

东北师范大学

硕士学位论文

基于遥感技术的洋河流域土地覆被变化特征分析

姓名：马振刚

申请学位级别：硕士

专业：地图学与地理信息系统

指导教师：张洪岩

20080401

摘 要

洋河位于张家口市坝下南部,属永定河水系上游河道,是官厅水库的重要水源。洋河流域处在张家口市人口分布最密集的地区,也是张家口市经济发展的核心地带。同时洋河流域具有“环京津”的独特地理区位,是北京的天然生态保护屏障和水源保护地。该地区人地矛盾相对突出。土地利用/覆被变化(LUCC)是人地相互作用结果的最直接表现,为了解该地区土地利用/覆被变化情况,本文运用遥感和地理信息系统技术,对洋河流域的土地利用/覆被变化进行了较为全面、系统地研究和探索,得到了三个时期土地利用分类图,为进一步研究提供支撑,也为指导人们正确开发利用自然资源、保护生态环境、实现土地可持续利用和社会经济的可持续发展提供了有力参考。

本文利用1987年9月、1995年7月和2000年5月三期Landsat5 TM影像数据,结合1:10万地形图、1:25万DEM数据以及其他统计数据等资料,参考中国科学院“中国资源环境数据库”土地利用遥感分类体系,将研究区土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地六类。在Arcgis9.0和Erdas Imagine9.1软件平台的支持下,结合其它地学辅助资料对三期遥感影像进行了几何纠正、图幅裁剪和影像增强处理。结合野外实地考察建立了解译标志,通过选择训练区进行计算机监督分类,得到了三个时期的土地利用预分类图。利用Arcgis对影像预分类结果矢量化,利用人机交互解译的方法对分类结果进行纠错处理,得到最终的土地利用分类图。在Erdas Imagine中利用矩阵分析功能(Matrix)对三期土地利用分类图进行操作,得到1987年—1995年、1995年—2000年土地利用变化图,生成研究区两个时段的土地利用变化转移矩阵。

文章从土地利用/覆被变化总体特征、土地利用类型动态变化趋势、土地利用程度变化、土地利用转移矩阵、景观格局五个方面,对洋河流域土地利用/覆被变化进行了定量和定性的分析,明确了14年来洋河流域各种土地利用类型之间的变化情况。并从自然因素、人口因素、经济因素和政策因素四个方面对引起土地利用/覆被变化的驱动力进行了解释。最后分析了研究区土地利用/覆被变化的环境效应,包括生态系统服务价值的变化、对官厅水库水质的影响、对北京沙尘天气的影响。

1987年研究区土地利用类型主要以草地、耕地、林地为主;1995年研究区土地利用类型主要以耕地、草地、林地为主;2000年土地利用类型主要以耕地、林地、草地和建设用地为主。通过相互对比可以看出,耕地面积和建设用地面积在不断增长,草地面积在大幅度减少,林地、水域和未利用土地在不同时段呈现不同的变化,林地面积和水域面积呈现先减少后增加的特点,而未利用土地面积呈现先增加后减少的特点。研究区生态系统服务价值呈下降趋势;耕地、建筑用地的增加与官厅水库水质污染状况密切相关;耕地面积的增加、草地面积的减少增大了扬沙起尘的可能性。

关键词: 洋河流域; 遥感技术; 土地覆被变化; 特征分析

Abstract

Yang River, the upper river course in Yongding river system, and also the main water resources of Guanting Reservoir, lies in the south of Baxia district of Zhang Jiakou City. Yang River Valley is in the district of high population density and economic development center in Zhang Jiakou. At the same time, Yang River Valley has a characteristic geographic area condition around Beijing and Tianjin city, which is a natural ecologic and water-source protection barrier. The prominent contradiction between population and land leads to some manifestation such as LUCC, which is the direct one for the result of interaction between people and land. In order to interpret the problem of LUCC in this area, we use remote sensing technique and geographic information system technique to get the overall and systematic research and exploration of LUCC in Yang River Valley. At last, we get the land use classification chart of three period, which is useful for further research, for the guidance to the people's accurate exploration and exploitation to use natural resources, to protect ecological environment and also useful for offering reference to realize the constant use of land and constant development of social economics.

On the basis of satellite image data of Sept.1987, Jul.1995 and May 2000, topographic map (Scale: 1/100,000), DEM data (1:250,000), "resource and environment database in China" of China Science Academy and other statistical data, the researched district is divided into six types: cultivated land, woodland, grassland, water area, construction land and non-cultivated land. On the software platform of Arcgis 9.0 and Erdas Imagine 9.1, geometrically correction, subset image and image enhancement are performed on the remote images. The interpreter symbols are established through the field survey knowledge, the drill districts are selected to transact classification under computer supervised to obtain the advance sort diagram. And the ultimate sort diagram of land utilization is achieved through the vector diagram of the advance sort diagram and the correction of the sort with human-machine interactive interpretation. The 1987-1995, 1995-2000 alteration diagram of land utilization is thus attained in Erdas Imagine, in which the sort diagram of land utilization is operated on with Matrix Analysis Function, hitherto the conversion matrix of land utilization of the two periods is established.

The thesis seeks to make qualitative and quantitative analysis of the five aspects of the general characteristics of land use/land cover change, the dynamic transformation tendency of the type of land utilization, the transformation of land utilization extent, the matrix of land utilization transfer and landscape pattern. It clarifies the transformation of the land utilization type of the Yang River Valley of the 14 years. And it deciphers the power drive of the general

characteristics of land use/land cover change from the four aspects of nature, population, economy and policy factors. Finally, it analyzes the environmental impact of land use/land cover change in the research area, including the change of ecosystem service value, the influence on the water quality in Guanting Reservoir and the influence on the sandstorm in Beijing.

The research of land utilization type of 1987 mainly focuses on grassland, cultivated land, and woodland; the one of 1995 mainly focuses on cultivated land, grassland, and woodland; the one of 2000 mainly on cultivated land, woodland, grassland and construction land. It can be described through comparison that the cultivated land and construction land are being augmented and the grassland being abated. The trait of woodland and water area is increase after decrease, while the non-cultivated land is in reverse order. The ecosystem service value in the research area is inclined to descend; the increase of the cultivated land and construction land is closely connected with the pollution of the water quality in Guanting Reservoir; the increase of cultivated land and the decrease of grassland greatly enhance the possibility of sandstorm.

Key words: Yang River Valley; remote sensing technique; land cover change; character analysis

独创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文是本人在导师指导下独立进行研究工作所取得的成果。据我所知，除了特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。对本人的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明。本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：马振刚 日期：2008.6.6

学位论文使用授权书

本学位论文作者完全了解东北师范大学有关保留、使用学位论文的规定，即：东北师范大学有权保留并向国家有关部门或机构送交学位论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权东北师范大学可以采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编本学位论文。同意将本学位论文收录到《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》（中国学术期刊（光盘版）电子杂志社）、《中国学位论文全文数据库》（中国科学技术信息研究所）等数据库中，并以电子出版物形式出版发行和提供信息服务。

（保密的学位论文在解密后适用本授权书）

学位论文作者签名：马振刚
日 期：2008.6.6

指导教师签名：张世英
日 期：2008-06-10

学位论文作者毕业后去向：

工作单位：_____

电话：_____

通讯地址：_____

邮编：_____

第一章 土地利用/覆被变化研究概述

土地是人类赖以生存和发展的最基本的自然资源，是社会经济发展的基础^[1]。我国古代著名思想家老子曾经指出“人法地，地法天”，人与环境不断地交互影响，随着人类社会的不断演化发展，人地关系也在不断进化和演进。尤其目前，人类正以空前的速度、幅度和规模进行各种方式的土地利用，从而导致土地覆被的迅速变化，改变着陆地环境。人类活动作为主导因素所导致的土地利用与土地覆被变化在全球环境变化过程中占据着十分重要的地位。研究土地利用与土地覆被变化是促进可持续发展的一个重要途径^[2]。

1.1 土地利用/覆被变化的基本概念和研究进展

1.1.1 土地利用与土地覆被基本概念

国际地圈—生物圈计划（IGBP）和全球环境变化中的人文领域计划（IHDP）于1995年联合正式提出“针对人类活动和全球变化间的人和生物驱动影响土地利用与土地覆被及其对环境和社会的影响”的“土地利用/土地覆被变化(Land use and land cover change, LUCC)”研究计划^[3]。2002年，LUCC研究进入Land Project阶段，2003年IGBP为Land Project制定了研究重点并提出了相关的科学问题^[4]。经近20年的发展，LUCC研究计划已经成为全球变化研究的前沿和热点课题，并已在世界各国得到了广泛的开展和实施。

土地利用是指人类有目的地开发利用土地资源的一切活动，如农业用地、工业用地、交通用地、居住用地等都是土地利用的概念；而土地覆被则是指地表自然形成的或者人为引起的覆盖状况，例如各类作物、森林、草地、房屋、水泥及沥青路面等。土地利用与土地覆被有着密切的关系，土地利用是土地覆被变化最重要的影响因素，土地覆被的变化反过来又作用于土地利用。LUCC有两种形式^[5]：渐变(modification)和改变(conversion)。渐变是指某种土地覆被类型内在属性的变化，如由于过度放牧使草场变成退化草地，主要与土地利用的强度和利用方式有关；改变则是由于人类对土地利用目的的改变使土地覆被类型发生转变，如森林变为农场或草地等。

土地利用/覆被变化研究在于更好地理解与不断地认识不同时间与空间尺度上土地利用与土地覆被的相互作用及其变化，包括土地利用与土地覆被变化的过程、机理及其对人类社会经济与环境所产生的一系列影响，为全球、国家或区域的可持续发展战略提供决策依据。LUCC研究主要目标是搞清楚人类活动、土地利用、土地覆被、自然环境四者之间的相互作用关系，这种关系需要在不同的时间尺度和空间尺度上进行探讨，并研究解决这些问题的方法、机制或者途径。后立胜、蔡云龙指出LUCC研究计划的根本出发

点和基本目标是^[6]:通过对人类驱动力—土地利用/覆被变化—全球变化与环境反馈之间动力学(动态过程)与相互作用机制的认识,建立能够用来预测土地利用/覆被变化、评价环境变化并提供决策支持的Lucc模型,从而预测土地利用/覆被变化,评估生态环境变化,并寻求积极的人为干预措施。

土地利用/覆被变化研究所涉及的范围十分广泛,包括自然、经济与社会整个系统;包括人类社会发展的过去、现在与将来整个过程;包括从大的地球生物圈层,到一个国家、地区、再到某个农户或者土地利用行为者等各个规模等级^[6]。虽然Lucc所研究的科学问题和内容极其繁杂,但综观目前有关土地利用/覆被变化研究,其内容可以大致地归纳为四个核心,即Lucc的状况、Lucc驱动力与驱动机制研究、Lucc效应与作用机制研究、模型模拟与土地可持续利用研究^[6]。

虽然土地利用/覆被变化是全球各地区都存在的现象,但当前的研究主要集中在“热点地区”、脆弱区和典型地区^[6]。土地利用与土地覆被变化的“热点地区”具有很多不同的表现形式。首先,可能是目前或者过去近一段时期内土地利用与土地覆被变化剧烈的地区;其次,可以是未来一段时期内将要发生较大变化的地区;第三,土地利用与土地覆被较小的变化却有可能产生较大的影响的区域。与此相关联的另一个概念是“脆弱区”,通过对土地利用与土地覆被变化的研究有利于人们对脆弱性的认识,通过案例研究来揭示脆弱区的形成演变机制,揭示各种自然的、社会的、经济的因素对土地利用可持续性的影响,建立一种土地利用与土地覆被变化的预警系统。此外,就是典型地区的土地利用与土地覆被变化,它的研究有利于分析土地利用变化的动力学机制,避免大规模尺度上分析的表面性。

1.1.2 国内外土地利用/覆被变化研究进展

土地利用变化研究在国外可以追溯到 20 世纪 20 年代,美国的 Lee 于 1922 年发表了《从空中看到的地球表面》,表述了自然景观与人类活动的关系。在 20 世纪 90 年代以前,各国从生产经营活动的需要出发,进行的有关土地利用类型以及植被覆盖类型的调查、分类及制图等工作,对土地利用的现状进行较为全面的认识,其成果对各国的经济建设、资源开发等方面起到了很大的促进作用。随着科学技术的发展,特别是计算机技术、遥感技术和地理信息系统技术的发展,使土地利用与土地覆被研究得以迅速发展起来。遥感技术的发展使全球尺度的实时监测成为可能;计算机技术和地理信息系统技术的发展使海量空间数据的处理和分析成为可能。

1995 年“国际地圈与生物圈计划”(IGDP)和“全球环境变化人文计划”(IHDP)共同拟定发表了《土地利用/土地覆盖变化科学研究计划》。计划中将 Lucc 研究的主要内容概括为 5 个问题:

- ①在过去 300 年间,人类的土地利用活动是如何改变土地覆被状况的?
- ②在不同地区、不同历史条件下,土地利用变化的人文因素主要为哪些?
- ③在未来的 50—100 年内,土地利用变化将如何影响土地覆被状况?
- ④各种自然和人文因素如何影响不同土地利用方式的可持续性?

⑤气候变化和全球生物地球化学循环与土地利用与土地覆被变化的相互作用如何？

围绕上述 5 大科学问题,该计划还确定了土地利用与土地覆被变化研究的 4 个研究目标和 3 个重点领域。4 个研究目标为:

- (1) 认识全球土地利用与土地覆被变化的驱动力。
- (2) 调查和描述土地利用与土地覆被动力学中的时空可变性。
- (3) 确定各种土地利用与可持续发展的关系。
- (4) 认识 LUCC、生物地球化学和气候之间的相互关系。

3 个研究重点包括:

(1) 土地利用的变化机制研究。通过区域性案例比较研究,分析土地利用管理方式变化的主要驱动因子,并建立区域性的土地利用与土地覆被变化的经验模型。

(2) 土地覆被的变化机制研究。利用遥感技术监测土地覆被的空间变化过程,并将其与驱动因子相联系,建立解释土地覆被时空变化及预测未来可测性变化的经验诊断模型。

(3) 区域和全球模型研究。建立宏观尺度上的,包括与土地利用有关的各经济部门在内的土地利用与土地覆被变化动态机制模型。

计划提出之后,国际应用系统研究所 (IIASA)、联合国环境署 (UNEP)、美国、日本等国家机构纷纷跟进,对综合区域或本国土地利用变化的特点,开展了一系列研究项目。1994 年联合国环境署 (UNEP) 启动了以东南亚为研究区的“土地覆被评价与模拟 (LCAM)”项目;1995 年国际应用系统研究所 (IIASA) 开展了“欧洲和北亚土地利用/土地覆被变化模拟”研究,试图通过分析 1900—1990 年间欧洲和北亚地区土地利用/土地覆被变化的空间特征、时间动态,评估其环境效应,预测该地区未来 50 年土地利用变化趋势;1996 年美国与欧洲空间署等国际组织合作,开展了土地利用/土地覆被的遥感监测工作,并利用遥感信息编制土地覆被图,进行全球植被分类和生物量估算,还利用卫星遥感方法分析北美等地的土地覆被空间变化。此外,日本等其他国家和地区也开展了诸如“为全球环境保护的土地利用研究 (LU/GEC)”等项目,预测 2025—2050 年间土地利用变化,为土地资源可持续利用提供决策支持^[7-13]。这一阶段土地利用变化研究的特点是注重于土地利用和土地覆被变化对全球变化的影响和响应,尤其是对气候变化和微量气体排放的影响。

在土地利用/土地覆被研究领域,主要学术流派有^[14]:(1) 北美流派,也可称为定性流派、宏观流派,其研究工作是从宏观角度出发,定性地研究全球规模大尺度上土地利用与土地覆盖变化状况,及其与全球环境变化的相互关系;(2) 日本流派,主要是利用数量模型与经济学模型,定量研究区域性土地利用与土地覆盖变化,并最终能用其进行预测;(3) 欧洲流派,以 IIASA (国际应用系统分析研究所) 的 LUC 计划为代表的土地利用与土地覆盖变化研究,是从福利分析出发,在对土地资源与食品政策进行分析研究基础上,构建相关研究模型,并对未来情景以及由此造成的自然环境与资源改变进行模拟。

随着土地利用/土地覆被变化成为全球环境变化研究的核心内容,我国的许多学者

也积极参与到 LUCC 的研究中。按照国际全球变化研究的发展趋势,结合我国国情,1995 年以来,在国内开展了一系列研究并取得了重要成果。

中国科学院地理科学研究所开展的环渤海地区土地利用变化、典型地带土地利用/土地覆被变化现代过程及驱动因子、黄淮海平原土地利用变化驱动力以及中国 21 世纪可持续发展中重大问题等一系列研究项目。北京师范大学资源科学研究所也率先把土地利用与覆被变化研究作为研究重点。1997 年底至 1998 年初,开始土地利用与覆被变化及其对农业生态系统的影响以及 NTEC 样带的土地利用和土地覆被的研究等项目的研究。此外,中科院生态环境中心、遥感应用研究所、北京大学城市与环境系等科研机构 and 国土资源管理部门也越来越重视土地利用变化的研究。

这些项目的主要研究内容包括以下几个方面^[14]: (1) 利用不同时空分辨率的遥感影像结合地面 GPS 定位技术进行不同时期的土地利用和土地覆被数字制图; (2) 土地利用/土地覆被变化的时空特点; (3) 土地利用和土地覆被动态变化的模型分析; (4) 土地利用和土地覆被变化的动力机制; (5) 建立土地利用和土地覆被变化的数学模型; (6) 分析土地利用变化的环境影响; (7) 建立变化状况下的土地可持续利用模式。

