

残体。北园榴辉岩形成的温压条件准确估计以及所经历的变质作用动力学过程也有待于深入的研究。

参 考 文 献

- [1]胡雄健等. 浙西南前寒武纪地质. 北京:地质出版社,1991,1,1~44.
- [2]Coleman KG et al. Eclogites and eclogites; Their Differences and Similarities. Geological Society of American Bull. 76:483~508.
- [3]Smith DC. A Review of the Peculiar Mineralogy of the "Norwegian Coesite-Eclogite Province", with Crystal-Chemical, Petrological, Geochemical Notes and an Extensive Bibliography. In: Smith D C ed. Eclogite and Eclogite Facies rocks, Amsterdam. Elsevier Science Publishers, 1988, 1~175.
- [4]张儒媛、从柏林. 矿物温度计和矿物压力计. 北京:地质出版社,1983,67.

黄山东镁铁-超镁铁侵入杂岩中 橄榄石深部结晶作用的发现*

倪志耀 李德惠 韩昭文

(成都理工学院, 成都 610059)

关键词 黄山东、镁铁-超镁铁岩、橄榄石、深部结晶作用

近年来,在新疆哈密黄山地区发现了一系列与铜镍硫化物矿床有关的镁铁超-镁铁侵入杂岩,构成了黄山铜镍成矿带。黄山东镁铁-超镁铁侵入杂岩为该成矿带重点岩体之一,其主要造岩矿物橄榄石深部结晶作用的发现对于丰富岩浆的成因理论、确切地解释杂岩体成岩成矿过程中岩浆的分异演化和成矿带内其它杂岩橄榄石深部结晶作用的确定均有重要意义。

1. 地质概况 黄山东镁铁-超镁铁侵入杂岩位于新疆哈密市东南 160km 处,是一个含铜镍硫化物矿的复式岩体。其大地构造位置处于北天山华力西地向斜褶皱带东端、觉罗塔格复背斜南翼,与西边的土墩、二红洼、香山、黄山和东边的境儿泉及南边的黄山南等镁铁-超镁铁侵入杂岩一起构成了黄山铜镍成矿带。成矿带内构造复杂,主断裂以北东东向为主,次断裂以东西向为主,它们一起构成了控制黄山铜镍成矿带的康古尔断裂带。

黄山东杂岩侵入于下石炭统干洞组变余含铁粉砂岩、生物碎屑灰岩中,在两者的接触带常见石榴石、符山石、硅灰石、透辉石及白云母和黑云母等接触变质矿物。地表出露形态为一近东西向拉长的菱形,长 5.3km,中间膨胀部位宽 1.15km,总面积约 2.8km²。

黄山东镁铁-超镁铁侵入杂岩为同源岩浆经深部分异、分次侵位、取同道占据同一构造空间形成的复式岩体,可划分出两个侵入阶段、共四个岩相带(表 1)。橄榄石主要分布在第二侵入阶段的超镁铁岩相之中,含量 40%~72%,在第一侵入阶段的角闪橄榄辉长岩中也有分布,但含量小于 15%,一般在 10%左右,其它岩石类型中未见橄榄石产出。

* 国家三〇五项目 ■, 课题资助

表 1 黄山东杂岩侵入阶段及岩相划分

侵入阶段	岩 相	岩 石 类 型	岩 相 成 因
第一侵入阶段	闪长岩相	闪长岩 石英闪长岩	先侵位的辉长岩浆同化粉砂岩,在杂岩体边部形成不连续的闪长岩相
	角闪辉长岩相	角闪橄榄辉长岩、角闪辉长岩、浅色角闪辉长岩	由辉长岩浆(含部分橄榄石晶体)经流动分异和就地结晶形成
	辉长苏长岩相	角闪辉长苏长岩	后侵位的超镁铁岩浆同化尚未完全固结的辉长岩而成
第二侵入阶段	超镁铁岩相	斜长角闪二辉橄榄岩、辉石角闪橄榄岩	由后侵位的晶粥状超镁铁岩浆就地结晶而成

