

中国金刚石资源分布及开发利用现状

彭艳菊¹, 吕林素¹, 周振华²

(1. 中国地质博物馆, 北京 100034; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘要: 为全面了解中国金刚石资源的矿床类型、资源分布特点、储量以及开发利用现状, 以期对金刚石矿产资源勘查及开发利用有所裨益。采用野外实地考察、文献检索与专家咨询相结合的方法, 对我国金刚石资源进行了综合分析整理。结果显示, 我国金刚石矿床主要有金伯利岩型原生金刚石矿床和冲积型金刚石砂矿床。原生金刚石矿床最为重要, 主要分布于华北克拉通的辽宁瓦房店和山东蒙阴, 其次是湖南沅水流域的金刚石砂矿床。中国金刚石产地的勘查和开发利用程度较高, 优质金刚石资源已近枯竭, 目前可供开发的矿产地有限, 找矿突破迫在眉睫。

关键词: 金刚石; 资源分布; 开发现状; 中国

中图分类号: TS93

文献标识码: A

文章编号: 1008-214X(2013)04-0001-07

Distribution and Utilization of Diamond Resources in China

PENG Yanju¹, LYU Linsu¹, ZHOU Zhenhua²

(1. *The Geological Museum of China, Beijing 100034, China*; 2. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*)

Abstract: Diamond is the hardest substance on earth, and it is not only a precious gemstone but also has many important industrial uses. Compared with foreign countries, diamond resources in China are relatively scarce. The diamond production in China is only 0.1 percent of the world. At present, there are only three diamond fields with economic value in Mengyin of Shandong Province, Wafangdian of Liaoning Province and Yuanshui River basin of Hunan Province. On the basis of the distribution characteristics of diamond resources around the world, the deposit types, resource distribution, reserves, development and utilization of diamonds in China are summarized by using the methods of field research, literature retrieval and expert consultation. The results show that there are mainly two diamond deposit types in China, kimberlite diamond primary deposits and alluvial diamond placer deposits respectively. The most important diamond deposits are kimberlite diamond primary deposits, which distribute in Wafangdian of Liaoning Province and Mengyin of Shandong Province, and locate in North China Craton. The diamond primary deposits exhibit in groups with regularity and reserves account for more than 95 percent. Primary diamond deposits are first to be discovered in Shandong Province, which is the second largest area with diamond resources

收稿日期: 2013-08-26

基金项目: 矿产资源保障工程项目(1212011220038)和地质遗迹标本采集与购置项目(1211311381001)联合资助成果

作者简介: 彭艳菊(1987—), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事宝石学方面的研究。

通讯作者: 吕林素(1965—), 女, 博士, 研究员, 主要从事矿物、岩石和矿床研究。E-mail: lulinsu@126.com

in China, where Wangcun mine is being mined and the diamond placer has been abandoned. Diamonds reserved in Liaoning Province rank the first in China, accounting for more than half of the country's reserves, but high quality diamond resources have nearly been exhausted. Since the economic benefit of mining is low, diamond placer deposits in Hunan Province have been stopped. In recent years, a significant progress has been made on diamond deposit exploration in China. There are more than one million carats of diamonds reserved in Wafangdian, which is not worthy of being explored and mined. In general, the available diamond resources in China are inadequate, and it is extremely urgent to find new diamond deposits.

Key words: diamond; resource distribution; development status; China

金刚石是自然界中最坚硬的物质,广泛地应用于研磨材料、切削工具、各类钻头、拉丝模以及很多精密仪器的部件,在国民经济中具有重要的作用。宝石级金刚石称为钻石,是世界上公认的最珍贵的宝石,被誉为“宝石之王”。据美国矿业局 1996 年报道,世界金刚石的基础储量为 19 亿克拉(ct),储量较多的国家依次为澳大利亚、扎伊尔、博茨瓦纳、南非和俄罗斯。与国外相比,中国金刚石资源比较贫乏,产量仅为全球的 0.1%,国家工业用金刚石 99% 以上依赖国产合成金刚石。近年来,我国金刚石矿床勘查取得了重大进展,在辽宁省瓦房店地区发现了 100 万克拉储量的金刚石,由此也引起了人们越来越多的关注。笔者在综合梳理了世界金刚石资源分布特征的基础上,对我国金刚石的矿床类型、资源分布特点以及储量进行了综述,并阐述了其开发利用现状,以期对金刚石矿产资源勘查及开发利用有所裨益。

