

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程

水文学原理

主 编 西安理工大学 沈 冰
扬州大学 黄红虎
主 审 四川 大学 薛焱森



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程

水文学原理

主 编 西安理工大学 沈 冰
扬州大学 黄红虎
主 审 四川大学 薛焱森



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为水利学科教学指导委员会推荐教材。本书共分 13 章, 内容涉及: 水文学研究内容和方法, 水文循环与水量平衡, 河流与流域, 降水, 土壤水与下渗, 蒸散发, 径流, 流域产流, 坡面、土壤与河道水流, 流域汇流, 河流泥沙, 沼泽、冰川与融雪径流, 湖泊、水库与河口水文。第 1 章简要介绍水文学原理基本内容和发展历程; 第 2~7 章阐述了水文要素及其描述方法; 第 8~10 章分析了流域产、汇流过程, 包括地表、土壤中和地下过程的基本特征和计算方法, 是本教材的核心内容; 第 11 章简要分析了河流泥沙的形成及其影响; 第 12 章和第 13 章阐述了沼泽、冰川、湖泊、水库以及河口的水文现象和特征。

本书是水文与水资源工程专业的核心教材, 也可供水利工程、城市给排水工程、农业水土工程、环境工程、交通工程等专业师生阅读, 并可供相关专业的工程技术人员与管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水文学原理/沈冰, 黄红虎主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

高等学校水利学科专业规范核心课程教材. 水文与水资源工程

ISBN 978-7-5084-5706-2

I. 水… II. ①沈…②黄… III. 水文学—高等学校—教材 IV. P33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 098174 号

书 名	高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程 水文学原理
作 者	主编 西安理工大学 沈冰 扬州大学 黄红虎 主审 四川大学 薛焱森
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	175mm×245mm 16 开本 17.25 印张 398 千字
版 次	2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—4100 册
定 价	34.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

编 审 委 员 会

主 任 姜弘道 (河海大学)

副主任 王国仪 (中国水利水电出版社) 谈广鸣 (武汉大学)

李玉柱 (清华大学) 吴胜兴 (河海大学)

委 员

周孝德 (西安理工大学)

刘 超 (扬州大学)

任立良 (河海大学)

杨金忠 (武汉大学)

梅亚东 (武汉大学)

姜 峰 (大连理工大学)

王元战 (天津大学)

张展羽 (河海大学)

陈建康 (四川大学)

孙明权 (华北水利水电学院)

陈 楚 (水利部人才资源开发中心)

李建林 (三峡大学)

朝伦巴根 (内蒙古农业大学)

余锡平 (清华大学)

袁 鹏 (四川大学)

胡 明 (河海大学)

郑金海 (河海大学)

康海贵 (大连理工大学)

黄介生 (武汉大学)

冯 平 (天津大学)

侍克斌 (新疆农业大学)

孙春亮 (中国水利水电出版社)

秘 书 周立新 (河海大学)

丛书总策划 王国仪

水文与水资源工程专业教材编审分委员会

主 任 任立良（河海大学）

副主任 袁 鹏（四川大学）

梅亚东（武汉大学）

委 员

沈 冰（西安理工大学）

陈元芳（河海大学）

吴吉春（南京大学）

冯 平（天津大学）

刘廷玺（内蒙古农业大学）

纪昌明（华北电力大学）

方红远（扬州大学）

刘俊民（西北农林科技大学）

姜卉芳（新疆农业大学）

金菊良（合肥工业大学）

靳孟贵（中国地质大学）

郭纯清（桂林工学院）

吴泽宁（郑州大学）



总 前 言



随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入,水利高等教育也得到很大的发展与提高。与1999年相比,水利学科专业的办学点增加了将近一倍,每年的招生人数增加了将近两倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革,在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时,水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下,从2003年到2005年,各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下,水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年底完成了相关的研究工作,制定了水文与水资源工程,水利水电工程,港口、航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果,并能较好地适用不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各水利学科专业点参照专业规范组织教学,经水利学科教学指导委员会与中国水利水电出版社共同策划,决定组织编写出版“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点,是本专业的每个学生都必须学习、掌握的,或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的,因而,核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此,我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则,还通过专业教学组讨论、提出,专家咨询组审议、遴选,相关院、系认定等步骤,对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把

