

# 土地利用与土地覆盖变化的遥感监测及 环境影响研究综述

陈怀亮<sup>1,2,3</sup> 徐祥德<sup>1</sup> 刘玉洁<sup>4</sup>

(1 中国气象科学研究院,北京 100081;2 河南省气象局气象科学研究所,郑州 450003;  
3 南京信息工程大学,南京 210044;4 国家卫星气象中心,北京 100081)

**摘要** 土地利用与土地覆盖变化(LUCC)对全球生态、环境产生了巨大影响,是全球变化的原因之一,也是全球变化研究的重要组成部分。从遥感数据源、遥感分类方法、遥感动态变化监测方法 3 方面出发,介绍了遥感监测技术在 LUCC 研究中的应用现状;回顾了 LUCC 对气候、水文影响的研究进展,并对数值模拟方法在 LUCC 影响研究中的应用进行了重点评述;探讨了目前 LUCC 研究工作中在动力机制、对环境的影响、遥感技术及资料应用、多源数据的综合应用及利用区域气候模式进行数值模拟试验等方面存在的问题及未来发展趋势。

**关键词** 土地利用 土地覆盖 遥感 气候 水文

## 引言

土地利用与土地覆盖(或称为土地覆被)变化(LUCC:Land Use and Land Cover Change)不仅客观地记录了人类改变地球表面特征空间格局的活动,而且还再现了地球表面景观的时空动态过程,其变化与全球气候变化、生物多样性的减少、生态环境演变、生态安全水平以及人类与环境之间相互作用的可持续性密切相关<sup>[1]</sup>。

20 世纪 90 年代以来,土地利用和土地覆盖变化作为全球变化的重要组成部分和主要原因,日益受到国际组织和世界各国的普遍关注,目前已成为国际上全球变化研究的前沿和热点课题,在土地资源的合理利用、开发与保护,以及生态、经济与环境的协调发展等方面起到了重要作用。

本文重点对 LUCC 的遥感监测研究进展、LUCC 对气候和水文的影响进行评述。

## 1 土地利用与土地覆盖变化遥感监测研究进展

人类有能力获取对地观测的遥感数据,使人类对地球表层的理解推进到一个崭新的阶段,给人类

获得土地利用和土地覆盖的有关信息提供了更强大、便捷的手段,土地利用和土地覆盖制图成为应用卫星对地观测研究最为广泛的领域之一<sup>[2]</sup>。

### 1.1 LUCC 研究的遥感数据源

大多数 LUCC 研究的方法本质上是利用高精度影像(即小于等于 20 至 100 m)去发展各种信息提取技术,并把它们应用到有限的区域上。但当把这些研究及其方法应用于较大区域时,因数据费用昂贵、缺乏适当的分析方法和相配的技术等原因,会受到较大阻碍。20 世纪 80 年代后期,随着混合像元分解技术的发展<sup>[3]</sup>,以 NOAA/AVHRR 影像为主要代表的低空间分辨率的对地观测数据越来越受到人们的关注<sup>[4]</sup>。最初获得的可用的全球 NOAA/AVHRR 产品空间分辨率是 8 km,后来在国际地圈生物圈计划(IGBP)及其他计划的推动下,得到了全球各地区的空间分辨率约为 1 km 的影像<sup>[5]</sup>。Landsat 7、SPOT 5、MODIS、MERIS 和全球影像(GLI:Global Image)等新的卫星传感器的开发以及系统的全球追踪战略将为土地覆盖研究开辟一个新的时代。特别是在全球和区域尺度上,美国的 EOS 卫星上 MODIS 传感器所获得的数据具有 250 m、500 m、1000 m 的高空间精度以及 36 个

