



我国大陆中东部基底地层成份 分区与金属成矿分区

姜齐节 梅友松

出发点

金属矿产的分布有明显的地区性,不同地区出现的矿产往往截然不同。认识这一规律性有助于正确布置找矿工作,很有意义。

不同矿产的分区出现,在以前,常用地槽或地台发展的特定阶段的产物来解释。近年来,又常把它看作板块发展的特定阶段的产物和以距毕乌夫带的远近来进行解释。但我国东部燕山期的成矿作用却显示了一系列复杂的情况。例如,原桂林冶金地质研究所有关研究组(1975、1976)曾指出过如下基本事实〔1,2〕:

1.我国东部燕山期的矿化遍及前燕山期的所有大地构造单元,明显环太平洋分布;

2.这些矿化在组份上又与古大地构造单元有关,不同金属的成矿区域沿太平洋分段出现,可以直交海岸线。

这些现象很难以上述假说作出圆满解释。

诚然,矿化形成于古大地构造单元格局已定之后,矿化组分却又与古大地构造单元有关的事实说明:构成各古大地构造单元的物质在性质上的差别,亦即地壳的硅铝层在各地的差别,对成矿有重大作用。这是可以理解的。中酸性岩浆岩是大陆地壳的特产,因而其发生应在硅铝层之内,或至少应有大量硅铝层物质参与。变质热液与热卤水的发生也在硅铝层之内。因此,应当存在硅铝层物质参与成矿的可能。

作者更特别重视硅铝层内的基底地层成份对成矿的影响。其出发点是:(1)上述各种成矿作用的发生都需要一定深度,因而基底地层即硅铝层下部更易于参与作用;(2)各地区基底地层都具有厚度巨大、岩性相对较单一的特点,因而只要它们对成矿起作用,其影响就比较大。近年来

矿源层问题引起了重大关注,这是可以理解的。但如果厚度常为几十至几百米的地层影响尚应如此重视的话,完全有理由至少用同等的注意力来研究厚度常为千米左右的地层影响,即基底地层的影响;(3)确实存在着一系列基底地层成份不同,矿化特点也随之而变的明显实例,如赣北与赣南,燕山与太行等等。

本文为循此途径进行研究所获成果的概述。

研究方法

本次研究的程序是:(1)选定最可能代表各地区下部硅铝层成份的地层为基底地层;(2)编制基底地层成份分区图;(3)与已知矿床的分布对比,引伸出相应结论。

一般是选定处于地区地层表下部,没有见底(不包括侧方的底),厚度巨大,褶皱剧烈的地层为基底地层。在我国东部和北部,地壳厚40公里左右,选定的基底地层上覆层厚多为5~10公里左右(不包括晚三叠世以后厚度变化极大的陆相地层),多数地区基底地层本身的最大可见厚已在10公里左右,再考虑到褶皱影响,一般应能代表硅铝层下部的主体成分。

根据上述原则,在不同地区选择了不同时代的地层作基底地层。这样作的另一出发点是基于作者对我国陆壳发展历史的理解。由于大陆地壳的增生,以及陆壳裂开并充填新地层,硅铝层下部由不同时代的地壳组成是必然的。较新时代的基底地层代表着陆壳生长及陆壳裂开的结果。这方面的具体阐述和论证需较大篇幅,拟另文论述。

基底地层成份区边界的推定,主要依据基底地层本身岩性的变化。在后者隐伏地下时,则依靠由经验所确定的新老地层特点之间组合出现的关系,即地质史上的继承性发展。此外,鉴于厚

大的中基性火山岩多呈线状分布,因此,在以中基性为主的火山岩基底边界的推定上,垂直走向一般不作外推。

研究考虑的已知金属矿床,其规模限于中型偏大型以上。若不作此限制,势必作出任何地区都可出现任何矿产的结论。

研究范围是东经 96° 以东的我国大陆地区。使用的基本资料是已正式出版的1/20万和1/100万区测报告,以及各省地质图及地层表。由于其名目浩繁,无法列举,谨致歉意。

在剔除第四系和上三叠统以上红层大面积覆盖区之后,此次把上述范围内基底地层成份区划为73个。其中包括基底地层情况不明的地区11个。其余62个地区是本文讨论的基础。

基底地层成份区的类型划分如下:

组成基底地层的岩石以沉积岩或其变质物占大多数者,划为沉积岩基底。其中也可夹相当数量的火山岩。细分为:

1. 碳酸盐—砂泥质基底 凡含较多碳酸盐岩或变质碳酸盐岩一角闪岩类者,均归入此类。碳酸盐岩或其变质物的积累厚度常在几百米以上,且分布广泛。若所含碳酸盐岩积累厚度在百米以下,或碳酸盐岩呈扁豆状,不稳定也不普遍,则属基本不含碳酸盐,不归入此类。此类基底分布较广。

2. 粉砂—泥质基底 以泥质岩、粉砂岩及其变质物为主组成,常含大量砂质物。基本不含碳酸盐类。此类基底较少,其中最重要者为后文经常提及的“华南中部粉砂—泥质基底区”,由皖中北将军组、皖南上溪群、赣北双桥山群、湖南冷水溪群和其上的板溪群,广西四堡群和板溪群、黔南九龙群和其上的板溪群,滇东南瑶山群和屏边群、滇东“柳坝塘组”和牛首山组等地层组成。

