

地质界面对桂中凹陷区铅锌矿床的控制意义

胡明安,徐伯骏,曹新志,张科

中国地质大学资源学院,湖北武汉 430074

摘要: 桂中凹陷大地构造条件特殊,其北为桂北台隆,与扬子地台接壤,其西与右江再生地槽连接,其东和南与大瑶山隆起相连。在区域性范围内,广西大部分铅锌矿床分布于桂中凹陷的边缘。其中,河池—南丹成矿带几十个大—中型和特大型铅锌铜矿床位于凹陷的西部及西北部边缘,在凹陷的东南部和东部边缘有武宣—象州成矿带的几十个大—中型和特大型铅锌铜矿床,在凹陷的南、北和东南、东北部边缘地带则连续分布着宾阳、贵县、锡基坑、北山、泗顶等若干个大—中型铅锌铜矿床。在矿区范围内,铅锌矿体主要产于不整合面附近、多组断裂的交汇部位、岩体的周围、沉积岩相变带、不同岩性接触面等。不论在宏观的区域范围内,还是在微观的矿区范围内,矿床的成矿作用和分布明显受到地质界面的控制,其主要特征与美国MVT铅锌矿床相似。地质界面是地球内部能量集中、汇集、传递、转化和释放的地带,是地球物质变化、活化、迁移和沉淀富集的部位,也是成矿作用发生的场所。桂中凹陷与周边地质构造单元接合处的地质界面是“MVT型”铅锌矿床形成的有利地段。

关键词: 地质界面;MVT型铅锌矿床;成矿规律;控制意义;桂中凹陷。

中图分类号: P61

文章编号: 1000-2383(2005)03-0353-06

收稿日期: 2004-10-14

Control Significance of Geological Surface for Pb-Zn Ore Deposits in Guizhong Depression

HU Ming-an, XU Bo-jun, CAO Xin-zhi, ZHANG Ke

Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: The Guizhong depression with special geotectology conditions is bounded on the north by the Guibei antiklise and the Yangtze platform, on the west by the Youjiang regenerated geosyncline, and on the east and the south by the Dayaoshan rise. In the region, most of the Pb-Zn deposits in Guangxi Zhuang Autonomous Region are distributed around the Guizhong depression. The ultra-large scale and large-moderate scale Pb-Zn ore deposits of the Hechi-Nandan metallogenetic belt lie on the boundary of the west and the northwest of the depression, the deposits of the Wuxuan-Xiangzhou metallogenetic belt lie on the boundary of the east and the southeast of the depression, and many deposits such as Binyang, Guixian, Xijikeng, Beishan and Siding lie on the boundary of the south, the north, and the northeast. In the ore district, the occurrences of the orebodies are controlled principally by different geological surfaces like the plane of unconformity, the contact of some faults, the periphery of magmatic rock, the site of sedimentary facies change, and the contact areas of diverse lithofacies. Whether within the region or within the ore district, the mineralization and distribution of Pb-Zn deposits are evidently controlled by the geological surfaces. The characteristics demonstrate that Pb-Zn deposits around the Guizhong depression are very similar to the MVT Pb-Zn deposits in the Mississippi Valley, USA (MVT). The various geological surfaces are the district of the transmission, concentration, conversion and release of energy within the earth, and are the place of the change, the activation, the transportation and the precipitation of the materials of the earth, and are the locale of the mineralization. The geological surfaces in the joint of the Guizhong depression with the peripheral geological structure units are the favorable districts of the mineralization of the MVT type lead-zinc deposits.

Key words: geological surface; MVT Pb-Zn ore deposits; metallogenetic regularity; control significance; Guizhong depression.

