

八十年代地球科学的若干新进展

——在中国有色金属工业总公司矿产地质研究院三十周年院庆活动中的报告

涂光炽



地质·矿床

八十年代已过去了一半。在八十年代前五年中,地球科学有没有一些引人注目的动向和发展呢?我想还是不少的。现就我所接触到的一些情况,向同志们作一些介绍。因为每个人接触到的方面不太一样,所以,只能说是有一部分进展,还远远不是所有的新进展,而且这部分新进展是我自己的一些了解和体会,不一定准确。总的来看,1980~1985年这个阶段,国内外在地球科学方面的进展还是比较快的,有些问题很值得我们注意。

首先从微观领域谈起。最近一年多,结晶学方面有比较大的突破,就是所谓五次对称轴的发现。搞矿物学、结晶学的同志都熟悉二次、三次、四次、六次对称轴,没有听说过五次对称轴的,但不是说自然界就没有,主要是在生物体中。如花瓣,很多都是五次对称的;我们的手指是五个;我们的肺叶是五个,可见在生命体中五次对称是很普遍的。但是在无机界中,过去认为是没有的,为什么呢?因为五次对称轴违反对称的一些基本规律,过去一直是这样看待的。但是从1984年11月到今年所发表的一系列文章,包括我们国内一些学者的工作,表明了五次对称轴在一些无机体当中也是存在的。首次报道是在1984年11月,在Al—Mn合金中发现的,接着在其他一些合金中也发现了。其存在的空间范围非常小,只有两个微米这么大,而且在迅速淬火、冷却这样的特殊情况下,才能保存下来,用微观的观察手段,如扫描电镜才能看到。这个发现引起了人们的注意,我国的两位学部委员——冶金学家郭可信和矿物学家彭志忠教授,也在从事这方面的研究。现在的研究可概括为:五次对称—二十面体—准晶体态。五次对称在合金中是个很不

稳定的状态,是在迅速淬火的情况下,而且是在非常微细的区间——二个微米这样一个范围才存在。那么它的结晶形态是怎样的呢?主要就是二十面体。我们都知道四面体、八面体、十二面体等等,不知道二十面体。五次对称主要是二十面体。彭志忠教授在这方面作了分类,对我们来说,有意义的是准晶态问题。关于准晶态,过去从数学推理方面有人谈到,但是真正发现还是第一次。它是介于液态与晶态之间的。过去,我们把自然界的状态分成气态、液态、结晶态和等离子态四种。现在看来,除了这四种以外需要增加准晶态。一些欧美的结晶学家认为这个发现动摇了结晶学和矿物学的基础,甚至认为动摇了化学和物理的基础。这是最近五年来地球科学在微观世界的一个重大突破。

与五次对称、准晶态相联系的一个重要想法是分数维的概念。现在谈到“维”都是整数的概念,一维、二维、三维都是这样,是否存在分数维?从五次对称轴发现以后,这个问题也开始讨论了。我建议从事矿物、晶体研究的同志深入参阅一些文献,我只是最近才听到彭志忠教授的介绍,看了一些文章,对这个问题还说不清楚,就作为开始吧,向大家作个介绍。这是第一个比较重要的进展。

第二个进展我想提一提美国大陆科学打钻的计划及其进展。现在世界上很多地方为了科学目的打了一些钻,如大家知道的深海钻探,即“DSDP”。苏联在大陆上打了一些深钻,我想说的是美国另外一部分工作,国内介绍得不太多。它区别于刚才说的“DSDP”,不是在深海,而是在大陆上,钻得不太深,只有几千米,不象苏联在科拉半岛打的12多公里的深钻。其中有一个钻打出来的结果,很可能也要动摇地质学的一

