

中国5年间隔陆地生态系统空间分布数据集 (1990–2010) 内容与研发

徐新良^{1*}, 刘纪远¹, 张增祥², 周万村³, 张树文⁴, 李仁东⁵,
颜长珍⁶, 吴世新⁷, 史学正⁸

1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100101;
3. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 4. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春
130012; 5. 中国科学院武汉测量与地球物理研究所, 武汉 430077; 6. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究
所, 兰州 730000; 7. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 8. 中国科学院南京土壤研究
所, 南京 210008

摘要: 中国陆地生态系统类型空间分布数据集是在1990年、1995年、2000年、2005年和2010年卫星遥感数据基础上, 结合地面调查研发的连续25年每5年间隔的中国生态系统数据集。该分类系统共划分为7个生态系统类型, 包括: 农田生态系统、森林生态系统、草地生态系统、水体与湿地生态系统、荒漠生态系统、聚落生态系统和其他生态系统。数据空间分辨率为100 m。其中, 水体和湿地生态系统变化不大, 聚落生态系统由占据总面积1.65% (1990) 增至2.09% (2010); 农田生态系统由18.65% (1990) 增至18.80% (2010); 而草地生态系统由31.98% (1990) 降至31.56% (2010); 森林生态系统由23.74% 降至23.64% (2010)。这种变化总量在5年间隔期间呈波动变化特点。

关键词: 中国; 陆地生态系统; 空间分布; 5年间隔; 100 m; 1990–2010

DOI: 10.3974/geodp.2017.01.08

1 前言

生态系统是由植物、动物、微生物及其无机环境相互作用构成的一个动态、复杂的功能单元, 是地球生命支持系统的基本组成部分, 其状况与变化趋势对人类的可持续发展具有决定性影响。生态系统作为生物圈的重要组成部分, 它在维持生命的支持系统和环境的动态平衡方面起着的不可取代的重要作用, 其提供的各项服务功能已得到世界的公认^[1]。开展陆地生态系统服务的研究也已成为生态系统恢复、生态功能区划和建立生态补偿机制、保障国家生态安全的重大战略需求^[2]。中国陆地生态系统种类繁多, 囊括了地球陆地生态

收稿日期: 2014-12-22; 修订日期: 2015-03-15; 出版日期: 2017-03-25

基金项目: 中华人民共和国科学技术部 (2013BAC03B01, 2010CB950901, 2006BAC08B03); 国家自然科学基金 (78659, 12784); 中国科学院 (A75123)

*通讯作者: 徐新良 L-5222-2016, 中国科学院地理科学与资源研究所, xuxl@lreis.ac.cn

论文引用格式: 徐新良, 刘纪远, 张增祥等. 中国5年间隔陆地生态系统空间分布数据集 (1990–2010) 内容与研发 [J]. 全球变化数据学报, 2017, 1(1): 52–59. DOI: 10.3974/geodp.2017.01.08.

数据集引用格式: 徐新良, 刘纪远, 张增祥等. 中国5年间隔陆地生态系统空间分布数据集 (1990–2010) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2015. DOI: 10.3974/geodb.2015.01.01.V1.

系统的各种类型，如森林、草地、荒漠、苔原、湿地、高山冻原及复杂的农田生态系统等，每种生态系统又包含多种气候类型和土壤类型^[3]。中国幅员辽阔，人口众多，生物资源丰富，土地利用形式多样，生态系统类型分布和功能的演变对区域和国家的可持续发展产生了深远的影响。20 世纪 70 年代以来在经济转型、社会变革和生产力提高的大背景下，中国生态系统类型结构发生了翻天覆地的变化。由于巨大的人口压力和社会经济所带来的负面影响，目前中国各类自然生态系统正面临着不同程度的退化，如森林面积的大幅度下降、草原和湿地生态系统的退化、荒漠化土地面积扩大等^[4]。生态系统的衰退，不仅表现在总面积的减少，更严重的是其结构与功能的降低或丧失^[5]，由此引起的水资源短缺、水土流失、沙漠化、生物多样性减少等生态问题持续加剧，已对我国生态安全造成严重威胁。因此，从区域和国家不同尺度开展生态系统类型的识别，并在此基础上认识生态系统类型的地域分布规律，全面认识我国生态系统的空间格局及其演变特征，对支撑生态系统服务功能研究，保障我国生态安全具有重要意义。