分布在  $0.4 \sim 14 \mu\text{m}$  的光谱波段,并在全球免费接收,已成为全球土地覆盖研究中的最新数据源<sup>[6]</sup>。随着遥感数据精度的提高,遥感数据产品已经成为人们研究土地利用和土地覆盖变化的重要数据来源,一般在省以下空间尺度上,选用空间分辨率高于  $30 \text{ m}$  的 TM、ETM+、SPOT VGT、KONOS、QuickBird 等高分辨率遥感资料,而对于国家以上空间尺度,一般选用空间分辨率低于  $250 \text{ m}$  的 NOAA/AVHRR 或 EOS/MODIS 等低分辨率卫星资料。

### 1.2 LUCC 研究中的遥感分类方法

遥感技术在土地利用和土地覆盖研究中的应用主要是围绕类型识别和变化监测两方面展开的。遥感分类方法的提高一直是遥感技术方法研究的重要领域。实践证明,仅靠遥感手段是不可能完全解决土地利用和土地覆盖变化分类问题的,遥感技术必须与常规的案例研究及社会经济方法相结合,应用多源数据才可能提高分类的精度。

目前,应用 NOAA/AVHRR 资料进行全球或区域等大尺度的土地利用和土地覆盖分类是该领域的主要研究方向之一,主要包括基于单时相影像分类、基于多时相影像分类、基于多时相和辅助数据结合分类 3 方面的进展<sup>[7]</sup>。早期的分类研究一般采用单时相影像或多时相影像,目前常采用多时相遥感数据和辅助数据复合的办法进行遥感影像分类,常用辅助数据如热量指标、水热指数、高程、坡度、坡向、最大可能蒸散量、湿润度、植被指数等<sup>[8,9]</sup>。辅助数据的引进大大提高了遥感影像分类的精度。然而,现今所采用的辅助数据,虽然其中的一些反映了植被绿度的季节变化,然而这些辅助数据一般比较零散,景观限制性不太显著,只能反映个别植被间的差别,并不能从根本上宏观地反映植被的地带性分布状况。Pan 等(2003)虽然采用了综合植被-气候指标,然而仅选用一年气象数据,并不能代表气候对植被的长期作用关系,同时采用非监督分类法进行分类,也存在一定局限<sup>[9]</sup>。为此,聂娟(2003)应用基于植被-气候指标体系和多时相 AVHRR/NDVI 多源信息复合的综合分类方法,选取 Thornthwaite 可能蒸散指标体系(可能蒸散、湿润指数、降水量和 DEM)作为气候-植被指标,进行了中国土地覆盖综合分类研究,取得了较好的结果<sup>[7]</sup>。

此外,对传统的土地利用和土地覆盖分类系统的改进也是 LUCC 研究的一个重要进展<sup>[10]</sup>。传统

的利用遥感数据进行土地分类,往往是针对某种应用需要而预先制定好分类系统,因此很难将其用做转换以适应不同应用目的的要求。针对这一局限性,Loveland 等(1991)提出了所谓“灵活的土地覆盖数据库”的概念,并将这一新的土地覆盖分类策略在美国及全球  $1 \text{ km}$  土地覆盖数据库的研制中进行了成功应用<sup>[11]</sup>;延昊(2003)基于定量遥感获取的土地覆盖生物物理特征参数,提出一种量化的遥感分类系统,每一种土地覆盖或植被类型对应一定的生物物理参数指标,尽管分类系统可能变化,但土地覆盖的生物物理数值不变,从而使其可以应用于不同的分类系统<sup>[12]</sup>。

