

周源 余新阳 等编著

金银选矿 与提取技术

JINYIN
XUANKUANG YU
TIQU JISHU



化学工业出版社

金银选矿与提取技术

周源 余新阳 等编著

密级：(91)月，目录表古件图



化学工业出版社

· 北京 ·

元 00

金银选矿与提取技术

图书在版编目 (CIP) 数据

金银选矿与提取技术/周源等编著. —北京: 化学工业出版社, 2011. 3

ISBN 978-7-122-10313-0

I. 金… II. 周… III. ①金矿物-分选②金矿物-提取冶金③银矿物-分选④银矿物-提取冶金 IV. ①TD953②TF83. 03

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 264317 号

责任编辑: 刘丽宏

文字编辑: 杨欣欣

责任校对: 周梦华

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

710mm×1000mm 1/16 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 235 千字 2011 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

前言

目前,我国正处在社会经济建设的高速发展期。国家经济建设的快速发展,有力地促进了包括金银在内的原材料工业的发展。尤其是现代工农业、信息技术、新能源、新材料的迅猛发展,大大刺激了金银生产技术的革新和金银产量的增长。因此,普及金银选矿的基本知识,大力提高我国的金银选矿和提取技术水平,在当前就显得尤为迫切与重要。

为了适应我国金银生产发展的需要,我们编著了《金银选矿与提取技术》一书。本书在总结长期以来金银生产的基本理论和生产实践的基础上,综合近二十年来世界金银生产技术的革新和发展成就,以及新工艺、新方法、新设备和新药剂的开发应用效果,全面介绍了金银生产的各种方法、生产工艺和具体实践,并指明了金银提取科技的发展动向及其生产应用前景。本书可供金银生产系统及相关专业工程技术人员参考,也可用作有关专业院校的教材。

参加本书编著工作的有江西理工大学周源、余新阳、陈江安、艾光华、刘亮、田树国、蔡振波等。其中第1~6章由周源、余新阳编写,第7章由陈江安、田树国、金吉梅编写,第8章由艾光华、刘亮、刘龙飞编写,第9章由余新阳、蔡振波、崔振红编写。全书由周源教授统稿、审定。

本书在编写过程中参考了大量的文献资料,在此特向援引文献的作者致以诚挚的感谢!

由于编者水平有限,书中不足之处难免,恳请读者批评指正。

编著者

目 录

第1章 概论	1
1.1 金银历史和金银文化	1
1.2 金银的性质和用途	2
1.2.1 金的性质	2
1.2.2 银的性质	5
1.2.3 金银的用途	6
1.3 黄金的计量和成色	10
1.3.1 黄金的计量	10
1.3.2 成色表示法	11
第2章 金银的资源与生产概况	13
2.1 世界金矿资源与矿床类型	13
2.1.1 世界金矿资源	13
2.1.2 世界金矿床类型	16
2.1.3 世界主要金矿床	20
2.2 金银的矿石类型及选矿方法	21
2.2.1 金的矿石类型及选矿方法	21
2.2.2 含银矿石类型及其选矿方法	22
2.3 中国的金银矿资源及生产概况	22
2.3.1 中国的金银矿资源	22
2.3.2 中国金银生产概况	23
第3章 砂金矿的选别	25
3.1 砂金矿床的类型及特点	25
3.2 砂金选别的主要设备	27
3.2.1 跳汰机	27

3.2.2	溜槽	28
3.2.3	圆筒形及盘形离心分选机	30
3.2.4	横向倾斜的胶带溜槽	32
3.2.5	振动翻床	32
3.2.6	螺旋选矿机	32
3.2.7	圆锥选矿机	33
3.2.8	短锥旋流器	33
3.2.9	摇床	34
3.2.10	黄金重选设备小结	34
3.3	砂金矿选别	35
3.3.1	砂金矿选别的工艺流程	35
3.3.2	砂金矿选别的实践	41
第4章	金的浮选	43
4.1	概述	43
4.2	自然金的浮选性质	43
4.2.1	自然金浮选特点	43
4.2.2	氧的作用及黄药类捕收剂吸附机理	44
4.2.3	影响金粒可浮性的因素	45
4.3	金的浮选	46
4.3.1	含金矿石浮选概述	46
4.3.2	含金矿石的浮选实践	47
第5章	混汞法	52
5.1	混汞提金原理	52
5.1.1	混汞的理论基础	52
5.1.2	汞齐的形成、性质和结构	53
5.1.3	影响混汞的因素	54
5.2	混汞方法和设备的选择与操作	57
5.2.1	混汞方法	57
5.2.2	混汞设备的选择与操作	57
5.3	汞金的分离、压滤和蒸馏	63
5.3.1	汞膏的分离和洗涤	63
5.3.2	汞膏的压滤	64
5.3.3	汞膏的蒸馏与蒸馏渣的冶炼	65
5.4	汞毒防护	66

