

胡宁科,李新. 历史时期土地利用变化研究方法综述[J]. 地球科学进展 2012, 27(7): 758-768. [Hu Ningke, Li Xin. A review of research methods of historical land use change[J]. Advances in Earth Science 2012, 27(7): 758-768.]

# 历史时期土地利用变化研究方法综述\*

胡宁科<sup>1,2</sup> 李 新<sup>1</sup>

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,甘肃 兰州 730000;

2. 兰州大学资源环境学院,甘肃 兰州 730000)

**摘 要:** 历史时期土地利用/覆盖变化一直是国际关注的热点问题之一。研究历史时期土地利用/覆盖变化,不但可以认识和理解陆地表层景观环境在过去的变化过程,而且对当前的土地利用方式或预测未来土地利用/覆盖变化和发展都有重要的指导意义。依据使用的主要数据源、处理方法和研究思路,从历史文档资料、古地图、考察/调查报告、模型模拟与综合多源信息和多学科知识的方法等 5 个方面综述国内外历史时期土地利用变化研究方法的现状。根据不同数据源的特性,探讨分析利用不同方法开展历史时期土地利用变化研究的优缺点及其不确定性:①历史文档资料种类繁多,包含的信息量巨大,但存在很多噪音和遗漏,且缺乏直观的空间信息;②古地图可以提供比较直观的空间位置信息,但是历史时期的绘图技术落后,且土地利用类别划分较粗;③过去的野外考察/调查资料记录比较规范,但时空尺度较小,难以满足较早时期的研究需要;④利用模型进行模拟研究可选择的时空尺度范围较大,但模型的选择和建立比较复杂,对驱动数据和初始值要求较高。最后,提出只有综合多源信息和多学科的知识才能比较完整地理解历史时期土地利用变化过程,融合多源信息和多学科知识的方法将是今后进行历史时期土地利用变化研究的主要思路。

**关 键 词:** 土地利用变化; 遥感; 历史时期; 时空尺度; 不确定性

中图分类号: F301.24

文献标志码: A

文章编号: 1001-8166(2012)07-0758-11

## 1 引 言

人类为了自身的生存和发展,从诞生以来就不断通过改变周围的环境来获取有价值的自然资源,土地利用变化是人类改变陆地表层环境的一种重要方式<sup>[1-4]</sup>。作为人类有目的、有意识的社会活动,土地利用变化贯穿在人类社会不断发展的整个历史进程当中<sup>[4,5]</sup>。当前陆地表层的景观状况是由过去的陆地表层在一定的自然因素和人文因素共同作用下演化而来的,二者有一定的关联性<sup>[6,7]</sup>,如果要解释和理解当前的土地利用/覆盖状况或预测未来将如何变化,就必须进行历史时期的土地利用/覆盖变化

(Land Use and Cover Change, LUCC) 研究。历史时期的土地利用变化是现代土地利用/覆盖的先导和基础,现代土地利用/覆盖是历史时期土地利用变化的延续和发展<sup>[7]</sup>,进行历史时期的 LUCC 研究有助于正确认识历史进程中人地关系的实质和人与环境和谐发展的机理<sup>[8]</sup>,对于人类当前和未来的生产活动与合理的土地利用方式有着重要的借鉴意义<sup>[9]</sup>。历史时期土地利用变化数据的重建研究不但可以为理解和解释当前的土地利用状况与预测未来土地利用变化提供重要参考<sup>[10-13]</sup>,而且对研究长时间序列区域环境变化(如水循环、碳循环、气候变化等)有着重要的指示意义<sup>[14-17]</sup>。由于气候系统变化的滞

\* 收稿日期: 2012-01-04; 修回日期: 2012-05-25。

\* 基金项目: 国家杰出青年科学基金项目“流域尺度陆面数据同化系统研究”(编号: 40925004) 资助。

作者简介: 胡宁科(1983-) 男, 陕西彬县人, 博士研究生, 主要从事干旱区绿洲演变、环境遥感定量研究。

E-mail: changsheng0909@163.com

后效应,理解和预测地表过程对气候的影响需要重建长时间序列的历史时期 LUCC 数据<sup>[2,3]</sup>,从而加强区域的综合环境评估和预测。历史时期土地利用变化及其与生态环境效应研究的关键是历史时期土地利用变化数据的准确性和完备性<sup>[18]</sup>,因此,比较完整地进行历史时期 LUCC 的探讨研究就显得极为重要。

自 20 世纪 90 年代国际上两大组织国际地圈生物圈计划 (International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP) 和全球环境变化的人文因素计划 (International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, IHDP) 将认识过去 (尤其是过去 300 年来) LUCC 作为其核心计划——LUCC 研究的要点之一以来<sup>[19]</sup>,历史时期 LUCC 研究就成为学术界关注的热点问题之一。本文查阅国内外的相关文献,按照所使用的主要数据源、处理方法和研究思路,依次从历史文档资料、古地图、考察/调查报告、模型模拟和综合多学科知识等 5 个方面介绍了国内外历史时期 LUCC 研究的现状,并根据不同数据源的特性探讨分析了不同研究方法的优缺点及其不确定性,提出综合多源信息和多学科知识的方法将是今后进行历史时期 LUCC 研究的发展方向。

## 2 历史时期 LUCC 研究方法

根据历史时期 LUCC 研究所使用的主要数据源、处理方法和研究思路,本文将历史时期 LUCC 的研究方法概括为以下几个方面,包括:

### 2.1 以历史文档资料为主要数据源

历史文档资料是研究过去环境演变的重要基础资料<sup>[20]</sup>,是进行历史时期 LUCC 研究最直接的历史依据。人类文明历史演进的过程中,随着时间不断地推移,人类活动对赖以生存的陆地表层进行着无休止的改造,其最终的效果经过不同的时期通过各种介质记录并流传下来,主要包括契约、税费簿、销售记录、货物存档、回忆录、土地登记簿、包租许可证、木材输出量、作物产量、土地买卖量、土地描述、传记和历史社会信息记录簿等各种类型的历史文档<sup>[6-8,10,21-23]</sup>,以及后人不断研究总结留下的各种文献和古书籍资料(方志、史志、地名志等)。根据研究思路又可以分为 2 种:一种是对收集的古书籍、文献、文档等文字记录资料进行整理后,直接从这些记录资料中提取有用信息进行历史时期 LUCC 研究<sup>[4,11,13,21-36]</sup>,即对收集的不同时期、不同类型的文档资料进行信息挖掘、提取、校准、标准化、统计等处

