

采选工艺

某铁矿露天转地下采矿方法选择及 开采方案研究

Study on the Selection of Mining Method and Determination of Mining
Program for the Open Pit of Gushan Iron Ore Mine

李诗雨¹, 李晓宾¹, 黄俊¹, 李琦²

(1. 安徽马钢矿业资源集团有限公司设备工程科技分公司, 安徽 马鞍山 243031;

2. 安徽马钢矿业资源集团姑山矿业有限公司, 安徽 马鞍山 243181)

摘要:安徽某铁矿由于地表资源开采殆尽,从而开展露天转地下开采工作。采矿方法的选择和开采方案的确定是其脱产达产的关键,本文针对这个问题,根据矿山实际的地质情况、并参考众多影响采矿方法选择的因素,初选并优选采矿方法,从而设计合理的开采方案。经研究表明,暂定采用上向分层进路充填法作为开采方法,该采矿方法的选择为矿山实现安全高效生产提供了理论依据,有实际应用的意义。

关键词:采矿方法; 开采方案; 露天转地下; 铁矿

中图分类号: TD854

文献标志码: A

文章编号: 1672-609X(2025)02-0054-09

Abstract: Due to the surface resources of an iron ore mine in Anhui Province are exhausted, to carry out the work in the open pit, the choice of mining methods and mining program to determine the key to off-production to achieve production, this paper addresses the issue, according to the actual geological situation of the mine, and reference to the many factors affecting the choice of mining methods, the initial and preferred choice of mining methods, so as to design a reasonable mining program, the study showed that the tentative use of the upward horizontal stratified approach to the road to fill method as a mining method, this mining method selection for the mine to achieve safe and efficient production of theoretical basis, has practical significance. After the study, it is shown that the upward horizontal stratified approach filling method is tentatively adopted as the mining method, and the selection of this mining method provides a theoretical basis for the mine to achieve safe and efficient production and has significance for practical application.

Key words: mining method; mining program; transition from open pit to underground; iron ore mine

1 前言

随着国家对矿产资源的需求日益提升,使得矿山需要不断提升生产能力,而采矿方法则是矿山提高生产能力的关键^[1-4]。采矿方法的选择日益增多,在空场法、崩落法、充填法三大类的基础上,许多专家学者根据矿山特定的地质条件等因素,选取并优化,发展出众多采矿方法,广泛的应用在各类矿山中^[5-8]。合适的采矿方法选择可以达到降本增效的目的^[9],使得矿山的经济效益得到最大化,而由于

不同采矿方法其优缺点各异,适用条件也不相同,加上不同矿山的地质条件同样各异,使得采矿方法的选择需紧密结合矿山的实际地质条件、矿体赋存情况、矿石的品位和相关经济因素。

安徽某铁矿目前由于其地表矿产资源已被开发殆尽,矿山已陆续开展露天转地下工程,并为加快投产达产进度,需探索适合露天转地下矿床的绿色安全高效采矿方法。本文针对这个问题,结合矿山的实际地质条件,结合矿体的厚度、位置和矿石的稳固性等多种影响采矿方法选择的因素^[10],并通过多方案对比分析与论证^[11],初选并优化出合适该矿的采矿方法,从而设计合理的采场结构和工艺参数,达到确保生产作业安全、提高资源回收率,降低贫化率和生产成本的目的。

[作者简介] 李诗雨(1997—),女,助理工程师,硕士研究生。

[引用格式] 李诗雨,李晓宾,黄俊,等. 某铁矿露天转地下采矿方法选择及开采方案研究[J]. 中国矿山工程, 2025, 54(2): 54-62.

2 矿区概况

该铁矿地下矿体的直接和间接顶底板大部分为高岭土化、蒙脱石化闪长玢岩,质量属中等~劣,稳固性差,岩体强度低。深部岩体裂隙、节理较多,结构面发育,岩石完整性较差。综合评定,矿床工程地质条件为复杂类型。并且矿体赋存于最低侵蚀基准面以下,基岩裂隙含水岩组,主要为黄马青组砂页岩弱含水岩组,但在构造破碎带中,裂隙发育,为基岩裂隙相对富水的块段,含水层之间的水力联系较为密切。采场充水主要来源有大气降水和区域地下水迳流,青山河等地表沟渠补给量小。综合评定矿床水文地质条件为复杂类型。

3 采矿方法确定

3.1 开采技术条件和矿岩稳定性分析

在进行采矿方法选择前,需要对所规划区域进行详细的开采技术条件调查和矿岩稳定性分析,为后续的采矿方法确定,提供地质资料基础。

1) 局部矿体特征

该铁矿露天转地下-350 m中段15线上盘联巷、-300 m北侧及-300 m风井揭露矿体(局部矿体)是一个矿段矿体,主要分布在15~19号勘探线之间,矿体的形状是层状,在-350中段平面图观察矿体的形状可以清晰看出,局部矿体属于不规则的矿体,矿体的中部比较大而厚。矿体的走向为长度大约100 m左右,宽约60 m,平均倾角55°,为急倾斜矿体,平均厚度为50 m,属于厚矿体。