### 1.3 LUCC 研究中的遥感动态监测方法

遥感动态监测是利用遥感的多传感器、多时相的特点,通过不同时相同一地区的遥感数据,进行变化信息的提取。土地利用和土地覆盖变化监测主要是解决是否发生变化和从哪一种类型变化到另一种类型两个目标。监测方法分为不同时相单独比较分析法和多时相数据同时分析法两大类,具体方法有:单变量图像差值法、图像回归法、图像比值法、植被指数法、主成分分析法、分类后比较法、变化向量分析、背景提取法、RGB 假彩色合成法等。上述方法中的不同时相单独比较分析法又可以分为多时相反射光谱比较监测法和监督分类监测法,前者如差值法、比值法、植被指数法、主成分分析法、变化向量法等,除变化向量法外,都以获得变化的数量和地点为监测目标,并不获得变化的类型,因此多被用于单一类型的监测,如森林砍伐、林火洪水监测等;后者如分类后比较法,可获得每一个像元的土地利用转变类型,即能获得变化的数量和地点。但是,这一方法受到分类误差的影响,可能夸大了变化的程度。直接多时相分类法属于多时相数据同时分析法,也可以获得变化类型信息,但在实际应用中对于处理过程中的训练区确定比较困难<sup>[13]</sup>。在监测土地覆盖变化时,常采用先分类后比较和先比较后分类两种方法<sup>[12]</sup>。在定量研究土地利用变化方面,主要方法是建立土地利用变化模型,其中常用的几种模型是:土地资源数量量化模型、土地资源生态背景质量变化模型、土地利用程度变化模型、土地利用变化区域差异模型、土地利用空间变化模型和土地需求量预测模型等<sup>[14]</sup>。

## 2 土地利用和土地覆盖变化对环境影响研究进展

土地利用和土地覆盖变化作为全球变化的一个重要内容,对全球生态、环境产生了巨大的影响,一方面通过影响气候、土壤、水文以及地貌对自然环境产生深刻的影响,另一方面则造成生态系统的生物多样性、物质循环与能量流动以及景观结构的巨大变化,使得生态系统的结构和功能发生了改变<sup>[15]</sup>。本文主要介绍土地利用和土地覆盖变化对气候、水文影响研究进展。

### 2.1 土地利用和土地覆盖变化对气候的影响

土地利用和土地覆盖变化与气候变化之间的联系是非常复杂的,其中关键的联系包括陆面与大气间温室气体(如水汽、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>和氮氧化物)和感热的交换、地面的辐射平衡、地面的粗糙度及其对大气角动量的作用等。土地利用与土地覆盖的变化是人类活动影响气候环境的一种重要方式,任何改变地球表面状况的行为都将影响到气候变化<sup>[16]</sup>。研究认为,土地利用和土地覆盖变化通过改变反照率、粗糙度与土壤湿度等地表属性<sup>[17]</sup>以及改变大气中的温室气体、痕量气体含量影响区域气候。同时,植被对水分的滞留还可以改变地表径流与地表水文过程<sup>[18]</sup>,对气候形成反馈作用<sup>[19]</sup>。另外,有关城市热岛效应的研究也表明,城市化所带来的土地利用的改变也会对局地气候和水资源产生影响。

土地覆盖变化对气候的影响目前只能粗略的估算<sup>[20,21]</sup>。目前研究的热点集中在大面积热带森林砍伐造成的影响,其手段是利用区域气候模型模拟、预测大陆范围内对地表温度、降水和径流的影响<sup>[22]</sup>。如关于大面积热带森林砍伐造成的影响,Henderson Sellers等(1984)最早利用GCM大气环流模式,对南美巴西亚马逊热带雨林变成草原的数值模拟表明,地面粗糙度、土壤含水量以及地面反照率的改变使降水减少,蒸发和天空云量也明显减少,造成地面热量通量和动量通量的异常,砍伐的结果是随后而来的一个较长的干季,使得大量森林砍伐后重建极其困难<sup>[23]</sup>;Dickinson等(1988)利用包括BATS的NCAR公用气候模式(CCM)对热带森林砍伐作了进一步的数值模拟,研究表明:热带雨林被砍伐后对气候将造成极为严重的影响,而且这不只发生在森林砍伐区,在离森林砍伐区比较远的中高纬度地区也有明显的异常<sup>[24]</sup>。进一步研究发现,热

