

ROGER H. MITCHELL

五

# 金伯利岩

ROGER H. MITCHELL

# 金 伯 利 岩

[加] Roger H. Mitchell 著

喻学惠 胡海燕 薛君治 译

王方正 高山 胡海燕 校

中国地质大学出版社

## 内 容 提 要

本书由加拿大著名岩石学家 Roger H. Mitchell 所著。本书对近百年来金伯利岩的研究历史作了概略的回顾,详尽地介绍了近 25 年来在金伯利岩矿物学、地球化学和岩石学方面的研究成果,对金伯利岩的成因、演化及金伯利岩浆来源等理论问题作了较全面的介绍和评述,并对未来 10 年金伯利岩研究工作的重点和方向提出了意见。

全书资料详尽,对各种实际资料的分析 and 评述比较客观,可供有关研究人员、专业工作者以及高等院校师生阅读和参考。

### 金 伯 利 岩

〔加〕 Roger H. Mitchell

喻学惠 胡海燕 薛君治 译

王方正 高 山 胡海燕 校

责任编辑 赵颖弘

责任校对 杨 霖

\*

中国地质大学出版社出版

(武汉市 喻家山 430074)

湖北省国营人民大垸印刷厂印刷 湖北省新华书店经销

\*

开本 787×1092 1/16 印张 18.75 字数 475 千字

1991 年 4 月第 1 版 1991 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—1000 册

ISBN 7-5625-0624-8/P·219 定价: 7.00 元

## 译 者 的 话

原书《Kimberlites: Mineralogy, Geochemistry, and Petrology》系加拿大岩石学家 Roger H. Mitchell 所著。该书着重介绍了 1960—1985 年期间,有关金伯利岩类的矿物学、地球化学和岩石学等方面的主要研究成果。这些成果对于深入研究金伯利岩及其有关岩石和矿床,是有参考价值的。为此,我们合作翻译,把此书完整地介绍给大家。

翻译工作是在游振东教授支持下开始的。其中的序言、第一、二、三、四、五、九章和后记由胡海燕翻译,第六章由薛君治翻译,第七、八章的翻译和第九章的全面修改以及全部译稿的整理工作由喻学惠完成。王方正教授、高山副教授和胡海燕副教授分别对译文作了校对,路风香教授最后进行了审查。本译著的出版得到了中国地质大学出版社领导、第一编辑室主任耿小云副编审、赵颖弘责任编辑和赵福堂副编审的大力支持和帮助。本书的图件和植字工作由吴玉英和张咏梅同志完成,封面设计由吴继红同志担任。我们谨此向以上同志致以衷心的感谢。

由于我们水平有限,译文的缺点和错误在所难免,敬希读者批评指正。

译 者

1991 年 5 月于武汉

## 序 言

这是一本有关金伯利岩岩石学方面的书。它不是专门论述上地幔的捕虏体、金刚石以及找寻金伯利岩的方法，而主要是提供有关金伯利岩的基础知识，并对近 25 年来在金伯利岩方面的研究成果给以评价。

金伯利岩是一种不常见的岩石类型，但它在经济上和岩石学上的重要性却是一般侵入岩类所不能比拟的。金伯利岩的研究引起了许多地球科学家的重视，从研究与地幔演化息息相关的金伯利岩的同位素地球化学家，到密切重视火山颈成因的火山岩岩石学家，以及那些渴望寻找新类型含金刚石岩石的地质勘探学家，他们共同面临的课题都是要彻底弄清有关金伯利岩的各方面的特征。

对岩石学家来说，金伯利岩是一个令人振奋、并具有挑战性的研究课题。金伯利岩岩相学的多样性、矿物学和地球化学的复杂性，以及异乎寻常的侵位方式，吸引着许多人致力于金伯利岩的研究。于是，无数有关金伯利岩的成因、演化、推论和假说纷纷出现。金伯利岩是大陆克拉通内岩浆作用的一部分，只有详尽地掌握了它的活动过程，我们才有可能进一步理解克拉通内岩浆作用的全部活动情况。

这本书试图给那些入门者以广泛的知识，同时，对行家也有一定的参考价值。我确信，我的专著可以满足不同人的需要，使他们能够全面彻底地了解自己所要了解的对象。

这本书并非完美无缺，书中涉及的某些假说在未来的实践中也许会被证明是错误的，但我希望这些错误能引起研究者更大的兴趣，从而导致金伯利岩的研究工作进一步深化和发展。

这本专著的产生是大家共同努力的结果。在这里我要感谢那些多年致力于金伯利岩研究并给予我帮助的同事们和朋友们，他们是 Roger Clement、Howard Coopersmith、Barry Dawson、John Gittins、Steve Haggerty、Barry Hawthorne、Bram Janse、Mal McCallum、Barbara Scott Smith、Simon Shee、Mike Skinner、Bruce Wyatt 和 Petter Wyllie。感谢他们给予的批评指正、讨论切磋以及他们提供的样品、复印稿、未刊资料和一些珍贵的信息。总之，没有这些帮助，这本书是难以脱稿的。