5.4.1	汞毒	66
5.4.2	汞毒的防护及安全措施	67
第6章 氰化法提金		69
6.1	金的氰化浸出原理	69
6.1.1	反应机理	69
6.1.2	浸出药剂	71
6.1.3	影响金溶解速度的因素	73
6.2	渗滤氰化法	78
6.2.1	渗滤氰化过程	79
6.2.2	渗滤氰化浸出作业方法	80
6.2.3	渗滤氰化浸出技术经济指标	81
6.3	搅拌氰化法	81
6.3.1	搅拌氰化过程	81
6.3.2	搅拌浸出设备	81
6.3.3	含金溶液与氰化尾矿的分离	83
6.3.4	含金溶液的澄清和沉淀	87
6.4	炭浆法提金	91
6.5	炭浸法提金工艺	94
6.6	堆浸法	95
6.6.1	浸出场地的选择和建造	95
6.6.2	堆浸工艺	95
6.7	国内氰化提金生产实例	97
6.7.1	浮选-氰化提金:山东新城金矿选矿厂	97
6.7.2	全泥氰化提金:柴胡栏子金矿氰化厂	100
6.7.3	氰化炭浆法提金:张家口金矿炭浆厂	101
第7章 提取金银的其他方法		106
7.1	硫脲法	106
7.1.1	硫脲法浸出金的基本原理	106
7.1.2	硫脲法浸出金的应用实例	108
7.2	硫代硫酸盐法	109
7.2.1	硫代硫酸盐浸出金的基本原理	109
7.2.2	硫代硫酸盐浸出金的应用实例	112
7.3	氯化法	113
7.3.1	氯化法浸金原理	113

7.3.2	水溶液氯化法浸出金的应用实例	114
7.4	多硫化物法	116
7.4.1	多硫化物法浸出金	116
7.4.2	硫化铵、硫化钠浸出金	117
7.5	溴化法	119
7.5.1	概述	119
7.5.2	溴化法浸出金的热力学原理	120
7.5.3	用 Geobrom 3400 从难浸矿石中浸出金	121
7.5.4	溴化法浸出金的未来	122
7.6	石硫合剂法	122
7.6.1	概述	122
7.6.2	石硫合剂法浸金的一般原理	122
7.6.3	石硫合剂法浸出金的试验研究情况	125
7.7	细菌浸出法	125
7.7.1	概述	125
7.7.2	难处理含金物料的细菌氧化氧化浸出	125
7.7.3	细菌浸金	127
7.7.4	细菌沉金	128
第8章	难浸金矿石的预处理	129
8.1	难浸金矿石的基本特性	129
8.1.1	金矿石难浸的原因	129
8.1.2	金矿石的难浸性分类	130
8.1.3	难浸金矿石类型	130
8.1.4	难浸金矿石的预处理方法	132
8.2	加压氧化预处理	132
8.3	焙烧氧化预处理	133
8.4	微生物氧化法	134
8.5	微波辐射预处理	135
8.6	难浸金矿石的化学氧化法	136
第9章	金银的提纯与精炼	137
9.1	金银粗炼提纯	137
9.1.1	炼金原料	137
9.1.2	金泥的火法工艺	138
9.1.3	金泥的湿法处理	139

