

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

金伯利岩和金刚石的形成机制

贺灌之

(国家地震局地质研究所)

本文对金伯利岩和金刚石形成机制进行了初步探讨,并讨论了某深断裂带两侧的金伯利岩岩浆活动特点,为寻找金伯利岩供参考。

一、我国金伯利岩的某些特征

金伯利岩通常受稳定地台及其边缘、环绕地台造山带的地堑区等构造背景控制。侵入活动主要见于稳定地台的深断裂带两侧或一侧的高角度断裂上盘地区,以及两个稳定地台相连接的边缘地区。岩浆活动受到通过这个地区的深断裂带控制。

我国已知的金伯利岩,都呈岩筒群、岩脉群或岩筒岩脉群出现,它们大多数是形状不一的小岩筒或小岩脉;岩脉厚度沿走向变化极大,尤以侵入于柔性围岩中为最,如深冲一号岩体所见(图1)。

位于纵贯全国的巨大深断裂带东侧偏南地段、靠近稳定地台一侧拗陷带边缘的深冲地区,其金伯利岩岩脉群侵入下古生界白云岩中,受一组北东—北东东向断裂控制。岩脉宽几厘米至数米以上。有的地区,如马圈地区所见个别岩床型岩体的一端变窄并过渡为碳酸岩岩脉,最后尖灭于围岩中(图2)。这些岩脉群在空间上与基性岩和超基性岩(云橄岩、辉橄云岩岩脉群)以及煌斑岩关系十分密切。

在我国西峪村等地区的金伯利岩岩筒经详细勘探后表明,岩筒往下延伸的深度与地表出露的

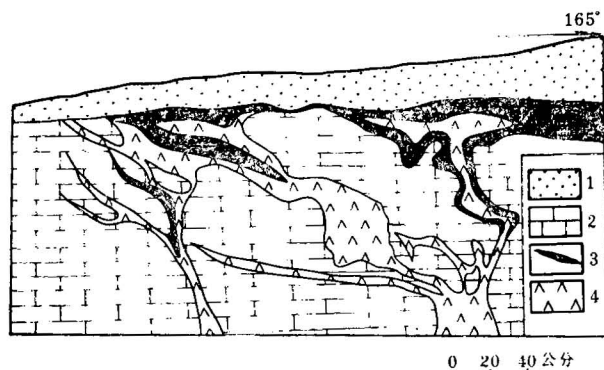


图1 深冲一号岩脉产状素描图 (Sketch map of Shenchong kimberlite vein, No. 1)

1—第四纪坡积层 (Quaternary slope wash); 2—寒武奥陶纪白云岩或白云石大理岩 (Cambrian-Ordovician dolomites or dolomite-marbles); 3—富含铁质细粒金伯利岩 (Fine-grained iron-rich kimberlite); 4—斑状金伯利岩 (Porphyritic kimberlite)

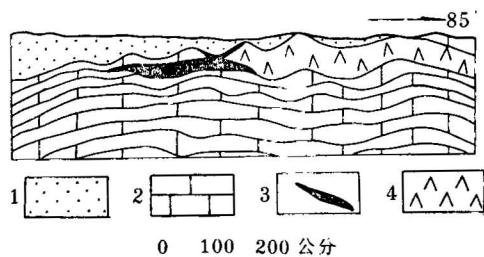


图2 马圈一岩脉产状素描图 (Sketch map of one kimberlite vein in Majuan village)

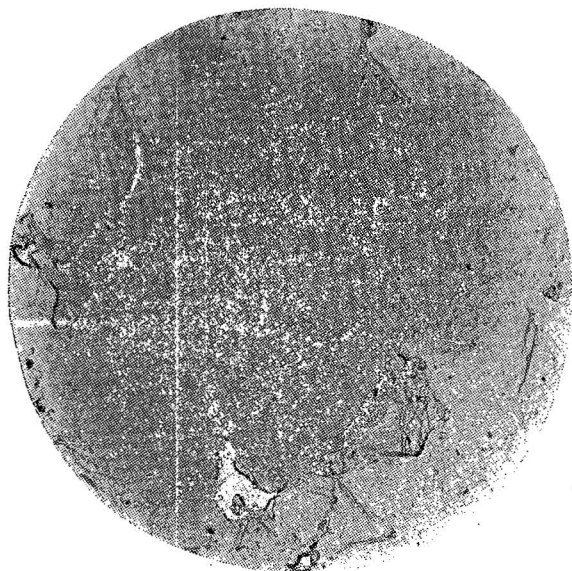
1—第四纪坡积层 (Quaternary slope wash); 2—震旦纪泥质灰岩 (Sinian marls); 3—碳酸岩细脉 (Carbonatite vein); 4—金伯利岩 (Kimberlite)

