黄金地质研究所
信息室 提供

战略地质调查项目系列成果——
黄金地质专题信息编辑之十七

国内与火山-次火山岩有关的银矿床

GUONEI YU HUOSHAN-CIHUOSHAN YAN YOUGUAN DE YIN KUANGCHUANG

中国人民武装警察部队黄金地质研究所

2009 年 07 月

黄金地质研究所
信息室 提供

战略地质调查项目系列成果——
黄金地质专题信息编辑之十七

国内与火山-次火山岩有关的银矿床

GUONEI YU HUOSHAN-CIHUOSHAN YAN YOUGUAN DE YIN KUANGCHUANG

课题组成员：李杰美　王美娟　朝银银　王　欣
马　潇　张　岱

黄金地质研究所
信息室 提供

目　　次

概　述
概　念
火山岩……(1)
次火山岩……(1)
火山岩 QAPF 分类 ……(1)
火山岩 TAS 分类 ……(2)
火山岩建造……(3)
火山岩相……(3)
火山成矿作用……(3)
火山成因矿床……(3)
次火山相……(4)
论　述
海相火山岩型银矿床……(4)
陆相火山岩型与次火山岩（斑岩）型银矿床……(5)
火山-沉积类型银矿床 ……(7)
火山岩区的银矿建造……(7)
我国与火山岩有关的大型、超大型银矿床 ……(10)
中国火山岩型银矿床 ……(16)
中国火山活动及火山岩控制银矿规律 ……(22)
中国火山（次火山）热液型银矿床地质特征 ……(23)
火山岩带的 2 类银矿床 ……(24)
火山岩带含银热液脉的成因性质 ……(26)
典型矿床
湖北银洞沟银矿床 ……(30)
河南破山银矿床 ……(36)
吉林山门银矿床 ……(41)
内蒙古额仁陶勒盖银矿床 ……(46)
详细摘要
浙江后岸银矿床 ……(48)
内蒙古甲乌拉银-多金属矿床……(50)
甘肃小铁山银-多金属矿床……(51)
河南皇城山银矿床 ……(52)
浙江弄坑银矿床 ……(53)
河北小扣花营银矿床 ……(54)
山西支家地银矿床 ……(55)
青海赵卡龙银矿床 ……(56)
浙江大岭口银-铅-锌矿床 ……(57)
河南胜利银-铅-锌矿床 ……(57)
浙江拔茅银矿床 ……(58)
浙江东坞山银矿床 ……(60)
河南银洞坡银矿床 ……(61)

黄金地质研究所
信息室 提供

四川夏塞银矿床 …… (63)
陕西银洞子银-多金属矿床 …… (63)
河北相广银矿床 …… (64)
江西冷水坑银矿床 …… (65)
陕西东沟坝银矿床 …… (66)

成矿模式

陆相火山盆地中与中酸性火山喷发侵入活动有关的（冷水坑式）银-铅-锌矿床模式 …… (67)

附　录

银矿地质详查规范 …… (69)
银矿物表 …… (74)
中国东部边境地区部分金属矿产地 …… (79)
中国西部边境地区部分金属矿产地 …… (79)
银的性质与用途 …… (80)
银的价格与价值 …… (84)
中国银矿床类型 …… (86)
2006—2007 银资源年评 …… (88)

黄金地质研究所
信息室 提供

国内与火山 次火山岩有关的银矿床

二〇〇九年

武警黄金地质研究所

黄金地质研究所
信息室 提供

火山岩

由地表或非常接近地表的火山作用所形成的各种岩石，既包括细粒的、隐晶质的或玻璃质的熔岩和火山碎屑岩，又包括与火山作用有关的潜火山岩。从火山喷发环境可区别为海底喷发和陆相喷发。海底喷发通常是大洋中脊或大洋岛弧喷发的，它与海相沉积物一般呈整合接触关系。陆相喷发通常是在构造运动后期喷发的，与下伏的岩层多呈不整合接触关系，其中也可夹有沉积岩。

摘自《地球科学大辞典》基础学科卷

次火山岩

又称潜火山岩，是一种与火山作用有关的并与火山岩系同源的浅成和超浅成侵入岩。有人把火山通道根部的岩石也成为次火山岩。大部分次火山岩同喷出熔岩的外貌十分相似，须经野外调查和室内鉴定才能把它们区别开来。一般认为次火山岩具有下列特点：①在时间上，与火山活动同期或稍晚；②在空间上，主要分布于火山岩地区；③在成分上，与火山岩相似；④在岩石特征上，与火山岩相似。次火山岩与火山热液成矿作用有密切联系。与次火山岩有关的矿产种类很多，如铜、钼、铁、黄铁矿、金、银、锡、铅、锌等。

摘自《地球科学大辞典》基础学科卷

火山岩 QAPF 分类

火山岩实际矿物含量 QAPF 分类图解是由国际地科联（IUGS）火成岩分类学分委会 1978 年推荐的（图 1）。它是根据石英 Q（包括石英、鳞石英、方石英）、碱性长石 A［包括正长石、微斜长石、条纹长石、歪长石、透长石和钠长石（$An_{0\sim5}$）］、斜长石 P［包括斜长石 $An_{5\sim100}$）］、方柱石和副长石类 F（包括霞石、白榴石、钾霞石、假石榴子石、方钠石、黝方石、蓝方石、钙霞石和方沸石等）等矿物组的相对比例来进行的，在分类时必需测定这些矿物组的实际体积数据。为了使用本分类，必需知道和重新计算 Q，A，P，F 的实际矿物含量，以便使其总量达到 100%。例如某岩石的 Q 为 10%，A 为 30%，P 为 20% 和 F 为 40%，则其 Q，A 和 P 的重新换算值

Q＝100×10/60＝16.7，

A＝100×30/60＝50.0，

P＝100×20/60＝33.3。

双三角图中的各端员：Q＝石英，A＝碱性长石，P＝斜长石，F＝副长石类 。

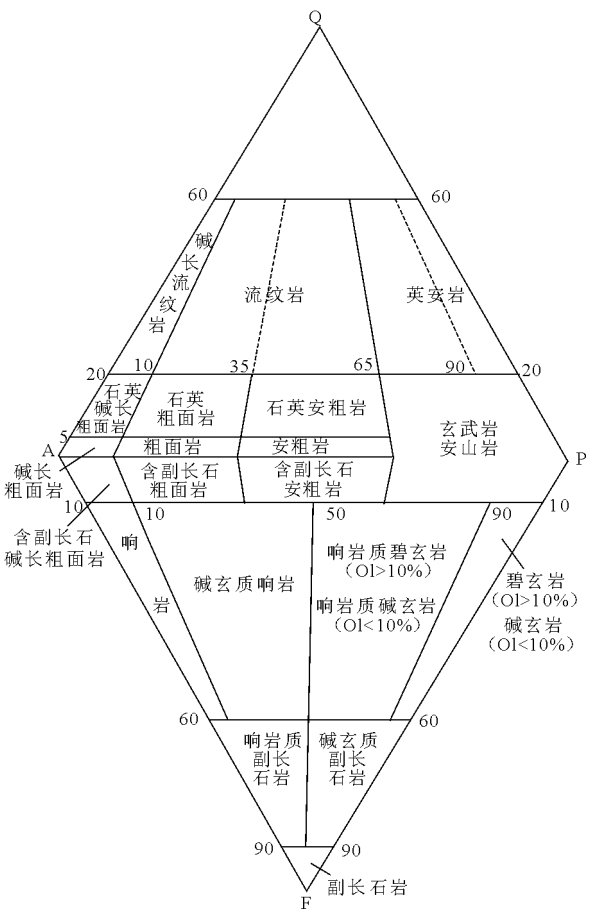


图 1　火山岩根据实际矿物含量用 QAPF 图解分类和命名（据 Streckeiscn，1978）

摘自《地球科学大辞典》基础学科卷

火山岩 TAS 分类

TAS 分类是国际地科联（IUGS）火成岩分类学分委会 1986 年推荐的一种火山岩化学成分分类方法。只有岩石被认为是火山岩，并且由于岩石中含有玻璃质或具有细粒结构而不能测定其实际矿物含量，但有岩石化学分析结果时，才采用这种分类法。本分类的主要部分是以全碱-二氧化硅（TAS）图解为基础，使用方便，因为它的基本要求只需知道全碱（Na_2O+K_2O）和二氧化硅（SiO_2）的含量。假若分析结果落在一定区内，就可得到分类所需的正确基本名称。在进行 TAS 分类之前，必须先采用下列步骤：①在去掉 H_2O 和 CO_2 含量以后，其余所有分析数据必须重新换算成 100%。②为了确定正确的基本名称，而不得不计算 CIPW 的标准矿物时，那么应使用分析测定的 FeO 和 Fe_2O_3 的含量。假若只分析了全铁的含量，那么，使用者应该确定一个能把铁分成 FeO 和 Fe_2O_3 的有效方法。然后，必需检查分析结果，看进行分类命名的岩石是否为“高镁”火山岩，如苦橄岩、科马提岩、麦美奇岩或玻古安山岩等。检查的标准（图 1）：①玻古安山岩：$SiO_2>53\%$，$MgO>8\%$ 和 $TiO_2<0.5\%$。②苦橄岩类：$SiO_2<53\%$，$Na_2O+K_2O<2.0\%$ 和 $MgO>18\%$。苦橄岩类还可根据下述标准分类：

苦橄岩——$Na_2O+K_2O>1\%$，

科马提岩——$Na_2O+K_2O<1\%$，$TiO_2<1\%$，

麦美奇岩——$Na_2O+K_2O<1\%$ 和 $TiO_2>1\%$。

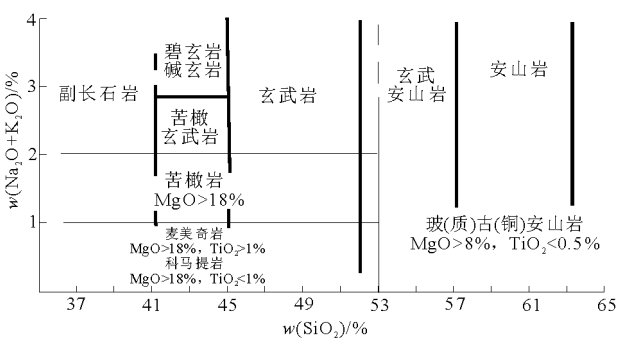


图 1 “高镁”火山岩（苦橄岩、科马提岩、麦美奇岩和玻古安山岩）用 TAS 结合 MgO 和 TiO_2 进行分类和命名，粗线指示 TAS 分区的位置

分委会建议的苦橄岩类可包括苦橄岩、科马提岩和麦美奇岩。假若岩石不属于上述 4 种超镁铁质岩，则应按全碱-二氧化硅（TAS）图解（图 2）进行分类，分区符号见图 3。某些区还可根据下面的叙述进一步分类。B 区——基本名称玄武岩，按照二氧化硅饱和程度可分为碱性玄武岩和亚碱性玄武岩。假若分析计算结果含有霞石标准矿物，则这种岩石叫碱性玄武岩；假若岩石中不含有霞石标准矿物，则为亚碱性玄武岩。俄罗斯人曾把碱性玄武岩和亚碱性玄武岩分别叫亚碱性玄武岩和玄武岩。由

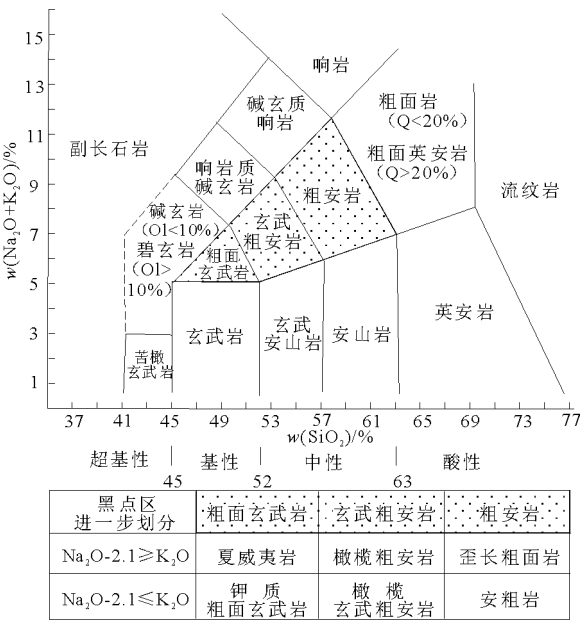


图 2 火山岩全碱-二氧化硅（TAS）图解的化学分类和命名（据 Le Bas 等，1986）

落在黑点区的岩石可以进一步细分（参见图 2 中表）。副长石岩区和碧玄岩—碱玄岩区之间的界限为虚线，表明必需采用另外的准则来区分这些岩石。代号：Q＝标准矿物石英；Ol＝标准矿物橄榄石

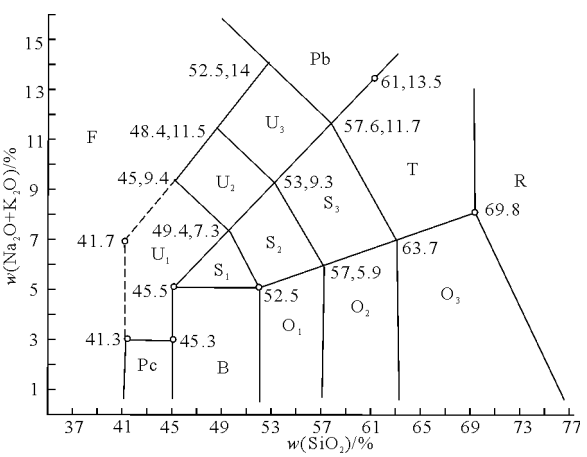


图 3 全碱-二氧化硅（TAS）图解的分区符号，成对出现的数字分别代表横坐标和纵坐标数字（据 Le Bas 等，1986）

黄金地质研究所
信息室 提供

于许多用于玄武岩类的专门名称目前变动较大且缺乏一致性，因此再细分类不会产生令人满意的结果。B区，O_1区，O_2区，O_3区和R区——这些区的基本名称分别为玄武岩（假若SiO_2＞48%）、玄武安山岩、安山岩、英安岩和流纹岩，还可用低钾、中钾和高钾修饰上述各基本名称。R区——基本名称流纹岩，假若过碱指数即（Na_2O+K_2O）/Al_2O_3＞1（分子比），可进一步分出碱性流纹岩。T区——包含2个基本名称粗面岩（Q值＜20%）和粗面安山岩（Q值＞20%），若过碱性指数大于1，可进一步分出过碱粗面岩。S区——根据Na_2O和K_2O的相对含量进一步分为3个区：其中S_1区为粗面玄武岩，若$Na_2O-2>K_2O$，为钠质岩石，称夏威夷岩；$Na_2O-2<K_2O$，为钾质岩石，称钾质粗面安山岩；S_2区为玄武粗安岩，可进一步分为橄榄粗安岩（钠质）和橄榄玄武粗安岩（钾质）；S_3区为粗安岩，可再分为歪长粗安岩（钠质）和安粗岩（钾质）。U_1区——包含碧玄岩和碱玄岩。F区——包含副长石岩石，主要岩石为霞石岩和白榴岩。Ph区——响岩。Pc区——苦橄玄武岩。

摘自《地球科学大辞典》基础学科卷

火山岩建造

成因相似并有共同特征的几种火山岩呈有规律的组合。例如细碧-角斑岩建造，都是富含钠的海底喷发熔岩，在空间上都分布于地槽的褶皱带。

摘自《地球科学大辞典》基础学科卷

火山岩相

表示火成岩由于生成条件不同而产生不同的岩石和岩体的外貌特征相互关系的综合，可分为侵入岩相与火山岩相。侵入岩相，根据岩体形成的大致深度，可分为深成相、中深成相、浅成相、超浅成相和喷出相。深成相和中深成相岩体较大，结晶较粗，同化作用强烈。浅成相岩体较小，结晶较细，常具斑状结构。喷出相由于冷却快，结晶程度较差，常具玻璃质结构。岩相划分的根据，还有岩体的大小，构造环境的差异，岩浆的性质，等等。所以上述3个相的划分，必需综合分析。此外，在同一侵入岩体中，由于各部分冷却条件和同化混染程度不一样，岩性有显著变化，因此有的也进行岩相划分，通常从内向外分为内部相、过渡相和边缘相，用以说明岩体各部分成分及结构的变化。由于火山作用而产生的不同的火山岩特征，则称为火山岩相。常见的火山岩相有①喷发相，可进一步分为溢流相、爆发相、侵出相；②火山通道相；③潜火山相；④火山沉积相。

摘自《地球科学大辞典》基础学科卷

火山成矿作用

泛指与火山活动有关的成矿作用。它不仅包括与地表火山作用有关的各种成矿作用，也包括造成地表火山现象的次火山作用有关的成矿作用。主要分为溢出地表的岩流成矿作用、火山的喷气成矿作用、火山热泉成矿作用、火山沉积成矿作用以及次火山岩浆成矿作用和次火山汽化-热液成矿作用等。这些火山-次火山成矿作用常是相互联系的。在近地表条件下，火山成矿作用往往有雨水、海水等参加。除了金刚石矿床及拉科式铁矿床外，大部分火山-次火山可能是在火山期后的喷气-热液阶段形成的。与火山-次火山的喷气-热液矿床有关的成矿物质，不仅来自熔浆、而且也与这些火山活动直接或间接有关的水汽溶液，在通过围岩时淋滤出金属元素。在适宜地质条件下，沉淀、交代形成矿床。

摘自《地球科学大辞典》应用学科卷

火山成因矿床

与火山活动有成因联系的矿床。这类矿床出现于火山活动地区，如火山口、火山颈、火山管及其周围，或产于火山碎屑岩、熔岩、火山沉积岩中，以及遭受了变质作用的古火山作用地区。根据对现

代火山作用的观察，按火山活动地质背景，火山成因矿床可以分为 3 类：①大陆火山作用形成的各种矿床；②海底火山作用形成的矿床；③次火山作用形成的矿床。按火山作用和成矿作用又可分①火山-岩浆矿床；②火山-次火山热液矿床；③水底火山-喷流沉积矿床。

摘自《地球科学大辞典》应用学科卷

次火山相

又称潜火山相。由于岩浆的内压力小于上覆围岩静压力，使岩浆未喷出地表而在近地表处定位、固结形成的地质体。它们较集中分布于火山活动强烈的地区。潜火山活动贯穿于火山活动的全过程，一般发生于一个火山喷发期的晚期阶段。赋存方式有 3 种：①一部分位于火山通道的根部，另一部分利用火山通道侵入并扩大其规模，呈岩株或岩柱；②充填于火山机构的放射状、环状、锥状断裂和层间裂隙中，形成环状岩脉及岩床或岩盘等；③在有利的空间形成岩枝或岩瘤。

摘自《地球科学大辞典》应用学科卷

海相火山岩型银矿床

海相火山岩型银矿床指矿体主要赋存在海相火山岩系内，火山岩变质程度浅，基本上保存了原有火山岩的结构、构造。有些银矿床，矿体虽呈层状或似层状，其围岩成分按岩石化学成分及微量元素投影，可能属火山岩类，但因已失去火山岩结构、构造的，则划归沉积变质岩型，如破山、水吉、铁砂街等矿床，或层控夕卡岩型矿床，如青海铜峪沟、赛什塘和浙江建德铜矿等。

中国的海相火山岩型银矿床共有 26 个，占银总矿床数的 6.5%，大型者 6 个，中型者 11 个，小型者 9 个；沉积变质型共有银矿床 8 个，大型者 3 个，中型者 3 个，小型者 2 个。海相火山岩型和沉积变质型银矿床多分布在造山带或古凹陷区，如小铁山、锡铁山位于祁连加里东造山带，阿舍勒位于阿尔泰华力西造山带，老厂和呷村位于三江造山系。破山、银洞沟、东沟坝位于秦岭造山系；铁砂街、东川位于扬子地台震旦系和中元古代台缘裂陷区。成矿时代从古元古代到三叠纪都有，以元古宙和华力西—印支期较多。海相火山岩型矿床的成矿时代多与围岩的成矿时代相近或略晚。但鄂西北银洞沟矿床则不然，该矿床矿体呈脉状和网脉状分布于石英角斑质凝灰岩和流纹斑岩体中，流纹斑岩的同位素年龄为加里东和印支期，矿石铅同位素模式年龄为中元古代的晚期的，是一个海相火山沉积并受加里东和印支期改造叠加的矿床。海相火山岩型银矿床的工业类型有 5 种：Ag-Au 矿床主要产于细碧角斑岩系中，银品位一般大于 80×10^{-6}，高者可大于 150×10^{-6}，矿床规模多为大中型，矿体形态呈脉状、层状，成矿时代为元古宙，如银洞沟、东沟坝矿床。Ag-Cu-Pb-Zn 矿床的银品位一般在 80×10^{-6}～150×10^{-6}，矿床规模多大型，矿体呈似层状，成矿时代为古生代，如小铁山、阿舍勒矿床。Ag-Pb-Zn-（Cu）矿床产于玄武安山岩系中，银品位大于 150×10^{-6}，矿床规模达大型，矿体形态呈脉状、似层状，成矿时代属晚古生代，如老厂矿床。Pb-Zn-（Ag）矿床产于细碧角斑岩-沉积岩系中，银品位 40×10^{-6}～80×10^{-6}，矿床规模可达大型，矿体形态呈似层状，成矿时代属早古生代，如锡铁山矿床。Ag-Cu-Pb-Zn-（Fe）矿床产于岛弧安山岩、流纹岩、沉积岩系中，银品位不均，有的大于 150×10^{-6}，有的在 40×10^{-6}～80×10^{-6}之间，矿床规模大中型，矿体形态呈似层状、脉状，成矿时代属中生代，如呷村、赵卡隆矿床。其中以 Ag-Cu-Pb-Zn 矿床为主，Pb-Zn-Ag 次之，后者的矿体大部分赋存在海相火山岩系灰岩夹层中。单一银型仅银洞沟一例，可能与后期改造叠加作用有关。海相火山岩型矿床成矿金属呈带状展布，如白银厂矿田，平面上以铜-锌为主的火焰山、折腰山矿床位于火山活动中心，以铅-锌-银为主的小铁山矿床处于火山中心外侧。在阿舍勒矿床垂直剖面上，含铜黄铁矿矿石居下，中上部是铜-锌矿石，上部是铜-铅-锌-银矿石，顶部和外围是更富银的重晶石型银矿石（陈毓川等，1996）。银洞沟矿床的深部为铅-锌矿体，中部为铅-锌-银矿体，上部属银-金矿体。

海相火山岩型矿床的围岩蚀变，主要有硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、重晶石化、钡冰长石化、钠长石化等，有的在金属矿体附近形成层

黄金地质研究所
信息室 提供

状岩石与矿体伴生产出，如呷村矿床在块状硫化物矿层上下有重晶石层和钡冰长石层（徐明基等，1993）。硅化则是常见的最重要的蚀变作用，硅化强的地段，银矿化亦强，一些矿区还形成了硅碧玉岩或硅帽。

沉积变质型银矿床多呈层状和透镜状，矿石构造有条带状、块状、浸染状等。破山为大型独立银矿床，伴生铅-锌-金，围岩为云母石英片岩、变粒岩、斜长角闪片岩、大理岩等，矿体受富碳质的层间破碎带控制。福建水吉中型铅-锌（银）矿床，呈似层状产于建瓯群片岩、变粒岩中。江西铁砂街是中型 Cu-Pb-Zn-（Ag ）矿床。东川汤丹是黑色页岩中含微量银的浸染状大型铜矿。

摘自《中国主要金属矿床成矿规律》

陆相火山岩型与次火山岩（斑岩）型银矿床

陆相火山岩型矿床指矿体赋存在火山岩中；斑岩型矿床指矿体赋存在斑状超浅成侵入体中的矿床。以铜为主的含银斑岩矿床，多赋存在变质岩中，而斑岩型独立银矿床，多赋存在火山盆地内，如冷水坑、红石砬子等。以往各家都把德兴银山矿床视为火山岩型铅-锌-银矿，1990 年，江西有色地勘公司黄世全等在总结赣东北地区铜-铅-锌-银成矿规律时，提出银山也是斑岩型矿床，各类矿床围绕 3# 斑岩体分带展布。这 2 类矿床有许多共同点，故合并讨论。

陆相火山次火山岩型银矿，在世界上是最重要的银矿床类型，在我国也很重要，这一类型的矿床数目占本次统计矿床数的 16% 左右，而资源量占总资源量的 19% 左右。

中国已查明的最老的陆相火山岩是在西天山地区，为华力西期岛弧型中酸性钙碱性岩石。燕山期和喜马拉雅期陆相火山岩在中国东部广布，以燕山期强度最大，银矿化较多，该期火山岩的分布主要有三大片：①由张广才岭经吉南辽东到山东地区；②由浙江经福建到粤东的东南沿海火山岩带，以上 2 带又合称外带；③从大兴安岭经太行山到小秦岭和大别山岩带，又称内带。此外还有宁芜地区，赣东北地区、赣南地区、桂西南等地区。以上火山岩区以内带银矿产出较多，计有满洲里地区、五台山—张家口地区、大别山北麓地区、赣东北地区。浙闽地区只有一些中小型银矿床。而陆相次火山岩型金矿主要分布在外带，如团结沟、小西南岔、七宝山、紫金山等（图 1～4）。

陆相火山岩型与次火山岩型银矿床的工业类型有 Ag-（Au）型，Ag-Au 型，Ag-Fe-Mn 型，Ag-Pb-Zn 型，Ag-Cu-Pb-Zn 型等。陆相火山岩型与次火山岩型矿床的成矿元素也具分带展布，如江西银山，以 3 号斑岩体为中心，由深部向上及周边依次出现 Cu-S→Cu-Pb-Zn（Ag）→Pb-Zn-Ag→Ag

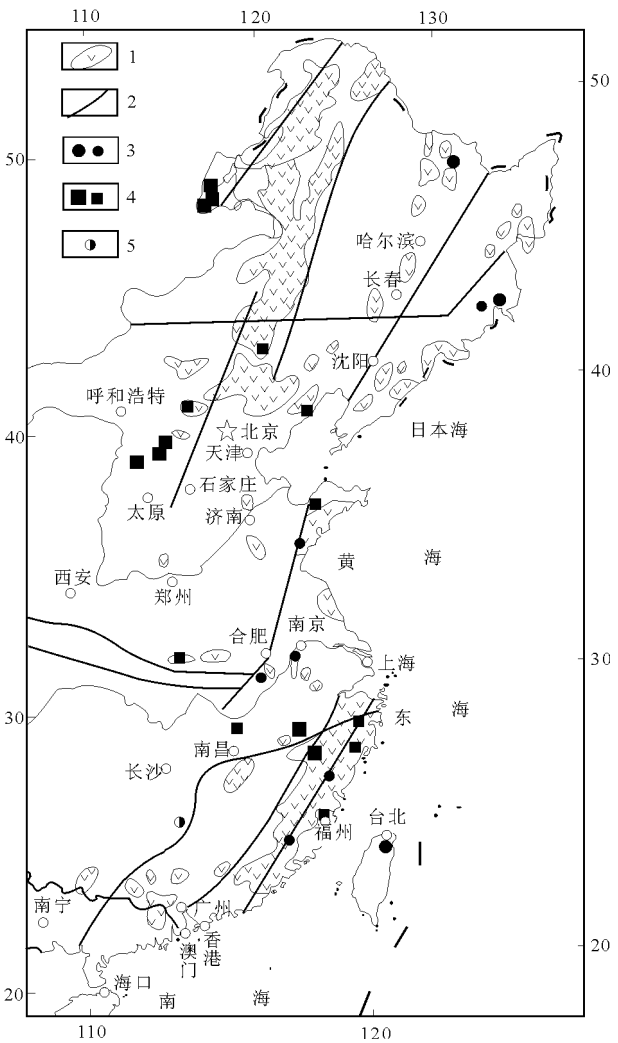


图 1　中国东部火山岩及其金-银矿床分布示意图

1—中生代火山岩；2—深大断裂带；3—金矿床；4—银矿床；5—金-银共生矿床

（Pb-Zn）分带。甲乌拉矿床也是深部为 Cu-Pb-Zn-（Ag）矿石，向上变为 Pb-Zn-（Cu）-Ag 矿石。额仁陶勒盖矿床中心区，深部为 Pb-Zn-Ag 矿石，中上部及周边为富银伴生铅-锌矿石，顶部为锰-银矿石。陆相火山岩型与次火山岩型矿床的围岩蚀变有

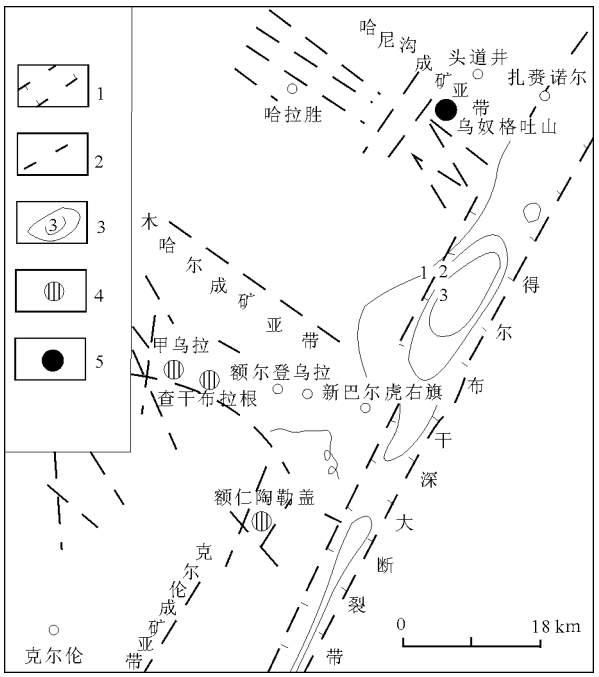


图 2　满洲里—新巴尔虎右旗成矿区

1—呼伦湖地堑；2—断层；3—基底等深线；4—大型银矿床；5—含银大型铜矿床

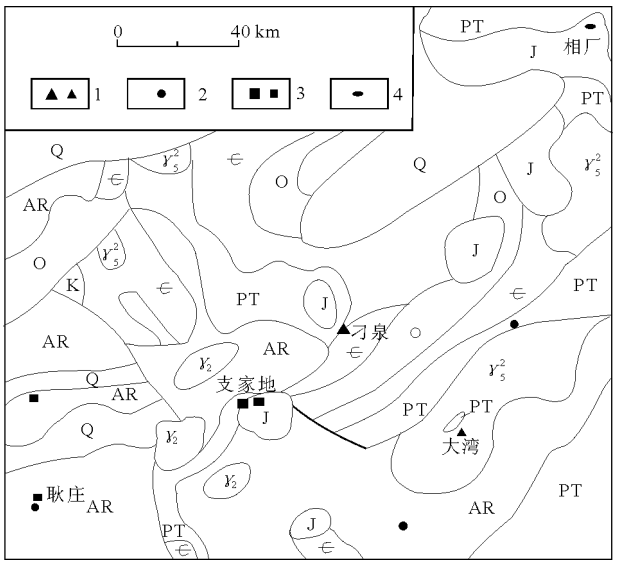


图 3　北太行山银成矿区

Q—第四系；K—白垩系；J—上侏罗统火山岩；O—奥陶系；∈—寒武系；PT—中元古界；AR—五台群；γ_5^2—燕山期花岗岩；γ_2—元古宙花岗岩；1—夕卡岩型银矿床；2—热液型银矿床；3—斑岩型银矿床；4—陆相火山岩型银矿床

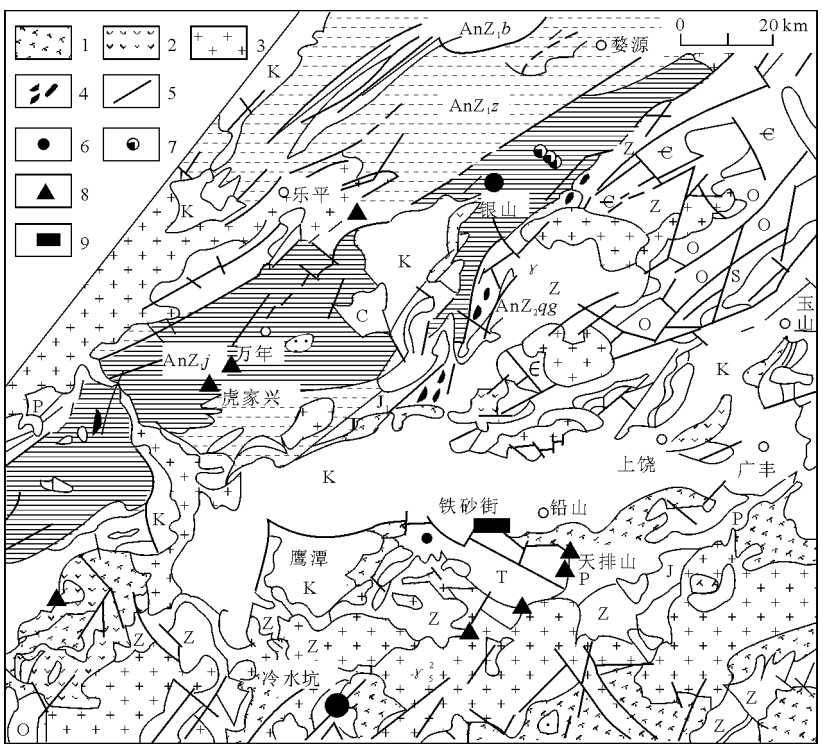


图 4　赣东北银成矿区（据叶庆同 1987 资料改编）

Q—第四系；E—第三系；K—白垩系；J_1—下侏罗统；T—三叠系；P—二叠系；C—石炭系；S—志留系；O—奥陶系；∈—寒武系；Z—震旦系；AnZ_2qg，AnZ_1z，AnZ_1j，AnZ_1b—前震旦系漆工群，渚家组，九都组，板桥组；1—酸性火山岩；2—中酸性火山岩；3—花岗岩类；4—基性、超基性岩；5—断裂；6—斑岩型铅-锌-银矿床；7—斑岩型铜(银)矿床；8—热液型铅-锌-银矿床；9—沉积变质型铜(银)矿床

硅化、钾长石化、绢云母化、冰长石化、蔷薇辉石化、高岭石化、黄铁矿化、菱铁矿化、菱锰矿化、方解石化等。以硅化、钾化和锰化对银的富集有利。陆相火山岩型与次火山岩型银矿床的产出，常受火山机构的控制，管道相中下部常赋存斑岩体，顶部属角砾岩型，如山西耿庄金-银矿床。火山由

黄金地质研究所
信息室 提供

中心向四周多发育环状和放射状断裂，是银矿体的容矿场所，如浙江后岸矿床。一些小型火山岩盆地周边，也是成矿有利部位，如山西大型支家地和小青沟矿床。

摘自《中国主要金属矿床成矿规律》

火山-沉积类型银矿床

该类银矿床是各类火山作用或火山沉积作用的产物，其成因分类相当于火山、潜火山-热液银矿床，他们具有如下特点：

1）矿体的围岩是火山岩或是火山岩与沉积岩的互层；

2）矿体在多数情况下呈层状、似层状、透镜状，与围岩产状基本一致。潜火山作用的有关矿体有脉状、网脉状，与围岩呈穿插关系；

3）火山喷发的气液对围岩有或强或弱的蚀变；

4）成矿物质一般都认为是幔源的或深部壳源的；

5）矿床具有同生成矿及后生成矿的双重性质。

根据火山作用及火山-沉积作用的岩相，可将该类型银矿床划分为海相、陆相 2 个亚类型。陆相亚类型中又可分为火山岩、潜火山岩型。

摘自《中国矿床》中册

火山岩区的银矿建造

银矿石建造分析，是以 M. M. 康斯坦季诺夫，B. A. 库兹涅佐夫，A. B 伦德克维斯特，N. H 托姆逊，A. Д 谢格洛夫和其他研究者的成果为基础的，对于普查和预测贵金属矿床方面以往很少研究。这种成矿研究方法可以证实对预测银矿床是非常有效的。

矿石建造分析的应用可能：

——查明一定建造属性矿床生成所处的典型地质环境，并在此基础上制定预测的地质准则；

——在确定其建造属性的基础上，评价研究较少矿床条件下，明确地说明类比方法应用的范围和可能性；

——阐明矿石建造系列中占据有规律的位置的新型矿床（某个地区）出现的可能性。

银矿产分类有许多困难。首先，不可能给这样不同种类的矿床下个严格的定义，“矿石建造”这一概念中可能而适当地包含矿物成分的相似性和类似矿床所处的地质条件的相近性。通常，在每个大区域内，矿石建造是按一定惯例划分的，这种惯例是某些研究者基于成矿区特点为依据的。按照 M. M. 康斯坦季诺夫等的看法，矿床建造的区域名称应当保存。何况有些区域间矿石建造是相同的，通常不用付出多大劳动。考虑到这点，M. M. 康斯坦季诺夫等对各自区域分类利用了“矿石建造系列”概念，把每个系列中相同或近似的区域矿石建造统一起来。在进一步研究时，在保留概念的一般隶属性情况下，大概可将后者归属于亚建造类。

考虑到矿石物质成分特点及组成矿石的金属的工业意义，在银矿床中合理地划分为 2 类：银矿和复合含银矿（表 1）。这 2 类之间的界限有时是假定的，由于在矿床系列中银是伴生的主要金属，而其他组成部分地失去了工业意义。因此划分出下列银矿建造系列：银-（金）-铅-锌，银-铀，银-镍-钴-砷，斑状银和层状银，属于复合银矿建造系列的包括金-银，银-锡，斑状铜-（银）和块状银-铅-锌-铜矿建造。

这一分类可与前苏联东北区分类相对比，从这些分类中非常明显地看出，把矿石建造分为纯银和含银的假定性。这样，研究得很好的金-银建造全是复合金-银建造。但是，在前苏联东北部它可能被列入银矿床的矿石建造。同时在银-（金）-铅-锌系列中含有非常重要的银和金-银亚建造，以及前苏联东北部金-银-锌的矿石建造。在银-锡系列矿石建造中包含有锡-银，锡石-硫化物-硅酸盐。这可与其他区域分类作类比。

主要银矿构成的巨大太平洋银矿带，产于大陆与海洋相接的外缘环带上。在太平洋环带边缘上银成矿区与厚大陆壳地段有关。它们的形成表现为 2 个成矿时期，即前寒武纪和第三纪。前寒武纪时在古地盾边缘的准地槽凹陷区的大型复合含银和银矿床与构成巨大的金、铀、铜、镍、铅和锌矿床有关。该时期含银矿床的成因是多样的，变质的、从原生沉积的或火山沉积的（布罗肯希尔等）到岩浆的（萨德贝里）。

第三纪时形成的火山成因的银矿床，均与第三纪火山作用和某些安山岩、英安岩、石英二长岩、石英闪长岩的次火山岩体和侵入岩体共生。这是受区域断裂系统控制的裂隙型热液矿床。

黄金地质研究所
信息室 提供

表1 火山区银矿床建造的分类

	建造特征	主要矿物组合	成矿带位置	潜在的含矿岩浆建造	矿区所在地典型地质环境	有代表性的容矿岩石	矿体形态	矿床实例
银矿床	银-(金)-铅-锌	石英-冰长石-绿泥石-方解石-紫水晶;石英-冰长石-蔷薇辉石-含银硫化物(黄铁矿-闪锌矿-方铅矿-黄铜矿-黝铜矿);银(黄铁矿-螺纹硫银矿-硫锑铜银矿-硫锑银矿-辉硒银矿-硒银矿-黄铜矿-银金矿-银)	褶皱区活动带,大陆边缘火山带	安山流纹岩、二长闪长岩	穹形隆起,石英二长闪长岩的破裂岩株和破裂断层	流纹岩、安山岩、泥质页岩、灰岩		瓜那华托(墨西哥)
	银-铀	沥青铀矿-毒砂-黄铁矿-石英;黝铜矿-菱铁矿;石英-菱铁矿-方铅矿		二长闪长岩	同斜褶皱带复杂的纵断裂,二长岩岩株	结晶片岩、片麻岩	脉状,破碎矿物带	克尔德阿伦(美国)
	银-镍-钴-砷	石英-方解石-白云石;硫砷化物(辉钴矿、毒砂、红镍矿、斜方砷镍矿等,含有银和铋);银(银与螺状硫银矿、方铅矿、辉铋矿、白云石、方解石)硫化物;钴镍硫化物与磁黄铁矿(白铁矿、黄铁矿和石英)硫盐与方解石和自然银	沿古陆边缘的冒地槽凹陷带	辉长辉绿岩	拱状和向斜层状的弯曲,砂岩和砾岩缓倾斜层中的辉绿岩岩床	辉绿岩、砾岩、砂岩		科博耳特古甘达(加拿大)
复合含银矿床	斑状银	石英-硒银矿;银-螺状硫银矿-硫盐(包括闪锌矿、黄铜矿、方铅矿、黄铁矿、方黄铜矿)	大陆边缘火山带	流纹英安岩	次火山岩顶部及其周围的凝灰岩	流纹凝灰岩	网状脉	杰拉玛尔(美国)
	层状银	硫化物;方铅矿(含银)-闪锌矿-黄铜矿-黝铜矿-黄铁矿-银-方黄铜矿-萤石-重晶石-氧化锰角银矿-溴角银矿			倾向古火山建造的凝灰-砂质层	砂岩、流纹凝灰岩、流纹角砾岩	细脉浸染状矿层	梁利杰安赫列斯(墨西哥)
	块状银-铅-锌-铜矿	银-铅-锌(黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、毒砂、磁黄铁矿、白铁矿、方铅矿、黝铜矿、硫锑铜银矿、硫锑银矿、硫砷银矿)	沿古陆边缘的冒地槽凹陷带	流纹英安岩	同斜褶皱带,富集凝灰或白云物质的岩相	片麻岩、结晶片岩、闪岩、硅质泥岩和白云岩	块状矿层	芒特艾萨(澳大利亚)
	铜-(斑状银)	黄铁矿-斑铜矿-辉钼矿;黄铜矿-黄铁矿-磁铁矿-赤铁矿;方铅矿-闪锌矿-黄铁矿	大陆和地区边缘火山带	二长闪长岩、花岗斑岩	斑状侵入体及其围岩顶部的网状破碎带	石英二长斑岩、石英闪长岩	脉状、破碎矿物带、网状脉	宾格汉(美国)
	金-银	石英-石髓-硒银矿-冰长石;黄铁矿-毒砂-方铅矿-闪锌矿-黝铜矿;银金矿-螺状硫银矿-硫锑铜银矿;石英-辉锑矿-硼酸盐		安山流纹岩	火山口带附近的破火山口式的局部火山建造,火山机构	安山岩、英安岩	脉状、破碎矿物带	科姆什托克(美国)
	银-锡	黄铁矿-闪锌矿-锡石-石英;银-硫化物(闪锌矿、黄锡矿、脆硫锑铅矿、银黝铜矿、辉锑铅矿、变态黄铁矿)		流纹英安岩	区域断层系走向变化带中的英安岩岩株及其周边	英安岩、泥岩	脉状	波托西(玻利维亚)

前寒武纪银矿床的特点是与Pb，Zn，U，Co，Ni共生，第三纪的与Au，Pb，Zn，Sn，Cu共生。前寒武纪金与银没有地球化学联系：或形成了重要的金矿床（Au∶Ag＝20∶1～10∶1），或形成了重要的银矿床（Au∶Ag＝1∶500～1∶1 000）。第三纪金与银的地球化学联系大大加强了，并且形成了一批金-银矿床（Ag∶Au＝5∶1～1∶50），在这些矿床中金和银可共同开采。

在某些地区，继承性往往确定了银矿建造的布局。

墨西哥银矿区的特点：早白垩世银-黄铁矿矿化与陆地的火山作用有关；在晚白垩世银凝灰砂岩中有层状细脉浸染银矿化；古近纪和新近纪银-铅-锌矿床与安山-流纹岩的火山作用有关。古近纪银-黄铁矿矿化（块状银-铅-铜矿建造）具透镜状和层状，并整合地生于早白垩世的浅海火山沉积地层的层理中，明显的伴生有火山泥流角砾岩。经整理的含矿围岩剖面自下而上分为①流纹斑岩和火山凝灰岩；②页岩、杂砂岩；③石英绢云绿泥岩；④火山泥流角砾岩；⑤致密块状硫化物矿石；⑥页岩、杂砂岩、凝灰流纹岩；⑦流纹斑岩和火山凝灰岩。矿石既形成于有限的流纹质火山作用的集合体中，又以沉积的方式形成于距离古火山很远的地方。成矿沉积环境变化从海底的到风成的。硫化物矿体主要由黄铁矿与数量不等的闪锌矿、黄铜矿、方铅矿、黝铜矿、毒砂、白铁矿和磁黄铁矿组成。大部分银

黄金地质研究所
信息室 提供

含在细小连晶与其他硫化物在一起的黝铜矿（银黝铜矿）内。

层状矿化（墨西哥雷阿尔—德—安赫列斯）是由含银的方铅矿、闪锌矿、黄铜矿和黝铜矿以斑晶形式存在于矿化的上白垩统砂岩中。在沉积岩中也可见到不大的细矿脉，有时可见到矿脉。

第三纪矿化受切割穹形和短背斜隆起的大陆边缘的区域断裂所控制，并被限制在主要由树枝状断裂系统内沉淀的石英方解石和冰长石组成的脉和线状网脉中。低温裂隙脉产在始新统安山岩和流纹岩组分的火山岛岩中。在后一种条件下形成了复杂形状的交代矿体。

太平洋带银矿建造分布的普遍规律是，矿石建造中与银共生金属的更替与基质岩石的更替有清楚的交互关系。这样，银-铅-锌系列矿床是火山岩区基底的古生代碳酸盐地层中所特有的，同时在另一种组分的岩石中矿石含有大量碳酸盐。当古生代地层出露在矿层标高的地方，有富含金和银的似层状和夕卡岩型的铅-锌矿床（美国累德维耳）。在基性火山基底上形成的矿床有金、铜和铋富集。

对玻利维亚稀少的银-锡矿区来说，含矿的英安岩岩株的底部和边部的泥质页岩剖面是有代表性的，这使得与本国矿床作某些类比是合理的。银-铀矿床局限于前寒武纪结晶片岩和片麻岩中。第三纪矿化年龄取决于叠加在大陆边缘火山深成矿带的石英二长岩岩株上的美国克尔—德阿林矿区内，与金属矿物共生的铀焦油年龄达 700 Ma。考虑到前寒武纪类似的片麻岩-片岩地层中含银铀矿床（加拿大大麦维德日湖区）广泛发育，所以不排除由于阿尔卑斯期地质构造和岩浆作用而有大规模的再生银。

银和含银系列与其他金属矿石建造有密切联系，至少包括 4 种不同的矿石建造系列。

1）铜-钼-金银-锑-汞系列是典型的“变安山岩”共生体矿床，按照 Г.В. 弗拉索夫的意见，该“变安山岩”共生体表现为安山岩和二长闪长岩的岩浆作用在弧岛系统的封闭环境中形成的。矿床对比可反映出 3 种趋向：远离中心连续发育的矿化在翼侧组成矿结，那里集中了金-银和锑-汞的矿化作用，生成不同深度的矿床；具有多种组分矿化的矿结遭受不同程度的侵蚀。

2）金-铋-锡-银系列完全符合于矿石建造的垂直系列，因为它包含的金属形成于不同时期，有时是成矿作用的不同阶段。

3）与前述相反的银-铅-锌-铜建造系列，沿着一些矿床横向呈现相变，使矿石中金属组分发生变化。此时银的主要负载矿物变化极大，它不仅可以是含银的方铅矿，而且也可以是含银的黄铁矿、黄铜矿，有时还可以是闪锌矿。

4）在上面很清楚地提到，铀-镍-钴-银系列矿床取决于地盾边缘前寒武纪近海片状杂岩和辉长辉绿岩的岩浆作用。

根据上述资料可以得出银矿床普查和预测的某些建议，以及国外银的地质勘探工作的主要远景和趋向。

强化地质勘探工作观察到 2 种趋向。第一种趋向是掌握深层位和侧翼大矿田，检查和复原老矿山，恢复开采。矿体开采工作补偿深度达到 1 500～2 000 m（加拿大的基德—克利克矿山，美国的圣沙因矿山），甚至在习惯上认为深处无远景的“低温”金-银矿床也超过了 1 000 m（墨西哥的套利提特矿山）。此时银品位在这样深度上仍然是高的——400×10^{-6}～800×10^{-6}。由于银具有很高的地球化学活泼性而多半形成于矿体上部的概念，显然需要某些修改。

第二种趋向是开采中引入较低品位的矿石，为补偿这种矿石进行露天方式开采。有补偿效益的矿石银品位可降低至 60×10^{-6}。在开采工作中恰当地引入新的矿床建造类型：斑岩侵入体顶部网脉状（斑状银建造系列）以及与火山作用和沉积作用同生的似层状（层状）矿体，由于这种趋向检查从前被认为无工业意义的含银矿床是适宜的。国外专家认为用露天开采矿石来作大量补偿远景不大，因为在这种情况下破坏了大片土地，即使它们的局部得以修复，还是破坏了周围环境。改善补偿与技术装备地下开采工作有关，在装备地下开采条件下整个“耕作层”可不受触动。

在银的开采范围内质量改进原则上与新的矿石开采和加工方法的出现有关。对远景较大的矿石可用细菌方法提取银，在这种新的提炼方法中，可用植物等吸收废弃的烟尘。

银矿物学及其天然蕴藏标志的问题值得认真研究。在野外条件下用传统地质方法鉴别银矿物是困难的，尤其是因为它们通常呈微小包体形式存在。富含银的闪锌矿、方铅矿、黝铜矿和铜的硫化物与一般的没有什么区别。对银来说，照例要分析富含方铅矿、黄铜矿和黝铜矿的硫化物集合体，硫化物和硫酸盐集合体，但对闪锌矿、黄铜矿、菱锌矿和辉铜矿研究得很少。

负载银的矿物，像锰的氧化物、氯化物、碘化

物和溴化物被认为是表生的，到处可见。但是在高氧化电位条件下可以是表生的，也可以是内生的；鉴别这些矿物特别难。它们可形成于封闭盆地中，因为在这里存在的氯化物能促进银从含矿热液中沉淀出来，如南加利福尼亚索尔顿湖的边缘部位。

总之，产生银矿建造的主要地质环境的分类值得深入研究。

1）在准地槽凹陷中的古老地盾边缘所形成的银-镍-钴-砷建造系列的矿床与似玄武岩质火山作用有关，银-多金属矿的块状矿体与酸性成分的火山作用有关。

2）分割厚大的陆壳岩块的，并多伴随着酸性火山作用的大陆边缘深断裂系统控制着银矿建造系列，块状银-多金属矿体产在陆地和海底环境中的古火山斜坡上；银-铅-锌矿产在其中的近火山口带；细脉浸染的层状矿体产在远离火山的凝灰质沉积岩相中。

3）火山岩带受侵蚀较深的部位，有代表性的为次火山的和浅成的英安岩、石英闪长岩、二长岩，伴随有斑状银矿和斑状铜-银矿，并有银-锡矿化，其分布决定于区域分带和主要金属成矿分带。

由上述可看出，深入研究银矿床的新建造类型所显露的问题，实际上是极迫切和有远景的。

摘自《金银矿产选集》第十集

我国与火山岩有关的大型、超大型银矿床

李朝阳，刘铁庚，叶　霖，朱维光，邓海琳

现有资料表明，在沉积岩、火山岩和变质岩等不同岩性及各种构造破碎带中，均发现有大型、超大型银矿床，其中以产于火山岩中的银矿床最多，其银的储量和产量均占全世界银储量和产量的50%以上，是全球和我国最重要的银矿工业类型，笔者将重点讨论我国产于火山岩（包括海相火山岩与陆相火山岩-次火山岩）中和与之有关的海相火山岩型和陆相火山岩-次火山岩型银矿床。

1　海相火山岩型银矿床

海相火山岩型银矿床是指产于海相火山盆地中，含矿围岩为海相火山岩系或在成因上与之有联系的银矿床。该类型矿床在我国主要见于西南“三江”地区（川西—滇西一带）的义敦岛弧带和昌宁—孟连陆内裂谷带内，构成了德格—乡城和昌宁—孟连2条具块状硫化物矿床特征的海相火山岩型富银-多金属成矿带，呷村（Ag储量4 276 t）和老厂（Ag储量2 273 t）2个大型银矿床就分别产于这2个成矿带中（图1）。

1.1　德格—乡城成矿带

德格—乡城成矿带位于“三江”地区东北侧的义敦岛弧火山岩带中，呈NNW向展布，长500 km，宽30～50 km。沿该带从北到南发育有赠科、昌台、乡城和中甸4个火山-沉积盆地，其中已发现有与火山岩或次火山岩有关的数百处海相火山岩型（主要）、斑岩型的Zn，Pb，Ag，Cu，Au，Hg等矿床和矿点，呷村(大型银矿)与嘎依穷2

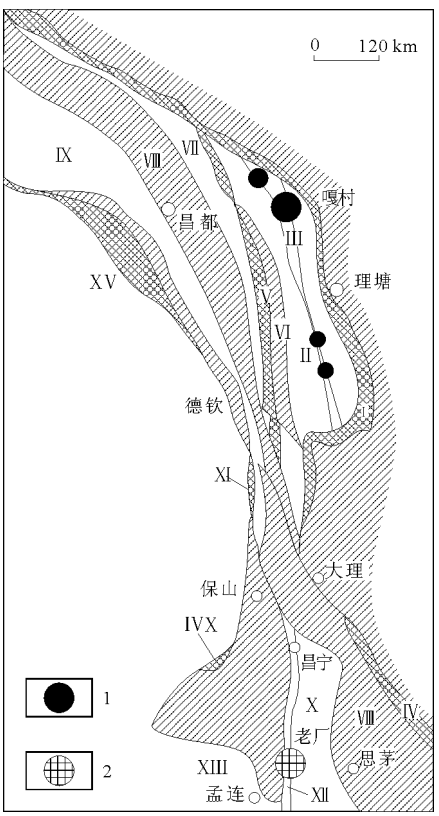


图1　“三江”地区构造格局和大型海相火山岩型矿床的分布（据杨开辉等，1992修改）

Ⅰ—甘孜—理塘洋脊型火山岩-蛇绿岩带；Ⅱ—义敦—稻城弧间盆地带；Ⅲ—德格—乡城主弧带；Ⅳ—中咱活动微陆块内火山岩区；Ⅴ—金沙江洋脊-准洋脊型火山岩-蛇绿岩带；Ⅵ—哀牢山洋脊-准洋脊型火山岩-蛇绿岩带；Ⅶ—江达—维西弧火山岩带；Ⅷ—昌都—思茅活动微陆块内火山岩区；Ⅸ—妥坝—盐井—南佐火山岩带；Ⅹ—云县—景洪弧火山岩带；Ⅺ—营盘—白济汛洋脊型火山岩-蛇绿岩带；Ⅻ—昌宁—孟连裂谷-洋盆火山岩带；ⅩⅢ—保山微陆块内火山岩区；ⅩⅣ—丁青—八宿洋脊-准洋脊型火山岩-蛇绿岩带；ⅩⅤ—波密—腾冲陆缘弧；1—银-锌-铅-铜矿床；2—银-铅-锌-铜矿床

黄金地质研究所
信息室 提供

个典型的海相火山岩型矿床分别产于昌台和赠科2个盆地中，呷村矿床的地质地球化学特征如下。

1.1.1 呷村矿床地质特征 矿床产于上二叠统呷村组中。呷村组分为3段：下段为碎屑岩，中段为酸性火山岩，上段为热水沉积岩（重晶石岩和硅质岩等）与细碎屑岩。银-多金属矿化产于呷村组的中段酸性火山岩和上段热水沉积岩中，以热水沉积岩中的层状矿化为主，酸性火山岩中为脉状、网脉状矿化。矿带长2 000 m，宽50～600 m，现有8个银矿体，延深60～600 m，厚0.15～85.11 m，其中6个矿体产于热水沉积岩中，为层状、似层状的富银矿体；2个贫银矿体见于下部的流纹岩中。围岩蚀变与成矿密切相关，主要蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化和钡冰长石化，表现为多期次、多阶段特点，但在层状矿带中蚀变却急剧减弱或消失。

矿石为自形、半自形、他形晶粒状，似斑状、草莓状、交代残余结构，交代乳浊状、蠕虫状、似文象状和叶片状结构，条纹条带状、块状、层纹状、角砾状、脉状和网脉状构造。矿物颗粒细小，一般为10～50 μm。金属矿物主要为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黝铜矿、黄铜矿及少量斑铜矿、车轮矿、毒砂与独立银矿物等。非金属矿物有石英、重晶石、钡冰长石、绢云母。银有3种存在形式：1）独立银矿物，多产于黝铜矿与方铅矿的接触部位和方铅矿中，为硫砷铜银矿与硫锑铜银矿（表1）及硫铜银矿和螺硫银矿；2）类质同象形式（主要的）主要是黝铜矿，其银含量为0.08%～4.30%，平均2.10%。在块状银-铅锌矿石中黝铜矿的含量一般可达5%～10%，在富银矿石中黝铜矿的含量甚至可达20%～30%，因此黝铜矿是该矿床中的主

表1 硫砷铜银矿、硫锑铜银矿电子探针分析结果及化学成分式 w（B）/%

序号	样 号	矿物名称	Ag	Au	Cu	Zn	Fe	Sn	Pb	Sb	As	Bi	S	总计
1	GCD0－7	硫砷铜银矿*	51.15	0	23.72	0.01	0.10	—	0.10	0.65	7.08	0.08	18.67	101.56
2	GCD0－7	硫砷铜银矿*	50.63	0.02	24.05	0	0.02	—	0.21	0.70	7.99	0.13	14.28	98.03
3	GCD0－7	硫砷铜银矿*	52.12	0	21.47	0	0.13	—	0.35	0.42	7.40	0.11	18.91	100.91
4	GCD0－7C	硫砷铜银矿	38.51	0	31.91	0	0.41	—	0	2.12	7.37	0	18.56	98.89
5	7GCD－2A	硫锑铜银矿	66.79	—	8.21	0.94	2.09	0	3.76	5.85	—	—	13.03	100.67
6	7GCD－2A	硫锑铜银矿	65.31	—	7.03	1.80	0.62	1.02	4.98	5.81	—	—	13.03	99.60
7	7GCD－2A	硫锑铜银矿	67.31	—	5.95	0.50	0	0.06	4.72	6.46	—	—	13.20	98.21
			化 学 分 子 式											
1～3 4		硫砷铜银矿	$(Ag_{9.86}Cu_{7.57})_{17.43}(Fe_{0.03}Pb_{0.02})_{0.05}(Sb_{0.10}As_{2.09})_{2.19}S_{11.00}$ $(Ag_{6.79}Cu_{9.54})_{16.33}Fe_{0.05}(Sb_{0.33}As_{1.87})_{2.20}S_{11.00}$											
5～7		硫锑铜银矿	$(Ag_{16.61}Cu_{3.00})_{19.61}(Zn_{0.45}Fe_{0.44}Sn_{0.08}Pb_{0.58})_{1.55}Sb_{1.34}S_{11.00}$											

注：表内*号由南京大学成矿机制研究国家重点实验室张文兰分析，仪器型号JXA－8800M电子探针；其余由中国科学院地球化学研究所王明再分析，仪器型号JCXA－733电子探针；“—”示未定量。

要含银矿物，其次是方铅矿、斑铜矿等；3）微细粒矿物或包体形式，如蠕虫状微细粒含银矿物（0.1～2 μm）。

1.1.2 呷村矿床地球化学特征 矿石的化学成分主要是SiO_2，其次是Al_2O_3和Fe_2O_3。浸染状矿石含SiO_2高，为57.25%～71.21%，块状矿石SiO_2低，仅7.4%～19.96%，流纹岩中的脉状、网脉状矿石Al_2O_3含量较高（13.39%～15.50%）成矿元素主要是Ag，Zn，Pb，Cu，Au，As，Sb，Cd和Hg等。在呷村矿区，无论火山岩还是沉积岩，成矿元素的含量一般都很高，其中流纹岩含量最高（170个样），Ag平均含量为地壳丰度值的13.1倍，Pb为15.5倍，Zn为3.5倍。结晶灰岩中的含量也高（23个样），Ag平均含量为地壳丰度值的5.5倍，Pb为4.7倍。因此，流纹岩可能是矿源岩，沉积岩也提供一部分成矿物质。Ag与Cu，Sb，Hg，Au和Pb呈正相关。

