

文章编号: 0258-7106(2013)06-1171-17

赣北石门寺超大型钨多金属矿床地质特征

项新葵¹, 王 朋², 詹国年¹, 孙德明¹, 钟 波¹, 钱振义¹, 谭 荣¹

(1 江西省地质矿产勘查开发局九一六大队, 江西 九江 332100; 2 陕西省核工业地质局二一四大队, 陕西 汉中 723200)

摘 要 赣北石门寺钨矿床为最近查明的大湖塘超大型钨矿床的北矿段。矿体呈似层状、筒状、脉状分布于燕山期酸性花岗岩体上部及与晋宁期黑云母花岗闪长岩外接触带附近。主要工业矿物为白钨矿、黑钨矿、黄铜矿、辉钼矿, 矿石结构类型主要有交代结构、固溶体分离结构、脉状构造、浸染状构造及块状构造。常见围岩蚀变有碱性长石化、云英岩化、绿泥石化、硅化, 矿床成因类型属岩浆期后热液型。根据矿体特征、矿物组合、矿石结构、矿化分带与围岩蚀变等方面的差异, 又可将主要矿体划分为细脉浸染型、热液隐爆角砾岩型和石英大脉型。这 3 类矿体围绕燕山期酸性花岗岩体共生交织, 形成了石门寺“一区三型”钨-铜-钼矿床。石门寺矿区黑云母花岗闪长岩中细脉浸染状白钨矿的发现, 改变了以往只专注评价石英大脉型黑钨矿的找矿思路, 为矿区及九岭矿集区实现钨矿找矿突破指明了新的方向。

关键词 地质学 细脉浸染型 热液隐爆角砾岩型 石英大脉型 地质特征 赣北

中图分类号: P618.67

文献标志码: A

Geological characteristics of Shimensi tungsten polymetallic deposit in northern Jiangxi Province

XIANG XinKui¹, WANG Peng², ZHAN GuoNian¹, SUN DeMing¹, ZHONG Bo¹, QIAN ZhenYi¹
and TAN Rong¹

(1 No. 916 Geological Party, Jiangxi Bureau of Geology & Mineral Exploration, Jiujiang 332100, Jiangxi, China;

2 No. 214 Geological Party, Shaanxi Geological Bureau of Nuclear Industry, Hanzhong 723200, Shaanxi, China)

Abstract

The ore bodies in the Shimensi deposit are stratiform, pipelike and veinlike in form and occur in the upper part of the Yanshanian acidic granitic body and also along the external contact zone of the biotite granodiorites of late Jinning period. Wolframite, scheelite, chalcopyrite and molybdenite are the main ore minerals. The ore is mainly in crystallization, replacement and solid separation texture and in vein, dissemination, patch and massive structure. The alterations of the host rock are mainly alkali-feldspathization, greisenization, chloritization and silicification. Genetically, the deposit belongs to the postmagmatic hydrothermal W-Cu-Mo deposit. According to characteristics of the ore body, mineral assemblage, ore fabric, metallogenic zoning and host rock alteration, the main ore bodies can be further divided into veinlet-dissemination type, hydrothermal crypto-explosion breccia type and thick-vein type. These kinds of ore bodies which surround the host rock of Yanshanian acidic granite body form the Shimensi “one area-three ore types” tungsten-polymetallic deposit. The prospecting for the veinlet-dissemination type scheelite in the Shimensi deposit changes the previous prospecting which focused only on

第一作者简介 项新葵, 男, 1963 年生, 教授级高工, 从事固体矿产勘查、区域地质调查、科研及成矿预测工作。Email: 1178852439@qq.com

收稿日期 2012-10-14; **改回日期** 2013-08-02。张绮玲编辑。

the thick vein type of wolframite, and provides a new direction for the main breakthrough in the prospecting for tungsten polymetallic ore bodies in the Shimensi deposit and also in the Jiuling ore concentration area.

Key words: geology, veinlet-disseminated type, hydrothermal crypto-explosion breccia type, thick-vein type, geological characteristics, northern Jiangxi

近年来,随着社会资金的大量投入,在赣北九岭矿集区已发现钨多金属矿床及矿点 15 处,其中的石门寺钨矿为最近查明的超大型(世界级)大湖塘钨矿床的北矿段。此前,只针对地表石英大脉型黑钨矿进行过矿区普查,基础地质和科研工作程度较低,相关的文献较少(林黎等,2006a;2006b;左全狮,2006)。2010 年初,江西省地质矿产勘查开发局九一六大队开始对石门寺矿区进行钨的储量核实工作,至 2012 年 5 月提交 WO_3 金属量约 74 万吨(平均品位 0.195%),共生及伴生铜、钼金属量分别为 40 万吨和 2.8 万吨,基本查明该矿床为一超大型(世界级)钨、共(伴)生中型铜、钼矿床,在短时间内实现了对钨矿找矿的重大突破。该矿床的发现有可能改变中国钨矿的分布格局和工业格局(王登红等,2012;丰成友等,2012)。本文详细介绍了石门寺钨多金属矿床的基本地质特征、矿体的时空分布特征,并分析

了控矿因素,为进一步研究该超大型矿床及找矿提供依据。

1 区域地质概况

石门寺钨多金属矿床位于武宁县城西南方向 38 km,赣西北地区武宁、修水、靖安三县交界处,处于下扬子成矿省江南地块中生代铜钼金银铅锌成矿带中(朱裕生等,1999),大地构造位置为扬子板块东南缘江南地块中段(徐志刚等,2008),长江中下游成矿带南侧(图 1)。

石门寺钨多金属矿床所在的九岭矿集区位于九岭近 EW 向构造隆起带的西南段。在 NNE 长约 20 km、SEE 宽约 10 km 的范围内,分布着钨多金属矿床及矿点 15 处。除原有的大湖塘中型钨矿、石门寺矿区外,达到大中型矿床规模的矿区还有狮尾洞、

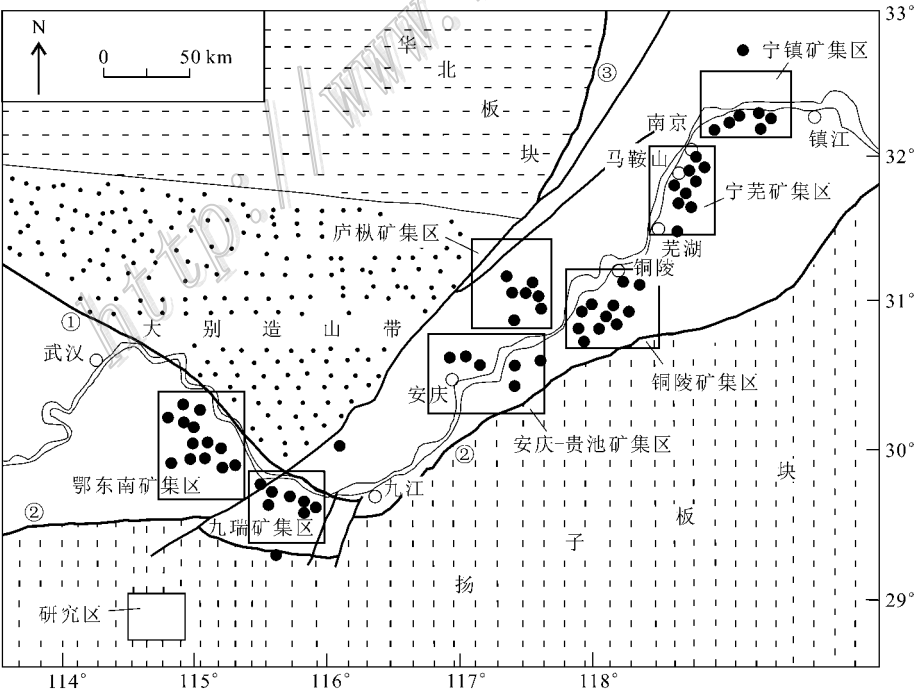


图 1 研究区大地构造位置图(据周涛发等 2008 改绘)

①—襄樊-广济大断裂;②—阳兴-常州大断裂;③—庐庐大断裂

Fig. 1 Tectonic location of the study area(modified after Zhou et al., 2013)

①—Xiangfan-Guangji fault;②—Yangxing-Changzhou fault;③—Tanlu fault

发育,多数断裂大于 20 km,走向 15~45°,倾角 60~80°,早期以压扭性为主,晚期张性破碎强烈,除有垂直断距外,左行水平位移明显,同时切割中新元古代浅变质岩和晋宁晚期黑云母花岗闪长岩岩基,形成经张性改造的 NNE 向走滑冲断带。该组断裂与 NEE 向断裂共同控制着区内燕山期成矿岩体和矿床(点)的分布,是区内重要的控岩控矿构造。

1.3 岩浆岩

九岭矿集区内岩浆活动强烈,广泛发育的岩浆岩有晋宁期黑云母花岗闪长岩岩基,燕山期酸性花岗岩岩株和岩脉,岩性以似斑状花岗岩、细粒含斑花岗岩和花岗斑岩为主。

(1) 晋宁期 黑云母花岗闪长岩为九岭岩基的一部分,是矿集区最主要的岩石单元,钟玉芳等(2005)用 SHRIMP 测得其 U-Pb 锆石年龄为 (828 ± 8) Ma,说明其形成于晋宁晚期。晋宁运动在九岭地区表现强烈,大规模中酸性岩浆侵入于中新元古代浅变质岩系之中,形成包括矿集区在内、出露面积达 2300 km² 的花岗闪长岩岩基,大致呈 EW 向展布(江西省地质矿产局,1984;李献华等,2001;余忠珍,2002)。

(2) 燕山期 晚侏罗世至早白垩世,矿集区内岩浆活动频繁,发生多次岩浆侵入活动,侵入体为规模较小的岩株、岩瘤、岩床,侵入于九岭岩基或中新元古代浅变质岩系之中,岩性主要有似斑状黑云母花岗岩、中细粒黑云母花岗岩、白云母花岗岩、花岗斑岩等。不同序次侵入的花岗岩,其形成年龄介于 (144.2 ± 1.3) Ma~ (135.3 ± 1.3) Ma 之间(据薛怀民私人通讯,黄兰椿等,2012),说明其形成于燕山早期。

1.4 成矿地质背景

九岭花岗岩体北临长江中下游成矿带,南临钦杭结合带(杨明桂等,1997;2006)。研究区经历了自中元古代以来的多次造山作用,中新元古代为扬子板块和华南板块作用形成的俯冲碰撞造山带,发育较完整的沟-弧-盆体系,其中发育了一系列近 EW 向、向北逆冲的逆冲-推覆构造。中生代以来,矿集区经历了三叠纪—中晚侏罗世(220~150 Ma)的陆内俯冲—陆内拼贴碰撞造山、晚侏罗世((145 ± 5) Ma)由挤压向伸展扩张转换、早白垩世(125~105 Ma)陆内扩张增强阶段以及 95 Ma 开始裂解等运动(毛景文等,2005;华仁民等,2005)。

