

矿区土地演变监测 与可持续利用研究

● 陈龙乾 著

Study on Evolution Monitoring of Land
and its Sustainable Utilization in Coal Mining Area

中国矿业大学出版社

矿区土地演变监测与可持续利用研究

**Study on Evolution Monitoring of Land and its
Sustainable Utilization in Coal Mining Area**

陈龙乾 著

中国矿业大学出版社

内容简介

本书从煤矿区可持续发展的角度出发,运用多时相卫星遥感、土壤监测等技术,并结合区域社会经济统计数据,对矿区土地的演变及其可持续利用进行了研究。首先,从宏观上分析了矿区土地利用结构演变特征及其动力机制,以揭示矿区土地利用结构动态变化及矿业城市扩展的规律;然后,从微观上分析了矿区土地整治前后土壤理化特性的变化状况及其机制,以揭示矿区土壤的动态变化规律;进而探讨了煤矿塌陷土地复垦利用及复垦土壤质量评价的若干理论和方法;对破坏土地不同整治复垦方法的关键工序及复垦后土壤的改良提出了一些可用技术;最后,讨论了实现矿区土地可持续利用的一些措施和对策。本书可供土地资源管理、测绘工程、环境科学与工程、采矿工程等专业技术和管理人员阅读参考,也可作为高等院校相关专业研究生的教学参考书。

前 言

土地及其内埋藏的各种矿产资源,都是人类赖以生存的宝贵自然资源。然而能源、冶金等矿产资源的开采会造成地表土地的损毁,这不仅破坏大量的土地资源,而且对矿区环境、生态亦造成严重污染和破坏,从而严重影响矿区工农业的可持续协调发展。矿产资源开采造成土地破坏的表现因采矿方法不同主要分为两种类型:一是塌陷地,指矿山地下开采后,由于地面下沉而被破坏的土地。这类土地在中国东部高潜位矿区表现为塌陷湖泊,而在中国西部矿区常因缺水和风沙表现为严重沙漠化。二是露采迹地,指露天采矿后的废弃迹地。这类土地表现为地表支离破碎、植被不连片而荒芜废弃。

可见,人类在对土地内各种矿产资源的开发、利用过程中,均直接或间接地影响着土地的特性、存在形式及其环境状况。由于社会经济的迅速发展,矿山生产规模的不断扩大,其对土地的破坏日趋严重,耕地数量不断减少,耕地质量不断退化,使得矿区土地问题越来越突出。为能有效地处理好矿产资源开发与土地利用的关系,人们一直在不断地探索和研究着,并不断取得重要进展。本书以煤矿区为例,采用遥感(RS)、土壤监测等技术,从矿区可持续发展的角度,将矿区多时相陆地卫星 TM 图像以及矿区不同阶段、不同位置的土壤等作为研究对象,并结合区域社会经济统计数据,开展矿区土地演变监测与可持续利用研究,从宏观上分析了矿区土地利用结构演变特征、动力机制,揭示了矿区土地利用动态变化

及矿业城市扩展的规律;从微观上分析了矿区土地整治前后土壤理化特性变化的特征及其机制,揭示了矿区土壤的动态变化规律;探讨了煤矿塌陷土地复垦利用及复垦土壤质量评价的理论和方法;对破坏土地不同整治复垦方法的关键工序及其复垦后土壤的改良提出了一些可用技术;并从整体上提出了有利于矿区土地可持续利用的一些措施和对策。旨在为有关部门及时治理和调整破坏土地利用布局以及制定矿区土地利用政策提供科学依据和方法,最终实现矿区工农业的可持续协调发展。

