分矿房矿柱分层充填法在海底开采中的应用*

王 成[1] 彭 康[2] 毕洪涛[1] 刘志祥[2] 李 威[1] 姚银佩[2]
(1.山东黄金集团三山岛金矿; 2.中南大学)

摘 要 三山岛新立矿区属于海底矿床开采,开采的关键是开采过程中海底不产生非均匀沉降、裂缝和塌陷。在安全开采的前提下实现强化开采,使生产能力达到 8 000 t/d,必须选择合适的采矿方法。根据新立矿区开采技术条件,研究确定对厚大矿体采用分矿房矿柱分层充填法开采。

关键词 海底开采 分矿房矿柱分层充填法 采矿方法选择

Application of Room and Pillar Mining Method in Under-sea Deposit

Wang Chen[1] Peng Kang[2] Bi Hongtao[1] Liu Zhixiang[2] Li Wei[1] Yao Yinpei[2]
(1. Sanshandao Gold Mine of Shandong Gold Group, 2. Central South University)

Abstract Xinlimining area of Sanshandao gold mine belongs to submarine deposit. The key point is without the inhomogeneous sedimentation, crack and subsidence in exploitation of the seabed. Under safety mining and to strengthen the mining condition of making the productivity up to 8 000 t/d, the suitable mining method should be selected. According to mining condition in Xinlimining area, the room and pillar filling method for large and thick ore-body is determined after research.

Keywords Under-sea mining; Room and pillar filling method; Option of mining method

山东黄金矿业股份公司三山岛金矿新立矿区是我国第 1个进行海底采矿的硬岩矿山,矿体与海水间仅靠数米厚的隔水带隔离,大量、快速、高强度海底采矿与井下大量爆破势必引起海床变形与沉降,这种沉降与变形因矿体倾角(平均倾角 46°)、矿体开采厚度、开采时间、矿岩特性与回采顺序等发生改变,导致上覆岩层与顶板的变形相对集中,在开采区域内出现不均匀沉降与变形,由此导致隔水层出现裂隙与错层,引起海水大量涌入井下,造成井毁人亡的事故。对于海底开采,资源安全回收与综合利用是三山岛金矿持续稳定发展的关键,为此,本研究根据新立矿区开采技术条件,确定分矿房矿柱分层充填法安全高效开采海底资源。

1 矿床开采技术条件

山东黄金新立矿区位于三山岛 – 仓上断裂带东北部,新立矿区共有 3个矿体,分别为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号矿体。其中 Ⅰ号矿体又分 6个支矿体,Ⅱ号矿体为矿床中主要矿体,资源储量占矿体总储量的 91%。Ⅱ号矿体为第四系覆盖的隐伏矿体,大部紧靠主裂面分布,展布于 71~ 20线、– 30~ – 710 m标高范围内,沿走向最大长度 1 145 m,沿倾斜最大长度 900 m,沿倾斜已基本尖灭,沿走向其北东侧基本尖灭,南西侧尚未封闭。

(1)上下盘岩性。矿体直接上盘围岩为绢英化碎裂岩、绢英岩化花岗质碎裂岩;矿体下盘为黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩或黄铁绢英岩化碎裂岩。

(2)主裂面、节理、裂隙、断层及岩石情况。本矿床矿体主要赋存在黄铁绢英岩化碎裂岩和黄铁绢英化花岗质碎裂岩中,矿体中裂隙较发育。主断裂 F1下盘为矿体,F1断层面上断层泥一般厚 5~ 10 cm,靠近 F1断层的岩石破碎,节理、裂理较发育,工程揭露后易坍塌。

(3)矿岩稳固性系数。矿岩硬度系数 f = 6~ 14(靠近 F1断层的矿岩硬度系数 f = 4~ 6),属半坚硬岩石。

矿体平均走向长度 1 000 m,矿体厚度 0.48~ 40.65 m,平均 8.96 m;降低边界品位到 1.0 g/t后,矿体厚度明显增大,平均厚度 9.71 m。沿倾向斜长

* 国家 973研究课题(编号: 2007CB209402)、山东省技术创新重点项目(编号: 200890606011)。

王 成(1965—)男,山东黄金集团三山岛金矿,工程师,硕士,261442山东省莱州市三山岛街道。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

最大 900 m, 最小 135 m, 平均斜长 591 m。矿体不同位置走向长度与倾斜长度见表 1所示。

表 1　矿体不同位置走向、倾斜长度

走　向		倾　斜	
标高 /m	长度 /m	勘探线号	长度 /m
- 100	780	16	225
- 200	810	8	135
		0	450
- 300	1 060	7	410
		15	325
- 400	875	23	500
		31	690
- 500	520	39	900
		47	860
- 600	305	55	835
		63	580

