



湖南崇阳坪地区石英脉型钨矿床的地质特征、成矿规律及成矿模式*

苏康明¹, 吕书君^{1* * *}, 孔令兵¹, 杨富全², 向君峰²

(1 湖南省地质矿产勘查开发局四〇七队, 湖南 怀化 418000; 2 中国地质科学院矿产资源研究所
国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037)

摘要 崇阳坪地区位于南岭西段, 区内出露有中华山、崇阳坪、瓦屋塘 3 个岩体, 且在岩体内已发现了初具规模的寨溪山、上茶山、牛角界、沙溪等钨矿床, 主要矿化形式为浸染状、细脉状白钨矿、黑钨矿化, 常见围岩蚀变有云英岩化、钾长石化、钠长石化、电气石化、绿泥石化等, 属于石英脉型钨矿床(主要为白钨矿)。区内崇阳坪岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 (214.2 ± 1.7) Ma, 瓦屋塘岩体年龄为 (223.1 ± 2.1) Ma, 形成于印支期, 研究区内的钨矿(化)体均产于印支期花岗岩体接触带上, 空间上与二长花岗岩侵入体关系密切, 成矿与成岩基本同时, 这填补了华南地区印支期花岗岩不能形成独立钨矿的空白。文章在总结归纳前人研究成果的基础上, 结合近年来在该区找矿取得的进展, 主要从以上矿床的地质特征入手, 总结分析该区钨矿床的成矿规律, 并在此基础上初步建立该区石英脉型钨矿床成矿模型。

关键词 地球化学; 成矿规律; 成矿模式; 石英脉型钨矿; 崇阳坪

中图分类号: P618.67

文献标志码: A

Geological characteristics, metallogenetic regularity and model of quartz vein type tungsten deposits in Chongyangping, Hunan Province

SU KangMing¹, LÜ ShuJun¹, KONG LingBing¹, YANG FuQuan² and XIANG JunFeng²

(1 No. 407 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Hunan Province, Huaihua 418000, Hunan, China; 2 MRL Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract

Chongyangping area is located near the western part of Nanling. The area possesses such fairly large tungsten deposits as Zhaixishan, Shangchashan, Niujiaojie and Shaxi, which are distributed in the contact zone between Sinian, Cambrian, Ordovician strata and the medium-fine grained biotite granites, belonging to quartz vein type tungsten deposit. Based on performance of LA-ICP-MS zircon U-Pb dating, the authors obtained (214.2 ± 1.7) Ma, (223.1 ± 2.1) Ma for the Chongyangping and Wawutang rocks respectively, suggesting that they formed in Indosinian. Tungsten ore was produced in the granite contact zone, spatially closely related to adamellite granite. Mineralization occurred substantially simultaneously with the rock-forming process, and this discovery fills the gap which holds that Indosinian granite can not form independent tungsten deposit. The main mineralization forms include dissemination, veinlet tungsten and wolframite. The rock alteration types are

* 第一作者简介 苏康明,男,1973年生,高级工程师,主要从事固体矿产勘查、区域地质调查及成矿规律研究。

** 通讯作者 吕书君,女,1984年生,硕士,主要从事矿床地质、地球化学研究。Email: lvshujun1314520@126.com

收稿日期 2015-02-02; 改回日期 2016-08-20。秦思婷编辑。

mainly greisenization, K-feldspathization, albitization, silicification, and chloritization. According to the previous research achievements of coal liquefaction residues and the progress in prospecting work in this area in recent years, the authors reviewed the geological characteristics of these deposits, analyzed mineralization enrichment regularity, compared these deposits with the typical vein tungsten deposits in Nanling region and, on such a basis, built up a metallogenic model.

Key words: geochemistry, metallogenetic regularity, metallogenic model, vein type tungsten deposit, Chongyangping

南岭地区位于中生代欧亚大陆板块构造岩浆活动带的华南陆块中部,区域成矿地质条件优越,是中国乃至全球最重要的钨锡矿集中分布区,素以赣南粤北的“五层楼”式石英脉型黑钨矿床和湘南的柿竹园式砂卡岩型白钨矿床为代表,典型矿床有西华山钨矿床、行洛坑钨矿床、瑶岗仙钨矿床、柿竹园钨锡矿床等,这些矿床与燕山期的花岗岩类具有密切的时空联系。目前,国内外学者对南岭地区成矿花岗岩及矿床的时空分布规律做了大量的工作,但过去的工作主要集中在南岭中段及东段,而对南岭西段的工作则相对较少。华南燕山期成矿受到广泛重视,而对印支期成矿则探讨不多,这在一定程度上妨碍了人们对南岭地区成矿作用的系统认识。

湖南崇阳坪地区位于南岭西段附近,出露有中华山、崇阳坪、瓦屋塘 3 个岩体,紧邻南岭成矿带西段最大的岩体苗儿山-越城岭复式岩体,地处雪峰加里东褶皱带西南端,褶皱、断裂发育,岩浆活动强烈,地层广泛出露,成矿条件优越(图 1)。近年来,湖南省地勘局四〇七队在该区开展了勘查工作,取得了较好的找矿成果,相继发现了上茶山、寨溪山、中村、沙溪、牛角界等一系列中-大型钨矿床(湖南省地质矿产勘查开发局四〇七队,2014),矿化类型为石英脉型钨矿床(主要为白钨矿),该类型的钨矿床在南岭地区比较罕见,而目前这些矿床的研究程度较低,至今尚无系统的研究资料。本文对这些钨矿床的地质特征、成矿规律研究,并在此基础上尝试建立找矿模型。

1 区域地质背景

崇阳坪地区大地构造位置上处于扬子板块与华南板块的过渡地带——雪峰加里东褶皱带,即南岭成矿带的西段,区域内构造作用强烈,岩浆活动频繁,成矿作用明显,构成了一个北西界为安化-黎平大断裂、南东界至桃江-城步大断裂的北东走向的雪

峰加里东褶皱带(徐克勤等,1981)。

区内主要出露板溪群、震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、古近系、新近系和第四系。其中,以震旦系、寒武系和奥陶系为主,主要为一套浅变质的中细碎屑岩建造,岩性主要为砂岩、砂质板岩、板岩、硅质岩及少量灰岩等。

