

金伯利岩及其捕虏体

# 金伯利岩及其捕虏体

J. B. 道森 著

地  
质

588.1

34

地 质 出 版 社

社

# 金伯利岩及其捕虏体

J.B.道森 著

金鹤 王克非 译

黄煖堂 校

地质出版社

**Kimberlites and Their Xenoliths**  
J. B. Dawson  
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York  
1980

**金伯利岩及其捕虏体**

J. B. 道森 著  
金鹤生 王克非 译  
黄煖堂 校

\*

责任编辑：毕庶礼 [马志先]

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本：850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub>印张：8<sup>11</sup>/<sub>16</sub>字数：227,000  
1986年3月北京第一版·1986年3月北京第一次印刷  
印数：1—1,192册 定价：2.10元  
统一书号：13038·新150

# 前 言

在资料激增和出版费用昂贵的今天，一个作者提供给读者大众的必须是一些值得阅读的东西，虽然，在过去二十年中对上地幔的深入研究已经有了一些关于金伯利岩及其捕虏体的著作；但是为什么还要写一本这种书呢？首先，在本书中我集中研究了作为一个特殊的岩类和上地幔“取样器”的金伯利岩，希望对象N. V. Sobolev的“金伯利岩中的深源包体及上地幔成分问题”及M. G. Bardet的“金刚石地质学”（法文）这样的专著作些补充，这些书已经较多地汇集了金伯利岩和上地幔地质这一特定方面的内容。因此虽然我试图提出一些关于捕虏体岩石学的最新观点，但我并不想叙述金刚石的勘探和采矿。由于篇幅的限制不允许我象Sobolev那样对上地幔的复杂性探索得那么深。其次，文献是大量的，我试图为读者汇总在现代地质文献中及现代的许多专著如1973年在开普敦和1977年在Santa Fe举行的两次金伯利岩国际讨论会的论文汇编中的许多观点和资料。为了缩短巨大的文献表，我尽可能利用最新的评论性文章，如Meyer的关于美国金伯利岩的文章。因此，某些可尊敬的作者可能未在文献表中发现自己的名字；我相信他将原谅我并理解这是由于篇幅的关系。

本书是我自己的经验和许多人努力的成果，而且我愿意特别称赞我的两位已故的同事和朋友W. Q. Kennedy和C. F. Davidson，是他们激发了我早期对金伯利岩的兴趣，由于对预印本有价值的讨论和分析帮助，我对下列一些人表示感谢：J. R. Baldwin, F. R. Boyd, D. A. Carswell, T. N. Clifford, P. Deines, C. H. Emeleus, J. J. Gurney, S. E. Haggerty, J. W. Harris, B. Harter, J. B. Hawthorne, P. Kresten, M. E. Mc Callum, R. H. Mitchell, A. Nicolas, D. J. Powell, A. M. Reid, J. V. Smith,

N. V. Sobolev, W. E. Stephens和P. J. Wyllie。我特别要感谢与我进行了长期的卓有成效合作的John Gurney和Joe Smith及他们在开普敦大学和芝加哥大学的研究组。我在南部非洲的大部分野外工作是在德-比尔斯联合矿山股份有限公司的地质学家的合作和帮助下进行的，其中主要是L. G. Murray, C. D. Hallam和J. B. Hawthorne。

我也感谢自然环境研究委员会、英国皇家学会、苏格兰大学卡内基基金会和圣·安得列斯大学的旅行基金会对本人研究工作的财政支持。此外我也欣赏我在圣·安得列斯大学和谢菲尔德大学地质系的秘书和技术人员热情的和慷慨的帮助；我特别感谢S. Fell和M. Townsend在S. Forster, P. Mellor和B. Wilson的帮助下打印原稿，以及J. Allen和M. Cooper的照相和设计。