TFe平均品位为41.04%。主要赋存于辉长闪长岩内,矿体形态及产状受穹窿构造形态制约,围绕辉长闪长岩穹窿周边分布,呈似层状、透镜状,富矿走向与主矿体一致,且多呈条带状夹存于贫矿之中。矿体直接、间接顶底板大部分为高岭土化、蒙脱石化闪长玢岩,稳固性差,岩体强度低。

2) 现场调查

井下实地踏勘、现场调查是岩石力学调查分析的必要条件,但由于矿体近顶底板围岩部分地段裂隙发育,岩石破碎,稳固性差,无法获取完整的可用于岩石力学测试的岩石样品,因此,本次岩石力学调查分析进行了大量的现场调查工作,具体如图1所示。

3) 局部矿岩稳定性分级

该铁矿地质条件复杂,现场直接测量有较大的



图1 矿山岩石力学现场调查

困难和危险性,因此,本次调查采用现场拍照后期图像分析的方法。通过计算结构面体积密度,利用分级指标体系,对该矿露天转地下-350 m和-300 m水平中段的矿岩稳定性进行分级。岩石稳定性分析方法众多,各评价指标侧重不同,根据各稳定性分级方法的实施难易程度和对该矿露天转地下开拓工程的适用性,本研究将采用岩体质量 Q 值法、地质力学RMR分级系统以及中国制定的《工程岩体分级标准》对其进行综合分级。

在对矿岩节理裂隙调查统计分析结果后,利用分级指标体系,对该矿段近顶柱矿岩稳定性进行分级。不同的评价方法岩石稳定性分类结果并没有保持完全的一致性,具体见表1。

-350 m水平15线上盘联巷位置和-350 m水平主运输大巷的岩体质量分级为Ⅲ~Ⅳ。根据矿岩稳固性分级情况表和岩体自稳能力表,在稳定性较好地段(Ⅲ级)跨度5~10 m情况下,可稳定数月,但在局部不稳地段(Ⅳ级),跨度应控制在5 m以内,并需加强支护。

根据地质资料,矿体的直接和间接顶底板大部分为高岭土化、蒙脱石化闪长玢岩,稳固性差,岩体强度低。深部岩体裂隙、节理较多,结构面发育,岩石完整性较差。

矿体属于块状结构岩组,呈半坚硬、坚硬柱状、块状,裂隙较发育,完整性较好,岩石质量指标(RQD)在50%~75%左右,部分RQD在75%~90%,岩石质量等级为Ⅲ级,工程稳定性好。

综合分析,矿床工程地质条件为复杂类型。

3.2 采矿方法初选

由于该矿旁边有河流经过、地表有大片农田,所

表1 岩体稳定性分级表

Q 值分类								
测点	RQD 值	J_n	J_r	J_a	J_w	SRF	Q	分级
-350 m 水平 15 线上盘联巷	60	15	3	2	0.33	2.5	0.79	IV
-350 m 水平主运输大巷	80	6	3	2	0.33	2.5	2.64	III
RMR 分类								
测点	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	RMR	分级
-350 m 水平 15 线上盘联巷	4	13	10	20	7	-10	44	III
-350 m 水平主运输大巷	7	17	10	20	0	0	54	III
BQ 分类								
测点	K_v	K_1	K_2	K_3	BQ	[BQ]	分级	
-350 m 水平 15 线上盘联巷	0.7	0.3	0.2	0.5	355	285	IV	
-350 m 水平主运输大巷	0.5	0.2	0.2	0.4	335	255	IV	

以不允许有地表陷落,所以考虑采矿方法前,首先确定为充填法,再根据该铁矿露天转地下矿体的开采技术条件和矿岩稳定性,并参考不同采矿方法的适用条件及国内外同类矿山的生产经验,初步选定了

4种充填采矿方法方案:①上向水平进路充填法;②下向水平分层进路充填法;③上向水平分层充填法;④上向分步交错式充填采矿方法,表2为四种采矿方法各自的优缺点对比。

表2 不同采矿方法的优缺点

采矿方法	优点	缺点
上向分层进路充填法	(1)采用进路回采顶板暴露面积小,适用于矿岩稳固条件差的矿山。 (2)可采用凿岩台车和铲运机等无轨机械化设备,生产效率较高。	采准工程量较大,采矿成本较高,不宜用于矿石价值较低的矿体
下向水平分层进路充填法	(1)该方案安全性好、矿石损失贫化率低,可满足极其软弱破碎矿体的开采。 (2)可采用凿岩台车和铲运机等无轨机械化设备,生产效率较高。	采矿成本高、充填工艺复杂,矿岩条件较好的情况下,不推荐使用
上向水平分层充填法	(1)相较于上向分层进路充填法,其开采断面更大,因此生产效率也更高。 (2)无需每一分层进行接顶,只要在最上面的分层进行充填接顶;同时,一次性充填的面积更大,充填效率更高。	采矿成本高、充填工艺复杂,顶底柱回采难度大
上向分步交错式充填采矿方法	(1)通过采场矿房布置方式的变化,形成矿体与充填体的组合岩柱作为矿房的两帮,减小帮部裸露充填体的高度,改善充填体的受力状况,降低对充填体强度及自立高度等指标的依赖,进而降低消耗充填固化剂成本。 (2)对所有首采矿房及二采矿房实施一次性连续充填,提高充填作业的效率,降低砌筑充填挡墙对充填工作的影响以及充填挡墙的制作费用。	开拓采准工程量大,设备调动频繁,不适合矿岩条件好、品位低的矿体

