

+++++

# 成矿模式与找矿思维

华北有色金属地质勘探公司地质研究所 杨志达

+++++

在当今成矿理论研究和地质找矿实践中,许多国家都在加强各种成矿模式的研究、使用、验证和总结。特别是进入寻找隐伏矿床的地质找矿时期以来,利用成矿模式进行地质找矿的思维就更为重要。

自80年代以来,苏联在建造分析的基础上分出了87个构造成矿带类型,并建立了主要地质—工业类型矿床的地质、地球物理和物理地质模式;1984年加拿大出版了《加拿大矿床类型》一书,介绍了矿床的描述模式;1986年美国以111个国家的3900多个矿床资料为基础,总结出《矿床模式》一书,并根据岩石构造环境对矿床模式进行了分类。

实际上早在60年代,美国地质工作者就运用圣马纽埃矿床建立的斑岩铜矿蚀变分带模式,并结合构造研究,成功地发现了卡拉马祖斑岩铜矿;根据克莱梅克斯钼矿成因模式在成矿带上开展普查,相继找到了亨德逊和埃蒙斯山等大型钼矿。不整合脉型铀矿模式的应用,为加拿大萨斯喀彻温省阿萨巴斯卡盆地铀矿区的扩大起了重要作用。在70年代澳大利亚地质学家按照新的理论成矿模式经验,对铜矿床的物质来源、搬运方式和铜矿物沉淀等问题作了新的解释,认为大型玄武岩在遭受某种蚀变后所释放出大量的铜构成沉积铜矿中铜的来源。正是根据这一新的成矿模式,并把找矿区(南澳安达英卡地区)与已知赞比亚铜矿带进行了对比研究,结合重力、磁测及卫星图象的线性构造等资

料分析,终于找到了奥林匹克坝特大型铜铀矿床。80年代初,根据斑岩铜矿成矿模式,主要进行铁帽和蚀变分带研究,并配合使用地球化学找矿方法,发现了智利北部的特大型埃斯康迪达斑岩型铜矿。

早在60年代,孟宪民教授在研究我国大量金属矿床资料的基础上,提出了沿层位找矿的见解。这一重要的地质找矿思路实际上就是当今层控矿床成矿模式的先声。其后涂光炽教授又依据我国特有的地质环境,提出了各种有关复成矿床的成矿模式。

为了弄清矿床的形成过程,我们就必须从野外到室内进行全面而深刻地研究矿床形成的地质环境和演化历史。

人们在地质找矿实践中,总是在一定的地质找矿思维指导下进行的,因此地质找矿思维的正确与否直接关系到地质找矿的成败。这就是说,地质人员的地质找矿思维在矿产发现中将起决定性的作用。

为阐明找矿模式这一地质找矿思维方法的形成过程,依据实际资料,我们回顾一下本世纪地质找矿工作的发展历史很有必要。

本世纪的地质找矿工作,可以大体分为三个主要阶段:

1.1900—1940年:在这个时期以直接观察方法为主发现的矿床多数出露地表或有明显的地表显示,故地质理论在指导地质找矿上所起的作用并不十分重要,相应的地质找矿思维也就较简单。当发现矿床后,主要是进一步确定其延伸部分。

2.1940—1965年：在应用直接观察方法的同时，开始大量采用间接方法，特别是用地球物理方法进行地质找矿。本阶段发现的矿床既有出露地表的或地表有明显显示的矿床，也有隐伏的或难以发现的矿床。面对这一新的找矿形势，相应的成矿理论与地质找矿思维就显得重要。在这一时期，开始采用了更多的间接找矿新方法。如在加拿大地盾多为冰碛物覆盖，首先用地球物理方法圈定对成矿有利的绿岩带分布范围，进一步应用航空地球物理和地面地球物理方法进行调查，其中特别是磁法和电磁法。然后对用上述方法圈出的异常再进一步应用更精细的地面地球物理方法和钻探方法来加以验证。

在50年代，由于地质找矿实践的不断发展，美国一些矿业公司在地质找矿中创造了一种新的找矿方法，这就是矿床成因模式概念找矿的先声。这种方法实际上是在详细研究某一类型许多矿床实例的基础上，特别是通过对典型矿床的精细研究，以确定一套矿床产出的地质特征。然后可依据这些地质特征集中力量研究可能产出这类矿床的少数靶区。应用矿床成因模式找矿发现了著名的美国亨德逊斑岩钼矿和加拿大基德克解克铜锌矿，并为以后的成矿模式找矿开辟了广阔的前景。

