

中国地质科学院
矿床地质研究所所刊

1985年 第2号

(总第14号)



地质出版社

中国地质科学院

矿床地质研究所刊

1985年 第2号

(总第14号)

地质出版社

中国地质科学院
矿床地质研究所所刊
1985年 第2号
(总第14号)

责任编辑: 张肇新 张中民 倪瑞兰

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: $9^{1/2}$ 字数: 219,000

1985年10月北京第一版·1985年10月北京第一次印刷

印数: 1—1,675册·定价: 2.20元

统一书号: 13038·新179

目 录

甘陕境内秦祁地轴两侧古生代断陷地槽海相火山活动与

- 多金属成矿的探讨.....宋叔和 (1)
河北徐水五香坡风化高岭土中混层矿物的研究.....郑 直等 (16)
闪锌矿的化学成分特征及其地质意义.....叶庆同 (27)
西华山钨矿流体包裹体及其成矿作用的研究.....盛继福等 (44)
山东大汶口凹陷早第三纪蒸发岩系的地球化学研究.....徐其俊 阎东兰 (62)
内蒙某地斑岩型稀有金属矿床物质组分的研究.....丁孝石 白 鸽 袁忠信 (71)
北山铅锌黄铁矿矿床的微量元素地球化学特征.....宋学信等 (89)
表生环境中钨矿物的风化分解及钨次生富集过程的模拟实验.....毛景文 (96)
沙漠中的石英颗粒表面微结构特征王文璞 董光荣 (104)

物 探 方 法

- 广西珊瑚等石英脉型矿床岩石压电性研究姜 枚 王秀琨 王寅生 (107)
灵山一大茅山岩体深部产状的重力异常反演计算及地质解释刘光海 (115)

问 题 讨 论

- 华夏古陆的存在及其演化马开义 孙德梅 (125)
外生铀矿床累增成矿论张成宝 (133)
略谈我国红蓝宝石的成矿建造赵尔丰 (140)

所 内 科 技 动 态

《矿石学》上编脱稿,准备公开出版发行

广东大宝山多金属硫化物矿床中发现菌类化石

急用绘图软件已在M-150计算机上基本开发成功

面向经济建设,开展科技活动

BULLETIN OF THE INSTITUTE OF MINERAL DEPOSITS, CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES

No.2, 1985 (Serial No:14)

CONTENTS

- Discussion on Submarine Volcanic Activities and Polymetallic Ore-Formation of Paleozoic Rifted Geosynclines Bordered by Qinqi Uplift, Northwest China *Song Shuhe* (11)
- Study on the Interstratified Minerals in Weathering Kaolin from Wuxiangpo, Hebei Province.....*Zheng Zhi et al.* (24)
- Chemical Composition of Sphalerite from Pb-Zn Deposits in China and Its Geological Significance..... *Ye Qington* (43)
- A Study of Fluid Inclusions and Metallogenesis of the Xihuashan Tungsten Deposit*Sheng Jifu et al.* (59)
- Geochemical Characteristics of Cenozoic Evaporite Sequence in Dawenkou Depression, Shandong Province *Xu Qijun et al.* (69)
- A Study of Mineralogical Characteristics of Some Rare-metal Alkaline Granites in Inner Mongol Autonomous Region*Ding Xiaoshi et al.* (87)
- Geochemistry of Minor Elements of the Beishan Pb-Zn-Pyrite Deposit, Guangxi..... *Song Xuexin et al.* (95)
- Simulation Experiment on the Process of Weathering Decomposition of Tungsten Minerals and Supergene Enrichment of Tungsten...*Mao Jingwen* (102)
- Some Properties of Surface Microtextures of Quartz Grains from the Desert..... *Wang Wenying et al.* (105)

Geophysical Prospecting

- An Investigation into Piezoelectricity of Rocks from Shanhu and Some Other Quartz Vein Type Deposits.....*Jiang Mei et al.* (114)
- The Occurrence Mode of the Lingshan-Damaoshan Granite Body at Depth As Calculated by Means of Inversion Technique of Gravity Data and Its Geological Interpretation *Liu Guanghai* (123)

Discussions

The Existence and Structural Evolution of the Huaxia Shield

..... *Ma Kaiyi et al.* (132)

On Accumulative Ore-Formation of Exogenic Uranium Deposits

..... *Zhang Chenbao* (139)

A Brief Discussion on Ore-Bearing Formation of Ruby and Sapphire in

China *Zhao Erzhang* (144)

Academic Activities in the Institute

Volume One of Mineral Deposits will soon be issued

Fungus fossil was discovered in the Dabaoshan Polymetallic sulfide deposit, Guangdong province

Urgently-needed map-making software was successfully developed on M-150 computer

Conducting Scientific and Technical Activities in Connection with Economic Construction

甘陕境内秦祁地轴两侧古生代断陷 地槽海相火山活动与多金属成矿的探讨

宋 叔 和

(矿床地质研究所)

一、前 言

海相火山活动属岩石学研究范畴,多金属(Cu、Pb、Zn和Pb、Zn)成矿作用属矿床地质学研究范畴,但二者关系密切。有经济价值的岩石——矿石,由矿床学家重点研究,而与矿石相伴的岩石组合则亦是岩石学者不可忽视的研究内容。

矿床学或称矿床地质学^①作为地质学基础学科分支之一,简言之,它是研究近代具有经济价值的金属、矿物及其集合体的富集作用和其形成地质背景以及分布规律的学科。从地质意义上讲,矿石是某些特定的地质作用的产物,它严格服从某一地区的独具特点的地质历史发展;从经济意义上讲,国外许多国家强调矿石是商品,它的经济价值是由其质量、选冶性能、数量、开采工程条件、交通位置、运输条件、成本核算、国际市场上的竞争能力以及国家储备要求等多种因素来决定的。所以,国外一些国家对这门学问又称其为矿床地质学(MINE GEOLOGY)或矿石地质学(ORE GEOLOGY)^②。