中国陆地生态系统类型空间分布数据集（ChinaEco100-Spatiotemporal Distribution Dataset of Ecosystem Types in China）^[6]是中国陆地生态系统主要类型遥感监测的重要产出成果，包括 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年 5 期森林、草地、农田、水体与湿地、聚落、荒漠等主要生态系统类型的空间分布数据。

2 数据集元数据简介

中国 5 年间隔陆地生态系统空间分布数据集（1990–2010）（ChinaEco100）元数据见表 1。

表 1 中国 5 年间隔陆地生态系统空间分布数据集（1990–2010）元数据简表

条目	描述
数据集名称	中国 5 年间隔陆地生态系统空间分布数据集（1990–2010）
数据集短名	ChinaEco100
作者信息	徐新良 L-5222-2016, 中国科学院地理科学与资源研究所, xuxl@lreis.ac.cn 刘纪远 B-9555-2014, 中国科学院地理科学与资源研究所, liujy@igsrr.ac.cn 张增祥 L-6187-2016, 中国科学院遥感与数字地球研究所, zhangzx@irsa.ac.cn 周万村 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, zhouwc@imde.ac.cn 张树文 中国科学院东北地理与农业生态研究所, zhangshuwen@neigae.ac.cn 李仁东 D-1002-2017, 中国科学院武汉测量与地球物理研究所, lrd@asch.whigg.ac.cn 颜长珍 C-9846-2017, 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, yancz@lzb.ac.cn 吴世新 D-1002-2017, 中国科学院新疆生态与地理研究所, wushixin@ms.xjb.ac.cn 史学正 中国科学院南京土壤研究所, xzshi@issas.ac.cn
地理区域	地理范围包括 18°00'N–53°33'N, 73°33'E–135°5'E。地理区域范围涉及到的省份包括：中国陆地地区域
数据年代	1990 年，1995 年，2000 年，2005 年，2010 年
空间分辨率	100 m
数据文件个数	6
数据格式	ARCGIS grid, .rar, .xlsx
数据量	953 MB

续表

条目	描述
数据集组成	数据集由 2 部分数据组成，包括 5 个数据文件和 1 个数据源说明文件，数据文件分别为：Ecosyschina1990.rar，Ecosyschina1995.rar，Ecosyschina2000.rar，Ecosyschina2005.rar，Ecosyschina2010.rar。数据源说明文件为 ChinaEco100_RS.xlsx。其中： 1. Ecosyschina1990.rar，是 1990 年中国生态系统类型数据文件，数据量：压缩前 183 MB，压缩后 74.2 MB 2. Ecosyschina1995.rar，是 1995 年中国生态系统类型数据文件，数据量：压缩前 179 MB，压缩后 74.2 MB 3. Ecosyschina2000.rar，是 2000 年中国生态系统类型数据文件，数据量：压缩前 190 MB，压缩后 74.2 MB 4. Ecosyschina2005.rar，是 2005 年中国生态系统类型数据文件，数据量：压缩前 190 MB，压缩后 74.2 MB 5. Ecosyschina2010.rar，是 2010 年中国生态系统类型数据文件，数据量：压缩前 191 MB，压缩后 74.6 MB 6. ChinaEco100_RS.xlsx，是数据源说明文件，数据量 46 KB
基金项目	中华人民共和国科学技术部（2013BAC03B01，2010CB950901，2006BAC08B03）；国家自然科学基金（78659，12784）；中国科学院（A75123）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报》（中英文）发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报》（中英文）编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[7]

