



环状断裂及其在内生金属矿床形成过程中的作用

地壳上部广泛发育着环状断裂及与其有关的环状岩浆杂岩体和各种各样的内生金属矿床,这在目前已经是众所周知的了。环状构造的时代可以是很古老的,也可以是新生代的。随着时代由老变新,见有一种相当明显的趋向,即地壳中环状构造、环状岩浆杂岩体及与其伴生的矿床的作用越来越大。这一趋势,看来反映了地壳的固结作用在不断增长。

许多大型和特大型的内生金属矿床,常与环状断裂有关。这就给地质人员提出了一个任务:要更加深入和全面地研究环状断裂并揭示它在成矿过程中的作用。

可以划分出以下四个环状断裂成因组:

1) 在区域构造变动作用下产生的环状断裂; 2) 与形成盐丘和底辟褶皱有关的环状断裂; 3) 水火山作用现象所造成的环状断裂; 4) 在上侵的岩浆熔融体机械活动作用下形成的环状断裂。地壳中分布最广的是最后一组,本文将着重讨论。

在上侵岩浆机械活动作用下产生的环状断裂之最主要特征

1. 成因性质 环状断裂并不是由于区域构造变动的作用,而是在环状岩浆杂岩体生成过程中出现的局部放射状变动作用下形成的,这些杂岩体参与中心型火成岩体、火山-深成岩体和火山岩体的组成,同时也是岩钟、岩株、爆发岩筒和下陷火山口的组成部分。上侵的岩浆熔融体,通常是沿构造薄弱带(略微开放的地段,深大断裂的交汇和连接地段)向地壳上层运动,穿插、切穿并熔化围岩岩层以及形成中的侵入体上部外

壳。

A. A. 波尔卡诺夫曾经指出,上侵岩浆的机械活动性是由于下列因素引起的: 1) 重力分异现象; 2) 岩浆熔融体中的内部压力; 3) 熔融体中液相与气相之间的相平衡被破坏。在酸性岩浆熔融体向比较重的基性岩层侵入过程中,熔浆向上浮起,这与沉积岩层中岩盐浮起的情况差不多,这就在上升的岩浆柱之顶部和其周围的狭窄晕圈内,造成了一种局部的放射状变动环境。如果上侵熔融体中的内部压力大大超过了上覆岩层的压力,则由于这种内压也可以产生类似上述的环境。熔浆沿薄弱地带向地壳上层快速运动时,压力急剧降低,但它的温度却来不及有多大下降。如果存在这种跳跃式降压的话,溶于熔浆中的气体将开始沿整个体积猛然析出,从而造成爆炸。这种机理对于爆发岩筒的形成是有代表性的,特别是在火山活动的过程中更是屡见不鲜。爆炸的能量十分巨大。起码在中心型的火山中,爆炸过程常破坏圆锥形火山机构的上部,向上喷出数以几立方公里的火山岩。

2. 形态及内部构造特征 属于环状断裂的有: 纯环状、半环状、弧形圆柱状、圆锥状中心楔形和围斜断裂; 还有大型裂隙和与其密切相关的直线形裂隙,它们共同圈定水平截面上呈圆形或近于圆形的柱状块段。直线形裂隙为一些大型的放射状断裂、集中于弧形带或环绕多边形块段的直线形断裂以及作放射状和同心环带状排列的小裂隙。

环状断裂的规模相差悬殊,可以是形成网脉带的小裂隙,也可以是大型环状断裂,其规模是由中心型侵入体、火山-深成岩

体、爆发岩筒以及其他火成岩体的直径所决定的。其中，爆发岩筒的直径可由数十米至1~2公里或更大。最大的环状断裂与下陷火山口有关，横截面直径有时可达几十公里。

环状断裂的延深程度也不一样。例如，与花岗岩类有关的许多爆发岩筒，延深可达400~600米；金伯利岩筒可达1公里；含碳酸盐岩石的超基性—碱性岩中心型侵入体可达8~10公里以上。

不同类型的环状断裂，其内部构造也不一样。最常见的是，大型环状裂隙及断裂与环状和弧形的岩墙一起产生，有时也与矿体伴生；最大的断裂则与岩脉带一起出现。此种岩墙的厚度可为几十厘米的小岩脉或横向几百米的岩墙。有时岩墙具有熔蚀的火成接触带；也有时被断层泥、糜棱岩、角砾岩及不同厚度的小裂隙密集带等环边围绕。有一种环状和弧形断裂及内部构造复杂的大型裂隙分布很广，具有被火成破坏的岩带包围的一系列平行和近于平行的节理，岩带总厚度常达数十米。北天山的克孜耳—奥姆普里中心型火成岩的某些圆锥状中心楔形大断裂即是这方面的例证，在其横截面上糜棱岩及断层泥的总厚度常达几十米。

