

中国铜矿床

(下册)

黄崇轲 白 冶 朱裕生 王惠章 尚修治

编 著

地质出版社

· 北 京 ·

下 册 目 录

第四章	与海相火山喷发-沉积作用有关的海相火山气液型铜矿床	(373)
第一节	甘肃白银厂折腰山-火焰山铜矿床	(373)
第二节	甘肃白银厂小铁山多金属矿床	(386)
第三节	青海孟源县红沟富铜矿床	(391)
第四节	新疆哈巴河县阿舍勒块状硫化物铜锌矿床	(397)
第五节	新疆托克逊县可可乃克铜矿床	(403)
第六节	四川会理县拉拉厂铜矿床	(407)
第七节	四川白玉县呷村铜多金属矿床	(416)
第八节	山西垣曲县落家河铜矿床	(423)
第九节	浙江绍兴市西裘铜矿床	(428)
第十节	甘肃文县筏子坝铜矿床	(432)
第十一节	陕西略阳县铜厂铜矿床	(438)
第十二节	广东梅县玉水铜多金属矿床	(443)
第十三节	海相火山气液型铜多金属矿床的基本特征	(446)
第五章	与陆相火山作用有关的陆相火山气液型铜矿床	(451)
第一节	江西德兴县银山铜多金属矿床	(451)
第二节	广东惠来县钟丘洋铜矿床	(458)
第三节	山西灵丘县刁泉铜金矿床	(461)
第四节	内蒙古林西县大井锡铜多金属矿床	(465)
第六章	热液型铜矿床	(472)
第一节	吉林珲春小西南岔铜金矿床	(472)
第二节	江西东乡县枫林铜多金属矿床	(481)
第三节	山东福山县王家庄铜矿床	(488)
第四节	广东曲江县大宝山铜多金属矿床	(491)
第五节	山西绛县凉水泉铜矿床	(497)
第六节	内蒙古突泉莲花山铜银矿床	(502)
第七节	浙江建德县岭后铜矿床	(508)
第八节	台湾金瓜石金铜矿床	(514)
第九节	青海兴海县铜峪沟铜矿床	(515)
第十节	广西武鸣县两江铜矿床	(520)
第七章	海相沉积型铜矿床	(526)
第一节	云南东川市落雪铜矿床	(526)
第二节	云南东川县汤丹铜矿床	(535)
第三节	云南东川县稀矿山铜铁矿床	(543)
第四节	云南易门县三家厂铜矿床	(549)
第五节	云南禄丰县大美厂铜矿床	(559)
第六节	云南武定县迤纳厂铜矿床	(565)
第七节	内蒙古乌拉特后旗霍各乞铜矿床	(572)
第八节	内蒙古乌拉特后旗炭窑口铜矿床	(579)
第九节	内蒙古乌拉特后旗东升庙铜矿床	(582)
第八章	陆相沉积铜矿床	(588)
第一节	云南大姚县六苴含铜砂岩矿床	(588)

第二节	云南大姚县老青山铜矿床	(593)
第三节	云南牟定县郝家河铜矿床	(596)
第四节	湖南麻阳县九曲湾铜矿床	(600)
第五节	四川会理县鹿厂铜矿床	(604)
第六节	云南兰坪县金满铜矿床	(608)
第九章	受变质型铜矿床	(615)
第一节	辽宁清原县红透山块状硫化物铜-锌矿床	(615)
第二节	山西垣曲县胡家峪铜矿床	(624)
第三节	山西闻喜县匏子沟铜矿床	(628)
第四节	云南新平县大红山铜铁矿床	(635)
第五节	四川九龙县李伍铜矿床	(646)
第六节	甘肃嘉峪关桦树沟铜矿床	(651)
第十章	与表生作用有关的铜矿床	(657)
第一节	广东阳春县石录铜矿床	(657)
第三篇	中国铜矿床成矿规律的探讨	(663)
第一章	中国铜矿床的时空分布规律	(663)
第二章	中国铜矿床与岩浆岩的关系	(670)
第三章	中国铜矿床与构造的关系	(675)
第四章	铜矿床的成矿与地层的关系	(678)
第四篇	中国铜矿找矿方向	(680)
第一章	铜矿成矿区带的划分	(680)
第二章	铜矿找矿方向探讨	(687)
第三章	铜矿找矿途径	(691)
主要参考文献		(699)

CONTENTS

Preface	(1)
4 Marine Volcanic Pneumato-Hydatogenetic Copper Deposits Related to Marine Volcanic Explosive-Sedimentation	(373)
4.1 Zheyaoshan-Huoyanshan Copper Deposit, Baiyin City, Gansu Province	(373)
4.2 Xiaotieshan Cu-Polymetallic Deposit, Baiyin City, Gansu Province	(386)
4.3 Honggou Copper Deposit, Mengyuan County, Qinghai Province	(391)
4.4 Ashele Copper Deposit, Habahe County, Xinjiang Uygur Autonomous Region	(397)
4.5 Kekenaike Copper Deposit, Toksun County, Xinjiang Uygur Autonomous Region	(403)
4.6 Lalachang Copper Deposit, Huili County, Sichuan Province	(407)
4.7 Gacun Cu-Polymetallic Deposit, Baiyu County, Sichuan Province	(416)
4.8 Luojahe Copper Deposit, Huanqu County, Shanxi Province	(423)
4.9 Xiqiu Copper Deposit, Shaoxing City, Zhejiang Province	(428)
4.10 Faziba Copper Deposit, Wen County, Gansu Province	(432)
4.11 Tongchang Copper Deposit, Lüeyang County, Shaanxi Province	(438)
4.12 Yushui Cu-Polymetallic Deposit, Mei County, Guangdong Province	(443)
4.13 Fundamental Features of Cu-Polymetallic Ore Deposit of Marine Facies Volcanic Pneumato-Hydatogenetic-Type	(446)
5 Continental Volcanic Pneumato-Hydatogenetic Copper Deposits Related to Continental Volcanism	(451)
5.1 Yinshan Cu-Polymetallic Deposit, Dexing County, Jiangxi Province	(451)
5.2 Zhongqiuyang Copper Deposit, Huilai County, Guangdong Province	(458)
5.3 Diaquan Copper-Gold Deposit, Lingqiu County, Shanxi Province	(461)
5.4 Dajing Cu-Polymetallic Deposit, Linxi County, Inner Mongolia Autonomous Region	(465)
6 Hydrothermal Copper Deposits	(472)
6.1 Xiaoxinancha Copper-Gold Deposit, Huichun County, Jilin Province	(472)
6.2 Fenglin Copper Deposit, Dongxiang County, Jiangxi Province	(481)
6.3 Wangjiazhuang Copper Deposit, Yantai Shi Shandong Province	(488)
6.4 Dabaoshan Cu-Polymetallic Deposit, Shaoguan City, Guangdong Province	(491)
6.5 Liangshuiquan Copper Deposit, Jiang county, Shanxi Province	(497)
6.6 Lianhuashan Copper Deposit, Tuquan County, Inner Mongolia Autonomous Region	(502)
6.7 Linghou Copper Deposit, Jiande County, Zhejiang Province	(508)
6.8 Jinguashi Copper Deposit, Jilong City, Taiwan Province	(514)
6.9 Tongyugou Copper Deposit, Xinghai County, Qinghai Province	(515)
6.10 Liangjiang Copper Deposit, Wuming County, Guangxi Zhuang Autonomous Region	(520)
7 Marine Sedimentary Copper Deposits	(526)
7.1 Luoxue Copper Deposit, Dongchuan City, Yunnan Province	(526)
7.2 Tangdan Copper Deposit, Dongchuan City, Yunnan Province	(535)
7.3 Xikuangshan Copper Deposit, Dongchuan City, Yunnan Province	(543)
7.4 Sanjiachang Copper Deposit, Yimen County, Yunnan Province	(549)
7.5 Dameichang Copper Deposit, Lufeng County, Yunnan Province	(559)
7.6 Yinachang Copper Deposit, Wuding County, Yunnan Province	(565)
7.7 Huogeqi Copper Deposit, Urad Houqi Banner, Inner Mongolia Autonomous Region	(572)

