

LUTIAN MEIKUANG CAIKUANG GONGCHENG DUIKUHAN CAOYUANQU SHENGTAI
HUANJING JI SHUIZIYUAN YINGXIANG HE HUIFU ZHILI YANJIU

露天煤矿采矿工程对酷寒草原区生态环境及水资源影响和恢复治理研究

郭旭颖 著



東北大學出版社
Northeastern University Press

露天煤矿采矿工程对酷寒草原区生态环境及水资源影响和恢复治理研究

郭旭颖 著

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 郭旭颖 2016

图书在版编目 (CIP) 数据

露天煤矿采矿工程对酷寒草原区生态环境及水资源影响和恢复治理研究 / 郭旭颖著. — 沈阳: 东北大学出版社, 2016. 12

ISBN 978-7-5517-1522-5

I. ①露… II. ①郭… III. ①露天矿—煤矿—煤矿开采—影响—高寒地区—草原—生态环境—研究—内蒙古②露天矿—煤矿—煤矿开采—影响—高寒地区—草原—水资源—研究—内蒙古 IV. ①X921.226 ②V213.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 326063 号

内容简介

本书通过对内蒙古自治区东北部酷寒草原区某露天矿矿区草原地表环境、生物多样性和水文地质数据等变化进行分析, 全面翔实地阐述了露天煤矿采矿工程对酷寒草原区域生态环境及水资源的影响因素; 根据矿坑排水量及水质的变化规律, 结合数值模拟和实验研究的方法, 提出并优化了矿坑排水处理工艺改扩建方案、矿坑排水深度处理工艺方案和矿坑排水人工湿地处理系统方案。

本书可作为环境科学、环境工程、水文与水资源、市政工程等专业研究生的教材或教学参考书, 也可供从事矿山环境工程等方面研究的专业技术人员参考。

出版者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路三号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024-83683655(总编室) 83687331(营销部)

传真: 024-83687332(总编室) 83680180(营销部)

网址: <http://www.neupress.com>

E-mail: neuph@neupress.com

印刷者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发行者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 170mm×240mm

印 张: 8.5

字 数: 161 千字

出版时间: 2016 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2016 年 12 月第 1 次印刷

组稿编辑: 张德喜

责任编辑: 郎 坤

封面设计: 刘江旸

责任校对: 一 方

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-1522-5

定 价: 40.00 元

前 言

我国煤炭资源丰富，煤炭资源量和产量目前均居世界前列。露天开采作为煤炭开采的一种重要形式，因开采规模大、安全程度高、成本较低等优点，一直在煤炭行业中发挥着重要作用。

但由于露天开采过程对矿区地形地貌、区域水资源影响较大，故研究露天开采对区域生态环境的影响，特别是对水资源的影响，并提供相应的解决方案和对策就成为了露天煤炭行业生产、管理中的一项重要任务。

内蒙古自治区东北部的酷寒草原区是我国重要的煤炭主产区之一，该地区煤炭资源丰富，非常适合露天开采，是国家长远开发规划的重要项目之一。本书以内蒙古自治区东北部露天煤矿区为研究对象，通过对矿区草原地表环境、生物多样性和水文地质数据等变化的分析，系统地阐述了露天煤矿采矿工程对酷寒草原区域生态环境及水资源的影响因素；根据矿坑排水量及水质的变化规律，结合 COSMOL 数值模拟软件和静、动态实验研究的方法，提出并优化了矿坑排水处理工艺改扩建方案、矿坑排水深度处理工艺方案和矿坑排水人工湿地处理系统方案。

