

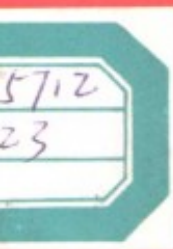
谨将此书献给第三十届国际地质大会



010

中国伴生银矿床 银的工艺矿物学

李绥远 李 艺 赖来仁 周卫宁 杨树德 编著



地质出版社

Dedicated to the 30th International Geological Congress

TECHNOLOGICAL MINERALOGY OF SILVER IN ARGENTIFEROUS DEPOSITS OF CHINA

Li Suiyuan Li Yi

Lai Lairen Zhou Weining Yang Shude

GEOLOGICAL PUBLISHING HOUSE
BEIJING

ISBN 7-116-02027-6



9 787116 020276 >

ISBN 7-116-02027-6

P • 1531 定价: 18.00 元

16.5712
4023

中国伴生银矿床银的工艺矿物学

李绥远 李 艺 赖来仁 周卫宁 杨树德 编

地质出版社

· 北 京 ·

BB32010f

063589

内 容 提 要

本书取材于作者多年在全国范围内的主要有色金属矿床从事伴生银研究所取得的成果,并吸收了国内外的有关研究资料,经全面归纳总结撰写而成。因此,这是我国第一部全面论述伴生银的工艺矿物学特征及其与银选矿关系的专著。书中扼要地归纳了伴生银矿床的地质特征和银的富集分布规律;详细介绍了对该类矿床中银的工艺矿物学的研究及其研究方法;系统地阐明了银的赋存状态及其工艺矿物学特征,并据此对伴生银矿石的工艺类型进行了系统的划分,较深入地论述了各工艺类型矿石的银的选矿工艺特点;最后,对我国伴生银的利用现状和提高银回收率措施等方面进行了叙述。

本书可供从事地质、岩矿专业教学的大专院校师生和科研人员参考,尤其对从事岩矿物质成分研究和选矿生产的技术人员更为实用。

图书在版编目(CIP)数据

中国伴生银矿床银的工艺矿物学/李绥远等编著.-北京:地质出版社,1996.6

ISBN 7-116-02027-6

I. 中… I. 李… II. 银矿床,伴生矿物-工艺矿物学 N. P618.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 21294 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:沈文彬 叶 丹

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:10.5 铜版图:4 页 字数:265000

1996 年 6 月北京第一版·1996 年 6 月北京第一次印刷

印数:1—1000 册 定价:18.00 元

ISBN 7-116-02027-6

P·1531



**谨将此书献给
第三十届国际地质大会**

前 言

白银,在国民经济中占据着重要的地位。我国的银矿资源主要来自于伴生银的有色金属矿床。因此,伴生银的综合回收充分与否,对白银的生产起着举足轻重的作用。为加快白银的生产发展,国家经委在1986年作出决定,将伴生金银作为中国有色金属工业总公司的主产品纳入国家计划。为此,中国有色金属工业总公司在所属铅锌矿山及其它有色金属矿山全面地、系统地开展了伴生银的查定及其赋存状态和分布规律的研究工作。我们在“七五”期间及其以来,受中国有色金属工业总公司及有关生产矿山的委托,共承担和完成了65项伴生银或伴生金银和综合性的银资源研究课题,涉及全国主要的铅锌、铜及钨锡等有色金属生产矿山。我们对这些主要的有色金属矿床的伴生银(金)的赋存状态及其工艺矿物学性质和银(金)的地质特征及富集分布规律进行了比较系统而深入的研究,取得了一批前所未有的基础资料。这些研究资料为充分利用我国的伴生银资源和进一步提高银的选矿回收率提供了十分重要的科学依据,促进了我国伴生银的生产。例如,1991年同1984年相比,全国的白银产量增长了65%,平均年递增7.4%;其中,白银产量的90%左右来自于伴生银的生产。由此可见,开展伴生银研究取得了明显的经济效益。

为了指导和促进伴生银的研究工作更加深入地开展,我们根据中国有色金属工业总公司铅锌局的要求和安排,对上述各项成果进行了全面而系统的总结,并在1992年9月编写了《中国主要有色金属矿床伴生银的工艺矿物学研究》的总结报告。本书即是在此总结报告的基础上,并广泛收集了国内外有关伴生银的研究资料,经综合分析、归纳和提高撰写而成。