直径比是2:1~3:1。并且岩筒在深部逐渐过渡为岩脉,然后继续往下延伸到一定深度才消失于一组隐伏的断裂中。

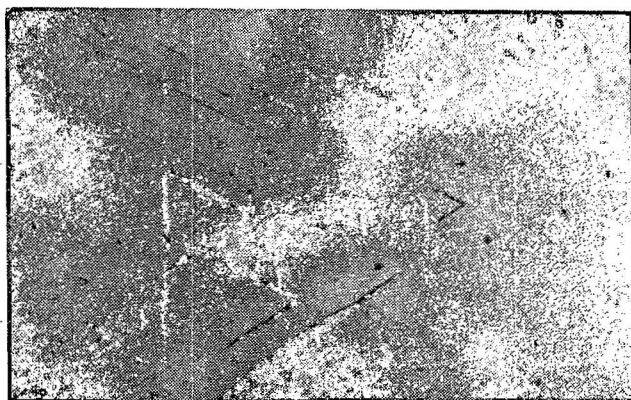
金伯利岩中可含有:

1. 来自地幔深部的富镁铁岩捕虏体和深源矿物的捕获晶。例如黄村金伯利岩岩筒中见到纯橄榄岩和含铬尖晶石二辉橄榄岩¹⁾;道沟地区金伯利岩岩筒中则见到石榴石-云母橄榄岩、石榴石-云母岩和金云母团块等。此外,据国外文献,^{[1][2][3][4]}深源岩石捕虏体成分还有各种辉石岩、蓝晶石榴辉岩、钛铁矿镁铝榴石岩、石榴石角闪岩和粒变岩等。我国金伯利岩深源捕虏体中,最常见的是橄榄岩、石榴石二辉橄榄岩和橄榄石石榴石辉石岩。这类岩石中,橄榄石是 Fo 88—94,顽火辉石是 En 89—96,石榴石含65—75%镁铝榴石分子和5%Cr₂O₃。深源矿物捕获晶主要是金刚石、镁铬铁矿、富铬镁铝榴石、镁钛铁矿、早期结晶的金云母、镁橄榄石、钙钛矿、钛橄榄石(或称钛斜硅镁石)^[1]和辉石等。捕虏体和捕获晶受强烈熔蚀而呈浑圆状。

采自道沟的八面体镁铬铁矿($N=2.088-2.174$; $D=4.466-4.85$; $a^*=8.33 \text{ \AA}$)²⁾在电子显微镜下观察,发现晶体(111)面上发育:(1)三角形凹陷与不规则熔蚀结构(照片1)。这种三角形凹陷类似于八面体金刚石晶体(111)面上的三角形凹陷结构(照片2)³⁾,说明两种矿物晶体的内部缺陷以及遭到的熔蚀条件相似。(2)多晶芽生长结构(照片3)。这种结构的出现,表明该矿物是在超高压下生长的结果。



照片1 镁铬铁矿晶体(111)面的三角形凹陷和不规则熔蚀结构(Triangular seg and irregular corrosion texture of magnesian chromite crystal plane (111) $\times 2750$)



照片2 金刚石晶体(111)面的三角形凹陷、不规则花纹和解理线结构(The triangular seg, irregular pattern and cleavage line texture of diamond crystal plane (111) $\times 132$)

