

文章编号:1007-3701(2011)01-0008-06

广西丹池锡多金属成矿带地层地球化学 与热水沉积成矿作用

游 军^{1a,2}, 宋慈安^{1b}, 丁汝福²

(1.桂林理工大学, a.地球科学学院, b.广西地质工程中心重点实验室, 广西 桂林 541004; 2.北京矿产地质研究院, 北京 100012)

摘要:通过地层地球化学对比研究, 阐述了丹池成矿带成矿元素的迁移规律、分带特征以及“矿源层”问题。通过大厂矿田热水沉积岩的常量、微量元素、环境参数、蚀变-矿化叠加系数研究, 阐明了丹池盆地的热水沉积成矿作用的特点、环境, 在此基础上总结了丹池成矿带热水沉积成矿的机制。

关键词:地层地球化学; 热水沉积; 锡多金属; 丹池成矿带

中图分类号: P 618.4

文献标识码: A

丹池锡多金属成矿带位于广西壮族自治区西北部, 为一呈NW-SE向延长呈弯月形的狭长地带, 是我国重要的锡、锑、铅、锌和银等多金属矿产资源集中分布区和最大的生产基地。前人对丹池锡多金属成矿带特别是大厂矿田做过大量研究, 胡云中、刘朝荣和广西二一五地质队分别对桂北地区、丹池地区(大厂矿田外围)和大厂矿田地层地球化学做过较系统的研究^[1-3]。韩发、R.W.哈钦森、雷良奇等对大厂锡多金属矿田的热水沉积作用做过详细研究, 提出了诸多热水沉积的证据^[4-13]。本文通过地层地球化学对比研究, 阐述了丹池成矿带成矿元素的迁移规律、分带特征以及“矿源层”问题, 通过大厂矿田热水沉积岩的常量、微量元素、环境参数、蚀变-矿化叠加系数研究, 阐明了丹池盆地的热水沉积成矿作用的特点, 总结了丹池成矿带热水沉积成矿的机制。

1 区域地质背景

丹池成矿带大地构造位置处于江南古陆西南

缘和桂西右江裂谷北东缘所挟的丹池褶皱断裂带, 属于特提斯构造域和太平洋构造域的复合部位。作为广西锡多金属成矿系统的一部分, 丹池成矿带属于藏南期桂西北-桂西南锡多金属成矿带(Ⅲ)桂西北锡多金属成矿亚带(Ⅲ₁)的北西段丹池锡铜铅锌银锑汞成矿区^[14]。其中分布有大厂超大型锡多金属矿田、芒场大型锡多金属矿田、北香银锌多金属矿田、五圩铅锌锑多金属矿田(图1)。丹池成矿带基底构造总体上为NW向“两隆夹一坳”的坳陷部位^[15], NW向的基底断裂是最主导的构造, 控制了丹池成矿带的酸性岩浆活动及盖层沉积的岩相、热水沉积作用和岩层厚度, 从而控制了整个丹池成矿带。丹池成矿带深部前震旦纪结晶基底四堡期及雪峰期是广西最古老的富含Sn、W、Cu、Pb、Sb等成矿元素的地球化学块体^[1,3,16]。雪峰运动导致四堡及雪峰“优地槽”沉积建造的重熔造成的岩浆活动, 形成了富含Sn等成矿元素的花岗岩^[17-18]。这些古老的富Sn等成矿元素地球化学块体和花岗岩有可能为丹池成矿带成岩成矿提供物质准备。

2 地层地球化学

丹池成矿带地层出露为江南地台盖层(D-T)(如图1), 前震旦(Pt₂-Pt₃)结晶基底和广西期(Z-S)

收稿日期: 2010-11-06

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目—阿尔泰成矿带整体研究与勘查技术集成(编号2007BAB25B01); 广西地质工程中心重点实验室开放基金项目(编号: 桂科能07109011-Z008)。

作者简介: 游 军(1985—), 男, 桂林理工大学硕士研究生, 勘查地球化学方向, Email: yj_103.student@sina.com.

