

倾斜多变难采矿体的盘区机械化高效采矿技术

谢哲夫,周罗中

(长沙矿山研究院)

摘要:尹格庄金矿床的赋存特点为储量大、埋藏深、品位低、形态多变,只有实行低成本、规模化开采,才能保持较好的经营效益。文中介绍了盘区机械化高效采矿法,通过采用全套无轨采矿设备联合作业、用光面崩矿技术和多种手段联合维护采场顶板、用水准测量和声发射定位系统动态跟踪监测顶板安全,实现了倾斜多变难采矿体的安全、高效、低成本开采。

关键词:倾斜多变;盘区机械化;无轨采矿设备;光面崩矿

中图分类号:TD853.34

文献标识码:B

文章编号:1001-1277(2004)06-0024-04

1 引 言

大尹格庄矿业有限公司是山东招金集团有限公司的直属骨干矿山。矿山目前保有黄金金属储量 66t,平均地质品位 2.99g/t,矿石生产能力 2 500t/d,为国内单井矿石生产能力最大、作业机械化程度最高的现代化黄金地下开采矿山。

尹格庄金矿床具有矿石储量大、埋藏深、矿体形态变化复杂、含金品位低的特点。矿体呈不规则脉状和透镜状,以平行多层矿形式产出,矿层间夹石厚度由几米至几十米不等,平均倾角 40°,矿体厚大部分平均厚度 17.4m,矿岩界线不明显,裂隙发育,自然安息角为 39°,平均密度为 2.79 t/m³,松散系数为 1.6,矿岩的坚固性系数 $f = 7 \sim 9$ 。矿岩可钻性为 91.5 ~ 113mm/min,可爆性为 2.5 ~ 3.0kg/m³。水文地质条件简单,仅局部有滴水现象。地表有村庄和大片农田,不允许崩落。

2 采矿方法

2.1 确定采矿方法的基本原则

(1) 采场生产能力大。这是矿山设计生产规模所要求的,也是改善矿山总的经营效益的必由之路。鉴于该矿床的赋存特点,不实行大规模生产,企业就不会有好的经济效益。

(2) 各生产环节作业安全。包括采准、回采及出矿各工序工作面作业的安全,特别是对于矿岩中等稳固到稳固的大型采场的顶板维护和监控管理,是保障采场安全生产的关键。

(3) 采矿的高效率和高劳动生产率。由于矿山作业线长度受限,为维持矿山一定的经济生产规模,要

求采场有较大的出矿能力,为此必须采用高效率的各类采矿设备进入采场配套作业,以提高工效和降低工人劳动强度。

(4) 采矿过程中的低贫化率和损失率。使采场回采边界能够灵活适应矿体边界的变化是尽可能减少采矿过程中的废石混入和矿石损失的关键,以期提高出矿品位,改善矿山经营效益,提高资源利用率,延长矿山服务年限。

(5) 生产工艺简单而可靠。采用工艺简单且易于被矿山生产工人所接受和掌握,尽量采用国内外成熟的生产工艺和设备,并充分利用矿山现有的生产设备和设施,以尽量减少矿山的资金投入。

(6) 较低的采矿成本。企业总是企求以最低的生产成本换取最大的经济效益,获取最大的生产利润,采矿方法选择中,采矿方法方案的优劣,采矿成本是主要的考虑和评价因素。

2.2 采矿方法方案确定

通过对多个方案进行的技术比较及综合经济比较显示,盘区机械化上向水平分层充填采矿法方案较其它方案不论在技术上还是在经济效果上均具有一定的优势,为各方案中的最佳方法。

该方案盘区和采场均垂直于矿体走向布置,每个盘区布置 2 个采场。中段高度为 90m,分段高为 14m,分层高为 3.0m,采场不留顶柱,留高 8.0m 底柱在下中段采场上采时回收。相邻盘区间留宽 2.0m 矿壁相隔。如图 1 所示。