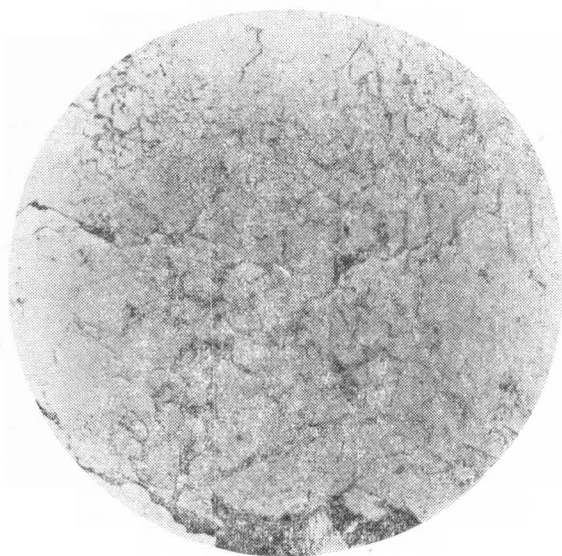
2. 来自地壳的各种岩浆岩和变质岩捕虏体以及某些矿物(如刚玉、锆石、 α -碳化硅和角闪石等)的捕获晶。受熔蚀程度较轻,常呈次棱角状。

3. 来自围岩中的形状、大小不等的岩石角砾碎块和碎屑,以及早期金伯利岩碎块、碎屑。

1) 据黄村所在省地质局第七地质队资料。

2) N , D 值据道沟所在省地质局第六地质队资料; a^* 值由中国科学院地球化学研究所王冠鑫测定。

3) 照片由景式范协助拍摄。



照片 3 镁铬铁矿晶体 (111) 面的多晶芽生长显微结构 (The polycrystal seed's growth micro-
texture of magnochromite crystal plane
(111)) $\times 2750$

角砾状金伯利岩中的胶结物主要是二类，一是强烈蛇纹石化的金伯利岩物质或超基性物质；二是碳酸盐类矿物。

金伯利岩本身以及各种深源岩石捕获体几乎皆受蛇纹石化。岩石中橄榄石和镁铝榴石捕获晶，前者已变为蛇纹石；后者变成绿色或黑色的、呈壳状结构的“小豆粒”，经鉴定壳体多由含铬的、含水的硅铝酸盐或硅酸盐类矿物组成。

根据我国金伯利岩重要分布地区之一的岩石化学成分特征¹⁾表明：岩石属偏碱性； $\text{SiO}_2 < 40\%$ ； MgO 含量可达 30—40%，经查明其含量与金刚石品位密切相关， $\text{MgO} > 25\%$ 品位则富； K_2O 的含量往往大于 Na_2O ； MnO 的含量通常少于 0.3%； Cr_2O_3 和 NiO 的含量可以偏高，但 Al_2O_3 含量偏低。

据此，可以认为金伯利岩是一种基质不含长石的偏碱性超基性岩，它普遍具角砾结构。组分复杂，含有来自地壳乃至地幔深部以及围岩的

各种各样岩石矿物的捕虏体或捕获晶。其最大特点是普遍含有具蚀变的富铬镁铝榴石和其他深源矿物组分：镁钛铁矿、镁铬铁矿、铬透辉石、橄榄石和钙钛矿等等；岩石往往遭受强烈蛇纹石化和碳酸盐化，个别岩体强烈硅化。

世界范围内，金伯利岩岩浆活动是多期性的。从前寒武纪（南非、西非、澳大利亚和印度）^[6]古生代（南非、西非和西伯利亚）和白垩纪（西伯利亚）均有产出。我国已知的金伯利岩是三个时期产物：震旦纪蓟县运动期、加里东—海西期和燕山期。我国二个主要金伯利岩分布区（表 2 中 A 和 B）的岩石同位素年龄值列于表 2。

表 1 一些金伯利岩同位素地质年龄测定

(Isotopic chronological determination of some kimberlite rocks)

