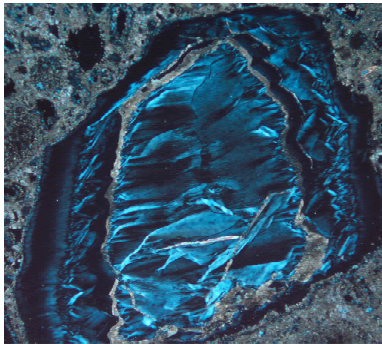


文章编号: 0254-5357(2013)01-0078-06

辽宁瓦房店金伯利岩中石榴石特征及种类鉴定

迟广成¹, 李国武², 肖 刚¹, 陈英丽¹, 伍 月¹, 汪寅夫¹, 胡建飞¹
(1. 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110032; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

摘要: 辽宁瓦房店金刚石矿区金伯利岩中的石榴石一直被当作镁铝榴石。为了确定矿区颜色复杂的石榴石种类, 本文对矿区的石榴石进行了系统的采样分析, 测定了 112 件石榴石样品的晶胞参数, 50 件样品的微区化学成分和 40 件样品的红外光谱。利用石榴石晶胞参数、红外光谱、化学成分和化学分子式方法对矿区石榴石进行分类, 结果显示: 晶胞参数分类法误差大, 容易得出错误结论; 红外图谱分类法准确度不高, 只能作为参考方法; 化学成分分类法太过笼统, 达不到详细划分石榴石种类的目的; 化学分子式分类法可把矿区的石榴石详细划分 6 个矿种: 镁钙铁-铝铬铁榴石、镁铁钙-铝铬铁榴石、镁钙铁-铝铬榴石、镁钙-铝铬铁镁榴石、镁铁钙-铝铬榴石、镁铁钙-铝铁铬榴石, 每种石榴石都充分反映了 A、B 离子的种类及占位特征, 是 4 种分类方法中最为科学的方法。研究认为瓦房店金刚石矿区金伯利岩中石榴石 A 端元成分以 Mg^{2+} 离子占位为主; B 端元成分以 Al^{3+} 离子占位为主。由于阳离子替代普遍, A、B 端元成分复杂, 瓦房店金伯利岩中不存在单纯意义上的镁铝榴石。



关键词: 金伯利岩; 石榴石; 晶胞参数; 化学成分; 红外图谱; 石榴石分类
中图分类号: P578.571; P575 **文献标识码:** A

瓦房店金伯利岩中石榴石的最显著特点就是颜色复杂, 有绿、紫、红、橙及各种过渡颜色, 其中以紫红色最多, 绿色-紫色镁铝榴石虽然少见, 却是含矿金伯利岩的特征矿物。无矿或贫矿金伯利岩中主要为深浅不一的紫红色镁铝榴石^[1]。瓦房店金伯利岩中的石榴石次变边发育, 一般 2~3 层, 最多可达 5~7 层, 蚀变强烈, 常形成“绿豆”和“黑豆”; 相似岩石中的镁铝榴石次变边不发育, 蚀变也较弱^[2]。

在以往许多关于辽宁瓦房店金伯利岩石榴石的特征研究中, 虽然对石榴石晶胞参数、红外光谱和化学成分进行了大量的研究工作, 却未对石榴石的种类进行详细划分, 一直把金伯利岩中的石榴石当作镁铝榴石^[3-4]。实际上瓦房店金伯利岩中石榴石的颜色十分复杂, 可能包含很多种类及亚种石榴石。建立石榴石种类划分方法, 详细划分瓦房店金伯利岩中石榴石矿物种类, 是金伯利岩型金刚石矿床研究人员急需解决的问题。

本文利用 X 射线单晶衍射仪、电子探针仪和红外光谱仪对瓦房店金伯利岩中石榴石不同单晶的晶胞参数、主要化学成分以及红外图谱进行检测, 根据三种仪器分析数据对辽宁瓦房店金伯利岩中石榴石种类进行划分, 对不同分类方法结果进行比较, 找到最优的金伯利岩中石榴石种类划分方法, 准确划分瓦房店金伯利岩中石榴石的种类, 为金伯利岩型金刚石找矿提供准确的矿物学信息。

