

首届全国青年黄金采矿学术会议

论文集



中国黄金学会采矿学术委员会
山东黄金学会采矿学术委员会承办

一九九四·十 山东·烟台

26
17
1

首届全国青年黄金采矿学术会议 论 文 集

中国黄金学会采矿学术委员会
山东黄金学会采矿学术委员会承办

1994. 10. 山东烟台

以先进科学技术
促进黄金采矿事
业发展。

徐大铨 一九九四·八·二

冶金工业部副部长 徐大铨同志题词

沟通采矿技术信息
促进黄金更快发展。

崔德文

— 一九八〇年八月 —

冶金工业部黄金管理局副局长
中国黄金学会理事长

崔德文同志题词

祝贺首届全国黄金采矿青年学术会议召开：

为实现我国黄金采矿
现代化做出新贡献！

北京科技大学

童光煦

一九九四.七.廿八

北京科技大学 童光煦同志题词

黄金矿业的发展寄希望于年青一代

中国黄金学会常务理事

李云祥

采矿学会委员会主任委员

中国黄金学会采矿学术委员会召开这次青年采矿工作者学术交流会，在我们黄金系统是一件大事，值得庆贺。矿业是国民经济的基础，黄金工业是我国改革开放、实现“四化”的重要产业。我国的黄金工业经过几代人艰苦卓绝的奋斗，赢得了今天的大好形势。值得老一代欣慰的是，在我们黄金工业的职业大军中，崛起了一批具有实践经验、理论素养和敬业精神的年青采矿工作者。他们肩负着黄金采矿生产和科技的重任，逐步成为黄金矿业的骨干，是我们黄金矿业发展的希望所在。他们战斗在矿山，埋头工作在井下，不畏艰险，勤奋工作，为发展我国黄金采矿事业贡献着自己宝贵的青春。

召开这次学术交流会，就是要在全行业展示这些有作为的年青采矿工作者的才华，为他们提供一个发表成果，交流经验，切磋学术的机会和舞台。

相信我们青年采矿工作者们，在已经取得成绩的基础上，不骄不躁，继续努力，勇敢地挑起振兴黄金矿业的重担。“长江后浪推前浪，一代新人超前人”。希望寄托在你们身上！

1994年8月1日

前 言

为了适应我国经济体制改革和黄金工业发展的新形势，总结交流青年黄金采矿科技工作者的科技成果，推动采矿技术进步，根据广大青年采矿科技工作者的要求，经中国黄金学会采矿学术委员会工作会议研究并经中国黄金学会批准，定于1994年第四季度召开“首届全国青年黄金采矿学术会议”。1993年12日开始征集论文。

此项工作得到各级黄金管理部门领导的充分肯定；冶金部黄金局、中国黄金学会、山东省黄金公司、焦家新城招远三山岛金矿等单位的领导给予了热情支持；山东黄金学会采矿学术委员会主动提出协助承办全部会务工作；广大青年采矿工程技术人员热烈响应，积极撰写论文，踊跃申请参会。征文期间共收到论文78篇。为了便于交流和收藏，学委会决定编印出版论文集。遂邀请专家对应征论文作了认真评审和修改，有68篇文章被收入论文集。

这些论文来自生产一线的文章占62%，科研院校的占27%，管理机关的占11%。论文内容涉及采矿技术评述、矿业经济、岩石力学、露天和井下采矿方法、工艺、设备和采矿技术管理、安全环保等各个方面，既有生产实践的总结与升华，又有理论研究的新进展，内容十分丰富。参加评审的老教授不无感慨地说，这批论文质量很高，有相当数量文章的质量超过了历次黄金采矿学术会议文章的质量，部分论文质量达到了硕士生毕业论文的质量要求。这充分说明年青一代采矿工作者已经成为或正在成为生产和科研教学的主力军，他们善于学习和总结，勇于实践和探索，对国内外新技术很敏感，提出了国内同行尚无人问津的新观点，真是后生可畏。采矿事业后继有人实在令人欣慰。

在论文评审、编辑和出版过程中，得到了长春黄金研究所，夹皮沟金矿和长春黄金设计院等单位领导和同志的大力支持。由于编者水平有限，问题和错误在所难免，敬请著者读者见谅。

