维普资讯 http://www.cqvip.com

同位成矿概论

梅友松 汪东波 黄 浩 刘国平
（有色总公司北京矿产地质研究所·北京·100012）

同位成矿是指在同一空间范围内，同时代与不同时代，同矿种与不同矿种，同类型与不同类型相对稳定的成矿作用及其成矿规律的总称。提出了同位成矿是大型—超大型金属矿床（矿田）形成的宏观机制；讨论了同位成矿的边界条件，只有在边界条件以内才有可能形成大矿；阐述了同位成矿的某些特点；划分了同位成矿的类型。并指出同位成矿可能与幔流柱活动密切相关。

关键词 同位成矿 宏观成矿机制 边界条件 大型—超大型矿床

超大型矿床的发现，给社会带来了巨大的财富，推进了人类文明社会的发展。因而研究这类矿床的重大理论与实践意义已引起很大的关注。中国、加拿大、澳大利亚、俄国和美国等都在从事这方面的研究，国际地球物理与大地测量联合会（IUGG）早在1987年就提出将"超大型矿床的全球背景"研究，作为90年代地球科学的12个重要前沿课题之一。涂光炽院士一直大力倡导这项工作，最近（1994）又强调了研究重点。我们认为，当前重点是要深入研究大型—超大型矿床的地质背景、成矿条件、成矿特点、找矿评价标志和找矿方向，在此基础上概括出矿床形成大型—超大型规模的宏观机制，进而探讨其分布规律，把科研找矿推进到一个新阶段。现将我们的有关研究成果与认识分述如下。

1 同位成矿的含义

通过长期的综合研究和广泛的找矿实践，我们认识到同位成矿是矿床形成大型—超大型规模的宏观机制。所谓同位成矿是指在同一空间范围内，同时代与不同时代、同矿种与不同矿种、同类型与不同类型相对稳定的成矿作用及其成矿规律的总称。同位成矿按其成矿的时代是同时或不同时，可分为同时同位成矿和异时同位成矿；按其所指的空间范围大小，可分为广义同位成矿（指矿化集中区）和狭义同位成矿（指矿床、矿田）。本文重点探讨狭义同位成矿，以下探讨的内容都是从这点出发的。

形成大型—超大型规模和规模大的富矿，就要求各种成矿的物质稳定地向同一空间部位淀积。淀积的规模越大、淀积的程度越高，越能达到这一要求。然而，成矿热液要保持向同一空间部位的迁移能力，在单位体积内成矿热液所携带的矿质是有限的，再加上每次矿质从成矿热液中卸载的时间短促，这样在单位时间内淀积下来的成矿物质就很少。即便是含金属硫化物熔融体中矿质浓度高，仅单次卸载淀积下来的矿质也是有限的。因此，保持成矿热液稳定地向同一空间部位迁移、淀积就至关重要。由于地壳是在不断地演化运动，要在局部保持一个稳定的成矿环

本文1995年3月收到，林镇泰编辑。

维普资讯 http://www.cqvip.com

境是很难的，也就是说出现的机率很少。再加上成矿物质来源的丰富程度不同，成矿元素地球化学性质的差异和工业指标不同，不同元素形成大矿的能力相差较大，而且在同一矿种中，有的矿床类型可形成超大型规模，有的则不行。基于以上原因，自然界中短期卸载的矿化现象较普遍，矿化点、矿点比有工业意义的矿床多得多，规模小的矿床又比规模大的矿床多得多，有些地区虽经长期找矿研究工作，但仍"只见星星不见月亮"，原因就在于此。这些地区成矿物质可能较丰富，但成矿作用只是短促的卸载，分散产出，未能在一个局部稳定有利的环境内集中成矿。这说明同位成矿是形成大型—超大型矿床的宏观机制。

2 同位成矿的边界条件

总括说就是要有一个局部有利的相对稳定的成矿环境，即同位成矿的边界条件。这个边界条件，从形成矿床的准备阶段、发展阶段，直到形成大型—超大型规模的矿床，可以基本上是连续保持的，如金川超大型镍铜矿床；也可以是早期有利稳定的环境只发生在形成矿床的准备阶段，出现了有关矿源层，或者发展到形成某些贫矿层就终止了，此后或长或短的时间内，又在此同一部位出现有利的稳定的成矿条件才形成规模大的矿床，例如青城子银金铅锌矿田；介于两者之间的是，早期形成了一定规模的矿床，其后又在此同一部位发生成矿作用，出现复合改造矿床，使其规模达到大型—超大型，或者是多矿种、多类型的复合改造大型—超大型矿床，如广西大厂西部超大型锡多金属矿床、城门山大型铜矿床。白牛厂超大型银矿床可能也属此类。在此类中，有的是早的地质时期形成的矿床最重要，有的是晚的地质时期形成的矿床为主，或是两者相近。而且在同一地质时期内，在同一部位还有不同阶段的脉动成矿作用，情况相当复杂。由于存在上述多种同位成矿作用，因此在同一空间范围内，可出现不同地质时代或不同期次，或两者兼有的叠加地球化学晕，弄清这些复杂情况对指导找矿很重要。下面分别阐述同位成矿的主要边界条件。

2.1 有一个稳定的热活动中心

促使成矿物质迁移的原因较多，其中主要是热力作用。在稳定的应力场内，要有稳定的成矿热活动中心。该中心，有一种在矿床形成大型—超大型规模的全过程中是连续稳定存在的，另一种是在同一空间部位间断出现的，如前者一样也形成了稳定的热活动中心，这两种情况都很重要。有一个稳定的成矿热活动中心，在同一时代或不同时代，均能促使成矿热液（气液）所携带的各种成矿物质，稳定地向各自所在的同一空间部位迁移淀积成矿，因此也就出现各种分带。热活动中心的热源有多种，最重要的是与岩浆活动有关，其中上地壳岩浆房的存在尤为重要。岩浆房所产生的热流量和岩浆活动，在其上部可形成重要的成矿热活动中心，因此在岩浆房形成前、形成中、形成后和产生岩浆活动时期及其后，都是上地壳中稳定的热源。就是在前一个地质时期岩浆房的热能消失后，在以后地质时代又最易在此活化，重新成为提供热源的岩浆房。当然岩浆房也可以是提供成矿物质的重要源地，这将在后面有关部分谈到。早在80年代初，梅友松曾强调这方面研究在成矿中的重要作用。

