

难选冶

金矿石浸金

聂树人 索有瑞 编著



地质出版社

难选冶金矿石浸金

聂树人 索有瑞 编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书在论述了难选冶金矿石成因及其难选冶机理的基础上,较系统地介绍了氰化浸金、无氰浸金的新进展及焙烧预氧化、化学预氧化、生物预氧化的原理和技术方法;对高碳、高砷、高硫、微细粒嵌布(包裹)金矿石,含金多金属矿石,铜-金矿石,含金渣、石等的难浸性及提金工艺作了较详细的探讨。书中列举了国内外各类典型难浸金矿石的提金技术和生产情况,反映了国内外近年来的新进展。

本书对从事金矿勘查、开发及生产经营管理的技术人员和干部具有较强的实用性,也可供科研、教学工作者及地质矿产专业的大中专学生、培训干部等使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

难选冶金矿石浸金/聂树人、索有瑞编著. -北京:地质出版社, 1997.8
ISBN 7-116-02381-X

I. 难… II. 聂… III. 湿法冶金-浸出 IV. TF111.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 15482 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:肖 叶 朱 莉 舒志清

责任校对:范 义

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 16.125 字数: 390000

1997 年 8 月北京第一版·1997 年 8 月北京第一次印刷

印数: 1—1100 册 定价: 42.00 元

ISBN 7-116-02381-X

T·30

序

金矿的勘查与开发是现代矿业最活跃的组成部分之一，倍受世人的注目。金矿开发的新技术、新工艺正在不断改进与创新。它们在生产中的应用加速着矿业的发展，也提高了矿产资源的利用率。

我国金矿中，难选冶金矿石的比例较大。如何有效地开发利用好这部分资源，是地质、矿业界共同关注的问题。

十多年来，国内外在难选冶金矿石浸金工艺技术方面取得了明显的进展。这些进展涉及到传统氰化浸金过程的强化及非氰浸金，更多地涉及到难选冶金矿石的预处理，包括焙烧预氧化、化学预氧化和生物预氧化。将这些成果系统地收集、整理、综合、提高，介绍给读者，对我国黄金选冶工作的发展无疑具有重要的现实意义。

本书的编著者长期从事科研和情报工作。他们查阅了大量文献与情报资料，进行了综合分析和研究。书中涉及内容广泛，反映了当前国内外难选冶金矿石选冶技术的现状和水平。

本书适合地勘行业、黄金选冶行业的领导、管理工作者和广大技术人员阅读和参考。通过这本书可了解近年来国内外黄金生产的现状、难选冶金矿石提金的症结及主攻方向，从而可广开思路，正确决策。

应该承认，我国黄金地质找矿工作和黄金选冶工艺技术与发达国家相比还有不小差距。这种差距只有在不断借鉴和创造性劳动的基础上，才可能缩小。

任家琪

1997.5. 于西宁

前 言

岩金矿石都具有某种程度的难选冶性。难浸或难选冶的金矿石浸金被视为世界性难题。我国难选冶的金矿石储量较多（有人估算金远景储量达 1000t），不少矿床或矿段因金难以直接氰化浸提而成为“呆矿”，许多岩金矿山处于金回收率不高或受环境限制的困境。

据推算，我国堆浸金矿石入堆品位如能提高 1g/t，则我国金矿储量将成倍增加。

近年，国内外在难选冶金矿石开发利用上取得了许多突破性进展，在强化氰化浸出、焙烧预处理、化学预处理、生物预处理及非氰浸金等诸多方面出现了许多新工艺、新技术、新方法和新设备。金回收率的提高，使金矿石入选品位不断降低，使许多过去难以利用或废弃的黄金资源（包括低品位金矿石，含金渣、石等）得以开发，使低效益矿山变为收益丰厚的矿山。同时，也使环境污染得以控制或消除。

本书在广泛收集和分析研究国内外大量文献资料的基础上，对难选冶金矿石的成因、类型及浸金机理进行了论述，对近年来国内外在各类难选冶金矿石浸金工艺技术上的新进展进行了较详细的介绍。书中所列的世界上许多典型难选冶金矿石的特征、浸提金试验资料、工艺过程选择、生产技术参数等可以给地勘工作者、岩金选冶工作者以重要借鉴和启迪。

