

广西热水沉积矿床中电气石岩地质地球化学特征

王明艳^{1,2}, 李毅³

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所 北京 100037; 2. 湖南有色金属控股集团矿产资源部, 湖南 长沙 410015; 3. 广西有色金属集团公司 广西 南宁 518000)

[摘要] 本文从岩石学和地球化学分析角度, 研究广西热水沉积矿床中电英岩的地质地球化学特征。电英岩在 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ 及 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-(K}_2\text{O+Na}_2\text{O)}$ 图解上的坐标落在热水沉积区内, 为热水沉积形成。电英岩的稀土分配模式具有轻稀土富集, 弱的负 Ce 异常和负 Eu 异常, 为典型的热沉积物的分布模式。电英岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值很低, 较一般的热沉积硅质岩低, 可能是热沉积电气石岩的固有特征, 表明应属热沉积成因。

[关键词] 电英岩 热水沉积矿床 地球化学 广西

[中图分类号] P591 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2010)02-0299-07

Wang Ming-yan, Li Yi. Geological geochemical characteristics of tourmalite of hydrothermal sediment deposits in Guangxi Province[J]. *Geology and Exploration*, 2010, 46(2): 0299-0305.

电气石岩是一种重要的热水沉积岩, 主要指那些具有一定沉积岩结构构造、电气石含量大于 20% (体积)、并与围岩层理整合产出的岩石(层)。在部分遭受到多期变形和高级序变质作用的矿床中, 电气石岩可呈团块状、香肠状和透镜体沿特定地层层位断续分布。电气石岩与矿体的空间分布关系大体有以下几种: 矿体的顶底板或直接围岩; 呈透镜体或不规则状团块在矿体中心部位分布; 同含铁建造和其它类型化学沉积岩一起构成矿体围岩; 在矿床或成矿区围岩内出现, 与热水沉积矿床关系密切。同时电气石岩在空间上还与燧石条带、富炭质泥岩、页岩、含铁建造和富锰沉积岩伴生。

1 地质概况

研究区位于华南陆缘构造区的桂中-桂东边缘海盆地, 为受冷水江-龙胜走滑断裂控制形成的晚古生代裂陷槽。该区在加里东期形成一套巨大的复理式沉积, 寒武纪末开始敛合, 志留纪末的广西运动使前泥盆纪地层强烈褶皱造山, 桂中-桂东边缘海闭合, 并形成统一的中国南方板块, 进入板内活动阶段。板内活动主要为拉张走滑运动, 湘、桂、粤泥盆

纪沉积盆地就是在这拉张走滑大地构造背景下形成发育的, 桂中-桂北地区为湘、桂、粤泥盆纪盆地的一部分, 属于受冷水江-龙胜(永福)走滑断裂控制的南宁-安化台盆的一部分。张裂活动从早泥盆世早期即已开始, 走滑拉张断裂从南往北逐渐推进, 海侵也由南向北超覆。其沉积环境从早泥盆世至晚泥盆世由潮坪相带、潮下-半局限盆地相带、局限-半局限-开阔台地相带、台地前缘斜相带、直至台沟相带演变, 但在早泥盆世早、中期泗顶-环江一带还是古陆, 而台沟相带则仅为南部武宣-象州一带晚泥盆世的沉积环境(陈大经等, 2004; 李毅等, 2007, 2008; 王明艳等, 2008)。

区内出露地层有寒武系、上古生界、中生界及第四系, 锡多金属矿床赋矿围岩主要为泥盆系白云岩、硅质岩、其它碳酸盐岩、底砾岩及砂页岩, 次有寒武系砂页岩、灰岩等。

2 岩石学特征

电气石岩在广西仅见于宝坛矿田及大厂矿田, 分别称为电英岩及电气石岩, 且均与锡矿化关系密切。这些电气石岩主要呈层状或似层状、透镜状产

[收稿日期] 2009-05-08; [修回日期] 2010-03-02; [责任编辑] 陈喜峰。

[基金项目] 国家重点基础研究发展计划(973 项目)(编号 2002CG412607)资助。

[作者简介] 王明艳(1978-), 男, 2005 年毕业于中南大学, 获博士学位, 现主要从事矿产普查与勘探区域成矿研究工作, E-mail: mingyan.wang@harcresources.com.au。

