

文章编号:1671-251X(2024)S2-0230-04

某矿山开采方式与井下设备升级改造

伍碧涓

(湖南有色金属控股集团有限公司, 湖南 长沙 410015)

摘要:针对某矿山存在作业人数多、运输成本高、环境污染等问题,分析了该矿山目前在开拓运输系统、通风系统、采矿方法、给排水系统、选矿等方面的现状,指出了在井下开采和选矿厂方面存在的问题,针对存在的问题提出了具体改进优化措施。

关键词:井下开采;选矿工艺;设备升级改造;存在问题;解决措施

中图分类号:TD85 文献标志码:B

Mining mode and underground equipment upgrading in a mine

WU Bijuan

(Hunan Nonferrous Metals Holding Group Co., Ltd., Changsha 410015, China)

0 引言

某矿山是铅锌矿,目前在生产运营中存在多种问题:井下生产采用人海战术,几乎全部中段上下同时开采,作业面“遍地开花”,造成单班作业人数多,中段之间生产相互干扰大,安全生产管理难度大;由于历史原因,采矿、选矿工业场地相距3.5 km,矿石通过卡车经公共道路转运,卡车行驶频繁,需经过多个村庄、工业园区,人多车多,环境复杂,沿途不可避免出现撒矿漏矿,污染环境,安全、环保压力大,运输成本高;该矿目前多中段生产,1年动用100多个采场,最大班下井人数超过300人,井下巷道错综复杂,多区域开采风量不匹配,加上该矿地热偏高,导致井下工作面温度高、新鲜风流受污染及局部风量不够等问题。因此,建设绿色矿山、发展绿色矿业是该矿必由之路^[1-2],对矿山进行升级改造是企业安全、环保、绿色矿山的现实需求^[3-4]。

1 矿山现状

该矿山位于衡阳盆地南缘,东、西、北三面被白垩系红色砂页岩和砾岩所覆盖^[5],地貌为南高北低的丘陵地形,标高320~65 m。区内最大河流——湘江,由西向东流经矿区北面。矿区范围内主要有茆水、康家溪和曾家溪等规模较小的支流。地表径流与矿床充水无关。区内的河川径流量主要由雨水补给,汛期降水较集中,非汛期降水偏少,丰枯流量

悬殊,年水位变幅大,一般高水位出现在4月至7月,低水位出现在10月至次年2月。

1.1 井下开采现状

1.1.1 开拓运输系统

矿山目前生产规模 50×104 t/a,开采范围为水平方向108~113勘探线、垂直方向为4中段至13中段(-134~-422 m),开采对象主要为I、II、III、IV、V、VI、VII七个主矿体。矿山开拓系统采用竖井(副井)+斜坡道+斜井联合开拓。目前井下已开拓至14中段。井下9、10、11中段以及12中段东部采下的矿石通过箕斗盲斜井提升至9中段箕斗盲斜井矿仓,采用振动放矿机装卡车经斜坡道运至选矿厂,产量约为 38×104 t/a。12中段南部有 12×104 t/a矿石经措施盲斜井提升至12中段,然后通过竖井(副井)提升至地表,转运装卡车运输至选矿厂。井下各中段废石采用3 t电机车牵引 0.7 m^3 翻转式矿车运输。12中段及以上废石经竖井(副井)提升至地表;12中段以下废石采用辅助盲斜井提升上来再转运至竖井(副井)接力提升至地表。人员主要通过竖井(副井)和斜坡道运输至井下,然后经12中段盲电梯井下至井下各中段;材料、设备通过竖井(副井)下井,再经辅助盲斜井下至各中段。各井筒特征详见表1。

1.1.2 通风系统

矿山采用两级机站两翼对角抽出式通风系统,新鲜风流从副井、斜坡道进入井下,经盲电梯井和辅

收稿日期:2024-12-01;责任编辑:王晖。

作者简介:伍碧涓(1991—),女,湖南郴州人,主要从事战略规划和工程管理工作,E-mail:275530520@qq.com。

表 1 井筒特征特征

井筒名称	井筒深度/m	井筒净断面/m	提升机型号	井筒配置	备注
竖井(井)	+116~-410	φ5.5	JKMD2.25×4	罐笼提升	提升人员、材料、设备、 废石、部分矿石
1 号斜井	+87~-294	3.1×2.7			回风井
2 号斜井	+90~-262	3.1×2.7			回风井
斜坡道	+107~-396	4.2×4.0		汽车运输	运输矿石
箕斗盲斜井	-262~-486	2.7×2.7	JK-2.5×2.0A	箕斗提升	提升矿石
措施盲斜井	-358~-486	2.7×2.7	JTP1.6×1.2	箕斗提升	提升矿石
辅助盲斜井	-390~-518	2.7×2.7	JTP1.6×1.2	串车提升	提升废石、材料和设备
盲电梯井	-390~-486	4.2×2.2			提升人员

