

ZHONGGUO DONGBU ZHONGSHENGDAI CIHUOSHANYANXING TONGYIN DUOJINSHU KUANGCHUANG

中国东部中生代

次火山岩型铜银多金属矿床

耿文辉 姚金炎 马文荣 饶玉学 著

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书以火山活动为控制成矿的一个基本因素,深入探讨了我国东部中生代陆相火山岩地区次火山岩铜银金铅锌多金属矿床。本书通过对十几个产于我国东部中生代陆相火山岩地区的铜银(金)多金属矿床的实际研究,系统阐述了中国东部次火山岩型矿床的基本特征、成矿作用,通过大量的野外找矿工作实践,总结了该类型矿床成矿规律,提出了评价大中型矿床找矿标志,指出了我国东部地区次火山岩型铜银(金)多金属矿床的找矿方向。

本书内容丰富,资料翔实,对陆相火山岩地区找矿具有一定的指导意义,可供从事矿床地质勘查、教学和科学研究的地质工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国东部中生代次火山岩型铜银多金属矿床/耿文辉等著. —北京:冶金工业出版社,2006.8
ISBN 7-5024-4061-5

I. 中… II. 耿… III. 中生代—次火山岩—金属矿床—研究—中国 IV. P618.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 067802 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)
责任编辑 郭冬艳 美术编辑 李 心
责任校对 王贺兰 李文彦 责任印制 牛晓波
北京铁成印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销
2006 年 8 月第 1 版,2006 年 8 月第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16; 8.5 印张; 206 千字; 127 页; 1—1500 册
29.00 元
冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893
冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081
(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

序 言


中国东部中生代陆相火山岩地区是我国重要的铜银多金属成矿区。20世纪晚期,产于陆相火山岩中的福建省上杭县紫金山铜金矿,浙江省天台县大岭口银多金属矿,内蒙古东部满洲里地区甲乌拉银多金属矿等一大批矿床(田)的相继发现,推动了该区的勘查与找矿进程,也使人们更加重视火山活动与铜银多金属成矿作用和成矿预测研究。

对于中国东部中生代陆相火山岩地区的铜银多金属矿床,许多矿床研究学者,包括国外的一些学者,从不同的视角、不同的理论都进行过卓有成效的研究,提出浅成低温热液型,次火山-斑岩型、火山岩浆热液型等矿床的概念,认为该种脉状矿床与斑岩型矿床有着同源的生成关系。在找矿方向上,提出在铜银多金属矿床的深部寻找斑岩型矿床的思路。应该说,其研究成果对推动找矿起到了积极的作用。本书著者运用火山作用成矿理论、矿床地球化学理论与方法,通过长期、系统地对该区开展成矿作用研究,进行了大量的野外地质调查和室内多方法测试分析、岩矿鉴定、地质综合研究,取得了丰富的第一手资料以及丰硕的研究成果,重点研究了次火山岩型铜银多金属矿成矿作用的地球化学基本问题,就成矿物质来源、成矿方式、成矿大地构造环境、成矿条件等进行了详细的探讨。通过研究,取得了新的认识:与火山活动密切相关的铜银多金属矿床,并非与形成“斑岩型”矿床的岩浆有成因联系,即斑岩型矿床和与次火山活动有关的矿床,矿床表现形式不同,矿床产出位置不同,成矿作用有区别,它们的成因联系是模糊的,在此基础上,提出了以成矿主岩为命名标准的“次火山岩型”矿床的概念,以示与“斑岩型”矿床的区别。对我国东部陆相火山岩区这类铜银多金属矿床成矿作用提出了新的看法。

通过研究,著者总结了这类矿床的控矿规律和找矿标志:认为区域火山岩带内低序次的火山构造对成矿有着重要的控制作用,火山断陷盆地、火山基底隆起往往控制着矿田、矿床的分布,火山机构及与之配套形成的断裂构造控制矿脉和矿体;提出了大中型次火山岩矿床的次火山岩岩性、火山构造、隐爆角砾岩、围岩蚀变和矿化及地球化学等重要找矿评价标志,为中国东部中生代火山岩地区的铜银多金属找矿指出了方向。应用这些规律与找矿标志,在内蒙古东部、浙江等地均显示出良好的找矿效果,说明了作者们的研究工作既具有理论意义,亦具有实用价值。

本书涉及的地域宽阔、内容丰富,在成矿理论上有一定的创新。我希望和相信它的出版将有助于我国东部地区乃至全国火山岩地区铜银多金属矿床的勘查、开发,促进我国有关火山成矿作用的深入研究,为建立具有我国特色的地学理论做出更大贡献。

谨向本书的著者们表示真诚的祝贺!



王震 11 |
2006. 4. 30.

前 言

中国东部中生代火山岩地区存在着丰富的铜银(金)多金属矿床,它们无不与次火山岩有着密切的成因联系。有些地质工作者对陆相火山岩地区的一些贵金属和铜多金属矿床往往作为一般热液脉状型矿化对待或被看作斑岩型矿化的外围或上部脉状矿化(广义的斑岩型)来研究。著者认为,这些矿化是火山-次火山岩成矿作用内涵的具体表现,应该从火山-次火山岩成矿作用角度来研究并指导找矿实践,从而较客观地评价该类矿床。对于次火山岩型矿床的提法也有一些矿床学家提出过(称为潜火山岩矿床),但目前我国对次火山岩型矿床多偏重于单个矿床的研究,而综合性、区域性、全面性的研究尚不够系统深入。因此,总结中国东部中生代火山岩地区区域成矿作用、矿床地质特征和成矿规律,对提高该地区内生金属矿床产出地质条件的认识和寻找更多的矿产资源具有重要的指导意义。本书作者多年来在持续承担国家有关部门相关课题的基础上,对该类矿床进行了较系统的综合研究。

