

DOI: 10.5846/stxb201310102431

张磊, 吴炳方, 李晓松, 邢强. 基于碳收支的中国土地覆被分类系统. 生态学报, 2014, 34(24): 7158-7166.

Zhang L., Wu B. F., Li X. S., Xing Q. Classification system of China land cover for carbon budget. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(24): 7158-7166.

基于碳收支的中国土地覆被分类系统

张 磊, 吴炳方*, 李晓松, 邢 强

(中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100101)

摘要: 生态系统的碳收支是影响全球变化的重要环节, 而土地覆被变化改变了生态系统碳收支的现状、速率。提出了面向碳收支的中国土地覆被分类系统, 服务于生态系统碳收支估算和国家生态环境监测。分类系统由一、二级土地覆被类型、三级土地覆被辅助特征构成。通过物质组成、结构、排列、季节特征等 19 个指标, 将土地覆被划分 38 个二级类型, 反映生态系统的碳储量现状。三级土地覆被辅助特征利用 9 个指标补充了二级土地覆被类型的属性。其中 5 个环境指标主要反映生态系统碳储备的潜力和强度, 土地利用方式指标反映植被演替过程植被碳收支中的人为扰动影响, 植被覆盖度、植被生育期、物种特征指标用于进一步细化植被类型。二级类型与三级特征为分层组织的土地覆被产品, 有利于产品管理和应用。分类系统已应用到面向全国生态系统碳收支的 30m 格网的中国土地覆被制图中。

关键词: 土地覆被; 分类系统; 生态系统; 碳收支

Classification system of China land cover for carbon budget

ZHANG Lei, WU Bingfang*, LI Xiaosong, XING Qiang

Key Laboratory of Digital Earth Science, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: The carbon cycle greatly influences global change, and the land cover changes contribute to the status and rate of the carbon budget in ecosystems. This paper proposes a land cover classification system for land cover mapping for the estimation of carbon storage in ecosystems and the national environmental assessments. The classification system consists of basic land cover classes at level I and II, and auxiliary features at level III. The basic 38 classes at level II characterizing land cover features are derived from 19 criteria referring to aspects of composition, structure, pattern, phenology, etc. The basic classes reflect the status of carbon storage in ecosystems. The system defines more detail in vegetation, the criteria includes life form, vegetation height, leaf type, vegetation phenology, vegetation cover, soil disturbance under vegetation, harvest disturbance, spatial relationships between vegetation and artificial surfaces. Meanwhile, non-vegetation criteria is considered in non-vegetation types definition for large scale ecological monitoring and assessment, such as the water conditions, the artificial surface features, soil structure, land granular, soil salinity, soil moisture, surface state, the water flowing. The auxiliary classes at level III complement the attributes of level I and II by 9 criteria. The 5 environmental criteria of temperature, moisture, landform, aspect and slope mainly reflect the potential and intensity of carbon storage in ecosystems. The disturbance of vegetation succession caused by land use type influences the vegetation carbon budget. The other 4 criteria of vegetation cover, vegetation growing period, land use and species characteristics further refine the vegetation types, and land use typically impact the carbon storage. The structure of the land cover map of the classes of levels I and II is independent of the products of level III, which is helpful for land cover product management and applications. The classification system has been adopted in the Chinese national land cover database (ChinaCover2010) for

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项资助——应对气候变化的碳收支认证及相关问题(XDA05050109)

收稿日期: 2013-10-10; **网络出版日期:** 2014-10-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wubf@radi.ac.cn

the carbon budget in ecosystems at a 30 m scale. The classification system is characterized by the factors of intrinsic attributes and extrinsic property of land cover. It is able to effectively reflect the status of ecosystem carbon stocks, rate of change, the potential and mechanism. Classification system uses a flexible definition of vegetation cover, and it is able to re-organize vegetation classes by different vegetation coverage, this approach allows analysis and comparison on different classification system among countries or organizations. Class definition is performed by using FAO LCCS tools through dichotomy which is defined in quantified approach of land cover. LCCS method provides relatively accurate and comprehensive type definition, a priori design to make it much fair, balanced, but also makes the system extensive application. With the increasing attention to global environmental issues, land cover data used in the international exchange and comparison become more frequent, standardized LCCS will be the future application trends.

Key Words: land cover; classification system; ecosystem; carbon budget

土地覆被是地球表面可观察到的(生物)物理的覆盖物^[1]。它不再仅仅是单一的土地或植被类型,而是土地类型及其所具有的一系列自然属性和特征的综合体。地表覆盖的生物物理、生物地球化学特征及生态环境要素与土地覆被类型密切相关,正是它们之间复杂的相互作用,才形成了地球表面多样的生态系统及景观,并对地球表层系统(包括大气圈、水圈等)产生重要影响^[2]。土地覆被和土地利用变化是影响生态系统、全球生物化学、气候变化和人类脆弱性的主要决定因素^[3]。

