

金銀选矿文集

第一集

庆祝黄金情报网成立十周年

冶金工业部黄金情报网
冶金工业部长春黄金设计院

一九八四年十一月

前 言

冶金部黄金情报网为庆祝建网十周年，编辑出版《金银选矿文集》（第一集）。

《文集》基本上反映了近几年来国内外选金技术的理论研究、生产实践及工程设计方面的现状和所取得的进展，以及国内外选金技术的发展方向。

论文的内容比较丰富和系统，将为从事选金专业的工程、设计、科研和教学人员以及工人，提供有益的参数，从而促进我国选金技术的发展。

《文集》的责任编辑，由冶金部黄金情报网选矿站（冶金部长春黄金设计院）金松杰工程师负责。在编辑工作中，力图做到尊重原著的基本文意，但因时间仓促，经验和水平所限，必有诸多不妥之处，请批评指正。

冶金部长春黄金设计院

1984. 11

目 录

综合评述

1. 现代金(银)采选工艺与展望
.....北京矿冶研究总院 朱烨、朱观嶽 (1)
2. 微生物与黄金工业.....中国科学院微生物所 裘荣庆 (19)
3. 近年来国外金矿堆浸技术进展.....北京矿冶研究总院 李兰生 (29)
4. 小秦岭地区黄金选矿评述.....潼关金矿 吉根朝 (35)
5. 国内堆浸法提金的现状.....沈阳矿冶研究所 林国琪 (45)

砂 金

6. 采金船应用胶带可动溜槽的经济效益分析
.....东北工学院 黑河金矿局 (51)
7. 皮带溜槽在采金船上的生产实践
.....黑河金矿局 罕达气金矿 李宝江 (59)
8. 内河贫沙矿资源开发的途径——改造采砂船
.....湖南邵阳市采金队 肖振海 (68)
9. 从筛洗工程砂的溢流中回收最微粒金
.....中南冶金地质研究所 苏恩清 (72)
- ✓ 10. 砂金精选的新工艺——电磁液体静力分选
.....长春地质学院 苏清心 (77)
11. 砂金取样的理论探讨.....四川省冶金研究所 郭先溶 (90)

脉 金

12. 含金多金属硫化矿提金工艺探讨.....吉林省冶金研究所 吕文福 (96)
13. 提高焦家金矿氧化矿石选矿回收率的研究.....东北工学院 陈贵宾 (104)
14. 选金厂混合用药的研究与应用.....长春黄金研究所 刘宝恒 (114)
15. 焦家含金氧化矿石选矿实践.....东北工学院 龚焕高 (122)
16. 改进重选工艺提高选金厂的经济效益.....山东冶金工业学院 王树茂 (131)
- ✓ 17. 小型选金厂选矿工艺实践.....潼关金矿 史 峰 (135)
18. 采用大闭路循环提高选金回收率.....山东黄县金矿 初元民 (144)

氰化法

- ✓ 19. 空气搅拌槽在团结沟金矿全泥氰化浸出工艺的应用
 长春黄金设计院 林治成(148)
20. 浅谈含金硫酸烧渣氰化提金工艺金泥处理
 长春黄金研究所 华向宇(163)
- 21. 蚀变火山岩型低品位金矿石氰化浸出特性研究
 中南冶金地质所 兰梅春(168)
- 22. 金洞岔含金低品位多金属混合矿石氰化—浮选工艺试验研究
 吉林省冶金研究所 徐永江(176)
23. 朝阳地区金精矿集中氰化试验研究..... 吉林省冶金研究所 王忠弼(191)

炭浆法

24. 炭浆法处理含细粒金氧化矿石的研究..... 长春黄金研究所 郭金安(205)
- ✓ 25. 怎样确定炭浆法提金的工艺参数..... 长春黄金研究所 韩立岩(214)
- ✓ 26. 现代黄金回收实践——炭浆法..... 河北邯邢冶金矿山公司 张云龙(217)

综合利用

27. 用高矿浆浓度浮选法提高大冶铁矿原生铁矿石伴生金属(铜、金、钴、硫)回收率的试验研究..... 吉林省冶金研究所 金昌协(232)
28. 武钢大冶铁矿含金堆存尾矿的物质组成及金的回收利用研究
 武钢矿山研究所 马志新(242)
29. 从某地提钨浸出渣尾渣中综合回收金银的初步可选性研究
 广东地质局第九实验室 夏建华(260)

其它

- ✓ 30. 处理金——砷精矿的工艺问题..... 长沙有色冶金设计院 吴夫彬(266)
31. 硫代硫酸盐浸金的新进展..... 长春黄金研究所 冯小竹(276)
- ✓ 32. 含砷砷硫复杂金矿石及选矿产品的特殊处理
 中南矿冶地质所 缪 锋(279)
33. 微型机应用于多金属选矿理论回收率计算和数据制表
 长春黄金研究所 刑立强(288)

