

大兴安岭南段二叠纪盆地中喷流型 矿化的初步研究*

Preliminary Study on Submarine Exhalative Mineralization in Permian Basins in Southern Segment of Da Hinggan Mountains, China

刘建明 张瑞斌 叶杰 李潮峰 李永兵

(中国科学院地质与地球物理研究所矿产资源研究重点实验室, 北京 100101)

Liu Jianming, Zhang Ruibin, Ye Jie, Li Chaofeng, Li Yongbing

(Key Laboratory on Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics CAS, Beijing 100101, China)

摘要 大兴安岭南段是我国北方著名的锡-多金属成矿区, 燕山期火山-侵入岩广泛出露, 因此认为区内矿床大都是与燕山期岩浆活动有关的热液矿床。但是, 区内近 90%的矿床却产在二叠纪地层中, 显示了与二叠纪沉积地层的密切联系。本文以其中的黄岗铁-锡矿床和大井锡-多金属矿床为例, 通过系统的地质学、岩相学、矿物学、组构学和地球化学研究, 证明大兴安岭南段在二叠纪沉积盆地演化过程中可能曾经有重要的水下热液喷流成矿作用发生, 尽管历来被人们所忽视, 但其重要性可能并不亚于燕山期的岩浆热液成矿作用。

关键词 锡-多金属矿床 层状夕卡岩 菱铁绢云硅质岩 Sedex型矿床 大兴安岭南段

隶属兴安地槽褶皱系的大兴安岭南段是我国北方著名的锡-多金属成矿区, EW向古亚洲洋构造域与NNE向滨太平洋构造域在此强烈叠加, 广泛出露燕山期陆相中酸性火山岩、花岗质侵入岩以及二叠系火山-沉积岩。区内矿床历来被认为是由燕山期岩浆活动有关的热液形成的(张德全等, 1993, 1994; 杨志达等, 1997)。我们的近期工作表明, 除燕山期热液成矿外, 可能还有与二叠纪盆地演化有关的沉积喷流成矿作用发生。这为全面准确地认识本区的成矿作用并建立矿床勘查地质准则, 提供了新的思路。本文仅以其中的黄岗铁-锡矿床和大井锡-多金属矿床为例加以论述。

1 二叠纪沉积盆地演化与区域成矿特征

古亚洲洋是一个复杂的多岛洋系统, 散布在大洋中的众多微陆块沿俯冲带相继与南(华北克拉通)、北(西伯利亚克拉通)两板块的增生大陆边缘对接碰撞。本研究区在二叠纪时既具残留盆地性质, 又显示活动大陆边缘火山岩浆弧的特征。二叠纪岛弧型火山岩广泛发育, 北东向延伸的弧间海槽和脊状隆起并列, 沉积相变非常剧烈。斜贯全区的北东向黄岗断裂带控制了二叠纪沉积盆地的演化和火山活动的发育。二叠纪地层从下往上包括: P₁青凤山组浅海相复理石建造; P₁大石寨组安山质海相熔岩-凝灰岩夹正常沉积碎屑岩, 局部还有较厚的细碧岩; P₁黄岗梁组砂板岩夹大理岩和凝灰岩; P₂林西组海陆交互砂岩、粉砂岩、泥岩夹火山岩。整体上显示从海盆到湖盆连续演化的特征, 火山活动也具向上减弱的变化趋势。

下述区域成矿特征显示了区内矿床与二叠纪沉积盆地的密切关系: ①含矿主岩。尽管区内基岩出露面积以燕山期火山-侵入岩为主, 但区内90%的金属矿床却集中产出在二叠纪地层中(范书义等,

* 本文受科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-07)、国家自然科学基金(批准号 49873022)和国家重点基础研究项目(G1999043210)联合资助
第一作者简介 刘建明, 男, 1958年生, 研究员, 矿床学。