全球气候变化是人类生存与发展面临的严峻挑战,引起了世界各国前所未有的高度重视,《联合国气候变化框架公约》及《京都议定书》的生效实施,将深刻地影响世界各国的经济和社会发展,甚至影响到世界经济未来发展方向与道路,土地覆被变化是全球变化的重要驱动因素。联合国粮食与农业组织(FAO)建立了全球土地覆被监测网格(GLCN),以推动全球土地覆被动态、标准化制图及全球、国家与区域尺度的土地覆被监测信息的交流。欧盟利用自主获取的全球 VGT、MERIS 数据制作全球土地覆被产品^[4-5],并实现动态更新,利用该数据进行全球千年环境评估(MA 计划)。IGBP-DIS 建立的 1km 土地覆被产品用于分析全球土地覆被/利用的变化机制及模拟未来 50—100a 的变化趋势^[6]。政府间气候变化专门委员会(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)利用土地利用、土地利用变化和林业活动,估算碳储量变化和温室气体排放^[7-8]。

针对国家应对气候变化与碳减排的国际谈判,以及自身可持续发展最佳途径选择等重大科技需

求,2011 年中国科学院实施了战略性先导科技专项“应对气候变化的碳收支认证及相关问题”。该专项着力回答中国的温室气体排放量、中国陆地生态系统的固碳潜力和速率,以及应对气候变化的绿色发展战略和政策等方面问题。其中“生态系统固碳现状、速率、机制和潜力”项目在全国 30 米尺度上准确评估中国森林、灌丛、草地、湿地和农田生态系统的理论固碳潜力、现实固碳潜力、近期内可实现的固碳潜力以及相应的固碳速率。国家土地覆被是碳收支估算的主要参量之一,通过 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年中国土地覆被制图,建立相应的生态系统各土地覆被类型及其区域化的碳储备估算模型。

在已有国家尺度分类系统中,欧洲环境署(EEA)提出的 CORINE 土地覆被分类系统,服务于欧盟成员国的环境监测。它是典型后验系统,对区域的类型拟合较好,但定义的混合类型、特殊类型较多,土地覆被与土地利用类型混合,类型标准化程度低,扩展性差。美国 Anderson 分类系统主要面向资源管理和应用目的设计,定义量化程度不足,植被类型缺少叶型的划分和稀树草地等类别,依赖于遥感方法制图,人工类型划分不清。我国中科院分类系统服务于宏观生态环境评价,侧重于土地利用,类型和定义结合国土资源部的类型划分,其森林、灌木的覆盖度指标定义相对偏高,与国外土地覆被产品不易对比。FAO LCCS (Land Cover Classification System)是先验系统,普适性强,独立于方法、数据的量化类型定义,但区域的拟合性不足。本文针对碳收支估算目标,基于现有分类系统的优劣对比,提出国家尺度的土地覆被分类系统。

1 土地覆被特征及分类原则

1.1 不同目标的分类系统特征

土地覆被分类系统强调的是物质的组成、内部结构、空间分布,它与生态系统固碳能力密切相关。土地利用分类系统表达的是土地的人类利用方式,尽管有些土地利用和土地覆被具有同样的命名,但其内涵不同。很多土地利用类型遥感不易识别,部分土地利用方式与固碳能力有关,如收割草场、耕作方式和复种程度、速生林建设等。植被分类系统主要根据植物的型组、型、亚型、群系、亚群系以及区域环境特征进行划分,植被类型能够充分反映物质组成和固碳能力,但是由于划分指标基于植物种类,划分过于细化,细分类型难以利用遥感监测获得空间分布数据,同时,植被分类缺少空间水平结构表述。生态系统分类系统是定义一定区域内与物质、能量交换相联系的类型组合,强调的是环境与生物的关系,环境参量是植被类型划分需要考虑的重要因素,通常会利用气候指标、区域性划分植被类型,如干旱半干旱灌木林、滨海湿地等。

1.2 生态系统的碳收支特征

光合作用是绿色植被进行固碳作用的直接途径,影响植物光合作用的因素包括植物本身的特征及环境特征。植被内部因素包括叶片的发育和结构、 CO_2 进入植物体的气孔阻力、光合作用限速本酶 RuBP 的羧化与再生、形成“同化力”的磷之再生以及光合产物的输出等,不同的植物结构与功能决定了植物光合作用能力大小^[9], C_4 植物的叶片光合速率均大于 C_3 植物。在空间尺度上,植被的木质化程度、叶型、冠层的季节性和光合作用途径决定植被的固碳能力^[10]。

限制光合作用碳固定的环境因素涉及光照、温度、水分以及矿质营养等方面。光照强度、光质、日照时间影响光合作用效果。植被的生物量积累随着气温的升高而升高,但到一定温度后,光合速率随温度升高而下降^[11]。水分不足会限制植物光合作用,特别是对于草地生态系统而言,水分胁迫是影响优势物种生长和固碳能力的关键因素,降水的减少,会降低净初级生产力,严重影响草原的固碳能力^[12]。此外,由于区域的气候差异、以及山地形成的局地气候效应也会影响生态系统固碳能力。