助盲斜井进入各中段车场、石门、沿脉运输巷和穿脉运输巷,再由采场人行通风上山进入回采工作面,洗刷工作面后,由采场另一侧人行通风上山回至上一中段回风巷道;南翼污风经端部倒段回风井回至 11 中段后由 11 中段的 I 级机站风机抽送入上部回风井,汇同 11 中段以上的污风回至 1 号斜井,由 1 号斜井井口的 II 级机站风机抽排至地表;北翼污风经端部回风井接力回至 9 中段,由 9 中段的 I 级机站风机抽送入上部回风井,汇同 9 中段以上的污风回至 2 号斜井,由 2 号斜井井口的 II 级机站风机抽排至地表。

1.1.3 采矿方法

矿山现以上向水平分层充填采矿法为主,全面采矿法(嗣后充填)为辅。上向水平分层充填采矿法,矿块沿矿体走向布置,长 50 m,高 32 m,宽为矿体厚度,不留顶柱,留底柱 6 m,间柱 6 m,分层回采高度 2 m。全面采矿法(嗣后充填)矿块沿矿体走向布置,长 50 m,高 32 m,宽为矿体厚度,留顶柱 3 m,底柱 6 m,采场内留规则矿柱,矿柱规格 3 m×3 m。采掘设备见表 2。

1.1.4 给排水系统

矿山采用接力排水,井下涌水汇集至 16 中段水仓,沿辅助盲斜井、副井敷设的排水管路,将水排至 9 中段水仓,最后通过 9 中段水泵房排出地表。9 中段水泵房现有 4 台 D155-67×8 多级离心泵(单台泵流量 $Q=155\text{ m}^3/\text{d}$,扬程 $H=536\text{ m}$,每台电动机功率 355 kW、电压 6 kV、转速 2 950 r/min)。正常涌水时期,2 台水泵工作 18.72 h 能完成任务,最大涌水时期,3 台水泵工作 16.7 h 能完成任务。泵房内配有喷射泵机组及喷射泵总成等辅助设备,采用喷射泵机组和喷射泵总成抽真空引水启动水泵。16 中段水泵房现有 3 台 D280-43×6 型水泵(单台泵流量 $Q=280\text{ m}^3/\text{h}$,扬程 $H=258\text{ m}$,电动机功率 315 kW、电压 380 V、转速 1 490 r/min),正常涌水

表 2 采掘设备

设备名称	设备型号	总数
回采凿岩机	YT-28	80 台
掘进凿岩机	7655	20 台
天井凿岩机	YSP-45	6 台
局部通风机	JK58-1No4	40 台
局部通风机	JK58-1No4.5	30 台
喷射砼设备	SPZ-6	3 台
装岩机	P-30B	60 台
电耙	2DPJ-30	90 台
振动放矿机	FZC2.5/1.2-3	20 台
3 t 架线式电机车		50 辆
井下 20 t 自卸式卡车		14 辆

时期,1 台水泵工作 19.1 h 能排出坑内正常涌水,最大涌水时期,2 台水泵工作 12.8 h 能排出坑内最大涌水。泵房内配喷射泵机组及喷射泵总成等辅助设备,采用喷射泵机组和喷射泵总成抽真空引水启动水泵。

1.2 选矿厂现状

矿山选矿厂目前处理原矿能力为 1 500 t/d。采用三段一闭路破碎洗矿分级工艺→两段闭路磨矿分级工艺→铅锌硫优先浮选清洁生产工艺→浓缩+过滤的 2 段脱水工艺。选矿厂生产工艺近年来不断优化,具体为 2016 年 4 月前选矿厂浮选采用优先选铅、锌硫混浮再分离工艺,其中锌硫混浮浮选结构为一粗二精三扫;2016 年 4 月后选矿厂浮选采用优先选铅、锌硫混浮再分离工艺,其中锌硫混浮浮选结构为一粗五扫;2017 年 5 月以后选矿厂浮选采用铅锌硫优先浮选清洁生产工艺。