3.3 采矿方法初步优选

根据矿山实际矿岩稳定性以及生产设备、作业人员专业素质等情况,同时考虑各个采矿方法的适用条件、生产工艺复杂性、生产效率以及经济性,对上述采矿方法进行了初步优选,确定了两种采矿方法。

(1)下向水平分层充填法虽然具有安全的作业环境,但因充填工艺复杂、充填成本较高,导致采矿成本较高;且从已揭露矿岩的稳定性来看,其稳定性

良好。因此排除该采矿方法。

(2)考虑到采场涌水量较大,不利于充填体的固结,若一次性充填量过大,充填体将难以达到所需强度,而“上向分步交错式充填采矿方法”一次性需要充填多个分层,一次性充填量过大,其维护采场稳定性的优势不明显,且工艺相对复杂,故而排除该方法。

(3)上向分层进路充填法对不同赋存条件的矿体适用范围更广,同时其综合回采率、大块率及生产

能力指标更好,既可以保障回采作业的安全,又可以使用机械化采掘装备,提高回采效率,有利于尽快达产稳产。而上向水平分层充填法在兼具上向进路充填法优势的同时,具有更简单的生产工艺和更高的生产效率,但采准工程量和对矿岩稳定性的要求也更高。因此,建议在上向分层进路充填法和上向水平分层充填法之间进行进一步的优选。

4 具体开采方案的确定

在初步优选出上向分层进路充填法和上向水平分层充填法两种采矿方法的基础上,对两种采矿方法的不同开采方案进行对比分析研究,最终选择出最合理的开采方案。

试采区矿体厚度约 60 m,本着边采边探,探采结合的原则,需布置采准工程开采 - 354.3 ~ - 345.3 m(9 m)的矿体后,再进行大阶段的矿体开采。由此结合两种采矿方法,分别设置了上盘采准和下盘采准两种方案,共计 4 种开采方案。上盘采准方案在 - 354.3 m 标高开始布置采准工程,阶段高度 54.3 m。下盘采准方案则先在上盘布置简略

的采准工程用于开采 - 354.3 ~ - 346.3 m (8 m)的资源,同时继续掘进穿脉斜坡道,之后针对大阶段矿体在下盘布置斜坡道、溜井等采准工程,阶段标高为 50 m。

4.1 上盘采准方案

1) 上盘上向水平分层充填开采

① 采场参数

该开采方案的形式如图 2 所示,矿房垂直矿体走向布置,其中矿房宽 10 m,矿柱宽 8 m,矿房和矿柱的长度依据矿体水平厚度和矿柱尺寸确定;阶段高度 54.3 m,共分为 4 个分段开采,每 3 个分层组成一个分段,但第四分段只包含两个分层,分层高度为 4 m;顶底柱厚度分别为 4 m 和 6.3 m。

② 回采顺序和工艺

一步骤回采矿房,二步骤回采矿柱,矿柱在采完若干矿房或在全阶段矿房回采完成后进行回采,矿房和矿柱的回采均为隔一采一,自下而上水平分层进行,随着工作面向上推进,逐步充填采空区,并留出继续上采的工作空间。利用充填体维护两帮并作

