

生产加工与鉴赏

JI NYIN ZHUBAO
SHENGCHAN JIAGONG
YU JIANSHANG

冶金工业出版社

金银珠宝首饰生产加工与鉴赏

唐松云 编著

北 京
冶金工业出版社
1999

内 容 提 要

本书系统地介绍了黄金、白银、白金、宝玉石的性质、用途、生产原料、生产原理、方法、提纯技术、分析鉴定技术以及有关金、银、宝玉石首饰的制作、选购技巧与使用保养方法。

本书可供有色金属及宝玉石的生产、加工企业、金银珠宝首饰经营者以及广大消费者阅读，也可作为大专院校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

金银珠宝首饰生产加工与鉴赏/唐松云编著. —北京:
冶金工业出版社, 1999. 10
ISBN 7-5024-2369-9.

I. ①金——唐... I. ①金银饰品-基本知识②金
银饰品-生产工艺③宝石-首饰-基本知识④宝石-首饰-
生产工艺 N. TS934. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 45228 号

出版人 唐松云 (北京 雍和宫 雍和宫北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 唐松云 美术编辑 李 心 责任校对 栾雅谦 责任印制 李玉山

北京市 雍和宫 印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1999 年 10 月第 1 版, 1999 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 26 印张; 628 千字; 405 页; 1-3000 册

48.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64013877

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号 (100711) 电话: (010) 65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前

言

我国金银资源丰富,是世界上最早生产和使用金银的国家之一。清朝光绪年间,我国的黄金年产量已达 13.5t,占当时世界黄金产量的 7%,位居世界第五位。近年来,我国黄金生产发展更快,多年来年增长率均超过 10%。1995 年黄金产量突破百吨大关,约达 105t,居世界第 6 位。1996 年达到 120.6t,并具有可持续发展的资源和生产优势。金银生产的迅猛发展,为我国现代化建设作出了较大的贡献。

宝玉石是一种重要的经济矿产资源,自 20 世纪 70 年代世界上出现“宝石热”以来,开发和利用宝玉石资源越来越引起许多国家的重视。随着人民生活水平的提高,金银珠宝首饰业迅猛发展,爱好首饰及经营首饰的人遍及全国,他们都需要有关金银珠宝首饰制作、选购、佩戴及保养方面的知识。然而,目前将贵金属生产技术、宝玉石生产加工技术及金银珠宝首饰知识融为一体,系统介绍给读者的书甚少,远不能满足读者的需要。为此,笔者参考了国内外大量书刊和资料及一些生产实践中的素材编著成此书,奉献给广大读者。

本书经陈琼教授、刘旭教授级高工、吴振贤高级工程师和谢永亮工程师审阅,编写过程中还得到了正在国外留学的杨克宁、唐艾黎先生的热情支持,得到了杨经芳、刘永凤、唐玲樱、唐贤章、曾万春、刘业嫻、龙实权、李跃进、吕立忠等同志的鼎力相助,在此敬致深切的谢意!

对在编著本书时参考过的国内外书刊和资料的所有作者一并致谢!

由于学识水平有限,加上时间紧迫,书中的错误与不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

1998 年 8 月于桂林

EA487109



作者简介

唐松云，1938年生于广西桂林，大学毕业，高级讲师。任广西职工教育研究会理事，广西职工教育系列高级职称评委委员，桂林市职工教育研究会副会长、特约研究员。长期从事化学教学和化工生产实践及管理工作，具有较扎实的理论基础。撰写了100多万字的化学教材，在国家级、省级刊物发表过17篇学术论文。荣获全国优秀教师、全国医药教育先进工作者、广西优秀教师等称号。著有《紫罗兰》一书，30万字。

第一章 黄 金

第一节 金的性质和用途	1
一、金的性质	1
二、金的用途	2
第二节 黄金矿物	3
第三节 黄金原料	4
一、以金的矿物为原料	4
二、以有色重金属冶金的含金副产物为原料	5
三、以含金的废旧物质为原料	6
第四节 黄金提取技术	6
一、氰化法提金	7
二、铜阳极泥冶金法提金	27
三、回收法提金	42
第五节 黄金的提纯方法	53
一、金的电解提纯	53
二、金的萃取提纯	59
第六节 黄金的化学分析	64
一、火法试金分析	64
二、湿法分析	79
三、仪器分析	92
第七节 黄金生产中的环境保护	97
一、污染源与污染物	97
二、污染物的危害	97
三、含氰废水处理	98
四、氰中毒的防护与治疗	102
五、含砷废水处理	104
六、含重金属酸性废水处理	105
七、含浮选药剂废水处理	106
八、含有悬浮物废水处理	107
第八节 金的铸锭与金首饰制作	108
一、金的铸锭	108
二、金首饰制作	112
第九节 黄金首饰的鉴别、选购、佩戴和保养	122
一、金首饰的鉴别	123

