

# 湖南白腊水锡矿区围岩蚀变作用特征\*

刘东宏

(广东省有色金属地质勘查局地质勘查研究院, 广东 广州 510080)

**摘要** “湖南千里山-骑田岭锡铅锌矿评价”属国土资源大调查项目之一。白腊水矿区为芙蓉锡矿田最重要的组成部分,估算资源量已达超大型规模的锡矿床;区内蚀变作用强烈,种类繁多,探讨其特征及与锡矿化的关系,在寻找锡矿床方面具指导意义。

**关键词** 地质学; 蚀变作用; 锡矿化; 白腊水; 湖南

## Characteristic of wall rock alteration in Bailashui Sn-deposit district from Hunan

LIU DongHong

(Guangdong Nonferrous Metals Geological Survey Institute, Guangzhou 510080, Guangdong, China)

### Abstract

The evaluation of Sn-Pb-Zn mine in Qianlishan-Qitianling from Hunan, Which is one of the projects for extensive surveying of land and resources. Bailashui mine district is the most important part of Sn-deposit field in Furong, the calculating of the resource capacity makes it reach the super large scale level of the Sn-deposit. There exist kinds of intense rock alteration in the mine district. It is helpful for searching Sn-deposit by discussing the connection between the characteristic of rock alteration and Sn-mineralization.

**Key words:** geology, alteration, Sn-mineralization, Bailashui, Hunan Province

白腊水矿区为湖南千里山-骑田岭地区芙蓉锡矿田中最重要的锡矿区,该区位于芙蓉锡矿田西部,面积约40.87 km<sup>2</sup>(图1)。该矿区是湖南地质调查院湘南矿产地质调查所近几年来在进行矿产、地质调查时,新发现的一个资源量已达超大型规模的锡矿床。矿床产于骑田岭花岗岩与灰岩接触带及花岗岩体内断裂构造蚀变带中。其独特的锡矿床类型、围岩蚀变作用及矿化特征,可望在寻找锡矿床方面提供新认识和新思路。