7.8	Tanyaokou Copper Deposit, Urad Houqi Banner, Inner Mongolia Autonomous Region	(579)
7.9	Dongshengmiao Copper Deposit, Urad Houqi Banner, Inner Mongolia Autonomous Region	(582)
8	Continental Sedimentary Copper Deposits	(588)
8.1	Liuju Copper Deposit, Dayao County, Yunnan Province	(588)
8.2	Laoqingshan Copper Deposit, Dayao County, Yunnan Province	(593)
8.3	Haojiahe Copper Deposit, Muding County, Yunnan Province	(596)
8.4	Jiuquwan Copper Deposit, Mayang County, Hunan Province	(600)
8.5	Luchang Copper Deposit, Huili County, Sichuan Province	(604)
8.6	Jinman Copper Deposit, Lanping County, Yunnan Province	(608)
9	Metamorphosed Copper Ore Deposits	(615)
9.1	Hongtoushan Copper Deposit, Qingyuan County, Liaoning Province	(615)
9.2	Hujiayu Copper Deposit, Yuanqu County, Shanxi Province	(624)
9.3	Bizigou Copper Deposit, Wenxi County, Shanxi Province	(628)
9.4	Dahongshan Copper Deposit, Xiping County, Yunnan Province	(635)
9.5	Liwu Copper Deposit, Jiulong County, Sichuan Province	(646)
9.6	Huashugou Copper Deposit, Jiayuguan City, Gansu Province	(651)
10	Copper Deposits Related to Supergene	(657)
10.1	Shilu Copper Deposit, Yangchun County, Guangdong Province	(657)
Part Three METALLOGENIC REGULARITY OF COPPER DEPOSITS IN CHINA		(663)
1	Temporal- Spatial Distribution of Copper Deposits in China	(663)
2	Relationship between Copper Deposits and Magmatism in China	(670)
3	Relationship between Metallogenesis of Copper Deposit and Structures in China	(675)
4	Relationship between Copper Metallogenesis and Stratigraphy	(678)
Part Four POTENTIALITY OF PROSPECTING FOR COPPER DEPOSITS IN CHINA		(680)
1	Classification of Copper Metallogenic Regions and Zones in China	(680)
2	Discussion on the Copper Exploration Orientation	(687)
3	Methodology on Copper Exploration	(691)
Major References		(699)

第四章 与海相火山喷发-沉积作用有关 的海相火山气液型铜矿床

海相火山气液型铜矿床通常又称为黄铁矿型铜矿或块状硫化物矿床,是指海底火山喷流出的含矿气液,在海底堆积或沉积而成的铜矿床。它有时位于火山口附近(近火山口相),有时则距火山口有一定距离(远火山口相)。这类铜矿床形成于优地槽早期地质发展阶段的蛇绿岩组细碧岩或偏碱性岩石英角斑岩或古裂谷偏碱性火山-沉积岩系中,是世界上铜的主要来源之一,也是我国重要铜矿床之一。我国海相火山气液型铜矿已探明铜储量占全国铜金属储量9.24%。这类铜矿床主要分布在我国北部和西部地区。成矿时代主要为加里东和华力西期。单个矿床中的矿体可成群出现,但铜金属储量的90%以上的集中在1~2个矿体中。单个矿体规模大小悬殊。矿体总体上与围岩产状一致,顺层分布。如果是深变质的矿床,矿体形态可发生很大改变,其产状变得十分复杂。主要矿石矿物较简单,且各类矿石主要矿物成分大致相同,以黄铁矿、磁黄铁矿为主,其次有黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿以及闪锌矿、方铅矿、黝铜矿和磁铁矿等,但伴生矿物却往往很复杂。如白银厂矿床,已发现伴生矿物达百余种。矿石的主要化学组分也简单,但伴生组分则相当复杂。按元素组合主要可分为铜-锌-硫组合;铜-铅-锌-硫组合;铜-锌组合;铜-钴组合等。伴生组分在白银厂矿床中可回收利用的多达20多种,有Au、Ag、Se、Te、In、Ge、Cd、Tl、Co、As、Bi、Sb、Hg、Sn、Nb、Ta、Pt、Pa、U等。矿床围岩蚀变强烈,主要为硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化和重晶石化等。我国海相火山气液型铜矿床分布如图2-187。

第一节 甘肃白银厂折腰山-火焰山铜矿床

白银厂黄铁矿型铜、多金属矿田,是我国产于海相火山岩系中矿床的典型代表。白银厂矿田包括两个大型矿床,一个中型矿床和六个小型矿床。主要矿床有折腰山、火焰山、小铁山、铜厂沟、四个圈等。50年代以来经大规模勘探开发,矿田中共探明铜130万吨,铅41万吨,锌81万吨,伴生银1998t,金34t。为国民经济发展做出了巨大贡献,丰富了我国矿床地质学的内容。

一、大地构造位置

白银厂矿田大地构造位置,属祁连褶皱系,北祁连优地槽褶皱带。近年来一些地质工作者认为其构造位置属北祁连早古生代优地槽岛弧带(向鼎璞,1995;黄健清,1996),另一些学者则认为白银厂铜矿位于早古生代裂谷(边千韬,1989;赵生贵,1996),亦有学者将其列为陆缘裂谷-岛弧(郭介人,1991;彭礼贵,1995)。

二、矿区地质

白银厂矿区由于复杂的火山活动和强烈的变质、变形作用,矿区地层层序长期以来众说纷纭,莫衷一是。沉积地层在本区出露范围小,生物化石较少,70年代曾采到几枚化石,因含化石的灰岩走向稳定性差,终不能断代。近十几年来大量的同位素年代学的研究,构造岩层事件研究方法的引入,火山岩研究的深入,使区内地层划分已渐趋同,认为白银矿区近矿围岩时代为寒武纪(黄健清,1996;彭礼贵,1995;郭介人,1994;张瑞林,1997;夏林圻,1990,1991)(图2-188)。

(一) 地层

地层层序见表2-117。

(二) 火山岩

1. 火山岩的时空分布

本区火山岩为加里东末期产物,可分三个旋回。早旋回(寒武纪)形成白银厂火山岩系;中旋回

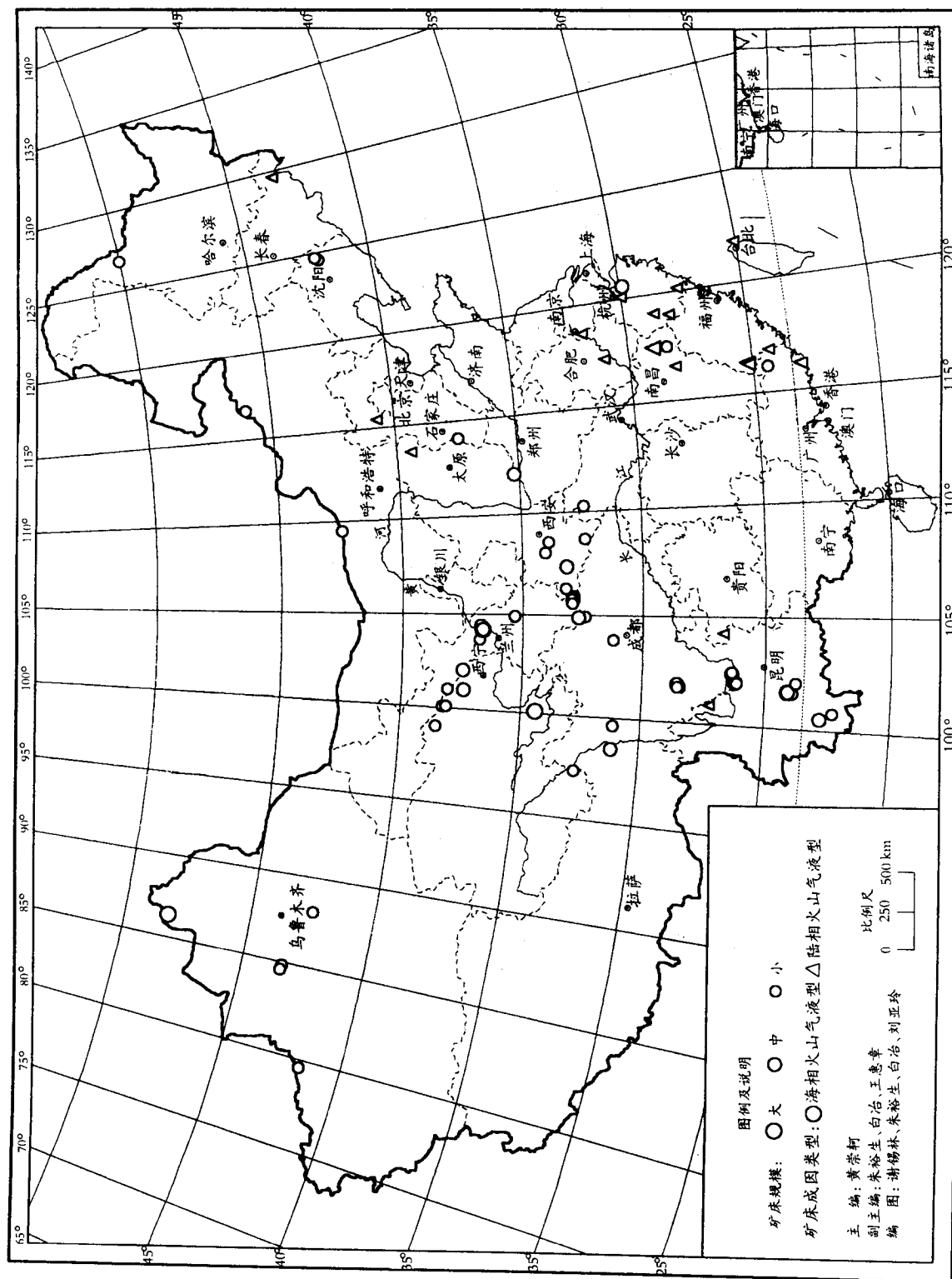


图 2-187 中国海相、陆相火山气液型铜矿床分布图
 Fig. 2-187 Distribution plan of marine, terrestrial volcanic copper deposits in China