区内构造比较复杂,褶皱、断裂较为发育,规模较大的褶皱有八面山向斜、宝瑶向斜和大挪溪向斜,规模较大的断裂有北东向罗翁-陇城深断裂和南北向铁山庙-武阳深大断裂(图 1)。铁山庙-武阳深大断裂走向 NS,倾向 NW,倾角 $40\sim 80^\circ$,形成于喜马拉雅期之前一复活性深大断裂,最初形成于加里东期,成为印支期酸性岩浆活动的通道,直至燕山期保持了长期的活动性。1:20 万重砂异常及水系沉积物异常表明沿着铁山庙-武阳深大断裂及岩体与地层接触带附近均形成了异常面积大、元素套合性好、强度高的地球化学特征,显示了断裂对钨、锡等成矿上的控制作用。区内侵入岩发育,以酸性岩为主,从北向南依次为中华山、崇阳坪、瓦屋塘岩体,呈岩基、岩株产出,它们沿铁山庙-武阳断裂侵入,形成近南北向展布的、延伸长 150 km 的构造岩浆岩带。岩性主要为细粒、中细粒、粗粒和似斑状黑云母二长花岗岩,其中细粒、中细粒黑云母二长花岗岩为崇阳坪地区最主要的地质体和矿化围岩,属于 S 型花岗岩。区内的钨矿床多产于震旦系、寒武系、奥陶系与花岗岩体的接触带附近,其中,尤以晚期细粒、中细粒黑云母二长花岗岩的侵入最为重要。

2 典型矿床地质特征

2.1 洪江市沙溪钨矿床

沙溪钨矿处于中华山岩体西部之内接触带附近。矿区地层主要有下震旦统江口组含砾砂岩、砂质板岩夹绢云母粉砂质板岩(图 2)。岩体主要由细粒、中细粒黑云母二长花岗岩、中粒及粗中粒黑云母

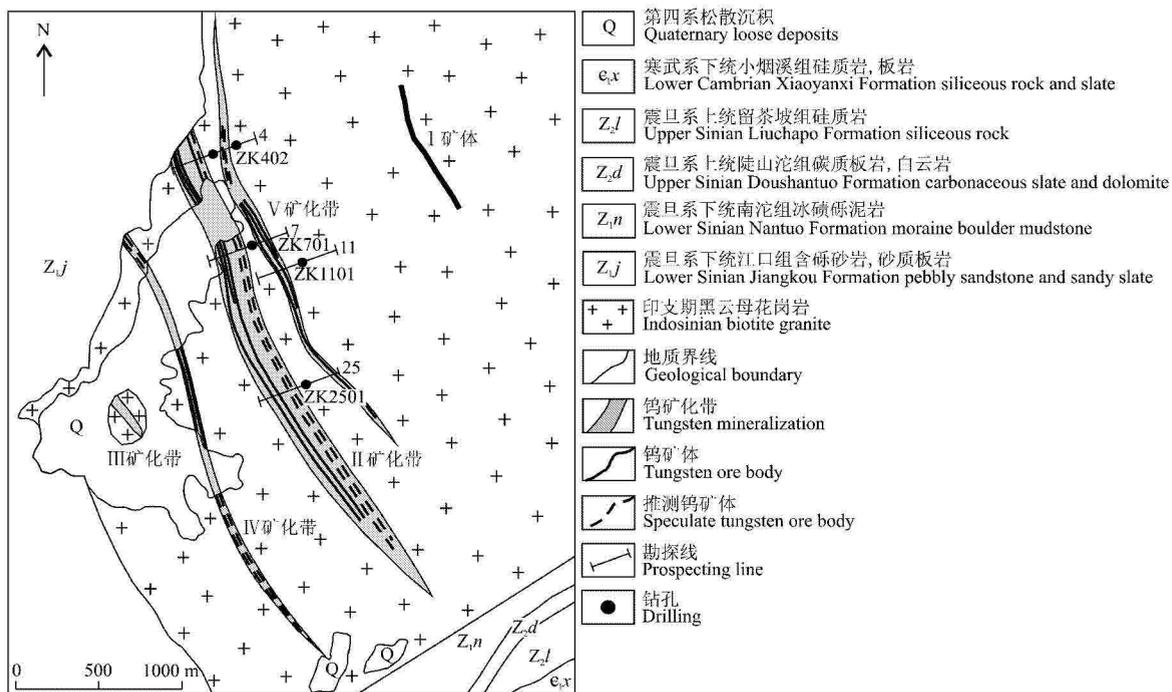


图 2 崇阳坪地区沙溪矿区地质简图

Fig. 2 Geological sketch map of the Shaxi mine, Chongyangping

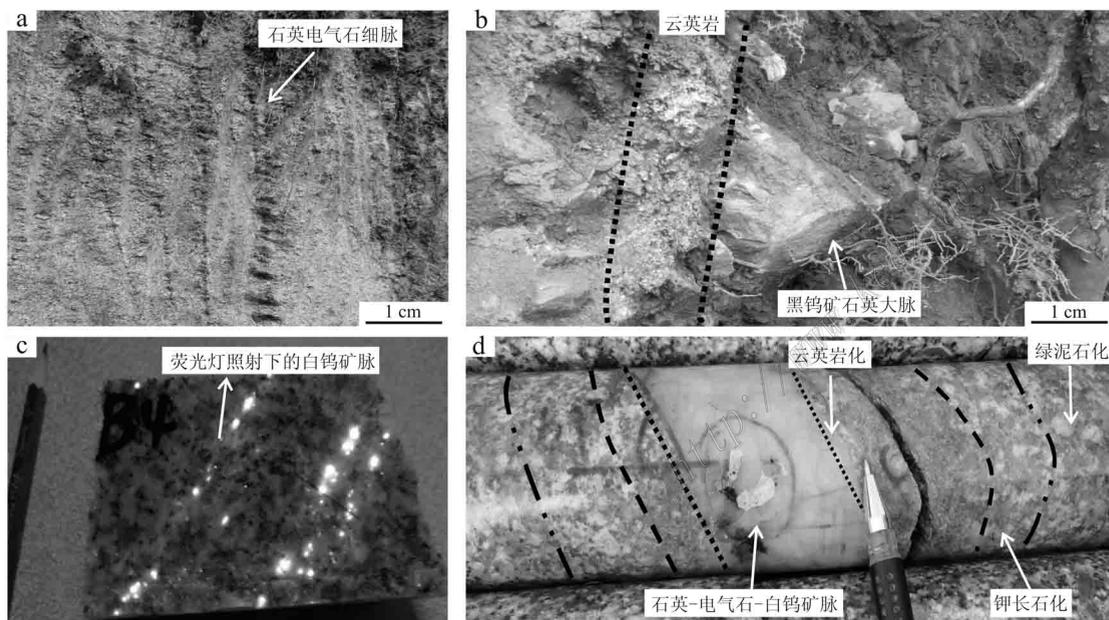


图 3 沙溪矿区脉侧围岩蚀变及矿石野外照片

a. 含白钨矿石英电气石细脉; b. 含黑钨矿石英脉侧云英岩; c. 分布于石英细脉内的白钨矿; d. 团块状白钨矿分布于脉内

Fig. 3 Field photographs for rock alteration and tungsten ore in the Shaxi ore district

a. Quartz tourmaline veinlets containing scheelite; b. Wolframite quartz veins, greisen; c. Scheelite distributed in quartz veinlets; d. Scheelite exhibiting mass distribution in veins

