

163-170

中国低温热液矿床集中分布 区的一些地质特点

p611.1

李朝阳

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳, 550002)

摘要 通过对我国西南地区低温热液矿床集中分布区的区域地质背景(包括基底、盖层、构造与地球物理特征)和一些低温热液矿床的地质特征的研究,重点对低温热液矿床集中分布在中国西南地区的条件进行了初步探讨。提出:(1)巨厚的地壳使温度高的地幔对容矿地层的面型影响不强烈,只是在一些切壳的深大断裂附近形成一些较高的地温场、小岩体和岩脉;(2)区内元古代基底区域变质作用不强,经受的温度、压力都不是很高,致使元古界岩石中的成矿元素没有大量被结晶(变质)分异作用排出,因而其成矿元素丰度较高;(3)新元古代—古生代巨厚的沉积盖层显示出该区长时间、大面积稳定下沉,岩浆活动(特别是侵入活动)不强烈;(4)盖层中大量含碳质细碎屑岩与碳酸盐岩石相间出现的岩性组合反映了海进—海退、氧化—还原的沉积环境变化,有利于成矿元素沉淀富集;(5)很多低温热液矿床成矿物质都来自深部,因此巨厚的盖层有利于成矿过程中缓慢降温而形成大量的低温热液矿床。

关键词 中国西南地区 低温热液矿床 集中分布区
CLC P612.4 P617

热液矿床 地质特点

低温热液矿床基本上相当于国外的浅成低温热液矿床(epithermal deposits),其突出的特点是成矿温度低,矿床的主成矿温度多在 200℃ 以下。在 70 年代以前,这类矿床一般认为其成矿物质是来自岩浆热液,只是距岩浆岩体较远,故当时称之为远低温热液矿床。70 年代以来,随着稳定同位素地球化学研究的深入,发现这类矿床的成矿溶液绝大部分不是岩浆热液,而主要是一些活动于地下各类已固结岩石(包括盖层与基底岩石)中的有大气降水参与的含矿热液,但成矿作用主要发生在地下浅部,矿质沉淀时温度较低,为一些低温热液矿床。

低温热液矿床虽然在全球各地均有分布,但据现有资料,目前全世界仅在中国的西南地区和美国中西部特别集中,形成两个低温热液矿床集中分布区。在这两个地区内,不同种类的低温热液矿床,包括贵金属金、银、有色金属铜、铅、锌、汞、铋,放射性元素铀,以及雄黄、雌黄、重晶石、水晶、冰洲石及某些分散元素等低温热液矿床广泛分布。为什么这么多低温

收稿日期:1998-08-21 修改稿收到日期:1998-11-30

作者简介:李朝阳,男,1938年生,研究员,博士生导师,中国科学院矿床地球化学开放室学术委员会主任、矿床地球化学专业。现负责超大型独立银矿床、玛曲—勉略宁铜金矿带和我国西南地区大面积低温成矿域等国家攀登、国家攻关和中国科学院重大项目等专题与项目的研究。

本研究受中国科学院“九五”重大项目“我国西南地区大面积低温成矿域研究”资助。

热液矿床主要集中在这两个地区?它们是何种地质作用下的产物?其主要控制因素是什么?显然这是一个重要的成矿理论问题。但直至今日,有关这个问题的研究可以说刚刚开始。涂光炽院士在“八五”期间主持的“低温地球化学研究”的国家自然科学基金的研究,为这一重要问题开辟了一个新的研究方向。1995年,他分析了国内外低温热液矿床集中分布区的区域地质背景,提出低温热液矿床集中分布的原因与该区是否具元古代基底及长时期大面积的细碎屑岩-碳酸盐建造有关。研究低温热液矿床为何集中分布的一个最重要问题就是研究区域地质背景和演化,因此,我们着重从低温热液矿床集中分布区的地质背景和矿床特征提出一些初步认识。