样品编号 №	样品名称 Name of sample	年龄值 (百万年) Years (m. y.)	测定方法 Dating method	备 注 Notes
A d 22 1	金伯利岩 (Kimberlite)	369	K-Ar	
A d II-1	金伯利岩 (Kimberlite)	446	K-Ar	岩石风化较强烈 (Intensive of weathering)
B I-5(1)	金伯利岩 (Kimberlite)	1554—1584	K-Ar	
B I-5(2)	金伯利岩 (Kimberlite)	1015—1110	K-Ar	
B-VI-5	金伯利岩 (Kimberlite)	81—88	K-Ar	

中国科学院地球化学研究所一室测定。

二、金伯利岩形成机制

目前，对金伯利岩形成机制，仍然存在着两种截然不同看法：一是爆发机制；二是浅成—中

1) 据该地区所在地质局第七地质队资料。

深成侵入机制。

我们认为富含金刚石晶体的金伯利岩不可能是爆发形成的。如果金伯利岩岩浆在地表或在地数公里—数十公里爆发然后沿隐伏断裂冲出，那么，原来在密封系统中的岩浆，它的能源（主要是热能）在高压条件下便会瞬间释放，岩浆体积迅速膨胀，在空气中的氧气加入作用下，岩浆温度急速升高，这样，就会使从地幔深部携带上来的金刚石晶体燃烧。

可以设想，金伯利岩岩浆是地幔深部局部地段富镁铁质组分在能源（主要是热能）聚集时发生重熔，然后，由于深部的张性断裂活动时产生压力差促使金伯利岩岩浆沿深部的隐伏断裂呈缓慢、脉动式上升，侵入到地壳上部。上升过程中，外来组分不断加入，岩浆成分进一步趋于复杂；在岩浆后期，其偏碱性成分不断增高。

虽然金伯利岩岩浆上升的速度缓慢，但上升时自身压力很高，由此设想第一次岩浆侵入后固结，第二次以及以后各次岩浆又沿前一次岩浆“通道”上升，并将已固结的物质冲碎并捕掳之。所以金伯利岩中往往见到遭到熔蚀的、呈浑圆状的橄榄石、金云母和各种富镁铁岩岩块（或岩屑）、早期金伯利岩块体（俗称岩球）和岩屑。但是，来自地壳上部和围岩的各种岩石块体或岩屑，则几乎未遭熔蚀而多呈角砾状。

金伯利岩岩体与围岩的接触界线截然清楚，围岩几乎未遭强烈的蚀变；这说明，尽管金伯利岩岩浆的水分偏高，但是，这些水分仅满足自身的蚀变需要，并无过多水分进入围岩。

关于金伯利岩的形成机制，B. N. 米赫耶柯^[6]认为金伯利岩岩筒产状与爆炸物理学的概念相矛盾，爆炸漏斗顶部在爆炸中心会出现旋转倒锥体，在爆炸功率范围内，爆炸漏斗直径和深度的增大，大致与释放的能源成正比，相应是1:3和1:4幂次。他举出一些火山口和陨石坑的形状论证了这一点。并推测西伯利亚的金伯利岩岩筒如果是在1.5—3公里深部爆炸，那么，“和平”岩筒的直径应该是30—40公里。可是，西伯利亚地区已知金伯利岩岩筒，直径最大仅490米。因此，米赫耶柯认为金伯利岩岩筒是中心型侵入体，不是爆炸产物。

三、金刚石形成机制

如果说金刚石都是在地幔深部生成或由于金伯利岩岩浆在上升到地表过程中爆炸，产生高压才形成，那么，断不会只有少数金伯利岩才富含金刚石。根据我们人工金刚石合成过程的分析，认为控制金刚石形成的主要因素包括：

1. 温度和压力：在静压法合成金刚石时用石墨做碳源，在1300—1700℃和5—6万巴压力下，借助催化剂（Ni等）使石墨转化为金刚石。静压法合成金刚石过程表明：改变催化剂成分，可以降低合成温度和压力；加入抑制剂，可以提高粒度、质量和单产量；如在相同的组装工艺、给定温度、时间和催化剂条件下若提高合成压力，则金刚石粒度偏细，连生晶体和晶簇状金刚石晶体的百分含量增多，质量偏低；但单产量高。若在此条件下适当降低给定的合成压力，则金刚石粒度偏大，连生晶体和晶簇状金刚石晶体的百分含量减少，质量偏高，但单产量偏低。