本书由郭旭颖、狄军贞、刘威撰写，其中，第一章至第四章由郭旭颖执笔，第五、六章由狄军贞执笔，绪论、第七章至第九章由刘威执笔，书中的部分图表及文字整理由董艳荣完成。

本书的研究内容受国家自然科学基金(51304114)资助，谨表谢忱。

由于作者水平所限，书中难免有错误与不当之处，敬请指正！

作 者

2016 年 10 月

目 录

绪 论	1
第一章 露天煤矿采矿工程对酷寒草原区生态环境的影响分析	3
第一节 内蒙古自治区东北部的酷寒草原区生态环境状况	3
第二节 露天煤矿采矿工程对呼伦贝尔草原区生态环境的影响分析	7
第二章 露天煤矿采矿工程对酷寒草原水资源的影响分析及评价	15
第一节 露天煤矿采矿工程对水资源循环及水资源量的影响分析	15
第二节 露天煤矿采矿工程对地下水的影响分析	17
第三节 露天煤矿采矿工程对地表水环境影响分析与评价	22
第三章 露天煤矿生态环境及区域水资源修复重建与保护实施方案	34
第一节 露天煤矿区域生态环境修复与重建建议	34
第二节 提高区域环境承载力实施方案	37
第三节 露天煤矿区域水资源保护实施方案	40
第四章 露天煤矿矿坑排水处理工艺方案及优化设计	42
第一节 现有矿坑排水处理工艺分析	42
第二节 矿坑排水处理工艺优化设计	45
第五章 矿坑排水深度处理工艺方案及优化设计	61
第一节 现有矿坑排水处理水水质与分析	61
第二节 矿坑排水深度处理工艺方案	63

第六章 矿坑排水人工湿地处理系统方案及优化设计	82
第一节 矿坑排水人工湿地处理系统方案及分析	82
第二节 强化垂直流人工湿地处理系统试验研究	85
第三节 强化垂直流人工湿地系统优化设计	96
第七章 矿坑排水综合利用规划设计方案	100
第一节 矿坑排水处理规模与综合利用目标	100
第二节 矿坑排水综合利用规划	101
第三节 矿坑排水综合利用方案及分析	102
第四节 矿坑排水综合利用效益分析	106
第八章 矿坑排水资源化处理初步方案实例	113
第一节 已采矿区矿坑排水资源化处理初步方案——以宝日希勒露天 煤矿一号露天煤矿 2 采区为例	113
第二节 新采矿区矿坑排水资源化处理初步方案——以宝日希勒露天 煤矿二号露天煤矿为例	119
第九章 总结与建议	124
参考文献	127

绪 论

未来 40 年, 预计我国煤炭累计消费量将达 2000 亿吨。按目前开采单位吨煤影响约 2.5 吨地下水, 其中 75% 外排的基准情况计算, 40 年间因开采带来的地下水资源破坏年均约为 125 亿吨, 年均外排超过 90 亿吨, 累计未利用外排水资源 3600 亿吨, 相当于目前全国地下可采水资源总量。同时, 我国煤炭资源与水资源逆向分布特征显著, 如目前煤炭主产区晋陕蒙宁 4 省(区)的煤炭资源储量和生产量占全国比重超过 60%, 而这些地区的水资源总量占比仅为 3.7%。预计未来 40 年, 约 80% 的煤炭开发集中于晋陕蒙宁新 5 省(区), 年均产量最高超过 40 亿吨, 而 5 省(区)地下水资源占全国比例仅为 13%, 约 1000 亿吨, 5 省(区)煤炭主产区每年煤炭开采造成的地下水资源破坏占该区域地下水资源的 10%, 是全国平均水平的 8 倍。煤炭主产区的大规模和区域集中性开发带来的水资源破坏和流失对区域生态环境造成了较大的影响, 导致区域地表植物和土地迅速退化, 使大面积土地荒漠化或潜在荒漠化, 而这些影响和破坏具有一定的不可逆性。长此以往, 地处干旱区和环境脆弱地区的煤炭主产区将面临巨大的生态环境和区域水文气象恶化风险。

内蒙古自治区东北部的酷寒(冬季最低气温持续维持在 -30°C 至 -39.9°C 之间)草原区是我国重要的煤炭主产区之一。该地区煤炭资源丰富, 煤层埋藏浅、倾角小、厚度大、赋存条件好、剥采比小, 非常适合露天开采, 是国家长远开发规划的重要项目之一。该地区位于我国北疆, 因其特殊的地理位置和生态环境常被誉为我国北疆的“生态屏障”。近十几年来, 受自然因素和人为因素的影响, 草原植被破坏情况较为严重, 沙漠化现象明显。煤炭资源的开发, 特别是露天开采, 对酷寒草原矿区的地下水资源破坏严重, 一方面由于露天开采工程过程破坏了地下储水结构, 超前疏干大量抽取地下水, 造成地下水位下降, 导致草场缺水, 人畜饮水困难; 另一方面, 由于露天开采把地壳深部的岩层完全暴露于地表, 使岩体氧化还原环境受到改变, 采场周围的岩体会发生一系列的物理和化学变化, 赋存于岩体内的物质经雨水淋溶等渗入地下, 对土壤和地

