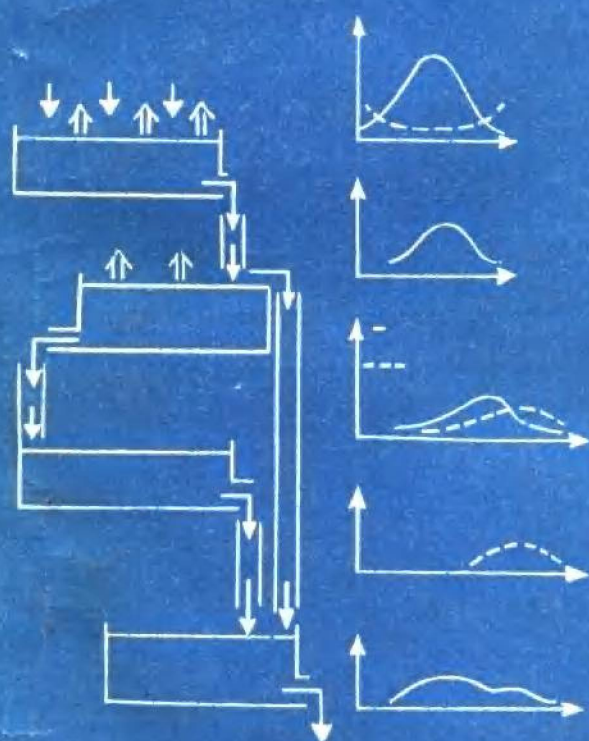


水文学导论

SHUIWENXUE DAOLUN

[联邦德国] R. 赫尔曼 著

吴平生 译 姜象鲤 校



高等教育出版社

水文学导论

[联邦德国] R. 赫尔曼 著

吴平生 译

姜象铎 校

高等教育出版社

水文学导论

〔联邦德国〕武·赫尔曼 著

吴平生 译

姜象鲤 校

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 6 字数 142,000

1985 年 8 月第 1 版 1985 年 8 月第 1 次印刷

印数 00,001—2,830

书号 12010·040 定价 1.50 元

译 者 的 话

《水文学导论》一书，系联邦德国 R. 赫尔曼教授为西德大学地学系编写的一本教科书。本书运用系统论观点和大量数学模型来论述水文的发生、发展、演变及其预报。对我国大专院校师生和地质、地理、水文、农田水利、环保等专业人员均有参考价值。

本书在翻译过程中得到李海晨教授、杨戌副教授和刘洪、朱静玉、吕明强等同志热情帮助，特此感谢。

译 者

1984.12.29

本书作者简介

Reimer Herrmann 1938 年生于莱茵河畔的法兰克福。1959—1964 年在基尔、马尔堡、南安普敦和吉森攻读地学和农田水利工程。1964 年在吉森获得博士学位。1964—1970 年在吉森大学地理研究所作助教，在这期间，从 1965 到 1966 年冬季以及 1967 到 1968 年，在尼日利亚和哥伦比亚从事水利工程项目工作。1970 年开始在吉森大学讲课。1971 年成为科学顾问和教授。1972—1976 年为科隆大学自然地理学教授，自 1976 年开始成为拜罗伊特大学地学（水文学）教授。

作者前言

一本简明的导论，要论述象水文学这样内容如此广泛而又面临飞速发展的学科，是艰巨的，这给我巨大的压力。为此我必须对大量教学资料进行选择 and 压缩，其困难是可以想象的。

读者阅过全书之后可以看出，本书不是指南或手册，所列的参考书目也是不完全的。读者若要从从事某些个别的邻近领域方面的工作，可从每章一开始列出的参考书目中找到材料。

我衷心希望，这本书能帮助地学大学生找到水文学的入门。当然本书对地学各类专业的大学生，可以根据他们各自不同的需要而有所取舍。但是本书所选择和确定的体系方向对一切专业应该是同样能接受的。在绪论这一章，将对此作详细的说明。