带地区植被退化还可能导致异常 Rossby 波发展、Hadley 环流和 Walker 环流的位置和强度发生变化,造成的异常扰动向热带外地区传播,进而影响全球的气温和降水<sup>[17]</sup>。关于土地荒漠化对区域气候的影响,Charney(1975)首次研究了在沙漠边缘植被变化对气候的潜在影响<sup>[25]</sup>,其后,大量研究指出,土地荒漠化导致较高的地表反照率、较小的土壤水分含量及较低的地表粗糙度使降水减少,植被和土壤进一步恶化,加速了荒漠化进程,形成一系列的正反馈<sup>[26]</sup>,同时还有研究表明,其影响还可扩展到其外围地区。

受气候模式发展所限,我国在此方面的研究起步较晚,另外我国地形和陆面条件的复杂性,也增加了数值模拟的难度。在全球大范围区域植被变化对东亚及我国区域气候影响方面的研究较少。但我国学者在生态环境变化(主要是地表植被变化)与气候变化关系方面,特别是在区域地表植被覆盖的气候模拟和不同地表植被分布特征的气候模拟两方面做了大量研究工作,并取得了一些重要进展<sup>[27]</sup>。近年来,我国在植被变化对区域气候影响的研究主要集中在几个气候敏感区:内蒙古草地荒漠化、青藏高原植被退化、西北干旱区植被退化及南方森林退化。研究表明,区域气候对地表特征的响应程度与植被变化的时空尺度密切相关,植被变化对不同气候区、不同季节的气候影响有不同的表现<sup>[17,21]</sup>。

### 2.2 土地利用和土地覆盖变化对水文的影响

土地利用和土地覆盖变化对水文(地表水和地下水)的影响包括水质和水量的变化。随着土地开发利用范围的扩大与强度的增加,会造成对水资源需求量的急剧增加,水资源供给变得非常紧张<sup>[28]</sup>;同时,许多研究表明,在一流域内部的各种土地利用与土地覆盖类型的比例的变化是造成河流水质发生变化的主要原因。土地利用和土地覆盖变化造成的气候变化对降水、蒸发、土壤含水量等水文要素的影响,主要表现在:加速水汽的循环,改变降水的强度和历时,变更径流的大小,扩大洪灾、旱灾的强度与频率,以及诱发其他自然灾害;加速水分蒸发,改变土壤水分的含量及其渗透速率,由此影响农业、森林、草地、湿地等生态系统的稳定性及其生产量等<sup>[18]</sup>。

土地利用和土地覆盖变化对水循环、水分平衡及洪水的影响早已引起人们的注意,其中森林水文

效应受到更多的关注,主要是由于森林的开采(特别是高地上的森林),不但使汛期的流量增加,枯水期流量减少,增加了下游洪水泛滥的频率和强度,径流极值发生明显变化,而且造成严重的水土流失和水质的下降<sup>[29]</sup>。另外,土地利用和土地覆盖变化对水文的影响还可以体现在对河道、湖泊天然形状的改变上。中国洞庭湖地区由于围湖造田以及湖泊淤积使得洞庭湖水面日益缩小,同时湖泊形状也变得支离破碎<sup>[15]</sup>。

但目前对LUCC的生态、环境效应及LUCC对水文变化的影响只进行了定性分析,而建立在实地观测的基础上的定量研究相对较少;对植被变化造成区域降水变化的简单模拟较多,而包含“降水-蒸发-径流-渗透”整个水循环的模拟相对较少<sup>[18]</sup>。