二、金首饰的选购.....	127
三、金首饰的佩戴.....	137
四、金首饰的保养.....	143

第二章 白 银

第一节 白银的性质和用途.....	151
一、性质.....	151
二、用途.....	152
第二节 白银的原料.....	154
一、银的矿物原料.....	154
二、以冶金含银副产物为原料.....	155
三、含银的废旧原料.....	155
第三节 白银的生产方法.....	155
一、混汞法提金银.....	155
二、铅阳极泥冶金法回收银（金）.....	167
三、银锌壳冶金法回收银（金）.....	173
四、回收法提银（金）.....	177
第四节 白银的提纯方法.....	190
一、银的电解法提纯.....	190
二、银的化学法提纯.....	198
三、银提纯的其他方法.....	200
第五节 白银的分析鉴定.....	201
一、白银的化学分析.....	201
二、白银的鉴定.....	205
第六节 白银首饰.....	220

第三章 白 金

第一节 白金的性质和用途.....	222
一、物理性质.....	222
二、化学性质.....	223
三、主要用途.....	224
第二节 白金的原料.....	226
一、铂的主要化合物.....	226
二、生产白金的原料.....	226
第三节 白金的生产.....	228
一、铂及其铂族金属在砂铂矿的处理中富集.....	228
二、铂及其他贵金属在铜镍硫化矿冶炼中的富集.....	229

三、用镍阳极泥生产铂及其他贵金属精矿·····	233
四、用二次铜镍合金生产铂及其他贵金属精矿·····	237
五、从含铂的贵金属中蒸馏分离出钌、铑·····	238
六、从含铂的贵金属中沉淀出金、钯·····	242
七、铂、金、钯的分离与提取·····	245
八、铂与铑、铱的分离与提取·····	248
第四节 白金的提纯·····	253
一、氯铂酸铵反复沉淀法·····	253
二、铂载体水解法·····	255
第五节 白金的回收方法·····	259
一、从含铂废溶液中回收铂·····	259
二、从铂废催化剂中回收铂·····	261
三、从铂合金废料中回收铂·····	263
四、从其他含铂废料中回收铂·····	264
第六节 白金的化学分析·····	264
一、试样的分离方法·····	265
二、试样的测定方法·····	268
三、分析方法的具体应用·····	271
第七节 白金首饰·····	273
一、白金首饰·····	273
二、白金饰品的鉴定·····	274
三、白金和白银的鉴别·····	275

第四章 宝 玉 石

第一节 宝玉石的基本知识·····	276
一、什么是宝玉石·····	276
二、宝玉石的性质·····	276
三、宝玉石的分类·····	284
四、宝玉石的用途·····	287
第二节 天然宝玉石的形成·····	287
一、金刚石的形成·····	288
二、红宝石和蓝宝石的形成·····	289
三、珍珠的形成·····	290
四、翡翠的形成·····	290
第三节 常见的主要天然宝玉石·····	290
一、钻石——宝石之王·····	291
二、珍珠——宝石皇后·····	297
三、翡翠——玉石之冠·····	304