2 矿区地质特征

2.1 地层

石门寺矿区内除第四纪残坡积层外,无其他地层出露(图 3)。

2.2 岩浆岩

矿区岩浆活动强烈,主要集中在晋宁晚期和燕山期。晋宁晚期形成的黑云母花岗闪长岩为九岭岩基的一部分,是矿区乃至整个九岭地区最主要的岩石单元。燕山早期侵入的岩浆岩包括灰白色似斑状黑云母花岗岩($b\gamma_5^{\chi_2^2a}$)、灰色细粒黑云母花岗岩($b\gamma_5^{\chi_2^2b}$)、浅灰色花岗斑岩($\gamma\pi_5^{\chi_2^2b}$),不同序次侵入的花岗岩,形态各异,侵入接触关系清楚,结构、构造变化有序,矿物成分、化学成分差别不大,显示出同源演化的特征。

(1) 晋宁期

晋宁期黑云母花岗闪长岩分布于矿区四周,约占矿区面积的 80%,为矿区最主要的成矿围岩。矿区北部罗溪附近可见黑云母花岗岩侵入于中新元古代浅变质岩系中,并被南华系地层不整合覆盖。

黑云母花岗闪长岩为灰色,粗粒花岗结构,斑杂状构造。主要由斜长石、石英、黑云母组成。黑云母棕黑色,呈假六方柱片状集合体,自形程度高。斜长石为半自形板状、厚板状晶体,具卡-钠复合双晶,主要是中性长石,一般具环带构造,中心为中长石,边缘为更长石。岩石中含有众多灰黑色的深源捕虏体,一般呈圆形或椭圆形,少数为不规则状,大小几厘米到几十厘米,分布零乱,常见岩性为细粒二云斜长花岗岩,偶见深灰色具细粒变晶结构和片麻理已揉褶的片麻岩捕虏体。在矿区北部的路堑上,见有数处已角岩化且具斑点状构造的中新元古代薄层浅变质岩系组成的浅源捕虏体。

(2) 燕山期

燕山期侵入的岩浆岩可分为灰白色似斑状黑云母花岗岩($b\gamma_5^{\chi_2^2a}$)、灰色细粒黑云母花岗岩($b\gamma_5^{\chi_2^2b}$)和浅灰色(含水时略带肉红色)花岗斑岩($\gamma\pi_5^{\chi_2^2b}$)。3 类花岗岩依次侵入,形态各异,侵入接触关系清楚,结构、构造变化有序,矿物成分差别不大。

似斑状黑云母花岗岩 地表见于矿区中部,分布于 12 线~16 线、8 纵线~7 纵线之间 1100 m 左右标高之下,顶部面积超过 1.7 km²,为一半隐伏岩体。地表露头和勘查工程资料显示岩体的形态较规则,

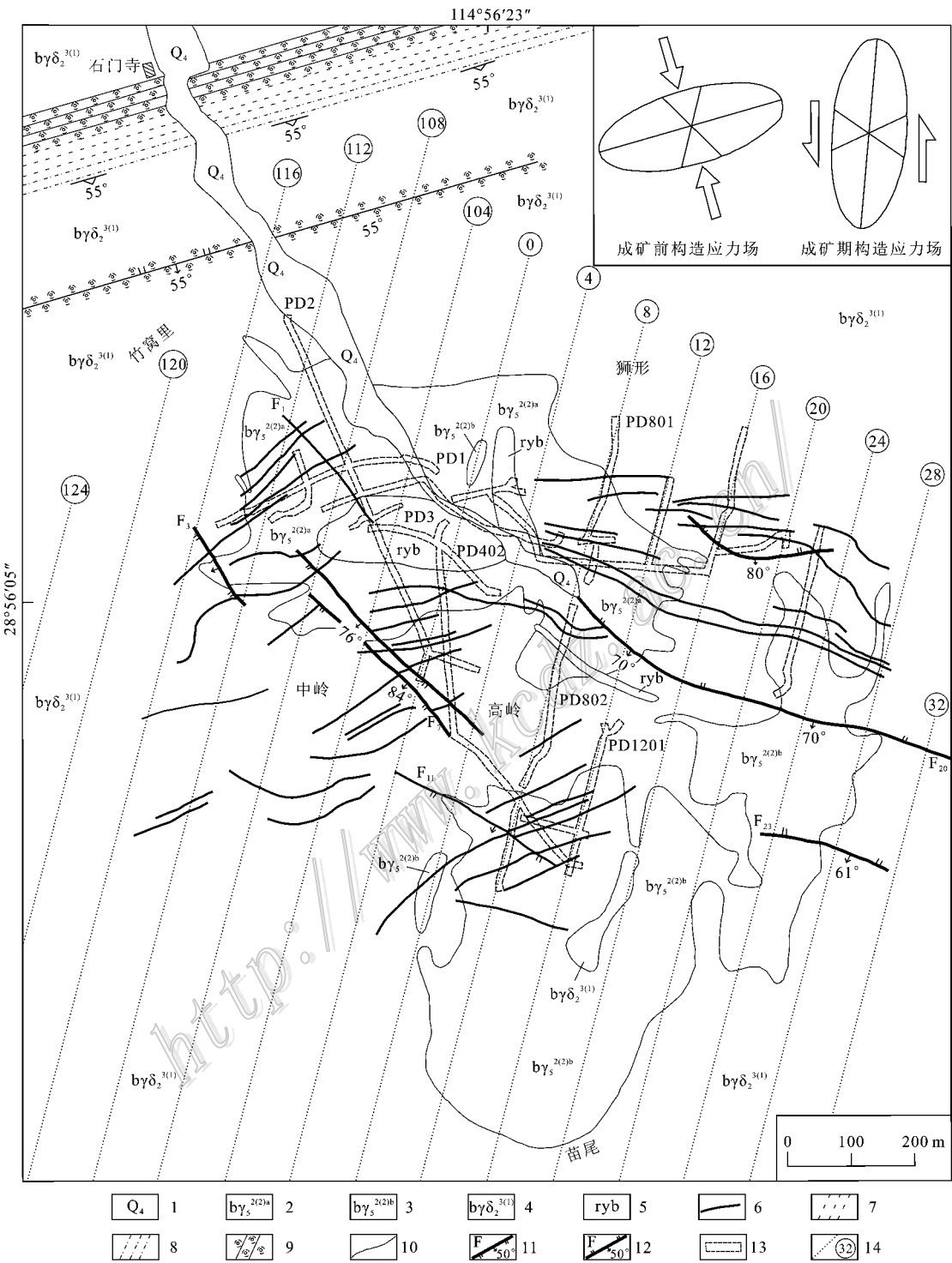


图 3 石门寺钨多金属矿区地质略图

1—第四系；2—燕山期似斑状黑云母花岗岩；3—燕山期细粒黑云母花岗岩；4—晋宁晚期黑云母花岗闪长岩；5—热液隐爆角砾岩；6—含矿石英大脉；7—千枚糜棱岩及糜棱片岩；8—糜棱岩；9—硅化；10—地质界线；11—正断层；12—逆断层；13—坑道及编号；14—勘探线及编号

Fig. 3 Geological sketch map of the Shimensi tungsten-polymetallic deposit

1—Quaternary；2—Porphyritic biotite granite of Yanshanian period；3—Fine-grained biotite granite of Yanshanian period；4—Biotite granodiorites of late Jinning period；5—Hydrothermal cryptoexplosion breccias；6—Ore-bearing quartz vein；7—Phyllonite and mylonite schist；8—Mylonite；9—Silicification；10—Geological boundary；11—Normal fault；12—Reverse fault；13—Underground tunnel and its serial number；14—Exploration line and its serial number

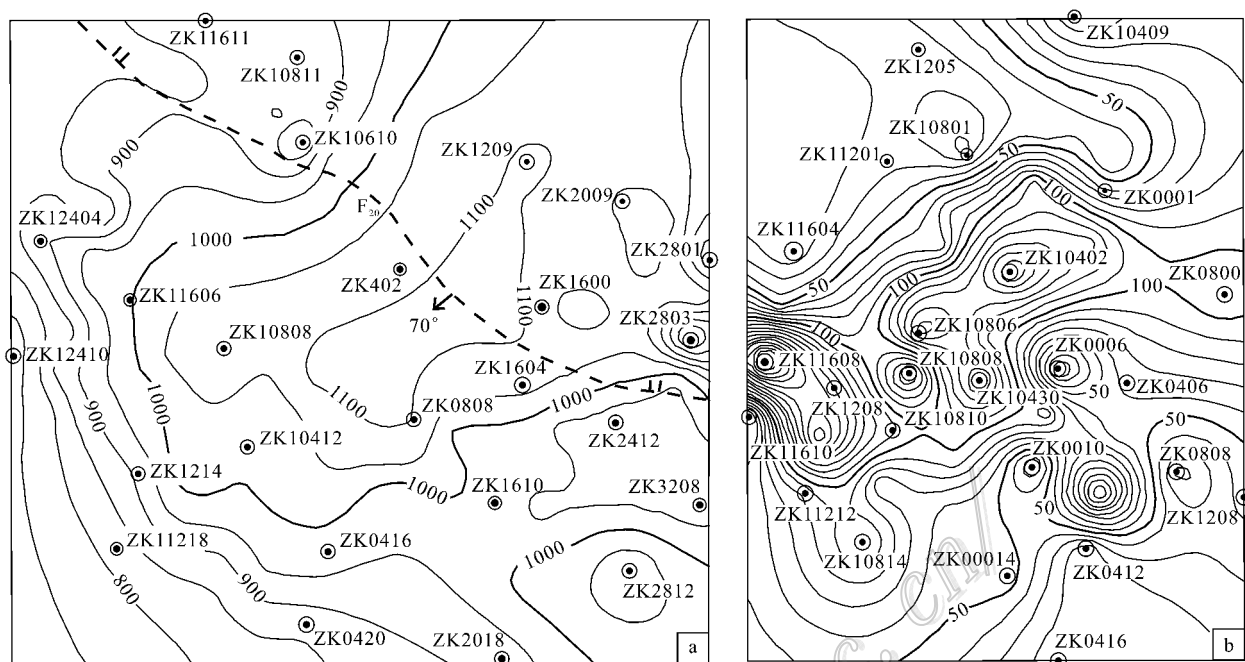


图4 石门寺矿区似斑状黑云母花岗岩岩株顶面等高线图(a)和花岗斑岩等厚线图(b)

Fig. 4 Top isobaths of porphyroid biotite granite (a) and isopach of granoporphyre (b) in the Shimensi W deposit

