

X 射线粉晶衍射仪在辽宁瓦房店金伯利岩蚀变矿物鉴定中的应用

迟广成¹, 肖 刚¹, 张俊敏², 钟 辉¹, 王海娇¹, 胡建飞¹

(1. 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110032; 2. 辽宁省第六地质大队, 辽宁 普兰店 116200)

摘 要 瓦房店金伯利岩热液蚀变强烈, 原岩矿物组分几乎蚀变殆尽, 显微镜下对蚀变矿物鉴定相当困难. 利用 X 射线粉晶衍射技术对蚀变金伯利岩物相进行系统检测, 结果显示: 42 号岩管金伯利岩主要矿物为蛇纹石、金云母和滑石, 有少量方解石、锐钛矿、磷灰石、石英、钛铁矿、钙钛矿、榍石、磁铁矿和绿泥石. 石灰窑 1 号无矿金伯利岩岩管主要矿物为蛇纹石、金云母和白云石, 有少量方解石、锐钛矿、磷灰石、滑石、磁铁矿和绿泥石. 9 号无矿金伯利岩岩脉主要矿物为方解石和石英, 有少量绿泥石和重晶石. 51 号贫矿金伯利岩岩管主要矿物为蛇纹石和金云母, 方解石化作用不均匀, 白云石化作用普遍, 有少量锐钛矿、滑石、磁铁矿、绿泥石、磷灰石、钛铁矿、石英. 30 号贫矿岩管样品风化严重, 主要矿物为蒙脱石, 有少量方解石、滑石、蛇纹石、榍石、磷灰石. 实践证明, 采用 X 射线粉晶衍射仪鉴定金伯利岩蚀变矿物组合是一种非常可行的技术手段.

关键词 金伯利岩 蚀变矿物 X 射线衍射 含矿性判断

APPLICATION OF X-RAY POWDER DIFFRACTOMETER IN THE IDENTIFICATION OF ALTERED MINERALS FROM THE KIMBERLITE IN WAFANGDIAN, LIAONING PROVINCE

CHI Guang-cheng¹, XIAO Gang¹, ZHANG Jun-min², ZHONG Hui¹, WANG Hai-jiao¹, HU Jian-fei¹

(1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Shenyang 110032, China;

2. No. 6 Geological Brigade of Liaoning, Pulandian 116200, Liaoning Province, China)

Abstract : Due to the strong hydrothermal alteration, the original minerals of the kimberlite in Wafangdian, Liaoning Province have been altered completely. It is quite difficult to identify such altered minerals under a microscope. To detect the mineral phases of the kimberlite, the X-ray powder diffraction technology is adopted. The result shows that, the major minerals of No. 42 kimberlite pipe are serpentine, phlogopite and talc, with minor calcite, anatase, apatite, quartz, ilmenite, perovskite, sphene, magnetite and chlorite. The No. 1 barren kimberlite at Shihuiyao is dominated by serpentine, phlogopite and dolomite, with a little calcite, anatase, apatite, talc, magnetite and chlorite. The No. 9 barren kimberlite dyke is composed of mainly calcite and quartz, with some chlorite and barite. The No. 51 kimberlite pipe consists of mainly serpentine and phlogopite, with uneven calcitization and common dolomitization, also with some anatase, talc, magnetite, chlorite, apatite, ilmenite and quartz. The No. 30 poor ore sample is seriously weathered, with main mineral of montmorillonite and minor calcite, talc, serpentine, sphene and apatite. The practice proves that this method is a feasible technology for the identification of the altered mineral assemblage of kimberlite.

Key words : kimberlite; altered mineral; X-ray diffraction; mineral identification

辽宁瓦房店金刚石矿区金伯利岩的岩石类型比较复杂, 有斑状金伯利岩、金伯利角砾岩、金伯利凝灰岩、岩球状金伯利岩和碳酸盐化金伯利岩. 按照金云

母含量的多少, 可以分为金云母斑状金伯利岩 (金云母含量 $\geq 5\%$) 和贫金云母斑状金伯利岩 (金云母含量 $< 5\%$). 贫金云母斑状金伯利岩的主要种属有斑状金

收稿日期: 2011-10-31 修回日期: 2011-11-23 编辑: 张哲

基金项目: 国土资源部“金刚石矿床类型矿物的 X 射线衍射特征”项目 (编号 200811120) 资助.