现代金(银)采选工艺与展望

朱烨, 朱观岳

(北京矿冶研究总院)

金具有优良的物理化学性能, 长期以来用于首饰、货币、镶牙、陶瓷、金笔等方面。随着科学技术的进展, 黄金已逐渐由消费转向现代工业部门, 黄金除是国际上硬通货外, 还广泛用于电子、宇航、仪器仪表、纺织、医药、化工与国防等重要工业部门。

近几十年来, 由于黄金价格不断上涨, 在世界范围内掀起了寻找新矿床的热潮, 国外有些过去已关闭的矿山也重新开工生产, 同时对正在生产中的厂矿进行了技术革新。一些新工艺、新方法和新设备的出现, 促进了从低品位矿床中以及难选矿床中回收金银工作的开展。提高了金银生产的各项技术经济指标, 为黄金工业开辟了新的前景。

我国的社会主义建设和对外贸易的发展对黄金需求量越来越大。因此, 需要我们大力发展黄金工业。要按照我国资源的特点, 发展具有中国特色的黄金工业, 要注意学习和引进国外先进技术, 不断提高我国黄金采选冶的科研和生产水平, 为振兴我国黄金事业而努力。

一、世界金工业概况:

1. 资源情况:

世界黄金资源(我国除外)总量约为6万吨, 其中20%为伴生资源。各国黄金储备量见表1。

表1 世界黄金储量

国 名	金属量(吨)	占总量的百分比(%)
发达国家		
澳大利亚	1215	3.7
加拿大	405	1.3
日本	155	0.5
南非	16485	51.1
美国	1400	4.3
欧洲	310	1.0
小计	19970	61.9
不太发达国家		
加纳	125	0.4
墨西哥	375	1.2
菲律宾	620	1.9
津巴布韦	465	1.4
其他美洲国家	1495	4.6
其他非洲国家	310	1.0

续表 1

国 名	金属量 (吨)	占总量的百分比 (%)
太平洋沿岸国家	590	1.8
其他亚洲国家	310	1.0
小 计	4290	13.3
中央计划国家		
苏 联	7775	24.1
其他国家	220	0.7
总 计	32255	100.0

资料来源: *minerals Handbook* 1982—83

我国至1982年共探明309个金矿点, 占世界总储量1.30%, 居世界第七位。

世界黄金总储量估计有 61250 吨。由于最近几年黄金价格大大提高, 所以无论是这估计数, 还是表上所列数字都是非常保守的。

2. 产量、储备量及消耗量:

(1) 产量

目前世界上有30多个国家生产黄金, 其中有20多个国家开采黄金矿。其它国家的黄金都是金属矿的副产品。近年来, 世界黄金年产量为1200吨左右, 其中西方世界约为1000吨左右。世界副产金约为120多吨, 占世界金产量的10%, 西方世界副产金量约70多吨, 占西方世界金产量8%。

1982年世界黄金总产量为1275吨, 几乎与1981年相等。南非 664.3 吨, 占世界黄金总产

表 2 西方世界的黄金矿产量

单位: 吨

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
南非	909.6	855.2	758.6	713.4	713.4	699.9	706.4	705.4	675.1	657.6	664.3
加拿大	64.7	60.0	52.2	51.4	52.4	54.0	54.0	51.1	50.6	53.0	62.5
美国	45.1	36.2	35.1	32.4	32.2	32.0	31.1	29.8	30.2	42.5	43.5
其他非洲											
加纳	22.5	25.0	19.1	16.3	16.6	16.9	14.2	11.5	10.8	11.6	12.0
津巴布韦	10.9	10.5	10.4	11.0	12.0	12.5	12.4	12.0	11.4	11.6	13.4
其他	1.7	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.5	8.0	12.0	15.0
扎依尔	2.5	2.5	4.4	3.6	4.0	3.0	1.0	2.3	3.0	3.2	4.2
小计	37.6	39.7	35.4	32.4	34.1	33.9	29.6	28.3	33.2	38.4	44.6
拉丁美洲											
巴西	9.5	11.0	13.8	12.5	13.6	15.9	22.0	25.0	35.0	35.0	34.8
哥伦比亚	6.3	6.7	8.2	10.8	10.3	9.2	9.0	10.0	17.0	17.7	15.5
多米尼加共和国	—	—	—	3.0	12.7	10.7	10.8	11.0	11.5	12.8	11.8
智利	—	3.2	3.7	4.1	3.0	3.0	3.3	4.3	6.5	12.2	18.9
其他	9.0	4.7	2.2	1.9	5.0	5.0	5.2	3.7	5.9	8.1	9.0