四、红宝石和蓝宝石	307
五、猫眼石和变石	310
六、祖母绿	312
七、水晶	316
八、欧泊	320
九、碧玺	321
十、锆石	323
十一、石榴石	324
十二、橄榄石	327
十三、月光石	328
十四、尖晶石	329
十五、黄宝石	330
十六、绿松石	331
十七、青金石	333
十八、孔雀石	333
十九、独山玉	334
二十、软玉	335
二十一、岫玉	338
二十二、玉髓	339
二十三、玛瑙	339
二十四、珊瑚	340
二十五、琥珀	341
第四节 人造宝玉石的生产	342
一、人造红宝石、蓝宝石的生产(熔融法)	342
二、人造祖母绿的生产(助熔剂法)	344
三、人造金刚石的生产(超高压法)	344
四、人造水晶的生产(水热法)	345
五、人造钽铝榴石的生产(拉晶法)	345
六、人造立方氧化锆的生产(冷壳法)	345
七、人造珍珠的生产	346
八、以玻璃为原料的宝玉石仿造品	346
九、热处理生产仿造宝石	348
第五节 宝玉石的加工	349
一、宝玉石加工的材料选择	349
二、宝玉石加工的造型设计	350
三、宝玉石加工的主要设备	357
四、宝玉石的加工	360
五、珍珠的加工	374
第六节 宝玉石的鉴别	379

一、宝玉石的物理特征和质量标准.....	379
二、宝玉石鉴定实例.....	391
三、宝玉石鉴定的常用仪器及使用方法.....	397
第七节 珠宝首饰.....	400
一、珠宝首饰的鉴别.....	400
二、珠宝首饰的选购.....	400
三、珠宝首饰的佩戴.....	403
四、珠宝首饰的保养.....	403
主要参考文献.....	405

第一章 黄金

第一节 金的性质和用途

一、金的性质

金元素为元素周期表第六周期Ⅰ类副族元素，符号 Au，原子序数为 79，相对原子质量为 197.0，熔点 1064℃，沸点 2860℃，硬度 2.5~3。

纯金为正黄色。金能与银和铜以任何比例形成合金。当金中含有杂质时，颜色会随之改变。含银量增加，合金颜色会变浅；当含铜量增加时，其合金颜色变深。金粉碎成粉末或碾成超薄金箔时，颜色可呈青紫色、红色、紫色直至深褐色到黑色。

金的密度为 19.3g/cm³。金锭中由于含有一些气体，其密度较小，但经压延后密度会增大。

金的延展性在任何温度下都比其他金属的好。它的延伸率为 39%，抗拉强度为 225.4MPa，可将金碾成千分之一毫米的金箔，看上去几乎透明。还能拉成比头发丝还细的金丝。但当其中含有铅、铋、碲、镉、铟、砷、锡等杂质时会变脆。如金箔中含铋达 0.05% 时甚至可以用手搓碎。

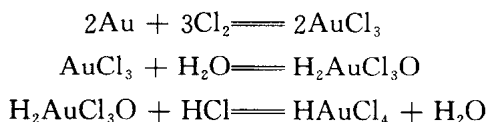
在冶金炉中 (1000~1300℃) 熔炼时，金的挥发损失很小，约为 0.01%~0.025%。但当炉料中含有挥发性杂质时，如含 5% 铋或汞的合金，金的损失可达 0.2%。金在熔炼时的挥发损失，主要是由于金有很强的吸气性引起的。金在熔融状态时，可以吸收相当于自身体积 37~46 倍的氢，或 33~48 倍的氧。当改变冶金炉中的冶炼状态时，如把还原状态改为氧化状态，或把氧化状态改为还原状态，或者进行浇铸，熔融金属所吸收的大量气体，如氧、氢或一氧化碳等就会随着状态的改变或金属的冷凝而放出，产生类似沸腾的现象。随着气体的喷出，有许多大大小小的金属珠喷起，其中较小的金属微粒特别是 0.001mm 以下的，会被强烈的气流带走而造成损失。

在化学性质方面，金是最稳定的元素，它在自然界中仅与碲形成天然化合物碲化金。金可溶于王水，也可与氯或碱金属氰化物如氰化钾、氰化钠作用生成氯或氰的化合物。在硝酸和硫酸的混合溶液也可以溶解金。碱金属的硫化物也能与金作用而生成可溶性的硫化金。单独的硫酸、盐酸、硝酸对金都不起化学作用，碱对金无明显的侵蚀作用。

与提取金有关的主要化合物为金的氯化物和氰化物。金的氯化物有氯化亚金 (AuCl) 和三氯化金 (AuCl₃)，它们以固体状态存在，但在水溶液中都不稳定而分解成络合物。

