

# 新疆坡北地区铜镍矿床成因认识及其与 塔里木地幔柱的关系探讨

张照伟, 李文渊, 高永宝, 王亚磊, 张江伟, 郭周平, 李侃, 钱兵

西安地质矿产研究所, 国土资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室, 西安, 710054

处于中亚造山带南部边缘的新疆北部, 发育有多期镁铁-超镁铁质岩体, 并主要集中在坡北岩带、黄山岩带、喀拉通克岩带、菁布拉克岩带及兴地岩带等五个区域(图 1), 同时也是比较重要的铜镍成矿带, 与镁铁-超镁铁质岩体相伴产出多个大型岩浆铜镍硫化物矿床和矿化点, 如坡一、红石山、黄山、黄山东、图拉耳根、香山、葫芦、喀拉通克、菁布拉克、兴地塔格等铜镍矿床, 显示了较好的铜镍成矿条件与找矿潜力(李文渊等, 2012)。但镁铁-超镁铁岩体形成的地球动力学背景和机制存在多种分歧, 有裂谷观点、后碰撞观点及地幔柱认识, 严重限制了对区域找矿工作的拓展, 使矿产资源调查及评价工作陷于被动。坡北地区出露上百个镁铁-

超镁铁质岩体和多条二叠纪玄武岩带, 近年来在部分岩体中获取的锆石 U-Pb 谐和年龄介于  $274 \pm 4$  Ma~284 Ma 之间, 均属二叠纪(苏本勋等, 2010; 姜常义等, 2006)。塔里木溢流玄武岩年龄 285 Ma 左右(张传林等, 2010; Zhang Chuanling, 2010; Tian Wei. et al., 2010; Yu Xin. et al., 2011; 励音骥等, 2011), 与幔源侵入体形成时代大体相同。塔里木盆地及周缘地区, 二叠纪玄武岩和辉绿岩墙群极为发育, 形成时代也基本上限于二叠纪(Mao et al., 2012)。近几年随着国家矿产资源调查评价专项及专项资金的加大投入, 在北山地区, 除发现坡一、坡十、红石山、罗东等铜镍矿床外, 区域上蚕西、红笔、笔架山、笔架山 II 号、旋窝岭、蚕头山、坡

四、坡五、坡三、坡七、坡十四、坡十五、坡十六等岩体均为含矿岩体, 具有寻找岩浆型硫化物镍矿的远景, 预测区带镍资源远景可达几百万吨。尽管如此, 但对区域内成矿机制和形成的背景条件并非清楚, 限制了进一步找矿突破的战略实施, 该区域的西南部即为塔里木地幔柱, 区域内大量

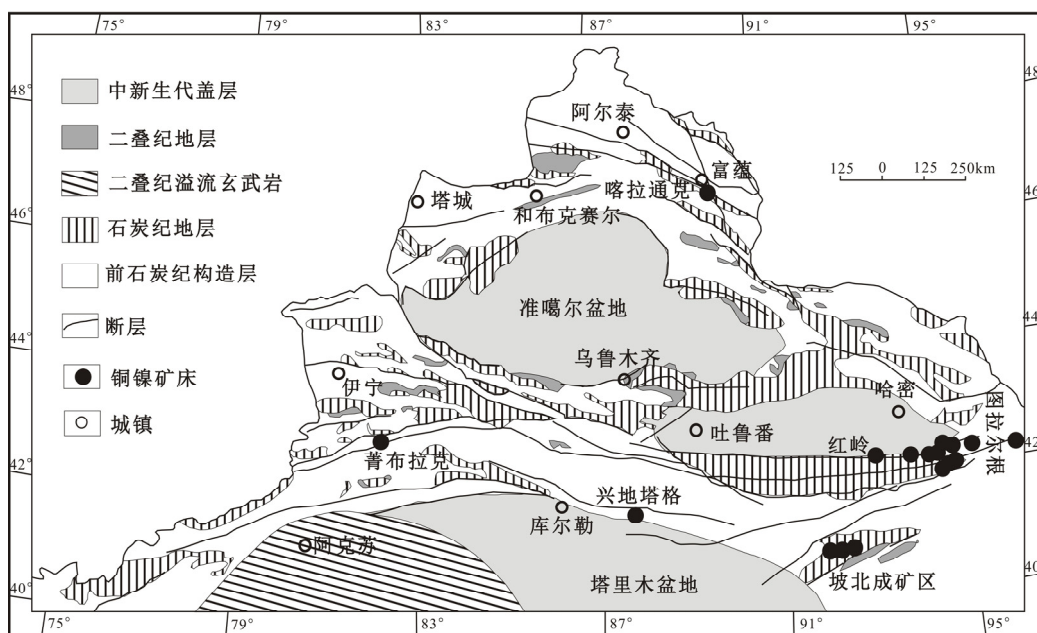


图 1 新疆北部铜镍矿床地质分布简图

幔源镁铁-超镁铁岩的发育是否与地幔柱存在一定联系, 其岩浆作用的深部过程与成矿作用如何? 要

回答这个问题,首先在坡北地区选择典型的含矿镁铁-超镁铁岩体进行岩浆源区、岩浆演化与过程、熔离与成矿机制等系统研究,进而与塔里木隐伏的溢流玄武岩地球化学性质和同位素组成作对比,分析其异同点和存在的原因,建立地幔柱与坡北地区镁铁-超镁铁质岩体的可能关系及动力学机制,以此为基础,拓展有利成矿条件和找矿潜力区域,科技支撑铜镍矿找矿突破。

