

壳幔作用与成矿关系研究进展

朝银银^{1,2}, 王美娟^{1,2}, 张岱², 李杰美²

(1 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2 武警黄金地质研究所, 河北 廊坊 065000)

地球内部的俯冲、底侵、拆沉和地幔柱等壳幔作用与区域成矿必然有不同程度的因果关系。这几种作用方式并不是单独作用的,往往是复合作用或叠加作用,这样区域成矿类型在地表表现就变的更加复杂和无序起来。壳幔成矿,核心内容是大陆壳幔多圈层相互作用与成矿关系,而壳幔成矿学研究的主要支撑技术是“岩石探针”分析(杜杨松,1999)。

1 洋壳俯冲过程的壳幔相互作用与成矿

大陆边缘板块俯冲带或碰撞造山带是壳幔相互作用最复杂的地区之一。俯冲带复杂而丰富多彩的壳幔相互作用产生了多种岩浆岩和不同的岩浆岩组合,也带来了丰富的成矿物质而形成了众多大型-超大型矿床。

通常认为斑岩型铜、钼、金与俯冲的关系最为密切。这主要因为俯冲把富含金属元素的洋壳物质和部分沉积物带入下部,与地幔物质作用时又能汲取到地幔中的成矿元素和热量,这样便构成了成矿金属的物质来源和能量来源。另一方面,俯冲板片的脱水,可以萃取金属元素,并成为成矿流体的一部分。这些成为成矿有利的重要条件。同时,俯冲带来的高氧逸度、高含水量和壳幔作用引起的高挥发份对成矿都起到重要的控制作用。

俯冲板片熔融形成的埃达克质岩浆与斑岩性矿床的关系在国内外都有很多研究。总结其成矿过程可以为:①洋板片俯冲并发生部分熔融形成埃达克质熔体;②熔体与地幔楔橄榄岩及幔源熔体相互作用萃取金属使熔体富集成矿元素;③熔体向上侵位成岩(多经历一次、二次沸腾)使成矿运移富集,后期构造运动及热液成矿作用使成矿元素活化迁移并最终富集成矿。

俯冲埃达克岩成矿实例很多,我国三大成矿域均有出露,特提斯成矿域的玉龙矿床,环太平洋的德兴矿床,古亚洲洋的土屋-延东、包谷图等斑岩型铜-金矿床,中央造山带甘肃的黑石山金矿。

很多学者都强调中国古大陆边缘矿床集中(翟裕生,2002;2003;吴良士等,1990)。中国的主要板块有华北板块、扬子板块、华南板块和塔里木板块等。这些板块的交界处正好是中央造山成矿带、南岭成矿带、古亚洲成矿带和特提斯成矿带。这些大陆边缘会聚时,俯冲必然起到重要作用,壳-幔物质交流,地幔可能提供热和部分成矿物质,从而形成铜、金、钼等矿床在我国各成矿域都有较好出现。

2 幔源岩浆底侵过程和岩石圈拆沉过程的壳幔相互作用与成矿

幔源岩浆底侵作用是除板块作用引起的大陆岛弧侧向增生以外的另外一种重要的陆壳生长方式-陆壳从下部生长,使陆壳加厚,引起陆壳的垂向增生(路凤香等,2006)。拆沉作用与底侵作用相反,指的是大陆下地壳或岩石圈上地幔的物质在一定条件下“下沉”从而通常使岩石圈减薄的过程。底侵作用引起陆壳不断加厚会导致拆沉作用的发生,而拆沉作用引起岩石圈减薄会导致软流圈上涌(路凤香等,2006),软流圈上涌造成减压熔融又会致底侵作用的发生。因此,底侵和拆沉作用具有一定的相互联系,它们一起构成了壳幔的物质循环,导致了壳幔的物质能量交换和结构特征的变化。

底侵作用引起地壳抬升,地壳伸展形成可渗透带,伴随底侵作用造成的高地温梯度,有利于热液对流体系的形成及相关成矿作用发生(余宏全等,2006)。

幔源岩浆的底侵不但导致地壳的部分熔融或壳幔物质同熔,形成区域岩浆-热流体成矿系统,而且幔源岩浆富含挥发分(如CO₂等)和成矿元素(如Cu、Fe、Zn等)与地壳物质混熔后,使成矿元素进入成矿系统,固结成岩时形成一个富矿储库,当下次底侵时,再次诱发(杜杨松等,2003)。当底侵的幔源岩浆上侵后,受到地壳物质的混染,其所含的成矿元素将直接进入区域岩浆-热流体成矿系统。玄武质岩浆底侵发生部分熔融使大范围内硫化物不稳定发生分解,将金属矿物释放到流体中从而有利于成矿。

