



3S技术

在土地整治中的应用

贾文涛 桑玲玲 杨永侠等 编著



 中国财政经济出版社

3S 技术 在土地整治中的应用

贾文涛 桑玲玲 杨永侠等 编著

中国财政经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

3S 技术在土地整治中的应用 / 贾文涛等编著. —北京: 中国财政经济出版社, 2014. 5
ISBN 978 - 7 - 5095 - 5379 - 4

I. ① 3… II. ①贾… III. ①遥感技术 - 应用 - 土地整理②地理信息系统 - 应用 - 土地整理③全球定位系统 - 应用 - 土地整理 IV. ①F301.2 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 076562 号

责任编辑: 王佳欣

责任校对: 李 丽

封面设计: 汪俊宇

版式设计: 董生萍

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.cn>

E-mail: cfeph@cfeph.cn

(版权所有 翻印必究)

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码: 100142

发行处电话: 88190406 财经书店电话: 64033436

北京中兴印刷有限公司印刷 各地新华书店经销

787 × 1092 毫米 16 开 22.75 印张 473 000 字

2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月北京第 1 次印刷

定价: 91.00 元

ISBN 978 - 7 - 5095 - 5379 - 4/F · 4353

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

本社质量投诉电话: 010 - 88190744

打击盗版举报热线: 010 - 88190492, QQ: 634579818

编写人员名单

主 编：贾文涛 桑玲玲 杨永侠

副主编：汤怀志 陈 正 刘昊博 张秋惠

参编人员：（按姓氏笔画排序）

卜春燕	于丽娜	王长江	王鹏新
任 佳	孙春蕾	吕 婧	刘峻明
刘新卫	朱德海	李少帅	李红举
杨华柯	陈 原	杨 磊	宋德明
张中帆	张 玮	张荣群	张晓沛
张 超	张 漫	张 燕	周 同
岳安志	范金梅	屈鸿钧	赵庆利
姚 艳	姚晓闯	高世昌	徐秀云
郭 蕾	梁梦茵	薛 剑	

第一阅读

终于看到了期待已久的《3S技术在土地整治中的应用》一书。

十多年来，土地整治工作从无到有、从小到大，成绩斐然。土地整治监管制度和技术手段也日新月异。但从整体上说，土地整治管理依然没有摆脱传统理论、方法和技术，处在史前阶段，没有跟上信息化快速发展的步伐。

通读一遍，认为这第一本土地整治3S技术及其应用探索的专著，有不少可圈可点的地方。一是对基础理论和最新研究进展的评介，二是3S技术在土地整治监管领域的应用案例，三是对一些3S应用关键技术，比如土地整治制图、可视化、辅助规划、监测监管和现场调查等的深度探讨等等。相信这些内容，会给感兴趣的读者带来知识拓展的享受。

有人说，信息化标志着一个新时代。根据我的观察和体验，此言不虚。党的十八大报告提出，促进工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展。与“老四化”相对照，“新四化”的最大特点是对“信息化”的强调。用一句时髦的话说，信息化第一次被提升到国家战略的层面。信息化是目标，更是手段、动力，在“新四化”中，信息化居于关键位置，信息产业自身要发展，信息产业更要助力“工业化、城镇化、农业现代化”的发展，给这“三化”插上智慧的翅膀。

信息化已经并将继续深刻地改变我们人类的生产、生活，乃至思维方式。大数据时代，不是忽悠。2014年初，国务院办公厅印发国办发〔2014〕2号《关于促进地理信息产业发展的意见》，明确了地理信息、空间数据对国民经济建设的作用，全面部署了国家推进信息化的整体战略、重点行动和保障措施。土地整治必须赶上这班车，在“提升遥感数据获取和处理能力、振兴地理信息装备制造、提高地理信息软件研发和产业化水平、发展地理信息与导航定位融合服务、促进地理信息深层次应用”等重点领域快速发展，使我们人类有一个外挂的“智慧大脑”。

信息化必将改变土地整治，土地整治必将受益于信息化。3S技术以其高精

度、全天候、多时相、自动化、智能化等特点，为土地整治提供了一种全新的空间信息技术手段，成为土地整治工作的重要技术保障。在宁夏、辽宁、湖南等地，应用信息化技术，土地整治管理工作的质量和效率得到了跨越式发展，取得了明显成效。我相信，在大数据技术的支撑下，土地整治智能化也将得到快速发展。

