

特大型镍矿生产系统优化与产能提升

杨志强 杨长祥 高学栋 / 著
杨金维 辜大志 傅 耀



科学出版社

特大型镍矿充填法开采技术著作丛书

特大型镍矿生产系统优化与 产能提升

杨志强 杨长祥 高学栋 杨金维 辜大志 傅 耀 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是《特大型镍矿充填法开采技术著作丛书》的第九册,主要介绍金川特大型镍矿生产系统优化与产能提升的技术攻关成果。

为了提高矿体埋藏深、地压大、矿岩破碎的金川特大型矿床的开采生产能力,金川镍矿开展了大量的理论研究和技術攻关,采用下向分层胶结充填采矿法建成了年产 800 万 t 矿石的地下矿山。本书首先介绍了金川镍矿资源、矿床开采技术条件及影响产能提升的主要因素,并概述了为提升矿山产能而进行的生产系统优化和技术改造。然后详细介绍了高效采矿方法和回采工艺的探索与实践,对涉及矿山生产能力提升的采掘、破碎、提升、运输和充填等系统的技术攻关和系统改造进行了全面总结。最后,对矿山通信网络系统和生产辅助系统的技术改造进行了介绍。

本书可供科研院所、矿山企业等单位从事矿山设计、生产的工程技术人员阅读,也可供大专院校相关专业的教师和研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

特大型镍矿生产系统优化与产能提升/杨志强等著. —北京:科学出版社,2014

(特大型镍矿充填法开采技术著作丛书)

ISBN 978-7-03-041495-3

I. ①特… II. ①杨… III. ①超大型矿床-镍矿床-金属矿开采
IV. ①TD864

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)174070 号

责任编辑:周 炜 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:肖 兴 / 封面设计:陈 敬

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

*

2014 年 10 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014 年 10 月第一次印刷 印张:17 1/4

字数:375 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



《特大型镍矿充填法开采技术著作丛书》编委会

主 编:杨志强

副 主 编:王永前 蔡美峰 姚维信 周爱民 吴爱祥 陈得信

常务副主编:高 谦

编 委:(按姓氏汉语拼音排序)

把多恒	白栓存	包国忠	曹 平	陈永强	陈忠平	陈仲杰
崔继强	邓代强	董 璐	范佩骏	傅 耀	高创州	高建科
高学栋	辜大志	顾金钟	郭慧高	何煦春	吉险峰	江文武
靳学奇	康红普	雷 扬	李 马	李德贤	李国政	李宏业
李向东	李彦龙	李志敏	廖椿庭	刘 剑	刘同有	刘育明
刘增辉	刘洲基	马 龙	马成文	马凤山	孟宪华	莫亚斌
慕青松	穆玉生	乔登攀	乔富贵	侍爱国	束国才	孙亚宁
汪建斌	王 虎	王 朔	王海宁	王红列	王怀勇	王五松
王贤来	王小平	王新民	王永才	王永定	王玉山	王正辉
王正祥	吴满路	武栓军	肖卫国	颀国星	辛西宁	胥耀林
徐国元	许瀛沛	薛立新	薛忠杰	颜立新	杨长祥	杨金维
杨有林	姚中亮	于长春	余伟健	岳 斌	翟淑花	张 忠
张光存	张海军	张建勇	张钦礼	张周平	赵崇武	赵千里
赵兴福	赵迎洲	周 桥	邹 龙	左 钰		

《特大型镍矿充填法开采技术著作丛书》序一

金川镍矿是一座在世界上都享有盛誉的特大型硫化铜镍矿床。自 1958 年被发现以来,金川资源开发和利用一直受到国内外采矿界的高度关注。由于镍钴金属是一种战略资源,对有色工业和国防工程起到举足轻重的作用。因此,加快和扩大金川镍钴矿资源的开发和利用,是金川镍矿设计与生产的战略指导思想。

