

金刚石矿床与勘查

J. Ross 等著

地质出版社

319
5

金刚石矿床与勘查

J. Ross 等著

刘永春 王仲会 编译

张立飞 犁 春 校

地质出版社

金刚石矿床与勘查

J. Ross 等著

刘永春 王仲会 编译

张立飞 犁 春 校

*

责任编辑: 戴刚 滕冲亮

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地矿局印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: $787 \times 1092^{1/32}$ 印张: 6.7 字数: 150,000

1991年4月北京第一版·1991年4月北京第一次印刷

印数: 1000册 定价: 4.9元

ISBN 7-116-00800-4/P·683

前 言

本书是有关金刚石矿床及勘查的综述性译著,它概述了当前金刚石矿床研究与勘查的现状以及近年来所取得的成就。《金刚石矿床与勘查》是根据第四届国际金伯利岩会议论文集编译而成的,全书主要内容为:金刚石母岩,介绍了金刚石母岩金伯利岩和钾镁煌斑岩主要的岩石、矿物和地球化学特征;金刚石母岩的时空分布特征,阐述了金刚石母岩时空分布规律及其产出的大地构造背景,揭示了金刚石母岩形成的主要控制因素;金刚石母岩的成因,利用高温高压实验所取得的成果讨论了金伯利岩和钾镁煌斑岩各种成因模式;金刚石特征,介绍了金刚石的分布、形态、地球化学特征及金刚石内包体研究现状,并给出了金刚石的形成模式;金刚石矿床勘查,总结了金刚石矿床勘查的主要原则和方法。此外还增加了金刚石经济地质的内容,在书末介绍了当前金刚石矿床研究的主要课题。书中尽量吸收了国际上普遍接受的概念、观点和理论模式,相信这些将有助于我国金刚石矿床的研究及勘查。

在本书的翻译过程中得到了王文清、刘萍、马青、黄方、王榆吾、王西川等同志的帮助,唐静轩编审统审了全文,在此表示感谢。由于译者文平有限,不当之处难免,欢迎指正。

本书可作大专院校岩矿专业教学参考书,也可供金刚石矿床研究和勘查的技术人员及从事金刚石经营的人员使用。

目 录

第一章 金刚石经济地质综述	1
第一节 金刚石十年经济回顾	1
第二节 世界金刚石生产概况	6
第三节 影响金刚石经济的因素	9
第二章 金伯利岩和钾镁煌斑岩的矿物组成及地球化学	16
第一节 金伯利岩和钾镁煌斑岩的矿物组成	16
第二节 金伯利岩和钾镁煌斑岩的地球化学特征	34
第三章 金伯利岩和钾镁煌斑岩的时空分布及其大地构造背景	44
第一节 概述	44
第二节 金伯利岩和钾镁煌斑岩的空间分布	46
第三节 金伯利岩和钾镁煌斑岩的形成时代	63
第四节 金伯利岩和钾镁煌斑岩的大地构造背景	77
第四章 金伯利岩和钾镁煌斑岩的成因	80
第一节 概述	80
第二节 金伯利岩和钾镁煌斑岩的相平衡	82
第三节 金伯利岩和钾镁煌斑岩的形成	98
第五章 金刚石特征	114
第一节 概述	114

第二节	金刚石的分布特征	114
第三节	金刚石矿床的形成时代	125
第四节	金刚石的形态特征	126
第五节	金刚石的地球化学	130
第六节	金刚石内的包体矿物	136
第七节	金刚石的成因	146
第六章	金刚石勘查	158
第一节	概述	158
第二节	金刚石矿床的勘查过程	161
第五节	金刚石矿床的评价	193
第七章	当代金刚石地质研究的若干课题	197

