

国家自然科学基金项目·中国经济问题系列丛书

陕北能源富集区土地资源 利用与生态安全评价研究

李强 张翀 著



科学出版社

国家自然科学基金项目·中国经济问题系列丛书

陕北能源富集区土地资源 利用与生态安全评价研究

李 强 张 翀 著

国家自然科学基金项目（41301618 基于过程的陕北能源
富集区土地利用转型与时空配置研究）

陕西省 2015 年度科学技术研究发展计划陕西省青年科技
新星项目（2015 KJXX-45 基于 GIS 的陕北能源富集区
土地利用与生态效应评价）

资助出版

陕西学前师范学院地理学重点学科

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

陕北气候干旱、水土流失严重,且是我国重要的能源资源富集区和能源重化工基地。本书通过利用遥感、统计、测试等多种数据,结合地理信息系统及智能化处理等多种方法,多时空尺度、综合、全面、系统地对生态脆弱区大型能源重化工基地人类活动的生态效应进行测评与分析,以期探明本区域近 30 年人类活动(能源开发相关因素)产生的生态环境效应变化特征和时空差异、发展趋势和动力机制及影响机理。同时建立西部生态脆弱区能源和重化工基地生态安全评价指标体系与方法体系,进行生态安全动态分析,探讨生态安全对能源开发的响应机制。最后将各种数据处理封装在一起,实现生态安全评价、风险预报等的智能化处理。

本书可供地学、资源环境、能源科学、土地生态、城市生态、土地管理、区域发展、农林科学等领域的研究人员及高校师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

陕北能源富集区土地资源利用与生态安全评价研究 / 李强, 张翀著. — 北京: 科学出版社, 2016.9

ISBN 978-7-03-049967-7

I. ①陕… II. ①李… ②张… III. ①土地资源-资源利用-研究-陕北地区 ②生态安全-安全评价-研究-陕北地区 IV. ①F323.211②X959

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 225044 号

责任编辑: 徐 倩 / 责任校对: 李 影

责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 9 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016 年 9 月第一次印刷 印张: 17 1/4

字数: 380 000

定价: 86.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

陕北是我国能源资源主要产区之一，蕴藏着丰富的煤炭、石油和天然气，该区域正在成为我国西煤东运、西气东输的重要补给地与能源重化工基地。但该地区地处干旱-半干旱地区，为黄土高原水土流失最为严重的区域之一，生态环境十分脆弱，易破坏、难恢复，能源资源的开发对陕北能源区原本十分脆弱的生态环境造成了巨大的破坏，使局部地区生态环境更加恶化，对生态环境产生不可逆转的影响。

本书以陕北为对象，从区域生态环境安全、能源安全和可持续发展出发，选择不同空间尺度，主要分析生态环境变化特征和可持续发展中存在的问题、影响因素、影响机理及过程，构建生态安全本底数据库、模型库，对生态脆弱区中能源开发区的生态效应和生态安全动态进行综合定量测评，运用地理信息系统（geographic information system, GIS）技术进行数据处理及时空的动态模型分析，查清能源开发的生态环境效应及动态变化特征，并对生态安全对能源开发的响应机制进行分析。对深化人地关系研究的理论与方法、促进西部重能源区环境协调持续发展，均有重要的理论意义和现实作用。

本书创新之处及取得的研究进展如下：①研究采用的数据多为时间序列数据，采用的统计学方法较多。各种数学方法的处理均以 MATLAB 的编程语言为基础，从多角度考虑，并且经过图形用户界面（graphical user interface, GUI）设计和开发，建立多种分析方法的可执行文件（executable file, EXE），提高数以万计的栅格的运算效率，最终实现时间序列地理栅格数据的智能化、拓展式、人机交互式处理。期望可以将 GIS 与 MATLAB 的数据处理系统紧密联系起来，对其他地学问题的处理有重要的应用价值和启发意义。②探讨生态系统固碳对碳捕捉与封存成本的影响，估算陕北各个县区的二氧化碳治理最低合计成本，从而基于相关部门的立法和约束，为各个县区的不同产业二氧化碳治理成本投资提供依据，使政府部门可以从全球变暖的主要根源上出发，实现低能耗、低污染、低排放为基础的低碳模式。③将生态安全等级与土壤重金属潜在风险等级相结合，从生态多样性与土壤重金属污染的可能性出发，探测陕北能源区生态热点区域。本书根据实际生态环境及人类活动对其影响程度，在热点区域的基础上给出了应对土壤重

