

论边缘成矿——关于金属矿床的时空分布及其成因联系

孙启祯

(冶金部第一冶金地质勘探公司综合研究大队)

关于金属矿床在空间和时间上的分布规律,矿床学家们根据不同矿种和不同类型的矿床实例提出了种种理论。这些理论无疑大部分都是正确的,而且在各自的范围内也都具有一定的指导找矿的实际意义。但是,哪一种理论对于不同矿种、不同类型的大多数金属矿床的形成和分布来说具有较普遍的意义?哪一种理论在解释矿床成因和时空分布上能有机地结合起来?为了探讨这个问题,作者在研究了我国和世界上一些著名的金属矿床的分布和成因后,提出边缘成矿理论。其主要内容是:大部分金属矿床在空间上是沿着大地构造单元或地质体的边缘部位,即异相交接带分布的,时间上是在不同地质时期或成矿作用时期的早期或晚期形成的,而地球内部及外部的各种差异因素是造成这种边缘成矿的主要原因。边缘成矿理论可用一个简单的公式表示:边缘—差异—成矿。

金属矿床空间上沿大地构造单元或地质体的边缘部位分布

金属矿床的成矿过程是地幔或地壳中某些金属元素迁移富集的过程,也是成矿物质本身的性质和地质介质所提供的条件的辩证统一的过程。金属矿床的空间分布是有规律的,这种规律的普遍性表现在大部分矿床(不是所有的)都分布在大地构造单元或地质体的边缘部位,如板块边缘、大陆边缘、地槽地台边缘、海盆边缘和岩体边缘,等等。这些边缘部位属于不同类型大地构造单元或地质体的异相交接带。这些边缘成矿部位与矿床学所指的成矿带、矿带等基本吻合。

(一) 板块边缘成矿

人们很早就发现,沿太平洋两岸和地中海两岸有两个大的金属成矿带,分布着丰富的铜、钼、

铅、锌、钨、锡、锑等多种金属矿产。这种全球性的矿床分布规律虽然很早就被人们认识,但对于其形成原因却很少有人提出令人满意的解释。

六十年代末,随着板块构造的兴起,国外许多学者研究了板块构造与成矿的关系,普遍认为板块边缘与成矿关系密切。大部分火山矿床和次火山矿床都产在古今汇聚板块的边缘,与俯冲消亡带有关。环太平洋成矿带和地中海成矿带恰好位于勒皮顺所划的六大板块的汇聚板块边缘^[1]。沿着这些边缘地带,分布着中生代以来形成的许多重要的内生矿床。据统计,国外90%以上的斑岩铜矿产在目前所划的几个活动板块的汇聚板块边缘(图1)。其中位于太平洋板块、南极洲板块与美洲板块接合线的美洲西海岸铜矿带,集中了国外75%的斑岩铜矿。产在汇聚板块边缘的还有与斑岩铜矿经常共生、出现于同一成矿带的斑岩钼矿和产于大陆板块消亡边缘或岛弧边缘附近海洋板块中的黄铁矿型铜矿。此外,热液型和夕卡岩型铅锌矿、钨矿、锡矿、锑矿、铋矿等,大部分也都分布在汇聚板块的边缘部位。

离散板块边缘与硫化矿床和沉积矿床有关。包括蛇绿岩套中的铬铁矿矿床、含铂族金属的镍矿床、含铜黄铁矿矿床、层状锰矿床,以及热水矿床等,均产在大洋中脊。热水矿床被认为是近几年最大的科学发现之一。它是由地底上升的热熔岩岩浆经海水冲洗,析出金属成分堆积而成的矿床。如太平洋海岭上的加拉帕戈斯群岛东方海底热水矿床厚约30米,矿石含铜10%,银0.3%,钼0.01%,钨、铅、钒、锌各1%。

