

基于区域生态安全的东部草原煤电基地适应性管理研究

马妍¹, 马妍¹, 李淑祎², 王子源³, 孙翔⁴, 张萌¹, 韩志远¹, 田雨歌¹, 陆兆华¹

(1. 中国矿业大学(北京) 化学与环境工程学院, 北京 100083; 2. 国瑞沃德(北京) 低碳经济技术中心, 北京 100031;

3. 广州市净水有限公司, 广东 广州 510627; 4. 广西大学 资源环境与材料学院, 广西 南宁 530004)

摘要:为达到区域生态保护和经济发展的最佳平衡,从煤电基地环境问题的系统性与复杂性出发,探讨基于区域生态安全的煤电基地适应性管理理论。对管理对象、目标、内容进行深入探讨,构建适应性管理理论框架。确定包括资源开发目标、经济效益目标以及生态效益目标在内的管理目标;明晰管理内容主要包括区域生态安全评价、适应性管理建议以及管理方案的调整;建立具有反馈功能的适应性管理框架。以东部草原锡林郭勒盟煤电基地为例,使基于区域生态安全的煤电基地适应性管理理论逐渐明晰并趋向具体,也为东部草原区域煤电基地生态安全的评价与预测提供参考。结果表明:锡林郭勒盟生态安全协调性差,整体生态承载力与生态系统服务价值仍需提升;针对锡林郭勒区域生态安全问题应进一步针对生态系统耦合、协同情况,从空间尺度上分析锡林郭勒盟生态安全协调程度;应相应调整土地利用现状,建立新型土地利用格局,最大程度减少人为干扰和破坏。

关键词:煤电基地;区域生态安全;适应性管理;东部草原

中图分类号:X37

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2020)06-0045-08

Study on the adaptive management of eastern grassland coal and power base based on regional ecological security

MA Yan¹, MA Yan¹, LI Shuyi², WANG Ziyuan³, SUN Xiang⁴, ZHANG Meng¹, HAN Zhiyuan¹, TIAN Yuge¹, LU Zhaohua

(1. School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100083, China; 2. Guorui Ward

Low Carbon Economy and Technology Center, Beijing 100031, China; 3. Guangzhou Sewage Purification Company Limited, Guangzhou 510627,

China; 4. School of Resource and Environment and Materials, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: In order to achieve the best balance between regional ecological protection and economic development, the adaptive management theory of coal power base was discussed based on regional ecological security, starting from the systemativeness and complexity of environmental problems in coal power base. The management objects, objectives and contents were discussed in depth, and the theoretical framework of adaptive management was constructed. The management objectives including resource development objectives, economic benefits objectives and ecological benefits objectives were determined; the management contents mainly include regional ecological security assessment, adaptive management suggestions and adjustment of management schemes; and the adaptive management framework with feedback function is established. Taking the coal power base in Xilinguole League of eastern grassland as an example, the adaptive management theory of coal power base based on regional ecological security is gradually clear and tends to be specific, which also provides reference for the evaluation and prediction of ecological security of coal power base in eastern grassland. The results show that: the coordination of ecological security in Xilinguole League is poor, and the overall ecological carrying capacity and ecosystem service value still need to be improved; in the view of the regional ecological security problems in Xilinguole, the coordination degree of ecological security in Xilinguole League should be further analyzed in terms of the coupling and coordination of ecosystem; the current situation of land use should be adjusted and a new land use pattern Bureau should be established to minimize human interference and destruction.

Key words: coal-fired power base; regional ecological security; adaptive management; eastern grasslands

收稿日期: 2020-09-09; 责任编辑: 张晓宁 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.EP20090901

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2016FYC0501108)

作者简介(第一作者): 马妍(1983—), 女, 安徽砀山人, 副教授, 主要从事生态恢复与土壤修复研究。E-mail: mayan2202@163.com

引用格式: 马妍, 马妍, 李淑祎, 等. 基于区域生态安全的东部草原煤电基地适应性管理研究[J]. 洁净煤技术, 2020, 26(4): 45-52.

MA Yan, MA Yan, LI Shuyi, et al. Study on the adaptive management of eastern grassland coal and power base based on regional ecological security[J]. Clean Coal Technology, 2020, 26(4): 45-52.



移动阅读

0 引言

为实现煤炭清洁高效开发利用、推进煤电大基地大通道建设,《能源发展战略行动计划(2014—2020年)》中强调:重点建设锡林郭勒、鄂尔多斯、晋北、晋中、晋东、陕北、哈密、准东和宁东等千万千瓦级大型煤电基地^[1]。煤电基地优化了我国电力产业结构,推动了产能、发电和输配电的快速发展,但其存在开发布局不合理、经济增长方式粗放、生态安全保障工作不足等管理缺陷,造成资源枯竭、“三废”污染、土地破坏、水土流失和植被退化、景观破碎等生态环境问题。资源开发、经济效益与区域生态安全的不协调发展成为当前的主要矛盾。

