

恒山雁门关巨晶石榴子石直闪石岩的初步研究

陆松年¹, 李怀坤¹, 田永清²

(1. 天津地质矿产研究所, 天津 300170; 2. 山西省地质研究所, 太原 03001)

摘要:山西恒山雁门关一带出露一套巨晶状石榴子石铝直闪石岩, 呈 NEE—SWW 向展布, 宽度从几米到数十米, 延伸超过 10 km。巨晶状石榴子石铝直闪石岩主要由石榴子石巨晶和放射状铝直闪石巨晶组成, 二者比例呈互相消长关系。除石榴子石和铝直闪石外, 较常见的矿物还有蓝晶石、堇青石、十字石和金红石等。岩石中主元素以 K_2O (0.001%) 特低为标志, 而镁、铁氧化物含量则较高 ($MgO = 10.43\%$, $FeO = 16.43\%$), 主元素含量具有近似铁镁质火成岩的特征。蓝晶石 + 铝直闪石组合对应的压力约 1.0 GPa, 温度估计在 600 ~ 700 之间, 而由堇青石等矿物组成的冠状体则是减压过程中的产物, 说明该类岩石与围岩五台群下亚群共同经历过从高压中温到中压中温的近于等温的降压过程。巨晶状石榴子石铝直闪石岩的原岩可能为与超铁镁岩共生的铁镁质岩石, 其变巨晶结构与原岩结构存在成因联系。

关键词:恒山; 巨晶; 石榴子石; 蓝晶石; 直闪石

中图分类号: P588.3

文献标识码: A

文章编号: 1672 - 4135(2003)01 - 15 - 06

山西恒山 - 五台山一带早前寒武纪岩层保存甚好, 是研究我国早前寒武系的经典地区之一^[1]。区内基性、超基性岩发育, 前人按地理分布, 分为南、中、北三个带, 其中南带和中带分布在五台山区, 北带则沿恒山西南展布^[2]。20 世纪 70 年代以来, 山西地矿局曾对区内基性、超基性岩进行过系统的基础和经济地质调查工作, 积累了丰富的地质资料。在前人总结中曾提及在恒山羊延寺—义成沟超基性杂岩体中含榴直闪岩具“伟晶结构”, 但对此类特殊岩石未进一步开展深入研究。2001 年 8 月, 作者等在山西西北部进行地质调查时, 首先在恒山雁门关刘家沟发现呈似层状产出的巨晶状石榴子石铝直闪石岩, 嗣后对五台山圭峰寺的同类岩石又进行了调查。2002 年 10 月作者等与英国 Cardiff 大学牛跃龄博士对该类岩石延走向又进行了追索, 确认巨晶状岩石的存在。本文作者在山西地矿局工作基础上, 结合最近的初步调查成果, 简略介绍这类岩石的矿物及地球化学特征, 以引起同行的更多关注。

1 地质背景

根据山西地矿局的调查资料, 已在山西发现基性、超基性岩岩体近 1 300 个, 出露面积约 550 km^2 , 在山西省内主要早前寒武系出露区均有分布, 但其发育程度极不平衡, 其中以五台山—恒山地区最为发育, 是早前寒武纪变质岩系的重要组成部分之一。这些基性、超基性岩体多集中成群分布, 并构成带状展布, 岩体大多数顺“层”“侵入”, 少数可与围岩微斜交或呈不同角度斜交。岩体规模不一, 相差极其悬殊, 但以较小和极小者占绝大多数, 仅有为数不多的较大岩体。岩体形态多呈透镜状、扁豆状和似层状, 也有脉状、岩珠状及其它多种不规则状体; 而规模大者则常呈岩盘、岩盆或岩床状。岩体普遍遭受了程度不同的蚀变和区域变质变形, 具有与围岩相一致的片理(面理), 主要可见蛇纹石化、滑石化、碳酸盐化、阳起石化等, 其原岩类型为橄榄岩—辉石岩—角闪岩类, 而以辉石岩类居多, 次为橄榄岩类, 纯橄岩—辉橄岩

