



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12.5" GUIHUA JIAOCAI

黄金选冶

主 编 谢建宏 贾学国 张晓民

副主编 宋永辉 宛 鹤 龙 涛

李 慧 何 辉



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

黄金选冶

主 编	谢建宏	贾学国	张晓民
副主编	宋永辉	宛 鹤	龙 涛
	李 慧	何 辉	

冶金工业出版社

2014

内 容 简 介

本书对世界主要产金国的黄金储量、产量、消耗情况,以及金的性质和用途进行了简要介绍,论述了金的重选、浮选、氰化的基本原理、工艺及主要设备,详细介绍了非氰提金技术、难处理金矿的选冶方法、含金矿石选冶实践、有色重金属冶金副产品中金的回收、金的冶炼技术及氰化提金废水综合处理技术。

本教材可供矿物加工工程专业、有色金属冶金专业本科生及硕士研究生教学使用,也可供从事黄金选冶生产、科研的技术人员及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄金选冶/谢建宏,贾学国,张晓民主编. —北京:冶金工业出版社,2014.7

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6166-9

I. ①黄… II. ①谢… ②贾… ③张… III. ①炼金—高等学校—教材 IV. ①TF831

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 143344 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 [www. cnmp. com. cn](http://www.cnmp. com. cn) 电子信箱 yjcs@cnmp. com. cn

责任编辑 卢 敏 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6166-9

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京印刷一厂印刷

2014 年 7 月第 1 版,2014 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;22.75 印张;546 千字;349 页

49.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgy. tmall. com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

黃金造治
點石成金

必女題



前 言

我国是黄金生产大国。自 2007 年以来,已经连续 6 年位居世界第一。多年来,国内外在黄金选冶的理论研究和生产实践方面取得了很大进展,特别是在难选金矿选冶新技术、新工艺、新药剂,以及金矿资源的综合利用、废水废渣处理等方面取得了较大进步,如尼尔森离心选矿机、浮选柱等大型化和自动化选金设备的开发应用、难处理金矿的生物氧化预处理工艺、含硫及卤素系列非氰提金技术及金的溶剂萃取等化学精炼技术在黄金产业中的推广和应用等。为应对黄金选冶新技术的迅速发展,以及适应黄金选冶专业工程技术人才的教学培养需求,本书作者在多年来黄金选冶教学和生产管理方面积累的基础上编写了这本《黄金选冶》,对世界主要产金国的黄金储量、产量、消耗情况、以及金的性质和用途进行了简要介绍,论述了金的重选、浮选、氰化的基本原理、工艺及主要设备,并结合黄金选冶新技术及发展趋势,详细介绍了非氰提金技术、难处理金矿的选冶方法、含金矿石选冶实践、有色重金属冶金副产品中金的回收、金的冶炼技术及氰化提金废水综合处理技术等。

本教材可供矿物加工工程专业、有色金属冶金专业本科生及硕士研究生教学使用,也可供从事黄金选冶生产、科研的技术人员及管理人员参考。

本书由谢建宏、贾学国统筹并审稿,第 1、5、8、9 章由张晓民编写,第 2 章由李慧编写,第 3、4 章由宛鹤编写,第 6、7 章由龙涛编写,第 10 章由宋永辉、何辉编写。张辛未、罗小沛、屈学化、雷思明、田慧、赵振刚、姚辉、魏卓、杨超等参与了本书的资料收集、整理及校对工作。在本书写作过程中,得到了中金嵩县嵩原黄金冶炼有限责任公司的大力支持,许多厂矿、研究院所为本书提供了宝贵的资料和数据,作者在此表示衷心感谢。

