

地质科技选编 (九十一)

国外银矿专辑

402

(2-2)

2250

地质矿产部情报研究所

一九八四年十二月

地质科技选编 (九十一)

国外银矿专辑

地质矿产部情报研究所

一九八四年十二月

前 言

长期以来,白银主要产自有色金属矿山,其产量在很大程度上受有色金属生产限制,致使白银产、消相差悬殊供不应求。但近年来许多国家为摆脱困境寻找出路,使银矿勘查工作中出现了一些值得注意的变化,如一些国家加强对以银为主产品和共产品的矿床的勘查,建立了一些新矿山;把一些原来以生产有色金属为主的矿山改为以采银为主的矿山;注意大规模低品位银矿的勘查、开发利用。基于这种情况,我们编辑出版了这本《国外银矿专辑》,供我国广大银矿地质工作者参考。

《专辑》共收选了22篇文章,可分两部分,第一部分8篇,着重介绍了国外银矿资源分布、产消变化、供求关系、主要银矿类型、矿床成因、控矿因素、成矿模式以及预测基础等。第二部分14篇,主要介绍了墨西哥、美国、加拿大、日本、新西兰、瑞典等国的以银为主产品的各种银矿床实例。

本《专辑》主要由吴美德、贾忠蓬负责编辑加工,图件由舒令泓、赵秀兰、张尔平绘制。此外,在译编出版过程中还得到所内外许多同志的支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于业务水平和条件有限,在编辑中一定存在许多缺点错误,欢迎批评指正。

编者 1984. 12

目 录

1. 世界银矿概况.....	(1)
2. 火山岩区金银矿化的预测基础.....	(17)
3. 火山岩带的两类银矿床.....	(26)
4. 火山岩带含银热液脉的成因性质.....	(30)
5. 近地表金银矿床富矿的主要控制因素.....	(37)
6. 形成金-银矿化的地质和矿物-地球化学因素.....	(44)
7. 金-银矿床的温度分带.....	(54)
8. 勘查浅成热液金银矿床的浅成热液模式.....	(63)
9. 墨西哥杜兰哥州塔约尔提塔脉状银-金矿床的地质和流体包裹体研究.....	(69)
10. 墨西哥瓜那华托新矿体的发现和银-金矿脉的物质来源.....	(99)
11. 墨西哥瓜那华托采矿区银矿床的某些矿物学特征.....	(115)
12. 北美大规模低品位银矿床.....	(123)
13. 美国西部浸染状银矿床的特征.....	(130)
14. 美国德拉马尔银矿山.....	(143)
15. 加拿大大熊湖银矿床的地质及成因.....	(150)
16. 加拿大西北地区大熊湖银矿床的稳定同位素地球化学及其成因.....	(156)
17. 新西兰豪拉基金田马拉托托-温特沃思地区贵金属脉.....	(172)
18. 新西兰马拉托托矿山浅成热液金银矿化: 稳定同位素和流体包裹体研究(摘要).....	(183)
19. 日本晚第三纪金银矿床.....	(184)
20. 瑞典中南部哈姆萨维特富银矿床.....	(195)
21. 法国洛林地区拉克鲁奥明银矿床.....	(204)
22. 摩洛哥兹冈德银矿床的矿物与地质.....	(207)

世界银矿概况

吴美德 贾忠蓬

白银是人类利用较早的金属之一。很早就被认为是一种贵金属并用来制造货币、首饰、器皿以及宗教信物等。和黄金一样，银具有良好的延展性、较高的热导和电导率以及抗氧化性等物理和化学性能。所以随着社会生产的发展，银已成为重要的工业金属，其货币职能日趋减弱。目前银主要用于照相与电气和电子工业。如美国1979年两者分别用2053吨和1185吨，占美国银总消费量的66%。此外，银还用于纯银制品、医药、催化剂、轴承、焊料、核控制棒等。[8][14]

一、银价暴涨动荡不定

近些年来，由于石油危机、通货膨胀等政治、经济因素的影响，银价发生大幅度涨落，是历史上最大的变化时期。在五、六十年代银价变化不大，每盎司大致在1~2美元之间。七十年代上升到4~7美元；1979年到1980年初银价出现爆炸性增长，由6美元猛增到1979年底的28美元。1980年1月达到顶峰，银价最高达48美元/盎司。但很快大幅度下跌，到3月末退回到14美元/盎司。1981~1982年大约波动于6~12美元/盎司。1983年2月，银价最高接近15美元/盎司，以后略有下降，大约为9~11美元/盎司（图1）。据报道，目前金银比价为1:48，历史上金银比价1:32。从目前形势看银价可能回升。[1][3][5][20]

二、银产、消相差悬殊供求不稳

八十年代以来，世界银产量逐渐上升，年增长率约为4%，1983年约6%。值得指出的是，秘鲁在近两年来由于实行了新的矿山开采法，生产厂家的生产效率和回收率提高，致使秘鲁银产量出现突破性增长。1982年超过多年居世界之冠的墨西哥，跃居世界首位。目前，世界矿山银产量每年达1万多吨。主要产自墨西哥、苏联、秘鲁、加拿大、美国、澳大利亚和波兰等国，占世界总产量的70%以上（表1）。其中资本主义国家产量约为8000吨，但其消费量很高，每年约11000吨（表2），相差三、四千吨，大大超过矿山年产量，严重供不应求。所亏差额主要靠回收工业废旧物资、旧硬币、银器和首饰以及靠其它国家出口来弥补。然而再生银受银价影响很大，当银价高涨时，就刺激大量再生银投入市场。如1980年再生银供应量高达9952吨，而这年又因银价过高，各制造业减少银用量，结果反出现所谓供过于