中国黄金学会采矿学术委员会

1994年10月

目 录

综 述 矿 业 经 济

岩金矿山开采技术现状和展望	李云祥 (1)
黄金矿山倾斜与缓倾斜薄矿体采矿方法的新方案	李 炜 (8)
留矿全面法变形方案分类探讨	李山连 (15)
谈急倾斜薄矿脉金矿床采矿方法选择	薛 明 (22)
低品位缓倾斜厚矿体采矿方法探讨	陈德友 (27)
浅论开采方式选择对矿山建设效益的影响	郝崇骏 (32)
我国薄矿体块石胶结充填法应用与研究	黄志伟 岳国志 (36)
下向分层胶结充填采矿法在我国黄金矿山的应用研究与发展	李翕然 肖有鼎 (40)
河南黄金矿山地下采矿方法改进途径	卢少林 (46)
河北黄金矿山采矿存在问题及对策	薛 明 (52)
河南省蚀变破碎岩型金矿床采矿方法研究	贾建民 邓金辉 张魁中 (55)
浙江省遂昌金矿西矿段上行开采的可行性探讨	翁庆云 杨文煌 (60)
脉金矿山的经济效益与开采顺序	何静波 (64)
关于采矿顺序的看法	周世民 王继忠 (70)

岩 石 力 学

岩石力学综合方法在三山岛金矿的应用	付洪岭 (72)
灰色预测在采场顶板稳定性分析中的应用	周科平 (79)
充填料对人工底柱压力规律的研究	刘凤义 方兴安 (85)
尾砂充填体的压缩试验	汤建人 沈 蓓 (95)
边坡稳定分析中的概率统计方法	张 春 (98)
下向分层充填法充填体稳定性分析及其应用	廖世金 王晓青 (104)
地下黄金矿山的岩石力学问题	明士祥 (110)
粉煤灰用于矿山充填的研究	吕文生 刘华生 (114)

露 天 开 采

陡帮开采中的横扩及横采斜交采矿法	刘 钦 (121)
露天矿用汽车燃油消耗与道路坡度的关系	汤建人 沈 蓓 (127)
黄金小露天矿的安全爆破	孙景瑜 (131)
空气介质不偶合混装药结构的应用研究	刘 钦 (135)

地 下 开 采

急倾斜极薄矿脉大矿块机械化削壁充填法适用条件·····	金家瑞 李远国 (139)
人工神经网络方法在采矿方法选择中的应用·····	曹庆林 (146)
急倾斜薄矿脉多矿块连续回采干式充填采矿法·····	李国增 (151)
东桐峪金矿Q ₁ 号脉难采矿体采矿方法述评·····	张军胜 李创平 (156)
后沟金矿采矿方法实践及其发展方向·····	扈忠义 (164)
阶段强制崩落采矿法在太白金矿的应用·····	颜兵奇 (171)
分层崩落法在薄矿脉开采中的应用·····	刘汉福 (175)
分段采矿法在四道沟分矿的应用·····	周世民 王继忠 (178)
爆力削壁全面法在湘西岔金矿的应用·····	任文元 (180)
充填料载体的磁处理效应研究·····	李清望 (184)
耙道底部结构的设计和应用·····	周世民 王继忠 (188)
高分段采矿法在金厂峪金矿应用实践·····	陈喜有 (194)
水平干式充填采矿法回采顶底柱方案的改进探讨·····	李振来 (198)
缓倾斜薄矿脉抛掷爆破全面法的应用研究·····	扬振宏 刘建国 苗福建 (205)
遂昌金矿人工矿柱设计计算方法·····	陈广春 (209)
人工假底在焦家金矿的应用·····	王学斌 (215)
溜井堵塞、跑矿事故分析及预防·····	侯成桥 庄文广 (218)
采空区下补斗的方法和实践·····	周世民 王继忠 (223)
混凝土工程在遂昌金矿的应用和发展·····	胡国林 (226)
锚喷支护技术在我矿的应用·····	郝中秋 (230)
水泥卷锚杆在四道沟分矿巷道支护中的应用·····	王玉凯 (236)
中央下导嗣反掘成形施工方法的实践·····	康春德 王玉凯 (239)
利用钢筋混凝土底板回收矿柱·····	屈风国 (242)
文峪金矿东闯矿区502 ^o 脉上向水平分层充填采矿方法设计·····	朱振华 (244)
对光面爆破理论的新认识及其应用·····	王万勇 (253)
浅孔留矿法底部结构的设计与实践·····	冯天欣 (258)
鱼刺式小进路采矿法在张家口金矿的应用·····	周中华 张敬东 (264)
小进路采矿法的矿柱回采·····	周中华 张敬东 (266)
机械化充填采矿法在夹皮沟黄金矿业公司的试验研究与应用·····	遯广斌 (269)
薄矿脉深孔崩落采矿法在峪耳崖金矿的应用·····	刘宝珍 范永奎 (273)
下向高进路胶结充填采矿方法的试验研究·····	廉宝睿 (278)

