

成矿作用概念的现代发展和金属矿床成因分类

姜齐节 杨松年 冯建良

(中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所)

本文认为应以主要成矿时期成矿作用的特点作为矿床成因分类的基础。根据近二十年来成矿作用概念的发展,建议金属矿床作如下成因分类。岩浆(侵入)作用矿床类:(1)岩浆分凝矿床,(2)岩浆(侵入)热液矿床;火山作用矿床类:(3)岩浆喷溢矿床,(4)火山热液矿床,(5)火山热液沉积矿床;渗流作用矿床类:(6)变质热液矿床,(7)叠加变质热液矿床,(8)热卤水矿床,(9)热卤水沉积矿床;风化—沉积作用矿床类:(10)陆源沉积成岩矿床,(11)陆源(热水)再造矿床,(12)风化淋滤矿床,(13)砂矿床。讨论了各种热液矿床的鉴别和特点问题。

在找露头矿的时代,重要的是识别矿石,确定矿石的质量和分布规模,矿床成因的研究在某种程度上只不过是一种装饰。在进入找隐伏矿时期以后,矿床成因的研究却成了部署找矿工作的主要基础工作之一,为找矿所必需。在这个背景下,近二十年来,矿床成因的研究有了重大突破,冲击着原有的矿床成因分类,并在新的认识理论基础上建立了合理的矿床成因分类,从而促进了找矿和矿床成因的研究。

二十年以前,地质学界存在一些普遍使用的矿床成因分类,它们都是以成矿作用特点作为分类的基础。后来也提出过以其他原则为基础的分类,但在实际工作中并没有得到广泛应用,值得深思。一种分类要想在实际工作中被广泛采用,首先必须可行;其次必须有用,最好还能有一定的弹性,不妨碍进一步的研究和发展,正因为如此,过去的一些分类有相当大的优越性。以成矿作用特点为基础的分类,可以综合考虑矿床产出的地质特征和矿化特点,比较易行。特定的成矿作用受特定的地质因素所制约,这是找矿和找矿应用研究关注的焦点。因此,合理的矿床成因分类应以成矿作用特点为基础,并根据现代研究工作的深入发展不断修正和补充。

近年来,对矿床的形成强调多来源、多时期和多成因,迫使我们重视对具体矿床作具体分析,免遭简单化之害。本文讨论的是主要成矿时期矿床的分类,这是因为:①任一矿床的形成必有一次主要的、起决定意义的作用,为了保证找矿工作的成效,必须在全面权衡各次作用的基础上捕捉住主要的作用;②单一时期矿床成因分类的研究是复杂成因研究的基础。因

此,本文不用时间上复合的名词,如沉积—变质矿床之类来描述分类,如果沉积是成矿的主要作用,归类于沉积矿床;如果变质是成矿的主要作用,则归之于变质矿床。但本文赞成在具体矿床的描述上使用复合成因名词,并联系地质特点研究成矿作用在地史组合上产生的规律,从而作出矿床的复合成因分类。但这些已在本文讨论范围之外。

成矿作用概念的现代发展及其意义

近二十年来,地质学界对成矿作用的认识有重大变革,因此产生了建立新的矿床分类的要求。对于金属矿床成因分类,必须慎重考虑如下状况:

1.在成矿方式方面:在传统的沉积成矿和热液成矿之间确认了热液沉积成矿的存在。即地下含矿热液沿构造上升至水体底部,以沉积方式成矿。据此分出热液沉积矿床。它最适合描述那些下盘有强烈蚀变和热液成矿迹象,而近于上盘则蚀变微弱,矿石为沉积结构构造的层状矿床。不过这两种迹象在空间上并不总是相互重叠的,在具体划分时还必须通盘考虑地质特点和岩石组合等因素。

2.在含矿热液来源方面:在传统的岩浆热液之外认为存在非岩浆热液,这种热液来自深循环的各种地下水(热卤水),或来自变质作用,矿质则来自热液渗流时对围岩的萃取,或如最近B. A. 布尔雅克所指出的,来自原岩中的气、液相部分^[1]。据此应当分出渗流作用矿床大类。它适于那些与岩浆活动关系并不密切的热液矿床。如果热液未曾长期处于超临界状态,它不可能与显著的变质作用有联系,溶液成分应当服从地下水水质垂直分带规律和封存粒间孔隙溶液成分

