

# 河西金矿不稳定矿体开采方法研究\*

张武, 秦绍龙, 于文龙, 赵兴东

(东北大学 深部金属矿采动安全实验室, 辽宁 沈阳 110819)

**摘要:** 不稳固倾斜薄至中厚矿体的开采是目前矿山面临的主要问题之一, 针对河西金矿开拓至-820 m出现的节理裂隙发育、矿岩不稳固现象, 结合矿山地质资料以及现场节理调查, 依据矿体形态、矿岩稳固程度、矿体厚度, 对不同采矿方法进行优选, 确定采用机械化上向进路尾砂胶结充填采矿法, 对河西金矿-820 m中段矿体进行矿块布置、采矿方法设计, 以及采切工程和回采、充填通风、顶板管理等。结果表明, 河西金矿采用机械化上向水平进路尾砂胶结充填采矿法后, 采场矿石生产能力达140 t/d, 损失率为6%, 贫化率为10%。

**关键词:** 不稳定矿体; 中厚矿体; 采矿方法; 机械化上向进路尾砂胶结充填法

## 0 引言

在我国金属矿床地下开采中, 倾斜薄至中厚矿体的开采一直占有较大的比例, 而随着开采深度的增加, 矿体出现尖灭或分支复合现象, 使得倾斜薄-中厚矿体的开采成为矿山面临的主要问题之一<sup>[1]</sup>。河西金矿始建于1981年, 是目前我国机械化程度较高的矿山之一, 2022年进行了技术改造, 改造后年矿石生产能力为30万t。在前期矿山开拓及开采过程中, 浅部岩石质量以中等为主, 矿体为中等稳固矿体, 工程地质条件一般。但随着矿山开采工作的进行, 目前河西金矿已开拓至-820 m中段, 出现了局部矿岩不稳固现象。针对局部不稳固倾斜中厚矿体, 在多年的生产实践和改进中, 采用机械化上向进路尾砂胶结充填, 可以保证工作人员的安全, 地压管理良好, 对于在深部遇到同类型问题的矿山具有借鉴意义。

## 1 地质条件和开采技术条件

河西金矿位于山东省招远市与莱州市交界处, 区内构造以北东向断裂构造为主, 望儿山断裂为区内Ⅱ级控矿构造, 次级断裂侯家断裂、河西断裂等为区内Ⅲ级控矿构造。河西断裂、侯家断裂、望儿山断

裂、付家断裂、付家东断裂控制整合区内金矿体的产出<sup>[2]</sup>。

矿区内共圈定134个矿体, 已采空94个, 保有30个工业矿体, 10个低品位矿体。其中河西矿段保有20个工业矿体, 付家矿段保有10个工业矿体, 23-3号和24-4号为主矿体, 保有资源量占比约为60%。23-3号矿体呈脉状分布, 矿体走向为11°~32°, 控制走向长509 m, 倾向北西, 倾角为36°~50°, 矿体平均厚度为4.68 m, 平均品位为3.42 g/t。24-4号矿体呈脉状分布, 矿体走向为38°, 控制走向长238 m, 倾向北西, 倾角为36°, 矿体平均厚度为4.30 m, 平均品位为4.41 g/t, 二者均属有用组分分布均匀型。

河西矿区已开拓至-820 m中段, 矿山开拓及开采过程中, 矿体顶、底板围岩主要为绢英岩化花岗岩(闪长)质碎裂岩及绢英岩化花岗岩(闪长)岩。岩石质量等级属Ⅲ级, 岩体中等完整, 属碎块状结构, 工程地质条件一般。局部发现节理裂隙发育, 矿岩不稳固。

## 2 现场工程地质调查

采用测线法在河西金矿-820 m中段穿脉、脉外两处进行岩体结构面产状调查, 调查长度为40

\* 收稿日期: 2023-05-09

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(52130403); 2023年辽宁省中央引导地方科技发展资金计划资助项目(2023JH6/10010005)。

作者简介: 张武(1999—), 男, 湖北黄冈人, 硕士研究生, 主要从事金属矿采动灾害防控研究, E-mail: 1521020520@qq.com。

通信作者: 赵兴东(1975—), 男, 辽宁辽中人, 教授, 博士研究生导师, 主要从事深部金属矿采动灾害防控研究, E-mail: zhaoxingdong@mail.neu.edu.cn。

m,调查结果采用 Dips 软件进行分析,结果如图 1 所示。

从图 1(a)、图 1(b)可以看出,-820 m 中段穿脉巷道节理裂隙发育,具有一组优势节理,倾向为 160°,倾角为 80°;从图 1(c)、图 1(d)可以看出,-820 m 中段脉外巷道节理裂隙发育,有一组优势节理,倾向为 200°,倾角为 75°。

