

缓倾斜厚大磷矿体开采方案技术优化

Technical Optimization of Mining Scheme for Gently Inclined Massive Phosphate Ore Bodies

黄桂林¹, 吴志南²

(1. 兴山县自然资源和规划局, 湖北 宜昌 443000; 2. 湖北兴发化工集团股份有限公司, 湖北 宜昌 443000)

摘要:本文以某磷矿为背景,详细介绍了锚杆锚索联合护顶分层切顶房柱嗣后充填采矿法的盘区布置形式、回采顺序、采准切割和回采工艺。生产实践表明,该采矿方法较原设计方案,生产能力大,采切工程量少,自动化程度高,安全系数高,矿石损失贫化率低,便于分采,能较好的满足矿山安全生产的需求。旨在为同类矿山开采提供经验。

关键词:磷矿开采; 缓倾斜厚大矿体; 锚杆锚索护顶; 分层切顶房柱法; 嗣后充填

中图分类号: TD862 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2022)06-0035-04

Abstract: A phosphate ore body belonging to a state company in Yichang has an average thickness of 17.71 m and an average dip angle of 14.22°, which is a gently inclined massive phosphate ore body, with a loose structure of the ore bed and the roof, developed joints and poor stability; there are many dangerous rock bodies on the surface, which do not allow surface collapse; multiple poor and rich ore beds are distributed alternatively, which is not conducive to the classification and utilization of poor and rich ores. Overall, conventional mining is difficult. This paper describes in detail the panel layout, stoping sequence, secondary development and stoping process with room & pillar cut-and-fill method with subsequent filling under bolt and cable supporting roof and sublevel cutting roof. Production practice shows that this mining method has a larger production capacity than the original design, less secondary development quantity, high degree of automation, high safety factor, low ore loss and dilution rate, allowing for easy sectional mining, which can better meet the needs of mine production safety. The aim is to provide experience for the development of other similar mines.

Key words: phosphate mining; gently inclined massive ore body; bolt and cable supporting roof; room-and-pillar stoping method with sublevel roof-cutting; subsequent filling

1 前言

某磷矿面积 1.869 3 km²,设计生产能力 100 万 t/年,矿层呈层状,结构简单,倾角 8°~20°,矿体平均厚度 17.71 m,最大厚度达 25 m。矿体倾角缓,矿石无法自溜,需采用机械搬运或耙运,矿体厚,采场空顶较高,顶板管理困难,富矿少,中低品位磷矿石多,贫富矿相间分布,不利于分采。此类矿体的采矿方法在国内外一直是个难题^[1-3],从国内外缓倾斜中厚矿体的开采情况看,根据其具体的开采技术条件不同,一般采用底盘漏斗空场法、底盘漏斗崩落法、分段采矿法、分层充填法及切顶房柱空场法等^[4-7]。但使用的采矿方法主要存在采切工作量大,损失贫化大,回采率低,矿块生产能力小,不安全等问题^[8-9]。为解决上述问题,实现贫富矿分采分

运,最大限度的提高资源综合利用率,矿山根据原设计,结合多年实践经验,探索采用无轨运输、锚杆锚索护顶分层切顶房柱嗣后充填采矿法回采^[10-11]。

2 开采技术条件

矿区矿体从下往上由 ph_1 、 ph_2 、 ph_3 组成,呈缓倾斜产出,按 18% 的最低工业品位圈定,三层组成一个无夹层的结构单一的厚大矿层。矿体直接顶板为薄—中层含磷泥质泥晶白云岩,稳固性好,允许有一定的暴露时间。但由于顶板厚度较薄,一旦遭受破坏,其上覆的泥质泥晶白云岩稳定性差,就成为井下开采的不稳定因素。矿层直接底板为含磷钾硅质页岩,为碎裂中—坚硬岩组,坚硬稳固。矿体由 6 种磷块岩组成,岩性强度在空间立体上呈上硬下软分布,预留原生矿柱稳定性较差。

矿区水文条件属简单类型,地表岩溶发育,地下减弱,探明资源/储量均在最低浸蚀基准面以上,矿区地形也有利于矿山自流排水。

矿体露头及上盘的陡山沱组上段多属悬崖峭壁,分布 6 个危岩体,一旦失稳,其危害严重。

[作者简介] 黄桂林(1987-),男,汉,湖北宜昌人,硕士研究生,采矿工程师,从事采矿工程、地质方面工作。

[引用格式] 黄桂林,吴志南.缓倾斜厚大磷矿体开采方案技术优化[J].中国矿山工程,2022,51(6):35-38+44.

