

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2019.06.07

引用格式: 杨献忠,蔡逸涛,康丛轩,等. 湖南桃源理公港地区含金刚石沉凝灰岩的发现及其找矿意义[J]. 中国地质调查, 2019,6(6): 56-62.

湖南桃源理公港地区含金刚石沉凝灰岩的发现及其找矿意义

杨献忠¹, 蔡逸涛¹, 康丛轩¹, 黄光昭¹, 李帅², 向华²

(1. 中国地质调查局南京地质调查中心, 南京 210016; 2. 湖南省地质矿产勘查开发局 413 队, 常德 415000)

摘要: 湖南桃源理公港地区白垩纪红盆内的灰绿色和紫红色沉积夹层曾选获过金刚石。以灰绿色岩石为研究对象, 通过薄片鉴定和电子探针分析来确定岩石名称和岩石中石榴石和云母的属性。显微镜下, 灰绿色岩石呈凝灰结构, 由约 45% 的晶屑、35% 的岩屑和 20% 的玻璃屑组成, 为较典型的沉凝灰岩, 并非前人所述的金伯利岩。沉凝灰岩中的石榴石和云母分别为 G10 型镁铝榴石和金云母, 镁铝榴石和金云母的成分与辽宁、山东及南非典型岩管含金刚石金伯利岩中的镁铝榴石及金云母的成分基本一致, 暗示其来源于含金刚石的金伯利岩。沉凝灰岩的特征表明, 其来源地不会太远, 这在附近找寻火山机构奠定了基础; 金伯利质岩屑、G10 型镁铝榴石和金云母的发现, 为在周边寻找原生金伯利岩提供了重要信息。

关键词: 金刚石; G10 型镁铝榴石; 金云母; 指示矿物; 沉凝灰岩; 找矿意义; 湖南桃源县

中图分类号: P619.241; P588.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8706(2019)06-0056-07

0 引言

湖南四大水系尤其是沅水流域, 金刚石的发现历史至少可追溯到 100 多年前。清朝道光年间(1821—1850 年), 一些村民淘金时相继发现了金刚石, 并根据金刚石的颜色、晶型分辨金刚石, 称之为天宝石、蓝宝石、八角籽、钻石^[1]。20 世纪 40 年代初, 湖南洪江市江西街—托口一带的沅水砂砾层^[2]以及沅水自沅陵柳林汉以下的桃源县和常德县^[3](现常德市鼎城区)均有发现金刚石的记载。新中国成立前, 沅水流域也有金刚石产出的报道^[4-5], 沿沅水流域的淘金者总结出“有籽必有钻”的规律性认识, 这里籽就是水铝石, 因其密度和脱水性与金刚石相似, 两者密切伴生^[1]。新中国成立后的 50 年代末—60 年代初, 在沅水流域中下游发

现并探明 4 个具有经济价值的金刚石砂矿床^[1,6]。此后针对湖南地区乃至整个扬子地区的原生金刚石找矿工作, 几乎从未间断^[6-18], 期间曾在湖南宁乡地区发现了含金刚石的钾镁煌斑岩并对其特征进行研究^[18-19], 曾提出“陨石撞击说”^[20-21]、“金伯利建造”^[22-23]等原生金刚石成矿观点, 但仍无法较好地解释湖南 4 大砂矿的成因。湖南原生金刚石找矿至今仍是一个待解之“谜”^[15], 这也表明湖南金刚石原生矿找矿工作的复杂性和艰巨性^[8,18]。

本文针对前人于常德外围桃源理公港地区白垩纪红盆内发现的透镜状夹层(当时定名为灰绿色金伯利岩和紫红色金伯利质角砾岩, 并选获过金刚石^[22]), 在野外调查的基础上, 通过对灰绿色岩石进行室内薄片鉴定、疑似矿物电子探针分析及其综合研究, 以期发现原生金刚石找矿线索, 为进一步追索金刚石来源、找寻金伯利质火山机构和原生金

收稿日期: 2019-03-15; 修订日期: 2019-05-11。

基金项目: 中国地质调查局“华北和扬子地区金刚石矿产调查项目(编号: DD20160059)”和“钦杭成矿带武宁—平江地区钨铜多金属矿地质调查(编号: DD20190153)”项目联合资助。

第一作者简介: 杨献忠(1962—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事矿产资源调查与研究工作。Email: xzyang1010@sina.com。