三、基本观点。它是在美国地热发育地区——萨尔顿海（实际是内陆湖），这个孔设计在科罗拉多河三角洲上，这里当然都是第四纪沉积物了，还有一些新第三纪，即上新世的沉积物。由于这是一个地热发育区，地温梯度比较高，所以，在地下2000多米，温度就达300℃以上。很有意思的是，这个钻打到2200米的深度，相当于360℃的温度，发现上新世与第四纪沉积物都已变质到绿片岩相的程度，这个大家可能都不会想到。第四纪沉积物一般是一些疏松的沉积物，没有胶结的一些砾岩。但是在这个地方由于地温梯度比较高，在不太大的深度，不过就2000多米，第四纪沉积物都变质到绿片岩相的东西，这使我们对变质相和变质岩的概念要起些变化。过去总是设想区域变质是和地槽迥返有关，而且许多地质时代的变质岩都是很浅的变质，如江南古陆，华南的加里东褶皱带变质都很浅，都是板岩、千枚岩以下，严格地说还到不了绿片岩相。但是美国萨尔顿海深钻的第四纪沉积物中却出现了绿片岩相，这说明变质作用与时代的关系不是太大，我们过去总有这么个概念——变质越深时代越老。实际上这恐怕还不是一个线性关系，很可能决定性的因素还是温度。萨尔顿海的第四纪沉积物到了360℃就变成了绿片岩相，古老的沉积物到不了这个温度，尽管经过了多次造山运动也不一定会出现绿片岩相。

另外，据我所知，这可能是世界上所发现的溶解物质最多的一个钻孔。最后公布的情况大概是这样：钻孔中卤水所溶解的物质总量可达25万毫克/升，主要是Na、Ca和K的氯化物，也有不少的Pb、Zn、Cu、Fe、Mn等金属元素，硫非常低。联想到美国另外一个地方打钻的结果也很类似，就是在密西西比河下游的油田，这是七十年代的，时间稍早一点。打钻结果卤水含许多金属，象Pb、Zn、Cu、Ag等，但是不含硫，或者含非常低的硫，而硫化氢是在另外一层中，跟卤水不混溶。萨尔顿湖也是这样。这就为美国密西西比河谷型铅、锌矿成因问题提供了一些依据，说明S和Pb、Zn可能不是在同一个介质中被搬运的。即很可能成矿金属如Pb、Zn是在一种介质中搬运的，而S则是在另一种介质中搬运的，然后两种溶液碰在一起了，形成Pb、Zn硫化物沉淀下来。

通过上面简单的介绍，可见近几年美国大陆科学钻探有两个比较大的成果：一个是说明第四纪沉积物

可以变质到绿片岩相，这在以前没有认识到的，也没有人看到过；再一个是金属含量高的卤水与硫存在于不同的层位，呈不混溶的状态

第三个进展是“CT”技术在地球科学中的应用。最近地震系统马宗晋同志有较全面的介绍，“C”是Computer，“T”是Tomography。“CT”是在七十年代末期开始在世界范围内大规模用于医疗诊断，我国大约八十年代才开始推广，现在大概每个省医院里都有这种设备，叫做X射线分层扫描。

1982年一个美国人把与分层扫描一样的原理用来解剖地球，叫做地球物理层析成相技术。两次“CT”应用都获得了诺贝尔奖金。原理我不清楚，估计他既然用对人体分层扫描的同样名词，也叫“Computer Tomography”，可能原理基本类似，主要是用电子计算机控制的，利用地震波一层层地扫描。这种扫描可以达到地下2900公里的深度。分层扫描作出来的地幔分层结构和我们过去设想的有一些不同，主要的结果在南半球2900公里以上，相当于整个地幔。地幔分成三层，每两层之间间隔了一些比较软的物质，这种软的物质影响了地震的波速。总的来说，地幔是三套比较硬的物质中间夹了两层比较软的物质，这种软的物质厚几十公里到100公里。当然，最终结果还没弄清楚，但是看起来和我们以前认识的地幔结构有一些区别。他们所测的参数还是跟以前一样，主要是地震波速度、物质密度、热值分布等，所不同的以前不是分层扫描。据说要不了若干年，估计五年（有的说十年）就可以用“CT”来圈出地下盲矿体，因为它完全可以做这样的工作。我不知道搞物探的同志是否已接触到这方面的资料，可能早已了解到了，这的确值得注意。

