

文章编号 : 0258-7106 (2013) 02-0405-10

湖南圳口地区加里东期钨矿田成矿地质特征 及找矿方向*

李时谦, 蓝晓明, 邓松华, 陈尚峰, 王方有, 黎传标, 黄光华

(湖南省湘南地质勘察院, 湖南 郴州 423000)

摘 要 湖南圳口地区钨矿田位于彭公庙花岗岩体南部, 在矿田内已发现了圳口、杨梅坑、张家垄等大中型钨矿床。这些矿床中的矿脉均受 NW-NWW 向断裂的控制, 成群成带密集分布, 为同一时期不同地点形成的钨矿床, 其中的张家垄钨矿床为首次在加里东期彭公庙岩体接触带发现和探明的具有工业意义的钨矿床。区内发育的彭公庙岩体为上述矿床的形成提供了较丰富的物质来源及热力资源。文章系统阐述了区域地质背景, 在总结矿床地质特征、成矿规律及控矿因素的基础上, 初步揭示了加里东期花岗岩与钨矿床的时空及成因关系, 并提出了找矿标志及找矿方向。

关键词 地质学 钨矿 地质特征 加里东期岩体成矿 找矿方向 圳口地区

中图分类号 : P618. 67

文献标志码 : A

Metallogenic geological characteristics of Caledonian tungsten deposits in Zhenkou area of Hunan Province and ore-prospecting orientation

LI ShiQian, LAN XiaoMing, DENG SongHua, CHEN ShangFeng, WANG FangYou,
LI ChuanBiao and HUANG GuangHua

(South Hunan Institute of Geological Exploration, Chenzhou 423000, Hunan, China)

Abstract

Tungsten deposits in Zhenkou area of Hunan Province are located in the southern part of Penggongmiao granite body, where some large or middle sized tungsten deposits, such as Zhenkou, Yangmeikeng and Zhangjialong, were discovered. Ore veins in these ore deposits are all controlled by NW-NWW trending faults and densely distributed in groups and zones. Among these ore deposits, the Zhangjialong ore deposit is a tungsten deposit of economic value discovered for the first time along the contact zone of Silurian Penggongmiao intrusive body. This paper has revealed for the first time the genetic and temporal relationship between Silurian granite and tungsten deposits and pointed out that there still exists ore-prospecting potential around the Penggongmiao intrusive body. This paper systematically describes regional geological setting and indicates the targets for ore-prospecting on the basis of summarizing geological characteristics, ore-forming regularity and ore-controlling factors.

Key words: geology, tungsten deposit, geological characteristics, mineralization of Caledonian intrusive body, ore-prospecting orientation, Zhenkou area

* 第一作者简介 李时谦, 男, 1960 年生, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查及区域地质调查工作。Email : 16196280@qq.com
收稿日期 : 2012-07-10 ; 改回日期 : 2012-11-01。张绮玲编辑。

湖南圳口地区钨矿田位于彭公庙岩体南部接触带,包括圳口、杨梅坑及张家垄等大中型钨矿床。20世纪 60~80 年代,湖南省地质局区测队、物探队、408 队在圳口地区先后开展了 1:20 万区域地质调查、物化探及矿产勘查工作。2006 年湖南省地质调查院在进行 1:5 万桂东地区矿产远景调查中首次在加里东期花岗岩体中发现了张家垄钨矿床,经 1:5 万水系沉积物测量、1:1 万地质草测及土壤测量、探槽揭露等工作,大致查明了受断裂构造控制的钨矿脉具有成带成组分布、矿化较稳定、矿脉规模较大的特征,初步认定该区具有较好的找矿前景。2008~2011 年南京大学(地球科学与工程学院)曾在南岭地区进行“南岭重要金属矿床成矿机理研究和找矿潜力预测”工作。2009~2012 年湖南省湘南地质勘察院在张家垄钨矿区立项并开展地质普查,经 1:5000 地质测量、地表与深部工程系统控制、样品测试等,矿脉数量增至 40 多条,钨金属 333+334 资源量(5.16 万吨)已达大型规模(王方有等,2012), WO_3 平均品位(质量分数,下同)0.318%。产于彭公庙岩体南部内、外接触带的钨矿床相继被发现,结束了加里东期花岗岩无钨矿床的历史。该区因工作程度较粗浅、工作时间跨度大,资料分布较零星,故前人对矿区的成矿机理及控矿机制缺乏系统研究。为总结圳口、杨梅坑、张家垄等钨矿床间的内在联系与成矿规律,探索加里东期花岗岩与这些矿床的时空、成因关系,扩大钨矿资源的找矿范围与远景,笔者在收集了大量地质矿产资料与科研成果的基础上,对矿床地质特征展开了初步研究,探讨了找矿方向。

1 区域地质背景

圳口地区位于南岭纬向构造带中段北缘,湘东南加里东褶皱隆起带的中南部,蓝山-炎陵北东向构造岩浆岩带与汝城-桃源北西向构造岩浆岩带交汇部位及湖南岩浆钨锡成矿 I 带(图 1)中(童潜明,1996),是湘南地区郴州-炎陵钨锡成矿带的重要组成部分。

区内地层除志留系与第三系外,从震旦系至第四系均有出露(图 2),其中以震旦系、寒武系、泥盆系最为发育。震旦系—寒武系为一套厚度巨大的复理石、类复理石建造,为区内基底地层,是裂隙充填型钨锡铅锌银矿的有利围岩;泥盆系由滨海相碎屑岩和浅海相碳酸盐岩组成,碳酸盐岩是接触交代型、充