煤电基地开发引发的生态环境问题是潜在、持久的,且危害严重。土壤重金属污染存在严重的潜在生态危害,若土壤环境发生变化,或其含量超过土壤承载力,土壤中重金属污染可能被活化^[2];重度采煤沉陷会使植被根系损伤,农作物绝产,建筑物稳定构建出现风险,甚至引发地质灾害^[3-5];煤电基地开发会使周围几千米甚至十几千米范围内自然景观受损,形成的景观系统单调、生硬、不自然,无法与周围未受干扰景观相协调^[6]。甘肃省在煤电基地开发过程中,虽然提高了土地利用率和经济创收,但导致开发区域的景观优势度降低,生物量损毁严重,生态环境受到破坏^[7]。余飞等^[8]通过准东地区煤炭资源分布及煤电煤化工产业布局和产业带基础设施建设情况以及入驻企业的基本情况,阐述了准东煤电煤化工产业带的发展及现状,分析了基地建设存在的资源配置不够合理、部分产品产能过剩、生态环境保护形势严峻等问题。因此,煤电基地建设对地方经济发展具有积极的促进作用,但同时也对地方生态环境造成了一定的污染。

近年来,适应性管理理论也多用于解决生态问题,王晶等^[9]将适应性管理理论用于解决株树桥水库生态复杂因素和不确定性因素对补偿的影响问题,结果表明,适应性管理理论能准确动态地反映其保护效果,以提高水源地生态补偿效率;廖轶鹏等^[10]为了改善城市河道生态系统的结构与功能,提出了城市河道生态修复的生态-泥沙耦合机理和适应性管理模型,根据关系量化模型,积极观察河道对修复措施的响应,实时调整修复措施;针对目前我国流域生态保护修复的迫切需求;段克等^[11]提出了流域生态修复项目的管理规程,制定了生态修复项目适应性管理框架,以对生态保护修复措施进行适当调整。本文将适应性管理理论应用于解决矿区生态

环境问题的研究中,为煤炭城市生态环境建设工作提供科学依据,就目前我国煤电基地区域生态环境问题,以保障区域生态安全为最终目的,系统创建我国基于区域生态安全的煤电基地适应性管理模式。

1 基于区域生态安全的煤电基地适应性管理模式理论

煤电基地生态系统安全作为社会经济安全的基础^[12],对煤电基地可持续发展具有重要意义。煤电基地区域生态安全保障包括2个层面:一是对煤电基地生态系统自身的完整、健康和可持续性的保障;二是煤电基地生态系统为人类提供完善的生态服务保障^[13-14]。为保障煤电基地区域生态安全,生态系统管理理论思想不容小觑。

基于煤电基地生态系统通常生态稳定性弱,区域生态安全易受胁迫,且胁迫具有不确定因素多、扰动幅度大、驱动机理复杂等特点^[15]。煤电基地生态系统中一个组分变动,会引起整个系统变化,且变化过程连续。适应性管理在管理计划中考虑管理实施过程中可能发生的变化,贯穿于整个管理思想,并及时调整管理手段,形成集聚变通的管理模式^[16]。

在适应性管理方案制定过程中,秉承不断学习的管理原则,针对煤电基地区域生态环境破坏情况,明确适应性管理对象,确定适应性管理目标,总结现有的区域生态安全评价技术,探索生态系统的敏感和脆弱的因素,寻找问题与错误原因,并提出煤电基地适应性管理建议,从而修改和丰富适应性管理内容,构建适应性管理框架,建立基于区域生态安全的煤电基地的适应性管理模式。

1.1 适应性管理对象

为了有效管理煤电基地,必须确定管理边界,煤电基地适应性管理以管理单元为适应性管理对象^[17],而管理边界主要通过空间尺度与时间尺度共同确定。空间尺度重点关注生态交错带的边缘效应,时间尺度对研究期要求尽量包含自然循环周期以及社会发展周期,如图1所示。

1.2 适应性管理目标

在适应性管理实施过程中,涉及环境、经济、社会等多方面因素和众多利益群体,包括开采者、邻近土地所有者、资源使用者、司法机关以及环境治理者等。因此实施过程要统筹兼顾,充分考虑利益矛盾,设置尽量具有综合效益的管理目标^[18]。在管理过程中,一方面要充分考虑和吸收各方意见和建议,另一方面也要求所有利益相关者相互协调,积极配合,发挥积极作用,以实现煤电基地资源开发、经济发展

