

桐柏山北部的黑硬绿泥石变质带

翟 淳 肖渊甫 王奖臻 王 乾

(成都理工学院,成都 610059)

【摘 要】 桐柏北部的黑硬绿泥石变质带位于桐柏大别山造山带北部,紧邻桐商断裂带的构造混杂岩带中。含黑硬绿泥石变质岩的矿物组合由黑硬绿泥石+阳起石+绿帘石+白云母+钠长石+黑云母+绿帘石+石英组成。其变质原岩为辉长岩和斜长花岗岩类。变质温压条件约为 1 ± 0.3 GPa, 703.15 ± 323.15 K,是印支期(230 Ma)区域构造糜棱岩化过程中辉长岩和斜长花岗岩块应变退化变质作用的产物。

【关键词】 黑硬绿泥石;变质带;造山带;桐柏
中图法分类号:P588.3 /文献标识码:A

0 概述

桐柏大别山造山带南部的蓝闪绿片岩变质带内黑硬绿泥石矿物广泛发育已是众所周知的事实,并且已有众多学者研究^[1,2]。然而,在桐柏大别山造山带的北部是否存在黑硬绿泥石变质带,长期以来一直是人们关注的地质问题之一。直至近期,作者首次在桐柏北部发现这里不仅有广泛的黑硬绿泥石分布,而且还象桐柏大别山造山带南部一样,有蓝闪片岩和榴辉岩发育(另文详述)。本文只对黑硬绿泥石变质带作简要报道。

1 区域地质概况

桐柏山位于东秦岭大别山造山带的中段。桐柏山的主体由太古代-元古代桐柏变质杂岩组成,其南

缘有元古代随州岩群和余店蓝片岩带分布,其北缘以商丹-桐商断裂带为界,自南而北依次分布着元古代肖家庙变质杂岩带(苏家河变质杂岩)、信阳变质杂岩带、秦岭变质杂岩带(图1)和早古生代二郎坪群变质火山岩等^[3](图1中未显示)。桐柏山北部的黑硬绿泥石变质带就产出于紧邻商丹-桐商断裂带的元古代苏家河变质杂岩带内。含黑硬绿泥石的变质岩呈透镜状和似层状出露于桐柏县城西北的南冲、黄金冲、七里岗、太平桥、西庄、台子庄一带。黑硬绿泥石变质带的产状和区域构造线互相平行,也与区域片理方向一致,都呈北西西—南东东向延伸,片理倾向北东 $20^\circ \sim 40^\circ$,倾角约为 70° ,黑硬绿泥石变质带出露的宽度约几百米至2 km,现存长度逾20 km,其西端为老湾花岗岩体所截,东端被中生代红层覆盖,含黑硬绿泥石的变质岩呈薄层状或条带状不连续的间夹于云母片岩、蓝闪绿泥片岩、角闪片岩和不同成分的变晶糜棱岩带之中,也呈大的含

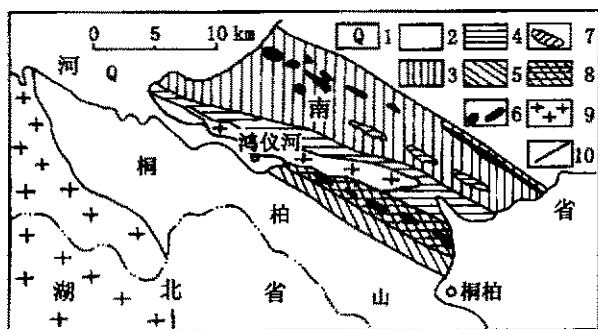


图1 桐柏北部黑硬绿泥石变质带地质简图

1. 新生代; 2. 晚太古-下元古代桐柏杂岩; 3. 下元古代秦岭杂岩; 4. 中元古代信阳杂岩; 5. 中元古代肖家庙杂岩; 6. 超镁铁-镁铁岩块; 7. 麻粒岩块; 8. 黑硬绿泥石变质带; 9. 花岗岩; 10. 断裂带

Fig. 1 Simplified geological map of stilpnomelane metamorphic belt in Northern Tongbai Mountains

1. Kainozoic; 2. Late Archean-Early Proterozoic Tongbai Mountains complex; 3. Early Proterozoic Qinling complex; 4. Middle Proterozoic Xinyang complex; 5. Middle Proterozoic Xiaojiamiao complex; 6. ultramafic-mafic rocks block; 7. granulite block; 8. stilpnomelane metamorphic rock belt; 9. granite; 10. fault belt