金伯利岩中的金刚石赋存状态与上述特点基本吻合：（1）出露在黄村的一大一小岩筒（地表相距离仅数米至数十米。深部两岩筒相连后过渡为岩脉），经勘探后表明，大岩筒中的金刚石品位偏低，而晶体粒度较大，宝石级金刚石品位偏高；小岩筒的金刚石品位偏高，但晶体粒度较小，宝石级金刚石含量极微；（2）岩脉沿走向变薄处，金刚石品位高而粒度不大，宝石级金刚石含量极低；反之，岩脉沿走向变厚处，则金刚石品位偏低而粒度增大，宝石级金刚石含量明显增高，这些现象在长马村等地皆见之。这皆因岩筒较大或岩脉变厚时，岩浆中的压力相对降低；岩筒较小或岩脉变薄时，岩浆中的压力相对升高所致。

2. 密封和充分还原条件：我们用静压法合成金刚石是用叶蜡石做密封绝缘材料。在合成金刚

石研制之前,需将叶蜡石焙烧到380—450℃。经焙烧后的叶蜡石,由于吸附水消失而提高了刚性。若焙烧温度过高(>550℃),会使其中的结晶水脱水,造成脆化而失去密封效果。经焙烧后的叶蜡石,内部的低价铁转化为高价铁,新鲜断面出现红色铁质斑点。其后,用它来作合成金刚石实验时的“试块”,实验过程使紧接合成金刚石的“高压反应腔体”部位,出现一厚1—2毫米、呈蓝灰色的坚硬的管壁。整个“试块”中,实验前的红色铁质斑点消失。叶蜡石在合成金刚石过程经受高温高压后,其自身的高价铁又转化为低价铁,表明金刚石是还原条件下形成。叶蜡石“试块”若未经焙烧或焙烧温度过低,或虽经焙烧而置于潮湿空气中时间过长,都会明显降低合成效果。这是叶蜡石中吸附水在电流直接加热过程中会分解呈 H_2 和 O_2 ,其中 O_2 的存在对合成金刚石不利之故。

用气相沉淀籽晶生长法或常压高温法在“金刚石亚稳定区”中合成金刚石,都要用氩气或其他惰性气体来保护“反应腔体”,以确保它实验时处于充分还原状态,才能得到金刚石。爆炸法和静压法合成金刚石过程中,若盛放石墨的合金体(即反应腔体)被炸裂,或“试块”密封不佳、其两端导电材料在高压下出现变形,以至炸裂,则示充分还原状态被破坏。结果,腔体内的金刚石会被毁损,残留下来的金刚石就不会太多,粒度也不会太大。这都说明金刚石只能在密封和充分还原系统中才能形成。

在自然界,金伯利岩岩浆侵入柔性围岩(薄层页岩,砂岩和泥质灰岩)而迅速处于氧化状态。因此,在这类柔性围岩地区,主要寻找与地表上部没有相连系的深部隐伏岩体,才有可能富含金刚石。

处于(或紧靠)深断裂带中的金伯利岩,在岩浆侵入时由于压力易于释放的原因,故岩体亦未发现金刚石。

3. 碳源:静压法合成金刚石时,若用木材、煤、纸或其他有机碳做碳源,亦可得到金刚石。文献说明,当压力>700千巴,碳呈金属相^[7]。故设想压力<700千巴,金属碳可以转化为 C^{+4} ,从而与 Si^{+4} 或 Ti^{+4} 或其他正四价元素结合或置换,并赋存于地幔深部。若压力再下降,当压力<200千巴时, C^{+4} 便会从 Si^{+4} 或 Ti^{+4} 或其他正四价元素中析出,呈游离碳存在于地幔中。其后,当压力<100千巴,在金刚石生长区的温度、压力范围内,在密封和充分还原系统中形成金刚石,并释出热能。