金粉在 200℃ 时与氯气反应生成褐红色的三氯化金，三氯化金溶于水便生成含氧的三

氯络金 (Ⅲ) 酸 ($\text{H}_2\text{AuCl}_3\text{O}$)，这是水溶液氯化法提取金的基础，其反应如下：



金粉与三氯化铁和二氯化铜作用也能生成三氯化金。湿法冶金有时应用这些反应。

当金溶于王水并加入稀盐酸让其缓慢蒸发，就很容易得到氯氢金酸。因此，王水分解法也是提取金的重要方法，反应方程式为：



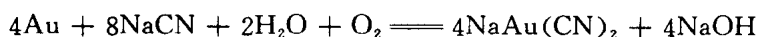
氯氢金酸可呈黄色针状结晶，并带有 3 个分子结晶水 ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)，将其加热到 120°C 时即转化为三氯化金。金粉在 $140\sim 150^\circ\text{C}$ 时通入氯气也可得到黄棕色、吸水性强的三氯化金，该化合物易溶于水和酒精，当加热至 $150\sim 180^\circ\text{C}$ 时即分解出氯化亚金和氯气，再加热到 220°C 以上便分解出金和氯气。氯化亚金是一种柠檬黄色的非晶形粉末，不溶于水，易溶于氨溶液或盐酸溶液中。氯化亚金在常温下能缓慢地分解出金，加热时则更易分解：



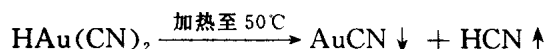
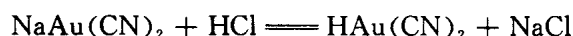
溶于氨溶液中的氯化亚金，加入盐酸时，生成 AuNH_3Cl 沉淀。没有氨液存在的氯化亚金，与盐酸作用则生成亚氯氢金酸 (HAuCl_2)。

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。

金的氰化物有氰化亚金 (AuCN) 和三氰化金 [$\text{Au}(\text{CN})_3$]，后者不稳定，并无实际意义。氢氰酸的盐类如氰化钠，在氧存在的条件下能够溶解金，其反应方程式为：



这个反应是用氰化法从矿石中提取金的基础。用同样的方法还可使金生成氢氰酸的钾盐 [$\text{KAu}(\text{CN})_2$] 和钙盐 ($\text{Ca}[\text{Au}(\text{CN})_2]_2$)。这些络合物的盐溶于盐酸并经加热时，可分解生成氰化亚金沉淀：



金的正三价或正一价化合物在溶液中几乎都以络阴离子的形态存在，如 $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ 、 $[\text{AuCl}_3\text{O}]^{2-}$ 等等，因为这种金的络合物在溶液中最稳定，否则在溶液中很易分解。

金与银或金与铜都可以任何比例形成合金。在金银合金中，只有含银量接近或大于 70% 时，硫酸或硝酸才可以溶解其中的全部银，残留的是呈海绵状的金。当用王水溶解金银合金时，因所生成的氯化银覆盖于合金的表面，金的溶解因此而停止。在金铜合金中，其弹性强，但延展性较差。

二、金的用途

黄金的主要用途是储备，其次是制造货币和首饰。随着科学技术的发展，金在工业和科学技术中的使用量不断增大。

一个国家对黄金的储备是十分重要的。具有一定数量的黄金储备，国家的经济、币值就有保障。遇有战争，可以用黄金直接购买武器和战略物资；遇有自然灾害，也可以用黄金来购买粮食。一个国家如果外贸出超较多，一般不存储外国货币，而是通过银行转购黄金，任何一种货币都可能受到贬值或升值的冲击，大量握有货币，担的风险很大，而储备

黄金就比较稳妥，并且黄金的价格在近数 10 年中一直呈上涨的趋势。所以，每个国家都十分重视黄金储备，同时对黄金的勘探、开采和回收，都给予高度的重视。黄金储备的增加，主要靠两个方面，一是增加本国的黄金生产，二是尽量争取获得更多的黄金外汇。黄金的储备形式是铸成金砖、金条等储存于金库。

金的另一重要用途是造币。近代很多国家都用金铜合金制造金币。现代金币的成色，在大多数国家，如前苏联、美国、法国、意大利、比利时、德国和瑞士等，都为含金 90%，而英国的英镑则含金 91.6%。