为一规模较大、顶部较平缓的岩株(图4a)。岩株顶部控制了热液隐爆角砾岩型矿体的分布,同时矿区东北部云英岩型钨铜矿体也分布于该岩株的顶部。似斑状黑云母花岗岩为灰白色,似斑状结构,基质中细粒结构,常见潜基连斑结构,块状构造。斑晶以条纹长石、石英和奥长石为主,奥长石为自形-半自形板状,一般具环带构造,条纹长石他形粒状,可见卡氏双晶,原生石英的粒径较大,一般为0.5~1 cm,长石斑晶大者大于2 cm。基质主要由奥长石、石英、白云母及黑云母组成,石英粒度一般小于0.4 cm,近等轴粒状,与部分白云母一起沿斑晶状长英质颗粒间溶蚀斑晶,形成锯齿状边缘和交代穿孔结构。

细粒黑云母花岗岩 以小岩株出露于矿区东南部,出露面积0.16 km²,深部向NW延伸至矿区中部。岩株顶部形态复杂,呈陡峻的多峰状起伏,常分枝呈脉状插入晋宁晚期黑云母花岗岩闪长岩及似斑状黑云母花岗岩中,接触界面陡立。细粒黑云母花岗岩为灰色,细粒花岗结构,部分地段含少量长石斑晶,块状构造。斜长石含量20%~21%,半自形板状,普遍具聚片双晶,少数卡-钠复合双晶,粒径0.6 mm×0.8 mm~1.4 mm×2.4 mm,钾长石为正条纹长石,含量33%~34%;石英透明,他形粒状,含量39%~40%;黑云母自形鳞片状,约占7%。

花岗斑岩 零星见于矿区中部和西南部,形态极不规则(图4b),常呈脉状膨大缩小、分枝复合。总体上分为走向NW、倾向NE与走向NE、倾向NW的2组脉群,倾角均较陡,受成矿期NW向和NE向2组扭性断裂控制。花岗斑岩颜色为浅灰色,含水时略带肉红色,斑状结构,块状构造。斑晶粒度以中细粒为主,斜长石10%~15%、石英20%、黑云母5%。基质主要是钾长石微粒,其次为少量石英和绢云母,光性模糊,隐晶结构。

从石门寺矿段同一标高燕山期岩浆岩的结构变化可以看出,从具似斑状结构、斑晶为粗粒、基质为中细粒的似斑状黑云母花岗岩→细粒花岗结构的黑云母花岗岩→具斑状结构、斑晶为中细粒、基质为隐晶质的花岗斑岩(侵入顺序由早到晚),粒度有规律地逐级变细。

(3) 花岗岩类接触关系

似斑状黑云母花岗岩侵入于晋宁期黑云母花岗岩闪长岩基中,岩株边缘粒度较小,在内接触带形成厚度不大的边缘相。两者之间接触界面清楚截然,且在内接触带发育厚0.5~1.5 m的似伟晶岩壳。似伟晶岩壳主要由巨晶钾长石充填,交代于似斑状黑云母花岗岩岩株边缘的收缩裂隙中,为矿区岩浆岩中一个清楚而稳定的标志层。巨晶钾长石自形程度

高,长轴总体平行排列,垂直接触界面生长,形成梳状构造。偶见似斑状黑云母花岗岩岩枝直接插入黑云母花岗岩中,未见似伟晶岩壳,岩枝或黑云母花岗岩闪长岩常蚀变为白色细粒长英岩脉;长英岩脉中见有与钾长石共生的绿色萤石和黑云母花岗岩闪长岩蚀变残余的浅紫色石英,以及糜棱岩蚀变残余呈定向排列的黑云母集合体。

细粒黑云母花岗岩侵入于黑云母花岗岩闪长岩中,众多钻孔揭示出,细粒黑云母花岗岩在约1000 m标高穿过似伟晶岩壳而侵入于似斑状黑云母花岗岩和黑云母花岗岩闪长岩中。矿区中部见细粒黑云母花岗岩呈脉动关系侵入于似斑状黑云母花岗岩之中,接触界面清楚;ZK0003、ZK0403、ZK0406等钻孔附近的地表可见零星出露的细粒黑云母花岗岩侵入于似斑状黑云母花岗岩及热液隐爆角砾岩之中。

矿区西南部见花岗斑岩脉侵入于黑云母花岗岩闪长岩中;中部地表见零星的花岗斑岩脉或岩枝侵入于似斑状黑云母花岗岩中,钻孔中见花岗斑岩穿切其他3类岩石单元,接触界面清楚,但极不规则。

2.3 矿区构造

石门寺矿区的构造具有多期性,主要有3种形式:韧性剪切带、断裂和节理。按走向可分为NNE向、NEE向、NE向和NW向4组,属于晋宁期NEE向构造体系和燕山期NNE向构造体系及其复合产物(图3)。

(1) 韧性剪切带

石门寺矿区北缘晋宁晚期黑云母花岗岩闪长岩中,发育一组走向NEE、倾向SSE、倾角中等的韧性剪切带。其中,石门寺韧性剪切带规模最大,后演化为硅化破碎带,为矿区主要的控矿构造,与NNE向仙果山-大湖塘-狮尾洞基底断裂的交叉部位为含矿岩体侵位的通道,控制着矿床的分布。

石门寺韧性剪切带出露宽100余米,向东延伸到靖安县新安里钨矿,向西延伸到田埠里、宋家坪一带,长达25 km以上;ZK11611等钻孔揭示其向南插入矿区深部(图5)。韧性剪切带分带现象明显,从两侧往中心,由糜棱岩化黑云母花岗岩闪长岩→糜棱岩→千枚糜棱岩→糜棱片岩。糜棱岩由棕黑色鳞片状黑云母条带与灰白色亚颗粒化的长石、石英条带或条纹组成,原岩结构、构造完全消失,S-C组构发育,S-C剪切面理产状 $160^{\circ}\angle 45^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 。

韧性剪切带的底部叠加了燕山期的强烈硅化,

形成厚20余米、产状与韧性剪切带一致的硅化带。硅化带地貌上突起,主要由白色微细粒石英岩组成,局部仍残留韧性剪切带的组构,偶见细粒黑钨矿、辉钼矿和黄铜矿化。在ZK11611孔见到燕山期细粒黑云母花岗岩岩枝侵入于硅化带中,地表可见燕山期花岗斑岩岩脉侵入于硅化带中。

成矿后,石门寺韧性剪切-硅化带仍有一定的活动。最为显著的是在燕山期构造应力场的作用下,继承了石门寺韧性剪切带的软弱性,紧靠其上盘底部形成了一条与之平行的逆冲断裂 F_{24} ,错断燕山期似斑状黑云母花岗岩与晋宁晚期黑云母花岗岩闪长岩之间的接触界面以及内外接触带中的矿体,断面上、下发育厚30~50 m不等的灰色隐晶质的低温硅化带,伴随有叶蜡石化和黄铁矿化,部分钻孔中还见有玉髓再次破碎形成的断层角砾岩。

(2) 断裂

导矿断裂 石门寺矿区的NW向断裂较发育,长度大于200 m的有 F_1 、 F_7 、 F_9 、 F_{11} 、 F_{20} 、 F_{22} 、 F_{23} (图3),产状陡立,倾向SW,局部倾向NE,断面平整,走向上呈舒缓波状,部分地段形成厚0.5~4 m的碎裂岩及构造透镜体,力学性质主要为扭性,运动方式主要为左行平移。其中, F_{20} 规模较大,多次活动且成矿期继承性明显,延伸1~2 km。

该组断裂主要形成于燕山期,为矿区重要的导矿构造。ZK1604孔与ZK0804孔之间的热液隐爆角砾岩体的分枝,沿 300° 走向的断裂呈狭长的带状分布。该断裂从燕山期似斑状黑云母花岗岩体顶部切穿接触界面,延伸到晋宁晚期黑云母花岗岩闪长岩中。在矿区中部8线至0线之间,热液隐爆角砾岩顺 F_{20} 贯入;8线至108线之间,燕山期细粒黑云母花岗岩和花岗斑岩明显受 F_{20} 控制,几乎全部分布于该断裂的南东侧。含矿石英大脉呈现靠近 F_{20} 发育、远离 F_{20} 则分布稀疏的现象,部分大脉接近 F_{20} 时,脉幅变厚并突然截止,构成“人字型”样式。

NW向断裂在成矿后仍有活动,多表现为正断层。在12线至24线之间,晋宁晚期黑云母花岗岩闪长岩与燕山期似斑状黑云母花岗岩之间的接触界面及内外接触带中的矿体被 F_{20} 错断,NNE盘上升,视断距200~250 m,其余NW向断裂对矿体的错动不大。

容矿断裂 含矿石英大脉沿成矿前及成矿期的断裂充填,产状主要有2组: $335^{\circ}\angle 65^{\circ}$ 和 $345^{\circ}\angle 55^{\circ}$ (图6),前者为成矿期形成的断裂,后者为改造利用

