

秦岭勉略构造混杂带康县—勉县段蛇绿岩块—铁镁质岩块的 SHRIMP 年代及其意义

闫全人^{1, 2)}, 王宗起¹⁾, 闫臻¹⁾, 向忠金¹⁾, 陈隽璐³⁾, 王涛¹⁾

1) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037;

2) 北京离子探针中心, 北京, 100037;

3) 中国地质调查局西安地质矿产研究所, 西安, 710054

内容提要: 本文对秦岭勉略(勉县—略阳)构造混杂带康县—勉县段的铁镁质岩块或蛇绿岩块进行了系统的锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究。测年结果表明, 勉略构造混杂带康县—勉县段铁镁质岩块的形成时代为 $841 \pm 16 \sim 812 \pm 11$ Ma, 蛇绿混杂岩中的辉长岩和辉绿岩块的形成时代为 $827 \pm 14 \sim 808 \pm 10$ Ma。从西向东, 勉略构造混杂带不同地段蛇绿岩块或铁镁质岩块的锆石 U-Pb 同位素年龄在误差范围内相同, 表明勉略混杂岩带中的蛇绿岩块所代表的是新元古代古洋壳残片。中部三岔子斜长花岗岩的形成年龄 ($923 \text{Ma} \pm 13$) 大于其他铁镁质岩块和蛇绿岩。

关键词: SHRIMP 年龄; 新元古代大洋; 勉略构造混杂带; 秦岭

勉略(勉县—略阳)构造混杂带(以下简称勉略带)最初由李春昱(1978)提出。张国伟等(1995a, 1995b, 1996, 2001, 2003)进一步研究指出: 勉略带是秦岭造山带内除商州—丹凤缝合带外, 另一条对秦岭造山带具有重要意义的板块缝合带。

勉略带位于秦岭造山带南缘, 呈东西向展布, 分布于甘肃省康县—陕西省略阳—勉县一线, 南北宽 8~10 km, 东西延伸百余千米。在略阳—勉县段, 地质露头良好, 是该构造混杂带的代表区段。勉略带北以武都—状元碑断裂与震旦系—古生界地层接触; 南以康县—略阳—勉县断裂为界, 与碧口群变火山岩、太古宇鱼洞子群片麻岩和汉南新元古代侵入杂岩接触(图 1a)。带内岩石组成复杂, 包含大量震旦纪、泥盆纪—石炭纪沉积岩块和众多超镁铁质—铁镁质岩块。沉积岩块有黑色硅质岩、含砾千枚岩、泥质碎屑岩、白云岩、大理岩。基质以云英片岩为主, 内含薄层硅质岩。岩块与基质(或围岩)间为断层接触关系。超镁铁质—铁镁质岩块主要是遭受强烈剪切变形变质的蛇纹石化橄榄岩、辉橄岩、辉石岩、以及变辉长岩、辉绿岩和海相火山岩。前人大量的岩石地球化学、同位素地球化学分析结果显示, 沿

该构造混杂带出露的超镁铁质和铁镁质岩块的构造成因十分复杂, 有的属岛弧火山岩, 有的类似于大陆边缘岛弧火山岩, 有的为拉张洋盆火山岩, 还有玄武岩浆析出后残留地幔变质橄榄岩岩块(赖少聪等, 1997, 1998, 2003)。张宗清等(2005)认为这样复杂的物质组成表明勉略带可能是多期构造事件叠加的构造活动带。

勉略带蛇绿岩的形成时代一直是学界的研究热点与争论焦点。部分学者认为勉略带所代表的古洋盆于泥盆纪中期打开, 石炭纪—二叠纪为扩张峰期, 早—中三叠世闭合(张国伟等, 1995a, 1995b, 1996, 2001, 2003; 李曙光等, 1996, 2003; 赖少聪等, 2003; 孙卫东等, 2000)。许继锋等研究认为勉略晚古生代洋盆是古特提斯洋的一部分(许继锋等, 1997, 1996)。而另一些学者的同位素年代学研究结果表明, 勉略带内代表性的变质超镁铁质和铁镁质岩块都形成于新元古代(张宗清等, 1996a, 1996b, 1997a, 1997b, 2002a, 2002b, 2005; 夏林圻等, 1996)。如: 略阳三岔子偏桥沟岛弧质安山岩块的 Sm-Nd 等时年龄为 873 ± 71 Ma, 其同源斜长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄为 913 ± 20 Ma, 逐层蒸发法 U-Pb 年龄为 $926 \pm$

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号 40472119)、国土资源部“百人计划”项目、中国地质调查局项目(编号 1212010611807 和 1212010633601)、国家“973”计划项目(编号 2002CB412608)和国家科技支撑计划课题(编号 2006BAB01A11)的成果。

收稿日期: 2007-04-22; 改回日期: 2007-05-31; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 闫全人, 男, 1964年生。博士, 研究员。主要从事造山带与盆地研究。通讯地址: 100037, 北京西城区百万庄大街 26 号, 中国地质科学院地质研究所; 电话: 010-68997795。

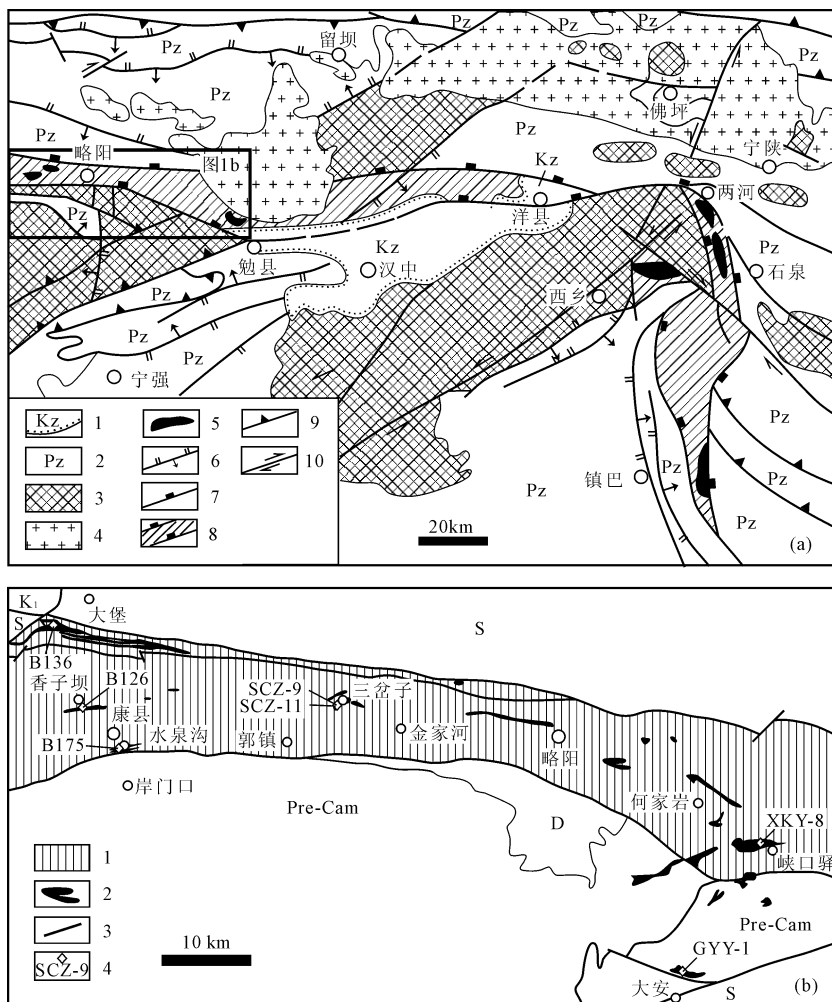


图1 勉县—略阳构造混杂带区域地质构造简图(a,据张宗清等,2005)及采样位置图(b)