1 样品采集

晶胞参数测定选用的 112 件石榴石样品取自于辽宁瓦房店金刚石矿区 1 号、42 号、50 号和 51 号岩管金伯利岩中, 在相应岩管分别选取了 23、42、20、27 个石榴石单晶样品。

化学成分测试用的 50 件石榴石样品为: 辽宁瓦房店金刚石矿区 1 号无矿金伯利岩体中选取 12 件, 42 号金伯利岩大岩管中等含矿金伯利岩体中选取

收稿日期: 2011-10-23; 接受日期: 2012-03-24
基金项目: 国土资源部“金刚石矿床标型矿物的 X 射线衍射特征”项目(200811120)
作者简介: 迟广成, 高级工程师, 从事岩矿测试工作。E-mail: chiguangcheng@126.com。

20 件,50 号金伯利岩管富矿金伯利岩中选取 9 件,51 号金伯利岩管贫矿金伯利岩中选取 9 件。

红外光谱分析的 40 件石榴石样品为:瓦房店石灰窑 1 号岩管无矿金伯利岩体中选取 10 件,42 号岩管中等含矿金伯利岩体中选取 10 件,50 号岩管富矿金伯利岩中选取 5 件,51 号岩管贫矿金伯利岩体中选取 15 件。

2 样品分析及测量条件

2.1 单晶 X 射线衍射分析

石榴石晶胞参数测定在中国地质大学(北京)晶体结构实验室完成。所用仪器为 SMART APEX CCD 单晶 X 射线衍射仪(德国布鲁克公司)。实验条件为:Mo K α 射线,石墨单色器,晶体与 CCD 的距离为 50.017 mm,管压 45 kV,管流 35 mA。晶胞参数使用 matrix 方法测试,扫描范围:①2 θ 角为 -30°,四圆衍射仪上的 φ 转轴设为 0°, ω 转轴设为 -45° ~ -30°;②2 θ 角为 -30°,四圆衍射仪上的 φ 转轴设为 90°, ω 转轴设为 -45° ~ -30°;③2 θ 角为 30°,四圆衍射仪上的 φ 转轴设为 0°, ω 转轴设为 15° ~ 30°;每个方向 50 帧,曝光时间 10 s,大多数样品可获得 200 个以上衍射点用于晶胞参数的精修,晶胞参数精修使用全矩阵最小二乘精修方法。全部的晶胞参数的误差统计表明,90% 以上数据误差小于 0.005,数据质量较好,所选晶体大小尽量保证在 0.08 ~ 0.3 mm^[5-12]。

2.2 电子探针分析

矿物化学成分分析在沈阳地质矿产研究所实验测试中心完成。所用仪器为 JAX-8100 电子探针波谱仪(日本电子公司)。测定条件为:室温 23℃,湿度 40%,加速电压 15 kV,工作电流 1 \times 10⁻⁸ A,工作距离 11 mm,束斑直径 1 μ m。在设定条件下,对所选石榴石样品进行微区分析,分析项目主要为:MgO、SiO₂、FeO、TiO₂、Al₂O₃、Cr₂O₃、CaO、MnO。

2.3 红外光谱分析

红外光谱分析在沈阳地质矿产研究所实验测试中心完成。所用仪器为 Nicolet 5700 型红外光谱仪(美国 Thermo 公司),测量条件:扫描次数为 32,分辨率为 4,检测器为 DTGS CsI,分束器为 CsI,扫描范围 400 ~ 4000 cm⁻¹^[13]。

3 结果与讨论

3.1 石榴石晶胞参数特征及类型划分

瓦房店金伯利岩中石榴石晶胞参数测试结果显

示(见表 1):石榴石晶胞大小在 1.1459 ~ 1.1526 nm 之间有 4 个,在 1.1538 ~ 1.1574 nm 之间有 36 个,在 1.1575 ~ 1.1621 nm 之间有 60 个,在 1.1622 ~ 1.1851 nm 之间有 12 个。镁铝榴石、铁铝榴石、锰铝榴石、钙铝榴石、钙铁榴石、钙铬榴石、钙钒榴石、钙锆榴石晶胞大小分别为 1.1459、1.1526、1.1621、1.1851、1.2048、1.2000、1.2035、1.2460 nm^[14],推测瓦房店金伯利岩中石榴石有 4 种,即镁铁铝榴石(4 个)、锰铁铝榴石(36 个)、铁锰铝榴石(60 个)和锰钙铝榴石(12 个)。