收稿日期: 2003 - 02 - 17

基金项目: 国家自然科学基金(40032010 - C), 中国地质调查综合研究项目(200113900070)

作者简介: 陆松年(1940 -), 男, 1962 年毕业于南京大学地质系, 研究员, 长期从事前寒武纪地质研究, 任中国地质调查局前寒武纪研究中心主任、全国地层委员会前寒武纪地层分会主席、中国地质学会前寒武纪专业委员会主任、国际冈瓦纳研究会顾问, E-mail: lusn@public.tpt.tj.cn

晋北铁矿地质研究队,《晋北恒山地区前长城纪变质岩系的地质特征》, 1983.

山西省地矿局区域地质调查队穆书汉,《山西省超基性岩》, 1983.

类别较少见或仅见于局部区段,并且在不同的岩带之间有明显差异。

恒山—五台山地区的超基性岩体按其地理分布一般划分为 3 个岩带,即南带——季福沟岩带,中带——绿青岩带,北带——雁门关岩带。雁门关岩带西南从代县雁门关、南口一线,东北至应县五斗山-繁峙县斗咀,长达 40 km;北从碾子沟—分水岭一带,

南达现代滹沱河北岸,宽约 15 km,呈 NEE—SWW 向展布。带内 280 多个超基性岩体多成群出现,全部产于五台群下亚群中(图 1),这些岩体均随地层一起发生褶皱,表明其形成时代早于或与褶皱变形同时形成。巨晶状石榴子石铅直闪石岩主要分布于雁门关岩带的碾子沟—羊廷寺—刘家沟一带,目前研究工作主要针对刘家沟采场的岩体。

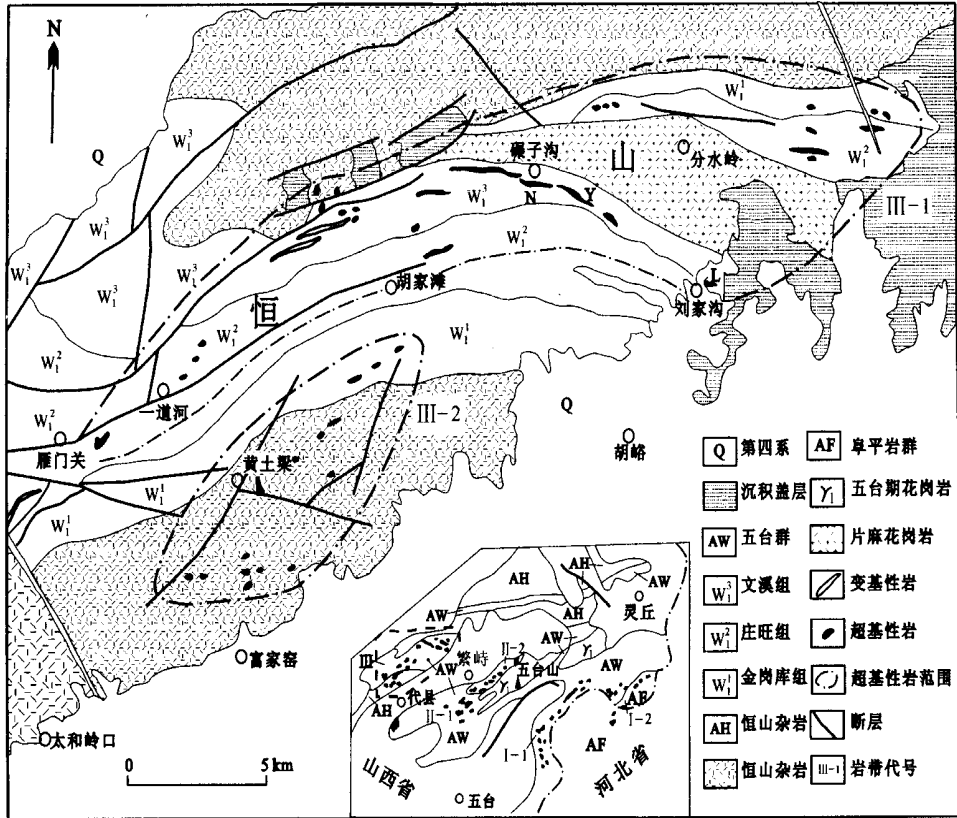


图 1 五台山 - 恒山基性、超基性岩体分布略图

Fig. 1 Distribution map of basic, ultrabasic rock bodies in Wutai - Hengshan area