2.3 试验采场结构参数优化

2.3.1 原始条件

相关矿岩的物理力学性质如表 1 所示。

收稿日期:2004-01-12

作者简介:谢哲夫(1956-),男,湖南衡山人,采矿高级工程师,长期从事采矿方法、矿山充填、溶浸采矿技术研究;湖南省长沙市麓山南路 236 号,410012

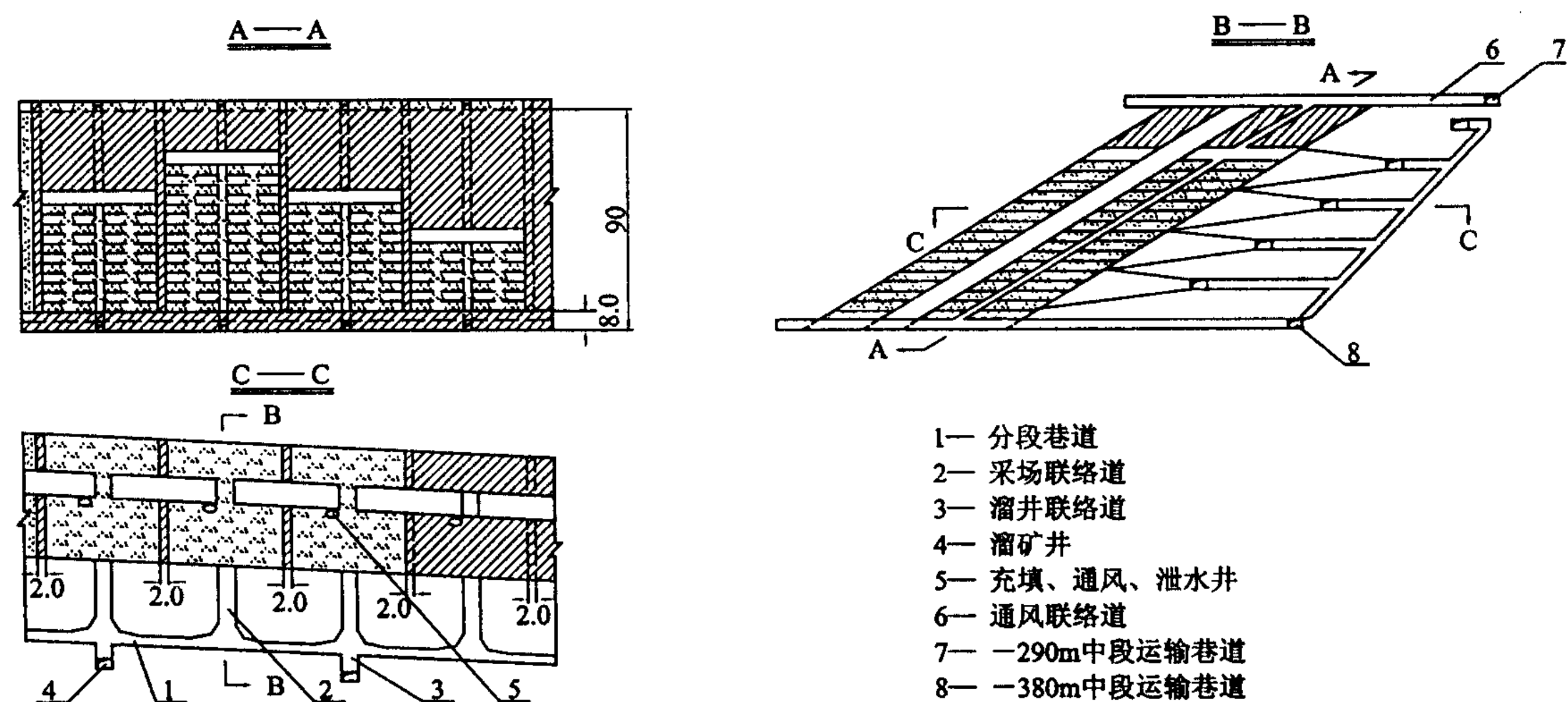


图 1 盘区机械化上向水平分层充填采矿法方案图

表 1 矿岩物理力学参数

材料	弹性模量 E/MPa	泊松比 μ	内聚力 C/MPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	残余内聚力 C'/MPa	残余内摩擦角 $\varphi'/(\text{°})$	抗拉强度 σ_t/MPa	密度 ρ $/(\text{t}\cdot\text{m}^{-3})$
矿体	20 000	0.25	1.70	38	1.36	37	1.45	2.80
上盘	16 000	0.25	1.60	36	1.28	35	1.40	2.70
下盘	21 000	0.25	1.80	40	1.44	39	1.50	2.79
充填体	300	0.40	0.20	35	0.15	33	0.01	2.20

2.3.2 力学模型

根据矿体的产状和赋存条件,采用平面应变模型,以勘探线剖面图为基础进行构造。模型的左右边和底边绞支,均只允许一个方向的位移,模型的上边受均布荷载 P_0 作用,如图 2 所示。

