

西北煤矿(井工) 生态环境治理技术应用

张兴文 主 编
刘建国 郑天龙 副主编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

西北煤矿(井工)生态环境治理技术应用

张兴文 主 编
刘建国 郑天龙 副主编



中国石化出版社

内 容 提 要

本书针对西北地区井工煤矿开采引发的生态环境问题,基于区域自然环境、气候条件和地理特性等特点,研究了高矿化度矿井水高效处理技术及资源化应用、煤矸石战略封存及微地貌改造、煤矿开发对地下水影响及防治技术措施、煤矿开发对地表沉陷影响及生态环境修复技术、煤矿废气治理关键技术,以及井工煤矿生态环境治理和保护智慧化管理与决策支持系统构建等关键技术问题,进而提出了西北地区井工煤矿开发生态环境综合治理及保护示范区建设模式。

本书适合开采、环境保护类研究人员及工作人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

西北煤矿(井工)生态环境治理技术应用 / 张兴文主编.
—北京:中国石化出版社,2018.11
ISBN 978-7-5114-5104-0

I. ①西… II. ①张… III. ①煤矿—生态环境—环境
综合整治—西北地区 IV. ①X322.24

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第262320号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者
以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市朝阳区吉市口路9号
邮编:100020 电话:(010)59964500
发行部电话:(010)59964526
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail:press@sinopec.com
北京富泰印刷有限责任公司印刷
全国各地新华书店经销

*

710×1000毫米 16开本 13.75印张 251千字
2019年1月第1版 2019年1月第1次印刷
定价:45.00元

《西北煤矿(井工)生态环境治理技术应用》编委会

主 编：张兴文（鄂尔多斯市昊华红庆梁矿业有限公司）

副主编：刘建国（内蒙古工业大学）

郑天龙（中国科学院生态环境研究中心）

参编人员（以姓氏笔画为序）：

马鸿志（北京科技大学）

王 朗（北京建筑大学）

王梦雄（鄂尔多斯市昊华红庆梁矿业有限公司）

刘 梅（内蒙古自治区环境信息中心）

李天昕（北京科技大学）

李现华（内蒙古自治区环境科学研究院）

杨 耀（内蒙古自治区环境科学研究院）

荆 萍（鄂尔多斯市昊华红庆梁矿业有限公司）

荀彦平（内蒙古生态环境科学研究院有限公司）

郭建英（水利部牧区水利科学研究所）

彭 伟（鄂尔多斯市昊华红庆梁矿业有限公司）

目 录

第一篇 项目概况

第 1 章 研究背景及意义	3
第 2 章 研究对象	5
2.1 红庆梁煤矿简介	5
2.2 红庆梁煤矿工程分析	6
第 3 章 煤矿开采对生态环境的影响	14
3.1 对生态环境的影响	14
3.2 对地下水资源的影响	14
3.3 对大气环境的影响	14
3.4 地质灾害的影响	15
3.5 对土地复垦的影响	15
第 4 章 研究内容	16

第二篇 矿井水处理与资源化利用示关键技术应用

第 1 章 矿井水处理国内外研究进展	19
1.1 国外矿井水处理与利用现状	19
1.2 我国矿井水利用现状	20
第 2 章 矿井水的性质	21
2.1 矿井水的分类	21
2.2 矿井水的水质状况	26
第 3 章 红庆梁煤矿矿井水处理及资源化综合利用	28
3.1 矿井水利用的合理性	28
3.2 红庆梁煤矿矿井水处理工艺流程及装置	28
3.3 红庆梁煤矿矿井水处理效果分析	29
3.4 红庆梁煤矿矿井水水质综合利用可行性分析	30
第 4 章 小结	32

第三篇 矸石综合处理利用关键技术集成与示范

第1章 研究对象概况	35
1.1 煤矸石的物理化学性质	35
1.2 煤矸石对环境的危害	36
1.3 煤矸石资源化处理的意義	37
第2章 国内外煤矸石资源化利用现状	38
2.1 国外煤矸石综合利用现状	38
2.2 国内煤矸石利用现状	38
2.3 煤矸石井下置换回填	40
第3章 红庆梁煤矿煤矸石回填造地技术研究及示范	43
3.1 红庆梁煤矿矸石淋溶液测评分析	43
3.2 矸石自燃倾向判断	44
3.3 填沟造地	46
第4章 小结	48