3. 砂质基底 以砂岩及其变质物为主组成。含大量粉砂—泥质物,基本不含碳酸盐岩。此类基底极少。

沉积岩基底与盖层一般以不整合为界。仅两处作特殊处理: (1) 龙泉关群与阜平群之间的不整合有局部性,前者并入后者之中; (2) 板溪群在湘西以西与下伏层不整合,但在湘东以东,其

接触关系与层位对比各处都有争议,无法分出。考虑到板溪群的岩性与下伏地层各处都很近似,并入下伏层作基底看待。

组成基底地层的岩石中火山岩接近半数或更多时,划为火山岩基底。细分为:

4. 中基性火山岩基底 组成基底的火山岩以中基性为主,但局部地段也可有中酸性火山岩大量发育。此类基底可视为不同时期上地幔物质加入地壳的结果,分布广。

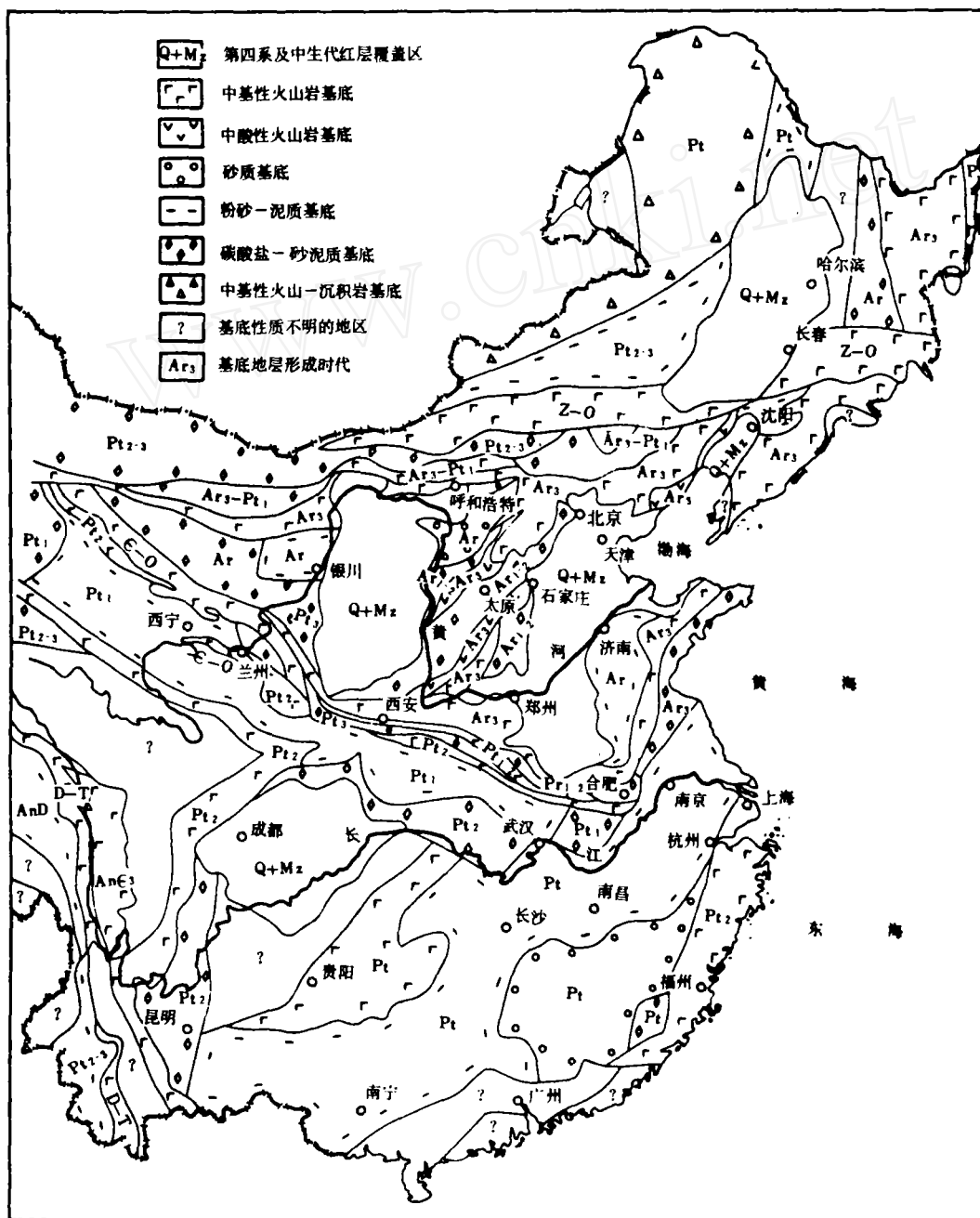
5. 中酸性火山岩基底 组成基底的火山岩以中酸性为主。已分出者较少,均与近于同时的中基性火山岩基底区相邻。或许是由基性火山活动中同化周围更古老的陆壳的结果。实际上,还有更多的中基性火山岩基底区的旁侧或端部出现有中酸性为主的火山岩区,仅因其范围小或厚度薄而未分出。

火山岩基底区的分出经常考虑了区域地质因素。例如: 延吉—吉林区最老地层为呼兰群,其下部黄莺屯组由中基性火山岩为主组成,已见厚达2800米。考虑到: (1) 它在温都尔庙群分布区的走向延长线上,后者岩性、时代均与之相似,而厚度 >7600 米; (2) 呼兰群的火山岩虽然分布零星,但却很广泛; 因而推测火山岩厚度很大。从而把黄莺屯组分出作为基底地层,列入中基性火山岩基底区(虽然它与呼兰群上部地层是连续的)。又如: 广西鹰扬关区的已见最老地层为板溪群,其下部有千余米中基性火山岩而未见底。考虑到: (1) 火山岩极不稳定,沿走向迅速为碎屑岩代替; (2) 向北东,在构造位置和地层顺序均与之十分近似的赣东铁砂街群和漆工镇群中,火山岩均呈夹层出现,仅局部总厚可增至千余米; 因而推测它是厚大的扁豆体,只作为沉积岩基底中的火山岩夹层看待。