1 研究区的区域地质背景

这里所讲的中国西南地区是指贵州全省、四川南部、云南中东部、广西北部、湖南中西部

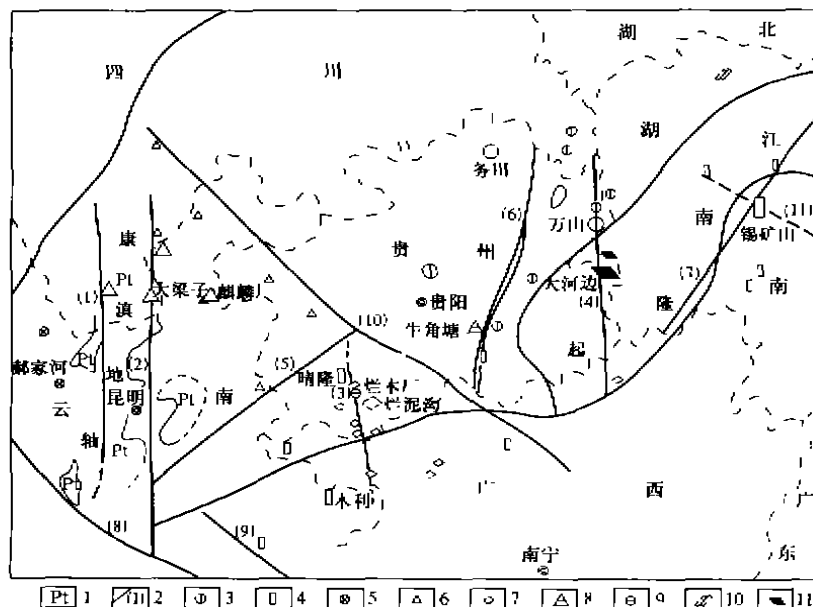


图 1 中国低温热液矿床集中区矿床分布略图

Fig.1 The distribution map showing concentrated distribution area of epithermal deposits in China

1-出露的元古界基底;2-深大断裂;3-汞矿床;4-锑矿床;5-铜矿床;6-铅锌矿床;7-金矿床;8-锡矿床;9-铀矿床;10-雄黄、雌黄矿床;11-重晶石矿床。(1)安宁河—绿汁江断裂;(2)小江—个旧断裂;(3)松桃—从江断裂;(4)弥勒—那宗断裂;(5)印江—独山断裂;(6)城步—桃江断裂;(7)红河断裂;(8)文山—麻栗坡断裂;(9)南丹—紫云—独山断裂;(10)涟源—新化断裂

和湖北西南部,在地质上它大体相当于扬子地块的西南部分(包括华南褶皱带西部的一部分)(图1)。据地球物理资料^{[1],①},该区地壳厚度都比较大,大致是36~50 km,其中贵州境内厚度最大,东部铜仁—黎平一带莫霍面深度为40 km,最西部的威宁—盘县为49~

① 云南省地质矿产局,云南省区域矿产总结(上册),1993,39~40

50 km,整体上微向西倾斜;上、下地壳之间的康氏面,基本上和莫霍面平行,深度 20~30 km。云南东部地壳深度为 36~43 km,其莫霍面倾向和贵州相反,是从西向东倾斜。区内切壳的深大断裂相当发育,主要为 NE、SN 和 NW 三组方向,如 SN 向的安宁河—绿汁江断裂、小江—一个旧断裂、松桃—从江断裂^[2];NE 向的弥勒—师宗断裂、印江—独山断裂、城步—桃江断裂;NW 向的红河断裂、文山—麻栗坡断裂、南丹—紫云—桤都断裂和新化—涟源断裂等。区域内岩浆活动总体上不太发育,火山活动主要有两个时期:一是古元古代,主要为细碧岩、角斑岩和火山碎屑岩,在大红山群、四堡群、冷家溪群和梵净山群中广泛可见;二是晚二叠世,在川滇接壤地区大面积出露有陆相基性火山岩——峨眉山玄武岩。较著名的侵入岩有四堡期的本洞与梵净山(白岗岩)岩体、雪峰期的峨山、九道湾、新村与摩天岭岩体,以及印支期的白马山岩体,它们大部分只侵入于元古代基底岩石中,盖层中所见侵入

表 1 地温分布与上地幔高导层的关系

Table 1 The relationship between temperature and high conductive layer in upper mantle

地 区	上地幔高导层埋深/km	平均热流/(mW·m ⁻²)	地温特点
华北	50~80	60±	较高
湘鄂黔桂	220~240	42±	较低
西藏南部	10~20	70~146	高温