要为白钨矿、黑钨矿；非金属矿物以石英、钾长石、斜长石、黑云母等为主。围岩蚀变主要有云英岩化、钾长石化、绿泥石化等(图3)。

2.2 绥宁县寨溪山钨矿床

寨溪山钨矿床产于崇阳坪岩体内,分为苦梨树矿段和红岩矿段,分别位于岩体东部和南部。矿区主要有上震旦统陡山沱组砂质板岩及白云岩、留茶坡组硅质板岩夹硅质碳质板岩,下寒武统小烟溪组硅质、碳质板岩,下奥陶统白水溪群砂岩、粉砂质板岩(图4)。崇阳坪岩体呈岩株状或岩脉状出露,侵入于震旦系、寒武系及奥陶系浅变质岩中。岩性主要为细粒-中细粒黑云母二长花岗岩。主要矿物包括钾长石(26%~31%)、斜长石(24%~29%)、石英(25%~28%)和黑云母(2%~8%)。

钨矿化主要赋存于岩体与地层接触带附近的细粒、中细粒花岗岩内(图4),矿区容矿构造主要为北东向的一系列节理裂隙,倾向南东,倾角46~88°。矿区分布含钨矿化带3条(I~III),矿化带长2400~3100 m,宽2~100 m,主要由石英细脉、电气石石英细脉及中细粒(斑状)花岗岩组成(图5),细脉宽一般0.2~3.0 cm,密度一般1~13条/m,在细脉分支复合、膨大缩小频繁、细脉分布密集等部位,矿化相对较富集。主要矿体长1500~2600 m,厚2.70~

28.20 m,品位0.070%~0.327%,矿体倾向南东,倾角75~88°。矿石构造主要为脉状、细脉状,矿石结构主要为自形-半自形、他形晶粒结构。矿石中金属矿物主要为白钨矿,次为黄铁矿、黑钨矿;脉石矿物以石英、钾长石、斜长石等为主。与矿化密切相关围岩蚀变主要有云英岩化、钾长石化、电气石化(图5)。

2.3 洞口县上茶山钨矿床

上茶山钨矿床产于崇阳坪岩体北西部。矿区主要为寒武系小烟溪组,由碳质板岩、碳质硅质板岩组成的浅变质岩。矿区主要的钨矿化主要产于边缘带细粒黑云母二长花岗岩内(图6)。区内发育一系列北北东向紧闭型线状褶皱和断裂,与区域构造线方向一致的北东-北北东向的次一级断裂和更次一级的节理裂隙,为本区主要的容矿构造。矿脉集中分布于粗、细2类黑云母二长花岗岩接触带附近,主要赋存于细粒花岗岩内。目前,矿区圈定细脉带8条,单脉96条(图6)。细脉带中以I矿化带规模最大,钨矿化最强,长1177 m,最宽246 m,主要由石英细脉、电气石石英细脉组成,浅部细脉宽一般1~3 mm,密度一般5~7条/m,从地表浅部向下,细脉逐渐变多,一般7~30条/m,宽1~25 mm,矿化有加强的趋势。矿化主要为白钨矿。区内细脉带内共圈出19个细脉型钨矿体,主要矿体长366~1050 m,厚1.30~

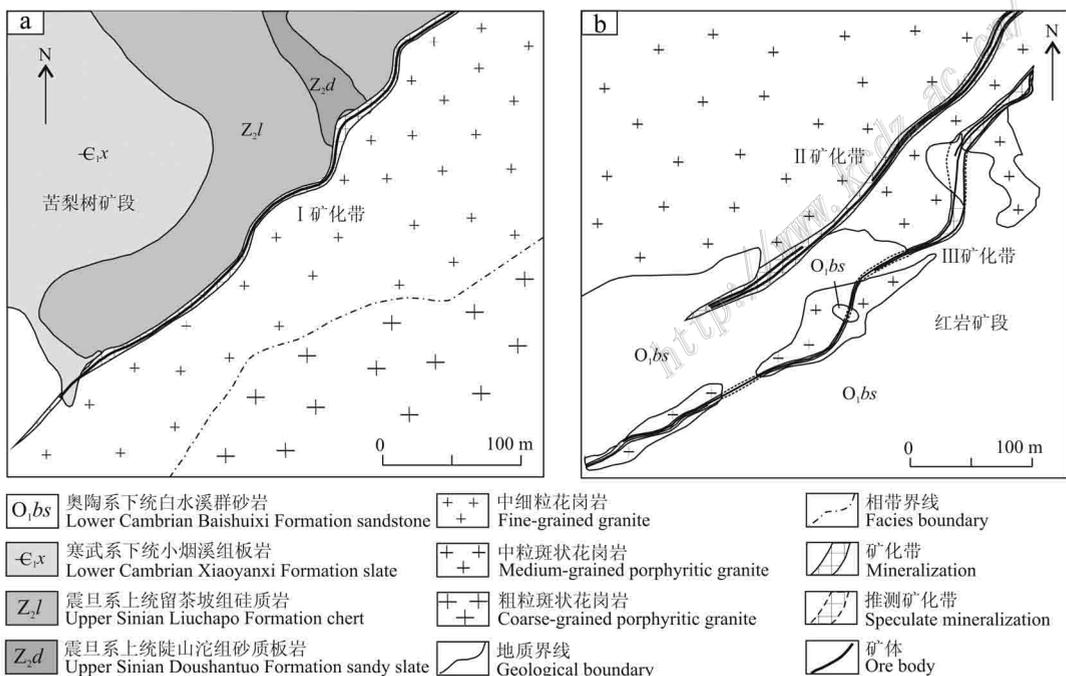


图4 崇阳坪地区寨溪山矿区苦梨树矿段(a)和红岩矿段(b)地质简图

Fig. 4 Geological sketch map of Kulishu (a) and Hongyan (b) ore block in the Zhaixishan mine, Chongyangping