续表 2

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
秘鲁	2.6	2.6	2.7	2.9	3.0	3.4	3.9	4.7	5.0	7.2	7.2
墨西哥	4.6	4.2	3.9	4.7	5.4	6.7	6.2	5.5	5.9	5.0	5.2
尼加拉瓜 共和国	2.8	2.8	2.4	1.9	2.0	2.0	2.3	1.9	1.5	1.6	2.9
小计	34.8	35.2	36.9	41.8	55.0	55.9	62.7	66.1	88.3	99.6	105.3
印度	3.3	3.3	3.2	3.0	3.3	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.2
亚洲											
菲律宾	18.9	18.1	17.3	16.1	16.3	19.4	20.2	19.1	22.0	24.9	26.0
日本	7.8	6.2	4.5	4.7	4.6	4.8	4.9	4.4	4.2	3.5	3.8
其他	2.7	2.7	2.7	2.7	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.8	3.6
小计	29.4	27.0	24.5	23.5	23.9	27.2	28.1	26.5	29.2	32.2	33.4
欧洲	13.2	14.3	11.6	11.0	11.4	13.2	12.5	10.0	8.6	8.5	10.6
大洋洲											
巴布亚新 几内亚	12.7	20.3	20.5	17.9	20.5	22.3	23.4	19.7	14.3	17.2	17.8
澳大利亚	23.5	17.2	16.2	16.3	15.4	19.2	20.1	18.6	17.0	18.4	27.4
其他	3.2	2.8	2.2	2.2	2.3	1.8	1.1	1.0	1.0	1.1	1.2
小计	39.4	40.3	38.9	36.4	38.2	43.3	44.6	39.3	32.3	36.7	46.4
总计	1177.1	1111.2	996.4	945.3	963.9	962.3	971.8	959.2	950.1	971.1	1012.8

资料来源: Consolidated Gold Fields PLC 1983

表 3 苏联黄金矿产量

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
苏联	265.7	273.2	286.4	282.0	301.8	312.6	249	335.8	340.2	358.6	337.4

量的52.1%，居世界第一位，苏联为337.4吨，占世界黄金产量的26.46%，居世界第二位。中国为27.15吨，占2.13%，居世界第六位。其他西方世界近年来的黄金产量列于表2，苏联的列于表3。

(2) 黄金储备量:

世界黄金储备情况见表4和表5;

表4 1982年黄金储备(按选择的国家和地区分)

	百万两	吨	价值 (百万美元)	
			400 美元/盎司	600 美元/盎司
中央银行储备				
美国	264.0	8211.06	105,600	158,400
德国*	95.2	2960.96	38,080	57,120
法国*	81.9	2547.29	32,760	49,140
瑞士	83.3	2590.84	33,320	49,980
意大利*	66.7	2074.54	26,680	40,020
其他*	341.4	10618.39	112,600	168,900
小计	932.5	29003.08	349,040	523,560
国际组织				
国际货币基金组织	103.4	3216.00	41,360	62,040
国际结算银行	7.3	227.05	2,920	4,380
欧洲货币基金组织	85.7	2665.48	34,280	51,420
中央计划经济国家				
苏联 (估计值)	60.0	1866.15	24,000	36,000
中国	12.7	395.00	5,080	7,620
私人储备 (估计值)				
法国	205.0	6376.01	82,000	123,000
其他欧洲国家	67.0	2083.87	26,800	40,200
中东	55.0	1710.64	22,000	33,000
远东	50.0	1555.13	20,000	30,000
印度	122.0	3794.51	48,800	73200
美国	122.0	3794.51	48,800	73200
其他	63.0	1959.46	25,200	37800
小计	684.0	21274.13	273,600	410400
总计	1885.6	58646.89	730,280	1095420

* 不包括转让给欧洲货币基金组织的量。

资料来源: *Gold Statistics and Analysis* 1983.3

表5 中央银行的黄金储备量(按国家和地区分)

单位: 百万两

	1950	1960	1970	1980	1981	1982
工业发达国家						
美国	625.0	508.7	316.3	264.3	264.1	264 (8211.06吨)
加拿大	16.6	25.3	22.6	21.0	20.5	20.3 (631.38吨)

