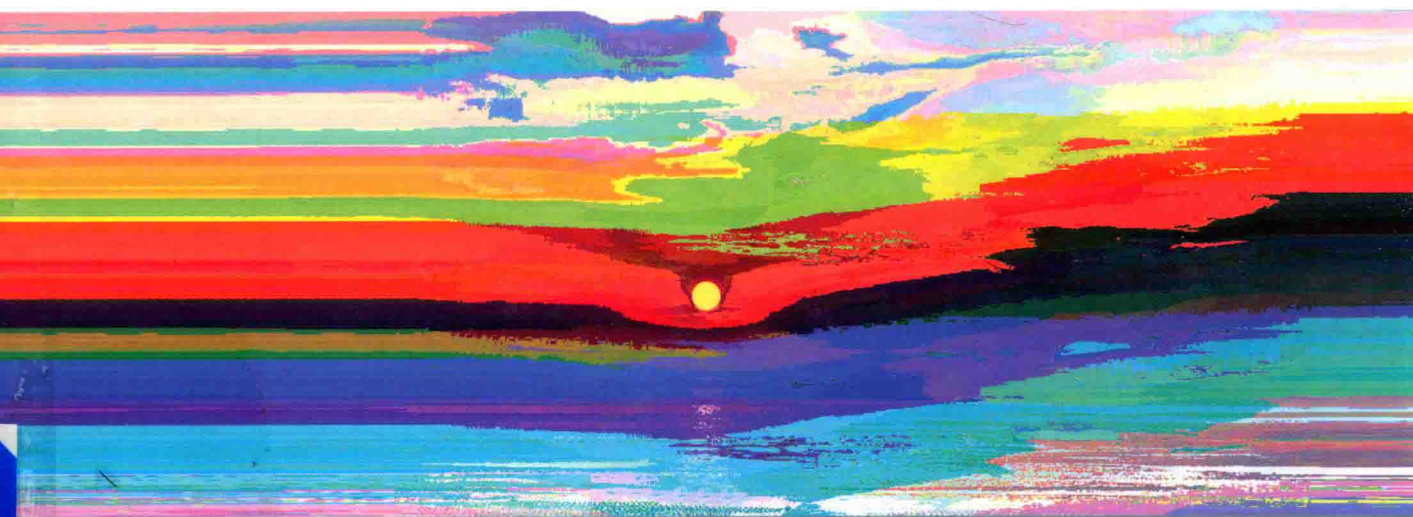




“十三五”国家重点出版物出版规划项目

中国生态环境演变与评估

中国土地覆被



吴炳方 等 著



科学出版社



龍門書局



“十三五”国家重点出版物出版规划项目

中国生态环境演变与评估

中国土地覆被



吴炳方 等 著

科学出版社
龙门书局
北京

内 容 简 介

本书是对中国土地覆被数据生产所涉及的分系统、信息提取方法、不同区域尺度监测成果的总结,介绍基于面向对象的分类技术生产中国土地覆被数据的技术方法,同时提出面向碳收支与生态评估需求的分类系统,并根据建设完成的2010年土地覆被数据集,采取全国—大区—典型区—分省逐层递进的方式,全面展示中国土地覆被的基本特点。

本书内容丰富,资料翔实,新颖,图文并茂,体系严谨,可供从事GIS和遥感应用、景观生态以及环境保护方面的科技工作者、高等院校有关专业的师生和政府相关部门参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国土地覆被 / 吴炳方等著. —北京: 科学出版社 龙门书局, 2017. 6
(中国生态环境演变与评估)

“十三五”国家重点出版物出版规划项目 国家出版基金项目

ISBN 978-7-03-050409-8

I. ①中… II. ①吴… III. ①土地—覆盖—研究—中国 IV. ①F321.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 262753 号

责任编辑: 李 敏 张 菊 李晓娟 / 责任校对: 彭 涛

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 黄华斌

科学出版社 龙门书局 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 6 月第一次印刷 印张: 26

字数: 680 000

定价: 268.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《中国生态环境演变与评估》编委会

主 笔 欧阳志云 王 桥

成 员 (按汉语拼音排序)