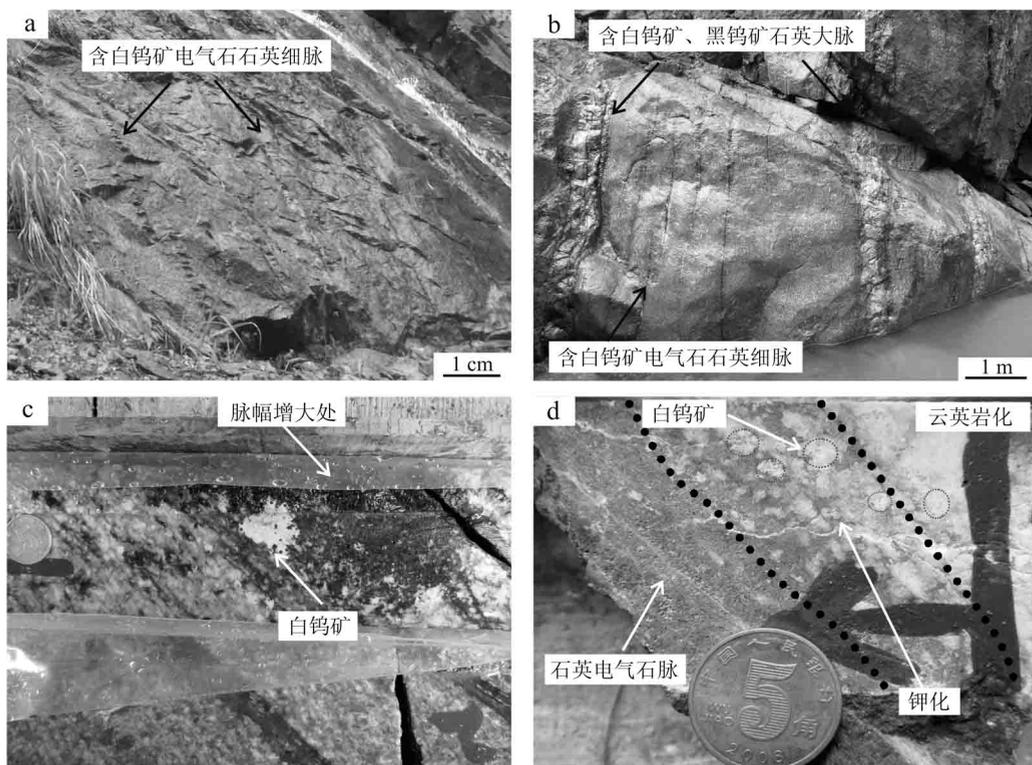


图 5 寨溪山矿区脉侧围岩蚀变及白钨矿野外照片

a. 含白钨矿电气石石英细脉; b. 含黑钨矿石英大脉; c. 脉幅增大后, 矿化富集明显; d. 脉侧蚀变为钾化与云英岩化, 白钨矿呈团块状分布

Fig. 5 Field photographs for rock alteration and tungsten ore in the Zhaixishan ore district

a. Quartz tourmaline veinlets of scheelite; b. Wolframite-bearing quartz veins; c. Enriched mineralization with increasing vein amplitude; d. Rock alteration exhibiting potassium and greisenization, scheelite showing conglomerate distribution

95.91 m, 品位 0.07%~0.26%, 矿体倾向南东, 倾角 54~76°。单脉钨矿体地表出露长 577~1217 m, 厚 0.10~6.11 m, 品位 0.07%~3.52%, 倾向南东, 倾角 28~82°。

2.4 绥宁县牛角界钨矿床

牛角界钨矿产于瓦屋塘岩体西部之内接触带上。矿区主要有中上奥陶统烟溪群砂质板岩和粉砂质板岩(图 7)。岩体主要由细粒-中细粒黑云母二长花岗岩和粗中粒斑状黑云母二长花岗岩组成。钨矿化主要赋存在细粒-中细粒花岗岩中。

矿区含钨矿化带 3 条(I~III), II 矿化带为石英大脉型黑钨矿, 倾向 101~144°, 倾角 60~78°, 脉宽 10~60 cm。I、III 为细脉带型白钨矿, 主要由石英细脉、电气石石英细脉及中细粒(斑状)花岗岩组成, 细脉倾向 57~146°, 倾角 46~90°, 脉宽 0.1~4.0 cm, 密度 2~20 条/m。主要矿体一般长 600~2500 m, 厚 1.10~23.29 m, 品位 0.068%~0.364%(图 7)。矿石构造主要为脉状构造, 矿石结构主要为半

自形、他形晶粒结构。金属矿物主要为白钨矿、黑钨矿; 非金属矿物主要有石英、钾长石、斜长石、电气石等。与钨矿化有关的蚀变有云英岩化、钠长石化、钾长石化。

3 成矿规律

3.1 含钨矿脉的垂直分带

石英脉型钨矿床多是由高挥发分酸性岩浆侵入作用而形成, 当侵入体熔浆和热液上侵压力大于围岩压力时, 会形成强烈的水压裂隙带。由于深部水压作用力自下而上递减, 因而经常形成下粗上细的脉系垂直分布特征(叶天竺等, 2014)。而本次研究区内的钨矿床同样表现出了这样的垂直分带。

上茶山钨矿床 浅部石英脉稀疏发育, 一般 5~6 条/m, 单脉宽 1~3 mm, 局部见弱云英岩化, 偶见白钨矿颗粒。从地表浅部向下, 细脉逐渐变多, 一般 7~30 余条/m, 单脉宽 0.4~3.0 cm, 局部见强云英岩

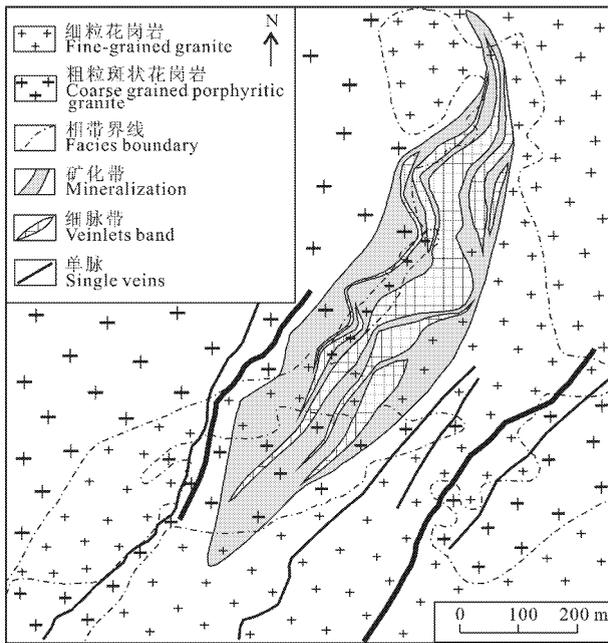


图6 崇阳坪地区上茶山矿区地质简图

Fig. 6 Geological sketch map of the Shangchashan mine, Chongyangping

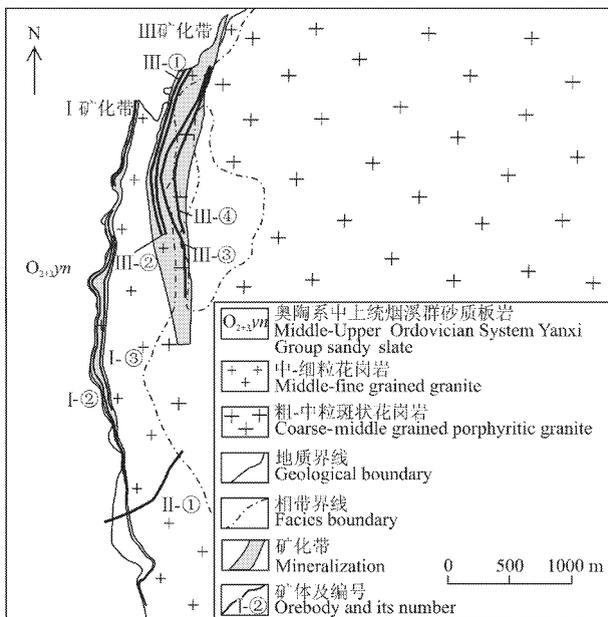


图7 崇阳坪地区牛角界矿区地质简图

Fig. 7 Geological sketch map of the Niujiuojie mine, Chongyangping

寨溪山钨矿床 浅部石英脉宽0.2~3.0 cm,密度1~13条/m,可见云英岩化,白钨矿星点状、团块状分布于脉内及两侧,钻孔中揭露到厚28 m,品位0.18%的工业矿体。另外,在矿区红岩矿段最低标高680 m处的民采老硐处可见宽10~50 cm的石英大脉,脉内见白钨矿,少量黑钨矿,大脉旁侧见石英电气石细脉。总体上,从地表浅部向下,显示出细脉变粗的趋势,甚至出现石英大脉型钨矿体。