### 3 采矿方法选择

采矿方法选择主要依据矿体的形态、厚度、倾角

及矿岩体稳固程度等<sup>[3]</sup>。河西金矿属于倾斜薄至中厚矿体,根据地质核实报告、岩体质量分级结果表明,23-3 号、24-4 号两主矿体属于中等稳固矿体。但随着采深增加,在开拓达-820 m 中段时,通过现场节理调查以及矿山生产实际发现,出现了局部节理裂隙发育、矿岩不稳固的问题,结合国内外类似开采条件的矿山及其采矿方法试验研究经验<sup>[3-7]</sup>,拟采用的采矿方法有空场嗣后充填法、机械化上向水平分层充填法和机械化上向进路充填法。3 种不同采矿方法的技术经济指标对比见表 1。

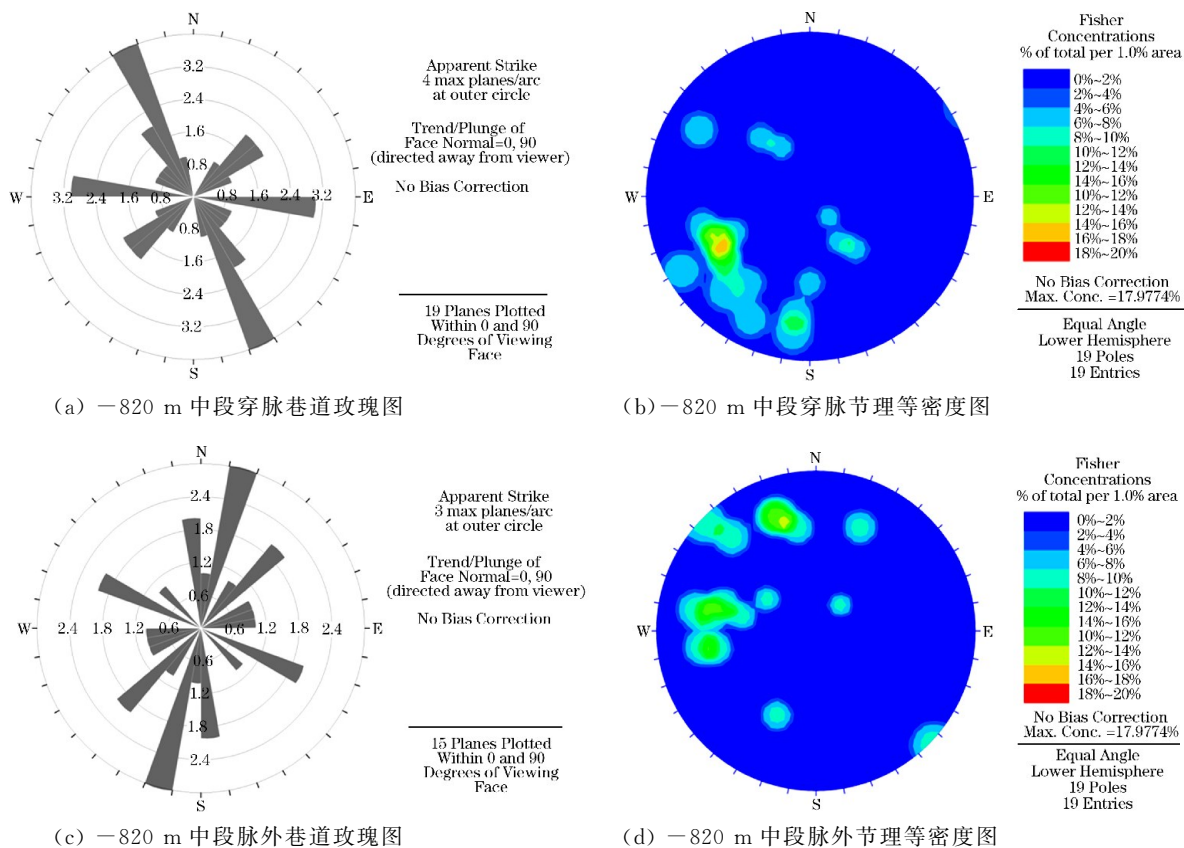


图 1 -820 m 中段节理调查结果

表 1 主要采矿方法技术经济指标对比

采矿方法	矿块生产能力/(t/d)	废石产率/%	损失率/%	贫化率/%	充填成本/(元/t)	采切比/(m/kt)
机械化上向水平分层尾砂胶结充填法	180.00	29.62	8.00	10.00	45.80	14.90
机械化上向进路尾砂胶结充填法	140.00	19.75	6.00	10.00	66.80	21.90
空场嗣后充填法	272.00	5.80	13.00	18.00	53.60	21.50

