

西秦岭天水地区新阳新元古代花岗质片麻岩的 锆石 LA-ICP-MS 定年及其地质意义

丁仁平 裴先治 刘会彬 李佐臣 孙仁奇 刘战庆 孟 勇

(长安大学地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054)

摘要:西秦岭造山带北缘古元古界秦岭岩群中,新识别出新阳新元古代花岗质片麻岩,位于天水市西北部新阳镇东侧。花岗质片麻岩中锆石 Th/U 比值较高,阴极发光图像显示锆石内部振荡环带清晰,具岩浆成因特征。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素加权平均年龄为 (938 ± 4) Ma~ (981 ± 5) Ma,表明花岗质片麻岩形成于新元古代,反映了晋宁期西秦岭北缘存在一次构造热(俯冲碰撞)事件,可能是 Rodinia 超大陆的汇聚事件在西秦岭的响应。

关键词:新元古代;花岗质片麻岩;LA-ICP-MS;锆石 U-Pb 年龄;西秦岭

中图分类号:P597 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2006)06-1217-09

近年来在秦岭造山带尤其在北秦岭构造带中通过 TIMS 和 SHRIMP 锆石 U-Pb 同位素年代学研究,已经识别出较多的新元古代花岗岩类^[1-8]。这些新元古代变质花岗岩类的存在及其组成特征的研究,对揭示秦岭造山带新元古代的构造演化,及对 Rodinia 超大陆汇聚与裂解的响应等重大地质问题具有重要意义^[1-13]。

西秦岭北缘天水地区是东秦岭造山带的西延部分,出露有古元古代造山带结晶基底,包括南部北秦岭西延部分的秦岭岩群以及北部张家川—清水地区的陇山岩群。其中陇山岩群很可能是新太古—古元古代形成的,并经历了 2 500 Ma、2 350 Ma 和 1 900 Ma 的岩浆事件和变质事件^[14]。在这些变质杂岩中除有古生代弱变形花岗岩外,还有较多的规模不等的新元古代片麻状花岗岩类,并且由于遭受后期强烈构造变形变质作用改造,普遍发育有片麻状构造、眼球状构造和条纹—条带状构造,甚至糜棱岩化,成为花岗质片麻岩类。但这些变质花岗岩类普遍缺乏可靠的时代依据。因此,笔者重点对出露于天水西侧新阳镇的秦岭岩群中的花岗质片麻岩进行了 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年研究,以确定它们的形成时代,并探讨其区域大地构造意义。

1 地质背景和岩石学特征

1.1 地质背景

西秦岭北缘天水地区已经鉴别出来的新元古代花岗质片麻岩体大致沿近东西向的渭河流域展布,据天水市幅 1:25 万区域地质调查成果^①,主要分布在划分西秦岭与祁连造山带的新阳—元龙大型韧性剪切带的南侧(图 1)。主要包括天水东侧的元龙花岗质片麻岩和天水西侧的新阳花岗质片麻岩。

新阳花岗质片麻岩体(局部可称为花岗质糜棱岩)北侧与古元古界秦岭岩群中的白云质大理岩—大理岩组合呈韧性剪切带构造关系,南侧则与印支期中细粒黑云母二长花岗岩体呈侵入接触。花岗质片麻岩体中普遍发育片麻状构造、眼球状构造和条纹—条带状构造,甚至糜棱岩化。岩体中均发育有加里东期的深熔花岗岩脉体。由于该地区第四系黄土覆盖较多,导致花岗质片麻岩仅在沟壑中出露,延展情况不明。

1.2 岩石学特征

新阳花岗质片麻岩具有中—中粗粒似斑状花岗结构,片麻状构造、条纹—条带状构造以及眼球状构造,眼球体均由压扁拉长的灰白色—浅肉红色微斜长石定向组成,含量变化

收稿日期:2006-05-15;改回日期:2006-08-24

基金项目:国家自然科学基金项目(40572121、40234041)、教育部科学技术研究重点项目(104175)和中国地质调查局地质大调查项目(200013000154)资助。

作者简介:丁仁平,男,1962年生,博士生,主要从事构造地质学和区域地质学研究;E-mail:sapingd@sina.com。

①裴先治,李勇,丁仁平,等.天水市幅 1:25 万区域地质调查报告.长安大学地质调查研究院,2004.

