

深井大规模盘区回采采场结构参数研究

Study on Stope Structure Parameters of Deep-shaft and Large-scale Panel

张爱民¹, 刘育明¹, 王晓谋², 张少杰¹, 刘超²

(1. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038; 2. 本溪龙新矿业有限公司, 辽宁 本溪 117000)

摘要:随着矿产资源开采逐步向深部发展,将面临着高地应力的问题,探索高应力环境下的采场结构是大规模高效开采的关键。以思山岭铁矿为研究对象,本文将开展大直径深孔空场嗣后充填法采场结构研究,对传统条形采场和方形采场进行模拟分析。研究表明,采用方形采场布置比条形采场布置,更有利于应力分布,有利于工程稳定,故推荐思山岭铁矿深井开采采用40 m×40 m的方形采场,同时为同类深井厚大矿山大规模开采提供借鉴意义。

关键词:深井矿山; 盘区式布置; 地压控制; 数值模拟; 采场结构

中图分类号: TD853

文献标志码: A

文章编号: 1672-609X(2022)03-0038-05

Abstract: As the mining of mineral resources gradually goes deep, the problem of high geostress will be encountered. The exploration of stope structure under high stress environment is the key to large-scale and high-efficiency mining. With Sishanling Iron Ore Mine as the research object, this paper will carry out the research on the stope structure of large-diameter deep-hole open stope with subsequent filling, simulate and analyze the traditional strip stope and square stope. The research shows that square stope layout is more favorable to stress distribution and engineering stability than strip stope layout. Therefore, it is recommended that the Sishanling Iron Ore Mine adopt 40 m × 40 m square stope for deep shaft mining, which can also provide reference for large-scale mining of the similar deep and thick mines.

Key words: deep shaft mine; panel-type layout; ground pressure controlling; numerical simulation; stope structure

1 前言

随着我国浅部矿产资源日益减少以及采掘设备的大型化,矿产资源的开采逐渐向深部和大规模两个方向发展^[1-3],与此同时,井下开采将面临着深井高地应力的问题,探索高应力环境下的采场结构是大规模高效开采的关键。国内大多数深井矿山均采用的是条状采场布置的大直径深孔空场嗣后充填法,如冬瓜山铜矿、安庆铜矿、草楼铁矿等,其采场宽度一般为18~25 m,长度为60~80 m。但通过对澳大利亚、加拿大、芬兰和瑞典等矿业发达国家矿山采矿方法生产实践可知,不少深井矿山将条状采场优化为块状采场,以此来进行地压控制。如澳大利亚Mount Isa铜矿采用分段空场嗣后充填法,根据矿体厚度不同划分为棋盘式布置和后退式回采,选择的采场尺寸为(30~40 m)×(30~40 m)×60 m(长×宽×高),采场回采顺序为后退式回采^[4];加拿大

Kidd Creek铜锌矿采用深孔空场嗣后充填法,采场长15~20 m,宽20 m,高为30~40 m;芬兰Kemi铬铁矿采用空场嗣后充填法,采场长20 m,宽12~20 m,高度25 m。

本文将以本溪思山岭铁矿为研究对象,开展大直径深孔空场嗣后充填法采场结构参数研究,对传统条状采场和块状采场进行对比分析,探索确定适合深井厚大矿体大规模开采的采场结构形式。

2 开采技术条件

思山岭铁矿位于辽宁本溪东南郊16 km,矿体属隐伏盲矿床,盖层厚度404~1 445 m,矿体埋藏深度404~1 934 m,赋矿标高-134~-1 713 m。矿床赋存于太古界鞍山群茨沟组第三含铁岩段中,受“向斜”褶皱构造控制明显,矿床规模为大型。矿区共圈定工业矿体5个,由上而下依次编号为I~V号矿体。其中,赤铁矿体3个,磁铁矿体2个。IV号磁铁矿体为主矿体,占总资源/储量的72.65%。

区内岩性较简单,岩石较完整,矿体多呈层状,埋藏深度456~2 000 m,位于侵蚀基准面以下。矿床充水来源是弱富水性的基岩裂隙水;矿床顶板基岩风化带裂隙水是矿床间接充水含水层,对

[作者简介] 张爱民(1984-),男,高级工程师,从事矿山开采咨询与设计工作。

[引用格式] 张爱民,刘育明,王晓谋,等.深井大规模盘区回采采场结构参数研究[J].中国矿山工程,2022,51(3):38-42.