介于火山岩基底和沉积岩基底之间的是:

6. 中基性火山—沉积岩基底 仅见于漠河至东乌旗一带的扎兰屯群和新华渡口群。其岩石组成中有大量绿泥石英片岩或绿色变粒岩,但火山岩极少见。此类基底分出是否合适,待进一步研究。

各类基底区的分布状况见附图。



中国大陆中东部基底地层成份分区简图

基底地层成份与金属矿产

本文拟按矿种讨论。为使行文紧凑,不拟讨论伴生矿和共生矿,也不拟讨论基性和超基性侵入体中的矿床以及公认的陆源风化—沉积矿床和铝土矿、宁乡式宣龙式铁矿等等。

金矿 大部金矿与中基性火山岩基底区有明显的依存关系。它们或直接赋存于基底中基性火山岩中,或赋存于以基底中基性火山岩为围岩的火成岩体或沉积夹层中。少部产于中基性火山岩基底区内的盖层岩石内。

部份金矿,如小秦岭各矿、丹东各矿、银坑山、墨江金厂等,或位于中基性火山岩基底出露区之延长线上,或处于其边缘,可推测其深部有中基性火山岩基底存在。

以上金矿储量已接近独立金矿储量总和。

粉砂—泥质基底区也出现少数重要金矿,它们有特殊的矿物组合。如:(1)在钨、锑、金伴生的石英脉型矿化中,如沃溪;(2)在毒砂—磁黄铁矿型夕卡岩矿之中,如马山。

碳酸盐—砂泥质基底区仅见一处中型偏大的金矿,即金青顶,产于混合岩中。

钼矿 其特点与金矿类似,常与金矿相间出现或毗邻出现。例如,大黑山与其东的延边及桦甸各金矿,及其西的撰山子金矿相间出现,产于呼兰群下部或温都尔庙群基底上;杨家杖子、肖家营子、小寺沟等与其北东的金厂沟梁金矿,及其南西的金厂峪、峪耳崖等金矿相间出现,产于迁西群或小塔子沟组基底上;后瑶峪产于五台群基底上;豫西陕南各矿与小秦岭金矿毗邻出现;赤路与银坑山金矿毗邻出现,马厂菁与墨江金厂相间出现等等。

钼和金也有不同。重要钼矿全处于基底上的盖层中,因而与基底的依存关系不如金矿明显。在豫西,和盖层中的含钼碳硅质层空间上还有联系。然而,此钼矿带西延,围岩即变为下层位的安山岩、石英岩、大理岩,可见含钼碳硅质层对成矿未必必要。此外,含钼碳硅质层在华南中部北部下寒武统中分布最广,在湘西甚至形成了中偏大型的沉积钼矿,但并未找到重要内生矿床。

可见,含钼碳硅质层对成矿也不是充分的条件。

肯定例外的重要钼矿仅知秋树湾一处。它位于秦岭群碳酸盐—砂泥质基底中,中型偏大。

锡矿 大多与粉砂—泥质基底区有关。主要在滇东南、桂西、桂北、湘南一带,属华南中部粉砂—泥质基底区西段的花岗岩发育区。较次要的地区在哲盟西部及云龙,分别与锡林郭勒杂岩及崇山群基底有关。

碳酸盐—砂泥质基底中有时有重要锡矿,如岔河及较次要的沪沽,且品位高。它们有特殊的围岩组成,即与富铁的辉绿岩或早期沉积铁矿有关。值得注意的是,其他地区类似围岩与锡矿的空间关系也较密切,如元宝山锡矿在超基性岩接触带,个旧花岗岩与辉绿岩交截部常有矿体生成。

锑矿 绝大多数锑矿也在粉砂—泥质基底区内。主要在华南中部粉砂—泥质基底区的西段,多数在火成岩不发育地段,如沃溪、锡矿山、马雄、木利,可能有半坡。也有岩浆热液矿床,如南丹大厂。另一区域在甘南,处于下武当群、三花石群和马衔山群分布区之间。

晴隆大厂推测在中基性火山岩基底上。果然如此,则在一定条件下中基性火山岩基底上也可有重要锑矿生成。

铜矿 与两种基底有关。

1. 重要斑岩和夕卡岩铜矿分布在粉砂—泥质基底区内。重要者为华南中部粉砂—泥质基底区东部的燕山期中酸性火成岩发育段。其北带是长江中下游,南带是湘东、赣北、浙西。另一区域,是藏东,可能在他念他翁山未分下古生界基底上。第三是多宝山区,被新开岭群环绕。

第一区域的夕卡岩铜矿有层控现象。但没有铜矿由沉积形成的证据,离开了侵入体没有发现过有工业价值的矿床,不大会是受改造的同生铜矿。铜是否主要来自中下石炭统的“矿源层”也值得商量:(1)很多情况下侵入体切过设定矿源层处面积太小(如新桥),假定铜来自已被破坏的矿源层,数量显然不足;假定铜来自远矿围岩向矿体迁移,又尚无证据;(2)在设定矿源层之下也有矿床存在,如德兴、中沙溪、滁县、丁家山、