矿床顶板围岩ΣREE高（140.62×10^{-6}～156.49×10^{-6}），微富轻稀土和微负铕异常，球粒陨石标准化稀土曲线近似一条水平线；热水沉积岩ΣREE低（1.56×10^{-6}～9.40×10^{-6}），富轻稀土，具明显的正铕异常；矿区火山岩ΣREE高（62.21×10^{-6}～125.99×10^{-6}），富轻稀土，铕异常不明显；层状矿石ΣREE低（0.87×10^{-6}～30.89×10^{-6}），富轻稀土，铕异常变化较大，有明显的正异常到弱负异常。

矿床中47个硫化物［黄铁矿12个，闪锌矿15个和方铅矿20个，其中部分资料引自叶庆同等（1992）］的$\delta^{34}S$值变化在－4.60‰～3.10‰之间，平均值在－1‰左右，并具塔式分布特点。

对矿区14件岩石、矿石和方铅矿的铅同位素组成测定，发现矿石和方铅矿的铅同位素组成与火山岩基本一致，说明铅主要由火山岩提供。同时，方铅矿、矿石、近矿蚀变岩和安山岩的μ值在

9.21～9.80 之间，平均为 9.52，说明铅源区为地壳。因此，矿石铅应为二元混合铅，显示成矿物质除主要由火山岩提供外，还有部分可能是来自火山岩的下部地层。

对矿区 41 件不同矿石、岩石和石英的氧同位素测量结果（其中 27 件分别为侯增谦、余金杰，和徐明基等的资料），用几种方法计算的热液流体的 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 值大体一致，表明呷村矿床的成矿流体具有高 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 值的特点，结合矿床地质背景，成矿流体是大量来源于岩浆水，同时海水也部分参与了成矿流体的循环和水-岩反应。

矿床成矿流体的 Sr 同位素为 0.709 94，高于笔者测定的安山岩（0.708 40），和同时代三叠纪末的海水 Sr 同位素组成（0.707～0.708）也不同，说明成矿流体是流经一个富放射性成因 Sr 的地质体或区域（可能是火山岩的下部地层）。本次还测定了矿床全岩 Rb-Sr 同位素等时线年龄，结果为（204±14）Ma（图 2），邓海琳等（2002）用 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 法测定了该矿床矿体上盘蚀变带的冰长石-石英-绢云母片岩内的冰长石的成矿年龄为（207.0±0.3）Ma，说明成矿是在晚三叠世。

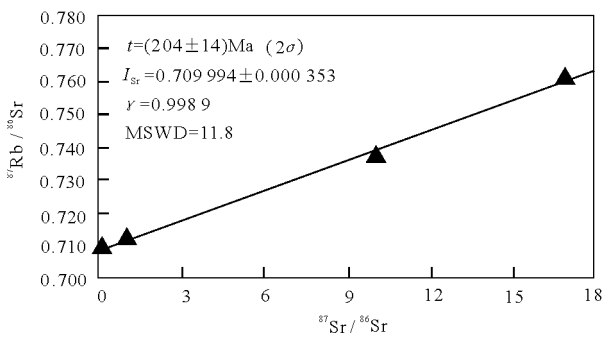


图 2 全岩 Rb-Sr 等时线

成矿温度变化范围较大，为 98～319 ℃，主要在 130～260 ℃，网脉状矿石中硫化物温度较高，层状矿石相对较低。成矿流体的盐度为 4.17%～18.36%，早期脉状矿的盐度高，晚期层状矿的盐度低。成矿溶液的 pH＝4.55～5.50，为酸性到弱酸性。Ag 在成矿溶液中是以 Cl^- 和 H_2S 的配合物形式存在，以 $AgCl_2$ 的形式迁移。

1.1.3 *成矿模式* 晚三叠世义敦岛弧进一步张裂，卡尼克晚期长英质岩浆喷发或超浅成侵位经减压脱气分异出富含挥发分、成矿元素的岩浆热液，由于热能作用从火山岩下部的岩石中活化迁移出来的金属元素加入到岩浆热液中，这种混合后的成矿热液一部分通过充填-交代方式在流纹岩的浅部形成脉状、网脉状矿化，大部分则喷发到海底沉积，形成层状矿化。

1.2 昌宁—孟连成矿带

位于“三江”地区南部印度板块与扬子板块的汇聚碰撞带内，为一个晚古生代的陆内裂谷的拉张环境产物。火山岩系包括 3 个火山-沉积旋回，自早至晚由粗面玄武质向碱性苦橄玄武质演化。裂谷早期火山作用形成碱性系列火山岩，主要分布于裂谷带的中、南部，其中沉积夹层的生物化石显示其时代为早石炭世。火山岩型块状硫化物矿床主要产于下部火山旋回的粗面玄武-安山质火山岩系中，以 Pb＞Zn＞Cu 为特征，老厂是裂谷早期形成的典型海相火山岩型银矿床；裂谷晚期火山活动形成拉斑岩系列火山岩，为玄武质熔岩及其火山碎屑岩类，分布于裂谷带的北段。产出的火山岩型块状硫化物矿床以 Cu＞Zn 为特征。

老厂大型银矿床，产于裂谷中 SN 向基底断裂与 NW 向断裂交会处的老厂破火山口边缘的拉斑玄武岩与碱性橄榄玄武岩复合的火山岩系中。矿区地层以石炭系为主，局部出露有泥盆系和下二叠统。泥盆系为碎屑岩夹硅质岩建造，下石炭统为基性—中性、碱性—碱中性的火山岩系，中上石炭统和下二叠统为连续沉积的碳酸盐沉积。下石炭统火山岩受裂谷和老厂火山机构控制，火山岩分为 8 层 3 个旋回，每一旋回均经历了喷发、溢流、沉积的过程，火山岩浆则从基性—中性→碱基性—碱中性方向演化。含矿岩系为下石炭统的第二、第三旋回的粗面安山质凝灰岩、粗面玄武质和粗面安山质凝灰岩及中上石炭统的碳酸盐岩。矿床由 3 个矿体群组成：Ⅰ矿体群受第二旋回的粗面安山质凝灰岩控制，为似层状、透镜状矿体；Ⅱ矿体群为受第三火山旋回晚期粗面安山质凝灰岩控制的似层状、大脉状矿体，是矿区最主要的银矿体；Ⅲ矿体群是产于中上石炭统下部灰质白云岩中的似层状、透镜状矿体。矿床具一定的分带性，表现在矿床由北向南、由地表向深部成矿元素为 As（Au）→Ag，Pb，Zn→Cu 的分带性，具有上部层状块矿与下部网脉状矿化共存的双层结构特征。

1.3 海相火山岩型银矿床的基本特征（以“三江”地区为例）

1）在大地构造位置上，海相火山岩型银矿床均位于岛弧、裂谷构造环境。在德格—乡城成矿带上的该类型矿床主要形成于义敦古岛弧的弧间裂谷作用的晚期，昌宁—孟连成矿带的该类型矿床主要形成于裂谷的早期。这类矿床往往分布在裂谷的次

黄金地质研究所
信息室 提供

级火山-沉积盆地中。

2）矿床具有层控特点，在区域上均位于与成矿作用密切相关的火山岩系的顶部与其上覆结晶灰岩的接触界面附近。

3）矿床具有明显的分带，即下部发育脉状—网脉状矿化，上部发育层状矿化（主矿体）。主要成矿元素也往往呈垂直分带，矿床的元素组合常为Ag，Pb，Zn，Au，Cu等。

4）矿床中层状矿化多是银矿体的产出部位，而且热水沉积岩广泛出现。这些明显的地质特征表明该矿床属于海相火山喷流沉积矿床。

2 陆相火山岩-次火山岩型银矿

陆相火山岩-次火山岩型银矿床主要是指产于陆相火山岩-次火山岩（包括火山沉积岩）及接触带中的银矿床，在成因上与火山喷发作用或岩浆浅成侵入活动有密切联系，如全球最大的前10个银矿床都是陆相火山岩-次火山岩型，其中玻利维亚的波多西矿床，银储量达19×10^4 t以上。

2.1 矿床一般地质特征

陆相火山岩-次火山岩（斑岩）型银矿床以形成时代新、品位高和规模大为特点，主要分布在环太平洋、地中海—喜马拉雅褶皱系亚洲东部的中南半岛等地中—新生代构造-岩浆活化区和新疆天山地区。如浙江天台大岭口、黄岩五部2矿床，矿化蚀变带长达10 km以上。新疆天山地区晚古生代银成矿带，长2 000多千米，具有明显的分带现象。东天山以次火山岩金-银矿床为主，中天山主要是火山-次火山岩型银-铅-锌矿床，西天山基本全是火山-次火山岩型银-铜矿床。矿体一般为脉状、透镜状，有2种产出形式：一种是呈脉状交代充填于断裂中；另一种是与地层产状一致，分布于火山盆地中。银矿形成时代多晚于围岩，如浙江东部沿海地区陆相火山岩银矿床一般比赋矿围岩晚n～40 Ma，矿物组成一般为典型的低温矿物组合，矿石矿物以Fe，Pb和Zn硫化物或硫盐为主，有时含大量的辉铜矿和（或）黝铜矿，非金属矿物除石英、粘土矿物外，常含不定量的萤石和锰矿物（菱锰矿，锰的氧化物和蔷薇辉石等）。矿石常见半自形—他形粒状结构，交代充填（或熔蚀）和乳滴状（固熔体分离）结构，少数为自形粒状和镶嵌结构。矿石构造以浸染状、细脉浸染状、网脉状和团块状为主。

围岩蚀变有硅化、绢云母化、粘土化、绿泥石化、萤石化、菱锰矿化等。早期为火山期后热液蚀变，形成硅化和绢云母化；中期热液转成弱酸—弱碱性，发育有蔷薇辉石化、硅化、绿泥石化，绿帘石化及黄铁矿化；晚期热液偏碱性，发育锰碳酸盐化、碱性长石化、萤石化、方解石化和高岭土化。热液蚀变的同时，有大量金属硫化物沉淀，同时使岩石孔隙度增加，如五部矿床石英霏细斑岩的孔隙度由原岩的1.71%，经绢云母化后，增加到5.39%；大岭口矿床晶屑凝灰岩的孔隙度由原来的2.28%增加到5.82%。岩石抗压强度亦随之降低，形成一些成矿裂隙。围岩蚀变一般局限在矿化构造带内或其两侧，分带不明显（冷水坑例外），总体上是浅部以绢云母化、硅化为主，深部绿泥石化、黄铁矿化明显增强，黑色玉髓状石英与银矿化关系密切。

2.2 矿床地球化学特征

2.2.1 *成矿温度* 属于中—低温热液矿床，其包裹体均一温度一般为131～305 ℃。内蒙古额仁陶勒盖银矿是215～339 ℃，平均为273 ℃；江西冷水坑银矿为112～296 ℃，平均为169 ℃；浙江亳石银矿为204 ℃；大岭口银矿为200～298 ℃。

2.2.2 *铅同位素* $^{206}Pb/^{204}Pb$，$^{207}Pb/^{204}Pb$，$^{208}Pb/^{204}Pb$值的变化范围均小于1%（表2），μ值为9.35～9.50，Th/U=3.68～4.23，反映与火山岩有关的银矿床属于时代相近的单阶段演化的正

表2 火山岩型银矿床的铅同位素组成

矿床	样品数	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	μ值	Th/U	资料来源
额仁陶勒盖	8	18.210～18.338	15.505～15.558	38.017～38.230	9.35	3.68	李朝阳等,2002
冷水坑	9	17.723～17.788	15.519～15.585	38.107～38.376	9.50	4.14	李朝阳等,2002
亳石	6	18.276～18.371	15.579～15.659	38.553～38.892			1）
后岸	2	18.336～18.420	15.540～15.657	38.412～38.638	9.46	4.08	2）
下溪底	4	18.38～18.534	15.62～15.732	38.381～38.875			3）
大望山	1	19.16	15.7	38.22			3）
大岭口	17	17.90～18.96	15.03～16.45	38.37～41.65	9.38	4.23	1）

1）福建省地质矿产局，浙江地质矿产厅．闽浙沿海火山岩地区银矿成矿规律及成矿预测研究．1994，86-110；
2）张士高．内蒙古潘家沟银矿床特征与找矿标志．内蒙古有色地质，1990，(1)：6-11；
3）张国柱，贾文仲，赵存威．矿产资源战略分析（单矿种分析系列）课题成果．34，(萤石)．1987，9-44。

常铅。浙东南火山岩区银矿床铅的 85%～100% 来自火山岩。

2.2.3 硫同位素 18 个火山岩-次火山岩型银矿床的硫同位素组成变化范围较大（$\delta^{34}S$ = −9.81‰～7.85‰），多集中于 −4‰～4‰之间。如额仁陶勒盖银矿床的 $\delta^{34}S$= −3.96‰～4.077‰；浙江大岭口银矿的 $\delta^{34}S$= −6.77‰～7.39‰。说明 S 可能有多种来源，但主要来自深部岩浆或火成岩。

2.2.4 氢氧同位素 该类矿床矿物包裹体的氢氧同位素组成变化比较宽（$\delta^{18}O_{H_2O}$ = −18.2‰～12.58‰，δD_{H_2O} = −190.96‰～−42.6‰（图 3），多数集中于 $\delta^{18}O_{H_2O}$ = −2.3‰～5.5‰，δD_{H_2O} = −48.7‰～−68.2‰，在 $\delta^{18}O_{H_2O}$-δD_{H_2O} 图上多分布在大气降水线与原始岩浆水区之间，有的靠近雨水线，有的接近原始岩浆水区。暗示成矿溶液是原始岩浆水与大气降水的混合溶液，但内蒙古额仁陶勒盖、浙江后岸和福建怀溪矿床以大气降水为主，浙江沈山岙和银坑山是以原始岩浆水为主。成矿物质既有来自中生代火山岩，又有来自古老基底岩石。根据成矿年龄一般比赋矿围岩年轻的事实，认为大气降水下渗过程中从周围岩石中萃取一部分 Ag，Pb，Zn 等成矿物质，在一定深度与上升的富含 Ag，Au，Pb，Zn 火山热液混合，沿着构造破碎带继续上升。当混合矿液的温、压降低到一定程度或物理化学条件改变时，Ag，Pb，Zn 等矿物质就沉淀形成充填-交代陆相火山岩型银矿床。

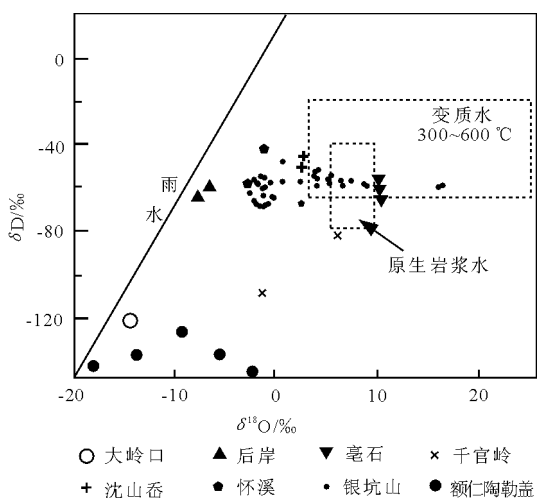


图 3 成矿流体氢氧同位素组成特征

2.3 与萤石矿的时空关系

1）我国陆相火山岩型银矿密集区与萤石矿的密集区基本一致，都分布在陆相火山岩广泛分布的东南沿海板块俯冲带的大陆边缘地区。

2）它们的成矿时代主要是中生代，世界上 53% 的工业萤石矿床也形成于 90 Ma 以内。我国约有 90% 的萤石矿床与燕山期（特别是燕山晚期）构造-岩浆活动有关。如将乐常口、建阳南山下、邵武羊古奄、河源到吉、乐昌两江和张姑岭等大型萤石矿床和日本列岛的萤石矿床都是新生代矿床。陆相火山岩-次火山岩型银矿形成时代也以中—新生代为主，东部地区的陆相火山岩型银矿主要在中生代，如浙江亳石银矿为 104 Ma，治岭头银矿为 127 Ma，江西冷水坑银矿＜136 Ma，内蒙古额仁陶勒盖银矿＜ 130 Ma。

3）银矿床中多有萤石矿（化）存在，且萤石矿中常有很高的 Ag 含量，甚至构成银-萤石矿床。如浙江亳石银-萤石矿、义乌金-银-萤石矿、治岭头银矿床、大岭口银矿、后岸银矿、内蒙古潘家沟银矿、兰闫银矿、秃力马银矿和小青沟银矿、河南白石坡银矿、城皇山银矿等都发育萤石矿化。浙江亳石萤石矿蚀变围岩中银的平均含量＞150×10^{-6}；河南魏沟萤石矿 Ag 含量通常＞100×10^{-6}，高者达 523×10^{-6}；河南尖山大型萤石矿床在第 4 个开采中段的拣块样 Ag 含量一般＞80×10^{-6}，最高达 513×10^{-6}。部分陆相火山岩型银矿床的萤石单矿物中也有较高的 Ag 含量，可达 0.28×10^{-6}～11.2×10^{-6}，比地壳克拉克值（0.07×10^{-6}）高 2 个数量级，是地壳各类岩石平均含量（0.02×10^{-6}～0.68×10^{-6}）的几十到几百倍。

2.4 Ag 与卤素元素有密切关系

卤素元素对金属元素有很强的亲和能力，且银的卤化物和配合物有很大的溶解度和较宽的稳定区，因此对 Ag 等金属元素的溶解、活化和远距离运移、富集起极其重要的作用。F，Cl 和 I 为同族元素，许多化学性质和地球化学行为相似，但也有差别。如 F 比 Cl，I 腐蚀性更强，更活泼、更易挥发；在氯化物溶液与硅酸盐熔体作用过程中以阳离子交换为主，基本无阴离子交换；在氟化物溶液与硅酸盐熔体互相作用中以阴离子交换为主，阳离子交换较少。氯在熔体与流体之间的分配系数比氟高 1～3 个数量级，而氟在熔体中的溶解度比氯高 1～3 个数量级，说明在不同的物理化学条件下，F 与 Cl，I 表现出完全不同的地球化学行为。F 是所有元素中电负性最强的元素，对电子有非常强的亲和力，易与其他元素结合形成离子化合物或配合物，如配阴离子 $[SiF_6]^{2-}$ 和 $[AlF_6]^{3-}$，等。这些化合物或配合物一般有较高的溶解度，可以进行长距离

黄金地质研究所
信息室 提供

的迁移。如 AgF 的溶解度仅次于 $AgNO_3$，比 AgCl，Ag_2SO_4，AgCN，AgCNS，AgS 等高 3～7 个数量级，银的氯化物和碘化物极不溶于水，还可以从围岩中活化部分银。在热液上升过程，温度、压力和氧逸度变化，热液中 Ag^+ 与 S 或 Cl，I 结合生成银的硫化物、角银矿或碘银矿等沉淀，F 向周围挥发扩散。

1）陆相火山岩型银矿床中通常有较高的 F，Ag 与 F 多呈负相关。如新疆托斯巴 Ag-Cu 矿床的 F 含量高达 $1\ 000\times10^{-6}$～$29\ 000\times10^{-6}$；内蒙古额仁陶勒盖银矿的 F 含量达 400×10^{-6}～$1\ 700\times10^{-6}$，平均为 726×10^{-6}，远高于地壳克拉克值。但由矿体到蚀变围岩 F 含量增加，Ag 含量却减少，呈负相关；江西冷水坑银矿 F 含量一般为 400×10^{-6}～600×10^{-6}，F 与 Ag 也是呈负相关，故 F 可以作为银矿的找矿标志。因为，F 是最活泼的强挥发性元素，当以氟化物或配合物迁移的 Ag 沉淀时，在溶液中 F 就继续迁移或成气体向周围扩散，于是在矿体中出现 Ag 与 F 的负相关。

2）该类银矿床的 Cl 和 I 含量比较高，并与 Ag 呈正相关。如内蒙古额仁陶勒盖银矿床地表石英脉型矿石中角银矿、碘银矿和溴银矿的含量占全岩 25% 以上，其 Cl 的平均含量为 826×10^{-6}，最高达 $3\ 580\times10^{-6}$；I 的平均含量为 60.6×10^{-6}，最高是 342×10^{-6}。这可能是因为 Cl 和 I 的活泼性和挥发性都比 F 小，而银的氯化物、碘化物及它们的配合物的溶解度远远小于银的氟化物，于是 Cl，I 和 Ag 就以银的氯化物和碘化物形式一起沉淀。

3）矿石类型不同，卤族元素与 Ag 的关系也不同。额仁陶勒盖银矿床地表的石英脉型、硫化物型和氧化锰型矿石 Ag 与 Cl，I 呈正相关，与 F 呈负相关；菱锰矿型矿石 Ag 与 F，Cl 和 I 均呈正相关，深部石英脉型矿石中 Ag 与 Cl 呈正相关，与 I 呈负相关。这可能是不同类型矿石代表局部存在物理地球化学环境的差异，致使不同元素的地球化学行为的差异性体现。

2.5 陆相火山岩型银矿床中 Ag 与 Mn 关系密切

Ag 与 Mn 多呈正相关或具相关趋势。目前已发现与陆相火山-次火山岩有关的银-锰型矿床：内蒙古额仁陶勒盖、江西冷水坑银矿床的鲍家矿区、河北相广、山西小青沟和北京西湖村、美国的 Hardshell，Candelariat 和秘鲁 Lampa 等。许多陆相火山岩型银矿床中 Mn 含量较高，并含有大量的锰矿物，如大岭口银矿、治岭头银矿和冷水坑银矿的银路岭矿段中的 Mn 主要是以锰矿物或含锰矿物形式存在，如锰的氧化物和锰碳酸盐、硅酸锰、锰酸盐和硫盐矿物等。锰的氧化物多产于浅成低温矿床的地表或近地表（额仁陶勒盖和小青沟），锰碳酸盐分布于中—低温银矿床的深部（额仁陶勒盖和大岭口），锰硅酸盐产于与浅成侵入体有关、成矿温度较高的矿床（治岭头银矿）中，锰矿物有分带现象。额仁陶勒盖银矿，地表或近地表为氧化锰型矿石，深部碳酸锰型矿石；冷水坑银矿分带明显，锰矿化仅见于外接触带的围岩中（图 4）。

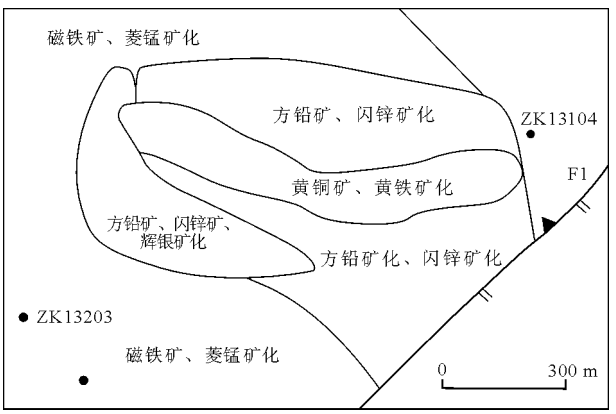


图 4 江西冷水坑银矿矿化分带图（据罗诒爵，1985 改编）

Mn 可以使岩石染色，额仁陶勒盖银矿的地表是一片黑色，大岭口银矿的新鲜剖面被菱锰矿染为浅玫瑰色，美国内华达州科夫金-银矿床的岩石和土壤呈煤烟状褐色。

Ag 与 Mn，F，Cl，I 在一起的原因：1）锰的氧化物对 Ag 有很强的吸附能力。岩（矿）石中的锰质在表生风化淋滤作用下，特别是硫化物矿床氧化带铁非常丰富，对 Ag 具有很强的吸附能力，在地表或矿带的上部形成 Ag 的次生富集；2）Mn^{2+} 能促进 Ag^+ 的沉淀；3）Саxаровa 研究表明溶液中 Mn^{2+}，F^-，Cl^- 等离子可促使 Ag 沉淀，而 Ag 又是 Mn 的沉淀剂。这就是火山岩银矿床以及其他银矿床 Ag，Mn 以及 Ag，Cl，F 和 I 密切相关的原因。

2.6 陆相火山岩型银矿的成矿机理探讨

中—新生代的火山、次火山岩浆活动，不仅从地壳深部带来成矿物质，而且提供了热动力，使地下水加热循环，不断从围岩中萃取成矿物质；同时以硅化、绢云母化、蔷薇辉石化、含锰碳酸盐化等为主的蚀变，使围岩中的 K^+，Ca^{2+}，Na^+ 离子大量带出，在早期酸性淋滤后，热液转为弱酸—弱碱性的条件下，以卤族元素的配合物形式运移的 Ag，Pb，Zn 等金属组分，开始从配合物中分解出来，

上升至适合的构造容矿空间，随着温度的降低，金属硫化物和银矿物大量沉淀而形成矿床。该类银矿多与萤石矿床在时空上有密切的关系，并常在矿体内或周围形成一定的卤族元素扩散晕和锰晕。

摘自《中国科学》(D 辑)，2002 年增刊

中国火山岩型银矿床

火山岩型银矿是产于火山岩系或火山-沉积岩系（岩石）中，有些银矿产在变质火山岩中，成矿主要是火山作用，产状主要受火山构造控制，成矿物质来源及成矿时间与火山活动有联系的一类矿床。在这类矿床中，火山成矿作用方式不同，有火山热液或由火山热源造就地下水循环的热液及海相或陆相火山喷发-沉积等方式形成的矿床。

火山岩型银矿床又可细分为 1）海相火山岩亚型；2）陆相火山岩亚型。

根据矿石元素组合又可分为 Cu-Ag，Cu-Pb-Zn-Ag，Pb-Zn-Ag，Au-Ag 等矿化类型。

火山岩型银矿化带明显受基底层断裂控制，矿床常沿火山穹隆和火山断陷盆地边部分布，矿体或矿化体多产于Ⅳ，Ⅴ级火山构造中或断裂带及断裂交会处，成矿作用多与燕山期火山、潜火山期后热液或酸性—中酸性同熔型侵入岩有关。最高矿化层位在下白垩统，银矿（化）体多数呈脉状、透镜状，少数火山喷发沉积型的呈层状、似层状。该类银矿床中多数是伴生银的铅-锌矿床；约 1/3 是银-铅-锌，银-金共生的矿床；仅有少量的银矿是单一银的独立矿床。矿床规模小型居多，部分中型，个别大型。矿石组分及矿石结构、构造较复杂，矿石品位部分贫者含银 10×10^{-6}～30×10^{-6}，部分富者 100×10^{-6}～250×10^{-6}。

以 Cu 为主的矿化类型一般含 Ag 低，主要是伴生银或含银矿床。共生银矿床主要是 Cu-Pb-Zn-Ag 型及 Pb-Zn-Ag 型矿化。Au-Ag 型多为小矿点。以银为主的矿石是次生富集带产物。

火山岩型银矿床是银矿主要类型之一，储量占全国银储量的 18.1%。矿床数量占全国总数 14.5%。

1 矿床地质特征

1.1 矿床产状与规模

1.1.1 *不同时代的火山岩型银矿的分布特点*

1）元古宙变质海相火山岩型银矿，主要分布于南秦岭褶皱带的南侧，大巴山台缘北侧的元古宙隆起区。东部为武当山隆起，属武当山群变质火山岩。西部为文县略阳隆起，属薤县系刘家坪组及接官亭组变质火山岩。

2）下古生代（寒武—奥陶系）海相火山岩型银矿主要分布于北祁连地槽褶皱带。

3）上古生代海相火山岩型银矿主要分布于阿尔泰地槽褶皱带（泥盆系火山岩），北天山地槽褶皱带（石炭系火山岩）及藏滇地槽褶皱带（下石炭统火山岩）。

4）中生代陆相火山岩型银矿主要分布于中国东部滨太平洋地区。海相火山岩型银矿主要分布在玉树义敦地槽褶皱带。

1.1.2 *矿体产状*

1）海相火山岩型（热液）银矿床：矿床皆呈交代充填于断裂中，产状多数有几组，其特点是矿体倾角较陡，多数为 60～70°。陆相火山喷发沉积银矿床，矿体与地层产状一致，分布于火山盆地中，倾角一般小于 20°。

2）海相火山喷发-沉积银矿床：矿体与地层产状一致。

1.1.3 *矿体形态* 火山（潜火山）热液式矿床，矿体皆呈脉状、透镜状、少量不规则脉状或似层状；火山喷发-沉积式矿床，矿体形态较简单，多呈似层状、层状或透镜状。

1.1.4 *矿体规模*

1）陆相火山岩型（热液）银矿床：以潜火山热液矿床为最大，如天台大岭口、黄岩五部 2 矿床，矿化蚀变带长达 10 km 或更长一些，在矿化蚀变带中，矿体呈断续分布或雁列式分布，有大小工业矿体 10 多个，五部矿床最多，有 19 个矿体，但最主要的只一两个矿体，走向长 700～2 140 m，延深可达 800 余米，厚度一般 4～10 m，平均 9.11～9.88 m，最厚 20.76～32.23 m。其他一般火山期后热液银矿床，矿化蚀变带长 600～1 000 m，最长 4 000 m；矿体长一般 100～670 m，最长 1 800 m，延深一般 10～400 m，最小 50 m，厚度一般 1～5 m，最厚 16.92 m。

2）海相火山岩型银矿床：如湖北竹山银洞沟，

黄金地质研究所
信息室 提供

有27条矿脉。矿体长达730 m，宽117 m，矿体厚度为3.48 m，埋深18～341 m。如小铁山铅-锌-多金属银矿Ⅱ号矿体长1 000 m，厚5 m，延深230 m。

我国主要火山岩型银矿床详见表1。

1.2 矿床岩石学矿物学特征

1.2.1 岩石学特征

1）陆相火山岩型银矿床，矿体相对富集于沉火山角砾岩、隐爆角砾岩及凝灰角砾岩中，在熔结凝灰岩、晶屑凝灰岩中矿体相对较小。大岭口、五部2矿床中矿体与潜火山相流纹斑岩、霏细斑岩、石英霏细斑岩等相伴产于近SN向断裂中。

陆相火山喷发-沉积银矿床，矿化层产于火山喷发间歇期的湖相凝灰质的沉积岩层中。

2）海相火山岩型银矿床，产于细碧角斑凝灰岩、石英角斑凝灰岩、酸性火山角砾岩、长英质凝灰碎屑岩或变质凝灰岩-绢云石英片岩中，有少量硅质岩、碧玉岩，并伴有斜长花岗斑岩的次火山岩体。

3）火山喷发旋回一般多为2～4个喷发旋回，以中心式喷发为主。

4）海相火山岩一般是高SiO_2，富K，Na，Na/K＞1，而陆相火山岩亦是高SiO_2，富K，Na，一般K_2O＞Na_2O。

1.2.2 矿物学特征

1）银矿物主要有辉银矿、螺状硫银矿、辉铜银矿、银黝铜矿、深红银矿等。已发现的银矿物还有硫铜银矿、淡红银矿、硫砷铅银矿、硫锑铜银矿、硫砷铜银矿、硫锑银矿、柱硫锑铅银矿、自然银、金银矿、角银矿等。自然银、金银矿、角银矿

表1 中国主要火山岩型银矿床简表

时代	岩石类型	矿床名称	大地构造位置	赋矿火山岩	矿化类型	w(Ag)/10^{-6}	矿体规模	矿体产状
中生代	陆相火山岩	浙江天台县大岭口	东南沿海褶皱带	上侏罗统磨口山群中酸性火山岩	Pb-Zn-Ag	106～265	大型	脉状、透镜状，倾角50～70°，长700～2 140 m，厚4～10 m，深＞800 m
		江西德兴县银山	江南台隆	上侏罗统鹅湖岭组英安斑岩	Cu-Pb-Zn-Ag	72.5～183.7	大型	脉状、细脉浸染状、网脉状、似层状，长50～1 200 m，厚1～3 m，深50～800 m
		辽宁建昌县大石沟	东南滨太平洋火山岩带燕山台褶带	中侏罗统兰旗组英安岩	Au-Ag	73.2	小型	101，102矿体，长1 500 m，2 400 m，厚0.2～1 m
	海相火山岩	四川白玉县麻邛呷村	玉树义敦褶皱带	上三叠统图姆沟组中酸性火山岩	Cu-Pb-Zn-Ag	248.6	大型	似层状，倾角70～80°，62个矿体，长60～1 575 m，厚0.15～85 m，深60～600 m
		青海玉树县赵卡隆	玉树义敦褶皱带	上三叠统巴塘群中酸性火山岩	Pb-Zn-Ag	100.89	中型	Ⅴ号主矿体，柱状，长160 m，宽140 m
晚古生代	海相火山岩	云南澜沧县老厂	澜沧江褶皱带	下石炭统安山岩	Pb-Zn-Ag	113.2	中型	$Ⅰ_2$，$Ⅱ_8$矿体似层状、透镜状，$Ⅱ_5$矿体穿层，陡倾角，脉状，长＞500 m，厚6～14.5 m
		新疆哈巴河县阿舍勒	阿尔泰褶皱带	中泥盆统阿舍勒组中酸性火山岩	Cu-Pb-Zn-Ag	60～155	中型	3个矿化带，最大矿体长200～300 m，厚几十米
早古生代	海相火山岩	甘肃白银市小铁山	北祁连褶皱带	寒武—奥陶系石英角斑凝灰岩	Cu-Pb-Zn-Ag	113.15	大型	3个大矿体，倾角70～80°，似层状，Ⅰ长500 m，厚5.5 m，深300 m；Ⅱ长1 000 m，厚5 m，深230 m；Ⅲ长300 m，厚5.5 m，深230 m
		甘肃白银市白银厂	北祁连褶皱带	寒武—奥陶系石英角斑凝灰岩	Cu-Pb-Zn-Ag	14.41	大型	透镜状、扁豆状矿体，倾角40～80°，最大矿体长1 000 m，厚80 m，深500 m
		青海祁连县郭米寺	北祁连褶皱带	寒武系变质凝灰岩，绢云石英片岩	Cu-Pb-Zn-Ag	52.82	小型	13个矿体，倾角60～70°，透镜状、脉状，Ⅱ号主矿体长660 m，厚3～10 m，深4～16 m
		青海格尔木市锡铁山	柴达木北缘地槽褶皱带	下奥陶统滩间山群火山-沉积岩，绿色岩系	Pb-Zn-Ag	42.9	大型	似层状、脉状、透镜状，140多个矿体，$Ⅰ_1$，$Ⅱ_{10}$，$Ⅱ_9$为主矿体
元古宙	变质海相火山岩	湖北竹山县银洞沟	武当隆起	武当群石英角斑凝灰岩	Pb-Zn-Ag	176.5	大型	27个矿体，脉状、薄板状，累加厚53.24 m，倾角70～80°
		陕西略阳县东沟	文县略阳隆起	薤县系接官亭组石英角斑凝灰岩	Pb-Zn-Ag	116.4	小型	6条矿化带，倾角50～60°，豆荚状，主矿体长500～1 000 m，厚3～20 m，深150～300 m

黄金地质研究所
信息室 提供

多与次生富集有关。

2）其他金属矿物主要是方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、黝铜矿，其次有毒砂、磁黄铁矿、辉铜矿、斑铜矿、硫锑铅矿、车轮矿、辉铋矿、辉钼矿、磁铁矿等。

3）非金属矿物主要是石英、绢云母、方解石、白云石、重晶石、绿泥石、长石、绿帘石、萤石等。

4）氧化带矿物有白铅矿、铅矾、菱锌矿、褐铁矿、黄钾铁钒、异极矿、铜蓝、孔雀石、赤铜矿、水绿钒等。

5）银的载体矿物主要是黝铜矿、硫锑铅矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿等，氧化带矿物如白铅矿常为银的载体矿物。

几个矿床银矿物成分和载体矿物银含量见表2，表3。

表2 银矿物电子探针分析结果 w（B）/%

矿床	银矿物	Ag	S	Sb	Cu	As	Au	Pb	Te	Zn	Fe
大岭口	螺状硫银矿（辉银矿）	87.0	12.7								
	硫锑银矿	75.4	14.9	8.9							
	硫锑铜银矿	68.2	15.3	10.0	4.4	2.0					
	聚银矿	70.8	15.0	7.1							
	碲聚银矿	69.2	8.5	5.9	1.1				15.0		
	银锑黝铜矿	28.4	20.8	22.4	21.2					3.4	2.3
	深红银矿	63.9	17.9	18.1							
	柱硫锑铅银矿	21.3	21.3	19.7				36.7			
	金银矿	57.4					42.2				
五部	银金矿	44.09					56.01				
	辉银矿	87.68	12.23								
	自然银	92.05					8.05				
八宝山	螺状硫银矿	85.78	13.19								
	银金矿	40.40					59.24				
	金银矿	57.64					42.08				
	自然银	89.34					9.37				
亳石	螺状硫银矿	92.48	7								
	硫锑铜银矿	79.18	9.04	6.63	5.14						
	银黝铜矿	80.80	11.07	3.16	4.99						
	自然银	58.53	18.51	1.66	19.07						2.23

表3 载体矿物银含量 w（B）/10^{-6}

矿床	方铅矿	闪锌矿	黄铁矿	黄铜矿	黝铜矿	硫砷铜矿
大岭口	220	940.3	192		28.4%	
五部	115～754.3(287)	62～398(124)	35～479(286)			
银山	105～4 380	200～863	3～456	94～1 346	50～60	40～50
麻邓	400	20	170			
老厂	1 622.7～6 910.3	26.5	11.6～50			
小铁山	567	202	62	79	0.46%～0.61%	
锡铁山	899	134	6.2	100		
银洞沟	2 050	660	260	1 290		

载体矿物银含量的多少是与单矿物提纯程度有很大关系的。所以各矿床之间无法比对。

1.3 矿石化学成分

1）矿石中银一般为几十到几百克/吨，常达100×10^{-6}～300×10^{-6}。

2）矿石中主要金属元素为Pb，Zn，Cu，Pb 0.n%～4%，Zn 0.n%～5%，Cu 0.1%～2%，一般是Zn>Pb>Cu。银与铅为正相关，所以富铅矿石一般富银。主金属元素以硫化物状态存在，所以S一般为0.n%～20%。

3）矿石中伴生金属元素有：Au，Cd，Ga，Ge，In，Sb，Ni，Hg等。Au可以由0.1×10^{-6}到$n\times10^{-6}$，Cd随Zn的含量而消长，一般为0.00n%～0.03%。其他伴生金属元素虽然含量很低，但常可综合回收利用，具有一定经济价值。

4）矿石化学成分见表4。

1.4 矿石结构、构造

1.4.1 陆相火山岩型银矿床

1）矿石结构：常见的是半自形—他形粒状结构，交代充填（或熔蚀）结构，乳浊状（固熔体分

黄金地质研究所
信息室 提供

表 4 矿石化学成分 w（B）/%，w（Au，Ag）/10^{-6}

矿床	Cu	Pb	Zn	Ag	Au	Sb	Cd	Ga	In	Hg	Bi	Sn	S	备注
大岭口	0.02～2.36	1.54	2.15	106～265	4.63		84[1)]	15[1)]						
大石沟		＞3 000[1)]	650[1)]	73.2	21.85	200[1)]	＜10[1)]	＜30			235[1)]			
麻邛(7#)	1.0	6.27	9.26	248.63	0.53	0.477	0.042 3	0.002 6		0.017 7			10.57	
老厂	0.1	3.82	3.51	113.2	0.13		0.019	0.002	0.002 9			0.001～0.01	19.8	
小铁山	1.13	3.30	5.17	126.15	2.28	0.04	0.035	0.023	0.000 7				19.5	
锡铁山	0.029	3.75	5.60	70.84	0.20	0.005		0.001						硫化矿石
银洞沟	0.054	0.087	0.17	176.5	1.8	0.000 7	0.001 2			0.000 07	0.000 18	0.000 9	0.52	

1）w（B）/10^{-6}。

离）结构。少数为自形粒状结构、镶嵌结构。

2）矿石构造：常见的是浸染状、细脉浸染状、网脉状、团块状，少见角砾状、条带状、斑杂状。

1.4.2 海相火山岩型银矿床

1）矿石结构：以自形—半自形及他形粒状结构、压碎结构为主，胶结结构、交代残余结构与浸染结构为次，格状、乳浊状结构少见。矿物颗粒一般较细，黄铜矿颗粒 0.2～0.8 mm，闪锌矿在 0.02～0.1 mm 之间。

2）矿石构造：以条带状、块状和浸染状为主，角砾状、揉皱状、细脉状构造次之。

1.5 成矿期（成矿阶段）及矿物生成顺序

各矿床的成矿期及矿物生成顺序由于认识不同划分也不一致，综合归纳可分为 3 期 4 个阶段。

1）火山喷发期（同生阶段），主要生成黄铁矿或有少量闪锌矿、方铅矿、磁铁矿及非金属矿物石英、长石、云母等。

2）火山热液期，可分为 2 个阶段。①早期硫化物阶段（主金属成矿期），主要是闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、其次有黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂及一些银硫化物矿物，非金属矿物有石英、绢云母、白云石、绿泥石等。本阶段也可称为石英硫化物阶段。②晚期硫化物阶段（银矿化期），主要是方铅矿、黄铁矿、黝铜矿及各种银矿物，非金属矿物有石英、绢云母、方解石、重晶石、绿泥石、萤石等，或称碳酸盐-硫化物阶段。

3）表生期（可能形成银的次生富集），主要有白铅矿、菱锌矿、铅矾、黄钾铁矾、褐铁矿及铜的次生矿物（孔雀石、铜蓝、蓝辉铜矿等）、自然银、角银矿等。非金属矿物有石英、方解石、高岭石等。

主要矿物生成顺序见表 5。

表 5 主要矿物生成顺序



1.6 围岩蚀变

1.6.1 围岩蚀变类型

1）陆相火上岩型银矿床，与矿化相应有早、中、晚 3 期的蚀变作用，早期火山（潜火山）期后热液蚀变，使一定范围内的酸性、中酸性火山岩系遭受酸性淋滤作用，岩石中长石及玻璃成分分解，形成绢云母和石英（硅化、绢云母化）。中期热液转成弱酸—弱碱性，在矿化构造带中或近矿围岩发育蔷薇辉石化、硅化、绿泥石化、绿帘石化及黄铁矿化，与此同时金属硫化物大量沉淀。晚期热液进一步向偏碱性方向演化，在矿化构造内发育锰碳酸盐化、碱性长石化、萤石化、方解石化和高岭土化。围岩蚀变不仅使岩石组分发生明显的活化转移，同时使岩石孔隙度增加，如五部矿床石英霏细斑岩的孔隙度由原岩的 1.71%，经强烈绢云母化后，增加到 5.39%；大岭口矿床晶屑凝灰岩的孔隙度由原岩的 2.28%，经强烈绢云母化后增加到 5.82%。岩石抗压强度随之降低，易于碎裂，同时有利于矿液交代充填成矿。

2）海相火山岩型银矿床，围岩蚀变具有多期多阶段性。主要发育硅化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化、黄铁矿化、碳酸盐化、高岭土化、钡冰长石化、钾长石化、钠长石化、白云母化以及重晶石化。

1.6.2 围岩蚀变强度与分带

1）陆相火上岩型银矿床，围岩蚀变多硅化、绢云母化为主，大部分蚀变局限在矿化构造带内或其两侧，一般分带不明显，总体上看是浅部以绢云母化、硅化为主，深部绿泥石化、黄铁矿化明显增强。在广泛发育的绢云母-水云母化强烈地段，黄铁矿化也发育，硅化，特别是黑色玉髓状石英与银矿化极为密切。

2）海相火山岩型银矿床，有面型蚀变与线性蚀变。蚀变强度与银矿化关系密切。在矿床底部，火山喷液中心部位蚀变较强，以硅化为核心，强烈处达到次生石英岩，有的矿区，如呷村，强蚀变部位钡冰长石脉发育，银矿化强烈。向外硅化减弱，过渡到中等强度蚀变带，绢云母化、绿泥石化增强，出现绿帘石化。在弱蚀变带中主要显示弱的硅化、钡冰长石化，弱的碳酸盐化、白云母化与高岭土化，银矿化也明显减弱。

1.7 成矿时代与成因

海相火山岩型银矿的成矿时代有元古宙、下古生代及上古生代。而陆相火山岩型主要是中生代。

银洞沟铅同位素年龄为 13 亿年，小铁山铅同位素年龄为 5.3～3.98 亿年，麻邛铅同位素年龄为 213 Ma，K-Ar 法年龄为 115.2～166 Ma。大岭口、五部霏细斑岩 K-Ar 法年龄为 95.76～105 Ma，晚期为 70～80 Ma。

矿床成因为火山-热液成因。

2 成矿作用及控矿条件

2.1 主要成矿作用

火山岩型银矿床的主要成矿作用是火山喷气和火山热液作用。

银洞沟成矿压力为 2×10^5 Pa 左右，温度为中低温（260～160 ℃，石英包裹体均一法）。

小铁山碳同位素平衡测温为 220～300 ℃。

五部金属硫化物均一法测温在 160～360 ℃，平均 230 ℃。硫同位素交换平衡法为 127～301 ℃，平均 200 ℃。

大岭口金属硫化物及菱锰矿、萤石、石英等，单矿物爆裂法测温平均为 236～324 ℃。硫同位素交换平衡法为 254～330 ℃，平均为 276 ℃。

成矿温度 127～360 ℃，属中低温热液成矿。

成矿有以下主导因素。

1）陆相火山岩型银矿床，燕山期岩浆活动，尤其是早白垩世的火山、潜火山的岩浆活动，不仅从地壳深部带来成矿物质，同时提供了热动力，使地下水加热循环，不断从围岩中萃取成矿物质；以硅化、绢云母化为主的浅色蚀变，以及蔷薇辉石化、含锰碳酸盐化等中低温热液蚀变，使围岩中的 K^+，Ca^{2+}，Na^+ 大量带出，在早期酸性淋滤之后，热液转为弱酸—弱碱性的条件下，以配合物形式运移的 Ag，Pb，Zn 等金属组分，开始从配合物中分解出来，上升至适宜的构造容矿空间，随着温度的降低，大量沉淀金属硫化物和银矿物而形成矿床。

2）海相火山岩型银矿床，在海相细碧角斑岩系火山岩喷发间隙，分异形成的岩浆热液和在不断下渗过程中被加热的水溶液一起上升，携带部分富集在岩浆热液中的成矿物质和海水被加热过程中不断萃取周围岩石中的成矿元素，在近地表时，由于温度压力降低，海水的不断混入，导致成矿溶液条件的改变而沉淀。

2.2 矿床地球化学特征

一般矿区的成矿元素（Cu，Pb，Zn，Ag 等）地球化学背景值高于地壳同类岩石丰度值，而火山岩高于沉积岩，蚀变火山岩高于蚀变同类火山岩。

1）成矿热液的酸碱度（pH），根据围岩蚀变

黄金地质研究所
信息室 提供

和矿物共生组合情况分析，早期绢云母化是酸性淋滤条件下进行的，pH 值大致在 3～7（八宝山矿床石英包裹体测定 pH 值为 3.3）；中期硅化，主要金属硫化物与硅化石英共生，反映弱碱性的环境；晚期的碳酸盐化，碱性长石化、高岭石化等反映成矿溶液向偏碱性转化。

2）氧化还原电位（Eh），利用铁和硫的价态变化及其矿物的共生组合，可判断主要成矿阶段 Eh 值的高低。Eh 值还随着 pH 值的变化而增减，其关系式为 $Eh=Eh_0-0.059\ pH$。五部矿床早期蚀变阶段，热液 pH 值较低，Eh 值相应较高［八宝山石英包裹体测定 Eh 值为 0.259（V），相对较大］，出现高价氧化铁，如赤铁矿、镜铁矿等，而硫价态也较高，以 S_2^{2-} 为主，与低价铁结合成黄铁矿，甚至还原为高价铁，出现黄铁矿交代赤铁矿的现象。进入主成矿阶段时，pH 值高低波动，氧化还原电位随之频繁更迭，大量金属配合物分解、沉淀形成主矿体。

3）硫逸度，五部矿床矿物共生组合的中低温面貌，闪锌矿的 FeS 分子百分含量均较低和不出现磁黄铁矿等特点，结合硫同位素的平衡温度，可以推定主要成矿阶段，闪锌矿形成的硫逸度是较低的，$\mathrm{Log}f_{S_2}$ 变化在 −13.05～−15.01 之间。较晚阶段的闪锌矿-碳酸盐组合中，仅局部有少量黄铁矿分布，闪锌矿-方铅矿同位素平衡温度＜200 ℃及浅色闪锌矿中 FeS 分子含量一般＜10%，大致可以确定闪锌矿形成时的硫逸度 $\mathrm{Log}f_{S_2}<-16$。白银地区的 $\mathrm{Log}f_{S_2}=-9.34\sim-12.46$。

4）碱性成分（Na^+，K^+）的作用及成矿元素迁移形式，五部矿床从原岩至强烈交代蚀变矿化，碱性组分的变化是明显的。K_2O，Na_2O 含量由原岩的 7.76% 以上减少到强蚀变矿化岩的 4.40% 以下，在整个交代蚀变过程中，碱性组分总是被带出的，其中 K^+ 部分重新组合成绢云母，剩余的部分 K^+ 和全部的 Na^+ 转入溶液，即铅、锌等成矿元素形成配合物迁移，同时 Ag 也与碱金属离子组合成配合物［如 K（$AgCl_2$）或 Na（$AgCl_2$）］，迁移至矿体上部，由于介质条件的改变，配合物分解，银沉淀形成独立矿物。矿体上部银品位和独立银矿物的增加，伴随出现的碱性长石化就是证据。

陆相火山岩的成矿热液酸碱度：早期为酸性 pH=3～7，中期为酸碱性，晚期的碳酸盐化为偏碱性。

2.3 矿床同位素地质特征

2.3.1 *硫同位素组成* 硫同位素 $\delta^{34}S$ 变化范围较小，在 7.13‰～−6.77‰，离差在 13.90‰以内。$\delta^{34}S$ 虽不典型，但仍具塔式态势，与陨石硫相近。银洞沟 $\delta^{34}S=0.9‰\sim7.13‰$，塔式分布；小铁山 $\delta^{34}S=1.9‰\sim5.4‰$；麻邛 $\delta^{34}S=-4.6‰\sim3.1‰$，塔式分布；大岭口 $\delta^{34}S=7‰\sim-6.77‰$，离差为 13.77‰。

2.3.2 *氢氧同位素组成* 据大岭口矿床测定，早期硅化绢云母化石英的氢氧同位素组成：$\delta^{18}O_{H_2O}=7.9‰\sim10.8‰$（SMOW），与岩浆岩石英 $\delta^{18}O_{H_2O}=8.9‰\sim10.7‰$近于一致，$\delta^{18}O_{H_2O}$变化于 2.24‰～2.81‰，系原生岩浆水与大气降水的混合类型。

2.4 矿化分带特征

一般围岩蚀变有明显分带性，中心为强硅化蚀变，中间带为硅化带，外带为硅化绢云母化带，再外为绢云母化蚀变带。

老厂矿床 I_{1+2} 矿体各剖面高程与银、铅含量的统计如表 6。

大岭口、五部不同标高矿体 Ag 含量见表 7。

表 6 老厂矿床 I_{1+2} 矿体各剖面高程 Ag，Pb 含量

剖面	矿体高程/m	$w(Ag)/10^{-6}$	$w(Pb)/\%$	统计工程数
19	1 900～1 985	298.2	10.8	2
17	1 730～1 970	205.9	4.0	4
15	1 770～1 925	182.3	5.8	4
13	1 770～1 887	223.9	7.35	5
12	1 800～1 840	158.0	5.7	3
11	1 770～1 830	188.9	5.0	3
10	1 730～1 800	167.2	3.0	5
9	1 750～1 800	181.0	2.75	6
7	1 700～1 750	100.0	2.64	5
6	1 680	171.2	2.01	1

表 7 大岭口、五部不同标高矿体 Ag 含量变化

矿 床	标高/m	$w(Ag)/10^{-6}$
大岭口	0	＞100
	−300	n～$n\times10$
五 部	600	＞80
	中部	5～40
	＜0	＜5

大岭口一号矿体−200 m 以上银以独立矿物存在，以下主要以类质同象进入方铅矿、闪锌矿中。

银洞沟矿床不同标高硅化与矿化关系见表 8。

单矿物中银矿物也随标高不同而变化，见表 9。

2.5 主要控矿条件

1）大地构造条件，地槽区海相火山岩活动地带，及地台活化区陆相火山岩活动地带。

表 8 银洞沟不同标高硅化与矿化的变化关系

标高/m	0 线				15 线			
	标本数	石英/%	$w(Ag)/10^{-6}$	$w(Pb)/\%$	标本数	石英/%	$w(Ag)/10^{-6}$	$w(Pb)/\%$
1 160					33	84	196.7	0.00
1 100	10	65	183.6	0.37	21	67	125.1	0.06
1 000	15	62	101.8	0.73	18	62	107.5	0.43
900	18	55	79.6	0.90	23	64	56.9	0.99
800	13	48	11.7	0.59	46	46	56.8	3.26

表 9 大岭口、五部不同标高单矿物中 Ag 变化

矿床	标高/m	$w(Ag)/10^{-6}$		
		方铅矿	闪锌矿	黄铁矿
五部	500	310	182	517
	500～400	215	168	288
	400～200	168	67	102
	200～0	383	69	68
大岭口	500～400	215	168	
	400～100	314	64	
	100～0	327	71	
	全矿体	287	124	

2）岩石条件，一套海相细碧-角斑岩-碎屑沉积岩建造或陆相中酸性火山岩建造。特别是中酸性凝灰角砾岩。

3）围岩蚀变条件，强烈硅化、绢云母化或铁碳酸盐化。

4）火山热液活动区，特别是晚期硫化物阶段热液活动区有利于银矿化。

5）断裂，对成矿作用的控制明显。

浙东南中生代火山岩区的基底断裂，特别是 NE 向的丽水—余姚，温州—镇海 2 个深断裂，明显地控制了这地区的中生代火山-岩浆活动。火山喷发和岩浆侵入活动多呈 NE 向串珠状分布。由于断裂，火山-岩浆的长期多次活动，形成一系列的中小银矿床，分布在温州—镇海断裂带的上盘，或其两侧的次级构造带中。

6）火山构造对成矿作用的控制

①陆相火山岩型银矿床的就位，都与一定的火山构造相关，是矿液运移通道或容矿构造。

构造火山盆地，晚侏罗世构造火山盆地受 NE 向区域构造控制，岩浆分异程度较差，火山岩岩性较单一，盆地内蚀变矿化不强，在盆地边部可能有潜火山岩型的矿化。白垩纪火山-构造盆地，尤其是早白垩世，主要受 NNE 向区域构造控制，大小规模不等，火山活动时间长，岩浆分异较好，岩性差别大，盆地中有较多的沉积夹层，盆地内的水体对成矿是有利的。在火山盆地边部断裂带内是成矿有利的部位，如五部火山断陷盆地边部的五部矿床、天台火山沉陷盆地与火山隆起的结合部位的大岭口矿床。

火山穹隆，是长期火山活动中，深部岩浆的不断补充，中心部位隆起，在穹隆边部的环状、放射状断裂以及潜火山岩和火山通道处有利的成矿部位。如庆元火山穹隆北缘的老鹰岩矿床。

破火山口，破火山口是火山多期活动的产物，往往有多个侧火山口，在破火山口内部或边部有环状、放射状及其他线状破裂带，往往是矿田和矿区的所在地，矿化或矿体成群出现。如大岭口破火山口内的大岭口矿床和宁海茶山破火山口周围的储家矿床。

火山洼地，是火山活动期中的地形低洼的盆地区；火山洼地内火山活动很弱，有一定的沉积层分布。是一些火山喷发沉积型矿产地，如青田洪岩头一带的含银铅-锌矿就是洼地内形成的。

②海相火山喷发-沉积矿床同样受古火山构造的控制，西裘矿床即产于园里岙古火山通道附近的斜坡上。

摘自《中国银矿》

中国火山活动及火山岩控制银矿规律

在中国，无论是产于古生代及前古生代秦岭、祁连褶皱系中的海相火山岩，还是分布于东部地区产于中生代华南褶皱系中的陆相火山岩-次火山岩相中，均有为数众多的共生、伴生、含银矿床以及具有相当规模的独立银矿床。银的富集成矿多与前造山期细碧角斑岩建造、晚造山期安山岩建造、粗面安山岩建造和流纹岩建造等火山作用有密切的成因关系。

在火山作用中，火山热液是银（以及其他多种元素）迁移、富集、成矿的最重要、最积极的因素。火山热液和侵入体热液同是岩浆派生出来的，它们之间没有本质上的区别。主要区别在于它们所处的地质构造环境不同，火山热液受火山机构控制。大量数据表明，许多喷出岩中含有银，尤其是

黄金地质研究所
信息室 提供

安山岩、响岩、英安岩和粗面岩等银含量较高，银主要富集在火山热液中。除银外，火山热液以富集Fe，Cu，Pb，Zn，Au，Hg，Sb，U，Sn等金属元素以及F，S，P，As，B，Ba，Al等元素为特征。不同深度的火山杂岩可形成不同的矿床。近地表相与火山杂岩有关的低温热液作用可以形成一些含银的铜-金石英脉、金-银碲化物和辉锑银矿等。浅成、超浅成相与次火山岩、火山-侵入杂岩有关的热液作用，可以形成斑岩铜矿、斑岩钼矿、英安岩火山颈中锡矿床等含银矿床，有时可形成斑岩型银-多金属矿床，如江西冷水坑矿床。

火山热液早期石英硫化物阶段，主要形成闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、毒砂、黄铁矿等硫化矿物，银多呈类质同象或微细银矿物进入这些硫化矿物中，同时也形成少量银的独立矿物。火山热液晚期碳酸盐-硫化物阶段是银的主要成矿阶段，生成辉银矿、螺状硫银矿、辉铜银矿、银黝铜矿、深红银矿等银矿物以及方铅矿、黄铜矿、黝铜矿等金属硫化物。

火山-沉积作用具有内生和外生双重演化特点，它独特的性质为Ag以及其他金属的富集成矿提供了优越的条件，在整个火山活动过程中占重要地位。白银厂、红透山、小铁山、十里堡、银洞沟、澜沧老厂等重要矿床的形成均与火山-沉积作用相联系。

火山熔岩喷气作用携带了大量Cu，Pb，Zn，Al，Fe，Mn以及Au，Ag等金属元素，同时还含有多量HF，HCl，SO_2，SO_3等酸性气体。当这些火山喷发物进入水盆地后，造成冷凝液的超酸性（pH＜1）的特点，使其中金属元素具有强烈活动性，促进了Ag，Cu，Pb，Zn等成矿元素高度富集。火山灰中也携带大量成矿元素，水流可以从中淋滤出许多有用组分。在海水作用下火山灰可以分解并释放出某些有用组分，沉积下来形成矿床。溶有大量HCl，HF，H_2SO_4的酸性溶液，在流经岩石时可以淋滤、萃取大量有用元素，是成矿物质富集的又一途径。在以上各种富集作用过程中，银都有一定程度的富集，为最终形成矿床提供了物质基础。

摘自《中国银矿》

中国火山（次火山）热液型银矿床地质特征

该类型银矿床是指陆壳和海壳内的某一地段或区域内，由于火山作用结果，使火山物质喷出或上侵至近地表面一定深度时（即所谓的浅成—超浅成岩体，并非喷出体），由于条件的巨变，在火山作用或借助于火山期后热液活动所形成的银矿床。银矿体常产于火山颈、火山喷出物中或者产生在次火山岩体之中。一般认为银在火山作用的热液系统中迁移，主要有4种形式：1）银和金一样，主要靠氯、羟基和硫的配合物进行迁移；2）银和金一样以碳酸盐配合物和重碳酸盐配合物形式迁移；3）银呈中性质点形式，而不呈配合物形式进行迁移；4）在有高浓度的CO_2存在的溶液中，CO_2是一种活跃的配合剂，它不仅和银，而且和金及其他金属配合在一起，以此进行迁移。因此，银在火山作用中，不仅能形成单一银矿床，也能形成金-银、多金属-银、锡等共生组合型的银矿床。A·Д·谢格洛夫指出，银在火山作用中，与酸性岩浆有关，特别是在酸性岩浆形成过程中，在玄武岩类熔体分异期间，银不是呈分散状态赋存于硅酸盐矿物的晶格内，而是呈流体相富集，这同银的亲铜性质及其与溶液极化的离子相结合的能力非常吻合，所以富银矿床与酸性或弱酸性的钾型及钠-钾型有着共生成因联系。在火山作用中，银可能以可溶的AgCl或Ag_2SO_4被喷出，并以独立银矿物呈分散状态出现于火山物或火山岩中，其银矿物常见的有角银矿和辉银矿。

