

火山与金属矿

《苏联科学院通报》去年第三期刊载斯米尔诺夫(В.И.Смирнов)的一篇文章,探讨一部分由古火山作用形成的金属矿床的特征。作者认为,随着对古火山作用研究的深入,这一成因类型的矿床数目会有较大的增加。

作者还提到,苏联科学院所属地质、地球物理、地球化学等科研机构,对于古火山、新火山的作用过程及其在火山岩建造与共生的黑色、有色、稀有、贵金属等矿物形成方面所起的作用,都在当前和长远的计划中规定进一步开展研究。

现将该文主要内容摘译介绍如下。

火山喷发不仅有极大的破坏力,而且也有创造力,后者作为一个强大的地质因素,还能发挥重要的作用。火山发育的历史,可以分为进展与退化两个阶段。在第一个阶段,强烈的爆发使地球震动,同时喷出熔岩。熔岩的数量逐渐减少,随后主要是喷出各种气体和火山灰。下一阶段是火山熄灭期,基本上就是一般所说的火山期后过程。在这个阶段,长时期地从地核内部释放出炽热的、矿化的、化学性质活泼的各种气体和液体。这种源于火山的溶液把包括多种金属在内的许多元素从地核内部携带出来。随着火山溶液的上升,其中所含相当数量的元素就进入地球深部和地表,包括陆地与海底。结果形成一系列很有价值的火山成因的铁、铜、铅、锌、金、银等金属矿床。

在整个地质史的进程中,火山作用与火山成矿作用的表现是不平衡的。剧烈的火山作用阶段是与静止期相互交替的。大量的火山活动与地质时代的早期有关。在苏联,已知的与大量火山活动伴生的铜、铅、锌矿床见于元古代早期、加里东期、海西期、基米里期和阿尔卑斯期的地质体中。

大量火山活动时期含矿岩系的特点

上述矿床,不论其矿石是致密块状还是浸染状,矿物成分都明显地以铁的硫化物,即黄铁矿类(黄铁矿、磁黄铁矿、白铁矿)为主,因此在苏联的地质文献中得名为黄铁

矿型矿石。它们还可以分为:有色金属硫化物极少的含硫黄铁矿;黄铜矿与斑铜矿是最主要工业矿物的含铜黄铁矿;含方铅矿、闪锌矿与黝铜矿的黄铁矿型多金属(铅锌)矿。

所有这些矿床在空间上、形成时间上和成因上都与地槽拗陷发育早期阶段的海底火山岩系有关,而且赋存在这些拗陷海底喷出的火山岩中,超出这个范围的还未见到。含矿火山岩系形成的杂岩体包括熔岩盖层、火山灰夹层,甚至还有被次火山侵入体贯穿的陆源与溶液沉积的硅酸盐和碳酸盐岩层。这些岩层充填了极深的地槽塌陷部位,成为单独的岩层,厚度由1~1.5公里到8~10公里(平均4~6公里)。在多数情况下,含矿的火山岩系,特别是年龄古老的,都经受过绿岩相的变质作用,绿色是由其中发育的云母、绿泥石和碳酸盐类所决定的。

对上述含矿火山岩系而言,在时间上稳定的演化是一个特点。从火山作用开始直到完成为止的时期内,这些岩系经过演化逐渐由少含硅质的基性喷溢变为多含硅质的酸性喷溢;由面积广大的分布区过渡到局部地区;深水条件渐变为浅水和地面条件;由熔岩喷溢物占优势变成以凝灰产物的堆积为主。黄铁矿成矿作用的高峰就在这一演化过程的结尾,即在臻于完成的酸性火山作用阶段。此时随着火山灰的广泛堆积,同时大量释放出矿化的火山期后气体与溶液。

总的来看,含矿火山岩属于地槽塌陷部位的玄武岩浆产物,但在含铜黄铁矿与黄铁矿型多金属矿床发育地区范围以内,这些岩石的成分却多种多样。若是举例证明,则乌拉尔的含矿火山岩属于前者,鲁德内阿尔泰的火山岩属于后者。

根据一些人的研究结果,乌拉尔中古生代的火山作用经过由拉斑玄武质到高铝质的演化,同时依次产生四种火山建造:早志留世细碧辉绿岩建造;晚志留世-早泥盆世钠质细碧角斑岩建造;中泥盆世钙质安山玄武岩建造;晚泥盆世-早石炭世钾钠质粗面流纹玄武岩建造。乌拉尔各含铜黄铁矿矿床的基质与晚志留世-早泥盆世钠质细碧角斑岩建造有关。

据另一些人获得的资料,鲁德内阿尔泰经过中、晚古生代玄武岩类岩浆演化,也形成四种火山建造:中泥盆世(弗兰期)石英角斑岩建造;发门那期安山英安岩建造;晚维宪期-早纳尔穆尔期安山玄武岩建造;晚石炭世-早二叠世地表粗面安山岩-粗面英安岩建造。鲁德内阿尔泰的黄铁矿型多金属矿床大多与中泥盆世钾、钠岩系的石英角斑岩建造共生。