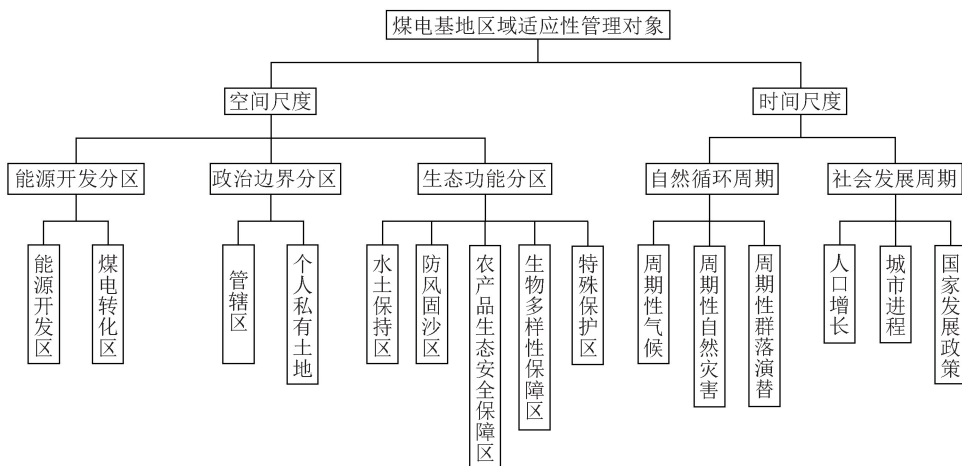


Fig.1 Adaptable management object of coal-fired power bases

与生态建设的系统效益为目标,充分配合,发挥积极作用。

基于区域生态安全的煤电基地适应性管理目标可分为资源开发目标、经济效益目标以及生态效益目标,见表1。

表1 煤电基地适应性管理目标

Table 1 Adaptable management target of coal-fired power bases

资源开发目标	经济效益目标	生态效益目标
随市场需求量,计划煤炭开采量;提高煤炭质量,研发洁净煤技术;提高煤电转化效率 ^[19-20]	煤炭绿色处置,循环经济;煤泥、煤矸石和矿井水资源化;土地复垦,再开发经济;农业、渔业以及旅游业 ^[21-22]	保障并拓展生态空间;减缓生物多样性下降速度;提高生态质量以及生态系统服务功能 ^[23]

1.3 适应性管理内容

1) 煤电基地区域生态安全评价与预警,揭示煤电基地区域生态安全现状并预测未来区域生态安全时空变化趋势;

2) 提出煤电基地适应性管理建议;

3) 根据定期监测、现状评价、未来预警及突发事件的发生,调整煤电基地适应性管理方案。

1.3.1 煤电基地区域生态安全评价

基于区域生态安全的煤电基地适应性管理核心内容是对煤电基地的生态系统安全评价。由于区域生态安全研究由生态风险分析发展而来,生态风险和生态健康实质分别从正反两面表征了区域生态安全,但二者无法直观反映区域生态安全,生态系统服务与生态承载力可从生态足迹角度对区域生态安全进行刻画^[24-25],因此区域生态安全的判断是耦合多种生态学评价手段对生态系统安全状态进行的评价与预警。表2为区域生态安全评价技术分析。

由表2可以看出,区域生态安全评价主要是利

用评价数学模型计算(集对分析法、模糊聚类法、灰色动力学模型、生态系统服务价值当量计算模型和MCR模型等)与评价指标体系赋权(综合评价指数模型和均方差赋值法等)2种评价方法,一般还会结合遥感监测与地理信息系统描绘的土地利用格局、景观生态格局的空间分布特征或时间变化规律,从区域整体角度对生态承载力、生态系统服务价值等生态安全状态进行描述并分析。DPSIR模型、综合协调度评价模型等多用于构建区域生态安全评价体系,针对资源枯竭、水土保持、草场退化、城郊区经济社会不协调发展等生态安全问题进行的生态安全评价,可为东部草原煤电基地区域适应性管理方案制定提供建议。

1.3.2 煤电基地适应性管理建议

为保障生态系统自然的演替和平衡,基于区域生态安全的煤电基地适应性管理提出的建议,需尽可能利用自修复与自然修复替代人工修复^[33],分别从生态建设、社会决策以及经济发展3个角度总结煤电基地适应性管理的建议。

1) 生态建设

① 水土保持:优化土地重构、土壤修复技术,尽可能采用植被恢复、防护林等自然修复;② 建设景观生态:增加斑块数,提高斑块联通性,设置景观长廊。

2) 社会决策

① 严格控制污染排放量:控制煤电基地废水、废气、固废及粉尘排放量;② 控制城市化进程:合理控制人口规模,减慢土地利用格局的变化速度;③ 构建生态型土地利用格局:提高生态用地比率,增加植被覆盖率,保护耕地、林园等地。

表2 区域生态安全评价技术分析
Table 2 Cases analysis of ecological security evaluation

生态安全评价技术	目标	方法	生态安全问题	文献来源
资源枯竭型城市生态安全评价	对资源枯竭型城市生态系统进行全方位的动态监测,预先发出城市生态安全的警报,以便及时发现这些城市的生态系统和生态环境问题	PSR(压力-状态-响应)模型 集对分析法	矿产资源开发进入后期、晚期或末期阶段,造成的“三废”污染、土地破坏等	[26]
城郊区生态安全评价	模拟城郊区生态安全时空变化,探索其空间分布特征和变化特点;为制定保护生态环境的有效措施、构建合理的生态安全格局奠定理论基础	PSR模型 GIS(地理信息系统)技术 综合评价指数模型	城镇化造成的环境污染、森林减少、水土资源短缺等	[27]
基于水土保持的生态安全评价	系统地分析研究区的生态安全格局特征与分区评价,分析不同安全等级产生原因,并提出建议	PSR模型 均方差赋值法	严重的水土流失	[28]
基于土地利用调整的生态安全评价	评定全部地块生态安全等级,编制研究区生态安全评价图;依据土地利用宏观格局、生态安全以及现实性原则,对研究区土地利用方式进行调整	GIS技术 模糊聚类法	风蚀产生的土地沙化以及草场退化等	[29]
基于遥感监测的生态安全评价	探索研究区与草地退化时空变化规律;试对传统生态足迹模型加以改进并应用其定量评价草地生态安全;提出草地退化防护建议	RS(遥感)、GIS技术 改进生态足迹模型	草原超载,草地退化等	[30]
基于生态足迹模型的生态安全评价	改进基于能值分析的生态足迹分析方法与模型;评价、预测与预警为一体,对研究区生态安全开展定量评价研究,以期进行宏观规划并为政府决策提供科学依据	能值-生态足迹模型 灰色动力学模型	随着工业化加快,造成的资源消耗与环境污染等	[24]
基于生态系统服务价值的生态安全评价	对研究区进行基于生态系统服务功能的生态安全评价,探索区域生态安全评价的新途径	GIS模型 生态系统服务价值 当量计算模型	生态价值损失,生态安全状况恶化等	[31]
基于景观生态的安全评价	分析研究区水文系统安全格局、地质灾害安全格局、生物保护安全格局以及乡土文化安全格局;构建了低(底线)、中(适宜)、高(理想)3种不同安全水平的生态基础设施,并识别了建设用地与生态基础设施的生态冲突空间	GIS技术 MCR(最小阻力面)模型	景观多样性差,斑块破碎化严重等	[32]

