

湘中地区中生代地温场及锑矿分布

胡雄伟 裴荣富

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

史明魁

(中国地质科学院宜昌地质矿产研究所, 宜昌)

提 要: 汞、锑、砷矿床被称之为远成低温矿床, 与岩体无明显的时空关系。本文以湘中盆地为例, 以煤变质程度和生油岩有机质成熟度研究中生代古地温场和古地温异常特征, 并讨论锑矿空间分布关系, 认为锑矿床(点)主要分布在高温的隆起区及其边缘。

主题词: 锑矿 古地温场 湘中

现代地热学研究表明, 地温及其变化(地温梯度)不单是一个具地热学意义的地球物理指标, 同时也是评价地壳活动性和矿产资源(如油气藏)的一个重要参数。古地温的恢复和研究在石油地质学中已经得到了广泛的应用。

在金属矿床研究中, 人们早已习惯于用流体包裹体、同位素地球化学、微量元素地球化学等方法直接或间接估算矿物结晶时的古温度, 按矿床形成温度的高低进行矿床分类。不同的实验地球化学研究均揭示出温度及其变化是影响含矿流体分异演化的重要因素。矿床分带很可能与古地温场控制下的元素地质、地球化学分异有关。每一个侵入体均构成一个以其为中心的独立温度场, 发育一系列与之相适应的矿种和矿床。汞、锑、砷等矿床被称之为远成低温矿床, 可能还包括部分铅、锌、金、银等矿床, 与岩体无明显的时空联系, 众多的矿物流体包裹体等研究均揭示出, 这类矿床成矿流体的温度变化不大(均小于或等于 250 °C 左右), 其成因、成矿物质来源、控矿因素等认识分歧颇大。何种因素控制了这类矿床的形成及空间分布? 情况也是复杂的, 除了加强矿床成因学及成矿学研究外, 作者认为成矿古地温场及古地温异常分析和研究, 有助于深化对这类矿床形成及空间分布规律的认识。本文以湘中盆地为例, 分析其中生代古地温场特征及其与锑矿床空间分布关系。

1 湘中地区地质概况

湘中地区属湘南—粤北后加里东拗陷的一部分。盆地基底由前泥盆系巨厚变质、浅变质碎屑岩组成, 主要分布于盆地边缘及内部次级隆(凸)起上, 盖层由晚古生界(D—T)碳酸盐、碎屑岩系组成。该区主要构造线方向有 EW 向、NE 向、NNE 向和 NW 向四组。基底褶皱多呈紧闭线型, 呈 NNE 向, 而基底隆起则为 EW 向展布(如龙山—白马山隆起带)或 NE 向展布(如紫云

胡雄伟, 男, 33 岁, 矿床学博士, 助理研究员, 从事稀有、有色金属矿床研究工作。邮政编码: 100037

1994-8-1 收稿, 1995-3-1 修改回

山—关帝庙隆起带)。盖层发育一系列简单宽缓短轴向斜,其间背斜紧闭,构成“类侏罗山式”褶皱,呈 NNE、NE 向展布。基底断裂有 NNE 和 NW 向两组。

湘中地区矿产资源丰富,以锑、煤、煤成气为主,此外还有铅、锌、金、钨、锰、石膏等矿产。锑矿床(点)产地多达 100 余处,是湖南乃至全国最重要的锑矿密集区,许多著名锑矿床(如锡矿山超大型锑矿、龙山金-锑矿)均产于本区。湘中煤田由涟邵、韶山两大煤田组成,在华南占有重要地位。石炭系大塘阶测水段和二叠系龙潭组是两个主要含煤层位。测水段下部含煤层多达 13 层,可采层达 1~4 层;龙潭组上段含煤达 1~21 层,可采层达 1~4 层,最长达 7 层,总厚度达 7 m。上古生界碳酸盐岩、泥质岩石富含有机质,是良好的生油岩,长期以来,本区被作为海相油气资源的普查勘探区,进行了大量的勘探评价工作。

2 古地温场特征

根据湘中地区的地质特征,本文重点根据煤变质程度和生油岩有机质成熟度研究结果,结合矿床流体包裹体资料,探讨古地温场特征。

2.1 煤变质程度及其古地温指示

煤变质作用研究表明,最高温度及其持续时间是决定煤变质程度的两个主要因素(杨起,韩德馨,1980),构造作用通过对古地温及分布的制约而影响煤的变质(黄克兴,谭勇杰,1987)。对于湘中盆地这样一个有限的范围,不同煤田遭受变质作用所持续的时间可以认为是基本一致的。因此,湘中地区煤变质程度不同反映了所经历之最高古地温的差别,不同变质程度的煤是古地温的良好指示剂,煤种的空间分布反映了煤变质时期古地温场的特征。

