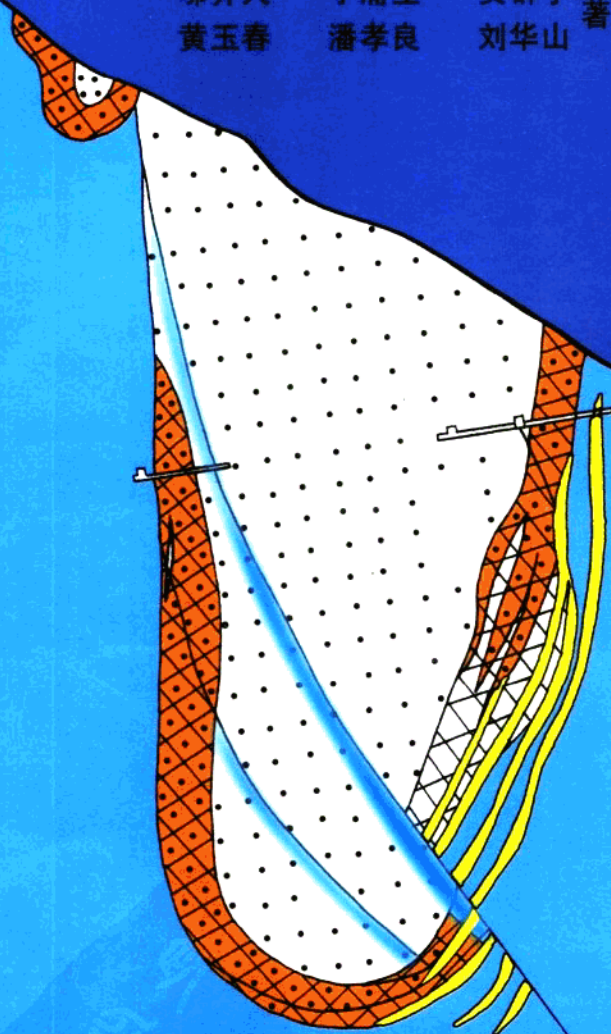


海相火山沉积岩区铁-铜-硫 成矿系列及铁-铜型矿床

邬介人 于浦生 贾群子 著
黄玉春 潘孝良 刘华山



地质出版社

海相火山沉积岩区 铁-铜-硫成矿系列及铁-铜型矿床

邬介人 于浦生 贾群子 著
黄玉春 潘孝良 刘华山

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书基于对中国西北地区海相火山岩、火山沉积岩区铜及多金属矿床的对比研究,建立了铁-铜-硫成矿系列及其分类方案。以北祁连、南秦岭若干铁-铜型矿床(镜铁山、柳沟峡、陈家庙、铜厂)为实例重点研究了铁铜型矿床的特征、成矿环境、成矿作用与就位机制,总结了区域成矿规律与找矿标志,建立了综合成矿模式,拓宽了就(铁)矿找(铜)矿的思路,对地球科学研究与找矿实践均有一定的理论意义和实用价值。

本书适用于地学领域的科研、教学及找矿工作者参考与借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

海相火山沉积岩区铁-铜-硫成矿系列及铁-铜型矿床/邬介人等著.-北京:地质出版社,1999.10
ISBN 7-116-02867-6

I. 海… II. 邬… III. ①海相-多金属矿床:火山成因矿床-研究-中国-西北地区②海相-硫化物矿床:火山成因矿床-研究-中国-西北地区 IV. P618.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 34237 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:白 铁 江晓庆 赵俊磊

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:11 图版:1 页 字数:270000

1999 年 10 月北京第一版·1999 年 10 月北京第一次印刷

印数:1—600 册 定价:30.00 元

ISBN 7-116-02867-6
P·2034

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

人类的找矿史与矿产资源的开发利用史表明：铁、铜对社会生产力的发展和物质、精神双文明的建设提供了重要条件，曾经并继续发挥着重大的作用。铁、铜矿产资源被人类开发利用的历史十分悠久。20 世纪中叶以来，中国现代经济的兴起对黑色和有色金属矿产资源的需求，大大促进了对铁矿、铜矿等的勘查与开发，西北地区白银厂的铜（多金属）矿和镜铁山铁矿的勘探成功与采选冶生产规模的形成就是代表。

铁、铜矿产的共（伴）生现象十分常见，国内外矿床实例也并不陌生。例如，我国云南的大红山、海南的石碌等大型铁矿均伴有工业铜矿产出。中国的西北地区，在以往的铁矿勘查评价中，伴生铜及多金属的矿床也时有发现，如甘肃的陈家店铁矿（中型）伴有小型铜矿床，青海的小东索铁矿伴有多金属矿。随着经济建设的现代化进程，国家对铜需求量的不断增大，以及早期铜矿山的老龄化，致使铜矿一直都是国家的急缺矿种之一。近期陕西勉略宁地区铜厂铁铜矿区、甘肃镜铁山桦树沟铁铜矿区铜矿储量的扩大，前景有望可达大型。这一勘查成果大大提高了对铁-铜型铜矿床的认识，确认该类矿床有可能成为重要的找矿方向之一，就（铁）矿找（铜）矿大有前景的思路已成为当今找铜地质观念上的重要进展。如果说在 20 世纪 40 年代找铁矿的大潮中，由于曾错把铁帽当成“铁矿”（白银厂），结果不能找到理想的铁矿，则一旦认识到，“铁矿”只是硫化矿床氧化带的铁帽后，结果就完全两样了。由于新中国成立初期国家对铁矿的急需，使铁矿勘查时综合找矿思想不明确，结果铁矿下盘的铜矿（桦树沟）延缓了 30 年后才被发现。上述两矿床均产于北祁连山加里东褶皱带的地质背景之中。虽说白银厂铜矿是黄铁矿型铜（多金属）矿床，大量的黄铁矿在表生条件下可形成大型铁帽，不论原生矿（黄铁矿）还是氧化矿（铁帽）均不是真正的原生铁矿，但从本质上说，仍应是铁元素的大量堆积，只是以硫铁矿为主体而存在，由于人类主要利用其中的硫而不归属于铁矿类内；镜铁山铁矿亦为铁元素的大量堆积，由于人类可直接利用其中的铁，因而把它归属铁矿类。如今证实，铁矿中含铜，铁矿层下盘围岩中赋存工业铜矿体。事实表明，当硫-铁相向氧-铁相成矿环境的过渡中，均可能出现铁元素的大量堆积（黄铁矿或赤铁矿、磁铁矿），同时均可能出现铜（多金属）元素的共（伴）生堆积，只是形成黄铁矿型铜矿或铁-铜型铜矿而有所差别罢了。经过系统研究，从其生成环境与成矿条件考虑，铁-铜型矿床与硫-铜型矿床都可归属于喷气火山成因类块状硫化物矿床成矿系列，是其分类外延的亚型之一。它们服从于火山岩、火山沉积岩地区铁-铜-硫系列成矿规律的制约；同时，由于地质因素的叠加改造，使该类型矿床有可能改变模样，具有复合成因特征而不鲜为人知，例如铜厂铁-铜型铜矿。由此可见，对铁-铜-硫系列成矿理论的研究，不仅对铁-铜-硫系列矿产的勘查能获得巨大突破具有指导意义，同时对火山岩、火山沉积岩系列矿床成因理论的深化也具有实际意义。