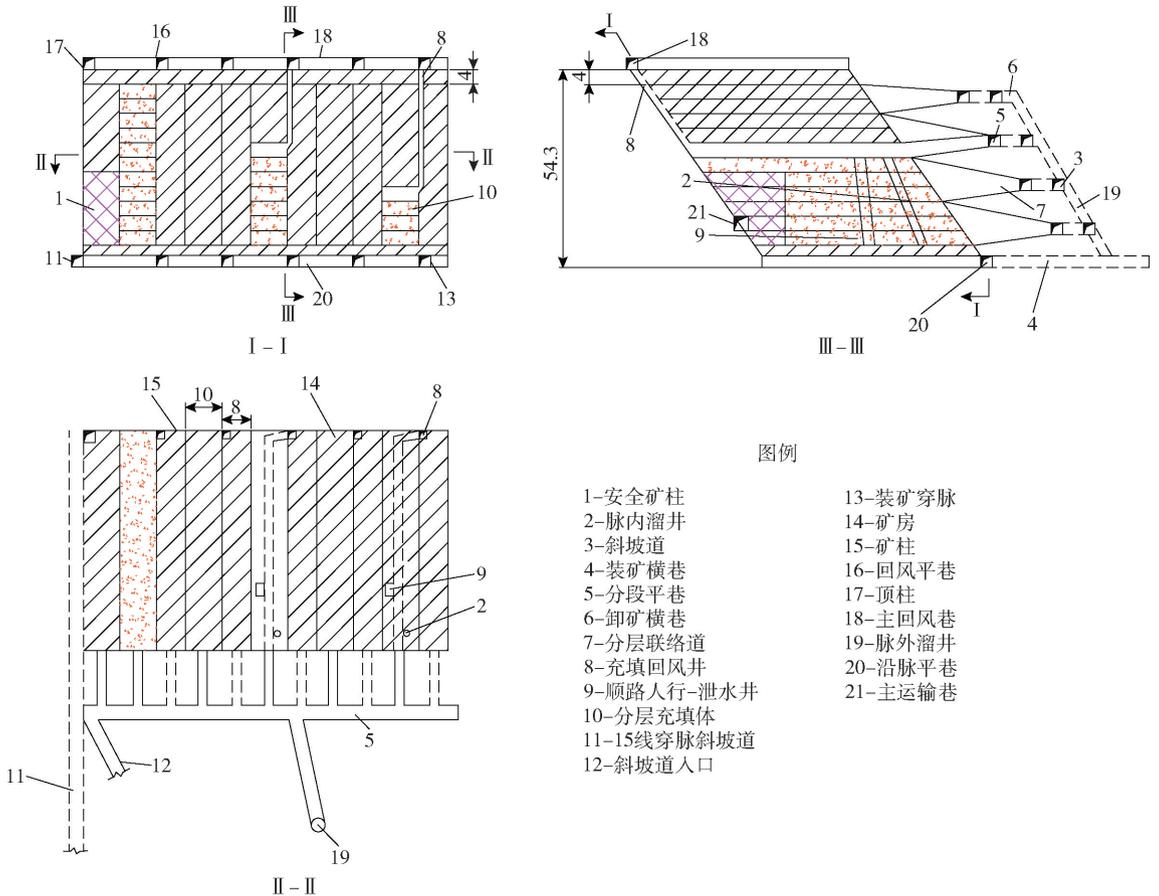


图 2 上盘上向水平分层充填法布置方案

为继续上采的平台。矿石崩落后,落在充填体表面上,可用铲运机等设备运输至溜井。回采到最上面的分层时,需要进行接顶充填。出于成本和安全的考虑,一般矿房采用高强度的充填体进行充填,而矿柱采用较低强度的充填体进行充填。

③主要采准工程的布置

在矿体上盘脉外布置有斜坡道、分段平巷,人员和设备经斜坡道进入分段平巷,再经分层联络道进入不同分层的采场。分层联络道到达分层标高后,转为平巷穿过矿体与下盘的充填回风井相贯通。充填回风井则通过回风平巷与主回风巷连接,从而形成完整的采区通风系统。

④安全矿柱留设

为维护穿脉斜坡道和主运输巷的稳定,需要留设安全矿柱。水平方向上,采场边缘与被保护巷道保持 10 m 及以上的水平距离。垂直方向上,采场边缘与被保护巷道保持 10 m 及以上的垂直距离,即底柱以上 5 个分层都需要留有矿柱,从第 6 个分层开始不留矿柱。矿柱留设图如图 3 所示。

2) 上盘上向分层进路充填开采

①采场参数

该开采方案的形式如图 4 所示,阶段高度

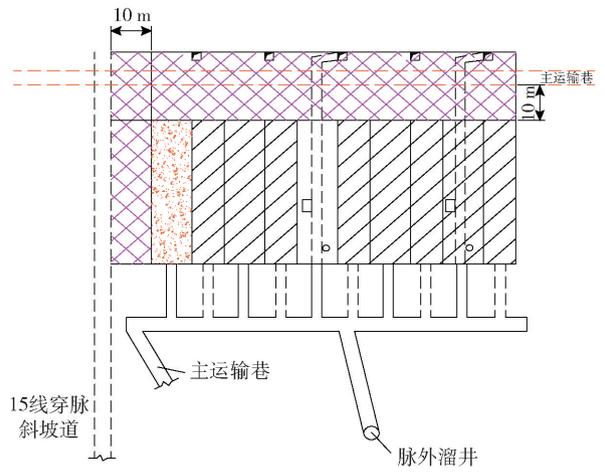
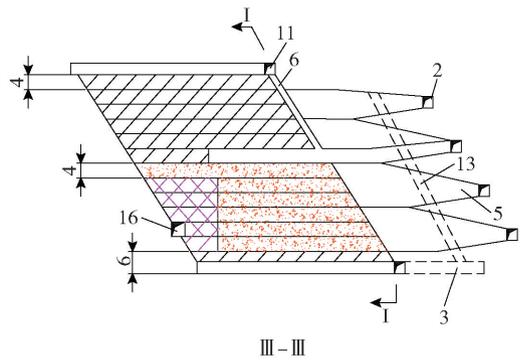
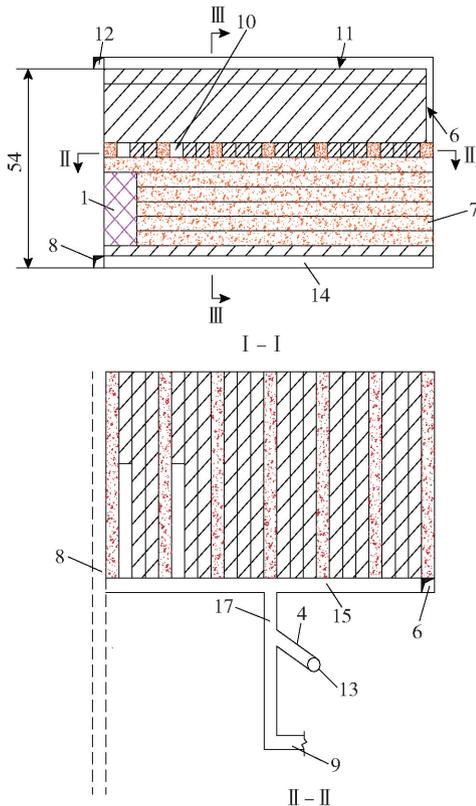