变质基底主要分布于其东部桂北临近地区。其中 兰组(D_{ly})、塘丁组(D_{dt}),中泥盆统纳标组(D_{2n})、泥盆系地层为本区主要赋(含)矿层位,自下而上 罗富组(D_{2l}),上泥盆统榴江组(D_{3l})、五指山组为^[20]:下泥盆统莲花山组(D_{1l})、那高岭组(D_{1n})、益 (D_{3w})。

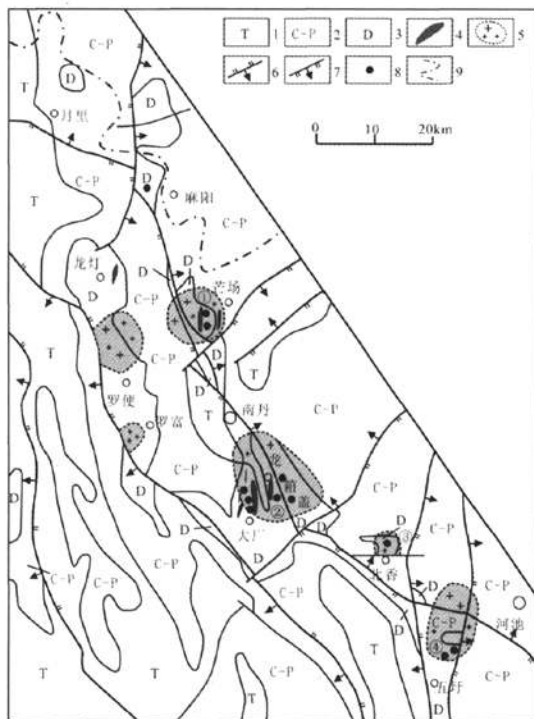


图1 广西丹池锡多金属成矿带地质略图^[19]

Fig. 1 Simplified Geological map of Danchi tin-polymetal metallogenic belt, Guangxi province

1.三叠系;2.石炭-二叠系;3.泥盆系;4.中酸性岩脉;5.推测隐伏岩体;6.逆断层;7.正断层;8.矿田(床);9.省界;①芒场锡多金属矿田;②大厂锡多金属矿田;③北香银锌多金属矿田;④五圩铅锌锡多金属矿田

对比桂北地区、丹池地区(大厂矿田外围)和大厂矿田地层地球化学^[1-3](表1),可见丹池成矿带地层具有如下地球化学特征:

(1)总体上在桂北地区,Sn元素在时间上富集的时代较多,主要有Pt_{3s}、C、D和T,除少数时代(C、P)外,Sn的含量都超过了克拉克值,因此,从地台期(盖层)→广西期(变质基底)→四堡-雪峰期(结晶基底),Sn具有一定的地球化学继承关系;在空间上整个桂北全区Sn含量超过了克拉克值,桂北古老的基底块体具有富Sn地球化学块体的性质。就盖层而言,在空间上Sn的含量从桂北→丹池→大厂,呈较高→低→高的变化势态,说明在桂北大区域的较高背景下,在丹池地区(大厂外围)存在着一个较低的背景,似乎这一区域的Sn向大厂矿田

发生过一定规模的地球化学迁移。

(2)在Sn多金属的主要赋矿层位泥盆系中,Sn、W、Au含量大厂地区高于丹池(大厂外围),而Mo、Cu、Pb、Zn、As、Sb含量丹池(大厂外围)高于大厂地区,这说明以大厂地区为中心,类似于发育一个巨大的原生晕分带,高温元素Sn、W在内带,向外发育中温元素Cu、Pb、Zn带到低温元素As、Sb(Hg)带。

(3)在桂北地区,除As几乎在所有的层位中富集外,只有Sn具有较多的富集层位,从结晶基底→变质基底→盖层都可以找到它的富集层位,主要有Pt_{3s}、C、D和T,其中Pt_{3s}和D正好是桂北的两大Sn赋矿层位,故认为它们分别是Sn的“深源”和“浅源”矿源层或“基底”和“盖层”矿源层。同时也可认为C是Sn的“深源矿源层”。