关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好，我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会，对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督。充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本套教材第一批共规划 52 种，其中水文与水资源工程专业 17 种，水利水电工程专业 17 种，农业水利工程专业 18 种，计划在 2009 年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力，付出了许多心血，但是，由于专业规范还在修订完善之中，参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高，加之，在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验，因此，这套教材一定会有各种不足与缺点，恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本套教材还将出版配套的立体化教材，以利于教、便于学，更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会

中国水利水电出版社

2008 年 4 月



前 言



本教材根据高等学校水利水电类教学指导委员会“十一五”教材出版计划和“水文与水资源工程本科专业规范”编写。本教材作为水文与水资源工程本科专业的核心课程教材，在2006年水利水电类教学指导委员会水文水资源教学组会议上讨论了本教材的编写大纲，与会专家确认了主要内容和知识点与其他课程的分工，并对各章节核心内容和编排提出了若干建设性意见，本教材编写中采纳了专家们的建议。

本教材内容涉及水文学的发展，水文循环与水量平衡，河流与流域，降水，土壤水与下渗，蒸散发，径流，流域产流，坡面、土壤与河道水流，流域汇流，河流泥沙，沼泽、冰川与融雪径流，湖泊、水库与河口水文等方面的知识及分析计算原理。本教材在下述教材基础上增补了新内容，包括：河海大学胡方荣和成都科技大学侯宇光合编的《水文学原理（一）》，河海大学于维忠主编的《水文学原理（二）》（水利电力出版社，1988）；河海大学芮孝芳主编的《径流形成原理》（水利电力出版社，1994）；梁学田主编的《水文学原理》（水利电力出版社，1992）；芮孝芳著的《水文学原理》（中国水利水电出版社，2004）等。此外，还引用了有关院校和科研单位的成果与论著，并以参考文献形式列于各章之后，以利于学生理解。本教材内容成熟，取材广泛，体系完整，阐述力求简明扼要以利于学生理解，适合于水文与水资源工程本科专业教学使用，也可供从事水文、水资源、水环境及相关领域的工程技术人员和管理人员参考。

本教材由西安理工大学沈冰、扬州大学黄红虎主编；新疆农业大学姜卉芳，西安理工大学黄领梅、史文娟参加编写。全书共分13章，第1、9、

10、11 章由沈冰编写；第 2、3、4、7 章由黄领梅编写；第 5、6 章由史文娟编写；第 8、13 章由黄红虎编写；第 12 章由姜卉芳编写。《西北水力发电》编辑部沈珞珞绘制了书中大部分电子图稿，西安理工大学研究生张晓伟、张高锋、唐春娥、张恒、张振华、褚桂红、孙旭、吕继强、喻钰等参与了书稿的校对工作。

全书由四川大学水电学院薛焱森教授主审，主审人对书稿进行了认真审校，并提出了建设性的修改意见，提高了本教材的质量，编者对此深表谢意。

本书的编写和出版得到西安理工大学、扬州大学、新疆农业大学的大力支持，特此一并致谢。

限于编写者水平，书中不妥乃至谬误之处，恳请读者批评指正。

编 者

2008.6



总前言

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 水文现象与水文学	1
1.2 水文学的分类	4
1.3 水文学的发展	4
参考文献	6
第 2 章 水文循环与水量平衡	8
2.1 水文循环	8
2.2 地球上的水.....	12
2.3 水量的平衡.....	14
2.4 研究水量平衡的意义	16
2.5 人类活动对水文循环和水量平衡的影响	17
参考文献	18
第 3 章 河流与流域	19
3.1 基本概念	19
3.2 流域与水系特征	21
3.3 河流的纵横断面	24
参考文献.....	27
第 4 章 降水	28
4.1 降水及其要素的表示方法	28
4.2 降水的类型及影响因素	31
4.3 降水资料的检验与订正	36
4.4 流域面平均降水量的计算	38