矿床充水影响较小;地表水三道河、后塔沟与矿床不发生直接水力联系,对矿床充水影响较小;矿床内的构造破碎带富水性、透水性均较差,对矿床充水影响不大。

矿区揭露的主要地层为泥灰岩、石英岩、绿泥石英片岩、闪长玢岩、绿泥石英片岩、磁铁石英岩,赤铁石英岩,近地表风化作用强烈,局部到120~200 m为微风化,下部的岩石完整而坚硬,岩石质量为好的至极好的,岩体较完整到完整。

3 大直径深孔空场嗣后充填采矿法

3.1 条形采场布置结构

将矿体划分为盘区,以盘区为回采单元组织生

产。盘区尺寸为200 m×230 m,在盘区中部垂直走向留20 m宽的间柱,其中布置穿脉巷道,在盘区端部垂直走向留10 m间柱,其中布置回风穿脉,间柱尽量布置在夹石或者赤铁矿中。

根据矿体整体开采顺序和大规模开采的情况,为了保持采矿区域的整体稳定性和考虑采矿工程布置的需要,盘区之间沿矿体走向布置整体条形矿柱,矿柱宽60 m,在其中布置盘区沿脉巷道和溜井,矿柱滞后回采。

每个盘区内划分矿房和矿柱,矿房宽为18 m,矿柱宽为20 m,采场沿走向布置,采场长85 m,每个盘区内布置18个采场,中段高度为60 m,具体如图1所示。

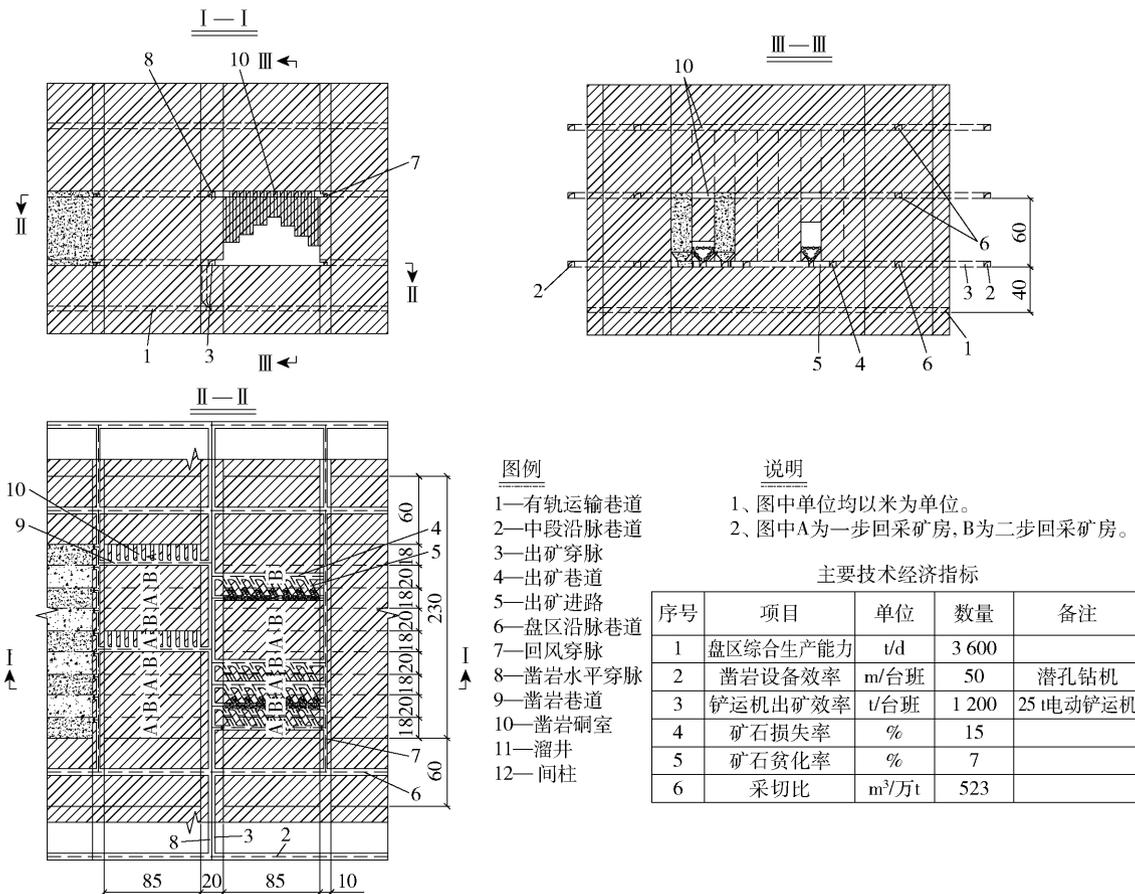


图1 条形采场大直径深孔空场嗣后充填采矿法

3.2 方形采场布置结构

