科学通报
第41卷 第9期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1996年5月

大别山超高压变质带内浅变质岩片的发现及意义*

董树文① 王小凤②** 黄德志③

(① 中国地质科学院地质研究所，北京 100037; ② 中国地质科学院地质力学研究所，北京 100081;
③ 安徽省地质科学研究所，合肥 230001)

关键词 超高压变质带 浅变质岩片 大别山

大别山中南部分布着约1000余平方公里的超高压变质(UHP)带，可谓世界出露规模最大的造山带超高压变质带. UHP岩石形成与折返机制成为大陆造山带研究热点. 目前人们的工作焦点集中于UHP岩石的矿物、地球化学、年代学和变质作用(PTt轨迹)，而UHP带内部岩石变形和组成研究相对较少，但已引起重视.

作者自1992年在苏北赣榆UHP岩石之下发现"石桥浅变质岩构造窗"[1]后，近年在大别山UHP带又找到了浅变质岩片，并进行露头填图、年代学及组成研究. 本文现就其地质特征和年代学的初步成果进行讨论.

1 浅变质岩片地质产状与特征

作者发现的浅变质岩，位于岳西县菖蒲南4 km港河桥(图1). 菖蒲是大别山UHP带典型出露区，产出与大理岩的榴辉岩、片麻岩的榴辉岩，以及超基性岩的榴辉岩等不同类型的UHP岩石伴生. 在其北约3 km为大别山最大的榴辉岩体——碧溪岭岩体(约0.7 km^2)，这是与石榴橄榄岩伴生的UHP类型[2]. 浅变质岩片夹在榴辉岩 - 片麻岩和榴辉岩 - 大理岩中，出露宽约80 m，长 >300 m(未控制). 岩性为酸性火山碎屑岩和火山沉积岩(板岩)，变质程度低，由火山碎屑指示的原生层面依稀可辨，其SiO_2为68.46 ~ 72.04，Al_2O_3为18.52 ~ 21.56，K_2为O3.25 ~ 3.46，Na_2O为1.04 ~ 1.18; 面理平行接触带，平行UHP带的面理产状，倾向南东(120° ~ 140°/40°). 接触带的糜棱岩，宽约5 m，顶板界线清晰，底板界线被公路所覆，但在河床内有出露(图1).

测制的剖面层序如下(变质侵入体):

(0)白云斜长片麻岩(变质侵入体)	>100 m
(1)二长花岗片麻岩夹斜长角闪岩，榴辉岩包体(UHP)	
(2)糜棱岩带和糜棱岩化长英质构造片岩	5 ~ 8 m
(3)凝灰质板岩(白云石英长石片岩)	15 m

