

世界黄金开采与开发

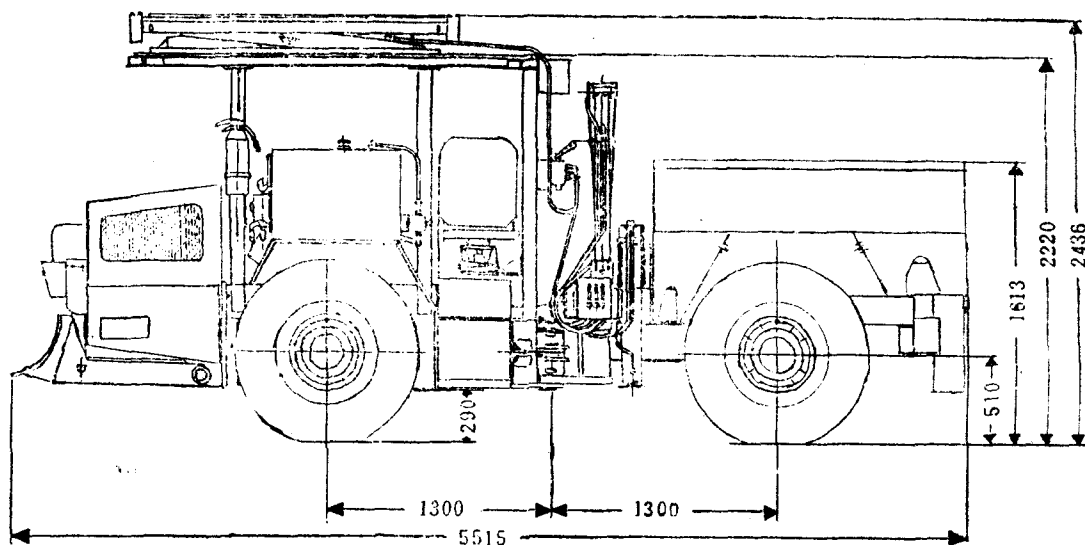
—国外金矿地下开采专辑—

总 审：王爵鹤 姚必鸿

责任编辑：曹子纯

UFD-2型井下多功能服务车

柳州特种汽车厂与长沙矿山研究院共同研制的UFD-2型多功能服务车适用于地下矿山运送材料及人员、检修设备、顶板维护、平整巷道等多项作业。该车采用通用底盘，装配有车厢、液压起重吊、剪式升降工作台、推土板、液压支腿、台虎钳、液压千斤顶、灭火器和配有各类常用的钳工工具和电工工具等。该车静液压传动采用从德国力士乐—海卓玛蒂克公司进口的A4V71DA变量油泵和A6VM80DA变量油马达，利用先进可靠的DA控制系统，在各种负载工况下根据柴油机转速实现无级自动变速。该车设计合理、机动灵活、爬坡能力大、适应性强、稳定性和通过性好，其设计的主要技术性能指标超过了国内外同类机型的先进水平。



主要性能参数

柴油机型号：F4L912;W风冷低污染型

转向角：±36°

额定载重量：2000kg

摆动角：±9°

运行速度：0~20km/h

最小内转弯半径：3181mm

最大爬坡能力：≥25%

最小外转弯半径：5154mm

轮胎：10.00-20-14耐切割型

整车操作重量：5450kg

外形尺寸（长×宽×高）：5515×1640×2436mm（带升降台时）

适用最小巷道断面尺寸：2800×2700mm（带升降台时）

柳州特种汽车厂并生产红岩LZT 3190型9.5吨自卸车和享誉国内的解放LZT3090型4.5吨自卸车。

欢迎客户来人、来函、来电订购！

柳州特种汽车厂

长沙矿山研究院机械所

地址：广西柳州市社湾路26号

地址：湖南省长沙市麓山南路236号

联系人：经营科

联系人：冯仕海 蔡小华 彭英华

电话：331243、335479

电话：83091~83097转3153

邮编：545005 电挂：2955

邮编：410012 电挂：4282

世界有色金属矿山数据库

为了实现工业经济信息管理的现代化和加强矿山生产、技术的宏观管理，为有色总公司领导机关和矿山生产、技术管理部门提供信息服务和研究报告，根据有色总公司费子文总经理的指示精神，在有色总公司有关领导和部门的大力支持下，长沙矿山研究院在微机上建成了《世界有色金属矿山数据库》。

一、主要内容

1. 国外金属矿山技术档案（包括有色、黑色、黄金、建材、化工矿山）2300余份。其中1200余座有色矿山技术档案已存储在计算机中，可参加联机检索。

2. 国内135座有色金属统配矿山技术档案全部录入计算机。每个矿山的档案包括：矿山概况、矿床地质、矿床开采、主要采掘设备、选矿及其它。

3. 矿山技术经济指标200多项，主要包括产品产量、作业量、采选指标、财务指标、地质储量等。国内每个矿山对应一份技术经济指标表，国外矿山指标插在技术文档中。

二、服务项目

该数据库已通过有色金属总公司主持的鉴定，现已公开对国内外矿山生产、管理、科研等部门服务。

除国家规定的有关技术经济指标保密外，其余内容都欢迎检索。

服务方式可提供专题报告，也可直接提供国内外矿山的有关资料。

地址：长沙市麓山南路

长沙矿山研究院

邮编：410012 电话：(0731) 83962

新Z—7型湿式混凝土喷射机

新Z—7型湿式混凝土喷射机是长沙矿山研究院最新研制成功的专利产品，已通过鉴定并投入批量生产。该机具有结构简单、维修方便、降尘减弹、高效经济等特点，是锚喷施工中的更新换代产品。

主要技术性能

生产能力：6~8m ³ /h	骨料最大粒径：15~18mm
工作压力：0.1~0.4MPa	输送距离：最佳10~30m
回弹率：8~15%	最大水平250m
作业地粉尘：<20mg/m ³	最大上向60m
外型尺寸：(长×宽×高) 1315×734×1096mm	机重：565kg

