



地质填图篇(5)

地质填图篇共有12节,前8节已在本刊发表。本期内容为第九节火山岩出露区的地质环境初步认定与找矿和第十节变质岩出露区的地质环境初步认定与找矿。

第九节 火山岩出露区的地质环境初步认定与找矿

火山岩的生成比较特殊,成岩物质来自地壳深部,而它的成岩作用又是在地表或水下进行,并受地壳表层各种地质与地理条件的控制,再加之后期区域变质作用的影响,使火山岩地层在岩性、岩相上变化较大,往往不易鉴别、对比和划分。大量的工作表明,在火山岩出露区进行矿产地质填图时,若能对火山岩的岩性、生成环境及其变质情况给予初步阐明,并进行火山岩喷溢韵律和旋回的研究,则可以初步恢复火山岩的形成环境,为火山岩地区地质填图工作的顺利开展创造条件。

1 划分三种岩性 在火山岩地区开展地质填图时,首先遇到的是火山岩岩石定名问题,它曾难住不少同仁。因为在野外用肉眼对其定名,除个别常见岩石外,很难做到十分准确。然而火山岩岩石定名这一关过不去,后面许多的工作就难以开展。因此,我们不能急于求成,也不要举手待毙,还是要按规律行事。一方面采集代表性标本以备进行较系统的岩石鉴定及岩石学工作,另一方面要依据火山岩的生成特点开展工作,就是先将火山岩大致分为火山碎屑岩、次火山岩和熔岩三大类,并在此基础上开展地层划分,进行地质填图。这三大类岩石用肉眼观察还是有一定差异的,只要在野外能认真观察,鉴别起来并不困难。

(1) 火山碎屑岩 火山碎屑岩的成分一般比较杂,碎屑中有破碎小晶体,有岩石碎块,有火山岩碎屑,也有围岩沉积岩碎屑,并且数量不等、粒度不同;其胶结物比较坚硬,胶结方式也多样。在野外鉴别中应注意其中碎屑的粒度与成分,因为它最具有成因指示意义,如大块、无序分布的火山岩岩屑,通常称之为火山集块岩,它们基本生成于火山喷口附近,而细小均匀的碎屑大多是远离喷口形成的。凝灰质成分占厚层火山碎屑岩的绝大部分,这种岩石即为俗称的凝灰岩,大多发生在火山喷发的鼎盛时期。因此,可以依据火山岩碎屑的特点对其进行定名和划分。

(2) 火山熔岩 一般是微晶质或隐晶质,块状构造,在野外条件下常以颜色为标准,将暗色的火山熔岩暂划入基性熔岩中,而将浅色的并带有一定构造特征的火山熔岩划入中酸性安山岩、流纹岩之列。火山熔岩属于溢流相,其规模一般不大,常作为夹层分布于火山碎屑岩地层中。它的出现事实上代表了火山喷发强度与方式的转换,因此在地层划分上可将它作为一个喷发韵律/旋回的标志。按理讲,从火山熔岩的产状可以追溯到火山活动中心,但实际上很难做到;若是出现大面积巨厚层暗色熔岩则另当别论,它很可能是区域性构造变动的产物与反映。

(3) 次火山岩 有的也叫潜火山岩,实际上指的都是超浅成或近地表的侵入体,至于距地面多深才算是次火山岩,目前也没有确切数字。我们在矿区地质填图中所见到的次火山岩绝大多数是中酸性的,其岩石结晶程度介于侵入岩与火山熔岩之间,岩石中有时还可见到发育不完全的小斑晶,基质大多为微晶质,偶见少量暗色矿物,如闪长玢岩等,但这类岩石有一个共同特点,都是以侵入方式产出的,并且几乎都遭到不同程度的蚀变,如绢英岩化、高岭土化等。特别要提到的是隐爆角砾岩,以往都将它作为确定次火山岩的重要鉴别标志。这种认识可能有点片面。从大量野外现场来看,不是所有的次火山岩都具有隐爆现象;不具隐爆现

象的次火山岩可能占绝大多数。隐爆现象只是在内压大于外压时的一种特殊现象,它所产生的隐爆角砾有的可拼合成一个整体,但也不是绝对的、普遍的,因为在构造和热液作用下,隐爆角砾岩中的角砾往往发生了迁移或移动。次火山岩和隐爆角砾岩从产出特点看,是属于岩浆喷发后期或晚期的产物,常与岩浆热液成矿有密切关系,因此在矿区地质填图中应该注意这些角砾岩是否有矿化现象。