把乌拉尔和鲁德内阿尔泰在时间上相近的火山作用与黄铁矿成矿作用加以对比可以看出,铜矿床是向钠质基性岩为主的火山杂岩体延伸,而铅-锌矿床则趋向钾-钠质酸性成分为主的火山岩层。

矿 体

含铜黄铁矿与铅-锌矿床以整合产出的层状矿体居多数,但也有交错矿体以及整合与交错相结合的综合形态的矿体。它们与火山岩围岩都是同生、同时代的。

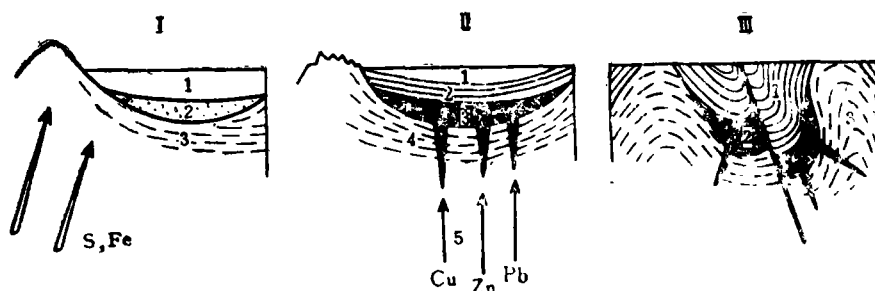
分布在黄铁矿矿体中的岩墙为辉绿岩,辉长玢岩与钠长斑岩次之。成矿前的岩墙,以及可以区分硫黄铁矿与有色金属成矿阶段的成矿期中的岩墙,尚未见到。一系列事实说明岩墙的绝大多数属于成矿期后的。例如,由矿体伸出的岩墙切穿顶板岩层,其中并无矿化,同时也贯穿使矿体发生位移的断

层,而矿石的条带构造与金属矿物颗粒都受到切穿。岩墙中含有矿石角砾;岩枝充填矿体的细小裂隙;岩墙与矿体的接触带上见有新产生的磁黄铁矿、赤铁矿、磁铁矿和直闪石,斑铜矿让位于黄铜矿。

黄铁矿矿床一个极有意义的特征是矿体顶板的火山凝灰岩中存在矿石角砾。这种角砾无论是在直接复盖矿体的凝灰砾岩层,或是距矿体几百米的范围内都可见到。角砾的矿物成分与化学成分与下边的矿体完全一致,截面大小则视包含它们的岩石的大小在不同矿床分别为几毫米到几十厘米。此种含矿角砾有时达到工业富集的程度,可以认为是由于水下火山爆发而使矿体受到部分破坏以及在形成矿体顶板的火成碎屑岩时期发生震动的结果。

许多黄铁矿矿床的含矿火山岩都受到绿岩、偶或是绿闪岩相的变质作用,而且矿石的变质程度与围岩的变质程度完全一致。黄铁矿变质的基本标志有以下几点:胶状构造的矿石改造成为结晶条带与片状构造;质脆的矿物(黄铁矿、石英)破碎,质软的矿物(黄铜矿、方铅矿)发生塑性变形;在石英、磁黄铁矿、闪锌矿颗粒中产生压力双晶;出现阿尔卑斯细脉;白铁矿变为黄铁矿;纤锌矿变为闪锌矿;发育出不分带的黄铁矿颗粒,其末端由塑性矿物充填,带有压力痕迹;硫化物中所含超细分散的金逐渐增大;硫化物矿体表面发生容矿变质围岩所特有的绢云母化与绿泥石化。

含铜黄铁矿与铅-锌矿床的蚀变围岩晕和成矿溶液进入这些岩石而产生的元素地球化学分散晕,是很有特色的,表现在以下几方面。在绝大多数矿床,这种晕发育在矿体下盘侧部的基岩之中,在矿体上盘侧部的超复岩石中表现不明显,或根本不存在。蚀变岩石总具有黄铁矿的矿染和分带现象。在这种岩石发育充分的条件下,可以形成逐渐交替的四个带:含石英、刚玉、红柱石、单水铝石的石英带;石英-绢云母带;绢云母-绿泥石带;含绿泥石、绿帘石、方解石的青磐