2.2 成矿物质来源丰富，稳定地供给同一空间部位成矿

这是形成大矿的基本条件。成矿物质来源有幔源、壳源或两者兼有。富含成矿物质的幔源岩浆上侵并进行深部分异，可形成丰富的成矿物质来源，同时地幔上部成矿元素的富集特点，与地壳中特别是陆壳基底及有关岩体、岩层中成矿元素富集的特点，在一定条件下具有相似性。如果有富含相似组分成矿元素的板块俯冲到上地幔，就进一步增强了成矿元素的富集强度，对成矿更为有利，南美

维普资讯 http://www.cqvip.com

超大型斑岩铜矿床形成可能与此有关[①]。上述幔源、壳源等可具有重合产出的特点，从而构成具有二重、三重或多重富含相似成矿物质的有利成矿地区。初步认为形成大型—超大型矿床的地区，至少是幔源、壳源富含的成矿元素特点有相似性，但具体成矿物质来源，在不同地质条件下形成不同类型的矿床，可以主要或仅为某种来源，或者是具有多来源。这里要指出的是，成矿物质来源的丰富程度，不仅是成矿物质丰度高，而且还表现在成矿物质易于转移。有的基性火山岩变质程度高，虽含铜丰度高，但不易转移，也不能说成矿物质来源丰富。成矿物质易从中转移的岩层建造、岩体和不整合面、沉积间断面等，当成矿物质具有一定丰度时，即可构成重要的或丰富的成矿物质来源。早在1982～1983年，姜齐节、梅友松就详细论述了具有一定特点的陆壳基底是许多大型有色金属矿床成矿的主要物质来源。近些年B. R. Doe(1991)也指出那些富集某些金属并容易析出的地球化学块(通常是古老岩系)，有可能成为某些大型、超大型金属矿床的源岩。

2.3 在稳定的应力场中有相似及相关构造活动和保持一致的及其相近的成岩、成矿通道

在多旋回地壳运动的区域，有关线性构造变化部位或相交部位，存在局部应力场稳定的地区，从而有相似的构造活动和稳定的通道，有利于在同一空间范围内稳定成矿。这种局部范围内出现的有利成矿构造条件，在大型—超大型矿床形成过程中可以是连续存在的，也可以是在同一空间部位间断出现相似的和一致的构造条件。例如金川镍铜矿床，成岩成矿通道张开闭合，断续与地壳深部岩浆房沟通，出现多期次成矿，这些都是在中元古代这一个地质时代内连续完成的。有的大型矿床(如永平铜矿床)，海西期喷流沉积通道在燕山期又活化，并成为此时期的成岩成矿通道。凡口超大型铅锌矿床，早古生代与晚古生代之间虽存在不整合，但长期处于负向构造沉积环境，加里东、印支运动形成共轴继承褶皱及相关构造，保持着同一成矿通道。

2.4 成矿物质具有相对稳定的淀积环境

成矿物质以不同成因的成矿热液、气液、有机物作用和金属硫化物熔融体等方式迁移，并具有其物理化学特性，如何使它在封闭或开放的环境中，在同一空间部位大量淀积下来呢？对亲硫成矿物质来说，在这个环境中要有稳定获得所需的还原硫和其他氧化还原剂，因此有关岩层建造类型与特点转化部位的出现和其中含有炭质层、生物层、含黄铁矿、菱铁矿和铁白云岩等岩层存在，或在水体沉积物中有丰富的同类物质是很重要的。这种物质有多来源性，其中富硫喷气进入水体中，由于降温水解产生S^{2-}，使亲硫成矿物质(阳离子)淀积下来并产生分带，值得注意。同时在这个相对稳定环境中，产生压力释放作用、稀释作用、超浓度作用和其他物理化学作用等，总之多种地球物理地球化学障的出现，均可使成矿物质大量淀积。成矿物质在一定条件下由相中逸出的能力是地球化学位问题，高旭征教授提出的"地球化学位守恒"理论解决了这一问题。还要谈到的是，在封闭系统中，稳定的封闭岩层的存在，是成矿物质淀积的十分重要的条件。

大型—超大型矿床是在同位成矿作用机制下形成的，但不等于有同位成矿作用某些特点就有大矿。只能说，在上述同位成矿作用各项边界条件内，有可能形成大矿，特别是当这些条件都存在，其中成矿物质来源又特别丰富，可大量有效地供给成矿，这样在相对稳定的较短时间内，就能形成规模巨大的矿床，例如智利的丘基卡马塔超大型铜矿床等。另外还有一些条件也具有边界条件的性质，限于篇幅就不叙述了。当然大矿形成后保存条件也很重要，但不属本文讨论范围，故未涉