由于时间仓促,水平有限,书中不足之处恳请读者批评指正。

编 者
2013 年 12 月

目 录

1 绪论	1
1.1 金的性质	1
1.1.1 金的物理性质	1
1.1.2 金的化学性质	2
1.2 金的矿床地质	2
1.2.1 金的地球化学与金矿物	2
1.2.2 世界金矿床的分类	3
1.2.3 中国金矿床主要工业类型及其分布特征	5
1.2.4 金的矿石类型	9
1.3 黄金生产及应用	10
1.3.1 世界黄金生产	10
1.3.2 中国黄金生产	12
1.3.3 金的用途	13
参考文献	14
思考题	15
2 重选法选金	16
2.1 重选原理	16
2.1.1 概述	16
2.1.2 矿粒在各种介质流中的运动	17
2.1.3 沉降过程	17
2.1.4 重力选矿的影响因素	18
2.1.5 重介质选矿	18
2.2 重选设备	19
2.2.1 分级设备	20
2.2.2 跳汰机	21
2.2.3 摇床	24
2.2.4 溜槽	29
2.2.5 螺旋选矿机	32
2.2.6 尼尔森选矿机	34
2.3 砂金矿重选选金	41
2.3.1 砂金及砂金矿	41

2.3.2 砂金矿床及其开采方法	42
2.3.3 砂金矿重力选矿	44
2.4 采金船选别	46
2.4.1 采金船基本结构	46
2.4.2 采金船使用条件	49
2.4.3 采金船分类	50
2.4.4 采金船选矿流程	52
2.4.5 采金船选别设备	55
2.4.6 采金船的生产检验	63
参考文献	67
思考题	67
3 浮选法选金	68
3.1 浮选理论基础	69
3.1.1 矿物表面的润湿性与可浮性	69
3.1.2 矿物表面的电性与可浮性	76
3.1.3 矿物表面的吸附现象	80
3.2 浮选药剂	81
3.2.1 浮选药剂的分类	82
3.2.2 捕收剂	83
3.2.3 起泡剂	90
3.2.4 调整剂	92
3.3 浮选设备	95
3.3.1 浮选机的结构及作用	95
3.3.2 浮选机的分类	103
3.4 浮选工艺	117
3.4.1 浮选流程	117
3.4.2 浮选的影响因素	121
3.4.3 浮选过程的控制	128
参考文献	130
思考题	131
4 氰化浸金	132
4.1 氰化浸金的基本原理	132
4.1.1 金的溶解	132
4.1.2 氰化浸金的影响因素	133
4.2 氰化药剂	139
4.2.1 氰化物	139
4.2.2 保护碱	143

4.3 氰化浸出方法	144
4.3.1 渗滤氰化法	144
4.3.2 搅拌氰化法	147
4.4 常规洗涤和金置换工艺	150
4.4.1 氰化矿浆的洗涤	150
4.4.2 锌置换沉淀	152
4.5 现代氰化提金工艺	157
4.5.1 炭浆法	157
4.5.2 树脂矿浆法	169
4.5.3 堆浸法	183
4.5.4 槽浸法	189
参考文献	189
思考题	190
5 非氰提金方法	191
5.1 含硫试剂提金方法	191
5.1.1 硫脲法提金	191
5.1.2 硫代硫酸盐法	195
5.1.3 多硫化铵法	196
5.1.4 石硫合剂法	197
5.1.5 硫氰酸盐	197
5.1.6 含硫试剂提金试剂的比较	198
5.2 卤素系列试剂	199
5.2.1 水氯化法	199
5.2.2 溴化法	202
5.2.3 碘化法	203
5.3 金的微生物浸出	203
5.3.1 氨基酸类浸金试剂	203
5.3.2 金的细菌浸出	204
参考文献	204
思考题	205
6 难处理金矿的选冶方法	206
6.1 概述	206
6.1.1 难处理金矿的类型	206
6.1.2 难处理金矿难选冶的原因	207
6.1.3 难处理金矿的主要处理方法	208
6.2 难处理金矿氧化预处理	208
6.2.1 焙烧氧化法	209