金属污染优先保护区,延安市中部的中-低热点区的过渡区及洛川县应该作为应对土壤重金属污染的优先保护区域,该区域生态环境中度安全,人口较为密集,且地下石油储量丰富,石油开采范围较广,削山造城、石油开采等不合理人为活动导致山体稳定性减弱,水土流失加重,这些是该区域土壤重金属的重要来源。该方法为生态环境优先保护范围的确定提供了一种新的思考模式,同时为相关部门生态修复和生态环境进一步管理与保护提供了理论依据。

本书得到国家自然科学基金项目(41301618 基于过程的陕北能源富集区土地利用转型与时空配置研究)、陕西省社会科学基金项目(13D019 陕西能源富集区土地开发利用与生态安全评价)、陕西省2015年度科学技术研究发展计划陕西省青年科技新星项目(2015KJXX-45 基于GIS的陕北能源富集区土地利用与生态效应评价)及陕西省教育厅科学研究计划项目(2014JK1182 陕北农牧交错区油气开发与生态效益评价研究)资助,在此一并致谢!

目 录

第 1 章	绪论	1
1.1	国内外研究进展	3
1.2	本书主要内容	7
第 2 章	区域概况与数据处理	8
2.1	区域概况	8
2.2	技术路线	13
2.3	数据搜集与处理	14
2.4	研究方法	26
第 3 章	陕北能源富集区生态环境变化特征分析	36
3.1	气候变化特征分析	36
3.2	土地利用变化特征分析	39
3.3	植被覆盖时空变化特征与人类活动对植被覆盖的影响	50
3.4	陕北不同类型能源开采区生态环境变化特征分析	53
第 4 章	陕北能源富集区生态系统服务功能变化分析	56
4.1	净第一性生产力测评	56
4.2	生态系统气候调节功能测评	60
4.3	土壤保持量测评	71
4.4	涵养水源功能测评	85
4.5	综合服务功能测评	89
第 5 章	陕北能源富集区生态安全评价	96
5.1	评价模型构建	96
5.2	结果分析	100
第 6 章	陕北能源富集区能源开发生态安全效应测评	106
6.1	研究数据及处理	106
6.2	陕北能源区生态安全评价	106
第 7 章	榆林市能源开发的生态环境影响评价	116
7.1	研究区数据与处理	116
7.2	生态环境状况评价指标体系	129
7.3	基于县级单元的榆林市生态环境状况评价	139

