第二章 银矿物学、分析测试技术及银矿床分类

第一节 银的矿物学研究现状

2.1.1 银矿物学

银为典型的亲铜亲硫元素，在自然界中除形成自然银及与金、汞形成互化物以外，由于其可变的离子半径（0.075~0.130nm），常形成硫化物或与 Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi 等元素形成硫盐矿物，以致银矿物比金矿物及铂族矿物复杂得多。

迄今已发现银矿物 140 多种(龚国洪，1994；王濮，1982),但由于银的地球化学的活泼性,其形成的银矿物显然不止这些。根据银矿物化学成分特征，可把银矿物划分为以下 10 类：自然银、银的金属互化物、银硫化物、银的硒化物、碲化物、砷化物、锑化物、银的硫酸盐、银的卤化物、银的硫盐。

王静纯(1990)统计了国内外133种银矿物，其中，自然元素及其金属互化物有13种，占9.77%；硒化物、碲化物、砷化物、锑化物有22种，占总银矿物数的16.54%；银硫化物有11种，占总银矿物数的8.27%；银的硫盐矿物有73种，占总银矿物数的54.89%；银的卤化物10种，占总银矿物数的7.52%；硫酸盐类及其它有4种，占总银矿物数的3%。常见银矿物见表2.1。

2.1.2 不同类型的银矿物产出特征

（1）银的自然金属及其互化物。

自然银是最常见的银矿物之一，通常含有一定量的 Cu、Hg、Au 等；一些金属与非金属元素与 Ag 发生类质同象形成银的互化物，这些元素为：Au 、Hg、Bi、Se、Te、Pd 等，形成的银矿物以金银矿、银金矿和汞银矿较为常见,由于银与金的地球化学性质相似，银与金能形成完全的类质同象，银金矿和金银矿即是常见的金-银类质同像矿物，常产于火山岩型浅成低温热液矿床中。银与汞的类质同象表现为银与汞形成系列银-汞互化物，其中汞银矿为我国首次发现于河北青龙三家金矿床（李艺，1999）；在湖南柏坊砂岩铜矿床伴生较高的银,其中 75%的银以汞银矿的形式存在（杨国高等，1992）；我国的辽宁清源大荒沟黄铁矿矿床也发现了汞银矿（王树华等，1992）；在我国湘、黔、川、滇的中-新生代的红层断陷盆地内发育有砂岩型铜矿，其矿石多伴有银的含汞系列矿物。我国首次在河北滦河发现的滦河矿(Luanheite)亦为银汞互化物,其分子式为Ag_3Hg,其实亦为自然银含汞变种（ 褶锐光，向晓荣，1990）。

（2）银的硫化物、砷化物、锑化物及银的硫盐。

组成银的硫化物、砷化物、锑化物及银的硫盐的元素常为Ag、Cu、Pb、As、Sb、Hg、Tl、Bi、S、Se、Te 等，常形成一系列的同质异构银矿物对，其中以辉银矿-螺硫

