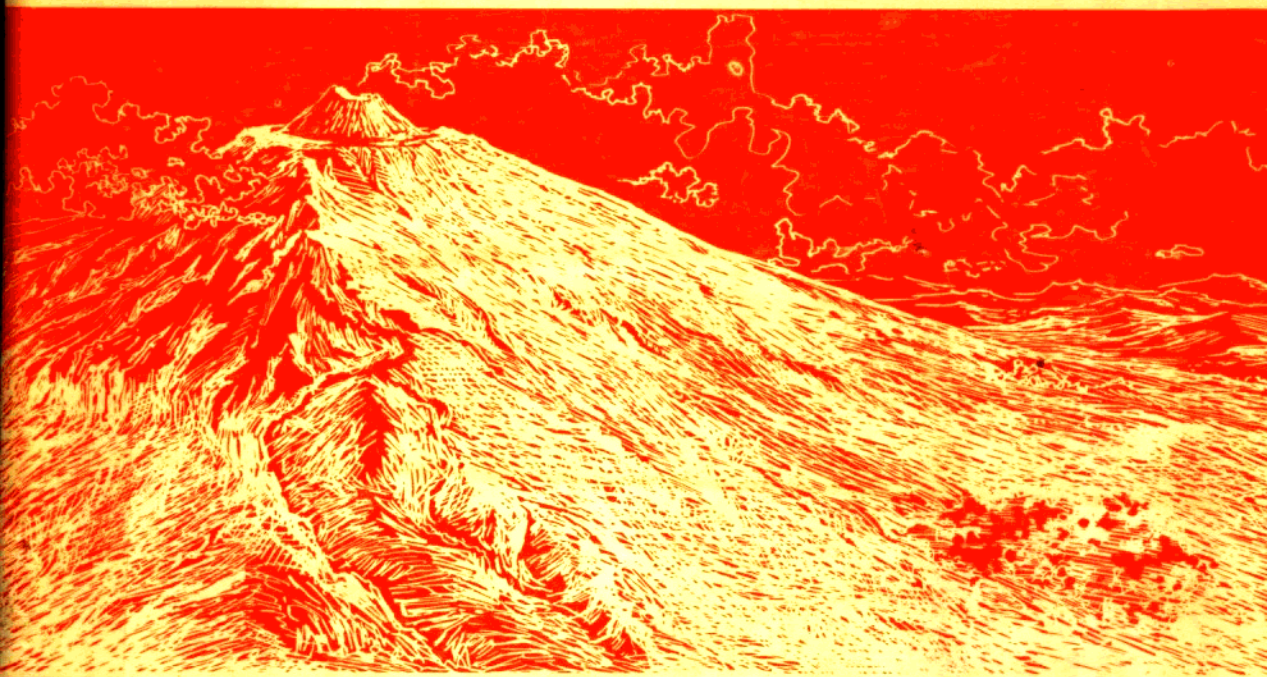


国外地质资料选编（二十四）

国外火山岩地区 地质构造



地质科学研究所

一九七六年三月

前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的方针，为了配合国内火山岩地区区测普查找矿工作，我们选编了有关国外火山岩地区地质构造的译文23篇。内容共分三大部分。

第一部分（1—15篇）：着重介绍火山岩地区的地质构造类型，如国外文献中经常提到的火山通道、爆发岩筒、破火山口、火口沉陷、中心型岩浆杂岩、断裂及裂隙构造、褶皱构造的地质特点，含矿性以及区域分布规律。

第二部分（16—19篇）：重点介绍矿田和矿床的构造—火山构造的类型，发育在火山构造中的矿床的地质特点以及矿体的构造类型。

第三部分（20—23篇）：重点介绍利用火山岩原生流动构造，特别是微观的原生流动构造确定熔岩流、火山灰流凝灰岩的流动方向，从而确定火山中心，恢复岩体的原始形态及其形成顺序。

应当强调指出的是，国外在火山岩地区地质构造研究方面也和其它方面一样，有不少唯心主义和形而上学的观点，特别是有关火山岩地区地质构造研究方法，构造类型的分类，火山岩地区矿田和矿床的构造分类以及火山构造的成因等问题上更是如此。比如，一些作者片面强调自己采用的方法的可靠性，而否定或排斥其它研究方法；不同的作者用不同的方法孤立地研究同一地质对象，从而得出片面的，甚至相互矛盾的结论。因此，这些译文仅供同志们参考。我们要遵照毛主席关于“认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒”的教导，结合我国的具体情况批判地吸收。

本专辑在选题过程中，曾得到江苏省地质局区测队，浙江省地质局区测队的大力帮助，在此表示谢意。

由于我们水平低，编译中一定存在不少缺点和错误，请读者批评指正。

地质科学研究所地质科技情报所

一九七六年一月

目 录

1. 火山的内部构造.....	1—24
2. 火山通道.....	25—30
3. 爆发角砾岩的形成.....	31—38
4. 阿根廷圣胡安省安弟斯的圣弗朗西斯科铋铜矿化角砾岩筒的地质及成因	39—50
5. 与亚利桑那州沃伦（比斯比）矿区矿床相关的侵入角砾岩	51—63
6. 含矿-爆发构造的基本特征.....	64—76
7. 阿尔曼破火山口的地质构造及含矿性（鄂霍次克-楚科奇火山带）	77—100
8. 格伦科伊火口沉陷的演化.....	101—110
9. 复活火口沉陷.....	111—144
10. 南格陵兰的格兰奈达尔-伊卡碱性杂岩体.....	145—157
11. 中心型岩浆杂岩的构造.....	158—197
12. 安大略省马多克以北前寒武纪火山岩中的裂隙分析.....	198—210
13. 英吉利湖区肯特梅雷地区波罗夫达尔火山岩的构造.....	211—220
14. 论鄂霍次克-楚科奇火山带的负向构造.....	221—234
15. 卡累利阿早元古代火山构造的古火山再造.....	235—240
16. 与火山建造有关的矿田和矿床的构造类型.....	241—257
17. 矿田和矿床的构造-火山构造.....	258—272
18. 火山通道矿床的构造类型.....	273—280
19. 古火山发育史，火山机体的构造-形态类型及与其有关的矿化（以一个古火 山作用地区为例）.....	281—286
20. 熔岩流流动方向的测定.....	287—291
21. 根据流状构造确定流纹火山灰流凝灰岩的流动方向.....	292—306
22. 沃索（比利牛斯-大西洋省）的火山杂岩构造.....	307—315
23. 应用物探方法研究火山岩.....	316—322