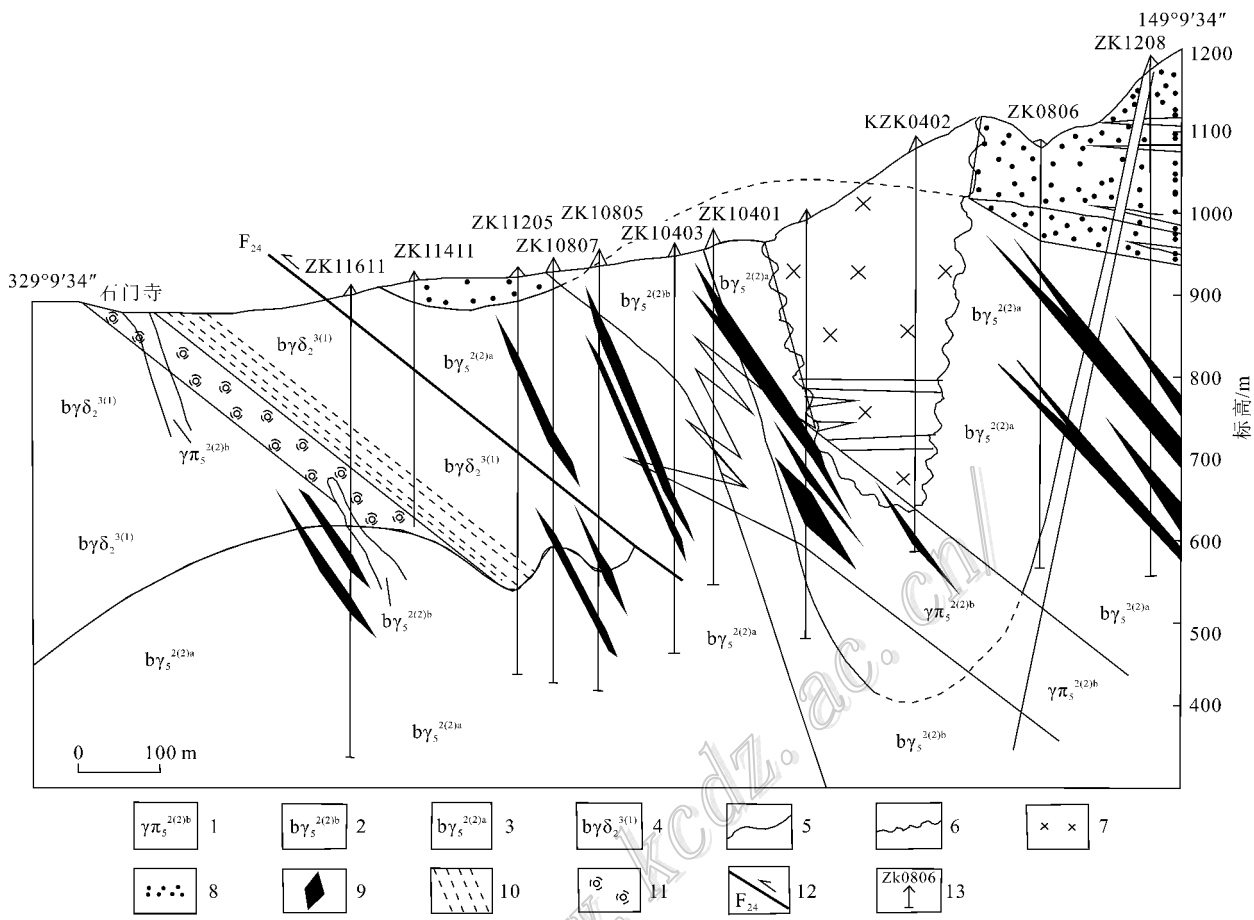


图 5 石门寺矿区 NW-SE 向勘探剖面略图

1—燕山期花岗斑岩;2—燕山期细粒黑云母花岗岩;3—燕山期似斑状黑云母花岗岩;4—晋宁晚期黑云母花岗闪长岩;5—不同岩石单元界线;6—热液隐爆角砾岩界限;7—热液隐爆角砾岩型矿体;8—细脉浸染型矿体;9—石英脉型矿体;10—糜棱岩、千枚糜棱岩及糜棱片岩;11—硅化;12—断层及编号;13—钻孔及编号

Fig. 5 Geological section along the NW-SE trending explosion line in the Shimensi W deposit

1—Granite-porphphyry of Yanshanian period;2—Fine-grained biotite granite of Yanshanian period;3—Porphyritic biotite granite of Yanshanian period;4—Biotite granodiorites of late Jinning period;5—Boundary of different granites;6— Boundary of hydrothermal cryptoexplosion breccias;7— Ore body of hydrothermal cryptoexplosion breccias type;8—Ore body of veinlet-disseminated type;9—Ore body of thick-vein type;10—Mylonite, phyllonite and mylonite schist;11—Silicification;12—Fault and its serial number;13—Drill hole and its serial number

成矿前的断裂。断面平整或呈缓波状,含矿石英大脉形态规则,厚度稳定,常平行成带出现,部分地段具尖灭侧现、分支复合现象。石英大脉中常见气化-高温阶段的白云母、黑钨矿和中温阶段的辉钼矿垂直两壁生长,形成对称分布的梳状构造,大脉中存在少量晶洞,充填方解石。PD1、PD2、PD3、PD801、PD1601、PD2201 等坑道中见多处断裂在成矿期左行平移形成的平行于脉壁的脉内剪切面,其中充填辉钼矿、黄铜矿等金属硫化物。PD2 有产状 $328 \sim 334^\circ \angle 62 \sim 65^\circ$ 、脉宽 10~20 cm 的黑钨矿石英大脉,脉内 X 型裂隙发育,其中充填着脉幅小于 1 mm 的

白钨矿微脉,且清楚地切割了两壁梳状生长的黑钨矿晶体。

(3) 节理

石门寺矿区成矿前及成矿期节理常等距(8~10 m)发育、平行分布,部分地段密集成带出现,一般延伸 100~200 m,局部具尖灭侧现特点。节理面平直且延伸较稳定,力学性质以扭性为主。矿区节理优势产状大致可分为 5 组(图 7):① $335^\circ \angle 60^\circ$,② $355^\circ \angle 60^\circ$,③ $15^\circ \angle 55^\circ$,④ $195^\circ \angle 60^\circ$,⑤ $155^\circ \angle 50^\circ$,其中以第①组和第②组节理最发育,它们改造和利用了成矿前的节理;第③组、第④组和第⑤组节

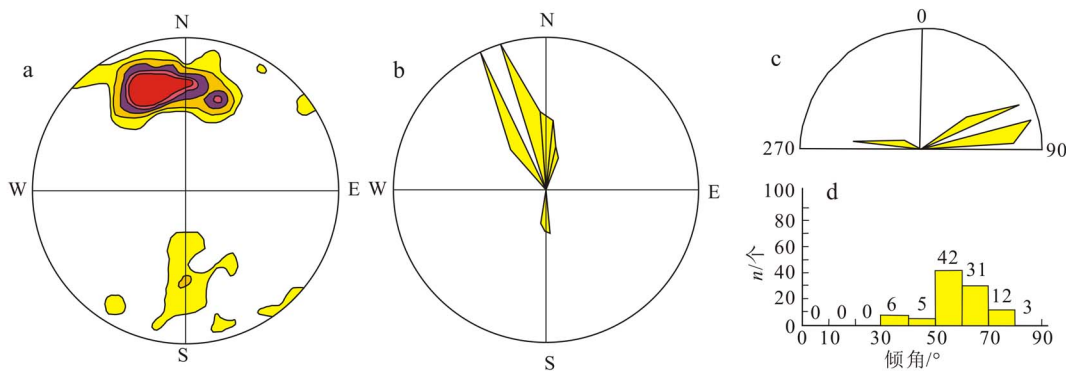


图 6 石门寺矿区含矿石英大脉产状统计图

a. 产状等密图；b. 倾向玫瑰花图；c. 走向玫瑰花图；d. 倾角直方图

Fig. 6 The statistics diagram for the ore lodes in the Shimensi ore area

a. Iso-density map of the attitude; b. Rose diagram of the inclination; c. Rose diagram of the strike; d. Histogram of the inclination angle

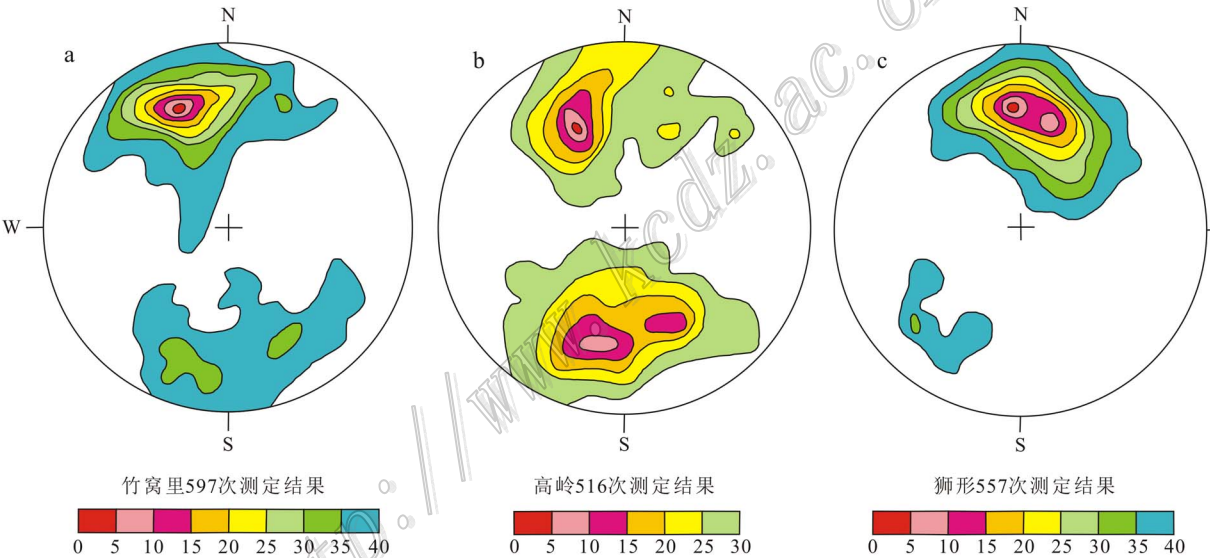


图 7 石门寺矿区含矿石英细脉及薄脉产状等密线图

Fig. 7 Iso-intensity diagram for the attitude of the ore-bearing thin quartz vein in the Shimensi ore district

理为成矿期新生节理。

3 矿体地质特征

石门寺矿区的矿体呈似层状、筒状、脉状分布于燕山期酸性花岗岩体上部及外接触带约 300~800 m 范围内,主要工业矿物为白钨矿、黑钨矿、黄铜矿、辉钼矿,矿石组构类型可划分为交代结构、固溶体分离结构、角砾状构造、浸染状构造、脉状构造,常见的围岩蚀变有钾长石化、云英岩化、绿泥石化、硅化。

综合分析石门寺矿区不同的矿体,它们在矿体

特征、矿物组合与矿石组构、矿化分带与围岩蚀变等方面有明显的区别,总体上可分为 3 种矿化类型:一是分布于矿区四周似斑状黑云母花岗岩与晋宁期黑云母花岗闪长岩内外接触带的似层状的细脉浸染型矿体,以外接触带的白钨矿为主;二是分布于矿区中部的热液隐爆角砾岩型矿体,矿体从似斑状黑云母花岗岩株顶部贯入黑云母花岗闪长岩中;三是平面与剖面上分布相对广泛、穿切矿区所有岩石单元和上述两类矿体的石英大脉型矿体。这 3 类矿体围绕成矿母岩——燕山期花岗岩体,共生或交织,形成石门寺独特的“一区三型”钨(伴生或共生铜、钼、锡、

锌、铋等)矿床(图 8、9、10)。

3.1 细脉浸染型矿体

(1) 矿体特征

细脉浸染型矿体分布于石门寺矿区四周,呈似层状产于燕山期似斑状黑云母花岗岩与晋宁晚期黑云母花岗闪长岩的内、外接触带,产状总体平缓,倾角 10~30°,与接触面的产状基本一致,随接触面产状一起变化(图 10)。其中,外接触带见厚大的黑云母花岗闪长岩型细脉浸染状矿体(I₁ 矿体),矿化连续性较好;内接触带的矿体较薄,较贫,夹石多,矿化连续性较差。主矿体(I₁ 矿体)走向最大延伸 1800 m,倾向最大延深 1200 m,水平投影面积为

1.50 km²,矿体出露标高为 1439.75~654.96 m。钨单工程最大厚度为 389.33 m,平均厚度 143.67 m;共生铜最大厚度为 134.69 m,平均厚度 7.46 m。

(2) 矿石矿物组成与组构特征

黑云母花岗闪长岩型细脉浸染状白钨矿体的矿石中,矿物组合较简单。主要金属矿物有白钨矿、黑钨矿、黄铜矿,偶见辉钼矿、磁黄铁矿、毒砂、斑铜矿、闪锌矿、黄铁矿、硫砷铜矿、砷黝铜矿等;主要非金属矿物为石英,其次为云母、长石、白云石等,它们的相对含量见表 1。