表 2.1 常见银矿物一览表

矿物名称	晶系	英文名称	矿物式
一、自然元素及金属互化物			
1 自然银	等轴	Silver	Ag
2 银金矿	等轴	Electrum	(Au,Ag)
3 银铜金矿	等轴	Argentocuproaurite	(Ag,Au,Cu)
4 银汞齐	等轴	Amalgam	(Ag,Hg)
5 滦河矿	等轴	luanheite	Ag_3Hg
6 银汞矿	等轴	moschellandsbergite	Ag_2Hg_3
7 汞银矿	等轴	Kongshergite	α-(Ag,Hg)，$Ag_{1-x}Hg_x$，X=0~0.5
8 斜方汞银矿	斜方	Paraschachnerite	Ag_3Hg_2
9 六方汞银矿	六方	Schachnerite	$Ag_{1.1}Hg_{0.9}$（β相）
10 含银自然铋	三方	Bismuth	（Bi,Ag）
11 硒金银矿	等轴	Fischesserite	Ag_3AuSe_2
二、砷化物、锑化物、硒化物、碲化物			
12 碲银矿	单斜	Hessite	Ag_2Te
13 碲金银矿	等轴	Petzite	Ag_3AuTe
14 六方碲银矿	六方	Stutzite	$Ag_{5-x}Te_3$
15 粗碲银矿	斜方	Empressite	AgTe
16 针碲金银矿	单斜	sylvante	$AgAuTe_4$
17 碲铋银矿	三斜	Volynskite	$AgBiTe_4$
18 锑银矿	斜方	Dyscrasite	Ag_3Sb
19 六方锑银矿	六方	Allargentum	$Ag_{1-x}Sb_x$
20 锑钯银矿	等轴	Teiargpalite	$(Pb,Ag)_{4-x}Te_x$
21 杂碲金银矿		Muthmannite	(Ag,Au)Te
22 砷铜银矿	四方	Novakite	$(Cu,Ag)_3As_3$
23 方砷铜银矿	等轴	Kutinaite	$AgCu_2As_3$,Cu_2AgAs
24 硒银矿	等轴	Naumannite	Ag_2Se
25 硒金银矿	等轴	Fischesserite	Ag_3CuSe_2
26 硒铜银矿	四方	Eucairite	AgAuSe
27 硒铊银铜矿	四方	crooksite	$(Ag,Tl,Cu)_2Se$
28 β-硒银矿	斜方	β-naumannite	Ag_2Se
三、硫化物类			
29 辉银矿	等轴	Argentite	β-Ag_2S
30 螺状硫银矿	单斜	Acanthite	α-Ag_2S
31 硫金银矿	四方	Uytenbogaardtite	Ag_3AuS
32 硫铜银矿	斜方	Stromeyeite	CuAgS
33 马硫铜银矿	斜方	Mackinstryite	$(CuAg)_2S$
34 辉铜银矿	四方	Jalpaite	Ag_3CuS_2
35 少银黄铁矿	斜方	Argentopyrite	$AgFe_2S_3$
36 硫铁银矿	斜方	Sternbergite	$AgFe_2S_3$
37 银镍黄铁矿	等轴	Argentopentlandite	$Ag(Fe,Ni)_8S_8$
38 硫汞银铜矿	斜方	Balkanite	$Cu_9Ag_5HgS_8$
39 阿硫铁银矿	斜方	Argentopyrite	$AgFe_2S_3$
四、硫盐类			
40 银黄锡矿	四方	Hocartite	Ag_2FeSnS_4
41 硫银锗矿	斜方	Argyrodite	Ag_8GeS_6