中国目前发现的与火山作用有关的富银矿床，大致可分为二大类。其一，与海相火山作用有关的多金属-银矿床，多产于三江褶皱系，成矿时代为三叠纪，主要由酸性熔岩和凝灰岩组成；其二，与陆相火山作用有关的金-银和多金属-银矿床，成矿时代为晚侏罗世—早白垩世，多发育在大兴安岭褶皱系、东南沿海褶皱系、中朝准地台内的中生代断陷盆地内，其岩性多以中基性岩和酸性岩为主，目前发现产于酸性火山岩中的银矿床，其规模最大。

火山岩热液型银矿床，明显受构造控制，有的受断裂控制，如内蒙古大井子锡-铜-银组合型银矿床，以及浙江的一些银矿床；有的受中生代断陷盆地控制，如内蒙古的奈林沟和辽宁的二道沟金-银组合型银矿床。含银地质体大多数产于主干断裂的次一级断裂中，一般呈脉状，品位变化较大。产在海相火山岩中的银矿床，含银地质体多沿层面或层

间裂隙分布，显示了巨厚层状矿体或似层状矿体，银及其他金属品位变化不大，较稳定，如四川麻邛银-多金属矿床。概括起来具有一下特征。

1）含银及多金属-银地质体多为规模不等的石英脉，其次为碳酸盐脉，有的呈单脉状，有的呈网脉状，有的呈细脉浸染状。

2）矿脉严格受断裂和裂隙控制，含银地质体经常产于规模不大的断裂带内或产生在张裂隙带及剪切裂隙带内，单脉表现了分支复合、尖灭再现、膨胀收缩等现象。

3）矿石结构、构造常呈现低温低压特点，常出现晶洞、角砾状、斑杂状、晶簇状等构造，其结构有充填、梳状、胶状、皮壳状、他形等。

4）矿物成分表现了一套低温组合特点，常见的银矿物有自然银、辉银矿、角银矿、螺状硫银矿、金银矿或银金矿、低成色自然金、碲银矿、碲金矿、硒银矿、含砷或含锑的硫盐矿物等；金属矿物方铅矿和闪锌矿较多，黄铜矿较少，碲、硒、锑、汞的金属化物、一定数量的黄铁矿和白铁矿；非金属矿物有石英、蛋白石、玉髓、方解石、白云石、重晶石、萤石、冰长石、菱锰矿、蔷薇辉石等；矿物粒度一般较细，细粒—粉末状、显微状，只在局部地段偶见粗晶状或集合体，一般称之为窝子银（金），还有人称之为矿囊。在个别矿区见有中高温矿物（锡、钨）等，这是由于不同温度的成矿溶液叠在同一地段所致。有时在浅部出现低温矿物、在其下部出现中高温矿物，显示了垂直分带的成矿特点。

5）围岩蚀变比较复杂，大致可分为 2 种类型，其一为面型蚀变，这种蚀变由于火山喷发速冷成岩后，其内部保有部分余热而产生的蚀变，最常见黄铁矿化、绿泥石化、绢云母化和碳酸盐化等，称之为青磐岩化，表现了面型蚀变特点，这种蚀变与银（金）矿化关系不大。其二为线性蚀变，这种蚀变的产生一般是火山作用继续进行，特别是有些含矿溶液仍在沿断裂运移，因此沿断裂两侧发育有很强烈的热液蚀变，这种热液蚀变对银（金）矿化极为有利，具有找矿意义。这个类型蚀变一般由硅化、绢云母化、冰长石化、绿泥石化、泥化、明矾石化、叶蜡石化、碳酸盐化等组成。

6）银（金）及多金属矿化一般发生在浅部或超浅部，不超过 500 m 范围内，很少发生在 500～1 000 m 之间，超过 1 000 m 者更为少见。

摘自《中国银矿成矿规律研究》

火山岩带的 2 类银矿床

在火山岩带范围内，在其中的一个矿区里已查明有 2 种类型的银矿床，这 2 种类型的矿床产于相同的构造位置里，其时代很接近，但在矿石成分方面却存在着本质差别，因而，很可能这 2 种类型代表着银矿床的不同成矿建造。

产在白垩纪火山岩带的矿床，形成于深断裂带里，这种深断裂在早中生代时划分出了一些具有独立发展环境的断块。成矿时代为晚白垩世。时代下限是根据在晚白垩世流纹岩岩被里存在着 2 种类型矿床的矿体确定的，而上限根据矿体被早第三纪早期的玄武岩岩脉所切割来确定的。

第一种类型的矿床是金-银建造中以银为主的分支建造。它的形成经过了一系列连续的阶段。在第一阶段形成了石英-绿泥石-多种硫化物矿物组合，银矿化很弱。硫化物为方铅矿、闪锌矿和黄铜矿。

在第二阶段形成了石英-冰长石矿物组合。其特点是矿物集合体具有胶状、韵律带状和晶腺构造。主要非金属矿物为石英、冰长石、绿泥石、水云母，矿石矿物有螺状硫银矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、银的磺酸盐，以及金-银系列的矿物。金成色的平均值为 370，其变化范围为 705～110，内部结构为不同颗粒和单一颗粒组成的带状。金通常含有铁、铋、砷杂质。螺状硫银矿是另一个主要的银矿物精矿。该组合的含矿性大体上取决于叠加在所有造脉矿物之上的银-螺状硫银矿矿物组合。

石英-蔷薇辉石-碳酸盐组合构成了一些独立的脉状体，当与石英-冰长石组合在空间上产在一起时则交代了石英-冰长石组合。石英-蔷薇辉石-碳酸盐组合的矿物集合体具有为交代作用所特有的块状、环状、角砾状、斑点状、浸染状和放射状构造。主要非金属矿物为锰的硅酸盐、碳酸盐、氧化物和氢氧化物（如蔷薇辉石、钙蔷薇辉石、锰辉石、斧石、日光榴石、磁铁矿、黑镁铁锰矿、褐锰矿、黑锰矿、锌锰矿、基性锰铅矿及锰的其他深成氧化物和氢氧化物）。金属矿物为一套常见的铅、锌、铜、铁和砷的硫化物。有用组分富集在金-银系列的矿物里以及含硒偏高的银的大量各种各样的

黄金地质研究所
信息室 提供

（比较常见的是锑的）磺酸岩里（如脆银矿、硫锑银矿、硫锑铜银矿等）。对金属矿物和非金属矿物来说，特别是对于在高温条件下由气成热液所形成的矿物来说，无论是主要组分，还是杂质组分都存在着广泛的类质同象。

金-银比值在石英-冰长石组合里为 0.007，而在石英-蔷薇辉石-碳酸盐组合里下降到 0.002，表明后者含银性高，并且其所有锰矿物都有较高的银含量。银含量的增加顺序依次：锰的硅酸盐，碳酸盐和深成氧化物。正如一系列试验研究所表明的，银含量增高可能是由锰在结晶时对银有高的吸着性造成的。

成矿溶液里同时存在着锰和银，导致形成了银-锰的共生体，这种共生体就其化学成分和光性而言可以认为与含银的锰氧化物（如 ороит 和银钡镁锰矿）是一样的。类似的矿物组合美国地质学者在奥罗尔矿山的黑色方解石脉里也曾见到过。

该组合的含矿矿物共生组合是含金-银系列矿物的自然银-硫锑银矿组合，金-银系列矿物成色的平均值为 540，其变化范围为 980～55。该系列矿物（如自然金、自然银、金银矿、银金矿）的内部结构为带有贯入双晶的多面体—粒状及环带状；杂质元素为锰、铜、铅、锑、砷和汞。

与较早期的石英-冰长石组合中金的相同参数比较，石英-蔷薇辉石-碳酸盐组合中金成色离散程度平均值可能是由存在着再沉淀的早期世代的金造成的，关于这个问题尚需进行专门研究。

对第一种类型的矿床来说，大体上具有下列一些特征：广泛发育着脉状矿化（如石英、冰长石、蔷薇辉石、绿泥石等），这些脉状矿化占整个矿化的 80%～90%；成矿过程中多次析出了含钾和含锰矿物；银形成了多种形式的共生体，而且其形成时期很长；银共生体与冰长石和蔷薇辉石组合密切有关。

第二种类型的矿床研究较差，按其矿物组成与雅库特地区的某些银-铅矿床类似，而后者则属于银-方铅矿-闪锌矿建造，矿物数量比第一种类型少得多；所见矿物主要为石英、绿泥石、绢云母及不同成分的水云母，有时可见到冰长石和碳酸盐，偶尔也见到蔷薇辉石、石榴子石和萤石。

金属矿物中以铅、锌、铜、砷和铁的硫化物占优势（达 70%～90%，比第一类矿石大得多）。各矿点上的这些硫化物的量比关系也不相同，但都以方铅矿占优势，一般占整个金属矿物的 80%～90%。银含量增高是由于存在着含银矿物造成的，这些含银矿物包括含银高的黝铜矿、磺酸盐（深红银矿、脆银矿）及螺状硫银矿，它们与方铅矿或毒砂伴生在一起。

矿物组合沉积的总的顺序：1）含方铅矿（含银的）、闪锌矿和辉银矿的石英-绢云母组合；2）含毒砂、方铅矿、黝铜矿和银的磺酸盐的石英-碳酸盐组合。

概括起来，第二种类型的矿床具有下列一些特征：以含银的方铅矿-闪锌矿组合占优势；含银矿物与方铅矿密切相关；脉状矿化（特别是冰长石）不大明显；无含锰组合等。

由此可见，第一种类型的矿床是含冰长石的自然银-螺状硫银矿矿石和含蔷薇辉石的自然银-深红银矿矿石，而第二种类型的矿床则是含绢云母、黝铜矿和螺状硫银矿的银-多金属矿石。

在研究区范围内，这 2 种建造类型的矿床的一个共同特点是它们都与酸性岩浆作用有着密切的空间联系。

金-银建造的矿床产于岩浆作用具有逆向特点的火山构造里。这些火山构造的形成是从高钾的酸性火山作用的出现开始，然后被流纹岩-英安岩和安山岩岩浆的喷发所代替。同时，酸性火山产物的体积常常超出安山岩和安山玄武岩的总和一个数量级以上。火山岩形成的构造形态很不一样，有火山-穹隆构造和火山-构造洼地。组成这些构造的火山岩的特点是其岩石组成多种多样。除了晶屑熔结凝灰岩外，还广泛发育着玻屑熔结凝灰岩、细粒斑状流纹岩、霏细流纹岩、霏细岩、球粒状流纹岩、酸性成分的凝灰岩等。这些火山构造的地质结构的特点是在火山构造的下面存在着花岗质的巨大侵入体，这些侵入体或者出露于地表，或者只有通过 1 000 m左右深的钻孔才能揭露出来。

酸性火山岩的岩石化学特征首先在于钾在碱性成分里起着主导作用。在岩石酸度从 70% 变化到 78% 的情况下，钾的平均含量实际上并不改变，而是处于 6.5% 的水平，可是钠的含量却从 2% 下降到 1%。同时 K_2O/Na_2O 值从 3 变化到 6 以上。K_2O 和 Na_2O 之间表现出有意义的相关关系（$\gamma_{5\%}=0.53$ 时，$\gamma=-0.62$）。岩石酸度增高，Al_2O_3 含量则急剧下降。TiO_2，Fe_2O_3，FeO，MnO，MgO 的平均含量分别为 0.17%，0.50%，1.17%，0.09%，0.46%。

银-多金属矿化产于其化学成分与上述岩石显著不同的火山岩里。在地质方面，银-多金属矿床位于巨大火山-构造洼地范围内，这类火山-构造洼

地的特点是发育着正向类型的火山作用，在这里，酸性火山岩是产在安山岩、安山-玄武岩及英安岩岩石上，只有很少量是产在维尔霍扬杂岩的陆源岩石上。酸性火山岩的主体主要为厚约1 000 m的很单一的流纹岩和熔结凝灰岩层。玻屑熔结凝灰岩和霏细岩具有次要意义。花岗岩侵入体位于火山构造下面很深的地方，只有根据重力资料才能予以确定。

酸性火山岩的岩石化学特征是，钾在火山岩成分里的作用小得多。这些岩浆总的属于钾质系列，但 K_2O/Na_2O 值从 1.1 变化到 1.5；K_2O 和 Na_2O 之间表现出弱的正相关（$\gamma_{95\%}=0.49$，$\gamma=0.49$）。当岩石酸度从 68% 增至 78% 时，Na_2O 含量稍有增高，而 CaO 值则下降。K_2O 的性状较复杂，随着岩石酸度从 68% 增加到 74%，其含量增至 4.2%，而当 SiO_2 的含量进一步增高时，则稍有下降。

应该指出的是，与银-多金属矿化有关的火山岩与含金-银矿化的喷出岩之间在碱金属含量方面的区别是很有意义的，其可信度在 99% 以上。在其他组分的含量方面，这种火山岩与含金-银矿化有关的火山岩也有很大区别。

与银-多金属矿化有关的火山岩与含金-银矿化的火山岩的化学成分的比较表明，在研究区范围内明显地存在着 2 种类型的酸性岩浆作用：一种是高钾质岩浆，在空间上与金-银矿化伴生，另一种是钾-钠质岩浆，与银-多金属矿床有关。

如上所述，随着火山岩里钾含量的增加，金-银建造矿床矿石的含银性则急剧增高，因而使金/银值减少到 1∶300 甚至更低。而对银-多金属矿床来说，可见到当其中钠含量增加时则金/银值更低。这些矿床的岩石典型的岩浆期后蚀变和热液蚀变是绢云母化和水云母化作用。在银-多金属矿床的含矿矿物共生组合里广泛发育着水云母，因而银-多金属矿床形成了由钾所构成的明显的放射性场异常，这种异常可用航空 γ能谱法（АГСМ）加以确定。

因此，根据限于资料可以认为银和钾之间存在着密切的地球化学联系，这种联系对所研究的 2 类成矿建造来说都可见到，但表现各异。对金-银矿床来说，这种联系在研究阶段就已集中表现出来，并且在成矿过程中继续存在，可是对银-多金属建造的矿床来说，这种联系只表现在岩石的热液-交代改造过程中。

摘自《国外银矿专辑》

火山岩带含银热液脉的成因性质

在含银产物的各种建造类型中，与火山岩带有关的热液矿床起着重要的作用。以前苏联东北部边缘鄂霍茨克—楚科奇火山岩带金-银建造矿床为例，研究了银矿化的矿物学和成因。在这类建造的不同产物中，所谓银-辉银矿以银为主的含金矿床占有特殊的地位。研究这类矿床实力有助于查明火山成因银矿化的一系列成因特点。

该矿床位于被断裂体系切割所断块的火山穹隆的隆起部位。矿化产于白垩纪中酸性火山岩中，矿体为石英-绿泥石-硫化物、石英-冰长石-硫化物和石英-蔷薇辉石-菱锰矿成分。其中金属矿物占 5%～8%，主要为硫化物——方铅矿、闪锌矿、黄铁矿和银矿物等。除石英和冰长石外，锰矿物（蔷薇辉石、菱锰矿、锰方解石）和钙镁碳酸盐类也占有重要地位。

矿床为多期形成，可采银矿化是 2 次形成的。成矿作用的特点是矿石沉积温度是反向的。

矿体的最重要的矿物-地球化学特点：

1）金与银相比，银明显多于金，二者比值为 1∶200～1∶400；

2）金分散在自然银和金银矿中，而银金矿数量很少；

3）银的矿物形态极为多样，但以自然银和螺状硫银矿为主；

4）出现一系列含银矿物共生组合——矿石形成条件及含矿性的指示标志。

1 银的矿物形态

表 1 列出了该矿床的银矿物，其中包括罕见的和独一无二的矿物。在这里出现有金-银系列的自然矿物、金属互化物、简单的和复杂的银硫化物（所谓的含银黄铁矿）、各种银的硫盐，包括硫辉锑矿、硫黄锡矿、硫辉铋矿和银的硒化物。

在自然矿物中广泛分布的自然银有 2 个世代。早期世代的银特性是金含量低至微量。金含量从千分之几至 3%～5%。晚期世代的银则不含金。金含量较高的矿物相是金银矿（金的成色为 100～250）——但只占次要地位。因此，在矿石的自然矿物中主要是自然银，成色低的自然金矿物相分布

黄金地质研究所
信息室 提供

表 1 火山热液矿床中最重要的银矿物

矿	物	电子探针测定的化学成分
自然矿物	自然银	0～3.5(Au 质量%)
	金银矿	10～18(Au 质量%)
	高成色自然金	54～56(Au 质量%)
	低成色自然金	32～45(Au 质量%)
金属互化物	六方锑银矿	$Ag_{5.97}Sb_{1.03}$
	斜方锑银矿	$Ag_{3.12}Sb_{0.88}$
简单的和复杂的硫化物和硒化物	螺状硫银矿	$Ag_{1.97}S_{1.04}$
	硫铜银矿	$Ag_{0.98}Cu_{1.00}S_{1.02}$
	辉铜银矿	$Ag_{2.98}Cu_{0.98}S_{2.06}$
	马硫铜银矿	$Ag_{1.32}Cu_{0.67}S_{0.99}Se_{0.02}$
	硫银铁矿	$Ag_{1.06}Fe_{1.93}S_{3.01}$
	硒银矿	$(Ag_{1.83}Cu_{0.06})_{1.89}(Se_{0.91}S_{0.20})_{1.11}$
硫锡酸盐	黑硫银锡矿	$(Ag_{7.91}Cu_{0.05}Fe_{0.03})_{7.99}Sn_{1.04}S_{6.0}$
Ag-Sb 硫盐		$(Ag_{7.38}Cu_{4.57})_{11.95}Sb_{4.23}(S_{11.76}Se_{0.06})_{11.82}$
	深红银矿	$Ag_{3.01}Sb_{1.08}S_{2.90}$
	脆银矿	$(Ag_{4.98}Cu_{0.15})_{5.13}Sb_{0.93}(S_{3.92}Se_{0.01})$

注：分析由 JXA—5 和 JXA—50 型仪器完成；分析了金-银系列自然矿物 38 个样品。

较少。金属互化物——六方锑银矿和斜方锑银矿也属于自然矿物类。

自然矿物化学成分的特点以及金主要富集在早期含矿矿物组合的溶液中。含银高的自然矿物及其化合物同样是高银、少硫和少锑条件的指示标志。

第二类银矿物是硫化物，其中广泛分布简单的单金属低温硫化物——螺状硫银矿。这种矿物也有 2 个世代，发育 2 种含矿组合成分。

银矿化的特征是生成复杂的铜-银硫化物——辉铜银矿、硫铜银矿、马硫铜银矿以及银黄铁矿-硫银铁矿。这些矿物均与早期成矿阶段有关，属于罕见的低温矿物，并且主要出现在黄铁矿型和多金属型矿床中。

在含银硫盐类矿物中主要是硫辉锑矿，这突出说明，银和锑的关系是许多火山带银矿床的特征。

最重要的矿物形式是银黝铜矿类。在这类矿物中有含银达 40% 的高银的银黝铜矿，以及含银的黝铜矿和砷黝铜矿。

Ag_2S-Sb_2S_3 系列的含银硫盐可作为矿石沉积条件的指示标志。在矿石中深红银矿广泛发育，出现有脆银矿，硫锑铜银矿等。除主要矿物 Ag-Sb 硫盐外，还发育着银的硫锡酸盐——黑硫银锡矿，它是玻利维亚型浅部锡-银矿床的典型代表矿物；还发育一些 Ag-Bi 硫盐等。

Ag 与 Se 的关系是火山成因银矿化的标型特征。这种关系表现为存在有银的硒化物（硒银矿），并在大多数含银硫盐、硫化物和自然 Au-Ag 矿物中出现有 Se。在许多矿物中硒以类质同象混入物形式广泛分布的情况证明，成矿溶液硒含量偏高，而硫未达饱和。

2 含银共生矿物组合

在成矿作用过程中，银矿化有 2 个阶段——石英-冰长石-银矿化阶段和石英-蔷薇辉石-菱锰矿-银矿化阶段。火山热液矿床特有的温度回升（发生在第二个成矿阶段之前）造成的不稳定的矿石沉积环境导致产生了一系列含银的共生矿物组合。一个成矿阶段内矿化作用的周期性，表现为自然金属随着时间推移而被银硫化物、继之被银硫盐所代替。

与早期成矿阶段有关的共生组合：1）含金的银矿物（金银矿）——螺状硫银矿（由辉银矿变来）和金属互化物；2）螺状硫银矿-银黝铜矿和复杂的含深红银矿的铜-银硫化物。在晚期阶段形成的共生组合：1）不含金的银矿物，伴有螺状硫银矿；2）深红银矿-脆银矿（含硒银矿）。

在上述的 2 个阶段内，银和金矿物的沉淀均呈低温共生组合出现。例如，脆银矿的稳定上限为 197 ℃，辉铜矿为 117 ℃，硫铜银矿为 90～93 ℃，银的硒化物同样也属于低温矿物。

银矿物在成分图解上的位置（图 1）表明，它们是在 Ag 浓度极大增加，而其他金属（Cu，Fe）和硫显著降低的条件下生成的。

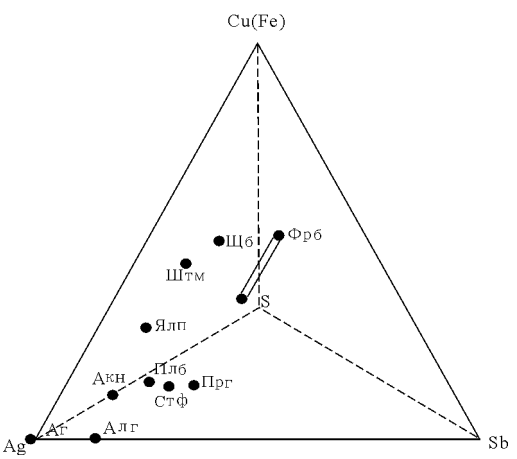


图 1 各种银矿物在 Ag-Cu（Fe）-Sb-S 系统中的位置

Ag—自然银；Акн—螺状硫银矿；Алг—六方锑银矿；Фрб—银黝铜矿；Ялп—辉铜银矿；Плб—硫锑铜银矿；Прг—深红银矿；Штм—硫铜银矿；Щб—硫银铁矿；Стф—脆银矿

因此，在成矿沉积过程中 Au 和 Ag 发生过分异作用，在早期成矿阶段发生了金以及铜-银矿物的聚集。成矿阶段内银矿化的周期性证明，溶液中 Ag，Sb 浓度偏高，硒及其他金属（Fe，Cu）和硫的浓度偏低。

黄金地质研究所
信息室 提供

3 矿石沉积的物理化学参数

促进银聚集和以银为主的含金矿石形成的原因可归结为以下几点：1）成矿溶液的化学成分和各组分间的浓度比的特点；2）矿石沉积的物理化学环境的特点；3）矿物沉淀剂的作用。

为了查明各种因素对银聚集的影响和矿石沉积过程中 Au 和 Ag 分异的原因而进行了试验研究。试验是在含金溶液、银溶液和金-银溶液中进行的，采用了正常条件下电化学同沉淀方法和在温度为 100～250 ℃条件下的高压釜方法。溶液成分的分析采用电势滴定分析法，固相成分则采用原子吸收法。

通过试验研究了溶液中 Au∶Ag 值对不同温度下结晶的金-银矿物成分的影响。结果表明，成色不同的（≥400）自然金可以在很宽的 Au∶Ag 浓度比值范围内形成，然而，以银为主的矿物只出现在银远高于金的条件下。

图 2 示出了 100～250 ℃温度下合成矿物相的成分与溶液中 Au∶Ag 值的关系。在以银为主的溶液中，当 Au∶Ag 值从 1∶40 到 1∶4 的情况下，就出现了沉淀物，金的成色既随温度升高而增高，也随溶液中金浓度加大而提高。并且，在 150～200 ℃温度范围内，随着温度的升高金的成色会表现出最大的变化。温度继续增大，则导致由 Au∶Ag 值低的溶液（Au∶Ag≤1∶10）生成的矿物金的成色进一步提高。研究工作表明，高银矿物相只生成金银数量比中银远高于金的条件下，并且温度下降对它会有促进作用。

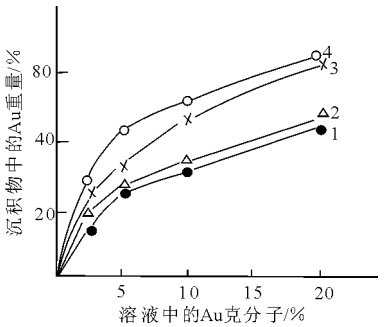


图 2 Au-Ag 矿物成分与不同温度下溶液成分的关系

1—100 ℃；2—150 ℃；3—200 ℃；4—250 ℃

在金和银分异作用和高银的矿物生成过程中，溶液的阴离子-阳离子成分起着重要的作用。根据温压地球化学资料研究了形成金-银建造特有的最重要阴离子的影响（表 2）。结果表明，金银的分异作用有助于在溶液中富集卤素阴离子（Cl^-，F^-），它们可以促进银的沉淀和降低金-银沉淀物中金的成色。碳酸盐阴离子（CO_3^{2-}，HCO_3^-）则出现相反的作用，它们延缓了银的还原过程，但对金的沉淀作用影响不大，因此，当有这类离子出现时沉积物中金的成色可以提高。碳酸盐离子的影响在以银为主的溶液中表现得最为明显。

在溶液中上述阴离子的可能存在既对配合物的生成产生影响，导致 Au 和 Ag 迁移形式的变化，也对这些金属的还原作用的动力学直接产生影响。在成矿作用过程中，溶液的阴离子对金和银的分异起重大的作用。

M.C. 萨哈洛夫等研究了溶液中 Mn^{2+}，Ca^{2+}，Mg^{2+}，Na^+，K^+ 等阳离子成分对银沉淀的影响（表 3）。上面研究指出，金的沉淀可以促进 Fe 的沉淀。试验资料表明，溶液中存在 Mn^{2+} 有利于银的沉淀，Mn^{2+} 的影响与其浓度呈正比。Mn^{2+} 对银还原的重大影响明显地表现在极化曲线上，可以看出，当 Mn^{2+} 存在时，银析出过程的逾限应力显著下降。此外，锰属于变价元素，在溶液的氧化-还原反应过程中 Mn^{2+} 容易转变成 Mn^{4+}，结果有助于将 Ag^+ 还原到自然状态。

表 2 溶液的阴离子成分对系统中金-银沉淀物金成色的影响

金-银溶液中的 Au∶Ag	溶液中沉淀物金的成色 $HAuCl_4+AgNO_3+NH_4OH$	当存在下列阴离子时溶液中沉淀物金的成色			
		CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	F^-
1∶4	54	350	240	17	10
1∶1	610	670	630	470	280

试验研究 Ca^{2+} 和 Mn^{2+} 对自然金属结晶过程的影响表明，往溶液中加入 Mg^{2+} 离子会降低 Au 和 Ag 还原过程的逾限应力，这种离子的存在会加速 Au-Ag 矿物沉淀，而不影响其成分。在溶液中出现 Ca^{2+} 离子会使银沉积过程容易进行，而使金从溶液中的析出越加困难，从而使沉淀着的矿物成分镀上银。详细研究极化曲线表明，向溶液中加入 Na^+ 和 K^+ 会延缓银、金从溶液中的析出过程，并增加金属还原过程的逾限应力。但是，Na^+ 大大地延缓银的析出过程，而 K^+ 将延缓金的析出过程。

黄金地质研究所
信息室 提供

表 3 溶液的阳离子成分对银沉积作用的影响

溶液成分	银沉积量 10^{-4} 克/厘米^2(72 小时)	试验次数
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3$	0.18	5
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3+10^{-3}{}_{H}Mn(NO_3)_2$	0.43	2
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3+10^{-2}{}_{H}Mn(NO_3)_2$	0.70	2
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3+10^{-1}{}_{H}Mn(NO_3)_2$	1.71	2
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3+10^{-2}{}_{H}Ca(NO_3)_2$	0.29	2
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3+10^{-2}{}_{H}Mg(NO_3)_2$	0.33	2
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3+10^{-3}{}_{H}KNO_3$	0.17	2
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3+10^{-2}{}_{H}KNO_3$	0.05	2
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3+10^{-1}{}_{H}KNO_3$	0.02	2
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3+10^{-3}{}_{H}NaNO_3$	0.11	2
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3+10^{-2}{}_{H}NaNO_3$	0.10	2
$10^{-3}{}_{H}AgNO_3+10^{-1}{}_{H}NaNO_3$	0.06	2

因此，当存在 Na^+ 离子时会沉淀富金的沉淀物，而当存在 K^+ 离子时会有富银的沉淀物。

因此，成矿溶液的阳离子成分对贵金属的聚集及它们在矿石沉积过程中的分异作用有明显的影响。

在控制热液过程中银的聚集和 Au 与 Ag 的分异作用的其他物理化学参数中，必需指出溶液的氧化还原条件和 pH 的影响。试验资料表明，在系统的氧化还原电位比较高的情况下，银沉淀进行得非常强烈，而氧化还原电位值较低时，金急剧沉淀。

酸碱度对自然金属沉积的影响可以含 NH_4Cl 的系统作为配合形成剂的实例来说明，这类系统中溶液 pH 值的增大会使银和金的沉积强度降低。但是，随着溶液 pH 值的增高，银金属沉积强度降低不如金明显，从而导致在这一系统中会随着溶液碱性增高，结晶出的 Au-Ag 沉淀物被镀上银（表 4）。

表 4 固相成分与 $10^{-3}{}_{H}HAuCl_4+10^{-3}{}_{H}AgNO_3+NH_4Cl$（$NH_4OH$）溶液 pH 值的关系

溶液中 Au：Ag	溶液 pH 值			
	2	4	6	8
1：4	761	747	720	714
1：20	416	311	286	222

4 矿物沉淀剂的影响

在热液矿床中，矿物沉淀剂对贵金属的聚集有很大的意义。同时，他们对金和银沉淀物的分异产生重大影响。M.C. 萨哈洛夫等研究了最主要的金属矿物和非金属矿物（硫化物、氧化物、锰矿物）对这些金属沉淀的影响（表 5）。结果表明，硫化物矿物是这 2 种金属最好的沉淀剂，这是因为，当这些金属从溶液中沉淀时，它们有很高的电化学活动性和电化学过程的作用。此外，硫化物的沉淀作用有明显的差异。铁的硫化物和氧化物可以促进金的沉淀，同时对银来说，它的最好的沉淀剂是方铅矿。锰矿物（软锰矿、蔷薇辉石、菱锰矿）也是银的有效沉淀剂。

表 5 各种矿物中银和金的沉积强度

mg/cm^2

矿物	$10^{-3}{}_{H}HAuCl_4$	$10^{-3}{}_{H}AgNO_3$
方铅矿	1.6(6)	3.5(10)
黄铁矿	2.4(7)	1.6(8)
黄铜矿	—	1.4(4)
磁铁矿	0.4(4)	0.2(3)
赤铁矿	0.2(5)	0.07(3)
软锰矿	0.2(3)	0.28(3)
蔷薇辉石	0.09(2)	0.42(8)
菱锰矿	—	0.14(3)

注：括弧内的数字为试验次数。

因此，在热液矿床中起化学障作用的特定类型的金属矿物和非金属矿物的存在，乃是上述金属分异作用的重要原因之一。

通过地质-矿物学和试验资料的综合分析可以查明有利于银的聚集和形成属于金-银建造的以银为主的矿床成因类型的许多因素。在这方面，矿化与火山作用的空间、时间关系具有主要的意义。火山作用决定了成矿溶液化学机理的特点和矿石沉淀的不稳定环境。最重要的因素还有金和银的分异作用及其在减压区的浓度比例。这种比例决定了高银的自然晶形的产生和金在其中的分散。浅—中深部的矿石沉积条件有利于银的聚集，矿石沉积发生在温度明显下降和成矿期内温度回升的背景上，并决定了氧化还原电位和溶液的近中性状态。

在矿石中广泛分布的银的矿物沉淀剂——方铅矿和锰矿物（蔷薇辉石、菱锰矿等）起着地球化学障的作用。火山热液矿床特有的不稳定的矿石沉积环境和热液成分的特点，决定了许多银矿物的生成和矿物共生组合的多次交替。

因此，天然矿石的详细研究与试验资料相结合乃是研究矿石建造成因的有效方法。

摘自《国外银矿专辑》

黄金地质研究所
信息室 提供

湖北银洞沟银矿床

矿区位于南秦岭印支褶皱带武当隆起之西端。区内前震旦武当山群经晋宁运动造陆抬升，与其上覆震旦纪、早古生代构造层具同步构造变形，形成复杂的线状褶皱和断裂。武当山群为优地槽环境中形成的细碧石英角斑岩建造。该建造火山喷发旋回第二喷发韵律层挡鱼河组，以发育酸性火山岩为特征，系区域性贵、多金属赋矿层位，银洞沟矿床亦赋于其中（表 1）。

表 1　银洞沟矿床武当山群赋矿地层

地层			岩性	厚度/m
杨坪群	上亚组		黑色变含碳石英角斑岩 灰、灰绿色变石英角斑质凝灰岩、含砾凝灰岩	50～150 100～400
	下亚组		含碳粉砂质页岩、灰黄色变泥质粉砂岩夹白云岩透镜体和石英角斑质晶屑凝灰岩条带	40～300
挡鱼河组	上亚组	上段	灰色变石英角斑岩夹凝灰岩（$Pt_2wd_2^{2b}$） 灰—浅灰色变石英角斑质含砾凝灰岩、凝灰岩（$Pt_2wd_2^{2a}$）	30～150 40～350
		下段	灰—灰黄色变泥质粉砂岩、凝灰质粉砂岩夹白云岩透镜体（$Pt_2wd_2^{1b}$）	26～104
			灰—浅灰黄色变石英角斑质凝灰岩、晶屑凝灰岩夹灰色变石英角斑岩。矿区为浅灰色强硅化-硅化变石英角斑质凝灰岩，为主要赋矿围岩（$Pt_2wd_2^{1a}$）	80
	下亚组		灰绿色变泥质粉砂岩、凝灰质粉砂岩夹基性火山岩条带	120

武当山群火山岩里特曼指数（δ）一般小于 3，多数为 1～2，属钙—钙碱性岩范围，而石英角斑岩均属钙碱系列。

酸性火山岩银平均含量 0.1×10^{-6}，为地壳酸性岩平均含量（维氏）的 2 倍。

矿区的主体构造为轴向近 EW 向的银洞岩背斜，在剖面上表现为南缓北陡，轴面南倾的斜歪褶皱。核部由武当山群挡鱼河上亚组下段的变石英角斑质熔岩、凝灰岩组成，局部被流纹质火山岩侵位，两翼为挡鱼河上亚组上段之变泥质粉砂岩和变石英角斑质凝灰岩。由于多期次的变形变质作用，组成背斜各岩层中片理、劈理、线理发育，有时可见石香肠构造。矿床主要分布于银洞岩背斜轴部一侧，呈近 EW 向展布，与背斜轴方向一致，赋矿围岩为石英角斑质凝灰岩（图 1）。

矿体受背斜轴部一组近平行向 S 陡倾的裂隙控制，并随背斜核部枢纽向 W 倾伏（图 2）。主要呈脉状产出，少数透镜状，沿走向和倾向有收缩膨胀、尖灭再现以及局部分支复合现象。一般由 1～2 条含矿石英主脉（脉幅 0.4～1 m）及两侧支脉

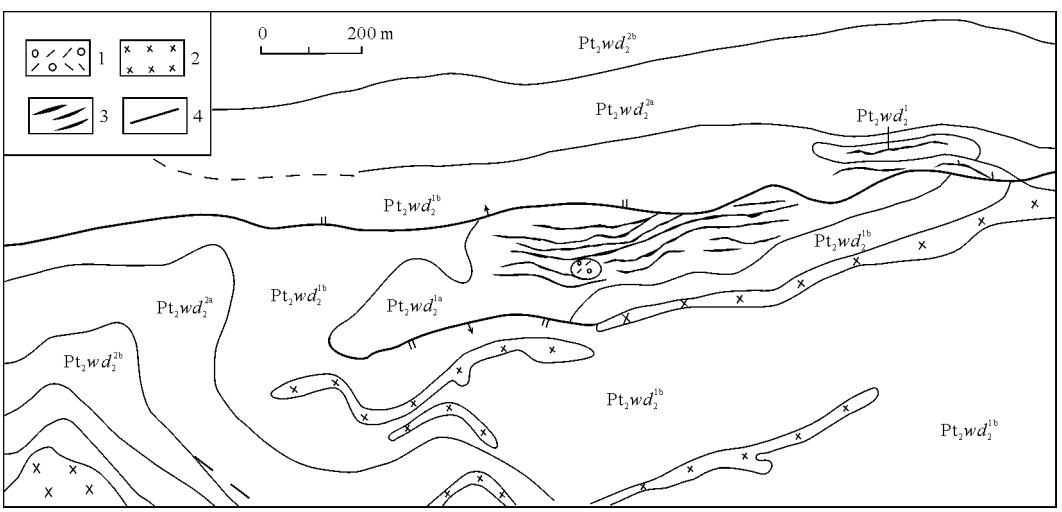


图 1　银洞沟矿区地质图（据吴贤奎等，1988）

$Pt_2wd_2^{1a}$—挡鱼河上亚组下段底部；$Pt_2wd_2^{1b}$—挡鱼河上亚组下段上部；$Pt_2wd_2^{2a}$—挡鱼河上亚组上段底部；$Pt_2wd_2^{2b}$—挡鱼河上亚组上段上部；1—变流纹质含砾熔岩；2—加里东期变辉绿岩；3—矿体；4—正断层

黄金地质研究所
信息室 提供

和矿化围岩组成，个别地段由细脉构成网状脉体。主要矿体沿走向及倾向延伸较大，垂距大于 540 m。矿体平均厚度 2 m。银平均品位 170×10^{-6}，局部地段 200×10^{-6} 以上，最富矿体可达 500×10^{-6}，银含量均匀到极不均匀，显示有局部叠加富集作用，但各矿体之富集部位无明显规律。矿床由多个矿体组成，最大矿体银储量大于 200 t，金 1.5 t，矿体总规模银达大型，金小型。

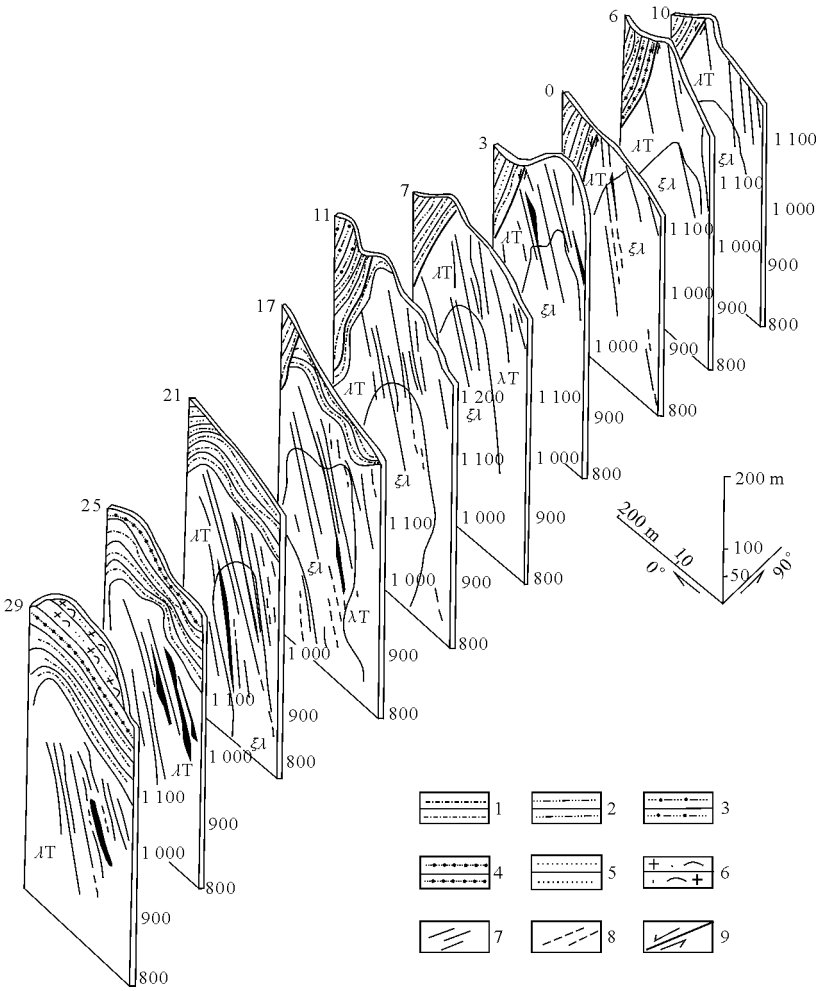


图 2　银洞沟矿床剖面透视图（据吴贤奎等，1988）

λT—强硅化石英角斑质凝灰岩；ξλ—硅化白云石化流纹岩；1—变含白云质泥质粉砂岩；2—变泥质粉砂岩；3—变含黄铁矿泥质粉砂岩；4—变含黄铁矿粉砂岩；5—变粉砂岩；6—变石英角斑质凝灰岩；7—银-金矿体；8—铅-锌矿体；9—正断层

矿体中银、金含量呈正相关，总体比例为 Ag∶Au=100∶1。含矿元素具垂向分带性，上部为含金-银矿体；其中铅-锌含量低于或等于伴生元素要求，银矿体以下，铅-锌含量逐步增加至铅-锌合量近 3%（图 3）。

矿石的主要结构有粒状结构，金属硫化物及金-银互化物形成自形、半自形、他形粒状相互嵌布；固溶体分离结构；交代结构，自然银交代辉铜银矿形成镶边结构，辉铜银矿交代黄铜矿等。

矿石的主要构造有条带状，银的硫化物及少量其他金属硫化物与非金属矿物呈黑白相间的条带分布，条带一般宽 2～20 mm（图 4）；细脉浸染状构造，银的硫化物在脉石中呈细脉状、星散浸染状分布，细脉宽 1～10 mm（图 5）；揉皱状构造，原浸染状或条带状矿石，随构造作用同步变形，或银在构造空间迁移富集形成揉皱状构造（图 6）。

银矿物 96% 以上为独立矿物。最主要的银矿物为辉铜银矿，占银矿物含量之 79.7%，其次为螺状硫银矿，占 9.7%，自然银约 8%，其余有硫铜银矿、含银锌黝铜矿、深红银矿。

银的硫化物粒度 0.07～0.3 mm，以粒间嵌布的赋存形式为主，分布于石英、铁白云石、黄铁矿等粒间，少数呈包体嵌布于黄铜矿、银黝铜矿中。金银矿、银金矿、自然银粒度以 0.02～0.21 mm 为主，也主要以粒间晶嵌布于非金属矿物及硫化物粒间，少数呈包体产于硫化物中，个别为裂隙晶。

黄金地质研究所
信息室 提供

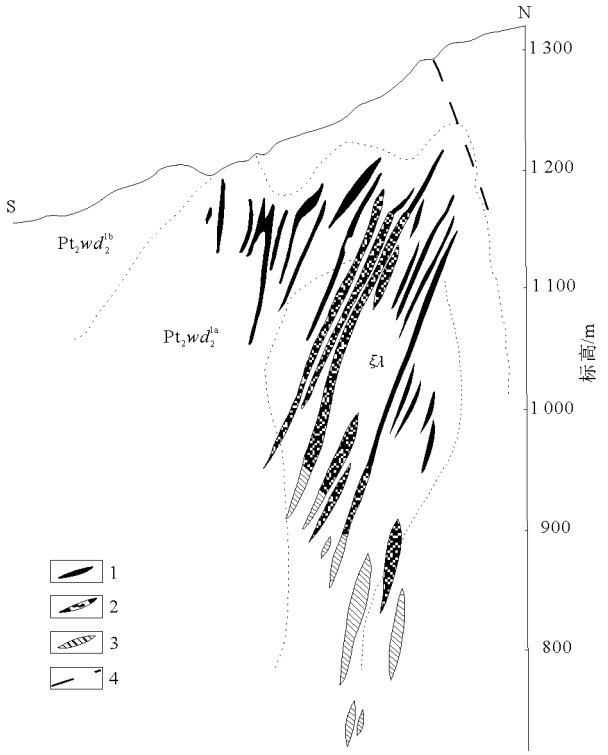


图 3　银洞沟矿床 17 线剖面图（据吴贤奎等，1988）

$Pt_2wd_2^{1b}$—变泥质粉砂岩变含白云质泥质粉砂岩；$Pt_2wd_2^{1a}$—强硅化石英角斑质凝灰岩；ξλ—硅化流纹斑岩；1—银-金矿体；2—铅-锌-银矿体；3—铅-锌矿体；4—推测断层

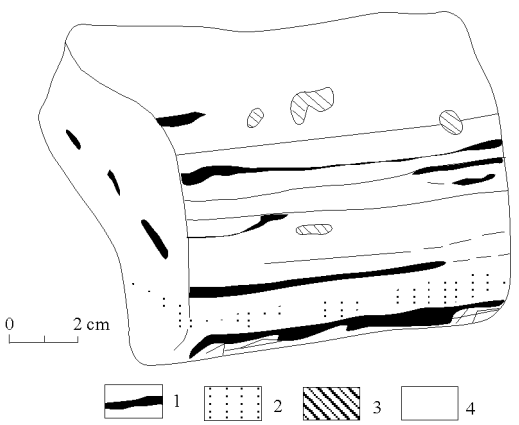


图 4　条带状银矿石（据吴贤奎等，1988）

1—辉铜银矿；2—浸染状黄铁矿；3—银金矿；4—糖粒状石英脉

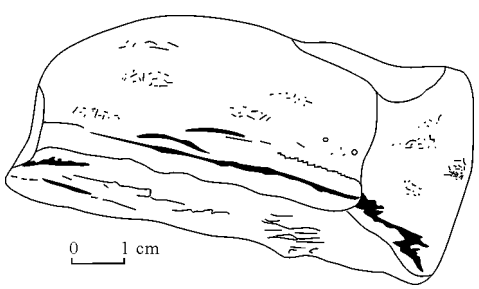


图 5　细脉浸染状银矿石（据吴贤奎等，1988）

银的硫化物（黑色）和糖粒状石英（白色）呈细脉浸染状分布，另有黄铁矿共生

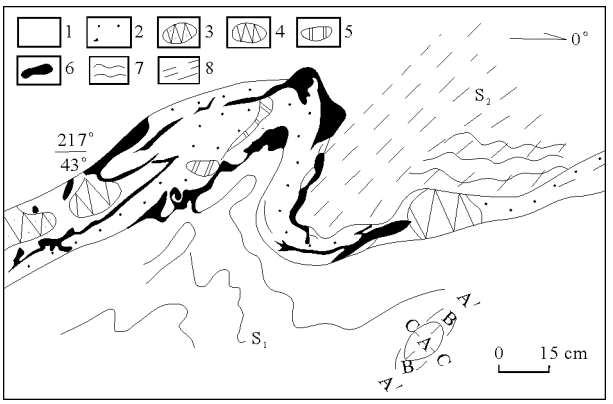


图 6　石英-银矿脉与围岩片理（S_1）在应力作用下发生同步褶皱，同时形成流劈理（S_2），劈理产状大致平行于褶皱轴（据吴贤奎等，1988）

1—强硅化石英角斑质凝灰岩；2—含辉铜矿糖粒状石英脉；3—过渡状石英脉；4—块状石英脉；5—铁白云岩；6—辉铜银矿集合体；7—岩石片理；8—劈理

金属硫化物中以黄铁矿含量最大，其次为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿，它们常相互嵌生，粒度一般 0.15～0.4 mm。

不同阶段黄铁矿其晶形及含银量有差异（表 2）。

表 2　不同成矿阶段黄铁矿的晶形及化学成分

成矿阶段	晶　形	$w(B)/10^{-6}$		$w(B)/\%$	
		Ag	Au	Fe	S
糖粒状石英	菱形十二面体、八面体聚形、五角十二面体	1 380	160	45.87	53.25
块状石英	立方体	260	2.29		

据吴贤奎等，1988。

闪锌矿从浅黄到深灰、黑色均有出现，铁含量均小于 1%，但黑色者含银相对高而铁低，浅色者铁高而银低，与常见情况相反（表 3）。

围岩蚀变有硅化、黄铁矿化、铁白云石化、绢云母化、绿泥石化。主要呈较大范围的面型蚀变，矿体两侧线性蚀变不发育。总体分布情况：背斜核部转折部位及倾伏端主要发育硅化；背斜核部靠下方除以硅化为主外，还发育有绢云母化和铁白云石化；背斜翼部主要为铁白云石化、绿泥石化，其次为硅化；黄铁矿化在各蚀变带中分布较均匀，呈星散状或细脉状产出。

按蚀变矿物组合及其空间分布，大致可分为强硅化带，绢云母化、铁白云石化、硅化带；绿泥石化、铁白云石化、弱硅化带（图 7），其中绢云母化、铁白云石化、硅化带，处于强硅化带下方，平面空间范围与强硅化带相近，垂直方向基本吻合。

黄金地质研究所
信息室 提供

表 3　不同颜色闪锌矿成分、硬度、反射率、比重测试结果

颜色	w(B)/%						硬度 kg/mm²	反射色(单色光波长 535 nm)	比重
	Zn	S	Fe	Ag	Au	Cd			
黑色	67.76 69.08	30.2 29.09	0.085	1.51 2.33			179～198	18.5～19.1	4.26
深灰	70.60	29.11	0.29	0.065 6			193～223	16.7～17.1	
浅灰	76.63	23.37					198～223	16.7～16.9	4.22
浅褐	71.84	27.11	0.95	0.048 2		0.23	217～236	16.7～18.7	
黄绿	71.59	27.94	0.47				188～210	17.1～17.4	4.10
浅黄	69.95	28.58	0.41	0.008 9		1.05	193～210	16.8～17.2	
混合样	65.45	33.20	0.401	0.066	0.001 6	0.410			4.15

据吴贤奎等，1988。

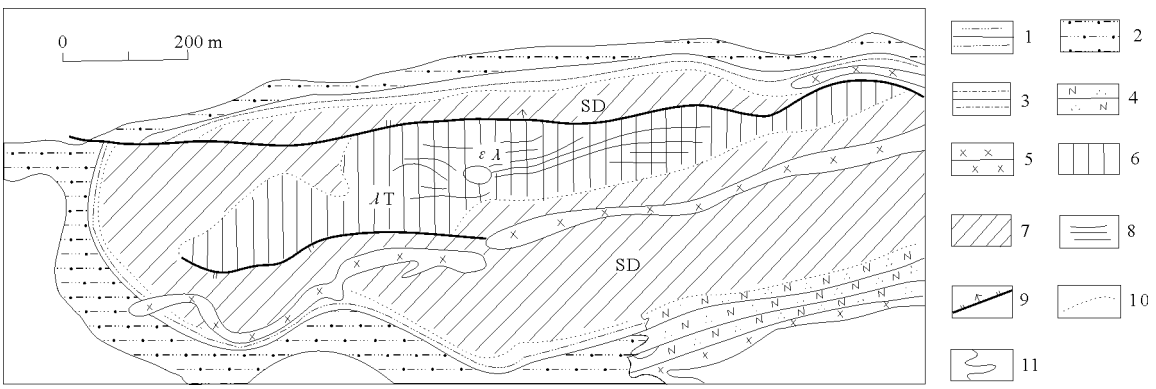


图 7　银洞沟银-金矿床蚀变分带（地表）平面图（据吴贤奎等，1988）

SD—变泥质粉砂岩、粉砂岩、变含白云质粉砂岩及白云岩；λT—变石英角斑质凝灰岩；ελ—变流纹质次火山岩；1—变泥质粉砂岩（变砂岩）；2—含黄铁矿变粉砂岩（变砂岩）；3—变含白云质泥质粉砂岩；4—变石英角斑质沉凝灰岩（石英钠长片岩）；5—变辉绿岩；6—强硅化带；7—弱硅化带；8—银-金矿体；9—正断层；10—蚀变带界线；11—岩性渐变界线

矿化与硅化的关系极为密切，硅化愈强银矿化越好，但铅-锌矿化不随硅化的增强而有规律地变化（表 4）。

伴随硅化形成的铁白云石化、绢云母化、绿泥石化也与矿化有关，表现在往往有辉铜银矿、自然银等产于这类矿物的粒间及片间。

主要成矿期分 3 个阶段。

1）石英-铅-锌矿化阶段，石英呈糖粒状，具粒度细、颗粒均匀之特征，呈脉状充填于围岩中。闪锌矿、黄铁矿、方铅矿和少量黄铜矿、银黝铜矿以浸染状、脉状、局部块状产出，部分地段富集呈铅-锌矿体。

表 4　在垂直剖面上硅化与矿化的关系

标高/m	15　线					0　线				
	标本数 件	石英含量 %	见矿工程 个	w(Ag)平均 10^{-6}	w(Pb)平均 %	标本数 件	石英含量 %	见矿工程 个	w(Ag)平均 10^{-6}	w(Pb)平均 %
1 160						33	84		196.7	0.00
1 100	10	65	11	138.6	0.37	21	67	14	125.1	0.06
1 000	15	62	14	101.8	0.73	18	62	15	107.5	0.41
900	18	55	4	79.6	0.90	23	64	10	56.9	0.99
800	13	48	3	11.7	0.59	10	46	4	56.8	3.26

据吴贤奎等，1988。

2）石英-银（金）矿化阶段，石英特征与石英-铅-锌矿化阶段类似，仍呈糖粒状，本阶段为银-金主成矿期，形成以辉铜银矿、螺状硫银矿为主，自然银、金银矿、银金矿次之的矿物组合，主要沿早期糖粒状石英脉边部呈稠密浸染状、条带状、细脉浸染状产出，构成银（金）矿体（图 8）。

3）石英-含铅-锌的银-金矿化阶段，含矿粗粒石英往往在糖粒状石英脉中呈团块状、短粗脉状产出，本阶段银的硫化物、金-银互化物、黄铁矿等颗粒均较粗。

在主成矿阶段之后，具乳白色块状石英-铁白云石-弱矿化阶段。各成矿阶段的矿物组合见表 5。

黄金地质研究所
信息室 提供

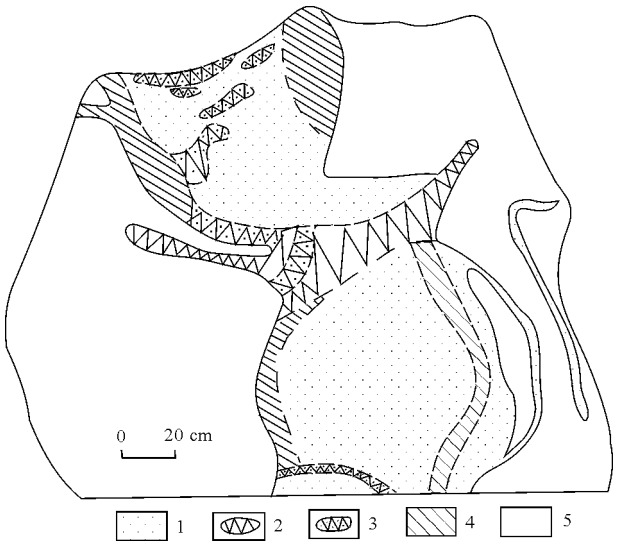


图 8 金银矿化产出部位示意图（据吴贤奎等，1988）

1—糖粒状石英；2—块状石英；3—粗粒（过渡状）石英；4—含银硫化物呈条带状或细脉浸染状分布；5—硅化石英角斑质凝灰岩

表 6 反映出不同结构石英脉中银的含量，糖粒状石英、过渡状石英及块状石英中银含量有较大差距，这也反映了不同成矿阶段银的富集程度。

主矿化阶段中之石英均呈糖粒状，被解释为矿液中 SiO_2 浓度大，结晶中心多，迅速降温所致。有否可能为变质过程中重结晶产物，有待探讨。

矿石及岩石均一化测温结果见表 7，反映了矿物包裹体均一温度空间变化的总趋势，即由成岩到蚀变期到主成矿期到矿化晚期温度递减，主成矿期属中温范畴。

流体包裹体盐度测定结果为 2%～14%，主要集中于 6%～9%，总的变化趋势为从深部到浅部，由铅-锌矿化阶段到银（金）矿化阶段盐度降低。

据 $NaCl\text{-}H_2O$ 体系相图，求得矿床成矿压力约 200×10^5 Pa，测算相应成矿深度为 1 000 m 左右。

矿石铅同位素测定结果（表 8）显示，矿床铅

表 5 热液期各成矿阶段及矿物组合

特征		糖粒状石英-铅-锌矿化阶段	糖粒石英-银-金矿化阶段	粗粒石英-含铅-锌-银-金矿化阶段	块状石英-铁白云石-弱矿化阶段
矿物共生组合	金属矿物	大量闪锌矿、方铅矿，少量黄铁矿、黄铜矿，微量银黝铜矿、辉钼矿	大量辉铜银矿、螺状硫银矿，少量自然银、金银矿等及少量黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿	以自然银、金银矿、银金矿为主，次为辉铜银矿、螺状硫银矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿	少量辉铜银矿、自然银、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿
	非金属矿物	石英、绢(白)云母、金云母、钾钠长石、重晶石	石英、铁白云石、绢(白)云母、绿泥石	石英、白云母	
最佳温度/℃		205～260	195～230	190～220	150～180

据吴贤奎等，1988。

表 6 不同结构石英中的银含量 $w(B)/10^{-6}$

分析结果	晚期糖粒状石英		过渡状石英		块状石英	
	Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au
最大值	3 650.0	131.0	860.0	17.4	563	7.32
最小值	38.3	0.34	97.5	0.71	14.0	0.00
平均值	584.7	14.15	269.8	4.20	142.0	1.66
样品数/件	11		6		5	

据吴贤奎等，1988。

表 7 岩石矿物包裹体均一温度结果

成岩成矿期及矿化阶段		测试矿物	样品数/件	均一温度/℃ 范围	平均	最佳	测试单位
乳白色块状石英白云石弱矿化阶段		石英	45	130～190	160	150～180	贵阳地化所
成矿期	粗粒石英含铅-锌-银-金矿化阶段	石英	30	180～230	210	190～220	贵阳地化所
成矿期	粗粒石英银-金矿化阶段	石英 白云石	38 3	160～250 195～245	215 220	195～230 195～235	湖北省地矿局实验室
成矿期	糖粒石英铅-锌矿化阶段	石英 闪锌矿	44 3	170～290 160～260	242 210	205～260 180～240	湖北省地矿局实验室
蚀变期	气液蚀变矿化阶段	石英	4	180～400	280	245～290	
成岩期		石英	10	1 010～1 100		1 010～1 110	