续表 5

	1950	1960	1970	1980	1981	1982
澳大利亚	2.6	4.2	6.8	7.9	7.9	7.9 (245.71吨)
日本	0.2	7.1	15.2	24.2	24.2	24.2 (752.68吨)
奥地利	0.2	8.4	20.4	21.1	21.1	21.1 (656.26吨)
比利时*	16.8	33.4	42.0	34.2	34.2	34.2 (1063.71吨)
丹麦*	0.9	3.1	1.8	1.6	1.6	1.6 (49.76吨)
法国*	18.9	46.9	100.9	81.9	81.9	81.9 (2547.29吨)
德国*	—	84.9	113.7	95.2	95.2	95.2 (2960.96吨)
意大利*	7.3	63.0	82.5	63.7	66.7	66.7 (2074.54吨)
荷兰*	9.0	41.5	51.1	43.9	43.9	43.9 (1365.40吨)
挪威	1.4	0.9	0.7	1.2	1.2	1.2 (37.32吨)
西班牙	3.2	5.1	14.2	14.6	14.6	14.6 (454.10吨)
瑞典	2.6	4.9	5.7	6.1	6.1	6.1 (189.73吨)
瑞士	42.0	62.4	78.0	83.3	83.3	83.3 (2590.84吨)
英国*	81.8	80.0	38.5	18.8	19.0	19.0 (590.95吨)
其他	1.6	2.7	1.5	1.4	1.7	1.7 (52.87吨)
欧洲货币基金组织	—	—	—	85.6	85.7	85.7 (2665.48吨)
小计	857.1	982.5	911.9	873.0	872.0	872.6 (2714.04吨)
发展中国家 (石油出口国)	20.8	20.3	33.5	40.0	41.7	41.8 (1300.08吨)
发展中国家 (非石油出口国)						
非洲	7.8	7.1	21.8	14.9	12.2	10.5 (326.58吨)
亚洲	12.5	13.4	17.5	32.5	32.2	32.4 (1007.72吨)
欧洲	10.1	21.6	34.9	36.2	37.8	37.0 (1150.79吨)
中东	3.5	8.9	13.7	14.9	14.9	14.9 (463.43吨)
西半球	31.2	28.3	20.8	20.8	21.9	21.7 (674.92吨)
小计	65.1	79.3	108.7	121.4	119.0	116.5 (3623.44吨)
国际货币基金组织	42.7	69.6	124.0	103.4	103.4	103.4 (3216.00吨)
国际结算银行	1.5	1.5	1.3	7.5	7.6	7.3 (227.05吨)
世界总计	987.2	1153.2	1179.4	1145.3	1148.3	1141.6 (35506.61吨)

• 1980年及1980年以后各年的数字不包括转让给欧洲货币基金组织的量。

资料来源: *Gold Statistics and Analysis* 1983.3

(3) 世界黄金供求情况

世界黄金供求关系列于表 6。

表6 民间部门的黄金供求

单位: 吨

	1978	1979	1980	1981	1982
资本主义国家矿山产量	972	959	950	971	1012
共产主义国家销售量	410	199	90	280	207
新供应的黄金	1382	1158	1040	1251	1219
官方销售	362	544	—	—	—
官方购买 (—)	—	—	230	276	98
民间部门可获得的黄金量	1744	1702	810	975	1121
其中用于					
珠宝首饰	1012	740	128	598	716
电子工业	90	100	90	89	81
牙科用金	89	87	62	62	58
其他	78	78	66	64	59
奖章、纪念章、伪币 (销售量)	51	34	16	27	22
官币 (销售量)	238	290	186	191	133
金条储存量	113	172	11	279	294
剩余的投资和投机	23	201	251	-335	-242

资料来源: *Mining Annual Review* 1983

3. 黄金价格、开采品位及成本

(1) 黄金价格

近几年来的金价变化见图1。

金价从1976年以后开始上涨, 到1980年达到最高峰, 最高达到700美元/两。从1981年开始下降, 到1982年下半年稍有回升, 但1983年又开始下降。

(2) 开采品位

由于近几年来金价上涨, 以及金矿开采技术的发展, 提高了机械化作业的程度, 因而开采品位有所下降, 一般国外已下降到2克/吨。南非最低已降到1.5克/吨。但是, 1981年由于美国银行利率提高, 不利于贷款建设黄金矿山, 加上苏联每年抛售约300—400吨黄金, 以及中东地区的政局不稳定, 不再大量收购黄金等原因, 致使金价下跌。如果金价跌至350美元/盎司, 开采品位为5克/吨以下的黄金, 企业就要亏本。

(3) 成本

黄金的生产成本, 随着开采品位下降及世界性通货膨胀而提高。南非平均每年提高21%, 美国平均提高20%。但各国的实际成本相差很大。如1981年南非平均为211美元/盎司, 而美国却高达342美元/盎司。而我国由于工人工资低, 因此虽然装备水平不如国外, 但生产成本仍然比国外低, 1980年我国平均为250元/两 (按十个主要金矿统计数字平均)。由此可见, 中国的黄金生产, 可以以1元人民币的生产成本, 换回1元美金的外汇储备。经济效益是显著的。