42 硫银锡矿	斜方	Canfieldite	Ag_8SnS_6
43 辉锑银矿	单斜	Miargyrite	$AgSbS_2$
44 深红银矿	三方	Pyrargyrite	Ag_3SbS_3
45 火红银矿	单斜	Pyrostilpnite	Ag_3SbS_3
46 脆银矿	斜方	Stephanite	Ag_5SbS_4
47 硫锑铜银矿	单斜	Polybasite	$(Ag,Cu)_{16}Sb_2S_{11}$
48 硫锑锰银矿	单斜	Samsonite	$Ag_4MnSb_2S_6$
49 辉铜银矿	四方	Chalcocite	$Ag_6Cu_4S_5$
50 银黝铜矿	等轴	Freibergite	$(Ag,Cu,Fe)_{12}(Sb,As)_4S_{13}$
51 黝锑银矿	单斜	Freibergite	$Ag_{4-10}(Cu_{6.0}Cu,Fe,Zn)_2(SbAs)_4S_{13}$
52 柱硫锑铅银矿	单斜	Feieslebenite	$PbAgSbS_3$
53 辉锑铅银矿	单斜	Diaphorite	$Pb_2Ag_3Sb_3S_8$
54 玻硫锑银矿	斜方	Boliriam	$Ag_2Sb_{12}S_{19}$
55 硫锑锡铁铅矿	单斜	Incaite	$(Pb,Ag)_4FeSn_4Sb_2S_{13}$
56 辉锑铜银铅矿	单斜	Nakaseite	$Pb_4Ag_3CuSb_{12}S_{24}$
57 硫锑铅银矿	斜方	Andorite	$PbAgSb_3S_6$
58 杂辉锑铅银矿	斜方	Fizelyite	$Pb_5Ag_2Sb_8S_{18}$
59 脆硫锑银铅矿	斜方	Owyheeite(银毛矿)	$Ag_2Pb_5Sb_6S_{15}$
60 辉锑银铅矿	斜方	Ramdohrite	$PbAgSb_3S_6$
61 斯硫锑银铅矿	斜方	Sterryite	$Ag_2Pb_{10}(As,Sb)_{12}S_{29}$
62 提辉锑铅银矿	斜方	Teremkovite	$Ag_2Pb_7Sb_8S_{20}$
63 硫砷铜银矿	单斜	Pearceite	$(Ag,Cu)_{16}As_2S_{11}$
64 锑硫砷铜银矿	单斜	Antimongpearcerite	$(Ag,Cu)_{16}(As,Sb)_2S_{11}$
65 砷硫锑铜银矿	单斜	Arsenpolybasite	$(Ag,Cu)_{16}(As,Sb)_2S_{11}$
66 硫锑砷银矿	斜方	Billingsleyite	$Ag(As.Sb)S_6$
67 斜硫砷银矿	单斜	Smithite	$AgAsS_2$
68 三方硫砷银矿	三方	Trechmannite	$AgAsS_2$
69 淡红银矿	六方	Proustite	$AgAsS_3$
70 黄银矿	单斜	Xanthocomite	Ag_3AsS_3
71 硫砷汞银矿	单斜	Laffittite	$AgHgAsS_3$
72 硫砷银矿	四方	Billingsleyite	$Ag_{16}As_2S_{11}$
73 辉砷银铅矿	单斜	Lengenbachite	$Pb_6(Cu,Ag)_2As_4S_{13}$
74 硫砷银铅矿	单斜	Marrite	$PbAgAsS_3$
75 硫砷铊铅矿	斜方	Hutchinsonite	$(Pb,Tl)_2(Cu,Ag)As_5S_{10}$
76 铜红铊铅矿	三斜	Wellisite	$PbTl(Cu,Ag)As_2S_5$
77 硫铋锑银矿	三斜	Aramayoite	$Ag(Bi,Sb)S_2$
78 硫铋银矿	六方	Matildite	$AgBiS_2$
79 块辉铋铅银矿	斜方	Schirmerite	$Ag_3Pb_3Bi_9S_{18}$ - $Ag_3Pb_6Bi_7S_{18}$
80 块辉铋银矿	单斜	Pavonite	$AgBi_3S_5$
81 硫铋铅银矿	斜方	Ourayite	$Ag_{25}Pb_{30}Bi_{41}S_{104}$
82 针硫铋铜银矿	单斜	Neyite	$Pb(Cu,Ag)_2Bi_6S_{11}$
83 辉铋铅银矿	斜方	Guslavite	$Pb_5Ag_3Bi_{11}S_{24}$
84 硫铋铜银矿	斜方	Arcubisite	Ag_6CuBiS_4
85 本硫铋银矿	单斜	Benjaminite	$(Ag,Cu)_3(Bi,Pb)_7S_{12}$
86 埃硫铋铅银矿	单斜	Eskimpite	$Ag_7Pb_{10}Bi_5S_{36}$
87 富硫铋铅矿	斜方	Heyrovskyite	$Pb_{10}AgBi_5S_{18}$
88 特硫铋铅银矿	单斜	Treasurite	$Ag_7Pb_6Bi_5S_{18}$
89 维硫铋铅银矿	单斜	Vikingite	$Ag_5Pb_8Bi_{13}S_{30}$

90 硫铋铅银矿	斜方	gustavite	$Pb_3Ag_5Bi_{11}S_{24}$
91 马硫铜银矿	斜方	Mackinstryte	$(Ag,Cu)_2S$
92 硫铋铜银铅矿	单斜	Cupropavonite	$AgPbCu_2Bi_3S_{10}$
93 硫铅铜矿	单斜	Furutobeite	$(Cu,Ag)_6PbS_4$
94 硫硒铜矿	等轴	Geffroyite	$(Ag,Cu,Fe)_9(Se,S)_8$
95 砷黝铜矿	等轴	Giraudite	$(Cu,Zn,Ag)_{12}(As,Sb)_4(Se,S)_{13}$
96 辉铋银铅矿	斜方	Gustavite	$PbAgBi_3S_6$
97 硒黝铜矿	等轴	Hakite	$(Cu,Hg,Ag)_{12}Sb_4(Se,S)_{13}$
98 细硫砷铅矿	三斜	Hatchite	$(Pb, Tl)_2AgAs_2S_5$
99 硫铋铅银铜矿	斜方	Larosite	$(CuAg)_{21}(Pb,Bi)_2S_{13}$
100 辉锑银矿	单斜	Miaryrite	$AgSbS_2$
101 块硫铋银矿	单斜	Paronite	$(Ag ,Cu)(Bi, Pb)_3S_5$
102 特硫铋铅银矿	单斜	Treasurite	$Ag_7Pb_6Bi_{15}S_{32}$
103 辉硒银矿	斜方	Ayuilarite	Ag_2SeS
五、卤化物类			
104 角银矿	等轴	Chlorargyrite	AgCl
105 胶状角银矿	等轴		AgCl
106 溴角银矿	等轴	Bromargyrite	Ag（Br,Cl）
107 氯角银矿	等轴	Embolite	Ag(Cl ,Br)
108 碘银矿	六方	Iodargyyite	AgI
109 黄碘银矿	等轴	Miersite	(Ag,Cu)I
110 碘汞银矿		Tocomalite	(Ag,Hg)I
111 氯银铅矿	等轴	Bidezuxite	$Pb_2AgCl_3(F,OH)_2$
112 方银铜氯铅矿	等轴	Boleite	$Pb_9Cu_8Ag_3Cl_{20}(OH)_{16}H_2O$
六、其它			
113 银铁钒	三方	Argenlojarosite	$AgFe_3(SO_4)_2(OH)_6$
114 黑银锰矿	三斜	Aurorite	$(Mn,Ag,Ca)Mn_3O_7H_2O$
115 水锑银矿	等轴	Stefeldtite	$Ag_2Sb(O,OH)_7$