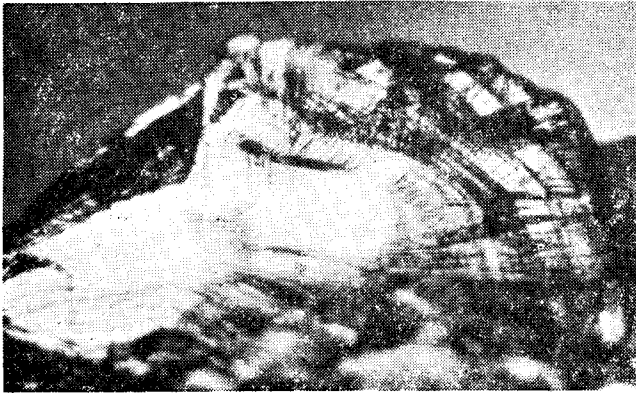
J. B. 道森^[1]认为金刚石的 $\delta^{13}C = -3 \sim -8\%$,此值与碳酸岩(Carbonatite)的 $\delta^{13}C$ 值相似。V. V. 柯威尔斯基和契尔斯基曾指出^[8],来自雅库特的金刚石矿床中的25颗不同颜色金刚石中,无色金刚石的 $\delta^{13}C = -5.4 \sim -8.8\%$,有色金刚石的 $\delta^{13}C = -5 \sim -32.3\%$ 。暗示植物或动物的有机碳可能亦是金刚石碳源。可见金刚石的碳源是广泛的,它可以是岩浆的游离碳,亦可以是来自碳酸岩或围岩中的有机碳和无机碳。

金刚石中的包裹体组分有^[9]:石墨、富铬镁铝榴石、钛铁矿、铬透辉石、金云母、镁橄榄石、硬铬尖晶石、金刚石、磁铁矿、铬铁矿、普通辉石、顽火辉石、锆石等。另外采自南非(阿扎尼亚)、巴西和阿肯色的天然金刚石的气液相包裹体中,已发现了 H_2 、 CH_4 、 C_2H_4 、 N_2 、 CO 、 CO_2 、 C_2H_5OH 、 C_3H_6 、 O_2 、 H_2O 和Ar^[10]。而金伯利岩中的榴辉岩捕虏体含细粒、呈八面体或六面体金刚石(南非阿扎尼亚和西伯利亚雅库特)^{[11][12]}。我国道沟地区金伯利岩中的第一世代橄榄石斑晶中亦见到了细粒八面体金刚石晶体。

这些事实表明金伯利岩中的金刚石并非都来自地幔深部,而且多期多阶段生长的产物。

地幔深部生长的金刚石,在随金伯利岩岩浆上升过程中可以作为籽晶从而得到再生长的机

1) 贺德之, 1964, 国外金刚石包裹体研究状况。地质快报, 21期, 第1—3页。



照片 4 八面体金刚石晶体(111)面上新鲜断口呈现的“皮壳状”显微结构

(“Lamella microtexture” on a fracture plane of octahedron diamond crystal face (111)) $\times 45$

断裂中。

如我国某地台区，有一条延伸近千公里的深断裂带，由一组（十数条）互相平行的断裂组成。断裂带早在震旦纪前就发育，到了震旦纪，这个地段已经成了地堑（或浅海）区，沉积了震旦系和古生代地层；到了中生—新生代，仍呈现一条串珠状盆地，继续了地堑式地貌特点。因此，这个地段的断裂延深最大。在深断裂带的北端出现分叉现象。它的南端，往南南西向延伸的现象就显得不那么明显了。