矿床地质学在一定范围内,它属于自然科学和社会科学之间的边缘学科——地质经济学。

对矿床成因的新认识,多基于不断的新的地质观察和认识,新的有代表性的微观测定数据的积累和在地质基础上的合理解释,以及对已有全部地质资料的不断地全面总结和与类似的国内外研究的比较详细的矿床的对比。三十年代前,国外矿床学论述某些金属矿床成因时,与中、酸性侵入岩浆有关的热液说占上风,四十年代后,某些矿床的形成与火山活动有关,这一问题才同样受到重视。

我国对一些地区金属矿床成因的认识,也有类似的变化,例如对出现于著者六十年代命名的秦祁地轴^[8]南侧北秦岭的上古生代多金属矿床的成因,直至五十年代,甚至更晚的一些普查区测地质工作者,还多将其归属于与侵入岩浆有关的中低温热液裂隙充填交代作用。近期许多矿床则已多被认为属于与海相火山活动或热卤水活动有一定关系的层控多金

① 西欧多用MINERAL DEPOSITS一词,法国曾创 GITOLOGIE一词,美国则多用 ECONOMIC MINERAL DEPOSITS或ECONOMIC GEOLOGY等词。

② 矿石数量和规模大小的概念,国内外不尽一致,例如欧洲一些国家所指的矿床矿石数量一般是少数证实的储量,由近地表较密的勘探工程控制,而多数矿石数量则是稀疏工程控制的可能储量,所以在比较矿床规模时,如不是同等的勘探程度很难对比。

属矿床。但是与秦祁地轴北侧被公认为下古生代海相火山活动有关的多金属矿床相比,因含矿石系未见明显的熔岩,宏观上看凝灰岩亦不显著,故对其成因还有不同的看法,如认为金属来源可能有二,即陆源和热卤水;成矿可能经历了沉积—变质—岩浆热液叠加多种作用;矿床“在成因方面具有多来源、多阶段及多种成矿作用参加的多因成矿特点”等^[2]。

笔者曾在此海相岩系分布地带作过一些概略性的地质观察和一些矿床的调查,并对其中有成因争议的矿床含矿围岩作了一些镜下观察,深感受秦祁地轴控制的在北祁连断陷地槽和北秦岭断陷地槽内形成的多金属矿床,虽然各具特征,但在地槽形成、含矿岩段的岩石组合以及矿石矿物组合等方面有一些类似的地方,值得对它们进行对比研究,探讨它们的金属来源和形成的地质环境的异同。

这类多金属矿床成因问题,是国内外长期研究但认识远不一致的老问题。著者认为,介绍并探讨一下北秦岭、北祁连一些多金属矿床的区域地质背景,从矿床含矿岩段岩石组合的岩类学上,特别是矿体下盘岩组特征上,分析矿质的可能来源,对对比世界上同类矿床,研究探讨它们某些类似的形成规律,可能是有一定参考意义的。

二、海相火山活动常形成从次火山岩至喷出 沉积—完整岩石系列

众所周知,火山作用是指岩浆和其所含气液沿断裂上升到海底,发生喷溢随后沉积的作用。对海相火山活动的研究,在一些地区,过去我们可能较侧重了熔岩流和喷发旋迴的研究,近期则同时重视了潜火山活动产生的次火山岩体的研究,但对喷出沉积作用形成的往往是多金属矿体的直接围岩——凝灰质沉积岩类则往往注意的不够或未作较详细的岩性划分和研究。

国内外许多岩石学家常将火山岩分属于拉斑岩、钙碱性岩和碱性岩三类。就常出现于大陆边缘断陷地槽的海相火山岩的化学成分和岩石矿物组合特点来说,本著者趋向于将富含钠和(或)富含钾(交代钠长石)的海相火山岩,单独从钙碱性岩类中分出,称之为偏碱性火山岩^[1]。

就出现多处矿化的北祁连火山岩系而言,其中钙碱、偏碱性岩占多数,碱性岩则被发现的不多。甘肃区域地质调查队^①于北祁连永登一带发现的碱性岩,被认为是属于玄武岩浆分异、是火山活动旋迴的终结产物,这是很可能的。因为这个经过进一步分离结晶作用形成的富碱质岩浆残余流体,如果氧化硅不充足,则不能形成长石,部分只能形成白榴石。

偏碱性海相火山岩指的是细碧岩、细角岩、角斑岩和石英角斑岩,与其成分相当的次火山岩——钠辉绿岩、钠长斑岩、石英钠长斑岩和凝灰岩,以及含一定数量的偏碱性长石、石英晶屑的凝灰质海相沉积岩。以上是出现于含多金属矿床海相火山岩系的完整的岩石系列。但不是所有含矿床的火山岩系都具备这一完整系列。在许许多多金属矿床的含矿火山

① 据李效文、胡守智1979年资料。

岩组中,最常见的是次火山岩、凝灰质岩石和凝灰岩,特别是后二者最常见。它们往往覆于地槽初期沉积的正常硅质泥质岩层之上,是一个由静到动的地质构造环境。随着地槽断裂切割的深浅,可以出现厚基性岩流,亦可仅出现微弱的基性岩流。早期含矿的火山活动往往属富挥发分的偏碱性中、酸性岩浆活动,初期多为或近乎为爆发式,随之是次火山活动,最后(如果出现时)往往是较大范围的裂隙式基性岩流的喷溢。但酸性岩浆和基性岩流二者可能非同源,因此不一定相伴出现。