填交代型钨锡钼铋矿的有利围岩。区内岩浆活动频繁,具有多期次多阶段活动的特点,从加里东期至燕山期形成不同时期、不同类型、不同规模的岩浆岩,如诸广山、彭公庙、万洋山、千里山等花岗岩体,其中尤以燕山期岩浆活动最为强烈,致使大部分酸性岩浆岩形成了复式岩体。区内花岗岩类岩石中微量元素,特别是燕山期的花岗岩 W、Sn、Mo、Bi、Cu、Pb、Zn 等成矿元素高于维氏值的几倍乃至几十倍,为形成区内丰富的矿产资源奠定了物质基础。本区构造运动活跃,具明显的阶段性和继承性,主要经历了加里东运动、印支运动及燕山运动。加里东运动形成区内基底构造格架,表现为一系列的近东西向断裂和褶皱,并造成彭公庙岩体的入侵,其同位素年龄为 429~436 Ma(郭爱民等,2009)。印支运动经燕山运动的叠加改造,造就了一系列 NE-NNE 向断裂和褶皱,如宁岗-郴州大断裂、瑶岗仙大断裂。区域性构造运动伴有强烈的岩浆活动。这些大断裂其旁侧的次级断裂构造为矿液的运移提供了有益的通道和有利的储集空间,是区内主要导矿与容矿构造。区内岩石变质作用强烈,蚀变现象普遍,蚀变种类多样,以硅化、砂卡岩化、云英岩化、绢云母化、绿泥石化最为普遍,且各种蚀变相互重叠。在花岗岩体与泥盆系碳酸盐岩接触带及前泥盆系硅铝质浅变质岩中,经接触交代变质作用与气水热液充填作用而形成一系列大中型砂卡岩型及高-中温热液裂隙充填型钨锡钼铋铅锌银矿床。

本区位于蓝山-郴州-炎陵重力梯度带之香花岭-彭公庙重力低异常区,布格异常值为 $-55 \times 10^{-5} \sim -60 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。航磁异常主要为负异常。区内主要成矿元素的地球化学异常亦有充分显示,各类异常相互重叠好。

2 矿田地质特征

矿田内出露地层较单一,仅见震旦系和寒武系。震旦系分下统正圆岭组和上统丁腰河组,寒武系仅见下统香楠组(图 3)。正圆岭组呈面状分布,为区内时代最老、出露面积最大的地层单元,岩性为灰色、灰绿色浅变质中厚层细-中粒石英砂岩、长石石英砂岩夹灰绿色板岩、砂质板岩及少量含凝灰质板岩等;丁腰河组呈环带状分布,岩性为灰黑色薄层状硅质岩、硅质板岩,为区内标志层;香楠组为深灰色-灰黑色中厚层-巨厚层状浅变质细粒石英砂岩、长石石英

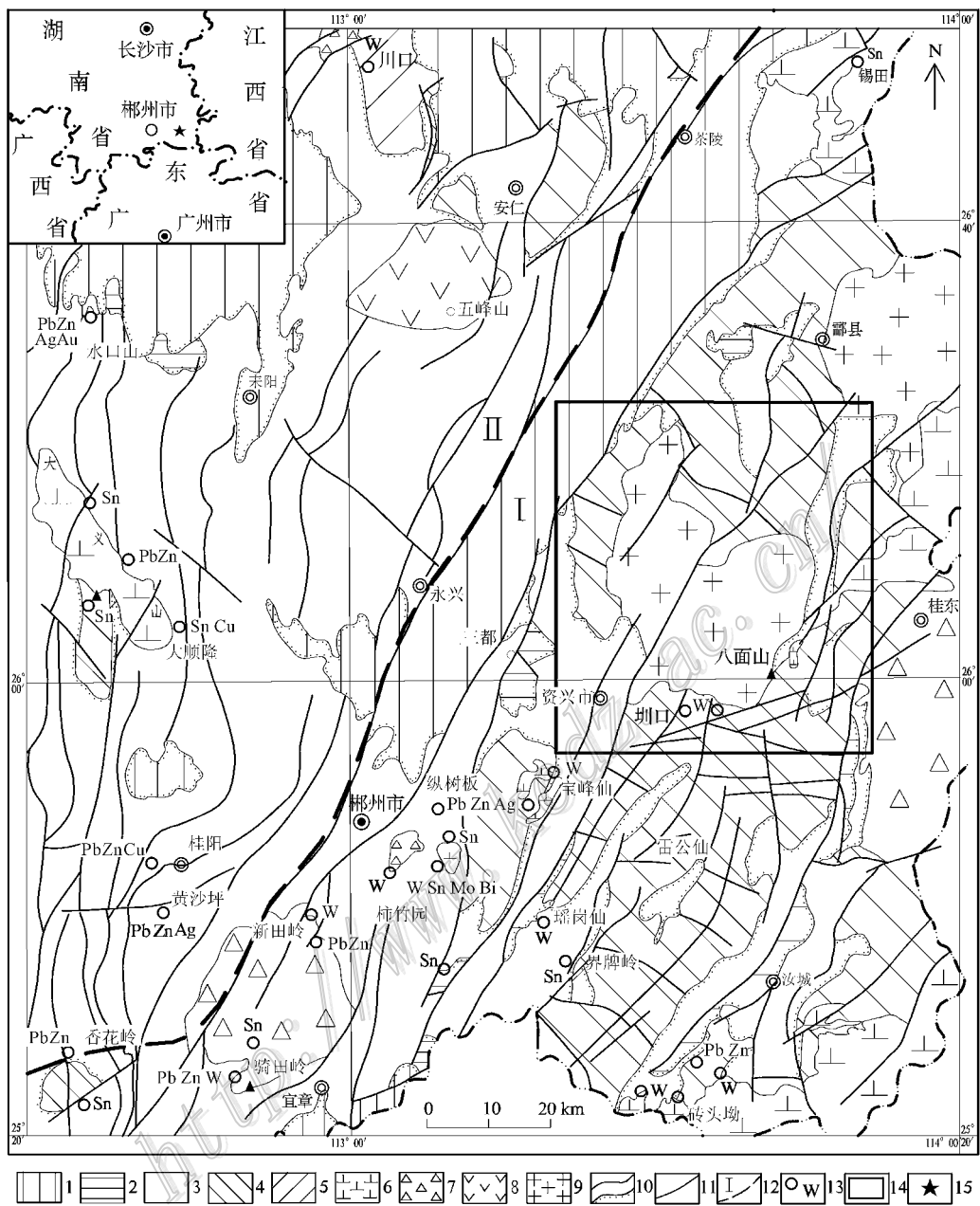


图 1 湖南岩浆成矿作用分带钨锡成矿 I 带地质矿产略图

1—白垩系—第三系砂岩、泥岩及砾岩；2—下三叠统—侏罗系砂岩、页岩、灰岩；3—泥盆系—上二叠统灰岩、白云岩、砂岩、页岩及硅质岩；4—震旦系—奥陶系浅变质砂岩、板岩、硅质岩；5—板溪群变质砂岩、千枚岩、板岩；6—燕山早期中粒斑状黑云母花岗岩；7—印支期粗中粒斑状黑云母花岗岩；8—印支期中粒斑状黑云母二长花岗岩；9—加里东中期粗中粒斑状黑云母二长花岗岩；10—地质界线及不整合地层界线；11—断裂构造；12—矿带界线及编号；13—矿床及矿种；14—彭公庙地区范围；15—矿区位置