3) 经济发展

① 煤电资源合理配置:优化能源结构布局,提高煤电转化效率,发展循环经济;② 优化农牧产品产业布局:发展工业化农牧业,推进绿色农业发展;③ 开发新产业:旅游产业。

1.3.3 煤电基地适应性管理方案调整

适应性管理目的在于实现系统健康及资源管理的可持续性^[34]。在适应性管理方案的执行过程中,生态系统的不确定性以及环境影响因子的动态变化,决定了煤电基地适应性管理是一个不断学习和不断调整的过程。在不断探索、认识煤电基地周边生态系统的变化和内在规律、干扰过程的基础上,丰富相关知识,改变和调整管理方案,采取以提高实践与管理水平为目标的系统过程,其核心任务是对区域生态系统驱动因子的恢复力、适应性及生态系统适应循环的辨识,并在此基础上提出更好的管理模式与对策。

对煤电基地适应性管理方案的调整手段可分为基本调整、引导性调整和特殊调整^[35]。

1) 基本调整

最简单、常规的调整。包括监测手段以及评估方法不适应生态系统变化结果,或可达到简化或缩减成本的目的,对管理方案做出的调整^[36]。

2) 引导性调整

针对国家或地区由于政策变更、资源配置调整、城市建设以及经济转型等影响因素,对管理方案做出相适应的调整。

3) 特殊调整

针对自然灾害等不可抗力的影响,对灾害预警以及应急机制做出最安全、快捷的管理方案调整。

1.4 适应性管理框架

煤电基地适应性管理的基本管理框架,要求把煤电基地的利用与管理视为试验过程,从试验中不断学习并调整^[37]。管理的具体过程为:

- 1) 明确适应性管理对象;
- 2) 提出适应性管理目标;
- 3) 设计适应性管理方案并执行;
- 4) 在实施过程中不断搜集、分析各类数据信息,将最新评估结果与预先提出的目标进行比较;
- 5) 在比较中学习,发现错误、丰富知识,改变、调整管理方案,直至实现管理目标后终止。

将反馈环整合到煤电基地适应性管理结构中并保持其灵活性,有助于保证煤电基地生态系统的稳定,积极修正错误方式,将生态系统长期积累变化下的大调整替换成短期易于控制的变化。

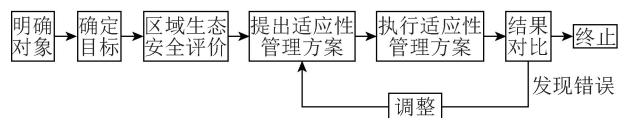


图2 煤电基地适应性管理框架

Fig.2 Adaptable management framework of coal-fired power bases

2 东部草原区域煤电基地基于适应性管理的生态安全保障应用

东部草原区域煤电基地主要在内蒙古东部的锡盟与呼盟开展建设。针对东部草原煤电基地开发引起的土地破坏、土壤沙化、植被退化、景观破损等生态环境问题,应用适应性管理保障东部草原区域煤电基地生态安全^[38]。

2.1 对象剖析

以锡林郭勒盟煤电基地为研究对象,主要煤电基地为胜利矿区区域。胜利矿区位于内蒙古自治区锡林浩特市以北2~5 km,矿区呈北东、南西向的条带,东西向长约45 km,南北向宽平均7.6 km,面积约342 km²^[39],矿区内属高原丘陵地形。研究区域空间尺度定义在锡林浩特市、胜利矿区区域以及城、矿交界地带。

1961—2014年,锡林郭勒草原年降水量总体呈波动下降趋势,在189.04~383.45 mm。气温呈上升趋势,四季气温上升幅度相近,约0.365 °C/10 a^[40]。人口呈成倍增长趋势,由45.19万人增至103.04万人。

锡林郭勒盟是我国北方重要的生态屏障区^[41],但由于露天煤矿的开发造成一系列生态问题,如生态压力提升、土地生态质量下降、植被覆盖率降低、生态系统景观破碎度提高、生态敏感度提升、生态恢复力、生态弹性减弱、生态系统服务功能不能正常用等,为矿区周边生态带来安全隐患。