但是，我们也要指出，书中所介绍的许多选冶方案并不一定就是最佳方案。正如我们在绪论中指出的，没有任何一种岩金提取的工艺技术可以普遍适用于所有类型的金矿石提金。即便是对于提取率大于 90% 的易浸金矿石，由于矿石特征的差异，金矿所在地的环境条件的不同，其提金的工艺技术也往往有所区别。因此，只有在详细研究具体矿床（矿石或其他矿物原料）特征和环境条件的基础上，才可能在工艺技术和设备选型方面做出正确的抉择。

本书的出版得到地质矿产部青海地质矿产勘查开发局的大力支持，也得到中国科学院西北高原生物研究所的协助；魏锦萍、刑国忠、王永祥、姜福林、刘文德参与了本书部分章节的修改，数据、图件的校订及资料文献的收集工作。作者在此一并致谢。

书中引用的文献资料主要源于近期书刊。限于编著者水平，引据片面以至谬误、疏漏之处在所难免，恳望批评指正。

编著者

1997.1.

ISBN 7-116-02381-X



9 787116 023819 >

ISBN 7-116-02381-X
T · 30 定价: 42.00 元

目 录

序

前 言

第一章 绪论	(1)
1.1 黄金资源	(1)
1.1.1 世界黄金资源概况	(1)
1.1.2 中国黄金资源概况	(4)
1.2 黄金开发利用现状	(7)
1.2.1 世界黄金开发利用现状及供需	(7)
1.2.2 中国黄金开发利用现状及与世界的差距	(11)
1.3 全球按提取方法分类的金产量与“难选冶”概念的相对性	(13)
1.3.1 全球按提取方法分类的金产量	(13)
1.3.2 “难选冶”概念的相对性	(15)
1.4 中国黄金工业的突破	(16)
1.4.1 探寻超大型金矿床	(16)
1.4.2 加大西部找矿步伐	(17)
1.4.3 注重在多金属老矿区寻找金矿床	(17)
1.4.4 充分开发利用低品位、难选冶金矿石	(18)
第二章 难选冶金矿石的成因	(20)
2.1 金的成矿作用	(20)
2.1.1 金在热液过程中的性状及析出条件	(20)
2.1.2 古地热在微细粒浸染型金矿床形成中的作用	(23)
2.1.3 金在动力形变中的性状	(24)
2.2 难选冶金矿石的形成特点	(28)
2.2.1 金的深源性 & 成矿的复杂历程	(28)
2.2.2 金矿形成过程中的热液作用	(28)
2.2.3 金矿化组合的复杂性与难选冶金矿石形成的地质背景	(32)
2.3 金的工业矿物	(32)
2.3.1 自然界的金矿物	(32)
2.3.2 金的主要工业矿物	(33)
2.4 金矿床的矿物组合	(36)
2.4.1 金矿床中矿物种类和组合特征	(36)
2.4.2 中国金矿床矿物组合	(36)
2.4.3 岩石类型与金的矿物组合	(38)
2.4.4 矿石类型与金的矿物组合	(38)
2.5 金在矿物中的赋存状态	(40)

2.5.1	金在黄铁矿中的赋存状态	(40)
2.5.2	金在石英中的赋存状态	(42)
2.5.3	金在矿石矿物中的含量	(43)
2.6	各类型岩金矿床的主要地质特征	(46)
2.6.1	脉型金矿床	(46)
2.6.2	蚀变岩型金矿床	(47)
2.6.3	浸染型金矿床	(47)
2.6.4	斑岩型金矿床	(47)
2.6.5	砾岩型金矿床	(47)
2.6.6	铁帽型金矿床	(48)
第三章	岩金矿石的难浸性及氰浸过程的强化	(49)
3.1	重选-浮选法选金	(49)
3.1.1	提金原料制备	(49)
3.1.2	重选法	(50)
3.1.3	混汞法	(51)
3.1.4	浮选法	(51)
3.2	氰化法提金	(51)
3.2.1	金浸取的影响因素	(53)
3.2.2	氰化操作	(54)
3.2.3	全泥氰化浸出	(56)
3.3	岩金矿石的难选冶性	(58)
3.3.1	金矿石自身的难浸性	(58)
3.3.2	经济上的难选冶性	(59)
3.3.3	环保限制上的难选冶性	(59)
3.3.4	难选冶金矿石提金途径	(60)
3.4	难选冶金矿石的强化氰化浸出	(60)
3.4.1	多段浸出法	(60)
3.4.2	加压氰化法	(61)
3.4.3	搅拌强化法	(61)
3.4.4	过氧试剂助浸法	(62)
3.5	氰化炭浆法提金	(67)
3.5.1	炭浆法(CIP)与炭浸法(CIL)	(68)
3.5.2	载金炭解吸与电积	(69)
3.5.3	炭再生	(69)
3.5.4	活性炭及炭耗	(69)
3.6	氰化树脂矿浆法提金	(70)
3.6.1	树脂矿浆法	(70)
3.6.2	池浸树脂法提金工艺	(72)
第四章	难选冶金矿石的焙烧预处理	(74)
4.1	焙烧及焙烧预处理	(74)
4.1.1	焙烧法述评	(74)
4.1.2	硫化物的焙烧过程	(75)