理,一般形成统一的表格数据,更多用于进行定性或半定量的分析研究,如 David<sup>[22]</sup>通过总结整理早期的契约、税费单、税费记录、销售记录等与土地所有权有关的历史文档资料,对比研究了美国中部地区 1730—1990 年间的土地利用历史与植被动态变化;国内葛全胜等<sup>[28-30]</sup>、何凡能等<sup>[31-33]</sup>、叶瑜等<sup>[34-36]</sup>分别采用多种不同的数据处理方法(如类比法、断面定量比较法、订正法等)对多种历史时期的文档资料进行整理和信息挖掘,先后重建了过去 300 年来中国 LUCC 数据,东北地区过去 300 年耕地、森林、草地变化数据等;吕妍等<sup>[37]</sup>、张洁等<sup>[38]</sup>从历史文献、史志、方志、地名志等历史资料中挖掘信息,分别探讨了吉林省镇赉县清代的土地开发和利用特征,以及重建得到了中国东部近 300 年来的土地利用和植被覆盖变化分布;张学珍等<sup>[39]</sup>结合地方志、古代私人笔记和游记等历史资料,通过整理和分析历史文献中的自然植被记录,复原了中国东北地区 17 世纪后期的自然植被格局。另一种方法是代理指标法(代用资料法<sup>[31]</sup>),即在一些相对比较合理的假设前提下(如假设同时期城市用地面积的扩张速率与人口变化速率相一致、同时期的耕地面积变化速率与人口变化速率相同等),利用一些算法或推导方法,依据量与量之间的相关性,由文字记录资料中可以获取的变量推导出所需要的变量,如 Goldewijk<sup>[40]</sup>、Pongratz 等<sup>[41]</sup>在估算全球过去的土地利用数据时,就分别根据历史资料中所记录的人口数据推算出了同时期的耕地面积和牧地面积。此外,根据历史时期的人口资料也可以推算出同时期的城市用地面积<sup>[18]</sup>,根据历史资料中所记录的牲畜数量可以推算出同时期的牧草地面积<sup>[42]</sup>,根据历史资料中的牲畜税费登记表可以推算出同时期的牲畜数量<sup>[43]</sup>,根据历史资料中的纳税单位可以推算出同时期的耕地面积<sup>[44]</sup>。

总的来说,以历史文档资料为主要数据源进行历史时期 LUCC 研究的方法,更多是具有历史地理学、人文学等学科背景的学者在甄别、考证不同种类和不同来源的历史文献基础上,挖掘和提取有用的信息,利用不同的数据处理方法(如类比法、断面定量比较法、订正法、插补法、森林恒等式和薄记模型等)整理和标准化不同时期、不同来源和不同格式的资料,采用图、表等方式记录整理好的数据,最后对结果数据进行对比分析,早期主要以文字描述的方式定性或半定量研究历史时期 LUCC 所采用的一般方法。

## 2.2 以古地图为主要数据源

古地图有着悠久的历史。研究表明,中国最早的实物地图可以追溯到 1986 年 9 月在甘肃天水放马滩五号西汉墓中出土的纸质地图与 1973 年 12 月在湖南长沙马王堆汉墓出土的地形图、驻军图和城邑图<sup>[45]</sup>。除了以文字记录为主的历史文档资料外,过去的各种古地图也保留了历史时期的很多自然景观和人文景观,给我们提供了研究历史时期 LUCC 最直接的视觉图谱资料<sup>[6,9]</sup>。古地籍图、古地形图和古景观图一般可以为我们的研究过去景观变化提供比较充实和直观的历史时期信息,是学者们进行历史时期 LUCC 研究的首选古地图<sup>[12,13,43,46~56]</sup>,如 Cousins<sup>[48]</sup>、Bender 等<sup>[50]</sup>利用 17~19 世纪的多幅历史时期古地籍图,分别研究了瑞士东南部和德国南部过去的土地覆盖和景观变化;曾新<sup>[51]</sup>探讨分析了旧志中的古地图对于复原古代城市历史面貌和环境的重要性。对于某些研究区,如果没有收集到地籍图、地形图和景观图等主要记录地表景观、地貌的古地图时,那么一些研究人员就选择用其他种类的古地图来替代,古军事图就是常常被用于进行历史时期 LUCC 研究的另一类古地图资料<sup>[57~62]</sup>,由于其特殊的军事用途,尽管对过去的土地利用/覆盖等感兴趣的地表景观描述相对较少,但其制图的整体精度和时效性要比同时期其他种类的古地图好<sup>[7,58,63]</sup>,成为学者们研究历史时期 LUCC 的另一个重要数据源,如 Skalos 等<sup>[57]</sup>借助 18~19 世纪的多幅古军事调查图开展了捷克历史时期长时间序列的土地覆盖变化研究;张修桂<sup>[62]</sup>依据 20 世纪 70 年代在中国湖南长沙马王堆汉墓出土的多种古地图资料,探讨了西汉时期的景观和军事情况。

总之,以历史时期的各种古地图为主要数据源的方法是进行历史时期 LUCC 研究的另一种重要途径,主要思路是将收集的各种纸质古地图扫描为电子地图后,利用多种方法进行校准(如控制点、多项式法、校正模型和遥感影像配准等),选取研究区进行裁剪,采用多种融合方法(色彩增强、对比度拉伸和假彩色合成等)进行增强处理,对感兴趣的地表景观进行人工目视解译分类,最后利用地理信息系统等空间分析软件对多期的资料进行叠加分析,或者与现在的航空相片或卫星影像相匹配,进行历史时期 LUCC 的时空动态变化研究。

## 2.3 以过去的野外调查/考察资料为主要数据源

过去的野外实地调查或考察资料能够提供历史时期(特别是过去 300 年左右)地表景观环境的详

细信息,是学者们进行历史时期 LUCC 定性或定量研究的另一种重要数据源<sup>[64~68]</sup>。比如,由美国政府于 1812 年成立的专门负责全国公共用地调查、测绘和制图的独立机构——GLO (General Land Office),该机构自成立起已经开展过多次野外调查,获得了美国过去近 200 年来地表景观的多方面资料,现在已经被很多学者用于开展美国州尺度、流域尺度、郡县尺度等不同尺度上的区域历史时期 LUCC 研究<sup>[10,64~67,69]</sup>,如 Galatowitsch 等<sup>[65]</sup>利用美国西部的 GLO 调查资料探讨了如何将野外实地调查资料用于历史时期景观变化研究中。最初发起于 1785 年的 PLS (Public Land Survey) 将美国土地划分为调查小块,块与块之间记录了多种信息(如种类、直径和距离等),现在也是很多学者进行过去地表景观变化研究的调查数据之一<sup>[68,70,71]</sup>,如 Rhemtulla 等<sup>[70]</sup>借助 PLS 不同时期的野外调查资料,研究了美国威斯康辛州 1850—2000 年间的土地利用变化和森林变化。

总之,过去的野外实地调查/考察资料可以作为历史时期野外地表景观环境实地观测的第一手数据,对于我们了解和研究历史时期 LUCC 有着极为重要的作用,其主要思路可以概括为:对于收集到的不同时期、不同尺度和不同来源的过去野外实地调查/考察资料,进行相关信息的挖掘与整理,并对多期的资料进行标准化处理(裁剪、类别的合并与分割、类别的统一等),形成易于进行对比分析的统一数据,然后进行相关的研究对比工作。

## 2.4 模型模拟

模型是理论的数学表达,是在考虑了可操作性的基础上,对现实环境复杂关系的简化,综合研究模型是深入理解土地利用变化过程、机理和环境效应的重要手段<sup>[72,73]</sup>。LUCC 模型的研究能增进对土地利用变化深层机制和原因的理解,可以预测未来土地利用变化的情景和速率,从而为合理的土地利用与政策的制定提供有效的依据<sup>[74]</sup>。近年来,国内外已经有部分学者开展了利用模型研究历史时期的 LUCC 工作,根据不同的模拟思路,大致可以分为 2 类:一类是在对研究区历史时期土地利用变化充分调研的基础上,选择或建立合适的模型,根据模型的需要制作质量较高的驱动数据(如不同时期耕地面积、森林面积、人口数据、牲畜数据等)和初始值(如潜在自然植被分布、分级耕地面积等),最后通过运行模型模拟得到历史时期的 LUCC 信息<sup>[2,40,75~80]</sup>,如 Benitez 等<sup>[76]</sup>在对历史时期农业发展阶段实施充