2 刘家沟岩体中的巨晶状石榴子石铅直闪石岩

刘家沟岩体位于雁门关岩带北部碾子沟—羊廷寺—刘家沟一线的最东端,由于黄土覆盖,岩体仅露出头部。

2.1 岩石特征

巨晶状石榴子石铅直闪石岩主要由石榴子石巨晶和放射状铅直闪石巨晶组成,二者比例呈互相消长的关系,当石榴子石巨晶占优势时,其含量可高达 70%~80%,成为巨晶石榴子石岩(图 2a

和封面);而当铅直闪石占优势时,铅直闪石亦可高达 70%左右,可形成铅直闪石岩(图 2b)。

石榴子石主要呈深褐色,单晶直径小者 1~2 cm,大者达 10 cm 以上,多数介于 5~6 cm 之间。有些石榴子石边部颜色变淡,形成淡色晕圈。在部分石榴子石晶体中可见由堇青石组成的细纹,这些细纹宽不足 1 mm,仅限于在石榴子石晶体内分布,在一个直径约 5 cm 的石榴子石单晶内,这种堇青石细纹用肉眼鉴定可多达十余条至 20 条。石榴子石晶体中的细纹相互平行排列,并具波状挠曲,有些细纹与石榴子石晶体外围的铅直闪石排列方向一致,有些则明显大角度相交。

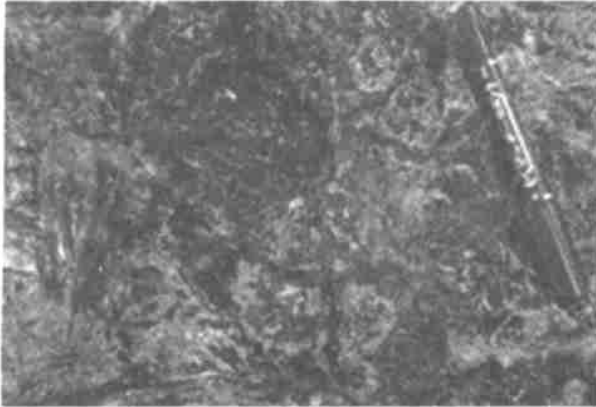


图 2(a) 巨晶铝直闪石石榴子石岩
Fig. 2(a) Giant - crystal gedrite - garnetite

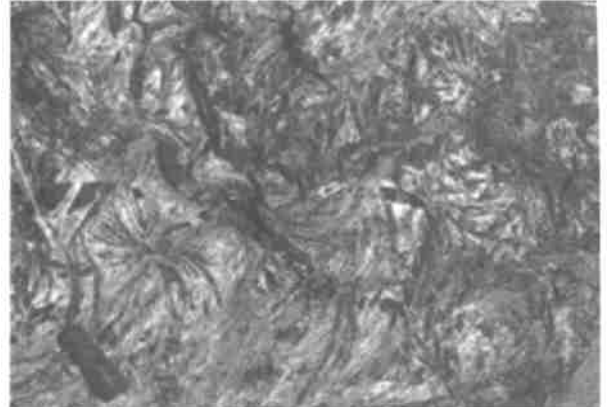


图 2(b) 巨晶铝直闪石岩
Fig. 2(b) Giant - crystal gedrite

铝直闪石多呈暗灰色、灰白色，极少数呈淡蓝色的纤维状、束状或放射状晶体，长度从近 1 cm 到 10 cm 以上。在石榴子石铝直闪石岩中，铝

直闪石多围绕石榴子石晶体呈定向排列；同时，在铝直闪石岩中的铝直闪石亦显示定向排列的特征。

表 1 巨晶石榴子石铝直闪石岩矿物电子探针分析结果平均值 wB(%)