本书重点分析了中国东部中生代陆相火山岩地区次火山岩铜银(金)铅锌多金属矿床(以下简称铜银多金属矿床)地质特征,氢、氧、硫同位素地质特征,流体包裹体地质特征,成矿作用、成矿规律和找矿标志;本书提出了次火山岩型矿床理论,认为次火山岩型矿床基于:矿化集中区常发育次火山岩;矿化常相伴某一类次火山岩株和岩脉产出;次火山岩岩株或岩脉与矿化同受一种构造控制,因此,矿化与次火山岩是同来源、同构造、同期次的产物,两者既有成因的关系,亦有空间、时间上的联系。本书确定了成矿类型,将中生代陆相次火山岩矿床类型划分为两种亚类:(1)次火山岩铜多金属矿床;(2)次火山岩银多金属矿床。本书探讨了次火山岩型矿床成矿物质来源、控矿地质条件、次火山岩矿床与斑岩矿床之间的关系等。次火山岩型矿床成矿作用几乎与中酸性-酸性岩类有关,铜多金属矿床与中酸性岩类有成矿专属性,银多金属矿床与酸性岩类关系更密切。含矿岩石的稀土元素多数集中在 $120 \times 10^{-6} \sim 250 \times 10^{-6}$ 范围内,与银多金属有关的稀土元素分配曲线为 δ_{Eu} 负异常(强烈或弱)的右倾曲线,表明原始岩浆来源为地壳部分重熔或壳幔混染;与铜多金属有关的次火山岩几乎没有的 δ_{Eu} 负异常,为同熔岩浆型所致。其成矿温度一般为中-低温特征,成矿热液为低盐度,大部分 $w(\text{NaCl}) < 10\%$ 。成矿流体主要来自深部上升的岩浆流体,不断得到赋存于地质体中的大气降水补给,从而发生矿质沉淀作用,导致形成浅成-超浅成脉状矿床。总结了该类型矿床成矿规律和大中型矿床评价标志,区域火山岩带内低序次的火山构造对成矿有着重要的控制作用,火山断陷盆地、火山基底隆起往往控制着矿田、矿床的分布,火山机构及与之配套形成的断裂构造控制矿脉和矿体。应用分数维非线性数学方法预测内蒙古东部成矿区带找矿潜力较大。按火山岩的形成时代、发育程度、岩性组合、产出大地构造背景等将中国

东部中生代陆相火山岩区划分为大兴安岭-燕山、黑吉辽东部-山东和东南沿海等三个火山活动带,显示三个火山活动带的找矿方向应集中在燕山期(主要为晚侏罗世到早白垩世)火山-次火山岩发育区和火山活动强度较大的地区,大地构造或不同构造单元接壤部位,深部构造表现为幔坡平台或幔坡定向拐弯部位。

虽然本书强调中国东部要注意次火山岩型铜银(金)多金属矿床的找矿,并提出了该类型矿床的一些地质特征和勘查经验,但不会限制人们对其他类型的找矿决策和思路。成矿模式是指导地质找矿工作的重要前提,但是如果不能与勘查对象进行准确的类比,往往会起到不良的后果。一些地区当时受学术界“斑岩铜矿”热潮的影响,评价了一批含矿斑岩体,而忽视了本书提出的次火山岩型“脉状矿化”的研究和评价工作。一个正确的认识可以有效地指导找矿工作;相反,一个错误的结论,往往也会导致失败。因而,作者赞成一种观点,即只能借鉴与参考,而不是死套。因此必须进行准确的类比,判别什么是第一位的控矿因素才是至关重要的,在运用国内外其他地区成矿模式指导找矿时,正反两个方面的实例都是同等重要的。作者撰写该书的目的,是希望通过它给广大读者提供一些有益的思路。

本书在编写的过程中,得到了原中国有色金属总公司地勘总局和相关省份的有色金属地质勘查局、队及桂林矿产地质研究院各级领导的支持和帮助。

本书是集体研究成果,先后参加课题研究的有桂林矿产地质研究院的陈大经教授级高级工程师、吴建民教授级高级工程师、徐文炘教授级高级工程师、姚锦琪教授级高级工程师、莫江平教授级高级工程师,张国林、汪劲草、韦志洪、张茂中等高级工程师,彭振安、蒋明、周奇明、邹逸民等。桂林矿产地质研究院矿产地质研究所徐庆鸿、王滋平等高级工程师,以及王耀辉、张雪亮等同志应用计算机绘制了本书图件。桂林矿产地质研究院分析室测试了本书中的大部分样品。

成都理工大学博士生导师倪师军教授对本书编写进行了指导,张成江教授审阅全书初稿,提出了有见地的修改指导意见,使本书在理论上得到了升华。在编写过程中,成都理工大学邓昭平博士、张佩聪博士、陈翠华博士,施泽明博士给予了大力帮助。桂林旅游高等专科学校科技产业处和旅游规划设计研究院的同仁为本书成稿提供了人力与设备帮助。著者在此向上述对本书出版给予支持、帮助的单位与个人一并表示衷心的感谢。同时,感谢本书参考文献的作者,通过他们的翔实资料使本书在理论上进一步提升以及为本书的结论提供了有力的佐证。最后,特别要感谢中国工程院陈毓川院士在百忙之中为本书撰写序言。