表 1 瓦房店金伯利岩中石榴石晶胞参数

Table 1 The crystal cell parameters of the garnets in the Wafangdian kimberlites

采样地点	样品件数	晶胞参数/nm			
		1.1459 ~1.1526	1.1538 ~1.1574	1.1575 ~1.1621	1.1622 ~1.1851
1 号无矿岩管	23	-	-	11	12
42 号中等含矿岩管	42	1	7	34	-
50 号贫矿岩管	20	3	14	3	-
51 号富矿岩管	27	-	15	12	-
合计	112	4	36	60	12

3.2 石榴石化学成分特征及类型划分

瓦房店金伯利岩中石榴石的主要化学成分(见表 2)显示:MgO 平均含量为 18.262% ~ 20.061%,SiO₂ 平均含量为 41.585% ~ 42.454%,FeO 平均含量为 7.044% ~ 9.068%,TiO₂ 平均含量为 0.037% ~ 0.208%,Al₂O₃ 平均含量为 16.134% ~ 20.120%,Cr₂O₃ 平均含量为 4.067% ~ 9.810%,CaO 平均含量为 4.781% ~ 7.120%,MnO 平均含量为 0.011% ~ 0.027%。根据 50 件石榴石化学成分测试结果,推测研究区石榴石为镁铁钙-铝铬石榴石系列。

3.3 石榴石分子式特征及类型划分

为了详细划分工作区石榴石类型,根据瓦房店金伯利岩中 50 件石榴石电子探针微区化学成分分析结果,计算出石榴石分子式。计算方法见表 3,石榴石成分为探针微区分析项目,氧化物为石榴石中各氧化物的质量分数,分子质量为氧化物原子质量之和,摩尔数为氧化物的质量分数与分子质量之比,氧原子数和阳离子数为氧化物中原子数与摩尔数之积,再以石榴石中 12 个氧原子数除以各氧化物氧原子数之和 2.75 得 4.36,以 4.36 乘氧化物中阳离子数得到分子中该元素阳离子数;按二价阳离子首先占据十二面体空腔,三价阳离子首选八面体占位的规律计算出石榴石分子式。

表 2 石榴石微区分析结果

Table 2 The chemical composition of the garnets by microanalysis

采样地点	样品件数	$w_B/\%$								
		MgO	SiO ₂	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	CaO	MnO	总和
1 号岩管	12	18.262	41.665	7.812	0.085	16.134	9.810	6.885	0.006	100.70
42 号岩管深	16	18.715	41.585	7.876	0.083	16.699	8.366	6.863	0.014	100.36
42 号岩管浅	4	18.717	41.779	7.044	0.037	16.578	8.860	7.120	0.027	100.43
50 号岩管	9	19.856	42.105	9.068	0.208	20.120	4.067	5.175	0.011	100.71
51 号岩管	9	20.061	42.454	8.594	0.192	19.899	4.221	4.781	0.017	100.39

注：石榴石中氧化物含量是瓦房店相同金伯利岩管所测石榴石样品的平均值。

表 3 石榴石分子式计算

Table 3 Garnet molecular formula calculation sheet

石榴石化学成分	MgO	SiO ₂	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Cr ₂ O ₃	CaO
氧化物质量分数 $w_B/\%$	19.0311	41.2511	10.9326	0.4196	20.0084	0.0113	3.4099	4.9361
氧化物分子质量	40.30	60.08	71.85	79.87	101.96	70.94	151.99	56.08
氧化物摩尔数	0.4722	0.6866	0.1522	0.0053	0.1962	0.0002	0.0224	0.0880
氧化物中氧原子数	0.4722	1.3732	0.1522	0.0105	0.5887	0.0002	0.0673	0.0880
氧化物中阳离子数	0.4722	0.6866	0.1522	0.0053	0.3925	0.0002	0.0449	0.0880
分子式中阳离子数	2.06	2.99	0.66	0.02	1.71	0.00	0.20	0.38