矿体单工程品位 1. 52~ 10. 14 g/t, 平均 3. 31 g/t, 平均倾角 46°, 矿岩平均密度 2. 8 t/m^3, 松散系数 1. 6。

2　采矿方法选择

根据国内外“三下”开采相关经验和采矿方法选择原则, 结合三山岛金矿新立矿区开采技术条件, 选择了 6个具有代表性的方案。对每一采矿方法工艺特征及其技术经济指标进行了详细分析后, 最后研究决定新立矿区厚大矿体采用分矿房矿柱分层充填采矿法开采。

3　分矿房矿柱分层充填采矿法

3. 1　方案概要

根据新立矿区目前开拓系统, 该采矿方法分段高度为 13~ 15 m, 一个盘区可布置 5个分段。每个分段服务 3~ 4个分层, 分层回采高度为 3. 0~ 3. 5 m, 根据试验情况调整分层高度 (图 1)。

盘区尺寸为 300 m × 80 m, 盘区长 300 m, 高度为 80 m。采场垂直矿体走向布置, 先采矿房, 后矿柱回采。矿房和矿柱的宽度均为 8~ 12 m, 矿房开采时两侧为原岩, 采场暴露面积 360 m^2 左右, 不留点柱, 矿柱开采时, 在采场中央留 (4~ 5) m × (4~ 5) m点柱, 它在垂直矿体走向方向的间距为 12~ 15 m (中心距)。每一盘区分 3个区段, 每一区段内有 4个矿房和 4个矿柱, 区段间留 5m 连续间距。

3. 2　采准工程布置

采用下盘脉外无轨采准方式。主要采准工程包括斜坡道、分段出矿横巷、分段平巷、采场联络道、泄水井、回风充填井、钢筋混凝土假底等。

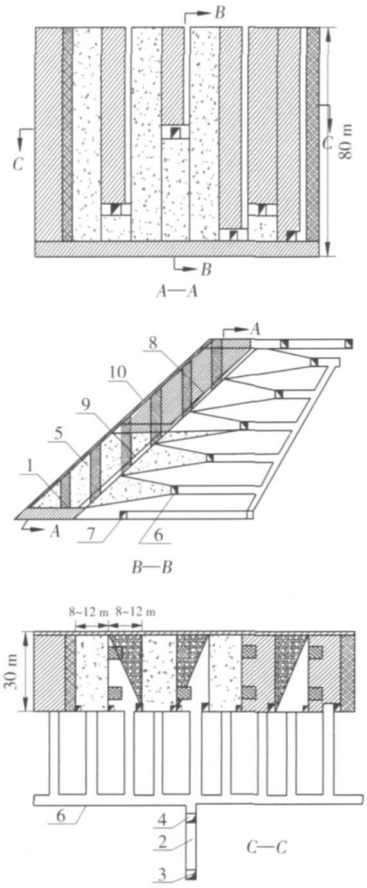


图 1　分矿房矿柱分层充填采矿法

1—点柱; 2—脉外出矿横巷; 3—出矿溜井; 4—斜坡道连接口; 5—胶结充填体; 6—脉外出矿巷; 7—中段运输平巷; 8—通风切割井; 9—泄水井; 10—护顶矿

为减少采准工程量, 8个采场布置 5条充填通风井, 中间矿房与矿柱共用 1条充填通风井, 矿房开采时, 砌筑一侧, 顺路架设矿柱回采充填通风井。充填通风井应距上盘矿岩界线 5m 以上。泄水井采用钢板加工并顺路架设而成, 泄水井断面规格 Φ1. 0 m, 下端设有 Φ3英寸 (1英寸 = 25. 4 mm)塑料管, 将水排至分段平巷。

钢筋混凝土假底厚 1. 0 m, 施工强度 C15或 C20, 内置有钢筋, 主筋为 Φ14~ 16 mm 的 A3圆钢, 间距 1m, 垂直采场布置; 副筋直径 Φ 10~ 12mm, 沿采场纵向铺设, 每 2根主筋之间铺设 2根副筋, 形成 0. 33 m × 0. 33 m 的钢筋网度。

一个盘区布置 10条脉外出矿横巷, 5条脉外运输平巷, 2条溜矿井, 120条联络巷和 27条通风充填井, 巷道总长 53 705. 9 m。矿体水平厚度按 30 m 计

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

算,一个盘区可采出矿石量 185.4万 t,采准工程量为 29.0 m/kt或 115.9 m^3/kt。

3.3 回采工艺

(1)凿岩。MERCURY14单臂式凿岩台车最大工作高度为 5.5 m,顶板采取锚杆 – 金属网等支护措施的安全控顶高度在 6 m左右。完成采场采填并浇面所需要的最小工作高度为 1.2 m,满足爆破补偿系数即崩落矿石碎胀对补偿空间的最小空间要求是 1.3 m左右。

