

國外地質科技資料選集

(火山岩及其地球化學)

(66)

福建省地質局科技情報室

南京地質礦產研究所情報室

一九八一年八月

国外地质科技资料选集目录

(火山岩及其地球化学)

- 1、含矿火山杂岩的古火山分析..... (1)
- 2、火山灰流岩席和破火山口与矿床的成因关系..... (11)
- 3、浅成岩浆作用和含矿性..... (19)
- 4、含矿角砾岩的成因类型..... (26)
- 5、火山碎屑流的侵位(述评)..... (32)
- 6、火山灰流凝灰岩中浮岩碎屑扁度的意义..... (46)
- 7、日本北部渡岛大岛和一目泻火山钙碱性安山岩的成因..... (56)
- 8、某些高度分异的火山灰流凝灰岩和熔岩中稀土元素的
含量..... (66)
- 9、以黑海—阿扎尔—特里阿列基亚古裂谷为例试论内弧
裂谷火山作用的地球化学演化问题..... (80)
- 10、危地马拉奎扎尔特南戈山谷洛斯乔科约斯火山灰的地
球化学..... (93)

含矿火山杂岩的古火山分析

古火山分析在表征存在有火山矿床成矿省的成矿研究时具有头等重要意义。这种分析首先是在研究造山运动和活化地区的年轻火山带时产生的、而那些地区以明显出露为特征，并且火山岩蚀变较弱，火山构造保存较好（例如苏联东北地区、堪察加、千岛群岛、外喀尔巴阡地区等）。然而后来，古火山分析已开始广泛地应用于古老地区（古生界，甚至前寒武系地层）的研究，以及由含矿的地槽型建造组成的成矿省的研究（斯米尔诺夫，1967；柯特良尔等，1976，拉维洛夫，1975）。

近年来，早期地槽建造的古火山重建工作在南乌拉尔进行的最为成功。在该地由酸性火山岩构成的含矿构造形成正形火山形态（层状火山），并且保存在盾形火山的玄武岩发育区中，它们作为金属矿田火山构造的基底。后者之所以保存的比较好，是由于南乌拉尔的优地槽地带经受过早期的固结作用。实际上，在南乌拉尔的所有金属矿田和矿床内，现今已恢复了火山构造和火山——构造成因的构造，查明了它们的类型、发展历史及它们控制含铜黄铁矿矿化的作用。古火山分析的结果（Бордаевская等，1976；Иванов等1966，Прокин等1971；Яковлев, 1973）曾经对南乌拉尔的成矿预测和普查勘探工作方向产生有益的影响，在那里最近曾经发现了新的矿床，并扩大了以前已知矿床的远景，首先在盖伊矿床中，在古火山根部的很深部位（2公里）用钻探追索到了金属矿体。应用古火山分析方法尚有助于预测鲁德内依阿尔泰型古火山地区黄铁矿多金属矿床时查明一些辅助普查标志。由于在这些矿床内同火山建造具有复杂的关系，与含铜黄铁矿床相比，主要是它们受到很大的改造，而古火山分析不久以前才开始进行。然而在鲁德内依阿尔泰某些地区进行这类研究的尝试，能够确定以查明黄铁矿——多金属矿床为目的预测工作应用古火山分析的一些基本原则和方法。

在金属矿内和矿区范围内进行详细的古火山分析，为解决下述任务应按几个方面开展工作。1、研究容矿火山生成物和和火山混杂生成物（Вулканомиктовые образования）（喷发的、熔岩的和火成碎屑的，喷出的、火山管道的、潜火山的、浅成火山的、沉凝灰岩的，等等）的各种相，研究他们按横向和垂直方向分布的带。2、应用重建古火山的方法，查明含矿火山构造和含矿火山——构造成因的构造、它们的构造位置及形成的各个阶段。3、详细研究含矿火山建造，并准确确定它们的界线，划分形成于具体火山带中一定阶段的火山杂岩（对某些杂岩则应搞清楚地质的、岩石的及地球化学的特征）。4、查明含矿火山带范围内矿结、矿田的分布规律，构造——建造——岩相中黄铁矿——多金属矿床的赋存状态——同火山杂岩及其岩相，含矿性火山——构造成因构造的类型以及决定金属矿体和交代岩局部化的构造单元的关系。

必须综合应用各种不同方法解决所有上述这些任务。为此，首先要使用研究含矿建造和构造的一些合理方法：即地质填图、岩石学和岩石化学研究、岩相和厚度分析、古火山重建法、地球化学和地球物理学（其中包括关于火山带和火山中心的深部构造资料）的研究。也要进行专

门的构造物理学和构造——岩石学研究,该类研究工作曾为B.И.斯塔罗斯琴(1976)以南马拉尔和鲁德内依阿尔泰的某些黄铁矿田为例深入开展过。这样的次序能够提供恢复同形成火山构造有关的构造应力场、构造应力场的演化;查明岩石(火山岩、火山混杂岩、沉积岩等)物理性质和化学性质的变化、交代岩和矿石在时间和空间上的变化,指出金属矿田的构造类型,等等。

作为预测图基础的专门古火山图,略图及剖面图乃是古火山分析的结果。

岩相分析。古生代火山岩层的岩相分析是一项复杂的任务,它要求有专门的观察和研究。在这些条件下进行岩相分析的困难程度决定于:第一在区域变质、接触变质、动力变质及其他作用过程的影响下岩石实质上的改造,因而不仅岩相的隶属性难于决定,而且有时岩相的隶属性已消失鉴定标志;第二、部分剖面、各个地质体、接触带等能够进行观察的碎屑残存程度。

如果同时考虑到火山岩具有很大的多样性,成分复杂,岩相标志趋于近似等特点,那么在许多情况下火山岩的岩相隶属性和成因类型无同一定义的原因就愈益明显。当完全排除观察其自然产状中地质体的可能性时,按照钻孔剖面进行研究就产生特殊的困难。单独划分出构成复杂熔岩流、岩被、喷出体和潜火山岩体等接触地段的夹层和岩层乃是在这些条件下的最典型错误。

