

上向水平分层充填采矿法的改进*

刘志君¹, 龚浩源²

(1. 山东三山岛金矿, 山东 莱州市 261442; 2. 长沙矿山研究院, 湖南 长沙 410012)

摘 要:根据具体的开采技术条件,在上向水平分层充填采矿法中,改变采场结构,创新采用倒台阶式采场顶板。充填后,上盘不稳固部分的条状矿柱密实接顶,从而有利于上盘围岩的维护,安全性好。下盘稳固部分在充填后留有 1.0 m 的补偿空间,为高效机械化开采提供了良好的条件。工业试验证明,采场矿石损失率下降了 18.73 个百分点,生产能力提高了 46%,有效地解决了深部断裂破碎带矿体的开采技术难题,获得了显著的经济效益。

关键词:上向分层充填采矿法;断裂破碎带;台阶式顶板;顶板支护

上向水平分层充填采矿法适合于矿岩中等稳固以上,需要充填的各种产状的矿体,对矿体的适应性强。由于其损失率低、贫化率小、安全性好,配备机械化设备时生产能力大等显著优点,在有色金属矿山、黄金矿山得到广泛的应用。但是,当矿岩稳固性不好时,大型无轨设备的高效率难以充分发挥。同时,矿石损失率、贫化率等主要技术经济指标亦难于保障,将直接影响矿山的经济效益。

三山岛金矿一期工程使用点柱式的上向水平分层充填采矿法,由于上部矿体较厚,平均达 15m 左右,且上盘围岩稳固性较好,取得了良好的效果。进入二期工程后,深部矿体的开采技术条件发生了变化,矿体厚度仅为 2~13 m 左右。同时,矿体上盘紧贴 F_1 破碎带,矿岩接触处不稳固,常发生上盘大面积冒落,导致分层回采中断,分层采准矿量甚至回采(爆下)矿量大量损失,被迫强行接顶充填,才能进行后续分层的开采。由于全分层接顶充填,后续分层的回采又是一轮完整的切割工程,采切作业安全性差、损失贫化大、效率低、成本高。

为解决这一问题,开展了“台阶式顶板上向水平分层充填采矿法”试验研究。回采工业试验从 -375 m 中段 371[#] 采场的 2 分层开始,于 2002 年 11 月至 2003 年 9 月,安全顺利地回采了 2 个分层,采出矿量 33629.9 t。与试验前的 1 分层相比,矿石损失率由 26.21% 降至 8.38%,下降了 17.83 个百分

点,采场生产能力从 126 t/d 提高到 185 t/d,增幅为 46%。确保了安全生产,大幅度降低了矿石损失,提高了采场生产能力,解决了长期困扰矿山的采矿技术难题。至 2003 年底止,应用该采矿法全矿已安全顺利地采出矿量 12 万 t 以上,为矿山多创经济效益 460 余万元。

1 矿床地质及开采技术条件

三山岛金矿位于沂沐大断裂中的三山岛断裂带。该断裂带走向北东 40°、倾向南东、倾角约 40° 宽 500 m、北东伸入渤海、南西延入莱州。

金矿床产于断裂带的含矿蚀变带内。紧靠 F_1 大断层下盘,蚀变强度向两侧依次减弱。蚀变带中心为蚀变较强的黄铁绢英岩,往外渐变为黄铁绢英化花岗岩、花岗岩。

主矿体赋存于 F_1 大断层下盘强烈蚀变的黄铁绢英岩内。矿体为破碎带蚀变花岗岩型金矿床,围岩蚀变主要有:黄铁矿化、绢英岩化、硅化等。主要的矿石矿物为黄铁矿。矿石呈浸染状、裂隙充填状、网脉状和块状构造。 F_1 大断层是矿体的主要构造,断层上盘为蚀变强烈的绢英岩化花岗岩和混合化花岗岩,极为破碎,对矿体开采的影响很大。矿体下盘围岩属坚硬岩石,较稳固。矿区位于渤海海滨,三面环水,井下岩层含水量大。因此,在采场回采前必须采取有效措施疏干防水。

