



样品采集篇(11)

样品采集篇中的第一节矿产地地质样品采集工作的任务与意义、第二节矿产预查阶段的采样工作、第三节矿产普查阶段的采样工作、第四节矿产详查阶段的采样工作和第五节矿产勘探阶段的采样工作,已陆续刊登在本刊 2015 年 1~6 期及 2016 年 1~4 期,本期及下期将刊登第六节矿产勘查中专题研究的样品采集(上)和(下)。

第六节 矿产勘查中专题研究的样品采集(上)

在矿产勘查的不同阶段,为了完成“规范”所规定的任务,如普查阶段的“大致查明”地质构造和矿体特征的任务;详查阶段的“基本查明”地质构造和矿体特征的任务;勘探阶段的“详细查明”地质构造和矿体特征的任务,通常在常规的地质勘查工作中还要进行某方面的专题性研究,这种专题性研究在矿产勘查中所占的份额比较有限,而且研究程度也受到各方面条件的限制,但是研究的目的与任务却是十分具体、明确的,就是为了解决矿产地地质勘查中的某些问题,例如为划分矿石类型而开展的矿石学专题研究工作;为阐述有益伴生组分利用的可能性而开展的成矿物质组分研究工作等等,而不对成矿物质来源、机制、成因等内容做过多妙幻式的推想。近年来,随着国家经济技术的发展和社会对矿产资源需求量的增长,地质勘查不但得到社会的重视,而且技术装备及其工作水平也相应提高,其中专题性研究的内容与质量也都有所增强和提升。目前在地质勘查中,除上述各节提到的专题研究外,最常进行的专题性研究包括常量元素、成矿温度和成矿年代三个方面。

1 矿产勘查工作中常量元素专题研究

在矿产勘查中经常进行常量元素专题研究,特别是在与岩浆作用有关的矿产勘查中。其目的在于厘定岩体/岩层的岩石化学属性,以便判断其成矿的条件和可能性。常量元素专题研究需对研究对象进行岩石化学全分析,在获得常量元素含量的基础上,配合岩石矿物组分的显微镜下研究。这其中的采样与数据处理是至关重要的环节,许多研究未能取得理想的成果,往往问题就出在这里。

1.1 样品采集

常量元素专题研究中采样位置的选择是十分讲究的,如何获得代表性的样品是采样中的核心问题。当矿区中常量元素专题研究对象是侵入岩体,并且只有一个岩体时,则应采集岩体中心相的岩石做样品,除非要研究岩体各相带常量元素变化之外,尽量不要采集过渡相岩石样品,更不能采集边缘相岩石样品。若岩体是复式岩体,则必须将其各侵入期次划分清楚后,以每个侵入期次岩体的中心相岩石作为采样对象,以便对比;当研究对象是火山岩时,也应将喷发期次划分清楚,以主体喷发期中分布稳定、粒度均匀的岩石作为样品;当研究对象为沉积岩时,不但要考虑沉积岩的产出分布及其粒度特征;选择地层厚度大、岩性相对稳定的岩石为采样对象,还要考虑其与成矿的关系。

可在新鲜露头或钻孔岩芯中进行样品采集。在露头上的采样方法以拣块法为主,但绝不能在采样点上打一块标本就了事,而是要以采样点为中心,呈梅花状在其周围采集岩石碎块,然后将它们合并为 1 个样品,

其质量不少于 2 kg。采集钻孔岩芯样品,也不可拿一节岩芯作样品,而要上下照顾、随机采集。所采的岩石样品要具备如下条件:未遭受过蚀变作用,没有被后期的岩脉、石英脉穿插,没有构造剪切或滑动面,不含外来包体或砾石,未遭受各类风化作用等。总之,要保证样品是原生的、新鲜的。

如何保证样品是新鲜的,人们进行过很多尝试,也有许多经验与教训。一开始都以肉眼观察为准,将肉眼视觉新鲜的样品送去分析,但往往分析结果与岩石特征不完全一致,难以解释。后来通过大量的显微镜下工作,发现岩石中许多隐形现象对岩石化学组分的含量有较大影响,而这些隐形现象又不易被肉眼发现,因而造成一些偏差。例如,肉眼看花岗岩手标本,斜长石和钾长石数量多、晶形完好,无疑是十分新鲜的,但在镜下发现斜长石表面常有不同程度的高岭石化与绢云母化;钾长石虽晶形完好,但表面也存在不同程度的绢云母化。这些不被人们肉眼看到的现象将对岩石化学成分,特别是 Na_2O 和 K_2O 含量产生影响。因此,后来对常量元素研究的样品有个不成文的规定,即样品必须先经过室内的镜下工作,对野外所采样品进行筛选后,方可送往化验室测试。这样做的目的的一方面是使分析化验结果与镜下鉴定结果有所比照;另一方面是确保样品新鲜。后来人们为保证样品分析的可靠性,选用切片后的同一标本进行化学全分析。

