

# 新疆北部晚古生代大规模岩浆作用与成矿耦合关系研究主要进展及成果

张照伟, 李文渊, 张江伟, 王亚磊

(国土资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室, 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 新疆北部晚古生代地质构造演化复杂, 岩浆作用形式多样, 造就了大规模的成矿作用。本研究紧紧围绕岩浆铜镍矿床、斑岩型铜(钼)矿床及火山岩型磁铁矿矿床, 从含矿岩体的岩浆起源、岩浆演化及成矿特点, 系统研究深部相应岩浆活动的地质过程。通过典型矿床的深入剖析, 建立相应矿床类型的成矿模式, 破解制约找矿突破的控制因素, 系统阐述了板块构造与地幔柱体制叠加并存的地质特征与成矿表现。鉴于塔里木地幔柱的活动特点和成矿表现, 将其与新疆北部三类主要矿床类型建立关联, 对比岩石学、年代学及地球化学特点, 发现其成矿类型与塔里木地幔柱及板块构造存有密切关系, 可能是两种构造体制叠加并存的结果。塔里木克拉通深部熔融的地幔物质, 围绕刚性塔里木克拉通边缘不断上涌, 并与表壳物质发生交换, 随着俯冲板块的持续和减弱, 深部上涌的地幔物质不断加强, 先后形成因深部地幔物质多寡而金属聚集的不同矿床类型。

**关键词:** 铜镍矿床; 斑岩铜矿床; 磁铁矿矿床; 岩浆成矿作用; 耦合关系; 新疆北部

**中图分类号:** P611.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-8706(2015)06-0020-06

## 0 引言

岩浆矿床是岩浆演化的特殊产物, 是岩浆内金属聚集的异常表现, 不同类型的矿床与特定的岩浆活动有成因联系<sup>[1]</sup>。新疆北部晚古生代大规模岩浆成矿作用的多样性反映了岩浆作用的多样性及构造演化的特殊性<sup>[2]</sup>。新疆北部分布着多个与晚古生代岩浆活动密切相关的矿床(图1), 如与镁铁质—超镁铁质岩有关的铜镍矿床和钒钛磁铁矿矿床、与中酸性侵入岩有关的斑岩型铜(钼)矿床, 以及赋存于海相火山—次火山岩中的磁铁矿矿床等。新疆北部晚古生代成矿作用的这种“集中爆发”在全球范围内具有独特性, 对其深入研究有多重意义, 有助于认识全球晚古生代地质构造格局和亚洲大陆的形成及演化, 同时也有助于创新成矿理论, 指导区域找矿。本研究从岩浆型铜镍矿床、斑岩型铜钼矿床及火山岩型磁铁矿矿床入手, 系统研究岩浆活动的深部过程与成矿作用, 旨在揭示在不同构

造体制下大规模岩浆活动的地质特征与成矿表现, 提出塔里木地幔柱与板块构造对3类成矿类型耦合关联的概念模型。

## 1 新疆北部晚古生代主要成矿类型及特征

新疆北部晚古生代以与岩浆活动密切相关的内生矿床为显著成矿特色。主要成矿类型有: ①岩浆铜镍硫化物矿床, 以东天山黄山、黄山东、图拉根、香山西及北山坡一、坡十等矿床为代表; ②斑岩型铜(钼)矿床以东天山土屋、延东、东戈壁和西准噶尔包古图、东准噶尔哈腊苏矿床为代表; ③赋存于海相火山—次火山岩中的磁铁矿矿床, 以西天山查岗诺尔、智博、备战和东天山雅满苏为代表。