(二) 大陆边缘成矿

大陆边缘除了一部分属现代板块边缘外,还有一部分属古板块边缘。如南美洲、非洲、印度和澳大利亚的部分大陆边缘就属于冈瓦纳古陆分

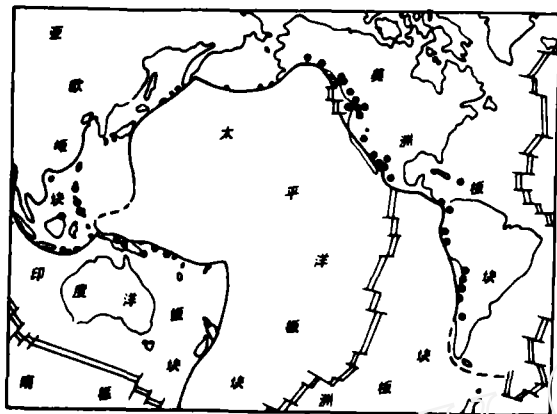


图1 斑岩铜矿床分布示意图

粗黑线—汇聚板块边界；双线—离

散板块边界；黑点—斑岩铜矿床

裂时的古离散板块边缘，沿着这些边缘分布有许多著名的前寒武纪层状铁矿床（图2）。另有一些大陆边缘则属小板块边缘或其他构造类型边缘。如澳大利亚边缘就由张裂边缘、边缘海边缘和碰撞边缘组成。因此，大陆边缘成矿与板块边缘成矿和其他构造类型边缘成矿是相联系的。所不同的是板块边缘以中生代以来的矿床为主，而大陆边缘则包括了自前寒武纪到中、新生代的矿床。

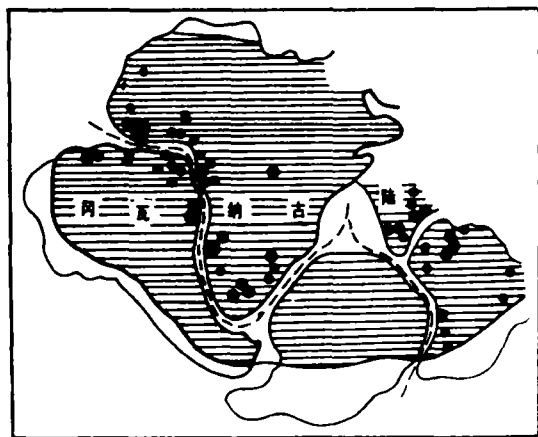


图2 前寒武纪层状铁矿床分布图

1—大于10亿吨的矿床；2—1~10亿吨的矿床；3—小于1亿吨的矿床；4—前寒武纪地层；5—海岭

在亚洲大陆，如我国东北的鞍山式铁矿、华北的邯邢式铁矿、华南的热液型钨矿，以及朝鲜的铁矿、铜矿，东南亚的锡矿，印度德干高原的

铝土矿等，都靠近大陆边缘。

在非洲，西部海岸的金矿、铜矿、铁矿和南非的铬铁矿等许多重要矿产，也都靠近大陆边缘。

在美洲，绝大部分金属矿床都集中在东、西海岸及北部沿海一带，包括加拿大的铜镍钴矿，巴西、圭亚那的铁矿、铝土矿和智利的铜矿等。

澳大利亚的铁、钛、锰、钨、铝、金、铜、铅、锌、镍、汞和近二十年来发现的大量红土型铝土矿等多种金属矿产，绝大部分也都分布在大陆边缘。其中铁矿主要分布在西部、南部沿海一带，铝土矿主要分布在昆士兰州约克角半岛的韦帕、澳北区的戈夫、西澳的达岭山和北部海岸的金帕里等地。

在南极洲，已发现的铁、锰、铜、镍、钴、铅、锌、金和钼等金属矿产，也主要是分布在大陆边缘的南极半岛、沿海岛屿及边缘山脉一带。

（三）地槽、地台边缘成矿

地台区以沉积矿床为主，地槽区除了沉积矿床外还有相当数量的火山沉积矿床和岩浆、热液矿床。这些矿床不是普遍分布在地台或地槽区内，而是常常沿着其边缘部位分布。如铝土矿和含铜砂岩等多分布在地台边缘，斑岩铜矿、铅锌矿和铬铁矿等多分布在地槽边缘。

我国华北的铝土矿主要分布在华北地台西南和东北两侧，白云鄂博含稀土磁铁矿矿床位于地台向地槽过渡的地带。云南个旧的锡矿和广西大厂的锡石—硫化物矿分别位于康滇地轴与江南地轴的边缘拗陷带，赣南的钨矿主要分布在华南褶皱带的东南侧。小秦岭金矿和栾川钼矿都分布在秦岭褶皱带的东端，近几年发现的西藏铬铁矿也分布在拉萨褶皱带的南北两侧。

乌拉尔的矿藏主要分布在乌拉尔地槽的东西两侧。如含铜砂岩集中发育在乌拉尔地槽和俄罗斯地台的交接带。

在地槽、地台区二级构造单元的边部，特别是沉降带与地盾的交接带，产有许多与超基性岩、基性岩有关的铜镍矿床、钒钛磁铁矿矿床，以及与碱性岩有关的稀土矿床。如肖德贝里铜镍硫化物矿床产在加拿大地盾的边缘。我国大庙钒钛磁铁矿矿床产在内蒙古背斜南缘。鄂东南夕卡岩型铁铜

