

国外金刚石矿床的地质特征 及普查方法

(专 辑)

地质部地质科学技术情报研究所编译

中国工业出版社

国外金刚石矿床的地质特征 及普查方法

〔专 辑〕

地质部地质科学技术情报研究所编译

中国工业出版社

国外金刚石矿床的地质特征 及普查方法

(专 辑)

地质部地质科学技术情报研究所 编译

地质部地质书刊编辑部编辑 (北京西四羊市大街地质部院内)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张24 · 插页2 · 字数523,000

1964年10月北京第一版 · 1964年10月北京第一次印刷

印数0001—4,770 · 定价(科六)3.00元

统一书号: 15165 · 3590 (地质-301)



本專輯共包括論文31篇，主要是介紹國外金剛石原生礦床的
地質和構造情況、岩石礦物特征以及普查金剛石原生礦床的工作
方法。此外，若干文章也涉及金剛石及其母岩——金伯利岩的成
因問題。可供地質生產人員、科學研究人員及地質院校師生參
考。

序 言

本專輯共包括論文31篇，主要是介紹國外一些國家金剛石原生礦床的地质和构造情况、岩石矿物特征以及普查金剛石原生礦床——金伯利岩筒的工作方法。此外，若干文章內也涉及金剛石及其母岩——金伯利岩——的成因問題和人造金剛石問題。

國外的金剛石原生礦床（金伯利岩筒）是1870年發現的。從那時起至1954年，亦即在西伯利亞地台發現第一個金伯利岩筒以前，金剛石原生礦床主要發現於非洲，而在其它地區則很少找到。其原因主要是人們對其地质、构造条件缺乏系統和全面的總結，未能查明其分布規律。1940年前後，蘇聯 B. C. 索波列夫院士根據文獻資料將南非和西伯利亞地台的地质情况做了系統的分析對比，認為它們在地质和构造方面是相似的，因此他當時預測西伯利亞地台是金剛石原生礦床的远景地區。這個預測經過15年左右的時間，終於在1954年被証實了——在西伯利亞地台雅庫特地區現在已經發現了大量的金剛石原生礦床（金伯利岩筒）。這說明，系統的研究國外現有的金剛石原生礦床的地质資料，並善於應用這些資料和國內具体地质情况相對比，對確定金剛石的远景地區是有幫助的。

本專輯編輯的目的就在於向讀者介紹國外若干金剛石原生礦床的地质資料，便於讀者 and 國外資料對比，俾便發現更多的金剛石礦床為社會主義建設事業服務。

編入本專輯的論文是從900多篇文章中選出來的。在選題過程中我們盡量想做到從我國的生產實際和科學研究的需要出發。凡是有實際資料，有理論分析而又對我們當前工作有一定參考價值的文章，我們都加以採用。當然，由於篇幅所限，還有許多文章暫未編入，但在將來我們還要根據需要和可能陸續向讀者介紹。

為了向讀者多介紹一些實際資料和理論觀點，擴大知識領域，並避免受這種或那種觀點的約束，專輯中有意識地選擇了對同一問題持有不同觀點的文章。例如，有的作者認為金伯利岩火山活動與暗色岩漿活動現象有關，有的作者則堅決反對這種觀點；有人認為金剛石的含量在整个岩筒中是穩定不變的，有人則認為其含量是隨深度加大而減少的，等等。

本專輯中的論文，原文每篇都附有參考文獻目錄。鑑於這些參考文獻中有許多重複之處，我們將若干文章的參考文獻目錄做了適當的刪節。

在編譯過程中，承蒙田林司長的大力支持，蔣溶和閻琦、譚心榮、李遠德等同志提出了很多寶貴意見，並且積極地參加了協作，謹此致謝。

由於工作水平和時間所限，文章中可能有許多不妥之處。希望讀者多加指正。

地质部地质科学技术情报研究所編譯組

目 录

序 言

1. 金刚石矿床的地质特征与科学研究任务…………… И. С. 罗日科夫 (1)
2. 世界金刚石矿床…………… N. W. 威尔逊 (15)
3. 金刚石矿床的形成条件…………… B. C. 索波列夫 (27)
4. 金刚石在金伯利岩中的形成条件及分布规律…………… B. C. 特罗菲莫夫 (39)
5. 苏联金刚石原生矿床的岩石学某些问题…………… A. П. 列别捷夫 (50)
6. 論雅庫特地区金刚石原生矿床的分布、构造和形成的
 某些规律…………… A. A. 麦尼雅依洛夫 (57)
7. 西伯利亚与南非火山岩筒的对比…………… П. Е. 奥夫曼 (68)
8. 俄罗斯地台金刚石与捷克地块金刚石的对比…………… B. O. 魯瑞茨基 (80)
9. 坦噶尼喀的金伯利岩区及与其有关的金刚石矿床…………… G. J. 威廉斯 (86)
10. 魁北克州巴切罗尔湖的金伯利岩…………… K. D. 华桑 (112)
11. 巴苏陀兰的金伯利岩…………… J. B. 道森 (123)
12. 巴苏陀兰的金伯利岩及其伴生的包裹体: 矿物学和
 地球化学研究…………… P. H. 尼克松等 (139)
13. 巴西米纳斯吉拉斯北部的含金刚石区…………… L. J. 摩腊斯等 (171)
14. 阿納巴尔-奥列尼尧克地区的地质构造…………… Э. Н. 艾尔利赫 (186)
15. 阿納巴尔台背斜的构造及金伯利岩和暗色岩火山
 活动规律…………… Э. Н. 艾尔利赫 (201)
16. 西伯利亚地台东部的裂隙构造及其含金刚石性…………… A. A. 阿尔謝尼耶夫 (213)
17. 論苏哈納拗陷中部的地质构造和金伯利岩体在奥列尼尧克
 河流域的分布规律…………… Э. Н. 艾尔利赫 (217)
18. 西伯利亚金伯利岩地质学和岩石学的某些資料…………… A. П. 博勃里耶維奇等 (224)
19. 关于西伯利亚地台北部达尔登金伯利岩田的
 地质学問題…………… Л. Н. 茲維杰尔 (234)
20. 金伯利岩成因的某些問題…………… B. A. 米拉舍夫等 (239)
21. 金伯利岩地质学 (以苏联阿納巴尔-奥列尼尧克
 地区为例)…………… B. A. 米拉舍夫 (254)
22. 西伯利亚金伯利岩岩石学…………… A. П. 博勃里耶維奇等 (266)
23. 西伯利亚金伯利岩矿物学…………… Г. И. 斯米尔諾夫 (278)
24. 金伯利岩体的物质成分 (以木納和奥列尼尧克
 含金刚石区为例)…………… B. B. 科瓦尔斯基 (301)