Fig. 1 Geological sketch map showing ore resources along No. I tungsten—tin metallogenic zone of Hunan

1—Cretaceous-Tertiary sandstone, mudstone and conglomerate；2—Lower Triassic-Jurassic sandstone, shale, limestone；3—Devonian-Upper Permian limestone, dolomite, sandstone, shale and siliceous rocks；4—Sinian-Ordovician metasandstone, shale, siliceous rocks；5—Banxi Group metamorphic sandstone, phyllite, shale；6—Early Yanshanian medium-grained porphyritic biotite granodiorite；7—Indosinian coarse grained porphyritic biotite granite；8—Indosinian medium-grained porphyritic two-biotite granite；9—Middle Caledonian coarse-grained porphyritic biotite adamellite；10—Geological boundary and unconformity；11—Fault structure；12—Boundary and serial number of ore belt；13—Mineral deposit and mineral species；14—Limits of Penggongmiao area；15—Location of ore district



图 2 湖南彭公庙地区区域地质矿产略图(据湖南省地质局区域地质测量队四队, 1970a; 1970b 修改)

1—白垩系砂岩、砾岩夹泥岩；2—侏罗系长石石英砂岩夹泥岩；3—三叠系砂岩夹灰岩；4—二叠系硅质岩、砂页岩及灰岩；5—石炭系灰岩夹白云岩及砂页岩；6—泥盆系灰岩及砂页岩；7—奥陶系板岩；8—寒武系浅变质石英砂岩、板岩；9—震旦系浅变质石英砂岩、板岩夹硅质岩；10—燕山早期第三次花岗岩；11—燕山早期第二次花岗岩；12—燕山早期第一次花岗岩；13—加里东期第三次花岗岩；14—加里东期第二次花岗岩；15—加里东期第一次花岗岩；16—石英斑岩；17—含钨石英脉；18—地质界线；19—不整合地质界线；20—正、逆断层；21—实测、推测断层；22—地层产状；23—大、中型钨矿床；24—钨矿点；25—预测区及范围

Fig. 2 Geological sketch map of Penggongmiao area, showing distribution of ore resources

(modified after 1:200 000 Regional Geological and Mineral Resources Map of Yongxin Sheet and Chenxian Sheet, 1970a; 1970b)

1—Cretaceous sandstone, conglomerate interbedded with mudstone; 2—Jurassic feldspathic quartz sandstone interbedded with mudstone; 3—Triassic mudstone interbedded with limestone; 4—Permian siliceous rock, arenaceous shale interbedded with limestone; 5—Carboniferous limestone interbedded with dolomite and arenaceous shale; 6—Devonian limestone and arenaceous shale; 7—Ordovician slate; 8—Cambrian quartz sandstone and slate with weak metamorphism; 9—Sinian quartz sandstone, slate and siliceous rock; 10—3rd period granite of early Yanshanian; 11—2nd period granite of early Yanshanian; 12—1st period granite of early Yanshanian; 13—3rd period granite of Caledonian; 14—2nd period granite of Caledonian; 15—1st period granite of Caledonian; 16—Quartz porphyry; 17—Tungsten mineralized quartz vein; 18—Geological boundary; 19—Unconformity; 20—Normal fault and reverse fault; 21—Measured and inferred fault; 22—Attitude; 23—Large, medium-size tungsten deposits; 24—Tungsten ore spot; 25—Limits of predicted area