当前,国内外对土地利用的研究集中在以下几个方面^[15]:

(1) 土地利用变化分析。土地利用的变化可以体现在空间上土地利用斑块或土地利用景观的变化,以及在时间上的变化。借助 3S 技术可以定量分析格局变化的区域、范围、面积等。(2) 土地利用格局与尺度、过程关系研究。尺度是指观察研究对象的空间分辨率或时间分辨率单位。土地利用格局强调空间性,而不同的尺度下的格局是不同的,但二者存在一定的联系。尺度、过程和格局之间的关系可以表述为:格局决定过程、过程影响格局、二者都在统一的时空尺度上。在研究土地利用空间格局与过程的复杂关系中,许多研究者应用景观生态学理论和破碎化分析方法,通过结合地理信息系统和遥感技术等寻找空间格局与土地利用过程的关系。(3) 土地利用格局变化的驱动力分析。(4) 土地利用生态环境效应分析。由于土地利用/覆被变化影响着能量交换、水分循环等陆地主要生态过程的结构和功能,并对诸多自然要素产生重大影响,会造成生态系统和生态环境的变化,所以 LUCC 的环境效应及机制研究越来越受到人们的重视。这方面的研究现在主要是针对某个自然要素(主要是土壤、水文及气候等)在土地利用/覆被变化下所引起的环境效应,以及土地利用与覆被变化对生态环境的影响^[15](5) 土地利用变化模拟与预测。模型作为模拟土地利用变化、描述土地利用变化的原因和对未来发展方向进行预测的工具在 LUCC 研究中具有十分重要的位置。土地利用/覆被变化模型是将复杂的、现实的土地利用/覆被变化进行简单、抽象和结构性的处理,用以研究土地利用/覆被变化过程、驱动力机制、变化影响及变化趋势。近年来,模型有向模拟过程、基于个体、多尺度综合等方向发展的趋势。

1.1.3 土地利用/覆被变化的驱动机制

目前普遍认为,导致土地利用与覆被变化的驱动力主要存在于自然和社会两个系统,自然因素在很大程度上决定了高原、山地等自然条件复杂地区的土地利用状况,而

经济发展、人口增长及政策等是影响人类扰动强烈、开发历史久而较少受自然条件约束地区的主要因素。由于土地利用是人类有意识的行为，有关管理层及决策者、各种组织机构对其影响会更加直接更加凸显，因此对人类行为因素的影响与作用的研究得到普遍重视。例如社会经济机制及土地利用决策的影响、城乡作用机制、水资源约束机制、全球粮食生产与食物安全因素的作用等^[5]。

巴洛维提出应在自然条件的可能性、经济的可行性及体制的可容性三重框架下解释人类的土地利用活动。土地多宜性和限制性是土地利用发生变化的基本条件，经济因素往往是土地利用变化的首要驱动因素。“土地资源趋向于向那些出价最高的经营者手中转移，趋向于向那些收益最大的用途转移”。而当个人与公众的土地利用目标发生冲突时，公共土地管理部门就会通过法律法规及相关政策来维护土地利用系统在区域层次上的社会、经济及资源环境效应，来满足社会群体的要求^[16]。

史培军教授等概括了国外有关研究人员对土地利用变化驱动力的研究，认为土地利用变化驱动力主要有：①土地利用的决策失误；②外界自然环境（气温、降雨等）的变化，例如因降雨量的急剧减少，使农田、绿洲变成沙漠；③社会经济的变化，如城市化和工业化的发展引起农业用地向城市用地转变；④人类价值观的改变。

土地利用 / 土地覆被变化动力机制研究在于揭示土地利用和土地覆被变化的原因、内部机制和基本过程，预测其未来变化发展的趋势与结果；由于多因素性和复杂性，对于驱动机制常常采取的是“黑箱式”的研究方法^[17]，即一般只是在对驱动力的分析基础上，通过解释和描述来分析驱动机制，真正针对驱动机制进行研究的并不多。研究LUCC机制，不仅要确定驱动因子，还要分析各驱动因子与LUCC之间的相互关系、度量各驱动因子对LUCC作用的程度^[18]。

1.2 遥感和地理信息系统技术在土地利用/覆被变化研究中的应用

遥感，是遥远的感知，指不直接接触目标物，通过传感器获取目标物特征信息的过程。遥感技术则是实现这种遥感过程所采取的各种技术手段的总称。大多数遥感是从高空对地面及其附近事物进行探测的，所以遥感具有空间特征、时间特征、波谱特征、信息量大而用途广等特征^[19]。

遥感技术是现代资源科学研究中最有效的手段之一。遥感技术在土地利用和土地覆盖变化研究中的主要任务是提取土地利用和土地覆盖的变化信息，这些信息是进行土地利用和土地覆盖动态变化定性、定量分析研究的基础。遥感技术在土地利用/土地覆盖研究中的应用主要围绕两方面展开：类型识别和变化监测。类型识别主要是指遥感分类研究。变化监测是利用遥感数据存在周期性、大尺度的特征将其应用于土地利用变化监测中^[20]。

(1) 遥感影像分类在提取土地利用信息中的应用

遥感影像分类是土地利用变化研究中至关重要的一个环节，也是土地利用变化信息提取的基础。目前，土地利用/土地覆盖遥感分类方法研究可概括为以下几个方面：①多

源、多时相遥感数据融合分类方法；② GIS 支持下的遥感分类方法；③非参数型遥感分类方法，如人工神经网络、智能技术、模糊数学、专家系统等不同于传统模式的非参数型分类方法逐步成熟，不断得到应用；④混合像元分解技术作为一种能有效提高遥感分类精度的方法也取得了一些进展^[20]。

(2) 土地利用遥感动态监测

土地利用遥感监测是指以遥感影像作为信息源，结合地面辅助资料，运用遥感影像分析处理手段，对土地利用状况及其动态变化进行全面系统地反映和分析的科学方法。其内容包括土地利用及变化的类型(定性)、数量(定量)、空间位置或区域(定位)以及与土地利用相关的环境要素变化等。土地利用遥感动态监测的方法基本可归纳为两大类：光谱直接比较法(Image-to-image comparison method)和分类后比较法

(Post-classification comparison method)。目前，土地利用的遥感动态监测也从简单的变化监测向驱动机制分析、土地利用变化与生态环境安全关系、城市扩展与土地利用变化对城市气候、环境的影响、土地利用变化与区域可持续发展的联系等方向发展。

(3) 土地利用/土地覆盖变化定量遥感研究

土地利用/土地覆盖变化不仅体现在具体类型的变化上，还体现在不同土地覆盖类型具有不同的生物物理特征，类型的变化还导致地表生物物理特征(如反照率、陆地表面温度、生物量、净初级生产力 VPP、粗糙度、土壤水分等)的变化，进行有确定生物物理意义的定量参数反演，使我们最终可以应用模型来研究地球表层系统。定量遥感提供了进行土地覆盖变化(包括渐进变化和剧烈变化)研究的能力^[20]。

地理信息系统(Geographic Information Systems 简称 GIS)是一种采集、存储、管理、分析、显示与应用地理信息的计算机系统，是分析和处理海量数据的通用技术。GIS 空间数据可以在遥感影像分类的不同阶段进行利用^[15]，如分类前，利用 GIS 的高程数据对研究区进行分区；分类中利用 GIS 空间数据(坡度、坡向等)作为一个波段值融于分类器中进行分类；分类后引入非遥感数据对分类结果进行修正。GIS 在遥感影像解译中的作用可概况为两个方面：(1)对遥感影像进行辐射校正，消除或降低地形差异的影响。可利用地面高程数据以及坡度坡向数据对遥感影像的亮度值进行辐射纠正，以消除或减少高程、坡度、坡向对地物光谱特性的影响，然后对辐射纠正后的遥感影像进行计算机解译。(2)作为解译的直接或间接数据，增加遥感影像信息量。通过 GIS 可以对非遥感信息进行加工，提取有利于影像分类的信息，与遥感影像进行叠合，有助于地面控制点的确定和训练区的选取，可以极大地提高人机交互解译的效率和精度^[15]。

GIS 空间数据与 RS 数据的集成模式主要有 4 种：(1)松散结合。GIS 与 RS 数据不进行实质的定量融合运算，GIS 空间数据仅作为一种参考数据。(2)向量空间叠合。是将 GIS 数据进行格式转换后，作为附加波段向量，与遥感数据一起共同构成多维向量空间，进行影像分类。(3)统计模式。(4)基于知识与规则的提取^[15]。

1.3 本研究的主要内容和意义

洋河流域具有“环京津”的独特地理区位，是北京的天然生态保护屏障和水源保护地。该区域是国家“防沙治沙”和“京津风沙源”的重点治理区，也是河北省落实“退耕还林还草”政策的主要区域之一。洋河位于张家口市坝下南部，属永定河水系上游河道，是官厅水库的重要水源。以洋河流域为中心，分布着怀安县、万全县、张家口市桥东、桥西区、宣化区、下花园区、宣化县、涿鹿县、怀来县等地区，是张家口市人口分布最密集的地区，也是张家口市经济发展的核心带。张家口与北京两地对经济发展和环境保护的不同强度的诉求，使该地区人地矛盾愈显突出。目前对张家口的研究主要集中在坝上地区，而对洋河流域研究的文章还很少，这些研究主要集中在洋河流域的水文特征以及对官厅水库的影响上^[21-24]。随着张家口经济的快速发展，人地相互作用越来越强烈，人类对环境的影响也会愈加明显，土地利用/覆被变化是环境变化的最直接体现，通过对洋河流域进行土地利用/覆被变化及其驱动机制研究，得到了洋河流域土地利用/覆被变化近 14 年来的变化情况，为了解该地区的土地覆被变化提供了基础性的数据支持，对改善该地区的生态环境、提高土地的利用效益、促进区域经济可持续发展等方面具有一定的借鉴意义。

本研究的主要内容包括：

- (1) 在阐述土地利用/覆被变化的基本概念和主要内容的基础上，分析了土地利用变化的驱动机制，讨论了遥感和地理信息系统技术在该领域的应用情况。
- (2) 对洋河流域 1987 年、1995 年和 2000 年三期遥感影像数据进行解译，得到土地利用类型图。
- (3) 对研究区土地利用变化的总体特征、动态变化趋势、土地利用程度、土地资源转移特征和景观格局特征进行了分析。
- (4) 从自然因素、人口因素、经济因素、政策因素等方面对各类型土地覆被的变化原因进行解释。
- (5) 对研究区土地利用/覆被变化的环境效应，特别是对北京地区的影响进行了讨论。

本论文共分七章：第一章论述了土地利用/覆被变化的主要内容，国内外研究进展，遥感和地理信息系统技术在 LUCC 中的应用，以及本研究的主要内容、意义；第二章描述了研究区的自然环境与社会经济情况；第三章详细介绍了研究方法，研究所需要的数据和专业软件，数据处理过程，其中包括几何校正、区域裁剪、分类系统的确立、影像解译标志的建立、分类信息的提取、分类结果的检验等；第四章从土地利用/覆被变化总体特征、动态变化趋势、土地资源转移特征、土地利用程度变化趋势、景观格局几个方面对研究区的 LUCC 进行了定性、定量的分析；第五章就引起研究区土地利用/覆被变化的驱动力进行了解释；第六章就研究区土地利用/覆被变化的环境效应进行了讨论；第七章结论与讨论。

第二章 研究区概况

2.1 自然环境

2.1.1 地理位置及范围

洋河位于张家口市坝下南部,属永定河水系上游河道,是官厅水库的重要水源。本文的研究区是以张家口段洋河为中心的周围海拔 800 米以下的洋河流域地区。包括张宣盆地和涿怀盆地两个水文地质单元。通过的行政区域包括怀安县、万全县、张家口市、宣化县、涿鹿县、怀来县。研究区介于 $40^{\circ} 08' N$ — $40^{\circ} 50' N$, $114^{\circ} 26' E$ — $115^{\circ} 58' E$ 之间,研究区总面积约为 3165.87km^2 。

洋河流域具有“环京津”的独特地理区位,是北京的天然生态保护屏障和水源保护地。该区域是国家“防沙治沙”和“京津风沙源”的重点治理区,也是河北省落实“退耕还林还草”政策的主要区域之一。同时洋河流域也是张家口市人口分布最密集的地区,也是张家口市经济发展的核心带。研究区的选取既保证了生态系统结构的完整性,又包括了流域内的主要人口集聚地。同时,海拔 800 米下的流域范围可以减少由于洋河自然流域过大、地理环境复杂而带来的解译误差。

洋河发源于山西省阳高县和内蒙古兴和县,在怀安县境内由东洋河、西洋河、南洋河汇成洋河,流经万全县、张家口市、宣化县、涿鹿等市县,在怀来县朱官屯与桑干河汇成永定河,中间有洪塘河、清水河、龙洋河等较大支流加入^[26]。从地形、地貌上看洋河流经两个完整的水文地质单元——张宣盆地和涿怀盆地。洋河河床和河漫滩宽度一般为 3 公里左右,两岸地下水丰富,潜水位埋藏小于 5 米,水质优良。洋河流域上部怀安、万全一带主要以农业用水为主,中部市区以工业用水为主,下部涿怀工农兼而有之。

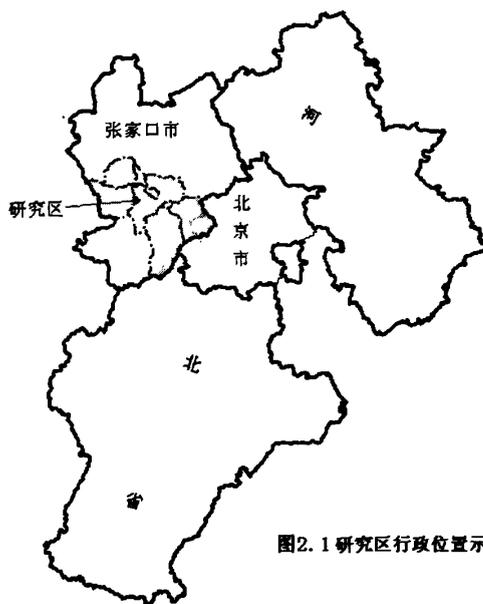


图2.1 研究区行政位置示意图

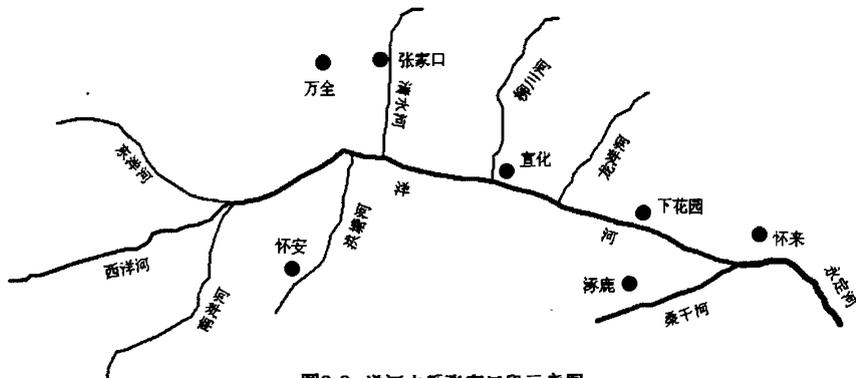


图2.2 洋河水系张家口段示意图

2.1.2 气候特征

洋河流域属大陆性季风气候，夏季凉爽短促，冬季寒冷漫长，春秋多风少雨。年均降水量350—400毫米，年平均气温7.7℃，年极端最高气温42.0℃，最低气温-34.7℃。气候干燥，干旱指数2.0~2.5，多年平均蒸发量850~1190毫米。无霜期80—150天，年日照数2700—3000小时。自然气候四季分明，雨热同期，昼夜温差大，光照充足，土地和生物资源丰富，具有发展特殊农业的独特气候条件。

2.1.3 水文特征

洋河上游有3大支流，即东洋河、西洋河和南洋河，分别发源于内蒙古自治区兴和县和山西省阳高县，于怀安县柴沟堡附近汇合为洋河，流经万全、张家口市、宣化，接纳了洪塘河、清水河两大支流，后经下花园、怀来等县注入官厅水库。洋河在张家口市流域面积（包括4区6县）为9762km²。洋河流经地区是张家口市国民经济发展的中心，也

是水资源开发利用较高的区域。区域境内主要水利工程有大中型水库3座，小一型水库11座（大部分已经报废，不能蓄水）。万亩以上灌区12个，其中较大的是四清大渠、洋河大渠和通桥河灌渠等。流域多年平均降水量403.3mm（1956~2002年系列），降水量时空分布不均，地域年际之间差异很大。多年平均径流量3.716亿 m^3 。降水量的年内分配很不均匀，年降水量的75%~80%集中在6~9月。洋河流域暴雨主要特点是笼罩面积小、强度大、历时短。暴雨多集中在7月~8月。降水量的年际变化也较大，实测最大最小年降水量之比一般在2~4之间。径流量年内分配的一般规律：1~2月所占比例最小，3月因有凌汛比例增加，凌汛过后4~5月比例下降，随雨季开始，6~8月比例又上升，8月达到最大，雨季过后，9~12月比例又逐月下降，直到次年1月达到最小值^[26]。