6.2.2 加压氧化法	212
6.2.3 化学氧化法	215
6.2.4 生物氧化法	218
6.3 强化氰化与非氰化浸出	223
6.3.1 富氧浸出和氧化剂助浸	223
6.3.2 氨氰助浸工艺	224
6.3.3 加温加压助浸工艺	225
6.3.4 其他强化浸金工艺	225
6.3.5 非氰化浸出	226
参考文献	227
思考题	228
7 含金矿石选冶实践	229
7.1 含金矿石选冶流程的选择	229
7.2 一般含金矿石选冶实践	230
7.2.1 含金石英脉矿石的选冶实践	230
7.2.2 含金黄铁矿矿石的选冶实践	235
7.2.3 含金的有色金属矿石选冶实践	236
7.3 难处理金矿选冶实践	239
7.3.1 含砷金矿石选冶实践	239
7.3.2 碳质金矿石选冶实践	245
7.3.3 金-锑矿石选冶实践	250
7.3.4 金-碲矿石选冶实践	253
7.3.5 其他难处理金矿石	257
参考文献	263
思考题	264
8 黄金冶炼	265
8.1 金的火法粗炼	266
8.1.1 火法炼金基本原理	266
8.1.2 冶炼前的除杂预处理	271
8.1.3 火法冶炼工艺流程	273
8.2 金的精炼	275
8.2.1 氯化精炼	275
8.2.2 电解精炼	276
8.2.3 化学精炼	279
参考文献	289
思考题	290

9 有色重金属冶金副产品中金的冶炼	291
9.1 金的阳极泥冶炼技术进展	291
9.2 铜、铅阳极泥的组成与性质	293
9.2.1 铜阳极泥的组成与性质	293
9.2.2 铅阳极泥的组成与性质	294
9.3 阳极泥的火法冶炼	295
9.3.1 硫酸化焙烧蒸硒-酸浸除铜	296
9.3.2 还原熔炼产出贵铅合金	298
9.3.3 贵铅氧化精炼为金银合金	299
9.4 阳极泥的湿法处理	300
9.4.1 阳极泥的贱金属脱除预处理	300
9.4.2 金(及铂、钯)的水溶液氯化法浸出和还原	304
9.4.3 银(氯化银)的浸出和还原	305
9.4.4 阳极泥的湿法处理工艺流程	306
参考文献	310
思考题	310
10 氰化提金废水的综合处理	312
10.1 来源与特点	312
10.1.1 高浓度废水	313
10.1.2 中等浓度废水	313
10.1.3 低浓度废水	313
10.2 分类与组成	314
10.3 酸化回收法	315
10.3.1 反应原理	315
10.3.2 工艺流程	316
10.3.3 应用实例	317
10.3.4 研究进展	317
10.4 离子交换法	318
10.4.1 离子交换树脂概述	318
10.4.2 离子交换原理	319
10.4.3 工艺流程	319
10.4.4 应用实例	321
10.4.5 研究进展	322
10.5 活性炭吸附法	323
10.5.1 活性炭概述	323
10.5.2 活性炭除氰原理	324
10.5.3 工艺流程	325

10.5.4 应用实例	326
10.5.5 研究进展	327
10.6 化学沉淀法	327
10.6.1 硫酸锌—硫酸酸化法	328
10.6.2 铜离子沉淀法	329
10.6.3 铁离子沉淀法	330
10.7 化学氧化法	331
10.7.1 碱性氯化法	331
10.7.2 过氧化氢法	333
10.7.3 二氧化硫—空气氧化法	334
10.7.4 臭氧氧化法	336
10.7.5 生物化学法	338
10.8 其他方法	339
10.8.1 电化学法	339
10.8.2 自然降解法	341
10.8.3 溶剂萃取法	343
10.8.4 液膜法	343
10.9 结语	344
参考文献	344
思考题	346

1 绪 论

【本章提要】 本章主要讲述了金的性质、矿床地质，以及黄金的生产概况和应用现状。其中，金的性质和用途及国内外金矿床的分类、主要工业类型和矿石类型是本章的重点。

纯金为金黄色，故称黄金（当金中含有杂质时，其颜色会发生改变，如含银使其颜色变淡，含铜时变深）。

金的元素符号为 Au，原子序数为 79，原子量为 197，在化学元素周期表中位于第六周期第一副族，与铜、银合称铜族元素。

1.1 金的性质

1.1.1 金的物理性质

金的硬度低，布氏硬度 185N/mm^2 ，矿物学硬度 3.7。18℃ 时，金的密度为 19.31g/cm^3 。纯金的熔点为 1064°C ，沸点为 2808°C 。金的常用物理参数见表 1-1。

