

南岭东段钨锡多金属矿床地质特征、成矿模式及找矿方向*

肖惠良,陈乐柱,鲍晓明,范飞鹏,周延,姚正红,武玲,吴涵宇

(南京地质矿产研究所,南京 210016)

摘要:南岭东段地区是世界著名的钨多金属矿集区。近年来中国地质调查局在该区实施钨多金属矿调查评价,找到了一批具有中大型远景的与花岗岩有关的新类型钨锡多金属矿床,特别是在复式岩体中的花岗岩型新类型钨钼多金属矿床(简称“体中体”式钨钼多金属矿床)和受中、上泥盆统地层控制的层控砂卡岩型钨锡多金属矿床的发现,不仅实现了南岭东段地区找矿新突破,而且对整个南岭乃至我国华南地区钨锡多金属矿找矿具有重要指导作用。本文根据近年来南岭东段地区钨锡多金属矿找矿新成果,通过该区钨锡多金属矿床地质特征的总结,建立了南岭东段地区钨锡多金属矿成矿模式,提出了南岭东段地区今后钨锡多金属矿找矿方向应重点关注与燕山期复式花岗岩有关的“体中体”式钨钼多金属矿床和中、上泥盆统控制的层控砂卡岩型钨锡多金属矿床的寻找。

关键词:层控砂卡岩型钨锡多金属矿床;成矿模式;找矿方向;南岭东段

中图分类号:618.6

文献标识码:A

南岭东段地区包括湖南与江西两省中南部及粤北地区,是世界著名的钨多金属矿集区。大地构造位置位于欧亚大陆板块与滨西太平洋板块消减带的内侧华夏板块的罗霄褶皱带中部,晚古生代诸广——武夷隆起与粤北拗陷过渡带。该区地质背景独特,有色金属和稀有金属矿资源丰富。区内地层发育齐全,岩浆活动强烈,构造复杂。它经历了三个重要地史发展阶段,每一阶段都有花岗岩形成。震旦纪至早古生代,属华南冒地槽的一部分,以海相类复理石沉积建造为特征。志留纪末褶皱转化为地台,与扬子地台并合。晚古生代至中生代初则以地台型海陆交替相碳酸盐及碎屑沉积为主,地壳表现为以沉降为主的隆拗差异运动。早三叠世以后,发展到了一个新阶段,形成内陆断陷盆地沉积,断裂发育,伴随大规模的花岗岩岩浆活动,形成了极其丰富的钨、锡、铌、钽及稀土等矿产,成为我国乃至世界的著名钨、锡、铅锌矿集中区,产有大吉山、岿美山、漂塘、锯板坑、瑶岭、白云仙、梅子窝、石人峰、师姑山、棉土窝和红岭等一批大、中型钨多金属矿床。

* 收稿日期:2010-10-13

基金项目:中国地质调查局大调查项目《湘赣粤相邻地区钨矿远景调查》(1212010533003)和《广东始兴-连平地区钨钼多金属矿调查评价》(1212010881305)资助。

第一作者简介:肖惠良(1963~)男,研究员,博士,主要从事金属矿产研究和勘查工作。

近年来中国地质调查局在该区实施钨锡多金属矿调查评价中又找到了多处具有中大型远景的与燕山期花岗岩有关的钨锡多金属矿床(如湖南锡田、黄沙坪、骑田岭、广东大宝山、广东南山、广东良源等)和一批新的找矿线索^[1]。这些钨锡多金属矿床中的一些矿体本身就是含低品位钨锡多金属矿的花岗岩岩体。含矿岩体分布于燕山期复式花岗岩中,构成复式岩体中的钨钼多金属矿体(本文以下简称“体中体”)。一些矿床则是分布于燕山期花岗岩接触带附近,是受中、上泥盆统地层控制的层控矽卡岩型钨锡多金属矿床。这些矿床普遍具有规模大、品位低的特点。这类分布于复式岩体中的“体中体”式钨钼多金属矿床和受中、上泥盆统地层控制的层控矽卡岩型钨锡多金属矿床的发现,为本区乃至整个华南地区的钨锡多金属矿床的找矿指明了新的找矿方向。

1 南岭东段成矿地质背景

该区位于中生代欧亚板块与西太平洋板块消减带大陆一侧的华南陆块中部,横跨北东向扬子与华夏板块南部。中生代以来,该区发生多期次、多性质、多方向的挤压和拉张,形成武夷、罗霄、万洋三条规模巨大的北东-北北东向隆起带和坳陷带及桂东-兴国-石城、郴州-崇义-会昌、韶关-三南-寻乌三条东西向构造-岩浆-成矿带。

几十年来,国内外众多地质学家在该区进行了大量的地质、地球化学、地球物理、遥感地质、矿产调查和勘查工作,取得了以下认识^[2]。

(1)该区自古-中元古代以来,各时代地层发育比较齐全。元古代及早古生代以活动型沉积地层为主,泥盆纪及其以后皆属浅海或陆相稳定型沉积地层。钨矿主要分布在两个主要构造层:由前震旦系-奥陶系组成的构造层大面积出露,其钨含量高于地壳克拉克值几倍到几十倍,是钨矿床主要赋矿围岩,主要以石英脉——黑钨矿型钨矿床产出。由泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系下统构成的构造层则主要是矽卡岩型白钨矿床的赋矿围岩。

(2)该区位于钦杭结合带以东的华夏板块内^[3]。区内地壳运动强烈而频繁,构造变形错综复杂,多方向不同性质构造叠加复合。按其展布方向,主要构造分东西向、北北东向、北东向、南北向、北西向的褶皱、断裂、隆起带和断陷带。区内东西向南岭岩浆-成矿带由东西向的锡田-沙地-大柏地、汝城-崇义-会昌、韶关-三南-寻乌三个隆起带及其所夹拗陷带和北北东向武夷山、于山、诸广山和万洋山隆起带及其所夹断陷带控制了区内钨锡多金属矿田(床)或矿集区的分布和产出。