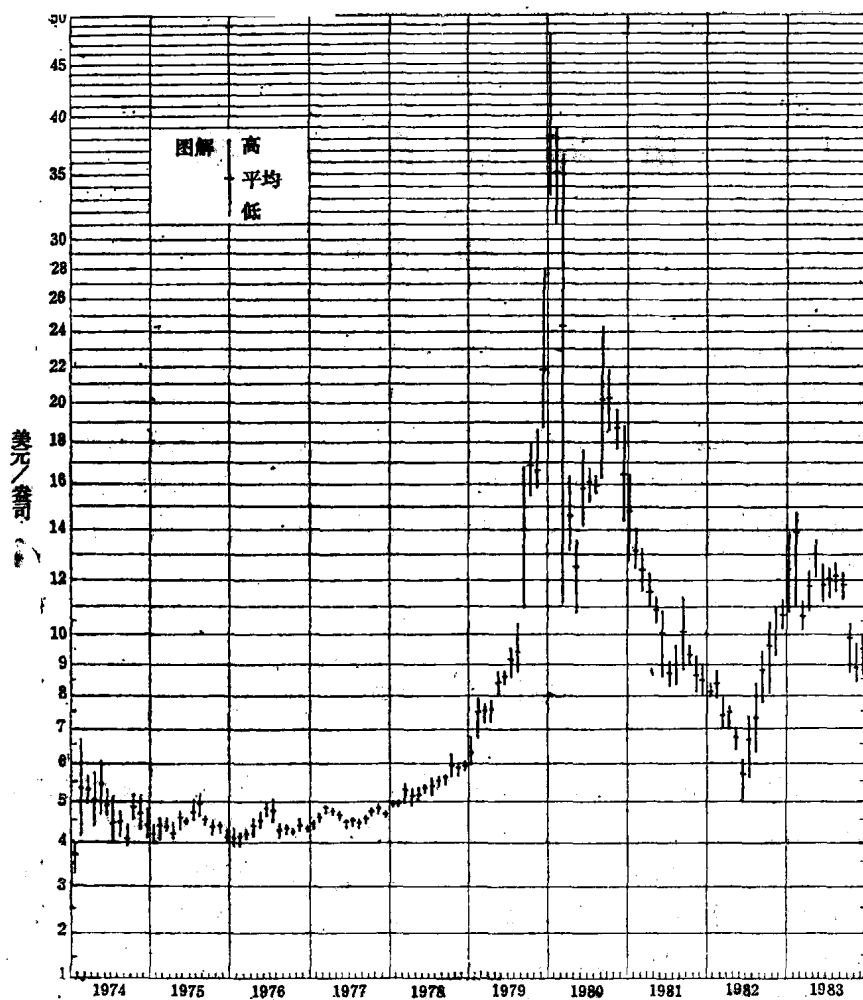


图1 纽约市场的银价变化

世界矿山银产量(吨)

表 1

国 家	1979a	1980a	1981a	1982a	1983p	1984p
墨西哥	1537	1473	1655	1550	1773	2022
苏联	1550	1550	1580	1595	1577	1599
秘鲁	1332	1340	1318	1654	1717	1776
加拿大	1147	1070	1129	1284	1219	1253
美国	1179	1006	1265	1252	1340	1483
澳大利亚	832	767	744	900	1042	1042
波兰	702	766	640	642	653	653
世界总计	10931	10692	11109	11576	12247	12795

a—实际数字, p—推测数字

资料来源: <World Metal Statistics>1983年12月, <Metal Statistics 1984>.

1979~1983年资本主义国家白银消费量(吨)

表 2

各国工业用银	1979r	1980r	1981r	1982r	1983p
美 国	4888.9	3878.2	3626.3	3694.7	3732
日 本	2065	1918.9	1859.8	1965.5	2161.5
西 德	1433.7	905	870.8	1045	799.3
意 大 利	967.2	678	385.6	289.2	342.1
英 国	824.2	637.6	575.4	622	559.8
法 国	668.7	628.2	640.7	578.5	578.5
印 度	590.9	590.9	590.9	699.8	678
加 拿 大	251.9	270.6	264.4	279.9	279.9
墨 西 哥	171.1	96.4	99.5	112	59.1
其它国家	1119.6	933	1057.4	1088.5	1135.2
总 计	12981.2	10536.8	9970.8	10375.1	10325.4
各国铸币用银	1979r	1980r	1981r	1982r	1983p
墨 西 哥	155.5	189.7	—	—	—
法 国	239.5	—	—	—	—
奥 地 利	155.5	133.7	93.3	124.4	62.2
西 德	115.1	—	—	—	—
加 拿 大	9.3	6.2	6.2	9.3	12.4
美 国	3.1	3.1	—	77.8*	348.3*
其它国家	186.6	93.3	180.4	186.6	155.5
总 计	864.6	426	279.9	398.1	578.4
总消费量	13845.8	10962.8	10250.7	10773.2	10903.8

r—修正的。p—初步的。* 包括铸造乔治·华盛顿纪念币和奥林匹克纪念币用银量。

资料来源 < Metal Statistics 1984 >。

求的“过剩”现象。不过这种现象没有维持多久，在1983年，过剩量基本上是在不断减少。有人认为，一旦工业回升到正常水平，市场的供不应求情况可能会重新出现。^{[1] [2] [3] [5]}

据估计，2000年美国对原生银的需求量可能为7153吨，年增长率为2.9%；世界其它国家对原生银的需求量为10574吨，年增长率为1.3%。这样，1978~2000年美国累计需求量为11.8万吨，大于其银储量，小于资源总量；世界其它国家银累计需求总量也大于总储量，小于资源总量。但值得指出的是影响供求的因素很多，如上所述，银价上涨可使再生银增加；各种电子设备加工工艺的改善，致使银消费量减少；堆浸方法的应用以及洋底资源的开发等都会使供求发生变化。^[8]