另外，还要特别感谢 Henry O. A. Meyer。我在普渡大学研究金伯利岩时得到他的大力帮助，是他为我提供了电子探针。

此外还要感谢我的妻子 Valerie，她为我提供了一个十分理想的工作和写作环境。没有她的支持和鼓励，这本书是不可能顺利完成的。

在本书出版过程中，下列人员作了大量的工作，他们是 Sam Spivak（绘制全部原始图件），Wendy Bons（打印手稿）、Ron Bennett（制作数百个难以切制的薄片）、Maureen Downey

(编排参考文献)、John Scott 和 Simon Shee (复制照片)。

应该对 Henry Meyer、Iain Downie 和 Valerie Dennison 的工作表示特别的谢意，他们审查和修正了全书的各种图件。Howard Coopersmith、Bram Janse、Barrie Clarke 和 Dave Egger 分别对第三、六、七和八章作了评审。本书中可能出现的错误和遗漏，作者本人负全部责任。

加拿大自然科学及工程研究委员会、湖源大学、加拿大极地大陆壳能源矿产和资源项目以及 De Beers 矿业公司都为我的金伯利岩及碱性岩类的研究提供了经济上和后勤上的资助，才使本专著得以问世。

Roger H. Mitchell

于雷湾

# 目 录

第一章 金伯利岩岩石学研究史.....	(1)
1.1 最初的发现、描述及名称由来 .....	(1)
1.2 具决定意义的研究阶段：1887—1950 .....	(2)
1.3 重大发展阶段：1950—1970 .....	(3)
1.4 当前的进展：1970—1985 .....	(5)
第二章 金伯利岩及其相关岩石.....	(7)
2.1 金伯利岩的性质 .....	(7)
2.1.1 地幔派生的捕虏体和捕虏晶 .....	(7)
2.1.2 析离包体或巨晶类 .....	(8)
2.1.3 原生相 .....	(8)
2.2 粗晶和隐晶质金伯利岩——粗晶橄榄石问题 .....	(8)
2.3 金伯利岩的定义.....	(11)
2.4 金伯利岩的矿物学分类.....	(12)
2.5 金伯利岩的识别.....	(14)
2.6 假金伯利岩.....	(15)
2.6.1 云母橄榄岩和似金伯利岩 .....	(15)
2.6.2 苦橄玢岩 .....	(17)
2.6.3 中心复式金伯利岩——黄长煌斑岩 .....	(18)
2.6.4 橄榄石钾镁煌斑岩 .....	(20)
2.6.5 变金伯利岩 .....	(21)
第三章 金伯利岩岩浆作用及其结构构造成因分类 .....	(22)
3.1 金伯利岩岩浆作用模式.....	(22)
3.2 火山口相金伯利岩.....	(23)
3.2.1 熔岩 .....	(23)
3.2.2 火山碎屑岩 .....	(24)
3.2.3 外力碎屑金伯利岩 .....	(25)
3.2.4 金伯利岩火山作用的地表表现 .....	(26)
3.2.5 假金伯利岩的火山作用 .....	(27)
3.3 火山颈相金伯利岩.....	(28)