图3 上盘上向水平分层充填法矿柱留设示意图

54.3 m, 共分为 4 个分段开采, 每 3 个分层组成一个分段, 但第四分段只包含两个分层; 分层高度为 4 m; 顶底柱厚度分别为 4 m 和 6.3 m; 进路尺寸为 4 m × 4 m, 进路长度依据矿体宽度和矿柱留设尺寸而定。

②回采顺序和工艺

矿体自下而上分层回采, 同一分层的进路间采用“隔三采一”的回采顺序, 每条进路回采完毕及时进行充填并接顶, 需要作为后续回采进路的人工矿



图例

- 1-安全矿柱
- 2-斜坡道
- 3-装矿横巷
- 4-卸矿平巷
- 5-分层联络道
- 6-充填回风井
- 7-分层充填体
- 8-15线穿脉斜坡道
- 9-斜坡道入口
- 10-采矿进路
- 11-回风平巷
- 12-回风穿脉
- 13-脉外溜井
- 14-底部沿脉平巷
- 15-采场沿脉平巷
- 16-主运输巷
- 17-分层联络道(水平段)

图4 上盘上向分层进路充填法布置方案

柱时,采用高强度胶结充填,无需作为人工矿柱的进路采用低强度胶结充填及高强度胶面层充填即可;每一分层回采完毕后再通过分层联络道转到上一分层的回采。

③主要采准工程的布置

该方案与在矿体上盘脉外布置了斜坡道,人员和设备经斜坡道进入分层联络道,分层联络道在到达指定分层标高后转为水平巷道并与采场沿脉平巷联通;充填回风井布置在采场沿脉平巷端部。分层联络道水平段的长度依据上盘脉外溜井的布置位置确定。

④安全矿柱留设

与上向分层充填采矿法留设矿柱尺寸和位置相同,矿柱留设如图4和图5所示。

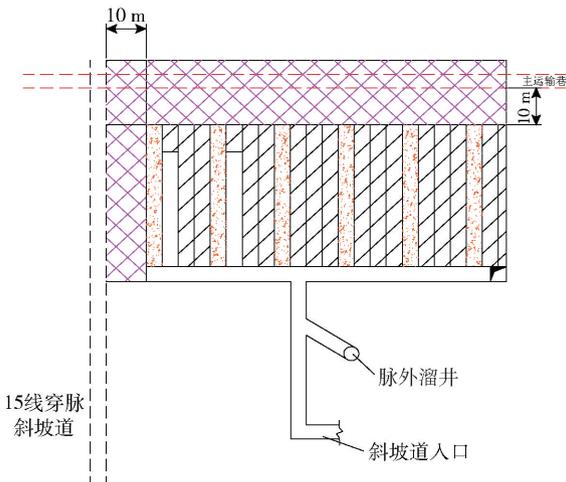


图5 上盘上向分层进路充填法矿柱留设示意图

4.2 下盘采准方案

1) 标高-354.3 ~ -346.3 m 资源回采

该部分资源优先采用上向水平分层充填法进行回采,若矿岩稳定性差,则可及时调整为进路回采,并为下盘大阶段回采的采矿方法选择提供依据。

①采场参数

矿房垂直矿体走向布置,矿房宽10 m,矿柱宽8 m;该部分资源垂直高度为8 m,分两个分层开采,每个分层4 m。

②回采顺序和工艺

回采顺序与上盘上向水平分层充填法相同。第一分层回采结束后,及时进行充填,并留出继续上采的工作空间,利用充填体维护两帮并作为继续上采的平台。同时,构筑出设备从沿脉平巷进入第一分层充填体顶部的斜坡道,为第二分层回采创造条件。

第二分层回采后进行接顶充填,以控制上覆矿岩下沉变形,避免影响上部采场的稳定性。

③主要采准工程的布置

该方案的采准工程的布置如图6所示,从15线穿脉斜坡道揭露矿体处掘进沿脉平巷。另外,可以在合适的位置掘进一条或多条充填回风井,这样既可以为该部分资源的回采创造良好通风条件,也可以为下盘大阶段回采准备充填回风井;充填回风井布置位置需依据下盘大阶段回采的采矿方法确定。

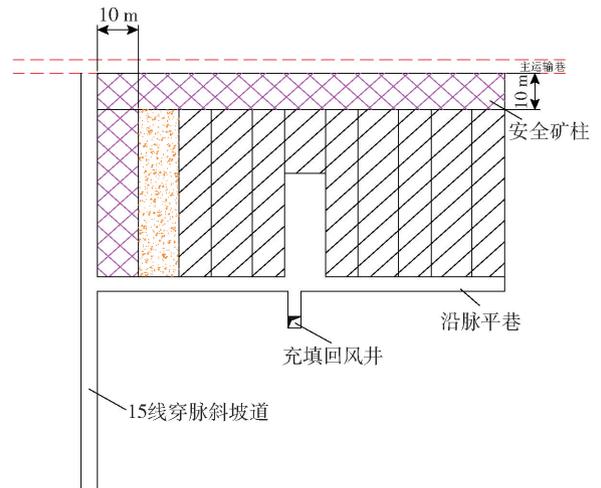


图6 标高-354.3 ~ -346.3 m 资源回采示意图

④安全矿柱留设

安全矿柱留设尺寸,在水平方向上,采场边缘与被保护巷道保持10 m及以上的水平距离。在垂直方向上,两个分层均留有矿柱。

2) 下盘上向分层充填开采(大阶段)