将矿体划分为盘区,以盘区为回采单元组织生产。盘区宽200 m,长为矿体厚度。盘区之间沿最大主应力方向布置大型条形矿柱。通过岩石力学性质并结合数值模拟结果,确定盘区之间的矿柱宽为60 m,矿柱内布置盘区穿脉巷道和溜井,溜井间距150 m。

盘区内按方形矿块形式布置,矿块尺寸为40 m×40 m,矿块高度60 m,即中段高度。根据矿山生产能力的要求和矿块所能达到的生产能力,中段内同时回采3个盘区,每个盘区同时回采4个矿块,回采顺序是基本上从矿体的中间部位向两侧推进,从中间盘区向两翼盘区推进。

出矿穿脉布置在盘区中间的矿柱内,出矿巷道

由盘区出矿穿脉沿矿体走向间隔 40 m 平行布置,采用“叉”型布置,即进入单个回采矿块有三条平行巷道,其中两侧两条为拉底切割巷道,中间为出矿巷道,平行巷道间距 13 m。

凿岩水平穿脉布置与出矿水平穿脉相同,凿岩巷道与出矿巷道布置相同,凿岩进路与出矿进路相同。

矿块按照所处的约束情况,分为二步采场,即一步采场四周为矿体,二步采场周边 2~3 面为充填体。为了保证凿岩、回采及充填作业互相不干

扰,避免从充填体内掘进出矿或凿岩巷道,采场采用间隔布置。回采时先采一步采场,接着充填一步采场并继续间隔回采两侧的一步采场,待充填后的一步采场充填体的强度达到设计强度时,开始回采相邻的二步采场,待二步采场回采完再进行充填。