这方面的成就是从搞地震出发，但这个结果对很多科学会有不少的用处，而且有的人说这是地球科学的第二次革命。第一次革命是板块构造的提出，第二次革命就是这个“CT”原理的运用。

第四个是关于陨石学的新进展。陨石的研究是很重要的，尽管它涉及的是基础研究。过去一直认为小行星是陨石的主要来源。最近两年在这方面有了一些大的突破，这恐怕对将来认识整个太阳系的演化都有重要意义。所提的两个进展，一个是1982年日本人和美国人在南极找到了从月球来的陨石，南极地区可以

说是二千万年以来陨石最好的保存者,因为陨石落下来以后马上就被冰封住了,它不象人类居住的地区,如果陨石坠下的时候人们没有注意到,那就很难发现了。南极则不然,陨石坠下后冰立刻把它封存起来,除了冰没有其他来源的物质。最近十多年来,在南极发现的陨石总数目达5600多块,比人类历史上在其他地区发现的总和还多。1982年在南极发现从月球来的四块陨石,和过去美国几次登月所取的大部分月岩样品不同。阿波罗几次登月所取得的大都是月海玄武岩,这次南极月球陨石是月球高地的样品。月球高地的历史比月海早得多,是月球早期形成的月亮组成的。月球高地的组成主要是斜长岩月尘和角砾岩,从南极采回的样品有斜长岩的碎块和月壤,它们有可能来自月球背面,这个发现对研究月球高地和月球演化有帮助。更重要的是给我们开拓了一个新领域,知道陨石不仅是从小行星来,而且还可以从其他星球上来,至于说陨石怎样能摆脱月球对它的引力而跑到地球上,这个问题恐怕将来对天体演化,起码是对太阳系演化提供一些有意义的依据。

另外一个也是最近几年比较重要的发现,即印度的一个玄武质非球粒陨石可能是从火星来的,火星有些火山活动比月球年轻,火星上有30亿年前的火山活动。根据最新的Sm/Nd法年龄测定,印度几块陨石是35.4亿年。这种年龄在其他星球很少见,但在火星上有,看来有可能是从火星上来的陨石。这是第四个比较重要的进展。

第五个新进展是地外物质冲击事件。八十年代以来开始引起很多地球科学工作者注意的一个问题,就是地外物质冲击事件和古生物演化与地层界线关系这样一个工作。这项工作实际上是从1980年开始的,到现在不过五年,但是可以说席卷了全世界,很象当年板块构造学说兴起时那样。国内也开展了不少这方面的工作,在此不作太多的介绍,只简单的说一下。

1980年,一个叫Alvarez的诺贝尔奖金获得者开创了这项工作。他和他的同行在意大利一个深海中,在具有充分古生物依据的白垩纪和第三纪地层界线上取样,这里有很薄的、不过1~2厘米厚的粘土,在粘土样品中发现了Ir异常,比通常粘土物质的Ir含量高100多倍。以后在不少地方,在具有充分古生物依据的白垩系、第三系分界的粘土当中,都得到同样

的结果,到目前为止,大概有40多个地方,包括意大利、丹麦、西班牙、新西兰、美国和苏联等国家。有一些是陆相沉积物,有的是海相沉积物,包括大西洋一些深海沉积物都有这个特点。所以,1981年开了一个规模很大的国际会议,出席的人除了搞地质,还有搞古生物、古植物、微体古生物、古生态、海洋地质、构造、地球化学、力学、数学、天文、物理,以及搞爆炸物理学的,会上,比较多的人认为Ir异常很可能是一次天体冲击事件造成。从氧同位素、碳同位素来看,第三系—白垩系界面也存在一个突然的变化。当时提出这样一个设想,很可能是一个直径10~20公里的天体,可能是慧星,也可能是小行星冲击了地面。它砸到地球以后形成的尘土,把整个地球包围了几个月到几年,此间地球表面的气温、CO₂都有较大的变化,很多生物适应不了这个变化,特别是一些海水浮游生物和大陆上的大型动物,如恐龙死亡了。过了尘土飘扬的几年,尘土下降,产生了新的生物种属,而老的死去了。现在,这项工作不仅是在白垩系与第三系之间,还在寒武系与奥陶系之间,奥陶系与志留系之间,二叠系与三叠系之间,以及寒武系与前寒武系之间开展,所以,几乎是席卷世界的地球科学的一个浪潮。