表 1-1 金的常用物理参数

物理参数	参数值	物理参数	参数值
密度 (18℃)/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	19.31	布氏硬度/ $\text{kg} \cdot \text{mm}^{-2}$	18.5
熔点/℃	1064	矿物学硬度	3.7
沸点/℃	2808	电阻温度系数 (25 ~ 100℃)	0.0035
强度极限/ $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	122	线膨胀系数 (0 ~ 100℃)	14.6×10^{-6}
伸长率/%	40 ~ 50	电阻率/ $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	2.06
横断面收缩率/%	90 ~ 94		

金的延展性极好。1g 纯金可拉成长达 3420m 以上的细丝，可压成厚度为 $0.23 \times 10^{-8}\text{mm}$ 的金箔。这种金箔在显微镜下观察仍旧是非常致密的。金中若含极少量杂质（如铅、铋等），其力学性能也会明显降低，比如当含铅 0.01% 时金会变脆。

金的挥发性很小，在 $1000 \sim 1300^\circ\text{C}$ 时，金的挥发量是微不足道的，在 1075°C 、 1125°C 和 1250°C 下，在空气中熔化金时，经 1h，其损失量相应为 0.009%、0.10% 和 0.26%。金的挥发速度和金中杂质的性质有极大关系，也与加热时周围气氛有关。

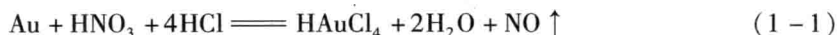
金具有良好的导电和导热性能，其电导率仅次于银和铜，在金属中居第三位，电阻率为 $2.06\mu\Omega/\text{cm}^3$ ，金的热导率为银的 74%。

1.1.2 金的化学性质

金原子的结构特点是具有充满的 5d 电子亚层, 它与 4f 电子产生的屏蔽很微弱, 因而在 6s 电子亚层上的电子和原子核之间的结合力很强。金的第一电离势能比较大 (895kJ/mol), 电负性较大 (2.54), 这些性质决定了金元素既不易失去电子也不易得到电子, 使其成惰性元素 (自然金) 存在。

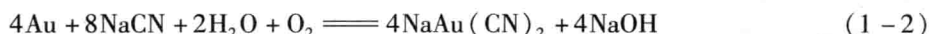
金的化学性质很稳定, 在通常条件下, 无论在低温或高温时均不被氧直接氧化, 碱对金无显著的侵蚀作用, 单独的硫酸、盐酸或硝酸对金都不起作用。

金可溶于王水, 其反应式为:



水溶液中的三价金可用二氧化硫、亚铁盐和草酸等多种还原剂还原成粉状金。

在氧存在下, 金与碱金属氰化物发生如下反应:



这个反应是氰化法从矿石中提取金的基础。溶液中的金可以用比金负电位的金属 (通常用锌) 置换还原, 这是从氰化液中回收金的常规方法, 至今仍为一些提金厂广为采用。氰化炭浆法和树脂浆法, 则使用活性炭或阴离子交换树脂吸附回收溶液中的金。

在酸性条件下 ($\text{pH} < 1$), 采用氯气 (或氯酸钠) 做氧化剂, 可以使金快速溶解, 生成金氯络合物:



AuCl_3 氧化还原电位高, 容易被低价化合物 (SO_2 等) 还原, 这是水溶液氯化法提取金的基础。

金在氧化剂 (如 Fe^{3+} 和氧等) 的参与下, 可溶于酸性硫脲液中:



这是硫脲法从矿石或精矿中浸出金的基础。此外, 硫代硫酸盐溶液、硫氰化物溶液、多硫化铵溶液等也能使金溶解, 这些方法形成非氰提金的基础。

金不仅能与其他贵金属组成合金, 还能与许多其他金属组成合金或化合物。常见的合金有: 金银合金、金铜合金、金银铜合金。此外, 还有所谓的金汞合金, 其中因金、汞比例不同, 合金可呈固体或液体状态, 这是混汞法提金的基础。