1995-06-20收稿，1995-10-03收修改稿
* 国家"八五"科技攻关项目、地质矿产部"八五"重点基金资助项目
** 联系人

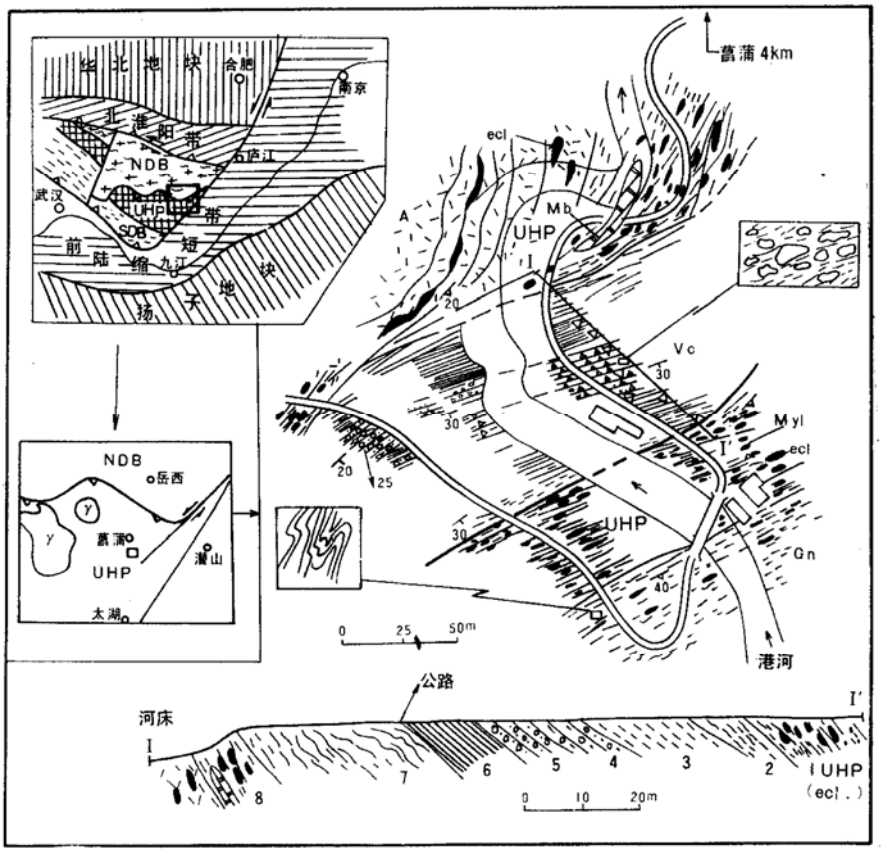

图 1 岳西菖蒲港河 UHP 带内浅变质岩片地质图

P——辉石岩(角闪岩), ecl——榴辉岩, Mb——大理岩, Gn——白云斜长片麻岩, Vc——火山 - 沉积岩, Myl——糜棱岩, Δ——采样点, NDB——北大别山正变质岩块, UHP——超高压带(负变质岩)

(4) 含细砾凝灰质板岩, 砾石含量 5% ~ 10%, 砾径 0.5 ~ 2 cm, 砾石微弱变形 5 m

(5) 细火山角砾岩(板岩), 砾石含量 >30%, 砾径 1 ~ 5 cm 10 m

(6) 凝灰质千枚岩(韵律层) 12 m

(7) 破碎的凝灰质千枚岩(含砾) >20 m

(8) 二长花岗片麻岩夹辉石岩(角闪岩)、榴辉岩和大理岩包体(UHP). 其中辉石岩中粒结构, 边缘发育榴辉岩条带. >50 m

港河浅变质火山岩为低绿片岩相, 形成的温压区间约为 $P=0.2 \sim 0.3$ GPa, $T=300 \sim 400$℃. 鉴于浅变质岩顶底为糜棱岩或变形带, 其产状与 UHP 岩石一致, 因此, 确认港河浅变质岩系夹在 UHP 带内一个构造岩片.

2 菖蒲港河浅变质岩年代学研究

为确定港河浅变质岩原岩和变质时代, 作者沿剖面系统采集了 7 块标本进行系统的同位素定年研究(锆石 Pb-Pb 法, 全岩 Sm-Nd 等时线法, 全岩 Rb-Sr 等时线法和全岩 K-Ar 法), 以期获得可靠的年代学资料, 进而解释 UHP 岩石和浅变质岩共存的地质原因.

2.1　港河浅变质岩的原岩年龄

采用单颗粒锆石的质谱计双带源逐层蒸发法[3](宋彪，1994)和全岩 Sm-Nd 等时线法测年代表所测岩石的原岩时代．共挑选出 10.5 粒无色透明锆石晶体(半粒是机械破碎造成的)，大小为 200 μm×100 μm 左右，(110)和(111)晶面发育，少裂纹，无熔蚀，为火山岩生长锆石晶体．结果获 4 组锆石年龄：760±9 Ma，769±7 Ma，745±6 Ma 和 802±3 Ma(表 1)．同时获得该剖面 7 个样品的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为：790±18.6 Ma(表 2，图 2)．矿物锆石 Pb-Pb 法与全岩 Sm-Nd 法获得年代一致，彼此互证，指示菖蒲港河浅变质岩原岩年龄为 760 ～ 790 Ma，属晚元古代震旦纪．

2.2　港河浅变质岩的变质年龄

同样的 7 个样品中获全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 232.2±8.3 Ma(表 3，图 3)，与目前共认的

表 1　菖蒲浅变质岩单颗粒锆石年龄数据[a)]
(质谱计双带源逐层蒸发法)