2 存在的问题

2.1 井下开采存在的问题

自建矿开采至今,该矿山已累计开采铅锌矿石

量 $1\,022\times 10^4$ t,目前,矿山采选生产规模 50×10^4 t/a。随着对资源的不断需求和开发利用,以及企业整体效益的需要,现有生产能力严重制约了矿山的发展。随着矿山开采工作逐步延深,矿山井下生产设备陈旧落后,设备故障率高,自动化程度低,井下提升运输能力已渐感不足,且矿石运输系统较分散。随着出矿能力逐年提高,若仅靠竖井(副井)提升和斜坡道运输不足,且罐笼竖井承担整个矿山废石、人员和材料的提升运输,提升任务紧,提升压力大。副井矿石、废石、人员和材料混合提升,给安全生产管理带来诸多安全隐患。同时,矿石运输距离远,中间二次转运环节多,造成矿山生产成本居高不下。

2.2 选矿厂存在问题

早期矿石出矿点距离选矿厂较近,随着矿山的开采和井下开采、运输系统的改造,出矿口距离选矿厂达到了 10 km,运输成本较高。选矿厂内空间布局狭小,很多技术装备都无法做到完全的更新换代,自动化控制程度低,并且没有在线检测系统,工艺、设备、设施落后,工作环境差,劳动强度大,选矿成本居高不下。

3 升级改造措施

3.1 开采方式与开采量设计

根据该矿山矿体特征及开采现状,设计开采范围平面上为 108—133 勘探线,立面上为 9—16 中段之间的铅锌矿体。截至 2019 年,该矿保有(111b+

122b+333)铅锌矿石量 757.6×10^4 t,铅金属量 299 063 t,平均品位 3.95%,锌金属量 337 854 t,平均品位 4.46%。保有伴生(111b+122b+333)金金属量 20 747 kg,保有伴生(111b+122b+333)银金属量 833 087 kg,保有伴生(111b+122b+333)硫元素量 1 055 968 t。保有(333)硫铁矿石量 129.1×10^4 t,硫元素量 226 373 t,平均品位 17.54%。保有伴生(333)铅金属量 1 198 t,保有伴生(333)锌金属量 501 t,保有伴生(333)金金属量 3 267 kg,保有伴生(333)银金属量 24 019 kg。采用地下开采方式作业。

3.2 采矿方式设计

根据矿床赋存条件、矿山开采技术条件、结合采矿工艺和采掘设备作业条件要求,确定的采矿方法如下:① 全面采矿法嗣后充填,适用于厚度 ≤ 3 m、倾角 $\leq 30^\circ$ 的矿体;② 分条两步骤嗣后充填法,适用于厚度 3~10 m、倾角 $\leq 30^\circ$ 的矿体;③ 上向水平分层充填法,适用于厚度 3~10 m、倾角 $>30^\circ$ 的矿体;④ 分段凿岩分段出矿嗣后充填法,适用于厚度 ≥ 10 m、倾角 $>30^\circ$ 的矿体。

各种采矿方法所占比例见表 3。

3.3 开拓系统和中断运输设计

采用竖井(箕斗主井+罐笼副井)一斜坡道一斜井联合开拓运输系统,箕斗主井为新建,其他井巷利用。新建箕斗主井承担 70×10^4 t/a 的矿石提升任务;南部各中段废石通过辅助盲斜井和竖井(副井)接力提升至地表,北部各中段废石通过斜坡道运输

表 3 矿体采矿方法分类统计

选用采矿方法	占比/%	生产能力/(t·d ⁻¹)	贫化率/%	损失率/%	采切比/(m ³ ·(kt) ⁻¹)
全面采矿法嗣后充填	10	80	10.00	8.56	41.13
分条两步骤嗣后充填采矿法	31	150	8.00	8.00	57.78
上向水平分层充填采矿法	27	100	6.00	5.22	46.93
分段凿岩分段出矿嗣后充填法	32	250	12.00	8.00	52.77
综合后指标	100	—	8.94	7.31	51.58

至地表;材料和设备通过竖井(副井)、斜坡道和辅助盲斜井下放至井下各中段,人员经竖井(副井)下放至 12 中段,然后再通过盲电梯井进入井下各中段。

1) 井下运输。16 以上各中段矿石通过主溜井下放至 16 中段,在 16 中段(—518 m)经 10 t 架线式电机车牵引 2 m³ 侧卸式矿车,集中运输至箕斗主井旁侧破碎硐室溜井矿仓;16 中段本中段矿石直接采用 7 t 架线式电机车运输至箕斗主井旁侧破碎硐室溜井矿仓。破碎后,通过胶带运输至装载计量斗,由箕斗竖井提升至地表箕斗矿仓卸载。井下各中段

废石采用 3 t 电机车牵引 0.7 m³ 翻转式矿车运输。12 中段及以上废石经竖井(副井)提升至地表;12 中段以下南部废石采用辅助盲斜井+竖井(副井)接力提升至地表,北部各中段废石经斜坡道运输至地表。完成 70×10^4 t/a 的矿石运输任务,每个中段需 2 列 7 t 电机车同时工作,16 中段集中运输矿石需 3 列 10 t 电机车同时工作;完成 16.4×10^4 t/a 的废石运输,每个中段需 1 列 3 t 电机车工作。