目前我国银产量居世界第22位，其消费量远大于产量，严重供不应求。所亏差额依靠库存、回收银元以及进口来弥补。

三、解决白银供不应求的重要途径

1. 收废利旧，增加代用品

加强银的废物回收利用和代用品的研究是解决白银供给不足的重要途径。如照相业是用银最多的部门，美国仅照相一项用银就大大超出其矿山银产量（表3）。这种用银过去大部分不能回收再利用，现在则可以从用过的废显影和定影溶液中回收银。如日本约有200个回收厂家，据推测仅从照相感光材料中每年约提取300~400吨银。近来出现一种无银胶片，尽管目前仅能用于黑白胶片，还不能用于彩色胶片，而且摄影胶片将来也不会全部是无银的，但这种胶片的出现无疑会减少对银的需求。目前看来，大量使用无银胶片的时代虽还遥远，但不是完全不可能的。有人主张为了使无银胶片生产在经济上有吸引力，现行银价必须提高20倍。〔1〕〔8〕

1979~1983年美国工业用银消费量（吨）

表 3

	1979	1980	1981	1982r	1983p
电 镀 制 品	251.9	136.8	121.3	99.5	108.9
纯 银 制 品	404.3	283.0	136.8	205.3	220.8
珠 宝	164.8	183.5	167.9	195.9	220.8
照 像 材 料	2052.6	1548.8	1586.1	6111	1611
牙 科 及 医 疗 用 品	71.5	68.4	52.9	52.9	49.8
镜 子	59.1	21.8	18.7	31.1	31.1
黄铜合金和焊接用合金	339	264.4	239.5	230.1	214.6
电 气 及 电 子 产 品：					
1. 电 池	143.1	186.6	118.2	130.6	93.3
2. 接触器材和导体	1041.9	864.6	821	861.5	864.6
催 化 剂	174.2	93.3	118.2	74.6	74.6
纪 念 币、纪 念 章	146.2	143.1	80.9	56	93.3
其 它	40.4	84	164.8	146.2	149.3
总 计	4888.9	3878.2	3626.3	3694.7	3732

r—修正的，p—初步的。

资料来源：《Metal Statistics 1984》。

此外,在工业上有些方面已用有色金属代替银,如在餐具制造业中银广泛为不锈钢和铝合金所代替;在反射镜和其它反射表面上所用的银由铝和镉代替;在手术盘、针和缝合线中银由钛代替。另外,铜合金、铜锌合金、镍和铝硬币已在许多国家代替银币。近年来铸币用银明显下降。如美国在六十年代早期铸币用银量很大,1961年为1741.6吨,到1965年竟达9952吨。此后,为了减少工业银消费量与矿山银产量之间的差额,银币废止流通,并以双金属和合金币代替流通的银币,铸币银消费量明显下降。现在美国除了铸造一些不流通的硬币和纪念章(如为纪念乔治·华盛顿诞辰250周年,铸造50美分的硬币;为庆祝1984年奥林匹克运动会,铸造十元的银币)外,几乎铸币不用银,而是使用铜镍合金。〔8〕

2. 扩大银矿资源,寻找以银为主的矿床

随着采矿和冶炼技术的提高、勘探方法的改进和新技术的利用以及银价的上涨,一些具次经济意义的银资源投入工业生产。有人认为当一些新的技术手段如“探银器”(Silver Snooper,为一种辐射装置)和新的快速检验矿化的分析仪器过关并被普遍应用时,可期望发现新矿床和增加产量。采矿和加工处理方法的进步,将会提高回收率,降低生产成本,因此将可着手开采现在还不够工业品位的矿产资源。如堆浸法的应用可以处理一些低品位浸染状矿石。〔3〕〔8〕

世界矿山银产量长期以来大约75~80%是作为有色金属矿山的副产品回收的,而产自银矿石的银产量仅占总产量的20%左右。如加拿大97%以上的银产量来自有色金属矿石,其余3%来自安大略“钴矿区”的钴-银矿石和脉状金矿石。苏联几乎所有银产量都是有色金属矿石的副产品,小部分为金矿石的副产品。因此白银产量增长受到很大限制,致使白银生产长期不能满足需要。所以要想迅速提高矿山银产量,除采取上述措施外,加强找寻以银为主的各种银矿床也是十分重要的。值得着重指出的是,近年来,随着银需求量的增大以及银价暴涨,刺激了一些国家对以银为主产品的矿床进行勘查和开发或把一些银为副产品的有色金属矿山改为以采银为主的矿山,致使产自银矿石的银产量明显增大。如美国1974年25个较大的产银矿山中只有4个以采银为主的银矿山,其产量为292吨,占美国总产量的28%。但是到1979年,就有9个矿山(包括最大的四个)主要开采银矿石,产银522吨,占总产量的44%,再加上产自金银矿和金矿的银产量可达52%。而来自有色金属矿石的银产量由原来的69%下降到48%。此外,在墨西哥也发现和建立了一些新的银矿山,如在弗雷斯尼略不断发现新的富矿脉、圣马丁和塔克斯科矿山扩大了银产量、在里尔迪安吉利斯建立了新矿山,设计能力年产银218吨,保证了墨西哥银产量在世界上的重要地位。在多米尼加建立了世界最大的“老村庄”露采金银矿山,1975年投产,1978年接近生产能力,已生产56吨银和10.5吨金。整个氧化矿含有401吨银和71.5吨金。在澳大利亚卡尔古利以北建立了一个新的铜-锌-银矿山,矿石储量约275万吨,每吨含银155克,铜3.5%、锌9.5%。据报道瑞典也发现了新的银矿床。近年来,我国进行了适当的白银调价,提高了一些矿山回收银的积极性,增加了白银产量,如东北八家子铅锌矿,银平均品位为196克/吨,铅为1.2~1.5%,锌1.3~1.6%。过去银一直作为副产品回收,回收多少算多少,在该矿六种产品中,银产值占第三位。但在白银调价后,白银产值跃居首位,至使矿山决定把以生产铅为主转为生产银为主,并把银的生产纳入