本书并不阐述水文学的最新研究成果和方法，而是阐明重要的研究领域和问题。对本书作某些限制是必要的。我把这个问题作为自己研究的重点，这是不足为奇的，也不致引起误会。

我的学生对本书的编写给予很大的鼓励和帮助，特别是 E. Petzold 和 H. Richartz 帮助我准备了手稿。我衷心感谢 K. Muller-Hohenstein, G. Luft, G. Morgenchweis, H. Neuland, H. Rump, E. Schrimpff, U. Streit 和 W. Symader 等所提出的宝贵建议。感谢 P. Cuber 先生为本书绘图，U. Leihkauf 夫人为本书抄写了全部手稿。

我对高校“地理教材”编委会对本书的编辑和 B. G. Teubner 出版社对本书的出版也表示感谢！

R. 赫尔曼 1976 年春于科隆

目 录

1. 绪论	1
1.1 水文学是水文研究的核心领域	1
1.2 系统分析的评价	3
1.3 公式和符号	6
2. 土壤和植物中的水分	7
2.1 引言	7
2.2 土壤结合水	8
2.2.1 与土壤颗粒的结合	8
2.2.2 土壤溶液的压力	12
2.2.3 同土壤结合水有关的几个概念	14
2.2.4 土壤含水量和结合水的测定	18
2.3 土壤中水分的运动	20
2.3.1 引言	20
2.3.2 下渗	20
2.3.3 在饱和带土壤中水的运动	25
2.3.4 在非饱和带土壤中水的运动	27
2.3.5 季节性冻土的形成	28
2.3.6 连续性方程	29
2.4 水分在植物和土壤中的运动	30
2.4.1 引言	30
2.4.2 蒸腾	30
2.4.3 蒸发	31
2.4.4 水分在植物体中的运动过程	34
2.4.5 实际蒸散量的测定	39

3. 流域内的水分	41
3.1 水分循环概述	41
3.2 流域的特性	43
3.2.1 土壤和岩石	43
3.2.2 植被	44
3.2.3 地形	45
3.2.4 流域的形状、大小和河网	46
3.3 降水	48
3.3.1 降水形成的条件	49
3.3.2 降水量的测定	49
3.3.3 降水的空间分布和时间变化	52
3.4 地表径流	57
3.4.1 引言	57
3.4.2 过程线的分割	58
3.4.3 径流的测定	60
3.5 地下水	64
3.5.1 地下水的形成	64
3.5.2 地下水流体力学概述	66
3.5.3 达尔西定律	68
3.5.4 地下水运动的基本公式	72
3.5.5 Dupuit-Forchheimer 方程的应用	75
3.6 地下水和河水之间的联系	78
3.7 流域内水循环的模型概念	80
3.7.1 引言	81
3.7.2 模型的基本结构部件	82
3.7.3 流域内水循环的概念模型	83
3.7.4 单位过程线	85
3.7.5 在考虑到流域的天然屏障和人工设施时, 径流过程 线的预报和模拟的数学模型	87

3.7.6	作为随机过程的径流处理	101
3.8	在流域内水的运动和作用	102
3.8.1	引言	102
3.8.2	水力学的一些基础知识	103
3.8.3	在河槽外水的流动和作用	108
3.8.4	在河槽内水的运动和作用	109
3.8.5	影响沉积物搬运的其它因素	110
3.8.6	均衡剖面	112
3.9	水量平衡	113
3.10	雪和冰	115
3.10.1	雪	116
3.10.2	冰和冰川	120
3.11	湖泊	123
3.11.1	引言	124
3.11.2	湖泊在流域水循环中的作用	124
3.11.3	湖泊的蒸发	125
3.11.4	湖泊的热学特性	126
3.12	水体的化学性质	128
3.12.1	引言	129
3.12.2	降水的化学性质	130
3.12.3	水中物质的溶解	130
3.12.4	地下水的化学性质	131
3.12.5	地表水的化学性质	132
3.13	作为生物生存空间的水体	139
3.13.1	引言	139
3.13.2	水生生物群落生境	140
3.13.3	水生生物群落	141
3.13.4	按照湖泊初始的生产量对湖泊的分类	144
3.13.5	流动水体的生物群落	145

3·13·6 水库对河流的影响	146
3·14 水体的废水污染和热污染	147
3·14·1 水体的废水污染	147
3·14·2 流动水体的热污染	151
3·15 水资源管理的任务	153