2.2 评价模型与目标建议

表3为从不同角度对锡林郭勒煤电基地、锡林

浩特市以及锡林郭勒盟进行的区域生态安全评价汇总。

由表3可以看出:从空间尺度上对锡林浩特市进行不同等级的生态安全分区,锡林浩特城市区域相对全盟生态安全状况偏好,但生态安全协调情况差;该区域的农村地区,尤其是农村草地的萎缩,使整个城市生态系统服务价值下降;2006年以来生态赤字呈上升趋势,耕地人均生态承载力下降较快。

随着锡林郭勒区域生态安全评价的完善与更新,管理建议随着评价结果逐渐优化,这不仅与适应性管理方案的调整理念相契合,更是适应区域生态变化、实现可持续发展的必然需要。针对锡林郭勒区域生态安全问题应进一步针对生态系统耦合、协同情况,从空间尺度上分析锡林郭勒盟生态安全协调程度;应该相应调整土地利用现状,建立新型土地利用格局,且成立严格的监督机制,合理开发和高效利用土地资源,最大程度减少人为干扰和破坏;把控农村生态系统向城市生态系统的转变,恢复整个城市生态系统服务价值,并使其呈现上升趋势;总结林、草、水和农田用地土地利用变化情况,分析城郊区生态系统服务价值,使得整体生态承载力与生态系统服务价值提升。

3 结论

1) 基于区域生态安全的煤电基地适应性管理计划的制定是一个不断调整和变化的过程,其管理边界主要通过空间尺度与时间尺度共同确定,以资源开发、经济效益以及生态效益作为其管理目标,主要管理内容包括区域生态安全评价、适应性管理建议以及管理方案的调整,在实施过程中应不断搜集、分析各类数据信息,在学习过程中不断调整管理方案,直至实现管理目标后终止。

2) 适应性管理在管理计划中考虑管理实施过程中可能发生的各种变化,将反馈环整合到煤电基地适应性管理结构中有助于保证煤电基地生态系统的稳定,从而以积极修正错误的方式,将生态系统长期积累变化下的大调整替换成短期易于控制的变化,并可形成一套集聚变通的管理模式。有助于解决区域生态安全易受胁迫的问题。

3) 东部草原区域煤电基地生态安全状态相对较好,但生态安全协调性较差。针对锡林郭勒地区的区域生态安全问题,建议该地区应尽快调整土地利用现状,建立新型土地利用格局,提升整体生态承载力,最大程度减少人为干扰和破坏。

表3 东部草原区域煤电基地生态安全评价

Table 3 Regional ecological security evaluations of the coal-fired power base in eastern grasslands

生态安全评价 (发表时间)	评价目标	评价结果	对策建议	文献来源
生态安全评价与土地利用调整 (2004)	研究生态安全评价下锡林浩特市生态安全状况;调整已有土地利用现状,建立生态安全条件下的土地利用格局	锡林浩特市不安全区土地面积 798.39 km ² ,约占总面积的 5.26%;较不安全区土地面积 3 340.81 km ² ,约占总面积的 22.01%;次安全区土地面积 8 371.0 km ² ,约占总面积的 55.15%;安全区土地面积 2 065.81 km ² ,约占总面积的 13.61%	① 市区北部地形属高平原和缓丘,土地利用类型以牧草地为主,部分沙地,建议改良草地,建人工草地,圈网围栏,轮流放牧;② 市区东北部地形属高平原;土地利用类型主要为旱耕地,建议改良土壤,兴修水利,建高标准的基本农田;③ 市区西南部和东南部地形属高平原,土地利用类型主要以草地为主、部分旱耕地。建议改良草地,建人工草地,圈网围栏,轮流放牧,建基本农田	[29]
锡林郭勒盟生态安全评价(2011)	根据协调模型计算锡林郭勒各旗县市的综合协调系数,按阈值划分生态安全协调类型,绘制 1990—2009 年行政区生态安全类型图	将锡林郭勒盟区域生态安全协调类型分为协调型,较协调型,不协调型以及极不协调型。分别分布于中东部,东部和南部,西部、南部和中部、中东部以及苏尼特左旗、正镶白旗和正蓝旗。前两者占总面积的 50.1%,后两者占 49.9%。	① 初始状态差的地区,要从实际自然环境出发,以保护生态环境为主,合理开发与利用自然资源;② 压力大的地区,应依据当地的自然承载力计算结果,减少人为的干扰和破坏,积极进行生态调控,改善草原生态环境,提升生态安全度	[42]
基于生态承载力的生态安全评价(2016)	找出锡林郭勒盟生态承载力的影响因子,为煤电基地可持续发展提供建议	① 2000—2011 年,化石燃料人均生态足迹由 29.91% 升到 62.66%,人均放牧地生态足迹从 61.53% 降到 28.48%,同期下降 33.05%;② 2000—2011 年,耕地人均生态承载力下降最快,下降 27.5%,其次是放牧地,下降 10.2%;③ 2006 年以来,生态赤字,2011 年达 3.605 gha 的高值,2011 年,能源用地和牧场的生态赤字最大,分别为 5.132 gha 和 0.581 gha。能源用地生态赤字 11 年来累计增长 4.170 gha	① 减少化石燃料的生态赤字,实施煤炭转换和循环经济项目,增加原地煤电转化率,大力推进节能降耗和煤炭清洁利用,打造清洁高效的大型燃煤电厂;② 实现草原生态保护和可持续发展,发展可持续的畜牧业,提高工业化水平畜牧业水平	[43]
基于景观生态生态系统服务的生态安全评价(2016)	观察锡林郭勒土地利用动态,改变土地利用政策实现经济,社会和自然的可持续发展	① 2008—2013 年,不同子系统的土地利用变化较快,核心城市和郊区的总面积持续增加,而农村面积显著下降,草地,森林,水,农田面积持续减少,特别是草原面积减少;② 农村生态系统服务价值高,城市生态系统服务价值低;③ 尽管核心城区和郊区的生态系统服务价值都表现出增加的趋势,但农村地区尤其是农村草地的萎缩,使整个城市生态系统服务价值下降	开展生态服务型土地利用政策和城市生态景观调控,设计生态走廊,加强联系在植被块之间,恢复城市系统自然生态系统演替	[44]