3 数据采集及研发方法

中国陆地生态系统类型空间分布数据集是在遥感解译获取的 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年中国土地利用/土地覆盖数据的基础上，通过对各主要生态系统类型进行辨识和研究，经过分类处理形成的多期中国陆地生态系统类型空间分布数据集。

3.1 遥感监测信息源

中国陆地生态系统类型遥感监测遥感信息源主要以 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年五个时段的美国陆地卫星 Landsat TM（ETM）遥感影像为主，其中因 Landsat TM 影像时相较差或缺失而覆盖不到的地方以环境一号卫星（HJ-1A+B）或中巴资源卫星（CBERS）数据作为补充。

中国陆地生态系统遥感监测 1990 年参考 1988–1992 年 Landsat TM 数据 516 景；1995 年参考 1994/1995 年 Landsat TM 数据 572 景；2000 年使用 1999–2001 年 Landsat TM/ETM 数据 642 景；2005 年使用 2004–2006 年 Landsat TM/ETM 数据 547 景；2010 年使用 2009–2011 年 Landsat TM 数据 673 景，具体各期参考的 Landsat TM（ETM）遥感影像见数据集内的 ChinaEco100_RS.xlsx 文件。上述各期遥感数据均能够完整覆盖中国陆地区域，而且相同区

域有不同传感器类型和不同时相的数据供选择，便于提高判读和制图精度，确保质量。

在遥感数据源选择方面，除了需要研究区域内遥感数据获取瞬时的数据质量（如含水量 $<10\%$ 等指标）外，还须顾及不同区域的季相差异。例如，为了准确区分不同植被覆盖，我国北方须选取植被生长季节的影像数据；而为了区分植被茂密区域的类型差异，在南方则尽可能选择早春、晚秋，甚至是冬季的遥感数据。具体而言，在我国东北地区及其西北区域选择 6 月中旬至 9 月下旬的无云图像，具体区域包括东北 3 省、内蒙古、青海、甘肃、宁夏、新疆等；在华北平原及其附近区域选择 5 月上旬至 10 月中旬的图像，包括北京、天津、河北、河南、山东、山西、陕西等；在华中、华东和西南的北部地区应选择 3 月上旬或 10 月下旬的图像，包括上海、浙江、江苏、安徽、湖北、湖南、江西、四川、重庆、贵州、云南等；在华南大部分和西南的南部地区选择冬季的图像，包括广东、广西、海南、福建、台湾、香港、澳门等；在高海拔的青藏高原及其类似区域，选择 7 月至 9 月的图像。

3.2 遥感影像校正与处理

遥感图像校正与处理主要包括假彩色合成、几何精纠正处理与分县图像拼接、镶嵌等。1990 年遥感图像几何精纠正以地形图为控制图像，而其他各时段则以 1990 年几何精纠正的遥感图像为控制图像进行几何精纠正。图像纠正过程中，坐标及其投影参数采用 Albers 正轴等面积双标准纬线圆锥投影，具体参数如下：

坐 标 系：大地坐标系

投 影：Albers 正轴等面积双标准纬线圆锥投影

南标准纬线： 25°N

北标准纬线： 47°N

中 央 经 线： 105°E

坐 标 原 点： 105°E 与赤道的交点

纬 向 偏 移： 0°

经 向 偏 移： 0°

椭球参数采用 Krasovsky 参数：

$a=6,378,245.000,0\text{ m}$

$b=6,356,863.018,8\text{ m}$

统一空间度量单位： m

几何精纠正的平均位置误差不超过 50 m （约两个像元）。整景和分县图像均采用标准假彩色合成方式，其中标准假彩色合成方案为，Landsat TM/ETM 为 4、3、2 波段。纠正后的整景和分县图像均保存为 Geotif 格式。