官厅水库位于怀来县中部偏南，距县城16.5 km，水库占地面积157 km^2 ，在怀来境内占80%，其余20% 在延庆县境内。水库总容量41.6 亿 m^3 ，控制流域面积4.34万 km^2 ，该水库1951年动工1954 年建成并投入运行，作为北京市的重要水源地，官厅水库曾长期承担着北京市区1/4 人口的生活用水，京西地区13个大中型企业生产用水及城郊23个湖泊和公园景观用水的供给任务，同时还为25个农业取水口供水，在蓄水防洪供水发电等方面发挥了重要作用。但是随着上游地区社会经济的发展，作为官厅水库水源区的洋河、桑干河流域年供水量逐渐减少，水质遭到不同程度的污染，官厅水库的年来水量已由20世纪五六十年代的19亿 m^3 ，减少到七八十年代的8—10亿 m^3 ，到90年代仅3—4 亿 m^3 ，近年来则降到了1亿 m^3 。同时由于上游流域水体污染，湿地的污染物降解功能退化，导致库内水质不能满足国家规定的饮用水源标准，1997年官厅水库退出了首都饮用水源系统，仅作为北京的工农业用水水源。原来近160 km^2 的水面现只剩30—40 km^2 ，形成了大面积的水域、沼泽、滩涂相连的生态景观。水库周围村庄密布，有多处旅游景点存在，退水滩地多被开垦成农田，原生植被破坏严重。由于干旱少雨、人为破坏严重，境内植被覆盖率低，水土流失、水库淤积严重^[27]。

2.1.4 植被与土壤特征

洋河是永定河水系较大的支流，洋河流域形状东西向较长，南北向较短，地形总趋势西北高、东南低。流域的东北、北部和西北沿坝头一带海拔高程在1200m~1500m之间，西部和南部边界海拔高程一般在500m~1000m之间。流域内80%以上为丘陵山区，绝大部分为荒山秃岭，水土流失严重，洪水期间含沙量很大。流域内大部分为黄色沙壤土，并有部分砂砾土及黄粘土，沿河川地层厚且较肥沃。

洋河流域内土壤主要共分8个土类。棕壤主要分布在怀来县、宣化南部、涿鹿以及海拔1000米以上雨量较多的中部山区；栗钙土、栗褐土和褐土主要分布在怀来、涿鹿、宣化县的低山丘陵和河谷地带；灌淤土主要分布在宣化、怀来、涿鹿等县的洋河水系阶地、河漫滩；草甸土主要分布在桑干河、洋河西岸的低阶地、河漫滩；水稻土主要分布在河漫滩地；风砂土主要分布在坝下的山麓地带。流域内植物种类丰富，其中以人工栽培种类为主。有代表性的树种有白桦、山杨、侧柏、国槐、苹果、葡萄、杏等。农业

栽培植物主要有玉米、小麦、谷黍、莜麦、高粱、马铃薯、葵花、菜籽、蚕豆、豌豆、芸豆、绿豆等各类蔬菜。

2.2 社会环境

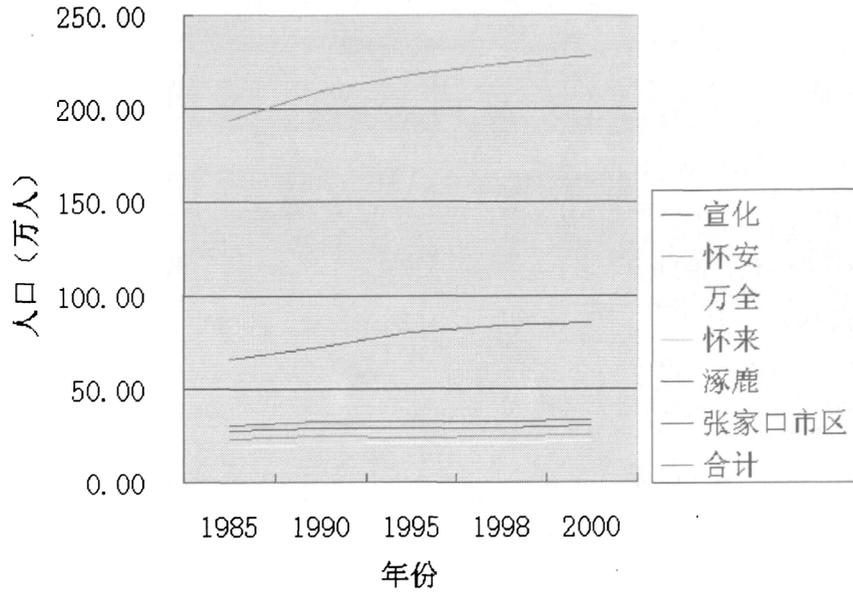
研究区位于京津冀经济圈和晋冀蒙经济圈的交汇点，毗邻北京，是西北地区“进京”、“出海”的必经之地。张家口被称为首都的北大门，一直是军事重镇和历代兵家必争之地，在1995年对外开放前，许多区域都被列入军事禁区，在很长时间内国家对这些县的政策基本上是不修路、不输电、不上工业建设项目。1995年以后，张家口经济有了较快的发展，国内生产总值由1995年的159.47亿元增加到2000年的243.93亿元，第一、二、三产业都有了很大的提高^[28]。产业结构也有了很大的调整，2000年，第一产业国内生产总值为34.93亿元，第二产业国内生产总值为103.23亿元，第三产业国内生产总值为105.77亿元，一、二、三产业的比值为3:3:1^[28]。农业产业结构进一步调整优化，特色农产品基地建设初具规模；工业由以电力、钢铁、煤炭等为主导的产业象清洁能源基地、高新技术转化基地、产业转移基地等方向调整；服务业以打造现代物流和旅游为主的新型服务业为主，努力建成晋、冀、蒙接壤区的区域性物流中心和北方生态旅游胜地。

研究区虽然没有包括所经过县市的全部行政区域，但包括所有县市的城区，所以其人口数量的变化，仍可以从其所经过的县市的人口数量变化中得以反映。从1985年到2000年，无论从各县人口变化来看，还是从合计人口数量来看，均呈现递增的趋势，其中引起人口数量变化的各个县市中，以市区人口变化所占的权重最大，其增加人口占合计人口增加量的57%。如表2.1、图2.3：（数据参考历年中国人口统计年鉴）

表2.1 研究区各县市人口数量统计（万人）

年份	宣化	怀安	万全	怀来	涿鹿	张家口市区	合计
1985年	27.64	23.08	18.69	28.69	30.09	65.80	193.99
1990年	28.90	24.77	20.24	31.09	32.24	72.08	209.32
1995年	28.82	24.09	20.85	32.00	32.46	80.25	218.47
1998年	29.19	24.38	21.28	32.52	32.76	83.71	223.84
2000年	30.00	25.00	22.00	33.00	33.00	85.14	228.14

图2.3 研究区人口数量变化统计表



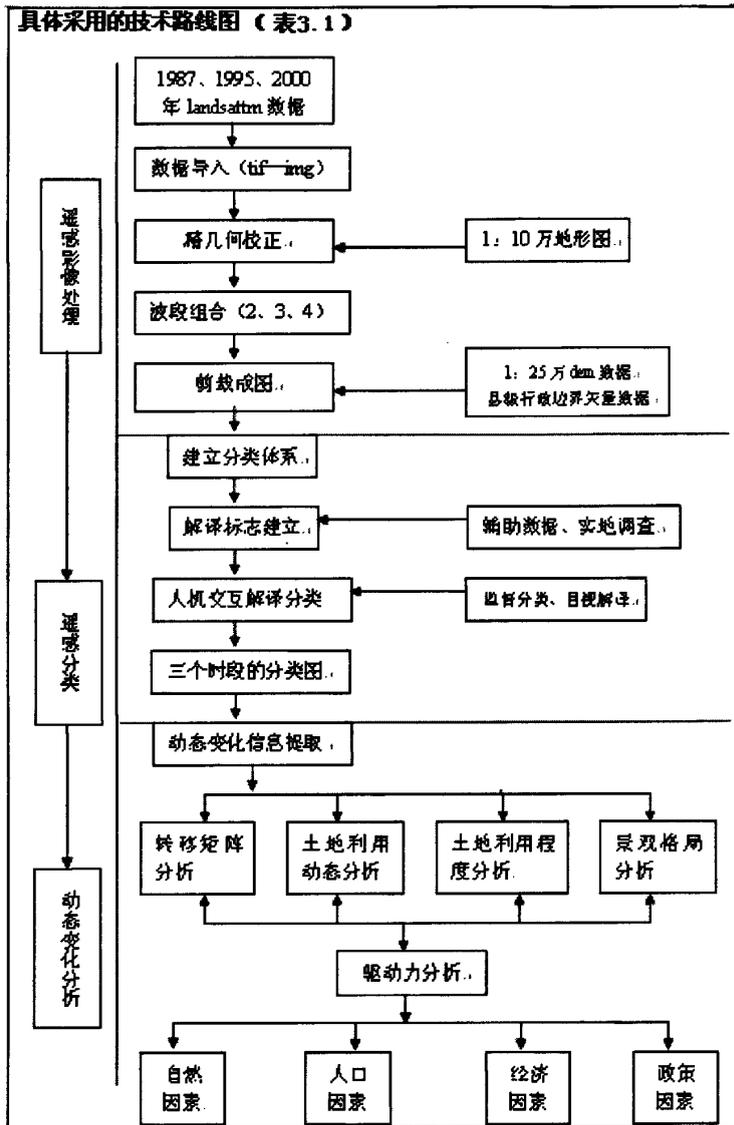
第三章 研究方法和数据处理

3.1 研究方法

文章以 1987 年 9 月、1995 年 7 月和 2000 年 5 月三期 Landsat5 TM 影像数据为数据源，在 Arcgis9.0 和 Erdas Imagine9.1 软件平台的支持下，结合其它地学辅助资料对三期遥感影像进行了几何纠正、图幅裁剪和影像增强处理。参考中国科学院“中国资源环境数据库”土地利用遥感分类体系，结合野外实地考察建立了解译标志，通过计算机监督分类，得到三个时期的土地利用预分类图。利用 Arcgis 对影像预分类结果矢量化，利用人机交互解译的方法对分类结果进行纠错处理，得到最终的土地利用分类图。在 Erdas Imagine 中利用矩阵分析功能 (Matrix) 对三期土地利用分类图进行操作，得到 1987 年——1995 年、1995 年——2000 年土地利用变化图，生成研究区两个时段的土地利用变化转移矩阵。

运用数理统计分析与对比分析相结合的方法，对土地利用/覆被变化总体特征、土地利用类型动态变化趋势、土地利用程度变化、土地利用转移矩阵、景观格局变化进行了分析。采用文献归纳分析法和比较研究法，从自然因素、人口因素、经济因素和政策因素四个方面对引起土地利用/土地覆被变化的驱动力进行了解释，对研究区土地利用/覆被变化产生的环境效应进行了讨论。

研究技术路线图见表 3.1:



3.2 原始材料及数据处理

3.2.1 原始材料

由于地学问题的复杂性，进行土地利用/土地覆被变化研究，所获取数据的多样性程度比其他领域所涉及的数据要复杂得多。本研究所采用的数据如下：

(1)Landsat5 遥感影像数据:1987 年 9 月、1995 年 7 月、2000 年 5 月三期 TM 影像数据，轨道号为 p124r32。

(2)地形地貌数据:1:25 万河北省 DEM 数据，1:10 万地形图 4 张。

(3)矢量数据:张家口县级行政边界矢量图，乡、镇、村庄点状图。

(4)社会统计数据:1987-2000 年的社会经济统计数据。

本文在对卫星影像进行处理时,主要应用 ERDAS IMAGINE9.1 软件。ERDAS IMAGINE9.1 以其先进的遥感图像处理技术,友好、灵活的用户界面和操作方式,面向广阔应用领域的产品模块,服务于不同层次用户的模型开发工具以及高度的 RS/GIS 集成功能,为遥感及相关应用领域的用户提供了内容丰富而功能强大的图像处理工具,代表了遥感图像处理系统未来的发展趋势。地理信息系统软件则选择 ArcGIS9.0,它由美国环境系统研究所(ESRI)开发并销售。ESRI 被称为世界上 GIS 的拓荒者,同时也是当今 GIS 技术的领先者。

3.2.2 数据处理

3.2.2.1 图像的几何校正

由于地球自转、地球表面曲率、遥感平台位置与运动状态及卫星传感器扫描角大等因素均可以引起图像的几何畸变,因此在做遥感图像分类时,必须对图像进行几何精校正处理,使各种数据整合。所谓几何精校正,就是利用地面控制点使遥感图像的几何位置符合某种地理系统,与地图配准,并调整亮度值。几何校正的目的是将影像的几何位置校正到地形图的投影位置上,完成各种类型的数据整合^[29]。

本次研究对于 TM 图像的几何校正是在 ERDAS9.1 软件上完成的。首先用 2000 年的 TM 影像与 1:10 万地形图相对照,选出 32 个地面控制点(GCP)。GCP 的选取原则是:有一定的数量保证,均匀分布在整個校正区域内,具有明显精确的定位识别标志,如河流的拐点,河流、道路的交叉点,水库大坝的两端。其次在 1:10 万地形图上量取这些控制点的大地坐标。然后运用 ERDAS IMAGINE 的子模块(Image Geometric Correction)进行图像配准。先在地形图上找到第一个控制点,再在 2000 年的 TM 影像图中找到相应该控制点,输入该控制点的大地坐标值。依此方法,连续选择输入分布均匀的 32 个控制点的大地坐标值。最后用三次多项式拟合法对控制点进行平差计算,并用双线性内插法完成像元重采样,即可获得可以用于地物分类试验的 2000 年的精校正 TM 图像。在平差过程中,对于那些残差值异常的、又不影响校正结果的点予以删除,最后留有 25 个控制点。这 25 个控制点介于几何校正的理论最小值 $(n+1) \times (n+2) / 2$ 与推荐最大值 $3(n+1) \times (n+2) / 2$ 之间,即当 $n=3$ 时,控制点数在 10—30 范围内,可以保证较高的精度^[30]。图像校正完后,利用 ERDAS9.1 软件提供的地理关联(Geo-Link)方法对校正进行评价,结果显示图像几何校正和配准的精度均控制在 1 个像元内,满足成图的精度要求。按该方法,依次利用校正好的 2000 年 TM 影像分别对 1987 年和 1995 年 TM 影像进行坐标配准。

在遥感图像处理中,经常使用的地球投影类型有:高斯-克吕格投影、UTM 投影、空间斜轴墨卡托投影等。对于高分辨率的遥感图像一般采用高斯-克吕格投影或 UTM 投影。UTM 投影简称通用横轴墨卡托投影(Universal Transverse Mercator Projection),是一种横轴等角圆柱投影,它是目前国际上最通用的地图数学基础之一。该投影与高斯-克吕格投影同属一类,除中央经线上长度比不同外,其余均大致相同。高斯-克吕格投影规定中央经线上长度比为 1,而在 UTM 投影中则为 0.996。UTM 类似于高斯-克吕格投

影，也是按经度分带，每带范围是经差 6° 。UTM 的带号是从西经 180° 到 174° 为 1 号带（而高斯—克吕格投影 6° 分带是以本初子午线开始分带），以后从西向东按 6° 分带顺序编号，全球共分 60 带。中央经线的长度比为 0.996，这样可以把投影失真比较均匀地分布在带区内^[31]。采用 UTM 投影，可以确保投影精度，满足用户通过遥感图像对地面点精确定位的需求。

由于 TM 影像采用的是通用横轴墨卡托 (UTM) 投影，而如 DEM 数据、张家口县级行政边界矢量数据等采用的不是 UTM 投影，所以首先的工作是进行投影转换，这项工作在地学软件 Erdas Imagine9.1 的 Reproject Images 命令下进行的。三期 TM 图像均转换成统一的坐标，采用的投影为通用横轴墨卡托 (UTM) 投影，中央经线为 117° 。

3.2.2.2 研究区影像的裁剪和增强处理

本文选取的研究区为以张家口段洋河流域为中心的海拔高程 800 米以下的流域范围，经过的行政单元包括怀安县、万全县、张家口市的四个区、宣化县、怀来县和涿鹿县。为此，首先要确定出洋河流域，利用 arcgis 软件中的 Hydrology 扩展模块，对河北省 1:25 万 DEM 数据进行处理，得到洋河流域^[32]；然后利用表面分析工具提取出洋河流域内海拔高程为 800 米的区域。最后在地学软件 Erdas Imagine9.1 中，利用 mask 命令、分别以县级行政单位图、800 米高程的洋河流域图为基础，完成对三期 TM 影像的裁剪。