本书是作者的博士学位论文,是在导师郭达志教授的悉心指导下完成的。1993年我从南京农业大学硕士毕业分配至中国矿业大学,这对于我来说是新的环境,一切都要从零开始,自那时以来,在我的工作、学习和生活等各方面,郭老师一直对我十分关心,使我能够不断取得成绩。1999年我考取了博士生,郭老师又作为我的导师,指导我的博士学习和论文工作。在我几年的博士学习和论文研究过程中,从课程的学习、培养计划的制定、论文的选题、资料的收集、图像的购置、实验的开展到论文的写作,郭老师都给予了精心的安排和悉心的指导。可以说,我的每一份收获和成绩的取得,都倾注了郭老师极大的心血和智慧。并且,多年来林克仁师母对我的学习和生活关怀备至。因此,值此博士论文作为专著出版之际,首先向我最尊敬的导师郭达志教授和林克仁师母致以最诚挚的谢意!

我的博士学位论文还得益于盛业华教授、杜培军副教授以及中国矿业大学环境与测绘学院领导和其他各位老师的帮助和支持!得益于徐州师范大学城市与环境学院胡召玲博士、张海荣博士给予的诸多帮助和支持!在资料收集与现场取样过程中,得到徐州矿务集团征地迁建管理处、兖矿集团有限公司地企办公室以及新汶矿业集团协庄煤矿等有关领导和同志的协助,在此一并表示衷心感谢!

此外,特别要衷心感谢的是南京大学城市与资源学系博士生导师彭补拙教授对我的博士学位论文作为专著出版提出的宝贵修改意见;感谢中国矿业大学出版社副社长罗时嘉编审为本书出版付出的辛勤劳动!

需要说明的是,本部著作是国家自然科学基金(49871069)、江苏省社会发展项目(BS98108)、江苏省自然科学基金(BK2002117)的部分研究成果。

陈龙乾
2003年5月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 研究意义	(1)
1.2 相关领域国内外研究进展	(4)
1.2.1 矿区土地破坏类型研究	(4)
1.2.2 矿区土地利用变化研究	(5)
1.2.3 矿区土地与城市扩展研究	(8)
1.2.4 矿区土地整治与土壤研究	(9)
1.2.5 矿区土地可持续利用研究	(11)
1.3 研究目标、研究内容和技术路线	(13)
1.3.1 研究目标	(13)
1.3.2 研究内容	(13)
1.3.3 技术路线	(14)
1.4 本章小结	(15)
2 矿区土地利用结构的遥感动态监测	(17)
2.1 研究区概况	(17)
2.1.1 地理位置	(17)
2.1.2 地形地貌	(18)
2.1.3 气候	(18)
2.1.4 地质水文	(20)
2.1.5 煤层储量	(23)

2.2	卫星遥感图像及其处理	(25)
2.2.1	遥感数据源	(25)
2.2.2	几何纠正	(27)
2.2.3	图像配准	(32)
2.2.4	监督分类	(33)
2.3	西矿区土地利用结构演变	(41)
2.3.1	土地利用类型信息提取	(41)
2.3.2	土地利用结构变化情况	(42)
2.3.3	土地利用转移矩阵	(46)
2.3.4	塌陷地演变的综合分析	(50)
2.3.5	土地利用变化的预测	(52)
2.4	城市区域土地利用结构演变	(55)
2.4.1	地理位置及历史沿革	(55)
2.4.2	土地利用类型信息提取	(56)
2.4.3	土地利用结构变化情况	(56)
2.4.4	土地利用转移矩阵	(60)
2.4.5	建成区演变的综合分析	(63)
2.4.6	建成区扩展的空间分异	(65)
2.4.7	土地利用变化的预测	(69)
2.5	矿区土地利用结构演变的驱动力分析	(71)
2.5.1	土地塌陷的驱动力分析	(71)
2.5.2	城市扩展的驱动力分析	(73)
2.6	本章小结	(74)
3	矿区土地整治前后土壤特性演变	(75)
3.1	土地整治前土壤特性的变化	(75)
3.1.1	研究地点概况	(76)
3.1.2	研究方法	(82)