书中有不足之处,恳请广大读者给予指正。

著 者
2006年4月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 当前国内外有色金属矿产资源勘查与研究分析	1
第二节 中国东部中生代陆相火山岩区矿产资源研究动态	4
第三节 本书论述的主要内容	6
第二章 次火山岩型矿床概念及地质特征	7
第一节 次火山岩型矿床含义	7
第二节 次火山岩型矿床地质特征	9
第三节 典型矿床	22
第三章 中国东部次火山岩型矿床形成区域地质背景	53
第一节 中生代火山岩的分布特征	53
第二节 中生代火山岩及次火山岩微量元素特征	64
第三节 研究区铜银多金属矿产	67
第四章 次火山岩型矿床的成矿过程与成矿作用	68
第一节 火山-次火山岩成岩成矿元素特征	68
第二节 次火山岩型矿床的成矿环境和成矿条件	78
第三节 次火山岩型矿床的成岩成矿同位素地质年龄	84
第四节 次火山岩型矿床的铅同位素地质特征	85
第五节 成矿作用综述	89
第六节 基底变质杂岩建造差异对中生代火山岩成岩成矿的影响	90
第五章 次火山岩矿床和斑岩矿床对比	93
第一节 次火山岩型矿床和斑岩型矿床的差异	93
第二节 次火山岩型与斑岩型两类矿床的关系	94
第六章 次火山岩矿床成矿规律和找矿评价标志	97
第一节 成矿规律	97
第二节 大中型矿床找矿评价标志	106

第七章 找矿方向、找矿潜力和评价 112

第一节 找矿方向..... 112

第二节 中国东部中生代火山岩局部地区的找矿潜力和评价..... 114

结语..... 123

参考文献..... 125

第一章 绪 论

第一节 当前国内外有色金属矿产资源勘查与研究分析

自 20 世纪 80 年代以来,由于近乎全球性的矿业萧条导致矿产勘查的严重萎缩,使国际地质矿产行业的形势发生了重大变化。近十多年来,各经济发达国家在勘查资金分配上,70%~80%投向油气,而对固体矿产的勘查,则转向以金为主,占固体矿产勘查投资的一半以上。我国也受国际大环境的影响,地质勘查工作滑坡,找矿难度增大,重要矿产的储量增长缓慢,甚至停滞或下降,致使今后 10~15 年矿产的资源储备十分紧张。为此,世界各国在矿产勘查研究上加大了力度,力求以理论创新和找矿技术创新来弥补勘查经费的不足。

一、我国有色金属矿产资源的基本特点及形势分析

我国有色金属矿产资源的基本特点为:(1)矿产资源总量丰富,但人均拥有量很低,仅居世界第 53 位。(2)用量较少的矿产资源丰富,而大宗矿产储量相对不足,如需求量大的铜和铝土矿的保有储量占世界总量的比例很低,分别只有 4.92% 和 1.44% 左右,而铅、锌、镍等其他有色金属的人均拥有量也明显低于世界人均拥有量。(3)贫矿较多,富矿稀少,开发利用难度大。如铜矿平均品位仅有 0.87%,铝土矿几乎全部为难选冶的一水硬铝石型,加大了矿山建设投资和生产成本。(4)中小型矿床众多,超大型矿床稀少,矿山规模偏小,如我国迄今发现的铜矿产地 900 个,其中大型矿床仅占 2.7%,中型矿床 8.9%,小型矿床达 88.4%。(5)共生伴生矿多,单矿种矿床少,由于矿石组分复杂,必然导致选矿难度加大,同样也加大了矿山的建设投资和生产成本。

由此可见,我国有色金属矿产资源与其他主要矿产资源类似,总体上看,资源总量丰富,但人均拥有量较低;大宗矿产资源不足;大型、超大型矿床稀少;易采、易选、品位较富矿床不多见。同时由于长期过度、无序开采,采富弃贫,滥采乱挖,没有可持续发展的观念,使得目前我国有色金属矿产资源的保有储量可利用率低,资源已出现严重危机,如钨矿保有储量的绝大部分是难于利用的白钨矿,铜矿也多是低品位、难利用的储量。据权威部门预测,我国有色金属储量的保证年限大多只有几年到十几年;预计到 2010 年县级以上矿山约有一半要关闭,到 2020 年仅有不足 20% 的矿山能够维持生产。加速开展有色金属矿产资源地质勘查和找矿技术创新势在必行。

二、国内外铜、银、金多金属找矿勘查现状

应用成矿理论新成果和找矿技术创新,国内外在金、铜、铅、锌等矿产的勘查上仍取得了重大进展。20 世纪 80 年代以来,新发现的超大型金矿(100 t 以上的矿)多达 20 个,主要是

环太平洋火山岩区浅成热液型金矿和斑岩型铜金矿。卡林型金矿的深部找矿也取得很大突破。铜矿进展亦很显著,新发现的大型铜矿床至少有 16 个。国外矿床主要发育于环太平洋火山-岩浆带的已知成矿区带中,我国的铜矿主要在天山成矿带上和东部火山岩区,表明已知成矿区带仍具有巨大的找矿潜力。其主要类型为斑岩型铜矿-铜金矿床、黄铁矿型铜矿、硫化铜镍矿。铅锌找矿亦有突破,新发现的大型-超大型铅锌矿床(300 万 t 以上的矿)至少 5 个。铅锌矿床主要集中于澳大利亚、阿尔及利亚、爱尔兰和西班牙等传统产铅锌国家的已知成矿区带,该矿床主要是喷气沉积型和黄铁矿型。