Fig. 1 Sketch map illustrating geology of the Mianxian—Lueyang melange (a, after Zhang Zongqing et al., 2005) and sample localities (b)

(a): 1—新生界; 2—古生界; 3—前寒武系; 4—印支期花岗岩; 5—蛇绿岩或铁镁质岩片; 6—断裂构造; 7—混杂带边界; 8—勉略混杂带; 9—逆冲推覆断裂; 10—走滑断裂。(b): K_1 —下白垩统; D—泥盆系; S—志留系; Pre-Cam—前寒武系; 1—勉略混杂带; 2—超镁铁质或铁镁质岩片; 3—断裂; 4—采样点及编号; 样品位置: B126—铁镁质岩, 康县西北香子坝; B136—铁镁质岩, 康县大堡乡王家集, $N33^{\circ}26.38' E105^{\circ}31.90'$; B175—铁镁质岩, 康县南水泉沟; SCZ-9—斜长花岗岩, 三岔子偏桥沟, $N33^{\circ}21.35' E105^{\circ}52.897'$; SCZ-11—辉长岩, 三岔子偏桥沟, $N33^{\circ}21.62' E105^{\circ}52.938'$; XKY-8—辉长岩, 勉县峡口驿, $N33^{\circ}13.068' E106^{\circ}24.338'$; GYY-8—辉绿岩, 勉县大安镇观音岩, $N33^{\circ}05.084' E106^{\circ}18.202'$

(a): 1—Cenozoic; 2—Paleozoic; 3—Precambrian; 4—Indosinian granitic rock; 5—ophiolitic or mafic block; 6—fault; 7—boundary of the melange; 8—Mianxian—Lueyang melange; 9—thrust fault; 10—strike-slip fault. (b): K_1 —Lower Cretaceous; D—Devonian; S—Silurian; Pre-Cam—Precambrian; 1—Mianxian—Lueyang melange; 2—ultramafic or mafic block; 3—fault; 4—sample locality

10Ma(张宗清等, 2002b, 2005); 勉县鞍子山 N-MORB 型火山岩块的 Sm-Nd 等时年龄为 877 ± 78 Ma(张宗清等, 2002a, 2002b); 三岔子、鞍子山、庄科超镁铁质岩块的 Sm-Nd 等时年龄为 1006 ± 45 Ma(张宗清等, 2002b, 2005)。该带东延部分的西乡群孙家河组岛弧火山岩时代为新元古代(张宗清等, 1996a, 1997b, 2002b; 夏林圻等, 1996)。王宗起等根据新发现的古生物化石证据提出: 西乡群孙家河组

下段为上泥盆统一下石炭统, 中—上段为下石炭统, 并推断西乡地区的变质岩系为构造混杂岩, 向西可与勉略带相连(王宗起等, 1999)。基于对勉略带南北两侧泥盆系—石炭系的最新研究结果, 冯益民等(2004)提出“勉略带在泥盆纪—三叠纪期间不存在分割性大洋盆地, 在印支运动中没有形成缝合带。勉略带在泥盆纪是一个裂谷, ……”

有趣并值得注意的是: 勉略构造混杂带蛇绿岩

年代学研究还存在同位素年龄与古生物化石证据相矛盾的现象。如,略阳偏桥沟四房坝硅质岩中的放射虫化石时代为早石炭世(冯庆来等,1996;殷鸿福等,1996),四房坝含放射虫硅质岩的 Sm-Nd 和 Rb-Sr 等时年龄分别为 328Ma 和 344Ma(张宗清等,1996b),与放射虫化石年代一致。但是,与硅质岩邻近的具蛇绿岩性质的超镁铁质和铁镁质岩块的同位素测年结果表明这些岩块形成于新元古代(张宗清等,1996a,1996b,1997a,1997b,2002b,2005)。最近研究表明,放射虫化石可以形成于被动陆缘、活动陆缘、洋盆和洋中脊等不同构造环境(杨丽红等,2002;王金宝等,2003;崔春龙,2001;吴浩若,1999,2000;程振波等,2000)。因此,利用硅质岩放射虫化石时代推测蛇绿岩的形成年龄应该审慎(王玉净等,2001)。

以上前人研究表明,南秦岭勉略带蛇绿岩—镁铁质岩的形成时代可能很复杂。精确测定勉略带蛇绿岩—镁铁质岩块的时代,对深入认识勉略带以及秦岭造山带构造演化具有重要意义。利用 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年方法,本文对勉略带不同地段的蛇绿岩块或镁铁质岩块进行了系统的同位素年代学研究。所获高精度年代数据对勉略带蛇绿岩及相关镁铁质岩石形成时代的精确厘定,为研究秦岭新元古代构造演化提供了新的资料。

1 测试方法

本文对采自勉略带康县—勉县段西、中、东不同地段的 7 件样品(采样位置见图 1b)进行了锆石 U-Pb 年代学研究。锆石 U-Pb 测年利用北京离子探针中心的 SHRIMP-II 采用标准测定程序进行,详细的分析流程见宋彪等(2002)、刘敦一等(2003)和简平等(2003)详细论述。应用澳大利亚国家地质调查局标准锆石 TEM 进行元素间的分馏校正,用澳大利亚国立大学地学院标准锆石 SL13(572 Ma, $U = 238 \mu\text{g/g}$)标定样品的 U、Th 及 Pb 含量。

样品 B126、B136 和 B175 的数据处理采用 PRAWN 软件,普通 Pb 由实测的²⁰⁴Pb 和 Cumming—Richard 模式铅成分校正。单个数据点的误差均为 1σ ,²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄具 95% 的置信度。样品 SCZ-9、SCZ-11、XKY-8 和 GYY-1 的数据处理采用 Isoplot 软件,普通 Pb 由实测²⁰⁴Pb 校正。²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄具 95% 的置信度。锆石 U-Pb 测年结果见表 1 和图 2,锆石显微结构特征见图 3。

2 测试结果

样品 B126、B136 和 B175 分别采自勉略带康县—勉县段西部康县附近的大堡、香子坝和水泉沟(图 1b),岩性为变铁镁质岩,原岩为基性熔岩。样品 B136 的主群锆石²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 $841 \pm 16\text{Ma}$ ($n=5$, Chi square=0.97)(图 2a),较老的锆石年龄,如 900 ± 37 、 938 ± 41 、 1569 ± 79 、 2260 ± 97 和 $2601 \pm 95\text{Ma}$,为锆石内部的不具环带结构和相对较暗的残核晶域的测年结果,应代表了锆石捕晶的年龄。样品 B126 的主群锆石²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 $812 \pm 11\text{Ma}$ ($n=5$, Chi square=0.92)(图 2b),两个不谐和年龄(765 ± 34 和 $745 \pm 41\text{Ma}$)可能为 Pb 丢失造成的。样品 B175 的主群锆石²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 $826 \pm 19\text{Ma}$ ($n=4$, Chi square=1.09)(图 2c)。两个不谐和年龄(720 ± 34 和 $694 \pm 34\text{Ma}$)同样可能是因 Pb 丢失造成的。