$w(\text{Fe}_2\text{O}_3)/[w(\text{Fe}_2\text{O}_3)+w(\text{FeO})]$ (用 k_1 表示)、 $w(\text{C}_{\text{无机}})/[w(\text{C}_{\text{无机}})+w(\text{C}_{\text{有机}})]$ (用 k_2 表示)反映了地层介质的氧化还原条件,由于 SiO_2 和 CaO 沉淀的条件分别是酸性和碱性条件,所以 $w(\text{SiO}_2)/w(\text{CaO})$ (用 k_3 表示)在某种程度上反映了地层介质的酸碱性条件。

由表2可见:①泥盆系普遍含较高的硅、硫和碳质,尤以产出大型似层状矿体的榴江组(D_3J)硅质岩和五指山组中段(D_3w^b)硅质细条带灰岩中为

最高,反映热水沉积成矿同地层中硅、硫和碳质的聚集有密切的关系的特点;② k_1 、 k_2 在榴江组(D_3J)硅质岩和五指山组中段(D_3w^b)硅质细条带灰岩中均是最小,说明这两套地层相对还原的形成环境,有利于锡石硫化物的形成;③ k_3 在榴江组(D_3J)硅质岩中明显高于其他地层,说明其酸度较大,形成了酸性障条件;而五指山组中段(D_3w^b)及其它地层酸度较小,形成了较碱性障条件。

表2 大厂矿田泥盆系硅质岩及上下层位常量元素及无机碳、有机碳及成矿环境参数平均值
Table 2 Means of major elements, inorganic carbon, organic carbon, and metallogenic environmental Parameters in Devonian silicalite and up-down layers of Dachang ore field

元素	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	FeO	Fe_2O_3	S	$\text{C}_{\text{无机}}$	$\text{C}_{\text{有机}}$	k_1	k_2	k_3
$\text{D}_3\text{J}(8)$	38.75	5.35	18.26	1.07	1.31	0.076	0.79	1.46	1.45	14.83	2.04	0.58	0.83	4.06
$\text{D}_3\text{w}^a(47)$	17.80	3.49	33.78	2.54	1.13	0.048	0.68	1.34	1.15	28.88	1.74	0.49	0.94	0.68
$\text{D}_3\text{w}^b(20)$	44.07	4.87	19.38	0.88	1.48	0.051	1.05	1.89	2.09	14.20	6.67	0.43	0.71	2.57
$\text{D}_3\text{w}^c(18)$	33.72	4.63	25.33	1.11	1.18	0.036	0.41	3.53	1.33	20.24	1.28	0.81	0.90	2.99
$\text{D}_3\text{J}(32)$	73.40	3.66	8.82	0.40	0.96	0.033	0.66	1.21	1.99	5.02	7.87	0.42	0.39	19.70
$\text{D}_3\text{J}(12)$	41.63	3.25	24.31	0.48	1.48	0.030	0.41	0.26	0.84	16.78	3.71	0.47	0.82	1.71
平均	41.56	4.24	21.64	1.08	1.42	0.046	0.66	1.62	1.64	16.66	3.89	0.71	0.81	1.92

注:①各地层括号内数据为样品数;②环境参数的计算方法: k_1 , $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO})$; k_2 , $\text{C}_{\text{无机}}/(\text{C}_{\text{无机}}+\text{C}_{\text{有机}})$; k_3 , SiO_2/CaO ;③测试单位为桂林矿产地质研究院测试分析中心,2004。

(2)微量元素赋存性状:大厂矿田内局部地区地层中元素的“局域丰度”,是剔除最后成矿作用叠加的那一部分元素的含量,即剔除了不服从正态分布的超差样品(即含量大于或等于元素的平均值加上2倍标准离差($c+2\delta$)的那些样品)后,再求出的元素含量平均数(如表3)。该局域丰度可被认为是本区各地层在大厂区域正常沉积成岩丰度的基础上同时叠加了局部海底热水沉积活动等的元素平均含量。而该区各地层元素的平均值则是在局域丰度的基础上叠加了蚀变-矿化作用后的平均含量。用平均值除以局域丰度(c/x)即为局域蚀变-矿化叠加系数(k)。该系数反映了本区各地层矿化的强度,可作为评价各地层含矿性的地球化学标志^[22,23]。