No	序号	组数	锆石中铅的同位素测值						计算结果				锆石描述(粒度、颜色、形态、透明度磨圆或熔蚀等)
			208/206	2σ	207/206	2σ	204/206	2σ	207/206	2σ	年龄/Ma	2σ	
1	2	5	0.481 9	27	0.070 82	36	0.000 434	33	0.064 54	29	760	9	380 μm×90 μm×1粒+170 μm×80 μm×1/2粒无色较透明，(110)(111)晶面发育，后者为机械破碎成半粒，少裂纹，无熔蚀
2	1	10	0.452 3	32	0.0754 3	48	0.000 734	38	0.064 82	22	769	7	220×150×1. (110), (111) 和 (311) 等晶面发育，晶面复杂，其它同上
3	1	4	0.615 5	62	0.079 4	10	0.000 11	7	0.064 09	18	745	6	200×120×4. (110) 和 (111)晶面发育，晶面简单，其它同上
5	1	8	0.378 2	9	0.074 78	17	0.000 632	12	0.065 66	11			170×80×4. 锆石同 No. 3
	2	5	0.483 7	18	0.073 07	18	0.000 475	23	0.066 19	12			
					I_1+I_2= 13 地块				0.065 86	11	802	3	

a) (1)采用常数：$\lambda_{238}=1.551\,3\times10^{-10}$ a，$\lambda_{235}=9.848\,5\times10^{-10}$ a，$^{238}U/^{235}U=137.88$；(2) No 为锆石晶体编号、序号、沉积序号和组数；某次沉积后测得的数据组数(地块数目)．每个 Block 由 8 次扫描构成；(3)结果一栏中的 207/206 是指放射成因的铅同位素比值；(4)σ 值与所对应比值的末两位成一位数字对齐，如：208/206=0.173 2，σ=17，为 208/206=0.173 2±0.001 7

表 2　菖蒲浅变质岩 Sm-Nd 同位素数据

样品号	$Sm/10^{-6}$	$Nd/10^{-6}$	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$(^{143}Nd/^{144}Nd)_{测}$	误差
94303-2	3.643	29.28	0.075 26	0.511 521	±24
94303-3	4.298	29.83	0.087 12	0.511 563	±20
94303-4	4.372	28.92	0.091 45	0.511 587	±22
94303-5	8.998	57.38	0.094 86	0.511 601	±16
94303-6	9.043	55.01	0.099 47	0.511 637	±15
94303-7	8.987	52.76	0.103 1	0.511 668	±10
94303-8	11.48	55.36	0.125 4	0.511 770	±12

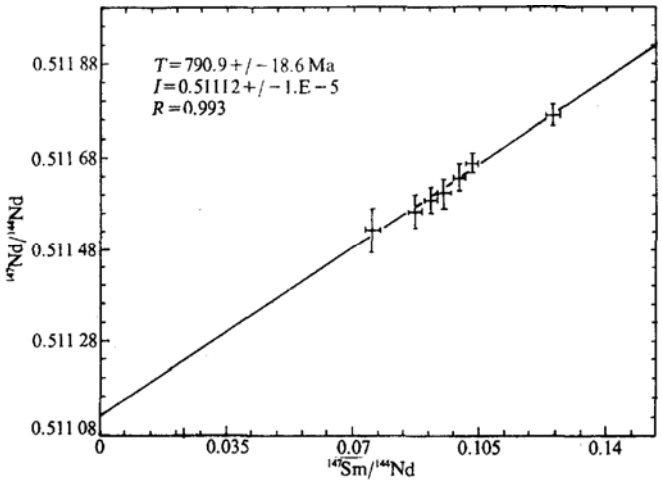

图 2 全岩 Sm-Nd 等时

表 3 菖蒲浅变质岩 Sm-Nd 同位素数据

样品号	$Rb/10^{-6}$	$Sr/10^{-6}$	Rb^{87}/Sr^{86}	Sr^{87}/Sr^{86}	误 差
94303-2	78.63	85.04	2.635	0.718 281	±22
94303-3	73.64	877.6	0.239 1	0.701 697	±23
94303-4	64.36	168.5	1.088 4	0.713 204	±26
94303-5	68.91	208.6	0.924 7	0.712 695	±18
94303-6	89.45	323.4	0.788 2	0.712 146	±16
94303-7	95.78	430.2	0.634 4	0.711 440	±14
94303-8	120.8	210.8	1.638 2	0.715 346	±12