样品 B136 和 B175 的年龄在误差范围内一致。样品 B126 的年龄值略低,相对于前二者的误差为 3.57% 和 1.72%,但均小于标样 TEM 的系统误差(5%)。以上测年结果表明勉略带康县—勉县段西部铁镁质岩块形成于新元古代。其中,样品 B136 含年代较老的锆石捕晶,表明在其岩浆结晶分异过程中存在古老地壳混染,可能代表了古老地壳扩张早期阶段的岩浆活动。而样品 B126 和 B175 相对年龄略小,且其中未见捕获的老锆石,分析其可能是洋壳扩张相对成熟阶段的岩浆活动产物。

斜长花岗岩样品 SCZ-9 和辉长岩样品 SCZ-11 采自勉略带康县—勉县段中部略阳县三岔子乡偏桥沟(图 1b),其中三岔子乡偏桥沟斜长花岗岩最初由李曙光等(2003)命名并测年。样品 SCZ-9 的主群锆石²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 $923 \pm 13\text{Ma}$ ($n=13$, MSWD=1.50)(图 2d),与李曙光等测定的 $913 \pm 10\text{Ma}$ (李曙光等,2003)和张宗清等测定的 913 ± 20 和 $926 \pm 10\text{Ma}$ (张宗清等,2005)的年龄一致,代表了岩石成岩时代。较老的年龄(1017 ± 25 、 1011 ± 28 、 976 ± 25 和 $971 \pm 30\text{Ma}$)应是更老地壳成分混染的记录,而两组较小的不谐和年龄(824 ± 17 和 $734 \pm 19\text{Ma}$)则可能是后期强烈构造事件引起 Pb 丢失造成的。辉长岩样品 SCZ-11 的主群锆石²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 $808 \pm 10\text{Ma}$ ($n=18$, MSWD=0.73)(图 2e),代表了岩石成岩时代。两个较老年龄(918 ± 25 和 $910 \pm 23\text{Ma}$)可能是捕获锆石的时代,与辉长岩样品(SCZ-9)的年龄一致。两个不谐

表1 勉略带蛇绿岩—镁铁质岩块 SHRIMP 测年结果

Table 1 SHRIMP analyses for zircon from ophiolitic and mafic blocks in the Mianxian—Lueyang mélange

样品 & 点	$^{206}\text{Pb}_e$ (%)	U ($\mu\text{g/g}$)	Th ($\mu\text{g/g}$)	Th/U	$^{206}\text{Pb}^*$ ($\mu\text{g/g}$)	$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$ 年龄 (Ma)	
						测值	相对误差 (%)	测值	相对误差 (%)	测值	$\pm 2\sigma$
SCZ-9-1.1	0.25	159	135	0.87	21.1	1.454	3.5	0.1535	2.8	921	24
-2.1	0.03	539	755	1.45	55.6	1.174	3.0	0.1199	2.7	730	18
-3.1	0.00	561	313	0.58	65.2	1.273	2.9	0.1352	2.6	818	20
-3.2	0.00	90	69	0.80	12.1	1.463	4.1	0.1557	3.0	933	26
-4.1	0.13	193	159	0.85	28.1	1.702	3.7	0.1699	3.0	1011	28
-5.1	0.00	509	734	1.49	67.6	1.502	2.9	0.1547	2.6	927	23
-6.1	0.29	858	670	0.81	85.5	1.046	3.1	0.1156	2.6	705	18
-7.1	0.05	599	389	0.67	74.1	1.407	3.2	0.1440	2.7	867	22
-8.1	0.50	526	400	0.79	56.0	1.149	4.2	0.1233	3.2	750	23
-8.2	0.17	389	530	1.41	52.7	1.503	3.2	0.1574	2.7	942	23
-9.1	0.41	259	240	0.96	36.5	1.675	3.6	0.1634	2.7	976	25
-10.1	0.26	119	71	0.62	14.5	1.380	4.3	0.1414	3.1	853	25
-10.2	0.09	645	338	0.54	69.1	1.173	2.9	0.1247	2.6	758	19
-11.1	0.12	389	525	1.39	50.2	1.401	3.1	0.1501	2.7	902	23
-12.1	0.10	371	225	0.63	54.6	1.753	3.8	0.1710	2.7	1017	25
-12.2	0.00	40	30	0.78	5.56	1.739	4.9	0.1625	3.3	971	30
-13.1	0.06	743	379	0.53	86.4	1.285	2.8	0.1352	2.6	817	20
-13.2	0.15	802	463	0.60	94.5	1.303	2.9	0.1370	2.6	828	20
-14.1	0.00	428	359	0.87	49.5	1.296	3.0	0.1345	2.7	813	21
-14.2	0.03	536	842	1.62	71.1	1.440	2.9	0.1544	2.6	926	23
-15.1	0.03	485	212	0.45	64.2	1.454	2.9	0.1543	2.7	925	23
-16.1	0.17	437	232	0.55	58.3	1.471	3.2	0.1551	2.7	930	23
-16.2	0.00	99	39	0.41	13.3	1.651	4.1	0.1562	2.9	936	26
-17.1	0.56	457	115	0.26	58.5	1.404	3.4	0.1482	2.7	891	22
-17.2	3.69	95	35	0.38	11.6	1.270	12.0	0.1369	3.0	827	24
SCZ-11-1.1	0.00	239	219	0.95	27.5	1.302	3.3	0.1337	2.7	809	21
-2.1	0.00	417	542	1.34	46.6	1.249	3.4	0.1299	2.7	787	20
-3.1	0.00	1078	1816	1.74	121.0	1.243	2.8	0.1302	2.6	789	19
-3.2	0.00	1143	1975	1.79	135.0	1.243	2.8	0.1371	2.6	828	20
-4.1	0.00	288	250	0.90	32.5	1.740	3.1	0.1314	2.7	796	20
-5.1	0.00	79	48	0.63	9.4	1.429	4.3	0.1384	3.0	836	24
-6.1	0.27	200	297	1.54	23.1	1.268	4.1	0.1342	2.8	812	21
-7.1	0.00	420	650	1.60	43.7	1.114	3.2	0.1211	2.8	737	19
-8.1	0.00	79	48	0.63	9.3	1.429	4.3	0.1374	3.0	830	24
-9.1	0.00	200	297	1.54	23.3	1.317	3.4	0.1357	2.8	820	21
-10.1	0.15	116	156	1.39	13.0	1.316	4.1	0.1301	2.9	788	21
-11.1	0.00	247	59	0.25	32.2	1.614	3.2	0.1516	2.7	910	23
-12.1	0.27	200	297	1.54	23.3	1.272	4.1	0.1354	2.8	818	21
-13.1	0.00	114	95	0.86	15.0	1.632	3.9	0.1530	2.9	918	25
-14.1	0.00	902	788	0.90	91.4	1.094	2.8	0.1180	2.6	719	18
-15.1	0.00	118	157	1.38	13.6	1.383	3.9	0.1345	2.9	813	22
-16.1	0.00	417	542	1.34	46.4	1.250	3.5	0.1296	2.7	785	20
-17.1	0.00	1143	1975	1.79	135.0	1.237	3.2	0.1373	3.0	830	23
-18.1	0.00	118	157	1.38	13.6	1.383	3.9	0.1345	2.9	813	22
-19.1	0.00	416	541	1.35	45.8	1.232	3.4	0.1281	2.7	777	20
-20.1	0.00	1143	1975	1.79	133.0	1.251	2.8	0.1355	2.6	819	20
-21.1	0.00	79	48	0.64	9.2	1.403	4.3	0.1359	3.0	822	23
GY-1-1.1	0.12	645	1228	1.97	74.7	1.209	2.9	0.1347	2.6	815	20
-2.1	0.27	303	373	1.27	36.3	1.274	3.6	0.1392	3.0	840	23
-3.1	0.40	225	285	1.31	27.5	1.284	3.6	0.1421	2.7	856	22