本书中最突出的一个特点就是:它紧紧围绕充分利用矿产资源和提高矿山经济效益这个中心,把银的地质特征及富集分布规律-矿石工艺矿物学特征-银的选矿和综合回收等互为联系地融为一体,形成一个完整的“伴生银综合研究的系统工程”,这就克服了以往一些研究专题的片面性,突出了科研成果的实用性,因而对伴生银的生产具有重要的现实指导意义。

本书系统而完整地总结了适应于伴生银工艺矿物学特点的一套先进和切实可行的研究方法。其中,还特别总结了近几年才出现的一些新方法、新手段,如电子顺磁共振磁谱(EPR)法、自动图象分析法等在伴生银工艺矿物学研究中的应用和发展状况。这套方法具有普遍性,同样适用于工艺矿物学研究的整个领域。它采用了当今最先进的各种仪器设备,如电子探针、扫描电镜、X射线衍射仪、电子顺磁共振仪等研究手段,使工艺矿物学研究逐渐从定性描述向定量测定转化,所获测试数据更符合客观实际。因此,这套方法的完善与应用,将有助于提高广大工艺矿物学工作者及有关分析人员的研究水平,对推动工艺矿物学研究的深入发展具有十分重要的作用。

在伴生银的工艺矿物学研究方法中,本书还提出了“地质配分”和“工艺配分”这两个平衡配分的新概念,从而进一步完善了伴生银在矿石中的配分研究方法。“地质配分”的意义主要在于可揭示元素的性质、元素的量比关系及其所形成的地质环境,对地质找矿具有一定的

指导意义,并在大体上也可反映出某元素的综合回收指标。“工艺配分”特别强调的是研究平衡配分的样品的处理粒度一定要与该选矿工艺流程所确定(或拟定)的入选粒度基本一致,使样品能代表在该工艺过程中的矿物解离和分布状况。由此所得出的工艺配分反映或揭示了某元素在选矿工艺过程中的理想回收率,并可以此作为确定选矿工艺流程和预测或评价选矿指标的重要依据之一。“地质配分”与“工艺配分”之间有着十分密切的内因联系,前者侧重于地质成因研究,后者侧重于矿石选矿工艺研究。因此,这两个概念的提出,将有助于澄清我国当前工艺矿物学的平衡配分研究中的混乱状况,具有规范性的现实指导意义。

本书对伴生银矿床的成矿条件、成因类型的划分及其地质特征进行了系统的阐述,对银的地球化学行为进行了比较系统的研究,特别是从成矿介质、物理化学条件、矿物晶体化学特征等方面对银矿物的共生组合及其演化趋势作了比较深入的研究,大大地促进了银矿物学和银的赋存状态的研究,并据此总结和揭示了各类伴生银矿床中的银矿物分带和元素分带规律,初步探讨了“铅-银成矿元素对”的成因机制和指示银矿床的意义,从而拓宽了找银矿床的思路和领域。此外,书中还较全面地总结了伴生银的富集分布规律和成矿规律,指出了找银矿床的方向,这对指导在伴生银矿床外围寻找独立银矿床或富银矿体具有重要的现实意义。

特别应指出的是,本书着重对我国不同类型的铅锌矿床、铜矿床及钨锡多金属矿床等主要有色金属矿床的伴生银的工艺矿物学进行了系统和更深入的研究,详细地阐明了银的赋存状态、银矿物的种类、银矿物的工艺性质和银在矿石中工艺配分,还揭示了矿石的物质成分、矿物组合、矿物形态、粒度特征、嵌布关系及矿石的结构构造等工艺性质与选矿工艺之间的内在联系,提出了一套划分矿石工艺类型的分类方案,并据此对我国伴生银矿石的工艺类型进行了系统划分;还指出了各类型矿石的选矿工艺特点和选矿方向。这对改善选矿工艺和进一步提高伴生银的选矿回收率均具有十分普遍的指导意义和重要的经济意义。同时,对矿石类型进行了工艺划分,这也是矿石学研究领域中的一大进步,并将有助于促进工艺矿物学这一边缘应用科学的发展。