三、国内外铜、银、金多金属成矿理论研究进展

近来国内外主要金属矿产资源成矿理论研究分成了四个独立的学派,即:板块成矿论学派、槽台成矿论学派、成矿省控矿论派和线性-中心型环状构造控矿论派。在成矿概念上发生了四个方面的变化有同生成矿、浅生成矿、微生物成矿和边缘成矿等,同时形成了同生成矿理论、“三源”热液成矿理论、生物成矿理论、沸腾-酸化金属成矿理论、边缘成矿理论和建造分析成矿理论等。这些理论仍在不断演变和完善,并对指导找矿起到了一定的作用,它们没有一个成矿理论和模式会完全适用于全部矿床类型。新成矿理论和模式的诞生,可掀起新的找矿热潮。

成矿地球化学近年来主要围绕着成矿物质来源、迁移、沉淀和矿床保存与演化 4 个方面进行研究。目前对前三者的研究较多,而对矿床的保存与演化的研究相对较少。主要应用稳定同位素的方法和微量元素、稀土元素与稀有元素同位素示踪,并结合矿床的地质特征来进行深入研究成矿物质来源问题;成分物质的迁移,主要通过研究成矿流体的组成、流体动力学和水-岩相互作用等来讨论成矿流体(溶液)的迁移形式与条件、驱动力等;进而通过研究区域地质背景、控矿条件、矿床的物质组成、矿石的结构构造、矿床的成矿时代和地球化学特征等来了解成矿物质的沉淀与富集条件,进而探讨矿床的成矿过程。

四、国内外铜、银、金多金属资源找矿方法进展

国内外铜、银、金多金属资源找矿方法的具体进展包括:

(1) 找矿技术整合。地、物、化、遥综合方法运用和钻探验证,是现代找矿的基本手段,大型-超大型金属矿床的发现,关键在于地、物、化、遥综合方法及组合的合理应用和多参量信息综合分析、找矿模型的建立。地质方法包括常规的地质测量、各种比例尺的地质填图和成矿预测。大量野外地质观察和多参量系统填图是找矿的重要手段。如北美发现的约 75% 的金矿是由综合运用地质填图和钻探发现的。化探在找金铜上起重要作用,我国亦是如此。井中物探在找寻隐伏矿上起着重要作用。

(2) 新技术的应用。物探方面朝着大功率深穿透、电磁一体的方向发展。化探侧重偏提取技术研究,吸附相态有机烃测量、电吸附测量、地气测量、地电化学测量等代表了当前的方向。

(3) 客观实际的矿床模式是矿产勘查和预测的重要指导。矿床模式是一组相似矿床特征的系统整理,并归纳出具有一定理性认识的反映该类型矿床特性的标度式样。由此而成为矿产勘查和评价的有效工具,尤其是火山岩为主岩的浅成低温热液矿床模式、斑岩铜矿模式和火山成因块状硫化物矿床模式在北美和南美的矿产勘查中发挥了重要作用。

近几年来,我国针对有色金属矿山资源紧缺情况,开展了有色金属老矿山找矿技术创新研究与开发。国外很多超大型矿床就是在老矿山的外围发现的。我国在有色金属老矿山周边,通过多金属成矿耦合理论、成矿系列理论等创新和老矿山找矿技术创新,在一些矿集区发现了新的矿种和矿床类型,例如,在辽宁青城子铅锌矿外围找到了银矿,在湖南水口山铅锌矿的外围发现了老鸦巢金矿等等。在找矿方法上逐步形成了一套较完整的老矿山找矿技术组合。

有色金属老矿山地质条件和环境有其特殊性,主要表现在:(1)老矿山大量的地质资料和先入为主的成矿模式制约着地质工作者在新一轮找矿中的新思路,阻碍了对成矿规律的新认识,从而导致不易发现新的矿床。(2)老矿区的找矿潜力在深边部,因而找矿难度大。(3)干扰因素多。老矿区虽有便利的工作条件,但诸如强的游散电流、基础设施、工业污染等各种干扰因素相应增多,使得在应用各种物、化探方法手段进行深边部找矿时难度更大。

由于老矿区找矿的特殊性,耿文辉等提出了老矿山找矿的新思路。必须依靠地质科学理论的创新和技术的不断创新,在思路创新的同时有一套适合于生产矿山深边部找矿的综合找矿新技术、新方法组合,即以最新地质找矿理论为基础,进行坑(井)物探和化探(包括原岩吸附烃、吸附相态汞、电吸附、坑道原生晕、构造地球化学等)及铅同位素找矿、遥感矿化蚀变信息提取等新老方法综合研究,对矿区深边部及近外围进行找矿评价。其总的找矿思路为:

(1) 矿山深边部找矿:成矿地质条件分析→地下物探(配合地面物探)→化探方法组合(电吸附、有机气体集成、吸附相态汞、坑道原生晕、构造地球化学等)→工程验证。

(2) 矿山近外围找矿:成矿地质条件分析→遥感蚀变矿化信息提取→地质探查及剖面性化探(原生晕或次生晕)→地面物探→化探新方法(电吸附、有机气体集成、吸附相态汞等)→工程验证。

老矿山周边找矿的方法技术体系概括起来主要有:

(1) 成矿地质条件分析:在区域成矿地质背景、矿化富集规律、矿床类型、成矿系列、控矿构造条件及成矿动力学综合研究基础上,开展成矿预测,提出找矿有利地段。

(2) 坑(井)物探方法:将地面电法方法引入坑道或钻孔中,就形成了金属矿电法勘探的一个重要分支,即地下物探方法。地下物探方法应用得较多的有:坑内激发极化法、大功率充电法;地-井(坑)激发极化法、大功率充电法、瞬变电磁法等。