邓红兵 董家华 傅伯杰 戈 峰

何国金 焦伟利 李 远 李伟峰

李叙勇 欧阳芳 欧阳志云 王 桥

王 维 王文杰 卫 伟 吴炳方

肖荣波 谢高地 严 岩 杨大勇

张全发 郑 华 周伟奇

《中国土地覆被》编委会

主 笔 吴炳方

成 员 (按汉语拼音排序)

包安明 陈劲松 黄进良 李爱农

刘成林 马荣华 王宗明 颜长珍

于信芳 曾 源 张 磊

总 序

我国国土辽阔，地形复杂，生物多样性丰富，拥有森林、草地、湿地、荒漠、海洋、农田和城市等各类生态系统，为中华民族繁衍、华夏文明昌盛与传承提供了支撑。但长期的开发历史、巨大的人口压力和脆弱的生态环境条件，导致我国生态系统退化严重，生态服务功能下降，生态安全受到严重威胁。尤其 2000 年以来，我国经济与城镇化快速的发展、高强度的资源开发、严重的自然灾害等给生态环境带来前所未有的冲击：2010 年提前 10 年实现 GDP 比 2000 年翻两番的目标；实施了三峡工程、青藏铁路、南水北调等一大批大型建设工程；发生了南方冰雪冻害、汶川大地震、西南大旱、玉树地震、南方洪涝、松花江洪水、舟曲特大山洪泥石流等一系列重大自然灾害事件，对我国生态系统造成巨大的影响。同时，2000 年以来，我国生态保护与建设力度加大，规模巨大，先后启动了天然林保护、退耕还林还草、退田还湖等一系列生态保护与建设工程。进入 21 世纪以来，我国生态环境状况与趋势如何以及生态安全面临怎样的挑战，是建设生态文明与经济社会发展所迫切需要明确的重要科学问题。经国务院批准，环境保护部、中国科学院于 2012 年 1 月联合启动了“全国生态环境十年变化（2000—2010 年）调查评估”工作，旨在全面认识我国生态环境状况，揭示我国生态系统格局、生态系统质量、生态系统服务功能、生态环境问题及其变化趋势和原因，研究提出新时期我国生态环境保护的对策，为我国生态文明建设与生态保护工作提供系统、可靠的科学依据。简言之，就是“摸清家底，发现问题，找出原因，提出对策”。

“全国生态环境十年变化（2000—2010 年）调查评估”工作历时 3 年，经过 139 个单位、3000 余名专业科技人员的共同努力，取得了丰硕成果：建立了“天地一体化”生态系统调查技术体系，获取了高精度的全国生态系统类型数据；建立了基于遥感数据的生态系统分类体系，为全国和区域生态系统评估奠定了基础；构建了生态系统“格局—质量—功能—问题—胁迫”评估框架与技术体系，推动了我国区域生态系统评估工作；揭示了全国生态环境十年变化时空特征，为我国生态保护与建设提供了科学支撑。项目成果已应用于国家与地方生态文明建设规划、全国生态功能区划修编、重点生态功能区调整、国家生态保护红线框架规划，以及国家与地方生态保护、城市与区域发展规划和生态保护政策的制定，并为国家与各地区社会经济发展“十三五”规划、京津冀交通一体化发展生态保护

规划、京津冀协同发展生态环境保护规划等重要区域发展规划提供了重要技术支撑。此外，项目建立的多尺度大规模生态环境遥感调查技术体系等成果，直接推动了国家级和省级自然保护区人类活动监管、生物多样性保护优先区监管、全国生态资产核算、矿产资源开发监管、海岸带变化遥感监测等十余项新型遥感监测业务的发展，显著提升了我国生态环境保护管理决策的能力和水平。