第一章 金刚石经济地质综述

自 30 年代经济大萧条后，过去的十年中金刚石工业经历了从未有过的价格波动。虽然现在已开始复兴，但市场行情和 10 年前仍无法相比。本章回顾了 70 年代末导致金刚石热的诸因素，反思了 80 年代初金刚石市场衰落的原因，并分析了 1986 年金刚石工业的复兴。通过对这一时期的解剖，地质学家将了解诸如通货膨胀、工业衰退、利息、纯收入及货币兑换率的波动等经济因素对金刚石供求及价值的影响。

第一节 金刚石十年经济回顾

一、1976—1979 年：金刚石市场繁荣

二次大战后的 30 余年间金刚石工业保持稳定，市场井然，供需平衡。到 1976 年，世界经济开始发生通货膨胀，这预示了金刚石工业的恶运。

1. 来自以色列的冲击

到 1976 年，以色列成为年轻的发展快速的金刚石中心。由于金刚石对国民总产值意义重大，以色列政府急于发展金刚石贸易。政府以低息向几个银行提供巨额资金，这些资金最终投给金刚石加工者和经营者，使其建立存货。政府又建立了靠销售金刚石获取更高兑换率为国家引进资金的体系。这使得在金刚石上投资更加赚钱，并且其效益高得惊

人。一些有金刚石原矿的珠宝商人把其原矿以附属担保品抵押在银行，报出价格，从银行中以非常低的利息得到数目相似的贷款，随后又买来更多金刚石，再存入银行，相应得到更多低息贷款。另一方面也迫使他们增加生产，从而促进了金刚石生产的发展。许多情况下珠宝商们控制其原矿非常有利，他们可以为了巨额酬金而出售，而不是原矿加工。事实上，由于许多金刚石既没被加工也没有进入市场，加工者和经营者联合起来，制造一种表面繁荣的假象来挣银行的钱。由于银行根据原矿的价值贷款，这导致了原矿价格的飞涨。据 Rothosohill (1982)报道，多数情况下一未开箱的原矿在为酬金的第二市场上交易时，其价格可比购来的原矿价格高一倍。到后来，成箱原矿的囤积造成了市场金刚石的短缺，而这又促进对金刚石的投资，并且价格越来越高。到 1978 年，在以色列工业能否控制市场面临严重问题。在那里，银行在估价过高的金刚石原矿上滞压了巨额资金。很快，投机的热潮扩展到世界其它两大中心——纽约和安特卫普。

2. 作为投资物和证券物的金刚石

1976—1979 年间，金刚石象金、银等有形资产一样，一夜之间变成了时髦的投资物，面所谓的金刚石投资集团迅速出现在美国和欧洲。他们创造出强力销售袋并提出设计研讨班来吹捧金刚石作为投资媒介，套头交易来抵制通货膨胀的优点，还特别提出推销一克拉以上的金刚石给一份无偿的回购协议。另一诱饵是推说金刚石工业由万能的长特罗控制，金刚石决不会降价。结果，金刚石很快由价值高昂便于携带的财富变成了“易变换成现金的投资物”大量出现在市场上，这更加剧了其价格的上涨。

二、1980年：金刚石市场的崩溃

1. 整体经营水平下降

自1978年征收大量附加费和1978—1979年的涨价后，以色列市场开始瓦解。著名的De Beer金刚石公司于1980年2月又把价格上涨了12%，以消除最终的干扰。所有这些行动加上利率的提高，导致了购买金刚石价格的全面上涨。到1980年春天，金刚石价格远超过消费者的支付能力，此时，消费者的信念开始下降，到1980年6月美国金刚石的消费开支下降到了有史以来最低点。从1980年3月到9月，按D-flawless标准算，一克拉金刚石的平均销售价格出现了戏剧性下跌。当1980年下半年世界性萧条到来时，众多的珠宝商使银行担当了巨大风险。那些在市场价格暴跌情况下仍有大量存货的人被迫宣布破产，很多人把金刚石存货抵押给了银行。过剩的金刚石积压在经营者库存中、个人手中和银行中，使得宝石的价格下跌惊人。过剩的货散于众人手中从而金刚石市场相对稳定性及金刚石的价格都暂时失控了。