火山的内部构造

G.A. 麦克唐纳

关于火山内部构造和火山作用的证据有两类：对古火山锥内部和由于侵蚀及采矿而暴露出来的下伏岩石的直接地质观察；对能够表明那种处于可进行直接观察部位以下的岩石物质某些性质的地球物理测量。当然，地球物理测量往往可作多种解释，因此，地球物理测量所具有的表明构造的标志不如直接地质观察那么可靠；可是，除了研究由于岩浆上升或火山爆发偶然带到地表上来的下伏岩石的碎块外，进行地球物理观测是我们研究活火山下部构造的唯一手段。本文中，我们首先讨论实际可见的火山通道及其与火山机制的关系，其次，再根据可见构造来讨论所得的地球物理证据及其解释。

岩墙、岩床和岩盘

在陷落火山口的壁和侵蚀火山锥的横断面中往往可以见到侵入体。在某些情况下，这种侵入体极多，但在另外一些情况下却寥寥无几。而最大量的，则是由岩浆充填横穿火山锥中的火成碎屑岩层及（或）熔岩流的裂隙所形成的岩墙；但是平行于火成碎屑岩层侵入的岩床也常见（见照片1），而且有时可以发现不规则或大致呈圆柱形的侵入体，这种侵入体通称为岩株或岩瘤。



照片1 向上合并到一个小岩床之中的岩墙，侵入到洛阿火山的莫瓜韦韦破火山口壁的薄层熔岩流中。在最厚点，岩床厚度为26呎。

图解表示：(A)和(B)是由中心供应岩筒供给岩浆的岩盘；(C)是由一个岩株供给岩浆的岩盘，犹他州亨利山脉；(D)是垂直(C)切的横断面。

一个复合火山的概略横断面，表示一个岩栓（A）、一个被盖岩床（B）、一个岩床（C）几个岩墙（D）、一个岩盘（E）和一个熔岩流（F）

虽然在火山锥中常见有岩墙和岩床，但它们在其它环境，如造山区的褶皱岩层与非造山区的比较平缓的岩层中，也是经常出现的。在火山锥中，岩盘稀少，而大部分大型岩盘则出现在非褶皱岩层的“高原”区内。位于大型岩盘之上的岩石，最常见的是沉积岩，这可能是因为沉积岩比较轻，从而使得岩浆顶起上覆岩层比冲破这类岩层而达到地表要容易得多。

虽然单一的筒状火山口通常出现多次喷发，但大部分裂隙火山口只喷发一次。可是，裂隙偶尔会重新喷发，这种现象在沿着由裂隙中较早期岩浆的凝固所形成的岩墙边缘处最常见，但有时却是通过该岩墙的中心。在第二次喷发的末期，裂隙中的岩浆的凝固产生一个直接靠在第一期岩墙上的第二期岩墙；同样的情况可发生几次，但这是很少的。一般讲来，连续形成的岩墙之间的界线是清楚的，第二期岩墙边缘部分存在的证据往往表明，它是紧靠第一期岩墙冷凝的，从而形成一层薄的玻璃质边缘带；但是，在第二期岩墙形成时，如果第一期岩墙仍然是热的或部分甚至是熔融的，那么其界线可能模糊不清，或者甚至是渐变的。由成分一样但较小的邻近岩墙形成的多个岩墙称为联合岩墙，而由成分不同的几个邻近岩墙组成的一类岩墙则称为复成岩墙。单一的岩墙比联合岩墙或复成岩墙更常见。

复成火山锥的强烈侵蚀往往揭露出许多切割熔岩层及火成碎屑岩层的岩墙。岩墙宽几吋（1吋以下的不多）至几十呎，大多数都在2呎—20呎之间。岩墙往往以近似直角切割岩层。有些岩墙在长距离（长达几哩的不多）内基本上是直的，而大部分在平面上呈明显的弯曲状；更详细点讲，岩墙通常都是由无数短而很直的、并被急剧弯曲所隔开的区段组成的。许多岩墙的具体方向显然受早期存在的节理控制，这在熔岩流中尤为突出。穿切火成碎屑岩的岩墙一般很规则，而在火山锥深部急速终止，但在高处可变得极不规则或者甚至成羽毛状尖灭在火成碎屑岩中，这是因为在高压静压力低。虽然在其它情况下，裂隙中上升的岩浆达不到地表，但许多岩墙曾经却是两侧喷发物的通道。

岩墙边界常常是一般不到1吋厚的玻璃质边缘带，这种边缘带是由于液态岩浆紧靠较冷的围岩冷凝而形成的。有些岩墙是多孔状的，但大部分岩墙比周围的熔岩流致密，这种密度可能部分地是由于在冷却较慢的侵入岩浆凝固之前气泡已经消失引起的，然而，冷却快的玻璃质边缘带也常常是致密的，除非围岩是热的，否则薄的岩墙一定比较厚的熔岩冷却得快；如果围岩真是热的，那么冷凝的玻璃质边缘带就不能形成了。侵蚀露出的岩墙与普通密度可能是由于上覆岩浆柱的重量压制气泡的形成而造成的，由于同样道理，气泡也不能在深水熔岩流中形成。在压力减小的情况下，跑出的气体在液体里膨胀，从而形成气泡，在岩墙的高处，含气体



照片2 具有与其壁垂直的柱状节理的岩墙。夏威夷的考爱岛。

很多的岩浆可能完全爆裂掉，从而形成好像供给碎屑流那样的碎裂岩墙。有些岩墙显示出与下面将提到的凝灰岩岩栓中的熔结凝灰岩或流动凝灰岩相类似的显微构造，这可能是由于注入到裂隙中的气体-火山灰乳浊液的玻璃质碎片熔结起来造成的。其中有些岩墙大概就是地表碎屑流的通道。

由于在两个近似平行的岩墙界面上辐射并传导热而引起的岩墙冷却，通常要导致与岩墙壁接近垂直的柱状节理的充分发育（见照片2），如果岩墙近似垂直，那么人们可以看到，出露的柱状岩体极像整齐地堆在一起的一大堆木料（见照片3）。



照片3 由于围岩侵蚀而露出的具有柱状节理的岩墙。位于加利福尼亚州东北部的阿丁以南17哩处。

在复成火山锥和大的盾形火山中，大部分岩墙从火山锥顶部附近向外呈辐射状散开。在活火山锥和近代火山锥上，这些现象可用呈放射状排列的小型火山口构造加以证实。比如，勘察加半岛的克留赤夫火山侧面约有80个小的火山锥排成十二行，它们从顶部向外呈辐射状散开。此外，还有以顶部为中心的三条弧线，这可能是锥状岩席的地表显示，这点下面还将讲到。在较老的切割火山中，岩墙本身出露了。有些火山锥中，辐射状岩墙的分布多少有些规律，而像轮子上的辐条一样；但是，在夏威夷火山的许多火山锥中，岩墙大部分集中在盾形火山的某些比较局限的辐射状区段（代表裂谷带的地下部分）中。关于辐射状模式的典型例子见图3。