深部断裂破碎带矿体主要以单条脉产出,且紧贴 F_1 大断层。矿体产状与大断层基本一致,走向北东,倾向南东,倾角 40°;水平厚度在 2~13 m 之间,平均厚 8 m;含金品位平均为 3.5 g/t。矿岩体重 2.8 t/m³,松散系数 1.6。矿岩边界不明显,特别是下盘边界肉眼难于分别。

2 台阶式顶板上向水平分层尾砂充填法

2.1 试验方案特征

* 作者简介:刘志君(1957—),男,山东黄金集团有限公司三山岛金矿年生产矿长,高级工程师,主要从事采矿工程技术和矿山管理工作。

371[#]采场位于-375 m中段,是矿山现有主要生产采场之一,“台阶式顶板上向水平分层尾砂充填采矿法”回采工业试验从371[#]采场的345-371-

2分层开始。“台阶式顶板上向水平分层尾砂充填采矿法”总体设计见图1。

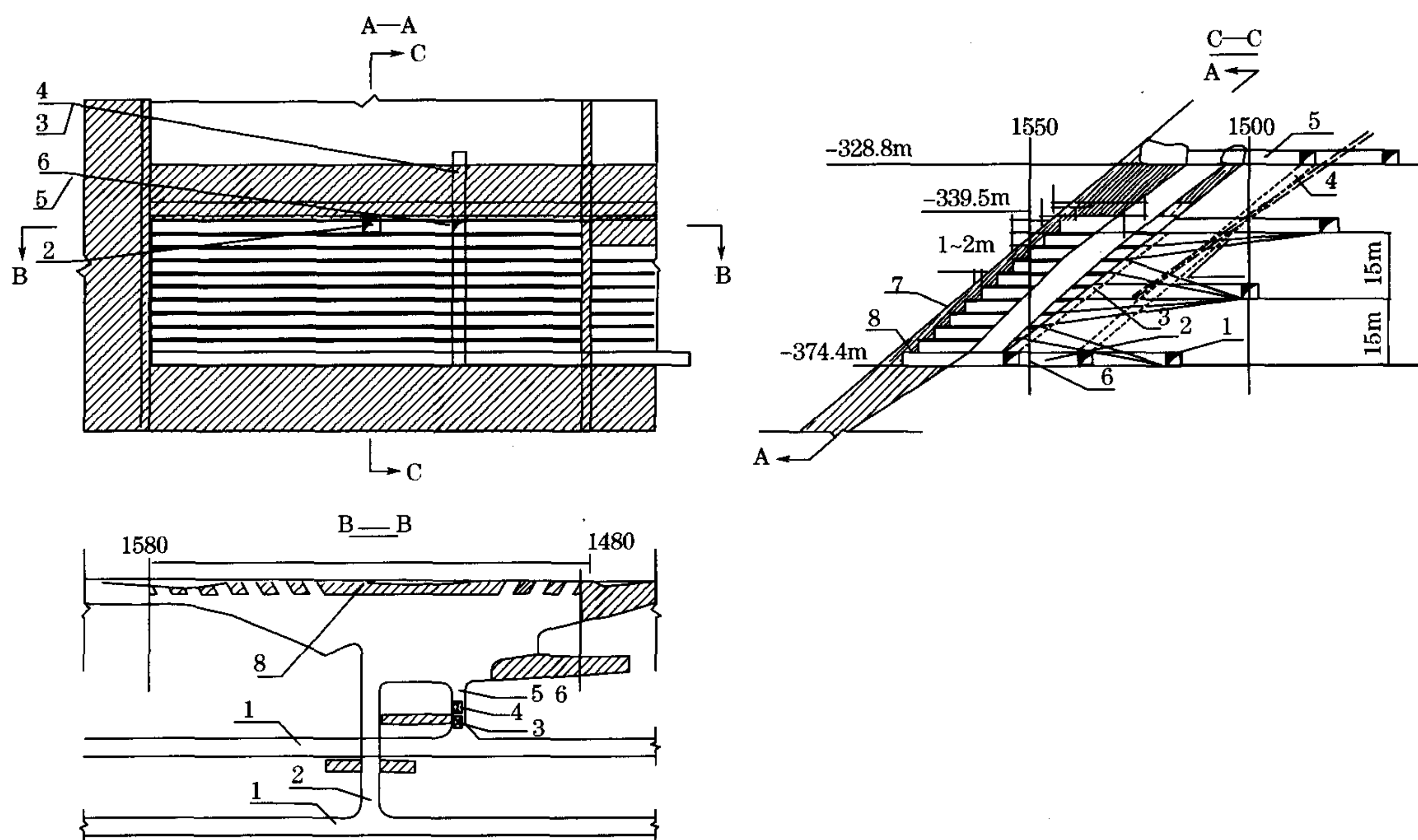


图1 327号试验采场整体设计

1—分段运输平巷 2—采场联络巷道 3—顺路泄水井 4—回风天井 5—回风平巷(联络道) 6—泄水平巷(联络道) 7— F_1 断层 8—护顶矿柱

该采矿法采用斜坡道、分段平巷、采场中央联络巷、脉外溜矿井、下盘专用回风天井和顺路泄水井联合采准系统。矿块沿矿体走向布置,长100 m,宽为矿体的水平厚度,即2~13 m,中段高45 m。留矿石间柱2 m,不留顶底柱。从下往上水平分层回采,每分层回采高度3.0 m。回采作业首先回采矿体下盘稳固部分,上盘不稳固部分留作条状矿柱。下盘稳固部分始终超前(高)上盘不稳固部分的条状矿柱1.0 m,该矿柱视矿体稳固情况可部分或全部回收。充填后,上盘不稳固部分的条状矿柱充填接顶,从而有利于上盘围岩的维护,安全性好。下盘稳固部分在充填后留有1.0 m的补偿空间,为高效回采提供了条件。凿岩、出矿与锚杆支护均采用矿山现有的进口设备,机械化程度高。采用水平台车凿水平孔,人工装药,微差爆破;铲运机出矿;锚杆台车支护。充填采用分级尾砂、水泥砂浆浇面部分接顶。采场底部构作假巷,作为脱水天井的泄水出口,同时也作为下中段回风天井的出口通道。