1.3 植被类型的碳储量特征

生态系统碳储量集中于森林、灌木、草地、湿地与耕地 5 个植被类型,不同植被类型的固碳特征和能力有所差别。森林类型划分中,叶型、叶子的季节性、热量特征影响生物量的积累,如阔叶\针叶、常绿\落叶、热带\亚热带\温带\寒带的划分。其中,叶型反映植物光合作用的方式,季节性反映生物量积累的能力,热量条件决定森林固碳速率及其潜力特征。一些特殊的林地对固碳影响较大,如经济林、城镇森林。人工管理的经济林生长速度通常比自然林快,四旁树和城镇森林以及道路林带单独面积很小,但累积起来非常可观,在划分中应考虑这部分组成;森林类型进一步划分要体现植物的优势种群。灌木首先考虑灌丛、灌木荒漠的划分,分别代表不同的气候环境划分,体现在空间结构上即覆盖度的差别。次一级类型主要以叶型、叶子季节性划分,进一步划分主要考虑环境要素,如热量、地貌、土地基质等。草地的制约因素是水分,首先划分类型应从水分条件开始,如草甸、草原、荒漠、草丛、灌草丛,次一级分类引入热量、覆盖度、地形、土地利用等信息;草地利用方式对生物量影响亦较大;进一步的草地划分基于物种特征等知识。湿地生态系统是基于生活型进行划分的,在细分类型中,应考虑划分陆地湿地与滨海湿地的差别。农田明确区分不同土壤环境下的水田、旱地,并在此基础上进一步考虑几种主要作物的区分和不同熟制(一年一熟/两年三熟/一年两熟等)的确定。

1.4 分类系统划分途径

分类系统类型划分通常有两种途径:先验划分或后验划分方式。在先验分类系统中,类型是实际出现类别的抽象概括,这种方法是在数据采集前设计的所有可能出现类型的定义;后验分类是根据实际出现地物特征直接定义,这种方法是基于采集样本的类型特征。先验方式为刚性划分、定义标准化、普适性强,而后验方式定义较为灵活、区域适应性强。欧洲 CORINE 土地覆被和中国国土资源部土地利用采用后验系统,突出区域的类型和特色,由于人为的主观性,类型的划分常常出现突出或忽略一些土地覆被类型,降低分类系统的均等性原则。本次分类系统和 FAO LCCS 属于先验系统,它均衡全球各区域的类型特征,如植被覆盖度划分要平衡中东

沙漠地区与南美亚马流域地区的差异,适合国家、区域之间的数据交流与对比,但它不能充分反映国家与区域土地覆被类型特征。

1.5 分类系统划分原则与依据

中国 30m 尺度土地覆被系统的设计是为了提供碳收支估算模型提供有效的参数和数据支撑,以估算 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年全国的生态系统碳储备状况,分析全国碳收支的潜力、速率和机制,因此,它应具备表达碳储备的数量、潜力的特征。同时,土地覆被的类型应具有国际、国内认可的、标准化的定义,使之成为具有高度可信、空间可比的数据交换能力。

分类系统划分指标由土地覆被内在属性和外在因素构成(图 1)。土地覆被内在属性反映地表的质地特性,包括组成、结构、排列、季节性等。其中生态系统的植被生活型、覆盖度、生长期、物种参数的描述与植被生物量有显著联系。通过内在属性界定土地覆被类型,能有效反映在生态系统碳储量的现状。土地覆被外在因素包括环境和土地利用方式。环境因素包括地形(高程、坡度、坡向)和气候(热量、水分)的影响特征。现有的土地覆被是一个长期的环境背景影响作用的结果,反映了生态演变的过程,它对生态系统的碳循环机制、变化速率、潜力产生重要影响。土地利用的管理和经营活动所形成的干扰强度、数量和过程变化,在某种程度上影响和改变了土地覆被组成、结构、模式,从而进一步影响生态系统的碳储量。

分类系统使用灵活的植被覆盖度定义。对于植被的定义,特别是森林定义,其覆盖度/郁闭度阈值

在各国、国际组织均不一致。LCCS 方法的植被类型定义的覆盖度>10%—20%,FAO 森林部、全球森林资源评估(FRA)计划、美国林业部门的森林定义为>10%郁闭度,美国地质调查局(USGS)国家土地覆被产品(NLCD)采用森林定义为 20%的郁闭度^[13],中国科学院土地资源分类系统中森林定义为郁闭度>30%^[14],中国国家林业清查定义的森林郁闭度为 20%。为了便于各类植被类型的对比,制定具有连续值的、而非分类的植被覆盖度或森林郁闭度数据层,通过不同植被覆盖度的再分类,可以进行不同分类系统之间的转换。

采用 FAO LCCS 方法划分类型。LCCS 方法类型定义相对准确和全面,先验的设计理念使之更加公正、均衡,也使得系统的应用扩展性更强。随着全球环境问题的日益关注,土地覆被数据在国际上的使用、交流与对比更加频繁,标准化的 LCCS 将是未来的应用趋势,LCCS 已应用到东非 11 个国家 30m 土地覆被(Africover)、欧盟全球土地覆被研究中(Globcover 和 GLC2000)。考虑该系统的土地覆被产品估算的碳储备将在联合国气候框架会议及碳贸易谈判中应用,土地覆被二级类型采用 LCCS 类型。