(3)该区岩浆岩发育齐全,分布广泛。自加里东期至喜山期均有岩体出露,其中以燕山期花岗岩最为发育。根据近年来研究成果,该区燕山期花岗岩分为壳源重熔型(S型)、壳幔混合及其分异型(H型)和铝质A型。H型花岗岩的成岩物质既有地壳的又有地幔的,与Castro等^[4,5,6,7]的H型相似,以岩基为主。岩石组合以花岗闪长岩和二长花岗岩为主。其次是正长花岗岩,其 SiO_2 多在70%以上,碱值常大于8%,且 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ 的铝过饱和类型。稀土分布模式为稀土总量较高、负Eu中等的海鸥式。岩石富含W、Sn、Bi、Mo、Cu、Pb、Zn等成矿元素,F和挥发组分含量高。A型是一种过铝质的A型花岗岩,以岩株为主。岩石组合以正长花岗岩和碱长花岗岩为主,其次为二长花岗岩,其 SiO_2 多在74%以上,碱值常大于8%;且 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ 的铝过饱和类型,稀土分布模式为低稀土总量、负Eu显著的海鸥式,F和挥发组分含量高,单从物质来源看,铝质A型花岗岩也属于H型花岗岩。这些H型花岗岩具多期、多阶段、多次成岩特征,通常为复式花岗岩体。该区广泛分布的W、Sn、Mo等多金属矿床在成因

上多与此有密切联系,往往形成岩体中分布矿体的“体中体”式钨(钼)多金属矿床。

2 南岭东段主要钨锡多金属矿地质特征

该区以钨多金属为主的矿床,类型很多,主要有石英脉型、花岗岩型(蚀变花岗岩型、云英岩型、花岗岩岩脉型、斑岩型)、矽卡岩型三类^[8]。这些矿床类型既可独立产出,又常共存一体、相伴而生,成为“多位一体”的复合矿床。其中以石英脉型分布最广、花岗岩型和矽卡岩型规模最大。新一轮钨多金属矿找矿开展以来的新成果显示了该区花岗岩型和矽卡岩型钨锡多金属矿巨大的找矿潜力。

2.1 花岗岩型

花岗岩型钨矿是指在特定的成矿地质环境中形成的,且具有一系列典型特征的钨矿床。岩浆侵位后,岩浆晚期分异和结晶均在构造活动较为缓和,并在良好盖层相对封闭环境下,随着造岩矿物的结晶和挥发组份向上运移和富集,岩浆从熔体逐渐向溶液和汽化过渡。岩浆晚期和岩浆期后阶段之间并无绝然的界线。随着温度、压力的降低,金属矿物主要在岩浆晚期分异阶段伴随钠长石、白(锂)云母和石英晶出,或通过交代早结晶造岩矿物的方式晶出而富集形成钨矿床。但由于岩浆晚期和岩浆期后阶段之间是逐渐过渡的,故本类型矿床的成矿作用,在岩浆-含矿流体演化的不同阶段中,往往表现为相互过渡和彼此叠加。如在含矿的二长花岗岩中发生云英岩化蚀变,因此,该类矿床又称为岩浆晚期-期后分异交代花岗岩型钨矿床。由于此花岗岩型钨矿床的矿石类型很多,如细脉浸染型、蚀变花岗岩型、花岗岩岩脉型、花岗斑岩型、云英岩型等。本文中的花岗岩型钨矿床定义分广义和狭义两种,广义的花岗岩型钨矿床指包括细脉浸染型、蚀变花岗岩型、花岗岩岩脉型、斑岩型、云英岩型等在内的与岩浆晚期-期后分异交代花岗岩有关的钨矿床。狭义的花岗岩型钨矿床则指具细脉浸染构造的花岗岩钨矿床,它是目前新发现的花岗岩型钨矿中最主要的矿床类型。

花岗岩型钨多金属矿床产于具有多阶段岩浆活动的燕山期复式岩体中,矿体赋存于成矿花岗岩形成的云英岩化带,一般产于晚期的、演化程度和侵位都较高的小侵入体顶部,呈面型似层状、带状、不规则状产出,常由多个长数十至数百米、延深浅的矿体组成。钨、锡、钼矿物主要呈细脉浸染状、浸染状分布于花岗岩岩脉中,一些产于燕山期复式花岗岩体内。如果含矿岩体直接成为矿体,则形成狭义的花岗岩型矿床,构成复式岩体中的钨钼多金属矿体(体中体)。这些矿床常不同程度地伴有岩浆晚期至岩浆期后过渡阶段的多种分异-交代及汽成热液作用形成的比较均匀的面型自变质或蚀变现象。金属矿物在岩体中呈浸染状分布,且多呈均匀浸染状的面型矿化。南山矿区矿体与含矿围岩不易区分,矿体边界仅靠品位圈定。宏观上矿体颜色比围岩稍浅,显微镜下显示矿体花岗岩硅化蚀变发育,呈细脉浸染状。该类矿床的矿体形态简单,品位低、主要发育稀疏浸染状矿化,但规模大。主要矿物组合为黑钨矿、锡石、辉钼矿、钨钼铁矿、石英、云母等,云英岩化、硅化发育。如广东红岭钨钼多金属矿床、广东大宝山斑岩型钨钼矿床、江西大吉山钨矿床中的花岗岩型钨钼矿床、广东南山钨锡多金属矿床和广东良源钨锡钼钽多金属矿床等。

2.1.1 广东红岭钨钼多金属矿床

红岭钨多金属矿床位于湘桂粤北海西——印支拗陷带南缘,与赣南后加里东隆起的交接地带,为石英脉型和花岗岩型复合型钨多金属矿床。

红岭钨矿床位于热水岩体的中部,矿体严格受控于南北向断裂和褶皱。热水岩体沿千家

山—水源山南北向背斜轴部侵入,南北长、东西短,花岗岩中白云母K-Ar 同位素年代为 138~158 Ma。

热水岩体主要分三期:第一期为细粒少斑状黑云母正长花岗岩,呈岩盖状产于岩体的顶部;第二期为中细粒斑状黑云母正长花岗岩,呈岩基状产出,是热水岩体的主体;第三期为中细粒白云母碱长花岗岩,主要分布于红岭矿区中部,呈小岩株或岩枝状。其中以第三期中细粒白云母碱长花岗岩与钨矿化最为密切。岩体顶部的白云母化带富含白钨矿与黑钨矿,往往构成浸染状花岗岩型钨矿体。而花岗岩副矿物中以中期的中细粒斑状黑云母正长花岗岩和早期细粒少斑状黑云母正长花岗岩富含黑钨矿和白钨矿,第三期中细粒白云母碱长花岗岩含少量白钨矿和黑钨矿。

红岭钨矿床产有花岗岩型和石英脉型两类钨矿;花岗岩型钨矿赋存于隐伏的中细粒白云母碱长花岗岩体的顶部;石英脉型钨矿则位于密集交接地带。含矿岩体的顶部,具明显的蚀变带,钨(钼)矿化即赋存于强白云母化蚀变带中。钨(钼)矿化以浸染状为主,少数呈石英细脉产出。矿化带呈北北西向延伸,主要矿体分布于矿带中部,呈似层状、透镜状矿体,呈平行迭层分布(图1)。