从区域上看,湘中地区二叠系煤田属于华南中等变质煤带(王竹泉,1980;王煦曾,朱榔如,1992)。然而,该区以煤种丰富为特点,气煤、肥煤、烟煤、无烟煤等不同变质程度的不同类型煤种均存在^①,并在空间上呈现出规律性分布。垂向上表现为下部煤层变质程度较上部煤层为高。测水煤系以无烟煤为主,属高变质煤,而龙潭煤系则以中等变质煤为主。龙潭煤系不同煤层中也存在多牌号的煤种,总体上看,位于下部的 3、4 层煤变质程度比上部 1、2 层煤要高,1、2 煤层中肥煤比例较高^①。测水煤系浅部煤层煤灰分含量较深部煤层低(湖南煤田地质勘探公司,1979),同样反映了煤变质程度随深度增大而增高的特点。

煤种的平面分布以龙潭煤系的研究较为清楚(王志鸿,1983)。龙潭煤系不同牌号的煤种(气煤、肥煤、焦煤、瘦煤、贫煤、无烟煤)呈环带状分布,由中心到边缘,煤变质程度增高,在盆地边缘靠近隆起或次级凸起处,煤质变为无烟煤(图 1)。区域上存在湘潭(或韶山)、新化—涟源、邵阳、祁阳、武岗—隆回五个煤级分布环状区。煤种的这种平面分布特征反映了煤变质古地温分布的特点,等煤级环带可以代表等古地温线。图 1 指示了湘中地区二叠系煤变质时期存在五个古地温系统,每个系统内部古地温较低,系统边缘及系统之间为较高古地温区。根据煤变质程度与温度的关系(杨起,1980. 戴金星,1980)推算,二叠系煤变质古地温为 100~250 ℃左右。变化范围较大。

① 煤炭工业部地质勘探研究所,1976,湘中中部晚二叠世煤的特征及地质因素的探讨

涟邵煤田测水煤系第3层煤和龙潭煤系第2层煤镜质组反射率等值线^①显示了与图1相类似的环状分布特征。龙潭煤系第2层煤镜质组反射率大部分小于2.5%，最小为0.86%。涟源盆地南缘测水组无烟煤镜质组反射率则高达2.83%~5.41% (王文侠, 1991); 盆地内部则变化在1.02%~4.64%，并且，由南至北，反射率值减小^②。根据改进的Hood方法 (谭勇杰, 1989)，用上述镜质组反射率资料估算龙潭煤系煤变质最高古地温变化在113~214℃之间，测水煤系煤变质最高古地温则为129~297℃，其中新化—冷水江—涟源一带最高古地温可达227~297℃，盆地内部古地温变化范围为129~280℃，由南至北，古地温降低。王文侠 (1991) 的研究揭示，靠近龙山隆起的少数测水组煤样已呈石墨化，说明变质温度比估算值还要高。