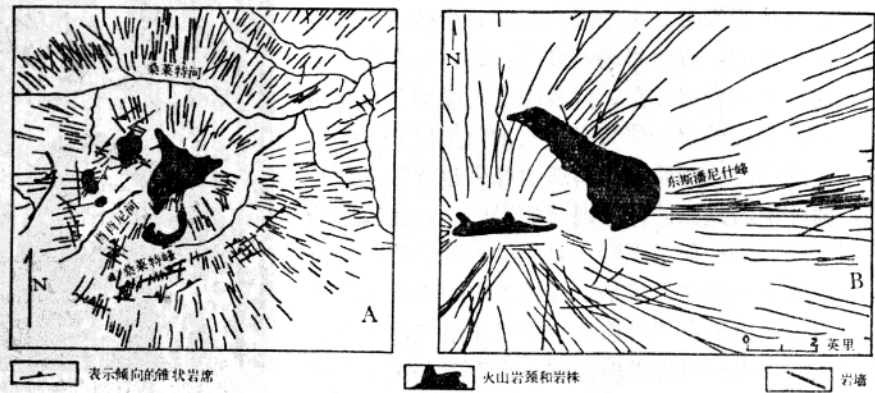


图3

A为怀俄明州桑莱特区辐射状岩墙模式图， B为科罗拉多州斯潘尼什峰辐射状岩墙模式图。

在夏威夷型盾形火山中，具有极大量岩墙的地区称为岩墙杂岩体。其中大部分岩墙厚1—5呎，虽然偶尔可以见到产状平缓的岩墙，但主要是倾斜的，倾角为 70° 至垂直。有时岩墙直接接触，有时又被构成盾形火山的熔岩流组成的薄膜所隔开。岩墙常常是互相穿切的，并且经常形成玻璃质边缘带，这表明，在第二期岩墙侵入时，较早形成的岩墙已经比较冷了。人们横穿岩墙杂岩体时，往往在每哩的距离内就可见到多达300到600条岩墙。和地表裂谷带一样，岩墙杂岩体的宽度一般在1—2哩之间。

虽然不能怀疑，许多或者大部分这样的岩墙乃是曾经供给地表喷发物的通道的充填物，但罕见的是，可以看到其中有一个岩墙侵入了由它产生的熔岩流之中。这种情况至少部分地是由于在喷发末期，熔岩向通道方向返回一段不大的距离，从而破坏了与熔岩流的正确关系所造成的。

有些地区，极大量的近于平行的岩墙形成了岩墙群（见图4）。通常认为，这类岩墙

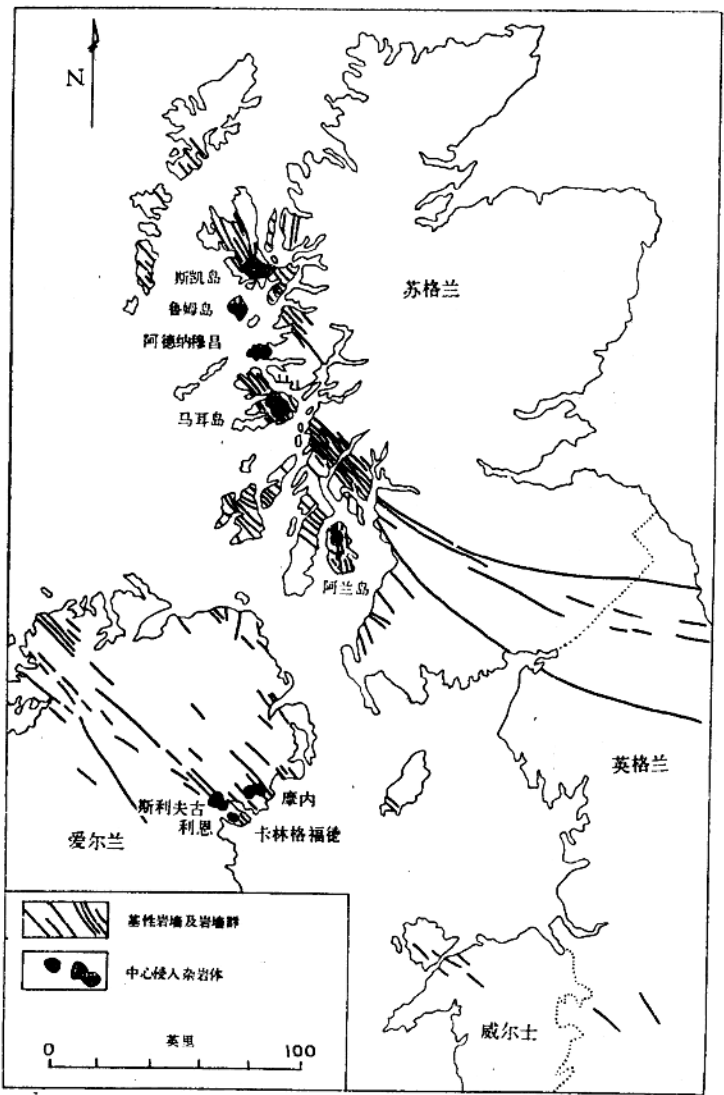


图4 苏格兰西部区域性岩墙群图

供给那种形成熔岩平原和高原（像印度德干地区和美国西北部哥伦比亚平原的熔岩平原和高原）的溢出喷发物。然而，与夏威夷盾形火山一样，沿着一个岩墙实际上可以直接追索到熔岩流之中的情况却很少。

大部分火山岩墙好像是膨胀的——也就是说，岩浆似乎占据了由于岩墙两壁分离运动所形成的裂隙。岩墙壁的突出，一般和另一壁的凹进相配合。在地壳的较深部，有些岩墙是非膨胀的，没有因两壁分离运动而为它们提供空间，取而代之的是，出现了由于挥发性物质沿着某个裂隙或渗透带运动而造成的岩石搬运现象。在某些受侵蚀的火山深的根部地区，有这种相同过程的迹象存在，但是，在通常所研究的火山的浅部，似乎不会发生这种情况。

使岩墙裂隙张开的确切机制一般还不能肯定。大概，没有多少证据可以说明，裂隙是由于进入的岩浆的压力挤开形成的。许多岩墙切穿了粗粒火成碎屑岩层和熔岩流的破碎部分，而没有使邻近的碎屑发生明显的变动。像图5中那种由岩墙供应的岩浆造成强烈推进现象的确切证据还很少。一般说来，被由岩墙充填的裂隙所切割的岩石已被下伏作用力以及比较被动地在这些岩石中上升的岩浆拉开了。