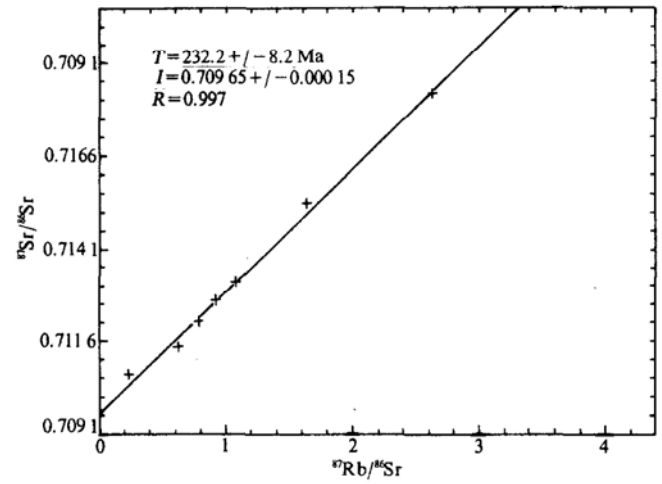

图 3 全岩 Rb-Sr 等时

表 4 菖蒲浅变质岩 K-Ar 同位素地质年龄数据[a)]

样品号	K%	$^{40}Ar/mol \cdot g^{-1}$	$^{40}Ar\%$	$^{40}Ar/^{40}K$	年龄/Ma
94303-2	2.42	$6.885\,8\times10^{-10}$	98.44	9.5328×10^{-3}	157.1±1.7
94303-3	2.37	$6.822\,2\times10^{-10}$	94.34	$9.644\,1\times10^{-3}$	158.8±1.9
94303-5	3.02	$9.533\,6\times10^{-10}$	95.40	$1.057\,6\times10^{-2}$	173.5±2.1
94303-6	2.53	$6.422\,2\times10^{-10}$	99.21	$8.504\,4\times10^{-3}$	140.7±1.4

a) 采用常数: $\lambda^E=0.581\times10^{-10}$ a, $\lambda^B=4.926\times10^{-10}$ a, $K/K=1.167\times10^{-4}$ (原子比)

大别山UHP中榴辉岩形成年龄240～220 Ma相当，代表了印支期变质年龄(华北与扬子地块碰撞时代)．封闭温度相差不大的Sm-Nd和Rb-Sr全岩同位素体系给出截然不同的年代学记录，值得今后进一步研究．同时又获得4个全岩K-Ar年龄为157.1±1.7 Ma, 158.8±1.9 Ma, 173.5±2.1 Ma, 140.7±1.4 Ma(表4)，由于K-Ar同位素体系低的封闭温度，这组年龄反映了造山带后期隆升的岩石冷却年龄，和目前对大别山和UHP岩石隆升和折返时代及过程的认识是吻合的[4,5]．

3　讨论及意义

从变质环境角度来看，港河浅变质岩为低绿片岩相，而UHP岩石，因含有石英、金刚石等包体，其$P=2.8\sim3.8$ GPa, $T=700\sim900$℃[7,8]．这两种岩石现共存于一体，确实给人以诸多的启示．

(1)浅变质岩与UHP原岩时代一致　本文获得浅变质岩原岩年龄为760～800 Ma(锆石Pb-Pb法)得到全岩Sm-Nd等时线年龄790 Ma的支持．此与邻区五庙报道的榴辉岩原岩年龄685±64 Ma(锆石U-Pb法)[8]、山东荣城榴辉岩锆石年龄747 Ma和788 Ma(锆石Pb-Pb法)[9]、青岛仰口榴辉岩原岩年龄682～730 Ma(锆石Pb-Pb法)[10]等一批榴辉岩(UHP)原岩年龄是一致的．这说明浅变质岩和UHP岩石原岩时代是接近的，都是属晚元古代震旦纪，虽然它们在后期变质中差别巨大．这对确定UHP形成环境和深度具有重要的约束意义．

(2)UHP岩石和浅变质岩的变质时代一致　大别山的UHP岩石变质时代绝大多数年龄为240～220 Ma，本浅变质岩Rb-Sr年龄为232 Ma，是完全一致的．从而说明二者不仅原岩时代相同，而且在印支期又共同经受了变质作用，为同一构造事件的变质岩．其差异是UHP岩石遭受了极高压的变质作用，而浅变质岩变质甚弱．试想，如果二者没有非常显著的落差，又怎样存在如此大的压力差和温度差？可以说以往对UHP岩石成因环境的推测(100 km深)遇到了棘手的难题，如何解释UHP和浅变质岩时、空一致及P-T迥异的现象．