(续表 1)

样品 & 点	$^{206}\text{Pb}_e$ (%)	U ($\mu\text{g/g}$)	Th ($\mu\text{g/g}$)	Th/U	$^{206}\text{Pb}^*$ ($\mu\text{g/g}$)	$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$ 年龄 (Ma)	
						测值	相对误差 (%)	测值	相对误差 (%)	测值	$\pm 2\sigma$
-4.1	0.20	349	421	1.25	40.9	1.231	3.4	0.1360	2.7	822	21
-5.1	0.17	366	660	1.86	42.6	1.204	3.2	0.1353	2.7	818	21
-6.1	0.13	1429	2534	1.83	221.0	1.640	7.3	0.1800	7.0	1067	69
-7.1	0.07	999	586	0.61	114.0	1.230	6.6	0.1326	6.2	803	47
-8.1	0.15	403	588	1.51	48.6	1.288	3.1	0.1400	2.7	844	21
-9.1	0.08	339	515	1.57	39.5	1.251	3.1	0.1358	2.7	821	21
-10.1	0.00	587	1061	1.87	62.0	1.174	3.7	0.1229	3.4	747	24
-11.1	0.00	596	838	1.45	67.6	1.217	3.0	0.1320	2.7	799	21
-12.1	0.00	277	355	1.33	33.2	1.304	3.2	0.1398	2.7	843	21
XKY-8-1.1	0.00	89	164	1.90	12.2	1.901	3.8	0.1587	3.0	950	27
-2.1	0.00	223	400	1.85	26.2	1.590	3.1	0.1364	2.7	824	21
-3.1	0.75	109	88	0.83	9.5	1.080	5.4	0.1002	2.9	616	17
-4.1	0.00	145	136	0.97	15.7	1.456	3.5	0.1262	2.8	766	20
-5.1	0.12	188	277	1.53	26.7	1.996	3.2	0.1654	2.7	987	25
-6.1	0.50	185	320	1.79	13.6	0.952	4.2	0.0852	2.8	527	14
-7.1	0.00	139	153	1.14	12.7	1.358	4.2	0.1061	2.9	650	18
-8.1	0.00	87	99	1.18	10.5	1.794	4.1	0.1403	2.9	846	23
-9.1	0.00	107	173	1.67	9.2	1.204	4.8	0.1003	3.0	616	18
-10.1	0.00	45	136	3.09	9.6	3.430	5.3	0.2453	3.8	1414	48
-11.1	0.00	184	288	1.62	20.5	1.617	3.9	0.1299	2.9	787	21
-12.1	0.00	214	260	1.25	19.5	1.270	4.0	0.1059	2.9	649	18
-13.1	0.00	135	128	0.98	17.2	1.691	4.5	0.1483	3.2	892	27
-14.1	0.00	193	278	1.49	22.2	1.601	3.8	0.1336	2.9	808	22
-15.1	0.00	115	163	1.46	11.8	1.342	4.8	0.1195	3.1	727	21
-16.1	0.00	183	188	1.06	31.7	2.577	3.6	0.2017	2.9	1185	31

以上样品数据处理采用 Isoplot 程序; 误差为 1σ ; $^{206}\text{Pb}_e$ 和 $^{206}\text{Pb}^*$ 分别指普通铅和放射性铅比例; $^{206}\text{Pb}_e$ 用实测 ^{204}Pb 校正, 加权平均值 95% 的置信度 (2σ)

B136-1.1	119	46	0.39	66	13.030	0.600	0.4969	0.0220	2601	95	
-2.1	0.01	558	219	0.39	252	7.824	0.398	0.4198	0.0211	2260	97
-3.1	272	366	1.34	46	1.230	0.057	0.1359	0.0059	821	34	
-4.1	0.03	327	287	0.88	53	1.302	0.065	0.1407	0.0067	849	38
-5.1	0.48	117	103	0.87	18	1.197	0.065	0.1335	0.0063	808	36
-6.1	0.27	219	413	1.88	42	1.202	0.061	0.1379	0.0065	833	37
-7.1	0.34	75	35	0.47	12	1.491	0.094	0.1566	0.0072	938	41
-8.1	0.02	1018	146	0.14	145	1.381	0.062	0.1498	0.0065	900	37
-9.1	4.67	603	276	0.46	183	5.015	0.294	0.2756	0.0155	1569	79
-10.1	0.31	180	109	0.61	26	1.250	0.082	0.1369	0.0082	827	47
B175-1.1	0.31	75	94	1.25	11	1.154	0.067	0.1181	0.0059	720	34
-2.1	0.04	595	335	0.56	91	1.355	0.070	0.1428	0.0071	860	40
-3.1	0.54	179	228	1.27	30	1.324	0.087	0.1343	0.0070	812	40
-4.1	0.22	132	80	0.61	20	1.267	0.072	0.1417	0.0065	854	37
-5.1	0.16	455	1051	2.31	88	1.158	0.058	0.1288	0.0061	781	35
-6.1	0.04	1023	1509	1.47	150	0.998	0.052	0.1137	0.0058	694	34
B126-1.1	0.15	227	131	0.58	30	1.090	0.054	0.1225	0.0054	745	31
-2.1	0.14	75	113	1.51	13	1.252	0.071	0.1356	0.0066	819	37
-3.1	0.04	184	174	0.95	29	1.221	0.063	0.1322	0.0063	800	36
-4.1	0.04	286	231	0.81	41	1.126	0.057	0.1260	0.0059	765	34
-5.1	1.06	97	49	0.50	14	1.311	0.117	0.1348	0.0096	815	55
-6.1	130	139	1.07	21	1.230	0.068	0.1338	0.0066	810	38	
-7.1	0.37	99	129	1.31	17	1.300	0.076	0.1393	0.0068	841	38

以上样品数据处理采用 Prawn 程序; 误差为 1σ ; $^{206}\text{Pb}_e$ (%) 指普通铅中的 ^{206}Pb 占全铅 ^{206}Pb 的百分数; 应用实测 ^{204}Pb 和 Cumming & Richard (1975) 的模式成分校正普通铅; 加权平均值 95% 的置信度 (1σ)

和年龄(737 ± 19 、 719 ± 18 Ma)可能是 Pb 丢失造成的。斜长花岗岩是玄武质岩浆分异结晶或辉长岩部分熔融形成的,其时代应略小于或接近于辉长岩时