考虑到分类系统的完整性、制图的可操作性,分类系统采用谱系结构和分层结构细化类型。不断增加划分指标丰富土地覆被类型,但倍增土地覆被类型,会增加制图的难度,也不利于土地覆被数据的灵活使用。并行处理方式是每个指标划分的类型形成独立的数据层,每个指标之间不交叉,根据应用的需要,选择不同的指标组合,使分类系统应用更加简便、灵活。一、二级类型采用谱系结构的土地覆被类型,通过遥感监测实现制图,获取空间一致性的土地覆被产品;三级类型中加入植被特征参量、环境类型、土地利用类型,采用并行的分层结构。

2 中国土地覆被分类系统

土地覆被分类系统分为三级,一、二级类表示土地覆被的内在属性,三级类表示土地覆被的外在特征。一级为联合国政府间气候变化框架(IPCC)土地覆被类型,二级基于碳收支的 LCCS 土地覆被类型,三级为土地覆被的辅助特征,结合植被水平结构、植物季节性、环境条件、群落建群种、土地利用方式。

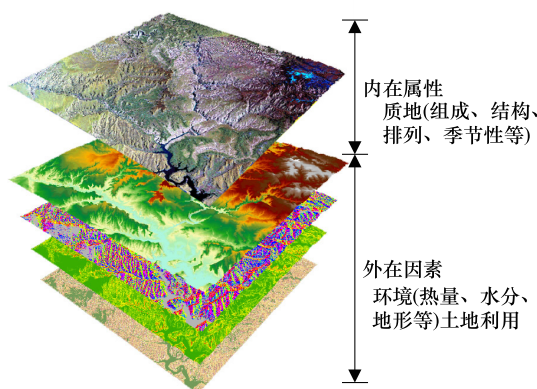


图 1 中国 30m 网格土地覆被的产品结构和类型划分指标体系
Fig.1 The structure of 30 m grid China land cover product and criteria of classification

2.1 一级分类及指标

土地覆被图例系统中,一级为 6 类,对应 IPCC 的 6 类,包括林地、草地、湿地、耕地、人工表面、其它类型(裸露地)。以便使最终划分的数据类型与 IPCC 保持一致,开展全球土地覆被和碳收支的估算与对比。类型划分考虑 4 个划分指标:植被的覆盖、

水的覆盖、人类活动、植被生活型。

2.2 二级分类及指标

二级类型由 FAO LCCS 的方法进行定义,共 38 类,具有统一的数据代码,便于政府间、国际组织的数据交换与对比分析,反映通用的土地覆被特征(表 1)。二级类型是附属于一级类型。

表 1 面向碳收支的中国土地覆被 I、II 级分类系统

Table 1 China land cover classification system for carbon budget (level I、II)

序号 Number	I 级分类 Level I	II 级分类 Level II	代码 Code	指标 Features
1	林地 Woodland	常绿阔叶林	101	自然或半自然植被, $H=3—30\text{m}$, $C>20\%$, 不落叶, 阔叶
		落叶阔叶林	102	自然或半自然植被, $H=3—30\text{m}$, $C>20\%$, 落叶, 阔叶
		常绿针叶林	103	自然或半自然植被, $H=3—30\text{m}$, $C>20\%$, 不落叶, 针叶
		落叶针叶林	104	自然或半自然植被, $H=3—30\text{m}$, $C>20\%$, 落叶, 针叶
		针阔混交林	105	自然或半自然植被, $H=3—30\text{m}$, $C>20\%$, $25\%<F<75\%$,
		常绿阔叶灌木林	106	自然或半自然植被, $H=0.3—5\text{m}$, $C>20\%$, 不落叶, 阔叶
		落叶阔叶灌木林	107	自然或半自然植被, $H=0.3—5\text{m}$, $C>20\%$, 落叶, 阔叶
		常绿针叶灌木林	108	自然或半自然植被, $H=0.3—5\text{m}$, $C>20\%$, 不落叶, 针叶
		乔木园地	109	人工植被, $H=3—30\text{m}$, $C>20\%$
		灌木园地	110	人工植被, $H=0.3—5\text{m}$, $C>20\%$
		乔木绿地	111	人工植被, 人工表面周围, $H=3—30\text{m}$, $C>20\%$
		灌木绿地	112	人工植被, 人工表面周围, $H=0.3—5\text{m}$, $C>20\%$
2	草地 Grassland	草甸	21	自然或半自然植被, $K>1.5$, 土壤水饱和, $H=0.03—3\text{m}$, $C>20\%$
		草原	22	自然或半自然植被, $K=0.9—1.5$, $H=0.03—3\text{m}$, $C>20\%$
		草丛	23	自然或半自然植被, $K>1.5$, $H=0.03—3\text{m}$, $C>20\%$
		草本绿地	24	人工植被, 人工表面周围, $H=0.03—3\text{m}$, $C>20\%$
3	湿地 Wetland	森林湿地	31	自然或半自然植被, $T>2$ 或湿土, $H=3—30\text{m}$, $C>20\%$
		灌丛湿地	32	自然或半自然植被, $T>2$ 或湿土, $H=0.3—5\text{m}$, $C>20\%$
		草本湿地	33	自然或半自然植被, $T>2$ 或湿土, $H=0.03—3\text{m}$, $C>20\%$
		湖泊	34	自然水面, 静止
		水库/坑塘	35	人工水面, 静止
		河流	36	自然水面, 流动
4	耕地 Cropland	运河/水渠	37	人工水面, 流动
		水田	41	人工植被, 土地扰动, 水生作物, 收割过程
5	人工表面 Artificial land	旱地	42	人工植被, 土地扰动, 旱生作物, 收割过程
		居住地	51	人工硬表面, 居住建筑
6	裸露地 Bare land	工业用地	52	人工硬表面, 生产建筑
		交通用地	53	人工硬表面, 线状特征
		采矿场	54	人工挖掘表面
		稀疏林	61	自然或半自然植被, $H=3—30\text{m}$, $C=4\%—20\%$
		稀疏灌木林	62	自然或半自然植被, $H=0.3—5\text{m}$, $C=4\%—20\%$
		稀疏草地	63	自然或半自然植被, $H=0.03—3\text{m}$, $C=4\%—20\%$
		苔藓/地衣	64	自然, 微生物覆盖
		裸岩	65	自然, 坚硬表面
		裸土	66	自然, 松散表面, 壤质
		沙漠/沙地	67	自然, 松散表面, 沙质
		盐碱地	68	自然, 松散表面, 高盐分
		冰川/永久积雪	69	自然, 水的固态