采矿作业连续化、自动化和集中化是地下金属矿采矿技术无可争议的发展方向。自 20 世纪 80 年代以来,国际矿业界对实现连续强化开采给予高度关注,把它视为扩大矿山生产、提高经济效益最直接和最有效的重要途径。随着高效的采、装、运设备的出现和大量落矿采矿技术的发展,井下生产正朝着大型化和连续化方向发展。金川特大型镍矿的无间柱大面积连续机械化分层充填采矿技术,正是适应了地下金属矿山开采的发展趋势。该技术的应用使得金川镍矿采矿生产能力逐年提高,目前已建成年产 800 万吨的大型坑采矿山。

金川镍矿所固有的矿体厚大、埋藏深、地压大、矿岩破碎和围岩稳定性差等不利因素,使金川镍矿连续开采面临巨大挑战。在探索适合金川镍矿采矿技术条件的采矿方法和回采工艺的过程中,大胆引进国际上最先进的采矿设备,在国内首次应用下向机械化分层胶结充填采矿技术,成功地实现了深埋、厚大矿体大面积连续开采,为深部矿体的连续安全高效开采奠定了基础。

金川镍矿大面积连续开采获得成功,受益于与国内外高等院校和科研院所合作开展的技术攻关,也依赖于金川人的大胆创新、勇于实践、辛勤劳动和无私奉献。40 多年的科学研究和生产实践,揭示了金川特大型镍矿高地应力难采矿床的地压规律,探索出采场地压控制技术,逐步形成了特大型金属矿床无间柱大面积连续下向分层充填法开采的理论和

技术。该丛书全面系统地总结了金川镍矿采矿生产的实践经验和

技术攻关成果。该丛书的出版为特大型复杂难采矿床的安全高效开采提供了技术和经验,极大地丰富了特大型金属矿床下向分层胶结充填法的开采理论与实践,是我国采矿科技工作者对世界采矿科学发展做出的重要贡献,也是目前国内外并不多见的一套完整的充填法开采技术丛书。

王恩敦

中国科学院地质与地球物理研究所研究员

中国工程院院士

2012 年 6 月

《特大型镍矿充填法开采技术著作丛书》序二

金川镍矿是我国最大的硫化铜镍矿床。矿体埋藏较深、地应力高、矿体厚大、矿岩松软破碎具有蠕变性,很不稳固,且贫矿包裹富矿,给工程设计和采矿生产带来极大困难。

针对金川镍矿复杂的开采技术条件及国家对镍的迫切需求,在二矿区采取“采富保贫”方针。20世纪80年代中期,利用改革开放的有利条件,金川镍矿委托北京有色冶金设计研究总院与瑞典波立登公司和吕律欧大学等单位合作,进行了扩大矿山生产规模的联合设计。在综合引进瑞典矿山7项先进技术的基础上,结合金川的具体条件,在厚大矿体中全面采用了机械化进路式下向充填采矿法,并且在进路式采矿中选用了双机液压凿岩台车和 6m^3 铲运机等大型无轨设备,这在世界上没有先例。这种开发战略为金川镍矿资源的高效开发奠定了坚实基础。

在随后的建设和生产过程中,有当时方毅副总理亲自主持的金川资源综合利用基地建设的指引,金川公司历届领导都非常重视科技攻关工作,长期与国内高校和科研院所合作,开展了一系列完善采矿技术的攻关。先后通过长时期试验,确定了巷道开凿的“先柔后刚”支护系统,并利用喷锚网索相结合的新工艺,使不良岩层中巷道经常垮塌的现象得以控制。开发出棒磨砂高浓度胶结充填技术,改进了频繁施工的充填挡墙技术,提高了充填体强度和充填质量。试验成功的全尾砂膏体充填工艺,进一步降低了充填作业成本。优化了下向充填法通风系统,改善了作业条件。为了有效地控制采场地压,通过采矿系统分析和参数优化,调整了回采顺序,改进了分层道与上下分层进路布置形式,实现了多中段大面积连续开采,并实现了大面积水平矿柱的安全回收。这些科研成果不仅提高了采矿效率和资源回收率,而且还降低了矿石贫化,获得巨大的经济效益和社会效益;同时也极大地提高了企业的竞争力。金川镍矿通过数十年的艰辛努力,将原本属于辅助性的采矿方法发展成为一种适合大规模开采的采矿方法,二矿区年生产能力突破了400万吨;把原本是低效率的采矿方法改造成为高效率的安全的采矿方法,为高应力区矿岩不稳固的金属矿床开采提供了丰富的技术理论和实践经验,对采矿工艺技术的发展做出了可贵的贡献。