上茶山和寨溪山钨矿床均产于崇阳坪岩体内,成矿条件很相似,上茶山比寨溪山更靠近岩体中心隆起部位,其遭受剥蚀的程度相对轻些,上茶山矿区施工的钻孔中均未揭露到花岗岩体的上覆地层加以佐证。结合矿区南部红岩矿段680 m标高处见10~50 cm的含白钨矿、黑钨矿石英大脉,由此初步推测寨溪山下部很有可能类似上茶山矿床,细脉会变粗,直至出现石英大脉黑钨矿体。

3.2 控矿作用

钨元素具有在演化过程中逐渐向地壳迁移的特点(刘英俊,1994;Lehmann,1994),这使得地层中钨元素的丰度增高。区域地球化学特征表明,湘西南地区的震旦系、寒武系和奥陶系具有较高丰度的钨金属元素,震旦系平均值 11.62×10^{-6} ,寒武系 10.21×10^{-6} ,奥陶系 8.96×10^{-6} (花友仁等,1978)。上述地层被花岗质岩浆重熔时,少量的钨从地层中被逐渐淋滤出来,进入岩浆热液,为成矿提供了部分物质来源,这与湖南众多的钨矿床特征一致,如柿竹园、新田岭、瑶岗仙等(毛景文等,1997;王永磊等,2006)。当然,地层提供的钨元素相对岩浆来说是很少的,其主要是提供钙或铁,当围岩含钙质时,易形成白钨矿,而当围岩提供铁质时,易形成黑钨矿。此次研究区内岩性主要为变质砂岩、砂质板岩,主要富含钙质,因而以白钨矿形成为主,而岩体和围岩也会提供一定的铁质,进而在适宜的条件下,形成少量的黑钨矿。砂岩、砂质板岩化学性质相对稳定,对矿液具有良好的屏蔽作用,岩浆中的含矿气水热液及挥发分等不易逸散,有利于矿液进行充分的充填、交代,而富集成矿。因此,地层是形成区内一系列石英脉型钨矿床的有利地质条件。

南北向铁山庙-武阳深大断裂、北东向罗翁-陇城深断裂以及北西向次级断裂的交汇部位,控制着区内印支期含矿岩体的侵位和钨矿床的分布,为矿区主要的控岩控矿构造。如在崇阳坪岩体的东南部一带零星出露的花岗岩脉是沿着北东向断裂侵入的;

化,白钨矿星点状、团块状分布于脉内及两侧,钻孔中揭露到厚96 m、品位0.22%的工业矿体。从浅部向深部总体上表现出矿脉变粗的趋势。

各矿区的钨矿化带的展布方向、形态及排列组合方式都与区域构造方向基本一致。区内的矿体主要受节理、裂隙控制, 主要为北东向和北西向 2 组, 一组走向北西, 倾向北东, 倾角 $40 \sim 84^\circ$, 多被石英脉充填, 细脉形态简单, 两壁平直, 见分支复合现象, 主要以石英、电气石、白钨矿为主, 细脉与围岩界线清楚; 另一组走向北东, 倾向南东, 倾角 $46 \sim 88^\circ$, 多被石英脉、石英电气石脉充填, 细脉形态较为复杂, 膨大收缩、交织, 主要由石英、电气石、白钨矿等组成。这两组容矿裂隙主要由印支期岩浆上侵形成的局部应力场和区域构造应力场共同作用形成, 即在区域应力的总制约下, 岩浆的侵入、热胀冷缩及与围岩的性质差异等作用的综合影响下, 使该区表现出构造、岩浆岩、钨矿空间上的协调性, 即垂直方向上为“上细下粗”的垂直分带特征, 平面上形成平行排列而构成脉带, 这与众多内接触带型钨矿特征一致(吴永乐等, 1987; 章伟等, 2008)。

崇阳坪地区已发现了上茶山、中村、寨溪山、沙溪、牛角界等多处钨矿床。钨矿(化)体均产于印支期花岗岩体接触带上, 空间上与二长花岗岩侵入体关系密切。研究区内二长花岗岩富含 W、Mo、Be 等成矿元素及挥发性组分 B、F, 其中 W 元素含量高于华南花岗岩数倍, 岩体中稀土元素模式曲线为轻稀土元素富集型, 且具有明显的负铈异常, 富集 Rb、Ce、Pb 和 Zr, 亏损 Ba、Nb、Sr、P、Ti, 具有 S 型花岗岩的特征(陈小明等, 2002; 路凤香等, 2002; 张旗, 2012), 表明花岗岩与地层为成矿提供了成矿物质, 这与典型的内接触带石英脉型钨矿一致, 如西华山、行洛坑(高永宝等, 2011; 陈波等, 2012)。

4 成岩成矿时代

武汉地调院分别采集瓦屋塘岩体的中细粒二长花岗岩和寨溪山矿区内的中细粒二长花岗岩进行了高精度的单颗粒锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年, 瓦屋塘岩体的中细粒二长花岗岩样号 12D01, 产自北纬 $26^\circ 50' 32''$, 东经 $110^\circ 21' 06''$ 处。寨溪山矿区内的中细粒二长花岗岩样号 12D02-3, 产自北纬 $27^\circ 01' 16''$, 东经 $110^\circ 18' 57''$ 处。瓦屋塘岩体花岗岩侵位年龄为 (223.1 ± 2.1) Ma, 崇阳坪岩体花岗岩侵位年龄为 (214.2 ± 1.7) Ma(图 8), 均形成于印支期。研究区内的钨矿(化)体均产于印支期花岗岩体接触带上, 空间上与中细粒二长花岗岩体关系密切, 因此, 笔者认为成矿与成岩基本同时。