本区各地层元素蚀变矿化叠加系数(表3)反映了热水沉积成矿作用的环境及其成矿、主要伴生元素的行为:①成矿元素Sn、Pb、Sb、Zn、S及主要伴生元素As、Ag、Mo、Ga等在 D_3J 硅质岩和 D_3w^b 硅质细条带灰岩中较其他地层富集,反映了局部的热水沉积拗陷盆地(硅质沉积物厚度较大的地区)是热水沉积成矿的有利环境,成矿微量元素就已有较多的聚集;②上述成矿元素及主要伴生元素的蚀变-

矿化叠加系数均大于该区地层总体的平均值,同时其富集的其他元素种类也较多,说明这两套地层相对于其他地层后期叠加的矿化较强;③运矿或挥发性元素F主要富集在 D_3w^b 硅质细条带灰岩;Cl主要富集在 D_3w^c 小扁豆状灰岩;B主要富集在 D_3w^b 宽条带状灰岩,证实了五指山组地层中存在热水沉积成矿作用。

3.3 热水沉积成矿机制

根据丹池成矿带地层地球化学特征、热水沉积岩的地球化学特征,认为丹池盆地在晚古生代存在广泛的热热水沉积成矿作用。广西期(志留-泥盆纪),华南东部(江南隆起及其以东)发育了华南大陆边缘弧后(亦称弧背)大陆裂陷盆地。丹池盆地在泥盆纪以来遭遇海侵接受碳酸盐相沉积,并形成一系列同沉积断裂,受同沉积断裂控制,下渗的海水萃取古老基底(富含Sn、W、Cu、Pb、Sb等成矿元素的地球化学块体)的Sn、Pb、Zn等成矿元素,形成富含金属元素、矿化剂的热热水,在热动力的驱使下沿着构造裂隙运移,在局部的热水沉积拗陷盆地相对还原的环境下沉淀,形成一系列热水沉积型锡多金属矿床或矿源层,其模式归纳于图3^[24]。

表3 大厂矿田泥盆系硅质岩及上下层位微量元素平均值、局域丰度及蚀变-矿化叠加系数
Table 3 Average value, local abundance, and alteration-mineralized superimposed value of trace elements of Devonian silicalite in Dachang ore-field

元素	平均值 c	局域丰度 x	蚀变-矿化叠加系数(k)						总体
			D_{3l}	D_{3w}^a	D_3w^b	D_3w^a	D_{3l}	D_{3l}	
Sn	134.95	94.46	0.53	1.08	3.54	0.90	1.97	1.03	1.42
Pb	261.15	170.48	0.84	0.70	2.53	1.53	2.08	0.59	1.54
Sb	169.79	103.46	0.83	1.06	1.92	1.45	2.19	1.04	1.64
Zn	889.51	660.12	0.82	1.02	1.60	1.46	2.34	1.15	1.34
Cu	75.56	42.69	0.80	1.68	1.86	0.66	1.54	0.72	1.77
Bi	5.68	2.20	0.40	3.09	1.48	0.37	1.23	2.02	2.58
Mo	2.65	1.386	1.41	0.51	3.93	0.89	3.64	1.21	1.91
As	407.83	180.01	0.57	1.45	2.41	0.92	2.44	0.88	2.26
Hg	0.077	0.060	0.77	1.12	0.98	1.20	1.51	2.47	1.10
Ag	3.54	2.22	0.62	1.29	1.74	1.35	1.71	0.41	1.60
Ga	4.58	4.37	1.38	1.25	1.43	1.23	1.12	0.59	1.05
W	66.42	40.05	0.60	0.14	0.68	0.86	4.52	1.30	1.66
Sr	164.17	153.26	1.35	1.21	1.27	1.55	0.65	1.80	1.07
B	176.20	144.45	2.33	1.36	1.13	2.01	0.72	0.42	1.22
F	1065.41	871.49	0.96	0.97	1.38	1.12	1.21	0.82	1.22
Cl	85.04	60.63	0.84	1.53	0.78	0.94	0.52	0.83	1.05
S	3.613	1.793	0.84	1.82	2.76	1.72	2.64	0.44	2.01