该丛书全面论述了金川特大型镍矿在设计和采矿生产中所取得的技术成果和工程经验。内容涉及工程地质、采矿设计、地压控制、充填工艺、矿井通风和安全管理等多专业门类,是目前国内外并不多见的充填法,特别是下向充填法采矿技术丛书。该丛书中的很多成果出自于产、学、研结合创新与矿山在长期生产实践中的宝贵经验总结,凝结了矿山工程技术人员们的聪明智慧,具有非常鲜明的实用性。该丛书的出版不仅方便读者及相关工程技术人员了解金川镍矿充填法开采的理论与实践,也为国内外特大型金属矿床,特别是高应力区矿岩不稳固矿床的充填法开采设计和规模化生产提供了难得的珍贵技术参考文献。



中国恩菲工程技术有限公司研究员

中国工程院院士

2012年7月

《特大型镍矿充填法开采技术著作丛书》序三

近 20 年来,地下采矿装备正朝着大型化、无轨化、液压化和智能化方向发展,它推动着采矿工艺技术逐步走向连续化和智能化。在采掘机械化、自动化基础上发展起来的地下矿连续开采技术,推动着地下金属矿山的作业机械化、工艺连续化、生产集中化和科学化的进程,大大促进了矿山生产现代化,并从根本上解决了两步回采留下的大量矿柱所带来的资源损失,它是地下金属矿山采矿工艺技术的一项重大变革,它代表着采矿工艺技术的变革方向,是采矿技术发展的必然。

金川镍矿是我国最大的硫化铜镍矿床,矿床埋藏深、地应力高、矿岩稳定性差。针对这一采矿技术条件,金川镍矿与国内外科研院所和高等院校合作,采用大型无轨设备的下向分层胶结充填采矿方法,开展了一系列采矿技术攻关。通过“强采、强出、强充”的强化开采工艺,使采场围岩暴露时间缩短,有利于采场地压控制 and 安全管理,实现了安全高效的多中段无间柱大面积连续回采。在采矿方法与回采工艺、充填系统与充填工艺、采场地压优化控制及采矿生产管理等关键技术方面,取得了一系列重大成果,揭示了大面积连续开采采场地压规律,探索出有利于控制地压的回采顺序与采矿工艺。在科研实践中,对采矿生产系统、破碎运输系统、提升系统、膏体充填系统,进行了优化与技术改造,扩大了矿山产能,降低了损失与贫化,提高了矿山经济效益,为金川集团公司的高速发展提供了重大技术支撑。

该丛书全面系统地介绍了金川镍矿在采矿技术攻关和生产实践中所获得的研究成果和实践经验,是一套理论性强、实践性鲜明的充填采矿技术丛书。该丛书体现了金川工程技术人员的聪明才智,展现了我国采矿界的研究成果和工程经验,是国内外不可多得的一套完整的特大型矿床充填法开采技术丛书。



中南大学教授
中国工程院院士
2012 年 8 月

《特大型镍矿充填法开采技术著作丛书》编者的话

金川镍矿是我国最大的硫化铜镍矿床,已探明矿石储量 5.2 亿吨,含有镍、铜等 23 种有价稀贵金属。矿区经历了多次地质构造运动,断裂构造纵横交错,节理裂隙十分发育。矿区地应力高,矿体埋藏深、规模大、品位高,是目前国内外罕见的高地应力特大型难采金属矿床。不利的采矿技术条件使采矿工程面临严峻挑战。剧烈的采场地压活动,导致巷道掘支困难。大面积开采潜在着采场整体灾变失稳风险,尤其在水平矿柱和垂直矿柱的回采过程中面临极大困难。巷道剧烈变形,竖井开裂和垮冒,使“两柱”开采存在重大安全隐患,采场地压与岩移得不到有效控制,不仅造成两柱富矿永久丢失,而且将破坏上盘保留的贫矿,使其无法开采,造成更大的矿产资源损失。