3.3 土地利用/覆盖信息提取方法

生态系统的格局和空间结构在空间上具有一定的地域分布规律，在时间上则受到自然和人文因素的影响而具有明显的动态变化特点。为了对中国陆地各类生态系统的空间格局及其空间结构的动态变化取得全面客观的科学认识，我们在遥感解译获取的土地利用/土地覆盖数据的基础上，对中国各生态系统类型进行了辨识和研究。在获得了 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年几个关键时段土地利用/土地覆盖分类数据集的基础上，经过分类处理形成多期中国陆地生态系统类型空间分布数据集。

在构建国家尺度土地利用/土地覆盖专题数据库的过程中，我们设计了以遥感图像计算机屏幕人机交互直接判读（下称人工解译）为核心的中国土地利用遥感制图技术方案（图1），同时采用基于遥感监测的土地利用/土地覆盖分类系统，形成了一致的判读标准，从而保证了遥感人工解译的精度。基于此完成了1990年、1995年、2000年、2005年与2010年5期覆盖中国的土地利用/土地覆盖现状空间图，共计6个一级类型和25个二级类型。关于中国国家尺度土地利用/土地覆盖专题数据库建设的更多技术细节请参考文献[18-20]。

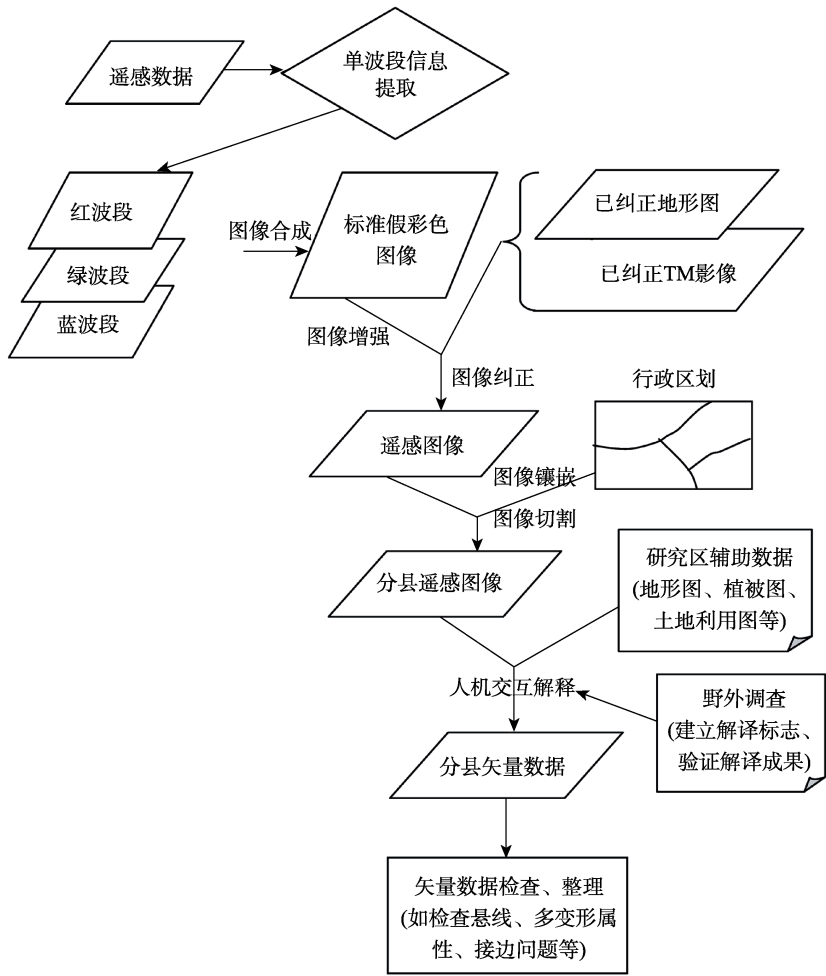


图1 土地利用/覆盖信息提取技术流程图

3.4 生态系统分类设计与转换

中国陆地生态系统类型定义如下，具体划分为7大生态系统类型：

（1）农田生态系统是在自然基础上经人工控制形成的农业生态系统中的亚生态系统，是地球上最重要的生态系统之一，人们种植的各种农作物是这一生态系统的主要成员。农田生态系统植被群落的结构单一，人们必须不断地从事播种、施肥、灌溉、除草和治虫等活动，才能够使农田生态系统朝着对人有益的方向发展。本数据集中农田生态系统主要包括土地利用/土地覆盖遥感分类系统中的水田、旱地；

（2）森林生态系统是以乔木为主体的生物群落（包括植物、动物和热带雨林生态系统微生物）及其非生物环境（光、热、水、气、土壤等）综合组成的生态系统，是生物与环境、生物与生物之间进行物质交换、能量流动的自然生态科学。森林生态系统不仅能够为人类提供大量的木材和林副业产品，而且在维持生物圈的稳定、改善生态环境等方面起着重要的作用。本数据集中森林生态系统主要包括土地利用/土地覆盖遥感分类系统中的密林地（有林地）、灌丛、疏林地、其他林地；

（3）草地生态系统是以饲用植物和食草动物为主体的生物群落与其生存环境共同构成的开放生态系统。该系统分为人工草地生态系统和天然草地生态系统两大类，是农业生态系统的一个组成部分。它以生产饲用植物、动物和动植物产品为主，草地生态系统不仅为人类提供大量的动植物产品，也是地球生物圈不可缺少的生态屏障。本数据集中草地生态系统主要包括土地利用/土地覆盖遥感分类系统中的高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地；