黑硬绿泥石的变余斜长片麻岩眼球糜棱岩透镜状块体分布,它们和其周围的岩层或岩块一起,组成桐柏大别山北部典型的构造糜棱岩带和典型的强弱应变构造变形组合带。也是桐柏大别山北带巨型构造混杂岩带中的组成成员^[4]。

2 岩石学

经由四条剖面、上百个观测点和几百个岩石测定,发现组成黑硬绿泥石变质带的岩石类型十分复杂,下面主要论述含黑硬绿泥石的变质岩类。

2.1 黑硬绿泥石片岩

产于原苏家河群许湾组和信阳群之间的变辉长岩块之中,分布于大栗树、下肖湾、七里岗、太平桥等地。岩石呈暗褐绿色,细粒变晶结构,片状构造,成带分布于变晶糜棱岩带之中,宽几米至几十米,主要矿物成分有黑硬绿泥石(45%~70%),斜长石(10%~20%),白云母(0%~15%),绿帘石(5%~15%),角闪石(0%~25%),钛铁矿、磁铁矿和榍石(5%~10%)等。其中黑硬绿泥石为红褐色自形片状、板状、鳞片状、放射状、束状和纹缕状变晶,大小不等,大者可达1 mm~5 mm,形成斑晶,中包众多细小的斜长石和绿帘石,可成筛状变晶(图2),细粒者则常呈集束纹缕状定向平行分布,构成片理或扁豆状体,平行片理存在,部分也斜切片理分布,表明它们发育时间较长。斜长石则都为大小不等的不规则粒状变晶,成

单晶或为集晶扁豆体或为线形长透镜体顺片理流布于黑硬绿泥石之间,成分多为An 0~10的钠长石—钠更长石。白云母为无色自形鳞片状变晶,大小近似,平行或斜交片理分布于黑硬绿泥石之间,也可与黑硬绿泥石平行连生,其发育期同黑硬绿泥石相似,(-)2V=10°~15°,成分为多硅白云母。角闪石为黄绿色至浅绿色,自形或半自形柱粒状变晶,有近无色Np,浅绿色Ng多色性,正延长NgΛc=13°,成分为阳起石,它们稀疏散布于黑硬绿泥石之间。绿帘石多为无色半自形粒状变晶,大小不定,散布于黑硬绿泥石之间或包于其中,其Ps(Fe³⁺×100/(Fe³⁺+Al))=22~31。钛铁矿一般为不规则粒状变晶,往往与不规则粒状榍石交生,成团块状分布,有磁铁矿时则多为自形粒状,有时其端缘还有钠长石的压力影分布。在这类岩石中,随着其所含矿物成分及含量的变化,可以分别形成绿帘钠长黑硬绿泥石片岩、绿帘阳起黑硬绿泥石片岩、白云绿帘黑硬绿泥石片岩等。

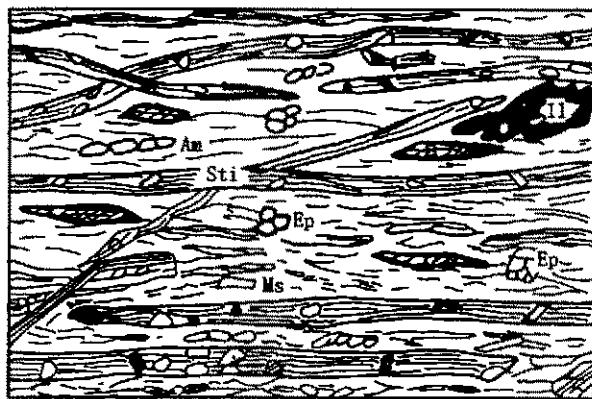


图2 黑硬绿泥石片岩

Sti. 黑硬绿泥石; Ep. 绿帘石; Am. 角闪石; Ms. 白云母; Il. 钛铁矿; 长边=2 mm

Fig. 2 Sketch of microtextures of stilpnomelane schist (sample No. 5117)

Sti. stilpnomelane; Ep. epidote; Am. amphibole; Ms. muscovite; Il. ilmenite; long side is 2 mm

2.2 黑硬绿泥阳起片岩

它们也分布于上述变辉长岩质变晶糜棱岩块之中。呈绿色,具变余钠黝帘石化辉长结构,变斑状结构,片状构造。主要矿物成分有角闪石(40%~50%),斜长石(10%~15%),绿帘石(15%~20%),绿泥石(0%~15%),黑硬绿泥石(15%~20%),白云母(0%~5%)等。其中角闪石呈浅黄绿色,他形或半自形柱粒状变晶,大小不等,大者成鱼流分布,部分还有变余含长结构残留,这显系粒化后的残粒,细