贾文涛同志作为中国农业大学土地信息化专业本科第一届毕业生，带领他的团队勤于实践，多年来一直从事土地整治及信息化工作，从 2001 年开始探索利用遥感技术开展土地整治动态监测工作，并全面推进“天、地、网”一体化的土地整治监测监管技术体系的实现。他主持和参与了多项土地整治信息化建设相关的课题和项目，负责完成了土地整治项目管理、三维地形测量装置、现场调查等多项系统研发工作，发表了土地整治相关文章 40 余篇，在土地整治信息化方面工作基础扎实、成果丰硕。这本书是贾文涛团队在实践探索基础上又经过认真总结凝练而形成的，是值得您精读、深思的好书。

德成

2014 年 4 月

前 言

我国是一个土地开发历史悠久、农耕文明灿烂的国家，在 2000 多年漫长的封建社会时期，诸如开荒、围垦、屯田等不同形式的土地整治活动一直在持续，20 世纪初制定了《土地整理章程》，新中国成立后，多次进行了以基本农田建设为主要内容的土地整理活动，而现代意义上的土地整治则是在改革开放以后。近年来，土地整治的内涵不断深化、外延不断拓展，总体上呈现出“规模扩展、内涵延伸、品质提升”的发展态势，各级政府安排的土地整治资金和项目数量不断增长，监管的难度越来越大，因此必须进一步创新管理理念，转变管理方式。以 3S 技术为核心的空间信息技术的迅速发展和应用领域的不断拓展，为提升土地整治管理质量和效率提供了一种新思路。

信息化是当今世界经济和社会发展的趋势。党的十八大报告中提出工业化、信息化、城镇化、农业现代化“四化”同步发展，标志着信息化被提升至国家发展战略的高度。随着信息化的深入发展，土地整治信息化基础建设和应用系统建设从无到有，不断丰富和完善，取得了明显成效。土地整治信息化逐渐成为国土资源信息化的重要组成部分，成为全面提高国土资源规划、管理、保护和合理利用水平的有效途径和重要手段。国土资源部土地整治中心坚持以土地整治项目监管信息化为契机，统一领导、统筹规划，全方位加强信息化建设工作。湖南、湖北、重庆、广东、广西、江苏、宁夏等省份都积极开展信息技术应用与研究，充分利用和配合农村土地整治监测监管系统和“一张图”，促进土地整治项目的规范化、科学化管理。

土地整治工作过程中涉及大量空间信息的获取、存储、分析、管理和应用，3S 技术成为土地整治工作的重要技术保障，RS 技术可用于大面积、快速获取项目区各种地物信息，是地物信息采集的主要手段；GPS 技术可用于重要地物的快速空间定位，辅助外业踏勘调查；GIS 技术可对多源空间数据进行综合处理、集成管理和各种空间分析，辅助项目决策。3S 技术以其高精度、全天候、多时相、自动化、智能化等特点，成为提升土地整治管理能力和水平的重要技术

手段。

从 2002 年起,国土资源部土地整治中心陆续启动和开展了多项土地整治信息化建设相关的课题和项目研究工作,包括 3S 技术在土地整治项目管理中的应用研究、土地整理遥感监测技术研究与应用、三维地形测量装备研发、辅助现场调查系统研发等。本书是对项目的研究成果,以及贾文涛博士毕业论文《农用地整理现场调查评价方法与技术研究》和广大同仁们提供的土地整治信息化资料的系统总结。作为第一本土地整治信息化技术领域的书籍,本书主要论述遥感、全球定位系统、地理信息系统及 3S 技术集成的基础理论,以及 3S 技术应用于土地整治的技术方法及应用案例,其中重点针对 3S 技术在土地整治项目区制图、可视化分析、辅助规划设计、监测监管和现场调查评价等工作中的应用进行了详细介绍。本书可为土地整治从业人员及其相关专业的研究人员提供必要的业务与技术参考。