本书由李绥远、李艺、赖来仁、周卫宁和杨树德编写。全书共分九个部分,具体分工如下:第一章、第二章及结语部分由李绥远编写;第三章由赖来仁编写;第四章及第七章由李艺编写;第五章和第六章由周卫宁编写;第八章由杨树德编写。全书最后由李艺汇总定稿,李绥远总审校。参加本书中伴生银研究工作的同志还有梁有彬、李启津、曾南石、杨国高、唐岩、蔡劲宏、谷湘平、孙燕燕、丁俊华、王雅芬、陈德松、王滋平、王宗学、都安治、李达明和张刚生等。

在伴生银研究工作期间,我们得到了中国有色金属工业总公司长沙公司、广州公司、南宁公司、昆明公司、江西铜业公司、铜陵、大冶有色金属公司及其所属矿山的领导和广大矿山地质人员的大力支持和合作;在本书的编写过程中,得到了娄富昌、李名岩、许文渊和傅金宝等同志的支持和指导,在此,谨向他们表示衷心的感谢。顺此,也对本书所引用资料的有关专著和论文的作者表示谢意。

由于作者水平有限,书中错漏之处难免,敬请读者批评指正。

编著者

一九九三年十二月

目 录

前 言

第一章 伴生银资源概述	(1)
1.1 银在国民经济中的作用	(1)
1.2 伴生银在我国银矿资源中的地位	(1)
1.3 伴生银的资源特点	(1)
1.4 伴生银的利用程度	(2)
1.5 伴生银的研究现状	(2)
第二章 伴生银矿床的地质特征	(4)
2.1 伴生银矿床的基本概念	(4)
2.2 一般成矿地质特征	(5)
2.3 矿床的成因类型及其地质特征	(9)
2.4 伴生银矿床的时、空分布特征	(13)
第三章 伴生银的富集分布规律	(16)
3.1 银的地球化学与成矿作用.....	(16)
3.2 伴生银矿床的矿物分带和元素分带.....	(21)
3.3 铅-银成矿元素对的探讨	(26)
3.4 银在矿床中的富集分布规律.....	(29)
3.5 银的找矿方向.....	(31)
第四章 伴生银工艺矿物学的研究内容和方法	(34)
4.1 工艺矿物学概述.....	(34)
4.2 工艺矿物学的研究内容.....	(35)
4.3 样品的采集与加工.....	(37)
4.4 工艺矿物学的研究方法.....	(40)
第五章 银的工艺矿物学	(57)
5.1 银矿物的种类概述.....	(57)
5.2 银的矿物学特征.....	(57)
5.3 银矿物的丰度及其组合特征.....	(79)
5.4 银矿物的粒度及其嵌布特征.....	(81)
第六章 银的赋存状态	(84)
6.1 银的载体矿物.....	(84)
6.2 银的赋存状态.....	(88)
6.3 矿石中银的平衡配分.....	(93)
第七章 矿石的工艺类型	(96)
7.1 矿石及矿石类型概述.....	(96)
7.2 矿石的工艺类型.....	(97)

7.3 各类型矿石的工艺特征	(103)
第八章 我国伴生银资源回收利用状况	(118)
8.1 我国伴生银的回收利用状况	(118)
8.2 我国部分主要铅锌矿山和铜矿山伴生银的回收利用状况	(122)
8.3 我国其它矿产及产品中的伴生银资源及其利用状况	(126)
8.4 影响银资源充分利用的主要因素	(136)
8.5 提高伴生银回收率的途径	(139)
结 语	(144)
主要参考文献	(146)
英文摘要	(148)
附录 1 银矿物表	(149)
附录 2 银矿物照片集	(159)