3.1.3	土壤物理特性演变分析	(84)
3.1.4	土壤化学特性演变分析	(91)
3.2	土地整治后土壤特性的变化	(100)
3.2.1	研究地点概况	(100)
3.2.2	研究方法	(101)
3.2.3	土壤物理特性演变分析	(101)
3.2.4	土壤化学特性演变分析	(107)
3.3	本章小结	(113)
4	矿区土地复垦利用评价与决策	(115)
4.1	煤矿塌陷地复垦利用评估	(115)
4.1.1	评估概念	(115)
4.1.2	评估内容	(116)
4.1.3	评估程序	(119)
4.2	煤矿塌陷地复垦利用适宜性评价	(119)
4.2.1	适宜性评价单元划分	(120)
4.2.2	适宜性评价因子选择	(121)
4.2.3	适宜性评价因子的分级及其量化标准	(122)
4.2.4	适宜性评价级别值的确定	(125)
4.2.5	适宜性评价结果与分析	(128)
4.3	煤矿塌陷地复垦利用方案决策	(131)
4.3.1	复垦方案提出	(131)
4.3.2	确定复垦方案决策方法	(132)
4.3.3	确定复垦方案决策层次结构模型	(134)
4.3.4	确定复垦方案决策指标权重	(134)
4.3.5	建立复垦方案决策集	(139)
4.3.6	复垦方案决策评判分值的计算	(140)
4.4	煤矿塌陷地泥浆泵复垦土壤质量评价	(144)

4.4.1	评价指标体系的确定	(144)
4.4.2	评价方法的确定	(146)
4.4.3	评价参数值的确定	(148)
4.4.4	评价结果与分析	(151)
4.5	本章小结	(152)
5	矿区土地复垦利用整治技术	(154)
5.1	煤矸石充填复垦及其地基压实处理	(154)
5.1.1	研究地点概况	(154)
5.1.2	充填复垦材料的确定	(157)
5.1.3	充填复垦标高设计	(161)
5.1.4	充填复垦工程的实施	(165)
5.1.5	煤矸石地基压实处理	(169)
5.2	泥浆泵复垦土壤剖面构造与土方调配	(174)
5.2.1	研究地点概况	(175)
5.2.2	复垦土壤剖面构造的理论基础	(175)
5.2.3	复垦土壤剖面构造的方法	(178)
5.2.4	复垦地标高确定	(180)
5.2.5	复垦工程土方调配	(183)
5.3	地表采掘废弃地充填复垦整治技术	(191)
5.3.1	研究地点概况	(191)
5.3.2	充填复垦材料	(200)
5.3.3	充填复垦技术	(203)
5.3.4	充填复垦工业性试验	(204)
5.4	复垦土壤改良技术	(205)
5.4.1	物理技术	(206)
5.4.2	化学技术	(207)
5.4.3	生物技术	(208)

5.5	本章小结	(209)
6	矿区土地可持续利用措施与发展对策	(211)
6.1	土地可持续利用目标	(211)
6.2	土地可持续利用原则	(213)
6.3	土地可持续利用措施	(214)
6.3.1	变绝产地“赔偿+征用+复垦”制度为 “赔偿+复垦”模式	(214)
6.3.2	充分利用煤矸石解决矸石山 堆积占用的土地	(221)
6.3.3	生活区向城市靠拢转嫁企业负担	(223)
6.3.4	将塌陷地治理与压煤村庄搬迁结合 达到一举两得的目的	(224)
6.4	土地可持续利用发展对策	(225)
6.4.1	土地使用制度改革	(225)
6.4.2	塌陷地治理	(228)
6.4.3	压煤村庄搬迁	(229)
6.4.4	土地利用和管理主体协调配合	(230)
6.5	本章小结	(232)
7	结论与展望	(234)
	参考文献.....	(237)