① 奉克章(1993)认为这是形成超大型铜矿的关键。

维普资讯 http://www.cqvip.com

及。

3 大型—超大型矿床若干特征举例

这也是同位成矿若干特征举例。

3.1 出现各类明显的、规模大的分带现象

大型—超大型矿床(矿田)常存在不同种类的分带现象,通常分带越明显、规模越大、某些矿产的规模就越大。这些分带包括有关元素分带(含同一元素的迁移分带)、物性分带(含影像)、蚀变分带、矿化分带、矿石结构构造分带和矿化类型分带等,这方面的内容很多,仅举个别情况说明一下。例如丘基卡马塔斑岩铜矿床,铜金属储量近7000万t,含矿石英二长斑岩岩株面积约3km²,为老第三纪(29Ma)形成。岩体及围岩蚀变强烈,蚀变带规模大,钾化带虽出露不多,但石英绢云母化带、泥化带、青盘岩化带发育,白、暗分明,规模壮观,蚀变范围达32km²。其中石英绢云母化带及与泥化带的过渡地段是矿体主要产出部位。我国西藏东部玉龙铜矿带中的松多斑岩铜矿床,含矿黑云母(二长)花岗斑岩呈马蹄形小岩株,出露面积0.3km²,也为老第三纪(25～48Ma)形成。岩体及围岩蚀变强烈,由岩体中心向外依次出现与上述相似的蚀变带与矿体,蚀变带色彩分明,蚀变范围达6km²。这也是一个大型矿床,但储量比丘基卡马塔矿床小两个数量级。同时要指出的是,在一些大型—超大型矿床(矿田)产出的区域或矿化集中区,也有同期或不同期的元素、矿化分带现象。我们曾根据区域上金属元素、矿化分带清楚和分带结构特点,在该分带结构组成中具有重要意义的金、银带分布地区,研究了其中的矿床、矿点、异常,挑选出有关元素、矿化分带的铁炉区加强工作,并估计可达到大型规模,经工作已得到证实。还在70年代末,曾根据大井矿区矿化分带好、有关带规模大等特点,认为该区是一个大矿,这也早就得到证明。要强调的是,分带发育好、规模大是同位成矿十分重要的特点,研究这些特点对指导找矿是很重要的。

3.2 成矿岩体(脉)具有充分演化、分异特点

这类成矿岩体(脉)富含成矿物质与其充分演化及有关物质加入相关。成矿物质在有关岩相带集中产出是含矿岩浆充分分异、交代的结果。例如世界知名的我国新疆阿尔泰3号伟晶岩铍稀有金属矿床,是在地壳浅部经长时间稳定充分就地分异、交代成矿的。该伟晶岩体岩钟部分,由外向内可十分清楚地分出9个相带(其中7个带为结晶分异产物,余为交代形成),其完整程度和各相带之间几乎没有穿插现象,达到了惊人的程度。在阿尔泰地区,自海西中晚期至燕山中晚期均有伟晶岩脉形成,其时间长达1.7亿年(K—Ar法)。据介绍,仅3号伟晶岩边部相带自海西中晚期形成,此后连续结晶分异、交代,直到燕山中晚期内部相带才形成,形成时间之长与前述年龄值相近。在这样一个多旋回构造运动强烈的地区,在很小的空间范围内,有如此长时期的稳定同位成矿作用发生是十分难得的。虽然该区同产于巴列尔斯复背斜构造中的伟晶岩脉数以万计,但绝大多数所含稀有金属没有工业意义。这进一步说明同位成矿是形成大型—超大型矿床的宏观机制。

再如金川镍铜超大型矿床,位于中朝地块西南部阿拉善隆起边缘,在边缘深断裂变化部位沿次级断裂产出,形成于中元古代(150.9～152.6Ma)。经演化,富含成矿物质的岩浆,从上地幔侵入到地壳岩浆房,在稳定的岩浆房内经历了充分的熔融作用,分异出硅酸盐岩浆、含矿岩浆、富矿岩浆和矿浆。这4部分均沿同一通道分4期先后上侵贯入同一空间内,在此再进行分异,形成中细粒、中粗粒、中粒和基性程度不同的岩相。第一期侵入的硅酸盐岩浆仅有一些矿化;第二期侵入的岩浆上部含矿硅酸盐岩浆,有就地分异的熔离矿体,其镍、铜储量占全矿区的10%;第三期富矿岩浆贯入后又稳定地进行分异,在岩体下侧部形成纯橄榄岩—硫化物富矿体,

维普资讯 http://www.cqvip.com

占全矿区铜、镍储量的85%；第四期是矿浆贯入海绵状矿体底部和岩体根部接触带形成的块状硫化物贯入型矿体，镍、铜约占全矿区的10%。此后还有接触交代和热液叠加成矿。以上说明该矿床具有典型的同位成矿特点。

3.3 具有集中成矿的特点

同位成矿在矿床（矿田）范围内，可以出现同矿种或多矿种、同类型或多类型、同时代或不同时代、同成矿阶段或不同成矿阶段的成矿作用，因此就有集中成矿的特点。例如柿竹园钨锡铋钼矿床，位于华南加里东褶皱系海西—印支坳陷区东部边缘。矿区东坡—月枚复向斜两侧发育高角度北北东向断层，可能该复向斜原为断陷盆地，形成了一套有利于成矿的沉积建造。同时该区陆壳基底成分有利于形成富含钨锡等成矿组分的岩浆，上侵到岩浆房后发生了稳定充分的分异，形成富含成矿组分不同的岩浆，但同受复向斜两侧断裂控制，分3次侵入，形成千里山花岗岩多阶级复式岩株，出露面积约10km²，侵位时代为燕山早期（182～133Ma）。燕山早期这3次侵入岩均与成矿有关，其中第二次侵入岩是主成矿期。燕山早期形成了夕卡岩型和网脉状云英岩型复合的钨锡铋钼矿体，并伴有铌钽稀土矿化和铅锌铜矿化；燕山晚期花岗斑岩、石英斑岩有铅锌成矿，其次还有钨锡矿化。因而该区构成了夕卡岩—网状云英岩—斑岩复合叠加型钨锡铋钼铅锌铜矿床。蚀变、矿化分带清楚，其中钨、锡、铋均达到超大型规模。大厂锡多金属矿区也有类似情况。前述金川含矿复式岩体面积1.34km²就形成了镍铜超大型矿床。这些大型—超大型有色金属矿床常是在1～10km²范围内集中了大量的或巨大金属储量，成矿具有十分明显的集中产出的特点。这是同位成矿综合特点的集中表现。

值得注意的是，特大型和超大型矿床常产有一个或少数主矿体。主矿体规模巨大，储量集中。而当矿床中矿体规模相差不大，主矿体又不明显时，矿床规模则多为中、小型，仅少数可达大型。应注意沿主矿体找矿。

