

## 基于深采地压条件下的电耙道结构残矿回采技术

姜洪波, 石长岩

(中国有色集团抚顺红透山矿业有限公司, 辽宁 抚顺 113321)

**摘要:** 红透山矿业公司对电耙道底部结构残矿进行回收的过程中, 抓住危险源辨识这一核心问题, 根据不同矿房底部结构的实际特点, 创造性运用不同的采矿工艺与技术方法, 实现了安全、高效回收矿石资源的目标。

**关键词:** 红透山矿; 电耙道; 残矿; 危险源辨识; 安全技术

中图分类号: 文献标识码: B 文章编号: 1671-4172(2011)02-000-00

### **Residual ore mining technology based on electric-rake-lane structure under the deep pressure condition**

JIANG Hongbo, SHI Changyan

(China Nonferrous Metal Group(CNMC) Fushun Hongtoushan Mining Co., LTD, Fushun 113321, Liaoning, China)

**Abstract:** During the process of residual ore mining at the bottom of electric-rake-lane, Hongtoushan Mining Co., LTD took the hazard identification as the core problem, depending on the actual characteristics of different chamber bottom structure, using of various mining technology and methods, it have achieved the safe and high-efficient mineral resources recycling target.

**Key words:** Hongtoushan mine; electric-rake-lane; residual ore; hazard identification; safety engineering

## 引言

红透山矿业公司是一座连续生产 50 多年的老矿山, 现已经进入深部开采阶段。长期以来, 企业在残矿的回收方面持续取得阶段性进展。其中, 针对电耙道残矿资源的回收取得重大突破。由于空场法矿房底部结构处于上、下中段隔离层的中部, 承担着非常重要的安全保障功能, 电耙道水平以上部分又直接与上部采空区相接, 其回收的难度更大。因此, 常规上都是作为设计上的“永久损失”。目前, 在开拓矿量范围内, 红透山矿井下此类矿体存量约为 20 余万 t, 随着进一步勘探及采矿区域的拓展, 此类残矿还将不断增加。对该部分矿体进行有效回收将获得巨大的经济效益。

### 1 红透山矿体损失类型

红透山矿的矿体分支复合变化复杂, 各中段采场运输距离增加, 窄脉采矿比例持续提高, 采矿效率下降, 采矿成本上升, 增产能力不足。就红透山矿而言, 矿体损失主要包括以下几种类型:

1) 采矿方法选择失误造成的回采损失。如-167 m 中段以上的个别中段。在“文革”期间, 为了在较短时期内提高采矿量, 采矿方法多采用深孔崩矿法。由于各种因素影响, 落矿后, 矿石大块多、出矿困难, 致使部分矿石存留在矿房无法放出, 成为“永久损失”矿量。

2) 矿房顶底柱损失。该部分矿石包括: ①空场法矿房电耙道水平至切割层水平之间的矿体(简称电耙道残矿)。②矿房回采最终预留的上下中段之间的保护层(2 m 矿层)。

- 3) 各类矿房点柱。
- 4) 矿房间矿壁。
- 5) 其它零星难收矿体（矿脉）。

上述矿体范围基本涵盖了整个矿井范围。

## 2 电耙道残矿回收的基础条件

### 2.1 危险源辨识

电耙道矿体能否实现回收的关键是能否正确、科学地把握回收期间将面临的一系列特殊危险因素，进而提出可行的应对措施<sup>[1]</sup>。因此首先必须做好危险源的辨识工作。通过对危险源进行全面、科学地辨识，明确“关键危险因素”，进而形成适应性强、安全高效的组合技术方法。通过分析企业的不同采矿工艺，现实回采条件下的主要危险源和危险因素包括：

1) 危险源 1：由于矿房整个回采（包括采准、出矿）期间，历时数年，大量、频繁的爆破作业，使得耙道顶板（约 4.0 m 厚）与两侧帮壁长期承受震动破坏影响，其完整程度受到影响，对后续的残矿回收带来较大的困难和安全威胁。