据王钧等,1990

岩甚少,常见的大都是中基性脉岩。侵入岩一般都远离低温热液矿床,但矿床附近却常见有中基性脉岩。据王钧等(1990)的资料^[1],西南地区上地幔高导层埋深较大,为一个地温较低的地区(表 1)。基底都为元古代产物,盖层为震旦系到白垩系巨厚的沉积物。

2 低温热液矿床集中区的基底特征

西南地区的基底明显不同于华北和其它地区,它未见太古代基底,只有元古界。

元古界主要出露于低温热液矿床集中分布区东西两侧的“康滇地轴”和“江南隆起”,其它广大地区全被震旦系到古生界的盖层所覆盖,元古代基底只有零星出露,如牛首山隆起(滇东)和梵净山隆起(黔东南)。

(1) “康滇地轴”呈南北向分布于川滇接壤地区,由荏林群(亦称元谋群)、大红山群、昆阳群/会理群组成。① 荏林群分布在云南元谋—永仁一带,其岩性组合自下而上:混合岩→含石墨云母片岩→石英岩(<50 m)→泥质大理岩→千枚岩,底部混合岩中有以晶质铀矿形式存在的铀矿化。有的资料把其作为太古代地层^①,但大多数人都认为其属于下元古界。② 大红山群,底部为石英岩、片岩夹大理岩;中部为富钠质火山熔岩,产有铁铜矿床和铀矿化;上部为白云石大理岩,夹碳质板岩;顶部为浅变质的具复理石特征的含碳质、泥砂质与碳酸盐组合的沉积物,具铁铜矿化。属古元古代产物,其同位素年龄为 1 600~2 000 Ma^[3]。③ 昆阳群/会理群,为一套浅变质的碎屑岩—碳酸盐组成的复理石建造,以板岩、千枚岩、白云岩为主,局部含碳质,夹有数层(2~3 层)火山沉积岩或火山岩,在中下部的碳酸盐建造中

① 西南有色地质勘查局,康滇地轴及其西缘(楚雄盆地)砂岩铜矿远景调查报告,1996.5~7

产有东川式铜矿床,火山碎屑岩中有规模不大的磁铁矿床及碎屑岩中有赤铁矿矿床。昆阳群的同位素年龄为 $1\,750\sim 850\text{ Ma}$ ^[4],属中、新元古代。

(2)“江南隆起”,从桂北→黔东南→湘中西→赣北呈 NE→NEE 向的弧形分布。其地层时代相对比“康滇地轴”要新,只有中、新元古代;地层的变质程度也相对较浅,主要为绿片岩相。

中元古界:主要由变质火山岩和陆源碎屑岩组成,各地分别称之为冷家溪群(湖南)、四堡群(广西)和梵净山群(贵州),同位素年龄为 $1\,400\sim 1\,000(1\,050)\text{ Ma}$,总厚度一般大于 $5\,000\text{ m}$,有的地方甚至在 $10\,000\text{ m}$ 以上^[5,6]。其中的矿产有湘西北的金及桂北的锡、石棉和蛇纹石等。

新元古界(不包括震旦系):以碳质板岩、千枚岩、砂岩为主,夹基性火山岩、白云岩,在湖南称之为板溪群,贵州称下江群或丹洲群,广西境内(桂北)叫丹洲群。这三个“群”在贵州境内大体是自北而南并列排布,且在岩性组合上略有差别,板溪群的主体为紫红色泥岩和粉砂岩,下江群则为巨厚的灰绿色陆源碎屑浊积岩和火山碎屑浊积岩,丹洲群为厚度不大的陆源碎屑浊积岩和细碎屑岩。其同位素年龄为 $1\,000(1\,050)\sim 760(800)\text{ Ma}$,主要矿化有磷、铜、金和滑石等。

3 低温热液矿床集中区的盖层特征

雪峰运动($800\sim 760\text{ Ma}$)使本区由活动的陆缘转化为稳定区,从震旦纪开始了盖层的沉积。尽管古生代地层在有些地区缺失,加里东运动(350 Ma)使下古生界以前的沉积物普遍褶皱,但本区仍为稳定区性质。区内有两个盖层:一是震旦—三叠系的海相沉积层,一是零星出露的陆相侏罗—白垩系沉积。