出,产出于泥盆系地层。一般电气石岩与锡矿化、硫化物条带及硅质岩密切伴生产出,在宝坛矿田见少量电英岩产于锡矿化下盘。

宝坛矿田的矿化电英岩分为四类(陈毓川等,1995):①灰黑色电英岩,组成矿物细小,一般为0.02 mm~0.1 mm。该矿化岩石呈致密块状构造,质地十分坚硬。厚层的矿化岩石在地貌上常形成陡坎,在局部可见该类矿化岩石具有典型的纹层状构造,即以电气石为主和以石英为主的黑白两种颜色交替出现,颜色带宽者可至几厘米,薄者不到0.1 mm。矿化岩石中的这些纹层与地层产状一致,时而笔直,时而褶皱。本类矿化岩石在四堡期矿化体中数量上占有绝对的优势;②在粉砂岩中见有透镜状、断续相衔接的似层状微黄色矿化电英岩,其中的组成矿物为浅黄色电气石20~30%、石英40%、白云母(绢云母)20~30%。这类矿化岩石一般难与普通变质粉砂岩分开。微黄色矿化岩石的另一个特点是矿物十分细小,大多小于0.01 mm,其中电气石颜色很浅且多色性亦不十分明显。岩石的纹层构造比较发育,多表现为沉积滑动褶皱;③含炭质、黄铁矿纹层状矿化电英岩,其特点是纹层构造发育,除含有电气石、石英和少量锡石外,还有较多的炭质散于其内,这些炭质大多出现在纹层之间,即颜色突变处。此外,可见成岩期黄铁矿(0.2 cm左右)切穿数条纹层而成自形晶,局部在矿化层顶部几厘米处可见密集的气孔构造;④矿化粉砂岩,在矿区比较罕见,表面上与周围的变质粉砂岩完全相同,在显微镜下可见硅化现象。矿化粉砂岩含泥质成分较高,产出部位仅限于矿化电英岩的走向尖灭端。其岩石组合主要为电英岩—细碎屑岩(粉砂岩、泥岩)组合。

大厂长坡—铜坑锡多金属矿床纹层状含电气石的碳酸盐岩—硅质岩建造划分为四个岩石组合(韩发等,1989):①纹层状锡石硫化物—硅质岩组合;②具薄层状锡石钾长石硫化物夹层的泥灰岩组合;③纹层状锡石钾长石硫化物—碳酸盐岩—硅质岩组合;④具纹层状锡石钾长石硫化物夹层的碳酸盐岩组合。在大厂长坡—铜坑锡矿条带状硅质岩中,各种类型的条带状硫化物中以及富含锡石、钾长石的条带状矿石中都或多或少地含有一定数量的电气石。从含矿建造剖面上看,①、③组合的岩石几乎普遍含有电气石,而在②、④组合中只有纹层状含锡石、钾长石的硫化物—硅质岩中含电气石,并且某些地段电气石的含量高达20%以上。而泥灰岩及扁豆状灰岩中几乎不含电气石。在③组合的上部,条带状

硫化物发育的部位,岩石中电气石的含量往往高于20%,可称之为电气石岩,此处电气石岩在走向上呈不连续产出,但在某些地段可以连续延长100 m以上。肉眼观察岩石呈黑色致密块状,多与硫化物互成条带。区内电气石岩一般为暗灰色、灰黑色至黑色,在宝坛矿田还有呈灰黄色者。

电气石岩的矿物成分主要为电气石、石英,其次为炭质、白云母(绢云母)、此外还可含有磁黄铁矿、黄铁矿、闪锌矿等硫化物及锡石,以及方解石、绿泥石、绿帘石及微量磷灰石等。但是在不同类型的电气石岩中其矿物含量变化较大。在大厂长坡—铜坑矿床,不同纹层中的矿物含量不同,在富含电气石的纹层中含电气石85%,石英5%,炭质10%,在富含石英的纹层中含电气石20~30%,石英40~70%,炭质5~20%,在富含硫化物的纹层中,含电气石3~15%,黄铁矿、闪锌矿90%、石英、方解石3~5%。在宝坛矿田,灰黑色层状电英岩主要组成矿物为电气70~80%和石英20~30%,还有微量的白云母、绿泥石、绿帘石、磁黄铁矿和锡石;灰黄色电英岩中,浅黄色电气石20~30%、石英40%、白云母(绢云母)20~30%。电气石呈针状、他形粒状产出,少量半自形—自形粒状。矿物粒度均很细,电气石一般为2 μm~8 μm,石英为0.02 mm~0.2 mm。热水沉积电气石一般以富镁电气石为主(沈建忠等,1992)。在大厂长坡—铜坑矿田为富镁电气石,在宝坛地区为铁—镁电气石。电气石的颜色在大厂矿区很浅,Ne—浅褐色,No—无色;宝坛地区的电气石为深灰色,Ne—灰白,无色,No—灰、灰绿色。