众所周知,高地应力、深埋、厚大不稳固矿床的安全高效开采,关键在于采场地压控制。金川镍矿的工程技术人员以揭示矿床采矿技术条件为基础,以安全开采为前提,以控制采场地压为策略,以提高资源回收和降低贫化为目标,综合运用了理论分析、室内实验、数值模拟和现场监测等综合技术手段,研究解决了高应力特大型金属矿床安全高效开采中的关键技术。

本丛书揭示了高地应力复杂构造地应力的分布规律,探索出工程围岩特性随时空变化的工程地质分区分级方法,实现了对高应力采场围岩分区研究和定量评价;探索出与采矿条件相适应的大断面六角形双穿脉循环下向分层胶结充填回采工艺,实现了安全高效机械化盘区开采;采用系统分析方法进行了采矿生产系统分析,实现了对采场地压的优化控制;建立了矿区变形监测与灾变预测预报系统;完善了高浓度尾砂浆充填理论,解决了深井高浓度大流量管道输送的技术难题,形成了高地应力特大型金属矿床连续开采的理论体系与支撑技术,成功地实践了 10 万平方米的大面积连续开采。矿山以每年 10% 的产能递增,矿石回采率 $\geq 95\%$,贫化率 $\leq 4.2\%$,建成了我国年产 800 万吨的下向分层胶结充填法矿山,丰富了特大型金属矿床安全高效开采理论与技术。

本丛书是金川镍矿几十年来采矿技术攻关和采矿生产实践的系统总结。内容涉及矿山工程地质、采矿设计、充填工艺、地压控制、巷道支护、矿井通风、生产管理、数字化矿山、产能提升和深井开采 10 个方面。本丛书不仅全面反映了国内外科研院所和高等院校在金川镍矿的科研成果,而且更详细地总结了金川矿山工程技术人员的采矿实践经验,是一套内容丰富和实践性强的特大型复杂难采矿床下向分层充填法开采技术丛书。

《特大型镍矿充填法开采技术著作丛书》编委会

2012 年 8 月于甘肃金昌

前 言

金川镍矿是我国最大的大型硫化铜镍矿床,是世界第三大硫化铜镍矿床。开发利用金川镍矿资源的金川集团公司,已经建成全球知名的采、选、冶配套的大型有色冶金和化工联合企业,是我国最大的镍钴铂族金属生产企业和我国第三大铜生产企业。金川集团公司已经形成年产 15 万 t 镍、40 万 t 铜、1 万 t 钴、3500kg 铂族金属、8t 金、150t 银、50t 硒及 250 万 t 无机化工产品的综合生产能力。镍产量居全球第四位,钴产量居全球第二位,国际地位和竞争力显著提升。金川集团公司已经成为全球同类企业中生产规模大、产品种类多、产品质量优良的知名企业。

金川集团公司的发展与壮大,资源是根本。金川镍矿是一座埋藏深、地应力高、矿体厚大和矿岩不稳固的难采矿床,不良的地质条件和高地应力环境给矿山采矿生产和安全管理带来诸多问题,极大地制约了采矿效率和产能提升。

为了满足金川集团公司发展对矿山原材料需求的快速增长,同时缓解我国对镍钴铂族金属的供需矛盾,针对复杂的采矿技术条件,金川镍矿自建矿以来,大力开展了科学研究,以矿山安全生产和产能提升为中心,进行了一系列的采矿技术攻关和系统改造。

本书首先分析了影响采场生产能力的主要因素,然后以矿山工程地质研究为基础,以采场安全生产为前提,以控制采场地压为目标,以优化采矿工艺和系统改造为手段,进行大面积连续高效采矿方法与回采工艺、采场地压控制与巷道支护、皮带运输稳定运行、提升能力提高、膏体充填能力提升与质量控制及矿井通风系统优化等主要生产系统的技术攻关与系统改造,揭示了大面积连续开采情况下采场地压的显现规律和高应力环境破碎围岩巷道的变形机理,进行了采场结构参数与回采工艺优化,探索出适用于金川镍矿的采场地压控制技术和巷道支护型式,实现了对采场地压的有效控制,成功实施了大面积连续回采工艺,从而简化了回采工艺,扩大了开采面积,提高了采场盘区生产能力。