25. 西雅庫特含金刚石区金伯利岩的矿物成分特征..... И. П. 伊卢平 (325)
26. “和平”金伯利岩筒的成分和組构..... Е. В. 弗兰采松 (334)
27. 金伯利岩中的蛇紋石化作用..... А. А. 列別捷夫等 (350)
28. 金刚石伴生矿物的特征..... Г. И. 斯米尔諾夫 (352)
29. 石榴石成分与其成因的关系..... Б. Г. 魯特茨等 (364)
30. 根据伴生矿物普查金刚石矿床..... Н. Н. 薩尔薩德斯基赫 (367)
31. 根据鎂鋁榴石普查金刚石矿床..... Н. Н. 薩尔薩德斯基赫 (374)

金剛石矿床的地质特征与科学研究任务

И.С.罗日科夫

緒 言^①

苏联的金剛石工业是国民經济中最年輕的部門之一。二十多年以前在烏拉尔首次发现了金剛石砂矿，1941年开始开采。在1956年以前，烏拉尔是国内唯一开采工业金剛石的地方。但是它的产量远远不能滿足国家的需要，金剛石問題在当时实际上是未解决的。当时之所以未能找到原生的金剛石，主要原因之一是缺乏有关含金剛石砂矿母岩存在的資料（当时学者們对原生矿床中金剛石的成因問題持有各种各样的观点）。

后来加强了对已經发现金剛石地区（烏拉尔、叶尼塞岭）以及有发现金剛石远景地区的科学研究工作。属于远景地区的首先是西伯利亚地台，这是B.C.索波列夫院士根据其地质特征与南非对比之后确定的。

1949年在雅庫特发现了金剛石。1954年发生了一件大事——在苏联認識了金剛石的实质。地质学家Л.А.波普加耶娃在西伯利亚地台发现了第一个含金剛石的金伯利岩筒。誠然，以后的勘探工作証明，該岩筒中的金剛石含量很低，不够工业品位，但这个发现的意義无疑是重大的。从这时起再不必爭論西伯利亚金剛石的来源了：每一个人都可以在岩石中亲眼看到金剛石和金剛石的典型伴生矿物——血紅色的鎂鋁榴石、鎂鈦鉄矿和鉻透輝石。此外，金伯利岩——金剛石的母岩——本身也具有很大的科学意义。1955年发现了金剛石原生矿床——“和平”、“成功”金伯利岩筒，以及后来的“爱哈尔”岩筒等。

砂矿及其时代、成因和形态类型

金剛石的开采历史是从发现了金剛石砂矿以后开始的。1870年以前，即在南非发现金剛石原生矿床以前，所有的金剛石都是从砂矿中开采的。因此，凡是发现过砂矿的国家都对砂矿研究得較好，并查明了它們的分布、时代以及其成因和形态类型。

苏联解决金剛石問題也是从开采砂矿开始的。第一顆金剛石是1829年在烏拉尔的克利斯托沃茲德維仁含金砂矿中發現的。在1829年以前，在苏联領土上总共找到了270—300顆金剛石，其中有250顆是在北烏拉尔的西坡发现的。但是，在任何一个地区都未发现过金剛石的工业矿床。

苏联研究金剛石历史的新（第一）阶段是1938—1954年。在这段時間曾大規模地展开

① 在个别問題上承蒙H.В.契尔斯基、Б.Г.魯特茨和B.И.謝曼宁协助收集若干資料，为此謹向他們致以深切的謝意。

了科学研究和普查勘探工作。地质調查工作主要是在烏拉尔进行的。这时所发现的仅是一些时代和形态类型不同的冲积砂矿。曾发现过中生代（晚白垩世）、第三紀和第四紀的砂矿，虽然它們的金刚石含量較低，但都有工业价值。中生代和第三紀砂矿的最常見的形态类型是阶地型、喀斯特型和河谷型砂矿。經常具有工业意义的是产于第四系中、上統的砂矿。它們的形态类型以砂嘴型、河床型、山谷型、阶地型和河谷型矿床为主。