单个采场内施工完凿岩巷道或出矿巷道后,采用后退式凿岩作业或出矿作业。盘区内总的回采顺序是由矿体中间部位呈“一”字拉开后向两侧矿柱推进。具体如图 2 所示。

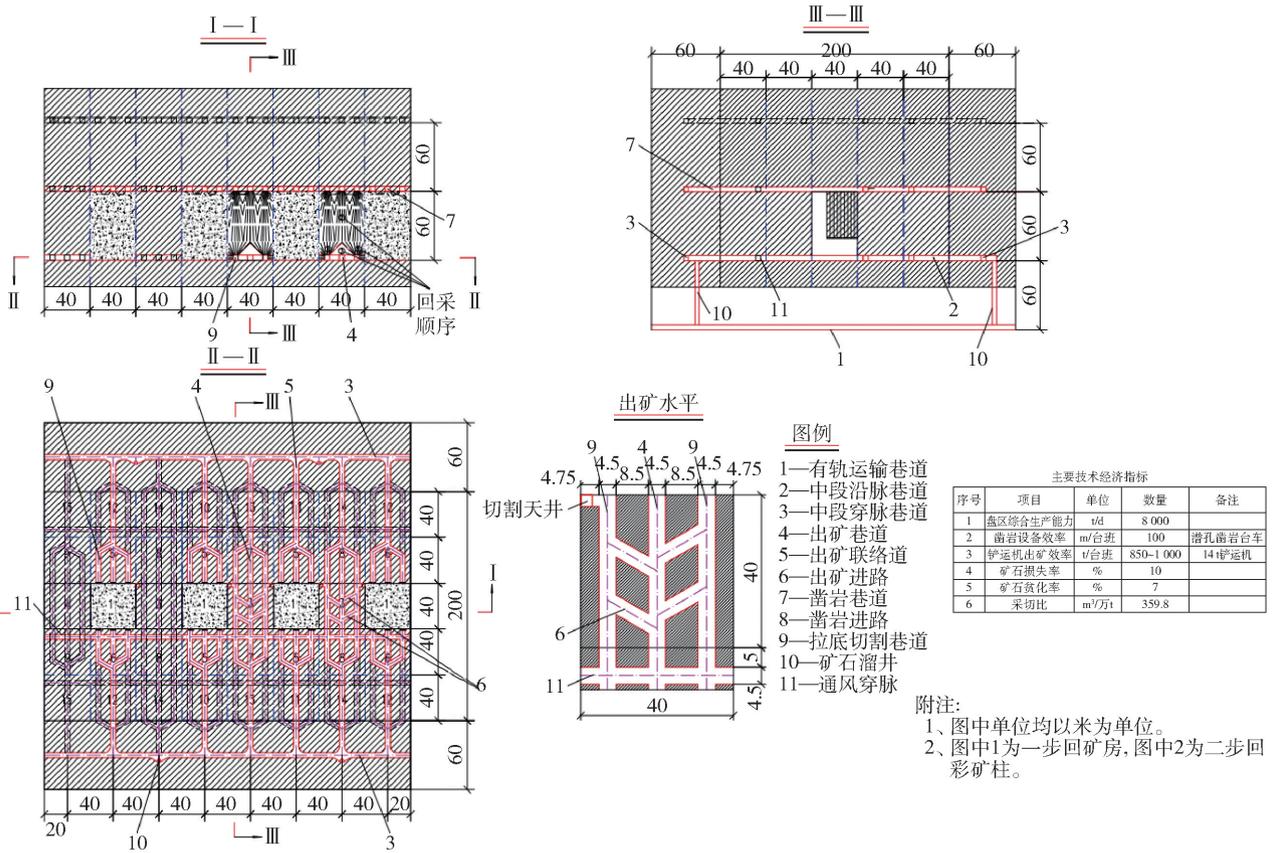


图 2 方形采场大直径深孔空场嗣后充填采矿法

4 两种采场结构盘区布置数值分析

1) 条形采场大直径深孔空场嗣后充填法

根据采矿方法图,按照次序分步开挖,每次开挖的矿块尺寸为 20 m × 60 m × 60 m。分步模拟一步和二步开挖,其模拟结果如图 3 至图 6 所示。

由上图可以看出,开挖第一步采场后,在空区两壁产生了拉应力区,其最大拉应力为 3.86 MPa,中间第二步未开采的矿体承受的最大压应力为 65 MPa。从图上还可以看出,一步采场之间未开采的采场完全处于剪应力塑性区内;充填第一步采场并