通信作者: 向华(1987—), 男, 工程师, 主要从事矿产地质调查与研究工作。Email: 422733402@qq.com。

伯利岩提供依据。

1 沉凝灰岩的厘定及特征

2015—2016年,前人^[22]在常德外围桃源县理公港地区呈NNE向展布的白垩纪紫红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩红盆中发现一透镜状夹层,并直接定名为灰绿色金伯利岩和紫红色金伯利质角砾岩,同时进行了选矿实验,在1 m³灰绿色岩石和紫红色岩石样品中,分别选获26颗和5颗金刚石,前者金刚石粒径0.3 mm左右,后者金刚石粒径为0.25~0.32 mm,黄绿色,主要为六面体-八面体晶型。

1.1 野外地质特征

透镜状夹层出露于常德外围桃源县理公港镇西村居民房基的人工陡壁上(图1),围岩为早白垩世五龙组紫红色粉砂质泥岩和泥质粉砂岩,倾向SE,倾角为20°~30°。盆地东西两侧为寒武纪灰岩和泥灰岩;南部为晚震旦世硅质岩和青白口纪板溪群浅变质碎屑岩。白垩纪红盆受NNE向剪切断裂控制,东北部沿NE方向延伸,南部受断层控制尖灭于震旦纪和青白口纪地层内。该夹层呈透镜状分布于白垩纪地层内,延伸长度未能追索,厚度不及10 m,边界曲折不直,透镜体长轴方向大致沿白垩纪地层产状方向,与白垩纪地层呈小角度相交,可分出上下2个相:上部相岩石呈块状,淡灰绿色,凝灰质结构显著,颗粒大小比较均匀(1 mm左右),主要成分为长英质,少见长条状云母片和深红色粒状石榴石;下部相岩石为灰紫色、紫色砾岩,砾状结构,砾石以浑圆状、次浑圆状硅质砾石为主,胶结物为凝灰质、隐晶-细晶状硅质(砂质)、碳酸盐质和黏土质。



图1 湖南桃源县理公港地区白垩纪红盆内透镜状夹层野外露头

Fig. 1 Lentiform interlayer outcrop of the Cretaceous red basin in Ligonggang area of Taoyuan County, Hunan Province

从野外宏观特征及岩石基本特征分析,该夹层明显为沉积型岩石,上、下2个相可分别定名为灰绿色凝灰岩(图2(a))和凝灰质砾岩,并非金伯利岩和金伯利质角砾岩。初步认为,该沉积夹层可能由干旱红盆中短暂季节性河流形成。

1.2 镜下特征

显微镜下,上部相岩石呈淡灰绿色,以凝灰结构为主,少量砂质结构,颗粒大小比较均匀(1 mm左右),主要由约45%的晶屑、35%的岩屑和20%的玻屑组成。晶屑以长英质为主,含少量折光率较高的深红色石榴石(疑似镁铝石榴石)和吸收性较弱的长条状淡褐黄色云母(疑似金云母);石英多为棱角状-次圆状,少量具溶蚀港湾状、波状消光;长石多为微斜长石并具格子双晶。岩屑以次圆状-次棱角状变泥质岩屑(变砂质泥岩)为主,见少量具席基结构^[24]的金伯利质岩屑(图2(b))。玻屑



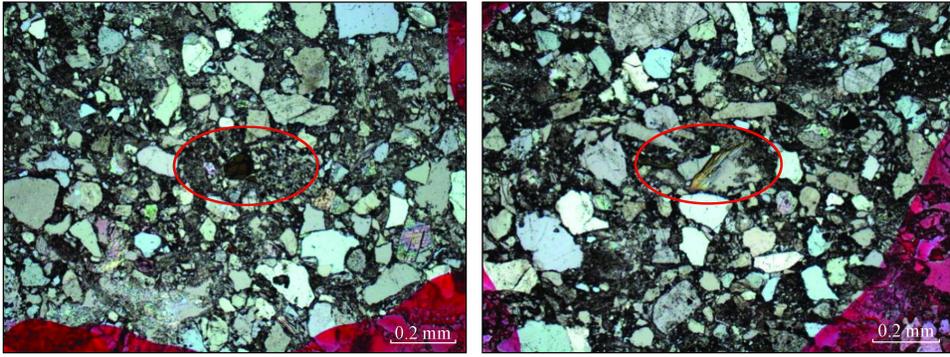
(a) 沉凝灰岩



(b) 沉凝灰岩中的金伯利质岩屑

图2-1 沉凝灰岩及其镜下特征

Fig. 2-1 Sedimentary tuff and its microscopic characteristics



(c) 石榴石

(d) 云母

图 2-2 沉凝灰岩及其镜下特征

Fig. 2-2 Sedimentary tuff and its microscopic characteristics

呈凹面棱角状,后期碳酸盐化强烈并沿云母解理缝交代云母。下部相紫红色岩石中砾石的主要成分为硅质,胶结物具凝灰质结构特征,主要成分为长英质和黏土质(主要为绿泥石)。上述特征表明,上部相为沉凝灰岩,下部相为凝灰质砾岩,再次确证并非金伯利岩或金伯利质角砾岩。