坑(井)物探方法:在生产矿区的深边部找矿中,具有其他方法所无法达到的优越性,其能在新一轮找矿中发挥重要作用。由于观测装置是在坑道中,可以避免地面物探的低阻盖层的影响,提高了物探的探测深度和精度;将场源置于坑(井)周围的不同方位,在坑(井)中测量,可以确定坑(井)周边盲矿体,扩大钻孔反映地质信息的立体空间范围;将场源置于坑(井)中已知矿体上测量,可追踪矿体平面展布范围和空间立体产状,并获取深部异常体信息;在多个钻孔中相互对测,达到发现井间盲矿的目的。

(3) 吸附烃、电吸附、吸附相态汞化探方法:与传统化探方法相比,这些方法具有能捕捉盖层厚、矿化信息弱的隐伏矿体的异常优势。有色金属矿体中的成矿元素、伴生元素在后生地球化学作用下可部分转化成可溶性离子,并且这些可溶性离子更易于向上运移富集于岩石土壤中,常规方法难以捕捉到这些信息。电吸附是用化学试剂和通电经对样品的特殊处理,就能提取这些与矿体关系密切的化探信息;吸附烃法原理相似,金属矿及包体中富含有的

机质、干络根、沥青质等,矿体中的硫化物氧化使大量的吸附烃类气体垂直向上运移形成空间上与矿体密切相关的烃类异常,吸附烃化探新方法就是运用特殊的热释方法和测试技术提取这些信息。

(4) 坑道原生晕:主要根据金属矿床成矿过程中元素的成矿成晕原理,详细研究不同成矿期次的元素轴向分带特征和元素组合、比值特点,在实际工作中,有效地分辨不同成矿期次的矿前晕、矿头晕、矿中晕、矿尾晕,并把不同成矿期次的元素轴向分带进行组合、反演、模拟,建立不同类型矿床的空间地球化学分带模型,并据此对未知地段进行对比、判断和推测。

(5) 铅同位素找矿方法:其基本原理是在地球化学过程中,铅同位素演化和增长取决于地质体中的铅同位素初始比值和铀、钍同位素衰变积累,一般条件下,矿床或矿化点是成群出现同一地质构造单元,它们具有相同或相近的成矿物质来源及成矿背景,理应具有相近的铅同位素初始比值,铀/铅比值,钍/铅比值,并且是在相同的地质事件中同时形成的,经历了相同的成矿演化历史。通常条件下,成矿流体中铀/铅、钍/铅比值及铅同位素初始比值与围岩不相一致,矿体或异常体中的铅同位素与围岩存在一定的差别,这样有可能区分出矿体、异常体和围岩。因此,一组样品的铅同位素组成数据,可以反映矿床的物质来源特征,形成条件及矿床的规模,在一定的成矿条件下,通过已知矿床确定铅同位素靶标值,经过适当的变差椭圆处理 R 判别模式与靶标值进行比较,可以对未知点进行评价进而得到远景点的评价价值,从而达到指导找矿勘查的目的。

(6) 构造地球化学:成矿热液都会通过不同类型的构造裂隙向周边运移,因此在运移通道、成矿裂隙上都会留下元素痕迹,并且不同成矿热液的物质组成不同,元素组合也不一样,且有一定的元素分带性,通过坑道不同裂隙的地球化学工作,可以有效地区分不同成矿期次的元素组合特征,根据元素组合,结合矿前晕,矿头晕的组合比值特征,可以有效地预测深部构造的含矿性。

(7) 重点区段 1:2.5 万~1:5000 遥感地质勘查法:采用高分辨率的遥感数据,如俄罗斯的 SPIN-2(2 m 分辨率)、美国的 IKONOS(1 m 分辨率)、法国的 SPOT-5(多光谱,5 m 分辨率)以及国内的航空红外扫描摄影资料等编制重点区段专题图像和综合分析图件,着重解释那些与矿化有关的蚀变信息,如泥化、铁化、硅化等,反映金属矿的地表特征,结合已有的地物化资料,筛选可供下一步新方法试验的工作靶位。

第二节 中国东部中生代陆相火山岩区矿产资源研究动态

中国东部黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、北京、河北、山西、安徽、河南、江苏、江西、浙江、福建、广东、湖北、湖南、广西等十七个省市(区)广泛分布中生代陆相火山岩,形成长达四千多千米、宽一千多千米的火山岩带。它与西南太平洋新生代火山岛弧带分别构成所谓环太平洋带的外带与内带。通过近十几年的地质矿产勘查,发现了一大批与火山-次火山活动有关的金、银、铅、锌、铜等矿床。如福建省上杭县紫金山、碧田金铜矿床;内蒙古东部的甲乌拉、查干布拉根、额仁陶勒盖等银多金属矿床、大井铜多金属矿床,浙江天台县的大岭口银铅锌矿床、富阳县东坞山银矿床;广东东部的钟丘洋铜矿床等。同时,应用前述的成矿理论创新和找矿技术方法创新,在已知次火山岩型铜银多金属矿床的深、边部,如江西银山铜多金属矿床及内蒙古东部闹牛山铜矿床等,找到了新的接替资源。还发现了内蒙古满洲里附近的

乌奴克吐山大型斑岩铜钼矿。该区还存在着我国著名的德兴斑岩铜矿、黑龙江多宝山斑岩铜(钼)矿。他们的产出、发现和评价不仅为国家提供了重要的有色金属和贵金属矿产资源,并且对研究我国东部中生代火山岩分布区火山成矿作用及进一步开展找矿勘查均具有十分重要的意义。