银矿、银黝铜矿-黝锑银矿、硫锑铜银矿-硫砷铜银矿、深红银矿—淡红银矿、硫铜银矿—黝锑银矿等银矿物对较常见。其中螺硫银矿与银黝铜矿常分布于铜、铅、锌的有色多金属的硫化物矿床中。在额仁陶勒盖银矿床中，主要银矿物为螺硫银矿、自然银及银的黝铜矿系列，其中50%的银矿物为螺硫银矿。自然界中很多银矿床普遍分布有螺硫银矿，这可能与银易与硫形成银的难溶化合物有关。由于Ag_2S组成的难熔化合物的溶度积常数比较其它有银的化合物要低得多，在10℃为1.2×10^{-50},而在18~25℃时，AgBr、Ag_2SO_3、Ag_2SO_4、Ag_3PO_4和Ag_2CO_3的溶度积分别为6.3×10^{-3}, 1.5×10^{-14}, 1.6×10^{-5}, 1.3×10^{-20}和8.2×10^{-12}。100 ℃时，AgCl的溶度积为21.5×10^{-11}（北京矿冶研究院，1976），显然，Ag_2S的溶度积较其它银的化合物低得多。

银的硫盐矿物中值得注意的是黝铜矿系列矿物中的含银系列矿物，主要有硫锑铜银矿、银黝铜矿、黝锑银矿。其中银黝铜矿在多数银矿床中均有分布。我国首次在青海锡铁山铅锌矿床的氧化带中发现了镉银黝铜矿，其中镉的含量达 10.748%（贾殿武等，1988）。

（3）银与硒、碲、铋组成的银矿物 。

银与硒、碲、铋也常组成与岩浆活动或火山活动有关的银硫化物及银的硫盐矿物。这一套元素组合主要与陆相火山岩型银多金属矿床有较为密切的关系。我国首次在辽宁的八家子铅锌矿床中发现了硫碲银矿（李艺等，1999）。

（4）银的卤化物类矿物

以 Cu、Ag、Pb 为主要金属阳离子， F、Cl、Br、I 为负离子组成的矿物，常形成角银矿、溴银矿等，分布于碳酸盐地层中的银铅锌矿床氧化带的上部。如银厂坡银多金属矿床的氧化带顶部出现角银矿，呈胶状分布于氧化矿石中（见第五章）。我国首次在湘西一银铀矿床中发现了碘银矿（孙启淞，1992）。

（5）银的硫酸盐矿物

主要由 Ag 与 Fe、Mn、Ca、Pb 等共同组成矿物式中的阳离子，其 SO_4^{2-} 与 OH^- 组成银矿物的阴离子团，常见的此类矿物为银铁矾。

总之，银是贵金属的成员之一，由于其相对其它贵金属元素较为活泼的性质使得其所形成的矿物既不同于金，也不同于铂族元素，常具备以下特点：

①银矿物种类多，成分复杂。

②银矿物一般形成于低温的、浅成环境下，其形成较晚，因而多数银矿物为一套低温下稳定的矿物。例如，Ag_2S 在 176℃为立方晶系的辉银矿、而低于 176℃时则转化为斜方晶系的螺状硫银矿，据报导，目前未发现呈高温立方体心和立方面心的 Ag_2S(龚国洪，1993)；Ag_2Te 在 145℃以下时为中温立方晶系的的碲银矿，高于 145℃时转化为斜方晶系的碲银矿；硒银矿在低于133℃由立方晶系转化为斜方晶系；硫铅铋银矿在低于 210℃由立方晶系转化为斜方晶系（H.J.勒斯勒，1985）；硫铜银矿必须在小于 94℃稳定存在；