《中国生态环境演变与评估》丛书系统地展示了“全国生态环境十年变化（2000—2010 年）调查评估”的主要成果，包括：全国生态系统格局、生态系统服务功能、生态环境问题特征及其变化，以及长江、黄河、海河、辽河、珠江等重点流域，国家生态屏障区，典型城市群，五大经济区等主要区域的生态环境状况及变化评估。丛书的出版，将为全面认识国家和典型区域的生态环境现状及其变化趋势、推动我国生态文明建设提供科学支撑。

因丛书覆盖面广、涉及学科领域多，加上作者水平有限等原因，丛书中可能存在许多不足和谬误，敬请读者批评指正。

《中国生态环境演变与评估》丛书编委会

2016 年 9 月

序

从原始的刀耕火种开始，人类就开始了改变地球表面的进程。漫漫历史长河中，土地覆被是人类改变自然的一个缩影，也关系着人类持续发展的福祉，其变化对全球气候、物质与能量循环、生物多样性和陆地生态系统生产力有着深刻的影响。近3个世纪以来，约有50%的陆地表面被人类改造，但囿于早期观测能力不足，地球表面的剧变和由此产生的影响难以记录，时空连续的土地覆被监测与制图更是无从谈起，导致缺乏土地覆被的实证资料，缺失土地覆被历史巨变的信息镜鉴。直到20世纪中后期，对地观测技术突飞猛进后，出现了土地覆被概念，也成为全球变化的研究热点和对地观测技术的主要应用领域。1995年，国际地圈-生物圈计划（IGBP）和国际全球环境变化人文因素计划（IHDP）共同将“土地利用/土地覆被变化科学研究计划”列为核心项目，世界气候研究计划（WCRP）、国际生物多样性计划（DIVERSITAS）和正在实施中“未来地球计划”（Future Earth）也将土地覆被研究设为密切相关的内容。

2011年起历时3年，吴炳方博士领衔的中国科学院土地覆被遥感监测团队充分利用了国产的环境星HJ-1 A/B数据，建立了完整的全国土地覆盖分类系统，制定了统一的土地覆盖遥感监测技术体系，得到多部门联合的地面调查数据的支持，采用全数字化、半自动化生产工艺，经过严格、科学的质量控制、精度验证和用户确认，完成了覆盖中国全境的30m空间分辨率的土地覆被遥感数据产品（ChinaCover），是我国自主遥感数据综合应用的一次重要实践。数据集的完成与共享，对推动我国土地覆盖变化及其对生态环境安全影响的研究具有重要参考价值。

本书的出版，有助于读者更好地了解2010年土地覆被遥感数据产品，对生态环境遥感也有参考价值，对我国土地覆被科学的发展和生态环境评估的实践起到推动作用。特做此序，为之推介。

中国科学院院士

徐冠华

2016年12月21日于北京

前 言

中国地处中纬度热带、亚热带、温带地区，由于青藏高原的山体效应，使其具有寒带的气候特征，从而使得中国土地覆被类型丰富多样。与其他国家的土地覆被相比，中国土地覆被具有类型与结构的独特性：人口众多、土地开发强度大、土地管理方法多样，土地覆被具有破碎化、连续性低的特点；山地多、平地少、地形起伏大，加之四季分明的季风气候影响过程，使得土地覆被垂直与水平景观空间异质性大；人类活动干扰与自然条件的胁迫，使土地覆被类型丰富而富有空间变化。

为了准确了解我国土地覆被现状，在中国科学院战略性先导科技专项“陆地生态系统固碳参量遥感监测及估算技术研究”课题（编号 XDA05050100）及中国科学院和环境保护部联合支持项目“全国生态环境十年变化遥感调查与评估”的“全国生态环境十年变化土地覆盖与地表参量遥感提取”专题（编号 STSN-01-00）的支持下，在继承前人研究成果的基础上，中国科学院遥感与数字地球研究所联合中国科学院东北地理与农业生态研究所、中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所、中国科学院新疆生态与地理研究所、中国科学院南京地理与湖泊研究所、中国科学院测量与地球物理研究所、中国科学院深圳先进技术研究院、南昌大学等多家单位分区域合作完成。