Table 1 Average values of microprobe analysis data of giant - crystal garnet - gedrite rocks

| 矿物 | 石榴石 | 铝直闪石 * | 蓝晶石 | 角闪石 * | 堇青石 | 十字石 | 绿泥石 |
|--------------------------------|---------|-----------|--------|-----------|--------|--------|--------|
| 分析数 | 24 | 13 | 13 | 3 | 3 | 10 | 5 |
| SiO ₂ | 38.29 | 51.69 | 36.558 | 47.27 | 48.57 | 26.38 | 25.564 |
| Al ₂ O ₃ | 21.32 | 5.378 | 62.679 | 12.37 | 34.323 | 55.055 | 23.866 |
| TiO ₂ | 0.008 | 0.055 | 0.008 | 0.55 | 0.017 | 0.623 | 0.072 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.355 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MgO | 8.658 | 20.39 | 0.015 | 16.88 | 10.55 | 3.143 | 21.076 |
| FeO | 30.499 | 18.847 | 0.437 | 6.49 | 5.223 | 12.938 | 17.066 |
| MnO | 0.132 | 0.007 | 0 | 0.03 | 0.003 | 0.006 | 0.008 |
| CaO | 0.824 | 0.18 | 0.025 | 11.38 | 0.037 | 0 | 0.014 |
| Na ₂ O | 0.023 | 0.40 | 0.005 | 1.37 | 0.087 | 0 | 0.006 |
| K ₂ O | 0.025 | 0.003 | 0 | 0.13 | 0.007 | 0.011 | 0.006 |
| 总量 | 100.169 | 96.95 | 99.731 | 96.47 | 98.813 | 98.158 | 87.678 |
| Si | 2.996 | 7.538 | 0.991 | 6.732 | 4.909 | 3.8 | 1.836 |
| Al | 1.965 | Al :0.356 | 2.003 | Al :0.810 | 4.090 | 9.351 | 2.02 |
| | | Al :0.557 | | Al :1.267 | | | |
| Ti | 0 | 0.006 | 0 | 0.059 | 0 | 0.068 | 0.004 |
| Cr ₃ ⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mg | 0.896 | 4.376 | 0.001 | 3.582 | 0.02 | 0.675 | 2.256 |
| Fe ²⁺ | 2.081 | 2.269 | 0.01 | 0.773 | 0.01 | 1.559 | 1.025 |
| Mn | 0.007 | 0.002 | 0 | 0.003 | 0 | 0.001 | 0 |
| Ca | 0.071 | 7.814 | 0.001 | 1.736 | 0 | 0 | 0.001 |
| Na | 0.004 | 0.110 | 0 | 0.353 | 0 | 0 | 0.001 |
| K | 0.003 | 0.0006 | 0 | 0.024 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| Fe/ Fe + Mg | 0.699 | 0.341 | 0.943 | 0.178 | 0.218 | 0.698 | 0.312 |

注:单个测点结果参见表 2

除石榴子石和铝直闪石外,较常见的矿物还有蓝晶石、堇青石、十字石及金红石。蓝晶石呈不

规则长条状晶体,部分已被十字石替代,它们与铝直闪石接触处,出现堇青石反应边,呈现冠状结构

特征。这种由堇青石为主组成的冠状体结构还出现在石榴子石与铝直闪石之间,以及十字石与铝直闪石之间。由于本文篇幅所限,有关巨晶岩的这类冠状体结构特征将另文介绍和讨论。值得提及的是,有的堇青石颗粒聚集在石榴石斑晶的压力影部位,显示了同变形过程中重结晶的特点。金红石主要呈红色粒状,粒径一般为0.1 mm左右。前人对刘家沟岩体中的金红石未做经济评价,但其西碾子沟岩体中的金红石已具开采价值。

在上述巨晶状岩石中还见有少量角闪石、斜长石、绿帘石、夕线石、红柱石和绿泥石,它们和主要矿物一起分属4个世代。早期主要矿物组合为石榴子石+铝直闪石+蓝晶石+金红石;第二世代由石榴子石(包裹早期石榴子石和蓝晶石)+角闪石+绿帘石;第三世代由堇青石+十字石+红柱石等组成;第四世代主要为蚀变矿物绿泥石。