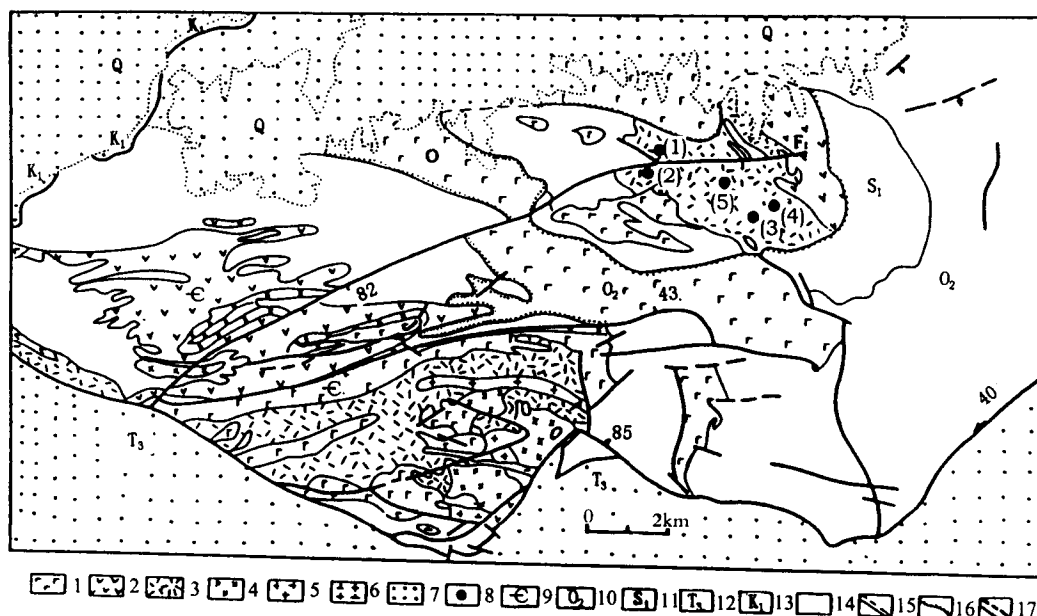


图 2-188 白银矿田地质略图

Fig. 2-188 Geological sketch of Baiyin ore field

1—细碧岩(含细碧玢岩)及沉积夹层; 2—角斑岩及沉积夹层; 3—石英角斑岩及沉积夹层; 4—辉绿岩; 5—花岗岩; 6—花岗闪长岩; 7—砂砾岩及松散沉积物; 8—矿床; 9—寒武系; 10—中奥陶统; 11—下志留统; 12—上三叠统; 13—下白垩统; 14—第四系; 15—实测与推测地质界线; 16—不整合界线; 17—实测与推测断层; 矿床编号-折腰山(1)、火焰山(2)、小铁山(3)、铜厂(4)、四个圈(5)

(奥陶纪)形成中堡群和银洞沟群火山岩系;晚旋回(早志留世)形成马营沟组火山岩。火山活动的规模和强度以早、中旋回为盛,晚旋回则显著减弱,且只在局部地区发育。火山岩在本区分作南中北三个火山岩带,中带为白银-石青洞火山岩带。

2. 容矿火山隆起特点

北祁连下古生代岛弧火山岩带,由断续分布的火山隆起及断陷盆地组成。火山隆起可分为狭长的带状隆起和膨大的块状隆起两类。块状隆起位于区域性 NWW 向深断裂和 NNE 向断裂的交汇部位。由早期(寒武纪)及中期(奥陶纪)火山建造组成。早期细碧-角斑岩系产于火山短轴状背斜轴部,中期奥陶系碱性玄武岩系不整合覆盖其上,不整合界面受到晚期构造拆离,表现为拆离断层。

狭长条带火山隆起受到 NWW 断层围限,目前尚未发现块状硫化物矿化。白银矿田所在的白银厂块状火山隆起,位于岛弧带中部偏东部位,在祁连裂谷系三联点西南侧,岩石为寒武系火山岩。白银隆起的边界由 NWW 和近 SN 向边缘断裂控制,呈不规则的四边形。隆起内部 NWW、NEE 向格状断裂发育,控制了隆起中的岩相分布,在重磁场及遥感图像上均有反映。

3. 火山岩岩石化学特征

对北祁连海相火山岩曾进行过大量的岩石化学研究,各类数据浩如瀚海。火山岩石化学成分显示明显双峰式特征,其 SiO_2 集中分布在 49%~57% 及 71%~80% 两个区间中,总碱含量 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) 以银洞沟群玄武岩建造最低为 0.08%,白银厂群细碧角斑岩建造为 0.36%,奥陶系中堡群碱性火山岩最高为 1.77%,具有较明显的规律性。通过 CIPW 方法计算, N_e 值也反映了类似的规律性。在邱家骧图解上,银洞沟群集中在高铝玄武岩区,白银厂群细碧岩、细碧玢岩落在碱性玄武岩区,中堡群则落在白榴碱性玄武岩区,形成明显的三大独立群落。而白银厂群的角斑岩、石英角斑岩却集中分布于拉斑玄武岩系列区。这一结论与大多数研究者采用不同方法取得的结论一致。据劳夫勒 (1979) $\lg r - \lg (\delta_{25 \times 100})$ 图解,上述三个火山岩系的样点均落在造山带火山岩区,早期银洞沟火山岩的投影位

置接近非造山带。白银火山岩则为早期岛弧, 根据其火山岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为 0.7044~0.7077 推测其岩浆来源于上地幔。