9.1.4	硫脲金泥的处理	141
9.1.5	湿法处理钢绵和金泥产纯金	142
9.2	金银的精炼	143
9.2.1	概述	143
9.2.2	金的化学法精炼	145
9.2.3	银的化学提纯	147
9.2.4	金的电解提纯	149
9.2.5	银的电解提纯	151
9.2.6	金的萃取提纯	154
9.2.7	银的萃取提纯	158
9.3	金银的综合回收	159
9.3.1	从阳极泥及银锌壳中提取金银	159
9.3.2	从废渣及废旧物料中回收金银	171
参考文献		176

第1章 概 论

1.1 金银历史和金银文化

金是人类最早开采和使用的一种贵金属。人类何时发现和使用金，考古学家还不能提出准确的时间。目前，人们还只能就已经考古发掘的资料来判断人类使用金银的历史，但真正的金银的发现时间可能要比这早得多。在公元前4000年的新石器时代人类就已经使用黄金了，这可以由在埃及境内发现的镶有金柄的石刀得到证实。在随葬品中发现有金项链，其墓葬时间在公元前4100~前3900年间。根据上述考古发现，人类早在6000年前就已经认识黄金和初步掌握了它的炼制技艺。

人类最早发现和使用金，首先是从自然界天然产出的自然金开始的。自然金由于它本身不氧化，具有绚丽的黄色金属光泽，因而易于被人们发现。又由于它具有良好的可塑性，便于加工，因此说黄金是人类最早使用的金属之一是可信的。

我国是较早发现和使用金银的国家之一。早在商代就已经掌握了制造金器的技术。最早已发现的黄金实物是商代的产品，距今已有3000多年的历史了。在河北藁城的商代遗址中，出土有金箔。在河南辉县商代墓中，发现有金叶片。在殷墟中出土有重1两^①多的金块，还有厚度仅0.01mm的金箔，这种金箔是经锤炼加工而成的。这说明在殷商时期，我国黄金的加工技艺已经达到一定水平。在西周的卫墓中发现包在铜矛、矛柄和车衡两端的极薄金片，说明当时已掌握了包金技术。在春秋战国时期，还掌握了鍍金技术。春秋战国时期，楚国使用的一种叫“郢爱”的金币，是目前已发现的我国最早的金币。

汉代以前，帝王手中积聚了大量的黄金，一次赏赐多者上万斤，（汉代计量：1斤=261.12g），少者几千斤。这说明我国古代就发现了不少金矿资源并已逐步掌握了一整套开采、淘洗、冶金和加工的技艺。

金银的贵重、豪华，促进了金银文化的发展。长期以来，人们除了把金银作为财富的象征进行储存外，还加工制作成各种精美绝伦的艺术品，成为天下无双的人

① 1两=50g。

间瑰宝。例如,1970年10月,在西安南郊何家村发现一处唐代邠王李守礼的大窖藏,出土文物1000多件,其中大量的是金银器。有一件熠熠生辉的黄金碗,尤为瞩目。这件刻花金碗,高5.5cm,口径13.7cm,足径6.7cm。器身通体饰珍珠地纹,腹部捶出两层仰莲瓣,莲瓣内以阴线刻出鸳鸯、鸭子、鹦鹉、鹿、狐狸等各种鸟兽及卷叶花纹饰;碗内壁腹底刻宝相花;圈足内刻飞鸟一只,流云数朵。刻工精致流畅,形象栩栩如生。通体造型,雍容华贵,落落大方。

当然,金碗的价值并不仅在于它昂贵的金质成分,而更在于它清新脱俗的纹饰与新颖规整的工艺。它显示了盛唐时代贵金属工艺的高度发展,展现了高度发达的封建文明以及能工巧匠们高超的艺术智慧。

还值得一提的是同时出土的一件鎏金舞马衔杯银壶,这也是一件艺术价值极高的银器珍品。此件银壶通高18.5cm,口径2.2cm,底足为8.8cm×7.1cm,形制仿皮囊壶,形状扁平,椭圆形足圈稍向外撇,提梁与盖之间有银链相连。壶的腹部镌有一匹鎏金半踞状舞马,口上安有鎏金覆莲小盖,圈足部饰有鎏金锁链带状纹。鎏金舞马显得通体金光锃亮,与银灰色壶体相映生辉,舞马肌肉丰满结实,四腿挺而有力,后腿半踞,前腿伫立,口中衔一酒杯,似在向主人频频劝酒。舞马的风韵与神态刻画得活灵活现,惹人喜爱,是一件不可多得的艺术珍品。