第四篇 煤矿开发对地下水环境影响及污染防治技术措施应用

第1章 研究背景及方法	51
1.1 研究背景	51
1.2 研究方法	52
第2章 红庆梁煤矿水文地质条件	53
2.1 区域地层与构造	53
2.2 区域水文地质条件	55
2.3 井田地层与构造	56
2.4 井田水文地质条件	57
2.5 环境水文地质问题及污染源调查概况	60
2.6 地下水环境质量现状监测与评价	60
第3章 红庆梁煤矿地下水资源现状及保护措施	72
3.1 采煤沉陷“导水裂缝带”高度评估	72
3.2 矿坑涌水量评估	75
3.3 煤炭开采对煤层直接充水含水层的评估	76
3.4 煤炭开采对地下水含水层的影响评估	78

3.5	煤炭开采对于民井和泉的影响评估	80
3.6	红庆梁煤矿地下水资源保护技术措施	81
第4章	红庆梁煤矿典型地段工程区对地下水环境的潜在影响及防治措施 ...	83
4.1	典型工段工程区地形地质及包气带渗水条件	83
4.2	典型工段工程区工业场地对地下水水质的潜在影响	86
4.3	典型工段工程区地下水污染防治技术措施	90
4.4	典型工段工程区地下水水质长期监测措施	91
4.5	红庆梁煤矿其他建设及开采过程中的地下水保护措施	93
第5章	小结	94

第五篇 煤矿开发对地表沉陷的影响及生态修复综合治理技术研究

第1章	研究目的及研究对象概况	97
1.1	研究目的	97
1.2	研究方法	97
1.3	研究因子	97
1.4	工作内容与工作思路	98
第2章	红庆梁矿田自然环境调查研究	99
2.1	地形地貌	99
2.2	水文地质	99
第3章	红庆梁矿田生态环境现状调查	101
3.1	土地利用现状调查	101
3.2	植被现状调查与评价	102
3.3	陆生野生动物现状调查	109
3.4	土壤类型现状调查与评价	112
3.5	土壤侵蚀现状调查与评价	113
3.6	生态系统现状	116
3.7	小结	119
第4章	地表沉陷对生态环境影响	121
4.1	地表沉陷预测结果	121
4.2	地表沉陷对土地利用的影响预测与评价	123
4.3	地表沉陷对耕地、林地和草地的影响预测与评价	124
4.4	地表沉陷对土壤侵蚀的影响分析	126

4.5	地表沉陷对生态系统的影响分析	127
第5章	煤矿开发对生态环境影响分析	128
5.1	对土地利用的影响分析	128
5.2	对植被的影响分析	128
5.3	对土壤侵蚀的影响分析	128
第6章	生态保护与恢复技术措施研究	129
6.1	排土场土壤侵蚀现状分析	129
6.2	排土场边坡稳定性措施	131
6.3	排土场坡面排水措施	131
6.4	排土场边坡防护措施	133
6.5	排土场平台修复措施	137
6.6	排土场植物选配	138
6.7	地表沉陷的治理与恢复技术	139
第7章	小结	143


第六篇 煤矿废气综合治理技术研究

第1章	研究背景	146
第2章	研究目标	147
第3章	研究内容	148
第4章	井工煤矿废气污染源概况	149
第5章	废气污染治理技术分析及应用	151
5.1	煤矿供热锅炉烟气治理技术	151
5.2	煤矿粉尘治理技术	157
5.3	煤矿瓦斯利用技术	160
5.4	其他井下有毒有害气体防治技术	162
5.5	废气污染源监测	163
5.6	区域环境空气质量现状	170
第6章	废气污染物大气传输扩散	172
6.1	地区气象特征	172
6.2	大气传输扩散	178
第7章	小结	181