铁矿街、舒家店,说明深部也有铜;(3)在设定矿源层之上的任何层位都找到了工业矿体,说明铜肯定有垂向迁移。在解释中下石炭统控矿原因时应注意如下事实:(1)这个层位确有铁的沉积,如鲕状菱铁矿(泾县),赤铁矿及含铁硅质岩(东乡),可能还有表外磁黄铁矿(马山),胶状黄铁矿(东乡)。正是这一层位常见富铁的铜矿石(含铜磁铁矿、含铜磁黄铁矿、含铜黄铁矿),其他层位(除中下三叠统外)一般则为浸染状矿石;(2)这个层位是厚大碎屑岩之上第一层交代的碳酸盐层位。可能是铁和第一层碳酸盐岩控制了铜的沉积。

从全国来看,还存在着夕卡岩和斑岩铜矿发育区早期同生铜矿并不发育,早期同生铜矿发育区缺乏典型夕卡岩和斑岩铜矿的情况。看来,铜源于深部,仍是目前较合理的假说。

2.重要的火山岩铜矿仅见于中基性火山岩基底之中,位于中酸性火山岩发育段。大红山代表的火山—沉积—变质铜矿也在这种地区。

3.在中基性火山岩基底区旁侧,其他类型基底区中的中酸性火山岩发育段,还存在一批类型难于确切描述的重要层状铜矿。如红透山在鞍山群中基性火山岩基底旁侧,本身位于砂泥质基底陆块之上的中性火山岩系中;拉拉厂在盐边组、大田组等中基性火山岩基底区旁侧,本身位于碳酸盐—砂泥质基底中的中酸性火山岩中;铜矿峪在林山群、宋家山组等中基性火山岩基底旁侧,本身在绛县群中酸性火山岩基底中。

4.成因细节多争议的沉积变质铜矿和砂岩铜矿,其重要者空间上与中基性火山岩基底区密切相关。或位于中基性火山岩基底之上的盖层白云质沉积中(炭窑口、福山),或位于中基性火山岩基底区旁侧,基底或盖层中的白云质或硅质沉积中(东川、易门、霍各气、李伍、中条),或盖层中的红层中(六苴、大铜厂)。它们与前述2、3类矿床在空间上常组合出现。

钨矿 我国主要钨矿集中于赣南、湘东南、粤北东部、闽西,位于与“东南型”震旦系组合出现的建瓯群和楼子坝群砂质基底之上。以高品位石英脉型矿化为特征,也组合出现低品位花

岗岩型、夕卡岩型矿床。

另一些较为分散的重要钨矿主要见于华南中部粉砂—泥质基底区内。西段常与锡共生,也组成独立矿床;东段常呈独立矿床,位于南北两铜矿带间。它们主要是夕卡岩钨矿,还有沉积钨矿、斑岩钨矿、石英细脉带钨矿,一般品位低。例外地区是桂东,出现了珊瑚等高品位石英脉钨矿;或与此处寒武系砂岩极厚大,成矿时又深埋地下,从而参与了成矿作用有关。

汞矿 我国最主要的一些汞矿围绕梵净山群分布区出现。丹寨水银厂则见于之组合出现的、中性凝灰岩极发育的板溪群分布区边缘。可认为均位于中基性火山岩基底上。

粉砂—泥质基底是汞矿产出的另一重要类型基底。如陕南、甘南的汞矿位于下武当山群、三花石群、马街山群出露区之间;保山附近的汞矿可能与澜沧群基底有关;玉兰和洗马矿汞矿可能在华南粉砂—泥质基底区之上。

一些重要汞矿常具层控特点。因此,近年来常把含矿层位的大面积汞异常视为矿源层。但最近杨科伍等(1980)对木油厂的研究^[3],却令人信服的说明了地层控矿可能是石膏层中的硫控制辰砂沉积的结果。应当强调汞来自深部层位的可能性。

锰矿 同样与两种基底有关。

一类是粉砂—泥质基底。主要见于华南中部,包括滇东南、广西、湘中、赣北各矿。

另一类是中基性火山岩基底。主要见于以梵净山群为基底的汞矿分布区,如大圹坡、容溪、民乐,可能还有古城、遵义。此外,虎牙可能与碧口群基底有关,瓦房子可能在小塔子沟组基底之上。

例外者仅为高燕,它可能在火山地堑群碳酸盐—砂泥质基底上,中偏大型。

从此出发,并考虑到:(1)锰矿的分布与古陆并无必然联系;(1)锰矿大多与硅质岩有直接或间接的关系;(3)锰矿与火山作用的关系并不密切;我国锰矿可能主要为渗流热卤水沉积产物。

铅锌矿 我国铅锌含量在大型以上的矿床,多数分布于粉砂—泥质基底区。最主要为华南中

部区,包含了一大批极重要的矿床,遍及全区。另一重要区域是甘南,位于下武当群、马衔山群、三花石群分布区之间。此外,关门山可能在清源“基底陆块”上,孟恩陶勒盖可能在“锡林郭勒杂岩”基底上。

铅锌储量的另一重要部份分布于中基性火山岩基底区。如吉林天宝山、小营子在呼兰群和温都尔庙群上;青城子在鞍山群上;炭窑口、东升庙可能在三合明群上;曲里在下宽坪群上;银洞子在陡岭群延长线上;锡铁山和小铁山在中基性火山岩基底中;鱼圪寨可能在梵净山群上;五步推测也在中基性火山岩基底上。