不论造成裂隙张开的机制怎样，这种张开无疑表明被岩墙所切割的岩石发生了膨胀

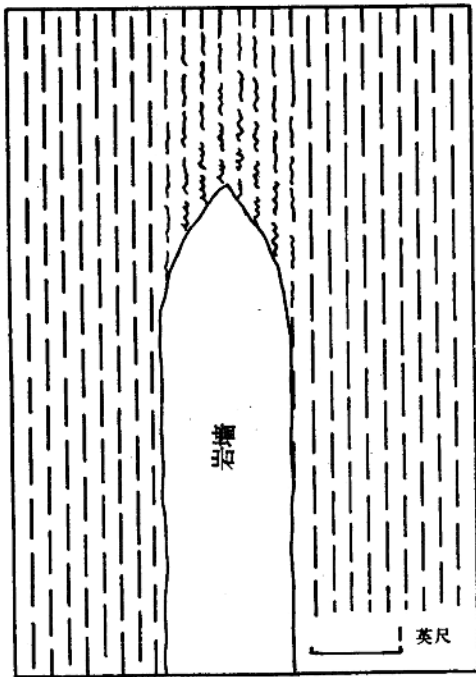


图5

加利福尼亚州洛杉矶附近列佩托山的一个穿切片麻状黑云母石英闪长岩的玄武岩岩墙图解。在近两呎的距离内，在与该岩墙界线正好相一致的方向上，一般平直的云母片，由于岩墙供应的岩浆压力的影响，而揉皱成皱纹状。

或拉伸，在某些情况下，可以发现这种拉伸是很大的。在岩墙杂岩体中，不管辐射状岩墙是均匀地分布的还是集中在一起，都表明火山锥外部发生了相当可观的拉伸。在一些复合火山内，火山锥中部的周长加长了百分之几。与苏格兰西部马耳岛古火山(第三纪)中心伴生的几百条北西向岩墙群(见图4)表明，地壳沿北东-南西向膨胀了近半哩。稍向南，在阿兰岛附近，这种膨胀更大，可能有6000呎以上。切割夏威夷盾形火山的几千条岩墙发生了规模同样大的膨胀。瓦胡岛怀阿奈火山和科劳火山中，大致平行的岩墙杂岩体都表明，火山构造底部呈北东-南西向拉伸了近半哩(见图6)。即使地壳的这一拉伸数值也比下述地区的膨胀数值要小，如冰岛中部可能膨胀了240哩，大西洋中脊其它地方的膨胀数值可能至少也是这么大，或者达到塞浦路斯岛的膨胀规模，在这里，穿切枕状熔岩和一个下伏的蛇纹石化橄榄岩及辉长岩杂岩体的岩墙占该地全部岩石的90%以上，且表明地壳至少拉伸了45哩。

在有些情况下，火山锥的辐射状裂隙

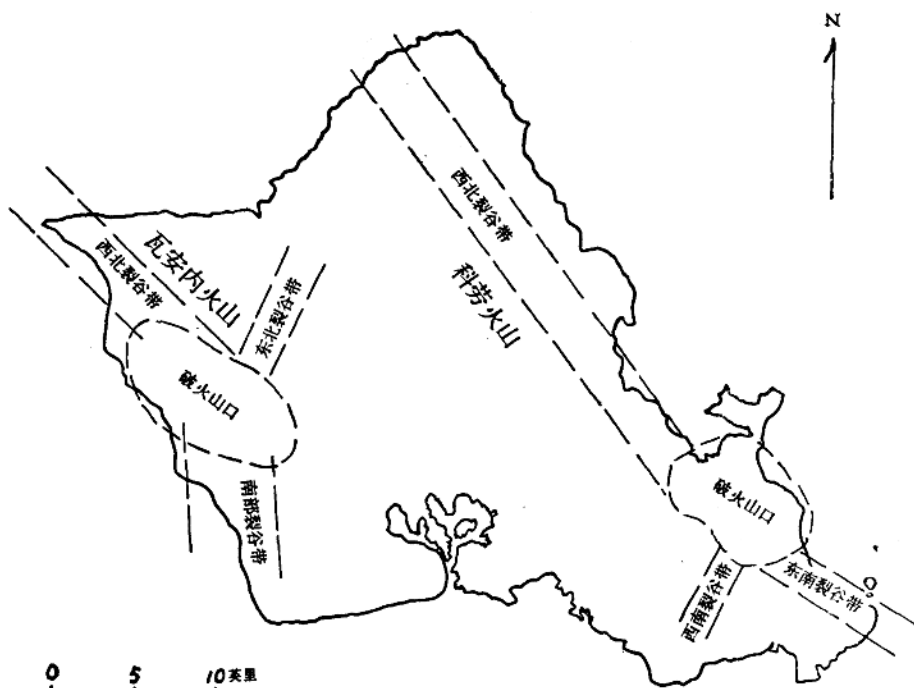


图6 夏威夷瓦胡岛平面图，表示怀阿奈火山和科劳火山的岩墙杂岩体和破火山口。

• 图中的瓦安内应为怀阿奈——编者。

可能是由于占据中心筒状通道的液态岩浆柱的重量造成侧向推进所引起的。这可由下述几点，即维苏威火山锥的劈裂（由此产生了侧向喷发，并使导致1906年巨大爆发喷出的岩浆位置下降）以及伴随许多其它喷发所出现的类似现象，得到有力说明。在小型复成火山锥中，这种劈裂可能是辐射状岩墙侵入的最普遍的原因；但是，用它来解释大的夏威夷盾形火山的拉伸现象，似乎完全不合适，因为那里肯定要涉及到其它机制。这点在后面还要讨论。

火山岩栓和火山岩颈

充填了略呈圆柱状的已凝固的岩浆或火成碎屑岩物质的死火山的筒状通道，一般被称之为火山岩栓（plug）。当然，一个由凝固岩浆组成的火山岩栓的发育是一个渐进的过程，在休眠火山中，固态的火山岩栓可以覆在仍然是液态的岩浆柱上。在这类火山中，标志着重新活动的爆发通常抛出大量固态火山岩栓碎块，开始爆发的角砾岩可能完全是由这类碎石组成的。有时，火山岩栓由于下面压力越来越大而向上推进，从而形成了岩栓丘。火山岩栓通常比围岩更不易侵蚀，在强烈侵蚀的火山中，火山岩栓像一座堡垒或不规则圆柱体（一般称为火山“岩颈”——neck）那样明显地直立着。然而，不管该岩体是否明显直立，火山“岩颈”这个词与“火山岩栓”常常是当同义词来用。

在浅部，由岩浆凝固形成的火山岩栓是细粒的，一般被看成为一种熔岩岩栓。而在

更深部，这种岩石是粗粒的花岗岩或辉长岩，并且常常是斑状的。这种岩石的组成包括全部喷发熔岩以及某些类型的岩石，诸如纯橄榄岩或其它类型的橄榄岩（几乎或完全不知道这几类岩石是以熔岩流出现的，或许在大洋的极深处可能是例外）。这些岩石可能并不是在岩浆完全处于液态情况下存在的，它们是由下沉晶体（比它们赖以形成的岩浆要致密）的堆积而形成的堆积岩石。