矿床则分布在淮阳地盾与江南古陆之间凹陷带的南端。

就矿种来说,以金矿为例,我国几乎所有类型的原生金矿床都分布在大构造的边缘部位(表1)。这些边缘部位的矿床往往成群成带展布。如华北地台的北缘是阴山、燕山金矿带,南缘是小秦岭金矿带,东缘则是胶东金矿带。

(四) 海盆边缘成矿

研究沉积矿产形成环境时都知道,对成矿最有利的古地理位置是陆棚、浅海和海陆交界的泻湖地带,即海盆边缘。

铁矿在海盆中的沉积具有明显的分布规律,从边缘向深处铁矿物依次呈氧化物相、硅酸盐相、碳酸盐相和硫化物相^[2],具工业价值的赤铁矿、褐铁矿主要分布在海盆边缘氧化相中。这类矿床包括我国宣龙式铁矿、宁乡式铁矿以及苏联刻赤铁矿和美国克林顿铁矿。湖相沉积铁矿也有类似特点,矿体产在湖边浅水地带,如淮南石炭—二叠纪的菱铁矿和四川綦江、新疆中部侏罗纪的赤铁矿、菱铁矿。一些沉积变质铁矿和火山沉积变质铁矿,如密西西比型,阿尔果马型及鞍山式铁矿,在古地理上也位于海盆边缘。

我国主要类型金矿床所在构造位置

表1

矿床类型	亚类	主要产地	构造位置
与变质岩有关的金矿	切层或顺层脉状金矿床	夹皮沟、宣化、桃花、金厂峪	地台、地盾、古隆起边缘
	似层状金矿床	东风山、银洞坡、四道沟	
与混合岩、混合花岗岩有关的金矿	石英脉型金矿床	小秦岭、玲珑、金牛山	古隆起边缘
	蚀变岩型金矿床	焦家、三山岛、新城	
与火山岩、次火山岩有关的金矿	次火山岩型金矿床	团结沟、金瓜山	内陆断陷盆地的边缘
	火山岩型脉状金矿床	鸭绿砬子、刺猬沟、奈村沟、金豹	
与中性小侵入体有关的金矿		小西南岔、峪耳崖	褶皱带或隆起的边缘
含金砾岩型金矿		小金山、黄松甸子	古陆或内陆断陷盆地边缘

(据张品静、张甲忠)

海相沉积锰矿床也多形成于滨海条件,沉积在浅海近岸地带,如苏联尼科波尔锰矿和我国湘潭、瓦房子锰矿。尼科波尔锰矿床的锰来源于前寒武纪的花岗岩、片麻岩和绿片岩,被地表水带出后沉积于渐新世海盆边缘。

含铜砂(页)岩也大部分位于海盆边缘。我国滇中含铜砂岩矿床位于盆地东缘^[3],矿带围绕着湖缘凹地呈环状、带状分布,平面展布方向随湖缘形态变化而变化。非洲、欧洲等地的砂岩铜矿也主要产在浅海相或泻湖三角洲相中。如扎伊尔—赞比亚晚元古代铜矿带矿床产在滨海环境中,位于古海岸线和硫酸盐相之间广阔的边缘上。

密西西比式铅锌矿是世界铅锌矿最主要的来源之一,多数矿床产在碳酸盐岩层中,矿化最富地段也是靠近沉积盆地的边缘地带。

日本黑矿是一种与火山活动有关的铜、铅、锌、金、银硫化物矿床,绝大部分也都产在火山

沉积盆地的边缘。如北鹿地区除深泽矿床产在盆地中心外,其余几乎所有的黑矿床都是沿着盆地边缘分布的。

我国山西、河南、贵州等地的铝土矿大部分位于海盆边缘,属浅海、滨海或海湾相。桂西铝土矿在古地理上位于晚二叠世桂西海盆的南缘(图3),其中包括著名的平果堆积型矿床。

(五) 岩体边缘成矿

岩浆溶液离开母岩体时包含着复杂的矿质,在向外流动或扩散的道路上,由于温度和溶解度逐渐降低,分别饱和而依次沉淀下来。因此,在岩浆岩分布地区,矿体一般是沿侵入体的边缘及其附近呈带状分布。基性、超基性岩中的铜镍硫化物矿床,矿体大都产在岩体的边缘或附近围岩中。如新疆普布拉克塔离型铜镍硫化矿床,矿体分布于基性岩体次闪石化辉石橄榄岩相带内或该岩相带与辉石橄榄岩相带之间,岩体从中心到边