1 桂中凹陷周边地区的铅锌矿床

桂中凹陷北邻桂北台隆,西与右江再生地槽连接,其东和南均与大瑶山隆起相连.在晚古生代,桂中凹陷形成盆地沉积(广西壮族自治区地质矿产局,1985).据广西壮族自治区地质矿产勘查开发局2001年统计(内部资料),占全区铅锌矿床、矿点总数(579处)的60.35%、总储量的70.59%的铅锌矿床分布于桂中凹陷的周边地区(图1),具体分布如下:(1)凹陷的西部及西北边缘地区有河池—南丹成矿带的拉么、箭猪坡、铜坑、南丹、五圩、龙头山、巴茶、芒场、水落、三排洞、大福楼、长坡等铅锌(铜)矿床(点);(2)凹陷的东部及东南边缘地区有武宣—象州成矿带的古立、朋村、盘龙、花鱼岭、风门坳、官桥、九崖、乐梅、江城、司律、风沿、古富、邓来、石山、水村、路村、六峰山等铅锌(铜)矿床(点);(3)凹陷南部和东南边界有宾阳、贵县、凤凰岭、铝墨坑、锡基坑铅锌(铜)矿床(点);(4)凹陷的北部和东北边界有北山、万隆、古实、拉更、水文洞、上洞、下甲和下塘泗

顶、古丹、多菱弄、保安等铅锌(铜)矿床;(5)在桂中凹陷的东部边界有老厂、恭城等地的铅锌矿床.

铅锌矿床位于桂中凹陷区周边的拗陷区与隆起区的过渡地带,赋存于海西—印支期构造层与其下伏雪峰—加里东期构造层之间角度不整合面上部的泥盆系碳酸盐岩地层中.其中大多数属于与盆地热卤水有关的“层控型”(即MVT型)铅锌矿床,小部分为与岩浆热液有关的矽卡岩型矿床、热液脉状矿床和改造型矿床,其形成与分布明显受到地质界面的控制.

2 地质界面

在物理化学中,界面(surface)是指两相间接触的交界部分(段世铨和谭逸玲,1990).处于两相之间的界面是一个具有一定厚度的界面层,是从一相到另一相的过渡层,其结构和性质与相邻两侧的各种物相体的性质都不一样,故人们常将其称为“表面相”或“界面层”(李吕辉和张报安,1984;李葵英,1998).

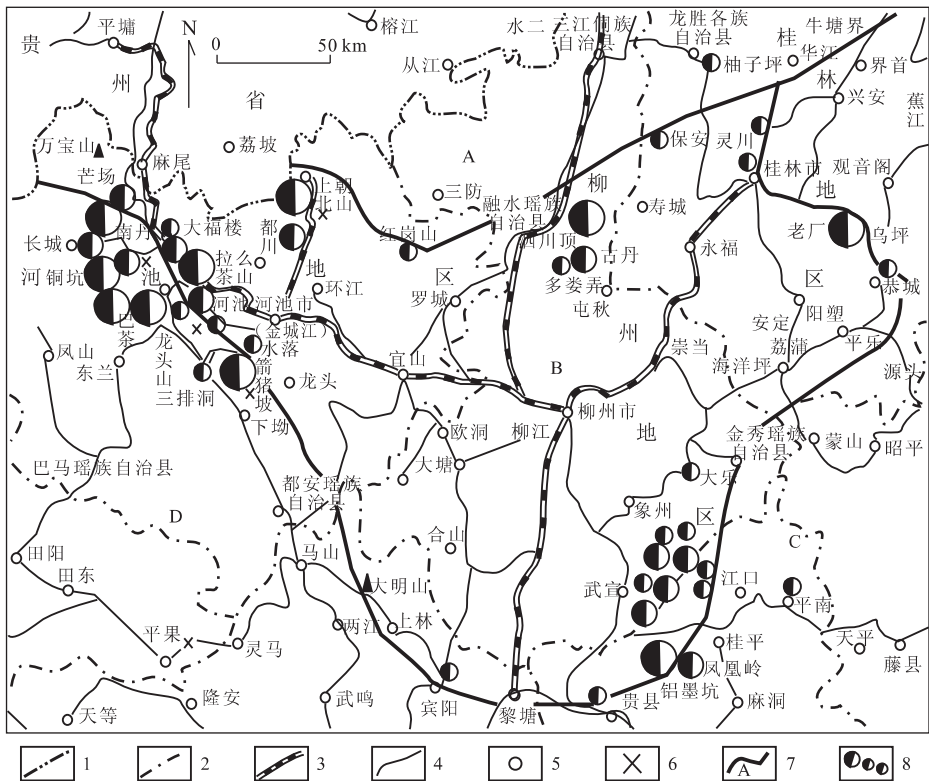


图1 广西桂中凹陷地区铅锌矿床分布示意(据广西壮族自治区地质矿产局(1985)、广西铅锌矿地质(2001)内部资料改编)