光片中,石榴石呈玫瑰色、浅红色,粒状晶型虽碎裂,但具明显的可拼合性(图 2(c)),暗示其基本未经搬运,且后期经历了应力作用。云母呈宽度较窄的长条状,解理明显,多色性较弱(图 2(d)),部

分具有挠折或膝折现象(解理缝连续同步弯曲),暗示其在形成过程中或后期经历了应力作用。

2 石榴石和云母的电子探针分析

为进一步分析镜下观察到的石榴石和云母的属性,分别对其进行电子探针分析(表 1,表 2)。检测仪器型号为 Shimadzu EPMA 1720H。检测条件为:加速电压 15.0 kV,射束(电子束)电流 20.0 nA,电子束束斑直径 5 μm。

表 1 石榴石电子探针分析结果及结构式

Tab. 1 Electron probe analysis results of the garnet and its structural formula

样品号	分析号	主量元素含量/%										总量
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TFeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	
LGG1 -	2 - A - 1 - 1	42.13	1.08	19.57	5.02	8.27	0.04	20.70	0.51	0.03	1.96	99.30
1 - 3 - 3	2 - A - 1 - 2	40.88	1.15	19.52	6.02	9.00	0.08	20.86	0.53	0.05	1.98	100.06
LGG1 -	3 - A - 1	42.75	2.47	22.26	2.03	10.07	N. D	19.74	0.57	0.03	0.34	100.26
1 - 3 - 1	3 - A - 2	42.33	1.70	21.71	3.02	9.75	0.04	20.44	0.58	0.03	0.37	99.97

样品号	分析号	阳离子数										端元含量/%			
		Si ⁴⁺	Ti ⁴⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	TFe ²⁺	Mn ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺	镁铝 榴石	铁铝 榴石	钙铝 榴石	锰铝 榴石
LGG1 -	2 - A - 1 - 1	3.03	0.06	1.66	0.29	0.50	0	2.24	0.04	0	0.27	80.60	17.89	1.42	0.09
1 - 3 - 3	2 - A - 1 - 2	2.95	0.06	1.66	0.34	0.54	0	2.26	0.04	0	0.28	79.36	19.02	1.44	0.17
LGG1 -	3 - A - 1	3.03	0.13	1.85	0.11	0.59	0	2.10	0.04	0	0.05	76.69	21.73	1.58	0.00
1 - 3 - 1	3 - A - 2	3.01	0.09	1.82	0.17	0.58	0	2.18	0.04	0	0.05	77.74	20.60	1.58	0.09

注:测试单位为自然资源部华东矿产资源监督检测中心;N. D表示未检出;阳离子数以 12 个氧为基础计算^[25]。

表 2 云母电子探针分析结果及结构式

Tab. 2 Electron probe analysis results of the mica and its structural formula

样品号	分析号	主量元素含量/%												总量
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TFeO	MnO	NiO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	F	
LGG1 -	1 - A - 1	42.51	0.29	15.95	0.01	2.22	N. D	N. D	25.21	N. D	10.51	0.02	N. D	96.73
LGG1 -	1 - A - 2	44.49	0.23	16.37	0.02	3.37	0.05	N. D	22.87	N. D	9.21	0.07	N. D	96.68
1 - 3 - 5	1 - B - 1	41.17	1.46	12.56	0.02	6.95	0.04	N. D	26.72	N. D	8.29	0.07	N. D	97.28
	1 - B - 2	42.62	1.79	13.27	0.04	5.86	0.08	N. D	25.95	N. D	7.53	0.06	N. D	97.21

万方数据

(续表)