演化的规律,形成的矿床可称为热卤水矿床。如果热液长期处于超临界状态,它必然与变质作用相联系,溶液成分应当受变质作用的影响控制,形成的矿床是各种变质热液矿床。

3.岩浆分凝成矿的概念曾受到小岩体成大矿甚至全岩矿化的冲击。由此提出了岩浆深部分异的概念。后来发现了喷溢的岩浆产物,支持了这一概念。这一发现还说明,在岩浆演化过程中,在一定条件下的确有金属的聚集,因而对岩浆作用成矿理论必须持慎重态度,轻率地全盘否定可能会导致认识上的反复。

4.确认火山作用对成矿有重要意义。目前对火山作用特点控矿的认识已趋于一致,但在成矿机制上却出现对立意见:一种把它等同于岩浆热液成矿;另一种则把它等同于地下热水成矿,与火山作用的联系则以驱动的热源,被萃取的物源,和环流通道来解释。考虑到火山成矿作用的控制因素确定不同于一般的岩浆热液矿床和热卤水矿床,为避免争议而又使分类保持一定的弹性,似应把火山作用矿床列为一个独立的大类,并限定描述那些分布于大而厚的火山岩系中、时间上与一定的火山喷发旋回有关、空间上受火山构造(含次火山岩体群)控制、矿化组份与火山岩岩性及其分异演化特点有一定专属关系的矿床。

5.通过深部钻探和地球物理资料的推断,证实一系列主要岩浆热液矿田的深部有隐伏的大侵入体存在,其埋藏深度为几百米至1~2公里。这一发现解决了小侵入体成大矿的疑难问题,有助于巩固岩浆热液成矿假说的地位,更进一步说明了岩浆热液矿床与侵入体在空间上的密切关系。目前看来,岩浆热液矿床一词限于描述那些和侵入体形成时间接近、空间上密切共生,并存在以侵入体为中心的蚀变和矿化分带,与某一时期、某种岩性的侵入体有成矿专属关系的矿床是适宜的。

6.岩浆热液矿床按温度分类的概念受到了严重冲击。①发现典型的岩浆热液矿床的生成,是一个从岩浆凝结温度向低温发展的过程,各种温度的产物在不大的空间内紧密成带聚集又互相叠置,很难截然分割;②发现很多早期高温产物(如夕卡岩和伟晶岩)中的矿化是在较低温时叠加的,使原分类中的某些类别已丧失了自身的确切成因涵义;③独立存在的一些中低

温矿床多被认为是非岩浆热液矿床。

7.确认陆源沉积成矿也是一个复杂的过程。在紧随碎屑物堆积之后的成岩期,沉积物组份在孔隙水的作用下发生很大变化,多数沉积矿床正是在这个时期形成的。因此,沉积矿床的形成时限应扩大至成岩期。由此可以解释那些与特定的陆屑建造共生,而陆源堆积物中金属含量十分丰富,在理论上和实际观察上,金属不呈溶液状态搬运的矿床。

8.近年来还发现,上述某些沉积矿床在成岩和期后改造过程中,有地下热水参与。根据冉崇英、施林道和西南有色地质勘探公司同志们对滇中白云岩铜矿和砂岩铜矿的工作,本文称为陆源(热水)再造矿床,下面将进一步论述。

金属矿床成因分类的初步方案

(一) 岩浆(侵入)作用矿床类

- 1.岩浆分凝矿床;
- 2.岩浆(侵入)热液矿床;

(二) 火岩作用矿床类

- 3.岩浆喷溢矿床;
- 4.火山热液矿床;
- 5.火山热液沉积矿床;

(三) 渗流作用矿床类

- 6.变质热液矿床;
- 7.叠加变质热液矿床;
- 8.热卤水矿床;
- 9.热卤水沉积矿床;

(四) 风化—沉积作用矿床类

- 10.陆源沉积成岩矿床;
- 11.陆源(热水)再造矿床;
- 12.风化淋滤矿床;
- 13.砂矿床。

几种热液矿床的鉴别和特点

1.如前所述,岩浆(侵入)热液矿床主要是根据矿床的地质特征。中—酸性岩浆可能是在地幔热流体作用下陆壳同熔或重熔的结果,陆壳物质应占很大比重。更重要的是与成矿有关的侵入体均不显示在应力状态下结晶的迹象,很可能是在拉张条件下形成的,含不饱和水的岩浆大量吸收周围的水及其溶解物。这两种情况都会使热液中的阳离子和阴离子及重金属组

