

祝新友, 王艳丽, 程细音, 等. 湖南瑶岗仙石英脉型钨矿床顶部的横向交代作用[J]. 中国地质, 2015, 42(2): 621-630.  
Zhu Xinyou, Wang Yanli, Cheng Xiyin, et al. Characteristics of layer alteration at the top of the quartz vein in the Yaogangxian tungsten deposit, Hunan Province[J]. *Geology in China*, 2015, 42(2): 621-630(in Chinese with English abstract).

## 湖南瑶岗仙石英脉型钨矿床顶部的横向交代作用

祝新友<sup>1</sup> 王艳丽<sup>2</sup> 程细音<sup>1</sup> 李顺庭<sup>2</sup>

(1.北京矿产地质研究院, 北京 100012; 2.有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012)

**摘要:**湖南瑶岗仙钨矿床的陡倾黑钨矿石英脉沿燕山早期花岗岩顶部接触带两侧发育, 石英脉在岩体中延深>1000 m, 岩体外延深>500 m。岩体上部的沉积岩包括寒武纪变质细砂岩、泥盆纪砂岩以及三叠纪含炭泥砂岩。毒砂黄玉层发育于三叠系与泥盆系角度不整合接触面上方的砂岩中, 顺层分布, 下方为陡倾含钨石英脉(宽 0.3 m)。地质地球化学研究显示, 毒砂黄玉层主要为一套由石英砂岩遭受强烈硅化, 伴随毒砂、黄玉、白云母等蚀变形成的交代岩。蚀变岩中迁入的组分与含矿石英脉的成分一致, 富 Si、F、B 及成矿元素 W、Mo、Bi 等, 蚀变的流体与形成石英脉的成矿流体相同。瑶岗仙钨矿的垂向分带不同于“五层楼”, 顶部不发育细脉带和线脉带, 而是以缓倾斜顺层分布的毒砂黄玉层直接发育于陡倾的石英中脉带之上, 构成脉型钨矿床另一种成矿形式, 即“上层下脉”的双层结构。这种模型的认识对脉型钨矿找矿有一定意义, 即在富含毒砂-黄玉-白云母等强烈硅化的顺层状蚀变岩层下方, 应重视寻找陡倾斜黑钨矿石英脉。

**关键词:**钨矿; 石英脉型; 成矿模型; 双层结构; 湖南省

**中图分类号:**P618.67 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2015)02-0621-10

## Characteristics of layer alteration at the top of the quartz vein in the Yaogangxian tungsten deposit, Hunan Province

ZHU Xin-you<sup>1</sup>, WANG Yan-li<sup>2</sup>, CHENG Xi-yin<sup>1</sup>, LI Shun-ting<sup>2</sup>

(1. *Beijing Institute of Geology and Mineral Resources, Beijing 100012, China*; 2. *China Nonferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012, China*)

**Abstract:** The steeply-dipping wolframite-quartz veins occur on both sides of the top contact zone of early Yanshanian granite, extending about >1000 m in the granite and about >500 m in sediments within the Yaogangxian tungsten deposit of Hunan Province. The sedimentary rocks overlying the granite consist of Precambrian metamorphic sandstone, Devonian sandstones and Triassic carbonaceous siltstone. Arsenopyrite topaz rocks (layers) occur along the sandstone overlying the Triassic-Devonian unconformity, and the tungsten-bearing quartz vein under the rocks (layers) is about 0.3 m in width. The studies of geology and geochemistry show that arsenopyrite-topaz rock mainly originally consists of quartz sandstone, with strong silicification, accompanied by

**收稿日期:**2014-04-22; **改回日期:**2014-11-16

**基金项目:**国家科技支撑课题(2011BAB04B08)、国土资源部公益性行业科研专项(201411024-1)、全国危机矿山接替资源找矿项目(20089927)联合资助。

**作者简介:**祝新友,男,1965年生,教授级高工,长期从事矿产勘查研究;E-mail:zhuxinyou@outlook.com。

arsenopyrite, topaz, muscovite and some other minerals, suggesting an altered rock. The rocks rich in Si, F, B and ore-forming elements such as W, Bi and Mo are similar to features of quartz veins. The fluid of alteration is the same as ore-forming fluid of quartz vein. The vertical zoning of the Yaogangxian tungsten deposit is different from the "five floor model" of wolframite-quartz veins. There are not veinlet and linear vein zones at the top of the model, but the arsenopyrite-topaz rock layer directly and gently dips over the steeply dipping quartz wide vein (0.3 m). A new metallogenic model for the tungsten bearing quartz vein deposit is suggested in this paper, i.e., "layer in the upper part and vein in the lower part". This model is of significance for the exploration of vein-type tungsten deposits, i.e., under the strongly silicified bedding alteration rocks with arsenopyrite, topaz and muscovite, there might occur steeply dipping wolframite-quartz veins.

**Key words:** tungsten deposit; quartz vein type; metallogenic model; layer-vein structure; Hunan Province

**About the first author:** ZHU Xin-you, male, born in 1965, senior geologist, majors in the study and exploration of Pb-Zn and Sn-W deposits; E-mail: zhuxinyou@outlook.com.

石英脉型钨矿是重要的钨矿床类型,很多矿床发育有较明显的“五层楼”垂向形态或构造分带,自下而上发育根脉、大脉、薄脉、细脉、线脉带,以线脉带作为顶部向上逐渐消失,是脉型钨矿床勘查的重要模型<sup>[1,2]</sup>。但同时也有很多脉型钨矿不发育这种垂向分带,或垂向分带不明显,一些矿床中、上部脉体规模变化不明显或无明显规律,而一些矿床的顶部出现横向交代层,如湖南瑶岗仙钨矿、界牌岭钨多金属矿、江西隘上钨矿等。影响这种垂向分带的因素是什么?在瑶岗仙等矿床中,作为成矿系统顶部的不是线脉带,而是横向发育的毒砂黄玉层。这种横向交代形成的平缓状岩石,在界牌岭、隘上等矿床中还形成较大规模的萤石矿、钨矿等,它们与下部脉型钨矿的成因关系是什么?这些问题不仅具有重要的成矿理论意义,对脉型钨矿床的深边部成矿预测都有重要价值。本文以湖南瑶岗仙钨矿床发育的横向交代作用为研究重点,探讨其与脉型钨矿床的成矿联系及其找矿意义。