C : 覆盖度\郁闭度(%); F : 针阔比率(%); H : 植被高度(m); T : 水一年覆盖时间(月); K : 湿润指数; (草本)湿润指数^[15]: $K = \frac{R}{0.1 \times T}$,

R : 年降水量, T : 年内大于 0 度的积温; 植被覆盖度: $C = \frac{C_p}{C_t}$, C_p : 植被叶面投影面积, C_t : 总地表面积

二级分类采用 16 个指标,它们分别是植被生活型、植被高度、植被叶型、植被物候、植被覆盖度、植被下土壤扰动、植被的收获性、植被与人工表面的空间关系、水分条件、人工表面功能、土壤结构、土地颗粒性、土壤盐分、土壤水分、水面状态、水面流动性。有些类别划分使用 2—3 个指标。

对于林地的细分类型,主要利用了植被生活型、植被高度、植被叶型、植被物候、植被覆盖度、人类活动,产生 12 种类型,基本上反映出了林地的结构。草地采用了植被覆盖度、水分条件。水分是制约草地生长的重要环境因素,通过水分条件、覆盖度,基本上能够反映出草地的生物量和类型。耕地采用植被下土壤扰动、植被的收获性、水的覆盖特征,产生 2 类不同植被种类、土壤固碳能力的类型。

2.3 三级土地覆被特征

三级土地覆被特征表达二级类型的植被类型细化和外在因素特征进一步刻画,在二级分类的基础上,针对植物覆盖类型进一步细化植被生物量相关参数的土地覆被特征,同时划分环境和土地利用类型。三级土地覆被特征采用 9 个指标,它们分别是植被覆盖度、生育期、热量、高程、坡度、坡向、群落优势种、海陆关系、土地利用方式(表 2)。三级类型或

者指标是独立于一、二级类型、形成独立的数据层。

植被覆盖度反映植被水平结构;生育期表达植物在年内的生长期光合作用的时间和强度;环境参量包括水分、热量、地形、坡度、坡向,反映植物生长和固碳的环境控制和影响参量,隐含了植物固碳的潜力等特征。

植物群落基于自然植被的建群种和作物类型划分,反映不同植物之间的差异。自然植被植物种类(代码:101—108,21—23)的划分依据《中国植被图集(1:100 万)》中植物分类系统^[16],将建群种划分植被型组、植被型、群系组,中国共 586 个群系组,如华北落叶松林。园地植物种类(代码:109—112)以实际种植的植物定义,如柑桔园\橡胶园等。湿地植物种类(代码:31—33)是依据中国主要湿地类型划分。耕地植物种类(代码:41—42)定义大宗作物。

土地利用管理方式反映人工管理对碳储量的干扰和影响作用,同时反映植被固碳的机制、变化速率。林地土地利用方式是依据 2003 年颁布的《国家森林资源连续清查主要技术规定》中提出的 5 类功能林地(表 2)。草地土地利用方式是依据国土资源部草地利用方式与中国科学院植物研究所的草地畜牧类型进行划分的。

表 2 面向碳收支的中国土地覆被(植被类型)Ⅲ级类特征

Table 2 China land cover features for carbon budget estimation at levelⅢ (vegetation extension)

序号 Number	指标 Feature	阈值 Threshold
1	植被覆盖度 Vegetation fraction cover	连续值 0—100%,根据需要定制
2	生育期 Growth period	月数(1—12)
3	热量 Heat	寒带($Ta < 1300^{\circ}$), 寒温带($Ta = 1300—2300^{\circ}$), 温带($Ta = 2300—3700^{\circ}$), 暖温带($Ta = 3700—5300^{\circ}$), 亚热带($Ta = 5300—8000^{\circ}$), 热带($Ta > 8000^{\circ}$)
4	地貌 Landform	平原($Hr = 0—30m$)、台地(30—100m)、丘陵(100—200m)、山地(>200m)
5	坡度 Slope	平地(0—6°)、缓坡(6—15°)、斜坡(15—25°)、陡坡(>25°)
6	坡向 Aspect	阴坡(315—45°)、半阴坡(45—90°和 270—315°)、半阳坡(90—135°和 270—315°)、阳坡(135—225°)、无坡向(坡度小于 2°)
7	植物群落 Community	植被的建群种划分
8	海陆关系 Salinity	海水\饱和海水土壤的环境、陆生环境
9	土地利用方式 Land use	林地:防护林\特种用途林\用材林\薪炭林\经济林 草地:天然草地\封育草地\割草地\冬春放牧草地\夏秋放牧草地\全年放牧草地\休憩用地\绿地