分调研分析的基础上,运用作物轮作模型分阶段估算得到了美国西部 Choptank 河流域 1665—1820 年间的土地利用变化数据;白淑英等<sup>[78,79]</sup>依据土地自身的自然条件、社会经济条件和政策体制等条件,研究设计了一种耕地分布诊断模型,用以判断没有卫星遥感信息源时历史时期耕地的空间分布状况。另一类思路则是依据不同的应用目的,对已有的 LUCC 数据集运用不同的模型进行二次加工得到所需要的土地利用信息<sup>[81~83]</sup>,如 Hurtt 等<sup>[83]</sup>通过运用提出的会计模型追踪地表不同时期的土地利用状态,对已有的历史时期全球环境变化数据库 HYDE (History Database of the Global Environment) 和 SAGE (Sustainability and the Global Environment) 进行二次加工,得到了过去 3 个世纪以来全球网格土地利用转换数据和森林砍伐数据。在利用模型进行历史时期土地利用变化模拟研究时,由于不同的数据源、不同的模拟思路和不同的研究目的,使得不同模型建模的机理和结构可能不一样,有的以遥感数据作为当前土地利用状态的基础,通过模型的后向运行将过去不同时段人类活动和环境变迁的记录资料插值到不同时期,从而得到历史时期不同时空尺度上的土地利用数据集<sup>[2,41]</sup>;有的从气候、土壤等因素考虑了土地种植适宜性,结合过去的人口记录资料,通过建立人口密度与森林之间的关系,研究了历史时期森林的覆盖情况<sup>[80]</sup>;有的根据已有不同时期各土地利用类型之间的关联性,运用不同的插值方法进行历史时期土地利用研究<sup>[82,83]</sup>;有的则依据作物本身的生理生态或生长阶段的主要类型而建立的生物—生理模型或作物轮转模型<sup>[76,81]</sup>;还有的综合考虑众多地形因子(高程、坡度、土壤等)和民族等因素的影响,利用过去的记录资料建立统计模型或经验模型进行历史时期土地利用变化研究<sup>[75,77]</sup>。总的来说,模型的机理和结构随着不同的研究目的、不同的数据源和不同的研究思路可能都是不一样的。

以模型为手段模拟历史时期 LUCC 的研究工作主要是根据不同的研究区所处自然环境、人类文明演化的历史过程和地表景观演变的主要驱动力因素,选择或建立适合研究区历史时期土地利用变化特点的模型,然后根据模型的模拟原理选择模型运行的起点,并根据模型模拟时所需要的输入准备模型的驱动数据和初始值,最后结合模型与准备好的输入数据,进行前向或后向模拟,得到研究区历史时期的 LUCC 信息,并对模拟的运行结果进行定性和定量的研究分析。

## 2.5 综合多源信息和多学科知识的方法

历史时期土地利用/覆盖随着时间的推移和周围环境的不断变化,它原有的面貌可能已经发生了巨大变化,通过单一的研究方法可能难以从时空角度上进行复原重建研究,那么就需要综合多源信息和多学科的交叉知识来比较准确地重建历史时期 LUCC 的时空演变过程。近些年来,随着众多学科知识的相互交叉发展,国内外一些学者通过运用多源资料 and 不同学科的综合知识研究了不同区域、不同尺度、不同分辨率的历史时期 LUCC 数据。遥感技术出现之前,早期有关历史时期 LUCC 的研究工作着重于将历史时期的各种历史文档资料、古地图和过去的各种野外调查/考察资料结合起来,进行过去的土地利用变化研究<sup>[46,58,69,84~86]</sup>,如 McAllister<sup>[69]</sup>综合运用 GLO 调查资料、历史照片和历史文档资料研究了美国俄勒冈州东部 2 个流域过去 100 多年里河边地土地利用类型的变化;Bender 等<sup>[84]</sup>综合过去的土地登记簿、古地籍图、存档数据等资料研究了德国和巴伐利亚 Franconia 河上游自 1850 年以来的土地利用变化;Dahlstrom 等<sup>[86]</sup>综合过去的文档资料、古地籍图、统计数据等多种历史资料,研究分析了瑞士某区域过去 350 余年的土地利用、人口和牲畜变化。随着遥感技术的出现与发展,利用自身的特点与优势:一方面,可以用作古地图校正的标准参考对象;还可以作为基础数据产生模型模拟时所需要的输入数据和初始值;通过实施波段组合和变换增强处理,仔细对比遥感影像的纹理和光谱差异等特性,以及微波遥感可以穿透地表一定深度的特性,可以识别和再现某些区域特定历史时期的人类活动古遗迹和地理环境状况。因此对于对比分析古今地表景观的时空动态变化研究,遥感数据有着不可替代的作用,被越来越多地用于历史时期 LUCC 研究当中<sup>[2,48,23,48,87]</sup>。如 Ramankutty 等<sup>[2]</sup>以遥感数据(MODIS 获取的土地利用覆盖图)和历史文档资料作为输入数据,通过提出的一个简单土地覆盖模型模拟得到了全球 1700—1992 年间的耕地变化数据;Hamandawana 等<sup>[23]</sup>综合历史存档记录、旅行日记、古地图、航空相片等多种资料,探讨研究了非洲南部 Okavango 河流域土地利用/覆盖的变化。

另外,古生态学方面的孢粉资料、湖泊沉积物、地质学方面的地层信息、碳追踪手段和考古学方面的研究方法,也逐渐被广泛地融进历史时期的 LUCC 研究工作中<sup>[88~92]</sup>,如 Cousins 等<sup>[88]</sup>综合古地图、古地理资料、考古资料和孢粉地层资料,结合岸

边替代模型模拟研究了瑞典东南部 17 世纪至今的土地利用变化和植被类型变化信息; Veski 等<sup>[90]</sup> 通过综合古生态学上的孢粉资料、湖泊沉积物分析资料、历史文献资料和古地图, 综合研究了爱沙尼亚南部过去 1 000 年的历史景观变化; Schuppert 等<sup>[91]</sup> 以德国南部一小区域为研究区, 探讨了如何将历史文档资料、古地图、考古资料和地质资料与现代空间数据相连接用于研究历史时期的景观变化; 颜耀文等<sup>[92]</sup> 综合历史文献、地形图、考古资料、地质测年数据和遥感影像等多种资料, 研究恢复了中国甘肃石羊河流域下游民勤绿洲近 2 000 年来的绿洲演变过程。

### 3 不同数据源和方法的优缺点

目前, 已有的历史时期 LUCC 研究工作, 使用的数据源逐渐多源化, 采用的研究方法也逐渐多样化, 但由于不同学者学识背景的差异, 已有的一些研究工作所使用的数据源和研究方法都比较单一, 很难从不同时空尺度上更加完整地理解过去的土地利用变化过程, 综合集成多源数据和多种方法开展历史时期 LUCC 的研究工作相对较少。对于不同的学科背景、不同的研究区域、不同的研究尺度(时间尺度和空间尺度), 采用不同的数据源和不同的研究方法, 各自都有其优点与不足的地方:

(1) 历史文档资料既包括历史时期不同时段遗留下的人类活动和环境变迁的各种原始记录资料, 还有不同背景的学者依据这些原始记录资料整理而成的各种有关历史地理方面的古书籍(史志、方志、地名志、史略、史探等), 以及后人陆续通过各种手段从这些资料中不断挖掘提取出的新信息。这些从古到今的历史资料可谓是有过去不同时期人类活动和环境演变的第一手原始资料, 是未经更改和夸大的客观资料<sup>[6]</sup>, 是历史时期地表景观变化的真实反映, 且种类繁多(既包括历史时期遗留下来的各种原始文档资料, 也包括后面陆续修整而成的各种古书籍), 包含的信息量巨大, 记录了历史时期不同角度的地表景观信息, 是进行历史时期 LUCC 研究的首选数据源。但其记录方式不同于现代规范的器测记录, 其中存在许多噪音并有许多遗漏, 利用这些历史记录资料重建过去的环境演变存在着诸多的不确定性<sup>[20]</sup>; 而且不同时期的文档资料, 其记录的内容、方法、尺度、标准等都是不同的, 如何将获得的不同时期记录资料等价地转换为同一个标准也是一个很棘手的问题; 并且历史时期绝大部分的记录资料都是文字定性的描述和数字统计信息, 反映空间信

息的资料很少, 不利于研究历史时期土地利用空间位置的变化。虽然可以通过代理指标法间接地获取一些需要的变量, 但其前提往往有一些假设存在, 这样或多或少会过滤掉一些真实信息<sup>[11]</sup>, 从而所推导出的变量也存在着不同程度的误差。

(2) 古地图不仅包括早期更多为示意性的地图, 还包括后来发展的地理位置愈加精确的古地图(如大明混一图、皇舆全览图等), 以及注重地理位置准确性的古军事用图(特别是国外)。这些不同种类的古地图可以提供历史时期地表景观比较直观的图谱信息, 包括地表景观变化的时间信息, 可以直观地显示出每种土地利用类型变化的空间位置信息及其变化程度, 可以用于追溯分析历史时期地表景观随时间的序列变化, 还可用于分析历史时期不同阶段土地利用的变化量, 弥补了历史文档资料不能反映空间信息的不足。但相对于现代地图, 过去的古地图在绘图技术上和精度上都存在较大差异, 利用这些古地图提取的历史时期土地利用变化信息在空间位置和属性信息上肯定存在着误差; 而且不同时期的古地图, 制图标准、制图目的和制图精度等方面的差异, 其完整性和准确性也有待商榷; 并且早期的古地图对于土地利用的类别划分不够细致, 所包含的土地利用/覆盖信息比较少, 不便于与现在的土地利用分类系统进行时空对比研究。

(3) 野外调查/考察报告资料由于有其既定的目的、相对详尽的野外计划、相对完整的野外工作程序, 以及相对标准的野外观察记录和最终数据的处理程序等, 使得这类资料的内容相对比较真实, 相同来源的调查/考察标准也比较统一, 获得的资料在尺度上相对也比较一致, 这对于开展历史时期土地利用变化研究的研究者来说, 具有相对比较高的可信性。但是, 这方面可用的资料一般比较少, 大都集中于过去 300 年左右的尺度, 对于进行更早时期的 LUCC 研究, 几乎无考察资料可用; 而且这种考察/调查资料在空间范围上相对都比较小(如 GLO 调查资料基本主要集中在美国本土), 只适于开展特定区域的过去土地利用变化研究; 此外, 不同来源的调查/考察资料, 其调查/考察的标准和规范相互不一致, 对于进行多期资料的对比研究有一定影响。

(4) 上述各种资料可看作是我们开展历史时期土地利用变化研究工作的基础数据源, 各种资料种类繁多, 信息量巨大, 可为我们的研究工作提供大量的可用信息, 但其共同的不足之处在于单独利用某种数据或方法进行历史时期 LUCC 研究的时空范围

相对有限,如果要开展流域尺度、国家尺度、大洲尺度、全球尺度等不同地域尺度上的过去不同时间段的土地利用变化研究,仅仅依靠前面资料或方法的单独使用可能有较大困难。由于模型易于操作的优势,可以作为深入理解长时期、大范围土地利用变化的重要手段,利用模型进行大尺度的前向或后向模拟相对比较容易,可以用于开展历史时期不同时空尺度上的LUCC研究,但其所需要的输入数据比较多,这就需要前面介绍的历史文档资料、古地图和野外调查/考察资料进行弥补,为模型的模拟提供一个较为可靠的初始值和驱动数据,便于提高模型输出结果的可信赖度。同时,近几十年来,遥感技术的出现不但可以提供模型模拟时所需要的一些基础数据集(如潜在植被分布图),而且对于古地图的准确校正提供了新的方法,对于进行古今LUCC的时空动态分析研究起到重要作用<sup>[6]</sup>。

#### 4 不同研究方法的时空尺度与不确定性初探

(1) 历史时期的土地利用变化研究,时间尺度与空间尺度是选取数据源和研究方法最为关键的两点。依据目前国内外有关历史时期土地利用变化的工作,可将不同数据源和不同研究方法的时空尺度关系用图1所示的时空标尺简单表示。历史文档资料种类繁多,可用于开展过去不同时间尺度上的土地利用研究,空间尺度上可扩展至国家范围的研究;选择地物目标空间位置较为准确的古地图(即制图有一定的标准可循)可用于开展大区域尺度和国家尺度上百年至千年的历史时期土地利用变化研究工作;调查/考察资料可用于区域至国家尺度上近300年的土地利用变化研究;在质量较好的输入数据和初始值驱动下,模型模拟方法可作为较大区域、国家或全球大尺度上,百年至千年间历史时期土地利用变化研究的一种重要手段;以现有数据源和研究方法为基础,综合更多的数据源和多学科的知识(孢粉资料、沉积物资料、碳追踪、考古学、历史地理学等),可以较理想地实现历史时期不同时空尺度上的土地利用变化研究。

(2) 无论是采用何种数据源,还是采用何种研究方法,目前国内外有关历史时期土地利用变化的研究工作在不同时空尺度上几乎都有开展,时间尺度上涉及到人类有能力大规模改造自然环境的近几千年来历史时期不同发展阶段<sup>[93]</sup>,空间尺度上从

全球、大洲、国家到区域范围都有相关研究的案例。但诸如前面所讨论的,历史文档资料和古地图资料本身存在数据精度上不确定性,特别是通过代理指标法推算出的相关变量,一些假设前提的存在更增大了其不确定性。模型模拟的方法需要好的初始值和可信赖的输入数据,才可能会模拟得到比较满意的输出结果,而模型的初始值和输入数据很多都是由历史时期的各种资料提供的,使得模型模拟的结果存在诸多不确定性。另外,虽然孢粉、沉积物、碳追踪和遥感等资料和方法逐渐被应用到历史时期土地利用变化研究中,但这些不同学科和类别的资料适用的时空尺度是有差别的,如何将这些资料较好地融合在一起用于历史时期土地利用变化研究工作中,也存在着很多不确定性<sup>[94]</sup>。