### 1.1 铜镍硫化物矿床

新疆天山及邻近地区是中国岩浆铜镍硫化物矿床的重要产出地区之一, 主要形成于东天山黄山及北山镁铁质—超镁铁质侵入岩带中(图1)。东

收稿日期: 2015-03-02; 改回日期: 2015-05-08。

基金项目: 中国地质调查“新疆北部晚古生代大规模岩浆作用与成矿耦合关系研究(编号: 1212011121092)”项目资助。

作者简介: 张照伟(1976—), 男, 博士, 副研究员, 主要从事岩浆铜镍硫化物矿床成矿与找矿研究。Email: zhaoweiz@126.com。



元素呈现出右倾的 LREE 富集型,具有弱的 Eu 正异常。在微量元素洋中脊花岗岩标准化蛛网图中,高场强元素 Ta、Nb、Zr、Hf 亏损、大离子亲石元素富集,尤其是 Ba 富集,呈一高峰。在微量元素原始地幔标准化图中,同样显示出大离子亲石元素的富集和高场强元素 Nb、Ta、Ti 的低谷, Ba 在配分型式中呈高峰, Th 呈一低谷。上述特征都与岛弧岩浆活动中的花岗质岩石相似<sup>[10]</sup>。东准噶尔哈玉勒肯苏铜矿床,铜矿化体产于斑状花岗岩、石英二长斑岩中,铜矿石主要为浸染状和细脉浸染状矿石,伴有绢云母化、硅化、绿泥石化、绿帘石化等中低温热液蚀变。另一方面,哈腊苏斑岩的氧同位素值  $\delta^{18}\text{O}$  为 7.9‰~8.6‰,明显要比地幔岩浆的  $\delta^{18}\text{O}$  (<6‰) 高,暗示岩浆起源于地幔并在上升过程中混杂了地壳物质,而非起源于上地壳的沉积岩。

### 1.3 赋存于海相火山-次火山岩中的磁铁矿矿床

赋存于火山-次火山岩中的磁铁矿主要分布于天山西段和东段(雅满苏)。在西天山阿吾拉勒铁矿带,目前已发现松湖、雾岭、查岗诺尔、智博、敦德、备战 6 个主要铁矿床,初步控制铁矿石资源储量约  $13 \times 10^8 \text{t}$ , 预测资源量可超过  $20 \times 10^8 \text{t}$ 。其中,查岗诺尔磁铁矿,共圈出 11 个矿体,探求资源量  $1.93 \times 10^8 \text{t}$ 。区内出露地层主要为中石炭统则克台组,自下而上:①石英角斑岩和凝灰熔岩;②凝灰质千枚岩和角斑质凝灰岩,是铁铜矿主要赋矿层位;③细碧岩、角斑岩、凝灰岩、火山角斑岩、火山集块岩。这些岩相/层位是磁铁矿矿床的直接含矿围岩。在智博附近,古火山口的发现以及磁铁矿与海相火山岩的“层控关系”意味着这些磁铁矿床有可能属于岩浆喷溢型铁矿,尤其是备战、智博两个大矿<sup>[11]</sup>。查岗诺尔、智博铁矿区的所有赋矿中性岩(主要是安山岩)具有相似的主量元素组成和微量元素配分模式,显示其可能源自同一源区且演化过程相似。其赋矿围岩(主要是安山岩)源自幔源基性/超基性岩浆混染地壳物质形成的中性岩浆。

## 2 新疆北部晚古生代构造体制认识及成矿机制

### 2.1 大规模岩浆作用与成矿时空关系

从区域成矿学的角度,新疆北部晚古生代与岩浆活动相关矿床的成矿时代如此集中,可称为“成

矿爆发”,成矿岩浆岩在该地域的广泛分布也可称为“大火成岩省”(LIPs)<sup>[10]</sup>。板块构造和地幔柱构造是不同的概念,在成因上相互独立尽管二者在时空上可以共存。事实上,新疆天山造山带泥盆-石炭纪记录的是板块构造岩浆活动的产物,如蛇绿岩(与洋脊,弧后盆地,岛弧系统?),岛弧火山岩以及与活动大陆边缘有关的花岗岩类等。这不能说石炭纪时该区没有地幔柱的活动,但缺乏证据。相反,新疆天山造山带内二叠纪含矿超镁铁堆晶岩和南疆塔里木已知大火成岩省的同时性[(280 ± 5) Ma],表明二者可能有成因上的关联<sup>[12]</sup>。

### 2.2 塔里木地幔柱活动与岩浆作用特点

研究认为柯坪地区玄武岩具有与 OIB 相似的微量元素分布特征,富集 LILE 和 HFSE,具有高的 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ),和负的  $\text{Nd}(t)$ ,来自于富集的软流圈地幔,是地幔柱与岩石圈相互作用的结果<sup>[13]</sup>。塔里木大火成岩省中最为发育的玄武岩和辉绿岩岩墙的微量元素特征与 OIB 的特征相似,且以高钛型为主体<sup>[14]</sup>。余星等(2009)认为柯坪玄武岩高  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,低  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ,富集大离子亲石元素和高场强元素,具有巴哈纳型特征,为富集的大陆岩石圈地幔部分熔融的产物<sup>[15]</sup>。

