



高等学校水土保持与荒漠化防治专业教材

“3S”技术在 水土保持中的应用

THE APPLICATION OF GIS, RS AND GPS IN SOIL AND
WATER CONSERVATION

毕华兴 主编

中国林业出版社

高等学校水土保持与荒漠化防治专业教材

“3S”技术在水土 保持中的应用

毕华兴 主编

中国林业出版社

内容简介

“3S”指地理信息系统（GIS）、遥感（RS）和全球定位系统（GPS）。目前，“3S”技术已广泛地应用于包括农业、林业、水利、牧畜业、土地、矿产、城市规划、军事等众多领域，随着水土保持科学技术的不断深入发展，“3S”技术成为现代水土保持科学与技术的一个重要环节。

本教材在对“3S”技术基本原理简要阐述的基础上，以“3S”中的通用软件为平台，分别介绍了地理信息系统、遥感以及全球定位系统在水土保持领域应用中的基本理论、实践方法以及相应软件操作。

本教材采用理论基础、方法指南与案例分析相结合的手法，图文并茂、通俗易懂。

本教材主要用于水土保持与荒漠化防治专业本科生教学，同时可作为环境生态类和地理学类等有关专业本科生教学用书，也可作为从事水土保持与荒漠化防治、自然地理、地图学与地理信息系统、土地利用、国土整治、环境保护等方面科学研究、教学、管理和生产实践人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

“3S”技术在水土保持中的应用/毕华兴主编. —北京：中国林业出版社，2008. 12

高等学校水土保持与荒漠化防治专业教材

ISBN 978-7-5038-5032-5

I. 3… II. 毕… III. ①遥感技术—应用—水土保持—高等学校—教材 ②地理信息系统—应用—水土保持—高等学校—教材 ③全球定位系统（GPS）—应用—水土保持—高等学校—教材 IV. S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 123898 号

中国林业出版社·教材建设与出版管理中心

策划编辑：牛玉莲 肖基汧

责任编辑：肖基汧

电 话：83220109 83282720

传 真：83220109

出版发行 中国林业出版社（100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号）

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话：（010）83224477

网 址：www.cfph.com.cn

经 销 新华书店

印 刷 中国农业出版社印刷厂

版 次 2008 年 12 月第 1 版

印 次 2008 年 12 月第 1 次

开 本 850mm × 1168mm 1/16

印 张 21

字 数 446 千字

定 价 33.00 元

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

随着社会经济的不断发展,人口、资源、环境三者之间的矛盾日益突出和尖锐,特别是环境问题成为矛盾的焦点,水土流失和荒漠化对人类生存和发展威胁日益加剧。据统计,世界上土壤流失每年 250 亿 t,亚洲、非洲、南美洲每公顷土地每年损失表土 30~40t,情况较好的美国和欧洲,每公顷土地每年损失表土 17t,按后者计算,每年损失的表土比形成的表土多 16 倍。而我国是世界上水土流失与荒漠化危害最严重的国家之一。全国水土流失面积 367 万 km^2 ,占国土总面积的 38.2%,其中水蚀面积 179 万 km^2 、风蚀面积 188 万 km^2 ,年土壤侵蚀量高达 50 亿 t 以上。新中国成立以来,特别是改革开放后,中国政府十分重视水土流失的治理工作,投入巨大的人力、物力和财力进行了大规模的防治工作,尽管如此,但生态环境仍然十分脆弱,严重的水土流失已成为中国的头号生态环境问题和社会经济可持续发展的重要障碍。水土保持和荒漠化防治已成为我国一项十分重要的战略任务,它不仅是经济建设的重要基础、社会经济可持续发展的重要保障,也是保护和拓展中华民族生存与发展空间的长远大计,是调整产业结构、合理开发资源、发展高效生态农业的重要举措,是实施扶贫攻坚计划、实现全国农村富裕奔小康目标的重要措施。

近年来,国家对水土流失治理与荒漠化防治等生态环境问题给予高度重视,水土保持作为一项公益性很强的事业,在“十一五”期间,被列为中国生态环境建设的核心内容,这赋予了水土保持事业新的历史使命。作为为水土保持事业培养人才的学科与专业,如何更好地为生态建设事业的发展培养所需各类人才,是每一个水土保持教育工作者思考的问题。水土保持与荒漠化防治专业是 1958 年在北京林业大学(原北京林学院)创立的,至今在人才培养上已经历了 50 年,全国已有 20 多所高等学校设立了水土保持与荒漠化防治专业,已形成完备的教学体系,但现在必须接受经济全球化的挑战,以适应知识经济时代前进的步伐,找到适合自身发展的途径,培养特色鲜明、竞争力强的高素质本科专业人才。其中之一就是要搞好教材建设。教材是体现教学内容和教学方法的知识载体,是进行教学的基本工具,也是深化教育教学改革,全面推进素质教育,培养创新人才的重要保证。组织全国部分高校编写水土保持与荒漠化防治专业“十一五”规划教材就是推动教学改革与教材建设的重要举措。