1997)。包括产在P₁黄岗梁组中的黄岗锡铁矿床、白音诺铅锌矿床、浩布高铅锌铜锡矿床、敖脑达巴锡多金属矿床、宝盖沟锡铁矿床、银洞子铅锌矿床、哈达吐铅锌矿床，产在P₂林西组中的大井银铜锡铅锌矿床、安乐锡矿床、中段铅锌矿床、后补河铅锌矿床。仅有少数几个中小型矿床真正产在燕山期火山-侵入岩中。显然，直接覆盖在大石寨组火山岩系之上的黄岗梁组是最为重要的赋矿层位；② 矿床区域分布。明显受二叠纪沉积盆地、沉积相带的控制，脊状隆起北西翼早二叠世沉积厚度大，火山岩和大理岩发育，其中蕴藏了本区铁、铅锌、钨锡金属储量的70%~80%，而且矿床密集的黄岗和白音诺两个地段正好与下二叠统沉积厚度最大、火山岩最发育的两个中心相吻合；南东翼的矿床则较少，且大多产在上二叠统地层中，以富铜为特征；③ 大多数矿床都以层状、似层状矿体为特征，而且显示与二叠纪围岩地层整合一致的产状（图1）；④ 二叠纪地层具有高的成矿金属元素丰度，而且局部地段能见到接近矿石品位的层状富集。

2 克什克腾旗黄岗锡-铁矿床

黄岗矿区出露P₁大石寨组安山-玄武质火山岩系和黄岗梁组的碎屑-碳酸盐岩系，北东向黄岗断裂带斜贯全区，二叠纪地层的走向与断裂带一致。在大石寨组火山熔岩和黄岗梁组之间有一个较稳定的含磁铁矿和夕卡岩的层位，厚度（20~200 m）和岩性组合均变化很大，以夕卡岩层、凝灰岩层和磁铁矿层为主，夹大理岩和其它碎屑岩层。夕卡岩和磁铁矿呈整合的层状、透镜状产出（图1a）。黄岗矿床铁锡共生，铁以磁铁矿为主，锡则并非以可见的锡石颗粒产出，而是以微细浸染的形式分散于其它矿物（磁铁矿和夕卡岩矿物）之中，被称为“胶态锡”或“水锡矿”。黄岗矿床的非金属矿物非常复杂，包括各种干/湿夕卡岩矿物、中基性岩浆岩的造岩矿物和蚀变矿物、方解石等碳酸盐矿物、以及萤石和磷灰石等，共40余种，可能反应了复杂的成矿演化史。矿带的北西侧有燕山期花岗岩体，因此一直认为是与燕山期花岗岩有关的岩浆热液接触交代夕卡岩型矿床。

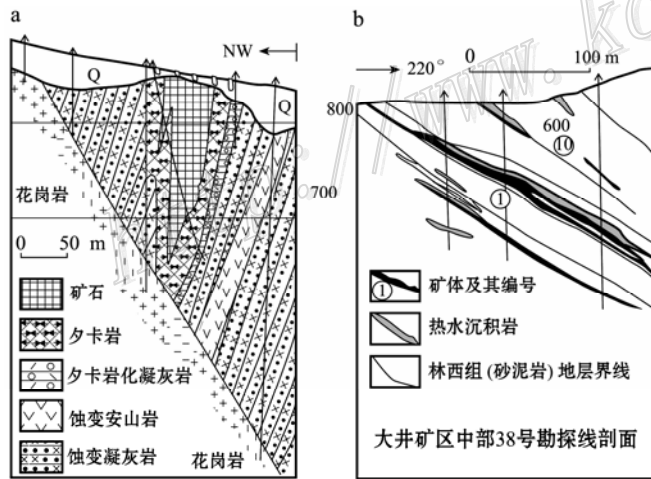


图1 a—黄岗矿床勘探线剖面图（注意矿体和夕卡岩体的层状-透镜状形态以及与地层整合一致的产状）；b—大井矿床中部1号和10号矿体38号勘探线剖面图（表示矿体、热水沉积岩、林西组围岩地层三者之间的关系）