3.4	浅成相金伯利岩	(28)
3.4.1	岩墙	(29)
3.4.2	岩床	(30)
3.4.3	堆积的或深成的金伯利岩	(32)
3.5	金伯利岩的结构构造成因分类	(32)
3.6	火山颈相金伯利岩的结构特征	(35)
3.6.1	球状火山砾和成核同源包体 [autolith]	(35)
3.6.2	碎屑间的填隙物质 [Interclast Matrices]	(40)
3.7	浅成相金伯利岩的结构特征	(42)
3.7.1	结构均匀的金伯利岩的岩石学特征	(43)
3.7.2	分凝结构	(49)
3.7.2.1	方解石-蛇纹石分凝体	(49)
3.7.2.2	球形分凝体	(51)
<b>第四章</b>	<b>火山颈及其根部</b>	<b>(54)</b>
4.1	火山颈	(54)
4.2	金伯利岩火山颈	(55)
4.2.1	形态学	(55)
4.2.2	火山颈与围岩的接触及其有关的侵位特征	(56)
4.2.3	内部特征: 捕虏体	(57)
4.2.4	内部特征: 金伯利岩	(58)
4.3	火山颈根部	(58)
4.3.1	形态	(58)
4.3.2	接触角砾岩和“盲”岩枝	(59)
4.3.3	火山颈根部金伯利岩	(60)
4.3.4	火山颈根部与供源岩墙的关系	(61)
4.4	火山颈及其根部的侵位作用	(61)
4.4.1	爆发火山作用	(61)
4.4.2	流体化作用 [fluidization]	(63)
4.4.3	火山蒸气作用	(69)
4.4.4	初期火山通道的变化 (流体化作用)	(72)
4.4.5	初期火山通道的变化 (火山蒸气作用)	(74)
4.4.6	其它的侵位作用	(75)
4.4.7	小结	(75)
<b>第五章</b>	<b>金伯利岩岩田和岩区及其构造背景</b>	<b>(76)</b>
5.1	金伯利岩岩田和岩区	(76)
5.1.1	引言	(76)
5.1.2	金伯利岩岩田 (第一类和第二类岩区)	(77)
5.1.3	第三类金伯利岩岩区	(80)
5.1.3.1	南非岩区	(80)
5.1.3.2	雅库特岩区	(84)
5.2	金伯利岩与裂谷	(86)
5.3	构造对金伯利岩分布的控制作用	(88)
5.3.1	引言	(88)



5.3.2	造陆断裂	(88)
5.3.3	转换断层的延伸	(90)
5.3.3.1	安哥拉-纳米比亚	(90)
5.3.3.2	西非	(91)
5.3.3.3	北美洲东部	(92)
5.3.3.4	评论	(93)
5.3.4	热点岩浆作用	(94)
5.3.5	与俯冲带有关的岩浆作用	(95)
5.3.6	同心状、辐射状背斜和向斜 (CRAS 模式)	(96)
5.4	小结	(97)
<b>第六章 金伯利岩矿物学</b>		(98)
6.1	引言	(98)
6.2	石榴石	(98)
6.2.1	粒度和颜色	(99)
6.2.2	统计分类	(99)
6.2.3	成分变化	(101)
6.2.4	贫 Cr 巨晶类镁铝榴石	(104)
6.2.5	微量元素 (巨晶)	(108)
6.2.6	次变榴石	(108)
6.3	Mg 钛铁矿	(109)
6.3.1	巨晶与粗晶钛铁矿 (共生组合 1)	(109)
6.3.1.1	微量元素 (巨晶)	(113)
6.3.2	带状趋势和反应趋势	(115)
6.3.2.1	Mg 富集趋势	(115)
6.3.2.2	Mn 富集趋势	(116)
6.3.3	页片状交生钛铁矿 (共生组合 2)	(117)
6.3.4	基质钛铁矿 (共生组合 3、4 和 5)	(119)
6.3.5	钛铁矿-尖晶石交生体 (共生组合 5 和 6)	(120)
6.3.6	钛铁矿-钛铁矿交生体: 出溶对 (共生组合 7)	(122)
6.3.7	钛铁矿-金红石交生体 (共生组合 8)	(123)
6.3.8	成分相关的钛铁矿	(123)
6.3.8.1	基性火山岩	(123)
6.3.8.2	碳酸岩	(124)
6.4	辉石	(125)
6.4.1	单斜辉石	(126)
6.4.2	巨晶和单斜辉石-钛铁矿交生体 (共生组合 1 和 2)	(126)
6.4.2.1	富 Cr 巨晶类	(130)
6.4.3	辉石-石榴石交生体 (共生组合 3)	(130)
6.4.4	辉石出溶交生体 (共生组合 4)	(131)
6.4.5	浅成金伯利岩中的显微斑晶和基质辉石 (共生组合 5)	(132)
6.4.6	火山颈相金伯利岩的辉石 (共生组合 6)	(134)
6.4.7	碱性岩中相似成分的单斜辉石	(134)
6.4.8	斜方辉石	(135)
6.4.9	斜方辉石-石榴石交生体	(138)