Fig. 1 Sketch of distribution of the Pb-Zn deposits in the Guizhong depression of Guangxi

1. 省界线; 2. 地区界线; 3. 铁路; 4. 公路; 5. 城镇; 6. 矿山; 7. 大地构造分区; 8. 大、中、小型铅锌矿床; A. 桂北台隆; B. 桂中凹陷; C. 大瑶山隆起; D. 右江再生地槽

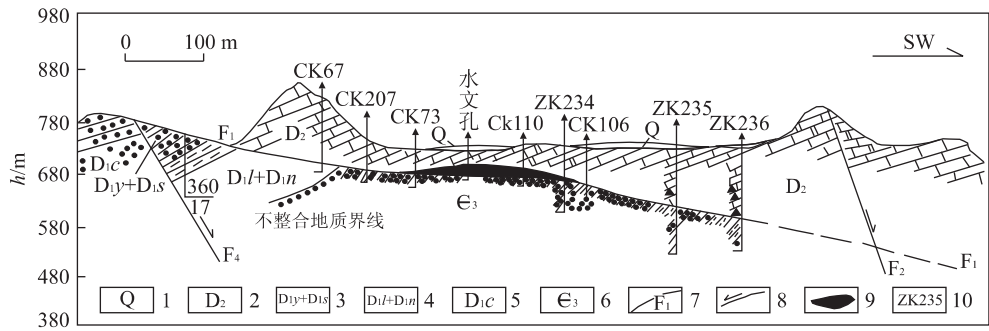


图 2 大新长屯铅锌矿床白缘山矿段剖面(据广西壮族自治区地质矿产局(1985)、广西铅锌矿地质(2001)内部资料改编)

Fig. 2 Profile of the Baiyuanshan district of the Daxin Zhangtun Pb-Zn deposit of Guangxi

1. 第四系; 2. 中泥盆统; 3. 下泥盆统郁江组、四排组(未分层); 4. 下泥盆统莲花山组、那高岭组(未分层); 5. 下泥盆统莲花山组; 6. 寒武系上统; 7. 断层及编号; 8. 平移断层; 9. 矿体; 10. 钻孔及编号

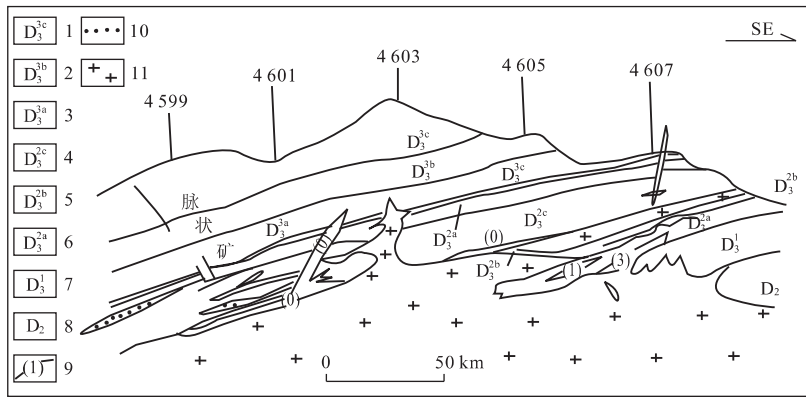


图 3 河池拉么(铅)锌铜矿床剖面(据广西壮族自治区地质矿产局(1985)、广西铅锌矿地质(2001)内部资料改编)

Fig. 3 Profile of the Hechi Lamé (Pb)-Zn-Cu deposit of Guangxi

1. 同车江组泥灰岩; 2. 同车江组炭质页岩; 3. 同车江组灰岩; 4. 五指山组小扁豆状灰岩; 5. 五指山组细条带状硅质灰岩; 6. 五指山组宽条带状灰岩、泥灰岩; 7. 榴江组硅质岩; 8. 中泥盆统泥灰岩; 9. 似层状矿体及编号; 10. 细脉带矿体及编号; 11. 花岗岩

这种不同物相的接触面,相对于其两侧的物相来说是一个突变界面,界面两侧的物相,其物质组成、物质密度、化学性质等一系列性质彼此之间均存在明显差别,界面实际上是一种发生物相变化的转换面。由于物化性质的巨大差别,因此在界面上常常发生复杂的物理变化和化学反应;或者说,自然界中各种物理化学变化最开始是从界面处发生的。在地质学上,界面两侧的岩石具有不同的岩性类型、不同的矿物组成、不同的化学成分、不同的结构构造。