7.4 基于栅格单元的生态环境变化及分析153

7.5 生态环境问题分析及保护措施研究175

第 8 章 神府煤矿能源开发区生态安全评价184

8.1 研究区概况184

8.2 研究方法与数据处理195

8.3 土地生态安全评价体系建立199

8.4 土地生态安全综合评价233

第 9 章 陕北能源富集区土壤重金属污染对能源开发的响应245

9.1 数据处理与研究方法245

9.2 结果分析247

第 10 章 结论与讨论255

10.1 主要结论255

10.2 讨论258

参考文献260

第1章 绪 论

随着人口的增长和社会经济的快速发展,人类的社会经济活动导致自然资源的高速耗减和环境质量的快速下降,以及生态环境服务功能和效应的锐减,人类生存环境面临严重威胁。能源是关系到国民经济发展和国家安全的战略资源。随着我国社会经济的发展,能源供给压力越来越大,因此加快本国能源开发是必然趋势;长期以来,人们十分关注能源的生产和消费研究,但对能源开发区生态环境的研究相对较为薄弱,缺乏全面系统定量的研究和有效的管理机制,造成大型能源基地或地区生态环境不断退化,特别是生态环境脆弱区^[1~5],一旦破坏很难恢复,使区域生态系统服务功能和效应锐减,生态价值损失巨大,灾害频繁发生。据环境保护部、国土资源部调查,在能源开发过程中,造成的生态破坏和环境污染十分严重,而恢复治理率仅为5%(发达国家为65%以上)^[6, 7]。能源开发中占用和破坏了大量的土地资源,造成土地理化性质和生产力严重破坏,特别是土壤表层的丧失或性质的改变,使土壤失去永续利用的价值,植被破坏、地表结构破坏造成严重的水土流失,或出现大片土地荒漠化。加之能源开发区能源加工基地建设及能源地区铁路、公路的配套和交通建设加快等,加速了生态环境的破坏。生态危机必然会导致区域社会经济的不稳定、不安全及不可持续发展。因此,加强生态脆弱区能源开发生态环境效应测评和研究,探明影响特征、动态变化和影响机理,建立有效政策制度和管理机制,处理好能源开发与区域可持续发展关系,是国家安全的一个战略任务,对我国经济、文化、政治和社会具有重大而深远的意义,特别是在生态脆弱区对能源开发的生态效应进行全面、系统、定量测评与研究,建立科学可行的调控机制,不仅具有必要性,更具有迫切性,同时也是人地关系研究的理论与方法的深化、探索与实践,对学科发展也具有重大的推动作用。

近年来,国内外专家学者从可持续发展角度出发,对能源开发和环境安全问题从理论到方法进行了大量研究和实践,取得了重要进展^[8~13],其研究主要集中于环境安全和能源安全的评价理论与方法和指标体系上,并在不同时空尺度上对生态敏感地带,从不同角度进行了专题性实证研究,取得了重要成果,推动着这

一研究的不断深化^[14-50]。由于生态系统的复杂性和研究方法的多样性,在目前研究和应用中,仍然存在着许多问题,包括方法需要不断完善,理论需要进一步探讨,并需要在不同地区应用实践中不断完善等。我国近几年的能源和环境安全研究取得了丰富的成果,为深入系统的研究奠定了良好的基础。但仍然存在许多问题,主要问题如下:①环境安全多以行政区为单元进行评价,人为割裂生态系统的完整性;②宏观特征和规律研究较多,微观机制机理研究比较薄弱;③评价指标体系主观性较强,缺乏多尺度指标体系,综合研究较少;④环境安全指标研究中安全阈值的研究较少;⑤环境安全度分等划级主观随意性大,缺乏科学性、客观性和统一性;⑥对西部重能源地区研究相对较少,对能源开发生态环境效应缺少定量化和动态化分析。近年来,陕北能源区相关产业迅速发展,人口迅速聚集,城镇化加快,环境压力剧增,生态问题更为突出,使能源开发区面临巨大的生态风险,影响区域可持续发展。因此,对生态脆弱区能源开发基地和生态安全状况及生态风险需要全面综合系统的研究,建立有效机制进行调控,以免在能源开发枯竭时,又出现大量区域资源和生态环境无法承载的废都、废城和新的贫困区。

因此,通过不同空间尺度的深入研究与实践,力求对区域能源开发利用的生态效应有一个更深刻的认识,并进一步探索能源开发对生态环境影响的过程、动力因素机制和影响机理,从而深化和完善人地关系研究的理论与方法体系,完善和深化区域可持续发展评价的理论体系和方法指标体系,建立能源开发区与生态环境可持续发展途径。

本书以陕北为主要研究区。选择不同空间尺度,主要分析生态环境变化特征和可持续发展中存在的问题、影响因素、影响机理及过程,构建生态安全本底数据库、模型库,并对生态安全对能源开发的响应机制进行分析,最终提出区域能源开发利用与区域可持续发展的调控对策。陕北,特指陕西的延安市和榆林市,它是相对于陕西的陕南和关中而言的。该地区东隔黄河与晋西相望,西以子午岭为界与甘肃、宁夏相邻,北与内蒙古相接,南与关中的铜川相连,其范围包括榆林市和延安市的25个县区。陕北是我国能源资源主要产区之一,蕴藏着丰富的煤炭、石油、天然气,已探明储量巨大,分布集中,资源开发远景相当可观。在能源优势的支撑下,该区域正在成为我国西煤东运、西气东输的重要补给地与能源重化工基地。从2001年开始,陕北的能源开发规模迅速扩大,为我国的经济增长贡献了重要力量。