锚杆产品介绍

一、楔管式锚杆

楔管式锚杆是一种具有多种锚固功能、锚固力高达12吨、锚固深度利用率高、对岩层适应性广、抗震能力强、安装方便迅速的新型锚杆。锚杆外径为40~43毫米，可选长度为1.2~3.5米。我院生产的楔管式锚杆畅销国内外，1985年3月赴英国参加国际博览会，获得一致好评。

二、缝管式锚杆

缝管式锚杆安装方便，抗震能力强，锚固力不受爆破震动、围岩移动及时间的影响，锚固力可达3~6吨，外径为40~43毫米，可选长度为1.2~3.5米。

三、胀壳式锚杆

胀壳式锚杆对岩层适用性广，安装方便，可以回收，锚固力可达7~13吨，特殊设计的达30吨以上，可选长度为1.2~7米，杆体直径16~30毫米。

四、其它锚杆

- ▲ 大小全管式锚杆：安装极为方便，预应力1~2吨，能即时承载，锚固力8~12吨。
- ▲ 预应力注浆锚杆：预应力可达1~2吨，能即时承载，且可作永久支护。
- ▲ 让压式锚杆：适应于来压大、动压巷道支护。

长沙矿山研究院喷锚设备厂

地址：湖南省长沙市麓山南路236号

邮政编码：410012 电话：(0731) 83091转3088、

电挂：4282 传真：(0731) 851231

联系人：赵建平 江波

气流粉碎机

如果您想获得 $10\mu\text{m}$ 以下粒级的粉体产品，那么长沙矿山研究院研制的JM型系列气流粉碎机将是您最理想的设备。

经七条锆英砂气流粉碎生产线的用户使用证明，该设备已处于国内领先地位，生产能力已达到 $50\sim 100$ 公斤/小时。该设备除可粉碎锆英砂外，还可以粉碎碳化硅、氮化硼、氧化铝、磁粉、高岭土、膨润土、海泡石、聚四氟乙烯、滑石粉及一些超硬和一些常规粉碎无法保证产品质量和粒度的原料。特别是使用氮气和惰性气体作为粉碎介质时，还可以实现常温下粉碎易燃、易爆、易氧化的物质，如：铝、铜、铋等金属的超细粉碎。

主要性能参数

型 号	JM-350	JM-450	JM-650	JM-850	JM-1000
耗气量 (m^3/min)	6	10	18	25	40
粉碎压力 (MPa)	0.6—0.8	0.6—1.0	0.6—1.0	0.6—1.0	0.6—1.0
处理量 (kg/h)	30—80	50—100	100—300	200—600	400—1000
备 注	供料粒度为80—100目时，产品粒度100%可达325目以下；供料粒度为325目以下时，产品粒度100%可达10微米以下。				

如您有意使用该项技术，可来人来函索取更详细的资料，或向我们提出您的要求，我们尽力满足您的各种要求。

长沙矿山研究院机械所
联系人：周崇牧 何忆斌
电 话：83091—3162
传 真：(0731) 851231
电 挂：4282
邮 编：410012

目 录

国外中小型地下金矿的开采技术与发展状况.....	(1)
薄矿脉开采新技术.....	(14)
急倾斜薄矿体开采新技术.....	(25)
改进脉状矿床地下开采工艺的前景.....	(31)
不发达国家小型矿山开采的最佳选择—金矿和贵金属矿.....	(35)
采用单轨移动式机组完善采矿方法.....	(44)
美国十六比一银金矿采用变型的 VCR 法.....	(48)
机械化分层充填法在霍姆斯特克矿的应用.....	(54)
单轨机组回采中损失与贫化的额定标准.....	(60)
急倾斜薄矿脉开采综合机械化工艺的研究.....	(63)
小型自行式设备在薄矿体开采中的应用.....	(66)
薄矿脉机械化开采中存在的问题及设备选择.....	(70)
深部金矿的岩石压力问题.....	(77)
南非金矿的地质构造和岩石断裂对机械化开采系统的影响.....	(87)
威廉斯矿地下矿石运输和提升系统.....	(99)
地下金矿的通风问题.....	(106)
金矿开采工程地下水评估和控制.....	(114)

国外中小型地下金矿的开采技术与发展状况

刘东宇 曹子纯 肖通遥

摘 要

世界黄金消费量的增长促进了黄金采矿工业的迅速发展。各国投入了大量的资金从事金矿资源勘探和开采。由于金矿床赋存条件复杂、矿脉较薄以及黄金价格易受国际金融市场波动等因素的影响,因此在开采中存在着采矿机械化程度较低、生产成本偏高、采矿贫化损失较大等一系列问题。本文根据大量的资料,介绍了国外中小型地下金矿的开采技术与发展状况,其发展特点是:以提高生产能力、减少贫化损失、降低生产成本为目的,不断改进和更新采矿方法;积极研制和生产小型采掘运输设备;将先进的电子技术应用于黄金采矿业的各个领域,使得生产效率、采矿设计和管理水平提高到一个新的台阶;通过采矿承包和利用专门的咨询公司,减少了矿山的负担并缓解了矿山人材及设备的不足。尽管世界上最大的黄金生产国南非的金产量已开始下降,但是美国、澳大利亚、加拿大、巴西、巴布亚新几内亚等国的黄金产量则不断增长,使得世界黄金产量仍呈上升趋势。

关键词: 地下金矿 采矿方法 矿山机械 计算机应用 矿山经营管理

前 言

近年来,黄金的消费量迅速增长,它主要用作硬通货及装饰品。由于金具有良好的导电性、延展性及热光反射性,并且化学性质十分稳定,故它也广泛应用于电子工业、精密仪器制造业和航天工业等方面。根据美国《采矿工程杂志》报道,1991年世界黄金总需求量达到2298.6吨,其中首饰业消费2052.9吨,工业消费量为245.7吨。

世界黄金已探明的储量,六十年代末为10978.3吨,到1975年则增至41052吨,总资源量估计为71500吨。现在,南非的黄金资源仍高居世界首位,其储量占世界总储量的59.4%,其次为苏联(占15.6%)、美国(占6.2%)、加拿大(占3.3%)、巴西(占1.8%)等国。

黄金的地质资源可分三类,即岩金、砂金和伴生金。世界各大洲都有黄金矿床,其分布见图1。

世界金矿的矿床赋存地质类型主要有以下几种:

(1) 变质砾岩型金矿床 这类矿床的金产量占世界总产量的60%以上。最著名的金矿区有南非的威特沃特斯兰德、加纳的塔夸、巴西的雅科比纳金矿等。

(2) 变质热液型金矿床 这类矿床广泛地分布在世界各地,大多数呈含金石英脉产出,故又称为含金石英脉矿床。澳大利亚戈尔登金矿、加拿大迪图尔莱克金矿及印度科拉尔金矿均属此类矿床。

(3) 沉积变质型金矿床 这类矿床主要赋存在太古代古生地块周围,矿体呈层状或似层状产出。美国霍姆斯特克金矿是该类矿床的典型代表。

(4) 火山热液型金矿床这类矿床的成因与中、新生代陆相火山岩有关，并形成于近地表几米到1000米的深度。矿体中金的分布极不均匀，个别矿段每吨矿石含金可达数十公斤，构成巨大矿囊及富矿柱。这类矿床埋藏很浅，易于发现和开采。智利埃尔印第奥金矿和多米尼加共和国旧普韦布洛金矿是属此类型的金矿床。

(5) 伴生金矿床 铜矿床和多金属矿床是伴生金的重要来源。目前，世界金的总产量约有13%是伴生金回收来的。巴布亚新几内亚的黄金几乎都产自多金属矿床，而菲律宾伴生金产量占了45%，美国占40%，前苏联占10%。

鉴于黄金年消费量近十年来的增长速度大于黄金年生产量的增长速度，加上国际黄金市场坚挺和价格上涨(见表1)，各国对黄金开采已越来越重视。多数主要产金国家的开采量逐渐上升，1991年世界黄金产量已接近2000吨。表2列出了最近十年的世界各国矿山生产的黄金量。

表 1 国际市场黄金价格 (美元/盎司)

年 份	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
最高价	850.00	599.25	488.50	511.50	405.85	340.90	442.75	502.75	485.30	417.15	—
最低价	474.00	391.25	239.75	374.26	303.25	284.25	326.00	390.00	389.05	—	—
平均价	614.63	460.13	375.64	423.08	360.72	317.33	368.03	446.53	436.84	381.73	395.00

黄金产量的增长离不开金矿采矿业的发展。随着黄金价格上涨，各国已投入大量的资金用于金矿勘探、开发和开采。1987年，美国、加拿大和澳大利亚用于黄金地质勘探的费用分别高达3亿美元、5亿美元和2.5亿美元。多数金矿规模不大，根据英国《采矿杂志》1992年1月报道，在西方25个主要黄金生产国家中有地下黄金矿山143座，其中包括中小型地下黄金矿山95座，占67%。但是，由于采矿技术条件差，例如：矿体较薄、品位低、开采深度大及地质情况复杂，因此，各国黄金采矿业十分重视采矿技术的发展，通过提高生产率、降低生产成本以求得矿山的盈利和竞争力。

矿床开拓和采矿方法

目前，许多国家的近地表大型矿床早已发现并已开发了，新近勘探出来的大多是薄的、中小型的或极深的金矿床。为满足全世界对金的大量需求，国外地下金矿在不断扩大生产规模和提高劳动生产率。可是，随之带来了采矿技术难度越来越大，矿石成本日益上升的局面。南非有的深部金矿生产成本已达410美元/盎司，几乎无利润可言。为了扭转这种状况，各国黄金采矿界结合实际情况，对矿山开拓和采矿系统进行技术改造，采用先进的采矿工艺，降低生产成本，提高生产效率，改善作业条件。

矿床开拓

随着无轨设备和无轨采矿技术的发展，矿山开拓方式也发生了相应的变化。国外许多中小型金矿正逐步采用斜坡道开拓，以利于铲运机、汽车出矿运输。实践证明，矿脉埋藏深度不超过300米时，用斜坡道开拓和地下汽车运输矿石，可缩短开拓时间，减少基建投资。当

矿脉埋藏深度在300~600米时，合理的开拓方式是竖井提升矿石、斜坡道运输人员、设备和材料。当矿脉深度超过600米时，以竖井和主运输平巷联合开拓方式，结合连通各生产阶段的辅助斜坡道比较合理。加拿大斯尼普金矿就完全不用竖井提升和有轨运输，而是采用斜坡道。该矿矿体厚1.5~15米，倾角30°~90°，品位为24~25.8克/吨。阶段高度为40米，阶段巷道布置在矿体下盘，阶段之间用坡度为15%的螺旋式斜坡道连接。斜坡道的规格为高3米、宽5米。单臂凿岩台车（Tamrock HS-105型）、铲运机（3立方米和5立方米两种）和15吨地下汽车（JCI）可方便地通过斜坡道进入阶段和采场。

采矿方法

国外地下金矿所采用的采矿方法绝大多数是空场法和充填法，只有少数铀伴生金矿体用崩落法。根据目前已掌握的资料，金矿开采中还没有一种占主导地位的采矿方法。分层充填法、VCR法、分段法、留矿法、全面法等均有应用。有的矿山根据矿脉实际赋存状态还同时采用两种采矿方法。下面介绍国外地下金矿新近采用的几种采矿方法。

天井采矿法 50年代，前苏联采用天井采矿法开采薄矿脉是用普通潜孔钻机钻凿水平深孔。由于用潜孔钻机钻孔要在天井中开挖多个凿岩硐室，采准工程量大，凿岩效率低，所以天井采矿法当时未能推广。70年代以来，瑞典制造了用于垂直或急倾斜大断面天井的阿利马克（Alimak）爬罐。前苏联也研制成功了用于天井凿岩的小型采矿爬罐机组；近几年，芬兰又研制成功H 800 RC型自动化液压凿岩机组，钻具性能的改进使得从天井钻凿水平炮孔的效率显著提高。由于具备这些条件，使天井采矿法在薄矿脉开采中显示出了其优越性。有资料表明，现在的天井采矿法作业安全，大量减少了锚杆和其它支护工作量，采矿直接成本低，与浅孔留矿法比较，劳动生产率可提高一倍。因而天井采矿法更加得到重视。天井采矿法在加拿大多姆金矿运用得较成功（见图2），该矿用此方法回采厚0.3米的薄矿脉，阶段高度为40米，采场长约30米，采场底部每隔12米有一出矿横巷，断面3.65×2.75米；天井布置在采场中央，断面2.1×2.7米。天井中安装Alimak STH-5L型爬罐。爬罐先用于天井掘进，后作为凿水平炮孔的平台。回采时，在爬罐工作台上用Boarts 36型架式凿岩机向天井两侧钻凿水平炮孔。每次崩2排炮孔，爆破后从采场底部运出部分矿石，大部分矿石暂留在采场内，对围岩起补充支护作用。