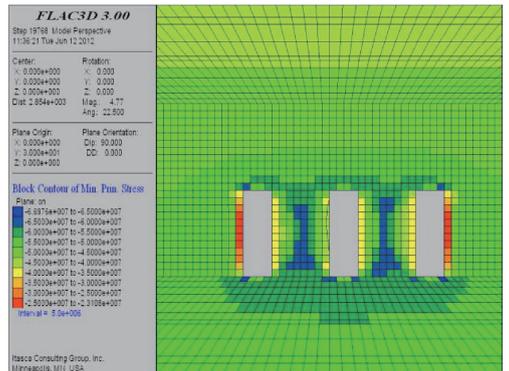


图 3 开挖一步采场最大主应力图

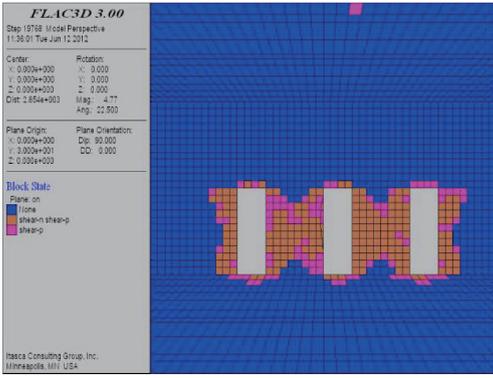


图4 开挖一步采场塑性区、拉应力区图

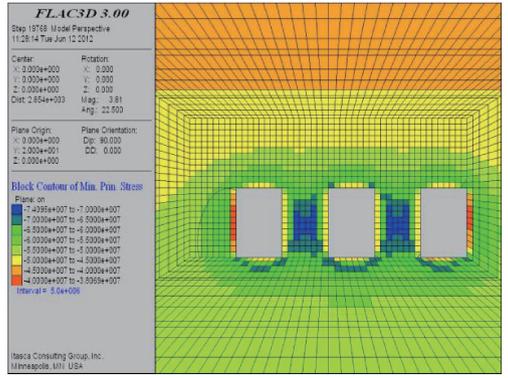


图7 开挖一步采场最大主应力图

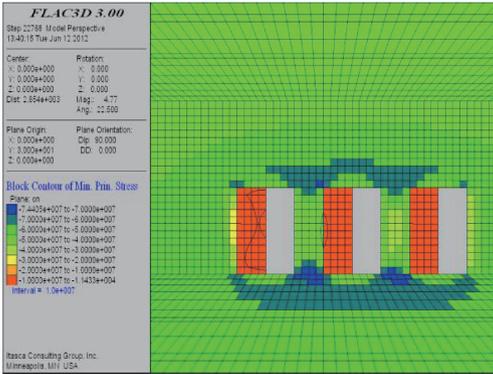


图5 开挖二步采场最大主应力图

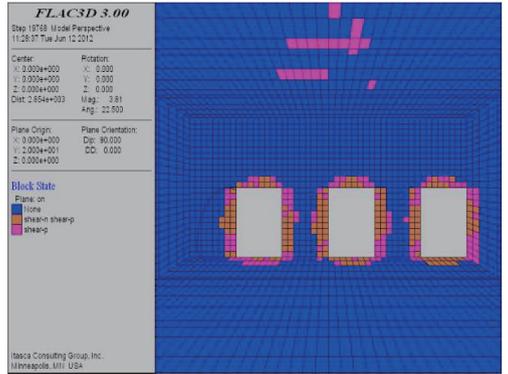


图8 开挖一步采场塑性区、拉应力区图



图6 开挖二步采场塑性区、拉应力区图

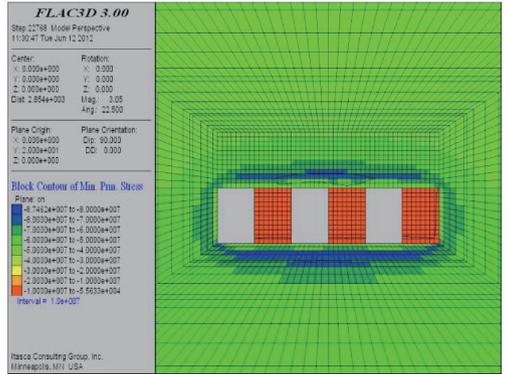


图9 开挖二步采场最大主应力图

开挖第二步采场,在第一步充填体的内产生2.0 MPa的最大拉应力。最大压应力出现在下一步未开采的矿体底部,其最大压应力为74.4 MPa。

对比图4和图6可以看出,充填二步采场改善了下一步未开采采场的稳定状况,表现为剪应力塑性区的缩小,但在其下一步采场顶板依然存在贯穿的剪应力或拉应力区。

2) 方形采场大直径深孔空场嗣后充填法

按照次序分步开挖,每次开挖的矿块尺寸为40 m×40 m×60 m。分步模拟一步和二步开挖,其模拟结果如图7至图10所示。

由上图可以看出,开挖第一步采场后,顶、底板

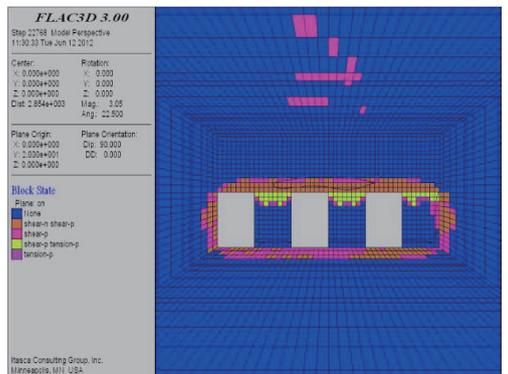


图10 开挖二步采场塑性区、拉应力图

和帮壁出现了拉应力区,在两帮的最大拉应力为

1.05 MPa,中间第二步未开采的矿体承受的最大压应力为74.09 MPa。充填第一步采场并开挖第二步采场后,在第一步充填体的四周产生0.23 MPa的拉应力。从塑性区、拉应力区图上可以看出,充填体与矿体顶板接触地方(约10 m高)出现贯穿的剪切区和拉伸区。说明实现充填接顶时,需要提高混凝土配比,增加充填体强度,其高度至少10 m以上。

3) 模拟结果分析

(1)采场开挖形成空区,在空区的顶、底板和帮壁均出现拉应力区。

(2)随着空区开挖面积的加大,其周边最大主应力随之增大;同时,回采第一步采场,在下一步未开采的矿体内形成应力集中,但随着矿体的开挖,空区面积的增大,其最大主应力区将逐渐转移到空区的间接顶、底板。

(3)从塑性区、拉应力区云图显示,在方形采场结构情况下,一步回采形成的空区之间未形成贯穿剪切和拉伸塑性区,由此可知,方形采场结构比条形采场结构更具合理性。