## 1 瑶岗仙矿床地质特征

湘南集中了南岭地区一批重要的钨矿床,如柿竹园、黄沙坪、瑶岗仙等<sup>[3,4]</sup>,其中,湖南瑶岗仙钨矿田因发育脉型和矽卡岩型2类超大型钨矿床而闻名<sup>[5]</sup>。矿化与瑶岗仙碱长花岗岩有关,该岩体出现面积约1 km<sup>2</sup>,与脉型钨矿有关的是其主体的灰白色中粒碱长花岗岩,在岩体NW端尖状突出部位,分布百余条含钨石英脉。岩体北西侧上覆围岩为寒武系(C)槽型沉积的变质石英砂岩,之上依次出现泥盆系跳马涧组(D<sub>2</sub>t)中厚层滨海相砂岩和上三叠统唐垅组(T<sub>3</sub>t)炭质碎屑岩,其中,T<sub>3</sub>t角度不整合于D<sub>2</sub>t

之上,底部发育十余米厚的底砾岩、石英砂岩、黑色炭质泥岩和板岩等。不整合面产状平缓,走向NE 40°~50°,倾向NW,倾角8°~20°。矿区东部、南部分布有棋子桥组(D<sub>2</sub>q)灰岩夹细碎屑岩,是矽卡岩型矿床的容矿围岩。

黑钨矿石英脉分布于岩体西北侧内外接触带附近的蛤蟆石、炉场坪、杨梅岭一带,呈NWW、NW、NNW向席状分布,以岩体为中心呈放射状、扇状,陡倾,穿切岩体、寒武系(C)变质砂岩、泥盆系跳马涧组(D<sub>2</sub>t)砂岩以及三叠系陆相碎屑岩,矿脉最大延深>1300 m。矿脉中主要脉石矿物为石英、锂白云母、萤石,少量黄玉、绿柱石、电气石,深部出现一些宽大的碳酸盐脉。矿石矿物主要包括黑钨矿、毒砂、黄铜矿、辉钼矿、锡石,少量黄铁矿、辉铋矿、自然铋、黝锡矿、闪锌矿、方铅矿、锡铜矿、白钨矿等。

## 2 毒砂黄玉层地质特征

毒砂黄玉层最早记载见于和尚滩白钨矿矿床勘探报告,未见内部或公开资料的针对性研究。分布于瑶岗仙山顶炉场坪北西部(N 25°40′01.9", E 113°18′53.5",海拔高程1557 m),有古人开采砒霜的采坑,在炉场坪一带遍布大量冶炼砒霜的矿渣。毒砂黄玉层岩性为一套硅化、毒砂化、黄玉化蚀变岩,原岩为一套渗透性较好的中细粒砂岩。“毒砂黄玉层”是勘探报告中的称谓,在瑶岗仙钨矿山,这一称谓延续至今,本文也沿用这一名称。

### 2.1 毒砂黄玉层的野外产状

毒砂黄玉层主要产于三叠系唐垅组(T<sub>3</sub>t)炭质砂砾岩的底部附近,紧邻底砾岩。T<sub>3</sub>t底部的主要岩石包括(图2):(1)底砾岩:灰白色-深灰色,厚3~5

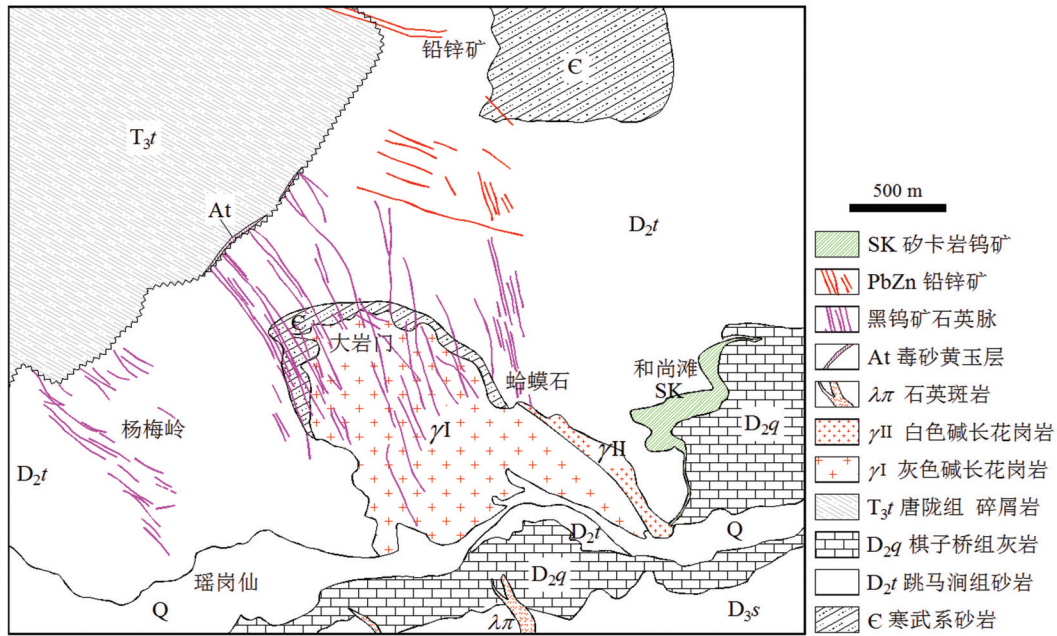


图1 瑶岗仙矿区矿产地质简图

Fig.1 Simplified geological map of the Yaogangxian tungsten deposit, Hunan Province

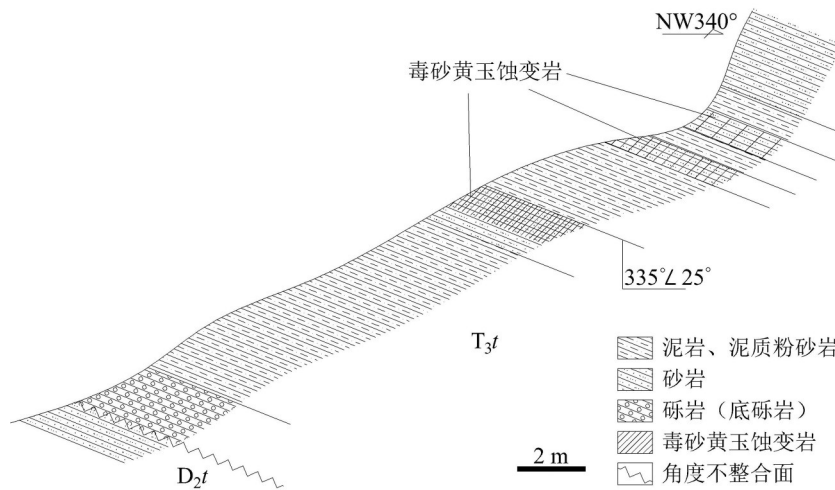


图2 “毒砂黄玉层”横剖面示意图

Fig.2 Transverse profile of asenopyrite-topaz layer in the Yaogangxian tungsten deposit

m,砾石直径1~5 cm;(2)泥质粉砂岩,深灰色,向上岩石颜色逐渐加深,泥质炭质含量逐渐增多;3)灰白色中粒石英砂岩,与炭质泥岩或泥质粉砂岩互层。毒砂、黄玉和硅化广泛分布于底砾岩之上的砂岩、粉砂岩中,形成一些浸染状矿化和不均匀的硅化。其中,沿中粒石英砂岩的蚀变最为强烈,形成多层毒砂黄玉层,下部的毒砂黄玉层蚀变最强,厚