我国于 1982 年发行一套“熊猫金币”，金币共四种，即 28.35g (1 盎司)，14.17g (0.5 盎司)，7.09g (0.25 盎司) 和 2.83g (0.1 盎司)，成色为 99.9%。金币设计优美，正面为天坛祈年殿，背面是熊猫和青竹。28.35g 一枚的金币在售出时，高出现货金价 30 美元。据报道，这次熊猫金币发行量为 56.7kg，发行数量少，这样熊猫金币就被收藏家认为是稀世珍宝。

用于制造首饰的金，大体来说，从含金 50% 左右的合金，到含金 95%~98% 左右的所谓“足赤”都有。首饰的种类如戒指、耳环、项链、胸饰、发饰、手镯等等，它们在市场上以昂贵的价格出售。

金具有较好的导电性和优异的延展性，随着现代镀金和合金技术的飞速发展，金及其合金在核反应堆、喷气发动机、火箭、超音速飞机、电子器件、人造纤维、宇宙飞行等方面，都获得了广泛的应用。纯金在精密仪器制造及电子工业方面需要量很大，许多化工设备和工具由于防腐的要求必须镀金；飞机的引擎和人造卫星的某些零件上，金的镀数十分重要。电话设备中的电接触点离不开金，电子计算机制造中的集成电路也离不开金，在医疗器械、钟表制造工业中，金的作用都是无可匹敌的。将氯化亚锡溶液加入弱酸性氯化金溶液中，生成有金吸附的紫红色沉淀，作为玻璃或瓷器的着色剂，由此炼制的玻璃，含金十万分之一的呈玫瑰色，五万分之一的呈红宝石色。正因为金具有许多优良的特性，所以金广泛用于现代工业技术中。随着科学技术的发展，金的应用范围还会日益扩大。

第二节 黄金矿物

自然界的金矿资源主要分为两大类。一类为脉金矿，这种矿床大部分分布在高山地区，由内力作用形成，所以又叫山金矿、内生金矿；另一类为沙金矿，这类矿床是山金矿露出地面后，经过长期风化侵蚀，破碎成金粒、金片、金末，又经风、流水等的搬运，在流水的分选作用下，聚集起来沉积在河滨、海岸、湖滨或山谷中，形成沙金矿床，这又称为外生金矿。除了以上两类金的独立矿床以外，还有一种伴生金矿，这种伴生金的颗粒细小，约为 0.0005~0.2mm，在磨光极好的情况下，利用高倍显微镜才能见到，更细小的则要借助于扫描电子显微镜、电子探针等更精密的仪器。这种金一般在多金属矿床中与金属硫化物，如黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等矿物伴生，伴生金的含量低，储量大，作为独立金矿床开采，经济上不合算，所以常常在有色金属开采过程中回收，进行综合利用。

金矿物的种类，已知的大约 25 种。一般可分为两大类：

(1) 自然界中，金主要以金属单质状态产出。自然金的成分以金为主，常含有银和少量铜。自然金和银的合金矿有银金矿、金银矿。自然金、银金矿、金银矿和自然银（含金量

小于10%)等矿物常被称为金银系列矿物。此外,还有金和铂族系列矿物,如铂金矿、铍金矿、钼金矿和金银钼矿等。

(2)以金的化合物存在。金一般以碲化物产出,因为金的离子半径和碲的离子半径大小相近,容易结合。金的碲化物有碲金矿(AuTe_2)、针碲金矿($\text{Ag} \cdot \text{AuTe}_4$)、碲金银矿 $[(\text{Ag} \cdot \text{Au})_2\text{Te}]$ 、叶碲金矿($\text{Au}_2\text{Pb}_{14} \cdot \text{Sb}_3\text{Te}_7\text{S}_{17}$)等。虽然,金在自然界中极少以硫化物存在,但近年来,也发现一种金的硫化物叫做硫金银矿,这是我国发现的新矿物。

自然金的晶体属于等轴晶系,呈八面体,但极难见到。常见为分散粒状或集合体状。金的形态很不规则,冶金地质工作者常用麦粒状、团块状、岛屿状、蠕虫状、树皮状或鳞片状来形容和分类。

