

煤矿区复垦农田景观 演变及其控制研究

付梅臣 胡振琪 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本文借鉴生态、采矿、农林、环境、土壤、土地管理等学科的有关理论与方法,采用实地调查和观测等研究手段,对平原煤矿区复垦农田景观格局与重建的理论、方法、施工工艺等进行了系统研究。选择华北地区采煤沉陷地、农场等农田景观为研究对象,阐述了一般农田景观的短期或定期零星农田、长期集中连片农田和配套集约化农田等的演变规律,揭示出采煤沉陷地复垦农田景观由平地转为积水、坡耕地、裂缝的演变规律和景观格局特征。按照可持续发展理念,提出复垦农田景观规划的设计原则、规划体系和内容与方法,阐明“3S”技术在复垦农田景观规划设计中的应用方法。设计了“条带复垦表土外移剥离法”、“梯田模式表土剥离法”等生态复垦(预复垦)表土剥离工艺,分析了土地平整工程费用和产权配置对复垦项目的影响。提出复垦农田景观的生产力、健康性和美学的评价方法,建立了小尺度采煤沉陷地复垦农田景观的质量评价体系及方法。最后,通过对兖州市兴隆庄镇采煤沉陷地复垦项目的质量评价,总结了土地复垦工程中存在的问题与复垦后的补救措施。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿区复垦农田景观演变及其控制研究/付梅臣 胡振琪著.
北京:地质出版社,2005.7
ISBN 7-116-04506-6

. 煤... . 付... 胡... . 煤矿-矿区-复土造田-
研究 . TD88

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第073387号

责任编辑:陈磊
责任校对:田建茹
出版发行:地质出版社
社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083
电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324565(编辑室)
网 址:<http://www.gph.com.cn>
电子邮箱:zbs@gph.com.cn
传 真:(010) 82310759
印 刷:北京长宁印刷厂
开 本:787 mm×1092 mm¹/₁₆
印 张:8.5
字 数:200千字
印 数:1—800册
版 次:2005年7月北京第一版·第一次印刷
定 价:22.00元

ISBN 7-116-04506-6/F·203

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

序

煤炭资源开发，保障了我国国民经济的高速发展，为国家和人民创造了巨大的物质财富，同时也压占和损毁矿区水土资源，改变原有环境景观格局，严重者诱发地质灾害等，破坏并诱发一系列的社会和生态安全问题。

我国煤矿区地表及耕地损毁严重，使人地矛盾更加严重，同时也破坏了生态环境景观。目前，我国的土地复垦工作发展迅速，以矿区生态系统健康与环境安全为恢复重建目标的生态复垦逐渐受到重视。对城镇、郊区甚至农村景观形态的研究，近10年来也受到国际环境学界、社会学研究等的极大关注。

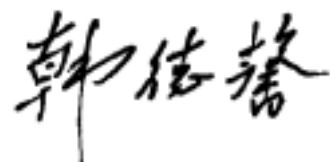
土地复垦是在社会生产力发展到一定阶段，人类与土地关系以及与生态环境关系陷于深刻危机的严峻时期，为了解决土地利用中的土地破坏及生态环境问题而派生出来的交叉学科。复垦农田景观生态重建是土地复垦中的重要研究领域之一，尤其小尺度的研究对具体土地复垦工程的应用价值较更大。所以，研究小尺度复垦农田演变规律及其控制，是非常有必要进行研究的，其研究成果必将对土地复垦有重要意义。

矿区复垦农田景观生态重建是一个涉及土地规划管理和生态环境等多学科的边缘交叉研究领域，对相关理论和方法的系统研究在我国尚处于起步阶段。作者借鉴一般农田景观演变规律和发展趋势，选取典型矿区复垦地为研究对象，采用实地调查和观测等研究手段，对矿区复垦农田景观生态重建开展了一系列的研究。研究工作和分析一般农田景观演变规律的基础上，结合矿区复垦实例铺展研究：从复垦农田景观格局演变规律和景观指数相互关系，到复垦农田景观重建模式的规划控制及控制模式与方法，再到复垦农田景观质量评价体系。在获取丰富翔实的数据的基础上，归纳总结出矿区复垦农田景观生态重建的规划、控制及评价的一般适用标准或体系，对于推动我国相关领域研究进展具有重要意义。

本书的核心优势在于将景观生态学的理念、理论、模型和方法同因为煤矿开采沉陷引起的地表变形及土地复垦、土地整治结合起来，使变形得到有效控制，景观格局系统优化。

该书内容丰富、结合实际，提出了自己的观点，对我国今后土地利用具有重要的参考意义。

中国工程院院士



2005年5月8日

前 言

我国是以煤炭为主要能源的国家，大规模的煤炭资源开发，导致了大量土地的破坏，并引发了一系列社会和生态安全问题。由于土地破坏的不可避免性，破坏原因及类型的多样性，破坏土地的量大面积特征以及其影响的严重性和长远性，复垦农田生态重建正日益成为世界性的研究热点。本文综述了国内外复垦农田景观研究现状及其发展趋势，针对农田景观研究相对较少，对小尺度农田景观的研究，特别是小尺度复垦农田演变规律及其控制研究几乎空白等状况，试图在国内外生态恢复实践和已有研究成果的基础上，主要从景观生态学角度出发，借鉴生态、采矿、农林、环境、土壤等学科的有关理论与方法，以山东省兖州市兴隆庄采煤沉陷地、河北省中捷友谊农场农田、河北省安国市伍仁桥镇农田等为研究对象。同时结合国家自然科学基金项目（49401007）“开采沉陷对耕地的破坏机理及复垦对策研究”，通过实地调查和观测，较为详细地研究了复垦农田景观格局演变规律，建立了小尺度复垦农田景观质量评价体系和方法，提出了复垦农田景观重建工程调控模式与方法。主要研究内容及结论如下。

