

Remote Sensing in
Hydrology and Water
Management

[德] Gert A.Schultz 编
[美] Edwin T.Engman 译
韩敏

水文与水管理中的 遥感技术



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

Remote Sensing in Hydrology and Water Management

水文与水资源管理中的 遥感技术

[德] Gert A.Schultz

编

[美] Edwin T.Engman

韩敏 译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

Translation from the English language edition;
Remote Sensing in Hydrology and Water Management edited by G. A. Schultz and
 E. T. Engman
 Copyright © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2000
 Springer is a part of Springer Science+Business Media
 All Rights Reserved

图书在版编目 (CIP) 数据

水文与水管理中的遥感技术 / (德) 舒尔茨 (Schultz, G. A.), (美) 恩格曼 (Engman, E. T.) 编; 韩敏译.
 北京: 中国水利水电出版社, 2006

书名原文: Remote Sensing in Hydrology and Water Management

ISBN 7-5084-3582-6

I. 水... II. ①舒... ②恩... ③韩... III. ①遥感技术—应用—水文学 ②遥感技术—应用—水资源管理
 IV. ①P33②TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 008980 号

书 名	水文与水管理中的遥感技术
作 者	[德] Gert A. Schultz [美] Edwin T. Engman 编 韩敏 译
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 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	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	787mm×1092mm 16 开本 29.75 印张 550 千字
版 次	2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷
定 价	58.00 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

作者简介

Gert A. Schultz 是德国波鸿鲁尔大学城市土木工程系的水文、水管理和环境技术教授。他曾担任“国际水文科学协会”(IAHS)的“国际遥感委员会”的会长、“国际水资源协会”(IWRA)的副会长和联合国教科文组织(UNESCO)水文学遥感大会报告起草人。他已经出版了近 150 种国际和国内刊物,曾经是、现在也是几个国际和德国国内科学期刊的副编辑。他是“全球能量与水循环试验计划”(GEWEX)的国际水文科学协会/世界气象组织(IAHS/WMO)工作组的主席,也是一些国际座谈会和研习会的会议召集人。

Edwin T. Engman 是美国马里兰格林贝尔特国家航空和宇宙航行局(NASA)/戈达德宇宙航行中心的水圈过程实验室的水文科学分支的学科带头人。他是《遥感水文学》(Chapman 和 Hall, 1991)一书的合著者,也是 150 多篇技术论文的著者或者合著者。在过去大约 20 年,他积极促进水文学的遥感应用并参与研究,先后在美国农业部门、农业研究服务、水文实验室工作,近来又在美国国家航空和宇宙航行局的戈达德宇宙航行中心的水文科学分支工作。

译 序



遥感作为信息采集的重要手段，已经为地球科学等领域的研究提供了大量宏观、同步的第一手资料。随着航天遥感技术的快速发展，这种信息的获取能力越来越强，在经济和社会的各个领域有着广阔的应用前景。我国遥感技术起步较晚，相对滞后，为使我国学者和工程技术人员对遥感技术在水文与水管理中的应用的世界发展动态有一个全面的了解，翻译了《遥感在水文与水管理中的应用》一书。主要内容有遥感概述与基本原理、遥感在水文监测和建模中的应用、遥感数据辅助下的水管理和展望四个部分共 20 章，书后附有遥感卫星和传感器的信息，以及常用的缩略语表。书中每章开始都有引言，结尾附有该章经过选择的参考文献，全书附有大量的彩色和黑白影像或像片。

本书具有以下几个特点：

结构严谨 本书包括四个部分，共 20 章内容。第一部分（第 1~4 章）概述与基本原理，第二部分（第 5~14 章）遥感在水文监测和建模中的应用，第三部分（第 15~19 章）利用遥感数据辅助下的水管理，第四部分（第 20 章）展望。全书深入浅出，循序渐进，由遥感的基本原理到其在水文及水管理各方面的应用，详细介绍了遥感的定量和定性方法，最后分析和探讨了遥感在水文与水管理中的发展趋势。每章都列出了相关文献，并列举出大量的图表，以供读者进一步深入探讨和研究。