1.2 金的矿床地质

1.2.1 金的地球化学与金矿物

金在地壳中的含量很少, 其克拉值仅为 $5 \times 10^{-7}\%$, 仅相当于银的 1/21、铜的 1/18000。

金在自然界中大多数呈自然金形式存在, 形成独立矿物, 或进入其他矿物晶格缺陷

中,或吸附于某些矿物表面或裂隙中。

金是亲硫元素之一,在原生条件下金矿物常与黄铁矿、毒砂等硫化矿物共生。原生金矿被风化剥蚀及再沉积后,则形成各种类型的砂金矿。

在自然界中,金从不与硫化物形成硫化物,更不与氧等元素化合。在某些特定地质条件下,金与铋、碲、锑等元素结合形成天然化合物,如铋金矿、碲金矿、方金锑矿等。

金与银原子直径近同,晶格结构类型相同,化学性质相似,所以自然金中常杂有不同程度的银。当银的含量达到一定数量时,则可称为银金矿、金银矿等。

金与铂族元素矿物的原子直径也相差不大,因此,在自然金矿物中有时有铂族元素呈类质同象混入。当其中混入相当量的钯和铂时,可形成钯金矿、铂金矿、铂银金矿、钯铜金矿等。在以铂族元素为主的自然金属元素矿物中,有一定的金元素呈类质同象混入时,可叫做铂钯金矿和等轴金钨铀矿等。

目前,在自然界中发现的金矿物约有40多种(见附表),而资料较全的独立矿物有20多种。其中最常见的是自然金、银金矿、金银矿及金的碲化物。

在我国,矿石中金和含金矿物种类繁多,到目前为止,已发现的40多种金矿物中在中国首次发现的金矿物约20种。我国金矿资源中金的主要矿石矿物为自然金和银金矿、碲金矿、针碲金银矿、碲金银矿和黑铋金矿等。个别矿床(如金驹山、茅坪等矿床)金的碲化物也是金的主要矿石矿物之一。

金矿物在矿石中含量很少,又多呈显微粒状存在,也有一定的金呈次级显微状(放大1200倍仍发现不了)赋存在一些硫化矿物中。金矿物具有以下明显的特点:

- (1) 硬度低,维氏硬度多在 $1000\text{N}/\text{cm}^2$ 以下;
- (2) 具有很高和较高的反射率,多数矿物在60%以上;
- (3) 具有很大和较大的密度;
- (4) 反射镜下多具有不同程度的金黄色和黄色色调;
- (5) 自然金属元素金矿物具有良好的延展性。

1.2.2 世界金矿床的分类

(1) 砾岩型金矿床:又称古代变质的金铀砾岩矿床,是目前世界上储量和产量最大的金矿床。矿床成矿时代较老,主要产于前寒武纪变质地层中,矿化的含金矿层主要是砾岩和石英岩,次有炭质岩层。矿层具有多层性,单层厚度不一。自然金粒度很细,多为 $0.01\sim0.06\text{mm}$,分布于石英砾岩的泥质胶结物中。世界上最大的产金区——南非的维特瓦特兰德盆地(Witwatersrand)即属此类型,因此被称为“兰德型”金矿床。

这类矿床,除金外,若干矿床还是铀、钍及稀土元素的有经济意义的矿源。金属矿物主要有自然金、黄铁矿、晶质铀矿、碳铀钍矿、钍铀矿、钨铀矿和少量的铜、铅、锌、镍的硫化物和砷化物等。脉石矿物主要有石英、绢云母、绿泥石、黑云母等。

加拿大、加纳、巴西等都有这类矿床。我国在内蒙古、吉林、河南、黑龙江及山西等地找到了这类矿床。

(2) 近代砂金矿床:本类型砂金矿以往相对产量很大,现在则逐渐缩减到总产量的15%~20%。就其沉积方式而论,近代砂金矿有残积、坡积、洪积、阶地和海滨砂矿之分。

我国近代的砂金矿床,如云南的金沙江流域、内蒙古金盆、黑龙江的黑河一带和吉林珲春一带均为前几种砂金矿。

(3) 石英脉金矿床:该类型金矿床在世界上分布广泛,在我国的储量表中所占的比例更大。矿床一般呈脉状,也有呈网脉状、复脉状等形式,多为含金热液沿岩石裂隙或断裂充填而成。脉石以石英为主,其次为碳酸盐矿物。金属矿物以金属硫化物最常见,金矿物赋存于脉石和黄铁矿裂隙或其他金属矿物的裂隙、间隙中。金的粒度一般为 $0.005 \sim 0.1\text{mm}$ 。金的品位一般较高,伴生的银常常可以综合回收。