国内在第三系与白垩系,二叠系与三叠系,寒武系与前寒武系之间都正在做类似的工作,已经有一些成果发表,似乎搞古生物的同志不大主张这个新突变论的看法,他们认为达尔文的进化论可能存在问题,但是不能完全用外界的突发事件来决定生物演化的趋向。好多次会议都讨论过这些问题。这次在北京举行的地球科学认识论、方法论讨论会也接触到这个问题。估计对这个问题的解决也不是一时半时的,还需要更多的依据,更多的讨论。

上面谈的这些新进展与矿床联系得少,下面联系到矿床谈谈最近几年的新进展,我简单地说一下。

第一个是从1982~1983年出版的美国《经济地质75周年纪念文集》看出一个趋势,就是在矿床分类上,现在似乎是逐渐采取含矿岩系和矿床成因相结合的方式。

我们知道,过去的矿床分类比较多地强调矿床成因,或者是物理化学条件——温度、压力等;也有一些人强调以围岩作分类依据,如苏联这种趋势比较明

显,分为产于夕卡岩的矿床,产于火山岩的矿床,等等。上述文集中有好几篇文章似乎有这样一个趋势,就是把含矿岩系和矿床成因结合起来,我觉得这是一个好的趋势。因为单纯以围岩来划分矿床类型虽有利于找矿,而不考虑矿床成因,好象有点片面。但是,单考虑成因也不行,因为成因的概念常常随着时代不同而不同。含矿岩系不等于围岩,围岩只是含矿岩系的一个组成部分。含矿岩系是个大的,包括围岩,含矿岩系和矿床成因相结合来作矿床分类依据,这是一个很好的办法。在文集中写了很多,如Carbonate-hosted是以碳酸盐岩系为主岩的矿床,有的叫做Sediment-hosted,是以一般沉积物(沉积细碎屑岩)为主岩的矿床,还有Sandstone-hosted以砂岩为主岩等。表面看来又是以围岩作为分类依据,实际上却包含了成因的概念在内,不单纯是按含矿岩系或主岩这种分类,我举几个例子来说明这个问题。就拿Pb、Zn矿床来说吧,这种分类还是有道理的,如Carbonate-hosted是碳酸盐岩为主岩的,含矿岩系除碳酸盐岩外,还有硅质岩、碎屑岩等,火山物质少见。大致相当于我国的凡口、泗顶、禾青这样一些矿床,它们有很多地方类似,或是以沉积改造为主,或是以后成为主,主要是这两种。一般来说改造程度比较强烈,受构造控制明显,铅同位素组成比较复杂,正常铅、混合铅和异常铅都有,以不同比例在一个矿床存在,硫同位素以正值为主,也有负值的。物质组成比较简单。从微量元素来看,以碳酸盐岩为主岩的Pb、Zn矿床,一般含Ag都比较低,例外的不多,都 $<20\text{ppm}$, Au一般无回收意义。Sediment-hosted是以泥岩细碎屑岩为主的Pb、Zn矿床。这种类型在华南不多见,但在我国北方,如河北高板河、内蒙狼山地区和甘肃西成地带的Pb、Zn矿都属这一类。它的含矿岩系有大量的细碎屑岩,主要是粉砂岩、细砂岩以及泥岩,也有不少的碳酸盐岩,火山物质比较少见,有时有一点。这一类矿床表面上是Sediment-hosted,是以含矿围岩命名的,实际上包括了一大套成因的含义。这种矿主要是同生成矿作用为主,后来的改造不太明显,这跟碳酸盐岩为主岩的矿床很不一样,后者同生阶段一般不是主要的,而Sediment-hosted同生阶段是主要的,后来的改造比较微弱,Pb同位素一般是正常铅。在国内好多地方都是这样,如高板河、狼山地区和西成地