由于水土保持与荒漠化防治专业具有综合性强、专业基础知识涉及面广的特

点,既需要较深厚的生态学和地理科学的知识基础,又要有工程科学、生态经济学和系统工程学的基本知识和技能。因此,在人才培养计划制定中一直贯彻厚基础、宽口径、门类多、学时少的原则,重点培养学生的专业基本素质和基本技能,这有利于学生根据社会需求和个人意向选择职业,并为学生毕业后在实际工作中继续深造奠定坚实的基础。

本套教材的编写,我们一直遵循理论联系实际的原则,力求适应国内人才培养的需要和全球化发展的新态势,在吸纳国内外最新研究成果的基础上,树立精品意识。精品课程建设是高等学校教学质量与教学改革工程的重要组成部分。本套教材的编写力求为精品课程建设服务,能够催生出一批精品课程。同时,力求将以下理念融入到教材的编写中:一是教育创新理念。即以培养创新意识、创新精神、创新思维、创造力或创新人格等创新素质以及创新人才为目的的教育活动融入其中。二是现代教材观理念。传统的教材观以师、生对教材的“服从”为特征,由此而生成对教学矛盾的解决方式表现为“灌输式”的教学关系。现代教材观是以教材“服务”师生,即将教材定义为“文本”和“材料”,提供了编者、教师、学生与真理之间的跨越时空的对话,为师生创新提供了舞台。本套教材充分体现了基础性、系统性、实践性、创新性的特色,充分反映了要强化学生的实践能力、创造能力和就业能力的培养目标,以适应水土保持事业的快速发展对人才的新要求。

本套教材不仅是全国高等院校水土保持与荒漠化防治专业教育教学的专业教材,而且也可以作为林业、水利、环境保护等部门及生态学、地理学和水文学等相关专业人员培训及参考用书。为了保证教材的质量,在编写过程中经过专家反复论证,教材编写指导委员会遴选本领域高水平教师承担本套教材的编写任务。

最后,借此机会感谢中国林业出版社和北京林业大学对本套教材编写出版所付出的辛勤劳动,以及各位参与编写的专家和学者对本套教材所付出的心血!

教育部高等学校环境生态类教学指导委员会主任 **朱金兆** 教授
高等学校水土保持与荒漠化防治专业教材编写指导委员会主任 **余新晓** 教授

2008年2月18日

20 世纪 80 年代以来,水土保持工作者不断探索新技术在水土保持领域中的应用,并取得了较多成果。自动化控制技术、计算机网络技术、数据库技术、无线通讯技术、“3S”技术、计算机辅助设计(CAD)技术等日新月异的发展,为现代水土保持工作提供了新的契机,特别是“3S”技术为水土流失动态监测、水土保持规划、工程设计、效益评估等提供准确、快速的手段;为领导决策提供全面、科学、准确的依据,使水土保持管理工作实现信息化、自动化、智能化和高效化,进一步提高了水土流失的防治水平。“3S”技术在水土保持中的应用具有广阔的前景。

随着“3S”技术的飞速发展和不断应用,以及水土保持与荒漠化防治事业发展水平和生产实际、学科特点和对本科生人才培养的要求,确立了面向 21 世纪的新的“水土保持与荒漠化防治”专业人才培养方案、教学内容和课程体系,将“‘3S’技术在水土保持中的应用”列为水土保持与荒漠化防治专业的必修课程,同时,《“3S”技术在水土保持中的应用》经国家环境生态类教学指导委员会推荐,2006 年被列入高等学校水土保持与荒漠化防治专业教材。

在多次讨论的基础上,最终确定了教材的编写思路。即:采用理论基础、方法指南与案例分析相结合的手法,图文并茂、通俗易懂。在对“3S”技术基本原理简要阐述的基础上,以“3S”中的通用软件为平台,分别介绍地理信息系统、遥感以及全球定位系统在水土保持领域应用中的基本理论、实践方法以及相应软件操作,最后介绍水土保持信息管理系统以及“3S”技术在水土保持的综合应用案例。