（1）通过历史文献和华北较典型的两个旱作农业区域农田景观过程分析，揭示出一般农田景观格局演变规律。农田景观格局的形成有其历史、自然、人文等原因，比较复杂。农田景观格局是人类及其环境空间分布差异的表现，是由人为干扰形成的，其规模、形状、结构和质地各异，是各种复杂的自然和社会条件相互作用的结果。在农田建设的初级阶段，农田景观格局明显表现出对自然环境的适应性特征，随着人类生产技术的进步，农田景观格局更多地体现在人与自然的和谐。在这样的过程中，农田景观格局大致经历了短期或定期零星农田、长期集中连片农田、配套集约化农田和精准农业的发展历程，而农田景观格局的变化又能反映社会的发展和科学技术的进步。

通过中捷友谊农场不同时期的农田景观格局特征分析，验证了一般农田景观格局演变规律。同时揭示出农田景观指数特征如下：斑块密度（PD）、最大斑块指数（LPI）、斑块面积（AREA）、斑块周长（PERIM）与农田集约化水平呈负相关，农田集约化程度越高，斑块密度、面积、周长越小；边界密度（ED）与农田斑块规模与数量相关，当面积一定时，PD越高ED越大，PD一定时，斑块面积越大ED越小，而一定区域内，农田斑块面积增大时，PD相对降低，ED同时减少；斑块周长面积比（PARA）随着斑块面积的增大而减小，说明斑块面积越大，单位面积上的边界数量越少，相应地，斑块内部生境面积就越大；零散农田的景观形状指数（LSI）较大，形状不规则，但在人为干扰下，基本上较规则，斑块形状指数（SHAPE）接近1，即斑块形状呈方形或近似方形，显现出人工雕琢的迹象；平均分维度（FRAC）接近1，表明农田形状比较简单，接近规则方形；斑块周长面积比（PARA）在一定区域内应该有其合理的上限和规模利用的下限，其大小取决于当地自然条件、经济条件和文化背景，旱地高于水田。斑块面积（AREA）与斑块周长

(PERIM) 呈正相关, 与斑块周长面积比 (PARA) 呈负相关; 斑块形状指数 (SHAPE) 与分维度 (FRAC) 呈正相关。

(2) 通过兖州市兴隆庄煤矿区农田沉陷前后、复垦前后的景观格局特征分析, 揭示出采煤沉陷地复垦农田景观格局演变规律和景观指数间的相互关系。在井工开采干扰下, 农田景观过程及格局取决于采空区的形状、采厚、采深、煤层倾角、地表潜水位和顶板管理方法等, 积水、坡地、裂缝是开采后农田景观主要格局。

2003 年兖州市兴隆庄镇煤炭投产已经达 22 年, 在井工开采干扰下, 农田景观格局随着开采进度的增加, 地表逐渐沉陷, 由平坦农田转为坡耕地和积水, 并且随着开采进度增加范围逐渐扩大, 未沉陷的农田斑块形状规则, 边界整齐, 区域内廊道破损, 不能完全通畅。沉陷的农田主要演变为常年积水水面、季节性积水地、坡地等景观, 其中积水区域占 68.6%。未沉陷农田斑块平均面积为 4.03 hm^2 , 斑块形状指数平均为 1.17, 周长为 937 m, 斑块周长面积比平均为 326 m/hm^2 , 分维度为 1.06; 沉陷地斑块平均面积为 156.58 hm^2 , 周长为 6600 m, 斑块周长面积比平均为 42.96 m/hm^2 , 斑块形状指数平均为 1.30, 分维度为 1.04, 说明沉陷后的斑块形状近似方形, 地下煤层地势平缓, 地表沉陷形状大致与地下开采边界对应, 说明采矿对地面农田景观破坏性是巨大的。

随着开采沉陷范围的扩大, 斑块密度减少, 斑块面积和斑块周长增加, 农田集约化程度下降; 沉陷农田的景观形状指数较大, 形状不规则, 斑块形状指数仍然接近 1; 未沉陷农田与外界其他乡镇的廊道的连接度非常低, 廊道密度偏高, 连接度差, 农田利用率低, 农田和农田恢复资金投入少, 而且与机械化程度较高的农场相比, 斑块形状指数、分维度都与其有明显的差距, 存在农田景观滞后性。

(3) 通过对当前土地整理复垦工程调查和分析, 提出复垦农田景观重建工程调控模式与方法。煤矿区土地复垦方向主要是生态重建。近阶段土地复垦优先考虑恢复为耕地, 以生态农业为方向的复垦农田景观能够协调社会、经济、生态效益, 保障煤矿区社会经济持续发展。

复垦农田景观重建规划设计对象和内容不同于一般景观, 合理组织农田斑块、廊道的空间格局和基质重构工艺是其核心内容。“3S”技术的发展为农田景观规划设计提供了研究手段和技术支持, 促进了农田景观研究和农田景观规划设计的现代化。

