

板块构造与成矿作用

郭令智 施央申 马瑞士

六十年代以来,地球科学特别是海洋地质学和海洋地球物理学的发展非常迅速。六十年代初期创立了海底扩张论,到了六十年代末就发展成为板块构造理论或称全球构造理论*。

从六十年代开始,活动论逐步兴起,并占了上风。活动论发展快的主要原因,是二十世纪六十年代以来现代科学技术,其中包括空间技术和计算技术等飞速发展,使地球科学研究领域不断扩大,其中有几项获得了重大成就,象岩石构造地质学和地质年代学等。由于这两门科学的发展,使长期以来未解决的问题获得了初步解决。例如英国北部的苏格兰,这里研究前寒武纪和早古生代深变质岩系已有一百多年的历史,借助于这两门科学的新成果,把地质演化历史的顺序以及构造运动和格架搞得比较清楚。其次,比如海洋地质学、海洋地球物理学、构造物理学、实验岩石学、遥感地质学等,也取得了可喜的成就。一些新技术的应用,例如研究板块构造的一个难题——深海沟时,运用了深潜器,可在深达2000~8000米的深海沟载人进行直接观察、测量、拍照和采样,发现在海沟里面有一系列正断层,但在内壁底部确有俯冲带的存在。在太平洋、大西洋、地中海,都作了大量海底研究观测工作,这些工作的成果是很有意义的。因为,反对板块构造的人主要是否认有俯冲带存在。他们认为从地球物理资料看来俯冲带是可能的,但不是直接看到的。现在海底直接观测到确有俯冲带存在,使重的、冷的大洋岩石圈发生向下俯冲和潜没,这个问题就可以基本上肯定下来。此外,还有转换断层,是加拿大的

一位著名地质学家J.T.Wilson提出来的。近来的海底观测和研究发现,转换断层在地貌上是一个地堑,象裂谷(张性)一样,中间是剪切断层。这种剪切断裂构造很特殊,其活动分几段进行,象运动场上的接力赛一样,一棒接一棒,分段依次进行滑动。断层构造的机制是复杂的,不是我们想象的一次断裂就完成了,而是几次活动,所以现在对转换断层有了新的认识。另外,在太平洋洋隆上,观察到了“烟囱”,它是从上地幔上升出来的,与成矿作用有密切关系。

地质科学发展快还有一个原因,就是从五十年代开始到八十年代,进行了四个国际性计划。首先是五十年代的国际地球物理年计划;其次是六十年代的上地幔计划;第三是七十年代的地球动力学计划;到了八十年代,在原来地球动力学计划的基础上,进行岩石圈研究计划或固体地球科学研究计划。这些国际协作的成果对板块构造学说的发展起了很大的推动作用。总地说来,从1968年综合提出板块构造理论以来,目前仍处于发展阶段。现代科学发展的特点是学科间的相互渗透,相互协作,而且强调向新的边缘科学发展,进一步攻破地球科学难关。

板块构造理论的基本观点

(一)地球层圈的观点 地球从表面到核心,分为以下几个层圈:最外是地壳,地壳和上地幔之间有一个界面叫莫霍面。其下有上地幔、下地幔和地核。地核又分为外核

* 郭令智、施央申、马瑞士, 1974, 关于板块构造学说的一些基本观点。

和内核。岩石圈是刚性的，它包括两部分，一个是地壳，一个是上地幔顶部刚硬的部分，所以岩石圈不等于地壳。这是研究板块要注意的。岩石圈之下是软流圈。软流圈的概念与地球物理的低速带的概念还有一定区别，它是塑性的东西，由于岩石圈是刚性的，而下面的软流圈是塑性的，所以刚性岩石圈可以在塑性的软流圈上滑动，这是基本的概念，是地质学的概念。它与地球物理学的概念有联系又有区别，不能等同起来。所以，如果给板块构造下一个简单的定义，就是岩石圈板块相互作用和运动的过程中产生的构造叫板块构造。岩石圈厚度变化很大，一般为50~150公里。在洋中脊非常薄，郯庐大断裂只有70公里。华北稳定地区厚度就较大，平均约100公里。

地壳有两种类型：一是大洋壳，厚度4~8公里，最大不超过10公里。另一种是大陆地壳，厚度平均35公里，最大70公里左右。如我国西藏拉萨地区厚度大于70公里，最高的喜马拉雅山只有50公里。此外，还有过渡型地壳，厚度25公里左右。

软流圈的深度在地表以下300~400公里，最浅的到200公里左右。所以综合起来得到这样一个概念：刚性的岩石圈在塑性的软流圈上进行滑动。软流圈下面又有一个刚性的中间圈。最近研究表明，岩石圈和软流圈不仅有较多的层圈，而且具有侧向不均一性，是很复杂的。