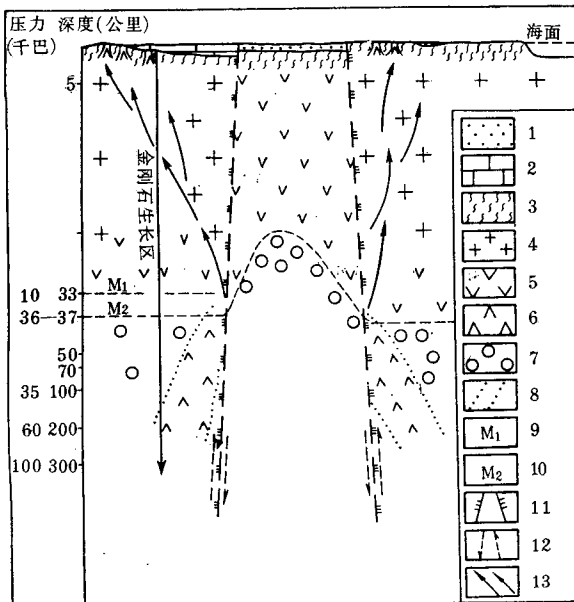


图 3 地台区深断裂带两侧的金伯利岩岩浆活动模式 (A model of kimberlite magmatism in the deep-seated lift zone of shield region)

1—中生代地层 (Mesozoic and Cainozoic sediments); 2—古生代地层 (Palaeozoic sediments); 3—前寒武纪片麻岩、混合岩 (Pre-Cambrian's gneisses and migmatites); 4—花岗岩质带 (Granitic zone); 5—玄武岩质带 (Basaltic zone); 6—金伯利岩 (Kimberlite); 7—富镁铁质岩带 (Ultramafic rocks zone); 8—理想的金伯利岩岩浆房 (Idealized kimberlite magma chamber); 9—理论上的莫霍面 (Theoretical Mohorovičić discontinuity); 10—实际上的莫霍面 (Real Mohorovičić discontinuity); 11—深断裂产状 (Deep-seated fault); 12—深断裂活动方向 (Direction of motion along deep-seated fault); 13—金伯利岩岩浆活动方向 (Direction of kimberlite magmatism)

在这条深断裂带的中部及其偏北地段，分别见到了三个金伯利岩岩浆活动区：偏北地段的金伯利岩出露在深断裂带中，未发现金刚石；中部地段的金伯利岩见于深断裂带东侧；中部偏南地区的金伯利岩见于深断裂带西侧。

中部偏南地段的地球物理资料表明：深断裂带上的莫霍面深度是25公里；在其东侧，莫霍面深35—36公里；其西侧，莫霍面深37公里¹⁾。图3表示该断裂带在这个地段的产状特点和金伯利岩岩浆活动模式。图中，设金刚石结晶的上限压力接近或小于1万巴，相当于30公里深度；而它的下限压力可大于6万巴，相当于200公里以下深度。由此可设想该深断裂两侧，都出现了金伯利岩岩浆活动。

六、结 论

在地幔的局部地段，若能源（主要是热能）大量聚集，会促使富镁铁质组分出现“重熔”，形成新的岩浆房。金伯利岩岩浆房也许就是这样形成的。这些岩浆房形成后，当出现造山活动，或由于深断裂在深部出现张性活动，这些岩浆房中的岩浆物质便沿着此类张性断裂作缓慢的、脉动式的上升、侵入。

金伯利岩来自地幔深部，它在侵入过程中，其压力和温度极高，故能结晶出金刚石。金伯利

表 3 地壳上岩浆岩侵入年代（百万年）概略表

(The simple geochronology of magma intrusions in earth's crust)

岩 浆 岩 类 型		前寒武纪 Pre-Cambrian (m. y.)				古 生 代 Palaeozoic (m. y.)	中 生 代 Mesozoic (m. y.)	新 生 代 Cainozoic (m. y.)	近 代 Recent (m. y.)
Type of magma rocks		>4000	4000—3000	3000—2000	2000—570	570—230	227—82	80—0.02	<0.02
侵入相 Intrusion phase	酸性岩及其派生的浅成侵入相 Acid rocks and it's clerivates, epi-magmatic phase	?							
	中性岩及其派生浅成侵入相 Intermediate rocks and it's derivates, epi-magmatic phase	?							
	辉长-辉绿岩 Gabbro-diabases	?	?						
	辉石岩 Pyroxenolites	?	?	?					
	橄榄岩类和榴辉岩类 Peridotites and eclogites	?	?	?					
	金伯利岩-碳酸岩类 Kimberlite-carbonatites	?	?	?					
喷出相 Extrusion phase	安山岩类 Andesites	?							
	玄武岩类 basalts	?							