样品号	分析号	主量元素含量/%												总量
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TFeO	MnO	NiO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	F	
LGG1 -	2 - B - 1 - 1	43.36	0.83	13.27	0.01	3.53	N.D	N.D	23.74	N.D	10.85	0.63	0.08	96.29
1 - 3 - 3	2 - B - 1 - 2	43.07	0.76	12.80	0.01	3.22	N.D	N.D	24.82	N.D	11.02	0.54	0.15	96.38
	4 - A - 1 - 1	42.22	0.46	15.56	0.01	3.94	N.D	N.D	25.38	N.D	9.29	0.38	0.09	97.35
LGG1 -	4 - A - 1 - 2	42.93	0.54	15.64	0.01	2.55	0.02	N.D	25.42	N.D	9.25	0.35	0.26	96.96
1 - 3 - 4	4 - B - 1	42.6	0.74	16.59	0.01	3.65	0.05	N.D	23.81	N.D	9.33	0.39	N.D	97.17
	4 - B - 2	41.19	0.74	17.05	0.02	3.89	0.02	N.D	23.98	N.D	9.54	0.37	N.D	96.81
	4 - B - 3	41.44	1.06	16.77	N.D	3.69	0.05	N.D	23.9	N.D	9.64	0.33	N.D	96.87

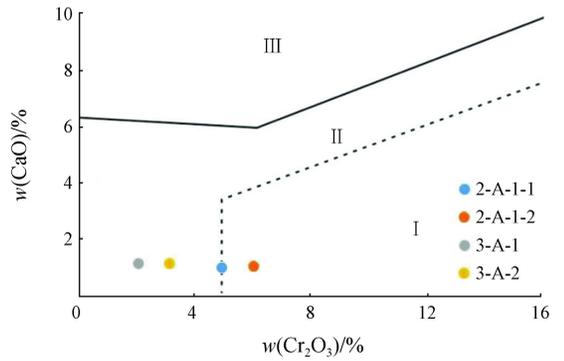
样品号	分析号	阳离子数											Mg/(Mg + TFe) (原子比)	
		Si ⁴⁺	Ti ⁴⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	TFe ²⁺	Mn ²⁺	Ni ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺		F ⁺
LGG1 -	1 - A - 1	2.86	0.01	1.26	0	0.12	0	0	2.54	0	1.37	0.00	0	0.95
1 - 3 - 5	1 - A - 2	2.98	0.01	1.29	0	0.19	0	0	2.30	0	1.19	0.01	0	0.92
	1 - B - 1	2.82	0.07	1.01	0	0.40	0	0	2.74	0	1.10	0.01	0	0.87
	1 - B - 2	2.88	0.09	1.06	0	0.33	0	0	2.63	0	0.99	0.01	0	0.89
LGG1 -	2 - B - 1 - 1	2.97	0.04	1.07	0	0.20	0	0	2.44	0	1.44	0.06	0	0.92
1 - 3 - 3	2 - B - 1 - 2	2.95	0.04	1.03	0	0.18	0	0	2.55	0	1.46	0.05	0	0.93
	4 - A - 1 - 1	2.85	0.02	1.23	0	0.22	0	0	2.57	0	1.21	0.03	0	0.92
LGG1 -	4 - A - 1 - 2	2.88	0.03	1.24	0	0.14	0	0	2.56	0	1.20	0.03	0	0.95
1 - 3 - 4	4 - B - 1	2.86	0.04	1.31	0	0.20	0	0	2.40	0	1.21	0.03	0	0.92
	4 - B - 2	2.79	0.04	1.36	0	0.22	0	0	2.44	0	1.25	0.03	0	0.92
	4 - B - 3	2.80	0.05	1.34	0	0.21	0	0	2.43	0	1.26	0.03	0	0.92

注: 测试单位为自然资源部华东矿产资源监督检测中心; N.D 表示未检出; 阳离子数以 11 个氧为基础计算^[26]。

将石榴石、云母的分析结果与相关文献报道的数据^[25-29]进行对比,发现石榴石的成分与镁铝榴石的成分基本吻合,云母的成分与金云母的成分基本吻合。

2.1 镁铝榴石

据表 1 可知,镁铝榴石 Cr₂O₃ 含量为 2.03% ~ 6.02%, CaO 含量为 0.51% ~ 0.58%, 为低钙含铬 - 高铬镁铝榴石^[29]。CaO 含量低于辽宁、山东典型岩管中的镁铝榴石的 CaO 含量(3.32% ~ 6.38%)。在 Cr₂O₃ - CaO 关系图(图 3)上,测点均落入 G10 型镁铝榴石区,与金刚石关系密切^[27]; 在 CaO - Cr₂O₃ 关系图(图 4)上,测点主要落入二辉橄榄岩区,表



