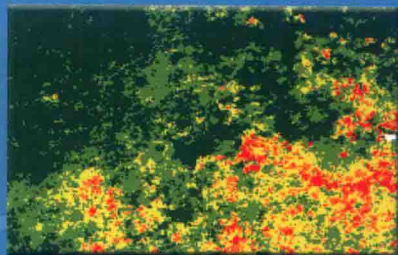
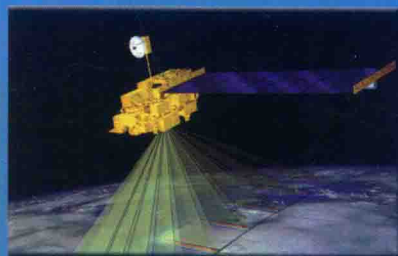


遥感水利应用技术丛书

旱情遥感监测

理论方法与实践

● 黄诗峰 辛景峰 杨永民 马建威 等 著



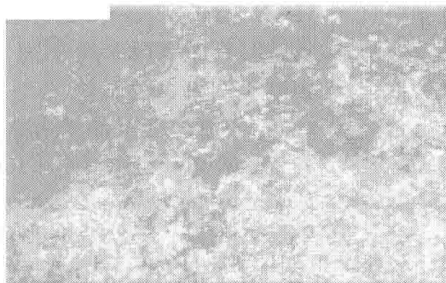
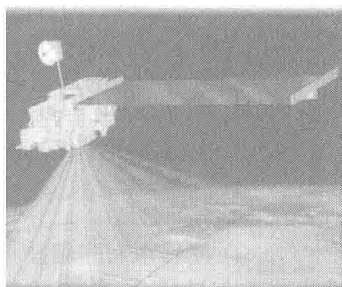
中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

非外借

遥感水利应用技术丛书

旱情遥感监测 理论与方法与实践

黄诗峰 辛景峰 杨永民 马建威 等著
雷添杰 李小涛 曲伟 李景刚



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书是旱情遥感监测评估工作实践的总结，其内容涵盖了旱情遥感监测指标、旱情遥感监测数据源及处理方法、旱情监测遥感指数模型方法、基于卫星遥感降雨产品旱情监测评估、基于可见光/微波的土壤水分反演及旱情监测、蒸散发遥感估算、区域水体动态监测及旱情分析。本书理论先进、技术实用、内容丰富，对旱情遥感监测评估相关工作具有较好的理论与实践指导意义。

本书可供从事旱情遥感监测和遥感技术应用等相关工作的科研、业务和应用开发人员使用，也可供相关专业高校师生参考。

图书在版编目（C I P）数据

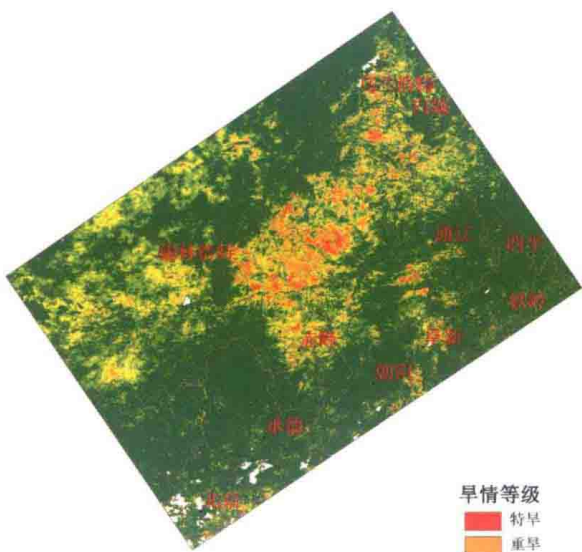
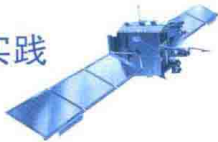
旱情遥感监测理论方法与实践 / 黄诗峰等著. — 北京：中国水利水电出版社，2016. 11
（遥感水利应用技术丛书）
ISBN 978-7-5170-4917-3

I. ①旱… II. ①黄… III. ①遥感技术—应用—旱情—监测—研究 IV. ①P426. 616

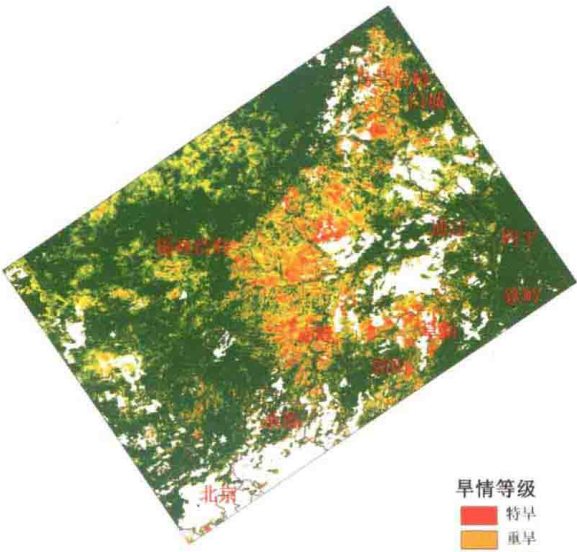
中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第294122号

书 名	遥感水利应用技术丛书 旱情遥感监测理论方法与实践 HANQING YAOGAN JIANCE LILUN FANGFA YU SHIJIAN
作 者	黄诗峰 辛景峰 杨永民 马建威 等 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 13.75印张 335千字 4插页
版 次	2016年11月第1版 2016年11月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	45.00元

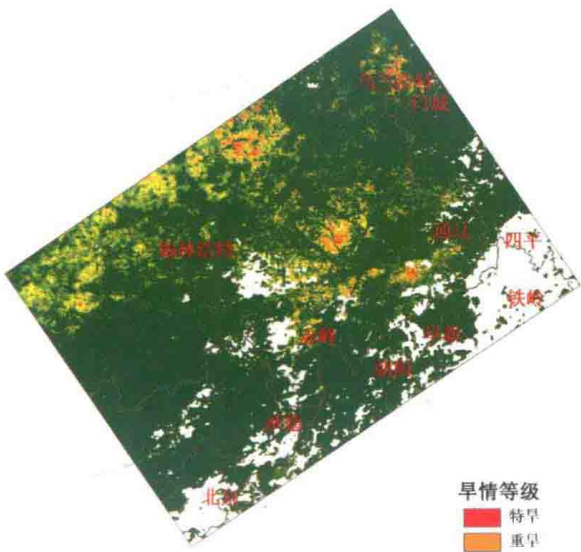
凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究