据吴贤奎等，1988。

黄金地质研究所
信息室 提供

表 8　银洞沟矿区矿石和地层中矿物的铅同位素组成与各种模式年龄值

样号	矿物分子式	$\frac{^{208}Pb}{^{204}Pb}$	$\frac{^{207}Pb}{^{204}Pb}$	$\frac{^{206}Pb}{^{204}Pb}$	φ值	Doe φ·m·y t	R-F-C 法 $t\left(\frac{^{208}Pb}{^{204}Pb}\right)$	R-F-C 法 $t\left(\frac{^{206}Pb}{^{204}Pb}\right)$	R-F-C 法 $t\left(\frac{^{206}Pb}{^{204}Pb}\right)$	R-F-C 法 $t\left(\frac{^{208}Pb}{^{204}Pb}\right)$	μ	Th/U	产状	测试单位
Pb-1	PbS	36.43	15.33	16.44	0.707 1	1 275	1 270	1 262	1 256	1 340	9.27	4.03	矿体	
Pb-2	PbS	36.64	15.41	16.55	0.706 3	1 269	1 173	1 215	1 234	1 224	9.39	4.09	矿体	
Pb-3	PbS	36.50	15.36	16.49	0.705 7	1 265	1 236	1 241	1 240	1 300	9.31	4.04	矿体	
Pb-4	PbS	36.43	15.34	16.48	0.704 1	1 253	1 270	1 243	1 234	1 340	9.27	4.01	矿体	
Pb-5	PbS	36.42	15.25	16.48	0.705 5	1 263	1 275	1 243	1 245	1 344	9.28	4.01	矿体	
Pb-6	PbS	36.52	15.37	16.50	0.706 1	1 267	1 229	1 233	1 245	1 290	9.33	4.05	矿体	
Pb-7	PbS	36.52	15.36	16.51	0.703 4	1 248	1 230	1 230	1 223	1 290	9.30	4.04	矿体	
Pb-8	PbS	36.48	15.40	16.53	0.707 3	1 276	1 247	1 218	1 245	1 312	9.39	4.01	矿体	
Pb-9	FeS_2	36.40	15.33	16.47	0.703 0	1 245	1 284	1 250	1 230	1 350	9.24	3.99	矿体	贵阳地化所(1984)
Pb-10	FeS_2	36.59	15.38	16.53	0.704 2	1 254	1 197	1 220	1 220	1 252	9.34	4.07	矿体	
Pb-11	PbS	36.48	15.34	16.52	0.700 0	1 224	1 247	1 223	1 201	1 312	9.26	4.01	矿体	
Pb-12	PbS	36.47	15.34	16.50	0.701 4	1 234	1 256	1 238	1 212	1 317	9.25	4.02	矿体	
Pb-13	PbS	36.49	15.37	16.53	0.701 8	1 237	1 242	1 232	1 212	1 301	9.31	4.01	矿体	
Pb-14	PbS	36.47	15.33	16.50	0.699 1	1 217	1 252	1 233	1 201	1 317	9.22	4.01	矿体	
Pb-15	PbS	36.49	15.37	16.54	0.701 2	1 232	1 240	1 213	1 212	1 300	9.30	4.01	矿体	
Pb-16	PbS	36.69	15.35	16.60	0.693 6	1 189	1 150	1 215	1 234	1 224	9.26	4.07	矿体	
Pb-17	PbS	36.57	15.35	16.52	0.701 9	1 237	1 206	1 223	1 212	1 263	9.28	4.07	矿体	
Pb-18	PbS	36.93	15.50	16.60	0.713 2	1 317	1 042	1 184	1 266	1 055	9.58	4.24	顺层矿脉	
Pb-19	FeS_2	37.68	15.41	17.28	0.641 5	754	670	840	710	645	9.23	4.15	地层中的 FeS_2	
Pb-20	FeS_2	37.68	15.44	17.31	0.642 3	761	690	830	707	660	9.28	4.14	地层中的 FeS_2	
Pb-21	FeS_2	37.94	15.50	17.71	0.619 9	552	561	610	476	497	9.35	4.03	变生 FeS_2	
T15	PbS	36.50	15.43	16.53		1 307							矿体	宜昌所
T_3-222	PbS	36.96	15.42	16.91		1 103							矿体	
DF9	FeS_2	36.80	15.47	16.66	0.704 1	1 255							矿体	北京铀矿地质研究所
DF10	FeS_2	37.29	15.50	16.89	0.686 0	1 120							近矿围岩中 FeS_2	
DF11	FeS_2	37.17	15.47	17.08	0.666 1	968							近矿围岩中 FeS_2	

据吴贤奎等，1988。

同位素组成极为均一，铅同位素模式年龄变化于 1 350～1 042 Ma，与矿区及外围武当山群挡鱼河组火山喷发-沉积岩全岩 Pb-Pb 等时线年龄 1 512～1 136 Ma 相当。矿床铅 Th/U 值平均为 4.05，与岩石（变石英角斑质熔岩、凝灰岩）铅同位素组成和等时年龄算得的岩石 Th/U 平均值（3.74）相近，说明矿石铅与围岩火山岩铅具有相同或相似来源。

47 个硫同位素样的 $\delta^{34}S$ 值多为 2‰～5.6‰，均值 3.41‰，硫源具单一特征，其频率图呈塔式分布。近矿围岩——火山碎屑岩 $\delta^{34}S$ 值为 2.44‰，表明矿床与火山碎屑岩硫源相同（表 9）。

表 9　矿床硫化物的同位素组成

样号	矿物	$\delta^{34}S$/‰	测试单位	样号	矿物	$\delta^{34}S$/‰	测试单位	样号	矿物	$\delta^{34}S$/‰	测试单位
W5-1	PbS	2.1	宜昌地质研究所	T3166-2	ZnS	2.8	宜昌地质研究所	S-73	$CuFeS_2$	4.63	贵阳地质地球化学研究所
W5-2	ZnS	3.5		T3247-1	PbS	2.9			铅锌矿体中 ZnS	3.70	
T3189-1	PbS	1.3		T3247-2	ZnS	3.6			PbS	1.71	
T3189-2	ZnS	2.9		ZK159	FeS_2	4.7		S-262	ZnS	3.87	
T3268-1	PbS	2.5		S-2	FeS_2	4.4			PbS	3.19	
T3268-2	ZnS	1.1		S-3	FeS_2	5.0			$CuFeS_2$	7.13	
T3270-1	PbS	1.9		S-5	FeS_2	4.2		S-202	ZnS	3.52	
T3270-2	ZnS	2.8		S-10	FeS_2	4.2		S-70	ZnS	4.05	
T3234-1	PbS	2.0		J-1	FeS_2	5.0		S-76	PbS	2.60	
T3234-2	ZnS	2.5		S-153	ZnS	3.54	贵阳地质地球化学研究所	S-224	PbS	4.21	贵阳地质地球化学研究所
T3227-1	PbS	1.8			PbS	2.28		S-315	FeS_2	4.78	
T3227-2	ZnS	2.8		S-161	ZnS	3.76			PbS	3.80	
T3240-1	PbS	4.6			PbS	3.33		S-306	PbS	3.58	
T3240-2	ZnS	5.6		S-154	PbS	2.84		S-230	火山岩中 FeS_2	2.44	贵阳地质地球化学研究所
T3240-3	FeS_2	6.6		S-197	ZnS	3.99		S-231	沉积岩中 FeS_2	11.32	
T3166-1	PbS	2.2			PbS	0.90					

铅锌矿体中；银金矿体中

据吴贤奎等，1988。

氢氧同位素测定结果反映，成矿介质水源较复杂，但总的情况是成矿早期岩浆水成分相对大，至晚期大气降水成分逐步增长（图 9）。

综合以上资料认为，银洞沟矿床的成矿物质来自中元古代海底火山喷流之火山岩，主要与酸性火山熔浆有关，矿床胚体形成年龄稍晚于火山岩成岩年龄。此后发生的地质事件，尤其是晚加里东地槽褶皱回返，流纹斑岩上侵以及华力西—印支的构造变形带等，对矿床起到进一步富集甚至叠加作用。银洞沟矿床应属海底火山喷流-热液叠加矿床。

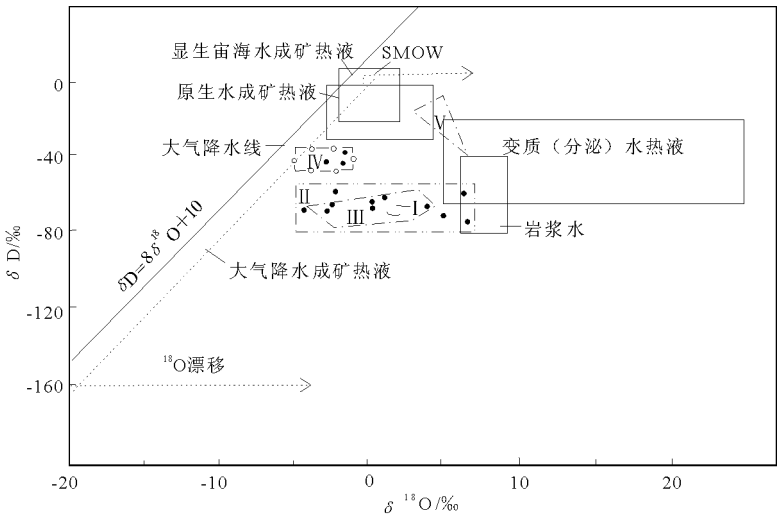


图 9　银洞沟矿床成矿（介质水）热液的氢氧同位素组成范围（据吴贤奎等，1988）

Ⅰ—富铅-锌糖粒状石英脉；Ⅱ—富银糖粒状石英脉；Ⅲ—含银-铅-锌粗粒块状石英脉或团块；Ⅳ—含银-铁白云石石英脉；Ⅴ—无矿块状石英脉或透镜体（原图据张理刚，其中岩浆水、变质水范围据泰勒，1974）

摘自《中国银矿床主要类型及矿床特征》

河南破山银矿床

破山银矿床位于秦岭褶皱系东段，泌阳和吴城 2 个中、新生界断陷盆地间的隆起区。基底构造层为上元古界歪头山组及大栗树组，歪头山组为一套中、浅变质的火山沉积岩系。由云母石英片岩、变粒岩、角闪片岩、大理岩及少量石英岩组成，上覆变细碧-石英角斑岩的大栗树组。矿床定位于轴向 NWW 的河前庄背斜 NW 倾没端 SW 翼，为一单斜构造（图 1）。矿化富集于歪头山组上部第二段（$Pt_3w_3^2$）片岩与变粒岩组合，矿体主要赋存于碳质绢云母石英片岩中（表 1）。

含矿岩组普遍具微层理并含碳质，经原岩恢复为沉凝灰岩、凝灰质粉砂岩、泥质粉砂岩。整个赋矿岩系应属于远离火山喷发中心、还原环境下的沉积物。

歪头山组各岩性段银、铅、锌等元素的平均含量均大于地壳克拉克值（表 2）。上部第二岩性段成矿元素平均含量又高于其他各岩性段若干倍，为成矿元素的浓集层位（表 3），按岩性分以碳质绢云母石英片岩最高，变粒岩次之（表 4）。

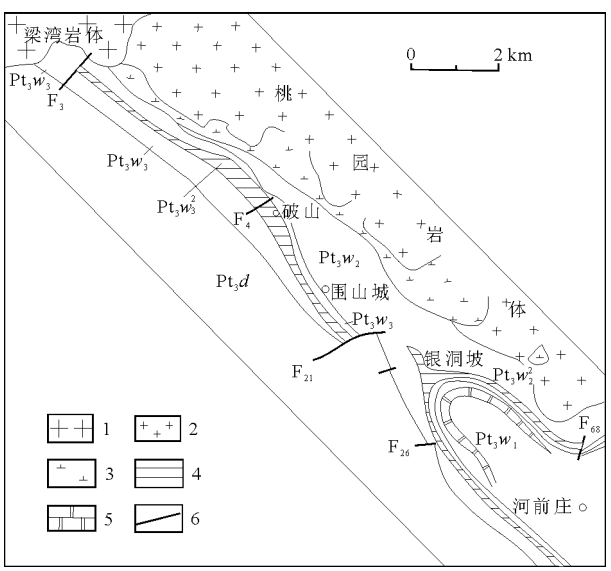


图 1　破山银矿区地质构造图（据河南地质三队简化）

Pt_3w_3—歪头山组上部；Pt_3w_2—歪头山组中部；Pt_3w_1—歪头山组下部；$Pt_3w_3^2$—含银层位；$Pt_3w_2^2$—含金层位；Pt_3d—大栗树组；1—燕山晚期花岗岩；2—华力西期花岗岩；3—加里东—华力西期闪长岩；4—含矿层；5—大理岩；6—断层

黄金地质研究所
信息室 提供

表 1　破山银矿区地层简表

地层层序			代号	厚度/m	主要岩性简述
新生界	第四系		Q	<5	由砂、砾石、亚砂土、亚粘土及腐殖土组成
新元古界	大栗树组		Pt_3d	>1 015.3	以斜长角闪片岩、斜长角闪岩为主，夹绿泥阳起片岩、绿泥滑石片岩；另含少量变粒岩
	歪头山组	上部 5段	$Pt_3w_3^5$	99～150	以含榴黑云变粒岩为主，中、上部夹斜长角闪片岩；下部夹云母石英片岩；顶部为白云石英片岩
		上部 4段	$Pt_3w_3^4$	28.3～115.4	上部为斜长角闪片岩与变粒岩互层；中部为斜长角闪片岩夹阳起片岩及大理岩透镜体；下部为变粒岩夹斜长角闪片岩
		上部 3段	$Pt_3w_3^3$	48.6～175.6	中、上部为变粒岩与云母石英片岩互层，夹大理岩透镜体；下部为黑云变粒岩，近底部含石榴子石
		上部 2段	$Pt_3w_3^2$	74.1～178.2	主要为不等粒黑云变粒岩、黑云变粒岩、绢云石英片岩及碳质绢云石英片岩，含微体古植物化石，为上含矿层(含银层位)
		上部 1段	$Pt_3w_3^1$	37.9～80	上部为二云石英片岩夹白云变粒岩；下部为角闪黑云斜长片岩夹黑云变粒岩
		中部 6段	$Pt_3w_2^6$	101～82.6	中、上部为黑云斜长阳起片岩夹角闪片岩及斜长角闪片岩；下部为斜长角闪片岩与角闪片岩互层
		中部 5段	$Pt_3w_2^5$	54.2～143.9	上部为含榴二云变粒岩夹碳质绢云石英片岩；下部为含榴黑云变粒岩及含榴二云石英片岩
		中部 4段	$Pt_3w_2^4$	19.7～98.7	白云石英片岩、黑云石英片岩及二云石英片岩夹少量白云变粒岩及黑云变粒岩
		中部 3段	$Pt_3w_2^3$	228.5～434.8	上部为变粒岩与含榴白云石英片岩互层；中部为变粒岩夹碳质绢云石英片岩及变质细砂岩；下部为黑云变粒岩
		中部 2段	$Pt_3w_2^2$	18.8～46.1	绢云母石英片岩、碳质绢云石英片岩及白云变粒岩，局部为变质粉砂岩夹二云石英片岩，含微体古植物化石，为下含矿层(含 Au 层位)
		中部 1段	$Pt_3w_2^1$	78.1～202.9	中、上部为黑云变粒岩夹变质细砂岩及少量云母石英片岩；下部为黑云变粒岩夹碳质绢云石英片岩
		下部 9段	$Pt_3w_1^9$	19～83.8	大理岩相变为斜长角闪片岩夹变粒岩、云母石英片岩及磁铁石英岩
		下部 8段	$Pt_3w_1^8$	190.1～255.6	上部为变粒岩；中部为十字石黑云变粒岩、蓝晶石黑云变粒岩夹斜长角闪片岩；下部为含榴黑云变粒岩及二云石英片岩
		下部 7段	$Pt_3w_1^7$	20～122.2	以斜长角闪片岩为主，夹少量黑云变粒岩、黑云斜长片岩
		下部 6段	$Pt_3w_1^6$	>242.4	以黑云变粒岩为主，夹斜长角闪片岩、白云石英片岩、二云变粒岩、变质细砂岩，近上部夹蓝晶石云母片岩
		下部 5段	$Pt_3w_1^5$	<1.0	大理岩相变为斜长角闪片岩
		下部 4段	$Pt_3w_1^4$	>100	白云变粒岩夹白云石英片岩，含少量黑云变粒岩及大理岩透镜体；未见底

据甘幼鸣等，1990。

表 2　歪头山组元素平均含量　w(Au)/10^{-9}，w(B)/10^{-6}

地层	Au		Ag		Pb		Zn		Cu	
	平均含量	与地壳丰度比值	平均含量	与地壳丰度比值	平均含量	与地壳丰度比值	平均含量	与地壳丰度比值	平均含量	与地壳丰度比值
上部	4.04(111)	1.15	3.62(182)	48.27	52.17(178)	4.35	262.31(178)	2.79	63.55(179)	1.07
中部	6.96(219)	1.99	2.74(210)	36.53	61.18(209)	5.1	200.41(209)	2.13	65.56(214)	1.04
下部	1.16	0.33	0.38	5.07	28.14	2.35	151.98	1.62	54.01	0.86

地壳丰度：w(Au)=3.5×10^{-9}，w(Ag)=0.075×10^{-6}，w(Pb)=12×10^{-6}，w(Zn)=94×10^{-6}，w(Cu)=63×10^{-6}；括号内为样品数；据甘幼鸣等，1990。

表 3　歪头山组上部和中部部分岩性段成矿元素平均含量与地壳丰度比值

岩性段	w(Au)/10^{-9}			w(Ag)/10^{-6}			w(Pb)/10^{-6}			w(Zn)/10^{-6}			w(Cu)/10^{-6}			w(As)/10^{-6}		
	样品数	平均值	丰度比值	样品数	平均值	丰度比值	样品数	平均值	丰度比值	样品数	平均值	丰度比值	样品数	平均值	丰度比值	样品数	平均值	丰度比值
$Pt_3w_3^5$	20	0.75	0.21	21	1.25	16.67	21	35.71	2.98	20	224.76	2.39	21	65.24	1.04	21	6.38	3.75
$Pt_3w_3^4$	7	1.51	0.43	56	1.88	25.07	56	31.52	2.63	56	173.93	1.64	56	62.14	0.99	56	3.88	2.28
$Pt_3w_3^3$	18	1.31	0.37	17	3.62	48.27	17	68.88	5.74	17	377.73	4.02	18	43.88	0.70	18	11.08	6.51
$Pt_3w_3^2$	46	8.21	2.35	50	7.63	101.73	45	100.45	8.37	45	408.22	4.34	45	78.67	1.25	40	13.78	8.11
$Pt_3w_3^1$	20	1.09	0.31	38	2.15	28.67	39	28.46	2.37	39	181.03	1.93	39	56.28	0.89	38	6.86	4.03
$Pt_3w_2^6$	16	0.68	0.19	19	0.78	10.4	19	18.95	1.58	19	273.68	2.91	19	103.16	1.64	19	1.97	1.15
$Pt_3w_2^5$	23	2.76	0.79	24	1.18	15.73	24	32.5	2.71	24	179.17	1.91	24	37.5	0.60	24	7.67	4.51

据甘幼鸣等，1990。

矿体产状与围岩产状基本一致，并随围岩的产状变化而变化。

夹持于变粒岩中的塑性层——碳质绢云母石英片岩，在区域变质变形过程中，发育着层间拖曳褶皱及层间滑动、断裂，构成矿液运移通道及沉淀场所，这种层间破碎带与产状变化关系密切，一般沿

黄金地质研究所
信息室 提供

表 4　歪头山组主要岩石类型成矿元素平均含量

岩石名称	样品数/件		w(B)/10^{-6}				
	1	2	Au	Ag	Pb	Zn	Cu
碳质绢云石英片岩	30	52	0.021	6.48	151.67	256.67	54.67
云母石英片岩	68	68	0.003	1.92	50.75	179.25	46.98
变粒岩(1)	154	138	0.005 9	3.07	56.34	258.49	42.32
变粒岩(2)	44	44	0.001 7	0.36	34.66	155.10	34.77
斜长角闪片岩	81	80	0.001 6	0.53	14.85	195.93	102.59
大理岩	13	12	0.000 94	0.35	16.54	52.69	19.6

变粒岩（1）原岩为沉凝灰岩，变粒岩；变粒岩（2）原岩为泥质粉砂岩或凝灰质粉砂岩；据甘幼鸣等，1990。

倾向在缓倾地段有变厚趋势，矿体严格受层间破碎带控制，构造带宽、空间大，往往形成厚大矿体。

矿体呈似层状、透镜状，平行斜列展布（图 2，图 3），主要工业矿体沿走向及倾向均大于 500 m，平均厚度 2.4～5.4 m，变化幅度不大，最大矿体长 1 900 m，储量近全区总量的 1/2。银品位较高，一般矿体平均＞200×10^{-6}，最富矿体近 500×10^{-6}，主矿体＞300×10^{-6}。铅-锌合量＜3%，金含量亦低，仅局部达 1×10^{-6}。矿石中金属硫化物占 5%～10%，非金属矿物石英占 70%～80%，矿物组成见表 5。

主要银矿物为辉银矿，其次为自然银。辉银矿常在方铅矿中呈乳滴状固溶体分离物出现，在氧化矿石中则常与褐铁矿连生或包于其中，粒度 0.08～0.1 mm。自然银成色高，经电子探针分析银含量 100%，粒径一般为 0.04～0.6 mm，个别呈发丝状，产于碳酸盐晶洞中。

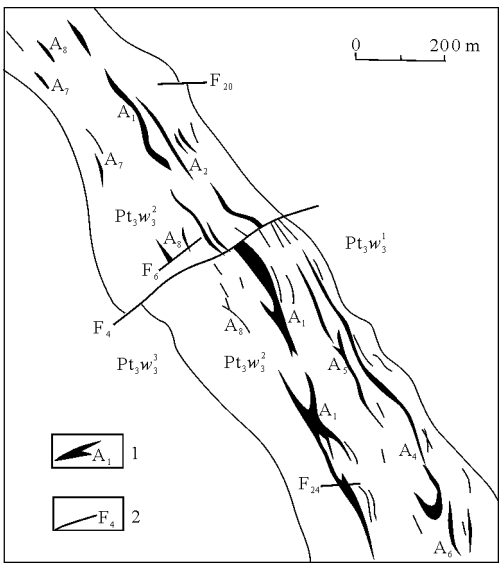


图 2　矿体平面分布图（据甘幼鸣等，1990）

$Pt_3w_3^3$—新元古界歪头山组上部第三岩性段；$Pt_3w_3^2$—新元古界歪头山组上部第二岩性段；$Pt_3w_3^1$—新元古界歪头山组上部第一岩性段；1—矿体及编号；2—断层及编号

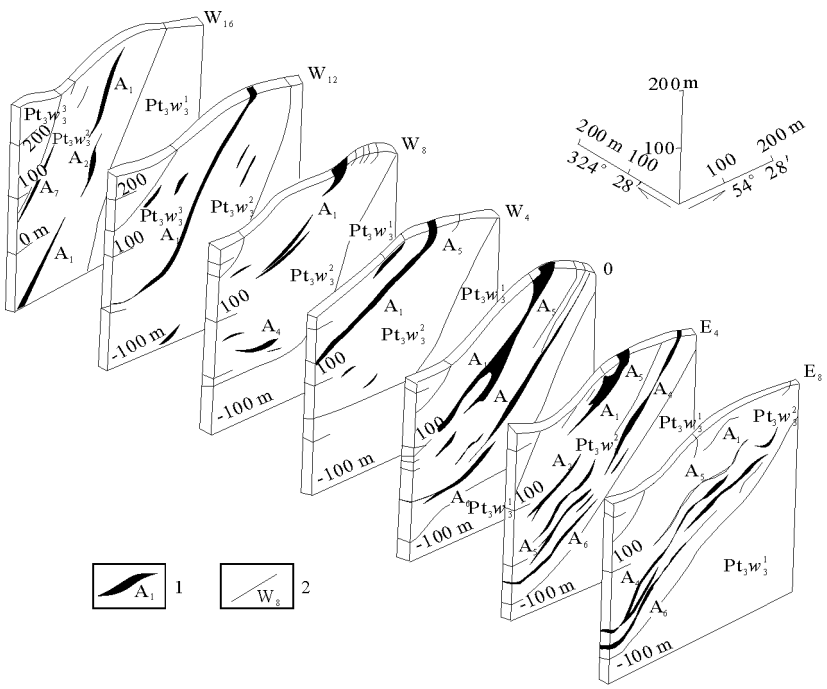


图 3　破山银矿床横剖面地质图（据甘幼鸣等，1990）

$Pt_3w_3^3$—新元古界歪头山组上部第三岩性段；$Pt_3w_3^2$—新元古界歪头山组上部第二岩性段；$Pt_3w_3^1$—新元古界歪头山组上部第一岩性段；1—矿体及编号；2—勘探线及编号

黄金地质研究所
信息室 提供

表 5 银矿石矿物组成

矿物种类	相对含量		
	主要	次要	少量
银矿物	辉银矿(螺状硫银矿)	自然银	金银矿、深红银矿、淡红银矿、针碲金银矿、硫铜银矿、辉锑银矿、辉铜银矿、角银矿、β-汞金矿(桐柏矿)
金属硫化物及铜、铅的氧化物	黄铁矿、方铅矿、闪锌矿	黄铜矿、磷硫铅铝矿	黝铜矿、自然铜、斑铜矿、蓝铜矿、孔雀石、铁闪锌矿、铅铁矾、白铅矿、磷氯铅矿、磷硫铅铁矿、自然铅、毒砂等
铁、锰、钛等矿物	褐铁矿、硬锰矿	赤铁矿、磁铁矿	磁黄铁矿、黑锌锰矿、软锰矿、钛铁矿、金红石、锆石、白钛矿、锐钛矿、黄钾铁矾等
脉石矿物	石英	绢云母、方解石	白云母、黑云母、长石、绿泥石、萤石、石榴子石、角闪石、电气石、菱铁矿、碳质等

据甘幼鸣等，1990。

矿石中的银主要呈独立矿物存在，一种或数种与金属硫化物连生，充填于金属硫化物裂隙或呈包体；部分银以吸附状态或微包体形式存在于石英中。

银的载体矿物有方铅矿、黄铁矿、闪锌矿，其单矿物银含量依次为 310×10^{-6}～$8\ 154\times10^{-6}$，50×10^{-6}～$4\ 920\times10^{-6}$，130×10^{-6}～830×10^{-6}。碳质银含量可达 101×10^{-6}～136×10^{-6}，选矿样中漂浮于水面上的碳质高达 $6\ 700\times10^{-6}$～$10\ 110\times10^{-6}$，此外，非金属矿物石英、绢云母、绿泥石中均含银，绿泥石银含量高时达数百克/吨。

矿石有浸染状构造，银矿物和金属硫化物浸染于碳质绢云母石英片岩或非金属矿物中；网脉状、脉状构造，含银及金属硫化物的石英、碳酸盐脉沿碳质绢云母石英片岩等裂隙充填；角砾状构造，碎裂为角砾状的碳质绢云母石英片岩为含银及金属硫化物的石英及碳酸岩脉所充填；变余层状、条带状构造，细粒黄铁矿等沿碳质绢云母石英片岩的片理分布，构成清晰层纹；块状构造，当金属硫化物特别富集时形成。此外，在氧化带还出现胶状、皮壳状及蜂窝状构造。

围岩蚀变主要为硅化，常沿破碎带发育成硅化带，绢云母化与之伴生，蚀变强烈时原岩片理消失。碳酸盐化叠加于硅化及绢云母化之上，为局部性蚀变，绿泥石化亦局部出现，疑为偏基性岩类之退变质作用产物。

矿区透明矿物包裹体测温资料见表 6，变质热液期的均一温度为 180～220 ℃。

矿化强度与蚀变呈正消长关系，硅化过程中银的富集明显（表 7）。

表 6 破山矿床不同阶段形成的透明矿物均一温度测定结果

地质特征	测定矿物	区域变质作用		温度区间 ℃	均化温度 ℃	包体大小 μm	气相百分比 %	压力估算 10^5 Pa
		重结晶期	热液期					
A_1 矿体,含硫化物石英网脉	石英		√	150～260	210	2～10	10～30	1 600～3 000
碳质绢云母石英片岩中无硫化物石英脉	石英	√		275～440	374			1 600～4 700
			√	149～250	207	5～15	10～25	
含矿碳酸盐脉	方解石		√	140～222	182	<5	15～30	
变粒岩中石英脉	石英	√		293～413	337			2 100～4 400
			√	170～260	221			

据甘幼鸣等，1990。

表 7 主要岩石硅化与矿化关系对比

岩石名称	硅化强度	样品数件	$w(B)/10^{-6}$			
			Ag	Pb	Zn	Cu
碳质绢云石英片岩	未硅化	22	9.91	231	412	25.9
	硅化	16	24.00	443	413	38.1
绢云石英片岩	未硅化	12	3.20	83.7	264	33.3
	硅化	14	9.30	92.1	400	39.0
变粒岩	未硅化	8	2.70	34.0	162	30.0
	硅化	5	5.40	44.0	108	23.0

据甘幼鸣等，1990。

硫同位素测试结果见表 8，矿石 $\delta^{34}S$ 值 −1.8‰～5.2‰，平均 1.93‰，近矿围岩 0～6.8‰，平均 3.29‰，矿石及围岩绝大多数 $\delta^{34}S$ 值在 2‰～4‰，变化范围小，反映硫源单一；矿石及围岩 $\delta^{34}S$ 值相似，说明两者可能同源。

矿石铅同位素组成见表 9，各种铅模式年龄计算结果为 811～1 112 Ma，多数在 800～900 Ma，反映了矿石铅与围岩的时限基本一致。

综合破山矿区地质特征、测试等资料认为：成矿物质来源于海底火山喷发，新元古代本区为一狭长海槽，火山活动频繁，歪头山组中黑云变粒岩等经原岩恢复为火山碎屑岩；黑云变粒岩、黑云斜长

黄金地质研究所
信息室 提供

表 8 硫同位素测试结果

矿区	矿体及岩石	样品数/件	$\delta^{34}S/‰$			
			平均	黄铁矿	闪锌矿	方铅矿
破山银矿区	A_3 矿体(碳质绢云石英片岩)	4	0.33	−1.60～1.51		−0.1～1.5
	A_1 矿体(碳质绢云石英片岩)	7	1.40	2.73～5.2		−1.8～0.4
	A_4 矿体(碳质绢云石英片岩)	8	2.74	2.9～4.2	2.1～3.4	0.4～1.6
	A_{10} 矿体(斜长角闪片岩)	2	1.7		3.2	0.2
	近矿围岩(云母石英片岩、变粒岩)	8	3.29	4.7～6.8	2.4～4.1	0.0～2.7
外围	远矿大理岩($Pt_3w_1^9$—$Pt_3w_1^2$)	5	−5.62	−25.4～3.3	29	1.0

据甘幼鸣等，1990。

表 9 破山矿区铅同位素组成及模式年龄

顺序号	矿体号及层位	采样地点	铅同位素比值			模式年龄/Ma			硫同位素组成	
			$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	H. H.	R. F. C.	R. S. F	$\delta^{34}S/‰$	矿物
1	$Pt_3w_3^{2-2}$	210 坑道 11 号叉	16.54	14.97	37.37	828.5	1 008	905	0.7	Ga
2	A_1	210 坑道 5 号叉	16.886	15.184	37.858	811	1 042	837	2.79	Py
3	$Pt_3w_3^{2-1}$	210 坑道 23 号叉	16.70	15.11	34.57	872	937.5	900	1.6	Ga
4		ZK45/E8[59]	17.208	15.496	39.184	926	818	828	2.1	Sp
5	A_4	ZKSS/W10[136]	16.747	15.127	37.850	853	1 112	867	4.2/3.4	Py/Sp
6	$Pt_3w_2^6$ A_{10}	ZK113/E16	16.57	15.085	37.765	914.5	927.5	971	3.2	Sp

注：2，4，5 号样为贵阳地化所测定；1，3，6 号样为地科院地质力学所测定；据甘幼鸣等，1990。

片岩$^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始值为 0.702 9±0.000 9，与地幔物质$^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始值接近。厚达 2 000 余米的歪头山组中上部成矿元素普遍偏高，黑云变粒岩尤其是碳质绢云母石英片岩富含碳质、同生黄铁矿，反映了当时为还原条件下的浅海沉积环境，有机物质(生物)的繁衍、分解及吸附作用，使成矿元素得以富集，表现为碳质绢云母石英片岩及变粒岩中之成矿元素丰度，尤其是银，尽管已经历了尔后的迁移，仍远高于其他岩类。加里东运动期，本区地槽回返，在区域变形变质作用中，含矿岩系中之元素进一步迁移富集成矿。破山银矿床应为海底火山喷发-变质热液矿床。

区内华力西期桃园岩体及燕山期梁湾岩体中银含量均高于地壳克里克值的 1 倍，其中的石英脉银含量又略高于岩体，但远低于含矿岩层，花岗岩体中的微量元素特征与矿床迥然不同（图 4）。此外是歪头山组中部地层与桃园岩体接触处的夕卡岩中未发现成矿元素的富集；燕山期云煌岩脉中成矿元素随所在地层内成矿元素含量的变化而变化。这些事实可反证破山银矿床的物质来源及主成矿作用性质，但从矿床中某些现象分析，加里东运动期后的热事件对矿床可能起到一定的改造和富集作用。

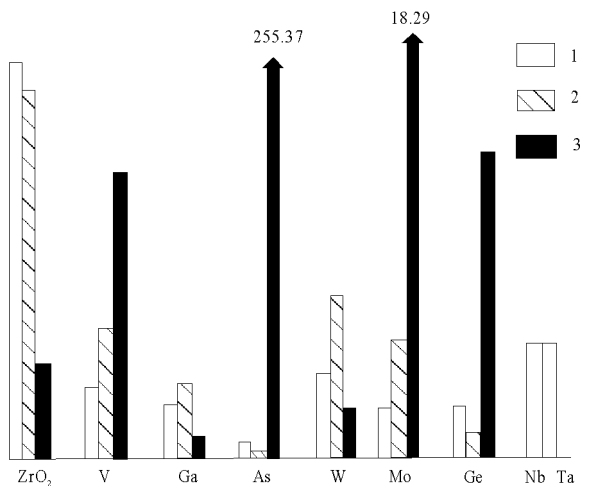


图 4 矿石与花岗岩中微量元素对比图（据甘幼鸣等，1990）

1—桃园黑云斜长花岗岩；2—梁湾似斑状花岗闪长岩；3—破山矿区银矿石

摘自《中国银矿床主要类型及矿床特征》

黄金地质研究所
信息室 提供

吉林山门银矿床

山门银矿床处于天山—兴安地槽区吉黑褶皱系西南侧之石岭隆起 NW 段。本区加里东期轴向近 EW 之复式背斜已被破坏或改造，而显示以四平—德惠、伊通—依兰为主干的 NE 向断裂带。四平—德惠、伊通—依兰断裂将本区自西向东依次分为松辽中断陷、大黑山条垒、伊通—依兰地堑及敦化—靖宇隆起。山门银矿即位于大黑山条垒南段东缘。

区内出露最老的地层为寒武—奥陶系的西保安组（厚＞1 000 m）及黄莺屯组（厚＞1 000 m），属加里东构造层，变质程度为中温低压的高绿片岩相到低角闪岩相（表 1）。由于本区经历了从加里东到喜马拉雅期的岩浆活动，受其影响，上述地层呈不连续带状及岛状残留体出现，分布零星。

对西保安组地层不同岩性采用不同图解（图 1～3），初步判断原岩为玄武岩-安山岩-英安岩，沉

表 1　奥陶—寒武系简表

组	段	岩性
黄莺屯组	上	变质细砂岩，板岩
	中	中细粒大理岩，条带状大理岩，含硅质石墨大理岩夹变质粉砂岩
	下	变流纹岩、变英安岩夹变质粉砂岩
西保安组	上	片岩段，绿泥石英片岩，二云绢云片岩
	下	变粒岩段，角闪斜长变粒岩，黑云斜长变粒岩，斜长变粒岩夹薄层含铁石英及大理岩透镜体

据傅数德等，1990 简化。

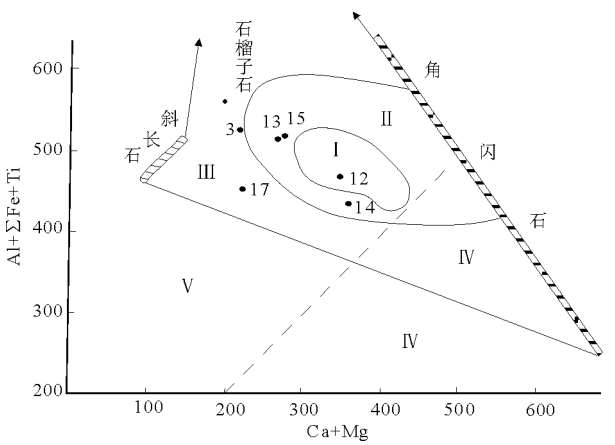


图 1　（Al＋ΣFe＋Ti）-（Ca-Mg）图解（底图据克列麦涅茨基，1979；投点数据据傅数德等，1990）

Ⅰ—基性火成岩区；Ⅱ—基性火成岩及其变种区；Ⅲ—中性火成岩、基性火山杂砂岩和含粘土质的沉凝灰岩和凝灰岩区；Ⅳ—含有碳酸盐物质的沉凝灰岩和凝灰岩区；Ⅴ—粘土、泥岩、粉砂岩、长石砂岩和泥灰质砂岩区；Ⅵ—粘土质、白云质和钙质泥灰岩区

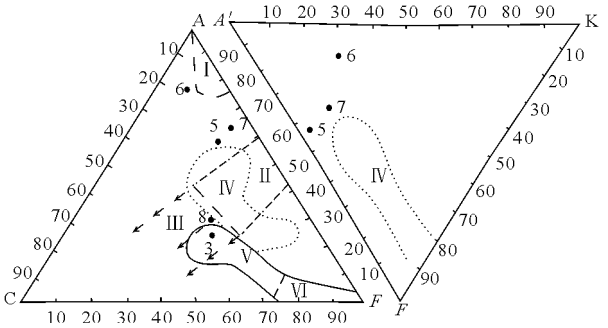


图 2　*ACF* 和 *AKF* 图解（底图据温克勤，1976；投点数据据傅数德等，1990）

Ⅰ—富铝粘土和页岩；Ⅱ—粘土和页岩（含碳酸盐 0～35%，断线之内）；Ⅲ—泥灰岩（含碳酸盐 35%～65%，箭头线之内）；Ⅳ—杂砂岩（点线之内）；Ⅴ—玄武质岩和安山质岩（实线之内）；Ⅵ—超镁铁质岩

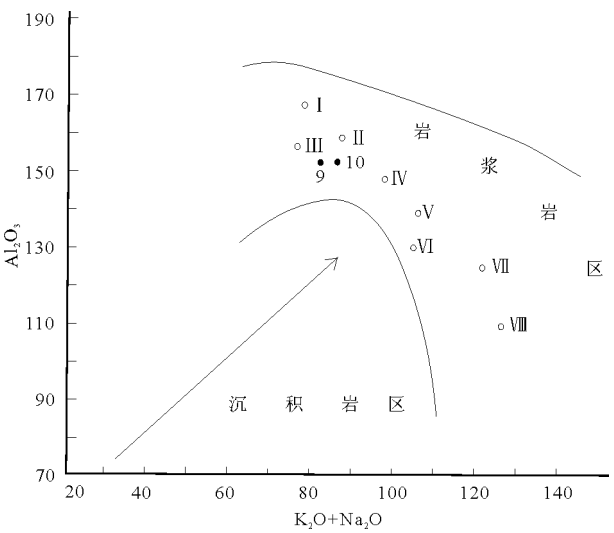


图 3　Al_2O_3-（K_2O＋Na_2O）图解（底图据普列多夫斯基，1980；投点数据据傅数德等，1990）

Ⅰ—安山岩；Ⅱ—英安岩；Ⅲ—石英闪长岩；Ⅳ—流纹英安岩；Ⅴ—石英粗安岩；Ⅵ—流纹岩；Ⅶ，Ⅷ—碱性花岗岩；箭头方向表示亚杂砂岩和长石砂岩石英含量降低的方向

凝灰岩、凝灰岩及钙质泥岩，属中基性火山岩、火山碎屑岩夹细碎屑岩组合。

黄莺屯组为赋矿层位，其中上部变钙质粉砂岩及与粉砂岩互层的纹层状大理岩，为有利的赋矿围岩，当粉砂岩中胶结物粘土增多时可形成板岩，钙质增多时则形成灰岩。微层理发育的岩段，高含碳质及同生黄铁矿，应属于浅海有障壁的还原条件下形成。下部变质火山岩主要为变英安岩及变流纹

黄金地质研究所
信息室 提供

岩，内含细碎屑岩夹层。黄莺屯组岩石变质程度不高，可按变余结构直接恢复原岩。

2 组地层从老到新由基性—中性—酸性—正常沉积，代表了一个完整的地槽演变史。

矿区内印支期和燕山期岩浆岩广泛出露，其中印支期石英闪长岩体超覆于含矿层之上，燕山期花岗岩类，主要为钾长花岗岩，呈岩墙出露于矿体下盘，测定年龄为 158 Ma（K-Ar 法），150 Ma（U-Th-Pb 等时年龄），燕山晚期酸性火山熔岩-流纹斑岩等（全岩 K-Ar 年龄 134～67 Ma）。岩浆岩的演化具有硅、碱质增加特征，燕山期岩浆岩 K_2O+Na_2O 均大于 8%，并且 $K_2O>Na_2O$（表 2）。

表 2　山门银矿区岩浆岩化学成分

岩体名称	时　代	岩石名称	w(B)/%										
			SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	MnO	H_2O	K_2O	P_2O_5
道靠子岩体	印支期	黑云母闪长岩	56.82	0.75	17.75	1.81	4.58	4.05	6.46	0.15	4.37	1.81	0.31
		石英闪长岩	60.22	0.75	16.71	1.59	3.93	3.33	4.35	0.10	3.94	3.05	0.31
		石英二长闪长岩	61.12	0.60	17.30	2.29	3.19	2.94	4.00	0.14	4.13	2.62	0.16
卧龙岩体	燕山早期	钾长花岗岩	73.39	0.14	13.94	1.08	0.88	0.56	0.89	0.04	3.65	5.05	0.16
脉岩群	燕山晚期	细粒二长花岗岩	69.17	0.16	15.89	1.81	0.82	0.52	1.34	0.11	3.81	4.23	0.08
		花岗斑岩	71.28	0.06	13.32	0.68	1.26	0.58	2.24	0.04	3.29	4.90	0.04
		流纹斑岩	77.23	0.04	12.10	1.12	0.34	0.25	0.35	0.01	3.64	4.20	0.04

据傅数德等，1990。

伴随印支—燕山期及燕山晚期 2 次岩浆活动，区内形成的 NNE 向断裂系统 2 次韧性变形，晚期叠加的脆性变形，形成碎裂岩、碎斑岩、角砾岩，矿体严格受控于裂隙系统中。

矿体呈似层状、透镜状及脉状产出，在平面及剖面上均近平行，以左行斜列展布（图 4～5），主矿体赋存于石英闪长岩与黄莺屯组大理岩夹变质粉砂岩接触断裂带靠地层一侧，长大于 1 800 m，已控斜深 400 m，平均厚度约 4 m。矿体在走向拐弯或陡倾部位厚度增大或层数增多，并向深部变缓尖灭。银品位中等。普遍含金，有时可达工业品位。

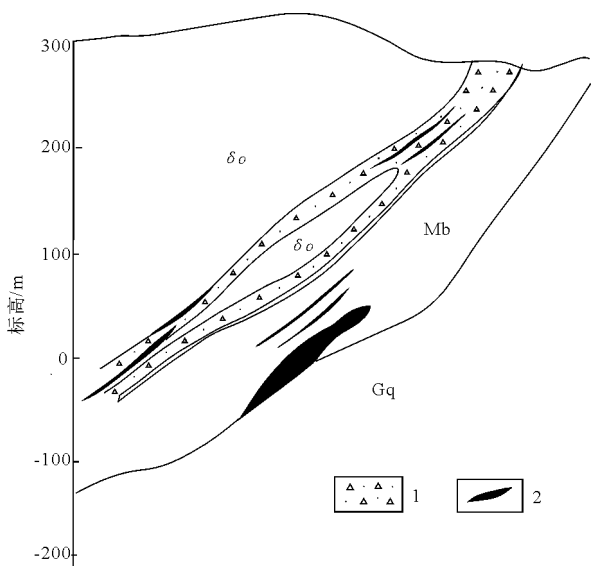


图 4　山门银矿剖面图（据傅数德等，1990）

Mb—大理岩（含变质粉砂岩）；Gq—浅粒岩、蚀变混杂岩；δo—石英闪长岩；1—构造破碎带；2—矿体

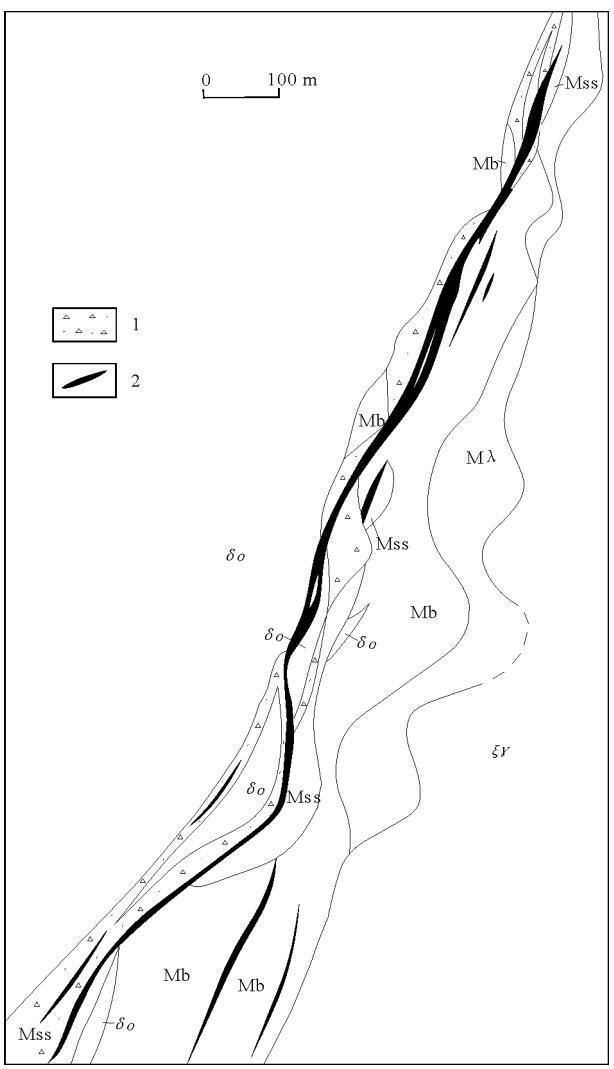


图 5　山门银矿平面地质图（据傅数德等，1990）

Mb—大理岩；Mss—变泥质粉砂岩；Mλ—变流纹岩；δo—石英闪长岩；ξγ—钾长花岗岩；1—构造破碎带；2—矿体

黄金地质研究所
信息室 提供

根据62个工程统计，银、金品位在100～200 m标高同步增减，100 m标高以下银逐步降低而金升高，显示银富集于浅部（图6）。（Pb+Zn）/Ag值200 m标高以下有规律地升高（表3）。反映了矿区成矿元素的富集具有垂直分带现象。

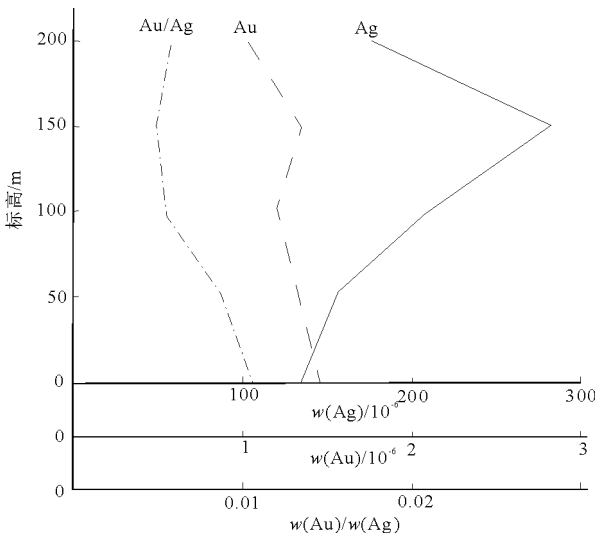


图6 银、金含量垂向变化曲线（据傅数德等，1990）

表3 不同标高元素比值变化

标高/m	Au/Ag	Pb/Ag	Zn/Ag	Zn/Pb	(Pb+Zn)/Ag
200	0.006	5.9	6.3	1.07	12.2
150	0.006	6.8	11.9	1.75	18.6
100	0.005	8.1	9.9	1.22	18.1
50	0.008	16.2	16.9	1.04	33.1
0	0.014	16.3	14.5	1.50	40.9

据傅数德等，1990。

矿石中银主要呈独立矿物出现，主要银矿物为辉银矿（包括螺状硫银矿）、自然银，少量或偶见深红银矿、硫砷铜银矿、硫锑铜银矿、硫铜银矿、六方锑银矿及金银矿，含银矿物有锌银黝铜矿。

辉银矿粒径一般为0.03 mm，大者达0.17 mm，不规则粒状，主要与方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、锌银黝铜矿连生；常见被自然银交代现象；少量呈微包体在脉石石英中。

自然银成色高，含银＞99%，含微量金及少量铜，粒度0.1～0.05 mm，最大0.6 mm。呈细粒集合体与方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、锌银黝铜矿连生，沿其边缘分布，偶见与六方锑银矿紧密共生，及与硫砷铜银矿、硫锑铜银矿连生；呈包裹体被包于硫化物中；呈网脉或显微脉状，有时与深红银矿共生呈脉体充填于硫化物或石英裂隙中。

锌银黝铜矿及含银锌黝铜矿为矿区中较常见矿物，锌银黝铜矿中银含量12.26%，含银锌黝铜矿中银含量4.3%（表4～5）。它们呈粒状集合体与方铅矿、闪锌矿连生，粒径0.025 mm；或呈显微脉状分布于闪锌矿中；与方铅矿、深红银矿呈细脉产出。

表4 锌银黝铜矿电子探针分析结果 w（B）/%

样号	Cu	Ag	As	Sb	Fe	Zn	Σ
P-4	30.29	11.643	2.381	24.896	0.207	6.742	100.006
P-17	29.646	12.882	1.591	26.827	0.378	7.378	101.083
平均	29.968	12.263	1.988	25.862	0.293	7.06	100.546

据傅数德等，1990。

表5 含银锌黝铜矿电子探针分析结果 w（B）/%

样号	Cu	Ag	S	As	Sb	Fe	Zn	Σ
P-5	36.546	4.435	24.003	2.667	0.512	6.550	25.661	100.373
P-18	36.464	3.989	23.402	1.288	0.527	7.223	28.274	101.167
P-19	34.906	7.81	23.212	1.199	0.458	6.952	25.857	100.394
P-20	36.350	3.034	22.868	1.182	0.407	7.088	28.88	99.809
平均	36.07	4.317	23.371	1.584	0.476	6.953	27.168	100.439

据傅数德等，1990。

金矿物主要是银金矿，少量自然金。银金矿中金的成色大多在600左右，主要呈粒径约0.01 mm的包体出现，分布于黄铁矿或闪锌矿等硫化物及石英中。

矿石中的金属硫化物按含量的多寡依次为黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿，前三者均为银矿物载体。黄铁矿与银金矿的关系更为密切，黄铁矿的晶出贯穿成矿作用的始终，呈五角十二面体聚晶或星散浸染状、脉状产出，粒度0.2～0.5 mm。方铅矿呈稠密浸染或团块状产出，粒度0.1～0.5 mm。闪锌矿的铁含量低，平均为0.12%，常呈黄色、棕色他形粒状集合体，粒度0.3～0.5 mm。矿石中的非金属矿物主要为石英。

矿石构造以浸染状、细脉浸染状为主，硫化物及少量银矿物呈浸染状或细脉状分布于脉石中。

围岩蚀变有1）赤铁矿化（红化），主要见于矿床上盘的石英闪长岩中，空间上与接触交代混染带基本一致，宽度可达500 m以上，系针状、粒

状赤铁矿散布于斜长石晶粒间，使斜长石呈深浅不一的红色。2）伊利石-绢云母（水云母）化，具多期次相互叠加特点，晚期伊利石-绢云母化叠加于早期伊利石-水云母化之上，多分布于控矿主断裂两侧，呈浅蓝绿、黄绿及灰绿色，靠近矿体蚀变强烈时，除交代斜长石、黑云母外，还交代石英，形成绢云母。3）黄铁矿化，发育在矿体及近矿围岩中，贯穿于矿化热液期始终，一般蚀变期粒度较大，以五角十二面体、立方体为主，成矿期以 0.1～0.5 mm 半自形粒状或细脉状分布于脉石英中。4）硅化，为最主要的蚀变，与矿体紧密伴生，并叠加在断裂带两侧之蚀变岩及构造角砾岩上。硅化有多期，其中早期硅化以交代为主，呈灰色，局部玉髓状，晚期呈白色细脉叠加于早期硅化之上。5）碳酸盐化，为分布最广及延续时间最长的蚀变，早期为铁白云石化，与伊利石-水云母共生，晚期为方解石，主要分布于矿体下盘大理岩及变质粉砂岩中。

主要蚀变以矿体为轴心，呈线性对称分布，即中心为硅化带（含矿体），两侧依次出现黄铁绢云岩带，铁白云石及石英-方解石带，然后上盘为赤铁矿化带，下盘为伊利石-水云母化带（图 7）。

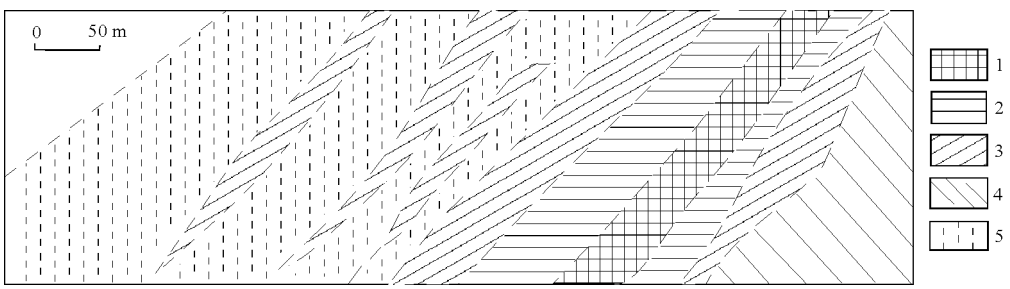


图 7　山门银矿围岩蚀变水平分带图（据傅数德等，1990）

1—硅化带；2—黄铁绢云岩带；3—铁白云石及石英-方解石化带；4—伊利石-水云母化带；5—赤铁矿化带

成矿分 2 个主要阶段 1）石英-银、金属硫化物阶段，金属矿物总量约 3%，为黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、锌银黝铜矿及辉银矿、自然银组合，非金属矿物以石英为主，多呈灰色，角砾构造发育，本阶段构成工业矿化主体。2）石英-银、金、金属硫化物阶段，本阶段的矿物组合中出现了金矿物，矿物组合中以黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、自然银、银金矿为主，石英为白色，以细脉或网脉出现。与前期矿化叠加往往形成银的富集地段。

按成矿前锋蚀变、成矿期及石英-方解石阶段测温结果见表 6，主矿化阶段之温度区间为 150～180 ℃。

表 6　测温结果

蚀变矿化阶段	测定矿物	测定方法	温度范围/℃	平均值/℃	阶段区间值/℃
黄铁绢云岩	黄铁矿 绢云母	爆裂法	220～190 300～280	245	300～210
主矿化	石 英 黄铁矿 闪锌矿 闪锌矿、方铅矿	均一法 爆裂法 均一法 硫同位素计温	192～125 180～170 160～110 336～140	123 175 150 180	188～150
石英-方解石	石 英 方解石	均一法	200～118 178～100	162 146	162～146

据傅数德等，1990。

成矿盐度总体较低，主矿化阶段 4.8%～6.45%。压力 44.3×10^6～80×10^6 Pa，估算成矿深度 1～3 km。

成矿溶液组分由主矿化阶段到石英-方解石阶段总的演化趋势：碱质成分降低，F^-，Ca^{2+}，Mg^{2+} 增加，碱质成分中是 K^+ 大幅度降低而 Na^+ 升高（表 7）。

矿区不同地质体硫同位素组成见表 8，其中矿石及矿化带硫化物硫同位素组成图见图 8，总体显示 $\delta^{34}S$ 以负值为特征，极差较大，可能反映了硫的多源性。

氢氧同位素的测定结果见图 9，投点全部落入岩浆水与大气降水之间，并随成矿阶段的演化大气降水成分增加。

黄金地质研究所
信息室 提供

表 7 不同成矿阶段包裹体成分

成矿阶段	测试样品	液相组分/10^{-5}							气体组分/10^{-6}					
		Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_2	H_2O	H_2	N_2	CH_4	CO
主矿化阶段	石英(9样平均)	10.16	21.32	0.20	0.33	0.58	8.14	23.24	86.11	2 649.11	0.119 6	1.623	1.55	3.51
石英-方解石阶段	方解石(DF-6)	14.1	0.80	8.14	7.8	16.5	5.4		200.00	555.00				

据傅数德等，1990。

表 8 不同类型地质体硫同位素组成

地质体	测定矿物	样品数	$\delta^{34}S$/‰ 变化范围	$\delta^{34}S$/‰ 平均值	极差/‰	标准差/‰
二长花岗岩、细粒斜长花岗岩、石英闪长岩		3	0.5～−1.0	−0.76	2.4	0.71
变质粉砂岩、大理岩	黄铁矿	8	−1.80～−30.3	−12.00	28.44	7.01
黄铁绢云岩		12	−1.2～−9.6	−4.2	0.4	2.41
矿体及矿化带	黄铁矿	23	1.79～−4.6	−1.47	2.84	1.63
	闪锌矿	12	−1.18～−8.7	−3.89	7.52	2.00
	方铅矿	13	−2.7～−114	−8.74	8.70	2.10
黄铁矿、方铅矿化白云石-石英脉	黄铁矿	1	−1.0			
	方铅矿	1	−12.6			
	黄铜矿	3	−6.3～−7.6	−0.90	1.3	1.89
全区矿体及矿化带		67	1.79～−12.6	−4.1	14.39	3.23

据傅数德等，1990。

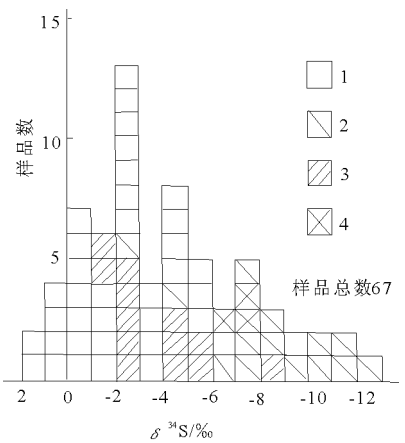


图 8 山门银矿硫同位素组成直方图（据傅数德等，1990）

1—黄铁矿；2—方铅矿；3—闪锌矿；4—黄铜矿

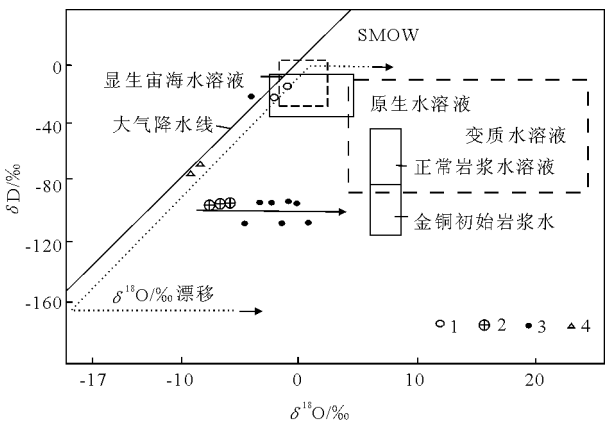


图 9 包裹体中流体氢氧同位素组成图解（据傅数德等，1990）

1—黄铁绢云岩阶段热液水；2—石英-方解石阶段热液水；3—主硅化、主矿化阶段热液水；4—山门地区现代水

区域地层及岩浆岩微量元素测定，西保安组、黄莺屯组、钾长花岗岩、流纹斑岩银含量分别为 0.088×10^{-6}，0.08×10^{-6}，0.107×10^{-6}，0.102×10^{-6}，为地壳克里克值的 1.25，1.14 倍及酸性岩浆岩的 2.15，2.04 倍。而赋矿围岩黄莺屯组中的变英安岩、变质粉砂岩、大理岩中银的含量由区域（0.08）到矿区（0.27～1.17）到近矿围岩（0.58～0.94）有规律地增长。

山门银矿区基底构造层海相火山-沉积岩系具有较高的银背景值，并有从区域到矿区到近矿围岩逐步增长趋势；中生代岩浆活动中，岩石化学成分向高硅、高钾演化，利于银的迁移、聚集。矿床是在海底火山喷发-沉积矿源层基础上，在环太平洋构造运动、特别是燕山期岩浆活动中，岩浆水与大气降水（晚期大气降水为主）对流循环，在低温、低盐度介质中，长期萃取成矿物质聚集而成，中生代的岩浆活动，既提供热源、促使成矿物质的运移、聚集，可能也部分提供物源。

摘自《中国银矿床主要类型及矿床特征》

内蒙古额仁陶勒盖银矿床

矿床大地构造位置属额尔古纳兴凯褶皱带与大兴安岭华力西褶皱带之接壤部位，矿区处于得尔布干深断裂带之西侧。区内出露最老的地层为古生界寒武奥陶浅变质岩系，有白云质大理岩、结晶灰岩、石英岩、板岩、变质砂岩、变粒岩等，局部夹火山熔岩。而邻区见新元古代结晶片岩。华力西构造运动期，大量花岗岩类上侵，使上述古老岩系呈残留体零星出现于花岗岩岩基中，燕山期构造-岩浆活动使本区受到强烈改造，形成了以 NNE 向为主干的断裂系统及火山岩浆岩带，燕山早期有花岗岩、花岗闪长岩类侵入，燕山晚期则有呈岩墙、岩脉的浅成、超浅成杂岩侵入，金矿床的形成与本期火山杂岩关系密切。