（4）水体与湿地生态系统是陆地与水域之间水陆相互作用形成的特殊的自然综合体，是在多水和过湿条件下形成的生态系统。水体与湿地生态系统具有净化水源、蓄洪抗旱的作用。它兼有水域和陆地生态系统的特点，具有极其特殊的生态功能，是地球上最重要的生命支持系统。本数据集中水体与湿地生态系统主要包括土地利用/土地覆盖遥感分类系统中的沼泽地、河渠、湖泊、水库、冰川与永久积雪、河滩地；

（5）荒漠生态系统是地球上最耐旱的，以超旱生的小乔木、灌木和半灌木占优势的生物群落与其周围环境所组成的综合体。本数据集中荒漠生态系统主要包括土地利用/土地覆盖遥感分类系统中的沙地、戈壁、盐碱地、高寒荒漠；

（6）聚落生态系统是一定人群的居住集合，由一定的家庭数量和人口规模组成，定居于某一特定的区域或区位。它是人类生存与生活的重要空间方式，是人类与生态和环境发生联系最直接、最密切的时空单元和系统。本数据集中聚落生态系统主要包括土地利用/土地覆盖遥感分类系统中的城镇、农村居民地、工矿用地。

（7）其他生态系统是除上述主要生态系统类型之外的自然地理单元，本数据集中主要包括土地利用/土地覆盖遥感分类系统中的裸土地和裸岩砾石地。

在基于遥感信息获取的 1990 年、2000 年与 2010 年 3 期中国土地利用/土地覆盖二级分类基础上，根据中国陆地生态系统分类与编码规则（见表 1），进行类型合并处理，其中土地利用/土地覆盖信息中的未利用地中沼泽湿地与水域合并为水体与湿地生态系统类型，将土地利用/土地覆盖遥感分类系统中的裸土地和裸岩砾石地划分为其他生态系统类型。

4 数据集组成与验证

4.1 数据集组成

中国陆地生态系统类型空间分布数据集包括 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年 5 期主要生态系统类型（包括森林、草地、农田、水体与湿地、聚落、荒漠等）的空间分布数据（图 2，表 2）。中国陆地生态系统类型空间分布数据集包括 ChinaEco100_1990.zip、ChinaEco100_1995.zip、ChinaEco100_2000.zip、ChinaEco100_2005.zip、ChinaEco100_2010.zip 和 ChinaEco100_RS.xlsx 文件，分别是 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年五期生态系统类型空间分布数据以及各期参考的遥感数据源列表的说明文件，数据量为 953 MB，解压缩后为 Arcinfo grid 格式。

