广西油麻坡钨钼矿床地质特征及成因探讨

付 强[1]，葛文胜[1]，温长顺[1]，李世富[2]，李小飞[1]，张志伟[1]

（1 中国地质大学，北京 100083；2 广西第六地质队，广西 贵港 537100）

1 成矿地质背景

油麻坡钨钼矿床位于博白—岑溪断裂带的西南段的博白县境内，处在云开隆起与钦州地槽的交切部位。博白—岑西造山带在地质历史演化过程中发生了多期构造运动，至燕山晚期区域拉张作用明显加强并伴随大规模的岩浆活动及成矿事件[1]，在断裂带西南段形成了油麻坡钨钼矿、安垌钼钨矿、三叉冲钨矿、米场钨钼矿等一系列矽卡岩型钨钼矿床（图 1），其中油麻坡矿床最为典型，也最具勘探开发前景。

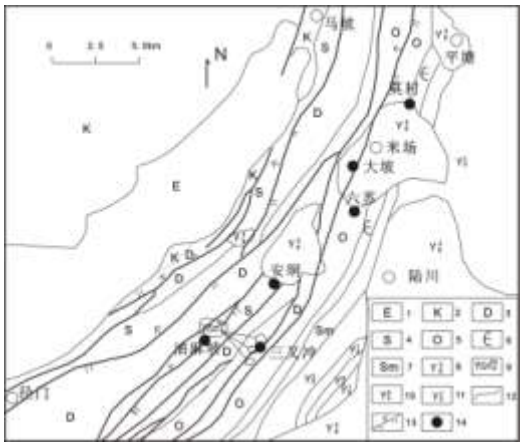


图 1 博白县油麻坡钨钼矿床区域地质略图

1—第三系；2—白垩系；3—泥盆系；4—志留系；5—奥陶系；6—寒武系；7—志留系混合岩；8—燕山晚期黑云母花岗岩；9—燕山晚期花岗闪长斑岩；10—加里东晚期花岗岩；11—加里东早期花岗片麻岩；12—地质界线；13—断层；14—钨钼矿床

矿区及其外围出露地层有志留系下统莲滩群下组（S_1L_n）石英片岩、二云石英片岩等；泥盆系下统（D_1）莲花山组绢云石英片岩、细砂岩、大理岩等，和中统（D_2）信都组轻变质～变质粉砂质泥岩、细砂岩等。研究区内构造复杂，褶皱多不完整，而以大致平行地层走向的北东向断裂为主。区内岩浆活动频繁，有加里东期花岗岩和燕山期酸性岩体及火山岩。侵入体总体呈北北东向展布，与区域构造线近平行或斜交，生成多与断裂有关。其中和成矿有关系的多为燕山晚期第二次侵入的花岗岩类，油麻坡钨钼矿产在与花岗闪长斑岩体有关的接触交代矽卡岩中。

2 与矿化有关岩体特征

油麻坡钨钼矿床位于博白—岑溪断裂带西南段的北西侧，在空间与油麻坡花岗闪长斑岩体密切相关。岩体出露面积约 l.5 km^2，侵入在志留系下统莲滩群、泥盆系下统地层中。岩体除西侧边缘出露有黑云斜长花岗斑岩外，主要为黑云花岗闪长斑岩，斑晶约占总量 40%～60%，成分主要为斜长石，次为钾长石、黑云母等，基质具微～细粒花岗斑状结构。岩石 SiO_2 的含量 58.79%～71.19%，全碱含量为 5.43%～6.59%，样品 KO_2 含量>NaO_2，在 Na_2O-K_2O 图解（图略）上位于 I 型向 S 型花岗岩过渡区。 A/CNK<1，A/NK>1，属于偏铝质花岗岩，岩体分异指数 Di 平均 72.15，固结指数 Si 平均 13.87。∑REE=117.59×10^{-6}～182.5×10^{-6}，低于世界平均花岗岩(∑REE 为 254.3×10^{-6}，Vinogradov，1962)，LREE>HREE，$(La/Yb)_N$>10， 轻稀土元素明显富集，δEu 值平均为 0.85，略亏损，稀土元素配分曲线为明显右倾型，明显不同于典型 S 型花岗岩常表现出的“海鸥型”的分配型式。微量元素中，W、Mo、Cu、Sn、Bi、Ag、V 含量较高，Cr、Ni、Ti、Ba 含量偏低； Nb/Ta 值为 8.03～18.97，均值 15.37，其值介于下地壳（8.3，Rudnick and Gao，2003）和原始地幔(17.5±2.0)值之间，也反映了壳幔混合型的花岗岩的特点。黑云母 K-Ar 法测得黑云母花岗闪长斑岩的形成年龄 110 Ma❶，根据油麻坡钨钼矿床与岩体密切时空联系可判断成矿时间应在燕山晚期，滞后于南岭地区钨成矿的高峰期 150～160 Ma。