采 矿 技 术 管 理

改进采矿工艺降低井下两率指标·····	杨锡新 (283)
从255技措井上部工程施工谈施工技术管理·····	张宗永 (287)
TQC在矿石品位管理中的应用·····	张社稷 胡方敏 (292)
降低采矿贫化率是提高矿山经济效益的重要途径·····	张玉国 (297)

安 全 环 保 其 他

使用空气幕进行矿井防寒的实践.....	王旭东 (305)
金属矿山通风系统效率计算方法及提高效率措施.....	王福才 (307)
黄金矿山粉尘作业环境与矽肺发病规律分析.....	郭树林 (312)
浅谈矿山企业实现安全生产主要途径.....	杨玉林 (320)
无轨采矿设备在三山岛金矿的应用.....	张继成 (325)
金厂峪金矿采掘工艺及采掘机械装备的现状与发展.....	陈武昌 (332)
我国地下黄金矿山采掘设备的应用与发展.....	仲 钦 (335)
灵活运用通风节能新技术提高矿井通风效果.....	沙 鸥 崔 仑 (340)

岩金矿山开采技术现状和展望

李云祥

一、概述

岩金矿山开采技术总是伴随着现代工业和科技的发展而不断地提高和改进的,它与机械制造、建材、化工等行业息息相关。一种新的回采工艺的出现,总是与新设备和新材料的产生分不开的。例如全尾砂膏体泵送充填工艺提出了高浓度充填料的输送问题,尾砂和胶凝剂的搅拌问题,于是德国就生产了液压双向活塞泵,解决了高浓度输送和使用寿命问题,从而保证了膏体充填工艺的实现。前苏联制造了高速搅拌机,提高了胶结充填料的均质程度,有利于管道输送。在充填料中添加聚三磷酸钠,可使管道输送压力损失下降55%。特种钢材的生产,为缝管式锚杆的推广使用提供了可靠的保证。高水固结材料的发明,为低浓度全尾砂充填工艺开辟了广阔的前景,解决了普通充填工艺中因水泥的离析及采场脱水而污染井下环境等难题,必将推动充填工艺的进展。井下深孔钻机及无轨自行设备的引进,为厚大矿体的阶段矿房回采和VCR法的推广使用提供了设备条件,提高了矿块的综合生产能力。微型铲运机的诞生为薄矿脉开采技术的改进提供了良好的条件,提高了采场出矿能力,减轻了工人的劳动强度。

但是岩金开采技术的发展与其它工业相比,无论是发展速度还是技术水平都较为缓慢。从近一个世纪世界各国岩金矿山开采技术的变革可以看出,采矿方法没有大的突破,所使用的方法归纳起来仍然是空场法、充填法、崩落法三大类,只是在回采工艺方面有较大改进。如充填法从干式充填演变到水砂充填,发展到尾砂胶结充填,只是充填料的变革和围绕充填料的不同而解决产生的新问题,如充填体强度、脱水、输送、水泥的离析等。空场法在原有和变形方案的基础上,近年来推出一些深孔落矿方案和VCR法。总之,仍然是以维护顶底板的方式来划分采矿方法。发展比较慢的原因是由于,开采技术受矿床开采条件和工作空间的制约,没有一个岩金矿山矿床赋存条件是一成不变的,采矿方法是单一的,都是根据各自的赋存特点不断地变换方法或几种采矿方法并用;一种方法和设备的试验和推广应用,要经过很长一段实践才能得出结论。此外,采矿工业的艰苦性和高风险性,对于吸引人才、投资和新技术具有相当不良的影响。

二、岩金矿山开采技术现状

(一) 露天开采岩金规模大 回采工艺先进 机械化程度高

露天开采岩金占岩金开采总量的比例不断扩大,如美国新建露天矿开采矿量占94.6%,澳大利亚露天矿占新增矿量的88.4%。前苏联最大的岩金矿山穆龙套露天矿,年产矿石1000万t,产金80t。加拿大戈耳登桑莱特金矿是低品位(1.56g/t)露天矿,年产矿石180万t。