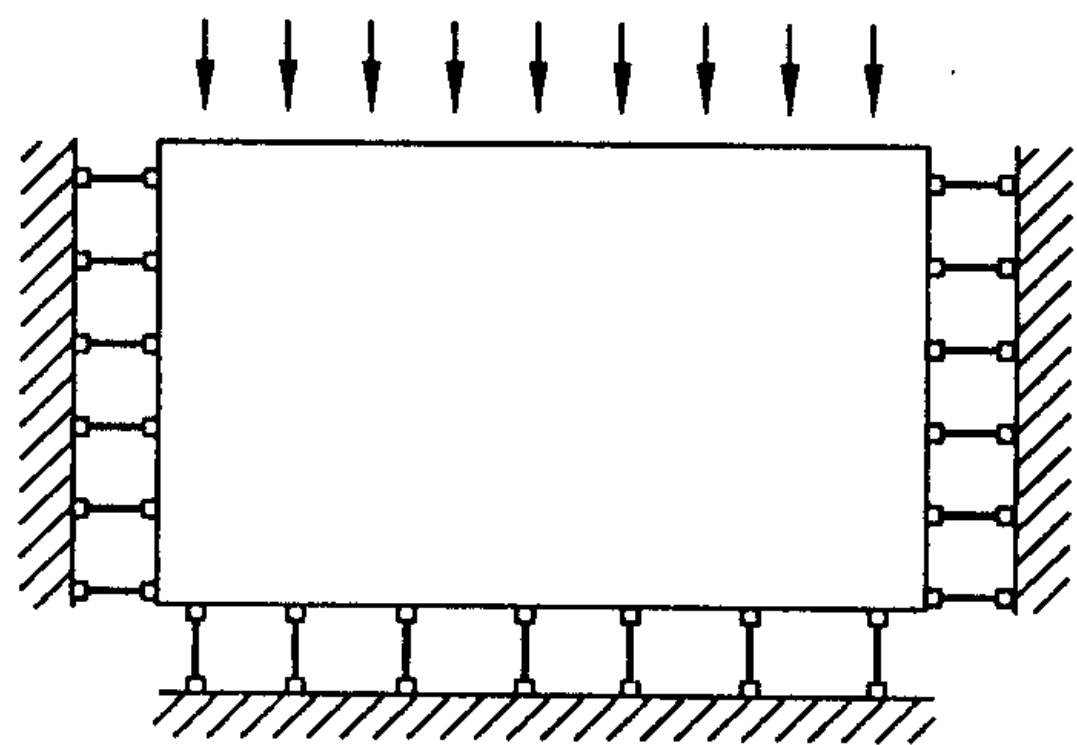


图 2 力学模型图

2.3.3 数值分析结果

当单层矿体采场跨度为 15m 时,顶板内的最大拉应力值仅为 0.472MPa,一般的岩体均能承受。当采场跨度增大至 20m 时,顶板最大拉应力值达到了 1.384MPa,处于失稳的临界状态。采场跨度为 25m 时,顶板最大拉应力值达到了 2.103MPa,只有稳定性较好的岩体,才能经得起 2.103MPa 的拉应力。当采场跨度为 30m 或 35m 时,必须在采场的长度方向上加一定的约束,才能维持采场顶板的稳固。

当多层矿体平行排列时,随着回采高度的增加,顶板内最大拉应力先由小到大,然后又降低,中央高度处是拉应力最大的部位,也即最危险部位。最大主应力和最大剪应力发生在小厚度的夹壁内,当在底部开挖时数值较高,随回采高度的增加而下降,随后又逐渐增加。顶板位移则随回采高度的增加而增加。根据数值模拟计算结果,推荐采场极限暴露面积为 1 200m²,以这一数据为基础推荐的采场结构尺寸如表 2 所示。

表 2 盘区及采场结构尺寸推荐值

盘区宽度/m	30	40	50	60	90
采场跨度/m	≤45	≤30	≤24	≤20	≤18

3 采矿方法工业试验

3.1 采准与切割

采用下盘脉外斜坡道、脉内脉外溜井联合采准方式。从脉外斜坡道每隔 14m 垂高向矿体掘进分段联络道和下盘分段平巷,然后从分段平巷沿采场中心线方向掘进分层联络道到达矿体,并布置脉外溜井将中段运输巷道与各分段平巷联通,同时在采场中央布置顺路溜井和掘进充填回风天井,与上中段回风巷道相通。