正常生产管理秩序,采取一系列措施来提高银的回收率。同时加强了矿山地质工作,研究银在矿床中的赋存状态和分布规律,加强综合开采,提高采矿回收率。此外,我国也在积极筹建以采银为主的银矿山,如河南破山银矿、陕西榨水银铜子、湖北银洞沟、广东庞溪洞等。

91 [20]

四、银矿资源及主要矿床类型

1. 银矿资源分布

目前世界银储量估计有25.27万吨,较1975年18.66万吨增长35.5%,以澳大利亚和加拿大增长最快,分别增长4倍和1倍。储量主要分布在苏联、加拿大、美国、墨西哥、澳大利亚、秘鲁等国(表4),其中苏、加、美储量最大,三者合计占世界总储量的58%。^[8]

世界银资源(吨)

表 4

国 家	储 量	其它资源	资源合计
苏 联	49760	167940	217700
加 拿 大	49760	52870	102630
美 国	46961	130620	177581
墨 西 哥	32966	83970	116936
澳大利亚	31722	10885	42607
秘 鲁	18971	37320	56291
日 本	622	2333	2955
世界总计	252688	517193	769881

资料来源《Mineral Facts And Problems》1980。

(1) 苏联:银储量大约49760吨,资源总量为21.77万吨,居世界首位。主要分布在乌拉尔、哈萨克斯坦、远东、东西伯利亚和亚美尼亚。近年来苏联的银产量基本是增长的趋势。除一些黄金处理厂生产少量银外,几乎所有白银都为有色金属生产的副产品。如乌拉尔的复杂矿石含银6~15克/吨,诺里尔斯克和科拉半岛铜镍矿床也产银。预计1985年苏联银产量还会有所增长,其中部分增长将来自新近开办的诺里尔斯克联合企业。^[6]

(2) 加拿大:近年来银储量有较大增长,由21770吨增加到49760吨,增长129%,与苏联并列第一。但其资源总量比苏、美少得多,仅10.26万吨。主要分布在不列颠哥伦比亚、安大略、新不伦瑞克、育空、魁北克、西北地区。在较长一段时间内其银产量居世界第四位。来源主要为有色金属的副产品,仅不列颠哥伦比亚和安大略两省产银就占其总量的59%。与1980年相比,1982年银产量增加了214吨。这主要是由不列颠哥伦比亚的一个新的银-铜矿山首次达到最高生产能力,以及新不伦瑞克和不列颠哥伦比亚的一些有色金属矿山也增加了银产量。^{[11][8]}

(3) 美国:银储量46961吨,资源总量为17.76万吨,是世界主要产银国之一。主要产银

州有爱达荷、亚利桑那、蒙大拿、科罗拉多、密苏里、新墨西哥（表5）。它们合计产量约占美国矿山银产量的90%（1979）。1982年美国矿山银产量估计为1252吨，较1980年增长26%，是世界矿山银产量增长最多的国家。[1] [8] [8]

1979年美国主要产银州各类矿石的银产量(吨)及所占比例(%) 表 5

州名	砂矿	金矿石	金银矿石	银矿石	铜矿石	铅矿石	锌矿石	多金属矿石	总计
爱达荷	...	...	W	425.51	W	0.32	...	51.77	477.60
亚利桑那	...	0.06	...	0.10	231.75	0.08	...	...	231.99
蒙大拿	...	0.01	0.40	17.65	82.66	1.92	...	0.06	102.70
科罗拉多	...	...	0.79	78.13	...	0.01	...	8.43	87.36
密苏里	...	...	...	...	...	68.45	...	...	68.45
新墨西哥	...	0.14	1.85	...	39.98	0.01	...	...	41.98
内华达	...	16.06	W	0.06	W	...	...	...	16.12
其它州	0.01	3.64	63.92	...	83.34	0.08	0.40	3.67	155.06
总计	0.01	19.91	66.96	521.45	437.73	70.87	0.40	63.93	1181.26
所占比例		2	6	44	37	6		5	100

W: 包括在其它州中

资料来源: < Minerals yearbook > 1979.

(4) 墨西哥: 银储量 32966 吨, 资源总量 11.69 万吨。近年来, 除1982年外, 墨西哥银产量一直居世界第一位。据推测1984年其产量可达到2022吨。但其消费量较低, 1980年总消费量只有286.1吨, 故为世界主要银出口国。产银矿床主要有两种类型: 一种是与中生-新生代火山岩、次火山岩有关的以银为主的浅成热液矿床, 主要分布在墨西哥中部瓜那华托(如拉斯托里斯银金矿床, 银储量824.2吨, 年产银155.5吨)、萨卡特卡斯(如弗雷斯尼略铅-锌-银-铜矿床和圣马丁锌-铜-银矿床)、帕楚卡和塔克斯科地区; 一种是斑岩铜矿型, 主要分布在墨西哥北部。[1] [8]