1 世界金刚石资源分布

全球各大陆都有金刚石产出,分布在大约 40 个国家,但分布极不平衡,只有少数国家或地区拥有丰富的金刚石资源^[1]。其中俄罗斯、博茨瓦纳、刚果(金)、加拿大、南非、澳大利亚和安哥拉是近几年全球最主要的金刚石产出国,这 7 个国家金刚石总产量约占全球金刚石总产量的 91%,总产值占全球的 87%,在金刚石生产及贸易中占有非常重要的地位^[2]。据德国经济地质学家 Lehmann(2009)讲座,2008 年世界宝石级金刚石总产量为 94.0 Mct,其中,博茨瓦纳 25.00 Mct、俄罗斯 23.3 Mct、加拿大 18.0 Mct、安哥拉 10.0 Mct、南非 6.1 Mct、刚果(金)5.4 Mct 和纳米比亚 2.2 Mct,中国仅 0.1 Mct。总体上,非洲、大洋洲

和亚洲金刚石资源较多,具体如下。

(1)非洲。非洲南部一直是世界上最大的金刚石产区,包括博茨瓦纳、安哥拉、扎伊尔、南非、纳米比亚、坦桑尼亚、几内亚、中非、加纳、塞拉利昂、利比里亚、莱索托、科特迪瓦共 13 个国家拥有的金刚石储量约占世界总储量的 56.00%,宝石级金刚石占 31.16%。其中,博茨瓦纳是国际上非常重要的金刚石产出国,2006—2010 年金刚石产量产值连续 5 年傲居全球前三甲之列。预计博茨瓦纳金刚石产量将保持稳定并有上升之势,继续保持领先水平^[1-2]。

(2)大洋洲。澳大利亚金刚石储量约占世界总储量的 26%,但宝石级金刚石仅占 5%。2009 年,澳大利亚已探明具有经济意义的金刚石资源增长 14%,其中宝石或近宝石级金刚石的储量增至 104.8 Mct。澳大利亚也是国际上非常重要的金刚石产出国,该国的金刚石主要产自阿盖尔矿山,由于该矿由露天开采转向地下开采,致使 2006—2010 年金刚石总产量逐渐降低,排名从全球第三降至第六。预计在露天开采向地下开采的转变过程中,金刚石产量可能会继续减少^[2]。

(3)亚洲。俄罗斯、中国、印度、印度尼西亚拥有的金刚石储量约占世界总储量的 15.00%,宝石级金刚石平均为 22.41%。其中俄罗斯是国际上极为重要的金刚石产出国,2006—2010 年金刚石毛坯的总产量一直居世界首位,总产值位居全球第二^[3]。据美国地质调查局《矿物商品摘要 2011》统计,俄罗斯金刚石毛坯年产量约 3 800 万克拉,居世界第二位,其中宝石级金刚石占 61%。预计俄罗斯金刚石产量将以强劲的势头不断增长,改变着全球金刚石市场的供应格局^[3]。

(4)北美洲。加拿大,自 1990 年在该国西北

部发现金伯利岩型金刚石原生矿以来,现已发现 51 个金伯利岩岩管,如今加拿大已成为世界第三大金刚石产出国^[4]。2007—2010 年连续 4 年金刚石产量稳居全球第五位,产值稳居前三甲之列,2010 年金刚石均价居全球之最,并且其产量排名还有望上升^[2]。

(5)南美洲。巴西、委内瑞拉和圭亚那金刚石储量约占世界总储量的 1.50%,宝石级金刚石平均为 20.06%。

2 中国金刚石矿床类型及资源分布

中国迄今虽然在辽宁、吉林、内蒙古、河北、山西、山东、江苏、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、贵州、四川、西藏和新疆共 17 个省区发现了金刚石资源或矿化现象,但只在辽宁、山东、湖南和江苏 4 省有探明储量,其中具有经济价值的宝石级金刚石产地只有 3 个:山东蒙阴—临沭、辽宁瓦房店和湖南沅水流域^[1](图 1)。与全球其它国家的金刚石基础储量相比,我国金刚石储量约居世界第 9~10 位。但是,我国保有金刚石产地的勘查程度和利用程度均较高,已勘探矿产地储量占总储量的 78.6%,已详查矿产地储量占 20.2%,普查矿产地储量只占 1.2%,已利用和近期可利