分层回采从联络道入口处开始,首先沿采场中央自下盘向上盘方向压顶落矿,形成宽度 6.0~8.0m 的切割槽至采场上盘边界,然后再从切割槽向两侧连续压顶落矿,当矿体为多层时,先采上盘矿体,最后采下盘矿体,直至本分层采完为止。

3.2 凿岩爆破

采场凿岩主要采用芬兰汤姆洛克公司 MERCURY 1F D4 - E50 全液压凿岩台车钻凿水平浅孔,以 7655 型气腿式凿岩机辅助修理边界。采用 2# 岩石炸药多段毫秒微差顺序光面崩矿工艺,即在微差爆破同时,对于周边孔采用光面爆破参数装药,与落矿孔同时滞后起爆,以减少爆破对采场顶板和矿柱的破坏。炮孔孔径为 40mm,孔深 3.8m,通过爆破参数优化正交试验,采用的爆破参数为孔距 1.1m,排距 0.8m,装药系数 0.8;边孔光面爆破参数为孔距 0.6m,光爆层厚度 0.7m,装药线密度 0.2kg/m。

3.3 采场通风

采场通风一般情况下采用控制主导风流实现工作面通风,新鲜风流从中段平巷经斜坡道、分段平巷、分段联络道进入采场工作面,污风则从采场通风天井回至上中段回风系统排出,必要时则在采场工作面或回风天井上部安设局扇,对污风实行强排。

3.4 采场出矿

崩下矿石采用国产 CYE - 1.5 型电动铲运机与 CA - 8 型地下卡车联合搬运至盘区脉外溜矿井,或由铲运机直接将矿石搬运至采场顺路溜井中,由下部中段运输平巷装入 2m³ 底卸式矿车。同时,铲运机在出矿过程中将矿堆中的大块(一般为 2% 左右),集中堆放在采场工作面,先用加拿大 BTI 公司生产的 TM12HD/TB725X 型移动式液压碎石机进行破碎,再由铲运机清除。

3.5 采场充填

在每一分层回采完毕并验收合格后,立即进行采场充填的准备工作,准备工作包括清理工作面残矿、加高顺路钢质溜矿井、安设充填体泄水口、压顶垫高分层联络道和脉间联络道、架设充填管道等。充填料为选厂 + 200 目分级尾砂浆,由地表充填搅拌站制备,用管道自流输送至采场。同时,充填采场附近掘进工作面的掘进废石,则用铲运机或地下卡车直接运至采场充填。每次充填分层高度为 3.0m 左右,以保留 1.0~1.5m 的空间作为回采落矿的自由空间。充填体中的水,经预先埋设的波纹滤水管流出,或由顺路钢质溜井上的滤水口泄入溜矿井流出。每次充填到设计高度后,经过 2~3d 的滤水时间,即可开始后分层的回采。

3.6 采场顶板管理

采场顶板管理中采取的主要技术措施有:①精心设计采场结构和严格控制采场尺寸,保证采场顶板的最大暴露面积不大于极限暴露面积 1 200m²,在矿体水平厚度大于 20m 的厚大部分,布置不规则点柱支撑顶板;②对于节理裂隙发育的部位分别采用长锚索、锚杆网或锚杆金属网联合支护,用光面落矿工艺减少爆破对顶板岩体的破坏和控制理想的工作面轮廓,避免局部边界的应力集中;③提高采矿强度,缩短回采周期,降低采场顶板地压峰值,达到安全回采的目的;④采场顶板下沉与岩体声发射定位监测。

顶板下沉位移监测采用水准测量法,即采场顶板布置观测点,用水准测量仪定期测量观测点的高程变化,监测结果显示顶板下沉量随着暴露时间的增加而增大,其随时间的变化如图 3 所示。同时采用 STL - 8 型岩体声发射智能定位监测预报系统动态跟踪监视顶板岩层的破坏,使其稳定性处于有效的监控之下。

