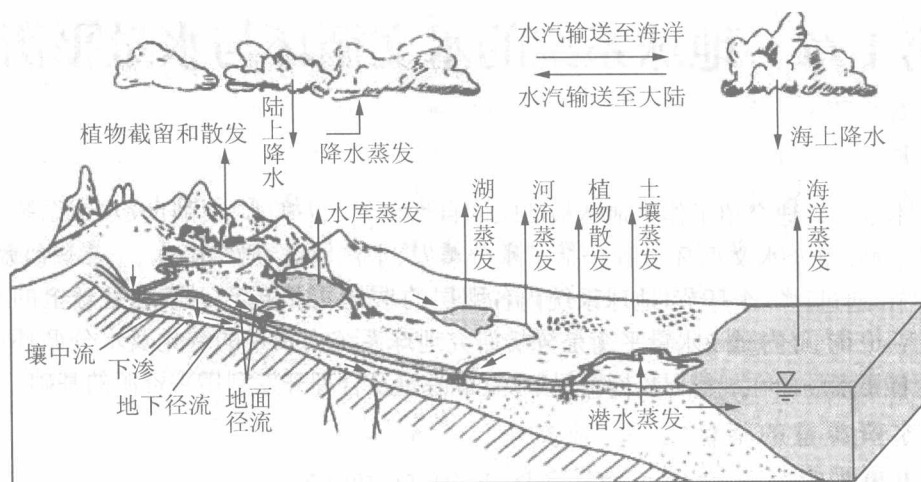


图 1-1 全球水文循环过程

地球系统中的水之所以发生水循环现象,原因之一是水在常温下就能实现液态、气态和固态的三态相互转化而不发生化学变化,这是水文循环发生的内因;原因之二是太阳辐射和地心引力为水文循环的发生提供了强大的动力条件,这是水文循环发生的外因.以上两个原因缺一不可.

水文循环是地球上最主要的物质循环之一,对地球生态环境的形成、演化和人类生存都有重大的影响:①它实现了地球水圈中各水体水分交换和更新,为一切生物提供不可缺少的水分条件.如大气降水把天空游离的氮元素带到地面,滋养植物;陆地上的径流又把大量的有机质送入海洋,供养海洋生物;而海洋生物又是人类食物的重要来源.因此,水文循环是地球上生命生生不息和自然景观呈现千姿百态的重要条件之一.②水良好的溶剂.水流具有良好的携带能力,自然界的许多物质,如泥沙、有机质和无机质均会以水作为载体,参与各种物质循环.如果自然界不存在水文循环,那么其他许多物质的循环,例如碳循环、磷循环等也就不可能发生,因此,水文循环是自然界众多物质循环中最重要物质循环.③它直接影响气候的变化.通过蒸散发进入大气的水汽,是产生云、雨和闪电等现象的主要物质基础.蒸发产生水汽,水汽凝结成雨,这些过程都要吸收或释放大量的潜热.空气中的水汽含量直接影响气候的湿润或干燥,调节地面气温.④它是重要的地质构造营力.在水文循环过程中实现了地球化学物质的迁移,塑造了各种地形地貌.降水形成的径流,冲刷和侵蚀地面,形成沟溪江河;水流搬运大量泥沙,可堆积成冲积平原;渗入地下的水,溶解岩层中的物质,富集盐分,输入大海;易溶解的岩石受到水流强烈