由表 1 可以看出,空场嗣后充填法生产能力大,但是对于金矿来说,损失、贫化率较高,采切比较大,且存在地压管理难度较高的问题;机械化上向水平分层尾砂胶结充填法拥有一定的矿块生产能力,充填成本、采切比较低,但是损失率较高,废石

产率较高,机械化上向进路尾砂胶结充填法虽然矿块生产能力略有不足,但是对于金矿来说,较低的废石产率和损失贫化率,使其在矿岩不稳固、矿石品位较高的矿山具有良好的适用性。针对河西金矿在开拓-820 m 中段出现的局部节理裂隙发育、

矿岩不稳固的问题,选用机械化上向进路尾砂胶结充填法能更好地开采矿石,保证矿山的经济效益,同时地压管理较为简单,能够保证工人在地质条件较为复杂、岩体质量较差的环境中安全作业。

#### 4 机械化上向进路尾砂胶结充填法

对一个盘区而言,以分层方式从下向上逐层回采,每分层划分为若干个回采进路,以进路为单位进行回采与充填,各进路间隔回采或充填后逐条回采,整个分层各进路回采、充填结束后再转至上分层继续进行回采<sup>[8-9]</sup>。机械化上向进路尾砂胶结充填采矿法如图2所示,采场沿走向布置,矿块长60 m,宽为矿体的厚度,高50 m,底柱高6 m,不留间柱、顶柱,底柱在下中段回采时回收。分层回采时,

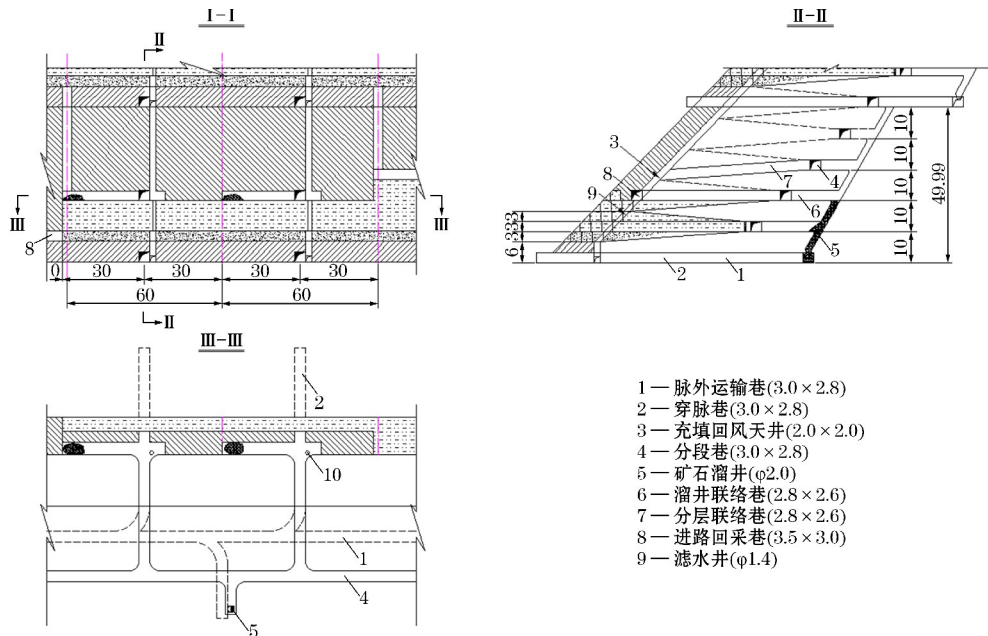


图2 机械化上向进路尾砂胶结充填法(单位:m)

#### 4.2 凿岩爆破

进路回采属于掘进式回采,炮孔布置与平巷掘进布孔方式基本相同,凿岩采用单臂凿岩台车,孔深3.5 m,炮孔直径为42 mm,孔距为0.8 m,边孔距为0.4~0.6 m。顶板和矿体侧边孔采用光面爆破,光面爆破在落矿的同时一次完成。

炸药采用乳化炸药,爆破采用电子雷管起爆,一次分段微差爆破。采下矿石用1 m<sup>3</sup>铲运机经分段联络道装运至采场溜井,溜放至阶段运输水平后经漏斗装车运出。

#### 4.3 充填

进路回采完毕后,进行充填准备工作,充填管

根据矿岩情况的不同,层高控制在2.8~4 m,宽度控制在2.5~4.5 m,根据顶板稳固情况和生产需要,划分一步采、二步采,每条分段巷道平均承担3个分层的回采,分段高为8~10 m<sup>[10]</sup>。当采场仅能布置两条进路时,先采下盘进路,后采上盘进路。