份更为复杂。岩浆热液成矿又是一个从岩浆凝结温度向低温发展的过程,在成矿过程中溶液的酸碱度、氧逸度以及状态等都会发生变化,从而形成了极为复杂的矿物组合。

2. 火山热液矿床和火山热液沉积矿床鉴别的特点是,与火山作用之间有密切关系,其情况也如前述。某些火山热液矿床和火山热液沉积矿床与热卤水矿床和热卤水沉积矿床相比,除与火山活动的关系外,在矿化的矿物组合、蚀变特征和某些共生岩石方面颇为相似。

3. 地下热水(热卤水)矿床和热卤水沉积矿床的判别标志已有专文讨论^[2]。目前看来,除某些矿床实例不妥而外,仍可参阅。根据地下水水质垂直分带规律和封存粒间孔隙水成分演化特点估计,可以坚信深循环的热卤水必定是成分极简单的氯化钠钙水。利用矿石的气液包裹体资料时,应当考虑到它是代表矿物沉淀时溶液的成分,而不是迁移时的成分。多数情况下,矿物的沉淀是由于两种溶液的混合或溶液与岩石起作用,都会造成包裹体成分与运矿溶液成分上的重大偏离。实践证明,矿物沉淀的早晚不同,包裹体成分也有很大变化,最早沉淀的矿物中的包裹体才比较接近运矿溶液的成分。由于热卤水的组份和状态比较简单,热卤水矿床的脉石成分和蚀变类型也较简单,以出现重晶石为特征。对热卤水沉积矿床来说,则以常见沉积岩石与之组合为特征,最重要的判别标志是重晶石岩(指示有高纯氯化物水参与)、非生物成因硅质岩(指示有热水参与)、非典型蒸发岩套的石膏岩(指示有高浓度的富钙溶液参与)。

4. 变质热液矿床与岩石的区域变质在时空上有密切关系,而与岩浆作用没有明显的成因联系。在国外,常以矿床集中分布于一定的变质相带来论证此类矿床的存在。就我们的经验来说,矿石特点对于判断识别这类矿床有重要作用。矿石有明显的热液成矿特征,其分布常受塑性或弹性变形构造(褶皱轴部、小褶皱、挤压破碎糜棱岩化带、塑性断层、轴面劈理等)所控制,又或多或少具有塑性或弹性变形的迹象(金属矿物定向排列、碎裂、矿物双晶、解理扭曲等)。说明在挤压条件下有塑性或弹性变形发生。这种成矿条件只见于本类矿床,其他种类的热液成矿似乎都发生在拉张条件下。岩石变质过程中释放的活动组份,对变质

热液的成分有重大影响,从而使热液组份变得比较复杂, HCO_3^- 、 CO 、 CO_2 应占有显要地位。

5. 叠加变质热液矿床的情况比较复杂,它和岩浆作用也没有成因联系,矿质来自成矿溶液对围岩及其气液部分的萃取。以成矿的初始温度较高和溶液成分较复杂区别于热卤水成矿,且接近变质热液矿床,但成矿时期晚于主期变质作用,矿床分布不受变质相带控制,矿床可能形成于拉张的地动力环境,这些又不同于变质热液矿床。

分布于华北和东北变质岩区的一组矿床,如青城子铅锌矿、金厂峪和小营盘金矿等,可能代表了这类叠加变质热液矿床。它们缺乏与岩浆作用有成因联系的特征标志,而围岩中含相应金属却很丰富,矿石和蚀变围岩中常出现钾长石、钠长石和透闪石等,未见重晶石,说明成矿的初始温度较高,溶液成分也不同于热卤水矿床。如果按很多研究者的意见,金厂峪和小营盘金矿在成因上与夹皮沟金矿田相似的话,则根据涂光炽和王秀璋等在夹皮沟获得的资料^[3],其成矿初始温度在500℃以上,气液包裹体成分较复杂,以富 HCO_3^- 、 CO 、 CO_2 为特征。不过,这些矿化的分布都与主期变质造成的变质相带无关;矿化切割混合岩、片理及塑性变形构造,控矿断裂具脆性变形特征;成矿时代(青城子和金厂峪根据与岩脉的关系,可能属燕山期)多晚于主期变质(太古代或元古代)。在青城子已查明的北东和北西向中基性岩脉群的交叉部和矿田在空间上重复,可以推测,中基性岩脉群侵入所产生的(代表的)高地热场可能是一切的起因。高地热场加温并驱动地下水及残存的变质水,可能引起某些叠加变质,使溶液成分向变质水方向演变,并萃取矿质成矿。