1. 国外露天矿现状

(1) 矿山规模大 美国麦克尔金矿地质储量1300万t,年产矿石95万t,服务年限仅14

年。纽芒特公司gold & quarry金矿地质储量1.3亿t, 1989年产矿石910万t, 产金26t。麦克劳林金矿储量1800万t, 年处理矿90万t。澳大利亚帕丁顿金矿, 地质储量840万t, 年产量85万吨, 服务年限仅7年。加拿大戈耳登桑莱特金矿, 地质储量2340万t, 年产量180万t, 服务年限10年左右。

(2) 工艺先进 采用成熟的陡邦开采工艺, 降低矿山初期生产剥采比, 推迟剥离高峰, 减少基建剥岩量和基建投资。如美国卡林金矿前期剥采比3.2, 后期达到18; 金色阳光金矿前三年生产剥采比0.5, 后2~3年为5。

(3) 穿孔、铲装、运输设备大型化

穿孔: 普遍采用75~170 mm全液压钻机和150~200 mm潜孔钻、牙轮钻。穆龙套金矿使用250 mm的牙轮钻。美国卡林和麦克尔金矿用320 mm以上的牙轮钻, gold quarry矿用200 mm的回转钻机。采用大孔径钻机可以提高延米爆破量和穿孔效率, 降低爆破成本。

铲装: 普遍采用4~10 m³前装机和液压铲, 因其重量轻、体积小、效率高、能力大, 适合低台阶采矿和矿石分采以及陡帮工艺, 设备调动灵活, 有取代电铲的趋势。

运输: 普遍使用大吨位的自卸车, 最大100t。美国麦克尔矿用75t自卸车, gold quarry矿用100t以上电动轮汽车。

此外辅助设备如165kw以上的推土机、装药机、炮孔填塞机、大型平路机、压路机等广泛应用, 使得剥离、采矿主设备的能力得以充分发挥。

(4) 降低采矿台阶高度 严格控制品位。

澳大利亚帕丁顿金矿采矿台阶高度2.5~5 m, 剥离台阶高度10 m。美国默丘尔金矿采矿台阶高度3 m, 剥离台阶高度6 m, gold quarry采矿台阶高7.6 m, 麦克劳林矿采矿台阶高6.09 m, 卡林金矿采矿台阶高度3~6 m。加拿大戈耳登桑莱特采矿台阶高度7.6 m。澳大利亚卡诺贝金矿采矿台阶2.5~5 m, 剥离台阶为7 m。只有前苏联的穆龙套金矿采用15 m台阶高度。采用低台阶采矿, 有利于分采分选, 可以严格控制品位, 减少损失贫化。

2. 国内露天开采岩金矿现状

我国露天开采岩金矿量在不断增加, 但与国外比规模均较小。如乌拉嘎金矿、仓上金矿、银洞坡金矿规模在800~1200t/d, 即将建成的广西高龙金矿规模500t/d, 此外尚有戈塘金矿、堡子湾金矿、大安河金矿已投入生产或即将建成, 但规模较小, 装备水平一般。穿孔设备多用80~150 mm潜孔钻, 个别矿山用200 mm的牙轮钻。采矿使用1 m³电铲或5 m³前装机, 个别用国铲2 m³液压铲采矿, 剥离最大电铲为4 m³。运输设备8~12t国产或进口自卸车, 有用30t苏联产汽车剥离的。辅助设备用220马力美国、日本或国产推土机等。

回采工艺多用缓帮开采, 个别矿山在试用陡邦工艺。大部分采矿、剥离台阶高10 m, 使用前装机采矿的台阶高度降为5 m。

(二) 地下开采技术有较大发展

1. 以使用深孔钻机和无轨自行设备为标志的高效采矿法开采厚大矿体取得成功

美国霍姆斯特克金矿自1977年以来, 应用VCR法开采厚大矿体, 到1990年用该法采出的矿石量占地下采出矿石量的42%, 目前正向开凿切割槽和回收矿柱扩展, 生产率可达到30.7t/人班。对缓倾斜矿体采用机械化水平分层充填法, 用双臂台车凿岩, 分层高度4~5.5 m, 用1.6~2.7 m³铲运机装矿, 1990年用此法采出的矿量达58%, 劳动生产率达到了28.5t/人班。坎农金矿用分段采矿法, 采后充填, 单臂液压台车凿岩, 用3.8和6 m³铲运机装矿, 25t汽车运矿。