从 2011 年起历经 3 年时间，研究团队先后完成了土地覆被野外考察、训练样本库构建、数据收集与预处理、面向对象的土地覆被分类、多轮土地覆被分类结果修订、跨区域土地覆被接边、土地覆被精度验证等工作。其中，全国 2010 年 30m 空间分辨率土地覆被数据集（ChinaCover2010）的数据源主要是国产 HJ-1 A/B 影像，实际工作中结合应用了美国 Landsat TM 影像以保障全国土地覆被信息源的完整和丰富。

参加本书编写的主要人员有中国科学院遥感与数字地球研究所吴炳方、曾源、张磊、李晓松、赵旦、伊坤朋、高文文、郑朝菊等；中国科学院东北地理与农业生态研究所王宗明、任春颖、贾明明、毛德华等；中国科学院地理科学与资源研究所于信芳、王正兴、王世宽等；中国科学院新疆生态与地理研究所包安明、常存等；中国科学院寒区旱区环境与工程研究所颜长珍、谢家丽、李森等；中国科学院南京地理与湖泊研究所马荣华、罗菊花、李飞等；中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所李爱农、雷光斌、

边金虎等；中国科学院测量与地球物理研究所黄进良、王立辉等；中国科学院深圳先进技术研究院陈劲松、韩鹏鹏等；南昌大学刘成林等。本书在编写过程中还参考了大量有关文献资料，在此表示衷心的感谢。由于编写人员水平及资料有限，疏漏之处请广大读者批评指正。

作 者
2016 年 6 月

目 录

总序	
序	
前言	
第1章 绪论	1
1.1 土地覆被	1
1.2 土地覆被数据的应用	2
1.3 土地覆被数据集	6
1.4 中国土地覆被数据特色	8
1.5 经验与启示	10
1.6 不足与展望	13
第2章 中国土地覆被分类系统	15
2.1 土地覆被分类系统的建立方法	15
2.2 国际上主要的土地覆被分类系统	17
2.3 中国土地覆被分类系统设计	22
2.4 中国土地覆被分类系统特色	38
第3章 中国土地覆被数据生产方法	41
3.1 HJ-1 A/B 卫星数据的特色与能力	41
3.2 HJ-1 A/B 卫星数据自动预处理系统	46
3.3 数据生产作业区	53
3.4 分类特征数据层	54
3.5 样本库建立	59
3.6 面向对象的分类方法	64
3.7 决策树方法	68
3.8 雷达信息的利用	73
第4章 典型土地覆被信息的遥感提取方法	77
4.1 山区森林常绿、落叶特征遥感自动识别算法	77
4.2 基于多时相遥感数据的橡胶林遥感识别	86

4.3	面向对象的人工表面信息的遥感提取方法	94
4.4	基于知识库及特征权重的山区土地覆被遥感监测方法	99
4.5	基于环境星数据的平原绿化信息提取方法研究	108
4.6	平原区园地信息遥感提取方法	117
4.7	面向对象的广东省桉树人工林目标提取方法	124
4.8	沼泽湿地的特征及提取方法	132
4.9	基于环境卫星数据的南方灌丛信息提取研究	140
4.10	冰川积雪及荒漠植被信息提取方法	144
第5章	土地覆被质量控制与精度验证	149
5.1	质量控制及核查方法	149
5.2	质量检查与用户核查	155
5.3	精度验证方法	164
5.4	中国土地覆被精度评估	170
第6章	中国土地覆被特征	179
6.1	中国土地覆被总体特征	179
6.2	中国不同类型土地覆被特征	183
第7章	中国各大区土地覆被特征	200
7.1	华北地区土地覆被特征	200
7.2	东北地区土地覆被特征	202
7.3	华东地区土地覆被特征	205
7.4	华中地区土地覆被特征	208
7.5	华南地区土地覆被特征	210
7.6	西南地区土地覆被特征	213
7.7	西北地区土地覆被特征	216
第8章	中国典型地区土地覆被特征	220
8.1	青藏高原土地覆被特征	220
8.2	黄土高原地区土地覆被特征	223
8.3	珠江三角洲土地覆被特征	233
8.4	长江三角洲土地覆被特征	235
8.5	黄河三角洲土地覆被特征	241
8.6	海河河口土地覆被特征	246
8.7	辽河三角洲土地覆被特征	248
8.8	西北干旱区土地覆被特征	250