3.1965年到现在：在地质理论指导下，并以间接的地质找矿方法（物化探、岩矿测试和遥感技术的应用）为主，并应用有关新科学（如数学地质、同位素地质等）的成果，特别是成功地运用成矿模式找矿，发现了不少隐伏矿床和难以发现的新的矿床类型。在这个时期，需要对各种地质找矿信息进行综合的、全方位的、多层次的、动态的、立体的地质找矿思维，才能有所发现。如1966年西澳大利亚卡姆巴尔达镍矿的发现，它是由于一个地质人员意识到超镁铁质

岩石底部一些小的铁矿露头的重要性以及这些露头中痕量元素成分有岩浆成因标志而发现的。正是在大量科研工作的基础上，总结出形成镍硫化物矿床的地质环境后，才真正在地质找矿上有所突破。我国在这个时期如对南岭成矿带的研究，以及对长江中下游铁铜矿床成矿特征的研究，并总结出了钨矿“五层楼”的成矿模式、长江中下游斑铜矿成矿模式和玢岩铁矿成矿模式等。

美国曾在1951—1970年间对采用不同找矿方法发现的金属矿床进行了统计，发现在50年代以前，有80%的金属矿床是用传统方法（直接观察法为主）找到的。而在1951—1960年间找到的27个金属矿床中，其中有19个是应用理论找矿找到的，既理论找矿占70%以上。1961—1980年间找到的34个金属矿床中就有28个是由理论推断发现的，理论找矿占80%以上。可见在当今地质找矿实践中，充分发挥地质人员的地质找矿思维的能动性，运用理论找矿，特别是成矿模式找矿，将日益重要。在这个时期，利用成矿模式进行地质找矿取得了不少突破性的进展。

矿床是地壳的组成部分，它是地质环境不断演化的产物。通过广泛的区域地质观测和对典型矿床的详细研究，经过抽象思维，把有关地质的、地球物理的和地球化学等特征在空间上和时间上联系起来，从而形成整个成矿地质环境和矿床形成过程的科学概念，进而建立一套能够对矿床进行预测的识别标志，以作为对同类矿床进行地质找矿勘查的指南。成矿模式建立的立，其基本手段实际上是精细地进行各种有关地质观测，反复地进行地质找矿思维，以抓住成矿本质特征，认清地质环境与成矿的内在联系。成矿模式的具体内容应包括矿体及其物理、化学性质的关系，矿床的矿物组合及其分解，矿区地层、围岩的含矿性与成矿的关系；矿床围岩

蚀变特征,不同矿床类型之间的关系;成矿与整个地质背景(主要是地层、构造与岩浆岩)的关系;物质来源的时、空与成矿的关系;成矿与温度、压力和深度的关系;矿液特点、运移与成矿的关系;矿区氧化带、次生富集带、原生带与成矿的关系;变质特征与成矿的关系;其它有关成矿学说、假设与矿床特征、有关测试数据的关系等。

有人还指出“成因地质模式”<sup>\*</sup>,实际上也是“成因模式”。成因地质模式法在研究矿床形成过程时,一般把矿床的形成按先后时序分为如图1所示的前导过程、矿质及

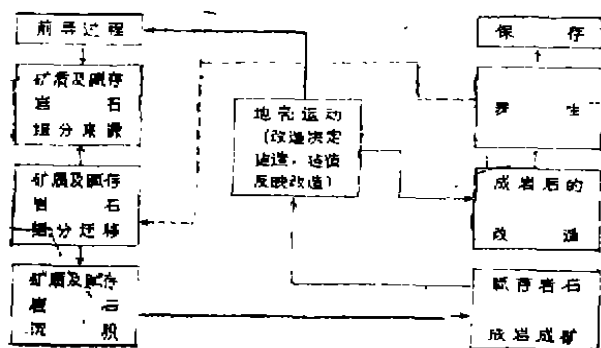


图 1 矿床成矿过程阶段图 (据刘学通)

赋存岩石组分来源、矿质及赋存岩石组分迁移、矿质及赋存岩石沉积,赋存岩石成岩成矿、成矿后的改造(包括岩浆侵入接触交代、热力变质、动力变质及区域变质等的改造)、表生及保存等八个成矿阶段。实际上这是理想的一个成矿模式。这八个成矿阶段是相互联系、相互制约和不断发展的。其整个成矿过程又是地壳演化历史的一部分。有时由于地质构造—岩浆的多旋回而促使发生多次成矿作用的叠加,有时整个成矿过程并未完成而发生中断,这都取决于一定地质环境的演化特征。上面提出成矿八个阶段,只