作者简介: 迟广成 (1964—), 男, 高级工程师, 从事岩矿测试工作, 通信地址: 沈阳市北陵大街 26 甲 3 号, E-mail: chiguangcheng@126.com

伯利岩和金伯利角砾岩。而金云母斑状金伯利岩,由于金云母化作用较强,金云母的含量一般较高,为 39%~75%,平均 59%,属富金云母斑状金伯利岩。各类金伯利岩之间有俘虏和被俘虏的现象,贫金云母斑状金伯利岩中常见有早期斑状金伯利岩岩屑,有时有富金云母斑状金伯利岩岩屑。在金云母斑状金伯利岩中,工作中未发现有早期金伯利岩岩屑。金伯利角砾岩中的岩屑成分,主要是斑状金伯岩,偶见富金云母斑状金伯利岩。瓦房店矿区金伯利岩的形成是多期的,形成的先后顺序为金云母斑状金伯利岩—贫金云母斑状金伯利岩—贫金云母金伯利角砾岩。岩石类型及生成顺序反映了构造岩浆活动有越来越强烈的发展趋势,金伯利岩的碱性程度则有降低的趋势^[1-4]。金刚石原生矿分布在含矿金伯利岩中,矿区金伯利岩组成矿物以蚀变矿物为主,有的风化严重,用常规的显微镜鉴定技术,鉴定矿物的种类和含量是相当困难的。采用 X 射线粉晶衍射仪鉴定矿物的种类,估计岩石矿物含量,寻找蚀变矿物组分变化与金伯利岩含矿性的关系是非常有意义的。本次工作在瓦房店 42 号中等含矿金伯利岩岩管采集 42 件样品,在瓦房店石灰窑 1 号无矿金伯利岩岩脉采集 8 件样品,在瓦房店 9 号无矿金伯利岩岩脉采集 20 件样品,在瓦房店 51 号贫矿金伯利岩岩管采集 7 件样品,在瓦房店 30 号贫矿岩管样品采集 15 件样品,共计采样 92 件,每件金伯利岩岩石样品采集 20 kg。

1 金伯利岩显微镜下鉴定

辽宁瓦房店金伯利岩具块状构造、角砾状构造和岩球状构造,具斑状结构、凝灰结构和细粒结构,圆斑结构是金伯利岩标志性结构,是判别金伯利岩的主要依据之一。具圆斑结构矿物主要为橄榄石和金云母,偶见镁铝榴石、铬铁矿、金刚石等浑圆状斑晶。显微鉴定发现,金伯利岩经受了极其强烈的热液蚀变,大量的热液矿物相继生成,岩浆阶段生成的主要造岩矿物橄榄石等几乎交代殆尽,其他原生造岩矿物和副矿物所剩无几,就连岩浆期后早期阶段生成的热液矿物(金云母、蛇纹石等),到了晚期热液交代作用阶段(如碳酸盐化和硅化)也同样被强烈交代,残留很少。这种强烈的、重叠的和复杂的热液蚀变作用,是金伯利岩的一个重要特征。金伯利岩中的热液蚀变矿物有 25 种以上,热液蚀变种类及其间先后相互关系十分复杂,按热液交代作用演化进程中先后更替的起主导作用的热液矿物可以划分为金云母化、蛇纹石化、滑石化、碳酸盐化和硅化等几个交代作用阶段。至于其他热液矿物的交代

作用,如磷灰石化、榍石化、锐钛矿化、绿泥石花、磁铁矿化、赤铁矿化、褐铁—针铁矿化、白云石化、重晶石化等,都是从属于上述某一交代作用阶段的^[7-12]。

2 金伯利岩的 X 射线粉晶衍射仪鉴定

2.1 仪器和测量条件

仪器 Bruker-D8 型 X 射线粉晶衍射仪(德国布鲁克公司生产);测量条件 X 射线管选用铜靶,管压为 40 kV,管流 40 mA;扫描范围 2θ 角为 $4\sim 65^\circ$;检测器为固体计数器(XOL-D),DS(发散狭缝)和 SS(防散射狭缝)为 2.0 mm,RS(接收狭缝)为 0.1 mm,步长为 $0.03^\circ/\text{步}$,扫描速度为 $0.4\text{ s}/\text{步}$ ^[13]。

2.2 测试样品的制备

将岩石样品破碎缩分至 200 g,磨细至 $45\text{ }\mu\text{m}$,待测金伯利岩岩石样品放在玛瑙钵中,研磨至 $15\text{ }\mu\text{m}$ 左右,制成测试样^[14]。