本书从构想到编写出版,集聚了国土资源部土地整治中心和中国农业大学等单位的大量相关研究人员的心血。在此感谢所有提供编写材料和指导意见的人员。由于土地整治工作依然没有摆脱完全传统理论、方法和技术,且伴随着 3S 技术的快速发展,我们深感编写这本书在知识与技术方面的缺陷与不足,叙述的能力也存在缺憾,恳请广大读者不吝赐教、批评指正。

编 者

2014 年 4 月

目 录

CONTENTS

第一章

1

3S 技术基础

- 第一节 航空遥感技术 / 1
 - 一、航空遥感基本概念 / 2
 - 二、航空摄影测量 / 2
 - 三、无人机遥感 / 3
- 第二节 航天遥感技术 / 7
 - 一、航天遥感发展历程 / 7
 - 二、国外遥感卫星现状 / 8
 - 三、我国遥感卫星现状 / 9
- 第三节 全球定位系统 / 12
 - 一、全球定位系统发展历程 / 12
 - 二、GPS 导航定位系统 / 14
 - 三、北斗导航定位系统 / 15
 - 四、GPS 定位原理 / 15
- 第四节 地理信息系统 / 21
 - 一、地理信息系统基本概念 / 21
 - 二、地理信息系统主要功能 / 22
 - 三、空间数据组织和管理 / 23
 - 四、常用地理信息系统软件 / 27
- 第五节 3S 技术集成 / 28
 - 一、GIS 与 RS 结合 / 28

二、GIS 与 GPS 结合	/ 29
三、RS 与 GPS 结合	/ 29
四、RS、GIS 和 GPS 的结合	/ 30
第六节 其他信息化技术	/ 30
一、互联网地图服务	/ 30
二、大数据技术	/ 32
三、移动互联网技术	/ 33
四、物联网技术	/ 33
五、虚拟现实技术	/ 34

第二章

39

3S 技术在土地整治中的应用分析

第一节 土地整治基本情况	/ 39
第二节 土地整治 3S 技术需求分析	/ 41
一、项目准备阶段工作需求	/ 41
二、项目评价与审查工作需求	/ 42
三、项目动态监测工作需求	/ 42
四、项目竣工验收工作需求	/ 42
第三节 土地整治 3S 技术应用可行性分析	/ 43
一、应用目标	/ 43
二、RS 技术应用可行性分析	/ 44
三、GPS 技术应用可行性分析	/ 47
四、GIS 技术应用可行性分析	/ 47
第四节 主要应用环节技术分析	/ 50
一、3S 技术主要应用环节	/ 50
二、技术流程	/ 53
三、常用技术方法	/ 55
四、软件系统	/ 58
五、数据要求	/ 59
第五节 土地整治 3S 技术应用现状	/ 66
一、3S 技术在土地整治项目制图中的应用	/ 67
二、3S 技术在土地整治信息可视化表达中的应用	/ 67
三、3S 技术在土地整治项目规划设计中的应用	/ 68
四、3S 技术在土地整治项目日常管理中的应用	/ 68

五、3S 技术在土地整治动态监管中的应用	/ 69
六、3S 技术在土地整治现场调查中的应用	/ 70
七、3S 技术在土地整治辅助决策中的应用	/ 71

第三章

72

土地整治项目区地形图测绘方法

第一节 地形图测绘方法对比分析	/ 72
第二节 IKONOS 立体像对在测图中的应用	/ 76
一、IKONOS 卫星立体像对测图的原理	/ 77
二、IKONOS 立体像对测图生产工艺流程	/ 80
三、质量控制方法	/ 83
四、应用实例	/ 84
第三节 基于 GPS 和激光技术的快速测图	/ 94
一、研究背景	/ 94
二、系统设计	/ 94
三、系统实现	/ 98
四、系统试验	/ 104

第四章

110

土地整治项目区三维可视化技术

第一节 DEM 模型在项目管理中的作用	/ 110
第二节 DEM 模型基本概念	/ 111
一、数字地面模型 (DTM)	/ 111
二、数字高程模型 (DEM)	/ 111
第三节 DEM 模型建立	/ 112
一、DEM 表面建模的数学函数	/ 112
二、建模方法分类	/ 113
三、建模方法的选择	/ 115
四、不规则三角网 (TIN) 与规则格网 (Grid) 比较	/ 116
五、DEM 模型生成	/ 116
第四节 DEM 的质量控制	/ 123
一、DEM 的粗差检测	/ 123