4.1.3	焙烧反应进行的方向	(75)
4.2	氧化焙烧与硫酸化焙烧	(76)
4.2.1	硫化物及造岩矿物的焙烧分解	(76)
4.2.2	富氧焙烧	(78)
4.2.3	硫酸化焙烧	(78)
4.2.4	影响氧化焙烧的主要因素	(79)
4.2.5	氧化焙烧-氰化浸金试验及工艺流程	(80)
4.3	氯化焙烧	(82)
4.3.1	氯化焙烧原理	(82)
4.3.2	影响氯化焙烧的因素	(82)
4.4	加盐焙烧	(83)
4.4.1	加钠盐焙烧	(83)
4.4.2	加钙盐焙烧	(83)
第五章	难选冶金矿石的化学预处理	(85)
5.1	常压化学预处理	(85)
5.1.1	常压碱浸处理	(85)
5.1.2	常压酸处理	(87)
5.1.3	湿法氯化法	(88)
5.1.4	硝酸预氧化法	(90)
5.1.5	二次氧化法	(90)
5.2	热压化学预处理热压氧浸法	(90)
5.2.1	硫化矿物在热压氧浸中的性状	(91)
5.2.2	热压氧酸浸	(92)
5.2.3	热压氧碱浸	(93)
第六章	难选冶金矿石的生物预处理	(96)
6.1	进展与现状	(96)
6.1.1	矿物生物技术 (BIOX) 简介	(96)
6.1.2	微生物预处理金矿石的进展	(97)
6.2	湿法冶金的微生物	(100)
6.2.1	微生物的特性	(100)
6.2.2	矿物生物技术涉及的微生物	(100)
6.2.3	微生物的培养基及制备	(102)
6.3	微生物的采集、分离、驯养、放大及保藏	(104)
6.3.1	菌种的采集与繁殖 (以 <i>T. ferrooxidans</i> 为例)	(104)
6.3.2	细菌的分离与钝化	(105)
6.3.3	菌种的驯化与改良	(106)
6.3.4	细菌计数和细菌生长曲线的测定	(107)
6.3.5	细菌活性的测定	(109)
6.3.6	菌种保藏	(110)
6.3.7	菌种的引入和放大	(110)
6.4	微生物湿法冶金机理	(110)
6.4.1	细菌对贵金属毒性的适应	(110)

6.4.2	硫化矿物的生物氧化	(111)
6.5	微生物湿法冶金的影响因素	(112)
6.5.1	温度的影响	(112)
6.5.2	pH 值的影响	(113)
6.5.3	表面活性剂的影响	(113)
6.5.4	金属离子的影响	(113)
6.5.5	氨离子浓度的影响	(115)
6.5.6	溶浸液氧化还原电位 (E_h) 的影响	(115)
6.5.7	阳光-紫外线的影响	(115)
6.5.8	矿石粒度及浓度的影响	(115)
6.5.9	供氧量的影响	(117)
6.5.10	二氧化碳量的影响	(117)
6.5.11	细菌自身的影响	(117)
6.5.12	抑制物质积累的影响	(119)
6.5.13	反应器(细菌浸出设备)结构及搅拌速度的影响	(119)
6.6	生物浸出的实验室研究方法	(120)
6.6.1	生物浸出对矿石的要求	(120)
6.6.2	摇瓶浸出试验	(121)
6.6.3	柱浸试验	(122)
6.6.4	槽浸试验	(123)
6.6.5	实验室的其他研究方法	(125)
6.7	金矿石生物预氧化的中试与扩大试验	(126)
6.7.1	北美中试情况	(126)
6.7.2	成本与运转费用估算	(127)
6.8	难选冶金矿石生物预处理技术的开发应用	(127)
6.8.1	贫金矿石的细菌堆浸预处理	(127)
6.8.2	细菌槽浸预氧化工艺流程	(127)
第七章	难选冶金矿石的非氰浸金	(130)
7.1	非氰浸金的应用前景	(130)
7.1.1	非氰浸金简介	(130)
7.1.2	非氰解吸	(131)
7.2	硫脲法浸金	(131)
7.2.1	硫脲法浸金研究进展	(131)
7.2.2	硫脲浸金的影响因素	(132)
7.2.3	七宝山铁帽型难浸金矿石硫脲浸金试验	(135)
7.3	硫代硫酸盐法浸金	(137)
7.3.1	原理及应用	(137)
7.3.2	浸金试验	(138)
7.3.3	新疆伊宁提金试验站的海波(硫代硫酸钠)法生产	(139)
7.4	水氯化法浸金	(139)
7.4.1	浸金原理	(139)
7.4.2	浸金试剂及其浸出	(140)