③银矿物多数与铅锌矿床关系密切，多数铅锌矿床中均伴生有一定数量的银。

④广泛分布于自然界的银矿物有银的自然金属、硫化物，砷化物、锑化物及硫盐。

目前我国发现的较常见银矿物有自然银、螺状硫银矿、银金矿、银黄锡矿、硫铁银矿、硫铜银矿、马硫铜银矿、辉硒银矿、浓红银矿、淡红银矿、辉锑银矿、脆银矿、银黝铜矿、硫锑铜银矿、辉锑铅银矿、硒铜银矿、角银矿、溴银矿、碘银矿，汞银矿等。

2.1.3 我国若干独立银矿床与超大型银矿床中的银矿物

川滇黔接壤处主要分布有以下银矿物：自然银、螺硫银矿、含银黝铜矿、硫锑铜银矿、银汞矿、辉银矿、深红银矿、锌银黝铜矿、硫铜银矿、黝锑银矿、汞银齐等（见表 2.2），为一套低温下稳定的银矿物组合。显然,这套矿物组合与整个区域的地质成矿条件类似于 MVT 型矿床产出的低温环境不无联系。

表 2.2 我国若干独立银矿床、共生与伴生银矿床主要银矿物简表

矿　床	主 要 银 矿 物
贵州银厂坡①	自然银、螺硫银矿、银黝铜矿、硫锑铜银矿、银汞矿、角银矿、银铁矾
云南麒麟厂②	辉银矿、深红银矿、硫锑铜银矿、锌银黝铜矿、自然银、脆银矿
四川大梁子③	硫铜银矿、深红银矿
四川天宝山④	硫铜银矿、深红银矿
内蒙古额仁陶勒盖⑤	浓红银矿、自然银、螺硫银矿、银黝铜矿、含银黝铜矿、银金矿、硫铁银矿、角银矿、溴银矿、碘银矿、硒银矿、淡红银矿、硫砷铜银矿、硫锑铜银矿、辉锑银矿、脆银矿、辉砷银矿、辉铜银矿、硫铜银矿
吉林山门⑥	浓红银矿、自然银、螺硫银矿、银黝铜矿、含银黝铜矿、银金矿、硫铁银矿、淡红银矿、硫砷铜银矿、硫锑铜银矿、脆银矿、硫铜银矿
云南白牛厂⑦	银黝铜矿、黝锑银矿、硫锑铜银矿、深红银矿、淡红银矿、辉锑银矿、脆银矿、银黄锡矿、自然银、辉锑铅银矿、柱硫锑铅银矿、含银硫锑铋铅银矿等共 26 种
云南乐马厂⑧	自然银、银黝铜矿、黝锑银矿、汞银齐
江西虎家尖⑨	自然银、银金矿、螺硫银矿、银黄锡矿、硫铁银矿、辉锑银矿、脆银矿、浓红银矿、银黝铜矿、含银黝铜矿、辉锑铅银矿、捷辉锑银铅矿
湖北白果园⑩	辉银矿-螺硫银矿、辉硒银矿、硒银矿、硫银锗矿、自然银

①据本文②据杨国高等（1992）③与④据王小春（1988）⑤⑥⑨⑩据战新志（1999）
⑦据江鑫培（1994）⑧据邓海琳（1997）

2.1.4 八十年代以来发现的主要银矿物

银矿物的发现继七十年代取得巨大进展后，八十年代，又取得了重大的突破。在此期间，全世界共发现的新矿物有 668 种，其中新发现的银矿物占 33 种，我国占两种，即滦河矿（Luanheite）和围山矿（Weishanite）（翟锐光，向晓荣，1990）。八十年代期间新发现的银矿物,见表 2.3。