参考文献 (References):

- [1] 魏东,全元,王辰星,等.国家大型煤电基地生态环境监测技术体系研究——以内蒙古锡林郭勒盟煤电基地为例[J].生态学报,2014,34(11):2821-2829.
- WEI Dong, QUAN Yuan, WANG Chenxing, et al. The ecology and environment monitoring technical system in national large-scale coal-fired power base: A case study in Xilingol League, Inner Mongolia [J]. ACTA Ecologica Sinica, 2014, 34 (11): 2821-2829.

- [2] 毛香菊,邹安华,马亚梦,等.南京某铁矿土壤重金属污染潜

在生态危害评价[J].矿产保护与利用,2015(3):54-59.

MAO Xiangju, ZOU Anhua, MA Yameng, et al. Evaluation of the potential ecological risk of heavy metal in soil of an iron mine region [J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2015(3): 54-59.

- [3] 刘义新,张俊英,陈清通,等.大同采煤沉陷区建设光伏电站地基稳定性评估及治理技术[J].煤矿安全,2017,48(10):204-207.

LIU Yixin, ZHANG Junying, CHEN Qingtong, et al. Foundation stability evaluation and goaf treatment of photovoltaic plant in coal mining subsidence [J]. Safety in Coal Mines, 2017, 48(10):