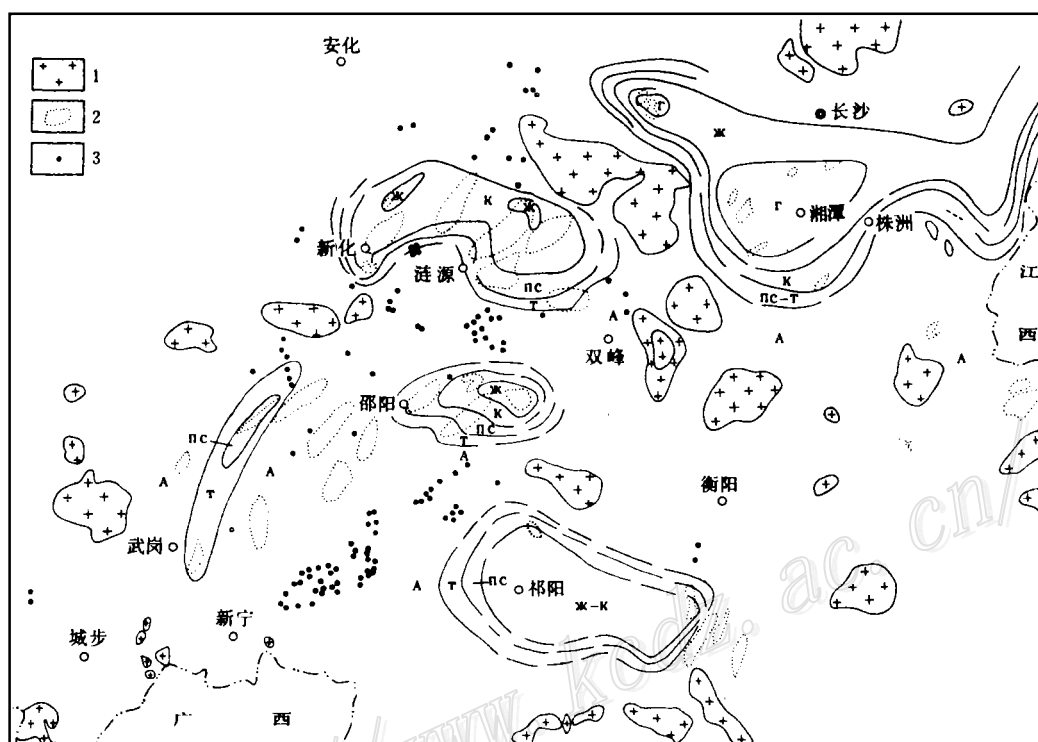


图1 湘中地区二叠系龙潭煤系变质分带及锑矿分布图

(据王志鸿, 1983; 史明魁等, 1994 资料综合)

1—中生代花岗岩体; 2—二叠系向斜构造; 3—锑矿床(点); Γ—气煤; Ж—肥煤; K—焦煤; ПС—瘦煤; Т—贫煤; А—无烟煤

Fig. 1. Metamorphic zoning of Permian Longtan coal measures and distribution of antimony deposits in central Hunan.

1—Mesozoic granite; 2—Permian syncline; 3—Antimony deposit (occurrence); Γ—Gas coal; Ж—Fat coal;

K—Coking coal; ПС—Meagre coal; Т—Lean coal; А—Anthracite.

① 汪程生, 1991, 湖南涟邵煤田石炭、二叠纪煤变质作用研究, 中国地质大学硕士论文

② 刘剑辉, 1988, 湘中涟源拗陷推覆构造特征及控矿意义, 中国矿业大学硕士论文

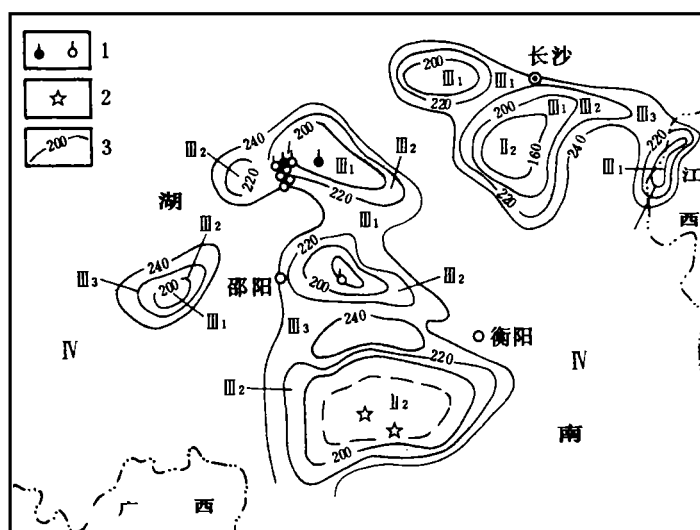


图 2 湘中地区下石炭统生油岩有机成熟度及古地温分布图
(据江汉油田, 1987)

I₂—成熟期晚期; I₁—过成熟期早期; I₂—过成熟期中期; I₃—过成熟期晚期;
IV—变质期; 1—气苗; 2—油苗; 3—最大古地温等温线(°C)

Fig. 2. Organic maturity of Lower Carboniferous oil-generating rocks and distribution of paleogeotherms in central Hunan.

I₂—Late mature stage; I₁—Early overmature stage; I₂—Middle overmature stage;
I₃—Late overmature stage; IV—Metamorphic stage; 1—Gas show; 2—Oil show; 3—
Maximum paleo-isothermal line(°C).