VCR采矿法及其变型方案

VCR采矿法是以大直径深孔球状药包落矿为主要工艺特点的高效率、安全、经济的空场采矿法。一般适合于厚大矿体。国外有的金矿针对矿体的特点，在厚大部分矿体采用VCR法开采，薄小部分矿体则用其它采矿方

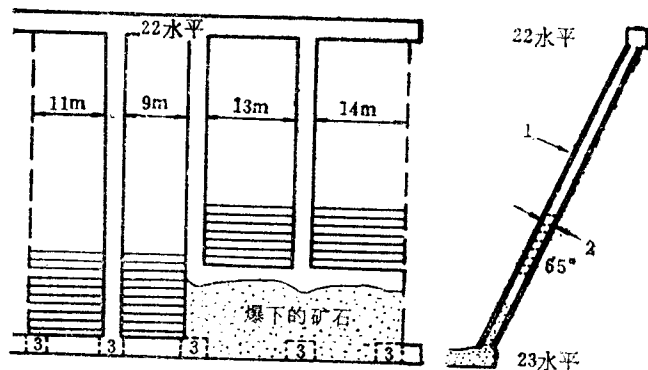


图2 多姆金矿天井深孔采矿法

1--2.1×2.7m天井；2—采幅1.5m；3—放矿点

法。如美国霍姆斯特克金矿就是用 VCR 法（见图 3）和机械化分层充填法分别回采不同厚度的矿体，并取得了较好的综合经济效益。美国十六比一银金矿则对 VCR 法作了改进，采用变型的 VCR 法（见图 4）。该方法是在两矿柱之间的采场底部先爆破一厚约 3.0~4.6 米的水平分层，然后用 VCR 法掘进切割天井。切割天井爆破时中间五个孔形成倒爆破漏斗，每次爆破 1.8~2.7 米，具体爆深视岩层条件和装药量而定。这一过程循环至整个天井形成为止。多排炮孔崩矿是漏斗爆破和刷帮爆破相结合、逐排顺序地朝切割天井方向崩矿。由于每排炮孔有侧面和下部自由面，因而减少了大块。该矿采用这种变型 VCR 法开采的最薄的矿脉仅厚 1.8 米，每排只有 1~2 个炮孔，炮孔直径为 165 毫米或 114 毫米。

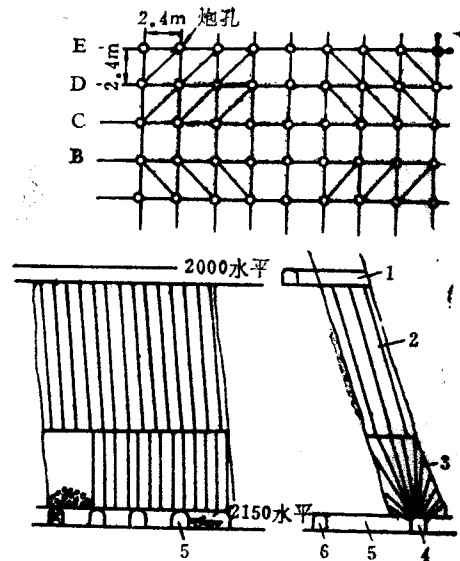
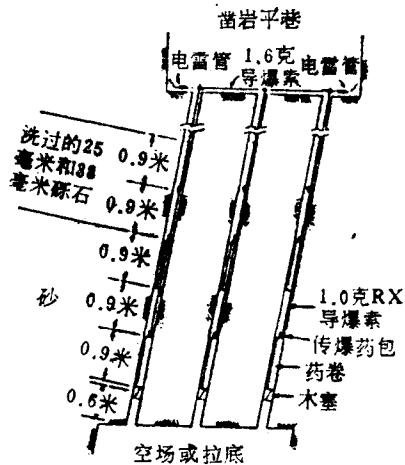
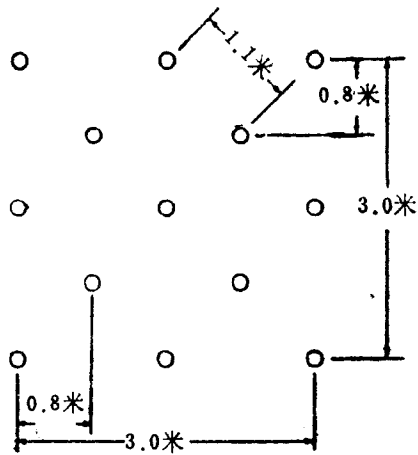


图 3 霍姆斯特克金矿 VCR 采矿法
1—切顶层；2—一大直径炮孔；3—拉底炮孔；4—拉底平巷；5—出矿横巷；6—运输平巷
(图中上半部为炮孔起爆顺序)



(a) 多排炮孔崩矿装药布置



(b) 切割天井炮孔布置

图 4 美国十六比一银金矿变型 VCR 采矿法

机械化分层充填法 机械化分层充填法是无轨采矿设备在分层充填法中的应用，并对采场结构作了相应的改变。霍姆斯特克金矿除了用 VCR 法之外，还使用了机械化分层充填法。该矿设计人员根据矿体地质断面图和分层图，先确定哪些部位适用于 VCR 法开采，不适用 VCR 法的矿体则用机械化分层充填法。采用机械化分层充填法之前，对该方法的安全、设备、地质资料、开采技术条件、经济效益等方面先进行评价。该矿机械化分层充填法的分