在现代技术中,把颗粒直径介于0.25~2mm之间的沙金,称为中粒金,即所谓的麸金,大多数沙金属于这一粒级,大约2200粒麸金的质量为50g;比麸金稍大些的,称为粗粒金,即所谓的瓜子金;比麸金稍小的称为细粒金,即糠金。以上三种粒级的沙金,均可用淘洗法采收。比糠金更细的称为粉金或灰金,粒径小至0.5~0.05mm,约28000粉粒的灰金质量为50g,这样小的粉金粒已无法用淘洗法采收,必须利用现代的氰化法才能收集。

自然界中的大型金块是极为罕见的,历史上发现最大的自然金块,是1872年从澳大利亚新南威尔士恩德山金矿采出的矿石,连有黄铁矿化片岩重260kg,其中含金93.3kg,被称为“霍特曼(Holtermann)”的金块。

第三节 黄金原料

用于生产金的原料,主要是金矿床的矿物原料,其次是有色重金属冶金的副产金原料,以及富含金的废旧原料。

一、以金的矿物为原料

到目前为止,中国虽然没有找到像南非约翰内斯堡所具有的特大金矿,但中国的黄金原料地遍布全国各地,几乎每一个省都有黄金储藏。近年来,随着国民经济的发展以及地质普查工作的深入,在一些过去被认为是贫金的省份也相继找到了新的矿点。据原冶金部发表的材料表明,当前生产黄金的省、市、自治区包括台湾省,共有26个,国家下达的任务主要集中在43个国营矿山。除此以外,在那些不适宜建立国营矿山的地区,集体采金和个体采金业发挥着重要作用。下面介绍我国黄金原料矿的主要产地:

(1)山东省的金矿原料。具有丰富黄金资源和悠久采金历史的山东省,目前已成为我国最重要的黄金原料基地之一。1982年该省黄金产量占全国黄金总产量的四分之一还强。现在山东省黄金工业总产值、产量、利润、所创外汇和黄金储量,均居全国首位。该省黄金产量每年递增17.7%。在全国10个重点金矿中,山东省就占5个。我国最大的金矿——三山岛金矿就位于该省莱州市。山东省的主要黄金原料地集中在胶东半岛的招远、莱州一带,原料矿较为集中,易于大规模开采。

(2)黑龙江省的金矿原料。黑龙江省有大小金矿点约400余处,其中沙金矿300多处,山金70余处。黄金产量稳步增长,居全国重要地位。该省的金矿原料聚集成区分布,漠河、呼玛、爱辉、萝北、桦南、穆棱和东宁等处,由北到南形成“金子镶边”,聚集区的面积一般为500~2000 km^2 ,最大的为6000 km^2 。聚集区总体延展方向为北西—南东向,组成了延

长 1300km 的金矿带，储量相当丰富。

(3) 吉林省的金矿原料。该省现有金矿原料地 16 处，有沙金和山金矿点 150 余个。重要的黄金原料地有二道甸子、集安县金厂沟、双河镇、夹皮沟、海沟、金城洞金矿、通化、鹁鸽砬子金矿、刺猬沟金矿和珲春河沙金矿等。

(4) 辽宁省的金矿原料。辽宁省黄金原料在全国居重要地位。全省有采金矿点 200 余处，多为内生金矿，外生金矿仅占十分之一。该省具有良好的金矿成矿地质环境，类型很多，分布范围较广，有广阔的原料勘探发展前景。本省的金矿原料主要分布在辽东和辽西一带，在靠近内蒙昭乌达盟处，也储有黄金原料。重要的黄金原料地有五龙、四道沟、金厂沟等处。此外，还有二道沟、北票、毛家店、寇半沟、奈林沟等多处中小型原料地。

(5) 河北省的金矿原料。河北省也是我国的重要黄金原料省之一，全省的金矿原料主要集中在承德、唐山、张家口等地，共有采金矿点 535 个，分布在 7 个地区的 32 个县内，特点是矿原料点多而分散，规模小，适合乡镇企业或专业户采金。

(6) 山西省的金矿原料。令人瞩目的是该省找到的大块自然金较多。在代县甘霜头，曾采到一块重 1400g 的金块，繁峙县伯强地方曾采出过重达 3500g 的特大自然金，垣曲县望仙沙金矿在勘探中曾发现一块重 53.94g 的黄金，灵邱料堰金矿曾开采出两块较重的自然金，一块重 76g，另一块重 34g。目前，山西省至少有采金矿点 85 处，主要分布在恒山、五台山、塔儿山、狐堰山、中条山等地区。金矿原料的开采方式以国营和民采相结合，其中以民采为主。