华南地区钨矿床的成矿集中期为 $150 \sim 160$ Ma, 主要集中在 155 Ma 左右(华仁民等, 2005), 该时期的成矿作用强烈, 矿物主要以黑钨矿为主, 次为白钨矿、锡石、辉钼矿等, 代表性的钨矿床有湖南的柿竹园钨锡多金属矿($153 \sim 151$ Ma)(毛景文等, 2004)、瑶岗仙钨矿($159 \sim 153$ Ma)(毛景文等, 2007)、江西的西华山钨矿(139 Ma)(李华芹等, 1993)等。以往众多学者认为华南地区印支期花岗岩成矿可能性较小, 即使成矿, 也只与铀等稀有、放射性金属矿床有关或多与锡矿床有关, 该时期几乎无独立的钨矿形成(梁华英等, 2011; 付建明等, 2013)。随着华南地区钨矿勘查的深入, 近年来新发现了一些印支期钨锡矿或钨钼矿, 如湖南荷花坪钨钼矿(辉钼矿 Re-Os 等时线年龄 224 Ma)(蔡明海等, 2006)。

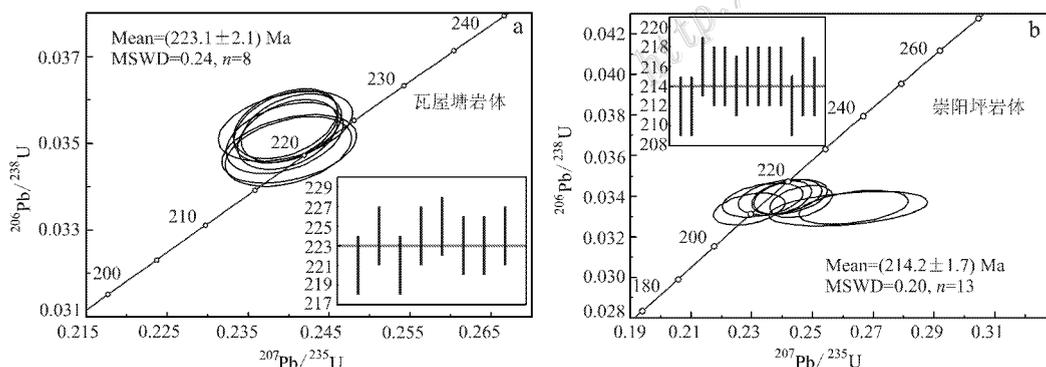


图 8 瓦屋塘岩体(a)和崇阳坪岩体(b)花岗岩 LA-ICP-MS U-Pb 年龄协和图

Fig. 8 Zircon LA-ICP-MS U-Pb concordia diagrams of the Wawutang (a) and Chongyangping (b) rock bodies

都庞岭李贵福钨锡矿(辉钨矿 Re-Os 等时线年龄 211 Ma 左右,邹先武等,2009)、仙鹅塘锡钨矿(白云母 Ar-Ar 年龄 231 Ma,刘善宝等,2008)、广西资源县云头界钨钼矿床(辉钨矿 Re-Os 等时线年龄 (216.8 ± 7.5) Ma,伍静等,2012)。而近期新发现的距离研究区位置较近的苗儿山岩体锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄为 (216.8 ± 4.9) Ma,以及产于该岩体内的平滩钨矿(辉钨矿 Re-Os 等时线年龄 216 Ma,梁华英等,2011)和本次新发现的钨矿床年龄填补了华南地区印支期无独立钨矿床年龄数据的空白,同时,改变了对于华南印支期花岗岩成矿的认识,即印支期也可大规模成矿,且有较好的找矿前景。

华南在中生代分别经历了印支运动和燕山运动,东特提斯洋于 245 Ma 左右关闭,Sibumasu 地块与印支板块-华南板块在 (258 ± 6) Ma ~ (243 ± 5) Ma 发生了以碰撞增生为代表的印支构造运动(Carter et al., 2001)。印支运动时,华南和华北地块发生碰撞,继而连成一体,形成了统一的东亚大陆(Sun et al., 2002),这是中国东部地壳构造发展史上的一个重大转折。印支运动在华南分布广泛,中国的福建、湖南、江西、广东、广西及海南等地发育印支期花岗岩,而本文的崇阳坪地区 3 个岩体主要是印支期形成的,表明中国华南地区在印支期经历了广泛而强烈的构造岩浆事件。

5 成矿模式初探

在雪峰期—加里东期—印支期构造运动中,随着岩浆的侵位活动,区域地热梯度不断升高,导致热液流体与地层之间形成对流循环(王莉娟等,2012),一方面岩浆分泌的热液本身富含 W,在分异演化过程中,含矿热液运移至富含铁锰元素、高温高压的岩体中心部位,在构造有利处,可形成石英大脉型黑钨矿,如沙溪矿区的 I 号石英大脉黑钨矿体、寨溪山矿区红岩矿段民采老硐处的石英大脉。在含矿热液从高温高压的岩体中心部位向低温低压的接触带部位运移的过程中,在构造有利部位可形成石英脉型钨矿,如沙溪矿区的 II 矿化带、寨溪山矿区的 I ~ III 矿化带、牛角界矿区的 I 矿化带;另一方面,成矿流体与地层形成对流循环,萃取地层中的 W 元素,与活性较强的碱金属离子 K^+ 、 Na^+ ,挥发分 F、B 等矿化剂形成 $(K, Na)_2WO_4$ 、 WF_6 、 $H_3[B(W_3O_{10})_4]$ 等易溶络合物,在碱性热液中迁移,并进一步富集在晚期

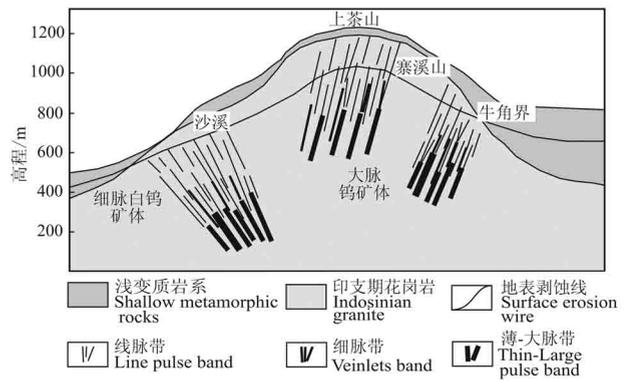


图 9 崇阳坪地区石英脉型钨矿成矿模式图

Fig. 9 Metallogenic model of the quartz vein type tungsten deposit in Chongyangping

热液中(赫英,1987;刘英俊,1994),当成矿热液流体运移至温度、压力降低处(接触带附近)及构造有利部位时,即可富集成矿,形成石英脉型白钨矿。另外,由于矿床所处位置和侵位标高的不同,造成其遭受剥蚀的程度有所差异,如上茶山和寨溪山钨矿床,上茶山相对靠近岩体隆起部位,因此上部岩石遭受剥蚀的程度相对大些,而寨溪山相对保存的程度较好,其下部很有可能存在类似上茶山那样的矿化,即细脉变粗,继续向下部出现石英大脉钨矿体。

根据崇阳坪地区钨矿特征,并参考前人的研究成果(韦龙明等,2008;许建祥等,2008;毛景文等,2012),初步建立了该区石英脉型钨矿成矿模式图(图 9),为今后的成矿预测提供依据。