对于历史资料的不确定性,通过严格筛选、慎重使用、选择最佳时空尺度等方法可以减少其不确定性<sup>[20]</sup>;对于古地图来说,如何选择和发展较好的古地图校正方法可以大大减少其使用的不确定性。为了降低模型模拟结果的不确定性,一方面要重视对不同来源资料进行科学的整理、校正和重建工作,使重建后的资料与真实情况之间的误差尽可能减小,从而为模型模拟提供高质量可信赖的输入数据和初始值;另一方面由于历史时期土地利用变化的过时性,需要借助各种文档资料对不同历史时期的土地利用状况和环境演变进行充分调研,获取研究区不同历史时期主要土地利用及其环境变化的动态信息,根据不同时空尺度的研究需要发展和构建专门适用于历史时期土地利用变化研究的各种定量模型(如基于统计意义的模型、基于各种机理的模型、基于各种环境变化的模型、综合模型等)。对于不同学科和类别的资料(历史文档、古地图、孢粉、沉积物、碳追踪和遥感等),应该加强学习 and 理解不同资料的基本原理、适用尺度,及其代表的意义等相关学科知识,并进一步研究如何更好地将不同学科、不同种类、不同来源的资料融合用于历史时期不同时空尺度上的土地利用变化的集成研究中。

#### 5 结 语

基于主要数据源、处理方法和研究思路,本文对现阶段历史时期土地利用变化研究方法进行了概括综述,然后总结了不同数据源和不同研究方法的优缺点,最后初步探讨了不同数据源和研究方法适用的时空尺度及其存在的不确定性。

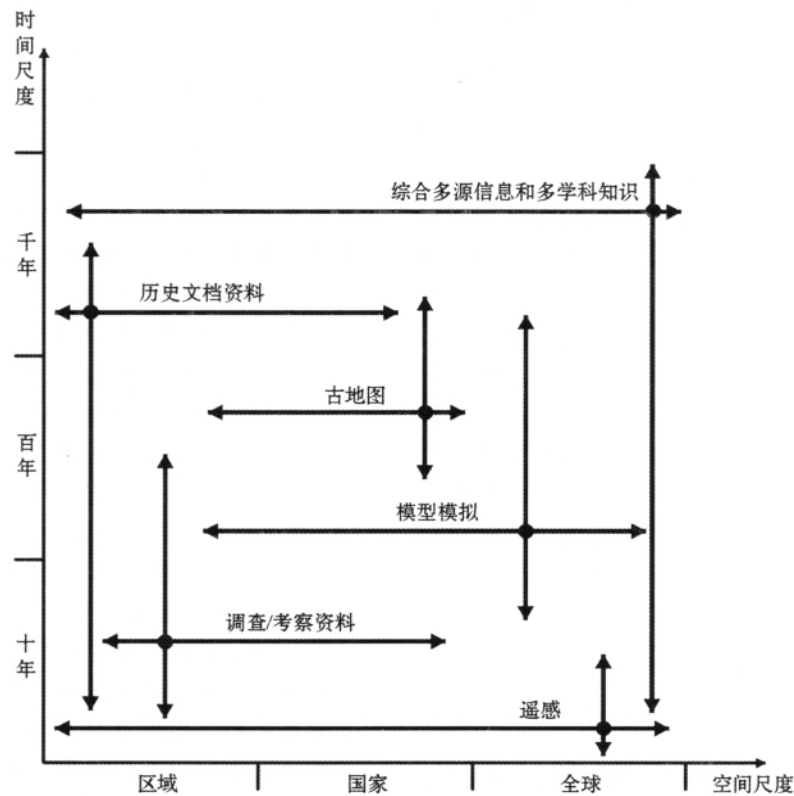


图 1 不同数据源和不同研究方法的时空标尺示意图

Fig. 1 Spatial and temporal scale sketch map of the different data sources and research methods

从总体上看,历史时期土地利用变化研究方法已经从最初仅仅依靠历史文献资料的方法逐渐发展到多种资料和研究方法的融合阶段,但目前在实际研究中还处于初级阶段,很多影响因素仍缺少考虑。不同的历史资料存在着诸多的噪音和不确定性,如何将这些不同来源、不同种类和不同规范的资料进行标准化是进行历史时期土地利用变化研究的前提和关键点。模型模拟给历史时期土地利用变化研究提供了一个重要的手段和途径,但目前的模型都较为简单,而且缺乏内在的机理,发展和构建专门适用于历史时期土地利用变化研究的模型成为今后研究的又一重要任务。在开展具体的研究工作时,影响时间尺度和空间尺度的因素较多(如可用数据源、研究目标、研究方法、学科背景等),且不同影响因素之间可能存在矛盾和交叉点,只有解决好众多因素中的时间和空间取舍问题,才能更好地综合多源信息和多学科知识用于历史时期不同时空尺度上的土地利用变化集成研究中。

致谢:感谢中国科学院寒区旱区环境与工程研

究所卢玲研究员对本文提出的宝贵意见和建议!

#### 参考文献 (References):

- [1] Thomas W L. Man's Role in Changing the Face of the Earth [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1956.
- [2] Ramankutty N, Foley J A. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992 [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 1999, 13(4): 997-1027.
- [3] Lambin E F, Geist H J, Lepers E. Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in tropical regions [J]. *Annual Review of Environment and Resources* 2003, 28: 205-241.
- [4] Goldewijk K K, Ramankutty N. Land cover change over the last three centuries due to human activities: The availability of new global data sets [J]. *GeoJournal* 2004, 61(4): 335-344.
- [5] Li Yang. Research summary of land use changes at home and abroad [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2010, 16(9): 12-16. [李扬. 国内外土地利用变化研究概述 [J]. *安徽农学通报*, 2010, 16(9): 12-16.]
- [6] Bürgi M, Hersperger A M, Hall M. Using the past to understand the present land use and land cover [M]//Kienast F, Glosch O W, eds. *Sources: A Changing World, Challenges for Landscape Research*. Springer, 2007: 133-144.
- [7] Trpakova I. The use of historical sources and their ecological inter-