3 矿床地质特征

（1）矿床产出特征：矿床产于花岗闪长斑岩与泥盆系下统莲花山组（D_1l）及志留系大岗顶组（S_1d）灰岩接触带中，矿体产状与地层产状基本一致，沿北东—南西向展布。矿体沿倾向或走向呈层状、似层状、透镜状。

（2）围岩蚀变：外接触带主要表现为矽卡岩化、硅化、大理岩化、绿泥石化、云英岩化，其中矽卡岩化、硅化与钨钼矿成矿关系密切；内接触带花岗岩主要表现为钾长石化、钠长石化、硅化、云英岩化。

（3）矿石组成特征：矿石中的主要金属矿物有白钨矿、辉钼矿、辉铋矿、辉锑矿、黄铁矿等。主要脉石矿物有石榴石、透辉石、阳起石、石英、白云母等。矿石结构主要有细粒状、粒状、交代结构。矿石构造以致密块状和浸染状为主，其次为细～微脉状构造、网脉状构造。根据有用矿物与脉石矿物的共生组合关系，矿区矿石类型大致可分为矽卡岩型、云英岩化斑岩型、云英岩脉型、石英脉型等。

（4）成矿期与成矿阶段：根据矿石矿物共生组合、结构构造特征以及各种矿物之间相互穿插、交代关系，矿床的形成可划分为干矽卡岩阶段、湿矽卡岩阶段、石英硫化物阶段和碳酸盐阶段。

第一作者简介 付 强，1985 年生，硕士研究生，矿床学专业。Email:1234feimawangzi@163.com

❶古文泉，等. 1986. 广西区域地质调查研究院.玉林、隆盛、沙田、米场幅 1/5 万区域地质调查报告.

4 成矿流体特征

4.1 同位素地球化学特征

本次共分析钨钼矿石中的 5 件黄铁矿、2 件辉钼矿、2 件辉锑矿样品的硫同位素组成，测得 $\delta^{34}S$ 数值范围为 1.4‰～3.1‰，平均值为 2.01‰，样品均方差 1.81，具有变化范围窄、硫同位素组成相对均一的特点，呈现塔式分布，接近陨石硫组成，表明油麻坡钨钼矿床中的硫主要来自岩浆流体。

4.2 稀土元素特征

自接触带向外，根据蚀变分带特征，矿床岩性可依次划分为矽卡岩-角岩-蚀变大理岩-大理岩，伴随着矿化蚀变作用的减弱，其稀土总量也呈现降低的趋势，轻、重稀土元素的分馏程度明显增强，直至大理岩已出现明显的向右“陡倾”特征（图 2a）。与此同时，Eu 负异常逐渐减弱直至出现正异常。稀土元素这种变化趋势表明矿化溶液应为来自斑岩体的蚀变流体，它将斑岩体中的稀土元素，带入围岩地层中，并在矿化、蚀变过程中沉淀富集下来。随着花岗岩体的控制和影响逐步减弱，围岩和大气降水的叠加影响逐步深化，成矿逐渐向氧化环境转化。

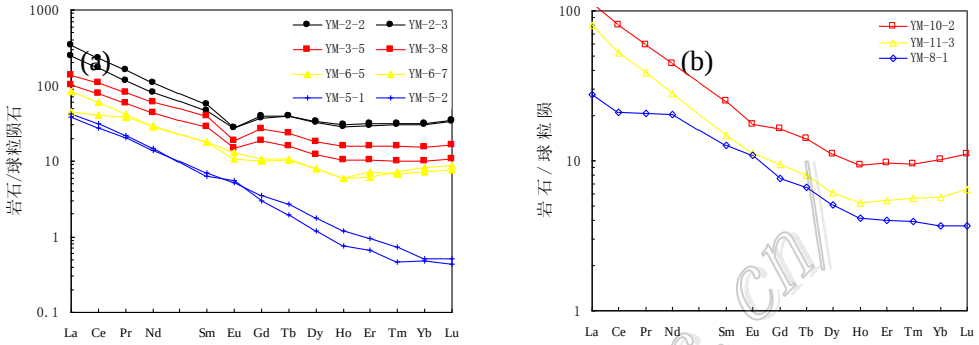


图 2 油麻坡钨钼矿岩石、矿石矿物稀土元素配分模式图

YM-2-2、YM-2-3：矽卡岩；YM-3-5、YM-3-8 角岩；YM-6-5、YM-6-7： 蚀变大理岩；YM-5-1、YM-5-2：大理岩
YM-10-2：花岗闪长斑岩；YM-11-3：钨钼矿—云英岩型；YM-8-1：钨钼矿—石英脉型