在执行地质矿产部“七五”科技研究项目“西北地区海相火山岩及块状硫化物矿床成矿规律”（编号：86056）有关课题的过程中发现，铁-铜（多金属）-硫矿产的系列分布的某

些规律与喷气-火山成因类型块状硫化物矿床在时空、成因上均存在一定的联系,并在《西北海相火山岩地区块状硫化物矿床》一书(郭介人等,1994)中,首次把镜铁山式铁-铜矿归并入喷气-火山成因类块状硫化物矿床的分类范畴。在上述课题的研究基础上,先后开展了地质行业科学技术发展基金资助项目“火山-沉积岩区铁-铜-硫系列成矿规律及铁铜型矿床预测”(编号:90014)和地质矿产部定向科研基金项目“北祁连西段元古宙铁-铜(多金属)型矿床成矿条件及找矿预测研究”(编号:94-23)等工作。前项研究获得以下成果和进展。

1. 基本查明了火山-沉积岩区铁镜山、陈家庙、铜厂等铁-铜矿床的地质特征及其成因归属,进一步确认了上述铁-铜型铜矿是重要的地质-工业类型。这对拓宽找矿思路,坚定就铁找铜的方向,扩大找铜远景,力争在勘察中取得重大突破具有重要意义。

2. 火山-沉积岩区铁-铜型铜矿一般产于大陆边缘构造活动带的早期裂谷-岛弧环境。火山岩浆活动和与其有一定联系的喷气沉积相为其成矿的直接环境。喷气-火山成因类型的黄铁矿型铜矿的生成环境与其基本相同。在确认块状硫化物矿床分类(郭介人等,1994)中,把火山-沉积岩区铁铜型矿床归入喷气-火山成因类块状硫化物矿床成矿系列基本是合理的,而从铁-铜-硫系列成矿理论的高度去确定火山沉积岩区的找矿方向与开展找铜预测的途径也是可行的。

3. 初步建立了火山沉积岩区铁铜型矿床成矿模式,主要反映了镜铁山式铁铜矿床的形成条件、矿床结构、矿质来源及其迁移、富集过程,并以其为代表来表示了喷气沉积成因铁-铜矿的成矿过程。

4. 系统总结了海相火山沉积岩区铁-铜型矿床的找矿标志,包含成矿前的地层、构造、岩浆岩标志;成矿时含矿层位的岩性组合(含火山岩、沉积岩、喷气岩)、矿石类型、矿物与元素标志;成矿后叠加改造的容矿岩构造、蚀变标志以及矿床被剥蚀程度的标志。这对“就铁找铜”,由点到面,区域展开沿带找矿,力争突破具有指导意义。

5. 对西北海相火山-沉积岩区进行了铁-铜-硫系列矿产战略性预测,并对南秦岭、北祁连等重点地区编制了相应的成矿规律图件。

北祁连西段是镜铁山式铁-铜型矿床集中分布区之一,经过“94-23项目”的研究,对铁-铜-硫成矿系列及铁-铜型矿床实际资料的充实、成矿规律的总结和理论上的完善起到了重要作用,主要有以下方面。

(1) 在北祁连西段柳沟峡铁(铜)矿区首次发现了寒武纪、奥陶纪牙形刺化石,并经中国科学院南京古生物研究所王志浩、钱逸等研究员复查得到确认。*Phakelodus cf. fenius* (Muller)(细瘦串刺), ϵ_{2-3} ,产于原朱龙关群(中元古亚界)含铁岩系。*Tripodous? sp.*(三角刺?), O_1 ,产于原朱龙关群(中元古亚界)的白云质大理岩系,位于矿区的复向斜带的近核部。除牙形刺外,还伴有小壳化石出现。柳沟峡地区和青海省郭米寺地区都出现*Proaconliodus torus*(原尖齿刺),表明含铁岩系与后者含铜(多金属)的酸性火山岩系应归属同一地层时代,为建立铁-铜-硫成矿系列(含两个亚系列)提供了重要证据。

(2) 据区域地层、构造、岩浆岩、矿产、古生物等相似性对比原理,通过综合研究与编图,重新厘定了北祁连中—西段加里东褶皱带具有南、北、中三分的区域构造格架;再造了早古生代北祁连裂陷带经历了裂谷-岛弧等构造演化与相应的铁、铜、多金属、贵金属的成矿历史,为深化认识区域地质环境,系统总结铁铜(多金属)型矿床区域成矿规律提