样品采集后应按规定编号、登记、造册。样品编号应写在样品袋或标签上,严禁在标本上涂一块白色油漆,然后用墨汁在上面书写样品编号,更不允许用彩色笔、墨笔、铅笔等直接在标本上标注样品编号,防止样品被污染。

1.2 数据处理

岩石化学全分析一般要获取 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MnO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 TiO_2 、 P_2O_5 、 H_2O^- 、 H_2O^+ 等 13 项组分含量,若需要还可补充其他分析项目,如 F、P 等挥发组分。按要求,分析结果的总质量要达到 99.99%,但在实际中一般只能达到 99.9%,对于超标太大的不宜采用,应予删除。关于分析化验数据的处理与解释有各种方法与思路,但综合起来不外乎两方面内容:常规性岩石性质判定和区域性生成环境分析。

常规性岩石性质判定这项工作由来已久,并取得了一定进展。早在 20 世纪 60 年代基本上采用前苏联扎瓦里斯基的岩石化学判定方法,对岩浆岩类岩石进行计算、分类与判别。虽然其计算方法比较繁琐,但比较严密,其中有关铝质花岗岩的判定计算至今人们还在使用。20 世纪 70 年代后期,大量引入西方国家有关岩石化学的判别指数,并且依据板块生成环境分类,例如钙碱指数、分异指数、固结指数、结晶指数、风化指数、碱度率、氧化率和镁铁比值等。同时,在各个指数中又据比值不同做了进一步的划分,例如,以铁镁比值 ($M/F = \text{MgO}/\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{NiO}$) 把超基性、基性侵入岩分为镁质超基性 ($M/F > 6.5$)、铁质超基性 ($M/F = 6.5 \sim 2$)、富铁质超基性岩 ($M/F = 2 \sim 0.5$)、铁质基性岩 ($M/F = 0.5 \sim 2$)、富铁质基性岩 ($M/F = 0 \sim 0.5$) 5 类。钙碱指数也叫皮科克指数,它依据 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 对 SiO_2 的曲线与 CaO 对 SiO_2 的曲线在图上的交点 CA 数值,划分了碱性 ($CA < 51$)、碱钙性 ($CA = 51 \sim 56$)、钙碱性 ($CA = 56 \sim 61$) 和钙性 ($CA > 61$) 4 个岩系。后来又据 K_2O 与 SiO_2 关系做出图解,划分了低钾、钙碱、高钾钙碱、钾玄岩 4 个系列。在沉积岩中,例如对碳酸盐岩,依据 CaO - MgO - SiO_2 的比值进行划分。这些指数及其划分目前绝大多数得到实践的验证,并取得了人们共识,因此,在岩石常量元素专题研究中应充分参照上述指数计算方法,对该区岩石化学常量元素的数据进行处理,判定其岩石化学属性与性质,以便为矿区地质特征和成矿远景阐述提供充分资料,同时亦可通过与邻区相似属性的岩体/地层的比照,推断其与矿化的空间关系。

关于区域性生成环境分析问题。在区域岩石化学研究中,许多学者通过区域地质构造环境的演化将岩石化学数据与其联系起来,编制出该区岩石化学与成岩环境的关系图,以便更直观地反映该地区的成岩演化过程。显然,它是在深入研究区域地质构造与成岩过程的基础之上,在大量岩石化学数据综合分析研究后形成的,因此,它往往具有地区性色彩或专题性色彩,使用它们是有条件的。现在我们很多人在矿区岩石常量元素专题研究中,阐述岩石的形成环境,经常不是通过区域地质构造环境的演化去分析岩石生成的环境,而是直接采用某地岩石化学与成岩环境的关系图,用图解投点方法去判别,这是很不严谨的。因为不同的地区,其岩石化学与成岩环境的关系图是在不同地质环境中总结出来的,而我们的工作地区与关系图中所反映的地区,其地质构造特征是否一致或相似? 这都是值得考虑的问题。曾有一份研究中国某地新元古宙裂谷