许多火山岩栓及火山岩颈大部分或完全是由碎块物质组成的，这些物质部分是火山岩，部分是岩筒壁（可能是任何一种岩石）的碎块。这两种类型的碎块大小为粉末状一直径几十呎的岩块。岩浆成因的碎屑物质一般是玻璃质火山灰和浮岩碎片。这种物质可能全是细粒的，构成一种凝灰岩火山岩颈或火山岩栓，而在一个角砾岩火山岩颈中，则全是粗粒的；但最常见的是，在形成凝灰角砾岩火山岩颈的细粒基质中，这种物质是大岩块混合物。这种碎屑物质常常被岩墙所切割。这种因爆发喷出所形成的凝灰岩火山岩颈或凝灰角砾岩火山岩颈也被称作火山道。大概，这两种火山岩颈通常是在低平火山口或凝灰岩火山锥的表面终止的。

火山岩栓（和火山岩颈）直径为几码至一哩左右。有些在地面上近圆形，而另外一些为椭圆形，在特殊情况下，它们渐变为裂隙充填物。另外一些例子，如由 A. 盖基介绍过的苏格兰的某些火山岩颈，在平面上很不规则（见图7）。在某些情况下，如在南非（阿扎尼亚）一些开采金刚石的岩筒中，人们发现，在地表其横断面近圆形的一个火山岩栓，在深处则变得越来越细长（见图8）。有些火山岩栓的壁近似垂直，有几个好象向下扩大，但大多数则向下会聚而成为四壁很陡、向上张开的漏斗。在少数情况下，在现有出露部位接近喷发时的地表的地方，可以见到漏斗的最上部突然向外张开。在这些向外张开的岩筒开口处周围，有时可以发现凝灰岩火山锥的残余部分。在天然露头中，很少可以看到垂直距离超过几百呎的火山岩栓的壁，因此，火山岩栓壁向下在哪个巨大深度上会聚起来，只能加以推测。然而，在南非（阿扎尼亚）的金伯利矿井中，发现这种会聚延伸的距离是位于现代地表以下3500呎深度这一采矿极限处，而在该岩筒形成时

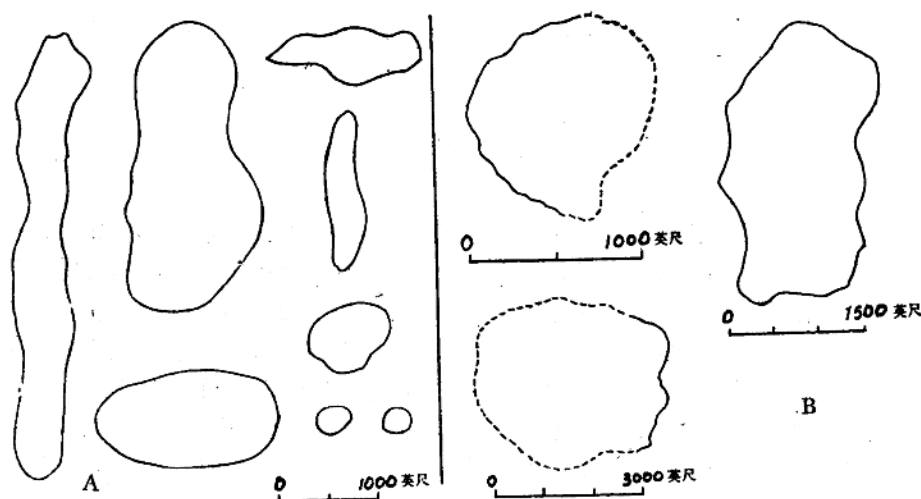


图7 苏格兰中部（A）和亚利桑那州（B）火山岩颈和火山岩栓的外形。

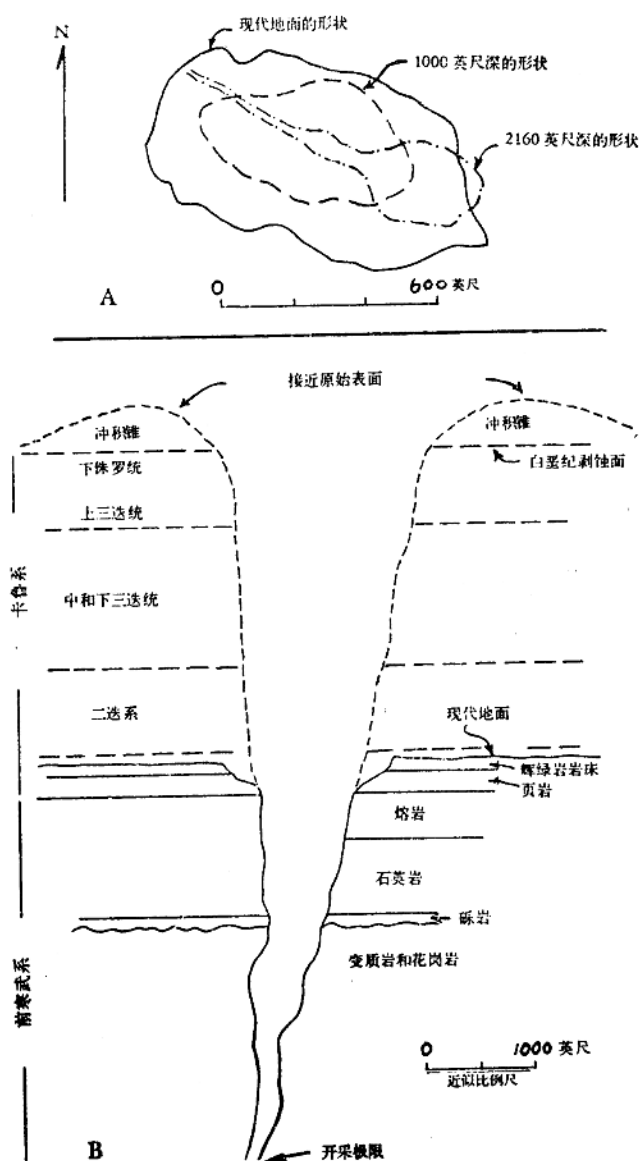


图8 南非(阿扎尼亚)金伯利的金刚石岩筒, 示出各个部位的形状和剖面。

(A) 平面图, (B) 概略横剖面图, 示出现代地面之上可能的原始形状。

的地面之下延伸的距离则是上一数值的两倍(见图8)。在一个火山岩栓切割近水平的沉积岩或火山岩处, 有时可以发现, 该火山岩栓附近的火山岩层由于中心地区的上冲作用而向上弯曲了。然而, 更常见的是, 由于下面支撑的消除引起的中心地区的沉陷, 使得这些火山岩层向内弯曲, 而成为圆锥形或碗形构造。在苏格兰邓巴附近的一些火山岩颈周围, 在紧挨着火山岩颈壁的一个厚几十呎的带中, 火山岩层向下拖曳成几乎垂直的产状。在有些火山岩颈中, 肯定是在地表形成的几乎水平的凝灰岩层, 可能由于喷发末期