供了更切实的地质基础。

(3) 在系统总结镜铁山桦树沟铁-铜(多金属)矿床地质-地球化学特征的基础上,进行了成矿条件与成矿环境的具体分析;结合柳沟峡、黑沟、白尖等面上矿区点的补充研究,确定镜铁山式铁-铜矿床是早古生代裂谷-岛弧环境火山沉积岩区喷气-沉积成因的产物;而在后期的叠加改造中,铜(金)等元素又得以活化—迁移—再富集,形成复合矿床。据此建立了镜铁山式铁-铜(多金属)型矿床综合成矿模式,并将火山-沉积建造铁-铜-硫系列氧-铁相端元镜铁山式铁-铜矿床和硫-铁相端元的白银厂含铜黄铁矿矿床首次归入同一成矿系列的相应的亚系列。

(4) 确认北祁连西段铁-铜型矿床具有很好的区域找矿前景。镜铁山桦树沟、黑沟矿区应为形成大型、超大型铁-铜矿床的最佳地区,是争取北祁连西段铜矿获得更大突破的最佳选区。柳沟峡、白尖、小沙龙等铁矿区亦有较好的找矿远景。为继续研究深化认识提供了良好基地。

(5) 据柳沟峡(I—IV矿段)15勘探线ZK1502孔采样,首次发现金矿异常。结合桦树沟、白尖等铁铜矿区亦有含金矿化的事实表明,在柳沟峡乃至镜铁山式铁-铜矿区均可能存在一定的找金前景。

上述项目研究的科研内容有待继续深入,科研成果亦具阶段性,所列的铁-铜-硫成矿系列分类方案、镜铁山式铁-铜(多金属)型矿床综合成矿模式,以及对区域找矿前景的评估与找矿预测区的厘定,是否正确,有待进一步证实和后人评说。

编号90014项目由地质矿产部西安地质矿产研究所火山岩浆学研究中心铁-铜矿床研究组承担。在研究工作期间,与酒泉冶金地质五队、镜铁山铁矿山实现了松散的联合,获得了冶金部西北地勘局和酒泉钢铁公司各级领导和同行们的热情支持与帮助;同时,还得到甘肃省地矿局酒泉地调队、陕西省地矿局第二地质队、西北有色地勘局711队和西北有色地质研究所同行们的大力支持与协助。项目负责人为邬介人;主要参研人员有邬介人、于浦生。曾先后参加过项目工作的还有黄玉春、孙南一、杨军录。酒泉冶金地质五队刘华山等协作研究。项目综合整理与最终科研报告编写由邬介人、于浦生承担。编号94-23项目由甘肃省地矿局负责管理,西安地矿所承担,甘肃省地矿局酒泉地调队协作。经过共同努力,较好地达到了预期目的。项目负责人为邬介人;研究人员有西安地矿所邬介人(研究员)、于浦生(副研究员)、贾群子(副研究员),酒泉地调队原定由白祖三(高工)参加,后因白退休,由潘孝良(高工)负责协作配合。项目综合整理与最终科研报告编写由邬介人、于浦生、贾群子完成。1:50万“北祁连西段铁-铜(多金属)型矿床成矿规律图”由于浦生负责编制。

本书是在上述两个科研报告的基础上,按“海相火山沉积岩区铁-铜-硫成矿系列及铁铜型矿床”的主题要求,由邬介人、于浦生完成。

对各级领导、兄弟单位、同行们的关心与帮助表示衷心的感谢。宋叔和(院士)、汤中立(院士)、任丰寿(教授级高工)、祁思敬(教授)、曾章仁(教授)、张瑞林(研究员)、任有祥(研究员)、殷先明(教授级高工)、李泽九(教授)、孙海田(研究员)、宋学信(研究员)、杜玉良(高工)和金治鹏(高工)等对我们的科研报告进行了评审和指导,在此表示衷心的感谢。

目 录

第一章 铁-铜-硫成矿系列及铁铜型矿床的概论	1
一、铁-铜-硫成矿系列的提出	1
二、铁-铜-硫成矿系列建立的地质依据与理论基础	1
三、铁-铜-硫成矿系列分类表	3
四、铁-铜型成矿亚系列确定的地质意义	4
五、铁-铜型矿床的归属	5
六、铁-铜型铜（多金属）矿床找矿前景	6
第二章 镜铁山铁-铜型矿床地质-地球化学特征	8
一、矿床产出的区域地质背景	8
二、矿床地质特征	10
1. 含矿岩系及矿层分布特征	10
2. 矿体形态、产状及规模	10
3. 矿石的结构、构造及物质组分特征	15
4. 容矿岩岩石学特征	17
5. 围岩蚀变	17
三、矿床地球化学特征	21
1. 微量元素地球化学特征	21
2. 稀土元素地球化学特征	26
3. 稳定同位素地球化学特征	29
4. 矿物流体包裹体	33
四、矿床成因	33
第三章 柳沟峡矿区铁-铜矿化带地质-地球化学特征	35
一、矿区地质与有关地质问题的认识	35
1. 矿区勘察研究历史和研究程度评述	35
2. 矿区的地层、构造、岩浆岩的分布	36
3. 若干重要地质问题	42
二、柳沟峡矿区铜（金）矿化类型	43
1. 柳沟峡铁矿区铜（金）矿化的分布	43
2. 铜矿（化）类型及其特征	50
三、柳沟峡铜矿化带的地质-地球化学特征	55
1. I—IV矿段铜矿石的数理统计（表 3-8）	55
2. I—IV矿段岩石（含铁矿岩）的数理统计（表 3-9）	58
3. I—IV矿段 15 线 ZK1502 孔岩石数理统计（表 3-10）	64
4. I 矿段铁矿层剖面数理统计	72
5. III 矿段含矿岩的地球化学特征	79