2. 金刚石投资的暴跌

使金刚石经营者遭受灾难性打击的诸因素也同样地伤害了金刚石投资部门。高息贷款使借款购买金刚石受控，而在这样的利息下投资于象金刚石这样的有形资产进行投机的机会减少。世界大萧条突然到来最终扼杀了金刚石投资。

3. 劫后余生的零售更加兴旺

金刚石加工业原料供应受到了1980年金刚石降价的沉重打击，但美国零售部门受到影响较小。美国商业部数据表明，美国进口的大量的原矿主要是一些颗粒粗大、质量好的

宝石级金刚石。这些金刚石在纽约加工后，一般重量最终能达一克拉或更大，其中大量又被销往国外，而小于一克拉者主要在美国销售。进口的原矿从 1979 年的 956 百万美元降到了 1983 年的 292 百万美元，同时期进口的抛光金刚石从 903 百万美元上升到了 19.83 亿美元。零售者开始有了储蓄。尽管金刚石的销售量有大约一半是经过珠宝零售商经销的，但零售者可以改变他们货物的种类和价格以适应市场的变化。

三、1981—1985 年：适者生存

从 1980 年金刚石价格下降开始，至少有一年的时间金刚石工业处于一种混乱状态。CSO 公司的对策是减少市场上特别类型金刚石的供应。而 1981 年 11 月的销售量下降到 14.72 亿美元，比上一年减少 46%。从 1980 年末经营者、加工者及投资者处理了价值 50 亿美元的金金刚石，其中供货商起了重要作用。到 1985 年中过剩的积压金刚石基本卖掉，金刚石需求开始回升。另外 1985 年 2 月下旬，美元出现贬值，特别是对日元。另外，以色列的珠宝商也恢复了活力，其工业从大萧条中摆脱出来。到 1985 年末，整个形势发生了好转，金刚石需求明显上升。

四、1986 年：金刚石在日本市场上走俏

由于美元贬值，日元升值，以及其它消费国家开始以高价收购金刚石，金刚石需求急增。1986 年 4 月及 11 月份 CSO 两次涨价分别是 7.5% 和 7%，而其原矿销售额比上一年增长了 40%。从 1985 年日本超过一克拉的金刚石的价格已涨了三倍，到 1987 年年底，日本市场消费的零销抛光金

刚石（按价格算）已占世界的 24%，比 1986 年的 22% 又有增长。与之相比，美国零售市场所占的份额从上年 38% 降到 1987 年的 35%。到 1988 年底，日本可占世界抛光金刚石年销量 27% 而美国则小于 35%。日本的个人收入比美国低却有近半的公民购买金刚石首饰。并且还在增长，使得日本金刚石需求逐渐增加，并且潜力极大。

五、1988 年以后：金刚石业复兴

1988 年初，世界金刚石原矿需求量上涨，二、三月份的时价在扩大，3 月份的时价上涨 13.5%，5 月份的时价再次上涨，而 6 月的又有一个创纪录的时价。7 月份，由于美元回升，库存已建立，其时价比 6 月份低。然而 1988 年后期金刚石原矿在市场上仍很抢手。这些特征显示了金刚石的兴旺。

1988 年 5 月金刚石涨价是近 10 年来最高的一次。这一年头 6 个月，金刚石销售额为 22.01 亿美元，超过 87 年同期 41%，这是一个创纪录的年度。4 月 26 日 CSO 的 Michael Grenthan 曾宣告：当今的金刚石工业处于有史以来最好的状态，而被美元贬值刺激的巨大远东市场的需求是关键。首饰经营者的存货还在增加，股票市场崩溃后，金刚石市场在好转。人们所关注的大萧条的可能性和吃不准的金融市场的稳定性，使经营者们更加谨慎，削减购买不如扩大储货有备无患。同时，许多富人亲眼看到 1987 年 10 月股票市场变化无常，并随后很快相伴金刚石价格上涨和稳定，也把一些财产转向金刚石工业。这使得本已紧张的金矿市场更紧张。大的质量好的金刚石倍受重视。拍卖行的活动异常频繁。据 Moyersoan (1987)：一般来说，拍卖价格要比批