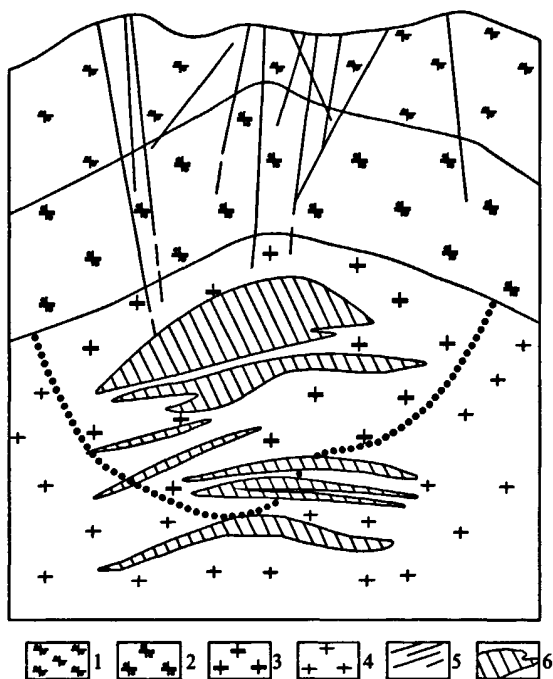


图1 广东红岭钨钼多金属矿地质剖面示意图^[8]

Fig. 1 Profile map of Honglin W-Mo polymetallic deposit in Guangdong province

1-细粒少斑状黑云母二长花岗岩;2-中细粒斑状黑云母二长花岗岩;3-中细粒白云母二长花岗岩;4-细粒白云母二长花岗岩;5-石英脉型钨钼矿体;6-花岗岩型钨钼矿体

含钨石英脉产于隐伏的矿化花岗岩体的顶部及其上方黑云母正长花岗岩中。明显受北北西向断裂控制,主要充填在北西向次级裂隙中,许多矿脉延伸到矿化花岗岩体百余米后即行尖灭。

矿石的物质成分:红岭花岗岩型和石英脉型两类钨矿床的矿石金属矿物组成极为相似,主要有黑钨矿、白钨矿、辉铋矿、辉铅铋矿、黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿、闪锌矿、毒砂等。非金属矿物有石英、白云母、萤石、黄玉等。花岗岩型钨矿石中还会有大量的钾长石、钠长石以及微量的磷灰石、锆石、独居石等。有意思的是,花岗岩型钨矿石以白钨矿为主,少量黑钨矿;石英脉型钨矿石则相反,以黑钨矿为主,其次为白钨矿。

花岗岩型钨矿的矿石结构、构造以花岗岩状结构,浸染状构造为主,细脉浸染状构造为次。蚀变矿化体与含矿围岩难以区分,矿体边界仅靠品位圈定。黑钨矿主要产于石英脉中。在花岗岩蚀变矿化体中,钨钼矿呈细粒浸染状均匀分布。

围岩蚀变与矿化关系密切,花岗岩型钨矿的围岩蚀变作用主要有白云母化和钾长石化;脉状钨矿的围岩蚀变主要有云英岩化、钾长石化和绿泥石化。

该矿床分黑钨矿-白钨矿-矿化花岗岩、辉钼矿-黑钨矿-石英脉、白钨矿-硫化物-绿泥石条带状角砾状石英脉、萤石-方解石-石英脉4个矿化阶段。

2.1.2 广东大宝山钨钼多金属矿床

广东大宝山矿区处于华南地台粤湘桂海西拗陷区的东部,粤北晚古生代拗陷区盆地边缘,大东山-贵东EW构造带与北江断裂带交汇处。

矿区位于雪山峰背斜的北东倾末端,NE向官坪大断裂的旁侧。矿区构造以褶皱和断裂为主。褶皱主要为大宝山向斜,轴面走向为NNW,延长2 km。其东翼较陡,西翼较缓,呈不对称向斜。断裂主要有NNW向(F_1)、NE或NNE向(F_2)、EW或NEE向(F_3)三组。 F_1 主断裂-大宝山断裂与成矿关系密切,其中 F_1^1 、 F_1^3 为主要控矿断裂。

区内出露地层主要为晚古生界陆源碎屑沉积岩及滨海至浅海相碳酸盐岩、前泥盆系浅变质岩,以及中泥盆统海底火山作用有关的中酸性熔岩与次火山碎屑沉积岩。中泥盆统东岗岭组为本区主要含矿层位,分上下两个亚组,上亚组主要为砂页岩、沉凝灰岩、沉火山角砾岩、灰岩,含黄铁矿、菱铁矿层;下亚组主要为泥炭质灰岩,泥灰岩,白云岩,白云质、钙质砂页岩,含铜、硫、铅、锌、钨、锡矿层。

矿区岩浆活动频繁而强烈,并与成矿关系密切。北侧有近东西向大东山-贵东花岗岩带,燕山早期形成的EW向贵东花岗岩体构成该区岩浆岩主体。燕山晚期的潜火山作用形成的中酸性次英安玢岩岩墙、花岗闪长斑岩岩株为矿区重要岩体。此外,还有岩浆活动后期形成的辉绿岩、霏细岩、玄武岩脉(图2)。

次英安玢岩体:有大宝山岩墙、九曲岭岩体、鸡麻头岩体和徐屋岩体。大宝山岩墙沿NNW向弧形和NE向断裂侵入,呈岩墙状产出。其上盘界面附近的外接触带为多金属矿体产出部位。次英安玢岩为燕山早期侵入体,其全岩K-Ar年龄为163~166 Ma。

花岗闪长斑岩体:有大宝山和船肚花岗闪长两个岩体。花岗闪长斑岩呈岩墙、岩株状侵入于次英安斑岩及下侏罗统兰塘群等地层中。时代为燕山晚期,K-Ar同位素年龄为97~101 Ma,呈岩株或岩枝状。斑岩体具明显蚀变分带,形成斑岩型钨-钼矿床。

与成矿有关的岩浆活动有燕山期花岗闪长斑岩和次英安玢岩。矿化类型复杂,矿化分带明显,从大宝山花岗闪长斑岩体往外,矿化分带为:

斑岩型钨钼矿→铜矿→铅锌矿(围岩为花岗闪长斑岩和次英安玢岩)

矽卡岩型钨钼矿→铜铅锌矿→交代充填型铜铅锌矿(围岩为灰岩)