代。SHRIMP 测年结果表明,略阳三岔子斜长花岗岩的时代远大于辉长岩的,暗示二者可能无任何成因关系。

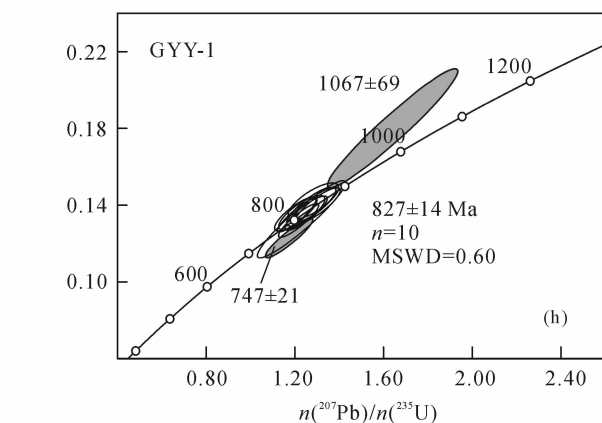
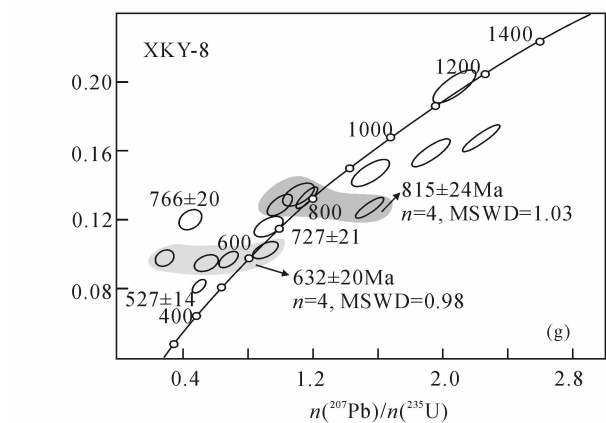
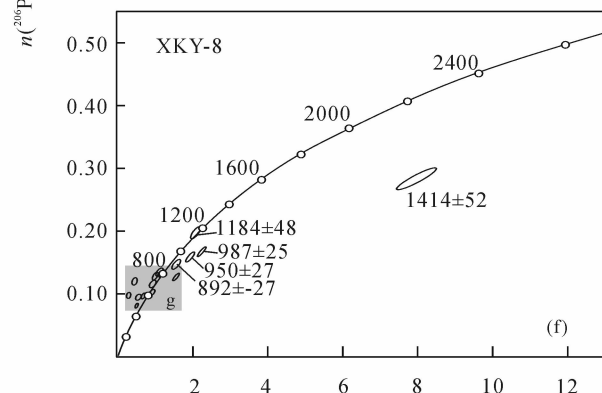
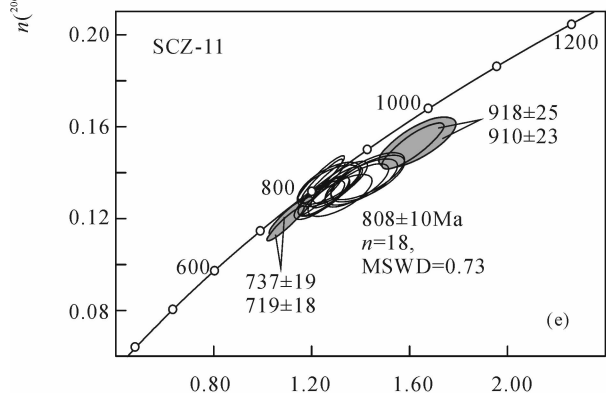
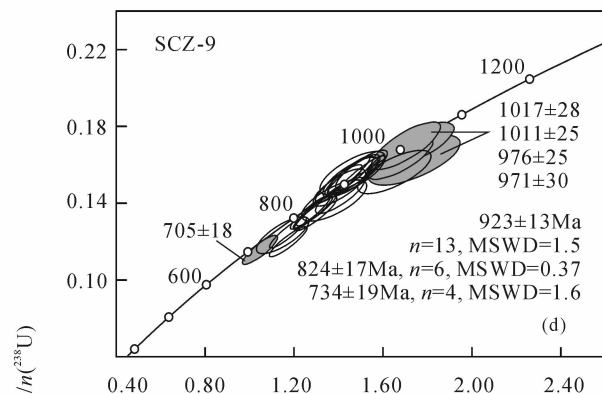
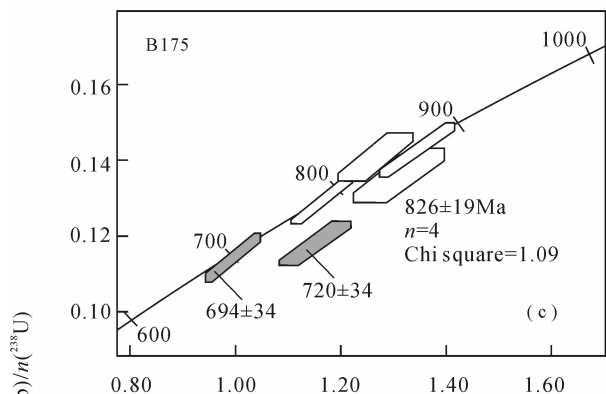
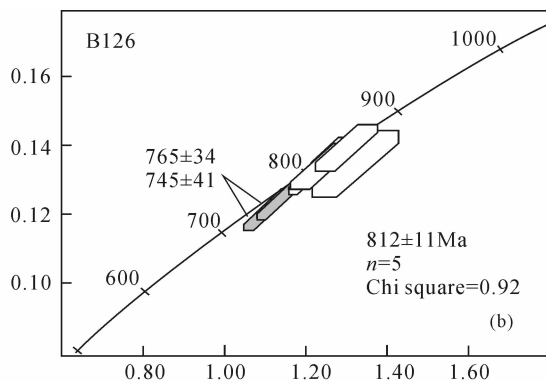
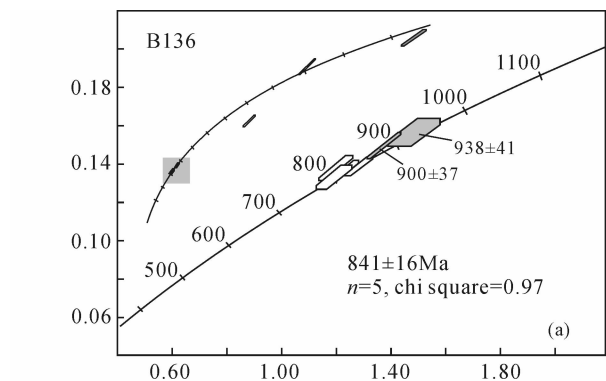


图 2 勉县—略阳构造混杂带康县—勉县段蛇绿岩或铁镁质岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 谐和图
(样品数据处理程序见正文描述)

Fig. 2 SHRIMP zircon U-Pb concordia plots for the samples from ophiolitic or mafic rocks in Kangxian—Mianxian section, Mianxian—Lueyang mélange

样品数据处理程序见正文描述

Darkened blocks are discordant spots to the main population or the concordia line and were rejected in calculations of the mean ages. Discordance may be attributed to radiogenic Pb loss. Data of the sample B126, B136, and B175 were processed using the Prawn, while the others were processed using the Isoplot

辉长岩样品 XKY-8 和辉绿岩 GYY-1 采自勉略带康县—勉县段东部勉县峡口驿镇和宁强县大安镇观音岩(图 1b)。辉长岩样品 XKY-8 的锆石晶粒外形极不规则(图 3),所有晶粒均呈补片状结构,反映了辉长岩经历了强烈的后期构造作用并发生了显

著的蜕晶作用。在 ^{208}Pb 校正的 U-Pb 谐和图上,大部测点与一致曲线不谐和(图 2f)。其中相对比较集中且谐和的一群测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $815 \pm 24\text{Ma}$ ($n=4$, $\text{MSWD}=1.03$)(图 2g),在误差范围内与三岔子辉长岩(SCZ-11)以及勉略带西