表 2-117 白银厂地区地层系统简表
Table 2-117 Stratigraphic scale of Baiyinchang area

时代及划分				主要岩性	厚度/m
界	统(群、组)	岩组	代号		
新生界	更新—全新统		Q_1-Q_4	洪积砂砾层、亚粘土、黄土	0~240
	上新统临夏组		$N_2 I$	灰褐色厚层砾岩夹含砾砂岩	245
	中新统咸水河组		$N_1 x$	红色砾岩、砂岩夹砂质泥岩, 偶夹泥灰岩	217~651
中生界	下白垩统河口群		$K_1 hk$	红色砾岩、砂岩夹粉砂岩、泥岩, 偶夹泥灰岩	340~2580
	下—中侏罗统		J_{1-2}	灰色砂岩夹砾岩、粉砂岩、页岩, 偶夹煤线	70~130
	三叠系		T	红色、灰绿色杂色砾岩、砂岩、砂质泥岩	880~1680
古生界	下志留统 马营沟组	上岩组	$S_1 m^b$	灰色变砂岩、变粉砂岩、千枚岩、属海相复理式建造	1500~4607
		下岩组	$S_1 m^a$	灰色变砂岩、变粉砂岩、千枚岩。西部夹硅质岩安山岩, 属瓦克式建造, 东部为复理式建造	1091~2000
	中—上奥陶统 银洞沟群	第四岩组	$O_{2-3} y d^d$	硅质岩夹凝灰质千枚岩、凝灰岩、薄层玄武岩为银洞沟铜锌矿床的含矿层位	>88
		第三岩组	$O_{2-3} y d^f$	厚层玄武岩及安山玄武岩, 下部有大量辉绿岩穿插, 具席状岩墙特征	2518
		第二岩组	$O_{2-3} y d^b$	厚层玄武岩, 常具枕状构造	410
		第一岩组	$O_{2-3} y d^a$	流纹英安岩, 斜长流纹岩	>381
	中奥陶统 中堡群	上岩组	$O_2 z b^c$	上部变质细—粉砂岩, 硅质岩; 下部粗面岩及同质火山角砾岩夹千枚岩、硅质岩, 结晶灰岩, 沿走向可相变为碎屑岩	575~1446
		下一中岩组	$O_2 z b^{a-b}$	上部角斑质凝灰岩、凝灰质千枚岩、夹硅质岩, 下部富钾细碧岩、细碧玢岩及同质凝灰岩。白银黑石山北局部出露其底部层位, 岩性为沉火山角砾集块岩、凝灰岩、凝灰质千枚岩、硅质岩、结晶灰岩	345~1296
	寒武系 白银厂群 (未分统)	上岩组	$\epsilon b y^c$	石英角斑岩、角斑岩及同质凝灰岩, 夹硅质岩、千枚岩、结晶灰岩及少量变砂岩	1012~2252
		中岩组	$\epsilon b y^b$	上部硅质岩、硅质板岩、结晶灰岩, 下部变质细砂—粉砂岩夹角斑质凝灰岩, 底部砾岩	350
		下岩组	$\epsilon b y^a$	上部细碧玢岩质凝灰岩与细碧玢岩互层, 中部角斑岩夹石英角斑岩、角斑质凝灰岩、硅质岩和千枚岩, 下部细碧玢岩及同质凝灰岩	>1110
	黑石山群	第六岩组	$Pz_1 h s^d$	变质砂岩和粉砂岩、千枚岩、板岩互层	>2570
		第五岩组	$Pz_1 h s^e$	变质中细粒砂岩夹绢云千枚岩, 顶部为硅质岩、硅质板岩夹少量安山岩、安山玄武岩	1442
		第四岩组	$Pz_1 h s^d$	变质砂岩和粉砂岩, 绢云千枚岩, 顶部有少量不稳定的基性火山岩	3088
		第三岩组	$Pz_1 h s^e$	变质细砂岩与粉砂岩、黑云绢云片岩, 局部夹透镜状安山岩	2155
		第二岩组	$Pz_1 h s^b$	变质细砂岩和粉砂岩, 黑云片岩, 黑云石英岩局部夹变质砾岩	735
		第一岩组	$Pz_1 h s^a$	变质细砂岩、粉砂岩夹绿泥黑云方解片岩、黑云石英片岩、绢云黑云石英片岩及少量安山玄武岩	>642

备注 地层单元: —— 整合, ~~~~~ 不整合, 接触关系符号: 未直接接触, ——— 断层接触

4. 白银厂块状火山隆起构造特征

白银厂块状火山隆起，轴向 NWW，长约 9 km，最宽 3 km，平面上呈一不规则菱形。火山隆起的北、西、南三面以断层为界（图 2-188）。隆起内部断裂构造发育，以 NNW 向和 NWW 向为主，次为近东西向。白银厂块状隆起为一短轴复式背斜，轴部为白银厂群火山岩，翼部则为中堡群火山岩，呈半环状围绕早期火山隆起分布。两者间为不整合接触，因受拆离断层的叠加表现为断层接触。短轴复式背斜的南西翼被断失，使白银厂群与三叠系直接接触。

轴部出现一系列规模不等的背向斜构造，这些褶皱总体形态较宽缓。火山岩经强烈变质，片理极发育，片理与层理常有置换。

折腰山-火焰山铜矿体主要赋存于寒武系次火山杂岩中。次火山杂岩由次石英角斑岩（ π_0 ）、次角斑岩（ α_0 ）等组成。次火山岩同位素年龄较围岩新（440~447 Ma），次火山岩与穿切围岩呈侵入接触并有围岩捕虏体。矿体产于晶屑凝灰物质占 10%~20% 的石英角斑凝灰岩中（ π_3 ）。鉴于“晶屑凝灰物质”由碎斑和动力斑组成，为具有岩浆岩特征的包裹体，因而石英角斑凝灰岩被确定为次火山岩。

三、矿床地质特征

折腰山、火焰山两矿床由两个矿体群组成，呈近平行的南北两矿带。两矿体群总体走向 NWW，倾向 SW。矿体一般为层状、似层状、透镜状、条带状。矿体与围岩（石英角斑岩）大致整合产出。小矿体形态一般较大矿体复杂，脉状浸染状矿体较块状矿体复杂。部分网脉状矿体斜切片理，受构造控制，矿体有由上而下变窄、矿化减弱的趋势。

（一）折腰山矿床矿体形态、规模、产状

折腰山矿床（图 2-189）位于一短轴背斜的核部，以石英角斑岩为中心向南北两侧岩石分布有一定

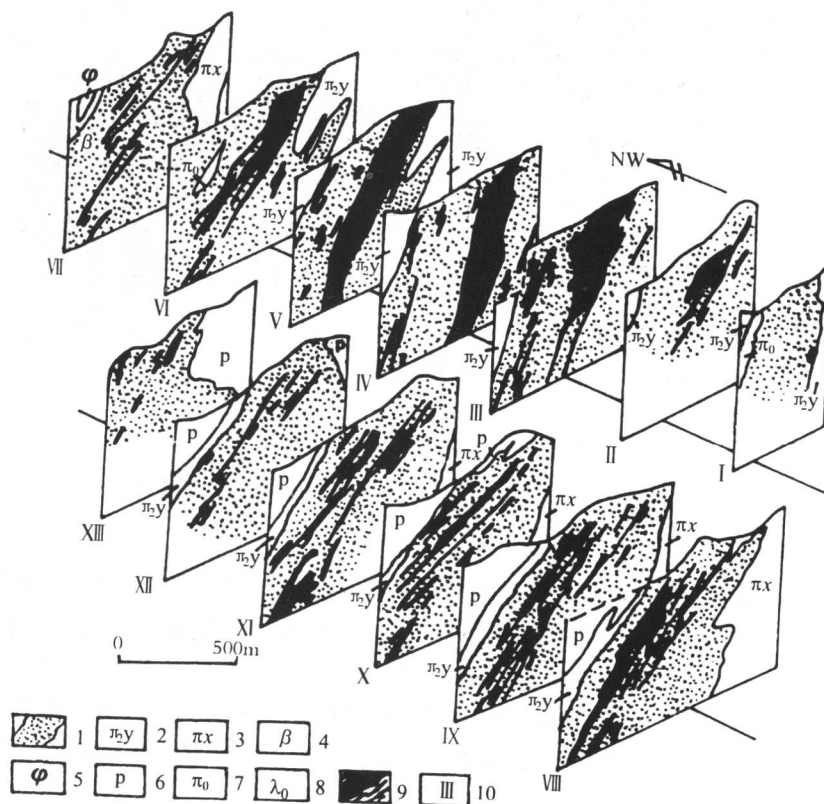


图 2-189 折腰山矿床地质联合剖面图

Fig. 2-189 Compound section of Zhe Yaoshan deposit

1—石英角斑质凝灰岩；2—含角砾石英角斑质凝灰岩；3—石英角斑质集块岩；4—细碧岩；5—细碧玢岩质凝灰岩；6—千枚岩；7—石英钠长斑岩；8—辉绿岩；9—矿体；10—剖面编号

对称性。矿化带长 1150 m，厚 250~300 m，共有 196 个矿体，铜储量约 89 万吨，矿体产状在Ⅶ线以东、以西略有变化。Ⅶ线以西矿体走向 275°~295°，倾向 SW，倾角 50°~70°；Ⅶ线以东矿体走向由 285°至 EW 向转为 SEE，倾向由 S 转为 SW，倾角 65°~75°。矿体品位一般是东富西贫，东部矿体厚大陡倾斜，多呈扁豆状和透镜状集合体，西部矿体层位变薄，且多分支复合，形状复杂，倾角较缓。折腰山深部铜矿 1、2、3、9 四个主矿体，共占铜储量的 93.44%。矿体一般是上部 and 中间部位厚度大，向深部和上下盘有分支尖灭的趋势。矿体沿走向和倾向均有断续再现现象。

(二) 火焰山矿床矿体形态规模产状

火焰山矿床位于折腰山矿南侧，水平距离仅数百米，其间为 F_1 断层分隔，出露的平均高度大于折腰山。矿体产于基性与酸性火山岩接触带，其直接围岩主要为石英角斑岩，局部为细碧玢岩凝灰岩、石英钠长斑岩、千枚岩（图 2-190）。