岩石具显微晶质结构,局部见筛状结构及脱胶状结构。构造有块状、条带状、纹层状构造,在宝坛地区还见交错层及包卷层等构造。其条带主要为电气石与硫化物互成条带,或者电气石与炭质条带相伴,或与含锡石、钾长石条带相伴、并与硅质岩互为条带,或者由电气石与石英互为条带。条带宽一般0.1 mm~1 cm。纹层之条纹宽一般0.02 mm~2.0 mm,纹层主要由以电气石为主的暗色条纹和以石英为主的浅色条纹组成,此外还有含炭的锡石—硫化物纹层及少量富含绢云母的纹层和胶磷矿纹层。

3 地球化学特征

3.1 常量元素特征

由于电气石岩(或电英岩)中的矿物成分除电气石外,主要为石英,其石英含量高者可达40%~70%,因此,可以把电气石岩看成一种特殊的硅质

岩。区内及国内外一些地区的热热水沉积电气石岩的化学成分分析结果见表 1。从表中可以看出,这些地区的电气石岩在常量元素的含量上较为相似,尤其是 SiO₂ 含量都较高,一般大于 60%,广西-洞地区电英岩的 SiO₂ 含量为 62.35% ~ 76.74%,平均 67.67%,大厂长坡—铜坑地区电气石岩的 SiO₂ 的含量为 66.59%,二者较为接近,从岩石的 SiO₂ 含量看,也可以将电气石岩看成是特殊的硅质岩。因此,无论从矿物成分,还是从化学成分的角度,都可以将

电气石岩看成一种特殊的硅质岩。岩石中其它元素含量则以 Al₂O₃ 较高为特征,一洞电英岩 Al₂O₃ 含量达 9.12% ~ 13.76%,平均 12.48%,大厂长坡—铜坑矿区稍低,也达 6.33%;此外,岩石中 FeO、Fe₂O₃、MgO 及 B₂O₃ 含量较高也是岩石的重要特征,尤其是 B₂O₃ 含量,除大厂矿区稍低为 0.71%外,一洞矿区高达 2.96% ~ 4.32%,平均 3.85%,而国内外其它矿区电气石岩的 B₂O₃ 含量也可高达 1.57% ~ 7.92%,充分显示了电气石岩的富硼特征。

表 1 电英岩岩石化学成分(%)
Table1 Petrochemical composition of tourmalite (%)

序号	产地	样品名称	样品数	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	资料来源
1	广西一洞	电英岩	1	62.35	0.40	13.76	2.20	4.16	0.12	0.75	4.29	0.48	0.86	本文
2		电英岩	1	63.91	0.36	14.57	1.97	3.27	0.12	0.82	4.51	0.36	1.03	
3		电英岩	1	76.74	0.46	9.12	1.45	2.36	0.12	1.22	2.33	0.05	0.71	
4		电英岩	3	67.67	0.41	12.48	1.87	3.26	0.12	0.93	3.71	0.30	0.87	
5	广西大厂长坡-铜坑	条带状石英-电气石-黄铁矿岩	1	66.59	0.29	6.33	10.01 TFeO		0.08	3.59	2.03	0.25	0.09	据韩发等,1997
6	山西胡家峪	条纹状电气石岩	2	64.14	1.17	13.95	5.01	1.12	0.25	0.23	2.84	0.70	1.20	据孙海田等,1990
7	内蒙古别鲁乌图	电气石岩	2	75.85	0.35	12.06		2.96 TFeO	0.015	0.40	3.42	0.06	0.70	据聂风军等,1990
8	辽宁张家沟-蔡家沟	纹层-条纹状电气石岩	4	59.42	0.50	15.65	1.15	3.90	0.051	1.84	6.02	0.86	0.31	据夏学惠等,1997
9	加拿大沙利文	富含电气石的喷气岩	2	61.00	0.45	10.95	2.05	16.68	0.04	0.37	1.82	0.32	0.59	据韩发等,1997
10	澳大利亚戈登代克多姆	电气石岩	5	75.44	0.48	12.72	0.74	3.19	0.014	0.35	3.30	0.09	0.71	据 Plimer I R 等,1986