Ta:为年内日均温大于 0 度的积温;Hr 为相对高差

3 分类系统示范应用

分类系统是针对生态系统碳收支设计的,同时也考虑到遥感的解析力、制图的可行性。在土地覆

被一、二级分类中,以遥感分类方法进行土地覆被制图,形成基本的土地覆被类型数据。三级类型为二级类型的辅助特征,建立独立的、并列的数据层,形成综合土地覆被数据集。三级类型中,植被覆盖度、

生育期通过遥感参数反演的方法获取,而地形数据中的高程、坡度和坡向通过卫星多角度拍摄和模型反演,气温数据基于国家气象地面观测站的数据进行插值获取,植物物种、土地利用方式主要基于地面调查。

该分类系统已应用到 30m 尺度的中国面向碳收支评估的土地覆被监测中,并开展了示范区研究。示范区选取在中国中部地区的丹江湖水库上游一条支流流域,坐标范围在 E106°43′—107°28′, N33°01′—34°12′,覆盖面积 4177 km²。该地区为亚热带季节气候区的北部,垂直地带性强,生物多样性丰富。

分类系统中一、二级土地覆被类型及三级类植被覆盖度和生育期,采用 30m 尺度的中国 HJ-A\B 卫星遥感数据。HJ-A\B 卫星具有重访周期为 2—3d、幅宽大的优点,其获取数据量最大,在北方可保障每个月 1、2 景数据,南方多云多雨区可保障一个季度 1、2 景数据。多时相数据往往比高空间分辨率具有更强的土地覆被判别能力,空间分辨率解决的是混合像元问题,而多时相数据解决类型识别能力。试验区获取了 6 景影像,每 2 个月 1 期数据。

二级类型土地覆被分类采用面向对象技术,面向对象技术的实现是通过分割过程、监督分类二次处理过程完成。分割过程目的是实现像素转为对象的过程,是依据光谱的同质性聚类,分割成适合反映地类几何特征的尺度,通过一次分类获取具有几何特征和空间特征的对象组合,这些对象层具有了双重特征,即光谱与几何特征,根据这些信息,进一步分类、提取信息,该方法分类精度要高于基于像素的分类方法。分类算法采用支持向量机(SVM)方法^[17]和层次分类(HC)方法^[18]。首先,导入对象化的 6 幅影像、面积、长宽比、标准差、高程、坡度、坡向,基于野外调查的样本点数据进行 SVM 分类,在此基础上,针对对象的空间关系、层次关系,利用 HC 方法进一步细化二级类型,主要包括区分乔木绿地、草本绿地、居住地、工业用地、采矿场、水库、河流等二级类

高程数据采用 30m 的 ASTER 卫星多视角数据,高程数据通过模型转换生产坡度和坡度数据,ASTER 反演数据不理想的地区采用美国航天飞机 90m 雷达数据(STRM)获取的高程数据替代。气温

参数分别采用统计数据空间化和地形梯度方法,气温参数是中国 700 个气象观测站观测数据进行 krig 空间插值方法,产生 1km 格网的数据,空间插值考虑地形垂直变化对气温的影响。

植被盖度估算采用植被指数像元二分法,选择植被生长茂盛期的 HJ 影像计算 NDVI,通过植被归一化指数(NDVI)和土壤 NDVI 反演植被覆盖度。生长期提取是利用每日 MODIS 卫星 1km 的 NDVI 与 30m 6 期 HJ 的 NDVI 影像获取。将上述两种数据在时间上插值,建立 30m NDVI 的时间序列数据,通过 Savitzky-Golay 滤波器^[19],对时间序列的 NDVI 曲线进行平滑,确定生长期的起始与结束时间。最后,形成中国汉江褒河流域 16 类土地覆被特征与 8 个辅助环境特征的数据集(图 2)。

4 结论与讨论

本论文提出了面向碳收支的中国土地覆被分类系统。该分类系统由一、二级土地覆被基本类型、三级辅助特征类型构成。其基本类型定义以土地覆被为主,通过物质组成、结构、排列、季节特征等 19 个指标划分 38 个类型,反映生态系统的碳储量现状。三级辅助类型利用 9 个指标补充了二级土地覆被类型的属性。其中 5 个环境指标主要反映生态系统碳储备的潜力和强度,土地利用方式指标反映植被演替过程植被碳收支中的人为扰动影响,植被覆盖度、植被生育期、物种特征指标用于进一步细化植被类型。二级类型与三级类型为分层组织的土地覆被产品,有利于产品管理和应用。通过土地覆盖类型与土地覆盖特征的结合,更加详刻画了地表覆盖特征。该系统已应用到面向生态系统碳收支的 30m 格网的中国土地覆被制图中。