6. 同类型矿床的对比	79
第四章 北祁连西段其他矿床的归属与其基本特征	84
一、镜铁山地区其他铁铜矿化特征	84
二、白尖铁铜矿化特征	86
1. 矿区地质与含矿岩系特征	86
2. 矿体特征	88
三、大东沟—吊大坂区铜（多金属）矿化特征	90
四、小沙龙矿区	91
1. 区域地质概况	91
2. 矿床地质特征	91
五、小东索矿区	95
1. 区域地质概况	95
2. 矿体的分布与规模	95
3. 铜矿化特征	97
第五章 北祁连东段陈家庙铁铜矿矿床	98
一、区域地质概述	98
二、矿床地质特征	98
三、矿床成因探讨	107
第六章 南秦岭铜厂铁铜矿矿床	108
一、区域地质概述	108
二、矿床地质特征	109
三、矿床成因探讨	114
第七章 铁-铜型矿床的成矿环境与标志	116
一、西北区域地质构造环境	116
二、北祁连西段区域地质环境与标志	117
（一）区域地层	117
1. 古元古界	117
2. 新元古界末—寒武系	119
3. 奥陶系	120
4. 志留系	121
5. 泥盆系	121
6. 石炭系	121
7. 二叠系	122
8. 三叠系	122
9. 侏罗系—第四系	122
（二）构造	122
（三）岩浆岩	122
1. 新元古代末—寒武纪大陆裂谷型海相火山-沉积岩系	122
2. 寒武纪末—早奥陶世仰冲洋壳残片区蛇绿岩型火山岩	127
3. 奥陶纪岛弧火山岩系	127
4. 弧后盆地火山岩带	129

5. 被动陆缘裂谷带火山岩	130
(四) 矿 产	130
1. 大陆裂谷体系成矿作用阶段	130
2. 古板块构造演化成矿作用阶段	131
(五) 区域构造格架及其演化阶段	132
(六) 区域矿产成矿系列	134
三、祁连及其邻区元古宙地质环境与标志	134
四、海相火山-沉积岩区铁-铜型矿床成矿环境与标志	136
第八章 铁-铜型铜矿的形成机制与综合成矿模式	138
一、铁-铜型矿床地质的基本特征	138
二、铁-铜型铜(多金属)矿床成矿条件分析	141
三、铁-铜型矿床的形成机理及其综合成矿模式	147
第九章 铁-铜型矿床成矿规律及其找矿预测	153
一、区域构造演化与铁-铜-硫成矿系列	153
二、矿床类型与成矿系列	154
三、I 亚系列矿产的就位机制与时空分布	154
四、II 亚系列矿产的就位机制与时空分布	155
五、铁-铜型铜(金)多金属矿床成矿规律	156
六、铁-铜型矿床找矿标志系列	157
七、铁-铜-硫系列矿产其他亚型的找矿标志系列	158
八、铁-铜-硫系列矿产及铁-铜型矿床的找矿模式	160
九、找矿预测	162
结 语	164
主要参考文献	166
图版说明及图版	168

第一章 铁-铜-硫成矿系列及铁铜型矿床的概论

一、铁-铜-硫成矿系列的提出

“成矿系列”的提出对矿床学、矿床成因学、成矿规律及找矿预测学等的理论发展与实践均起到了重要的影响。早期,把火山-沉积岩区的铜及多金属矿床统称为火山-沉积建造成矿系列。在人们详细研究了火山岩型块状硫化物矿床的金属类型后,把铜型-(铜锌)型-(锌-铅-铜)型-(锌-铅)型-(铁-锰)型等称之为块状硫化物矿床成矿系列,较好地阐明了矿田中不同矿床之间的时空分布规律(白银厂)。宋叔和(1980)把云南省大红山铁(铜)矿床归属于火山岩型矿床分类之中;邬介人等(1994)把镜铁山铁(铜)矿床作为火山岩型块状硫化物成矿系列外延的特殊类型。经过“火山-沉积岩区铁-铜-硫系列成矿规律及铁铜型矿床预测研究”和“北祁连西段铁-铜型矿床成矿条件及找矿预测研究”,我们对铁-铜型矿床形成的大小环境、矿床的地质-地球化学特征、矿床的成因与成矿机制进行了系统的总结,深化了认识。发现硫-铜型矿床与铁-铜型矿床既有基本相似的一面,又有不少差别的一面,而且在铁矿-铁铜矿-铜矿-含铜黄铁矿-硫铁矿系列的矿产长链中,各具特定的端元位置,从而引发了在火山-沉积岩区存在着两个亚成矿系列的思想,即硫-铜(含铜黄铁矿)型亚成矿系列和铁-铜型(含铜铁矿)型亚成矿系列。这里所指的铜具有铜族亲硫元素的含义,至少代表了铜及多金属的范畴,铁、硫既代表了元素本身,也代表了氧-铁相的铁矿和硫-铁相的黄铁矿,而铁矿、黄铁矿是不同条件下的产物,具有不同的使用价值,但均为铁的堆积。因而我们认为,针对海相火山-沉积建造区存在着铁-铜-硫系列破产的分布,可冠于海相火山-沉积岩区铁-铜-硫成矿系列的概念。此外,我们还曾提出过铁、铜、硫元素系列和铁、铜、硫系列矿产的概念。前者偏重于Fe、Cu、S等元素的组合而言,后者偏重于由Fe、Cu、S等元素组合而成的矿产,可作为对铁-铜-硫成矿系列概念的补充。

二、铁-铜-硫成矿系列建立的地质依据与理论基础

Fe-Cu-S元素系列是形成铁-铜-硫系列矿产的地球化学基础。这些常见的普通元素可单独或组合而成多种矿物与矿石,进而又可形成各种铁矿(赤铁矿、镜铁矿、磁铁矿、菱铁矿、褐铁矿)、铜矿(自然铜、砂岩铜矿、斑岩铜矿、接触交代铜矿)、硫矿(自然硫)以及硫铁矿、含铜黄铁矿、铁铜矿等系列矿产资源类型。铜矿的最主要的工业矿物黄铜矿(CuFeS_2)正是铁、铜、硫等元素的天然组合。自然界的矿床是在特定的地质-地球化学环境中形成的,又由于成矿元素的地球化学性质决定了它们的地球化学行为。诸如铁、铜元素的过渡性及其相似的亲硫性决定了铁、铜、硫等元素的共(伴)生和铁矿、铜矿、硫

矿的共（伴）生态，形成多层次（矿物、矿石、矿体）的系列产出的复合类型。例如青海红沟铜矿，其实还是硫铁矿、磁铁矿矿床，只是人们首先是以铜金属资源作为主要开发利用对象罢了。镜铁山桦树沟铁矿早期勘查确定为大型铁矿（镜铁矿、菱铁矿），伴生有大型的重晶石矿，在近期补充勘探中发现了铁矿体下盘有铜矿体的存在，并具有工业矿床规模，现在应称为镜铁山桦树沟铁铜矿矿床了。