中国地质科学院矿产资源研究所、南京地质矿产研究所,有关高等院校及相关省(区)区域地质测量队等单位的地质科研人员对中国东部中生代陆相火山岩的基础地质研究开展了大量的工作,积累了许多有用的资料,特别是有关高等院校和科研院所,对上述主要矿床进行了详细的综合研究,提供了火山活动、火山机构、火山成矿作用等细节素材和大量测试数据。陶奎元、芮宗瑶、赵一鸣、姚金炎、耿文辉、华仁民等都对该区金属矿产资源进行过有意义的研究工作,提出了不同的矿床分类观点和找矿建议。

目前普遍认为,中国东部晚中生代大规模火山活动总体的构造背景是古太平洋板块向欧亚大陆板块的俯冲作用,以及挤压后的伸展和拉分。因此,中国东部晚中生代大规模火山活动与西南太平洋地区新生代大规模火山活动有着可以类比的构造环境。发生在中国东部与晚中生代火山-侵入活动有关的金、铜矿化也可以归入“斑岩-浅成热液成矿体系”。这些工作为研究该区域成矿规律和找矿勘查打下了良好的基础。

中国东部中生代火山岩区的内蒙古东部额尔古纳铅锌银铜成矿带、大兴安岭多金属成矿带,燕山成矿带,山东半岛成矿带,浙、闽、粤火山岩成矿带,赣东北铜多金属成矿带仍是我国的重要矿产勘查区带。

通过 20 世纪末的地质研究工作,展示出中生代火山岩地区巨大的找矿前景,为国内外地质工作者所注目。因此,总结我国东部中生代火山岩区域成矿作用、矿床地质特征和成矿规律,对提高环太平洋西带中生代火山岩地区内生金属矿床产出地质条件的正确认识和寻找更多的矿产资源具有十分重要的意义。

从 1986 年以来,原中国有色金属工业总公司矿产地质研究院(现桂林矿产地质研究院),在闽、浙、粤、赣及大兴安岭地区开展了大量的中生代火山岩地区铜、银、铅、锌矿床研究。由原中国有色金属工业总公司下达的科研项目有:

- (1) 浙东南中生代火山岩区铅锌(银)矿床的地质特征、成矿规律及找矿方向;
- (2) 浙西铜矿研究;
- (3) 浙、闽、粤中生代火山岩型金银成矿环境分析与成矿预测;
- (4) 闽西南-粤东北铜矿成矿条件及成矿预测;
- (5) 陆相次火山岩铜银多金属矿成矿条件及找矿预测研究;
- (6) 内蒙古闹牛山及邻近地区次火山斑岩系列铜多金属矿床成矿控制条件及找矿方向研究。

上述专题所提交的研究报告和工作总结,大部分被有关省份的有色金属地质勘查局和地勘队采纳。可作为开展找矿评价工作的依据,并取得较好的找矿效果。

本书的指导思想主要以宏观地质研究为主,根据矿床产出的地质背景,按成矿主岩划分矿床类型,建立通俗易懂、具有可操作性的找矿标志和符合实际的成矿规律,以便找矿勘探部门实际工作中应用。为此,本书主要研究中国东部中生代火山岩地区的铜银多金属矿床地质特征、成矿作用,区分矿床类型,建立成矿规律和找矿标志,并以新技术预测局部地区的资源找矿潜力。

本书以野外地质研究工作为主,辅以室内测试及岩矿鉴定,应用归纳法和对比法,区分矿床类型,研究成矿规律,建立找矿标志。野外地质工作以区域调查和矿床研究相结合,研究矿床形成区域地质环境,构造控矿特征,矿体特征,矿化蚀变分带,找矿标志等,建立符合实际的成矿规律和可操作的找矿标志。室内测试与岩矿鉴定相结合,研究成矿作用,区分矿床类型。

第三节 本书论述的主要内容

本书的主要内容包括:

(1) 按成矿主岩系列类型,根据中国东部的区域地质背景、成矿条件、成矿环境分析,提出了次火山岩型矿床的理念,它有别于斑岩型矿床成矿理论和模式。

(2) 阐明了次火山岩铜银(金)多金属矿化之间的时空和成因关系,次火山岩型矿床主要地质特征、同位素特征,初步探讨了次火山岩浆演化过程中的成岩成矿作用,认为多期次的次火山作用是形成大中型矿床的关键。

(3) 总结了符合实际的次火山岩型矿床区域成矿规律。建立了具有可操作性的大中型矿床的找矿标志。

(4) 初步对比了次火山岩型矿床与斑岩型矿床矿化特征,指出次火山岩型矿化特征,找矿评价标志与斑岩型矿化有较大的差异。同时,讨论了两类矿化的时空关系,为次火山岩矿床理念的提出奠定了理论和实践基础。

(5) 提出了大兴安岭-燕山;黑-吉-辽-胶;东南沿海三个火山活动带的找矿方向和四个成矿远景区。

(6) 利用分维理论,对内蒙古东部成矿远景区的铜多金属矿化富集区带进行了矿化空间分布分维研究,预测了局部地区的找矿潜力。

本研究以次火山岩型矿床理念指导内蒙古东部闹牛山铜矿的勘查,使该矿扩大了资源储量,远景达到大型规模。闹牛山铜矿床是内蒙古东部地区一个重要铜矿山,前人曾在此做了大量的找矿评价工作,以寻找斑岩铜矿为主。本研究认为是次火山岩型矿床,其成矿作用与次火山岩—斜长石英斑岩有关,通过细致的野外地质工作发现了隐爆热液系统角砾岩,并将隐爆热液系统角砾岩分成隐爆角砾岩、隐爆震碎角砾岩和隐爆裂隙带三个带。指出找矿要紧紧紧抓住隐爆热液系统角砾岩。通过内蒙古有色地质勘查局 108 队的找矿工作,使该矿床扩大了规模。