地质界面既有微观的、中观的,也有宏观的。微观界面,如矿物的晶体表面、晶体内部的裂纹和裂隙、晶体的生长纹、矿物包裹体与其载体矿物的接触面;中观界面,如微细层理的层面,地层内部的各种结核、团块,岩体内的捕虏体、析离体和包体,变质岩内的眼球、杏仁,多期岩浆岩的接触面;宏观界面,包括以下各种类型:(1)边缘,指不同大地构造的边缘、

沉积盆地边缘、隆起边缘、古陆边缘、板块边缘。如图 1 所示,桂中凹陷西—西北部河池—南丹地区的铅锌矿床位于桂中沉积盆地的边缘与右江再生地槽的交接部位,处于扬子地台与华南褶皱带的交接地区(图 1);(2)接触带,指沉降区与隆起区的接触带,岩浆岩与沉积岩、变质岩的接触带,不整合面上下地层的接触带,整合面上下地层的接触带,沉积岩相变接触带。武宣—象州地区的铅锌矿床位于桂中凹陷与大瑶山隆起的边缘地带(图 1),大新长屯铅锌矿则赋存于 D_2/ϵ_3 不整合面上(图 2);(3)周围,指岩体、造山带、沉积盆地的周围(图 1)。河池—南丹地区的拉么铅锌矿床,其似层状、透镜状矿体围绕燕山期花岗岩岩体的周围呈环型分布(图 3);(4)两侧,指断层的两侧、多组断裂交汇处、裂隙系统发育地带。新华铅锌矿床中矿体产于 NW 向、NWW 向和 NNW 向 3 组断裂和节理系统的汇合部位(图 4);

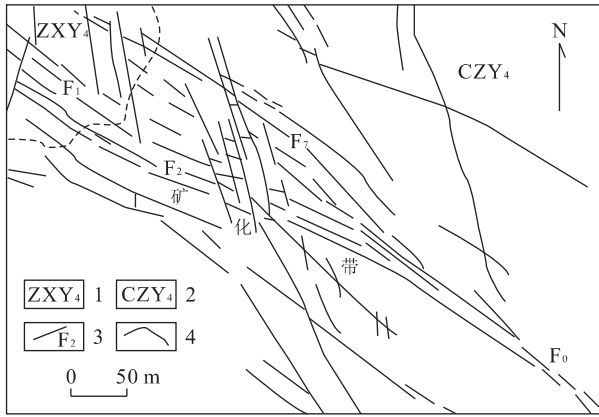


图 4 广西新华铅锌银矿床地质图(据广西壮族自治区地质矿产局(1985)、广西铅锌矿地质(2001)内部资料改编)

Fig. 4 Geological map of the Xinhua Pb-Zn-Ag deposit of Guangxi

- 1. 海西期中一细粒堇青石黑云母花岗岩; 2. 海西期中一粗粒堇青石黑云母花岗岩; 3. 断层及编号; 4. 岩相界线

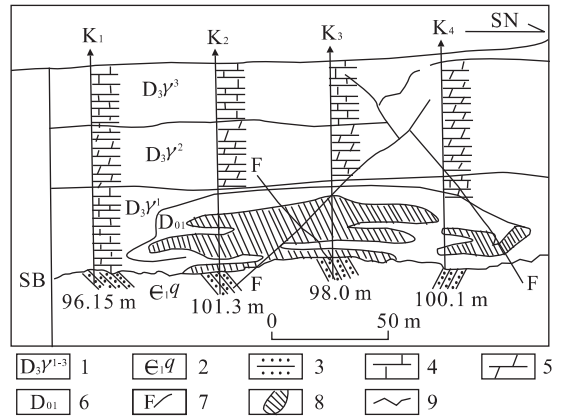


图 5 广西泗顶铅锌矿床 28 线 K₁-K₄ 钻孔剖面(据广西壮族自治区地质矿产局(1985)、广西铅锌矿地质(2001)内部资料改编)

Fig. 5 Profile of the 28th prospect line of the Siding Pb-Zn deposit of Guangxi

- 1. 融县组第一至三段; 2. 下寒武统清溪组; 3. 砂页岩; 4. 灰岩; 5. 白云岩; 6. 白云岩化带; 7. 断层; 8. 铅锌矿体; 9. 不整合面

(5)上下,指不整合面上下的地层,富含有机质地层的上下. 广西泗顶铅锌矿床的产出明显受到不整合面的控制,主要矿体即赋存于 D_3/ϵ_1 不整合面之上 0~160 m 的上泥盆统碳酸盐岩地层中(图 5). 孔隙度高、渗透性好的岩层,礁灰岩、层间破碎带,岩溶,古风化壳也是铅锌矿体赋存的可利部位.