1 绪 论

土地是由地球陆地表面一定立体空间的气候、土壤、水、生物等自然要素组成,同时又时刻受到社会经济条件影响的一个复杂的自然经济综合体。在其长期形成、演变过程中,各种要素以不同的方式,从不同的侧面,按不同的程度,独立地或综合地影响着土地的综合特征[林培、梁学庆、朱德举等,1996]。土地及其内埋藏的各种矿产资源,都是人类赖以生存的重要自然资源。然而,人类在对土地内各种矿产资源的开发、利用过程中,均直接或间接地影响着土地的特性、存在形式及其环境状况。为能有效地处理好矿产资源开发与土地利用的关系,人们一直在不断地探索和研究着,并不断取得重要进展。本章将从矿区可持续发展的角度,分析与生产矿区土地有关领域的研究进展情况,并在此基础上提出研究目标、主要内容和技術路线。

1.1 研究意义

矿区是指以矿物开采、加工为主导产业发展起来从而使人口聚集在一起的特殊社区,是一种特定地理范围内的社会群体所在的区域,具有空间的有限性和不连续性,如同村落、乡镇、城市一样,并有其自身的特点。矿区具有空间功能、聚集功能、联接功能和传播功能,其属性包括社会性、地域性、体系性和互动性[李堂军,2000]。

土地,是一切生产和建设的基础。能源、化工、建材及有色金属等矿物的开采和加工均离不开土地。矿产资源属于地球资源的一部分,它的开采利用应符合可持续发展的要求。但是由于传统的开采方式,人们并没有注意这方面的工作,过度地消耗资源以及由此带来的环境污染、生态破坏等逐渐演变成全球性的重大问题,进而威胁着全球人类的生存和发展。在这种严峻形势下,人们不得不重新审视自己的社会和经济行为,寻求一条自然、社会、经济和环境相互协调的可持续发展的道路。矿区肩负着为社会提供大量需要的矿产资源与区域经济发展和环境保护的多重任务,也面临着对可持续发展道路的探索与抉择。

在世界能源消费构成中,煤炭一直起着举足轻重的作用,与作为主要能源之一的石油相比,煤炭消费比重在不断提高。1972年世界煤炭总产量与石油总产量之比值为66/115,1985年为115/216,预计到2020年将变为259/106。有些国家的煤炭在能源消费构成中的比例则更高,在中国,这种比例一直是70%左右,而且在相当长的时期内不会有大的变化[郭达志、金学林、盛业华等,1995]。然而地下煤炭资源开采的重要特征之一是在采掘矿产资源的同时造成地表土地塌陷,这不仅破坏大量的土地资源,而且对矿区环境、生态亦造成严重污染和破坏,从而严重影响矿区工农业的可持续协调发展。煤矿塌陷地是指煤炭地下开采后,由于地面下沉而被破坏的土地。这类土地在我国高潜水位的东部矿区则因地下水位相对上移而表现为塌陷湖泊,而在我国西部矿区常因缺水 and 风沙表现为严重沙漠化。

据调查,煤矿由于采煤塌陷破坏土地在全国工业系统中处于首位,每采 1×10^4 t 原煤平均要塌陷土地 0.3 hm^2 ,根据1952~2000年煤炭产量累计约 260×10^8 t 计算[国家统计局,2001],新中国成立以来全国因采煤塌陷的土地至2000年底已接近 $80 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。而且采煤塌陷土地的一半以上在平原地区,绝大部分是优良

的耕地,尤其是东部矿区,这一区域采煤方式均为井下开采,北起山东肥城,南至安徽淮南,东自临沂,西达菏泽,具体包括山东省的兖州、济宁、枣庄、滕州、临沂、肥城,江苏省的徐州,安徽省的淮南、淮北、宿州等地市,井田面积约 $2.31 \times 10^4 \text{ km}^2$, 探明煤炭储量 $71 \times 10^8 \text{ t}$ 左右,占全国煤炭探明储量的 7.14%,是我国东部地区一条重要煤炭生产带。据统计,全区已有采煤塌陷地 $4.87 \times 10^4 \text{ hm}^2$ [方创琳、毛汉英,1998]。今后,随着国民经济的迅速发展,煤炭需求量将不断增加,各煤炭企业因开采而破坏的土地面积将越来越大。