4 同位成矿的类型

根据矿床（矿田）同位成矿的时间与空间、矿种与类型的差别，将同位成矿分为以下类型，现主要以铜矿床为例分述如下。

4.1 异时同位单期次成矿

在同一空间部位，成矿作用发生于不同地质时代，而矿床主要是在一个地质时代形成，其他地质时代有的出现一些改造现象，但不起主导作用，这些均归属于异时同位单期次成矿这一类型。属于这一类的已知有两种情况：其一是，先前地质时代是矿化，以后才形成矿床。例如陕西铜厂矿床，中元古代中基性火山岩发育，在火山口（面积约0.6km²）有次火山钠长岩（1300Ma）、辉绿岩，在中元古代时仅铜丰度高或有铜矿化。以后直到加里东期石英闪长岩小岩株侵入才形成富铜矿床；其二是，先前地质时期已形成矿床，以后只有或多或少的叠加改造现象。例如青海赛什塘大型铜矿床（图1），产于下二叠统中、上部，地下热卤水对流循环，含铜地下水成矿热液沿有利岩层界面淀积、交代成矿，层控特点明显。虽然该区有印支期石英闪长岩岩株（218～248Ma）产出，在靠近岩体处矿床见叠加改造现象，岩体内有一些表外铜矿化，但矿床（矿石平均含铜1.02%）是早于岩体形成的。明显的证据是，在矿床的北西侧约8km处还有一个铜峪沟大型铜矿床（图2），也产于下二叠统相近层位中，层控特点也很明显，矿石平均含铜也与赛什塘铜矿相近或略高，而这个矿区不仅没有岩体，而且岩脉也极为少见。

又如铜陵新桥块状硫化物硫铜（金）矿床（图3）。该矿床产于碎屑岩与中石炭统碳酸盐岩的沉积建造中。矿层主要赋存在白云岩中，矿体呈层状、似层状，与围岩呈同步褶皱，

维普资讯 http://www.cqvip.com

矿层长 2600m，平缓倾斜 1800m，平均厚 21m，相当稳定地顺围岩层理延展，矿石含铜较稳定。矿层底盘有网脉状蚀变和矿化。由硫铜（金）矿层向上和向两侧有铅锌、铁锰矿化。因此认为该矿层是海西期海盆地内海底热泉喷流沉积成矿。燕山期石英闪长岩岩株继承了构造薄弱部位，沿此喷流口通道侵入，并占据了原有的通道，使围岩局部夕卡岩化，但主要工业矿体不与其伴生，而仅在靠近岩体处铜局部较富集。因此基本上是海西期单阶段形成的富硫含铜（金）块状硫化物矿床。

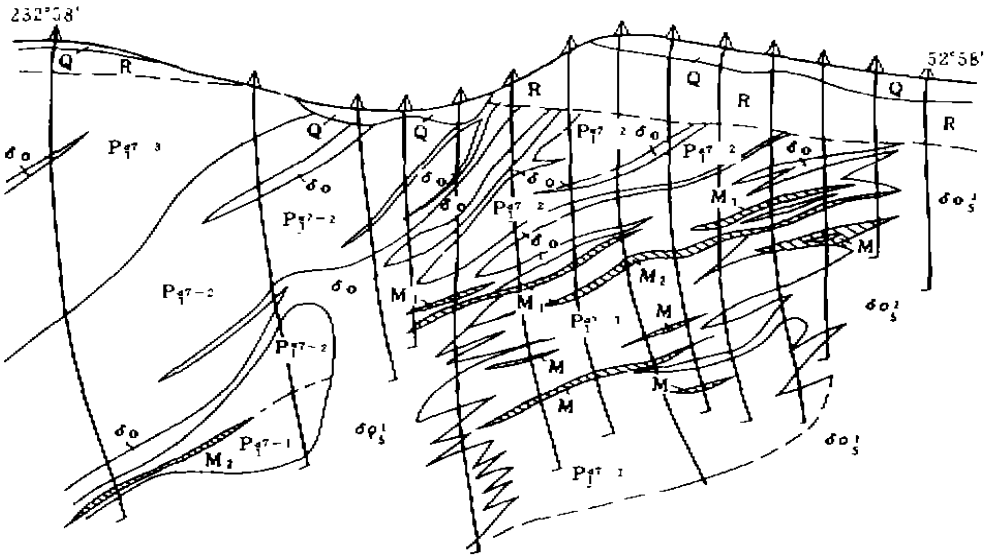

图 1　赛什塘铜矿 D 勘探线示意剖面图

（张一华，1993）

Q—第四系砂砾层；R—第三系红色砂砾岩夹泥岩；$P_{\xi}^{\gamma7-3}$—千枚岩及大理岩；$P_{\xi}^{\gamma7-2}$—黑云母千枚岩；$P_{\xi}^{\gamma7-1}$—变质粉砂岩、黑云千枚岩夹变质砂岩；δo_5^1—石英闪长岩；M_1—矿体及编号

4.2　异时同位多期次多类型多矿种成矿

这种类型是在同一空间部位，有不同地质时代、不同类型、不同矿种成矿，又有同一地质时期不同阶段、不同类型、不同矿种成矿。现举例如下。

江西城门山大型铜矿床（图 4）。该区最早形成的是矿区南部外接触带中的铜矿带，主要产于上泥盆统五通组石英砂岩不整合面之上，受碎屑岩过渡为中石炭统碳酸盐岩（下段白云岩、上段灰岩，有时含碎屑岩）建造控制。矿层主要赋存在中石炭统黄龙组白云质碳酸盐岩层中，矿体呈厚大板状，形态简单，与地层产状一致。底盘碎屑岩中发现有网脉状矿化和蚀变。认为是中石炭世时期海底喷流沉积形成的含铜黄铁矿层（可能有经改造增富），其中铜占矿区铜储量的 27%；同时该区上地壳下部岩浆房富含成矿物质的中酸性岩浆经充分分异，在燕山期分异出的岩浆沿同一通道上侵，这个通道就是基底断裂交会部所形成的海西期喷流口及附近地段。在燕山早期晚阶段上侵的花岗闪长斑岩岩株，与石炭系至二叠系碳酸盐岩接触形成夕卡岩型铜矿体，占矿区铜储量 50%。在花岗闪长斑岩体内接触带紧靠夕卡岩顶板处，形成了斑岩型铜矿，所含铜占矿区铜储量 23%；燕山晚期早阶段，深断裂再活动并与岩浆房沟通，

