

Resuing Method in Extremely Thin Ore Body of Longtougou Gold Mine

Li Han, Bin Zhu, Yanpeng Kou, Weitao Liu

Shangluo Northwest Nonferrous 713 Corps Company Limited, Shangluo Shaanxi
Email: 763187796@qq.com

Received: Feb. 1st, 2020; accepted: Feb. 20th, 2020; published: Feb. 27th, 2020

Abstract

In view of the leading gold mine IV local ore block the orebody from 0.2 meters to 0.5 meters thick thin orebody by shallow hole shrinkage stoping method caused a lot of ore dilution phenomenon of extraction, the proposed resuing method of extraction. Therefore, the mining test of wall cutting and filling mining method was carried out in No. 3 block in the middle section of 1160. In this paper, the stoping technology of the resuing method, the problems existing in the mining process and the solutions are described in detail. The paper elaborates the resuing method, problems and solutions in the process of wall cutting and filling mining. The average cost per ton of ore in the shallow-hole stoping method is 37.8 yuan less than that in the shallow-hole stoping method, and the direct dressing cost is 109.9 yuan per ton less than that in the shallow-hole stoping method. The profit per ton of ore is 159.4 yuan higher than that in the shallow-hole stoping method. Through this experiment, we have accumulated practical experience and obtained scientific, effective and reliable experimental data, which provides support for the mining of extremely thin orebody in the later period.

Keywords

Extremely Thin Ore Body, Ore Mass Dilution, Wall Cutting and Filling Method

龙头沟金矿削壁充填采矿法在极薄矿体中的应用研究

韩力, 朱斌, 寇延鹏, 刘卫涛

商洛西北有色七一三总队有限公司, 陕西 商洛
Email: 763187796@qq.com

收稿日期: 2020年2月1日; 录用日期: 2020年2月20日; 发布日期: 2020年2月27日

摘要

针对龙头沟金矿IV号矿体局部矿段厚度为0.2米~0.5米极薄矿体采用浅孔留矿法回采造成矿石大量贫化现象,拟采用削壁充填法回采。因此在1160中段3号矿块进行削壁充填采矿方法采矿试验,文中详述了削壁充填采矿法的回采工艺、采矿过程中存在的问题及解决办法。采用削壁充填采矿方法比浅孔留矿采矿方法平均每吨矿石采矿成本减少37.8元,生产相同金属量节省直接选矿费用109.9元/吨,综合每吨矿石利润比浅孔留矿法高159.4元。经过这次削壁充填法采矿方法试验,积累了实践经验,取得了科学、有效、可靠的实验数据,为矿山后期对极薄矿体的开采提供了支撑。

关键词

极薄矿体, 矿石大量贫化, 削壁充填法

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前国内的矿产资源开采现状普遍存在以下问题:(1) 采矿增大:地表矿产资源逐渐枯萎;(2) 矿体赋存条件复杂:易采矿减少,现采矿体大多复杂多变;(3) 环境污染大:大量开采废料地表堆积污染严重;(4) 政策严格:政府对环境保护,安全生产要求越来越高。这些问题对采矿方法提出了更高要求,比如地质保护环境优先、资源综合利用率高,因此,充填采矿方法也是国内外矿业界大势所趋。

充填采矿法相对传统空场采矿法和崩落采矿法,具有以下优势:(1) 支护作用,支护岩层,保护地表地物;(2) 提高综合效益,提高回收率,降低贫化率,降低劳动成本;(3) 预防火灾,提高通风效率,预防高硫矿床火灾;(4) 改善深部作业条件,控制深井开采岩爆,降低深部地温;(5) 保护环境,处理固体废物,保护地表环境。

山阳县龙头沟金矿区内主要圈出1-1、2-1、3-1、4-1、5-1、5-2号金矿体,其中1-1、4-1号金矿体规模比较大,为区内主矿体,其余矿体规模相对较小。主矿体地质特征综述如下:

1-1号主矿体:主要展布于22~68勘探线之间,赋存标高1102~1391米。由地表槽探、浅部坑道、深部钻孔进行了控制。矿体控制长度最大1100米、最低标高1020米、最大斜深251米。金矿体整体呈脉状产出,矿体总体产状: $182^{\circ}\sim 208^{\circ}\angle 43^{\circ}\sim 69^{\circ}$ 。金矿体单工程真厚度0.18~3.62米,平均厚度1.11米,金矿体厚度变化系数为74.03%,矿体厚度稳定;金矿体单工程金品位 $1.12\sim 8.42\times 10^{-6}$,金平均品位 3.62×10^{-6} ,矿体金品位变化系数46.16%,有用组分分布均匀[1]。