- pretation in the course of almost two centuries—A literature review [J]. *Journal of Landscape Studies*, 2009, 2: 97-119.
- [8] Ramankutty N, Graumlich L, Achard F, et al. Global land cover change: Recent progress, remaining challenges [M] // Lambin E, Geist H eds. *Land Use and Land Cover Change: Local Processes, Global Impacts*. New York: Springer Verlag 2007.
- [9] Trimble S W. The use of historical data and artifacts in geomorphology [J]. *Progress in Physical Geography*, 2008, 32(1): 3-29.
- [10] Andersen O, Crow T R, Lietz S M. Transformation of a landscape in the upper mid-west, USA: The history of the lower St. Croix River valley, 1830 to present [J]. *Landscape and Urban Planning*, 1996, 35(4): 247-267.
- [11] Swetnam T W, Allen C D, Betancourt J L. Applied historical ecology: Using the past to manage for the future [J]. *Ecological Applications*, 1999, 9(4): 189-206.
- [12] Stauble S, Martin S, Reynard E. Historical mapping for landscape reconstruction [C] // 6<sup>th</sup> ICA Mountain Cartography Workshop: Mountain Mapping and Visualisation. Lenk, 2008.
- [13] Wulf M, Sommer M, Schmidt R. Forest cover changes in the Prignitz region (NE Germany) between 1790 and 1960 in relation to soils and other driving forces [J]. *Landscape Ecology*, 2010, 25(2): 299-313.
- [14] Petit C C, Lambin E F. Long-term land-cover changes in the Belgian Ardennes (1775-1929): Model-based reconstruction vs. historical maps [J]. *Global Change Biology*, 2002, 8(7): 616-630.
- [15] Louis T Steyaert, Knox R G. Reconstructed historical land cover and biophysical parameters for studies of land atmosphere interactions within the eastern United States [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2008, 113: D02101 doi: 10.1029/2006JD008277.
- [16] Lunt I D, Spooner P G. Using historical ecology to understand patterns of biodiversity in fragmented agricultural landscapes [J]. *Journal of Biogeography*, 2005, 32(11): 1859-1873.
- [17] Yin Yongfei, Chen Xing, Zhang Jie, et al. Land use change of the past 300 years in China and its climate effects [J]. *Quaternary Sciences*, 2009, 29(6): 1162-1169. [尹永飞, 陈星, 张洁, 等. 中国过去 300 年土地利用变化及其气候效应 [J]. 第四纪研究, 2009, 29(6): 1162-1169.]
- [18] Liu M, Tian H. China's land cover and land use change from 1700 to 2005: Estimations from high resolution satellite data and historical archives [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2010, 24: GB3003, doi: 10.1029/2009GB003687.
- [19] Turner B L, Skole D, Sanderson S, et al. Land-Use & Land-Cover Change [R]. Science/ Research Plan IGBP Report No. 35, HDP Report No. 7, 1995.
- [20] Fang Xiuqi. Viewpoints on the environment change research which based on Chinese historical archives [J]. *Journal of Chinese Historical Geography*, 2007, 22(2): 153-155. [方修琦. 关于利用历史文献信息进行环境演变研究的几点看法 [J]. 中国历史地理论丛, 2007, 22(2): 153-155.]
- [21] Verheyen K, Bossuyt B, Hermy M, et al. The land use history (1278-1990) of a mixed hardwood forest in western Belgium and its relationship with chemical soil characteristics [J]. *Journal of Biogeography*, 1999, 26(5): 1115-1128.
- [22] David R F. Land-use history (1730-1990) and vegetation dynamics in central New England, USA [J]. *Journal of Ecology*, 1992, 80(4): 753-772.
- [23] Hamandawana H, Eckardt F, Chanda R. Linking archival and remote sensed data for long term environmental monitoring [J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2005, 7(4): 284-298.
- [24] Foster D R, Motzkin G, Slater B. Land-use history as long-term broad-scale disturbance: Regional forest dynamics in central New England [J]. *Ecosystems*, 1998, 1(1): 96-119.
- [25] Paquette S, Domon G. The transformation of the agroforestry landscape in the nineteenth century: A case study in southern Quebec (Canada) [J]. *Landscape and Urban Planning*, 1997, 37(3/4): 197-209.
- [26] Waisanen P J, Bliss N B. Changes in population and agricultural land in conterminous United States counties, 1790 to 1997 [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2002, 16(4): 1137, doi: 10.1029/2001GB001843.
- [27] Diaz-Maroto I J, Vila-Lameiro P. Historical evolution and land-use changes in natural broadleaved forests in the north-west Iberian Peninsula, Scandinavian [J]. *Journal of Forest Research*, 2008, 23(4): 371-379.
- [28] Ge Q, Dai J. Farming and forestry land use changes in China and their driving forces from 1900 to 1980 [J]. *Science in China (Series D)*, 2005, 48(10): 1747-1757.
- [29] Ge Q, Dai J, He F, et al. Land use changes and their relations with carbon cycles over the past 300a in China [J]. *Science in China (Series D)*, 2008, 51(6): 871-884.
- [30] Ge Quansheng, Dai Junhu, He Fanneng, et al. The number of cultivated land change and driving forces of some provinces over the past 300a in China [J]. *Process in Natural Science*, 2003, 13(8): 825-832. [葛全胜, 戴君虎, 何凡能, 等. 过去 300 年中国部分省区耕地资源数量变化及驱动因素分析 [J]. 自然科学进展, 2003, 13(8): 825-832.]
- [31] He F, Ge Q, Dai J, et al. Forest change of China in recent 300 years [J]. *Journal of Geographic Sciences*, 2008, 18(1): 59-72.
- [32] He Fanneng, Tian Yanyu, Ge Quansheng. Spatial-temporal characteristics of land reclamation in Guanzhong region in the Qing Dynasty [J]. *Geographical Research*, 2003, 22(6): 687-697. [何凡能, 田砚宇, 葛全胜. 清代关中地区土地垦殖时空特征分析 [J]. 地理研究, 2003, 22(6): 687-697.]
- [33] He Fanneng, Ge Quansheng, Dai Junhu, et al. Quantitative analysis on forest dynamics of China in recent 300 years [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(1): 30-40. [何凡能, 葛全胜, 戴君虎, 等. 近 300 年来中国森林的变迁 [J]. 地理学报, 2007, 62(1): 30-40.]
- [34] Ye Yu, Fang Xiuqi, Zhang Xuezheng, et al. Coverage changes of forestland and grassland in northeastern China during the past 300