度也最大。毒砂黄玉层总体呈不规则扁平状,与地层产状近一致,厚1~3 m,总厚度10~20 m,走向延长200~500 m。在下部有石英大脉的部位,毒砂黄玉层厚度最大。毒砂黄玉岩呈块状,主要矿物为石英,富含毒砂、黄玉和少量黑钨矿,局部 $WO_3$ 达工业品位。上覆地层为一套粉砂质泥岩,其中发育弱的硅化、含少量毒砂、黄玉等矿物。

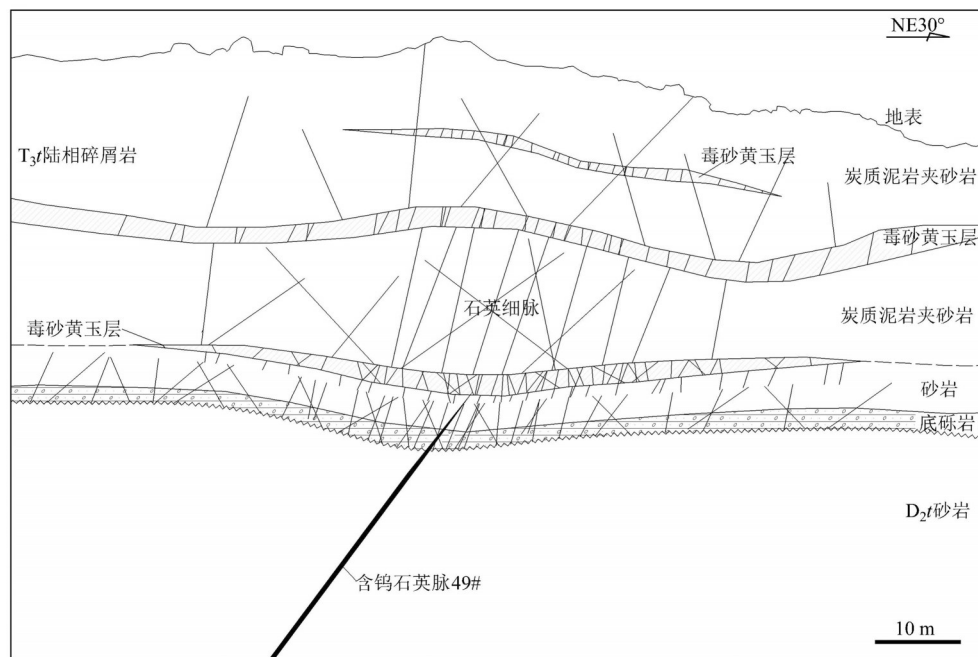


图3 瑶岗仙矿床“毒砂黄玉层”远观素描

Fig.3 Sketch of arsenopyrite-topaz layer in the Yaogangxian tungsten deposit

毒砂黄玉层的下方砂岩中发育黑钨矿石英脉,主要脉体为NW向的49#脉及其支脉。这些石英脉在D<sub>2</sub>t砂岩中较平直,陡倾,产状稳定,脉宽>30 cm,其中富含黑钨矿、毒砂等矿物。向上穿过三叠系底砾岩后,在泥质粉砂岩两侧发生硅化、毒砂化等蚀变,石英脉逐渐分解成大量石英细脉。产状也发生明显变化,倾角变缓,弯曲,脉体变细,延伸变小。在中粒石英砂岩中,即毒砂黄玉层内,石英细脉增多分散。单个脉体宽一般<1 cm,大部分为1~5 mm。毒砂黄玉层之上的黑色泥页岩内,石英细脉逐渐减少。这些细脉的矿物组合与下部石英大脉相同,包括石英、黑钨矿、毒砂,富含黄玉、萤石等矿物。

## 2.2 毒砂黄玉层岩相学与地球化学特征

毒砂黄玉层的组成岩石为毒砂黄玉硅化蚀变岩,原岩为中粒石英砂岩,砂状结构,砂粒为石英,磨圆好,分选好,粒度1~3 mm;原岩胶结物以方解石、泥质和细碎屑物质为主。毒砂黄玉岩是石英砂岩强烈蚀变的产物,与中粒石英砂岩过渡。泥质粉砂岩和泥页岩的蚀变相对弱。

硅化形成的石英细粒,0.1~0.2 mm,分布不均匀,与毒砂、黄玉共生,交代石英砂粒(图4-a),或沿石英砂粒边部增生。黄玉分散浸染状,交代胶结物和部分石英,主要呈不规则他形,分布于石英砂粒

之间(图4-b)。黄玉呈半自形状,粒度0.1~0.5 mm,含量5%~20%。在粉砂岩或泥质粉砂岩中,黄玉的交代蚀变作用形成斑晶状,粗粒,内部结晶好,常见中央含有大量杂质形成的深灰色芯(图4-c),或呈十字状分布;边部不平整,含有大量泥质、粉砂质物质,呈深灰色。显示黄玉形成过程中,沉积矿物包括石英都在不断溶解,粘土类矿物更多残留被黄玉包裹。在泥质岩石中,黄玉往往呈不规则粒状,其中含大量泥质杂质(图4-d),有时伴随有硅化和绢云母化。毒砂呈分散浸染状,自形晶,粒度0.2~0.5 mm,含量3%~10%。与黄玉相比,毒砂更多分布于蚀变砂岩中,在蚀变泥质岩石中含量较少,粒度较细。

## 2.3 主量与微量元素地球化学特征

对毒砂黄玉蚀变岩、下方的石英脉以及矿床中下部的石英大脉开展的主量、微量元素分析,结果见表1。

毒砂黄玉岩作为一类蚀变岩,其成分明显与原岩成分密切相关,加上热液作用加入了大量的其他物质。与正常沉积石英砂岩相比,毒砂黄玉层明显富SiO<sub>2</sub>,且富含W、Mo、Bi、Cu等成矿元素。与石英脉相比,毒砂黄玉层含有明显高的TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO等主量元素,Rb、Sr、Ba、Cr、V等微量元