矿石及其共生的夕卡岩显示沉积喷流成矿的组构特征：① 层状一层纹状构造。磁铁矿和夕卡岩矿物的层纹与夕卡岩化凝灰岩层纹和大理岩纹层互层，其产状与地层一致，时见软变形揉皱以及早期热水沉积物破碎后再沉积而成的碎屑机械沉积层理构造；② 各种同生沉积角砾构造。有夕卡岩（经常是钙铝榴石为主的夕卡岩）角砾和磁铁矿角砾，直径从2~200 mm不等，棱角分明，无分选无定向，既可出现在夕卡岩层/磁铁矿层中也可出现在大理岩层中，很可能是水热喷发/爆炸成因。此外还常见一种“竹叶状”的粗粒夕卡岩角砾在细粒夕卡岩/磁铁矿层中顺层分布（图2a），与沉积碳酸盐岩中的“竹叶状”灰岩相似，属内碎屑沉积；③ 磁铁矿变胶状胶球构造。磁铁矿常形成不同尺度的胶球（直径数至数十厘米）（图2a），其内部具完美的同心壳层构造，经重结晶后磁铁矿呈径向延伸的针状晶体（图2b）。如同玄武岩枕一样，胶球相互叠置（图2a）。磁铁矿常显示自形完美的粗粒晶体，但在反光显微镜下则能清楚地观察到，这些自形晶粒实际上是由很多微细粒磁铁矿重结晶长大而成的，因此其内部总是千疮百孔，表明磁铁矿的胶状组构曾

粒夕卡岩/磁铁矿层中顺层分布（图2a），与沉积碳酸盐岩中的“竹叶状”灰岩相似，属内碎屑沉积；③ 磁铁矿变胶状胶球构造。磁铁矿常形成不同尺度的胶球（直径数至数十厘米）（图2a），其内部具完美的同心壳层构造，经重结晶后磁铁矿呈径向延伸的针状晶体（图2b）。如同玄武岩枕一样，胶球相互叠置（图2a）。磁铁矿常显示自形完美的粗粒晶体，但在反光显微镜下则能清楚地观察到，这些自形晶粒实际上是由很多微细粒磁铁矿重结晶长大而成的，因此其内部总是千疮百孔，表明磁铁矿的胶状组构曾

经非常普遍，尽管大多由于高度重结晶而不复存在。所有这一切都很难用高温岩浆热液的交代作用来解释，而更可能是喷流热液快速注入海底时被海水骤然冷却所至，并与锡的微细浸染形式相呼应。

3 林西县大井锡-多金属矿床

在大井矿床，Sn-Ag-Pb-Zn-Cu多种元素共生且均达大型规模。矿体呈薄脉状产在P₂林西组黑色细/粉砂岩、板岩地层中，围岩蚀变微弱。矿体的产状在矿床中部经常与地层产状大体一致（图1b），而向外则变为以穿层矿脉为主。矿区内无大的岩浆侵入体，但有很多燕山期次火山岩脉并被矿脉所穿切，因而被认为是次火山热液矿床（张德全等，1993，1994；杨志达等，1997）。矿床中部的1号和10号矿体与次火山岩脉关系最密切，均以浅色流纹斑岩脉为直接顶板，且岩脉内也有矿化，因此被选为本次研究的主要对象。本次研究确认这些流纹斑岩实际上是热水沉积岩（后文统一改称热水沉积岩），乃是在早二叠世沉积盆地中沉积下来的，与侏罗纪的火山岩浆活动无关。矿体及其顶板的热水沉积岩都呈层状且与林西组地层基本整合（图1b）。

大井矿床热水沉积岩的主要矿物相是石英，其次是菱铁矿和绢云母，因此称为“菱铁绢云硅质岩”。矿石和菱铁绢云硅质岩均显示沉积-成岩成因的完美组构特征：①层状-层纹状（厚0.1~15 cm）组构，显示层理的原因是矿物组成的变化（相对富集硫化物、石英、菱铁矿或粘土矿物）、颗粒粗细的变化、外来组分（角砾）的加入、甚或水下冲刷面的出现，并常见成岩软变形（图2c-d）；②同生沉积角砾构造：角砾以林西组黑色砂板岩为主，但也见石英、硫化物、甚或热水沉积岩自身的角砾，棱角分明，长轴无定向，常垂直层面使层理在压实过程中发生弯曲并有压力影现象；角砾并非均匀散布，而是