碳酸盐—泥砂质基底区有少数重要铅锌矿,如霍各气、小西村、四川天宝山、大梁子、祖茂,均见于中基性火山岩基底区旁侧。

但如果把考察对象扩大到铅锌含量为中型偏大的矿床,则在各种基底中都有数量不同的存在,关系不如其他矿种清楚。

铁矿 多数最重要的铁矿产于中基性火山岩基底区或与之有关。它们主要是基底本身或基底上层位的同生铁矿,或中基性火山岩基底旁侧的中酸性火山岩基底中的同生铁矿(如滦南、吕梁)。少数是盖层中的热卤水沉积铁矿(如镜铁山),或经侵入体改造的沉积铁矿(如马坑)。较少为盖层中的后生铁矿。

另一部分重要铁矿产于粉砂—泥质基底区。其中一部分是基底中的同生矿产如苍峰、惠民。更重要部份是盖层中的夕卡岩和矽岩铁矿。还有部份是盖层中的热卤水沉积铁矿,如黑旺、新喻。

碳酸盐—砂泥质基底区铁矿要少些,但不容忽视。例如白云鄂博、邯邢、临汾。它们并不处于中基性火山岩基底区旁侧。

铁矿与基底性质的关系只能看出一个总的趋势。例外很多。这或与铁在地壳中丰度大,可以出现很多局部的浅部矿源层有关。

综上所述,基底地层成份分区与金属成矿分区的关系可概括如下:

1. 中基性为主的火山岩基底区,特征矿产是金矿、钼矿。尚见重要性居首位的铁矿、汞矿,居第二位的铅锌矿、锰矿、钨矿。

2. 粉砂—泥质基底区,其特征矿产是铋矿、锡矿、和除石英脉钨矿而外的其他钨矿。此外,尚见重要性居首位的铜矿、锰矿、铅锌矿,居第二位的铁矿、汞矿。

3. 砂质基底区,其特征矿产是高品位石英脉钨矿,重要性居钨矿之首位。

其他各类基底缺乏特征矿产。但有时也有重要矿产出现。后者多与下列情况有关:

1. 在中基性火山岩基底区旁侧的其他基底中,有时出现可能与之有关的重要矿产。例如:中酸性火山岩基底中的沉积变质铁矿;各类基底中铜矿峪、拉拉厂、红透山一类铜矿;碳酸盐—砂泥质基底区中沉积变质铜矿和铅锌矿以及砂岩铜矿。

2. 可能是在特殊富集条件下,一些基底区可以出现对该区并不是特征的矿产。已知有:在钨铋金石英脉中和毒砂—磁黄铁矿块状矿石中,粉砂—泥质基底区可以出现重要金矿;在富铁围岩存在的情况下,碳酸盐—砂泥质基底区可以出现重要锡矿;在盖层中砂岩极厚,且成矿时埋藏较深的情况下,粉砂—泥质基底区可以出现重要石英脉钨矿。

3. 铁矿和铅锌矿常在其他各类基底区出现,估计还可能与局部的浅部矿源区有关。

但要强调指出,应当注意同类基底含矿性有显著差别和同一基底区内又分区出现不同矿产的事实。这说明本文讨论的问题是控制金属成矿分区的重要因素,但远不是唯一的因素。作者并不企图以本文的观点解释一切事物。

初论金属矿床成矿物质来源

金属矿化组份与基底地层成份间的关系,很大程度上可能属于矿产对矿源地的关系。大体上,基底地层成份和其中的同生矿产,可能主要与上地幔和原始陆壳及其早期改造产物有关,基底形成后的金属矿床的成矿物质来源,相当部份可能来自硅铝层下部,即基底地层。

来自上地幔的成矿物质,在地壳发育的不同阶段都是存在的。它们可能构成下列矿床:(1)基性和超基性岩体中的铬矿、硫化铜镍矿、钒钛

磁铁矿；(2) 中基性火山岩基底中的火山岩铜矿、铅锌矿、铁矿和火山—沉积铜矿、沉积变质铁矿；(3) 中基性火山岩基底区旁侧，与之有关的中酸性火山岩中的沉积变质铁矿，和红透山、拉拉厂、铜矿峪一类铜矿，等等。它们都伴有近于同时的基性和超基性岩浆活动。

来自浅部的局部矿源的物质成份也是存在的。陆源沉积铁矿应属此类，某些沉积再造矿床也可能属此类。在其他各矿种和各类型矿床中，这种成矿物质来源总体上可能只起局部的或从属的作用，否则，硅铝层下部成份区与金属矿化分区之间的联系不应如此紧密。

成矿物质主要来自硅铝层下部的，主要是后生矿产，以及中基性火山岩基底之外的非陆源的同生矿产。

下面重点讨论后生矿床成矿物质源于硅铝层下部的可能性。此外，近年来以同位素资料、微量元素、副矿物等为标志，许多作者认为一大批后生矿产的成矿物质来源于上地幔，因此，也准备对某些判别成矿物质来源的标志的可靠性问题进行初步讨论。