注：石榴石中氧化物含量是瓦房店 50 号岩管 7 号样中单晶石榴石电子探针的测试值。

50 件单晶石榴石分子式结果显示(见表 4)^[15]：瓦房店金伯利岩中石榴石主要分为 6 种类型：14 件为镁钙铁－铝铬铁榴石(Ⅰ型)，11 件为镁铁钙－铝铬铁榴石(Ⅱ型)，15 件为镁钙铁－铝铬榴石(Ⅲ型)，1 件为镁钙－铝铬铁镁榴石(Ⅳ型)，7 件为镁铁钙－铝铬榴石(Ⅴ型)，2 件为镁铁钙－铝铁铬榴石(Ⅵ型)。

辽宁瓦房店金伯利岩中石榴石分子式阳离子配位数据显示，瓦房店金伯利岩中石榴石族矿物化学式中的 A 主要由 Mg²⁺、Fe²⁺ 和 Ca²⁺ 离子占位；B 主要由 Al³⁺、Fe³⁺ 和 Cr³⁺ 离子占位^[16]，三价阳离子主

要为 Al³⁺，[AlO₆] 八面体占位达 61%～92%，[FeO₆] 和 [CrO₆] 八面体占位小于 8%～40%；二价阳离子主要为 Mg²⁺，Mg²⁺ 占据十二面体空腔中心位置达 63%～74%，Ca²⁺、Fe²⁺ 占据十二面体空腔中心位置小于 26%～37%。Ca²⁺ 的离子半径较大，虽然难以与其他二价阳离子置换，但在瓦房店金伯利岩的石榴石中，同其他二价阳离子置换普遍，Ca²⁺ 占据十二面体空腔中心位置达 14%～31%，形成镁钙铁、镁铁钙、镁钙三个系列 6 个种类的石榴石。