7.4.3	氯化浸金的某些试验及浸出方法介绍	(142)
7.4.4	氯化浸出中金的分离与提取	(147)
7.5	多硫化物法浸金	(148)
7.6	有机腈法浸金	(148)
7.7	溴化法浸金	(148)
7.8	碘法浸金	(149)
7.9	其他非氰药剂浸金	(149)
第八章	难选冶金矿石堆浸提金	(150)
8.1	岩金矿石的堆浸	(150)
8.1.1	堆浸提金的意义	(150)
8.1.2	低品位金矿石堆浸	(151)
8.1.3	堆浸时矿石的难浸度	(151)
8.2	我国的堆浸提金现状	(152)
8.2.1	堆浸技术在我国引进与发展	(152)
8.2.2	我国一些矿山的堆浸生产情况	(153)
8.2.3	我国难选冶金矿石堆浸研究方向	(155)
8.3	堆浸提金工艺简述	(156)
8.3.1	堆浸提金工艺流程	(156)
8.3.2	低品位金矿石渗滤池浸工艺及试生产结果	(157)
8.3.3	堆浸工艺与其他选冶工艺的联合应用	(158)
8.4	提高低品位难浸金矿石堆浸成效的某些措施	(160)
8.4.1	永久性堆场的采用	(160)
8.4.2	加助浸剂堆浸	(161)
8.4.3	难浸金矿石预处理-堆浸	(161)
8.4.4	干旱、多风、高寒地区金矿石的堆浸	(162)
8.4.5	盐水堆浸	(162)
8.5	某些难浸金矿石的堆浸	(163)
8.5.1	粘土质、粉质矿石的堆浸	(163)
8.5.2	含碳质物金矿石的堆浸：氯化预处理-堆浸	(164)
8.5.3	含金硫化矿石的堆浸	(164)
第九章	含砷微细粒金矿石浸金	(166)
9.1	含砷微细粒金矿石的难浸性	(166)
9.1.1	含砷微细粒金矿石提金的意义	(166)
9.1.2	含金黄铁矿-砷黄铁矿的氧化特性及浮选分离	(166)
9.1.3	砷矿物在氰化液中的性状	(167)
9.2	试验与生产实例	(168)
9.2.1	选冶试验	(168)
9.2.2	生产实例	(172)
第十章	“劫金”矿石浸金	(182)
10.1	“劫金”矿石的难选冶性	(182)
10.2	选冶试验与生产实例	(182)