最后，我特别称赞我的妻子Christine在我写本书期间为维持我的平静镇定而不断做了许多使人感到愉快的工作。

J. Barry Dawson 于谢菲尔德  
1980年9月

# 目 录

第一章 绪论	1
第二章 金伯利岩的分布和构造背景	4
2.1 非洲	5
2.1.1 西非	7
2.1.2 中非	8
2.1.3 东非	9
2.1.4 南部非洲	10
2.2 苏联	19
2.2.1 西伯利亚(雅库特)	19
2.2.2 苏联西部	24
2.3 印度	24
2.4 大洋洲	25
2.4.1 婆罗洲	25
2.4.2 所罗门群岛	26
2.4.3 澳大利亚	26
2.5 西欧和格陵兰	26
2.6 北美	27
2.7 南美	33
2.7.1 圭亚那	33
2.7.2 巴西	33
2.7.3 阿根廷	34
2.8 金伯利岩侵入的间接证据	34
2.9 小结	35
第三章 金伯利岩侵入体地质学	36
3.1 火山道	36

3.2	岩墙	39
3.3	岩床	40
3.4	火山道-岩墙-岩床的相互关系	41
3.5	喷出金伯利岩	43
3.6	金伯利岩侵入对围岩的作用	44
3.6.1	物理作用	44
3.6.2	交代作用	45
3.6.3	热力作用	45
3.7	金伯利岩火山道的侵位	47
<b>第四章</b>	<b>金伯利岩的岩相学</b>	<b>50</b>
4.1	绪言	50
4.2	火山道相金伯利岩	53
4.3	浅成相金伯利岩	58
<b>第五章</b>	<b>金伯利岩的地球化学</b>	<b>61</b>
5.1	主元素	61
5.2	微量元素	65
5.3	稀土元素化学	69
5.4	同位素化学	71
<b>第六章</b>	<b>金伯利岩的矿物学</b>	<b>75</b>
6.1	绪言	75
6.2	自然元素	75
6.3	硫化物	84
6.4	卤化物	85
6.5	氧化物和氢氧化物	85
6.6	碳酸盐	101
6.7	硫酸盐	105
6.8	磷酸盐	106
6.9	硅酸盐	107
6.9.1	岛状硅酸盐	107
6.9.2	链状硅酸盐(孤立双四面体硅酸盐)	118

6·9·3	链状硅酸盐	118
6·9·4	层状硅酸盐	122
6·9·5	网格状硅酸盐	128
6·10	小结	128
<b>第七章 金伯利岩中的捕虏体</b>		<b>131</b>
7·1	围岩碎块	131
7·2	来自较早的受到侵蚀的建造中的碎块	131
7·3	来自可以辨认的下伏建造中的岩块	132
7·4	麻粒岩	132
7·4·1	岩类学	133
7·4·2	相化学	134
7·4·3	全岩化学	134
7·4·4	形成的环境	136
7·5	来自地幔的捕虏体	137
7·5·1	导言	137
7·5·1·1	橄榄岩-辉石岩岩套	138
7·5·1·2	榴辉岩	177
7·5·1·3	交代橄榄岩	222
7·5·1·4	云母岩和MARID岩套岩石	226
7·5·1·5	杂捕虏体	228
<b>第八章 巨晶组</b>		<b>231</b>
8·1	岩类学和相化学	231
8·2	痕量元素和同位素化学	239
8·3	形成的环境	240
<b>第九章 来自金伯利岩捕虏体的大陆下地壳和地幔的证据</b>		<b>243</b>
9·1	上地幔内岩类的分布	243
9·2	上地幔中的地质作用	251
9·3	深部地壳	253
9·4	小结	254
<b>第十章 金伯利岩的成因</b>		<b>256</b>



10·1	三种假说	256
10·2	与其他岩类的关系	260
10·3	金伯利岩与碳酸岩的关系	261
10·4	金伯利岩和金刚石	262
10·5	金伯利岩岩浆作用与大规模地球运动的关系	264
10·6	未解决的问题	267

# 第一章 绪 论

金伯利岩是一种罕见的而且规模上并不显著的火成岩。那么，为什么要研究它呢？首先，金伯利岩及其中某些稀有的捕虏体是地球上的战略矿物——金刚石的主要原始来源，而且通过对金伯利岩的研究，可以探索出金刚石在自然界中的形成环境。其次，现已证明金伯利岩中的超基性和基性捕虏体起源于上地幔。金伯利岩带出来的上地幔物质比其他任何一种岩浆活动带来的要广泛得多，而对金伯利岩中捕虏体的研究所得到的有关上地幔的岩石学和矿物学的信息，即使是其中一小部分，也未必能从已放弃的超深钻计划中获得。此外，四相石榴石二辉橄榄岩捕虏体已经受到了从事玄武岩岩浆起源研究的实验岩石学家的极大注意。研究金伯利岩的第三个主要理由是由于它的化学组成和性质。金伯利岩虽然基本上属于超基性岩，但其亲石元素含量较高，而所谓“不相容”的微量元素比其他超基性岩含量高得多。这些特征使得我们把注意力集中在上地幔中这些元素的来源及它们如何聚集于金伯利岩的过程。