序号	产地	样品名称	样品数	P ₂ O ₅	B ₂ O ₃	SrSO ₄	BaSO ₄	H ₂ O ⁺	CO ₂	有机炭烧失量	Σ	资料来源
1	广西一洞	电英岩	1	0.045	4.28	0.02	0.14				2.26 96.12	本文
2		电英岩	1	0.070	4.32	0.01	0.19				2.01 97.52	
3		电英岩	1	0.053	2.96	0.01	0.10				1.24 98.92	
4		电英岩	3	0.056	3.85	0.01	0.14				1.84 97.52	
5	广西大厂长坡-铜坑	条带状石英-电气石-黄铁矿岩	1	0.22	0.71		0.02Ba				10.01 100.22	据韩发等,1997
6	山西胡家峪	条纹状电气石岩	2	0.03	7.92			1.02	0.10		99.66	据孙海田等,1990
7	内蒙古别鲁乌图	电气石岩	2		1.60			1.88			99.30	据聂风军等,1990
8	辽宁张家沟-蔡家沟	纹层-条纹状电气石岩	4	0.14	5.3			1.18	0.67	0.32	3.02 98.16	据夏学惠等,1997
9	加拿大沙利文	富含电气石的喷气岩	2	0.03							3.8 98.10	据韩发等,1997
10	澳大利亚戈登代克多姆	电气石岩	5	0.00	1.57			1.48			100.03	据 Plimer I R 等,1986

注:本文样品测试单位:有色金属桂林矿产地质测试中心。

韩发等(1989)及毛景文等(1990)提出,利用硅质岩的 TiO₂、Al₂O₃、K₂O、Na₂O 含量的相关二元图解,可以有效地区分生物沉积成因与火山或海底热

水沉积成因的硅质岩,在 Al₂O₃-TiO₂ 及 Al₂O₃-(K₂O+Na₂O)二元图解上(图 1、2),生物沉积成因与热水沉积成因的硅质岩明显分为两个区。用这种

二元图解对作为特殊硅质岩的电气石岩(电英岩)进行判别,同样表明,无论是广西一洞的电英岩及长坡-铜坑的电气石岩,还是国内外其他矿区的电气石岩的投影点,与火山弧区的硅质岩、海底热卤水沉积的硅质岩的投影点都落入同一个区,特别值得指出的是通过本次工作,我们还发现,在 $Al_2O_3 - TiO_2$ 及 $Al_2O_3 - (K_2O+Na_2O)$ 二元图解上,不同成因的硅质岩及电气石岩有各自明显的集中区,在热水沉积物区,这些电气石岩的投影点更为接近,相对集中于一个小区,我们将其称为热水沉积电气石岩区,即 HT 区。而这些电气石岩,无论是国内的山西中条山胡家峪铜矿、内蒙古别鲁乌图铜硫多金属矿及辽东张家沟-蔡家沟硫铁矿区的电气石岩,还是国外的加拿大沙利文铅锌银矿、澳大利

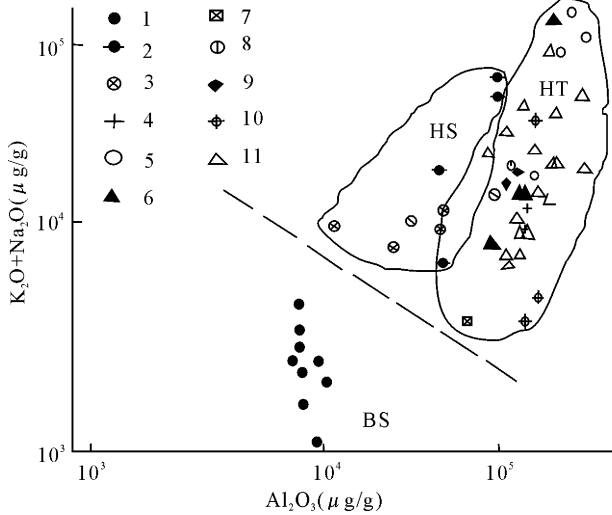


图 1 不同成因类型硅质岩 $Al_2O_3 - (K_2O+Na_2O)$ 图解 (原图据毛景文等,1990)

Fig. 1 Diagram of $Al_2O_3 - K_2O+Na_2O$ in different genetic types of siliceous (from Mao *et al.*, 1990)

1-生物成因硅质岩;2-火山弧区硅质岩;3-与海底热卤水有关的
热液沉积硅质岩;4-沙利文铅锌矿区电气石岩;5-布罗肯希尔矿区的
电气石岩;6-一洞电气石岩;7-大厂电气石岩;8-中条山电气石岩;9-
别鲁乌图电气石岩;10-辽东张家沟电气石岩;11-澳大利亚戈登电
气石岩;BS-生物成因硅质岩区;HS-热水沉