矿石结构类型主要有结晶结构、交代结构,金属矿物粒度较细,矿石构造以细脉-微脉浸染状构造为

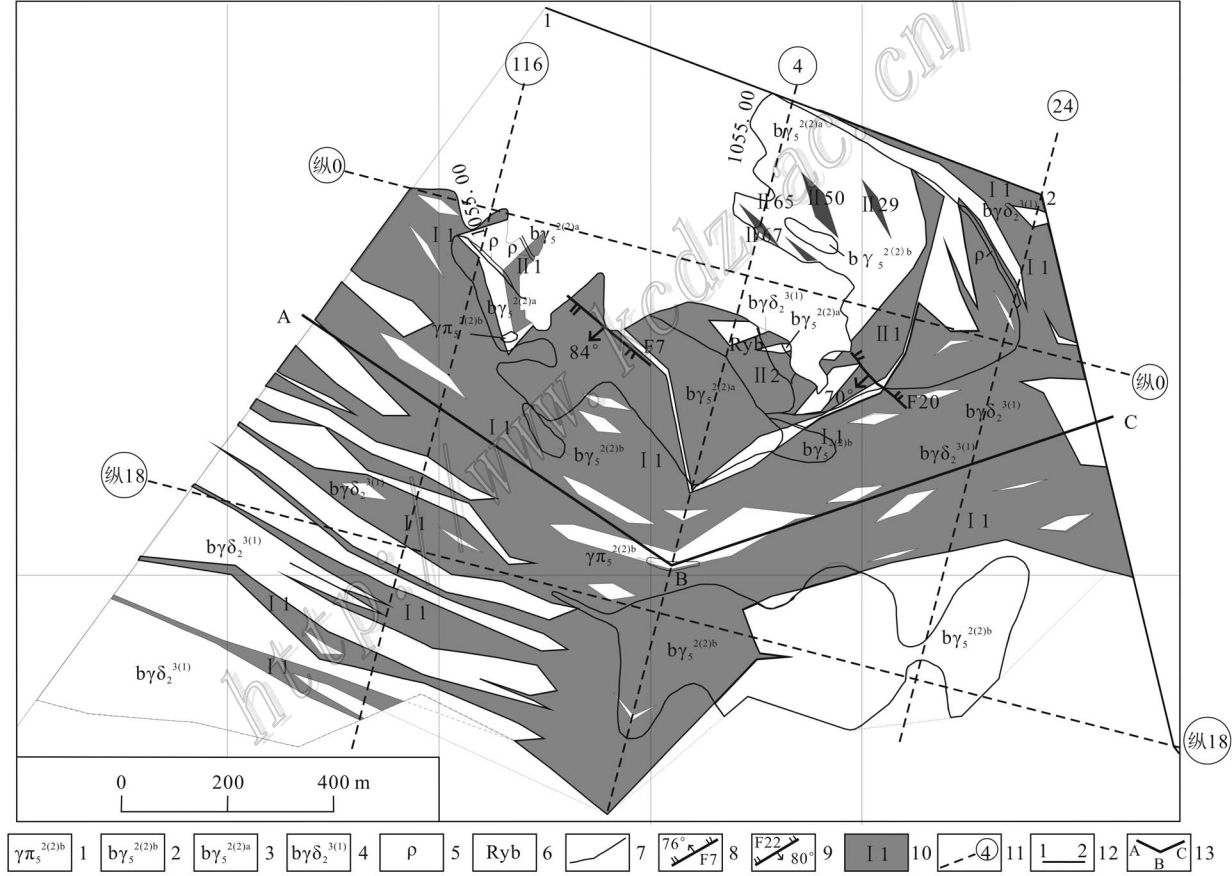


图 8 石门寺矿段 1055 m 中段地质平面图

- 1—燕山期花岗斑岩; 2—燕山期细粒黑云母花岗岩; 3—燕山期似斑状黑云母花岗岩; 4—晋宁晚期黑云母花岗闪长岩; 5—似伟晶岩;
6—热液隐爆角砾岩; 7—地质界线; 8—正断层及产状、编号; 9—逆断层及产状编号; 10—矿体及编号; 11—勘探线及编号;
12—矿权范围边界及拐点编号; 13—剖面线
- Fig. 8 Geological plan view at the 1055 m level of the Shimensi ore block
- 1—Granite-porphry of Yanshanian period; 2—Fine-grained biotite granite of Yanshanian period; 3—Porphyritic biotite granite of Yanshanian period; 4—Biotite granodiorites of late Jinning period; 5—Immiscibility; 6—Hydrothermal cryptoexplosion breccias; 7—Geological boundary;
8—Normal fault and its attitude; 9—hrust fault and its attitude; 10—Ore body and its serial number; 11—Exploration line and its serial number;
12—Boundary of the mineral right and serial number of the inflexion; 13—Line of section plane

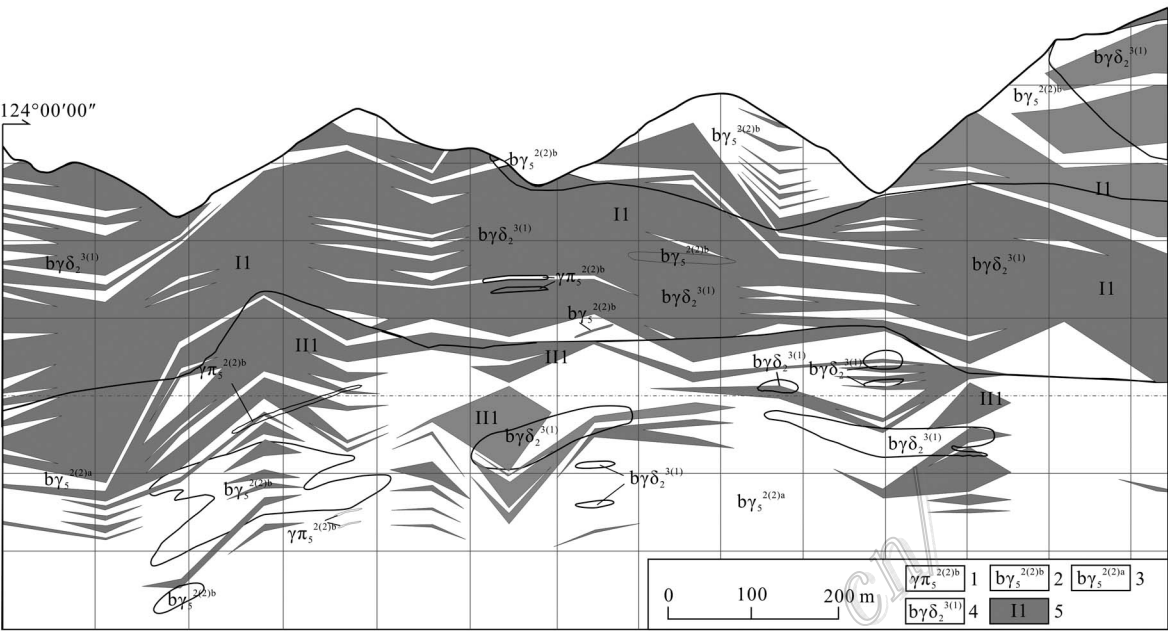


图 9 石门寺矿段纵 A-B-C 线地质剖面图

1—燕山期花岗斑岩；2—燕山期细粒黑云母花岗岩；3—燕山期似斑状黑云母花岗岩；4—晋宁晚期黑云母花岗岩闪长岩；5—矿体及编号

Fig. 9 A-B-C geological section of the Shimensi ore block

1—Granite-porphyry of Yanshanian period; 2—Fine-grained biotite granite of Yanshanian period; 3—Porphyritic biotite granite of Yanshanian period; 4—Biotite granodiorites of late Jinning period; 5—Ore body and its serial number

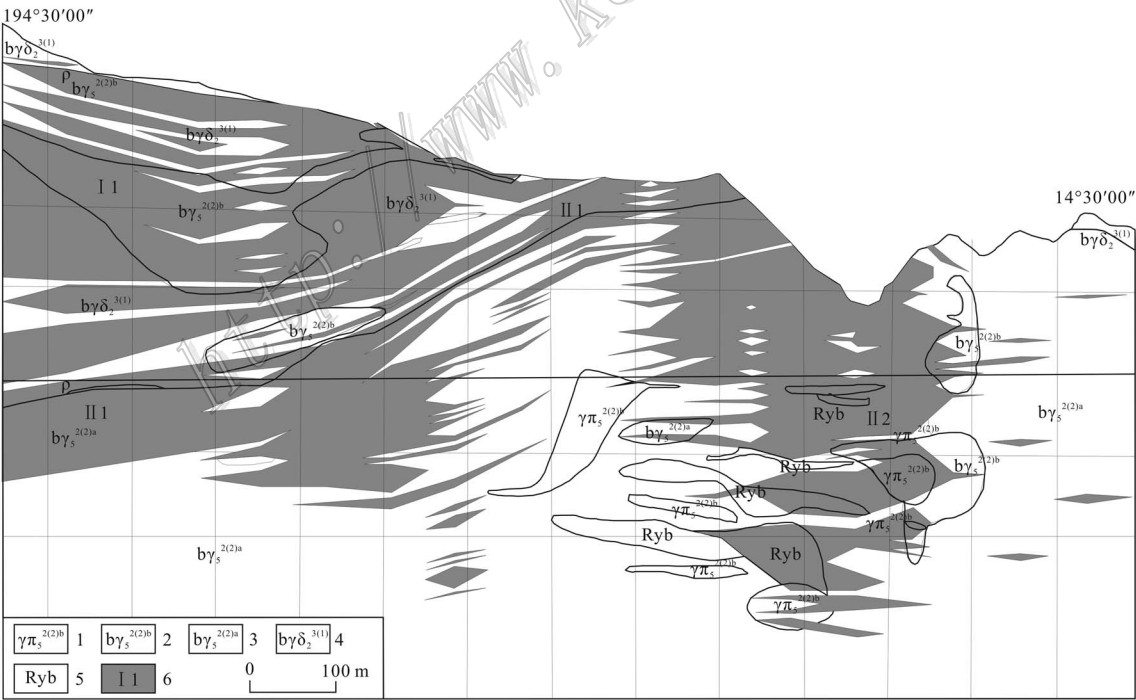


图 10 石门寺矿段 4 线地质剖面示意图

1—燕山期花岗斑岩；2—燕山期细粒黑云母花岗岩；3—燕山期似斑状黑云母花岗岩；4—晋宁晚期黑云母花岗岩闪长岩；5—热液隐爆角砾岩；6—矿体及编号

Fig. 10 Geological section along No. 4 exploration line of the Shimensi ore block