是理想化了的成矿过程,这正是成矿模式的特点。进一步分析可发现,对整个成矿过程的某个阶段,都相应与一定成矿理论有关。正是在这些有关成矿理论指导下,去寻找若干成矿地质标志,取全、取准各种观测数据,建立成矿模式,进行成矿预测。前导过程阶段;可把金属区控矿理论、地球化学理论、重熔成矿理论和各种大地构造成矿理论等联系起来。应用这些理论可以寻找前导过程阶段的地质证据及其成因概念;矿质及赋存岩石组分来源阶段;可把外生地质作用理论(特别是风化理论)、地球化学、物理

化学、生物化学及胶体化学理论等联系起来,说明矿质及赋存岩石组分的来源;矿质及赋存岩石沉积阶段;将各种有关沉积成矿理论(如陆源泥积、火山沉积和各种有关含矿热液的沉积等)、层控理论、火山成矿理论、卤水成矿理论和广义同生成矿理论等联系起来,阐明矿质富集过程;赋存岩石成岩成矿阶段;可把成岩成矿理论、再造成矿理论和成岩分异理论等联系起来,说明赋存

岩石成岩或成矿过程;成岩后的改造阶段;把各种内生成矿理论、变质成矿理论、构造成矿理论、叠加与再造成矿理论等联系起来,阐明成岩的改造过程;表生和保存阶段;可综合应用以前各阶段的成矿理论来加以论证。由上述可见,成因地质模式实际上是以地壳演化为主,“一维时间”为连线,把所有成矿理论联系起来,从而形成一种普遍适用的综合性成矿理论,以指导找矿实践。

成矿模式是在现代成矿理论和成矿模拟实验研究的基础上,结合野外对特定矿床或一群类似矿床的观测,并重视矿山资料对原有矿床认识的补充和修正,进而提出反映成矿地质环境、成矿过程和主要控矿因素的成矿模式。成矿模式找矿就是根据最新成矿理

\* 成因地质模式是美国学者W·H·Finch, R·B·Mccammon等人提出(1980)

论抽象出的各类矿床的成矿规律来指导找矿实践。它一反原来习惯性地质找矿思维方法，既对一个个矿床的单纯描述性的工作方法。从而克服了只见树木而不见森林的片面性思维方式，特别强调反映各类矿床的地质特征和形成环境的内在联系。

有人统计，地球上金属矿床储量的65%集中在70%的大型矿床之中。因而对大型矿床成矿模式的研究极为重要。如已知的成因模式有南非和加拿大盲河地区为典型的太古宙金铀砾岩模式。黑矿成矿模式（火山成矿的海底喷气块状硫化物矿床）、沉积磷矿成因模式、密切西比河谷型铅锌成矿模式、斑岩铜矿床成矿模式、沉积型铜矿萨布哈模式和热泉型金矿成矿模式（包括卡林型交代矿床和富矿脉矿床的热液矿床）等。

在成矿模式上也需要进行辩证的思维。我们在认清成矿模式的全球共性的同时，也应注意成矿模式的区域性特征。在进行地质找矿思维中，既要坚持用成矿模式找矿，又要敢于突破成矿模式的束缚。实际上成矿模式本身也会随成矿理论和找矿实践的不断发展而逐步完善，一成不变的、到处可以套用的万能成矿模式在客观上是不存在的。如加拿大阿萨巴斯卡铀矿找矿模式的形成，最初以铀的放射性异常为找矿标志，找到一些小矿床，然后发现铀元素在自然条件下活动造成许多非矿异常。经研究又提出了构造（断裂）控制模式，从而导致大型凯湖矿床的发现。通过对凯湖的研究，又进一步发现石墨化的碳质沉积物是铀富集成矿的重要因素，既“地层导体”，可用航空和地面磁法有效地加以圈定，从而又发现了西湖等大型矿床。至此人们才逐渐形成对矿床认识的完整概念。通常这些矿床与中、早元古代的不整合面有关，后来又发现在靠近不整合面而又有一定构造和碳质富集条件的部位上成矿最

好。依此认识提出以航空放射性测量作为初步指导，用航磁了解不整合面的大致埋藏深度，再以航电、磁法、能谱测量等方法寻找“地层导体”，以地面电磁法检查圈定靶区，以钻探和井中物探查明矿床的成套方法。并运用这套方法的组合（即找矿模式）在阿萨巴斯卡盆地找到了20多个大型矿床。