积硅质岩区;HT- 热水沉积电气石岩区

1-biological genetic siliceous;2-volcanic arc area siliceous;3-hythermal
-sediment siliceous related with seafloor thermal brine;4-tourmaline
rock of Sullivan Pb-Zn deposit district;5- tourmaline rock of Broken
Hill deposit district;6- tourmaline rock of Yidong deposit district;7-
tourmaline rock of Dachang deposit district;8- tourmaline rock of
Zhongtiaoshan deposit district;9- tourmaline rock of Bieliuwutu district;
10- tourmaline rock of Zhangjiagou district;11- tourmaline rock of Aus-
tralia Gordon district;BS- biological genetic siliceous area;HS- hyther-
mal-sediment siliceous area;HT- hythermal-sediment tourmaline rock
area

亚布罗肯希尔铅锌矿及戈登代克多姆铅锌金矿的电气石岩都被认为是典型的热液沉积岩(韩发等,1997;孙海田等,1990;聂风军等,1990;夏学惠等,1997;Plimer I R 等,1986;Slack J F 等,1993;毛景文等,1990),这就为广西一洞电英岩及大厂长坡-铜坑的电气石岩的热液沉积成因从岩石化学角度提供了一个新的证据。同时也为热水沉积电气石岩的成因解释提供了新的成因判别图解。

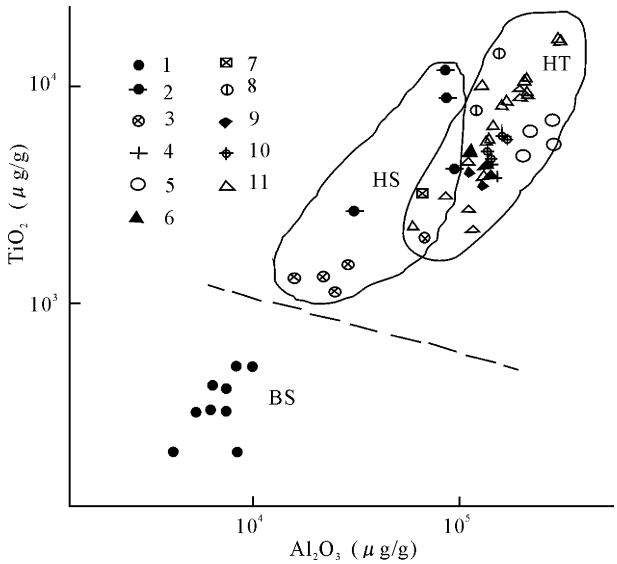


图 2 不同成因类型硅质岩 $TiO_2 - Al_2O_3$ 图解 (原图据毛景文等,1990,图例同图 1)

Fig. 2 Diagram of $TiO_2 - Al_2O_3$ in different genetic types of siliceous (from Mao *et al.* 1990, legend is same as Fig 1)

3.2 稀土元素特征

广西一洞电英岩及大厂长坡电气石岩稀土元素及特征参数见表 2,其球粒陨石标准化及北美页岩标准化后的 REE 配分曲线见图 3 及图 4。韩发等(韩发等,1997)的研究指出,大厂长坡及加拿大沙利文矿区的电气石岩为热水沉积岩。丁悌平等(丁悌平等,1994)通过硅同位素地球化学研究后也指出,沙利文的电气石岩为热水沉积成因。因此,为便于对比,还将沙利文矿区电气石岩的资料表示于上述图表中。

由表 2 及图 3、4 可以看出,广西一洞及大厂长坡的电英岩(电气石岩)与加拿大沙利文的电气石岩三者间的稀土元素地球化学特征比较相似,其稀土总量为低—中等含量,总体较高,以大厂长坡稍低, ΣREE 为 31.07×10^{-6} ,而一洞与沙利文的较为接近, ΣREE 为 $50.24 \times 10^{-6} \sim 78.86 \times 10^{-6}$ 。其稀土配分曲线极为相似,均具弱的负铈异常($\delta Ce = 0.75$)

~0.95)及负铕异常($\delta\text{Eu}=0.47\sim0.68$),且轻稀土大于重稀土,但在北美页岩标准化的稀土配分曲线图上(图3、4),其曲线均略向左倾或近于水平,又表明其重稀土仍有富集趋势。因此,通过稀土元素地球化学特征的对比,可以认为一洞电英岩及长坡电气石岩与沙利文的电气石岩一样,也属热水沉积岩。