针对性强 目前已有的遥感书籍大部分是对遥感在某个领域应用的综合介绍。本书对水科学中水文与水管理领域中的遥感装置和应用作了详尽的介绍，可以成为水科学领域专业人员和爱好者的参考书籍。书中不乏大量的专业技术和理论，同时注重把抽象的理论与具体的案例相结合，便于理解和比较。

案例鲜活 原著中精选了大量的案例、插图和表格，内容丰富，资料翔实，不仅反映了水科学领域的发展现状和研究成果，而且有利于读者理解和分析，这是非常难得和有益的。

原著是在国际水文科学协会遥感专业委员会原主席 G. Schultz 教授主持

下，组织世界范围内相关领域的顶级专家联合编写的，是遥感在水文与水管
理应用中不可多得的参考资料。希望此书能够以快速有效的方式将遥感技术
应用的最新信息传达给广大研究学者和爱好者。由于译者水平有限，译文中
难免有错漏和不足之处，敬请读者批评指正。

感谢国家自然科学基金重点项目（50139020）的资助。感谢程磊、孙燕
楠、刘长山、李晓东、刘慧、唐晓亮、孟宇、郭伟和田雪等在翻译及校对中
所做的贡献。感谢许士国教授对全书进行了细致的审校。特别感谢郭伟在统
稿整理过程中所做的大量细致、认真的工作。感谢中国水利水电出版社的王
艺编辑为本书所做的努力。

译者

2006 年 1 月于大连理工大学

前言



一些咨询工程师曾经告诉本书的作者：“如果你了解遥感，你就可以在不存在数据，甚至是在不具备地面测量条件的地方获得水文数据。因此，在发展中国家就能够根据需要的容量设计出一个饮用水供水水库。”另一方面，作者被告知：“由于不可能通过遥感数据估计地面水资源和地表径流，因此遥感并不是十分有用的。”本书的主要目的是给读者提供一些关于遥感在水文和水管理领域的潜能和局限性的正确信息，来纠正这类未被证明正确性的猜想，以及言过其实的批评。

本书可以用作参考书籍或教科书，而非会议论文的汇总。本书旨在提供一些方法，帮助读者解决在水文和水管理中遇到的问题。因此，所提出的科学问题只是遥感应用中所必需的。读者将会在一些领域中看到（如蒸散发量、土壤含水量和水文模型等）。尽管已经可以使用一些可操作技术（如融雪径流模型、土地利用分类、土地利用变化检测、洪水预报与控制），但这些科学问题仍旧处于发展阶段。此外，读者将会通过本书认识到，在许多情况下，遥感数据仅仅是其它数据的辅助信息，例如：数字地图、数字高程模型、现代液体比重计数据等。在大多数情况下，遥感不能替代传统数据，但是可以扩大传统数据。

在水文和水管理中遥感的应用不仅要求大量遥感数据，而且要求存取到要求的硬件或软件中。希望读者意识到这样一点，近几年使用和操作遥感数据已经大大地简化，并且价格低廉。前几年需要在昂贵的专用计算机上才能够完成的任务，现在采用台式机就可以完成，以合理的价格就可以获得高性能的计算机系统和功能强大的软件。我们也看到，尽管遥感数据到水文信息的转化算法变得越来越多，越来越复杂（可以处理多个卫星的数据，或者将卫星数据与传统数据融合），但是它们分布在良好的用户操作界面中，易于使用。而且，遥感数据、地面真实情况（例如来自现代液体比重测量设备的信息）和功能强大的软件的结合占据着主导地位，例如 GIS（地理信息系统）对水文学者和水管理者的研究来说是相当有用的工具，可帮助他们解决遇到的问题。

本书期望针对的读者包括水文学者和水管理者，即土木工程师、环境工程师、地球学家和农业工程师。提供的这些信息强调了在水文监测、建模以及水资源管理决策中遥感数据可能的应用。

由于遥感数据独有的特性，出现了许多新的技术，它们具有与传统水文和水管理数据和模型不同的结构。而且，这些结构可以提供新颖和独特的信息，这一般是不可能从传统的测量方法和模型中获得的。