6.5	橄榄石 .....	(138)
6.5.1	巨晶 (共生组合 1) .....	(139)
6.5.2	基质或显微斑晶橄榄石 (共生组合 2) .....	(140)
6.5.3	粗晶橄榄石 (共生组合 3) .....	(142)
6.6	金云母 .....	(144)
6.6.1	巨晶和粗晶金云母 (共生组合 1) .....	(144)
6.6.2	基质和显微斑晶金云母 (共生组合 2) .....	(145)
6.6.3	成分 .....	(146)
6.6.3.1	南非各地的金伯利岩 (Dawson 和 Smith, 1975; Smith 等, 1978) .....	(146)
6.6.3.2	萨默塞特岛的金伯利岩 (Mitchell, 1978a, 1979b; Clarke 和 Mitchell, 1975; Mitchell 和 Meyer, 1980; Jago 和 Mitchell, 1985) .....	(148)
6.6.3.3	Mayeng (Apter 等, 1984) .....	(149)
6.6.3.4	Fayette 郡 (Hunter 等, 1984) .....	(150)
6.6.3.5	奥罗鲁 (Scott Smith 等, 1984) .....	(151)
6.6.3.6	斯瓦特勒京斯 (Skinner 和 Scott, 1979) .....	(151)
6.6.3.7	西格陵兰 (Emeleus 和 Andrews, 1975; Scott, 1981; Scott Smith, 等, 1983) .....	(152)
6.6.3.8	Bellsbank (Boctor 和 Boyd, 1982) .....	(152)
6.6.3.9	反多色性金云母粗晶 .....	(153)
6.6.4	痕量元素 .....	(154)
6.6.5	金伯利岩金云母的一般特点 .....	(154)
6.7	尖晶石 .....	(155)
6.7.1	粗晶尖晶石 (共生组合 1) .....	(156)
6.7.2	原生基质尖晶石 (共生组合 2) .....	(156)
6.7.3	环礁状尖晶石 .....	(156)
6.7.4	反应产物的尖晶石 (共生组合 3) .....	(158)
6.7.5	粗晶和基质尖晶石的成分 .....	(158)
6.7.6	粗晶 (AMC) 趋势 .....	(159)
6.7.7	岩浆趋势 1——Mg 质钛铁晶石趋势 .....	(160)
6.7.8	岩浆趋势 2——钛磁铁矿趋势 .....	(167)
6.7.9	镁铁尖晶石反应趋势 .....	(168)
6.7.10	金伯利岩尖晶石成分趋势与其它基性岩、碱性岩趋势的对比 .....	(170)
6.8	钙钛矿 .....	(174)
6.8.1	成分 .....	(174)
6.9	钙镁橄榄石 .....	(177)
6.9.1	成分 .....	(178)
6.10	磷灰石 .....	(179)
6.10.1	成分 .....	(180)
6.11	蛇纹石 .....	(180)
6.11.1	交代假像 .....	(181)
6.11.2	分凝体和基质蛇纹石 .....	(182)
6.11.3	进变蛇纹石 .....	(182)
6.11.4	晶体结构类型 .....	(183)
6.11.5	成分 .....	(183)
6.12	碳酸盐 .....	(183)

6.13	绿泥石和粘土矿物	(185)
6.13.1	蛇纹石的交代产物	(185)
6.13.2	绿泥石包体	(186)
6.13.3	金云母假像的绿泥石	(187)
6.13.4	原生绿泥石	(187)
6.13.5	粘土矿物	(187)
6.14	水镁石及有关矿物	(188)
6.15	硫化物	(188)
6.15.1	硫化作用组合	(188)
6.15.2	多相硫化物球体	(189)
6.15.3	原生不混溶硫化物	(189)
6.15.4	原生低温黄铁矿	(190)
6.15.5	定向连生的硫化物	(190)
6.16	含锆矿物	(190)
6.16.1	锆石	(190)
6.16.2	斜锆石和四方 $ZrO_2$	(191)
6.16.3	其它含 Zr 矿物	(192)
6.17	金红石	(193)
6.17.1	基质金红石	(193)
6.17.2	钙钛矿的外壳	(193)
6.17.3	离解晶体	(193)
6.17.4	金红石-硅酸盐共生体	(194)
6.17.5	金红石-钛铁矿共生体	(194)
6.18	钛酸盐	(195)
6.18.1	镁铁钛矿	(195)
6.18.2	尖钛铁矿系列	(196)
6.18.3	未命名的钛酸盐	(196)
6.19	针钠钙石	(197)
6.20	其它微量矿物	(197)
6.21	次生矿物和捕虏晶矿物	(198)
<b>第七章</b>	<b>金伯利岩的地球化学</b>	<b>(199)</b>
7.1	引言	(199)
7.2	主元素地球化学	(200)
7.2.1	混染和蚀变	(200)
7.2.2	未混染金伯利岩的成分变化	(201)
7.2.2.1	金伯利岩内部的成分变化	(203)
7.2.2.2	金伯利岩之间成分的变化	(203)
7.2.2.3	平均成分	(205)
7.3	微量元素地球化学	(207)
7.3.1	引言	(207)
7.3.2	相容元素	(208)
7.3.3	不相容微量元素: I. Ba-Sr, Zr-Hf, Nb-Ta, U-Th	(211)
7.3.3.1	钡和铯	(211)