1. 硅铝层下部岩层中金属元素的含量与后生成矿密切相关。

如果注意比较不同岩石中金属元素的平均含量(附表)，可以看到一个重要事实，即各类基底区的特征矿种，多是该类基底主体岩石中平均含量较高的元素。例如，页岩中铈的平均含量较其他岩石大一个数量级，锡的含量较其他岩石大一倍以上，它们都是粉砂—泥质基底区的特征矿产。石陨石可以和地幔岩比拟，其中含金最高，金正好是中基性火山岩基底区的特征矿产。汞、铜、锌、铁、锰平均含量的最高值，既见于基性岩中或石陨石中，也见于页岩中，这些矿产的出现也是既与粉砂—泥质基底有关，又与中基性火山岩基底有关。钨平均含量以页岩、砂岩、花岗岩最高，而花岗岩主要是砂页岩的再生产物，钨矿的出现也是与砂质和粉砂—泥质基底有联系。需要进一步解释的仅是钼和铅。钼的平均含量以基性岩和页岩最高，但钼仅是中基性火山岩基底区的特征矿产。铅虽然以泥质岩石和中酸性火成岩中平均含量最高，但铅矿除常见于粉砂—泥质基底区外，也常见于中基性火山岩基底区。

陨石及各类岩石中部分元素平均含量表 (ppm)

元 素	超基性岩		基性岩 (玄武岩)		中性岩		酸性岩			石 (球 陨 石)	页 岩	页 岩、 粘土	砂 岩	碳 酸 盐 岩	深 海 沉 积	石 灰 岩	深 海 粘 土 质	备 注
	涂、 费	维	涂、 费	维	涂、 费	维	涂、 费	维	维	涂、 费	维	涂、 费	维	涂、 费	维	涂、 费	维	
Fe	94300		86500		36700		29600		27000	47200		9800				9000		涂、费据 K.
		98500		85600		58500		14200		250000		33300		3800		65000		Turkian. 及
Mn	1620		1500		850		450		600	850		n、10		1000		67000		K. Wedepohl,
		1500		2000		1200		390		2100		670		1100				1961,
Cu	10		87		5		30		20	45		n				30		250 维据
		20		100		35		10		10		57		4				
W	0.77		0.7		1.3		1.3		1.5	1.8		1.6		0. n				A. П. Вино-
		0.1		1		1		2.2		0.15		2		0.6				градон, 1962.
Sn	0.5		1.5		n		1.5		3	6		0. n		0. n		0. n		
		0.5		1.5		-		3		1		10		0. n				1.5
Mo	0.3		1.5		0.6		1.0		1.0	2.6		0.2				3		
		0.2		1.4		0.9		1.3		0.6		2		0.4				27
Au	0.006		0.004		0.00 n		0.004		0.0045	0.00 n		0.00 n		0.00 n		0.00 n		
		0.005		0.004		-		0.004		0.17		0.001		0.00 n		0.00 n		
Pb	1		6		12		15		20	20		7				9		
		0.1		8		15		19		0.2		20		9		80		
Zn	5		105		130		60		60	95		15				35		
		30		130		72		39		50		80		20		165		
Sb	0.1		0.2		0. n		0.2		0.26	1.5		0.0 n		0.15				
		0.1		0.1		0.2		0.2		0.1		2		0.2		1		
Hg	0.0 n		0.09		0.0 n		0.08		0.08	0.4		0.03		0.0 n				
		0.01		0.09		-		0.08		3		0.4		0.04		0. n		

更值得注意的是,从一些金属矿床分布区的资料来看,这些地区基底岩层中有关金属的平均含量比地壳中同类岩石的平均含量还要高得多,达几倍至几十倍。可能是:在地壳中含量愈低的元素,在成矿区内基底地层中高出平均含量的倍数愈大;基底中富集的元素,也常是该区后期沉积岩和侵入体中富集的元素。

例如:赣南以产出规模大品位高的钨矿为特征,据冶金地质南岭钨矿专题组的资料,赣南自震旦系至二叠系岩层,以砂泥质岩石为主,其钨含量为地壳同类岩石平均含量的10倍左右。据朱训等〔4〕,赣南及江西其他地区印支期、燕山期花岗岩平均含钨22 ppm,为地壳中花岗岩钨平均含量10倍左右。推测赣南的砂质基底地层——建瓯群、楼子坝群含钨也应很高,已有资料表明〔5〕,确实存在这一可能。此外,据冶金地质南岭钨矿专题组资料,在赣北的粉砂—泥质基底地层双桥山群中,钨含量为地壳中相应岩石平均含量的7~8倍,上覆震旦、寒武、三叠等地层为同类岩石平均含钨量4~5倍,较赣南低。湘西的基底地层——冷家溪群和板溪群含钨较赣北更低,但也远高于同类岩平均含量。赣北和湘西均有大型钨矿床,但品位及数量均不如赣南。上述几个地区中以赣北双桥山群含铜最高,为地壳中同类岩石平均含量的4倍左右,上覆地层中则为3倍左右。据原桂林冶金地质研究所〔6〕,含铜量略低些,但在德兴仍达126 ppm。赣北的矿化也以铜为特征,多处出现大型铜矿。

又如:山东招掖金矿区,基底为胶东群,中基性火山岩发育,平均含金0.182 ppm〔7〕。吉林夹皮沟金矿田,基底的一部分为鞍山群三道沟组中基性火山岩,金平均含量为0.117 ppm〔7〕。冀北的金矿发育区,基底地层平均含金0.1 ppm左右〔8〕。这些地区金含量比地壳中同类岩石平均含量高20~40倍以上。

此外,杨家杖子、小秦岭和黔东等地的基底地层、或基底混合岩、混合花岗岩中,据悉均有较高的钼含量或汞含量。

可见,成矿的差别与区域地球化学场的特点密切相关。而地球化学场的特点,首先取决于区

域岩性的差别,其中最主要的是硅铝层下部岩性的不同,它的影响比上叠岩层大得多。除前述厚度等方面的原因而外,这还由于它的形成较早,影响着后期盖层沉积岩和侵入体的金属含量。当基底岩层中某些金属含量比地壳中同类岩石高出一定数量时,如其他条件也有利,就可能形成一定规模的矿田和矿床。