但该地区为黄土高原水土流失最为严重的区域之一,降水量少,水资源缺乏,水土流失、沙漠化严重,植被稀疏,生态环境十分脆弱,易破坏、难恢复,能源资源的开发对陕北能源区原本十分脆弱的生态环境造成了巨大破坏,使局部地区生态环境更加恶化,据估计这项损失为27 697.48~57 810.84万元/年,占当地生产总值的1.01%~2.11%;而且本区域地处干旱-半干旱地区,区域经济发展和人

民生活受水资源瓶颈的制约严重。例如,陕西榆林市地下水含水层正好就在煤层上方,煤炭开发很容易造成地下水的流失,引起地表植物枯死,地面沙化和塌陷近年也不断发生,对生态环境产生不可逆转的影响。

此外,能源经济也促进了地区的快速发展,积聚了大量资金,为地区大力度生态建设提供了可能。在这样的情况下,要避免资源大开发变资源大开挖、生态大破坏,待资源枯竭时变成大贫困的困境,就要在动态监测和定期量化评价基础上,建立有效管理机制和措施。

因此,从区域生态环境安全、能源安全和可持续发展出发,对生态脆弱区中能源开发区的生态效应和生态安全动态进行综合定量测评,运用GIS技术进行数据处理及时空的动态模型分析,查清能源开发的生态环境效应及动态变化特征,建立生态脆弱区能源开发利用优化模式与可持续发展调控对策。对深化人地关系研究的理论与方法、促进西部重能源区环境协调持续发展,均有重要的理论意义和现实作用。

1.1 国内外研究进展

1.1.1 生态系统服务功能研究进展

生态系统是植物、动物和微生物群落及非生物环境的动态复杂系统,其作为一个功能单位进行相互作用,人类仅仅是生态系统的组成部分。生态服务功能概念多样, Costanza 等认为生态系统服务功能可以量化为生态系统为人类提供的产品和服务,以表示生态系统为人类直接或间接提供的利益^[51]。Daily 等认为生态系统服务功能是自然生态系统生产产品,从而维持和满足了人类生存的过程^[52]。de Groot 等认为生态系统服务功能是自然生态系统和人为生态系统直接或间接为人类提供的产品和服务^[53]。根据联合国千年评估报告,生态服务功能被定义为人们从生态系统谋取的利益^[54]。该概念中的生态系统既包含自然生态系统,也包含人为及人类改造的生态系统,这种服务可以是间接的,也可以是直接的,既存在有形的效益,也存在无形的效益。由于经济快速发展,人类对生态环境的破坏日益加重,从而使自然环境的变化越来越多地影响着社会经济活动和人类生活,人类开始认识到生态系统提供的资源、净化能力、土壤保持等服务对于维持人类正常的生产和生活尤为重要,所以根据自然科学、哲学、社会学、经济学等多学科,将生态系统服务功能价值货币化,从而使人类对生态系统服务功能认识加深,以便更好

地对生态系统进行管理。

生态系统服务功能目前主要侧重于生态系统的生产能力、气候调节能力、土壤保持能力和水源涵养等能力的评价。针对净第一性生产力估算,国内外不同学者建立多种估算方法,估算方法差异性很大,包括气候生产力模型^[55~59]、生理生态过程模型^[60~64]、光能利用模型估算^[65~68]等,其中光能利用模型进行净第一性生产力估算已经成为一种全新手段。我国学者李晶和任志远^[69]、朱文泉等^[70]应用光能利用效率模型(carnegie-Ames-Stanford approach, CASA)分别对我国陕北黄土高原和我国陆地生态系统的净第一性生产力进行了估算。生态系统固碳释氧的估算是基于净第一性生产力估算,然后根据光合作用化学方程式将净第一性生产力转换为固碳量和释氧量,进而计算其价值量。土壤侵蚀模型分为经验统计模型和物理模型两类。经验统计模型主要有通用土壤流失方程(universal soil loss equation, USLE)、修正通用土壤流失方程(revised universal soil loss equation, RUSLE)、欧洲土壤侵蚀模型(European soil erosion model, EUROSEM)等。物理模型包括农田尺度的水侵蚀预测模型(water erosion prediction project, WEPP)、荷兰 LISEM(limburg soil erosion model)等。目前,USLE 和 RUSLE 是应用最为广泛的两个模型。生态系统涵养水源模型主要包括区域水量平衡法与基于植被和土壤的蓄水能力及径流量的估算方法,如李红云等^[71]、张文广等^[72]分别对济南南部山区、岷江上游地区的植被涵养水源量进行了计算。