复垦农田景观重建需要通过工程实施来实现, 使复垦土壤达到最优的生产力。按照复垦农田景观重建要求设计了“条带复垦表土外移剥离法”、“梯田模式表土剥离法”等生态复垦表土剥离工艺, 同时根据淹没后土壤质量低下, 复垦需要投资进行土壤改良等不良影响, 设计了生态预复垦的表土剥离工艺。

以河北和山东省土地整理复垦工程费用为例, 对工程费用结构进行了详细分析, 依据项目费用的敏感性, 其排序为土地平整工程、农田水利工程、田间道路工程和其他工程。为降低土地整理复垦费用, 提出了四项控制对策。

在对煤矿区沉陷地产权现状综合分析中, 阐述了当前沉陷地产权设置上存在的问题和原因, 并结合土地产权理论, 提出以补代征模式、产权分割与组合模式的产权配置思路。

(4) 按照土地可持续利用要求, 建立了复垦农田景观质量评价体系。复垦农田景观质量包括其生产能力、健康水平和美学价值, 考虑到复垦农田景观的当前状态及今后可能

的发展趋势，应以它对农田生产、农田环境健康和观光旅游功效作为判别质量的标准，建立小尺度采煤沉陷地复垦农田景观质量评价体系。指标体系主要包括景观生产力、景观健康水平和景观美学价值，利用内插中值法建立了五级质量评价标准。在对单一农田景观指标评价的基础上，采用因素加权求和法计算综合质量指标，对照质量评价标准得出复垦农田景观质量。

兖州市兴隆庄沉陷地复垦项目是该区域较典型的复垦农田景观生态重建实例，经过对其复垦农田土壤生产力水平、复垦农田设施配套水平、农田生物多样性、土壤环境质量、农田景观舒适度、农田景观文化价值等方面的评价，分析复垦农田景观生产力、健康水平和美学价值，评价结果表明该复垦农田景观生态重建是不理想的，存在一些不足之处。这也是目前土地开发整理复垦工程中普遍存在的现象，需要将规划设计、表土剥离、产权配置等环节与生态重建融合。同时，针对类似兴隆庄沉陷地复垦项目提出逐步调整农田景观格局、增施有机肥、合理配置植物、发挥产权配置功能和发展节水农业等补救措施。

Detailed Abstract

Coal is one of major energy resources in China. Large-scale exploitation of coal resources, has led to the destruction of a large amount of land, and has initiated a series of social problems and ecological safety. Owing to unavoidable nature of land destruction, varieties of its causes and types, characteristics of large-quantity and wide-range of land destruction, ponderance and long-term of its influence, this subject on the ecological reconstruction of reclaimed farmland is increasingly becoming the worldwide research hotspot. The research status and developing trends of reclamation farmland landscape at home and abroad is firstly summarized in the dissertation. Due to the fact that the research of farmland landscape is relatively little compared with other landscapes and the weakness of research on the small-scale farmland landscape, especially the research about the evolvement rule of small-scale reclamation farmland is almost blank. Based on ecology restoration practice and the research production at home and abroad, chiefly from the point of view of landscape ecology, and the author consulted the theories and methods such as ecology, mining, farming and forestry, environment and soil science. The author took the mining subsided land at Xinglongzhuang in Yanzhou City Shandong Province, the farmland of Zhongjie Friendship Farm Hebei Province, and the farmland of Wurenqiao at Anguo City Hebei Province as research objects. This dissertation combined with the natural science fund project of China (No. 49401007) namely "Impact of mining subsidence on farmland and its comprehensive reclamation technology". By means of the researches and observations on the spot, the evolvement rule of reclaimed farmland landscape pattern is studied deeply, and quality evaluating system and method of small scale reclaimed farmland landscape were established, and engineering adjusting modes and methods of reclaimed farmland landscape reconstruction are put forward in this dissertation. The main research contents and conclusions are as follow:

1. The evolvement rule of landscape pattern of general farmland is revealed by analyzing the history literature and the landscape process of two types of dry farming areas in the north of China. The formation of farmland landscape pattern has many reasons such as its history, nature and humanity, and therefore it is fairly complicated. The farmland landscape pattern is the representation of mankind and its environment spatial distribution differences, which is formed by jamming. The different scales, shapes, structures and quality are resulted from the interaction of various complicated conditions between nature and society. At the primary stage of farmland building, farmland landscape pattern reveals the characteristic of adaptability to the natural environment. Along with the advance of human production technology, farmland landscape pattern embodies the harmony between human and nature. Under such process, farmland landscape pattern has roughly gone through the process of short-term or fixing a day and over a long period of time

concentrated links piece farmland, compounded intensive farmland and precision agriculture. And changes of farmland landscape pattern can reflect the development of society and the progress of science and technology.

The landscape pattern evolvement rule of general farmland was validated through analyzing the landscape pattern indexes of different periods of Zhongjie Friendship Farm. The characteristic of farmland landscape indexes is as follows: PD (Patch Density), LPI (Largest Patch Index), AREA and PERIM (Perimeter) have negative correlation with farmland intensivism level, the higher the farmland intensivism level, the less these indexes. ED (Edge Density) has a relationship with the patch scale and amount, when area is certain, the higher the PD, the bigger the ED, while PD is certain, the bigger the AREA, the less the ED. At a certain zone, when PATCH increases, PD and ED will decrease.