第七篇 矿井生态环境综合治理信息管理与决策支持系统构建

第1章 研究目的及方法	184
1.1 研究目的	184
1.2 研究方法	184
1.3 预期研究成果	185
第2章 研究内容及思路	186
2.1 研究内容	186
2.2 工作思路	186
第3章 机房及网络环境建设	187
3.1 机房建设	187
3.2 网络建设原则	187
3.3 网络建设成果	188
第4章 矿区综合自动化平台	189
4.1 建设内容	189
4.2 总体设计	189
4.3 管控平台软件选型及基本功能特征	190
第5章 生态环境数字智能化管控平台	193
5.1 选煤厂集控系统	193
5.2 数字矿山子系统	194
5.3 水资源综合利用管控平台	204
5.4 水污染控制管控平台	205
5.5 废气污染控制管控平台	205
第6章 小结	206

第八篇 结论



第一篇

项目概况



第 1 章 研究背景及意义

煤炭资源是国民经济、社会发展和人民生活的重要物质基础，是重要的能源与原料。然而，在煤炭资源开发利用过程中造成了极大的环境污染和生态破坏。从源头上控制环境问题，加强煤炭开发过程中生态环境的保护、环境污染的防治及资源的综合利用已成为煤炭行业面临的重要课题。

内蒙古作为西部煤炭大省，“十二五”期间全区累计生产煤炭 4920Mt，居全国第一位；累计外运煤炭突破 3000Mt，占全国跨省煤炭净调出量的 40% 以上，为我国调出煤炭第一大省区。“十三五”期间，国家将加大供给侧结构性改革力度，改造提升传统动能，加快培育新动能，油气替代煤炭、非化石能源替代化石能源步伐加快，煤炭消费比重将进一步下降。内蒙古“十三五”期间将稳步推进煤炭生产基地建设。统筹安排煤炭总量和布局，依托胜利、五间房、白音华、准格尔、东胜、上海庙、伊敏、宝日希勒等大型整装煤田，按照国家总体能源战略部署，重点围绕保障煤电、现代煤化工等主要耗煤项目用煤需求，推动鄂尔多斯、锡林郭勒、呼伦贝尔三大煤炭生产基地建设，力争到 2020 年原煤产量控制在 1150Mt 左右。“十三五”期间，建成投产煤矿项目 35 项，总规模 250Mt 左右。续建煤矿项目 19 项，总规模 140Mt 左右，其中鄂尔多斯 120Mt、呼伦贝尔 20Mt 左右。围绕煤电和煤化工基地配套用煤项目，拟新开工并建成煤矿项目 16 项，总规模 120Mt 左右，其中鄂尔多斯新增产能 65Mt、锡林郭勒新增产能 45Mt、通辽新增产能 6Mt 左右。

与此同时，煤炭开采带来的环境污染和生态破坏问题逐步显现，突出表现为煤炭开采扰动地表、土地开挖及占压对地表植被、景观格局、地下水系等方面的影响，而内蒙古自治区大型煤矿主要集中在生态脆弱、水资源匮乏、荒漠化严重的草原区，还处于《全国主体功能区规划》“两屏三带”生态安全格局中的“北方防沙带”主体功能区。上述区域煤炭大规模开发建设势必会进一步加剧区域生态破坏，若不强化源头控制和生态保护，甚至可能威胁我国的生态环境安全。但是，目前缺乏有针对性的大规模煤矿废弃物解决及生态保护策略，存在现有处理技术成本与煤炭开采企业利润波动、高风险之间矛盾突出的问题。