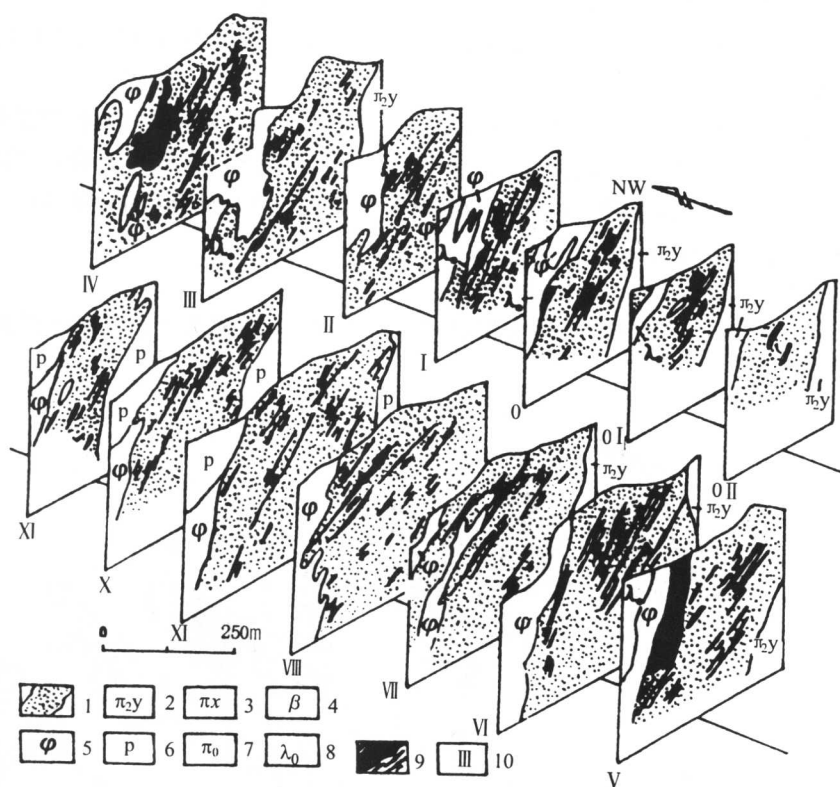


图 2-190 火焰山矿床地质联合剖面图

Fig. 2-190 Compound section of Huo Yanshan deposit

（图例同图 2-189）

火焰山矿床铜储量约 25 万吨。矿带东西出露长约 1000 m，宽 250~300 m，矿带深度控制在 300 m 以上，总体走向东部为 NWW，向西变为 NNW，向 SW 陡倾，倾角 60°~80°。据 1988 年甘肃冶金三队在南Ⅳ—Ⅴ线间钻孔在 530m 深度仍见含黄铁矿角砾的石英角斑凝灰岩，而且未见底。矿带中主要矿体为 16 号矿体，矿体长 250~400 m，厚 5~60 m，斜长 200~300 m，呈大透镜体状产出。矿体东端有三个分支，西端有 5 个分支延至石英角斑凝灰岩中。矿石以块状含铜黄铁矿为主，浸染状小矿体均产于其下盘石英角斑凝灰岩中。

在矿床开采中发现火焰山石英钠长斑岩含矿，并在折腰山发现了磁黄铁矿的矿筒，为矿床的次火山成因提供了证据（成岗，1980）。

(三) 矿石矿物成分、结构、构造

1. 矿石矿物成分

矿石矿物成分见表 2-118。

表 2-118 折腰山-火焰山铜矿床主要矿物

Table 2-118 Main mineral content of Zheyao-shan-Huo Yanshan copper deposit

金属矿物			脉石矿物
主要	次要	少量或微量	
黄铁矿、 黄铜矿	闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿、 (锌) 砷黝铜矿	毒砂、磁铁矿、赤铁矿、斑铜矿、方黄铜矿、辰砂、脆硫锑铜矿、硫砷铜矿、硫锑铅矿、辉铋铅矿、辉硫锑银矿、自然铋、自然金、金银矿、自然铜、自然铅、碲银矿、锑石、金红石、车轮矿、富镁菱铁矿、富硫铋铅矿、辉铋铅矿、斜方硫铋铜矿、皮硫铋铜铅矿、硫铋铅矿、斜方辉铋铅矿、辉铅铋矿、硫锑铅矿、赫梯铋矿、硫锑铋矿、块硫锑铜矿、块硫砷铜矿、灰砷锑铅矿、辉铜矿、辉铋矿	石英、绢云母、绿泥石、方解石、硬绿泥石、钠长石、白云母、石膏、重晶石、钙铝榴石、绿帘石

2. 矿石结构、构造

矿石主要结构有：粒状结构、细脉及网脉交代结构、熔蚀结构、交代晶结构、反应边结构、交代残余结构、包含变晶结构，以及乳滴状、格子状、压碎、揉皱、再结晶结构等。

矿石构造：块状、稠密浸染状、浸染状、条带状、脉状及网脉状、角砾状、变胶状构造等。

3. 矿石类型及分布特点

矿石可分为块状、浸染状、条带状、网脉状、角砾状矿石。块状黄铁矿、块状含铜黄铁矿、块状含铜磁黄铁矿矿石主要分布在主矿体中，含方铅矿、闪锌矿的矿石多产于 1535 m 标高以上。浸染状、网脉状、条带状矿石主要出现在矿体的边部及下部。

(四) 矿床化学成分分布特点

折腰山-火焰山矿床金属元素主要为 Cu、Zn、Pb。它们储量比为 50 : 6 : 1，应为铜型矿床。伴生 Au、Ag、Pt 及稀散元素 Se、Ga、In、Cd、Ge、Bi、Hg、Sb、As、U 等。

折腰山矿床铜平均品位为 2.29%，主矿体由浅到深，品位变化不甚明显。而在水平方向变化规律明显，即东部富、西部贫，下盘富、上盘贫。锌主要分布在 1535m 以上，平均品位为 2.45%，向深部变贫，含量仅 0.16%。铅分布与锌相似，含量为 0.07%。银平均品位 13.32×10^{-6} ，金平均品位 0.84×10^{-6} 。

火焰山矿床，铜平均品位 1.3%。平面上西富东贫，垂深 1768m 标高以上，矿石品位变化不大。向深部铜品位有下降趋势。在 1660 m 标高铜品位仅 0.5%。铅、锌分布在 1780 m 标高以上。锌平均为 1.42% 及 0.5%。银平均品位为 9.28×10^{-6} ，金平均品位为 79×10^{-6} 。

(五) 围岩蚀变

火山岩和次火山杂岩的围岩蚀变非常普遍。近矿围岩以绢云母化、硅化为主。远矿围岩在基性火山岩中为发育非常广泛的铁白云岩化、碳酸盐岩化、绿泥石-绿帘石化、绢云母（白云母）化。

近矿围岩蚀变，在含矿的石英角斑岩中按长石被交代的程度，绢云母化和硅化的发育程度，由矿体中心向外可分为 C₁—C₄ 四个蚀变带（据西北所等），其中 C₁ 是否存在无长石带是评价蚀变带是否含矿的重要标志。

除绢云母化和硅化外，还有绿帘石化及退色作用、黄铁矿化、重晶石化、绿帘石化、钛赤铁矿的金红石化等。氧化带中褐铁矿化、高岭土化是直接找矿的重要标志。

(六) 矿床氧化次生富集带

矿床中发育有氧化带及次生富集带。氧化带又可分为上部风化亚带及下部淋失带。

(1) 风化亚带即铁帽带：其厚度一般 10~50 m，个别地段达 70 m。由针铁矿、水赤铁矿、黄钾铁矾、石膏、蛋白石、石英、孔雀石、铜蓝、胆矾、水绿矾、纤钠铁矾、氯铜矿、自然硫等组成。一般浸染状矿石在地表只呈现铁染。铁帽是块状硫化物矿床的重要找矿标志。

(2) 淋失带：一般厚 1~3 m。其中硫化物受溶解淋失，以散粒状，结构松散为其特点。

(3) 次生富集带：次生富集带位于淋失带之下，以次生辉铜矿和铜蓝为主。次生富集带受地形、构造裂隙的控制，各处厚度不一，但其含铜品位比一般矿体的原生矿石高 1~2 倍。