2-1号主矿体:主要展布于16~48勘探线之间,赋存标高1261~1324米。矿体控制长度最大490米、最低标高1241米、最大斜深152米。金矿体整体呈脉状产出,矿体总体产状: $191^{\circ}\sim 208^{\circ}\angle 53^{\circ}\sim 71^{\circ}$ 。金矿体单工程真厚度0.19~1.58米,平均厚度0.87米,厚度变化系数52.28%,矿体厚度稳定。金矿体单工程金品位 $1.20\sim 18.75\times 10^{-6}$,金平均品位 4.37×10^{-6} ,金品位变化系数98.60%,有用组分分布均匀。

3-1号主矿体:主要展布于4~22勘探线之间,由3个地表槽探工程和深部1个钻孔进行了控制,赋存标高1203~1232米。矿体控制长度最大223米、最低标高1053米、最大斜深173米。金矿体整体呈脉状产出,矿体总体产状: $190^{\circ}\sim 211^{\circ}\angle 46^{\circ}\sim 73^{\circ}$ 。金矿体单工程真厚度0.52~1.08米,平均厚度0.91米,厚

度变化系数 67.33%，矿体厚度稳定；金矿体单工程金品位 $1.42\sim 22.94 \times 10^{-6}$ ，金平均品位 5.11×10^{-6} ，金品位变化系数 85.15%，有用组分分布均匀。

4-1 号主矿体：主要展布于 48~126 勘探线之间，赋存标高 1170~1331 米。矿体控制长度最大 917 米、最低标高 1041 米、最大斜深 351 米。金矿体整体呈脉状产出，矿体总体产状： $190^{\circ}\sim 222^{\circ} \angle 41^{\circ}\sim 79^{\circ}$ 。金矿体单工程真厚度 0.38~4.69 米，平均厚度 1.23 米，厚度变化系数 78.24%，矿体厚度稳定；金矿体单工程金品位 $1.13\sim 42.11 \times 10^{-6}$ ，金平均品位 4.82×10^{-6} ，品位变化系数 131.62%，有用组分分布较均匀。

5-1 号主矿体：主要展布于 48~80 勘探线之间，地表单工程见矿，赋存标高 1249 米。金矿体整体呈脉状产出，矿体产状： $190^{\circ}\sim 218^{\circ} \angle 36^{\circ}\sim 73^{\circ}$ 。矿体控制长度最大 328 米、最低标高 1107 米、最大斜深 122 米。金矿体单工程真厚度 0.31~1.93 米，平均厚度 0.74 米，厚度变化系数 71.47%，矿体厚度稳定；金矿体单工程金品位 $1.14\sim 42.73 \times 10^{-6}$ ，金平均品位 3.29×10^{-6} ，品位变化系数 89.04%，有用组分分布均匀。

5-2 号金矿体：主要展布于 77~109 勘探线之间，赋存标高 1251~1283 米。矿体控制长度最大 358 米、最低标高 1207 米、最大斜深 87 米。金矿体整体呈脉状产出，矿体总体产状： $190^{\circ}\sim 218^{\circ} \angle 36^{\circ}\sim 71^{\circ}$ 。金矿体单工程真厚度 0.20~3.02 米，平均厚度 0.97 米，厚度变化系数 85.04%，矿体厚度稳定；金矿体单工程金品位 $1.11\sim 42.16 \times 10^{-6}$ ，金平均品位 3.19×10^{-6} ，品位变化系数 167.53%，有用组分分布不均匀。

根据显微镜下鉴定，矿石矿物组成为：非金属矿物主要为石英、方解石、白云石、铁白云石、重晶石、斜长石等；金属矿物主要为黄铁矿、褐铁矿，其次是黄铜矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿等；蚀变矿物为绢云母，副矿物有榴石、磷灰石等；贵金属矿物为自然金。矿石结构构造较简单，主要呈中粗粒自形半自形粒状结构、它形粒状结构、交代残余结构、包含结构、碎斑结构、环带结构、交代环边结构、假象结构，块状构造、角砾状构造、脉状构造、稀疏浸染状构造、星散状构造、流失孔构造。其中矿石结构以自形 - 半自形 - 它形粒状结构、碎裂结构为主，构造以角砾状构造和浸染状构造为主。