#### 4.1 采准切割工程

采准工程有分段出矿巷道、溜井联络道、溜井、分层联络道、回风充填(泄水)天井、天井联络道。溜井和分段出矿巷道布置在下盘脉外,分段出矿巷道通过采准斜坡道与上下连通,从分段巷道向矿体掘进分层联络道;回风充填(泄水)天井布置在盘区矿体中部,随着采场向上回采顺路架设泄水井;在下盘脉外分别掘溜矿井与分段巷道贯通,溜矿井及分段巷道分期掘进。

由充填回风天井或分层联络巷道下放到采场,将回气管、充填管分别架在进路顶板中央最高点处,并在进路口上用钢结构组合式隔墙作为充填挡墙。

进路回采结束采用尾砂胶结充填,其中一步采进路采用灰砂比为1:8的尾砂胶结充填,二步采进路先用灰砂比为1:15的尾砂胶结充填,充填体强度不小于1 MPa;上部采用灰砂比为1:6的尾砂胶结充填,厚度不小于0.3 m,充填体强度不小于3 MPa,作为上一分层回采的底板,利于铲运机行走。矿房最上分层需二次充填接顶。

#### 4.4 通风

采场通风采用局扇通风,新鲜风流从中段运输

平巷经采区斜坡道进入各分段平巷,然后经采场联络巷进入回采工作面,污风从工作面用局扇排入采场通风充填天井,进入上中段回风系统排出。

#### 4.5 顶底板管理

采场顶板暴露面积应控制在  $270 \text{ m}^2$  以内。爆破通风后即进行顶板撬毛,顶板岩石条件好时可不进行支护,岩石条件不好时须进行锚杆支护,采用管缝式锚杆,锚杆间距视矿岩稳固情况具体掌握。

#### 4.6 矿柱回采

设计不留顶柱、间柱,仅留高为  $6 \text{ m}$  的底柱,底柱通过下中段矿房连采的方式回采。为便于高品位底柱的回采,每个中段的第一分层回采结束后,底板上垂直走向向上、下盘布置锚杆并铺设钢筋网,再采用灰砂比  $1:4$  的尾砂充填料充填,确保下部矿块最后一分层的回采安全。

#### 4.7 技术经济指标

河西金矿采用机械化上向进路尾砂胶结充填法后,采场生产能力达  $140 \text{ t/d}$ ,采切比为  $21.90 \text{ m/kt}$ ,损失率为  $6\%$ ,贫化率为  $10\%$ 。

## 5 结论

(1) 针对河西金矿  $-820 \text{ m}$  出现的节理裂隙发育、矿岩不稳固的问题,采用机械化上向进路尾砂胶结充填法,并取得了很好的应用效果,保证了工

人作业安全。

(2) 机械化程度的提升,降低了河西金矿工人的劳动强度和成本,提升了生产能力。

(3) 机械化上向进路尾砂胶结充填法虽然生产能力略有不足,但是损失贫化率、废石产率低,对于金矿来说,具有良好的适用性,保证其经济效益。

#### 参考文献:

- [1] 李彦龙. 不稳固倾斜中厚矿体开采方法探讨[J]. 采矿技术, 2011, 11(2): 6-8+41.
- [2] 原显顺. 河西金矿区地质特征及找矿方向[J]. 世界有色金属, 2019(11): 74+76.
- [3] 黄志伟, 张利君, 陈庆发. 鑫汇金矿不稳固中厚矿体采矿方法探讨[J]. 黄金, 2004(4): 20-22.
- [4] 唐振江, 王文茂, 李施庆, 等. 上向水平进路充填采矿法在嵩县金矿的应用[J]. 黄金, 2019, 40(2): 39-41+45.
- [5] 李树鹏, 姜磊, 张君鹏. 盘区机械化上向水平分层充填采矿法在大尹格庄金矿的应用[J]. 黄金, 2016, 37(8): 43-46.
- [6] 李冬萍, 任风玉. 不稳固矿岩条件下倾斜中厚矿体的高效采矿方法研究[J]. 中国矿业, 2012, 21(8): 91-94.
- [7] 王建国, 冯金海, 肖宗佛, 等. 河东金矿不稳固多变中厚矿体的连续采矿技术[J]. 有色金属(矿山部分), 2005(5): 4-7.
- [8] 《采矿手册》编辑委员会. 采矿手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1988.
- [9] 张社稷. 上向水平分层进路式全尾砂胶结充填采矿法在锦丰金矿的应用[J]. 黄金, 2020, 41(12): 53-56.
- [10] 艾纯起, 刘洪战. 盘区机械化宽进路充填采矿法在河西金矿的应用[J]. 黄金, 2014, 35(5): 35-38.