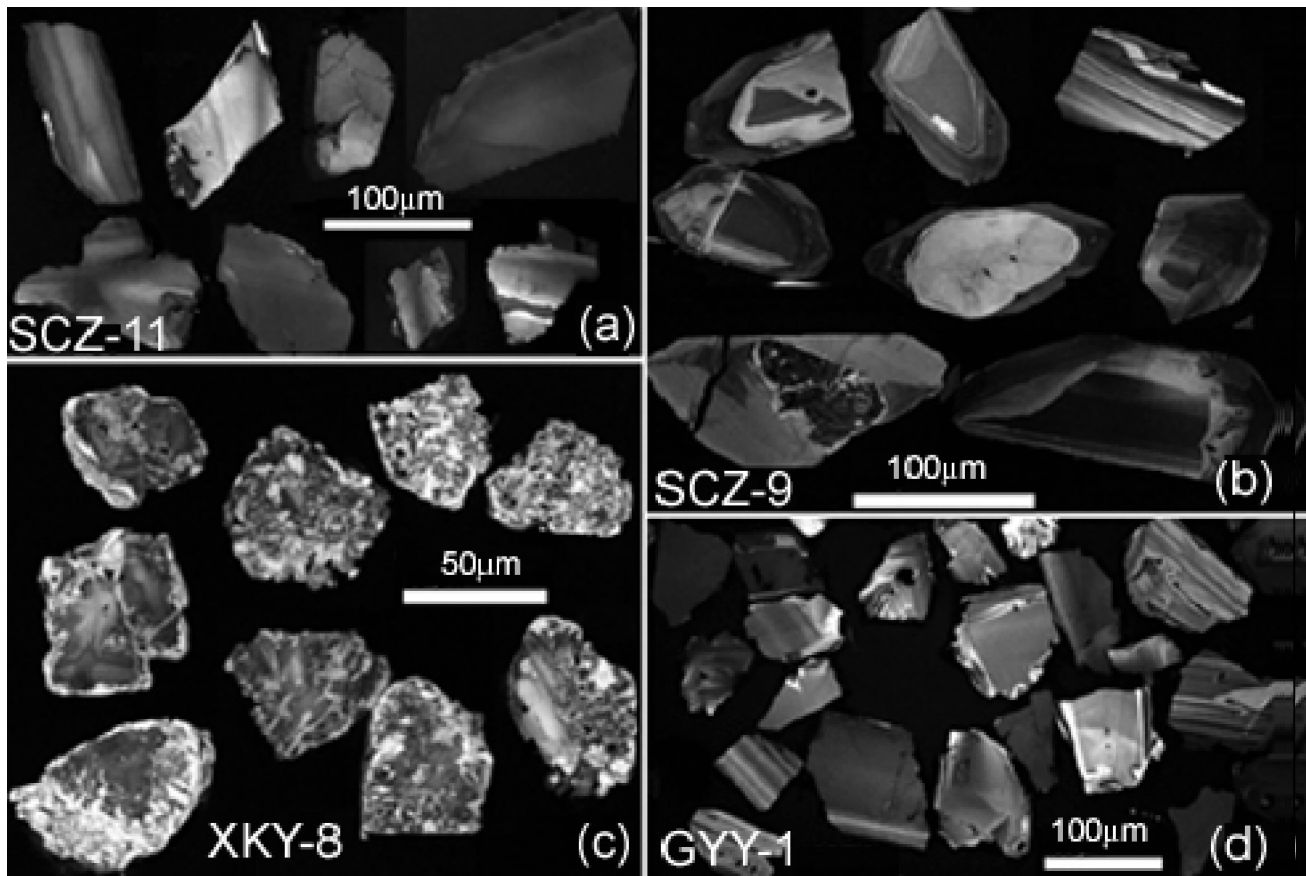


图 3 勉县—略阳构造混杂带康县—勉县段蛇绿岩和铁镁质岩锆石阴极发光图像

Fig. 3 Cathodoluminescence images showing the external appearances and internal structures of zircons from ophiolitic or mafic rocks in Kangxian—Mianxian section, Mianxian—Lueyang mélange

(a)一斜长花岗岩(SCZ-11), 锆石晶粒不规则, 结构均匀, 不具明显环带结构; (b)一辉长岩(SCZ-9), 锆石晶粒呈自形晶, 具环带结构, 部分颗粒含捕晶, 呈核幔结构; (c)一辉长岩(XKY-8), 锆石晶粒不规则, 补片结构, 部分颗粒残留均匀的暗色晶域, 可能是原生锆石残余; (d)一辉绿岩(GYY-1), 锆石晶粒不规则, 结构图均匀, 很少具环带结构

(a)—zircon grains from plagiogranite sample SCZ-11, irregularly external appearance and no zoning internal texture; (b)—zircon grains from gabbro sample SCZ-9, euhedral external appearance and zoning texture, parts of the grains with irregular xenocrysts and core-rim structure; (c)—zircon grains from gabbro sample XKY-8, highly irregular patchy pattern, externally anhedral and internally patchy textured with no zoning structure; (d) zircon grains from diabase sample GYY-1, irregularly external appearance and no zoning texture

段康县附近的铁镁质岩块(B126和B175)的年龄一致,可能代表了峡口驿辉长岩的结晶成岩时代。结合锆石CL图像分析,辉长岩样品(XKY-8)大多数测点的不谐和性与后期强烈构造作用引起的锆石蜕晶作用和Pb丢失关系密切。而另一组加权平均年龄 $632 \pm 20\text{Ma}$ ($n=4$, $\text{MSWD}=0.98$) (图2g)可能是引起辉长岩锆石发生蜕晶作用和普通Pb丢失的主要构造事件的时代记录。较老年龄(1414~892Ma)可能是锆石捕晶的时代。观音岩辉绿岩样品GYY-1的主群锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $827 \pm 14\text{Ma}$ ($n=10$, $\text{MSWD}=0.60$),代表了岩石成岩时代(图2h)。其中较老年龄($1067 \pm 69\text{Ma}$)应是捕获锆石时代,而不谐和年龄($747 \pm 21\text{Ma}$)可能由Pb丢失引起。

3 讨论

本文对东中西不同部位蛇绿岩块或铁镁质岩块的SHRIMP锆石U-Pb测年结果表明:勉略带康县—勉县段代表性铁镁质岩块或蛇绿岩块的形成为新元古代($841 \pm 19 \sim 808 \pm 10\text{Ma}$)。另外,勉略带康县—勉县段和勉(县)—略(阳)—宁(强)三角区的铁镁质岩的形成时代($815 \pm 24 \sim 827 \pm 14\text{Ma}$)也大体相同。据此分析,勉略带康县—勉县段及勉—略—宁三角区铁镁质岩或蛇绿岩所代表的古大洋形成时代为新元古代,而不是古生代。

斜长花岗岩是大洋玄武岩浆(以辉长岩为代表)在低压条件下结晶分异的产物,其时代应略小于或接近于辉长岩时代,可代表蛇绿岩(洋壳)的形成时代(Coleman et al., 1975)。如前文所述,略阳县三岔子乡偏桥沟斜长花岗岩的时代远大于三岔子辉长岩的时代。野外地质调查显示该斜长花岗岩呈孤立的构造块体产于白云母石英片岩中,分析其可能并非是与蛇绿岩有关的大洋斜长花岗岩,或可判定:三岔子乡偏桥沟斜长花岗岩与蛇绿岩无任何成因关系。

据已有资料揭示,古秦岭洋最早的板块俯冲、增生造山事件主要发生于新元古代(张宗清等, 2002b; Yan et al., 2003, 2004; Druschke et al., 2006; Zhou et al., 2002a, 2002b; 凌文黎等, 1996, 2002a, 2002b, 2005; 王宗起, 1998),形成了沿南秦岭分布的残余岛弧—弧前盆地组合。如,碧口岛弧与横丹弧前盆地组合($850 \sim 766\text{Ma}$) (Yan et al., 2003, 2004; Druschke et al., 2006)、西乡岛弧(凌文黎等, 2002a)与三花石弧前盆地组合(王宗起,