小者则为粒化后的重结晶产物,他们有 Ng 浅蓝绿色, Np 浅黄绿色至无色的多色性 $Ng \wedge c = 15^\circ$, 为阳起石。部分有弯曲, 定向分布。斜长石则为他形或不规则粒状变晶, 成单晶或多晶扁豆体, 定向分布于角闪石之间, 未见双晶, 为钠长石 (An 0~1)。绿帘石为无色他形不规则粒状变晶, 单晶或集晶, 定向分布于角闪石斜长石之间, 其 $Ps = 28$ 。绿帘石为绿色自形或半自形片状变晶, 单晶或集晶分布于角闪石绿帘石斜长石之间。黑硬绿泥石为红褐色自形长片或针状变晶, 有红褐黄至金黄色多色性。大小不等, 有细小钠长石和角闪石的包体, 顺片理或斜交片理分布。白云母为无色自形鳞片状变晶, 单晶或集晶扁豆体, 定向平行片理分布, 成分为 $(-) 2V = 10^\circ$ 的多硅白云母。同样, 随着岩石中矿物成分含量的变化, 本类岩石可分别组成黑硬绿泥石钠长阳起片岩, 钠长黑硬绿泥石阳起片岩, 白云绿泥黑硬绿泥石阳起片岩等。

2.3 黑硬绿泥石白云斜长片麻糜棱岩

产于原苏家河群许湾岩组或肖家庙岩组内的片麻岩套之中, 分布在王庄、中暇、七里岗、太平桥一带的斜长片麻岩块内。岩石呈灰白色, 具变余糜棱结构、变斑状结构、眼球状流变片麻状构造, S-C 组发育。主要矿物成分有斜长石 (20%~50%), 石英 (20%~25%), 白云母 (10%~15%), 黑云母 (0%~10%), 角闪石 (0%~5%), 绿帘石 (5%~15%), 黑硬绿泥石 (5%~10%) 等。其中斜长石多为不规则他形粒状晶, 明显粒化, 大小不等, 大者多为变余残斑眼球体 (5 mm~20 mm), 定向流布, 核心带有绿帘石和白色云母分布, 具钠长石双晶, 有净边现象或有石英和斜长石粒化重结晶压力影, 有书斜构造 (图 3), 成分为 An30 的更长石, 细小者 (< 0.1 mm) 则为粒化后重结晶的斜长石, 一般全无绿帘石和白色云母分布, 可有钠长石双晶, 成分为 An27 的更长石和 An 近 0 的纯钠长石, 定向分布, 可成集晶扁豆体或多晶纹带状流布。石英则都为粒化不规则他形重结晶镶嵌扁豆体和多晶纹带流, 定向分布于眼球长石之间或穿切眼球长石。白云母则多成无色自形集晶扁豆体和多晶纹缕状, 定向流布于眼球长石和细粒长石石英晶粒之间, 也可穿切长石眼球和多晶长英纹带, 平行片理或斜交片理。其成分为 $(-) 2V = 10^\circ$ 的多硅白云母。绿帘石通常为无色他形或半自形粒状变晶, 单晶或集晶群或团块或扁豆体, 有时中心显褐色环边无色, $Ps = 22 \sim 36$ 。黑硬绿泥石为深褐色至红褐色, 自形厚板状、片状、鳞片状、束状或针丛状变晶, 粒度不定, 大者可达 3 mm~6 mm (图 3),

小者则小于 1 mm, 有红褐色 (Ng) 至金黄色 (Np) 多色性, 内包众多细小的长石石英白云母绿帘石等, 形成筛状变晶结构, 多定向平行糜棱叶理分布, 也可以斜交叶理 ($0^\circ \sim 90^\circ$) 存在。有时可有少量阳起石、黑云母、石榴石和榍石分布。因之也就可有黑硬绿泥石二云更长片麻糜棱岩, 黑硬绿泥石阳起更长片麻糜棱岩, 黑硬绿泥石绿帘更长片麻糜棱岩等变种形成。

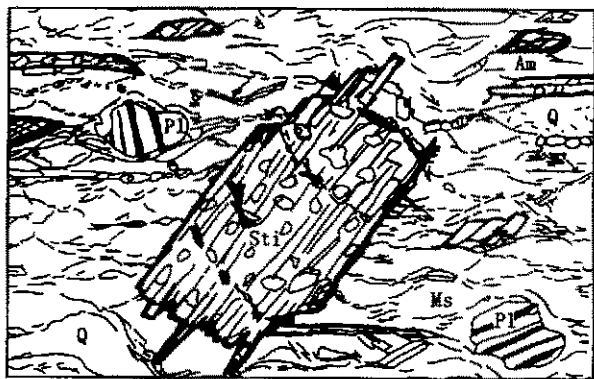


图 3 黑硬绿泥石白云斜长片麻糜棱岩

Stil. 黑硬绿泥石; Am. 角闪石; Ms. 白云母; Pl. 斜长石; Q. 石英; 长边=8 mm

Fig. 3 Sketch of microtextures of stilpnomelane-phenogite-plagioclase gneissic mylonite (sample No. 5237)