3 地质界面的成矿机理

地质界面的成矿作用是构造—成矿作用的主要类型和重要方式,其发生和形成机理是一个极为复杂的过程. 界面成矿不仅仅涉及到单纯的成矿空间,它还涉及到物理的、化学的及生物化学的地质作用,其核心问题是构造界面和成矿流体的形成、演变、运动以及二者之间的耦合关系. 从流体成矿学的角度讲,地质界面对成矿作用的控制原理主要是构成“成矿地球化学障”:由于各种物理的、化学的、生物化学的以及地质的因素发生突然变化从而使得元素的迁移活动能力急剧变小并发生沉淀的有限地段都可以构成地球化学障.

各种地质界面是地质应力作用的产物,是各种地质应力作用集中的部位和构造活动的薄弱地带,是构成地球化学障的可利部位,因而也是成矿的可利场所. 但是,应力因素的这种化学效应是复杂的,它与界面的性质、规模以及与应力的性质、大小、力差、梯度、组合、序列、途径以及突变方式等密切相关.

界面是各种地质体的分隔面、接触面、交接面,一个被界面分隔开的地质体是一个单一的地质单元. 其内部的压力、温度、物质组成、流体含量、物化性质等方面均保持其本身的独立性和平衡性,即这个地质体可以被看作是一个均衡的体系. 这种均衡地质体系与其相邻的某一个地质体系之间,在其物质组成、物化性质、力学特点、温度、压力等方面均存在明显的差异. 而处于二者之间的界面,则是它们的过渡区和缓冲地带. 在这个界面两侧的岩石,由于浓度差、压力差、温度差、密度差等原因,发生种种物理化学变化,以期达到界面两侧地质体的地球化学平衡,而界面正是发生各种物化变化最强烈的部位,也是突变作用最明显的地区.

各种地质界面通常也是地球内部能量集中、汇聚、传递、转化和释放的地带,也是地球物质变化、溶解活化、萃取、运移和沉淀富集的可利部位. 从宏观上讲,各种地质界面也是应力释放、造成多种流体汇合和成矿反应的地段. 这些作用都是在界面上发生的. 应力因素是成矿作用的“驱动力”,因而应力因素又可称为“应力—化学因素”;或者说,正是界面的产生与存在,才有利于上述成矿反应的进行.

在这种特殊的界面构造背景下,在多个区域构造界面的结合处与过渡地区,形成地壳或岩石圈内部的应变转化带或构造“缺陷带”. 在界面处,应变因素的空间变化产生了巨大的负压力,形成了虹吸和抽提作用;因此,不论是地下水热液,还是岩浆热液、

变质热液,或深源流体,应变构造流体和围岩物质等,都趋向于朝向界面的应变区流动和汇集。界面处的应变化学作用不仅提供了流体迁移的空间和通道,以及成矿物质停积、聚集的场所,而且由于应变作用导致物理、化学环境与物质环境产生巨大变化,产生更大规模的化学作用,从而引起界面及其附近物质的活化、迁移。各种热液矿床多分布在构造最发育的界面上,其原因之一便是这种应变的化学作用的结果。

根据对全球铅、锌等 15 个矿种近千个大型、超大型矿床的统计分析(翟裕生等,1997),发现有 95% 的矿床呈面状或线状分布在板块构造的边界地区以及前寒武纪地壳省中,体现了“大陆边缘成矿作用”的特点。古大陆的边缘界面在漫长的地质演化中,一般都经历了多种构造格局的演变,包括多期多次的“开”与“合”的作用过程,是一种重要的活动性地质界面。在这种大地构造的过渡地带,构造分带和变形分解作用明显,往往分布有深部断裂或剪切带,地壳活动性强,热流值高,这种特点均有利于应力、压力和热力变化,促进成矿元素的活化、迁移。