支撑的消除，而向岩筒中下沉了几百呎。部分由沉积岩屑组成的、可能由于气体影响而活动起来的凝灰岩注入到裂隙中，便在火山岩颈中或沿火山岩颈边界形成了岩墙和岩床。

似圆柱形的火山岩筒和火山岩栓，有时是圆柱形断块沿着环状断裂沉陷造成的，但在许多情况下，是由原生裂隙扩张造成的。不仅有几个火山岩栓向下变成了裂隙状，而且有几个火山岩栓排成一行，这往往有力地表明，它们的位置是沿区域裂隙分布的（见图9）。有时一个特定火山岩栓的位置好像是受两条这样的裂隙的交点所控制。原生裂隙扩张成筒状形态，好象是由于磨蚀及（或）顶蚀作用造成的。顶蚀作用是一种使岩块与火山口壁分离的作用，这种分离不是由于岩浆或气体的强烈迁移，就是由于物质从一个未得到支撑的块段周围迁走，从而使该块段受重力影响而发生简单下沉造成的。火山口壁的磨蚀是由于外冲气体通过壁时所携带的碎块磨擦及碰撞造成的。虽然有关由于围岩熔化引起通道扩张的任何证据还很少，但一定要考虑这种可能性。

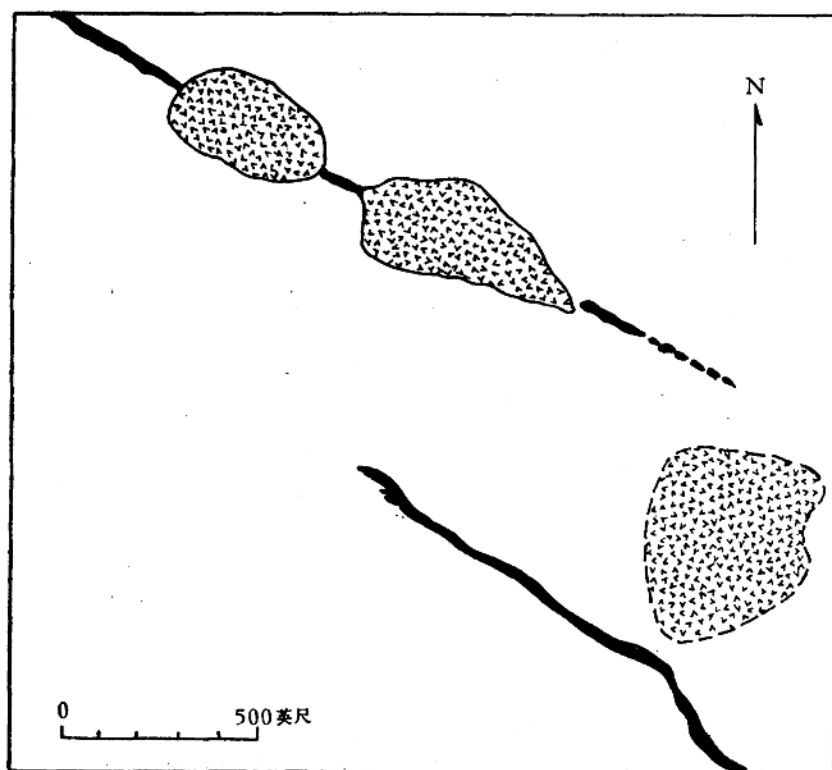


图9 亚利桑那州霍皮巴特斯地区三个火山岩颈（火山道）的平面图，示出它们与玄武岩岩墙（黑色）之间的关系。

H. 克鲁斯 1941 年详细描述过的斯瓦比亚凝灰岩火山岩颈对研究岩筒的发育方式是很有意义的。这些火山岩颈切割了侏罗纪的沉积岩，而且充填了凝灰岩和沉积岩块的混合物。凝灰岩部分是由粉碎的沉积岩组成的，部分则是由从熔融岩浆中凝固出来的玻璃质火山灰碎屑及火山砾组成的。岩块就是形成火山岩颈壁的那种沉积岩。克鲁斯指出，

那种认为混合物仅仅是由于喷出物降回到开口的爆发漏斗中而形成的早期看法是不能接受的。沉积岩岩块并不是杂乱无章地排列的，如果沉积岩岩块在被抛到空中后又降回漏斗里，那么这些沉积岩岩块就会杂乱地排列了。相反，许多沉积岩岩块（特别是较大块的）是来自紧挨着的围岩，它们可能和上、下相距不远的岩块不同，并且只是简单地向外运动，有一少部分则向下运动到火山岩颈里（图10）。在凝灰岩里，流动构造通常发育显著。围岩及沉积岩岩块中薄而常常呈楔形的裂隙都被凝灰岩所充填。