矿区的火山岩类以上侏罗统塔木兰沟组上段的中基性熔岩为主，为安山岩、玄武安山岩，局部出现玄武岩，其间有火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩夹层，上侏罗统上库力组下段酸性熔岩及其火山碎屑岩，零星分布于其上。安山岩为主要赋矿围岩，杏仁状构造发育，其中充填物为玉髓、方解石等。

火山岩演化趋势表明，由玄武岩-安山岩-流纹岩的硅、碱含量升高，尤为明显的是 K_2O 骤增，而 Na_2O 呈反向变化，流纹岩 SiO_2 平均 76.6%，$K_2O/Na_2O=51.75$。与成矿有关的次火山岩——流纹斑岩、石英斑岩具有相同演化趋势，只是碱度增幅小，石英斑岩中 SiO_2 高达 79.38%，$K_2O/Na_2O=60$。石英斑岩钾-氩年龄为 120 Ma。

火山岩里特曼指数在 1～4 之间，多数为 1.8～3.3，说明为以钙碱系列为主的火山岩系。

火山岩及次火山岩中银的丰度值均高，远超过同类岩石丰度（维氏），安山岩为 1.024×10^{-6}，流纹岩 2.71×10^{-6}，分别为同类岩石之 15，54 倍；石英斑岩为酸性岩的 39 倍。

已见矿体主要赋存于上侏罗统塔木兰沟组安山岩中，总体受 NNW 向断裂控制，其中含 7 条同向展布的断裂，少数矿体产于与 NNW 向断裂交会的 NE 向断裂中，矿区南部标高相对低的部位见石英斑岩侵入于流纹斑岩中，两侧流纹斑岩角砾发育。矿体一般由数条单脉组成，平行展布，以石英脉（或硅化体）为核心，两侧为强硅化角砾状安山岩（图 1）。已控最大矿体长度>1 000 m，延深 480 m（图 2～3）。

矿脉中常出现梳状、晶洞状构造及非金属矿物对称排列之条带状、角砾状构造。硫化物、偶有银矿物呈浸染状和细脉状在隐晶质块状石英或细脉状石英中，或充填于角砾间孔隙中。氧化带常出现硬锰矿的胶状、肾状构造及软锰矿的薄膜状构造等。

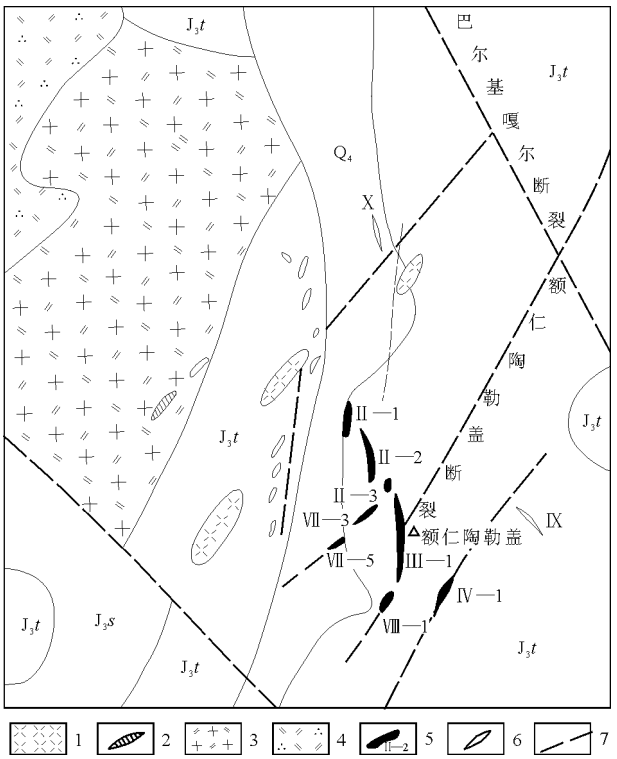


图 1　额仁陶勒盖矿区地质简图（据傅金德等，1991）

Q_4—第四系；J_3s—上库力组；J_3t—塔木兰沟组；1—燕山晚期流纹斑岩；2—燕山晚期石英二长斑岩；3—燕山早期二长花岗岩；4—燕山早期花岗闪长岩；5—银矿体及编号；6—石英脉；7—推断断层

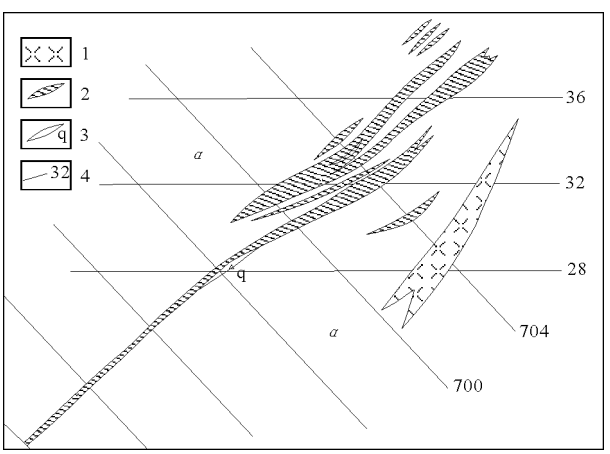


图 2　400 m 标高水平断面图（据傅金德等，1991）

α—安山岩；1—流纹斑岩；2—矿体；3—含矿石英脉；4—勘探线及编号

黄金地质研究所
信息室 提供

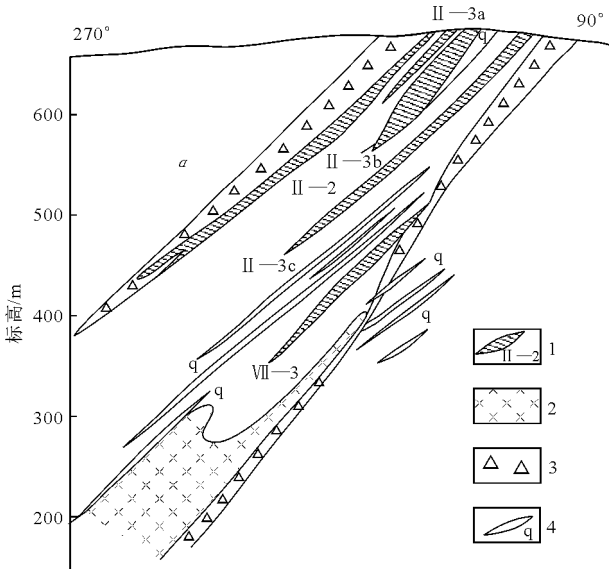


图 3　额仁陶勒盖矿区 36 线剖面图（据傅金德等，1991）

α—安山岩；1—矿体及编号；2—流纹斑岩；3—角砾岩带；4—含矿石英脉

银矿物中最多见者为辉铜银矿，其次为自然银，其他银矿物有辉铜银矿、深红银矿、金银矿（金银互化物中还有银金矿、自然金）等，含银矿物有锌银黝铜矿、锑银黝铜矿等。矿床的浅表部位偶见有硒取代硫而出现的硒银矿、辉硒银矿，以及银的卤化物——角银矿、溴银矿及碘银矿，以角银矿为主，角银矿中常有不等量之 Br 取代 Cl。

经电镜扫描及探针等分析认为，银主要呈独立矿物出现，原生带银矿石中银矿物主要以包体或裂隙银的形式赋存于硫化物及石英中；氧化带自然银、自然金及银的卤化物镶嵌于硬锰矿、软锰矿、锰钾矿中，辉银矿赋存于针铁矿、水针铁矿中，而褐铁矿中银含量低，胶状黄铁矿中偶见硫锑铜银矿。由于硬锰矿及水针铁矿等为胶体，估计部分银在氧化带将以离子吸附形式存在，以及少量银以类质同象存在于硫化物中。据内蒙古地矿局实验室测定银的分配率：银的硫化物及硫盐占 75% 左右，自然银占 3.3%～4.6%，卤化物占 3.3%～3.8%，碳酸盐及难溶硅酸盐约占 5%。

金属硫化物成分简单，有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿及少量黄铜矿、黝铜矿。闪锌矿以褐色、褐黄色为主，铁含量低，一般为 1% 左右。矿石的成分，不论是原生矿还是氧化矿均以 SiO_2 为主，硫化物含量＜2%，Pb＋Zn＜0.5%。工业矿石类型属银矿石，有少量银金矿石。

围岩蚀变有明显的分带性，成矿前蚀变为青磐岩化，出现黄铁矿、绿泥石、绢云母、碳酸盐等矿物，其宽度有时可达 1～2 km，与成矿关系最密切的蚀变为硅化、绢云母化，毫无例外地沿矿体两侧呈线状分布，晚期蚀变为冰长石、碳酸盐化，分布较局限，仅在矿化带中心部位出现，未出露于地表，但沿倾向延伸大于硅化带（图 4～5）。

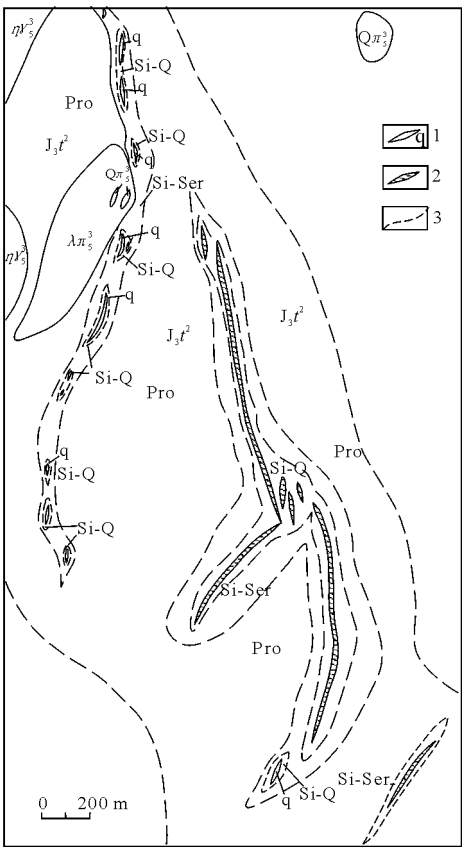


图 4　额仁陶勒盖银矿床蚀变分带略图（据傅金德等，1991）

J_3t^2—塔木兰沟组安山岩；$\eta\pi_5^3$—燕山晚期二长花岗岩；$\lambda\pi_5^3$—燕山晚期流纹斑岩；$Q\pi_5^3$—燕山晚期石英斑岩；Si-Q—强硅化带；Si-Ser—硅化绢云母化带；Pro—青磐岩化带；1—矿化石英脉；2—银矿体；3—蚀变带界线

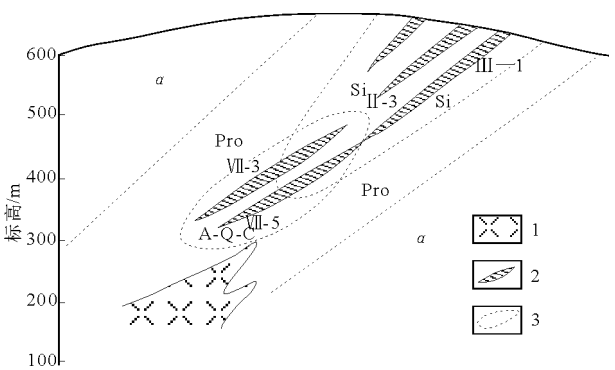


图 5　32 勘探线剖面矿化蚀变分带示意图（据傅金德等，1991）

α—安山岩；Si—硅化带；A-Q-C—冰长石石英碳酸盐化带；Pro—青磐岩化带；1—流纹斑岩；2—银矿体；3—蚀变界线

成矿阶段分热液期及表生期，热液期又分为1）黄铁矿-石英阶段，以含星散状黄铁矿、显晶质块状石英为特征，网格状构造（可能为震裂痕迹），并含棱角状青磐岩化安山岩角砾，少量其他硫化物，本阶段仅具矿化意义。2）银-硫化物-石英阶段，以暗灰色隐晶质石英为特征，切穿或“胶结”早期白色石英，形成灰白相间的致密块状石英体，具角砾状构造，含蚀变安山岩及石英角砾。闪锌矿、方铅矿、黄铁矿和微量黄铜矿呈浸染状分布，银矿物广泛出现，为主要成矿阶段。3）银-硫化物-碳酸盐阶段，脉石矿物具特征性的冰长石、蔷薇辉石、石英及铁锰碳酸盐组合，以铁锰碳酸盐为主体，有铁菱锰矿、菱锰矿、锰菱铁矿、锰方解石等。金属硫化物呈浸染状或脉状产出，各类银矿物也相对发育，并见少量辰砂。本阶段含矿脉体中见冰长石、石英、碳酸盐类矿物从脉壁到中心呈对称带状分布，显浅成热液矿床特有之结构特征。

表生期广泛出现玉髓、蛋白石、胶状方解石及高岭石、蒙脱石、伊利石等粘土矿物，胶状硬锰矿、肾状硬锰矿、土状软锰矿、褐铁矿、黄钾铁矾等少量的锰钾矿。由于热液期锰碳酸盐较发育，经淋滤后，呈黑色胶状硬锰矿充填于矿化安山岩角砾间孔隙中，将含矿角砾勾划得特别清晰，为良好的找矿标志。银经氧化富集，局部地段品位可 10 倍于原生矿。

采用石英中气液包裹体均一法测定温度，获得153 个数据，温度变化在 199～390 ℃，未获得明显的各成矿阶段的温度数据，疑为不同矿化阶段叠加于同一空间，选择样品时难以区分所致。

矿区硫同位素组成特征显示，$\delta^{34}S$ 以正值为主，平均为 2.29‰，偏离零值不大，呈塔式分布，具岩浆硫同位素特征，表明硫源来自深源熔浆（表1）。

在矿化中心部位钻孔中取得的石英氢氧同位素样品，$\delta^{18}O$ 和 δD 值表明成矿流体系岩浆水与大气降水之混合体，对比不同深度的 $\delta^{18}O$ 值可看出，

表 1　矿石硫同位素组成

采样位置		$\delta^{34}S$/‰		
钻孔号	深度/m	黄铁矿	闪锌矿	方铅矿
ZK3204	215	3.316	1.251	−3.960
ZK3204	282	3.436		
ZK3204	144		1.704	
ZK3204	152		4.451	
ZK3205	263		3.740	
ZK3205	327		2.999	1.743
ZK3005	320		2.529	
ZK70001	323		4.077	
ZK70001	392		3.042	1.912
ZK3204	167		3.03	1.052

据傅金德等，1991。

标高越高成矿流体中大气降水的成分越大。

含矿石英脉的稀土配分曲线与石英斑岩相似（图 6），反映了二者的亲缘关系。

额仁陶勒盖银矿床，应属于次火山热液矿床。

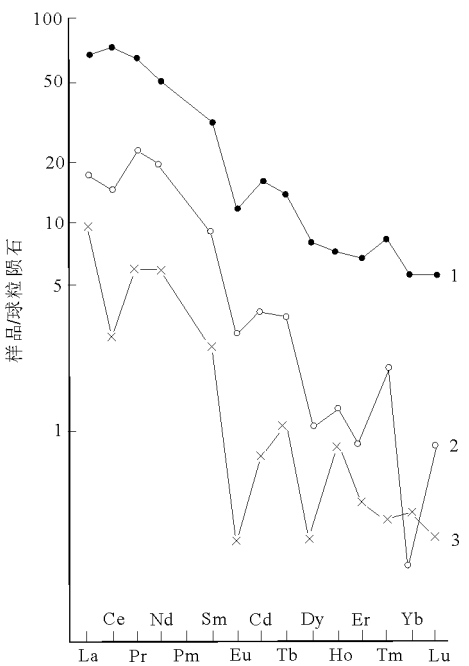


图 6　稀土元素球粒陨石标准化图（据傅金德等，1991）
1—石英斑岩；2—QI-1 石英脉；3—ZK36 石英脉

摘自《中国银矿床主要类型及矿床特征》

浙江后岸银矿床

浙江后岸银矿床位于新昌县城东约 8 km，处于浙东火山活动亚带北部。

地层为上侏罗统的安山岩、英安岩、流纹岩及其相应火山碎屑岩。北部及东部边缘为上第三系上新统的气孔状玄武岩，底部为砂岩。中部为下白垩统紫色砂砾岩夹流纹质角砾凝灰岩；英安岩、砂砾岩、砂泥岩、凝灰岩、安山岩；英安岩，流纹岩及其凝灰岩。后岸矿床处于拨茅银矿田第二成矿带中，是矿田中主要的成矿带，也是矿田中一个重要的矿床，位于拨茅破火山口的近中心部位，即后岸火山西侧，F_3 与 F_4 环状断裂的交切部位（F_3 为一条环状隐伏断裂，呈近 EW 向展布的椭圆形，直

黄金地质研究所
信息室 提供

径4～5 km，位于破火山喷发中心的外缘；F_4 为破火山萎缩通道）。容矿围岩是朝川组早期和中期的火山碎屑岩（K_1C^1—K_1C^2）。矿区内共有NNW向和近SN向2条张性断裂带，矿体主要产于近SN向的断裂带中。工业矿体主要有3条（图1）。

Ⅰ—1矿体走向190°，倾向SE，倾角47～66°，长250 m，平均厚2.1 m，控制斜深×××m，银品位最高 436.8×10^{-6}，Au平均 0.19×10^{-6}，Cu平均0.09%，Pb平均0.73%。

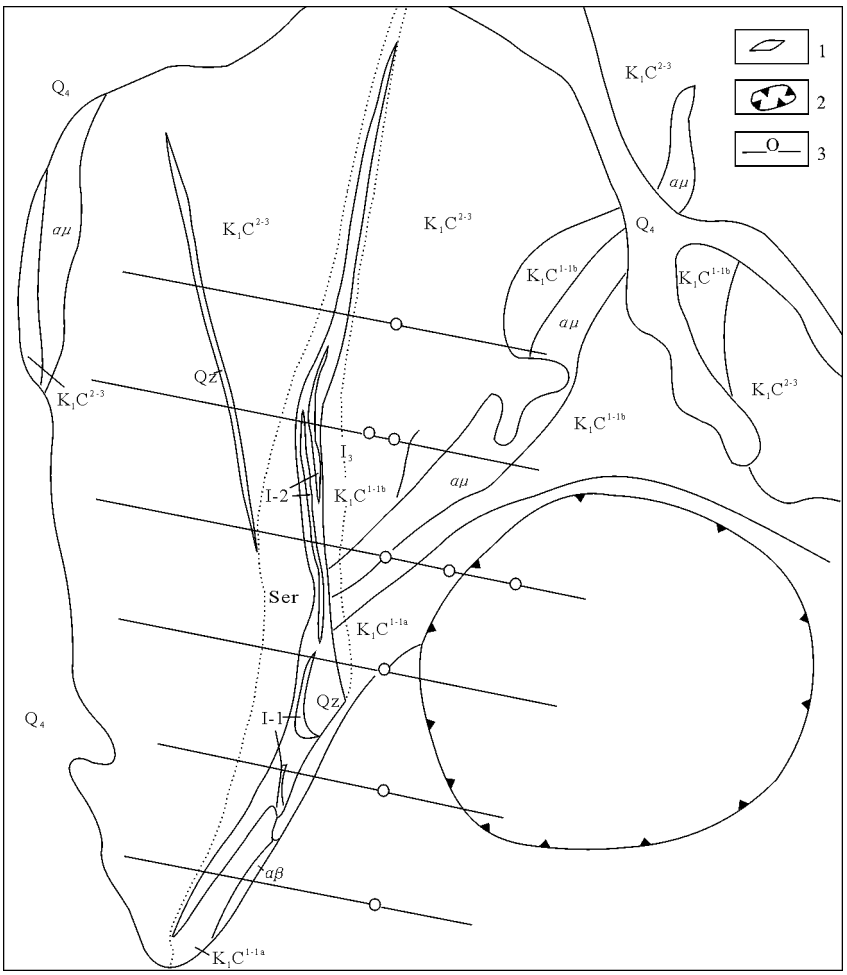


图1 浙江后岸矿区地质略图

Q_4—第四系；K_1C^{1-1a}—砂砾岩；K_1C^{1-1b}—泥岩，粉砂岩；K_1C^{2-3}—集块岩，凝灰角砾岩；$\alpha\beta$—安玄玢岩；$\alpha\mu$—安山玢岩；Qz—交代石英岩和黄铁绢英岩带；Ser—绢云母化带；1—矿体及编号；2—火山通道；3—勘探线及钻孔

Ⅰ—2矿体走向190°，倾向E，倾角53～66°，长350 m，平均厚3.63 m，控制斜深×××m，银品位最高 401.83×10^{-6}，Au平均 0.32×10^{-6}，Cu平均0.43%，Pb平均0.49%，Zn平均0.90%。

Ⅰ—3矿体产状同Ⅰ—2矿体，长××m，控制斜深×××m，平均厚2.31 m，银平均品位 271.97×10^{-6}，最高 404.44×10^{-6}，Au平均 0.20×10^{-6}，Cu平均0.09%，Pb平均0.28%，Zn平均0.44%。

矿体呈脉状赋存于朝川组陆相火山岩中，位于下段到中段，岩性为含集块角砾凝灰岩、含角砾玻屑凝灰岩、安山岩、玄武玢岩等，矿体产于硅化带中。

本矿床氧化带不发育，矿石为块状，角砾状、细脉状、浸染状，Ⅰ—1矿体以块状为主，Ⅰ—2，Ⅰ—3矿体以角砾状为主。

主要银金矿物为脆银矿、螺状硫银矿、辉银矿、硫锑铜银矿、银黝铜矿。金属矿物为黄铁矿、闪锌矿。非金属矿物为石英、绢云母。主要载银矿物是方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿。

围岩蚀变以硅化为主，其次为绢云母化、黄铁绢英岩化、绿泥石化、黄铁矿化、绿帘石化、重晶石化、萤石化、碳酸盐化、高岭石化。

矿化分为6个阶段，其中石英-硫化物阶段

（第三阶段）是银的富集阶段，此阶段晚期的矿物共生组合中银的富集程度最高。

在石英-硫化物早阶段，均一温度 225～303 ℃；在石英-硫化物晚阶段及萤石-石英阶段均一温度 112～148 ℃。

石英包裹体 pH 值测定为 6.08～6.02，应属中性—弱碱性。硫同位素 $\delta^{34}S$ 值变化于 −9.81‰～3.83‰，平均值 3.38‰。$\delta^{34}S$ 多为负值。中晚期热液的 δD 变化范围为 −5.81‰～−7.47‰。K-Ar 年龄测定矿床成矿时代在 74.9～84.7 Ma。

后岸银矿床应属于与中生代火山热液作用有关的浅成低温热液矿床。

摘自《国内外金银矿床图册》

内蒙古甲乌拉银-多金属矿床

甲乌拉矿床（包括查干布拉根银-铅-锌矿区）位于内蒙古新巴尔虎右旗 NW 方向 40～48 km 处，北距满洲里市 150 km。

本区位于 NE 向额尔古纳—呼伦深断裂带的西侧，古生代外贝加尔褶皱系与大兴安岭褶皱系衔接部位。构造分区属甲乌拉—阿敦楚鲁断隆。褶皱有额尔登乌拉背斜，轴向 NE，长 20 km，核部由元古宙结晶片岩组成。甲乌拉背斜，轴向由 NW 转为 NE，核部由元古宙结晶片岩组成。甲乌拉背斜，轴向由 NW 转为 NE，核部由二叠系安山岩组成。沃尔滚花背斜，轴向 NW，由二叠系砂砾岩组成核部。断裂以 NW 向为主，NE 向次之，规模最大者为 NW 向木哈尔断裂与甲乌拉—查干布拉根断裂，2 断裂所限宽 6 km，长 15～20 km。在其范围内是矿床的构造较发育的地段。

地层出露有新元古界佳疙疸群，为一套绿色片岩、二云母石英片岩、千枚岩及绢云母石英片岩等。上古生界上二叠统老龙头组，下部为绿泥石化、绿帘石化安山岩，玄武安山岩和玄武岩等；中部为粉砂岩、粉砂质板岩、凝灰质砂岩、片理化酸性凝灰岩、流纹岩及安山岩；上部为灰色变质砂砾岩、变质粗砂岩、凝灰质砂岩和凝灰岩等。厚度大于1 370 m。中生界上侏罗统塔木兰沟组，上部为灰紫色安山岩、安山质角砾熔岩；下部为灰—灰紫色安山玄武岩。厚度大于 1 261 m。木瑞组为灰—灰黄色砂岩、粉砂岩、凝灰质砂砾岩、厚度大于 100 m。库力组下段为酸性熔结凝灰岩、含角砾晶屑熔结凝灰岩、酸性晶屑凝灰岩、层凝灰岩及粉砂岩、流纹岩；中段为以杏仁状安山岩、多斑安山岩、粗安岩、玄武安山岩、英安岩为主；上段为以流纹岩、流纹斑岩及其砾屑岩类为主。新生界第三系始—渐新统呼查山组，上部为砾岩、砂岩夹粉砂岩；中部为粉砂质泥岩、长石砂岩、碳质泥岩、碳质页岩；下部为砖红色泥岩夹薄层粉砂岩。厚度大于 600 m。还有新生界第四系。

侵入岩有华力西晚期的斜长花岗岩。燕山早期的黑云母花岗岩、白岗岩。燕山晚期有次安山玢岩、长石斑岩、石英长石斑岩、石英斑岩、花岗斑岩、石英二长斑岩、二长斑岩等。

矿区构造有 5 组：1）NW 或 NNW 向张扭性控矿断裂，断裂方向 320～350°之间，个别近 SN 向；2）放射状控矿裂隙系统，甲乌拉矿区南部以石英斑岩体为收敛而大致呈扇形排列的放射状裂隙系统，位于古生代褶皱轴向的转折端（由 NW 折向 NWW）；3）层间控矿构造带，轴向由 NNW 往 NWW 转折的褶皱，枢纽部位附近出现层间褶皱，安山岩与砂砾岩层产生 NNW 向层间构造错动带及构造虚脱带；4）环形构造带，石英斑岩体边缘半环状构造角砾岩带；5）NWW 向控矿剪切（构造破碎）错动带，位于甲乌拉—查干布拉根断裂附近，走向 280～290°，破碎带亦为张扭性，剪切错动破碎带就在花岗岩南侧的流纹岩、砂板岩及长石斑岩中（图 1）。

甲乌拉银-铅-锌矿床有 40 余条矿体，均产于构造破碎带中，主要矿体与放射状扇形排列的裂隙带有关，也与 NNW 向张扭性断裂有关，矿体走向 320～350°的矿脉占 70%，并占矿区多金属及银储量的绝大部分。2 号矿体为矿区最大的矿体，走向 320～350°，向 SW 倾，倾角 50～65°，矿体长×××m，平均水平厚×m，呈脉状，延深大于×××m，品位变化系数为 70%～147%，厚度变化系数为 72%。

矿石工业类型有铅-锌矿石、铅-锌-银矿石、铜-铅-锌-银矿石、铜-锌矿石、铜-银矿石、锌矿石等。主要金属矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿。非金属矿物有石英、绿泥石、绢云母、伊利石、水白云母、白云石、方解石、斜长石等。银以方铅矿、黄铜矿为主要载体矿

黄金地质研究所
信息室 提供

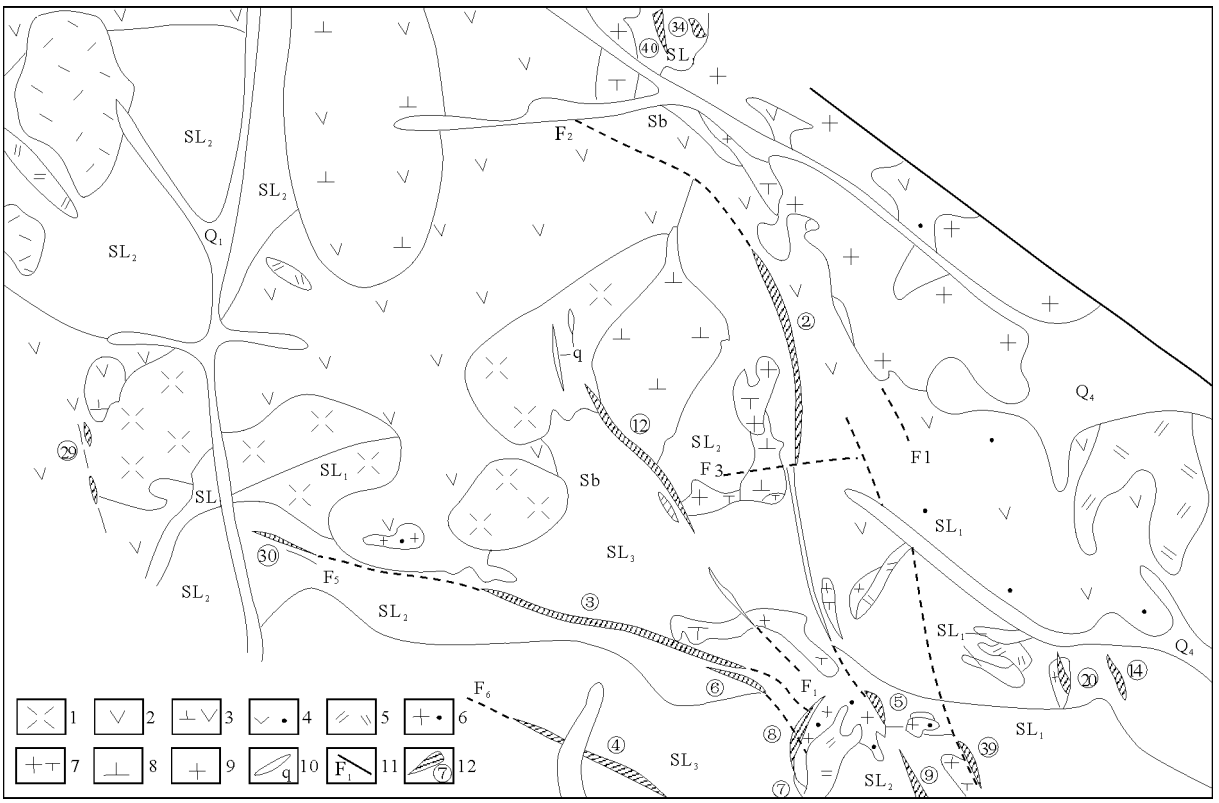


图 1　内蒙古甲乌拉银-多金属矿区地质图

Q_4—第四系松散沉积；Sb—上二叠统泥质板岩，碳质板岩，粉砂岩；SL_3—上二叠统细砂岩，中粗砂岩；SL_2—上二叠统砂砾岩，凝灰砂岩；SL_1—凝灰砂砾岩，凝灰岩；1—上侏罗统流纹岩；2—上侏罗统安山岩；3—上侏罗统英安岩；4—上二叠统蚀变安山岩；5—石英二长斑岩；6—石英斑岩；7—长石斑岩；石英长石斑岩；8—流纹斑岩；9—次闪长玢岩；10—黑云母斜长花岗岩；11—断层及编号；12—矿体及编号

物，其次为闪锌矿、黄铁矿。银矿物有硫锑银矿、含银辉铋铅矿、银黝铜矿、自然银、辉银矿、碲银矿、含硫铋铅银矿等。还有少量的自然金。

矿石构造有块状、团块状、角砾状、浸染状、脉状。矿石结构有自形—半自形粒状、他形粒状、包含、共生、交代、乳浊状。

围岩蚀变有硅化、绿泥石化、碳酸盐化、水白云母—伊利石化、绢云母化、萤石化及绿帘石化。

闪锌矿 $\delta^{34}S$ 为 3.32‰，方铅矿 $\delta^{34}S$ 为 1.06‰，$^{206}Pb/^{204}Pb=18.229\sim18.758$，$^{207}Pb/^{204}Pb=15.457\sim15.88$，$^{208}Pb/^{204}Pb=37.841\sim39.049$，成矿年龄 119 Ma，$\delta DHD$ −109.58‰～160‰，$\delta^{18}O_{H_2O}=-11.8‰\sim13.09‰$，石英的均一温度 600 m 以上 276.90 ℃，600 m 以下 289.60 ℃。共生与伴生银大于×××t，银平均品位大于 50×10^{-6}，铅＋锌表内储量已达××万 t，平均品位大于 5% 者占 70%，甲乌拉矿床为大型银-铅-锌矿床。

矿床为次火山斑岩型中低温热液矿床。

摘自《国内外金银矿床图册》

甘肃小铁山银-多金属矿床

小铁山银矿床位于甘肃省白银市，属白银厂矿田南部宋家山，是南山山脉向东延长部分，属南山地槽褶皱带。矿体产于石英钠长凝灰岩中（图 1），上盘为绿泥片岩，千枚岩，下盘为变质石英纳长岩（变质流纹英安岩）。

矿床由致密块状矿石构成主矿体和若干个浸染状矿体组成一个狭窄的含矿带，长大于 1 100 m，宽 30～80 m，有 4 个主矿层，大小 25 个矿体，富矿体主要集中于Ⅵ～Ⅷ线间。矿体产状基本与围岩片理一致，走向 310～330°，倾向 SW，倾角 70～80°。矿体形态呈似层状、透镜状和脉状，具分支复合、膨胀收缩等现象。矿体长 100～1 000 m，厚 0.8～5.5 m，斜深 420～490 m。矿石构造有块状、脉状、浸染状、揉皱、条带状、层纹状。矿石

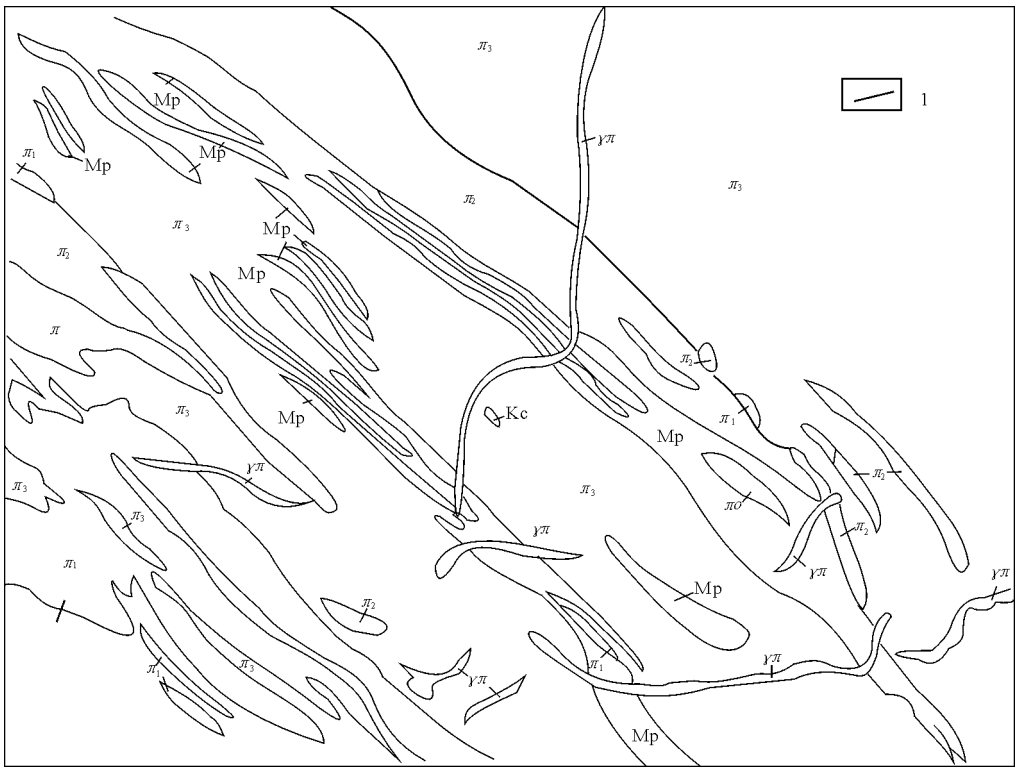


图 1 甘肃小铁山银矿床地质图

πo—石英斑岩；π1—石英钠长角斑钠长斑岩；π2—石英角斑凝灰熔岩；π3—石英角斑凝灰岩（部分含砾或集块）；Mp—千枚岩；γπ—花岗斑岩；Kc—铁帽；1—断层

结构有交代、乳浊、自形晶粒状、交代残余、压碎和他形粒状等结构。

主要含银矿物有辉银矿和螺状硫银矿。银大部分以独立矿物存在，其次以类质同象存在于砷黝铜矿和黝铜矿中。主要矿石矿物有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、铜蓝、辉铜矿、针铁矿、胆矾、黄钾铁矾、氯铜矿、石膏。脉石矿物有石英、绢云母、绿泥石、铁白云石、方解石、斜长石。块状铜-铅-锌矿石银含量 150×10^{-6}～300×10^{-6}，浸染状铜-铅-锌矿石银含量 20×10^{-6}～800×10^{-6}，黄铁矿矿石平均银含量 1.2×10^{-6}～7.5×10^{-6}。一中段块状矿石银含量 290×10^{-6}；二中段块状矿石银含量 190×10^{-6}，浸染状矿石含银 25.5×10^{-6}；三中段银含量 116×10^{-6}。

$^{32}S/^{34}S$ 平均 22.114，$\delta^{34}S$ 平均为 4.77‰。包裹体的爆裂温度：脉状黄铁矿 347 ℃，块状黄铁矿 341 ℃，条带状黄铁矿 340 ℃，花岗斑岩中黄铁矿 279 ℃。矿床属变质热液多金属共生银矿床，银总的平均品位 113.15×10^{-6}，规模为大型矿床。

摘自《国内外金银矿床图册》

河南皇城山银矿床

矿区位于秦岭地槽东延部分以东的北淮阳元古宙地向斜罗山中新生代坳陷南缘。

区内地层由南到北发育新元古界、古生界石炭系、中生界白垩系及新生界。地层受断裂控制大致呈 NW 向带状展布。构造以走向 NWW 单斜岩层及走向断裂为特征。断裂（F_1，F_2，F_3）带均由糜棱岩和片状糜棱岩等组成，断面倾向 SSW 或 SW，倾角 42～58°。矿区构造另一特殊形式是枝状裂隙。斜长花岗岩体中发育百余条枝状、半环状或脉状硅化带，视硅化带强弱不同而具不同程度的银矿化。硅化带一般长 10～300 m，最大长度 1 300 m，宽一般 2～10 m，最大宽度 60 余米。矿区中部大面积出露华力西早期斜长花岗岩，呈岩株状与龟山组和凉亭组呈断层接触，或同凉亭组及陈棚组呈平行不整合接触。岩体中绿泥片岩等捕虏体发育。岩石呈中细粒半自形、交代熔蚀及碎裂结构等。捕虏体受岩体影响时有他生石榴子石等副矿物出现。

龟山组地层中石英斑岩脉发育，偶见有花斑岩脉，均沿断裂及片理裂隙侵入。走向近 EW，与区

黄金地质研究所
信息室 提供

域构造线方向一致。皆为燕山晚期大规模酸性岩浆活动所派生的产物（图 1）。

银矿体地表出露长数百米，厚数米。向下延伸相当于地表长度之半，呈楔状。矿体产于皇城山南西枝状硅化带内。走向 37°，倾角近 90°，形态严格受控于裂隙。探明银储量达中等规模，伴生金。

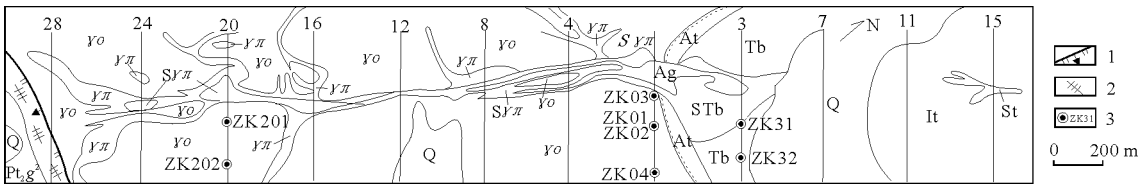


图 1 河南皇城山银矿区地质图

Q—第四系；It—紫红色熔结凝灰岩；St—硅化熔结凝灰岩；Tb—浅灰色含砾岩屑晶屑凝灰岩；STb—硅化岩屑凝灰岩；At—紫红色凝灰质泥砂岩；Pt_2g^2—白云母石英片岩夹含榴绢云石英片岩、绿泥绢云片岩；γo—燕山早期中细粒斜长花岗岩；γπ—花岗斑岩脉；Sγπ—硅化花岗斑岩脉；Ag—银矿体；1—正断层；2—挤压破碎带；3—钻孔及编号

赋矿岩石从下至上由硅化斜长花岗岩、硅化凝灰质泥砂岩及硅化凝灰岩构成。依蚀变矿物或原岩不同，分别称之为硅英质银矿石、硅质银矿石及凝灰质银矿石。非金属矿物以石英及玉髓为主，含量一般在 95% 以上。次为少量锆石、黑云母、绢云母、重晶石、粘土矿物等。金属矿物主要有黄铁矿、辉银矿、深红银矿、淡红银矿、自然银、辉铜矿、闪锌矿、方铅矿、斑铜矿、铜蓝、钛铁矿、白铁矿等。其中可以作为矿石矿物的主要有银的独立矿物辉银矿，银的载体矿物方铅矿、闪锌矿、辉铜矿和铜蓝等。矿石化学成分以 SiO_2 含量高（82%～96%），Cu，Pb，Zn 含量低（0.184%～0.253%）为特征。矿石结构以微细粒自形、半自形、他形晶粒结构为特征：黄铁矿呈细粒立方体和五角十二面体或呈微细粒半自形和他形晶。方铅矿、闪锌矿、辉银矿等多他形。

岩石均有不同程度不同类型的热液蚀变及表生风化作用，可归纳为面型和线性蚀变 2 种类型。

面型蚀变以紫红色凝灰质泥砂岩为界，其上发育蒙脱石化，其下发育钾长石化，蚀变范围广泛；线性蚀变，以矿体轴面为界，依次向外发育硅化（伴黄铁矿化）、高岭石化、碳酸盐化。

矿体与围岩界线较清晰。

载银闪锌矿具较高的透明度及低的铁含量（0.030%～0.016%）。地表向下 500 m 范围内无论矿体或蚀变带均无一例高温矿物出现。黄铁矿硫同位素测试 $\delta^{34}S$ 值为 −11.7‰，黄铁矿单矿物电子探针分析结果 Co/Ni 值较大（4.118～7.429）。

陈棚组皇城山段火山岩及华力西早期斜长花岗岩银元素区域背景值分别为 0.38×10^{-6} 及 0.04×10^{-6}。矿区相应火山岩与花岗岩丰度分别为 0.15×10^{-6} 及 0.032×10^{-6}。矿区明显处于银高背景区之低缓异常中心。矿石中局部零星发育的毫米级硅质细脉不足以构成矿化期，不同矿物群之间的穿插关系更为罕见。

摘自《中国银矿地质汇编》

浙江弄坑银矿床

据宜平县志记载，浙江弄坑银矿开采始于明朝永乐年间，每年上缴银税最多可达两千余两，停采于民国九年。

矿区位于江山—绍兴深断裂与丽水—余姚深断裂之间的陈蔡—遂昌隆起的西南段。外围以上侏罗统磨山组火山岩为主，西部治岭头、天堂一带有零星的前震旦系陈蔡群变质岩分布，断裂以 NE 向为主，次为 NW 及 SN 向。矿区出露地层为上侏罗统磨石山组第一至第三段，岩性以熔结凝灰岩为主，夹角砾熔结凝灰岩、含砾凝灰岩、沉凝灰岩。赋矿围岩为 J_3m^{1-2} 角砾熔结凝灰岩及 J_3m^{1-3} 熔结灰岩。

矿区为一断块隆起，地层走向 NW，倾向 N—NE，倾角 10～30°。断裂发育，以 NE 向为主。区域宅下—仰天背张—张扭性断裂及其派生的羽裂是矿区主要的控矿和容矿构造，其 NE 端被箬阳—柳城断裂所截。

本区火山岩中金银背景均低于维氏地壳平均值，其中金以熔结凝灰岩及火山管道相流纹斑岩最高，银以涡流状流纹斑岩最高，熔结凝灰岩次之，上侏罗统磨石组银的丰度自下而上似有增高，金的丰度却向下递增。

区内主要矿脉 7 条，自北而南分别为 3，16，

7，10，6，5，2 号，呈单脉或复脉状产出，按其走向可分为 NE，近 EW，NNE 及近 SN 向 4 组，其中以前 2 组为主。

NE 向矿脉包括 2，3，16 及 5 号主矿脉，产状 140～150°∠70～80°，长 200～700 m，宽 0.62～5.0 m，延深 50～210 m，含银 10.25×10^{-6}～189.95×10^{-6}，金 0.05×10^{-6}～22.8×10^{-6}。其中规模以 5 号主矿脉最大，长达 900 m 以上。

近 EW 向矿脉，包括 7，10，6 及 5 号主矿脉旁侧的分支矿脉，产状 160～190°∠65～85°，长 50～600 m 不等，一般 300～500 m，单脉宽 0.4～8.72 m，延深数十至 190 m，含银 6.3×10^{-6}～55×10^{-6}，金小于 0.05×10^{-6}～7.2×10^{-6}，区内 60% 的矿体赋存于此组矿脉中。

NNE 及 SN 向矿脉，长一般 20～80 m，宽 0.5～8.5 m，含银 10.5×10^{-6}～408×10^{-6}，金小于 0.05×10^{-6}～0.46×10^{-6}。

矿体呈脉状、透镜状，长 5～50 m，个别达 200 m，厚 0.33～3.38 m，平均 0.91 m，延深 50～150 m，厚度变化系数 27.33%～84.24%，银品位 40×10^{-6}～120×10^{-6}，平均 96.37×10^{-6}，金 0.1×10^{-6}～0.4×10^{-6}，品位变化系数 57.09%～101.69%，地表矿脉线含矿系数 0.23～0.39；金银比值一般 1∶100～1∶500，少数大于 1∶500。

主要含银矿物为辉银矿，碲银矿，自然银，金银矿。银矿物的赋存状态有独立银，包裹体银。矿石矿物组合可分为细粒粉末状黄铁矿-石英组合，黄铁矿-脉石英组合，黄铁矿-玉髓状石英组合，黄铁矿-（绢云母）-石英组合，黄铁矿-冰长石-（玉髓状）石英组合。

按成矿作用方式及矿石特征，银矿石可分 3 种自然类型：石英脉型，蚀变岩型，次生富集型。矿区近矿围岩蚀变有叶蜡石化、硅化、次生石英岩化、绢云母化、黄铁矿化等，空间上各蚀变类型无明显分带。

据 12 个矿物包裹体测温资料，成矿早期次生石英岩化阶段温度较高：202～278 ℃，平均 240 ℃，主成矿阶段均一法温度变化范围 168～238 ℃，平均 185 ℃，标准离差 11.9。16 个脉石英包裹体研究资料：脉石英中均为无色气液包裹体，气液比一般 0～20%，少数可达 30%，大小 1～3 μ，个别 8～10 μ，分布不均匀，形态不规则，以椭圆形为主，圆形、圆柱形次之，少数呈负晶形。

据 15 个黄铁矿硫同位素结果：$\delta^{34}S$ 值正向偏离陨硫铁 3.77‰，变化范围 0.9‰～5.1‰，标准离差 1.38，极值 4.2‰。

摘自《中国银矿地质汇编》

河北小扣花营银矿床

河北小扣花营银矿床地处兴蒙褶皱系和华北地台衔接部位的花吉营—棋盘山中生代火山盆地中。矿区出露的地层主要为上侏罗统张家口组三段。这是一套呈酸性的陆相火山碎屑岩。与小扣花营银矿有关的潜火山岩呈小的岩株分布在矿脉的西侧和北侧，距矿脉均不足 2 km（图 1）。这些小岩体与矿区火山岩呈侵入接触关系，岩性均为花岗斑岩。矿脉西南侧 4 km 产有与闪长玢岩关系密切的与小扣花营银矿相同类型的满汉土锰-银矿床。另外，矿区内还产有几个小型萤石矿。

矿体呈脉状产于 NNW 向断裂中，断续裸露于地表，沿走向长约 1 200 m，延深不到 350 m。矿脉顶部形成了几十米厚的氧化带（锰帽），主要矿物组合为硬锰矿＋软锰矿＋石英＋重晶石；下部为原生带，主要矿物组合为石英＋菱锰矿＋重晶石＋方铅矿＋闪锌矿＋辉银矿＋含银黝铜矿。典型的硅锰质原生矿石中石英约 50%，菱锰矿约 35%，重晶石约 10%，金属硫化物约 5%。典型的锰质原生矿石中石英＋重晶石约 10%，菱锰矿约 85%，金属硫化物约 5%。

银矿物主要有自然银、银金矿、辉银矿。矿石类型可分为氧化矿石、原生矿石。氧化矿石又可分为块状锰-银矿石和脉状锰-银矿石。原生矿石为浸染状银、铅、锌矿石。

氧化矿石的矿物组合：磁铁矿、白铅矿、褐铁矿、硬锰矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、辉银矿、自然银、银金矿、孔雀石、长石、石英、重晶石、毒砂等。其中以硬锰矿、褐铁矿、石英为最多。

原生矿石的矿物组合：方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、辉银矿、银金矿、含银黝铜矿、长石、石英、菱锰矿、重晶石、绿帘石等。

小扣花营矿床的成矿温度为 140～160 ℃（矿脉中石英、重晶石的均一温度），测得矿脉北侧花

黄金地质研究所
信息室 提供

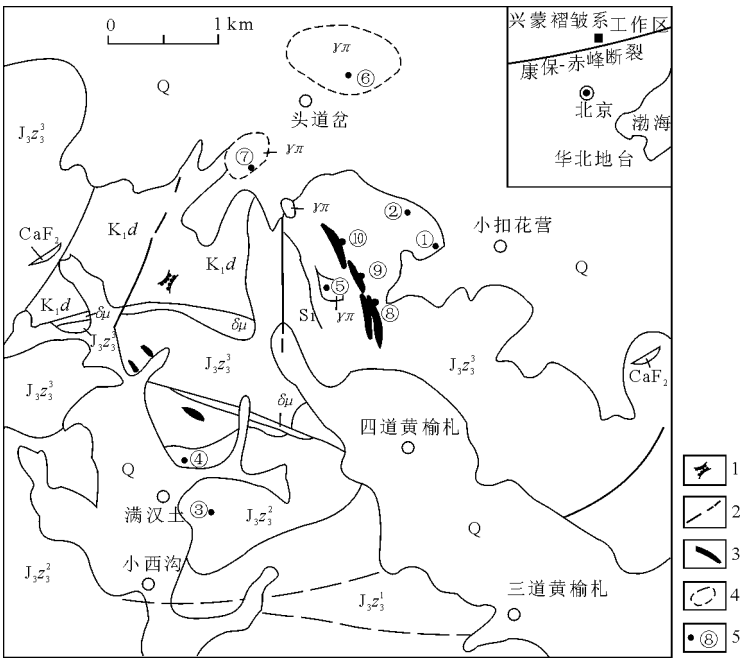


图 1　河北小扣花营矿区地质图

Q—第四系；K_1d—英安岩，安山岩；$J_3z_3^3$—晶（岩）屑凝灰岩夹熔结凝灰岩；$J_3z_3^2$—含砾岩屑凝灰岩夹火山角砾岩；$J_3z_3^1$—含砾岩屑凝灰岩；CaF_2—萤石脉；Si—硅化带；$\gamma\pi$—花岗斑岩；$\delta\mu$—多斑闪长玢岩；1—古火山口；2—断层及推测断层；3—银矿体；4—岩体界线（推测）；5—取样位置及样号

岗斑岩小岩株年龄为（79.1±0.1）Ma（全岩 K-Ar 法，北京大学地质系同位素室），推测成矿时代应为白垩纪。

山西支家地银矿床

支家地银矿床位于灵邱县城南 13 km。

本区地处华北地台燕山沉降带与山西台隆的接壤地带。一系列近 EW 向的深大断裂带，同 NE 向及 NW 向次级大断裂，构成本区基本构造格局。太白维山破火山口环形构造，有内外 2 个环，外环直径约 16 km，内环直径约 8.5 km。此火山机构正处于 2 组主断裂（NE 向断裂及 NW 向断裂）的交会处。总体构成地堑式断陷带。

本区出露地层有五台群，岩性为黑云斜长片麻岩及斜长角闪岩。元古宇有含燧石条带白云质灰岩、硅质白云砂岩、砂砾岩、灰岩，粉红色中厚层燧石条带白云岩，厚 200 m。寒武系由石英砂岩、砂砾岩、紫红色页岩、鲕状及竹叶状灰岩组成。奥陶系由豹皮状灰岩、白云质灰岩及白云岩组成，厚 380 m。中上石炭统有铁铝岩组及山西式铁矿层、砂岩、砂质页岩、泥灰岩夹煤层，厚 115 m。二叠系为页岩、砂质页岩、粉砂岩夹煤层以及细砂岩夹煤线，厚 68 m。侏罗系由砾岩、安山岩、石英斑岩、英安质火山角砾岩、集块岩、流纹质熔结凝灰岩与河湖相砂、泥灰岩交互层组成（图 1）。

区内火山岩主要形成于中晚侏罗世，可分 5 幕，本区仅见第Ⅱ幕，即中侏罗统长山峪群与上侏罗统东岭台群之间，称为东岭台旋回。岩性由中性—中酸性岩组成，以英安岩为主，流纹岩次之，另有少量安山岩及粗面岩。含矿岩石主要为角砾状英

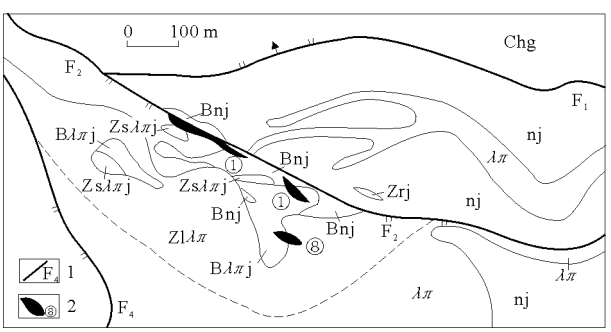


图 1　山西支家地银矿区域地质略图

$\lambda\pi$—石英斑岩；$Zl\lambda\pi$—震裂石英斑岩；$Zs\lambda\pi$—震碎石英斑岩角砾岩；$B\lambda\pi$—爆破石英斑岩角砾岩；Bnj—爆破凝灰角砾岩；nj—火山角砾岩；Zrj—注入角砾岩；Chg—长城系白云岩；1—断层及编号；2—银矿体及编号

安质熔结凝灰岩，部分为熔结石英晶屑凝灰岩及石英斑岩。在晚期有重要的银、铅-锌矿化作用。

支家地银矿床产于太白维山西北侧的破火山口断陷带上，空间展布与破火山口的沉陷带及其晚期酸性火山岩接触带相关。矿化带长约 800 m，呈 NWW—SEE 向展布。矿化带宽 50～120 m。含矿岩系为侏罗纪晚期的中酸性火山岩及火山碎屑岩，主要由流纹质熔结凝灰岩、英安质角砾凝灰岩及部分石英晶屑凝灰岩、安山质凝灰岩组成。并有石英斑岩及花岗斑岩等次火山岩体侵入。矿体有 7 个，形态多呈透镜状、似层状及脉状。倾角 70°左右，与围岩的界线呈渐变关系。其中Ⅰ号矿体约占矿床总含量的 90% 以上，矿体出露规模较小。主矿体赋存标高为 1 300～1450 m，基本为盲矿体。Ⅰ号矿体沿走向长 500 m，最大延深达 420 m，平均厚 8.76 m，厚度变化系数为 109%～142%。Ag 平均品位 267×10^{-6}，品位变化系数为 69%～134%。铅平均品位 0.69%，锌 1.17%。

金属矿物为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿，其次为白铅矿、黄铜矿、蓝辉铜矿、褐铁矿、白铁矿，银矿物主要为自然银和辉银矿，其次为银黝铜矿和硫锑铜银矿。非金属矿物主要为石英，其次为长石、叶蜡石及粘土矿物。

矿石主要为土状、浸染状和假流纹构造。矿石结构有晶粒状包含、溶蚀、显微网状、固溶体分离结构。

围岩蚀变主要有黄铁矿化、硅化、碳酸盐化、绢云母化和绿泥石化。

支家地银矿床属浅成热液矿床，与中生代火山岩有关。

青海赵卡龙银矿床

青海赵卡龙银矿床位于海拔 4 800～5 139 m 之间，在呷村矿的北西部。属于北三江银矿集中区(图 1)。

矿区出露地层主要为中—上三叠统甲丕拉组。矿体赋存于甲丕拉组（巴塘组）上段含碳砂板岩夹碳酸盐岩及安山岩层中。

矿区圈出了几个矿体，在下含矿层（含碳砂板岩夹碳酸盐层）中，含有Ⅰ，Ⅱ，Ⅴ，Ⅶ号矿体；在上含矿层（安山岩夹含碳砂板岩）中，含有Ⅲ，Ⅳ，Ⅵ号矿体。其中Ⅴ和Ⅶ号矿体含银最高。

矿床属火山热液型铁多金属银矿床，Ag 的平均品位 100.89×10^{-6}，规模为大型。

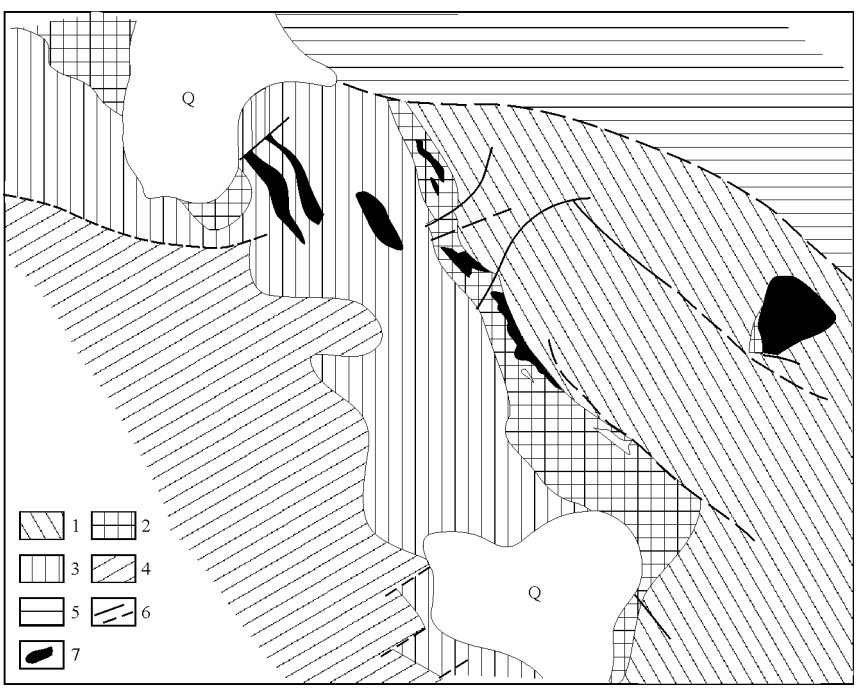


图 1　赵卡龙银-多金属矿地质略图

Q—第四系；1—石灰岩（T_3b）；2—安山岩、砂板岩和白云岩（$T_{2-3}j^{3-5}$）；3—砂岩、板岩夹灰岩（白云岩）及安山岩（凝灰岩）（$T_{2-3}j^{3-4}$）；4—石灰岩（$T_{2-3}j^{3-3}$）；5—砂岩、板岩夹石英砾岩（$T_{2-3}j^{3-2}$）；6—断裂；7—矿体

黄金地质研究所
信息室 提供

浙江大岭口银-铅-锌矿床

浙江大岭口银-铅-锌矿床位于天台山白垩纪火山洼地（沉陷）南缘与天台—永嘉 SN 向断裂的复合部位。区内火山活动强烈，被大面积中生代陆相火山岩覆盖（图 1）。

银-铅-锌矿带走向 SN，长 5 000 余米，宽 300～800 m，其中分布着 24 个矿体。银-铅-锌矿体多呈脉状，倾向 W，倾角陡；金-银矿体呈透镜状和似层状分布于酸性火山碎屑岩中。矿体大小不一，其中 1 号矿体由 3～4 条雁行排列的矿脉组成，长约 750 m，延深 620 m 以上。