围岩蚀变主要有钾长石化、阳起石化、透辉石-透闪石矽卡岩化、绿泥石化、绢云母化、硅

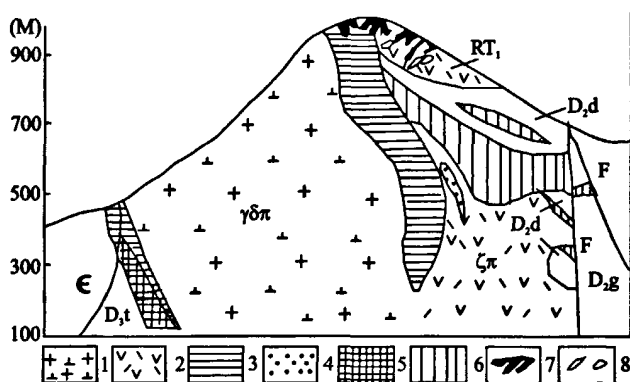
图2 广东大宝山钨多金属地质剖面图^[9]

Fig. 2 Profile map of Dabaoshan W-polymetallic deposit in Guangdong province

1-花岗闪长斑岩;2-次英安玢岩;3-斑岩钼(钨)矿;4-斑岩铜矿;5-砂卡岩型钼钨矿;6-似层状铅锌硫矿;7-火山堆积-风化改造钨铁矿;8-徽山堆积-风化再造菱铁矿;E-寒武系;D_{2g}-中泥盆统桂头组;D_{2d}-中泥盆统东岗岭组;D_{2t}-上泥盆统天子岭组;γδπ-早白垩世花岗闪长斑岩;ζπ-早白垩世次英安玢岩;BT1-早白垩世火山碎屑岩;F-断层

化、绿帘石化、绢云母化。斑岩型钼(钨)矿床的围岩蚀变有钾长石化、伊利石-水白云母化、云英岩化、绢云母化、青盘岩化。

矿床产于次英安玢岩墙的上盘,靠近接触带矿化较好。空间上,与岩墙成矿关系密切。岩墙内富含Cu、Pb、Zn等多种金属元素。矿床产于花岗闪长斑岩岩体的外围。岩体内富含W、Sn、Mo、Bi等多种金属元素,为成矿的重要物质来源。这些岩浆岩先后侵入,在较长演化过程中,岩浆矿液多次叠加在原先生成的矿体上,使成矿具有多期、多阶段性。

矿区内燕山期先后主要发生两次岩浆侵入活动,相应也发生两次成矿作用。一次是与燕山早期次英安玢岩相伴的成矿作用,形成铜多金属矿床,主要成矿元素为铜、铅、锌、硫、铋、钨等。另一次是与燕山晚期花岗闪长斑岩相伴的成矿作用,形成斑岩型钼钨矿床,主要成矿元素是钼、钨、锡、铜、铋等。两次成矿作用在成矿元素组合上表现差异性和继承性。

2.1.3 江西大吉山钨多金属矿床

大吉山钨多金属矿床为蚀变花岗岩型铌钽钨矿和石英脉型钨矿共生矿床。矿区位于三南~寻乌东西构造亚带西段,出露寒武系浅变质岩,由两条北东向冲断层控制了矿脉组的分布,中、粗粒黑云母花岗岩分布于矿区北部,二云母花岗岩及含矿细粒钠长白云母花岗岩隐伏矿区深部,三者呈渐变过渡关系(图3)。

石英脉型矿带(体)呈南、中、北三分段密集、北东向排列。中组矿脉往深部断续插入花岗岩矿体中,为该矿区主要工业矿体。围岩蚀变有电气石化、黑云母化、硅化,花岗岩内有云英岩化。

蚀变花岗岩型钨矿体是含细晶石、铌钽铁矿、黑钨矿、白钨矿的白云母花岗岩,呈岩盖状侵入于中组矿脉附近的寒武系浅变质岩中,往深部与二云母花岗岩连接。岩盖顶部产状平缓,向四周倾斜,含矿岩体顶部与围岩之间有一层似伟晶岩壳。

蚀变花岗岩矿体为花岗岩蚀变矿化而成,矿体内蚀变以钠长石为主的浅色条带和以锰

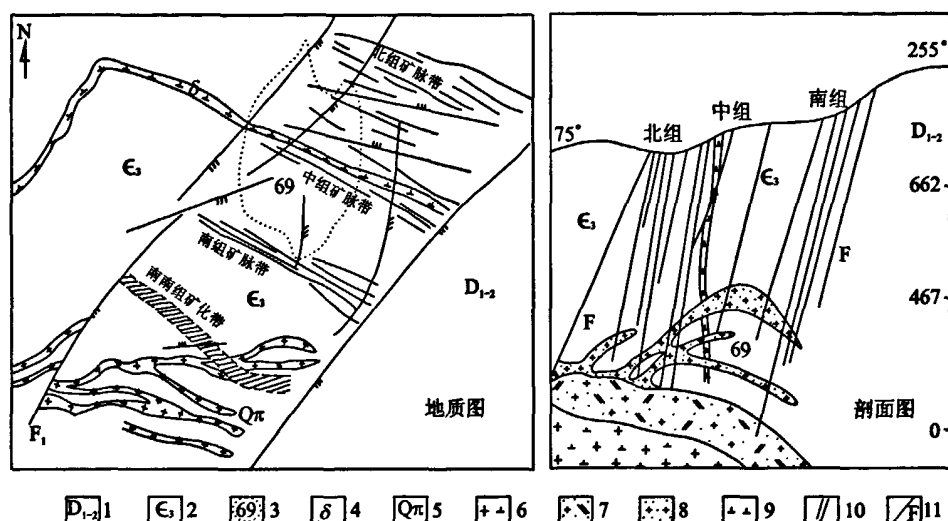


图3 江西大吉山钨多金属矿床地质及剖面图(据江西冶金地质二队资料修改)

Fig. 3 Geological and profile maps of Dajishan W-polymetallic deposit in Jiangxi province

1-中下泥盆统;2-上寒武系统;3-69号隐伏花岗岩;4-闪长岩;5-石英斑岩;6-花岗闪长岩;7-二云母花岗岩;8-含钨铌钽白云母花岗岩;9-闪长岩;10-含钨石英脉;11-断层

铝榴石、白云母和黑钨矿为主的深色条带岩相间成层、构成条带状矿石。矿石以黑钨矿为主,呈不均匀浸染状,矿体呈透镜状、团块状。铌钽矿化较均匀分布,从岩体上部到下部,铌钽含量有逐渐降低趋势。含矿岩体普遍遭受钠长石化等自交代作用,上部白云母和钠长石化相对较强,下部减弱,铌钽矿化与蚀变明显呈正相关关系。