云英岩脉和石英脉作为岩浆期后气成热液直接分异演化的产物，大量叠加、穿插于矽卡岩的内外接触带上，通过对矿区云英岩型矿石、石英脉型矿石与花岗岩稀土元素特征的对比可以发现以下特征（图 2b），花岗岩和云英岩脉型矿石相比，前者稀土总量较高，但两者具有相似的分配曲线特征，以强烈富集轻稀土，具弱的负铕常为特征。反映了云英岩型钨钼矿和花岗岩之间具有密切的成因联系。石英脉型钨钼矿与花岗岩相比较，可以看出两者之间有明显的变化，如前者比后者的 REE 总量要低，Ce 负异常增大，Eu 从负异常向正异常转变等。反映出从岩浆到热液流体过渡和转变过程中，RRE 分配特征呈现一定的演化规律，也同时说明了成矿环境逐步转换为氧化环境。

4.3 微量元素特征

钨钼矿石主要赋存于矽卡岩中及硅化大理岩中，少量分布在石英脉、云英岩脉中，w(W) 为 0.10%～0.56%，其相伴生的组分还有 Mo、Bi、Cu、Pb、Sn 等金属元素。岩体微量元素 w(W)、w(Mo)、w(Bi)分别是维氏值的 4～650，0.9～27.9，2 400～85 230 倍。区域地层存在以 W、Mo、Pb、Zn 为主的区域性高背景值[2]，元素含量较高者主要集中在下中泥盆统海相碎屑岩—沙泥岩中，其 W、Mo 平均含量为地壳克拉克值 4 倍及 20 倍，这可能是该区域多期次岩浆侵入和构造运动不断使围岩与岩浆热液中的成矿元素及伴生元素相互叠加富集的结果。由此反映成矿物质除了来自花岗闪长斑岩外，围岩也可能是重要的矿源层之一。

4.4 流体包裹体特征

我们选取钨钼矿石中的石英进行研究，发现其内流体包裹体较发育，包裹体大小一般为 2～14 μm，主要类型有液相、气液两相、含 L_{CO2} 多相包裹体。气液两相包裹体的气相分数一般为 15%～25%，最高达 70%。均一温度的范围从 148℃到 410℃，主要峰值为 210～320℃，盐度 $w(NaCl_{eq})$为 7.85%～12.99%，密度为 0.73～0.92g/cm^3。成矿流体为岩浆热液，具有中高温、低盐度、低密度、富 CO_2 的特征。

5 矿床成因探讨

博白—岑溪断裂带处在云开隆起与钦防拗陷的结合部位，深部地球物理研究表明，博白—岑溪断裂带是广西地壳最薄的地区，油麻坡钨钼矿床产于该断裂带的北西段幔隆部位。该结合带是是中生代地质构造相对薄弱而伸展构造最强烈地方，有利于地幔上隆及地幔岩浆底侵作用的发生。基性岩浆的底侵，诱发地壳物质的部分熔融，基性岩浆与酸性岩浆发生混合作用后经分异演化成富钨钼的 I 型花岗闪长斑岩体，当与区内碳酸盐地层相遇并发生接触交代时，含矿热液沿侵入接触带发生运移并在有利构造部位聚集形成接触交代型的矽卡岩矿床。根据本区矽卡岩矿床产出的地质环境、矿床与控矿岩体的密切时空联系、微量稀土特征、同位素特征、流体包裹体研究成果，笔者认为油麻坡钨钼矿床是与花岗闪长斑岩有关的岩浆期后浅成中—高温热液交代型矿床，成矿流体及矿质主要来自岩体，地层及围岩也可能提供部分成矿物质。前人研究表明，桂东地区自海西—印支期到燕山期花岗质岩石的生成热值明显增高，使成矿环境长期保持在一个热的状态，不仅有利于岩体本身的分异与成矿，而且有助于在岩体周边形成一系列对流循环系统，从围岩中萃取成矿物质，在适宜的构造环境中卸载成矿。有利的构造环境、热动力、成矿地球化学条件使得博白及周边地区有望发展成一个以矽卡岩矿床为主的钨钼多金属矿化集中区。

http://www.kcdz.ac.cn/