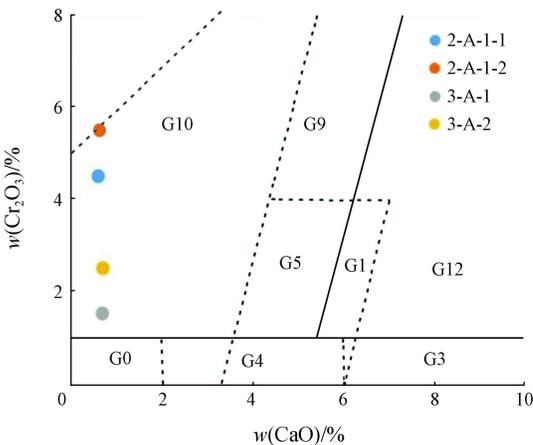
I. 纯橄榄岩 - 方辉橄榄岩区; II. 二辉橄榄岩区; III. 异剥橄榄岩区

图 4 镁铝榴石 CaO - Cr₂O₃ 关系图^[28-29]

Fig. 4 CaO - Cr₂O₃ correlation diagram of the pyrope^[28-29]

明沉凝灰岩中的镁铝榴石主要来源于金伯利岩的二辉橄榄岩捕虏体,与金刚石形成关系较为密切^[28-29]。由表 1 可知,镁铝榴石端元含量为 76.69% ~ 80.60%, 略高于辽宁瓦房店 50 号岩管 DG9 型(78.79%)和 DG10 型(69.10%)、山东胜利 1 号岩管 DG9 型(61.13% ~ 75.31%)和 DG10 型(68.78%)^[29]含金刚石金伯利岩中镁铝榴石端元含量。

总之,理公港沉凝灰岩中的镁铝榴石为低钙含铬 - 高铬镁铝榴石, CaO 含量低于辽宁、山东典型岩管中的镁铝榴石 CaO 含量,为 G10 型镁铝榴石; 镁铝榴石端元含量略高于辽宁瓦房店 50 号岩管和山东胜利 1 号岩管含金刚石金伯利岩中镁铝榴石端



G0. 非石榴石类矿物; G1. 钛镁榴石; G3. 钙镁榴石 - 铁铝榴石; G4. 钛钙镁铁铝榴石; G5. 镁铁铝榴石; G9. 铬镁铝榴石; G10. 镁铝榴石; G12. 镁钙铬榴石 - 镁铝榴石

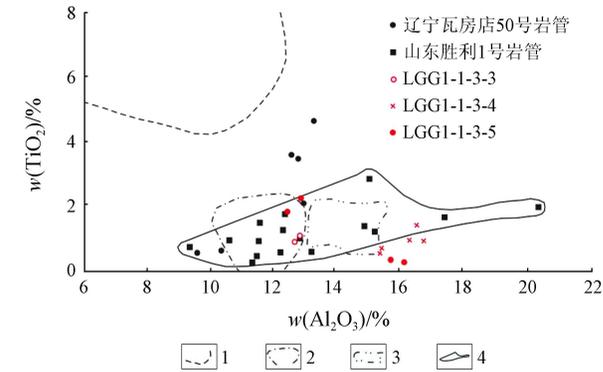
图 3 镁铝榴石 Cr₂O₃ - CaO 关系图^[27]

Fig. 3 Cr₂O₃ - CaO correlation diagram of the pyrope^[27]

元含量,显示其来源与含金刚石成矿关系十分密切。

2.2 金云母

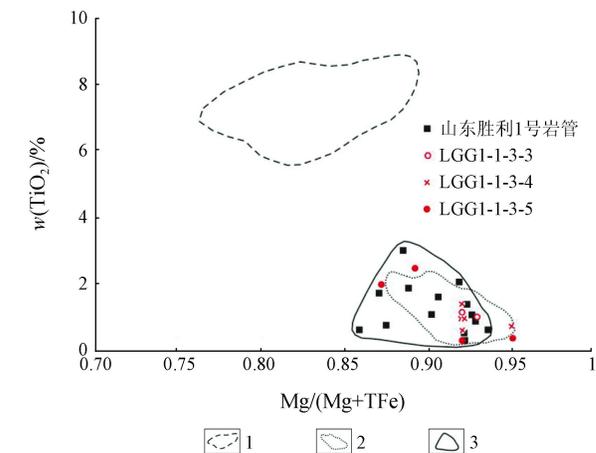
金云母的 TiO_2 含量为 0.23% ~ 1.79%, 略低于山东、辽宁典型岩管中金云母的 TiO_2 含量; Al_2O_3 含量为 12.56% ~ 17.05%, 与山东、辽宁典型岩管中金云母的 Al_2O_3 含量相近。在金云母 $TiO_2 - Al_2O_3$ 关系图(图 5)上,半数以上的投点与山东胜利 1 号金伯利岩中浑圆状及微斑晶金云母范围基本一致,其余的与南非大部分金伯利岩中的金云母范围相似,没有落入澳大利亚金伯利岩中的金云母范围。 $Mg/(Mg + TFe)$ (原子比)为 0.87 ~ 0.95 (表 2), 与山东胜利 1 号岩管中的微斑晶和粗晶金云母、山东红旗 27 号岩管中的金云母、辽宁瓦房店 50 号和 42 号岩管中金云母的 $Mg/(Mg + TFe)$ (原子比) (0.814 ~ 0.935)^[29] 基本一致(图 6)。