PARA (Perimeter-Area Ratio) will decrease with the increasing of AREA, which illustrates that the number of edge per area will decrease with the increasing of area. LSI (Landscape Shape Index) of scatter farmland is relatively bigger, and shape is irregular. However at the condition of mankind interfering, shape is basically regular, and the index of SHAPE is close to 1, i. e., the shape is or is near square, having the evidence of manpower carving. FRAC is close to 1, which illustrates that the shape is simple and near regular square. PARA should have its rationally upper limit and utilizing-scale lower limit that depend upon the natural condition, economic condition and the culture background. PARA of dry land is higher than that of paddy field. AREA has positive correlation with PERIM, negative correlation with PARA; SHAPE has positive correlation with FRAC.

2. The evolvement rule of landscape pattern and relationship among landscape indexes of mining coal subsidence reclamation farmland are discovered through analyzing the characteristics of landscape pattern of coal area in Xinglongzhuang of Yanzhou city before and after land subsidence and reclamation. Under the disturbance of underground mining to farmland in coal mine area, farmland landscape process and pattern are determined by some factors such as excavation shape, coal thickness, mining depth, coal obliquity, groundwater elevation and roof strata management, and ponding, sloping farmland and crack are the main patterns of the farmland landscape after coal mining.

Up to 2003, Xinglongzhuang town has been mining coal for 22 years. Farmland landscape patterns go generally along with the mining progress, which will gradually lead to subsidence of the earth's surface, to the level farmland changing into sloping lands and ponding, and with the increase of mining progress and mining scope, the shape of farmland patch of unsubsidized land is regular, the edge is in order, the corridor is damaged and can not work smoothly. The main subsidence area mainly evaluates the landscaping of perennial ponding, seasonal ponding and sloping land, among which ponding area accounts for 68.6%. The average patch area of unsubsidized farmland is 4.03 hm^2 ; SHAPE is 1.17; PERIM is 937m; PARA is 326 m/hm^2 ; FRAC is 1.06. The main indexes of unsubsidized patch are: AREA 156.58 hm^2 , PERIM 6600 m, PARA

42.96 m/hm², SHAPE 1.30, FRAC 1.04. Through comparing, the author concludes that the patch shape of the land after subsided approximates square; the slope of coal layer is even; the shape of subsidence land is approximately corresponding with the boundary of underground mining; coal mining has greatly damaged the farmland.

With the spreading of mining subsidence scope, decrease of patch density, increase of patch area and its perimeter, and decline of intensivism level of farmland; the landscape shape index (LSI) of the subsided farmland is relatively big, and its shape is irregular. The landscape shape index is still close to 1, and the connection degree of unsubsidized farmland with the corridors in other town is very low, with higher corridor density, bad connection degree, lower utilization, and little capital investing for reclamation. Farmland landscape lags behind compared with the farm equipped with high degree mechanization, with an obvious gap with SHAPE and FARA.

3. The adjusting and controlling mode, method for the reclamation farmland landscape restoration are put forward through investigating and analyzing the current reclamation projects. The main direction of land reclamation in coal mining area is ecology restoration to give the priority to cropland for which can harmonize the benefit of society, economy and ecology and keep the society of mining area sustainable development.

The object and content of reclamation farmland landscape reconstruction design and planning are different from the general landscape. Organizing space pattern of patch/corridor and reconstruction technology of matrix are its nuclear content. "3S" technology development has provided research means and technical support for farmland landscape planning and design, and has promoted the modernization of farmland landscape research and farmland landscape planning and design.

Reclamation farmland landscape reconstruction need be realized by engineering projects, which make reclamation soil achieve the most excellent productive force. According to the requirement of landscape reconstruction, this dissertation designs the method of "surface soil peeling off in digging deep to fill shallow band reclamation", "terrace mode surface soil peeling off", and surface soil peels off technology ecology reclamation in advance.

Taking project charge of land reclamation in Hebei and Shandong Province as examples, the structure of project charge was analyzed in detail. According to the sensitivity of project charge, its order is land leveling project, farmland irrigation project, field road project and other projects. Four control countermeasures are put forward in order to decrease land reclamation charge.

In the present synthetical analysis of property right of coal mine areas subsidence land, this dissertation expounds on the exist questions and causes of property right of coal mine areas subsidence land, and puts forward mode of "mend to take the place of levying", mode of "property right to cut apart and combination", combining with land property right theory.

4. According to the requirements of sustainable utilization, the reclamation farmland landscape quality evaluation system is established. The landscape quality of reclamation farmland includes its producing capacity, health level and aesthetics worth. Considering the current status and

development of reclamation farmland landscape, the author takes the land production, land environment health, sightseeing and tour function as evaluation standard to set up the quality evaluation system of land reclamation farmland landscape on small-scale coal mining subsidence. The index system mainly includes landscape productivity, landscape health level and landscape aesthetics worth. By means of inner insert median method, five grades of quality evaluating standard is established. Based on single farmland landscape index evaluating, adopting method of weight sum calculates comprehensive quality index, and comparing with quality evaluating standard, the quality of reclamation farmland landscape is obtained.