下水体造成不同程度的污染,使得本已脆弱的草原生态环境更加恶化。因此,在草原等生态环境脆弱区如何在进行煤炭露天开采的过程中对地下水资源进行合理保护和综合利用,成为了煤炭绿色生产过程中迫在眉睫的问题。

我国煤炭产业目前正处于从传统工业文明向全面的社会文明、生态文明发展的关键阶段,变革煤炭开发利用方式,促进高碳能源低碳化利用是煤炭产业发展的必由之路,以“生态、安全、高效、低碳”为内涵的“绿色煤炭”是当前煤炭科技发展的主题,其核心理论体系的发展迫切需要新型煤炭开采技术的补充。露天开采作为一种日益增长的煤炭资源开发方式,在煤炭产业的发展进程中扮演着越来越重要的角色。由于其浩大的工程过程对地下水和生态环境产生巨大的破坏作用,因此如何在生产过程中有效融入地下水保护技术和生态修复技术在绿色煤炭理论体系的建设中就显得尤为重要。

从上述工程实践到理论发展的迫切需求中可以看出,开展露天煤矿采矿工程对酷寒草原区生态环境及区域水资源影响评价及恢复治理的研究,具有重要的科学意义和广泛的应用前景。本书将以内蒙古地区的露天煤矿区为例,系统地介绍露天煤矿采矿工程对酷寒草原区生态环境及区域水资源的影响,整理露天煤矿水文地质资料、矿坑排水水质数据资料,通过数值模拟和模糊综合评判方法初步分析采矿工程对地下水和地表水的影响因素和污染过程;提出矿坑排水处理工艺改扩建方案、矿坑排水深度处理工艺方案和矿坑排水人工湿地处理系统方案,并对方案进行优化设计;对矿坑排水综合利用进行规划设计,解决煤炭资源开发利用与区域水资源保护协调发展的关键问题。

本书通过揭示露天煤矿采矿工程对酷寒草原区生态环境及区域水资源的影响评价恢复治理研究及实施方案,可以预测露天开采过程中因采、排工程位置变化所引起的地下水水质、水量变化的趋势,一方面,能够通过生产计划的优化选择更为合理的保水开采方式;另一方面,能够使露天煤矿污水处理厂在安排处理工艺及处理能力环节提前做出应对,实现矿坑排水的综合利用,形成集保水、节水于一体的绿色露天开采技术,为建立生态脆弱区煤炭露天开采、水资源保护和生态自修复有机结合的环境友好型绿色开采体系打下坚实基础。

第一章 露天煤矿采矿工程对酷寒草原区生态环境的影响分析

第一节 内蒙古自治区东北部的酷寒草原区生态环境状况

内蒙古自治区东北部的酷寒草原区是我国重要的煤炭主产区之一，该地区煤炭资源丰富，煤层埋藏浅、倾角小、厚度大、赋存条件好、剥采比小，非常适合露天开采，是国家长远开发规划的重要项目之一。位于内蒙古自治区东部的呼伦贝尔市，总面积 25 万平方公里。辖区内有松涛激荡的大兴安岭林海，纵横交错的河流，星罗棋布的湖泊和被誉为“世界上最美草原”的呼伦贝尔草原。

呼伦贝尔属亚洲中部蒙古高原的组成部分。大兴安岭以东北—西南走向纵贯呼伦贝尔地区中部，形成不同地形单元和经济类型区域：大兴安岭山地为林区，海拔 700~1700m；岭西为呼伦贝尔大草原，是草原畜牧业经济区，海拔 550~1000m；草原与林地的过渡地带多是黑钙土，适于发展种植业，形成以农牧企业为主要成分的农牧结合经济带；岭东地区为低山丘陵与河谷平原，形成以种植业为主的农业经济区，海拔 200~500m。

一、地理环境及生态资源

1. 地形特点

呼伦贝尔市西部位于内蒙古高原东北部，北部与南部被大兴安岭南北直贯境内。东部为大兴安岭东麓，东北平原—松嫩平原边缘。地形总体特点为西高东低，地势分布呈由西到东缓慢过渡。