在地槽带海相沉积岩中,距火山活动不远处可以含不等量的火山碎屑物质,少于50%者算凝灰质岩石,多于50%者算层凝灰岩,二者常呈过渡^[7]现象。火山碎屑物的胶结物可以是泥质、硅质,也可以是大量的钙质或钙质泥质物。常常出现于含矿岩组之中的比较突出的凝灰质岩石是硬砂岩,是火山活动中心边部拗陷处的火山物质与泥质钙质物混合快速沉积的产物。著者现举北祁连多金属矿带外围一未蚀变硬砂岩实例,说明硬砂岩类的一般结构成分特征。当然,因为这类岩石属于来源于火山喷发沉积岩,原岩成分不同、沉积时混杂非火山物质成分不同,岩性变化还是比较大的。此岩石(照片1)主要是由绢云母和一些绿泥石以及碳酸盐矿物组成的,在其中散布以棱角状钠长石等酸性斜长石和石英碎粒。在绿岩化浅变质作用中,长石和石英往往被绢云母和碳酸盐交代呈微锯齿状边缘。硬砂岩的泥质碳酸盐等增多时,就过渡至次硬砂岩。次硬砂岩、硬砂岩、凝灰质岩石常常是海相火山岩型多金属矿体的直接含矿岩层。详细研究含矿岩段的岩石组合,确定出矿体赋存于什么岩石中或岩层中,是否是正常的沉积岩石,物质导源于古陆、地台,还是导源于海底火山喷发-侵入隆起带的凝灰岩和硬砂岩等凝灰质岩石,对探讨矿床的成因亦可以起到一定作用。例如同是海相凝灰质岩,如果其中具有较大的石英、酸性长石斑晶晶屑,则一方面说明火山活动距沉积拗陷区不远,另一方面说明火山岩浆属于石英角斑岩浆,即富水的近地表的喷发-次火山岩浆;如果主要是小颗粒酸性斜长石,不具有较大石英斑晶晶屑,则一方面说明凝灰质岩沉积拗陷区距火山活动中心可能远些,另一方面说明火山岩浆可能为中性,属角斑岩浆或石英角斑岩浆。

三、类似的断陷地槽带常是形成类似的多金属矿床的基础

秦岭和祁连山均是延展逾千公里的地槽褶皱山系。众所周知,在此山系内已找到多处金属矿床,在北秦岭、北祁连断陷地槽内并发现了多处与火山活动有关的多金属矿床。为了说明它们的形成特点,著者仅选择走向近东西转向北西北部的中部地段(甘、陕、青三省相邻地带)作为实例,探讨出现于其中的控矿地质条件(图1)。

(1) 秦祁地轴和两侧古生代地槽的形成

北秦岭及祁连地槽可能均是在前寒武纪基底上由于断陷而发展起来的。在它们之间的秦祁地轴的北侧,仅发育一加里东祁连山优地槽和一可能与其平行的东秦岭西部优地槽带(图1、B),而在其南侧出现于甘、青境内的则不只一个地槽带和窄的隆起带,例如柴达木盆地北缘的绿梁山-锡铁山加里东优地槽和拉脊山优地槽(图1、A),就是平行的两个地槽带。

总的说,在太古代变质岩系的基础上比较广泛地发育了元古代的特别是晚元古代的含

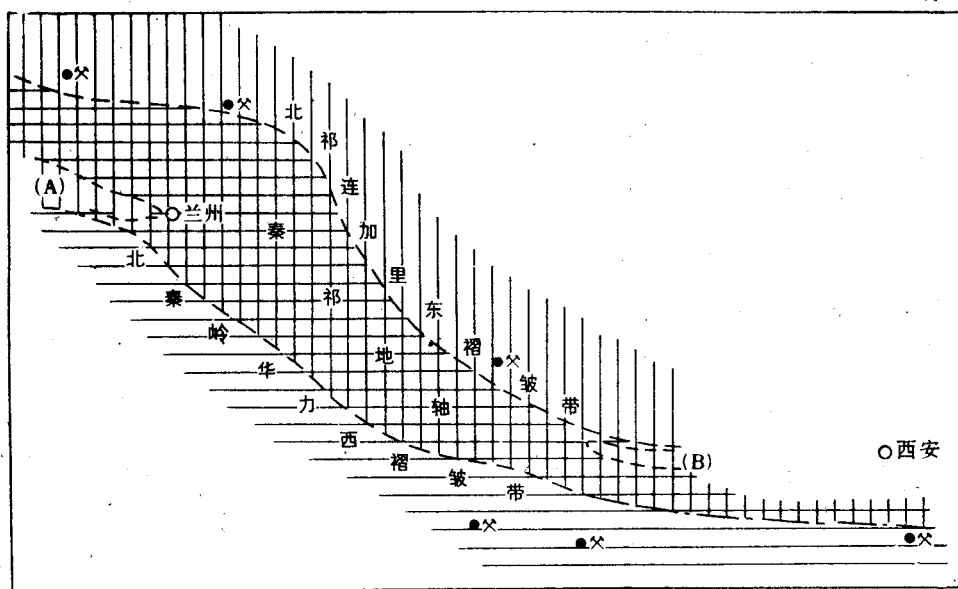


图 1 秦祁地轴及其两侧古生代地槽褶皱带和一些多金属矿床分布示意图

Fig. 1 Palaeozoic geosynclinal folded belts bordered by Qinqi Uplift and distribution of some polymetallic ore deposits.