(二) 板块的划分 地球上的岩石圈最初划分为六大板块，后来又发展成为七个，最近提出分为八个。六大板块指的是太平洋板块，美洲板块，非洲板块，欧亚板块、澳大利亚-印度板块和南极洲板块，还有20多个中型板块，如菲律宾板块、华北板块等。近年来还探讨划分许多微型板块。

(三) 板块构造的边界是地球上最重要的构造活动带 它的边界可以分为五种类型：

1. 背离界面（有的文献叫增生）：例如东太平洋洋隆，是拉张区。大西洋和印度洋的洋中脊都是背离界面。为什么叫增生？因为有人说那里是大洋地壳产生的地带。这个叫法不够确切，从运动方向来看，还是叫背离界面更清楚、明了。

2. 敛合界面：比较复杂，它分为四种情况：①大洋板块与火山岛弧碰撞地带，如西

太平洋地区，一边是大洋板块，一边是岛弧。

②大洋板块与弧形山脉碰撞地带或接合部位，如东太平洋南部边缘。为什么要分这两种类型？因为前者在岛弧后面有弧后盆地，如日本海和南海，而后者则没有弧后盆地，只有弧形山脉直接与大陆毗连。③大陆板块与大陆板块碰撞带，如我国的雅鲁藏布江，就是印度板块与欧亚板块碰撞的地带，叫做地缝合线。只有两个大陆板块碰撞结合的部位才叫地缝合线。④大洋板块与大洋板块碰撞地带，如马里亚纳群岛两侧均为大洋岩石圈。

3. 转换断层：洋中脊被剪切断层切割，这种断层组合与平移断层不同。平移断层的两盘相对动向各处是相同的，而转换断层是由洋中脊拉张形成的，断层两盘的相对动向与平移断层不同，它在不同的地点动向是不同的。转换断层类型很多，有洋中脊—洋中脊型、洋中脊—海沟型、海沟—海沟型。在太平洋、大西洋、印度洋都有洋中脊被错断的现象，它不是平移断层造成的，而是另一种新型的转换断层造成的，水平错距很大，可超过一千公里。

4. 转换挤压界面：如果板块斜向俯冲，局部挤压，主要为剪切，可形成这类界面。

5. 转换拉张界面：如果板块斜向俯冲，局部拉张，主要为剪切，可形成这类界面。

(四) 力学性质 上面所讲的构造活动带，从力学性质进行分析，则①背离界面是以拉张性质为主；②敛合界面是以挤压性质为主；③转换断层是以剪切性质为主。随着时间的进展，其力学性质也可以转化，因此也会发生挤压剪切或拉张剪切。

上述五种构造活动带在沉积作用、变质作用、岩浆活动和构造变动、成矿作用等方面都留下了深刻的烙印，是我们研究的主要对象。

(五) 矿产特点 这些构造活动带的矿产都各具特色。换句话讲，不同板块构造界面与成矿作用的特点互不相同。因此，从实践的意义看来，我们要仔细认识这些界面的标志。我们经过研究，对大陆上敛合界面提出八大岩石和构造标志，特别是在大陆上工作的同志应注意怎样去认识这些标志*。

* 郭令智、施央申、马瑞士，《福建地质》，1977，论古海沟岛弧系的研究方法及其意义

(六) 上地幔的物质成份 地球科学工作者提出了许多模式, 如橄榄岩模式、榴辉岩模式、球陨石模式、二辉橄榄岩模式等等。比较有科学根据的是地幔岩模式。地幔岩的成份大体上有三份橄榄岩和一份夏威夷(大洋)玄武岩, 其成份比较接近球陨石的硅酸盐相或二辉橄榄岩。最好叫上地幔岩。

(七) 关于安山岩成因的观点 环太平洋有一个安山岩带, 这些安山岩、中性岩与很多矿产如铜、钼、铁、黄铁矿等矿床的形成有不可分割的关系。长期以来就知道环太平洋有一个安山岩带, 并认为安山岩是由玄武岩“分异”出来的。但是根据实验岩石学 and 同位素地质学的研究, 证明安山岩浆主要来源于上地幔, 尤以 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值(0.7035~0.7045)的研究最有说服力。高温高压实验也证明了这一点。玄武岩在高温高压条件下, 可分熔为两部分, 一部分变为难熔的榴辉岩, 同时分熔出含 SiO_2 比较高的易熔的中性或中酸性岩浆。我们可以这样设想: 大洋岩石圈的上面是薄层的海洋沉积物, 下面是拉斑玄武岩, 再下面是橄榄岩, 当它们俯冲或者潜没、消失在软流圈下面时, 在高温高压的影响下, 拉斑玄武岩一部分转变为难熔的榴辉岩, 同时分熔出钙碱性的安山质岩浆。如果安山质岩浆或中酸性岩浆上涌到地表或在地表附近侵位, 这样就形成了安山岩带。从这个角度来说明它的成矿作用就可以理解了。我们知道, 与安山岩有关的矿床有斑岩铜矿, 如四川西部、西藏都有一个斑岩铜矿带。铜的富集是由于海洋沉积物吸附有铜的离子, 拉斑玄武岩中也含铜的成份, 当它们俯冲、潜没到上地幔时, 随分熔产生的安山质岩浆上涌到地表, 从而形成斑岩铜矿。分熔的岩浆偏酸性, 可形成斑岩铜钼矿, 更酸性就形成斑岩钼矿。必须指出, 岛弧发育早期阶段, 以产生拉斑玄武岩系列火山岩为主; 而成熟阶段, 以产生钙碱系列(安山岩)火山岩为主(图1及图2)。