2) 危险源 2：针对耙道上部对应采空区未充填的条件，在对耙道矿体通过爆破作业进行回收时，由于对采空区的震动冲击，将可能诱使空区顶板、帮壁岩石发生脱落。同时，采空区内残留的部分未放出氧化矿石，也很可能同样因受到上述爆破震动的影响而松散滚落。无论是采空区岩石的脱落还是氧化矿石的滚落，都有较高势能，一旦从漏斗滚入耙道斗穿，将直接危及耙道内作业人员及设备安全。

3) 危险源 3：针对耙道上部对应采空区已经充填的条件，虽然不存在上述危险源 2 类型的滚石伤害威胁因素，但在对耙道矿体进行回收时，如果顶板全高回采，揭露其上部采空区的充填体，将可能面临充填料垮落的威胁。

### 2.2 电耙道结构体的稳定性

电耙道结构体的地质构造总体上与所在矿房的地质构造相一致。在此基础上，由于频繁受到爆破的影响，容易产生岩体错断、开裂或松脱冒落，完整性降低。当上部矿房已经充填时，因充填水会产生侵蚀作用，将造成原岩内摩擦系数降低，进一步降低岩体的完整性。显然，这些因素均不利于电耙道结构体特别是顶板的整体稳定。

另一方面，由于处于深部开采阶段，经过专业部门的测试，矿山原岩应力中的最大主应力由垂直方向转变为近似水平方向，且与矿脉的走向呈锐角相交（近似垂直）<sup>[2]</sup>。因此，对于大量的垂直走向布置的矿房而言，矿房开采结束后的电耙道结构体受力方向近似于轴向，相对而言威胁较弱。而且，由于自切割层以上为采空区，电耙道结构体不再受其上岩体的垂直重力作用，在垂直方向上，表现为孤立的自重应力（自支撑）状态。这些因素都有利于电耙道结构的整体稳定。

### 2.3 充填体稳固性

红透山矿在进行空区充填时，一般在采场底柱部分利用尾砂、河砂、水泥等物料胶结 5~

10 m 高度（水泥量为  $300\sim 400\text{ kg/m}^3$ ）。如果能够实现连续均匀的“一次性”胶结充填，5~10 m 高的胶结体就可以构成密实的一个大厚度梁，相应的承载力将大幅度增强<sup>[3]</sup>。但是由于充填工艺的制约，实际的充填是多次完成，因此充填体呈现多（薄）层叠加形态。这种结构破坏了胶结体的整体性，也降低了胶结体的承载能力，使得胶结体的每次破坏是以两次胶结面为破坏弱面，其破坏形式与薄层状水平岩层顶板破坏形式同为“三角形冒落”，也证明了被揭露充填体的跨度是决定其稳定性的最关键因素。经验数据揭露充填体宽度，以 2~3 m 为限。

### 3 矿体回收的技术方法及可行性分析

#### 3.1 基本技术原则

由于电耙道矿岩已经遭受到不止一次的破坏或扰动，稳定性已经大大降低，一般需要先期进行必要的支护。在此基础上，再深入辨识危险源 1。针对耙道顶板已受到严重破坏、完整性极差、安全无法保障的情况，一般放弃对顶板的回收，先期采用钢材和木材对顶板进行联合支护后，再试探性对耙道两侧帮壁进行局部回收。其它顶板完整性较好的耙道，根据不同矿体空间结构特点，采取不同的最大化回收策略。

#### 3.2 采空区未充填时的安全技术措施

耙道上部对应采空区未充填时，首先采取可靠的办法解除危险源 2 带来的飞石伤害威胁。

1) 矿房垂直矿脉走向布置（双侧斗耙道结构）时：在耙道一端，先期前进式压顶（碴面高度 1.0 m），利用崩落的松散矿石，逐步封堵住两侧斗穿（松散矿石将斗穿口堵住约 1.5 m 高度），根本上阻挡住采空区飞落岩石从斗穿中滚出，因而避免对作业人员造成危害。再进一步对耙道顶板（似桃形矿柱）采取掏心式二次回收不采透空区，最终保留 2 m 左右厚度的安全保护隔离层（壳）；对耙道两侧帮壁矿石交错开帮（见图 1）。