层高度为4~5.5米，水平孔落矿，每次推进长3.7米。大多数采准巷道为2.7×2.7米的拱形巷道。回采为标准的凿岩、爆破和出矿循环，可多个工作面同时作业。采场凿岩用轮胎式凿岩台车，包括MJM 20-B型和Gardner Denver Mini-Bore凿岩台车配Tamrock E-400型凿岩机，以钻凿生产炮孔和锚杆孔。起爆系统采用非电雷管和导爆索，不含水的炮孔用铵油炸药，含水炮孔用乳化炸药。出矿用斗容为2.7立方米和1.5立方米的柴油驱动铲运机。矿石运至矿石溜井，掘进废石则运往采空区充填。鉴于霍姆斯特克矿的矿体地质条件变化无常，岩层破碎，该矿采用了多种顶板锚固支护方法，例如：缝管式锚杆、胀壳式锚杆、胀管式锚杆和锚索。在含水软弱区段还进行高压注浆，主要运输巷道用喷射混凝土支护。溜井内的矿石由2.7吨或4.5吨侧卸式矿车运至竖井，再通过9吨箕斗提升到地面运至选厂。每分层采完之后，废石经大直径通风钻孔输送到分层采空区，再用水砂充填料将空隙填满，并一直充填到距顶板0.3米处。留下的空间为下一分层爆破作补偿空间。水砂充填料还为下一分层回采的出矿提供了较平整的底面，有助于减少高品位粉矿的损失。霍姆斯特克金矿采用机械化分层充填法的比重从1984年的13%（按采矿量计）增加到1990年的58%，劳动生产率平均为25吨/工班，全员劳动生产率为9.4吨/工班。1990年的直接采矿成本为41.3美元/吨，包括勘探、非生产性开支、管理费和采矿税在内，矿石平均成本为49.6美元/吨或6.97美元/克黄金。

分段采矿法 分段采矿法可分为分段空场、分段留矿、分段充填和分段崩落四种，地下金矿一般只用前三种，分段崩落很少应用。由于凿岩设备的改进和小型地下铲运机的使用，分段采矿法也成为倾斜至急倾斜、厚至薄矿脉的高效采矿法。法国萨尔西尼金矿用无底柱分段空场法开采厚0.5~3米、倾角60°的矿脉，阶段高45米，分段高10米。分段之间用一条之字形脉外斜坡道连接（坡度20%），分段平巷布置在脉内（宽1.8米、高3.5米）。各分段自上而下超前回采。回采时先在采区一端沿矿脉掘一条断面为2平方米的切割天井，再用Montabert液压凿岩台车钻凿直径60毫米的上向中深孔，以切割天井为自由面进行爆破。为防止采场垮落，沿走向每回采8米就留2米宽的矿柱，以支撑上盘。爆下的矿石用CT 1700型（斗容0.75立方米）铲运机运往溜井。采用这一方法几乎无矿石贫化。秘鲁罗萨马利亚金铜矿的石英矿脉走向长300米，厚约1.5米，倾角50°。由于以前采用浅孔留矿法很难实现机械化，生产率低，故后来采用无底柱分段留矿法开采。为便于矿石溜放，分段高度设计为8米，每个分段向上分两层回采。在分段巷道内向上钻凿直径31毫米、前倾角约70°、深4米的炮孔，崩落矿石落至分段平巷。矿石用Toro 150型铲运机运出采场。出一部分矿石后，接着开采第二个分层。沿走向每10米留1.5×1.5米方形矿柱。采用该方法后，劳动生产率提高到9吨/人班，日产矿石120吨，矿石损失率为5~15%，贫化率约20%。

总之，地下金矿开采的大多是不规则、倾角较大、地质条件复杂的矿体。采矿方法的选择，首先是根据矿体形态和分布，确定1~2种适合不同部位矿体的采矿方法。尔后，随着新设备新工艺的出现，对原有方法不断加以改进、完善和更新。这样可以灵活机动地多回收矿量，提高劳动效率，减少资源浪费。薄矿脉的采准巷道可以布置在脉外，也可以布置在脉内，视矿脉实际地质条件而定。将巷道布置在脉内可减少废石挖掘量、降低矿石成本。小型金矿的巷道不宜太宽，以减小地压和降低支护费用。国外地下金矿采矿设备正朝着窄型化发展，这有利于提高设备利用率和提高机械化程度。市场黄金价格是确定采矿边界品位的依据。在产品价格下跌的情况下，国外金矿一般在开采无盈利的情况下会暂停生产，待价格复涨之后再重新开采。改进采矿工艺，如炮孔布置、边孔减装药、崩落矿石暂留部分在采场

支撑两帮、降低分段高度等，可进一步解决现有采矿方法中存在的问题，取得更好的经济效益。

采掘设备

目前，世界地下金矿的采矿设备正朝着多样化、小型化、液压化、电动化和高效率方向发展。地下斜坡道开拓增多，无轨设备占有的比重明显增加。矿山设备厂商也注重研制多用途、工作寿命长、维修方便的各种地下设备。这为中小型矿山带来了很大的选择余地。过去主要是生产大型机械设备，井下巷道和采场工作面必须有足够的宽度和高度才能适应，使中小型金矿不但增加了设备费用，而且设备利用率不高，采场巷道维护量大，设备维修困难。因而形成使用先进机械化设备生产成本高，而用传统的设备又劳动生产率低的局面。近年来，凿岩、出矿、支护、运输设备都逐渐向小型化发展，使薄矿脉采场也可应用如铲运机、凿岩台车之类的设备。随着各国对井下废气污染问题的重视，新型的电动铲运机，电动凿岩台车也研制成功并投入使用。同时，人机工程、价值工程、电子技术、计算机辅助设计(CAD)等先进技术已运用到设备设计制造中。采矿设备的改进便利了地下金矿采矿方法的革新，使井下劳动生产率和效益更高。

凿岩设备

高效率的凿岩机、先进的凿岩台车是缩短凿岩工序时间的重要因素。国外地下金矿凿岩设备的发展从气腿式凿岩机到液压凿岩台车，都注重不断提高凿岩速度和机械自动化水平，其进展主要表现在以下几个方面：