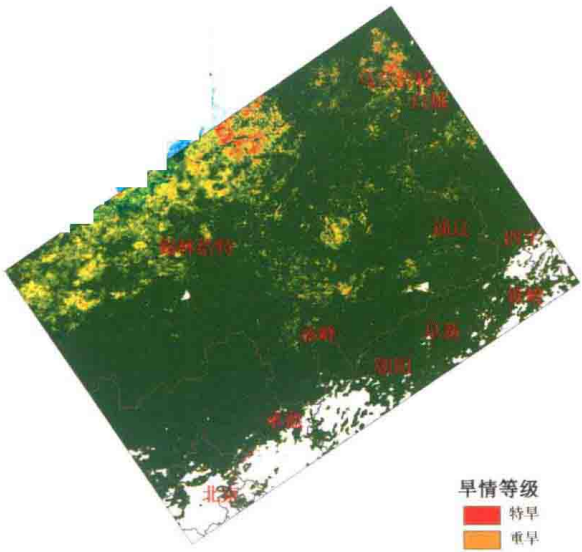
(a) 2016年7月10日



(b) 2016年7月18日

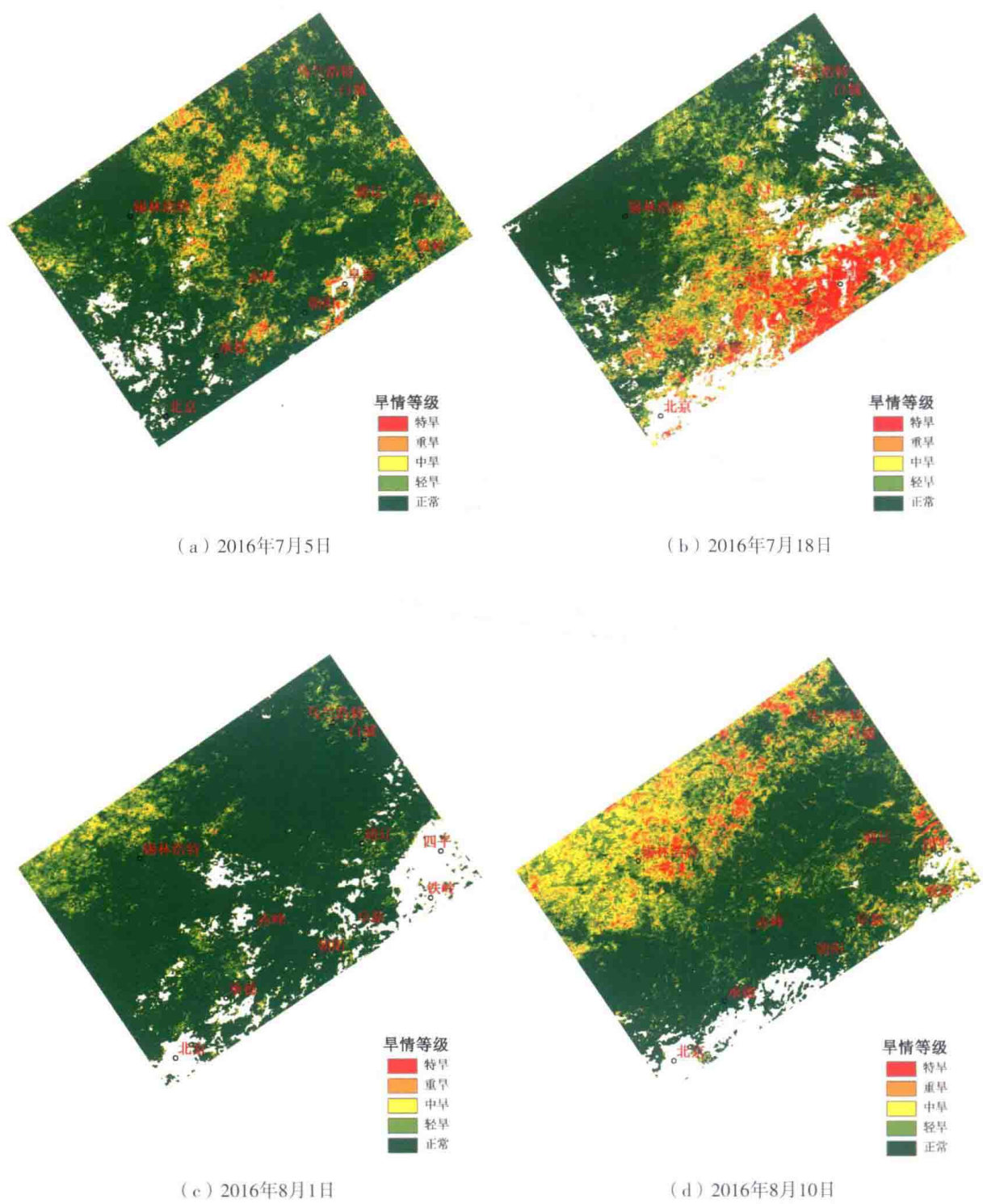


(c) 2016年8月1日

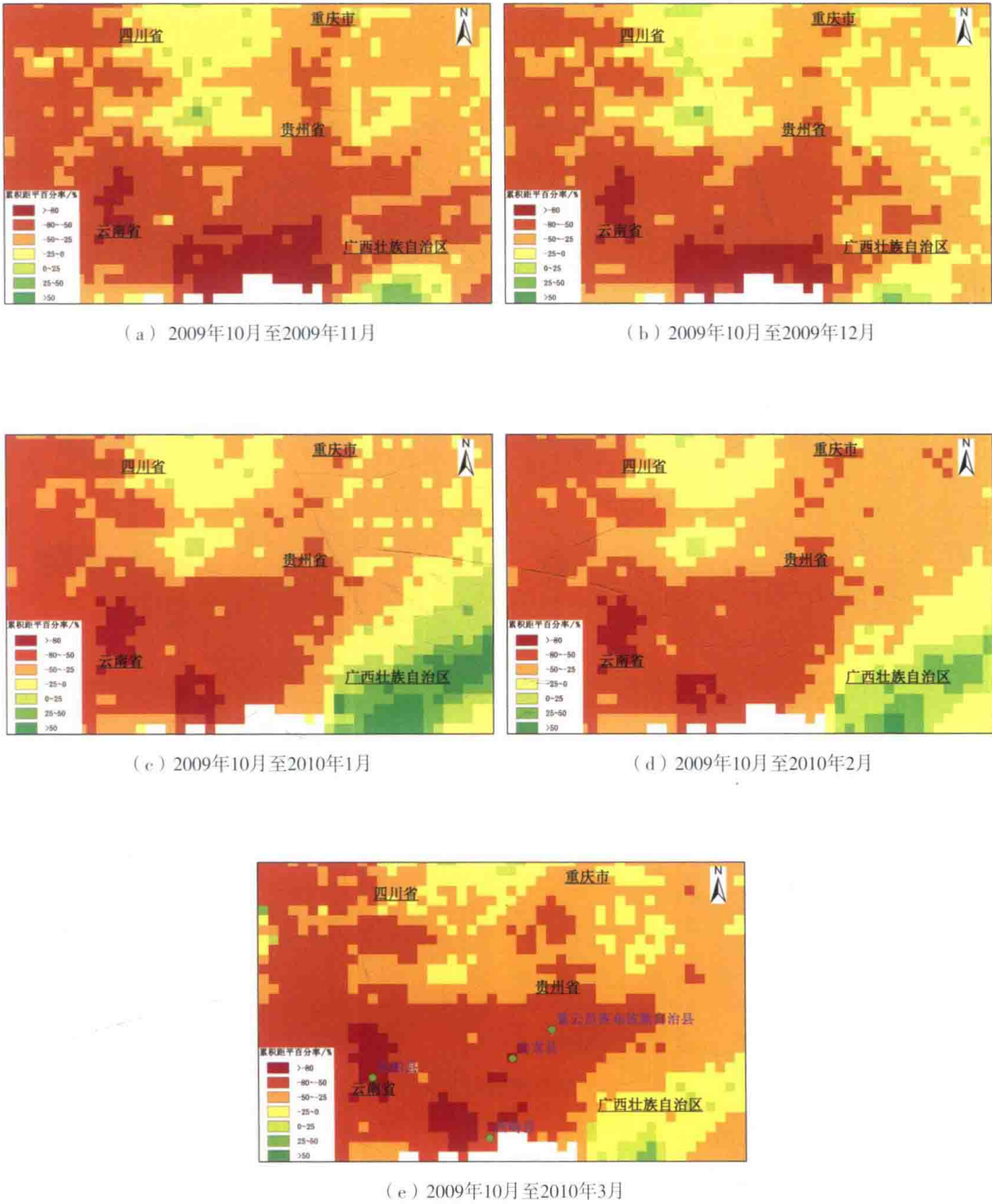


(d) 2016年8月10日

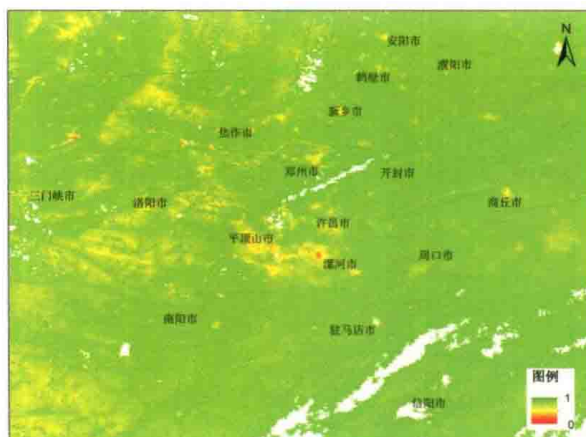
彩图1 基于VCI的内蒙古东部地区旱情等级分布图



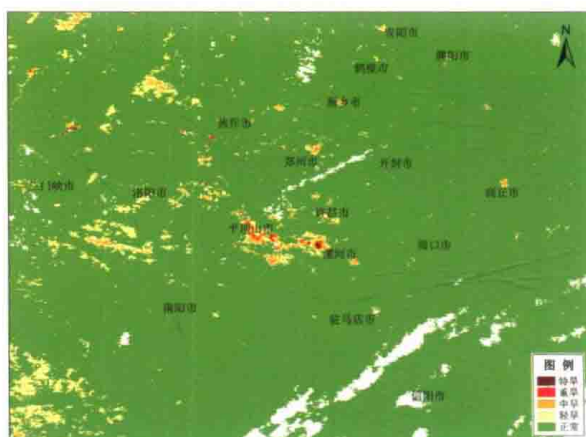