4.5 我国降水的时空分布特征	40
参考文献	43
第5章 土壤水与下渗	44
5.1 土壤水的存在形式	44
5.2 土壤含水率与水分常数	46
5.3 土壤水分运动基本方程	49
5.4 下渗的物理过程	56
5.5 下渗理论与公式	58
5.6 天然降雨的下渗和土壤水的再分布	66
参考文献	68
第6章 蒸散发	69
6.1 基本概念	69
6.2 水面蒸发	70
6.3 土壤蒸发	76
6.4 植物散发	80
6.5 流域蒸散发	84
参考文献	87
第7章 径流	89
7.1 径流形成过程概述	89
7.2 河流水情	92
7.3 洪水、枯水与冰情	101
7.4 径流的分割与计算	108
7.5 径流的影响因素	109
参考文献	112
第8章 流域产流	113
8.1 包气带的水文特性	113
8.2 包气带的水分运行	120
8.3 产流机制	126
8.4 产流模式	134
8.5 流域产流过程及产流量计算方法	142
参考文献	151
第9章 坡面、土壤与河道水流	152
9.1 坡面漫流	152
9.2 壤中流与地下径流	155
9.3 河道汇流	156
9.4 槽蓄原理与特征河长	161
9.5 线性洪水演算	164

参考文献	171
第 10 章 流域汇流	173
10.1 概述	173
10.2 流域汇流计算基础	175
10.3 流域汇流系统分析	180
10.4 线性分布式流域的汇流模型	189
10.5 流域汇流的非线性处理	194
参考文献	197
第 11 章 河流泥沙	199
11.1 河流泥沙的来源	199
11.2 河流泥沙的特征与运动	201
11.3 坡面产沙计算	205
11.4 流域输沙	207
参考文献	208
第 12 章 沼泽、冰川与融雪径流	210
12.1 沼泽	210
12.2 冰川	215
12.3 融雪径流	225
参考文献	234
第 13 章 湖泊、水库与河口水文	236
13.1 湖泊	236
13.2 人工湖泊——水库	246
13.3 河口	252
参考文献	262

第 1 章

绪 论

1.1 水文现象与水文学

1.1.1 水文现象

水是一切生命赖以存在的基础，也是人类生活和社会经济生产活动不可缺少与不可替代的重要资源。为了开发利用这一重要资源，也为了减少水所带来的灾害，人们不得不从各个方面对水进行系统观测、实验、分析和归纳总结，逐步形成了水文学。一般而言，水文学是研究地球与水的科学。在对水的认识不断深化的过程中，水文学也在不断发展。

地球上水的总量大体不变，以气态、液态或固态形式存在于地球的表面、地球的土壤岩层中以及地球的大气层中。以一定方式存在于某一环境中，具有一定特征和变化规律的水，称为水体。例如：江河、湖泊、沼泽、海洋，以及大气中的水汽和地下水等。人们所经历和熟悉的自然现象，不少与水的三态变化和水流运动有关，例如：降水、蒸发、径流以及河流的结冰封冻等，称之为水文现象。

从宇宙空间看地球是蓝色的，因为 $3/4$ 的地球表面都被水所覆盖，应该说地球上的水不少。在太阳辐射和地球引力作用下，水通过蒸发、降水、径流等水文现象，在大气圈、岩石圈、水圈和生物圈所构成的地球系统中周而复始地循环运动着，维持了地球上多种多样的生命形态。从这个意义上说，水循环的功能类似于人体内的血液循环。然而，水的这种循环运动是不均匀且不稳定的，不同时刻不同地区水的状态与量值不同。有时，某一地方水多，于是江河横溢，洪水泛滥；另一地方水少，又引起水荒以致旱灾。由于这种不均匀，有的地方湿润，有的地区干旱，有的地方极其干旱以致难以维持生命的存在（例如新疆塔克拉玛干沙漠腹地）。正是水循环不均匀所导致的水分布时空差异，造就了地球上千姿百态的自然景观和丰富多彩的生态系统。虽然从平均意义上讲，地球上的水足够每个人使用，但水分布的不均匀使世界上仍有很多地区缺水；人们由于各种原因不得不居住在那里与干旱抗争。

水又是一种很好的载体和溶剂，许多物质都可被水流所携带或溶解在水中，随着

水流而运动。例如，土壤的侵蚀与搬运，河流中泥沙的输移，肥料以及污染物的溶解和迁移都是在水流作用下进行的。数十万年来，由于泥沙的淤积，形成了肥沃富庶的黄淮海平原，就是水和泥沙为人们提供的良田；而黄河的泛滥改道也是中华民族的心腹之患。随着人类社会经济的发展，某些工业废弃物被水流所携带而扩散，引起了环境的污染，其中重金属污染甚至危及人类健康；氮、磷等农业肥料也会因施用方法不当而随水流流失，造成水体的富营养化，引起另一类环境问题。