2 标定二种环境 火山岩可以产于陆地上,也可产在水下。如何确定火山岩是在水下还是在陆地上生成的,在野外工作中多从2个方面进行判断。一是利用火山岩构造特征进行区分,将具有枕状、波纹状构造的火山岩划入水下生成的,而将具有气孔状、杏仁状构造的火山岩则划为陆相火山岩。这种区分方法虽然简便,但比较粗,如枕状熔岩,它是在浅海、海滩生成的,还是在湖泊、河流中生成的?就难以区分了。因此人们就从另一个角度,即按照火山岩地层中沉积夹层的生成特点进行划分。因为火山活动不像沉积作用那样持续地进行,火山喷溢总有间歇或间断时间,虽然间隔时间有长短之别,但在间隔期间总会有沉积物或风化剥蚀产物附着其上,因而可依据沉积物或风化剥蚀产物的基本特征去判别当时的喷溢环境。这种方法一般讲是精确的。对于火山岩层中沉积夹层通常是从它的岩性组合及其古生物化石门类判别其生成环境。如在沉积夹层中含有厚度稳定、成分较纯的石灰岩层,则为海相环境;若是石灰岩成分不纯,分布不稳定,则多为湖泊相环境;若是砂岩、页岩中含碳质页岩,多为陆相环境。关于古生物门类,在野外工作中只能做一般性界定,例如单一的大羽叶植物化石多认为是陆相沉积的标志;大壳化石多作为浅海与海沟环境的标志;植物与小壳化石组合常作为海陆交互相或湖泊沼泽相的标志;而小壳和微生物化石则作为深海相环境的标志,至于更详细的区别还须专业人员鉴定。火山岩地层中沉积夹层的厚度一般都很薄,很容易遗漏;有的变质后又难于辨认。因此,在野外地质填图中要多加注意,以便准确判定火山喷发是发生在水下还是在陆上。

3 处理变质火山岩 火山活动在各个地质时期都有出现,最早可追索到前寒武纪,并且喷发时期愈早,火山岩遭受的区域变质作用也愈普遍,变质程度也愈高。为了区分变质与未变质火山岩地层,在地层规范中特规定:第四纪火山岩要单独划分,并以岩浆岩的方式表示,而前第四纪火山岩作为地层处理。第四纪火山岩从它的岩石结构、构造和火山岩地质特征看,都比较新鲜,易于识别。前第四纪火山岩情况则比较复杂。在中国东部地区中生代以及部分晚古生代火山岩,西部地区古近纪、新近纪及部分中生代火山岩,遭受变质作用的程度比较浅,或未遭变质作用,基本上能保持喷发时的原始面貌,最多只是在局部地方产出少量绿泥石、绢云母等变质矿物。在野外地质填图时,完全可以用肉眼分出火山碎屑岩、熔岩和次火山岩三大类,作为分层和对比的基础。生成年代基本上依据沉积夹层中的古生物化石确定。然而,对于晚古生代以前,特别是前寒武纪火山岩,经过多次构造变动,现已面目全非,变成了各种绿片岩与角闪岩,判定起来是比较困难的。有人试图在岩石中寻找火山岩残留的岩屑与晶屑,以证明其原岩为火山岩。然而寻找到的一些火山岩残留的岩屑与晶屑往往得不到同仁的共识,众说纷纭。目前一般多采用岩石化学投点图解方法去判定。这种方法虽然有许多缺陷,然而在目前技术方法尚未完备的情况下,也只能这样。它的生成年代,基本上是根据同位素年龄确定。

4 划分喷发旋回/韵律 火山喷溢作用总是受岩浆源区的控制,而岩浆在源区中总会发生一定的分异作用,使密度小的酸性岩浆大量集中在上部,而密度大的基性岩浆相对集中在下部,所以在火山喷溢过程中总会出现不同性质的火山岩按一定序次出现,形成不同的旋回/韵律。目前的地质找矿经验表明,火山岩喷溢作用的旋回/韵律有大小之分,而在地质找矿中通常更注重喷溢韵律性变化及其与成矿关系的问题,它的变化往往通过不同的喷溢岩性、喷溢方式体现出来。