表 4 瓦房店金伯利岩中石榴石分子式和类型

Table 4 The garnets formula and classification of the Wafangdian kimberlites

采样地点	石榴石名称	样品件数	石榴石分子式	石榴石类型
1 号岩管	镁钙铁－铝铬榴石	8	(Mg _{1.98} Ca _{0.53} Fe _{0.47}) _{2.98} (Al _{1.45} Cr _{0.51}) _{1.96} Si _{3.04} O ₁₂	Ⅲ
	镁钙铁－铝铬铁榴石	3	(Mg _{1.99} Ca _{0.54} Fe _{0.47}) _{3.00} (Al _{1.38} Cr _{0.58} Fe _{0.02}) _{1.98} Si _{3.02} O ₁₂	I
	镁铁钙－铝铬榴石	1	(Mg _{2.01} Fe _{0.49} Ca _{0.48}) _{2.98} (Al _{1.42} Cr _{0.53}) _{1.95} Si _{3.04} O ₁₂	V
42 号岩管	镁钙铁－铝铬铁榴石	8	(Mg _{2.01} Ca _{0.55} Fe _{0.44}) _{3.00} (Al _{1.37} Cr _{0.61} Fe _{0.03}) _{2.01} Si _{3.00} O ₁₂	I
	镁铁钙－铝铬铁榴石	4	(Mg _{2.11} Fe _{0.47} Ca _{0.42}) _{3.00} (Al _{1.62} Cr _{0.34} Fe _{0.03}) _{1.99} Si _{3.02} O ₁₂	Ⅱ
	镁钙铁－铝铬榴石	7	(Mg _{1.90} Ca _{0.57} Fe _{0.52}) _{2.99} (Al _{1.33} Cr _{0.62}) _{1.95} Si _{3.04} O ₁₂	Ⅲ
	镁钙－铝铬铁镁榴石	1	(Mg _{1.97} Ca _{1.03}) _{3.00} (Al _{1.23} Cr _{0.32} Fe _{0.30} Mg _{0.24}) _{2.09} Si _{3.06} O ₁₂	Ⅳ
	镁钙铁－铝铬铁榴石	1	(Mg _{2.12} Ca _{0.50} Fe _{0.38}) _{2.99} (Al _{1.49} Cr _{0.45} Fe _{0.08}) _{2.02} Si _{3.00} O ₁₂	I
50 号岩管	镁铁钙－铝铬铁榴石	5	(Mg _{2.22} Fe _{0.42} Ca _{0.36}) _{3.00} (Al _{1.69} Cr _{0.24} Fe _{0.04} Ti _{0.01}) _{1.98} Si _{3.03} O ₁₂	Ⅱ
	镁铁钙－铝铬榴石	2	(Mg _{2.01} Fe _{0.52} Ca _{0.47}) _{3.00} (Al _{1.65} Cr _{0.32}) _{1.97} Si _{3.03} O ₁₂	V
	镁铁钙－铝铁铬榴石	1	(Mg _{2.17} Fe _{0.51} Ca _{0.32}) _{3.00} (Al _{1.81} Fe _{0.10} Cr _{0.08} Ti _{0.02}) _{2.01} Si _{3.01} O ₁₂	Ⅵ
	镁铁钙－铝铬榴石	4	(Mg _{2.15} Fe _{0.46} Ca _{0.39}) _{3.00} (Al _{1.55} Cr _{0.38}) _{1.93} Si _{3.05} O ₁₂	V
51 号岩管	镁铁钙－铝铬铁榴石	2	(Mg _{2.20} Fe _{0.48} Ca _{0.32}) _{3.00} (Al _{1.81} Cr _{0.12} Fe _{0.01}) _{1.94} Si _{3.04} O ₁₂	Ⅱ
	镁钙铁－铝铬铁榴石	2	(Mg _{2.15} Ca _{0.45} Fe _{0.40}) _{3.00} (Al _{1.40} Cr _{0.49} Fe _{0.04} Ti _{0.01}) _{1.94} Si _{3.05} O ₁₂	I
	镁铁钙－铝铁铬榴石	1	(Mg _{1.87} Fe _{0.76} Ca _{0.37}) _{3.00} (Al _{1.78} Fe _{0.07} Ti _{0.04} Cr _{0.01}) _{1.90} Si _{3.08} O ₁₂	Ⅵ

3.4 石榴石红外谱学特征及类型划分

根据 Tarnte 提出的石榴石鉴定程序^[17],铁铝榴石: B、C、D 谱带在 960、897、877 cm^{-1} 附近;锰铝榴石: B、C、D 谱带在 950、885、865 cm^{-1} 附近;钙铝榴石: B、C、D 谱带在 915、860、840 cm^{-1} 附近;钙铬榴石: B、C、D 谱带在 900、840、830 cm^{-1} 附近;镁铝榴石 C 和 D 谱带的频率差为 26 ~ 27 cm^{-1} ;铁铝榴石和锰铝榴石 C 和 D 谱带的频率差为 19 ~ 21 cm^{-1} 。当镁铝榴石结构中有较多的 Cr^{3+} 取代 Al^{3+} 时,C 和 D 谱带的频率差可以从 27 cm^{-1} 降到 4 cm^{-1} ,导致不能鉴别镁铝榴石^[18-20]。

辽宁瓦房店 1 号、42 号、50 号和 51 号金伯利岩岩管中 40 件镁铝榴石红外图谱特征(见表 5),镁铝榴石红外光谱吸收峰在指纹区有 7 个^[21],红外图谱 A 谱带在 984.3 ~ 1086.5 cm^{-1} 之间, B 谱带在 958.0 ~ 968.5 cm^{-1} 之间,平均值为 965.5 cm^{-1} ; C 谱带在 874.0 ~ 899.7 cm^{-1} 之间,平均值为 893.0 cm^{-1} ;D 谱带在 861.7 ~ 874.3 cm^{-1} 之间,平均值为 870.4 cm^{-1} ;E 谱带在 567.8 ~ 575.9 cm^{-1} 之间,平均值为 573.2 cm^{-1} ;F 谱带在 467.5 ~ 482.3 cm^{-1} 之间,平均值为 478.5 cm^{-1} ;G 谱带在 446.9 ~ 459.6 cm^{-1} 之间,平均值为 455.9 cm^{-1} 。图 1 为 51 号金