表 2.3 八十年代发现的新银矿物

序 号	矿物中英文名称	发现时间	矿物分子式
1.	Sopcheite	1980	$Ag_4Pd_3Te_4$
2.	Argentopentlandite	1980	$Ag(Fe,Ni)_8S_8$
3.	Furutobeite	1981	$(Cu,Ag)_6SbS_4$
4.	Chameanite	1982	$(Cu,Fe,Ag)_9(Se,S)_8$
5.	Pirquitasite	1982	Ag_2ZnSnS_4
6	Sopcheite	1982	$AgSe_2Te_4$
7.	Rayite	1983	$Pb_6(Ag,Tl)_2Sb_8S_?$
8.	Dervillite	1983	$Ag_2AsS_?$
9.	Henryite	1983	$Cu_4Ag_3Sb_4$
10.	Luanheite（滦河矿）	1984	Ag_3Hg
11.	Weishanite(围山矿)	1984	$(Ag,Hg)_3Hg_2$
12.	Penginite	1984	$(Ag,Cu)_4Au(S,Se)_4$
13.	Petrovskaite	1984	AuAg(S,Se)
14.	Uchucehacuaite	1984	$AgMnPb_3Sb_5S_{12}$
15.	Selenostephanite	1985	$Ag_5Sb(Se,S)_4$
16.	Imiterite	1985	Ag_2HgS_2
17.	Padesite	1985	$Cu_{5.9}Ag_{13}Pb_{16}Bi_{11.2}S_{22}$
18.	Alacranite	1986	$Pb_{0.84}Bi_{2.11}Te_{2.06}S_{1.89}$

19.	Benleonardite	1986	$Ag_8(Sb,As)Te_2S_3$
20.	Cameranite	1986	$Cu_{7.10}Ag_{1.09}Te_{10}$
21.	Zoubekite	1986	$AgPb_4Sb_4S_{10}$
22.	Perroudite	1987	$Hg_{5-x}Ag_{4+x}S_{5-x}(Cl,I,Br)_{4+x}(-1.4<x<1.4)$
23.	Polkovicite		$Pb_{24.0}Sn_{8.78}Fe_{3.74}Ag_{0.16}$
24.	Vikingite		$Ag_{1.00}Pb_{2.5}Bi_{3.00}S_{7.50}$
25.	Cupropavonite		$Cu_{1.8}AgBi_5Pb_{1.2}S_{10}$
26.	*Treasurite*		$Ag_{1.75}Pb_{1.50}Bi_{3.75}S_8$
27.	Eugenite		$Ag_{11}Hg_2$
28.	γ-Goldmalgam		(Au、Ag)Hg
29.	Criddleite		$TlAg_2Au_3Sb_{10}S_{10}$
30.	*Dalielsite*		$(Cu,Ag)_{14}HgS_8$
31.	Eskimoite		$Ag_{1.5}Pb_{3.00}Bi_{3.5}S_9$
32.	Ourayite		$Ag_{12.5}Pb_{15}Bi_{20.5}S_{52}$
33.	Perroundite		$Hg_5Ag_4S_5(Cl,I,Br)_4$

第二节　银的分析测试技术

分析测试工作是整个地质与地球化学工作是基础，也是研究地壳中元素的存在和化学形态及其活动变化规律必不可少的手段。银的分析测试发展较快,测试方法日臻成熟,尤其是近年来高分辨等离子质谱、电子显微镜、电子探针、离子探针等技术的发展，使得银的测试向高灵敏度、检测限低、良好的精度与准确度、高效率、高速度及低成本方向发展，已取得可喜的进展。分析银主要有如下一些方法：

1、 经典化学分析方法

滴定法，适用范围：银含量达到点 50g/t 以上， H_2O,Cl^- 等 阴离子干扰测定，是分析高含量银较好的方法。

2、 光度分析法

该法适用于 3g/t 以上银的测定，其检测限低于经典化学分析法。主要流程如下：用 HNO_3,HCl 分解，加入大量的 NaCl 使 Ag 与 Cl 形成络阴离子，在 EDTA 存在的条件下，用双硫腙-苯萃取 Ag 和 Hg^{2+}，使之与 Pb、Zn、Cu 分离，有机相以 $C_{(HCl)}$=0.1MNaCl 溶液反萃取银，使其与 Hg 分离，反萃取液在 PH 值=4.5 时，有 EDTA 存在下以双硫腙-四氯化碳萃取，在有机相中测定反应的双硫腙吸光度。

3、 离子选择电极法

适用于 1g/t 以上的 Ag 的测定，对于含硅高的试样可用 HNO_3,HF 溶解，残渣溶于含 HNO_3 和 HCl 的溶液中，用 FFAS 法进行测定，本法适用于 3g/t～1g/t 的银的测定。

4、 原子吸收光谱

主要有石墨炉原子吸收光谱法（GFAAS）和火焰原子发射光谱分析。

①石墨炉原子吸收光谱法（GFAAS）

本法先用王水溶解试样，必要时加 HF，以硫脲及$(NH4)_3PO_4$ 为基体改造剂，直接用 GAFFS 方法测定。主要适用于 0.01g/t～2g/t 的银的测定。该法的主要步骤及部分参