附录

参考书目及其整理	156
参考书目	156
名目索引(德汉对照)	171

1. 绪 论

参 考 书 目

De Haar, U.: Beitrag zur Frage der Wissenschaftssystematischen Einordnung und Gliederung der Wasserforschung. Beiträge zur Hydrologie 2 (1974) 85—150

Wunsch, G.: Systemtheorie der Informationstechnik. Leipzig 1971

内 容 提 要

水文学研究的目的和内容是根据其在水文研究的科学系统中所处的地位来确定的。这本教程的结构是以水分-土壤-植物系统的系统分析评价为根据,因为流域这个巨大的系统就是由水分-土壤-植物为基础所组成的。为此本书将采用若干公式和符号。

1.1 水文学是水文研究的核心领域

U. De Haar (1974)在水文研究分类方面曾做过一个成功的尝试。他根据其关系把水文学划分为四个核心领域(见图 1)。在地学部分中,又划分为陆地水文学和海洋水文学。它们的基础学科是物理学、化学和数学,而最重要的辅助学科是生物学、气象学和地质学等等。

关于陆地水文学和海洋水文学的研究对象, U. De Haar 规定为地表水和地下水在空间上和时间上的分布,地表水和地下水的水分循环及其物理、化学、生物特性和作用;也包括各种自然条

件之间的相互联系和人类活动对它们的影响。

根据水的来源，把水文学划分为陆地水文学和海洋水文学两部分，看来也是合适的。

湖泊学和海洋生物学是生物学的分支学科。它们同陆地水文学相同，具有同样的基础学科，而其最重要的辅助学科是陆地水文学和海洋水文学。湖泊学和海洋生物学是研究水体中生物群落的生物学科，它们都是研究水中生物和作为生物生存空间的水体的科学。水文学是一门研究水在地表和地下的数量和质量特征的地学学科。水文学和湖泊学是需要互为辅助的学科。

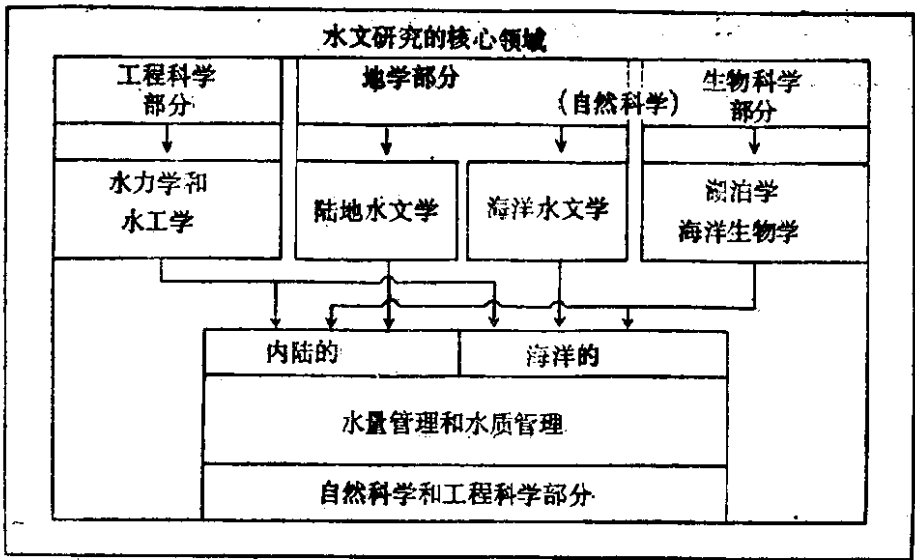


图 1 水文研究的核心领域(根据 U. De Haar, 1974:111)

水力学和水工学是工程科学的分支学科，水力学属于普通工程科学，水工学属于结构工程科学。它们的基础学科都是数学和物理学。在水文研究中它们的研究对象是水的力学特性及水工构筑物的建造技术。

水力学、水工学、陆地水文学、海洋水文学、湖泊学和海洋生物学又都是水资源管理的基础学科，而应用气象学、农业学、林学和区域规划学等则是水资源管理的辅助学科。

“人类对地表水和地下水的一切作用都有明确的规律可循”