Contents

Preface

Chapter 1	A Brief Account of the Associated Silver Mineral Resources	(1)
§ 1.1	Function of silver in national economy	(1)
§ 1.2	Status of associated silver in silver mineral resources of China	(1)
§ 1.3	Features of associated silver mineral resources	(1)
§ 1.4	Utilization degree of associated silver	(2)
§ 1.5	Study situation of associated silver	(2)
Chapter 2	Geological Characteristics of Associated Silver Ore Deposits	(4)
§ 2.1	Basic concept of associated silver ore deposits	(4)
§ 2.2	General geological feature of the metallogenesis	(5)
§ 2.3	Genetic types of deposits and their geological features	(9)
§ 2.4	Temporal and spatial distribution characteristics of associated silver ore deposits	(13)
Chapter 3	Concentration and Distribution of Associated Silver	(16)
§ 3.1	Geochemistry and mineralization of silver	(16)
§ 3.2	Mineral and element zoning of ore deposits with associated silver	(21)
§ 3.3	Discussion on lead-silver ore-forming element pair	(26)
§ 3.4	Concentration and distribution of silver in ore deposits	(29)
§ 3.5	Prospecting direction of silver deposits	(31)
Chapter 4	Study Content and Method of Technological Mineralogy of Associated Silver	(34)
§ 4.1	A brief introduction of the technological mineralogy	(34)
§ 4.2	Study content of the technological mineralogy	(35)
§ 4.3	Sample collection and processing	(37)
§ 4.4	Study method of the technological mineralogy	(40)
Chapter 5	Technological Mineralogy of Silver	(57)
§ 5.1	Types of silver minerals	(57)
§ 5.2	Technological mineralogy of silver	(57)
§ 5.3	Abundance of silver minerals and their association characteristics	(79)
§ 5.4	Grain size and mosaic characteristics of silver minerals	(81)
Chapter 6	Occurrence State of Silver	(84)
§ 6.1	Silver-carrying minerals	(84)
§ 6.2	Occurrence state of silver	(88)

§ 6. 3	Equilibrium partition of silver in the ore	(93)
Chapter 7	Technological Type of the Ore	(96)
§ 7. 1	Ores and ore types	(96)
§ 7. 2	Technological types of ores	(97)
§ 7. 3	Technological peculiarity of different ore types	(103)
Chapter 8	Associated Silver Resources and Their Recovery and Utilization Situation in China	(118)
§ 8. 1	Recovery and utilization situation of associated silver in China	(118)
§ 8. 2	Recovery and utilization situation of associated silver in some major lead-zinc mines and copper mines in China	(122)
§ 8. 3	Associated silver mineral resources and their utilization situation in other minerals and their product in China	(126)
§ 8. 4	Major factors influencing the full utilization of silver mineral resources	(136)
§ 8. 5	Way to raise the recovery ratio of associated silver	(139)
Conclusion		(144)
References		(146)
English abstract		(148)
Appendix 1	Table of Silver-bearing Minerals	(149)
Appendix 2	Photo Collection of Silver-bearing Minerals	(159)

第一章 伴生银资源概述

1.1 银在国民经济中的作用

银在我国使用,已有四千多年的历史,早在春秋战国时期就有“错金银”工艺。汉朝以前已有银制货币、器皿和首饰装饰品,《山海经》列举“银之山”就有十处之多。

解放后,随着我国国民经济和科学技术的发展,白银已被广泛应用于无线电、电子计算机、航天技术、电影胶片洗印、医疗器材等领域,需求量越来越多。

白银储量的多寡是衡量一个国家经济实力强弱的重要标志之一。因此,加强白银地质工作及其生产是我国社会主义经济建设的迫切需要,特别是对增加外汇储备、稳定经济、保证改革开放的顺利进行更具有战略意义。这就决定了加强白银资源地质工作的紧迫性。

1.2 伴生银在我国银矿资源中的地位

伴生银矿资源是构成我国银矿资源的主体。据毛廷科、朱裕生资料统计,截至 1988 年底,全国已发现银矿床和伴生银矿床 338 个,其中伴生银的储量占全国银总储量的 90%左右。由此可见,伴生银资源在我国银矿资源中占有绝对的决定性地位。

在从属矿种方面,我国的银矿资源约有 2/3 来自于铅锌矿山,约有 1/4 来源于铜矿山。与铅锌矿伴生的银矿占银矿总矿床数的 41.27%。在白银生产方面,从铅、锌精矿中回收的白银占银总产量的 66%(其中,从铅精矿中回收的白银占 51%,锌精矿中的银产量占 15%),此外,有 25%左右的银产自于伴生银铜矿山。

伴生银随主要矿产而开采,随主要金属矿物的选矿而进入相应的精矿产品,其投资少,效益高。在铅锌矿山中,综合回收银的产值一般占其主金属元素总产值的 20%以上,不少矿山,如辽宁的八家子矿、江西的银山矿等矿山,其利税大部分或全部来自于伴生银的综合回收,为矿山企业增加了经济效益。因此,重视伴生银矿床的成矿和富集规律的研究,查清伴生银的矿产资源,加强伴生银工艺矿物的研究,进一步提高伴生银的采、选、冶回收率,对发展我国的白银生产具有极为重要的意义,也是我国伴生银有色金属矿山提高经济效益的最主要途径。