10.2.1	选冶试验的某些方法和结果	(182)
10.2.2	生产实例	(185)
第十一章	微细粒嵌布-包裹金矿石及“三高”矿石浸金	(189)
11.1	微细粒嵌布-包裹金矿石的难浸性	(189)
11.2	“三高”矿石提金工艺的复杂性	(189)
11.2.1	用焙烧法处理“三高”矿石的得与失	(189)
11.2.2	焙烧-氰化金回收率低的原因	(190)
11.2.3	碳质物的剔除或钝化	(191)
11.3	选冶试验与生产实例	(192)
11.3.1	鄂东张海金矿石: 焙烧-热压氧化联合流程试验	(192)
11.3.2	生产实例	(196)
第十二章	金-多金属矿石提金	(200)
12.1	多金属共伴生金矿石中金的提取	(200)
12.1.1	金-多金属矿床中的共伴生金	(200)
12.1.2	伴生金的提取	(201)
12.2	生产实例	(202)
12.2.1	乌兹别克斯坦阿尔马累克金-铅锌矿石: 浮选(含金铅锌精矿)法	(202)
12.2.2	哈萨克斯坦佐洛图申斯克金-铅锌矿石: 浮选(含金铅铜精矿)法	(203)
12.2.3	吉林夹皮沟多金属型金矿石: 混汞提金-浮选(金精矿)法	(203)
12.2.4	哈萨克斯坦列宁诺戈斯克金-铅锌矿石: 重选-浮选(含金铅锌精矿)法	(203)
12.2.5	澳大利亚皮克多金属-金矿石: 重选-浮选柱-氰浸法	(203)
12.2.6	希腊奥林皮亚斯多金属-金矿石: 优先浮选-热压氰化法	(204)
12.2.7	河北张全庄多金属-金矿石: 混汞-炭浆法	(204)
12.2.8	南非贝萨铀-金矿: 氰化炭浆法	(204)
12.2.9	加拿大季安特含砷锑(银)金矿石: 氰化-炭浆法	(204)
12.2.10	加拿大戴维贝尔锑-金矿: 氰化-炭浆法	(205)
12.2.11	南非默奇联合公司锑砷-金矿石: 精矿充气氧化-管道加压氰浸法	(205)
12.2.12	山东莱芜钢城含金多金属-铁矿石: 浮选-磁选-氰化法	(206)
第十三章	铜-金矿石浸金	(207)
13.1	铜-金矿石的难浸性	(207)
13.2	铜-金矿石开发利用途径和方法	(208)
13.2.1	铜-金矿石选矿工艺和流程结构的改进	(208)
13.2.2	浮选新进展	(209)
13.2.3	更新浮选设备和研制高性能浮选柱	(211)
13.2.4	选矿新药剂的研制与应用	(212)
13.3	试验与生产实例	(212)
13.3.1	试验	(212)
13.3.2	生产实例	(217)
第十四章	其他难选冶金矿石及含金物料浸金	(220)
14.1	碲金矿石	(220)
14.1.1	含碲金矿物及其预处理	(220)

14.1.2 生产实例	(221)
14.2 被覆金矿石	(222)
14.2.1 矿石特征及其难浸性	(222)
14.2.2 美国麦克劳林微细粒包裹-被覆金矿石; 热压氧酸浸-炭浆法	(222)
14.3 铝土矿型金矿石	(223)
14.3.1 矿石特征及其难浸性	(223)
14.3.2 澳大利亚博汀顿铝土矿型金矿石; 炭浸法	(223)
14.4 有色金属矿山、金矿山的含金渣、石浸金	(223)
14.4.1 含金渣、石浸金的意义	(223)
14.4.2 芒特摩根含金铜矿山尾矿铜氰配合物浸金试验及工艺设计	(224)
14.4.3 生产实例	(225)
14.5 黄铁矿烧渣提金	(230)
14.5.1 烧渣的组成及金的赋存特征	(230)
14.5.2 烧渣金的提取方法	(230)
14.5.3 生产实例	(232)
第十五章 难选冶金矿石预氧化法的技术经济评价	(235)
15.1 金矿石选冶的技术经济评价	(235)
15.1.1 金矿石选冶工艺技术评价的必要性	(235)
15.1.2 难选冶金矿石浸金工艺的技术筛选	(235)
15.2 金矿石采选冶技术经济指标及某些数据	(236)
15.2.1 我国金矿石采选冶技术经济指标	(236)
15.2.2 我国部分金矿山(选厂)选冶原材料及水、电等消耗情况	(237)
15.2.3 东北寨金矿山多工艺选冶试验的主要原材料消耗	(239)
15.3 几种预氧化法的技术经济比较	(240)
15.3.1 生物预氧化与其他工艺的生产成本比较	(240)
15.3.2 氰化法浸金与氰化法、硫脲法浸金试剂单耗比较	(242)
15.3.3 东北寨富砷碳金矿石不同选冶方法的技术经济比较	(242)
主要参考文献	(243)

第一章 绪 论

1.1 黄金资源

1.1.1 世界黄金资源概况

据美国矿业局统计,至1994年底,世界黄金保有储量为44000 t,储量基础(确定的储量+推定的储量)为60000 t(表1—1);黄金矿山遍布全世界80多个国家和地区。但金矿储量主要集中在几个资源大国的主要金矿区:南非、美国、加拿大、澳大利亚、巴西、原苏联和中国,集中了世界黄金储量的90%,其中南非就拥有世界黄金储量的43%(18000 t)。