伯利岩岩管中 51-21 号淡玫瑰色石榴石红外图谱。

瓦房店金伯利岩中石榴石红外图谱 C 和 D 谱带的频率差为 11 ~ 30 cm^{-1} ,大于 27 cm^{-1} 有 2 个, 26 ~ 27 cm^{-1} 之间有 7 个(属于镁铝榴石),21 ~ 26 cm^{-1} 之间有 13 个(属于铁铝-镁铝榴石过渡系列),19 ~ 21 cm^{-1} 之间有 8 个(属于铁铝榴石),小于 19 cm^{-1} 有 10 个(向镁铬铝榴石过渡系列)。由此可见,瓦房店金刚石矿区金伯利岩中石榴石端元成分复杂,不只是镁铝榴石一个种类。

3.5 石榴石四种分类方法结果对比

晶胞参数分类法推测瓦房店金伯利岩中石榴石有 4 种:镁铁铝榴石、锰铁铝榴石、铁锰铝榴石和锰钙铝榴石。化学成分分类法推测瓦房店金伯利岩中石榴石属镁铁钙-铝铬石榴石系列。化学分子式分类法推测瓦房店金伯利岩中石榴石有 6 种类型:镁钙铁-铝铬铁榴石(I型)、镁铁钙-铝铬铁榴石(II型)、镁钙铁-铝铬榴石(III型)、镁钙-铝铬铁镁榴石(IV型)、镁铁钙-铝铬榴石(V型)、镁铁钙-铝铁铬榴石(VI型)。红外图谱分类法推测瓦房店金伯利岩中石榴石有 4 种系列:镁铝榴石、铁铝榴石、铁铝-镁铝榴石过渡系列、向镁铬铝榴石过渡系列。

表 5 瓦房店金伯利岩中石榴石红外光谱特征

Table 5 The infrared spectrum features of the garnets in the Wafangdian kimberlites

样品编号	样品颜色	σ/cm^{-1}			样品编号	样品颜色	σ/cm^{-1}		
		C 峰	D 峰	C 峰-D 峰			C 峰	D 峰	C 峰-D 峰
1-2	玫瑰紫	882.2	863.1	19.1	42-57	紫红	884.2	865.8	18.4
1-12	玫瑰紫	879.6	861.7	17.9	42-58	紫红	886.8	865.8	21.0
1-13	玫瑰紫	884.7	861.7	23.0	42-60	紫红	887.8	865.8	22.0
1-15	玫瑰紫	883.0	865.1	17.9	50-1	紫青	886.3	867.0	19.3
1-17	玫瑰紫	878.1	867.0	11.1	50-2	深紫红	887.6	861.7	25.9
1-19	玫瑰紫	882.2	865.6	16.6	50-3	浅紫红	889.7	865.7	24.0
42-2	紫红	884.7	861.7	23.0	50-7	水红	896.9	868.8	28.1
42-11	紫红	888.1	865.8	22.3	50-9	浅橙红	895.4	869.1	26.3
42-12	紫红	885.1	861.7	23.4	51-3	淡玫瑰	897.5	871.3	26.2
42-15	紫红	878.1	864.7	13.4	51-7	淡玫瑰	895.0	869.9	25.1
42-21	紫红	881.6	861.7	19.9	51-10	玫瑰紫	884.7	865.8	18.9
42-22	紫红	886.3	865.5	20.8	51-12	玫瑰紫	888.7	865.8	22.9
42-25	紫红	878.1	863.5	14.6	51-14	褐红色	897.1	872.3	24.8
42-26	紫红	884.7	865.8	18.9	51-15	褐红色	896.5	874.3	22.2
42-29	紫红	874.0	863.0	11.0	51-17	褐红色	897.1	871.0	26.1
42-31	紫红	888.7	865.8	22.9	51-19	淡玫瑰	898.9	872.7	26.2
42-32	紫红	887.3	861.7	25.6	51-21	淡玫瑰	896.8	873.9	22.9
42-35	紫红	886.8	861.7	25.1	51-22	玫瑰紫	888.1	869.9	18.2
42-44	紫红	879.1	861.7	17.4	51-25	褐红色	895.3	865.8	29.5
42-54	紫红	884.9	865.8	19.1	51-26	淡玫瑰	899.7	872.7	27.0