(3)浅变质岩与UHP岩石隆升历史不一致　浅变质岩K-Ar年龄(157－158 Ma)反映的抬升过程的冷却年龄，与UHP岩石的折返冷却年龄205-175 Ma不一致[11]，指示二者的差异隆升特征，证明UHP带内不同岩片在折返中抬升速率是不同的．这个过程可能是使二者混杂在一起的主要原因．

(4)浅变质岩面理与UHP岩石面理产状协调　从剖面可知，浅变质岩板理不仅与接触带(糜棱岩带)产状一致，而且与UHP岩石内的面理一致．显然两种面理所反映的构造环境和变形习性相差甚远．前者处于低绿片岩相环境，而后者则是榴辉岩相或角闪岩相条件．二者面理产状协调意味着UHP岩石最后的面理产状是在浅部形成的．

大别山UHP带内浅变质岩片的发现并非偶然，作者曾在苏北的UHP带内发现浅变质岩的“石桥构造窗”[1]，其中的浅变质岩也是复理石－火山沉积组成，其地质时代亦相当(含*Trematosphaeridium mior* Sin et Lin(小型穴面球形藻), *Leiopsophosphaera densa* (Liu et Sin) Sin et Lin (坚实光面球形藻)等微古化石)．说明大别山和苏鲁超高压变质带内均夹有浅变质岩片，这是不可忽视的重要地质现象．推测在UHP变质带之下可能存在俯冲地块的基底(扬子基底)，UHP岩石是一个逆冲的薄皮构造．也许，这是我们凿开UHP岩石形成与

折返、揭示其动力学过程之秘的敲门砖.

致谢 感谢地质矿产部科技司与安徽省地矿局的资助、常印佛院士的支持和关心. 参加野外工作的还有李中坚,张 青和黄德志. 锆石 Pb 测年由宋 彪副研究员、Sm-Nd 和 Rb-Sr 同位素测年由王银喜副教授、K-Ar 同位素测年由李坤英副研究员、微古生物化石鉴定由尹崇玉副研究员完成,作者在此也一并表示感谢.

参 考 文 献

1 Dong S W, Wang X F, Xue L J *et al*. Discovery and implication of Shiqiao sturctural window within the high-ultrahigh pressure metamorphic belt in north Jiangsu province, China. Abstracts for IGCP-283 Symposium, 1994 (Korean)
2 韩宗珠,袁繁林,盛兴士. 安徽岳西碧溪岭榴辉岩及伴生石榴石橄榄岩的岩石化学和地球化学. 岩石学报,1989,5(4):22
3 刘敦一,赵敦敏. 用热离子发射质谱计直接测定单粒锆石 $^{207}Pb/^{208}Pb$ 年龄. 地质论评,1988, 34(6): 496 ~ 504
4 陈江峰,谢 智,刘顺生等. 大别造山带冷却年龄的 Ar/Ar 和裂变径迹年龄测定. 中国科学, B 辑, 1995, 25(10): 1086 ~ 1092
5 Eide A, McWilliams M, Liou J G. Ar-Ar geochronology and exhumation of high-pressure to ultrahigh-pressure metamorphic rock in east-central China. Geology, 1994, 22: 601 ~ 604
6 Wang X M, Liou J G, Mao H G. Coesite-bearing eclogite from the Dabie Mountain in the central China. Geology, 1989, 17: 1085 ~ 1088
7 Xu S T, Okay A, Ji S *et al*. Diamond from the Dabie Shan metamorphic rocks and its implication for tectonic setting. Science, 256: 80 ~ 82
8 Ames L, Tilton G, Zhou G. Timing of collision of the Sino-Korean and Yangtze craton: U-Pb zircon dating of coesite-bearing eclogites. Geology, 1993, 21: 339 ~ 342
9 王来明. 鲁东碰撞带的初步研究. 山东地质,1994, 10(1): 100 ~ 108
10 李曙光,陈移之,葛宁洁等. 青岛榴辉岩及胶南片麻岩的锆石年龄. 科学通报,1993,38(20): 1773 ~ 1777
11 Hacker B R, Wang Q C. Ar/Ar geochronology of ultrahigh-pressure metamorphism in central China. Tectonic, 1995