彩图2 基于TCI的内蒙古东部地区旱情等级分布图



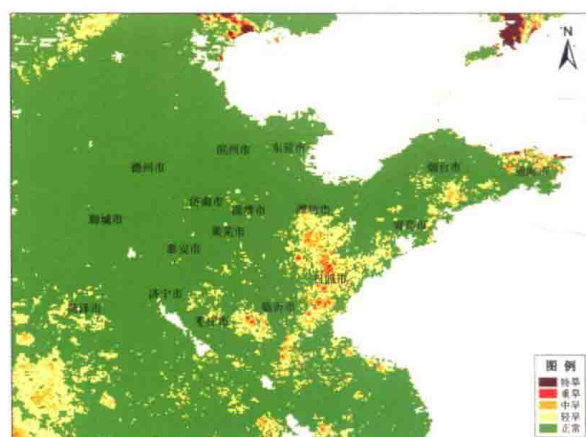
彩图3 2009年10月至2010年3月西南5省累积降水距平百分率分布图



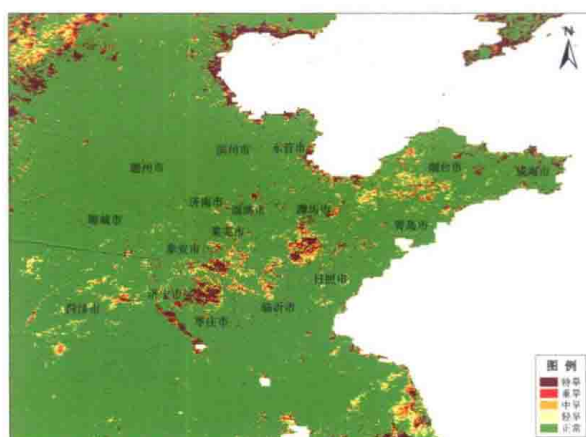
彩图4 2014年7月14日河南地区土壤含水量分布图



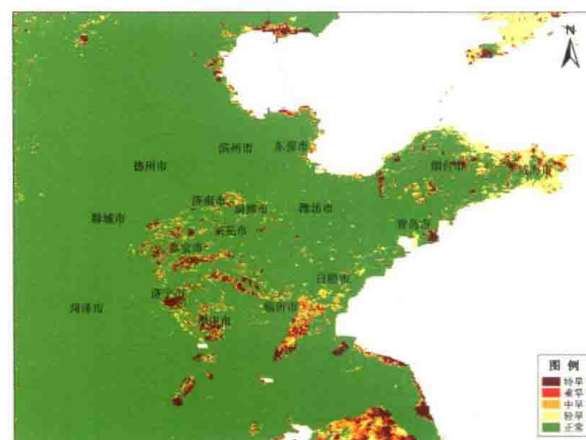
彩图5 2014年7月14日河南地区旱情等级分布图



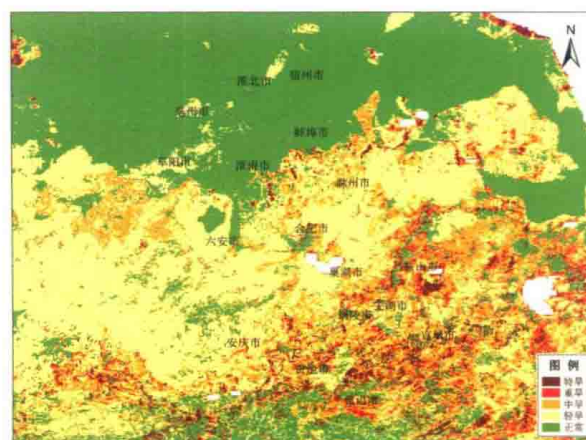
彩图6 2011年2月21日山东地区旱情等级分布图