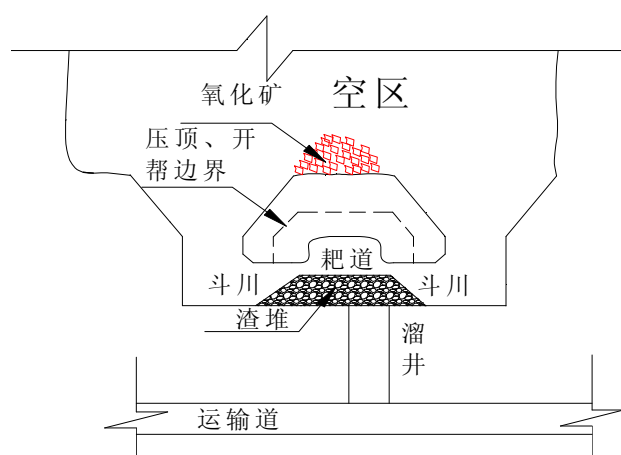


图 1 压顶封斗工艺示意图

Fig.1 The sketch map of coping and seal funnel of craft

2) 条件有利时，针对矿房垂直矿脉走向布置（双侧斗耙道结构）的条件，也可以灵活利用锚杆、钢丝绳、木材等材料组合，沿轴向紧贴侧壁对各个斗穿口进行一次性封堵，然后再一次

性压顶回收耙道顶板，并开帮回收帮壁矿石（见图 2）。

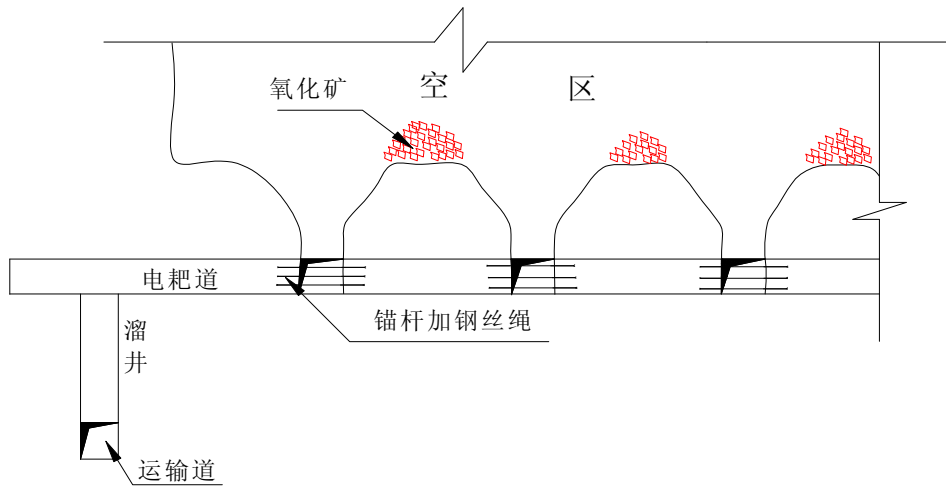


图 2 利用材料组合封斗工艺示意图

Fig.2 The sketch map of seal funnel of craft using material

3) 矿房沿矿脉走向布置（单侧斗耙道结构）时，一般不考虑斗穿口封堵问题。通过开凿嵌入式脉外人行安全通道，确保作业人员通行安全；期间，采透采空区，并大量崩落存留的氧化矿（如图 3）。