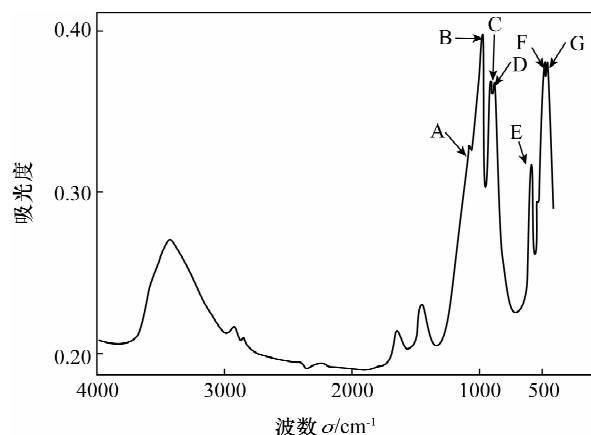


图1 瓦房店金伯利岩中石榴石典型红外图谱

Fig. 1 The garnets in the Wafangdian kimberlites in typical infrared pattern

本次研究发现4种分类准确度存在差异,化学分子式分类法、化学成分分类法、红外图谱分类法和晶胞参数分类法的准确度依次下降。微区化学分析发现瓦房店金伯利岩中石榴石锰离子含量极少,表明石榴石晶胞参数分类中推测的锰铁铝榴石、铁锰铝榴石、锰钙铝榴石3个种类根本不存在,由于石榴石分子式中二价阳离子和三价阳离子成分复杂,不同的阳离子半径大小不一,引起石榴石晶胞参数变化较大,晶胞参数分类法不宜采用;红外图谱分类法能大致区分瓦房店金伯利岩中石榴石类型,但准确度不高,因其测试手段快速,可作为石榴石分类参考方法;化学成分分类法把瓦房店金伯利岩中石榴石归为一个系列,不能根据A、B离子占位变化对矿区石榴石进行细分,达不到精确划分石榴石种类的目的;化学分子式分类法能够详细划分出瓦房店金伯利岩中的石榴石种类,真实反映石榴石中A、B离子种类及占位特征,是4种分类方法中最为科学的一种。

4 结语

石榴石族矿物种理论上可用晶胞参数、红外图谱、化学成分和化学分子式4种方法进行分类。通过对瓦房店金伯利岩中石榴石研究发现,4种分类准确度存在差异。晶胞参数分类法误差大,容易得出错误结论;红外图谱分类法准确度不高,只能作为参考方法;化学成分分类法太过笼统,达不到详细划分石榴石种类的目的;化学分子式分类法把矿区的石榴石详细划分出6种类型:镁钙铁-铝铬铁榴石(I型)、镁铁钙-铝铬铁榴石(II型)、镁钙铁-铝铬榴石(III型)、镁钙-铝铬铁镁榴石(IV型)、镁铁

钙-铝铬榴石(V型)、镁铁钙-铝铁铬榴石(VI型),每种类型都充分反映了石榴石A、B离子种类及占位特征,是4种分类方法中最为科学的一种。

本次研究结果显示,瓦房店金刚石矿区金伯利岩中石榴石A端元成分以 Mg^{2+} 占位为主,B端元成分以 Al^{3+} 占位为主;由于类质同象替代普遍,A、B端元成分复杂,瓦房店金伯利岩中不存在单纯意义上的镁铝榴石。