(1) 喷溢岩性变化趋向 在火山岩喷溢韵律中,其岩性变化不是十分截然的,通常呈渐变式。最常见的是由酸性火山岩向基性火山岩演变,它无疑反映了岩浆在源区经过了分异。这种变化愈明显,表明岩浆在源区分异程度也愈高。国内外找矿经验表明,在分异程度较高的火山岩地层中,矿化作用大多发生在从酸性向基性变化的过渡部位,尤其是在海相火山岩系中最明显。例如甘肃白银厂海相火山岩系中,与铁族元素有关

的矿产多产出在基性火山岩一侧,而与铜及贱金属有关的矿产多产出在酸性火山岩一侧。有时还可以出现岩石粒度呈韵律式变化的现象。例如中心部分由粗粒甚至巨砾的火山集块岩组成,向外逐渐过度到细粒的凝灰岩,并呈现面型环状分布。这种变化特点很可能反映了火山喷发中心或破火山口的生成环境。在这种情况下,应注意对火山管道相中侵入体和破火山口周围的环形裂隙与断裂的研究,从目前国内找矿经验来看,它将是斑岩型矿化和热液脉型矿化经常产出的部位,如江西银山铜多金属矿床。

(2) 喷溢方式变化趋向 喷发方式的变化在火山岩地区也是很常见的,喷发、溢流和次火山岩侵入可交替变换地进行,特别是在陆相火山盆地内,如长江中下游一带,往往从喷发开始,形成各种火山碎屑岩,然后产生大量溢流相火山熔岩,断续产出,最后为小规模次火山岩的侵入。这种喷发模式中,次火山岩的侵入是最引人注意的。目前世界上有相当一部分斑岩型矿床是在这种环境中生成的。也有一些地区,次火山岩侵入之后,往往伴随着中低温热液活动,这时次火山岩未必都成矿,而矿化作用常发生于石英脉或其他各种脉岩中,构成一定规模的工业矿体。

火山喷发韵律/旋回的变化最主要体现在上述岩性与喷发方式的变化上,其他形式的变化比较少见,而这种变化的次数在不同地区悬殊很大,最多可达数十次,少的只有一、二次,反映了不同地区火山活动强度与频率的差异。在矿区地质填图中,若是能把握好上述4个方面,再配合适当的室内工作,一定会取得较好的效果。

第十节 变质岩出露区的地质环境初步认定与找矿

在变质岩出露的地区进行矿产地质填图时,要注意到有3种变质作用与成矿作用关系最为密切,即区域变质作用、动力变质作用和接触变质作用。对于这3种与成矿有关的变质作用在矿区地质填图中要用不同尺度去衡量它,才能取得找矿效果。现将区域变质作用与构造变质作用形成的地质环境的初步认定与找矿阐述如下,接触变质作用的形成地质环境初步认定与找矿将在下一节单独叙述。

1 区域变质作用 在区域变质岩出露区进行地质填图时,对于变质岩地层划分通常是采用变质程度与岩性组合相结合的方法。首先,我们在野外以变质矿物——辉石、角闪石和绿泥石的产出,将其相应地划分为麻粒岩相、角闪岩相和绿片岩相。在条件允许的情况下,还可根据变质矿物的含量将其中每个变质相再进一步划分为高、低级别,如低绿片岩相、高角闪岩相等。一般讲,年代老的地层变质程度较深,而年代新的地层变质程度相对较浅,但不是绝对的,特别是在局部性构造变动地段,亦可将地层变质程度加深,如在褶皱构造轴部的变质程度往往比两翼强烈;褶皱两翼若是绿片岩相,而褶皱轴部可能达到低角闪岩相。在大断裂带附近也出现了这种现象。因此在矿区地质填图中不要简单地认为变质愈深的地层其生成年代也愈老,那就很可能导致地层顺序及其划分上的错误。变质程度确认后,在进行地层单元的划分时必须注意2点:一是划分的单元必须在同一变质相中,不能一个填图单元跨越2个变质相,因为生成每个变质相的地质作用或主导的地质事件是不同的,不可混淆;二是要注意寻找在全区分布广泛而稳定、岩性特征明显而易认的地层作为标准层,如厚层状大理岩、石英岩、断续分布的变质砾岩等,以便对矿区内的地层进行划分与对比。区域变质作用有深、浅之分,因此,在矿区地质填图中应依据变质情况做不同处理。如华北地区中-新元古界的变质程度比较浅,很少达到角闪岩相,而古元古界和太古宇的变质程度均在角闪岩相以上。在这情况下对于中新元古界的填图单元划分,基本上可以比照显生宙地层的划分及其填图的方法进行工作,而对于古元古界及太古宇则不能比照,而只有依据岩石地层的特点开展工作。