金的形态多种多样，主要呈浑圆状、椭圆状、角粒状、八面体状、立方体状、哑铃状、弯月条状、棒状、线状、镰刀状、乳滴状、不规则状等，以角粒状、八面体状、立方体状等为主，占 44.90%，其次为浑圆状 - 次圆状、麦粒状、镰刀状、棒状、蠕虫状、乳滴状、椭圆形、蝌蚪状、线状等，占 10.38~11.58%；叶片状、板片状、长条形等较少，占 2%~3%。其中浑圆 - 椭圆状主要呈包裹金赋存于载体矿物中，其他形态多赋存于矿物粒间及矿物或岩石裂隙中。金的分布不均匀，以单粒金为主，有少量呈集合体状分布。

金的粒度普遍较粗，粒度大小约 $0.001 \times 0.001\sim 0.045 \times 0.065 \text{ mm}$ ，一般为 $0.005 \times 0.005\sim 0.02 \times 0.03 \text{ mm}$ ，个别最粗者可达 $0.2 \times 0.3 \text{ mm}$ 。

将所见金粒进行粒度统计，明金占 27.37%，显微金占 72.63%。各种粒级的金以细粒金为主(占 49.72%)，无巨粒金。

金的嵌布类型有三种：粒间金、裂隙金、包裹金，其中以粒间金为主，占 43.02%，其次为裂隙金，占 31.70%，包裹金较少，占 25.28%。

金的主要载体矿物是黄铁矿、褐铁矿，占载体矿物的 82.74%，其次是非金属矿物重晶石和铁碳酸盐，分别占 6.55%和 4.75%，黝铜矿和石英较少，各占 2.98%。

本区矿石为低硫金矿石，矿石有益组分为 Au，没有需作处理的有益组分和有害组分，工艺性能易选。矿石工业类型：易选金矿石。本区矿石自然类型按氧化程度划分以混合矿为主，次为原生矿，氧化矿最少，按脉石矿物成分分为蚀变岩型金矿石。

矿区地下水类型为第四系松散岩类孔隙水、基岩裂隙水，大气降水是地下水的主要补给来源。区内矿体主要位于当地最低侵蚀基准面之上，地形有利于自然排水，矿区水文地质条件简单。区内泥盆系大枫沟组下段地层为矿体的主要赋存层位。含矿岩体岩石质量为 III~IV 级，围岩为 II~III 级，局部 IV 级。

巷道施工中围岩基本稳定,局部易发生掉块、塌方现象。在矿体与围岩的接触部位发育有断裂破碎带,稳定性较差。矿区工程地质条件中等。

龙头沟金矿始建于2009年10月,2011年4月试投产一次性成功,日处理矿石量400 t/d。2013年以前主要开采1号矿体,2013年以后开采4号、5号金矿体,5号金矿体属于较缓倾斜矿体,采矿方法为全面浅孔留矿法;公司在前期采矿过程中,由于矿体厚度极薄,导致采矿矿石贫化率较高。因此,公司组织相关技术管理人员研究采用削壁充填采矿方法,经公司同意在4号矿体3号矿块进行试验。

2. 削壁充填采矿方法试验

2.1. 地质特征

试验矿块选在4号矿体1160米中段至1200米中段63勘探线至71勘探线之间3号矿块内。该矿块呈脉状构造,矿体分支间隔距离小,受断裂构造控制。矿体在走向上局部有尖灭再现现象,矿体走向近东西,平均倾角 55° ,矿体平均厚度0.4米,矿石品位在7.6克/吨,工业储量2216 t。矿岩分界明显,矿石的工业类型属低硫金矿石。

矿体主要赋存于变质岩层中,顶、底板围岩为泥盆系星红铺组绢云母粉砂质板岩和千枚状绢云母板岩。岩石普氏系数 $f = 8\sim 12$,矿石普氏系数 $f = 6\sim 8$ 。矿山前期采矿方法为浅孔留矿法,造成贫化率大,经济指标较差,给公司生产运行带来一定的难度。