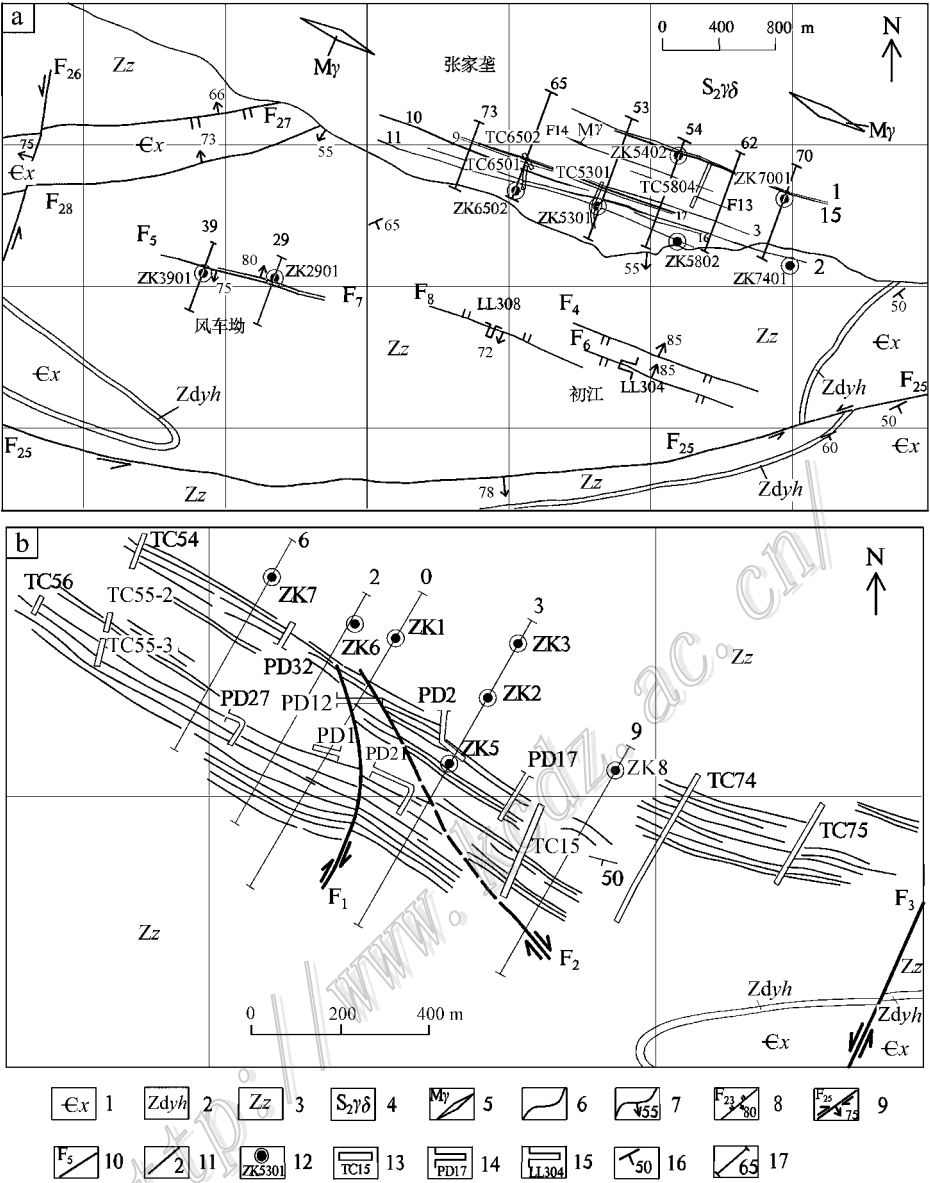


图 3 张家垄钨矿区(a)和圳口钨矿区(b)地质略图(据王方有等,2012 及王昌烈等,1966 报告修改)

1—寒武系下统香楠组浅变质石英砂岩夹板岩;2—震旦系上统丁腰河组硅质岩;3—震旦系下统正圆岭组浅变质(长石)石英砂岩夹板岩;4—中志留世斑状黑云母花岗岩闪长岩;5—细粒花岗岩;6—地质界线;7—侵入接触界线及产状;8—逆断层及产状;9—平移断层及产状;10—不明性质断层及产状;11—钨矿脉及编号;12—钻孔及编号;13—探槽及编号;14—平窿及编号;15—老窿及编号;16—地层产状;17—勘探线及编号

Fig. 3 Sketch geological map of the Zhangjialong(a) and Shenkou (b) tungsten ore districts (modified after Wang Y F et al., 2012; Wang C L et al., 1966)

1—Lower Cambrian Xingnan Formation: weakly metamorphic quartz sandstone interbedded with slate; 2—Upper Sinian Dingyaohe Formation: siliceous rock; 3—Lower Sinian Zhengyuanling Formation: weakly metamorphic (feldspathic) quartz sandstone interbedded with slate; 4—Middle Silurian porphyritic biotite granodiorite; 5—Fine grained granite; 6—Geological boundary; 7—Boundary and attitude of intrusion; 8—Reverse fault and its attitude; 9—Strike-slip fault and its attitude; 10—Unknown fault and its attitude; 11—Tungsten vein and its serial number; 12—Drill hole and its serial number; 13—Exploratory trench and its serial number; 14—Driftway and its serial number; 15—Old driftway and its serial number; 16—Attitude; 17—Prospecting line and its serial number

砂岩、板岩,夹粉砂质板岩、碳质板岩及薄层硅质岩。基底地层中 W 含量较高(表 1),是本区矿源层(郭爱民等,2009)。

矿田内构造极为发育,褶皱主要为由基底地层组成的轴向近东西向的东坪复背斜和圳口复向斜;断裂构造按其走向及其生成顺序可以分为 3 组,即

表 1 区域地层与岩体中微量元素平均含量												
Table 1 Average abundances of trace elements in regional strata and igneous rocks												
	$w(B)/10^{-6}$											样品数
	W	Mo	F	As	Bi	Ag	Zn	Cu	Be	Sn	Pb	
€	6.6	2.4	483.7	30.4	0.9	0.2	94.3	36.5	2.7	8.2	48.5	1958
Z	4.9	1.6	431.5	22.7	0.9	0.2	87.6	32.3	2.3	8.1	39.6	2256
Syð	27.66	1.0	473.1	20.5	2.5	0.2	85.6	22.8	4.0	15.9	55.2	1000
维氏值	1.3	1.1	660	1.7	0.17	0.07	83	47	3.8	2.0	25	
注：数据来自郭爱民等,2009。												

表 2 矿田部分主矿脉的特征						
Table 2 Characteristics of some major lodes in the orefield						
矿区名称	矿体编号	矿体长度/m	平均厚度/m	$w(WO_3)/\%$	倾向/倾角/°	矿体形态
张家垄矿区	1	1490	2.75	0.256	199~208/61~88	脉状
	2	2800	1.67	0.341	195~206/62~82	脉状
	3	1900	1.54	0.269	192~210/67~85	脉状
	10	1540	1.22	0.377	200~208/65~82	脉状
圳口矿区	1	710	0.65	0.485	205~213/61~80	脉状
	3	790	0.51	0.454	202~215/65~78	脉状
杨梅坑矿区	1	930	0.32	0.629	237~245/60~75	脉状
	2	400	0.22	0.388	235~240/62~81	脉状
	Ⅱ-1	650	6.99	0.510	220~242/54~75	似层状

注：据王方有等,2012 汪昌烈等,1966 李国森等,1983 报告综合。

近 EW 向、NW-NWW 向和 NNE 向。其中以近 EW 向断裂规模最大、生成时代最早,NNE 向断裂生成最晚,NW-NWW 向断裂却最为发育,且数量多、分布密集,为区内控矿与容矿构造。

异常浓集中心明显、强度高、面积大、分带清晰,NAP 值为 W(622.5)、Bi(428.1)、Ag(69.6)、As(48.8)、Mo(21.5)、Pb(15.4)、Cu(9.5),区内各异常与已知矿床相吻合。