仅从以上几例中,就可看出,金银文化,是我中华优秀传统文化中的一枝奇葩。它根植于我民族文化的深厚的土壤当中,源远流长,生生不息。我们要继承祖先优秀的文化遗产,振兴金银生产,开发金银工艺,为祖国建设服务,为子孙后代造福。

1.2 金银的性质和用途

1.2.1 金的性质

(1) 物理性质

金为化学元素周期表中的IB族元素,原子序数为79,原子量为197。纯金为金黄色,密度(18℃时)19.31g/cm³,熔点1064.43℃,沸点2808℃,布氏硬度18.5kg/mm³,摩氏硬度2.5~3.0。

纯金具有瑰丽的金黄光泽,但其成分改变时,颜色也随之而变:金中加入银、铂,颜色变淡,加入铜,颜色变深。

金的纯度,在古代,可用试金石鉴定,称为“条痕比色”。所谓“七青、八黄、九紫、十赤”。意思是条痕呈青色,含金70%,黄色含金80%,紫色含金90%,红色则为纯金。

金的延展性极好。1g纯金可拉成长达3420m以上的细丝,可压成厚为0.23×10⁻⁸mm的金箔。金如含有杂质,则影响其加工性能。例如含铅0.01%时,金即变脆。

金的导电性仅次于银铜，属第三位。金的电阻率在 0℃时为 $2.065 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ ，温度愈高，系数愈大。金的导热性，仅次于银，在 0℃时热导率为 $3.096 \text{J}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

金的蒸气压随温度升高而增大，详细数据见表 1-1。

表 1-1 金的蒸气压随温度的关系

$t/^\circ\text{C}$	953	1140	1403	1786	2410	2808
p_{Au}/Pa	133.222×10^{-6}	133.222×10^{-4}	133.222×10^{-2}	133.222	133.222×10^2	7993.32

金熔体在空气中挥发少，在 CO 中增加二倍，在煤气中增加六倍。故在熔金时，金熔体不要与这类气体接触。

(2) 化学性质

金的化学性质非常稳定。金在空气中完全不变。在水中也不会发生任何反应。在低温或高温时均不被氧所直接氧化。在一般条件下，不与干卤素起反应，甚至在极高的温度下也不与氧、氢、氯和碳化合。

金不溶于碱，也不溶于酸（硫酸、盐酸、硝酸、氟氢酸和有机酸中）。但能溶于混合酸中，诸如王水（即三份盐酸加一份硝酸）中，此外，能使金溶解的溶剂还有氰化物溶液、硫氰化物溶液、硫脲溶液、硫代硫酸盐溶液。

金元素具有镧系收缩性质，其外层电子受核的吸引牢固不易成为离子。与其他元素的化学亲和力极微弱。因此，自然界中金离子化合物很少，多呈金属状态存在。又因金的原子半径与银、铜及铂族元素等的原子半径相近，故常与这些金属元素形成金属互化物。特别是金与银的原子半径相同（ $1.44 \text{\AA}$ ）晶格常数也相近（金 $4.07 \text{\AA}$ ，银 $4.78 \text{\AA}$ ），化学性质相似，所以天然的金-银固溶体广泛分布在金的独立矿物中，金银系列矿物占统治地位。此外，金也可与某些半金属元素形成天然化合物，如碲化物、铋化物、锑化物等。

金的主要工业矿物列于表 1-2。

表 1-2 金的主要工业矿物

序号	矿物名称	化学分子式	含量/%	备注
1	自然金	Au	>80	常与银、铂、钯、铜、铋等成合金
2	银金矿	(Au, Ag)	50~80	
3	黑铋金矿	Au ₂ Bi	65.3	
4	斜方铜金矿	Cu ₃ Au	50.6	有时含少量银
5	围山矿	(Au, Ag) ₃ Hg ₂	56.91	
6	硫金银矿	Ag ₃ AuS ₂	32.6	
7	碲金矿	AuTe ₂	44.03	
8	斜方碲金矿	AuTe ₂	43.5	
9	亮碲金矿	(Au, Sb) ₂ Te ₃	50.6	
10	硫金银矿	Ag ₃ AuTe ₂	25.4	
11	板碲金银矿	(Ag, Au)Te	32.9~35.2	
12	针碲金银矿	(Ag, Au)Te ₄	24.1	