## 1 矿区地质概况

矿区南部小部分出露中上石炭系、二叠系地层,岩性为灰岩、白云质灰岩、白云岩及砂岩、泥岩;约

\*本文得到国土资源大调查项目“湖南千里山-骑田岭锡铅锌矿评价”(199910200219)的资助

作者简介 刘东宏,男,1969年生,高级工程师,从事区调及地质矿产勘查工作。

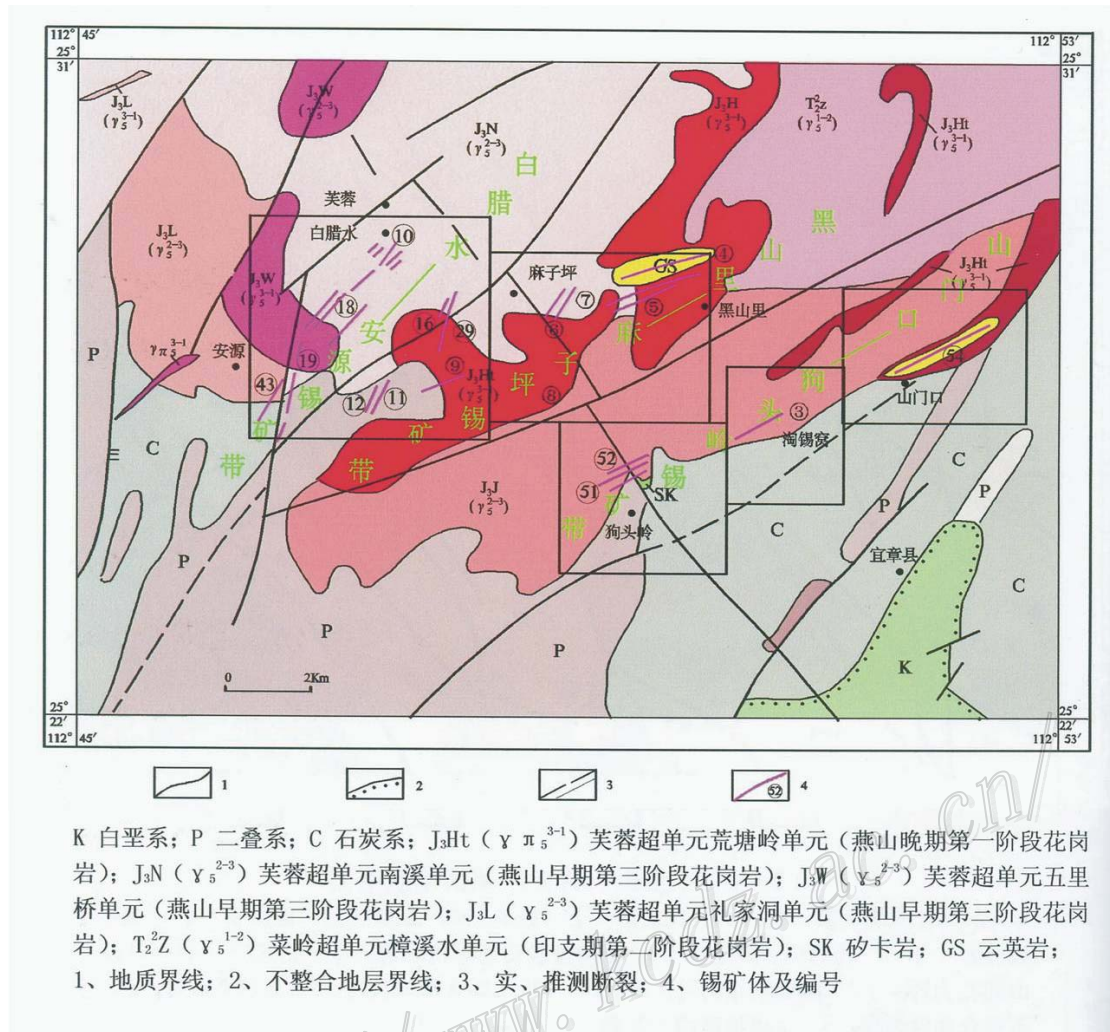


图1 芙蓉矿田地质略图

Fig. 1 The geological sketch map in Furong deposit field

80% 面积出露岩石为燕山早期 ( $\gamma_5^{2-3}$ ) 花岗岩, 岩性为中细粒斑状角闪石黑云母花岗岩及少量细粒花岗岩和晚期花岗斑岩、石英斑岩。区内断裂构造十分发育, 按其产状主要有南北向、北北东向、北东向、北西向四组, 其中以南北向、北东向 2 组断裂构造控矿较好; 北西向次之。矿区的 2 个主要矿体 (19、10 号) 就分别受南北向和北东向断裂控制<sup>①</sup>。矿区圈定锡矿体 (脉) 40 多条, 根据蚀变作用、矿化及物质组份特征、矿化类型等因素, 将区内锡矿床类型分为构造蚀变带-砂卡岩复合型、钠长石化花岗岩型、云英岩型及斑岩型锡矿床等 (魏绍六等, 2002), 其中以前两类锡矿床最为重要, 矿区 19 号矿体与 10 号、31 号矿体, 就是这 2 类矿床的典型代表。

## 2 蚀变作用特征

矿区锡矿床的形成过程与围岩蚀变交代作用关系密切, 在一定条件下, 由含矿溶液搬运的含锡络合物, 通过高温水解作用, 沉淀出锡石, 形成锡矿化。受含矿溶液、围岩性质影响, 不同地方出现不同的蚀变交

① 湖南省地质调查院. 2005. 湖南省郴州市北湖区白腊水矿区锡矿普查评价报告.