金川镍矿最终选择了下向分层机械化胶结充填法开采,采矿生产涉及采掘、破碎、运输、提升和充填等多道生产工艺。矿石生产能力不仅取决于单个生产系统的产能,而且还依赖于各个生产系统之间的相互协调与能力匹配。为了适应大面积连续开采工艺,金川镍矿针对皮带运输系统、主井提升系统、充填系统和矿井通风系统进行难题攻关、技术改造和系统优化,从而实现系统的稳定运行和高效生产,为矿山的高效开采和产能提升奠定了基础。

本书全面介绍了金川镍矿为提高矿山生产能力开展的一系列研究工作与取得的技术成果。金川镍矿成功地实现了国内外并不多见的不稳固厚大矿体的大面积连续开采,为特大型金属矿床的高效开采开创了先河。金川镍矿最早引进和使用的膏体充填技术,采取消化、革新和应用的指导思想,大胆地对引进的膏体充填系统进行改造和优化,简化了充填系统,提高了系统的可靠性和生产能力;同时对主井提升系统及皮带运输系统的稳定运行和生产能力提升,开展了重大技术革新与系统优化。

金川特大型矿床开采的技术攻关和成功经验,不仅提高了矿山生产能力,还极大丰富了特大型复杂难采矿床充填法开采理论,为国内外类似大型矿床的开采提供了宝贵经验。

限于作者水平,书中难免存在疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

《特大型镍矿充填法开采技术著作丛书》序一

《特大型镍矿充填法开采技术著作丛书》序二

《特大型镍矿充填法开采技术著作丛书》序三

《特大型镍矿充填法开采技术著作丛书》编者的话

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 矿区资源与生产矿山	1
1.1.1 金川镍矿矿产资源	1
1.1.2 金川镍矿生产矿山	2
1.2 二矿区生产工艺概况	5
1.2.1 二矿区采矿方法	6
1.2.2 二矿区回采工艺	6
1.2.3 矿井通风与采场通风	11
1.3 矿山产能的主要影响因素	14
1.3.1 二矿区扩大产能的迫切需求	14
1.3.2 二矿区扩大产能影响因素	14
1.4 二矿区产能提升的主要影响因素	16
1.4.1 充填采矿方法与采场面积	16
1.4.2 大面积采场地压控制技术	17
1.4.3 充填能力与充填体质量	18
1.4.4 生产工艺与管理水平	18
1.4.5 运输提升能力与可靠性	19
1.4.6 矿井通风与稳定运行	19
1.5 产能提升关键技术与系统改造	19
1.5.1 采矿方法与回采工艺技术	19
1.5.2 提高矿井提升能力	21
1.5.3 皮带运输系统的稳定运行	23
1.5.4 矿山充填系统的技术改造	25
1.6 本章小结	27
第 2 章 高效采矿方法探索与实践	28
2.1 引言	28
2.2 采矿方法回顾与对比分析	29