目前,关于潜火山岩和识别标志的岩相特征乃是研究得最清楚的问题,这些潜火山岩和识别标志能够把它们在火山岩和火山—沉积岩剖面上划分出来。(科普切弗—德沃尔尼科夫等,1967;雅科夫列夫、岡查罗娃,1968)。熔岩流、熔岩被、喷出和熔岩穹丘、火成碎屑物及岩石其他成因类型岩石的鉴别标志,即正是这样一些岩石,它们是火山建造的主要组成部分,在文献中却很少注意到。

所有这些情况导致的结论是岩相分析必须按照下述两个方面进行:1)研究岩石及由它们组成的岩体的岩相特征;2)研究那些由彼此之间的互层或由另一些相互复杂关系的火山岩和火山—沉积组成的岩段和岩层的岩相隶属性。如果我们不详细研究能查明基本属于任一岩相的岩石或地质体属性的大量岩相标志特征时,指出在一系列情况下能促进较准确鉴定岩相的一些基本方式和方法。除去以研究岩石相互关系、它们的岩石特征、构造—结构特征以及岩石化学特征为基础的通用岩相分析方法以外,还可以补充利用某些专门方法的研究结果。物理—机械性质的各向异性的研究结果在这方面拥有大量的信息。B. N. 斯塔罗斯琴和A. И. 杰尔加切夫(1977)在尼科拉也夫矿田对不同岩相(潜火山岩相、喷出岩相、火成碎屑岩相)岩石各向异性进行的研究,应用显微结构和岩石结构综合分析表明,这些资料能够成功地应用于岩相鉴定。同时,不仅建立了一定岩相不同岩石的标志,而且建立了能够更加明确关于岩体形态特征、岩体根部位位置等概念的补充知识(斯塔罗斯琴,1976)。

原生熔融包体的研究成果对于恢复火山岩形成的条件和环境颇为有益。不同类型岩石中以及各个岩体(潜火山岩体、喷出岩体、熔岩体)不同部分中包体的成分、数量、形态特征、温度均一性的对比研究,都能帮助我们确定所研究岩石的成因类型和岩相隶属性。此外,包体研究法可以成功地应用于碎屑(砾岩中的砾石、喷出碎石堆角砾中的碎屑)同可能的原生岩的对比。

古火山分析时要特别注意剖面各个部分的典型，也就是要注意所研究剖面部分，在形成时间过程中那些居主导地位的岩相条件的所有互层岩石的岩相特征的总和鉴定。在这样一些对比的基础上，根据相应岩相的主要剖面的剖面类型，这些剖面类型的划分说明近火山管道带、层状火山坡度、喷出筑积物的中心部分、穹丘部分和前缘部分、穹丘间洼地和火山间洼地、盆形火口洼地的内带和近盆形火口带等的特征。编制古岩相图时，在岩相分析过程中建立说明一定地质环境特征的剖面类型，乃是古火山图的基础。重建古火山是划分剖面类型的最可靠方法之一，重建古火山一方面要依据各个岩体和部分岩体岩石的部分岩相标志和局部岩相标志。而另一方面，则提供根据个别岩段说明剖面岩相类型并划分相应带的可能性。

查明含矿的火山构造和火山一构造成因的构造乃是古火山分析的另一个重要方面。正如以上曾经指出的，在鲁德内依阿尔泰及其他黄铁矿省的多数地区内，曾查明矿田、矿床、矿体在一定类型火山构造中的赋存规律。研究和应用古火山分析方法在这方面具有重要的作用，这种分析方法能够搞清不同比例尺的含矿火山构造形成的结构和阶段，恢复这些火山构造是查明它们在控制矿化中的作用所必须的。把研究中晚泥盆世火山岩层作为岩相详细填图和应用古火山再造方法的基础，可以鲁德内依阿尔泰的谢门纳依欣地区（尼科拉也夫、卡梅申、谢门纳伊欣矿床及一系列矿点）作为研究实例。在该地区内曾经查明和详细研究了局部火山构造系列，从而有可能在其中划分出若干基本类型：即层状火山、喷出穹丘、岩颈、火山一构造以及盆形火口洼地，等等（图32和33）。

在该区域范围内曾经概略地查明了存在有由酸性成分岩石组成的巨大火山中心，关于火山筑积物的有限报导，一般只指出其存在（雅克甫列娃，1962；库兹勃内依，1975）。维尔胡宾金属矿田的奥斯鲁申火山则是例外，对该火山曾经做过详细研究和填图工作（科普切弗—德沃尔尼科夫等，1967）。

在阿列伊火山一构造隆起西南坡范围内，在适于塔罗夫组堆积时间的火山活动早期阶段的开端，曾经形成了四个巨大的火山堆积物：苏加托夫堆积物、卡梅申堆积物、鲁制欣堆积物以及其他中心式火山。这些火山中的每一个火山的特点都是沉积物厚度增高（600—1000米），其中火山岩显著居优势，中心部分近火山管道相岩石——块状和流状熔岩、熔岩角砾岩的筑积物集中，在颇大程度上为凝灰岩，主要为粗碎屑凝灰岩。这些火山筑积物曾在较晚期被侵蚀，并被格利霍夫组沉积物覆盖。在格利霍夫组沉积物中发现含有大量基性成分火山岩——安山玄武质玢岩及其凝灰岩、基性成分潜火山岩体的局部地段。古火山分析表明，主要火山岩产于局部火山一构造洼地，洼地使层状火山的中心部分更加复杂，并使自己的成因受横向构造影响，除清楚地反映出酸性和基性火山源的单独活动外，也出现其发育中的继承性。一些巨大的层状火山曾经为出现弱火山作用的颇大空间（10—15公里间距）所分割开，在被分割的空间堆积了中间带相和远带相的沉积物，主要为带有粉砂岩、砂岩其稀少熔岩的夹层和透镜体的酸性凝灰岩。这些沉积物的厚度不超过200—250米。这样一些间火山洼地查明于卡梅申和鲁里欣火山活动之间，以及列弗纽申火山南部（见图32）。