代作用，强弱不一，种类繁多，共计11种，分别为矽卡岩化、钠长石化、黑（绿）鳞云母化、云英岩化、绿泥石化、绢云母化、萤石化、钾长石化、大理岩化、角岩化、硅化等，其中与锡矿化密切相关的蚀变作用主要有5种（蔡锦辉等，2004）。

## 2.1 矽卡岩化

矽卡岩分布在2个部位：一是花岗岩与灰岩残留体外接触带中，主要由双交代作用形成，是矿区矽卡岩的主体；二是花岗岩体内构造断裂带中，它的规模很小。根据矿物成分把矽卡岩分为简单矽卡岩（早矽卡岩）和复杂矽卡岩（晚矽卡岩）。

简单矽卡岩化：分布在 $\gamma_5^{2-3}$ 花岗岩体与二叠系栖霞组灰岩的接触带中，按其主要矿物成分含量，岩石的种类有：透辉石矽卡岩、透辉石石榴石矽卡岩、符山石透辉石矽卡岩、透闪石透辉石矽卡岩、透辉石粒矽镁石矽卡岩、金云母透辉石矽卡岩，其中以透辉石矽卡岩为主，从矿物成分看，岩石多数属于镁矽卡岩类。早期矽卡岩没有出现锡矿化。

复杂矽卡岩化：早期简单矽卡岩形成后，由于后期含矿溶液活动的影响，含矿溶液中有较多的 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^+$ 、 $\text{Mg}^+$ 、 $\text{Li}^+$ 阳离子和 $\text{Cl}^-$ 阴离子，使早期简单矽卡岩又叠加了钠铁闪石化、阳起石化、透闪石化、绿帘石化、绿鳞云母化、萤石化、绿泥石化等。这些蚀变作用主要呈不规则的小脉状、网脉状、团块状或大致的条带状对简单矽卡岩进行交代、穿插，形成复杂矽卡岩化。伴随着复杂矽卡岩化，岩石中出现了磁铁矿化、硼矿化、锡矿化、锡石硫化物矿化及弱的白钨矿化、辉铋矿化等，其中以磁铁矿化、锡矿化较强。

19号矿体就是因为简单矽卡岩的基础上，叠加了钠长石化、钠铁闪石-阳起石化、绿鳞云母化、云英岩化（局部）、萤石化、黄铁黄铜矿化、绿泥石化等蚀变作用，由于多次蚀变、矿化的叠加，才使锡矿石的品位变富，矿床规模变大，形成了本区重要的构造蚀变带-矽卡岩复合型锡矿床（体）。矽卡岩是矿区良好的找矿标志。

## 2.2 钠长石化

矿区最为常见，特别是在10、31、19号矿体中，而且也是与锡矿化有密切成因关系的围岩蚀变之一，属于钠质交代作用的一种。它的形成至少有2种方式，一种是在气化-高温热液作用下，由含碱的成矿溶液中带进了大量钠的组份，对花岗岩进行交代，在强烈的交代过程中，可使花岗岩中的钾长石、石英、斜长石、黑云母等矿物大量消失，甚至全部消失，形成了主要由钠长石等碱性硅酸盐矿物组成的交代蚀变岩——钠长石岩或钠长石化花岗岩；另一种方式是花岗岩中的斜长石，在热液作用下发生分解，带出了钙（斜长石脱钙化），形成钠长石。在矿区2种方式可能同时存在，但以前一种方式为主。

钠长石呈灰白色，小板状-大板状，钠长石的粒度一般比较大，由0.10~4mm，个别大于4mm（也可能是集合体），正交偏光下聚片双晶纹细而密，没有环带状构造，新鲜的表面干净，有少数的钠长石由于受力扭折，双晶纹有弯曲、错位的现象，说明钠长石形成后仍有构造作用发生。有些大的钠长石晶体边缘见有小板状的钠长石，似乎对大晶体进行交代，并可见原花岗岩中的钾长石斑晶被钠长石交代得乱七八糟后呈残余状，说明钠长石是交代原花岗岩中的矿物形成的。在晚期钠长石经常被绿泥石、绢云母、方解石等交代，在早期钠长石有被黑鳞云母交代的现象。