In this dissertation, the author gives a typical case of landscape reconstruction of reclaimed farmland at the coal-mining subsided land of Xinglongzhuang Town, Yanzhou City. By appraising to the soil productivity, installation level, biodiversity, soil environment quality, comfortable degree and landscape civilization value of the reclaimed farmland, and analyzing the landscape productivity, landscape health and aesthetics value of the reclaimed farmland, it can be concluded that the landscape reconstruction of the reclaimed farmland is not ideal, existing some shortcomings. At present, this phenomenon exists universally in land reclamation project. Therefore, it is needed to combine ecology reconstruction with planning and design, surface soil peeling and property right distribution. At the same time, the author proposes some measures that should be taken, such as, increase of organic fertilizer, disposes of the plant reasonably, exertion of the property right distribution, development of water-saving agriculture projects step by step, and so on, based on the similar reclamation items of coal-mining subsided land at Xinglongzhuang Town.

目 录

1	绪论	(1)
1.1	问题的提出及其意义	(1)
1.2	国内外研究现状与发展趋势	(2)
1.2.1	国内研究现状	(3)
1.2.2	国外研究现状	(6)
1.3	研究的目的是和内容	(8)
1.4	研究方法、技术路线、实施方案	(9)
2	一般农田景观格局与过程分析	(12)
2.1	景观格局分析指标与分析方法	(12)
2.1.1	景观生态学中常用景观指数的分类	(12)
2.1.2	景观指数分析评价	(12)
2.1.3	农田景观格局分析指标与方法	(13)
2.2	农田景观演变过程	(14)
2.2.1	中国传统农业中典型农田景观形式	(15)
2.2.2	短期或定期零星农田景观格局的形成与发展	(15)
2.2.3	长期集中连片农田景观格局的形成与发展	(16)
2.2.4	配套集约化农田景观格局的形成与发展	(16)
2.2.5	未来“天地人和”的绿色休闲农田景观格局发展趋势	(17)
2.3	现代农田景观演变的过程	(17)
2.3.1	现代农田景观格局的形成与发展	(17)
2.3.2	现代农田景观格局	(17)
2.4	农田景观演变影响驱动力分析	(19)
2.4.1	人类活动对农田景观格局演变的影响	(19)
2.4.2	自然环境变化对农田景观格局的影响	(20)
2.4.3	采矿对农田景观格局的作用	(20)
2.5	农田景观格局演变调控与管理	(20)
2.5.1	农田景观格局演变调控	(20)
2.5.2	农田景观格局管理	(21)
2.6	典型地区农田景观特征与演变分析	(22)
2.6.1	1958年河北省安国市伍仁桥镇农田景观特征	(22)
2.6.2	中捷友谊农场农田景观特征与演变	(24)
2.7	结论	(34)
3	矿区复垦农田景观格局与过程分析	(35)

3.1	煤矿区开采沉陷前本底农田景观格局与演变	(35)
3.1.1	农田斑块	(35)
3.1.2	农田廊道	(35)
3.2	煤炭开采对农田景观格局与过程的影响	(41)
3.2.1	井工开采区农田景观一般演变过程	(41)
3.2.2	煤炭开采量对农田景观变化范围的影响	(41)
3.2.3	矿区农田景观格局演变预测	(42)
3.2.4	兖州典型矿区复垦农田景观格局演变	(43)
3.2.5	兴隆庄镇与中捷友谊农场的景观特征对比分析	(47)
3.3	复垦对农田景观格局与过程的影响	(50)
3.3.1	规划设计方向对格局的影响	(51)
3.3.2	复垦施工对农田格局恢复的影响	(51)
3.4	复垦农田景观重建标准分析	(52)
3.5	结论	(53)
4	煤矿区复垦农田景观重建规划控制	(54)
4.1	煤矿区复垦方向	(54)
4.2	煤矿区复垦农田景观重建模式	(54)
4.3	农田景观规划设计内容与原则	(55)
4.3.1	农田景观规划设计的起源与发展	(56)
4.3.2	农田景观规划设计的内容	(56)
4.3.3	复垦农田景观重建规划设计的原则	(57)
4.3.4	复垦农田景观重建规划设计的步骤	(57)
4.4	复垦农田景观重建规划设计内容与方法	(58)
4.4.1	斑块规划设计	(58)
4.4.2	廊道规划设计	(59)
4.5	3S技术在农田景观规划设计中的应用	(60)
4.5.1	3S技术在农田景观规划设计中应用的可行性	(60)
4.5.2	3S技术在农田景观规划设计应用中的设计	(61)
4.6	结论	(63)
5	复垦农田景观重建施工控制与产权配置	(64)
5.1	煤矿区景观重建控制技术体系	(64)
5.2	高潜水位煤矿区复垦农田景观重建施工工艺设计	(66)
5.2.1	表土对生态复垦的影响	(66)
5.2.2	煤矿区土地复垦工艺效果分析	(67)
5.2.3	生态复垦中表土的剥离工艺	(68)
5.2.4	生态预复垦的表土剥离工艺	(69)
5.3	复垦农田景观重建工程费用结构分析与控制对策	(71)
5.3.1	土地整理复垦对象与工程类型	(71)
5.3.2	土地整理复垦工程费用结构分析	(72)