2.3 样品测试

在给定的仪器测试条件下,用 X 射线粉晶衍射仪对金伯利岩岩石样品进行扫描测试,获得相应的 X 射线粉晶衍射矿物图谱。

2.4 分析样品 X 射线衍射图谱特征解译

本次研究利用 X 射线粉晶衍射仪对 92 件辽宁瓦房店金伯利岩样品进行全岩图谱采集,在准确定性矿物的基础上,对全岩进行矿物半定量分析,取得了比较满意的效果。

(1) 在瓦房店 42 号中等含矿金伯利岩岩管采集 42 件样品,距地表 60 m 处,样品未风化。42 件样品经 X 衍射粉晶衍射仪半定量分析,测试结果显示:金伯利岩主要矿物为蛇纹石、金云母和滑石,有少量方解石、锐钛矿、磷灰石、石英、钛铁矿、钙钛矿、榍石、磁铁矿和绿泥石。其中白云石含量范围 $0\sim 5.2\%$,平均含量为 3.3% ;蛇纹石含量范围 $17.4\%\sim 79.1\%$,平均含量为 43.4% ;金云母含量范围 $0\sim 53.9\%$,平均含量为 19.5% ;方解石含量范围 $0.9\%\sim 26.2\%$,平均含量为 9.3% ;磷灰石含量范围 $0\sim 3.9\%$,平均含量为 1.6% ;锐钛矿含量范围 $0\sim 2.3\%$,平均含量为 1.3% ;滑石含量范围 $5.3\%\sim 49.5\%$,平均含量为 21.1% ;绿泥石含量范围 $1.5\%\sim 13.8\%$,平均含量为 5.6% ;磁铁矿含量范围 $0\sim 6.5\%$,平均含量为 1.9% ;石英含量范围 $0\sim 7.7\%$,平均含量为 4.5% ;钛铁矿含量范围 $0\sim 2.7\%$,平均含量为 1.0% ;钙钛矿含量范围 $0\sim 2.8\%$,平均含量为 1.2% ;榍石含量范围 $0\sim 5.1\%$,平均含量为 3.3% 。42 号岩管金伯利岩典型 X 衍射粉晶衍射图谱见图 1。

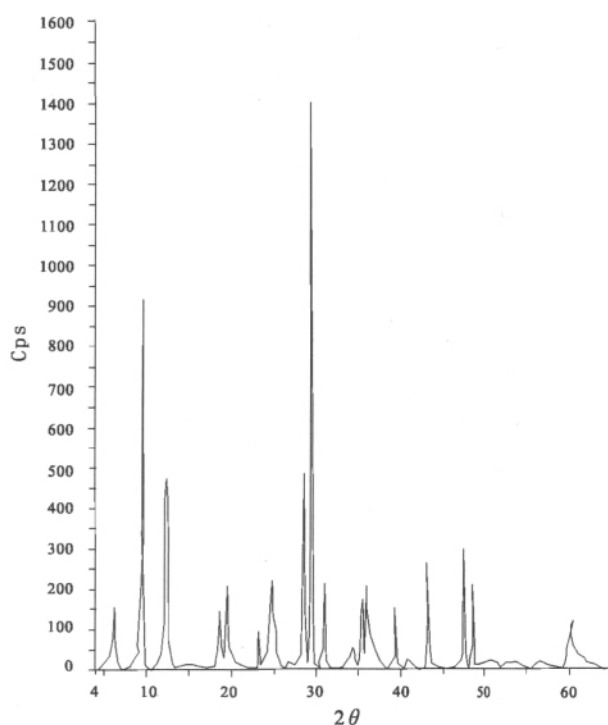


图1 瓦房店42号岩管金伯利岩全岩X射线粉晶衍射图谱

Fig. 1 The X-ray powder diffraction pattern for the No. 42

kimberlite pipe in Wafangdian

(2) 在瓦房店石灰窑1号无矿金伯利岩岩脉采集1-11到1-19号样,距地表2~5 m处,样品轻微风化。8件样品经X衍射粉晶衍射仪半定量分析,测试结果显示:金伯利岩主要矿物为蛇纹石、金云母和白云石,有少量方解石、锐钛矿、磷灰石、滑石、磁铁矿和绿泥石。其中白云石含量范围14.9%~35.4%,平均含量为22.4%;蛇纹石含量范围32.2%~50.7%,平均含量为38.5%;金云母含量范围2.7%~35.2%,平均含量为14.4%;方解石含量范围0.6%~16.1%,平均含量为3.6%;磷灰石含量范围2.1%~6.0%,平均含量为3.5%;锐钛矿含量范围0~2.7%,平均含量为2.3%;滑石含量范围4.6%~10.3%,平均含量为6.4%;绿泥石含量范围3.8%~14.4%,平均含量为7.9%;磁铁矿含量范围0~4.9%,平均含量为4.5%。1号岩管金伯利岩典型X衍射粉晶衍射图谱见图2。