该区蚀变花岗岩型钨铌钽矿与石英脉型钨矿,是同一成矿期略有先后的两种矿化形式。钨、铌丰度较高的花岗闪长岩经分熔而分离出晚阶段花岗岩浆,具富硅、富钠、富挥发分和富含矿质并在动-热驱动、诱导下侵入浅部平缓裂隙带,形成含矿白云母花岗岩盖。随后花岗岩发生面型蚀变形成花岗岩型矿床。深部二云母花岗岩岩浆继续结晶演化,当其积聚大量含矿流体,在区域热动力作用下,含矿流体沿规模较大的陡倾裂隙上升,形成切割花岗岩盖的石英脉型钨矿床。

2.2 砂卡岩型

燕山期花岗岩类侵入于泥盆系、石炭系、二叠系、奥陶系、上寒武统等地层,与地层中的灰岩、钙质砂岩等发生接触交代形成砂卡岩型钨锡多金属矿床。成矿热液沿接触带、层理、层间破碎带交代钙质岩石,先形成无水砂卡岩、含水砂卡岩,再形成锡石、白钨矿化、铅锌铜银矿化。矿体呈层状、似层状、透镜状、囊包状、不规则状,成矿作用明显具多阶段性,并呈顺向分带。主要矿物组合:锡石、白钨矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿等矿物。当多种成因类型复合时,则形成复控型矿床,往往形成大-超大型矿床。区内典型矿床如湖南骑田岭、柿竹园、锡田、广东南山、江西官山钨矿床等。

2.2.1 湖南骑田岭芙蓉钨矿田

该矿床位于北东向炎陵-郴州-蓝山岩石圈断裂与北西向郴州-邵阳地壳断裂交汇处。大地构造位于华南褶皱系赣湘粤桂褶皱带,骑田岭复式岩体南段。出露地层主要为石炭系(碳

酸盐岩层间夹粉砂岩、砂岩)、二叠系(底部为碳酸盐岩,中上部为砂泥质、硅质岩),二叠系栖霞组为主要赋矿地层。区内褶皱、断裂发育,以北东向为主,次为北西向、南北向。北东向断裂最为醒目,主干断裂控制锡矿带分布,次级断裂控制矿体的形态、产状、规模。岩浆岩属骑田岭复式岩体的一部分,有印支期、燕山期二个超单元及燕山晚期岩脉。燕山早期二长花岗岩、红长石化花岗岩及燕山晚期花岗斑岩、正长斑岩、细粒花岗岩脉与成矿关系密切。

锡矿体在骑田岭复式花岗岩体中成群、成带分布,组成白腊水-安源、黑山里-麻子坪、山门口-狗头岭三个北东向锡矿带。

矿区矿床(体)类型齐全。有矽卡岩-破碎带蚀变岩复合型、矽卡岩型、云英岩型、破碎带蚀变岩型、蚀变花岗岩型、岩脉型(细粒花岗岩脉、斑岩脉等)等,以矽卡岩-破碎带蚀变岩复合型锡矿床规模最大,次为蚀变花岗岩型和花岗岩岩脉型(图4)。

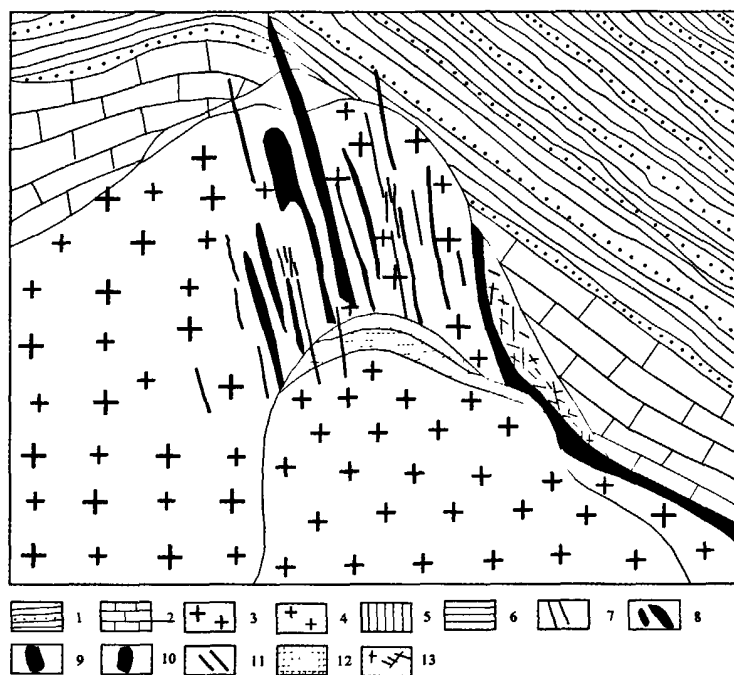


图4 湖南骑田岭锡矿田芙蓉矿区锡矿成矿模式图(据湖南地调院资料修改)

Fig. 4 Metallogenic model of Furong tin deposit in Qitianling tin ore-field, Hunan province

1-砂页岩;2-灰岩;3-斑状花岗岩;4-细粒花岗岩;5-似伟晶岩型锡矿;6-面状云英岩型锡矿;7-脉状云英岩型锡矿;8-破碎蚀变岩型锡矿;9-蚀变花岗岩型锡矿;10-斑岩型锡矿;11-石英脉型锡矿;12-矽卡岩型锡矿;13-网脉状大理岩型锡矿

矽卡岩-破碎带蚀变岩复合型位于岩体南接触带内带,锡矿体受近南北向断裂与岩体碳酸盐岩残留顶盖双重控制。矿物成份有锡石、磁铁矿、黄铜矿、方铅矿、透闪石、阳起石、透辉石、石榴石、符山石、石英等。

矽卡岩型:位于岩体南外接触带,呈似层状、透镜状、扁豆状、不规则状产出。

花岗岩型:位于成矿岩体顶部,受节理裂隙带控制,与花岗岩呈过渡接触关系。矿体呈脉状、似层状、透镜状、扁豆状产出。矿物成份主要为锡石、石英、绢云母,金属硫化物较少。

破碎带蚀变岩型:受北东向断裂控制,呈大脉状、脉状、透镜状产于岩体内,具成群、成带分布。矿石矿物为锡石、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿,脉石矿物为石英、绿泥石、绢云母等。围岩蚀变有绿泥石化、绢云母化、硅化等。

蚀变花岗岩型:矿体分布于花岗岩中,受北东向断裂或裂隙带控制,矿体呈产状平缓的面状体,形态变化较大。金属矿物以锡石为主,次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等,非金属矿物有绿泥石、绢云母、长石等。赋矿围岩为红长石化花岗岩,围岩蚀变为强烈的绿泥石化、绢云母化。