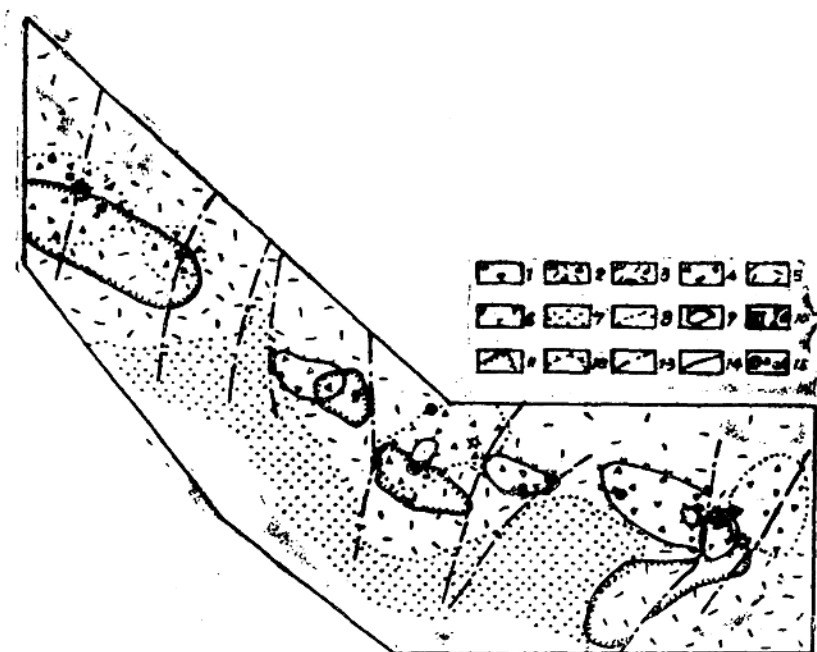


图32 谢英纳伊欣地区（滨额尔齐斯边缘洼地）的吉维特—早弗兰阶的古火山略图

1—7—相群发育的地区：1—吉维特亚阶的近火山管道相；2—弗兰亚阶的近火山管道相；3—弗兰—前法门阶的喷出相；4—弗兰—早法门阶的喷出熔岩相；5—过渡相；6—前法门亚阶的近火山管道相和过渡相；7—远火山管道相；8—相带界线；9—火山管道（岩颈）；10—单成的（ α ）和复成的（ δ ）火山穹丘；11—火山—构造洼地；12—潜火山中心的范围；13—火山同生断裂；14—逆掩断层；15—矿床（ α ）和呈矿现象（ δ ）。

发生这一早期阶段过程的火山构造的形成和构造的基本特征，可以卡梅申层状火山视为实例。

该火山由溢流的熔岩流有次序地组成，在其构造中可观察到一定的规律，这就是熔岩流的上部和下部分别由角砾熔岩组成，有时带有流状构造的残余。向熔岩流的中心方向，角砾构造变得不甚明显，碎屑的界线也模糊不清。熔岩流的中部通常由块状构造熔岩组成，这种熔岩含有石英和斜长石浸染体，有时带有清晰的定向流动现象。这些熔流的厚度达到20—30米。在筑积物的中心部分可分出由熔结凝灰岩组成的、基底直径约500米的巨大穹丘，其突出特征是存在暗绿色的去玻璃体的火焰石状碎片，这种碎片潜没在具火山灰构造的淡色石英质物质中。根据碎屑状沉积物和胶结物的化学分析结果可以看出，按照 SiO_2 、 MgO 、 K_2O 及其它组分的含量，这些碎屑物和胶结物互相之间有所不同，而且它们之间的差别完全类似于分层（尖灭的）流纹斑岩中两种岩相之间的差别。

这种定向排列是乃是原始构造的定向排列,并反映出形成喷出体时熔融体流动的方向。因此,我们所研究的喷出体的中心部分可能与火山筑积物的火山管道相符合,而喷出体的边缘部分则与喷出一熔岩穹丘的斜坡相适应。除此而外,喷出构造和喷出一熔岩火山构造,既有简单的(单成的),也有复杂的(复成的),往往作为独立的火山机构划分出来,通常产在古老斜坡长期发展的断裂带上。分布在莫欣山地区的比较不大的火山筑积物可以作为这种构造的实例,其特点是保存的较好。这一筑积物在平面上具长约3公里,宽达800米的透镜状,由熔岩、熔岩角砾岩及流纹英安和英安斑岩质的凝灰岩组成(图34)。火山筑积物产在控制火山——构造洼地的边缘断裂带,并且有次序地形成一系列喷出穹丘和熔岩穹丘。在开始阶段,在该地曾经形成了由细流状英安斑岩组成的喷出一熔岩穹丘,而英安斑岩则为粗屑钟状角砾岩环带所围绕。确定这种喷出体的穹丘构造,其中包括测量流体的定向排列,在喷出体的北部发现流体向北陡倾斜(倾向 15° 倾角 $\angle 70^\circ$)。中心部分则变为水平的,而在南部的特点则是向南呈相当平缓的倾斜(倾向 190° ,倾角 $\angle 45^\circ$)。在这穹丘的上部发现了称为球状熔岩的特殊岩石,其成分为流纹英安岩,这种熔岩的特点是存在放射线状构造的粗大(直径达3厘米)球状体,其中心部分带有孔洞。在穹丘构造和火山管道边缘部分经见到球状体的类似生成物。依据作者的意见,这些球状体的结构构造特征证明为地表条件下形成。

在莫欣山南部用钻孔揭露另一种类似的穹丘。这些穹丘后来为似熔结凝灰岩岩被所覆盖,而似熔结凝灰岩由大量的褐绿色流状玻璃碎片组成,并被淡色硅质胶结物所胶结。在白岗质砂岩和含大量花岗岩类卵石区段形成的火山筑积物斜坡上,由火山形成物造成不大的间断之后,曾经发生巨大的爆发喷发。出现为似凝灰岩外貌的角砾岩所充填的漏斗状岩颈乃是其结果,在岩颈内除存在绿泥石化的玻璃碎片外,还会有酸性和基性成分喷出碎屑,其中包括有早期阶段的细流状的英安斑岩以及砾岩碎屑。具有特征的是:这些碎屑的数量和大小在岩颈的近接触带部分有所增大,然而在中心部分实际上不存在这些碎屑,岩石成分也较为均质的。岩颈的直径为500—600米。在该岩颈以东的见到组成岩颈完全相似的岩石,该地这些岩石在火山筑积物剖面上呈成层岩层产出。同时或者稍晚形成了英安斑岩的潜火山岩株,其直径约250米,并堵塞火山管道。较晚时期,火成碎屑岩环带在很大程度上受到侵蚀,仅在火山的东坡有部分保留,显然,在该地以具有最大的厚度为特点。筑积物构造上的表现明显不对称,可能是由于沿控制火山的断裂带活动所致(图35)。