(3) 在瓦房店9号无矿金伯利岩岩脉采集20件样品,距地表1~2 m处,样品轻微风化。20件样品经X衍射粉晶衍射仪半定量分析,测试结果显示:金伯利岩主要矿物为方解石和石英,有少量绿泥石和重晶石。其中方解石含量范围52.9%~80.2%,平均含量为68.4%;绿泥石含量范围1.3%~6.7%,平均含量为3.2%;石英含量范围13.5%~40.2%,平均含量为25.5%;重晶石含量

范围1.3%~4.8%,平均含量为2.5%。2件样品可能含有白云石,1件样品可能含有蒙脱石。9号岩管金伯利岩典型X衍射粉晶衍射图谱见图3。

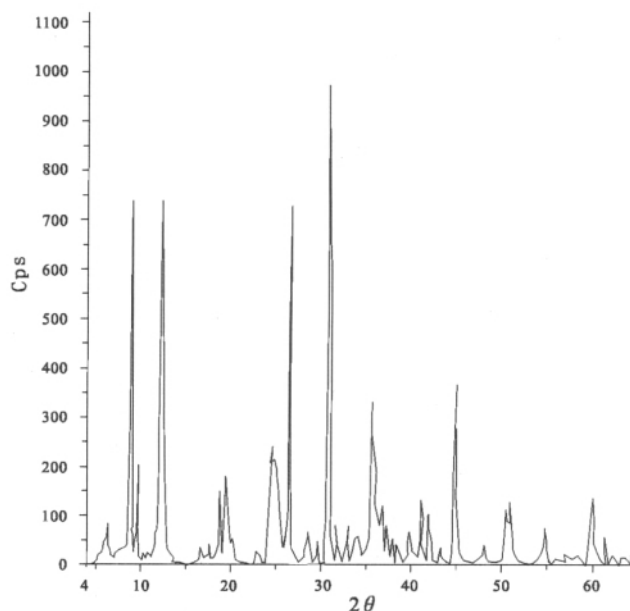


图2 瓦房店1号岩管金伯利岩全岩X射线粉晶衍射图谱

Fig. 2 The X-ray powder diffraction pattern for the No. 1

kimberlite pipe in Wafangdian

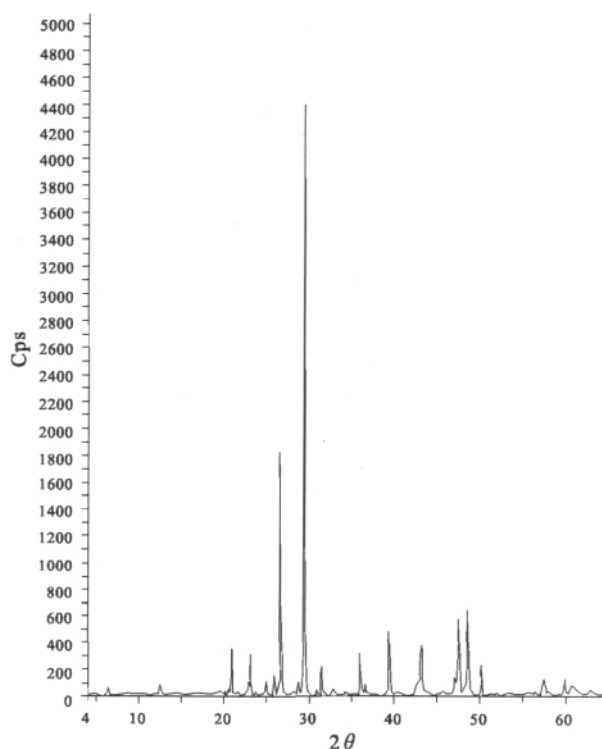


图3 瓦房店9号岩脉金伯利岩全岩X射线粉晶衍射图谱

Fig. 3 The X-ray powder diffraction pattern for the No. 9

kimberlite dyke in Wafangdian

(4) 在瓦房店 51 号贫矿金伯利岩岩管采集 7 件样品,距地表 50 m 处,样品未风化. 7 件样品经 X 衍射粉晶衍射仪半定量分析,测试结果显示:金伯利岩主要矿物为蛇纹石和金云母,方解石化作用不均匀,白云石化作用普遍,有少量锐钛矿、滑石、磁铁矿、绿泥石、磷灰石、钛铁矿、石英. 