自 1997 年 Costanza 对生态系统服务功能价值的研究后,我国学者对该领域进行了深层次研究,如高长波等^[73]、任志远^[74]对生态系统的安全与生态服务价值之间的辩证关系及生态系统可持续性进行了详细的论述,均认为生态系统的可持续性/生态安全受到了人类社会系统与自然环境系统两者的共同作用。

对于改善人类福祉、可持续发展、效率与公平、生态保护与恢复决策的要求,生态系统服务功能的价值评估是非常必要的。生态系统服务功能价值量的评估有助于提高公众环境保护意识、环境与经济一体化核算、制定合理的自然资源价格体系、在环境影响评价中做出绿色决策与生态补偿制度的公平。

生态系统提供的服务功能可通过各种定性和定量的方法进行评估。目前,生态系统服务功能的监测和评估可以定量反映出生态系统为人类提供的利益,是生态学、经济学、环境学等多学科的研究热点问题。地球生命支持系统自身的稳定和生态系统服务功能的可持续发展是人类和社会可持续发展的前提,从研究生态系统服务功能物质质量及其价值量出发,为合理地开发生态系统资源,逐步将生态系统服务功能经济价值纳入国民经济评估体系,从而实现社会经济的可持续发展。另外,国内外大量学者已经开展了多种陆地生态系统的服务功能及其价值量评估研究,但由于人们对能源区生态系统及生态服务功能理论的认识局限,使针对能源区生态系统服务功能及其价值量评估的研究相对较少。

1.1.2 生态安全研究进展

人类社会的发展需要开发一定的自然生态系统,如土地、森林和水资源的利用,随之会引起自然生态系统组分、结构和功能发生变化。开发较为严重的情况下,便会导致景观破碎程度增加,自然物种减少甚至灭绝,以及外来物种入侵,所排放的废弃物又会反过来对人类赖以生存的土地、空气和水资源等产生负面影响。这些变化带来了许多严重的生态环境问题,如水土流失和退化、森林资源减少、空气污染、水体污染、温室气体的增加、臭氧层破坏、能源短缺、海洋污染及物种灭绝。此外,这些严重的生态环境问题会产生许多更严重的生态安全问题,如环境健康问题、生态庇护所和资源战争等。这些严重的生态安全问题威胁着一个国家或人民群众的切身利益,人类生存面临严重威胁,并阻碍人类社会的进一步发展,亟须找到有效的方法来解决这个问题。

目前,生态安全,存在广义和狭义两种概念。狭义的生态安全概念是指自然和半自然生态系统的安全,即生态系统完整性和健康的整体水平反映。健康系统是稳定的和可持续的,在时间上能够维持它的组织结构和自治,以及保持对胁迫的恢复力。若将生态安全与保障程度相联系,生态安全可以理解为人类在生产、生活和健康等方面不受生态破坏与环境污染等影响的保障程度,包括饮用水与食物安全、空气质量与绿色环境等基本要素。广义的生态安全是指在人的生活、健康、安乐、基本权利、生活保障来源、必要资源、社会次序和人类适应环境变化的能力等方面不受威胁的状态,包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全,组成一个复合人工生态安全系统。生态安全涉及的内容主要包括生态安全概念与特点^[75]、生态安全评价^[76]、生态安全预警与调控^[77]、生态安全管理和维护等^[78]。其中,生态安全评价是生态安全研究的基础和前提,在全球环境管理工作中占据着越来越重要的地位。