维普资讯 http://www.cqvip.com

沿着同一通道在花岗闪长斑岩体中靠近含铜黄铁矿层的部位，石英斑岩汁多次上侵爆破，形成面型蚀变分带，在强钾—硅化带中形成细脉浸染型钼矿，其外侧有少量铜叠加在早期斑岩体之上。由于以上多期的活动，矿区燕山期杂岩体出露面积 0.8km²。

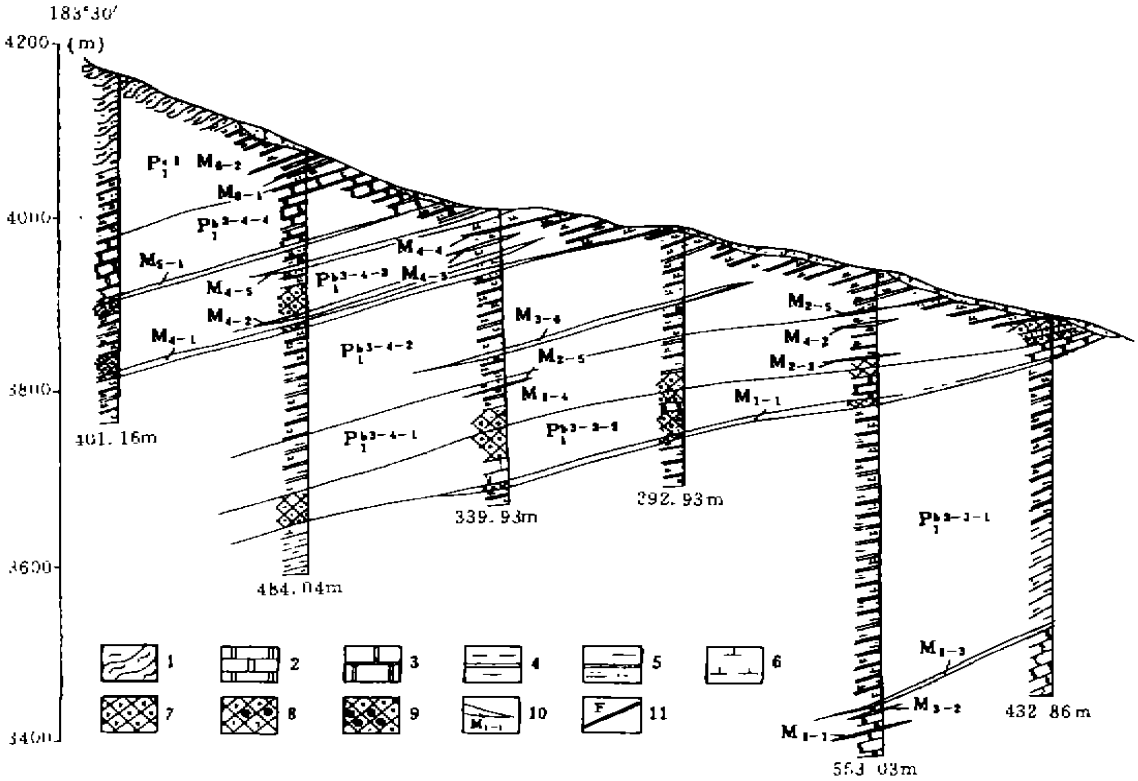

图 2　铜峪沟矿区 0 线剖面图

（据周庆荣，1993）

1—绿泥石英片岩；2—大理岩；3—条纹（带）状大理岩；4—条纹（带）状黑云母千枚岩；5—条纹（带）状变质粉砂岩；6—闪长玢岩；7—透辉石类夕卡岩；8—石榴子石透辉石类夕卡岩；9—透辉石石榴子石类夕卡岩；10—矿体编号；11—断层

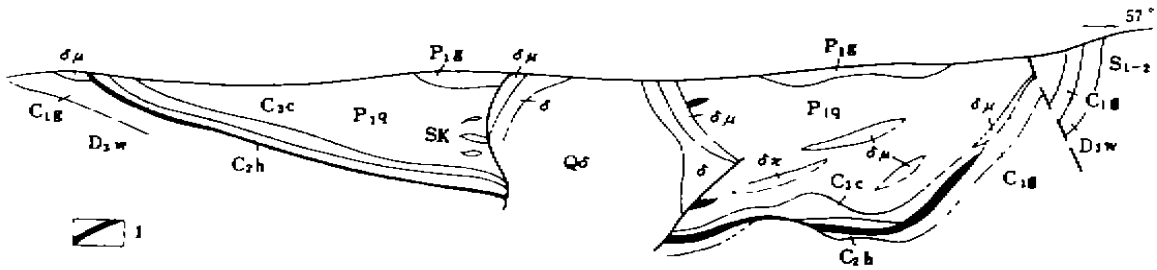

图 3　新桥铜矿纵剖面示意图

（据王之田）

S_{1-2}—三留系；D_3w—五通组；C_1g—高丽山组；C_1h—黄龙组；P_1g—孤峰组；$Q\delta$—石英闪长岩；δ—闪长岩；$\delta\mu$—闪长玢岩；$\delta\pi$—闪长斑岩；1—含铜黄铁矿