表 1—1 1985~1994 年世界黄金储量变化

国 家	1985	1988	1989	1990	1992	1993	1994
	储量/t						
南 非	23 636 (24 880)	23 639 (24 883)	20 000 (22 000)	20 000 (22 000)	20 000 (22 000)	1 800 (29 000)	18 000 (29 000)
美 国	2 488 (2 110)	4 230 (4 666)	4 840 (5 130)	4 980 (5 480)	4 770 (5 050)	4 800 (5 000)	5 000 (5 500)
加拿大	1 306 (1 555)	1 493 (1 711)	1 700 (1 870)	1 910 (2 100)	1 780 (3 300)	1 500 (3 300)	1 400 (3 300)
澳大利亚	715 (933)	1 617 (1 711)	1 800 (2 020)	1 500 (2 700)	2 150 (2 300)	2 500 (2 700)	3 100 (3 400)
巴 西	715 (933)		930 (980)	980 (1 080)	940 (1 080)	800 (1 200)	800 (1 200)
原苏联	6 220 (7 775)	6 221 (7 776)	6 220 (7 780)	6 220 (7 780)	6 220 (7 780)	5 400 ^① (5 900)	6 100 (6 700)
世界总计	39 808 (45 095)	44 043 (48 211)	42 000 (47 000)	42 400 (48 600)	44 000 (51 000)	42 000 (57 000)	44 000 (60 000)

注:表中数字精确到整数位,括号内数字为储量基础;

①为俄罗斯与乌兹别克斯坦的总黄金储量。

据曾国凡摘译资料(1995),将世界60个最大产金地区(按1990年统计产量排序)和23个较著名金厂的地理位置示于图1—1。其中,不包括当时称之为“中央计划经济国家”的产金区。图中,第一位产金区产量为108.85t,第60位产金区产量为4.98t。

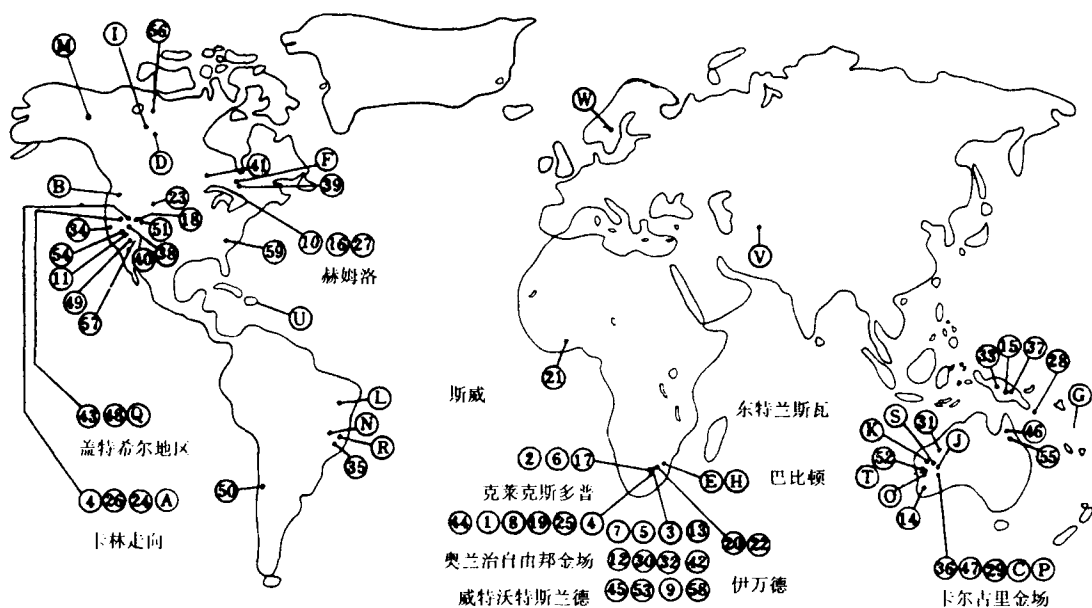


图 1—1 全球 60 个最大产金地区和 23 个著名金厂位置

(未包括当时称为“中央计划经济国家”的产金区)

(据曾国凡, 1995)