Stil. stilpnomelane; Am. amphibole; Ms. muscovite; Pl. plagioclase; Q. quartz; long side is 8 mm

2.4 黑硬绿泥石白云石英片状糜棱岩

呈似层状长透镜体分布于王庄、响水崖、萝卜湾、张老庄、李家庄一带。产于片麻岩块的北部边缘, 自成一带, 向东或可经信阳直达新县商城地区。它们宽几米至几十米。这类岩石呈灰白色, 宏观上状若大片 (10 mm~50 mm) 白云母片岩, 但其中的白云母呈浅绿色, 明显不同于相邻龟山组中银白色的白云母, 其可剥离性不如白云母, 有弯曲、褶皱变形; 微观下则为细片集晶白云母饼或扁豆体, 内夹众多粒化长石和石英豆荚体和绿帘石与榍石等, 是强糜棱岩化带中重结晶之产物, 为构造片岩类中的成员。这类岩石中的主要矿物成分有白云母 (30%~50%), 石英 (10%~20%), 斜长石 (0%~35%), 黑硬绿泥石 (5%~40%), 绿帘石 (0%~10%), 榍石和钛铁矿 (1%~3%) 等。其中白云母为自形鳞片集晶纹缕状, 与石英长石绿帘石等组成豆荚状定向分布, 成分为 $(-) 2V = 10^\circ$ 的多硅白云母。石英为他形镶嵌粒状变晶, 多形成扁豆体或多晶纹带状, 分布于白云母纹缕之间或其中, 并随云母纹缕弯曲褶皱而弯曲褶皱。

斜长石则为眼球状残斑或不定形镶嵌粒状扁豆体，眼球长石中有白色云母和绿帘石分布，显钠长石双晶，成分为 An27~29 的更长石，细粒镶嵌状斜长石中也显钠长石双晶，成分则为 An15 的更长石。黑硬绿泥石则为暗褐色自形细片和长针状变晶，有红褐色(Ng)至金黄色(Np)多色性。定向不均匀分布，可和白云母平行连生。绿帘石为无色半自形粒状变晶，单晶或集晶纹、团、扁豆体，分布于云母长石之间。楣石成自形单晶散布或长于钛铁矿边上。钛铁矿则为自形或不规则粒状变晶。同前述各岩类一样，随矿物成分量的变化，也可形成绿帘黑硬绿泥石白云母片岩、白云黑硬绿泥石更长片麻岩、黑硬绿泥石白云更长片麻岩等变种。

3 矿物学

从黑硬绿泥石变质带众多岩类中选取了两个典型的岩类，对主要矿物进行了电子探针分析，其结果列于表 1 中，对计算黑硬绿泥石和绿帘石分子式的

全铁都以 Fe_2O_3 来表示。角闪石的分类命名则依 Leake(1978)^[5]。下面对矿物的特征进行描述。

黑硬绿泥石 全部研究样中的黑硬绿泥石都以褐黄色为特征，表明它们都是富高价铁的黑硬绿泥石类，其个体大小远比鄂北的黑硬绿泥石(0.3 mm~0.5 mm)^[1]和北美加利福尼亚的黑硬绿泥石(0.025 mm~0.5 mm)^[6]大得多(1 mm~6 mm)，表明其生长条件相当优越。两类岩石中黑硬绿泥石的 SiO_2 质量分数是一样的，平均为 46.57%，和北美加利福尼亚北部的黑硬绿泥石的相似(46.40%)^[6]，比鄂北的黑硬绿泥石 48.40%和新西兰的(平均 47.7%)低，这可能与其形成原岩成分的差异有关^[1,7,8]。变辉长岩类中的黑硬绿泥石有较高的 Mg(平均 1.58)和较低的 Fe^{3+} (平均 4.65)，而斜长片麻岩类中的黑硬绿泥石则有相反的特征，即较低的 Mg(平均 1.33)和较高的 Fe^{3+} (平均 4.78)。这也与其原岩成分不同相关。可其 $100 \times Fe^{3+} / (Fe^{3+} + Mg)$ 又很相近，前者为 74，后者为 78。说明其成因相同。

表 1 桐柏黑硬绿泥石变质带的矿物成分
Table 1 Compositions of minerals in Tongbai stilpnomelane metamorphic belt