震旦—三叠系不整合于新元古代早期的昆阳群/会理群和板溪群/丹洲群/下江群之上,分布范围广,厚度巨大(贵州境内的总厚度约为 $7\,800\sim 14\,000\text{ m}$),主要由细碎屑岩、硅质岩、碳酸盐岩石组成,局部有粗碎屑岩。碳酸盐岩石中孔隙度较大的白云岩、白云质灰岩所占比重较大,很多低温热液矿床都产在这类岩石中,如大梁子铅锌矿(Zb)、万山汞矿(C_2)、务川汞矿(C_1)、白马洞铀矿(C_1)、丹寨汞矿与金矿(C)和矿山厂与麒麟厂铅锌矿(C_1)等。此盖层的另一个重要特征是每一个时代地层中都有一层或多层含碳岩系,很多低温热液矿床都与之有密切关系,如卡林型金矿、铀矿、铅锌矿等。

侏罗—白垩系盖层与前中生代地层呈不整合接触,系零星分布的陆(湖)相盆地沉积物,如滇中楚雄盆地和湘西沅麻盆地,为一套以紫红色为主的杂色砂页岩,包括有紫色(淡红—紫红)、过渡色(紫灰—灰紫)和浅色(青灰、浅灰、灰白)。岩石的颜色与成矿关系密切,铜(铀)矿化一般仅局限于青灰、浅灰色岩石中,少量赋存于灰白、紫灰、黑色(含碳)岩石中。

4 低温热液矿床集中区矿床的地质特征

低温热液矿床主要产于沉积盖层中,基底岩石中很少见。

(1)容矿岩石组合特征:①低温热液矿床总的来说都是产于海相细碎屑岩—碳酸盐建造和陆相砂页岩中;②围岩或矿石中普遍含有含量不等的碳,如茂租铅锌矿(Zbd)矿石有

机碳含量一般为 2%^[7], 白马洞铀-汞矿(ϵ_1)有机质含量在 1% 左右, 万山汞矿(ϵ_2)的辰砂矿物中常含有 0.03%~0.14% 的 C_{org} , 而且其包裹体中还含有微量的甲烷, 矿山厂、麒麟厂铅锌矿床的赋矿层位下石炭统摆佐组中普遍富含有机质, 晴隆锑矿平均含 C_{org} 为 0.71%^[8], 黔西南卡林型金矿中普遍含有 C_{org} , 24 个样品 C_{org} 的含量在 0.03%~14.569% 之间, 平均为 1.728%^[8,9], 郝家河陆相砂页岩铜矿中, 普遍见有脉状、云雾状、团块状和星散状沥青等; ③ 相当大部分矿床都产于孔隙度较大的白云岩、白云质灰岩和细粒碎屑岩中, 如贵州万山、务川、铜仁、丹寨、白马洞、湖南晃县、猴子坪汞矿和卡林型金矿与砂页岩型铜矿等; ④ 高硅质(多大于 90%)组分与锑矿关系极为密切, 锑矿都产于硅质岩或硅化岩中, 如木利、晴隆大厂、锡矿山等; ⑤ 很多矿床都产于细碎屑岩与碳酸盐岩石交接部位的碳酸盐岩石一侧, 如锡矿山锑矿的矿体、矿化都是在紧靠页岩下面的碳酸盐岩石中, 其上部为上泥盆统锡矿山组长龙界页岩。白马洞铀矿和务川汞矿的上部顶板为中寒武统高台组钙质页岩; ⑥ 在沉积过程中, 当氧化还原交替出现时, 矿床必产于还原带中, 如陆相型砂页岩铜矿就产于紫红色砂页岩中的浅色和暗色岩石