Qin et al. (2011)通过对比塔里木盆地内部与东天山、北山地区的二叠纪玄武岩的地球化学特征后,提出两者系同一个地幔柱的产物,塔里木盆地内部的玄武岩具有高钛低镁、低  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  值等特点,可能是地幔柱外围区域低程度部分熔融的产物。而东天山、北山地区的玄武岩具有低钛高镁、高  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  值等特点,暗示它们可能来自于高程度部分熔融的岩石圈地幔,与具有更高温度的地幔柱头部有更为密切的关系<sup>[12]</sup>。徐义刚等(2013)研究认为,塔里木克拉通岩石圈没有发生减薄和破坏,其喷发时限主要表现为喷出岩 290 Ma 峰值和侵入岩 280 Ma 的峰值,相应的岩浆作用也主要发生在塔里木克拉通边缘,尤其是与造山带交汇部位<sup>[16]</sup>。

### 2.3 大规模岩浆作用与成矿耦合关系

塔里木大火成岩省存在两期比较明显的岩浆作用,一期是 290 Ma 峰值的喷出岩,另一期是 280 Ma 峰值的侵入岩,均属塔里木地幔柱活动的产物。塔里木克拉通岩石圈未能减薄,深部的幔源岩浆也只能通过边缘上涌<sup>[16]</sup>。所以其成矿作用主要集中在克拉通边缘、特别是与造山带交汇部位,从而得

到了天山及邻区石炭—二叠纪大量内生金属矿床集中爆发的地球动力学模型,是塔里木地幔柱多期次岩浆作用的结果(图 2)。

在 320 ~ 340 Ma 期间,西天山以俯冲为主,作为南邻的塔里木地幔柱,此时恰处于喷发前的能量聚集期,深部地幔物质开始熔融,尽管部分熔融的地幔物质还达不到上涌的强度,但可以提供一些热量与气体,为上部地幔物质部分熔融提供条件(图 2 上)。随着气体和热量的汇聚,软流圈顶部与岩石圈底部发生大量部分熔融,形成的岩浆与表壳的物质发生交换,进而形成了西天山阿吾拉勒铁矿带。300 ~ 320 Ma,板块俯冲的强度减弱,随着塔里木地幔柱活动强度的加剧,部分熔融产生的岩浆大量形成,深部的地幔物质可沿岩石圈底部有少量上涌,但多数还是热量和气体,这为表壳俯冲物质的熔融和交换提供条件。尽管主要表现了俯冲作用,

伴随地幔柱活动的共同作用,形成了斑岩型铜(钼)矿床(图 2 中)。280 ~ 300 Ma,新疆北部整体进入板内阶段,地幔柱活动进一步加剧,产生大量深部地幔部分熔融的岩浆,这些岩浆围绕刚性的塔里木克拉通边缘上涌,与造山带的薄弱区域结合,到达表壳部分与之发生物质交换,形成大量的镁铁质—超镁铁质侵入岩及岩浆铜镍硫化物矿床,像东天山的黄山岩带、北山裂谷带的坡北地区,是板块构造与地幔柱共同作用的结果(图 2 下)。上述 3 个阶段,板块构造和地幔柱活动在空间上的共存和在时间上的延续/叠加,导致了新疆北部晚古生代的成矿大爆发。