- years [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2009, 31(5): 137-144. [叶瑜, 方修琦, 张学珍, 等. 过去 300 年东北地区林地和草地覆盖变化 [J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(5): 137-144.]
- [35] Ye Yu, Fang Xiuqi, Ren Yuyu, *et al.* Coverage changes of cultivated land in northeastern China during the past 300 years [J]. *Science in China (Series D)*, 2009, 39(3): 340-350. [叶瑜, 方修琦, 任玉玉, 等. 东北地区过去 300 年耕地覆盖变化 [J]. 中国科学: D 辑, 2009, 39(3): 340-350.]
- [36] Ye Yu, Fang Xiuqi, Dai Yujuan, *et al.* Assimilation of cultivated land data and rebuild land reclamation rate in Three Provinces in Northeast during the Public of China [J]. *Process in Natural Science*, 2006, 16(11): 1 419-1 427. [叶瑜, 方修琦, 戴玉娟, 等. 东北 3 省民国时期耕地数据的同化与垦殖率重建 [J]. 自然科学进展, 2006, 16(11): 1 419-1 427.]
- [37] Lü Yan, Zhang Shuwen, Yang Jiuchun. Application of toponymy to the historical LUCC researches in northeast China—Taking Zhenlai county of Jilin province as an example [J]. *Geo-Information Science*, 2010, 12(2): 174-178. [吕妍, 张树文, 杨久春. 基于地名志的东北历史时期土地利用变化研究——以吉林省镇赉县为例 [J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(2): 174-178.]
- [38] Zhang Jie, Chen Xing. The historical land use and vegetation cover change in eastern China [J]. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)*, 2007, 43(5): 544-555. [张洁, 陈星. 中国东部地区土地利用和植被覆盖的历史演变 [J]. 南京大学学报: 自然科学版, 2007, 43(5): 544-555.]
- [39] Zhang Xuezhen, Wang Weiqiang, Fang Xiuqi, *et al.* Natural vegetation pattern over northeast China in late 17<sup>th</sup> century [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2011, 31(2): 185-189. [张学珍, 王维强, 方修琦, 等. 中国东北地区 17 世纪后期的自然植被格局 [J]. 地理科学, 2011, 31(2): 185-189.]
- [40] Goldewijk K K. Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE database [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2001, 15(2): 417-433.
- [41] Pongratz J, Reick C, Raddatz T, *et al.* A reconstruction of global agricultural areas and land cover for the last millennium [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2008, 22: GB3018, doi: 10.1029/2007GB003153.
- [42] Houghton R A, Lefkowitz D S, Skole D L. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. I. Progressive loss of forests [J]. *Forest Ecology Management*, 1991, 38(3/4): 143-172.
- [43] Dahlstrom A. Grazing dynamics at different spatial and temporal scales: Examples from the Swedish historical record A. D. 1620-1850 [J]. *Vegetation History and Archaeobotany*, 2008, 17(5): 563-572.
- [44] Zhao Yun. The Land Use and Driving Force in the Region of Su-Wan (1500-1937) [D]. Shanghai: Fudan University, 2005. [赵翼. 苏皖地区土地利用及其驱动力机制 (1500—1937) [D]. 上海: 复旦大学, 2005.]
- [45] Ding Chuanli. Compilation of archaic maps in China [J]. *Bulletion of Surveying and Mapping*, 2001, (1): 41-43. [丁传礼. 我国古地图的绘制 [J]. 测绘通报, 2001, (1): 41-43.]
- [46] Hall B, Motzkin G, David R Foster, *et al.* Three hundred years of forest and land-use change in Massachusetts, USA [J]. *Journal of Biogeography*, 2002, 29(10/11): 1 319-1 335.
- [47] Skanes H M, Bunce R G H. Directions of landscape change (1741-1993) in Virestad, Sweden—Characterised by multivariate analysis [J]. *Landscape and Urban Planning*, 1997, 38(1/2): 61-75.
- [48] Cousins S A O. Analysis of land-cover transitions based on 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> century cadastral maps and aerial photographs [J]. *Landscape Ecology*, 2001, 16(1): 41-54.
- [49] McLure J T, Griffiths G H. Historic landscape reconstruction and visualisation, west Oxfordshire, England [J]. *Transactions in GIS*, 2002, 6(1): 69-78.
- [50] Bender O, Boehmer J H, Jens D, *et al.* Using GIS to analyse long-term cultural landscape change in Southern Germany [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2005, 70(1/2): 111-125.
- [51] Zeng Xin. Function of restoring the ancient city's historical appearance of ancient city's map in old-style local records [J]. *Chinese Local Records*, 2005, (8): 32-37. [曾新. 旧志古城图在复原古代城市历史面貌中的作用——以古代广州城地图为例 [J]. 中国地方志, 2005, (8): 32-37.]
- [52] A Tortora, Capobianco R, Picuno P. Historical cartography and GIS for the analysis of carbon balance in rural environment: A study case in southern Italy [C]//Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal. Manuscript BC 06 003. Vol. VI-II. August, 2006.
- [53] Hamre L N, Domaas S T, Austad I, *et al.* Land-cover and structural changes in a western Norwegian cultural landscape since 1865, based on an old cadastral map and a field survey [J]. *Landscape Ecology* 2007, 22(10): 1 563-1 574.
- [54] Domaas S T. The reconstruction of past patterns of tilled fields from historical cadastral maps using GIS [J]. *Landscape Research*, 2007, 32(1): 23-43.
- [55] Raet J, Sepp K, Kaasik A. Assessment of changes on forest coverage based on historical maps [J]. *Forestry Studies/Metsanduslikud Uurimused*, 2008, 48: 67-78.
- [56] Borjeson L. Using a historical map as a baseline in a land-cover change study of northeast Tanzania [J]. *African Journal of Ecology*, 2009, 47(1): 185-191.
- [57] Skalos J, Weber M, Lipsky Z, *et al.* Using old military survey maps and othophotograph maps to analyse long-term land cover changes—Case study (Czech Republic) [J]. *Applied Geography*, 2011, 31: 426-438.
- [58] Le Collins B D, Sheikh A J. Methods Used to Map the Historical Riverine Landscape and Habitats of the Skagit River [R]. Skagit System Cooperative, 2002.
- [59] Kiss A, Barta K, Sümeghy Z, *et al.* Historical Land Use and Anthropogenic Features: A Case Study from Nagymaros [J]. *Acta Climatologica et Chorologica*, 2005, 38/39: 111-124.
- [60] Kiimann H, Ravis R, Ratas U. Forest landscape changes on

- Naissaar Island ( Gulf of Finland , Estonia) since the 17th century [J]. *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused* , 2007 , 46: 77-88.
- [61] Cajthaml J. Georeferencing of Historical Military Mappings and Later Map Internet Publishing [R]. CTU Reports , Proceedings of Workshop 2007 , Czech Technical University , Prague 19-23 , 2 , 2007.
- [62] Zhang Xiugui. Research of Historical Geomorphology and Ancient Maps in China [M]. Beijing: Social Sciences Academic Press , 2006. [张修桂. 中国历史地貌与古地图研究 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2006. ]
- [63] Zimova R , Pestak J , Veverka B. Historical military mapping of the Czech Lands—Cartographic analysis [C]//Proceedings of the First International Conference on Cartography and GIS , Borovets , 25-28 , 2006.
- [64] Bourdo Jr E A. A review of the general land office survey and of its use in quantitative studies of former forests [J]. *Ecological Society of America* , 1956 , 37( 4) : 754-768.
- [65] Galatowitsch S M. Using the original land survey notes to reconstruct presettlement landscapes in the American west [J]. *Great Basin Naturalist* , 1990 , 50( 2) : 181-191.
- [66] He H S , Mladenoff D J , Sickley T A , et al. GIS interpolations of witness tree records ( 1839-1866) for northern Wisconsin at multiple scales [J]. *Journal of Biogeography* , 2000 , 27( 4) : 1 031-1 042.
- [67] Deweese G G , Grissino-Mayer H D , Lam N. Historical Land-use/Land-cover changes in a bottomland hardwood forest , Bayou Fountatin , Louisiana [J]. *Physical Geography* , 2007 , 28( 4) : 345-359.
- [68] Rhemtulla J M , Mladenoff D J , Clayton M K. Regional land-cover conversion in the U. S. upper midwest: Magnitude of change and limited recovery ( 1850-1935-1993) [J]. *Landscape Ecology* 2007 , 22( Suppl. 1) : 57-75.
- [69] McAllister L S. Reconstructing historical riparian conditions of two river basins in eastern Oregon , USA [J]. *Environmental Management* , 2008 , 42( 3) : 412-425.
- [70] Rhemtulla J M , Mladenoff D J , Clayton M K. Legacies of historical land use on regional forest composition and structure in Wisconsin , USA ( mid-1800s-1930s-2000s) [J]. *Ecological Applications* , 2009 , 19( 4) : 1 061-1 078.
- [71] Rhemtulla J M , Mladenoff D J , Clayton M K. Historical forest baselines reveal potential for continued carbon sequestration [J]. *PANS* , 2009 , 106( 15) : 6 082-6 087.
- [72] Veldkamp A , Lambin E F. Predicting land-use change [J]. *Agriculture , Ecosystems and Environment* 2001 85( 1/3) : 1-6.
- [73] Bai Wanqi , Zhao Shidong. A comprehensive description of the models of land use and land cover change study [J]. *Journal of Natural Resources* , 1997 , 12( 2) : 169-175. [摆万奇, 赵士洞. 土地利用和土地覆盖变化研究模型综述 [J]. 自然资源学报, 1997 , 12( 2) : 169-175. ]
- [74] Huang Qihao , Cai Yunlong. Review on several domestic land use change model [J]. *China Land Science* , 2005 , 19( 5) : 25-30. [黄秋昊, 蔡运龙. 国内几种土地利用变化模型述评 [J]. 中国土地科学, 2005 , 19( 5) : 25-30. ]
- [75] Pepler-Lisbach C. Predictive modelling of historical and recent land-use patterns [J]. *Phytocoenologia* , 2003 , 33( 4) : 565-590.
- [76] Benitez J A , Fisher T R. Historical land-cover conversion ( 1665-1820) in the Choptank Watershed , eastern United States [J]. *Ecosystems* 2004 , 7( 3) : 219-232.
- [77] Lin Sh , Zheng J , He F. Gridding cropland data reconstruction over the agricultural region of China in 1820 [J]. *Journal of Geographical Sciences* , 2009 , 19( 1) : 36-48.
- [78] Bai Shuying , Zhang Shuwen. The discussion of the method of land utilization spatial information reappearance of history period [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment* , 2004 , 18( 5) : 77-80. [白淑英, 张树文. 历史时期土地利用空间信息再现方法初探 [J]. 干旱区资源与环境, 2004 , 18( 5) : 77-80. ]
- [79] Bai Shuying , Zhang Shuwen , Zhang Yangzhen. Study on the method of diagnose the plowland spacial distribution in historical era [J]. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture* , 2005 , 21( 4) : 252-255. [白淑英, 张树文, 张养贞. 历史时期耕地空间分布诊断方法研究 [J]. 农业系统科学与综合研究, 2005 , 21( 4) : 252-255. ]
- [80] Kaplan J O , Krumhardt K M , Zimmermann N. The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe [J]. *Quaternary Science Reviews* , 2009 , 28( 27/28) : 3 016-3 034.
- [81] Wang H , Pitman A J , Zhao M , et al. The impact of land-cover modification on the June meteorology of China since 1700 , simulated using a regional climate model [J]. *International Journal of Climatology* , 2003 , 23( 5) : 511-527.
- [82] Wang A , Price D T , Arora V. Estimating changes in global vegetation cover ( 1850-2100) for use in climate models [J]. *Global Biogeochemical Cycles* , 2006 , 20: GB3028 , doi: 10. 1029/2005GB002514.
- [83] Hurtt G C , Frolking S , Fearon M G , et al. The underpinning of land-use history: Three centuries of global gridded land-use transitions , wood-harvest activity , and resulting secondary lands [J]. *Global Change Biology* , 2006 , 12( 7) : 1 208-1 229.
- [84] Bender O , Hans B J , Jens D , et al. Analysis of land-use change in a sector of Upper Franconia ( Bavaria , Germany) since 1850 using land register records [J]. *Landscape Ecology* , 2005 , 20( 2) : 149-163.
- [85] Hennessey S T. A Historical Reconstruction and Land Use History of Six Tidal Wetlands in Oregon [D]. Oregon: State University , 2005.
- [86] Dahlstrom A , Cousins S A O , Eriksson O. The history ( 1620-2003) of land use , people and livestock , and the relationship to present plant species diversity in a rural landscape in Sweden [J]. *Environment and History* , 2006 , 12: 191-212.
- [87] Goldewijk K K , Beusen A , Dreht G , et al. The HYDE 3. 1 spatially explicit database of human-induced global land-use change over the past 12000 years [J]. *Global Ecology and Biogeography* , 2011 , 20( 1) : 73-86.