区铅同位素很正常,异常铅、混合铅不大出现,硫同位素的一个特点就是弥散度特别大,从正值一直到负值,这与碳酸岩为主岩也不一样,碳酸岩以正值为主。在微量元素方面,Ag的地位比较重要,Cu的地位也比较重要,而碳酸岩为主岩的,一般Cu不重要,国内外都是这样,Cu有价值的只是个别的,如凡口。但以泥岩细碎屑岩为含矿岩系的Pb、Zn矿床含Cu、Ag均比较高,可以有单独Cu矿体、Ag矿体。

第三种就是砂岩型。赋存于砂岩系的Pb、Zn矿床同以上两种又有很大的不同。这种类型可以分为两种:一种为陆相砂岩;红层里的Pb、Zn矿;还有一种海相砂岩Pb、Zn矿。后者的特点是常产在不整合面上,而且很多情况下都富铅,锌少得很,如广西的保安,是砂岩型Pb、Zn矿,实际上只是Pb矿,没有Zn,产于寒武系与泥盆系不整合面上。国外最近20年这种单铅或富铅的砂岩型矿床发现比较多,如瑞典、法国、摩洛哥等。我举这些例子不外乎想说明一点,就是矿床分类上将成因与含矿岩系结合起来考虑,是个比较好的办法,这是矿床学方面的一个进展。

第二个进展是对一些特殊成矿环境的研究。现在看起来,找一些比较大、富的矿床须要研究它的一些特殊的成矿环境和机理。如果做一个统计,有这样一种情况,很多大的、富的矿床,它们的成矿条件都很特殊。最近发现的一个例子,我曾经介绍过澳大利亚的奥林匹克坝矿床,澳大利亚人说它是铜、铀、金矿,铜是3200万吨金属储量,铀是12000吨,金是1200吨。我看了他们的材料和标本,铁和稀土含量相当高,铁含量约30%,主要是赤铁矿,与白云鄂博差不多,标本也很象白云鄂博标本。澳大利亚是出产富铁矿石的国家,他们认为含铁55%以上的才叫铁矿石,含30%的铁根本不考虑。矿石中稀土含量也很高,千分之二、三的含量,相当可观。实际上奥林匹克坝是一个Cu—U—Au—稀土—Fe五元素矿床。这种矿床的产出环境很值得我们研究,从他们发表的资料来看,我们根本没有想到它是产在一个古泥石流的环境中。泥石流大家都知道,搞工程的在四川西部很怕这个东西,泥石流来了就把金沙江河道堵塞,这是现代的泥石流。地质史上的泥石流,全世界也不过只有20处发现,其中之一就是奥林匹克坝。这就很有意思了!这么大,包括的金属种类那么多,这么富的矿,是在泥石流的

环境形成的，这就值得我们研究了。我们国家有没有特殊的成矿环境？我想是有的，白云鄂博就是，那是很特殊的成矿环境。看起来大量的稀土和铁是沉积时形成的，在中元古代沉积时形成的，后来又受到海西期花岗岩浆的影响。可是它的元素和矿物组合：稀土、铁、铈，还有稀土元素矿物——氟碳铈矿、独居石等，以及萤石、重晶石这一套矿物，大量的钽和碳酸岩岩浆型的铁—稀土矿床的元素与矿物组合完全一样，这就值得注意了。明明是个沉积矿床，或在沉积以后受到岩浆期后叠加的矿床，怎么跟岩浆碳酸岩型矿床的元素及矿物组合完全一样？我们设想把这两种不同的成矿作用联系起来考虑：是不是碳酸岩岩浆供给了一定的成矿物质，但是成矿物质在海底以沉积方式堆积起来的？这种可能必须考虑。象白云鄂博这样的矿床，不能按照一般的沉积矿床或一般的岩浆矿床对待，需要研究它的特殊成矿环境。又比如锡矿山矿床，铋的储量几乎占世界铋储量的一半，这恐怕要算一个特殊的成矿环境，用一般道理不可能解释得通，到底锡矿山矿床特殊在什么地方？我觉得从锡矿山、凡口以及国内其他地方和世界上其他许多地方（如奥林匹克坝）的例子来看，可能同生构造的问题确实值得研究。过去把同生构造（同生褶皱、同生断裂等）都当成矿液输送的通道，当然，这种同生构造起着矿液运输通道的作用，这始终不能忽视，但是由于它是成矿时期发生的构造，除了运输成矿溶液以外，会不会还起其他作用？我觉得最近几年来特殊成矿环境的研究，加上同生构造的问题，值得我们注意。