本教材主要用于水土保持与荒漠化防治专业本科生教学,同时可作为环境生态类和地理学类等有关专业本科生教学用书,也可作为从事水土保持与荒漠化防治、自然地理、地图学与地理信息系统、土地利用、国土整治、环境保护等方面科学研究、教学、管理和生产实践人员的参考用书。

本教材由北京林业大学水土保持学院毕华兴任主编,山东农业大学齐建国、山西农业大学朱宝才和内蒙古农业大学孙旭任副主编。由北京林业大学、内蒙古农业大学、山东农业大学、山西农业大学、武警警种指挥学院的 10 位从事“3S”技术和水土保持教学、科研的教师编写。

全书共 6 章。各章节编写分工如下:第 1 章由北京林业大学毕华兴编写;第 2 章由内蒙古农业大学孙旭编写;第 3 章由北京林业大学吴秀芹、张学霞以及武警警种指挥学院张志共同完成;第 4 章由山东农业大学齐建国(第 1~2 节)和刁海亭(第 3~5 节)共同完成;第 5 章由山西农业大学朱宝才编写;第 6 章由

内蒙古农业大学孙旭、秦富仓和王丽共同编写。书的最后附了与“3S”技术及其在水土保持中的应用相关的国内外网站网址,以供读者参考和查阅,该部分内容由内蒙古农业大学孙旭、王丽整理完成。

本教材由毕华兴、孙旭、齐建国、朱宝才共同统稿完成。北京林业大学地图学与地理信息系统硕士研究生吴坚参加了部分编写工作和全书的校对工作。

值此《“3S”技术在水土保持中的应用》完稿付梓之际,特别感谢北京林业大学余新晓教授和赵廷宁教授,在百忙之中审阅本教材初稿并提出修改建议。感谢北京林业大学朱金兆教授、吴斌教授、王礼先教授、朱清科教授、贺康宁教授对本教材的编写工作给予的支持和帮助。另外,还要感谢中国林业出版社、北京林业大学教务处对本教材编辑、出版付出的辛勤劳动。

本教材在编写中,引用了大量的科技成果、论文、专著和教材,因篇幅所限未能一一在参考文献中列出,谨向文献的作者们致以深切的歉意,并表示衷心的感谢。

限于我们的知识水平和实践经验,书中难免有缺点、遗漏等不妥之处,敬请各位读者提出批评指正,以期本教材内容的不断完善和编写水平的逐步提高。

毕华兴

2007年12月于北京

PREFACE

Since the 1980s, researchers and engineers in soil and water conservation have been constantly exploring the applications of new technologies in the field of soil and water conservation, and have made great progresses and achievements. The rapid development of technologies including automatic control, computer network, database, wireless, 3S, Computer Aided Design (CAD) and so on have been providing a new chance for the work of modern soil and water conservation. Especially, the 3S technology has been providing accurate and rapid means for dynamic monitoring of soil and water loss, planning, engineering design, benefits evaluation of soil and water conservation. It offers comprehensive, scientific and accurate bases for leaders to make decisions. It will promote the informational, automatic, intellectual and effective administration on soil and water conservation, and enhance the level of preventing from soil and water loss. The 3S technology has a comprehensive perspective application in soil and water conservation.

3S technology is the integration of Geographical Information System (GIS), Remote Sensing (RS) and Global Positioning System (GPS). GIS is a kind of decision support system, having all the features of information system. The main difference between GIS and other information systems is that the information which GIS stores and deals with is through coding, the geographic location and its concerned attribution information of surface objects become the significant aspects of information search. In GIS, the real world is expressed as a series of geographic elements and phenomena. These geographic features consist of at least two parts: spatial location reference information and non – location information. Using aircrafts and satellites as remote sensing platforms, carrying high – resolution cameras, TV cameras, scanners and sensors such as Charge – Coupled Devices (CCD), Synthetic – Aperture Radar (SAR), RS can observe the surface and the geometric shape of its elements in real time, and can take physical exploration to space, atmosphere, the earth's surface and its surface layer. Using satellites and the signals transmitting by them, GPS can navigate the moving objects on the earth, in the sky, at the sea, and can accurately locate the fixed objects on the earth's surface.