目 录

5.3.3	土地整理复垦工程费用控制对策	(75)
5.4	煤矿区沉陷地复垦农田景观重建中的产权配置	(76)
5.4.1	我国煤矿区沉陷地产权状况	(76)
5.4.2	产权制度及其对沉陷地配置的作用	(77)
5.4.3	土地产权种类及其特性	(78)
5.4.4	沉陷地复垦中的产权配置思路	(80)
5.5	结论	(80)
6	复垦农田景观质量评价的内容与方法	(82)
6.1	复垦农田景观质量评价原则	(82)
6.2	复垦农田景观质量评价内容	(83)
6.2.1	复垦农田景观质量评价指标体系	(83)
6.2.2	复垦农田景观质量评价方法	(83)
6.3	复垦农田景观生产力评价	(85)
6.3.1	复垦农田景观生产力指标	(85)
6.3.2	复垦农田土壤生产力水平	(85)
6.3.3	复垦农田设施配套水平	(87)
6.4	复垦农田景观健康评价	(88)
6.4.1	复垦农田景观健康评价指标	(89)
6.4.2	农田生物多样性	(89)
6.4.3	土壤环境质量	(90)
6.5	复垦农田美学评价	(91)
6.5.1	复垦农田美学评价指标	(92)
6.5.2	农田景观舒适度评价指标	(92)
6.5.3	农田景观文化价值评价指标	(93)
6.6	复垦农田景观质量综合评价	(94)
6.7	结论	(95)
7	兖州市兴隆庄沉陷地复垦农田景观重建评价	(96)
7.1	兖州市兴隆庄沉陷地复垦项目概况	(96)
7.1.1	塌陷地复垦条件分析与评价	(96)
7.1.2	复垦农田规划设计	(99)
7.2	兖州市兴隆庄沉陷地复垦项目评价	(102)
7.2.1	兖州市兴隆庄沉陷地复垦农田景观质量评价	(102)
7.2.2	兖州市兴隆庄沉陷地复垦农田景观生态重建的补救建议	(104)
7.3	结论	(106)
8	研究结论与展望	(107)
8.1	研究结论与研究成果	(107)
8.2	需要进一步深入研究和解决的问题	(109)
	致谢	(110)
	参考文献及资料	(111)

1 绪 论

矿产资源是工农业生产和社会经济发展必不可少的物质基础，是社会财富的重要源泉。我国是世界煤炭产量最大的国家，也是以煤炭作为主要能源的国家，约占一次能源构成的74%。大规模的煤炭资源开发，保障了我国国民经济的高速发展，为国家和人民创造了巨大的物质财富。然而煤炭资源的开发也导致了大量土地的破坏并引发了许多环境问题，如大量农田塌陷、农田生产设施毁坏、灌溉的水资源破坏和污染、农田环境的废弃物（废气）污染等，直接影响到农田景观安全格局，并引发一系列社会和生态安全问题。农田是有条件的可再生资源，采矿后及时采取生态重建措施，使土地与生态环境恢复到可利用水平，最大限度地减少煤炭开采对环境的影响，是合理开发利用煤炭资源与环境和社会可持续发展的共同要求，复垦农田生态恢复已日益引起世界各国的重视^[1]。众所周知，我国用世界上不足7%的耕地养育着占世界1/4的人口，人均耕地仅0.11 hm²，耕地资源严重匮乏。采矿引起的农田和环境破坏，量大面广，所以，我国的复垦农田景观重建控制更具有紧迫性。

1.1 问题的提出及其意义

煤炭开采引起的土地破坏是我国土地资源日益紧张的主要原因之一。我国煤炭生产中约96%的产量来自于井工开采，因此造成了大面积的地表沉陷，使煤矿区良田荒芜、耕地减少。据测算，井下开采万吨原煤造成的沉陷地，少的为0.033 hm²，多的达0.533 hm²，平均0.2~0.33 hm²，预计沉陷地每年以 2×10^4 hm²左右增加^[2]。露天开采平均采万吨原煤破坏土地为0.22 hm²，其中挖掘破坏0.12 hm²，外排占地0.1 hm²，估计露天开采每年破坏土地面积约为2200 hm²^[3]。因此，煤炭资源的开发、利用不可避免地对矿区生态安全产生扰动，最直接的就是压占和损毁矿区水土资源，改变原有环境景观格局，严重者诱发地质灾害等，破坏并诱发一系列的生态安全问题，其主要有以下几方面：高潜水位矿区，采煤导致平原变成高低不平的塌陷区，肥沃的农田变成沼泽地；煤矸石粉尘飞扬，矿井废水、废气渗溢；矿区浅层地表岩系破坏，地下水位下降、含水层枯竭、水体消失，使井、泉干涸；山体滑坡、土地沙漠化加剧；矿山固体废弃物露天堆放造成严重污染等。在采煤生产过程中不仅对地表景观造成破坏（改变地形、植被和土壤），而且破坏矿区土地和地质环境的生物生存条件，减少生物量，降低环境的总适宜性，并产生各种污染。在众多的采煤扰动中，对土地的破坏是最直接也是量最大的。其中，采煤占用、破坏农田及其环境问题尤为突出，不仅严重影响和制约着经济的发展，也引发了一系列社会问题和矛盾，已经严重影响矿区的持续发展^[4]。

土地复垦和生态重建是我国减轻煤炭开采扰动农田的重要措施。但由于我国复垦工作

起步晚，目前的土地复垦率只有 6% 左右，且在已复垦和正在复垦的土地上，特别是复垦农田还存在许多问题，阻碍着进一步的研究与实践。我国土地复垦往往侧重于复垦工程实践，对重构农田景观重视和研究不足，致使许多重构农田生产力低下、土壤条件差、盐碱化严重，甚至出现复垦好的农田无法交接或再次抛荒现象。由于对重构农田的景观格局了解较少、缺乏复垦农田的景观评价标准，严重影响了复垦工作的开展和复垦效果。