界面应变的脉动性还产生了强烈的泵吸作用,引起了成矿热液的流动以及减压沸腾和液压致裂,其结果又反过来促进了化学反应的进行。在界面发生的应变作用,往往会扩大了原有界面的规模,并产生新的界面,这样既产生了气、液等物质,又增加了岩石化学反应的表面积,有利于成矿化学反应的不断进行。一般说来,一个矿床的形成通常是在多期次的应力—应变作用下完成的,所以一个热液矿床实际上可以看作是在界面处构造—成矿流体—岩石共同相互多次发生应力—应变作用和变化—化学作用的地质体。这就是为什么在研究矿床成因及矿床同位素测试结果时会出现多解性的原因之一,也是造成一个矿床具有多因复成的基本原因。

4 桂中凹陷地区铅锌矿床的主要特点

该类型铅锌矿床的形成明显受到地质界面的控制,它是在沉积成岩之后、在构造作用的条件下,由富含成矿物质的地下热卤水或在地下热液的活动过程中从周围岩石中汲取成矿元素,并在合适的地质界面处发生成矿作用形成矿床,其成矿机理与矿床特征与美国 MVT 型铅锌矿床相似。

美国 MVT 型铅锌矿床主要分布于密西西比河

流域的堪萨斯州、密苏里州和俄克拉荷马州 3 州交界地区、堪萨斯州北部、密苏里州东南部以及伊利诺斯州与肯塔基州等地,人们常称其为“密西西比河流域型(MVT)”、“三州型”或“密苏里州东南型”。在密西西比河流域 800 km×1 000 km 的范围内,多个超大型、大型及无数个中小型铅锌矿床(点)成群出现、成带分布,铅锌金属储量巨大。矿床产于下二叠统密西西比组碳酸盐岩地层中,处于俄克拉荷马、伊利诺斯、印第安那等沉积盆地与密苏里—阿肯色隆起区的交接地区,其产出部位明显受到沉积盆地周围地质界面的控制。围岩蚀变弱,有硅化、碳酸盐化、石膏化和重晶石化。铅锌矿体形态主要有层状、似层状、囊状、透镜状、脉状及环状等。矿物共生组合简单,有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、白铁矿、黄铜矿、石英、方解石、(铁)白云石、石膏、重晶石。成矿作用与岩浆活动无直接联系,而与油田卤水有关。铅锌矿床成矿物质的来源具多源性,成矿作用具多成因特点,成矿时间具多期多阶段性。美国 MVT 型铅锌矿床的一般规律是:在密西西比河流域的隆起区与凹陷区分布的广大地区,油气田与铅锌矿床密切共生,其中油气田往往位于沉积盆地的中部,而铅锌矿床则位于二者交界的隆起区一侧。

与美国 MVT 型铅锌矿床相比,我国广西桂中凹陷地区的铅锌矿床也具有类似的特点。桂中凹陷区铅锌矿床处于沉积盆地与古陆、隆起区的接壤地带,矿床赋存于不整合面、多组断裂交汇处、岩体周围等。不论是在宏观的区域性范围内,还是在微观及中观的矿区范围内,矿床的成矿作用、矿床的产出环境以及矿体形态特征明显受到各种地质界面的控制。矿体的围岩主要有泥盆系,其次有元古界、寒武系及奥陶系,其岩性为碳酸盐岩。矿床数量多,规模大,分布广泛,在空间位置上远离岩浆岩体,其成因与岩浆岩无直接联系。矿体形状主要为层状、似层状、透镜状、囊状及脉状等,成群成片产出。矿物共生组合简单,有闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、白铁矿、(铁)白云石、石英、方解石、重晶石。矿物组构有生物交代、草莓状以及莓球状结构及块状、条带状、浸染状、层纹状构造。围岩蚀变有硅化、碳酸盐化和重晶石化,其次有绢云母化和萤石化,蚀变较弱。成矿温度 100~250 ℃,矿物包裹体中常见有液态有机物质。硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化较大,显示其组成中有生物硫、海水硫以及深源硫的多种来源的特征。氢、氧、铅同位素研究结果表明成矿作用与地层、岩相古