矿石类型按主要成矿元素可分为银-铅-锌矿石及含银的铅-锌矿石及金-银矿石，以前者为主；按矿石结构可分为浸染状、网脉状、细脉浸染状、条带状、角砾状矿石等，以脉状、角砾状为主。矿石结构主要有自形—他形粒状、交代残余、压碎、乳浊滴状等。

矿石中的金属元素以 Ag，Pb，Zn，Au 为主，Cu，Cd 次之。Pb，Zn 含量一般在 4% 左右，Pb 与 Zn 的比例大致为 1∶2。Ag 品位为 16×10^{-6}～473×10^{-6}，最高达 776×10^{-6}，主要产于①，②，③，④，⑤，⑥，⑧号矿床中；⑤号和⑧号为金矿体，Au 平均品位分别为 4.03×10^{-6} 和 8.62×10^{-6}，最高可达 17.8×10^{-6}。从①号矿体看，金与银具有浅部富深部贫的特点。

矿石矿物计有 30 余种，金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿，其次为黄铁矿、毒砂、黄铜矿、银矿物（深红银矿、螺状硫银矿、银黝铜矿、聚银矿、自然银等）；脉石矿物以石英为主，菱锰矿、重晶石、方解石、萤石等次之。方铅矿及闪锌矿是银矿物的主要载体。矿床可分为 6 个成矿阶段：1）面型黄铁矿化阶段；2）石英-硫化物阶段；3）菱锰矿阶段；4）重晶石阶段；5）玉髓金-银矿化阶段；6）石英-萤石阶段。

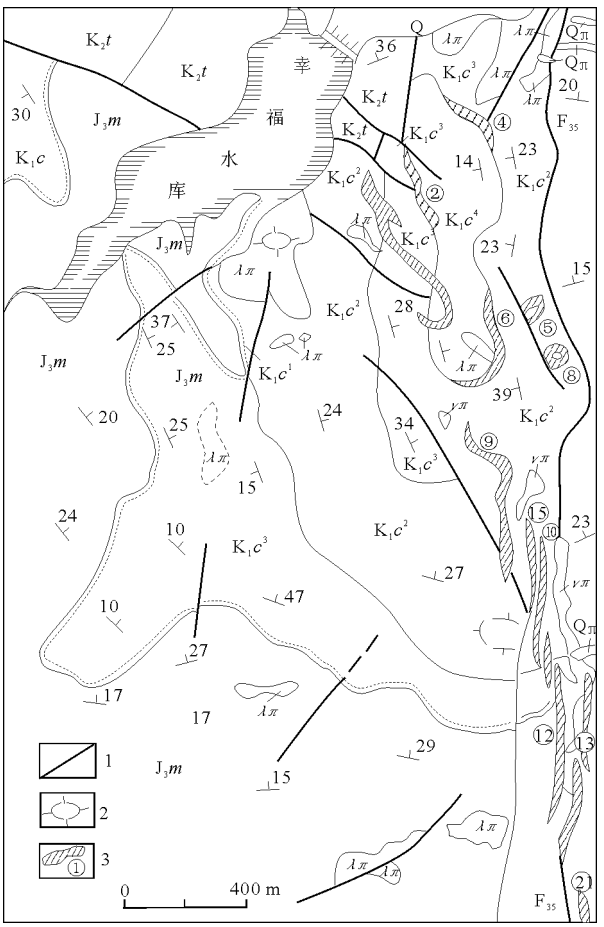


图 1　浙江省天台县大岭口银-铅-锌矿区地质略图

Q—第四系；K_2t—晚白垩世塘上旋回；K_1c^4，K_1c^3，K_1c^2，K_1c^1—早白垩世朝川第四，第三，第二，第一亚旋回；K_1c—未分的朝川旋回；J_3m—晚侏罗世磨石山旋回；$Q\pi$—石英斑岩；$\nu\pi$—霏细斑岩；$\lambda\pi$—流纹斑岩；1—断层；2—寄生火山管道；3—矿体及编号

围岩蚀变主要为硅化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化、绿泥石化等。与成矿关系密切的主要是硅化、重晶石化、碳酸盐化等，它们往往彼此叠加围绕矿体分布。

河南胜利银-铅-锌矿床

胜利矿区位于新华夏系第二沉降带与秦岭 EW 向复杂构造南亚带交接部位，处于朱堂—涩港区域向斜的东北翼。出露地层为中元古界信阳群变质岩及中生界白垩系火山岩，中元古界地层广泛分布，走向NWW，SW倾斜；中生界火山岩零星分布于矿区东北部，向NE倾斜，两者呈不整合或断裂接触。

本区断裂十分发育，东部及西部有 NE 向大新店—涩港断裂及莲花塘—公山断裂；北部及南部有 NW 向胜利—粟树湾断裂及石家冲断裂，2 组断裂相互交接，构成平行四边形的构造格架。胜利—粟树湾断裂为中生界火山盆地边缘断裂，控制火山岩的分布，属裂隙喷发通道，成矿角砾石英斑岩沿断

裂延伸，在该断裂与NE向两断裂交会处，为喷发中心，并控制梅花山及公山矿化岩体。与上述主断裂平行的次级断裂甚为发育，空间上与矿化分布密切相关。

本区岩浆岩的分布较广，约占基岩出露面积的1/3，岩性主要为石英斑岩及花岗斑岩。呈岩株、岩墙及岩脉产出，规模较大的岩株有母山钼矿花岗斑岩、石英斑岩复式岩体，公山及梅花山含矿气孔石英斑岩体，空间上多与火山岩伴生，貌似火山岩，属超浅成火山相，矿床的形成与次石英斑岩有关。

矿床的矿化面积达6～7 km^2，系由各具特色的许多矿化体构成，大致分为3个矿段。

胜利矿段，矿化沿胜利—栗树湾断裂带分布，呈325°延伸，长3 200 m，宽100～200 m。矿体产于3个部位：角砾石英斑岩的外接触带、内接触带及岩体内部。外接触带矿体产于火山角砾岩中，其上部覆盖结构致密的凝灰质粉砂岩“屏蔽”，矿体规模较大，矿石较富，如SⅠ号矿体；内接触带有3个矿体（SⅡ，SⅢ，SⅣ），各相毗邻，实际构成同一矿化体，矿体厚大，矿化稳定、矿石偏贫，矿化向顶底趋于富集，并构成上下2层矿体（SⅡ，SⅣ）、矿体内部矿化分散，在小断裂或裂隙发育的场所，仅形成规模较小的脉状矿体。

白石坡矿段，矿化沿白石坡—徐家松林NE向断裂破碎带分布，长1 000 m，宽100～300 m，矿体（BⅠ，BⅡ，BⅢ）分别产在破碎带的上中下3个矿化层位中，上层矿化于破碎的顶板附近；中矿化层居于中部；下矿化层接近底板，BⅠ，BⅡ处于上中2矿化层位，属铅-锌矿体，下矿化层系BⅢ号银-铜-锌矿体所在。平面上矿化层位稳定，相互平行，横剖面上矿体似斜列分布，底层的BⅢ号矿体埋藏浅，品位上富下贫；而中部及上部矿体（BⅡ，BⅠ）却埋藏较深，向下有变厚变富的均势。

段家洼矿段，矿化位于段家洼至耿家湾一线，呈NW向分布。由3个平行矿化条带组成，长者断续延伸达1 350 m，矿化体宽1～7 m，长100～250 m，多产于斜长角闪片岩与黑云变粒岩的层间剥离构造中，与岩层整合产出。

全区有23个矿体，除白石坡BⅢ为银-铅-锌矿体外，其余均为铅-锌矿体。矿体为似层状，薄层状、脉状及透镜状等，产状随控矿条件不同而异，胜利矿段的矿体主要产于角砾石英斑岩内外接触带，大致平行接触面分布，倾向35～55°，倾角50°左右。白石坡矿段的矿体受NE向破碎带及石英斑岩脉的控制，平行破碎带产出，倾向305～320°，倾角65～75°，段家洼矿段的矿体受地层剥离构造的控制，产状基本与地层一致，向200～245°倾斜，倾角45～77°

矿体大小不等，厚度小者0.42 m，大者9.32 m，通常1～4 m，长度一般100～300 m，矿床平均品位：Pb 1.582%，Zn 1.223%，伴生银品位为23.05×10^{-6}。论矿体的规模及质量，BⅢ号银-铅-锌矿体为全区之冠，平均厚4.65 m，长200 m，斜深240 m，矿石富、含银高，单样银最高品位达$7\ 720\times10^{-6}$，并伴生高含量的金。各有益金属元素平均品位：Pb 1.902%，Zn 2.156%，Ag 516.98×10^{-6}，Au 2.15×10^{-6}。

主要金属硫化物为黄铁矿，次为方铅矿及闪锌矿，少量毒砂，微量黄铜矿、辉银矿、辉锑矿、辉铋矿及辰砂等。非金属矿物主要有长石、石英及方解石，次为绢云母、绿泥石及高岭土，微量磷灰石及黑云母等。

金属矿物黄铁矿及方铅矿主要为自形—半自形立方晶体，闪锌矿以半自形—他形晶为主。方铅矿粒径1～3 mm，黄铁矿粒径1～5 mm。据矿物间相互关系可分为交代结构——粗大黄铁矿晶体被方铅矿交代；压碎结构——金属矿物普遍受压碎；乳滴结构——黄铁矿及黄铜矿被方铅矿或闪锌矿包围。矿石构造主要为细脉状、浸染状、细脉浸染状、斑团状、角砾状及块状等。前3种构造主要发育在岩体内接触带的矿体中。矿体近矿围岩主要有硅化、绢云母化、绿泥石化、高岭土化及碳酸盐化等。成矿与硅化、绢云母化关系密切。

石英斑岩中成矿元素Pb及Zn的含量分别为516×10^{-6}～705×10^{-6}及307×10^{-6}～706×10^{-6}，系其他围岩含量的3～10倍以上。

浙江拔茅银矿床

拔茅银矿床位于浙东南的新昌火山断陷盆地的南东缘。区内出露的地层主要为早白垩世的陆相火山岩类，夹有陆相沉积岩；南部分布有晚侏罗世火山岩；北部及东北部分布有第三纪玄武岩（图1）。

早白垩世地层分属馆头组和朝川组，它们以不整合或断层不整合覆于晚侏罗世火山岩上。馆头组

黄金地质研究所
信息室 提供

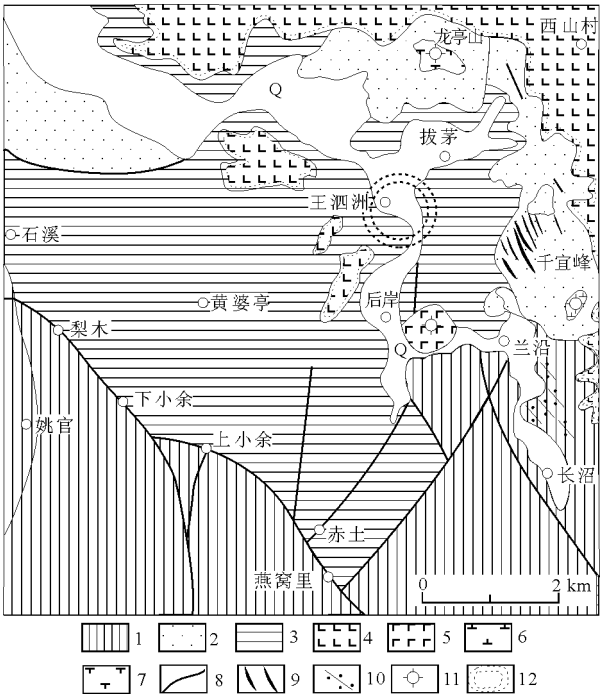


图 1　浙江拔茅银矿区域地质图（据浙江第四地质大队）

Q—第四系；1—上侏罗统高坞组；2—下白垩统朝川组；3—下白垩统馆头组；4—第三纪玄武岩；5—安玄岩；6—闪长玢岩；7—流纹岩；8—断层；9—矿体；10—硅化（破碎）带；11—火山通道；12—破火山中心

主要为紫红色砂砾岩、粉砂岩。朝川组可分为 3 个岩性段，下部以英安质、流纹质熔结凝灰岩、角砾凝灰岩及英安岩、流纹岩为主，夹少量砂砾岩、泥岩；中部为一套巨厚层状集块岩、凝灰角砾岩、角砾凝灰岩，在王泗洲—后岸一带广泛发育，后岸银矿的矿体即赋存于这套凝灰角砾岩中的断裂破碎带中；上部主要由安山岩、流纹岩、英安质凝灰岩及砂岩、粉砂质泥岩等组成，千官岭银矿的矿体产于这套上部的安山岩中的断裂破碎带内。

断裂构造以 NE—NNE 向及 NW 向为主，少量为 SN 向及 EW 向；多数为张性和以张性为主兼具韧性的断裂。沿断裂发育有硅化和矿化及有次火山岩等的充填。后岸银矿体就赋存于一近 SN 向的断裂破碎带中；千官岭银矿体则赋存于一系列 NW—NNW 向的断裂、裂隙中。

矿区内存在一以王泗洲为中心的破火山及小龙亭山、后岸村东等火山通道。拔茅银矿就位于区域性 SN 向基底断裂——儒岙—天台—永嘉断裂带与王泗洲破火山的复合部位。

千官岭矿区在地表已发现十余条矿化硅化带，其走向多数为 NW 向，倾向 SW，倾角 70～80°。矿脉沿走向变化较大，具膨胀收缩、分支复合现象，沿倾向呈雁行排列，矿脉长一般为 250～300 m，最长者达 700 m 以上，个别长仅 30～40 m。地表厚度 8～12 m，一般 1～4 m；最高含银 1 940 $\times10^{-6}$，一般在 60$\times10^{-6}$～1 132$\times10^{-6}$之间，往下矿体厚度变薄，品位降低，总体看，千官岭矿区矿化脉延深不大，很快尖灭。

后岸矿区矿脉规模较大，共有矿化脉 3 条，其中近 SN 向的一条为主矿脉，倾向 E，倾角 60°左右，已控制长度 540 余米，并有往南北两端延伸的趋势；最厚处 7.0 m，平均厚 2.9 m，最高银含量 2 430$\times10^{-6}$，平均银含量 289$\times10^{-6}$。矿脉沿走向同样具有膨胀收缩、分支复合现象。

后岸、千官岭矿区矿石有用组分以银为主，伴生有金、铅、锌、铜。前者矿石中金含量较高，一般在 0.$n\times10^{-6}$～$n\times10^{-6}$，最高可达 14$\times10^{-6}$；后者金含量可达 0.65$\times10^{-6}$。

本区矿石可分为氧化和原生矿石 2 类。在氧化矿石中，铁锰氧化物、氢氧化物多沿次生石英岩的裂隙和空间充填，构成蜂窝状、胶状、肾状、土状、粉末状等构造。原生矿石为石英-硫化物矿石，由浸染状、团块状、脉状硫化物和石英组成，局部地段出现较多的菱锰矿。矿石主要呈块状、脉状、角砾状、乳滴状、反应边、环边状、填隙状、碎裂状、熔蚀交代等结构。

金属矿物主要是黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黝铜矿、菱锰矿等，其次是铜蓝、辉铜矿、蓝辉铜矿、硬锰矿、褐铁矿、黄钾铁矾及少量硫砷铜矿、针硫铋铅矿、白铁矿、斑铜矿等。银矿物有辉银矿-螺状硫银矿、硫锑铜银矿-硫砷铜银矿、银黝铜矿、脆银矿、角银矿、自然银、银金矿、碲银矿、硫银铋矿以及自然金等。非金属矿物以石英为主，其次为绢云母、方解石、高岭石、萤石、重晶石、蛋白石等，并有少量其他粘土矿物。

银（金）主要呈独立银矿物单独出现，部分呈次显微状包裹体赋存于金属硫化物中，少量呈分散状均匀分布于硫化物中。银矿物多数呈粒状、不规则状、细脉状，粒径一般为 0.01～0.05 mm，大者可达 5 mm 左右，其产出形式多样，主要嵌布于硫化物及非金属矿物的晶隙和裂隙中，或被硫化物所包裹。黄铜矿、黝铜矿、黄铁矿、方铅矿等硫化物是银（金）的主要载体矿物。

本区围岩蚀变主要类型有硅化、黄铁绢英岩化、绢云母化、绿泥石化、碳酸岩化，其次还有高岭土化、萤石化，重晶石化、绿帘石化等。硅化和黄铁绢英岩化与矿化作用关系最密切，是特征的近矿围岩蚀变，在一定程度上它们可以作为找矿标

志。蚀变分带明显，在水平方向上，以矿化次生石英岩脉为中心表现对称的带状分布，依次为矿化次生石英岩化带→黄铁绢英岩化带→绢云母化带→碳酸盐化绿泥石化带。

在蚀变过程中岩石的物质组成发生了明显的变化。常量元素随着岩石蚀变程度的增强，从未蚀变围岩到次生石英岩岩石中的 SiO_2 含量不断升高，这与硅化作用增强有关，SiO_2 主要来自岩石绿泥石化、绢云母化过程中释放出来的部分 SiO_2；而 Na_2O，MgO，CaO，Fe_2O_3 和 Al_2O_3 等都显递增趋势。化学成分的这种变化与蚀变过程中黑云母、角闪石、斜长石被绿泥石、绢云母、石英等所交代的作用有关。与未蚀变岩石相比，Ag，Pb，Zn，Cu 等成矿元素在碳酸盐化、绿泥石化过程中，在岩石中的含量降低，而在黄铁绢英岩化、矿化次生石英岩化过程中它们的含量有较大幅度的升高以致富集形成工业矿体，成矿元素的这种变化趋势同样与岩石中矿物成分的变化有关，在角闪石、黑云母、斜长石被方解石、绿泥石、绢云母、石英等交代的过程中，在 Fe^{2+}，Mg^{2+} 淋滤转移的同时，原先存在于角闪石等矿物中的银（金）及铜-铅-锌也被淋滤、活化、转移进入到成矿热液中；在黄铁绢英岩化、矿化次生石英岩化过程中，有许多黄铁矿及其他硫化物、锰矿物形成，使溶解于热液中的成矿元素沉淀富集成矿。

在绿泥石化、绢云母化过程中，一方面消耗许多 H^+，另一方面又有许多 Fe^{2+}，Mg^{2+}，Ca^{2+}，Na^+ 及少量 K^+ 进入到热液中，使热液由弱酸性向偏碱性方向演化，这样就有利于 Ag，Cu，Pb，Zn 的配合物分解形成硫化物沉淀，同时也有利于石英的大量形成。

浙江东坞山银矿床

东坞山矿区位于杭州市西南直距 18 km 处。扬子准地台钱塘台褶带华埠—新登陷褶带与余杭—嘉兴台陷接壤部位，以及 NE 向的昌化—普陀大断裂，NE 向的马金—乌镇大断裂和 NW 向的孝丰—天台大断裂 3 条深大断裂之交会处，地处幔凹与幔隆深部构造之过渡带上。规模达大型。

矿区为单斜构造，属午朝山向斜的 SE 翼。区内断裂主体为施家园—东坞山，断裂属昌化—普陀 EW 向大断裂的次级断裂系统的 NEE 向构造带，是主要控岩、控矿构造。规模较大的 F_1 断裂构成构造带的北缘断裂面，倾向 340°，倾角 80～85°。F_2 断裂位于构造带南缘，产状西段与 F_1 断裂平行，东段为 NE 向，并与 F_1 断裂会合，F_1 与 F_2 断裂之间的角砾岩带是矿区主要的控矿、赋矿构造。

矿区发育 2 个爆发岩筒，位于 75～0 线之间。东部岩筒长轴方向近 EW 向，长 400 m，宽 150 m，垂向上为近直立的向 N 陡倾的筒状，向 SW 向侧伏，深部切穿 F_1 与 F_2。西部岩筒平面上为椭圆形，长 350 m，宽 200 m，长轴亦近 EW 向。

地层为上志留统唐家坞组：下段岩性为黄绿色中—薄层状不等粒岩屑石英砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩互层，底部夹一薄层乳白色石英岩，地表未出露，钻孔见到上部为青灰色岩屑石英粗砂岩；中段的中下部为青灰色中厚层状岩屑石英细砂岩，夹一薄层凝灰质砂岩，偶夹泥质粉砂岩；上段为紫红色中—厚层状石英粗砂岩、不等粒砂岩，上部夹白色中粗粒含长石岩屑石英砂岩。上泥盆统西湖组为灰白—乳白色的中厚层状含砾石英砂岩、砂砾岩，上部夹含云母石英中粗砂岩（图 1）。

岩浆岩为斜长花岗斑岩、石英霏细斑岩、闪长玢岩、辉绿（玢）岩、流纹斑岩、二长花岗岩等浅成脉状侵入体。

矿床产于构造带中，主矿化蚀变带位于侵入角砾岩与斜长花岗斑岩的上下接触带部位。矿化带总体走向 NEE，倾向 NW，倾角 60～65°。矿带主要为Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ号。

Ⅰ号矿带位于角砾岩构造中部，赋存的围岩为蚀变侵入角砾岩，矿化类型以交代为主，充填次之。矿石类型为浸染状—块状银多金属矿石。长度大于 250 m，宽 75 m，延深大于×××m。主要矿体 17 条，其中的Ⅰ—1，Ⅰ—2，Ⅰ—4 号矿体规模较大。长×××m，延深×××m，厚×××m，倾向 295°，倾角 55°，为脉状、透镜状。Ag 的平均品位××× • $\times 10^{-6}$。

Ⅱ号矿带位于构造带下部，宽××m，延长大于×××m，延深大于×××m，主要矿体为Ⅱ—1，Ⅱ—2，Ⅱ—3。

Ⅲ号矿带位于 F_2 断裂下盘，主要矿体为Ⅲ—1。

金属矿物主要为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿，次为黄铜矿、黝铜矿。银矿物主要为碲银矿、辉银

黄金地质研究所
信息室 提供

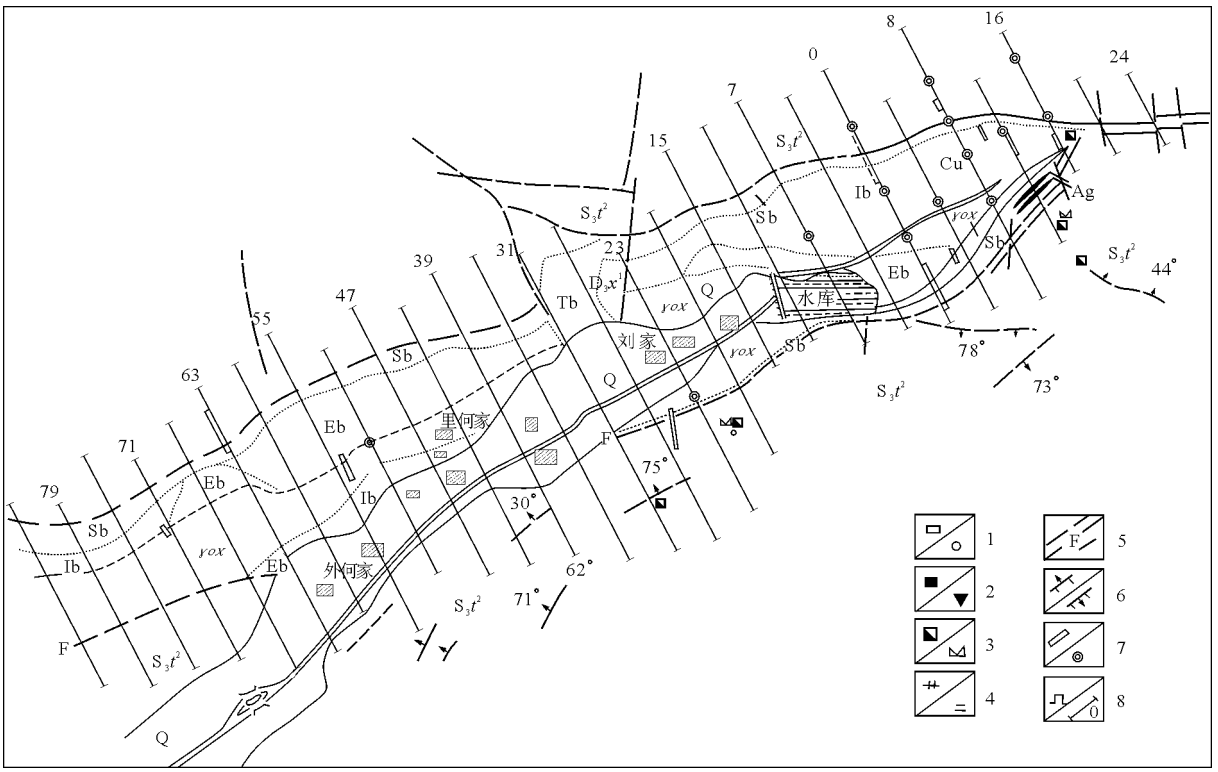


图 1　浙江东坞山银矿区域地质图（据浙江有色地质三队）

Q—第四系；D_3x^1—上泥盆统西湖组下段含砾石英砂岩；S_3t^3—上志留统唐家坞组上段（含岩屑）石英砂岩；S_3t^2—上志留统唐家坞组中段岩屑长石石英砂岩；S_3t^1—上志留统唐家坞组下段粉砂岩泥岩互层；$\gamma o\chi$—斜长花岗斑岩；Sb—构造角砾岩；Ib—侵入角砾岩；Eb—隐爆角砾岩；Tb—塌积角砾岩；Ag—银矿化体；Cu—铜矿化体；1—黄铁矿化/黄铜矿化；2—方铅矿化/闪锌矿化；3—褐铁矿化/银矿化；4—硅化/绢（水）云母化；5—实测、推测、性质不明断层；6—逆断层/正断层；7—探槽/钻孔；8—平硐/勘探线及编号

矿、含银黝铜矿、硫铋银矿、硫锑（砷）铜银矿、深—淡红银矿等。非金属矿物为石英、方解石。

银主要赋存在闪锌矿、方铅矿晶隙中或呈包裹体出现。

矿石结构为自形—半自形粒状、固溶体分离、交代结构。矿石构造为浸染状、团斑状（晶洞）、网脉状、细脉状、角砾状。

围岩蚀变主要为黄铁矿化、夕卡岩化、硅化、水—绢云母化、碳酸盐化、高岭土化，其次为大理岩化、绿泥石化，褐铁矿化。

成岩成矿期及成矿阶段：1）构造—侵入角砾岩成岩期；2）岩浆侵入—隐爆期（硅酸盐期）；3）热液期，分 3 个阶段，其中第二阶段为主要成矿阶段；4）表生期。

爆破角砾岩筒是导矿构造，NE 向断裂是容矿构造，爆破岩筒上侵前缘是成矿有利部位。与成矿有关的岩浆岩为中酸性浅成脉岩（斜长花岗斑岩）。

此矿床为与次火山岩有关的中—低温热液充填交代型矿床。

河南银洞坡银矿床

银洞坡银矿区位于河南省桐柏县朱庄乡，南距桐柏县城约 25 km，东南距信阳市 105 km。矿床规模为大型。

银洞坡银-金矿处于秦岭 EW 向复杂构造带东段南支，河前庄背斜 SW 翼。

本区分布地层为新元古代浅—中级变质的火山—沉积岩系，总厚度约 12 000 m。从老到新可分为歪头山组（Pt_3w），大栗树组（Pt_3d），张家大庄组（Pt_3z），刘山崖组（Pt_3l），大河组（Pt_3h）及孤头山组（Pt_3g）。

大栗树组、刘山崖组为火山岩建造-细碧角斑岩系地层。其余皆为浅海相碎屑碳酸盐-陆源碎屑岩建造，经变质后形成变粒岩、云母石英片岩和大理岩等。

黄金地质研究所
信息室 提供

区域岩浆岩发育，有侵入岩、火山杂岩和各种脉岩。主要岩体有台子庄花岗岩体，呈脉状或透镜状沿大栗树组和歪头山组之间断裂分布，经区域变质作用具片麻状构造，时代可能为加里东期。梁湾花岗岩体同位素年龄为 1.11～1.21 亿年，属燕山晚期的产物。

围山城金-银-多金属矿带中，已知的工业矿床有破山银矿床和银洞坡银-金矿床，它们分别产于歪头山组上部和中部地层中。破山银矿床赋存的歪头山组上部层称为“上含矿层”，银洞坡银-金矿赋存的歪头山组中部层称为“下含矿层”。

矿区内出露地层主要为新元古界歪头组上部第九段和中部一至三段。

上部九段出露矿区东南部，为白至肉红色具中细粒变晶的方解石大理岩，层厚 30～50 m。

中部一段，出露矿区东南部，岩性为黑云变粒岩夹薄层大理岩、斜长角闪岩、二云石英片岩，层厚 165 m。

中部二段可分 3 个岩性层，下层为二云石英片岩夹绢云石英片岩，分布矿区东和东南部，层厚 52 m；中层为绢云石英片岩，碳质绢云石英片岩夹变粒岩，为主要含矿层，分布矿区东部及背斜轴部，层厚 27～50 m；上层二云石英片岩，分布于背斜两翼，层厚 37 m。

中部三段下层为变粒岩、黑云变粒岩夹二云变粒岩，层厚 104～154 m，出露于背斜两翼；中层为条痕状黑云变粒岩夹斜长角闪片岩，分布于背斜两翼，层厚 21～28 m；上层黑云变粒岩，出露于矿区北部及 SW 部，层厚大于 37 m。

上述地层总厚 473～547 m。

矿区位于河前庄倾伏背斜的 NW 延伸部分，背斜是矿区的主体构造，同时发育着 NWW，NNE 向以压扭性为主兼有扭性的断裂（图 1）。

围山城多金属含矿带出露于银洞坡、破山到窑坡寨一带，全长 13 km。

银洞坡矿区位于该带的东段，自粉扒至相树沟沿 300°方向展布，长 2.5 km。

全矿区可分 3 个矿段，西段带宽 100～150 m，有 5 个矿体；中段带宽 40～140 m，有 16 个矿体；东段带宽 10～15 m，有 2 个矿体。

银-金矿体因受河前庄背斜核部及层间断裂控制，使矿体在平面分布上具有向 NW 收敛向 SE 撒开的特点。矿体是由含金石英脉和碳酸盐脉沿硅化碳质绢云石英片岩、绢云石英片岩或白云石英片

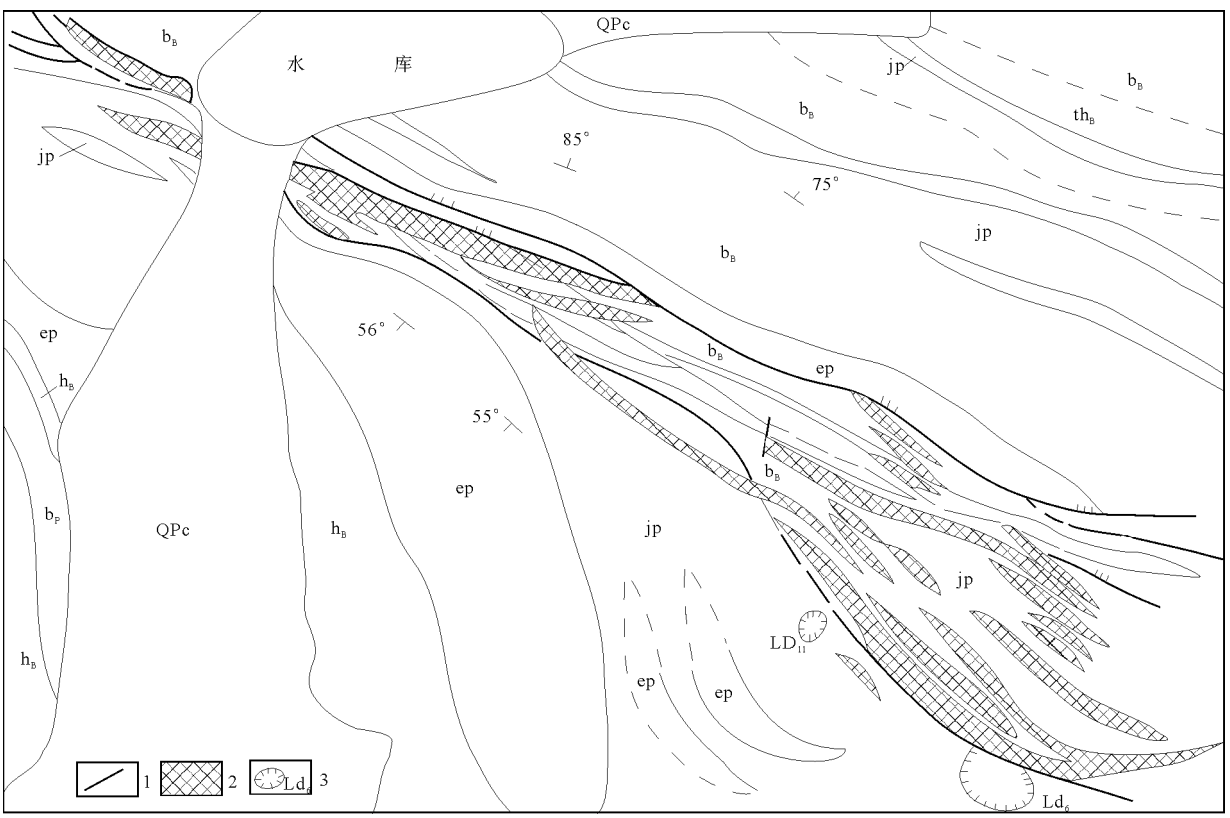


图 1 河南银洞坡矿区地质简图（据陈继明等，1985）

QPc—冲洪积层；th_B—条痕状富黑云母变粒岩；h_B—黑云变粒岩；b_B—白云变粒岩；ep—二云变粒岩；jp—绢云石英片岩；bp—白云石英片岩；1—压扭性断裂；2—矿体；3—老硐及编号

黄金地质研究所
信息室 提供

岩、绢云石英片岩的破碎裂隙充填交代而成。故矿体与围岩之间没有明显的界线。由于矿体受 NW 向破碎带的控制，所以矿体在平面及剖面上常呈舒缓波状，并有分支复合现象。矿体一般为脉状及透镜状。多数矿体向 SW 倾，少数向 NE 倾，倾斜程度具有上陡下缓的特点。矿体具有上薄下厚、上贫下富的变化趋势。

含金石英细脉和碳酸盐脉一般呈脉状产出，长数厘米至数十厘米，宽几毫米至数厘米，其两侧的围岩一般具硅化、绢云母化，脉体本身常含大小不等的围岩角砾，黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等硫化物在脉中呈浸染状、斑杂状、条带状分布。

矿石中金属元素有 Au，Pb，Zn，Cu 等。

Au 一般含量 2.10×10^{-6}～20.13×10^{-6}，最高达 86.44×10^{-6}；Ag 一般为 50.80×10^{-6}～366.50×10^{-6}，最高达 $1\ 015\times10^{-6}$；Pb 0.3%～9.64%，最高达 13.63%。金矿体中 Pb 平均含量 1.11%；Zn 一般为 0.10%～9.64%，平均 1.92%；Cu 一般为 0.02%～0.25%，最高达 0.64%，平均为 0.096%。

主要金属矿物有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿。主要非金属矿物有石英和方解石。金银矿物主要有自然银、金银矿、辉银矿、角银矿、硫铜银矿、淡红银矿、浓红银矿、自然金、银金矿和碲金矿等。矿石中银金矿和辉银矿是主要的含金、银矿物，总的颗粒细小，肉眼难以见到。可见金占 66.3%。

矿石结构有自形、半自形、他形粒状、固熔体分离、结状、交代和压碎结构。矿石构造有浸染状、条带状、揉皱状、脉状、网脉状、角砾状、晶洞、胶状、变余层状等。主要矿石类型为浸染状和脉状。

围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、碳酸盐化，其次是绿泥石化和泥化。

银洞坡硫同位素 20 个样品（黄铁矿、闪锌矿、方铅矿）$\delta^{34}S$ 为 0.1‰～5.2‰，平均 3.7‰，$^{32}S/^{34}S=22.105\sim22.217$，平均 22.137。

石英包裹体均一温度 210～246 ℃。金属硫化物爆裂温度 190～460 ℃之间。主成矿期 300～200 ℃。Co/Ni＝0.34～1.66，显示火山-沉积过渡类型。S/Se＝42 100～1 290，又显示正常特点。

四川夏塞银矿床

夏塞银矿床是 1993 年发现的一个大型银矿，银的远景储量超过 5 000 t，银品位在 370×10^{-6}～450×10^{-6}之间。2001 年又在夏塞银矿区附近发现砂西和夏隆 2 个具大型资源远景的银矿产地。1999 年 11 月国土资源部已公布夏塞银矿床可供外商开发。

矿区位于我国西南三江成矿带，在义敦岛弧中段。赋矿地层为上三叠统图姆沟组，岩性为凝灰质砂板岩、灰岩和长石石英砂岩。区内 NNW 向褶皱和断裂为控矿构造，矿体赋存在三叠系大理岩蚀变构造破碎带中。已控制 4 个矿体，其中Ⅰ号矿体长 2 350 m，厚 1.4 m，平均银品位 370×10^{-6}；Ⅱ号矿体长 2 200 m，厚 1.5 m，平均银品位 450×10^{-6}。矿区围岩蚀变有绢云母化、硅化、绿泥石化和黝帘石化等。矿石为构造蚀变岩型，主要金属矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等，主要银矿物有辉银矿和深红银矿等。矿床为火山热液型。

砂西银矿位于夏塞矿区西约 5 km，已发现银-铅-锌矿体 3 个，其中Ⅰ号矿体银品位达 426×10^{-6}～$1\ 613\times10^{-6}$，预计银资源量可达 3 000 t，夏隆银矿位于夏塞矿区南 3 km 处，矿石银品位在 120×10^{-6}～$1\ 939\times10^{-6}$之间。据预测，包括夏塞矿床在内的整个义敦地区，经过“十五”地质大调查工作银资源量可达 1～2 万 t，还有铅-锌和锡矿储量。

陕西银洞子银-多金属矿床

银洞子银-多金属矿床是大型银矿床，年生产能力为 33 t 银，1998 年银产量 28 t。累计探明银储量 1 872 t，银品位 107×10^{-6}。至 1996 年底保有银储量 1 749 t。

矿床位于秦岭地槽北部华力西褶皱带中。产在中泥盆统大西沟组的浅海泥质—碳酸盐岩建造中。该套建造经区域变质作用形成千枚岩、粉砂质千枚岩、钙质千枚岩、结晶灰岩等互层的岩石组合，矿

体赋存于由泥质沉积向碳酸盐沉积的过渡部位。在含矿层下部的泥质地层中，当铁镁碳酸盐增多时出现菱铁矿，当重晶石、似碧玉岩或钠长岩增多时出现铜或铜-银矿，当有机质、钙质及重晶石增多时出现铜（锌）或银-铅矿。区内岩浆活动较强烈，但对成矿无明显作用。

本区共圈出 16 个矿体，形态简单，多呈层状、似层状，与围岩产状一致（图 1）。其中 13 号矿体为银-铜-铅-锌综合矿体，规模较大，连续性较好，最大矿体长 1 900 m，平均厚 2.24～6.04 m，斜深 245～1 143 m。各个矿体呈相互平行排列，间距 3～30 m 不等。矿石以条纹状、条带状构造为主。

矿床中具有工业价值的元素主要有 Ag，Pb，Cu，Zn，此外还有 Fe 及可综合回收利用的 Co 和 S 等。银赋存在除铁矿石外的各类矿石中。矿石中的金属矿物主要有方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿、磁铁矿、菱铁矿、黝铜矿、磁黄铁矿等；主要

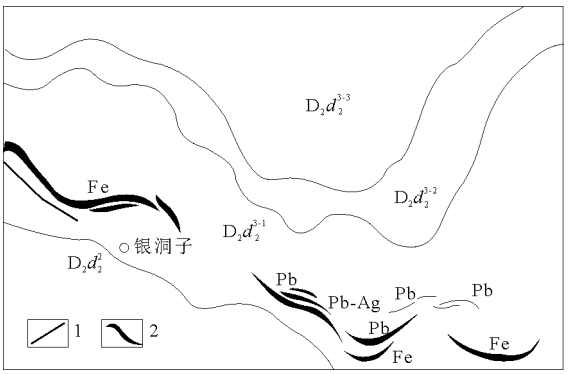


图 1　陕西银洞子银-多金属矿床地质略图（据 00534 部队）

$D_2d_2^{3-3}$，$D_2d_2^{3-2}$，$D_2d_2^{3-1}$—中泥盆统大西沟组二段上部第三分层白云岩，第二分层粉砂岩、板岩、碳质千板岩，第一分层千枚岩夹菱铁矿和银-铅矿层；$D_2d_2^2$—中泥盆铜大西沟组二段中部灰绿色千枚岩；1—断层；2—矿体

银矿物有银黝铜矿、辉银矿，其次有硫银锑铅矿、深红银矿和自然银等。

矿床属沉积变质（改造）型铅-锌-银矿床。

河北相广银矿床

相广银矿床位于燕山沉陷带冀西陷褶断束西段军都山复背斜。

区域地层主要是中新元古界长城系—青白口系，出露齐全。有少量古生界寒武系出露。中生界侏罗系陆相沉积-火山岩建造分布最广。

区内构造以断裂为主。相广区主要为中生代断陷盆地，受 NE 向的胥家窑—岔道和 NNE 向的上井沟—小五台 2 条断裂带控制，盆地轴向 NE，为一复向斜构造。区内 NW—NNW 向扭性断裂发育，银矿的生成与之关系最为密切，为区域的主要控矿构造（图 1）。

区域内燕山期岩浆活动频繁，深成、浅成、超浅成至喷出均有，并且明显地受 NNE 向构造所制约。

矿区基本上位于相广中生代断陷盆地的东南部。盆地底部堆积为角砾状燧石条带白云岩组成的崩塌角砾岩；其上为河床湖泊沉积的紫红色、灰绿色等厚层状砾岩、凝灰质砾岩、凝灰质杂砂岩等；最后不整合其上的为流纹质熔结凝灰岩。

矿区地层为一单斜构造，走向 20～40°，倾向 NW，倾角 30～60°。矿区内 NW—NNW 向扭性断裂发育，有近 60 条大小不等的矿化蚀变断裂带。断裂产出方位主要有 2 组：47∠67°，以②，⑬，⑭等主脉为代表，第二组为 29∠64°，以①，④等

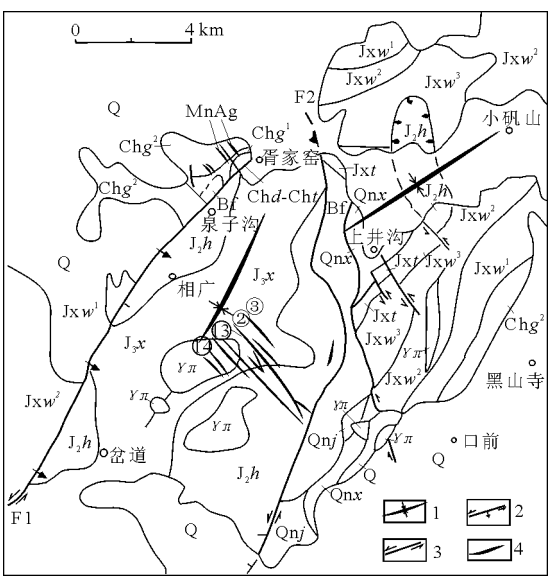


图 1　河北相广银矿床地质略图

Q—第四系；J_3z—上侏罗统张家口组；J_2h—中侏罗统后城组；Qnj＋Qnx—青白口系景儿峪下马岭组；Jxt—蓟县系铁岭组；Jxw^{1-3}—蓟县系雾迷山组第一至第三岩性段；$Chg^{1,2}$—长城系高于庄组第一、第二岩性段；Chd—Cht—长城系大红峪组—团山子组；$\gamma\pi$—花岗斑岩；Bf—爆发角砾岩；1—向斜；2—平移正断层；3—平移断层；4—锰-银矿体

次脉为代表。此外，还有近 SN 向的㉛号脉和近 EW 向的㊸号脉，它们在矿区内形成了网格状形态。

黄金地质研究所
信息室 提供

花岗斑岩呈似岩床状侵位于侏罗系中。主要岩石类型为二长花岗斑岩、钾花岗斑岩及富含石英的花岗斑岩。岩石化学特征与区域岩石具一致性。相广花岗斑岩里特曼指数为 3.30，属钙碱性。Rb-Sr 等值线年龄为 1.39 亿年，属燕山早期第三阶段产物。

矿体形态多为简单而规则的脉状，沿走向和倾向均具分支复合、尖灭侧现与尖灭再现等特点。在主构造带一般多形成锰-银矿体，而在构造带两侧的破碎围岩中则多形成蚀变岩型银矿体，尤以底板发育为佳。锰-银矿体一般厚度小，不连续，多呈透镜状出现；而蚀变岩型银矿体厚度大，连续性较好，是矿区的主要银矿体。锰-银矿体中的锰、银之间呈正相关，而蚀变岩型银矿体中的锰、银关系不明显。

矿区成矿条件较好的为①，②，③，④，⑬，⑭等脉，其中以②，⑬，⑭号脉为佳。②号脉长 3 000余米，⑬号脉长 2 500 余米，⑭号脉长 600 余米。⑭号脉以蚀变岩型银矿为主，控制矿体长 600 m，矿体连续，最厚达 12 m，最高品位 517.31×10^{-6}，平均厚 4.15 m。⑬号脉 2 种类型银矿均有，矿体比较连续，已控制矿体长约 700 m，银矿体最厚 13.53 m，最高品位 410.20×10^{-6}，平均厚 4 m，平均品位 122.38×10^{-6}。

锰-银矿石中，除软锰矿、硬锰矿及少量铅硬锰矿外，主要银矿物为角银矿、氟溴银矿、溴银矿、碘银矿等，其次为辉银矿、自然银及少量深红银矿、含银黝铜矿和银金矿。非金属矿物主要为石英、长石、绢云母、多水高岭土、蛇纹石、碳酸盐矿物、重晶石等。

蚀变岩型银矿石初步查明金属矿物 14 种，非金属矿物 16 种。主要的银矿物为辉银矿，次为角银矿族，少量自然银。含银矿物有黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、硬锰矿及褐铁矿。非金属矿物主要有正长石、微斜长石、钠长石、绢云母、高岭土、次为黄钾铁钒。

蚀变程度极不均匀。按其与矿化的密切程度可依次分为硅化—高岭土化—绢云母化—褐铁矿化—碳酸盐化。

流纹质熔结凝灰岩和凝灰质砂岩中硅化最为发育。高岭土化在花岗斑岩中非常强烈。与硅化、高岭土化相伴生的经常为绢云母化和不同程度的褐铁矿化。褐铁矿化常与细脉浸染状锰矿化伴生。碳酸盐化属次生蚀变产物，矿脉中方解石类矿物与硬锰矿等颗粒相间，或再溶解贯入各种矿物中。

相广火山岩及次火山岩中银丰度值较高，火山岩中银平均丰度 0.26×10^{-6}，是地壳中银平均含量的 13 倍。是长英质岩石银平均含量（0.05×10^{-6}）的 5 倍。花岗斑岩平均丰度为 0.39×10^{-6}，是地壳中银平均含量的 19 倍。是长英质岩石银平均含量的 7.8 倍。可见成矿物质来源于火山岩和次火山岩。

江西冷水坑银矿床

冷水坑银矿位于贵溪县境内，矿区 SN 长 7 km，EW 宽 5 km，面积 35 km^2，该矿区的发现与勘探经历了从“脉带型”铅-锌矿、斑岩型铅-锌矿、斑岩型银矿、层控叠生型银矿和金矿等几个相互交织的阶段。经过二十多年的工作，终于探明了该大型银矿。1990 年兴建了冷水坑矿区的第一座矿山——银路岭银矿，1992 年正式投产，日处理矿石 500 t，年产白银 22.96 t。

该矿床是陆相火山沉积亚型的大型银矿床，保有银储量 3 336 t，银品位为 146.21×10^{-6}。矿区出露地层为上侏罗统鹅湖岭组（图 1），该组为一套陆相酸性火山岩系，由爆发和喷出的火山碎屑岩组成，其岩性组合由下而上为流纹质晶屑凝灰岩、层凝灰岩夹凝灰质粉砂岩。矿区中尚有潜火山岩侵入体——花岗斑岩。此种斑岩体具有隐蔽爆发特征，在其内部及边部均可见到隐爆凝灰岩及爆发角砾岩。此花岗斑岩小侵入体沿 NE 向断裂分布。矿体赋存于花岗斑岩侵入体中及其与鹅湖岭组火山岩的内外接触带中，共有 4 个矿体，其中以 2 号矿体为主，主要呈隐伏状态，长 800 m，宽 500 m 左右，厚 1 m 至数十米。矿体呈层状，局部为脉状。金属矿物主要有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、辉银矿，次要的有自然银和黄铜矿。矿体受斑岩及其与围岩的接触带控制。近矿围岩蚀变以绿泥石化、黄铁矿化、绢云母化为主，外围则普遍发育有碳酸盐化。

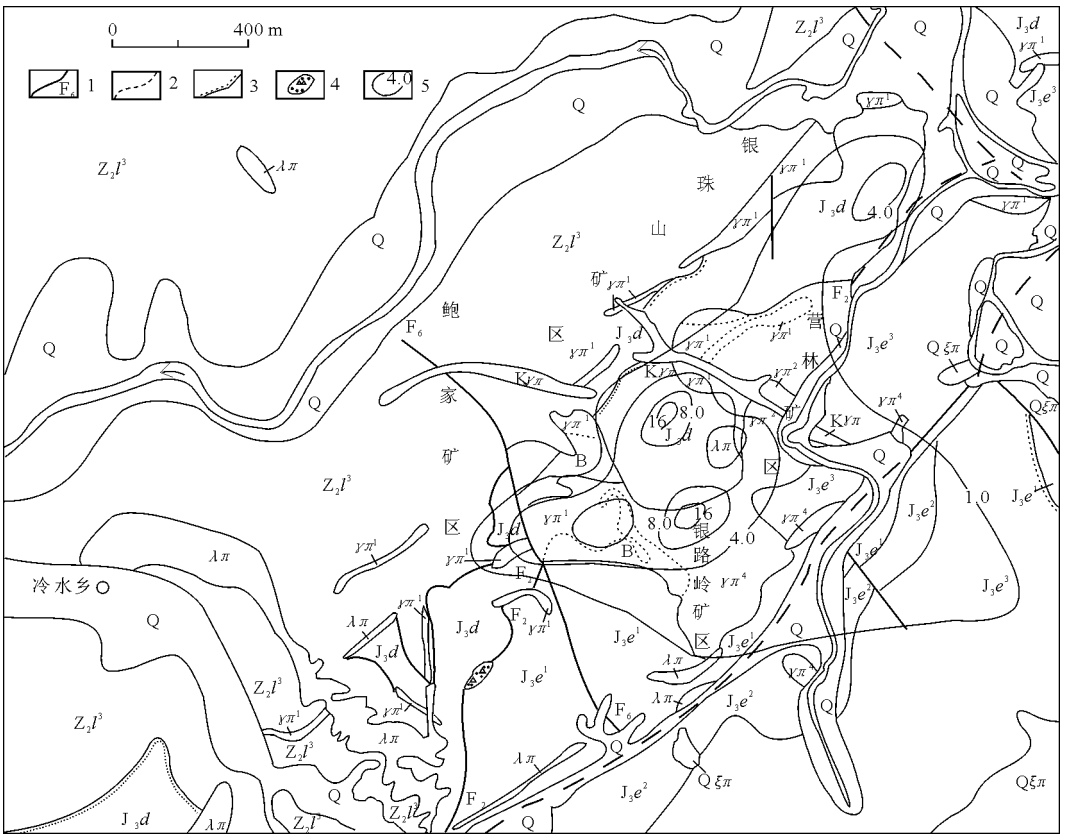


图 1　冷水坑银矿田地质图

Q—第四系；J_3e^3，J_3e^2，J_3e^1—上侏罗统鹅湖岭组；J_3d—上侏罗统打鼓顶组；C_1z—下石炭统梓山组；Z_2l^3—上震旦统老虎塘组上段；Kγπ—钾长花岗斑岩；λπ—流纹斑岩；Qξπ—石英正长斑岩；$\gamma\pi^1$，$\gamma\pi^3$，$\gamma\pi^2$，$\gamma\pi^4$— 燕山中期侵入岩；B—隐爆角砾岩；1—断裂及编号；2—岩相界线；3—喷发不整合界线；4—破碎带；5—银元素等值线

陕西东沟坝银矿床

东沟坝银矿床位于略阳县境内，地处摩天岭褶皱系松潘—甘孜褶皱带，汉江断裂与勉县—略阳深断裂之间“勉略宁三角地带”中北部。区内出露地层为中新元古界碧口群第四亚群中岩组及上岩组的一套中酸性海相火山岩系。地层走向 NW，倾向 NE，倾角 38～50°。矿区构造十分复杂，挤压强烈，断裂发育，各类侵入岩广布。

矿床与海相中酸性火山岩关系密切，属金-银-铅-锌-多金属矿床。各元素均可单独圈出工业矿体。除锌硫矿化范围较大（锌矿化体大于 1 000 m，平均厚 23.81 m，平均品位 1.49%）外，金、银、铅及重晶石矿化边界大体吻合，各元素含量呈正消长关系（图 1）。

矿区已圈出金-银矿体 13 个，工业矿体 8 个，金-银矿体长×××m，最长 550 m，最厚 15.7 m，金高达 18.72×10^{-6}，银高达 $1\ 160\times10^{-6}$。

矿物成分较复杂，常见金属矿物有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿，其次为黄铜矿、黝铜矿等。非金属矿物有重晶石、石英、绢云母等。矿石中 Au，Ag，Pb（0.7%～3.65%），Ba（$BaSO_4$ 20%～50%）4 组分紧密伴生，一般来说 Au，Ag，Ba 富集地段，Zn（0.52%～6.10%），S（8%～30%）也相对集中。矿区内矿石以中细粒状结构最发育，交代、填隙结构常见，亦见包含结构、破裂残斑结构。

矿石构造主要有细脉浸染状、角砾状，局部有斑点状、杏仁状、气孔状、条带状。矿石类型有重晶石型金-银、重晶石绢英岩型金-银及黄铁绢英岩型锌矿石。前 2 种工业类型为金-银-铅-锌矿石。

矿石中金、银呈单矿物、类质同象、杂质混入物存在于方铅矿、黄铁矿和闪锌矿等矿物中。

已知金银矿物有自然金、银金矿、金银矿、辉银矿、自然银、深红银矿等。金矿物颗粒较粗，以 0.074～0.037 mm 为主，银矿物较细，辉银矿（占银矿物 60%）粒度多在 0.037～0.01 mm 间。金矿物以粒间金为主，裂隙金较少。辉银矿和深红

黄金地质研究所
信息室 提供

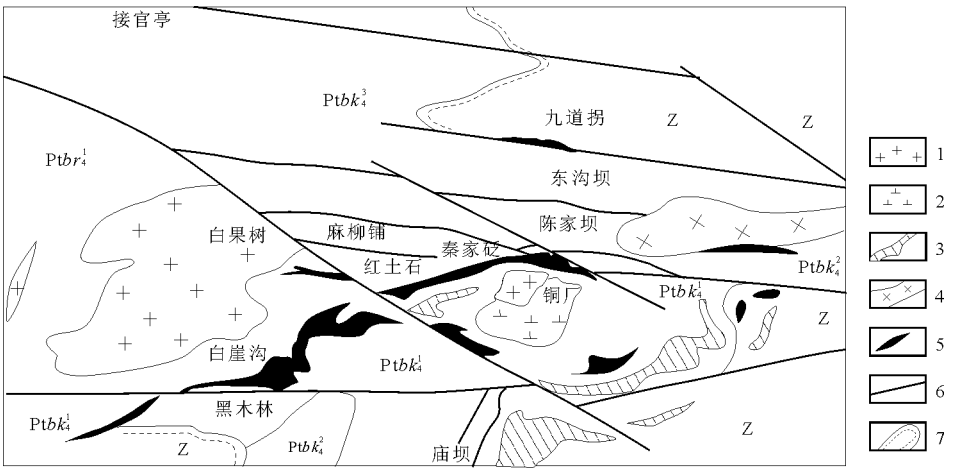


图 1　陕西东沟坝区域地质略图

Z—震旦纪沉积碳酸岩；$Ptbk_4^3$—元古宇碧口群四亚群上岩组下部基性火山集块岩、凝灰岩，中部中酸性晶屑岩屑凝灰岩，上部石英角斑岩；$Ptbk_4^2$—元古宇碧口群四亚群中岩组下部中基性集块岩、辉石细碧玢岩，上部凝灰角斑岩，石英角斑岩；$Ptbk_4^1$—元古宇碧口群四亚群下岩组下部基性火山凝灰岩，集块岩，细碧岩，中部中酸性凝灰岩，上部角斑岩；1—花岗岩；2—石英闪长岩；3—辉绿岩；4—辉长岩；5—蛇纹岩；6—断层；7—沉积不整合面

银矿同金银矿物、黄铜矿、方铅矿连生，偶见辉银矿嵌布在闪锌矿、黄铁矿粒间。

银矿为中型，属于海相中酸性火山岩关系密切的海底喷流型金-银-铅-锌硫化物矿床。

陆相火山盆地中与中酸性火山喷发侵入活动有关的（冷水坑式）银-铅-锌矿床模式

1　成矿构造背景

构造背景　该类型矿床分布于闽赣交界的武夷山脉北段。该区震旦纪—早古生代为地槽型沉积，以复理石建造为主，夹硅质岩与火山岩建造。加里东晚期构造运动后，形成近 EW 向褶皱，混合岩化强烈，局部形成断陷盆地。中生代以来 NNE，NE 和 NW 向断裂发育，并且在古生代断陷盆地基础上形成了一些中生代火山盆地和广泛的火山-侵入活动及其有关的成矿作用。

大地构造位置　华南褶皱系武夷隆起。

2　产出地质环境

主要控矿构造　NE，NNE 和 NW 向断裂交会部位控制了火山-侵入活动和火山机构分布。NW 和 NE 向断裂控制了含矿岩体的产出及其形态和产状。

赋矿岩石特征　花岗斑岩是银-铅-锌矿的成矿母岩，也是主要的含矿岩石，在平面上呈近等轴状，在剖面上呈上缓下陡的不规则舌状。岩石具肉红—浅灰色，块状构造，斑状结构。斑晶为钾长石和石英。基质具显微花岗结构，由石英、斜长石、钾长石和黑云母组成。岩体内隐爆现象明显，形成碎斑结构和碎裂构造。岩石含 SiO_2 为 72.95%～74.45%，Na_2O+K_2O 为 7.02%～7.16%，$K_2O>Na_2O$；$\delta Eu=0.58$，$^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始值为0.712 6。石英正长质火山角砾岩是另一含矿岩石，肉红—灰绿色，具角砾状构造。角砾成分为石英正长质熔岩和凝灰岩。胶结物为凝灰质、碳酸盐和硅质。

成岩成矿时代　含矿花岗斑岩侵入于上侏罗统中，后者同位素年龄值为 135～115 Ma，成矿时间为 118～112 Ma。

共生矿床类型　震旦纪沉积变质铁矿床、火山热液型铜矿床。

3　矿床地质特征

矿体赋存部位　矿体赋存在花岗斑岩体及其外接触带中。

矿体基本特征　产于花岗斑岩中的银-铅-锌矿体和铅-锌矿体数量较多，单个矿体多呈似层状和

透镜状，有分支复合、尖灭再现等现象，与围岩呈渐变关系，产状与斑岩体产状一致。个别铅-锌-银矿体和铜-金矿体呈细脉状，受断裂控制，矿脉产状与断裂产状一致，与围岩界线清晰。产于石英正长质火山角砾岩层中的层状、似层状和透镜状铁-锰-铅-锌-银矿体，产状与地层产状一致。

矿石矿物组合 斑岩体中矿石的矿物组合为辉银矿-方铅矿-闪锌矿-黄铁矿-石英-绢云母-长石；细脉带中矿石的矿物组合为辉银矿-方铅矿-闪锌矿-黄铁矿-黄铜矿-自然金-石英；火山角砾岩层中矿石的矿物组合为辉银矿-方铅矿-闪锌矿-黄铁矿-铁锰碳酸盐-磁铁矿-石英。