注:①样品总数133件;② $w_{(c)}/10^2$;③ $w_{(x)}/10^4$;④测试单位为桂林矿产地质研究院测试分析中心,2004。

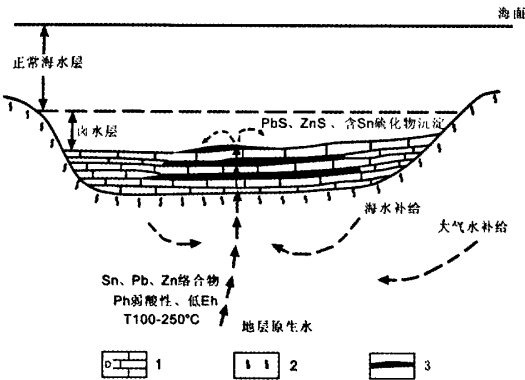


图3 丹池盆地热水沉积成矿作用模式图^[24]

Fig. 3 The metallogenic model of hydrothermal sedimentation of Danchi basin

1.泥盆系含矿层位; 2.基底地层; 3.矿体(矿源层)

4 结论

(1)丹池成矿带地层具有如下地球化学特征:在桂北大区域的较高背景上,似乎丹池地区(大厂外围)这一区域的Sn元素向大厂矿田发生过一定规

模的地球化学迁移;以大厂地区为中心,类似于发育一个巨大的原生晕分带,高温元素Sn、W在内带,向外发育中温元素Cu、Pb、Zn带到低温元素As、Sb(Hg)带;Pt₂₅和C是Sn的“深源”或“基底”矿源层,D是Sn的“浅源”或“盖层”矿源层。

(2)大厂矿田热水沉积成矿同地层中硅、硫和碳质的聚集有密切的关系; D_{3l} 和 D_{3w} 这两套地层相对于其他地层还原程度较强,形成还原的、酸性或碱性的成矿环境,有利于锡石硫化物的形成;局部的热水沉积拗陷盆地(硅质沉积物厚度较大的地区)是热水沉积成矿的有利环境,成矿微量元素就已有较多的聚集;丹池盆地在晚古生代存在广泛的热水沉积成矿作用。

参考文献:

[1] 胡云中.桂北地区地层及锡矿带地球化学[M].北京:科学技术出版社,1990,34-61.
[2] 刘朝荣,俞碧清.广西丹池盆地地球化学场演化与成矿[J].桂林冶金地质学院学报,1992,12(1):67-77.
[3] 叶绪孙,严云秀,何海洲.广西大厂超大型锡矿成矿条件[M].北京:冶金工业出版社,1996.