- 204-207.
- [4] 胡振琪,龙精华,张瑞娅,等.中国东北多煤层老矿区采煤沉陷地损毁特征与复垦规划[J].农业工程学报,2017,33(5):238-247.
HU Zhenqi, LONG Jinghua, ZHANG Ruiya, et al. Characteristics of mining subsidence and reclamation planning in old multi-seam mining areas in Northeast China[J].Journal Article,2017,33(5):238-247.
- [5] 蔡静.矿区开采区稳定性评价及改善措施[J].世界有色金属,2017(19):79-80.
CAI Jing.Stability evaluation and improvement measures of mining area[J].World Nonferrous Metal,2017(19):79-80.
- [6] 魏忠义,王云凤,李晓雷,等.露天矿区景观恢复与整治措施探讨[J].金属矿山,2012,41(1):144-146.
WEI Zhongyi,WANG Yunfeng,LI Xiaolei,et al.Discussion on the technical measures of landscape restoration in open pit mine [J] Metal Mine,2012,41(1):144-146.
- [7] 孙继成.甘肃酒泉千万千瓦级风电基地工程对生态环境的影响研究[D].兰州:兰州大学,2011.
Sun Jicheng. Study on the Ecological Environment impact of Jiuquan Ten million Kw wind power Base project in Gansu Province[D].Lanzhou :Lanzhou University,2011.
- [8] 余飞.准东煤电煤化工基地建设现状问题及对策研究[J].新疆金融,2009(2):11-16.
Fei Yu. Research on the present situation and countermeasures of construction of Zhundong coal power coal chemical industry base [J].Xinjiang Financial,2009(2):11-16.
- [9] 王晶,蔡桂菊,张静,等.基于适应性管理的株树桥水库水源地生态补偿机制研究[J].陕西水利,2020(6):4-6.
WANG Jing, CAI Guiju, ZHANG Jing, et al. Study on ecological compensation mechanism of zhushuqiao reservoir water source based on adaptive management[J].Shaanxi Province Water Conservancy,2020(6):4-6.
- [10] 廖轶鹏,李云,王芳芳,等.城市河道生态修复研究综述[J].江苏水利,2020(5):41-44.
LIAO Yipeng,LI Yun,WANG Fangfang,et al.A summary of studies on urban river ecological restoration [J].Jiangsu Water Resources,2020(5):41-44.
- [11] 段克,袁国华,郝庆.流域生态修复项目管理研究[J].中国国土资源经济,2020,33(4):40-45.
DUAN Ke, YUAN Guohua, HAO Qing. Research on the management of watershed ecological restoration project [J], Natural Resource Economics of China,2020,33(4):40-45.
- [12] 任志远,黄青.陕西关中地区生态安全定量评价与动态分析[J].水土保持学报,2005,19(4):169-172.
REN Zhiyuan, HUANG Qing. Quantitative assessment and dynamic analysis of ecological safety in Guanzhong Region of Shaanxi Province[J].Journal of Soil and Water Conservation, 2005,19(4):169-172.
- [13] 欧定华,夏建国,张莉,等.区域生态安全格局规划研究进展及规划技术流程探讨[J].生态环境学报,2015,24(1):163-173.
OU Dinghua,XIA Jianguo,ZHANG Li,et al.Research progress on regional ecological security pattern planning and discussion of planning techniqueflow [J].Ecology and Environmental Sciences, 2015,24(1):163-173.
- [14] 付佳.胜利矿区某露天矿排土场土地复垦技术研究[J].露天采矿技术,2017(2):84-87.
FU Jia.Study on land reclamation technology in the open-pit mine dump of Shengli mining area [J].Opencast Mining Technology, 2017(2):84-87.
- [15] 吴健生,宗敏丽,彭建.基于景观格局的矿区生态脆弱性评价——以吉林省辽源市为例[J].生态学杂志,2012(12):3213-3220.
WU Jiansheng,ZONG Minli,PENG Jian.Assessment of mining area's ecological vulnerability based on landscape pattern: A case study of Liaoyuan, Jilin Province of Northeast China [J].Chinese Journal of Ecology 2012(12):3213-3220.
- [16] 李俊枝.森林生态功能区适应性管理研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2016.
LI Junzhi. Study on adaptive management of forest ecological Function areas [D].Harbin:Northeast Forestry University,2016.
- [17] 毕艳玲,冯源.生态系统管理的原则——以美国黄石国家公园为例[J].安徽农业科学,2017(8):64-65.
BI Yanling, FENG Yuan. The principles of ecosystem management: A case study of Yellowstone National Park [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2017(8):64-65.
- [18] STANKEY H George, CLARK N Roger, BORMANN Bernard. Adaptive management of natural resources: theory, concepts, and management institutions [M]. Portland: U. S. Department of Agriculture Pacific Northwest Research Station,2005.
- [19] 陈丽新,那春光.矿产资源高效集约开发利用综合评价指标体系研究[J].中国矿业,2016(10):67-73.
CHEN Lixin, NA Chunguang. Research into the comprehensive evaluation index system of efficient and intensive development and utilization of mineral resources [J].China Mining Magazine,2016(10):67-73.
- [20] 郝春建,张振红.实现矿区煤炭资源综合效益最大化探讨[J].煤炭经济研究,2012,32(8):60-63.
HAO Chunjian,ZHANG Zhenhong.Discussion on access to realize comprehensive benefit maximization of coal resources in mining area [J].Coal Economic Research,2012,32(8):60-63.
- [21] 李永杰.矿区土地复垦的经济效益[J].内蒙古煤炭经济,2012(9):135-136.
LI Yongjie.Discussion on the technical measures of landscape restoration in open pit mine [J].Inner Mongolia Coal Economy,2012(9):135-136.
- [22] 朱子祺,陶亚东,粟金贵.神东矿区煤泥绿色处置与经济效益探讨[J].陕西煤炭,2012(6):12-14.
ZHU Ziqi,TAO Yadong,LI Jingui.Discussion on coal slurry disposal and economic benefit in Shendong mining area [J].Shanxi Coal,2012(6):12-14.
- [23] 司建楠.构建国家生态安全格局“十三五”生态保护主要目标明确[N].中国工业报,2016-11-22(A02).
Si Jiannan.The main goal of ecological protection in the 13th Five-Year Plan for national ecological security is clear [N].