在变质岩出露区填图时,探索其生成地质环境是一项极易引起争议而又不能不进行的工作。变质岩系是经历了复杂的地质演化过程而形成的,它不但受主变质期的制约,而且在不同程度上还受变质后各个时期不同地质事件的影响,有的影响程度还比较深,特别是早前寒武纪变质岩系,岩层的原始面貌基本被改造了,即使是矿物成分较单一的大理岩,与原生的石灰岩相比,不但矿物成分变化了,而且原生组构也几乎消失。

因此恢复其原始生成环境就必须考虑到区域所发生的地质事件对它的影响。在具体操作上,最好对各种地质事件按年代顺序由新至古,逐件地分析其对前寒武系的影响程度与方式。这样逐层地剥离可以取得更好的效果。在地质环境研究中特别要加强区域对比,因为矿区地质填图涉及的范围有限,难以对其生成的地质环境做出全面准确的判断,因此一定要及时参考区域地质资料,进行区域对比研究,否则就会出错,例如在冀北、辽东一带,广泛出露一套以绿片岩为主的地层,当时都认为它是区域变质作用的产物,属于浅变质岩系,没有给予充分重视。上世纪 80 年代引进了国外有关前寒武纪花岗-绿岩带的理论,于是才开始对这套绿片岩相的地层有了新的认识,从而打开了找矿新思路,终于在其中找到金矿。在此特别要提出的是,在地质填图中还应该加强对变质岩岩性及其组合特征的研究,特别是通过特殊地层,或标志性地层的岩性研究,如大理岩、石英岩、石墨片岩、绿泥片岩、角闪岩以及浅变质岩系中的变质砾岩等,以便从中提取原始生成地质环境及其成矿作用的信息。现将有关岩性及其意义简述如下。

(1) 角闪岩、斜长角闪岩 角闪岩、斜长角闪岩等在变质岩出露区中,有的分布范围较广,与它相伴的铁矿常为多层次、互层状产出;有的分布比较局限,与它相伴的铁矿相对较集中,但规模不大,而矿石品位却比前者高。对于上述二种产出特点的角闪岩、斜长角闪岩人们争议颇多,目前大多数人认为,前者是由火山岩变质而成的,代表古陆缘或陆缘拗拉槽环境的产物;后者是在古陆内,受构造控制的侵入体变质形成的,并且都与磁铁矿石岩的生成有关。因而角闪岩、斜长角闪岩在矿区地质填图中经常作为地质找矿的标志层。

(2) 绿泥石片岩 绿泥石片岩在变质岩出露区中分布很广,产出特点也不同,其中以绿泥石片岩为主体的绿片岩最重要,它规模大小不一,常与花岗岩类相伴,有的呈巨大的透镜状、不规则状分布于花岗岩中,并且常为有色和贵金属矿体的直接围岩。过去对这种绿片岩的认识很不一致,现在大多数学者认为它是属于花岗-绿岩带的组成部分,从而肯定了它生成地质环境的意义。在其他变质岩地层中,绿泥石片岩的情况就比较复杂,有的是以凝灰质成分为主的岩石变质而成的,有的是由泥砂质为主的岩石变质而成的,也有的是由热液蚀变形成的,但它们的含矿性较差,因而在地质环境判定与找矿时应有所区别。

(3) 大理岩 大理岩在早前寒武纪变质岩系中不是十分常见,而一旦出现将具有重要意义。首先它反映了原始地层的产出环境:若是厚层状而较稳定分布的大理岩的产出,则说明它原先是处于浅海相环境;若是白云质大理岩,则可能是处于海湾或泻湖相环境。其次,大理岩本身就是一种矿产资源,若是白云石含量较高时,要注意寻找菱镁矿和滑石矿等矿产,如辽宁辽河群大石桥组白云质大理中产出大型菱镁矿矿床。