底侵作用与成矿关系国内研究还比较薄弱,华北地壳减薄(底侵和拆沉的双重作用)形成明显的金-钼-铜矿带。华东华南也有部分矿带被认识,现在在中央造山带中西部与底侵有关的矿床研究较少,但是底侵岩体发现不少。这需要进一步对矿床动力学背景进行研究和探讨。

拆沉洋壳、下地壳熔融形成的高氧逸度熔体不断加入到地幔中,导致地幔氧逸度增高,地幔中金属硫化物被氧化,地幔

中亲硫元素以硫酸盐的形式进入熔体中。在高温、高压条件下熔融形成的强烈亏损 HREE 的中酸性熔体, 熔体快速上升对 Au, Cu 等成矿物质上升到地壳浅处成矿是非常有利(王强等, 2003)。故而富含 Au, Cu 等成矿产物的熔体在快速的上升到地壳浅处时由于温压条件变化很容易形成铜-金等矿床。此外, 在拆沉下地壳熔融的同时, 下地壳上部地幔橄榄岩在熔体、流体的作用下, 也可能发生熔融形成富含 Au, Cu 等成矿产物的玄武质岩浆。当中酸性岩浆与地幔橄榄岩发生反应有利于成矿, 这与地幔物质的上涌关系密切(王强等, 2004), 如华北板块的拆沉引起华北内部有大量的相关矿床产生(Lin et al., 2006)。

与拆沉作用有关的矿床国内有很多。如宁芜地区矿集区与岩石圈大规模拆沉作用和郯庐断裂带发生强烈左行走滑有关, 其中夕卡岩型-斑岩型铜、钼、金成矿亚系列形成于应力转换期, 可能与俯冲岩浆底侵有关, 后期拆沉熔融, 幔源岩浆大规模强烈上涌, 形成玢岩铁矿成矿亚系列(余金杰, 2002)。小秦岭-熊耳山地区金、钼等多金属成矿带研究发现, 印支期岩石圈发生拆沉作用引起古老地幔柱重新活动, 地幔物质不断上涌, 含矿地幔流体向浅部运移穿过岩石圈, 在地壳浅部成矿形成了小秦岭多金属矿床(卢欣祥等, 2004)。熊耳山 Au-Ag-Pb-Mo 矿集区发现在主拆沉地段矿床薄但是品位高, 这说明矿床后期的成矿位置与深大断裂等构造特征有关(郭保健等, 2005)。招掖金矿带中, 构造背景受岩石圈地幔缩短加厚-拆沉-地幔隆起-地壳拆沉滑脱控制, 金矿流体在地幔底侵下地壳部分熔融, 形成初始含矿流体, 然后地幔物质和下地壳部分熔融物质在侵入过程中与围岩发生交代最终形成含矿流体(刘晓煌等, 2006)。

3 地幔柱活动过程的壳幔相互作用与成矿

地幔柱沟通了地核、地幔、地壳各个圈层之间的物质与能量交换, 是板内构造岩浆活动及成矿作用的一种重要动力学机制。地幔柱以大规模幔源岩浆活动为突出表现, 成矿作用也以幔源岩浆矿床为主, 成矿元素主要包括 Cu、Ni、铂族元素(PGE), Fe、Ti、V 和 CrF 等, 可形成具有重大经济价值的岩浆 Cu-Ni-PGE 硫化物矿床和 V-Ti 磁铁矿矿床等。

王登红等(2004)指出与地幔柱热点有关的矿床类型有锡矿、热液铜矿、层状铜矿和裂谷型铅锌(铜)矿。除此之外可能还有其他类型, 比如白云鄂博的巨型稀土矿床、奥林匹克坝的巨型铜稀土-铀矿等。一些钨矿、稀有元素矿床和金矿, 表面上与玄武岩没有直接联系, 但成因上和时空分布上可能与热点有关。现代海底火山喷气矿床有些也可能跟热点有关, 如东非裂谷、加拉帕戈斯、塔希提的海底热泉成矿, 陆地上的如黄石公园、冰岛的地热资源等。