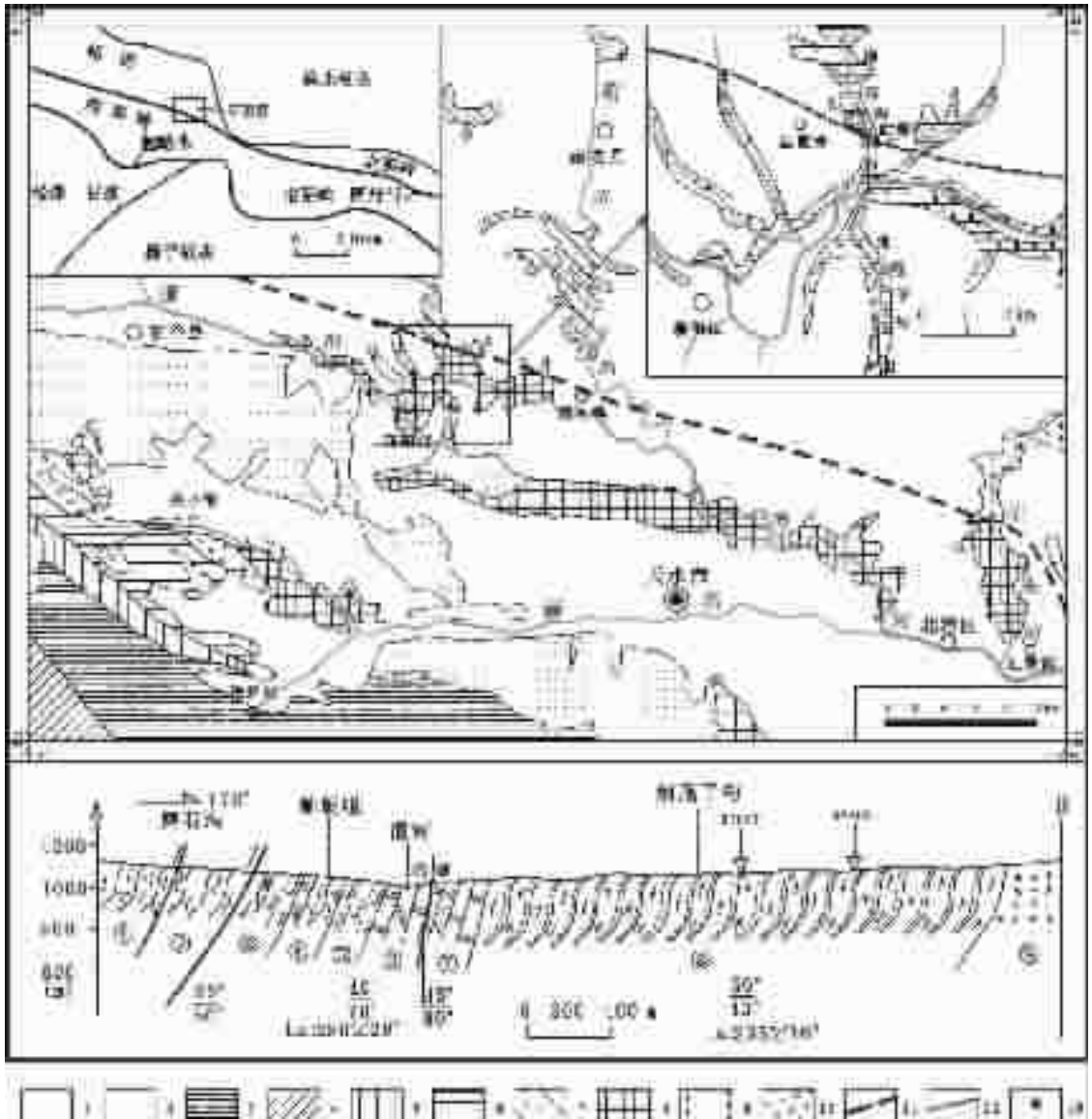


图1 西秦岭天水地区新阳一带地质简图及地质剖面图

- 1—新生界;2—下白垩统麦积山组;3—上泥盆统大草滩群;4—下古生界太阳寺岩组;5—下古生界李子园群;6—下古生界关子镇蛇绿岩;
- 7—中—新元古界葫芦河岩群;8—古元古界秦岭岩群;9—印支期花岗岩;10—加里东期辉长—闪长岩;11—主边界断裂;
- 12—一般断裂;13—采样位置;①—云母石英片岩;②—绿片岩;③—钙质糜棱岩夹变基性岩构造透镜体;
- ④—云母石英片岩,有变基性岩脉侵入;⑤—一条带状钙质糜棱岩;⑥—一条带状大理岩夹白云质大理岩;
- ⑦—一条带状大理岩夹云母石英片岩;⑧—一条带状、眼球状、条纹状花岗质片麻岩;⑨—中细粒黑云母二长花岗岩

Fig.1 Geological sketch map and section of Xinyang in the Tianshui area, western Qinling