### 3 结 论

新疆北部晚古生代大规模的岩浆活动,是板块

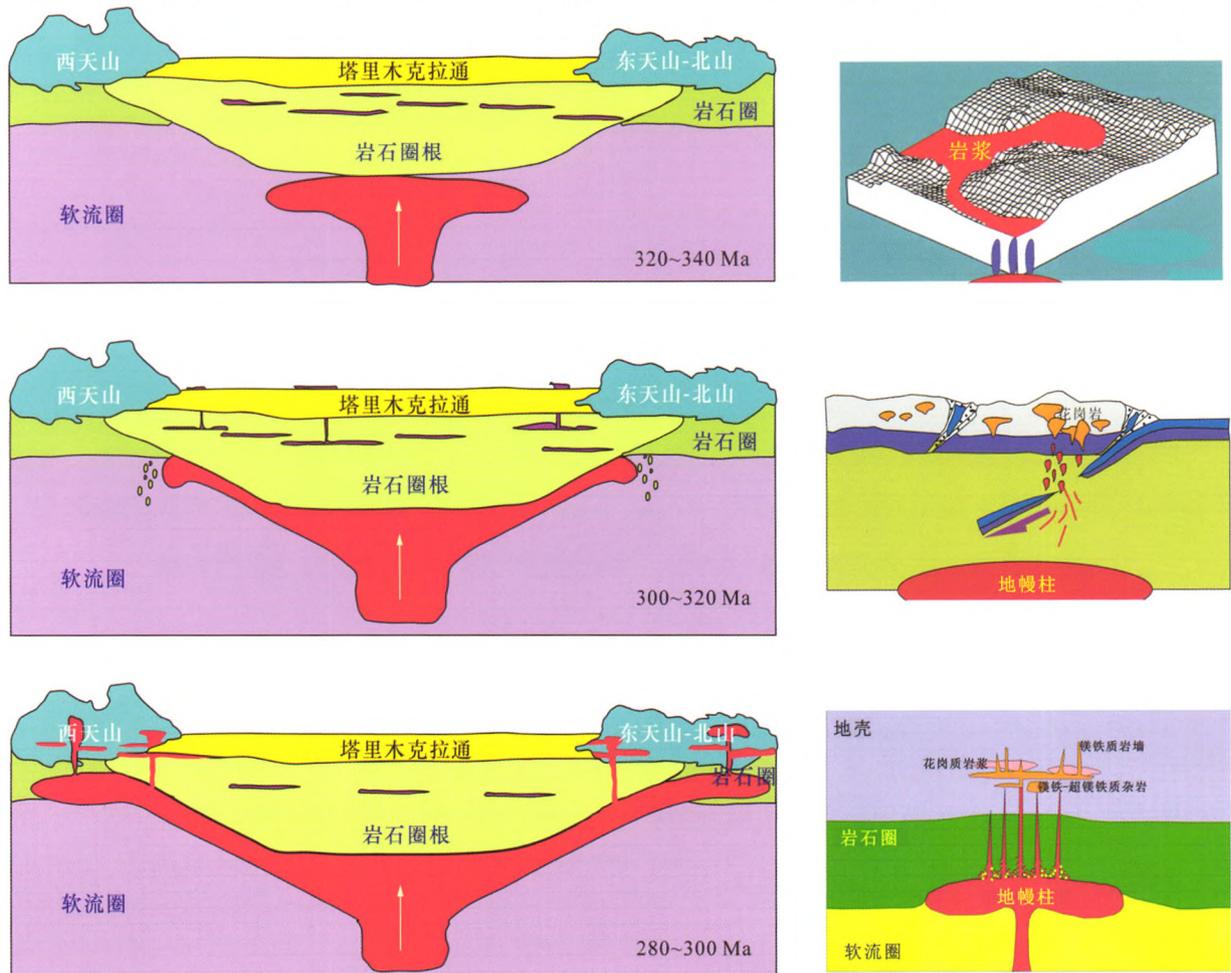


图 2 新疆天山及邻区大规模岩浆活动与成矿作用爆发模式图<sup>[2]</sup>

Fig. 2 Formation model of the large scale magmatism and metallogenesis in Tianshan and its adjacent areas, Xinjiang<sup>[2]</sup>

构造与地幔柱两种构造体制岩浆活动共同作用的结果,它们在时间上的并存和空间上的叠加,造就了内生金属矿床的巨量爆发和成矿类型的时空变化。新疆北部天山及邻区晚古生代的岩浆活动与成矿作用,或多或少都有塔里木地幔柱活动的贡献,启示我们岩浆形成的深部过程与成矿作用是今后研究的主要方向。