岩脉型锡矿:产于北东向花岗斑岩、石英斑岩脉及北西向细粒花岗岩脉内。矿石金属矿物主要是锡石,非金属矿物为长石、石英、黑云母、绢云母等。矿石具浸染状、“隐爆角砾状”构造。围岩蚀变不强,仅有微弱绿泥石化、绢云母化。

芙蓉矿田不同类型的锡矿,是在相似的地质作用和物质来源,于不同演化阶段、不同的控矿条件及不同的部位形成的具有成因联系的一组矿床。

2.2.2 南山钨锡多金属矿床

广东始兴南山钨锡多金属矿床位于广东省始兴县罗坝乡境内,是中国地质调查局新一轮钨多金属矿找矿工作实施以来发现的具有大型远景的钨锡钼铋多金属矿床。

区内出露地层以古生代为主,主要为寒武系、泥盆系浅变质碎屑岩及碳酸盐类岩石。主要为寒武系水石组、泥盆系春湾组、老虎头组、天子岭组、帽子峰组。其中中泥盆统春湾组和晚泥盆统天子岭组砂卡岩化钙质砂岩及薄层灰岩是重要含矿层。

矿区出露岩浆岩有燕山早期第二阶段中细粒黑云母花岗岩(有两次侵入:第一次侵入花岗岩锆石 SHRIMP 年龄为 160.5 Ma,第二次侵入形成的花岗岩锆石 SHRIMP 年龄为 156.0~159 Ma)和燕山早期第三阶段中粒、细粒二云母花岗岩(Rb-Sr 同位素年龄为 146~164.5 Ma)。钨钼多金属矿化主要与燕山早期第二阶段第二次侵入和燕山早期第三阶段侵入的花岗岩有关。

花岗岩 SiO_2 含量很高,为 66.84%~81.98%,属超酸性花岗岩。 $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 为 5.87%~9.67%,平均 7.625%。 K_2O 含量均大于 Na_2O , $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为 1.61~6.93,平均 3.43。铝过饱和指数(A/CNK)为 1.22~2.08,平均 1.53,属强过铝质花岗岩;碱度率 AR 为 2.61~4.30,属碱性系列;花岗岩里特曼指数 σ 为 0.97~3.92,平均 2.01。

初步研究表明,南山矿区花岗岩为超酸性、碱性系列、过铝质的 A 型花岗岩,稀土分布模式为低稀土总量、负 Eu 显著的海鸥式,具有燕山早期与幔源有关的高度分异、高度演化的 H 型花岗岩。

矿区构造简单,地层产状一般呈北东-北东东走向,倾向北西,倾角 15°~30°。区内成矿前期的裂隙较发育,地层中裂隙以北西向为主;燕山期中粒花岗岩中的含矿石英脉及晚期细粒花岗岩脉以北东东或近东西向为主。

南山矿区矿化类型众多,矿床成因复杂。目前在矿区已发现砂卡岩型、花岗岩型、云英岩型、斑岩型和石英脉型钨锡、钨钼多金属矿体。根据目前取得的成果,南山矿区钨锡多金属矿主要分南北两个矿带,已圈定规模较大的钨锡多金属矿体(脉)十余个(条),以砂卡岩型钨锡钼多金属矿体和花岗岩型钨钼多金属矿体规模最大。

初步认为成矿物质主要来自燕山早期第二、三阶段的含矿花岗岩体,该矿床为砂卡岩型、花岗岩型和石英脉型共生的复合型钨锡多金属矿床,南山花岗岩型钨锡多金属矿是岩浆

分异作用形成,矿体即为复式岩体中的含矿岩体(即“体中体”),矽卡岩型和石英脉-破碎蚀变岩型钨锡、钨钼多金属矿属岩浆晚期汽化热液作用的结果。

2.3 石英脉型钨锡多金属矿床

区内已知钨锡多金属矿床绝大部分是该类矿床,典型矿床有江西漂塘、广东锯板坑、广东梅子窝等钨锡多金属矿床。

按矿体形态和产状又可分为石英(单)大脉型及石英细脉型。矿床成因绝大部分属高温热液型,部分为高——中温热液型。矿石组分主要有W、Bi、Mo、Sn、Be、Cu、Pb等。

石英(单)大脉型矿床均产于燕山早期花岗岩侵入体的内外接触带或该期隐伏花岗岩体的顶部围岩中。矿体围岩主要是花岗岩、前泥盆系的浅变质砂岩、板岩及泥盆系泥砂质岩石。其中以产于花岗岩及变质砂岩、板岩为最。产于花岗岩中的矿体一般延长、延深不大,厚度也有限,矿脉稀疏、分散,规模不大,产于泥盆系浅变质岩中的矿床规模往往较大。

石英细脉带型矿床地质及矿化特征与石英单(大)脉型矿床基本一致。较为特殊的是矿体在地表或浅部均以石英细脉甚至石英线、云母线平行密集,并以带、组形式出现。向深部脉体增厚或者合并,矿体形态在垂直方向上具有一定的变化规律,即脉钨矿床的“五层楼”模式(图5)。

矿床的形成受构造尤其是断裂控制明显,从空间分布看,矿床常发育于某一主要断裂的一侧或两侧,甚至一些矿区(点)成群沿某一主要断裂两侧分布。矿脉走向往往为其附近的某一主要断裂的派生裂隙。根据区内各矿区(点)矿脉走向统计,以北西走向为主,次为近东西及北东至北东东走向,北北东及南南东走向较少。由于区内构造具有多体系复合和多期活动的特点,因此,成矿裂隙性质比较复杂,一般规模较大的矿区,成矿裂隙往往具有复合性质。由于裂隙性质复杂,造成了矿脉形态的多变,矿脉规模即其延长、延深及脉幅大小不等。

矿体围岩蚀变以云英岩化、硅化最为常见,并与黑钨矿的富集有密切关系。其中云英岩化多出现在花岗岩围岩中,其它蚀变尚有叶蜡石化、钾长石化、绢云母化、绿泥石化等。

3 南岭东段钨多金属矿成矿模式

南岭东段钨锡多金属矿床类型以石英脉型、花岗岩型(蚀变花岗岩型、云英岩型、细脉浸染型、脉岩型、斑岩型)、矽卡岩型为主。矿床的地质特征表明,该区广泛分布的W、Sn等矿床在成因上多与燕山期花岗岩有密切联系,钨矿矿体主要是产在离接触面1 000 m范围的接触带中。由于区域成矿地质条件的差异,这些矿床类型既可独立产出,又可共存一体、相伴而生,往往形成多种矿化类型,成为“多位一体”的复合矿床。石英脉“五层楼模式”普遍发育,它常与其它类型钨矿共生或伴生组成复合型矿床的一部分,因此,在一定程度上可以作为其它类型矿床的找矿标志。近年来,在燕山期复式花岗岩体中新发现的花岗岩型钨(钼)多金属矿体,为该区钨多金属成矿模式提供了新成员。南山钨锡多金属矿为与燕山期复式花岗岩有关且受中、上泥盆统地层控制的矽卡岩型钨锡矿、燕山期复式花岗岩体中的晚期含浸染状钨钼矿体的岩体(即“体中体”式)和石英脉型钨钼多金属矿的复合型矿床,具有代表性。现根据南山钨锡多金属矿的研究成果,结合该区钨锡多金属矿床地质特征,建立如下成矿模式(图5)。