对金伯利岩的研究可以说是始于1866年。当时，在南非开普省的霍普敦附近，有一个农民的孩子在奥兰治河岸边玩耍时发现了一颗美丽的白石头。这个珍品几经转手传到了Grahamstown的矿物学家W. Guybon Atherston手里。他鉴定出这是一颗完好的金刚石。虽然这颗金刚石在当年的巴黎展览会上展出了，但并未引起多大注意。直到1867年在奥兰治河岸的Zendfontein又发现了一颗后来命名为“南非之星”的极漂亮的金刚石之后，找矿者才成群地涌入这一地区。人们逐渐根据散布的冲积金刚石沿瓦尔河往上追索，直到1870年终于在Klipdrift（现在的Barkly West）发现了一个富的冲积砂矿。同年八月，亚赫斯丰坦农场的监

工De Klerk在干旱平原上的一条干河床中发现了石榴石，这里位于瓦尔河上的冲积砂矿东南。他知道石榴石经常与冲积金刚石伴生，便作了进一步的探查，于是发现了一颗重达50克拉的金刚石。随后几个月，在同一地区的Dorstfontein农场的Dutoispan，再后来又在邻近的伯特丰坦农场陆续发现了金刚石。1871年5月初，在属于Jande Beer的Vooruitzicht农场附近发现了两个矿床，其中的一个（原来叫Colesberg Kopje）矿床异常富。一个繁荣的大城镇很快就在采区周围出现了，这个城市就以当时的殖民地大臣的名字命名为金伯利。在金伯利城周围的这些矿通称为“干采”，以与瓦尔河上的“河采”相对应。“河采”类似于巴西和印度的冲积型金刚石矿床，但在金伯利城附近的这些矿，在金刚石采矿业中则全然是一个新的事物。这些金刚石被发现于松散的表生矿床中。其下伏的黄色粘土岩中与表生砾石层一样含有许多金刚石。由此往下是一种坚硬的蓝绿色的岩石——探矿者称之为“蓝地”，它也含有金刚石。到1872年末，在金伯利已经开采了足够多的含金刚石的母岩，从而揭示出金刚石的母岩填充在一个大致呈圆形的洼地中，而且它还继续向深处延伸。不久人们就弄清了这种含金刚石的岩石是一种充填于老的火山道的火成岩，但直到1887年才由Lewis对这种岩石进行了岩石学描述。他把这种岩石描述为一种斑状的含云母的橄榄岩。在矿山的某些部分，岩石中含有相当多的碳质页岩捕虏体，以至类似于火山角砾岩。（他并且相信金刚石是页岩中的碳与火成岩相互作用产生的）然而在后来的文章中，Lewis（1888）指出了这种岩石独特的性质，并提议将它命名为“金伯利岩”。虽然Lewis原先明确地把金刚石作为金伯利岩的一种基本组分，但是，后来这个术语扩大用于含金金刚石金伯利岩附近的具有相同岩相学特征而不含金金刚石的那些岩石。很久以后，Dawson（1967a）提出不应当将金刚石作为金伯利岩的基本组分。这样，这个术语就扩大到许多所谓云母橄榄岩，这些岩石除缺乏金刚石外，其构造背景、产状、岩相学特征、矿物学、地球化学和捕虏体含量等都与典型地区的金伯利岩相似。

虽然金伯利岩首先发现于火山道中，但后来在岩墙和岩床中也有发现，不过尚未见到以大的岩浆岩体出现。因此，金伯利岩必定是一种规模不大且非常稀少的岩石类型，特别是与玄武岩和花岗岩这样的主要岩石类型相比较时更是如此。