缘呈明显的环带构造。与科马提岩有关的硫化镍矿床,矿体产在纯橄岩或橄辉岩的底部。如西澳大利亚卡姆巴尔达区的矿床,大部分矿体产在超基性岩底部的断陷槽中;西澳阿格纽附近的珀塞维伦斯矿床,矿体富集在纯橄岩底部。岩浆型铬铁矿矿床矿体也多富集于岩体的底部。如新疆萨尔托海铬铁矿矿床矿体产于纯橄岩的底部,并与岩体内部原生构造线一致。



图3 桂西钨土矿分布图

1—古陆; 2—钨土矿床; 3—晚二叠世海盆边界

矿床产出部位还与侵入体形成时的构造条件有关。近垂直上升的侵入体,矿床通常产于侵入体的上部、底部或附近围岩中;近水平侵入的厚层状侵入体,矿床通常产于其端部或端部附近的凹部及围岩中。夕卡岩型矿床矿化最富集地段常处于侵入体形成时岩浆流动前缘地区的范围内,即岩体与围岩的接触带附近。

伟晶岩矿床大部分也产于母岩侵入体的顶部和边部,或分布在母岩附近的沉积—变质围岩中。在巨大的花岗岩岩基中,伟晶岩矿床多集中在外接触带或分布在岩体顶部的围岩残留体中。沉积—变质岩中的伟晶岩矿床距母岩侵入体一般也不超过二至三公里。

矿体沿岩体边缘分布,在平面上常呈环形构造。如肖德贝里矿区为一复杂的岩盆,矿体产在岩盆的底部或沿侵入体的边缘延伸,平面上呈一环形构造。矿体沿环形构造边缘分布还见于某些

酸性侵入体的边缘。从一比五万卫星照片上发现新西兰西奈尔逊的15个最清楚的环形构造,它们都是由富含水的硅质花岗岩岩浆的大型底辟侵入体造成的。这些侵入体向上拱起,在上覆的花岗岩和沉积变质岩层内形成了大型的环状断裂和较小的塌陷。所有有意义的斑岩铜矿点都位于这些环形构造的边缘。我国也有类似的实例,江西地质科研所从卫片上发现赣南有许多环形影象,外形呈圆形、椭圆形,直径几公里至十几公里,经实地验证环体下部大都有隐伏花岗岩体,而且大多数钨矿床在空间上落入环体的内、外缘,钨的重砂扩散晕经常与环体重叠*,这说明钨矿床是沿岩体的边缘呈环状分布的。

岩体边缘成矿与某些成矿模式也是相吻合的。华东地质研究所等对宁芜铁矿研究后提出玢岩铁矿成矿模式,模式中包括的几种不同类型的铁矿均位于辉长闪长玢岩—辉长闪长岩体的边缘部位或附近围岩中。广东冶金932队总结的“五层楼”成矿规律,即指钨矿脉从地表到深部,从上部沉积岩到下部花岗岩可分为五个矿带,其中工业矿体大薄脉带和薄脉带也是集中在岩体边缘及与围岩接触带。

金属矿床形成于不同地质时期 或成矿作用时期的早期或晚期

不同矿种或不同类型的金属矿床,在成矿时间上往往各不相同。现代地质学通过对岩石及矿物的放射性年龄测定,目前已知从40多亿年前的太古代到新生代,各地质时期都有不同的矿床形成。但成矿时间是有规律的,这种规律性表现在各时代、各类型矿床都是在不同地质时期或成矿作用时期的交接期——早期或晚期形成的。如岩浆矿床是在岩浆结晶阶段的早期或晚期形成的,火山矿床是在火山喷发阶段的后期形成的,沉积矿床是在古沉积环境变化阶段的早期或晚期形成的等等。这种不同地质时期或成矿作用时期的交接期——早期或晚期,实质上就是矿床形成时间上的边缘期。

* 钟南昌等:江西南部与钨矿脉相关的环形影象,1982年。

(一) 成矿作用时期的早期或晚期成矿

1. 岩浆结晶阶段的早期或晚期成矿 岩浆矿床是由于上升到地壳上部的岩浆, 在冷凝结晶过程中有用组分和硅酸盐类组分分异作用的结果而形成的。岩浆结晶时, 和硅酸盐差不多同时结晶的还有某些金属矿物——铬铁矿、自然铂和稀土元素矿物, 它们具有一种在岩浆结晶初期阶段结晶的性能。早期结晶的矿物由于重力的影响, 那些比重大的矿物就坠落到岩浆的底部。这类矿床如产于超基性岩中的早期岩浆型铬铁矿矿床。