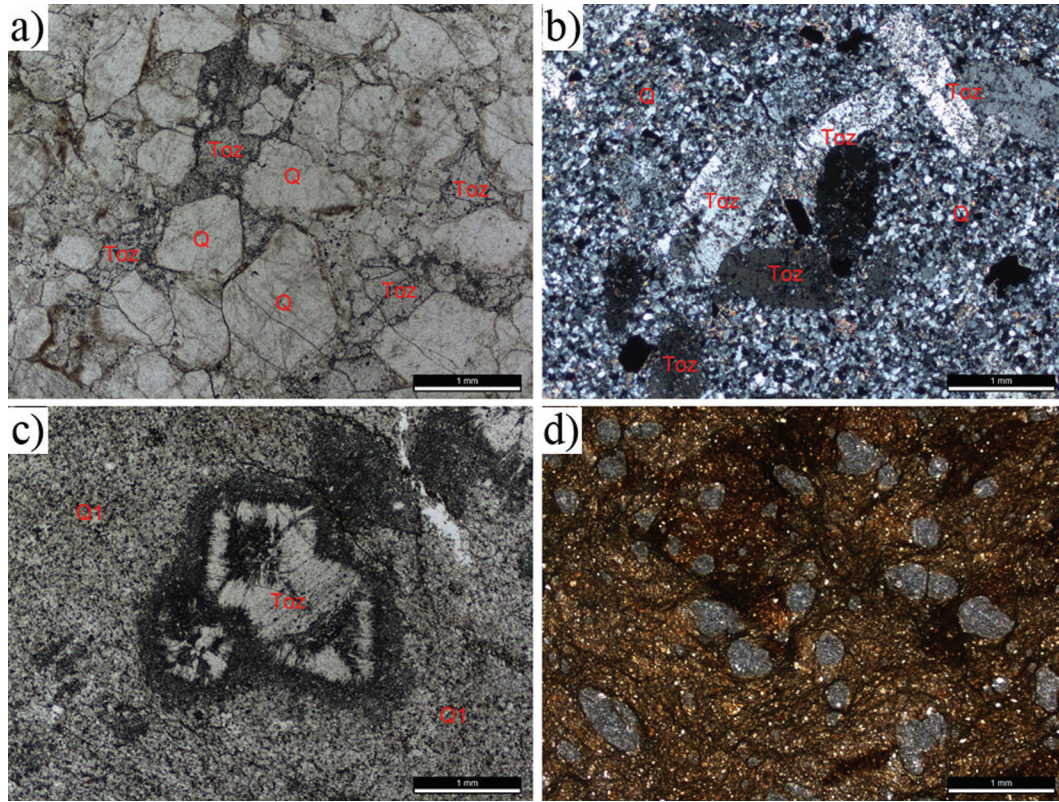


图4 “毒砂黄玉层”内部结构

a—砂岩中黄玉分布于胶结物中,单偏光;b—黄玉半自形,共生石英和毒砂(黑色),透射正交;c—泥质粉砂岩中的黄玉,边部发育泥质暗色边,内部含泥质,单偏光;d—泥质岩中的黄玉,不规则状,含细粒石英;Q—石英;TOZ—黄玉

Fig.4 Micropicture of arsenopyrite-topaz rock in the Yaogangxian tungsten deposit

a- Topaz distributed in cement of sandstone, plainlight; b- Topaz, quartz and arsenopyrite( black), transmission crossed nicols, c- Topaz in pelitic siltstone, with muddy dark ring and center, plainlight; d- Irregular shape topaz in argillaceous rock, containing fine-grained quartz; Q-Quartz; TOZ-Topaz

表1 毒砂黄玉岩、黑钨矿石英脉主量(%)、微量元素组成(10<sup>-6</sup>)

Table 1 Major element (%) and trace element (10<sup>-6</sup>) composition of arsenopyrite topaz rock and tungsten-bearing quartz vein

样品号	岩性	取样位置	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	烧失	total
YGC338	毒砂黄玉岩	炉场坪	68.96	0.9	21.78	2.873	0.78	0.917	0.098	<0.01	1.1	0.04	0.041	2.33	99.82
YGC339	矿化石英脉	炉场坪	94.37	0.014	1.24	1.631	0.35	0.569	0.155	<0.01	0.25	0.011	0.004	1.29	99.88
YGC400	石英脉	21 中段	98.53	<0.006	0.249	0.102	0.23	0.153	0.128	<0.01	0.09	0.054	0.005	0.43	99.97
样品号	岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
YGC338	毒砂黄玉岩	44.50	75.60	8.74	32.40	5.74	1.08	3.87	0.53	2.06	0.37	0.98	0.17	1.24	0.20
YGC339	矿化石英脉	0.66	1.18	0.16	0.62	0.15	0.02	0.11	0.02	0.11	0.02	0.05	0.01	0.05	0.01
YGC400	石英脉	0.13	0.27	0.05	0.23	0.15	<0.002	0.16	0.04	0.26	0.04	0.13	0.02	0.16	0.02
样品号	岩性	W	Mo	Bi	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Ba	Cr	V	ΣREE	La/Yb*	Eu/Eu*
YGC338	毒砂黄玉岩	115	26.4	1.99	139	31.9	29.5	222	12.2	26.3	53.2	52.9	177.49	24.19	0.66
YGC339	矿化石英脉	39.9	2.58	4.86	170	12	51.9	52.1	0.81	5.92	1.63	1.71	3.16	8.70	0.54
YGC400	石英脉	37.2	7.49	68.5	4.95	13.5	121	26.7	0.413	0.878	1.25	0.114	1.66	0.52	<0.04