2. 气候特点

呼伦贝尔市气候分布以大兴安岭为分界线，气候类型为：岭东区为季风气候区，岭西区为大陆气候区。年降水量类型为：岭东区为半湿润性气候，年降

水量在 500~800mm; 岭西区为半干旱性气候, 年降水量为 300~500mm。年气候总特征为: 冬季寒冷干燥, 夏季炎热多雨。年温度差、日温度差大。

3. 植被分布

呼伦贝尔地区植被分布由森林向草原过渡, 植被的分布依年降水量决定。岭东地区为半湿润地区, 多分布为森林(针叶林混交林)——大兴安岭林区。岭西地区为半干旱地区, 多分布为半干旱草原——呼伦贝尔草原。

4. 土地资源

呼伦贝尔市土地总面积 3.8 亿亩, 资源丰富, 类型多样, 全市土地有八大类, 二级分类共 42 种类型, 耕地土壤以黑土、暗棕壤、黑钙土和草甸土为主, 土质肥沃, 自然肥力高。

5. 草原资源

呼伦贝尔草原位于大兴安岭以西, 是牧业四旗(新巴尔虎左旗、新巴尔虎右旗、陈巴尔虎旗、鄂温克旗)和海拉尔区、满洲里市、额尔古纳市南部、牙克石市西部草原的总称。由东向西呈规律性分布, 地跨森林草原、草甸草原和干旱草原三个地带。除东部地区约占本区面积的 10.5% 为森林草原过渡地带外, 其余多为天然草场。多年生草本植物是组成呼伦贝尔草原植物群落的基本生态性特征, 草原植物资源约 1000 余种, 隶属 100 个科 450 个属。呼伦贝尔草场又可分为八大类, 其中主要的有六大类, 即山地草甸、山地草甸草原、丘陵草甸草原、平原丘陵干旱草原、沙地植被草地、低地草甸草场。

6. 森林资源

大兴安岭在蒙古高原与松辽平原之间, 自东北向西南, 逶迤纵贯千余里, 构成了呼伦贝尔市林业资源的主体。呼伦贝尔市有林地面积 2.03 亿亩, 占全市土地总面积的 50%, 占自治区林地总面积的 72.2%。森林活立木总蓄积量 9.3 亿立方米, 全市森林活立木蓄积量占自治区的 93.6%, 占全国的 9.5%。呼伦贝尔市林区的主要树种有兴安落叶松、樟子松、白桦、黑桦、山杨、蒙古柞等。

7. 矿产资源

呼伦贝尔市探查到的各类矿产达 49 种, 矿点 400 多处, 煤炭探明储量 1000 亿吨, 石油评价总资源量 6.5 亿吨, 探明石油地质储量约 1 亿吨, 天然气总资源量 2496.9 亿立方米。有色金属拥有得尔布干和大兴安岭两个有色金属成矿带, 已探明金属储量 346.7 万吨, 其中, 铜、铅、锌、钼分别为 137.3, 70.5, 112.3, 26.6 万吨, 其他矿产资源还包括铍、铀、镉、硫铁矿、芒硝、萤石、重晶石、溴、水泥灰岩等。

8. 水资源

呼伦贝尔市水资源总量为 286.6 亿立方米。其中, 地表水资源量 272 亿立

方米, 占中国地表水资源量的 1%, 占全区地表水资源量的 73%; 地下水资源总量 14.6 亿立方米。全市人均占有水资源量为 1.1 万立方米, 高于世界人均占有量, 是全国人均占有量的 4.66 倍。

9. 野生植物

呼伦贝尔市野生植物资源相当丰富, 共有野生植物 1400 多种, 有经济价值的野生植物达 500 种以上, 主要有野生药用植物、野生油料植物、野生纤维植物、野生淀粉植物、野生食用植物等。

10. 野生动物

呼伦贝尔市野生动物品种和数量繁多。据不完全统计, 全市野生动物种类占全国种类总数的 12.3%, 占自治区的 70% 以上, 居第一位, 以鹿科动物最为有名。在这些动物中, 受国家保护的一、二、三类野生动物和受自治区保护的野生动物品种有 30 余种, 其中有些是珍稀兽类和禽类。全市 313 种鸟类中, 受国家保护的鸟类有 60 多种, 如丹顶鹤、白头鹤、白鹤、灰鹤、大天鹅、小天鹅等。

二、生态环境变化情况

呼伦贝尔草原是欧亚大陆草原的重要组成部分, 由于自然植被保存较好, 生物品种多样, 区位优势显著, 曾被誉为“绿色净土”和“北国碧玉”。但近些年来, 受自然因素和人为因素的影响, 草原的生态环境呈现出了恶化的趋势。