2.2 有机质成熟度及古地温指示

根据石油地质研究(江汉油田, 1987), 湘中地区上古生界属有机质成熟早期, 下石炭统生油岩最大古地温为 142~365 °C, 主要集中在 200~270 °C, 与上述测水组煤镜质组反射率结果相吻合。其分布呈环带状(图 2), 分别以韶山、涟源、邵阳、祁阳为中心。盆地内部古地温较低, 盆地边缘及隆起区属高古地温区。该古地温研究结果与龙潭煤系煤变质分带以及煤镜质组反射率等值线所揭示的古地温分布极为一致。

从不同时代地层看, 泥盆系—石炭系生油岩已达过成熟阶段

表 1 湘中地区不同时代地层古地温(°C)特征指示表

Table 1. Indicators showing paleogeotherm characteristics of various strata in central Hunan

地层	煤级	岩石热解温度 邵一井	干酪根反射率(%)		有机差热后峰值		古地温
			邵一井	姜一井	邵一井	姜一井	
P ₂ -T	气煤						低 ↑ 高
P ₁	烟煤						
C ₂		470			492~516		
C _{1d}	无烟煤	500	2.84~3.87		654~694		
C _{1y}		>600	3.6~3.65	2.46~2.51	652~683	588~595	
D _{3x}			3.45~4.00	2.53~2.75	664~696	612~617	
D _{3s}				2.41		617	
D _{3q}				2.5~2.6			高

据江汉油田 1987 年资料综合

($R_0 > 2.5\%$), 中石炭统一二叠系为高成熟阶段($R_0 = 1.85\% \sim 2.29\%$), 三叠系一下侏罗统生油岩已达到成熟阶段($R_0 = 0.78\% \sim 0.96\%$)。干酪根反射率、有机差热后峰值及岩石热解温度等资料均指示了深部老地层古地温较浅部新地层高(表 1)

3 讨 论

3.1 古地温场与区域构造之关系

分析湘中地区古地温分布特征不难看出, 区域构造是古地温场的一级控制。隆(凸)起区以及靠近隆(凸)起的拗陷边缘地区为较高古地温区, 而拗陷内部则为低古地温区。龙山—白马山 EW 向隆起带、越城岭—高挂山—牛头寨—关帝庙 NE 向隆起带控制了湘中地区古地温场的格局。分析其原因有三: ①隆起区构造活动性强, 密集之线性断裂为良好的导热通道; ②隆起区内存在强烈中生代岩浆侵入活动, 中酸性岩体(隐伏岩体)广布; ③隆起区较拗陷内部有较大的抬升剥蚀速率。由印支-燕山期岩体构成的伪山—五峰仙 NW 向隆起带两侧拗陷古地温并未有明显升高, 分析该隆起带隆起时间可能较晚。

基底断裂是古地温场的一个重要控制因素。湖南现代地热系统研究表明, 深断裂导热对不同类型热水田的形成都起着主导作用(李佐海, 1985)。在煤变质分带图上(图 1), 我们注意到沿城步-武岗-新化 NNE 向区域性断裂(南段), 二叠系煤变质程度增高。物探资料指示了涟源拗陷杨家滩-涟源-新化 NW 向基底断裂的存在, 这条断裂在测水煤系镜质组反射率图上得到了良好的反映(图 3)。断裂带位于镜质组反射率变异带上, 反射率在断裂带两侧具有不同的变化率。沿断裂带古地温值相对较低, 断裂带以南地区具有较高的古地温变化率($8.75\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$, NE 向), 断裂带以北, 沿 NE 向古地温变化率为 $1.75\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 。此断裂为不利于热传导的隔热断

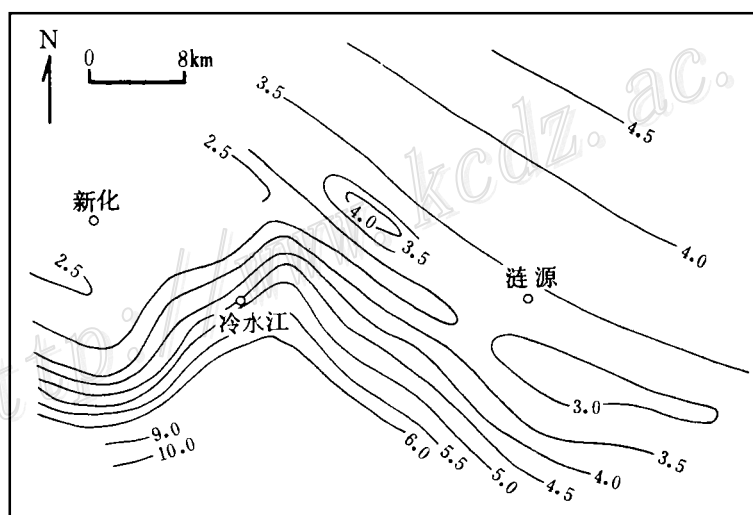


图 3 涟源盆地石炭系测水组煤镜质组反射率等值线图

(据王文侠, 1991)

Fig. 3. Contour diagram for vitrinite reflectivity of Carboniferous Ceshui Formation in Lianyuan basin.