板块构造与成矿作用

成矿作用是研究矿床的成因。从板块构造的角度来看, 必须强调区域岩石和构造特征在时间和空间上的关系, 它在时间上的发展和空间上的变化。许多中、新生代的斑岩铜、钼矿床, 往往分布在俯冲带上盘的岛弧

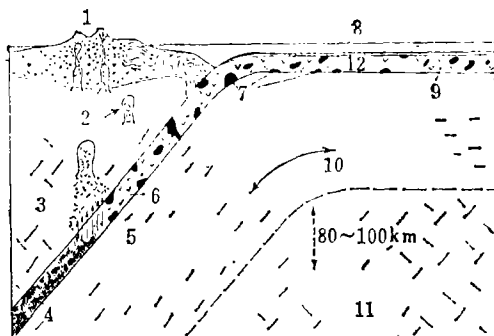


图1 岛弧发育的早期阶段

(据Nicholls和Ringwood, 1973)

表示俯冲洋壳角闪岩的脱水作用, 水进入上覆楔形体中, 以及岛弧拉斑玄武岩系列的产生。

1—岛弧拉斑玄武岩系列; 2—分异的含水玄武质岩浆; 3—上幔岩的局部熔化; 4—榴辉岩; 5—角闪岩→榴辉岩+水; 温度 $\leq 650^\circ\text{C}$; 6—角闪岩; 7—蛇纹岩体; 8—海洋; 9—玄武岩、辉长岩、绿片岩、角闪岩; 10—俯冲的橄榄质岩石圈; 12—洋壳

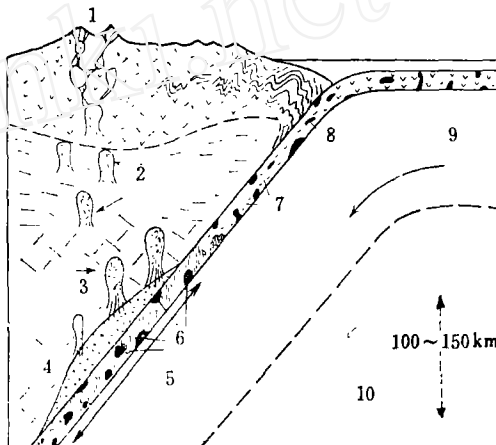


图2 岛弧发育的成熟阶段

(据Nicholls和Ringwood, 1973)

表示俯冲洋壳的局部熔融以及酸性溶液发生反应作用, 从而导致贝尼奥夫带上邻近的地幔产生含水的、运移的辉石岩。这些底辟上升, 产生局部熔融和钙碱系列岩浆。

1—钙碱系列火山岩; 2—钙碱性岩浆的分凝和分异; 3—辉石岩的底辟上升和局部熔融; 4—含水辉石岩; 5—石英辉岩的局部熔融; 6—高的水压力, 蛇纹岩的脱水作用, 温度 $\geq 700^\circ\text{C}$; 7—角闪岩; 8—蛇纹岩; 9—橄榄质岩石圈; 10—上地幔

(山弧)带上, 所以从事板块构造研究的地球科学工作者, 首先就建立了斑岩铜矿和其他硫化物矿床的成因模式, 许多矿床的形成

是与岩石圈板块的活动密切相关。研究板块构造与成矿作用,其任务大概有以下几个方面:①成矿带的分布规律与现代板块活动的相互关系,并对它进行科学的分类。②选择矿床的成因模式。③分析较老的矿床,如古生代、前寒武纪形成的矿床的分布与古板块构造活动的关系。换句话说,古板块边界的位置和成矿的关系。板块构造与矿床的关系可分二种类型。第一种类型是在板块边界或边界附近的矿床,又可分为:Ⅰa背离边界,Ⅰb转换边界,Ⅰc敛合边界。第二种类型是在板块内部,又可分为:Ⅱa大洋盆地内部,Ⅱb大西洋的大陆边缘,即拖曳的、被动的类型,Ⅱc在大陆板块内部。第一类板块边缘的矿床,具有这样的特点,它们的空间分布是伸长的或延长的;其次,它的位置往往平行于板块的边界或边缘界面;第三,它的矿化作用、母岩大体上与成矿期是同时的,但成矿作用往往稍晚于造山阶段。第二类是板块内的矿床,它的空间分布不具有伸长的特点,而是等量状的。它的成矿省(或是成矿域)往往切割沉积岩与构造的走向。下面对两大类型矿床进行详细的分类和探讨。