Е. П. 沙勃雷金在研究苏联滨海地区锡矿化之后,提出了退化变质热液矿床的概念^[1]。后者也许属另一类叠加变质热液矿床。他认为,滨海地区与锡矿毗邻的花岗岩类是变质成因的。第一阶段,变质中心区加热,变质溶液因温度和压力差向上、向外运移,在花岗岩体外的特定变质相带生成“前进变质热液矿床”,在垂向上具正向成矿温度分带;第二阶段,变质中心区停止加热,温度下降。由于第一阶段变质溶液的向上、向外迁移,这个区域已被疏干,此时由于温度差而使变质溶液转为逆向(向内、向下)迁移。结

果在原来的变质中心区产生云英岩化等退化变质,并伴随有花岗岩体内的“退化变质热液矿床”生成,它们具逆向成矿温度分带。沙勃雷金还设计并进行了一组试验来模拟自己提出的概念。

应当说,如果超变质成因熔浆确实是贫水的,沙勃雷金的概念就可能成立,并对解释变质成因花岗岩的矿化有特殊重要的意义。而如果熔浆是富水的,并演化出熔浆期后溶液的话,则沙勃雷金的概念是不可能的,也是不必要的。我们认为:超变质成因熔浆很可能是贫水的。①超变质成因花岗岩从不与火山作用相联系,从近来中生代变质带研究的结果看,其形成深度未必都是很大的;②它们无例外地形成于挤压应力条件下,如果假定处于变质中心区的熔浆大量吸收围岩的水,则必须寻求溶液从低压区迁入高压区来解释;③目前还很难确定超变质成因花岗岩类与矿化的专属关系,假如熔浆能演化出成矿溶液的话,这种专属关系应当是存在的。

6.陆源(热水)再造矿床的特点,可用滇中昆阳群白云岩铜矿和白平纪砂岩铜矿来说明。它们与先期铜矿床紧密相伴,与红色建造紧密共生(这是全球性的现象),红层又富含铜。根据成岩的结构构造和矿床受沉积相控制,六、七十年代,多数研究者曾把它视为红层的一个组成部分,是红层沉积成岩改造的结果。近年来,矿山和西南有色地质公司的同志们,根据矿

床受构造控制的事实,提出了热溶成矿的看法。而后再崇英等和施林道等在对易门铜矿的研究中确认热水曾参与成岩期成矿,并延续至成岩期后改造。热水可能是以硫酸盐为主的卤水,火山或潜火山活动在加热、驱动和使热水活动定位方面,在某些时期和地区可能起过重要作用。但火山物质很不丰富,不能与火山作用矿床相比拟。据此,把这种与特定的富金属陆屑建造紧密共生、具成岩期成矿迹象,并受沉积相和构造控制的、有非深循环地下热水参与成矿的矿床归为陆源(热水)再造矿床。

本文的分类办法,从主体上说,是以对比为基础的归纳分类法。归纳分类的根本缺陷是,无法预见亦此亦彼”现象的存在,错误之处在所难免,欢迎读者批评指正,并准备对分类不断地作出调整。

参考文献

- [1] Буряк, В. А.: Региональный метаморфизм и метаморфогенное рудообразование. Киев, Наукова думо, 1984, С. 43~50
- [2] 姜齐节等:地质与勘探, 1980, 第1~2期
- [3] 涂光炽等:《中国层控矿床地球化学》,北京,科学出版社, 1984年,第1卷,第3章
- [4] Сапрыкин, Е. П.: Метаморфогенно-гидротермальное рудообразование. Москва, Изд. "Наука"

The Modern Development of Minerogenetic Concept and Genetic Classification of Ore Deposits

Jiang Qijie Yang Songnian Feng Jianliang
(Research Institute of Geology for Mineral Resources, China
National Nonferrous Metal Industry Corporation)

Abstract

Genetic classification of ore deposits should be based upon the mineralization features of the main metallogenic epoch. In the light of the development of minerogenetic concept in last twenty years, it is suggested that ore deposits may be classified according to their genesis as follows. I. Magmatic (intrusive) deposits: (1) Magmatic segregation deposits, (2) Magmatic (intrusive) hydrothermal deposits, II. Volcanogenic deposits: (3) Magmatic eruption deposits, (4) Volcangene hydrothermal deposits, (5) Volcangene hydrothermal sedimentary deposits, III. Filtration deposits: (6) Metamorphogenic hydrothermal deposits, (7) Superimposed meta-morphogenic hydrothermal deposits, (8) Hot brine deposits, (9) Hot brine sedimentary deposits, IV. Weathering-Sedimentary deposits: (10) Terrigenous sedimentary deposits, (11) Terrigenous (hot water) regenerated deposits, (12) Weathering-Leaching deposits, (13) Placers. For all these types of ore deposits their identification and geological features are discussed in present paper.