通过骑田岭花岗岩、矿体顶底板中细粒斑状角闪石黑云母花岗岩与钠长石化矿化花岗岩等岩石的化学成分对比（表1），可以看出：

（1）骑田岭花岗岩及矿体顶底板的花岗岩其化学成分最大特点是： $w(\text{K}_2\text{O}) > w(\text{Na}_2\text{O})$ ，其中 $w(\text{K}_2\text{O})$ 为4.86%~5.18%； $w(\text{Na}_2\text{O})$ 为2.07%~3.16%。

（2）钠长石化矿化花岗岩的化学成分最大特点是 $w(\text{K}_2\text{O}) < w(\text{Na}_2\text{O})$ ，其中 $w(\text{K}_2\text{O})$ 为0.25%~4.22%，一般<2%，大大低于原岩含量； $w(\text{Na}_2\text{O})$ 为3.93%~8.19%，一般>5%，大大高于原岩含量。

（3）在钠长石化矿化过程中从花岗岩带出的组份主要有 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ ，其次为 $\text{CaO}$ ，从成矿溶液带进的组分主要有 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{FeO}$ 等。

（4）锡的品位与 $\text{Na}_2\text{O}$ 的含量似有成正比例关系的趋势（需要后期没有蚀变作用如绿泥石化等作用的叠加）。

表1 矿区花岗岩与钠长石化矿化花岗岩化学成分

Table 1 The chemical composition of granite and albitization granite in the mine district

成分	wB/%											
	花岗岩	顶底板花岗岩			细粒花岗岩			钠长石化矿化花岗岩			钠长石化花岗岩	
	1(11)	2(4)	3	4	5	6	7	8	9	10		
SiO <sub>2</sub>	69.69	70.54	74.49	63.73	61.74	59.54	60.79	69.02	71.18	62.82		
TiO <sub>2</sub>	0.52	0.475	0.091	0.796	0.712	0.71	0.37	0.597	0.268	0.698		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.74	14.28	12.74	17.78	17.30	17.07	19.09	14.12	13.42	12.17		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.70	1.20	0.418	0.408	0.872	0.62	1.27	3.591	1.94	2.04		
FeO	3.32	1.61	1.468	6.616	6.134	7.08	3.30	0.83	0.41	4.17		
MnO	0.05	0.08	0.028	0.026	0.038	0.62	0.14	0.548	0.25	0.211		
MgO	0.59	0.32	0.11	0.46	0.48	1.08	0.50	1.65	0.40	2.95		
CaO	2.28	1.18	1.00	1.59	1.93	1.62	1.87	2.37	0.42	3.51		
Na <sub>2</sub> O	3.16	2.07	2.25	4.40	3.93	7.34	8.19	5.00	6.25	5.71		
K <sub>2</sub> O	5.18	4.86	4.74	1.98	1.84	0.25	1.01	2.33	1.76	4.22		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0.183	0.105	0.375	0.339	0.24	0.11	0.172	0.08	0.15		
CO <sub>2</sub>						0.89	0.79					
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>						2.37	1.74					
灼失		2.13	0.73	2.38	3.34			0.56	1.47	1.46		
总和	99.23	98.93	98.17	97.52	98.655	99.43	99.17	100.79	97.90	98.80		
Sn		0.024	0.02	0.05	0.146	0.11	0.35					
CaF		1.18	0.68	1.40	1.33	1.21	2.05					
资料来源	庄锦良	湘南矿产地质调查所			王登红、陈毓川			湘南矿产地质调查所				

注：(11)表示11个样平均值；1号样为骑田岭花岗岩化学成分平均值；2号样采自PD33、BT6；3号样采自PD35；4、5号样采自PD33；6、7号样采自奇古岭；8、9号样采自五里桥；10号样采自ZK011。