3 采矿方法优化

为确保回采作业安全及盘区生产能力,避免地表塌陷,实现贫富矿分采分运,减小采准切割量,降低投入,经过详细的技术经济论证及生产实践完善,在原设计基础上优化采用锚杆锚索护顶分层切顶房柱嗣后充填采矿法,采矿方法如图1所示。盘区沿

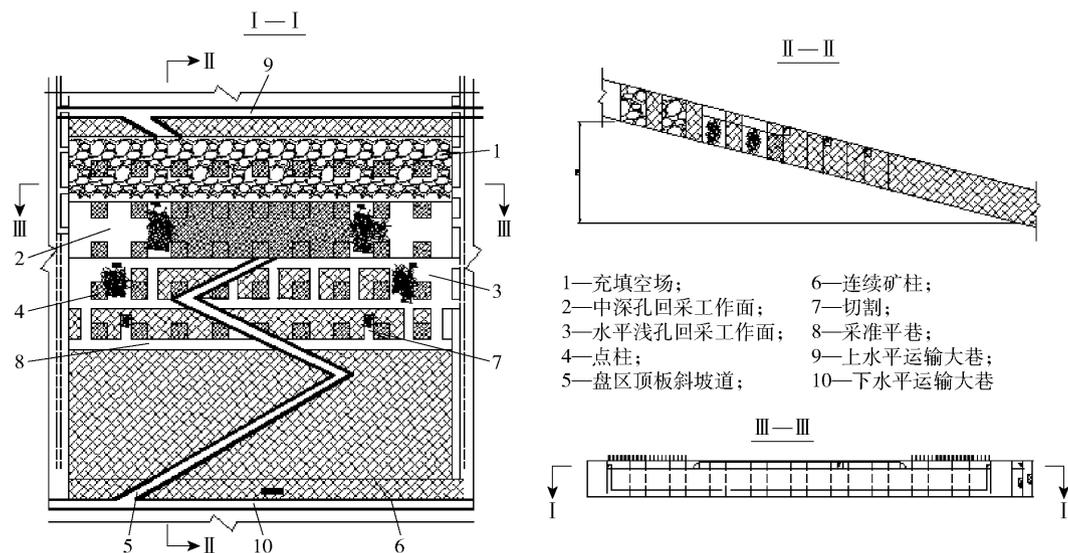


图1 分层切顶房柱嗣后充填采矿法示意图

3.1 盘区布置与回采顺序

盘区沿走向布置,走向长度200 m,阶段高度50 m,沿倾向长度平均约170 m。中段大巷两边留10 m宽阶段连续矿柱,作为上下盘区的底、顶柱,在盘区两端及中间沿倾向留10 m宽连续矿柱,将盘区内矿体一分为二。为加快盘区回采进度,扩大盘区生产能力,及时充填治理采空区,将矿块沿倾向设为2个分段,上一分段回采非切顶矿层,下一分段回采切顶层。共将盘区划分为4个采场。采场内布置方形点柱支撑顶板,点柱尺寸8 m×8 m,矿房尺寸12 m×12 m,在实际生产过程中当遇到地质构造结构较差的地段时适当减小矿房的宽度和增加矿柱的尺寸。

回采从盘区中央的连续矿柱处往盘区两侧退采;上分段回采作业面超前下分段回采作业面,超前距离为15 m。非切顶矿层回采完毕后及时用废石干式充填空区(富矿区域采用点柱胶结置换和干式充填结合的方式综合治理空区),并转入下个采场回采。

3.2 采准切割

1. 采准切割布置

在矿层顶部布置盘区顶板运输斜坡道,平均坡

矿体走向布置,凿岩台车在采准平巷中上向凿岩形成切割,切顶层采取凿岩台车水平浅孔回采矿石,非切顶层在矿房内采取潜孔钻下向式中深孔回采矿石,铲运机出矿。在巷道中后退式回采,安全性好;盘区生产能力大,满足矿山生产需求;及时用矸石或胶结充填采空区,不会引起地表塌陷。