(DIN 4049), 因此根据其数量和质量特征, 从经济和生态角度考虑它们的利用是水资源管理研究对象。

本教程就是按上述理解来阐述水文学导论的, 而对水力学和湖泊学等辅助学科则没有严格遵循这一原则。在水资源管理规划上所举的例子将简要地阐明水文学和水量管理及水质管理之间的密切关系(见 3·15)。

1·2 系统分析的评价

一个水文系统可以理解为地表上具有稳定的组合和相互联系的地理综合体的任一地段, 它能够影响水的性状。水文系统是由水的输入、循环和输出三个系统构成的。其输出方式取决于输入方式和系统特性。地理综合体是地球表面自然地理的和生物的环境。

本教程的目的是帮助读者理解水文系统的知识, 因为熟悉水文系统的特性, 就能够预报水的性状。详细地收集水文数据的方法可在 D. Todd (1970) 著作中查阅。

图 2 表示了系统分析方法的过程。一个水文系统应该能预报出本身的性状。为此, 应用时引入了两个系统: 即量测系统和模型系统。

量测系统是由测定水的性状的一系列测量仪器所组成, 但不影响水的性状。模型系统可以用类似的物理客体(例如电路中的砂蕊或电阻、电容和线圈)来组成一系列水文系统, 也可以用抽象的数学语言(实数和矩阵等等)以及大量的相互联系的运算程序组成数学模型。

量测系统和模型系统需要校核, 直到使水文系统的性状观测与预报之间符合一定的精度要求。因此系统分析的过程是一种循环往复的过程。

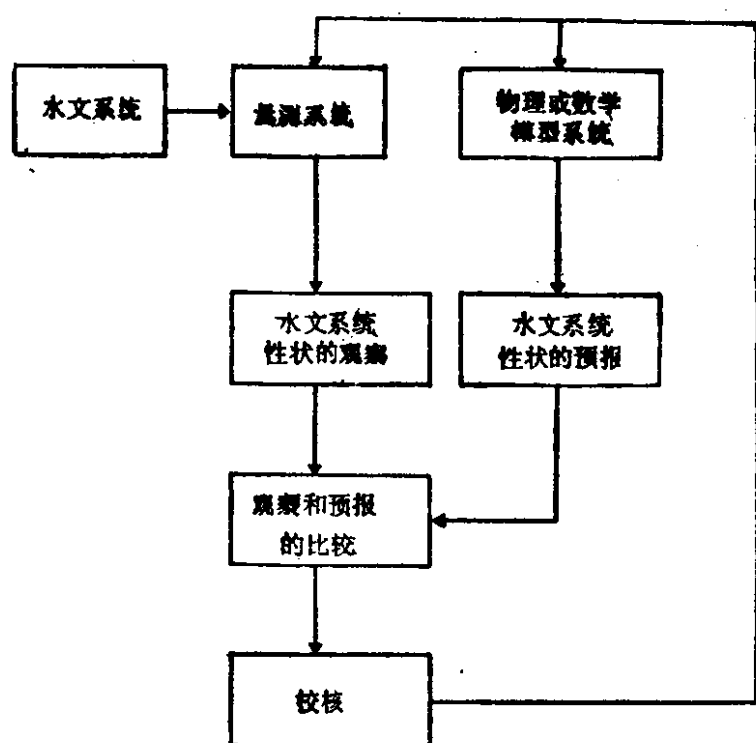


图 2 系统分析流程图(根据 A. Macfarlane 的资料)

本书论述了下列两种水文系统，首先讨论的是水-土壤-植物系统。这个系统是空间的最小系统，它是由具有时空分布特性的整体所组成的，并可能是已经建立的第二种系统，即流域系统的一个重要部分。

在讨论第二种系统时，需要同时考虑生物和人类活动对水的数量和质量等方面性状的影响。湖泊、冰川(作为具有一致的地理综合体结构的系统的例子)和沼泽将在流域系统内简单地加以讨论。

研究中、小流域的地域组合和系统结构以及它们的典型水文特征是区域水文学或水文地理学的任务。虽然地学的研究对象已在“普通”水文学导论中给予说明，此外，在《国际水文十年研究成果》第一次公开发表以后，这样划分可能不存在太大的缺陷。