2.2.1 采矿方法演变与发展	29
2.2.2 金川镍矿采矿方法	30
2.2.3 采矿方法与存在问题	32
2.3 高效采矿方法探索	34
2.3.1 两步回采设计与探索	34
2.3.2 连续高效回采实践与生产现状	38
2.3.3 多中段大面积连续回采方案分析	42
2.4 大面积连续开采地压控制与回采工艺	44
2.4.1 六角形进路胶结充填采矿技术	45
2.4.2 分层稳定性控制技术的推广应用	45
2.4.3 水平矿柱回采方案与安全控制	46
2.5 采矿生产能力挖潜与技术攻关	49
2.5.1 扩大上盘贫矿回采力度	49
2.5.2 新增 7# 盘区贫矿开采	50
2.5.3 F ₆ 断层以东贫矿体开采	50
2.5.4 新增 8# 盘区富矿开采	52
2.6 16 行垂直矿柱回采工艺与技术	54
2.6.1 回采垂直矿柱可行性分析	54
2.6.2 垂直矿柱回采的安全性	56
2.6.3 垂直矿柱回采方案	57
2.6.4 回采过程的风险控制	59
2.6.5 回采工艺与地压管理	60
2.6.6 矿柱回采效益分析	66
2.7 双穿脉分层道回采工艺	68
2.7.1 回采设计与技术特点	69
2.7.2 双穿脉循环分层道设计方案	70
2.7.3 双穿脉分层道技术与单穿脉分层道技术对比	71
2.7.4 双穿脉分层道优点及应用效果	72
2.8 本章小结	73
第 3 章 矿石破碎系统技术攻关与改造	74
3.1 引言	74
3.2 矿石破碎机系统运行现状	74
3.3 破碎机系统的改造方案	75
3.3.1 原因分析	75
3.3.2 技术改造方案	76
3.3.3 改造效果	76
3.4 破碎机固定基础的改造	77

3.4.1 原因分析	77
3.4.2 技术改造方案	77
3.4.3 改造效果	78
3.5 破碎机通风风流改造技术	78
3.5.1 原因分析	78
3.5.2 采取措施	78
3.5.3 改造效果	79
3.6 破碎机电控系统的改造	79
3.6.1 原因分析	79
3.6.2 采取措施	79
3.6.3 改造效果	79
3.7 破碎机油缸液压系统改造	80
3.7.1 原因分析	80
3.7.2 采取措施	80
3.7.3 改造效果	80
3.8 破碎机干油润滑系统改造	81
3.8.1 原因分析	81
3.8.2 采取措施	81
3.8.3 效果分析	81
3.9 破碎机下矿口井壁衬板改造	81
3.9.1 原因分析	81
3.9.2 采取措施	81
3.9.3 效果分析	82
3.10 本章小结	82
第4章 提升设备技术攻关与改造	83
4.1 引言	83
4.2 技术攻关的必要性分析	84
4.2.1 适应企业快速发展	84
4.2.2 二矿区产能要求	85
4.2.3 主井提升系统运行现状	85
4.3 技术攻关难点和技术措施	86
4.3.1 技术攻关难点	86
4.3.2 技术措施	87
4.4 电气控制系统改造技术方案	88
4.4.1 同步电动机	88
4.4.2 主传动交-交变频装置	89
4.4.3 传动控制系统	90

4.4.4 矢量控制系统	96
4.4.5 主控 PLC 系统	98
4.4.6 提升机数字监控系统	98
4.4.7 制动闸系统	99
4.4.8 装载站控制系统	99
4.4.9 HMI 上位机管理系统	101
4.4.10 视频监视系统	101
4.5 机械技术改造方案	101
4.5.1 缩短钢罐道及调整位置	101
4.5.2 加大卸载轮直径	102
4.5.3 修复曲轨磨损面	103
4.5.4 增加尾绳自重	104
4.6 控制系统的改进方案	104
4.6.1 程序优化与改进	104
4.6.2 高温环境的安全运行	105
4.7 电气控制系统改造	105
4.7.1 第一阶段	105
4.7.2 第二阶段	106
4.7.3 第三阶段	106
4.8 新增机械保护装置实施方案	106
4.8.1 尾绳保护检测装置	106
4.8.2 箕斗安全挂钩检测装置	107
4.8.3 箕斗防扭转装置	108
4.9 主井提升攻关成果	109
4.10 副井提升机电控系统升级改造	109
4.10.1 二矿区西副井提升系统	109
4.10.2 西副井提升机技术改造	110
4.10.3 东副井提升系统升级改造	111
4.11 龙首矿矿石破碎运输提升系统改造	111
4.11.1 龙首矿提升系统	111
4.11.2 提升机监控改造	113
4.12 本章小结	126
第 5 章 运输系统稳定运行控制技术	127
5.1 皮带运输系统分析与研究	127
5.1.1 皮带稳定运行的必要性	127
5.1.2 皮带系统国产化	127
5.1.3 皮带张力平衡研究	129