水在流动过程中具有能量，洪水因流量及流速大，具有巨大动能，一方面会冲毁桥梁、堤坝，给人类带来难以估计的损害；另一方面，人类可以利用水流动能驱动水力机械，或者把水的势能集中起来发电。

1.1.2 水文学

水文学研究各种水体的存在、运动、循环和分布，水体的物理化学性质，以及水体与环境的相互作用和影响，包括与生物特别是人类的相互作用和影响。水文学原理作为水文学科的基础课程，主要阐明各种水文现象、水文过程形成的原因和机理，为今后定量研究水文过程奠定基础。

水文学是地球科学的一个分支，既具有理论科学的特征，也具有应用学科性质。与其他学科一样，需要在不断解决新问题的过程中，拓展研究范畴，增强科学基础，以便更好地为人类经济社会的发展服务。

1.1.3 水文现象的特点及本课程的学习方法

作为地球物理学的一部分，水文现象受到地球自转及公转的影响，在时间上既具有一定的周期性，也具有某种随机性。例如，河流水量一般具有以年为周期的丰枯变化，我国大多数河流夏秋为汛期，冬春为枯季；气温受太阳辐射影响，具有以年为周期的季节变化以及以日为周期的昼夜变化；冰川补给的河流受气温影响，有较明显的日变化周期；潮汐现象受月球运行影响而呈日周期变化；这些都属于周期性。但影响水文现象的因素很多，各因素自身也在变化，因而水文现象在时间上和数量上的变化过程存在着不重复的随机特点。例如，任一河流的流量过程不会完全重复，汛期出现的迟早、流量的大小都不相同，则属于随机性。水文现象受到地理位置的制约，在空间上既具有相似性，也不排除具有某种特殊性。与海洋距离相近及气候相似条件下，同一区域的流域，其水文现象在一定程度上也相似。例如，我国东部沿海湿润区的河流均水量丰沛，年内变化相对不大；西部干旱区的河流都水量不足，季节变化更为显著；这些现象均可称为地区相似性。但即使在同一地区，由于地形、植被、土壤等下垫面条件的差异，水文规律也不尽相同。例如，同一个地区，山区与平原河流的洪水情势不同，岩溶区与非岩溶区的地下水赋存状态不同，都属于特殊性。

鉴于水文现象是大家都见识过的自然现象，比较容易了解，但这些现象形成的原因与机理需要用本专业的科学术语来阐述和分析。因而，本课程的学习应注意以下几点。

1. 理解水文现象的机理

水文学原理阐述的是水文现象的成因与机理。学习本课程，就不应满足于对水文现象的一般性了解，而应在物理学、自然地理学、水力学等课程知识的基础上，理解

水文现象的成因和机理,并能用水文专业术语加以阐述和分析。应当注意,水文现象是一种复杂的自然过程,影响因素众多,切忌简单化。水文学与其他学科存在着交叉与联系,不能仅仅就水文而研究水文,要吸取其他学科的新成果、新方法,以促进对复杂自然现象的认识和理解。特别应注意,水文现象具有很大随机性,并非求偏微分方程的解析解,水文不能以理想化的初始及边界条件去求唯一解。必须注意综合性,力求全面理解水文自然过程,尽量避免水文学原理的课程学习中“一听就懂,一放就忘,一做就错”的现象发生。

2. 悉心观察水文现象

实验是深入了解理论的必要途径,在某种意义上可以说,实验是科学技术进步的阶梯,对于发展中的水文科学也不例外。例如,目前仍广泛使用的 Horton 下渗公式,先是通过大量试验数据的分析归纳总结出来的经验公式,而后又从数学上推导出它是描述土壤中垂向水分运动微分方程在特定条件下的简化形式。然而,由于水文实验难度较大,特别是关键的控制性实验往往难以进行,不仅实验的初始及边界条件难以确定,而且不同尺度实验结果的转换关系也尚未解决;因此人们不仅要悉心观察实验中的水文现象,更要悉心观察自然界中发生的水文现象,以求真正理解各种复杂因素相互作用下所形成的水文现象的成因机理。通过观察,才能发现模拟或预测水文现象所用的数学方法在何处存在何种不合理之处或不足之处,深入分析思考其原因何在,即:通过观察发现问题,经分析研究找出模拟、计算方法不足的原因并加以改进,从而推动水文科学不断前进。