7.3.3.2	铍和铟	(211)
7.3.3.3	铈和钽	(212)
7.3.3.4	铀和钍	(213)
7.3.3.5	其它元素之间的关系	(215)
7.3.4	不相容痕量元素：Ⅰ. 稀土元素	(216)
7.3.4.1	稀土元素和部分熔融模式	(220)
7.3.5	不相容痕量元素：Ⅱ. 碱性元素和挥发性元素	(221)
7.3.5.1	锂	(221)
7.3.5.2	铷	(221)
7.3.5.3	铯	(222)
7.3.5.4	挥发元素	(222)
7.3.6	其它元素	(224)
7.4	痕量元素的平均含量	(225)
7.5	放射性同位素	(226)
7.5.1	铀	(226)
7.5.2	钍	(228)
7.5.3	铅	(230)
7.5.4	铀	(231)
7.6	稳定同位素	(231)
7.6.1	氢	(231)
7.6.2	碳	(231)
7.6.3	氧	(232)
7.6.4	氢、氧和碳同位素变化的成因	(233)
7.6.5	硼	(234)
7.6.6	硫	(234)
<b>第八章</b>	<b>与金伯利岩浆的形成和结晶作用有关的实验研究</b>	<b>(236)</b>
8.1	高压实验研究	(236)
8.1.1	引言	(236)
8.1.2	橄榄岩-H <sub>2</sub> O	(237)
8.1.3	橄榄岩-CO <sub>2</sub>	(237)
8.1.4	橄榄岩-CO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> O	(238)
8.1.4.1	固相线上的相关系	(238)
8.1.4.2	流体被缓冲的固相线上的熔融作用 (ZIVC 固相线)	(242)
8.1.4.3	含钴金伯利岩的熔融特征	(242)
8.1.4.4	无水金伯利岩的熔融特征	(244)
8.1.5	上地幔的部分熔融	(244)
8.2	低压实验研究	(248)
8.2.1	CaO-MgO-H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub> (CMHC) 体系	(248)
8.2.2	CaO-MgO-SiO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> O (CMSH) 和 CaO-MgO-SiO <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub> (CMSC) 体系	(251)
8.2.3	CaO-MgO-SiO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub> (CMSHC) 体系	(252)
8.2.4	其它体系	(254)
8.3	有关黄长石	(255)
8.4	金伯利岩与黄长岩	(257)

第九章 金伯利岩岩浆的成因及演化	(259)
9.1 引言	(259)
9.2 早期的假说	(259)
9.3 混染作用	(260)
9.4 带状提纯作用	(261)
9.5 分离结晶作用	(262)
9.6 部分熔融作用	(263)
9.7 岩浆作用的成因	(264)
9.7.1 底辟熔融	(265)
9.7.2 挥发分的流动	(266)
9.8 金伯利岩的形成深度	(268)
9.9 硅酸的活度	(270)
9.10 氧逸度	(272)
9.10.1 上地幔和巨晶	(272)
9.10.2 基质的结晶作用	(274)
9.11 巨晶及其与金伯利岩的关系	(275)
9.11.1 捕虏晶模式	(276)
9.11.2 斑晶模式——等压结晶作用	(277)
9.11.3 斑晶模式——变压结晶作用	(278)
9.11.4 小结	(279)
9.12 金伯利岩和碳酸岩	(280)
9.13 金刚石和金伯利岩	(281)
9.14 结论性综述	(282)
后记	(285)

# 第一章 金伯利岩岩石学研究史

## 1.1 最初的发现、描述及名称由来

目前称之为金伯利岩的这类岩石的发现与 1866—1867 年间在南非沃尔 (Vaal) 河、奥林 (Orange) 河和 Riet 河交汇处附近冲积物中金刚石的发现密切相关。Robert (1976)、Lenzen (1980) 和 Wilson (1982) 详细地描述过这些冲积矿床及后来被确认为金伯利岩的发现和勘探活动的兴衰过程。

1869 年, 在 Bultfontein 和 Dorstfontein (当地人称为 Dutoitspan) 农场首次发现了来自金伯利岩的金刚石。它的发现纯属偶然, 是从一个挖泥的小采坑中发现的, 泥是用来建筑农舍用的, 该采坑与南非人称作“盘子”(pan) 的低洼地相邻。金刚石的发现给这些农场带来一股“金刚石热”(diamond rush)。1869 年 10 月, 首席检察官, Frederick Phillipson Stow 巡视了这个地区。他描述道:“人们都纷纷涌向这个地区, 就象一群群蚂蚁满地乱爬, 寻找着地上的宝石”(Roberts, 1976, p. 17)。时隔不久, 当年的情景又呈现在眼前, 现代的矿物学家们纷纷投身于金伯利岩的研究, 所不同的是他们的研究对象是巨晶和俘虏晶, 而不是金刚石(在这种情况下铲子比地质锤更有用)。