用矿产地保有储量占总储量的 84.0%^[5]。我国金刚石保有矿物储量中:辽宁省 2 204.17 kg,占总量的 52.74%,山东省 1 863.31 kg,占总量的 44.58%,二者合计占总量的 97.32%;湖南省和江苏省合计保有 112.08 kg,占总量的 2.68%;但江苏省仅在新沂市王圩普查了一个金刚石砂矿产地,探明储量甚微,仅 0.089 kg^[5]。此后,我国金刚石探明储量基本没有增长。

2.1 中国金刚石矿床类型

金刚石矿床按其形成原因可以分为原生金刚石矿床和金刚石砂矿两大类。其中,原生金刚石矿床按成因及含矿岩体的不同又可以分为金伯利岩型、钾镁煌斑岩型和榴辉岩型矿床,前两者是目前世界上已知具有经济意义的原生金刚石矿床^[1]。中国具有经济意义的金刚石矿床主要为金伯利岩型和砂矿金刚石矿床。从构造环境来看,全球金伯利岩型原生金刚石矿床均产于稳定的克拉通上,中国的主要产于华北克拉通和扬子克拉通(图 1)。

(1)金伯利岩型原生金刚石矿床。位于华北克拉通的山东蒙阴和辽宁瓦房店金伯利岩的形成均与深切地幔的大断裂有关。山东原生金刚石矿床分布于郯庐深大断裂带西侧的次级断裂带中,距主断裂约 60~70 km;辽宁原生金刚石矿床分

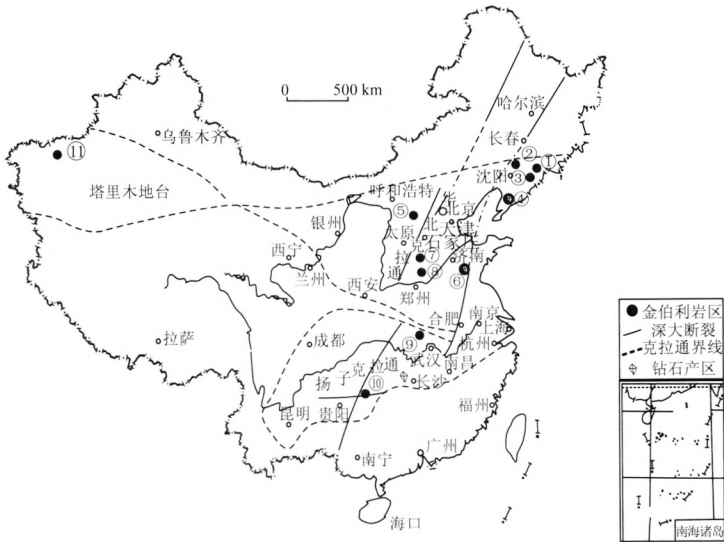


图 1 中国金伯利岩的分布及金刚石产地简图^[6]

金伯利岩区:①吉林通化;②辽宁铁岭;③辽宁桓仁;④辽宁瓦房店;⑤山西应县;⑥山东蒙阴;
⑦河北涉县;⑧河南鹤壁;⑨湖北京山;⑩贵州镇远;⑪新疆巴楚

Fig.1 Simplified map showing distribution of kimberlite and diamond deposits in China
Kimberlite area: ① Tonghua, Jilin Province; ② Tieling, Liaoning Province; ③ Huanren, Liaoning Province;
④ Wafangdian, Liaoning Province; ⑤ Yingxian, Shanxi Province; ⑥ Mengyin, Shandong Province; ⑦ Shexian, Hebei Province;
⑧ Hebi, Henan Province; ⑨ Jingshan, Hubei Province; ⑩ Zhenyuan, Guizhou Province; ⑪ Bachu, Xinjiang