(1) 气动凿岩机的性能进一步提高 80年代以来，国外对传统的气动凿岩机(包括手持式、气腿式和导轨式)进行了不断的改进。这些方面包括应用波动力学理论改变活塞的几何形状，实现最优的能量传递，降低噪音，减少振动，采用新材料、新工艺提高易损件使用寿命等。例如：阿特拉斯柯普科公司的COP 100系列新型气动凿岩机，机头采用压气密封，可防止水和岩粉的进入；活塞与缸体壁不直接接触，导向衬套采用独立润滑，实现了无油排气，使润滑油耗量仅为普通气动凿岩机的30%~40%；输出功率达7.5kW，在抗压强度为2000MPa的花岗岩上钻凿直径38毫米的炮孔，钻进速度达1.5米/分，而耗气量仅180升/秒。

(2) 液压凿岩机更加普遍使用 世界上现有十多个国家、上百厂家和公司生产各种型号系列的液压凿岩机。液压凿岩机利用高压油为动力，能量利用率高，可达50%以上；凿岩速度快，超过一般气动凿岩机的2~4倍；噪声比气动凿岩机的低10%~15%，且无含油雾的废气排放。例如：英格索-兰德公司为南非金矿研制的WF-035型手持式水压凿岩机，采用含5%添加剂的水构成白色乳化液作工作介质，平均凿岩速度达0.56米/分钟。

(3) 电动凿岩机投入使用 电动凿岩机与气动和液压凿岩机比较，具有电能直接转换成机械能、效率高、构造简单、噪声低等优点。近年来，国外对电动凿岩机技术进行了大量研究。前苏联哈萨克斯科钦斯基矿业研究所研制的电磁凿岩机功率为32kW，采用380V/50Hz的电源。用直径65毫米的钻头在硬度 $f = 14 \sim 18$ 的岩石上钻凿深10~12米的炮孔，最大凿岩速度可达到0.43米/分钟。

(4) 凿岩台车向小型化发展 近几年来，黄金市场坚挺、价格上涨，使地下中小型金

矿出现转机，迫切需要进行技术改造。许多高效率小型凿岩台车相继问世，凿岩效率已明显提高。国外新研制的部分小型轮胎式凿岩台车型号及技术参数见表3。

瑞典阿特拉斯科普柯公司专门为开采薄矿脉研制的新型Boomer H104凿岩台车，车宽仅1.22米，长9米，高1.6米。行走用36kW柴油发动机驱动，凿岩用30kW电动机作动力，既可在井下方便地调动又可在凿岩工作时不产生废气污染。该台车的钻臂可360°回转，推进器能倾翻20°~100°。除用于掘进巷道，它还用于采场钻凿炮孔和锚杆孔，是开采薄矿脉的理想设备。瑞典辛格吕万矿分段空场法采场矿体平均宽1.3米，倾角74°，分段高度13米，使用该台车凿上向直径为38毫米、深9米的炮孔，效果很好。

装运设备

为了适应地下薄矿脉的矿石搬运，国外已研制了多种微型和小型铲运机。主要微型和小型铲运机型号及技术参数见表4。

表4 小型装运设备技术参数

设计公司	法国埃姆科装载机公司		瓦格纳采矿设备公司		约翰克拉克公司		美国矿业局
型号	CTX-1DS	CTX-1HE	HST-05	EHST-05	50M	E50M	Minimucker ⁴
驱动类型	柴油	电力	柴油	电力	柴油	电力	电力
发动机功率, 千瓦	30	22	30	22	20	22	2×18.5
转向方式 ¹	A	A	A	A	A	A	SS
斗容, 米 ³	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.31 ²
净重, 公斤	3100	NA	2950	2659	2721	3392	3538
外形尺寸							
长(毫米)	4200	NA	4220	4060	3700	4318	4130
宽(毫米)	950	950	914	914	864	940	1370
高(毫米)	1250	1250	1830 ³	1830 ³	1850 ³	1930 ³	1450
转弯半径, 毫米							
向内	1335	NA	1500	1320	1350	2030	NA
向外	2620	NA	2790	2640	2600	3480	4060
电缆长度 ⁴ (米)	*	85	*	85	*	76	NA

1. A—铰接式, SS—滑动转向; 2. 机后斗体积1.24米³; 3. 带有防护顶蓬; 4. 只有电力驱动; NA—无资料

由于铲运机是一种具有生产能力大, 机动灵活、一机多用的无轨采矿装运设备, 目前它在国外地下金矿得到了广泛应用。加拿大多姆金矿开采的含金石英脉, 原来采用普通分层充填法, 用风动装载机或电耙出矿。风动装载机其要求的最小采幅为2.4米, 造成贫化率高, 电耙运距超过30米时, 耙矿效率急剧下降。在采场长230米时, 出矿需要2台15 kW电耙。后来引进了CT 500HE微型铲运机, 出矿台班效率为56吨, 比电耙出矿提高效率一倍多。铲运机能轻易地铲装大块, 矿石出得干净, 大大地减少了采场清理工作量。

铲运机又分为柴油和电动两种。柴油铲运机由于产生废气, 对井下空气污染严重, 需要

加强通风。现在各国柴油发动机排气一般采用氧化催化和水洗两级净化处理，使废气(CO、NO₂等)排放指标在规定标准以内。地下电动铲运机有电缆式、架线式和蓄电池式。电缆式铲运机应用较广泛，美国Wagner EHST-0.5型电缆式铲运机就是应用较多的一种机型。架线式铲运机主要用在干线区段多的地方，因其体积大，地下金矿应用不多。蓄电池式铲运机主要在前苏联一些矿山使用，如ИД 23型。另外，遥控铲运机只在少数地下金矿使用。

天井爬罐

天井爬罐主要用于天井掘进和天井采矿法中。目前主要有瑞典阿利马克公司生产的STH系列和前苏联生产的KOB系列。其特点是外形窄长，爬罐里安装液压支架和凿岩机，可从各个水平高度钻平行或放射状炮孔。前苏联乌兹别克黄金公司开采的急倾斜矿脉厚1.5~4.5米，矿岩 $f = 12 \sim 18$ ，阶段高度40米。原先用浅孔留矿法，后来改为天井深孔采矿法。天井布置在采场中央，用KOB-25型爬罐从天井向两侧钻直径52毫米、深12.5米的水平炮孔，从下往上分层爆破，每分层厚1.5~3米。结果表明，同原先浅孔留矿法相比，工作面劳动生产率从9.9立方米/人·班提高到17立方米/人·班，矿石成本降低25%。