序号	矿物名称	化学分子式	含量/%	备 注
13	针碲金铜矿	CuAuTe_4	25.5	成分不定
14	叶碲金矿	$\text{Pb}_5\text{Au}(\text{Te}, \text{Sb})_4\text{S}_{5-6}$	7.41~10.16	
15	碲铜金矿	$\text{Au}_2\text{Cu}(\text{Te}, \text{Pb})$	68.0~75.0	
16	碲铁铜金矿	$\text{Au}_5(\text{Cu}, \text{Fe})_3(\text{Te}, \text{Pb})_2$	57.6~63.6	
17	碲铅铜金矿	$\text{Au}_3\text{Cu}_2\text{PbTe}_2$	40.7~50.5	
18	方碲金矿	AuSb_2	44.7	
19	硒金银矿	Ag_3AuSe_2	29.0	

特定条件下, 金也可以制成多种化合物。有金的硫化物、氧化物、氰化物、卤化物、硫氰化物、硫酸盐、硝酸盐、氨合物、烷基金、芳基金、雷酸金等。

金的氯化物有三氯化金 (AuCl_3)、一氯化金 (AuCl) 等。无结晶水的 AuCl_3 为红色, $\text{AuCl}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 为橙黄色。在氯气中把金粉加热到 $140 \sim 150^\circ\text{C}$ 生成 AuCl_3 , 将金溶解于王水或含氯气的水溶液中, 也生成 AuCl_3 。 AuCl_3 很易与其他氯化物形成络合物, 如 $\text{M}[\text{AuCl}_4]$ 、 $\text{H}[\text{AuCl}_4]$ 等, 使金以稳定的 AuCl_4^- 形式存在。这是氯化提金法的依据。用亚铁盐、二氧化硫、草酸等, 可从含金氯化液中沉淀金。

金的氰化物有一氰化金 (AuCN) 和二氰化金 (AuCN_2) 等。将盐酸或硫酸与金氰酸钾 [$\text{KAu}(\text{CN})_2$] 作用后加热可得 AuCN , 它是柠檬黄的结晶粉末, 能溶于氨、多硫化氢, 碱金属氰化物及硫代硫酸盐中。金的简单氰化物易与碱金属氰化物作用生成金氰化络合物, 如 $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ 、 $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ 等。在有氧存在的条件下, 金在氰化物溶液中也能形成上述络合物, 使金能以稳定的 $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ 存在于溶液中。此点对氰化提金极为重要。 $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ 中的金易被还原剂所沉淀。

金的硫化物有 Au_2S 、 Au_2S_3 , Au_2S_3 、 Au_2S , 能溶于 KCN 溶液及碱金属多硫化物中。

金的氧化物有一氧化二金 (Au_2O)、三氧化二金 (Au_2O_3)。但由于金不直接与氧作用, 故金的氧化物仅能从含金溶液中制取。用苛性碱处理冷却稀释的氯化金时, 生成一种深紫色粉末, 它是氧化金的水化物, 加热后生成 Au_2O 。当 Au_2O 与汞接触时, 转化成 Au_2O_3 。

金的氢氧化物有三价的 $[\text{Au}(\text{OH})_3]$ 和一价的 (AuOH), 前者较稳定。向沸腾的 AuCl_3 溶液中加 K_2CO_3 , 可制取 $\text{Au}(\text{OH})_3$; 也可用浓碱从金氰酸 $\text{H}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ 稀溶液中沉淀出 $\text{Au}(\text{OH})_3$ 。向 AuCl 溶液中添加 KOH , 可析出黑紫色的 AuOH , 它脱水后转化为 Au_2O 。并易于进一步分解成 Au_2O_3 。

金可与硫代硫酸根形成稳定的 $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^-$ 。金在氧化剂的作用下, 可与硫脲形成稳定的金络离子 $\text{Au}[\text{CS}(\text{NH}_2)_2]_2^-$ 。