地理以及构造、地下热卤水活动有成因联系。

5 桂中凹陷地区铅锌矿床成因及成矿规律

广西铅锌矿床的区域性分布主要位于桂中凹陷与周边构造单元的边缘地带(图1),在矿区范围内矿体赋存于地层角度不整合面之上部的泥盆系碳酸盐岩地层内以及多组断裂构造的交汇地带,体现了地质界面对铅锌成矿作用及矿床空间分布的明显控制。

桂中沉积盆地边缘多与其周边各种大地构造单元紧密相连,在这种地区,岩石组合复杂,岩石性质差别较大,地质应力集中,是构造活动的强烈发生部位,但又是构造薄弱地带,因此是受构造运动影响最为明显的地带。桂中沉积盆地边缘的断裂带、不整合面、片理化带、地堑复背斜和大型火山机构十分发育。这些构造控制了铅锌矿田和矿区的分布,次级构造则控制了矿床和矿体的分布。密西西比河谷型铅锌矿床(MVT)是世界铅锌矿床最主要的成因类型,多数矿床产于碳酸盐岩沉积盆地的边缘地带。因为在盆地沉积物和盆地内海水的重力作用下,沉积物中成岩压实水由盆地中心的较深部位向盆地边缘地区的减压区运动,盆地边缘与底部碎屑岩建造与其中心或其上部碳酸盐建造之间的不整合面为盆地流体运移提供了合适的通道条件(Barnes, 1997)。

另外,在盆地边缘地带的沉积物和水体中富含来自陆源的成矿物质,它们与海相物质混在一起,形成了一个有利于矿化的地球化学场。盆地边缘往往也是继承性断裂发育的部位,是深部物质和热能释放的有利场所(Sverjensky, 1989)。深部物质和热能对流与盆地沉积物及海水的物质对流汇合,结果就在盆地边缘构造活动区形成铅锌矿床(Sicree and Barnes, 1996)。

从大瑶山西侧泥盆系地层中铅锌矿床的成矿特点可知:不同时代及不同岩性、岩相的地质交界面,如地层不整合面、沉积间断面、碳酸盐岩与碎屑岩的接触面、脆性岩石与韧性岩石交界面、化学性质活泼与稳定岩石的接触面等,是物理化学条件发生突变的空间和场所,是各种与沉积作用、火山沉积作用、热液作用有关的成矿作用的有利部位。地层不整合

界面是一种构造界面,它代表着一次构造热事件的记录。在这种沉积间断面的两侧,矿物组合、岩石性质及成矿元素含量均存在明显的差异。沿着地层不整合面常常发生滑脱或推覆,造成一个构造剥离面,并在其附近形成一个活跃的地球化学场。这有利于含矿流体的活动和聚集,是地层中最重要的一种储矿构造。

References

- Barnes, H. L., 1997. *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. Third Edition. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangxi Zhuang Autonomous Region, 1985. *Regional geology of Guangxi Zhuang Autonomous Region*. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Duan, S. D., Tan, Y. L., 1990. *Surface chemistry*. Higher Education Press, Beijing (in Chinese).
- Li, K. Y., 1998. *Surface and physicochemistry of colloid*. Harbin Institute of Technology Press, Harbin, China (in Chinese).
- Li, L. H., Zhang, B. A., 1984. *Physicochemistry*. Higher Education Press, Beijing (in Chinese).
- Sicree, A. A., Barnes, H. L., 1996. Upper Mississippi Valley district ore fluid model. *The Role of Organic Complexes*, 11: 105-131.
- Sverjensky, D. A., 1989. The diverse origins of Mississippi Valley-type Zn-Pb-Ba-F deposits. *Chron. Rech. Min.*, 495: 5-13.
- Zhai, Y. S., Zhang, C., Song, H. L., et al., 1997. *Large-scale structures and ultralarge-scale ore deposits*. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).

附中文参考文献

- 段世铎, 谭逸玲, 1990. *界面化学*. 北京: 高等教育出版社.
- 广西壮族自治区地质矿产局, 1985. *广西区域地质志*. 北京: 地质出版社.
- 李葵英, 1998. *界面与胶体的物理化学*. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社.
- 李吕辉, 张报安, 1984. *物理化学*. 北京: 高等教育出版社.
- 翟裕生, 张潮, 宋鸿林, 等, 1997. *大型构造与超大型矿床*. 北京: 地质出版社.