With the rapid development and constantly application of 3S technology, as well as the discipline characteristics and training requests to undergraduate students in soil and water conservation and desertification combating specialty, facing the 21st century, new

professional training plan, teaching content, and curriculum system of "Soil and Water Conservation and Desertification Combatting" specialty has been established, recommended by teaching advise committee of national environmental ecological region in 2006, *Application Of 3S Technology In Soil And Water Conservation* has been listed into the compulsory courses for undergraduate students majoring in soil and water conservation and desertification combating, and the textbook must be compiled. Based on the background mentioned above, the textbook on the title of "*Application Of 3S Technology In Soil And Water Conservation*" were compiled from 2006.

After many times discussion, we get the outline for this textbook. We focus on combining the theories, techniques, user's guide and cases study together and hope to give readers a very useful reference in application of 3S in soil and water conservation. Firstly, the textbook briefly introduces the basic principle of 3S technology. Then, taking the common software of 3S as platform, it introduces the basic theories, practical methods and user's guide of corresponding software about GIS, RS and GPS applied to the field of soil and water conservation. Finally, it introduces the soil and water conservation information management system and some cases of integrated application of 3S technology in soil and water conservation.

This textbook is mainly used for teaching undergraduate students majoring in soil and water conservation and desertification combating as well as students majoring in the field related with environment and geography. And it can also be used as a reference book for scientists and professionals who are dedicated in scientific research, teaching, management and production practice in the fields of soil and water conservation and desertification combating, physical geography, cartology and geographic information system, land use, territory renovation and environment protection.

The compiler in chief of this textbook is Dr. Bi Huaxing (comes from college of soil and water conservation, Beijing Forestry University), the associate compilers are Qi Jianguo (comes from Shangdong Agricultural University), Zhu Baocai (Comes from Shanxi Agricultural University) and Sun Xu (comes from Inner Mongolia Agricultural University). This textbook is compiled by eleven teachers dedicated in teaching or researching in the field of 3S or soil and water conservation, who come from Beijing Forestry University, Shangdong Agricultural University, Inner Mongolia Agricultural University, Shanxi Agricultural University and the College of Chinese Forest Police Force.

There are 6 chapters in the textbook. Chapter 1 is a brief introduction of 3S and its application in soil and water conservation, it is written by associate professor Bi Huaxing; Chapter 2 is about the spatial data expression and management for soil and water conservation, it is written by associate professor Sun Xu; Chapter 3 is about the basic principle of 3S technology, it is written by associate professor Wu Xiuqing, Dr. Zhang Xuexia (come from Beijing Forestry University) and associate professor Zhang Zhi

(comes from the College of Chinese Forest Police Force); Chapter 4 gives a user's guide for the application of ArcGIS in soil and water conservation, it is co-written by associate professor Qi Jianguo and lecturer Diao Haiting (comes from Shangdong Agricultural University), in which, Section 1 and 2 is finished by Qi Jianguo, Section 3 to 5 is finished by Diao Haiting; Chapter 5 taking ERDAS as an example, gives a user's guide for the operating of RS applied in soil and water conservation, it is compiled by lecturer Zhu Baocai; Chapter 6 is about the application and analysis of GPS in soil and water conservation, it is finished by Sun Xu, Qing Fucang and Wang Li (come from Inner Mongolia Agricultural University). At the end of the textbook, we given a appendix, a list of some useful websites related with 3S technology and its application in soil and water conservation for readers to explore, this part is compiled by Sun Xu and Wang Li.

The manuscript of this textbook is revised by associate professor Bi Huaxing, associate professor Sun Xu, associate professor Qi Jianguo and lecturer Zhu Baocai. Wu Jian, a master student of Beijing Forestry University majoring in cartology and geographic information system, takes part in some compiling work and the whole textbook's emendation.

As the time of completing the draft of this textbook, we would like to give our heartfelt thanks to Prof. Yu Xinxiao and Prof. Zhao Tingning of Beijing Forestry University, they reviewed this textbook and gave us many good comments and suggestions. We also would like to give our special thanks to Prof. Zhu Jinzhao, Prof. Wu Bin, Prof. Wang Lixian, Prof. Zhu Qingke, Prof. He Kangning and all who have supported and assisted the compiling and publication of this textbook.

In addition, we would like to thank China Forestry Publishing House and teaching affairs department of Beijing Forestry University, who have paid hard work on the edition and publication of this textbook.

Most of scientific and technical literatures quoted in this textbook have been listed in bibliography, but a few maybe lose due to page limitation. We express our sincerely gratitude to their authors.

Because of our limited knowledge and practical experience, there are unavoidable deficiencies in the textbook. We wish readers would point out the mistakes and give critical suggestion about this textbook in order to revise and improve it.