矿区10号、19号（部分地段）及31号等矿体中的围岩-花岗岩钠长石化强烈，其成因主要是在气化-高温热液作用下形成的，蚀变后形成了一套以钠长石为主，其次有钾长石、石英、黑云母、电气石、萤石、磷灰石、板钛矿、锡石等矿物组成的岩石（后期还有强的绿泥石化、绢云母化、碳酸化等）。蚀变后的岩石，可见原岩残余钾长石斑晶或似斑状结构，钾长石斑晶被钠长石、黑磷云母、交代杂乱，但外形仍在，说明蚀变岩石的原岩是矿区中的中细粒斑状角闪石黑云母花岗岩。10号矿体已控制钠长石化矿化花岗岩长600余米，宽10~14m，深度100余米，蚀变体规模较大，且矿体与蚀变体完全吻合。

钠长石化与锡矿化的关系非常密切，从成矿的角度来看，第一种方式形成的钠长石化、其成矿溶液对锡的搬运、沉淀起了非常重要的作用，因为钠长石化过程中，许多以含氯的碱性络合物搬运的金属物质，如SnCl<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>Sn(OH)<sub>6</sub>、Na<sub>2</sub>SnCl<sub>6</sub>等，当成矿溶液的酸碱度、温度、压力等发生变化时，在有利的条件下通过高温水解，会使锡石沉淀下来，发生锡矿化[Na<sub>2</sub>Sn(OH)<sub>6</sub>=SnO<sub>2</sub>（锡石）+2NaOH+2H<sub>2</sub>O]，因此钠长石化是矿区重要的找矿标志。

### 2.3 云英岩化

云英岩化较为普遍，蚀变体的规模一般不大，根据产状不同，可分为2种。

(1) 面状云英岩：仅分布在花岗岩顶部的局部地方，一般呈小的透镜体，规模不大。它的蚀变过程主要是钾长石分解成白云母及石英，其反应式为3K[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>]（钾长石）+H<sub>2</sub>O（热液）→KAl<sub>2</sub>[AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>][OH]（白云母）+6SiO<sub>2</sub>（石英）+K<sub>2</sub>O（溶液），形成的岩石主要为白云母石英云英岩，向深部逐渐过渡到花岗岩，矿化不好。

(2) 带状云英岩：分布在构造断裂带或附近的裂隙中，呈透镜状或大致脉状。当成矿溶液沿着裂隙上升，在有利的部位与花岗岩发生交代作用，形成了由石英、白云母、黄玉、电气石、萤石等矿物组成的云英岩，其反应式为2K[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>]（钾长石）+4HF（热液）→Al<sub>2</sub>[SiO<sub>4</sub>]F<sub>2</sub>（黄玉）+5SiO<sub>2</sub>（石英）+2KF+H<sub>2</sub>O（溶

液)。在蚀变过程中,原岩中的组份 $MgO$ 、 $FeO$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $K_2O$ 、 $Na_2O$ 等被带出,带进的组份主要有 $SiO_2$ 、 $F$ 等。按主要矿物组合不同,其岩石类型常见有白云母石英云英岩、电气石白云母石英云英岩、黄玉白云母石英云英岩、萤石黄玉白云母石英云英岩。

云英岩化阶段含矿热液中的锡可以呈不同的络合物进行搬运,如 $SnCl_4$ 、 $Na_2SnCl_4$ 、 $Na_2Sn(OH)_6$ 等,当热液的酸碱度等方面发生变化时,通过高温水解作用,使热液中的锡沉淀下来,形成锡石和其共生的黄玉、白云母、萤石、石英等。矿化云英岩主要见于42号矿体及10号矿体的部份地段,云英岩化与锡矿化的关系十分密切,是寻找锡矿的重要标志。