布于其东侧距离约 40 km,前者位于上盘,后者位于下盘。山东和辽宁原生金刚石矿床呈现出成群成带的规律性,与郯庐断裂南北对扭、东西挤压的外力作用相对应,并使矿田的各矿带及其脉状、筒状、复式矿体都呈相应的斜列式^[7]。金伯利岩的含矿性在同一矿田的不同矿带、同一矿带的不同岩管(脉)以及在同一岩管(脉)的不同岩性中变化很大,品位可以相差几倍至数十倍^[8]。依据金刚石中氮(N)的聚集状态,估算出蒙阴金刚石主要形成于 3 个阶段:1.8~1.7 Ga、1.3~1.1 Ga 和 0.9~0.6 Ga,并与华北克拉通过三次伸展事件相吻合^[9]。

(2) 金刚石砂矿床。金刚石砂矿床按形成条件的不同主要分为大陆(冲积、坡积-洪积)型和滨海型两种,中国以冲积型砂矿床为主,分布在华北克拉通的山东沂沭河流域、辽宁复州河流域以及扬子克拉通的湖南沅水流域^[8]。沂沭河流域砂矿物源与蒙阴金伯利岩关系密切。复州河流域也发现多处金刚石砂矿。上述两流域金刚石砂矿附近都有原生矿,矿源搬运距离短,矿石质量好。沅水流域砂矿主要分布在湖南至贵州一带,早年以湖南宝石级砂矿而著称。湖南沅江砂矿的原生矿源主要来自黔阳与贵州远马坪一带含金刚石的钾镁煌斑岩、金伯利岩与超基性岩,沿水系长距离搬运,目前尚未找到原生矿床^[10]。换言之,湖南原生金刚石矿产勘查至今仍未取得突破。

2.2 山东金刚石资源

山东是我国最早发现原生金刚石矿床的地区,也是我国金刚石矿产资源第二大省,有原生矿和砂矿两种类型,砂矿发现较早。原生矿中金刚石晶形以八面体为主,菱形十二面体次之,砂矿则反之。原生矿金刚石的颜色从无色、微黄色到浅棕色均有,并以浅棕色为主,大于 3 ct 的金刚石仅占 1%~2%,宝石级金刚石仅占 10%~15%;金刚石砂矿则以彩钻居多,粒径较大,大于 1 mm 者占 96%以上^[1]。

原生金刚石矿床主要分布于蒙阴地区,蒙阴金刚石矿田是全国最大的原生矿,连续开采了 30 余年。该地区迄今已发现金伯利岩岩体 100 多个,可划分为 3 个含金金刚石金伯利岩成矿带^[11]。

I 矿带:即常马庄金刚石原生矿带,位于蒙阴矿田南端,蒙阴县城南常马庄一带。该矿带长约 14 km,宽约 5 km,沿 350°方向展布,由 9 脉 1 管组成,岩体呈雁行左列式排列,其中红旗 1 号岩脉

和胜利 1 号岩管具工业价值,已经进行勘探,规模达大型。该矿带金刚石矿体分布最为集中,品位高,巨型金刚石多。山东蒙阴金刚石矿(即 701 矿)是中国发现的第一个金刚石原生矿床,既有岩脉,又有岩管。例如,1977 年和 1978 年相继发现 3 颗分别重 45.79 ct、41.39 ct 和 40.97 ct 的金刚石,相应地被命名为“常马一号”“常马二号”和“常马三号”^[1]。又如,1983 年和 1991 年在 701 矿相继发现 3 颗分别重 119.01、65.57、67.03 ct 的金刚石,相应地被命名为“蒙山一号”“蒙山二号”和“蒙山三号”^[1]。据咨询,2006 年 5 月 27 日,中材料集团下属的蒙阴戴蒙金刚石有限公司负责开采的胜利 1 号岩管 110~97 m 水平面上,发现了一颗重达 101.50 ct 的 Ia 型宝石级金刚石。

II 矿带:即西峪金刚石原生矿带,位于蒙阴矿田中部西峪村一带。II 矿带长 12 km,宽约 1.5 km,沿 5°~20°方向展布。该矿带内共发现 12 个岩管和 15 条岩脉,品位不高,有工业价值,尚待开发^[11],其中红旗 5 号岩脉具工业意义,已进行勘探。

III 矿带:即坡里金刚石原生矿带,位于矿田北部坡里一带。该矿带由 30 条岩脉组成,沿 30°~40°方向展布。其中部分岩脉含金金刚石,品位低,粒度小,不具工业价值,几乎无开采意义^[11]。