(5) 澳大利亚: 近几年来, 白银储量增长较快, 由 6220 吨增加到 31722 吨, 增长四倍多。资源总量为42607吨, 主要分布在新南威尔士、昆士兰的一些铅-锌-铜-银矿床中。如新南威尔士的科巴尔铅-锌-银矿床, 银储量总计839.7吨, 平均银品位 130.6 克/吨; 伍德拉温铜-铅-锌-银矿床, 1978年后投产, 预计年产银28吨, 大约可生产 10 年。昆士兰州芒特艾萨矿山, 1979年财政年度(6月30)产银 454 吨。西澳大利亚卡尔古利北部新建的托伊托尼克博里铜-锌-银矿山现已全部投产。预计每年采选30万吨矿石, 每吨矿石含银 150 克, 年产银51.2吨。[9]

(6) 秘鲁: 银储量18971吨, 资源量56291吨。秘鲁主要产银矿山有28个, 产量占全国的80%, 矿山多分布于该国中部和南部的安第斯山脉。银主要产自①独立的银矿床, 秘鲁有 8 座这种矿山, 在目前全国银产量中约占35.7%; ②多金属矿床, 这是秘鲁主要的产银矿床, 其产量占全国的59.2%。③斑岩铜矿床, 银作为副产品回收, 其产量约占5.1%。秘鲁的大部分产银矿床都是中新世中期到晚期形成的, 矿体均与侵入岩伴生。侵入岩包括二长岩、石

英二长岩和英安岩，其规模不太大。据最近报道，秘鲁的银产量仍有进一步增长的潜力。目前正在兴建三座矿山，总投资估计为3.87亿美元，计划矿山产银将达87吨多，同时生产大量铅、锌和铜精矿。

2. 主要矿床类型

由于银主要来自有色金属矿床，所以有关银矿类型划分，以及各类型特点研究很不够，还没有一个完善的分类方案。《苏联金属矿床》（第三卷银矿床一节，К.Ф.库兹涅佐夫等人）一书将银矿划分为分散银矿化型含银矿床和独立银矿床（Собственные месторождения серебра）两类。认为独立银矿床在成因上多与热液作用后期阶段有关。按其产出的大地构造环境、侵入体特征、矿物共生组合和标型银矿物可分为四个建造类型：银-砷化物型、银-铅型、银-金型和银-锡型（表6），《美国矿产资源》（艾伦V.海尔等）一书也将银矿分为两类：一类是银作为副产品的含银矿床，二类是银作为主要成分的银矿床，两者又各分为九种矿床。第一类含银矿床有（1）斑岩铜矿床；（2）铜-锌-铅交代矿床和脉状矿床；（3）块状硫化物矿床；（4）铅-锌交代矿床；（5）密西西比河谷型和阿尔卑斯型铅、锌、萤石矿床以及有关矿床；（6）砂页岩中的铜矿床；（7）自然铜矿床；（8）脉型、砾岩型和砂矿型金矿；（9）镍和磁铁矿矿床。第二类银矿床包括：（1）浅成热液脉状、管状矿床；（2）浅成热液浸染状和角砾状矿床；（3）浅成热液银-锰矿床；（4）浅成热液银-铅-锌交代矿床；（5）浅成热液银-铜-重晶石矿床；（6）中深热液银-铅-锌-铜矿床；（7）中深热液钴-银、钴-沥青铀矿-银、钴-银-沸石矿床；（8）砂岩银矿床；（9）海底软泥和热泉矿床。一般来说，第一类含银矿床的银储量和资源量占世界白银总储量和资源量的三分之二；第二类银矿床占世界白银总储量和资源量的三分之一。

现将主要产银矿床类型介绍如下：

（1）以银为主的主要银矿类型

1. 与中生-新生代火山岩、次火山岩有关的浅成热液矿床

这种矿床包括各种脉状的、筒状的富银矿，同时也包括所谓大规模低品位浸染状银矿。其主要特征有以下几点：

- ① 大多分布在大陆边缘型火山岩带中，其时代比较新，大部分为新生代；
- ② 构造活动常为成矿热液提供有利通道，使之能在背斜、断层或破碎带中成矿；
- ③ 容矿岩石常是具有渗透能力的安山质到流纹质火山岩和凝灰岩以及与这些岩石成分相当的次火山岩或附近围岩。矿体有脉状、网脉状、管状、囊状、角砾状和浸染状，多为孔隙充填或交代形成。矿体的埋藏深度较浅；
- ④ 矿石矿物一般是辉银矿、深红银矿、硫锑铜银矿和复杂的磺酸盐类、银黝铜矿、银铅矿和闪锌矿等。脉石矿物主要是石英、冰长石、方解石、白云石、重晶石和萤石以及蔷薇辉石和菱锰矿；
- ⑤ 矿体规模和品位变化很大。有的大矿脉沿走向可延伸数千英尺，延深1000英尺，个别可达到2000英尺。但是有些矿体又很小。品位变化由每吨几盎司到几千盎司。现在对一些易采的大规模低品位矿床有降低品位的趋势。以前银的开采品位一般在5盎司/吨。但现在降到2