在烏拉尔的許多地区——从其北部起，至南緣止——进行了普查工作。金刚石含量較高的砂矿发现于科依瓦（Койва）、波魯金卡（Полудека）河流域，阿多尔福谷，維热阿依和維金腊河流域。曾对古代和現代河网的砂矿进行过勘探。初期，比較有意义的是产在高阶地（高于現代河水面60—70米至130—150米）中的砂矿。此外，在烏拉尔的奥陶紀砾岩中也曾发现过若干金刚石晶体。当时有人推测，中泥盆世和晚二迭世的粗粒岩相可能含金刚石。烏拉尔是否有金刚石原生矿床至今尚未肯定。

在这段时间，在叶尼塞岭、哈薩克斯坦、北高加索、俄罗斯地台和西伯利亚地台也曾进行过少量的研究工作。結果在通加河（韦耳莫河的左側支流，隶属于中通古斯卡系統）的沉积和韦耳莫河沙嘴中发现了寥寥无几的金刚石（Корниенко, 1953）。

1947年С.Н.索科洛夫在小叶列瑪河（下通古斯卡的左側支流）发现了金刚石。1949年首先在維留依河砂嘴中（Г.Х. Файнштейн）和烏达、毕留薩、楚納、維霍列瓦雅及楚克沙河等沉积中（Андрьянов, 1960）发现了金刚石。同时还肯定了以前在麦尔尼契納雅河和托契尔內依河——皮特河的支流（叶尼塞岭）——发现金刚石的这个事实。在俄罗斯地台的若干地区也发现过几顆金刚石。但是，全部研究工作和勘探工作的成果是不大的。所发现的矿床，儲量不大，不能作为建立金刚石工业的基地。

地质調查工作的第二个阶段（从1954年起），除烏拉尔和其他某些地区外，还包括了西伯利亚地台，尤其是它的东部（雅庫特）。从1954年到1960年，雅庫特地质局阿馬金大队不仅发现了金刚石砂矿，而且还发现了金刚石的原生矿床。发现了許多金刚石含量較高的中生代（早侏罗世）和第四紀（中、晚世）砂矿，有残积和洪积成因的，也有坡积和冲积成因的。其中常見的形态类型有：钟状的——在金伯利岩筒和河谷坡上面；透鏡状和层状的——在古凹陷中；河床型、河谷型、阶地型和河底型——在現代河谷中。在这段时间发现的最大的几个砂矿是产在伊列利雅赫（Ирелях）河谷和小博图奥华雅河谷某些地段中的砂矿，以及“和平”岩筒附近的早侏罗世砂矿。

此外，在二迭紀地层（北极地质科学研究所）、晚侏罗世和中侏罗世滨海相地层（全苏航空地质托拉斯）和第三紀（？）陆相地层（雅庫特地质局阿馬金大队）中曾发现了几顆金刚石。

在这段时间所发现的金刚石原生矿床都是时代在第三紀以后和——可能是——晚二迭世以前的金伯利岩筒。

金伯利岩体的表面遭到严重的化学风化，結果其中有很多被一层风化壳所覆盖。风化壳系黄色和蓝色的，在不同程度上遭到破坏的基岩，并已变为残积砂矿。

残积砂矿在“和平”岩筒上面頗为发育。金伯利岩的上部到处都变为易破碎的粘土物质，并杂有鉄的氢氧化物。这些物质的顏色为黄色、黑綠色和浅綠蓝色。金伯利岩体的全部組份，在4米深以上的地方全部破坏。在4—6米深的地方，金伯利岩变为保存着原

有结构的碎石，其中有些是很坚硬的金伯利岩。从10—14米深左右的地方，岩石的崩解作用逐渐减弱，常常可以见到由坚硬岩石组成的地段，而在20—30米深的地方，全部为绿色、绿黑色和蓝色的坚硬岩石。

遭受风化金伯利岩的矿物成分在0.6—2米深的地方如下：蛇纹石——90%，碳酸盐——5%，绿泥石——1%，钛铁矿——1.7%，镁铝榴石——1%，磁铁矿——0.5%，白钛石——0.04%，铁的氢氧化物——0.04%，铬透辉石——0.04%。在其他岩筒上，特别是在玄武岩型的岩筒上，残积砂矿很少或根本没有。这有两种解释：一种是原生金伯利岩中没有金刚石，另一种是岩筒上面没有风化壳产物。应当指出，古风化壳（残积物）并不是在所有的金伯利岩筒上面都可以保存下来；它在各个岩筒上面的发育程度似乎也不一样。角砾状岩石上面的风化壳极为发育，而坚硬岩石上面的风化壳就不太发育。此外，在古风化壳形成以后的时期，金伯利岩体的侵蚀切割所剥露的金伯利岩的深度是不一样的。

在苏联以外各国，砂矿中的金刚石产量占金刚石总产量的95%左右，因此这些国家的金刚石矿床对我们有很大的科学意义。

就形成时间来看，砂矿产于各个地质时代中——从前寒武纪起到现代止。砂矿中的物质常常以被胶结的碎屑沉积或松散沉积物为主，其中含有金刚石及其他不易风化的重矿物。

金刚石砂矿就其成因可分为冲积的、残积的、滨海海成的和风成的。此外，还有混合成因的砂矿类型。

含金刚石的最古老的砂矿是维特瓦特尔斯兰德系前寒武纪砾岩（南非德兰士瓦）。砾岩中的金刚石是在19世纪90年代开采金时发现的。最高年产量达300克拉左右（1924）。大部份金刚石的颗粒都是很小的，只是有一颗（发现于克累斯多普）重8克拉。凡是产于维特瓦特尔斯兰德砾岩中的金刚石都呈绿色、黄绿色和暗绿色（较少），但经机械加工后便消失掉。这种颜色是古老矿床的金刚石所特有的，与放射性作用有关。这里金刚石的来源地，是前寒武纪的超基性岩。