此外,LUCC对陆地生态系统碳循环、粮食产量、土壤、地貌等的也有较大影响,限于篇幅,在此不再赘述。

### 3 LUCC研究的发展趋势及应注意问题

#### (1) LUCC的动力机制研究亟待深入。

目前国际上有关土地利用和土地覆盖变化的研究项目多侧重于土地覆盖的分类、动态监测和环境影响评价,而对其变化的动力机制的研究则不多。科学家们均已认识到人类活动是影响土地利用变化的主要驱动力,但在建立分析模型时都未能成功地将社会经济因子的驱动力贡献加以定量分析和模拟,对土地利用变化的动力机制的研究亟待深入。国内过去的研究工作侧重于区域土地覆盖现状制图和结构分析,缺乏对LUCC动态的研究及相应手段和方法的掌握,对于土地利用和土地覆盖变化有关的可持续发展问题还没有足够清楚的认识和把握<sup>[30]</sup>。因此,今后在LUCC及其驱动力分析等方面尚待进一步开展工作<sup>[31]</sup>。

土地利用和土地覆盖变化的机制对解释土地覆盖的时空变化和建立土地利用和土地覆盖变化的预测模型起关键作用,是LUCC研究的焦点。另一方面,土地覆盖变化与土地利用变化、人类驱动力之间的关系,应在人类驱动力—土地利用和土地覆盖—全球变化—环境反馈的系统动力学框架下,开展全球变化中土地利用和土地覆盖变化机制的研究<sup>[32]</sup>,进而预测土地利用和土地覆盖变化,并对生态环境变化进行评估。

#### (2) LUCC对环境的影响研究应得到加强。

目前,有关土地利用和土地覆盖变化对生态、环境的影响至今尚未得到全面、充分的研究。在今后的若干年之中,随着土地利用和土地覆盖变化日益成为影响全球环境变化的主导因素,尤其是对生态、环境有很大的影响,特别是对水文、水资源、碳循环的影响有必要加强研究。在研究中,首先要对有关土地利用与土地覆盖变化对生态、环境的影响进行全面的了解,在此基础上,应用“3S”集成技术和数学物理方法,对这种影响进行量化,并定量地确定出由此所造成的对生态系统稳定性、生态环境安全、水文变化、土地退化、污染物的循环等方面的影响。同时,在今后的研究中,应该将人文的因素加入到相关的研究之中,并将研究尺度集中于区域的尺度上,进行综合集成,以期使相关研究得以更深入地开展<sup>[15]</sup>。

(3) 遥感技术和资料将在LUCC研究中发挥更大作用。

过去的5~10年是土地覆盖遥感制图的重要时代。尽管数据预处理、分类、精度评估等过程都仍然存在着许多尚待解决的问题,但毕竟一些新的全球及区域土地覆盖产品诞生了,极大地推动了全球变化研究的发展。但其分类方法主要为定性的人工判断或基于数学统计模型的方法。在未来的几年中,许多妨碍土地覆盖制图进一步发展的技术难题将得以解决,特别是卫星数据的质量将得到极大的改善,计算能力也将得到进一步提高。在全球和区域尺度上,美国的EOS-MODIS卫星所获得的数据已成为全球土地覆盖研究中的最新数据源<sup>[6]</sup>。

随着计算机技术的发展,新的分类方法将逐步运用到大面积的土地覆盖和土地利用研究中,“3S”应用等技术上的进步必然带来土地覆盖分类精度的进一步提高<sup>[33]</sup>,特别是随着定量遥感技术的发展,土地利用和土地覆盖分类将逐步由定性向定量过渡。当前,遥感技术正在向“多尺度、多频率、全天候、高精度、高效快速”的方向发展,可以预言,全球和区域土地覆盖和土地利用的遥感应用研究将更加科学化、客观化、定量化、实用化,特别是定量遥感是当前遥感科学发展的主要方向。