此外，我们发现越来越多的大学院系（例如土木工程、农业和地球科学）开设了遥感理论和应用的课程。这本书对这些专业的学生也是有价值的，因为本书提供了遥感在水文和水资源管理中应用的最新纲要。

这是一个自然科学和技术科学领域中的知识增长给人们留下深刻印象的时代，也是一个相关技术快速变化的时代。编辑们意识到这些信息中的绝大部分分散在以学科为导向的刊物和出版物中。基于编辑们自身的科学研究工作和长期的国际交流活动，他们意识到如果能够将这些信息收集编辑成一本书，对水文和水管理学术团体将是十分有益的。编辑从 9 个不同国家的许多学术团体中精选出 25 人作为本书的作者。虽然本书将近 500 页，但并不是全面的，因此书中给出详尽的参考文献，总计有 700 多篇，这对帮助读者理解本书所讲述的内容是十分重要的。

不仅要感谢合作了四年多的所有作者，而且感谢 Joachim Geyer，他协助进行了各章的编辑工作，感谢 Springer-verlag 统筹了本书的制作和出版。

Gert A. Schultz

德国波鸿鲁尔大学

Edwin T. Engman

美国马里兰格林贝尔特国家航空和

宇宙航行局 (NASA) / 戈达德宇宙航行中心

目 录

作者简介

译序

前言

第一部分 概述与基本原理

1 概论	3
1.1 引言	3
1.2 遥感的定义	3
1.3 遥感数据的本质	4
1.4 卫星系统	5
1.4.1 遥感平台	6
1.4.2 遥感传感器	9
1.4.3 空间分辨率	10
1.4.4 时间分辨率	11
1.5 遥感与水文学	11
1.6 本书的结构	12
2 遥感的物理原理和技术要点	14
2.1 引言	14
2.2 电磁光谱和辐射率	14
2.3 大气传播	18
2.4 自然介质的反射和发射特性	22
2.5 传感器原理	26
2.6 现在和未来的地球观测任务概述	31
3 遥感数据处理：硬件和软件准备	34
3.1 图像处理系统的特点	34
3.1.1 中央处理器（CPU）：个人电脑、工作站和大型机	34
3.1.2 系统分析员人数及操作方式	35
3.1.3 串行与并行图像处理、算术协处理器和随机存取存储器（RAM）	37

3.1.4	操作系统和软件编译器	37
3.1.5	大容量存储	39
3.1.6	屏幕显示分辨率	41
3.1.7	屏幕颜色分辨率	41
3.1.8	图像扫描(数字化)思考	42
3.2	图像处理和 GIS 软件应用	43
3.2.1	预处理	44
3.2.2	显示和加强	45
3.2.3	遥感信息提取	45
3.2.4	摄影测量的信息提取	46
3.2.5	元数据和图像/地图系列文档	46
3.2.6	图像和地图的制图成分	49
3.2.7	地理信息系统 (GIS)	49
3.2.8	应用	49
3.3	经济实用的数字图像处理系统	50
3.4	小结	50
4	遥感信息数据与地理信息系统的集成	57
4.1	引言	57
4.2	一般方法	59
4.2.1	栅格和矢量数据结构	59
4.2.2	现有集成方法	61
4.2.3	与地理数据处理过程相关的误差	63
4.3	当前的应用	64
4.3.1	流域数据库的开发	64
4.3.2	高程数据的集成使用	64
4.3.3	土地利用/土地覆盖类型变化监测	65
4.3.4	流域径流量建模	66
4.3.5	水质监测与建模	68
4.3.6	土壤侵蚀监测	68
4.4	展望	69