- China Industry News, 2016-11-22(A02).
- [24] 杨青, 逯承鹏, 周锋, 等. 基于能值-生态足迹模型的东北老工业基地生态安全评价——以辽宁省为例[J]. 应用生态学报, 2016, 27(5): 1594-1602.
- YANG Qing, LU Chengpeng, ZHOU Feng, et al. An emergy-ecological footprint model based evaluation of ecological security at the old industrial area in Northeast China: A case study of Liaoning Province[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(5): 1594-1602.
- [25] 卢亚灵, 许学工. 生态风险与生态安全的评价方法及前景[J]. 安全与环境学报, 2010, 10(1): 132-137.
- LU Yaling, XU Xuegong. The evaluation method and prospect of ecological risk and ecological security[J]. Journal of Safety and Environment, 2010, 10(1): 132-137.
- [26] 陶晓燕. 资源枯竭型城市生态安全评价及趋势分析——以焦作市为例[J]. 干旱区资源与环境, 2014(2): 53-59.
- TAO Xiaoyan. Urban ecological safety evaluation and trend analysis for resource-exhausted city: A case of Jiaozuo[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014(2): 53-59.
- [27] 欧定华, 夏建国, 欧晓芳. 基于GIS和RBF的城郊区生态安全评价及变化趋势预测——以成都市龙泉驿区为例[J]. 地理与地理信息科学, 2017, 33(1): 49-58.
- OU Dinghua, XIA Jianguo, OU Xiaofang. Regional ecological security assessment and change trend prediction in peri-urban areas based on GIS and RBF: A case study in Longquanyi District of Chengdu City[J]. Geography and Geo-Information Science, 2017, 33(1): 49-58.
- [28] 李宗杰, 田青, 宋玲玲, 等. 基于水土保持的甘肃省生态安全评价[J]. 生态学报, 2015(5): 1420-1426.
- LI Zongjie, TIAN Qing, SONG Lingling, et al. Evaluation of ecological security based on soil and water conservation in Gansu Province[J]. Chinese Journal of Ecology, 2015(5): 1420-1426.
- [29] 卢金发, 尤联元, 陈浩, 等. 内蒙古锡林浩特市生态安全评价与土地利用调整[J]. 资源科学, 2004(2): 108-114.
- LU Jinfa, YOU Lianyuan, CHEN Hao, et al. Ecological security evaluation and land use adjustment in Xilinhot, Inner Mongolia[J]. Resources Science, 2004(2): 108-114.
- [30] 徐瑶. 藏北草地退化遥感监测与生态安全评价[D]. 成都: 成都理工大学, 2014.
- XU Yao. Remote sensing monitoring and ecological security assessment of grassland degradation in northern Tibet[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2014.
- [31] 常学礼, 赵文智, 李秀梅, 等. 基于生态服务价值的张掖绿洲生态安全评价[J]. 自然资源学报, 2010(3): 396-406.
- CHANG Xueli, ZHAO Wenzhi, LI Xiumei, et al. Ecological security evaluation of Zhangye Oasis based on ecological Service value[J]. Journal of Natural Resources, 2010(3): 396-406.
- [32] 肖华斌, 盛硕, 刘嘉. 基于景观生态安全格局评价的佛山市生态基础设施构建研究[J]. 中国园林, 2017(11): 118-122.
- XIAO Huabin, SHENG Shuo, LIU Jia. Research on ecological infrastructure construction of Foshan city based on landscape ecological security pattern evaluation[J]. Chinese Landscape Architecture, 2017(11): 118-122.
- [33] 胡振琪, 龙精华, 王新静. 论煤矿区生态环境的自修复、自然修复和人工修复[J]. 煤炭学报, 2014, 39(8): 1751-1757.
- HU Zhenqi, LONG Jinghua, WANG Xinjing. Self-healing, natural restoration and artificial restoration of ecological environment for coal mining[J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(8): 1751-1757.
- [34] 佟金萍, 王慧敏. 流域水资源适应性管理研究[J]. 软科学, 2006(2): 59-61.
- TONG Jinping, WANG Huimin. Study on adaptive management of Watershed water resources[J]. Soft Science, 2006(2): 59-61.
- [35] DAVID Le Maitre C, MILTON Sue J, et al. Linking ecosystem services and water resources: Landscape-scale hydrology of the Little Karoo[J]. Frontiers In Ecology and the Environment, 2007, 5(5): 261-270.
- [36] 侯向阳, 尹燕亭, 丁勇. 中国草原适应性管理研究现状与展望[J]. 草业学报, 2011, 20(2): 262-269.
- HOU Xiangyang, YIN Yanting, DING Yong. An overview and prospects for grassland adaptive management in China[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2011, 20(2): 262-269.
- [37] LEE Kai N. Compass and gyroscope: Integrating science and politics for the environment[J]. Washington, DC: Island Press, 1993.
- [38] 李全生. 东部草原区煤电基地开发生态修复技术研究[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7049-7053.
- LI Quansheng. Research on ecological restoration technology of coal-power base in eastern steppe of China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(22): 7049-7053.
- [39] 马从安, 才庆祥, 王启瑞. 胜利矿区景观生态的空间格局分析[J]. 采矿与安全工程学报, 2007(04): 490-493.
- MA Cong'an, CAI Qingxiang, WANG Qirui. Analysis of spatial pattern of landscape ecology in Shengli Opencast Mine[J]. Journal of Mining and Safety Engineering, 2007(04): 490-493.
- [40] 张巧凤, 锡林郭勒草原干旱灾害监测与风险评估研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- ZHANG Fengqiao. Study on drought disaster monitoring and Risk Assessment in Xilingol Grassland[D]. Chinese Beijing: Academy of Agricultural Sciences, 2016.
- [41] 张锐. 锡林郭勒盟煤电基地水资源保障问题研究[D]. 天津: 天津大学, 2016.
- ZHANG Yue. Research on water resources guarantee of Xilingol coal power base[D]. Tianjin: Tianjin university, 2016.
- [42] 根少子, 阿拉腾图雅. 锡林郭勒盟生态安全评价研究[J]. 内蒙古林业科技, 2011(1): 45-49.
- GEN Shaozi, LATENGTUYA A. Ecological security evaluation of Xilinguole League[J]. Inner Mongolia Forestry Science and Technology, 2011(1): 45-49.
- [43] TANG Mingfang, WU Di, FU Xiao, et al. An assessment of ecological carrying capacity of Xilingol, Inner Mongolia[J]. 2017, 24(5): 407-408.
- [44] ZHANG Meng, ZHOU Yuyong, LIU Xianwei, et al. Ecological landscape regulation approaches in Xilingol, Inner Mongolia: An urban ecosystem services perspective[J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2017, 24(5): 401-407.