3. 空间分布规律 这里要谈的，包括两个方面的内容：一是环状岩浆杂岩体的空间分布规律；二是岩浆杂岩体的内部构造及环状断裂在其中的分布。目前已经确定，环状岩浆杂岩体及与其有关的环状断裂，是在具有明显的块断构造的地壳刚性固结地段形成的。在地盾、古老地台、中心地块、褶皱区的早期固结带及活化带内，环状岩浆杂岩体及断裂分布最广。在地槽区发育的造山和次地台阶段之火山岩带中，中心型的火山岩、火山—深成岩以及爆发岩筒和下陷火山口分布很广。在洋壳地槽发育早期阶段的基性岩火山带中，看来上述类型的环状杂岩体也很发育。

在环状岩浆杂岩体的范围内，见有不同类型环状断裂的各种组合，由此产生了不同

构造类型的环状岩浆杂岩体及与其有关的浆期后产物，其中可以划分出：1-以某一种类型断裂为主导的比较简单环状岩浆杂岩体；2-不同类型的环状断裂组合在一起的复杂岩体。第一组中，又进一步划分为以下环状岩浆杂岩体构造类型，即：1-以环柱状断裂及大型裂隙为主导的杂岩体；2-以圆锥状断裂及裂隙为主导的杂岩体；3-以放射状断裂为主导的杂岩体；4-以放射状和同心排列的小裂隙为主导的杂岩体；5-以构造断裂为主导的杂岩体。

第二组划分为以下构造类型：1-环柱状与圆锥状断层组合的杂岩体；2-环状与放射状断裂和大型裂隙组合的杂岩体；3-具有两个或两个以上环心的杂岩体；4-具有迭加于环状断裂之上的构造断裂及裂隙的杂岩体。

环状断裂产于单独环心的周围，这个环心可以在侵入体或火山—深成岩体的几何中心上，也可以是不对称分布。环状岩浆杂岩体具有两个、甚至三个环心的情况比较少见。有时在侵入体或火山—深成岩体范围内，有一个主环心，还有二、三个次要的环心。由于岩浆杂岩体范围内环状断层数量的不同，可以划分为单环形和多环形的侵入体、火山—深成岩体及爆发岩筒等。

4. 发育史的特点 环状断裂的发展史至今未引起人们的注意。环状断裂的发育史又恰恰是极其特殊的，与构造断裂截然不同。

大型的构造断裂，如象深部断层，具有漫长而复杂的发育史。对于古老地台和地盾的深部断层而言，就常要经历数以几亿年计多至10~15亿年或更长的时间。褶皱区深部断层的地质发展史，也要漫延几千万年到几亿年。

与上述断层相比，大型的环状断裂作为一种与局部放射状变动有关的断层，它具有较短的发展史，并且总是与环状岩浆杂岩体的生成历史相依为命的。即便是复杂多期的岩浆杂岩体，其发展史看来也不会超过几千万年。例如，同位素年龄测定结果表明，阿尔丹的穆伦斯克碱性火山—深成岩体的形成