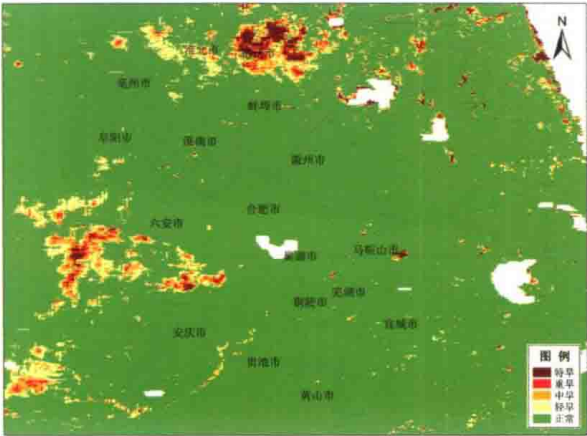
彩图7 2013年11月7日山东地区旱情等级分布图



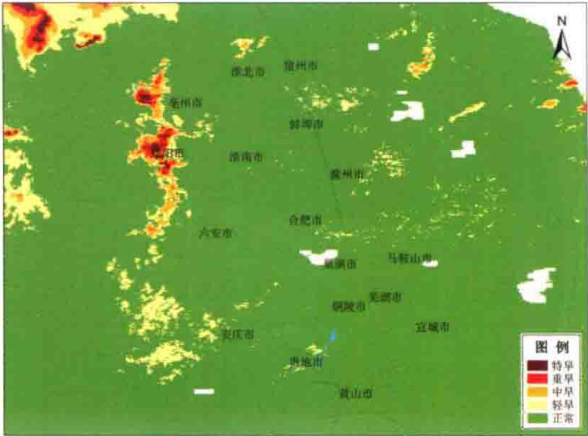
彩图8 2014年4月5日山东地区旱情等级分布图



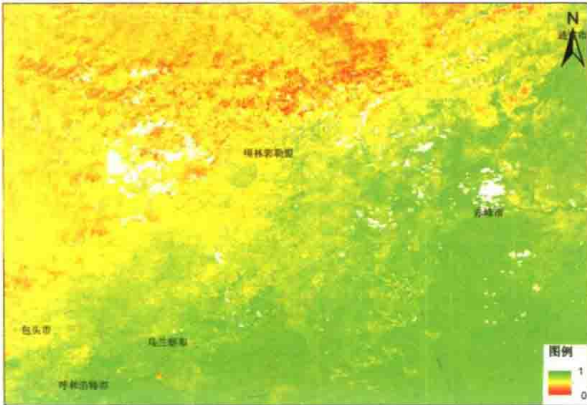
彩图9 2013年8月17日安徽地区旱情等级分布图



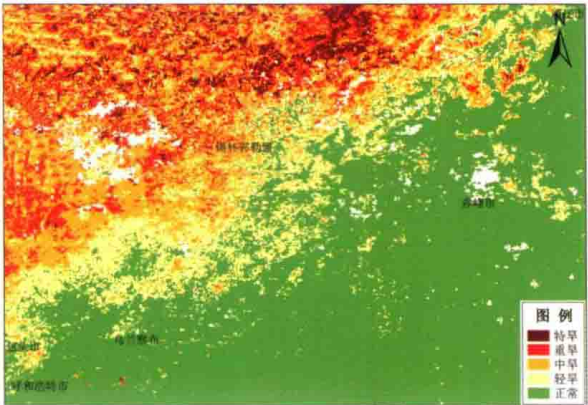
彩图10 2014年1月23日安徽地区旱情等级分布图



彩图11 2015年9月28日安徽地区旱情等级分布图