石英脉型金矿床在我国分布广泛:山东、河北、小秦岭地区(陕西、河南)、辽宁、吉林、内蒙古、湖南、广西等省、自治区。如广东的招远,河北的金厂峪、河南的秦岭、文峪,陕西的桐峪,辽宁的五龙,吉林的夹皮沟,内蒙古的花皮沟,广西的古袍,湖南的黄金洞等。

(4) 金及银-金碲化物矿床:这种矿床主要与第三纪火山岩有关。富含银,银为金的 $5 \sim 200$ 倍或更多。矿石中除自然金外还有碲化金。这类矿床沿太平洋火山岩带分布,在南美洲、前苏联东部、日本、朝鲜、菲律宾、缅甸及我国台湾省均有发现。

(5) 伴生金矿床:在有色、黑色、贵金属的一些矿床中,尤其在富硫、砷化物的有色金属矿床中,常常伴随一定数量的金。在国外和我国伴生金矿床都占相当比重(伴生金的储量约占黄金储量的四分之一到三分之一)。国外伴生金主要来源于斑岩铜矿床、含铜黄铁矿型矿床和硫化铜镍矿床。在我国主要有斑岩型铜(钼)矿床、矽卡岩型铜铁及钼矿床、岩浆型铜镍矿床、黄铁矿型铜矿床、铅锌矿床、钼矿床等。如:江西德兴铜矿、山西中条山铜矿、湖北大冶铜铁矿、云南大红山铁铜矿、甘肃金川铜镍矿、白银铜矿、新疆布拉克铜矿、青海玛沁德尔尼铜钴矿、青海锡铁山铅锌矿、云南元谋朱布铂钼矿等。

伴生金的品位低,一般都小于 1g/t ,但储量大,我国伴生金银矿床中约有半数为中大型,而且在一些伴生金矿中有共生金矿或者独立金矿的段矿,在一些有色金属矿床的下部或附近也有伴生金矿床与独立金矿床(如辽宁的华铜铜矿,湖南的水口山铅锌矿)。

(6) 微细浸染金矿床:1) 霍姆斯塔克型矿床:金矿体赋存于前寒武纪古老的变质岩中,明显受层位控制。美国著名的霍姆斯塔克(Homestake)金矿就是其典型代表。矿体多呈透镜状,扁豆状,似层状。矿石具有典型的沉积变质特点。金多呈自然金产出,浸染状分布,常和毒砂等硫化物伴生。2) 卡林型金矿床:产于不同时代含碳质的泥质、粉砂质、硅质、碳酸岩质等沉积岩中的矿床,美国第二大金矿,内华达州卡林(Carlin)金矿,是世界上最大的细粒浸染型(产于含碳质的碳酸盐岩地层中)金矿之一。常见的金属矿物主要是毒砂、黄铁矿、富砷黄铁矿等,脉石矿物为石英、方解石、白云石、重晶石黏土类矿物等。金多呈自然金形式以微细粒浸染状分布在矿石中,金品位较低,颗粒极细,一般为 $1 \sim 3\mu\text{m}$,一般常与有机碳、汞、砷、锑紧密共生。

卡林型金矿床在北美西部分布甚广,著名的西部金坑、贝尔、科特兹等储量达百吨级。新西兰的魏斯堡,澳大利亚的梯尔费,西班牙的沙拉威,多米尼加的波克、维州等金矿就属于该类型。

我国这类矿床主要分布在黔西南、桂西北以及滇东南三角区。有贵州的板其、丫他、戈塘、烂泥沟、紫木垌,广西的金牙、高龙,湖南的石峡、高家坳,川西北的东北寨、丘洛、桥上、杂铺子,陕西的双王、二台子,甘肃的拉尔玛,辽宁的猫岭,铜陵的马上等金