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
样号	5113						5237											
矿物	Sti	Sti	Act	Ep	Ab	Ab	Sti	Sti	Bi	Bi	Act	Act	Ep	Ep	Ep	Ab	Ab	
SiO ₂	46.71	46.88	52.19	36.99	69.39	67.65	46.57	46.12	38.12	35.05	51.28	52.85	38.30	38.46	38.90	68.22	68.31	
TiO ₂	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.10	1.01	2.09	0.05	0.11	0.51	0.50	0.07	0.09	0.02	
Al ₂ O ₃	6.38	6.27	2.56	22.60	18.57	19.89	6.27	6.49	15.57	16.50	4.05	1.98	24.33	24.53	25.06	19.12	19.37	
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Fe ₂ O ₃	32.48	31.52	0.00	13.68	0.00	0.00	33.61	33.44	0.00	0.00	0.00	0.00	11.86	11.50	11.14	0.00	0.00	
FeO	0.00	0.00	20.88	0.00	0.07	0.43	0.00	0.00	24.18	23.08	17.86	18.58	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	
MnO	0.58	0.57	0.00	2.51	0.12	0.06	1.16	1.24	0.00	0.36	0.34	0.38	0.07	0.11	0.00	0.06	0.00	
MgO	5.36	5.86	10.30	0.00	0.01	0.01	4.71	4.75	7.70	9.08	11.68	10.93	0.04	0.01	0.03	0.00	0.00	
CaO	0.34	0.49	11.19	21.97	0.01	0.11	0.41	0.43	0.00	0.21	11.17	10.52	22.03	22.30	22.38	0.14	0.10	
Na ₂ O	0.04	0.11	0.67	0.67	10.89	12.19	0.04	0.00	0.16	0.16	0.95	0.38	0.00	0.00	0.00	11.92	12.02	
K ₂ O	0.35	0.50	0.00	1.12	0.09	0.00	0.70	0.63	8.80	8.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.06	
总计	89.05	89.20	97.80	98.23	99.14	100.37	90.12	89.87	95.54	96.54	97.39	95.14	96.02	96.26	96.59	99.89	99.99	
	8(Si)		23(O)		12.5(O)		8(O)		8(Si)		11(O)		23(O)		12.5(O)		8(O)	
Si	8.00	8.00	7.71	2.96	3.04	2.98	8.00	8.00	2.94	2.70	7.61	7.94	3.04	3.04	3.06	3.00	2.99	
Al	1.45	1.43	0.45	2.13	0.96	1.01	1.40	1.45	1.42	1.50	0.69	0.35	2.28	2.29	2.32	0.99	1.00	
Ti	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.06	0.12	0.01	0.01	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Fe ³⁺	4.72	4.58	0.41	0.82	0.00	0.00	4.80	4.76	0.00	0.00	0.35	0.00	0.71	0.68	0.66	0.00	0.00	
Fe ²⁺	0.00	0.00	2.17	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	1.56	1.50	1.85	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Mn	0.10	0.09	0.00	0.17	0.01	0.00	0.19	0.20	0.00	0.02	0.04	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	
Mg	1.54	1.61	2.27	0.00	0.00	0.00	1.33	1.34	0.88	1.04	2.58	2.45	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ca	0.07	0.10	1.77	1.88	0.00	0.01	0.08	0.09	0.00	0.02	1.77	1.69	1.87	1.89	1.89	0.01	0.01	
Na	0.01	0.04	0.19	0.10	0.93	1.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.27	0.11	0.00	0.00	0.00	1.01	1.92	
K	0.09	0.12	0.00	0.11	0.01	0.00	0.17	0.15	0.87	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
100Fe/ (Fe+Mg)	75		74				78		78									
100Mg/ (Mg+Fe ²⁺)			51								58		54					
100Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al)					28								24		23		22	
An					0		1										1	

注：5113. 黑硬绿泥石起片岩；5237. 黑硬绿泥石白云斜长片麻岩；5113. stilpnomelane actinolite schist；5237. stilpnomelane-muscovite-plagiogneiss gneiss

黑云母 仅见于部分含黑硬绿泥石的变辉长岩和斜长片麻糜棱岩中,据其产状应为辉长岩和斜长片麻岩中的变晶矿物,其含量和黑硬绿泥石相消长,其光性和成分与黑硬绿泥石明显有别。成分上黑云母富 K_2O 、 MgO 和 Al_2O_3 ,低 SiO_2 、 TiO_2 也高。