矿石结构、构造 斑岩体中矿石以星点浸染状、细脉浸染状构造为主，次为角砾状构造；细脉带中矿石和产于火山角砾岩层中的矿石具块状、条带状、脉状和角砾状构造。矿石结构有结晶粒状、交代残余、包含、环边、骸晶和固溶体分解等。

围岩蚀变特征 围岩蚀变由斑岩体中部向外侧呈面型发育，由绿泥石化→黄铁绢英岩化→碳酸盐化。在矿脉旁发育绿泥石化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐化和叶蜡石化等线性蚀变，并叠加在面型蚀变岩中。

矿床（体）空间分带 在斑岩体水平方向上，银-铅-锌矿化遍及整个岩体，向外具有铁-锰-铅-锌-银→铁-锰-铅-锌→铁-锰等矿化分带。在斑岩体垂直方向上，深部铜矿化强，中部铅-锌矿化强，中上部银矿化较强；在细脉带中，深部以硫铜矿化为主，金矿化弱，浅部以铅-锌-银矿化为主，伴有金。

4 矿床模式描述

模式简要说明 在晚侏罗世陆相火山喷发间歇期，在盆地处于封闭—半封闭情况下沉积了含锰菱铁矿层；在火山活动末期，火山盆地边缘的断裂活动，使震旦系推覆于火山岩系之上，并破坏了火山机构。花岗质岩浆沿火山管道侵入于逆断层中并发生隐爆作用，同时也使沉积的锰菱铁矿因热作用变质为磁铁矿。在岩浆冷凝过程中，在大气降水参与下，逐步富集形成含矿流体，随之与花岗斑岩发生交代作用，形成面型蚀变分带和浸染状、细脉浸染状矿化，或沿断裂和层间破碎带运移，充填成矿(图 1)。

成矿时空演化 矿化在空间上与花岗斑岩体密切共生，从岩体内向接触带外侧发育，集斑岩型和火山热液型矿化于一体。

成矿主要机制 成矿温度 120～300 ℃，属中—低温矿床。成矿流体盐度为 3.2% ～8.5% ，密度为 0.896～0.954 g/cm^3，成分属 Na^+-K^+-Cl^--SO_4^{2-} 型。流体水的 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 值为 2.95‰～4.28‰，表明为大气降水与岩浆水的混合水，但以前者为主。矿石的 $\delta^{34}S$ 值为－0.8‰～4.3‰，$^{206}Pb/^{204}Pb$ = 17.238 ～ 18.670，$^{207}Pb/^{204}Pb$ = 15.508 ～ 16.123，$^{208}Pb/^{204}Pb$＝38.068～39.368，表明硫和铅主要来源于岩浆。锰菱铁矿的 $\delta^{13}C_{PDB}$ 值为－5.07‰～－6.04‰，$\delta^{18}O_{SMOW}$ 值为 12.63‰～13.25‰，表明为沉积成因。

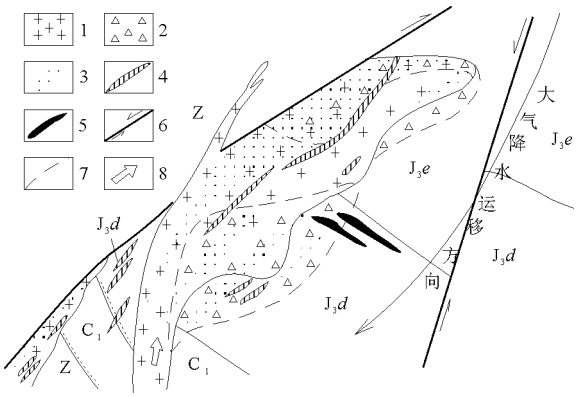


图 1 陆相火山盆地中与中酸性火山喷发-侵入活动有关的（冷水坑式）银-铅-锌矿床模式图

J_3e—上三叠统鹅湖岭组；J_3d—上三叠统打鼓岭组；C_1—下石炭统；Z—震旦纪混合花岗岩；1—花岗斑岩；2—隐爆角砾岩；3—斑岩型银-铅-锌矿化；4—脉带型铅-锌-银矿化和铜-金矿化；5—铁-锰-铅-锌-银矿化；6—断裂；7—隐爆角砾岩界线；8—火山气液运动方向

对成矿的不同认识 认为矿床与我国东部中生代陆相火山活动的火山喷气-热液作用有关。

5 矿床模式应用

主要控矿因素 中生代陆相火山-沉积盆地；NE 向及其配套断裂；花岗斑岩体和与其有关的隐爆角砾岩带。

找矿主要标志 破火山口旁断陷带；花岗斑岩体，并伴有隐爆角砾岩带；典型的斑岩型矿床围岩蚀变；铁帽和矿体氧化露头；古采矿遗迹；物化探异常。

地质经济意义 矿床达大型规模，以富含银为特点，距赣东北有色金属基地近，交通方便，地质经济意义大。

6 矿床主要实例

江西冷水坑银-铅-锌矿床。

摘自《中国矿床模式》

黄金地质研究所
信息室 提供

银矿地质详查规范

DZ/T 0150—95

1 主题内容与适用范围

1.1 主题内容

本规范规定了银矿地质详查工作目的任务、工作程序、工作程度、质量要求、储量计算及矿床技术经济评价等基本内容。

1.2 适用范围

本规定是银矿地质详查阶段工作的总体要求，也是银矿地质详查工作质量监控和详查报告验收的依据。

2 引用标准

GB/T 13688 固体矿产详查总则
DZ/T 0078 固体矿产勘查原始地质编录规定
DZ/T 0079 固体矿产勘查地质资料综合整理综合研究规定
DZ/T 0091 地质矿产勘查测量规范
DZ/T 0093 固体矿产勘查报告编写规定

3 目的任务及工作程序

3.1 目的任务

对经普查工作证实具有进一步工作价值的银矿区（床），开展详查工作，探求 C+D 级储量，提交详查报告，为能否进行地质勘探工作提供依据，为矿山总体规划或总体设计以及矿山项目建议书提供依据，亦可为探建结合、小型矿山的初步设计提供依据。

3.2 工作程序

地质详查工作应遵循 GB/T 13688 规定的立项论证、设计编审、组织实施和报告编审汇交四个程序进行。

4 工作程度

4.1 矿区地质研究程度

主要对矿区地层、岩石、构造及其对银矿床形成与破坏所产生的影响进行研究。

4.1.1 基本查明矿区地层层序、含（控）矿岩系，结合物化探异常特征，阐明其对矿床的控制作用。

4.1.2 基本查明矿区主要构造的性质、产状、规模及其对矿床的控制作用和破坏程度。

4.1.3 基本查明矿区内的岩浆岩及其对矿体的控制或破坏作用。

4.1.4 基本查明矿区内变质岩及对银矿床的控制作用和影响程度。

4.1.5 基本查明与成矿有关的围岩蚀变及其与矿化富集的关系。

4.1.6 基本查明矿区（床）范围内矿体（层）的分布、数量、规模及产状。

4.2 矿床（体）地质研究程度

4.2.1 基本查明矿床（体）地表地质特征。

4.2.2 基本查明矿体的规模、形态、产状，矿石的品位及其变化特征，初步确定矿床勘探类型及工程间

距。

4.2.3 基本查明矿体中的夹石、顶底板围岩的岩性、分布与稳定性。

4.2.4 基本查明矿床（体）氧化带的特点、发育程度、范围、深度、矿物组合、成因和矿石可选性等。基本查明氧化矿石、混合矿石和原生（硫化）矿石界线。

银矿床（体）氧化带划分，一般采用与银共生关系密切的硫化物氧化率。也可根据矿床（体）中物质成分、银的赋存状态与选矿试验结果，用银的氧化率划分氧化带。

4.2.5 研究矿床的成因类型。

4.3 矿石质量研究

4.3.1 基本查明矿石的矿物种类及含量，结构、构造、生成顺序和有益、有害组分。基本查明银矿物的种类、含量、粒度、嵌布关系，赋存状态及分布规律等。

4.3.2 初步划分矿石自然类型、工业类型并基本查明其分布情况。

4.3.3 基本查明主要矿石类型的选（冶）性能。对生产矿山附近有类比条件的易选（冶）银矿石，可进行类比评价，不做可选（冶）性试验。一般银矿石应进行可选（冶）性试验甚或实验室流程试验。难选（冶）银矿石或新类型银矿石，应进行实验室扩大连续试验。

4.4 对矿致物化探异常的研究

4.4.1 对经过一定数量探矿工程验证的矿致物化探异常，并证实为具远景的银矿体，应作为详查工作对象予以研究和评价。

4.4.2 选用有效的地面和井中物化探方法，提供更多的找矿信息，指导探矿工程，结合地质特征，研究、对比，连接矿体（层）。

4.4.3 探寻富矿体（层），了解其产状、形态。

4.5 矿区水文地质、工程地质及环境地质研究

4.5.1 水文地质研究。

4.5.1.1 基本查明矿区含（隔）水层、构造破碎带、风化带、岩溶带的水文地质特征，发育程度和分布规律。

4.5.1.2 基本查明矿区内地表水体分布和平水期、洪水区、枯水期的水位、水深、水质、水量、流速、流量，历年最高洪水位及其淹没范围。

4.5.1.3 基本查明地下水补给、排泄条件；地表水体与含水层的水力联系，矿床主要充水因素及水文地质条件的复杂程度，必要时预测矿坑涌水量，评价其对矿床开采的影响程度。初步划分矿床水文地质类型及水文地质条件复杂程度。

4.5.1.4 调查研究可供利用的供水水源的水量、水质和利用条件，指出供水水源方向。

4.5.1.5 调查老窿及采空区的积水情况，大致圈定其分布范围。

4.5.2 工程地质研究。

4.5.2.1 根据矿体（层）围岩类型及矿石特征，初步划分矿区工程地质岩组、测定主要岩、矿石的力学性质。

4.5.2.2 基本查明矿区内断层、破碎带、节理、裂隙、岩溶等的发育程度及分布情况，评价其对矿体（层）及其顶底板岩层稳固性的影响；对适于露天开采的银矿，还应对采场边坡的稳定性提出评价意见。

4.5.2.3 基本查明岩体风化、蚀变程度及软岩、软弱夹层的分布情况及其对开采条件的影响。初步划分矿床工程地质类型和工程地质条件复杂程度。

4.5.3 环境地质研究。

4.5.3.1 基本查明岩石、矿石和地下水（含热水）中对人体有害的元素、放射性及其他有害气体的成分、含量等情况。

4.5.3.2 收集、调查矿区及邻区的地震、泥石流、滑坡、岩溶等自然地质灾害及有关资料，分析其对矿山开采的影响。

4.5.3.3 预测矿山开采对本区环境，生态可能产生的影响。

4.6 矿床的综合利用评价

黄金地质研究所
信息室 提供

4.6.1 基本查明矿床中共生矿产和伴生组分的种类、含量、赋存状态、分布特点及其与主组分的相互关系，并做出综合评价。

4.6.2 银矿体中，达到最低工业品位的其他有用组分，也应列为主组分，并做出评价。

4.6.3 银与共（伴）生组分都达不到各自最低工业指标时，应通过论证，做出可否采用综合工业指标利用该矿床的评价。

4.7 勘探类型与工程间距表（见下表）

勘探类型	B 级		C 级		备注
	走向/m	倾向/m	走向/m	倾向/m	
Ⅱ	50～60	40～50	100～120	80～100	
Ⅲ	30～40	40～50	60～80	40～50	
Ⅳ			40～50	40～50	

注：①第Ⅱ勘探类型用钻探求 B+C 级储量，B 级储量应有坑道验证。
第Ⅲ勘探类型简单者坑钻结合探求 B+C 级，复杂类型坑钻结合求 C 级。
第Ⅳ勘探类型以坑探为主探求 C 级，当探求不到 C 级储量时，可只探求 D 级储量。
②D 级别储量的工程间距，大不超过 C 级储量工程间距的 1 倍
③当矿体规模、形态、品位，在沿倾斜方向稳定而走向方向变化大时，工程间距可互换。

5 工作部署及质量要求

5.1 地形测量与工程测量

测量范围和地形图的比例尺及工程测量精度应满足地质填图和储量计算的需要。

地形测量与工程测量质量要求按 DZ/T 0091 执行。

5.2 地质填图及水文地质、工程地质测绘

5.2.1 一般应测制地质图、地形地质图和相应的地质剖面图。矿区地质图、地形地质图比例尺为 1∶5 000～1∶10 000；矿床（体）地形地质图比例尺为 1∶500～1∶2000。

5.2.2 地质填图中，对矿体分布地段、覆盖区的重要地质界线必须用槽、井探或浅钻等工程揭露，所用地表工程要用全仪器法测定，探矿工程要测坐标。地质观察点的布设要结合矿床（体）基岩出露情况、地质构造复杂程度及地表工程密度等合理确定。

5.2.3 地质图的精度要求应满足相应比例尺地质测量规范的要求

5.2.4 水文地质和工程地质测绘，一般在地质图的基础上进行。

5.3 物化探工作

物化探工作质量精度要求按现行专业规范、规程执行。详查报告中要评述其工作质量与成果。

5.4 探矿工程

5.4.1 探矿工程部署，应根据矿床勘探类型，合理选择勘探手段与确定工程间距，探求 C，D 级储量。

5.4.2 各类探矿工程质量要求应符合国家现行探矿工程规范、规定要求。

5.5 水文地质、工程地质与环境地质工作

充分利用探矿工程进行水文地质、工程地质与环境地质工作，并根据需要布置专门性工作，以满足详查阶段评价的要求。具体技术质量规定参照 GB 12719《矿区水文地质工程地质勘探规范》及有关规定执行。

5.6 各类样品的采集、加工、鉴定、测试工作

5.6.1 系统地采集岩石、矿石标本，通过鉴定、测试，在普查阶段分类、命名、研究的基础上进一步完善。

5.6.2 样品加工按切乔特公式进行缩分。银矿床的 K 值应通过试验确定，在未经试验前常采用经验值 0.4～0.8。样品加工应严格按操作程序、操作规程执行。样品总损失率不大于 5%，每次缩分误差应小于 3%。

5.6.3 基本分析项目为银，其他有用组分达到工业要求时，也应列入基本分析。

黄金地质研究所
信息室 提供

5.6.4 基本分析样品要进行内、外检，物相分析是否进行内、外检，应根据具体情况确定。内、外检的要求、质量误差及处理办法参照《地质矿产试验测试质量暂行规定》程序。

5.6.5 各类样品的采取、加工和质量要求按《银矿地质勘探规范》有关部分执行。

5.7 原始编录、综合整理与报告编写

5.7.1 原始编录是对各种地质现象实地观察与研究的记录，应在现场进行。各项编录应按 DZ/T 0078 要求执行。凡能用计算机成图、成表的资料，应按标准化表格内容填写。

5.7.2 资料综合整理应贯穿于详查工作的始终，并按 DZ/T 0079 要求执行。

5.7.3 详查报告编制应按 DZ/T 0033 执行。

6 储量计算

6.1 储量计算的工业指标

6.1.1 详查阶段工业指标应由勘查单位进行论证，提出建议，报请上级主管部门批准下达。银矿的一般工业指标见附录 C。

工业指标的主要内容：

边界品位；

最低工业品位；

矿床平均品位；

最低可采厚度（指矿体真厚度）；

夹石剔除厚度（指夹石真厚度）；

对小于可采厚度而银品位高的工程，可采用米·克/吨值。

6.1.2 当矿体内主、共生组分达不到各自工业品位要求而综合利用能达到开采要求时，为充分利用矿产资源，对具经济价值的矿床，应制定综合工业指标，报上级主管部门审批下达。

6.2 储量计算一般原则

6.2.1 参与储量计算的各项工程及地质工作质量，应符合各有关规范、规程和规定的要求。

6.2.2 储量计算图件比例尺应为 1∶5 000～1∶1 000 或 1∶2 000。

6.2.3 储量计算的各项参数应根据实测的数据求得。

6.2.4 按矿体、分储量类别、储量级别（参阅附录 A）、矿石类型、合理划分块段，分别计算矿石量与银金属量。

6.2.5 对已查明赋存状态且工业上能利用的共、伴生有用组分，应分别计算储量。

6.2.6 计算的储量应是勘查工作所探求的储量，但要圈出采空区，并扣除工作前采空区的储量。

6.2.7 储量计算单位：矿石量为万吨，金属量为吨。

6.2.8 矿体的圈定、外推原则见附录 B。

6.3 储量计算参数的确定

6.3.1 面积测定：可用几何图形法、求积仪法或方格纸法。选择上述任意一种方法皆应测定 2 次以上，取规定误差范围内 2 次平均值。

6.3.2 平均品位计算：平均品位一般用加权平均法求得。

对高品位值样品，需经分析验证，作特高品位处理。

特高品位处理：首先对高品位值的副样作第二次分析，其结果在允许误差范围内，则用第一次分析结果。用特高品位所影响的块段平均品位或单工程平均品位（单工程矿体厚度大时）代替。

特高品位的确定：特高品位系指高于矿体平均品位 6～8 倍的单样品位。当矿体品位变化系数小时，用下限值；变化系数大时，用上限值。

对有工程控制，能分采的富矿带（条）可单独圈算储量。

6.3.3 平均厚度计算：一般用算术平均法求得。只有当单工程中矿体厚度变化很大，且工程分布不平均时，采用加权平均法求得。

黄金地质研究所
信息室 提供

6.3.4 体重与湿度：计算各种类型矿石的储量应采用各自的平均体重，只有当各种类型矿石体重相近时，才能全矿床（体）用一个总的平均体重值。样品不少于 30 件。

致密坚硬矿石可采用小体重算术平均值计算储量。疏松和裂隙发育的矿石用大体重修正小体重计算储量，但要测定湿度进行校正。

6.4 各级储量比例

详查阶段对大型、特大型银矿床探求的 C 级储量应不低于 C＋D 级储量的 20%；中型银矿床探求的 C 级储量不低于 C＋D 级储量的 15%；小型银矿床探求的 C 级储量不低于 C＋D 级储量的 10%；小而复杂的银矿床可只探求 D 级储量。各级储量应合理分布。

7 矿床技术经济评价

7.1 根据矿区（床）的储量和自然、经济地理条件，结合国家政策与规划，分析矿区（床）工业开发的内外部条件，探讨转入勘探的可行性，或为矿山探建结合及部分小型矿山初步设计提供依据。

7.2 根据矿区（床）的地质、开采和矿石加工选冶技术条件，分析未来矿山可能的开发方案、产品方向及规模，与同类矿山进行类比，调整矿山技术经济指标，提出适当的计算参数。

7.3 在上述工作的基础上，对矿床进行初步技术经济评价，主要是进行企业经济效益评价。当企业经济评价不能满足阶段决策需要时，应做国民经济效益评价。如两者评价结论矛盾时，应以国民经济评价结论为准，最后对矿床未来工业开发价值做出初步的综合评价。

附 录 A
C 级、D 级储量级别条件
（补充件）

A1 C 级储量必须具备下列条件

A1.1 基本控制矿体（层）产状、形态和空间位置。

A1.2 基本控制控矿和破坏矿体，影响中段（或水平）开拓的较大褶皱、断裂、破碎带的性质、产状与分布范围；初步控制主要岩浆岩、含矿岩系，夹石、无矿带岩石的岩性、产状及其分布变化规律。

A1.3 基本查明影响矿石综合回收技术经济效果的有益、有害组分赋存状态和矿石类型、品级、含量比例及其分布变化规律；在需要分采和地质条件可能的情况下，对分采的矿石类型、品级进行基本圈定。

A2 D 级储量必须具备如下条件

A2.1 初步控制矿体（层）的总体产状，形态和分布范围。

A2.2 初步控制控矿和破坏矿体的较大褶皱、断裂、破碎带构造的性质、产状和分布范围；大致控制主要岩浆岩，含矿岩系、夹石、无矿带岩石的岩性、产状及其分布变化规律。

A2.3 初步查明影响矿石综合回收技术经济效果的有益、有害组分、赋存状态和矿石类型、品级、含量比例及其分布变化规律。

附 录 B
银矿体圈定、外推原则
（补充件）

B1 银矿体圈定

B1.1 根据矿床（体）地质特征，成矿控矿因素和矿化规律圈定和连接矿体。

B1.2 矿体在单工程中以等于或大于边界品位的样品进行圈定。小于最低可采厚度而品位较高时，可按米·克/吨值圈定。等于或大于剔除厚度的夹石应单独圈出。

黄金地质研究所
信息室 提供

B1.3 连接矿体时一般采用直线，在充分掌握矿体形态特征时，可用自然趋势曲线连接，但工程间矿体厚度不应大于相邻两工程实际最大见矿厚度。

B1.4 圈定矿体时，厚大且成片的表外矿，应单独圈出。单工程中圈定表内矿，一般允许带入“夹石剔除厚度”以内的表外样品，但不得将连续超过“夹石剔除厚度”的样品全部带入。对夹在表内矿中厚度不大，且分布零星，难以分采的表外矿，无须单独圈出。

B2 银矿体外推原则

B2.1 银矿体外推时，在有充分依据的情况下，可合理地确定外推长度。如无规律可循时，则按网度二分之一尖推或四分之一平推。边界工程品位如大于边界品位二分之一时，则可做三分之二尖推或三分之一平推。采用米·克/吨值圈定矿体的边界时，一般不得外推；对薄脉型矿体，多采用米·克/吨值衡量时，允许外推。当矿体中出现个别用米·克/吨值达到要求的工程时，可以圈入矿体。

B2.2 沿脉坑道上、下当有C级网钻孔见矿，圈算C级储量，不见矿时按C级网度平推四分之一或尖推二分之一算C级储量，以下算D级储量，D级钻孔不见矿时，可按工程间距平推四分之一或尖推二分之一算D级储量。无工程控制时，按D级网度平推四分之一或尖推二分之一算D级储量。

B3 块段划分

应根据不同矿体，不同储量类别不同储量级别，以及可分采、分选的不同工业类型矿石，按勘探线工程控制网度分别划分块段（小块段），计算矿石量，金属量。

附 录 C
银矿一般工业指标
（参考件）

根据我国以往银矿勘探和开发矿区的资料，可供参考的一般性工业指标如下：

边界品位：银 40×10^{-6}～50×10^{-6}；

最低工业品位：银 80×10^{-6}～100×10^{-6}；

矿床平均品位：≥150×10^{-6}；

最低可采厚度：0.8～1 m；

夹石剔除厚度：2～4 m。

附加说明：

本标准由地质矿产部提出。

本标准由地质矿产部地质勘查行业管理司归口。

本标准起草人王民生、徐景、甘幼鸣。

银矿物表

矿物名称	晶系	分子式	主要成分含量	物理性质
自然元素及金属互化物类				
自然银 Silver	等轴	Ag	可含 Hg，As，Sb，Bi，Pt，Cu 等	呈细长网状，树枝状，银白色，D 10.1～11.1，H 2.5～3，R 93～95
银金矿 Electrum	等轴	(Au，Ag)	含 Ag 的自然金	
银铜金矿 Argentocuproaurite	等轴	(Au，Cu，Ag)		玫瑰红色，VHN_{50} 213.8，R＞70
银汞齐 Amalgam	等轴	(Ag，Hg)	Ag＞55，Hg＜45	
银汞矿 Moschellandsbergite	等轴	Ag_2Hg_3	Ag 30%	菱形十二面体，银白色，D 13.71，H 3.75

黄金地质研究所
信息室 提供

续银矿物表

矿物名称	晶系	分子式	主要成分含量	物理性质
丙银汞膏	等轴	γ-(Ag,Hg)	Ag 40%	
汞银矿 Kongshergite	等轴	α-(Ag, Hg), Ag_{1-x}, H_x, X=0～0.5	Ag 40%,自然银含汞变种,含汞 5%～23%	D 15～12,H 3～3.5,立方体,粒状及集合体,银白色,H_3
斜方汞银矿 Para-schachnerite	斜方	Ag_3Hg_2		D 12.98,沿{110}呈特征的四连双晶
六方汞银矿 Schachnerite	六方	$Ag_{1.1}Hg_{0.9}$(β相)		银白色,无双晶,D 13.52
含银自然铋 Bismuth	三方	(Bi,Ag)		
氯溴银矿 Embolite	等轴	Ag(Cl,Br)	Ag 62.5%,Cl 10.7%,Br 24.1%	Fm 3 m,a=5.62,Z=4
硒金银矿 Fischesserite	等轴	Ag_3AuSe_2		与碲金银矿相似
		碲化物,锑化物,砷化物,硒化物		
碲银矿 Hessite	单斜	Ag_2Te	Ag 62.86,Te 37.14	H 2～3,D 8.24～8.45,R 42～43
碲金银矿 Petzite	等轴	Ag_3AuTe_2	Ag 41.71,Au 25.42,Te 32.87	H 2.5～3,D 8.7～9.4,R 40,钢灰至铁黑色
六方碲银矿 Stutzite	六方	$Ag_{5-x}Te_3$		H 3.5～3,D 8,古铜色、铅灰色
粒碲银矿 Empressite	斜方	AgTe	含 Fe 可达 2% 以上	古铜色,H 3.5～3,D 7.61
板碲金银矿 Muthmannite		(Ag,Au)Te		
白碲金银矿		AuAgTe4		
针碲金银矿 Sylvanite	单斜	$AgAuTe_4$	Au 24.19,Ag 13.22,Te 62.59	银白色,H 1.5～2,D 8.16
碲铋银矿 Volynskite	三斜	$AgBiTe_2$		铅灰色,VHN 55～99,性脆
锑银矿 Dyscrasite	斜方 假六方	Ag_3Sb	Ag 72.66,Sb 27.34	银白色,H 3.5,D 9.63～9.82,R 61～66
六方锑银矿 Allargentum	六方	$Ag_{1-x}Sb_x$	Ag 84～85.6,Sb 14.4～15.9	D 10,块状,粒状,银白色
碲钯银矿 Telargpalite	等轴	$(Pd, Ag)_{4+x}Fe_x$	Pd 38.9,Ag 28.2～31.2	圆粒状,VHN 46.84,R 50～55.6
杂碲金银矿 Muthmannite		(Ag,Au)Te		板状晶,亮黄铜黄色
砷铜银矿 Novakite	四方	$(Cu,Ag)_4As_3$		钢灰色,H 3～3.5,D 6.7
砷锑银矿 Chanarcilite		$Ag_4(SbAs)_3$ (?)		银白色
杂砷银矿 Huntilite		Ag_3As?		暗灰至黑色,D 7.47
科廷纳矿 Kutinaite 方砷铜银矿	等轴	$AgCu_2As$ Cu_2AgAs		银灰色,VHN 38.7～39.8,D 3.38
硒银矿 Naumannite	等轴	Ag_2Se		黄黑色,H 2.5,VHN 33.6,D 7～8,R 31～37
硒金银矿 Fischesserite	等轴	Ag_3CuSe_2	Ag 47.5,Au 27.4,Se 24.4	H 2,D 9.05,VHN 32.7,R 31～36
硒铜银矿 Eucairite	四方	AgAuSe	Ag 43.04,Cu 25.36,Se 31.60	银白色,H 2.5,D 7.6,性脆,R 30
硒铊银铜矿 Crooksite	四方	$(Ag,Tl,Cu)_2Se$	Cu:Tl=12:1 Cu:Ag=25:1	铅灰色,H 2～3,VHN 10.1～14.1,D 6.9,反光下与黝铜矿相似,R 29
硒铋银矿 Bohdanowiczite		$AgBiSe_2$	Ag 22.6,Bi 44.7,Se 32.1	H 3.2,VHN 96,R 55
β—硒银矿 β—Naumannite	斜方	Ag_2Se	Ag 33.15,Se 26.85	灰色,H 2.5,D 7.69～7.79
		硫化物类		
辉银矿 Argentite	等轴	βAg_2S	Ag 87.06,S 12.94	H 2～2.5,D 7.2～7.4,有挠性,R 24～36
螺状硫银矿 Acanthite	单斜	αAg_2S		为辉银矿的低温变体,自然界多为螺状硫银矿
硫金银矿 Uytenbogaardtite	四方	Ag_3AuS		

续银矿物表

矿物名称	晶系	分子式	主要成分含量	物理性质
硫铜银矿 Stromeyerite	斜方	CuAgS	Ag 53.01,Cu 31.24,S 15.75	钢灰色,深蓝色,H 2.5～3,D 6.2～6.3,R 25～27
马硫铜银矿 Mackinstryite	斜方	$(CuAg)_2S$	另一分子式:$Ag_6Cu_4S_5$	钢灰色,H 3,D 6.61
辉铜银矿 Jalpaite	四方	Ag_3CuS_2		H 2～25.,D 6.82,R 30左右,灰色
少银黄铁矿 Argentopyrite	斜方	$AgFe_2S_3$	Ag 34.17,Fe 35.37,S 30.46	青铜黄色,H 3.5～4,D 4.25
硫铁银矿 Sternbergite	斜方	$AgFe_2S_3$		金褐色,H 1.5,D 4.25,R 45
银镍黄铁矿 Argentopentlandite	等轴	$Ag(Fe,Ni)_8S_8$		
硫汞银铜矿 Balkanite	斜方	$Cu_9Ag_5HgS_8$	Cu 37.4,Ag 33.1,Hg 14,S17	钢灰色,H 3.5,VHN 79.4～91.6,D 6.318
		硫盐类		
银黄锡矿 Hocartite	四方	Ag_2FeSnS_4	Ag 36,Sn 25～28,Fe 7.6,S 26～27	浅褐灰色,H 4
硫锡锗矿 Argyrodite	斜方	Ag_8GeS_6	Ag 76.61,Ge 6.44,S 17	H 2.5,D 6.26～6.29
硫银锡矿 Canfieldite	斜方	Ag_8SnS_6	Ag 73.49,Sn 10.14,S 16.37	H 2.5,D 6.27,R 18.5～24.5
辉锑银矿 Miargyrite	单斜	$AgSbS_2$	Ag 36.72,Sb 41.45,S 21.83	H 2.5,D 5.25,R 30～35
深红银矿 Pyrargyrite	三方	Ag_3SbS_3	Ag 59.76,Sb 22.48,S 17.76	H 2～2.5,D 5.77～5.86,R 24～32
火红银矿 Pyrostilpnite	单斜	Ag_3SbS_3		暗红色,H 2,D 5.94
脆银矿 Srephanite	斜方	Ag_5SbS_4	Ag68.33,Sb15.42,S16.25	铁黑色,H2,D6.25,R25～30
硫锑铜银矿 Polybasite	单斜	$(Ag,Cu)_6Sb_2S_{11}$	Ag 74.32,Sb 10.49,S 15.19	铁黑色,H 2～3,D 6.30,性脆
硫锑锰银矿 Samsonite	单斜	$Ag_4MnSb_2S_6$	Ag 746.79,Mn 5.96,Sb 26.4,S 20.85	铁黑色,H 2.5,D 5.51
Stytolypite		$(Ag,Cu,Fe)_3SbS_3$		
杂方辉锑银矿 Polyargyrite		$Ag_{24}Sb_2S_{15}$		
银黝铜矿 Freibergite	等轴	$(Ag,Cu,Fe)_{12}(Sb,As)_4S_{13}$	含Ag可达37%	钢灰色至铁黑色,H 3～4.5,D 4.6～5.4,R 20～27
黝锑银矿		$Ag_{4-10}Cu_{6-0}(Cu,Fe,Zn)_2(Sb,As)_4S_{13}$	Ag 36,Cu 12.4,Fe 4.1,Sb 25.1,S 21.8	锑黝铜矿变种
柱硫锑铅银矿 Freieslebenite	单斜	$PbAgSbS_3$		H 2～2.5,D 6.20～6.23,R 35
辉锑铅银矿 Diaphorite	单斜	$Pb_2Ag_3Sb_3S_8$		H 2.5～3,性脆,D 5.97,R 37～43
硫锰银矿	单斜	$Ag_4MnSb_2S_6$		
玻硫锑银矿 Boliriam	斜方	$Ag_2Sb_{12}S_{19}$	Ag 8.5	针状,类似辉锑矿,铅灰色,H 2.5,D 4.82～4.83
硫锑锡铁铅矿 Incaite	单斜	$(Pb,Ag)_4FeSn_4Sb_2S_{13}$		
辉锑铜银铅矿 Nakaseite	单斜	$Pb_4Ag_3CuSb_{12}S_{24}$		灰色,D 5.38
硫锑铅银矿 Andorite	斜方	$PbAgSb_3S_6$	Ag 12.36,Pb 23.75,Sb 41.87,S 22.02	钢灰色,H 3～3.5,D 3.38
杂辉锑铅银矿 Fizelyite	斜方	$Pb_5Ag_2Sb_8S_{18}$		铅灰色,性脆,H 2,D 5.56
脆硫锑银铅矿 Owyheeite	斜方	$Ag_2Pb_5Sb_6S_{15}$	Ag 8.80,Pb 42.18,Sb 29.41,S 19.61	铅灰色,性脆,H 2.5,D 6.22～6.51,R 40,又名银毛矿
辉锑银铅矿 Ramdohrite	斜方	$PbAgSb_3S_6$		灰—黑色,H 2,D 5.44
斯硫锑银铅矿 Sterryite	斜方	$Ag_2Pb_{10}(As,Sb)_{12}S_{29}$		
提辉锑银铅矿 Teremkovite	斜方	$Ag_2Pb_7Sb_8S_{20}$	Cu 0.17,Ag 6.5,Pb 44.15,Sb 29.03,S 19.31	灰色,性脆,H 3～3.5,D 6.3

黄金地质研究所
信息室 提供

续银矿物表

矿物名称	晶系	分子式	主要成分含量	物理性质
硫砷铊银铅矿		$(Pb,Tl)_2AgAs_2S_5$		
砷铊铅矿		$(Pb,Tl)(Cu,Ag)As_5S_{10}$		
硫砷铜银矿 Pearceite	单斜	$(Ag,Cu)_{16}As_2S_{11}$	Cu∶Ag=1∶2～1∶10	黑色,H 3,D 6.13
锑硫砷铜银矿 Antimongpearceite	单斜	$(Ag,Cu)_{16}(As,Sb)_2S_{11}$	Ag 64.15,Cu 9.15,Sb 9.05,As 1.35,S 16.30	
砷硫锑铜银矿 Arsenpolybasite	单斜	$(Ag,Cu)_{16}(As,Sb)_2S_{11}$	Ag 70.99,Cu 3.24,,As 9.07,S 15.63	
硫锑砷银矿 Billingsleyite	斜方	$Ag_7(Sb,As)S_6$	Ag 73.38,Sb 1.66,As 6.26,S 18.71	
斜硫砷银矿 Smithite	单斜	$AgAsS_2$	Ag 43.69,As 30.36,S 25.95	H 1.5～2,性脆,D 4.88,浅红浅褐橙色
三方硫砷银矿 Trechmannite	三方	$AgAsS_2$		H 1.5～2,D 4.8,性脆,与斜硫砷银矿呈同质二相
淡红银矿 Proustite	六方	$AgAsS_3$	Ag 65.42,As 15.14,S 19.44	
黄银矿 Xanthoconite	单斜	Ag_3AsS_3	Ag 65.42,As 15.14,S 19.44	浅橙黄色,红褐色,H 2～3,D 5.54
硫砷汞银矿 Laffittite	单斜	$AgHgAsS_3$	Ag 21.9,Hg 41,As 15.6,S 20.3	VHN 115,R 34.5～37.7
硫砷银矿		$Ag_{16}As_2S_{11}$		
硫砷铜银矿		$(Ag,Cu)_{16}As_2S_{11}$		
辉砷银铅矿 Lengenbachite	单斜	$Pb_6(Cu,Ag)_2As_4S_{13}$		钢灰色,H 2,D 5.8,R 34～37
硫砷铜铅矿		$(Pb,Tl)_2(Cu,Ag)As_3S_{10}$		
硫砷银铅矿 Marrite	单斜	$PbAgAsS_3$		H 3,D 6.23,R 31.5～34
硫砷铊铅矿 Hutchinsonite	斜方	$(Pb,Tl)_2(Cu,Ag)As_5S_{10}$		
铜红铊铅矿 Wellisite	三斜	$PbTl(Cu,Ag)As_2S_5$		
硫铋锑银矿 Aramayoite	三斜	$Ag(Bi,Sb)S_2$	Ag 34.77,Bi 14.02,Sb 30.55,S 20.66	H 2.5,D 5.6,R 30～35,有挠性
硫铋银矿 Matildite	六方	$AgBiS_2$	Ag 28.33,Bi 54.84,S 16.83	H 2.5,D 6.99,R 42～44
块辉铋铅银矿 Schirmerite	斜方	$Ag_3Pb_3Bi_9S_{18}$—$Ag_3Pb_6Bi_7S_{18}$		
块硫铋银矿 Pavonite	单斜	$AgBi_3S_5$		H 2,D 6.54,铅灰色
硫铋铅银矿 Ourayite	斜方	$Ag_{25}Pb_{30}Bi_{41}S_{104}$		
板硫铜银铋铅矿		$Pb_2(Cu,Ag)_3Bi_5S_{11}$		
针硫铋铜铅矿 Neyite	单斜	$Pb(Cu,Ag)_2Bi_6S_{11}$		
辉铋铅银矿 Guslavite	斜方	$Pb_5Ag_3Bi_{11}S_{24}$		钢灰色,H 3.5～4,D 7.01
硫铋铅铜矿	单斜	$(Cu,Ag)_{21}(Pb,Bi)_2S_{13}$		
硫铋铜银矿 Arcubite		$CuAg_6BiS_4$	Bi 19.94,Cu 6.60,Ag 61.7,S 12.25	
本硫铋银矿 Benjaminite	单斜	$(Ag,Cu)_3(Bi,Pb)_7S_{12}$		
埃硫铋铅银矿 Eskimpite	单斜	$Ag_7Pb_{10}Bi_5S_{36}$		
富硫铋铅矿 Heyrovskyite	斜方	$Pb_{10}AgBi_5S_{18}$		
特硫铋铅银矿		$Ag_7Pb_6Bi_5S_{18}$		
维硫铋铅银矿 Vikingite	单斜	$Ag_5Pb_8Bi_{13}S_{30}$		

续银矿物表

矿物名称	晶系	分子式	主要成分含量	物理性质
辉铅铋银矿		$Pb_5Ag_3Bi_{11}S_{24}$		
马硫铜银矿 Mackinstryite	斜方	$(Ag,Cu)_2S$		
硫铋铜银铅矿 Cupropavonite	单斜	$AgPbCu_2Bi_5S_{10}$		
硫铅铜矿 Furutobeite	单斜	$(Cu,Ag)_6PbS_4$		
硫硒铜矿 Geffroyite	等轴	$(Ag,Cu,Fe)_9(Se,S)_8$		
砷黝铜矿 Giraudite	等轴	$(Cu,Zn,Ag)_{12}(As,Sb)_4(Se,S)_{13}$		
辉铋银铅矿 Gustavite	斜方	$PbAgBi_3S_6$		
硒黝铜矿 Hakite	等轴	$(Cu,Hg,Ag)_{12}Sb_4(Se,S)_{13}$		
细硫砷铅矿 Hatchite	三斜	$(Pb,Tl)_2AgAs_2S_5$		与铜红铊银矿相似
硫铋铅银铜矿 Larosite	斜方	$(Cu,Ag)_{21}(Pb,Bi)_2S_{13}$		
辉锑银矿 Mlargyrite	单斜	$AgSbS_2$		
块硫铋银矿 Paronite	单斜	$(Ag,Cu)(Bi,Pb)_3S_5$		
Pirquitasite	四方	Ag_2ZnSnS_4		
特硫铋铅银矿 Treasurite	单斜	$Ag_7Pb_6Bi_{15}S_{22}$		
辉硒银矿 Ayuilarite	斜方	Ag_4SeS	Ag 79.5,Se 14.59,S 5.91	
			卤化物类	
角银矿 Chlorargyrite	等轴	AgCl	Ag 7.26,Cl 24.74	
胶状角银矿		AgCl		
溴银矿 Bromargyrite	等轴	AgBr	Ag 57.44,Br 42.56	
氯溴银矿 Embolite	等轴	Ag(Br,Cl)	Ag 65.2,Cl 10.7,Br 24.1	
银钠盐		(Na,Ag)Cl		
碘银矿 Iodargyyite	六方	AgI	Ag 45.95,I 54.05	
黄碘银矿 Miersite	等轴	(Ag,Cu)I	Ag 38.20,Cu 5.63,I 56.17	
碘汞银矿 Tocomalite		(Ag,Hg)I		
氯银铅矿 Bideauxite	等轴	$Pb_2AgCl_3(F,OH)_2$		
方银铜氯铅矿 Boleite	等轴	$Pb_9Cu_8Ag_3Cl_{20}(OH)_{16}\cdot H_2O$	另一分子式:$Pb_{26}Ag_9Cu_{24}Cl_{62}(OH)_{48}$	
			硫酸盐类	
银铁矾 Argenlo jJarosite	三方	$AgFe_3(SO_4)_2(OH)_6$		
含银铅铁矾		$(Pb,Ag)Fe_{3-6}(SO_4)_{2-4}(OH)_{6-12}$		
			其他类	
黑银锰矿 Aurorite	三斜	$(Mn,Ag,Ca)Mn_3O_7\cdot 3H_2O$		
水锑银矿 Stetefeldtite	等轴	$Ag_2Sb(O,OH)_7(?)$		

摘自《中国银矿》

黄金地质研究所
信息室 提供

中国东部边境地区部分金属矿产地

序号	所属省份	矿床名称	矿 种	类 型	序号	所属省份	矿床名称	矿 种	类 型
1	内蒙古	霍各气	铜铅锌		26	浙 江	定梅龙王山	铜	
2	内蒙古	炭窑口	铜铅锌		27	浙 江	定海后岙	铜	
3	内蒙古	东升庙	铜铅锌		28	江 西	德兴银山	银铅锌	
4	内蒙古	对门山	锡		29	江 西	德 兴	铜	斑岩型
5	内蒙古	白乃庙	铜铅锌	斑岩型	30	浙 江	遂昌治岭头	金	
6	内蒙古	老米沟门	金		31	江 西	资溪冷水坑	银铅锌	
7	河 北	峪耳崖	金		32	福 建	溥城 屏峰	铅锌	
8	河 北	金厂峪	金		33	浙 江	政和 夏山	铅锌	
9	河 北	平 泉	金		34	福 建	福安 赤路	钼	
10	内蒙古	奈林沟	金		35	福 建	屏南 潘地	铅锌	
11	内蒙古	红石砬子	金		36	福 建	闽候 罗桥	金	
12	辽 宁	四道沟	金		37	福 建	莆田 银坑	铅锌	
13	辽 宁	大黑山	金铝		38	浙 江	崃县 周庄	铜	
14	辽 宁	夹皮沟	金		39	浙 江	天台 大岭口	银铅锌	
15	辽 宁	勃鸽拉子	金		40	浙 江	象山 钱众	铅锌	
16	辽 宁	团结沟	金		41	浙 江	三门 放岗	铜	
17	辽 宁	刺猬沟	金		42	浙 江	黄岩 五步	铅锌银	
18	辽 宁	小西南岔	金钼		43	浙 江	文成 大墙培	铜	
19	山 东	沂南铜井堆金山	金	角砾岩筒	44	台 湾	金瓜石	金铜	
20	山 东	七宝山	金		45	台 湾	奇 美	铜	斑岩型
21	江 苏	江宁梅山	铁		46	福 建	平和 冲腾	铜	
22	江 苏	江宁铜升	铜金		47	广 东	莲花山	钨	
23	安 徽	当涂凹山	铁		48	广 东	丰顺 八乡	铁	
24	安 徽	当涂姑山	铁		49	云 南	景洪县大红山	铁	
25	安 徽	庐山罗河	铁		50	云 南	景洪县大勐龙	铁	

摘自《中国周边国家毗邻地区火山岩与金属矿产》

中国西部边境地区部分金属矿产地

序号	所属省份	矿产地名称	矿种	类 型	序号	所属省份	矿产地名称	矿种	类 型
1	新疆	阿舍勒	Cu,Zn	火山-沉积型	25	新疆	胜利Ⅱ号	Cu,Fe	火山沉积热液改造型
2		阿拉朵克	Cu		26		查冈诺尔	Fe	火山沉积热液交代型
3		阿巴宫	Fe	火山-沉积型	27		胜利Ⅲ号	Cu	火山岩型
4		蒙 库	Fe	火山-沉积热液改造型	28		莫托沙拉	Fe,Mn	火山-沉积型
5		布尔根河下游	Cu		29		可可乃克	Cu,Zn	火山-沉积型
6		沙尔布尔	Fe	火山-热液型	30		铜矿山	Cu	
7		哈拉通沟	Cu,Fe	火山-热液型	31		梧桐沟	Fe	
8		哈尔伯特铁矿	Fe		32		红云滩	Fe	火山喷发型
9		乌尔木拉克	Cu		33		帕尔岗	Fe	
10		富蕴县红山－清水－白山色地区 113 号金矿	Au	变质热液型	34		赤龙峰	Fe	火山-沉积型
					35		库姆塔格	Fe	火山-沉积型
11		富蕴县红山－清水－白山色地区 819 金矿	Au	变质热液型	36		黑峰山铁矿	Fe	火山-热液型
					37		沙泉子	Cu,Fe	夕卡岩型
12		矿点群	Au	变质热液型	38		白山泉	Fe	火山-沉积型
13		奇台县六棵树－南明水金矿床群	Au	变质热液型	39		磁 海	Fe	火山-热液型
					40		香毛山	Cu	
14		红柳峡	Au	火山热液型(混合热液型)	42		阿克陶县肖尔布拉克	Cu,Fe	火山热液型
15		西 地	Cu,Zn	热液型	43		卡拉玛	Cu	沉积变质型
16		克里库克	Cu		44		契列克其	Fe	火山-沉积变质型
17		齐求Ⅴ号矿点	Au	石英脉型	45		砂子沟	Cu	火山-热液型
18		西一红旗金矿	Au	中高温热液型	46		布 穹	Fe	火山-沉积变质型
19		西一宝贝金矿	Au		47		黑里孜占干	Fe	热液、沉积变质型
20		齐 求	Au	石英脉型			苏巴什北	Cu	
21		珠草山铁矿	Fe	火山喷发沉积型	48	青海	青海门源红沟	Cu	
22		布尔克斯铁矿	Fe	火山喷发型	49	甘肃	折腰山	Cu	
23		式可布台	Fe	火山沉积热液改造型	50		野马泉	Fe	火山岩型
24		铁木里克	Fe		51		公婆泉	Cu	

摘自《中国周边国家毗邻地区火山岩与金属矿产》

银的性质与用途

1 银的性质

银是一种白色金属，其光泽洁白绚丽，银离子具有很强的杀菌能力，纯银的弯曲和延展性能很高，传热和导电性能最好。因此，自古以来就被人们所重视。

1.1 银具有洁白美丽的光泽

银的梵文原意是“明亮”的意思，银因具有洁白而美丽的光泽，常常被用来形容白而有光泽的东西。如自然界有银河、银杏、银鱼、银耳，等等。在日常生活中，形容白发，用“银丝般的白发”；形容声音悦耳，用“银铃般的声调”；在西方，把结婚 25 周年纪念日称之为“银婚日”等。由此可见，白银在人们心目中已成为美好的象征。所以，自古以来，用银制作的首饰、装饰品也常常引人注目，使人向往，被人追求，这都与银具有洁白的颜色和美丽的光泽有关。

1.2 银具有很强的杀菌消毒功能

实践证明，银在水中可缓慢地分解为银离子，这种银离子如遇到液体中的微生物（细菌），即使之吸附在上面，此时微生物赖之起呼吸作用的酶便失去了功效，微生物也就迅速死亡；同时，银也能使氧活化，杀死细菌。因此，不少人曾列举一些例子来说明银杀菌消毒的功能。如在 1 L 水中，只需含有 10 亿分之几 mg 的银离子，便足以消灭大多数细菌，使其净化；医药中的普通抗生素仅能杀死 6 种不同的病原体，而用银制的抗生素则能杀死 650 种以上的病原体，故银制抗生素被称之为病菌的克星。可见银的杀菌消毒作用是十分惊人的。

另外，传说中银具有验毒的性质，主要指具剧毒的砒霜，即 As_2O_3，而砷元素多是从含硫的矿石中提取的。当含硫的砒霜与银器接触时，便发生化学反应，在其表面生成一层黑色硫化银，若空气含多量硫化氢气体时，银器表面同样有黑色硫化银存在。这就是所谓的银验毒性能，也是银“预报”空气污染程度的标志。

1.3 银具有很好的延展性能

银的延展性能是十分突出的。其延伸率达 50%，标准弹性模数为 8.1×10^6 g/mm^2。与金和铜相比，银的相对延展性能界于二者之间，即金属片的厚度：金 0.000 08 mm，银 0.000 21 mm，铜 0.000 34 mm；与其他各种金属相比，银在压力下的可加工能力，相对排列顺序如下。

在锤击下：Pb，Sn，Au，Zn，Ag，Al，Cu，Pt，Fe；

在压延下：Au，Ag，Al，Cu，Sn，Pt，Pb，Zn，Fe；

在拉伸下：Ag，Al，Pt，Fe，Cu，Au，Zn，Sn，Pb。

据有关试验资料，1 g 纯银可拉成长 1 920 m 的细丝；同样，用纯银可压成厚度只有 1 张报纸厚 1/150 的银箔。因此，用“很好”来描述银延展性是不过分的。

1.4 银具有最好的导电和传热性能

银是最良好的导电传热导体，在所有的金属中位居第一，其导电系数为 68 m/Ω·mm^2，是金的 1.5 倍；导热系数为 0.974 cal/cm·s·℃，是金的 1.4 倍。这就为银在现代工业中的应用开辟了广阔的前景。

银其他物理常数见表 1。

1.5 银的其他重要性质

银的化学性质相当稳定，在空气中不氧化，甚至加热时也不氧化；银与水不发生反应；银的抗腐蚀性能良好，反射性能极强；如此等等，都是与其多方面用途有关的重要性质的组成部分。

2 银的用途

银的用途很广，概括起来主要有如下几方面。

2.1 医疗卫生和牙科用银

由于银具有很强的杀菌功能等，故在医疗卫生和牙科方面有广泛的用途。美国一科学家曾实验，将每 mL 含 7 000 多个大肠杆菌的 190 L 污水，经 3 小时的银电极处理，所有大肠杆菌即全部死亡；传说在远古时代，一村落有口水井，人们饮之可以祛除百病，无病人饮之则可健康长寿，因此称它为“圣井”。后来人们在掏井时，发现井底原来有一大块天然纯银（即自然银），方知银起到了杀菌消毒、净化水源之作用；古埃及人在 2 000 多年前就知道把薄银片覆盖在伤口上，进行杀菌、止血，促进伤口愈合。现在的医疗人员常用银丝织成的银“纱布”包扎伤口，用以医治某些皮肤创伤或难治的溃

黄金地质研究所
信息室 提供

表 1 银的物理常数

项 目	单 位	常数值	项 目	单 位	常数值
固态比重	g/cm^3	10.5	拉伸极限强度	kg/mm^2	18
液态比重	g/cm^3	9.4	延伸率	%	50
熔 点	℃	960.5	相对收缩率	%	90
沸 点	℃	2 242	线性收缩率	%	4.5
熔化潜热	cal/g	24.3	屈服极限	kg/mm^2	3
蒸发潜热	cal/g	397	导热系数	cal/cm·s·℃	0.974
固体比热	cal/g·℃	0.056	线性膨胀系数		18.9×10^{-6}
液体比热	cal/g·℃	0.076	热膨胀率(液态,960～1 200 ℃)		110×10^{-6}
蒸气比热	cal/g·℃	0.046	导电系数	$m/\Omega\cdot mm^2$	68
表面张力	dyn/cm	858	电阻系数	$\Omega\cdot mm^2/m$	0.015 9
比磁化率		0.2×10^{-6}	电阻温度系数		4.1×10^{-6}
布氏硬度	kg/mm^2	25	液态电阻率(1 000 ℃)	Ω/cm^3	17×10^{-6}
标准弹性模数	kg/mm^2	8 100			

疡病疾；用含银药膏为烧伤患者消毒；用含抗菌银盐的粘合剂修补骨骼；用硝酸银的水溶液作眼药水，医治某些眼病，甚至在婴儿呱呱坠地时，医生即掀起他的眼皮滴上一滴，以防止粘膜感染，等等。更为重要的是，在航天飞机的宇宙飞船上，用银做净水剂，保证了宇航员的饮水卫生和身体健康。

据有关资料报道，伤寒菌在银片上只能活 18 小时，白喉菌最多能活 3 天左右。所以古时人们常用银制作各种器具或其他容器的衬里。早在几千年以前，我国劳动人民就用银制作餐具，这不单是为了华贵，更重要的是杀菌消毒，对人体有保健作用。如勤劳好客的蒙古族人民自古以来就常用银碗盛装马奶和食物，长久存放则不易发酵变酸；若使用银瓶栽花，鲜花可久开而不败。另外，银遇硫化物质会很快变黑，银筷子若遇（含硫）砒霜即呈黑色。因此，从某种意义上说，银又具有示毒、防毒作用。然而当含有 30% 钯的银钯合金，遇硫化氢则不变黑，所以银钯合金又常被用来制作假牙或镶牙及医疗器械，等等。

据统计，近年在医疗卫生和牙科方面年用银量平均约 1 000 t，仅美国 1972—1985 年的平均用银量就达 60 t，最高时达 93 t，但总的特点似有呈逐年减少的趋势。

2.2 首饰和装饰品用银

白银因具有洁白美丽的颜色和优异的物理性质，古今中外都用其制作各种首饰、装饰品等。在古代社会中，一些王室贵族和各朝代的统治阶级，用各种银制品，如银刀、银碗、银罐、银酒杯、银花瓶、银神龛、银偶像，等等，陈设于宫殿、王室或家庭之中，以显示其室内装饰的豪华和财富的象征，或反映主人信仰和美好未来的憧景与追求，甚至通过种种手段对外进行掠夺，以满足其需要。据资料记载，当西班牙人远征中南美洲时，就在秘鲁搜刮、抢掠印加人祭神用的银刀、银器和银偶像，并将其奉献给君王或上帝；相传，腓尼基人很早就用白银制造船锚；在古伊朗的艾克巴塔城（即现在的哈马丹市），建筑物的柱廊、拱顶、屋顶和塔尖上全都镶着银板；在罗马富豪人家中陈饰有白银制作的神像、银车和银床等，城内可以找到 500 多个银缸，每个重 454 kg；在帝俄境内的斯基福古墓中曾出土许多银制品，如花瓶、罐、耳环、铃铛、项链，等等。在近代社会中，人们也常向往使用金、银工艺品，并以此来修饰自己的仪表美，装点室内陈设的豪华感。据统计，近年来，世界各国用于珠宝工艺品方面的银消费量有增加之趋势，美国年平均为 213 t，最高达 396 t（表 2）；而印度时至今日，银储备量仍占世界银总量的 15%，并大部分打成脚圈、臂环和其他各种首饰、装饰品，由妇女佩戴、珍藏，作为自己的财富而积蓄（潭渊，1990）；在今日柬埔寨王宫周围的建筑群内，银塔竖立其中，王宫拜神的地方，地板上铺有银砖 3 000余块，金佛数以百计，其他珠宝饰品陈设也相当别致。

表 2 美国珠宝工艺品用银量统计

年 份	消费量/t	占年消费量之比/%	年 份	消费量/t	占年消费量之比/%
1972	152.4	3.2	1979	166.6	3.4
1973	180.4	3.0	1980	183.3	4.7
1974	161.7	2.9	1981	166.9	4.6
1975	396.0	7.9	1982	194.7	5.2
1976	341.9	6.4	1983	214.1	5.8
1977	250.6	5.2	1984	179.5	4.9
1978	210.4	4.2	1985	179.7	4.9

我国用银制作首饰、装饰也有几千年历史。早在春秋战国时期（公元前 722 至前 221 年），就有在青铜器表面嵌入金银线的“金银错”装饰器物，汉朝以前已有银制器皿和工艺品。如河北满城汉墓中出土的错银豹等已显示有较高的工艺水平；1968 年在徐州至东汉（公元 25—220 年）王陵中出土的“银缕玉衣”，其作工精细，价值之高可与“金缕玉衣”媲美；1991 年初在湖南安乡黄山头发掘的西晋（265—316 年）刘弘墓中，出土了金、银、玉、瓷、铜、铁等精美文物饰品 78 件，其中金、银器纹饰精致、写实，多为神兽。200 多年前，由广东银工艺人为清乾隆皇帝专制的一套“满汉全席”银质餐具，计有 404 件，可供上 196 道菜用。其中最大的一件直径达 400 mm，是用来盛放首菜的一品锅，锅盖上嵌刻“当朝一品”4 个大字，制作时间为辛卯年，即乾隆 36 年（1771 年）。后来乾隆皇帝与皇后同到山东曲阜祭孔，便把这套银餐具赐给孔子后裔，作为举行清代最高级宴席（满汉全席）之用。这套银制餐具把烹饪、科学、文化、艺术融为一体，其件数之多，造型之美、工艺之精均属世界之最，实为国家之瑰宝。在现今社会生活中，银饰品品种不断增加，用银量也有增无减。据《人民日报》（1991）报道，我国艺人耗 3 年时间，按北京北海公园“九龙壁”比例缩仿的“金玉九龙壁”就是用金、银和 10 余种珍稀宝玉石制成，其中用金 25 kg，白银 5 kg。它集各门派技艺之长为一体，汇高贵珍奇于一身，被称为中国工艺史上罕见的稀世珍品。

2.3 铸币用银

银的用途之一是铸造货币。在历史上，黄金、白银、铜、铁、毛皮、贝壳，等等，都曾被作为货币使用，但由于金、银有许多特有性质，因此作为商品的等价物，其他货币最终都被淘汰，而金、银仍被沿用。马克思曾说过：“金银天然不是货币，但货币天然是金银”。银用于货币，在人类史中曾有几次变化形式。在远古时代，银作为一种商品，在市场上是按量与其他物品以物易物进行等价交换的；随着人类文明的发展，银则以一定含量、不同形状的铸币，即货币形式在市面上流通；当今，乃至近代，银币已不能在市场上流通，而只能通过其他形式发挥其兑换职能。

我国把银用于铸造货币最早始于春秋中晚期。据《辞海》（1989）介绍，1974 年曾在河南扶沟出土春秋战国时期的银铸币 18 件，其中 1 件为空首，呈长方形铲子状，其余为实首，平肩。汉代曾把银铸成银锭，如武帝时的“白金三品”、王莽时的“银货二品”等。唐高祖李渊（公元 621 年）开铸“开元通宝”，直径 25 mm 左右，每枚重 1 钱，一般用铜铸，也有用金、银铸的。后晋时铸有“天福元宝”，北宋铸有“圣宋元宝”，南宋铸有“大宋元宝”，金章宗元颜璟铸有“承安宝货”，分 1 至 10 两 5 种。上述各朝代虽都铸有银币，但流通不广。到了明清，始渐盛行，并作货币流通，如明英宗朱祁镇时（1426—1464）明确规定，白银作为一般通货与铜钱同时使用。清初多将白银铸成一定形状的银锭，作为货币广为流通。如元宝、中锭、锞子、福珠等。元宝形为马蹄状，重约 50 两，中锭形状似称锤，亦有马蹄形，重 10 两左右，锞子一般为馒头形，亦有别的形式，重一二两到三五两，福珠又称为滴珠或粒银，形如珠粒，重量不等，多在 1 两以下。清中叶后，元宝须经公估局鉴定，批明重量和成色才能流通。如流通于上海的“二七宝银”、武汉的“二四宝银”，等等。道光年间（1821—1850）台湾铸有银元（银饼），如“寿星银饼”，重库平（库平系清康熙时制定的部库征收租税，出纳银两所用的衡量标准，规定库平 1 两等于 37.301 g）7 钱 2 分，“如意银饼”、“笔宝银饼”重均为 6 钱 8 分。光绪十五年（1889）广东开铸“龙洋”银元（光绪元宝），每枚重库平 7 钱 2 分，成色 90%，十六年铸造银辅币即银角，面额分 5 角，2 角，1 角，5 分 4 种，成色 80%，10 角等于银元 1 元。尔后各省纷纷仿造。宣统二年（1910）清政府颁布《币制则例》，规定银元为主币，辅币分 5 角、2 角 5 分、1 角 3 分 3 种，并将铸币权收归中央，翌年（1911）5 月开始铸造，旋因辛亥革命发生，未能正式发行。民国元年（1912）开铸孙中山半身侧像开国纪念币，民国三年（1914）北洋政府颁布《国币条例》，并铸造袁世凯头像银元，规定辅币为半元、二角、一角 3 种。1933 年国民党政府废两改元，颁布《银本位币铸造条例》，规定每枚银元总量为 26.697 1 g，含纯银 23.493 448 g，同时铸造帆船图案的“船洋”。1935 年国民党政府又实行法币政策，禁止银元流通。抗日战争后，国统区内由于恶性通货膨胀，银元又在市面上出现。全国解放后，银元由中国人民银行收兑，不准在市场上流通。1981 年为纪念辛亥革命 70 周年，中国人民银行曾铸造发行纪念银币，其直径为 40 mm，面值 35 元，成色 92.5%，含纯银 31.104 g（1 盎司），并且从该年起铸造发行 12 生肖纪念银币。1983 年和 1984 年分别发行了秦兵马俑和熊猫银质纪念币，