加拿大广泛用空场法和充填法回采，八十年代逐步推广VCR法，使用无轨设备，机械化程度高。如卢平金矿用深孔落矿空场法，阶段高80 m，分段高20 m，用电动液压深孔钻机凿岩，孔深10~20 m， 2.29 m^3 、 3.82 m^3 柴油铲运机运矿。多姆金矿采用分段空场法，机械化水平分层充填法，用铲运机出矿，工效提高到56t。卡洛林金矿用深孔落矿空场法，嗣后尾砂胶结充填，电动液压台车凿岩，5 码³铲运机出矿，全员劳动生产率20吨/人班。斯达维尔金矿用机械化深孔落矿空场法回采（扇形深孔20 m深），使用装载机和 16 m^3 、 24 m^3 运输车。查洛特金矿用深孔空场法，回采上部30 m矿柱，用7.5~10码³装载机装矿，由30t卡车运至地表。威廉斯金矿用深孔空场法，潜孔钻（115 mm）凿岩， 5 m^3 铲运机出矿，26t卡车运矿。

前苏联因基奇金矿试验了留矿充填法，具有分段崩矿和留矿法的优点，劳动生产率8.5米³/工·班，扇形孔落矿，用铲运机出矿。

南非西部金矿区无轨设备的采矿量占地下矿产量70%，在厚度大于20 m的矿体，使用空场法回采，采场用双机凿岩台车凿岩，铲运机出矿。

我国金厂峪金矿采用高分段法代替原来的小分段法，用YG-80凿岩机凿岩，EHST-1型电动铲运机出矿，降低采准比，提高矿块生产能力，劳动生产率60~80吨/工班。1985年开始试验大直径深孔阶段矿房法和VCR采矿法。用CMM-2型潜孔钻凿岩，孔径165 mm，EHST-1A电动铲运机出矿，采场能力300t/d，都收到比较好的效果。

焦家金矿采用上向进路机械化胶结充填法，使用凿岩台车，EHST-2D电动铲运机，长锚索和锚杆护顶，尾砂胶结充填，采场生产能力达89t/d。

三山岛金矿是八十年代引进国外矿山技术和无轨设备开采的黄金矿山，采用点柱式机械化充填采矿法。ST3 $\frac{1}{2}$ 和ST2D铲运机出矿，用单、双臂凿岩台车凿岩， 6.2 m^3 坑内卡车运矿，

井下设移动式破碎机，VT-45型剪式升降机，锚杆台车，装药车等，劳动生产率335t/人年。

2. 充填采矿法进展迅速

近年来充填采矿法得到越来越广泛地应用。美国、加拿大、澳大利亚和德国用充填法采出的矿量已占20~30%，我国金矿充填法采出的矿量已占31%。

(1) 国外充填法概况

美国霍姆斯特克金矿用分层充填法回采不连续矿体，通常用通风天井将废石放入采场，上面充填砂子得到光滑表面，有利于降低贫化损失。分层高4~5.5 m。用 2.7 m^3 或 1.5 t 铲运机出矿和充填，用2.7或4.4t矿车由机车牵引至集中破碎站。采矿凿岩用胶轮双臂凿岩台车。坎农金矿用分段充填法，分段采后立即充填，用汽车将混凝土料直接卸入空区充填，矿柱回采后用3%的混凝土料或干式充填。

在加拿大，充填法一直是开采金矿的首选方法。到八十年代由于陆续开发一批大型矿山，为了提高采矿效率，一方面推广机械化分层充填法，一方面试验应用深孔落矿空场法，嗣后充填空区，如大卫、贝尔金矿用-6 mm海砂+尾砂+水泥，用麻布加钢丝网包容充填体。威廉姆斯金矿深孔空场法采后胶结充填，废石磨细后作充填料。-25.4 mm占25%，+25.4~203 mm占70%，用5%水泥胶结充填。卡洛林金矿采用深孔空场法，嗣后充填，以尾砂：水泥=30：1配比的充填料胶结充填。多姆金矿用分层充填法和后退式深孔分段充填法（水砂充填）。