1. 草原退化与沙化加重

呼伦贝尔草原退化由人口密集区向外扩展, 优质牧草如羊草、冰草等在草群中的比例下降, 产草量逐年下降, 严重退化草场的产草量不足原来的 20%, 而一些适应性差的杂类草则增加, 草群变稀、变矮, 植物种类明显减少, 生物多样性减少程度大于其他任何自然生态系统。同时, 草原沙化现象也十分严重, 呼伦贝尔高原中部的呼伦贝尔沙地是我国第四大沙地, 也是目前四大沙地中唯一仍在扩展的沙地, 沙地的覆盖面积已超过 88 万公顷, 另外还有近 300 万公顷的潜在沙化区域。虽然当地政府采取积极措施对沙化草原实施生态治理, 并取得了一定成效, 但是草原“局部治理, 整体恶化”的趋势并没有得到根本遏制。

2. 森林资源锐减

大兴安岭是呼伦贝尔草原林业资源的主体。长期以来, 林区的生存与发展完全依赖于消耗森林资源, 人们对大兴安岭林区巨大的生态功能没有充分认识, 只注重森林的经济效用, 而忽略了它的生态价值, 过量采伐造成森林覆盖率逐年降低, 森林资源质量持续下降。特别是林区经济结构单一, 产业、产品

结构不合理,“独木”经济导致天然森林资源过度消耗。同时由于扩大开垦、开矿修路等原因,致使以天然落叶松为主的原始森林逐步减少,以白桦、山杨为主的次生林和人工天然混交林逐步增多,森林植被破坏严重,造成林缘后退、资源分布范围逐步缩小、生物种类锐减、林区生态环境严重恶化,已直接影响到与之毗邻的呼伦贝尔草原的生态环境。

3. 水土流失不断加剧

近年来由于自然条件的制约,森林面积急剧缩减,草原境内水侵蚀沟随处可见,水土流失现象不断加剧。呼伦贝尔草原上许多河流的水量已明显减少,有些河流几乎断流。特别是被誉为“天下第一曲水”的莫日格勒河在 2007 年的主汛期开始间断性断流,直至 2008 年 4 月 13 日已全面断流。水土流失现象的加剧,给呼伦贝尔草原的农牧业生产以及人民的生活带来了前所未有的挑战。

4. 湿地面积急速萎缩

呼伦贝尔草原有 4 处较大湿地,即呼伦湖湿地、辉河湿地、莫尔格勒河湿地和二卡湿地,都是草原富有生物多样性和较高生产力的生态系统,也是草原牧民们最重要的环境资本之一。它们拥有巨大的资源潜力和环境、社会、经济功能,不仅为草原上的人民提供了大量食物、原材料和水资源等生产资料和生活资料,更在滋润草原、调节着草原气候、增加降水量、遏止草原荒漠化、保护物种基因多样性、维护草原生态平衡、改善草原生态环境等方面发挥着其他生态系统所不可替代的作用,且影响甚大,被誉为“草原之肾”。然而近年来,由于呼伦贝尔草原气候日渐干旱以及人类活动加剧,湿地遭到不同程度的破坏,面积急剧缩小,有部分湿地甚至消失。

5. 动植物资源破坏严重

分布于呼伦贝尔草原上的野生动物以蒙古型为主,主要有黄羊、旱獭、沙狐,此外还有马鹿、狍子、灰鼠、麝鼠等。辽阔的草原、广阔的水面,为野生动物的栖息提供了有利的天然场所。这里的鸟类资源也十分丰富,如新巴尔虎右旗达赉湖珍禽、候鸟及湿地生态系统自然保护区就有 200 多种留鸟及候鸟。

呼伦贝尔草原的野生动植物资源曾经十分丰富,但多年来由于采用杀鸡取卵式的捕猎方式,再加上乱垦草场、肆意破坏草原的生态环境,已使草原上的野生动植物的生存条件发生了改变。野生动物资源在数量上已经明显呈现下降趋势,一些珍禽异兽正在减少甚至消失;野生植物资源也同样难以幸免,滥采滥挖野生植物破坏的草地,在风蚀作用的影响下,逐渐成为草原退化、沙化的源头。