1.3 伴生银的资源特点

(1)我国伴生银主要赋存在以铅锌为主元素的矿床中。这是因为银的离子半径接近于铅离子半径,银矿物形成时间接近于方铅矿的形成时间,故银在矿石中的含量与铅锌含量成正相关性分布。

(2)我国伴生银具有与其它金属元素伴生的矿床多、成因类型也较多的特点。这是由于银既具有易还原和电离性高的特点,又具有亲硫、亲铁的倾向。因此,它具有较高的活动性、广泛的分布性及成矿作用的多期、多阶段性。

(3)高银品位矿少、低银品位矿多。

1)从储量来看:

Ag 品位 $>150\times 10^{-6}$ 的银储量占总银储量的 16%;

Ag 品位在 100×10^{-6} — 150×10^{-6} 的储量占总储量的 12%;

Ag 品位在 50×10^{-6} — 100×10^{-6} 的储量占总储量的 21%;

Ag 品位在 $<50\times 10^{-6}$ 的储量占总储量的 51%。

2)从矿床数来看:

银品位 $<50\times 10^{-6}$ 的银矿床占总矿床数的 66.35%左右;

银品位在 50×10^{-6} — 150×10^{-6} 的银矿床占总矿床数的 21.59%左右;

银品位 $>150\times 10^{-6}$ 的银矿床占总矿床数的 10.16%左右。

(4)在各主要有色金属矿种中的占有量:

与铜矿伴生的银矿床占矿床总数的 29%左右,铜精矿中银占银总产量的 30%左右。

与铅锌矿伴生的银矿床占矿床总数的 41.47%左右,铅锌精矿中银占银总产量的 60%以上。

与金矿伴生的银矿床占矿床总数的 14.92%左右,金矿中银占银总产量的 4%—9%。

与其他有色金属矿伴生的银矿床占矿床总数的 4.76%左右,占银总产量的比例 $<5\%$ 。

(5)根据我国 31 个铅锌矿山的选矿资料统计,铅精矿中含银 1000×10^{-6} 以上的矿山占 29%; 500×10^{-6} — 1000×10^{-6} 者占 42%; $<100\times 10^{-6}$ 者占 3.2%,平均含银 1042×10^{-6} 。锌精矿中含银较低, $>1000\times 10^{-6}$ 的占 3.2%; 1000×10^{-6} — 500×10^{-6} 者占 3.2%; 500×10^{-6} — 100×10^{-6} 者占 35.5%; $<100\times 10^{-6}$ 者占 58.1%。

(6)在地区分布上,银主要分布在江南一带,仅湖南、湖北、广西、广东、江西、安徽、江苏七省的伴生银的储量即占全国伴生银储量的 60%左右。其中,江西伴生银储量占全国伴生银储量的 22.8%;广东占 9.5%;湖南占 8.7%;湖北占 5.7%;广西占 5.7%。

1.4 伴生银的利用程度

据毛廷科、朱裕生资料统计,生产矿区及在建矿区的银储量占有率为 86.5%,生产矿区产量及在建矿区设计产量与占有储量之比为 1:126,说明银矿储量利用率低。当然,其银的开发利用取决于主元素的开发状态。我们认为,如果伴生银的品位、储量、回收率通过经济评价,其经济效益若大于主元素的开采效益,则应考虑以伴生银为主元素进行开采。

1.5 伴生银的研究现状

世界银矿储量目前计有 24.35 万 t,储量基础为 33.59 万 t,资源总量为 77.6 万 t。银矿资源主要分布在原苏联、墨西哥、加拿大、美国、澳大利亚和秘鲁等国,其储量约占世界银矿储量的 81%。从世界银矿资源的来源来看,约有 2/3 的银储量是属于伴生银资源,主要来自

于铜、铅锌矿床,1/3 的银来自于独立的银矿床。因此,世界各国在白银生产中都极为重视伴生银的研究和综合回收。如澳大利亚银储量为 24258t,其中 95% 的银储量赋存于铅锌矿床中。1988 年该国银产量约为 1120t,其中大多数银产量系来自于有色金属矿山的副产品,主要是铜、铅锌矿山的副产品。加拿大的银储量为 37324t,其中约有 2/3 的银储量产在铅锌矿山中,1/4 产在铜矿床中。美国银储量为 31103t,其中约有 63% 的银来自于伴生银铜、铅锌矿山。秘鲁银储量 24883t,其中伴生于铜-铅-锌多金属矿床和斑岩铜矿床等矿床中的银约占 64%。墨西哥银储量为 37324t,其中约有 54% 的银来自于伴生银的铅锌及铜矿床。