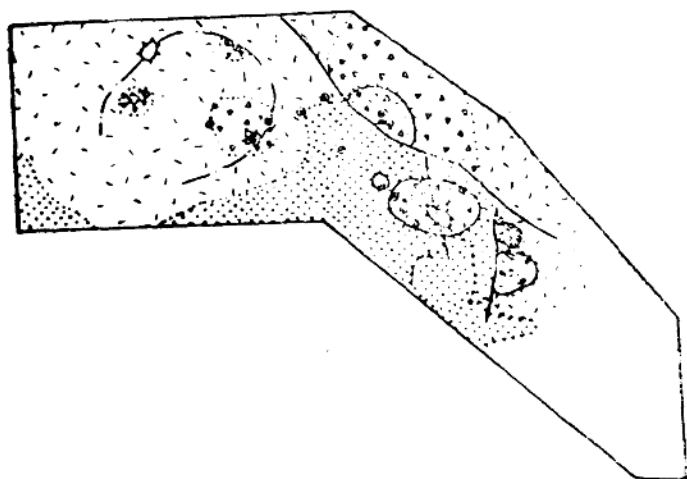


图34 莫欣古火山的地质略图（图例参见图35）

类似于上述的构造，在矿山阿尔泰的许多矿田内部查明有各种各样的形态、大小和形成阶段的火山筑积物。侵蚀强烈的构造使重建古火山时发生最大的困难。

对恢复火山作用发展历史有重大意义的是潜火山带，火山的根部。必须指出，目前有关阿尔泰的文献资料，可靠的火山根部的描述寥寥无已，关于这些问题实际上只是开始着手工作。但是，作者们在阿列伊火山地背斜西南缘所进行的专题研究，能够划分出相对已知部分这样一些构造，并指出其基本特征。在尼古拉也夫矿田的北部业已查明这种构造的一种。该构造发育在长期活动的近南北横向断裂带内，而且是一个巨大岩体，该岩体的特点是具有复杂形态及其组成岩石多种成分。同周围的中泥盆世火山沉积岩的明显交错接触、同梅若夫岩体花岗岩类（我们认为其年代为晚泥盆世）相比证明它们的较年轻年代的事实，岩石的粗斑结构——所有这一切都是把这一岩体列入潜火山类型的可靠根据。然而，当详细研究时曾发现这一构造的某些特征，在于构造的构成有若干岩石变种参与，这些岩石变种的特点是相互交错，在南部和“上”部可观察到较晚期的粗斑状变种有规律集中，在北部则是较早期的球粒状变种有规律集中，也就是有规律集中于地层剖面较深层位。同喷发岩相比较，组成这一巨大岩体构造所有岩石变种都具有较好的结晶程度，粗斑状组构、基质为微晶粒状结构或粗球粒结构，同时在任何地方都未在它们当中发现全晶质岩石。有一种情况也是重要的，即上述岩石没有沿剖面自下而上穿插到格利霍夫组，而在岩石特征上与之相同的岩石碎屑则见于斯涅季列夫组的凝灰岩中。于是，自然得出结论，这一成分和组构复杂的岩体就是巨大火山筑积物的根部，火山筑积物形成于晚泥盆世，在卡梅涅夫组的堆积时间过程内，而在现代侵蚀断面上见到的岩石乃是自熔融体最后一部分形成的潜火山岩体，而熔融体在火山作用结束阶段堵塞了火山筑积物的火山管道部分。属于晚泥盆世火山作用阶段的相当小比例尺的火山管道、岩颈、喷出火山积机构的地质填图和古火山分析结果使这种解释更加可信。