原国家环境保护总局于 1992 年颁布了专门的管理法规和标准，将煤炭工业环境保护作为企业环境保护的重中之重，纳入法制化轨道，环境保护的约束已成

为内蒙古及全国煤炭业发展必须面对和解决的严峻问题。因此煤炭开发业的污染治理必须采取能实现环境治理与废物资源化的一体化模式,实现煤炭开发污染治理成本内部化,使污染治理行为本身产生效益,弥补成本甚至带来收益,必须走污染治理产业化的道路。通过有效的产业化手段,将治理成本转化为经济投入,将治理投资转化为产业发展投资,只有这样才能将被动的环境保护行为转化为主动的环境保护事业,使我国煤炭开发行业保持持续的国际竞争力和发展优势。目前,关于露天煤矿开发环境污染与生态修复的关键技术研究开展较多,而对井工矿开发的研究相对较少。因此,针对西北地区井工矿开发的快速发展与开采过程中造成的土地、生态、水污染、空气环境等严重污染的矛盾问题,急需开展西北地区井工矿开采生态环境治理方面的科学研究,将绿色发展理念贯穿于矿产资源规划、勘查、开发利用与保护全过程,解决西北地区井工矿开发高矿化度矿井水高效稳定处理关键技术及资源化利用示范、矸石综合处置及资源化利用、煤矿开发对地下水环境影响及污染防治技术措施、煤矿开发对地表沉陷的影响及生态修复综合治理技术、煤矿废气综合治理关键技术及井工煤矿生态环境保护智慧化管理与决策支持系统构建等方面共性关键技术问题。

以西北地区井工煤矿开发过程中生态环境污染综合治理关键技术集成示范及生态环境修复为目标,属于《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》中“生态脆弱区域生态系统功能的恢复重建”优先主题;属于《“十三五”国家科技创新规划》中“煤炭清洁高效利用——煤炭绿色开发,煤炭污染控制”核心关键技术研发重大科技项目。

因此,开展该项研究,符合国家、自治区有关科技发展规划需求,项目成果对于完善我国西北地区井工煤矿开发及开采期间环境污染治理技术体系与理论,提高西北生态脆弱区煤炭开采生态修复科技含量,推动地区科技进步具有重要的科学意义。同时,将推动绿色矿山建设,提升带动区域内煤炭产业发展质量和效益,促进内蒙古自治区经济又好又快绿色发展。

第2章 研究对象

以杭锦旗西部能源开发有限公司吴华红庆梁煤矿为研究对象，其矿井及选煤厂位于内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗境内，行政区划隶属昭君镇管辖。矿井及配套选煤厂设计规模 6.0Mt/a，服务年限 64.1a。

2.1 红庆梁煤矿简介

红庆梁井田范围地理坐标为东经 $109^{\circ}26'40'' \sim 109^{\circ}35'00''$ ，北纬 $39^{\circ}57'43'' \sim 40^{\circ}03'15''$ 。井田南距 109 国道上的泊尔江海子镇 20km。泊尔江海子镇西至乌海市 305km，东至鄂尔多斯市东胜区 55km。红庆梁矿井南侧 12km 有 109 国道东西向通过，109 国道在柴登乡与南北向的解柴公路相汇，解柴公路井田东南和东侧通过，途径高头窑矿井接达旗电厂，该公路距离本矿工业场地约 5km。有包神铁路、包(头)西(安)铁路和东乌铁路分别从井田东侧和南侧通过。矿井北侧 15km 外有正在建设的鄂尔多斯沿河铁路东西向通过，东侧 8km 外有“关(碾房)塔(塔然高勒)铁路专用线”的高头窑矿井装车站；南界有塔然高勒矿区铁路专用线(即塔然高勒矿井铁路专用线)东西向通过，南侧 40km 外有东(胜)乌(海)铁路。