南非由于井下高温和岩爆问题广泛采用壁式充填法。采场用方整的木垛支护，木垛顶部

装一编织袋，尾砂浆用泵注入编织袋，有利于接顶，然后用钢丝绳和编织布包容充填体。奥在姆金矿，尾砂除掉 $20\mu\text{m}$ 的细料后作充填料，低压充填，高压接顶。工作面用液压和机械两种支柱维护。西达芬奇金矿也是用壁式充填法，95%尾砂+4.5%炉渣+0.5%水泥，浓度70~80%，用编织布和钢丝绳档护。西德里方丹金矿最近几年陆续采用膏状物料泵压充填技术，采用全尾砂浓缩到78%浓度和经过破碎的废石（-35m）作充填料，比例各半，搅拌后呈膏状，在充填工作面前加水，含水15%，水泥3%，采用这种工艺采场无须脱水，不建或少建尾矿库。这种工艺充填体强度高，水泥用量少，是充填工艺的最新进展。此外，分段充填法、块石胶结充填法、触变流输送技术等，在一些国家都得到了不同程度的应用和发展。

（2）我国充填法发展很快

干式充填和削壁充填用于开采薄和极薄矿脉仍占有一定比重，如红花沟、金厂沟梁、二道沟、罗山金矿、湘西金矿等。红花沟金矿由留矿法改为削壁和干式充填后，损失率由15%降为3%，贫化率降到40%左右。湘西金矿削壁充填占60~70%比重，予制混凝土砌柱，废石充填，采场生产能力8~9t/d，损失率3~8%，贫化率38~76%，用钢制溜井代替木溜井，用草袋和胶带铺面，减少粉矿损失。

焦家金矿采用上向分层尾砂胶结充填，采场能力26t/d，采矿工效5.4吨/工·班左右，损失率7.7%，贫化率9.4%。新城金矿与焦家采用同一方法，用人工底柱方案，损失率15%，贫化率14%，采场能力29t/d，采矿工效6吨/工·班。灵山金矿用下向胶结充填法，损失贫化均为8%，采场能力27t/d，采矿工效3吨/工·班。湘西金矿分别采用连续分条和间隔分条充填法，损失率2.4~3.6%，贫化率6~9%。

近年来焦家金矿的机械化分层进路胶结充填法和抛掷充填法均取得可喜成果，矿块生产能力达89t/d，抛掷充填解决了充填接顶问题。

山东岭南金矿采用多层矿体组合回采机械化尾砂充填法，采矿工效11吨/工班，使矿山能力增加一倍。蚕庄金矿用倾斜壁梯段连续回采尾砂充填法也有独创。

在招远金矿、焦家金矿进行了高水速凝固化材料用于井下充填的试验研究。两种固体粉料，分别与尾矿浆搅拌成浆液，通过混合器混合后充入采场。一小时强度可达0.5~1.0MPa以上，一天强度不小于3MPa，最终达到5MPa以上。可用全尾砂，不须分级和脱水，直接用作充填。早期强度高，后期强度稳定，采场不须脱水和排水，改善了作业环境。

3. 薄矿脉开采技术不断发展

（1）国外现状

前苏联达拉松金矿采用短采场留矿法，用横撑和锚杆支护，采场长度20~30m，工效 $2.23\text{m}^3/\text{工}\cdot\text{班}$ ，矿石贫化率72.9%，损失率9%。哈维尔加金矿，矿体厚0.5~1.0m，用留矿法，采场设废石间和矿石间，采场手选，损失率4~5%，贫化率19.6%，工效 $3.1\text{m}^3/\text{工}\cdot\text{班}$ 。哈萨克斯坦黄金采选公司别斯丘别金矿，多为石英脉，厚0.5~0.8m，采用的主要采矿方法是支柱法和留矿法，在上部曾广泛应用分层和锚杆支护留矿法。对留矿法结构要素和工艺操作进行了改进，研究了横撑支柱采矿法新方案，浅孔落矿，用高频上向凿岩机和十字钎头，完善放矿工艺，用横撑支柱开采缓倾斜和倾斜矿脉，倾角大于 30° 时沿倾斜崩矿，出矿时为避免矿石损失，用水枪严格清洗矿块，矿石损失控制在3~5%，贫化率63.4%，采矿工效 $3.8\text{m}^3/\text{工}\cdot\text{班}$ 。前苏联较广泛使用天井吊桶法，比留矿法提高工效1~2倍。扎巴黄金公司应用天井吊桶法开采取得良好效果。

加纳阿散蒂金矿采用方框法和留矿法，工效达到15~50吨/工·班，贫化率5~10%、10~15%，损失率10~20%。塔库瓦金矿用盘区、下向、房柱、留矿法，工效分别达到4~6、2~5、30~45、4~6吨/工·班，损失率10~15%、10~20%、15~30%、15~20%。普雷斯迪亚用留矿法，采矿工效2~5吨/工·班、贫化率6~10%，损失率10~20%。