①Free gold (南非); ②Vall Reefs (南非); ③Driefontein Consolidated (南非); ④Newmont Gold (Carlin, Gold Quarry etc.) (美国、南非); ⑤Western deep Levels (南非); ⑥Hartebeestfontein (南非); ⑦Randfontein estates (南非); ⑧Harmony (南非); ⑨Kloof (南非); ⑩Page Williams (加拿大); ⑪Round Mountain (美国); ⑫Western Areas (南非); ⑬Elandsrand (南非); ⑭Boddington (澳大利亚); ⑮Ok Tedi (巴布亚新几内亚); ⑯Golden Giant (加拿大); ⑰Buffelsfontein (南非); ⑱Bingham Canyon (美国); ⑲Beatrice (南非); ⑳Winkelhaak (南非); ㉑Ashanti (加纳); ㉒Kinross (南非); ㉓Homestake (美国); ㉔Goldstrike (美国); ㉕St Helena (南非); ㉖Jerritt Canyon (美国); ㉗David Bell (加拿大); ㉘Misima (巴布亚新几内亚); ㉙Kalgoorlie Consolidated (澳大利亚); ㉚Blyvooruitzicht (南非); ㉛Telfer (澳大利亚); ㉜Deelkraal (南非); ㉝Ertser (巴布亚新几内亚); ㉞McLaughlin (美国); ㉟Morro Velho (巴西, 估计产量); ㊱Kambalda (澳大利亚); ㊲Porgera (巴布亚新几内亚); ㊳Battle Mountain (美国); ㊴Doyon (加拿大); ㊵McCoy/Cove (美国); ㊶Campbell (加拿大); ㊷Doomfontein (南非); ㊸Sleeper (美国); ㊹Lorraine (南非); ㊺Libanon (南非); ㊻Kidston (澳大利亚); ㊼Granny Smith (澳大利亚); ㊽Chimney Creek (美国); ㊾Bullfrog (美国); ㊿E₁ Indio (智利); ①Mercur (美国); ②Mt. Magnet (澳大利亚); ③Ergo (南非); ④Paradise (美国); ⑤Mt. Leyshon (澳大利亚); ⑥Lupin (加拿大); ⑦Mesquite (美国); ⑧Venterspost (南非); ⑨Ridgeway (美国); ⑩(见④)

23 个较著名金厂: ①Big Springs (美国); ②Cannon (美国); ③Central Norseman (澳大利亚); ④Con (加拿大); ⑤Consolidated Murchison (南非); ⑥Detour Lake (加拿大); ⑦Emperor (斐济); ⑧Fairview (南非); ⑨Giant Yellowknife (加拿大); ⑩Harbour Lights (澳大利亚); ⑪Haveluck (澳大利亚); ⑫Jacobina (巴西); ⑬Klondike Placers (加拿大); ⑭Morro D'Ouro (巴西); ⑮基博森山 (Mt. Gibson 澳大利亚); ⑯Finiston Gidji (澳大利亚); ⑰Rabbit Creek (美国); ⑱Sao Bento (巴西); ⑲Wiluna (澳大利亚); ⑳Youanmi (澳大利亚); ㉑Pueblo Viejo (多米尼加); ㉒Muyuntau (哈萨克); ㉓布约克达尔

世界上金资源丰富的国家一般都拥有一批世界超级大型金矿床（表 1—2）。它们为各国的经济发展立下了汗马功劳。居世界黄金储量第一的南非，拥有迄今世界上独一无二的超大型金矿床——维特瓦特兰德金矿床（田）。该矿田累计探明储量 54040t，保有储量约占世界总储量的 50%。矿田内分布着 35 座主要金矿山（南非 98% 的金产自该矿田），其中年产金 10t 以上的就有 24 座。

美国黄金保有储量为 5 000 t，占世界总储量的 11.37%。主要矿床类型为火山岩型、卡林型、斑岩型等。卡林型矿床的发现使美国黄金储量大增，估计可采储量达 2 000 t，资源量为 2 400 t。仅此类金矿床在美国储量大于 100 t 的矿床就有 8 处。

原苏联是世界砂金资源最丰富的地区。1992 年黄金保有储量 6 220 t，占世界总储量的 14.8%。位于乌兹别克斯坦境内的穆龙陶金矿床，属变质碎屑岩型，是 1969 年投产的世界级超巨型金矿床，储量 4 000 t（表 1—2）。