### 参考文献:

- [1] 李文渊,牛耀龄,张照伟,等. 新疆北部晚古生代大规模岩浆成矿的地球动力学背景和战略找矿远景[J]. 地学前缘, 2012,19(4):41-50.
- [2] 张照伟,李文渊,张江伟,等. 新疆天山石炭-二叠纪大规模岩浆成矿事件与形成机制探讨[J]. 西北地质,2014,47(1):36-51.
- [3] 秦克章. 新疆北部中亚型造山与成矿作用[R]. 北京:中国科学院地质与地球物理研究所博士后研究报告. 2000:1-36.
- [4] 毛景文,杨建民,屈文俊,等. 新疆黄山东铜镍硫化物矿床 Re-Os 同位素测定及其地球动力学意义[J]. 矿床地质, 2002, 21(4):323-328.
- [5] 李华芹,陈富文. 中国新疆区域成矿作用年代学[M]. 北京:地质出版社. 2010:1-68.
- [6] 陈富文,李华芹,陈毓川,等. 东天山土屋-延东斑岩铜矿田成岩时代精确测定及其地质意义[J]. 地质学报, 2005, 79(2):256-261.
- [7] 周涛发,袁峰,张达玉,等. 新疆东天山觉罗塔格地区花岗岩类年代学、构造背景及成矿作用研究[J]. 岩石学报,2010,26(2):478-502.
- [8] 宋会侠,刘玉琳,屈文俊,等. 新疆包古图斑岩铜矿矿床地质特征[J]. 岩石学报,2007, 23(8):1981-1988.
- [9] 魏少妮,程军峰,喻达兵,等. 新疆包古图Ⅲ号岩体岩石学和锆石 SHRIMP 年代学研究[J]. 地学前缘,2011,18(2):212-222.
- [10] Xia L Q, Xu X Y, Xia Z C, et al. Petrogenesis of Carboniferous rift-related volcanic rocks in the Tianshan, northwestern China [J]. Geological Society of America Bulletin, 2004, 116(3):419-433.
- [11] 汪帮耀,胡秀军,王江涛,等. 西天山查岗诺尔铁矿矿床地质特征及矿床成因研究[J]. 矿床地质,2011,30(3):385-402.
- [12] Qin K Z, Su B X, Sakyi P A, et al. Sims zircon U-Pb geochronology and Sr-Nd isotopes of Ni-Cu-bearing mafic-ultramafic intrusions in eastern Tianshan and Beishan in correlation with flood basalts in Tarim Basin (NW china): Constraints on a ca. 280 Ma mantle plume[J]. American Journal of Science, 2011,311:237-260.
- [13] Yu X, Yang S F, Chen H L, et al. Permian flood basalts from the Tarim Basin, Northwest China SHRIMP zircon U-Pb dating and geochemical characteristics [J]. Gondwana Research, 2011, 20(2/3):485-497.
- [14] Zhang Y T, Liu J Q, Guo Z F. Permian basaltic rocks in the Tarim basin, NW China: implications for plume-lithosphere interaction[J]. Gondwana Research,2010,18(4):596-610.
- [15] 余星,陈汉林,杨树锋,等. 塔里木盆地二叠纪玄武岩的地球化学特征及其与峨眉山大火成岩省的对比[J]. 岩石学报, 2009, 25(6):1492-1498.
- [16] 徐义刚,王焰,位荀,等. 与地幔柱有关的成矿作用及其主控因素[J]. 岩石学报, 2013,29(10):3307-3322.

## Major Progress and Achievements on Coupling Relationship of Magmatism and Metallogenesis in Late Paleozoic of Northern Xinjiang

ZHANG Zhao-wei, LI Wen-yuan, ZHANG Jiang-wei, WANG Ya-lei

(Key Laboratory for the Study of Focused Magmatism and Giant Ore Deposits, MLR; Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

**Abstract:** The large scale of metallogenesis in northern Xinjiang is controlled by complicated tectonic evolution and magmatism evolution in Late Paleozoic. This paper focused on magmatic Cu-Ni deposits, porphyry Cu-Mo deposits, and volcanic magnetite deposits. Geological process of magma activity was studied by origin, evolution and mineralization characteristic of ore-bearing intrusions. On the basis of typical deposits analysis, metallogenic models of different deposit types were established, restricted factors in prospecting breakthrough were revealed, geological characteristics and mineralization features caused by activity of plate tectonics and mantle plume were proposed. Characteristics of petrology, geochronology, geochemistry, magmatism and mineralization of Tarim mantle plume were closely related with the typical deposits in northern Xinjiang, and these indicated the mineralization in

northern Xinjiang was controlled by Tarim mantle plume and plate tectonics. It is inferred that constantly decreased continental subduction and strengthened mantle upwelling may be responsible for the metallogenesis in northern Xinjiang, and the melt mantle material upwelled and mixed crustal rocks along the margin of rigid Tarim craton.

**Key words:** magmatic Cu-Ni deposit; porphyry Cu deposit; magnetite deposit; magmatic metallogenesis; coupling relationship; northern Xinjiang



## 地质调查优秀成果专辑征集重要启事

为了更深入地宣传和推广地质调查取得的重要成果,进一步推动地质调查成果服务于国家经济建设,服务于政府、企业和公众,我刊将以专辑形式对在能源和矿产资源、基础地质、海洋地质、水工环和灾害地质调查、地质科技及综合研究等领域所取得的新发现、新进展、新成果进行重点报道,并予以推介。

编辑部将严格按照《中国地质调查》评审要求,组织同行资深专家对专辑的投稿论文进行评审。编辑部将设绿色通道,对专辑所收稿件快速处理,依据文稿质量优先的原则,择优录用出版。

1. 专辑策划:由地调项目承担单位或项目组确定专辑选题,提供8~10篇论文,篇幅以7000字以内为佳。

2. 投稿方式:通过《中国地质调查》网上投稿系统进行投稿,投稿网址:<http://zgdzdc.cgl.org.cn/ch/index.aspx>。

**注意事项:**投稿时,请在稿件标题后注明“绿色通道”字样。

本刊于2014年10月创刊,已被维普网全文收录,录用后正式刊发的文章可以通过投稿网站免费下载。

欢迎大家踊跃投稿!