1) 中国科学院地质研究所，1977，“某地区地震地质考察报告”（内部资料）。

岩中的金刚石可以形成于地幔深部，亦可以在岩浆侵入过程中结晶出来。从地幔深部形成的金刚石亦可作为籽晶，随着岩浆上升、侵入继续长大。金刚石只能在密封和充分还原系统中才能形成和保存。

已知各类型岩浆岩的岩石同位素地质年龄见表 3。

表 3 说明酸性、中性和基性岩浆岩及其派生浅成侵入相和喷出相自 40 亿年以后，已有侵入和喷出活动；各种超基性岩和金伯利岩却自 20 亿年后才出现侵入活动。原因在于初始地壳的壳层远较今日为薄，硅铝层物质在低压下熔融，容易形成酸性或中性岩浆，侵入到地壳上部。但硅镁层物质由于地壳较薄，静压力低而难于重熔。因此，在 20 亿年前，超基性岩和金伯利岩未出现大规模的侵入活动，以后，地壳增厚，便出现了侵入活动。每一次造山运动，都会促使地壳增厚。基本上属于全球性的造山运动主要是吕梁-晋宁期、加里东期、海西-燕山期和燕山-喜马拉雅期。因此，金伯利岩岩浆的侵入活动主要发生在这四个时期。

探讨金伯利岩和金刚石形成机制及其活动模式，对进一步寻找新的金伯利岩是有所帮助的。例如我国在“常林钻石”的产地及其相邻地区，根据金伯利岩岩浆活动模式（图 3），预期能找到含金刚石的金伯利岩。

本课题在研究过程中，先后得到李璞和池际尚教授的亲切指导，涂光炽和郭承基教授审阅并提出了宝贵意见；镁铬铁矿的电子显微镜下观察由闵育顺协助完成，工作中承蒙有关地质队提供有关金刚石地质资料和样品，一并致谢。文中不妥之处，请读者指正。

参 考 文 献

- [1] Dawson, J. B., 1971, Advances in kimberlite geology. *Earth-Science Review*, vol. 7, no. 4, 187—214.
- [2] Dawson, J. B., et al., 1975, Palaeogeothermal gradients derived from xenoliths in kimberlite. *Nature*, 257, 229—300.
- [3] Sobolev, N. V., 1972, 24 th Session IGC, Section 2.
- [4] Nixon, P. H. and Boyd, F. R., 1973, The discrete nodule (megacrystal) association in kimberlites from Northern Lesotho. in: Nixon, P. H. ed., *Lesotho Kimberlite*, Lesotho Nat. Dev. Corp., Maseru, 67—75.
- [5] Paul, D. K., Rex, D. C. and Harris, P. G., 1975, Chemical characteristics and K-Ar ages of Indian Kimberlites *Geol. Soc. Amer., Bull.*, 86, 364—366.
- [6] Михеевко, В. И., 1972, Докл. АН. СССР, Т. 205, №2, 428—430.
- [7] Bundy, F. P., 1964, Preparation of new materials and structures by high pressure treatment. A. S. T. M., Internal. 1, Conf. on Materials, Philadel, Phila. Pa.
- [8] Koval'Skii, V. V., and Cherskii, N. V., 1973, The carbon isotope composition of diamond. *Industrial Diamond Review*, February 54—56.
- [9] Harris, J. W., 1972, Black material on mineral inclusions and in internal fracture planes in diamond. *Miner. Petrol.*, vol. 35, no. 1, 22—33.
- [10] Melton, C. E., Giardini, A. A., 1975, Experiment results and theoretical interpretation of gaseous inclusions found in Arkansas natural diamond. *Amer. Mineral*, vol. 60, no. 5—6.
- [11] Бартощинский, З. В., 1960, Об алмазах из Эклогита Кимберлитовой Трубки «Мир». *Геол. И Геофизика*, №6.
- [12] Пономаренко, А. И., Серенко, Б. П., Лазько, Е. Е., 1973, Первые находки алмазоносных эклогитов в кимберлитовой трубке «Удачная». Докл. АН. СССР, Сер. Геол., Т. 209, №1.