裂。

3.2 古地温场与岩体、隐伏岩体的关系

湘中地区二叠纪煤变质作用属区域岩浆热变质类型(杨起、任德貽,1981),中生代巨大岩浆热对煤变质起重要影响,使其在深成变质基础上形成了变质带的环状分布。构造应力变质作用在区内即便在构造应力影响最强的祁阳弧顶一带,其对煤变质的影响,也居次要地位。从图1可以看出,中生代中酸性岩体的空间展布控制了煤变质带的分布格局,这些岩体主要分布在区域隆(凸)起构造带上。在隆起带及周围出现与深变质煤相对应的高古地温环境。此外,隐伏岩体的存在同样可以导致局部高古地温及深变质煤的出现。例如冷水江附近的测水煤系高变质区与禾青、鹧鸪塘隐伏岩体的存在有关。已有资料指示龙山、牛头寨、邓家铺、陡岭冲、太平洞等地均有隐伏岩体存在(湖南地矿局,1988)。推测高挂山—关帝庙之间以及邓家铺—滩头之间可能存在隐伏岩体群。

湘中地区盖层褶皱属印支运动产物,煤种分布与褶皱构造关系研究表明,煤变质作用发生在印支运动之后(王志鸿,1983)。湘中地区中生代强烈地岩浆侵入活动为煤变质提供了主要热源,也是影响和控制古地温场的主导因素。按照岩体出露面积统计,湘中地区岩浆活动集中在晚三叠世—早侏罗世,其中早侏罗世为岩浆活动高峰期(200×10^6 a左右)(表2),岩体多为中深成岩基,中、晚侏罗世岩体多呈浅成、超浅成岩株状。不同时间、不同侵位深度的岩体对古地温场的贡献不尽相同,早侏罗世岩基的分布控制了煤变质及古地温场的区域格局,而中、晚侏罗世侵入岩株(或隐伏岩体)导致局部深变质煤出现及古地温异常。

表2 湘中地区中生代花岗岩体统计表

Table 2. Statistics of Mesozoic granite masses in central Hunan

时代	年龄 (10^6 a)	岩体面积 (km^2)	比例 (%)
J ₃		210	4
J ₂	157	351	6
J ₁	178	3585.8	65
T ₃	208	542	10
T ₁₋₂	235	826	15

据湖南地矿局1988年资料统计

因此,我们可以认为前述之煤变质特征及其反映的古地温场特征主要受侏罗纪岩浆侵入活动所控制,是多次岩浆热事件叠加作用的结果。与岩浆热事件相比,其他形式的热(如埋深增温、断裂活动释放热等)均居次要地位。

3.3 区域古地温场及其与锑矿分布之关系

分析古地温场和热液矿床之关系有双重意义:其一,热液矿床本身就是地史时期热事件的显示,含矿流体是一种良好的热导(载)体,是影响古地温分布的重要因素。热液活动可以引起煤变质,高变质煤附近常发现有金属矿床和煤成气田(陈儒庆、袁奎荣,1992)。其二,古地温场的研究有利于探讨热液矿床的分布规律及矿床成因。

湘中地区除少数矿床属与岩体有关的中高温矿床外,大部分金属矿床均为中低温矿床。综合不同矿床的流体包裹体研究资料,锑、金、铅锌矿床矿物流体包裹体均一温度变化在 $90 \sim 260$ °C,且主要集中在 $120 \sim 200$ °C范围内。这种成矿溶液的温度范围落在前述侏罗纪最大古地温范围内。区域成矿研究表明,侏罗纪是本区最主要的成矿期,龙山金锑矿床成矿年龄为 $(174 \pm 27) \times 10^6$ a(史明魁等,1993),锡矿山超大型锑矿成矿时代亦为侏罗纪。因此,我们有理由推测前述之古地温场与锑、金等矿床成矿作用之间存在内在联系。

锑矿是一种与古水热活动有关的矿床(史明魁等,1993)。从图 1 中可以看出,湘中地区锑矿床(点)毫无例外地均分布在与深变质煤相对应的高古地温区。例如龙山—白马山、高挂山—牛头寨等锑矿密集带均为高古地温区,锡矿山锑矿也位于冷水江高古地温区内(图 3)。这些高古地温区或者与岩体(隐伏岩体)有关,或者为隆(凸)起/拗陷交替带环境,为构造活动性边缘环境。这些地区正是强烈的热交换地带,而流体活动是主要的热交换途径。