#### 2.4 黑(绿)磷云母化

矿区的黑(绿)磷云母化非常普遍,其强度比钠长石化、绿泥石化稍弱,但与锡矿化有非常密切的成因关系,根据其颜色、多色性、矿物共生组合及产状的不同,大致有2种情况。

第一种情况产在钠长石化花岗岩型锡矿石中的黑磷云母,在肉眼下观察为绿色-黑褐色,在镜下 $N_g$ 棕褐色-褐色, $N_m$ 浅褐色, $N_p$ 浅黄色-无色,干涉色3级,这些特征与黑云母几乎完全一样,但从产状、矿物共生组合来看,它密切与锡石、钠长石、电气石、萤石、磷灰石等矿物在一起,常呈团块状或不规则状出现,有的有交代钠长石的现象,据此说明它为黑磷云母,其粒度一般 $\geq 0.10\text{ mm}$ ,岩石光谱分析 $Li > 0.10\%$ ,主要见于31号矿体等地方。

第二种情况是产在花岗岩与矽卡岩的接触部位及磁铁锡石矿石中的绿色云母,薄片下 $N_g$ 为绿色, $N_m$ 为淡黄绿色, $N_p$ 无色,干涉色2~3级,其粒度一般 $(0.05\sim 0.5)\times 1.10\text{ mm}$ ,少数 $> 0.50\text{ mm}$ 。岩石光谱分析 $Li > 0.1\%$ ,这种绿色云母与柿竹园、野鸡尾矽卡岩矿床中的绿磷云母对比,产状、矿物组合等各方面都极为相似,所以把它定为绿磷云母。矽卡岩中的绿磷云母与钠闪石、阳起石、钠长石、萤石等矿物在一起,磁铁锡石矿石中的绿磷云母则与磁铁矿、金云母、萤石等在一起,两者都与锡矿化一定同时存在,主要分布在19号矿体中。

从一些现象来分析,其蚀变作用主要发生在钠长石化之后,云英岩化之前这一段时间,与锡矿化的关系十分密切。

#### 2.5 绿泥石化

矿区非常发育,分布于断裂破碎带及两侧,呈不同程度的绿色。主要是一种中低温热液蚀变作用,其成因有2种情况。

一种是主要在低温热液作用下,由铁、镁硅酸矿物直接分解形成绿泥石化,属于这种情况形成的绿泥石,其铁、镁组份没有从成矿溶液中带入,如矿区花岗岩中的角闪石、黑云母,矽卡岩中的透闪石、阳起石、透辉石、金云母及黑云母等可直接在低温条件下退变或分解,形成绿泥石,并且往往保留了原矿物的外形或仍残留有原矿物。这种成因的绿泥石与矿化没有成因关系。

另一种绿泥石化,其成因是由含矿溶液带入铁、镁组分,对岩石中的矿物进行交代,使岩石发生绿泥石化,常见的是花岗岩中的钾长石、更-中长石、钠长石等被绿泥石交代,其交代方式开始一般为沿长石的解理缝、双晶接合面、长石的边缘对长石进行交代与蚕食,形成交代结构,使长石成为残余状或假像。

发生在中低温热液阶段的绿泥石化,常叠加在矽卡岩化、钠长石化、黑(绿)磷云母化、云英岩化等蚀变岩石之上,所以有的绿泥石化花岗岩有较好的锡矿化,其实锡矿化是与钠长石化、黑磷云母化、云英岩化等蚀变作用有关,只是绿泥石后来交代了其中的一些矿物,或者是其中一些矿物退变成绿泥石,所以容易认为绿泥石化与锡矿化有密切的关系。

发生在中温热液阶段的绿泥石化,除了与硫化物矿化有关系外,与锡矿化也有一定的关系。在钠长石化花岗岩型锡矿石中的绿泥石,常呈蠕虫状、显微片状、叶片状,对钠长石、石英等矿物进行交代,或者是由黑云母、黑磷云母等矿物退变质而形成,并有未蚀变完的黑云母残余。在硫化物锡矿石及矽卡岩磁铁锡石矿石中的绿泥石,主要呈叶片状,它们有一部分是由绿磷云母、金云母、透闪石等矿物退变质而形成,另外还有一部分绿泥石与锡石、萤石、石英等呈小脉状穿插在岩石中,还有的则与低温闪锌矿、方铅矿、黄铁矿等呈小脉状穿插在岩石或矿石的裂隙中,有的则与黄铜矿、黄铁矿在一起。与绿泥石化有关的锡矿