每分层的回采高度为 3.0~3.5 m,控顶高度为 4.2 m,根据试验情况进行调整。考虑顶板岩石不稳定,留 1.5~2 m护顶矿。当矿体边界波动较大,上盘的基角处不能用台车凿岩时,用 7655凿岩机,进行辅助修边。

(2)爆破。爆破使用粉状铵梯炸药,药卷规格为 Φ37mm×200 mm。起爆采用非电微差导爆管起爆,8号火雷管引爆。

采场用水平眼落矿,炮眼深度一般为 3.8~3.9 m。普通落矿眼间距 1.0 m,排距 0.8 m;周边控制眼间距 0.9 m,最小抵抗线为 0.7 m。

炮眼用人工进行装药。普通落矿眼连续装药,孔口 0.8 m不装药,用炮泥进行堵塞;周边眼分 2段空气间隔装药,间隔长度 0.8~1.0 m。

(3)通风排险。新鲜风流由斜坡道进入中段或分段平巷,再从中段或分段平巷通过采场联络道进入采场,清洗工作面后的污风经采场回风充填井,排到上分层联络道,进入回风平巷,排出地表。

确保通风良好后再进行顶板检查和撬毛作业,由工人站在爆堆或撬毛车上进行。检撬从采场口开始,由外向里,最后进行工作面的检撬。

(4)采场支护。采场顶板及上盘破碎带以锚杆支护为主,锚杆支护网度为 1.0 m×1.0 m;遇岩石特别破碎时网度加密至 0.8 m×0.8 m。金属网采用直径 8 mm铁丝,编织网格为 100 mm×100 mm,每张金属网大小 2 100 mm×1 600 mm。

(5)铲装。ST–3.5柴油铲运机出矿,经脉外出矿平巷,倒入出矿溜井。

(6)采场充填。胶结材料为 325#普通硅酸盐水泥,采场充填材料配比为:矿房灰砂比 1∶8,矿柱用分级尾砂充填;所有采场均用灰砂比 1∶4的水泥尾砂充填浇面,浇面层高度为 0.4~0.5 m。

(7)顶底柱采用进路法回采。

3.4 主要技术经济指标

采场生产能力与采矿工效、采矿方法、采矿设备、劳动组织、生产管理密切相关。

采场生产能力根据新立矿区开采技术条件,参考国内外采矿技术指标,用于生产能力计算的主要指标。MERCURY14单臂式凿岩台车为 150 m/台班;铲运机出矿工效为 528 t/台班;充填站充填能力为 80 m^3/h。采场长度确定为 30 m,采场宽度为 12 m,回采分层高度 3.0 m,开采矿房每分层矿石量为 3 024 t。回采 1个分层的矿石量为 3 024 t,采矿循环周期 32 d,开采矿房采场生产能力为 94.5 t/d。同理分析,矿柱回采一个分层矿石量为 2 755 t,回采周期为 30 d,开采矿柱采场生产能力为 91.8 t/d。

完成 1个循环周期所需的工班数如下:凿岩爆破为 142工班、出矿为 32工班、充填准备为 14工班,合计为 188工班,采矿工效为 15.4 t/工班(矿房和矿柱平均)。

采矿主要技术经济指标如下:

采场生产能力	93.2
盘区生产能力/(t/d)	900~1 000
采矿工效/(t/工班)	15.4
采矿损失率/%	13.3
采矿贫化率/%	6
采切比/(m/kt)	29.0(或 115.9 m^3/kt)
采矿直接成本/(元/t)	72.61

4 结　论

三山岛新立海底矿床目前保有资源量和边、深部控制及推断内蕴经济资源量矿石量 3 320.741 1万 t,金金属量 91 297 kg,其潜在经济价值为 110多亿元,具有较好的经济效益。

根据新立矿区开采实际情况,经专家论证与对比分析,综合考虑各采矿方法的贫化损失率及生产能力指标,确定采用点柱式分矿房矿柱分层充填采矿法开采厚大矿体。

参　考　文　献

[1] 北京有色冶金设计研究总院. 采矿设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1989.

[2] 古德生,李夕兵. 现代金属矿床开采科学技术[M]. 冶金工业出版社. 2006.

[3] 汪文武,徐国元,马瑞军. 基于尖点突变理论的矿房间柱的稳定性分析[J]. 金属矿山,2007(9):39-41.

[4] 刘　荣,卢才武. 我国金属矿山采矿技术进展及趋势综述[J]. 金属矿山,2007(10):14-17.

(收稿日期　2009-09-05)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net