分类系统主要服务于国家生态系统碳储量评估,也兼顾国家生态环境的评价目标。分类系统在植被类型中划分更多类型,通过植被的生活型、植被垂直与水平结构、植被叶型、植被物候、植被下土壤扰动、植被的收获性,反映不同生态系统的固碳能力。同时,考虑人工表面、水面、耕地、裸露表面的类型,以便服务于大尺度的生态环境监测与评估。

本系统更多地考虑了人工植被的划分。我国的人为干扰、半自然的林地很多,如经济林、城市绿地、环境保护林或城外景观林地等,其产生的固碳作用

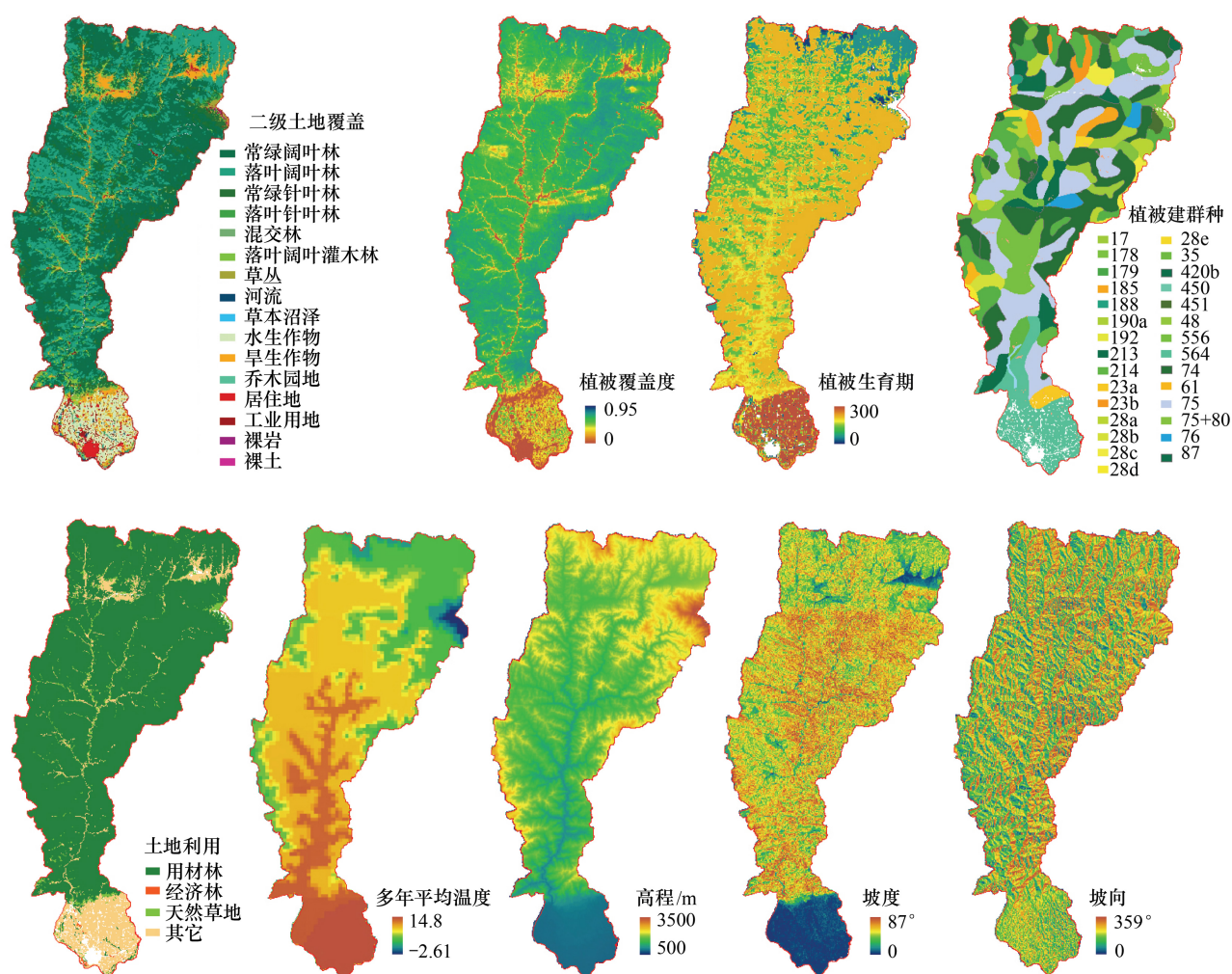


图2 中国汉江褒河流域土地覆被及特征数据集

Fig.2 Land cover and character database in Baohe tributary of Han basin, China

各不相同。经济林的人为管理最为强烈,为了达到经济收益,需要对植被进行修剪、施肥、灌溉等,固碳能力与自然有明显差异,分类系统中划分了乔木园地和灌木园地;城市绿地为景观林地,也有一定的人为干扰,如修剪、浇水等,分类系统中划分为城市乔木林、城市灌木林和城市草地;环境保护林属于半人工、半自然的林地,但人为干扰较少,本系统中归入自然林类型。有些人工林与建设用地混合在一样,如四旁树、行道树等,不能独立划分,在二级类中以混合居住地划分,但在三级类中,利用植被覆盖度再将植被的成份进行分离出来。