总之,蒙阴金刚石矿田的含矿性自南向北由富渐贫,I 矿带富,II 矿带中富,III 矿带贫。在同一矿带中,中部岩脉(管)含矿富,两侧岩体含矿贫。含矿性除与空间位置相关外,还与金伯利岩岩体的岩性、岩石化学、围岩蚀变和空间分布有关。当金伯利岩中外来物质愈少,含镁铝榴石愈多,含 Ni、Co 等微量元素愈高,围岩蚀变愈强,越接近矿体延深最大部位,含矿性愈高。

山东金刚石砂矿床主要分布于沂沭河流域,以郯城砂矿为代表。不过,位于沂河中下游郯城至临沭河段的金刚石砂矿床才具有工业规模,其宝石级金刚石占 50%。此流域金刚石砂矿主要集中于郯城县,余家泉东西岭、神泉院一带发现最多,柳红埠西、莫疃北、陈家埠、郭家团、黄家岭和柳沟等地也常发现颗粒直径约 2~5 mm 的金刚石。例如,重 281.25 ct 的“金鸡钻石”(1937 年)产自郯城金鸡岭砂矿;重 158.79 ct 的“常林钻石”(1977 年)产自临沭砂矿;重 124.27 ct 的“陈埠三号”钻石(1981 年)产自郯城陈埠砂矿^[1]。

2.3 辽宁金刚石资源

自 20 世纪 70 年代初辽宁发现金刚石矿以

来,已探明金刚石储量居全国第一位,占全国总储量的一半以上,其矿床也有砂矿和原生矿两类。金刚石晶形、粒度因贫富矿而有所差异,富矿岩体中的金刚石晶体以菱形十二面体为主,其次为阶梯状八面体,再次为聚形晶体;贫矿岩体中的金刚石晶体则以平面八面体为主。岩体含矿愈富,其大粒级金刚石的量就愈多,如含矿富的50号岩体中大于2 mm粒级的金刚石占其总量的60.23%^[1]。

原生金刚石矿床主要分布在辽南瓦房店地区,此外,铁岭、桓仁和锦西等地也有金伯利岩产出。瓦房店地区金伯利岩体多集中分布在金州断裂带附近及其以西地区,长约28 km,宽18 km。截至目前,区内共发现金伯利岩体111个,其中岩管22个,其余均为岩脉,通常金刚石多产于岩管中。区内主要金刚石原生矿床有3处,即30号岩管(图2a,b)、42号岩管以及由50(图2c)、51、68和74号岩管共同组成的矿区(后4个岩管以50号岩管为主),空间上有成群成带展布特点,呈3条金伯利岩成矿带^[12-13]。其中42号岩管(二道沟金刚石原生矿床)和50号岩管(头道沟金刚石原生矿床)都是瓦房店金刚石矿田内的主要金刚石原生矿床,开采方式为露天开采^[8]。

42号岩管为矿田内规模最大的岩管,是由42-1和42-2大小两个双生管及42-3小管组成。地表出露的总面积为41 200 m²,已控制延深560 m。风化程度高,松散易碎,呈土状,只能见到少量残留的金伯利岩。金刚石的平均品位为0.5 ct/m³。金刚石以无色最多,黄色较少。1 mm以上的金刚石占50%左右,八面体晶形金刚石接近80%^[8]。

50号岩管呈一个巨大的倒三角锥形,地表出露面积比一个足球场还大。金刚石的平均品位为1.54 ct/m³,最高达6.23 ct/m³。金刚石以黄色最多,约有3%的白色金刚石。1 mm以上的金刚石占60%以上^[8]。八面体晶形金刚石不足35%,菱形十二面体与聚形金刚石占60%以上。据载,1986年和1987年相继在50号岩管发现了2颗分别重48.00,20.95 ct的金刚石,相应地被命名为“辽宁一号”和“辽宁二号”^[14]。此外,还发现了6颗四面体金刚石,颗粒较大,均在2 mm以上^[8]。