表 6

银 矿 床 分 类

标 志	矿 床 建 造		
	银-砷化物	银-铅	银-金
大地构造环境	地台、地盾、海西褶皱带 中间地块	海西和中生-新生代褶皱 区、活化带	年轻火山带、阿尔卑斯 褶皱区、活化带
岩浆 杂岩体	前寒武纪辉绿岩床、海西 晚期花岗岩侵入体	浅成相的花岗岩类小侵入 体	次火山侵入体和安山岩-英 安岩-流纹岩系列的火山岛 岩
典型的矿 物共生组 合	镍和钴的砷化物(砷镍矿、砷 钴矿、斜方砷钴矿、辉钴矿、 红镍矿、斜方辉砷镍矿、毒砂、 磁黄铁矿、黄铁矿、自然铋等 闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、 毒砂、(脆硫铋矿、硫铋铅 矿、车轮矿)	方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、 毒砂、(脆硫铋矿、硫铋铅 矿、车轮矿)	锡石、黄铁矿、辉铋锡铅矿、 黄铜矿、毒砂、闪锌矿、方 铅矿、脆硫铋矿、车轮矿、 黝铜矿、辉铋矿、黑钨矿
标型 银矿物	自然银、斜方铋银矿、辉银矿、 硫铜银矿、硫铋铜银矿、脆 银矿、深红银矿	深红银矿、辉银矿、硫铋铜银 矿、银黝铜矿、自然银、辉铋 银矿、硫铋银矿、脆银矿、 银铁矿、淡红银矿、砷硫铋 银矿、银金矿、碲银矿	辉银矿、深红银矿、脆银矿、 硫铋铜银矿、自然银、银金 矿、金和银的碲化物
银 含 量	6~30公斤/吨	700克/吨~20公斤/吨	600~1800克/吨
主要工业成分	Ag、Ni、Co、U、Bi	Ag、Pb、Zn、Cu	Ag、Au
矿床实例	加拿大钴矿区、南洛奈、埃耳克 洛伊克、美德韦日湖、挪威的 希姆斯塔尔、捷克斯洛伐克的 安纳贝格、施奈贝格、弗赖 格、施奈贝格、施奈贝格	苏联的坎德若利尔斯克、阿尔 泰斯克、乌斯特-捷烈姆基、 曼格泽伊斯克、美国的桑什 因、波托里、墨西哥的埃鲁 胡安-查卡、科耳克维尔卡	墨西哥的韦塔-马德雷、帕 楚卡、美国的托诺帕、科姆 斯托克、苏联的哈坎茨、德 瓦卢尼斯克、日本的萨 舞、罗马尼亚的萨 尔、捷克斯洛伐克的克 尼察
			玻利维亚的波托西、奥 鲁罗、乔凯亚、皮尔基 塔斯等

盎司/吨左右；

⑥ 围岩蚀变发育。常见的蚀变矿物有高岭石、绿泥石、碳酸盐矿物、黄铁矿、绢云母等；

⑦ 常存在砷、锑、汞、铋、碲、硒和其它某些元素的地球化学异常。另外，还有人提出，Mn、Cu、Sn等元素常为银矿床的稳定地球化学组合。因此，用地球化学方法找银矿是有一定意义的^[7]。

从世界范围来看，中生-新生代火山、次火山岩浅成热液型银、金-银矿床主要沿环太平洋火山活动带分布，以美洲分布最广。著名的大矿床有美国内华达州西部的科姆斯托克矿脉。该矿为安山岩流中沿第三纪断裂分布的浅成贯入脉。矿体群沿走向大约长4.8公里，延深600多米。该矿区已生产了15550吨银。属这类矿床的还有美国犹他州的圣弗朗西斯科、内华达州的托诺帕和奥斯汀，加利福尼亚州的莫哈维和兰德斯贝格也有这类矿床。新墨西哥州的英格伦以及科罗拉多州中南部的巴塞克和吉瑟矿山都在开采这种矿床。此外，墨西哥中部有瓜那华托、萨卡特卡斯、帕楚卡和塔克斯科等许多浅成热液脉富银矿床。西德东部的哈茨山脉区的浅成热液银-铅矿脉都属于这一类矿床。墨西哥瓜那华托银-金矿床可作为一个很好的实例，（请参阅本专辑“墨西哥瓜那华托新矿体的发现和银-金矿脉的物质来源”和“墨西哥瓜那华托采矿区银矿床的某些矿物学特征”两篇文章）^{[12][18]}。

近十几年来，随着银需求量的增大以及银价暴涨，“大规模低品位银矿”作为一种重要银来源已日益引起人们的重视，美国、加拿大、墨西哥等国在这方面作了较多的研究和勘查，发现和开发了许多这类矿床。如美国爱达荷州的德拉马尔矿床、内华达州的坎德拉里亚、亚利桑那州的哈德谢尔、蒙大拿州的霍格黑文、科罗拉多州的朗德山、加利福尼亚州的朗特里和沃特卢以及最近发现的达斯提迈克矿床、加拿大不列颠哥伦比亚省萨姆古斯利和墨西哥的里尔迪安吉利斯矿床。这一类矿床除具备上述火山岩型热液矿床共同特点外，还以规模大、品位低、可露采为特征。典型的矿床矿石储量约1500万吨，银平均品位约100克/吨。现有降低品位的趋势，大约由150克/吨降低到60克/吨。在这类矿床中德拉马尔银矿床是第一个投产的。从1968年开始，对矿区进行了勘查。1973年便求得矿石储量约1000万吨，平均含银125克/吨，金为1.25克/吨。（该矿床的详细地质情况请参阅本专辑“美国德拉马尔银矿山”一文及“北美大规模低品位银矿床”的有关部分）^[13]。

美国达斯提迈克是一个新发现的很有希望的产银区。它位于美国加利福尼亚州圣贝纳迪诺县凯利科山脉东南部。在巴斯托东北12英里。

该地区在十九世纪七十年代末曾经是个重要的产银区。1967年以来这里的找矿工作很活跃。现已查明该地区含有一个重要的大型低品位层状斑岩型银矿床。已圈出的矿石储量达1250万吨，银的平均品位为38.5克/吨，但在局部近地表处矿石品位相当高，这很可能会提高全部矿石的品位。矿石全部可以露采，据估计，矿石储量很可能进一步扩大到1亿吨，并仍可继续用露采方法开采。