6 结论

(1) 区内寨溪山、上茶山、牛角界、沙溪钨矿等,均产于岩体与地层接触带附近的花岗岩内,白钨矿、黑钨矿主要呈浸染状、团块状、脉状分布于石英脉内,为石英脉型钨矿床。

(2) 区内崇阳坪岩体和瓦屋塘岩体 LA-ICP-MS U-Pb 年龄分别为 (214.2 ± 1.7) Ma、 (223.1 ± 2.1) Ma,形成于印支期,研究区内的钨矿(化)体均产于印支期花岗岩体接触带上,空间上与二长花岗岩侵入体关系密切,成矿与成岩基本同时,这填补了华南地区印支期花岗岩不能形成独立钨矿的空白。

(3) 根据初步建立的成矿模式,预测沙溪、寨溪山、牛角界钨矿现有工程控制地段,往下将出现较厚大的、品位较高的白钨矿体(如上茶山),再往下将出现大脉黑钨矿体,因此,区内找矿潜力较大。

志 谢 在该专题研究的实施过程中,得到了湖南省地质调查院领导的大力支持与指导,各矿区项目组有关同志在野外给予的大力帮助,在此一并表示衷心的感谢!

References

- Cai M H, Chen K X and Qu W J. 2006. Geological characteristics and Re-Os dating of molybdenites in Hehuaping tin polymetallic deposit, southern Hunan Province[J]. *Mineral Deposits*, 25(3): 263-268 (in Chinese with English abstract).
- Carter A, Roques D and Bristow C. 2001. Understanding Mesozoic accretion in southeast Asia: Significance of triassic tectonism in Vietnam[J]. *Geology*, 29: 211-214.
- Chen B and Zhou X Y. 2012. Ore-controlling factors and a metallogenic model for the Xianglushan tungsten-ore field in northern Jiangxi Province[J]. *Geology and Exploration*, 48(3): 562-569 (in Chinese with English abstract).
- Chen X M, Wang R C, Liu C S, Hu H, Zhang W L and Gao J F. 2002. Isotopic dating and genesis for fogang biotite granites of Conghua area, Guangdong Province[J]. *Geological Journal of China Universities*, 8(3): 293-307 (in Chinese with English abstract).
- Ding P F. 2001. Qinzhou-Qiantang combined with its ore-controlling role[M]. Beijing: Geological Publishing House. 75-102 (in Chinese with English abstract).
- Fu J M, Ma L Y, Cheng S B and Lu Y Y. 2013. Metallogenesis of W(Sn) deposits and their exploration in Nanling Range, China[J]. *Geological Journal of China Universities*, 19(2): 202-212 (in Chinese).
- Gao Y B, Li W Y, Li K, Zhang Z W, Zhou A S and Wang Z K. 2011. Discussion on mineralization of Baiganhu tungsten tin deposit in Qimantage East Kunlun area[J]. *Acta Mineral Sinica*, 31: 782-783 (in Chinese with English abstract).
- He Y. 1987. Relations alkali metasomatism and tungsten mineralization[J]. *Mineral Deposits*, 6(6): 30-38 (in Chinese with English abstract).
- Hua R M, Chen P R, Zhang W L and Lu J J. 2005. Three major metallogenic events in Mesozoic in South China[J]. *Mineral Deposits*, 24(2): 99-107 (in Chinese with English abstract).
- Hua Y R, Li R Q, Zhang C Z, Gu J Y, Lai R L, Liu Y J, Li Z L, Yang H Z, Zhou M S and Wu D S. 1978. Metallogenic forecast of Vein tungsten deposit[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Hunan Provincial Bureau 407 team of Geology and Mineral Exploration and Development. 2014. Mineralization Mechanism of tungsten deposit in Chongyangping, Hunan[R]. (in Chinese).
- Lehmann B. 1994. Granite related rare metal mineralization: A general geochemical frame work[A]. In: Seltmann R, Kaempfer H and Moller P, eds. Metallogeny of collisional orogens[C]. Prague: Czech Geological Survey. 342-349.
- Li H Q, Liu J Q and Wei L. 1993. Fluid inclusions geochronology and geological study of Hydrothermal deposits[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Liang H Y, Wu J, Sun W D, Mo J H and Mo W T. 2011. Mineralization discussion of Indo in South China[J]. *Acta Mineralogica Sinica*: 53-54 (in Chinese with English abstract).
- Liu S B, Wang D H and Chen Y C. 2008. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of Muscovite from different types tungsten-bearing quartz veins in the Chong-Yu-You concentrated mineral area in Gannan region and its geological significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 82(7): 932-940 (in Chinese).
- Liu Y J. 1994. Tungsten geochemistry[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Lu F X and Sang L K. 2002. Petrology[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Mao J W. 1997. Mineralization particularity of large tungsten polymetallic deposit-with Shizhuyuan deposit[J]. *Chinese Journal of Geology*, 32(3): 352-363 (in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Xie G Q, Li X F, Zhang C Q and Mei X Y. 2004. Large-scale mineralization scope lithospheric multi-stage extension in South China Mesozoic[J]. *Earth Science Frontiers*, 11(1): 45-55 (in Chinese).
- Mao J W, Xie G Q, Guo C L and Chen X C. 2007. Large-scale tungsten-tin mineralization in the Nanling region, South China: Metallogenic ages and corresponding geodynamic processes[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(10): 2329-2338 (in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Zhang Z H and Pei R F. 2012. Introduction to Chinese deposit mode[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Sun W D, Williams I S and Li S G. 2002. Carboniferous and triassic eclogites in the western Dabie Mountains, East-Central China: Evidence for protracted convergence of the North and South China Blocks[J]. *Journal of Metamorphic Geology*, 20: 873-886.
- Wang L J, Wang J B, Wang Y W, Wang J S and Liao Z. 2012. Geology and ore-forming fluids study on quartz vein type tungsten deposits in southern mountain area, China[J]. *Geotechnical Engineering World*, 3(3): 281-286 (in Chinese with English abstract).
- Wang Y L, Pei R F, Li J W and Li L. 2006. Geological settings of the tungsten-tin polymetallic ore-forming process in the ore concentration area of southern Hunan Province[J]. *Mineral Deposits*, 25: 375-378 (in Chinese with English abstract).
- Wei L M, Lin J F, Li W Q, Wang J C and Zhu W F. 2008. Discussion on " Five storey " overlay phenomenon of Meiziwo tungsten deposit, Guangdong[J]. *Acta Geologica Sinica*, 82(7): 889-893 (in Chinese with English abstract).
- Wu J, Liang H Y, Huang W T, Wang C L, Sun W D, Sun Y L, Li J, Mo J H and Wang X Z. 2012. Analysis of northeast Guangxi Miaoshan a more western south of the Five Ridges city rock and deposit isotopic ages and the Indosinian mineralization in southern China[J].