度10%,连接上下中段运输大巷。利用盘区一侧的顶板运输斜坡道沿倾向方向每隔20 m掘进一条采准平巷,与盘区另一侧顶板斜坡道接通。利用采准平巷沿走向方向每隔20 m掘进一条切割,连接上下采准平巷,并以此作为切顶层回采爆破自由面。采切巷道尺寸为宽5 m×高4 m。采切巷道掘进完成后,采用锚网锚索联合支护顶板,为回采做准备。采准切割工程量见表1。

表1 采准切割工程量

巷道名称	数目	巷道断面/ m ²	巷道长度/m		工程量/m ³	
			单长	总长	矿石	合计
盘区斜坡道	1	5×4	500	500	10 000	10 000
采准平巷	9	5×4	200	1 800	36 000	36 000
切割上山	10	5×4	15	150	3 000	3 000

2. 掘进爆破参数

使用山特维克 Sabd vikDD310-40/AXERA5 凿岩台车凿岩,采用大空孔直眼桶形掏槽法施工,具体参数:大直径空孔孔径100 mm,数量3个,孔深3.8 m;掏槽孔孔径45 mm,数量2个,孔深3.8 m;辅助孔、周边孔孔径45 mm,孔深3.8 m;总孔数48个(不含3个大直径空孔),总装药量105.33 kg。采用

人工不耦合连续密实连续装药,炸药为2#岩石乳化炸药,数码电子雷管控制延迟时间,掏槽眼和扩槽眼反向起爆,辅助眼和周边眼正向起爆。

3.3 回采工艺

当矿房完成切割工作后,便开始进行回采,回采顺序由上而下,由里到外。分两层进行回采,即第一层先采切顶层,后采第二层矿层。

首先对切顶平巷进行锚杆锚网锚索支护,然后进行矿房刷帮,采用水平浅孔,人工装药爆破,经通风、撬浮石、检查顶板后,采用装载机(铲运机)装车,运输采用汽车运输,当矿房宽度和预留矿柱达到设计要求后再用锚杆锚网锚索进行顶板支护,矿柱采用锚杆锚网或锚索加固,切顶层回采结束后,在下水平矿房沿倾向凿水平浅孔向上水平矿房回采找底板,找到底板并形成中深孔爆破自由面后,在上水平矿房内沿走向凿下向式中深孔分阶段回采剩余矿层,直至完成全矿层的回采工作。

1. 凿岩

1) 水平浅孔

水平浅孔凿岩使用山特维克 SabdvikDD310-40/AXERA5 凿岩台车。台车经盘区顶板运输斜坡道进入切顶平巷,在巷道内钻凿水平浅孔,梅花型布孔,边孔布置距离预留矿柱为 100 ~ 500 mm (由岩石坚固性而定,岩石坚固性高取小值,反之取大值)。回采炮孔布置如图 2 所示。

水平浅孔凿岩参数选取如下:

最小抵抗线: $W = (25 \sim 30)d = 1.1 \sim 1.4 \text{ m}$, d 为炮孔直径,取 45 mm。

取最小抵抗线 $W = 1.2 \text{ m}$ 。

孔间距: $a = (1.0 \sim 1.5)W = 1.2 \sim 1.8 \text{ m}$, 取炮孔间距 $a = 1.2 \text{ m}$ 。

排距: $b = (0.8 \sim 1.0)a = 0.96 \sim 1.2 \text{ m}$, 取炮孔排距 $b = 1 \text{ m}$ 。

孔深: 3.8 m。

2) 下向式中深孔

下向式中深孔凿岩使用 YGZ-90 型导轨式凿岩机。凿岩设备经盘区顶板运输斜坡道进入工作面,在矿房内凿下向式中深孔,采用中深孔崩落方式落矿,一次崩落走向长度约 20 m,边孔布置距离预留矿柱为 $c = 0.6 \text{ m}$ 。回采炮孔布置如图 3 所示。

下向式中深孔凿岩参数选取如下:

底盘抵抗线:根据经验公式 $W_d = (25 \sim 45)d$, d 为钻杆直径,取 70 mm, $W_d = 2.2 \text{ m}$ 。

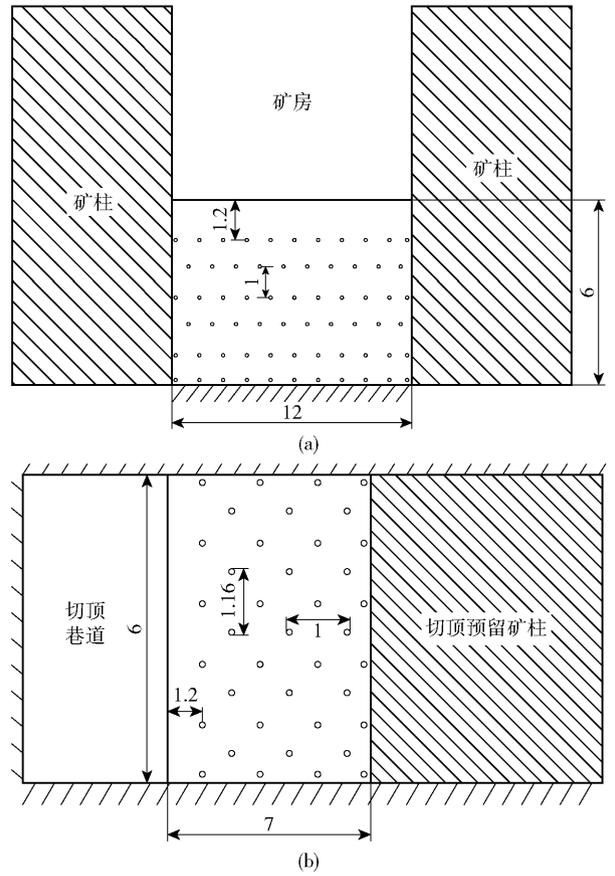


图 2 水平浅孔布置示意图

排间距: $b = (0.8 \sim 0.9)W_d$, 取 $b = 2 \text{ m}$ 。

孔间距 a : $a = m \times W_d$ 。 m 为炮孔邻近系数,一般 $m = 0.8 \sim 1.2$, 取 $a = 2.5 \text{ m}$ 。

超深 h : $h = (10 \sim 15)d$, 取 $h = 0.7 \text{ m}$ 。

炮孔堵塞长度 L 。一般经验公式 $L = (0.2 \sim 0.3)H$ 。 H 为台阶高度,一般在 12 m, 取 $L = 3 \text{ m}$ 。

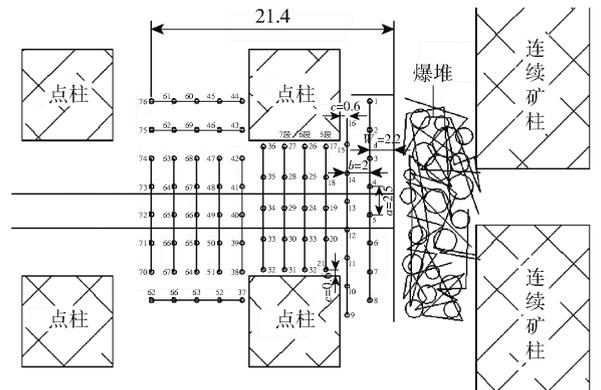


图 3 中深孔布置示意图

2. 回采爆破

1) 水平浅孔爆破

采用人工不耦合连续密实装药,炸药为2#岩石乳化炸药,一次性起爆全断面,炮孔内使用数码电子

雷管实现排间微差以提高破碎质量。采用正向起爆,装药时雷管聚能穴朝向孔底,炮眼使用炸药雷管一次性装入炮孔中下部的的方式装药。堵塞炮孔使用山体黏土。爆破网络簇联形成后使用五发雷管引爆。炸药单耗 0.44 kg/m^3 。装药结构如图4所示。

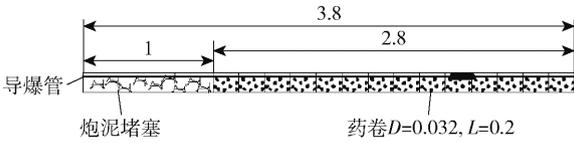


图4 水平浅孔起爆装药结构示意图

2) 下向式中深孔爆破

采用人工耦合连续密实装药,炸药为2#岩石硝酸铵炸药,起爆药包用2#岩石乳化炸药,一次性起爆全断面。为改善爆破效果,采用数码电子雷管实现微差爆破。采用正向起爆,装药时雷管聚能穴朝向孔底,炮眼使用炸药雷管一次性装入炮孔中部的的方式装药。堵塞炮孔使用山体黏土。簇联形成完整爆破网络后引爆。总装药量 $3\ 030.7\text{ kg}$,炸药单耗量为 0.80 kg/m^3 。装药结构如图5所示。