二、世界银工业概况

金价 (美元/两)

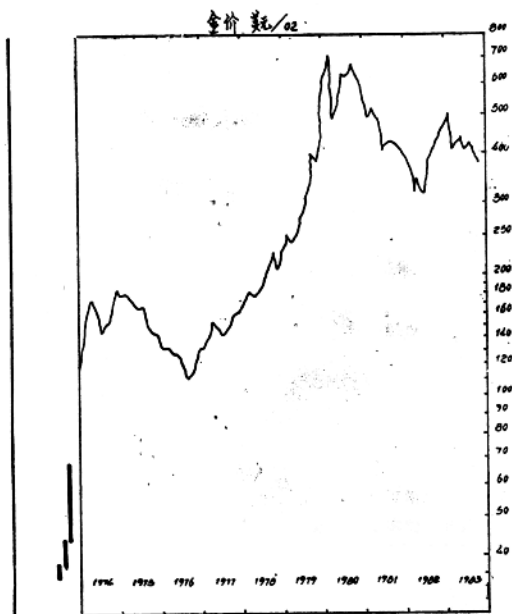


图1 1974年——1983年黄金价格

世界银资源总量约有77万吨。各国银储量见表7。

表7 世界银储量

国名	银储量 (千吨)	占总量百分比 (%)
发达国家		
澳大利亚	32	12.5
加拿大	50	19.6
美国	47	18.4
其他国家	2	0.8
小计	131	51.4
不太发达国家		

续表 7

墨西哥	33	12.9
秘 鲁	19	7.5
其他国家	10	3.9
小 计	62	24.3
中央计划国家		
苏联	50	19.6
其他国家	12	4.7
小 计	62	24.3
总 计	255	100.0

资料来源: *minerals Handbook* 1982—83

验明的世界资源估计为77万吨。大部分储量和资源与基底金属如铜、铅和锌共生。

我国银储量约占世界总储量的2.42%。居世界第七位。

在银的资源总量中,以采银为主的银矿床只占总储量的三分之一左右,主要集中在美国 and 墨西哥等国,其余的三分之二是以铅、锌、铜的副产品形式存在。若按矿石类型分,产于银矿的占38%,铜矿的占29%,铅—锌—铜矿的占21%,铅矿的占8%,锌矿的占2%,金—银矿的占2%。中国的银储量居世界第六位。

1982年世界银的总产量为11320吨,比1981年有所下降。这主要是北美大的斑铜矿副产品的产量下降之故。中国银产量居世界第七位(1981年)。

资本主义国家银的供求关系列于表8。

表 8 资本主义国家银的供求

单位:百万公斤

	1981	1982
供应量		
来源: 新的矿山产量	8.210	8.242
美国金库处理	0.012	0.065
印度和巴基斯坦出口	1.042	1.089
货币熔化	0.373	0.404
废品利用	3.266	2.519
总供应量	12.903	12.319
需求量		
工业需求量	11.299	11.109
铸币	0.187	0.367
社会主义国家进口	—	0.249
总需求量	11.486	11.725
政府和个人掌握的储备增加	1.417	0.594
总计供应	12.903	12.319

1982年的银价波动见表9。

表9 1982年银价（月平均，单位：分/盎司）

1982	组 约	伦 敦
一月	803.050	797.970
二月	826.790	828.355
三月	721.300	723.707
四月	731.071	729.285
五月	667.350	667.184
六月	557.780	556.932
七月	649.660	644.210
八月	713.613	706.557
九月	892.548	873.725
十月	945.750	939.910
十一月	989.170	978.440
十二月	1058.620	1057.230
年 平 均	794.728	791.959

三、世界黄金工业现状与水平：

世界主要产金国有南非、苏联、加拿大、美国、巴西和中国。

南非以脉金为主，矿体大、品位高；大多数金矿埋藏较深，用地下开采，主要以长壁法、房柱法为主，只有少数黄金是其他金属矿业公司的副产品。七十年代以来，不断有新选厂投产，其大多数工艺流程中包括预先筛选、重选、氰化、尾矿用硫酸浸出铀。氰化工艺比较成熟完整，浸出率95—98%，金回收率94—96.8%。

苏联以砂金为主，约占70%，脉金占30%。砂金多用采金船、据报导采金船约有135艘之多。近年来，苏联研制的电力采金船（船长235米，宽46米，装有170个斗容为600升的挖斗，挖掘深度50米）已投产，每一艘船一个采金季节约可采砂矿200万立方米。近年来又具有一些可用露天开采的低品位砂矿。