1—Granite-porphyry of Yanshanian period; 2—Fine-grained biotite granite of Yanshanian period; 3—Porphyritic biotite granite of Yanshanian period; 4—Biotite granodiorites of late Jinning period; 5—Hydrothermal cryptoexplosion breccias; 6—Ore body and its serial number

表 1 石门寺矿区黑云母花岗闪长岩型细脉浸染状白钨矿矿
石中各矿物组成

Table 1 Relative content of mineral compositions of the vein-
let-disseminated scheelite in the biotite granodiorite of the Shi-
mensi ore district

矿物	质量分数/%
白钨矿	0.16
黑钨矿	0.05
黄铜矿	0.20
黄铁矿	0.48
磁黄铁矿	0.04
毒砂	0.08
辉钼矿	0.02
辉铜矿	0.07
锡石	0.02
石英	55.90
云母	18.60
黏土矿物	11.90
长石	4.90
白云石	5.30
方解石	0.90
萤石	0.10
其他	1.25

据张晓峰 2011。

主。以细粒结构为主的白钨矿、金属硫化物及石英、绢云母等脉石矿物沿成矿裂隙充填、交代,形成脉幅小于 10 mm(部分脉幅小于 1 mm)的细脉-微脉状构造。白钨矿等金属矿物在石英细脉-微脉中呈小团块状、星散状分布(图 11a)。在矿体的不同部位,含矿石英细脉-微脉的形态及组合方式有所变化,可分为平行脉、交叉脉、树枝脉及网脉等构造。在含矿石英细脉-微脉脉侧及被石英细脉-微脉分割的蚀变围岩中,白钨矿、黑钨矿、金属硫化物呈星散状分布,形成稀疏浸染状构造或稠密浸染状构造(图 11c)。

白钨矿主要呈他形粒状,在石英细脉中局部颗粒较粗,个别可达 6 mm×2 mm,可见较完整的四方双锥晶形,常被辉钼矿穿切。黑钨矿呈自形-半自片状、粒状、针状,颗粒细小,可见被黄铜矿溶蚀。黄铜矿主要赋存于石英细脉与云英岩化黑云母花岗闪长岩中,常呈他形粒状集合体,小团块粒径一般 2~4 mm,在石英细脉中常与斑铜矿、辉钼矿共生,脉侧蚀变围岩中常与斑铜矿、闪锌矿、黄铁矿共生。辉钼矿多呈六方鳞片状自形-半自形单晶,片径一般 1~3 mm,大者 5 mm,在石英细脉中常与黄铜矿、白钨矿共生,并穿切白钨矿。

(3) 围岩蚀变与矿化分带特征

细脉浸染型矿体的近矿围岩蚀变普遍而均匀,面积广、厚度大,为面型蚀变。蚀变种类与围岩岩性关系密切,内接触带似斑状黑云母花岗岩中钾长石化明显,外接触带黑云母花岗闪长岩中黑鳞云母化强烈,二者共有的蚀变为云英岩化和绿泥石化。

在似斑状黑云母花岗岩体顶部的岩石中,常见钾长石交代斜长石斑晶的边缘,白色斜长石斑晶外包着一圈粉红色钾长石交代边。黑鳞云母化主要表现为黑云母花岗闪长岩中的黑云母被交代后形成细小鳞片状的黑鳞云母集合体,在接触面附近的局部,蚀变强烈时形成黑鳞云母岩。云英岩化与钨矿关系极为密切,主要表现为白云母交代围岩中的斜长石,当有石英细脉-微脉叠加时,云英岩化更强,脉侧带状云英岩厚一般 6~8 cm,宽者 20 cm。绿泥石化与黄铜矿化关系密切,主要表现为绿泥石交代原岩中的黑云母,形成由微晶叶片状绿泥石组成的集合体,集合体仍保留有原黑云母的轮廓,但边缘变得模糊而不整齐,岩石淡绿色或呈花斑状。

细脉浸染型矿体在垂直方向上矿化分带明显,由外接触带向内接触带,钨品位逐渐降低,铜品位有增高的趋势,钨与黄铜矿等金属硫化物有反消长关系。虽然内外接触带均见细脉浸染状钨矿化,但细脉浸染状白钨矿化主要出现在外接触带的黑云母花岗闪长岩中。矿体中钨的品位高低还与石英细脉的发育程度有关,与含脉率、含脉密度有一定的消长关系,在似斑状黑云母花岗岩中尤其明显,含脉率、含脉密度愈高,蚀变愈强,矿化也越强,钨的品位也越高。

3.2 热液隐爆角砾岩型矿体

(1) 矿体特征

热液隐爆角砾岩型矿体分布于矿区中部,剥露面积约 80 000 m²,剖面上位于燕山期似斑状黑云母花岗岩株顶部,部分地段延伸至晋宁晚期黑云母花岗闪长岩基中。中心部分基本完整,总体上为筒状,但矿体形态极为复杂,陡立、有众多分支、体积较大。平面上,矿体中心完整,周边分枝尖灭,已圈定的不同方向分支尖灭点间的最大直线距离 550 m;剖面上,矿体赋存标高从 580 m 至 1146 m,矿体在垂向上的延伸大于 500 m(图 8)。矿体内钨铜矿化基本连续,在水平方向上连续性较垂直方向好,单工程累计钨矿垂直厚度 38.86~282.88 m,平均厚度 162.46 m。铜矿化普遍较好,伴生铜品位为 0.1%~0.3%,

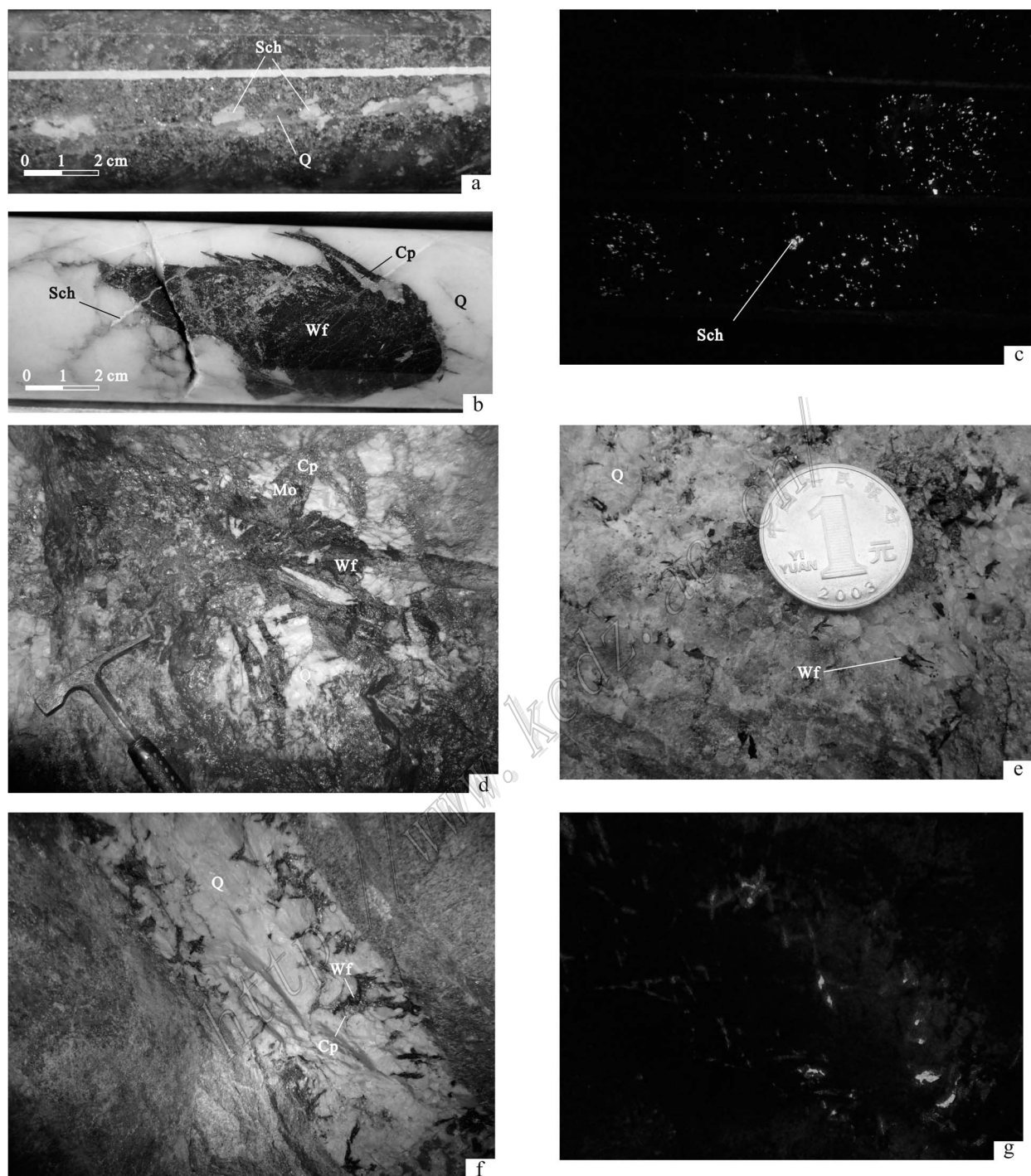


图 11 石门寺钨矿区矿石照片

a. 黑云母花岗闪长岩中的白钨矿石英细脉; b. 白钨矿微脉切割黑钨矿; c. 黑云母花岗闪长岩中稠密浸染状白钨矿, 荧光灯下; d. 热液隐爆角砾岩中的黑钨矿、白钨矿与黄铜矿、辉钼矿共生; e. 热液隐爆角砾岩中的稠密浸染状黑钨矿; f. 石英脉型矿石, 黄铜矿交代黑钨矿; g. 白钨矿沿脉内“X”裂隙充填并切割黑钨矿, 荧光灯下

矿物代号: Wf—黑钨矿; Sch—白钨矿; Mo—辉钼矿; Cp—黄铜矿; Q—石英

Fig. 11 Photographs of W-bearing ores in the Shimensi W ore district

a. Veinlet-type scheelite in biotite granodiorite; b. Veinlet-type scheelite cutting wolframite; c. Dense disseminated scheelite in biotite granodiorite, under the illumination fluorescent lamp; d. Wolframite and scheelite in association with chalcopyrite and molybdenite in hydrothermal cryptoexplosion breccia; e. Dense disseminated wolframite in hydrothermal cryptoexplosion breccia; f. Wolframite-quartz vein type ore, chalcopyrite replacing wolframite; g. Scheelite filling the “X” cracks and crosscutting wolframite, under the illumination fluorescent lamp

Mineral symbols: Wf—Wolframite; Sch—Scheelite; Mo—Molybdenite; Cp—Chalcopyrite; Q—Quartz