5.1.4 减速机及液力耦合器的冷却改造	130
5.1.5 皮带驱动滚筒的陶瓷衬套	131
5.1.6 皮带电控系统改造与优化	132
5.1.7 小结	134
5.2 皮带防撕裂关键技术	134
5.2.1 皮带运输系统简介	134
5.2.2 皮带防撕裂技术研究的必要性	135
5.2.3 皮带防撕裂缓冲装置研究	139
5.2.4 皮带防撕裂开关研究	141
5.2.5 皮带机受料口铁器拦截装置研究	143
5.2.6 皮带防撕裂保护装置研究	146
5.2.7 金属检测仪分析及应用研究	150
5.2.8 技术攻关成果与经济效益	152
5.3 二矿区皮带运输系统升级改造	153
5.3.1 技术升级改造的必要性分析	153
5.3.2 技术升级改造项目	154
5.3.3 技术升级改造施工方案	163
5.3.4 技术升级改造研究成果	165
5.3.5 小结	166
5.4 龙首矿有轨运输系统智能化控制改造	168
5.4.1 主要研究内容	168
5.4.2 系统方案设计	170
5.4.3 应用情况及总体效果	188
5.4.4 主要创新点	188
5.4.5 效益分析	191
5.5 本章小结	191
第6章 充填技术改造与系统优化	192
6.1 龙首矿充填系统与技术改造	192
6.1.1 东中采区充填系统技术改造	192
6.1.2 西采区充填系统技术改造	193
6.2 三矿区充填系统与技术改造	194
6.2.1 充填系统简介	194
6.2.2 充填方式与充填技术改造	196
6.3 膏体充填技术改造与系统优化	200
6.3.1 膏体充填系统与运行现状	200
6.3.2 膏体充填系统存在的问题	202
6.4 膏体充填系统改造方案与实施	208

6.4.1 膏体充填系统运行现状	208
6.4.2 尾砂供料系统的初次技术改造	208
6.4.3 取消尾砂过滤系统和工艺参数	209
6.4.4 水泥浆制备系统与输送系统改造	210
6.4.5 膏体输送管路系统技术改造	211
6.4.6 搅拌槽、搅拌轴和裙阀改造	212
6.4.7 改进膏体管路清洗方式	212
6.4.8 实施进口设备国产化	212
6.4.9 废水回收水仓及尾砂仓改造	213
6.4.10 技术改造实施效果与分析	213
6.5 本章小结	217
第7章 矿井通风系统优化与技术改造	218
7.1 引言	218
7.2 龙首矿矿井通风系统技术改造	219
7.3 三矿区矿井通风系统优化	220
7.3.1 矿井通风系统简介	220
7.3.2 矿井通风系统优化	221
7.4 风井垮塌通风系统临时方案	223
7.4.1 风井垮塌对通风系统的影响	223
7.4.2 通风系统调整技术方案	224
7.4.3 通风系统改造方案实施	227
7.4.4 通风系统改造实施效果	229
7.5 本章小结	229
第8章 矿山综合通信网络系统改造	231
8.1 引言	231
8.2 综合通信网络系统改造方案	232
8.2.1 系统改造设计方案	232
8.2.2 系统改造实施方案	233
8.3 本章小结	241
第9章 生产辅助系统技术改造	242
9.1 龙首矿供电系统与技术改造	242
9.2 二矿区供电系统与技术改造	242
9.2.1 供电系统现状与可靠性分析	242
9.2.2 供电线路的改造	243
9.3 二矿区排水排泥系统与改造	245
9.3.1 排水排泥系统现状	245
9.3.2 水泵房供配电系统改造	246

9.4 三矿区排水排泥系统	247
9.4.1 排水排泥方式	247
9.4.2 坑内排水排泥设施	247
9.5 二矿区空压机组技术改造	248
9.5.1 技术改造背景	248
9.5.2 技术改造项目建设	249
9.6 本章小结	251
结束语	252
参考文献	253