表 2 中国陆地生态系统类型面积统计表 (单位: km²)

编码	生态系统类型	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年
1	农田生态系统	1,771,564.82	1,755,171.15	1,799,521.95	1,792,399.01	1,786,892.98
2	森林生态系统	2,255,265.96	2,277,528.81	2,243,210.33	2,246,308.85	2,246,633.86
3	草地生态系统	3,038,731.22	2,989,558.37	3,011,221.13	3,000,211.98	2,999,098.49
4	水体与湿地生态系统	357,850.26	351,847.90	356,485.30	357,253.50	358,178.35
5	聚落生态系统	156,474.71	168,124.02	173,131.77	188,973.07	198,597.86
6	荒漠生态系统	1,292,556.40	1,282,659.32	1,286,879.04	1,285,728.80	1,282,526.70
7	其他生态系统	629,031.62	675,102.58	630,897.16	631,189.21	631,131.25

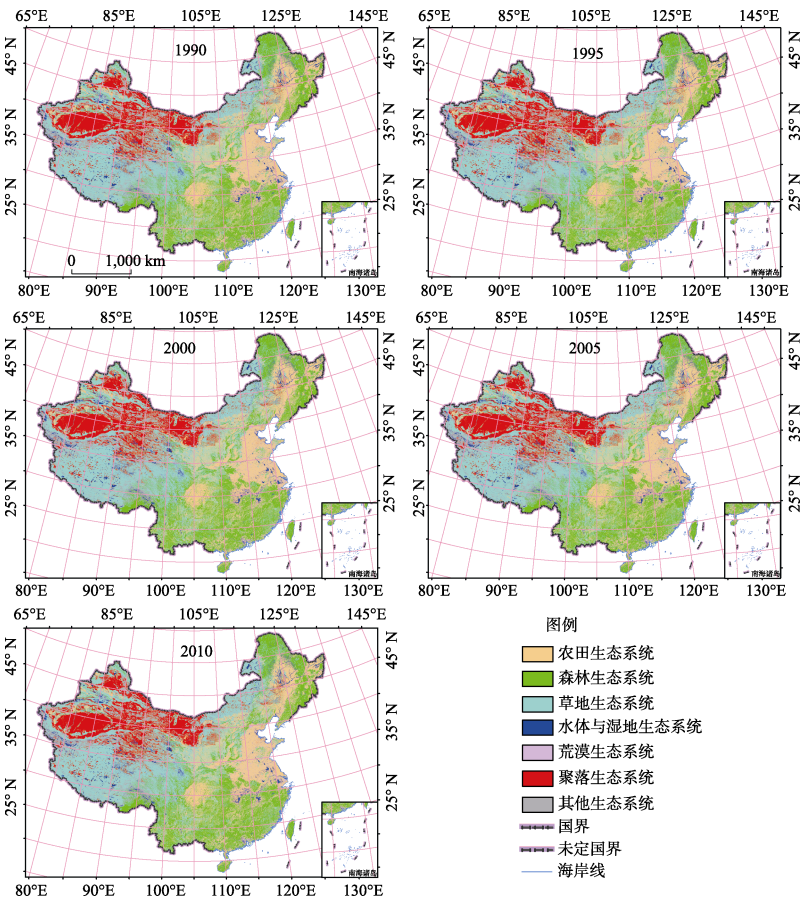


图 2 不同时期中国陆地生态系统类型空间分布图 (审图号: GS(2015)519 号)