第二部分 遥感在水文监测和建模中的应用

5	水文建模中的遥感	77
5.1	引言	77
5.2	实际水文模型中遥感的应用	78

5.3 耦合水—能量平衡模型中的遥感	82
5.4 遥感方法	83
5.4.1 太阳辐射	84
5.4.2 下降长波	84
5.4.3 降水	85
5.4.4 气温	85
5.4.5 表面空气湿度	86
5.5 模型实例：红河—Arkansas 流域	87
5.6 发展方向	88
6 降水	103
6.1 引言	103
6.2 一般方法	104
6.2.1 地面雷达	104
6.2.2 可见光和红外线卫星数据的使用	105
6.2.3 无源微波卫星数据的使用	106
6.2.4 航天雷达	106
6.3 当前技术	107
6.3.1 降雨的单偏振雷达测量	107
6.3.2 降雪和雹的测量	110
6.3.3 多参数雷达	111
6.3.4 降雨量估计的卫星云指数和生活史方法	112
6.3.5 双光谱技术	114
6.3.6 空间降雨的无源微波估计	115
6.3.7 采样误差	116
6.4 改进的潜力	118
6.4.1 当前的性能标准	118
6.4.2 展望	119
7 土地利用和流域特征	125
7.1 引言	125
7.2 用遥感绘制土地覆盖类型地图	126
7.3 植被指数	127
7.3.1 简单植被指数	128
7.3.2 归一化植被指数 (NDVI)	129
7.3.3 精确的估计	131
7.3.4 多时相植被指数	131

7.4 专题分类	132
7.4.1 图像分类方法	133
7.4.2 最大似然分类	136
7.4.3 讨论	137
7.4.4 概率估计的精确化	138
7.4.5 分割	140
7.4.6 巴西 Pantanal 地区的范例研究	140
7.5 雷达	142
8 蒸发	148
8.1 引言	148
8.1.1 概述	148
8.1.2 地面蒸发的遥感测量	149
8.2 蒸发和辐射测量的变量	150
8.2.1 潜在蒸发	150
8.2.2 实际蒸发	152
8.3 土地蒸发的遥感测量: 应用和模拟方法	154
8.3.1 概论	154
8.3.2 蒸发和地表温度的线性关系 [1]	156
8.3.3 改进的线性关系 [2]	157
8.3.4 蒸发、地表温度和光谱指数的关系 [3]	157
8.3.5 土壤—植被—大气输送 (SVAT) 模型 [4]	158
8.3.6 集成 SVAT 和行星边界层 (PBL) 模型 [5]	159
8.4 当前趋势: 改进的观测和参数化方法	160
8.4.1 局部最大蒸发量和地表温度 [6]	160
8.4.2 改进的地表变量观测 [7]	163
8.5 空间可变性	165
8.6 精度	166
8.7 应用	167
8.8 目前及未来的观测	168
8.9 概要和总结	169
9 土壤含水量	187
9.1 引言	187
9.2 一般方法	188
9.3 传感器—目标相互作用	191
9.4 水文实例	197

9.5 未来微波遥感在土壤含水量测量中的应用	200
10 地表水的遥感分析	206
10.1 引言	206
10.2 地表水探测	207
10.3 湖泊和水库面积的估测	209
10.4 湿地	211
10.5 湖泊水位	213
10.6 河流水位和流量	216
10.7 洪水范围	218
10.8 结论	222
11 积雪和冰	228
11.1 积雪和冰的作用	228
11.2 一般方法	229
11.2.1 Gamma 射线	229
11.2.2 可见光图像	231
11.2.3 热红外	232
11.2.4 有源和无源微波	233
11.2.5 相关应用	236
11.3 当前的应用	237
11.3.1 NOHRSC (美国国家应用水文遥感中心) 积雪覆盖和雪水当量 的测量	237
11.3.2 加拿大草原雪水当量制图	238
11.3.3 融雪径流的预报计算	240
11.4 未来的方向	243
11.4.1 提高无源微波的分辨率	243
11.4.2 改进的无源微波算法	243
11.4.3 雷达应用的前景	243
11.4.4 各种数据类型的综合	244
12 土壤侵蚀	261
12.1 引言	261
12.2 遥感使用基础	263
12.3 应用	264
12.4 实例研究	266
12.4.1 图像解译/摄影测量	266
12.4.2 模型/GIS 输入	268