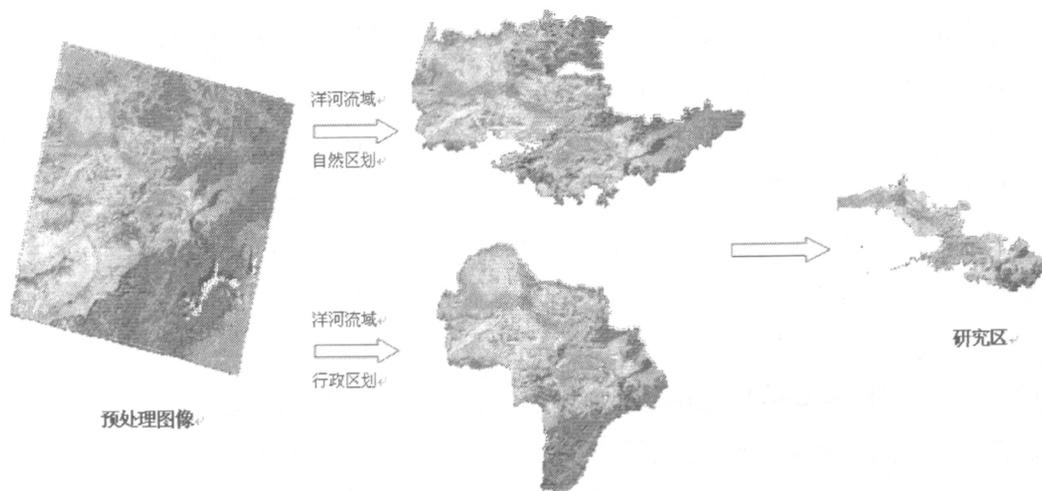


图3.1 研究区提取过程示意图

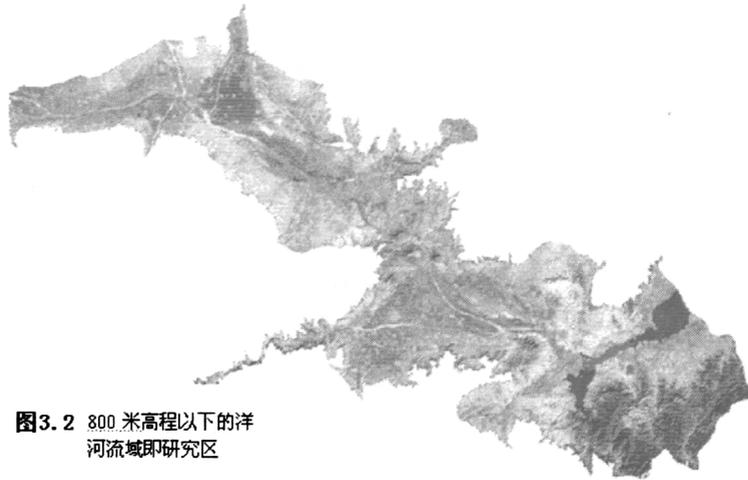


图3.2 800米高程以下的洋河流域即研究区

遥感影像是特定地理环境中某一区域的电磁波反射、辐射信息的记录，以不同空间、时间、波谱、辐射分辨率提供电磁波谱不同波段的数据。由于成像原理不同和技术条件的限制，任何一个单一传感器的遥感数据都不能全面反映目标对象的特征，合成影像可较好地反映土地利用/土地覆被的信息。常规影像图制作，要选择信息量大、波段间相关性小的三个波段进行假彩色合成。根据理论和以往的经验，采用近红外、红、绿三波段进行假彩色合成，亦即标准假彩色合成方式，图像信息含量丰富。

表 3.2 TM 各波段参数及其应用

波段	波长(μm)	分辨率(m)	应用
1	0.45~0.52 蓝色	30	对水体穿透力强，对叶绿素和叶绿素浓度反应敏感，可进行水系及浅海水域制图
2	0.52~0.60 绿色	30	对健康茂盛绿色植物反射敏感，对水体的穿透力较强，可用以识别植物类别和评价植物生产力
3	0.63~0.69 红色	30	叶绿素主要吸收波段，可见光最佳波段，可判断植物生长状况、健康状况等
4	0.76~0.90 近红外	30	植物通用波段，还可显示水体的细微变化和水域范围，对植物的类别、密度、生长力、病虫害等的变化最敏感
5	1.55~1.75 短波红外	30	植物、岩性、土壤类型，易于区分雪和云
6	10.4~12.5 热红外	120	对含水量反映敏感，对岩性与土壤类型的判定也有一定的作用
7	2.08~2.35 短波红外	30	水的强吸收带，可用于区分主要岩石类型、岩石的水热蚀变，探测与岩石有关的粘土矿物等

3.3 土地利用/覆被变化信息的提取

3.3.1 分类体系方案和解译标志的建立

遥感图像分类体系的划分是进行遥感图像分类的重要依据和基础,其与土地利用分类体系不完全相同,在实际划分过程中既要充分考虑遥感图像实际可解能力和研究区内土地覆被特征,又要适当地与土地利用分类体系靠近,便于利用遥感技术对土地利用现状图进行动态更新。图像分类总的目的是将图像中每个像元根据其在不同波段的光谱亮度、空间结构特征或者其他信息,按照某种规则或算法划分为不同的类别。遥感影像解译标志是遥感影像上能直接反映、判别地物信息的影像特征。利用形状、大小、阴影、色调、颜色、纹理、位置、图案和布局,结合波段组成、分辨率、获取的时相、季相、数据所处气候带和地貌类型区、周围数据等解译情况,做出正确和合理的判断,建立数据解译标志,提取基础地理信息数据^[33]。

参照中国科学院资源环境数据库中的全国 1:10 万土地利用分类系统,对空间数据进行编码。该系统根据土地资源经营特点、利用方式和覆盖特征采用三级分类:一级主要根据土地的资源属性和利用属性分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地 6 类;二级主要根据土地的自然属性分为 25 个类型;三级主要根据土地的地貌类型分为 8 个类型。分类系统具体为^[14]:

- 1—耕地:指种植农作物的土地,包括熟耕地、新开荒地、休闲地、轮歇地、草田轮作地;以种植农作物为主的农果、农桑、农林用地;耕种三年以上的滩地和海涂。
- 11~水田,水浇地;12~旱地(121 山地;122 丘陵;123 平原);
- 2—林地:指生长乔木、灌木、竹类以及沿海红树林地等林业用地。
- 21~有林地;22~灌木林地;23~疏林地;24~其他林地;
- 3—草地:指以生长草本植物为主、覆盖度在 5%以上的各类草地,包括以牧为主的灌丛草地和郁闭度在 10%以下的疏林草地。
- 31~高覆盖度草地;32~中覆盖度草地;33~低覆盖度草地;
- 4—水域:指天然陆地水域和水利设施用地。
- 41~河渠;42~湖泊;43~水库、坑塘;44~冰川和永久积雪地;45~海涂;46~滩地;
- 5—城乡、工矿、居民用地:指城乡居民点及其以外的工矿、交通等用地。
- 51~城镇用地;52~农村居民点用地;53~工交建设用地;
- 6—未利用土地:目前还未利用的土地,包括难利用的土地。
- 61~沙地;62~戈壁;63~盐碱地;64~沼泽地;65~裸土地;66~裸岩石砾地;67~其他(指其他未利用土地,包括高寒荒漠、苔原等);

遥感影像判读必须掌握以下几个规律:(1)地物的各光谱特征与影像色彩的关系。地物光谱的反射特征是图像判读的理论基础。地物的反射光谱不同,其影像重现的色彩

也不一样。(2)地物光谱的反射率与影像色调特征的关系。反射率高者光量大,色彩鲜明,反之色彩暗淡。(3)地物时间、空间和季节的不同与影像色彩变化的关系。

根据中国科学院“中国资源环境数据库”土地利用遥感分类标准,通过将遥感影像上的不同地物与这些地物的实际情况相比较,发现不同地物之间的影像特征差异,并归纳得出同类地物的影像特征的一致性,得到研究区解译标志,见表 3.3。

表 3.3 张家口洋河流域土地利用/覆被分类体系及 TM (432) 影像特征

序号	土地类型	TM 影像特征
1	耕地	深红色或红白色,几何特征较规则,边界清楚,空间上呈格网状
2	林地	成片鲜红色或深灰绿色,色调较均匀,边界自然圆滑但不规则,结构较粗糙
3	草地	粉红色或深青色,结构均一,面状、条带状,边界清晰
4	水域	黑蓝或淡蓝色,片状或者带状,边界清晰
5	建设用地	灰蓝色或黑灰色,形状规则,呈团状或者片状,面积较大,一般有交通线穿过,居民点内部和村庄周围通常栽种树木,呈现红色阴影
6	未利用土地	白色、灰白色,边界清晰,形状不规则

这一分类系统的确定基于如下考虑:①研究区内地物光谱类别混杂现象比较严重,指标分得过细会造成类别间混分率增加,造成精度下降。②本课题研究重点在于洋河流域地区的耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地之间的空间交替演变情况,本着保证分类精度的目的,没有必要将指标划得过细。

3.3.2 遥感影像解译方法的选取

遥感图像分类是利用计算机或目视按照图像中像元灰度的不同分布、邻近像元灰度值差异大小、分布状况以及几何形态等特征规律对图像诸多像元做出归类,归类结果直接作为图像解译结果,或者作为辅助人们解译的参照。遥感图像分类的目的是提取土地利用/土地覆被变化信息,在目前的情况下主要有两种方法:交互式目视解译和计算机自动分类。

人机交互式目视解译主要是利用地理信息系统的编辑功能,在计算机屏幕上对遥感图像进行交互式目视解译。首先确定各类型的分布范围,在屏幕上用鼠标沿类型边界进行跟踪,边界封闭后再赋予该图斑所归属的土地利用类型的代码(刘慧平, 2001)。

计算机分类是指根据地物光谱特性,采用监督分类(supervised classification)或非监督分类(unsupervised classification)方法对遥感图像进行土地利用类型解译^[29]。监督分类是先用某些已知类别训练样本让分类识别系统学习,待其掌握了各个类别

的特征之后,按照分类的决策规则进行分类的过程。使用的数学方法有多级切割分类法、决策树分类法、最小距离分类法、最大似然分类法。

非监督分类不用训练样本,而是根据图像数据自身的统计特征及点群的分布情况,从纯统计学的角度对图像数据进行统计分类。它与监督分类的区别在于监督分类首先给定类别而非监督分类由图像数据的统计特征来决定。

由于非监督分类完全没有人的干预,图像的灰度有相当的随机性,因而这种核心向量的确定有相当大的盲目性。这是非监督分类较少使用的原因。监督分类法避免了非监督分类中对光谱集群组的重新归类。由于研究区地表破碎,用非监督分类很难得到所需的类型,因此本文主要采用监督分类。

目视解译和计算机自动解译各有优缺点,实际工作时,二者经常结合使用。对比如表 3.4^[15]:

表 3.4 遥感影像目视解译与计算机自动解译比较

	目视解译	计算机自动解译
解译层次	多个像元	单个像元
面积估算	有限	可能达到精确的面积估计
影像波段数	有限,一般不超过 3 个	能进行多波段分析及特征变换
区别影像亮度水平	有限,一般不超过每个地物 16 个亮度值水平	能充分利用所有的影像亮度水平(如 64、128、256 等)
地物形状信息	可得到利用	需要较为复杂的软件及算法
空间信息	可得到利用	目前的技术有限
非遥感信息	可得到利用	目前的技术有限
解译时间	慢	快
结果重现性	较差	好

在遥感图像分类过程中,考虑到研究区遥感图像地物光谱特征比较复杂,首先进行非监督分类,对地面地物类别作一个初步调查,然后再对图像进行监督分类。然后参照原始图像解译标志,在 Arcgis 中利用目视解译的方法对分类结果进行人工纠错,来提高分类的精度。具体的遥感图像土地利用/覆盖信息解译的流程如图 3.3^[14]。

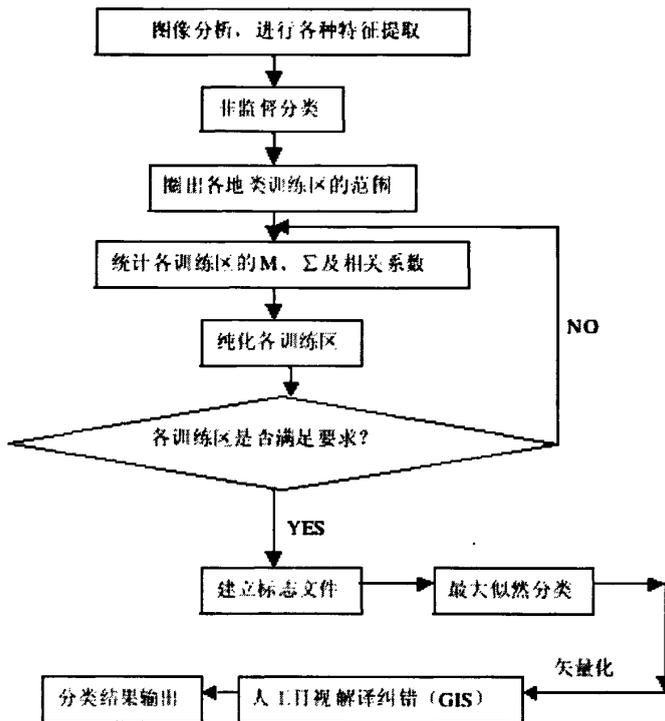


图 3.3 计算机分类和人工目视纠错解译提取土地利用/覆盖信息流程图
其中 M 为均值向量, Σ 为统计方差

非监督分类的结果表明, 水域、林地得到了很好的区分, 但耕地和草地、建设用地和未利用土地有一定的混淆。

在非监督分类的基础上, 进一步采用了监督分类。首先收集有关分类区的信息, 包括地图、实地资料等, 以了解该区主要的分类类别及分布状况。在监督分类中选择训练区是很重要的一步, 训练区选择的准确与否, 训练区样本数是否足够, 关系到分类精度的高低。在选择训练区的过程中, 笔者参照了 1:10 万地形图、张家口乡、镇、村庄点状矢量图、研究区遥感图像非监督分类结果。在图像上对每一类别选择训练样本, 并对每一类别的训练样本, 显示和检查其直方图, 计算和检查其均值、方差、协方差矩阵, 以及其对应的特征空间相关波谱图和不同的指示其分离度的统计指数等, 从而评估其训练样本的有效性; 根据检查和评估, 修改训练样本, 必要时可重新选择和评估训练样本; 然后根据地物的光谱特征和样区土地利用特征所建立的标志特征制作分类模板, 进行最大似然监督分类, 获取遥感影像预分类图。

3.3.3 分类结果后处理

分类结果后的处理主要是指在地理信息系统 (GIS) 的支持下, 对计算机监督分类结果进行人工目视解译和修正, 进一步提高土地利用分类提取的精度。具体方法是:

运用 ERDAS 的过滤功能 (Eliminate) 过滤掉面积小于 16 个像元的图斑。利用 recode 命令进行分类重编码, 将高覆盖草地、低覆盖草地重新编码为草地, 将湖泊、河流编码为水域等。

运用 Arcgis 中的格式转换功能对分类得到的土地覆盖类型图进行栅格→矢量的转换，得到 shape 矢量文件。

将 TM432 合成图像在 Arcgis 9.0 中以背景显示，然后叠加土地利用的专题矢量文件。利用 Arcgis 的编辑功能借助 TM 背景图像对专题矢量文件的提取错误进行修订、查漏补缺。通过目视解译，改正错误类型，增加由于“同物异谱”现象造成的被遗漏掉的面积；剔除由于“异物同谱”因素造成的混元现象。

在 Erdas Imagine 中利用矩阵分析功能(Matrix)对三期土地利用分类图进行操作，得到 1987 年—1995 年、1995 年—2000 年土地利用变化图，生成研究区两个时段的土地利用变化转移矩阵。

受 TM 影像分辨率及研究区地形地貌的限制，大部分地物只能分到一级类型，少数地物能分到二级类型。结合本次研究的目的和试验区土地利用类型的特点，对分出来的二级地类进行适当合并，同时对一些误分或混分的像元重新归类。由于各类图斑比较细碎，因而需要对分类后的结果采用滤波方式以达到制图综合的效果。用一个适当面积的滤波器对分类数据文件滤波，使小于 16 个像元的图斑归并到较大面积的图斑中，滤波后的效果比较理想，最后在 Arcgis 中进行制图输出，见图 3.4、3.5、3.6。

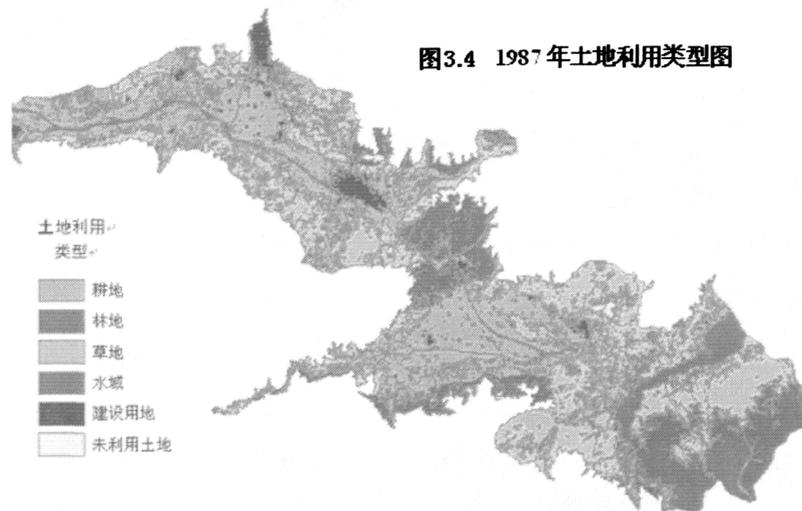


图3.5 1995年土地利用类型图

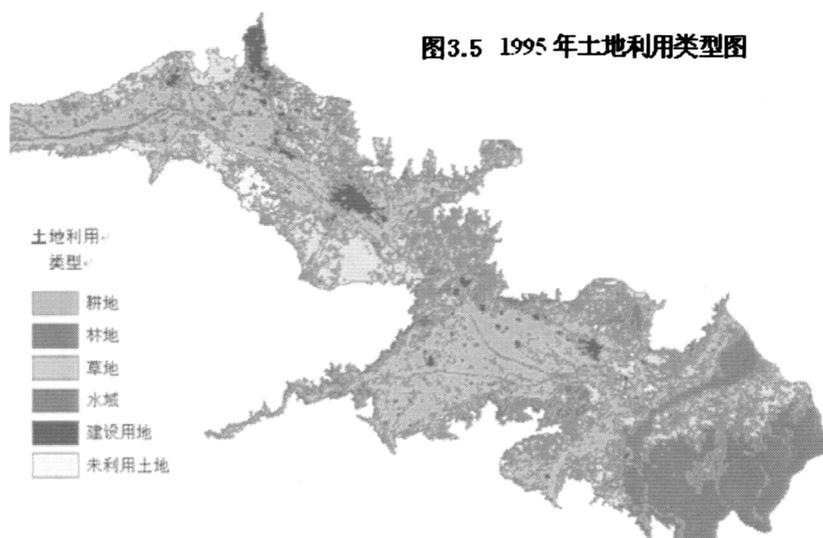
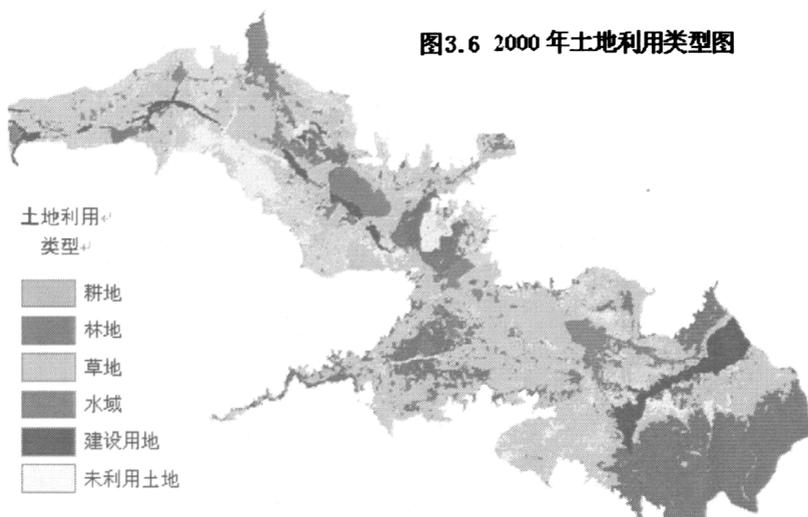