本研究对浙江省富阳县东坞山地区进行调研观察,认为该区角砾岩为与火山活动有关的隐爆角砾岩,是寻找次火山岩型铜、银多金属矿的有利地区,其成矿作用与火山-次火山活动关系密切。通过浙江有色地勘局三队的地质和物化探工作,经钻探验证,发现了铜、铅、锌、银工业矿体,获得可利用的资源量的银五百多吨。矿体尚未圈闭,有望达到大型规模。

第二章 次火山岩型矿床概念及地质特征

第一节 次火山岩型矿床含义

一、次火山岩型矿床问题的提出

国内外不少矿床学家将产于火山岩地区的一些与次火山岩或火山机构有关的脉状矿体划为广义的斑岩型矿床或火山-斑岩型矿床,认为该类矿体是斑岩型矿床的外围脉状矿体。有的学者常推测脉状矿化深部可能存在大型斑岩型矿床,因而提出脉状矿化深部斑岩矿床的找矿问题。但是,在找矿实践中,许多斑岩型矿床矿区没有火山岩和脉状矿化出露;在次火山岩矿床的深部,并未见到斑岩铜矿化。江西银山铜多金属矿床就是典型的例子,有人认为在银山的深部存在类似德兴斑岩铜矿的斑岩体,提出在银山矿床深部找斑岩铜矿的思路,中国有色金属地质勘探部门在此施工单孔深度超过 1000 m 钻孔,目的是寻找深部斑岩体和斑岩铜矿化,结果未发现目标。内蒙古东部的莲花山铜多金属矿区北侧第四纪沉积物下面 120 m 处产有斑岩铜矿体,累计厚度达四十多米,平均品位大于 0.3%,局部达 0.6%。矿区的南侧产有脉状矿体,有人认为脉状矿体的深部可能存在斑岩体和斑岩铜矿,通过钻孔验证,在深部没有见到斑岩体,反而发现了两条厚度超过 3 m,铜品位达 2% 以上的富矿脉,构成了 36 号主矿脉带。

以上现象揭示的问题是,这些脉状矿体是斑岩铜矿的外围矿体吗?为什么这些脉状矿体或矿床总与火山活动有密切联系,并经常与火山活动的地下隐爆作用伴生?为什么在这些脉状矿体的深部未能发现斑岩体和斑岩铜矿呢?如果它们与斑岩铜矿成因相同,为什么它们的表现形式有很大的差别呢?

针对这些问题,本书就我国东部中生代火山岩地区的与火山活动有关的铜银多金属矿床进行的以野外地质特征为主的科学研究,根据这类矿床产出的主岩,提出了次火山岩型矿床的理念。

二、次火山岩型矿床的概念

矿床学研究历史表明,越来越多的矿床学家采纳以矿床主岩的岩石类型为基础的矿床分类原则。究其原因,这种以矿床主岩的岩石类型为基础的矿床分类原则是基于:矿床主岩岩石类型是容矿最基本的地质体,是最直接认识地质作用必不可少的研究对象,它不仅仅是赋矿的围岩或是与成矿有关的岩石,而且更是各种地质因素综合的结果。

因此矿床主岩岩石反映了矿床产出的地质背景,控矿基本地质条件,并且在一定程度上说明了矿床和主岩之间的成因联系,例如斑岩型、矽卡岩型、玢岩型、蚀变岩型(简称

斑岩矿床、矽卡岩矿床、玢岩矿床)等矿床类型。显然,这些矿床主岩岩石类型与矿床有密切的生成联系,而更重要的是矿化与一定的岩石类型密切伴生,并产于一定的部位,这就客观地反映出哪些岩石类型具有找矿意义。尽管对这类矿床的成因也有不同程度的争议,但直到现在,这类矿床类型的名称仍为地质界广为袭用。这说明这种分类原则具有很强的现实意义和实用意义。其次,这种分类基本是一种描述性分类,它可以避免一些矿床成因、成矿物质来源等远没有彻底解决的地质问题而无限的争论,有利于指导区域找矿评价和重点矿区的勘查。

次火山岩矿床的概念:次火山岩型矿床基于金属矿化集中区常发育次火山岩体;金属矿化呈脉状常相伴某一类次火山岩株和岩脉产出;次火山岩岩株或岩脉与金属矿化同受一种构造控制;金属矿化是与次火山岩同源、同构造、同期次的产物。因此,两者既有成因的关系,亦有空间、时间上的联系。