属于前寒武纪的还有1919年发现的比里姆（加纳）金刚石矿床。该矿床位于比里姆建造（前寒武纪晚期）分布区。该建造系由变质砾岩、千枚岩和凝灰质砂岩组成。据国外研究人员的资料，邦达矿床中的砾岩含金刚石，这些砾岩破坏以后形成时代较新的砂矿。比里姆砾岩中金刚石的成因一般认为与古老的超基性岩有关，但它已变为滑石-透辉片岩，并含有炭质千枚岩捕虏体。在对这种古老的超基性岩取样时，曾发现几颗金刚石。比里姆砾岩中的金刚石多数都是小颗粒的，但有很多浅绿色宝石，很象维特瓦特尔斯兰德的金刚石。每颗金刚石的平均重量为0.06克拉；最大的两颗晶体的重量分别为10.5克拉和7.5克拉。

在印度，很早以前就在文德希依（виндхийская）建造的前寒武纪砾岩中发现过金刚石。在卡尔努尔区（南方组）在1910—1912年曾开采过金刚石。含金刚石层的厚度为0.1—0.6米；每立方米含0.15—0.4克拉。

最后，应当提到巴西的巴希雅和米南斯-热郎涅的前寒武纪含金刚石砾岩。在这里，金刚石在砾岩中分布得相当均匀，但含量低。已经开采的主要是这种砾岩露头上的残积砂矿。

在印度的北方矿床組中，金剛石发现于寒武-志留紀沉积（文德希依建造上部）中。这里开采出来的金剛石每顆平均重量为0.59克拉。金剛石极純淨，透明似水。在这里发现的金剛石“大蒙古朝”、“奥尔洛夫”、“沙赫”等久負盛名。

杜托依特（1954）指出，最近在巴西西部和玻利維亞的石炭紀冰川地层中发现了金剛石。有报导說，在南非別尔克里-韦斯特的克利普达姆附近的德瓦依卡冰磧岩中，也就是卡魯系（上石炭統）的底部，以及北美的冰川沉积中发现了金剛石。

什图泽尔在介绍南罗得西亞的金剛石矿床时曾指出：索莫布拉的晚三迭世沉积含有金剛石。已經确定，含金剛石层直接位于花崗岩之上，系卡魯系的最頂部。据杜托依特說，金剛石具有鮮綠色，但一經琢磨便消失掉。最大的金剛石的重量为50克拉，平均重量（据瓦格涅尔）为0.75克拉。在該砂矿中共开采了15500克拉。从1932年起，这里几乎未曾开采过金剛石。这些金剛石的源地可能比南非的金伯利岩为更老的結晶杂岩或岩筒。在这个时代的砾岩中，如在刚果和安哥拉的魯比拉什組中，曾发现过金剛石。

对刚果河流域的矿床来講，砂质頁岩建造具有特殊的意义。該建造的时代相应于晚古生代一三迭系（与卡魯建造相似）。許多人都認為，刚果盆地所以含金剛石，与該建造上部的砂岩和砾岩，也就是所謂的魯比拉什砂岩有关。砂岩中的确是含金剛石的，这已被取样資料（在77立方米中找到重0.02克拉）所証实，尤其是被冲刷魯比拉什砾岩的各条河流都含金剛石这点所証实。后者可作为整个刚果盆地的普查标志。

但是也有另外一些观点，反对上面的說法。例如，皮特茨認為，这里的金剛石是更新世間歇河流从遙远的地区带来的。

据科尔霍文的資料，在加里曼丹南部的晚白堊世砾岩和始新世砂岩中曾发现过金剛石。这些地层中的金剛石含量低，但人們一向認為它們是时代較新的砂矿的次生源地。

白堊紀含金剛石砂矿也見于巴西，但研究得很差。

第三紀砂矿見于大洋洲的新南威尔士。这里的金剛石与金和鉑族金属共生，在空間上与超基性岩带有联系。砂矿一般都埋藏在很厚的玄武岩盖层之下。

第三紀金剛石砂矿广泛地分布于非洲各个含金剛石区，但它們并非經常都能与第四紀砂矿分开。

分布最广，而且工业意义最大的是第四紀砂矿。目前刚果、加納、南非和其他地区正在大力开采。这里我們所談的只是第四紀砂矿最基本的，也是最重要的一些特点。

南非的含金剛石砂矿主要集中在瓦尔河和奥伦治河流域。杜托依特根据产状将砂矿分为：a) 高处砂矿，即位于河床以上130米或在河床两旁数公里地方上的砂矿；b) 阶地砂矿，这种砂矿沿現代河流分布，但所处的高度少于上述砂砾层；c) 充填古河床的砂矿或深部砂矿（在現代地表以下15—30米）和 r) 現代河谷中的砂矿。

砂砾层中的金剛石含量頗不均匀，最多每立方米可达20克拉。就形状、顏色和质量来看，金剛石有各式各样的；常見的是很小的金剛石或其碎屑。据瓦格涅尔說，大部分金剛石来自金伯利岩体，但有些綠色的金剛石，很象維特瓦特爾斯兰德砾岩中产的。