各种不同成矿模式可指导不同类型矿床的地质找矿工作，并可使地质找矿工作能尽快集中到靶区。一个成功的成矿模式，它既是正确地进行地质找矿选区的依据，也是合理地确定地质找矿方法的指南，美国曾对西南部斑岩铜矿床的侵入体特征、构造控制因素、成矿时代、蚀变矿化分带和矿体赋存规律等，进行了全球性对比和总结，从而建立了斑岩铜矿成矿模式，还进一步划分了跨越洲际的巨型成矿带。在此成矿模式指导下进行地质找矿，不仅在北美，而且在整个美洲西部智利、秘鲁、墨西哥、加拿大、不列颠哥伦比亚等。以及菲律宾、新几内亚等国都相继找到了许多大型斑岩铜矿床。同样，我国在总结斑岩铜矿成矿模式后，应用此成矿模式发现并扩大了德兴（江西）和玉龙（西藏）等大型斑岩铜矿床。近来又推广到金、钨、锡、银、铅、锌和多金属的斑岩成矿模式，并有不少新发现。随着斑岩铜矿找矿实践的不断发 展，由于野外和实验室研究的结合，仍在不断修改着斑岩铜矿模式。特别是在野外研究蚀变矿物、地球化学变化和构造填图以及室内流体包体数据、蚀变岩石X射线衍射分析等，所有这些都正在日益形成定量化。特别是计算机图表正日益用来建立理论概念、热力学关系、构造观察及化学和矿物数据的动态模式，将使斑岩铜矿系列中的矿物和化学模式的演变和发展，能在一个工作台上显示出来。斑岩铜矿模式的发展方向，将把野外观察、地球化学数据、年龄数据、

稳定同位素数据以及理论上的研究结合在一起,从而使模式突出了斑岩铜矿化作用的动态发展,进而发现新的斑岩铜矿类型。

在建立典型矿床成矿模式时,还应注意与整个成矿区(带)的有机结合。实际上,在一些矿区同时存在同一矿种或几个矿种的多种成矿模式,这就应进一步研究它们在成因上和空间上的内在联系。各种成矿物质与其地球化学性质上的相似,或其成矿作用过程的联系以及相互伴生成矿形成矿床的共生组合。从而要求地质人员在区域应力场、地球化学场和地球物理场的相互作用基础上,整体地研究矿床的成因及其分布规律。如斑岩成矿系列,实际上应包括岩体内部及其附近的斑岩型(细脉浸染型、爆破角砾岩筒型)矿化、近接触带的接触交代型矿化,外接触带的似层状矿化以及岩体内外的脉状矿化等。我国在长江中下游成矿带的找矿工作中,逐步建立了“多位一起”、复合共生的成矿模式,即以岩体为中心,在岩体内寻找斑岩型矿床,在岩体的接触带寻找矽卡岩型矿床,在其岩体周围的地层中注意寻找层控矿床,形成所谓斑岩型—爆破角砾岩筒型—矽卡岩型—脉状或层状热液型铜—钼—钨矿的“多位一体”成矿模式。与此同时,我们还发现了一些巨大的区域性成矿分带,如我国南岭地区“东钨西锡”的分带、马来西亚锡矿化“东弱西强”的分带等。要搞清这些问题,就需要在更大区域内进行成矿地质环境的分析和对比,以求在更大范围内、在更高层次上建立成矿模式,用以指导区域性的地质找矿工作。实质上矿床就是一定地质环境的产物。故应根据已建立模式的各类矿床产出的地质环境对矿床模式进行分类,这样就能更好地预测不同地质环境中可能产出的

矿床类型,更为具体地指导地质找矿工作。

在地质找矿实践中,面对成矿模式这一复杂系统,使人们认识到它是可分为多层次并受多种因素制约的。从而促使人们一方面研制与不同层次的含矿客体相对应的各级成矿模式,这样可使成矿预测更具针对性,大大提高地质找矿的效果。另一方面,在地质找矿中,要特别增加大量的地球物理、地球化学、岩石学和矿物学等方面的新信息,并在此基础上确定出用于一定地质—工业类型矿床的综合性预测普查模式。为此在运用成矿模式进行找矿时,自然就需综合应用各种找矿方法。实际上当今发现的许多重要矿床都是在一定成矿模式指导下,相应综合运用多种找矿方法找到的。

由于数学地质的不断发展,特别是计算机系统引入地学,进一步促使成矿模式向定量化、自动化方向发展。如可把地质、地球物理、地球化学、岩石学和矿物学等有关信息定量化构成地学数据库和图象库。还可根据已有成矿模式由计算机系统进 行 概 率 统计,进行成矿预测,以更精确地指导地质找矿实践。

### 参考文献

- [1]矿床学参考书编辑组,《矿床学参考书》(下册),1987,地质出版社。
- [2]刘学通,1986,“成因地质模型法在矿产普查勘探中的作用”,《地质论评》,32卷,4期。
- [3]М.Б.борозаевск. Н.Т.Д. «поиски МЕДНОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ» Москва «НЕДРА», 1985