- [4] 韩 发, Hutchinson R W. 大厂锡-多金属矿床热液喷气沉积成因的证据—容矿岩石的微量元素及稀土元素地球化学[J]. 矿床地质, 1989, 8(3): 34–41.
- [5] 韩 发, Hutchinson R W. 大厂锡-多金属矿床热液喷气沉积的证据—含矿建造及热液沉积岩[J]. 矿床地质, 1989, 8(2): 26–40.
- [6] 韩 发, Hutchinson R W. 大厂锡-多金属矿床热液喷气沉积成因的证据—矿床地质-地球化学特征[J]. 矿床地质, 1990, 9(4): 309–324.
- [7] 韩 发, Hutchinson R W. 大厂锡矿床——一个喷气-沉积型锡矿床[J]. 地质前缘, 1994, 1(3–4): 233–235.
- [8] 韩 发, 赵汝松, 沈建忠, 等. 大厂锡-多金属矿床地质及成因[M]. 北京: 地质出版社, 1997, 1–213.
- [9] 雷良奇. 大厂长坡锡-多金属矿床成因刍议[J]. 矿床地质, 1986, 5(3): 87–96.
- [10] 雷良奇. 大厂矿田长坡-同坑超大型锡-多金属矿床矿石组构与矿床成因[J]. 广西地质, 1991, (2): 19–28.
- [11] 雷良奇. 热水沉积和岩浆气液叠加与大厂超大型锡-多金属矿床[J]. 地球化学, 1993, (3): 252–260.
- [12] 罗德宣, 张起钻. 大厂锡矿田海底热水沉积、后期岩浆热液叠加改造成矿的依据[J]. 矿产与地质, 1993, (5): 313–319.
- [13] 廖宗廷, 杨斌. 古海洋中的热水喷口—广西大厂例析[J]. 同济大学学报, 1995, 23(5): 564–567.
- [14] 宋慈安, 冯佐海, 雷良奇. 广西锡多金属大地构造成矿演化、分带与找矿方向[J]. 桂林工学院学报, 2009, 29(2): 207–215.
- [15] 孙德梅, 刘心铸, 彭 聪, 等. 应用重磁资料研究广西芒场-大厂成矿带的地质构造及隐伏岩体预测[J]. 中国地质科学院矿床地质研究所文集, 1994, 27: 120–138.
- [16] 陈毓川, 毛景文. 桂林地区成矿系列和成矿历史演化轨迹[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 1995, 410–413.
- [17] 李祖材. 试论广西原生锡矿床的大地构造类型、成矿特点和物质来源[J]. 大地构造与成矿学, 1988, 34(3): 35–44.
- [18] 毛景文. 桂北九万大山—元宝山地区锡多金属矿床的地质特征和成矿系列[J]. 矿床地质, 1987, 6(4): 23–32.
- [19] 蔡明海, 梁 婷, 吴德成, 等. 桂西北丹池成矿带花岗岩地球化学特征及其构造环境[J]. 大地构造与成矿学, 2004, 28(3): 306–313.
- [20] 广西壮族自治区地质矿产局. 广西壮族自治区地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1985, 124–127.
- [21] 陈洪德, 曾允孚. 丹池晚古生代盆地的沉积和构造演化[J]. 沉积学报, 1989, 7(4): 85–96.
- [22] 唐元骏, 殷庆和, 於崇文. 地层地球化学研究的思想和方法[J]. 矿物岩石地球化学通讯, 1987, (3): 80–92.
- [23] 赵武强, 宋慈安. 广西佛子冲铅锌矿田地球化学特征[J]. 物探与化探, 2010, 34(1): 24–29.
- [24] 杨 斌. 广西佛子冲铅锌多金属矿田热水沉积-叠生改造成矿与找矿模式[D]. 成都理工大学, 2001.

Stratigraphic Geochemistry and Hydrothermal Sedimentation Metallogenesis of Danchi Tin Polymetal Metallogenic Belt, Guangxi Province

YOU Jun^{1,a,2}, SONG Ci-an^{1b}, Ding Ru-fu²

(1. a. School of Earth Science, b. Key Laboratory of Geological Engineering Centre of Guangxi province, Guilin University of Technology, Guilin 541004,

Guangxi, China; 2. Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing, 100012.)

Abstract: The migrating regularities and zoning features of ore-forming elements, “source bed” problem of Danchi metallogenic belt is demonstrated by comparing the regional stratigraphic geochemical data. The Major elements, trace elements, environmental parameter, alteration-mineralization superposition factor of hydrothermal sedimentary rocks in Dachang ore-field are studied for illustrating the features of hydrothermal sedimentary mineralization and establishing metallogenic mechanism of Danchi hydrothermal sedimentary polymetallic belt.

Key words: stratigraphic geochemistry; hydrothermal sedimentation; tin polymetal deposits; Danchi metallogenic belt, Guangxi province