2. 橄榄石深部结晶作用确定的依据 黄山东镁铁-超镁铁侵入杂岩中的橄榄石全部结晶于深部的中间岩浆房之中,依据有:

(1)野外地质特征:在第一侵入阶段的角闪辉长岩相中,含橄榄石的角闪橄榄辉长岩呈断续、孤岛状块体分布在无橄榄石的角闪辉长岩之中,风化后呈巨大块砾(俗称黑疙瘩)沿山脊断续分布。它们绝非简单地由岩浆就地分异结晶作用而成,而是含橄榄石晶体的晶粥在就位空间经岩浆的流动分异作用使得橄榄石局部聚集并经后期的动力拉伸而形成断续分布的角闪橄榄辉长岩。

(2)橄榄石与熔浆反应特征:镜下所见的橄榄石颗粒普遍遭受强烈熔蚀,呈浑圆状、港湾状或不规则状,并可见到橄榄石颗粒边缘的古铜辉石反应边或由蛇纹石、滑石、透闪石及氧化铁粉尘微粒组成的次变边,表明橄榄石曾与熔浆处于不平衡状态。由于同一岩石类型中辉石、斜长石矿物颗粒较自形,未见任何熔蚀现象,因此,上述橄榄石反应特征足以说明橄榄石是在深部岩浆房中结晶的,在随后的上升过程中由于温度压力等条件的改变而引起橄榄石与熔浆发生反应。

(3)橄榄石结晶温度明显高于共存¹⁾的其它矿物结晶温度。如样号为 EZ-102 的角闪橄榄辉长岩中,橄榄石、斜方辉石、斜长石、单斜辉石和普通角闪石的结晶温度分别为 1438、1000、950、900、827℃^[1],结晶温度的递减顺序与镜下观察到的矿物结晶顺序完全一致,表明在角闪橄榄辉长岩的成岩过程中,除橄榄石外,其它矿物是在结晶温度相差不大的连续结晶作用条件下形成的,亦即橄榄石结晶于中间岩浆房之中。

(4)橄榄石铁镁比值特征:Roeder^[2]的实验证明,在玄武质熔浆中镁比铁优先分配到橄榄石中,随着橄榄石结晶作用的进行,橄榄石和熔浆中的 Fe/Mg 比值都将增大。黄山东杂岩中超镁铁岩相橄榄石的 Fe/Mg 值为 0.180~0.326,角闪橄榄辉长岩中橄榄石的 Fe/Mg 值为 0.363~0.549,表明超镁铁岩相橄榄石结晶早于角闪橄榄辉长岩中的橄榄石。由于角闪橄榄辉长岩先侵位结晶、超镁铁岩后侵位结晶,这样只有橄榄石在中间岩浆房全部结晶并因其比重大于硅酸盐熔浆²⁾而先后沉淀依次堆积在岩浆房下部,当岩浆分次侵位时先侵位的辉长岩浆携带部分晚结晶的橄榄石呈晶粥状向上运移,在就位空间结晶形成角闪橄榄辉长岩;后侵位的超镁铁

1)指存在于同一样品中的所有矿物。

2)按 W. E. Troger(1971)黄山东杂岩橄榄石比重为 3.34~3.58,按 M. H. 戈德列夫斯基硅酸盐熔浆比重为 2.5。

岩浆则携带大部分橄榄石呈晶粥状向上运移,在就位空间形成超镁铁岩相岩石。

(5)橄榄石 Fo 值与寄主岩镁铁比值关系:据 Ferguson^[3]研究,许多火山岩中的橄榄石斑晶 Fo 值与寄主岩石的 $100\text{Mg}/(\text{Mg} + \Sigma\text{Fe})$ (全岩阳离子比值)值有关,总的趋势是 Fo 值随 $100\text{Mg}/(\text{Mg} + \Sigma\text{Fe})$ 值增大而增大。黄山东杂岩中橄榄石的 Fo 值与寄主岩 $100\text{Mg}/(\text{Mg} + \Sigma\text{Fe})$ 值具明显的正线性相关关系,它们之间的线性回归方程为 $\text{Fo} = 0.684[100\text{Mg}/(\text{Mg} + \Sigma\text{Fe})] + 25.053 (r = 0.856)$ 。如果橄榄石不在中间岩浆房结晶并以“斑晶”形式存在,那么它们之间不可能有如此明显的相关关系;换句话说,橄榄石是在中间岩浆房中结晶的。