上述这些国外的主要产银国家均十分重视加强在选冶过程中对伴生银的回收。其主要表现为:重视矿石准备过程,加强工艺矿物学的研究,加强预选技术,采用反浮选、闪烁浮选,改善药剂制度及使用有利于回收银的新型捕收剂和采用新设备等,并且也特别重视从尾矿中回收伴生金银。因此,它们均获得了较高的银选矿回收率,一般可达 75%—90%。

在我国,由于过去曾长期对银的地质工作和综合回收工作重视不够,直至在 1980 年以前,国内绝大多数矿山地质工作的重点也还是放在主金属元素(Cu、Pb、Zn、W、Sn 等)的开发利用上,而对伴生银的地质查定、银在矿体中的分布和富集规律、银的赋存状态及其工艺矿物学性质等方面的研究工作基本上属于空白或开展甚少。

自 1980 年初,尤其是自 1986 年以来,国家有关部门开始重视和着手加强银的地质和选矿回收工作。在中国有色金属工业总公司的大力支持和关怀下,中国有色金属工业总公司矿产地质研究院从 1986 年开始(有三个项目从 1984 年开始)投入了大批的科技人员和力量开展对我国主要有色金属矿床伴生银(金)的研究,并与各有关矿山的地质、采、选人员一起,在 38 个矿山的目前生产中段和矿区,较为全面地、系统地进行了伴生银的地质查定及银的赋存状态和分布规律研究,取得了一大批科研成果。这不仅为伴生银的选矿提供了重要依据和为提高银的选矿回收率指明了途径,还在大姚、黄沙坪、水口山等矿山发现了一批富银矿带或独立银、金矿体。我们不仅研究了铅锌矿床的伴生银,还对铜矿床、钨锡矿床和其他有色多金属矿床中的伴生银作了较深入的研究工作。所作伴生银研究工作的这些矿山,不仅涉及到不同大地构造单元,还涉及到不同成因类型的矿床及其各种类型的矿石。因此,该项研究具有一定的广度和深度,对促进我国伴生银工艺矿物学研究,提高银的选矿回收率和指导银的地质找矿,均具有十分重要的意义。

第二章 伴生银矿床的地质特征

2.1 伴生银矿床的基本概念

由于 Ag 与 Au、Cu、Pb 等元素的地球化学性质具有明显的相似性,以及 Ag 元素具有的亲铜、亲硫、亲铁性,使之显示出 Ag 在有色金属矿床中具有广泛的分布性,特别是与金矿床、铜矿床和铅锌矿床密切共(伴)生,在不同的原始地质背景及不同的成矿地质条件和物理化学条件作用下,形成了众多和复杂成因类型的伴生银矿床和独立银矿床。也正是由于 Ag 的成矿作用的普遍性和复杂性,使得国内外目前对银矿床的涵义尚缺乏统一的理解和区分。从有利于开展银矿地质普查找矿和资源综合开发的角度考虑,一般通常将所谓的银矿床划分为独立银矿床、共生银矿床和伴生银矿床,对于伴生银品位较低者,还可进一步划分为含银矿床。这四种类型矿床的基本含义为:

(1)独立银矿床 系指以银为主元素的矿床。银在矿床中的经济价值居主导地位,为主要开采和回收对象;而其它有价元素,如 Pb、Zn、Cu 等居次要地位,为综合回收对象,如河南破山银矿床等。

(2)共生银矿床 系指矿床中 Ag 元素和其它有价元素都是主要组分,它们各自的含量、储量和开采条件都达到单独开采利用的最低工业要求,具有同一或相近的成因,并在空间上相对共生在一起的银多金属矿床,如湖南宝山银铅锌矿床、广东厚婆坳锡铅锌矿床、辽宁八家子银铅锌矿床、内蒙古大井银铜锡多金属矿床等。

(3)伴生银矿床 银只作为次要组分赋存于以 Pb、Zn、Cu、W、Sn 等为主元素的工业矿床中,并与矿床中的主要组分在成因上有联系、在空间上共存,Ag 含量低于单独开采利用的要求,但可随矿床中的主要组分作为副产品富集回收,并具有一定的经济价值。如湖南的黄沙坪铅锌矿、广东的大尖山铅锌矿、丙村铅锌矿、凡口铅锌矿和江西的银山铅锌矿等大部分的铅锌矿床均为伴生银矿床。