在金伯利地区的火山道和岩墙中发现金伯利岩后，又有更多的金伯利岩侵入体在南非的其他地区，西南非、罗得西亚和当时的比属刚果被发现。此外，在美国各地产出的云母橄榄岩也被看作是金伯利岩。值得指出的是，世界上最早的金伯利岩（虽然那时没象现在这样认识到）是十九世纪早期在美国纽约州Ithaca附近的Ludlowville近旁发现的（Vanuxem1837）。1870年到1930年间取得了大量的关于金伯利岩及其捕虏体的地质学和矿物学方面的资料。这些资料大多被收集于Wagner（1914）和Williams（1932）的第一流专著中。从三十年代晚期到五十年代末，几乎没有发表过关于金伯利岩地质的新著作。1954年，一队苏联地质学家在西伯利亚的马哈（Markha）河上游发现了一个金伯利岩火山道（闪光岩筒）。由于一直想获得一个不依赖西方的金刚石来源，又有V.S.Sobolev院士在比较了西伯利亚与南非克拉通的构造和地质史后进行的地质分析，苏联人便在阿纳巴尔（Anabarsk）地盾东侧进行了广泛的勘探工作。从这里发源的河流流入勒拿河，在沿河地带的砂金矿中已发现细小冲积金刚石。结果在这个地区发现了许多金伯利岩岩体。1957年Bobrievich等发表了第一部关于西伯利亚金刚石的专著，这预示着在苏联和西方对金伯利岩研究的一个新时代的来临。

在过去二十年中，老的文献不断为大量的新资料所补充。许多新的金伯利岩区被发现了。同位素地球化学、地质年代学和高压-高温实验的应用已经澄清了许多过去无法解决的金伯利岩地质问题。此外，电子探针微量分析和更高级的现代分析技术给我们提供了金伯利岩及其捕虏体和它们的个别相的化学和矿物学方面的更详细得多的信息。本书的主要目的就是检阅后来这些对金伯利岩地质的贡献。

## 第二章 金伯利岩的分布和构造背景

金伯利岩在世界范围内总的分布示于图1，而主要金伯利岩更为详细情况则示于图2—6。Dawson (1970) 确认，按构造位置，非洲金伯利岩大多限于古克拉通(或下伏有克拉通的地区)，仅少数发现于环克拉通褶皱带。这条普遍的法则对其他金伯利岩区也是正确的。这在后面有关金伯利岩的构造格架部分还要讨论。此外，显而易见的是，在许多地区(特别是在环克拉通褶皱带)，金伯利岩的侵入是由其他稀有岩类的侵入显示出来的一个

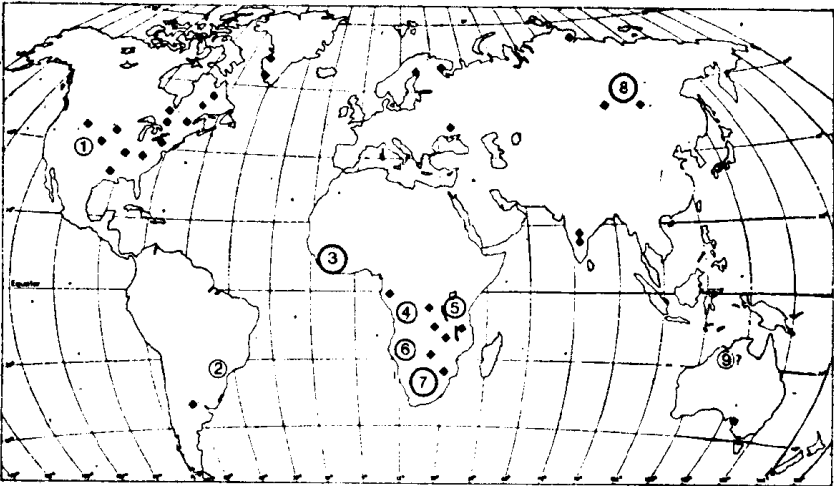


图1 金伯利岩区(编号的)和较零星的金伯利岩产地  
(实心菱形)世界分布图

① Navajo-Hopi地区, 美国西南; ② 巴西; ③ 西非; ④ 安哥拉;  
⑤ 坦桑尼亚; ⑥ 纳米比亚; ⑦ 南非; ⑧ 雅库特, 苏联; ⑨ 西北  
澳大利亚。在这些区中①②⑨较次要, ⑧作为金伯利岩区潜力尚  
不清楚\*