维普资讯 http://www.cqvip.com

云南东川落因超大型铜矿田(图5)。该区位于中元古代昆阳坳拉谷中，在中昆阳群中有不同期次、不同类型、多层位铜矿床产出。成矿的热源、物源具有十分明显的相关性和继承性，在同一空间部位产出这些矿床。坳拉谷早期火山活动强烈，在因民组地层中，细碧岩、钾质细碧岩发育，角斑岩较少，同时相应成分的火山碎屑岩及次火山岩发育。在因民组第二段形成了与火山沉积—火山热液叠加成矿的稀矿山式铜铁矿床，产于火山机构附近的凹地及边缘部位，是一个规模大的富铜矿床。该地段上部落雪组中的东川式铜矿床，规模大、品位高，其成矿与下部因民组中的稀矿山式铜铁矿床和火山机构有密切关系，在一定程度上受火山机构控制。这可能是下渗海水在火山机构附近热能高，使其得到加热，成为地下水热液。这种热液在火山机构附近及因民组紫色岩层中对流循环，极易萃取围岩中的铜质，特别是在早期形成的铜铁矿床附近更是如此。这种含铜热液沿古火山机构及其附近与上部构造的薄弱部位上升，并在通道内形成角砾状铜矿和脉状铜矿，喷流至附近海底凹地聚集，在富含有机质藻席经氧化还原作用，和含铜热液喷流至海底环境突变等作用，铜质淀积下来，经成岩和改造形成了东川式铜床。在落雪组地层之上的黑山组地层中，于黑山期形成一定规模的富铜矿床。成矿与海底地下成矿热液喷流沉积作用和含铜热液的交代叠加作用有关。其主要产出地段也是下伏落雪组、因民组中铜矿床发育好的部位。由于该区显示以上同位成矿特点，就可以利用上层矿找下层矿，也可以利用下层矿找上层矿，并根据不同层位的地质特点与矿化发育情况分析其找矿前景。在此顺便提一下安徽狮子山铜矿田的情况。该矿田也是同位成矿作用形成的。虽然成矿时代、矿床成因与落因矿田完全不同，但仍有启发找矿思路的意义。狮子山矿田，铜矿主要产出层位是中石炭统黄龙组，而矿区地表及浅部发育三叠系、二叠系有关群、组间的铜矿床，且规模较大，铜品位较高，说明铜成矿物质来源丰富，其下部黄龙组无疑值得重视，结果在此层位找到了狮子山矿田中最大的隐伏铜矿床。

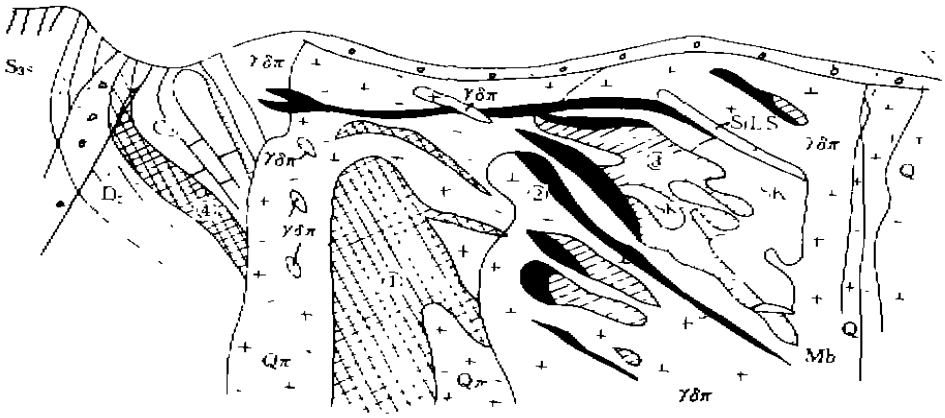

图4 城门山矿田矿床组合示意图

(据8区内主要铜矿床例，1989)

1.城门山长斑岩→斑岩型铜、钼矿床(c)→夕卡岩型矿床(b)→层状铜矿产于→石英斑岩→爆破角砾岩型铜矿床(a)

江西永平大型铜矿床(图6)。该区位于晚古生代近东西向的断裂坳陷带中，其中次一级的东西向海盆与近东北向的楔形断陷海盆交会处产出永平铜矿床。矿床位于古铅山

维普资讯 http://www.cqvip.com

深断裂上盘，近南北向展布，与晚古生代火山岩—碎屑岩—白云质碳酸盐岩建造关系密切。矿床主要产于中石炭统叶家湾组地层中，矿体产状稳定，与地层同步变化，互层整合产出。主矿体（Ⅰ$_4$）走向延长、倾斜延伸均超过2500m，平均厚18m，矿体厚度与含矿地层厚度呈正相关。金属矿石分带清楚，中间铜矿富集，向两侧变贫，并转为铅锌矿化。矿石构造主要有条带状、层纹状、块状、柔皱状、细脉状、网脉状、角砾状等。因此认为初始成矿与海相火山活动有关，沿本区中部喷流口喷流沉积成矿，在海西期已形成初始矿床；此后经变质和混合岩化热液作用，形成细脉状、网脉状等矿化，使铜矿富集，其富集部位仍在喷流口附近；燕山早期花岗斑岩（$\gamma\pi_5^{2-3}$）汁，继承了基底断裂交会处形成的构造薄弱部的海底地下热流喷流口通道侵入，形成小岩株，与此有关的主要是叠加的钨、钼矿化和少量铜矿化。