1998)、镇安岛弧(凌文黎等, 2002b, 2005)、耀岭河岛弧(张宗清等, 2002b; 凌文黎等, 1996; 张宏飞等, 1997)。这些新元古代岛弧地体的形成时代略有差异,但其主体时代与本文获得的勉略带康县—勉县段蛇绿岩或镁铁质岩石块的时代非常一致。这样,上述沿南秦岭分布的新元古代弧—盆组合与勉略带康县—勉县段蛇绿岩残片所代表的新元古代洋盆在结构和时代上是相配置的。换言之,伴随着勉略带蛇绿杂岩所代表的新元古代秦岭古大洋扩张的同时,在扬子地块北缘发生了一次南向俯冲增生造山作用。然而,这次俯冲增生造山作用是否导致新元古代秦岭洋彻底闭合消亡,目前尚无资料可以确切证实。

再者,勉略带康县—勉县段缺失绝大部分下古生界。如果其中的蛇绿岩残片是新元古代板块俯冲外弧增生楔中的洋壳残片,那么整个早古生代的构造剥蚀作用不可能只保留这些洋壳残片。作为泥盆纪裂谷的勉略带(冯益民等, 2004)也就更不能保留它们了。在勉略带北侧,大面积出露的早古生代深海相沉积岩系—“志留系”白水江群,其中含超镁铁质—铁镁质岩块,如马道楼房沟超镁铁质—铁镁质岩块,暗示南秦岭古大洋可能并未因新元古代俯冲增生造山作用而闭合消亡,早古生代期间仍然存在。留凤关三叠系复理石确定的秦岭印支造山运动(姜春发等, 1963, 1979)以及最近由关家沟组砾岩所确定的三叠纪同碰撞残余海盆(闫全人等, 2004)表明,秦岭古大洋因南北陆块碰撞而于三叠纪最终闭合、消亡。

4 结论

勉略带康县—勉县段蛇绿岩所代表是一个新元古代形成的大洋盆地。据已有研究分析,与新元古代古秦岭洋扩张相伴的,沿扬子地块北缘发育一次南向板块俯冲、增生造山作用,晚古生代裂谷作用(冯益民等, 2004)和早中生代的陆—陆碰撞作用使其遭受了强烈改造。但是,新元古代晚期—早古生代勉略带的构造历程仍是一个需要深入探索和研究的地质之谜。

致谢:感谢刘敦一先生和陈家义先生在实验和野外工作中的指导,感谢张玉海、杨之青、石玉若和陶华等同事在实验过程的帮助。感谢审稿人对本文提出的建设性意见。

参 考 文 献 / References

程振波, 石学法, 鞠小华, 陈志华. 2001. 白令海表层沉积物放射石

- 化石及其沉积环境. 极地研究, 12(1): 24~31.
- 崔春龙. 2001. 硅质岩研究中的若干问题. 矿物岩石, 21(3): 100~104.
- 冯益民, 曹宣铎, 张二册. 2004. 勉县—略阳带大地构造属性之探讨. 地质论评, 50(3): 295~303.
- 冯庆来, 杜远生, 殷鸿福, 盛吉虎, 许继峰. 1996. 南秦岭勉略蛇绿岩混杂带中放射虫的发现及其意义. 中国科学(D辑), 26(增刊): 78~82.
- 简平, 刘敦一, 张旗, 张福勤, 石玉若, 施光海, 张履桥, 陶华. 2003. 蛇绿岩及蛇绿岩中浅色岩的 SHRIMP U-Pb 测年. 地学前缘, 10(4): 439~456.
- 姜春发, 张庆贵, 张玉岫, 朱志直. 1963. 东秦岭地槽型印之运动之存在. 地质论评, 21(3): 116~121.
- 姜春发, 朱志直, 孔凡宗. 1979. 留风关复理石. 地质学报, 53(3): 203~218.
- 赖绍聪, 张国伟, 杨永成, 陈家义. 1997. 南秦岭勉县—略阳结合带变质火山岩岩石地球化学特征. 岩石学报, 13(4): 563~573.
- 赖绍聪, 张国伟, 杨永成, 陈家义. 1998. 南秦岭勉县—略阳结合带蛇绿岩与岛弧火山岩地球化学及其大地构造意义. 地球化学, 27(3): 283~293.
- 赖绍聪, 张国伟, 董云鹏, 裴先治, 陈亮. 2003. 秦岭—大别勉略构造带蛇绿岩与相关火山岩性质及其时空分布. 中国科学(D辑), 33(12): 1174~1183.
- 李春昱, 刘仰文, 朱宝清. 1978. 秦岭及祁连山构造发展史. 见: 国际交流地质学术论文集(1)—区域地质·地质力学. 北京: 地质出版社, 174~187.
- 李曙光, 孙卫东, 张国伟, 陈家义, 杨永成. 1996. 南秦岭勉略构造带黑沟峡变质火山岩的年代学的地球化学——古生代洋盆及其闭合证据. 中国科学(D辑), 26(3): 223~230.
- 李曙光, 侯振辉, 杨永成, 孙卫东, 张国伟, 李秋立. 2003. 南秦岭勉略构造带三岔子古岩浆弧的地球化学特征及形成时代. 中国科学(D辑), 33(12): 1065~1073.
- 凌文黎, 张本仁, 张宏飞, 骆庭川. 1996. 扬子克拉通北缘中、新元古代洋壳俯冲及壳幔再循环作用同位素地球化学证. 地球科学, 21(3): 332~336.
- 凌文黎, 高山, 欧阳建平, 张本仁, 李惠民. 2002a. 西乡群有时代与构造背景; 同位素年代学及地球化学制约. 中国科学(D辑), 32(2): 101~112.
- 凌文黎, 程建萍, 王歆华, 周汉文. 2002b. 武当地区新元古代岩浆岩地球化学特征及其对南秦岭晋宁期区域构造性质的指示. 岩石学报, 18(1): 25~36.
- 凌文黎, 王歆华, 程建萍, 杨永成, 高山. 2005. 南秦岭镇安岛弧火山岩的厘定及其地质意义. 地球化学, 31(3): 222~229.
- 刘敦一, 简平, 张旗, 张福勤, 石玉若, 施光海, 张履桥, 陶华. 2003. 内蒙古图林凯蛇绿岩中埃达克浅色岩 SHRIMP U-Pb 测年. 地质学报, 77(3): 317~327.
- 宋彪, 张玉海, 万渝生, 简平. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论. 地质论评, 48(增刊): 26~30.
- 孙卫东, 李曙光, Yadong Chen, 李育敬. 2000. 南秦岭花岗岩锆石 U-Pb 定年及其意义. 地球化学, 29(3): 209~216.
- 王金宝, 李新正. 2003. 我国放射虫分类学和生态学研究进展与展望. 海洋科学, 27(9): 28~29, 80.
- 王玉净, 舒良树. 2001. 中国蛇绿岩带形成时代研究中的两个误区. 古生物学报, 40(4): 529~532.
- 王宗起. 1998. 南秦岭中段碰撞造山带及其与陆缘盆地演化的耦合关系. 中国科学院地质研究所博士学位论文, 1~103.
- 王宗起, 陈海泓, 李继亮, 郝杰, 赵越, 韩芳林, 郝俊武. 1999. 南秦岭西乡群放射虫化石的发现及其地质意义. 中国科学(D辑), 29(1): 38~44.
- 吴浩若. 1999. 放射虫硅质岩对华南古地理的启示. 古地理学报, (2): 28~35.
- 吴浩若. 2000. 中国的近海放射虫的古环境启示. 地质科学, 35(4): 507.
- 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 1996. 秦岭元古宙西乡群大陆溢流玄武岩的确定及其地质意义. 地质论评, 42(6): 513~522.
- 许继峰, 韩吟文. 1996. 秦岭古 MORB 型岩石的高放射性成因铅同位素组成——特提斯型大洋幔存在的证据. 中国科学(D辑), 26(增刊): 34~41.
- 许继峰, 于学元, 李献华, 韩吟文, 盛吉虎, 张本仁. 1997. 高亏损的 N-MORB 型火山岩的发现: 勉略古洋盆存在的新证据. 科学通报, 42(22): 2414~2418.
- 张国伟, 孟庆任, 赖少聪. 1995a. 秦岭造山带的结构与构造. 中国科学(B辑), 25(9): 994~1003.
- 张国伟, 张宗清, 董云鹏. 1995b. 秦岭造山带主要构造岩石地层单元的构造性质及其大地构造意义. 岩石学报, 11(2): 101~114.
- 张国伟, 孟庆任, 于在平, 孙勇, 周鼎武, 郭安林. 1996. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征. 中国科学(D辑), 26(3): 193~200.
- 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 肖庆辉. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京: 科学出版社, 1~855.
- 张国伟, 董云鹏, 赖少聪, 郭安林, 刘少峰, 孟庆任, 程有顺, 姚平安, 张宗清, 裴先治, 李三忠. 2003. 秦岭—大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带. 中国科学(D辑), 33(12): 1121~1135.
- 张宏飞, 张本仁, 凌文黎, 高山, 欧阳建平. 1997. 南秦岭新元古代地质增生事件: 花岗岩岩石钐同位素示踪. 地球化学, 26(5): 17~23.
- 张宗清, 张国伟, 付国民, 唐索寒, 宋彪. 1996a. 秦岭变质地层年龄及其构造意义. 中国科学(D辑), 26(3): 216~222.
- 张宗清, 唐索寒, 王进辉, 张国伟, 陈家义, 杨永成. 1996b. 秦岭蛇绿岩的年龄; 同位素年代学和古生物证据, 矛盾及其理解. 见: 张旗, 主编. 蛇绿岩与地球动力学. 北京: 地质出版社, 146~149.
- 张宗清. 1997a. 同位素年代学方法与限制. 见: 张炳熹, 等. 主编. 岩石研究的现代方法. 北京: 原子能出版社, 186~200.
- 张宗清, 唐索寒, 宋彪, 张国伟. 1997b. 秦岭造山带晋宁期强烈地质事件构造背景. 地球科学, 18(增刊): 43~45.
- 张宗清, 张国伟, 唐索寒, 许继峰, 杨永成, 王进辉. 2002a. 秦岭勉略带中安子山麻粒岩的年龄. 科学通报, 47(22): 1751~1755.
- 张宗清, 张国伟, 唐索寒. 2002b. 南秦岭变质地层同位素年代学. 北京: 地质出版社, 1~256.
- 张宗清, 唐索寒, 张国伟, 杨永成, 王进辉. 2005. 勉县—略阳蛇绿混杂岩带铁镁质—安山质火山岩块年龄和该带构造演化的复杂性. 地质学报, (4): 531~539.
- 闫全人, 王宗起, 闫臻, Andrew D. Hanson, Peter A. Druschke, 王涛, 卢海峰, 姜春发. 2004. 南秦岭关家沟组砾岩地质时代的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 热年代学研究及其意义. 科学通报, 49(14): 1416~1423.
- 杨丽红, 陈木宏, 郑范, 王汝建. 2002. 南海南部 1.2MaBP 以来古生态环境变化事件的放射虫记录. 科学通报, 47(14): 1098~1102.
- 殷鸿福, 杜远生, 许继峰. 1996. 南秦岭勉略古缝合带中放射虫动物群的发现及其古海洋意义. 地球科学, 20(6): 605~611.
- Coleman R G, Peterman Z E. 1975. Oceanic plagiogranite. Journal of Geophysical Research, 80: 1099~1108.
- Druschke P A, Hanson A D, Yan Quanren, Wan Zhongqi and Wang Tao. 2006. Stratigraphic and U-Pb SHRIMP Detrital Zircon