5 参考文献

- [1] 董振信,丛安东,韩柱国.金伯利岩含金刚石性的矿物学标志[J].矿床地质,1993,12(1):47-54.
- [2] 钟瑞元.金伯利岩微量元素地球化学特征与含金刚石程度的判别[J].地质论评,1981,27(2):96-106.
- [3] 董振信.中国金伯利岩[M].北京:科学出版社,1994:22-276.
- [4] 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.
- [5] 廖立兵,李国武.X射线衍射方法与应用[M].北京:地质出版社,2007:63-81.
- [6] 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.
- [7] 李树堂.X射线衍射实验方法[M].北京:冶金工业出版社,1993:50-128.
- [8] 南京大学地质系矿物岩石学教研室.粉晶X射线物相分析[M].北京:地质出版社,1980:132-198.
- [9] 迟广成,宋丽华,王娜,崔德松,周国兴.X射线粉晶衍射仪在山东蒙阴金伯利岩蚀变矿物鉴定中的应用[J].岩矿测试,2010,29(4):475-477.
- [10] 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.
- [11] 中国科学院贵阳地球化学研究所《矿物X射线粉晶鉴定手册》编著组.矿物X射线粉晶鉴定手册[M].北京:科学出版社,1978:85-320.
- [12] Jenkins R. Advances in X-ray Analysis[M]. New York: Plenum Press,1980:279.
- [13] 翁诗甫.傅里叶变换红外光谱仪[M].北京:化学工业出版社,2005:239-287.
- [14] 李胜荣,许虹,申峻峰,李国武.结晶学与矿物学[M].北京:地质出版社,2008:211-213.
- [15] 潘兆鲁.结晶学及矿物学[M].北京:地质出版社,1985:257-258.
- [16] 王璞,潘兆鲁,翁玲宝.系统矿物学(上册)[M].北京:地质出版社,1982:160-188.
- [17] 吴瑾光.近代傅里叶变换红外光谱技术及应用[M].北京:科学技术文献出版社,1994:239-287.

[18] 郭立鹤,张维睿. 中国地质科学院“七五”对外科技合作成果选编[M]. 北京:地质出版社,1993: 166 – 178.

[19] 郭立鹤. 现代矿物学地球化学实验技术方法与地学应用[M]. 北京:地质出版社,1986: 1 – 19.

[20] 林森,吴平平,周文敏. 实用傅立叶变换红外光谱学[M]. 北京:中国环境科学出版社,1991: 117.

[21] 张安棣,谢锡林,郭立鹤. 金刚石找矿指示矿物研究及数据库[M]. 北京:北京科学技术出版社,1991: 66 – 89.

The Characteristics and Species Identification of Garnets Hosted in the Kimberlites from Wafangdian, Liaoning Province

CHI Guang-cheng¹, LI Guo-wu², XIAO Gang², CHEN Ying-li¹, WU Yue¹,
WANG Yin-fu¹, HU Jian-fei¹

(1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110032, China;
2. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: The garnets in the kimberlites of the Wafangdian diamond mining area from Liaoning province have previously been identified as pyrope. In order to define the types of the complicated color garnets in Wafangdian, a systematic sampling and analysis of the garnets in the mining area was taken, including the definition of 112 single mineral crystal cell parameters, the analysis of 50 micro area chemical composition and 40 infrared spectra. The garnets were classified through the following methods: crystal cell parameters, infrared spectrum, chemical composition and chemical formula. The results show that the deviations of the crystal cell parameter classification were large, which may incorrect classification. The results of the infrared spectrum classification were inaccurate, but were only used as a reference method. The chemical composition classification provided general results, which could not classify the garnets in detail. The chemical formula classification classified the garnets into six mineral types: magnesium calcium iron-aluminum chromium iron garnet, magnesium iron calcium-aluminum chromium iron garnet, magnesium calcium iron-aluminum chrome garnet, magnesium calcium-aluminum chromium iron magnesium garnet, magnesium iron calcium-aluminum chromium garnet, magnesium iron calcium-aluminum iron chromium garnet. Each type of garnet reflected A and B ion species and occupation characteristics, which was the most scientific classification method. The results of this research indicate that the A end member ingredient was Mg^{2+} ion primarily and B was Al^{3+} ion for the garnets in the kimberlites of the Wafangdian diamond mining area. Due to the common cationic replacement and complex compositions of A and B end members, it was concluded that there is no pyrope in the Wafangdian kimberlites.

Key words: kimberlites; garnets; crystal cell parameters; chemical composition; infrared pattern; garnet classification