环境下地质构造特征的研究报告,然而却拿日本海中生代岛弧带环境下岩石化学与成岩环境的关系图作为底图,并在它上面用图解投点方法来判定新元古宙研究区的岩石生成的环境。这完全缺失了比照的前提。现在很多人不赞成单纯用岩石化学数据在岩石化学与成岩环境的关系图上,用投点方法判定岩石的生成环境,就是因为岩石生成环境的判定一定要在矿区地质构造演化研究的基础上进行,只有选定与研究区地质特征或环境相同/相似地区的岩石化学与成岩环境的关系图作为判别底图,用岩石化学数据投点才能起到作用,否则将适得其反。

岩石常量元素研究由于涉及面大,并且测试费用较高,以往人们出自事业的责任心,在处理样品及其结果上都比较认真。现在随着测试技术的进步和工作资金的充沛,许多单位在一小矿区内的常量元素研究样品一般都在7~8个,甚至十几个。然而在报告中经常可以看到:所附的镜下照片斜长石表面蚀变为绢云母,黑云母被角闪石交代的现象;分析数据中各个组分的总和从97%到105%,或烧失量达2%~3%等现象;有的样品就是一块手标本。这些现象都反映了在常量元素研究中,样品没有按规范进行采样;采的样品根本没有经过镜下鉴定、分选后送出;样品分析结果出来后对其数据也不加鉴别就利用,而对成岩环境判别的底图更是随心所欲,不问地质条件是否相同或类似,拿来就用,如此草率轻浮,使人难以相信其成果的可靠性。在此,不禁想起20世纪90年代初,李先念副总理在全国地质工作会议上讲的一句讲“错误的资料比没有资料更危险”。

2 矿产勘查中流体包裹体测温的专题研究

在矿产勘查中为了阐明矿床生成条件,有时要进行成矿温度、压力研究,以便划分成矿期次与矿石矿物生成的世代,为矿石类型的划分以及伴生有益组分的确定提供依据。对于一些石英脉型和伟晶岩型矿床而言,成矿温度及其变化不仅为寻找共生矿物提供信息,而且对成矿深度以及矿脉延伸趋向也有一定的指示意义。成矿温度研究由于理论与技术方法尚不成熟,还处于探索研究阶段,因此,目前直接用于矿产勘查的实例还十分有限。

矿床成矿温度确定的方法较多,有的用矿物相变温度、固溶体的分溶温度来确定,有的用矿物的热发光性、矿物晕色圈颜色的变化、矿物的有序度以及矿物的类质同象关系等来推算,也有的应用氧同位素、矿物对之间微量元素分配系数进行计算。但目前应用最多的还是流体包裹体测温方法。

流体包裹体测温方法是基于矿物在流体中结晶生长时,将部分成矿流体包裹于矿物中,矿物形成后由于温度、压力等环境的变化使原先单一的均匀体系的流体包裹体变为二相或三相的非均匀体系的流体包裹体。若将流体包裹体进行人工加热,假定它可恢复到形成时的均一状态,这时人工测试的温度则相当于或接近于流体包裹体捕获时的温度,并以此推定矿物生成时的温度及其在时空上的变化。通常人们将冷热台所获得的包裹体均一时的温度称为均一温度;若将5~10 g细颗粒单矿物进行真空热爆裂法,所获得的温度为爆裂温度。目前在流体包裹体研究中,均一法测温应用的比较广泛。

从上述流体包裹体测温方法的基本概况可以看出,流体包裹体与它载体的矿物有着十分密切的生成关系,因此不论是均一法还是爆裂法测温,其所获得的温度以及其他数据都在一定程度上反映了其载体矿物生成的信息,并且通过载体矿物生成的信息还可推断与它相邻或相关的矿物生成条件。然而,由于流体包裹体的产出分布受许多条件的控制,导致流体包裹体不是在所有矿物中都普遍出现,存在一定局限性。同时受技术条件的限制,目前流体包裹体测温对象主要是一些透明矿物,如石英、方解石、萤石以及其他透明矿物,而不透明矿物,如黑钨矿、磁铁矿中的流体包裹体工作开展极少,并且技术方法和仪器设备也都未能及时跟进。这是该方法应用中的缺陷。因此,我们在流体包裹体测温时,选准作为测试对象的载体矿物是极其关键的。从矿产勘查要求角度,选择作为测试对象的载体矿物一般注重于如下2个条件:一是在矿物中应具有一定数量的流体包裹体,并且大小合适、形态清晰;二是选择作为测试对象的载体矿物与其他矿物关系要清楚,特别是与矿石矿物的关系要清楚,以便阐明矿床特征。所以在流体包裹体测温之前都要对矿床的矿物学,特别是透明矿物进行细致的显微镜下研究,详细划分矿物的不同世代、期次及其习性和流体包裹体产出分布情况。