矿山选金厂不断引进新技术，六、七十年以来注意运用氰化法、氯化法，并研究了硫脲等法。

加拿大主要是脉金矿。副产黄金占25.5%，砂金只有0.5%。以中小型矿山为主，规模较小，数量较多。与我国的黄金资源特点较为相似。以地下开采为主，采矿方法多采用深孔崩矿法，机械化分层充填法，留矿法，房柱法，长工作面水平分层充填法等。许多选矿厂已完全实现机械化和自动化，选矿厂在自动控制的基础上进行连续自动分析，每15分钟显示一次分析结果，及时指导生产。

美国金矿以露天开采为主，其黄金产量40%是有色金属矿副产品的综合回收。最大的霍姆斯特克金矿已采用VOR法进行回采，大大提高了劳动生产率，达34.8短吨/人班。该矿把混汞氰化流程改为炭浆法。捷特切尔为美国第二大矿，该矿处理含砷矿石，在生产上采用

沸腾焙烧后氰化的流程。

中国黄金资源以脉金为主，绝大多数为地下开采。近年来脉金和砂金开采比例见表10。

表10 中国近年来脉金和砂金开采比例

		1979年	1980年	1981年	1982年
脉	金	87.71	88.57	87.40	84.99
砂	金	12.29	11.43	12.60	15.01

中国黄金矿山以中、小型为主，采矿方法比重见表11。

表11 中国黄金矿山采矿方法比重

采 矿 方 法		所 占 比 重	
		%	合计 %
留 矿 法	浅 孔 留 矿 法	42.68	42.68
空 场 法	全面法	10.30	25.86
	房柱法	9.65	
	分段法	5.91	
充 填 法	削壁充填法	15.88	31.46
	干式充填法	2.32	
	水力尾砂胶结充填法	13.26	
合 计		100	100

近年来世界黄金工业在技术上也有一些新的发展，现将黄金生产及科研的国内外主要情况按各主要工序及专业介绍如下：

1. 采矿技术

(1)、地下矿山井巷掘进

1) 竖井掘进：南非采用多层吊盘作业，掘进速度为60—107米/月，我国目前平均为20—30米/月。

2) 天井掘进：国外已开始采用天井钻机掘进天井。钻进速度较快，能达到2.3—3.6米/小时，并且作业安全，井壁稳固、平滑、成本低，只是设备费用较高。我国目前仅在个别矿山进行试验。另外国外有用呈罐法和爬罐法掘进的，月进尺一般在100米以上；我国部分黄金矿山也有用吊罐法掘进的，月进尺为60—100米。一些矿山采用普通掘进法，平均月进尺才20米左右。

3) 平巷掘进：近年来国外采用凿岩台车配以液压凿岩机和铲运机出矿。断面为 3.3×3.3 米²的平巷月进尺达240米。加拿大康矿采用Atlas Copco BBQ—35轻型钻机，及Atlas Copco LM—50型装岩机，坑内运输采用2吨、4吨、8吨等电瓶车，1米³V型矿车和2米³侧卸矿车，掘进9英尺×9英尺(2.7米×2.7米)断面的平巷，工效为0.8米/工班。我

国一般用7655、Y^T-25型凿岩机、华一I型装岩机，运输设备采用1.5—7吨架线电机车，掘进2.2×2.2米或2×2米的平巷，平均工效为0.24米/工班。

(2). 采矿方法:

1) 充填法: 由于灵活性和适应性较大, 不论矿体形态如何, 均可回采到边界, 并能找到矿体的延续部分, 有利于控制品位, 贫化损失小, 如加强矿柱回采或采用一步骤回采方案, 回采率也较高, 是回采高品位贵金属的一种较为理想的采矿方法。特别是在发展了机械化分层充填工艺之后, 有的矿山采用了全液压凿岩台车凿岩, 铲运机出矿, 坑内柴油卡车运输, 大大提高了充填法的生产效率, 使充填法的使用比重显著增加。如加拿大多姆金矿的机械化分层充填法采用Joy上向式凿岩台车配两台AL37M型凿岩机凿岩, 用美国瓦格纳公司ST2A、ST2B、ST2D型柴油铲运机和加拿大Jarvis Clark公司出品的JS100E型电动铲运机及Atlas Copco 510 Cawo型装载机装运矿石。炮孔深12英尺(3.66米), 凿岩效率为40—50个炮孔/工班(146—183米/工班)。采场生产能力视采场大小而定, 一般在2000短吨/月到7000短吨/月之间。我国黄金矿山目前尚未使用这种机械化充填采矿法。