2.2 主要矿物的化学成分特征

巨晶石榴子石直闪石岩主要矿物电子探针分析结果见表1和表2,电子探针系由中国地质大学(北京)探针室完成。

石榴子石24个分析数据平均值显示为铁铝榴石,其铁铝榴石分子为68.1%,镁铝榴石分子29.3%,钙铝榴石分子2.3%。

闪石类探针分析结果(表2)表明,大致可分为两类,一类以较高含量的铝、钙、钠和较低含量的铁、镁为特点(1~3点),另一类以铁、镁含量较高和铝、钙、钠较低(4~16号点)区别于前一类(尤其是CaO含量差异悬殊)。前者接近角闪石的化学成分,而后者与铝直闪石比较相近(个别样品点更近似镁直闪石的成分),其化学成分属镁铁直闪石亚类范畴。角闪石的Fe/Fe+Mg平均为0.178,而铝直闪石的比值达0.341。

表2 铝直闪石电子探针分析结果

Table 2 Microprobe analysis data of the gedrite rocks

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 47.64 | 47.13 | 47.05 | 50.51 | 50.87 | 50.56 | 51.15 | 53.98 | 51.13 | 51.35 | 50.77 | 51.92 | 52.32 | 51.94 | 52.83 | 52.66 |
| Al ₂ O ₃ | 12.18 | 12.47 | 12.47 | 5.79 | 6.60 | 7.13 | 6.01 | 2.02 | 7.09 | 6.59 | 6.09 | 5.57 | 4.44 | 4.82 | 3.84 | 3.91 |
| TiO ₂ | 0.49 | 0.64 | 0.52 | 0.04 | 0.06 | 0.07 | 0.09 | 0.05 | 0.07 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.00 | 0.02 | 0.06 | 0.09 |
| MgO | 16.89 | 16.84 | 16.90 | 19.96 | 20.02 | 19.62 | 20.15 | 21.16 | 19.72 | 20.38 | 19.84 | 20.38 | 20.33 | 20.75 | 21.32 | 21.45 |
| FeO | 61.37 | 6.49 | 6.60 | 19.42 | 18.92 | 19.05 | 19.09 | 18.93 | 19.11 | 19.26 | 18.73 | 18.94 | 18.88 | 18.48 | 18.14 | 18.07 |
| MnO | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.02 |
| CaO | 11.27 | 11.51 | 11.36 | 0.22 | 0.22 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.25 | 0.20 | 0.25 | 0.19 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.10 |
| Na ₂ O | 1.29 | 1.39 | 1.44 | 0.47 | 0.54 | 0.63 | 0.49 | 0.06 | 0.56 | 0.52 | 0.47 | 0.39 | 0.28 | 0.32 | 0.23 | 0.24 |
| K ₂ O | 0.11 | 0.13 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 总量 | 96.28 | 96.62 | 96.53 | 96.42 | 97.23 | 97.29 | 97.19 | 96.36 | 97.93 | 98.39 | 96.23 | 97.43 | 96.38 | 96.45 | 96.54 | 96.55 |
| Si | 6.783 | 6.709 | 6.706 | 7.352 | 7.316 | 7.274 | 7.362 | 7.799 | 7.299 | 7.305 | 7.373 | 7.435 | 7.568 | 7.501 | 7.602 | 7.579 |
| Al | 1.217 | 1.291 | 1.294 | 0.648 | 0.684 | 0.726 | 0.638 | 0.201 | 0.701 | 0.695 | 0.627 | 0.565 | 0.432 | 0.499 | 0.398 | 0.421 |
| Al | 0.827 | 0.802 | 0.802 | 0.346 | 0.435 | 0.484 | 0.382 | 0.143 | 0.492 | 0.410 | 0.416 | 0.376 | 0.325 | 0.322 | 0.253 | 0.242 |
| Ti | 0.053 | 0.069 | 0.056 | 0.004 | 0.006 | 0.008 | 0.010 | 0.005 | 0.007 | 0.005 | 0.007 | 0.005 | 0.000 | 0.002 | 0.006 | 0.010 |
| Mg | 3.585 | 3.572 | 3.591 | 4.330 | 4.291 | 4.207 | 4.322 | 4.556 | 4.196 | 4.321 | 4.294 | 4.350 | 4.383 | 4.467 | 4.572 | 4.601 |
| Fe ²⁺ | 0.758 | 0.773 | 0.787 | 2.364 | 2.275 | 2.292 | 2.298 | 2.287 | 2.281 | 2.291 | 2.275 | 2.268 | 2.284 | 2.232 | 2.183 | 2.175 |
| Mn | 0.005 | 0.002 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.003 |
| Ca | 1.719 | 1.755 | 1.735 | 0.035 | 0.034 | 0.033 | 0.028 | 0.025 | 0.038 | 0.030 | 0.039 | 0.029 | 0.020 | 0.018 | 0.018 | 0.016 |
| Na | 0.303 | 0.357 | 0.372 | 0.134 | 0.151 | 0.177 | 0.138 | 0.017 | 0.156 | 0.144 | 0.131 | 0.108 | 0.078 | 0.091 | 0.063 | 0.068 |
| Fe/Fe+Mg | 0.175 | 0.178 | 0.1800 | 0.353 | 0.346 | 0.353 | 0.347 | 0.334 | 0.352 | 0.346 | 0.346 | 0.343 | 0.343 | 0.333 | 0.323 | 0.321 |