第 9 章 中国分省土地覆被特征 260

9.1 北京市土地覆被特征 260

9.2 天津市土地覆被特征 263

9.3 河北省土地覆被特征 266

9.4 山西省土地覆被特征 270

9.5 内蒙古自治区土地覆被特征 272

9.6 辽宁省土地覆被特征 276

9.7 吉林省土地覆被特征 279

9.8 黑龙江省土地覆被特征 282

9.9 上海市土地覆被特征 286

9.10 江苏省土地覆被特征 288

9.11 浙江省土地覆被特征 291

9.12 安徽省土地覆被特征 294

9.13 福建省土地覆被特征 297

9.14 江西省土地覆被特征 300

9.15 山东省土地覆被特征 303

9.16 河南省土地覆被特征 307

9.17 湖北省土地覆被特征 310

9.18 湖南省土地覆被特征 313

9.19 广东省土地覆被特征 316

9.20 广西壮族自治区土地覆被特征 319

9.21 海南省土地覆被特征 322

9.22 重庆市土地覆被特征 325

9.23 四川省土地覆被特征 329

9.24 贵州省土地覆被特征 332

9.25 云南省土地覆被特征 335

9.26 西藏自治区土地覆被特征 339

9.27 陕西省土地覆被特征 342

9.28 甘肃省土地覆被特征 345

9.29 青海省土地覆被特征 349

9.30 宁夏回族自治区土地覆被特征 352

9.31 新疆维吾尔自治区土地覆被特征 355

9.32 台湾省土地覆被特征 359

9.33 香港和澳门特别行政区土地覆被特征 362

第 10 章 中国土地覆被地图集 365

10.1 地图集总体设计 365

10.2 地图集色彩库 369

10.3 地图集符号库与注记库 373

10.4 制图综合 378

参考文献 380

索引 397

| 第 1 章 | 绪 论

土地覆被客观记录了人类改变地球表面特征的空间格局，而且再现了地球表面的时空动态过程，是开展全球变化、生态系统、生物多样性、生态安全评估以及人类与环境之间相互作用研究的基础数据。

1.1 土地覆被

土地覆被（也常见“土地覆盖”）是一种地理特征，是陆地表面可被观察到的自然营造物和人工建筑物的综合体，是自然过程和人类活动共同作用的结果，既具有特定的时间和空间属性，也具有自然与社会属性。

土地覆被遥感监测主要对地表覆盖物（包括已利用土地和未利用土地）进行解译和分类。通过遥感监测某一时刻地表土地覆被信息，实际上就是识别此刻地表土地覆被的类型信息，了解其空间分布状况，记录自然过程和人类活动改变地球表面特征的空间格局。对某一时段地表土地覆被信息的获取，目的是刻画地表土地覆被类型的变化（王长耀，2005），再现地球表面的时空变化过程。土地覆被的最主要组成部分是植被，但也包括土壤和陆地表面的水体。土地覆被信息与植被覆盖度、地上生物量、生物多样性等植被特征信息相结合，可以进一步反映土地覆被各类型的质量信息。