(6)角闪橄榄辉长岩的稀土元素特征:角闪辉长岩相中三种岩石类型的 REE 分配型式相似,分配曲线基本平行,均以正铕异常(δEu 为 1.14~2.17)为特征,轻稀土略有富集(La_N/Yb_N 为 1.49~4.17),体现了同源岩浆结晶分异作用的特点。REE 总量:浅色角闪辉长岩为 27.37~43.56,平均值 33.98;角闪辉长岩为 12.44~17.60,平均值为 15.83;角闪橄榄辉长岩为 14.37~21.39,平均值 16.10。一般在岩浆结晶分异过程中, ΣREE 在后期生成的岩石中趋于增高,而今在角闪橄榄辉长岩和角闪辉长岩中出现反常现象,可见它们虽出于同一岩浆但绝非简单的结晶分异作用形成,而最有可能就是角闪橄榄辉长岩由含橄榄石晶体的晶粥结晶而成。

(7)铷锶氧同位素特征:岩浆结晶分异过程中 $\delta^{18}\text{O}$ 应是逐渐增加的^[4],而今角闪辉长岩的 $\delta^{18}\text{O}$ (6.21‰~7.32‰)较角闪橄榄辉长岩 (7.88‰)低,出现反常现象。结合角闪橄榄辉长岩与角闪辉长岩的 Rb-Sr 同位素来看,前者 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.0556~0.1355, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.70447~0.70459;后者 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.0111~0.0121, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.70366~0.70398^[5],也是前者比后者高,这些逆转现象促使我们进一步确证角闪橄榄辉长岩是含橄榄石晶体的晶粥在就位空间结晶而成。

(8)Di-An-Fo 相图投影特征:黄山东侵入杂岩中含橄榄石的岩石成分在 Di-An-Fo 相图^[6]中的投影特征为:超镁铁岩均落入 2GPa 下橄榄石首晶区内,说明在 2GPa 的高压下,超镁铁岩中的橄榄石可以作为液相线矿物首先晶出,这为橄榄石深部结晶作用提供了佐证。另外,角闪橄榄辉长岩的投影点全部落入 0.1MPa 条件下钙长石首晶区内,表明在 0.1MPa 条件下首先晶出斜长石而不是橄榄石。因此,当角闪橄榄辉长岩成岩压力达 0.35GPa^[1]时,由于橄榄石首晶区较 0.1MPa 条件下更窄,更不可能首先晶出橄榄石。结合考虑镜下观察到的角闪橄榄辉长岩中橄榄石结晶早于辉石或斜长石的特征可以确证角闪橄榄辉长岩中橄榄石也结晶于深部岩浆房之中。

参 考 文 献

- [1]倪志耀. 新疆哈密黄山东镁铁-超镁铁杂岩体成因探讨. 西北地质, 1992, (2): 7~16.
- [2]Roeder PL. Olivine-liquid equilibrium. Contrib Mineral and Petrol, 1970, 29: 275~289.
- [3]Ferguson AK. Ca-enrichment in olivines from volcanic rocks. Lithos, 1978, 11: 189~193.
- [4]福尔. 1977. 潘曙兰等译. 同位素地质学原理. 北京: 科学出版社 1983.
- [5]王润民等. 新疆哈密土墩-黄山一带铜镍硫化物矿床成矿控制条件及找矿方向研究. 矿物岩石, 1987, (1): 41~85.
- [6]Presnall DC et al. liquidus phase relations on the join diopside-forsterite-anorthite from 1 atm to 20 kbar; their bearing on the generation and crystallization of basaltic magma. Contrib Mineral and Petrol, 1978, 66: 203~220.