(A—拉脊山加里东褶皱带；B—东秦岭西端加里东褶皱带)

海相火山岩系的褶皱带，在此基础上又断陷形成许多近乎平行、长短不一的古生代地槽带和其间的规模不一的隆起带，就中以秦祁地轴隆起带最具规模，它控制了边部地槽带的形成。地轴主要是由时代可能相当于中晚元古代的浅变质岩组成。不整合于其下的现在仅见如甘肃马衔山和刘家峡一带的时代可能为早元古代或更老的变质较深的岩系。中晚元古代变质岩系可以出露于甘肃兴隆山者为代表，它的层序是：最下部为流纹英安岩、安山岩、凝灰岩夹千枚岩等；下部为玄武安山岩、安山岩、绿泥片岩；最上部为白云岩层。这套浅变质火山岩系，在秦祁地轴向西向东延展地带已被多处发现，在其中虽见有稀疏的黄铁矿化和夹有薄的赤铁矿层，但尚未发现有工业价值的金属矿床。

秦祁地轴边部断陷形成的早古生代地槽，从断陷沉降初期，沉积有一定厚度的泥质硅质岩石，后来中寒武世的海底火山活动开始。以白银矿区为例^[1]，早期海底火山活动多属偏碱性中酸性喷发-次火山活动，往往分别集中于一些地区，规模一般不大，而至早奥陶世和中奥陶世时，海底基性火山活动加强，形成分布较宽的岩流。晚奥陶世和早志留世的火山活动减弱，但喷出仍以中、基性岩浆为主。伴随奥陶纪玄武安山岩岩浆活动，但时间稍晚的是基性和超基性岩浆的侵入活动^[4]，它们可能同属于地幔橄辉岩浆并在其部分熔融时，形成了基性辉长岩浆沿深断裂先上升，随之是斜辉辉橄岩浆等的上侵。这样北祁连断陷地槽演化过程中，总的说发生了两个阶段的岩浆活动，早期的偏碱性酸性为主，后期以基性、超基性为主。

形成明显对照的是在北祁连沉积泥盆纪山麓相砂岩、砾岩时，与南、北祁连早古生代

褶皱结合在一起的秦祁地轴隆起的南侧则断陷形成中泥盆世北秦岭地槽。海侵伴随比较微弱的中、酸性喷出-次火山活动,有些类似北祁连早古生代地槽的早期,断续沉积了夹凝灰岩的凝灰质岩以及大范围的正常泥质、钙质和砂质岩层。晚泥盆世时,地槽升降波动较大,沉积建造已属海陆交互相,结束了含火山活动的所谓“优地槽”的阶段。

(2) 北祁连、北秦岭的类似的成矿地质条件

前已述及,北祁连、北秦岭虽均属秦祁地轴所控的断陷地槽,但形成时代不同,火山活动亦有差别,表面上看矿床的金属富集程度亦有分别。是不是二者就毫无共同之处呢?从以下几方面地质成矿特点上分析,至少在矿质均导源于早期海相火山活动上和均产于凝灰岩层中看,是有共性的,现探讨于后。

(a) 断陷带控制了两者较厚的喷出-沉积建造 两个地槽拗陷形态均不对称,它们在较靠近秦祁地槽隆起边部沉降较深,但远离秦祁地轴的地带则沉降不深,沉积厚度亦不大,而且缺乏火山物质。近地轴地带,早期沉积均很厚;北祁连连同火山岩、寒武、奥陶系厚度可达16,000米以上;北秦岭中、上泥盆统厚亦达17,000余米^①〔3〕;主要含矿岩系的中寒武统和中泥盆统各自厚亦在5,000米以上。说明早期地槽沉降较深,快速堆积了大量海相泥质、硅质和钙质物质,同时在海底火山喷发中心及其附近相对拗陷地区沉积了大量的火山物质。

(b) 含矿段火山岩石组合的特点 北秦岭的火山活动缺少明显的基性岩浆的裂隙喷发,所以研究秦岭地质者多将其视作“冒地槽”。实际上通过一些含矿段岩石的详细研究,许多地质工作者已发现北秦岭许多矿床围岩含凝灰岩^②〔2〕。1982年韩发、葛朝华为了对比研究层控矿床,曾去大西沟矿床参观,在含矿岩系剖面中采集的岩石标本,通过镜下观察,证明了前人的看法,确有含火山物质的岩石。如果能从区域上研究这类凝灰质岩石的分布和矿化的关系,对探讨多金属矿质来源可能有帮助。在前面(一)已经提及,这些凝灰质岩石从肉眼观察和硅酸盐分析上很难与正常海相沉积岩分别开,必须用中、高倍镜进行研究,才能确定在含矿岩段中赋存一定数量的海相火山喷发物质。

我们可以举北秦岭大西沟多金属矿床的几个称为绿泥绢云千枚岩的例子(D-40、D-17)说明之。

D-40从手标本上看,可以称为条带状绿泥绢云千枚岩,显微镜下观察,在宽约2厘米的岩石薄片,从一侧至另一侧,许多互层中就包有一定数量的火山碎屑物质。现依次说明各薄层特点如下:

- | | |
|---|-------|
| (i) 绢云-绿泥石千枚岩质薄层 | 0.6毫米 |
| (ii) 绿泥石扁豆体,含少量石英、绢云母及酸性斜长石 | 1.0毫米 |
| (iii) 绿泥-绢云千枚岩含少量石英和酸性斜长石 | 5.0毫米 |
| (iv) 次硬砂岩或称为凝灰质岩扁豆体,由不规则状石英、酸性斜长石组成,其间以绢云母和碳酸盐(照片2) | 2.0毫米 |
| (v) 绢云母千枚岩,含少量石英和酸性斜长石颗粒 | 2.0毫米 |
| (vi) 绢云母千枚岩夹类似(iv)的但碳酸盐加多的次硬砂岩扁豆体(1.2毫米宽) | 1.7毫米 |