化,其锡石的颜色一般较浅,为浅黄色-黄色,淡棕色,如PD41号坑道中,可见绿泥石与锡石在一起,呈脉状出现,说明它们有密切的关系。

矿区的绿泥石成分实际上比较复杂(表2),产在钠长石化花岗岩型锡矿石中的绿泥石,其主要化学成分与蠕绿石的化学成分相对比,较接近,故其种类可能是蠕绿泥石;产在花岗岩与矽卡岩接触带附近及产在硫化物型锡矿石中的绿泥石,其主要化学成分与叶绿泥石、斜绿泥石的成分很接近,故其种类可能是叶绿泥石或斜绿泥石。钠长石化花岗岩型锡矿石中的绿泥石具有高Fe低Mg的特点,而硫化物型锡钠长石化花岗岩型锡矿石中的绿泥石具有高Fe低Mg的特点,而硫化物型锡矿石中的绿泥石Mg含量明显升高。虽然国外有研究认为,含铁高的绿泥石才与锡矿有关,但矿区实际上不同成分的绿泥石均伴随有锡矿化,只是矿石类型不同而已。因此,绿泥石(花岗岩中的蚀变绿泥石)不但可以用作找矿标志,而且可以帮助判断矿化类型。

表2 绿泥石的电子探针分析结果

Table 2 The composition of chlorite analyzed by EPMA

成分	w <sub>B</sub> /%								
	钠长石化花岗岩型锡矿石						硫化物型锡矿石		
	17—2	15—4	17—4	15—2	11—6	11—4	11—5	73—1	73—4
SiO <sub>2</sub>	23.060	23.827	24.351	24.528	26.017	26.443	26.786	27.550	25.639
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.076	0.030	0.027	0.058	1.198	0.607	0.012	0.064
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.478	18.579	19.806	19.112	17.119	17.480	15.750	17.448	13.180
FeO	35.667	36.889	36.219	37.020	35.599	33.557	34.232	2.946	18.153
MnO	0.524	0.501	0.583	0.474	0.277	0.140	0.242	0.111	0.080
MgO	6.727	6.442	6.930	6.577	7.957	6.430	7.777	17.448	17.596
CaO	0.026	0.031		0.006	0.009	0.027	0.024		0.002
Na <sub>2</sub> O	0.100	0.017	0.031	0.060		0.019	0.025		0.018
K <sub>2</sub> O	0.004	0.009	0.001	0.012	0.014	0.240	0.080	0.004	3.579
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.078	0.036	0.060	0.106	0.029	0.049	0.044	0.062	0.077
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.002								

注:据王登红、陈毓川等,钠长石化花岗岩型锡矿石采自10号矿体,硫化物型锡矿石采自19号矿体ZK801孔73m处。

综上所述,矿区与锡矿化关系密切的围岩蚀变作用主要为钠长石化、黑(绿)磷云母化、云英岩化、绿泥石化、矽卡岩化等,探讨其特征,对寻找类似锡矿床起指导作用;其中以钠长石化最为特别,钠长石化花岗岩型锡矿床,有可能是湖南省锡矿床的一个新成因类型,值得大家去关注和研究。

#### 参考文献

- 蔡锦辉,韦昌山,孙明慧,等.2004.芙蓉矿田白腊水锡矿矿化特征及找矿意义.地质与勘探,40(5):27-32.  
魏绍六,曾钦旺,许以明,等.2002.湖南骑田岭地区锡矿床特征及找矿前景.中国地质,29(1):67-75.