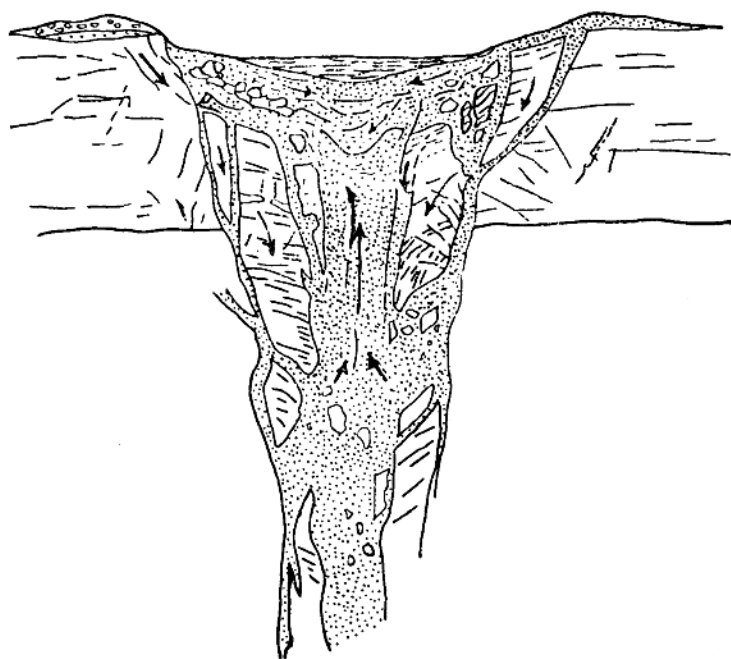


图10 斯瓦比亚一个凝灰岩火山岩颈的垂直横断面。

侵入凝灰岩（画点）中包含有大大小小的块状灰岩（白色）碎块。

克鲁斯推断的这些火山岩颈的形成机制是正确的，这点似乎没有什么疑问。在比较浅的部位，含气体极多的岩浆遇到了裂隙（可能是由于上覆岩石的轻微隆起和膨胀造成的），这就在局部地段解除了岩浆的围压，并使其骤然起泡。含有岩浆灰屑的气体穿过裂隙上升，在有些地方这种气体上升比在其它地方更容易一些，从而使裂隙壁受到磨蚀，使小而松散的围岩碎块破裂，并把细碎屑往上带到地表。在这里，细碎屑喷出来并在火山口周围形成火山灰锥。由于这样，通道逐渐变宽，所以较大的围岩块也变松散了，而且向外滑入通道中，它们的巨大质量使其穿过含火山灰的上升气流向下运动。有些岩块在其母岩层位置之下向下运动了几百呎，与此同时，上升气体则把来自目前可见的任何一个部位以下的较小岩石碎块往上带。

气体中火山灰质点的悬浮现象与火山灰流中产生的“液化”类型相同。由此产生的乳浊液活动性很大，它进入并充填很小的裂隙。有些地方，固体颗粒大部分或全部是岩浆灰，而另一些地方，如苏格兰石炭纪的火山岩颈中，它们主要是来自通道壁的极小的

沉积岩屑。克鲁斯建议，将这些侵入凝灰岩命名为凝灰岩筒 (tuffisite)，以区别于喷出凝灰岩。

在美国西部一些地方，如喀斯喀特山脉，落基山区和大盆地，发现了许多火山岩栓和火山岩颈。密苏里州东南部一类以及蒙大拿州中部以北另一类火山岩栓和火山岩颈，已有人介绍过；而最有名的也许要算亚利桑那州、犹他州和新墨西哥州的了。仅仅霍皮巴特斯火山区就发现约 200 个火山岩栓和火山岩颈。

H. 威廉斯在研究纳瓦霍—霍皮区的火山岩栓时，发现了两种类型的火山岩栓，后来 A.R. 麦博尼把它们称之为霍皮型及纳瓦霍型。在穆纽曼特山谷及其附近地区发现的纳瓦霍型火山岩栓是一种充填有碎屑物质的大致呈圆柱形的岩筒，这与上述斯瓦比亚火山道极其相似。有些岩筒在原始地表附近向外张开，呈漏斗状。充填岩筒的凝灰岩是由云煌岩（富碱的基性次火山岩）和岩筒壁的粉末状沉积物碎屑以及下伏深部基底的花岗质岩石碎片杂乱无章的混合物组成的。这种凝灰岩是由方解石牢牢地胶结起来的。许多花岗质岩石碎块，由于岩筒中的摩擦作用，变得相当圆了。在火山岩颈顶部，凝灰岩可能是成层的，并且可能显示一种盆地构造，这表明，凝灰岩是在地表火山口中堆积的，有时凝灰岩与湖泊沉积物呈互层。这种凝灰岩被云煌岩岩墙所穿切。在亚利桑那州霍皮巴特斯火山区和新墨西哥州泰勒山区，发育充分的霍皮型火山岩栓是由一个充满熔岩（这是一种叫做沸煌岩的富碱基性火山岩）的岩筒组成的，在一些情况下，该火山岩栓在顶部扩展到那种代表地表低平火山口或凝灰岩锥火山口充填物的块体之中，一些扩展的顶部显示出向下散开的柱状节理（见图 11）。在一些情况下，在充填火山口的熔岩顶部之下为含有大量砂岩及其它下伏岩石粉末状碎屑的内倾凝灰岩层。这两种类型的岩筒充填物通常比围岩更耐侵蚀，而且呈边部陡削的堡垒状或烟囱状孤山或方山直立着。两者有时也与辐射状岩墙伴生（见图 12），而岩墙则呈横跨原野的墙直立着。纳瓦霍型的典型例子是阿加斯拉（见图 11）和希普罗克火山岩颈（见图 12），霍皮型的典型例子是史密斯布特（见图 11）及海斯代克布特火山岩栓。阿加斯拉火山岩颈高 1000 呎，底部直径 3000 呎。