达斯提迈克矿山位于呈不规则形状产出的金-银矿化带的中部，这一矿化带由西北面的兰德斯贝格到东南面的斯特德曼和熔岩区，展布范围为100×30英里。矿化带的构造特征是一系列北西走向的断层。

达斯提迈克的岩石主要是第三纪喷出和侵入的火山岩以及沉积岩。这些岩石被分为三个岩性单元。银矿化与第三纪火山岩有关，主要见于中部岩石单元中，即中新世中期的凯利科

组。该组岩石主要是在盆地中沉积后又经过改造的凝灰岩和火山砾岩。

钻探、岩石地球化学资料表明，银矿区范围长达9000英尺，宽2000英尺，延深有1000英尺，并且各方向都有向外延展的趋势。矿化既见于高角度断层中，也呈浸染状赋存在广布的凝灰岩中。矿石矿物主要是角银矿（ AgCl ）、氯溴银矿（ Ag, BrCl ）。与银伴生的矿物是铁和锰的氧化物。此外常见的还有含铜、铅的碳酸盐。重晶石和氧化硅多以浸染状出现，有时形成网脉或脉状。

现在该区的勘探工作仍在继续，旨在进一步扩大储量。已筹备建厂，为大规模开采做准备。〔4〕

2. 中深热液银-有色金属型矿床

矿体多呈充填或交代脉产出，规模大小不等。银、铅、锌品位变化较大。矿石矿物主要为方铅矿、闪锌矿、含银黝铜矿。脉石矿物有方解石、白云石及重晶石等。矿体形态简单，往往形成富矿体，易于勘探和开采。这类矿床最典型的例子是美国克尔达兰产银区。〔18〕

克尔达兰产银区位于美国爱达荷州北部。目前是世界上银产量最高的地区之一。已产银近2.8万吨。另外还生产了750万吨铅，300万吨锌，10多万吨铜，15.6吨金。

克尔达兰产银区的地层主要由贝尔特超群组成，厚8000米。该超群的底界至今尚未见到。贝尔特超群的上面是前寒武系沉积岩。

该地区在构造上显然为落基山脉的一部分。岩石都发生了强烈褶皱和断裂。有一系列早期的南北向褶皱。它们是因大规模断裂活动而形成的。该区最大的断层是北西西走向的奥斯本断层，由蒙大拿到华盛顿延长800公里。除一些大断层外，该区还含有许多次级的似平行断层，它们与成矿有着更密切的关系。

克尔达兰产银区与矿有关的地层顺序

表 7

	组	岩性	米苏拉群	贝 尔 特 超 群
8000米	斯特里普德皮克	薄层石英岩和泥质岩，部分白云岩	雷 维 利 群	
	沃伦斯	白云质石英岩		
	圣·雷吉斯	不纯的石英岩和泥质岩		
	里维特	白色石英岩		
	布克	不纯的石英岩		
	普里查德	具波痕和粒级层的浅灰或白色石英岩和薄层泥质岩		

贝尔特超群有许多白垩纪中期的花岗闪长岩和二长岩侵入体，现被称为“宝石岩株”。它们与爱达荷大岩基相似。

克尔达兰产银区面积为50×25公里，内含许多脉型矿床。其中大多数是以裂隙充填和交代形式产在局部构造系统中，局部断层系统的走向与奥斯本大断层平行或近乎平行。具有经济意义的矿化主要是银，此外还有铅、锌、铜和少量金，伴生矿物有黄铁矿、毒砂、磁黄铁

矿、石英、菱铁矿和重晶石。

部分矿床见于与宝石岩株有密切关系的接触带中，但大部分产于距宝石岩株30公里的地带中。矿床具带状分布。可大致地分为下列几个带：在宝石岩株附近是银-锌矿带，脉石矿物为硅酸盐，其中含有磁黄铁矿；在东南和东南面是银-铜矿带，脉石矿物为菱铁矿；东南和西面是一系列银-铅矿床。但是如果没有奥斯本大断层的影响，分布型式会是比较规则的。该区还有些顺层的含金石英脉，并且在新老沟谷中都有砂金。

克尔达兰地区拥有6个大矿山，其中以邦克希尔矿山为最大、最富。因此，下面简要介绍邦克希尔矿山的情况。

邦克希尔矿山以规模大、品位富、历史悠久而著称。它于1885年被发现，很快便被开采，到目前已开采近200年。

该矿位于奥斯本大断层南面，由许多富矿体组成。容矿岩石是里维特组具有波痕的砂岩、

粉砂岩及其上覆的圣·雷吉斯石英岩。岩层倾角近于直立。并被一系列倾向南西的断层切割。矿化产在大断层之间的一些较小断裂带中，特别是产在因岩性不同而影响断层几何形态的地方（图2）。

矿床可分为三个主要的矿化相，它们在空间和时间上都各不相同。主要矿化相是邦克希尔相，它由充填和交代的方铅矿、黄铁矿、黝铜矿和一些黄铜矿组成，脉石矿物多为菱铁矿，银赋存在方铅矿和黝铜矿当中。布鲁伯德相沿一些北西向断层形成。在矿物上与邦克希尔相类似，只是闪锌矿比方铅矿更重要，石英比菱铁矿更重要。第三个矿化相是泽西相，这是一个富银方铅矿和黄铁矿矿化，脉石矿物是石英。