海相火山岩系、火山沉积岩系分布地区黄铁矿型铜（多金属）矿、铁-铜型铜（多金属）矿与铁锰矿（含铁硅质岩、碧玉岩）系列矿产具有相同的成矿地质背景和相近的成矿地质条件。它们在时空分布与成因上均显示递变关系，具有归属同一成矿系列的矿床学分类基础。在笔者系统地研究、总结西北海相火山岩、火山沉积岩地区块状硫化物矿床之后，特别是研究了白银厂矿田和镜铁山铁铜矿床之后，得到下列重要认识：①块状硫化物矿床（含铜黄铁矿）具有铁元素的大量堆积，主要为硫铁矿；同时，其上盘围岩中有含铁、猛硅质岩的分布。硫铁矿体在氧化带还可形成铁帽、褐铁矿及铁矾类矿物亦可称“铁矿”。由此可见，硫铁矿亦是铁元素大量堆积，只是呈铁的硫化物相。若排除经济地质学含义，就其本质而言，硫铁矿就是铁矿之一。②含矿层位与矿床结构的双层性。块状硫化物矿床受“层位”与“中心”（火山中心、喷气中心）的双重控制。含硫层位上部出现含铁猛硅质岩、碳酸盐岩、石膏岩、重晶石岩、布丁岩等火山沉积岩，下部出现含黄铁矿、铜及多金属矿体、碳质泥硅质岩的火山沉积岩。在垂向上显示其岩相环境上的双层特点。单就矿床而论，顶板中有含铁猛硅质岩（白银厂）、铁矿（磁铁矿层，银洞沟）、石膏岩（火焰山）、重晶石岩（小铁山、阿舍勒）。块状硫化物矿体具有整合矿体性质，略具上部富含铅、锌组分，下部富含铜（锌）的金属分带，占有矿床主金属储量的大部。在块状矿体的下盘，主要为浸染状、细脉浸染状硫化物矿体，具有（蚀变筒）不整合矿体性质；经改造后，一般显示似层状分布特点。块状硫化物矿床具有双层结构模式，主体是处在海底还原环境中生成；但整个矿体上部与边部出现含铁猛硅质建造或石膏-重晶石建造表明，它由还原环境向半还原、半氧化和氧化环境递变。而这种相环境的变化，不一定由成矿盆地的升降因素造成，最大可能与喷气热水系统组成和物理化学条件的变化有关。由于块状硫化物矿床受“中心”的控制，矿床离“中心”就有近远之分，一般由近“中心”相区→远“中心”相区出现矿床的金属分带，由铜-铜-锌型→锌-铅-铜型→铅-锌型→铁-锰型组成统一的成矿系列，但远“中心”出现铜（锌）矿床，近“中心”出现锌-铅-铜型、锌-铅型也完全可能发生。③总体看来，含铜黄铁矿矿床的黄铁矿一般稍早于黄铜矿等的形成；金、银成矿作用一般要晚于黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿的形成。矿床具有多来源、多阶段、复合成因等特征。与喷气-沉积成因的黄铁矿型矿床（甘肃厂坝）相比，除在成矿地质背景上有差异外，在含矿层位、矿石成分与组构、喷气岩、矿化蚀变类型、叠加改造强度、氧化带组构等方面则大同小异。④铁-铜型铜矿与黄铁矿型铜矿相比，前者整合矿体（铁矿层）在海底热水中氧化硫（ S_o ）与还原硫的比值 $\frac{S_o}{S_r} \geq 10^2$ ，随着温度的降低（300→50℃）和pH的升高（5→7），均可生成磁铁矿或赤铁矿的沉积，而不生成黄铁矿（郭介人等，1994）。而其下盘的含铜黄铁矿体和细脉浸染状铜矿体则在 $\frac{S_o}{S_r} < 1$ ，温度为200～250℃，pH=6时形成黄铜矿的沉积，伴有磁黄铁矿、黄铁矿的沉积。铜的成矿作用延长时间较长，一部分铜元素与早期铁沉积相伴生；而后大量铜元素独立成矿，部分叠加于早期铁矿层之上，形成独立的铜矿石与铁铜

矿石等多种类型,具有似层状宏貌,相当于块状硫化物矿床下部的蚀变筒型(不整合)矿体部分。在还原条件下,热卤水沉积成矿。⑤从铁-铜-硫系列矿产的区域分布来看,不仅在垂向上有着规律性变化,沿走向也可出现氧-铁相→碳酸盐相→硫铁相的系列变化。在北祁连火山-沉积岩区,铁矿-铁铜矿-黄铁矿型铜多金属矿呈系列分布,南秦岭碧口群地区铁矿-铁铜矿-黄铁矿型多金属贵金属矿呈群带分布。从火山-沉积岩建造成矿系列包括铁-铜矿、含铜黄铁矿等矿床在内去总结 Fe-Cu-S 元素系列矿产总体成矿规律具有重要学术意义与实际意义。

铜资源是国家建设与发展经济的急缺矿种。在广阔分布的海相火山-沉积建造区中,赋存着各式各样的矿产资源。就以铜及多金属矿产而言,就有岩浆热液、火山热液、沉积变质等各种成因类别,有铁-铜矿、铜-硫矿、铜-锌矿、锌-铅-铜矿、铅-锌矿等各种金属类别。将“海水热水对流循环模式”和“成矿系列”概念引入火山成因类块状硫化物矿床学研究后,使海相火山-沉积岩地区铜及多金属成矿规律与预测学水平提高到一个新的台阶。对多火山机构(中心)控制的块状硫化物矿床系列分布提出了火山岩型成矿系列:铜、铜-锌、锌-铅-铜、锌-铅、铁(锰)。这无疑是认识上的一次重要飞跃,把铁(锰)放到了火山成矿作用中的一定位置,但未能详细的研究它。