(7) 陕西省的金矿原料。秦岭以南、汉江两岸是陕西省的黄金原料宝地。小秦岭金矿的黄金储量可观，还伴生有铜、铅、银、钨以及大量的黄铁矿。这个矿区横跨陕西省的洛南县、潼关县和河南省的灵宝县，是一个特大型金矿，同时也是我国最重要的黄金原料远景区之一。在恒口盆地有一个大型沙金矿，该原料矿体规模大，品位与厚度都很稳定，矿石单一，埋藏浅，易于开采。陕南地区的汉中盆地是一个聚宝盆，盆地两侧原生矿点及黄金重砂原料异常丰富。位于汉中或南郑县西偏南约 100km 处的阳平关，有一个大型金矿，矿体品位高而稳定，开采价值极大。

(8) 湖南省的金矿原料。湖南省是我国的重要黄金原料地之一，黄金原料资源十分丰富。全省的含金石英脉，集中分布在湘中、湘东和湘西三个构造隆起区。在湖南密集的河流中，含金原料的河流就有 85 条之多，这在全国是首屈一指的。所谓“含金河流”，一般是上游有矿源，下游有停积，它们依照不同的地质、地貌条件，可以在河谷中形成断续的或相连的沙金富集段。这种富集段延伸长度多在 2km 左右，也有 10km 以上者。该省与含沙金的河流有关的原生金矿原料地大约有 21 处，目前都已开发。湖南省的矿化点及群众报矿点共 1000 余处，分布在 13 个地区的 69 个县市内，大多数都是历史上开采过的，其中沙金占 50%，脉金占 25%，伴生金占 7%。可以说，湖南金矿原料点在全省星罗棋布，到处有金，其中以黔阳地区较为密集。

我国各省或自治区差不多都有金原料，除上述之外，还有许多地方如四川、浙江、台湾、新疆、青海、内蒙、广西、广东、河南等地的金原料在全国也占有重要地位。在此不作一一叙述。

二、以有色重金属冶金的含金副产物为原料

生产黄金的原料，还有金的多金属矿，如铜矿、铅矿、镍矿、锌矿、锑矿等。我国目

前黄金产量的相当一部分，来自这些重有色金属生产中的综合回收。近代冶金技术的发展和矿山生产实践证明，铜、铅、镍、锌、锑等的硫化矿床都含有贵金属。但由于矿床的成矿条件和矿物的共生组合形式不同，贵金属的含量和所含贵金属的种类则有较大的差别。例如，硫化铜矿含金、银较多，硫化镍矿床常含有少量的金、银和较多的铂族金属，硫化铅、硫化锌矿床通常含有大量的银，硫化锑矿床常与金共生形成金锑矿床等。生产实践还证明，许多有色重金属矿床，正因为含有相当数量的贵金属，所以才具有开采和冶炼的价值。现代对铜、铅、镍、锌等金属的精炼之所以采用电解法，一方面是因为该法简便，易于生产，另一方面是因为从电解法的副产物——阳极泥中，可以回收粗金属中几乎所有的贵金属，这些贵金属的经济价值大大超过了昂贵的电解费用。

有色重金属冶炼主要从下列副产原料中获得贵金属：

- (1)铜电解阳极泥及湿法炼铜浸出渣。
- (2)铅电解阳极泥及火法精炼铅产出的银锌壳。
- (3)镍电解阳极泥。
- (4)火法蒸锌的蒸馏渣或湿法炼锌的浸出渣。
- (5)黄铁矿的烧渣。
- (6)锡、锑、铋、汞、铬等矿石冶炼产出的含贵金属副产物。

在现代湿法冶金中，当铜、镍等矿石或精矿的浸出渣含有一定量的金、银时，常采用成本低而处理量又大的大型旋涡炉熔炼法，使金、银和铜等金属富集后，再进一步分离和精炼提纯，得到较纯的黄金和其他金属产品。

三、以含金的废旧物质为原料

除用上述原料生产金外，还应该重视从各种废旧原料中回收金。因为随着国家经济的发展，金及其合金材料应用范围不断扩大，需求大幅度增加；另一方面，这些金及其合金材料在使用中，又大量进入废料。如电子元件生产中所用的金锑合金，只有 25% 进入到合格的成品中去，75% 的金锑有待回收。