6. 自然灾害发生频繁

呼伦贝尔草原的气候属亚寒带半干旱气候,春季干旱风大,冬季寒冷漫

长,这种气候特点使白灾、旱灾等自然灾害经常发生,给畜牧业生产带来很大影响。

第二节 露天煤矿采矿工程对呼伦贝尔草原区生态环境的影响分析

一、露天煤矿采矿工程对矿区生态环境的影响分析

矿区的生态环境问题是伴随露天煤矿采矿工程的开发建设而产生的,它形成于煤炭开采、加工、储运和燃烧使用的全过程。露天煤矿采矿工程形成的环境问题主要有以下几方面。

1. 对土地资源的破坏和占用

露天采矿工程清除数量巨大的矿区土壤,严重剥离采区的表层土壤,而矿区土层较薄,这极大浪费了矿区的土壤资源。露天采矿工程的开挖和回填将破坏矿区的土壤结构,尤其是土壤中的团粒状结构,一旦遭到破坏,短时间内将难以恢复。此外,采矿过程中对矿区土壤有压实作用,增加原有土壤的密度,减少土壤中空气和水分的含量,使土壤的理化性质发生改变。

2. 对水资源的破坏和污染

我国的煤炭大都分布在常年干旱少雨的北方和西北地区,这些地区水资源贫乏。露天采矿过程中人为疏干排水和采动形成的导水裂隙对煤系含水层的自然疏干,共同破坏了矿区地下水资源。大量地下水资源被排出,造成含水层水位下降,可能引起地面大范围下沉及岩溶塌陷,对土地和建筑物造成损坏。而采矿过程中产生的大量煤粉、岩粉等污染物将随地下水外排,严重影响矿区周围的水质,对矿区周边环境形成新的污染。此外,采矿过程中产生的废弃物在堆放过程中易形成酸性矿山废水,酸性矿山废水具有低 pH、金属离子含量高等特点,将严重污染矿区周边水环境。

3. 对大气环境的污染

大气污染主要来自煤炭开采形成的废气、地面煤矸石山自燃释放的气体和煤炭运输过程中产生的粉尘废气等方面。其中,矸石山在堆放过程中经风化、氧化、自燃还释放出大量有毒有害气体,蔓延在矿区的空气中,导致矿区空气质量较差,严重影响周围居民的身心健康。煤炭作为我国主要的能源,被广泛用于火力发电、工业锅炉、民用取暖和家庭炉灶等,高耗低效燃烧煤炭向空气中排放出大量气体和烟尘,造成了我国以煤烟型为主的大气污染。

二、露天煤矿采矿工程对呼伦贝尔酷寒草原区生态环境的影响分析

近年来,受自然因素和人为因素的影响,呼伦贝尔酷寒草原的生态环境受到很大的破坏,露天煤矿生产也常受到影响。截至 2011 年,规模以上企业发展已达 16 户,涵盖能源、化工、有机食品加工、有色金属采选等多个领域,工业经济已由单纯生产原煤向多领域转变,经济效益大幅增长,运行质量明显提高。但是另一方面,工业多元化所带来的环境问题也日益显著,区域生态环境在化工生产、煤炭开采等多种工业过程的综合影响下面临较为严峻的形势。煤炭资源的综合开发利用作为工业的重要组成部分对当地的经济和社会繁荣起到了巨大的推动作用,但煤炭生产过程既是煤炭产品的产出过程,又是生态环境破坏、资源枯竭的过程,煤炭开采,特别是露天开采对区域生态环境造成了一些影响。以某矿区为例,影响主要体现在以下几个方面。

1. 露天开采对区域土地资源的影响

露天开采对地表环境的影响主要是土地资源的破坏,表现为露天采场的直接挖损、外排土场压占和少量工业用地。挖损是将可采煤层的覆盖物全部剥离后进行采煤作业,造成土地的挖损,彻底改变了土壤养分的初始条件,而且增加了水土流失及养分流失的机会,若不及时采取相应的工程及生物措施,植物自然生长比较困难,由此将会引发水土流失、生态恶化等一系列问题。压占主要是外排土场压占。压占对土地的损毁形式主要是堆积物改变了原来土地的地表形态,以及废弃物含有的元素可能使淋溶水含有有害物质,污染周围土壤、地面及地下水体,对环境将产生危害。