海相火山-沉积岩区的愈来愈多的找矿事实的新进展,为我们提出了新的课题与思考。如果说过去铁矿勘察过程中发现的铜矿(大红山、石碌、陈家庙)只作为个别矿区勘探的特例,则尚不足以引起足够的重视。近年来,北祁连山镜铁山铁矿区在铁矿勘探至今 30a 后,又在铁矿层的下部及底板围岩中发现了中型富铜矿床,并有继续扩大的前景;在陕南铜厂铁矿区亦发现了共生的工业铜矿床。这些重大地质事实提醒人们,铁-铜型矿床有可能成为获得铜资源的重要工业矿床类型之一,是今后铜(多金属)的重要找矿方向。过去把铁(锰)作为块状硫化物矿床成矿系列的“尾巴”是远远不够的,应该把后者更加具体化,把它提高到相当的位置加以统一考虑是必要的。

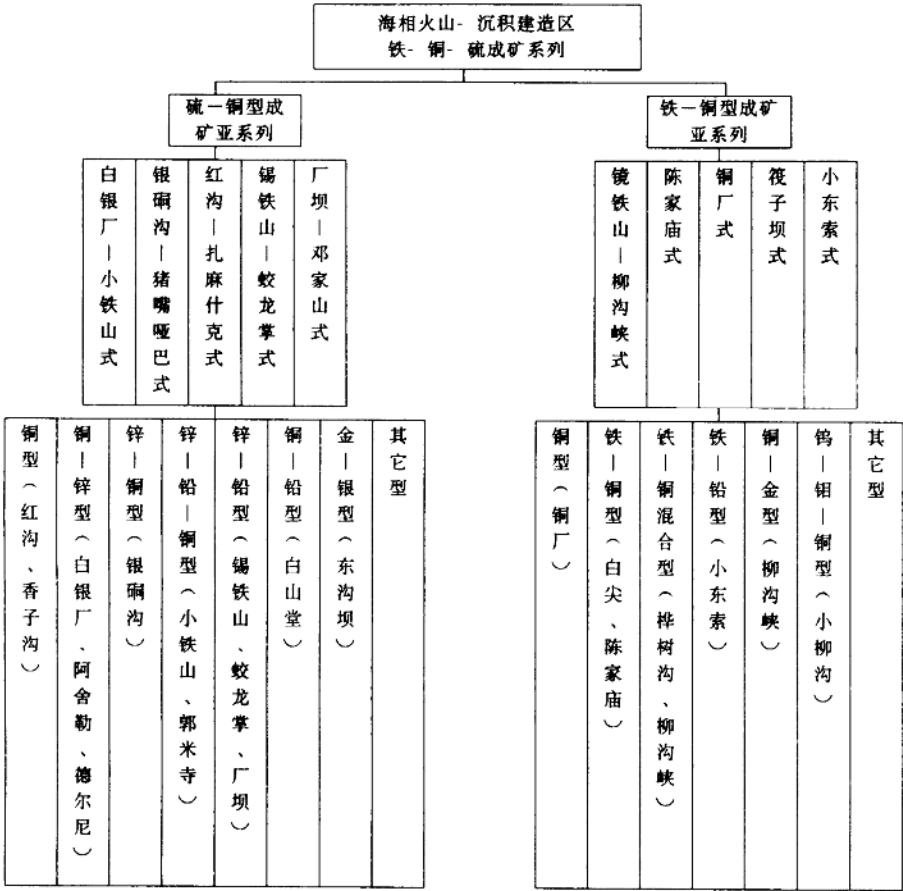
在对比研究了含铜黄铁矿型铜及多金属矿床和铁-铜型铜及多金属矿床之后不难发现,它们具有许多相似处和某些差异,还认识到存在着各种联系。铁矿为氧-铁相产物,黄铁矿为硫-铁相的产物,它们在基本相同的大环境和相对不同的小环境中递变形成。在含矿层位中,一般上部为氧-铁相,下部为硫-铁相;在水平方向上,近火山机构中心一般为硫-铁相,往远处则为氧-铁相,但两者均为铁的大量堆积。若伴有铜及多金属、贵金属元素在氧-铁相或硫-铁相环境 Fe、S 元素的大量堆积,则生成铁(锰)矿、铁-铜矿、铜矿、含铜黄铁矿、硫-铁矿等系列矿种与矿床类型。由此可见,Fe-Cu-S 元素系列是形成铁-铜-硫系列矿产的地球化学基础,黄铜矿(CuFeS_2)即是 Fe-Cu-S 元素天然组合的最好例证。在海相火山-沉积建造区,Fe-Cu-S 元素在相应的地质大小环境中可形成铁-铜-硫系列矿产,包括原有的火山喷气成因类黄铁矿型矿床(白银厂)和铁-铜型矿床(镜铁山),有可能组成同一成矿系列,即海相火山-沉积建造区铁-铜-硫成矿系列。

三、铁-铜-硫成矿系列分类表

笔者把西北海相火山-沉积建造分布地区的有关矿床进行了重新归类。

其分类表概略地反映了海相火山-沉积建造区带中相应成矿带的内涵。包括在海

相火山-沉积建造大环境中的铁-铜-硫成矿系列的发生、演化与成矿结果具有时空四维体特征,为在更高层次上探索区域成矿规律,指导铜及多金属矿产的找矿预测提供了新思路和可供操作的找矿途径。



四、铁-铜型成矿亚系列确定的地质意义

铁-铜型成矿亚系列的确定,对继续研究海相火山-沉积建造区铜及多金属成矿规律,深化认识,提高指导找矿的有效性有着较高的科学性与应用价值。把“铁-铜型成矿亚系列”与“硫-铜型成矿亚系列”(块状硫化物矿床)置于并列的位置,是由经济建设对铜资源的急需、铁-铜矿床找矿的新进展,成矿理论的新进步,综合找矿的新途径等诸多因素决定的,是地质研究历史的必然。但是,它的研究程度与“块状硫化物矿床”即硫-铜型成矿亚系列相比,应属起始阶段。特别是在物质来源、成矿机制、成矿模式等方面有待深化认识。