发市场现行的价格低 10%±。然而，当市场开始恢复，各种预兆显示出来后，拍卖行中金刚石的价格比批发市场上高的多。1987 年 4 月 28 日在 Christie 所出售的 0.95 克拉品种华贵的紫红色金刚石以每克拉 92.6 万美元破纪录的价格拍卖。股票市场崩溃后两天，64.83 克拉的内部无缺陷的宝石金刚石在纽约 Christie 卖了接近 6.4 百万美元（大约一克拉 10 万美元）。仅 6 个月后，一个 52.59 克拉的内部无缺陷的绿宝石在 Christie 卖到 7480000 美元，一克拉为 14.2 万美元，这是在拍卖中无色金刚石的创纪录价格。1988 年 10 月 19 日，一个 59.00 克拉的内部无缺陷的金刚石在 Christie 卖到 556.05 万美元，更有趣的是世界第二大的金刚石——一个 407.48 克拉的色泽鲜艳的褐黄色内部无缺陷的盾形成品在同一拍卖中出示，但叫到最终的 1200 万美元时收回了。当今市场稳定的另一个关键因素是苏联较保守的销售政策。在 1982 年至 1985 年低潮时期，苏联以压低的价格周期性地向市场大量供货。1985 年 9 月 De Beers 公司和苏联达成非正式协议：只要苏联停止周期性倾销金刚石和不再增加其总的销售量，De Beers 公司将购买苏联大于 0.25 克拉的抛光金刚石及大量原矿。

第二节 世界金刚石生产概况

1987 年世界开采的金刚石原生矿（宝石级和工业级）超过 90 百万克拉，大约 90 年之前，世界金刚石的产量仅仅有 1 百万克拉。在过去 10 年间，金刚石的总产量（以克拉计）就翻了一番。大约 40% 属可加工的宝石级别。从原矿产量来看，位于前四位的是澳大利亚、扎伊尔、博茨瓦纳和

苏联。现在四位中每一位都超过了 10 年前位于首位的南非。

尽管阿盖尔矿已使澳大利亚现在原矿总产量位于首位，但其大部分金刚石是细粒的，仅有大约 5% 是宝石级的，40%—45% 被认为是准宝石级的。在宝石级晶体中，许多是褐色的并且具有锯齿状和结状结构特征，大部分难于加工。最早的澳大利亚的产品是 80 年代初期的冲积砂矿。AK-1 号岩管 1985 年全面投产，随后其产量从 1985 年的大约 7 百万克拉增长到 1987 年的 3 千万克拉，此后其年产量稳定在一定水平。澳大利亚是粉红色金刚石的主要产地。扎伊尔年产大约 2 千万克拉的金刚石原矿，大部分属于工业级别。直到 1986 年大约 30 多年间，扎伊尔一直是世界金刚石最主要生产者。和澳大利亚相似，其原矿仅大约 5% 属宝石级，20%—25% 为准宝石级。1981 年扎伊尔中断了它和 CSO 连续 14 年的专卖合同，到 1983 年又重新协商，这个协议才得以延续。根据 1987 年 7 月 2 日 De Beer 公司发行的印刷材料，具有 Orapa, Letlhakane 和 Jwaneng 三大矿的博茨瓦纳在过去的 10 年间就价值而言已经变成最重要的金刚石生产国。1987 年博茨瓦纳开采的金刚石原矿为 13 百万克拉，其中一半以上是可加工的宝石级金刚石，仅 Jwaneng 矿（1982 年全面投产）就每年生产超过 7 百万克拉的原矿。无论是数量还是质量，该矿都是 100 多年来投入生产矿山中最重要的一个 (Prins, 1987)。博茨瓦纳每年生产价值 7 亿美元的金矿原矿，大约是阿盖尔矿所得收入的三倍 (Gibson, 1988)。其生产是由博茨瓦纳政府和被称为 De bswana 的 De Beer 公司联合控制的。1987 年的合作是双方的主要成就。De Beer 公司希望博茨瓦纳的金刚石库存