① 据翟毓沛1979年资料。

② 据董映碧1979年资料。

(Vii) 绢云千枚岩薄层	2.0毫米
(Viii) 绢云千枚岩夹薄(0.5毫米)次硬砂岩扁豆体	2.7毫米
(ix) 绢云—碳酸岩层	2.0毫米
(X) 细绢云千枚岩薄层	1.0毫米

上面描述的岩石,总的说可以叫作钙质绿泥绢云千枚岩,但应指出它夹有凝灰质薄层,千枚岩本身也有火山物质混入而且凝灰质薄层见于许多绢云千枚岩和钙质绢云千枚岩中(D-21, D-31)。这些凝灰质薄层和长扁豆体,主要是由酸性斜长石、碳酸盐和很少的石英组成,沿片理方向并有稀疏的黄铁矿排列。由长石、碳酸盐、石英组成的集合体可以达到 0.8×1 平方毫米(照片3、照片4)。

矿化岩石也显示类似的矿物组合和结构特征。现以标本D-17的薄片为例,镜下观察,在2.4厘米宽度内,岩石可分成六层,特征如下:

(i) 绢云-石英千枚岩薄层,浸染以极细的黄铁矿粒	1.0毫米
(ii) 由酸性斜长石、碳酸盐和少数石英组成的薄层浸染以黄铁矿颗粒,亦见少数不规则脉状黄铁矿	2.0毫米
(iii) 绢云母千枚岩中散布少数酸性斜长石并夹有类似(ii)的薄扁豆体。浸染以稀疏黄铁矿	2.0毫米
(iv) 类似脉状矿化层,中部为颗粒稍大之方解石和石英,其中偶包有小颗粒斜长石及石英。沿矿物边缘见少许方铅矿和黄铁矿;边部为类似(ii)的薄层,其中浸染以黄铁矿颗粒,方铅矿少,有些黄铁矿呈细脉横切片理	5.0毫米
(v) 石英-绢云千枚岩夹薄层(ii),沿后者有黄铁矿浸染	3.0毫米
(vi) 含一些酸性斜长石和少数石英颗粒之碳酸盐薄层,其中浸染以颗粒较大的黄铁矿,有些不规则脉状黄铁矿,偶见细粒方铅矿	5.0毫米
(vii) 石英-绢云千枚岩薄层与酸性斜长石、少数石英和碳酸盐薄层以及碳酸盐为主的少数石英和酸性斜长石薄层呈互层,在后者的边部沿片理浸染以颗粒较大之黄铁矿及很少的方铅矿	6.0毫米

从硫化物在层中可以形成细脉,并横切层理(照片5),它们是以热液状态流动,并非简单的矿物堆积。在上述凝灰质扁豆体和薄层中,未见较大的石英斑晶晶屑,石英颗粒少,而以斜长石为主,斜长石亦非牌号很低。因此根据粒径较小,推测其沉积区距火山喷发中心稍远,火山活动性质可能为角斑岩浆活动或以富长石的石英角斑岩浆占优势。

(c) 同为赋矿的海相凝灰质岩石,但北祁连的沉积拗陷区距熔岩一次火山活动带较近。火山岩浆性质亦有一些差别,主要为富石英斑晶的石英角斑岩浆,这样在矿化和结构上就有一些差别,现举北祁连折腰山矿床为例描述于下。

折腰山矿床的赋矿岩石,过去简化为一层,统称为中粒石英角斑凝灰岩,实际上岩石组合并不简单,除去现倾斜矿体上部夹有很明显的碳质千枚岩外,在邻近块状矿体的边部细脉浸染矿化带中,也夹有一层凝灰质千枚岩(图2,标本编号5),这层凝灰质千枚岩主要由细粒碎石英和绿泥石组成,但散布于其中的较大的石英晶屑则相对集中成带,使岩石微显互层状。本岩石虽已微显绿泥石化和偶见的斑点状碳酸盐化,但未见矿化。

图2中除6、7、8、12号块状含铜硫化物已不易分辨出原岩特征外,其它1、2、3、4、9、10、11、13号标本,虽均已不同程度地蚀变,甚至于矿化,但仍能辨别其原岩性质如

下:

标本1号 为中粗粒绢云母化甚强之石英角斑凝灰岩,并显绿泥石化。岩石显搓碎现象,长石已全蚀变无残留部分。石英晶屑大小不一,大者可达 4×2 毫米,小者 1×1 毫米,大者仍多残留熔蚀现象。沿绢云母化展布方向有细粒浸染的黄铁矿化。黄铁矿颗粒很细,一般在0.05毫米以下,亦散布于搓裂的石英晶屑间,说明形成晚于搓裂蚀变。

标本2号 为细粒绢云母化甚强之次硬砂岩,并且硅化和碳酸盐化(斑点状)。同上,亦有极稀疏浸染的硫化物。硫化物颗粒亦极细。散布于绢云母石英基质中之石英晶屑较细,大者直径亦小于0.5毫米。由于蚀变,长石均未能保留。

标本3号 为强绿泥石化细粒石英角斑凝灰岩。其中石英大晶屑(直径1—2毫米)较少,有些类似次硬砂岩。岩石碳酸盐化明显,碳酸盐矿物呈斑点状,一般直径在2—3毫米以上。绢云母化在局部地区亦较强,但硫化物非常稀少。

标本4号 为强蚀变绿泥石化细石英角斑凝灰岩。与上不同处是大于1—2毫米的石英晶屑较多,碳酸盐化亦呈斑点状,但比3号标本少,大颗粒的硫化物(黄铁矿为主)则以浸染较多,颗粒直径一般可达0.4毫米以上,但亦有非常细的黄铁矿晶体。