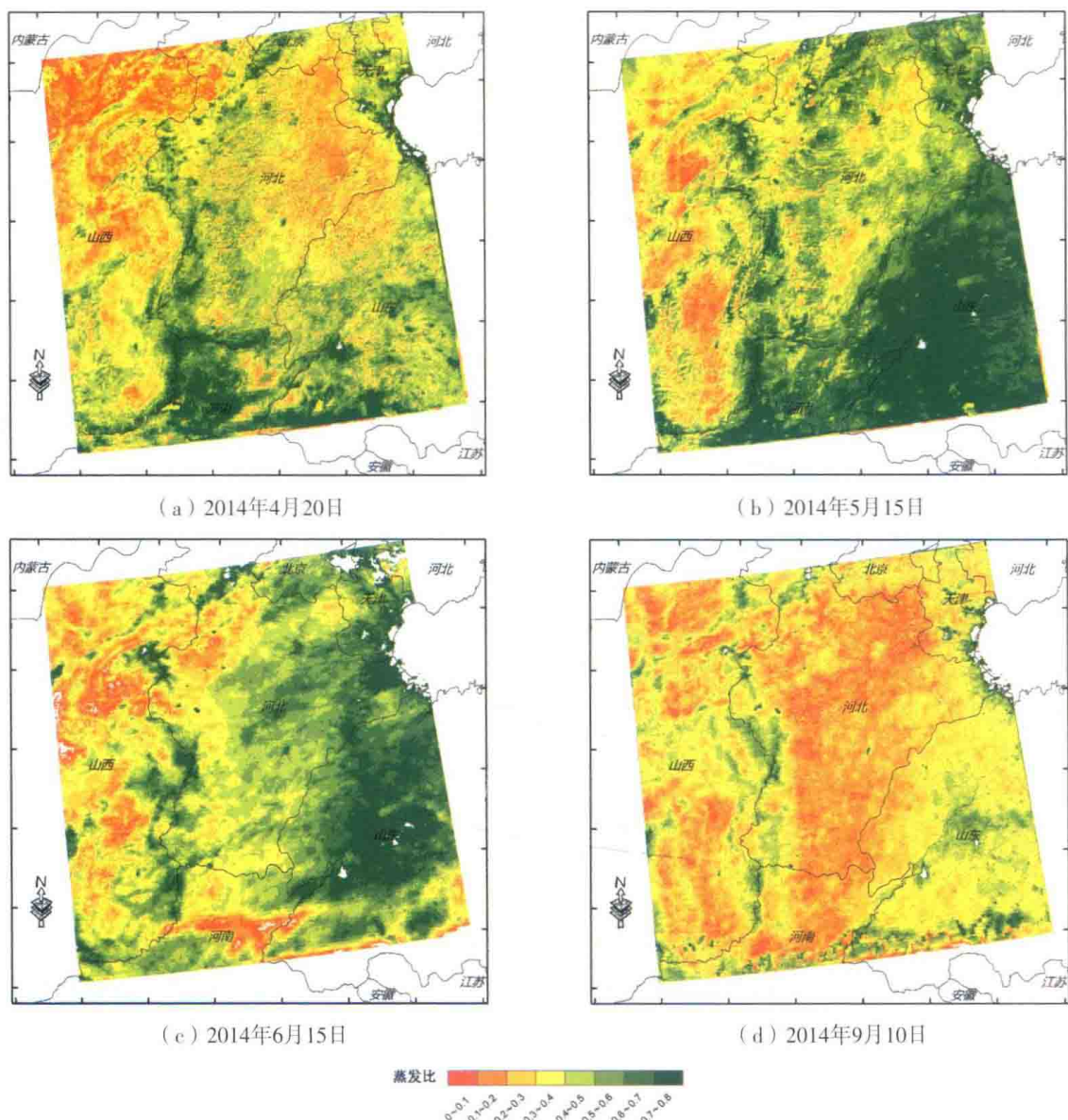


(a) 土壤含水量分布图

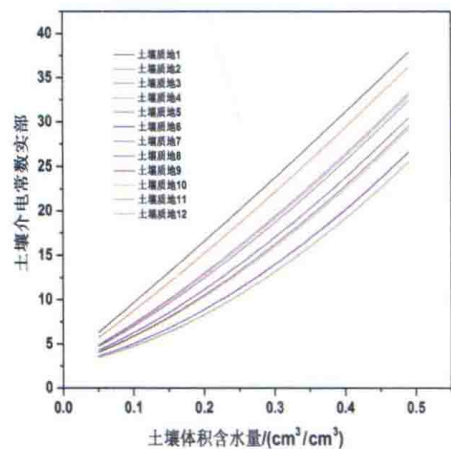


(b) 旱情等级分布图

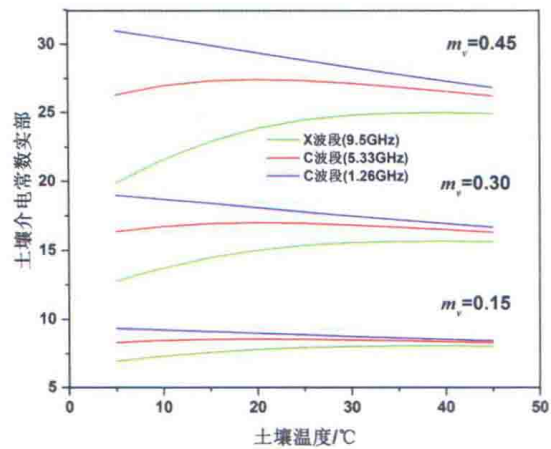
彩图12 2016年7月29日内蒙古锡林郭勒盟地区旱情遥感监测图



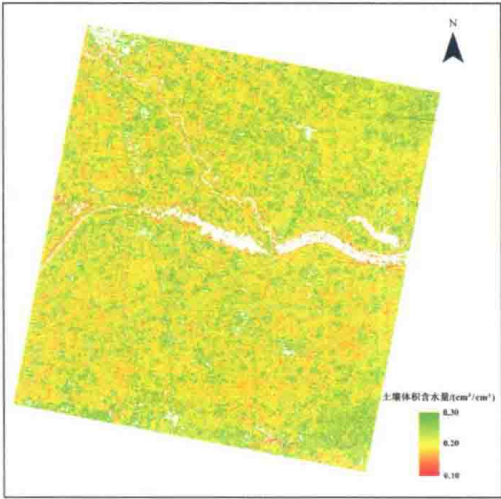
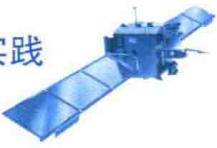
彩图13 华北局部区域蒸发比分布图