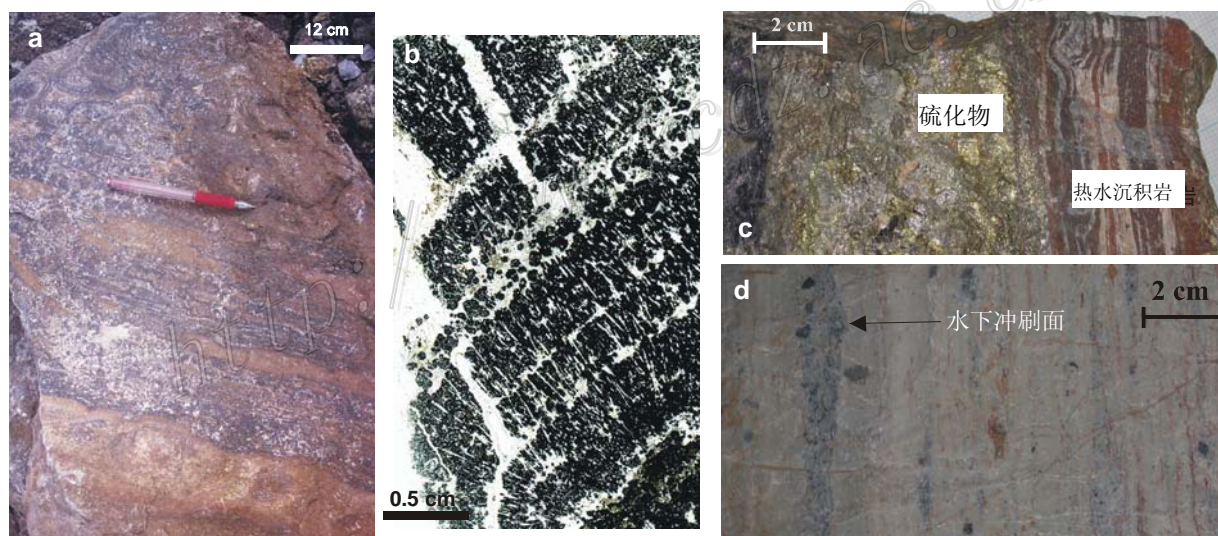


图2 矿石及其共生的层状夕卡岩和菱铁绢云硅质岩的组构特征

a—黄岗矿床竹叶状粗粒夕卡岩碎块长轴定向顺层分布，被夹在微细粒磁铁矿层中。照片下部层纹状磁铁矿与白色碳酸盐矿物互层，上部则是较纯的磁铁矿胶球相互叠置，胶球之间充填粗晶方解石和磁铁矿；b—薄片扫描图像示黄岗矿床磁铁矿胶球内部的壳层状构造和针状晶体的放射状排列；c—大井矿床夹在硫化物矿层之间的层纹状菱铁绢云硅质岩（其中的褐色和浅色层纹分别相对富集菱铁矿和石英），注意层纹的局部揉皱（软变形）；d—大井矿床层状-层纹状菱铁绢云硅质岩，黑色粉砂岩角砾集中在水下冲刷面之上。沉积物粒度向上变细

集中在一定的层的底部，常与水下冲刷面在一起（图2d），而水下冲刷面之上时见沉积粒序现象；③富含微细粒菱铁矿的细层-纹层经常发生压溶而形成类似灰岩中缝合线的构造，缝合线绕石英颗粒或角砾，是一种典型的成岩组构。

在大井矿区确实存在一期流纹斑岩脉，他们穿切矿体，表明是晚于矿体就位，而且显示清晰的流纹构造和众多长石斑晶，明显有别于菱铁绢云硅质岩。地球化学研究表明，菱铁绢云硅质岩与矿区内的流

纹斑岩以及区域上的中酸性火山岩都具有十分相似的岩石化学和REE特征,因此,若仅仅根据地球化学数据很可能将热水沉积硅质岩与中酸性岩浆岩混为一谈。

4 讨论和结语

在黄岗矿床,锡-铁矿化呈带状顺地层稳定延伸近 20 km,而非围绕某侵入体产出。燕山期花岗岩并无夕卡岩化,即使花岗岩与夕卡岩/铁矿体直接接触而且在接触带断裂发育也是如此,因此地质队钻探施工时常将花岗岩作为终孔的标志。与花岗岩有关的细晶岩脉清楚地穿切了锡-铁矿层,与其有关的岩浆热液矿化为含粗晶锡石的石英脉(具云英岩化、硅化和黄玉化),与早期锡-铁矿体中锡的微细浸染形成鲜明对比。因此可以明显分出早晚两期矿化,即早期层状夕卡岩型锡铁矿化和晚期具云英岩化的锡石石英脉型矿化(真正与燕山期花岗岩有关)。