80年代以来,对海相火山-沉积建造区金属矿床的研究认为,北祁连加里东期黄铁矿型铜(多金属)矿、铁-铜型铜(多金属)矿与铁(锰)矿(含铁(锰)硅质岩、碧玉岩)系

列矿产具有相同的成矿地质背景,相近的成矿地质条件。在时空分布与成因归属上均可显示递变关系,具有归属同一成矿系列的矿床学分类基础。在下列方面具有相似特征:①具有明显的层控性和不同程度的叠加改造性;②含矿层位具有垂向及水平向的氧-铁相与硫-铁相的双向递变,矿床均为铁的大量堆积;③一般模式具有上铁(硫)下铜(多金属)的双层结构模式;④归属喷气-沉积成因类型受不同程度叠加改造的复成因矿床类型,铜的富集与铁、硫(铁)大量堆积在准同时或稍晚阶段。铁-铜型成矿亚系列研究程度尚不高,由于经费投入不足,有可能找到铜(多金属)矿的铁矿区带,有待今后有更多的投入,扩大找勘速度,为获得更多的找矿信息与资源成果提供必要条件。

铁-铜型成矿亚系列的确定意义是:①对总结 Fe-Cu-S 元素系列形成系列矿产提出了新的研究课题,扩大了铜及多金属的勘察范围。②发展了“铁(矿)找铜(矿)”的思想观念,把遗忘的铁矿角落通过再认识,有可能扩大铁-铜矿的找矿突破,开辟一矿变多矿、综合找矿、综合开发和综合利用的新局面。③对北祁连西段,告别了多铁少铜的传统观念,对促进铜矿、铜-锌矿、钨-钼矿、石膏、重晶石矿与铁矿的具体联系研究起到推动作用。④对发展西部经济提供更多的铜及多金属资源,缓解国家迈入 21 世纪对铜资源急需矛盾有着重要意义,对甘肃河西走廊沿欧亚大陆桥经济繁荣更有直接的影响。

五、铁-铜型矿床的归属

铁矿是铁-铜-硫成矿系列的端元矿种之一。火山-沉积建造区铁矿的产出与分布是最广泛而多见的,并归属于火山沉积或沉积变质矿床。以镜铁山铁矿而言,亦有一个认识过程:早期勘察时认为是早古生代加里东地槽火山-沉积岩系或沉积岩系的火山-沉积、沉积变质矿床。随着海相火山岩及有关矿产的研究热潮又一次兴起,给铁矿乃至铁-铜型矿床的勘察获得成功产生了重大影响。由于铁-硅质岩、红碧玉、菱铁矿、重晶石岩的大量存在,有愈来愈多的地质矿产工作者认为这不是一般的陆源沉积或沉积变质铁矿,因为上述岩石组合具有火山喷气-沉积或喷气-沉积成因的标志特征,但在成矿时代上倾向于前寒武纪形成的铁矿。

在铁矿田、铁矿床范围内,铜矿与前者的时空关系与成因联系尚有不同认识。有的说是“一回事”,有的说是“两回事”;也就是说铁、铜成矿是同一次成矿作用的产物,还是各有各的成矿条件,两者不相关。笔者研究的结论认为,镜铁山铁-铜型矿床具有四维体特征的系列成矿过程,属准同时产物,而铜成矿过程更具有延缓就位和叠加改造的多阶段复合特征。从铜矿体具有两种矿石类型(含铜铁矿、含铜岩石),产于铁矿层的下部及底板围岩中,与铁矿层同形变化,产状一致,以及从面上许多铁铜型矿点资料表明的上铁下铜的双层结构的矿床模式具有普遍性来看,决不是两者偶然巧合。笔者确定它为火山-沉积建造区喷气-沉积成因铁-铜型矿床。至于区域内还有一些铅-锌矿(大东沟、吊大坂)、钨-钼矿(小柳沟)、金矿化(桦树沟、柳沟峡)未直接产于铁矿或铁矿区,其成因归属有待另立课题研究。由于含矿岩系的地层时代归属有变,笔者认为,镜铁山铁-铜矿、柳沟峡铁-铜矿的成矿时代,应归属加里东期。

六、铁-铜型铜（多金属）矿床找矿前景

西北海相火山-沉积岩区铁-铜型铜（多金属）矿床不断被发现与勘查结果表明，有着很好的找矿远景与开发利用的优越条件。从我国 21 世纪经济发展的战略出发，既需要又可能找到更多的铜（多金属）资源量支援建设，而诸多活动带的褶皱山系中铁-铜型铜矿和黄铁矿型铜矿，即铁-铜-硫系列矿产尤其是铁-铜型矿床，有可能成为更加重要的矿源支柱之一。

仅以若干地区的代表性铁-铜型铜矿及其产出的区域进行剖析，获得以下基本认识：①铁-铜矿与黄铁矿型铜矿是在相近的区域地质构造、岩石环境中产生的姊妹类型矿床；产于构造活动带裂谷-岛弧带，归属同一成矿系列。②在地壳演化的不同阶段均有铁铜矿的分布，有元古宙矿床（铜厂、筏子坝、坝阳、陈家庙）、早古生代矿床（桦树沟、柳沟峡）、晚古生代矿床（雅满苏、沙泉子）。③一般具有上铁下铜的矿床结构模式和还原→氧化环境的特征标志。④含铁矿（包括含铁硅质岩）层位一般为含火山岩、火山沉积岩及喷气岩等碳酸盐-细碎屑岩建造。含铁锰硅质岩、碧玉岩、重晶石岩、菱铁矿等特征喷气成因标志。⑤矿床类型归属喷气-沉积成因类矿床。⑥矿床同样具有多来源、多阶段、多成因的特征。经受了不同程度的叠加改造而留下的复合成矿标志有：诸如热液交代的粗晶化、热液充填的脉状标志及含金的构造蚀变岩标志。⑦在找矿方向上必须实行对铁矿体进行铜矿（化）体的圈定，以及对铁矿层下盘围岩中的铜矿（化）体进行找矿评价。在区域找矿方向上，实行铁-铜型铜矿以及黄铁矿型铜（多金属）矿的双向突破不可偏颇。