遗憾的是, 对 Bultfontein 和 Dorstfontein 的金刚石并没有作深入的工作, 这是由于对泥的本质和“盘子”的重要性缺乏认识。1870 年上半年, 大部分人放弃了这些矿床, 主要原因是当地气候相当恶劣以及饮用水的缺乏。他们的注意力被吸引到沃尔河的 Pniel 及 Klipdrift 地区, 因为在那儿的冲积物中容易挖到金刚石。那些远离河床的开采被称为“干挖”(dry digging), 而沿沃尔河及奥林河的开采则被称为“湿挖”(wet digging)。当时, “干挖”所得到的金刚石被认为是冲积形成的, 是沃尔河早期泛滥的产物。1870 年 7 月, 从 Koffienfontein 和 Jagersfontein 到 Bultfontein 的东南都有发现金刚石的报导, 但这些发现并没有引起“金刚石热”。

当地农民及少数探矿者们仍在继续坚持着“干挖”活动。1871 年 5 月, 他们的努力得到了报偿, 在 Vooruitzicht 农场挖掘到大量的金刚石。该农场即是 Johannes Nicolaas de Beer 的老家, 它成了“金刚石热”的场地, “干挖”的名称也从此改变为“De Beer 热”。2 个月以后, 在 Kopje 的 Colesberg, 即“De Beer 热”地区以西 3.5km 处, 也发现了金刚石。由于该地区属于 De Beer 农场, 为区别起见, 称之为“新 De Beer 热”。

这些发现使得金刚石的开采业蓬勃兴起。围绕小小的 Colesberg 村, 形成了 4 个主要的金刚石矿, 即金伯利 [Kimberley] 矿 (“新 De Beer 热”)、De Beer 矿 (“旧 De Beer 热”) 和

Bultfontein 矿及 Dutoitspan 矿。

早期的开采工作是在那些遭受强烈蚀变的松散的岩石中，即所谓的“黄土”〔yellow ground〕中进行的，它说明深部有致密的、称之为“蓝土”〔blue ground〕的岩石，也就是现在的火山颈相金伯利岩，它被认为是金刚石的原产地。直到 1872 年，人们才搞清金刚石不是源于冲积物，而是源于圆桶似的管状体中。一般人认为，是 E. J. Duun (1873) 最先将“岩管”这个术语引入地质文献的。但是，Janse (1985) 指出，Ernst Cohen 教授首次以文字形式报导了“干挖”活动是在一种四壁陡立的圆桶中进行的，这种桶状体代表了一种火山管道。他认为地表沉积物是岩管喷发的凝灰岩，金刚石是在火山活动的作用下，从地下带到地面上来的 (Cohen, 1872)。

尽管地表沉积物具有十分重要的经济意义，但人们对其母岩却缺乏足够的重视。直到 1886 年，在伯明翰举行的英国科学进步协会会议上，Henry Carvill Lewis 才将这些岩石描述为斑状含云母橄榄岩，并确定其为一种火山角砾岩 (Lewis, 1887)。1887 年，在曼彻斯特举行的同样的会议上，Lewis 强调指出这种岩石具有独特的特征 (Lewis, 1888)。根据地方命名法，将这种岩石以它的产地——南非金伯利命名，称为金伯利岩。

在这里顺便提一句，如果岩石学家在 1871 年发现金刚石以后仍坚持不懈地去进行研究的话，可能就会用另一个名字去命名这种岩石，而不会叫金伯利岩了。只是在 1873 年，Colesberg New Rush-Vooruitzicht 一带才使用金伯利一词，这是由于 Kimberley 公爵的关系。当时，他是当地殖民地总督。他坚持在西 Griqualand 选举区划定之前，必须使用一个“庄重而又大方”的名字来命名该选区 (Roberts, 1976, p. 115)。显然，他的绅士身份“无论如何也不能容许与诸如 New Rush 或 Vooruitzicht 等如此粗俗的地名联系起来……他甚至不想去读一下这些凡俗的词语” (Roberts, 1976, p. 115)。John Blades Currey (西 Griqualand 的副总督，Richard Southey 手下的地方长官) 揣摸到 Kimberley 公爵的心思，即希望该选区以他的名字来命名，于是，在 1873 年 7 月，当新名字宣布以后，“New Rush”、“Colesberg”和“Vooruitzicht”等地名全部被废除。有趣的是，仅在名字更改的几个月以后，即 1874 年 2 月，Kimberley 公爵又为 Carnavon 公爵所取代。因此，如果地质工作者在这以后去该地工作的话，就可能会研究“Carnavon”岩，而不是研究“Kimberley”岩了。