2. 成矿的分区性和继承性必须以深部有相对固定的矿源来解释。

成矿有分区性,已如上述。在很多地区成矿还有继承性。例如:华南锡矿最早见于加里东期(元宝山、硫化物脉型),后见于印支期(钦甲、夕卡岩型),更见于燕山早期(珊瑚、石英脉型),燕山晚期为主体矿化(个旧、大厂)。华南钨矿多处有加里东期成矿的不重要显现,泥盆石炭系有沉积钨矿(大明山、东乡、隘上等),主体矿化见于燕山中早期,晚期还有阳储岭等矿床。华南铜矿主体在燕山中早期,但是在加里东期和印支期即有锡矿的共生矿出现,燕山晚期更有一系列与锡和铅锌共生的铜矿,有的很重要。丹东地区既有下元古代沉积变质金矿,又有燕山期石英脉金矿。在鲁西,太古代,寒武奥陶纪和侏罗白垩纪均有很重要的成因不同的铁矿,等等。

这一事实清楚的说明,深部应有一个固定的矿源层,并且时代较老,可以影响着这个地区多个地质时代的成矿。一般认为,原始岩浆源于上地幔的软流层已经有资料表明,其成份可能不均匀,特别是非上地幔的特征元素更是这样。板块构造研究的结果认为,岩石圈在软流层上可以作大规模水平运动,不同时期岩石圈所处软流层上的位置是不同的。如果成矿物质由此而来,那么,上地壳中同一地区不同时代成矿会有显著差别,不会出现成矿的继承性。如果认为上地幔成份是均一的,则在不同部位不同时期提供的成矿物质应是相同的或相似的,那就没有成矿的分区性了。有的作者认为一个地区同种成矿物质同一时代的来源既有幔源也有壳源。然而这很难解释下述现象:为何两种来源的矿产总在一个地区重合出现?

从上述两方面的讨论中,我们得到的结论

是：相当多的金属矿床，成矿物质主要来自硅铝层下部，即来自基底地层，或与之有关的混合岩等，也可能包括部份上覆的时代较老、埋藏较深、厚度很大的岩层。

混合岩化和混合热液，变质作用和变质热液，以及含矿热卤水等的发育，都是在一定温度和压力条件下的产物，因而要有一定深度。硅铝层下部便具有这样的条件，有可能成为多种含矿热液的矿源层，这大约不致有太大争议。但岩浆，特别是花岗闪长岩、石英闪长岩、闪长岩等中酸性和中性岩浆能否在硅铝层下部形成，看法颇不一致。我们认为，在中酸性岩浆形成中，硅铝层下部物质有决定性的作用。主要依据如下：

(1) 大量“花岗质”岩石，花岗闪长岩、花岗岩和流纹岩等，特别是中生代以来的花岗岩类，均集中分布于陆壳地区，而且富含云母、角闪石等含水矿物。这说明中酸性岩浆发源于陆壳，或与陆壳成份的大量加入有密切关系。

(2) 鲍温认为花岗岩是玄武岩浆分异结晶的产物，这种说法与地质事实有矛盾。主要是：花岗岩类产出面积与基性岩数量十分不相称；一些大面积玄武岩出露区，与之有关的中、酸性火成岩又很少或没有。已有实验资料表明，玄武岩浆分异仅能得到闪长岩，只有原始岩浆中有自由二氧化硅时，才能获得花岗岩，但玄武岩浆不具有这个特点。

(3) 如果把各区基底地层成份与后期岩浆岩成份作一对比，基本情况是：有的地区二者基本一致，有的地区后期岩浆岩更偏酸性。这一情况说明，后期岩浆岩基本是硅铝层重熔和选择性重熔的结果，地幔物质的加入是微小的。否则，应有后期岩浆岩比基底地层成份偏基性的大量事例出现。

(4) 如前已论证，后生金属矿床的金属物质绝大部分来源于硅铝层下部。但这些矿床中很大一部分与中酸性岩浆活动有密切的成因联系。这也说明硅铝层的物质极其大量的参与了中—酸性岩浆的形成。

(5) 国内外均有资料表明，在一些地区的地壳下部有地震波传播的低速地区存在，推断为岩浆体。由于它的出现深度比较固定，可怀疑其

为原地形成，或主要为原地形成。

实际上，在混合岩的发育地区可以见到混合质的花岗闪长岩、石英闪长岩和闪长岩。混合岩中可以见到斜长花岗岩质的脉体。这大约可作为硅铝层下部可以产生中—酸性岩浆的旁证。

产生中—酸性岩浆的热源问题较为复杂，不同条件下可能不同。一个重要原因可能是上地幔提供热流体。但不论属那种情况，在中—酸性岩浆的形成中，硅铝层物质起决定作用是没有疑问的。因此，硅铝层下部可以作为火成岩形成前的矿源层看待。

下面就几个判别成矿物质来源于上地幔的标志问题做一初步讨论。

1. 硫同位素组成问题。

不久以前还认为：硫同位素组成近于陨硫，是硫源于上地幔的可靠标志。但近年大量的资料积累却说明，达到 $\delta S^{34} \approx 0$ 的途径可以完全不同，而且很多。