注:中国地质大学(北京)探针室分析。

蓝晶石13个分析数据平均值显示出标准蓝晶石的矿物成分,其SiO₂为36.558%,Al₂O₃为62.679%。堇青石显示镁含量偏高和铁含量偏低

的特点,其Fe/Fe+Mg比值为0.218。十字石与堇青石相反,显示铁含量偏高的特点,10个分析数据的FeO平均值达12.938%,Fe/Fe+Mg比值为

0.698。其它次要矿物如金红石、绿泥石的化学成分可参见表 1。

3 讨论

在恒山及五台山发现的巨晶状石榴子石铝直闪石岩是一种罕见的岩石类型,它以发育巨晶状矿物石榴子石和铝直闪石而有别于地表中常见的其它各种类型变质岩石。虽然在刘家沟未查明这类岩石与围岩的关系,但在恒山碾子沟及五台山圭峰寺可见这类岩石以厚达数米至数十米的“似层状”“透镜状”的形式赋存于五台群下亚群之中。根据岩层主要受围岩片理控制及岩石中铝直闪石定向排列的特点,可初步判定这类岩石也受到约 1.8 Ga 左右的吕梁造山运动的影响,其形成和定位时间早于或与吕梁造山运动基本同时。

具有石榴子石、铝直闪石、蓝晶石、堇青石等矿物组合的岩石在五台山—恒山五台群下亚群的表壳岩中是一种特征的岩石类型,其中蓝晶石+铝直闪石组合对应的压力约 1.0 GPa^[3,4],温度估计在 6 000 ~ 7 000 之间^[5],而由堇青石等矿物组成的冠状体则是减压过程中的产物^[3,5,6]。王凯

怡等^[7]对五台山具有此类矿物组合的表壳岩进行过详细的研究,他们认为这类岩石早期经历了压力范围从 0.9 ~ 1.4 GPa 的高压变质作用,温度在 570 ~ 650 之间,降压后的压力大致在 0.5 ~ 0.6 GPa 之间,温度在 540 ~ 600 之间,因此是一种从高压中温到中压中温的近于等温的降压过程。游振东等^[5], Liu^[8]也曾分别报导过湖北浠水和大别山变质岩中类似的矿物组合,其温压条件的变化与五台群下亚群相似。本文中报道的巨晶状岩石的变质矿物组合和冠状体结构与上述五台山及湖北浠水蓝晶石铝直闪石片岩几乎完全相似,因此也可能经历了从高压中温到中压中温的降压过程。