Ⅰa的矿床 例如:(1)红海型,据钻探资料,含Fe29%,Zn3.4%,Cu1.3%,Pb0.1%,其次还有Au、Ag。其形成可能与咸的卤水有关,咸卤是沉淀硫化物的热水溶液。红海地区是一个拉张区。(2)在洋中脊沉积中也有很多成矿元素,如Fe、Mn、Cu、Ni、Pb、Cr、Co、U、Hg和少量的V、Cd、Bi。形成含铜黄铁矿或块状硫化物矿床,如塞浦路斯和纽芬兰。

Ⅰa中还有很多混合类型,可列在背离界面或敛合界面。如豆荚状铬铁矿,它的形成地点是洋中脊,但是随着板块的运移,定位后出现在岛弧形山脉边缘地带。铬铁矿在构造上是比较复杂的,国内外的铬铁矿大部分出现在板块的结合部位。一个是特提斯带或古地中海带,这是一个巨大的铬铁矿带,另一个带在西大西洋,这里也有铬铁矿,但规模不大。可见这种豆荚状铬铁矿形成于背离边界,由于板块运动的结果,使它保存和出露在敛合边界部位。

比较起来,两个大陆板块的接合部位,铬铁矿床规模比较大,如欧亚板块与印度板块的接合带,又如西伯利亚板块与俄罗斯板

块交接的乌拉尔带,而大陆板块与大洋板块接合部位就相对少些,规模也小,如巴布亚新几内亚,从岩石的成份来看,这些地带是镁质超基性岩。例如广西九万大山,那是一个敛合边界,虽有纯橄岩,但它主要是铁质超基性岩,因而形成铜、镍硫化物矿床。所以铬铁矿的形成在Ⅰa,出现在Ⅰc,特别是地缝合线带。

Ⅰb的矿床 在“渗漏”转换地带虽然出现了一些矿种,如Cu、Mn、Cr等,但它主要起促进作用,使矿富化富集,其本身与成矿作用关系不大。

Ⅰc的矿床 矿种丰富多样。前面讲过,敛合边界分四种情况,一是大洋板块与岛弧的接合部位,二是大洋板块与弧形山脉的接合部位,三是大陆板块与大陆板块的接合部位。此外,还有一种是大洋板块与大洋板块的接合部位。属于Ⅰc的矿床如阿拉斯加的铬铁矿,日本的块状硫化物矿床(黑矿),加拿大新不伦瑞克的层控FeS₂-Cu-Pb-Zn块状硫化物矿床等。

我国属于Ⅰc的,例如绍兴的含铜黄铁矿床。它的成因是有争论的。这是一个黄铁矿型铜矿类型,又受到后期改造,它的构造背景恰恰是在前寒武纪板块接合部位。还有种一情况,是日本的黑矿,它形成于中新世的绿色凝灰岩中,与黄铁矿铜矿类型矿床的背景不同,它不是在深海条件下形成的,而是在浅海的岛弧上形成的。因此,黑矿形成的构造背景与典型的含铜黄铁矿床不一样,它是在隆起的背景,而不是在拗陷的背景上形成的。

还有一种火山成因的锰矿,往往和海相沉积物共生,如古巴、日本、美国西部都有这种矿床。

另外,还有一种磁铁矿-黄铁矿夕卡岩型矿床,它的构造背景与敛合界面有关,主要出现在北美和南美的西部地区。

至于斑岩铜矿和斑岩铜矿矿,它们主要分布在太平洋的东岸及西岸,即环太平洋带以及特提斯带。板块内部也有一些。西太平洋的斑岩铜矿过去报道不多,但最近几年有新的发现,如在日本发现了斑岩铜矿,我国台湾省也发现了斑岩铜矿线索,再往南菲律宾也发现了斑岩铜矿,更向南巴布亚新几内亚也发现了斑岩铜矿。这就是环太平洋出现

的与敛合边界有关的斑岩铜矿带。

Ic还有Ag—Pb—Zn,在东太平洋很多,美国西部、墨西哥、加拿大均有。我国的浙江沿海地区是一套陆相的中生代的火山岩,它是一个中生代的敛合边界,浙江黄岩五步的大型铅锌矿,是在西太平洋的中生代可能跨到新生代早期在敛合边界上形成的,往北到日本、朝鲜南部都有这种矿床。这些矿床的出现并不是偶然的,它是与同一个构造带密切相关的。