(1) 壳源物质形成岩浆后硫同位素组成可近于陨硫。据陈民扬的资料，我国与花岗岩有关的钨锡矿床，包括锯板坑、红岭、大厂、个旧、新路等等，已知硫化物硫同位素组成全部接近陨硫。有些矿区数据离散度稍大，可能是围岩影响或成矿时期长的结果。这里，或应认为我国钨锡矿床和有关花岗岩都是幔源的，或应承认判别幔源的标志有毛病。从前述地质事实及硫同位素均一化的其他事实出发，我们的结论是：壳源岩浆形成过程中，由于硫同位素均一化，硫同位素组成可近于陨硫。

(2) 混合岩化作用可改变硫同位素组成。漕涧锡矿与混合花岗岩有关，其硫化物 $\delta S^{34} = +6.2 \sim +7.0\%$ 。其数值是海相火山铁铜矿（包括热液和矿浆矿床）的常见值，二者无法区分。

(3) 在原始硫同位素组成与陨硫完全不同的地质体中，通过同位素分馏也可形成与陨硫十分近似的硫化物。如大本指出，日本黑矿的硫化物 δS^{34} 近于陨硫，但其母液 δS^{34} 达 $+20\%$ 。

此外，由于外来源的加入，可使金属源于地

慢的矿床,其硫化物硫同位素组成大幅度偏离陨石硫。我国的煎茶岭镍矿和力马河铜镍矿,是无可争辩的例子。

可见,由于均一化,分馏和外来组分的加入,以硫同位素组成来判别成矿物质来自上地幔,实际问题很复杂,必须持慎重态度。

硫同位素标志是如此,目前能保证其他同位素标志不出现多少类似的情况吗?

2. 铂族元素含量问题。

铂族元素以超基性岩和基性岩含量最高,目前世界上的铂族资源也主要与之有关。由于这些岩石和矿床一般认为是来自上地幔,因此,认为矿石中铂族元素高是成矿物质源于上地幔的标志。

这里存在的问题也是:铂族元素的富集能否由其他途径达到?从目前资料看,有此可能。例如,据周玲棣提供的资料,华南一些碳硅质层的镍钼矿石中,铂、钯含量远高于超基性岩的平均含量,其变化范围为0.08~0.63ppm。与之有关的粉砂质页岩、碳质页岩和白云岩中也达0.04~0.08ppm。因此,当含铂族元素高的地层重熔为火成岩时,或地层成份为含矿流体所利用时,铂族元素可能较高。标志不能简单的使用。

在估计其他微量元素标志对判别成矿物质来源的意义时,当然也应慎重考虑是否有可能出现类似情况。

3. 花岗岩中的磁铁矿和钛铁矿副矿物问题。

石原舜三1977年提出:磁铁矿型($\approx$ I型)花岗岩岩浆可能来自上地幔或榴辉岩层,钛铁矿型($\approx$ S型)花岗岩岩浆是来自地壳中一深部位。但我国华南加里东花岗岩多认为是壳源花岗岩,且很多是混合花岗岩或混合岩。但有的含磁铁矿高,有的含钛铁矿高,而且当含钛铁矿高时几乎不出现磁铁矿^[10]。我们认为用它作标志是难于判别花岗岩岩浆来源的。因为,花岗岩含磁铁矿或钛铁矿,只能反映成岩时的环境,不能反映岩浆的来源。假设有来自上地幔的花岗岩岩浆,在成岩时有大量的有机质、炭质物质加入,造成还原环境,同样可形成磁铁矿花岗岩,反之,在

硅铝层下部产生的花岗岩岩浆,如果不是还原环境,同样可形成磁铁矿花岗岩。关于钛铁矿型花岗岩与锡矿有关,磁铁矿型花岗岩与钨矿有关的结论,也有待考察。

以上判别成矿物质源于上地幔的例子,大都采用了如下逻辑推理:(1) A事物具x特征;(2) B事物也具x特征;(3) 因此, B = A或源于A。这种推理的根本缺陷是:既没有证明A是具x特征的唯一事物,又未把具x特征的其他事物一一排除,通常都有错误,甚至是根本性的错误。但是,在一种新方法手段使用初期,由于资料积累不足,用这种逻辑来论证问题常是必经之途,不可非议,也不可轻视。不过却也只能把它视为初始阶段的工作假说。随着测试手段的发展,今后会越来越多的出现类似假说。如果把它当成金科玉律,置大量地质事实于不顾之地,那是很遗憾的。

参 考 文 献

- [1] 桂林冶金地质研究所夕卡岩铜矿专题组, 1975, 地质与勘探, 第2期
- [2] 桂林冶金地质研究所矿床室斑岩铜矿专题组, 1976, 地质与勘探, 第7期
- [3] 杨科伍等, 1980, 木油厂特大型层状汞矿床成矿规律及成因的初步探讨, 贵测106队, 油印本。
- [4] 朱训等, 1980, 江西铜钨矿床成矿规律若干问题的探讨, 第二届全国矿床会议论文
- [5] 潘鼎祥等, 1979, 福建钨矿成矿地质条件及其分布规律的初步分析, 福建地质科学论文集(矿产地质)
- [6] 桂林冶金地质研究所化探室斑岩铜矿组, 1978, 地质与勘探, 第6期
- [7] 朱率三, 1980, 地质与勘探, 第7期
- [8] 朴丁, 1981, 燕山地区太古界变质岩中金矿成矿地质条件及找矿方向的初步研究, 河北地质矿产研究, 第1辑
- [9] 冶金部地质研究所同位素地质室, 1981, 地质与勘探, 第6期
- [10] 贵阳地球化学研究所, 1980, 华南花岗岩类的地球化学, 科学出版社