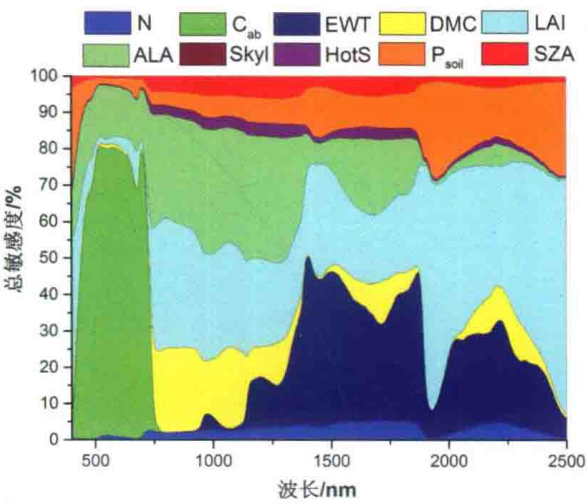
彩图14 C波段下不同土壤类型的土壤介电常数实部随土壤水分变化图（温度24℃）



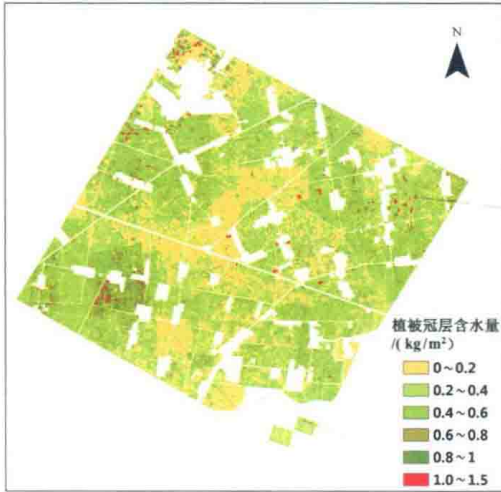
彩图15 不同频率、不同土壤水分下土壤介电常数实部随温度变化图



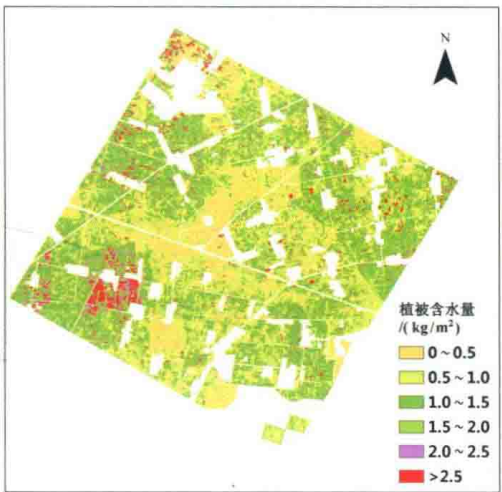
彩图16 2014年11月23日安徽省固镇县地区土壤水分分布图



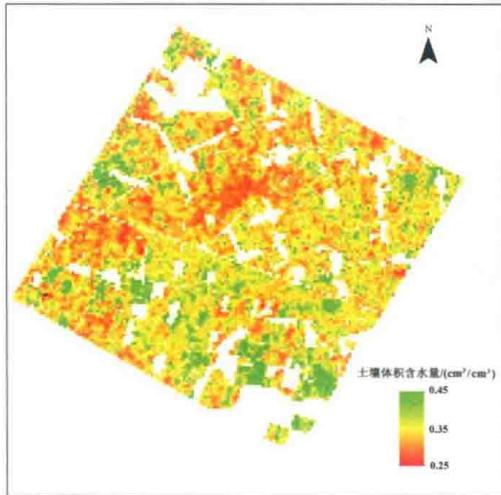
彩图17 PROSAIL模型各参数的总敏感度



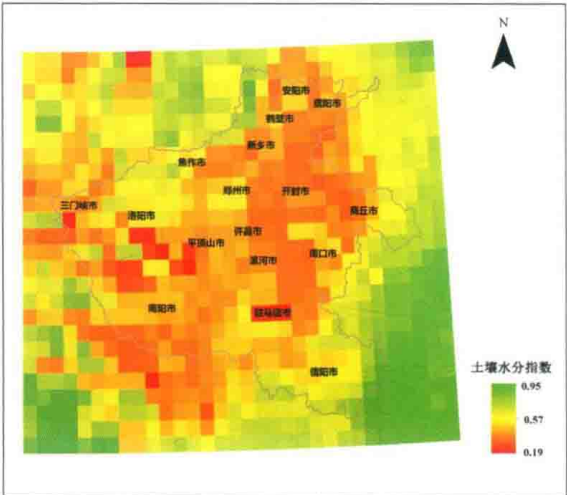
彩图18 2012年6月29日黑河中游核心矩阵观测区玉米植被冠层含水量分布图



彩图19 2012年6月29日黑河中游核心矩阵观测区玉米植被含水量分布图



彩图20 2012年7月6日黑河中游核心矩阵观测区土壤水分分布图



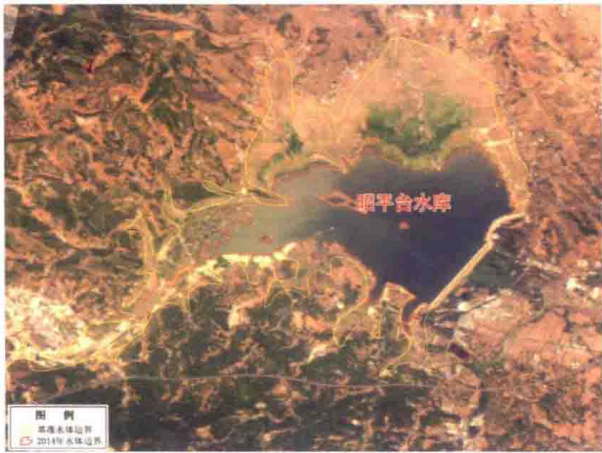
彩图21 2014年7月27日河南省土壤水分指数(0~7cm)分布图



(a) 2014年7月白龟山水库GF影像分析



(b) 2013年7月白龟山水库TM影像分析

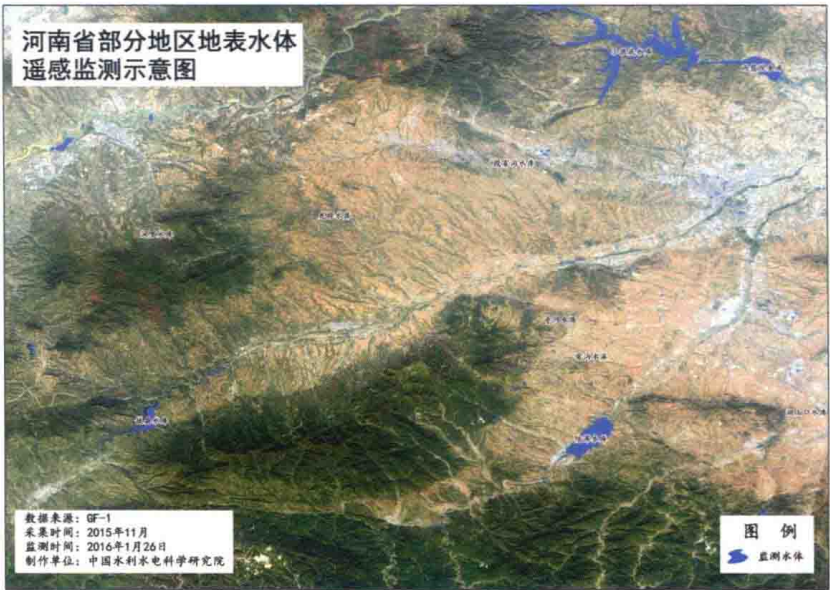


(c) 2014年7月昭平台水库GF影像分析



(d) 2013年7月昭平台水库TM影像分析

彩图22 水库面积变化对比



彩图23 2015年11月河南省地表水体遥感监测专题图



序

干旱自古以来就是一种司空见惯的自然现象，干旱发展到旱灾也很频繁，损失也是很大的。但要给这个与人类生活和社会经济发展非常密切的自然现象下个定义却并不简单。河流水位下降了、地下水位下降了、湖库水面面积缩小了、农作物缺水了等，是不是干旱，从不同的角度出发，结论是不一样的。例如，多日不降水了，但当时农作物需水不多或者能从地下水或地表水得到灌溉，从农业角度看就不旱。这就是为什么至今干旱还没有一个统一的定义，而是分门别类地有了气象干旱、水文干旱、城市（供水）干旱、生态干旱等面向对象的干旱定义。某种干旱发生时，其他干旱可同时发生但并不一定发生。干旱是一种自然现象，但又广泛地受人类活动的影响，也许“缺水”这个看似不高大上的常用词表达得还更有些普适性和得体些。旱情，顾名思义是干旱的情况和程度。不同门类的干旱就会有不同的物理表征，有不同的物理量来表达，自然就会有相互很难统一的不同的指标体系。由于上述的复杂性，对于干旱的监测，尤其是旱情评价，很久以来一直是人们关注的热点，一直是处在研究的前沿。