南非主要采用长壁式采矿法和房柱法。长壁法沿走向35~40m划为一个盘区，浅孔落矿，电耙出矿，采后用立柱、木垛支护，损失贫化大。如克劳夫金矿用液压破碎机（RIPER），水压4800MPa，与铁板运输机配合，采高1.3m，先采岩石，后采矿石，适于在软岩破碎带中，不用爆破，采矿强度2000吨/月。约翰内斯堡联合投资公司原采用浅孔凿岩，普通电耙出矿的全面采矿法，后来研制了可移式自动耙矿绞车，配双臂台车，形成沿走向推进的全面采矿法，工效提高10倍。

加拿大多姆金矿采用阿利马克爬缶的天井留矿法，取代了深孔落矿法，在爬缶的凿岩平台上凿三孔为一组炮眼，爆破后出部分矿石，留部分矿石维护顶板，没有贫化，安全，生产率是其他采矿法的两倍。卢平金矿用普通上向梯段留矿法，在永冻层里使用盐水凿岩机，打水平或上向孔，采场平场后用铲运机出矿。1988年以后也采用阿利马克爬缶天井法，水平炮孔落矿，矿石短时间留在采场内，采矿工效28吨/工·班。后来该矿用深孔落矿代替了留矿法和天井法，提高采场生产能力，但存在着钻孔偏斜，加大贫化和如何用爆破手段控制贫化的问题。加拿大还有很多矿山如Creek、Doyon矿等都在使用和准备使用深孔落矿法开采薄矿脉。

澳大利亚的薄矿脉仍然使用传统的方法，如空场法。用横撑支柱支护，在搭设的工作台上凿岩，留部分矿体作保留矿柱。矿块的生产能力达到60t/d。goldfield矿用木制平台支撑采场内矿石，装岩机从放矿漏斗口装矿石。

（2）国内薄矿脉开采现状

我国中小型矿山居多，薄矿脉的开采除部分矿山采用充填法外，普遍采用留矿法、留矿全面法、全面法。

A. 留矿法 广泛地采用浅孔留矿法，1987年使用比重占44.4%。如夹皮沟金矿、小西南岔金矿、招远金矿、金厂峪金矿、东桐峪、龙水金矿等。该法工艺简单，工人易于掌握，成本低，消耗少，一般都使用的很好，只是生产能力低，损失贫化大。有的矿山贫化高达40%以上。很多矿山在长期的实践中创造了一些变型方案。诸如二道沟金矿局部充填留矿法，增加采场手选废石，设废石格间作采场充填用，损失贫化率分别为7.5%和17.35%。五龙金矿为解决上部矿体倾角变缓问题，在采场内采用双层耙道，总贫化率控制在25%左右，总损失率6.6~14.8%，同时采用了水力冲矿留矿法，自上而下用2MPa的高压水枪冲矿，以解决靠自重放不下矿石问题，收到比较好的效果。招远金矿采用竖向耙矿留矿法，用自制的角锥形耙斗，沿倾向方向直接耙运矿石解决难放矿的问题，工效提高到10t，放矿周期缩短1~2月，减少损失5~10%。顺路天井留矿法和无底柱留矿法也有应用。

B. 留矿全面法 在小秦岭一带如文峪、秦岭、东沟广泛应用。根据矿体倾角缓的特点，普遍采用逆倾斜推进直线工作面的留矿全面法。该法具有结构和工艺简单，适应性强，采场能力大等优点，采场能力达50t/d。采矿工效9吨/工·班，但贫化损失均较大，达到22%和10%左右。哈图金矿应用人工壁留矿全面法，用钢筋混凝土和混凝土代替顶底间柱，采场能力达到50t/d，损失贫化为15%和35%。遂昌金矿应用逆倾斜推进单斜工作面留矿全面

法, 采场能力达70~80t/d, 损失贫化低于10%。

C. 全面法 秦岭金矿在缓倾斜薄矿脉中用上向梯段全面采矿法, 废石砌筑顶柱, 电耙运矿, 产量最高达84t/d, 损失率3.3%, 贫化率49.8%。

d. 房柱法 湘西金矿沃溪矿区采用房柱法, 矿房划分为矿房和矿柱, 矿柱间距5 m, 采场能力60t/d, 贫化5~10%, 损失15%。张家口金矿采用杆柱房柱法, 采场能力50t/d。