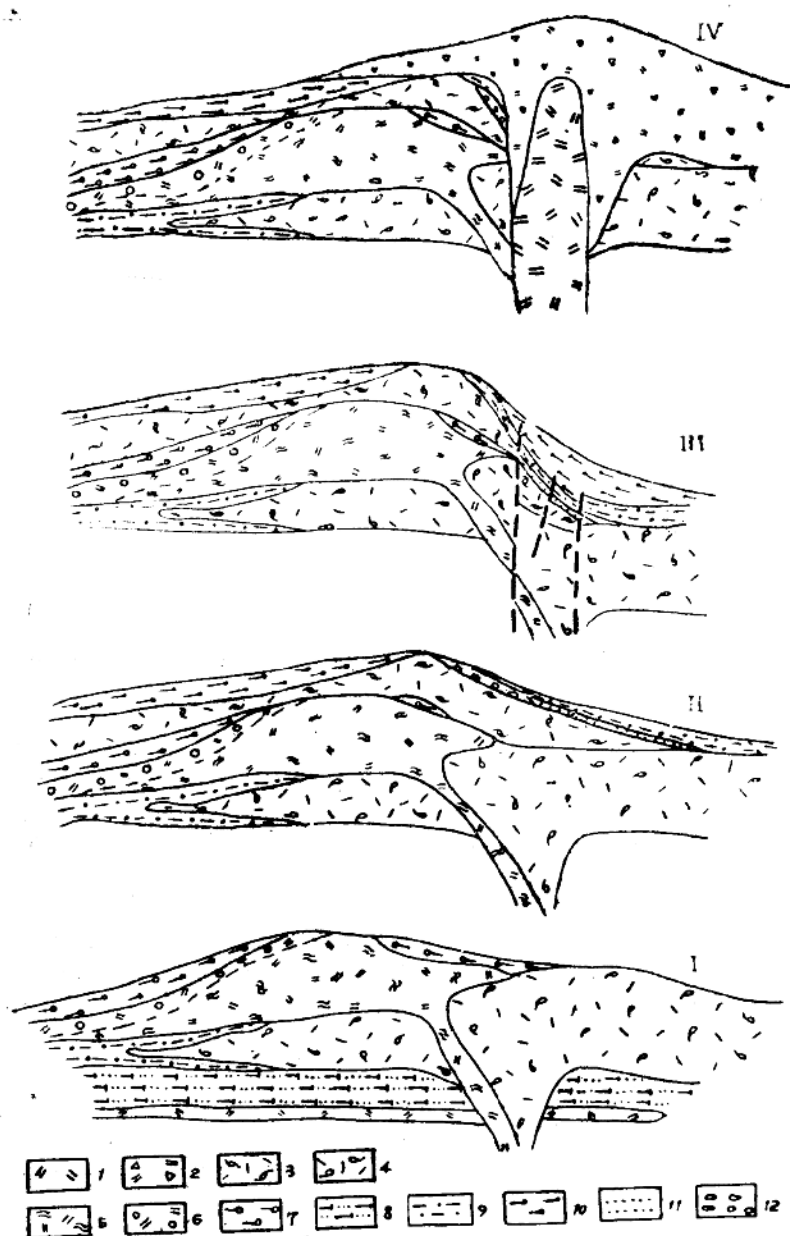


图35 莫欣火山堆积物形成阶段的古火山再造

1—英安斑岩；2—英安质的凝灰岩和似熔结凝灰岩；3—熔结凝灰岩；4—流纹斑岩质的熔岩角砾岩；5—流状的流纹英安斑岩；6—石泡构造熔岩；7——倾斜的角砾岩；8—沉凝灰岩；9—粉砂岩；10—粗屑沉凝灰岩；11—凝灰质砂岩；12—凝灰质砾岩。

上岛宾矿田乃是表征火山筑积物不同程度侵蚀断面的另一实例。在该矿田的东南例部分保存有吉维特期（中泥盆世）塔洛夫组酸性成分喷出物和喷发物，曾经受到弱侵蚀，该地在同格列霍夫组沉积物和基性火山岩的接触带上，可以有希望找到热液沉积矿床。在奥斯特鲁赫山这一地段的北部，曾经研究了塔洛夫组火山岩供给的火山管道带。矿田的西部埃菲尔层下部分层位曾经被潜火山（深成火山？）流纹斑岩所截断，其中产有波克罗夫2号矿床多金属成分的热液变质矿石。

所援引的资料，以及其他地段的观察提供了推断的可能，在一系列情况下，可将潜火山岩体的聚集，单个复杂构成岩体（考虑总的古相环境）视为火山筑积物之被揭露深部火山管道部分或根部的残余来研究。同时可以推断，这些带的结构愈复杂，组成这些带的岩石就愈为多样性，它们就愈适应较大的长期发育的火山筑积物。

借助古火山分析就是解决下述重要问题：详细划分含矿火山建造、并划分亚建造、火山，岩时有为亚杂岩，它们在具体火山带、地块或其他构造中火山作用的一定阶段具有特征。上述建造的划分单位以存在下述事实为依据：火山活动的间断，火山作用沿阶段发展的构造范围的变化，主要表现火山构造和火山—构造成因构造之一定岩相和一定类型的火山作用性质的变化，火山岩地球化学特征的变化等。

阿列伊背斜褶曲西南翼含矿玄武——流纹岩建造的详细划分，可以作为应用古火山分析划分火山建造的实例。上述火山建造是中晚泥盆世火山作用的结果，在圈定局部火山构造、火山构造类型化、形成阶段和空间分布规律的基础上对这种火山作用的发展进行分析，可以划分为两个阶段。早期的吉维齐——早弗兰阶段以巨厚酸性火山活动而著称，这种火山的作用的结果就是形成巨大的火山筑积物——层状火山及这类火山分隔的中间穹丘洼地。这些层状火山的特征在于它们常常被近顶端火山——构造洼地所复杂化，而这些近顶端火山——构造洼地是在剧烈火山作用熄灭后，到火山筑积物的剥蚀时期以及为格利霍夫组沉积物和充填喷发岩（熔岩，凝灰岩）及它们所伴生的安山玄武质次火山岩体所掩埋时期产生的。因此，对这一阶段而言明显地形成酸性和基性火山作用的单独中心和它们发展中的继承性。必须强调指出，火山作用的显著特征令人信服地证明火山作用发展的异源方向性。

在早期阶段的火山作用过程中曾经形成玄武——安山岩的亚建造。此外，酸性和基性火山岩的明显空间和时间特征，可以划分为两个亚杂岩组合：流纹岩组合和玄武岩组合。

后续的、同卡梅涅夫组、尼古拉也夫组及斯涅吉列夫组沉积物堆积时间相一致的佛兰火山作用阶段沿另一平面图（参看图33）发育着。法兰火山作用阶段的特点是火山活动中心向在第一阶段同火山洼地相符合的那些块断位移。正是在该地分布有由加梅涅夫组 and 斯涅吉列夫组酸性火山岩形成的巨大层状火山带。这一火山堆积物的特点是构造复杂。在堆积物的中心部分广泛发育有以近火山管道带的熔岩相和喷出相为主的流纹岩成分熔岩和熔岩角砾岩，而在堆积物的翼侧（邻近的块断）这些熔岩相和喷出相岩石又为火山—沉积岩所取代。在这一火山机构的斜坡上曾发育有副火山和巨大的喷出穹窿。就规模、构造的复杂性、岩相特征以及组成它的岩石成分而言，尼古拉也夫层状火山同早期阶段的火山筑积物相似。相似性的出现于层状火山的近火山管道带亦被由基性火山岩所充填的火山——构造洼地弄复杂。

在该区的东部的费尔索夫层状火山及与其毗连的间火山洼地的位置上，于佛兰火山作用阶段内形成了巨大的火山—构造洼地，其周围有比较不大的火山筑积物群，这些火山筑积物主要分布在内部的近火口凹地带内，以及产在长期活动的控制火山构造的火山同生断裂内。这些火山构造就是一些比较不大的喷出筑积物、火山管道以及岩颈。这一晚期阶段的火山作用产物可以归并到单独的玄武——流纹岩亚建造中。必须指出，就岩石化学特征而言，亚建造明显有别于同名的和成分上近似的早期阶段亚建造，其中包括较高的钠含量。如果注意到亚建造就是某些火山带的普通单位，当划分亚建造时就必须考虑到相邻带已确定的成分、年代界限等事实。其中包括，如果具有以上所描述的亚建造特点，则应指出，在相邻的维尔胡宾地区该建造就是另一些成分的火山岩，而且就全体来说，它的年代应断定为佛兰——法门那期。在上述火山带内所研究建造的那一部分，应作为独立的杂岩合理地划分出来，该杂岩具有火山作用的空间特点和专属特征（岩相特征、构造特征、岩石化学特征）。这种佛兰—法门那期的玄武——流纹岩质火山杂岩可以详细划分为两类亚杂岩，即佛兰期的英安——流纹岩质杂岩和晚佛兰——早法门那期的玄武岩质杂岩。