12.4.3 光谱特性	269
12.4.4 地形测量	271
12.5 未来发展趋势	272
13 水质	278
13.1 引言	278
13.2 遥感的应用基础	279
13.3 应用	280
13.4 实例研究	281
13.4.1 悬浮泥沙	281
13.4.2 叶绿素	284
13.4.3 温度	286
13.4.4 油	288
13.5 未来的发展趋势	289
14 地下水	295
14.1 引言	295
14.2 水文地质的概念化	296
14.2.1 三维水文状况	296
14.2.2 地下水水面	298
14.2.3 水流系统	300
14.3 水量平衡	301
14.3.1 地下水灌溉方案	302
14.3.2 补给	303
14.4 坚硬岩石地形和线性构造	308
14.5 地下水管理与结论	310
14.6 总结与展望	310

第三部分 遥感数据辅助下的水管理

15 遥感在水管理中的应用	319
15.1 引言	319
15.2 水管理中遥感应用潜力	319
15.2.1 观测和制图	319
15.2.2 空间分析和分区	321
15.2.3 监测与预报	322
15.3 遥感支持下的流域规划	323
15.3.1 引言	323

15.3.2	水文监测和预测	323
15.3.3	流域中的上下游关系	324
15.4	遥感辅助下的流域管理	325
15.4.1	引言	325
15.4.2	水文图像解译在流域管理中的应用	327
15.5	小范围水资源开发和遥感	328
15.5.1	引言	328
15.5.2	在遥感技术辅助下的径流收集研究	328
15.5.3	洪水的延伸和地下水的补给	329
15.6	灌溉水管理和遥感	329
15.7	水管理的决策支持系统	330
15.7.1	引言	330
15.7.2	专家系统和决策支持系统	331
16	洪水预报和控制	345
16.1	引言	345
16.2	一般方法	346
16.2.1	模型方法	346
16.2.2	遥感数据的种类和要求	346
16.2.3	从遥感数据中得到水文气象信息	348
16.2.4	地区降雨到径流水位图实时预报的转换	349
16.3	基于遥感数据的洪水预报辅助下的实时洪水控制范例	351
16.3.1	基本原理	351
16.3.2	雷达降雨量测量应用于 Günz 河流域	352
16.3.3	定量的降雨量预报	352
16.3.4	降雨—径流模型在洪水预报中的应用	354
16.3.5	基于洪水水文预报图的水库最优操作	355
16.4	城市环境下的洪水预报和控制	356
16.5	展望	359
17	灌溉和排水	362
17.1	引言	362
17.1.1	现有的非遥感方法及其局限性	363
17.1.2	遥感在灌溉和排水中的应用回顾	364
17.2	一般方法	365
17.2.1	应用与可观测性对比及算法	365
17.2.2	理论和概念性的方法	365

17.2.3 应用举例	369
17.3 当前的应用	371
17.3.1 一般应用	371
17.3.2 高分辨率的灌溉土地制图	371
17.3.3 农作物需水量——可见光和近红外线	373
17.3.4 农作物缺水——红外线	373
17.3.5 流域水文	374
17.3.6 盐碱地的发现	375
17.3.7 灌溉管理	375
17.4 目前和未来的观测	376
17.5 未来方向和潜力	377
18 无计量河流流域水利工程设计的水文数据计算	385
18.1 引言	385
18.2 一般方法	386
18.2.1 模块 1: 卫星系统, 数据处理	387
18.2.2 模块 2: 以多时相卫星图像为基础估计每月地区降水	389
18.2.3 模块 3: 径流量的估计	391
18.3 应用	392
18.3.1 研究区域和所用数据	392
18.3.2 多时相 B2 - Meteosat 卫星图像辅助下地区月降水量估计	392
18.3.3 降雨—径流模型	394
18.4 进一步应用	395
18.5 总结与讨论	396
19 土地覆盖变化趋势检测及对水管理的影响	400
19.1 引言	400
19.2 水文模型和土地覆盖变化	402
19.3 研究实例: 西欧 Sauer 河流域土地利用变化的遥感检测	404
19.4 总结	412
第四部分 展 望	
20 展望	425
20.1 引言	425
20.2 水文研究与建模现状	426
20.3 水管理	428
20.4 水文学和水资源管理中的数据问题	429

20.5	攻坚计划	430
20.6	已有的传感器和平台	432
20.7	计划中和已提出的传感器和平台	433
20.8	遥感和水文学的未来需要	434
缩略语表		449