其它设备

新近研制使用的采矿设备还有连续采矿机、连续装载机等；前苏联还开发了第二代振动放矿机，采用弹性系统承载台定向振动，使矿石从矿堆中自流并微上抛移动。地下矿石运输也朝无轨化方向发展，目前世界上已有多种矮型地下自卸汽车，一般采用铰接式联结，转弯半径小。Volvo BM公司的A20型地下汽车设有二套转弯操作系统和复式控制器，司机只需转动座位就可朝前或朝后开，不存在井下倒车问题。地下电动汽车也应用到金矿运输中，加拿大霍伊尔庞德金矿用架线式电动汽车替代柴油驱动汽车，使用了美国Wagner EMT-426-30型200马力、23吨电动汽车。由于该车运行没污染、维修方便、爬坡能力强，给矿山带来了很好的效益。

从国外矿山设备发展中可以看出，随着一大批地下金矿的开发，带动了矿山设备的改进。已研制出许多小型化系列产品并得到使用。它们主要有以下特点：

- (1) 生产效率高，适用性强；
- (2) 结构紧凑，宽度在1米左右；
- (3) 功率较大，灵活性好，能在各种复杂条件下工作；
- (4) 容易操作，维修简单；
- (5) 经久耐用，有良好投资效益。

但是，矿山设备的发展还不均衡，小型凿岩设备和铲运机发展较快，品种较多；可是其它一些小型设备，如锚杆台车、服务车辆和装药车等则产品较少，可供选择的型号不多。中小型地下金矿的机械化程度还赶不上大型地下矿山。同时，小型设备的售价偏高，与一般中型设备的价格相近。此外，为了让设备更有效地服务于采矿工艺，国际上也提出了“发展小型设备与研究新采矿方法”的呼声，强调了设备和工艺的配合。

计算机和自动化系统的应用

计算机和自动化系统是当代科学技术的发展方向之一，它们正渗透于采矿工业的各个部

门。根据加拿大矿物和能源技术中心的调查，在 235 座矿山中约三分之二由于在采矿中应用了计算机和自动化系统而提高了生产率和降低了生产费用，有一半矿山提高了产品质量。计算机在采矿工业中蓬勃兴起也可以从商业专业程序软件开发中看出，美国吉布斯公司 1985 年出版的《采矿程序手册》中还只有 300 项程序，而 1991 年的新版中则增至 800 项程序，目前，计算机和自动化系统已广泛用于矿物勘探、可行性研究、采矿设计、设备控制、测量、环境监测、矿山管理等方面。地下采矿的高度自动化可使矿工从繁重的劳动中解脱出来，提高安全性和生产效率，减少矿山人员。

计算机

现在世界矿山计算机应用的趋势是：硬件不断改进，软件推陈出新，人员素质提高，应用更加实际。采矿工业中最常用的仍是微型计算机，它的硬盘容量已达到 300 MB 以上，内存超过 5 兆字节，其功能完全可以处理大多数采矿中的技术问题。微型机还可共享打印机、绘图机、数字化仪等外围设备。计算机的应用为许多老问题提供了新的解答方式，如岩石力学，通过计算机有限元和边界元分析计算，可以准确地定性分析岩体开挖后受力、位移状况。美国坎农金矿设计中用二维和准三维边界元计算机程序对采场宽度、矿柱尺寸及胶结充填体强度进行了分析。计算机辅助绘图 (Auto CAD) 比传统用铅笔、绘图板方法设计更高一筹，只要将数据或用鼠标器将原图输入计算机就可绘制各种剖面的地质图和采矿方法图，并且可以呈三维显示，使图一目了然。计算机的设计图可以任意放大、缩小、修改、补充并长期方便地保存。在通风方面，过去要计算风量风压十分麻烦，现在计算机与自动化系统结合，不仅可以随时提供井下风量风压数据，还可监视、遥控通风机工作。加拿大不伦瑞克矿冶公司 1988 年试验了矿井通风计算机控制系统，目的是减少全矿 112 台局部通风机的能耗，共投资 30.7 万加元。1989 年使用一年就从降低能耗费用中收回了投资。目前，采矿应用的计算机软件大多是商业软件，但也有部分为建立矿床模型而专门开发的程序包。根据库珀-利布兰德咨询集团对 14 家高级采矿公司调查，采矿工业所用软件的来源，57% 是商品软件包，17% 为自行开发，26% 是前二者的结合。商品软件有利于矿山经理和工程师使用计算机，因为他们中的许多人在学校未学过计算机，往往是通过业余学习掌握计算机的使用，但让他们编写复杂的计算机程序就太困难了。而在很多情况下，国外矿山不愿雇佣计算机专家，只要懂使用计算机的工程师。

表 5 列出了 14 种矿山用软件包的功能。

自动化系统

自动化系统是指为完成某一作业目的而把机械的几种不同动作步骤按设计方案进行自动操作。矿山自动化过程可以提高机械的效率，减轻工人工作负担，提高作业精度。自动化系统主要涉及到传感器、测量和监控系统。它在地下金矿的应用包括地下遥控铲运机、自动凿岩台车、设备故障自动诊断系统、井下通信技术等方面。

芬兰 ARA 公司研制的铲运机计算机自动控制系统将 Torotel 遥控系统、电视摄像机监控系统 and 数据测定存储系统用于地下铲运机上，铲运机可进入危险的采场工作，该系统已通过井下工业试验并取得了良好的效果。澳大利亚斯特韦尔金矿使用的塔姆洛克公司 Datamatic 自动化凿岩台车凿岩效率很高，该台车在支臂推进器和底盘的所有连接点上均安装了传感

器，电子控制装置是一台微处理机，有记录和存储凿岩程序以控制台车的全部功能。司机室内装有显示器和控制手柄。显示器可示出未钻孔数目以及凿岩速度。微机按照事先定好的参数，由程序选择和控制每个炮孔的方向和深度、凿岩时支臂所必须的回转角度、炮孔的凿岩顺序，并且由激光导向控制台车的移动方向。同时还可手动操作。