4.2 数据验证

为保证获取数据的解译质量和一致性,对每期数据集都进行了统一的质量检查和数据集成。在开展土地利用/覆盖数据遥感解译过程中,在全国范围内北方以秋季为主,南方以春季为主开展野外考察,实地调查除台湾以外各省土地利用情况,利用 GPS 获取了大量的外业调查记录、实地景观照片,并对野外调查资料与外业实地记录,按照 10% 的县数比例随机抽取开展精度验证。如 1999 年开展了实地考察对 1995 年的土地利用/覆盖数据遥感解译精度开展精度验证,利用 GPS 相机获取了贯穿大陆 7.5 万多公里、7900 多张带有地理位置信息的地面景观数字相片,野外调查显示,由遥感信息生成的土地利用图位置误差平均

小于 50 m, 图斑的正确判读率为 98.7%。从各期综合数据质量的评价结果看, 中国土地利用一级类型综合评价精度达到 94.3% 以上, 二级类型分类综合精度达 91.2% 以上。

5 结论

中国陆地生态系统类型空间分布数据集以 100 m 空间分辨率从 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年 5 个不同时期展示了中国森林、草地、农田、水体与湿地、聚落、荒漠等主要生态系统类型的空间分布状况。它为顺利开展中国陆地生态系统服务功能、碳循环监测评估, 全面深入了解和把握中国生态环境安全态势, 科学有效的管理和制订中国生态可持续发展战略提供了重要的基础性数据。

参考文献:

- [1] 石焱, 王如松, 黄锦楼等. 中国陆地生态系统服务功能的时空变化分析[J]. 科学通报, 2012, 57(9): 720–731.
- [2] 傅伯杰, 周国逸, 白永飞等. 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全[J]. 地球科学进展, 2009, 24: 571–576.
- [3] 李林, 周可新, 郭烁. 中国陆地生态系统受威胁等级评价[J]. 安全与环境学报, 2014, 14(2): 259–265.
- [4] 徐卫华, 欧阳志云, 黄璜等. 中国陆地生态系统保护优先地区分析[J]. 生态学报, 2006, 26(1): 154–163.
- [5] 马克平, 钱迎倩. 生物多样性保护及其研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 1998, 4(1): 95–99.
- [6] 徐新良, 刘纪远, 张增祥等. 中国 5 年间隔陆地生态系统空间分布数据集(1990–2010)[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2015. DOI:10.3974/geodb.2015.01.01.V1.
- [7] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05 (2017 年更新).
- [8] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [9] 刘纪远. 国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究[J]. 遥感学报, 1997, 1(3): 225–230.
- [10] Zhuang, D. F., Liu, J. Y., Liu, M. L. Research activities on land use/cover change in the past ten years in china using space technology [J]. *Chinese Geographical Science*, 1999, 9(4): 330–334.
- [11] 刘纪远, 布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代时空特征的研究——基于卫星遥感数据[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 229–239.
- [12] Liu, J. Y., Liu, M. L., Deng, X. Z., et al. The land use and land cover change database and its relative studies in China [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2002, 12(3): 275–282.
- [13] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J]. 中国科学(D 辑), 2002, 32(12): 1031–1040.
- [14] 刘纪远, 张增祥等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析[J]. 地理研究, 2003, 22: 1–12.
- [15] 刘纪远, 张增祥, 庄大方等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M]. 北京: 科学出版社, 2005, 241–243.
- [16] Liu, J. Y., Liu, M. L., Tian, H. Q., et al. Spatial and temporal patterns of China's cropland during 1990–2000: an analysis based on Landsat TM data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 98(4): 442–456.
- [17] 刘纪远, 张增祥等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报, 2009, 64(12): 1411–1420.
- [18] 徐新良, 刘纪远, 庄大方. 国家尺度土地利用/覆被变化遥感监测方法[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(4): 2365–2369.
- [19] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3–13.
- [20] 徐新良, 庞治国, 于信芳. 土地利用/覆被变化时空信息分析方法及应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2014, 90–108.