所援引的实例明显使人信服，火山建造组构的详细研究，按侧向和垂直方向划分建造，只能在古火山详细分析的基础上最可靠地进行。正如曾经指出的，古火山分析发展的主要方向之一，应包括查明矿汇、矿田及矿床的分布规律，查明矿床同具体火山杂岩，含矿火山构造和火山—构造成因构造的一定类型及决定矿体赋存的构造要素的关系。

最后必须指出，对于解决一系列部分问题通常应用个别要素，古火山分析的方式和方法。但是，对于那些以解决预测任务为目的大区域综合性研究来说，必须应用古火山分析，这种分析应在整个范围内编制专门古火山图和略图，常常是火山作用各个不同阶段和时期的古火山图和略图。关于编制古火山图的工作，我们推荐分三阶段进行。第一阶段就是在详细地质测量基础上，利用控制地段的古岩相分析和专门地质图，并根据地球物理资料研究区域深部构造，编制古岩相图。第二阶段则是进行出露火山构造的再造古火山，查明火山构造结构特征，形成阶段和后来形变特征，矿化、热液蚀变的分带性，以及进行的岩石物性和岩石结构的研究。第三阶段则是完成火山活动每一阶段的古火山图的编制，在该图上要反映出不同类型火山构造的分布规律。火山构造的组成和结构的主要特征以及对普查矿床的远景。

译自《Вулканогенные колчеданно-полиметаллические месторождения》

203~218页，1978

火山灰流岩席和破火山口与矿床的成因关系(内华达州)

摘 要

大的矿床往往与火山灰流喷发及破火山口形成为先导的岩浆系统的后期侵入伴生。从浅部岩浆房顶部喷出的火山灰流往往是硅质并富含亲岩元素,如果存在一种使这些元素富集起来的机制的话,那末火山灰流,特别是像塌陷破火山口中堆积的厚层火山灰流中就有可能成矿。找铀矿就应集中在火山灰流和破火山口处。各种贱金属和贵金属与硅质分异的关系不大,看来是因为喷发而被分散开了,在火山灰流凝灰岩中并不多见。像破火山口这样一些浅部断裂系统可能因后来的火成活动而造成矿化。但金属大多富集在深部侵位的岩石中,而且比破火山口形成时期晚得多。

在内华达州,大多数地区新生代火山灰流凝灰岩和在喷出期间或以后塌陷形成的破火山口都不含具有重要经济价值的贱金属和贵金属矿床。在内华达州的31个已知破火山口中,有两个破火山口具有产值在一百万美元以上的金、银、铜、铅、锌、汞、铋和铁矿床,业已证明,火山灰流凝灰岩中也缺少同样的金属。在98个产值在一百万美元以上的矿床中,只有5个是在硅质凝灰岩中,而这5个矿床可能是与火山灰流岩席无关的矿床。内华达最大的金银矿是产于显示受普遍热液蚀变影响的第三纪安山质浅成岩和喷出岩中。如果这种系统是在现成的破火山口构造内或附近形成的,那末老的破火山口断裂处就可能有利于成矿。Goldfield就是一个实例。业已证明,从岩浆房内相对来说较深的残余岩浆,或更可能是从一个新的深部的火成系统产生的晚期火成活动,与美国西部很多地方的热液金属矿床关系更为密切。

引 言

为了对地表的或近地表的火山构造如破火山口中,或从这些火山中心喷出的岩石中的含矿性进行评价,我们选择了一个具有大量喷出岩,许多已知的破火山口和无数金属矿床的地区来检验这一概念的正确性。内华达州对这项研究是很适宜的,该州所有露头中有一半以上是从塌陷破火山口喷出的第三纪火山岩。对其中31个破火山口有所了解。很多地方的矿化作用发生在第三纪,与形成破火山口的火山岩系统的时代大致相同。约有100个各种亲铜的和亲铁的金属矿床,包括银、金、铜、汞、铅、锌、铋和铁。每个矿床的产值都超过一百万美元,(见Schilling, 1976所编内华达州金属矿产分布图),矿山和硅质喷出岩的位置以及矿山和破火山口的位置

置都投绘在1:100万比例尺的内华达州地图上,看有多少矿床产于火山灰流凝灰岩中或靠近火山口。在空间伴生不十分肯定的地方,就引用一些已出版的文字说明资料来确定是否存在伴生关系。在母岩,成矿时代和构造背景等方面对这些矿床进行分析。

在内华达州这项研究中所选择的金属矿床大多产于各种母岩的热液矿脉中。这些金属包括许多亲铜元素亲铁元素,这可能是由于喷发时的结晶作用和损耗,使岩浆房的不同部位产生分凝的结果。亲岩元素,包括锂、钽和铀,是和硅质分异中一些挥发性物质,如水、二氧化碳、氯化物和氟化物共生的。在从岩浆房的浅部喷出的岩石中,或多或少普遍含有亲岩元素,这些元素可能是由厚层火山灰流堆积物经过风化、地下水和近地表各种作用而形成矿石。

火山构造系统中的金属矿床

业已证明有许多矿床是与火山岩共生的,或至少是与火山活动产生的热有关的热液活动共生的。再者,显然热液流体往往容易沿着裂隙运移而不容易穿过无裂隙的岩石。这种判断在找矿中是有帮助的,但还不够具体。我们需要知道在什么地方,以及在岩浆史的什么阶段热液流体以经济上有重要性的微量元素形式富集下来。它们与哪种类型的火成岩共生?它们是不是在分馏的岩浆的顶部聚集并与喷出的流纹质火山灰和熔岩流一起喷出来的?它们是不是在浅部位岩浆喷出后形成的破火山口的地表或近地表破裂系统中发现的?或者这些残余的流体是不是在与侵入体有关的构造环境中的岩浆房深部富集的。简而言之,这些热液流体是在深部、中部还是在浅部形成的?如果各种深度都可形成的话,是在什么条件下?什么类型的岩石和构造背景,包含着热液金属矿床?如Krauskopf(1967第5页)所陈述的“对设想的矿床与长英质和中性侵入体的关系所进行的检验表明,野外产状的一些简单事实提供了大量有利于该假说的极好的证据”。在看到空间关系的地方,也应该证明其时间的关系。如果喷出岩成矿的话,那么成矿作用的年代应该与母岩的年代几乎相同才能说明它们是直接有关的。同样也适用于成矿作用的年龄和含矿构造的年龄。如果热液活动与火山之间相隔一段长时间,两者间大概没有成因关系。在有多期火成活动的地方,确定这些期与冷却本源岩浆的关系如何,哪些期伴有热液活动是很重要的。