2) 地面运输。箕斗主井矿仓内矿石经胶带运输至选矿厂;罐笼副井提升废石经电机车运输至废石加工车间。

3.4 排水系统和通风系统设计

在辅助盲斜井 16 中段井底车场和 9 中段副井井底车场设置水仓水泵房,16 中段水泵房选择 4 台 D280-43×6 卧式离心泵(新增 1 台卧式离心泵),9 中段水泵房选择 5 台 D155-67×8 卧式离心泵(新增 1 台卧式离心泵)。井下各中段涌水汇集至 16 中段水仓内,沿管道并敷设排水管,排至 9 中段水仓,再经竖井(副井)排至地面高位水池。

通风系统采用中央进风,两翼回风的两翼对角抽出式通风系统,新鲜风流经竖井(副井)、斜坡道、2 号斜井进入井下,污风分别由 1 号斜井和北回风竖井抽排至地表。

在 1 号斜井井口安装 1 台 K-6-No20($n=980\text{ r/min}$,功率 250 kW)型轴流式通风机;在北回风竖井井口安装 1 台 DK-10-No27($n=590\text{ r/min}$,功率 $2\times 200\text{ kW}$)型轴流通风机;在 12 中段北回风井联络巷安装 1 台 K-6-No20($n=980\text{ r/min}$,功率 250 kW)型轴流通风机;在 11 中段南翼回风井联络巷安装 1 台 K-6-No22($n=980\text{ r/min}$,功率 250 kW)型轴流通风机;在破碎水平大件道选配 1 台 K-4-No12($n=1\,450\text{ r/min}$,功率 37 kW)型轴流通风机。

3.5 选矿工艺设计

破碎及预选抛废采用“原矿—洗矿分级—抛废—破碎”工艺,原矿供矿最大块度 200 mm。原矿经采矿胶带输送机运至洗矿车间原矿仓,仓下经振动给料机排矿至洗矿筛。—10 mm 产品进入原矿矿泥浓缩系统,经螺旋分级机分级脱泥,返砂进入粉矿仓,溢流经浓密机浓缩后并入磨浮系统;+50 mm 产品经中碎圆锥破碎机进行破碎后,返回原矿洗矿筛;—50+10 mm 产品进入抛废系统,抛废精矿经细碎圆锥破碎机进行破碎后,进行筛分,筛上物料返回洗矿车间原矿仓,筛下物料进入粉矿仓。抛废工

艺产出的废石送至废石加工车间用于制作建材骨料。磨矿工艺采用两段两闭路磨矿。物料给入一台 MQY4060 球磨机,其与 $\phi 500\times 6$ 旋流器一段闭路磨矿,一段磨矿产品进入由 MQY4060 球磨机和 $\phi 350\times 6$ 旋流器组构成的二段闭路磨矿,旋流器溢流浓度 35%,细度为—0.074 mm 占 75%。浮选采用铅锌硫优先浮选清洁生产工艺,铅浮选结构采用一粗两精三扫获得铅精矿(含金、银),锌浮选结构采用一粗三精三扫获得锌精矿,硫浮选结构采用一粗一精四扫获得硫精矿(含金)。铅、锌、硫精矿为“浓缩+过滤”两段脱水工艺,最终精矿含水不大于 12%。过滤后的精矿堆存在精矿库,通过汽车外运。

4 结语

通过对某矿山现状的深入分析及存在问题的探讨,提出了改进优化措施,旨在为该矿山的转型升级提供实践指导,不仅有助于缓解资源枯竭、环境污染和生态破坏等问题,更为实现矿山长期稳定发展奠定基础。

参考文献:

[1] 王双明,刘浪,朱梦博,等.“双碳”目标下煤炭绿色低碳发展新思路[J].煤炭学报,2024,49(1):152-171.

[2] 孟凡豹.争创特殊地理环境下绿色安全高效煤矿[J].中国煤炭工业,2024(1):9-11.

[3] 高相富,徐国才,闵锐.煤炭企业绿色化发展转型评价体系与路径研究[J].内蒙古煤炭经济,2024(1):157-159.

[4] 何从行,欧也斐,颜顺德.康家湾铅锌金银矿预选抛废工艺研究及应用[J].矿冶工程,2022,42(3):67-69,75.

[5] 李玲,左宗.康家湾矿的水文地质研究[J].世界有色金属,2018(14):187-188.