表 1—2 世界著名大型（>200 t）岩金矿床

序号	国 家	矿床或矿区	储 量 t	品 位 g·t ⁻¹	矿 床 类 型
1	南 非	维特瓦特兰德	54 040	9.8	变质砾岩型
2	加拿大	霍恩	297	5.3	绿岩型
3	加拿大	基德克里克	222	1.86	绿岩带块状硫化物型
4	加拿大	凯尔安德逊	307.5	16	绿岩型
5	加拿大	多姆	333	7.5	绿岩型
6	加拿大	麦金太尔	400	—	绿岩型
7	加拿大	耶洛奈夫	215	11.3	绿岩型
8	加拿大	赫姆洛	597	7.78	绿岩型
9	加拿大	埃斯凯河	205	15.86	火山岩型
10	美 国	霍姆斯塔克	1 218	6.53	绿岩带条带状铁建造中的金矿床
11	美 国	马瑟洛德	1 000	8.4	火山沉积岩系中不整合矿床
12	美 国	圣胡安	245	9.89	火山岩型
13	美 国	克里普尔克里克	594	11.88	火山岩型
14	美 国	科姆斯托克	265	37.86	火山岩型
15	美 国	朗德芒廷	261	1.34	火山岩型
16	美 国	朱诺	267	2.83	火山岩型
17	美 国	宾厄姆	1 000	0.22	斑岩型
18	美 国	金坑	306	1.3	卡林型
19	美 国	波斯特·贝茨	551	6~12	卡林型
20	墨西哥	卡托尔赛	249	41.5~82.93	
21	墨西哥	帕丘卡	210	2.66	火山岩型
22	墨西哥	塔约尔提塔	240	40~18.47	火山岩型
23	阿根廷	巴若德拉卢姆布雷拉	210	0.7	斑岩型
24	多米尼加	旧普韦布洛	600	4.97	火山岩型
25	菲律宾	“远东南”	440	1.24	斑岩型
26	菲律宾	碧 瑶	287	9.58	斑岩型
27	巴布亚新几内亚	波尔盖拉	420	3.7	火山岩型

续表

序号	国家	矿床或矿区	储量 t	品位 g·t ⁻¹	矿床类型
28	巴布亚新几内亚	利希尔岛	500	3.5	火山岩型
29	巴布亚新几内亚	潘古纳	507	1.9	斑岩型
30	巴布亚新几内亚	弗里达	234	0.28	斑岩型
31	巴布亚新几内亚	奥克特迪	128	0.5	斑岩型
32	新西兰	豪拉基地区	1 362	87.34	火山岩型
33	法国	萨尔西涅	200	14.23	变质碎屑岩型
34	印度	科拉尔	805	10.3	绿岩带条带状铁建造中的金矿床
35	澳大利亚	奥林匹克坝	1 200	0.6	奥林匹克坝型
36	澳大利亚	芒特摩根	295	3.47	斑岩型
37	澳大利亚	金哩	1 250	6	绿岩型
38	澳大利亚	本迪戈和巴拉腊特	600	12.4~27.9	变质碎屑岩型
39	巴西	莫罗韦洛	600	10~14	绿岩带条带状铁建造中的金矿床
40	加纳	奥布阿西	360	11.8	绿岩带条带状铁建造中的金矿床
41	加纳	普雷斯特阿	200	10.26	绿岩带条带状铁建造中的金矿床
42	加纳	塔夸	200	6.22	变质砾岩型
43	朝鲜	天麻	200	2~3	变质热液型
44	日本	菱刈	260	70	火山岩型
45	印尼	格拉斯贝格	1 216	1.8	斑岩型
46	乌兹别克斯坦	穆龙陶	4 000	—	变质碎屑岩型
47	吉尔吉斯斯坦	库姆托尔	316	4.4	变质碎屑岩型
48	俄罗斯	迈斯科耶	227	12	变质碎屑岩型
49	俄罗斯	宗毫巴	600	—	变质碎屑岩型
50	俄罗斯	欧林匹雅得	—	—	变质碎屑岩型

另据彭大明资料(1996),全球有超大型金矿床(100~500 t)154个,包罗了各种成因类型,遍及全世界;有巨型金矿床(500~1 000 t)18个,主要分布在南非、独联体、澳大利亚及美国;有超巨型金矿床(>1 000 t)24个,主要分布于南非、独联体、澳大利亚及美国。目前,我国只有3个金矿床可称为“世界级”:玲珑金矿床(石英脉-蚀变岩型);新城金矿床(构造蚀变岩型);北港金矿床(火山热液型)。

1994年,世界各地发现了大量金矿床,拉丁美洲、西非和东南亚的印度尼西亚、菲律宾最为突出。主要有:厄瓜多尔 Gaby 金矿床,主矿段初步查明资源量为50 t,进一步勘查显示,有可能成为世界级矿床。几内亚的 Siguiri 金矿床,估计资源量为83.3 t。科特迪瓦 Afema 金矿床,储量36 t。美国内华达卡林金矿带勘查取得进展,发现了 Deep North 等几个规模较大的金矿床。

1.1.2 中国黄金资源概况

我国黄金资源较丰富,在世界上与南非、独联体、美国、澳大利亚、加拿大相近,居世界第六位。我国除上海市外,其他省、市、自治区都发现有金矿床。大约7000多个金矿床(点)分布在全国609个县内(图1—2)。