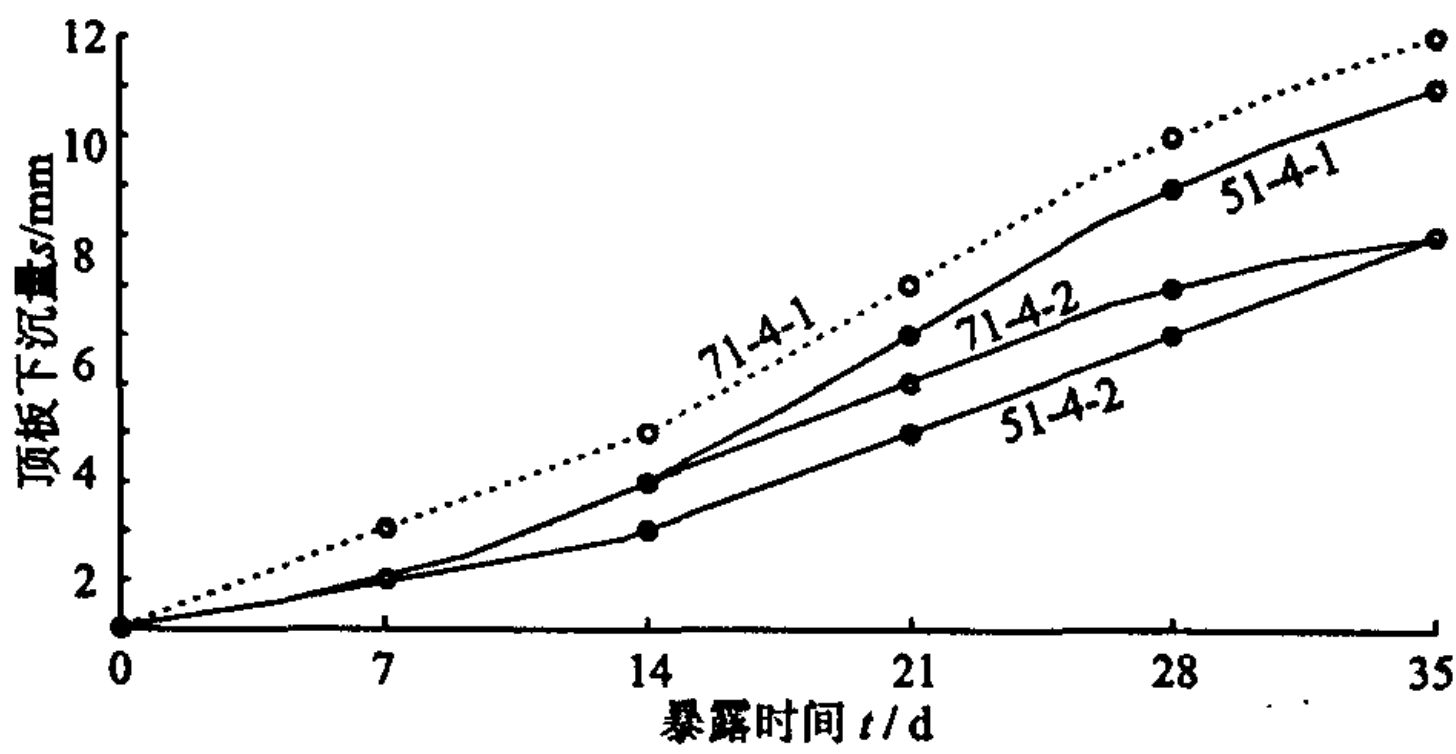


图 3 采场顶板下沉量与暴露时间关系

4 主要技术经济指标

试验得到的主要技术经济指标如表 3 所示。

表 3 试验采场主要技术经济指标

名称	指标
盘区综合生产能力/(t·d ⁻¹)	624
采矿损失率/%	5.68
矿石贫化率/%	7.15
单位矿石总成本/(元·t ⁻¹)	89.47
凿岩台效/(t·台班 ⁻¹)	496
出矿台效/(t·台班 ⁻¹)	248
采矿直接成本/(元·t ⁻¹)	19.07
直接经济效益/(万元·a ⁻¹)	2180

5 结 论

(1)倾斜多变难采矿体开采采用盘区机械化高效采矿法,以全套自行无轨采矿设备联合作业,用光面崩矿技术保护回采边界,用非胶结分级尾砂充填采空区,同时通过动态跟踪监测采场顶板稳定性和采用多

种手段维护采场顶板安全,实现了复杂矿体的高效率、低成本、无轨化安全开采,工业试验取得的技术经济指标先进,成功地解决了倾斜多变难采矿体的高效采矿综合技术难题。

(2)分段采准分层回采工艺的采准工程量小,采矿直接费用低,在回采过程中能灵活适应矿体边界的变化,有效控制矿石的损失和贫化。同时,采场工作面多,生产调节余地大,易于实现高产和稳产。