具有上述矿物组合特征的原岩,应用常规的变质岩原岩图解进行识别和恢复颇为困难^[9]。王凯怡等认为这类岩石的原岩由于有较高的 Al₂O₃/(Na₂O + K₂O) 和 MgO/CaO 比值,推测不是一般的泥岩,而可能是深海泥质岩。游振东等也认为这类岩石化学成分很复杂,其成分可能是混杂的,这些推测均说明这类岩石原岩成分的复杂性。

表 3 中所列巨晶石榴子石铝直闪石岩是含石榴石约 30% 的岩石,为使分析样品具有代表性,选

表 3 巨晶石榴石铝直闪石与孔兹岩系中片麻岩化学成分比较

Table 3 Chemical composition correlation between giant-crystal garnet-gedrite rock and gneiss in Khondalite

| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------|-------|-------|--------|--------|
| SiO ₂ | 55.01 | 58.9 | 58.56 | 58.21 | 58.16 |
| TiO ₂ | 0.98 | 1.46 | 0.7 | 0.84 | 0.56 |
| Al ₂ O ₃ | 14.5 | 20.85 | 20.9 | 19.72 | 21.99 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.34 | 1.22 | 0.7 | 3.89 | 1.04 |
| FeO | 16.43 | 3.81 | 8.62 | 6.28 | 6.51 |
| MnO | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.24 | 0.1 |
| MgO | 10.43 | 1.19 | 3.45 | 2.69 | 2.44 |
| CaO | 1.37 | 4.46 | 1.44 | 1.14 | 0.75 |
| Na ₂ O | 0.27 | 4.65 | 0.8 | 1.52 | 1.1 |
| K ₂ O | 0.001 | 1.51 | 3.65 | 2.7 | 6.25 |
| P ₂ O ₅ | 0.047 | 0.08 | 0.05 | 0.15 | 0.1 |
| CO ₂ | | 0.05 | 0.12 | | 0.31 |
| H ₂ O ⁺ | | 1.06 | 0.59 | 2.22 | 0.32 |
| H ₂ O ⁻ | | 0.62 | 0.06 | 2.22 | 0.32 |
| 总量 | 99.378 | 99.92 | 99.7 | 101.82 | 100.28 |
| Al [*] / (K + Na + Ca) [*] | 8.84 | 1.96 | 3.55 | 3.68 | 2.71 |
| (Al + Fe + Mg) [*] / (K + Na + Ca) [*] | 25.20 | 2.43 | 5.6 | 5.35 | 3.82 |
| Fe [*] / (Fe + Mg) [*] | 0.61 | 0.76 | 0.71 | 0.7 | 0.73 |
| K [*] / (K + Na + Ca) [*] | 0.0006 | 0.45 | 0.62 | 0.5 | 0.77 |

注: Al^{*} = Al₂O₃, K^{*} = K₂O, Na^{*} = Na₂O, Ca^{*} = CaO, Fe^{*} = FeO

序号: 1 为刘家沟巨晶石榴子石铝直闪石岩; 2~5 为内蒙孔兹岩系中片麻岩; 其中 2 为夕线石榴堇青黑云钾长片麻岩; 3 为黑云夕线石榴二长片麻岩; 4 为夕线石榴钾长片麻岩; 5 为黑云夕线石榴钾长片麻岩; 2~5 测试数据引自卢良兆等(1992)

择了重约 10 kg 的岩石进行了粉碎。分析结果表明,主元素中以 K_2O 特低为标志,而镁、铁氧化物含量则较高 ($MgO = 10.43\%$ 、 $FeO = 16.43\%$),主元素含量具有近似镁铁质火成岩的特征。