其中,ZK401 孔单层共生铜矿体厚达 106.01 m,铜品位 0.90%。

(2) 矿石矿物组成与组构特征

热液隐爆角砾岩型矿体的矿石矿物组合较复杂,矿物种类较多。主要金属矿物有黑钨矿、白钨矿、黄铜矿、辉钼矿、斑铜矿,其次为黄锡矿、闪锌矿、锡石、磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂,非金属矿物主要为石英、长石,另见有白云母、萤石、电气石、方解石等。

热液隐爆角砾岩型矿体最典型的特征就是角砾状构造,由以似斑状黑云母花岗岩为主的角砾和以石英为主的长英质胶结物两部分组成,黑钨矿、白钨矿、黄铜矿、辉钼矿等矿石矿物主要呈团块状、浸染状、微脉状分布于胶结物及岩块或角砾中(图 11d)。在隐爆的中心部位发现在似斑状黑云母花岗岩角砾中混杂有部分黑云母花岗闪长岩角砾,其原来的位置在 1100 m 之上的外接触带。在 ZK0400 孔深 107~109 m 的岩芯中尚见有黑云母花岗闪长岩角砾。

黑钨矿总体上粒度较细,主要呈自形片状、短柱状、针状稀疏分布于热液隐爆角砾岩强蚀变而形成的云英岩中,局部见稠密浸染状构造(图 11e)。热液隐爆角砾岩的胶结物破碎,板状黑钨矿晶体与辉钼矿、黄铜矿共生,沿长英质胶结物内的裂隙充填、交代,形成块状和角砾状钨铜钼矿石。

白钨矿主要呈微细粒他形粒状充填于热液隐爆角砾岩的角砾和胶结物中的裂隙内,形成白钨矿微脉。偶见乳白色、粗粒他形、强油脂光泽的白钨矿嵌布于热液隐爆角砾岩胶结物中,与磁黄铁矿共生。

黄铜矿主要呈他形粒状集合体,集合体块径 2~50 mm 不等。常与斑铜矿、黄锡矿、闪锌矿等金属硫化物共生,并在它们之间形成星点状、乳滴状、蠕虫状、格子状等多种形态的固溶体分离结构,多产于热液隐爆角砾岩的胶结物中,矿石中可见白钨矿微脉。与斑铜矿共生的黄铜矿,呈星点状、浸染状分布于热液隐爆角砾岩的云英岩化的角砾中。在地表十余米的深度内,常见黄铜矿被辉铜矿、铜蓝溶蚀。

辉钼矿为铅灰色,片径一般 3~5 mm,大者 20 mm,常与黑钨矿、黄铜矿共生,产于热液隐爆角砾岩的胶结物及其强蚀变而成的云英岩中。

矿体中常见晶洞构造。晶洞中主要为结晶完好的石英晶簇,有时为白色、叶片状方解石集合体,在石英晶体中偶见暗绿色、针状的电气石。晶洞内偶见长 2~4 mm 的自形短柱状黑钨矿晶簇,另见无色透明、立方体的细粒萤石晶簇。

(3) 近矿围岩蚀变种类与矿化分带特征

热液隐爆角砾岩型矿体中,钾长石化和云英岩化强烈,还有萤石化、电气石化等蚀变。钾长石化表现为长英质填充于胶结物中,似斑状黑云母花岗岩及黑云母花岗闪长岩角砾边缘出现粉红色钾长石,较小的角砾周围可形成钾长石的环带构造,角砾和岩块内形成大量粉红色的钾长石交代斑晶和密集的钾长石石英细脉。热液隐爆角砾岩体边缘云英岩化强烈,原岩的矿物成分、结构构造全部消失,形成宽十余米、长和深几十米的富石英云英岩体。

热液隐爆角砾岩型矿体逆向矿化分带明显,黑钨矿与黄铜矿等金属硫化物呈反消长关系。在 ZK406 等穿过热液隐爆角砾岩型矿体的钻孔中,由上而下,钨、锡品位明显降低,铜、钼品位显著增高。矿体上部见锡石与黑钨矿共生,与钾长石共生的萤石呈绿色及蓝色,在其下部 PD402、PD3、PD802 等平硐中,出现黄铜矿、黄锡矿等金属硫化物,与白钨矿微脉共生,与黄铜矿共生的萤石则变为紫色及黄色。

3.3 石英大脉型矿体

(1) 矿体特征

石英大脉型矿体分布于矿区中部约 0.8 km² 的范围内,穿切矿区各岩石单元和上述两类矿体。矿脉形态规则,脉壁平整,常平行成带出现,部分地段具尖灭侧现、分支复合现象,产状主要有 2 组:330~350°∠55~70°和 150~200°∠40~55°(图 6)。单一矿脉走向延长一般 120~200 m,最长可达 480 m,平均脉宽 20~40 cm,个别地段达 250 cm,最大斜深 350 m。

石英大脉型矿体厚度稳定,相对上述两类矿体品位较高,但矿化不均匀,黑钨矿常呈囊状集合体在石英脉中分段富集(俗称“砂包”),在矿脉分枝、交叉、产状急变、脉幅突缩等地段也常出现矿化富集。

(2) 矿石物质成分与组构特征

石英大脉型矿体的矿石中,矿物成分比较简单,主要由粗晶黑钨矿和块状石英组成,各矿体中的矿物组合大同小异。矿石矿物以黑钨矿为主,少量白钨矿,伴生金属矿物主要为辉钼矿、黄铜矿,脉石矿物有石英、白云母、方解石等。

黑钨矿常为粗大的板状或柱状晶体,长轴 3~6 cm 不等,多分布于大脉两壁,长轴垂直或斜交脉壁生长,形成对称梳状构造(图 11g),偶见板状粗晶黑钨矿呈放射状集合体分布于石英脉中,形成团块状构造。在 PD2 CM15-1 中石英大脉分叉的局部地

段,见自形-半自形柱状及粒状黑钨矿较均匀地分布于块状石英中,形成稀疏浸染状构造。ZK11206孔中偶见晶体细小的短柱状黑钨矿集合体在石英脉中心析出,形成条带状构造。

白钨矿沿石英大脉递进变形所产生的脉内裂隙紧密而连续地排列,形成脉幅小于1 mm的白钨矿微脉,且切割黑钨矿晶体或集合体(图11b),局部地段形成白钨矿石英大脉。

黄铜矿在石英大脉中常呈团块状、斑杂状他形粒状集合体产出,块径一般在5 mm以上;见其断续分布于石英脉两侧,形成对称带状构造;偶见黄铜矿沿石英脉内裂隙充填,与辉钼矿、细粒锡石、柱状毒砂和五角十二面体黄铁矿等共生,形成块状矿石。黄铜矿普遍交代黑钨矿(图11f),形成多种形态的溶蚀交代结构,部分坑道及钻孔中见黑钨矿被黄铜矿交代殆尽,仅保留黑钨矿的晶形和解理,构成较典型的交代假象结构。

辉钼矿呈六方片状,片径较大,一般5~10 mm,常见其沿石英大脉两壁垂直或呈放射状生长,形成对称梳状构造,早于其内侧的黄铜矿生成;另见其孤立地分布于石英大脉中,形成团块状构造;偶见其沿石英脉内的裂隙充填,与黄铜矿等其他金属硫化物共生,并被其他金属硫化物交代。

白云母为浅棕色六方鳞片状集合体,垂直石英大脉两壁生长,形成厚1~10 mm的云母壁。石英乳白色块状,油脂光泽强时,含矿性好。石英大脉内偶见晶洞构造,部分晶洞中生长着白色叶片状方解石集合体。

(3) 围岩蚀变种类与矿化分带特征

矿区石英大脉型矿体的两侧,一般都对称发育有宽窄不一的线型蚀变,且伴随着不同的矿化。同一岩石单元中,脉侧蚀变带的宽度与石英脉幅成正比,靠近脉壁蚀变作用较强。普遍且较强的蚀变为钾长石化和云英岩化,较弱但常见的蚀变种类有钠长石化和绿泥石化。当钾长石化和云英岩化都存在时,从石英脉壁至围岩,云英岩化在内、钾长石化在外,云英岩化叠加于钾长石化之上。当云英岩化强烈时,脉侧蚀变带又可从脉壁向外,细分为富云母云英岩、正常云英岩和富石英云英岩,脉内的钨或钼矿化也往往较强。当脉侧围岩为似斑状黑云母花岗岩或细粒黑云母花岗岩时,可见自形程度高、粒度粗的钠长石晶体嵌布在云英岩中,为云英岩化之后钠化叠加的结果。绿泥石化一般沿石英大脉内的裂隙充

填、交代,常与黄铜矿紧密共生。

除可粗略地看出黑钨矿与黄铜矿呈正相关、与辉钼矿呈负相关外,石英大脉型矿体不论是在水平方向还是在垂直方向,矿化分带都不太明显,矿物共生组合变化不大,品位与脉幅的关系也不明显。

3.4 矿体的时空分布特征

细脉浸染型矿体分布于石门寺矿区四周,呈似层状产于燕山期似斑状黑云母花岗岩与晋宁晚期黑云母花岗闪长岩的内、外接触带,以外接触带为主;热液隐爆角砾岩型矿体分布于矿区中部,出露面积约0.08 km²,位于燕山期似斑状黑云母花岗岩株顶部,部分延伸至晋宁晚期黑云母花岗闪长岩基中;石英大脉型矿体分布于矿区中部约0.8 km²的范围内,矿脉形态规则,脉壁平整,常平行成带出现。

据石门寺钨矿床辉钼矿 Re-Os 同位素定年资料,其 Re-Os 等时线年龄为(143.7±1.2) Ma(丰成友等,2012),与矿区燕山期花岗岩的形成时间基本一致。石门寺矿区燕山期经历了多次岩浆侵入活动,受岩浆底辟上侵产生的局部应力场的影响,成矿流体沿节理和裂隙充填、交代,在燕山中期花岗岩体与晋宁晚期黑云母花岗闪长岩的内外接触带形成细脉浸染型矿体;热液隐爆角砾岩型矿体是在似斑状黑云母花岗岩侵位后,硅酸盐阶段气化-高温流体被屏蔽在晋宁晚期黑云母花岗闪长岩之下,当九岭矿集区断裂下切至似斑状黑云母花岗岩株的顶部时,液态挥发组分瞬间气化,发生热液隐爆作用形成的;而石英大脉型矿体切穿矿区各岩石单元和上述两类矿体,应为晚期形成。

4 控矿因素分析

4.1 岩浆岩对成矿的控制作用

(1) 燕山期花岗岩

燕山期似斑状黑云母花岗岩、细粒黑云母花岗岩和花岗斑岩呈岩墙(脉)、岩瘤或小岩株产出。燕山期花岗岩形成于晚侏罗世—早白垩世,正处于由挤压向伸展扩张转换时期,为陆内拼贴挤压环境下形成的S型花岗岩。花岗岩为 $\alpha(\text{SiO}_2)$ 大于73%的弱钙碱性至弱碱性铝过饱和型花岗岩,富含F、As、B等有利于矿化的挥发分,成矿元素W、Sn、Mo、Cu等含量均较高(项新葵等,2012)。在空间上,燕山期花岗岩与矿区围岩接触部位即是矿化集中带,这表明了成矿与燕山期花岗岩体的亲缘关系,即钨铜钼矿