第三个问题，关于斑岩矿床和块状硫化物矿床的关系问题。斑岩矿床是我们感兴趣的对象，国外在六十年代后取得的进展非常快，从南、北美洲西部一直到太平洋的西南、伊朗、土耳其发现了很多斑岩铜矿。块状硫化物矿床也是我们感兴趣的对象，是多种有色金属及金、银、黄铁矿的提供者，而这两种矿床看起来都和板块构造关系密切，一个很有意思的现象是，在空间上这两种矿床似乎有互相排斥的情况。如果分析一下斑岩铜矿出现的地区或构造带、成矿带，一般缺失同时代的硫化物矿床，如南美洲、美洲西部几个斑岩铜矿，都很少存在块状硫化物矿床。我这里指的是同时代的，当然，不同时代的可能有。而大量块状硫化物矿床出现的地区和成矿带，一般也缺乏同时

代的斑岩铜矿床，如日本本洲北部及北海道南部有许多第三纪中新世的黑矿块状硫化物矿床，但几乎没有同时代的斑岩铜矿床显示。我国祁连山东段有大量块状硫化物矿床，就是缺少斑岩铜矿床。据我所知，在同一成矿带中，具有经济意义的同时代的斑岩铜矿和块状硫化物矿床共生的实例，在世界上仅有一个地方，就是太平洋西南的一个岛上。对这个问题最近几年展开了讨论，在日本、英国这种讨论比较多：为什么有这种情况，说法并不一样。归纳起来大致有这样几种看法，一种认为与板块构造不同类型有关系：斑岩矿床主要是和安第斯类型板块构造有关，即产在洋壳向陆壳俯冲带的上盘；而块状硫化物矿床是大洋中脊和岛弧构造有关系。看起来这种现象确实存在，如日本黑矿与岛弧构造有关系，在太平洋中脊发现了不少块状硫化物矿化。这可能是一个重要的原因。即块状硫化物矿床和斑岩铜矿床受不同类型板块构造控制。另一种可能是，斑岩铜矿床比较浅成一些，与陆相次火山岩或更浅成的产物有关，而块状硫化物矿床形成于洋底。当然，需要结合我国具体的地质情况来分析。一般来说，至少中、新生代有板块构造的存在。很可能海西期就有板块构造了。能否从板块构造的角度分析一下，我国不同地区是对斑岩铜矿有利，还是对块状硫化物矿床有利？看起来在同一成矿带中找到同一时期的块状硫化物矿床和斑岩矿床共生的情况可能是比较困难的。

再谈一个和在座的关系不太密切的，但是我觉得也是八十年代很值得注意的矿床学进展，就是煤成气的问题。大家都是搞金属矿床的，可能对煤的兴趣不大，不过还是有一定的关系。大约在1975年以前，人们的概念是：天然气是和石油一起的，所以称之为油气田。天然气作为油气田的一个组成部分，是由石油演化来的，这个概念是很重要的，绝不能排斥。七十年代中期，特别是最近几年，发现煤成气也是天然气的很重要的组成部分，而且从全世界来看，相当多的天然气储量来自煤成气。所谓煤成气是什么呢？它是煤系地层中的有机质，包括煤本身在成煤历史过程中演化出来的一些气体。这不是大家所说的煤矿瓦斯，我说的煤成气是地质历史时期形成的气，就是说整个煤系地层在地质历史过程中逐步演化而生成的气。煤成气是在荷兰的格罗廷根气田中首先发现的。八十年