本系统代码与 LCCS 分类系统类型一致,以便参与国际土地覆被的数据交流与对比。LCCS 类型具有如下几个特点:(1)土地覆被定义严格区分于土地利用,类型定义具有准确的定量指标,设计类型中考虑到所有的涵盖面;(2)具有尺度变化、层次结构的

继承关系;(3)独立于制图、信息源、监测方法以外的分类系统。LCCS 不足之处在于,对于区域的土地覆被特征拟合不够理想。LCCS 已纳入国际标准化组织(ISO-211)审批进程,逐步推广应用到各个国家和组织土地覆被监测。

致谢:感谢中国科学院植物研究所白云飞教授、谢宗强教授,及中国科学院华南植物园周国逸教授对分类系统的指导。

References:

- [1] Di Gregorio A, Jansen L J M. Land cover classification system // Environment and Natural Resources Service Series 8. Rome: FAO, 2005.
- [2] Gong P, Chen Z X, Tang H J, Zhang F R. Progress of the research on classification system of land vegetation. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2006,

- 27(2): 35-40.
- [3] Verburg P H, van de Steeg J, Veldkamp A, Willemen L. From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90(3): 1327-1335.
- [4] Bartholomé E, Belward A S. GLC2000: a new approach to global land cover mapping from Earth observation data. *International Journal of Remote Sensing*, 2005, 26(9): 1959-1977.
- [5] Defourny P, Vancutsem C, Bicheron P, Brockmann C, Nino F, Schouten L, Leroy M. GLOBCOVER: a 300 m global land cover product for 2005 using ENVISAT MERIS time series // *Proceedings of the Re-cent Advances in Quantitative Remote Sensing Symposium*. Valencia, 2006.
- [6] Thomas R. The International Geosphere - Biosphere Programme: a study of global change-the initial core projects. IGBP Global Change Report No. 12. Sweden: International Geosphere-Biosphere Pro-gramme, 1990.
- [7] Robert T W, Ian R N, Bert B N, etc. IPCC special report on land use, land-use change and forestry. England: Cambridge University Press, 2003.
- [8] Jim P, Michael G, Taka H, etc. Good guidance for land use, land-use change and forestry. Japan: IPCC national greenhouse gas inventories programme, 2003.
- [9] Yu G R. Global Change Carbon Circle and Storage in Terrestrial Ecosystem. Beijing: Meteorology Press, 2003.
- [10] Jung M, Henkel K, Herold M, Churkina G. Exploiting synergies of global land cover products for carbon cycle modeling. *Remote Sensing of Environment*, 2006, 101: 534-553.
- [11] Xu Z Z, Zhou G S. Effects of soil moisture on growth characteristics of *Leymus chinensis* seedlings under different temperature conditions. *Ecology*, 2005, 24(3): 256-260.
- [12] Bai Y F, Han X G, Wu J G, Chen Z Z, Li L H. Ecosystem stability and compensatory effects in the Inner Mongolia grassland, *Nature*, 2004, 431(7005): 181-184.
- [13] Homer C, Dewitz J, Fry J, Coan M, Hossain N, Larson C, Herold N, McKerrow A, Van Driel J N, Wickham J. Completion of the 2001 national land cover database for the conterminous United States. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2007, 73(4): 337-341.
- [14] Liu J Y, Liu M L, Zhuang D F, Zhang Z X, Deng X Z. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995-2000. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2003, 46(4): 373-384.
- [15] Ren J Z. Classification and cluster applicable for grassland type. *Acta Agrestia Sinica*, 2008, 16(1): 4-10.
- [16] Hou X Y. China Vegetation Database at Scale of 1:1000000. Beijing: Science Press, 2001.
- [17] Pal M. Support vector machine-based feature selection for land cover classification: a case study with DAIS hyperspectral data. *International Journal of Remote Sensing*, 2006, 27(14): 2877-2894.
- [18] Dimitrovski I, Koccev D, Loskovska S, Džeroski S. Hierarchical classification of diatom images using ensembles of predictive clustering trees. *Ecological Informatics*, 2012, 7(1): 19-29.
- [19] Chen J, Jönsson P, Tamura M, Gu Z H, Matsushita B, Eklundh L. A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky-Golay filter. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 91(3/4): 332-344.

参考文献:

- [2] 宫攀, 陈仲新, 唐华俊, 张凤荣. 土地覆盖分类系统研究进展. *中国农业资源与区划*, 2006, 27(2): 35-40.
- [9] 于贵端. 全球变化与陆地生态系统碳循环和碳蓄积. 北京: 气象出版社, 2003.
- [11] 许振柱, 周广胜. 不同温度条件下土壤水分对羊草幼苗生长特性的影响. *生态学杂志*, 2005, 24(3): 256-260.
- [15] 任继周. 分类、聚类与草原类型. *草地学报*, 2008, 16(1): 4-10.
- [16] 候学煜. 1:1000000 中国植被图集. 北京: 科学出版社, 2001.