在刚果河流域，晚第三世和第四紀砂矿分布得很广。主要的含金剛石区是布什梅河（松庫魯河左側支流——卡賽河上部）。这里已发现三种类型的砂矿床：冲积的、残积的和特殊的集块岩的。以冲积型为主。金剛石既見于砂砾层中，也見于坡积粘土中。金剛石

的含量在砂砾层的个别矿囊中每立方米达1,000克拉。在阶地上也发现过很富的砂矿（巴克万戈）。

卡赛区的砂矿以阶地型、河谷型和河床型为主。最大的砂矿位于河流的河漫滩和河床中。金刚石富集于各种凹陷中。金刚石基本上（70%）都是小顆的，重在0.1克拉以下。最大的一颗金刚石重达44克拉。

其他地区的砂矿无需赘述。

值得注意的是，在研究不同时代砂矿重組份的矿物成分时，在古老的砂矿中，包括第三紀砂矿在內，并未发现鎂鋁榴石。鎂鋁榴石仅見于晚第三世地层中。

現在简单地談一下滨海海成砂矿。这些砂矿广泛地分布于非洲的西南部：奥伦治河河口以北和以南的大西洋沿岸。滨海带的寬度为26—135公里，名为納米布，它是非洲的一个沙漠平原，与內陆高原紧紧毗邻。

除奥伦治河外，所有的河流只有在雨量充沛的年代才断續地积水。金刚石砂矿都产在納米布的滨海地区。在这里，砂矿带的寬达10公里，长达400公里。据杜托依特說，金刚石产在海成砂砾层和砂子中，其时代为第三紀初期或更老一些；它們产在高达150米的海成阶地中（呂德里次沿岸）。此外，在从呂德里次湾底挖泥时也曾发现过金刚石。

在奥伦治河沿岸，在其河口以南，发育着小納馬瓜兰含金刚石砂矿。这里在第三紀曾发生过隆起作用，結果形成了許多由海成砂砾层构成的滨海阶地。一般都認為，不同地点的隆起作用在程度上是不同的。最高的阶地海拔40米，最低的阶地海拔15—7米。最富的砂矿床見于奥伦治河以南。这里最有意义的是所謂的牡蠣綫，亦即高阶地（22—35米）的残留物。这里的金刚石含量每立方米平均为50—100克拉。含金刚石最多的牡蠣綫，其寬度为3—12米，长度（沿河岸）为400米。据报导，有許多宝石都遭到損伤：有些損伤很象玻璃窗上被寒冰冻成的花紋，有些損伤很象冲击后留下的痕跡。在奥伦治河沿岸以南和以北地区，金刚石的顆粒总的来看是变小了。据此杜托依特写道：“这証明金刚石主要是奥伦治河带来的，其来源地是金伯利岩筒。在这种情况下金刚石的搬运距离达1500公里以上”。

这样长的搬运距离，不是所有的人都同意的。有些人認為，原生源地所处的位置要近得多。但是，皮特茨却說，如果說潮湿气候和正常气候下的常年积水或間歇积水的河流不能將这种大而重的东西搬运这样远的話，則干燥气候下的临时性洪流却將它搬运这样远。

現在談談残积砂矿。金伯利岩体在地表上几乎經常变为浅黃色至紅色的斑点状物质，这就是所謂的“黃土”。

这是一种彻底分解了的岩石，由金伯利角砾岩的风化产物組成。其顏色是由于所有的鉄质硅酸盐全部变为氢氧化鉄而造成的。在黃土的成分中，除粘土矿物、硅质岩石的渾圓状和帶角稜的碎屑外，尚含有金刚石、鎂鋁榴石、透輝石、鈦鉄矿和云母的顆粒，以及少量的蛋白石和重晶石。在黃土中往往也有方解石。黃土是金伯利岩氧化和水化作用的最終阶段。它在南非各岩筒中的分布深度是不同的，但不超过47米。O.什图泽尔列举了下列数据：金伯利^①岩筒——22米，普列米尔岩筒——12米，雅戈尔斯峰捷因岩筒——20米，賴

① 这里指地名——譯者注。

斯岩筒——12米，弗奥尔斯别德岩筒——30—32米，罗伯特維克多尔岩筒——47米，新伊郎德岩筒——27米，科非峯捷因岩筒——23米，艾宾希柴尔岩筒——23米。在加丹加地区，黄土的厚度不超过20米，但一般都介于6—8米之間。黄土中的金刚石含量特高（每立方米达300克拉）。往下黄土逐渐过渡为暗褐色土，即所謂“锈土”，再往下过渡为“蓝土”。蓝土系一未彻底分解的岩石，其中含有各种各样的外来包裹体：具有橄欖石假象的蛇紋石、金云母、鈦鉄矿、鎂鋁榴石、透輝石和頑火輝石顆粒。O.什图泽尔指出，蓝土可在很深的地方遇到，因此它的形成不能只死板地用外生风化作用来解释。在維謝尔頓和布尔峯捷因两个岩筒中，在300米深的地方还未发现硬质的金伯利岩，即所謂坚硬金伯利岩（хардебанк）。