注:分析单位:核工业北京分析测试中心,2013;分析方法:主量元素-X荧光光谱法,微量元素-ICPMS。

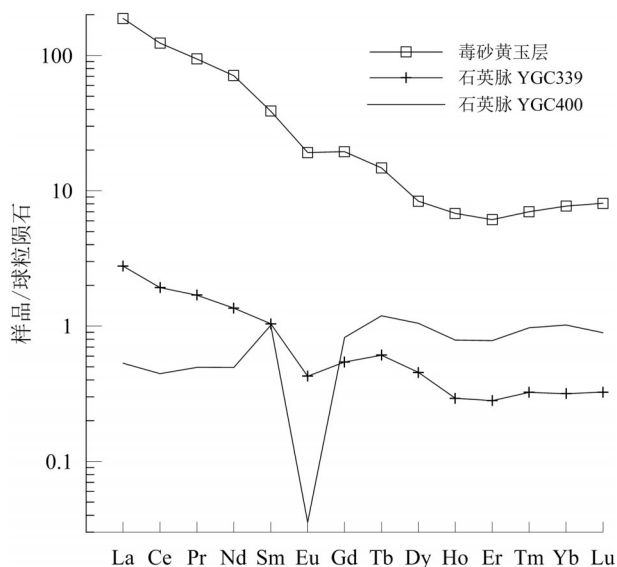


图5 毒砂黄玉层石英脉的球粒陨石标准化曲线  
(球粒陨石标准化值据[7])

Fig.5 Chondrite-normalized REE patterns of asenopyrite-topaz rock and quartz vein

素含量也明显高于石英脉,但这些组分主要来自沉积岩的残留。这种组分特点显示出毒砂黄玉岩是富含硅和成矿物质的流体作用于沉积岩的结果。

毒砂黄玉岩的 $\Sigma$ REE明显高于石英脉,由于热液中REE含量很低,这也显示REE主要来自于原岩。毒砂黄玉岩的REE配分标准化曲线也不同于石英脉。石英脉本身 $\Sigma$ REE含量很低,其标准化配分曲线更多地受到围岩的影响。取自矿床中部的黑钨矿石英脉(围岩为花岗岩),标准化配分曲线与成矿花岗岩非常相似<sup>[6]</sup>,呈V形Eu负异常和LREE亏损型,四分组效应也很明显,REE可能主要来源于花岗岩(YGC400)。由于黑钨矿石英脉形成于碱长花岗岩早期热液作用,也可能成矿流体继承了岩浆的REE组成。取自毒砂黄玉层下方的49#石英脉(围岩为 $D_{2t}$ 泥质粉砂岩), $\Sigma$ REE也很低,与深部的石英脉相当,但其配分曲线呈右倾斜型,Eu负异常弱。配分曲线形态与毒砂黄玉岩相似(YGC339)。这些特点显示出毒砂黄玉层及下方的石英脉,REE主要来自于沉积岩围岩或原岩。

### 3 讨论

#### 3.1 毒砂黄玉层的成因——横向蚀变交代

毒砂黄玉岩发育于石英脉的顶部两侧,呈似层

状,走向上与砂岩过渡,没有明显的沉积特征。岩石中广泛发育毒砂、黄玉,交代其中的方解石、石英等。产出特点和岩石结构显示毒砂黄玉岩是一类交代岩,是石英砂岩、粉砂岩、泥质岩石在热液作用下强烈硅化的结果。硅化过程中形成大量的黄玉、毒砂。毒砂黄玉层的成岩物质主要来自于沉积岩的残留,热液也带入了大量的 $SiO_2$ 和与成矿有关的元素,如W、Mo、Cu、Pb、Zn以及挥发分元素如F、As等。这些由热液带入的元素组合与石英脉大体对应,显示毒砂黄玉层的形成与石英脉存在密切的成因联系。

瑶岗仙矿区,控制石英脉的NW、NWW向陡倾断裂穿切了岩体、寒武系变质砂岩、下泥盆统砂岩,止于 $T_3t/D_2t$ 角度不整合面附近,矿脉基本上不进入 $T_3t$ 泥质粉砂岩,不整合面也未被断裂明显破坏。研究发现,控矿断裂多沿岩体边部呈放射状分布,成因与岩浆上侵和水压致裂有关<sup>[8]</sup>,是受岩体和热液作用控制的局部断裂<sup>[9]</sup>。南岭地区大部分石英脉型钨矿床多如此<sup>[1]</sup>。引起这些断裂的动力作用相对弱,规模和影响范围相对较小,主要发生于脆性岩石中。在远离岩体的 $T_3t/D_2t$ 角度不整合面附近,由于动力作用相对弱,以及上覆泥质、粉砂质岩石塑性较强,不易破裂,陡倾的NW向断裂向上止于不整合面附近。同时,渗透性差的泥质岩层作为遮挡层,成矿流体沿渗透性良好的砂岩侧向流动,造成顺层的交代作用,岩石中富含的炭质等还原性物质也有利于硫化物的沉淀。

#### 3.2 瑶岗仙钨矿黑钨矿石英脉的垂向分带与“五层楼”模型存在较大差异

南岭地区很多矿床的黑钨矿石英脉发育“五层楼”垂向分带模型<sup>[1]</sup>,即自下而上,分别为分散脉带、大脉带、小脉带、细脉带、线脉带,这一规律认识曾取得一批重要的找矿成果<sup>[10]</sup>。成分分带一般不明显,大多数情况下,上部富含Be、F、B矿物,在顶部线脉带常出现强烈硅化,伴随出现丰富的白云母、萤石、黄玉、电气石等矿物,部分矿床呈逆向分带<sup>[10-12]</sup>。也有很多矿床不遵循“五层楼”的垂向分带规律,尤其是上部不发育细脉、线脉带,如西华山<sup>[13]</sup>。

关于瑶岗仙钨矿49-501石英脉带的垂向分带不同学者有诸多的认识,陈依壤<sup>[14]</sup>认为具有典型“五层楼”分带规律,林新多<sup>[15]</sup>认为虽然这一分带明显不

同于“五层楼”,但均将发育于炉场坪一带 $D_{2t}$ 、 $T_{3t}$ 中的石英细脉归入垂向分带顶部的线脉带。本文作者通过对瑶岗仙钨矿石英脉的全面调查,以及与陈依壤先生的面对面探讨,认为虽然有个别脉体呈现出“五层楼”垂向分带,但就整个矿床而言与典型“五层楼”模型之间存在较大的差异性,具体表现如下:(1)49-501脉规模巨大,26中段(460 m)以下(钻探控制的501脉带)脉体较窄,属根脉撒开带。26~10中段(700 m~1070 m)间脉宽在0.5~1.2 m(14~19中段矿化最好),10~3中段(1070~1370 m)为0.4~0.8 m,而在3中段至毒砂黄玉层之间,脉宽一般<0.4 m,在毒砂黄玉层之下宽度仍>0.3 m;(2)发育于 $T_{3t}$ 毒砂黄玉层之上的石英细脉,呈不规则网脉状,延伸也很小,不同于“五层楼”模型中的平行线脉。炉场坪一带(1300 m) $D_{2t}$ 中发育很多石英细脉,脉宽一般<1 cm,以往研究将其作为“五层楼”的线脉带,但这些脉体走向NE 60°左右,其中无矿化,也不含云母、萤石,明显不同于黑钨矿石英脉。这种NE向透明状石英脉在矿田东部增多,在和尚滩一带大量发育;(3)地表的石英脉走向以NW为主,10中段以下走向以NW为主;(4)物质成分具有垂向分带特点,方铅矿、闪锌矿等矿物更多地富集于上部<sup>[15]</sup>。显然,瑶岗仙49-501脉带发育深部的根脉带、大脉带和中脉带,但不发育上部的小脉带、细脉或线脉带,而是直接在中脉之上发育缓倾斜的毒砂黄玉层。