(4)以上大直径深孔空场嗣后充填法的两种采场结构方案进行对比,具体方案见表1。

两种采场结构方案对比可知,方形采场结构布置的盘区可以不留设采场间矿柱,具有较低的采切比、较低的矿石损失率,较小是侧壁水力半径系统,更有利于采场侧壁的安全稳定。

5 结论

以思山岭铁矿深井开采为研究对象,通过盘区不同采场结构参数开采的模拟分析,方形采场结构比条形采场结构更有利于应力分布,更有利于采场空区稳定;盘区内采用40 m×40 m方形采场连续布置,采场之间不需留设10 m或20 m条形采场矿柱,矿石损失率小,单个采场采出矿量相对较高,同时采场侧壁水力半径小,采场稳定性较好,万吨采准成本

表1 两种采场结构方案对比

序号	项目	方案1	方案2	备注 (方案1 - 方案2)
		传统条形采场	方形采场	
1	采场尺寸/m	18~20×100	40×40	
2	采场间矿柱 出矿形式	15 m	无矿柱 进路侧向出矿	底部进路出矿
3	矿石量/万t	30.29	31.68	-1.39
4	采出矿量	27.69	30.66	-2.97
5	生产能力/t·d ⁻¹	2000	2000	
6	副产矿石比例/%	12.7	12.2	0.5
7	采切比/m ³ ·万t ⁻¹	373.0	359.8	13.2
8	矿石贫化率/%	7	7	
9	矿石损失率/%	15	10	5.00
10	折算采准巷道长度/m·万t ⁻¹	20.3	19.5	
11	采准成本/万元·万t ⁻¹	24.3	23.5	0.86
12	顶板水力半径系数	7.43	10	-2.57
13	侧壁水力半径系统	17.58	12	5.58

较省,故针对深井高地应力开采环境条件下,选择方形采场较合适,即推荐采用方形布置的大直径深孔空场嗣后充填法。

[参考文献]

- [1] 于润沧. 现代矿山工程设计理念诠释——献给中国有色工程设计研究总院建院65周年[J]. 中国矿山工程, 2018, 47(4): 1-3.
- [2] 蔡美峰, 薛鼎龙, 任奋华. 金属矿深部开采现状与发展战略[J]. 工程科学学报, 2019, 41(4): 417-426.
- [3] 刘育明. 超大规模深井开采若干技术解决方案探讨[J]. 中国矿山工程, 2016, 45(6): 64-69.
- [4] Hall B E. Copper ore mining at Mount Isa Mines Limited, Mount Isa, QLD[J]. Mining and Metallurgical Practices in Australasia, 1993: 612-617.