干旱监测的传统手段，涉及土壤含水量、河湖和水库的水位、蒸散发（含气温、风力、湿度、辐射等）、降水量、地下水位、作物生长情况、林木草地生长情况等大多可以定量观测，但如生长情况往往要凭视觉判断。这些手段基本是基于点观测，而干旱的特征又是体现在面上的，因此常规观测不可避免地有代表性不足的重大缺陷。遥感技术的问世显然可以对症下药，覆盖面大、可观测的与干旱有关的要素非常多，尤其是干旱监测对空间分辨率的要求不高，免费且时间分辨率很高的产品不难获取，因此遥感在干旱监测中的应用研究已有很长的历史，尤其是对土壤含水量、植被指数，其中又以土壤含水量最为复杂，因为遥感不能直接测出土壤含水量，都是通过与之有较密切关系的其他物理量转换的，或者是与由一些物理量组成的指标建立关系而估算的。由于影响因素多，模型的地域适用性及参数的特殊性非常突出，不可能将同样的模型和同一套参数用遍全国。即使在同一个地区，不同季节或主要农作物的不同生长期的指标也不尽相同。

随着卫星遥感技术的发展进步，涉及水循环和能量平衡的相关要素，如地表反照率、地表温度、降水、蒸发、土壤水分等都可以通过遥感手段获得，卫

星遥感为区域旱情监测和评估提供了重要的手段。

《旱情遥感监测理论方法与实践》一书的作者是我的新、老同事们，他们在遥感监测领域已进行了长时间的系统研究，并且在实用化和业务化方面做了些工作。这本书基本上涵盖了干旱遥感监测的理论、模型、方法及实践，以应用为目标，数据翔实、案例丰富。该书从卫星遥感的最新进展和趋势出发，介绍了旱情监测指标和旱情遥感监测指标、遥感监测数据源及处理方法、旱情监测遥感指数模型方法、降水量估算方法、可见光/微波遥感的土壤水分反演、蒸散发估算方法、区域水体动态监测方法，并基于遥感模型方法开展了区域旱情监测的实践应用。研究结果可为卫星遥感在水利行业的应用提供指导，进而促进遥感应用于水利行业的深度和广度，有一定的参考价值。

目前，该书作者正在为干旱监测评估的业务化运行的实现而努力，上面提到的一些关键问题也正是他们要在实践中解决的。只有投入了实际应用，才能发现问题和进一步创新发展。期待遥感技术在干旱监测评估业务中发挥更大作用，并推进水利信息化快速发展。

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, flowing characters that appear to be 'Jian' followed by a long horizontal stroke.