在标本3、4赋存带内有脉状黄铜矿出现,连同浸染状矿化构成本矿床重要的细脉浸染状铜矿体。

标本5号 前已述及为凝灰质千枚岩。

标本6、7、8、12号 为块状含黄铜矿黄铁矿体。

标本9号 为强绿泥石化细粒石英角斑凝灰岩夹绿泥石化凝灰质千枚岩或次硬砂岩薄层。凝灰岩中的石英晶屑一般在1毫米直径左右。在石英角斑岩和次硬砂岩之间出现一宽3—4毫米之强碳酸盐化、绿泥石化带。切穿碳酸盐矿化带有密集浸染近乎脉状的硫化物细脉。矿化过渡浸染至凝灰岩中(照片6),但颗粒较大的硫化物未出现于次硬砂岩中。标本9号位于细脉浸染状铜矿带向蚀变带过渡部位。

标本10号 强蚀变细粒石英角斑凝灰岩。岩石中石英晶屑大者不超过1.5毫米。岩石硅化、绿泥石化比较明显,并有石英脉穿插。碳酸盐化不如以上岩石发育,无矿化。

标本11号 硅化细粒石英角斑凝灰岩。岩石的石英晶屑较10号多,与其不同处是伴强硅化处黄铁矿化明显。浸染状硫化物颗粒大者直径可达1毫米,一般亦在0.2—0.5毫米左右,密集时近乎脉状。同上述岩石,绿泥石化明显,绢云母化和碳酸盐化较轻。

标本13号 类似标本1号,为中粗粒绢云母化甚强之石英角斑凝灰岩。岩石略显硅化、碳酸盐化(斑点状)和绿泥石化。长石已全蚀变无残留部分。石英晶屑大者可达3毫米,一般亦在1毫米以上。有极稀疏的微粒黄铁矿浸染。

13号标本采集处之北,岩石从绢云母化逐渐过渡到蚀变浅的中粗粒石英角斑凝灰岩,岩石中保留有微绢云母化的钠长石晶屑,已不具其它蚀变现象。

从上述赋矿岩石组合,可以看出以下几个地质特点:

(1) 矿体和矿化带不赋存于中—粗粒蚀变石英角斑岩和其凝灰岩中,尽管它们也遭受了轻微的绢云母化蚀变作用,而是赋存于细粒强蚀变的石英角斑凝灰岩夹多层凝灰质千枚岩、次硬砂岩等凝灰质岩层中,它们代表在熔融岩浆喷溢的间歇期,于其边部拗陷带沉积的细粒凝灰岩和凝灰质岩层。

(2) 以块状含铜黄铁矿体为中心,两侧略显对称蚀变现象,如1、13号标本岩石为绢云母化较强的中—粗石英角斑凝灰岩,而2、11号标本则为绢云母化、硅化、微显碳酸盐化的细粒石英角斑凝灰岩和次硬砂岩;再向内部则属绿泥石化、碳酸盐化明显的细粒石英角

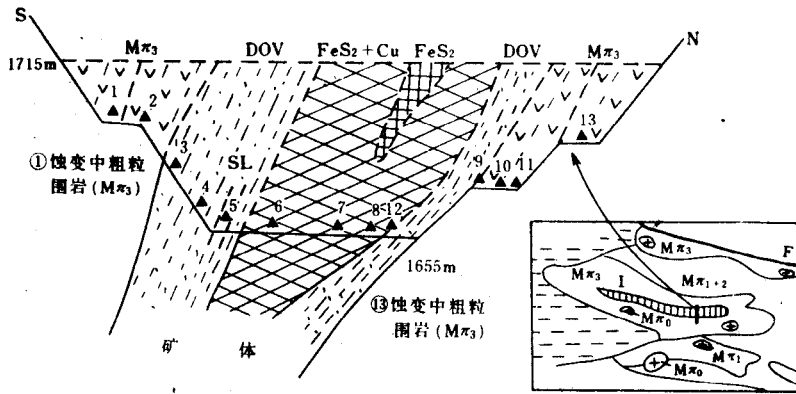


图 2 折腰山露天采场(V行剖面)岩石和矿体示意图

(水平标高1665米, 1984)

Fig. 2 Geological section of V prospecting line of the Zheyaoshan open-cut mine showing locations of orebody and Volcanic rocks.

FeS₂—块状黄铁矿; FeS₂+Cu—块状含铜黄铁矿; Dov—细脉浸染状黄铜矿—黄铁矿带; Mπ₃(1、3)—中粗粒强绢云母化石英角斑凝灰岩; 2、3、9—绢云母化基强之次硬砂岩、强绿泥石化次硬砂岩和强绿泥石化细石英角斑凝灰岩夹次硬砂岩薄层; 5—凝灰质千枚岩; 4、10、11—强绿泥石化细粒石英角斑凝灰岩、硅化绿泥石化细粒石英角斑凝灰岩; Mπ₀—石英钠长斑岩; Mπ₁—石英角斑岩; Mπ₁₊₂—石英角斑岩熔岩夹石英角斑凝灰岩; F—断层(标本及剖面由周世德等赠给)

斑凝灰岩, 并夹一些薄层的凝灰质千枚岩或次硬砂岩强蚀变带, 它们也就是细脉浸染矿化最强的部分(9、3、4), 因此显示了一个从轻微绢云母化至强绢云母化、强硅化、强绿泥石化、碳酸盐化的蚀变分带现象。