2.2. 试验矿块布置及结构参数

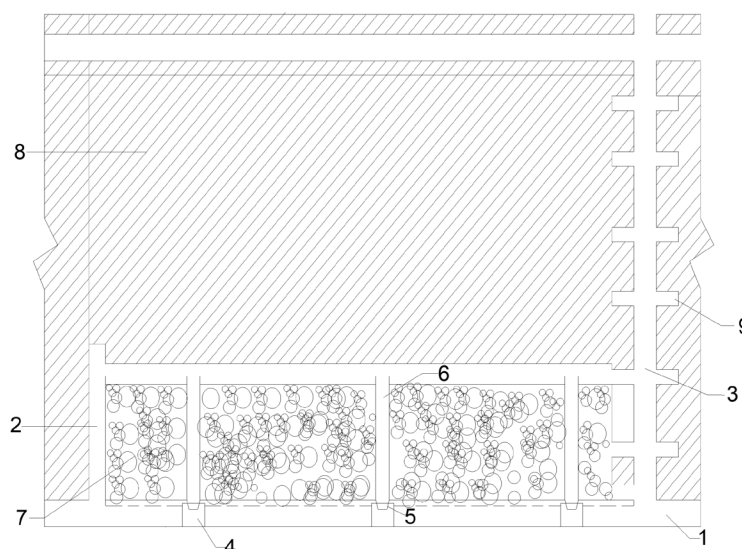
根据4号金矿体赋存的具体特点,矿块沿金矿体走向布置,沿矿体倾向回采。矿块回采时先采矿,再崩落围岩充填采空区,利用围岩支撑矿房顶板。试验矿块长度50米,高度40米,矿房设计三个放矿溜井,溜井间距16米,溜井规格直径0.65米,长度1.2米,溜井底部采用漏斗底部结构,矿房间柱2米,底柱1.8米,顶柱1.2米,矿房分层回采,分层高度1.5米。

2.3. 采矿工艺

1) 采准、切割工作。沿矿体走向在距矿体有8米左右的下盘围岩中掘进中段运输巷道[2]。在中段运输巷道内沿矿体走向首先隔50米掘进一条2.0米 \times 2.0米的穿脉,穿脉长度直至穿透矿体,在穿脉内见矿处开始掘进一条1.5米 \times 1.8米的人行通风天井,在天井中沿矿体走向每隔6米向两壁掘进1.5米 \times 1.8米的联络道,其长度为2米。距中段运输巷道人行通风天井(先行天井)穿脉10米、26米、42米、50米掘进2.0米 \times 2.0米穿脉,前三条穿脉作为出矿短穿,最后一条作为架设顺路天井的入口。在最后一條穿脉见矿处距底板高度1.8米处开始掘进1.6米 \times 1.8米拉底巷道直至与天井贯通。最后三条出矿短穿与拉底巷道贯通,之后架设铁溜井(见图1)。

2) 回采工艺。回采工艺过程包括:落矿、矿石运搬、崩落围岩和充填、铺设垫层、架设顺路天井[3]。试验矿块的回采落矿顺序上沿矿体倾向分层循环进行,每个分层高度1.5米,在分层内,先在拉底巷道内铺设草袋,在草袋上再铺设橡胶垫板作为落矿垫层,将矿体与充填岩石分隔开,利用垫层将回采的矿石清出,并维护好铁溜井,待分层矿石采完后,崩落围岩充填采空区,平整场地,铺设橡胶垫板进入下一个分层,循环直至将矿石采完。采下的矿石经人工运搬至溜井,通过铁溜井将矿石放出。矿房有合适空间时应立即架设铁溜井并维护好[4]。

3) 采场生产管理。矿块在回采过程中,根据矿体走向的变化状况,回采矿石时在矿体中央采用“一字形”炮孔布置方式[5],选择合理的炮孔参数。回采时严格控制矿块块度。为避免矿石贫化,每次落矿完成后应及时将矿石放出,在一个分层采完后要及时架设好铁溜井,撤出垫层。崩落围岩时,一次崩落