夕卡岩可以由不同的地质作用形成(Einaudi et al., 1981),海底热水沉积(喷流)作用也能形成整合层状的夕卡岩层,如东澳Ban Ban含锌夕卡岩(Stanton, 1987)和我国青海鄂拉山成矿带的赛什塘、铜峪沟、日龙沟等铜(多金属)夕卡岩矿床(李福东等, 1993)。同时,在现代地热系统中也发现了大量钙-铁硅酸盐矿物,为夕卡岩的喷流成因提供了自然实验室证据(Bird et al., 1984)。

二叠纪大石寨组火山熔岩和凝灰岩普遍发育较强烈的区域性网脉状蚀变,网脉无一定方向,粗细不一,但都显示明显的“褪色”化,可能反映了原岩中铁质被带出,蚀变产物以阳起石、辉石和SiO₂为主。众所周知,现代洋底玄武岩往往具有特征性的洋底水岩反应(蚀变),是海水热对流体系的产物,由此演化出的富金属成矿流体被认为是现代洋底活动热液成矿系统的主要流体补给源之一。从蚀变的区域分布、组构特征和蚀变矿物组合多方面对比,二者具有相似性。因此推测,与早二叠世岩浆活动有关的热事件引发大规模的海水热对流在年青(而且裂隙发育)的火山岩中留下了普遍的网脉状蚀变,而由此演化成的富铁热液沿北东向的黄岗断裂带集中排放时就形成了北东向延伸近20 km的、顺层整合的黄岗夕卡岩-锡铁矿带。可见,黄岗夕卡岩-锡铁矿带具有火山喷流和沉积喷流的双重特征,可能是一个过渡类型。

自Knight(1975)提出澳大利亚著名的Bischof锡矿床可能是海底喷流成因后,在全球闻名的华南锡矿带和东南亚锡矿带内都有锡的喷流成矿的报道,在现代海底喷流沉积物中也频频发现锡的富集(如东太平洋Gorda海岭的Escanaba(Morton et al., 1994))。但对中国北方锡矿床的喷流成矿和层控性则很少有人论及,希望引起注意。

据此,大兴安岭南段除了燕山期的岩浆热液成矿外,在二叠纪含矿地层沉积的同时可能还有一期与盆地演化有关的热液喷流成矿作用,造成了区内矿床大多产在二叠纪地层内的时空分布特征和整合层状的矿化特征。

参 考 文 献

- 范书义,毛华人,张晓东,等. 1997. 大兴安岭中段二叠系地球化学特征及其成矿意义. 中国区域地质, 16(1): 89~97.
- 李福东,张汉文,宋治杰. 1993. 鄂拉山地区热水成矿模式. 西安:西安交通大学出版社. 1~312.
- 杨志达,鲍修坡. 1997. 黄岗-甘珠尔庙地区多金属矿床地质地球化学. 见:大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价. 北京:地震出版社. 125~144.
- 张德全,艾霞,鲍修坡. 1994. 黄岗-甘珠尔庙中生代活区有色金属矿床. 见:华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质. 北京:地质出版社. 314~363.
- 张德全,赵一鸣(主编). 1993. 大兴安岭及邻区铜多金属矿床论文集. 北京:地震出版社. 1~161.
- Bird D K, Schiffman P, Elders W A, Williams A E and McDowell S D. 1984. Calc-silicate mineralization in active geothermal systems. Econ.Geol., 79: 671~695.
- Einaudi MT, Meinert L and Newberry RJ. 1981. Skarn deposits. Econ. Geol. 75th Anniv. 317~391.
- Knight C L. 1975. Mount Bischof tin orebody. In: Knight C L(ed.) Economic Geology of Australia and Papua Nea Guinea, I. Metals. Australia Inst. Min. Metall., Monogr. Ser., 5: 591~592.
- Morton J L, Zierenberg R A and Reiss CA(eds.). 1994. Geologic, hydrothermal, and biologic studies at Escanaba Trough, Gorda Ridge, offshore northern California. USGS Bull., 2022, 359 p.
- Stanton R L. 1987. Constitutional features and some exploration implications of three zinc-bearing stratiform skarns of eastern Australia. Trans. Instn. Min. Metall. (Sect. B: Appl. earth Sci.), 96: B37~B57.