①采场参数

该开采方案的形式如图7所示,矿房垂直矿体走向布置,其中矿房宽10 m,矿柱宽8 m,矿房和矿柱的长度依据矿体水平厚度和矿柱尺寸确定;阶段高度50 m,共分为3个分段开采,第一和第二分段由三个分层组成,第三个分段由四个分层组成,分层高度为4 m;顶底柱厚度分别为4 m和6 m。

②回采顺序和工艺

回采顺序和回采充填工艺与上盘上向水平分层充填法相同。

③主要采准工程的布置

斜坡道、分段平巷布置在矿体下盘脉外,人员和设备经斜坡道进入分段平巷,再经分层联络道进入不同分层的采场。分层联络道到达分层标高后,转

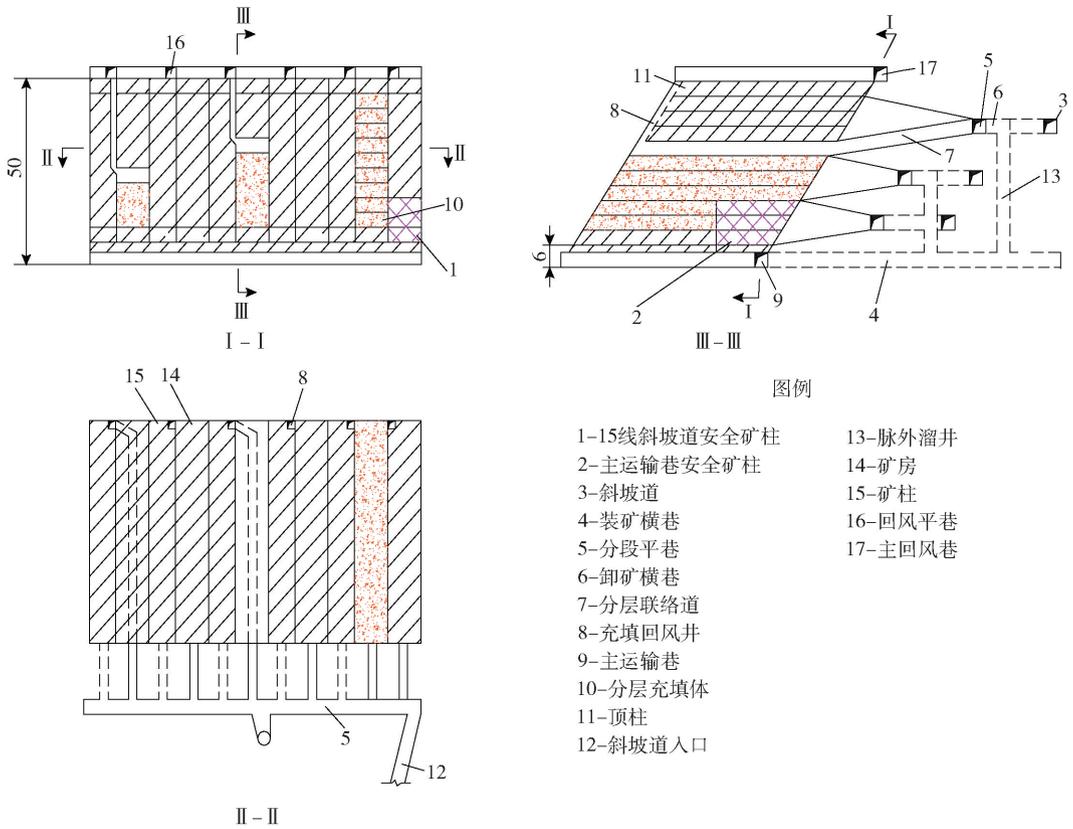


图7 下盘上向水平分层充填法布置方案

为平巷穿过矿体与上盘的充填回风井相贯通。充填回风井则通过回风平巷与主回风巷连通,从而形成完整的采区通风系统。

④安全矿柱留设

矿柱留设保证采场边缘与被保护巷道保持10 m及以上的水平 and 垂直距离,以此为依据规划安全矿柱,具体如图8所示。

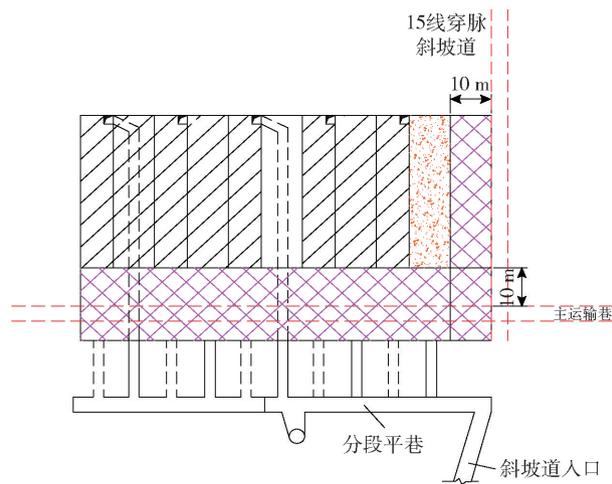


图8 下盘上向水平分层充填法矿柱留设示意图

3) 下盘上向分层进路充填开采(大阶段)