项目交通位置见图 2-1。

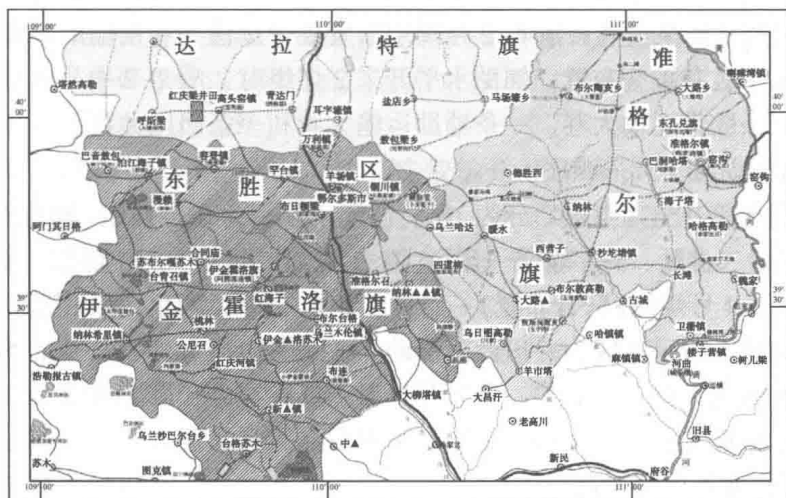


图 2-1 交通位置图

2.2 红庆梁煤矿工程分析

2.2.1 矿井工程

2.2.1.1 井田开拓与开采

(1) 开拓方案。

工业场地位于井田中东部的小艾来色太沟北侧,地形标高+1391~+1423m。矿井采用主斜井、副立井混合开拓方式。在工业场地布置一个主斜井、一个副立井。主斜井井口标高为+1410m,副立井井口标高为+1404.5m。

在工业场地西北方向约1.5km处开设一个回风立井,利用主斜井和副立井进风,构成矿井初期中央分列式通风系统。

(2) 水平划分及标高。

全井田共划分两个水平,即+975m水平和+930m水平,其中+975m水平开采3-1号煤层;+930m水平开采4-1号和4-2号煤层;此外,设置+1010m辅助水平开采井田内2-2上、2-2中、2-2下煤层。

(3) 开拓巷道布置。

根据矿井开拓方案,主斜井井筒贯穿一水平,落底于二水平4-1号煤层上,副立井井筒落底于4-2号煤层底板,沿3-1号煤层底板布置+975m水平车场及硐室。

一、二水平均布置四条大巷,其中一条胶带运输大巷、二条辅助运输大巷、一条回风大巷。一水平开采3-1号煤层时四条大巷沿3-1号煤层布置;二水平沿4-1号煤层布置回风大巷,沿4-2号煤层布置胶带运输大巷及辅助运输大巷,其位置与一水平大巷重叠布置;辅助水平开采2煤组时,沿2-2中号煤层布置三条大巷,即一条胶带运输大巷、一条辅助运输大巷和一条回风大巷。

(4) 盘区划分及开采顺序。

设计将全矿井全部煤层划分为10个盘区,分别为2号煤组(联合布置)一盘区、2号煤组二盘区、3-1煤层一盘区、3-1煤层二盘区、3-1煤层三盘区、3-1煤层四盘区、4号煤组(联合布置)一盘区、4号煤组二盘区、4号煤组三盘区、4号煤组四盘区。首采盘区为井田西南部的3-1煤一盘区和2-2中煤一盘区。

各盘区内均实行下行开采,即先开采上部煤层,再开采下部煤层。盘区内工作面沿大巷由近及远顺序接替,工作面采用后退式开采。

(5) 工作面长度及采高。

矿井移交生产时在3-1煤一盘区布置一个厚煤层的大采高综采工作面,在

2-2中煤一盘区布置一个中厚煤层的综采工作面。

2.2.1.2 井下运输

本矿井井下回采工作面生产的原煤运输路径：回采工作面带式输送机顺槽→大巷带式输送机→井底煤仓→主斜井带式输送机，运至地面选煤厂洗选加工、存储、销售。

辅助运输系统为：井下人员、材料和设备等采用无轨胶轮车装载，从地面经副斜井、运往回采工作面及其他工作地点。

井下煤炭运输全部采用胶带输送机运输，辅助运输采用无轨胶轮车运输系统，可实现从地面至井下工作面连续运输。

2.2.1.3 矿井通风

本矿井为瓦斯矿井，确定矿井通风方式采用中央分列抽出式，通风方法为机械抽出式，由工业场地主斜井、副立井进风，风井场地回风立井回风。矿井达到设计产量时和矿井中后期最困难时期负压分别为 1351.3Pa 和 2724.4Pa。

2.2.1.4 矿井排水

矿井初期正常排水量为 $330\text{m}^3/\text{h}$ ($7920\text{m}^3/\text{d}$)，后期正常排水量为 $567.7\text{m}^3/\text{h}$ ($13624\text{m}^3/\text{d}$)。