现代化矿山设备越来越复杂，为了及时发现故障和问题，机载诊断系统因而被安装在各种采矿设备上。它的功能就是将设备已出现的问题和即将发生的问题显示出来，以方便维修和设备保养。目前机载诊断系统包含了高性能微处理机、检测仪及专家系统软件。较简单的机载诊断系统可监测油量、轮胎压力、电压等参数，如达不到最低限值就会有指示灯闪烁或发出声响，提醒司机及时处理。较高级的诊断系统则可以诊断故障部位和状况，帮助维修人员快速准确地找出故障。高级的诊断系统除了故障诊断外，还可处理诊断，即：采用人-机对话的形式，提供维修步骤、所需工具和备件指导。有的地下汽车机载系统还装有负荷传感器，将运输的矿岩量记录打印出来。

先进的计算机和自动化系统给地下矿山的生产带来了许多好处，但也存在着不少问题有待解决。首先是要有合格的人材；有了先进的电子机械设备而没有熟练的人员操纵和维修，它们的效率会降低。其次是井下恶劣的环境；地下矿山粉尘浓度大、潮湿、光线不足，还有冒顶、炮烟等不利因素，电子元件的耐腐蚀性、可靠性就变得十分重要，在选择系统设备时要考虑到是否与环境相匹配，否则高昂的投资白白浪费。第三是系统设备的性能；地下金矿一般巷道断面较小，采场空间有限，使用的自动化系统要有足够的灵活性控制设备以适应地下空间，还要寿命较长、维修方便。尽管存在上述问题，但并没有减少世界各国金矿采矿界对新技术的兴趣，许多科研单位（如：南非矿山公会研究机构）和产家与矿山相互配合，积极地想办法去解决这些问题。各个矿山在发展新技术时不能完全照搬，要根据自己的条件和环境加以选择。

矿 山 经 营

中小型地下金矿在整个黄金生产中占有十分重要的地位，现在大型金矿越来越少，中小型金矿则蓬勃兴起。但是，在矿山经营方面，这些中小型金矿还有许多限制和难题。例如：人材不足、财政困难、环境问题等等。怎样经营管理好这些矿山呢？目前国外矿山有一种很值得借鉴的经营模式，即：技术上请咨询公司帮助，工程上交承包商完成。

利用咨询公司

在美国、加拿大、澳大利亚等国，这几年黄金采矿工程很多，但是规模属中小型的占较大比例。很明显，中小型矿山投资有限，采矿前期准备时间短，缺乏自己的地质和采矿工程师。因此，特别容易作出不正确的决策从而走弯路，导致开头受挫。一个矿山的快速发展需要有许多知识和经验丰富的技术人员。一般说来，大的矿山要更容易管理，它有许多专家，如：地质工程师、采矿工程师、选矿工程师、机械工程师、市场专家等等，而小矿山的矿长可能都得自己去做这些专家的工作。解决这一问题的办法就是利用咨询公司。通过一家可靠的咨询公司，可以帮助矿山正确决策和处理事务。这也是一条及时又省费用的途径。国外咨询公司一般服务于：限定工作范围的指导；对工程可靠性评估；评价工作的结果。具体包括

以下几个方面：

(1) 为矿山制定资金使用平衡表，确定资金要求量变化，将矿山建设的银行贷款、债券或股票集资做出使用计划。

(2) 对矿石储量进行分析。由于矿床勘探工作不可能十分准确，常常要使后来的开拓采准工程变动，造成工程延误。咨询公司可进行矿量计算和审查，提出补充勘探工程计划。咨询公司要考虑到工程的费用、时间和可靠度标准。

(3) 提出可行性研究报告。咨询公司提出的报告包括技术方法、费用估算、收益、环境影响等内容。

(4) 在开拓、采准和回采期间，提供采矿方法、设备选择、销售计划等建议。

采矿承包

在西方国家一些中小型矿山，矿山业主开发矿山的形式是多种多样的。业主可以自己购买新旧设备，自己雇佣工人开采矿石，也可让专门的采矿承包商采矿。采矿承包商并不是矿山的拥有者，也不负责矿山的管理和销售，与矿山的利益和效益无直接关系；它们只负责按业主要求完成工程和任务，然后取得酬金。采矿承包商在美国西部一些地下黄金矿山开发中起着很重要的作用，它们为矿业主提供人员和设备处理采矿事务。主要服务包括：矿区公路修筑、地下巷道掘进、复盖岩层剥离、地下采矿、运输。大的采矿承包商还可以提供更多的民用建筑服务，如：道路勘探、地表设施平场、尾砂坝和溢洪洞工程及土地复田。采矿承包商的机构大小规模不一，服务的项目从国际大工程到地方小的建设工程。在设备方面，采矿承包商有自己的设备，主要包括：凿岩机和空压机、铲运机、挖土机、运输汽车；还有些辅助设备，如发电车、机修和润滑车、油罐车、工具车等。采矿承包商一般有一名工程或项目经理、数名行政管理人员、现场工程师、操作维修工等。这些人员的工资由承包商支付。通过采矿承包，可减少矿山业主的负担，集中精力处理其它事情并将自己的职员人数控制在最低水平。

矿山业主一般是将某部分采矿工程通过投标选择承包商。标书对进度和产量都有明确要求。标书一般列有：

- (1) 各个阶段的进度，矿石和废石量；
- (2) 矿石和废石运输距离或地点；
- (3) 环境、规则限制，如粉尘、噪音、地下水保护；
- (3) 进退场要求；
- (5) 工艺特殊要求，如要求破碎矿石的块度。

承包商中标后还要与矿山业主再进一步商谈合同，如保险要求，付款方式等，特别是长期合同涉及到燃料、材料价格变动。价格一般分类列出，如每吨矿石多少钱，废石多少钱。价格包括承包商的进退场费、维修费、管理费和利润。合同中还有明确的双方责任，如生产方法、品位控制、付款。奖罚也在合同中写清楚。

矿山业主通过引进承包商承包采矿方面的工程有如下优点：

- (1) 减少了投资，矿山采掘设备费用大大降低；
- (2) 投资还本期缩短了；
- (3) 减少了直接支付款项和行政费用；