综上所述，社会发展与经济建设对资源的需求具有阶段的不平衡性。在 20 世纪 40 年代，西北地区工业不发达，首先需要的是铁矿，当然找到的“大铁矿”实际上是后来确定的白银厂大铁帽。为了在兰州建小硫酸厂，宋叔和先生等考察了白银厂、厂坝等黄铁矿产地。1949 年中华人民共和国的建立，开创了国民经济大发展的新纪元，也带来了地质勘察事业的春天。先后发现、勘探成功了一批大型金属矿产基地：铜矿（白银厂）、铁矿（镜铁山）钼矿（金堆城）、铅锌矿（锡铁山）、铜镍矿（白家嘴子）等，为西北地区乃至为全国工业建设作出了巨大贡献。随着经济建设的进一步发展和认识水平的提高，对矿产资源的种类需求亦增多，开始改变过去“单打一”的局面，实行综合找矿评价和综合开发利用。在每阶段强调找急缺矿种、富矿、大矿的同时，仍对其它矿种和新类型的综合找矿有所疏忽，造成对某些矿产地的勘查工作的疏漏。如镜铁山早期找铁，只对伴生的重晶石矿作了评价，对若干铜矿线索未进行适量的地质工作。30 年后的今天，镜铁山桦树沟铁矿已变为铁-铜型矿床就是一例。但从地质科学的发展观点而论，铁矿勘查时代比较早，当时对铁-铜型矿床的认识还很不足。在近期更多的铁矿变为铁-铜矿的事实也正说明：①国家现代化建设在需要大量钢铁的同时，也要电气化、自动化，对铜金属的急需程度更为突出。②新的成矿理论与找矿思路的应用和地质工作者素质的提高，由勘查铁矿到勘探铜矿，实现了找矿思路上的突破，推动了找铁-铜型铜矿的突破。北祁连山（桦树沟、柳沟峡）、南秦岭勉略宁一碧口地区（铜厂、筏子坝、阳坝）铁-铜型铜矿的发现或勘查成功，足以说明这一点。国家即将进入 21 世纪，这意味着国家现代化将对铜资源提出更高的要求。国家除直接进口以缓解铜资源的急缺程度外，仍必须把找铜放到急缺矿种位置来投入。在我国西北地区就找铁铜大有希望。

在下列有关章节中，介绍镜铁山铁-铜矿、陈家庙铁-铜矿、铜厂铁-铜矿等矿床实例。北祁连西段柳沟峡等矿区的补充勘查，为进一步探索铁-铜型铜（多金属）矿床的成矿机理与成矿模式，总结火山-沉积岩区铁-铜型铜矿、黄铁矿型铜矿等铁-铜-硫系列矿产区域成矿规律，对有关地区进行找矿预测是十分有益的。

第二章 镜铁山铁-铜型矿床地质-地球化学特征

镜铁山铁-铜型矿床是西北海相火山-沉积岩区新近发现与勘探成功的典型实例, 具有较广泛的时空分布和潜资源优势, 有望成为重要的地质-工业类型之一。以镜铁山铁-铜型矿床为例, 结合国内外研究现状, 探讨“镜铁山式”铁-铜矿床的成因机制, 为北祁连山西段铜矿找矿提供新思路。

一、矿床产出的区域地质背景

镜铁山矿床是我国著名的铁矿山之一, 主要由对峙于北大河东西两侧的黑沟和桦树沟两矿区组成(图 2-1), 位于北祁连加里东褶皱带之西段复背斜带轴部地带。该区自古元古代以来经历了多次构造运动。古元古代, 本区形成了以北大河群为代表的优地槽巨厚沉积, 末期发生阿拉善运动(相当吕梁运动), 古元古界强烈变形变质, 普遍隆起, 中断沉积。

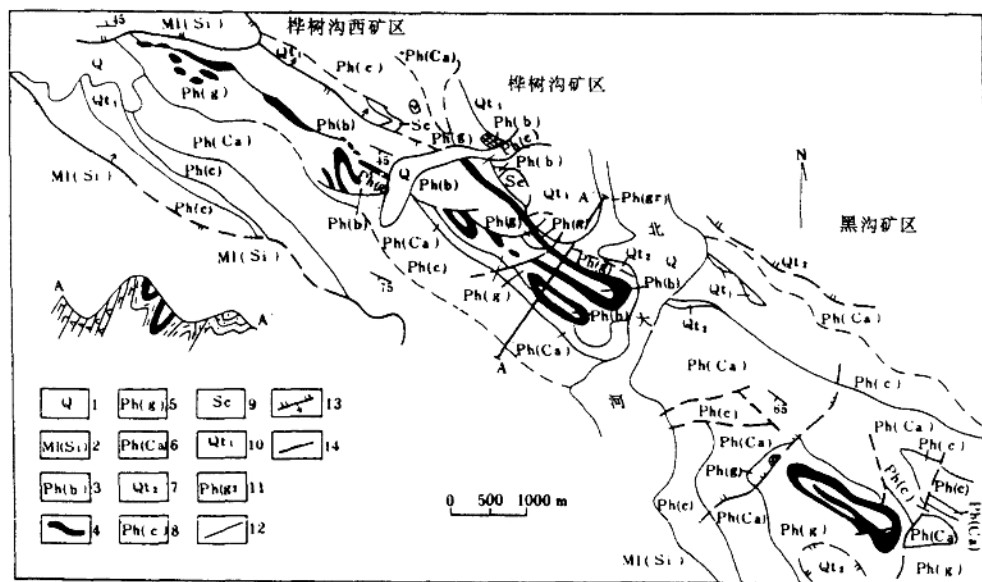


图 2-1 桦树沟—黑沟矿区地质略图

1—第四系; 2—白云岩及白云质大理岩; 3—灰黑色千枚岩; 4—碧玉-菱铁矿-镜铁矿; 5—灰绿色千枚岩; 6—钙质千枚岩; 7—石英岩; 8—碳质千枚岩; 9—绢云母千枚岩; 10—石英岩; 11—杂色千枚岩; 12—地质界线; 13—逆掩断层; 14—断层