(3)采用全套无轨自行设备联合作业,采场生产能力大、效率高、劳动强度低,矿石生产成本低,是实

行高效采矿和降低成本的有效手段。

(4)采场中用预留点柱支撑顶板,对矿岩稳固性较差的局部用长锚索、锚杆网或锚杆金属网联合护顶,对维护大暴露面顶板的稳定是切实有效的。

(5)用水准测量方法监测采场顶板下沉位移,是一种直观、准确、实用的监测方法;用声发射监测定位系统监视顶板的稳定性,实现采场顶板破坏冒落的定位预报,是采场顶板管理的有效方法和手段,特别是对大暴露面采场顶板的管理是非常适用的。

Application of panel mining technique in inclined ore bodies of severe-variation

Xie Zhefu, Zhou Luozhong

(Changsha Institute of Mining Research)

Abstract: Yinggezhuang gold deposit has characteristics of large reserve quantity with low gold grade, ore bodies deeply positioned with severe variation of configuration. Thus, the strategy of low operation cost and large scale of mining should only be considered to ensure economic benefit from the operation. This paper explains the panel mechanized mining method of high efficiency. By use of complete set of trackless mining equipment with combined techniques of smooth blast with various maintaining measures to protect stope roof, level theodolite and acoustic emission-positioning system to dynamically monitor the roof, the operation of safety, high efficiency and low cost have been achieved for the ore bodies of severe variation of configuration in the mine.

Keywords: inclination and severe variation; panel mechanization; trackless mining equipment; smooth blast

(编辑:邢万芳)

~~~~~

(上接第 7 页)

在采矿方面,针对我国黄金地质资源的开采条件复杂、老矿山逐步转入深部开采的特点,开展深部矿体开采技术的研究。加强对矿体形态复杂、薄矿脉和围岩不稳固的矿体、厚大矿体的开采工艺研究,使资源得到合理利用。不断提高矿山开采的装备水平,逐步使矿山在凿岩、穿孔、铲装、运输、提升、通风等技术设备上更加节能、高效、安全,向国际水平靠近。在选冶技术方面,要加速研发难选冶金矿石的提金技术。针对我国难选冶金矿资源的特点,重点研发以下 3 种工艺:一是微生物提金工艺,二是热压氧化提金工艺,三是原矿焙烧氧化提金技术工艺。

成辅民强调,目前,从我国黄金科技的整体水平看,我们在有些领域已经达到国际先进水平,并且拥有很多成功的经验。从可持续发展的高度出发,我们必须解放思想、开阔思路,注意利用我国周边国家黄金矿产资源开展合作开发。中国黄金协会将在今后的工作中,进一步加强和这些国家同业组织的联系,为促进同业间的交流与合作提供服务。

上海黄金交易所总裁沈祥荣应邀出席了会议,并在会议上介绍了目前黄金交易市场运营状况和今年进一步拓展交易品种强化市场服务功能的工作安排。

中国黄金协会副秘书长张永涛宣读表彰 2003 年度中国黄金协会科学技术奖获奖项目的决定,并代表中国设备管理协会宣读表彰 2003 年度中国黄金行业设备管理优秀单位的决定。成辅民等与会领导向获奖单位分别颁发了中国黄金协会科学技术奖获奖证书和中国黄金行业设备管理优秀单位获奖证书、奖牌。据悉,2003 年度中国黄金协会科学技术奖共有 26 个项目获奖,其中一等奖 5 项,二等奖 11 项,三等奖 10 项。获得第六届全国设备管理优秀单位称号的有 3 家企业,分别是中金黄金股份有限公司河南中原黄金冶炼厂、山东黄金集团有限公司、山东招金集团夏甸矿业公司。

中国地质大学教授王建国在会上作了《谢家沟金矿成矿地质特征》主题学术报告,受到与会代表的热烈欢迎。中金黄金股份有限公司河南中原黄金冶炼厂、山东招金集团夏甸矿业公司介绍了设备管理经验,福建紫金矿业股份有限公司、山东招金集团金亨岭黄金矿业公司介绍了科技管理经验,山东淄博大力矿山机械厂推介了先进设备。

中国黄金集团公司总工程师李四德和四川黄金公司经理蒋润华应邀出席了会议。参加会议的有来自全国各省(市、区)黄金管理部门(协会)、各重点黄金生产、冶炼、加工、零售企业、科研院所等单位主管科技的领导及相关专业技术人员,共有 80 余人。

(转自中国黄金协会网)