E. 分段法 夹皮沟金矿红旗坑口, 金厂峪金矿均采用此法, 分段高15~20 m, 采场能力达200t/d, 贫化率20%。

三、岩金开采技术展望

根据我国黄金矿床的特点, 大型金矿床占比例小, 厚大矿体比较少, 多数都是薄矿脉, 所以从采矿技术的发展看, 特别是近几年, 仍以薄矿脉的开采为主, 留矿法、留矿全面法、全面法等仍将占相当大比重, 但充填法则有逐年上升的趋势。露天开采的矿山不会有明显地增加, 厚大矿体开采比例亦不会有明显地增加。所以薄矿脉开采工艺的改进和发展在很长一段时间内仍将成为岩金开采技术发展的重点。

1. 对于厚大矿体的开采, 国内有色及黄金矿山已试验成功一些高效采矿法, 如深孔阶段矿房采矿法和VCR法。应研究如何完善工艺和使设备配套, 对于引进的设备如何保证备品备件的和正常的维修工作, 充分发挥设备的效率。对于国产设备如何提高质量, 保证设备的运转率以及井下各大系统的配套和协调等方面。适合深孔和无轨自行设备的矿山要逐步增加无轨自行设备的比重, 提高机械化程度, 提高劳动生产率。

2. 随着难采矿脉的增加, 今后使用充填法的矿山会越来越多。对于充填法首先要破除充填法工艺复杂, 不易掌握, 成本高畏难情绪, 正确地选择合适的充填工艺与采场结构, 正在使用干式充填法的矿山要解决好干式充填的铺垫, 减小粉矿损失和废石混入等问题; 尾砂和尾砂胶结充填要解决好充填料浓度, 采场的排水, 水泥离析、降低水泥用量, 充填体强度低等问题。特别是当前国内高水速凝固化材料的出现及在工业试验中初露端倪, 已为充填工艺的根本变革展示了美好前景。膏体泵送充填工艺是目前世界上比较先进成熟的工艺, 国内有色金属矿山已试验成功, 如有条件亦可在黄金矿山试验应用。川黔滇金三角带难采矿体的开采将为我们提出新的研究课题。

3. 薄矿脉是开采技术改进的重点, 当前薄矿脉开采中存在的主要问题是采场生产能力低, 一般为50t/d左右, 个别仅为20~30t/d, 损失贫化率高, 工人劳动强度大。这与掘进能力低, 矿块准备时间长, 机械化程度低有关。万吨掘进比高, 加之掘进效率低(平均工效0.25 m), 因而也制约了矿山生产能力的提高。目前矿山掘进停留在手持式凿岩机凿岩, 中小矿山甚至人工装岩, 普通法掘进天井的水平上。近年来微型铲运机及凿岩台车的引进, 实现了薄矿脉的机械化开采, 采场生产能力有所提高(如红花沟金矿66~87t/d), 工人劳动强度大为降低, 由此可见加速研究和制造适合于薄矿脉开采使用的凿、装、运设备势在必行, 这是彻底改变矿山落后面貌, 变革采矿工艺, 提高掘进效率的关键。国外在薄矿脉开采中采用的深孔落矿空场法, 具有机械化程度高, 矿块生产能力大作业安全等优点。我国五龙金矿也作了成功的尝试, 建议有条件的矿山要加强薄矿脉高效采矿方法的研究和试验工作。

加强探矿和采场技术管理, 优化凿岩爆破参数; 因矿制宜, 因地制宜正确选择采矿方法; 增加采场内的手选作业; 结合矿岩具体情况采用不同的支护方式; 推广先进适用的技术

如控制爆破技术，提高爆破效果，改善放矿条件等等，以降低损失贫化指标，充分回收国家资源。

4. 适时回收矿柱和处理空区。对使用留矿法，留矿全面法等空场采矿法的矿山，对压缩同时作业中段数，及时回收矿柱处理空区两个问题要统筹考虑，既保证下部中段的安全作业，又避免矿石损失。

5. 结合矿山具体条件，加强基础理论研究，引进现代化管理手段，实现科学化管理。如建立矿山数据库；对井下重要作业环节（运输、提升、通风、排水、充填等）实现微机控制，提高充填系统自动化水平，改善充填质量；加强岩石力学理论与应用研究，引进地压监控和预报手段，以便采取切实可行的措施，确保安全生产。

参考文献略