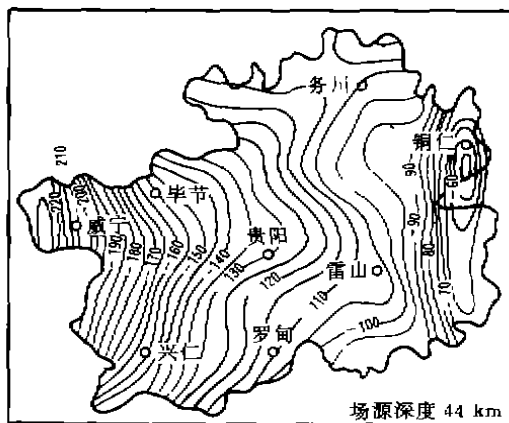


图 3 贵州省布伽重力区域异常平面图

Fig.3 Map showing regional Bouguer gravity anomaly in Guizhou

锡矿山锑矿紧靠城步—桃江深大断裂(F_{75}), 万山、铜仁和猴子坪汞矿位于松桃—从江深大断裂东侧, 晴隆锑矿离弥勒—师宗深大断裂不远, 天宝山与大梁子铅锌矿都分别分布在安宁河—绿汁江深大断裂和小江一个旧深大断裂附近, 滇黔桂接壤地区的卡林型金矿被夹持于弥勒—师宗和紫云—独山两条深大断裂之间; ⑦ 低温热液矿床集中分布区与深部构造有明

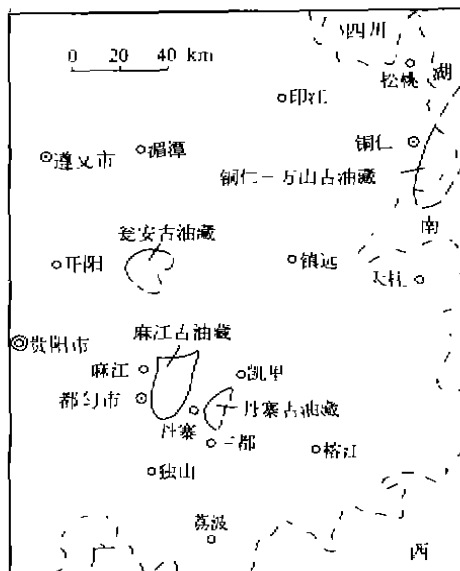


图 2 贵州省东部古油藏分布平面图
(据武蔚文, 1989)

Fig.2 The distribution map showing paleopool in East Guizhou

中; ⑦ 汞矿床与古油藏有密切的关系, 万山、铜仁、猴子坪汞矿与丹寨汞矿带就分别位于铜仁—万山和丹寨两个古油藏中(图 2), 经武蔚文(1989)研究^[10], 汞矿床中的辰砂和沥青不是同期产物, 沥青是加里东中、晚期至华力西期呈液气态聚集后, 再演变为固态变质而成。辰砂是在其后的燕山期形成的。

(2) 构造与低温热液矿床的关系非常密切: ① 几乎所有的低温热液矿床都受背斜(包括不完整背斜)构造控制, 如锡矿山锑矿、万山与务川汞矿、牛角塘铅锌(镉)矿、紫木冲与烂泥沟金矿、石门雄黄雌黄矿等等; ② 一些规模大的低温热液矿床都沿(深)大断裂分布, 但矿床不产于大断裂中, 而是定位于其次级断裂。如

显的关系,很多矿床(点)都分布在重力异常等值线或莫霍面等深线密集带与稀疏带的过渡

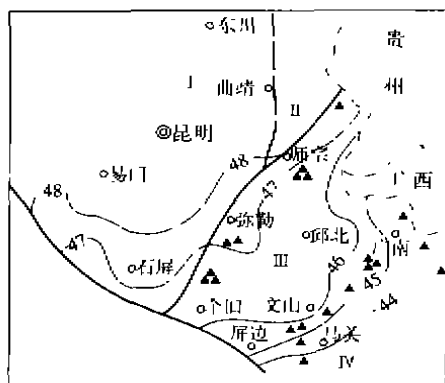


图 4 滇东莫霍面深度与锑矿分布示意图
(据俞开基,1990)

Fig.4 Map showing the depth of Moho and Sb deposits in East Yunnan
(据俞开基,1990)