还有金矿,在敛合部位也有产出。比如美国西部的金矿脉往往与大断裂有密切关系,美国的阿拉斯加、加利福尼亚的金矿脉都与大断裂有关;又如美国西部大矿囊金—银以及美洲西部的钨、锡、汞、铋矿床。我国还要做一些工作。华南的金矿还是有希望的。从华南看,(1)金矿与中基性火山岩有关,如湖南的雪峰山地区,最近在冷家溪群和板溪群中发现了大量的古火山岩,金矿都赋存在这一套围岩中;(2)与深大断裂有关;(3)它靠近古的或新的敛合边界。

但是广西东南金矿,含金石英脉赋存于寒武纪地层中,没有找到火山岩(?),它的形成条件尚未肯定。总的看来,在华南找金矿还是有希望的。此外,华南的钨、锡、铋、钼、金、斑岩铜矿,都是大型矿床,分布于敛合边界的古岛弧隆起地带。秦岭的大型钼矿亦是在敛合边界背景下形成的。

现在谈谈板内的矿床。

IIa的矿床 在大洋盆地内部。最主要的是锰—铁(铜、镍、钴)结核。锰—铁沉积物出于小的洋盆中,它的物质来源可能与火山作用有关(?)。属于IIa的还有在小洋盆中的蒸发岩矿床。

IIb的矿床 在大西洋的大陆边缘。它是一个被动的大陆边缘,这里的一些矿种非常特殊,它有一种黑砂矿,有铀、锆磁铁矿等。那些地方风化比较厉害,所以形成了砂矿。此外,在大陆架还形成磷块岩。

IIc的矿床 在大陆板块内部有南非威特瓦特斯兰含金(铀)砾岩矿床以及美国梅萨比和克林顿式铁矿层。内陆盆地如美国密执安盆地有蒸发岩矿床,如钾盐、盐、石膏和硫。其次就是红层铜矿,在我国以及欧洲、非洲和美洲均有产出,如赞比亚铜矿,加丹加(扎伊尔)铜—钴矿床。美国科罗拉多高

原的沉积型铀、铀—钒矿床就是产在美洲大陆板块内部。

还有层状的铬铁矿,层状的铬、铁—钽—钒、铜—镍—铂矿床,出于南非布什维尔德杂岩中以及美洲斯代尔沃特,也是板内的矿床。但要注意与一般属于敛合的豆荚状铬铁矿相区别。有与碳酸盐岩共生的铌、钽、磷、稀土元素(REE)及铜—氟矿床,有与金伯利岩共生的金刚石矿,有基鲁纳式铁(磷)矿床,有密西西比型铅—锌—铜—钼(铜、镍、钴)矿床,它与石灰岩共生,分布于克拉通内盆地边缘,其形成可能与超咸原生水向外迁移有关。该矿床顺线性构造产出,也是碱性侵入岩(包括金伯利岩)和隐爆构造的活动中心,可能与地幔活动有关。这些均属于板内的重要矿床。

将矿床按照构造背景分成两大类也有其不足之处。例如, Ia和Ic的关系,在红海的含金属沉积物以及层控的块状硫化物矿床,在分类上放在Ia,但在Ic的地方,我们也看到很多层控块状硫化物矿床。这种类型Ia和Ic,在成分和形态方面都有很多相似之处,比如说,有些黄铁矿或含铜黄铁矿床,形成在蛇绿岩套中间,形成的构造地区是在洋中脊,因而放在Ia。但从板块构造的观点,它通过传送带的输送往往出现在大陆边缘的Ic。因此从产生的地点来看属于Ia,而从矿床出露地点看又是在Ic。绍兴矿就是这种例子。这里有绍兴—江山深大断裂,据我们研究它是古的大陆边缘,是板块敛合边界,并有蛇绿岩套,可列入Ic。除此之外,有些古生代的造山带,如苏联的乌拉尔,就是一个古生代的华力西或海西褶皱带,在这些地区也出现了含铜黄铁矿。在北欧斯堪的纳维亚,以及美国的阿帕拉契,是一个加里东褶皱带,也出现了含铜黄铁矿,这种情况可能代表了古代的或叫做“化石”的敛合边界。这样从产地看可放在Ic,而实际上形成在Ia。同样的,铬铁矿也是这个问题,形成在蛇绿岩套中,与纯橄岩密切相关,但往往产出在大陆边缘,分类也可放在Ia或Ic。这些都是混合类型。

下面讲讲Ib的问题。

在转换地带,最近几年的研究,发现一些矿床,特别是在活动的转换断层带或破碎带,往往出现蛇绿岩套,这种地区铬铁矿往

往和蛇绿岩套共生在一起,并且与深大断裂或大型转换断层有伴随关系,但也有人认为与深大断裂有关的铬铁矿和蛇纹岩是与古的地缝合线带有关,而不是与转换断层有关,换句话说“化石”的敛合边界,认为应看作是Ia,产出于Ic。但若确定是“渗漏”转换断层,则属于Ib是毫无问题的。所以,按构造来分类就存在一些问题,但对我们找矿还是有意义的,如果把构造背景搞清楚了,可以帮助我们预测矿种和矿带。