(3) 从蚀变矿物组合上看, 虽然比北秦岭一些矿床矿化带蚀变深些, 但是仍未越出中温热液蚀变范畴。

(d) 北秦岭北祁连许多矿床与海底火山活动有关, 它们的矿体主要赋存于凝灰质岩层中, 已如上述; 另伴金属矿化的重晶石化和黄铁矿化虽然程度不同, 但比较普遍, 也是海相火山岩型多金属矿床的另一大特征。

解放前, 当时由王日伦领导的西北地质调查分所, 就曾对北秦岭和北祁连一些古代已开过的矿床作过调查研究。当时白银厂是作为产制硫酸原料——黄铁矿而知名的, 北秦岭成县一带矿床则是以产重晶石供玉门油矿使用而出名的。四十年代前西北地质调查所乔作轼等人对后者的重晶石和多金属矿床就进行过普查和研究, 并写有报告。因为这类矿床矿点等往往断续分布甚长, 矿石多含银, 所以我国古代, 特别是十四世纪以后明清时代, 就对北秦岭、北祁连的多金属矿床进行过银、金、铅、锌等的开采, 并用金属名称命名矿山如北秦岭的铅铜山、锡铜山(古时称铅亦称为锡)、银铜子和北祁连的白银厂、石青铜、南祁连的锡铁山等。留下的许多矿洞为后来的地质普查、区域地质填图和勘探, 提供了有益的找矿线索。这些断续成带分布的旧矿点、特定的含矿岩石和某些地层, 也为进一步探讨它们的形成和分布规律打下了基础。

世界上其它类似火山岩型多金属矿床分布带的开发有类似的发展史, 例如著者曾参观过的伊比利亚黄铁矿带的葡萄牙部分, 就是在古人开采遗迹上, 经过多阶段普查勘探才获

得现在的成就^[10]。他们的普查勘探是在区域地质调查比例尺不断加大的详细地质研究的基础上进行的(全国1:5万图早已完成),因此能总结出矿床形成时期比较短,仅出现于早石炭世杜内期石英角斑岩浆活动减弱阶段,赋矿岩组主要为凝灰岩和凝灰质岩层。找矿对象也比较明确,利用国际上最新的物探方法在杜内期火山岩系中不断的测探研究,可以节省许多普查费用,而且容易见效。

四、矿质来源和成矿作用探讨

成矿作用(ore-formation)一词的含义,据著者理解是指一种可以形成目前有工业价值的矿质集中作用(economic mineralization)。矿化(mineralization)是比较常见的地质现象,但经成矿作用(ore-forming process)形成的经济矿床(Economic mineral deposits)则是比较少见的。因此矿化现象可以连续,但成矿作用形成不了具经济价值的成矿系列。就是金属较富集,但由于矿石结构问题,如颗粒过细,硫化物本身或与石英等杂质难于分选开,也难于形成具经济价值的矿床。这种实例并不少见,国外突出例子是McArthur Riven多金属矿床^[9],此矿床矿石总量可达二亿多吨,锌铅品位依次为9.2%及4.1%,但就是由于矿石颗粒过细,方铅矿和闪锌矿据称也是目前中外利用的矿石中最细的,硫化物与氧化硅又常交织在一起,故成为选矿尚未过关的呆矿^[9]。葡萄牙Aljustrel矿床虽然总矿量相当大,在块状矿体中亦分布一些铜、锌等多金属,但由于矿石颗粒过细,多金属分布不尽均匀,在可选性试验以前,考虑到提取上的经济问题,至今尚未作为多金属矿石来开采,长期以来仅作为黄铁矿开采。

就与海相火山活动有成因联系的具经济价值的铜铅锌或铅锌多金属矿床而言,总的说,著者趋向于以下的认识,即在一定海水深度下海底火山喷发一次火山活动时,使分散在富水岩浆中的多金属富集,形成含矿热液后,在适宜环境中,适宜的物理化学条件下,有选择的在一定岩相内沉淀,形成矿床。

具体就北秦岭大西沟多金属矿床而言,它的矿化体呈多薄层状夹于含火山物质的泥质钙质岩层中。整个含矿岩组蚀变不深,绢云母千枚岩和凝灰质岩中酸性斜长石均较新鲜。硫化物沿长石和经常伴生的碳酸盐边缘分布,说明它们是同时但形成时略有先后。硫化物对酸性斜长石和碳酸盐矿物有包裹溶蚀现象,呈网脉状的硫化物多不越出凝灰质含矿层(照片6),更说明凝灰质岩沉积和出现于其中的矿化沉淀时期相近。多层凝灰质岩的出现,说明火山活动延续时间不短,火山晶屑的普遍存在,而且能集中成薄层,说明火山活动中心距沉积拗陷部位不是很远,晶屑以酸性斜长石为主,说明火山岩浆性质近乎中酸性或酸性,但非具巨石英斑晶的酸性火山岩相。由其形成的含多金属的热液,可以搬运至一定距离的相对拗陷处,易溶于溶液之铅锌硫化物,在温度下降时才随着晶屑的沉积、沉淀最后填充于矿物颗粒的边缘。

北祁连折腰山矿床的形成,虽然亦与石英角斑岩浆活动有关,但矿化出现于紧邻熔岩一次火山岩带之边的凝灰岩夹凝灰质岩层中,它的特征就与大西沟不同,前者是矿化岩组不同程度的遭受热液作用,长石均已蚀变无存,而后者保存比较新鲜的长石晶屑。虽然折腰山赋矿岩层亦为凝灰岩凝灰质岩互层,但层的界限不够明显,就是较细的凝灰质岩即