1. 一般钾镁煌斑岩中的金云母范围; 2. 南非大部分金伯利岩中的金云母范围; 3. 澳大利亚金伯利岩中的金云母范围; 4. 山东胜利 1 号金伯利岩中浑圆状及微斑晶金云母范围

图 5 金云母 $TiO_2 - Al_2O_3$ 关系图^[29]

Fig. 5 $TiO_2 - Al_2O_3$ correlation diagram of the phlogopite^[29]



1. 一般钾镁煌斑岩中金云母范围; 2. 一般金伯利岩中金云母范围; 3. 山东胜利 1 号金伯利岩中浑圆状及微斑晶金云母范围

图 6 金云母 $TiO_2 - Mg/(Mg + TFe)$ 关系图^[22]

Fig. 6 $TiO_2 - Mg/(Mg + TFe)$ correlation diagram of the phlogopite^[22]

综上,该区金云母与山东、辽宁及南非典型岩管含金刚石金伯利岩中的金云母具有共同特征。

3 找矿意义

湖南扬子微板块区(上扬子台褶带、江南台隆)具有原生金刚石矿成矿的优越地质环境^[6-11], 出露于湖南桃源理公港地区的白垩纪红盆, 位于湖南二级构造单元(西北为台隆区、东南为凹陷区)的边界部位, 并受 NNE 向剪切断裂控制^[30], 东北部沿 NE 方向延伸, 南部及东南部受断层控制, 分布于震旦纪和青白口纪地层外围, 盆地东西两侧为寒武纪灰岩和泥灰岩, 西南部为晚震旦世硅质岩和青白口纪板溪群浅变质碎屑岩。另外, 该地区还处于 1:20 万铬、铌 I 级异常区和镍 II 级异常区的交汇部位^[30]。因此, 从大地构造背景、金刚石成矿所需构造条件及化探异常分析来看, 该地区具备金刚石成矿的条件。

金刚石、G10 型镁铝榴石和金云母是含金刚石金伯利岩的重要指示矿物, 追索其来源可发现原生金伯利岩管, 山东胜利 1 号金伯利岩管就是通过追索镁铝榴石的来源而发现的^[1,31]。扬子克拉通金刚石原生矿找矿, 长期以来都是将钾镁煌斑岩作为含矿母岩, 并且将金刚石、铬尖晶石作为指示矿物组合^[1]。而本次工作在沉凝灰岩中发现 G10 型镁铝榴石, 显示其来源于与金刚石形成关系较为密切的金伯利岩型二辉橄榄岩捕虏体。这些信息启示我们, 针对扬子克拉通尤其是湖南地区的金刚石原生矿找矿, 今后需注意: 一是将镁铝榴石作为重要指示矿物, 尤其是带蚀变皮壳且具 ROK 特征的镁铝榴石, 这种镁铝榴石指示原生矿源在 10 km 以内^[1]; 二是不要仅局限于寻找钾镁煌斑岩型, 应更多关注金伯利岩型。

虽然本次工作没有发现真正意义上的含金刚石金伯利岩, 但湖南桃源理公港地区沉凝灰岩的特征表明, 其来源地不会太远, 这为在附近找寻火山机构奠定了基础; 沉凝灰岩中金伯利岩屑以及金刚石和 G10 型镁铝榴石、金云母等指示矿物的发现, 为在周边寻找原生金伯利岩提供了重要信息。因此, 加强对这些指示矿物来源的追索, 尤其是沉凝灰岩的形成过程, 也许是取得湖南地区原生金刚石找矿快速突破的有效途径之一。另外, 借鉴国外较年轻的含金刚石金伯利岩的实际情况, 有望在湖

南桃源理公港地区的金刚石砂矿区找到白垩纪早期含金刚石的载体^[32],同时,也不排除白垩纪,尤其是白垩纪中晚期,在红盆内存在含金金刚石金伯利岩浆喷发并与红盆同沉积的可能性^[22-23]。