再举一个例子。美国的加利福尼亚湾,以构造背景讲,是Ib靠近转换断层附近出现铜-锰矿床,通过最近的研究有人认为,这个地方的矿化作用最复杂的一点是在东太平洋洋隆与大陆板块的交接地带,另外一点是,它的确是转换断层,所以它是一种混合类型矿床。

关于敛合边界(Ic)的成矿物质来源,主要来自俯冲板块,或来源于仰冲板块。这个俯冲带又叫做消失带、潜没带或贝尼奥夫带。突出的例子就是斑岩铜矿或斑岩钼矿。在东太平洋地带,这个矿放在Ic可能问题不大。总的看来,构造分类要慎重。

还有一个问题,成矿作用是多阶段的,有时间上的变化。刚才讲的是空间变化。有些矿种,如含铜黄铁矿床经过了后期的改造,原来的面貌有些改变,使构造分类出现困难。如浙江绍兴的铜矿床,有人认为是热液矿床,有人认为是含铜黄铁矿床。我们看来两种都有道理。经过了多期作用,有的矿床早期成矿特征明显,有的后期改造特征突出,要抓主要矛盾来确定构造背景和矿床类型。第二类(板内)也比较复杂,有的矿种与第一大类相似,物质来源深度也比较大。

蛇绿岩套与成矿作用

蛇绿岩套是镁铁和超镁铁岩石的特殊集合体。它具有一定的层序,它代表着大洋岩石圈。如果在大陆上发现蛇绿岩套,可以肯定,它是大洋岩石圈由于构造作用推移到大陆岩石圈上的。这是一个基本观点。但蛇绿岩套这个名词不能乱用。看见一点基性、超基性岩就说是蛇绿岩套,这是不对的。它具有一定层序,所以“蛇绿岩套”有真正的,

有非蛇绿岩套和类蛇绿岩套。

1972年在美国召开了一个会议,经过讨论得出蛇绿岩套的组合是如下的层序,由上而下为:

顶部E—大洋沉积物(包括条带状燧石薄的页岩夹层和少量石灰岩等)。

A—D蛇绿岩套。

D—镁铁火山杂岩,通常具有枕状构造(细碧岩)(钠质长英质喷出和侵入岩偶有产出)。

C—镁铁席状、脉状杂岩(辉绿岩等)。

B—辉长杂岩,通常具“累积”结构(具有韵律)*,含有“累积”的橄榄岩和辉石岩,与超镁铁杂岩比较,形变较弱。

底部A—超镁铁杂岩,包括不同比例的斜方辉石橄榄岩、二辉橄榄岩和纯橄榄岩,通常具变质结构,这种杂岩或多或少地蛇纹石化,“豆荚状”铬铁矿与纯橄岩共生。

本世纪初有人称上述岩套为“三位一体”,即大洋沉积物的燧石层,少量石灰岩,火山岩、细碧岩与基性、超基性岩三位一体。当时是作为优地槽的特征。

但我们在野外工作,鉴定蛇绿岩套并不是太容易的事情。为什么呢?因为它出现的部位往往构造复杂,形成蛇绿岩套的混杂岩。镁铁、超镁铁岩东一块、西一块,但总的来讲是按构造线分布,往往与混杂堆积出现在一起,所以最近有人叫蛇绿混杂岩,使上述的蛇绿岩套层序在大陆上很难完整找到。

蛇绿岩套在国际上是一个重点研究课题,它有几层意义。第一,要在地球表面研究大洋地壳和上地幔的物质成分,就必须研究蛇绿岩套。第二,研究一个地区的地壳演化要研究蛇绿岩套。第三,研究与蛇绿岩套有关的矿种也要研究蛇绿岩套。

现在介绍与蛇绿岩套有关的矿床(图3)。

图3圆圈部分是洋中脊或者洋隆,是大洋地壳产生的地方。上地幔物质上涌产生大洋地壳。由于不断上升,把板块向两面推移,由于上面是刚硬的,下面是塑性的,使大洋岩石圈象“传送带”一样推移。在俯冲