其中白云石含量范围 3.7%~9.4%,平均含量为 6.7%;蛇纹石含量范围 16.0%~74.3%,平均含量为 54.5%;金云母含量范围 4.8%~26.0%,平均含量为 13.2%;方解石含量范围 0~25.2%,平均含量为 13.4%;磷灰石含量范围 0~1.5%,平均含量为 1.3%;锐钛矿含量范围 0~1.5%,平均含量为 1.1%;滑石含量范围 0~21.7%,平均含量为 17.4%;磁铁矿含量范围 0~8.5%,平均含量为 7.2%;绿泥石含量范围 0~9.4%,平均含量为 5.2%;石英含量范围 0~4.8%,平均含量为 3.1%;钛铁矿含量范围 0~0.9%,平均含量为 0.7%. 51 号岩管金伯利岩典型 X 衍射粉晶衍射图谱见图 4.

(5) 瓦房店 30 号贫矿岩管样品采于距地表 2 m 处,样品风化严重. 15 件样品经 X 衍射粉晶衍射仪半定量分析,测试结果显示:金伯利岩主要矿物为蒙脱石,有

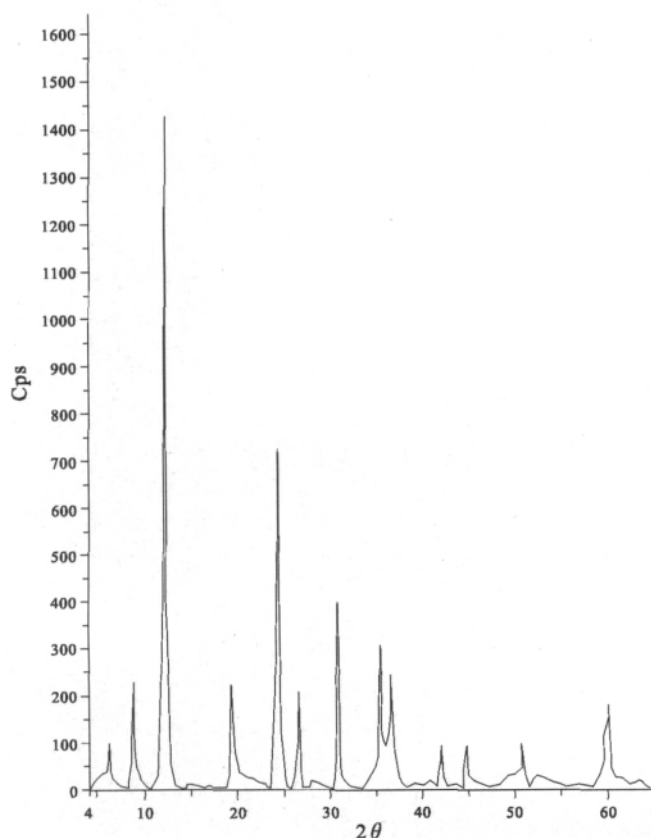


图 4 瓦房店 51 号岩管金伯利岩全岩 X 射线粉晶衍射图谱

Fig. 4 The X-ray powder diffraction pattern for the No. 51 kimberlite pipe in Wafangdian

少量方解石、滑石、蛇纹石、榍石、磷灰石. 其中蒙脱石含量范围 79.5%~92.0%,平均含量为 86.7%;蛇纹石含量范围 1.2%~2.5%,平均含量为 1.8%;方解石含量范围 3.1%~14.0%,平均含量为 7.5%;滑石含量范围 1.9%~4.5%,平均含量为 3.0%;磷灰石含量范围 0~0.7%,平均含量为 0.6%;榍石含量范围 0~1.9%,平均含量为 0.9%. 只有 2 件样品检测出石英,含量范围 0~0.4%^[3]. 30 号岩管金伯利岩典型 X 衍射粉晶衍射图谱见图 5.