- 二、DEM 的精度评定 / 125
- 三、数字高程模型 (DEM) 的格网间距 / 127
- 四、采用等高线建立 TIN 应注意的问题 / 128
- 五、建立高质量的 DEM 模型 / 129
- 第五节 项目区三维可视化 / 130
 - 一、地形图扫描及纠正 / 131
 - 二、等高线矢量化 / 131
 - 三、等高线高程赋值和检查 / 132
 - 四、图幅拼接 / 132
 - 五、线数据提取高程点插值生成 DEM / 132
 - 六、利用 DEM 建立三维模拟项目区 / 132

第五章

134

土地整治项目规划设计技术

- 第一节 3S 技术在辅助规划设计中的应用 / 135
 - 一、3S 在项目申报及规划设计阶段的应用 / 135
 - 二、3S 在规划设计审查阶段的应用 / 136
- 第二节 土地平整土方量计算方法 / 136
 - 一、数据要求 / 137
 - 二、土地平整土方计算方法 / 138
 - 三、计算机辅助计算 / 152
 - 四、影响土方量计算结果精度的因素 / 162
- 第三节 土地平整规划设计方案检验 / 163

第六章

168

土地整治项目监测监管技术

- 第一节 不同遥感影像应用效果比较分析 / 168
 - 一、面状地物解译精度比较 / 169
 - 二、地类解译 / 172
 - 三、线状地物解译精度比较 / 173
 - 四、点状地物数量 / 175
 - 五、喷灌及滴灌等农业设施的解译 / 176

第二节 土地整治项目区典型地物提取	/ 177
一、土地整治项目区点状地物识别	/ 177
二、土地整治项目区线状地物提取	/ 185
三、土地整治项目区面状地物提取	/ 194
第三节 土地整治监测监管技术体系	/ 202
一、总体思路	/ 203
二、技术体系设计	/ 203
三、研究结论	/ 207

第七章

208

土地整治现场调查评价技术

第一节 土地整治现场调查评价需求	/ 209
一、土地整治现场调查评价业务分析	/ 209
二、现场调查评价工作内容分析	/ 210
三、现场调查评价工作需要解决的关键问题	/ 216
第二节 土地整治现场调查评价系统	/ 218
一、系统基本原理	/ 218
二、系统总体设计	/ 219
三、系统详细设计	/ 220
四、系统关键技术实现	/ 229
五、系统应用	/ 241
第三节 农田平整精度评价	/ 243
一、农田平整精度设计标准及施工工艺分析	/ 244
二、农田平整精度评价系统设计	/ 247
三、农田高程信息快速采集系统设计与实现	/ 248
四、田面平整精度评价系统算法设计	/ 250
五、农田平整精度评价试验	/ 256

第八章

258

3S 技术应用案例

第一节 湖北省武穴市土地整治项目区土方量计算	/ 258
一、项目区概况	/ 258

二、数据处理	/ 259
三、项目区土方量计算方法	/ 260
四、三种软件计算土方量	/ 261
五、土方量计算结果分析	/ 266
六、道路工程量计算	/ 279
第二节 福建省莆田市荔城区土地整治项目遥感监测	/ 281
一、项目区概况	/ 281
二、遥感影像数据处理	/ 281
三、地形图和遥感图像的纠正	/ 282
四、遥感影像解译	/ 283
五、数据处理结果分析	/ 285
六、遥感影像与规划设计叠加对比分析	/ 286
第三节 青海省大通县北川河土地整治项目辅助现场调查	/ 288
一、项目区概况	/ 288
二、数据处理	/ 288
三、现场调查流程	/ 290
第四节 宁夏中北部土地整治重大工程项目动态监管	/ 296
一、项目区概况	/ 296
二、数据准备	/ 297
三、无人机遥感辅助应用	/ 298
四、项目动态监管	/ 306
第五节 土地变更调查新增耕地管理信息核查标注	/ 312
一、土地变更调查管理信息核查标注内涵	/ 312
二、新增耕地管理信息核查标注方法	/ 312
三、土地整治项目增加耕地上图工作方法	/ 314
四、国家核查方法与流程	/ 314
五、2012 年度土地变更调查新增耕地管理信息核查标注结果	/ 323