2.2 采切工程布置

分段平巷位于下盘脉外40~50 m处,长100 m,断面4 m×3.5 m。分段高度15 m,每3个分段为一

个生产中段。采场联络道位于采场中央,与分段平巷相通,由脉外和脉内采场联络道二部分组成。第一条脉内外采场联络道为水平坡度(服务于第一分层),由掘进形成,断面为(3.5~3.0) m×3 m,以后脉外采场联络道随回采压顶而形成,最大坡度不大于±20%,服务于5个分层的回采;脉内采场联络道均为水平坡度,随回采上升。通风天井布置在下盘脉外,断面1.5 m×2 m。脱水井位于采场下盘、顺路架设(钢或木结构),其下部与泄水平巷相通。泄水平巷位于第一条采场联络道的一侧,脉内用钢筋混凝土构作泄水假巷,断面均为2 m×2 m。切割工程包括脉内沿走向掘进一条切巷、断面3 m×3 m、长度97 m。脉外溜矿井间距200 m,断面2 m×2 m,倾角60°。

2.3 回采工艺

(1) 回采顺序。回采自下向上分层进行。切采层(即第一分层)回采时,从分层联络巷沿矿体下盘向采场两端掘进切割平巷,断面为3.0 m×4.0 m(宽×高),每侧长度约43.5 m。然后从该平巷的端部开始后退扩采至矿体上盘不稳固部分的界线和下盘边界。即首先回采下盘稳固部分,采高为4.0 m。

上盘不稳固部分的矿体留作条状矿柱。该矿柱可部分或全部回收,回收时采高为 3.0 m。分层回采作业的循环工序为:凿岩→爆破→通风→出矿→顶板支护→凿岩……如此反复循环直至结束本分层回采。分层回采完毕后,形成上盘不稳固部分空顶高为 3.0 m,下盘稳固部分空顶高为 4.0 m 的倒台阶形顶板。然后进行上盘接顶的砂浆充填作业。