矿田内岩浆岩为加里东期黑云母花岗闪长岩,分布于矿田北部,呈岩基状产出的彭公庙复式岩体与前泥盆系呈侵入接触,接触界线较弯曲,局部呈港湾状。岩体相带界线不明显,边缘带狭窄,岩性为细粒黑云母花岗闪长岩,过渡带为细-中粒(少)斑状黑云母花岗闪长岩,内部带主要为中-粗粒斑状黑云母花岗闪长岩,岩石中富含斜长石、黑云母,石英、钾长石含量相对较低,白云母含量极微,具有贫 SiO₂、K₂O、Na₂O,富 Fe、Ti、Ca、Mg 质的特征。

区内磁异常以负异常为主(伴有正异常),分布范围广,呈椭圆形串珠状分布,其中 C15△T 异常分布于岩体接触带张家垄一带,面积约 9.2 km²,△T_{max}=97 nT,△T_{min}=-200 nT C16、C19、C20 三处△T 异常分布于连坪-金银铺一带,总面积约 20 km²,△T_{max}=247nT,△T_{min}=-343 nT。该区磁异常强度高,梯度变化大,正负异常均具多个中心区。异常编号为 AS10 甲 1 类的 1:5 万水系沉积物异常,呈面状分布于张家垄一带岩体接触带上,面积 17.2 km²,元素以 W、Bi 为主,次有 Ag、As、Mo、Pb、Cu 等,

3 矿床地质特征

3.1 矿床分布特征

圳口地区钨矿主要为脉状钨矿,产于岩体内外接触带的断裂构造中。似层状钨矿体产于寒武系石英岩、含砂质绢云母板岩中。张家垄钨矿主要产于岩体内、外接触带中,圳口钨矿与杨梅坑钨矿则产侧于张家垄钨矿西侧及西南侧之岩体外接触带,三者成‘品’字形排列(参见图 2)。

3.2 矿体规模、形态及产状

本区钨矿体主要呈脉状产出,受 NW-NWW 向压扭性断裂构造控制,成群成带密集分布,大致平行的含钨石英脉(矿脉)常呈舒缓波状延伸,具膨大缩小及分枝复合现象。根据空间展布规律,张家垄矿区可分为南、北 2 个矿带,即产于内接触带花岗闪长岩中的北矿带和产于外接触带震旦系浅变质岩中的南矿带,前者矿体规模大、延伸稳定,总体倾向南、倾角 60~85°,后者规模相对较小,倾向南或北、倾角 70~85°(表 2)。圳口矿区钨矿赋存于震旦系浅变质岩

中,按脉体形态可分为石英大脉带型和石英细脉带型,按空间分布特征可分为南脉组和北脉组,两脉组大致平行展布,北脉组长 1200 m,宽一般 50~100 m,总脉厚 1.59~3.23 m,其中 1 号矿脉最宽达 1.24 m,控制斜深 600 m;南脉组长 1360 m,宽 110~250 m,共有大小石英脉 95 条,总脉厚 2.04~6.97 m,控制斜深 500 m。杨梅坑钨矿产于寒武系浅变质砂岩及板岩中,既有石英脉型钨矿,亦有层控型钨矿,石英脉型钨分为东、西 2 个矿带,东矿带长 1200 m、宽 50~200 m,共见 29 条含钨石英脉,脉幅 1~25 cm、最大 1.05 m,属以细脉为主、大脉细脉混合的脉带,计有 1、8、9 等 6 条矿脉,其中以 1 号矿脉规模最大;西脉带长 1200 m,宽 200 m,主要有 2、3、4 等 5 条矿脉,其中 2 矿脉规模较大。层控型白钨矿呈似层状分布于香楠组石英岩、含砂质绢云母板岩中,从东往西分为 I、II、III 三个含矿层,从下往上分为 I-1、I-2、II-1、II-2、III-1 五个矿体(图 4),其中以 II-1 矿体规模最大。I-1 矿体产于石英岩中,长 370 m,平均厚 5.09 m, $w(\text{WO}_3)$ 为 0.213%;II-1 及 III-1 矿体产于含砂质绢云母板岩中,III-1 矿体倾向南西,倾角 25~58°,矿体长 120 m,厚 7.50 m, $w(\text{WO}_3)$ 为 0.260%。

3.3 矿石结构、构造及矿石类型

矿石主要呈他形-半自形-自形晶结构、交代结

构、乳滴状及压碎结构等,矿石构造主要有浸染状、条带状、细脉状、团块状及放射状构造。矿石类型有云英岩型白钨矿、石英脉型白(黑)钨矿、绢云母板岩型白钨矿等。

3.4 矿物与元素组合特征及变化规律

矿物组分较简单,金属矿物主要为白钨矿、黑钨矿,次为辉铋矿、锡石、辉钼矿、铁闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、毒砂等;非金属矿物主要有石英,次为长石、白云母、绿泥石、绢云母、绿柱石、萤石、黄玉、方解石等。矿体中有益组分主要为 W,次为 Bi,伴生 Sn、Mo、Pb、Zn、Ag 等,W 以白钨矿为主、黑钨矿为次的形式存在,Bi 以辉铋矿形式出现。层控型矿体中 W 的含量变化不明显,而脉型矿体中 W 则呈规律性变化。脉幅小者一般较大脉者富,云英岩化强烈地段矿化较富,脉脉形态规则者较富,矿体浅部较深部富。

3.5 围岩蚀变

蚀变种类较多,主要受断裂构造控制,形态上常成线状分布。常见的蚀变有云英岩化、硅化、绢云母化、黄铁矿化、毒砂化及萤石化、绿泥石化等。其中云英岩化、硅化与充填交代型及石英脉型钨矿关系密切,硅化及绢云母化与层控型钨矿关系密切,在蚀变强烈地段钨易富集。