附录 IKONOS 立体像对测图精度分析	/ 326
----------------------	-------

参考文献	/ 342
------	-------

第一章

3S 技术基础

3S 技术是指遥感 (remote sensing, RS)、地理信息系统 (geographic information system, GIS) 和全球定位系统 (global positioning system, GPS) 三项技术集成整合的统称。遥感技术主要承担空间信息数据的采集与分析的任务; 地理信息系统主要承担空间信息数据的整合、存储、分析及输出表达的任务; 全球定位系统主要承担地表物体准确快速定位和获取数据的任务。三项技术相互补充、有机结合形成一个系统, 实现各种技术的综合。

3S 技术作为目前对地观测系统中空间信息获取、存贮、管理、更新、分析和应用的三大支撑技术, 它们是现代社会持续发展、资源合理规划利用、城乡规划与管理、自然灾害动态监测与防治等的重要手段, 也是地学研究走向量化的科学方法之一。3S 技术的应用改变了人类观测地球和信息处理的方式, 大大开拓了人类的视野, 极大增强了人类认识世界的能力, 对人类的世界观和生活、生产以及信息交流方式将产生深远的影响。

第一节 航空遥感技术

遥感, 从广义上说是泛指从远处探测、感知物体或事物的技术, 即不直接接触物体本身, 从远处通过某种平台上装载的传感器探测和接收来自目标物体的特征信息, 然后对所获取的信息进行提取、判定、加工处理以及应用分析的综合性技术系统。遥感技术主要解决获取地球表层信息的手段问题。

遥感具有可获取大范围资料、信息量大、快速、周期短和受限制少等特点, 一个完整的

遥感系统由遥感平台、传感器、信息传输系统、地面接收系统、图像处理与应用系统等组成。从工作原理划分,分为以可见光—多光谱遥感为代表的被动遥感和以雷达遥感为代表的主动遥感两类;从工作平台划分,分为车载遥感、无人机遥感、航空遥感、航天遥感等多种;根据获取的电磁波的工作波段不同,可分为紫外遥感,探测波段在 $0.05 \sim 0.38 \mu\text{m}$ 之间;可见光遥感,探测波段在 $0.38 \sim 0.76 \mu\text{m}$;红外遥感,探测波段在 $0.76 \sim 1\,000 \mu\text{m}$;微波遥感,探测波段在 $1\text{mm} \sim 1\text{m}$ 之间。

现代遥感技术主要表现在它的多传感器、高分辨率和多时相特征。随着遥感的迅速发展,遥感信息的应用已从静态发展到动态、从区域发展到全球、从地面发展到太空、从多光谱发展到高光谱、从有限的空间分辨率发展到多空间分辨率。其应用分析也从单一遥感资料向多时相、多数据源的融合与分析,从静态分析向动态监测过渡,从对资源与环境的定性调查向计算机辅助的定量自动制图过渡,从对各种现象的表面描述向软件分析和计量探索过渡。目前,遥感技术已广泛应用于气象、地质、地理、农业、林业、陆地水文、海洋、测绘、污染监测及军事侦察等领域,成为一门实用的、先进的空间探测技术。

一、航空遥感基本概念

航空遥感又称机载遥感,是以高空、中空、低空有人机、低空无人机、飞艇等作为航空飞行平台,对地面观测的遥感技术。依飞行平台的工作高度和应用目的,分为低空 ($0.6 \sim 3\text{km}$)、中空 ($3 \sim 10\text{km}$) 及高空 (10km 以上) 三种类型遥感作业。航空遥感所用的传感器多为航空摄影机、航空多谱段扫描仪和航空侧视雷达等。由航空摄影机获取的图像资料为多种形式的航空像片(如黑白片、黑白红外片、彩色片、彩红外片等)。由航空多谱段扫描仪可获得多光谱航空像片,其信息量大大多于单波段航空像片。航空侧视雷达从飞机侧方发射微波,在遇到目标后,其后向散射的返回脉冲在显示器上扫描成像,并记录在胶片上,产生雷达图像。