用浓的氨水处理 Au_2O_3 或 $\text{H}[\text{AuCl}_4]$ 溶液时, 产生爆金。爆金因容易引起爆炸而得名, 生产时必须注意。

金的化合物很容易还原为金属金。使金还原能力最强的金属是镁、锌、铁和铝。在氰化法提金工艺中就是利用这一性质使用锌粉置换的。

某些有机酸（甲酸、草酸、联氨等），某些气体（如氢、一氧化碳、二氧化硫等）都可作为金的还原剂。

(3) 金的合金

金与很多元素能形成合金。例如，金与镍、铜、银、钯、铂形成连续固溶体；金与汞、钴、铌、锂等相互间溶解度较大，形成有限固溶体；有 59 个元素与金形成一种至八种化合物；有 42 个元素与金生成一个到四个共晶。工业上常用的金合金有 Au-Cu、Au-Pt、Au-Ni 等二元合金，还有 Au-Ag-Cu、Au-Ag-Pt、Au-Ni-Cu 等三元合金和 Au-Cu-Ni-Zn、Au-Ag-Cu-Mn 等多元合金。

1.2.2 银的性质

(1) 物理性质

银具有白色的金属光泽，故称白银。在所有金属中，银对白色光线的反应性最好，导电性、导热性最高。

纯银的电阻率在 0℃ 时为 $1.468 \times 10^{-2} (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$ ，并随温度升高而增大。

银的热导率在 0~100℃ 范围内为 $1\text{cal}^\text{①}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

银这种白色金属具有特殊的柔性、韧性和化学稳定性。银的延展性仅次于金，可以压成几乎透明的 $3 \times 10^{-5}\text{cm}$ 厚的箔片，1g 银可拉成近 2km 长的细丝。

铸银的密度为 $10.5\text{g}/\text{cm}^3$ ，在轧带机中受压后，其密度为 $10.57\text{g}/\text{cm}^3$ 。

银的硬度略高于金，为莫氏 2.7。

银的熔点为 961.93°C ，沸点为 1850°C ，不易挥发。其蒸气压与温度的关系如表 1-3 所示。

表 1-3 银的蒸气压与温度的关系

温度/℃	918	1023	1163	1336	1543	1825	2210
p_{Ag}/Pa	133.222×10^{-4}	133.222×10^{-3}	133.222×10^{-1}	133.222	133.222×10	133.222×10^2	7993.32

银中如有铅、砷、锑等杂质，则其挥发性增大。

熔融银对氧有很强的溶解能力，这对浇铸银锭产生不良影响。

银在地壳中的含量为 1×10^{-5} ，在自然界中呈分散状态，主要存在于方铅矿中。

(2) 化学性质

银的化学性质不如金稳定，在常温下不易被空气氧化，但加热到 200°C 时即有氧化银 (Ag_2O) 薄膜产生，至 400°C 分解。银与水不起作用。

银的氯化物是氯化银 (AgCl)，它是一种白色结晶。加氯至硝酸银中可制取

① $1\text{cal}=4.1868\text{J}$ 。

AgCl, 它能溶解于硫代硫酸钠溶液、氨液、氰化物溶液中。AgCl 易被金属置换而还原成金属银:

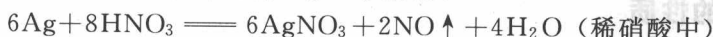


这是工业上常用的一种提银方法。

银的简单氰化物有氰化银 (AgCN), 它是一种白色结晶, 可溶于氨及铵盐、硫代硫酸盐、碱金属氰化物的溶液中。银在氧化剂的作用下, 易溶于碱金属氰化物溶液中, 并生成稳定的银氰络离子 $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ 。

银的硫化物有硫化四银 (Ag_4S) 和硫化二银 (Ag_2S)。 Ag_4S 不溶于水, 干燥时分解 Ag_2S 。 Ag_2S 加热至 400°C 时分解而得金属银。 Ag_2S 与 H_2SO_4 作用可得硫酸银 (Ag_2SO_4)。

将纯银溶解于硝酸中, 即可得 AgNO_3 溶液:



蒸发结晶而成固体产品。硝酸银为无色透明斜方片状晶体, 密度为 $4.352\text{g}/\text{cm}^3$, 其熔点为 212°C , 加热到 440°C 即分解, 硝酸银易溶于水和氨, 也微溶于酒精, 几乎不溶于浓硝酸中。硝酸银是一种重要的银盐, 在纯净空气中, 露光不变色, 但在有机物存在时变黑, 阳光直射时易分解。

氯、溴、碘可与银作用生成相应的氯化银、溴化银和碘化银。

溴化银 (AgBr) 不溶于水, 而溶于硫代硫酸钠中, 遇光即分解成“银核”:



碘化银 (AgI) 也具有上述性质, 所以银的卤素盐均可用于感光技术。

Ag_2O 与氨水作用能生成爆银, 它是一种黑色粉末, 稍经触动、摩擦, 即会引起爆炸。

在自然界中, 银和含银矿物种类很多, 特别是在表生条件下银还能形成一些次生矿物。银的主要工业矿物见表 1-4。

(3) 银的合金

银的合金, 常用的主要有 Ag-Au 、 Ag-C 、 Ag-Cd 、 Ag-Ni 、 Ag-Pt 、 Ag-Cu 等二元合金; 还有 Ag-Al-Mn 、 Ag-Mg-Ni 等三元合金以及 Ag-Au-Cu-Zn 等多元合金。

1.2.3 金银的用途

黄金是人类最早认识和利用的金属。最初古人采金, 几乎全部用来制作偶像、神龛、碗、瓶、杯和各种饰物。后来, 大约在公元前 1000 年, 金和银开始作为人们进行交换的媒介——货币, 自由流通。之后, 黄金曾长期成为货币金属。

我国是世界最早使用金币的国家, 在河南新郑的殷墟发掘出了 4000 多年前的金质贝币和贴金贝币。近年许多国家用金铜合金制造金币, 其金含量大都在 90%。

随着资本主义经济的发展, 第一次世界大战后, 金的流通和作为货币的用途大

大削减。目前，黄金在法律上已停止作为货币流通，形式上丧失了与货币制度的全部联系。然而，黄金仍然是国家资源储备和私人积蓄的重要物质。此外，在工业上黄金的利用也愈来愈广泛。

表 1-4 银的主要工业矿物

序号	矿物名称	化学分子式	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	硬度(莫氏)
1	自然银	Ag (常含 Au 、 Hg 、 Sb 、 Bi)	10.1~11.1	2.5~3
2	锑银矿	Ag_3Sb	9.6~9.8	3.5
3	辉银矿	Ag_2S	7.2~7.4	2~2.5
4	硫铜银矿	$(\text{AgCu})_2\text{S}$	6.1~6.3	2.5~3
5	淡红银矿	$3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$	5.5~5.6	2~2.5
6	深红银矿	$3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	5.8~5.9	2.5~3
7	辉锑银矿	$\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	5.1~5.3	2~2.5
8	辉铜银矿	Ag_3CuS_2	6.8~6.9	2.5
9	硫锑铜银矿	$(\text{AgCu})_{16}\text{SAg}_3\text{S}_{11}$	6.3	2~3
10	脆银矿	$5\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	6.2~6.3	
11	辉锑铅银矿	$4\text{PbS} \cdot 4\text{Ag}_2\text{S} \cdot 3\text{Sb}_2\text{S}_3$	5.9	1~2
12	硫锑铅银矿	$\text{Pb}(\text{Ag}, \text{Cu})\text{Sb}_3\text{S}_6$	6.2~6.3	2.5
13	硒铜银矿	$\text{Cu}_2\text{Se} \cdot \text{Ag}_2\text{Se}$	7.6~7.8	2.5
14	硒银矿	Ag_2Se	7~8	2.5
15	碲银矿	Ag_2Te	8.2~8.4	2~3
16	针碲金银矿	$(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$	8.6	2.5
17	碲金银矿	Ag_3AuTe_2	8.7~9.4	2.5~3
18	角银矿	AgCl	5.5	2.5
19	溴银矿	AgBr	6.3	2.5~3
20	碘银矿	AgI	5.5	1~1.5
21	黄碘银矿	$(\text{Ag}, \text{Cu})\text{I}$	5.6	2.5
22	硫砷银矿	$\text{Ag}_7(\text{As}, \text{Sb})\text{S}$		