我们认为侏罗纪区域地温场控制了同期地下热水的循环,影响着成矿溶液的形成、迁移以及矿床的形成。锑矿床产于侏罗纪水热活动区内,高古地温是水热活动区的重要标志。辉锑矿溶解度研究揭示,温度是影响水溶液中辉锑矿溶解度、锑迁移能力及含矿溶液元素分异的重要因素(胡雄伟,1994)。因此,从古地温角度探讨其与锑矿分布的关系是有意义的,当然情况可能要比文中所及远为复杂。

4 结 论

(1)湘中地区中生代地温场以多中心为特征,涟源、韶山、邵阳、祁阳等地温系统呈环带状分布,拗陷内部古地温较低,边缘及隆起区为高古地温区。最高古地温可达 200~300℃。

(2)侏罗纪中酸性岩浆侵入热事件为同期地温场提供了主导热源。岩体、隐伏岩体、区域构造展布控制了古地温场格局。

(3)中生代地温场控制了晚古生代煤层变质及生油岩的有机成熟度。煤变质分带是古地温场的有效指示。

(4)锑矿床(点)主要分布在高古地温的隆(凸)起区及其边缘。高古地温是水热活动区的重要标志。

参 考 文 献

- 1 湖南煤田地质勘探公司. 湖南煤田地质特征的初步分析. 见:中国地质科学院地质力学研究所. 地质力学论丛, 第 5 号. 北京:科学出版社,1979,64~71
- 2 戴金星. 从油气形成探讨煤变质的温度. 煤田地质与勘探,1980,(3):29~37
- 3 杨起,任德贻. 中国煤变质问题的探讨. 煤田地质与勘探,1981,(1):1~10
- 4 王志鸿. 湖南晚二叠世煤的变质作用. 煤田地质与勘探,1983,(2):14~17
- 5 李佐海. 湖南地下热水特征及其成因类型和开发利用. 湖南地质,1985,4(3):36~48
- 6 江汉油田石油地质编写组. 中国石油地质志,卷九,江汉油田. 北京:石油工业出版社,1987,94~126
- 7 湖南地矿局. 湖南省区域地质志. 北京:地质出版社,1988,374~467
- 8 谭勇杰. 煤变质古地温恢复方法探讨. 煤田地质与勘探,1989,(2):30~36
- 9 王文侠. 涟源拗陷煤反射率变化及其与深部断裂构造之关系. 煤田地质与勘探,1991,(2):20~25
- 10 王熙曾,朱柳如,王杰. 中国煤田的形成与分布. 北京:科学出版社,1992,92~162
- 11 史明魁,傅必勤,靳西祥,周雪昌. 湘中锑矿. 长沙:湖南科学技术出版社,1993,74~91
- 12 胡雄伟. 辉锑矿溶解度特征. 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊,1994,(20):33~42

DISTRIBUTION OF MESOZOIC GEOTEMPERATURE FIELD AND ANTIMONY DEPOSITS (OCCURRENCES) IN CENTRAL HUNAN

Hu Xiongwei and Pei Rongfu

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Shi Mingkui

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Yichang 443003)

Key words: central Hunan, Paleogeotemperature field, antimony deposit

Abstract

Composed of such geotemperature systems as Shaoshan, Lianyuan, Shaoyang and Qiyang, the central Mesozoic geotemperature field of central Hunan exhibits zonal characteristics restricted by spatial distribution of Mesozoic granitoids and regional tectonic belts. Geotemperature is relatively low within the depression but fairly high in the upwarped area and along the margin of the depression, the maximum paleotemperature attaining as high as 200 ~ 300 °C. The Mesozoic geotemperature field resulted from the superimposition of multiple tectonic-thermal events of the same period, with the intrusion of Jurassic magma exerting the greatest influence. Magmatic heat acted as the main heat source of the geothermal field. Metamorphism and zoning of Late Paleozoic coal were controlled by the Mesozoic geotemperature field and, in turn, serve as good indicators of the paleogeotemperature field. Antimony deposits (occurrences) are mainly concentrated in the high paleogeotemperature district which implies active water-heat actions. The regional paleogeotemperature field must have played a controlling role in the formation and migration of ore-forming fluids as well as the production of mesothermal-epithermal deposits.