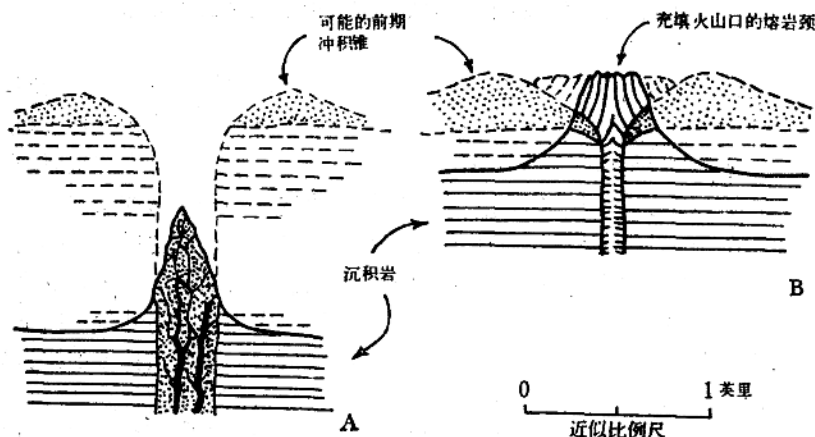


图 11 推测的火山岩颈垂直横断面。

(A) 纳瓦霍型（被岩墙穿切的凝灰角砾岩）；(B) 霍皮型（被圆柱状熔岩充填）；粗线表示现代地表；破折号表示现在被剥蚀掉的原来地表及构造。

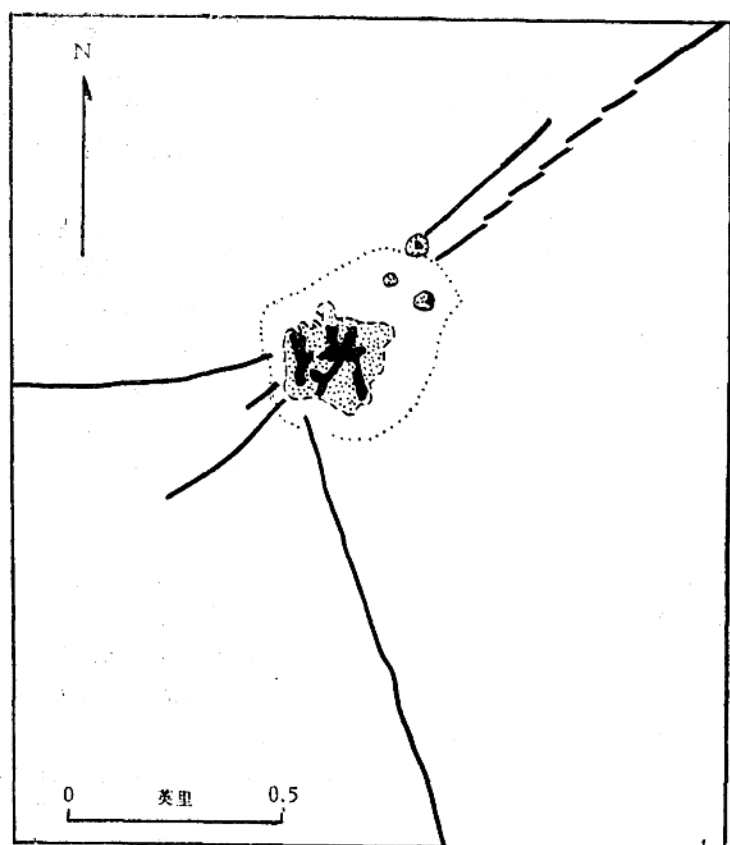


图12 亚利桑那州希普洛克，一个凝灰角砾岩火山岩颈的平面图，示出伴生的岩墙和更小的火山岩颈。

火山岩颈凝灰岩中的沉积碎块主要来自紧挨着的壁的砂岩和页岩。来自更深部的碎块较常见，而来自上覆部位的碎块更普遍。后者常常向下位移几百呎，纳瓦霍火山岩颈中的花岗质岩石和变质岩碎块则是来自3000多呎以下的基底。E.M. 休梅克等人认为，在某些火山岩颈中，一个外带含有靠近地表的岩层碎块，而一个内带则含有下边岩层的碎块。在某些情况下，凝灰岩环绕一个块状火成岩核。岩筒向外张开的上部无疑是因地表触水爆发造成的，而凝灰岩中碎块磨圆是由于在岩筒中不断抛上抛下来回滚动造成的。A.R. 麦伯尼把岩筒扩展过程中沉积物质的消失看成是一种对流运动引起的，在对流时，一种比较冷的气体和固体碎块混合物靠近岩筒边缘向下运动，而一种热的气体和碎块柱体则在中心向上运动。

在内华达州的肖肖尼山脉中，有三个火山岩栓穿切了古生代的沉积岩。霍斯峡谷火山岩栓是直径为 1×0.75 哩的椭圆形火山岩栓。该火山岩栓由于侵蚀了1600呎深而出露了。向上，岩筒壁向外张开，和围岩接触清楚但不规则。沿着一侧，围岩破碎厚达1—20呎，而各断块位移不大。然而，火山岩栓外部是由微小到长100呎的棱角状沉积围岩碎块组成的粗粒角砾岩构成的。在任何一个给定部位上，绝大多数碎块和紧挨着的围岩的岩石类型相同。这表明，角砾岩的垂直运动是微弱的；但是，有些断块是在它们原来

存在的位置以下 300 呎处发现的，由棱角状到圆形的各种类型岩石碎块（大部分直径在 1 吋以下）组成的细粒角砾岩占据火山岩栓的中心，并侵入到一系列微小至几呎宽的岩墙内的较粗粒角砾岩之中。其中几条岩墙位于粗粒角砾岩和围岩之间。基质是细的岩粉，现在，它们大部分因热液的影响而蚀变了。一个小的次火山岩岩体（石英二长斑岩）侵入到细粒角砾岩中。

O. 盖茨认为，碎块脱离岩筒壁而形成粗粒角砾岩，部分地可能是由于岩筒张开引起压力减小造成的，这种压力减小就使得围岩发生爆发性扩张，这和深矿井的水平巷道中围岩所产生的情况是一样的。这种趋势甚至可能由于气流通过岩筒向上迅速外冲的“压气吹风管效应”得以加强，于是，这就进一步减少了对岩筒壁的压力。此外，正如 G. W. 拉斯特先前所认为的那样，在压力影响下，围岩细孔中存在的水或其它液体的扩张，可能也是有助于这一趋势的。

蒙大拿州火山道的特点在于，它们是由沉积围岩断落弧形部分的一个不连续外环组成的，其中有些向下运动了 4000 多呎（见图 13），在这些弧形部分中，一系列内倾层状凝灰岩被一个不成层的角砾岩核以及岩墙和不规则的火成岩侵入体所穿切。凝灰岩和角砾岩中的侵入火成岩体和火成岩碎块是金伯利岩——一种富含蚀变橄榄石的高碱性超基性岩，这和南非（阿扎尼亚）金刚石岩筒中的最常见岩石相类似。B. C. 赫恩认为，这些成层的凝灰岩最初是从空中落在较高处，而在岩筒中则下落几千呎，从而使围岩薄的边缘部分与这些凝灰岩一起向下拖曳。各个火山道都被它自己的喷发碎屑物质充填，并且出现与陷落交替的反复喷发，这就使岩筒充填到接近地表的部位。

苏格兰法夫郡的某些凝灰岩火山岩颈中，也存在着下沉距离很大的证据。火山岩颈充填有一般成层很好的玄武凝灰岩和集块岩。层理主要是由于火山灰的陆上沉积形成的，但在不少地方，物质被河流重新搬运过了。由于火山岩颈边界的环状裂隙下陷，岩层至少下沉了 900 呎，该机制与破火山口和锅状火山口的形成机制类似。

然而，一般讲来，现在由火山岩颈或火山岩栓占据的岩筒表面附近的扩张，似乎可能是由于脉动爆发或连续爆发造成的，这种爆发使沿原始通道壁的岩石发生角砾岩化，并使碎块运动到所产生的张开处，在那里，这些碎块在重力影响下向下运动，但可能被气体及所携带的碎屑流向上搬运。岩筒中的上下滚动作用可能使碎块变成圆形，并产生由来自岩筒壁各个部位的不同岩石类型碎块与来自深部不同数量的主要火山物质组成的大量混杂物。由于盖茨和拉斯特指出的那些作用的影响，可能在适当深度上有助于碎块从岩筒壁上脱落下来。在许多情况下，气体和固体质点乳浊液流动性很大，并渗入到围岩裂隙中，从而促进并引起这些裂隙的分离。在爆发活动末期，下伏贮存体和通道中的岩浆和气体的枯竭可能造成支撑的消失，这就使岩筒充填物发生不同规模的下沉，有时下沉几百呎，甚至几千呎。

环状杂岩体

在绘制苏格兰西部火山区的地质图时，发现许多岩墙在地面上呈弧形，其中有些弧几乎呈一个完整的圆形。在世界其它剥蚀火山区里都发现了类似构造。正是由于这些构造的形状，使得人们常常将这类岩墙看成为环状侵入体，而把成群出现的这类岩墙看成