图3.6 2000年土地利用类型图



3.3.4 影像解译及分类精度验证

参考同期的地面资料，通过随机选取若干样本区，寻找口径一致的可比地块，计算其分类混淆矩阵和 Kappa 指数，对遥感影像的分类结果进行精度检验。从土地利用分类图上各采样 256 块，Kappa 指数分别为 0.85(1987 年)、0.87(1995 年)、0.75(2000 年)，均达到最低允许判别度 0.7 的要求^[29]。

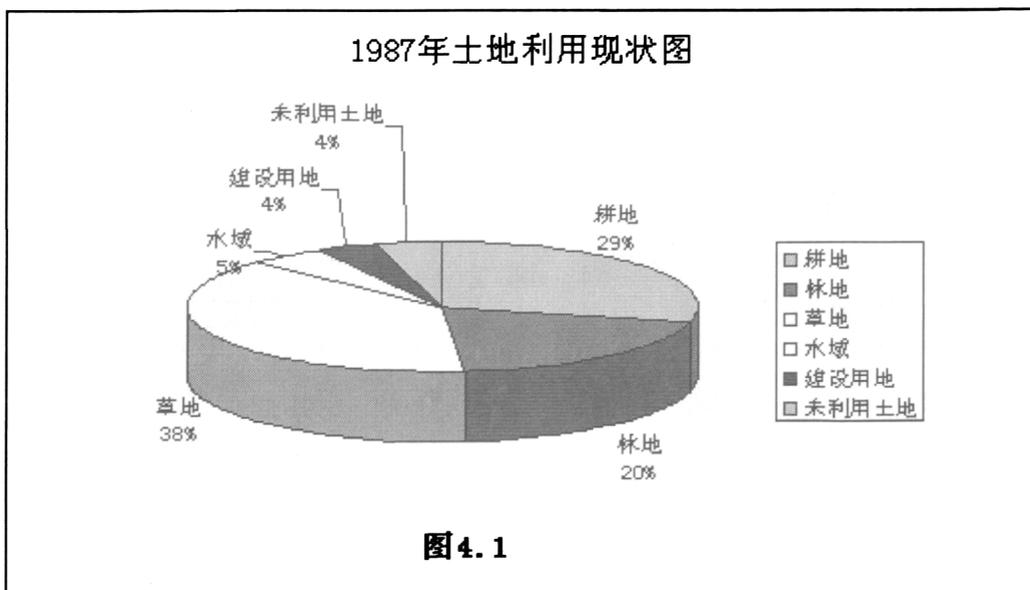
第四章 土地利用/土地覆被动态变化分析

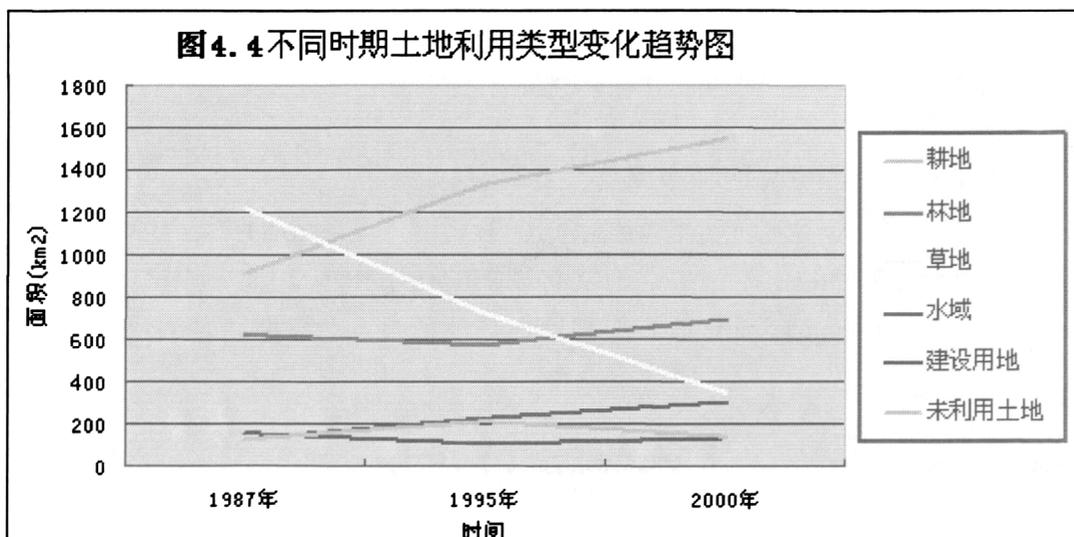
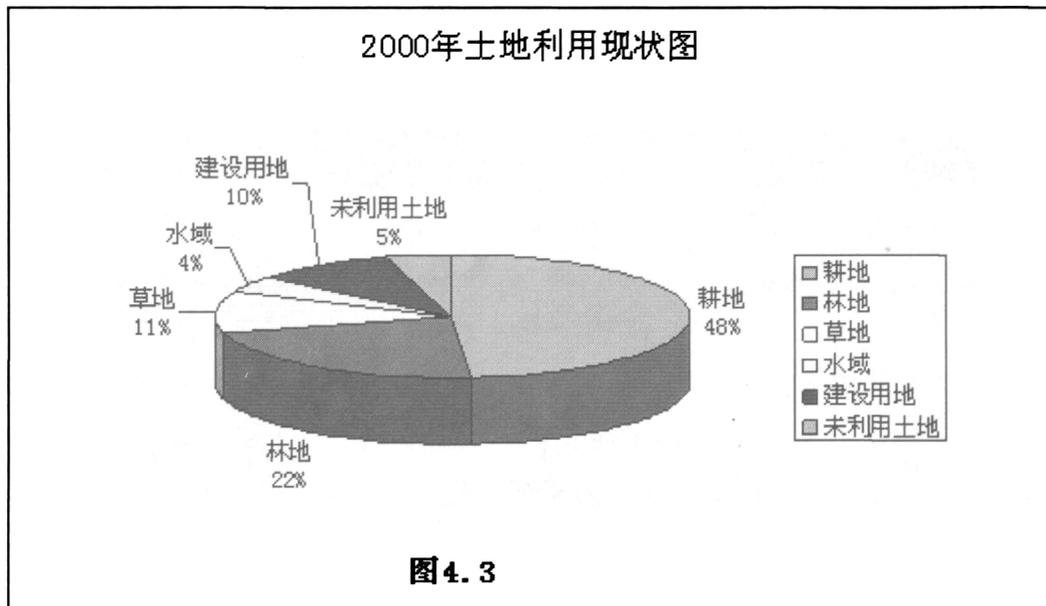
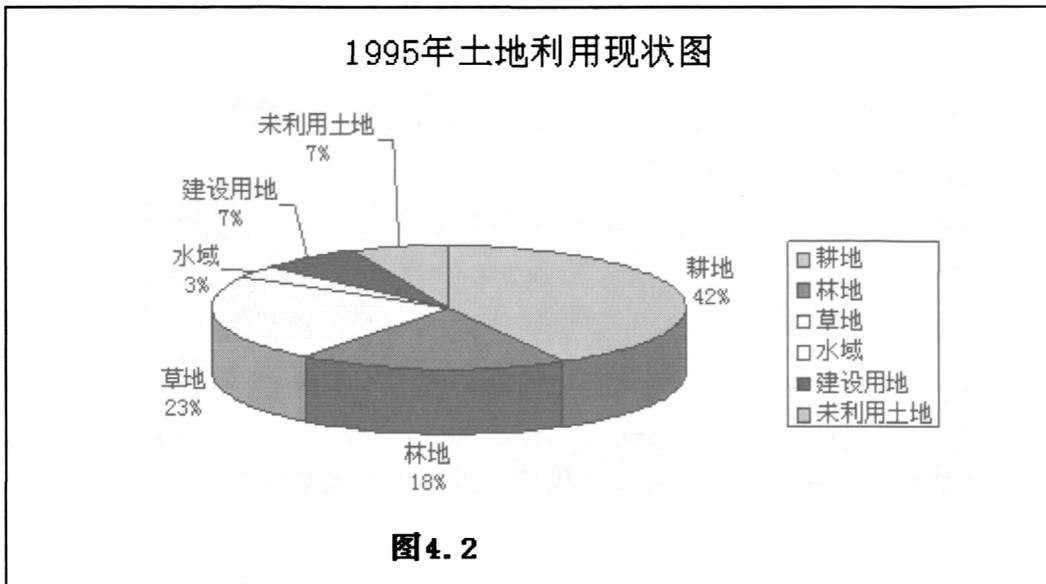
4.1 土地利用/土地覆被总体特征分析

洋河流域土地利用类型多样,结构复杂,14年来其结构随外界条件发生了很大变化。从面积入手,来观察区域土地利用类型的数量变化,面积变化首先反映在不同类型的总量变化上,通过分析土地利用类型的总量变化,可了解土地利用变化总的态势和土地利用结构的变化。通过对1987年、1995年、2000年TM影像的解译,结合GIS的空间分析功能,统计得到了三个时段的土地利用现状结果,分别见表4.1、图4.1、4.2、4.3、4.4。

表4.1 1987、1995、2000年土地利用类型变化表

土地利用类型	土地利用分类面积 (km ²)			面积变化 (km ²)	
	1987年	1995年	2000年	1987-1995	1995-2000
土地总面积	3165.87	3165.87	3165.87	0	0
耕地	916.11	1331.24	1542.57	415.13	211.33
林地	622.27	575.92	691.45	-46.35	115.53
草地	1216.03	720.83	350.32	-495.2	-370.51
水域	152.88	103.02	132.86	-49.86	29.84
建设用地	128.78	224.22	305.17	95.44	80.95
未利用土地	129.8	210.64	143.5	80.84	-67.14





从表 4.1 和图 4.1—图 4.4 中可以看出, 1987 年研究区土地利用类型主要以草地、耕地、林地为主; 1995 年研究区土地利用类型主要以耕地、草地、林地、未利用地和建设用地为主; 2000 年研究区土地利用类型主要以耕地、林地、草地、建筑用地为主。土地利用类型结构数量动态变化特征为:

(1) 耕地面积和建设用地面积大幅度持续增长。1987 年耕地面积为 916.11km², 到 1995 年增加到 1331.24km², 而到 2000 年耕地面积更是增加到了 1542.7km²。增加的比例分别为前一时期的 45.3%和 15.9%。而建设用地面积在 1987 年至 1995 年期间, 增加了 95.44km², 增加的比例为前一时期的 74.1%; 1995 年至 2000 年期间, 面积增加了 80.95km², 增加的比例为前一时期的 36.1%。其变化主要是由于人口的增加, 经济的发展, 以及城市化建设步伐的加快, 导致了耕地和居住用地增加, 工业的发展也是该区建设用地增加的重要原因之一。

(2) 草地面积大幅度持续减少。草地面积由 1987 年占总面积的 38%, 降到 1995 年占总面积的 23%, 再降到 2000 年占总面积的 11%, 面积共计减少了 865.71km², 即 1987 年草地面积的 71.2%都已经消失了。这种草地大面积的减少, 主要是受经济利益的驱动, 开垦草地变耕地和过度的放牧引起的。研究区为中国北方典型的半干旱地区, 草地在某种程度上, 在调节水土平衡, 调蓄土壤肥力, 改善生态环境等方面有着不可替代的作用。草地大面积的减少, 使得生态环境受到严重的影响, 导致该区水土大面积流失, 沙尘天气的爆发频率和强度也增加。

(3) 林地、水域和未利用土地, 在不同时段呈现不同的变化。林地和水域呈现先减少后增加的特点, 而未利用土地呈现先增加后减少的特点。林地和水域面积后期的增加主要是由于“三北防护林”工程的实施和对官厅水库水源地保护的加强。未利用土地面积后期减少主要是由于 1995 年以来对生态环境的治理, 尤其是与沙化和土地盐碱化的治理有关, 使得部分未利用土地转化为草地、林地等。

通过上述分析可以看出, 研究区在 1987 年、1995 年、2000 年三个时期, 土地利用的数量随时间发生了很大的变化。

4.2 土地利用/覆被变化动态变化趋势

4.2.1 单一土地利用类型变化的动态度

土地利用动态度可定量描述区域土地利用变化的速度, 它对比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用。单一土地利用类型动态度表达的是某研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况, 其表达式为:

$$K = \frac{U_t - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (4-1)$$

式中: K——研究时段内某一种土地利用类型动态度;

U_a ——研究初期某一种土地利用类型的数量;

U_b ——研究期末某一种土地利用类型的数量;

T ——研究时段长,当 T 的时段设定为年时, K 的值就是该研究区某种土地利用类型年变化率。

根据以上公式计算本区单一土地利用类型年变化率,见表 4.2。

表4.2 洋河流域1987—2000年土地利用的年变化率

土地利用类型 时间	耕地	林地	草地	水域	建设用地	裸地
1987-1995	5.66%	-0.93%	-5.09%	-4.08%	9.26%	7.78%
1995-2000	3.18%	4.01%	-10.28%	5.79%	7.22%	-6.38%
1987-2000	5.26%	0.86%	-5.48%	-1.01%	10.54%	0.81%

从土地利用的年变化率可以看出:1987年—1995年期间,年变化率最大的为建设用地;1995年—2000年期间,年变化率最大的为草地。而在1987年—2000年整个时间段内,年变化率前三位的分别为建设用地、草地和耕地。

刘纪远等把中国的土地利用的时间动态特征划分为4种类型:土地利用急剧变化型(25-61),土地利用快速变化型(15-25),土地利用慢速变化型(5-15),土地利用极缓慢变化型(0-5)^[1]。比较发现,研究区内建设用地、林地、耕地属于慢速变化型,而其他三种类型均属于极缓慢变化型,并没有快速变化型。这与研究区处在山间盆地的区域特征有关,限制了其向外大面积扩张的可能性,同时也与当地的工业发展缓慢有关。

4.2.2 土地利用/土地覆被转移变化特征

研究区从1987年到2000年期间,土地利用发生了很大变化。可以通过土地利用转移矩阵描述各土地利用类型之间的转换情况,见表4.3、4.4。

表4.3 洋河流域1987年—1995年土地利用变化转移矩阵

1995 1987	耕地	林地	草地	水域	建设用地	裸地	合计(公顷) (占有率%)
耕地	81234	895	5220	447	3030	785	91611
B	88.67	0.98	5.70	0.49	3.31	0.86	
C	61.02	1.55	7.24	4.34	13.51	3.73	28.94
林地	5487	39554	12732	57	1327	3070	62227.00
B	8.82	63.56	20.46	0.09	2.13	4.93	
C	4.12	68.68	17.66	0.55	5.92	14.57	19.66
草地	39655	16745	52338	320	7370	5175	121603.00
B	32.61	13.77	43.04	0.26	6.06	4.26	
C	29.79	29.08	72.61	3.11	32.87	24.57	38.41
水域	4331	155	403	9450	282	667	15288.00
B	28.33	1.01	2.64	61.81	1.84	4.36	
C	3.25	0.27	0.56	91.73	1.26	3.17	4.83
建设用地	2096	69	484	19	10041	169	12878.00
B	16.28	0.54	3.76	0.15	77.97	1.31	
C	1.57	0.12	0.67	0.18	44.78	0.80	4.07
裸地	321	174	906	9	372	11198	12980.00
B	2.47	1.34	6.98	0.07	2.87	86.27	
C	0.24	0.30	1.26	0.09	1.66	53.16	4.10
合计(公顷)	133124	57592	72083	10302	22422	21064	316587
占有率(%)	42.05	18.19	22.77	3.25	7.08	6.65	100.00
变化率(%)	13.11	-1.46	-15.64	-1.57	3.01	2.55	