再生沉陷火口

如Smith和Bailey(1968)所详细描述的那种产生再生沉陷火口的地质活动在世界许多地区已有报导,这种活动开始时伴有区域性膨胀以及岩浆体上面的环状裂隙发育。这就导致从较浅部位的岩浆房顶部喷出大量火山灰流。随着高度分馏的岩浆及其挥发成分的大量排出,岩浆房的顶部沉陷,形成了一个塌陷破火山口,所形成的沉陷地形由塌落物、各种类型的沉积岩和因火山继续喷发形成的喷出岩所充填。紧接着旋回的喷发期就是侵入期,通常以中心穹丘或岩颈以及环状断裂的岩墙和可能是火山口的岩颈为代表。中心再生活动往往与最后的侵入期伴生。该系统最后以残余岩浆的晶出,在深部形成大的深成岩体并在破火山口内具有一些最后的喷气活动而告结束。美国西部大部分形成破火山口的岩浆活动过程为时约一两百万年(Smith和Shaw,1975)后来与此相同的或不同类型的火成活动则未考虑在该岩浆活动内。

岩浆规模小而且冷却时间间隔也较短。因此,再生破火山口与火山中心在成因和时间方面都是相近的。

地 质 背 景

内华达州位于盆地和山脉区,因此该区一半是基岩一半是冲积层。在出露岩石中有一半以上是第三纪火山岩类。该州东北部含最老的第三纪岩石:始新世晚期至中新世早期的富钾钙碱流纹岩(McKee等人1976)其上覆盖有中新世中期和更新世的玄武岩一流纹岩套。内华达州中部以其厚度大体积大的流纹岩和石英安粗岩火山灰流凝灰岩岩席著称(Mackin, 1960; Cook, 1965; Noble等人, 1968; Noble, 1968; Noble和Christiansen, 1974; McKee, 1974b; Christensen等人,)这些岩石大多为渐新世和中新世早期的富钾钙碱型(McKee等人, 1971; Silberman和McKee, 1972; Marvin等人, 1973)。较新的流纹岩包括某些高硅质的和过碱性的岩石。内华达西部和南部有大量的中新世和上新世火山灰流、熔岩流和浅成岩。安山岩流和浅侵入岩估计占总量的半数以上,而剩下的流纹岩质火山灰流凝灰岩和玄武岩流也几乎与之相等。内华达州地质图(Stewart和Carlson 1974)表明除内华达州西部安山质熔岩流和浅成岩更为丰富外,硅质火山岩,大部分是火山灰流凝灰岩是分布最广泛岩石类型。

内华达州是美国西部最大的火山岩区之一。如果假设谷地区岩石的体积与山脉区可计算的岩石体积相等的话,年龄为40~17百万年的钙碱岩石估计体积为20000~40000 Km³,年龄不到1700万年的火成岩估计大约也有同样大的体积。两种岩石总体积为40000至80000 Km³似乎是现实的估计。

根据空间和时间的联系并根据地质分析对第三纪热液矿脉中的金、银、铜、汞、铅和锌等主要金属产地与第三纪火山破火山口系统的可能存在的联系进行验证。在存在空间关联的地方,便测定母岩和矿床之间的成矿年龄,看其间是否存在明确的关系。只选用了产值在一百万元以上的矿床,因为内华达州有成千上万的矿点,而且至少有344个金属矿床有些记录的产量(Schilling, 1976)。与基岩体接触变质有关的钨、钼、铜和铁矿床,花岗岩地段的石英脉矿床和沉积矿床或层控矿床除外,因为这些矿床与喷出岩或浅部火山构造(沉陷火口)没有关联。

人们对较大的热液矿床给以特别的关注。根据总的生产量,火山岩地区金银矿总量中的98%以上来自内华达西部的不到十个地区(Silberman等人1976)。对这些产值很大的矿区的地质背景比小矿区进行了更详细的分析。

火山灰流岩席和矿床的分布

新生代硅质火山岩的大致分布见于图1。地图中所表示的岩石大部分是火山灰流凝灰岩,但在有些地方还包括流纹岩熔岩流或穹丘杂岩。这些火山灰流凝灰岩是含SiO₂在67%和75%之间的流纹岩或石英安粗岩,大部份由玻璃尖屑和浮石碎屑并具有数量不等的石英、透长石、黑云母、斜长石和角闪石的斑晶。

98个记录产值在一百万美元以上的金、银、铜、铅、锌、汞、铁和铋金属矿区都标绘在图1中(Shilling, 1976)其中5个是在第三纪硅质凝灰岩中,而93个是在一些其它岩石类型中。尽管第三纪火山灰流凝灰岩是内华达州最多的单个岩石类型,而且估计占整个地表露头的半数,而该州所有主要金属矿区中有93%却不在硅质凝灰岩中,这种明显的负的相互关系表明经济价值大的金属大多不是在硅质凝灰岩中发现的。

例外的是五个在第三纪硅质凝灰岩中的矿区:Goldfield, Round山, Bullfrog, Wonder和Divide。Goldfield是产量最大的,金、银产值约一亿美元(Ashley, 1974); Round山生产金约值1千万至1亿美元之间。(Schilling 1986);而Bullfrog, Wonder和Divide生产了金银1百万至一千万之间(Shilling, 1976)。