(七) 地球物理与地球化学特征描述模型

在白银厂矿田进行过电法、磁法、重力、地震、化探等方法。按矿床的剥蚀程度不同，分三种情况（图 2-191）。

(1) 矿床剥蚀程度中等。主矿体出露地表（相当折腰山矿床的情况，图 2-191 上 B—B' 位置），在矿体上可引起 $(1\sim2.5)\times10^{-5}\text{ m/s}^2$ 的重力异常，50~150 nT 的磁异常，10%~15% η 。激发激化异常；电法联合剖面，有明显低阻正交点和电阻率曲线（ $\rho_s^A\rho_s^B$ ），电测深法，电阻率曲线断面均有反应，并有强度不大（-80 mV）的自电异常。用充电法亦有明显效果。在矿体上方有 Cu、Pb、Zn、Ag、Hg、Au、Mo、As 等化探异常并具分带性，其浓集中心明显。元素由上而下分带次序为 As—Ba—Pb—Ag—Au—Hg—Zu—Co—Sn—Cu—Mo—Ni，表现明显分带性。

(2) 剥蚀程度较浅（相当于图 2-191 上地表 A—A' 位置），矿床处于隐伏状态（以小铁山为例），主矿体埋深较大（300 m）时，重力只有 $(0.3\sim0.4)\times10^{-5}\text{ m/s}^2$ 的弱异常；磁异常强度在 50 nT；激电出现 3%~5% 的宽缓异常；联合剖面表现有明显的歧离和低阻正交点；若氧化还原条件适当，可形成 -100~200 mV 自电异常；充电法因矿体顶部埋深远大于矿体水平宽度，矿体等电位线效应未达地表，等电位线呈沿矿体走向方向拉长的椭圆形，但间隔均匀，矿体边界反映不清晰，呈现非等位导体的特点。成矿元素 Cu、Zn、Pb 晕在矿体上部不发育，扩散的距离只有数米至 50 m，地表异常不明显甚至无异常显示。伴生元素 Hg、Ag 可形成一定强度和宽度的异常，并有 F、Cl、I 易挥发元素的异常。元素垂直分带序列是：Zn—Au—Ag—Ni—As—Pb—Ba—Hg—Co—Sn—Cu—Mo，但存在头部元素 Ba、Hg 处于偏中间部位的反序现象。

(3) 浸染状矿体出露或接近地表情况下（以铜厂沟、四个圈为例），重力仅有 $0.2\times10^{-5}\text{ m/s}^2$ 波动微弱异常，与围岩岩性不均的干扰水平相当，无法区分；磁异常消失；激电出现 3%~7% 的多峰异常；自电异常微弱、狭窄、不明显；充电法等电位线为椭圆形，长轴与地层走向一致，显示点电源的特点；联合剖面在矿带上虽有低阻正交点，但歧离带不明显，反映矿体导电性差，屏蔽作用不强。成矿元素和伴生元素原生晕发育，形成强度高、范围大的多元素组合异常，但浓集中心不明显，不存在元素垂直分带现象。

四、矿床成矿条件

(一) 稳定同位素

(1) 硫同位素特征：折腰山-火焰山矿区矿体中硫同位素比较集中，黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 为 2.5‰~5.3‰，离差 2.8，平均 4.2‰。黄铜矿 3.8‰~4.9‰，离差 1.1，平均 4.2‰。磁黄铁矿平均 3.55‰。闪锌矿 3.05‰。方铅矿 2.38‰。这都表明硫同位素组成接近地幔硫。Schneider 等认为地幔硫的同位素组成应为 1.3‰，未受污染的深海拉斑玄武岩，平均 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 1‰。邬介人（1991）等认为矿床形成时可能有海水的混入，在矿体围岩黄铁矿中测 $\delta^{34}\text{S}$ 亦为 2.03‰~4.6‰。

(2) 碳氧同位素：在矿体围岩石英角斑凝灰岩、石英角斑岩、细碧岩及其他火山岩石中挑选方解石，测定氧、碳同位素。碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 为 0.99‰~-1.67‰，离差 2.66。氧同位素 $\delta^{18}\text{O}$ 平均值为 -14.457‰，从 -13.625‰~-15.712‰，离差 2.087。在细碧岩、细碧玢岩、角斑凝灰岩、含铁硅质岩的石英中氧同位素 $\delta^{18}\text{O}$ 为 14.1‰~17.84‰，相当火成岩中的 6‰~17‰，说明石英主要为原生火山岩经变质作用的结果。镜铁矿中测定氧同位素 $\delta^{18}\text{O}$ 为 6.23‰，得到了相同的结论（邬介人，1994）。

(3) 铅同位素特征：白银厂矿田矿石中铅同位素测定值表现为钼、铅混染形成的异常铅。 ^{208}Pb 为 52.83‰~52.85‰， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 值为 1.167，而石英钠长斑岩铅中 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 值高达 1.91~1.94。计算其 $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ (μ 值) 为 8.04~9.29， $^{232}\text{Th}/^{204}\text{Pb}$ (ω 值) 为 28.78~39.47， $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ (κ 值) 为 3.46~4.11。一般认为具高 μ 值的铅来源于上地壳，而本区 μ 值小于地幔铅演化线，认为铅来源于下部地壳和上地幔。计算其 Φ 值年龄 (Doe) 为 383~433 Ma 与火山次火山活动时期大体相当。

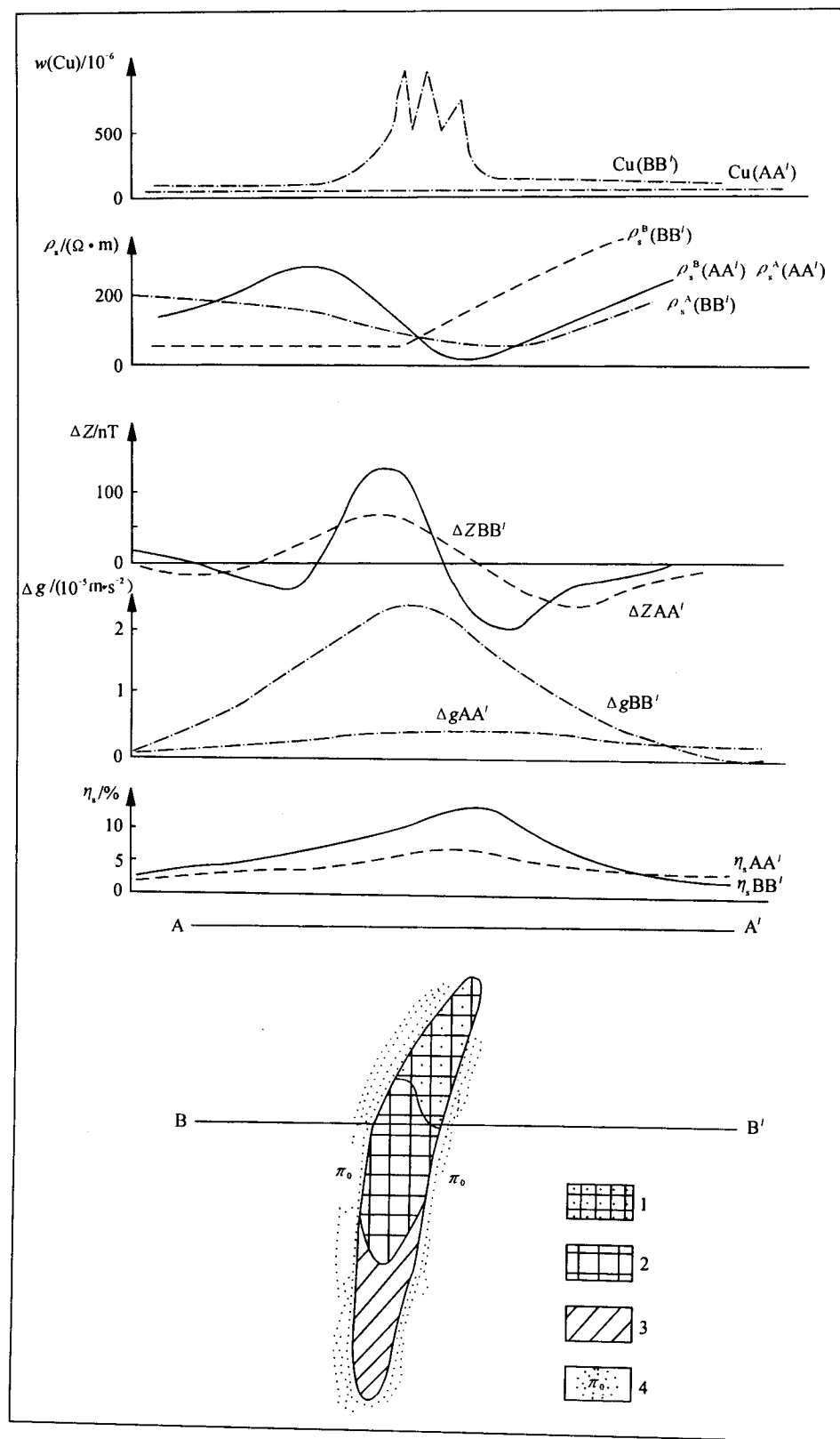


图 2-191 黄铁矿型铜、多金属矿床地-物-化模型

Fig. 2-191 Geology-geophysics-geochemistry model of pyrite-type copper, polymetallic ore deposit
1—多金属黄铁矿块状矿；2—含铜黄铁矿块状矿；3—浸染状矿石；4—矿化、蚀变围岩