最近几十年，集约化经营方式已经导致了传统农业景观中生物栖地多样性的降低和自然景观的破碎化，土地利用和土地覆盖方式的变化使得农业景观的美学和生态效益遭受严重损害^[1]。生态农业是当前世界农业发展的趋势。生态农业是解决我国人口、资源、环境之间矛盾的有效途径，实现了经济效益、生态效益和社会效益的统一，是农业可持续发展的必然选择。当前，生态农业，特别是复垦后的生态农业普遍存在经济效益不佳问题，其主要原因除有机肥料施用量不足、作物品种抗病虫害能力差、作物品种竞争力弱等外，很重要原因是农田景观不合理，即农田基质差，廊道结构不完善，斑块布置不合理等，造成农田抵御灾害（风沙、病虫害、盐碱、洪涝等）能力下降。

农田景观的出现不是偶然的，它是农业经历了数千年的探索，寻找其高产、高效、持续稳定所找到的解决方法之一，是人类一直谋求农业生产与环境协调发展所走的一条必由之路，也是景观生态学迅速发展，在实际应用中解决农业生产问题一次成功的尝试^[5]。因此，复垦农田景观重建，不可不借鉴一般农田景观演变的经验和教训，掌握一般农田景观和复垦农田景观的演变规律，发挥生态农业与复垦后农田生态农业的整体效应，协调农田生物与环境间的关系，促进农业生态系统能流、物流、信息流、资金流的良性循环，形成复垦农田景观安全格局。

复垦农田景观规划设计、产权配置和质量评价是景观质量控制的必要措施，通过它可以协调复垦农田生产与复垦农田持续利用的关系、维护复垦农田生物多样性。在全球生态农业发展趋势下，要求复垦农田生态系统满足生产功能时，合理协调复垦农田的社会、经济、生态效益，满足人与自然协调发展。通过现有农田景观格局的对比分析，归纳、总结复垦农田景观规划设计的思路、方法、程序与模型，具有十分重要的战略意义和应用价值，它不仅可以作为生态农业技术、土地复垦技术的重要技术理论问题，为其技术革新提供理论依据，也可为保护生物多样性、稳定农业发展和人类可持续发展指明方向，并对生态农业建设和国家有关复垦土地评价与验收标准的制定有很大的参考价值。

本项研究是作为土地复垦学、农业生态学的基础性研究，基于我国土地复垦与生态农业的建设要求，拟运用景观生态学、土地利用规划学、农学、林学、地质统计学、计算机技术、三维地学模型等理论和方法，旨在揭示相应复垦农田景观的基本特征及其在时间与空间上的变异规律，并由此提出相应的复垦农田景观重建质量控制模式。

1.2 国内外研究现状与发展趋势

复垦农田景观重建主要是研究破坏或退化农田景观恢复及其环境问题的产生机制与演变规律，探讨破坏或退化农田再生利用及相应环境与生态恢复重建的理论、方法、技术和政策等相关问题，是土地复垦研究领域的重要组成部分。土地复垦是在社会生产力发展到

一定阶段，人类与土地关系以及与生态环境关系陷于深刻危机的严峻时期，为了解决土地利用中的土地破坏及生态环境问题而派生出来的交叉学科。由于土地破坏的不可避免性，破坏原因、类型的多样性，破坏土地的量、面广特征以及其影响的严重性和长远性，这一学科正日益成为世界性的研究热点。

景观 (landscape) 一词的使用最早出现在希伯来语“圣经”旧约全书，原意表示自然风光、地面形态和风景画面。19 世纪初期，景观作为科学名词被引入地理学，由德国著名地理学家 A. V. Humboldt 提出景观作为地理学的中心问题，探讨由原始自然景观变成人类文化景观的过程。C. Troll 将景观概念引入生态学，是希望将表示空间的“水平”地理学分析方法与表示功能的“垂直”生态学分析方法结合起来。

景观规划与管理的思想可以追溯到 19 世纪末农田景观规划，那时人们对自然界认识程度较低，景观规划集中在农业土地的重新分配，如田间道路的设置及排、灌水系统的建设等，其主要目的是提高农作物产量及土地生产力。但一些学者已经开始认识到自然保护的重要性和人类对环境影响的严重性，主张景观重建时，充分考虑人与环境的协调关系^[6]，注重提高农业生产的同时，要考虑自然保护^[7]。农田景观规划与景观规划是协同发展的，但近年来，农田景观规划落后于景观规划。

20 世纪 80 年代以来是景观规划和管理主要发展时期，在此之前的景观规划主要侧重于景观垂直方向的生态调查和关系研究，即利用图件的方式表达景观的多种属性如地貌、地质、水文、植被、动物种类和土地利用方式等，并以此确定景观单元的功能分区。20 世纪 80 年代后，景观水平的生态规划和管理研究更关注于自然过程和景观格局中的水平运动和流的关系，如营养流、水循环和物种运动等，开始从静态格局的研究转向动态研究，尤其对生态过渡带和边缘效应，以及碎裂化的研究更为关注^[8]。

景观生态学与景观规划的发展为复垦农田景观生态重建注入了新的活力。为增强农田景观的生态整体性，达到农田的可持续利用，农田景观生态重建中必须从农田生态学的角度综合考虑农田景观干扰因素的空间作用、空间关系和干扰过程，提高农田生产力和生态稳定性。