(1)矿床与燕山期复式花岗岩体有关,成矿母岩以黑云母花岗岩、花岗斑岩、细粒似斑状黑云母花岗岩的小岩体为主,少数二长花岗岩、花岗闪长岩等对成矿也有贡献。成矿岩浆岩为中性-酸性岩(SiO_2 含量变化于65.638%~81.98%),大多超过74%的超酸性花岗岩,中

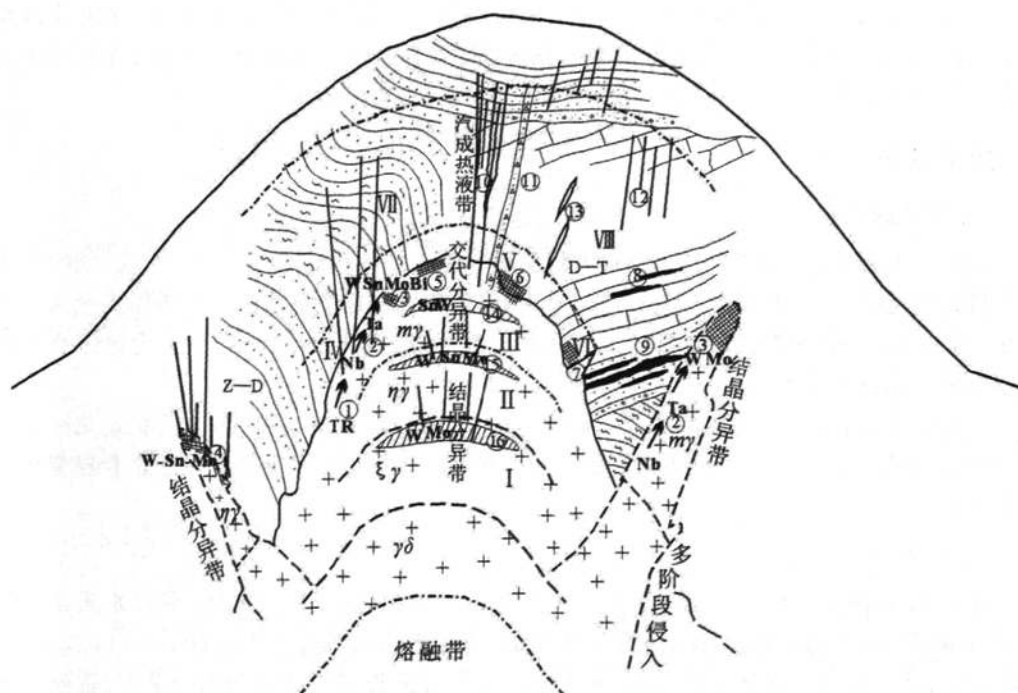


图5 南岭东段地区钨多金属矿床成矿模型

Fig. 5 Metallogenic model of tungsten-polymetallic deposits in the eastern Nanling region

$\gamma\delta$ -花岗闪长岩; $\xi\gamma$ -碱长花岗岩; $\eta\gamma$ -二长花岗岩或黑云母花岗岩; $m\gamma$ -白云母花岗岩; I-钾长石化带; II-绿泥石化带; III-白云母化带; IV-角岩化带; V-云英岩化带; VI-矽卡岩化带; VII-斑点状黑云母、绿泥石化带; VIII-大理岩化带; ①-花岗岩型稀土矿床; ②-蚀变花岗岩型钨锡铌钽多金属矿床; ③-花岗岩脉型钨钼多金属矿床; ④-斑岩型钨锡钼矿床; ⑤-矽卡岩型钨锡钼钽多金属矿床; ⑥-云英岩型钨钼钽矿床; ⑦-矽卡岩型白钨-多金属矿床; ⑧-碳酸盐岩型白钨-多金属矿床; ⑨-层控矽卡岩型黑锡多金属矿床; ⑩-脉状裂隙石英脉钨矿床(五层楼式脉钨矿床); ⑪-破碎带充填型钨锡多金属矿床; ⑫-脉状铜铅锌铋矿床; ⑬-伟晶岩型铌钽铍锂矿床; ⑭-⑯-“体中体”式钨多金属矿床

铝~过铝质,属浅成相强过铝质碱性花岗岩类。成矿岩体主要是燕山早期第二阶段及第三阶段高度演化、高分异的超酸性、过铝质A型花岗岩,成岩年龄150~165 Ma。浅源重熔岩浆系列的成矿岩体以岩株为主,岩钟、岩墙、岩盖次之,在岩体顶部从接触界面向外约2 km范围均可能有钨矿床产出。深源混熔岩浆形成的成矿岩体,主要是岩漏斗,次为岩钟、岩筒、岩被、岩舌和岩枝,钨矿床以产在岩体内或与围岩的接触带中的斑岩型和矽卡岩型矿床为主。

(2)燕山期复式花岗岩体与中泥盆统碳酸盐岩的接触带是寻找矽卡岩型钨矿的有利地段,特别在岩体的内坳地段对成矿更有利;燕山早期晚阶段岩体是寻找花岗岩型(细脉浸染型、花岗岩岩脉型、蚀变花岗岩型、云英岩型)和破碎带蚀变岩型钨多金属矿床的指示体,而燕山早期复式花岗岩体接触带中泥盆统碳酸盐岩发育区则往往是矽卡岩型钨锡多金属矿的重要赋矿部位。

(3)在不同的地质环境中,各类钨多金属矿床在空间相互伴生,构成一定的矿床组合。气成热液带,主要以石英脉型钨矿为主的钨多金属矿床。当成矿岩体侵入碳酸盐岩或含钙质岩地层或成矿元素丰度高的地层时,常形成矽卡岩型层状、似层状浸染型钨矿床。热液交代带

主要发育云英岩型、细脉浸染型为主的钨多金属矿床,常见岩体内呈面型浸染状的花岗岩型稀土、铌、钽、钨、铍等矿床和岩浆期后热液充填的石英脉型钨矿床伴生。在岩浆多次侵入或结晶分异带主要发育花岗岩型为主的“体中体”式钨钼多金属矿床。