土地覆被是随遥感科学的发展而出现的概念，不同时期的研究者对土地覆被有自己的理解和定义。土地覆被主要取决于自然因素以及人类活动对土地的利用和整治产生的影响（李秀彬，1996）。国际地圈生物圈计划（International Geosphere-Biosphere Program, IGBP）和国际全球环境变化人文因素计划（International Human Dimensions Programs on Global Environmental Change, IHDP）将土地覆被定义为地球陆地表层和近地面层的自然状态，是自然过程和人类活动共同作用的结果（Turner et al., 1995）。美国生态学会将土地覆被定义为土地表面的生态状态和自然表现；美国全球环境变化委员会（USSGCR）将土地覆被定义为覆盖着地球表面的植被及其性质（US-SGCR/CENR, 1995）；吴传钧和郭焕成（1994）认为，土地覆被的基本概念和定义是在土地的基本概念和定义的基础上发展和建立起来的，土地是指地球陆地表层一定范围内的地域单元，是自然特征和社会特征的复杂综合体；联合国粮食及农业组织（Food and Agriculture Organization, FAO）将土地覆被定义为地球表面可被观察到的自然覆盖（Di Gregorio and Jansen, 1998）。《中国大百科全书》中，土地覆被是指覆盖在陆地表面和近地面层的植被、土壤、水体等所组成的自然环境综合体，是地球系统中的大气圈、水圈、岩石圈、生物圈、人文圈之间相互交叠层次上形成的特殊层圈。太阳光能在这里被吸收、转化和储存，成为地球上各种生物生长和繁衍最为

活跃的场所。此外，这里也是人类活动最为集中的地方，是人类赖以生产、生活的最重要资源和活动空间，因而现代土地覆被的状况也是人类活动长期作用的结果。20 世纪 90 年代以后，土地覆被不再仅仅被看成是单一的土地和植被类型，而是以土地类型及其所具有的一系列自然属性和特征的综合体，包括土地类型和植被类型（杨立民和朱智良，1999），还包括与土地覆被类型密切相关的生态环境要素，例如，植被所处的生态区域、地形与气候条件、土壤的理化性质以及土地利用状况等。

土地覆被的含义与“土地利用”相近，只是研究的角度有所不同。土地覆被侧重于土地的自然属性，而土地利用侧重于土地的社会属性。例如，对林地的划分，土地覆被分类根据林地生态环境的不同而形成的结构特征，将林地分为针叶林、阔叶林、针阔混交林等，以反映林地所处的生境、分布特征及其地带性分布规律和垂直差异。土地利用分类则从利用目的和利用方向出发，如将林地分为用材林地、经济林地、薪炭林地、防护林地等。比例尺小时，能更多地体现土地覆被信息，随着比例尺的增大，出现更多的土地利用信息。但两者在许多情况下有共同之处，故在开展土地覆被和土地利用的调查研究工作中常将两者合并考虑，建立统一的土地利用/土地覆被分类体系。

随着研究方法、技术的发展以及理论的创新，土地覆被研究逐渐发展为土地覆被科学，主要针对土地覆被类型的时间属性和空间属性的特征进行研究。土地覆被类型的形态和状态可在多种时空尺度上变化，而且产生土地覆被变化的原因也是复杂的（杨立民和朱智良，1999）。土地覆被信息的空间特征主要表现在土地覆被的空间分布，它包括土地覆被类型、面积、空间位置和区域差异等方面。土地覆被研究与所采用的空间尺度联系在一起，在不同的空间尺度上，土地覆被的类型、所采用的分类系统、所研究的问题和研究的方法都存在差异。不同国家、不同项目采用不同的分类系统，进行相应的土地覆被分类、建模和预测（陈佑启和 Verburg，2000）。获取土地覆被信息，研究土地覆被变化，对指导人类应对全球变化、合理利用土地和植被资源、保护与改善生态环境、维护生态环境安全、实现社会经济自然协调发展具有重要作用。

土地覆被遥感监测方法与遥感数据类型、信息提取精度要求、速度与效率要求有关（甘甫平等，1999）。随着可用于土地覆被分析与监测的遥感数据类型日益丰富，学术界已经发展了许多有效的信息提取方法，主要有自动分类、目视解译手工勾绘边界、影像分割与面向对象的分类等方法（Yu et al.，2013；Vaduva et al.，2013）。在中尺度土地覆被遥感监测方面，近年来也出现了不少遥感分类的新方法，包括人工智能神经网络分类、分类树方法、多元数据的专家系统和计算机识别法等。随着地球观测卫星数量的增加，卫星影像时间序列也在不断延长，这些数据集有利于加强土地覆被动态变化的监测效果（Sexton et al.，2013）。