还有更多的岩浆矿床是属于晚期岩浆型矿床。这类矿床是岩浆冷却过程的晚期阶段分出的含矿熔体, 在矿化剂影响下聚集和凝固成的。矿石物质主要凝固在硅酸盐类造岩矿物结晶之后, 所以常呈他形, 或在硅酸盐类矿物晶粒间呈胶结充填物形成陨铁结构。属于本类矿床的有: 产于超基性岩中的晚期岩浆型铬铁矿矿床、铂和铂族金属矿床, 产于基性岩中的钛磁铁矿矿床, 产于正长岩中的磷灰石—磁铁矿矿床等。

晚期岩浆型铬铁矿矿床是铬铁矿的主要类型, 矿体分布受岩体原生构造裂隙控制, 常呈脉状、透镜状和柱状等, 如苏联的肯皮尔赛、萨兰等矿床。晚期岩浆型钛磁铁矿矿床常产于辉长岩、苏长岩和斜长岩体裂隙中, 或在不同岩性的接触带中。如苏联的库萨矿床、别尔沃乌拉斯克矿床, 美国的爱仑蒙顿矿床, 南非的布什维尔德矿床, 坦噶尼喀的尼奥姆别矿床和我国的大庙矿床等。

岩浆期后矿床是岩浆凝固后, 含矿热液沿裂隙贯入和交代而成的; 伟晶岩矿床是岩体形成后生成的, 它们也都属于成矿作用晚期形成的。这两类矿床是稀有金属和部分有色金属、贵金属的重要来源之一。

2. 火山喷发阶段的后期成矿 火山矿床的成矿时间大都在火山喷发阶段的后期, 或两次火山喷发活动的间歇期。火山喷发时, 最初喷出凝灰岩、火山角砾岩和集块岩, 随后流出熔岩流。火山活动后期, 当熔岩堵塞火山口后, 大规模岩浆喷溢虽已停止, 但喷气和热液仍继续活动。这些喷气和热液中富含铁、锰、铝、铅、锌、铜等金属的氯化物、氟化物和硫化物, 其中铁和其他重

金属如镍、钴、钨、钼等还可呈羰基状态喷出, 而 SiCl_4 , FeCl_2 , HCl , HF , H_2S 和 CO_2 等气体则沿火山口及裂隙喷流到地表, 并不断地分馏、液化, 聚集在火山附近的低洼地区或湖缘, 形成各种火山金属矿床。

层控块状硫化物矿床多半产于厚层火山堆积的顶部或其附近, 大致位于火山岩与上覆沉积岩的界面之上, 通常形成于长英质火山作用旋回的末期, 限于一个短的时间范围内。例如西班牙的韦尔发, 在长100公里、宽40公里的地区内, 透镜状矿体产在流纹质熔岩和火山碎屑岩与上覆早石炭世页岩之间一个紧密褶皱的层位中。又如日本元山黑矿矿床, 矿体产在中新世火山—沉积岩系中长英质凝灰岩、熔岩和浅成侵入岩的上部, 上覆泥岩。在上述矿床中, 矿体明显地形成于火山喷发阶段的晚期。

在火山沉积矿床中可见到清楚的火山韵律, 每个韵律都代表火山喷发活动的一个小的周期, 矿层常产在每个韵律的顶部或两个周期之间。如与火山活动有关的瑞典基鲁纳沉积变质铁矿, 矿层主要产于成分不同的浅粒岩层的接触带和角斑岩与石英斑岩或石英斑岩与凝灰岩之间, 最厚的矿层位于碱性火山岩顶部, 这表明成矿时间为火山喷发的间歇期和火山活动的后期。

(二) 地质时期的早期或晚期成矿

地壳形成以来, 在漫长的地质历史时期内, 根据不同的构造运动和沉积旋回划分为许多代、纪、世、期。每个地质时期都有不同的沉积环境和沉积内容, 形成不同的沉积矿床。这些矿床多形成在各个地质时期转变交接的过渡期——早期或晚期内。反映在地层序列上, 大部分矿层都分布在各系、统、组地层的上部、下部, 特别是顶部、底部或不整合面上。地层不整合面是不同时代、不同岩相的交接面, 代表一个大的构造运动或沉积间断, 是残余矿床和部分沉积矿床聚集的有利地方。

国外一些大的沉积矿床, 如苏联奇阿图拉海相沉积锰矿床产于第三系砂泥质沉积岩底部; 德国曼斯菲尔德层状铜矿床产于下二叠统底部泥灰质含沥青页岩中; 苏联齐赫文陆相沉积型铝土矿