在矿区土地利用上,煤炭企业用地分为生产用地、废弃物堆积地、迁村用地和建设用地等四类。生产用地是指土地下埋藏有煤炭资源而被开采占用的土地,这类土地经地下采矿后就成为塌陷地;废弃物堆积地是指煤炭企业生产过程中排出的煤矸石、尾矿等堆积占用的土地。此外,矿区电厂排出的粉煤灰堆积也需占用大量土地;迁村用地是指煤炭企业的生产影响村庄居民的居住安全而必须搬迁村庄所需使用的土地;建设用地包括工业广场、办公大楼、工人住宅、生活设施和道路桥涵等用地。这些用地,长期以来绝大部分是占用耕地,从而导致矿区耕地面积锐减、土壤退化,严重影响矿区农业生产。同时,由于征地价格不断上涨,加之村庄搬迁新址难以选定,农民提出需要解决的问题太多,给煤炭企业带来沉重的经济负担,有的企业已到难以承受的地步。此外,煤炭资源开发造成对土地的破坏,特别是矿区城市边缘区土地的破坏,从而使城市空间扩展受到影响。如此等等,都是我国煤矿区可持续发展过程中必须解决的问题。

本书以煤矿区土地可持续利用为基本目标,运用多时相卫星遥感(RS)、土壤监测等技术,并结合区域社会经济统计数据,开展矿区土地演变与可持续利用研究。人口、资源和环境的协调发展是当今人类世界生存和发展的主题,为使矿区土地资源得以可持续

利用,开展本论题的研究具有十分重要的意义。

1.2 相关领域国内外研究进展

1.2.1 矿区土地破坏类型研究

两个世纪以前,对煤炭开采造成的土地破坏已为人们所注意。1791年,英国萨默塞特煤矿租约中明确提到,在煤矿关闭时要对矿井进行回填,并平整土地[(英)C. G. 道恩、J. 斯托克斯著,祁兴久译,1982]。

煤炭开采对土地破坏有不同的分类研究,广义的土地破坏相当于环境的破坏,狭义的土地破坏指地表土地资源的破坏[赵改栋,1998]。中国科学院黄土高原综合考察队(1991)认为煤炭开采造成的土地破坏有两种类型:一是占用土地,包括排矸场、露天开采剥离物压占的土地及由其引起的土地污染;二是采空区造成的地表变形、塌陷、裂缝,以及由此引起的水土流失、土地质量退化。李根福(1991)将土地破坏分为两类,即采煤场地、排土场地直接破坏的土地,称为“直接土地破坏”;这些场地的尘土飞扬、水土流失、有毒有害物质流出、地下水系破坏等所造成的矿区及附近地区的土地污染称为“间接土地破坏”。我国《土地复垦规定》[国务院,1988]将待复垦的破坏土地分为3类,即挖损、塌陷和压占。挖损是由于露天煤矿对上覆土层与岩层的直接挖掘、开采所造成的土地破坏;塌陷是由于井工开采造成的地表陷落、裂缝、错动等土地破坏;压占是指露天开采和井工开采时排出固体废渣堆积、占用土地造成的破坏。而对于井下采煤破坏的地表土地,又有学者[崔光华,1993]将其分为3类:地面塌陷、坡子地和矸石堆积地。地面塌陷为地下采煤引起的地表沉陷地,即通常所说的煤矿塌陷地、采煤塌陷地;坡子地为采煤造成的土地变形的斜坡地;矸石堆积地为煤矸石