保持平衡，在 1981—1985 年的低潮期要储集。以取得二千万最新发放的 De Beer 公司所掌握的股票份额（这能使博茨瓦纳成为该公司第三个最大的股票持有者），这是一个保密的偿付和 De Beer 董事会中两个席位。De bswana 合同使 De Beer 公司在 80 年代后期有充足的原矿来源以满足 80 年代后期日益增长的金金刚石的需求（使 De Beer 公司现有金金刚石存货量达到总值为 23 亿美元），同时也使博茨瓦纳在 De Beer 公司中得到重要的股权。苏联金金刚石主要来源于西伯利亚，那里 1987 年开采的原矿估计为一千二百万克拉。苏联也有重要的加工工业，并保持数量、质量以及他们所抛光货物的一致性，在过去的 15 年中，加工业越来越重要。

尽管很多人可能相信南非是当今金金刚石的主要产地，但现在其产量仅在世界总产量中占第五位，然而，南非每年生产的一千万克拉金金刚石原矿中近一半是可加工的宝石金金刚石。在 1981 年至 1985 年大萧条期间，南非已有选择地关闭了几个矿山。De Beer 公司最近又恢复了 Annex Kleinzee (Diamonds 1988) 和 Koffiefontein (Moyersoen, 1987) 矿山，以适应日益增长的市场情况，特别是加强回收急需的大的质量好的金金刚石。

在纳米比亚的金金刚石联营矿山(CDM)曾有大约 200 万克拉的原矿年产量，其中 95% 是宝石级的。这个产量最近 10 年中逐渐缩小，到 1987 年仅达 100 万克拉。采矿是用重型脱泥机和挖泥船在一个抬升的滨海阶地上进行的（实际上是古冲积砂矿）。根据 Ogilvie Thompson(1988)：CDM3 号工厂已在最近重开，CDM1 号工厂有所缓和，提高了回收，这是重要的进展。

金金刚石也在巴西、加纳、中非共和国、印度尼西亚、塞

拉利昂、利比亚、委瑞内拉、象牙海岸、安哥拉、坦桑尼亚、几内亚、印度、圭亚纳、莱索托以及中国小量开采。尽管中国生产金刚石的统计数据还没有，但这些国家的每年总产量不超过世界原矿年产量的 10%。

就象过去 10 年世界金刚石产量已发生了强烈变化一样，金刚石原矿的加工中心也遍布全球，当今，宝石的加工遍布三十多个不同的国家。尽管美国（纽约）、比利时（安特卫普）、以色列（特拉维夫）、印度（孟买）和苏联（Kiev, Moscow, Sverdlovsk 和 Mirny）是金刚石工业的主体，但其它值得注意的加工中心位于南非、巴西、中国、斯里兰卡、东北非、泰国和其它东南亚国家及远东地区（Print, 1987）。

第三节 影响金刚石经济的因素

金刚石工业在其整个历史上曾经过了众多的挑战，但几个关键性问题强烈地影响金刚石工业的未来经济。这些问题不仅包括诸如供求矛盾这些传统的因素，也包括了一些重要的现代因素：新技术的冲击。

一、金刚石的供应

金刚石最早是公元前 3 世纪在印度发现的，随后是 17 世纪巴西的重要发现。只有到了 1866 年南非金刚石的发现才真正到了世界范围内缓和供应的时代。这次发现改变了金刚石工业并随后使之名闻天下。在金刚石的新时代中，重要的进展如 60 年代的苏联，70 年代的博茨瓦纳，80 年代的澳大利亚，这些进展继续导致金刚石工业的变化。