矿床产于下石炭统下部砂岩、页岩中,矿层形成于早石炭世初期。世界著名的南非维特瓦特斯兰德金铀砾岩型矿床产于下元古界的维特瓦特斯兰德岩系中,不整合于太古界片麻岩及花岗质岩石之上。世界各地的残余铁矿、残余锰矿及埋藏式砂金矿等,也都与不整合构造有关。

以我国沉积矿床为例,铁、锰、铜、铝等不同矿种的几种主要类型金属矿床,大部分都产在各地质时期的早期或晚期(表2)。

我国不同类型沉积金属矿床产出时期 表2			
矿种	矿床类型	产出地质时期	实例
铁	宣龙式铁矿	震旦纪初期	宣龙、江口
	宁乡式铁矿	晚泥盆世余田等期晚期	宁乡
	山西式铁矿	中石炭世早期	山西、河南
锰	斗南式锰矿	中三叠世晚期	斗南
	涟源式锰矿	晚震旦世陡山沱期初期	涟源
	桂平式锰矿	晚泥盆世横江期初期	桂平
	湘潭式锰矿	早震旦世初期	湘潭
	沉积型锰钴矿	早志留世初期	四川新顶山
铜	砂岩型铜矿	早白垩世晚期	滇中
镍	黑色页岩中镍矿	晚寒武世早期	湘西
铝土矿		中石炭世早期	山西、河南、山东
	海相沉积铝土矿	晚二叠世早期	广西、湖南、陕西
		早二叠世早期	贵州、云南、四川

地球内部及外部的各种差异因素是边缘成矿的主要原因

来自地幔或地壳中的成矿物质本身的物质结构,决定了它的迁移富集的性质。而地质介质在不同地点、不同时间内为这些金属矿物的集中提供了条件。金属矿物以其独特的性质区别于一般矿物,因而容易富集。具体的地质介质很多,但是符合金属矿物集中要求的地质介质必须具备差异因素。在地球内部及外部广泛地存在着各种各样的差异因素,如板块运动方向、方式的差异,火山喷发物质和喷发速度的差异,古地理、古地貌的差异,岩性、岩相的差异,地块稳定性的差异,等等。这些差异因素最终促使这些金属矿物结晶、沉淀、迁移并富集起来。

(一) 边缘成矿机制

关于矿床成因有一点是大家普遍公认的,即成矿物质主要来源于岩石圈下部或上地幔,而形成于岩石圈上部。岩石圈对于地球这个球体来说,属于边缘层。岩石圈上部对于岩石圈来说,属于上部边缘。那么,矿床为什么会集中在地球边缘层的上部边缘呢?众所周知,地球内部是不均一的,从物质成分、结构构造到物理化学条件,都存在着很大的差异。差异最明显的地带是它的几个层圈的异相交接待带,即边缘部位。地核与地幔交接带的差异表现在化学—重力分异作用方面,这种分异作用可使地幔物质发生对流,并驱驶板块运动。地幔与岩石圈交接带的差异表现在含矿岩浆作用上。地幔中含有较多的放射性元素,由于岩石的热差率低,放射热源大量集中在地幔顶部,并使下部岩石圈部分熔化,产生含矿岩浆。因此,地幔与岩石圈交接带是成矿物质的发源地。

由于海底扩张和板块运动,成矿物质通过岩浆侵入、火山喷发和热液活动等,富集到岩石圈顶部或地表,形成含矿岩石和岩浆、热液矿床。这些含矿岩石和矿床又通过后期的风化、淋滤、沉积、变质等作用,形成沉积矿床和变质矿床。不论是岩浆、热液矿床还是沉积、变质矿床,都是在地壳岩石圈、水圈与大气圈的相互作用下形成

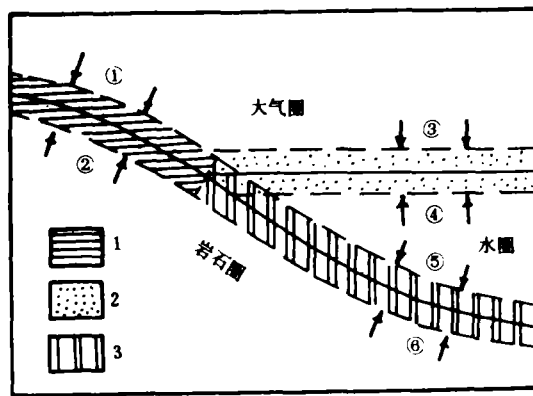


图4 地球外层圈相互作用示意图

1—大气圈—岩石圈交接带; 2—大气圈—水圈交接带; 3—水圈—岩石圈交接带; ①风化、淋滤、搬运、堆积等作用; ②火山活动、构造运动、岩浆热液作用等; ③大气中 O_2 、 H_2 、 CO_2 等与海水作用; ④蒸发作用; ⑤溶解、浸渍、沉淀等作用; ⑥海底火山活动、地热流等