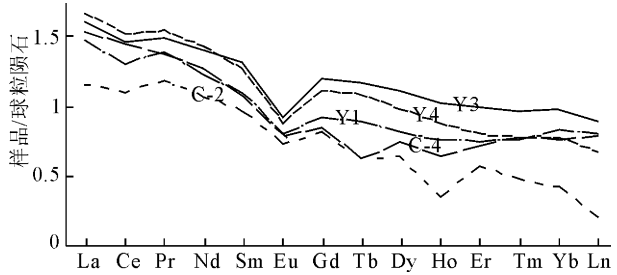


图3 电英岩(电气石岩)稀土配分图

Fig.3 Standardized distribution pattern of REE of tourmalite (tourmalite rock)

同时,矿区电英岩(电气石岩)稀土元素的这些特征与前述含金属热水沉积物的稀土元素地球化学特征(Marchig V等,1982;Fleet A J等,1983)也较为相似,表明一洞及大厂的电英岩(电气石岩)确具热水沉积特征。

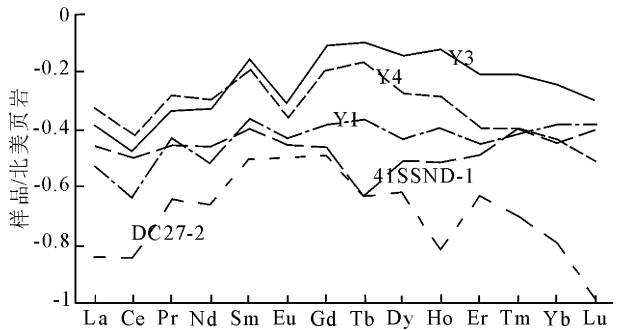


图4 电英岩(电气石岩)稀土配分图

Fig.4 Standardized distribution pattern of REE of tourmalite (tourmalite rock)

表2 电英岩的稀土元素含量(10^{-6})
Table2 The REE composition of tourmalite(10^{-6})

产地	样品名称	样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
一洞	电英岩	Y1	9.48	16.83	2.91	10.12	2.48	0.46	2.16	0.37	2.13	0.42
	电英岩	Y3	12.98	23.97	3.66	15.26	3.95	0.61	4.04	0.69	4.14	0.78
	电英岩	Y4	15.54	27.62	4.14	16.79	3.67	0.55	3.41	0.58	3.15	0.55
长坡	纹层状电气石岩	DC27-2	4.60	10.40	1.80	7.20	1.80	0.39	1.70	0.20	1.40	0.16
沙利文	条带状电气石岩	41SSND-1	11.20	23.10	2.80	11.30	2.30	0.44	1.80	0.20	1.80	0.32

产地	样品名称	样品号	Er	Tm	Yb	Lu	Y	总量	δCe	δEu	LREE/HREE	资料来源
一洞	电英岩	Y1	1.21	0.19	1.28	0.20	9.41	50.24	0.75	0.60	5.31	本文
	电英岩	Y3	2.10	0.31	1.79	0.24	16.98	74.52	0.81	0.47	4.29	
	电英岩	Y4	1.37	0.20	1.14	0.15	27.66	78.86	0.80	0.47	6.47	
长坡	纹层状电气石岩	DC27-2	0.80	0.10	0.50	<0.05		31.07	0.85	0.68	5.33	据文献(韩发等,1997)
沙利文	条带状电气石岩	41SSND-1	1.10	0.20	1.10	0.19		57.85	0.95	0.65	7.62	

注:本文样品测试单位为国土资源部武汉矿产资源监督检测中心;稀土总量及HREE均未包括Y的含量。

(图3、4中样品编号及名称同表5-8)

3.3 氧同位素特征

一洞电英岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值很低,远低于正常沉积硅质岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值,而近于火成石英的平均值,是否与火成成因有关呢?据前述,一洞电英岩呈纹层状产于地层中及矿石的结构构造等特征已指出其热水沉积成因。矿区虽有花岗岩产出,但一洞电英岩的主岩为砂岩,并非碳酸盐岩,也难以用与火成作用有关的选择性交代来解释其纹层状构造的成因,因而笔

者认为,一洞地区纹层状电英岩的形成与岩浆岩并无直接关系,而其 $\delta^{18}\text{O}$ 值较低的原因可能也与温度有关,因电英岩一般形成温度较高,按Knauth(Knauth L P等,1976)温度越高, $\delta^{18}\text{O}$ 值越低的认识,电英岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值应该较低,这与一洞的情况相符。另据韩发(韩发等,1997)资料,大厂铜坑—长坡矿区电气石岩中电气石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为10.4‰~13.6‰,平均12.1‰,加拿大沙利文热水沉积电英