遥感技术在土地利用和土地覆盖应用上的发展趋势主要表现在如下几个方面:①多种信息源的综合使用;②集成化趋势;③高分辨率趋势;④高光谱

分辨率趋势;⑤全天候趋势<sup>[34]</sup>。

(4)多源数据的综合应用仍是LUCC研究的重要发展趋势。

利用新的观测数据及可视化技术,辅以辅助数据的分析,来揭示其复杂的联系也是土地覆盖特征解译的关键。在大面积及全球尺度上的土地利用和土地覆盖的分类方法上,遥感、气候、地理、经济、社会等多源数据的综合应用仍是一个重要的发展趋势。作为未来全球变化研究的一个重要的方向,随着全球卫星覆盖数据有效性的增强,解决混淆地区的有效辅助数据质量和水平的提高以及从多种数据中抽取信息技术的改进,必然可以更好地解决全球范围的土地覆盖分类及精度等问题。

(5)利用区域气候模式进行LUCC数值模拟试验研究时应注意的问题。

目前对于土地利用和土地覆盖变化对气候的影响研究,主要借助全球或区域气候模式进行数值模拟试验研究。我国的研究主要集中在几个气候变化敏感区或生态脆弱带,但由于不同学者选用的大气模式、陆面方案、模式分辨率、积分时间不同,所得的结论也有很大出入;对于敏感性试验中土地覆盖的变化,不是建立在对当地土地覆盖变化的科学预测基础上,而是通过假设人为地改变地面覆盖状况;模拟的对象主要是降水和气温,而对空气湿度、日照、土壤湿度及影响水循环的蒸发、径流、渗透等要素的模拟较少。故今后除继续加强对气候变化敏感区或生态脆弱带的研究外,还要对农耕和经济开发剧烈区的研究,如黄淮海地区、京津冀地区、长江三角洲地区等;其次还要改进模式中的陆面过程,特别是在模式中考虑陆面生态系统对气候变化的反馈作用,达到陆-气真正的动态耦合;另外,模拟研究植被对气候的影响时,要有足够长的积分时间,使下垫面植被改变后,地-气系统足以达到新的水分和能量平衡状态。

## 参考文献

- 1 陈佑启,杨鹏.国际上土地利用土地覆盖变化研究的新进展.经济地理,2001,21(1):9-100
- 2 刘纪远,布和敖斯尔.中国土地利用变化现代过程时空特征的研究—基于卫星遥感数据.第四纪研究,2000,20(3):229-239
- 3 李剑平.气象卫星混合像元分解研究综述.气象科技,1999,27(2):7-9
- 4 Townshend J G R. Global data sets for land application from Advanced Very High Resolution Radiometer: an introduction. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15: 3319-3332
- 5 黄海仁,李培. NOAA第3代全球植被指数产品概况.气象科技,1999,27(3):55-58
- 6 李晓兵,陈云浩,喻锋.基于遥感数据的全球及区域土地覆盖制图——现状、战略和趋势.地球科学进展,2004,19(1):71-80
- 7 聂娟.大尺度中国土地覆盖综合分类比较研究:[学位论文].北京:北京师范大学,2003
- 8 潘耀忠,李晓兵,何春阳.中国土地覆盖综合分类研究——基于NOAA/AVHRR和Holdridge PE.第四纪研究,2000,20(3):270-281
- 9 Pan Y, Li X, Gong P, et al. An integrative classification of vegetation in China based on NOAA/AVHRR and vegetation-climate indices of the Holdridge life zone. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(5):1009-1027
- 10 杨立民,朱智良.全球及区域尺度上土地覆盖上土地利用遥感研究的现状和展望.自然资源学报,1999,4(4):340-344
- 11 Loveland T R, Merchant J W, Ohlen D O, et al. Development of a land cover characteristics database for the conterminous U.S. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1991, 57:1453-1463
- 12 延昊.中国土地覆盖变化与环境影响遥感研究:[博士学位论文].北京:中国科学院遥感应用研究所,2002
- 13 刘慧萍,朱启疆.应用高分辨率遥感数据进行土地利用与覆盖变化监测的方法及其研究进展.资源科学,1999,21(3):23-27
- 14 王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨.地理科学进展,1999,18(3):81-87
- 15 刘硕.国际土地利用与土地覆盖变化对生态环境影响的研究.世界林业研究,2002,15(6):38-45
- 16 周秀骥,吴国雄(主编).中国气象事业发展战略研究·重大科学技术问题卷.北京:气象出版社,2004
- 17 李巧萍,丁一汇.植被覆盖变化对区域气候影响的研究进展.南京气象学院学报,2004,27(1):132-140
- 18 史培军,宫鹏,李晓兵,等.土地利用和土地覆盖变化研究的方法与实践.北京:科学出版社,2000
- 19 周广胜,张新时.植被对于气候的反馈作用.植物学报,1996,38(1):1-7
- 20 王丽华,张德二.国外有关近两千年气候变化的研究进展.气象科技,2001,29(2):21-28
- 21 梁有叶,张德二.我国西部地区过去2000年降水变化研究主要进展.气象科技,2004,32(3):137-142
- 22 李晓兵.国际土地利用-土地覆盖变化的环境影响研究.地球科学进展,1999,14(4):395-400
- 23 Henderson-Sellers A, Gornitz V. Possible climate impacts of land cover transformations, with particular emphasis on tropical deforestation. Climatic Change, 1984, 6:231-258
- 24 Dickinson R E, Henderson-Sellers A. Modeling tropical deforestation: A study of GCM land-surface parameterizations. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 1988, 114: 439-462
- 25 Charney J G. Dynamics of deserts and drought in the Sahel. Quart.