* 英文的“累积结构”有译为“沉淀结构”,但易与“沉积学”的概念相混。它具有韵律。

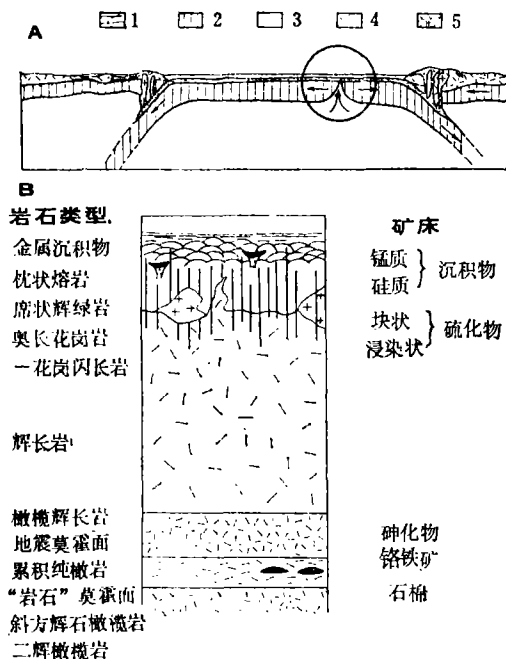


图3 背离板块边缘的矿床

A—根据太平洋横剖面推断的不同板块构造体制的

理想模式(据Dewey和Bird, 1971)。

1—洋壳; 2—岩石圈; 3—软流圈; 4—陆壳; 5—俯冲带上面形成的侵入和喷出火成岩。B为圆圈地区的放大图, 根据蛇绿岩模式, 模拟大洋岩石圈的理想剖面(据Moore和Vine, 1970; Church, 1972; Malpas, 1973)

以及矿床赋存的地层位置(据Seale, 1972)

带蛇绿岩套发生构造侵位。

图3 B代表圆圈地区的剖面, 左边是岩石类型, 右边是矿床。上面有一个界面—岩石莫霍面, 即根据岩石所确定的莫霍面。

最下的部分出现斜方辉石橄榄岩、二辉橄榄岩, 与之相关的矿种是石棉。但并非所有的石棉都属这类, 只是在变形和蚀变后才形成石棉。

再上面出现纯橄岩, 具有“累积结构”, 与之相关的矿种为“豆荚状”铬铁矿。

再上面出现地球物理的或“地震”莫霍面。

再往上出现橄辉辉长岩, 主要是铜、镍硫化物矿床以及砷化物。这种现象在华南也能看见。在九万大山就有铜镍硫化物矿床, 基本上在辉长岩中间, 下面还是有点辉石岩。

再往上是花岗闪长岩, 其中含有金。这种花岗岩类是幔源型的。花岗岩类并不是大部分都来自地壳的, 还有一部分是来自地幔

的。徐克勤教授称之为幔源型。这种花岗闪长岩中往往富含金矿。

再往上是席状辉绿岩、枕状熔岩, 其中有黄铁矿型铜矿, 块状铜、锌、铁硫化物矿床。

再往上是洋沉积物, 含金属沉积物中往往含有硅质、锰质沉积物。

这样的蛇绿岩套, 其成矿专属性非常明显, 找矿意义很大, 但首先要搞清楚构造背景。一般形成于背离界面, 构造侵位(逆冲)到敛合界面上的仰冲带。

其次, 重点从构造的角度谈谈块状硫化物, 即含铜黄铁矿矿床。

块状硫化物矿床产出在枕状细碧岩中, 但不是所有的细碧岩都有枕状构造, 再加上构造破坏, 会使枕状构造破碎, 引起观察上的困难。要注意莫把球状风化当成枕状构造。此类矿床的特点是: (1)层控, 在剖面上具有一定的层位, 通常在枕状熔岩的中部; (2)周围的火山岩曾受到热液变质作用的强烈影响; (3)矿床形成处, 热流量比较高, 地温梯度比较陡, 变质作用常常表现为沸石相和绿片岩相。(4)往往有铁帽, 这是块状硫化物矿床的标志之一。块状硫化物矿床的例子很多, 并出现于不同地质时代, 如元古代、古生代、中生代和新生代都有此类矿床。

铬铁矿具有下面几个特点:

(1)在大洋中脊或洋隆形成的铬铁矿, 与纯橄岩、橄榄岩等超镁铁有密切的共生关系。

(2)这些超镁铁往往是“无根”的, 绝大多数都是这样。

此外, 还有一种非蛇绿岩铬铁矿, 如南非的布什维尔德, 就是板内的铬铁矿床。因此, 并不是所有的铬铁矿与蛇绿岩套共生, 也有典型的层状铬铁矿床。

与蛇绿岩套有关的次生矿床, 有含铁、镍的红土, 含镍硅酸盐矿床, 还有石棉。

蛇绿岩的构造侵位问题。

这是一个新问题, 蛇绿岩有两次侵位, 第一是形成时的原生侵位, 第二次是由于构造作用而产生的次生侵位, 有人叫它侵位构造, 我们主要是研究次生侵位。

(下转第15页)