岩中电气石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $9.5\text{‰} \sim 10.3\text{‰}$ 。Taylor (Taylor B E 等, 1984) 指出, 电气石岩中电气石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $7.17\text{‰} \sim 15.47\text{‰}$, 主要变化于 $9.5\text{‰} \sim 15.5\text{‰}$ 之间。可以看出, 这些矿区电气石岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值十分接近, 可能反映了其相同的热水沉积成因。同时推测, 电气石岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值较一般的热水沉积硅质岩低, 可能是热水沉积电气石岩的固有特征, 其 $\delta^{18}\text{O}$ 值一般为 $8.2 \sim 15.5\text{‰}$ 。如果真是这样的话, 那么广西电英岩(电气石岩) $\delta^{18}\text{O}$ 值很低也就好解释了, 因其 $\delta^{18}\text{O}$ 值正好在这一范围内, 表明应属热水沉积成因。

表3 电英岩的氧同位素组成

Table3 Oxygen isotope contents of tourmalite

产地	样品号(样品数)	样品名称	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$
一洞	Y1	电英岩	8.2
	Y3	电英岩	9.2
	Y4	电英岩	9.7
	Y2	电英岩中石英	12.8
	Y5	电英岩中石英	12.1

测试单位:国土资源部同位素实验室。

4 结论

(1) 电英岩在 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2$ 及 $\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 图解上的坐标落在热水沉积区内, 为热水沉积形成。

(2) 稀土总量为低-中等含量, 总体较高, ΣREE 为 $50.24 \times 10^{-6} \sim 78.86 \times 10^{-6}$ 。其稀土配分曲线极为相似, 均具弱的负铈异常 ($\delta\text{Ce} = 0.75 \sim 0.95$) 及负铕异常 ($\delta\text{Eu} = 0.47 \sim 0.68$), 且轻稀土大于重稀土。

(3) 一洞电英岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值很低, 远低于正常沉积硅质岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值, 表明应属热水沉积成因。

[References]

Chen Da-jing, Xie Shi-ye. 2004. Basic character of hydrothermal depositional mineralization in Guangxi [J]. Mineral Resources and Geology, 18(5):415-421

Li Yi, Su Xia-zheng, Chen Da-jing, Dai ta-gen. 2007. Petrological and petrochemical characteristics of siliceous rocks in hydrothermal sedimentary deposit of Guangxi Province [J]. Mineral Resources and Geology, 21(4):445-451

Wang Ming-yan, Xi Chao-zhuang, Li Yi. 2008. Geological and geochemical characteristics of the barite rocks in the hydrothermal sedimentary deposit in Guangxi [J]. Mineral Resources and Geology, 22(4):335-341

Li Yi. 2008. Metallogenic regularity and prospecting direction of hot water sedimentary deposits, Guangxi, China [D]. Changsha: Central

South University;1-100

Chen Yu-chuan, Mao Jing-wen. 1995. Metallogenic series and metallogenic history of the evolution path in Northern Guangxi [M]. Nan Jing: Guangxi Science and Technology Press;20-85

Han Fa, Richard W Huchinson. 1989. Evidence for exhalative origin for rocks and ores of the Dachang tin polymetallic field: the ore-bearing formation and hydrothermal exhalative sedimentary rocks [J]. Mineral Deposits, 7(2):25-37

Shen Jian-zhong, Han Fa. 1992. Tourmalinite—a mineralization-related rock type[J]. Mineral Deposits, 11(4):384-388

Han Fa, Zhao Ru-song, Shen Jian-zhong. 1997. The geology and genesis of tin-polymetallic ore deposit in Dachang [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese):1-145

Sun Hai-tian, Ge Chao-hua. 1990. The genesis of jet-type hydrothermal of Zhongtiaoshan copper deposit [M]. Beijing: Beijing Science and Technology Press;10-68

Nie Feng-jun, Zhang Hong-Tao, Sun Hao, Fan Jian-ting. 1990. On the volcano-hydrothermal origin of the Bieluwutu copper-sulfur polymetallic deposit, inner Mongolia [J]. Mineral Deposits, 9(4):339-349

Xia Xue-hui. 1997. Occuring order of tourmaline rocks associated with pyrite deposits in East Liaoning: An indicator of Hot Water deposition at Sea Bottom [J]. ACTA PETROLOGICA SINICA, 13(2):215-224

Plimer I R. 1986. Tourmalinites from the Golden Dyke Dome, Northern Australia [J]. Mineral Deposita, 21:263-270

Slack J F, Palmer M R, Stevens B J. 1993. Origin and significance of tourmaline-rich rocks in the Broken Hill district [J]. Australia. Econ. Geol., 88: 505-541