- J. R. Meteor. Soc., 1975, 101(428): 193 - 202
- 26 Tucker C J (张文哲等译). 荒漠化、干旱与植被. 气象科技, 2000, 28(2): 41 - 46
- 27 杜继稳, 梁生俊, 胡春娟, 等. 植被覆盖变化对区域气候影响的数值模拟研究进展. 西北林学院学报, 2001, 16(2): 22 - 27
- 28 张玉书, 陈鹏狮, 冯锐, 等. 辽宁省地表水资源遥感调查方法简介. 气象科技, 2003, 31(5): 305 - 307
- 29 邓慧平. 气候与土地利用变化对水文水资源的影响研究. 地球科学进展, 2001, 16(3): 436 - 441
- 30 程锋. 土地利用与土地覆被变化研究综述. 国土资源情报, 2003, (1): 51 - 56
- 31 于兴修, 杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题. 地理科学进展, 2002, 21(1): 51 - 57
- 32 叶笃正等. 中国的全球变化预研究(总论). 北京: 气象出版社, 1992
- 33 王良健, 包浩生, 彭补拙. 基于遥感与 GIS 的区域土地利用变化的动态监测与预测研究. 经济地理, 2000, 20(2): 47 - 51
- 34 庄大方. 土地利用土地覆盖变化空间信息的遥感和地理信息系统方法研究:[ 博士学位论文]. 北京: 中国科学院遥感所, 2001

## Review of Researches on Remote Sensing Monitoring and Impact on Environment of Land Use/ Cover Change

Chen Huailiang<sup>1,2,3</sup> Xu Xiangde<sup>1</sup> Liu Yujie<sup>4</sup>

(1 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081; 2 Henan Provincial Meteorological Institute, Zhengzhou 450003; 3 Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044; 4 National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081)

**Abstract:** Land Use/ Cover Change (LUCC) is one of important focuses in global change research and has great influence on the global ecological environment. Some LUCC remote sensing application techniques, such as remote sensing data sources, remote sensing classification and dynamic change monitoring methods, are introduced. The current progress of LUCC's impact on climate and hydrology is reviewed; especially, the application of numerical simulation methods to LUCC research is described. The existing problems and the development trends of LUCC research are discussed in the aspects of dynamic mechanisms, impacts on the environment, remote sensing technology, the composite application of multi-source data, and numerical experiment, etc.

**Key words:** land use/ cover, LUCC, remote sensing, climate, hydrology