2016年10月

前言

干旱是对人类社会影响最严重的气候灾害之一。我国地处东亚,季风气候明显,年际间季风的不稳定性造成了我国干旱的频繁发生,局地性或区域性的干旱灾害几乎每年都会出现。据统计,近十几年,我国干旱灾害发生频繁,影响范围不断扩大,损失增长趋势明显,连续性、极端干旱灾害时有发生,对我国粮食安全、饮水安全和生态安全造成了严重威胁,成为制约我国经济发展主要因素之一。

旱情监测是抗旱工作的前提和基础,建立一套实时高效定量的旱情监测系统已成为新时期治水思路下解决我国干旱问题的重点。作为一项重要的非工程措施,旱情监测对于实时掌握旱情动态、科学指导抗旱救灾、最大限度地减少旱灾损失、提高抗旱管理水平、缓解水资源短缺矛盾、保护人民生命财产安全、实现水资源的可持续利用、保障社会经济可持续发展等都具有十分重要的现实意义。传统的基于土壤墒情测站的旱情监测方法,只能获得少量的点数据,再加上人力、物力、财力等因素的制约,难以迅速而及时地获得大面积的旱情信息,使得大范围的旱情监测和评估缺乏时效性和代表性。遥感旱情监测方法则是面上的监测,具有监测范围广、空间分辨率高、信息采集实时性强和业务应用性好等特性,可有效地弥补地面观测系统成本高、空间覆盖率低和观测滞后的缺点,为各级减灾部门及时高效提供决策支持服务。随着卫星遥感技术的迅速发展,干旱遥感监测模型实用化程度越来越高,遥感技术已成为旱情监测重要支撑手段。

尽管遥感技术早在 20 世纪 80 年代开始应用于旱情监测研究中,但总体上案例分析较多,系统总结偏少。本书作者先后参加了“九五”国家科技攻关重中之重项目“重大自然灾害监测与评估业务运行系统的建立”、社会公益研究专项资金项目“旱情遥感监测实用方法与业务化实验研究”“水旱灾害遥感监测预警技术体系研究与建立”“高分水利遥感应用示范工程(一期)水旱灾害遥感监测”“基于理论 VFC/LST 特征空间的区域蒸散发遥感反演研究”以及国家防汛抗旱指挥系统二期工程项目“水利部旱情遥感监测系统”等,开展了 2009 年北方冬麦区干旱、2010 年西南五省干旱、2011 年长江中下游干旱、2014 年华北和东北干旱等遥感监测与分析工作。本书在多年旱情遥感监测工作实践的基础上,系统地提出了旱情遥感监测的理论与方法,并介绍了近年来

应用遥感技术开展旱情监测的实例。

全书包括9章内容。第1章绪论,介绍了我国干旱灾害总体情况,分析了遥感在旱情监测中的作用,总结了旱情遥感监测现状与趋势,由黄诗峰、杨永民、马建威、雷添杰撰写;第2章旱情监测指标概述,介绍了干旱的分类,分析了旱情监测指标,重点探讨了旱情遥感监测指标,由雷添杰、黄诗峰撰写;第3章旱情遥感监测的数据源与预处理,分析了旱情遥感监测的数据源以及旱情遥感监测的数据预处理,由黄诗峰、雷添杰、马建威、辛景峰撰写;第4章旱情监测遥感指数模型,介绍了基于遥感反演植被指数和温度的旱情监测指数模型,由杨永民撰写;第5章基于降水遥感反演的旱情监测方法,介绍了基于降水遥感反演的旱情监测方法,由曲伟、李景刚、谭亚男、臧文斌撰写;第6章基于光学遥感土壤水分反演的旱情监测,介绍了基于光学遥感反演土壤水分的旱情监测模型,由辛景峰撰写;第7章基于蒸散发遥感反演的旱情监测,介绍了基于蒸散发遥感反演的旱情监测模型,由杨永民撰写;第8章基于微波遥感的旱情监测方法,介绍了基于微波遥感的旱情监测方法,由马建威、孙亚勇撰写;第9章基于水体面积变化的旱情遥感监测,介绍了基于遥感的水体提取方法以及基于水体面积变化的旱情监测模型,由李小涛、李蓉、李景刚撰写。全书由黄诗峰、辛景峰、杨永民统稿,许宗男参加了部分图件的绘制工作,王慧参加了部分文字修改工作。

本书的出版得到了高分辨率对地观测系统重大专项(08-Y30B07-9001-13/15)、国家自然科学基金(51420105014、41501415、41601569)和中国博士后科学基金(2016M591214)的资助。

本书撰写过程中得到了中国水利水电科学研究院李纪人教授的大力支持和热忱指导,并为本书作序,在此表示感谢。

由于撰写时间仓促,作者水平有限,不当之处恳请读者批评指正。

作 者

2016年10月

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 干旱灾害概述	1
1.2 我国的干旱灾害	2
1.3 遥感技术及其在旱情监测中的作用	6
1.4 旱情遥感监测国内外进展与趋势	8
参考文献	16
第 2 章 旱情监测指标概述	19
2.1 干旱分类与旱情监测	19
2.2 旱情监测一般指标	23
2.3 旱情遥感监测指标	38
参考文献	46
第 3 章 旱情遥感监测的数据源与预处理	52
3.1 旱情遥感监测数据源	52
3.2 光学遥感数据预处理	59
3.3 微波遥感数据预处理	63
参考文献	64
第 4 章 旱情监测遥感指数模型	66
4.1 植被指数与旱情监测	66
4.2 地表温度与旱情监测	71
4.3 旱情遥感监测指数模型方法	72
4.4 旱情遥感监测指数模型方法实践	74
4.5 小结	78
参考文献	78
第 5 章 基于降水遥感反演的旱情监测方法	80
5.1 降水旱情监测指标	80
5.2 降水遥感反演方法及产品	86
5.3 基于降水遥感反演的旱情监测实例	90
5.4 小结	98

参考文献	98
第6章 基于光学遥感土壤水分反演的旱情监测	100
6.1 土壤水分与旱情	100
6.2 基于光学遥感的土壤水分反演	101
6.3 基于土壤水分的旱情遥感监测	110
6.4 模型应用	116
6.5 小结	122
参考文献	123
第7章 基于蒸散发遥感反演的旱情监测	124
7.1 蒸散发与旱情监测	124
7.2 蒸散发遥感反演方法	126
7.3 基于蒸散发的旱情遥感监测方法	131
7.4 基于遥感蒸散的旱情监测实践	133
7.5 小结	138
参考文献	139
第8章 基于微波遥感的旱情监测方法	142
8.1 雷达遥感相关物理概念和参数	142
8.2 裸土区雷达土壤水分反演模型及应用实例	149
8.3 植被区雷达土壤水分模型及应用实例	162
8.4 全球微波土壤水分产品及其在旱情监测中的应用	178
8.5 小结	180
参考文献	180
第9章 基于水体面积变化的旱情遥感监测	185
9.1 概述	185
9.2 基于水体面积变化的旱情监测方法	186
9.3 基于区域水体面积变化的旱情遥感监测技术	189
9.4 基于典型水体水面积变化的旱情遥感监测技术	200
参考文献	210