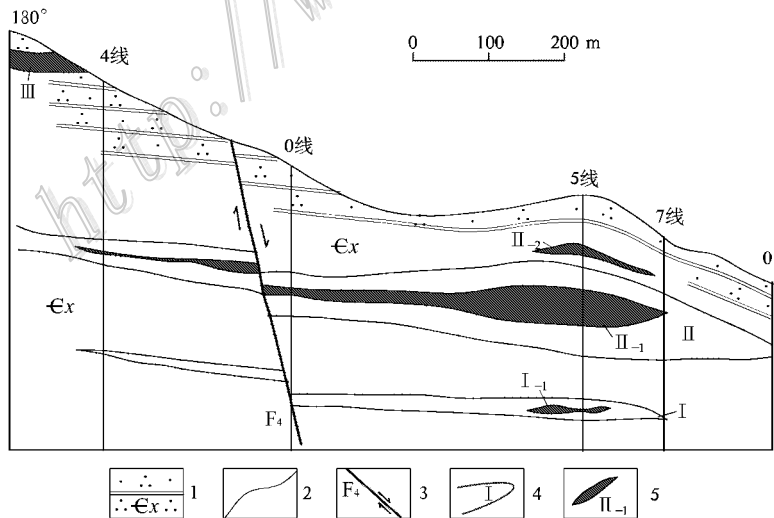


图 4 杨梅坑钨矿 I 线纵剖面图略图(李国森等,1983 综合)

1—寒武系下统香楠组浅变质砂岩夹绢云母板岩;2—地质界线;3—断层及编号;4—含矿层及编号;5—矿体及编号

Fig. 4 Longitudinal profile along No. 1 exploration line in the Yangmeikeng tungsten deposit (modified after Li et al., 1983)

1—Lower Cambrian Xingnan Formation: weakly metamorphic sandstone interbedded with sericitic slate; 2—Geological boundary; 3—Fault and its serial number; 4—Ore-bearing horizon and its serial number; 5—Ore body and its serial number

3.6 成矿期次和成矿阶段

根据矿物共生组合、结构构造、空间位置及穿插交代关系等特征,本区可分为早、晚 2 个成矿期及 3 个成矿阶段。早期为高温热液期,亦为主要成矿期,包括硫化物-氧化物阶段和硫化物阶段,与矿化关系密切。晚期为中温热液期,为碳酸盐阶段,与矿化关系不甚密切。三个成矿阶段为硫化物-氧化物阶段、硫化物阶段、碳酸盐阶段。硫化物-氧化物阶段的矿物以石英、黑钨矿为主,并有白钨矿、辉铋矿、辉钼矿、锡石、铁闪锌矿、绿柱石、萤石、黄玉等,其中黑钨矿以自形-半自形晶为主,呈团块状、放射状产出。硫化物阶段的矿物以石英、白钨矿为主,还有辉铋矿、铁闪锌矿、辉钼矿、黄铜矿、方铅矿、长石、绿泥石、绢云母等,本阶段白钨矿大量富集,并交代早期黑钨矿,白钨矿以他形粒状为主,呈团块状、细脉状及浸染状产出。碳酸盐阶段以方解石为主,并有少量的白钨矿与绿泥石。

4 找矿标志及找矿方向

区内找矿标志主要有以下几个:

(1) 地层、岩石标志 加里东期黑云母花岗(闪长)岩侵位于前泥盆系基底地层中,震旦系及寒武系浅变质岩是钨矿的主控层位,其中浅变质碎屑岩是寻找裂隙充填(石英脉)型钨矿的有利岩石,石英岩与含砂质绢云母板岩是寻找层控型钨矿的有利岩石,黑云母花岗(闪长)岩则是寻找云英岩型及石英脉型钨矿的有利岩石;

(2) 围岩蚀变标志 云英岩化、硅化发育于断裂构造及石英脉两侧,与钨矿化关系密切,硅化带及石英脉抗风化能力强,地表易于识别,是重要的找矿标志;

(3) 构造标志 矿脉受 NW-NWW 向断裂控制,同时矿体大多分布于岩体内外接触带,因此,岩体内外接触带是重要找矿地段,其中的 NWW 向断裂是区内重要的找矿标志;

(4) 物化探标志 区内矿床(点)都有航磁异常、水系沉积物异常及土壤异常,且具有面积较大、强度较高、浓集中心明显等特征,具有上述特点的物化探异常是寻找钨矿床的有利标志,且以 W、Bi 元素为主的地球化学异常及 ΔT 正负异常的交界部位是钨矿体富存的有利地段;

(5) 老窿 采矿老窿是有效的直接找矿标志。

根据上述找矿标志及本区地物化遥资料与科研

成果,确定今后找矿方向为彭公庙地区,结合圳口地区钨矿床特征、已知矿(化)点及成矿模式,在彭公庙岩体周边接触带圈出 4 处找(成)矿预测区:金银铺、五石潭、新开洞及汤市预测区(图 2)。金银铺预测区位于彭公庙岩体南部接触带、资兴市张家垄钨矿东侧,五石潭预测区位于彭公庙岩体北部接触带(处于安仁县境内),两预测区内地层、岩浆岩、构造、蚀变、物化探异常等特征与已知矿床极为相似,并有民(老)窿分布,可作为本区地质勘查的优选靶区。新开洞及汤市预测区分别位于彭公庙岩体东部及北东部接触带,处于资兴市境内,其地质及物化探异常特征与已知矿床类似,可作为本区地质勘查的重点靶区。另外,对炎陵县境内的万洋山岩体东部接触带及桂东县境内的诸广山岩体东部接触带等地也应引起重视,加强地质勘查力度。

5 讨论及结论

5.1 成矿时代的确定

加里东期成矿在南岭是否存在,一直存疑,以前也有一些钨锡钼矿,但规模较小,研究程度较低,例如,流沙钼矿(都庞岭岩体附近),越城岭牛塘界砂卡岩型白钨矿矿床和广西钦甲锡铜矿等。在 1:5 万桂东地区矿产远景调查中,于彭公庙岩体南部斑状黑云母花岗闪长岩中采集 2 个样品,由南京大学采用 LA-ICP-MS(电感耦合等离子质谱)法测得锆石铀-铅同位素年龄为 $(429.0 \pm 2.8) \sim (436.0 \pm 3.3)$ Ma;南京大学(地球科学与工程学院)在张家垄矿区所采的含白钨矿化细晶岩脉样品,其年龄值为 427 Ma(张文兰等,2011),细晶岩脉的走向与本区含矿构造走向相一致,因此推断本区矿床可能形成于志留纪中、晚期,即加里东期,成矿时代稍晚于彭公庙岩体主体,故认为加里东期岩体在南岭地区是与成矿有关的。因此,应加强区内加里东期花岗岩的科研及地质勘查工作。