(4) 石墨片岩 石墨在各类片麻岩、片岩及大理岩中均可出现,但它最常出现在角闪岩相的各类片岩中。它是由碳质或含碳质的岩石经区域变质作用而形成的,因此它的出现对地质环境的判别具有重要意义。通常认为它是生成在海陆交互相环境,或河流湖泊相环境中的岩石变质而成的。石墨片岩中的石墨,依据它的结晶程度和固定碳的含量可分为晶质鳞片状石墨和隐晶质土状石墨,若是较富集则可供工业利用,如黑龙江麻山群中南墅大型优质石墨矿。

(5) 石英岩 变质岩系中的石英岩也是指示生成地质环境的重要岩石。它基本上有 2 种:一种是厚层状石英岩,其产出特征与所反映的地质环境与上述大理岩比较类似,若是厚层状而较稳定分布的石英岩的产出,则说明它原先是处于浅海相环境;若是不纯石英岩并呈透镜状产出,则可能是处于湖泊相环境;另一种是透镜状石英岩,常断续地沿地层走向分布。这种石英岩质纯, $w(\text{SiO}_2)$ 在 95% 以上,断面具玻璃光泽,目前常被开发做单晶硅原料。以往在野外工作中,都将它作石英脉处理。现在许多学者根据它的走向与地层一致和岩石高纯度的特点,认为它是海底火山喷发后游离于水面的二氧化硅经过聚集,然后沉积而成的。这种石英岩为判定变质岩系中原岩生成地质环境又增加了一种标志。

(6) 电英岩 电英岩为黑色、黑褐色,致密块状,密度较大,常沿层面呈脉状分布;厚度数米,但变化不大;外观似石英岩,但在镜下可见到细小短柱状或毛发状的电气石晶体,有的分布较稠密。目前,大多数学者认为它是海底喷流作用的产物,与成矿有一定关系,并经常出现在有色金属矿区附近,如中条山篦子沟矿区。

(7) 变质砾岩 变质砾岩主要在中-上元古界中。它代表沉积的间断或古风化面的地质环境。两者区别如下:一般前者粒度相差不十分大,而后者粒度相差较大,大小不一,无序分布,而且砾石表面有磨蚀迹象。

在区域变质岩地区进行地质环境恢复与判别时,不要单打一,一见大理岩层就认为是浅海;一见绿泥石片岩类就判为火山喷发环境,而要全面综合分析。现在还有一种倾向,用岩石化学成分图解去判断其生成环境。这在地质找矿初期不完全合适,因为不具备条件,不可能有那么多数据。即使有大量数据,它也只能在地质研究的基础上作为旁证或者补充资料。

2 动力变质作用 动力变质作用的种类很多,韧性剪切带仅是其中的一种。它可发育在各种不同地区,如火山岩地区、变质岩地区、沉积岩地区,但从目前资料统计发现,变质岩地区的韧性剪切带与成矿关系最为密切。

从力学性质分析韧性剪切带,它是一种线状高压应变构造动力变质带,属于压扭性断裂的范畴。在构造变动过程中,它将导致围岩相应的变形与变质作用,形成各类片岩和糜棱岩等,变质程度一般仅达到绿片岩相,个别达到高绿片岩相。韧性剪切带在本质上与成矿作用没有直接联系,仅是构造变形的一种形式。但是往往由于构造变动中在促使围岩变质的同时,导致其中有用组分进一步活化、迁移、富集,以致形成工业矿体。因此在矿区地质填图中对韧性剪切带含矿性的问题要进行详细分析与研究,通常都从两个方面综合考虑:一是韧性剪切带是否存在,二是其围岩是否存在地球化学高背景区。

(1) 韧性剪切带的确认 韧性剪切带内的岩石是处于高压的动力变质作用之下,具有强烈的塑性变形,因此韧性剪切带内的岩石在宏观上没有明显的断裂,找不到明显的断面,而只是在显微构造上呈现出不同程度的位移、错动、变形。并且它在横剖面上,从中心至边缘,动力变质强度是逐渐减弱的,直至没有遭受动力变质的岩石为止,而它们之间也没有明显的界线。依据这种生成特点,我们在野外地质填图时,由于不可能对岩石显微构造进行系统的研究,通常多是从韧性剪切带最直接的产物——糜棱岩入手,通过地表一些构造形迹,对韧性剪切带进行野外圈定。