理解次火山岩型矿床的概念,必须了解次火山岩。对于次火山岩,陶奎元提出了四个基本特征:(1)与火山岩为同源关系,属地下火山作用的产物;(2)与火山岩同时或稍晚;(3)与火山岩空间上有一定联系;(4)侵入产状、深度为0.5~2 km。因此,次火山岩系指与火山岩同源、时间上与空间上有一定联系的近地表到浅成的侵入岩。在铜银多金属矿床分布区域上有同期火山岩和火山机构分布是最直观的证据,亦说明次火山岩与同期火山岩空间上有一定联系,侵入产状是区别次火山岩与火山岩的重要标志。次火山岩由于侵入深度为0.5~2 km,因此,岩石基质结构变化大,一个小岩株在不同部位岩石结构往往不同,尤其酸性次火山岩、基质有隐晶质、凝灰质结构、交织结构、流纹结构、球粒结构、霏细结构等等,显示了火山岩特征。在相当多的地质资料中,同一个地区的同类次火山岩定名可有好多种,花岗斑岩、石英斑岩、霏细斑岩、流纹斑岩等等。这一方面可能反映次火山岩侵入的不同深度、不同部位和断裂开放程度的影响,从而形成多种不同的岩石结构、构造和岩石定名;另一方面,这种岩石定名很难区分他们是岩浆侵入,还是火山活动超浅成侵入成因。因此,本书将该类成因岩石名称前加“次”以示与岩浆浅成侵入体岩脉、岩株和火山熔岩的区别。

根据次火山岩矿床的概念,本书认为中国东部与次火山岩有关的脉状矿床,尤其是在火山演化活动过程中与地下隐爆作用有关的脉状矿床,可划归到该类型中来,较典型的矿床有福建紫金山铜金矿床,江西银山铜多金属矿床,浙江大岭口银多金属矿床、东坞山铜多金属矿床、五步银铅锌矿床、拔茅银多金属矿床、嵯州毫石银矿床,内蒙古东部甲乌拉银多金属矿床、额仁陶勒盖银多金属矿床、大井铜多金属矿床、闹牛山铜矿床、布敦花铜矿床、莲花山铜矿床,山东五莲七宝山铜(金)矿床,广东东部钟丘洋铜矿床,江苏铜井娘娘山铜(金)矿床,吉林小西南岔铜(金)矿床等等。

三、次火山岩型矿床的划分意义

将上述矿床划分为次火山岩型矿床是从理论上和找矿实用性上两方面的因素考虑的。

从理论上讲,成矿作用是复杂的,它的成因不是单一的,矿质是多来源的。因此讨论多成因、多来源有助于正确理解成矿作用过程。但是在诸多因素中总有起主导作用的因素。对于本类矿床而言,无论铜(金)多金属矿床还是银多金属矿床,无论它们的物质来源如何,

它们都在火山岩浆作用系统中,由次火山岩浆侵入、分异演化、喷溢过程形成的,没有火山岩浆的超浅成侵入-喷溢活动,就不可能产生这类矿床。因此火山-超浅成侵入作用仍是这类矿床的主要因素。

从找矿实用性上说,本书作者及有关矿山地质工作者根据总结的次火山岩成矿作用、火山机构、构造控矿的认识,通过对上述内蒙古东部闹牛山铜矿床和浙江东坞山铜多金属矿床的找矿实践,扩大了矿床规模。经初步分析,我国东部地区有广泛发育这一类矿床的优越地质条件,其找矿前景广阔。

四、次火山岩型矿床类型

矿床类型的划分依据于划分原则,本书从找矿实用性出发,以成矿主元素的品位、储量及矿床规模为划分依据。由于次火山岩矿床成矿与深部火山岩浆有关,常常形成多金属共生矿床,普遍含有银铜铅锌金等矿化元素,如内蒙古林西县大井铜多金属矿床以铜为主,共生有银锡铅锌等矿种;江西德兴银山铜多金属矿床共生铅锌银,浙江富阳县东坞山铜多金属矿床以铜为主,共生有银及铅锌等,内蒙古东部的甲乌拉银多金属矿床、浙江大岭口银多金属矿床中都产有小铜矿体。根据上述划分原则,将我国东部中生代次火山岩铜银多金属矿床类型划分为两个亚类。

(一) 次火山岩铜(金)多金属矿床

福建上杭县紫金山铜(金)矿床、广东东部钟丘洋铜矿床、江苏铜井娘娘山铜(金)矿床、山东五莲七宝山铜(金)矿床、吉林小西南岔铜(金)矿床、内蒙古东部科尔沁右翼前旗布敦花铜矿床、内蒙古东部突泉县莲花山铜矿床、内蒙古东部林西县大井铜多金属矿床、内蒙古东部突泉县闹牛山铜矿床、江西德兴银山铜多金属矿床、浙江富阳县东坞山铜多金属矿床等等均属于次火山岩铜(金)多金属矿床。

(二) 次火山岩银多金属矿床

内蒙古东部满洲里甲乌拉银多金属矿床、额仁陶勒盖银多金属矿床、河北张家口北部蔡家营银多金属矿床、山西支家地银矿床、浙江天台县大岭口银多金属矿床、浙江黄岩县五步银铅锌矿床、浙江新昌县拔茅银多金属矿床、浙江嵊州毫石银矿床等等均属于次火山岩银多金属矿床。

第二节 次火山岩型矿床地质特征

一、成矿地质条件

矿床主要产于褶皱系拗陷带中的局部隆起区(即拗中隆),次为隆起区局部隆起(即隆中隆),以及局部凹陷区边缘的隆起。遥感解译结果表明,矿床均位于环形影像构造边部,这些环形影像构造一般反映了火山断陷盆地、破火山口或火山岩中出现的“基底构造窗”,因此“拗中隆”、“隆中隆”与火山断陷盆地边部隆起是主要的成矿构造环境。大岭口矿床位于天台火山断陷盆地南缘,属于温州—临海拗陷区的局部隆起。紫金山矿床则位于永定—梅州拗陷中的局部隆起,闹牛山矿床属于巨力—突泉火山地堑盆地的闹牛山隆起区,甲乌拉矿床位于满洲里—西旗火山隆起带次级隆起构造单元甲乌拉—阿敦楚鲁断