表4.4 洋河流域1995年—2000年土地利用变化转移矩阵

1995 \ 2000	耕地	林地	草地	水域	建设用地	裸地	合计(公顷) (占有率%)
耕地	93901	14508	7454	3653	11690	1918	133124
B	70.54	10.90	5.60	2.74	8.78	1.44	
C	60.87	20.98	21.28	27.50	38.31	13.37	42.05
林地	9733	46414	557	104	650	134	57592
B	16.90	80.59	0.97	0.18	1.13	0.23	
C	6.31	67.13	1.59	0.78	2.13	0.93	18.19
草地	36871	7271	17763	252	3440	6486	72083
B	51.15	10.09	24.64	0.35	4.77	9.00	
C	23.90	10.52	50.71	1.90	11.27	45.20	22.77
水域	1073	95	25	8899	116	94	10302
B	10.42	0.92	0.24	86.38	1.13	0.91	
C	0.70	0.14	0.07	66.98	0.38	0.66	3.25
建设用地	6056	608	1125	266	14022	345	22422
B	27.01	2.71	5.02	1.19	62.54	1.54	
C	3.93	0.88	3.21	2.00	45.95	2.40	7.08
裸地	6623	249	8108	112	599	5373	21064
B	31.44	1.18	38.49	0.53	2.84	25.51	
C	4.29	0.36	23.14	0.84	1.96	37.44	6.65
合计(公顷)	154257	69145	35032	13286	30517	14350	316587
占有率(%)	48.72	21.84	11.07	4.20	9.64	4.53	100.00
变化率(%)	6.68	3.65	-11.70	0.95	2.56	-2.12	

注：在表 4.3 和表 4.4 中，行表示的是 k 时期的 i 种土地利用类型，列则表示 K+1 时期的 j 种土地利用类型；黑体数字表示的是 K 时期的土地利用类型转换为 K+1 时期各种土地利用类型的面积，

即原始土地利用变化转移矩阵 A_{ij} 。

$$B_{ij} = 100 \times A_{ij} + \sum_{j=1}^6 A_j$$
 ，表示 K 时期 i 种土地利用类型转

变为 K+1 时期 j 种土地利用类型的比例；

$$C_{ij} = 100 \times A_{ij} + \sum_{i=1}^6 A_i$$
 ，表示 K+1 时期的 j 种土地利用类型中有 k 时期的 i 种土地利用类型转换而来的比例。行和列的合计分别表示 K 时期和 K+1 时期各种土地利用类型的面积及其占总土地面积的比例。变化率表示 K+1 时期各种土地利用类型相对于 K 时期的变化程度。

由表可知，在 1995 年，耕地中有 29.79%来自于 1987 年的草地；林地中有 29.08%来自草地；建设用地的 11.27%来自于草地，在 1987 年—1995 年，草地成为最大的转出源；到 2000 年，耕地中有 20.9%来自于草地，林地中有 20.98%来自于耕地，草地有 21.28%来自于耕地，建设用地中有 38.31%来自于耕地，在 1995 年—2000 年，耕地和草地为最大的转出源。

在 1987 年—1995 年，变化率处在前三位的土地类型为草地、耕地和建筑用地；在 1995 年—2000 年，变化率在前三位的土地类型为草地、耕地和林地。其空间变化如图 4.5-4.10:

图4.5 洋河流域1987年——1995年草地净变化图

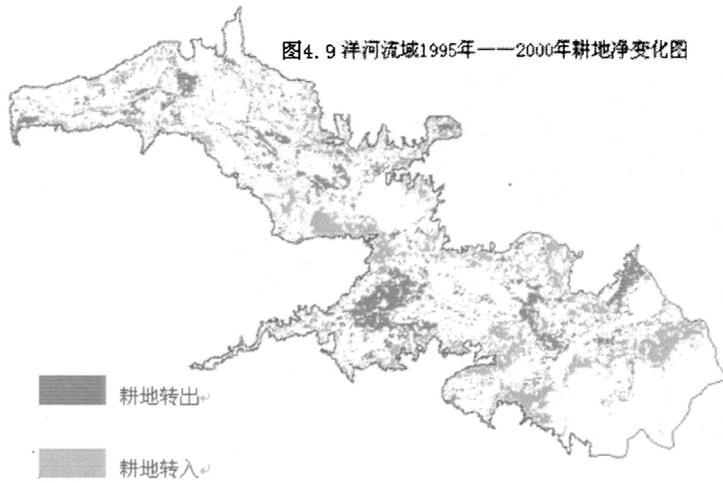
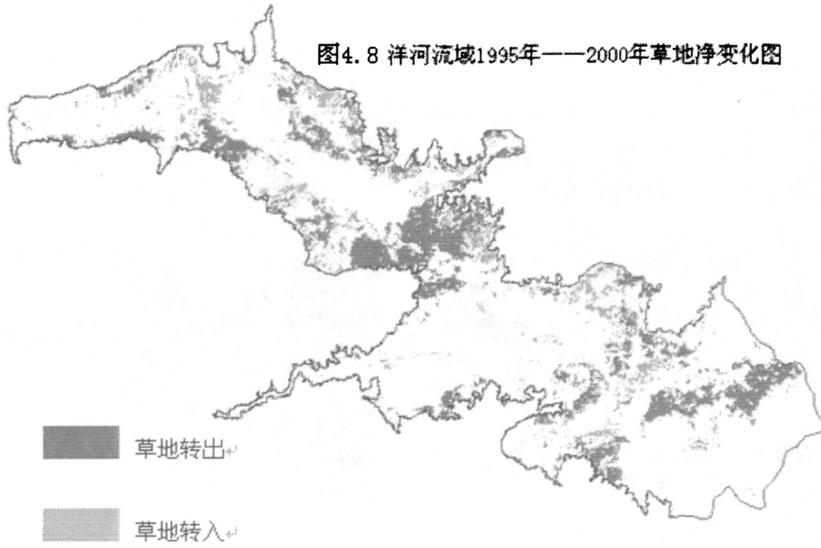


图4.6 洋河流域1987年——1995年耕地净变化图



图4.7 洋河流域1987年——1995年建设用地净变化图





4.2.3 土地利用程度变化分析

土地利用程度数量化的基础建立在土地利用程度的极限上。土地利用的上限，即土

地资源的利用达到顶点，人类一般无法对其进行进一步地利用与开发；而土地利用的下限，即为人类对土地资源开发利用的起点。

根据土地利用的属性和遥感解译结果，结合洋河流域的土地利用分类情况。根据国内有关学者对土地利用程度分级的研究成果^[1]，结合实际略作修改，将土地利用程度分为4级，每级赋予相应的分级指数。从而给出土地利用程度的定量化表达式，见表4.5。

表4.5土地利用程度类型及分级赋值表

分级	未利用地级	林草水用地级	农业用地级	城镇聚落用地级
土地利用类型	滩涂用地	林地、草地、水域	耕地	城镇、居民、工矿、交通
分级指数	1	2	3	4

(1) 土地利用程度综合指数模型

将土地利用的综合指标进行数学综合，形成一个连续分布的综合指数，其数值的大小综合反映了某一地区土地利用的程度，计算模型为：

$$L_j = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (4-2)$$

式中：L_j——某研究区域土地利用程度综合指数；

A_i——研究区域内第 i 级土地利用程度分级指数；

C_i——研究区域内第 i 级土地利用程度分级面积百分比；

n——土地利用程度分级数。

表4.6 洋河流域土地利用程度综合指数

时间	1987年	1995年	2000年
土地利用程度综合指数	232.97	249.56	263.47

从表中可以看出洋河流域土地利用程度不断提高，表明人类活动对该区域的土地利用影响越来越大。

(2) 综合土地利用程度变化量模型

一个特定范围内土地利用程度的变化是多种土地利用类型变化的结果，土地利用程度及其变化率可定量地揭示该范围土地利用的综合水平和变化趋势^[34]。土地利用程度变化量和土地利用程度变化率可表达为：

$$\Delta L_{t_1-t_2} = L_{t_1} - L_{t_2} = 100 \times (\sum_{i=1}^n A_i \times C_{i,t_1} - \sum_{i=1}^n A_i \times C_{i,t_2}) \quad (4-3)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia})}{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia})} \quad (4-4)$$

式中： L_b ——b 时间的区域土地利用综合指数；

L_a ——a 时间的区域土地利用程度综合指数；

A_i ——第 i 级的土地利用程度分级指数；

C_{ib} ——某区域 b 时间第 i 级土地利用程度面积百分比；

C_{ia} ——某区域 a 时间第 i 级土地利用程度面积百分比；

ΔL_{b-a} ——不同时间的土地利用程度变化量；

R——土地利用程度变化率。

表 4.7 洋河流域综合土地利用程度变化

时间段	1987-1995	1995-2000	1987-2000
变化量	0.1659	0.1391	0.305
变化率	7.12%	5.57%	13.09%

$\Delta L_{b-a} > 0$ 或 $R > 0$ ，表示该区域土地利用处于发展期，否则处于调整期或衰退期。从表 4.7 可以看出，各个时间段上的值都大于 0，表明洋河流域的土地利用均呈现良好的发展势头，土地利用结构逐步趋向合理化。

4.3 土地利用/覆被变化景观格局评价

4.3.1 景观要素的划分

景观生态学主要研究景观的三个特征：①结构——不同生态系统或景观单元的空间关系。即指与生态系统的大小、形状、数量、类型及空间配置相关的能量、物质和物种的分布。②功能——景观单元之间的相互作用。即生态系统组分间的能量、物质和物种流。③动态——斑块镶嵌结构与功能随时间的变化。其中景观结构影响着景观的功能，是景观生态学的基础研究内容^[35]。

景观生态学带来很多新思想、新理论和新方法，比如等级结构、尺度效应、时空异质性、干扰的作用以及人类活动的影响等等，均与景观结构密切相关。景观生态学强调了空间结构的重要性。例如，景观生态学关注于大的空间尺度、区域、以及生态系统空间格局的生态效应，研究斑块空间镶嵌格局对一系列生态学现象的影响^[36]。景观生态学促进了空间关系模型和理论的发展，新型空间格局和动态数据的收集，以及其他生态学领域很少涉及的空间尺度的检验。

土地景观是人类社会与自然相互作用、相互影响的土地生态系统的基本单位，以一

定的规律组成并且具有一定结构和功能的嵌块。在外界干扰和自身演替作用下，结构和功能呈现着剧烈的变动。

土地利用/土地覆被就是由各种类型的斑块组成，斑块的分布称为格局。以时间——空间信息分析手段，实现对地理科学研究对象的“空间格局”与“时间过程”特征的集成研究，揭示研究对象“变化过程的格局”，以及“格局的变化过程”，既是 LUCC 研究的基本科学问题，也是 LUCC 动力学研究的有效途径^[37]。

基于景观生态学理论和方法的土地空间格局的研究，已经成为目前国内外景观生态学中的一个研究热点，该领域的研究可以把土地利用/土地覆被的空间特征与时间过程紧密联系起来，从而可以更好地分析和理解土地利用/土地覆被的时空演变规律。

由于景观生态学的主要对象是景观格局的空间结构、功能、变化以及景观规划管理等，为此，景观生态学家对景观的空间格局定量分析提出了许多不同指标，如景观多样性、均匀度、优势度、聚集度、分离度、破碎度等指数，为景观空间格局的研究奠定了基础。

4.3.2 景观格局评价指标的统计与空间格局分析

景观格局研究中主要采用景观指数分析的方法。景观指数是指能够高度浓缩景观格局信息，反映其结构组成和空间配置某些方面特征的简单定量指标。景观格局特征可以从三个层次上分析：第一为单个斑块(individual patch)；第二由若干个斑块组成的斑块类型(patch type or class)；第三包括若干个斑块类型的整个景观镶嵌体(landscape mosaic)。因此景观格局指数也可相应地分为斑块水平指数(patch-level index)、斑块类型水平指数(class-level index)以及景观水平指数(landscape-level index)^[38]。

本文选择的景观特征指数包括斑块数、斑块平均面积、景观多样性指数、景观优势度、均匀度指数和景观破碎度指数等，均可以通过斑块的面积和斑块的数量来构造。

(1) 斑块数(N)

表示某类景观要素的斑块数量。

(2) 斑块平均面积(AV)

斑块平均面积是景观中某类景观要素斑块面积的算术平均值。反映该类景观要素斑块规模的平均水平。

$$AV_i = \frac{1}{N_i} \sum_j^N A_{ij} \quad (4-5)$$

式中： N_i 为第*i*类景观要素的斑块总数， A_{ij} 为第*i*类景观要素，第*j*个斑块的面积。

(3) 多样性指数(landscape diversity index)

根据信息论原理，景观多样性指数的大小反映景观要素的多少和各景观要素所占比例的变化，是用来度量系统结构组成复杂程度的指数。当景观由单一要素构成时，景观是均质的，其多样性指数为0；由两个以上的要素构成的景观，当各景观类型所占的比例相等时，其景观的多样性为最高；各景观类型所占比例差异增大，则景观的多样性下

降。景观多样性指数常用的是 Shannon-Wiener 指数。

$$H = -\sum_{i=1}^m P_i \ln P_i \quad (4-6)$$

式中:H为 Shannon-Wiener 指数, P_i 是景观类型 i 所占面积的比例, m 为景观类型的数目。H 越大, 表示景观的多样性越大。

(4) 均匀度指数 E 反映景观中各斑块在面积上分布的均匀程度, 通常以多样性指数和其最大值的比来表示。

$$E = H / H_{\max} \times 100\% = -\sum_{k=1}^m P_k \ln P_k / \ln(m) \times 100\% \quad (4-7)$$

式中:H为 Shannon-Wiener 指数, H_{\max} 为其最大值。 P_k 是景观类型 k 所占面积的比例; m 为景观类型的数目。显然当 E 趋于 1 时, 景观斑块分布的均匀度亦趋于最大。

(5) 景观优势度指数 D 用于测度景观多样性对最大多样性的偏离程度, 或描述景观由少数几个主要的景观类型控制的程度。它是多样性指数的最大值与实际计算值之差。优势度指数越大, 则表明偏离程度越大, 即组成景观的各类型所占比例差异大, 一种或少数景观类型占优势; 优势度小则表明偏离程度小, 即组成景观的各种景观类型所占比例大致相当。表达式为:

$$D = H_{\max} + \sum_{k=1}^m P_k \ln(P_k) \quad (4-8)$$

式中: H_{\max} 是多样性指数的最大值, P_k 是景观类型 k 所占面积的比例, m 为景观类型的数目。通常, 较大的 D 值对应于一个或少数几个斑块类型占主导地位的景观。

(6) 破碎度指数反映景观被分割的破碎程度, 即景观里某一景观类型在给定时间内和给定性质上的破碎化程度, 是景观异质性的一个重要组成。景观的破碎化与人类活动密切相关, 与景观格局、功能和过程密切联系, 同时它又与自然资源保护密切相关。

$$C_i = \frac{\sum n_i}{A_i} \quad (4-9)$$

式中: $\sum n_i$ 是景观类型 i 中斑块的总数, A_i 是景观类型 i 的面积, C_i 值越大, 表明景观类型 i 的破碎化程度越大, 受人类活动影响越显著。

表4.8 1987年、1995年、2000年研究区各景观类型景观格局特征值

景观格局特征	耕地	林地	草地	水域	建设用地	裸地	研究区
1987年面积 (km ²)	916.11	622.27	1216.03	152.88	128.78	129.80	3165.87
所占百分比 (%)	28.94	19.66	38.41	4.83	4.07	4.10	100.00
斑块数 (个)	1420	782	1467	400	1283	932	6284
斑块平均面积 (km ²)	0.65	0.80	0.83	0.38	0.10	0.14	0.50
1995年面积 (km ²)	1331.24	575.92	720.83	103.02	224.22	210.64	3165.87
所占百分比 (%)	42.05	18.19	22.77	3.25	7.08	6.65	100.00
斑块数 (个)	1584	1167	1966	187	2105	1952	8961
斑块平均面积 (km ²)	0.84	0.49	0.37	0.55	0.11	0.11	0.35
2000年面积 (km ²)	1542.57	691.45	350.32	132.86	305.17	143.50	3165.87
所占百分比 (%)	48.72	21.84	11.07	4.20	9.64	4.53	100.00
斑块数 (个)	3421	1948	2597	345	1708	1212	11231
斑块平均面积 (km ²)	0.45	0.35	0.13	0.39	0.18	0.12	0.28

表4.9 1987年、1995年、2000年研究区景观特征指数值

年份	斑块个数 (N)	多样性指数 (H)	优势度 (D)	均匀度 (E)	破碎度 (C)
1987	6284	2.097	0.488	0.719	1.985
1995	8961	2.15	0.435	0.726	2.831
2000	11231	2.055	0.53	0.653	3.548
1987-1995变化量	2677	0.053	-0.053	0.007	0.846
1995-2000变化量	2270	-0.095	0.095	-0.073	0.717

由表可以看出,就整个研究区而言,无论是1987年到1995年,还是从1995年到2000年,斑块的数量是不断增加的,增加的比率分别为42.60%和25.33%。而斑块的平均面积相对应的持续减小,说明土地利用受人类活动的影响破碎化程度在不断增加。就单个土地利用类型而言,建设用地斑块平均面积持续增大,主要是由于受土地利用规划的影响,城镇面积不断扩展,相对集中连片发展而至;林地、草地的斑块平均面积持续缩小;耕地和水域的斑块平均面积是先增后减;裸地的变化不大。