- Chinese Science Bulletin, 57(13): 1126-1136. (in Chinese with English abstract)
- Wu Y L, Mei Y W, Liu P C, Cai C L and Lu T Y. 1987. Tungsten ore geology of Xihuashan[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Xu J X, Zeng Z L, Wang D H, Chen Z H, Liu S B, Wang C H and Ying L J. 2008. A new type of tungsten deposit in southern Jiangxi and the new model of "Five Floors + Basement" for prospecting[J]. Acta Geologica Sinica, 82(7): 881-887 (in Chinese with English abstract).
- Xu K Q, Hu S X, Ji S Y, Shi Y S, Liu Y J and Wang H N. 1981. Different age granitoids and mineralization relationship in South China[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Ye T Z, Lü Z C, Pang Z S, Zhang D H and Liu S Y. 2014. Prospecting prediction theory and methods of prospecting[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Zhang Q. 2012. Collision and granite [J]. Acta petrologica et mineralogica, 31(5): 745-749 (in Chinese with English abstract).
- Zhang W, Chen M H, Ye H S, Liu M and Shu Q. 2008. Geological characteristics and mineralization tectonic evolution of quartz veins of Hukeng tungsten ore deposit in Jiangxi[J]. Acta Geologica Sinica, 82(11): 1531-1539 (in Chinese with English abstract).
- Zou X W, Cui S, Qu W J, Bai Y S and Chen X Q. 2009. Re-Os isotope dating of the Liguifu tungsten-tin polymetallic deposit in Dupangling area, Guangxi[J]. Geology in China, 36(4): 837-844 (in Chinese with English abstract).
- 附中文参考文献**
- 蔡明海, 陈开旭, 屈文俊. 2006. 湘南荷花坪钨多金属矿床地质特征及铼钨矿 Re-Os 测年[J]. 矿床地质, 25(3): 263-268.
- 陈波, 周贤旭. 2012. 赣北香炉山钨矿田矿床控制因素及成矿模式[J]. 地质与勘探, 48(3): 562-569.
- 陈小明, 王汝成, 刘昌实, 胡欢, 张文兰, 高剑锋. 2002. 广东从化佛冈黑云母花岗岩定年和成因[J]. 高校地质学报, 8(3): 293-307.
- 丁鹏飞. 2001. 钦州. 钱塘结合带及其控矿作用[M]. 北京: 地质出版社, 75-102.
- 付建明, 马丽艳, 程顺波, 卢友月. 2013. 南岭地区锡(钨)矿成矿规律[J]. 高校地质学报, 19(2): 202-212.
- 高永宝, 李文渊, 李侃, 张照伟, 张江伟, 周安顺, 王正科. 2011. 东昆仑祁漫塔格地区白干湖钨锡矿床成矿作用探讨[J]. 矿物学报, S1: 782-783.
- 赫英. 1987. 碱交代作用及其与钨矿化的关系[J]. 矿床地质, 2(6): 30-38.
- 湖南省地质矿产勘查开发局四〇七队. 2014. 湖南省崇阳坪地区脉带钨矿成矿机理研究[R].
- 花友仁, 黎瑞琦, 章崇真, 古菊云, 赖汝霖, 刘英俊, 李兆麟, 杨洪之, 周明绥, 伍东森. 1978. 脉状钨矿床成矿预测量论[M]. 北京: 地质出版社.
- 华仁民, 陈培荣, 张文兰, 陆建军. 2005. 论华南地区中生代 3 次大规模成矿作用[J]. 矿床地质, 24(2): 99-107.
- 李华芹, 刘家齐, 魏林. 1993. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用[M]. 北京: 地质出版社.
- 梁华英, 伍静, 孙卫东, 莫济海, 莫文婷. 2011. 华南印支成矿讨论[J]. 矿物学报(增刊), 53-54.
- 刘善宝, 王登红, 陈毓川. 2008. 赣南崇义-大余-上犹矿集区不同类型含矿石英中白云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 82(7): 932-940.
- 刘英俊. 1994. 钨的地球化学[M]. 北京: 地质出版社.
- 路凤香, 桑隆康. 2002. 岩石学[M]. 北京: 地质出版社.
- 毛景文. 1997. 超大型钨多金属矿床成矿特殊性-以湖南柿竹园矿床为例[J]. 地质科学, 32(3): 352-363.
- 毛景文, 谢桂青, 李晓峰, 张长青, 梅燕雄. 2004. 华南地区中生代大规模成矿作用域岩石圈多阶段伸展[J]. 地学前缘, 11(1): 45-55.
- 毛景文, 谢桂青, 郭春丽, 陈毓川. 2007. 南岭地区大规模钨锡多金属成矿作用: 成矿时限及地球动力学背景[J]. 岩石学报, 23(10): 2329-2338.
- 毛景文, 张作衡, 裴荣富. 2012. 中国矿床模型概论[M]. 北京: 地质出版社.
- 王莉娟, 王京彬, 王玉往, 王军升, 廖震. 2012. 南岭地区石英大脉型钨矿地质及成矿流体[J]. 矿产勘查, 3(3): 281-286.
- 王永磊, 裴荣富, 李进文, 李莉. 2006. 浅议湘南钨锡多金属矿集区成矿作用发生的地质背景[J]. 矿床地质, 25(增刊): 375-378.
- 韦龙明, 林锦富, 李文铅, 汪劲草, 朱文凤. 2008. 广东梅子窝钨矿“五层楼”叠加现象探讨[J]. 地质学报, 82(7): 889-893.
- 吴永乐, 梅勇文, 刘鹏程, 蔡常良, 卢同衍. 1987. 西华山钨矿地质[M]. 北京: 地质出版社.
- 伍静, 梁华英, 黄文婷, 王春龙, 孙卫东, 孙亚莉, 李晶, 莫济海, 王秀璋. 2012. 桂东北苗儿山-越城岭南西部岩体和矿床同位素年龄及华南印支期成矿分析[J]. 科学通报, 57(13): 1126-1136.
- 徐克勤, 胡受冕, 季寿元, 施央申, 刘英俊, 王鹤年. 1981. 华南不同时代花岗岩类及其与成矿关系[M]. 北京: 地质出版社.
- 许建祥, 曾载淋, 王登红, 陈郑辉, 刘善宝, 王成辉, 应立娟. 2008. 赣南钨矿新类型及“五层楼+地下室”找矿模型[J]. 地质学报, 82(7): 881-887.
- 叶天竺, 吕志成, 庞振山, 张德会, 刘士毅. 2014. 勘查区找矿预测理论与方法[M]. 北京: 地质出版社.
- 张旗. 2012. 碰撞与花岗岩[J]. 岩石矿物学杂志, 31(5): 745-749.
- 章伟, 陈懋弘, 叶会寿, 刘舒巧. 2008. 江西浒坑钨矿含矿石英脉的地质特征及成矿构造演化[J]. 地质学报, 82(11): 1531-1539.
- 邹先武, 崔森, 屈文俊, 白云山, 陈希清. 2009. 广西都庞岭李贵福钨锡多金属矿 Re-Os 同位素定年研究[J]. 中国地质, 36(4): 837-844.