的(图4)。地球外层圈的异相交接待带(大气圈—岩石圈交接带;大气圈—水圈交接带;水圈—岩石圈交接带)是各种差异因素汇聚的地带,也是各种物理作用、化学作用、地质作用和成矿作用汇聚的地带,因此各种矿床都分布在这些地带。这些异相交接待带中那些不同大地构造单元或地质体的边缘部位,又是各种差异条件最突出的地带,因此矿床常常是沿着这些部位分布的。

(二) 边缘差异因素的分析

1. 板块运动方向、方式的差异 从板块运动方向和方式来看,有相向汇聚型与相对离散型的差异。这种差异在板块边缘表现得最为明显。在汇聚板块边缘,板块俯冲时,在贝尼奥夫带摩擦熔化地幔物质,形成大量岩熔。由于温度、压力较高,物理、化学作用过程也较强烈,岩熔携带大量多种金属矿物沿裂隙上升,在其上部即板块边缘附近形成各种金属矿床。在离散板块边缘,由于地幔物质不断上涌而增添到地壳表层,这些地幔物质所携带的金属矿物,通过地球化学作用结晶、沉淀、富集在有利的构造位置上。另一方面,板块离散时还会使大陆壳边缘下沉,这也给大陆上搬运来的含矿物质造成有利的成矿空间。上述这些部位形成的矿床都和板块运动有关,因此矿床分布在板块边缘不是偶然的。

2. 海陆环境的差异 海盆边缘成矿是由于海陆环境的差异造成的。大陆和海洋是两种截然不同的地球物理和地球化学环境。海盆边缘处于海陆交接带,在物理、化学性质方面具有其特殊性,它既不同于大陆也不同于海洋,因而起着地球物理障和地球化学障的作用。它一方面可挡住由大陆搬运来的金属向海盆分散,另一方面又可挡住海洋里的金属向大陆扩散,因此不论来自大陆的或是海洋的(包括海底火山的)成矿物质,都会在海盆边缘溶解、沉淀、富集起来。

3. 古地理、古地貌的差异 古地理、古地貌的差异因素对于机械沉积矿床的富集起着重要的作用。机械沉积矿床主要是通过古地理、古地貌条件的变化,降低介质的携带能力,因而促使成矿物质的聚集。这种条件转变愈突然,转变的范围愈狭窄,愈有利于成矿物质的富集。这些古地

理、古地貌条件转变的地方亦属不同环境的边缘交接带。如地貌条件由陡变缓的谷口、冲积扇,由支流注入主流的河口,在河流弯曲的内侧,在河谷基地的凹陷及基岩裂隙中,在下降海岸的沙滩上,在河流入海的三角洲等处,都是有利的边缘成矿部位。

4. 岩性、岩相的差异 化学性质活泼的岩层和化学性质较稳定的岩层接触,由于岩性差异较大,存在化学势(浓度)梯度,在其接触带靠近化学性质活泼的岩层一侧,特别有利于金属矿物交代成矿。几乎所有的夕卡岩矿床都产在这个部位。透水的岩层与不透水的岩层接触,由于后者所起的隔挡作用,其上部接触带多生成淋积矿床,下部接触带多生成热液矿床。脆性岩石与塑性岩石接触时,前者(如石英岩、花岗岩、砂岩等)受力后易生成很多裂隙,有利于热液的流通和沉淀;后者(如片岩、页岩等)则不易破碎,不利于热液的流通和沉淀,热液中的成矿物质大量富集在其下伏岩石中,使矿体产在两种不同岩性的接触带。岩性、岩相的差异对于沉积矿床来说更显得重要。沉积矿产多赋存在某个沉淀旋回的特定部位,而这个部位常常是岩性、岩相差异最明显的部位。

5. 地块稳定性的差异 陆相碎屑岩型沉积矿床一般不产在强活动地块或稳定地块内,而是产在二者之间的半稳定地区。这是因为稳定地块以轻微的升降运动为主,地层沉积连续性好,岩浆活动较少,无大的侵蚀间断及有利的矿源岩石,难以形成大的矿床;强活动地块以造山运动为主,褶皱断裂发育,岩浆活动频繁,虽有有利的矿源条件,但缺乏充足的堆积与剥蚀时间,也不利形成较大规模的矿床。半稳定地区处于强活动地块与稳定地块的交接带,即二者的边缘带,既有良好的矿源条件,又有充足的堆积、剥蚀时间,故能形成较大的矿床。当然还有另外一种情况,即在强烈下陷地带和稳定上升地带两个大地构造单元之间,如地台和地槽之间,地槽内隆起和凹陷之间,以及地台内稳定地块与沉降带之间,由于两侧地质体运动方向的差异,往往发育深大断裂。这种断裂延伸长度有时可达数百公里,是岩浆及