以某矿区为例,矿区包括外排土场、首采区、二采区、三采区、四采区、五采区和工业场地,总占地面积为 5268.32hm^2 。土地利用现状较为简单,根据《全国土地分类》(过渡期间适用)分类系统三级分类,主要包括天然草地与独立工矿用地类型。其中天然草地面积较大,为 4691.45hm^2 ,占本区土地总面积的 89.05%,广泛分布于整个矿区。独立工矿用地总面积 467hm^2 ,主要包括外排土场压占、首采区范围内的已挖损与压占土地以及首采区、二采区、三采区范围内的已有工业场地(见表 1-1)。

表 1-1 矿区范围内土地利用现状

位置	土地类型	面积/ hm^2	比例/%
工业场地	独立工矿用地	28.45	0.54
外排土场	独立工矿用地	242.34	4.60

续表 1-1

位置	土地类型	面积/hm ²	比例/%
首采区	独立工矿用地	96.94	1.84
	天然草地	241.82	4.59
二采区	独立工矿用地	3.16	0.06
	天然草地	825.02	15.66
三采区	天然草地	731.77	13.89
	独立工矿用地	95.88	1.82
四采区	天然草地	565.29	10.73
	旱地	42.67	0.81
五采区	天然草地	2327.55	44.18
	旱地	24.76	0.47
	农村居民点	42.67	0.81

矿区共使用排土场 4 个，其中外排土场 3 个，分别是第一排土场(北排土场)、第二排土场(南排土场)、第三排土场(东排土场)，内排土场 1 个。

目前，该矿区挖损土地面积 507.9hm²，压占土地 582.6hm²，详见表 1-2。

表 1-2 露天煤矿地表损坏情况 hm²

位置	挖损土地		压占土地			工业用地	合计
	采掘场	内排土场	第一排土场	第二排土场	第三、四排土场		
面积	344.9	163.0	353.1	47.4	182.1	37.2	1127.7
已复垦面积			47.6	36.7			84.3

其中第二排土场服务期已结束，现已完成土地复垦面积 36.7hm²，第一排土场完成复垦面积 47.6hm²。表层土堆放场地位于第一排土场平台顶部各处，不存在压占土地问题。

2. 露天开采对区域土壤理化性状与结构的影响

土壤是供给植物生长发育所必需的水、肥、热等的主要源泉，也是营养元素不断循环、不断更新的场所。呼伦贝尔草原主要分布 5 种土类：灰色森林土、黑钙土、栗钙土、草甸土、沼泽土。其中黑钙土、栗钙土是其分布最广、面积最大的土类，集中分布在东部海拔 800~1000m 之间山地和低山丘陵区外缘地带。草甸土主要分布在河流两岸的谷地和丘陵浅山区局部封闭盆地周围的低洼地带，灰色森林土面积较少，分布在林缘地带。受气候、地形、植被等因素影响，矿区土壤类型有淡黑钙土、暗栗钙土。

(1) 理化性状的改变

露天煤矿开采使得土壤的理化性状发生了一定的变化,大量的研究表明,与原来的土壤相比较,排土场的表层土壤中有有机质、全氮、全磷、全钾、速效养分等都不同程度地有所减小,土壤硬度增加较大。没有进行开采的区域,土壤的 pH 值比较接近中性,而开采区域的排土场的土壤 pH 值不同程度地偏离中性,有的甚至呈强酸或强碱性。尤其是剥离物含有 Ca, Mg, K, Na 的重碳酸盐类淋失,溶解于地表和地下径流中,随后汇集到附近草原或低洼地区,再通过蒸发作用使草原周围土壤产生盐渍化,距排土场愈近,盐分含量愈重。运煤车辆上的煤炭也可能散落在运输道路的两侧,进而在雨水和径流的冲刷作用下进入土壤,造成土壤及周围环境的污染。

(2) 土壤结构的变化

良好的土壤是质地疏松,透水性、通气性良好,能为植被生长提供充足养分,保水、保肥、供水、供肥能力强的环境。在露天煤矿开采区域的排土场,由于机械的不断碾压,土壤表层紧实度加大,土壤的孔隙度降低,渗透性差,且废弃物随意排放,使排土地表物质复杂,主要为淡黑钙土、暗栗钙土、粉砂、砂页岩及其他基岩、矸石等,下部为土石混堆的底垫层,发育层次差,结构不良,与原地貌的土壤结构特征有着明显的区别,从而使根系生长受到阻碍,下扎困难,根系对水分、养分的吸收受到抑制。尤其是雨季,经过汽车多次反复碾压,地表板结,蒸发量增加,进而引起土壤变干。