例如,如果选择流体包裹体的重要载体矿物石英作为对象,采样前应将各个期次与世代的石英进行详细的划分与研究,采集有代表性的样品磨制成流体包裹体测温片,在显微镜下详细观察包裹体片中流体包裹体的特征,标定出待测的包裹体,通过冷热台测定其冰点、均一温度及部分均一温度,将不同期与世代的差异性反映出来,进而阐明矿床生成的特征。总之,由于流体包裹体与其载体矿物的关系以及流体包裹体测温存在的技术性问题,在开展这项工作时必须与矿床的矿物学研究工作相配合,并以矿物生成顺序为导向,系统地开展流体包裹体测温工作,才能体现出其实际的意义。

现在很多单位都有冷热台,能独立进行流体包裹体测温工作,并且取得了有意义的成果,但也出现了不少偏差,其中主要体现在采样问题上。最常见的问题是采样的随意性。例如某单位进行某矽卡岩型矿床的详查工作,目的是为了阐述矿床地质特征,但仅在矿石和矽卡岩中挑选一些石英作为流体包裹体测温工作的样品。虽然他们对包裹体的描述很细致,测温工作也很认真,但所测的温度均在 250℃ 以下,与矽卡岩型矿床无法对应。究其原因才发现,用于测温的石英均属于矽卡岩矿床中石英-硫化物期的产物,没有一个样品属于矽卡岩期和氧化物期。这样的样品所测定的温度怎能代表矽卡岩型矿床呢?现在回头看,其错误的根本原因在于:在进行流体包裹体测温之前没有做系统的矿物学镜下研究工作,没有依据矿物生成顺序关系去寻找和发现矽卡岩矿物中的流体包裹体,并且未在全面的了解与分析其产出分布情况后,对矿床生成各个阶段的样品进行采样与测试,将矿床生成中温度及其变化特征呈现出来。而是随意地选择几组石英,既不了解石英的生成期次与世代,也不清楚它与其他矿物的关系,就进行流体包裹体测温,具有很大的盲目性,其结果只能反映矿床某阶段或某时期的温度情况,甚至只有散乱的测温数据而得不出与矿床生成有关的结论。

最近还看到一份报告。作者在网脉状矿体露头上采集数件石英脉样品,进行了流体包裹体测温工作,并将获得的温度数据进行了统计分析,画出了直方图,依据直方图上的温度变化划分出 3 个区间,作者认为这 3 个温度区间就是该矿床的 3 个成矿时段。乍看起来满有道理,有工作、有数据、有图表,但只要略加思考就会发现,这些数据缺乏地质内容:这些测温数据代表哪一个世代或哪一期次石英的温度,而石英与其他矿物,特别是矿石矿物之间是什么关系呢?显然,作者没有认真思考这些基本问题,因此,这些数据没有实际意义,也无利用价值。

总之,不要将流体包裹体测温工作作为孤立的一项工作,必须与矿床的矿物生成序列研究紧密地联系在一起,依据流体包裹体与矿物生成序列的关系,进行系统采样,系统测试和综合分析,才能获得理想的成果。另外,还应该看到流体包裹体测温工作中自身存在的理论与技术方法尚未成熟之处。所测的流体包裹体的温度未必就是其载体矿物生成的温度,因此用它推断成矿温度要当心;由流体温度推算的流体盐度、密度、压力以及生成的深度基本上是理论数据,可做参考,但并非绝对,应结合其他条件综合分析;流体包裹体成分的分析,往往由于次生流体包裹体的存在以及处理不当而产生误差,至于流体包裹体的 Rb-Se 法年代测年,样品提取与测定方法都存在改正和提高的问题。因而在流体包裹体温度测定时应清醒地看到这些问题,以便合理而适度地利用其结果。

(中国地质科学院矿产资源研究所 吴良士 供稿)