(1) 金的货币储备价值

尽管金银是理想的货币材料，但今天已不再用作货币流通，而大量的的是用作储备、支付手段。由于黄金、白银可以作为硬通货来使用和储备，所以，一个国家的黄金储备多少，可以显示出这个国家的经济实力。任何时候，金银都是作为世界货币来储备的。一个国家拥有的金、银数量，是她的财力的标志。黄金储存，可以提高国家在国际交往中的威望，还可以兑换外汇和起到控制通货膨胀的作用。

据报道，到 20 世纪 50 年代，世界黄金总采出量为 5000t，其中有 60% 供作货币。在供作货币的金中，大部分被铸作金条、金砖等保存在世界各国银行作为货币存储，仅有一小部分铸成金币供使用。

从 20 世纪 60 年代以来，资本主义国家黄金的储量基本上是稳定的。据国际货币基金组织 (IMF) 的国际金融统计数据库 (IFS) 2010 年 6 月版以及其他可得到的来源。目前世界各国和各地区中央银行拥有的 34000t 黄金储备中，美国拥有 8133.5t，居首位。世界黄金委员会公布的世界黄金储备的前 20 名名单列于表 1-5。

表 1-5 世界黄金储备前 20 名的国家和地区

顺序	国家和地区	黄金储备/t	顺序	国家和地区	黄金储备/t
1	美国	8133.5	11	印度	557.7
2	德国	3402.5	12	欧洲央行	501.4
3	国际货币基金组织	2907.0	13	中国台湾	423.6
4	意大利	2451.8	14	葡萄牙	382.5
5	法国	2435.4	15	委内瑞拉	363.9
6	中国	1054.1	16	沙特阿拉伯	322.9
7	瑞士	1040.1	17	英国	310.3
8	日本	765.2	18	黎巴嫩	286.8
9	俄罗斯	726.0	19	西班牙	281.6
10	荷兰	612.5	20	比利时	227.5

(2) 金的工艺用途

黄金的另一重要用途是用作贵重工艺品和首饰，成为私人积蓄的收藏品。

由于黄金、白银的化学性能稳定，色彩瑰丽夺目，久藏不变，易于加工，所以自古以来它们就是首饰、装潢、美术工艺的理想材料。《天工开物》中写道：“凡色至于金，为人间华美贵重，故人工成箔而后施之……秦中造金及者，硝扩羊皮使最薄，贴金其上，以便裁剪服饰用。皆煌煌至色存焉。”

直至今今天，世界各国仍有大量的黄金、白银用于首饰、珠宝业。

据 2009 年资料报道，截至 2008 年年底，全世界已累计生产黄金 48.46 亿盎司 [1 盎司 (oz)=28.3495g，下同]，合 13.74 万吨，其中 18.53 亿盎司被用于制造首饰，约占总量的 38.25%；各国中央银行或其他政府机构掌握的有 15.21 亿盎司，约占总量的 31.38%；私人投资者掌握的有 9.17 亿盎司，约占总量的 18.92%；用于工业和医疗事业的仅有 5.55 亿盎司，约占总量的 11.45%。

表 1-6 和表 1-7 分别列出了世界黄金的供需情况。

表 1-6 2001~2008 年世界黄金供应量

Moz

项 目	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
矿山产量(1)	84.27	83.27	83.59	79.12	80.22	88.12	87.32	85.49
废旧回收(2)	21.86	26.91	30.35	26.65	25.40	39.09	36.28	35.11
传统供应=(1+2)	106.13	110.18	113.94	105.77	105.62	127.21	123.68	120.60
废旧回收/传统供应	0.21	0.24	0.27	0.25	0.24	0.26	0.24	0.25
官方出售	17.20	17.97	19.84	15.24	21.61	12.96	17.68	10.59
净套头交易	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
潜在净投资回收	3.70	3.63	0.00	2.44	0.00	0.00	1.44	0.00
总供应量	126.45	131.78	133.78	123.45	127.22	140.43	143.04	131.44