的成矿物质主要来源于岩浆,岩浆活动为成矿提供了物质活化、迁移、聚集所必需的热液、热动力等。

(2) 晋宁期黑云母花岗闪长岩

晋宁期黑云母花岗闪长岩岩基形成之后至燕山期之前,变形很弱,断裂构造不发育。黑云母花岗闪长岩致密、吸水率低(项新葵等,2011,2012),对成矿流体具有良好的屏蔽作用,有利于在下伏燕山期成矿岩体顶部及内外接触带形成细脉浸染型矿体。同时,黑云母花岗闪长岩的钙质成分较高,为白钨矿的形成提供了 Ca^{2+} ,从而与来自燕山中期花岗岩成矿流体中的 WO_4^{2-} 结合形成白钨矿。

4.2 构造与成矿

近 EW 向断裂控制着区内矿体、矿脉、矿化带的分布,也控制着燕山期岩浆岩的展布,是区内的主要控岩控矿构造,NE-NNE 向断裂也较发育,贯穿整个矿区,对区内成岩成矿也起了主导作用。

石门寺断裂(韧性剪切-硅化带)与仙果山-大湖塘-狮尾洞基底断裂的交汇部位控制着矿区燕山期含矿岩体的侵位和钨多金属矿床的分布,为矿区主要的控矿构造。成矿后,石门寺韧性剪切-硅化带仍有一定的活动,在燕山期构造应力场的作用下,紧靠其上盘底部形成了一条与之平行的逆冲断裂 F_{24} ,错断了似斑状黑云母花岗岩与黑云母花岗闪长岩之间的接触界面以及内外接触带中的矿体。

以 F_{20} 为代表的 NW 向断裂主要形成于燕山期,力学性质主要为扭性,运动方式主要为左行平移。其扭性断裂在成矿期活动,使岩体顶部的挥发组分瞬间减压、气化,形成隐爆角砾岩型矿体,并充填于部分断裂之中; F_{20} 还限制了部分细粒黑云母花岗岩、花岗斑岩的侵位及含矿石英大脉的分布,为矿区重要的导矿构造。NE 向断裂为矿区的主要容矿构造,在成矿阶段转化为张性,而形成矿脉(体)相对较厚石英大脉型矿体。

节理常等距离、平行分布,力学性质以扭性为主,主要由燕山期岩浆底辟上侵形成的局部应力场和区域构造应力场共同作用形成。成矿时,受岩浆底辟上侵产生的局部应力场的影响,节理转化为张性或张扭性,成矿流体沿多组节理、裂隙充填、交代,在内外接触带形成细(网)脉带型矿体,或在外接触带中形成厚大的透镜状或似层状细脉浸染型矿体。

4.3 围岩蚀变与成矿

石门寺矿区的主要金属矿物有黑钨矿、白钨矿、黄铜矿和辉钼矿,其中以产出于黑云母花岗闪长岩

中的细脉浸染状白钨矿为主。形成钨矿除矿液中有足够的钨外,还必须有大量的铁、钙质。黑鳞云母(铁锂云母)是黑云母的蚀变矿物,黑云母蚀变析出的 Fe^{2+} 部分与矿液中的 WO_4^{2-} 结合形成黑钨矿,部分仍滞留于锂云母中,形成黑鳞云母,而在钾长石化以及云英岩化过程中,斜长石中的 Ca^{2+} 被释放出来(朱焱龄等,1981),与来自燕山期花岗岩成矿流体中的 WO_4^{2-} 结合形成细脉-微脉浸染状白钨矿脉,从而在外接触带的晋宁晚期花岗闪长岩中形成较厚的似层状细脉浸染型矿体。

5 找矿方向探讨

(1) 细脉浸染型和热液隐爆角砾岩型钨铜钼矿体的发现,改变了以往只专注评价石英大脉型黑钨矿的找矿思路。发现赋存于燕山期似斑状黑云母花岗岩株外接触带、晋宁期黑云母花岗闪长岩中的细脉浸染状白钨矿厚大的似层状矿体,为矿区及九岭矿集区提供了新的找矿思路。

(2) 石门寺钨多金属矿床是以黑云母花岗闪长岩型细脉浸染状白钨矿为主的大型矿床,钨多金属矿床主要与燕山期的贫钙富碱的亚碱性系花岗岩有关,岩石中有 W、Cu、Mo、F 等高的综合异常,其中燕山期似斑状黑云母花岗岩与晋宁期黑云母花岗闪长岩的接触带矿化最好,以外接触带为主。

(3) 似伟晶岩壳是寻找矿体的有利标志。在燕山期似斑状黑云母花岗岩与晋宁期黑云母花岗闪长岩接触部位,形成一层分布稳定、厚 0.5~1.0 m 的似伟晶岩壳。

6 结 论

(1) 石门寺矿区钨多金属矿床的形成与燕山期酸性深成至浅成花岗岩体关系极为密切,矿床成因类型为岩浆期后高中温热液矿床,矿体的工业类型为细脉浸染型、热液隐爆角砾岩型和石英大脉型,具有多次成矿和“一区三型”的特点。其中,黑云母花岗闪长岩中细脉浸染状白钨矿矿体 WO_3 的资源储量占整个矿区 WO_3 资源储量的 74% 以上。

(2) 矿区内成矿母岩为具似斑状结构、斑晶为粗粒、基质为中细粒的似斑状黑云母花岗岩,细粒花岗岩结构的黑云母花岗岩,具斑状结构、斑晶为中细粒、基质为隐晶质的花岗斑岩,其形成时深度依次变

小、侵入时间依次变晚。

(3) 石门寺矿区地质找矿的重大突破表现为3个方面:一是矿种的突破,新发现白钨矿、锡石、黄锡矿、闪锌矿,尤其是白钨矿的发现改变了矿区仅专注于黑钨矿的历史;二是矿床类型的突破,即新发现细脉浸染型和热液隐爆角砾岩型的钨铜钼矿体,改变了以往只重视石英大脉型黑钨矿的找矿思路,尤其是赋存于燕山期似斑状黑云母花岗岩株外接触带晋宁期黑云母花岗岩闪长岩中、以细脉浸染状白钨矿为主的、厚大的似层状矿体,为矿区及九岭矿集区指明了新的找矿方向;三是资源储量的突破,正是新的矿种和矿床类型的发现,极大地扩大了矿区资源储量远景。

(4) 石门寺矿区的成矿地质条件极具代表性,矿床类型齐全而典型,矿化的时空分布规律清晰,找矿标志明显,对九岭矿集区、赣北地区乃至江南地块中生代成矿带的钨多金属找矿工作具有指导作用。

志 谢 工作中得到江西省地质矿产勘查开发局彭泽洲局长、余忠珍副局长、黄水保处长和江西省国土资源厅项尝培副厅长、许建祥处长的全力支持,得到陈毓川院士、叶天竺研究员、张德全研究员、丰成友研究员、毛景文研究员、包家宝教授级高工等多位专家的指导。在此谨志谢意!

参考文献/References

丰成友,张德全,项新葵,李大新,瞿泓滢,刘建楠,肖 晔. 2012. 赣西北大湖塘钨矿床辉钼矿 Re-Os 同位素定年及其意义[J]. 岩石学报, 28(12): 3858-3868.

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.

黄兰椿,蒋少涌. 2012. 江西大湖塘钨矿床似斑状白云母花岗岩锆石 U-Pb 年代学、地球化学及成因研究[J]. 岩石学报, 28(12): 3887-3900.

江西省地质矿产局. 1984. 江西省区域地质志[M]. 北京:地质出版社. 1399-1409.

李献华,李正祥,葛文春,周汉文,李武显,刘 颖. 2001. 华南新元古代花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 矿物岩石地球化

学通报, 20(4): 271-273.

林 黎,余忠珍,罗小洪,丁少辉. 2006a. 江西大湖塘钨田成矿预测[J]. 东华理工学院学报, 增刊: 139-142.

林 黎,占岗乐,喻晓平. 2006b. 江西大湖塘钨(锡)矿田地质特征及远景分析[J]. 资源调查与环境, 27(1): 25-32.

毛景文,谢桂青,张作衡,李晓峰,王义天,张长青,李永峰. 2005. 中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其动力学背景[J]. 岩石学报, 21(1): 169-188.

王登红,陈郑辉,黄国成,武国忠,陈 芳. 2012. 华南“南钨北扩”东钨西扩”及其找矿方向探讨[J]. 大地构造与成矿学, 36(3): 322-329.

项新葵,汪石林,詹国年,孙德明,谭 荣,钟 波,钟江明. 2011. 赣北石门寺矿区细脉浸染型白钨矿的发现及其找矿意义[A]. 见:江西省地质学会. 江西地学新进展[C]. 华东六省一市地学论坛, 2011. 南昌:江西科学技术出版社. 70-76.

项新葵,汪石林,詹国年,钱振义,李 辉,许建华. 2012. 赣北石门寺矿区钨多金属矿床成矿地质条件初步研究[J]. 地质找矿论丛, 27(2): 143-155.

徐志刚,陈毓川,王登红,陈郑辉,李厚民. 2008. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京:地质出版社. 98-99.

杨明桂,梅勇文. 1997. 钦-杭古板块结合带与成矿带的主要特征[J]. 华南地质与矿产, 3: 52-59.

杨明桂,曾 勇. 2006. 中国东南部几个区域地质问题[A]. 江西省地质学会编. 加强地质工作,促进可持续发展-2006 年华东六省一市地学科技论坛论文集[C]. 南昌:江西科学技术出版社. 1-9.

余忠珍,罗小洪. 2002. 江西北部成矿地质环境与成矿特征[J]. 资源调查与环境, 23(4): 257-265.

张晓峰. 2011. 江西武宁大湖塘北区(铜钼锡)矿选矿流程试验研究报告[R]. 湖南有色金属研究院. 7-30.

钟玉芳,马昌前,余振兵,林广春,续海金,王人镜,杨坤光,刘 强. 2005. 江西九岭花岗岩类复式岩基锆石 SHRIMP U-Pb 年代学[J]. 地球科学, 30(6): 685-691.

周涛发,范 裕,袁 峰. 2008. 长江中下游成矿带成岩成矿作用研究进展[J]. 岩石学报, 24(8): 1665-1678.

朱焱岭,李崇佑,林运淮. 1981. 赣南钨矿地质[M]. 南昌:江西人民出版社. 292-310.

朱裕生,王全明,张晓明,方一平,肖克炎. 1999. 中国成矿区(带)划分及有关问题[J]. 地质与勘探, 35(4): 1-4.

左全狮. 2006. 江西九岭西段大湖塘-李扬斗成矿区成矿地质条件分析及进一步找矿前景评价[J]. 资源环境与工程, 20(6): 348-353.