图 3 是表示在具有水-土壤-植物系统的扩大流域系统中的水循环。图 4 补充说明水文系统中水的性状的流程图(见 3.1)。

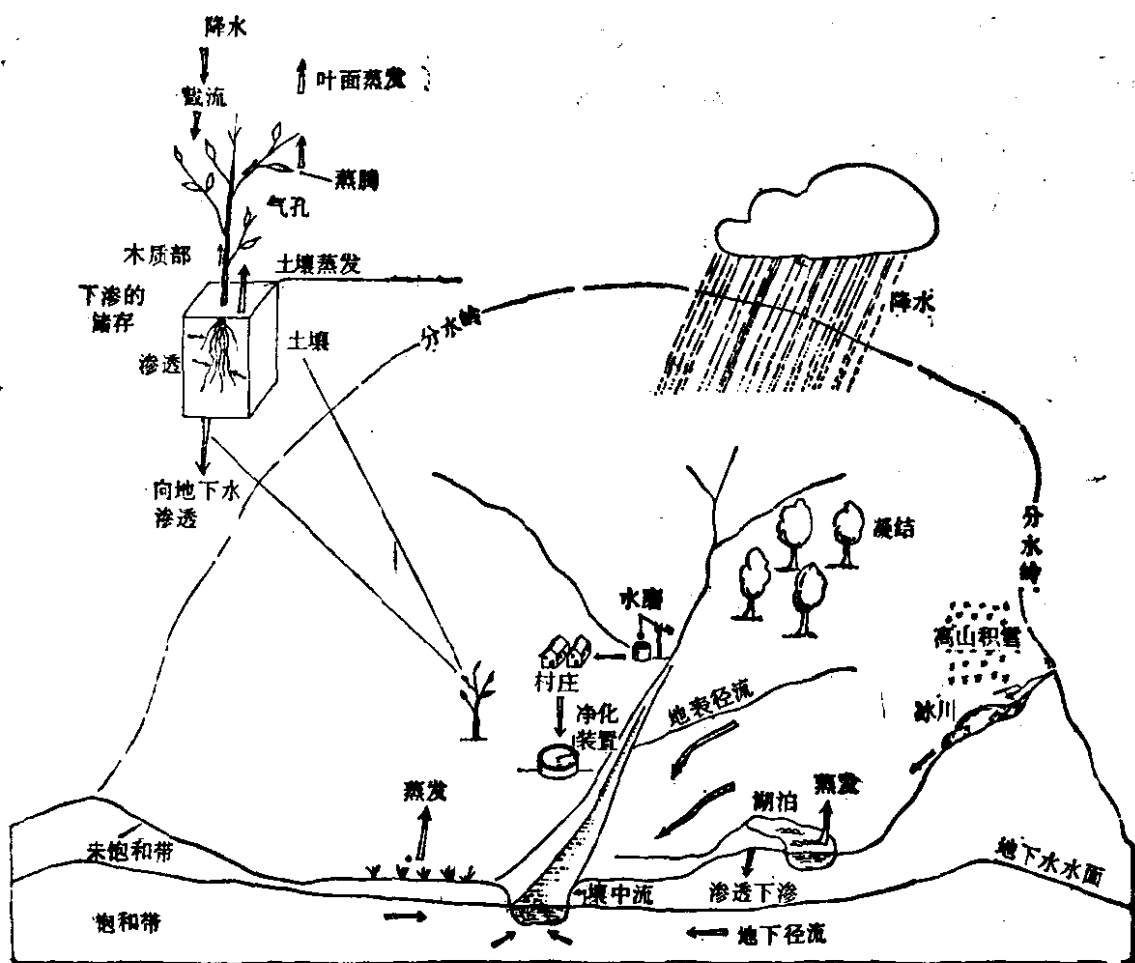


图 3 在流域和水-土壤-植物系统中的水循环

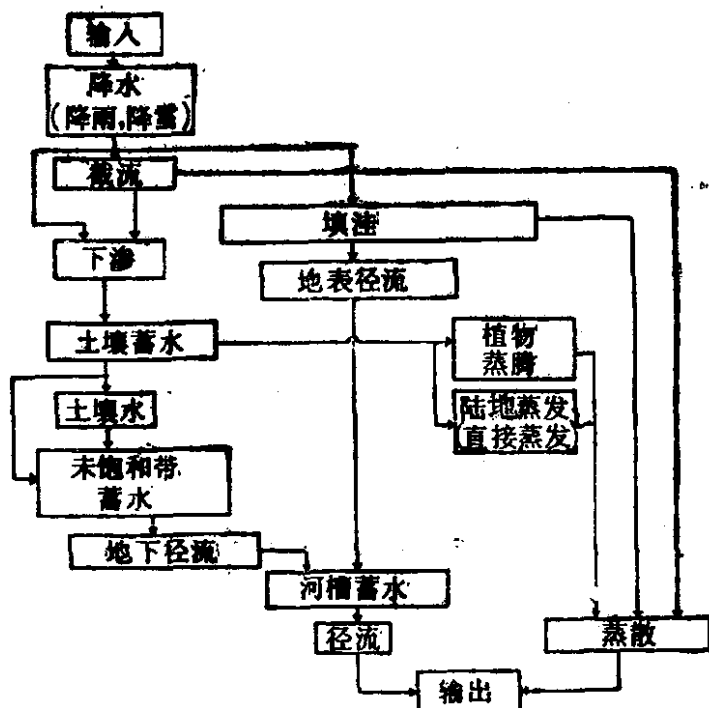


图 4 水文系统中水文性状的流程图解

关于数学模型的章节是本教程的主要部分。至于模型的选择,则要求模型容易理解,而不坚持模型能够最好地预报水文系统中水的性状。

1.3 公式和符号

公式中物理量的符号除少数外,都在公式后面说明,因此每一个物理量 G 都是由测量数字 $\{G\}$ 和单位 $[G]$ 所组成的。例如:

$$Q = 20 \text{ 米}^3/\text{秒}$$

Q 是物理量 G , 即流量; 20 是测量数字 $\{G\}$; 米³/秒是单位 $[G]$

由相同种类的物理量的商组成的物理量的单位是 1。

当使用量纲不同的公式或数字系数时,量纲不明确的情况下,则必须附上单位。

通常要确定各类物理量的量纲。这个量纲用以表示该物理量与书中出现的基本量的关系。这些基本量是长度 L , 时间 T , 质量 M , 绝对温度 Θ 。物理量 A 的量纲可用下式表示:

$$\text{量纲 } A = L^i \cdot T^j \cdot M^k \cdot \Theta^l$$

在量纲公式中,幂指数反映该物理量与基本量之间的关系,一般把它放在符号的后面,例如:

$$\tau = \eta dv/dz$$

式中 τ 是剪切力 $M/L \cdot T^2$

η 是动力粘滞系数 $M/L \cdot T$