1996年,发现了110号岩管。1997年中国与澳大利亚合作进行了评估。1998—2000年,中国私人老板开发了110号岩管(图2d—图2f)。

金刚石砂矿床分布于瓦房店地区复州河、岚嵒河流域的高阶地、河床、支河阶地、长兴岛等地区,其所在地地势平坦、河流短、直接入海。金刚石砂矿床紧靠其原生矿,在施工的211个砂井中,90多个砂井中发现有金刚石,共选获金刚石107颗,宝石级金刚石的储量很高,无色透明,质量甚佳^[12]。例如,勘探金刚石砂矿时,在二道沟和头道沟发现了分别重11.80,18.62 ct的金刚石,相应地被命名为“辽宁三号”和“辽宁四号”^[14]。

2.4 湖南金刚石资源

湖南金刚石资源主要分布于沅水流域,其矿床类型为冲积砂矿床,已探明中小规模金刚石砂矿床4个,即常德丁家港砂矿、桃源砂矿、沅陵窑头砂矿、黔阳安江砂矿,共计储量74.3万克拉^[12]。金刚石晶形以曲面菱形十二面体、八面体与曲面菱形十二面体的聚形为主,与巴西和俄罗斯金刚石的形态相似。金刚石颜色一般很浅,透明度高,包裹体和杂质少,深色及半透明者占5%^[1]。

沅水流域砂矿中的金刚石分布比较分散,品位低,但质量好,宝石级的达40%,有的地段宝石级高达60%~80%。1958—1980年,中国建筑材料工业部在沅水流域建立了“601矿”,对阶地砂矿、细谷砂矿的开采长达22年之久^[1]。据载,湖南“名钻”有6颗:“湖南一号”重13.58 ct,产自黔阳附近砂矿;“湖南二号”“湖南三号”“湖南五号”分别重18.70、43.38、19.77 ct,均产自丁家港砂矿;“湖南四号”和“湖南六号”,分别重14.17,39.24 ct,均产自桃源砂矿^[15]。

总体而言,辽宁的金刚石质量最好,其次是湖南,最后是山东。然而,我国发现的重量大于100 ct的天然金刚石都产自山东,包括“金鸡钻石”“常林钻石”“陈埠三号”和“蒙山一号”钻石,均位居“中国名钻”前列。近年来,山东还新发现了两颗上百克拉的钻石,目前尚未命名。不仅如此,山东大于10 ct的金刚石出现率均高于湖南和辽宁。II型金刚石也以山东居多,高达15%~23%^[1]。

3 中国金刚石资源开发利用现状

从山东省蒙阴县国土资源局调查得知,目前蒙阴县正在开采的金刚石矿区只有联城乡王村矿,已探明金刚石工业储量914 476 g,金刚石的平均品位234 mg/t,现由蒙阴戴蒙金刚石有限公司开采。其次,西峪矿区已探明金刚石工业储量



图 2 辽宁瓦房店金伯利岩

a. 30 号岩管露天采坑; b. 30 号岩管金伯利岩风化后形成“黄地”和“蓝地”; c. 50 号岩管含矿金伯利岩;
d. 110 号岩管露天采场; e. 110 号岩管金伯利岩与围岩的分界线; f. 110 号岩管含矿金伯利岩

Fig. 2 Kimberlites from Wafangdian, Liaoning Province

a. Opencast of No. 30 kimberlite pipe; b. After weathered, No. 30 kimberlite rock formed a “yellow land” and “blue land”;
c. Kimberlite ore of No. 50 pipe; d. Opencast of No. 110 kimberlite pipe; e. Dividing line between kimberlite
with surrounding rock on No. 110 pipe; f. Kimberlite ore of No. 110 pipe

561 万克拉,平均品位 68.81 mg/t,宝石级金刚石约占 8.8%,各类Ⅱ型金刚石约占 19.42%,由临沂沂蒙金刚石矿登记,企业正在筹建之中。另外,常马庄金刚石矿区,即建材部 701 矿,现已停采。蒙阴山头村一新泰野猪汪以及红喜庄—平邑塔峪原生矿带,尚未开发。20 世纪 90 年代初,由于金