航空遥感具有技术成熟、成像比例尺大、地面分辨率高、适于大面积地形测绘和小面积详查以及不需要复杂的地面处理设备等优点,成为遥感发展的重要方面。缺点是飞行高度、续航能力、姿态控制、全天候作业能力以及大范围的动态监测能力较差。它作为一种探测和研究地球资源与环境的手段,为大中比例尺城市地籍测绘、正射影像地图、城市规划与管理、城镇土地利用、土地变更调查和中小比例尺国土资源遥感综合调查等提供了高精度航空影像及专题成果资料。

二、航空摄影测量

航空摄影测量(aerial photogrammetry)指的是在飞机上用航摄仪器对地面连续摄取像片,结合地面控制点测量、调绘和立体测绘等步骤,绘制出地形图的作业。主要用于测绘 $1:1\,000 \sim 1:100\,000$ 各类比例尺的地形图。

航空摄影测量单张像片测图的基本原理是中心投影的透视变换；立体测图的基本原理是投影过程的几何反转。航空摄影测量工作分为外业和内业。外业包括：（1）像片控制点联测，像片控制点一般是指航摄前在地面上布设的标志点，也可选用像片上明显地物点（如道路交叉点等），用测角交会、测距导线、等外水准、高程导线等普通测量方法测定其平面坐标和高程。（2）像片调绘，在像片上通过判读，用规定的地形图符号绘注地物、地貌等要素；测绘没有影像的和新增的重要地物；注记通过调查所得的地名等。（3）综合法测图，在单张像片或像片图上用平板仪测绘等高线。内业包括：（1）加密测图控制点，以像片控制点为基础，一般用空中三角测量方法，推求测图需要的控制点、检查其平面坐标和高程。（2）测制地形原图。

航空摄影测量是一种高技术含量的测绘方法，一直是我国基本地图成图的主要方式。当一个地区或测区面积很大时，传统的地面测绘手段就不能适应测绘行业的时间性，此时必须利用航空摄影机在空中摄取地面的影像，通过外业判读，在内业建立地面模型，再通过计算机用绘图软件在模型上测量，直接获得数字地形图。由于其成图速度快，精度高而均匀，不受气候及季节的限制等优点，特别适合于城市密集地区的大面积成图。近年来随着卫星科技的发展，使得卫星影像亦成为摄影测量像片的另一重要来源，在遥感测绘技术中得到广泛应用。

三、无人机遥感

无人机遥感技术作为航空遥感手段，具有续航时间长、影像实时传输、高危地区探测、成本低、高分辨率、机动灵活等优点，是卫星遥感与有人机航空遥感的有效补充，在国内外已得到广泛应用。利用其高分辨率 CCD 相机系统获取遥感影像，利用空中和地面控制系统实现影像的自动拍摄和获取，同时实现航迹的规划和监控、信息数据的压缩和自动传输、影像预处理等功能。随着技术的成熟与民用领域需求的不断扩大，现已逐步从研究开发发展到实际应用阶段，成为未来主要的航空遥感技术之一，为国土资源调查、城市规划、数字城市建设、土地整治管理、突发事件应急调查、重大工程施工监测、灾害预测与评估等很多领域提供了便捷高效的数据获取手段。

（一）无人机

无人机具有体积小、造价低、使用方便、适合多种环境等优点，使用非常广泛。英国前景无人侦察机由军事研究和评估局（DERA）、克兰菲尔德航宇公司（CA）和目标与监视无人航宇合成工程公司（TASUMA）联合研制，主要有军事研究和评估局进行有效载荷飞行试验的 CA3 型“观察家”无人侦察机、英国 Meggitt 安全系统公司研制的“幻影”三角翼无人机和 Spektre 无人机，以及英国 GEK 马可尼公司为英国国防部研制的“不死鸟”无人侦察机（见图 1-1）；法国主要有“红隼”、“斯佩威尔”、“图坎 95”、“狐”、“赫利奥特”、“轻骑兵 2”及“警戒 F2000M”等无人直升机；德国主要有道尼尔公司研制的“小遥控飞