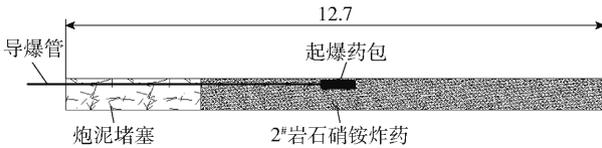


图5 中深孔起爆装药结构示意图

3. 通风

新鲜风流从地表经辅助平硐经斜坡道、采准平巷进入采场,清洗工作面后,污风风流通过回风上山流入上中段回风巷道,再经过回风联络道流入回风平硐,最后由坑内抽风机抽至地表。

4. 出矿

采场内采用Atlas ST-3.5铲运机、挖机或龙工装载机出矿。采场爆破洒水降尘排险完毕后,装载设备经盘区运输斜坡道进入采准平巷,在平巷内铲运矿石并装入运输汽车。贫矿经盘区运输斜坡道进入1250 m中段运输巷,运往1250 m中段贫矿溜井卸矿;富矿经盘区运输斜坡道进入1250 m中段运输巷,运往1172 m辅助平硐地表破碎站卸矿。

5. 充填

采场回采结束后立即充填空区。根据不同品位矿石的价值不同,贫富矿区域充填方式有所不同。贫矿区域在采场回采结束后立即启动干式充填,用无轨设备在地表取选矿尾渣,倒入空区并接顶;富矿区域先在回采完毕的矿房内胶结人工点柱,过保养

期后按顺序回采原生矿柱,回采完毕后再进行干式充填。

6. 支护

顶板支护方式为锚网及锚索联合支护,执行顶板管理分级制度,按照顶板的分级不同,采取相对应的支护方法。一级稳固、较稳固型顶板:一般首先采用缝管式锚杆,挂网支护,然后采用树脂锚索永久支护,锚索长度6 m,间距为4 m,排距2 m。部分裂隙不发育,顶板平整、干燥、未遭受破坏、稳固性较好的顶板直接采用6 m锚索支护,锚索间距为 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 。二级不稳固型顶板:一般首先采用缝管式锚杆,挂网支护,然后采用树脂锚索永久支护,锚索长度6 m,锚索间距为 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$,局部较破碎的顶板锚索适当加密。三级极不稳固型顶板采用喷锚联合支护。采用管缝式锚杆,长度1.8 m,直径43 mm,钢筋网度 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$;树脂锚索长度4~6 m,采用直径15.24 mm的钢丝绳;混凝土喷层厚度100 mm,砼强度等级不低于C25。

7. 主要技术经济

该采矿方法主要技术经济指标见表2。

表2 主要技术经济指标

采场生产能 力/ $\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$	盘区生产能 力/ $\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$	千吨采切比/ $\text{m} \cdot \text{kt}^{-1}$	采矿回收 率/%	采矿贫化 率/%
450	1 800	67	90	6

4 结论

(1)该矿体属于典型的缓倾斜难采矿体,优化采用锚杆锚索护顶分层切顶房柱嗣后充填采矿法进行回采。生产实践表明,通过留设点柱和锚网锚索联合支护顶帮,支撑了矿体顶板,有效的控制了采场地压,提高了回采过程中的安全系数,降低了矿石损失率及贫化率。通过合理划分盘区采场,各个采场相对独立,可以实现几个采场同时采矿,加大了盘区生产能力。机械化程度高,采矿工艺易于掌握。

(2)通过分层开采,一是实现了贫富矿分采分运;二是避免因矿床过厚导致采用人工胶结矿柱置换高品位原生矿柱,提高了矿石回采率。实现了最大限度的提高磷矿石资源综合利用率,为矿山创造了良好的经济效益。

(3)通过潜孔钻中深孔回采,一是缩短了矿房回采时间,减少了人员设备进入高采空区内的次数,

(下转第44页)