矿井采用一级排水系统，在主斜井井底附近设有矿井主、副水仓及主排水泵房，主排水泵房排水设备将全矿井汇集的涌水(包括矿井涌水、消防洒水及防火灌浆析出水等等)，沿工业场地主斜井排至地面井下水处理站。选用 3 台 PJ200B×6 型矿用高扬程多级离心泵，正常涌水时 1 台工作，1 台备用，1 台检修；最大涌水时 2 台同时工作。

2.2.1.5 矿井地面生产系统

红庆梁矿井地面生产系统主要包括主斜井生产系统、副立井地面生产系统、矿井辅助设施、排矸系统以及洗选加工系统。洗选加工系统详见 2.3.2 节。

(1) 主斜井地面生产系统。

主斜井井筒内装备钢丝绳芯强力胶带输送机一条，带宽 1600mm，运量 $2500\text{t}/\text{h}$ ，承担矿井 $6.0\text{Mt}/\text{a}$ 原煤的运输任务。井下原煤由工作面顺槽带式输送机、大巷带式输送机、主斜井带式输送机直接运至地面。

(2) 副立井地面生产系统。

矿井的副立井井筒装备二套提升容器，一套为 6 绳特制双层大罐笼配平衡锤，另一套为交通罐笼配平衡锤，担负全矿矸石、材料、人员以及设备等的提升任务。井底辅助运输采用无轨胶轮车。

(3) 矿井辅助设施。

本矿井辅助设施主要有：矿井修理车间、综采设备中转库及维修车间、胶轮

车保养车间及木材加工房等。担负着本矿井的机电设备日常检修和维护、综采设备存放以及胶轮车加油等矿井的辅助生产保障工作。

(4) 矸石运输系统。

矿井井下掘进工作面年产矸石量约为 60kt/a, 用小型胶轮车运至其附近填充废弃联络巷道, 井下矸石不上井。选煤厂矸石用装载机装入汽车运至运往排矸场。

2.2.2 选煤厂工程

项目配套建设 6.0Mt/a 的选煤厂。

2.2.2.1 工艺流程

选煤厂确定分选工艺为: 块煤重介浅槽, 末煤不分选, 末煤离心脱水(煤泥加压过滤联合隔膜压滤回收工艺)。工艺流程如下:

(1) 原煤准备系统。

① 筛分破碎

矿井毛煤首先经筛缝为 150mm 的圆振动筛, 分出的+150mm 特大块, 经除杂破碎后进入块煤分选系统, 筛下-150mm 煤进入 13mm 分级筛。13mm 分级筛筛上块煤进入块煤分选系统, 筛下末煤进入 8mm 分级筛分级。8mm 分级筛筛上块煤进入块煤分选系统, 筛下末煤做末煤产品。13mm 分级筛下末煤可直接作为末煤产品, 即入洗下限可根据煤质情况, 调整到 13mm。

② 分级脱泥

8(13)~150mm 原煤送至 $\phi 6$ mm 脱泥筛进行湿法筛分, 8(13)~150mm 块原煤进入重介浅槽分选机分选, 筛下水进入煤泥水处理作业。

(2) 重介洗选系统。

+8(13)mm 块煤进入浅槽分选机分选, 分选出块精煤和块矸石两种产品。30~150mm 块精煤既可破碎至-50mm 后作为洗混煤产品, 也可直接经 80mm 分级筛分出 80~150mm 及 30~80mm 块精煤产品或破碎至 80mm 后经 80mm 分级筛分出 30~80mm 块精煤产品。8(13)~30mm 的精煤经精煤离心机脱水后进入产品仓。块矸石经脱介筛脱介后作为最终矸石产品。

块精煤、块矸石脱介筛筛下合格介质进入合格介质桶, 作为循环介质返回重介浅槽分选机循环使用。块精煤固定筛下合格介质通过分流, 其中大部分去合格介桶, 少部分分流的合格介质与脱介筛筛下稀介质及精煤离心机离心液一并进入磁选机, 经磁选机回收的精矿返回合格介质桶, 磁选尾矿作为 6mm 湿法脱泥的润湿水使用。

(3) 煤泥水处理系统。