(二) 成矿温、压条件

金属硫化物测定其炸裂温度为 251~347℃。矿化有关石英脉均一温度多为 200~374℃。

用流体包裹体测定的压力为 230 MPa, 相当于 1100 m 海水深度。石英角斑岩中石英在温度 800~910℃, 压力 400~700 MPa 条件下晶出。

白银矿床中高盐度包裹体 $w(\text{NaCl})$ 为 45%~51%, 具有较高形成温度 280~430℃。中盐度包裹体 $w(\text{NaCl})$ 为 6.1%~16.2%, 具较低温度 120~380℃。纯液相包裹体含盐度 $w(\text{NaCl})$ 为 1%~3%。含 CO_2 多相气液包裹体完全均一温度为 180~240℃, 最高可达 370~450℃。白银矿田热液流体含盐度 $w(\text{NaCl})$ 可能为 2.7%~10.4%, 主要在 5% 左右。其 pH 值为 6.63~5.44。折腰山利用包裹体测其 pH 值为 6.45。热液流体变化于弱酸至弱碱之间。折腰山矿区热流体温度在 250~350℃ 时, 氧逸度 f_{O_2} 为 10^{-30} ~ 10^{-23} Pa。硫逸度 f_{S_2} 大致为 10^{-14} ~ 10^{-7} Pa。

(三) 矿床成因综述

关于白银厂矿田矿床成因, 近 50 年来, 提出成因假说有 17 种以上, 归纳起来大体有如下 4 种:

- (1) 认为矿床形成与深部隐伏的富钠(花岗)岩体有关, 应为热液或次火山热液矿床;
- (2) 认为火山喷发沉积矿床, 其中包含喷气矿床;
- (3) 火山喷发变质矿床, 认为主要成矿物质来自火山, 在造山过程中经区域或热动力变质作用使成矿物质重新分配和重熔, 在有利的岩性、构造部位形成形态产状各异的矿体;
- (4) 多成因、多阶段复合成矿论, 认为矿床生成是多种地质作用的结果, 主要是火山喷发沉积作用, 经变质及不同规模的热液作用(次火山热液、火山热液)而形成。

上述四种成因中现将具代表性的 1、2 两种矿床式简述如下。

五、矿床模式与找矿标志

(一) 矿床模式

1. 富钠花岗岩有关块状硫化物铜多金属矿床成因模式

(1) 矿田地质结构模型(图 2-192、图 2-193): 白银厂容矿杂岩体总体呈一椭圆截面的岩柱, 椭圆长轴 NWW 向。主体是多次侵位的次石英角斑岩(π_0), 东部边缘分布有次角斑岩(α_0)。局部地段有辉长辉绿岩小岩株和花岗斑岩脉, 可能系后期产物。次火山岩的活动强度由早期向晚期减弱。早期次石英角斑岩体(π_0^1)呈较大的岩株状产出。中期次石英角斑岩体(π_0^2)则受到发育于 π_0^1 岩株中的 NWW、NEE 断裂组合的控制, 呈格状岩墙产出(图 2-193)。晚期次石英角斑岩体多是小岩株, 在矿床及其近矿围岩中分布较集中。格状分布的 π_0^2 岩墙将 π_0^1 岩株分割成若干分离的岩块(柱), 后者即是矿床单元(图 2-193)。矿田中分区发育两类矿床: 西部为(锌)铜矿床, 东部为多金属矿床。造成这一分布的原因可能与成矿热液系统的定向迁移有关。次火山岩体中含有较多的围岩捕虏体。 π_0^1 岩体中常见规模较大的岩片状捕虏体(有时成为容矿岩石), π_0^2 中则是角砾状捕虏体, 晚期岩体中捕虏体较少见。捕虏体岩性以凝灰质千枚岩、石英角斑岩、角斑岩、细碧岩为主, 分别来自 ϵ_{by^e} 和 ϵ_{by^a} 地层。它们在岩体中的垂向分布与围岩的地层顺序大体一致, 据此可粗略估计其深度。根据矿田部位有较长期的热历史和发育环状-辐射状影像的特点, 推测深部存在次火山岩的浅源母岩——钠长花岗岩体。据次石英角斑岩中石英斑晶气液包裹体的测压数据(40~70 MPa), 推测花岗岩体的定位深度为 1~2 km 左右。矿田中存在成矿热液系统由西向东的迁移现象, 据此推测花岗岩体的顶面向东倾斜。

(2) 黄铁矿型矿床成因模式: 富钠的斜长花岗岩浆由于缺乏铁镁矿物和硫逸度不高, Cu、Pb、Zn、Fe 等主成矿元素难形成大量的熔离体。但由于岩浆侵位较高, 脱气脱水作用增强, 水以及 H_2S 、Cl 等矿化剂从岩浆中分离出来并聚集在顶部, 形成高温(800℃)的岩浆气液系统。金属元素就以溶液中稳定的氯化物或氯络合物形式进入热液, 达到初步富集, 此时由于温度高和 H_2 等还原剂的存在, H_2S 很少电离, 溶液中硫逸度低, 难以形成金属硫化物, 当热液聚集到一定程度, 在岩浆热能和内部蒸气压增大的驱动下, 沿原先的次火山通道系统向地表运动, 在上升过程中逐渐加入围岩中的深循环水, 后者带入了更多的金属离子和硫, 热液的温度亦逐渐降低。当到达地下 1 km 左右的深度, 热液进入 π_0^1 柱状“管道”时, 已成为温度约 400℃, 盐度达 45%~51% 的富含金属的高温多相含矿热液, 在这个深