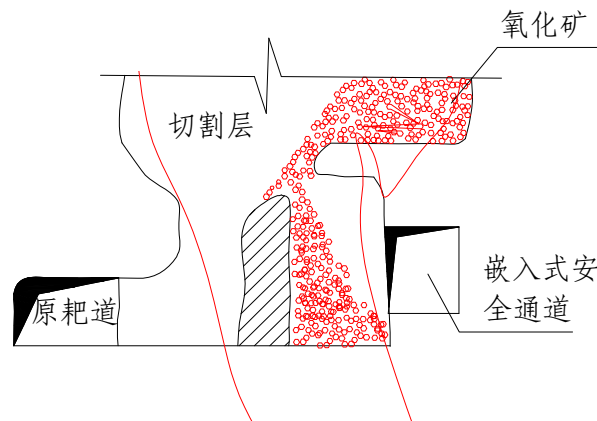


图 3 嵌入式安全通道示意图

Fig.3 The sketch map of embedded secure channel

### 3.3 采空区充填后安全技术措施

耙道上部对应采空区已经充填时，主要针对危险源 3 采取以下防范措施：集中凿上向炮孔，再分次后退式崩矿，最后集中出矿。期间，根据充填体质量决定凿岩爆破深度。回收后顶板形成拱形（与采空区未充填时相似），根据上述的充填体稳定性分析结果，控制好揭露充填体的宽幅，最大限度地避免人员受到被揭露充填体的伤害。

### 3.4 采区通风系统的设计

采区通风主要利用原有人道井、天井和原有的通风系统。一般情况下，由人道井入风，新

鲜风流经过采区作业面后，污风由原采场天井进入上部中段回风道，个别也有采用污风下向通风方式，利用导风筒将其引入本中段的回风道。

针对上部对应已充填空区的耙道，在施工初期，需要由人道井向采区另一侧的回风天井施工切巷，以使采区形成通风条件。在切巷施工过程中，要利用风管进行压风，并安装抽出式风机来保证作业面通风需要<sup>[4]</sup>。

电耙道矿体的回收，通风管理上较为简单，没有特殊安全技术问题。

### 3.5 电耙道矿体回收主要的采矿工艺

总结上述技术方法，可以归纳电耙道矿体回收的基本工艺如下：

- 1) 首先对电耙道实行支护，重点是封堵斗穿口。
- 2) 需要时，施工嵌入式人行安全通道。
- 3) 在电耙道中，采用 ysp-45 型和 7655 型凿岩机进行凿岩。炮孔采用采用水平或上向布置，排距 1.2 m，孔径 38 mm，孔深 2.5~3.5 m。
- 4) 非电导爆管起爆，毫秒差雷管跳段使用。为减小对充填体破坏作用，每次爆破量进行控制，一般 10 排炮孔，不超过 200 kg 药量。
- 5) 需要时，施工上向孔，崩落上部空区的氧化矿石。
- 6) 采用分段落矿，集中出矿的方法。
- 7) 构筑人工假底，为下水平后续矿体的回收创造有利的安全条件<sup>[4]</sup>。

## 4 结语

电耙道残矿回收在红透山矿业公司取得成功，关键之一是注重开展危险源辨识，针对每一个具体矿房开采现状，分别明确各自的“关键危险因素”，进而形成适应性强、安全高效的解危原则，并有针对性地提出可行的安全保障技术措施，实现两者的有机融合。在此基础上根据不同矿房底部结构的实际特点，灵活运用不同的采矿工艺与技术方法，从而实现安全、高效回收矿石资源的目标。企业多年的生产实践表明：经过采取上述有针对性的措施，可以保证回采过程的安全。回收电耙道矿石是可行的，经济效益显著。

参考文献：

- [1]谢世俊,周德元,宋晓天,等. 采矿手册[M]. 冶金工业出版社, 2004: 415-417.
- [2]红透山铜矿,东北大学. 红透山铜矿深部矿体开采技术研究报告(鉴定资料)[M]. 1996:2.
- [3]刘勇,王俊,晓丽,等. 充填采矿工程设计手册[M]. 矿山工业科技出版社, 2008:169.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 金属非金属矿山安全规程(GB16423—2006)[S]. 北京, 2006.

**“十一五”国家科技支撑项目(课题编号 2008BAB34B02)。**

作者简介：姜洪波（1975-），男，工程师，主要从事采矿技术与管理工作。