次硬砂岩,亦偶夹较大的石英晶屑。次硬砂岩的石英颗粒多呈棱角状。石英斑晶晶屑与邻侧不远的轻蚀变的石英角斑凝灰岩、熔岩和次火山岩相似,因此可以认为赋矿沉积岩是石英角斑岩浆喷发间歇期,于侧边相对拗陷部位形成的;在其成岩期,次火山继续活动,由其提供的含矿热液,沿此易于渗透的凝灰质岩层上升沉淀而成矿。硫化物往往伴随较强的绿泥石化、碳酸盐化以及硅化作用。刘斌曾对折腰山矿体硅化形成的石英作过固体和流体包裹体的初步研究^[6],测得的温度(380—120℃)属中温。由于岩石蚀变较强,虽然矿化易出现于凝灰岩或富凝灰质的岩石中,但不受层间控制(照片6)。不论熔岩、次火山岩、喷出沉积岩均富含石英组分,而且石英斑晶往往较大,说明矿化作用与较酸性的石英角斑岩浆有关,含多金属的热液没有远距离的搬运,从侵蚀残留的矿体下部未见明显的铅锌矿化,均可作为依据。

以上总的说是不同的岩浆成分、不同的沉积环境所形成的凝灰质岩层亦有区别,出现其中的矿化蚀变特征和矿石结构亦不尽相似,虽然矿床和围岩同属于海底火山活动的产物。根据已知的地质现象和一些实验数据,成矿作用问题容易解决,但矿质来源则是长期探索不易取得一致意见的问题。例如研究伊比利亚黄铁矿带的地质学家,特别是葡萄牙的一些矿床学家^[10]引用西方学说,用海水热液变质模式(Sea water hydrothermal metamorphic model)来解释矿床物质来源。尽管许多矿床类似折腰山,具有明显的绿泥石化、硅化、碳酸盐化蚀变现象,而且下盘往往有网脉状矿体。更常见的现象是矿化岩石为含石英斑晶晶屑的凝灰质岩,其下或其附近旁侧有所谓的“粗粒块状酸性火山碎屑岩”、“伴巨长石斑晶的酸性凝灰岩”、“粗斑状长石凝灰岩”,但从这些岩石的少数薄片看,著者认为至少其中有的是熔岩或次火山岩,因为聚斑状和结晶基质结构明显,不具碎屑结构。所以这些同期稍晚的石英角斑岩浆活动,特别是富水岩浆活动是有可能提供含矿热液,于凝灰质岩层中形成热液蚀变和多金属矿床的,可以不必求助于海水对流形成热液。当然也不排除有海水混合到热液中,致使热液温度和化学性质发生一定变化。

参 考 文 献

- [1] 宋叔和 1982 黄铁矿型铜和多金属矿床(铜、铅、锌)——世界范围内一些主要矿带和矿床类型的对比及研究趋势 中国地质科学院矿床地质研究所刊 第3号(总第5号)
- [2] 周维君 1983 甘肃西成铅锌矿田控矿相模式刍议 沉积学报 第4期
- [3] 赵凤游 1981 论北祁连槽区的地史演化 地质学报 55卷2期
- [4] 周良仁 秦克令 1980 北祁连山超基性岩体接触变质特征及其地质意义 地质论评 26卷 第6期
- [5] 北祁连—北秦岭铜硫成矿带区划协作小组 1983 北祁连地区黄铁矿型矿床的基本特征简介 中国地质 第2期
- [6] 刘斌 1982 白银厂铜矿床石英中固体和流体包裹体的研究地质学报 56卷2期
- [7] Gerald, M. Friedman and Sanders, John E., 1978. Principles of Sedimentology. John Wiley & Sons. P. 142.
- [8] Song Shuhe, 1963. On the problem of the spilite-keratophyre formation of N. Chilianshan. Scientia Sinica, Vol. 12, No. 11.
- [9] The Sir Maurice Mawly Memorial Volume, 1980. Mining and metallurgical practices in Australasia. pp. 182-183.
- [10] M. J. Lemos De Sousa and J. T. Oliveira, 1983, The Carboniferous of Portugal. Memórias dos serviços Geológicos De Portugal.

DISCUSSION ON SUBMARINE VOLCANIC ACTIVITIES AND POLYMETALLIC ORE-FORMATION OF PA- LEOZOIC RIFTED GEOSYNCLINES BORDE- RED BY QINQI UPLIFT, NORTHWEST CHINA

Song Shuhe

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences)

Abstract

Several subparallel Paleozoic rifted geosynclines bordered by the Precambrian Qinqi uplift were developed during earlier and late Paleozoic periods. In these geosynclines submarine volcanic eruptions occurred in different intensities along the northern and southern margins of the Qinqi uplift. Contemporaneous with the volcanic activities, several tuff-hosted and sediment-containing tuffaceous material-hosted polymetallic ore deposits were formed, which were discovered and mined in ancient times dating back even to 14th century A. D. Among them the well-known ore fields are Baiyinchang, Honggou and some other pyritic copper-lead-zinc deposits and Daxigou, Xicheng and some other lead-zinc deposits. These two major ore fields in association with many other polymetallic mineral deposits constitute two metallogenic zones. They are called northern Qilianshan metallogenic belt and northern Qinling metallogenic belt respectively.

Through middle-scale geological mapping, detailed exploration and comprehensive studies of some of the mineral deposits, many valuable new stratigraphical, petrological and geochemical data concerning the ore formation have been obtained, but so far as their genesis is concerned, different or even opposite ideas such as volcanogenic, sedimentary and sedimentary superimposed by metamorphic and magmatic hydrothermal effects are proposed. This long-standing controversial problem is far from settlement.

From the author's own observation on some of the geological features of the ore deposits of northern Qilianshan, the microscopic identification of some country rocks, especially the tuff and tuffaceous rocks of some ore deposits,