与环状断裂及环状岩脉杂岩体有关的内生矿床类型

表 1

序号	矿床类型		有用组分		矿体形状	实例
	名称	含矿岩石或围岩	主要	次要		
岩 浆 岩 矿 床						
1	金刚石基岩矿床	金伯利岩爆发岩筒				
2	钙钛矿-钛-磁铁矿	超基性-碱性岩中心型侵入体的超基性岩	Ti、Fe		透镜体、矿脉、矿带	
3	霞石	超基性-碱性岩中心型侵入体中的磷霞岩	Al		岩株、不规则状矿体、矿脉	
4	钽-稀土-铌	中心型侵入体中的铈铌钙钛矿暗霞正长岩及磷霞岩	Nb、Ta	Th、TR、Ti、Sr	向碱性岩岩体之中心缓倾的层状矿体	
5	磷灰石	中心型侵入体中的磷灰石-霞石岩	P	TR	产于中心楔形圆锥状断裂中的大透镜体	希宾中心型侵入体
碳 酸 盐 岩 矿 床						
1	磷灰石-磁铁矿	磷灰石-磁铁矿-镁橄榄石岩石、方解石碳酸盐岩	Fe、P、Ta	Zr、Nb、U	岩株、网状脉、矿带	
2	铀烧绿石-烧绿石	方解石碳酸盐岩	Nb、Ta、P	U、Th、Zr	岩株、矿带、网状脉、矿柱、弧形脉	
3	铌铁矿-氟碳铈矿	铁白云石和铁白云石-菱铁矿碳酸盐岩	Nb、TRce	Th、Mo, 有时含Cu、P、Zn	矿带、透镜体、网状脉、弧形脉	
矽 卡 岩 矿 床						
1	金云母	中心型超基性-碱性岩岩体中的自交代矽卡岩和其他交代岩	云母		矿带、矿脉、透镜体	
2	磁铁矿	爆发岩筒中的矽卡岩化爆发角砾岩	Fe		管状和脉状体	安加拉伊利姆矿床
3	铅-锌	爆发岩筒中的英安岩及粗面岩角砾	Pb、Zn		管状	特列普恰(南斯拉夫)
热 液 矿 床						
1	钼	中心型侵入体中的绢云母化石英二长斑岩	Mo	Sn、W	环形网脉状矿体	克莱马科斯(美国)
		花岗斑岩岩株	Mo	W	不规则状、网脉状矿体	德日金矿田的“五.一”矿床
		爆发岩筒角砾岩	Mo	W	网脉状矿体、脉带	布鲁克塔矿床
2	钨	花岗斑岩岩钟顶部中的变质石英闪长岩	W		不规则状、网脉状矿体	德日金矿田的英库尔网状脉

3	钼—铍—稀土 —铅—锌	爆发岩筒角砾岩、 硅化花斑岩	Be、TR、Pb Zn	Th、Mo、Sn	岩株、弧形脉、不规则状矿层	
4	铀—稀土—铝	弱碱性花岗岩岩株 之外接触带	Mo	Th、TR	弧形和圆锥状围斜带 中的线状矿脉	
5	钍—铀	火山—深成岩体中的 碱性岩	U	Th	线状矿脉、矿带	
6	硫化物—锡石	凝灰岩及火山角砾岩	Sn	U	岩颈及其外接触带中的 线状矿脉	科罗里凯(玻利维亚)
		英安岩、流纹岩	Sn	Ag	岩脉、脉带	波托希(玻利维亚)
		花岗斑岩及石英斑岩 角砾岩	Sn		管状网脉状矿体	兴安矿床(小兴安岭)
7	铜	爆发岩筒角砾岩	Cu		环形管状岩体	布拉登(智利)
		沿花岗闪长斑岩和 石英闪长斑岩发育的 次生石英岩	Cu	Mo	锥形网脉状矿体	科翁拉德
		二长斑岩、角砾岩	Cu		环形管状矿体	皮拉列斯(墨西哥)
8	金—铜	霏细岩	Au、Cu		半环形管状矿体	芒特-莫根(澳大利亚)
9	金	闪长岩岩株	Au		产于中心楔形锥状裂 隙中的弧形矿脉	别兹丘别(北哈萨克 斯坦)
		岩颈中的英安岩喷 出岩体	Au		脉状及似脉状矿体	纳沙格(匈牙利)
		复杂岩颈中的角砾 岩及响岩	Au	Ag	同心环带状及弧形排列 的管状及似脉状矿体	克利普里—克里克 (美国)
10	铅—锌	爆发岩筒角砾岩	Pb、Zn	Sn	脉状、似脉状矿层 及弧形半弧形矿体	恰特卡拉盖和肯托尔
		主要是在下陷火山 口的外接触带内	Pb、Zn	Au、Ag、Cu	放射状排列的矿脉	希里维顿矿汇 (美国)
		火山—深成岩体之 火山岩层	Pb	Au、Ag	放射状排列的矿脉	圣莱特矿田 (美国)
11	铜—铅—锌	爆发岩筒与灰岩之 接触带	Cu、Pb、Zn	Ag	复杂的弧形矿体， 具矿枝	塞罗·德·帕斯科 (秘鲁)
12	铁—稀土	花岗正长岩之内、 外接触带	Fe、TRce	Ba、F、Sr	水平截面为圆形、 镰刀形及弧形的管 状矿体	