切采层回采后,进入正常分层回采。回采从采场联络道开始,先回采下盘稳固部分,采高 3.0 m。再部分或全部回收上盘不稳固部分的条状矿柱,回收时采高为 3.0 m。下盘稳固部分始终超前(高)上盘不稳固部分的条状矿柱 1.0 m。充填后,下盘稳固部分留有 1.0 m 的补偿空间,为后续分层的高效回采提供了条件。分层回采作业的循环工序为:凿岩→爆破→通风→出矿→顶板支护→凿岩……如此反复循环直至结束本分层回采。分层回采完毕,形成上盘不稳固部分空顶高 3.0 m,下盘稳固部分空顶高 4.0 m 的倒台阶形顶板。然后进行上盘接顶的尾砂充填和砂浆浇面充填作业。

(2) 凿岩与爆破。凿岩采用现有的 MERCURY14-I.F.B 型全液压凿岩台车钻水平炮孔,孔径 38~40 mm,孔深 3.5 m 左右,根据矿体倾角而变化。

爆破采用 2[#]岩石炸药,人工装药。起爆采用非电导爆管毫秒差雷管。

(3) 采场通风。使用柴油无轨设备所排出的废气对采场作业环境影响很大,必须重视采场通风问题。采场爆破后,新鲜风流经采场联络道和泄水天井进入采场,污风由回风天井排入上中段回风巷。由于回风天井位于矿脉下盘中央,采场两端通风较差,必须采用局扇强制通风。

(4) 采场顶板与断层上盘围岩的支护。由于矿体紧贴 F_1 大断层,在回采条状矿柱时,根据其稳固情况分别采用回收方法。不稳固时,采用隔一采一的短进路回采;稳固性较好时,可削采条状矿柱,以多回收矿石,但都必须留 3 m 高的“三角形”矿柱以支撑断层围岩。采场落矿结束后,先在爆堆上用人工对松石进行处理。在出矿过程中,及时对出完矿露出的两帮及顶板进行安全检查和用锚杆台车进行锚杆支护。

(5) 矿石装运。采场出矿采用 2 m³ 柴油铲运机和 MT-413-30 型卡车联合出矿。一台铲运机配备一台卡车,卡车停在分段平巷或联络巷内,待装

上矿后运往脉外溜矿井。出矿效率为 200 t/台班(按平均运距 300 m 计)。出矿过程中将大块集中于一处由碎石机破碎。

(6) 回采安全技术措施。靠近或紧靠 F_1 断层的矿脉,矿岩破碎,特别是 F_1 断层暴露后易冒落,为此,应遵照“降低断层暴露高度”和尽量缩短暴露时间的回采原则。采场均采用长锚索预支护,回采中配合短锚杆支护。必须贯彻的常规安全措施有:凿岩爆破前,应对采场顶板进行严格的检查处理;炮孔按“光面爆破”技术要求布置;充填时,确保充填质量、充填高度和充填接顶。同时,采用声发射仪监测采场顶板,确保人员和设备的安全。

2.4 充填工艺

(1) 充填系统。矿山现有 1000 m³ 立式砂仓、200 t 水泥仓各 2 座,料浆制备系统 2 套,充填能力均为 60 m³/h。充填料浆自地表从钻孔下至 -70 m 水平,然后从充填管道进入上部服务天井至 -250 m 水平,再经深部服务斜井进入各分段巷道,经采场联络道或回风充填井到达充填采场。