角闪石 不同岩类中角闪石矿物产出特征表明,它们全都属于原岩糜棱岩化过程中重结晶的变晶矿物,光性上具有阳起石的特点,化学成分上也属 Leake(1978)^[5] 分类中的阳起石。其化学式中的 Na 都不高,变化于 0.11~0.27, Mg 也不高,变化于 51~58,是一类典型的低温绿片岩相变质矿物。

绿帘石 两类岩石中绿帘石矿物产出特征表明它们和角闪石一样,也都是原岩受到糜棱岩化过程中重结晶的变晶矿物,岩性上显示绿帘石的特征,一般无成分环带,只有部分斜长片麻糜棱岩中的绿帘石具有褐色核心和无色边缘的特征,但它们可能并非成分环带生长,核心的褐帘石或许是原岩中的残余,其边上的无色细粒绿帘石则是重结晶作用过程中的复生晶。两类岩石中绿帘石的化学成分明显有别,变辉长岩中的变晶绿帘石,以低 SiO_2 和 Al_2O_3 ,高 Fe_2O_3 为特征,其 $Ps=28\sim31$,是本变质带中含 Ps 较高的绿帘石。而斜长片麻糜棱岩中的变晶绿帘石则以较高的 SiO_2 、 Al_2O_3 ; 较低的 Fe_2O_3 为特征,其 Ps 也低至 22~24。

斜长石 斜长片麻糜棱岩中的残斑斜长石的成分为 $An\ 10\sim30$ 的更长石。糜棱基质中的斜长石,有更长石,更多的是重结晶的近纯的钠长石。变辉长岩中的斜长石,虽也有残余包长结构和残留球状结构可见,但其成分都已转变为富钠斜长石,更多的是重结晶的近纯($An\ 0\sim1$)钠长石。

白云母 在黑硬绿泥石变质带的各种变质岩中普遍都有白云母发育,它们都为重结晶的变晶矿物,由于其光性表现出显著的多硅白云母性质,故未作多量探针分析,部分分析结果表明其 $Si=3.30\sim3.50(p.f.u.)$,是典型的多硅白云母矿物。

4 含黑硬绿泥石变质岩的原岩及其形成时代

据野外产状和分布特征,岩相学测定、变晶矿物成分和组合标志以及硅酸盐成分分析表明,组成桐柏黑硬绿泥变质带的原岩主要分属于两种类型,一是辉长岩类,二是斜长花岗岩类。前述的黑硬绿泥石片岩和黑硬绿泥石阳起片岩类的变质原岩相当于辉长岩类,而黑硬绿泥石白云斜长片麻糜棱岩和黑硬绿泥

石白云石英片状糜棱岩类的变质原岩则相当于斜长花岗岩类。前者的 SiO_2 质量分数变化于 43.52%~51.38%, Na_2O+K_2O 变化于 3.09%~4.90%,且有变余球状构造,变余含长结构,变余辉绿结构和变余钠黝帘石化辉长结构残留;变质矿物组合中无石英,却有大量的角闪石、黑硬绿泥石、钠长石和绿帘石等;地质分布上虽为不相连的众多透镜体,可各个透镜体在空间上都自成一體,强变形带和弱变形域的带状组合清晰可见,透镜体之间既分散又相连的特征极为明显,表明它们原来本是一个或数个相关的岩体,盖自后来的构造活动,才使其分割错移成了如今形体相似的,近平行的众多变形透镜体,而且随着韧性剪切变形作用,使原生的辉长岩体肢解粒化,重结晶作用形成了矿物成分各异的含黑硬绿泥石的变质岩类。

第二类含黑硬绿泥石糜棱岩类的 SiO_2 质量分数变化 63.57%~74.31%, $w(Na_2O+K_2O)$ 变化于 6.20%~7.92% 之间,变余斜长石残斑众多,具书斜构造,σ 形残斑形态清楚,流变明显,多晶石英纹带发育,变质矿物组合中有多量石英,钠质斜长石和白云母与少量角闪石绿帘石黑硬绿泥石等,地质分布上,更成体积大得多的众多透镜体,强变形带和弱变形域的带状组合也同样明显,各个透镜体间原生残留矿物和新生矿物组合的相似与变形作用的雷同,表明它们也应由原来本属一个岩体或数个相关岩体的斜长花岗岩类,于构造作用下肢解粒化重结晶的产物。这些斜长花岗岩体是本区 TTG 岩套中的成员之一,它们多已变成了不同成分的片麻岩和变晶糜棱岩。由河南第三地质队调查采样,宜昌所用锆石 U-Pb 同位素方法测得白云钠长片麻岩的不一致曲线上交点年龄为 $1\ 707.6\pm460.2\ Ma^{[6]}$,表明这些变质斜长花岗岩体形成于中元古代。而辉长岩体明显的侵入这些 TTG 岩套中,其形成时代应晚于元古代。与其相似的处于同一构造带上的新县王母观辉长岩的 Sm-Nd 等时年龄为 $261\pm8\ Ma^{[11]}$ 。因此,这些变辉长岩体或许形成于晚古生代。