4 找矿方向

4.1 主攻矿床类型

多轮的钨多金属矿找矿工作,对区内石英脉型钨矿的找矿已取得了巨大成功。该类钨矿床在区内广泛分布,资源潜力有限。近年来,中国地质调查局在实施新一轮钨锡多金属矿找矿中,新发现了一批与花岗岩和矽卡岩有关的大型钨钼、钨锡多金属矿,无疑为该区今后钨锡多金属矿提供了新的找矿方向。

就南岭东段地区而言,钨锡多金属矿找矿的主攻矿床类型应以与燕山期复式花岗岩有关的花岗岩型(“体中体”式)钨钼多金属矿和受中、上泥盆统地层控制的层控矽卡岩型钨锡多金属矿床为主。

4.2 主攻地段

南岭东段地区是该区 Sn、W、Bi(Nb、U)、Pb、Zn、Ag(Cu)、As、Sb、Hg 等元素高背景场和异常聚集区。1/20 万水系沉积物测量显示,南岭东段是 Sn、W、Bi(Nb、U)、Pb、Zn、Ag(Cu)、As、Sb、Hg 等元素异常聚集区,异常分布与该区构造-岩浆岩带方向一致,与强烈中酸性岩浆热液活动密切相关。钨异常呈近东西向带状展布,南为韶关-三南-寻乌带,中为郴州-崇义-会昌带,北为炎陵-遂川-石城带,又可分为桂东-崇义、乐昌-汝城、崇余犹、兴国-宁都、赣县-于都、大宝山-瑶岭、石人嶂-梅子窝-师姑山、全南-龙南-定南、连平-翁县等九大异常区。每个异常区有若干异常浓集中心,中心为 W、Sn、Mo、Bi 高温元素组合,往外为 Cu、Pb、Zn、Ag 中低温元素异常依次分布,并伴有 F 等矿化剂异常。区域地球化学特征显示该区 W、Sn 在古生界和元古界都有不同程度富集。其中元古界 W 含量为 4.3×10^{-6} ; Sn 以泥盆系含量最高为 3.93×10^{-6} 。该区花岗岩含钨平均值为 3×10^{-6} ,而燕山期花岗岩中,钨平均值高达 45.28×10^{-6} 。以 $Sn > 12 \times 10^{-6}$ 、 $W > 6 \times 10^{-6}$ 、 $Bi > 1.5 \times 10^{-6}$ 圈定的异常基本反映燕山期花岗岩体分布范围。

由此可见,南岭东段地区大片具有钨锡多金属异常的花岗岩地区,特别是化探异常和重砂异常都十分强烈的燕山期花岗岩复式岩体分布区,将是今后寻找“体中体”式钨锡多金属矿床的重要有利地区,而燕山期复式花岗岩体附近的中、上泥盆统地层灰岩、钙质砂岩分布区则是层控矽卡岩型钨锡多金属矿床的找矿有利地段。

注:本文是中国地质调查局实施的《湘赣粤相邻地区钨矿远景调查》和《广东始兴-连平地区钨钼多金属矿评价》项目的部分成果,其中大量资料主要来源于上述项目工作。

参考文献

- [1] 肖惠良,陈乐柱,吴涵宇,等. 广东始兴南山钨钼多金属矿床的发现及其意义[J]. 高校地质学报,2008,14(4):558-564.
- [2] 肖惠良,陈国栋,班宜忠,等. 论南岭东段钨多金属矿找矿方向[J]. 资源调查与环境,2006,27(2):85-93.
- [3] 丁鹏飞. 钦州-钱塘结合带及其控矿作用[A]. 孙文珂,黄崇轲,丁鹏飞,等. 重点成矿区带的区域构造

和成矿构造文集[C];北京:地质出版社,2001:75-102.

- [4] A Castro I, Moreno-Ventas J D. De La Rosa J D. H-type (hybrid) granitoids: a proposed revision of the granite-type classification and nomenclature[J]. *Earth science reviews*, 1991,80(1)237-253.
- [5] 陈培荣,章邦桐. A型花岗岩类研究综述[J]. *国外花岗岩类地质与矿产*, 1994(40):9-14.
- [6] 刘昌实,陈小明,陈培荣,等. A型花岗岩研讨的分类、判别标志和成因[J]. *高校地质学报*, 2003b,9(4):573-591.
- [7] 肖庆辉,邓晋福,马大铨,等. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京:地质出版社,2002:41-43.
- [8] 冶金部南岭钨矿专题组. 华南钨矿[M]. 北京:冶金工业出版社,1985,1-496.
- [9] 古菊云,吴琼英,廖雪苹. 大宝山大陆次火山-火山活动和矿床成因的初步研究[J]. *地质与勘探*, 1984(3):1-8.

Geological characteristics, metallogenic model and ore-prospecting direction of tungsten-tin-polymetallic deposits in the eastern Nanling region

XIAO Hui-liang, CHEN Le-zhu, BAO Xiao-ming, FAN Fei-peng, ZHOU Yan,
YAO Zheng-hong, WU Lin, WU Han-yu
(*Nanjing Center, China Geological Survey, 210016, China*)

Abstract

The eastern Nanling region in China is a world famous tungsten-polymetallic ore-concentrated area. Investigation and evaluation of tungsten-polymetallic ore in the area have been implemented by China Geological Survey (CGS) in recent years. A number of granite-related W-Sn-polymetallic deposits, with prospects of middle-large scales, have been found. Particularly, new types of tungsten-molybdenum-polymetallic deposit occurred in a composite pluton and strata-bound skarn tungsten-tin-polymetallic deposit controlled by middle-upper Devonian strata were found by Nanjing Center, CGS, in the investigation of tungsten-polymetallic ore in this area. The discovery of these deposits is not only a new breakthrough of ore-prospecting in the eastern Nanling region, but also an important guiding for tungsten-molybdenum-polymetallic ore-prospecting work in South China. Based on the latest achievement of tungsten-tin-polymetallic ore prospecting and the summary of geological and geochemical characteristics of tungsten-tin-polymetallic deposits in the eastern Nanling region, this paper proposed a metallogenic model of the tungsten-tin-polymetallic deposits in the eastern Nanling region and further ore-prospecting direction aimed at tungsten-molybdenum-polymetallic deposits genetically related to the Yanshanian composite granite plutons and strata-bound skarn tungsten-tin-polymetallic deposits controlled by middle-upper Devonian systems in the eastern Nanling area.

Key words: strata-bound skarn tungsten-tin polymetallic deposit; metallogenic model; ore-prospecting direction; eastern Nanling region