Mao Jing-wen, Chen Yu-chuan, hen Qing-xun, Yang Kai-tai. 1990. Two types of tourmalinite from Northern Guangxi, China and their use as an indication for metallogenic environments [J]. Acta Petrologica Et Mineralogica, 9(4):289-299

Ding Ti-ping, Jiang Shao-yong, Wan De-fang. 1994. Silicon isotope geochemistry [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese):1-120

Marchig V, Gundlach H, Moller P. 1982. Some geochemical indicators for discrimination between diagenetic and hydrothermal metalliferous sediments [J]. Mar. Geol, 50:241-256

Fleet A J. 1983. Hydrothermal and hydrogenous ferro-mangan deposits: Do they form a continuum the rare earth element evidence in hydrothermal processes at seafloor spreading center, in Rona P. A. et al., Hydrothermal processes at seafloor spreading centers [M]. New York: Plenum Press, 533-555

Knauth L P, Epstein S. 1976. Hydrogen and oxygen isotope ratios in nodular and bedded cherts [J]. Geochim. et Cosmochim. Acta, 40(9): 1095-1108

Taylor B E, Slack J F. 1984. Tourmalines from Appalachian-Caledonian massive sulfide deposits: textural, chemical and isotopic relationships [J] Econ. Geol., 79: 1703-1726

[附中文参考文献]

陈大经, 谢世业. 2004. 广西热水沉积成矿作用的基本特征 [J]. 矿

产与地质, 18(5):415-421

李 毅,苏夏征,陈大经,戴塔根. 2007. 广西热水沉积矿床中硅质岩岩石学及岩石化学特征[J]. 矿产与地质, 21(4):445-451

王明艳,息朝庄,李 毅. 2008. 广西热水沉积矿床中重晶石岩地质地球化学特征[J]. 矿产与地质, 22(4):335-341

李 毅. 2008. 广西热水沉积矿床成矿规律及找矿方向研究[D]. 长沙:中南大学;1-100

陈毓川,毛景文. 1995. 桂北地区矿床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;20-85

韩 发,R. W. 哈钦森. 1989. 大厂锡多金属矿床热液喷气沉积证据—含矿建造及热液沉积岩[J]. 矿床地质, 8(2):25-37

沈建忠,韩 发. 1992. 电气石岩—一种和矿化有关的岩石类型[J]. 矿床地质, 11(4):384-388

韩 发,赵汝松,沈建忠. 1997. 大厂锡多金属矿床地质及成因[M]. 北京:地质出版社; 1-145

孙海田,葛朝华. 1990. 中条山式热液喷气成因铜矿床[M]. 北京:北京科学技术出版社;10-68

聂凤军,张洪涛,孙 浩,樊建廷. 1990. 论内蒙古别鲁乌图铜硫多金属矿床的火山热液成因[J]. 矿床地质, 9(4):339-349

夏学惠. 1997. 辽东地区硫铁矿床中电气石岩热水沉积剖面结构序列[J]. 岩石学报, 13(2):215-224

毛景文,陈毓川,陈晴勋,杨开泰. 1990. 中国桂北地区两类电英岩及其对成矿环境的指示[J]. 岩石矿物学杂志, 9(4):289-299

丁梯平,蒋少涌,万德芳. 1994. 硅同位素地球化学[M]. 北京:地质出版社; 1-120

Geological-geochemical Characteristics of Tourmalite of Hydrothermal
Sediment Deposits in Guangxi Province

WANG Ming-yan^{1,2}, LI Yi³

(1. Institute of Mineral resources of the Chinese Academy of Geological Science,Beijing 100037 ;2. Department of Mineral Resources,Hunan Non-ferrous Metals Holding Group Co. , Ltd, Changsha Hunan 410015;
3. Guangxi Nonferrous Metals Holding Co. , Ltd, Nanning Guangxi 518000)

Abstract:From the view of petrology and geochemistry, this work makes analysis to geological and geochemical characteristics of tourmalite of hydrothermal sediment deposits in Guangxi. The plot of Al/(Al+Fe+Mn) and Al-Fe-Mn triangle diagram shows that the tourmalite lies in the area of hydrothermal sediments, implying its formation mechanism. The rare earth elements distribution patterns of the tourmalite has weak negative Ce and negative Eu anomalies, indicative of typical patterns of hydrothermal sediments. The $\delta^{18}\text{O}$ value of tourmalite is lower than other general hydrothermal sediment silicates, and is probably the inherent feature of this kind of tourmalite deposits that formed in thermal sediment setting.

Key words:tourmalite,hydrothermal sediment deposit,geochemistry,Guangxi