13	铀	中心型侵入体及火山-深成岩体	U		透镜体、不规则状的矿层，产于锥状断层之活化地段中	
		中心型火山岩	U		矿脉、透镜体、矿巢、弧形层状矿体	
		下陷火山口之内部	U	Mo	似脉状矿体、网脉、层状矿体	
		火山口断层中	U	Mo	网脉状矿体、透镜体、矿巢	
		火山口之外接触带	U	Mo	矿巢、透镜体、环状断裂与构造断裂交汇处的不规则状矿层	
14	汞	爆发火山岩筒	Cu、U、Mo		小矿巢、不规则状的交代矿体	凯纳姆(不列颠哥伦比亚)、维德罗(美国)、霍皮、纳瓦奥(美国)
		岩颈的爆发角砾岩，闪长玢岩岩株之外接触带	Hg		弧形矿脉及陡倾柱状矿体	波尔库特、包沃罗特(外喀尔巴阡)

历史只经历了近4千万年，东非中生代含碳酸盐岩的超基性-碱性环状岩浆杂岩体的历史也不超过5千万年。比较简单的岩浆杂岩体，它的形成历史看来要短得多。有时可以见到较大的半环状和弧形断裂，常是一个岩脉或脉束，具有熔蚀的火成接触带。这种断裂的发展史显然是极有限的，只有几千年，也可能是几万年。

对环状岩浆杂岩体和与其有关的环状断裂所做的详细构造-地质研究表明，它们的地质发展史常常不仅是受局部的放射状变动制约，而且还受迭加于其上的区域构造变动影响。北天山的克孜耳-奥姆普里深成岩体的环状和弧形断裂，是在晚石炭世-晚二迭世期间局部放射状变动的作用下生成的，在整个中生代和第三纪期间内，几乎没有什么活动。在整个北天山晚第三纪-第四纪强烈的活动期内，该深成岩体的圆锥状中心楔形大

断裂也开始活动，同时沿此断裂产生运动，错动幅度可达数百米。

与环状断裂和环状岩浆杂岩体有关的内生矿床

与环状断裂和环状岩浆杂岩体有关的内生矿床，数量甚多，成因不一(表1)。

环状岩浆杂岩体的发展历史及与其伴生的内生金属矿床的特点之间，见有一种固定的联系。综合性的内生矿床，通常赋存于分异良好的复杂、多期的中心型侵入体和火山-深成岩体之中，含碳酸盐岩的超基性-碱性岩侵入体即是最好的例证。

还要指出的是，产于环状断裂和环状岩浆杂岩体的许多矿床属于大型和特大型，例如，克拉半岛的希宾含磷灰石岩体，克莱马科斯铝矿床，布拉登、科翁拉德及与其类似的矿床，克利普里-克里克金矿床等等。与

中心型的超基性-碱性岩体有关的铌、钽组稀土、云母等矿床,规模也非常之大。

环状断裂在与其伴生的内生矿床形成过程中起什么样的作用呢?大型的环状断裂是导浆通道和容浆空间,对岩浆期后矿床而言,则是导矿通道和容矿构造要素。这种构造决定着与其有关的矿田、矿床和矿体之最主要特征以及矿体形态、产状和其中矿化的分布规律。因此,从这一点来看完全与构造断裂类似。作者认为,除上面所说的以外,环状构造要素,如同构造断裂一样,在循环热液中形成导致成矿的热动力和物理化学异常。

与环状断裂及环状岩浆杂岩体有关的内生矿床构造类型见表2。表中划分的三个矿

床构造类型之间,在与环状和构造断裂的关系方面,存在着很大差别。例如,在决定与花岗岩类和碱性岩岩钟及岩株有关的矿床的最主要构造特征时,放射状和同心环带状排列的小断裂起了主导作用。在与下陷火山口有关的第二类矿床中,起主要作用的是构造断裂和比较小的环状构造要素。在与中心型火山、火山-深成岩体、侵入体以及爆发岩筒有关的第三类矿床中,环状和构造断裂对于不同的亚类是极不相同的。多数情况下,第一亚类中起主导作用的是环状构造要素;第二亚类中,构造断裂的作用明显增长,尤以环状岩浆杂岩体之外接触带最明显;第三、第四亚类中,构造断裂常起到决定性的作用。