糜棱岩是属于构造岩中的一种,它的矿物粒度较细小,一般小于0.5 mm,以石英与绢云母为主,但它的组分与原岩有密切关系,如在花岗岩类中糜棱岩常含有较多的斜长石、石英和钾长石,而在火山岩中糜棱岩常含角闪石。同时它又与动力变质强度有关,当动力变质强度不十分强烈时,糜棱岩常含有较粗的原岩碎屑和矿物碎屑,俗称碎斑,而遭受强烈动力变质作用时,糜棱岩矿物粒度小于0.02 mm,碎斑极少。糜棱岩中退变质作用十分明显,随着动力变质加强,糜棱岩中白云母含量增加,斜长石粒径减小,过去在野外往往将糜棱岩误认为石英绢云母片岩或混合岩。糜棱岩的构造是岩石塑性变形的集中反映。通常最常见的是,在表面上具有似流纹的条带状构造。这种条带状构造与变质岩中由黑云母、磁铁矿等呈条带状分布而体现出的条带状构造有所不同。它是矿物组分在塑性变形条件下整体流动变化的产物。这种条带状构造进一步发展将致使岩层出现挠曲、箭鞘褶皱、布丁构造和构造透镜体等现象。另一种比较常见的糜棱岩构造是眼球状构造。眼球状构造中的“眼球”最具有成因意义。糜棱岩中的“眼球”是由“碎斑”变质而成的,与混合岩中由变斑晶组成的“眼球”完全不同。眼球状糜棱岩中的“眼球”多呈椭圆形,长轴方向与叶理走向有一定夹角,其两端常具拖尾和旋转的痕迹,使变质的碎斑的“眼球”在断面上呈S形,而混合岩中的变斑晶具有比较完整的晶形,没有拖尾和旋转的痕迹。我们在野外用放大镜认真观察就可区分开。眼球状糜棱岩中的“眼球”长轴走向及其叶理走向基本上与压应力方向相垂直,因此,在野外对“眼球”长轴及叶理的走向应多测定,以便大致地判定动力变质带的压应力方向以及韧性剪切带的产状。韧性剪切带的产状对找矿评价十分重要。上世纪80年代在华南某地陈蔡群中寻找金矿时,由于当时对韧性剪切带的认识粗浅,以及当地风化剥蚀作用较强,韧性剪切带构造形迹不十分明显,因此,对其产状变化一直没有搞清楚,以致影响了对金矿的评价,后来经过对糜棱岩化岩石的产出分布进行研究,才掌握了韧性剪切带产状变化与金矿赋存的规律,从而将寻找金矿的工作再上了一个台阶。

(2) 围岩组分的研究 目前已知的资料表明,在韧性剪切带通过的变质岩系中某一层位或全部岩层,若是出现某种金属元素背景值较高的现象,往往在韧性剪切带构造活动的驱动下,能使某种金属元素发生再富集作用,以至形成矿床。这种现象在变质岩出露地区尤其明显。如花岗-绿岩带金、铜等高背景区,在韧性剪切带构造变动驱动下,很容易发生再富集,构成工业矿体。因此,在野外填图工作中除应对韧性剪切带本身的构造活动机制进行调研外,还应对韧性剪切带所通过的地层及其岩性、化学成分进行了解。千万别忘记收集区域地球化学资料,哪怕是小比例尺的元素地球化学异常图,它对找矿评价也是有很大帮助的。

(3) 脆性形变与韧性变形的关系 大量的矿区工作表明,韧性剪切带演化后期往往会向张扭性转换,出现脆性形变现象,这时其构造形迹与早期韧性形变时不尽相同:在断裂产状上可能与早期韧性变形相交,在岩性结构构造上将出现角砾岩或同质角砾岩,并且后期张扭性断裂还控制成矿作用。大量资料表明,在韧性剪切带发生与发展过程中,早期是以韧性变形为主,形成各类糜棱岩,并以糜棱岩中的浸染状矿化为主,晚期是以脆性变形为主,形成各类角砾岩,并以断裂、裂隙中脉状矿化为主。因此,在地质填图中应尽力将这2种构造形迹区分开,以便准确全面地反映韧性剪切带形成的全过程及其含矿性,以免在找矿与评价上做出误判。

(中国地质科学院矿产资源研究所 吴良士 供稿)