- [88] Cousins S A O , Eriksson A , Franzen D. Reconstructing past land use and vegetation patterns using palaeogeographical and archaeological data: A focus on grasslands in Nynas by the Baltic Sea in south-eastern Sweden [J]. *Landscape and Urban Planning* ,2002 ,61( 1) : 1-18.
- [89] Poschlod P , Karlik P , Baumann A , et al. The history of dry calcareous grasslands near Kallmunz ( Bavaria) reconstructed by the application of palaeoecological , historical and recent-ecological methods [M] // Szabo P ed. *Human Nature: Studies in Historical Ecology and Environmental History*. Czech Republic: Institute of Botany of the Academy of Sciences of Czech Republic , 2002: 130-143.
- [90] Veski S , Koppel K , Poska A. Integrated palaeoecological and historical data in the service of fine-resolution land use and ecological change assessment during the last 1000 years in Rouge , southern Estonia [J]. *Journal of Biogeography* , 2005 , 32( 8) : 1 473-1 488.
- [91] Schuppert C , Dix A. Reconstructing former features of the cultural landscape near Early Celtic Princely Seats in Southern Germany: A GIS-based application of large-scale historical maps and archival sources as a contribution to archaeological research [J]. *Social Science Computer Review* , 2009 , 27( 3) : 420-436.
- [92] Xie Yaowen , Chen Fahu , Wang Naiang. Spatial change of Minqin Oasis in Gansu over the last 2000 years [J]. *Acta Geographica Sinica* , 2004 , 59( 5) : 662-670. [ 颀耀文 , 陈发虎 , 王乃昂. 近 2000 年来甘肃民勤盆地绿洲的空间变化 [J]. 地理学报 , 2004 , 59( 5) : 662-670. ]
- [93] Han Maoli. On the accommodation between human and environment during the last 2000 years and scientific inspiration [J]. *Geographical Research* , 2000 , 19( 3) : 324-331. [ 韩茂莉. 2000 年来我国人类活动与环境适应以及科学启示 [J]. 地理研究 , 2000 , 19( 3) : 324-331. ]
- [94] Zeng Zhengxiang , Wu Liangcai. Research on the uncertainties of Land Use and Cover Change [J]. *Water Conservancy Science and Technology and Economy* , 2006 , 12( 10) : 715-717. [ 曾政祥 , 吴良才. LUCC 的不确定性研究 [J]. 水利科技与经济 , 2006 , 12( 10) : 715-717. ]

## A Review of Research Methods of Historical Land Use Change

Hu Ningke<sup>1 2</sup> , Li Xin<sup>1</sup>

( 1. *Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute , Chinese Academy of Sciences , Lanzhou 730000 , China*; 2. *College of Earth and Environmental Sciences , Lanzhou University , Lanzhou 730000 , China* )

**Abstract:** Historical land use and cover change have been one of the hot topics of international concerns. Reconstruction and research of historical land use and cover change can understand the process of past changes in landscape environments of land surface , and have an important guiding role in the current land use patterns and in predicting the future land use and cover change. Based on the main data sources used and data process methods and study ideas , the research status of historical land use change are reviewed both at home and abroad in terms of historical documents , historical maps , inspection and investigation reports , model simulation and integrated multi-source data and multidisciplinary approaches. Then , the advantages and disadvantages and uncertainties of the various methods used to carry out the research of historical land use change are discussed and analyzed according to the characteristics of different data sources and methods: ① We have wide range of historical documents and huge quantity of information , but there are a lot of noise and omissions , and lack of visual spatial information; ② Historical maps can provide a relatively intuitive spatial location information , but the mapping technology was poor and the land use categories were coarse in historical period; ③ Past inspection and investigation records with a smaller spatial and temporal scales are fairly standard , but they are difficult to meet the needs of the earlier period; ④ Using the models to implement the simulation in different spatial and temporal scales is relatively easy , but more input data are needed. Finally , the integrated multisource data and multidisciplinary approach are considered as the only way to understand the process of historical land use change essentially and completely , and it will be the main ideas to study the historical land use change in the future.

**Key words:** Land use change; Remote sensing; Historical period; Temporal and spatial scale; Uncertainty.