(3) 区域水土流失与沙漠化的影响

露天煤矿建设和生产开挖地表,弃土弃渣,破坏土地和植被,从而减少了地面植被的覆盖,导致草原涵养水源、防风固沙等生态功能也严重衰退,植被覆盖率的减少改变了地表径流和地表的糙度,使土壤抗蚀指数降低,加剧了水土流失和土地沙化、干化,土壤营养元素的损失造成地力衰退,为草原沙漠化埋下了隐患。沙漠化的过程是土壤生境破碎化的过程,表现为土壤理化性质的劣化过程:土壤的粗化、沙质荒漠化导致的土壤盐碱化、沼泽化,土壤团聚体粒径减小、含量降低和团粒结构消失,土壤生物种类与种群数量减少。沙质沙漠化过程中由于绿色植物这一生产者减少,改变了生态系统能量转化的途径,改变了水分和营养元素的系统内循环途径,进而影响到土壤物理、化学成分以及动植物和微生物等土壤生物的种类和数量,导致生态系统退化。矿区所处的呼伦贝尔草原表土层厚度很浅,一般为 10~50cm,表土层一旦遭到破坏,沉积沙层就会裸露,造成土地沙化,在风力作用下加速扩展。近年来受气温升高、降雨量减少等自然因素的影响和乱砍滥伐森林、超载放牧、矿产资源勘探和开采等人为因素的影响,草原退化、沙化情况日益严重。

3. 露天开采对区域生物多样性的影响

生物多样性是一定范围内多种多样活动的有机体(动物、植物和微生物)有规律地结合在一起的总称,是人类赖以生存的生命支持系统^[1]。草原生物多样性是生物多样性的重要组成部分,由草原生态系统多样性、草原生物物种多样性及其遗传多样性组成。矿区草原生态系统内的植被类型多为寒温带草甸草原带植被,还有典型草原植被、草甸草原植被等。地带性植被为羊草,野生草本植物约有400种,其中以禾本科和菊科植物较多,优势植物主要有铁杆蒿、贝加尔针茅、羊草、大针茅、克氏针茅、糙隐子草、冰草以及野豌豆等,草群高度一般在30~50cm,植被覆盖度70%。矿区内还有较多种类木本植物,乔木主要有樟子松、油松、旱柳、小叶杨,灌木主要有珍珠梅、紫丁香、柠条锦鸡儿等。

受露天开采的影响,原有生态环境遭到破坏,导致部分草原植被退化、物种减少、遗传多样性降低,生态系统结构受损、功能及稳定性下降,引起水土流失和沙漠化。影响主要体现在以下方面。

(1) 植物群落的逆向演替

露天开采对植被的影响主要体现在露天煤矿的建设和生产破坏了所在区域原有的植被,改变了土地养分的初始条件,使植物的生长量下降。矿区经过开采后,植被仅靠自我的更新是一个极其漫长的过程。如黑岱沟露天煤矿采挖区排土场对植被自然侵入的速度、科属组成等研究结果表明,与自然植被中298种植物相比,复垦的新群落种数比例仅为16%,新植被覆盖度小(小于10%),种类单调,多年生植物种比例很低,是一个极不稳定的植物群落。矿区也存在类似情况,由于露天开采导致土地养分条件改变,植物群落呈逆向演替趋势。

(2) 对微生物种群和结构的破坏

露天开采不可避免地剥离表土,完全破坏地面上生长的植被层,从而严重地影响了根系—土壤—土壤生物之间的生态平衡,破坏土壤生物群落的结构和组成。土壤生物在排土场定居受阻的原因主要有以下几个方面:剥离表土,机械碾压造成不良的土壤物理结构;地面植被层缺乏;土壤微生物所依赖的植物凋落物和土壤有机物缺乏;重金属对土壤生物造成危害,这些离子大多可以使微生物中毒,从而导致土壤微生物的死亡,致使这些微生物的种类和数量下降。其中,不良的土壤物理结构和土壤有机物的缺乏是限制土壤生物在排土场定居的主要因素。

(3) 破坏了野生动物的活动场所

矿区运输道路呈条带状延伸和车辆噪声,在一定程度上影响草原野生动物的迁移路线,且由于开发建设已有多年,人类活动频繁,干扰严重,野生动物已经很少见,只有麻雀、家燕等伴人鸟类种类和数量有所增加,矿区内草原生