## 1 区域地质背景及岩体地质地球化学特征

坡一镁铁-超镁铁质岩体是坡北地区含矿最好的岩体之一,也是矿床规模目前最大的岩体,其大地构造位于北山裂谷西段。北山裂谷位于中亚造山带之中东天山的南缘,塔里木盆地的东北缘。以中天山南缘断裂为界与中天山地块相邻,南有敦煌地体,西有库鲁克塔格隆起,东与红柳园裂谷和梧桐沟裂谷相连构成一条裂谷带,呈北东东向展布,属于塔里木陆壳板块内的次一级构造单元。

坡一是一超镁铁质-镁铁质侵入体,锆石 U-Pb 年龄为  $278 \pm 2\text{Ma}$ 。岩浆分异充分,形成了从纯橄岩到石英闪长岩的多种岩石类型。在超镁铁质岩石中,所有的橄榄石和大部分斜方辉石是堆晶相,少量斜方辉石是填隙相,大部分单斜辉石、褐色普通角闪石和黑云母是填隙相。在镁铁质岩石中,橄榄石和斜方辉石全部是堆晶相,单斜辉石与斜长石既可以是堆晶相,也可以是填隙相;褐色普通角闪石、黑云母和石英均为填隙相。微量元素地球化学与 Nd-Sr 同位素组成表现出了 EM II 型演化趋势(姜常义等, 2012),进一步证明了同化混染作用伴随岩浆演化过程而逐渐增强,并不断促进了岩浆的分异,而且导致了岩石化学系列的转化。其硫化物熔离是岩浆自身演化和同化混染共同作用的结果。橄榄石 Fo 分子含量和全岩 FeO 含量显示,原生岩浆是苦橄质岩浆、源区物质应该是石榴石辉石岩(姜常义等, 2012)。同样, PGE 地球化学和亲硫元素地球化学以及硫同位素组成共同揭示,硫主要来源于岩浆,且硫化物形成于岩浆阶段,岩浆未经历过早期硫化物得熔离作用。从新疆北部晚古生代镁铁质含矿岩体的 Nd、Sr 同位素组成研究表明,岩体岩浆均来自亏损地幔。并且多数样品落入 OIB 区域,表现出深部地幔来源特征。这些“应该形成在

稳定板内环境”的铜镍矿为什么出现在造山带? 仅仅是因为在造山带被剥蚀裸露出来吗? 盆地下面可否产有类似隐伏的铜镍矿床(准噶尔盆地、吐哈盆地)?

## 2 塔里木大火成岩省及地幔柱

另一方面,与之相邻的塔里木大火成岩省及地幔柱,其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(余星, 2009; Yu et al., 2012; Zhou Meifu et al., 2009; Zhang Yutao et al., 2010)。余星、杨树锋等(2009)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。后期基性-超基性侵入岩均属德干型,为软流圈地幔与来自核幔边界的地幔柱共同作用的产物。地球物理研究发现塔里木克拉通下岩石圈依然很厚,未见减薄作用(Lebedev and Van der Hilst., 2008)。在厚的岩石圈条件下,对流地幔不会发生减压熔融;塔里木下有厚岩石圈,那为什么有这么多、而且广泛分布的岩浆? 也就必须需要一个热源——地幔柱,在地幔柱的加热下,岩石圈地幔中低熔点富集组分发生熔融(290Ma)。徐义刚等(2012)研究认为,如果地幔柱对岩石圈有侵蚀作用,那么岩石圈发生减薄,地幔柱才能发生减压熔融,形成源区从富集地幔—>亏损地幔的演化趋势(290Ma 的富集地幔到 280 Ma 的亏损地幔)。在塔里木,伴随这样的岩浆演化趋势,还有在空间上由塔里木内部向边缘迁移的趋势。

## 3 成矿作用及与地幔柱的关系探讨

如果上述存在,那么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,坡北地区则成了塔里木地幔柱对铜镍成矿较为有利的区域,从而发育了若干个镁铁-超镁铁质岩体及岩浆铜镍矿床,是地幔柱与造山带(板块构造)共同作用的结果。由此认为,板块俯冲的末期,以垂直运动为主的地幔热柱持续上涌,伴随壳-幔物质交换的加剧和不断进行,表壳物质被交换的逐渐减少,深部地幔物质可直接到达浅部地壳,并形成与镁铁-超镁铁质岩有关的岩浆铜镍硫化物矿床或氧化物钒钛磁铁矿矿床。