1: 中段运输巷道; 2: 顺路天井; 3: 先天天井; 4: 出矿短穿; 5: 木漏斗; 6: 铁溜井; 7: 废石; 8: 矿脉; 9: 联络道

Figure 1. Schematic diagram of wall cutting and filling method

图 1. 削壁充填法示意图

量不宜过大, 尽力减少爆轰波对铁溜井的冲击, 保持铁溜井的稳固性。崩落围岩后应平整作业场地, 铺设好垫层, 为下一分层矿石的回采工作做好准备。

3. 存在问题及解决办法

采用削壁充填法采矿的过程中, 通过现场情况观察发现采场存在以下几个问题:

第一, 矿块回采时先采矿, 观察爆破效果, 对于顶板不稳固围岩, 连带上盘围岩过多, 造成矿石贫化。对于矿块局部地段上盘围岩不稳固情况, 先崩落上盘围岩, 再崩落矿石。通过爆破试验, 选择合理的炮孔参数。

第二, 将矿块整体分层矿石采完后再崩落围岩, 根据矿块内现场情况发现顶板暴露面积过大, 造成安全隐患, 暂时用坑木支撑顶底板。采矿时沿矿体倾向由顺路天井向先天天井, 采矿和崩落围岩地段前后不超过 7 米。

第三, 人工运搬矿石时, 离铁溜井远地段用铁簸箕运搬矿石浪费时间和气力。采用独轮车运搬离铁溜井远地段矿石。

4. 削壁充填采矿方法和浅孔留矿法采矿方法的经济技术指标对比

根据矿体地质特征、开采技术条件基本相似的验证矿块进行经济技术指标对比, 得出以下数据(见表 1)。

通过削壁充填采矿方法的验证、实施, 采出矿石 2701 吨, 矿石金品位 5.6×10^{-6} , 较大幅度降低了开采贫化率, 提高了金矿石品位, 使矿山企业的矿产资源得到了高效利用, 经济效益增加明显[6]。经测算: 采用削壁充填采矿方法比浅孔留矿采矿方法节约成本 94,301 元/矿块, 平均每吨矿石采矿成本减少 37.8 元; 采用削壁充填采矿方法生产相同金金属量选矿厂处理矿石量减少 3021 吨, 节省直接选矿费用 332,016 元/矿块(109.9 元/吨), 优于浅孔留矿采矿方法; 综合每吨矿石利润比浅孔留矿法高 159.4 元。经过这次削壁充填法采矿方法试验, 积累了实践经验, 取得了科学、有效、可靠的实验数据, 为矿山后期对极薄矿体的开采扩大削壁充填采矿方法提供了支撑。

Table 1. Comparison of economic and technical indexes between the method of cutting wall and filling and the method of shallow hole retaining**表 1.** 削壁充填采矿方法和浅孔留矿法采矿方法的经济技术指标对比表

序号	经济技术指标	削壁充填采矿法	浅孔留矿法
1	贫化率(%)	24	71
2	损失率(%)	10.7	23.6
3	百吨采掘比(吨/米)	14.1	13
4	采出矿石品位(10^{-6})	5.6	2.32
5	采场生产能力(吨/班)	16~22	52~64
	优点	(1) 可提高出矿品位 (2) 有废石充填面作业平台 (3) 安全性好	(1) 结构、工艺、设备简单 (2) 生产技术易于掌握 (3) 劳动效率高、采矿强度大 (4) 管理方便、成本低
	缺点	(1) 采矿工艺及技术复杂 (2) 管理层次多 (3) 工人劳动强度大 (4) 成本高	(1) 平场工作量大 (2) 留矿堆上作业安全性差 (3) 矿石积压多, 影响资金周转 (4) 矿石贫化率高

参考文献

- [1] 李乾龙, 张伟, 等. 龙头沟金矿建设项目可行性研究报告[R]. 西安: 西安有色冶金设计研究院, 2009.
- [2] 卢伟国, 徐克刚, 等. 削壁充填留矿采矿法试验研究与应用[J]. 黄金, 2003, 24(11): 24-26.
- [3] 郭志斌. 削壁充填法在红山西金矿的应用研究[J]. 新疆有色金属, 2009, 32(z2): 43-44.
- [4] 谢世军, 主编. 金属矿床地下开采[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003.
- [5] 徐小荷, 等. 采矿手册第二卷[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2008.
- [6] 田金凯, 赵光军, 屈凤国. 岩金矿山浅孔留矿法与削壁充填法的应用[J]. 黄金, 1998, 19(7): 24-28.