生态安全评价是由生态风险分析与生态健康研究演变而来的。由于生态安全的评估需要大量的数据,如社会经济数据、环境数据、自然资源数据等,集成多源数据建立一个评价模型,是一种定量化和有效的评估方法。目前,生态安全评价常用方法主要包括综合评价法、生态建模法和景观生态学方法。综合评价法在不丢失关键指标的信息的基础上简化了评估过程,并提供比较客观的结果,它已被广泛地应用于评价地理典型区域或生态系统。生态建模法是一种基于数学模型的评价方法,已逐渐成为生态安全评价和管理的有效工具。景观生态学方法相对较为新颖,并已逐步成为研究生态安全的重要方法之一,它在大尺度研究区表现出很强的优势。这些方法都主要是通过使用多源数据来实现对研究区生态安全状况的定量分析。

因此,生态安全评价需要大量实时数据的支持,也需要将其结果及时反馈

给决策者,所以需要及时并提供真实信息的系统的支持。遥感(remote sensing, RS)和GIS技术能够满足这一需求。GIS作为分析和管理空间数据的有效工具,在生态安全评价方面表现出较强的优势^[79]。不同时期卫星图像和航拍照片等遥感数据,可以用来实现土地覆盖变化动态监测,并获取动态或变化信息,从而更新和完善相关数据;并结合大量多时相和多传感器数据,以实现结果的可靠性、精确性。

生态安全评价还存在很多问题,主要包括:①评价指标体系的建立、指标权重的确定及生态安全等级划分上具有较大的主观性^[80],不同区域上的研究不具有可比性^[81、82];②评价单元多为行政区,空间差异性及针对性较差^[83];③生态安全评价不具有动态连续性,无法挖掘生态安全随时间的动态变化规律^[84]。所以本书以栅格为单元,搜集大量相关数据,并采用转移矩阵、MK(Mann-Kendall)检验等方法分析生态安全的时间动态特征,尽量弥补上述存在的不足。

1.1.3 土壤重金属污染研究进展

陕北作为我国重要的能源资源富集区之一,其能源具有储量丰富、埋藏浅、易开采等特点,能源的开采与开发使陕北经济快速发展。随着陕北能源开发带来的经济的快速发展,表层土壤重金属不断积累,直接造成土壤理化性质的改变,间接造成植被退化、大气污染和水体污染,进而威胁着人类健康^[85],能源开发区长期的能源开采过程引起了土壤污染与生态环境问题^[86],土壤重金属的研究成为区域生态环境评价的重要指标^[87],从而为土壤修复提供参考。

近年来,许多学者对不同地域及矿区土壤重金属进行了研究^[88-95],研究对象多为单一区域^[96]或者单一类型的矿区^[86],且主要针对土壤重金属化学形态-生物有效性^[97-101]、重金属污染研究^[102-104]、重金属污染修复和治理^[105-107]及重金属污染评价^[108-110]等。但是针对不同类型的能源开发区的能源开发对土壤重金属污染的影响,以及结合生态安全指数确定土壤重金属污染优先保护区的研究还比较少,尤其是针对我国特大能源开发基地的相关研究鲜见报道。

本书主要利用遥感、统计、测试等多种数据,结合地理信息系统及智能化处理等多种方法,多时空尺度、综合全面、系统地对生态脆弱区大型能源重化工基地人类活动的生态效应进行测评与分析,主要包括:①以期探明本区域近30年人类活动(能源开发相关因素)产生的生态环境效应变化特征以及时空差异、发展趋势和动力机制及影响机理。②建立西部生态脆弱区能源和重化工基地生态安全评价指标体系与方法体系、进行生态安全动态分析,建立生态风险预报模型和社会经济发展与生态环境协调发展模式和调控机制。同时,将各种数据处理封装在

一起,实现生态安全评价、风险预报等的智能化处理。

1.2 本书主要内容

本书以陕北为主要研究地区,并在其中不同环境类型区按照开发能源类型(煤、石油、天然气),选择开发基地内不同典型样区作为重点,从不同尺度,结合实地调查和定点观察测试,对能源开发基地土地利用类型结构变化、生态环境要素变化和生态系统功能结构变化及生态效应变化进行综合定量测评,分析能源开发中人类活动与生态效应变化特征、影响因素、影响过程与机理,进行生态安全动态评价和生态风险分析,建立调控机制,以及科学发展模式和可持续发展途径。