研究区内的巨晶状岩石出现围岩中特征的富铝矿物组合,如蓝晶石、堇青石、红柱石等,很容易让人推断其原岩为富泥质的沉积岩^[10],但与相近 SiO_2 含量的变沉积岩,如内蒙孔兹岩系中的片麻岩相比较(表 3),前者的 Al_2O_3 、 Na_2O 、 K_2O 含量明显偏低,而 FeO 、 MgO 含量偏高,并不是典型的副变质岩类。这类巨晶石榴子石铝直闪石岩虽然在矿物组合上与围岩中表壳岩的变质矿物组合相近,但却具有特殊的结构、构造特征。它们在宏观上具有块层状构造,尽管铝直闪石有时具定向排列,但片理构造并不发育,因此才能作为建筑装饰石材进行开采。它们的块层状构造与由泥质岩石变质而成的片岩、片麻岩迥然有别,同时发育的巨晶结构特别醒目,野外宏观特征基本上可以排除其原岩为砂、泥质沉积岩的可能性。

山西地矿局在长期地质调查工作中曾将这类岩石作为基性、超基性侵入体的一种岩石类型,称为具有“伟晶结构”的基性侵入岩。本文作者认为这种巨晶状岩石应属变质岩,其原岩可能是与超镁铁岩共生的镁铁质岩侵入体,但不排除其原岩为火山岩的可能性。值得注意的是在五台山圭峰寺,这类巨晶岩石可与不含巨晶的细晶蓝晶石直闪片岩相间成“层”出现,或在片岩中呈多个透镜体,似乎这类巨晶岩与围岩的原岩呈互层状出现,是否巨晶岩的原岩为火山岩?对此问题作者等尚在进一步研究中。

对于石榴石、铝直闪石巨晶的形成目前还尚难解释,从这类矿物的组合特征分析,应属于变质作用产物,然而为何它们的矿物组合与围岩相近,而与围岩中矿物的大小差异却如此之大?是否与矿物的原生结构有关,或与变质过程中交代作用有关?若这种变巨晶结构受到岩石中原生结构的制约,则原岩必定为侵入体,而不是火山岩。

巨晶石榴子石铝直闪石岩已在恒山雁门关一带和五台山圭峰寺有所出露,对这类具有特殊结构岩石的研究刚刚开始,涉及此类岩石原岩类型、源区特征、巨晶成因、动力学意义及经济价值等诸多问题尚需进一步深入研究。

致谢:

作者在地质调查过程中得到山西国土资源厅陈平总工程师大力支持,得到中国地质大学游振东和路凤香教授的悉心指导,与牛跃龄博士进行了深入讨论,使作者等受益匪浅,在此表示衷心感谢。

参考文献

- [1]白瑾. 五台山早前寒武纪地质研究[M]. 天津:天津科学技术出版社, 1986, 1 - 435.
- [2]田永清. 五台山—恒山绿岩带地质及金的成矿作用[M]. 山西太原:山西科学技术出版社, 1991, 1 - 244.
- [3]Schreyer W and Seifert F. Compatibility relations of the aluminum silicates in the systems $MgO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ and $K_2O - MgO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ at high pressures[J]. American J. of Science, 1969, 267: 371 - 388.
- [4]Schreyer W, White S. Whiteschist, a new type of metamorphic rock formed at high pressures[J]. Geologische Rundschau, 1974, 63: 599 - 600.
- [5]游振东, 周汉文, 吕学森. 湖北浠水蓝晶石铝直闪石片岩中的冠状体结构的研究[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1990, 15(4): 345 - 356.
- [6]Schreyer W. Whiteschist: their compositions and pressure - temperature regimes based on experimental, field, and petrographic evidence [J]. Tectonophysics, 1977, 43: 127 - 144.
- [7]王凯怡, 周少平, 郝杰. 五山台地区原金刚库组中含蓝晶石组合的变质作用及其意义[J]. 岩石学报, 1996, 12(1): 88 - 98.
- [8]Liu J and Liou J G. Kyanite anthophyllitemischist and southwest extension of the Dabie mountain ultrahigh to high pressure belt[J]. The Island Arc. 1995, 4(4): 334 - 337.
- [9]弗农 R H. 变质反应与显微构造[M]. 游振东, 王仁民, 等, 译. 北京:地质出版社, 1983, 107 - 114.
- [10]Kamini D C. Metasedimentary cordierite - gedrite rocks of Archean age near Yellowknife, Canada[J]. Precambrian Research, 1979, 9: 289 - 301.