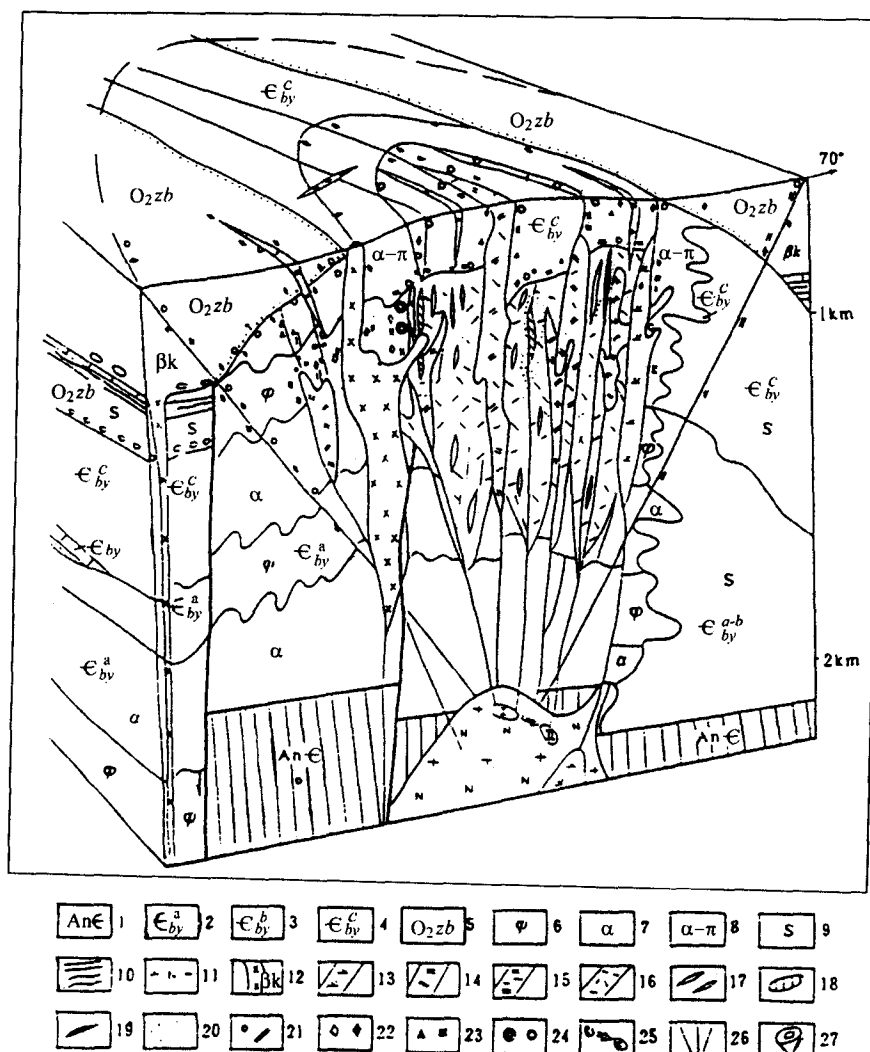


图 2-192 白银厂黄铁矿型矿田地质模型图

Fig. 2-192 Geological model of Bai Yinchang pyrite-type ore field

1—前寒武系陆壳微断块；2—寒武系白银厂群第1岩组；3—寒武系白银厂群第2岩组；4—寒武系白银厂群第3岩组；5—中奥陶统中堡群；6—细碧质火山岩（熔岩、凝灰岩，下同），顶部夹千枚岩；7—角斑质火山岩；8—角斑岩-石英角斑岩，顶部夹硅质岩（局部含炭、锰）；9—硬砂岩-千枚岩；10—结晶灰岩、千枚岩；11—钠长花岗岩体、岩脉；12—一次细碧岩（左）、钾细碧岩（右）；13—次角斑岩；14—晚期次石英角斑岩；15—第2期次石英角斑岩；16—第1期次石英角斑岩（片理化）；17—围岩捕虏体；18—块状黄铁矿型铜矿；19—块状黄铁矿型多金属矿；20—浸染状矿体；21—硅化（左）、绢云母化（右）；22—方解石化（左）、铁白云石液化（右）；23—磁性铁锰矿化（左）、浸染状黄铁矿化（右）；24—包壳状绿泥石化（左）、黑硬绿泥石化（右）；25—岩浆热液源；I—早期热液源（Fe、Cu），II—晚期热液源（Zn、Pb、Cu、Fe），箭头示迁移方向；26—多次活动的基底断裂；27—锥形断裂

度上与低盐度1%~3%、低温的下渗海水相遇，混合而成中等盐度6%~16%的弱碱性中-高温热液（约120~380℃），由于物化条件的改变H₂S大量解离，硫逸度增加，从而形成金属硫化物的大量沉淀。热液的上升和成矿作用不是一次完成的，表现出阶段性和脉动性。先期上升的是稀薄的酸性溶液，它沿通道到达浅部时，以π₀中的断裂（主通道）为中心，沿片理向外侧扩散，造成π₀围岩的热液蚀变。其中心部分以强烈的淋滤为特征，形成次生石英核；向外K、Al的残留富集，造成强烈的绢云母化，形成石英绢云母带；由于铁的外迁，含铁矿物表现出去铁特征（浅色铁镁质绿泥石化、钛铁矿的金红石化）。内带由于交代强烈，形成无长石带。向外，蚀变强度渐弱，长石残留增多，向外迁移的Na、Ca、Mg、Fe也渐次沉淀，形成蚀变带的外带，与此同时，部分铁质在蚀变内带中与S²⁻结合，生成浸染状

黄铁矿。围岩蚀变期后上升的是富铁的热液，与 H_2S 离解产生的 S^{2-} 结合后，在容矿断裂中沉淀，形成充填型的块状矿石（黄铁矿期）。由于主通道被堵塞，热液上升暂时受阻。当通道由于各种原因（如构造运动、下部热液的气化爆炸等）重新打开时，热液已依次变为富铜及富铅锌。它们沿重新打开的通道上升，主要以充填方式沉淀在先成矿体中，少量 Cu 、 Pb 、 Zn 离子交代黄铁矿及先成的硫化物而沉淀（多金属期），因而形成的矿体都是由多阶段成矿作用产物组成的复合矿体，而无明显的分带性。在各期块状矿石在容矿断裂中沉淀时，部分热液向两侧扩散，形成以块状矿体为中心的浸染状矿体晕圈，在缺乏中心断裂的 π_0^1 岩块中，不可能成为热液上升的首选地段，因而只能形成

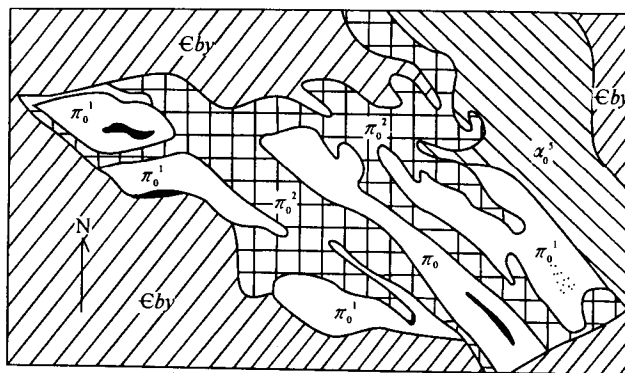


图 2-193 白银厂矿田岩墙-岩块系统及其对矿体的控制示意图

Fig. 2-193 Sketch of the dyke-stock system and their controlling to ore body in Baiyinchang of field

浸染状小矿。根据矿田东、西部矿床铅同位素特征分析，矿田西部矿床以岩浆源热液为主，特点是贫铅；矿田东部矿床则加入了大量的深循环热水，带来较多的从基底及围岩中萃取的铅锌，造成较富铅锌的热液。这一机制与热液中心的迁移结合，造成矿田中不同矿石建造的分带发育现象。

2. 火山喷发沉积块状硫化物铜多金属矿床成矿模式

成矿作用经历了喷发到正常沉积过程，其成矿物质可能主要来自下部地壳或地幔。在含矿溶液离喷出口后逐渐变化，近喷发中心，成矿作用的火山气液以充填、交代为主，伴有喷发沉积作用，形成以铜为主的矿床（折腰山、火焰山）；向外则喷发沉积作用逐渐增强，至火山斜坡或更远的火山洼地，形成以铅锌为主的含铜矿床（小铁山、四个圈）；来自火山喷发而呈各种状态进入海水中的铁锰质，被海流携带到离火山口较远处沉积，形成与火山硅质岩建造有关的铁锰矿（拦门石、镜铁山）。由于海水滞流，矿床形成时间往往较晚，因此白银厂矿田五个主要矿床组成一连续演化的成矿系列。其矿床成因类型为海相火山岩型铜-多金属矿床。其成因模式见图 2-194、图 2-195。

与海相火山岩系有关的块状硫化物矿床类型有：①细碧角斑岩系内黄铁矿型铜矿与含铜磁铁矿床；②角斑岩-石英角斑岩内黄铁矿型多金属矿床；③喷发沉积岩系中硅质锰矿与硅质赤铁矿矿床；④远离火山口复理石建造内重晶石矿床和菱铁矿矿床。

上述不同成因观点建立的成矿模式，对折腰山-火焰山矿床的围岩条件（火山岩性状）、成矿构造环境、矿体与岩体的赋存位置、矿体定位机制的认识都有很大的不同，导致对以成矿模式为基础的找矿标志的确定也出现很大差异。

（二）找矿标志

1. 根据成矿与富钠花岗岩有关的成因观点确定的找矿标志

（1）双峰式细碧-石英角斑岩系中次石英角斑质杂岩体为含矿岩体（矿田），其定位受块状基底隆起边缘的线性结构构造控制，母岩为 S 型钠花岗岩；

（2）含矿岩体围岩发育绢云母化、碳酸盐化、斑点状蚀变和磁性铁锰矿化等蚀变，具有“负重力场+环状分布外围磁异常”的物理场结构，并位于“线性结点+环形”影像之中；

（3）含矿部位（矿床）具强烈蚀变和片理化，形成以绢云母化、硅化、黄铁矿化为主的蚀变片岩和热液铁锰硅质岩（黑疙瘩），并有以矿群为中心的强度分带性；

（4）含矿部位具有“低电阻+局部重力高+跳跃磁异常”的物理场结构和 Cu 、 Pb 、 Zn 、 Ag 、 Hg 、 B 等地化异常；

（5）大中型矿床以块状矿体为主，小型矿床以浸染状矿体为主，浅色绿泥石化与富铜矿体关系密切，暴露矿体氧化带发育；

（6）块状矿体具高重、良电性和局部磁异常，浸染状矿体具激电异常和较低电阻；