5.2 加里东期钨矿与燕山期钨矿的异同

加里东期钨矿与燕山期钨矿的共同之处是:都与花岗岩密切共生,花岗岩具多期演化的特征,岩体中都有钨矿脉分布,亦即花岗岩为成矿母岩。而它们的不同之处如下:① 岩体特征 燕山期成矿花岗岩多为复式小岩株,分异程度高,岩石类型主要为黑云母花岗岩,加里东期花岗岩呈大的岩基状产出,分异程度较低,岩石类型主要为二长花岗岩。② 岩石

学及岩石化学特征: 燕山期花岗岩主要造岩矿物为石英(34.1%)、钾长石(39.5%)、白云母(2%), 斜长石(21.6%)、黑云母(2.8%), $w(\text{SiO}_2)$ (74.30%)、 $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ (7.96%) 高, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ (0.80%)、 $w(\text{FeO})$ (1.42%)、 $w(\text{TiO}_2)$ (0.18%)、 $w(\text{CaO})$ (0.74%)、 $w(\text{MgO})$ (0.32%) 低。加里东期花岗岩中石英(31.61%)、钾长石(30.9%)、白云母(微量)含量低, 斜长石(29.6%)、黑云母(5%~15%)含量高, $w(\text{SiO}_2)$ (70.27%)、 $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ (6.73%) 低, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ (1.51%)、 $w(\text{FeO})$ (2.66%)、 $w(\text{TiO}_2)$ (0.38%)、 $w(\text{CaO})$ (1.62%)、 $w(\text{MgO})$ (1.15%) 高(王昌烈等, 1987)。

③ 副矿物特征: 燕山期花岗岩副矿物种类多, 达 25~30 种, 主要为石榴子石型、锆石-独居石型(庄锦良等, 1996); 加里东期花岗岩副矿物种类较少, 含量较低, 主要为锆石-磷灰石型。

④ 微量元素丰度: 燕山期 W (57.10×10^{-6})、Sn (94.48×10^{-6}) 含量高, 加里东期 W (27.66×10^{-6})、Sn (10.31×10^{-6}) (王昌烈等, 1987) 含量低。

⑤ 矿体产状、规模及蚀变: 燕山期矿床多、规模大, 矿化蚀变强烈, 脉状矿体多受新华夏系次级断裂构造控制, 走向以 NNE 向为主; 加里东期矿床极少见、规模较小, 矿化蚀变较弱, 矿体主要呈脉状, 产状受纬向断裂构造控制, 走向多呈近东西向。

⑥ 矿床类型: 燕山期矿床类型多, 主要为矽卡岩型及石英脉型; 加里东期矿床类型较单一, 主要为充填交代型脉状矿床。

⑦ 白钨矿产出形式: 燕山期白钨矿主要产于矽卡岩中, 多为浸染状构造, 少部分为交代早期黑钨矿而成; 而加里东期白钨矿多呈团块状、细脉状产于硅铝质岩石中, 以交代早期黑钨矿为主。

5.3 成矿过程探讨

钨为亲氧元素, 易熔于硅酸盐熔体, 在地球演化史中具有向地壳分异富集的趋势(徐克勤等, 2007), 本区混源岩浆(柏道远等, 2006)在演化进程中本身携带有较丰富的钨, 同时, 在同熔前泥盆系地层时不断有 W 元素的聚集, 形成 W 的初始富集, 使 W 的丰度达到维氏值的 20 余倍, (张家垄矿区震旦系地层与花岗岩闪长岩中 $w(\text{W})$ 分别为 227×10^{-6} 、 250×10^{-6} , 是维氏值的一百多倍), 为钨矿的形成提供了丰富的成矿物质, 故本区钨矿的形成与岩浆活动关系密切(刘英俊, 1994), 即加里东期岩体为区内成矿母岩, 基底地层中的 W 也在沉积与成岩过程中不断

积聚, 使 W 的丰度显著增高, 达到维氏值的 4~10 倍。在加里东构造旋回中, 随着岩浆的侵位活动, 区域地热梯度不断升高, 在一定区域内使热液流体与容矿围岩形成对流循环, 一方面岩浆分泌的热液中本身就富含 W, 在分异演化过程中, 含矿热液从高压区(岩体中心)向低压区(接触带或岩体某些前锋部位)运移中, 可在岩体构造有利部位, 形成充填交代型与石英脉型钨矿; 另一方面, 热液在对流循环过程中, 激化基底地层中的 W 元素与 F、B 等矿化剂形成易溶络合物。分散了的含 W 岩浆热液与地层中含 W 热液两者不断聚合, 并向因断裂而形成的矿液运移通道运移, 在温度、压力降低处及构造有利部位富集成矿, 从而形成高温热液充填交代型脉状钨矿床; 在沉积岩中, 因本身含有较高的 W, 尔后含矿热液在对流循环时, 在石英(砂)岩、含砂质绢云母板岩的孔隙与裂隙中渗透聚集而富集成沉积改造(层控)型钨矿。

同时, 岩体中因 Ca、Fe 离子含量高, 为白钨矿及黑钨矿的形成提供了物质基础。因空间越大、成矿物质越丰富、分异越充分, 有益组分就越富集, 因此, 平面上从内接触带→外接触带→远离接触带, 矿体品位逐步增高, 剖面上深部贫浅部富, 而距接触带最近的杨梅坑钨矿形成沉积改造(层控)型钨矿。

5.4 成矿模式

根据矿体形态、矿物组合、围岩蚀变等特征, 将本区钨矿床成因类型由内接触带→外接触带→远离接触带, 依次分为高温热液裂隙充填交代构造带型、高温热液充填石英脉型及沉积改造层控型矿床 3 种。花岗岩类岩石及浅变质碎屑岩均为刚性易碎的岩石, 易产生断裂而形成矿液运移通道和储存场所, 促成脉状矿体的形成, 而板岩类岩石属柔性岩石, 易形成遮挡层, 阻止矿液的扩散并促使成矿物质的聚集与沉淀而富集成矿(袁见齐等, 1979)。图 5 显示了本区钨矿的成矿模式, 在花岗岩中形成充填交代型脉状钨矿床, 在外接触带浅变质碎屑岩中形成石英脉型钨矿床, 而在地层有利部位则形成沉积改造(层控)型钨矿床。这些钨矿床是在同一时期不同地点、不同条件下形成的钨矿床。

志 谢 本文在撰写过程中, 得到了中国地质科学院矿产资源研究所毛景文研究员及《矿床地质》编审专家的悉心指导, 在此深表谢意!