2) VCR法: VCR法是根据C.W. 利文斯顿的漏斗爆破理论, 由加拿大工业公司和国际金属公司合作, 研究出来的一种新采矿方法。1972年在加拿大国际金属公司莱瓦克矿试验成功的。迄今为止的实践证明, VCR法是目下地下硬岩矿山最安全的采矿方法之一, 在采矿成本和劳动生产率方面也可与其它方法媲美。美国霍姆斯特克金矿1977年也开始进行VCR法的试验工作。使用潜孔钻机, 由加德纳丹佛A TD3100履带式底盘、TRW米申钻架和回转头装配而成。炮孔网度为2.4×2.4米, 深度为42.7—53.3米。台班效率为4.75米。使用Towex Extra水胶炸药, 单位耗药量约为0.75公斤/吨。劳动生产率高, 成本低, 与该矿原有采矿方法的比较见表12。

我国黄金矿山尚未采用此种方法。但已拟于金厂峪金矿进行试验。

表12 成本和劳动生产率对比表

项 目	采场无支护的水平分层充填法	中深孔分段采矿法	VCR法
1980年实际采矿成本和附加费, 美元/短吨	10.65	4.79	9.47
1980年劳动生产率, 吨/工班	15.1	28.8	28.3
1981年实际采矿成本和附加费, 美元/短吨	16.47	13.02	6.21

3) 无爆破采矿法: 目前, 南非正在试验无爆破采矿法, 可望在80年代能应用于生产。这种采矿方法的特点是: 可节省人力和材料; 24小时可连续采矿; 多用来开采岩石不稳固的矿体, 利润大。使用的设备有旋转多刃岩石切削机、回转锤采矿机和高能液压冲击锤破碎采矿机、往复链式运输机和振动式运输机等。

(3). 采用以铲运机为主体设备的无轨采矿技术。

世界各国的黄金矿山，已开始采用铲运机装运矿石。铲运机主要有柴油驱动和电力驱动两类，电动铲运机的优点是：①消除了柴油废气对井下的污染，大大减少了通风需要量；②噪音小；③可运转较长时间而不用维修，生产率可比同级柴油铲运机高20%以上，同时由于电力——液压系统能进行无级调速，轮胎寿命比柴油铲运机的长，如在分层充填法条件下，柴油铲运机的轮胎摊销费为0.84元/吨，电动铲运机仅为0.49元/吨。缺点是，运距常受电缆卷筒缠绕长度的限制，目前一般为200米，最大为300米，并且只能在线路较固定的情况下使用，灵活性小。但在作业空间较小，运距短而线路固定的情况下，其优点是显著的。

1972年加拿大贾维斯科拉克公司制造了第一台JS-105E型斗容为0.8立方米的卷绳式电动铲运机，并于1973年1月首次用于多姆金矿的留矿法作业中，向2.4立米的侧卸式有轨矿车上装矿，作业率达93%，在单程运距为52米的条件下，平均装运效率达250吨/台班。以后又有两台在分层充填法回采工作面装运矿石，其中一台并装有无无线电遥控装置，在危险地点作业时，工人可不必进入工作面。美国霍姆斯特克金矿也在深孔崩矿法采场中使用了1.7立方米的电动铲运机，在放矿口进行矿石装载作业，效果很好。

我国在金厂峪金矿全面法采场中，也试用EHST-1型电动铲运机进行出矿，出矿能力达60—80吨/台班。

(4) . 采空区支护和顶板支护。

国外黄金矿山的采空区，一般都进行处理，通常采用尾砂事后充填或用坑内废石就近进行充填，这样既减少了尾矿坝建筑和废石外运的工作量，又进行了空区处理，有利于地压管理。

国外在顶板不稳固的矿山，一般都采取支护措施。加拿大采用涨壳式锚杆进行支护，锚杆长2.4米，直径为16毫米，锚杆间度为 0.6×1.5 米。有的锚杆之间还加用钢带连结，钢带规格长 $\times$ 宽 $\times$ 厚为 $1500 \times 100 \times 3$ 毫米，美国霍姆斯特克金矿，在VCR法采场中进行长锚索支护，效果很好，节省了大量木材，降低了贫化损失，保证了作业安全，简化了生产工艺，有利于实现采场的机械化作业，节省了劳力。长锚索的安设网度视顶板稳固程度而定，一般采用 1.8×1.8 米， 2.4×2.4 米和 3×3 米，锚索所用钢绳有双股的，和单股两种。双股的，每股直径为15.9毫米，孔径为33.5毫米；单股的，直径为28.6毫米，孔径为57.2毫米。锚杆孔用Atlas Copco公司生产的BBU-120型钻机钻孔，孔深一般为12—15米，最大为18.3米。长锚索的支护费用平均每米17.8美元或每吨矿1.3美元，与传统的木支护相比，直接成本约降低16%。