\* 近年来已查明西北澳大利亚是金伯利岩和金刚石的重要产区——译者注。

非常有限的火成活动阶段的一部分。下面是关于这一同期活动性的概述。

过去，将各种发现于碳酸岩杂岩中的煌斑岩墙岩石叫作“金伯利岩”或“金伯利岩状岩石”(Kimberlitic rocks)。为了与真正的区域金伯利岩岩浆产物相区别，Dawson (1967a, 1971) 提议将这些岩石叫作“中央杂岩金伯利岩”(Central Complex Kimberlite)。近来，Mitchell (1979) 主要根据其基质的尖晶石成分认为，其中的某一些岩石(如在瑞典的Alnö、挪威的Fen、和加拿大的Bizard岛的岩石)不是金伯利岩；他还认为，出现在Coral急滩、Bachelor湖、Saguenay谷地(都在加拿大)地区群集的金伯利岩是富含方解石的煌斑岩而不是金伯利岩。虽然本书将这些岩石和其他“金伯利岩状”岩石都包括在内，但读者应该明确地意识到，将来的详细矿物学研究可能会证明其中某些岩石并不是金伯利岩。

## 2.1 非 洲

金伯利岩这种稀有岩类在非洲分布最广，几乎从大陆南端到赤道以北的大片地区内都有发现，因此说非洲为金伯利岩的典型所在地可能是适当的。西非、安哥拉、坦桑尼亚中央高原和南非的高地内部都是相当重要的金伯利岩侵入区。在其他国家——加蓬、扎伊尔、肯尼亚、赞比亚和津巴布韦——产出较小规模的金伯利岩。

Dawson (1970) 分析了非洲金伯利岩的构造背景。主要构造单元是老克拉通——西非克拉通、安哥拉-开赛Kasai克拉通、坦桑尼亚克拉通和德兰士瓦-罗得西亚克拉通，它们至少自1500百万年前以来未遭受过造山运动。在约 $1100 \pm 200$ 百万年前的Kibaran造山运动后，固结的Kibarides带将安哥拉-开赛和坦桑尼亚地盾连结起来，再加上增生的Irumide带，形成了刚果克拉通。在大陆南部，奥兰治河(或Natal-Namaqualand)带熔合到德兰士

瓦-罗得西亚地盾上，形成了卡拉哈里 (Kalahari) 克拉通。在形成Damaride、莫桑比克和西刚果褶皱带的晚前寒武纪—早古生代的加丹加造山运动中，这两个克拉通和西非克拉通起着稳定地块的作用。图2展示了金伯利岩在非洲的分布及它们与大克拉通和褶皱带的关系。从这张图上可以明显看到，金伯利岩在大克拉通上广泛发育。



图2 非洲主要克拉通和金伯利岩在克拉通上的分布图

- 1—利比里亚；2—塞拉利昂；3—象牙海岸；4—马里；  
 5—加蓬；6—纳米比亚；7—南非；8—斯威士兰；9—博茨瓦纳；10—赞比亚；11—安哥拉；12—扎伊尔Bakwanga区；  
 13—扎伊尔Kundelungu高原；14—南坦桑尼亚；15—坦桑尼亚Main区缩写词：AKC—安哥拉-开赛克拉通；KB—坎帕拉带；  
 TC—坦桑尼亚克拉通；IB—Irumide带；RTC—罗得西亚-德兰士瓦克拉通；ORB—奥兰治河带

Hawthorne (1975) 指出，从宏观上看坦桑尼亚、安哥拉、博茨瓦纳和Namaqualand (南非、西北开普省) 的金伯利岩，其侵蚀程度要比南非的小得多；这不是由于未侵蚀的金伯利岩时代

较新，就是由于金伯利岩侵入的地壳区未遭到同样程度的隆起和侵蚀。博茨瓦纳的欧拉帕岩筒和坦桑尼亚的姆旺堆岩筒的锆石的放射性测量年龄各为93百万年和189百万年(表2)，表明后一种情况更为可能。