影响石英脉垂向形态分带的因素很多,主要与围岩性质和结构有关。由于控矿断裂的形成与岩体及挥发分上涌压力过大有关<sup>[8]</sup>,断裂局限于岩体顶部接触带附近,断裂形态与岩石性质有关。对于赣南、粤北地区发育较典型“五层楼”垂向模型的矿床,如梅子窝<sup>[16]</sup>、石人嶂、大吉山<sup>[17]</sup>、黄沙<sup>[18]</sup>等,矿区发育厚层下古生界及震旦纪变质细碎屑岩,尤其是寒武系厚层细粒石英砂岩,岩性均匀,强度高,裂隙少。相对均匀的岩石体系在岩浆上涌及热液作用下,因垂向上的 $\sigma_1 \gg \sigma_3$ (水平方向),形成陡倾裂隙系统,上、下部呈撕裂状态<sup>[15]</sup>,中部汇聚,在充填热液石英脉后,形成“五层楼”垂向形态分带。当围岩岩性不均匀或变化较大时,石英脉往往不服从“五层楼”垂向分带规律。在瑶岗仙钨矿,自岩体向上发育多层沉积岩,包括寒武系浅变质石英砂岩、中泥盆统石英砂岩、上三叠统炭质细碎屑岩等,在这些界面附近石英脉形态、产状均发生较

明显变化。如49-501脉带在深部花岗岩中的走向为NW 285°~310°,在浅部走向为NW 300°~330°。最显著变化发生于 $T_{3t}/D_{2t}$ 角度不整合面附近,不整合面上、下岩性差异大,同时远离岩体,热液动力较弱,这些可能是导致瑶岗仙垂向分带不服从“五层楼”模型的主要原因。

### 3.3 横向交代作用是石英脉型钨矿上部的一种表现方式——瑶岗仙钨矿床成矿模式

与矽卡岩型钨矿床相比,石英脉型钨矿成矿体系具有相对封闭性,成矿作用过程中无显著的外来流体参与,成矿物质分带不明显<sup>[9,19]</sup>。对大部分发育“五层楼”垂向分带的脉型钨矿床而言,最上部为线脉带,发生强烈的B、F及硅化蚀变,富含白云母、萤石、电气石、黄玉等矿物。对于瑶岗仙钨矿而言,NW-NWW向含矿构造体系,尤其是49-501脉系统,其垂向构造分带并不符合“五层楼”特点,不发育细脉和线脉带,在钨矿脉体系的最上端为缓倾斜的交代岩石毒砂黄玉层(图6),整体上呈现出上层下脉的“双层结构”。成矿体系向上截止于毒砂黄玉层,上部为弱蚀变或未蚀变的含炭泥页岩,也保持了成矿体系的相对封闭性。

南岭地区类似的顺层状毒砂-黄玉矿化见于多个矿床中,最典型的为江西隘上钨矿。在下石炭统梓山组细砂岩中顺层发育广泛、强烈的毒砂、黄玉、硅化和黑钨矿化蚀变,构成似层状、透镜状钨矿体(图7),为南岭地区“典型”的层控钨矿床,以往被认为是“沉积-改造型钨矿的代表”<sup>[2,20]</sup>。

脉型钨矿“双层结构”模型具有重要的找矿指示意义。很多热液矿床发育“双层结构”,如斑岩型成矿系统中下部为斑岩型,上部出现层状铅锌金银矿<sup>[21,22]</sup>;矽卡岩型矿床,外围出现层状矽卡岩、顺层发育的铅锌矿、锡铜矿等。石英脉型钨矿床的顶部,可表现为“线脉带”,也可以表现为出现缓倾斜富含毒砂、黄玉、电气石等挥发性组合的交代岩层,视沉积岩围岩的性质而定。毒砂黄玉层及其类似的缓倾斜蚀变岩石可作为脉型钨矿床顶部评价标志,同时也代表成矿系统的顶部。在渗透性良好的细碎屑岩特别是上覆有含炭泥质岩遮挡层的情况下,如果发现顺层发育的毒砂-黄玉-电气石-强硅化带,其下部应该重视寻找陡倾斜的脉型钨矿。相比之下,发育于花岗岩中的花岗岩型矿化、云英岩析离体<sup>[23]</sup>等,代表着成矿系