蚀变带矿物测温的情况(表 2)来看,它们的均一温度都小于 200℃,显然是在低温条件下形

成的,为一套典型的低温矿物组合。
部位,如黔东—湘西汞矿带的深部,呈南北向,长约 400 km^[2](图 3)。滇黔桂的紫木幽、戈塘、烂泥沟、丫他、板其和高龙等卡林型金矿深部,亦为近南北向,大致对应于关岭—册亨—旧州一线^[11]。滇东地区的两条锑矿带深部的莫霍面等深线密集带呈北东向分布^[12](图 4)。以及云南楚雄盆地陆相砂页岩铜矿深部的地壳厚度,在不远的距离内,由南面的 37 km 向北突增至 55 km^①。

(3) 围岩蚀变特征:几乎所有矿床的围岩蚀变都具相似性,主要有硅化、碳酸盐化、黏土化(水云母化)、黄铁矿化、萤石化、雄黄雌黄化、重晶石化和退色与黑色蚀变等,其中硅化与碳酸盐化最为普遍,而且硅化似乎成了锑、铀、金、汞等成矿的必需条件。从矿床的

表 2 一些低温热液矿床中蚀变带矿物的均一温度

Table 2 Homogenization temperature of minerals in alteration zone in some epithermal deposits

矿床	矿种	测定矿物	均一温度/℃	资料来源
大梁子	Pb, Zn	方解石 白云石	119~143 198	西南冶金 603 队, 1982 ⁽¹⁾
万山	Hg	石英 方解石	95~158 113	[13]
白马洞	U-Hg	石英	130~200	陈露明, 1988 ⁽²⁾
锡矿山	Sb	石英	102~209.9	曾令交, 1998 ⁽³⁾
木利		石英	162~203	张文淮等, 1995 ⁽³⁾
暗隆大厂	Sb	石英 方解石 重晶石 萤石	119~175 169~202 134~168 149~190	[8]
卡林型金矿	Au	石英	150~210	龙江平, 1994 ⁽⁴⁾
郝家河	Cu	石英-方解石	120~280, 平均 120 90~180, 平均 130	1996 ⁽⁴⁾

注:(1) 西南冶金地勘公司六〇三队, 四川省会东县大梁子铅锌矿床中间储量报告(汇报讨论稿), 1982

(2) 陈露明, 504 铀矿床成因探讨, 1988, 22

(3) 张文淮, 张志坚, 滇黔桂汞锑金矿等低温矿床组合成矿流体性质、演化及矿化关系研究, 中国科学院矿床地球化学开放实验室基金项目, 1995, 14

(4) 西南有色地质勘查局, 康滇地轴及其西缘(楚雄盆地)砂岩铜矿远景调查报告, 1996, 5~7

成的,为一套典型的低温矿物组合。

① 西南有色地质勘查局, 康滇地轴及其西缘(楚雄盆地)砂岩铜矿远景调查报告, 1996, 5~7

5 低温热液矿床集中在我国西南地区的原因探讨

众所周知,成矿作用与地壳演化有密切的关系,我国西南地区具有其特殊性,具体表现为:①地壳厚度大,全区莫霍面深度普遍为36~50 km,温度高的地幔对赋矿盖层的面型影响不强烈,只是在一些切壳的深大断裂附近形成一些较高的地温场、小岩体和岩脉(特别是中基性岩脉)。这一方面不利于形成大面积高温场,另一方面又有利于形成低温热液矿床;②区内元古代基底区域变质作用不强,显示其所经受的温度、压力都不是很高,致使元古界岩石中成矿元素没有大量被结晶(变质)分异作用排出,从而造成元古界中成矿元素丰度较高,如昆阳群中铀的丰度一般达 20×10^{-6} ,高于地壳丰度的8倍;湖南冷水江群板岩中的Au, Ag, Zn, Pb等元素的丰度都高于正常板岩的平均值,湖南板溪群Au, Ag, W, Sn, Cu, Pb, Zn等成矿元素虽然在区域上变化不大,但个别板岩样品含Au可达 0.165×10^{-6} [16];③本区元古界存在有几种富含成矿元素的岩性:古、中元古界浅变质的火山(沉积)岩、含碳的细碎屑岩(所占比例相当大)和细碎屑岩-碳酸盐岩组合;④新元古代—古生代巨厚的沉积盖层显示出该区长时间、大面积的稳定下沉作用,岩浆活动不强烈。我国东部地区燕山期强烈的岩浆活动在该区也只是沿某些深大断裂附近出现;⑤盖层中大量含碳质细碎屑岩与碳酸盐岩石相间出现的岩性组合反映了海进海退、氧化还原的沉积环境,有利于成矿元素的沉淀富集;⑥据我们和其他一些学者研究,很多低温热液矿床的成矿物质都是来自深部,因此巨厚的盖层有利于成矿过程中的缓慢降温,从而形成大量的低温热液矿床。