我国湘西金矿已开始采用长锚索支护，焦家金矿也正准备试验，锚杆支护于1980年以后已在金矿推广使用，锚杆种类也已由楔缝式发展到涨壳式、管缝摩擦式和砂浆锚杆。

(5) . 金刚石钻机探矿。金矿体的赋存条件比较复杂，用常规的勘探网度布置探矿工程不易达到摸清矿脉产状的要求。国外多采用探矿效率高而成本低，作业条件好的金刚石钻机代替探矿速度慢而探矿费用高的坑探来进一步弄清矿体的赋存条件。加拿大金矿山使用金刚石钻机，钻孔速度为0.2米/分，效率为50米/工班，钻头寿命为51米。成本为6—14.5加元/米。仅为坑探100—110加元/米的6—13%。我国湘西金矿，金厂峪金矿等也先后采用了从加拿大引进的JKS-25型金刚石钻机探矿，钻孔速度为7.5米/小时。使用国产钻头，寿命为10—33米。

2. 选冶技术:

(1) 重选:

重选选别金、银矿物时主要用作粗选,常与混汞配合使用。在砂金选别中无论是采金船或重选厂乃至群众采金中重选占相当重要的地位。主要设备由溜槽、跳汰、摇床等设备组成重选工艺流程。据报导我国单机作业选矿回收率为:固定溜槽60—80%;胶带可动溜槽80—90%;国产跳汰机80—90%;荷兰圆型跳汰机与矩型跳汰机96—98%;摇床85—97%。国外在设备配套和大型化等机械化及自动化水平方面都较高,故生产指标较好。苏联、加拿大等国在浮选和氰化前用短锥水力旋流器选金取得较好效果。还有应用重介质选矿法选金的。今后我国应要在洗选设备逐渐适用配套,以提高选矿处理量与有效的回收细粒金,同时对选工艺流程逐渐完善、创造适宜的选别条件,以最大限度的提高选矿回收率。

(2) 混汞法:

磨碎的金矿石以及重选精矿采用混汞法处理,这是较普遍应用的方法。但是由于汞毒以及汞对环境的污染,混汞法的应用受到限制。近年来,在生产实践中偏重于采用内混汞法。美国处理脉金矿石采用混汞法,所占比重较大,约达25—30%。我国应用混汞法历史也较久并占有一定比重,近年来注意防治汞害和对环境污染方面采取了一些必要的措施。

(3) 浮选——氰化法:

浮选用于处理含金黄铁矿或砷黄铁矿的矿脉,以及粗粒自然金多的矿石。最适宜的浮选粒度范围从15—300微米。当金的粒度为50微米或更细时用氰化是适合的。浮选通常和氰化联合使用。其中浮选选出黄铁矿精矿或含金铜精矿、丢弃贫尾矿。然后将产出的精矿进行直接氰化,或先经某些预处理,使精矿适于氰化,如进行焙烧或高压氰化。浸出含氰化溶液用锌丝或锌粉置换。

浮选——氰化法是现代提金的主要方法,它广泛用于苏联和其他国家的工业实践中,世界上以这种方法从矿石中回收金属在70%以上。是比较成熟的经典方法。在我国,氰化也多与浮选配合使用,浮选精矿或尾矿进行氰化要依矿物性质而定。为了使贵金属在氰化液中溶解正常进行,国外许多氰化厂都广泛采用阶段浸出、并且得到了较好指标。如帕米尔·波丘潘公司选厂的浮选精矿氰化,采取四浸四洗流程,氰化总回收率为98.92%,我国山东玲珑选厂过去为一浸一洗氰化流程处理铜硫金分离的尾矿,总回收率仅达86.67%,目前改为二浸二洗氰化流程使氰化总回收率达92.03%(提高了5.36%)。并将锌丝置换法改为锌粉置换法已在生产中应用,提高置换率1.05%,其他技术经济指标得到改善,增加了经济效益。

(4) 炭浆法提金工艺:

自1973年世界第一个炭浆法提金厂在美国霍姆斯特克金矿问世以来,其工艺与设备不断得到改进与完善,迄今,已摸索和总结出一套成熟的经验。当前这一工艺在西方主要产金国正在迅速发展,如在美国、南非、加拿大、澳大利亚、菲律宾和智利等国已有三十多座炭浆法提金厂正在设计与施工之中。炭浆法提金工艺宜于处理低品位,含泥高和呈细粒浸染散布,需要细磨而难于进行固液分离的含金矿石。炭浆法提金工艺与传统氰化流程比较,普遍认为:由于前者不需固液分离作业。所以具有设备少、厂房小以及投资与生产成本低等优点,因此,许多国家都积极应用此法。据报导可以节约基建投资50%,操作费用为常规厂的2/3、成本降低约35%。现在进一步研究利用浸出容器同时进行氰化和吸附,有可能降低