(4)含银矿床 系指 Ag 含量低于伴生银矿床,但其 Ag 元素也可随矿床中主金属矿物(元素)顺便得到部分回收,并具有一定的综合回收经济价值的有色金属矿床。如大部分的铜矿床及部分铅锌矿床和钨锡多金属矿床等均属含银矿床。

但是,对于这些矿床工业类型的 Ag 品位的划分标准,目前尚无统一或明确、合理的准则可依。根据国家矿产储量管理局制定的《银矿地质勘探规范》(征求意见稿,1989.6),银矿床的一般工业指标为:

边界品位	Ag 40×10^{-6} — 50×10^{-6}
单工程最低工业品位	Ag 80×10^{-6} — 100×10^{-6}
矿床平均品位	Ag 140×10^{-6} — 150×10^{-6}
最低可采厚度	0.8—1m

但是,共、伴生银矿床与单一银矿床相比,前者的矿石矿物成分和 Ag 的赋存状态都远较后者为复杂,因而其 Ag 工业指标的确定与矿石的工艺矿物学性质及当前的选冶工艺条件等密切相关。Ag 品位的划分指标应综合这些因素来考虑,同时还应考虑 Ag 的回收价值。在此,我们以当前 Ag 的中等回收率水平为 60% 及 Ag 在精矿中的当前价格计算,Ag 品位为 120×10^{-6} 的回收价值,即约相当于 Cu 或 Pb、Zn 等主金属元素的最低工业品位的价值。但是 Ag 的赋存状态及其工艺特性的变化会影响其回收率,即 Ag 的回收率可 $<60\%$ 或 $>60\%$,而使 Ag 的回收价值随之浮动。如广东厚婆垌铅锌矿的锡石铅锌银矿石平均含 Ag 155×10^{-6} ;但据工艺矿物学研究结果表明,该矿石属难选型银矿石(详见第七章所述),故其 Ag 的平均回收率仅 56% 左右,由此计算该类矿石 140×10^{-6} 的 Ag 的品位的回收价值即与 Cu、Pb、Zn 等主金属元素的工业品位价值相当或稍高。而云南会泽铅锌矿的黄铁矿型铅锌银矿石平均含 Ag 为 99×10^{-6} 。该矿石属易选型银矿石,Ag 的回收率可达 90% 左右,其 Ag 的回收价值也达到了该铅锌矿的工业品位价值。因此,我们根据多年来的研究资料总结,并综合上述这些因素分析,特将 Ag 的品位拟定以 100×10^{-6} — 140×10^{-6} 为共生银矿床的界线, 40×10^{-6} — 100×10^{-6} 为伴生银矿床的 Ag 品位界线,以 $<40 \times 10^{-6}$ (即 Ag 矿床的边界品位) 为含银矿床的界线。我们认为这一划分是较为适宜的。即:

含银矿床	Ag	$<40 \times 10^{-6}$
伴生银矿床(广义)	伴生银矿床(狭义)	Ag 40×10^{-6} — 100×10^{-6}
共生银矿床	Ag	100×10^{-6} — 140×10^{-6}
独立(单一)银矿床	Ag	$>140 \times 10^{-6}$

由于在一定的银储量规模和适宜的选矿技术等条件下,共生银矿床中的银也可具有单独开采的工业价值,故其和独立银矿床在地质品位上应无严格的区分界限。如有区分,则应是在矿物组合上有所不同。独立(单一)银矿床的矿物组成和组合相对于共(伴)生银矿床较为简单,并且是以银元素为主,其它有价元素为伴生的工业矿床。如河南破山银矿床、浙江(拔茅)后岸银矿床及湖南石景冲银矿床即为以银为主要开采回收对象的单一银矿床。在此,从综合勘探、综合评价银资源和提高低品位银资源的综合回收水平等目的出发,我们特将除独立银矿床之外的含银矿床、伴生银矿床和共生银矿床等从广义上通称为伴生银矿床(本书中所称的伴生银矿床均是指这一含义),这一概念的明确将有助于加强银资源的开发利用和扩大找银矿床的领域。