Bi Huaxing

December, 2007, Beijing

高等学校水土保持与荒漠化防治专业教材 编写指导委员会

顾问: 关君蔚(中国工程院院士)

刘震(水利部水土保持司司长,教授级高工)

刘拓(国家林业局防沙治沙办公室主任,教授级高工)

朱金兆(教育部高等学校环境生态类教学指导委员会
主任,教授)

吴斌(中国水土保持学会秘书长,教授)

宋毅(教育部高等教育司综合处处长)

王礼先(北京林业大学水土保持学院,教授)

主任: 余新晓(北京林业大学水土保持学院院长,教授)

副主任: 刘宝元(北京师范大学地理与遥感科学学院,教授)

邵明安(西北农林科技大学资源与环境学院原院长,
中国科学院水土保持研究所所长,研究员)

雷廷武(中国农业大学水利与土木工程学院,教授)

委员: (以姓氏笔画为序)

王立(甘肃农业大学林学院水土保持系主任,教授)

王克勤(西南林学院环境科学与工程系主任,教授)

王曰鑫(山西农业大学林学院水土保持系主任,教授)

王治国(水利部水利水电规划设计研究总院,教授)

史东梅(西南大学资源环境学院水土保持系主任,副
教授)

卢琦(中国林业科学研究院,研究员)

朱清科(北京林业大学水土保持学院副院长,教授)

孙保平(北京林业大学水土保持学院,教授)

吴发启(西北农林科技大学资源与环境学院党委书记,教授)

吴祥云(辽宁工程技术大学资源与环境学院水土保持系主任,教授)

吴丁丁(南昌工程学院环境工程系主任,教授)

汪 季(内蒙古农业大学生态环境学院副院长,教授)

张光灿(山东农业大学林学院副院长,教授)

张洪江(北京林业大学水土保持学院副院长,教授)

杨维西(国家林业局防沙治沙办公室总工,教授)

范昊明(沈阳农业大学水利学院,副教授)

庞有祝(北京林业大学水土保持学院,副教授)

赵雨森(东北林业大学副校长,教授)

胡海波(南京林业大学资源环境学院,教授)

姜德文(水利部水土保持监测中心副主任,教授级高工)

贺康宁(北京林业大学水土保持学院,教授)

蔡崇法(华中农业大学资源环境学院院长,教授)

蔡强国(中国科学院地理科学与资源研究所,研究员)

秘 书: 牛健植(北京林业大学水土保持学院,副教授)

张 戎(北京林业大学教务处,科长)

李春平(北京林业大学水土保持学院,博士)

《“3S”技术在水土保持中的应用》编写人员

主 编：毕华兴

副 主 编：孙 旭 齐建国 朱宝才

编 委：(以姓氏笔画为序)

刁海亭 (山东农业大学)

王 丽 (内蒙古农业大学)

孙 旭 (内蒙古农业大学)

齐建国 (山东农业大学)

朱宝才 (山西农业大学)

毕华兴 (北京林业大学)

张 志 (武警警种指挥学院)

张学霞 (北京林业大学)

吴秀芹 (北京林业大学)

秦富仓 (内蒙古农业大学)

主 审：余新晓 (北京林业大学)

赵廷宁 (北京林业大学)

序
前言

第1章 绪 论	(1)
1.1 “3S”的概念和特点	(1)
1.1.1 遥感	(1)
1.1.2 地理信息系统	(2)
1.1.3 全球定位系统	(3)
1.2 “3S”集成	(4)
1.3 “3S”系统在水土保持中的应用	(5)
1.3.1 “3S”技术在水土保持领域中的应用	(6)
1.3.2 “3S”技术应用的成本和效益	(7)
1.4 “3S”技术在水土保持工作中的应用前景	(8)
第2章 空间数据的表达及管理	(10)
2.1 信息与数据	(10)
2.1.1 信息与数据的含义	(10)
2.1.2 地理信息与空间数据	(12)
2.2 空间数据模型与空间数据结构	(14)
2.2.1 数据模型概述	(14)
2.2.2 空间数据模型	(16)
2.2.3 空间数据结构	(20)
2.3 空间信息标准化	(27)
2.3.1 元数据的概念	(28)
2.3.2 元数据的类型	(28)
2.3.3 元数据的应用	(29)
2.3.4 地理信息系统标准简介	(30)
2.4 空间数据的误差来源与质量控制	(34)
2.4.1 空间数据质量的有关概念	(34)
2.4.2 空间数据质量的评价和控制	(35)
2.4.3 空间数据误差的分析	(36)
2.5 空间数据管理	(39)