Goldfield(图1、1)的矿化作用尽管是在第三纪火山岩中,然而它是与该区火山喷发史的第二阶段的热液蚀变伴生的(Ashley, 1974; Ashley和Sillerman, 1976)。第一阶段包括硅质火山灰流凝灰岩的喷发和渐新世破火山口的形成。接着就是一次大约8百万年的火山活动间歇期。火成活动的第二阶段是复盖在较老的与破火山口有关的凝灰岩上的流纹英安质、粗安质和流纹质岩流和凝灰岩的喷出。断层作用、热液蚀变和矿石沉积发生在火山作用的靠近末期,比硅质火山灰流喷出活动、破火山口的形成或火山构造幕早期的其它活动更早得多,而且和这些活动没有什么关系。

Round山(图1、2)。在渐新世的高度破碎的熔结凝灰岩中发现有自然金、黄铁矿、冰长石、钠明矾石和其它热液矿物。而在下面的奥陶纪地层中则不多(美国地质调查所, 1976P. A4; Silberman等人1975,第1页),根据冰长石的钾—氩年龄分析,成矿时代与熔结凝灰岩相同(约25~26百万年; Silberman等人, 1975)热液流体的来源不明,由于该区所有的岩石都有某种程度的矿化,看来热液活动不像是与火山灰流凝灰岩有关的。火山灰流单层的来源也不明,但可能是来自东边8公里的一座可能是晚渐新世火山杰弗逊山(McKee, 1974a, 第5页)。杰弗逊山火山中心的晚期火成活动可能是产生Round山引起矿化的热液流体的来源。

Bullfrog区(图1、3)生产金银约近2百万美元(Kral, 1951第29页大部分是产于中新世致密熔结火山灰流凝灰岩中的陡峭的正断层部位。熔结凝灰岩大部分分布在Timber山和Painthrush Tuffs地区,是从向东几公里处的火山中心喷发的(Christiansen等人, 1977)。看来Timber Mountain Tuff不像是金属的来源,因整个该地层分布的广大地区都无矿,而且金和银矿床都不在Timber山。Bullfrog地区的金和银的来源尚不明了,但是Cornwall(1972)提出,其中有些可能与该区部分地区地下的侵入体引起的穹状隆起有关。

Wonder区(图1—4)生产了6百万美元以上的金和银(Wildden和Speed, 1974)。矿石产于包括熔结火山灰流凝灰岩和熔岩在内的喷出石英安粗岩和流纹岩中的剪切带矿脉中。有许多矿化脉聚集在流纹岩小侵入体附近,而那条仅有的生产的矿脉(Nevada Wonder)部分位于流纹岩喷出岩与英安岩侵入体之间的接触带上(Koschmaun和Bergendahl, 1968第173页)。在火山岩裂隙中沉积的金属的来源不明。现已发现矿化作用明显是在喷出岩之后,而这些喷出岩可能生成于30~22百万年前(Riehle等人, 1972)。一块矿石标本中的冰长石的钾氩年龄为 21.6 ± 0.6 百万年(Silberman等人, 1973, 第33页)这表明矿化作

用产生于该区主要的流纹岩火山作用的晚期或以后。广泛分布的火山灰流凝灰岩的仅有的已知来源就是在Wonder区发现的, 位于北边至少10公里处的Riehle等人(1972)描述过的一个火山中心。

Divide区(图1—5)位于Tonopah南8 Km, 生产了价值约3.5百万美元的金和银(Bonham和Garside, 1974第47页)。其母岩为火山灰流凝灰岩(Fraction Tuff), 湖沉积和散落凝灰岩(Siebert Tuff), 和流纹岩岩颈(Oddie Rhyolite)。这些岩石又被未矿化的英安岩穹丘(Brougher Dacite)侵入, 侵入时间几乎与矿化岩层相同(根据Bonham和Garside报导的钾氩法测定结果)。看来金属似乎不像是在凝灰质沉积岩或湖沉积岩中的, 这些沉积岩在区域内广泛分布而其他地方都未矿化。Divide区的矿化作用可能比英安岩穹丘略早的安山岩—安粗岩岩脉组成的杂岩有关(R. P. Ashley, 1977通信)。

破火山口和矿山的分布

图2中标绘了98个已记录产值在一百万美元以上的金、银、铜、铅、锌、汞、铁和铈的金属矿区(Schilling, 1976); 和已知的或推断的破火山口或破火山口型的火山构造中心。

有31个破火山口是有充分依据的。其中有2个位于主要矿区: Goldfield(图2—1)主要是金产地, 和Opalite(图2—2)为汞矿区。内华达州大部分破火山口都缺少有经济价值的金属矿。检验破火山口—矿床分布图看出, 两者相符的机会是很少的(31个中只有2个)。然而, 看来似乎有些矿区是在破火山口边缘之外, 但是靠近边缘, 是与火山构造系统有关的。由火口沉陷引起的裂隙往往离实际破火山口很远, 而这些裂隙可能成为后来矿化作用的所在。矿化作用可能发生在破火山口形成活动的晚期或是与破火山口形成完全无关的较新的活动。如果用放射性方法测定年龄, 后一种情况往往被证实。

要对位于破火山口内的Goldfield和Opalite矿区进行详细的检验才能确定矿床与破火山口是成因关系还是偶然关系。

Goldfield(图2—1)。前面对该区的总的火山活动史已经做了总结。热液矿化作用是与安山和英安质火山作用有关的较晚的活动, 而且可能与较浅的侵入体有关(Ashley, 1974)。热液矿化作用是受到先前存在的破火山口的已被强烈侵蚀的断裂系统的控制的。较老破火山口及其周围的喷出岩比矿化作用至少早8百万年(Ashley和Silderman 1976)。在较早的硅质喷发和同时形成的破火山口与较晚的安山质喷发活动之间, 该区没有火成活动的记录。在可能与矿化无关的第二次火成活动和热液矿化作用发生之前, 侵蚀已使古破火山口变得模糊。第二次火成活动中形成断层似乎是由较老的环境断裂系统所控制的, 在Goldfield区破火山口也就是在这一程度上对矿化作用起作用。

Opalite(图2—2)汞矿区包括3个产量在十五万瓶以上的矿床以及许多小矿点。主要求矿物是在硅化带发现的辰砂, 大多位于破火山口内的中新世湖积层中, 但有些是在下伏的硅质火山岩内。汞矿床位于占界限明确的破火山口约四分之一的边缘周围及其附近, 这表明深成的矿化是由破火山口环状断裂系统控制的(McKee, 1976, 第199页)这个火山中心的