4 结论

(1) 出露于湖南桃源理公港地区白垩纪红盆内的沉积夹层为沉凝灰岩和凝灰质砾岩,并非前人所述的金伯利岩或金伯利质角砾岩。

(2) 沉凝灰岩中的石榴石为低钙含铬 - 高铬 G10 型镁铝榴石,云母为金云母。镁铝榴石的特征与辽宁瓦房店 50 号岩管和山东胜利 1 号岩管含金金刚石金伯利岩中镁铝榴石的特征相似;金云母的特征与山东胜利 1 号和红旗 27 号金伯利岩、辽宁瓦房店 50 号和 42 号金伯利岩以及南非大部分金伯利岩中金云母的特征相似。

(3) 湖南桃源理公港地区沉凝灰岩的特征表明,其来源地不会太远,这在附近找寻火山机构奠定了基础;沉凝灰岩中金伯利岩屑以及金刚石和 G10 型镁铝榴石、金云母等指示矿物的发现,为在周边寻找原生金伯利岩提供了重要信息。加强对这些指示矿物来源的追索,尤其是沉凝灰岩的形成过程,是取得湖南地区原生金刚石找矿快速突破的有效途径之一。

致谢: 中国地质科学院矿产资源研究所王登红研究员对项目的实施给予了关注和指导;野外调查得到了原地质矿产部宋瑞祥部长、湖南省地质矿产勘查开发局 413 队李子云教授级高级工程师、常德市天悦矿产投资管理有限公司徐俊教授级高级工程师的大力支持和帮助;电子探针分析由自然资源部华东矿产资源监督检测中心协助完成;研究过程中得到南京地质调查中心邢光福研究员及宋思明博士的指导;审稿专家提出了宝贵的修改意见。在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献:

- [1] 宋瑞祥. 中国金刚石矿床专论: 中国金刚石矿找矿与开发[M]. 北京: 地质出版社, 2013.
- [2] 李四光. 鄂西川东湘西桂北第四纪冰川现象述要[J]. 地质论评, 1940, 5(3): 171 - 184.
- [3] 胡伯素. 湖南沅水一带之金刚石[J]. 地质论评, 1940, 5(5):

385 - 391.

- [4] 喻德渊. 湘西黔东金矿概论[J]. 地质论评, 1944, 9(增刊 1): 75 - 84.
- [5] 喻德渊. 国立中央研究院地质研究所集刊: 湘西黔东金矿地质[M]. 北京: 地质研究所, 1949.
- [6] 张培元. 对湖南寻找金刚石原生矿的建议[J]. 中国地质, 1998(9): 17 - 19.
- [7] 李荣清. 湖南金刚石原生矿找矿研究的现状与展望[J]. 矿床地质, 1996, 15(增刊 1): 17 - 18.
- [8] 地质矿产部宜昌地质研究所, 湖南省地质矿产局 413 队. 湘西地区原生金刚石找矿方向和革代区优选[R]. 1997. 常德: 湖南省地质矿产勘查开发局 413 队.
- [9] 饶家荣. 湖南原生金刚石矿深部构造地质背景及成矿预测[J]. 湖南地质, 1999, 18(1): 21 - 28.
- [10] 斯戴芬·迈尔. 谈湖南金刚石勘查找矿[J]. 湖南地质, 1999(增刊 1): 144.
- [11] 董斌, 陈明珊, 肖湘辉. 湖南原生金刚石成矿地质背景及找矿方向[J]. 矿床地质, 2006, 25(增刊 1): 337 - 340.
- [12] 张令明, 王三丁, 肖湘辉, 等. 湖南原生金刚石矿形成条件探讨[J]. 国土资源导刊, 2007, 4(3): 27 - 30.
- [13] 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.
- [14] 董和金. 对扬子地台原生金刚石找矿的五点建议[J]. 国土资源导刊, 2012, 9(1): 83 - 84.
- [15] 杨献忠, 蔡逸涛, 康丛轩, 等. 再议湖南地区原生金刚石的找矿方向[J]. 华东地质, 2017, 38(增刊 1): 87 - 89.
- [16] 向华, 肖书阅, 曾文辉, 等. 湖南省沅水流域金刚石原生矿成矿地质条件及找矿思路[C]//中国地质调查局南京地质调查中心(华北和扬子地区金刚石矿产调查项目组). 全国金刚石找矿思路与找矿方向研讨会交流材料汇编. 2018: 98 - 104.
- [17] 肖书阅, 董斌, 李子云, 等. 坚持问题导向, 探讨湖南金刚石找矿中有关问题[C]//中国地质调查局南京地质调查中心(华北和扬子地区金刚石矿产调查项目组). 全国金刚石找矿思路与找矿方向研讨会交流材料汇编. 2018: 105 - 111.
- [18] 李子云, 马文运. 宁乡县云影窝含金刚石钾镁煌斑岩地质特征[J]. 湖南地质, 1993, 12(4): 221 - 225.
- [19] 林玮鹏, 丘志力, 李子云, 等. 湖南宁乡 V 号岩管煌斑岩的岩石地球化学特征[J]. 资源调查与环境, 2009, 30(3): 180 - 187.
- [20] 王道经, 黄怀勇. 建议在湖南寻找与陨击作用有关的金刚石[J]. 中国地质, 1998(6): 46 - 47.
- [21] 沈瑞锦, 刘德镒. 原生金刚石的可能新源岩[J]. 湖南地质, 1999, 18(2/3): 193 - 194, 209.
- [22] 徐俊. 湖南省桃源县茨树垭金刚石原生矿勘查(阶段性)地质报告[R]. 长沙: 湖南省地质资料馆, 2016.
- [23] 徐俊. 原生金刚石矿的成矿机制和勘查[C]//中国地质调查局南京地质调查中心(华北和扬子地区金刚石矿产调查项目组). 全国金刚石找矿思路与找矿方向研讨会交流材料汇编. 2018: 19 - 23.
- [24] 常丽华, 曹林, 高福红. 火成岩鉴定手册[M]. 北京: 地质出版社, 2009.