金伯利岩体在风化作用的初期会遭到强烈的变质作用。威廉斯認為，热液变质作用有特殊的意义。威廉斯所說的热液变质作用系指蛇紋岩化、沸石化和碳酸盐化作用而言。

杜托依特列举了一些有关金伯利岩体积增大的数据，其体积所以能够增大，是由于橄欖石的蛇紋岩化作用引起的：“由橄欖石的变化而造成的体积大約比原来的增加30%”。

有許多在鉄板上对金伯利岩进行人工风化的实例。例如，威廉斯曾报导說，多年以来“迪毕尔斯”公司在机械加工以前就将蓝色岩石置于鉄板上风化。目的是为了利用大气因素来分解蓝色岩石，以便不再对它进行破碎。其过程是：将蓝色岩石平鋪在鉄板上（厚305—407毫米），使其受大气条件的作用，时间为12—18个月。为了能使破坏作用顺利进行，要不断地翻弄岩石，并在干燥季节往岩石中加水。此时經常可以发现，经过这种风化过程后蓝色岩石的体积和重量都有所增加。据“迪毕尔斯”公司的統計记录，15年来共增加18.4%。

有人認為，金伯利岩筒在地表附近的破坏作用与此略有相似。当普通的岩石经过氧化作用并轉变为黄色岩石时，体积和重量也有增加。

我們介紹国外砂矿的情况，不仅是为了让大家了解它們的分布很广，时代不同，成因和形态类型繁多，而且也是为了让我们的地质人員根据国外研究金刚石砂矿的經驗，对含金刚石区和根据地质条件来看可能有金刚石矿床存在地区的地质发展史进行更詳細、更全面的研究。在这些地区必須詳細地研究不同时代的碎屑沉积、金伯利岩和偏硷性的超基性岩。

我們認為，这样研究的結果能发现一些在时代、成因和形态类型方面与国外相似的新砂矿。

金伯利岩筒的成因和形成条件

根据金刚石砂矿床具有不同时代这一点来推断，原生矿床的时代也应当是不同的——从前寒武紀起，到第三紀止。但是砂矿的原生源地的时代并非各处都确定得很准；时代划分得比較准确的可能只有金伯利岩体。

大家知道，南非的金伯利岩岩筒和岩牆，穿插着几乎所有的晚白堊世以前的建造，因此人們都認為它們的时代属晚白堊世。据Л.卡恩（1951）报导，刚果金伯利岩体的形成时代是很长的。例如，孔捷尤葛高原的金伯利岩，其时代为从前寒武紀末到白堊紀末；布什梅区的金伯利岩——从晚侏罗世到更新世。卡赛—尤达区的金伯利岩形成于晚侏罗—

早白堊和晚白堊世之間。

捷克地块金伯利岩体形成于第三紀。雅庫特金伯利岩体形成于晚三迭世，也可能形成于二迭紀之內（晚二迭世以前），甚至形成于晚侏罗世或早白堊世（“露头”岩筒，Милашев, Шульгина, 1959）。

关于金伯利岩漿形成問題的現代观点

就化学成分看，金伯利岩乃是偏硷性的超基性岩。就产状来看可将金伯利岩分为岩筒、岩墙和岩脉。金伯利岩的不同形态取决于形成条件，后者也能决定金伯利岩的成分。例如，通过爆发途径而形成的岩筒，多由金伯利角砾岩組成。其他一些岩体乃是通道和裂隙被金伯利岩岩漿充填的結果。这样形成的岩筒，多由玄武岩型和云母型金伯利岩組成，其中有些是由具有似斑状和斑状结构的橄欖石苦橄岩和橄欖石黃长岩組成的。岩墙和岩脉主要是由似斑状的岩漿成因的金伯利岩組成的，其中不含外来岩石包裹体。由金伯利岩凝灰岩和角砾岩組成的岩墙很少見到（塞拉勒窩內）。

含金刚石的主要是金伯利岩筒，但其中大部分实际上是不产金刚石的。岩墙和岩脉，除了是由金伯利角砾岩組成的而外，几乎都是不含金刚石的。

从成分上看，金伯利岩的位置介于超基性岩和硷性玄武岩类之間。这种情况招致了人們对其成因持有若干种观点。

应当說，大多数人都持有这样的观点，即地台岩漿作用的每一类型——暗色岩型、金伯利岩型等——都是独立的。过去和現在都有一种意見（Вагнер, 1909; Вильямс, 1932; Соболев, 1960; Лебедев, 1957等等），認為金伯利岩漿是深成的，与地壳的超基性岩层或介于超基性岩和玄武岩之間の层有关。

在非洲，金伯利岩和粗玄岩在形成時間上毫无瓜葛，因此那里从来不存在什么它們是同源的問題。但是霍尔姆斯等人却認為金伯利岩和硷性玄武岩类有关，而且在这两种岩石間发现了一系列的过渡現象和岩石学上的相似之处。在苏联持这种观点的是 Г.М. 加別耶娃（1959），她将金伯利岩归入煌斑岩类。

在西伯利亚地台，暗色岩漿和金伯利岩漿作用在空間和時間上都有密切的联系，因此个別人（Леонтьев, Каденский, 1957; Меньшиков, 1960）就推測在暗色岩漿和金伯利岩漿之間有成因联系。而且这种联系，据他們說，是在暗色岩火山作用的最后期，在彼此孤立的岩漿囊中，在特定的区域构造和地质条件下形成的。应当指出，証实这种观点的实际資料还很少。

对暗色岩漿分异物所进行的研究証明，暗色岩漿中橄欖石的含鉄橄欖石組份 15—20%，而金伯利岩橄欖石中含鉄橄欖石組份不超过 10%（Соболев, 1960）。此外，在金伯利岩和暗色岩之間未发现过中間成分的岩石。但是，同源包裹体（橄欖岩、苦閃橄欖岩等）的存在，而且其成分与金伯利岩本身的成分一样，使許多人肯定了有橄欖岩层存在（而且又被金伯利岩漿貫穿或再熔化）这个事实，也就是說，这証明金伯利岩漿是深成的。由此可見，金伯利岩漿的来源尚未查明，尽管現有的資料使我們确信独立的金伯利岩漿的确是存在的。对金伯利岩体所进行的詳細研究証明，它們的形成过程是极其复杂的——多期的和多阶段（多幕）的。