5 黑硬绿泥石的形成作用和时代

由前面的讨论可知,二类岩石中黑硬绿泥石的形成过程虽长,但基本上是在一个变质作用过程中的产物,只是其发育有先有后而已。早阶段形成的黑硬绿泥石都和糜棱叶理相一致,晚阶段发育起来的

①河南省第三地质调查队,1:5万桐柏幅区域地质调查报告,1992

黑硬绿泥石则斜交片理,二者虽有穿插现象但绝无交代作用可见,而且较大的变斑晶黑硬绿泥石可有筛状变晶结构,中包斜长石、绿帘石、角闪石或石英长石,白云母绿帘石等矿物包体。这些包体矿物一般都是原岩中原生矿物粒化重结晶的变晶矿物。说明这两类岩石中的黑硬绿泥石都是在原岩受到糜棱岩化作用过程中的变晶矿物,所以,黑硬绿泥石的变质作用实是韧性剪切变形作用带内辉长岩体和斜长花岗片麻岩体的一种退变质作用的结果(另文讨论)。其变质作用时代也就是糜棱岩形成的时代,其中白云斜长片麻糜棱岩的 $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ 同位素年龄为230 Ma^[12],相当于印支期,也就是说桐柏北部黑硬绿泥石变质带的形成时代和整个东秦岭大别山造山带发育的印支期糜棱岩化变形作用是同步发展起来的。其形成时的温压条件,参考变质作用带内相邻同变质期岩类中多硅白云母的 $\text{Si}=3.40\sim3.50$,按Massonne and Schreyer(1987)的图解,于温度达673.15 K时,压力应在0.8 GPa~1.2 GPa之间^[13]。若依其平均压力1 GPa,采用Kroph(1978)^[14]和Green and Hellman(1982)^[15]石榴石多硅白云母地质温度计,求得本带变质作用的温度为644.15 K~765.15 K(详见另文)。也就是说桐柏北部黑硬绿泥石变质带中,黑硬绿泥石+黑云母+白云母+绿泥石+石英+钠长石和黑硬绿泥石+白云母+阳起石+绿泥石+钠长石组合形成作用的温压条件是在约1.0±0.3 GPa,703.15±323.15 K,黑硬绿泥石可稳定的情况下,这和鄂北蓝片岩带形成的温压条件 $p/\text{GPa}=0.5\sim0.7$, $T=623.15\text{ K}\sim723.15\text{ K}$ 是相近的^[1]。由于这个黑硬绿泥石变质带无硬柱石发育,而且有富锰铝石榴石、石榴石、黑云母和绿帘石形成。因此,其变质作用温度要比北美加里福尼亚有硬柱石出现的黑硬绿泥石变质带的形成温度要高些^[6,9,10],即在临近黑云母变质带的温度范围内。桐柏黑硬绿泥石的变质带内无典型的蓝闪石分布,而常见冻蓝闪石和蓝透闪石与镁钠闪石产生,也表明这个变质带形成

时的温度可能相对较高,应相当于通常的绿泥石带的上部至黑云母带的下部温度之间的过渡带内。这和地质温度计的计算结果是一致的。桐柏黑硬绿泥石变质带内的黑硬绿泥石与多硅白云母、阳起石、绿帘石、钠长石和绿泥石共生,两无钾长石发育,这和Brown(1975)^[8]对含黑硬绿泥石的高压绿片岩相的分析相吻合。因此,桐柏黑硬绿泥石变质带应属于高压条件下的较高温蓝闪绿片岩相变质形成物。