大量火山活动时期黄铁矿矿床形成示意图

I—火山-沉积硫黄铁矿堆积阶段：1—地槽海，2—硫黄铁矿，3—火山岩，4—深部岩浆与造矿物质侵入途径；

II—硫黄铁矿受火山-热液改造为有色金属黄铁矿矿石的阶段：1—海，2—矿体上盘火山-沉积岩，3—黄铁矿型矿石，

4—火山岩，5—火山期后有有色金属溶液侵入途径；

III—成矿后构造变形与变质阶段：1—矿体上盘变质岩，2—黄铁矿矿石，3—下盘的变质火山岩。

岩带。黄铁矿矿体地球化学晕中既包括赋存在距离相当远的下伏基岩中的主要成矿金属（铜、锌与部分铅），也包括一般超出矿体不远的其它元素（钴、钼、汞、砷、铋、银等）。

矿床形成的条件

前面已经谈到，黄铁矿矿床是由于海底大量玄武岩类火山活动而产生于优地槽阶段的早期。整个火山作用时期都有造矿物质释出，有时包括几个地质时代，但黄铁矿基质的堆积是在每一个火山旋回的末尾，即在长时期的气体与矿化热液喷发变为更富酸性的熔岩溢出终止阶段。当火山活动复活而开始新的火山旋回时，相应地就有新的、世代更年青的黄铁矿矿床产生。它们的绝大多数可以认为是来自深部火山源的上升矿化热气、热液的产物。一部分矿质可以在含矿溶液上升途中沉淀，形成火山热液矿床；另一部分达到地槽海的底部，沉积在导矿通路附近或由于搬运作用而略偏向两侧，从而形成火山沉积黄铁矿型矿床。

一般来说，这种矿床的形成是长期的，可以相当明确地划为三个阶段。

第一个是成矿前阶段，大致是以高温、酸性的真正气液为条件，在其成分与一般的物理、化学特征方面，与现代的火山期后过程中早期卤化气体类似。从当代正在发生的，如阿拉斯加“万烟谷”火山喷气的温

度来看，这一阶段的温度极高，初期即可达到400~600℃。此时，物质被搬运进来的现象并不明显，但围岩的矿物质发生重新组合，因此产生热液蚀变岩的交代岩柱并使其孔隙增多2~4倍。在这个过程中，钠几乎全部被搬运出去，钙的运移距离最远，铁、镁在较近距离内再沉积，钾在近距离内重新组合。

第二个是化学亲和力发生极大变化的阶段。离子过饱和的硫、铁溶液开始发生作用，铁的二硫化物以胶状沉积为主大量形成白铁矿、黄铁矿与磁黄铁矿。这一阶段的温度是由含矿溶液上升途中的400℃或更高，降到硫化物在海底大量沉出时的100℃。某些火山-沉积型黄铁矿矿床，在矿体的厚度和走向上，铁的硫化物向铁的氧化物过渡，说明成矿作用环境的酸-碱与氧化-还原参数有明显的变化。

第三个阶段是热水溶液发挥作用。这种溶液往往不含硫，或是硫的化学活性离子不饱和，但含有氯化物或络离子形式的铜、铅和锌。溶液中的有色金属从早先堆积的铁的二硫化物中把铁赶出，形成含金、银和其它伴生元素的铜矿、铅矿、锌矿。在这个阶段，有色金属在黄铁矿中的富集过程可以有一个很长的中断时期，有时长达几个地质时代。在第一、第二与第三阶段的间断时期，

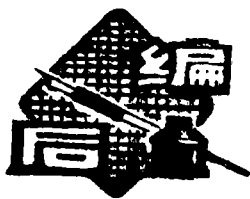
（下转第66页）

长石的单位晶胞大小相当时, μ_i^{α} 和 μ_i^{β} 相当于一个克分子 $\text{RbAlSi}_3\text{O}_8$ 的自由能。由于 Rb 的离子半径与 Na 相比更接近 K, 故 $\Delta\mu_i^{\circ}$ 将为负。可以预料, 正长石中 Rb 的浓度将比钠长石中的浓度高。正长石与云母

当中 Rb 的分布, 决定于纯铷长石与铷云母自由能之差, 这与前述情况是类似的。

(未完待续)

杨伟忠译自: 《THE EARTH An introduction to physical geology》, 1970



当代地质学发展的一个重要特点, 就是化学、物理学、力学和数学等学科向地质学的大量渗透。无论是地质科学基础理论的发展, 还是方法、手段的研制, 都在很大程度上依赖于上述学科的最新成就。特别是作为地质科学一个分支的金属矿床学这个重要而复杂的领域, 更是经常接触到许多精密学科的知识。

热力学是研究各种自热效应的物理和化学现象的科学, 它对于阐明矿物、岩石和矿床形成的物理化学条件和地质条件, 为找矿和勘探工作提供理论依据, 是必不可少的。

为了使读者能够对热力学的基础知识有所了解, 本刊根据国外资料将分三期连载“热力学基础知识”。第二期将介绍水溶液和多相系统中的平衡; 第三期将介绍稳定性、动力学和不可逆反应。

(上接第88页)

含矿的岩浆岩岩墙可能侵入, 而早先沉积的矿质也可能发生部分变质和变形。

黄铁矿型矿床因是在地槽作用的早期形成, 所以随后受到后继火山活动、火山喷发、构造变形、花岗岩岩浆作用与区域变质作用的强烈影响。结果使这些矿床发生根本的蚀变, 掩蔽了它们的原生面貌。因此, 可以把黄铁矿型矿床在成因上分为三种: 火山

-沉积矿床; 火山-热液矿床; 包括前二者特征在内的综合矿床。

对组成黄铁矿型矿石、金属与硫的成分的物质来源的研究证明, 它们都是来自深部地幔的玄武岩类岩浆的内生衍生物。

龚昶行摘译自: 《Вестник Академии Наук СССР》, 1974, No.3, стр.21~27