我們認為金伯利岩体的形成順序是这样的：

a) 金伯利岩的某些造岩矿物早在岩浆阶段即在岩浆源内部即已形成。这些矿物是：橄欖石、鎂鋁榴石、鎂鈦鉄矿等的晶体，可能还有一部分金刚石晶体；

b) 各个金伯利岩筒可能不是一次就从最初的岩浆源中形成的，而是分期地，这种岩浆源曾反复地向上移动；

в) 金伯利岩浆直接插入較高层位中的侵入期。这时所形成的是浅成相类型的岩浆成因的金伯利岩——金伯利岩岩脉和岩墙以及某些岩筒；

г) 爆发期。爆发幕的特点是：爆发的時間很短，围岩断裂，金伯利岩本身自角砾岩化，接着便被后来的金伯利岩物质所胶結，但爆发作用可能不止出現一次。另外一部分金刚石的形成应当与这个时期有关。

大量挥发性和液体組份的存在，决定了金伯利角砾岩在以后各个阶段的自变质作用。

構造因素(基底、盖层)在金伯利岩筒形成中的作用

西伯利亚和非洲金伯利岩筒的特点是：1) 金伯利岩体的規模較小；2) 金伯利岩体成群地分布，产于一定的构造中，尽管各地区的金伯利岩在总的方面相似，但每一个岩筒都严格地有它自己的形成特点，具有明显的化学、矿物学（如各种矿物的数量比值、包裹体的有无等）、含金刚石性和金刚石結晶特征的专属性。

金伯利岩的这些特点令人想到：金伯利岩的岩浆源是很多的，其分布是有局限性的，必須具备特殊的构造形成条件，就是說，除了共同的地台条件外，还必须具备一系列其他的局部性因素。

对西伯利亚地台来講，銜接台向斜和台背斜的构造起着极大的作用，区域性大断裂也起着很大的作用，因为它们控制着硷性-超基性岩和金伯利岩的部位。目前金伯利岩与深大断裂之間的关系誰也不怀疑了。問題在于在地表上往往很难对这些断裂带进行圈定。区域性的基底深大断裂带在地台的沉积盖层中一般表現得很不明显，只有用专门的研究方法——地球物理法、地质构造法、地貌法、金属量測量法、航空測量法等——才能发现。

大多数人認為深部断裂只起一个矿液通道的作用。如果这样来看待深部断裂的意义，那就把深部构造和金伯利岩浆作用的联系理解得太简单了。对金伯利岩所进行的构造研究表明，它們并不是在静态环境下，而是在动态环境下形成的。金伯利岩浆源的产生、演化及侵入机理，都是由深部断裂的构造史所决定的。

不研究深部断裂的活动情况，就不会理解为什么独立发育的金伯利岩浆源有这样多，也不会理解为什么不同阶段的金伯利岩都会露出地表，等等。与此相反，如果考虑到每一个金伯利岩浆源和岩体都是在深部断裂的动态环境下形成的，而且它們各自的特点都是由这种动态环境所决定的，那么这些問題就可以得到解决。

看来，暗色岩和金伯利岩浆作用最强烈的地方是不同的，分別受不同构造因素的控制。至少在暗色岩火山作用最强烈的地区——通古斯盆地——未发现过金伯利岩。个別的金伯利岩組可以出現在暗色岩火山作用强烈的地区（例如，阿拉基特），但是这种空間上的一致性可能是由于两种不同性质构造的銜接而造成的。暗色岩和金伯利岩在空間上发育的一致性表明，这里一定有很多深部断裂，它們不仅达到地球的玄武岩层，而且还达到橄

橄欖岩層。很可能，這裡的硅鋁層是較薄的。因此我們認為，基性岩漿和偏鹼性超基性岩的結合是完全合乎規律的。

金剛石原生礦床

金剛石原生礦床產於不同的地質構造中：一些最大最富的產在古老的地台中，而另一些很小很貧的則產在褶皺區中。

含金剛石的和不含金剛石的岩筒的特點 地台區的金剛石原生礦床主要是金伯利岩筒，在個別情況下是金伯利岩牆和岩層（南非的季澤賴岩層，塞拉勒窩內的岩牆）。目前在古老的地台中已發現500多個金伯利岩體，其中含金剛石的不到一半，而含金剛石較多的不超過6—10%。

關於金剛石的成因問題有若干種觀點，詳見杜托依特（1954）和B.C.索波列夫（1960）的文章。在我們看來，在這些觀點中最可能的一種是，認為金剛石在金伯利岩漿本身中形成的觀點。同時我們認為，金剛石的結晶作用是在不同條件下——在爆發以前和正在爆發時期的岩漿囊中——發生的。也就是說，岩筒中的金剛石可能屬於不同的階段，也可能屬於反復的爆發時期——不同的幕。

榴輝岩、含鎂鋁榴石的橄欖岩和苦閃橄欖岩也含金剛石。在榴輝岩碎屑中，以及在以包裹體的形式產於金伯利岩筒中的石榴石-橄欖岩中也發現過金剛石。

各個金伯利岩體的含金剛石程度，在很大程度上取決於其構造和空間位置，大多數金伯利岩體都是受地台岩漿作用的總規律控制的。至少現在可以肯定，金伯利岩體傾向於台背斜和台向斜的銜接帶和區域性的大斷裂中。含金剛石的和不含金剛石的岩筒空間分布的具體原因尚未查明，還須做詳細的研究。