①采场参数

该开采方案的形式如图9所示,阶段高度50 m,共分为3个分段开采,第一和第二分段由三个分层组成,第三个分段由四个分层组成;分层高度为4 m;顶底柱厚度分别为4 m和6 m;进路尺寸为4 m × 4 m,进路长度依据矿体宽度和矿柱留设尺寸而定。

②回采顺序和工艺

回采顺序和回采充填工艺与上盘上向分层进路充填法相同。

③主要采准工程的布置

斜坡道、分段平巷布置在矿体下盘脉外,人员和设备经斜坡道进入分层联络道,分层联络道在到达指定分层标高后转为水平巷道穿过矿体与上盘的充填回风井相贯通,充填回风井则通过回风平巷与主回风巷连接,从而形成完整的采区通风系统。分层联络道(水平段)的长度依据上盘脉外溜井的布置位置确定。

④安全矿柱留设

矿柱留设需保证采场边缘与被保护巷道保持

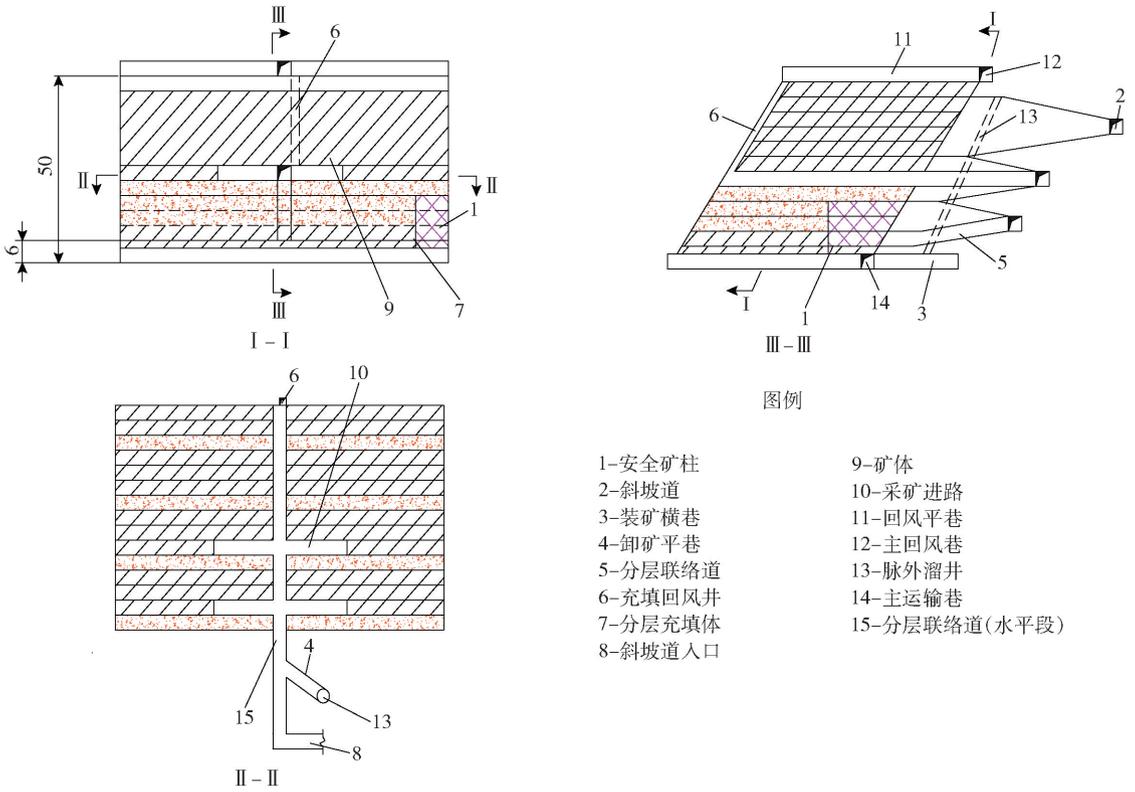


图9 下盘上向分层进路充填法布置方案

10 m 及以上的水平垂直距离,具体如图 9 和图 10 所示。

4.3 主要采准工程参数

两种方案涉及到的采准工程主要包括斜坡道、分段平巷、分层联络道、卸矿平巷、溜井、充填回风上山、装矿横巷等采准巷道,各采准工程的主要参数设计见表 3。

4.4 开采方案的确定

上盘采准方案的主要优势在于将标高 -354.3 ~ -300 m 的矿体作为一个大阶段开采,不需要进行生产交替。但是因采准工程布置在上盘围岩中,巷道等受采动影响大,受应力集中影响较大,不利于工程的稳定。