3. 掌握描述水文现象的数学方法

数学是人类认识、描述、预测和调控自然现象的重要工具,任何科学的发展都离不开数学,水文学也不例外。水文学的发展过程中,从简单经验公式到概念性模型,再到今天的分布式流域水文模型,无不需数学方法。如水文学中著名的瞬时单位线,就应用了单位脉冲函数、拉普拉斯变换等数学概念和方法。但应当注意,数学只是一种工具,只有在正确认识水文现象的基础上,数学描述才有可能正确的。当前,主要任务是为进一步研究水文问题奠定基础,包括数学基础。这就要求掌握高等数学、线性代数、概率论与数理统计等基础数学课程。同时,还应当认识到,数学也在不断进步,应用这一工具的能力就需要不断提高。现代水文学的发展,除去需要常用的微积分、统计分析、线性规划、动态规划之外,还需要进一步熟悉模糊数学、灰色系统、层次分析、网络分析、系统动力学、分形分维、小波分析、人工神经网络等方法,并且需要熟悉相应的数学应用软件,如 matlab、mathmatica 等的使用技巧,以满足描述复杂水文现象的需要,也便于在工作中节省时间和精力。

4. 了解相关学科的进展以扩大知识面

严格地讲,水文学属于地球科学的一个分支。因而水文学与地学中的地理学、地质学、土壤学、气象学、气候学、环境学、生态学等,以及若干涉及人类活动的学科如农学、林学、水利工程、土木工程、城市规划、土地管理等都有着密切联系。弄清这些学科领域的基本概念和知识,了解其基本规律,对于认识和理解水文现象的机理将有很大帮助。现代科学技术发展迅速,如遥感遥测技术、雷达测雨技术、地理信息系统、决策支持系统等已逐步发展完善并走向实用,掌握这些科学原理和技术方法,

不仅有助于加深对水文现象、水文过程的认识和理解,而且有助于解决经济社会发展条件下水文科学面临的新问题。

1.2 水文学的分类

按照基础理论与应用分类,水文学可分为水文学原理和应用水文学。前者研究水文循环、水流运动及与之相关的溶质输移转化机理,阐述水在大气、岩石和生物圈中的作用,特别是与人类活动相互影响的机理及效应。后者侧重于水文学原理在各项经济建设中的应用,内容涉及水文计算、水文预测预报和水利计算等。

按照研究方法分类,水文学可分为系统水文学、动力水文学、确定性水文学、随机水文学、水文测验学、数值水文学、同位素水文学、实验水文学等。其中,由 V. T. Chow (周文德) 依据系统科学的原理创建的系统水文学近年来得到广泛应用,值得重视。由 Eagleson 提出的动力水文学,则揭示了蒸发、输移等水文过程的动力机制,为大尺度水文模拟奠定了基础。同位素水文学则通过分析水中的 H^1 、 H^3 、 O^{18} 等稳定同位素来研究径流的来源与构成,为人们借助现代技术深入了解水文过程的机理提供了先进手段,未来它将发挥更为重要的作用。

按照研究对象分类,水文学则有河流水文学、湖泊水文学、河口水文学、海洋水文学、地下水水文学、冰川水文学、湿地水文学、环境水文学、生态水文学等。我国以前对河流水文研究较多;随着生态和环境保护日益受到广泛重视,人们需要对环境水文学、生态水文学给以更多的关注,以便使人类经济和社会的发展与地球环境和生态更加和谐,进而有效保护人类生存的共同家园——地球。湖泊、河口、海洋、地下水、冰川、湿地各有不同特点,但都是地球的组成部分,也需要人们在开发利用的同时加以保护。

按照服务范畴分类,水文学又有工程水文学、农业水文学、森林水文学、城市水文学等。我国以往对工程建设和施工中的水文问题研究及其解决措施较多,当前则需要转入研究工程运营管理中的水文问题。目前,我国城市化进程正在加速,城市发展带来的城市中心区温度增高,随之而来的是暴雨频繁、洪峰出现时间提前、水污染加剧等水文现象。城市水文学就是针对城市发展带来的这些水文问题,研究并提出相应对策,以保障城市经济社会的平稳发展。农业水文学在我国的重点将是在全球气候变暖条件下,研究水文过程的变化趋势和相应的农业节水措施,高效利用有限的水资源以保障粮食安全,促进经济社会发展。