2.5.1	数据库与空间数据库概述	(40)
2.5.2	空间数据库简介	(42)
2.5.3	分布式客户机 / 服务器数据库技术	(42)
第3章	“3S” 技术基本原理	(45)
3.1	地理信息系统 (GIS)	(45)
3.1.1	地理信息系统的结构与功能	(45)
3.1.2	空间数据处理	(47)
3.1.3	地理信息系统应用	(52)
3.1.4	GIS 软件概述	(56)
3.2	遥感 (RS) 原理	(62)
3.2.1	遥感系统的组成与类型	(64)
3.2.2	电磁波与光谱特征	(66)
3.2.3	航空遥感与航天遥感原理	(68)
3.2.4	遥感图像处理	(77)
3.2.5	遥感技术应用	(82)
3.3	全球定位系统	(87)
3.3.1	全球定位系统的系统组成	(87)
3.3.2	全球定位系统工作原理	(89)
3.3.3	差分式全球定位系统 (DGPS) 概述	(93)
3.3.4	全球定位系统的应用	(95)
3.3.5	民用全球卫星定位系统的发展	(96)
第4章	GIS 在水土保持中的应用与分析——以 ArcGIS 为例	(101)
4.1	ArcGIS 应用基础	(101)
4.1.1	ArcMap 基础	(101)
4.1.2	ArcCatalog 应用基础	(110)
4.1.3	Geoprocessing 空间处理框架	(116)
4.2	水土保持空间数据的采集与组织	(119)
4.2.1	Shapefile 文件的创建	(120)
4.2.2	Coverage 文件的创建	(123)
4.2.3	Geodatabase 创建	(129)
4.2.4	数据编辑	(145)
4.3	水土保持空间数据的转换与处理	(155)
4.3.1	投影变换	(155)
4.3.2	数据格式转换	(160)
4.3.3	数据处理	(163)
4.4	水土保持专题地图编制	(167)

4.4.1	版面设计	(167)
4.4.2	制图数据操作	(176)
4.4.3	地图标注	(186)
4.4.4	地图整饰	(189)
4.4.5	地图输出	(199)
4.5	三维分析	(202)
4.5.1	创建表面	(202)
4.5.2	表面分析	(205)
4.5.3	ArcScene 三维可视化	(213)
第5章	RS 在水土保持中的应用与分析——以 ERDAS 为例	(219)
5.1	基于 ERDAS 的遥感数字图像目视解译	(219)
5.1.1	数据输入	(219)
5.1.2	数据预处理	(224)
5.1.3	目视判读及成果转绘	(237)
5.1.4	实例与练习	(242)
5.2	基于 ERDAS 的遥感数字图像计算机解译	(245)
5.2.1	非监督分类	(245)
5.2.2	监督分类	(250)
5.2.3	专家分类	(259)
5.2.4	实例与练习	(265)
5.3	遥感数字影像信息复合	(267)
5.3.1	变化检测	(267)
5.3.2	代数运算	(268)
5.3.3	色彩聚类	(269)
5.3.4	数值调整	(270)
5.3.5	图像掩膜	(271)
5.3.6	图像退化	(272)
5.3.7	去除坏线	(273)
第6章	GPS 在水土保持中的应用与分析	(276)
6.1	控制测量	(276)
6.1.1	控制测量的任务和作用	(276)
6.1.2	工程控制测量的任务和布设原则	(277)
6.1.3	常规建立控制网的基本方法	(280)
6.1.4	GPS 定位测量建立控制网方法	(282)
6.1.5	GPS 控制测量实例——北京市十三陵林场多功能 GPS 控制网建立	(290)

6.2	GPS 地形图测绘	(291)
6.2.1	地形图测绘概述	(291)
6.2.2	测图前的准备工作	(292)
6.2.3	GPS 外业测绘 (数据采集)	(293)
6.2.4	数据处理与成图	(294)
6.2.5	地形图的检查	(294)
6.2.6	GPS 地形图测绘的优点	(294)
6.3	单点定位	(295)
6.3.1	差分 GPS 定位 (DGPS) 简介	(295)
6.3.2	精密单点定位	(297)
6.4	面积测量	(297)
6.4.1	GPS 面积测算原理	(297)
6.4.2	面积测量方法	(298)
6.4.3	GPS 面积测量精度分析	(300)
附录	“3S” 技术及其在水土保持中的应用网址	(302)