1.2 土地覆被数据的应用

土地覆被及其变化数据不仅在全球环境变化研究中起关键性作用（魏学琼等，2014），同时也是区域规划、生态系统评估、气候变化研究、环境建模等多项研究的基础数据之

一,对地球系统科学、全球生态变化和可持续发展研究都具有重要的科学数据支撑作用。土地覆被的变化对生态环境的影响会导致生态系统结构和功能的改变;反之,生态环境的变化又在很大程度上影响土地覆被的变化。土地覆被变化不仅是地表生态系统变化的直接表现,其本身也是土地系统发生变化的直接原因,所以在进行土地覆被变化的驱动因素研究时,土地覆被数据能够解释不同类型土地覆被的变化原因,其中进行转移矩阵分析是最基本的分析手段,能够明确不同土地覆被类型的土地流向(史培军等,2000;杨桂山,2001;朱会义和李秀彬,2003)。

土地覆被及其变化与以气候变化为主的全球变化研究密不可分。土地覆被研究贯穿于全球变化研究的“四大计划”中(WCRP、IGBP、IHDP、DIVERSITAS),也是未来地球研究计划的主要内容。土地覆被变化对气候的影响主要通过陆面与大气间温室气体和感热的交换、地面辐射平衡、粗糙度及其对大气角动量的作用等方式实现(Walker et al., 2004; Zimmerer and Bassett, 2003),任何改变地球表面覆盖状况的行为都将影响到气候变化(李谢辉,2005;钱乐祥和丁圣彦,2005),因此研究土地覆被变化是研究全球变化的重要内容(史培军等,2000;李巧萍和丁一汇,2004)。人类活动造成的土地利用/土地覆被变化也使大气成分正发生着有史以来从未有过的急剧变化,对大气组成等也产生重要的影响(张润森等,2013;Pielke, 2002),也改变大气的化学性质和变化过程(Crutzen and Andreae, 1990),导致大气中 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 等气体的浓度产生显著变化。19世纪以来,土地利用/土地覆被变化导致了相当于同期化石燃料向大气中净释放的 CO_2 量(Houghton et al., 1983);20世纪以来,快速城市化进程的推进带来了显著的城市空气污染(张润森等,2013)。气候的变化又会通过大气循环影响到区域及其周边的土地覆被状况、水分循环与热量循环(周广胜和王玉辉,1999),土地覆被数据又成为评价气候变化效应的重要指标。

土地覆被数据被广泛应用到生态系统服务和生物多样性评估中。土地利用/土地覆被通过类型、格局和强度的差异对生态系统服务产生不同的影响(Ouyang et al., 2016;傅伯杰和张立伟,2014)。土地覆被类型的变化影响着生态系统的能量交换、水分循环、土壤侵蚀与堆积、生物地球化学循环等主要生态过程,从而也改变着生态系统服务价值的变化。耕地的农产品供给服务能力较强,而调节、文化与支持服务能力较弱;天然林的调节与支持服务能力较强,而产品供给服务能力则较弱;等等。不同土地覆被格局会产生相应的生态过程,从而对生态系统服务造成影响(Fu et al., 2013)。土地覆被数据的应用不仅体现在生态环境单一要素的效应研究方面,也体现在生态系统整体的功能和服务价值方面的研究上。早期生态系统服务价值的测量主要依靠土地利用/土地覆被数据进行估算,通过土地覆被单位面积生态系统服务价值当量表来进行区域生态系统服务价值量的估算(谢高地等,2003)。近年来,生态系统服务价值测量的趋势是采用模型和观测、采样等定量化手段,土地利用/土地覆被数据是其中最重要的输入参数之一。例如,利用InVEST模型的产水、土壤保持和水质净化模块,评估北京密云水库流域1990~2009年由土地利用变化引起的生态系统服务功能变化(李屹峰,2013)。在黄土高原坡面尺度上对不同土地利用格局开展对比研究后发现,从坡顶到坡底,林地—草地—坡耕地的土地利用格局与林