还要说的是，Lewis 也许会失掉提出金伯利岩为一种新岩石类型的机会，因为在美国早就发现了与之类似的含金刚石的岩石。1839 年，在纽约州的 Ithaca 和 Syracuse (Vanuxem, 1837; Williams, 1887) 及肯塔基州的 Ison 岭 (Crandall, 1885) 发现了云母橄榄岩。后来的研究表明，它们是真正的金伯利岩。此外，金刚石岩类还有一些其它的名称，如“金刚石岩” (adamasite) (Meunier, 1882) 和“橙黄岩” (orangite) (Wagner, 1914)，后者是由于云母金伯利岩产于非洲南部的 Orange Free 州而得名。如果赋予与金伯利岩相当的其它岩石以明确的矿物学或同位素特征的话，这个名称也说不定早就流行开了。

## 1.2 具决定意义的研究阶段：1887—1950

Wagner (1914)、Williams (1932)、Nixon (1973c) 和 Janse (1985) 等曾对一些最早的有关金伯利岩的文章进行过评述。尽管大部分著作没有能经得起时间的考验，但大部分著作

已涉及到金伯利岩的侵位活动或者涉及到金刚石和圆化的超基性岩包裹体的成因问题。显然，即使在早期的研究中，对超基性岩包裹体的认识就已分成两大学派——同源的和捕虏晶的学派。

除 Lewis (1887, 1888, 1897) 的开拓性研究之外，大多数的研究不重视金伯利岩岩石学。Diller (1885, 1886, 1887) 和 Crandall (1910) 对 Ison 岭“橄榄岩”的观察并没有受到重视，因为他们只考虑岩石中不含金刚石，所以没有把它们称作金伯利岩。Harger (1905) 可能是第一个提出在金伯利岩内发现的许多晶体是超基性岩包裹体破碎的产物。

早期的调查成果集中体现在 Percy Wagner 1914 年出版的专著《南非金刚石矿田》一书中。这部重要的著作总结了南非金伯利岩区早期勘探和发展的资料。该书首次提供了多种金伯利岩岩石学方面的全面资料以及有关岩管深部构造的信息。Wagner 的著作对金伯利岩各方面的研究都有着巨大的影响，特别是他将金伯利岩分为“玄武岩”和“煌斑岩”（含云母的）的认识，一直到 19 世纪 70 年代仍然在使用，它是大多数苏联学者划分金伯利岩的基础。

Wagner 的著作成为一个里程碑，它似乎使得人们对金伯利岩的研究兴趣消失了。然而还不到 18 年，一部可与其相媲美的著作又出现了，那就是 Alpheus Williams 的两卷集《金刚石的成因》。这部著作总结并修正了 Wagner 的研究成果。他的主要贡献在于运用绝好的彩色照片，详尽地描述了金伯利岩和超镁铁岩捕虏体的岩石学特征。遗憾的是，Williams 有关金伯利岩成因和侵位的假说与其所提供的岩石学研究成果不符合，因而很快被人们遗弃。但这部著作仍不失为一部好书，它的原版为岩石学家及书籍爱好者们所珍藏。

19 世纪 30 年代，岩石学家们主要集中于对花岗岩及中性岩石的成因研究上，很少有人对如此罕见的金伯利岩感兴趣。Williams 的著作仍然使 Arthur Holmes 和 S. J. Shand 发生兴趣，他们俩是同时代的岩石学大师。Shand (1934) 和 Holmes (1936) 认为金伯利岩或者仅仅是蚀变的黄长玄武岩（黄长岩），或者是与黄长玄武岩加上“喷气”[emanations]（即  $H_2O$ ,  $CO_2$ ）和二辉橄榄岩碎片相当的岩石。Shand 的学生 Taljaard (1936) 做了大量的工作，对上述观点进行了论证。这种认识避免了非洲南部金伯利岩岩区和黄长岩岩区地理上的重叠，纠正了有关金伯利岩中所有的方解石都是次生的，是黄长石分解产物的认识。应当指出的是，在 19 世纪 30 年代，岩石学家对碳酸岩和含霞石岩石的成因有过十分激烈的争论。当时，Shand 就是岩浆成因说的反对派首领之一。Hence Shand 的 Taljaard 坚持不承认金伯利岩中的碳酸盐是原生岩浆的产物。由于 Holmes 和 Shand 所处的地位，他们的主张得到普遍承认，并且影响了与金伯利岩有关的许多观点。特别是他导致苏联学者形成了这样一种观点：即认为金伯利岩的基质物质是橄榄黄长岩。最终，他还在很大程度上影响了 Von Eckermann 和 Dawson 的思想，即认为金伯利岩产于碱性岩—碳酸岩杂岩体之中（见第二章）。