矿, 这些矿床多在大、中型以上。

1.2.3 中国金矿床主要工业类型及其分布特征

中国金矿资源丰富, 黄金开采历史悠久, 是世界上最早认识和开发利用黄金的国家之一, 但进行专门的金矿地质工作起步较晚。1949~1975年, 基本上是中国金矿床勘查与开发的初期发展阶段。20世纪80年代以来, 中国对金矿床的勘查与开发进入了较快发展阶段, 勘查了一批中大型矿床, 在胶东、小秦岭、燕辽一大青山、辽吉东部及陕甘川三角区等黄金资源和生产基地持续发展的同时, 形成了以阿尔泰、天山为中心的新疆北部产金区、广东、云南、贵州、广西、海南、甘肃及长江中下游(鄂皖赣)等一批的金矿资源和生产基地。近年来, 通过加强对重点成矿区带的调查评价, 在西部地区发现了一批大型、特大型金矿床。

1.2.3.1 中国金矿床主要工业类型

我国地域广阔、地质构造复杂, 金矿床类型繁多。对于独立金矿床, 根据含金地质体不同可分为以下10类, 即石英脉型、蚀变碎裂岩型、微细浸染型、冰长石-绢云母石英脉型、铁帽型、砂卡岩型、糜棱岩型、角砾岩型、红土型, 以及砂砾层型。

但在矿床类型上不会有一条截然的界线, 比如: 同一矿床内可能会出现含金石英脉与含金蚀变岩共存或过渡, 甚至一个矿体由含金石英脉和含金蚀变岩共同组成。

(1) 石英脉型: 其含金地质体为含金石英脉, 石英脉中抑或含有较多的其他脉石矿物, 如钾长石等。含金地质体的产出严格受断裂系统的控制, 属典型脉状矿床, 矿体与围岩界线分明。这类金矿床主要产于古板块边缘古老隆起区, 古陆或古隆起区边缘拗陷区或拗拉谷。此外, 在古生代板块边缘岛弧带或被动陆缘也有分布。属于本类型的矿床有玲珑、夹皮沟、玉龙、金厂峪、文峪、沃溪、哈达门沟及金厂等。

(2) 蚀变碎裂岩型: 其含金地质体为含金蚀变碎裂岩, 该类矿床为含金热液交代破碎带岩石而成。与石英脉型一样, 含金地质体受断裂破碎带的控制。围岩蚀变发育, 矿体与围岩为过渡关系。这类金矿床常以矿体形态简单、规模宏大、品位稳定而显示出其巨大的工业价值。其分布及产出围岩与石英脉型金矿床基本一致。焦家、新城、三山岛、上宫、银洞坡、葫芦沟、老王寨等金矿床均属此类。

这类金矿床是我国重要的金矿床类型之一。我国首先在山东招掖地区发现, 焦家金矿是该类型矿床的典型代表, 故又称为“焦家式”金矿。

该类矿床规模及矿石储量大, 是一特大型金矿床。矿体产于破碎蚀变岩带中, 矿化连续、稳定、金分布比较均匀, 可选性好, 属易浮选的矿石。围岩蚀变比较严重, 有硅化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化、高岭土化、绿泥石化同时伴有金属硫化物和金银矿化。矿石呈浸染状、细脉浸染状、网脉状、角砾状构造, 在矿与非矿之间没有明显的界线, 要靠品位圈定工业矿体, 但总体上仍形成脉矿。金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、辉铋矿、锌砷黝铜矿等。脉石矿物以石英、绢云母、方解石为主, 其次有长石、重晶石绿泥石、绿帘石等。金银矿物主要有银金矿、自然矿、碲银矿自然银等。赋存状态以包体金、间隙金和裂隙金形式存在于石英和金属硫化物中, 特别是黄铁矿中。金的粒度多在0.05~0.07mm之间。