与环状断裂及环状岩浆杂岩体有关的内生矿床构造类型

表 2

矿床构造类型	构造亚类	矿体形态及其排列
一、与花岗岩类和碱性岩岩钟、岩株有关的矿床	1.产于花岗岩类和碱性岩岩钟和岩株中 2.产于隐伏于深部的花岗岩类和碱性岩岩钟、岩株之顶部	不同形状的网脉状矿体
二、与下陷火山口有关的矿床	1.产于下陷火山口之内部 2.产于边缘火山口断裂中 3.产于火山口之外接触带	矿脉、简单和复杂的似脉状矿体、矿巢、具网脉状矿化的裂隙带;各种形状的网脉状矿体;放射状及同心圆状似脉状矿体
三、与中心型火山、火山-深成岩体、侵入体以及爆发岩筒有关的矿床	1.产于中心型火山、火山-深成岩和侵入体以及爆发岩筒范围内	网脉状矿体 筒状矿体 环柱状矿体 放射状矿体,不同形状的网脉状矿体,线形矿脉,似脉状矿带及透镜体,不规则的交代矿层,各种形状矿体之组合。
	2.产于中心型岩筒火山、火山-深成岩体和侵入体范围内及其外接触带中	一个方向的似脉状矿体,不同方向的似脉状和环状矿体,岩体和侵入体中的不同形状矿体及其外接触带内网脉状矿化,放射状及弧形排列的矿体。
	3.产于爆发岩筒和中心型火山-深成岩及侵入体之外接触带中	半弧形外接触带中的直线形和弧形矿体,放射状排列的矿脉和似脉状矿体,爆发岩筒外接触带变动增高地带的规则状交代矿体。
	4.产于隐伏于深部的爆发岩筒及中心型侵入体中	半环状和弧形矿体,放射状排列的矿脉及似脉状矿体,不同形状的网脉状矿体。

与环状断裂和环状岩浆杂岩有关的矿床,具有其特殊的矿体形态,常为环状、半环状和弧形矿脉、岩株和管状矿体,水平截面上呈圆形。上述矿床中,矿体的分布规律也表现出许多特点。多数情况下,矿体主要是分布在中心型侵入体、火山和火山-深成岩体以及爆发岩筒、下陷火山口之内部,产于外接触带的情况要少得多。在构造断裂起主要作用的环状岩浆杂岩体内,矿体常超出外接触带,有时超出很大距离。例如,稀土碳酸盐岩的矿体有时竟超出超基性-碱性岩岩体达10~15公里。

环状岩浆杂岩体中矿化分布的最重要特点是,在环状断裂的局部活化地段和环状断裂与构造大断裂的交汇部位,常见到矿化的富集。例如,塞罗·德·帕斯科矿床,大型的弧形矿体集中在火山颈被近南北向断层和东西向大型裂隙交切的地方。

在环状岩浆杂岩体中,经常见到矿体的同心环带状分布。例如芒特-莫根金-铜矿床,阿尔巴拉斯塔赫(阿尔丹)、阿里诺(瑞典)和霍玛(肯尼亚)的碳酸盐岩矿床等。

结 论

1. 环状断裂和与其有关的广布于地壳刚性固结地段的环状岩浆杂岩体,在成因性质、形态和内部构造特点、空间分布和排列规律及其发展地质史等方面,均与构造断层有很大区别。

2. 作为与局部放射状变动有关的断裂,环状断裂存在的时间常是比较短暂的。在迭加的构造变动影响下,它们可能活化,从而具有复杂的内部构造。由此,其发展历史的期间可能拖长。

3. 环状断裂在空间和成因上与环状岩浆杂岩体有关。岩体的内部构造取决于环状与构造断裂的复杂组合,二者间的量比关系由于下列因素而可能极不相同: 1) 环状岩浆杂岩体的地质构造位置; 2) 决定环状岩浆杂岩体位置的深部断裂之发展史; 3) 岩体的剥蚀水平。

4. 与环状断裂及环状岩浆杂岩有关的内生矿床,为数甚多,成因不一,其中包括: 岩浆矿床、碳酸盐岩矿床、矽卡岩矿床和热液矿床,不少是属于大型和特大型的。

5. 这些矿床最主要的地质-构造特征取决于: 1) 环状和构造断裂的复杂组合,不同的矿床构造类型,二者的量比关系是极不相同的; 2) 矿体的特殊形状,其中以环形、半环形、弧形脉状和似脉状矿体以及水平截面为圆形的岩株、管状矿体等为主要形态; 3) 矿体分布的特殊性; 矿体常产于环状岩浆杂岩体范围内,有时则在其外接触带中。矿体的同心环带状分布及矿化富集于环状断裂之局部活化地段,是此类矿床的典型特点。

晋遂摘译自:《геология рудных месторождений》, 1973, №5, стр.3-18