地幔柱总结起来有三点有利于成矿, 其一是提供了成矿的元素(从地幔带入); 其二是提供了成矿的热源(地幔柱温度高); 其三在地壳和地表引发的构造事件有利于成矿流体运移和聚集, 如地幔柱喷发的岩浆快速冷凝, 形成岩石可能为成矿源, 同时这类岩石孔隙大, 利于成矿流体通过。在地理分布上, 地幔柱不仅在中心可以形成 Fe-Ti-V-(PGE) 等亲地幔元素的岩浆-热液矿床, 还可以引起了强烈的壳幔相互作用, 造成大区域尺度的异常高热流场, 对地壳成矿流体的形成、循环、演化起了重要的促进作用, 从而在地幔柱周边形成 Au、Ag、Pb、Zn、Hg、Te、Sb 等矿床(张成江等, 2004; 朱炳泉等, 2003)。

4 小结

地球内部的俯冲、底侵、拆沉和地幔柱等壳-幔作用与区域成矿有必然的联系。在各种壳幔作用下, 岩浆大规模上涌, 下地壳部分熔融, 形成初始含矿流体, 然后地幔物质和下地壳部分熔融物质在侵入过程中与围岩发生交代最终形成含矿流体, 并在有利成矿部位富集成矿。在这一过程中, 受构造和环境控制, 各成矿元素运移、富集并最终形成各种矿床(异常), 赋存于地壳的不同位置, 从而形成具有区域特征分布的成矿带。

参考文献

- 杜杨松. 1999. 壳幔成矿学初探[J]. 矿床地质, 18(4): 341-346.
- 杜杨松, 刘金辉, 秦新龙, 等. 2003. 岩浆底侵作用研究进展[J]. 自然科学进展, 13(3): 237-242.
- 郭保健, 李永峰, 王志光, 等. 2005. 熊耳山 Au-Ag-Pb-Mo 矿集区成矿模式与找矿方向[J]. 地质与勘探, 41(5): 43-47.
- 刘晓煌, 王金荣, 孙兴丽, 等. 2006. 招掖金矿区带花岗岩与金成矿作用研究[J]. 有色金属, 58(4): 15-20.
- 卢欣祥, 尉向东, 于在平, 等. 2004. 小秦岭—熊耳山金成矿作用与区域构造的耦合[J]. 黄金地质, 10(1): 1-5.
- 路凤香, 郑建平, 侯青叶, 等. 2006. 中国东部壳-幔、岩石圈-软流圈之间的相互作用带: 特征及转换时限[J]. 中国地质, 33(4): 773-781.
- 余宏全, 王文义, 李庆环, 等. 2006. 内蒙古赤峰柴胡栏子金矿基性麻粒岩包体特征及其成矿动力学意义[J]. 地质学报, 80(6): 863-875.
- 王登红, 李建康, 刘峰, 等. 2004. 地幔柱研究中几个问题的探讨及其对于找矿的意义[J]. 地球学报, 25(5): 489-494.
- 王强, 许继峰, 赵振华. 2003. 强烈亏损重稀土元素中酸性侵入岩(或埃达克质岩)与成矿——以中国东部、青藏高原、新疆北部为例[J]. 地学前缘, 10(4): 561-572.
- 王强, 赵振华, 许继峰, 等. 2004. 鄂东南铜山口、殷祖埃达克质(adakitic)侵入岩的地球化学特征对比: (拆沉)下地壳熔融与斑岩铜矿的成因[J]. 岩石学报, 20(2): 351-360.
- 吴良士, 裴荣富. 1990. 中国东部区域成矿研究述评[J]. 矿床地质, 9(1): 91-94.
- 翟裕生. 2003. 中国区域成矿特征及若干值得重视的成矿环境[J]. 中国地质, 30(4): 337342.
- 翟裕生. 2002. 中国区域成矿特征探讨[J]. 地质与勘探, 38(5): 1-4.
- 张成江, 刘家铎, 刘显凡, 等. 2004. 峨眉火成岩省成矿效应初探[J]. 矿物岩石, 24(1): 5-9.
- 朱炳泉, 常向阳, 胡耀国, 等. 2003. 地球化学急变带与地幔柱资源系统[J]. 岩石矿物地球化学通报, 22(4): 287-300.