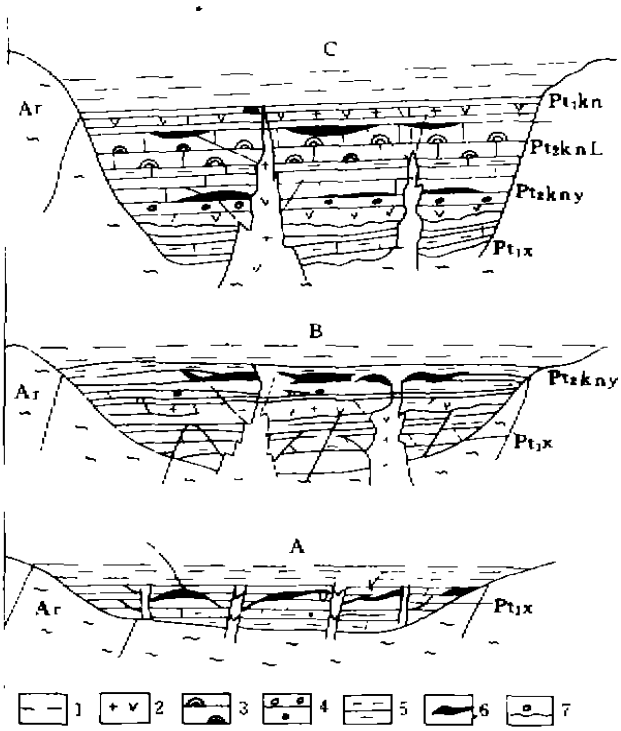

图5　东川矿区各成矿期模式图

（据陈子炎，1991）

A—元古代末期非子岩式铜矿（沉积主要FeS_2极少量$CuFeS_2$，铜矿床为后期岩浆活动富化）；B—印支期稀矿山式含铜铁矿；C—落雪期东川式及黑山期杨家式铜矿；Ar—新太古代；Pt_1、Pt_2—古、中元古代；1—结晶基底；2—基性—中酸火山岩；3—含燧石白云岩；4—砾岩角砾岩；5—沉凝灰岩；6—铜铁矿体；7—构造运动面

4.3　同时同位多期次成矿

是指在同一时间内，沿同一通道及附近部位脉动多期次成矿。这就要求深部有一个经过充分演化分异并富含成矿物质的岩浆房，深断裂断续与其沟通，含矿岩浆和成矿物质沿此通道上升，在已有稳定的同一空间部位多期次成矿。前述金川镍铜矿床就是这种同位成矿类型的典型事例；蒙古的额尔登特超大型斑岩铜（钼）矿床是这类型同位成矿的另一个典型案例（图7）。该矿床成矿与古老花岗岩化块段边部的陡倾深断裂有关，产于北北西与北西西向深断裂交会部位。陡倾深断裂是深部岩浆和成矿热液（气液）长期稳定的通道和活动场所，形成了含矿岩浆的次火山杂岩体。该杂岩体兼有浅成侵入岩与火山熔岩双重特点。矿区面积约6km^2，铜矿储量约800万t。共有5个成矿阶段，但每个阶段的岩浆岩、蚀变岩和含矿岩的成分相近，说明深部存在一个演化分异充分的岩浆房。铜、钼成矿在晚三叠世和早侏罗世结束，此后有铅锌、银成矿。第Ⅰ期斑岩为花岗闪长斑岩、英安岩和英安岩质角砾岩，为中心式侵入，占该斑岩总数的70%，绝大部分铜矿在此阶段形成，并与斑岩体有关，铜含量0.3%～0.8%；第Ⅱ期也是花岗闪长斑岩，亦为中心式侵入，侵入到第Ⅰ期斑岩体的中间部位（可能是原通道的中部），占该区斑岩总数的20%，大部分钼矿在这期形成，并与斑岩有关；第Ⅲ期是斜长斑岩，呈岩墙状侵入，大部分锌矿与此期斑岩有关（斜长斑岩中Zn、Pb含量偏高，但Cu含量仅0.09%～0.19%）；第Ⅳ期也是岩墙状，岩石基性程度增高，为闪长斑岩等，占斑岩总数的1%；最后是银矿化，在斑岩岩株边缘形成垂直矿化柱。

维普资讯 http://www.cqvip.com

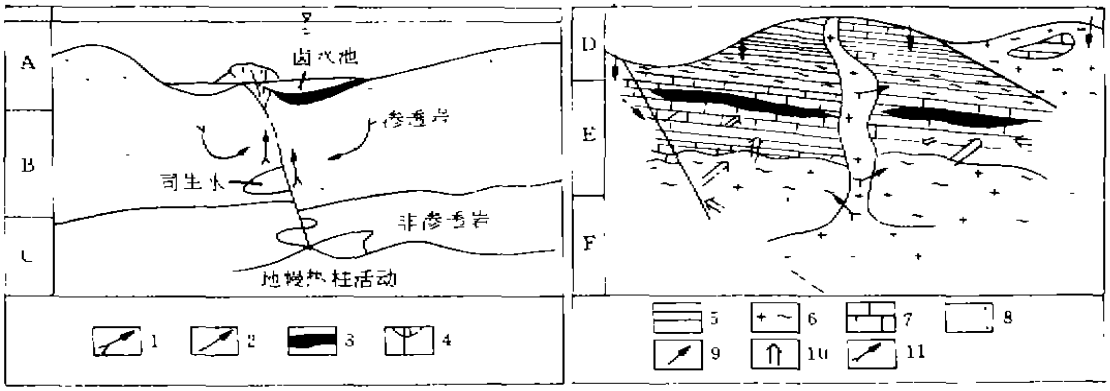

图 6　永平铜硫矿床成矿模式图

（据张学书，1992）

A—沉积成矿过程；B—热液及成矿物质来源（对流萃取过程）；C—深部热源；D—大气水加入；E—混合热液岩化作用；F—岩浆热液叠加；Ⅰ—同生成矿作用；Ⅱ—后生改造—叠加成矿过程；1—热液运移方向即海水与渗透岩发生反应时所萃取成矿物质的运移方向；2—喷出流体运移方向；3—矿层；4—喷口附近的网状矿化；5—千枚状页岩；6—混合岩；7—碳酸盐岩；8—碎屑岩（包括凝灰质碎屑岩）；9—雨水及地下水加入循环运移方向；10—混合岩化成矿溶液运移方向；11—岩浆热液运移叠加方向

图 7　斑岩在额尔登特矿床中的构造位置

（据 C.J. 加大里洛娃，1990）

a—平面示意图；b—矿床横剖面的结构模式

1—索戈塔块段的侵入岩，含结晶片岩残留体和捕虏体；2—索戈塔块段中的碱性和次碱性辉长岩（a），西南块段中的辉长闪长岩（b）；3—花岗闪长岩；4—额尔登特杂岩的花岗闪长岩；具淬火构造的斑状明显的细粒斑岩（a），中粒斑岩（b）；5～8—额尔登特杂岩斑岩；5—第Ⅰ代斑岩：花岗闪长斑岩（a）、英安岩（b）、英安岩自角砾岩（c）；6—第Ⅱ代花岗闪长斑岩；7—第Ⅲ代斑岩；8—第Ⅳ代和第Ⅴ代流纹英安岩、英安岩、安山英安岩、英灰斑岩、闪长斑岩；9—各个世代的斑岩（合并起来的）；10—早中生代流纹岩组成的成矿后岩颈；11—伴有矿化的石英绢云母交代岩；（a）蚀变量在平面图上的外界，（b）剖面图中的蚀变量；12—热穹窿等值线；13—断裂