(2) 充填材料及其配比。充填粗料为选厂分级尾砂,其含泥量($-44\ \mu\text{m}$)不大于 15%。胶结材料为 325~425[#] 火山灰质硅酸盐水泥。两种材料配比如下:切采层即第一分层 3.0 m 高的空间用 1:4 的水泥尾砂胶结充填,其余各分层先用分级尾砂充填 2.6 m,其上部 0.4 m 左右高的空间则以 1:4 的灰砂浇面,使各分层上部形成一层强度较高并整体性较好的充填体,以便无轨设备的行走。各分层充填时,采场顶板为一倒台阶形,其空顶高度分别为 3.0 m 和 4.0 m。充填时,严格注意充填面的高度(3.0 m 左右),即要求上盘接顶,以维护后续分层条状矿柱的稳固性;又不能超高充填,以保证后续分层下盘矿体回采时的补偿空间。

(3) 充填前的准备工作。采场出矿结束,经验收合格后即可进行充填准备工作。首先在采场联络道处作充填挡墙。挡墙由圆木、木板和滤水布组成。将充填管悬吊在采场顶板最高处。下料点应选择在待充采场顶板最高的地方。使用木结构或钢结构顺路脱水井,其规格或直径为 1 m。

(4) 尾砂分次充填工艺。准备工作做好后,开始下料浆充填。为了减少砂浆作用于挡墙上的压力和保证充填接顶严实,采用分次充填。每分层分 3~4 次充填,第一次充填高度为 1.0~1.5 m,停 1~2 个班时间让充填料沉淀脱水后,再进行第二次充

填。充填砂面高度达到 2.6 m 后,再停 1~2 个班。最后以 1:4 的高浓度水泥砂浆浇面并使上盘条状矿柱下部接顶。

为了回收采场矿石顶底柱,在采场切割拉底层第一次充填时,采用灰砂比 1:4 的胶结砂浆充填 3 m 高(即一个分层高度),并在底部铺设单层钢筋。钢筋直径 6~12 mm,网度为 250 mm×250 mm。这层钢筋胶结充填体作为下部采场回采矿石顶柱时的人工顶板。

2.5 主要技术经济指标

试验采场取得的主要技术经济指标如下:

- (1) 采场生产能力:185t/d;
- (2) 采切比:134.7 标准 m/万 t;
- (3) 矿石损失率:8.38%;
- (4) 矿石贫化率:7.92%。

3 结 语

“台阶式顶板上向水平分层尾砂充填采矿法”试验研究工作经过联合攻关,终于圆满完成,取得了良好的技术经济效果。

(1) 改变采场结构,使用台阶式顶板。充填后,上盘不稳固部分的条状矿柱充填接顶,利于上盘围岩的维护,安全性好。下盘稳固部分在充填后留有 1.0 m 的补偿空间,为高效回采提供了条件。工业试验证明,这是一项强有力的技术措施,有效地解决

了三山岛矿深部断裂破碎带矿体的开采技术难题。

(2) 分次充填技术简单、实用、可靠。工业试验中每分层分 3~4 次充填,每次充填高度为 1.0~1.5 m,停 1~2 个班时间,再进行下次充填。充填料能充分沉淀脱水,既保证了上盘充填接顶严实,又减少了砂浆作用于挡墙上的压力。

(3) “台阶式顶板上向水平分层尾砂充填采矿法”回采工艺中,凿岩、出矿与锚杆支护均采用矿山现有的进口设备,保持了矿山高度机械化的优势。

(4) “台阶式顶板上向水平分层尾砂充填采矿法”经济效益显著,已为矿山多创经济效益 460 余万元。全面推广应用后经济效益将更为可观。

在试验研究过程中还存在一些问题和不足,有待于今后在生产过程加以改进和提高,特提出如下建议:

(1) 合理确定上盘不稳固部分和下盘稳固部分的分界线,以此为界形成台阶式顶板,是“台阶式顶板上向水平分层尾砂充填采矿法”的关键技术所在。要求采矿设计技术人员跟踪掌握采场每分层矿体稳固性分布情况,合理确定其分界线,既确保上盘安全回采,又保证下盘较多部分的高效机械化回采。

(2) 加强管理、精心施工,保证台阶式顶板的形成,特别是上盘台阶顶板要求平整,以便为后续分层的回采创造有利条件。必要时应进一步试验采用光面爆破技术,确保台阶式顶板的有效形成。