1.3 水文学的发展

为了生活的需要,人类很早以前就开始了雨量、河流水位与流速的观测,并不断试图给水文现象以科学解释。例如,公元前 3500~前 3000 年古埃及人即开始观测尼罗河的水位;中华民族的祖先为了防御黄河洪水,从公元前 2000 多年起就开始观察水位涨落与天气状况。公元前 1200 年的安阳甲骨文记载了水文循环的朦胧概念;公元前 450~前 350 年希腊哲学家 Plato 和 Aristotle 也提出了水文循环的猜想;1452~

1519年意大利科学家 da Vinci 进一步完善了水文循环的概念,并发明了浮标测定流量的方法。这些早期的水文现象观测和研究为水文科学的形成奠定了基础。

1674年法国科学家 Perrault 在巴黎出版了《喷泉的起源》一书,阐述了他在塞纳河进行的3年雨量观测,分析计算出塞纳河伯格底以上流域的年径流量为年降水量的1/6。鉴于这本专著将人们对水文循环的认识从定性描述提升到定量计算的水平,联合国教科文组织(UNESCO)和世界气象组织(WMO)认定1674年为现代水文科学的开端,并于1974年在巴黎举行了纪念水文科学300周年活动^[1]。1674年后,涌现了一批水文测验仪器,如翻斗式雨量计和流速仪。基于水力学 Bernoulli 定理和 Chezy 水流阻力公式^[2],水文领域也提出了若干基础理论和公式;例如,1802年 Dalton 的蒸发原理^[3],1850年 Mulvaney 的估算洪峰推理公式^[4],1856年 Darcy 的多孔介质流定律^[5],1891年 Manning 的明渠流公式^[6]等;标志着水文研究逐步加快了前进步伐。

进入20世纪,随着社会生产力的提高,各国经济迅速发展,而洪水、干旱等造成的经济损失也与日俱增。为了减小洪旱灾害的经济损失,全球掀起了水利工程建设的高潮。适应这一形势的需要,1911年 Green 和 Ampt 建立了具有物理基础的入渗方程^[7],1914年 Hazen 将频率分析用于洪峰流量及其所需滞蓄水量的估算^[8],1931年 Richard 推导出土壤非饱和流基本方程^[9],1932年 Sherman 提出将净雨换算为地表径流的单位线^[10],1933年 Horton 建立入渗理论^[11],1945年 Gumbel 提出水文极值定律^[12]等,水文领域的这些研究成果为水利工程建设顺利实施提供了理论基础与技术支撑。

20世纪中期,随着工业经济的发展,世界人口快速增长,致使若干国家和地区先后发生资源、环境问题,特别是水资源短缺和环境污染引起的危机^[13-15]。同时,电子计算机的发明和应用带来现代科学技术的飞速发展,也为水文分析创造了有利条件。由于社会经济的需求和技术条件的成熟,先后提出大尺度水文模拟的基本概念^[16],研制出基于遥感(RS)、数字流域、地理信息系统(GIS)的分布式流域水文模型^[17],实时洪水预报与调度系统^[18],防洪会商决策支持系统等,以满足社会经济发展中所遇到的生态环境保护,水资源评价等大尺度模拟以及水资源配置与管理等的实际需要。

21世纪,我国进入发展的黄金时期,经济社会对水文学科提出了更进一步的要求,解决这些问题既是挑战也是机遇。首先,从全球范围看气候变暖更为明显,这使得水循环变化加剧。这与长期以来世界人口增加,工农业发展所引起的二氧化碳等“温室气体”排放量剧增有关^[19]。后果之一是某些地区降水量与径流量减少,如20世纪90年代我国黄河上中游、汉江等流域10年平均降水量减少5%~10%,黄河花园口天然径流量初步估计偏少约20%,海滦河及淮河的年径流量也明显偏少^[20],从而导致区域性缺水,制约了相应地区的经济发展,并使其环境和生态状况恶化。后果之二是海平面上升,我国沿海海平面多年来呈波动上升趋势,2003年黄海海平面比常年高73mm,东海和南海次之,分别为66mm和61mm^[21]。在这种条件下,水资源短缺与洪水灾害同时存在并影响了经济社会的发展。据中国工程院统计,1997年我国人均水资源量为2220m³,属于用水紧张国家^[22]。如何依据实际情况,有效预防洪