岩筒的含金剛石性受一系列局部性因素的影響，這也是毫無疑問的，因為在同一个地區所發現的實際上是相鄰的岩筒，有的含金剛石，有的却不含金剛石。

似斑狀結構的金伯利岩脈和岩牆實際上是不含金剛石的。這是憑經驗得出來的規律，原因尚不完全清楚。但是已經查明，原始岩漿礦物——鎂鋁榴石和橄欖石——在岩脈和岩牆中遭到強烈的熔蝕、次變邊和溶解作用。看來可以認為，金剛石在金伯利岩熔體緩慢凝結的條件下是不穩定的，因而被溶解了。

在褶皺區（烏拉爾、東澳大利亞、加里曼丹、塔斯曼）內，金剛石只見於砂礦中，與金或鉑族金屬共生。一般都認為這裡金剛石的原生源地是超基性岩，主要是橄欖岩。金剛石的結晶作用發生在岩漿作用階段。已發現的含金剛石的原生岩體都沒有工業意義，但是，它們是形成金剛石砂礦的源地。

合成金剛石及其實際和科學意義

形成金剛石礦床的特殊地質條件決定了它的分布較少，因此擁有金剛石這種寶貴原料的國家寥寥無幾。然而，由於金剛石可廣泛地應用於許多工業部門，因此各個國家對它的需要量日益增加，這就必須探索獲得合成金剛石的方法。將近100年來，許多國家的學者一直在試圖得到人造金剛石。近幾年來有關這方面的研究取得了良好的結果。

在我們看來，人造金剛石的生產具有雙重意義。首先它能解決一個重要的問題——保

証各种工业对金刚石日益增长的需要。除此之外，在化驗室和工厂中获取金刚石所积累起来的經驗，无疑有助于学者們解决金刚石在天然条件下——大自然本身所創造的實驗室中，在金伯利岩漿，更确切些說是在含金刚石岩漿发育和形成的各个阶段的成因問題。

如果分析一下人工合成金刚石的許許多多的試驗（В.Г. Васильев, В.В. Ковальский, Н.В. Черский, 1961），則可以看出，学者們所进行的試驗主要通过三个途径：

- 1) 从各种鉄硅酸盐溶液中使碳晶出；
- 2) 从气相中使碳晶出；
- 3) 从固相和液相中使碳晶出。

第一批人造金刚石是1880年汉奈（Hannay, 1880）获得的：几顆小的晶体，专家們認為这是自然界所沒有的金刚石新变种。

馬桑在进行众所周知的获取金刚石試驗中，利用的是从硅酸盐或鉄的超饱和熔融体中分解出来的碳。在专用的压热器中将这种混合物加热至900—1100°C，并在15,000个大气压下放置2—3分钟。馬桑所得到的晶体都不超过0.7毫米，目前还不能說这是金刚石的晶体。有人试图通过在电弧中分解乙炔的方法从气态碳中（魯索），从四氯化碳和鋁中（杰尔捷尔）或其他方法获取金刚石，但都未得到令人滿意的效果。有人将煤在10,000—12,000个大气压下熔化，再从煤中获取金刚石，这种試驗也未成功（Руфф, Басс, Лейпунский, Васильев 等, 1961）。

据 О.И. 萊彭斯基（1959）的意見，只有当金刚石是比石墨更为稳定相的压力条件下和石墨的結晶格子发生变化并过渡为金刚石的溫度条件下，人工合成金刚石才是可能的。形成金刚石所必需的最低溫度和压力值，据 О.И. 萊彭斯基測定，应为1500—1700°C 和50,000—55,000个大气压。

苏联学者关于金刚石形成条件的說法，已經在美国許多科学研究所的工作中得到証实。美国人造金刚石的生产目前已达到工业規模。可惜的是，有关美国制造金刚石时所采用的方法，在文献中只有一些零星的，很不完整的資料。Э. 吉別林 1961年在《金与銀》杂志（西德）上发表了一系列的文章，詳細地介紹了“通用电气”公司生产金刚石的情况。他在文章中还比較詳細的介紹了供获取金刚石用的压热器（压力100,000大气压，溫度2500°C）的特殊結構，并报导了有关人工合成金刚石工艺学的許多有意义的資料。

Э. 吉別林指出，在获取金刚石时，如不加入催化剂，則需要的压力为300,000个以上大气压，溫度为4000°C。“通用电气”公司的专家們用鎳作为催化剂，結果在溫度为2000°C左右，压力为53,000—100,000个大气压的条件下就生产出人造金刚石。

已經証明，金刚石晶体生长速度随着溫度的增高而急剧加大，每秒钟可达1毫米。溫度对金刚石的形状和顏色也有影响：介质的溫度愈高，晶体就愈发白，其八面体形就愈規則。

目前美国年产250—300万克拉人造金刚石。就物理性质和技术性能来看，这种金刚石并不亚于天然金刚石，但它們一般都很小，只能用于工业中。

据国外刊物报导，英国和瑞典也有人工合成金刚石的設備，但其生产規模不詳。

苏联也正在研究获取人造金刚石的工艺学問題。

知道了人造金刚石形成条件，就会加速解决金刚石在地壳中的成因問題。即便是現在，