刚石砂矿受国家政策调控以及市场因素的影响,郯城县境内金刚石砂矿已全部停产,目前保有地质储量为 1.8 万克拉。

辽宁省优质金刚石资源近枯竭,钻石矿业开发经济效益不高,目前基本处于停采状态,其中 42 号和 50 号两个岩管于 2003 年底闭矿^[8]。

2009年,辽宁省地质人员在110号岩管(图2d)东侧下方发现一个隐伏岩体正位,预估资源储量为21万克拉。2010年,又在距瓦房店30号岩管(图2a)不到50 km的隐伏矿体地下860 m处发现了厚度达130 m的金伯利岩岩体,预计钻石储量约100万克拉,是辽宁省近30年来发现的最大金刚石矿,然而上述资源尚达不到开采价值。

湖南金刚石砂矿早已停采,金刚石资源基本上已开采殆尽,现主要为民间零星采集。2010年,地质人员在桃源九龙发现微粒金刚石及其指示矿物,显示了沅水流域寻找金刚石的良好前景,有待进一步的找矿突破。

4 结语

(1)我国金刚石资源主要集中于辽宁瓦房店和山东蒙阴两地,其次是湖南沅水流域。从构造环境来看,前者位于华北克拉通,后者位于扬子克拉通,均产于地壳上古老稳定的克拉通内。

(2)我国金刚石矿床类型有原生金刚石矿床和冲积型金刚石砂矿床两种,以金伯利岩型原生金刚石矿床为主。原生金刚石矿床呈现出成群成带的规律性,储量占总量的95%以上;金刚石品位偏低,但产品质量较好,大颗粒金刚石多发现于山东,且晶体完整度较好。

(3)我国金刚石矿产资源比较贫乏,已探明金刚石储量开发利用程度较高,优质资源已近枯竭,目前可供开采的矿产地严重不足,金刚石原生矿和砂矿找矿亟待突破。

致谢:感谢辽宁省第六地质大队办公室主任连军和原总工程师郭阳春在野外考察中给予的大力帮助,同时还要感谢国家珠宝玉石质检中心总

工程师沈美冬以及中国地质博物馆杨良锋研究员、王月文教授级高工和杨小男博士的大力支持。衷心感谢审稿人对本文所提的宝贵意见。

参考文献:

- [1] 李劲松,赵松龄. 宝玉石大典(下册)[M]. 北京:北京出版社, 2001:1 026—1 040.
- [2] 袁姝,丘志力,周永哲,等. 世界主要金刚石产出国近期金刚石开采现状分析[A]. 张蓓莉. 珠宝与科技—中国珠宝首饰学术交流论文集[C]. 北京:地质出版社,2011:49—58.
- [3] 孙主,莫默,丘志力,等. 俄罗斯的金刚石及其产业发展[J]. 宝石和宝石学杂志,2012,14(1):14—23.
- [4] 张蓓莉. 系统宝石学[M]. 2版. 北京:地质出版社,2006:151—152.
- [5] 朱训. 中国矿情(第3卷)[M]. 北京:科学出版社,1999:1 336—1 375.
- [6] 董振信. 我国金伯利岩型金刚石矿床的若干地质特征及其找矿标志[J]. 矿床地质,1991,10(3):255—264.
- [7] 朱连兴. 中国东部原生金刚石矿床成因与找矿[J]. 长春地质学院学报,1991,2(1):55—60.
- [8] 陈征,买潇,陈令霞. 辽宁瓦房店金刚石矿参观纪实[J]. 宝石和宝石学杂志,2003,5(4):37.
- [9] 尹作为,路凤香,陈美华,等. 山东蒙阴金刚石的形成时代及地质环境[J]. 地学前缘,2005,12(4):614—621.
- [10] 涂怀奎. 冲积型金刚石砂矿与其成矿模式的讨论[J]. 化工矿产地质,2001,23(4):239—244.
- [11] 王久华. 山东金刚石资源分布规律与结晶学特性[J]. 上海国土资源,2011,32(4):43—48.
- [12] 张树林,郭阳春,吴德军. 辽宁省南部金刚石分布及找矿预测[J]. 吉林地质,2009,28(2):60—63.
- [13] 李月新. 辽南瓦房店地区袁家沟金刚石原生矿找矿前景分析[J]. 地质与资源,2010,19(2):119—122.
- [14] 王致全. 中国钻石资源简介[J]. 国外非金属矿与宝石,1991(2—3):36—39.
- [15] 董斌. 湖南金刚石原生矿找矿工作与方向的再思考[J]. 国土资源情报,2009(7):49—52.