v 是速度 L/T

z 是垂直于坐标的垂线,方向向下

$$\text{量纲 } \tau = L^{-1}T^{-1}M \cdot LT^{-1} \cdot L^{-1} = M/L \cdot T^2$$

公式的单位根据需要可采用技术量测系统的米·千克·秒制(国际单位制)或公制系统的厘米·克·秒制(CGS系统)。

2. 土壤和植物中的水分

参 考 书 目

Groenevelt, P. H., Kijne, J. W.: Physics of soil moisture. In: International Institute for Land Reclamation and Improvement (Hrsg.): Drainage Principles and Applications. Wageningen 1972, I, S. 123—151

Hartge, K. H.: Die Physikalische Untersuchung von Böden. Stuttgart 1971

内 容 提 要

本章将阐述土壤结合水形成的基本原因。除了某些重要概念的对比外，还将介绍一些量测方法。

土壤通过本身的作用力场，对几乎所有的水分循环过程，如蒸发、蒸腾、地下水下渗和地表径流都产生影响。只有首先弄清这些力的作用，才能理解水循环性状转换。这也是认识水文和景观生态等最重要问题的关键所在。

2.1 引 言

为了认识地球上水的性状，首先要认识水和土壤、植物之间的关系。因为首先必须确定在植物-土壤-水文子系统中，水是以何种形式参与循环的：即降水进入这个系统以后是否被蒸发，是否下渗为地下水，是否形成地表径流和地下径流，或者可能以任何别的结合离开这个系统。