Epstein 在他 1982 年出版的引起争论的书《金刚石业的

兴衰》(The Rise and Fall of Diamonds)中总结道：“到 80 年代中期，随着澳大利亚的金刚石象崩落的冰山一样涌向市场，除非 De Beer 公司善于随机应变的经理们在这过渡时期能找出一个控制金刚石过剩的办法，否则这将是世界金刚石价格全面崩溃的预兆。到那时，金刚石将被当作一种古玩(珍品)，即作为一种宝石以它闪闪发光、脆硬、娇小等一度赢得了如此高价而被深入研究。”显然，Epstein 的预言并没有实现。可以肯定，在 80 年代初期的大萧条期间，在和贸易有关的几个因素中给本已紧张的金矿市场带来更大压力的是澳大利亚金矿的发现和博茨瓦纳多产的 Jwaneng 矿。然而 CSO 从一开始就保持了它的地位，在澳大利亚的金刚石尚未强烈地影响市场时，博茨瓦纳的产品已通过 CSO 的渠道进入市场。随后，金矿工业以稳定增长的比率吸收了这些新产品。尽管世界性的勘查仍在进行，但尚未有新的重要经济意义的可供开采的金矿资源报道。眼下供应是充足的，但并不过剩。

还是在澳大利亚发现金刚石的时候，印度已发展成为一个主要的金刚石加工中心。印度的廉价的劳动力及专门加工小钻石非常适合于 80 年代澳大利亚提供到市场上的金刚石品种。与此同时，在世界金刚石的经营中，零售形式增长较快，这为廉价地成批生产金刚石宝石提供了广阔的市场。准宝石级金刚石现在较适合于劳动力充足的印度和发展中的远东国家加工生产，并且其出售的价格能吸引各种层次的消费者。

在美国进口或销售南非的金刚石将受到制裁也是威胁金矿工业的另一个因素。由于南非现在仅占世界金矿原矿产量的 10% (尽管就其宝石级金刚石或其价值而论可能其

比例更大)，并且美国现在金刚石消费量仅占世界金刚石消费总量的三分之一稍强，这样的制裁是否会削弱整个金刚石工业是值得担心的。

尽管 CSO 在 1987 年和 1988 年上半年的销售量是创纪录的，但非 CSO 所有的未加工金刚石的货储虽是上升的但仍被控制在适当水平。另外抛光金刚石的价格相对稳定，并以和实际相适的幅度增长，供需保持平衡。然而日本对金刚石的渴求已在其国内形成了加工金刚石的较大货储。尽管 CSO 的官员们试图尽力监控这部分股票，但一旦日本的经济发生逆转，许多拥有过剩股票的大企业将会把其金刚石倾销于市场。

金刚石未来市场的概念是在 80 年代后半期重新树立的。70 年代太平洋证券交易所急切地企望的，芝加哥商业股票交易所，伦敦商业证券交易所，以及近期纽约商业证券交易所认为的：金刚石市场的发展是受市场上高质量金刚石的供应强烈影响的另一可变物。参与交易的众人也都怀疑金刚石未来市场能否成功。无论如何，传统上认为金刚石是纯装饰品和爱的示品的观念已发生了改变，从而金刚石成为一种具有有形资本、投机和投资等诸附加功能的奇品。

二、金刚石市场及需求

很清楚，由于金刚石的需求和世界经济循环密切相关，所以全球的经济实力强烈地影响着金刚石的需求。在许多重要的因素中，近期可以预测的是美国两个主要消费市场的纯收入和纯利率大小。然而，众多其它因素使人们有理由对世界金刚石市场持乐观态度。

消费者对金刚石价值的信任又重新上升，消费者把金刚