6 地质构造意义

众所周知,在东秦岭大别山造山带中,沿造山带不仅有广泛的构造变形糜棱岩带发育^[3](翟淳,1989),而且在其北缘还有一个巨型构造混杂岩带相伴(翟淳,1998)^[4]。正是在这个巨型构造混杂岩带的桐柏岩段内,于今又辨认出了一个黑硬绿泥石变质带,而这个黑硬绿泥石变质带,并不遍存于巨型构造混杂岩带内所有岩块与基质中,而是只局限在桐柏北部的苏家河群,浒湾组或肖家庙岩群内的变辉长岩块和斜长片麻岩块形成的变晶糜棱岩带内,而且黑硬绿泥石的形成是在桐柏大别造山带形成过程中的特定构造时段(230 Ma,印支期),于特定成分的原岩(基性岩和酸性岩)内出现的稳定矿物组合,是伴随着桐柏大别山造山带和巨型构造混杂岩带形成的一定构造变形阶段同步发展起来的变质带,因此,这个黑硬绿泥石变质带具有重要的地质构造意义。若综合其中分布的蓝片岩类和桐柏杂岩中的高压榴辉岩与大别杂岩中的超高压高压变质岩类,就可以在桐柏大别山造山带北部划分出一个超高压高压变质带,它们和桐柏大别山造山带南带超高压高压变质带成对称分布,这种南北对称分布的双变质带,是桐柏大别山造山带内多重陆内造山作用的结果。因此,桐柏大别山造山带北部超高压高压变质带的识别和研究,对秦岭大别山造山带的组成和演化可提供重要的岩石学矿物学证据。

参考文献

- 1 周高志,康维国,张树业等.鄂北蓝片岩带研究[M].北京:地质出版社,1991.
- 2 荆延仁,梁万通,张树业等.安徽前寒武纪高压变质带[M].北京:地质出版社,1991.
- 3 翟淳.桐柏块体地质[M].成都:成都科技大学出版社,1989.
- 4 翟淳.秦岭大别山造山带内巨型构造混杂岩带的组成及构造意义[J].成都理工学院学报,1998,25(2):319~327.
- 5 Leake B E. Nomenclature of amphibole [J]. *Am mineral*, 1978, 63: 1 023~1 052.
- 6 Cotkin B J. Conditions of metamorphism in an early paleozoic blueschist, schist of skookum Gulch, Northern California [J]. *Contr Mineral*

- Petrol**, 1987, 96: 192~200.
- 7 Brown E H. Phase relations of biotite and stilpnomelane in the greenschist facies [J]. *Contr Mineral Petrol*, 1971, 31: 275~299.
 - 8 Brown E H. A petrogenetic grid for reactions producing biotite and other Al-Fe-Mg silicates in the greenschist facies [J]. *J petrol*, 1975, 16: 258~271.
 - 9 Goodge J W. Pre-Middle Jurassic accretionary metamorphism in the southern Klamath Mountains of northern California, USA [J]. *J Metamorphic Geol*, 1995, 13: 93~110.
 - 10 Patrick B E, Day H W. Cordilleran high-pressure metamorphic terranes, progress and problems [J]. *J Metamorphic Geol*, 1995, 13: 1~8.
 - 11 张旗, 马文璜, 金唯俊等. 一个造山后的辉长岩——河南新县王母观岩体的地球化学特征[J]. *地球化学*, 1995, 24(4): 341~350.
 - 12 简平, 叶伯丹, 李志昌等. 大别山造山带榴辉岩同位素年代学. *P/T* 轨迹及其构造意义. 陈好寿主编, *同位素地球化学研究* [C]. 杭州: 浙江大学出版社, 1994. 205~213.
 - 13 Massonne H J, Schreyer W. Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogorite and quartz [J]. *Contr Mineral Petrol*, 1987, 96: 212~224.
 - 14 Krogh E J, Raheim. A temperature and pressure dependence of Fe-Mg partitioning between garnet and phengite with particular reference to eclogites [J]. *Contr Mineral Petrol*, 1978, 66: 75~80.
 - 15 Green T H, Hellman P L. Fe-Mg partitioning between coexisting garnet and phengite at high-pressure and comments on a garnet-phengite geothermometer [J]. *Lithos*, 1982, 15: 253~266.

STILPNOMELANE METAMORPHIC BELT IN NORTHERN TONGBAI MOUNTAINS, SOUTHERN HENAN PROVINCE, CENTRAL CHINA

ZHAI Chun XIAO Yuan-fu WANG Jiang-zhen WANG Qian
(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract The stilpnomelane metamorphic belt in northern Tongbai is located in the north of Tongbai-Dabie orogenic belt and within the tectonic molange belt adjacent to the Tongbai-Shangcheng fault belt. The mineral assemblages of the stilpnomelane-bearing metamorphic rocks are composed of stilpnomelane + actinolite + epidote + phengite + albite ± biotite + chlorite ± quartz. The protolith of stilpnomelane-bearing metamorphic is identified as metagabbro and meta-oligoclase granite. The estimated temperature and pressure of metamorphism are 703.15 ± 323.15 K, 1 ± 0.3 GPa respectively which was resulted from strain retrograde metamorphism of the metagabbro and meta-oligoclase granite during the regional ductile shearing mylonitization in the late Triassic.

Key words stilpnomelane; metamorphic belt; orogenic belt; Tongbai