金及其合金的废料品种繁多，来源各异，成分不一。主要废旧原料有：

- (1)废金及其合金与边角料。金合金如金锑、金硼钯、金锑铋、金硼钯铋、金镓、金银、金镍、金铜、金与铂族金属合金等。
- (2)废镀件。包括镀金件、废印刷电路、集成电路、镀金可阀引线以及贴金器皿等。
- (3)废管芯、废元件。包括硅二极管、三极管、可控硅、硅整流、瓷介电容等晶体管元件的废管芯、半成品或成品废件等。
- (4)其他。各类金坩埚、金蒸发皿、金的金属盐浆料、废金首饰、金货币等。

第四节 黄金提取技术

如前所述，金的原料有三种类型。金的生产方法，根据原料的不同有三大类型，一是从矿石中直接提取金，二是从有色重金属冶金副产物中提取金，三是从含金废旧物中回收金。不同的类型采用不同的生产方法，同一类型也有不同的生产方法。

从脉金矿中提取金，一般都要经过整个选矿流程，最后用混汞法、氰化法加以富集，然后提取；从砂金矿中提取金，如金的品位较高，金粒又较粗，一般用重力选矿法即可把金

富集起来，然后进行提炼；如果品位不高，金粒又细，则宜用浮选、混汞和氰化法加以富集，然后提炼。

混汞法是至今仍在使用的古老提金方法，它对处理粗粒的自然金仍有独到之处。

氰化法是一个典型的湿法冶金方法，为目前中外冶金所广为采用。现代湿法提取金的过程，在原来氰化溶金、加锌沉金的基础上，向堆浸、炭浆、离子交换树脂等方向发展。

从有色重金属冶金副产物中提取金，主要是从炼铜过程富集到铜阳极泥中提取。常采用火法-电解法，也有新兴的湿法。

从废旧原料中回收金，由于原料来源广，种类复杂，品位悬殊，因此应根据具体情况选用不同的处理方法，如电解法、置换法、离子交换法、溶剂萃取法、还原法等等。

一、氰化法提金

氰化法是一种从矿石、精矿或尾矿中提取黄金的经济而又简易的方法。该法具有对矿石适应性广、回收率高等优点。

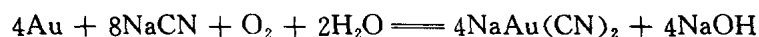
在氰化生产中常用氰化钠为浸出液，它不但对金的浸出速度大于氰化钾，而且价格也比氰化钾便宜。氰化钠呈无色透明的立方晶体，通常因含有杂质而呈灰黄色，有剧毒！在空气中潮解，易溶于水，在水中的溶解度为30%以上，远远超过氰化溶金所需要的任何浓度。当氰化钠溶液被酸化时，氰化钠即反应生成无色、极毒、易挥发的氢氰酸。所以，氰化过程一定要在碱性溶液中进行。

(一) 氰化法的原理简介

1. 氰化溶金的反应过程

金在氰化钠水溶液中的反应，名家的见解各有不同，主要理论有：

(1) 氧论。该理论认为，氰化钠溶解金时，氧是必不可少的，反应过程为：

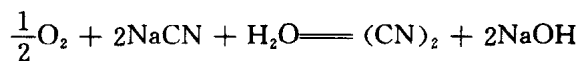


(2) 过氧化氢论。该理论认为，金在氰化钠溶液中的溶解作用按下式进行：



所生成的过氧化氢(H_2O_2)是中间产物，若把上面两式合并，则与“氧论”反应方程式相同，也就是说，该理论的实质就是“氧论”。

(3) 氰论。这一理论认为，在有氧参加下，氰化钠溶金过程中有氰气 $(\text{CN})_2$ 释放出来，并且此氰气对溶金过程起活化剂作用：



但又有人提出了明确的证据，证明氰化钠的水溶液对金不起溶解作用。实际上，将两反应式合并，也与“氧论”类同。

(4) 腐蚀论。这一理论认为，金在氰化钠溶液中的溶解类似于金属腐蚀。在这一过程中，溶解在氰化钠溶液中的氧被还原为过氧化氢和羟基离子，并认为“过氧化氢论”的反应应分成下列几步进行：