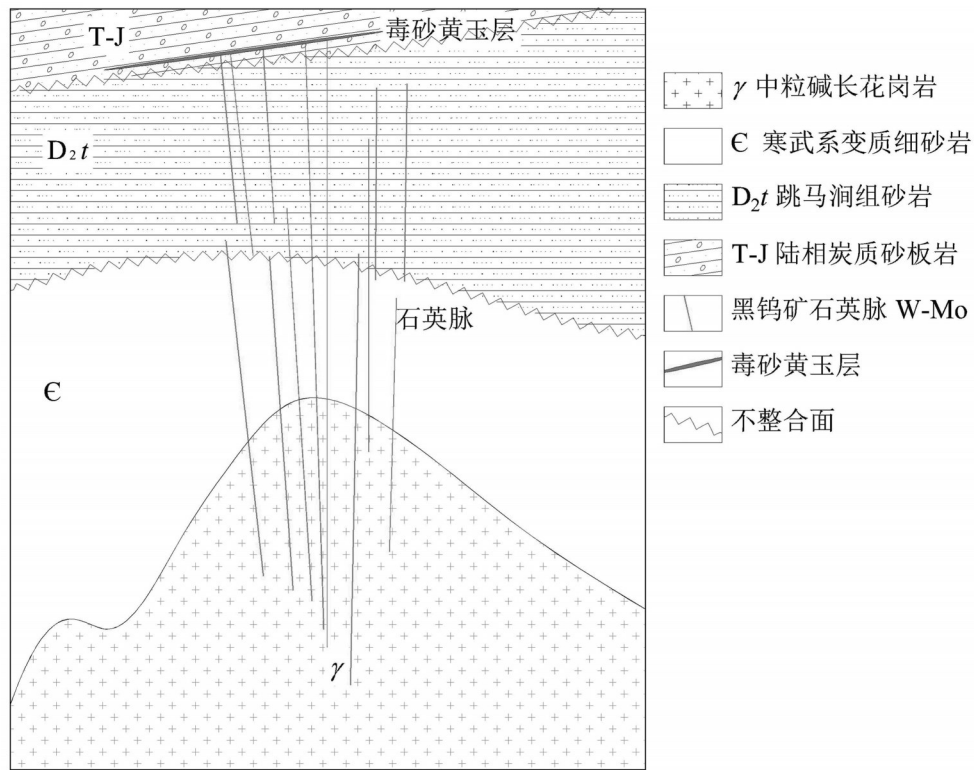


图6 瑶岗仙脉型钨矿床“双层结构”剖面示意图  
Fig.6 Metallogenic model of the Yaogangxian vein-type W deposit

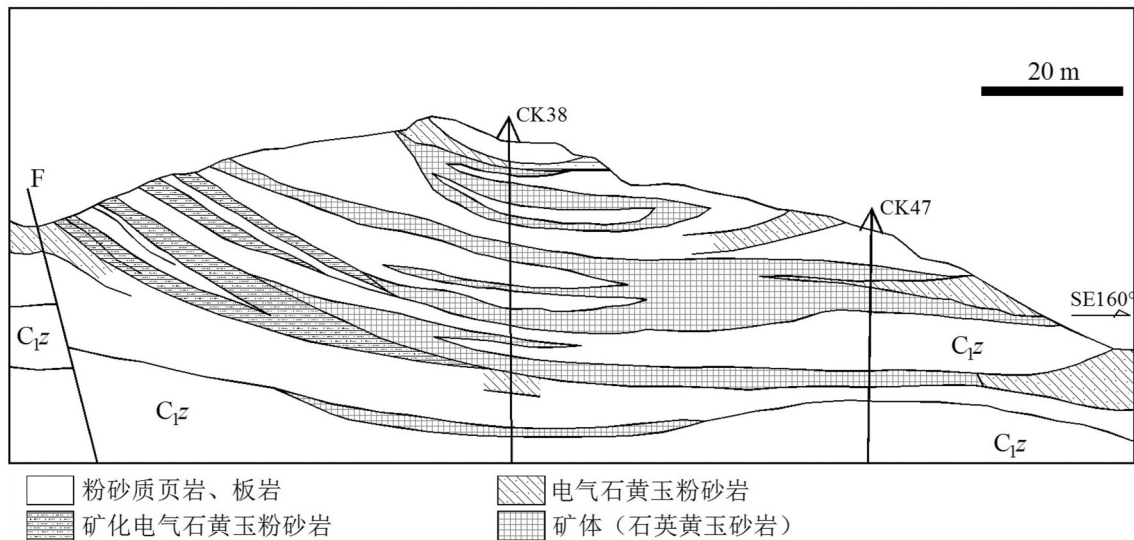


图7 江西隘上钨矿床地质剖面(据江西隘上钨矿床详查报告资料修改)  
Fig.7 Geological section of the Aishang W deposit, Jiangxi Province (modified after detailed investigation report of Aishang tungsten deposit, Jiangxi Province)



统的底部。

## 4 结 论

瑶岗仙矿区的毒砂黄玉层属交代岩,为形成黑钨矿石英脉的富含挥发分流体在顶部遮挡层作用下沿渗透性良好的砂岩发生横向交代作用的产物,富含石英、黄玉、毒砂、白云母等,为脉型钨矿床成矿系统的一部分。瑶岗仙脉型钨矿垂向分带明显不同于“五层楼”特点,上部不发育细脉带、线脉带,而是以横向交代作用形成的毒砂黄玉层直接发育于中、薄脉带上,构成脉型钨矿床的上层下脉的“双层结构”。这种不同分带类型主要受制于沉积岩岩石性质。毒砂黄玉层或相似性质的富含白云母、毒砂、黄玉、电气石的顺层硅化带,可作为下部陡倾脉状钨矿的重要找矿评价标志。