本书的研究内容主要包括:①对土地利用时空变化及人类活动和生态环境要素(区域气候、土地退化、植被与水土流失、自然灾害等)变化特征进行影响因素和动力机制分析。②测评在能源开发与能源重化工基地建设等因素影响下生态功能变化效应,包括生物量生产、释氧固碳、涵养水源、保持水土、调节气候、净化空气等服务功能变化,通过测评物质量变化,计算其价值量并分析其动态变化特征。③进行生态安全动态评价,根据生态安全影响因素动态特征,分析生态安全对生态压力、生态状态和生态响应的响应机制。④我国生态脆弱区土壤重金属污染对能源开发的响应。⑤能源开发和基地建设对区域生态环境影响具有区域性、长期性和潜在性,灾害的发生具有滞后性。开发扰动打破了自然生态系统平衡。因此,不同空间尺度上的环境质量变化的生态风险评价也是研究的重点。

第 2 章 区域概况与数据处理

陕北是我国重要的能源资源开发基地之一，能源资源以煤炭为主，还分布储量很大的石油和天然气。其中，煤田包括神府煤田、黄陵煤田等，神府煤田是我国特大煤田之一，该地区地质构造简单，煤层厚、埋藏浅、煤炭品质优良；陕北石油的性质及其使用均在东汉班固《汉书·地理志》和宋代沈括《梦溪笔谈》中提到过，储量较大，探明储量大于 4 亿吨，全国排名第 10 位，已发现的油区主要分布在延安市的延长县、宝塔区和安塞区；陕北天然气储量丰富、品质好，探明储量为 3 200 亿立方米，居全国第 2 位，主要分布于定边县和靖边县，是西安、北京、银川等城市天然气供给之一。

陕北是半湿润向半干旱气候的过渡区，又是典型的农牧交错带向农牧-工矿交错带过渡的地区，多种界质交错，生态环境波动性较大，且非常脆弱。煤炭、石油和天然气的开发及相关产业的发展是陕北社会经济发展的主要基础，能源开发及相关产业的发展促进了陕北能源区的城镇化发展，同时也给当地本身脆弱的生态环境带来了巨大压力。

2.1 区域概况

2.1.1 地理位置

陕北是黄土高原的典型部分，地处北纬 $35.2^{\circ} \sim 35.95^{\circ}$ ，东经 $107.15^{\circ} \sim 110.15^{\circ}$ ，位于晋陕黄河峡谷以西、子午岭以东、渭北旱塬以北、毛乌素沙地以南，南北狭长，地势西北高、东南低，总面积约为 89 327 平方千米。

根据地貌、土壤、气候、植被、水土流失等情况，陕北能源区可划分为风沙

区、黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区，涉及的行政区如表 2-1 所示。

表 2-1 陕北地貌行政区划表

地貌类型	涉及县市
风沙区	榆阳区（部分）、神木县（部分）、府谷县（部分）、横山区、靖边县、定边县
黄土丘陵沟壑区	榆阳区（部分）、神木县（部分）、宝塔区、延长县、延川县、子长县、安塞区、志丹县、吴起县、甘泉县、绥德县、米脂县、佳县、吴堡县、清涧县、子洲县
黄土高原沟壑区	富县、宜川县、黄龙县、洛川县、黄陵县

1. 风沙区

陕北风沙区属于毛乌素沙地的一部分，东界黄河，西临宁夏盐池，北与内蒙古毛乌素沙地相连，南大体以明代万里长城为界。气候干旱，蒸发量大，水资源缺乏，风沙大、日照充足。大小湖泊 149 个，地表、地下水相对丰富，水土流失严重，是黄河粗沙和北方沙尘暴的来源之一，是陕北乃至陕西生态最为脆弱的区域。

2. 黄土丘陵沟壑区

黄土丘陵沟壑区是陕北黄土高原的主体。地貌梁峁起伏，地表支离破碎，该区域水热同期，夏秋暴雨侵袭，土壤抗侵蚀力差，是黄河中游水土流失最严重的地区之一，土壤肥力容易流失。坡度大于 25°、15°~25°及农耕土地均占该区域面积的 1/4，农业生产受到限制，广种薄收，粗放经营。