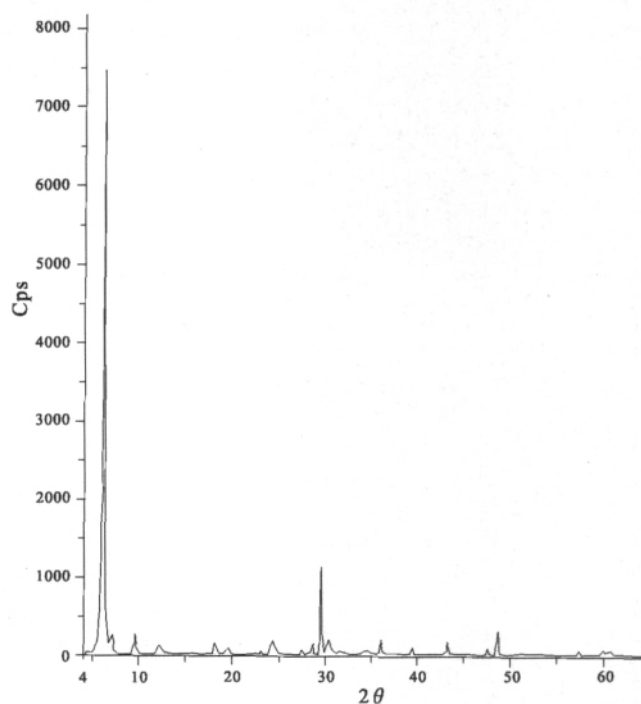


图 5 瓦房店 30 号岩管金伯利岩全岩 X 射线粉晶衍射图谱

Fig. 5 The X-ray powder diffraction pattern for the No. 30 kimberlite pipe in Wafangdian

3 蚀变矿物组分变化特征及找矿意义

辽宁瓦房店金伯利岩蚀变矿物组分显示: 1 号岩管标志性矿物特征为白云石化作用显著,白云石矿物组分含量达 15%以上; 3 号岩脉标志性矿物特征为硅化和方解石化作用显著,石英矿物组分含量达 13%以上,方解石矿物组分含量达 50%以上.

51 号岩管和 30 号岩管为贫矿金伯利岩. 51 号岩管白云石矿物组分含量小于 10%,石英矿物组分含量小于 5%,方解石矿物组分含量小于 25%; 30 号岩管金伯利岩石英矿物组分含量小于 1%,方解石矿物组分含量小于 14%.

42 号岩管为中等含矿金伯利岩,白云石矿物组分含量小于 5%,石英矿物组分含量小于 8%,方解石矿物组分含量小于 26%.

测试数据统计显示：当白云石矿物组分含量达 15% 以上，或石英矿物组分含量达 13% 以上，或方解石矿物组分含量达 50% 以上，这 3 组数据是无矿金伯利岩的矿物组分显著特征，可以作为判断瓦房店矿区金伯利岩有矿或无矿的矿物学参数。

参考文献：

- [1] 贺灌之. 金伯利岩和金刚石的形成机制 [J]. 地质评论, 1980, 26 (3) : 384—391.
- [2] 董振信. 中国金伯利岩 [M]. 北京: 科学出版社, 1994: 121—123.
- [3] 张培元, 周永芳, 王家枢. 世界金刚石矿床的形成和分布规律 [M]. 北京: 地质出版社, 1982: 121—123.
- [4] 张培元, 齐玉兴, 胡鸿锵. 辽南含金刚石金伯利岩形成的地质条件 [J]. 地质评论, 1980, 26 (1) : 34—38.
- [5] 钟瑞元. 金伯利岩含金刚石的矿物学因素及其对含金金刚石性的判别 [J]. 辽宁地质科技情报, 1979 (2) : 19—81.
- [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] 张培元. 论金刚石的成因和成矿作用及找矿方向 [J]. 地质科技管理, 1999 (4) : 28—36.
- [8] 董振信, 周剑雄. 我国金伯利岩中铬铁矿的标型特征及其找矿意义 [J]. 地质学报, 1980, (4) : 284—299.
- [9] 赵秀英. 辽宁某地金伯利岩中铬铁矿与金刚石的关系 [J]. 矿物学报, 1982 (1) : 21—29.
- [10] 董振信, 丛安东, 韩柱国. 金伯利岩含金金刚石性的矿物学标志 [J]. 矿床地质, 1993, 12 (1) : 47—54.
- [11] 罗声宣, 任喜荣, 朱源. 山东金刚石地质 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1999: 69—70.
- [12] 董振信. 金伯利岩中的云母 [J]. 矿物岩石, 1991, 11 (4) : 33—43.
- [13] 刘粤惠, 刘平安. X 射线衍射分析原理与应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 72—77.
- [14] 迟广成, 王娜, 吴桐. X 射线粉晶衍射仪鉴别鸡血石 [J]. 岩矿测试, 2010, 29 (1) : 82—84.
- [15] 叶大年. X 射线粉末法及其在岩石学中的应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1984: 76—128.