代我国也进行了一些工作,已在陕甘宁,华北平原,四川等地发现了煤成气。值得注意的是:某些煤成气含Hg,而有些气田中的Hg可达大型矿床。北欧的一些煤成气田,如荷兰,西德北部、东德北部,还有波兰等煤成气田的气体中,含Hg量很高,如有一个气田含Hg可达3000~4000吨,即一个气田除气以外还同时具有3~4个大型汞矿床的储量。另外在很多汞矿床勘探中冒出甲烷、乙烷等一些有机气体,在国内也有这样的报道。我们在万山汞矿床包裹体中发现甲烷。现在看来汞很可能是这样一种方式出现的:即在煤系地层中,粘土、有机质吸附了Hg,在煤演化成气的过程中,Hg也随之富集,并和气一块儿冒出来。国外煤成气中除汞外,其他元素都没有作分析。但我相信砷、锑、铊这些易挥发的金属,可能在煤成气中也大量存在,可惜这个工作没有做。

最后一个问题谈谈砂金。最近几年人们重新认识砂金的概念,国内国外都如此。过去认为砂金是机械搬运来的。最近国外一些地区,如加拿大砂金矿发现球粒状态的金,球粒组成除金以外,常常含Ag, Cu, Se都比较高,有的球粒外面包了一层Ag(当然不是纯Ag),Ag含量比较高。一般来说球粒状金没有磨损、搬运、撞伤等破坏迹象。另外跟球粒状金在一起的是铁、锰的氧化物,或者是有机质,球粒不大,一般都<0.2毫米,现在认为不可能是机械搬运来的。是怎么来的呢?很可能是地下水渗滤作用把Au和Ag的络合物(Au, Ag处在相对高价的状态)搬运上来,由于有机质比较丰富或碰到Fe, Mn氧化物被还原形成的。国内也有这样的报道(如王义文)。狗头金大家认为不可能是机械搬运的。我想这样从新认识对找金矿很重要,过去是机械搬运的观点,淘砂追索原生金矿。如果不是机械搬运形式,而是化学搬运,就要注意地下水了。

最后强调一点,以上讨论的种种新进展,落脚在什么地方呢?我个人体会就是要重视过渡态的东西。

看起来过渡态是很重要的,不管是研究地球或地球的那个部分,或者找矿也好,都需要注意过渡态。我开始讲了五次对称的问题,五次对称实际上是生物与非生物之间的过渡态,是有机与无机之间的过渡态,是晶态与非晶态之间的过渡。煤成气是什么呢?是煤与油之间的过渡态,过去找煤的人从来不到油田中去找,找石油的从来避开成煤盆地,因为不相干,就象找石油的碰上花岗岩也会走开一样,不会到花岗岩中去找。但是,煤成气起了桥梁作用,现在甚至还有人认为(包括国内国外都有)煤可以形成石油,这是过渡的东西。我们过去在找矿方面吃了大亏,过于严格地把外生矿床和内生矿床一刀切,认为外生是外生,内生是内生,两者不可过渡。实际上层控矿床很大程度上是外生矿床和内生矿床的过渡:它们既具一定外生矿床特征,有些方面很象内生矿床。一刀切的思想方法对我们搞地球科学的是很不利的,它会推迟地球科学的发展。过渡的概念很重要,恩格斯早就提出这方面的著名论断,如他谈到要注意非此即彼的问题,但是也要注意亦此亦彼的问题。我们搞地质的同志,包括我个人在内,过去可能过多地强调了非此即彼,在找矿问题上也是这样。而对亦此亦彼的问题的确注意不够。我最后谈的金矿也是这样,过去一直认为是机械搬运,没有注意到化学搬运的可能,所以我们吃了亏,把矿床一刀切,这一些是外生,那一些是内生,这也不符合实际情况,因为不少矿床处在过渡态。现在看来物质来源也有这个问题。一刀切的思想方法对搞地质是一个很大的障碍,所以,我宣传要更多地想一些亦此亦彼的问题,不要过多的考虑非此即彼,因为过去100~200年地质学就是只考虑非此即彼的问题,现在应总结一下过去的经验教训,在考虑非此即彼的同时,要更多地考虑亦此亦彼。我的发言到此为止,谢谢大家。

(黄宝忠、蒋淑芳据录音整理,经涂先生审阅,本刊略有修改。)