- [25] 张儒媛,杨美娥.石榴石的计算方法——《金伯利岩及有关岩类中的石榴石》一文的补遗[J].地质科学,1979,14(1):98-99.
- [26] 赵杏媛,张有瑜.粘土矿物与粘土矿物分析[M].北京:海洋出版社,1990.
- [27] Dawson J B, Stephens W E. Statistical classification of garnets from kimberlite and associated xenoliths [J]. J Geol, 1975, 83 (5):589-607.
- [28] Sobolev N V. Deep-seated inclusions in kimberlites and the problem of the composition of the upper mantle [J]. Amer Geophys Union, 1977, 11:257-259.
- [29] 黄蕴慧,秦淑英,周秀仲,等.华北地台金伯利岩与金刚石[M].北京:地质出版社,1992.
- [30] 湖南省地质矿产局四一三队.湖南省石门-桃源地区原生金刚石矿普查地质报告[R].常德:湖南省地质矿产局四一三队,1995.
- [31] 周登诗.钻石之路[M].北京:地质出版社,2015.
- [32] 龙昭陵.重力均衡异常与湖南原生金刚石矿床预测[J].湖南地质,1998,17(3):192-196.

Discovery of diamond-bearing sedimentary tuff and its prospecting significance in Ligonggang area of Taoyuan County, Hunan Province

YANG Xianzhong¹, CAI Yitao¹, KANG Congxuan¹, HUANG Guangzhao¹, LI Shuai², XIANG Hua²
(1. Nanjing Geological Survey Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, China; 2. Team 413, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Hunan Province, Changde 415000, China)

Abstract: Diamonds have been picked out from the gray-green and purple-red sedimentary interlayer of the Cretaceous sedimentary red basin in Ligonggang area of Taoyuan County, Hunan Province. Taking the gray-green rock as the research object, the authors determined the rock name and the property of garnet and mica in rock through thin section identification and electron probe analysis. Under the microscope, the gray-green rock has a tuffaceous structure, and it is composed of 45% crystal fragments, 35% rock cuttings and 20% vitric fragments, which is the typical sedimentary tuff rather than the kimberlite identified by predecessors. The garnet and mica in sedimentary tuff are respectively G10 pyrope and phlogopite. The chemical composition characteristics of G10 pyrope and phlogopite are similar to the diamond-bearing kimberlite of typical rock tubes from Liaoning, Shandong and South Africa, which indicates that pyrope and phlogopite are from the diamond-bearing kimberlite. The characteristics of the sedimentary tuff indicate that the tuffaceous substance source is not too far, which lays a foundation for finding volcanic edifice in the neighborhood. The discovery of kimberly rock cuttings, G10 pyrope and phlogopite provides valuable information for searching the primary kimberlite in the surrounding areas.

Keywords: diamond; G10 pyrope; phlogopite; indicator mineral; sedimentary tuff; prospecting significance; Taoyuan County of Hunan Province

(责任编辑:刘丹)