该矿山已生产矿石3000万吨，总规模可能是4000万吨。在近200年的开采中，随着经济情况和技术工艺的发展，开采品位经常有变化。目前

该矿山的矿石品位为：银平均品位大概在155克/吨，铅+锌为10%，矿山日产能力为45万吨矿石。

对于该地区的矿床成因，大部分人认为是中温热液多期侵位形成的。本区复杂的构造活动为成矿提供了有利条件。断层活动、不同岩性以及早期褶皱作用，促进了储矿部位的形成。但是还有难解的问题，例如，在萨克塞斯矿山，矿化发生在宝石岩株侵位之后，时代上清楚地为白垩纪中期，然而该区铅同位素测定给出的时代是12.5亿年。为此，一些人认为矿化是由宝石岩株释放出的岩浆热液形成的，而铅是上部地壳来源，是前寒武纪时期就存在的。另一些人认为矿化是在该区的发展过程中形成的。在原沉积的条带状岩石中矿化曾零星分布，以后迁移富集了。宝石岩株只不过代表了在该区发展过程的某个阶段中高温流体出现的迹象，它对地下水循环可能起了促进作用。^[10]

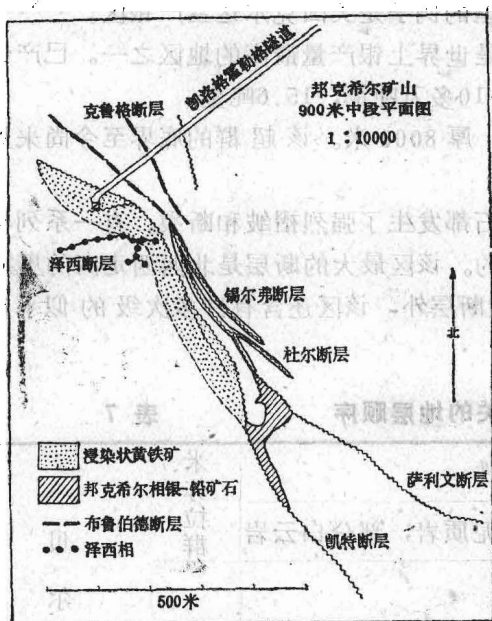


图2 邦克希尔矿山平面图

3. 中深热液钴-沥青铀矿-银型矿床

以加拿大安大略钴矿区的钴-银矿为例,该矿约已生产了1.5万吨银,近年来有几个矿山重新复兴。这些矿山的矿体呈薄而短的垂直脉,产于大约300多米厚的辉绿岩床中。主要矿物为自然银、钴、镍和铁的砷化物及砷硫化物,白云石和方解石,还见有一些方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿、磁黄铁矿和黝铜矿。典型的高品位矿石平均含银10%、钴9%、镍6%、砷39%。关于银矿脉的成因问题目前尚有争议,许多人认为银来自夹在绿岩中的一些沉积岩。^[18]

据1977年报道,加拿大安大略阿格尼科-伊格尔公司在辉绿岩床下面发现了富银矿。

与此类似的矿床有加拿大西北部大熊湖东岸脉状矿床,在很薄的石英脉中含有自然银、钴和镍的砷化物、黄铜矿、一些沥青铀矿和铀矿。除有些矿脉中主要工业矿物为自然银外还有些矿脉主要为沥青铀矿。夹矿为蚀变的近矿围岩、石英、碳酸盐和赤铁矿。现已分出五个矿化期,沥青铀矿形成于早期,而自然银形成于最晚期^[18]。

(2) 银作为副产品的主要矿床类型

1. 斑岩铜矿型

斑岩铜矿是重要的银来源,有些斑岩铜矿原来就是作为银矿开采的。如美国著名的宾厄姆地区,1863年首先发现和开采的是岩体周围的铅-锌-银卫星矿。直到1905年才开始采斑岩铜矿,从而成为美国最大的斑岩铜矿床。该区的肯奈科特铜矿公司的露采铜矿山,1977年从铜矿石中回收了60.88吨银,成为美国第六大银矿山。又如美国比尤特矿山,1864年发现和开采金,1874年12月起采银,1882年发现铜,现已成为美国大型斑岩铜矿床之一。该矿呈脉状产在博尔德岩基中,中心为铜矿床,边缘为锌、铅、银和锰矿床,其间为铜-锌矿床。总的银品位平均为62.2克/吨,银有一半是产自中心伯克利坑采铜矿山,其余产自中间带的外侧或是产自富含银的铜-锌-铅的边缘带。1977年阿纳康达公司的伯克利坑采铜矿山就回收了白银99.27吨。为美国第三大产银矿山。此外,美国西南部一些斑岩铜矿大都产有大量的银;如亚利桑那州斑岩铜矿,预计资源有8000万吨铜,估计可从其中回收19904吨银。有人估计,美国产自斑岩铜矿的银约占美国银总产量的20%^{[18][21]}。

智利、秘鲁等国斑岩铜矿也是银的重要来源。智利斑岩铜矿床年产大约108.85吨银。

苏联东部巴尔喀什-库尔马德地区的低品位斑岩铜矿床含有银,但目前仅在浅的富集带进行生产。

近年来,在波多黎各、加拿大不列颠哥伦比亚省以及巴拿马等地也发现了含银的斑岩铜矿。波多黎各矿床含银品位较低,每吨矿石仅含几克银,大部分还没有开采。不列颠哥伦比亚一些斑岩铜矿和铜-钼矿目前在生产。

巴布亚新几内和伊朗新发现的一些斑岩铜矿在将来可能构成新的重要银来源。

总之这类矿床虽然银品位较低,一般0.3~3克/吨左右,但由于大量开采,故常构成巨大的银来源。

2. 砂页岩铜矿型

这类矿床广泛发育于欧洲、苏联欧洲部分、哈萨克斯坦。南美和美国的二叠-泥盆纪岩系中以及美国西北部贝尔特盆地和密执安州和澳大利亚等地的前寒武纪岩石中。此外,还有一些较晚时期的陆相“红层”中的铜矿。这类矿床主要产于海相和陆相的浅水砂岩、页岩