**致谢:**感谢瑶岗仙钨矿何小平、喻平等人在野外工作中给予的大力支持,感谢陈依壤先生给予的很多指导。

## 参考文献(References):

- [1] 古菊云. 华南脉钨矿床的形态分带[C]//钨矿地质讨论会论文集. 北京:地质出版社, 1981: 35-45.  
Gu Juyun. The morphological zonation of vein tungsten deposits in Southern China[C]//Proceedings of Symposium on Tungsten Geology. Beijing: Geological Publishing House, 1981: 35-45 (in Chinese).
- [2] 康永孚, 苗树屏, 李崇佑, 等. 中国钨矿床[M]. 北京:地质出版社, 1989: 1-104.  
Kang Yongfu, Miao Shuping, Li Chongyou, et al. Chinese Tungsten Deposit[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989: 1-104(in Chinese).
- [3] 裴荣富, 王永磊, 王浩琳. 南岭钨锡多金属矿床成矿系列与构造岩浆侵入接触构造动力成矿专属[J]. 中国地质, 2009, 36(3): 483-489.  
Pei Rongfu, Wang Yonglei, Wang Haolin. Ore-forming specialty of the tectono-magmatic zone in Nanling region and its emplacement dynamics for metallogenic series of W-Sn polymetallic deposits[J]. Geology in China, 2009, 36(3): 483-489 (in Chinese with English abstract).
- [4] 张怡军, 黄光华, 尚立晓, 等. 湘南地区钨矿成矿地质特征[J]. 中国地质, 2014, 41(1): 246-255.  
Zhang Yijun, Huang Guanghua, Shang Lixiao, et al. Geological characteristics of tungsten deposits in southern Hunan[J]. Geology in China, 2014, 41(1): 246-255(in Chinese with English abstract).
- [5] 徐克勤. 湘南钨铁锰矿矿区矽卡岩型钙钨矿的发现,并论两类矿床在成因上的联系[J]. 地质学报, 1957, 37(2): 117-151.  
Xu Keqin. Discovery of pyrometamaticscheelite deposits near a wolframite-producing district in Southern China, and a discussion about the origin of these two classes of deposits[J]. Acta Geologica Sinica, 1957, 37(2): 117-151(in Chinese with English abstract).
- [6] 祝新友, 王京彬, 王艳丽, 等. 南岭锡钨多金属矿区碱长花岗岩的厘定及其意义[J]. 中国地质, 2012, 39(2): 359-381.  
Zhu Xinyou, Wang Jingbin, Wang Yanli, et al. Characteristics of alkali feldspar granite in tungsten (tin) deposits of Nanling region[J]. Geology in China, 2012, 39(2): 359-381 (in Chinese with English abstract).
- [7] McDonough W F, Sun S S. The composition of the earth[J]. Chemical Geology, 1995, 120 (3/4): 223-253.
- [8] 於崇文. 多重水力断裂的分形扩张[J]. 地学前缘, 2004, 11(1): 11-44.  
Yu Chongwen. Fractal dilatation of multiplehydraulic fracturing[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(1): 11-44 (in Chinese with English abstract).
- [9] 祝新友, 王京彬, 王艳丽, 等. 论石英脉型钨矿成矿系统的相对封闭性[J]. 地质学报, 2014, 88(5): 825-835.  
Zhu Xinyou, Wang Jingbin, Wang Yanli, et al. Relative closed ore forming system in the tungsten bearing quartz vein: A case study of the Yaogangxian Deposit, Hunan Province[J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(5): 825-835(in Chinese with English abstract).
- [10] 康永孚. 中南地区十年来钨矿地质勘探工作成就和基本经验[J]. 地质与勘探, 1959, 10: 3-7.  
Kang Yongfu. Work achievements and Basic experience of Tungsten ore geological exploration in Southern China over the past decade[J]. Geology and Prospecting, 1959, 10: 3-7(in Chinese).
- [11] 黎彤. 论硫化物型钨矿床的脉动-沉淀分带[J]. 地质科学, 1959, (10): 300-305.  
Li Tong. The discussion of pulsation-precipitation zoning of sulfide tungsten deposit[J]. Scientia Geologica Sinica, 1959, (10): 300-305(in Chinese).
- [12] 陈毓川, 裴荣富, 张宏良, 等. 南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质[M]. 北京:地质出版社, 1989: 414-463.  
Chen Yuchuan, Pei Rongfu, Zhang Hongliang, et al. The Geology of Nonferrous and Rare Metal Deposits Related to Mesozoic Granitoids in the Nanling Region, China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989: 414-463 (in Chinese with English abstract).
- [13] 吴永乐, 梅勇文, 刘鹏程, 等. 西华山钨矿地质[M]. 北京:地质出版社, 2015, 42(2)

- 出版社, 1987: 1-317.
- Wu Yongle, Mei Yongwen, Liu Pengcheng, et al. Xihuashan Tungsten Ore Geology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987: 1-317(in Chinese).
- [14] 陈依壤. 瑶岗仙脉钨矿床地质特征与找矿标志[J]. 地质与勘探, 1981, 17(2): 25-30.
- Chen yirang. The geological characteristics and prospecting indicators of Yaogangxian veins tungsten deposit[J]. Geology and Prospecting, 1981, 17(2): 25-30(in Chinese).
- [15] 林新多, 章传玲, 张德会. 初论湖南瑶岗仙含钨矿脉及矿化的垂直分带[J]. 地质论评, 1987, 33(6): 539-546.
- Lin Xinduo, Zhang Chuanling, Zhang Dehui. Vertical zonation of tungsten-bearing quartz veins and mineralizations in Yaogangxian, Hunan[J]. Geological Review, 1987, 33(6): 539-546(in Chinese with English abstract).
- [16] 汪劲草, 韦龙明, 朱文凤, 等. 南岭钨矿“五层楼模式”的结构与构式——以粤北始兴县梅子窝钨矿为例[J]. 地质学报, 2008, 82(7): 894-899.
- Wang Jincuo, Wei Longming, Zhu Wenfeng, et al. Texture and tectonic style of “Five-storeyed Type” for the tungsten deposits in the Nanling Mountains, Southern China—An example from the Meiziwo tungsten deposit[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(7): 894-899(in Chinese with English abstract).
- [17] 刘宁强, 於崇文. 大吉山钨矿控矿断裂系统复杂性[J]. 地学前缘, 2009, 16(4): 320-325.
- Liu Ningqiang, Yu Chongwen. Complexity of ore controlling fractures of Dajishan tungsten deposit[J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(4): 320-325(in Chinese with English abstract).
- [18] 陈微. 黄沙钨矿脉幅变化、矿化分带与矿体预测[J]. 地质与勘探, 1981, 17(6): 19-22.
- Chen Wei. Veins width change, mineralization zoning and orebody forecast of Huangsha tungsten deposit[J]. Geology and Prospecting, 1981, 17(6): 19-22(in Chinese).
- [19] 祝新友, 王京彬, 王艳丽, 等. 湖南瑶岗仙钨矿稳定同位素地球化学研究[J]. 地质与勘探, 2014, 50(5): 947-960.
- Zhu Xinyou, Wang Jingbin, Wang Yanli, et al. Characteristics of stable isotopes S, Pb, O, and H in the Yaogangxian tungsten deposits, Hunan province[J]. Geology and Prospecting, 2014, 50(5): 947-960(in Chinese with English abstract).
- [20] 刘英俊, 马东升. 江西隘上沉积-叠加成因钨矿床的元素地球化学判据[J]. 中国科学(B辑), 1984, 12: 1126-1135.
- Liu Yingjun, Ma Dongsheng. The element geochemistry criterion of tungsten deposit caused by deposition additive effect in Aishang, Jiangxi province[J]. Science in China, (Ser.B), 1984, 12: 1126-1135(in Chinese).
- [21] 姚晓峰, 王友, 畅哲生, 等. 西藏玛玛铜多金属矿矽卡岩特征及成因意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2011, 38(6): 662-670.
- Yao Xiaofeng, Wang You, Chang Zhesheng, et al. Characteristics and the genesis implication of skarn in the Jiamma copper-polymetallic deposit, Tibet, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology edition), 2011, 38(6): 662-670(in Chinese with English abstract).
- [22] Takeo Sato. Manto type copper deposits in Chile—a review[J]. Bull. Geology survey Japan, 1984, 35(11): 565-582.
- [23] 祝新友, 王京彬, 王艳丽, 等. 黑钨矿矿床中云英岩包体及岩浆液态分异成矿研究——以湖南瑶岗仙钨矿为例[J]. 矿床地质, 2013, 32(3): 533-544.
- Zhu Xinyou, Wang Jingbin, Wang Yanli, et al. Characteristics of greisen inclusions in alkali feldspar granite of Yaogangxian tungsten deposit[J]. Mineral Deposits, 2013, 32(3): 533-544(in Chinese with English abstract).