从1987年——2000年,多样性指数和均匀度都处在较高的水平,说明各土地利用类型分布较均匀。多样性指数和均匀度经历了先增加后降低的过程,说明在1987年——1995年期间,各种土地利用类型所占比例差异在降低;而到1995年——2000年期间,由于耕地和建设用地面积的大幅增加,导致空间异质性增大。而破碎度指数从1987年——2000年,呈现持续增大的趋势,研究表明人类活动强度与景观破碎程度成正比例关系,随着人类活动的加强,原来的较大的自然景观斑块被改造为许多较小的斑块;同时随着道路、引水渠等的修建,将原来较大斑块的景观分割为许多大小不同的小斑块,也增加了景观的破碎度。

第五章 土地利用/覆被变化驱动力分析

土地利用/土地覆被变化是全球环境变化研究的重要内容,LUCC驱动机制对解释土地覆被的时空变化和建立土地利用/土地覆被变化的预测模型起到关键作用,而有关LUCC驱动力的研究是探索LUCC驱动机制的核心问题。

土地利用/土地覆被变化的驱动力对土地利用的作用是一个十分复杂的过程。一种驱动力可以同时作用于各种土地利用类型,但其对于不同土地类型的作用程度和作用方式存在着一定的区别。另外,某种土地利用类型的变化,不是单个驱动力作用的结果,而是多种驱动力的共同影响,且这些驱动力有的相互作用,有的相互抵消。有时一种驱动力可能先是促进土地利用变化,随后又抑制变化,或者相反。例如人口增长增加了粮食需求,因而要求扩大耕地面积,但人口增长也会带来居住、交通等其它用地的增加,而这些用地的增加最终又会侵占耕地,最终导致耕地的减小^[39]。

土地利用变化的驱动力既有内在因素,也有外在因素,既有自然驱动力,也有社会驱动力。一般而言,某一区域的土地利用结构是该区自然因素(气候、地貌、土壤、水文、植被等)和社会经济因素(包括人口变化、经济增长、政策等)共同作用的结果,这些因素对土地利用变化的作用方式和作用强度各有不同。其中,自然环境条件是土地利用与土地覆被分布的最基本要素,在某种程度上具有一定的主导作用;而社会、经济、政策等社会因素作用的强度、合理与否则将对土地利用的时空变化具有决定性的影响。因而对土地利用类型变化的主要影响因子进行分析,正确认识土地利用结构变化的驱动因素,可为调整和优化土地利用结构提供基础。

5.1 自然因素

自然因素(气候、土壤、水文、地质地貌等)是影响区域土地利用结构的最基本要素,是决定一个区域各种土地利用类型面积和生产力水平的先决条件。地形、地貌直接影响着耕地、林地和草地的分布。研究区处于以洋河为中心的海拔高度在800米以下的洋河流域区域内。研究区地貌类型较多,地形通过对气温、降水及山体坡度等的作用而影响耕地、林地和草地类型的分布。耕地主要分布在以洋河流域为中心的坡度小、土层厚、地势平坦的地区;大量的林地、草地分布于山地丘陵区、山间盆地、河谷川地和水库周边,其中大面积的林地分布在官厅水库东侧,这跟该地区的局部气候密切相关;建设用地主要分布在张家口四区和五县的政府所在地,以及农村居民用地,以地势平坦地区分布最为集中;水域面积的变化从1987年到2000年总体上是在不断减少的,从研究区历年降水量变化曲线^[40](图5.1)可知,近50年来,张家口降水量呈阶段性的递减趋势,并且研究区的整体降水量偏低,1987年—2000年14年间降水量波动剧烈,1987年后持续

了几年的干旱，尽管在 1994 年—1996 年间雨量有所增加，但研究区的降水量仍然呈递减趋势。这种常年的干旱，一方面使地表蓄水减少，另一方面造成地下水入渗补给量减少，导致河流、水库的水源短缺。降水量减少是水域面积缩小的直接原因之一。

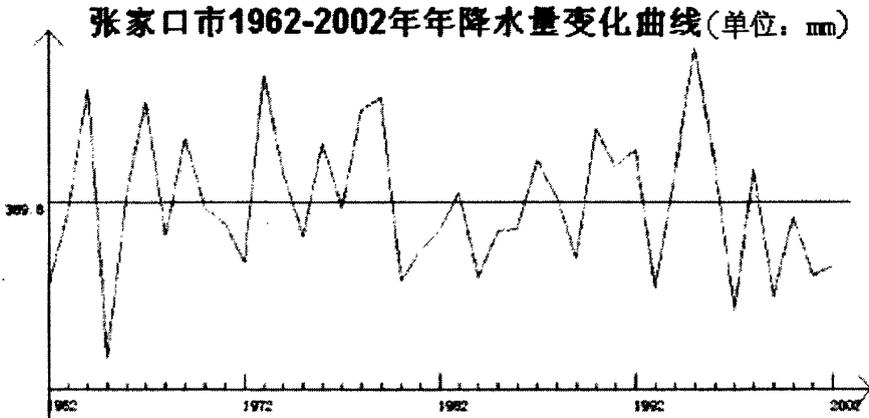


图 5.1

5.2 人口因素

人口的增长对耕地变化的影响，主要体现在对耕地空间分异和时间变化的影响上。随着人口数量的增加（见表 2.1），人类生活、生存所需的耕地资源数量在不断发生变化，人口压力导致了土地资源紧缺，在这种压力下，人类不断开垦新的耕地以力求平均耕地数量的提高，这推动了耕地资源总量不断上升。林地和草地变化也受到人为因素及社会经济发展的强烈干预。一方面，人们通过植树造林和退耕还草使林地、草地面积扩大；另一方面，由于乱砍滥伐、滥开垦等不合理的生产生活活动，使有林地和草地遭受破坏，面积减小。而以旅游业为代表的第三产业的兴起，必然更注重周边环境的保护，提高林木的覆盖率，增加林地面积，故而会出现大量的林地来自于未利用土地的现象。林地增加的另一个主要来源是草地的减少。从草地减少的分布区可以看出，林地的转入大部分来自于草地的转出，地处山区的林地面积增加的同时，其草地面积大范围缩小。除草地向林地转移之外，局部区域也发生其他类型的相互转移。

建设用地的增加主要是居民点用地增加，是随着近年来人口的增加、经济的发展以及城镇化水平的迅速提高，城镇扩展和居民点扩展占用了大量土地用来新建住宅所致。人口城镇化有利于农村经济的发展，是农业人口向非农业人口转化的重要途径。但其中还存在着不容忽视的问题，如小城镇的建设规模扩展迅速，其发展以牺牲耕地、草地为代价，规划建设时不注重生态环境保护等。

随着人口的急剧增长，城镇系统不断扩大，工农业生产迅速发展，水资源供需矛盾日益突出，水资源供不应求已经成为发展国民经济和提高人民生活水平的重要制约因素。建国以来，研究区人口数量以及水浇地面积的不断增加，使得相应的用水量也不断增加，人与人争水，人与地争水，导致对水资源的掠夺性开采，水域面积出现萎缩。

5.3 经济因素

由于人口的不断递增趋势,人均耕地面积不断减少,在20世纪90年代初,由于粮食价格持续的上升,在这种市场经济利益的驱动下,农民不断的开垦更多的种植面积,草场大面积减少,并且土地相对肥沃的东南山区的大片林地也被砍伐,开垦成耕地。同时由于研究区的耕地主要为沙质土壤,靠天吃饭,很难从产量上提高农业收入,唯一的办法就是增加耕种面积。正是这种经济利益的驱动,导致研究区的耕地大面积的增长。

而草地减少的主要原因是经济利益驱动下,被开垦成为耕地。研究区从1987年到2000年有727.67km²的草地转化为耕地。20世纪90年代初的农产品价格上升,促使许多以牧业为主的农民将大片草地开垦成为耕地,甚至砍伐了大量的林地,开垦成耕地,造成了研究区草场面积的大量锐减。草地面积减少还有一个重要原因就是过度放牧,造成草场退化。在多年经济利益的驱动下,牧民不断增加牛羊等牲畜数量,导致草场的承载力严重超载,引起大面积的草场退化成未利用土地。

经济发展是土地利用结构变化的主要因素,工业化与城市化进程是经济社会发展的必然趋势和客观要求。随着经济的发展,许多企业和事业单位进行新建、扩建,使建设用地不断增加。交通运输是通过路网密度、运输方式及运输量影响土地资源的开发利用,新的交通道路的建设有利于土地综合开发。随着经济的发展,交通运输网络的进一步完善,交用地大量增加。在市场经济的调控和影响下,“开发区热”“房地产热”等,使各项建设规模有较大增长,同时占用耕地、草地现象也十分突出,耕地不断地重新开垦,结果导致草地数量不断减少,建设用地大幅度增加。经济发展因素导致土地利用变化主要表现就是产业结构调整,第一产业趋于下降,而第二、第三产业趋于上升。产业结构的变化,必然引起土地资源在产业间的调整,导致第三产业建设用地面积增加。

5.4 政策因素

研究区一直以来是“三北”防护林建设的重点区域之一,“三北”防护林的建设又进一步促进了该地区农业的发展。在防护林的保护下,洋河流域的耕地收入相对而言比较稳定,风沙的危害相对较小,利于农业的发展,在这种政策的支持下,更多的牧业向农业转化,不少与耕地相连的草地和相对而言比较肥沃的草地以及一些未利用土地均被转化为耕地,造成耕地的急剧增加。

驱动力分析是LUCC研究的重要内容,土地利用/覆被变化的驱动力既有内在因素,也有外在因素,既有自然驱动力,也有社会驱动力。通过上述分析,可以得到以下几点结论。

(1) 对于本研究区,耕地变化的最基本的驱动因素是人口因素和经济因素,由于人口数量的不断增加,增加了对耕地的需求量;粮食价格的提高,导致人们开垦大量的草地进行农作物的耕种。二者直接导致了耕地的大面积增加和草地的大面积减少。

(2) 林地、草地变化受政策因素和自然、人为、社会经济发展等多重因素影响,

自然条件限制林地、草地的地域分布，人为和社会经济发展因素在林地、草地发展过程中，建设和破坏作用同时存在。比较分析认为，在本研究区人为因素和经济利益因素为林地、草地变化的主导因素，宜林宜草的自然因素是其发展的前提和基础。

(3) 建设用地的变化主要受人口因素和经济因素的影响，其中，人口因素是其发展的主导因素，而经济发展是其发展的直接因素。

(4) 自然因素是水域面积趋于减少的根本因素，而人口的增加、工业的发展导致需水量的巨大消耗，更加剧了水域面积的减少。

(5) 自然因素决定了未利用土地的变化程度，在有限的程度里，未利用土地面积的变化主要受水源的变化影响而发生相应的变化，其次是受到政策导向的影响而向草地、林地转化。

第六章 土地利用/覆被变化环境效应分析

由于土地利用 / 覆被变化影响着能量交换、水分循环等陆地主要生态过程的结构和功能, 并对诸多自然要素产生重大影响, 会造成生态系统和生态环境的变化, 所以LUCC的环境效应及机制研究越来越受到人们的重视。这方面的研究现在主要是针对某个自然要素(主要是土壤、水文及气候等)在土地利用 / 覆被变化下所引起的环境效应, 以及土地利用与覆被变化对生态环境的影响^[41]。

洋河流域处在北京的上风上水方向, 与北京同属一个自然生态区域, 京张生态联系极其密切^[42]。洋河流域对首都的环境影响主要是水环境和大气环境影响。首先洋河流域是北京的重要水源地, 官厅水库是北京市的两大水源之一, 其96%的水量是张家口的资源^[43]; 第二洋河流域是风沙经内蒙古侵袭北京的主要通道, 是影响北京的主要沙源地之一^[44]。所以洋河流域的生态状况直接关系到北京的生态安全。本章通过三个方面来论述研究区土地利用/覆被变化所产生的环境效应及对北京的影响。

6.1 洋河流域生态系统服务价值变化

生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用^[45]。不同类型的生态系统在维持区域生态安全中发挥着不同的生态系统服务功能, 这方面的研究以美国生态学家 Costanza 等人的研究影响最大。陈仲新、张新时应用 Costanza 等人的全球生态系统服务价值的估测方法, 对中国生态系统的生态价值进行了评估^[46]。高清竹、何立环等人应用该方法对海河上游农牧交错地区生态系统服务价值的变化进行了研究^[47]。

6.1.1 生态系统服务价值计算

应用 Costanza 等人的全球生态系统服务价值的估测方法计算研究区的生态损失价值。首先对单位面积上每一类生态系统的某种生态服务功能进行估价, 进而估计该生态系统单位面积上所有生态功能的总服务价值, 以此为“单价”计算某一生态系统的总生态系统服务价值, 可以用以下公式表达:

$$V = \sum_{i=1}^n P_i \times A_i \quad (6-1)$$

式中 V 为研究区生态系统服务总价值 (US\$); P_i 为在单位面积上土地利用类型 i 的生态功能总服务价值 (US\$/km²); A_i 为研究区内土地利用类型 i 分布面积 (km²)。

由于 Costanza 等人的估算是全球尺度上进行的, 将之应用于洋河流域这一特定区域, 不免出现估计的偏差, 为减少这一偏差, 本研究借鉴高清竹、何立环等人的方法^[47], 以 Costanza 等人计算的不同类型生态系统服务价值的均值进行生态价值变化的区间估计, 因未利用土地在研究期间变化很小, 所以未考虑它对生态系统服务价值的影响。

6.1.2 研究区生态系统服务价值变化

按照上述评估方法(公式 6-1)计算, 研究区生态服务总价值如表 6.1 所示。当以平均值计算时, 1987 年区域生态系统服务总价值为 5556.26 万美元, 1995 年为 4645.10 万美元, 2000 年为 4331.38 万美元。从 1987 年到 1995 年, 生态系统服务价值损失 911.16 万美元, 年均损失 113.88 万美元, 损失幅度为 16.4%; 从 1995 年到 2000 年, 生态系统服务价值损失为 313.72 万美元, 年均损失 62.74 万美元, 损失幅度为 6.75%; 从 1987 年到 2000 年, 生态系统服务价值损失 1224.88 万美元, 年均损失 94.22 万美元, 损失幅度为 22.05%。从时间段上看, 1995 年—2000 年段年均损失要比 1987 年—1995 年段年均损失有大幅度减少, 较少约 45%。其因为在 1987 年—1995 年段, 草地、林地和水域面积都在减少, 在 1995 年—2000 年段, 林地和水域面积有所增加, 只有草地减少。

计算结果表明, 草地、林地、水域生态系统面积的减少对区域生态服务价值的降低具有重要影响。耕地面积虽然增加, 但由于该类型单位生态系统服务价值低, 因此并不能弥补区域生态系统服务价值的整体下降。

表 6.1 1987、1995、2000 研究区生态价值变化
(以全球生态系统服务价值的平均值计算)^①

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	合计
单位面积价值(万 \$ km ² a ⁻¹)	0.92	3.02	2.32	0.085	0	0	
1987 年面积/km ²	916.11	622.27	1216.03	152.88	128.78	129.8	3165.87
生态价值/万美元	842.82	1879.26	2821.19	12.99	0	0	5556.26
1995 年面积/km ²	1331.24	575.92	720.83	103.02	224.22	210.64	3165.87
生态价值/万美元	1224.74	1739.28	1672.33	8.76	0	0	4645.10
2000 年面积/km ²	1542.57	691.45	350.32	132.86	305.17	143.5	3165.87
生态价值/万美元	1419.16	2088.18	812.74	11.29	0.00	0.00	4331.38
1987-1995 生态价值变化/万美元	381.92	-139.98	-1148.86	-4.24	0.00	0.00	-911.16
1995-2000 生态价值变化/万美元	194.42	348.90	-859.58	2.54	0.00	0.00	-313.72
1987-2000 生态价值变化/万美元	576.34	208.92	-2008.45	-1.70	0.00	0.00	-1224.88

注: ①单位面积价值来自 costanza 提供的资料, 其中林地的生态服务价值采用 costanza 等人的中温带/北方林的价值。

以上分析表明, 研究区在过去 14 年当中的土地利用变化, 损害了该区域生态系统的生态服务功能, 使生态系统服务价值损失在 22.05%。这种损失可能是导致该区域水土流失、风沙危害、水资源短缺和土地退化等过程不断加剧的重要原因之一, 同时这种损

失也会对北京的生态安全构成威胁。因此，实施退耕还林、还草，遏制景观破碎化过程，合理控制城镇建设用地的扩展，是恢复和提高区域生态系统服务功能的有效途径。

6.2 对官厅水库水质的影响

通过上述分析结果表明，研究区内的洋河流域在 1987 年—2000 年间，耕地、建设用地面积大幅度增加，草地面积大幅度减少，景观破碎度增大等。这一系列的变化必然会对官厅水库水质产生影响。根据经验我们可以推出如下假设性结论：

- (1) 建设用地的增加表明工业化水平提高，潜在的点污染源增加；
- (2) 耕地面积增加，面状污染源增加；
- (3) 城镇人口数量增加，用水量增加；
- (4) 耕地面积增加，耕地耗水量增加；
- (5) 草地、林地、水域面积的总量减少，耕地面积的增加，使在春季裸露地表面积增加，潜在的沙源地面积增加。

由此得出，来水量减少，耗水量增加，污染源增加，必然加重官厅水库的污染；对官厅水库研究的相关成果^[48-49]，证明了我们推测的合理性，说明了研究区的这种土地利用/覆被变化特征与官厅水库水质变化有着密切的相关性。