4.4　同时同位单期次成矿

这是同位成矿中单期次要求有关边界条件最高的一种同位成矿类型。它要求在同一空间部位，成矿作用只有形成先后，没有或基本没有不同期次的穿插叠加情况（除氧化、次生富集外），而是连续稳定形成大型—超大型矿床。在这种类型中，连续成矿作用稳定时间

维普资讯 http://www.cqvip.com

图 8　3 号脉"共生一结构体"分布图

（据易爽熙、宁广进，1989）

1—白云母一石英边缘体；2—文象结构伟晶岩；3—变文象结构伟晶岩；4—中、粗粒结构伟晶岩；5—小块体伟晶岩；6—文象结构块体微斜长石；7—块体微斜长石；8—块状石英；9—云英岩集合体；10—糖晶状钠长石集合体；11—白云母一石英集合体；12—薄片状钠长石集合体；13—白云母一石英一糖晶状钠长石集合体；14—薄片状钠长石一锂辉石；15—石英一锂辉石；16—白云母一石英一叶钠长石集合体；17—白云母一薄片状钠长石；18—石英一铯榴石；19—薄片状钠长石一锂云母；20—鳞片状白云母集合体；21—钠长岩化变文象结构伟晶岩；22—钠长石化小块体伟晶岩；23—钠长石化块体微斜长石；24—结构符号

的长短，已知有两种差别较大的情况：一是经过充分演化分异富含成矿物质的岩浆气液，在一个较长时期稳定的局部空间内缓慢冷却，有序进行结晶分异交代成矿，最后形成超大型矿床。如前述的 3 号伟晶岩铍超大型矿床（图 8），该矿床整个成矿作用时间，比一般矿床成矿时间 20～40Ma（胡惠民，1991），大概要长 5 倍以上；另一种情况是，丘基卡马塔超大型斑岩铜矿床，该矿床形成于老第三纪（29Ma），而与该矿床成矿有关的 Nazca 板块活动是 20～41Ma，因此其稳定成矿时期比一般矿床成矿作用的时间要短或相近，在这样一个较短的稳定时期内，形成蚀变、矿化分带如此好、铜储量如此巨大的矿床，这就要求

维普资讯 http://www.cqvip.com

同位成矿的边界条件中的成矿物质及其有关气液十分丰富。而且在成矿空间部位内可能出现过压力释放效应，使成矿物质及有关成分以气相快速扩散迁移形成大范围的蚀变与矿化。在这种同位成矿类型中，形成大型—超大型矿床，其成矿作用的时间介于上述两者之间的情况，出现的机遇可能更多一些，这些值得进一步探索。

以上矿床（矿田）同位成矿，综合考虑某些大型—超大型矿床产出的区域地质矿产、或矿化集中区的同位成矿和遥感影像、重磁异常等方面的特点，我们推测地壳浅部的同位成矿与深部幔流柱的活动有密切关系，曾就此问题作过一些探索，还有待今后研究。

本文主要是根据有关金属矿产综合研究、成矿预测与矿产勘查规划的研究成果，以及在大量找矿工作基础上写成的，同时参阅了有关文献、资料。在此谨向曾共同工作的同事们，和向我们介绍有关情况的同行们，以及有关作者和单位致以衷心的敬意。还要感谢近几年来在不部门工作的同行们，对同位成矿说的重视与应用，特别是李惠教授的评价与设想使我们受到鼓舞。文中不妥之处和要进一步研究的主要问题敬请批评指出。让我们共同努力把我国大型—超大型金属矿床的找矿研究工作不断推向前进。

参考文献

1 梅友松. 深部地质与金属矿床成矿的关系. 地质与勘探，1981，(4)：5～10.

2 梅友松. 第二成矿物质来源概论. 地质与勘探，1983，(1)：1～8.

3 汪东波，梅友松. 论铜的"同位成矿"作用. 第五届全国矿床会议论文集. 2：422～424. 北京：地质出版社，1993.

4 李元恺. 超大型矿床的探索与研究的若干进展. 地学前缘，1994，1(3—4)：45～52.

5 陈毓川 等. 中国矿床成矿模式. 北京：地质出版社，1993.

6 裴荣富、吴良士. 特大型矿床成矿偏在性研究的新进展. 矿床地质，1994，(2)：155.

7 Laznicka P. Derivation of giant ore deposits. Abstracts. 28th International Geological Congress. 1989，2：26.

8 三之田等. 大型铜矿地质与找矿. 北京：冶金工业出版社，1994.

9 易爽庭、宁二进喜. 中国阿尔泰稀有元素矿床矿物志. 乌鲁木齐：新疆人民出版社，1989.

An Introduction to the Isospatial Metallogenesis

Mei Yousong, Wang Dongpo, Huang Hao, Liu Guoping

The isospatial metallogenesis would be defined as follows: within the same particular location, during a certain period or among different periods, the same type of deposits or different types of deposits relatively stable multi-stage superposed mineralize. The paper consists of four parts: (1) based on the isospatial metallogenesis, the ore-forming mechanism of large super-large deposits has been explained; (2) the marginal conditions of the isospatial metallogenesis, these conditions are favourable to the forming of large-superlarge deposits; (3) the characteristics of the isospatial metallogenesis; (4) the classification of the isospatial metallogenesis. Finally, the relation of the isospatial metallogenenesis to the mantle plume is discussed.

Key words: the isospatial metallogenesis; marginal condition; large-superlarge deposit