- Evidence for a Neoproterozoic Continental Arc, Central China; Rodinia Implications. *The Journal of Geology*, 114: 627~636.
- Yan Quanren, Hanson A D, Wang Zongqi, Druschke P A, Yan Zhen, Wang Tao, Liu Dunyi, Song Biao, Jian Ping, Zhou Hui, Jiang Chunfa. 2004. Neoproterozoic subduction and rifting on the northern margin of the Yangtze plate, China; Implications for Rodinia reconstruction. *International Geology Review*, 46 (9): 817~832.
- Yan Quanren, Wang Zongqi, Hanson A D, Yan Zhen, Druschke P A, Wang Tao, Liu Dunyi, Song Biao, Jiang Chunfa. 2003. SHRIMP age and geochemistry of the Bikou volcanic terrane; Implications for Neoproterozoic tectonics on the northern margin of the Yangtze Craton. *Acta Geologica Sinica*, 77(4): 479~490.
- Zhou M-F, Kennedy A K, Sun M, Malpas J, Leshner C M. 2002a. Neoproterozoic arc-related mafic intrusions along the northern margin of South China; Implications for the accretion of Rodinia. *Journal of Geology*, 110: 611~618.
- Zhou M-F, Yan D, Kennedy A K, Li Y, Ding J. 2002b. SHRIMP U-Pb zircon geochronological and geochemical evidence for Neoproterozoic arc-magmatism along the western margin of the Yangtze Block, South China. *Earth and Planetary Science Letters*, 196: 51~67.

SHRIMP Analyses for Ophiolitic—Mafic Blocks in the Kangxian—Mianxian Section of the Mianxian—Lueyang Melange: Their Geological Implications

YAN Quanren^{1, 2)}, WANG Zongqi¹⁾, YAN Zhen¹⁾, XIANG Zhongjin¹⁾, CHEN Junlu³⁾, WANG Tao¹⁾

1) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037;*

2) *Beijing SHRIMP Center, Beijing, 100037;*

3) *Xian Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Xian, 710054*

Abstract

Traditionally, the Mianxian—Lueyang mélangé (MLM) was interpreted to be a suture when the south and north China blocks collided in the early Mesozoic. The ophiolitic and mafic blocks in the MLM were considered as the remnants of a Devonian regenerated oceanic basin. SHRIMP U-Pb analyses for zircon grains in this paper showed that the ophiolitic blocks (sample SCZ-11, XKY-8 and GYY-1) in the Kangxian—Mianxian section of the MLM were formed in the Neoproterozoic, ca $841 \pm 16 \sim 812 \pm 11$ Ma. SHRIMP dating results yielded ages of $827 \pm 14 \sim 808 \pm 10$ Ma to the mafic blocks (sample B126, B136 and B175) in the MLM. However, a plagiogranite block (sample SCZ-9) in the middle of the MLM near a small town Sancazi was dated at ca 923 ± 13 Ma, significantly older than other ophiolitic and mafic blocks. The ages of the ophiolitic and mafic blocks are greatly excellent with each other within the errors. As a result, the update results in the present paper indicated that those ophiolitic and mafic blocks in the MLM are actually the remnants of a Neoproterozoic ocean basin, rather than the so-called Devonian regenerated ocean basin as previously.

Key words: SHRIMP dating; Mianxian—Lueyang mélangé; Neoproterozoic ocean; Qinling Mountains