随着地幔柱假说的兴起和发展,丰富完善了板块构造理论,并成功解释了一些通常板块构造不能解释的地质问题。地幔柱已不仅仅是假说,而是实实在在的物质(Wolfgang Frisch,et al.,2012),连同板块构造一起,极大地推动了地学的快速发展。热点、地幔柱、大火成岩省是三个不同的概念,并具有其独自的解释和意义。地幔柱活动可间歇性地形成多个大火成岩省,每个大火成岩省都有其完整的岩浆活动,但并不是每个大火成岩省都成矿,成矿的大火成岩省有其典型的成矿系统(Wolfgang Frisch,et al.,2012)。相对而言,地球深部的运动是缓慢的或者说是静止的,但以板块为主要单元的地球表壳却是运动的,换言之,地幔柱可以不动,而地幔柱上方的板块却是在不停运动着,来自深部的地幔物质与表壳不同的物质组分发生交换,形成了不同的岩石和矿床。将地幔柱与板块构造联系起来,搭建同一的时空域,岩浆活动与成矿作用、地球深部与表壳物质相联系,地幔柱深部过程与成矿作用研究则成为当前地学研究的最前沿和主要研究内容。

板块构造、地幔柱,两种岩浆构造体系在时间上的叠加和空间上的并存造就了北疆成矿作用的集中爆发以及成矿类型上的时空变化。两种地球动力学机制和成矿背景为该时期的内生金属矿床集中爆发提供了动力和物源基础,不同部位、不同时间段的壳-幔相互作用,与新疆北部晚古生代的主要成矿类型相对应。在石炭世-二叠世,两种体制并存,产生大规模的岩浆作用,产生以喷出岩为主体的岩浆活动,并与表壳物质发生交流,形成西天山等的磁铁矿矿床,随后伴随岩浆侵入系统的发育,产生与基性超基性岩体有关的岩浆铜镍硫化物矿床,以新疆东天山和北山为代表。在此时期之前,主要发生以水平运动为主的板块作用,并形成与俯冲相关的斑岩型铜(钼)矿床。在该时段之后,岩浆热液等作用形成了众多的金矿床。地幔柱岩浆活动不受上覆板块的影响,因此有关的成矿作用不一定保存在造山带。北疆钒钛磁铁矿和铜镍硫化物矿床是与地幔柱有关的典型矿床(板块边界构造活动频繁,不利于矿化)。它们与南疆塔里木已知“隐伏大火成岩省”的同时性( $280\pm 5\text{Ma}$ )同样意味着二者可能有成因上的关联。

塔里木地幔柱及大火成岩省的存在已得到证

实,但对成矿系统的研究和指导找矿实践方面尚未形成统一的认识。地幔柱活动是一个长期的多期次的岩浆作用过程,随着深部地幔物质的上涌,势必与表壳物质发生交换并为此提供大量的热量,从而引发了大规模成矿事件。既然坡北地区是塔里木地幔柱活动所波及的区域,那么围绕塔里木地幔柱或者塔里木克拉通周缘都有可能受到该地幔柱活动的影响,尤其是在边缘接触的造山带中,均是成矿条件最好的区域。地幔柱是多期次多岩浆系列和成分的组合体,不可能只生成镁铁-超镁铁质岩体和岩浆铜镍矿床,它的喷出系统和侵入系统都会产生不同的岩浆作用类型及相应的金属矿床,除坡北地区、东天山地区之外,西天山同样发育有若干大型岩浆型磁铁矿矿床,它的深部过程与成矿作用是否也有塔里木地幔柱活动的贡献呢,这些都是值得深入研究的问题。可见,新疆北山裂谷带的坡北地区,大量的镁铁-超镁铁质岩体及岩浆铜镍硫化物矿床的形成与塔里木地幔柱活动密切相关,并且以此为中心的找矿区域和找矿潜力都存在很大的上升空间,是值得深入研究和思考,并最终科技支撑找矿实践、实现找矿更大突破。

本文为国家自然科学基金资助项目(编号 40772062、41102050)和中国地质调查局地质大调查项目(编号 1212010911032、1212011220897、121201112088 和 1212011121092)的成果。

## 参考文献

- Yu Junchuan, Mo Xuanxue, Yu Xuehui, Dong Guochen. 2012. Geochemical Characteristics and Petrogenesis of Permian Basaltic Rocks in Keping Area, Western Tarim Basin: A Record of Plume-Lithosphere Interaction. *Journal of Earth Science*, 23(4): 442-454
- MAO Jingwen, Franco PIRAJNO, ZHANG Zuoheng and WAN Yusheng. 2012. SHRIMP zircon U-Pb dating of alkaline dykes in the Pobei area, Beishan rift, Xinjiang Autonomous region, China: implications for tectonic setting and mantle plume events. *ACTA Geologica Sinica (English Edition)*, 86(4): 879-884
- 姜常义, 郭娜欣, 夏明哲, 凌锦兰, 郭芳放, 邓小芹, 姜寒冰, 范亚洲. 2012. 塔里木板块东北部坡一镁铁质-超镁铁质层状侵入体岩石成因. *岩石学报*, 28(7): 2209-2223
- 李文渊, 牛耀龄, 张照伟, 张铭杰, 高永宝, 胡沛青, 张江伟, 谭文娟, 姜寒冰. 2012. 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. *地学前缘*, 19(4): 41-50