### 1.3 重大发展时期:1950—1970

1950 年以后，束缚人们思想的神秘信条被冲破了，人们逐渐清楚地看到，金伯利岩——包括含金金刚石的变种——并不是仅仅产在南非，大量的金伯利岩岩区在南非以外的坦桑尼亚 [Tanzania]、莱索托 [Lesotho]、美国的科罗拉多—怀俄明地区和苏联的雅库特地区被发现。Dawson (1967a, 1980)、Davidson (1967) Bardet (1973, 1974, 1977) 和 Janse (1985) 对以



上地区发现的金伯利岩及其它地区发现的金伯利岩作了综合性报导。

1954年,西伯利亚岩区的新发现,带来了有关金伯利岩地质学、岩石学和地球化学等方面的大量信息(但大部分原文文献由于地区性的原因而难以得到),出版了几部专著,如Borbrevich(1959b, 1964)、Kovalski(1963)、Milashev(1965)和Frantsesson(1968)及数以百计的短篇文章。遗憾的是,大部分文献并没有译成英文(仅Frantsesson的专著于1970年译为英文)。金伯利岩的早期研究工作大都缺乏当今矿物学研究的先进技术及认识。因此,所提供的成分分析资料最多也只能说是半定量的,并且是一些描述性的、常常是带有地区性偏见的资料。

苏联的岩石学家们在他们早期的研究中完全依赖于Wagner、Williams、Shand和Holmes的研究成果,因此,他们在雅库特地区的研究,对金伯利岩石学并没有任何实质性进展,仅仅是将Lewis—Wagner的矿物结构分类方法引伸到杂岩体的衍生物之上,并认为金伯利岩与黄长岩有成因联系。

遗憾的是,许多苏联的论文置其它地区资料于不顾,仅根据一个地区的矿物学、岩石学或者地球化学资料,就提出假说,并且还声称他们说的就是真理。然而习惯于全面谨慎地进行科学研究的西方岩石学家们最终发现,苏联人的大部分著作是浅薄的,或者说是不屑一顾的。应该承认,苏联科学家与西方地质学家有着不同的工作方法。另外,很难将俄文岩石学术语翻译为英文术语。苏联岩石学家中不同的派别使用各自偏爱的术语,而排斥其他派别所使用的术语,这也给人们的理解带来了混乱(Frantsesson, 1970)。

但是,苏联人的长处在于,他们的观点不落俗套。1964年和1965年,他们在《勘探地质》上开展了一场热烈的讨论,其焦点是Davidson(1964)、Mikhayenko和Nenashev(1962)提出的有关:金伯利岩是作为一种冷的气体与固体混合物侵位而形成的假说。这种观点来自对雅库特地区金伯利岩的一种认识,它集中了其它一些岩石学家的假说,对19世纪60年代有关金伯利岩侵位模式产生了很大的影响。这种假说为Edwards和Honkins(1966)、Kennedy和Nordlie(1968),以及McGetchin(1968)所沿用。直到现在,它还对某些流体侵位模式有着不同程度的影响(Wyllie, 1980)。

从雅库特地区工作中得到的另外一个重要认识是有关造陆岩浆作用的认识,它是由Staritski(1963)、Kirillow(1961)和Arsenyev(1962)提出的,后又为Bardet(1964, 1973)所发展,但至今并没有得到广泛支持。

这个时期的主要进展是来自对南部非洲金伯利岩的研究。作为对坦桑尼亚地区的研究成果之一,Tremblay(1956)、Mannard(1962, 1968)及Edwards和Howkins(1966)首次描述了外力碎屑/火成碎屑金伯利岩,奠定了现代金伯利岩浆作用这一概念的基础。Mannard(1962)对现在称之为金伯利岩火山口相的研究已被更多的人所了解(见3.2节)。

里德[Leeds]大学非洲地质研究所在金伯利岩研究上投入了大量的工作。Dawson(1960)、Nixon(1960)和Janse(1964)在莱索托和纳米比亚开辟了对金伯利岩地区研究的新天地,而这些地区对Wagner和Williams来说是陌生的。

对Dawson(1962, 1966, 1967a、b, 1970)的论文有着不可估量的影响。他引入的两个概念,即金伯利岩的液态侵位模式和中心复杂金伯利岩模式,长期为人们所接受,并广为传播。

液态侵入假说是从Reynold(1954)对花岗岩的研究中引伸出来的,它似乎回答了有关金伯利岩侵位的许多问题。自从这种观点出现后,它成为西方和苏联在金伯利岩侵位理论研究