堆积占用的土地。

总之,采煤引起的土地破坏的类型因采煤方式、破坏形式、分类标准的不同分为多种类型,笔者以为比较适用的分类可基本分为3类:即采煤塌陷地、露采迹地和废弃物堆积地。采煤塌陷地是指煤炭井工开采后由于地面下沉而被破坏的土地;露采迹地是指露天煤矿开采后的废弃迹地,表现为地表支离破碎而荒芜废弃;废弃物堆积地是指煤炭生产中排出的煤矸石、露天矿排土场以及矿区电厂排出的粉煤灰等堆积占用的土地。我国煤炭以井工开采为主,其产量约占原煤产量的96%,因此我国煤矿破坏土地的类型以采煤塌陷地为主。

1.2.2 矿区土地利用变化研究

面对当前日益加剧的人口—资源—环境问题,而且土地是人类赖以生存的重要自然资源,因此,开展土地利用/土地覆盖变化(Land use and land cover change, LUCC)的研究显得尤为重要。土地覆盖是指地球表层的自然属性和生物物理属性,而土地利用则指土地的使用状况或土地的社会、经济属性;土地覆盖和土地利用构成了土地的两种属性(双重属性)。因此,土地覆盖变化包括生物多样性、现实和潜在的生产力、土壤质量以及径流和沉积速度中的种种变化。由于当代的土地覆盖变化主要是人类对土地的利用造成的,所以认识土地利用变化是了解土地覆盖变化的首要条件[王秀兰、包玉海,1999]。可见,无论是在全球的尺度还是国家或者区域的尺度上,土地利用的变化在不断地导致土地覆盖的加速变化[Houghton, 1994; Turner、Meyer and Skole, 1994; Lambin and Strahler, 1994; Lambin, 1996]。

土地利用与土地覆盖变化是全球变化的关键[Nunes and Auge, 1999]。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(HDP)于1995年联合提出“土地利用/土地覆盖

变化”研究计划,使土地利用变化研究成为目前全球变化研究的前沿和热点课题[Turner and Meyer,1991;Turner、Moss and Skole,1993;Turner,1994;Turner、Skole and Steven et al,1995;Meyer and Turner,1994;Walker,1997]。联合国环境规划署1994年启动了“土地覆盖评价和模拟”(LCAM)项目,采用美国宇航局高分辨率雷达影像调查东南亚地区土地覆盖的现状和变化,为区域可持续发展服务[UNEP—EAPAP,1995]。日本国立科学院全球环境研究中心也提出了“为全球环境保护的土地利用研究”项目,采用地方性案例分析、遥感与地理信息系统监测和空间模型分析方法,研究土地利用/覆盖变化的空间、时间变化以及驱动因子[Otsubo,1994;Collin、Douglas and Thomas et al,1997]。在土地利用变化动力机制研究方面,颇受重视的内容是社会经济机制及土地利用决策的影响[Fischer and Heilig,1996]。

我国也相继在天津、北京、广州、上海、太原、沈阳、大连等城市开展了土地利用及其变化的遥感研究[童庆禧,1994]。“八五”期间,中国科学院进行了“国家资源环境遥感宏观调查与动态分析”研究[刘纪远,1997]。而且,全球有关区域土地利用与土地覆盖变化的研究,一个重要的特点是除了研究“热点地区”外,就是对脆弱区与典型地区的研究[Keyzer and Ermoliev,1998]。近年来我国这方面的研究也有这样的特点:(1)对北京、深圳等“热点地区”开展了较多的研究[顾朝林,1999;史培军、潘耀忠、陈晋等,1999];(2)对脆弱地区的土地沙漠化进行了重点研究[王让会、樊自立,1998;陆诗雷,1998;沙占江、曾永年、李玲琴等,2000];(3)对区域土地利用变化又进行了典型研究[张洪业,1998;王良健、包浩生、彭补拙,2000;孙丹峰、周光源、杨冀红,2001]。

矿区作为一个特殊的地理区域,其土地变化是以资源开采为原动力的动态时空演变过程,这方面的研究也已取得较大进展,表现为:(1)利用开采沉陷理论和流体力学理论对矿区沉陷的动态演