3. 黄土高原沟壑区

黄土高原沟壑区是陕北高原的一部分，地貌以黄土塬和残塬为主，属暖温带半湿润区，降水量丰富。黄土塬塬面地势平坦宽平，坡度 1°~3°，耕地分布集中，塬边沟壑发育，支离破碎。由于水资源缺乏，农业以旱作为主。除子午岭林区东缘和黄龙、黄陵-宜川林区等分布天然次生林区外，其他地区植被覆盖较低。塬边与植被覆盖较低区水土流失严重。

本书综合多个图件，编辑得到陕北煤炭、石油、天然气这三种能源集中开采区，并在此范围基础上生产 10 千米的缓冲区（图 2-1），以对比能源开采区内能源开发对其周边生态环境的影响。

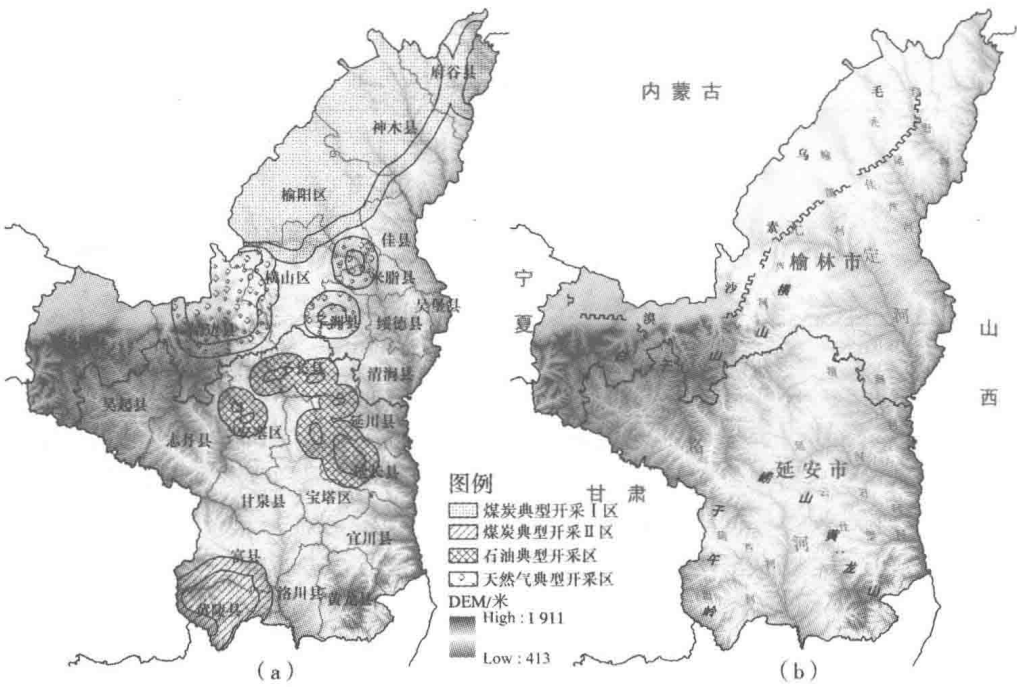


图 2-1 陕北能源区概况

2.1.2 地质地貌

地质构造主要是在中生代基岩所构成的古地形基础上，覆盖新生代红土和很厚的黄土层，经流水侵蚀形成。地势东南低、西北高，地貌类型主要包括黄土塬、梁、峁、沟。黄土塬分布于延安市以南，宝塔区、延长县、延川县地貌类型是以黄土梁为主的梁峁沟壑丘陵区，延安市以北分布以梁为主的梁梁沟壑丘陵区，长城以北沿线是风沙滩地。陕北中南部分布有白于山、子午岭、崂山、黄龙山等山地。

2.1.3 气候

陕北属于中温带干旱大陆性季风气候，且属于西风带。气温偏寒，年均温 7~13 摄氏度，1 月均温 -4~9 摄氏度，7 月均温 20~24 摄氏度。无霜期 170~200 天。年降水量 400~700 毫米。季节差异明显，春季风沙多，夏季多雨，秋冬季降水稀少，干冷。