矿液的主要通道。沿着这些通道常产生重要的岩浆矿床和大量的岩浆期后矿床。

(三) 成矿边缘的时空联系和级别划分

成矿边缘在时间上和空间上是相互联系的。如岩浆矿床和火山矿床金属矿物在岩浆结晶阶段和火山喷发阶段的早期或晚期形成,矿物集中在岩体的底部、顶部或边部。又如海相沉积矿床矿层形成在海进初期或海退末期,集中在沉积旋回的底部或顶部。早期、晚期与底部和顶部,在时空上是相互联系的,它们分别属于时间上和空间上的成矿边缘。成矿边缘的这种相互联系并不意味着边缘部位的矿是特定边缘期的产物,由于不同背景下成矿作用的历次叠加,事实上相当一部分矿是由若干边缘期的成矿物质组成的。如某些岩体边缘的矿体是在岩浆活动时多次脉动作用下形成的,是由若干小的边缘期组成的。大陆边缘的矿床则是由不同时代、不同边缘级别的多种类型的金属矿床组成的。

在分析成矿边缘时必须首先确定它的级别。成矿边缘的级别与地质体的大小和地质时期的长短有关。根据其成矿规模和找矿中的重要性,将成矿边缘划分为三级(表3)。

成矿边缘级别划分 表3

成矿边缘级别	空间分布	时 间 分 布
一级成矿边缘	板块边缘	构造运动的早期或晚期
	大陆边缘	地质时期“代”、“纪”的早期或晚期
二级成矿边缘	地槽、地台边缘	地质时期“世”的早期或晚期
	海盆边缘	海进初期或海退末期
三级成矿边缘	构造形态边缘	地质时期“期”的早期或晚期
	岩体形态边缘	岩浆结晶阶段的早期或晚期
	火山韵律顶部	火山喷发阶段的晚期

一般来说,一级成矿边缘空间上具有全球意义,时间上包括一个大的地质年代;二级成矿边缘空间上具有大的区域意义,时间上代表一个较长的地质时期;三级成矿边缘空间上只具有小的区域意义,时间上代表一个相对较短的地质时期或成矿作用时期。

边缘成矿理论的应用

边缘成矿理论和所有其他成矿理论一样,都是为了指导找矿。应指出的是,本文所论述的边缘部位、边缘期成矿,并不意味着所有边缘部位、边缘期都成矿。因为控制矿床空间和时间分布的因素除了与边缘部位、边缘期有关的各种差异因素外,势必还有其他许多因素,如区域地球化学背景和足够的矿质来源等。化学元素在地壳分布是不均匀的,有些地区富含某些元素而贫于另一些元素,另外一些地区则相反。同样,含矿溶液的金属种类和丰度在不同时期和不同地点也是不一样的。不言而喻,在有利的成矿部位和成矿期内没有足够的矿源是形不成矿的。还应指出的是,边缘成矿并不排除“非边缘”也可能成矿。那些“非边缘部位”、“非边缘期”所见到的矿大体属于以下三种情况:一是边缘类型、级别隶属不同;二是边缘部位、边缘期划分有误;三是成矿后的各种叠加和破坏作用造成的。因此,具体情况要作具体分析。就大地构造单元和地质体本身来说,它的各个部位在不同的时期其内部物质成分不同、结构构造不同,所处的环境也不同。各种条件和因素是错综复杂的,又是相互联系和制约的,因而不可能完全按照统一的模式成矿,一定的规律分布。这就是为什么本文在开始时就强调,现行的许多矿床理论“大部分都是正确的,而且在各自的范围内也都具有一定的指导找矿的实际意义”。但是我们至少可以说,大部分(或大多数)金属矿床的时空分布是符合边缘成矿规律的。在制定找矿战略时如能充分考虑这一点,那就达到了本文的预期目的。

本文原稿经武汉地质学院翟裕生教授审阅,并得到他的热情鼓励与指导,在此深表谢意。

参 考 文 献

- [1] 尹赞勋: 地质科学, 1978, 第2期
- [2] 袁见齐、朱上庆、翟裕生主编: 矿床学, 北京, 地质出版社, 1979年
- [3] 云南冶金局地质勘探公司: 地质科技, 1972, 第1期