(Fe、TR、Nb和Cu、Pb、Zn、S矿床)，属于与海底火山活动有关的火山喷发—沉积变质矿床。

综上所述，根据已掌握的矿床、矿化资料和卫片解译、航空地质等方面情况，对区内元古界地层中的找矿方向提出以下初步意见：

1. 首先注意本区元古界地层分布及其古地理环境的研究，特别要注意盆地构造的研究。已知白云、霍克乞、炭窑口、东升庙及结胜盘等大型矿床均赋存于断陷盆地构造中，而与之类似的盆地构造在本区尚有十几处。因此研究断陷盆地更有其找矿意义。

2. 注意古火山活动的研究。在元古界地层的沉积过程中常伴随有火山岩，火山岩系分布区是最有利的找矿区。同时还应对区内广泛出露的火成岩的时代、岩相、岩性、形态及其含矿性进行研究，寻找新的矿床类型，特别是找斑岩型矿床是有前景的。

3. 地层层位、岩相及岩性是控制矿床空间分布的主要标志，特别是 $Ptby_4$ 、 PtZ_{12} 、 Pt_{14} 层位。根据三个群的层位对比，除继续着重开展本矿田主要含矿层位找矿外，应对白云鄂博群 $Ptby_2$ 、渣尔太群 PtZ_{14} 和狼山群 Pt_{14} 层位进行普查找矿和研究工作，有可能发现同类矿床。

4. 向斜（向形）构造，是本区内控矿的重要构造因素。矿体一般与地层产生同步褶皱（白云西矿已被证实），因之应对本区向

斜及其褶皱构造的形态加以研究。根据卫片解译（天津冶金地调所）认为霍克乞矿区一号、二号矿床分别产于两个向斜的北翼，因之应对其南翼进行研究试验。渣尔太结胜盘矿区外围的刘洪湾、红白水沟、南水泉等地，可能有与结胜盘相应的含矿层位。

5. 达茂官胡硃矿区，以往找矿效果不大，但从成矿地质条件和已知沿层断续分布约30公里长的蚀变带（夕卡岩带），并结合已知铜矿点分析应是寻找铜矿的有望区。

6. 银川—狼山南北向大断裂以东的克陶勒海、盖沙图、千德曼等铜矿点，其含矿层位与霍克乞矿区相似，可能是霍克乞含矿层的西部延长，值得进一步普查找矿。

7. 区内已知矿床、矿点、铁帽分布密集，并有很多物化探异常区，是今后找矿的重要依据和线索，应进行仔细研究。

总之，本区通过多年来的地质工作，除已发现几处大型矿床外，还有250多个矿点（矿化）和物化探异常区。因此，可以肯定地说，内蒙西部元古界地层分布区确有可能是个铁、稀土、铌和铜、锌、硫铁矿等矿产进一步发展的成矿远景区。今后应有步骤地、系统地进行基础地质研究工作和地表、深部找矿评价，尽快作出远景估价。

本文是由姚培慧同志提议和支持下并承蒙王可南、周传新同志审阅修正，利用一些同志的研究成果写成，图由赵圣章、张英纯同志协助清绘，在此一并致谢。

（上接第6页）

超镁铁岩作为原生侵位的侵入岩的观点已经过时了，不论什么学派都承认这一点。这是因为野外观察证明：（1）镁铁质岩体与围岩呈整合接触；（2）很少看到蚀变现象；（3）岩体是“无根”的，就象漂在围岩上面一样；（4）岩体与围岩一起褶皱，它们是同步的。所以，蛇绿岩套的侵位是次生的。

蛇绿岩套侵位的方式，也有不同的说法。第一种比较流行的看法是逆冲，大洋壳俯冲时因受到阻碍而向上逆冲在岛弧火山沉积物上面，或推复到大陆板块之上。雅鲁藏布江的蛇绿岩套不能叫逆冲，它是两个大陆板块挤在一起的结果。两边是印度板块和欧亚板块，中间是古海洋形成的蛇绿岩套。第二种观点是侵入，又叫做固态侵入，或者叫

冷侵入，也叫做构造侵入，三种不同的叫法都是指同一现象。第三种观点是重力滑动，比如说由于大洋中部隆起，蛇绿岩套向两侧低处滑动，而形成一些复杂的推复构造。第四是“底辟”作用，塑性状态的上地幔物质向上涌，形成蛇绿岩套的构造侵位。

关于细碧岩，现在叫蚀变的拉斑玄武岩，细碧岩可能有的是深海形成的，与蛇绿岩套有关，有的可能是浅海中形成。所以细碧岩的定名要反映出构造背景，要考虑岩相，是深海还是浅海的。例如，安徽张八岭的细碧岩建造，可能是在隆起的背景上，浅水下喷发的火山岩，然后蚀变，使钠质很高。蛇绿岩套是与复理石等深海沉积物共生的。又如闽北建瓯的细碧角斑岩，董忠泉同志定为钙碱系列火山岩。（未完待续）