这类金矿床主要分布在山东招掖地区, 如焦家、新城、三山岛、河东、大尹格庄、上

庄、台等地。另外在新疆、河北、河南、陕西、广东等地均有该类矿床。

(3) 微细浸染型：其含金地质体为含金蚀变破碎泥质细碎屑岩、碳酸盐岩及硅泥质岩石等。之所以称之为“微细浸染”，是因为其含金地质体中的金矿化呈浸染状，金矿物呈微细粒存在，多为不可见金。这类金矿床金以低品位大矿量为特征。该类金矿床主要产于不同大地构造单元的边缘过渡带和褶皱造山带中。容矿岩石主要为古生代—三叠纪泥质细碎屑岩、硅泥质岩石及碳酸盐岩，有的含有火山物质。现已发现的这类矿床主要分布于黔西南、桂西北、川西北、西秦岭及湘中地区。如紫木囱、烂泥沟、戈塘、金牙、高龙、东北寨、丘洛、拉尔玛、大水等。

(4) 冰长石—绢云母石英脉型：本类型金矿床含金地质体为含金石英脉，之所以将这类金矿床从石英脉型中独立出来，是因为这类金矿床与前述石英脉型金矿床相比在矿床特征、成矿地质环境方面均有其独特之处。这类矿床中，含金地质体以含有大量低温矿物组合为特征，如玉髓状石英特征的冰长石、胶状黄铁矿等。含金地质体的产出多受火山机构或与火山活动有关的构造裂隙系统的控制。在我国东部本类金矿床主要产于古陆核或中间地块中生代上叠火山盆地、板内中生代火山岩带，在西部主要产于晚古生代岛弧期后裂陷盆地中，其容矿岩石多为中酸性火山岩、次火山岩。属于本类型金矿床者如团结沟、刺猬沟、奈林沟、八宝山、阿希、马庄山等。

(5) 铁帽型：这类金矿床的含金地质体为含金铁帽风化壳。目前所发现的这类矿床虽然储量不大，但具埋藏浅、矿石易采选的特点，因而具有较高经济价值。这类金矿床的产出环境为发育含金基岩、金矿化体或有含金的硫化矿床的地区。所以，铁帽型金矿床分布的地区往往是原生金矿化或铜、铁等金属矿化集中区，如长江中下游地区。此外，干湿交替或湿热的气候及有利的地形——泄水条件也是该类型金矿床成矿环境的重要因素。属于本类型金矿床的有黄狮涝山、新桥、桃园、吴家等。

铁帽型金矿床，是地表和近地表含金地质体经风华淋滤形成，多为硫化物矿物矿床上部氧化带。矿床一般具层控点，矿体形态总体上呈层状，似层状，独立矿床体多呈透镜状，扁豆状等。矿石结构主要有叶片状、胶状、球状、同心状等。矿石构造以蜂窝状，胶状，炉渣状，压碎状及块状为主。在淋滤，氧化矿石带中，金属矿物主要有褐铁矿、赤铁矿、针铁矿、软锰矿、黄钾铁矾、白铅矿、铅矾、菱铁矿等。脉石矿物主要有石英，方解石，重晶石，伊利石，绿泥石，高岭土，绢云母等。金银矿物主要有自然金、自然银、银金矿等。金赋存在褐铁矿裂隙缝隙或其他矿物间隙中以及呈石英包体产出。进矿物粒度多属细粒金，一般在 $0.002 \sim 0.004\text{mm}$ 。

这类矿床分布在我国湖南、宁夏、安徽、河北，以及西班牙等地。如湖南的七宝山、大土方、龙王山，安徽的新桥、代家冲，宁夏的金扬子等金矿。

(6) 糜棱岩型：其含金地质体为含金糜棱岩。受韧性剪切带控制，含金地质体呈带状展布，矿体与围岩为过渡关系，金矿化相对较为均匀。这类金矿床多产于古老地块及其边缘活动带，容矿岩石一般为前寒武纪变质岩。排山楼、河台、金山等金矿床均属此类。

(7) 角砾岩型：其含金地质体为含金角砾岩。容矿岩石复杂多样。中国角砾岩型金矿床分为四种主要类型：与小侵入岩体有关的角砾岩型金矿床；与斑岩系统有关的角砾岩型金矿床；与火山—次火山岩有关的角砾岩型金矿床；产在不整合面或沉积间断面上的角砾岩型金矿床。含金角砾岩的产出有两种方式，一种是受火山构造或与之有关构造控制的并