下盘采准方案的主要优势在于下盘围岩受采动影响和应力集中影响小,能够较好的保证所布置工

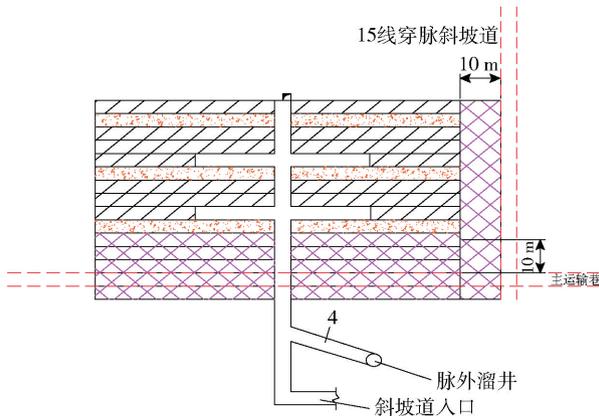


图10 下盘上向分层进路充填法矿柱留设示意图

表3 采准工程主要参数

采准工程	主要参数
斜坡道	暂定为 4.42 m × 3.9 m, 转弯半径不小于 15 m, 坡度 < 15%
分段平巷	断面尺寸规格 4.25 m × 3.7 m, 与分层联络道之间保证 6.5 m 以上的转弯半径
分层联络道	各分段下向分层联络道为运矿重车上坡, 最大坡度取 14%; 上向分层联络道为重车下坡, 最大坡度取 20%; 分层联络道断面规格取为 4.25 m × 3.7 m
卸矿横巷	断面尺寸规格 4.25 m × 3.7 m, 卸矿横巷与分段平巷或分层联络道间保证 6.5 m 以上的转弯半径
溜井	溜井规格 φ3.0 m
充填回风上山	断面尺寸规格 1.8 m × 1.8 m

程的稳定性;劣势则在于将标高 $-354.3 \sim -300 \text{ m}$ 的矿体分成两个阶段开采,需要进行生产交替。

综合考虑矿方的生产要求、生产交替方案以及生产安全性等因素,尤其是地质调查部分矿岩发现其稳定性相对不是很好,对于在大跨度下作业可能会发生安全隐患,所以尽管进路充填采矿法的成本一般较分层充填采矿法较高,但考虑安全因素在内,也在可接受范围内,而且进路充填采矿法可以通过提高矿石品位,减小损失和贫化,来弥补成本,所以推荐采用下盘采准方案。在整体矿岩稳定性不完全确定的前提下,暂定下盘大阶段回采使用上向分层进路充填法,通过回采标高 $-354.3 \text{ m} \sim -346.3 \text{ m}$ 矿体进一步确定矿岩稳定性后,可根据实际情况将采矿方法变更为上向水平分层充填法。

5 结论

在对矿山进行详细的地质调查的基础上,进行了采矿方法初选和优选,最终确定具体的开采方案,得到的主要结论如下。

(1)本次现场地质调查采用现场拍照后期图像分析的方法,对安徽某铁矿露天转地下 -350 m 水平开拓工程的矿岩稳定性进行了分级, -350 m 水平15线上盘联巷位置和 -350 m 水平主运输大巷的岩体质量分级为Ⅲ~Ⅳ。根据矿岩稳固性分级情况表和岩体自稳能力表,在稳定性较好地段(Ⅲ级)跨度 $5 \sim 10 \text{ m}$ 情况下,可稳定数月,但在局部不稳地段(Ⅳ级),跨度应控制在 5 m 以内,并需加强支护。

(2)初步提出了四种适用于矿山的充填采矿法,并通过优缺点比较确定了两种采矿方法,对这两

种采矿方法进行开采方案设计,并最终通过矿方的生产要求、生产交替方案以及生产安全性等因素,最终暂定下盘大阶段回采使用上向分层进路充填法,再进行进一步地质调查后,可根据实际情况将采矿方法变更为上向水平分层充填法。

[参考文献]

- [1] 刘大可,张浩强,郭翔.基于AHP-Fuzzy-TOPSIS帕鲁特金矿不同中段开采方法对比优化选择[J].中国矿山工程,2024,53(2):17-23.
- [2] 陈志强,王红心,杨清平,等.某铜矿主矿体采矿方法优化选择研究[J].铜业工程,2022(6):41-46+52.
- [3] 刘立顺,董凯程,崔松.重新集铁矿采矿方法优化选择研究[J].有色金属工程,2015,5(S1):24-27.
- [4] 胡建非.暮阳铅矿采矿方法优选及采场结构参数优化[D].昆明:昆明理工大学,2022.
- [5] 尚晓明,贺茂坤.南非某金矿采矿方法研究[J].中国矿山工程,2019,48(6):30-31.
- [6] 任奎.烟城沟钒矿开采条件及采矿方法的选择[J].世界有色金属,2023(8):44-46.
- [7] 王雄荣,赵本山,梁巨理,等.某铜矿空场法转充填法采矿方法优化研究[J].采矿技术,2022,22(6):158-160.
- [8] 朱维根.冬瓜山铜矿采矿方法探讨[J].有色矿山,1999(2):5-7+11.
- [9] 孙晓刚,丁明飞.焦家金矿望儿山分矿高效采矿方法研究[J].中国矿山工程,2016,45(1):43-48.
- [10] 王卸云.遂昌金矿I号铅锌矿体采矿方法探讨[J].中国矿山工程,2007(3):1-3+16.
- [11] 苏先锋.破碎铅锌矿体采矿方法优化与实践[J].中国矿山工程,2016,45(4):18-21.