黄金地质研究所
信息室 提供

以纪念我国国庆 35 周年和世界野生动物基金会把 1983 年定为世界熊猫年。1986 年一年推出历史人物和马年纪念金币、银币 40 余种，仅售银币用银多达 14 t。

我国历代铸币用银量尚无精确统计资料查考。据报记载（1988），1948 年底国民党政府逃到台湾时仅从上海劫走银元多达 3.5 千万个，含纯银近 1 000 t。可见历代用于铸造银货币的白银量是相当可观的。近 20 年来，世界各国铸币用银量相差悬殊，变化也很大（表 3），但基本特点是处于减少趋势。如 1970 年和 1980 年世界主要国家铸币用银量分别为 837 t 和 426 t，下降 49%；1975 年和 1986 年分别为 1 207 和 311 t，下降 74%，1986 年虽有上升，但仅有 600 余 t。

表 3 1979—1983 年世界主要国家铸币用银量 用银量/t

年 份	法国	奥地利	德国[1)]	美国	加拿大	其他国家	总 计	占总消费量比/%
1970	115.1	127.5	227.5	21.8	—	345.2	836.6	8.23
1971	12.4	130.6	556.7	77.8	6.2	62.0	845.7	7.18
1972	21.8	195.9	671.8	71.5	3.1	155.6	1 119.6	8.48
1973	3.1	205.3	295.5	28.0	43.5	332.8	908.2	5.76
1974	3.1	174.2	273.7	31.1	276.8	108.9	867.8	6.17
1975	161.7	416.7	133.7	84.0	323.4	87.2	1 206.7	9.59
1976	180.4	171.0	56.0	40.4	370.1	106.5	924.4	6.99
1977	214.6	186.6	74.6	12.4	9.3	217.9	715.4	5.35
1978	251.1	185.6	115.1	1.4	9.3	526.0	1 088.5	8.27
1979	239.5	155.5	115.1	5.2	3.1	346.2	864.6	6.24
1980	—	133.7	—	2.2	3.1	287.0	426.0	3.89
1981	—	93.3	—	5.6	—	181.0	279.9	2.37
1982	—	124.4	—	57.4	77.8	138.5	398.1	3.71
1983	—	62.2	—	66.2	348.3	114.2	590.9	5.42

1）德国是指统一前的联邦德国。

2.4 工业技术用银

前面已经指出，银具有很好的延展性和最高传热、导电及抗氧化等物理和化学性质。所以随着社会生产的发展，银除了用于首饰、珠宝工艺品、医疗和铸币外，在工业上，特别是在照相材料和电气及电子工业中的用途越来越广。据统计，近年来，工业用银量年均保持在 10 000～12 500 t 之间。

银在照相、电影、制镜和电镀方面可发挥其特殊作用。如在照相和电影用的胶卷上，由于涂上了一层银的化合物作感光剂，才使其感光速度快，成像能力强。据实验，这类胶卷在微弱的火柴光下，能以几百分之一秒的时间拍摄出非常清晰的图像；1 g 银的成像能力，足够制造大约 200 张照片。因此，照相和电影事业的用银量是很大的。以美国为例，年均消耗约 1 650 t 左右，占其工业总用银量的 29%（1975）到 42%（1979）。在制镜方面，银反射性极好，即使是极薄的银箔也能反射 95% 的光。所以，日常用的镜子就是在玻璃背面涂上一层银而制成；热水瓶胆也同样在里面涂一层银才起反射保温（暖）作用。在广泛利用太阳能的今天，用这种方法将银涂在巨大的弧形镜面上，制成收集太阳能的蓄集器，并使其转变成热能和电而被人类利用。美国曾用 38 kg 银涂在 2 万个反射镜上，获得了 310 000 kW 的电力。

在电气和电子工业及其他尖端技术中，银的用途愈来愈广。小到助听器、计算机，大到潜水艇、人造卫星等，都借助于氧化银电池供应动力；电脑、电话、汽车，等等，都采用微小的银盘接切电流；航天飞机用混合时易爆的液态氢和液态氧作燃料，引擎采用银焊封，以防打火引起爆炸；在原子能工业中，核控制棒银含量高达 80%。根据估计，目前用于电子和电子工业的银年平均量 2 000～3 000 t。

此外，银还被用于其他工业技术中。如银丝用于各种最灵敏的物理仪器；化纤工业中的拉丝喷嘴、漏板，化工生产中的催化剂等都离不开银；用费用不高的银墨水可直接把有关信号压印或打印在绝缘板上；银还可制成晶体碘化银，撒入云层，用作人工降雨，等等。总之可以肯定，在未来新的科学技术领域中，银必将更好地为人类服务。

摘自《中国银矿地质及成矿预测》

银的价格与价值

银不仅具有重要的使用价值和交换价值，而且又具有一定的价格。因此，在古代或现代世界金融市场上，银具有一定的通货性质，是较为理想的保值品之一，并作为财富加以储存；在社会经济活动中，银可和任何一种商品直接或间接进行交换，成为商品的价值标尺。

1 银的价格

相传，古时多将金比作太阳的儿子，银为月亮的女儿。因此，古时候白银比黄金贵。后来黄金的身价才逐渐超过白银，并一直保持在 10∶1～40∶1 的范围内。据对近 30 年来世界资料统计，银价发生了大幅度的涨落，是历史上动荡不定的最大变化时期。在 20 世纪 50～60 年代，银价一般变化不大，每盎司大致在 1～2 美元之间；70 年代上涨至 4～7 美元，1979 年底暴涨到 28 美元；1980 年 1 月出现了爆炸性增长，每盎司高达 48 美元，但很快又大幅度下降，年平均价格为 20.63 美元/盎司；1981 年以后，大致保持在 10～4 美元，基本上处于相对稳定状态，但静中有动，总趋势为持续、缓慢下跌，1990 年跌到 10 来的最低水平，即每盎司仅 4 美元左右。1991 年在 3.75～4.50 美元之间波动，平均在 4.3 美元左右；1992 年略有回升，但由于世界银供大于求的情况不会改变，银价也不会有大幅度变化。

银价格的波动在世界金融市场上是屡见不鲜的，这不仅反映在历史的长河中，而且也反映在当年的不同月份中，甚至一日之内上午下午都有很大的差别。

影响银价变化的因素是多方面的，但概括起来主要有以下几点。

1）银消费大国特别是美国的经济兴衰趋势对银价格涨、跌有很大影响。当消费大国经济衰退，必然出现通货膨胀，银的工业需求前景则不佳，价格也将不太景气。

2）世界市场银供大于求，各国库存量积压，从而导致银市场趋于疲软，价格下跌。相反，当世界银需求量增加，供不应求时，将引起银价上涨。

3）黄金价格的波动对银价格的涨跌也起着重要的决定作用。

4）国际政治形势的变化、石油危机、投机商的抢购风波，甚至分析家对银市场行情的预测或由于一些无稽的谣传，等等，都可能引起银价格的变动。据英国《采矿杂志》报道，1990 年下半年，由于受时晴时阴的海湾危机影响，国际贵金属市场几乎陷入灾难性变化。1990 年 8 月初，伊拉克入侵科威特事件曾在短期内刺激贵金属行情回升，其中黄金由 7 月的每盎司 360 美元猛涨至 417 美元；银价格涨至每盎司 5.3 美元。但好景不长，随着以美国为首的多国部队出兵和海湾战争的爆发，从而导致石油危机的出现，石油价格上升，西方经济亦显示出衰退现象，贵金属价格又转为直线下跌。至 1990 年 10 月份，黄金价格跌至 363 美元，而且将继续滑至年初的 340 美元的近 4 年来的低点；银价则大跌至近 14 年的低点，每盎司仅为 4.2 美元。

我国银的价格是由政府决定。为了促进银矿勘查工作和银生产的发展，缓解银的供需矛盾，国家曾对银的价格进行了较大幅度的调整，1988 年 5 月调价前，我国银社会收购价与世界同时期银价平均值相比约低 13%，工业、饰品用银售价和矿产品及中间产品价格分别为社会收购价的 129%、147% 和 47%；调整价格以后，银的社会收购价、工业及饰品配售价相应提高了 56%，25% 和 37%，银矿产品及中间产品的价格也有相应的提高，如按照其银含量高低（即规格）计价，不同规格的银矿产品及中间产品每 kg 纯金属价格变化及调价增长幅度见表 1。

银价调整之后，对银矿勘查及银的生产将起一定促进作用。但鉴于国内银价仍低于世界银价和购价及不同用途的售价之间差别较大等因素，银走私尚不能抑制，银的废液废料回收量也剧减，形成不正常的生产及流通渠道。因此，将银价再适当提高一些是比较合理的。

2 银的价值

2.1 银与金的比价

在远古时代，银与金的价值是互为类比的，即金的价值可作为银的价值“标尺”，反过来也然。如公元前约 3 500 年统治埃及的第一个法老在《矿业法典》中明确规定：“1份金的价值等于2份半

黄金地质研究所
信息室 提供

表 1 银矿产品中间价格指数变化及对比

产品名称	规格 含银不小于/10^{-6}	价格指数 调价前	价格指数 调价后
铜、铅、金、铋等精矿及冶炼厂直接利用的各种块矿	20	100	214
	50	104	218
	100	105	223
	200	108	226
	300	110	229
	500	110	232
	1 000	113	237
	1 500	115	240
	3 000	116	245
	5 000	117	250
	10 000	118	259
	20 000	122	268
粗铜、精铅等含银	20	130	245
	100	155	250
	200	157	254
	500	191	257
	>500	>202	>260
合质金含银		155	237

暂时定银含量大于 $3\,000\times10^{-6}$ 的精矿为银精矿，价格指数以调价前的铜、铅、金等精矿银含量不小于 20×10^{-6} 的每 1 000 g 银纯金属价格为 100。

银的价值”。随着历史的进展和社会的进步，人类对银矿的开采更加广泛，银的产量也不断增加，银的价值虽时涨时降，有所波动，但总的趋于下降势态。如公元前 356 年马其顿时代的腓力二世，银的价值即降为金的 1/10。这一比价虽许多世纪内变化不大，但是到了 16 世纪中期，银金比价变为 1∶15，19 世纪初为 1∶40。就我国而言，金的价值同样存在着这一变化趋势。根据《中国古代矿业开发史》(1980) 和《矿产开发报》等资料，从明朝至清朝，银与金的比价由 1∶5～1∶10 降到 1∶14～1∶16；解放后，二者之比价则由解放初期 1∶9.5 降至目前的 1∶41.2～1∶44.4。

关于金与银的价值比的起因和意义，R. M. 博伊尔 (1979) 和栾世伟教授 (1987) 在其金矿专著中，都作了形象和精辟的论述，此不一再重复。现仅将 R. M. 博伊尔汇总的世界历史历代银与金的比价表略加修改补充 (表 2)，以供参考。

表 2 各年代银与金的价值比

年代	Ag∶Au	资料来源	年代	Ag∶Au	资料来源
公元前 3500 年前	1∶1 或<1∶1	无考	1641	1∶14.0	欧洲，Moran 和 Jahn Locke 的货币著作
公元前 3500 年	1∶2.5	埃及，矿业法典	1690	1∶16.0	欧洲，I·牛顿
公元前 708 年	1∶13.5	亚速，Nineveh 上楔形文字记载	1730	1∶16.0	欧洲，Kelly 的《货币比值手册》
公元前 500 年	1∶13.0	波斯，赫罗德三世	1760	1∶14.3	伦敦，D. Mir 著称
公元前 400 年	1∶12.0	希腊，柏拉图	1800	1∶15.7	欧洲和美国，EMJ《工程和矿业杂志》
公元前 404—336 年	1∶12.0	希腊，伯罗奔尼撒战争到亚历山大时代	1687—1840	1∶14～1∶16	中国清代，《中国古代矿业开发史》
公元前 300 年	1∶10.0	希腊，金值下降，因亚历山大掠夺了大量金	1850	1∶15.7	欧洲和美国，EMJ
公元前 207 年	1∶13.7	罗马	1886	1∶22.0	欧洲和美国，发现兰德矿
公元前 186 年	1∶10.0	罗马	1890	1∶22.1	欧洲和美国，EMJ
公元前 58—49 年	1∶8.9	罗马，金值下降，原因是恺撒掠夺了大量金	1900	1∶34.4	欧洲和美国，EMJ
公元 1—37 年	1∶10.9	罗马，奥古斯都和 Tiberius 统治时代	1915	1∶38.2	欧洲和美国，第一次世界大战，EMJ
54—68 年	1∶11.8	罗马，Nero 统治时期	1920	1∶20.8	欧洲和美国，EMJ
81—96 年	1∶11.3	罗马 Domitian 统治的时期	1930	1∶60.8	欧洲和美国，EMJ
312 年	1∶14.4	拜占庭，君士坦丁统治时期	1935	1∶45.5	欧洲和美国，EMJ
438 年	1∶14.4	罗马和拜占庭，Theodosian 法典	1940	1∶50.0	欧洲和美国，第二次世界大战，EMJ
864 年	1∶12.0	欧洲，Edictum Pistense	1950	1∶41.2	欧洲和美国，EMJ
1344—1482 年	1∶11.1	英国，金锭统计表	1960	1∶38.5	欧洲和美国，EMJ
1482—1492 年	1∶12.2	欧洲	1970	1∶21.1	欧洲和美国，EMJ
1492 年	1∶11.0	欧洲，发现美洲	1980	1∶29.7	美国，纽约市场
1497 年	1∶10.7	西班牙	1985	1∶51.7	美国，纽约市场
1550 年	1∶12.0	欧洲	1985	1∶41.2	中国，《矿产开发报》
1368—1644 年	1∶5～1∶10	中国明代，《中国古代矿业开发史》	1988	1∶44.4	中国，《矿产开发报》

2.2 银与其他金属的比价

综观国际市场和世界各国，特别是美国的金、银以及有色金属价格，在不同时期的波动趋势是大体相同的。但金、银价格增长相对较其他金属为快。因而其价值较高，支付能力较强。据纽约市场和美国厂家各种金属的售价，按照当时的不变价值计算，1976 年银与铜、铅、锌、铋的价值比分别为 92∶1，301∶1，127∶1 和 8∶1，每盎司银可以分别购买 2.68 kg 铜，9.36 kg 铅，5.33 kg 锌和 0.26 kg 铋；但到 1980 年，由于银价涨幅较大，与上述 4 种金属的价值比分别增加为 297∶1，708∶1，804∶1 和 111∶1，同样每盎司银可分别购买 9.24 kg 铜，22.02 kg 铅，25.01 kg 锌和 3.44 kg 铋，银的支付能力分别提高 3.2，2.4，4.7，13.9 倍 (表 3)。

1980年以后，世界经济趋于萧条，有色金属

表 3 1976—1985 年银与部分金属比价及支付能力

年度	银价格 美元/盎司	比价				银支付能力/kg·盎司$^{-1}$			
		Ag∶Cu	Ag∶Pb	Ag∶Zn	Ag∶Bi	Cu	Pb	Zn	Bi
1976	4.35	92∶1	301∶1	172∶1	8∶1	2.86	9.36	5.33	0.26
1977	4.62	102∶1	219∶1	196∶1	11∶1	3.17	6.81	6.09	0.36
1978	5.40	120∶1	234∶1	225∶1	25∶1	3.72	7.27	7.91	0.77
1979	11.09	176∶1	288∶1	433∶1	51∶1	5.45	8.96	13.45	1.58
1980	20.63	297∶1	708∶1	804∶1	111∶1	9.24	22.02	25.01	3.44
1981	10.52	182∶1	420∶1	344∶1	68∶1	5.67	13.07	10.69	2.10
1982	7.95	159∶1	456∶1	301∶1	51∶1	4.95	14.17	9.36	1.58
1983	11.44	218∶1	770∶1	400∶1	74∶1	6.78	23.94	12.45	2.29
1984	8.14	178∶1	466∶1	245∶1	29∶1	5.52	14.48	7.60	0.90
1985	6.14	134∶1	468∶1	221∶1	20∶1	4.16	14.58	6.89	0.61

等矿产品价格下降，而银价格则保持在每盎司 8～6 美元，其支付能力也相对稳定。因此世界各国都很重视银矿地质工作，加强对银矿资源的分析，千方百计地提高银矿勘查效果，有一些国家已经掀起一个十分活跃的找银热潮。

摘自《中国银矿地质及成矿预测》

中国银矿床类型

我国现阶段发现的银矿主要是与金、有色金属矿床共生或伴生的，单一银矿床较少。因此，有关银矿的研究与矿床分类有待深化。

根据银矿床含矿围岩特点、产出环境，结合成矿特征，同时考虑工业意义，可划分为 5 个类型。

1 火山岩、火山-沉积岩系中银矿床

1.1 海相火山岩系、火山-沉积岩系银矿床

矿床主要产于前古生代、古生代与中生代的祁连、秦岭、天山及三江褶皱带内，如银洞沟银-金矿床、麻邛和小铁山银-多金属矿床等。银储量多具大型规模，是我国目前重要的银矿类型之一。

矿床受一定层位控制，延伸较稳定，含矿围岩为一套中、浅变质的地槽型海底火山喷发-沉积岩及海相火山熔岩。矿床或矿带多顺层分布，矿体与含矿围岩产状基本一致。矿体赋存在背斜轴部劈理、翼部片理和层间破碎构造中，或位于火山岩层界面处。矿体呈脉状、似层状、透镜状，矿体规模大—中等，矿体厚度较稳定，形态较简单，品位一般较富。矿床中共生元素有 Au，Pb，Zn，Cu 等，均达工业要求。矿体为大小不等的含矿（银或金）石英脉、含硫化物银矿细脉；或由含矿（银或铅-锌）的细脉浸染状、致密块状矿石组成。围岩蚀变有次生石英岩化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、重晶石化等。主要银矿物有自然银、辉银矿、螺状硫银矿、辉铜银矿、金银矿等。非金属矿物多为石英，部分矿床见钡长石。银矿物粒径一般为 0.05～0.12 mm，多呈独立矿物存在。成矿作用与火山喷气、火山热液有关。矿石工业类型有银矿石、银-金矿石、银-铅-锌及银-铜矿石等，工业利用价值较大。

1.2 陆相火山岩银矿床

主要分布在我国东部及中南部，产于中生代陆相火山岩断陷盆地或火山岩带中。矿床往往赋存于火山喷发中心、火山管道、火山喷发岩中，次火山岩接触带内外侧，或与火山作用有关的断裂、裂隙中。矿床规模多具中型，呈单一银矿床、银-多金属矿床，伴随出现 As，Sb，Hg，Bi，Te，Se 等元素组合。矿物种类较复杂，银矿物呈独立形式存在。主要有辉银矿、螺状硫银矿、深红银矿、淡红银矿、硫锑银矿、聚银矿、硫铋银矿、金银矿等。粒度为细—微细粒，成矿作用与火山热液有关。蚀变作用强烈而复杂，与矿化关系密切，常具冰长石化、蒙脱石化的火山岩低温蚀变特征。矿体规模以中等为主，形态呈脉状或不规则脉状。矿体厚度较稳定—不稳定。矿石品位富，但组分分布很不均匀，埋藏浅，易开采。大岭口银-铅-锌-多金属矿床、皇城山银矿床和额仁陶勒盖大型银矿床均属此类。

1.3 次火山岩银矿床

矿床主要与中生代斑岩体或超浅成的斑状中—酸性侵入体有关。成矿母岩多具隐蔽爆发特征。热液蚀变明显，分带性强，矿体赋存在斑岩体中及边部接触带附近。

银矿物有辉银矿、自然银、角银矿和银金矿

黄金地质研究所
信息室 提供

等。矿化在斑岩体边部呈充填交代型，内部为浸染状、细脉浸染状。矿体呈脉状、不规则似层状、透镜状。Ag，Pb，Zn 可单独富集成工业矿体。矿床具中型以上规模，矿石可选性能良好，工业利用价值大，如银路岭银-铅-锌-多金属矿床。

2 沉积岩系中银矿床

2.1 产于泥质岩、页岩、碎屑岩中银矿床

目前已知矿床分布于我国中南部，产于地台区盖层中，矿床赋存于震旦系上部，含矿围岩为含碳质黑色页状泥岩、夹薄层泥灰质白云岩。矿体呈层状与围岩整合产出，规模大，厚度稳定。组分均匀，但品位偏低，矿石具黑色页状泥岩型的沉积特征，矿石构造具板片状。类鸟眼状、草莓状特征。银主要分布于黄铁矿中。银矿物为辉硒银矿、硒银矿、硫银锗矿等。矿物粒度很细，属较难选矿石类型。如白果园银矾矿床。

2.2 产于碳酸盐岩系中银矿床

主要产于碳酸盐岩层分布区。矿床分布与一定的层位和某一岩性有关。矿化富集往往与后期热液叠加改造有关。

矿床围岩为灰岩、白云质灰岩、白云岩及大理岩，常含有泥质、硅质、铁锰质等结核、条带及扁豆体。含矿围岩时代南方为泥盆纪到晚二叠世，在北方则为前寒武纪。

矿体受层间断裂及裂隙控制。矿化一般与岩浆活动无明显的直接关系。矿床规模大小兼备。品位贫富皆有。形态复杂，常见有层状、似层状、透镜状、脉状，次为囊状。矿石构造为致密块状、浸染状。矿石矿物成分较简单，主要金属矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿，其次为黄铜矿。银矿物有自然银、辉银矿、银黝铜矿、黑硫银锡矿、脆银矿。矿物粒度较细，原生矿选矿性能好，是目前国内综合回收银的主要类型。如凡口、银冶岭、八家子银-多金属矿床。

3 变质岩系中的银矿床

3.1 产于中、浅变质岩系中的银矿床

含矿层为元古宙和古生代火山-沉积岩、浅海相沉积岩组成的一套中、浅变质岩系。矿床受一定层位及构造控制，含矿岩石为碳质绢云石英片岩、含碳绢云千枚岩。矿体多顺层分布与地层产状一致，层状、似层状为主，次为较规则脉状、透镜状，厚度大而较稳定，连续性好。主要组分分布较均匀到不均匀，金属矿物组合以硫化物为主，有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿与黄铁矿，银矿物颗粒较细，多呈独立矿物存在，主要有辉银矿、自然银、螺状硫银矿、银黝铜矿及硫锑铜银矿等。非金属矿物有石英、重晶石和拉长石等。矿物呈他形，具交代溶蚀、残余结构，构造以角砾状、网脉状、细脉浸染状和条带浸染状为主。围岩蚀变有硅化、绢云母化、碳酸盐化等，硅化与银的富集密切相关。矿石工业类型有银矿石、银-铅-锌和含铜银矿石。

矿床规模具大型，共（伴）生组分多，如 Pb，Zn，Cu，S，Cd，Au 等，均可综合回收利用，开采条件好，经济效益高，是以银为主多金属矿床中颇具工业价值的银矿床类型。如破山银-多金属矿床、银洞子银-铅-多金属矿床。

3.2 产于超变质岩、片麻岩中的银矿床

主要产于褶皱带内隆起区或边缘部位，含矿围岩为前古生界—泥盆系的一套深变质岩系，矿化与混合花岗岩化作用和后期构造热液活动有关，属充填交代形成的矿床。

按产出、矿化特征又分为 2 种类型。

破碎蚀变岩型银矿床：矿体赋存在黄铁绢英岩化压碎岩中，受构造蚀变带控制，矿体形态较复杂，呈脉状、薄板状，厚度不稳定。矿体较连续，组分分布不均匀。

矿石主要由细脉—浸染状的各种矿化构造蚀变岩组成。金属矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿，非金属矿物以石英、绢云母为主，次为萤石、重晶石。银矿物主要为金银矿、螺状硫银矿、辉银矿。银矿物一般较细。银品位较高，选矿性能好，伴（共）生有金、铅、锌等矿产，矿床规模大—中型，经济价值大，是国内具有工业意义的矿床。如庞西洞、银坑山等矿床。

石英脉型银矿床：产于混合岩化花岗岩中，受裂隙控制。矿床主要由含矿的不纯石英脉和角砾状岩脉组成。矿脉呈不规则状，围岩蚀变主要是次生石英岩化、绢云母化，次为重晶石化及玉髓化。银矿物主要有自然银、辉银矿、银金矿、硫铜银矿等。银矿物粒度为细—中细粒，多赋存于石英、硫化矿物裂隙中，部分呈类质同象形式存在。矿体埋藏浅，品位高，规模为中小型，矿石工业类型为单

一银-多金属矿石，易采易选，经济效益好。如十里堡银矿床。

4 侵入岩中的银矿床

银矿床主要产于中酸性侵入岩体中，矿化与侵入岩具有空间和时间联系。矿体受岩体中断裂和裂隙控制，具岩浆期后热液成矿特征。

矿体形态简单，多呈脉状和不规则脉状，厚度不稳定，具分支复合现象。银分布不均匀。金属矿物主要有闪锌矿、方铅矿、深红银矿、自然银、黑硫银硒矿、银黝铜矿等。伴生组分多，均可综合回收利用。矿石可选性能良好，矿床规模中—大型，是我国银矿床资源中一类较重要类型，如盖恩套力盖银-铅-锌矿床。

5 风化壳中的银矿床

主要由原生含金-银-多金属硫化物矿化或矿床经风化、淋滤富集形成的银矿床，即铁帽型，含矿岩石多为铁锰质粘土物。

矿床沿不同地层、层间断裂、裂隙分布，矿体形态为不规则的似层状、透镜状。规模中—小。矿物成分复杂，矿石具残余、胶状、压碎结构，块状、蜂窝状、松散状、多孔状构造。银矿物有自然银、金银矿、碲金银矿、辉银矿、角银矿及银铁矾矿等。银主要呈细粒分散的独立矿物存在或包裹在铁锰矿物中，载体矿物主要为锰矿物，次为铁矿物。

矿石泥化强，可选性能较差，但部分矿石已为工业利用。如新桥、七宝山、栖霞平山头矿。

摘自《世界银矿资源潜力和可供性研究》

2006—2007 银资源年评

2007 年，世界银的储量与 2006 年持平，产量有所增加，2007 年比 2006 年增加了 1.42%。2006 年全球银的需求量为 28 359 t，比 2005 年下降 3.17%。需求下降最快的是印度、巴西、孟加拉国、意大利、泰国、独联体和西班牙，而中国、土耳其、澳大利亚和日本需求量上升。

2006 年在制造业领域总需求比 2005 年降低 2.76%，其中工业应用上升 5.07%，摄影业用银下降 11.53%，首饰和银器用银下降 10%，制币和制作奖章的用银量下降 2.06%。近几年世界白银价格快速上涨，2006 和 2007 年每盎司平均价分别达到 11.55 美元和 13.32 美元，2008 年 1 月白银价格超过 15 美元。由于世界银的总需求仍大于其传统供给量，因此，预计白银产业仍有广阔的发展空间。

1 储量和资源

据美国地调局估计，2007 年世界银储量和储量基础分别为 27 万 t 和 57 万 t，储量与储量基础与前几年持平。

储量主要分布在波兰、中国、美国、墨西哥、秘鲁、澳大利亚、加拿大和智利等国，它们约占世界总储量和储量基础的 80% 以上（表 1）。其中波兰的储量和储量基础列居世界首位，分别为 51 000 t和 140 000 t，占世界银储量和储量基础的 18.8% 和 24.6%。

表 1 2007 年世界银储量和储量基础 单位：t

国家或地区	储 量	占世界的比例/%	储量基础	占世界的比例/%
波 兰	51 000	18.8	140 000	24.6
中 国	26 000	9.6	120 000	21.1
美 国	25 000	9.2	80 000	14.0
墨西哥	37 000	13.7	40 000	7.0
秘 鲁	36 000	13.3	37 000	6.5
澳大利亚	31 000	11.4	37 000	6.5
加拿大	16 000	5.9	35 000	6.2
智 利	NA	—	NA	—
其 他	50 000	18.5	80 000	14.1
世界总计（以整数计）	270 000	100.0	570 000	100.0

资料来源：Mineral Commodity Summaries，2008。

其实，未被列入统计表中的俄罗斯、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦和塔吉克斯坦等国也有不少银资源。

按 2007 年世界银矿山产量 19 396.81 t 计，现保有的世界银储量和储量基础静态保证年限分别为 14 年和 29 年，世界白银储量的保证程度并不很高。

全球约 2/3 的银资源是与铜、铅、锌、金等有色和贵金属矿床伴生的，1/3 是以银为主的独立银矿床。预计未来银的储量和资源仍主要来自副产银的贱金属矿床，银从这些矿床中的提取将主要取决于贱金属市场的需求。

黄金地质研究所
信息室 提供

全球重要的银资源集中分布在环太平洋构造-成矿带、古亚洲构造-成矿带、特提斯—喜马拉雅构造-成矿带，以及北美地块、中欧地块、南非地块、印度地块和澳大利亚地块中年代相对老的成矿区等，其中以环太平洋成矿带最为重要。银矿主要勘查和开发的矿床类型：与陆相、海相火山作用有关的矿床（陆相火山岩型，海相火山-沉积型）；与岩浆侵入活动有关的矿床（斑岩型、碳酸盐岩、夕卡岩容矿的热液交代型，前寒武纪变质岩中的“五元素”——Ag，Co，Ni，Bi，As 矿床）；与沉积作用有关的矿床（沉积岩容矿的喷气沉积型，变质岩、碎屑沉积岩、页岩容矿的浸染型和层状型矿床）。

据加拿大金属经济集团（MEG）对世界 1 624 家勘查公司的勘查预算统计，2006 年全球金属矿产勘探投资预算为 71.3 亿美元，2007 年，共计 1 821家公司的有色金属勘查预算总额增加到 99.9 亿美元（合 709.2 亿人民币），是自 2002 年最低谷以来连续 5 年增长，为 1989 年以来的最高值。投放到金矿和有色金属矿产上的勘查费用分别为 40.96 亿美元和 35.96 亿美元，各占世界非燃料固体矿产勘查费用的 41% 和 36%，金矿勘查投资比例下降，有色金属勘查投资比例上升。

近年新发现和探明的主要含银矿床：①墨西哥的多拉瑞斯（Dolores）中型低成本矿，有银资源 4 815 t，金 101 t；②墨西哥的圣安东（San Anton）的 Au-Ag-Cu 矿，已探得银资源量 4 199 t，金 103 t，铜 32 万 t；③秘鲁咖里诺（Galeno）Cu-Au-Ag-Mo 矿，探得银资源量 2 053 t；金资源量 90 t，铜 380 万 t，钼 11 万 t；④中国的富湾（Fuwan）金-银矿床，探得银资源 2 208 t，金 2.49 t；⑤俄罗斯的普罗戈涅兹（Prognoz）富银矿，已获银资源量 2 208 t；⑥哥伦比亚的安古斯图拉（Angostura）金-银矿，有银资源量 1 648 t，金 311 t；⑦澳大利亚昆士兰州 Mt·Carlton 银-金矿，有银资源量 1 027 t，金 31 t，铜 5.6 万 t，等等。

2 生 产

2006 年全世界共有 50 多个国家和地区开采银矿山和共、伴生银矿山。据《世界金属统计》2007 年 2 月报道，2006 年和 2007 年世界矿山银产量分别为 19 125.2 t 和 19 959.4 t，2007 年比 2006 年增加了 834.2 t 或增长 4.36%（表 2）。

银矿产量多来自铅-锌矿山、铜矿山和金矿山等，作为这些矿山的共生产品或副产品，2006 年这些矿山提供矿山银产量的 75%，而来自以银为主的独立银矿山产量只占矿山银产量的 25%（表 3）。

世界主要产银国有秘鲁、墨西哥、中国、澳大利亚、智利、波兰和美国等。这七大产银国 2003 年至2007年产量均在千吨以上，2007年合计占世

表 2 世界矿山银产量 单位：t

国家或地区	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年
秘 鲁	2 921	3 060	3 193.1	3 470.7	3 493.9
墨西哥	2 551	2 531	2 870.2	2 998.7	3 083.7
中 国	2 000	2 000	2 000.4	2 000.4	2 563
澳大利亚	1 868	2 183	2 417	1 727	1 715
智 利	1 313	1 360	1 399.5	1 607.2	1 929.3
波 兰	1 332	1 330	1 263	1 257	1 306.8
美 国	1 240	1 250	1 230	1 138.5	1 124.5
加拿大	1 309	1 338	1 124	995	843.2
哈萨克斯坦	805	690	804.1	810.7	832.8
玻利维亚	465	407	420	472	410.2
俄罗斯	400	400	400	400	400
印度尼西亚	377	377	282.6	182.3	151.6
瑞 典	341	320	310	268.2	292.8
摩洛哥	200	196	210	245.7	246
乌兹别克斯坦	150	150	137.6	150	150
阿根廷	134	172	263.8	248.2	248.4
巴 西	130	130	130	130	130
南 非	87	71	88	87	74.7
朝 鲜	50	50	50	50	50
日 本	79	76	54.1	11.5	11.5
其 他	722.1	667.3	754.9	825.8	902
世界总计	18 474.1	18 758.3	19 402.3	19 125.2	19 959.4

资料来源：World Metal Statistics，February2008。

表 3 世界矿山银产量的构成 单位：t

矿山种类		2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2006 年产量占全部矿山银产量的比例/%
银矿山		4 578	5 008	5 533	5 863	5 567	5 020	25
副产银矿山	铅-锌矿山	6 359	6 168	5 577	6 364	6 329	6 578	33
	铜矿山	4 391	4 347	4 790	5 045	5 222	5 291	26
	金矿山	2 774	2 497	2 460	2 314	2 529	2 672	13
	其他矿山	249	202	165	109	432	535	3
								75
总 计		18 351	18 222	18 525	19 694	20 079	20 096	100

注：①资料来源不同，与表 2 和表 7 数据有差别；资料来源：世界白银年鉴，2007。

界总产量的 75% 左右。2007 年与 2006 年相比，总体变化呈上升趋势，其中秘鲁、墨西哥、智利、哈萨克斯坦、瑞典有不同程度的增加，而澳大利亚、加拿大、美国、印度尼西亚、南非的产量则有所下降。

秘鲁是世界上最大的银生产国，全国有 40 多个产银矿山，多为银-铅-锌矿山和金-银矿山。产银较多的有乌丘查库（Uchuchacua）、阿尔坎塔（Arcata）、安塔米纳（Antamina）、塞罗德帕斯科（Cerro de Pasco）、基鲁维尔（Quiruvilca）等矿山。2006 年和 2007 年的产量分别达 3 470.7 t 和 3 493.9 t，占世界产量的 18.15% 和 18.01%。2006 年产量比 2005 年产量增加 277.6 t，或增长 8.69%，2007 年产量比 2006 年产量增加 23.2 t，或增长 0.67%。2006 年的高增长主要来自布里科尔矿业公司的科奎基尔卡（Minera El Brocal's Colquijirca）矿区增长高达 580 万 oz（180 t），另外，沃 6 坎矿业公司的塞罗德帕斯科（Minera Volcan's Cerro de Pasco）锌矿的银产量增长也较快，2006 年产量同比增长 40%。相反，2006 年秘鲁很多生产伴生银的大型铜矿白银产量缩减。安塔米纳铜/锌矿产量下降 9%，南部铜业公司托约帕拉（Toquepala）和夸琼恩（Cuajone）产量减少 8 t。乌丘查库矿公司由于钻井方式的改变和安全的原因，导致产量减少 16 t。泛美银矿公司的秘鲁白银公司产量减少 3 t。

墨西哥为世界第二大产银国，2006 年和 2007 年的产量分别为 2 998.7 t 和 3 083.7 t，其中，2007 年产量占世界产量的 15.9%。2006 年比 2005 年增长 128.5 t，涨幅高达 4.47%，2007 年比 2006 年增加 85 t，涨幅只有 2.83%。墨西哥全国有 30 多个较大的银矿山，包括普罗阿诺（Proano）、蒂萨帕（Tizapa）、圣马丁（San Martin）、比斯马克等矿山。2006 年 Penoles 锌矿有小幅增长，Naica，Tizapa，Francisco I Madero 和 Bismark 等产量都增长了。加蒙湖（Gammonlake）资源公司下属的奥坎姆波（Ocampo）金/银矿白银产量达 41 t，泛美银矿公司的拉斯科罗拉达矿山产量增加了 12 t；墨西哥本部 2005 年 10 月赫科拉公司的圣塞巴斯第安（Hecla's San Sebastian）矿的关闭，导致 2006 年产量减少 22 t。2006 年 10 月收购的第一玛杰斯缔克公司的圣马丁（First Majestic's San Martin）产量下降 11%，世界最大的白银生产商佩诺莱斯的弗雷斯尼罗（Penoles' Fresnillo）也下降了 1%。

中国仍然为世界第三大产银国，近年矿山银产量节节上升，1996 年突破 1 000 t 大关，达到 1 143.4 t，2002 年突破 2 000 t 大关，2004 年中国矿山银产量为 2 000.4 t，占世界总产量的 11% 左右，2006 年与前 4 年产量持平，2007 年产量约为 2 563 t。这是国外机构的统计，而按中国有色金属工业统计资料，我国 2006 年银产量 8 252 t。有色企业白银产量依旧占到全国白银产量的 9 成以上。由于中国白银生产多数是铜铅锌冶炼的副产品，因此，中国铜、铅、锌、金工业的发展在一定程度上左右中国白银的生产。铜铅锌金企业副产白银已经占到全国白银总产量的 60% ～70%，其余白银产量来自再生和独立银矿。

由于民营企业发展迅猛，到 2006 年全国白银产量前 15 位中有 9 家民营企业，其产量占全国白银产量的 27.3%。2006 年产白银 200 t 以上的生产企业：湖南省郴州市金贵有色金属有限公司、河南豫光金铅集团有限责任公司、云南铜业股份有限公司、河南省安阳市豫北金铅公司、江西铜业集团公司、水口山有色金属公司、湖南株冶有色金属责任公司、宁夏天马冶化公司、江西龙天勇有色金属公司、湖南省鑫达银业公司等 10 家公司。年产量 100 t 以上的企业有 27 家。2006 年，河南豫光金铅公司产量增长 16%，总产量 460 t，云南铜业公司产量增长 8%，达到 435 t。

智利在 2005 年成为世界第四大矿山银生产国，2006 年和 2007 年产量分别为 1 607.2 t 和 1 929.3 t，2007 年产量占世界产量的 9.95% 左右。2006 年产量比 2005 年增加 207.7 t 或上升 14.84%；2007 年产量比 2006 年增加 322.1 t 或上升 20.04%。智利白银产量连续第 5 年增长。增长主要来自默里迪恩黄金公司的 EI Pennon 原生银矿和拉科伊帕（La Coipa）金矿白银产量高达 2 位数的增长，在 EI Pennon 的 Dorada 和赛罗马基罗矿床（Cerro Martillo）矿区的矿石提炼技术提高，使产量增长 16%，达到 200 t。

澳大利亚为世界第五大矿山银生产国。2006 年和 2007 年产量下降为 1 727 t 和 1 715 t，其中，2007 年产量占世界总产量的 8.84% 左右。2006 年比 2005 年减少 690 t，或降低 28.54%。2007 年比 2006 年减少 12 t，或降低 0.7%。2006 年产量下降的主要原因是必和必拓在昆士兰州的坎宁顿矿中断采矿，原因是 2006 年下半年要对采矿通道进行重建，年度缩减产量 504 t。Xstrata 公司的芒特艾萨（Mount Isa）矿产量减少 158 t；而奥克希雅纳公司的金戈罗夫矿（Golden Grove）与必和必拓公

黄金地质研究所
信息室 提供

司的奥林匹克坝矿区白银产量明显增长。

波兰矿山银产量居世界第六位，是欧洲最重要的白银生产国，约占欧洲白银总产量的55%。2006年和2007年矿山银产量分别为1 257 t和1 306.8 t。2006年比上年降低0.48%，2007年比上年增长3.96%。波兰铜业有限公司（KGHM Polska Miedy）的产量占波兰产量的绝大部分，它是欧洲最大的白银生产商，白银产量来自该公司铜矿的伴生银，卢宾、鲁德纳和波尔科维克—谢多谢3个矿区的产量达到1 241 t。

美国矿山银产量现在居世界第七位，曾经居世界第二、三、四位。2006年和2007年产量分别为1 138.5 t和1 124.5 t，2007年比2006年产量下降3.4%。2006年美国白银产量下降7%，降到1986年来的最低点。内华达州的科达伦公司在内华达州的罗杰斯特（Coeur d' Alene's Rochester）矿区减少了19 t，矿区采掘到2007年结束，生产到2011年结束。银谷包括加雷纳（Galena）、科加拉迪（Coeur Caladay）矿区主要在勘探，产量有较大幅度下降，力拓（Rio Tinto）和赫克拉（Hecla）在阿拉斯加、格林湾的合资企业呈中等幅度下降。

加拿大矿山银产量降至世界第八位，2006年和2007年产量分别为995 t和843.24 t。2007年比2006年减少151.8 t或下降15.26%，降到13年以来的最低点。该国最大的银矿埃斯凯克里克（Eskay Creek）接近闭坑，采矿回收率和矿石品位下降，使伴生银产量明显下降。斯特拉塔（Xstrata）公司的布伦瑞克（Brunswick）矿也减产了，阿戈尼科伊戈尔公司的拉尼德（Agnico Eagle's La Ronde）矿区白银产量有所提高。

除以上八大产银国外，哈萨克斯坦、玻利维亚、俄罗斯、瑞典、摩洛哥、阿根廷等国也有不少银产量。它们在2007年的产量均在200 t以上。尤其是哈萨克斯坦和玻利维亚，2006年矿山银产量分别为832.8 t和410.2 t。

除矿山银外，再生银也是重要的供给源。2006年回收废旧银料5 847.36 t，比2005年增加21.36 t（表4），其中美国再生银量约占全球的1/3，2006年为1 580 t，比上年有所增加。日本、德国和英国也是3个废旧银料回收中心，2006年再生银供应分别达808.68 t，423 t和339.02 t。另外，独联体国家、印度、中国和韩国等，2006年再生银供应量也均在200 t以上。发达国家很重视再生银的回收利用，目前，发达国家合计占世界再生银供应量约70%以上。

表4 近几年世界再生银供应量 单位：t

国家或地区	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
美国	1 842	1 801	1 650	1 680	1 580.03
日本	940	930	880	852	808.68
德国	520	591	569	547	423.00
英国	367	404	379	361	339.02
独联体国家	263	280	295	311	276.82
沙特阿拉伯和也门	224	246	40	50	55.99
印度	210	296	323	501	699.82
中国	196	205	239	271	323.47
韩国	172	177	196	199	208.39
法国	120	128	118	128	139.96
意大利	113	112	103	134	158.63
澳大利亚	73	65	50	56	52.88
奥地利	58	—	0	40	40.43
墨西哥	56	59	59	65	71.54
荷兰	44	44	44	44	40.43
加拿大	44	47	44	47	43.54
土耳其	40	56	59	65	49.76
埃及	40	37	44	44	46.65
瑞典	32	31	31	31	27.99
巴西	32	37	31	31	31.10
其他	365	413	470	370	429.22
世界总计	5 751	5 959	5 633	5 826	5 847.36

资料来源：世界白银年鉴，2007。

表5和表6分别列出了2006年世界主要的独立银矿山和世界主要的产银公司及其产量。

3 用途和消费

2006年全球银的需求量为28 359 t，比2005年下降3.17%（表7）。世界白银主要消费国有美国、日本、印度、中国、意大利、德国、英国、泰国、比利时等。需求下降最快的是印度、巴西、孟加拉国、意大利、泰国、独联体和西班牙，而中国、土耳其、澳大利亚和日本需求量上升。

银的需求领域主要在制造业中，包括工业应用、摄影业、首饰和银器制造、制币和制作奖章等几个方面。2006年这些领域的需求分别占总需求量的47.16%，15.99%，24.66%和4.36%。2006年在制造业领域总需求比2005年降低2.76%（表7），其中工业应用上升5.07%、摄影业用银下降11.53%、首饰和银器用银下降10%，制币和制作奖章的用银量下降2.06%。

在工业中的需求最大，2006年在该领域的需求量为13 375 t，比2005年增加645 t，主要来自电器、电子生产领域对白银的需求的增长，增幅为7%。其中日本和美国需求量相当大，2006年德国、美国、日本、印度及中国在该领域的需求增长较

黄金地质研究所
信息室 提供

表 5 2006 年世界主要独立银矿山

矿山/国家	开 发 公 司	2005 年银产量/t	2006 年银产量/t
普罗阿诺,墨西哥(Fresnillo/Proano)	佩诺莱斯工业公司(Industrias Penoles SA de CV)	1 053.46	1 041.64
坎宁顿,澳大利亚(Cannington)	必和必拓矿产公司(BHP Billiton Minerals)	1 437.58	907.27
杜卡特,俄罗斯(Dukat)	珀历麦特公司(Polymetal OAO)	432.02	393.45
乌丘查库,秘鲁(Uchucchacua)	布埃纳文图拉矿业公司(Compania de Minas Buenaventura SA)	317.25	301.39
格林斯克里克,美国(Greens Creek)	肯内科特/赫克拉采矿公司(Kennecott Minerals/Hecla Mining Co.)	300.45	275.88
伊米特尔,摩洛哥(Imiter)	伊米特尔冶金公司(Société Métallurgique d'Imiter)	181.02	186.00
罗彻斯特,美国(Rochester)	克尔达兰矿业公司(Coeur d'Alene mines Corp.)	177.91	158.94
阿尔坎塔,秘鲁(Arcata)	阿尔坎塔矿业公司(Minas de Arcata SA)	132.81	147.74
塔亚华,墨西哥(Tayahua)	卡索集团(Grupo Carso)	133.74	133.74
塞利恩,秘鲁(Selene)	埃雷斯矿业公司(Minera Ares)	103.88	129.39
瓦龙,秘鲁(Huaron)	泛美银矿公司(Pan American Silver Corp.)	114.77	113.84
拉科罗拉达,墨西哥(La Colorada)	佩诺莱斯工业公司(Industrias Penoles SA de CV)	96.11	108.55
莫罗科查,秘鲁(Morococha)	泛美银矿公司	96.11	102.64
幸运星期五,美国(Lucky Friday)	赫科拉公司	75.27	89.27
玛撒,阿根廷(Martha)	佩诺莱斯工业公司(Industrias Penoles SA de CV)	65.01	84.29

资料来源:世界白银年鉴,2007。

表 6 2006 年世界主要产银公司及其产量

公司及排名		公司名称	公司总部	2006 年银产量/t	2007 年银产量/t	占世界总产量比例/%
2006 年	2007 年					
3	1	必和必拓矿产公司(BHP Billiton Minerals)	澳大利亚	1 150.81	1 421.41	6.8
1	2	佩诺莱斯工业公司(Industrias Penoles SA de CV)	墨西哥	1 458.73	1 384.08	6.6
2	3	波兰铜矿采矿冶金工业集团公司(KGHM Polska Miedz)	波 兰	1 241.01	1 216.13	5.8
11	4	伏尔坎矿业公司(Volcan Cia. Minera SA)	秘 鲁	413.67	656.27	3.1
4	5	哈萨克迈因斯公司(Kazakhmys)	哈萨克斯坦	668.71	590.96	2.8
12	6	泛美银矿公司(Pan American Silver Corp.)	加拿大	404.34	531.86	2.5
10	7	黄金公司(Goldcorp 5)	加拿大	13.4		2.5
6	8	布埃纳文图拉矿业公司(Compania de Minas Buenaventura SA)	秘 鲁	528.75	497.65	2.4
5	9	珀历麦特公司(Polymetal 1)	俄罗斯	538.08	494.54	2.4
	10	南方铜业公司(Southern Copper)			472.77	2.3
13	11	霍奇斯杰尔德矿业公司(Hochschild Mining)	秘 鲁	360.79	423	2
8	12	力拓公司(Rio Tinto)	英 国	435.44	404.34	1.9
	13	泰科明克(Teck Cominco)			376.35	1.8
17	14	智利国家铜公司(Codelco)	智 利	286.15	363.91	1.7
9	15	克尔达兰矿业公司(Coeur d'Alene Mines Corp.1)	美 国	423	357.68	1.7
	16	Yamaha Gold			267.49	1.3
16	17	巴里克金矿公司(Barrick Cold)	加拿大	298.59	251.93	1.2
19	18	布利登 AB 公司(Boliden AB)	瑞 典	211.5	239.49	1.1
14	19	斯特拉塔公司(Xstrata)	瑞 士	357.68	233.27	1.1
15	20	津尼费克斯公司(Zinifex)	澳大利亚	298.59	217.72	1

资料来源:World Silver Survey,2007,2008。

快,分别较上年增长 7%,6%,10% 及 10.4%。德国工业用银达 794 t,主要用于电子、电气制造;包括电子消费品、汽车工业和光电工业,如用白银生产多层陶瓷电容器(MLCC)、光伏电池,在环氧乙烷催化剂中使用白银。日本工业用白银连续第 5 年增长,达到 2 893 t。中国工业对白银的需求达到 1 093 t。意大利、法国、印度等国工业领域 2006 年对白银的需求量基本稳定。

美国消费量最大,2006 年其制造业消费量达 5 778 t,占全球总消费量的 22.1%(表 8)。

中国白银的消费开始进入高速增长期,白银的消费量逐年上升,1985 年约为 900 t,1987 年达到 1 000 t,据安泰科公司分析,2005 年中国白银消费达到 2 600 t,2006 年估计白银消费量达到 3 000 t,其中电子电气工业消费达 1 050 t。中国白银消费领域主要为电子、电器占 35%,电工合金焊料占 25%,银质工业品、首饰银币占 25%,照相感光材料占 10%,其他占 5%。

黄金地质研究所
信息室 提供

表 7 世界白银的供给与需求 单位：t

项目		2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
供给	矿山产量①	18 853	18 468	18 683	19 353	20 082	20 095
	官方出售	1 961	1 841	2 759	1 924	2 051	2 415
	废旧银料	5 684	5 830	5 721	5 646	5 797	5 848
	生产者套期保值	588	650	—	299	859	—
	推断净负向投资	—	815	324	—	—	—
	总 计	27 086	27 604	27 487	27 222	28 789	28 358
需求	制造业 工业应用	10 515	10 649	10 923	11 419	12 730	13 375
	制造业 摄影业	6 652	6 385	6 099	5 629	5 126	4 535
	制造业 首饰和银器	8 895	8 061	8 606	7 698	7 763	6 994
	制造业 制币和奖章	949	973	1 098	1 277	1 263	1 237
	总 计	27 010	26 068	26 724	26 023	26 885	26 142
	生产者套期保值	—	771	653	—	—	211
	推断净资产	478	—	467	1448	2402	2006
	总 计	27 488	26 839	27 844	27 471	29 287	28 359

注：①资料来源不同，与表 2 和表 9 数据有差别；资料来源：World Silver Survey，2007。

表 8 世界白银制造业消费量（包括再生银） 单位：t

国家或地区	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
美 国	5 509	5 452	5 608	5 892	5 778
日 本	3 690	3 605	3 891	4 006	4 264
印 度	3 685	3 810	2 463	3 200	2 575
意大利	1 642	1 711	1 708	1 531	1 411
英国和爱尔兰	1 372	1 393	1 639	1 461	1 119
中 国	1 312	1 468	1 624	1 726	2 102
泰 国	1 114	1 257	1 260	1 242	1 150
德 国	1 103	1 263	1 275	1 276	1 271
比利时	958	911	858	814	894
法 国	860	815	389	389	395
独联体国家	821	858	964	1036	964
韩 国	593	644	616	628	651
墨西哥	590	613	603	692	584
中国台湾	279	320	351	364	397
土耳其	242	252	255	228	267
巴 西	198	205	202	232	140
澳大利亚	180	37	177	121	133
西班牙	161	149	196	168	155
孟加拉国和尼泊尔	150	140	131	116	97
印度尼西亚	148	159	168	167	178
其 他	1 464	1 662	1 645	1 599	1 617
世界总计①	26 071	26 724	26 024	26 885	26 142

注：①资料来源不同，与表 7 数据有差别；资料来源：世界白银年鉴，2007。

表 9 世界白银的传统供应①与需求 单位：t

项 目	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
矿山银产量	18 324	18 222	18 525	19 694	19 956	20 095
再生银回收量	5 682	5 750	5 959	5 633	5 826	5 848
总供应量	24 006	23 972	24 484	25 327	25 782	25 943
总需求量	27 306	26 839	27 377	27 346	28 364	28 359
供需差额	−3 300	−2 867	−2 893	−2 019	−2 581	−2 416

注：①传统供应指矿山银产量加上再生银回收量，不包括政府和民间的储备；资料来源：据 World Silver Suevey，2007 计算。

4 贸易和市场

全球白银总需求量和传统供应量之间仍有较大的缺口，2006 年，供应需求差额为 2 416 t，靠各国政府储备的出售、交易所库存的投放以及生产商通过套期保值投向市场的白银来弥补。

2006 年，白银废料的供应较上年有所增加，达到 5 848 t（表 9）；世界银锭存量增长 2 879 t。2006 年，世界各国官方白银净抛售数量有 2 415 t，纽约商品交易所库存量下降 277 t。欧洲经销商白银存量比 2005 年底增长 5 253 t，而纽约商品交易所库存量达到 3 455 t。政府白银存量估计减少 2 415 t。

从需求方面来看，2006 年制造业白银需求降低 2.84%，为 26 142 t。主要是摄影业、首饰和银器业需求的降低，分别降低 11.53% 和 9.91%。

银价自 1998 年以来连续 3 年下降后，自 2002 年开始上升，2006 和 2007 年平均价分别达到 11.55 美元和 13.32 美元，2008 年 1 月白银价格超过 15 美元。白银价格上涨的主要原因是投资推动，价格的动荡隐含着过度的投资活动，2006 年，工业应用增加 5.07%，而总供应量下降 1.5%，也推动了价格的上涨，另外，黄金价格的上涨也是白银价格上涨的驱动因素（表 10）。

白银主要出口国有墨西哥、英国、加拿大、秘鲁、澳大利亚、中国、美国和俄罗斯等，这些国家白银矿山产量大，本国消费水平低，多用于出口创汇。主要进口国也是全球主要的白银消费国，有日本、意大利、德国、瑞士、英国、印度等。

2006 年，对全球银锭贸易流影响最大的是印度，该国进口量下降84%，跌至535 t；同时，随

表 10 近十几年来国际市场（伦敦）银的价格

单位：美元/oz

年份	年平均价格	年份	年平均价格	月份	月平均价格
1990	4.82	1999	5.22	2007 年 1 月	12.84
1991	4.04	2000	4.95	2 月	13.91
1992	2.25	2001	4.37	3 月	13.18
1993	4.31	2002	4.6	4 月	13.74
1994	5.28	2003	4.88	5 月	13.15
1995	5.2	2004	6.65	6 月	13.14
1996	5.2	2005	7.31	7 月	12.91
1997	4.9	2006	11.55	8 月	12.36
1998	5.54	2007	13.32	9 月	12.83
				10 月	13.67
				11 月	14.7
				12 月	13.36
				2008 年 1 月	15.96

资料来源：World Metal Statistics，February 2008。

着价格的大幅上涨，投资套利机会增加，进入伦敦终端市场的金属出货量大大增加，而进人中东的贸易量急剧下降，土耳其、埃及和迪拜的进口量都大大降低。而中国官方出口配额的增长率超过了 14%。

欧洲大规模的白银需求量（5 913 t）远远超过了矿山产量（1 635 t）和再生银产量（1 306 t）之和，导致大量进口，2006 年进口总量有所增加，主要是旧的再生银锭，其中，英国银锭进口量达到了 1998 年以来的最高点，主要是因为伦敦和纽约之间有套利机会，而英国银锭的出口量却下降了 70%，比利时出口量略有上升，瑞士进出口量均有所下降，意大利银锭进口量下降了 10%，降至 1 329 t，德国的银锭进口量上升了 1%，达到 1 091 t，出口量增长了 6%，达到 1 722 t。

美国银锭进口量略有增长，3% 的增长来自墨西哥、加拿大和智利出货量的增长，但来自加拿大和秘鲁的供应量减少，土耳其的银锭进口量下降了约 50%，达到了 2001 年以来的最低水平，阿拉伯联合酋长国的银锭进口量下降了 1/3，达到了自 1988 年以来的最低水平，印度的白银进口总额下降了 84%，达到 535 t。

中国的白银出口配额增长较多，这一增长是由于主要矿山生产都有所增长，以及来自进口和国内贱金属的伴生银的日益增长，而且近年来，颁布了更严格的环境法规，导致许多生产商将更多的注意力放到了再生银的回收利用上，2006 年中国香港流回内地的白银量超过 1 200 t，中国香港和内地之间银锭交易流的激增使总进口量达到近 4 384 t，比 2005 年增长 70%，出口翻了 2 番多，接近 3 976 t。由于内地和中国香港之间大量的白银流通需加收 17% 的交易增值税，而未列入免增增值税名单，使内地出口放缓，大量的中国出口白银经由中国香港装运，出口到亚洲各地，2006 年约增长 9%，此外，对泰国的直接出口下降了几乎一半，对英国的出口增长到 223 t，增长了 6.7%。

韩国银锭进口量激增了 96%，达到 286 t，总出口量增长了 16%，达到了 1 098 t，新加坡的白银进口量同比下降了 29%，再生银可利用性的增长导致了这一下降。泰国的银锭出口量下降了 1/3 多，2006 年估计为 288 t，从波兰和中国的进口量大幅度下降。日本银锭进口量急剧增长，达到 1 673 t，上升了 46.62%。

5 展 望

2007 年，全球白银总制造业需求增长 1% 达到 8.437 亿 oz（26 242.02 t）。工业总需求占到 54%，工业应用创下了令人瞩目的 7% 的增长率，达到 14 161.4 t，这是该领域连续第六年出现增长，2007 年增长最多的是电子电气部门，增长率超过 6%，并且首次突破 2 亿 oz（6 220.7 t）。印度、中国以及美国占到全球工业需求增长的 70%，德国、意大利以及法国的需求也出现增长。珠宝制造需求与处于高位并且波动剧烈的白银价格成反比，2007 年该部门需求下降 2%，成像需求下降 11% 为 1.283 亿 oz（3 990.6 t）。

全球白银矿产量 2007 年上升 4%，智利、中国和墨西哥的增加较多。秘鲁成为 2007 年全球白银矿产量最大的国家，其次是墨西哥、中国、智利和澳大利亚。2007 年全球主要银矿产量的增加带动了总产量的提高，占到整个白银矿产量 30% 的银矿的产量增长 11%，主要银矿的货币成本上升达到 1.52 美元/oz，主要是受到劳动力，消耗品以及能源成本的上升影响。

预计近几年白银产量有望增长 4% 以上，首先，增加新的矿山供应，尤其是在南美和墨西哥，以及澳大利亚白银生产的恢复，抵消了其他矿业公司的减产还有余；其次，不断攀升的白银及其他金属和能源价格，将推动生产者套期保值和官方储备；第三，需求尤其是电子、电气工业需求的快速增长超过了摄影业和首饰银器的下降，工业对白银的总体需求的增长，将拉动供应的不断增长。

摘自《2006—2007 世界矿产资源年评》

黄金地质研究所
信息室 提供

战略地质调查项目系列成果——黄金地质专题信息编辑

国内外矿业政策·法规

国内外矿业动态

造山型金矿

卡林-类卡林型金矿

浅成低温热液型金矿

斑岩型金矿

铁氧化物型铜-金矿

富金 VMS 和 SEDEX 矿床

1∶5 万区域地质矿产调查工作标准及技术方法

铜矿床

铅锌矿床

钨矿床

锰矿床

国内外近年发现的大型金矿床

国内外各类型金-多金属成矿模式

钼矿床

国内与火山-次火山岩有关的银矿床