### 2.1.1 西 非

西非金伯利岩限于下伏有2000百万年的 Eburnean 克拉通地区内，而大多数含金刚石的金伯利岩则位于靠近利比里亚时期的老克拉通的核部(Knopf 1970)。在利比里亚已经测出这些老核之一的时代为2700百万年(White和Leo 1970)。据 Bardet和Vachette(1966)报道，在西非已知有四个时代的金伯利岩：2100—2300百万年，1150百万年，700百万年和80—100百万年。在西非克拉通，金伯利岩岩墙拥有的断裂有三组主要走向——北55°东，北85°东和南40°东，这些走向连接了成群的金伯利岩侵入体(Bardet, 1963)。

在马里，金伯利岩岩筒侵入Keneiba附近的前寒武纪片岩和奥陶纪沉积岩中。它们侵入到奥陶纪之后隆起的穹窿地区，并被认为是白垩纪侵入体(法国地质和矿山研究所，1958)。

在几内亚，金伯利岩岩墙和岩筒发现于东南部的一个三角形地区，这个三角形的三个顶点是克鲁阿内(Keruane)、贝拉(Beyla)和马森塔(Macenta)。有些岩筒在Bonakoro冲积金刚石矿附近。岩墙的主要走向是东北—南西或东西向的，它横切基底片麻岩和较早期的粗玄岩岩墙(Kozlov 1966)。

金伯利岩岩筒和岩墙出现于塞拉利昂的 Yengema-Koidu 和 Tongo 地区(Grantham和Allen 1960, Fairbairn和Robertson 1966)。围岩为花岗岩和北北西—南南东向的片岩带，后者被东—西走向和北北东—南南西走向的二组粗玄岩岩墙侵入。金伯利岩岩墙的走向为北55°东，它们的侵入受横切所有较早期的区域构造线的剪切带控制(Andrews-Jones 1966)。此外，在Yengema地区还有一个小环状的云母金伯利岩岩墙，直径为170米



(E. Gerryts 1969)。

在利比里亚西部靠近塞拉利昂边境的Zoi附近有几个小的不连续的岩墙。它们为北北东走向，如塞拉利昂的岩墙那样斜切周围的片麻岩，并与较早的粗玄岩岩墙带大体上正交。它们很明显是另一个断裂系统(White和Leo 1969)。

在象牙海岸的Seguela和Haut-Nzi地区已知有金伯利岩岩墙，而在该国东北部的Batie-Bouna地区则已发现有金伯利岩的地球化学和矿物学异常。在Seguela矿区，除去正常的金伯利岩外，还有一些与其有很大差异的岩石，这些岩石已被称为“准金伯利岩” (“metakimberlites”) (Bardet 1973)。Toubabouko和Bobi岩墙受到剪切作用，并具有滑石片岩的外貌和矿物学特征。它们虽然含金刚石和丰富的铬铁矿，但缺乏镁铝榴石和钛铁矿。再者，Toubabouko岩墙已经引起了花岗岩围岩（现为正长岩）的钾霓长岩化，而Bobi岩墙则密切伴随着黄长煌斑岩和金云母火山岩<sup>●</sup>(fitzroyite) (Knopf 1970, Bardet 1973)。在象牙海岸，金伯利岩通常受较老岩层和断裂系统的走向控制。

在加纳和上沃尔特出现的冲积金刚石可能是在这些国家中未被发现的金伯利岩的标志。

### 2.1.2 中 非

在加蓬，金伯利岩岩墙出露于奥戈韦 (Ikog) 河的一条支流上。它们位于一个延长的太古代片麻岩穹窿中，其侧翼为元古代沉积岩(Choubert 1946)。在加蓬西北的米齐克 (Mitzié) 地区有前寒武纪的滑石质含金刚石的“准金伯利岩”岩墙，它们类似于象牙海岸的那些岩墙(Bardet 1973)。

在安哥拉，现在至少已知有94个金伯利岩岩体(Reis 1972)。它们沿一条北西—南东的带分布，从北东到南西最重要的区域是：(1)东北隆达地区；(2)Cucumbi河、Caculo河和Cuago河

---

● fitzroyite是在极细的基质中由白榴石和金云母斑晶组成的一种煌斑岩。