1.2.1 国内研究现状

1.2.1.1 农田景观研究

根据 1990 ~2000 年中国景观生态学文献按不同的研究内容所作的分类统计，从所发表的 619 篇景观生态学文献中，属于景观生态学基础理论研究的文章有 245 篇，占全部文献的 39.6%；属于景观生态学方法论部分的文章有 146 篇，占全部文献的 23.6%；另外还有 228 篇文章属于景观生态学的应用研究部分，占全部文献的 36.8%。在景观生态学方法论部分的 146 篇文献中，针对 RS 或 GIS 技术专题的文献有 24 篇，占全部文献的 3.9%；属于景观动态模型的文章有 40 篇，占全部文献的 6.5%；另外还有 82 篇文献属于景观生态学实验方法方面的研究，占全部文献的 13.2%。因此，我国景观生态学研究还较偏重于基础理论和应用方面，而对景观生态学的方法论部分的研究还相对较少，并且还表现为较侧重于实验方法与景观模型的研究。按景观生态学研究对象，有关城市景观生态的研究较为突出，该类文章发表数量位居首位，占 13.4%；其次为关于区域、流域性景

观的研究, 占 13.1%; 有关森林景观及寒区、旱区景观研究的占 8.6%, 位居第三; 以下依次为生物、生境及多样性、农业景观、湿地景观、城郊景观生态以及植物景观。按照不同的研究专题, 我国的景观生态学者针对景观结构及景观空间格局的研究较为火热, 占 27.3%; 而对景观过程 (景观功能) 及景观变化 (景观动态) 两方面的研究则大大少于关于景观结构的研究, 其中针对景观生态过程 (景观功能) 的研究最为薄弱, 只占 12.8%^[9]。

傅伯杰 (1995) 以陕北米脂县泉家沟流域为研究对象, 首次进行了农业景观的格局研究^[10]。李新通 (2000)、赵羿 (2000)、王学雷 (2001)、齐伟 (2003)、角媛梅 (2003)、庄大昌 (2003) 等先后采用斑块数量、密度、斑块平均大小、面积及其差异、多样性、均匀度、优势度、聚集度、破碎化、斑块分维数、边缘密度、蔓延度指数、香农多样性指数、香农均度指数、斑块形状指数等景观格局指标对区域农业景观格局进行了定性或定量研究, 揭示了大、中尺度下的农业景观格局及其演变特征^[5, 11~15], 反映的是土地利用覆盖与变化情况, 同时指出目前农业景观格局中存在的不足, 如传统的作物布局和防护林带、道路、水渠、人工湖的建设等, 基本目的是为了发展当地的经济, 很少考虑这样一种景观结构是否能形成一个稳定的农业生态环境, 是否能维持农业生态系统与外界环境有一个稳定的生态平衡联系, 以至最终实现农业生产的持续发展。戴尔阜 (2002)、李同升 (2002)、李新通 (2000)、刘黎明 (2003)、陶丽华 (2001)、王浩 (2003)、王仰麟 (2000)、肖笃宁 (2003)、徐峰 (2003)、张慧 (2001) 等对农业景观规划设计的原则、程序、方法和内容等提出自己的观点^[16~25], 主要是大、中尺度下的农业景观功能分区与规划、生态单元设计, 偏向于生态规划设计或风景园林规划设计, 对景观格局的规划设计内容没有定量给出。孙保平 (1997) 采用连接度、环通度、带斑比、优势度等指标对北京市大兴县北藏乡农田林网景观结构进行评价^[26], 一定程度上反映了小尺度农田景观单一要素的格局。宇振荣 (1998) 就农田边界研究进展、农田边界景观生态功能及农田边界生态学的意义做一简介和讨论^[27]。张凯 (2002) 对沈阳市郊区农业景观中的秋菜田斑块的大小、形状及与其他斑块或廊道的邻接情况等基本特征进行了随机抽样调查, 分析和讨论了菜田斑块在该景观中的镶嵌特征^[28], 由于秋菜田具有随机性, 而且受市场影响较大, 很难将其规律应用于其他农田。

1.2.1.2 复垦农田景观研究

我国土地复垦起步较晚, 20 世纪 50、60 年代有个别矿山自发地进行一些土地复垦工作, 矿区土地复垦主要采用填埋、剥离、覆土等工程措施将废弃地改造成可耕种土地, 实现矿区土地农业耕种目标。进入 20 世纪 70、80 年代, 开始综合利用矿区土地资源, 注重相关的基本环境工程的配套问题, 使得土地复垦更加系统化, 是以矿区土地资源稳定与持续利用为目标的环境工程复垦。例如, 中国煤矿学界取得了一系列研究成果, 其中包括煤矿开采引起塌陷的预报预警系统、抗建筑变形理论、修复煤矿塌方土地的综合技术等^[29]。直到 20 世纪 80 年代, 土地复垦才被真正得到重视, 从自发、分散状态转变为有组织的复垦阶段, 1989 年 1 月 1 日生效实施的国务院《土地复垦规定》标志着我国土地复垦开始走上法制轨道^[30]。在矿区土地复垦上更多地强调生态学方面的观点, 是以植被复原与生物多样性保护为目标的生态复垦, 选用适宜的表土、植物和肥料改良土壤, 利用先锋植物