当然,成矿作用是相当复杂的,本文只是列举了一些地质事实,有关地球化学方面的研究尚在进行中,今后仍需进行深入探讨。

参 考 文 献

- 1 王钧,黄尚瑶,黄歌山,等.中国地温分布的基本特征.北京:地震出版社,1990.230~231
- 2 周成贤.贵州省重磁场的解释及深部地质构造特点.西南冶金地质,1983(2):72~83
- 3 贵州省地质矿产局.贵州省区域地质志.北京:地质出版社,1987.5~6.608~609
- 4 陈天佑.东川矿区前寒武系昆阳群层型剖面研究.西南矿产地质,1990(3):28~32
- 5 Hu Aiqin, Zhu Binqian, Mao Cunxiao, et al. Geochronology of Dahongshan Group. Chinese Journal Geochemistry, 1991, 10(3): 195~203
- 6 广西壮族自治区地质矿产局.广西壮族自治区区域地质志.北京:地质出版社,1985.11.648~649
- 7 涂光炽著.中国层控矿床地球化学.第三卷.北京:科学出版社,1988.1~258
- 8 叶造军.有机质在贵州晴隆大厂铀矿成矿过程中的作用:[硕士学位论文].贵阳:中国科学院地球化学研究所,1994.11~12.23
- 9 林清.黔西南金矿地球化学和有机地球化学研究:[博士学位论文].贵阳:中国科学院地球化学研究所,1993.35~36
- 10 武蔚文.贵州东部若干古油藏的形成和破坏.贵州地质,1989,6(1):9~19
- 11 王砚耕,王立亭,张明发,等.南盘江地区浅成地质结构与金矿分布模式.贵州地质,1995,12(2):99~100
- 12 俞开基.云南铀矿地质特征与勘查经验.云南地质,1990,9(2):83~85
- 13 涂光炽著.中国层控矿床地球化学.第一卷.北京:科学出版社,1984.1~204
- 14 曾令交.湘中锡矿山式铀矿形成的地球化学机理:[博士学位论文].成都:成都理工学院,1998.1~22
- 15 龙江平.黔滇地区富(含)铀矿床的低温地球化学及其环境效应研究:[博士学位论文].贵阳:中国科学院地球化学研究所,1994.1~48

SOME GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CONCENTRATED DISTRIBUTION AREA OF EPITHERMAL DEPOSITS IN CHINA

Li Chaoyang

(*Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550002*)

Abstract Through the study on the regional geological setting of the concentrated distribution area of epithermal deposits in Southwest China, including the characteristics of the basement, the cover, structure and geophysics, and some geological features of some epithermal deposits, this paper concerns mainly with the condition which leads to the concentrated distribution of the epithermal deposits in Southwest China. It suggests that (1) the mantle with high temperature does not have a great influence on the host strata because of the huge thickness pertaining to the crust but some high geotemperature fields, small rock masses and dikes may develop in the vicinity of some deep crust-cutting fractures; (2) the regional metamorphism with lower pressure and temperature of Proterozoic basement is not strong so that ore-forming elements can not be discharged greatly by metamorphism. The abundance of ore-forming elements in the rocks of Proterozoic group is higher; (3) the huge thick late Proterozoic-Paleozoic cover shows the long time and great area stable sedimentation and weak magmatic activities especially the intrusions during Caledonian-Yanshan age; (4) a large amount of carbonaceous fine clastic rock and carbonate rock occur alternately, indicating the changing of sediment environment of progression-regression and oxidation-reduction which is advantageous to the precipitation and enrichment of the ore-forming elements; (5) the ore-forming substances of many epithermal deposits come from the deep. The thick cover is advantageous for the temperature to lower slowly in the ore-forming process, so leads to the formation of many epithermal deposits.

Key words the area of Southwest China, epithermal deposits, concentrated distribution area