(1) 1987年，官厅水库处于“以有机污染为主体的水体再污染”阶段。由于上游工农业的迅速发展，城镇生活污水的大量排放以及来水量的剧减，1986以来，库区水表出现大量微囊藻形成的水华，覆盖面积达到全库区的70%。

(2) 1995年，官厅水库处于“增加了大肠杆菌污染的水体有机复合污染”阶段。1992年到1994年对官厅水库的细菌监测数据上看，水库已遭受不同程度的细菌污染，大肠杆菌和细菌总数都明显超出饮用水标准。究其来源主要是来自流域上游的沙城、宣化等城镇的生活污水和工业有机废水的大量排放（梁涛等，2003）。

(3) 2000年，官厅水库处于“以氮磷污染为明显特征的水体有机复合污染”阶段。从2000年10月和2001年4月的实地监测结果上看，整个库区氮、磷污染非常严重，库区水体已处于严重的富营养化状态。总氮含量的最高值出现在8号桥，该点的总磷含量也很高，由于洋河和桑干河在此点汇入水库，这正反映了来自洋河的污染。氮污染主要是氨氮污染，尤其是8号桥的氨氮含量远高于地表水环境质量V类标准。其原因可能在于每年春夏之交，农业灌溉引水致使桑干河和洋河部分河段断流，农田排水又使水流恢复，造成氨氮含量很高^[49]。

表6.2 八号桥监测站官厅水库污染主要指标^①

年份	COD _{mn} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	总磷 (mg/L)	大肠菌群(个/L) (最大值)	大肠菌群(个/L) (最小值)	细菌总数(个/ml) (最大值)	细菌总数(个/ml) (最小值)
1986-1987	16.64	5.4	2.39	0.145				
1992-1994					2.38*10 ⁸	2.3*10 ⁶	1.8*10 ⁹	1.5*10 ⁶
2000.10				9.407				

①数据来源于参考文献[48]。

6.3 对北京沙尘天气的影响

沙尘天气是在特定地理环境和大尺度环流背景下诱发的一种灾害性天气,分为沙尘暴、扬沙和浮尘三个等级^[50]。相关研究表明^[51-54]:北京地区沙尘天气以扬沙为主,浮尘次之,沙尘暴最少;沙尘发生的季节分布基本上是春多秋少,且最易发生在4月;北京地区沙尘次数总体呈逐渐减少趋势,但20世纪90年代后期,浮尘日数有所增加;影响北京沙尘的传输路径分为西路、北路和西北路3条,其中以西北路和北路为主,两条路径均经过张家口洋河河谷进入北京地区,张家口地区成为加强源地。环北京地区干土层和植被指数的分布与沙尘天气的发生有较强的相关性,春季干土层厚、植被覆盖差,夏秋植被覆盖好,这是造成春秋冷空气活动同样频繁,而沙尘暴主要发生在春季的主要原因。干土层越厚越疏松,所需要的起沙风速就越小,出现沙尘天气的次数就越多。在北京的西北部的张家口的中部西部存在着3-6厘米的多年干土层分布区,而在北京的北部及东北部多年干土层分布却很薄,因此导致环北京地区的沙尘大多来自于西北或偏西路径的强冷空气影响^[55]。

通过对1987年—2000年的土地利用/覆被变化研究我们知道,研究区在该时间段内,耕地面积增加了626.46km²,由于该地区作物为一年一熟,冬春季地表没有作物覆盖而呈裸露状态,在强风作用下,扬沙起尘,所以大面积增加的耕地,在一定程度上变成了产生沙尘的重要场所。同时,草地减少了865.71 km²,林地只增加了69.18 km²,导致该地区植被覆盖度明显降低,这也会增加发生沙尘天气的可能性。

2000年春我国北方地区发生大范围沙尘天气之后,国务院决定规划并启动京津风沙源治理工程。2001年,三北防护林四期工程也正式启动。张家口是防沙治沙的重点区域,通过对沙化草原区的围栏封育(轮牧),农牧交错区的退耕还林,流动沙地的造林种草以及低山丘陵区的小流域治理工程等措施,逐步恢复沙化土地的植被覆盖,降低地表裸露,减少这些地区的扬沙起尘,从而起到削弱沙尘天气强度、规模及危害的作用。

第七章 结论与讨论

7.1 结论

土地利用/覆盖变化的研究已成为全球变化研究的重要部分和核心内容。本次研究在借鉴、分析前人研究成果的基础上,总结和发展了LUCC研究方法,以洋河流域为例进行了详细的分析研究,取得了一定的研究成果。

本文主要利用陆地卫星TM影像对洋河流域LUCC进行了分析,主要结论如下:

(1) 1987年研究区土地利用类型主要以草地、耕地、林地为主;1995年研究区土地利用类型主要以耕地、草地、林地为主;2000年土地利用类型以耕地、林地、草地和建设用地为主。通过相互对比可以看出,耕地面积和建设用地面积在不断增长,草地面积在大幅度减少,林地、水域和未利用土地,在不同时段呈现不同的变化。林地和水域呈现先减少后增加的特点,而未利用土地呈现先增加后减少的特点。

(2) 基于单一土地利用类型动态模型的分析结果,从土地利用的年变化率可以看出:1987年—1995年期间,年变化率最大的为建设用地;1995年—2000年期间,年变化率最大的为草地。而在1987年—2000年整个时间段内,年变化率前三位的分别为建设用地、草地和耕地。

(3) 通过土地利用转移矩阵分析可知,在1987年—1995年期间,草地大面积减少,成为最主要的转移源。在1995年,耕地中有29.79%来自于1987年的草地;林地中有29.08%来自草地;建设用地的11.27%来自于草地。而在1995年—2000年期间,耕地和草地成为主要的转移源。在2000年,耕地中有20.9%来自于草地,林地中有20.98%来自于耕地,草地有21.28%来自于耕地,建设用地中有38.31%来自于耕地。

(4) 通过土地利用程度综合指数模型、综合土地利用程度变化量模型,对土地利用程度变化进行了分析,结果表明研究区内土地利用程度不断提高,人类活动对该区域的土地利用影响越来越大。洋河流域的土地利用呈现良好的发展势头,土地利用结构逐步趋向合理化。

(5) 通过景观格局分析的结果表明,研究区无论是1987年到1995年,还是从1995年到2000年,斑块的数量是不断增加的,斑块的平均面积相对应的持续较小,说明土地利用受人类活动的影响破碎化程度在不断增加。就单个土地利用类型而言,建设用地斑块平均面积持续增大,林地、草地的斑块平均面积持续缩小。从1987年—2000年,多样性指数和均匀度都处在较高的水平,说明各土地利用类型分布较均匀。而破碎度指数从1987年—2000年,呈现持续增大的趋势,表明人类活动强度的加大,导致景观破碎程度也不断增大。

(6) 引起研究区土地利用/土地覆被变化的驱动力因素主要包括:自然因素、人口

因素、经济因素和政策因素。其中,耕地面积和建设面积的扩大主要受人口增长和经济发展的驱动;林地、草地的分布受制于研究区的自然条件,不同时期政策的变化和经济发展的需求对其面积的变化影响强烈,其中耕地需求的加大直接导致了草地面积的减少;研究区不同时期降水量的多少对水域面积的变化有直接的影响,而人类生产生活中需水量的增大加速了水域的减少。

(7) 洋河流域处在北京的上风上水方向,对首都的环境影响主要是水环境和大气环境影响。研究区生态系统服务价值呈下降趋势;耕地、建筑用地的增加与官厅水库水质污染状况成正相关;耕地面积的增加、草地面积的减少增大了扬沙起尘的可能性。

7.2 讨论

(1) 土地利用/覆被变化的结果与实际相符的程度,很大程度上取决于适合的遥感影像数据的支持。本文使用的三期遥感影像数据的时间分别为:1987年9月、1995年7月和2000年5月,数据获取的月份对解译土地利用/土地覆被变化基本上是满足要求的。但由于研究区处于典型的大陆性干旱气候区,在5月份,各种植被正处于破土或抽芽阶段,在一定程度上会影响到对2000年5月TM影像解译的精度。

(2) 就研究区而言,本文选取的是以洋河为中心的海拔800米以下的洋河流域区域。一方面,该区域是人口聚集和经济发展的核心带,人类活动对土地利用/土地覆被影响最活跃,具有典型性;另一方面,800米以下的洋河流域区域与整个洋河流域相比,地理环境要相对简单,就个人力量而言,更有利用保证解译的准确性和科学性。当然,如何在保证自然流域完整性的同时,又能与行政单元相吻合,使统计数据与空间位置相对应,是需要进一步思考的问题。

(3) 本文对引起研究区土地利用/覆被变化的驱动力分析和环境效应分析主要是解释性的,由于社会经济等统计数据的不完整,限制了相关分析、回归分析等模型的使用,同时在驱动机制方面的分析也是今后要努力的方向。

参考文献

- [1] 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. 北京: 科学出版社, 2005.
- [2] 彭玉艳. 基于RS和GIS的昕水河流域土地利用/土地覆被变化分析[D]. 山西大学硕士学位论文, 2006.
- [3] Turner B. L. II, D. Skole, G. Fisher, L. Freso and R. Leemans, ed. Land use and land cover change: science / research plan. IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7. Stockholm and Geneva. 1995.
- [4] Emilio F. Moran. News on the land project. Global Change News Letter. Jun. 2003(54): 19-21.
- [5] 陈佑启, 杨鹏. 国际上土地利用/土地覆被变化研究的新进展[J]. 经济地理, 2001, 21(1): 96-100.
- [6] 后立胜, 蔡云龙. 土地利用/覆被变化研究的实质分析与进展评述[J]. 地理科学进展, 2004, 23(6): 96-103.
- [7] Walker, R. T. Land use transition and deforestation in developing countries. Geographical Analysis, 1997, 19: 18-30.
- [8] Turner B L, Meyer W B. Land use and land covering global environmental change: considerations for study. Int Soc Sci J. 1991. 130. 669-680.
- [9] Meyer W B, Turner B L. Change in land use and land cover: A Global Perspective. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- [10] Regional conference of the international geographical union (IGU). Abstract of geographical renaissance at the dawn of the Millennium. International convention centre (ICC). Durban, South Africa. 2002.
- [11] Skole D. Land Use and Land Cover Change: an Analysis, Global Change Newsletter, 1996 (25): 4-7.
- [12] Leemans R. Land-use Change and the terrestrial carbon cycle, Global Change Newsletter, 1999 (37): 24-26.
- [13] 何英彬, 陈佑启. 土地利用/覆被变化研究综述[J]. 中国农业资源与区划, 2004, 25(2): 58-62.
- [14] 李志祥. 坝上地区土地利用/土地覆被变化研究——以沽源县为例[D]. 中国地质大学博士学位论文, 2005.
- [15] 赵小敏, 陈文波, 等. 土地利用变化及其生态环境效应研究. 北京: 地质出版社, 2006: 9-10, 15-17.
- [16] 李秀彬. 土地利用变化的解释[J]. 地理科学进展, 2002, 21(3): 196-203.
- [17] 顾朝林. 北京市土地利用 / 覆被变化机制研究. 自然资源学报, 1999, 14(4): 307-312.
- [18] 于兴修, 杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题[J]. 地理科学进展, 2002, 2(1): 51-57.
- [19] 梅安新, 彭望录, 秦其明, 等. 遥感导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 1-6.
- [20] 沈琪. 小流域土地利用变化模拟研究——以天水市罗峪沟流域为例. 兰州大学硕士学位论文, 2006.
- [21] 章亦兵, 高月霞, 范晓秋. 官厅水库上游水资源保护问题的思考[J]. 东北水利电, 2005, 23(4): 24-26.

- [22]王志刚,王静.官厅水库的遥感动态变化探测[J].北京水利, 2003(2):21-23.
- [23]郝芳华,孙峰,张建业.官厅水库流域非点源污染研究进展[J].地学前缘,2002,9(2):385-386.
- [24]张良,原彪.洋河水资源特征分析[J].河北水利水电技术, 2004,(4):6-8.
- [25]王登月.张家口洋河流域水资源持续利用分析[J].河北水利,1997(2):35-36.
- [26]毕君,王超.张家口湿地资源现状、问题与保护对策[J].湿地科学与管理,2006,2(2):29-33.
- [27]中国统计数据库.河北经济年鉴2001,统计项目:河北省历年各市国内生产总值统计(1995--2000).
- [28]中国统计数据库.中国城市发展报告2001,统计项目:中国2000年综合经济统计.
- [29]John R.Jensen著,陈晓玲、龚威,等译.遥感数字影像处理导论.北京:机械工业出版社, 2007:216-223, 325-375.
- [30]党安荣,王晓栋,陈晓峰,等.ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法[M].北京:清华大学出版社, 2002: 69-81.
- [31]郑荣宝.RS/GIS技术支持下泉州与高雄地区LUCC对比分析.福建师范大学硕士学位论文, 2005.
- [32]马振刚,李黎黎.基于GIS和DEM的洋河流域水文特征提取方法研究[J].河北北方学院学报(自然科学版),2008,24(1):69-72.
- [33]周成虎,骆剑承,杨晓梅,等.遥感影像地学理解与分析[M].北京:科学出版社, 1999: 50-230.
- [34]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(1):81-87.
- [35]傅伯杰,陈利顶,马克明.景观生态学原理及应用[M],北京:科学出版社,2002,43-61.
- [36]于兴修,杨桂山,李亨鹏.典型流域土地利用/覆被变化及其景观生态效应——以浙江省西菩溪流域为例[J].自然资源学报, 2003,18(1):14-15.
- [37]陈国慧.基于GIS的土地利用/土地覆被变化研究——以彭州市为例.四川大学硕士学位论文,2006.
- [38]王仰麟,赵一斌,韩荡.景观生态系统得空间结构:概念、指标与案例[J].地球科学进展, 1999, 14(3):235-241.
- [39]摆万奇,赵士洞.土地利用变化驱动力系统分析[J].资源科学, 2001, 23(3):39-41.
- [40] 张家口气温与降水的变化见证着气候变暖[EB/OL]. <http://www.eco21cn.com> 2007.4.26.
- [41]郭旭东,陈利顶,傅伯杰.土地利用/土地覆被变化对区域生态环境的影响[J].环境科学展,1999,7(6):66-72.
- [42]王宝钧.基于生态联系的京张区域整合研究[D].首都师范大学硕士学位论文, 2006.
- [43]北京市统计局.北京统计年鉴 2000—2005(Z)北京:中国统计出版社.
- [44]北京市环境保护局.2004年北京市环境状况公报[EB/OL].<http://www.bjepb.gov.cn>.
- [45]Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature,1997,387:253-260.
- [46]Chen Zhongxin, Zhang Xinshi. Value of ecosystem services in China[J]. Chinese Science Bulletin. 2000.45(10):870-875.
- [47]高清竹,何立环,黄晓霞,等.海河上游农牧交错地区生态系统服务价值的变化.自然资源学报, 2002, 17(6): 706-712.
- [48] 梁涛,王浩,丁士明,等.官厅水库近三十年的水质演变时序特征.地球科学进展, 2003, 22(1): 38-43.

- [49] 梁涛,张秀梅,章申.官厅水库及永定河枯水期水体氮、磷和重金属含量分布规律.地理科学进展, 2001,20(4):341-345.
- [50]中央气象局.地面气象观测规范(M).北京:气象出版社,1979,21-27.
- [51] 安月改,刘学锋.京、津、冀区域沙尘天气气候变化特征分析.山东农业大学学报(自然科学版), 2004,35(1):84-88.
- [52] 张志刚,高庆先,矫梅燕等.影响北京地区沙尘天气的源地和传输路径分析.环境科学研究, 2007,20(4):21-27.
- [53]郑新江,杨义文,李云.北京地区沙尘天气的某些特征分析[J].气候与环境研究,2004,19(1):14-23.
- [54] 尹晓惠,时少英,张明英等.北京沙尘天气的变化特征及其沙尘源地分析[J].高原气象, 2007, 26(5): 1039-1044.
- [55] 张书余,姚树然,王云秀等.环北京沙尘暴沙尘源区的地表特征分析[J].干旱区资源与环境,2004,18(1)增刊: 296-299.

致 谢

转眼间，我的硕士生涯已接近尾声，在论文完成之际，我衷心地向三年来给予我无数教诲、帮助和支持的老师、同事、学友们表示我最真诚的谢意：谢谢你们！

衷心感谢张洪岩导师对我的精心指导！张老师严谨的治学态度，精益求精的工作精神使我印象深刻。在学习当中、毕业论文的选题和撰写过程中给予我悉心的指导，并为我提供完成论文的必要条件，使我能顺利完成毕业论文。

衷心感谢为我们授课的老师，他们渊博的知识、敬业精神和独特的人格魅力感动着我不懈努力、激励着我克服种种困难，认真求学和钻研！

衷心感谢张家口教育学院的领导和同事，刘新华院长、王宝钧副院长、宋翠娥主任、赵惠莲处长、王建国处长、赵淑娜老师等，他们或为我能脱产学习提供了政策支持，或为我分担了很多教务教学工作上的负担，为我安心学习和顺利撰写论文提供了保障，在此一并表示诚挚的谢意。

衷心感谢米晓媛、王月香、刘彦彤、张颜军、于忠诚、翟伟峰等学友在学习或生活上的帮助，并为我解决学习和论文创作过程中的诸多困难！你们的友谊我将永远珍藏。

最后我由衷地感谢我的妻子李黎黎给予我的关心与鼓励，为我在职求学注入了莫大的支持和动力！

马振刚

2008年4月