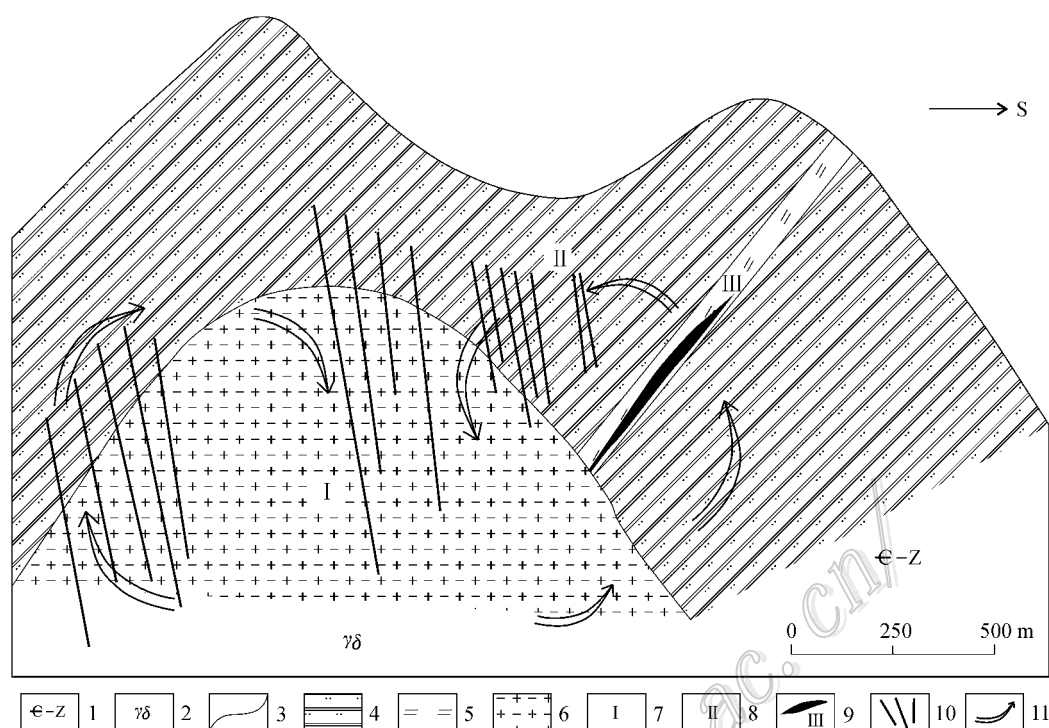


图5 成矿模式示意图

1—寒武系—震旦系浅变质碎屑岩夹板岩；2—中志留世花岗闪长岩；3—地质界线；4—浅变质砂岩；5—绢云母板岩；6—黑云母花岗闪长岩；7—充填交代型钨矿；8—石英脉型钨矿；9—层控型钨矿；10—钨矿脉；11—热液运移方向

Fig. 5 Metallogenic model

1—Cambrian-Sinian weakly metamorphic clastic rock interbedded with slate；2—Middle Silurian granodiorite；3—Geological boundary；4—Weakly metamorphic sandstone；5—Sericitic slate；6—Biotite granodiorite；7—Filling and metasomatic type tungsten deposit；8—Quartz vein deposit；9—Stratabound deposit；10—Tungsten vein；11—Direction of hydrothermal migration

参考文献/References

- 柏道远,黄建中,马铁球. 2006. 湘东南志留纪彭公庙岩体地质地球化学特征及构造环境[J]. 现代地质,20(1):130-140.
- 郭爱民,王方有,李时谦,蒋仁松,雷泽恒. 2009. 1:5万湖南桂东地区矿产远景调查报告[R]. 湖南省地质调查院. 23, 46.
- 湖南省地质局区域地质测量队四队. 1970a. 郴县幅 1:20万区域地质矿产图[R]. 内部资料.
- 湖南省地质局区域地质测量队四队. 1970b. 永兴幅 1:20万区域地质矿产图[R]. 内部资料.
- 李国森,黄伯田. 1983. 湖南省资兴县杨梅坑矿区白钨矿普查报告[R]. 湖南省湘南地质勘察院. 内部资料.
- 刘英俊. 1994. 钨的地球化学[M]. 北京:科学出版社. 7-221.
- 童潜明. 1996. 湖南岩浆成矿作用的矿化分带. 湖南地质新进展[M]. 长沙:湖南科学技术出版社. 163-171.
- 王昌烈,任金波,张常荣,孔卫国,王长明. 1966. 湖南省资兴县洞口钨铋矿区详查报告[R]. 湖南省地质局 408 队. 内部资料.
- 王昌烈,罗仕徽,胥友志,孙一虹,谢慈国,张重铭,徐文光,任湘眉. 1987. 柿竹园钨多金属矿床地质. 地质专报(矿床与矿产第4号)[M]. 北京:地质出版社. 15, 19.
- 王方有,李时谦,陈尚峰. 2012. 湖南资兴市张家垄钨矿 2012 年普查设计[R]. 湖南省湘南地质勘察院. 24-28, 30-49. 内部资料.
- 徐克勤,徐士进,朱金初. 2007. 华南含锡钨钽(铌)花岗岩及有关矿床产出的地质环境和地球化学差异[A]. 徐克勤文集[M]. 北京:科学出版社. 578-589.
- 袁见齐,朱上庆,翟裕生. 1979. 矿床学[M]. 北京:地质出版社.
- 张文兰,王汝成,雷泽恒,华仁民,朱金初,陆建军,谢磊,车旭东,章荣清,姚远,陈骏. 2011. 湘南彭公庙加里东期含白钨矿细晶岩脉的发现[J]. 科学通报,56(18):.
- 庄锦良,刘钟伟. 1996. 略论湘南地区成矿岩体特征与隐伏矿床预测. 湖南地质新进展[M]. 长沙:湖南科学技术出版社. 172-175.