2.2 一般成矿地质特征

根据现有资料综合分析,我国伴生银矿床的成矿地质特征受地层层位、岩性、火成岩及构造等多方面的制约,尤以构造为主。现分述如下。

2.2.1 地层层位、岩性特征

我国伴生银矿床的产出具有明显的层位控制特点,其岩性可以是碳酸盐岩,也可以是碎屑岩,但以碳酸盐岩为主。赋存在碳酸盐岩中的伴生银储量占总储量的 48.5%,砂页岩中占 5.1%,变质岩中占 13.8%。赋存在元古界地层中的伴生银储量占总储量的 54%,中生界

地层中占 33%。

2.2.2 火成岩与成矿的关系

我国伴生银矿床与某些火成岩的关系十分密切,据不完全统计,与岩浆活动有关的矿床,其银储量占总储量的 65%左右。

2.2.2.1 岩类

不同岩类矿床的银储量不一样。岩浆熔离型矿床的银储量占总储量的 2%;斑岩型占 16%;火山岩型占 11.2%;与酸性岩有关的接触交代变质型占 26%;与岩浆热液有关(包括脉状型)的矿床占 36%,与其它岩性有关的矿床的银储量仅占 8.8%。

2.2.2.2 岩石化学成分特点

不同化学成分的岩类不仅矿物组合不一样,其含银量也有差异。岩浆熔离型伴生银矿床,其岩浆岩化学成分特点为: $\text{SiO}_2 < 50\%$,高 Fe、Mg,低 Al、K、Na,CO 变化大。仅 Cu-Ni-(Co)和 Cu-Zn-Co 矿床含银,而 Fe-V-Ti 与 Cr-Fe 矿床目前尚未发现有银。斑岩型: $\text{SiO}_2 > 72\%$, $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} > 7\%$,为高碱富钾、硅铝过饱和的钙碱性岩石系列。此类型矿床以 Ag-Mn 矿床及 Pb、Zn 矿床中含银最高;Cu-Pb-Zn 矿床中含银次之;Cu-Mo 矿床中含银最低。一般来说,本类型矿床含银较高,为 $110 \times 10^{-6} \sim 300 \times 10^{-6}$ 左右。火山岩型: $\text{SiO}_2 > 70\%$,富钾钠,海相火山岩富钠,陆相火山岩富钾。与此类型岩石有关的铜矿床含银较高,Pb、Zn 矿床中含银次之。

2.2.3 构造对成矿的控制

伴生银矿与主元素矿体的赋存空间部位严格受构造制约。通过众多资料归纳整理,可以看出其主要的构造控矿因素为如下。

2.2.3.1 断裂构造对成矿的控制

它具有数量多、分布广、切割深的特点。断裂构造既是岩浆与矿液活动的通道,又是成矿物质的活化、迁移、堆积场所。受断裂控制的矿床,其有利于成矿的部位有:

(1)不同方向断裂交叉部位及主干断裂与次级断裂交汇处。如黄沙坪矿 AF_3 主干断裂与 SE 向一系列次级断裂相交控制 174 号、203 号伴生银铅锌矿体群;潘家冲矿 1—8、13—17、25—33 线的伴生银铅锌富矿体均赋存在衡东—礼陵大断裂与次一级 NE—SW 向断裂构造交汇处;凡口矿金星岭 F_4 断裂上盘的棋盘格状构造控制着 Jb_2 号矿体。

(2)断裂产状变化处。如大尖山矿 NE 走向的 F_2 断层产状变化处控制着矿体的展布。

(3)破碎带(包括接触带破碎带、岩体内破碎带、层间破碎带)。如丙村伴生银铅锌矿体赋存于上泥盆统石英砂岩与二叠系灰岩的接触压扭性断裂破碎带中;桃林银孔山的透镜体、囊状矿体产于花岗岩内断裂破碎带中;柿竹园矿横山岭伴生银铅锌矿体呈似层状产于向斜构造的层间破碎带中。

2.2.3.2 褶皱构造对成矿的控制

成矿前和成矿过程中的褶皱及其有关的伴生构造是各种内、外生矿床的有利成矿空间。成矿后的褶皱对各种内、外生矿床往往起改造、保存或破坏作用。褶皱构造对成矿有利的部位有:

(1)两个背斜交汇处。如赫章伴生银铅锌矿位于最高峰背斜与寡氏岩背斜交汇处。