- 1—Cenozoic;2—Lower Cretaceous Maijishan Formation;3—Upper Devonian Dacaotan Group;
- 4—Lower Paleozoic Taiyangsi Formation;5—Lower Paleozoic Liziyuan Group;6—Lower Paleozoic Guanzizhen Ophiolite;
- 7—Meso- and Neoproterozoic Huluhe Group Complex;8—Paleoproterozoic Qinling Group Complex;9—Indosinian granitoids;
- 10—Caledonian gabbro-diorite;11—Main boundary fault;12—Fault;13—Sample location. ①—Mica-quartz schist;②—Greenschist;
- ③—Calcareous mylonite with structural lens of meta-basic rocks;④—Mica-quartz schist with meta-basic dikes;
- ⑤—Banded calcareous mylonite;⑥—Banded marble with dolomitic marble;⑦—Banded marble with mica-quartz schist;
- ⑧—Banded, augen, onyx granitoid gneisses;⑨—Medium-fine grained biotite monzonite

大,主要组成矿物为石英(30%~40%)、斜长石(20%~40%)、微斜长石(10%~20%)和黑云母(10%~15%)、少量白云母(<4%),副矿物有锆石、磷灰石及磁铁矿等,可以定名为黑云母二长花岗质片麻岩。相当一部分岩石具有糜棱岩化特征,石英集合体拉长呈丝带状,微斜长石呈旋转碎斑具有不对称组构特征,显示具有右行走滑剪切运动方向。

2 样品的采集、制样及分析方法

新阳花岗质片麻岩中共采集样品两组,XYZ07、XYZ08 均采自新阳镇东细尾子沟(图 1 中地质剖面图),采样点地理坐标分别为 N34°42′04.5″,E105°33′29.6″和 N34°41′54.3″,E105°33′27.4″。

样品首先在陕西地勘局区域地质矿产研究院采用常规方法进行粉碎,并用浮选和电磁选方法进行分选,在双目镜下挑选出晶形和透明度较好的锆石颗粒。将锆石颗粒粘在双面胶上,然后用无色透明的环氧树脂固定,待环氧树脂充分固化后,对其表面进行抛光至锆石露出。制靶后锆石的阴极发光(CL)显微照相在中国科学院地质与地球物理研究所的 Cameca 电子探针仪器上完成,分析电压为 15 kV,电流为 19 nA。

锆石原位 U-Pb 同位素年龄分析在西北大学大陆动力学国家重点实验室的 LA-ICP-MS 仪器上用标准测定程序进行。分析仪器为 Elan 6 100DRC 型四极杆质谱仪和 Geolas200 M 型激光剥蚀系统,激光器为 193 nm ArF 准分子激光器。激光剥蚀斑束直径为 30 μm 。锆石年龄计算采用国际标准锆石 91 500 作为外标,元素含量采用美国国家标准物质局人工合成硅酸盐玻璃 NIST SRM 610 作为外标, ^{29}Si 作为内标元素进行校正。样品的同位素比值和元素含量数据处理采用 GLITTER(4.0 版,Macquarie University)软件,并采用 Andersen(2002)软件对测试数据进行普通铅校正,年龄计算及成图采用 ISOPLOT(2.04 版)软件完成。详细的实验原理

和流程及仪器参数见袁洪林等^[5]。

3 分析结果

3.1 锆石的 CL 图像特征

从样品(XYZ07、XYZ08)中选取的锆石为浅黄色—无色透明中长柱状、短柱状及半截锥状自形晶体,粒度多为 80~220 μm ,柱状晶体长宽比为 2:1~3:1。

新阳花岗质片麻岩中的锆石晶形较完好,内部结构清晰,锆石的振荡环带明显,虽个别锆石晶体内有不规则状残留锆石出现(具核边结构),但核外环带均以生长环带为特征(图 2~3),表明其为典型岩浆成因的锆石,属于岩浆结晶的产物^[15-20]。

3.2 锆石 U-Pb 年龄

新阳花岗质片麻岩样品(XYZ07)共分析测试了 25 个点,其锆石 U-Pb 分析数据见表 1。可以分出 4 组年龄:第一组年龄有 4 个测点,锆石的 Th/U 比值为 0.32~0.52,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 1 020~1 377 Ma,可能是岩浆捕获基底岩石中的锆石年龄;第二组有 11 个测点,除去 3 个谐和性差的测点外,其余 8 个测点锆石的 Th/U 比值为 0.26~0.71, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和性较好,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 (981 ± 5) Ma(MSWD=1.7),代表了新阳花岗质片麻岩的原岩结晶年龄(图 4-a);第三组有 6 个测点,锆石的 Th/U 比值为 0.29~0.83,除有 1 个谐和性差外,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 900~925 Ma, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 (913 ± 18) Ma(MSWD=8.9),可能代表后一期岩浆作用事件;第四组年龄有 4 个测点,除有 1 个谐和性差外,其余 3 个测点锆石的 Th/U 比值为 0.05~0.19,相对其他 3 组,Th/U 比值较小, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 825~887 Ma,可能与区域变质作用时代一致。综合分析上述各组年龄值,XYZ07 代表的新阳花岗质片麻岩的主体结晶时代应为 (981 ± 5) Ma,其形成时代为新元古代。

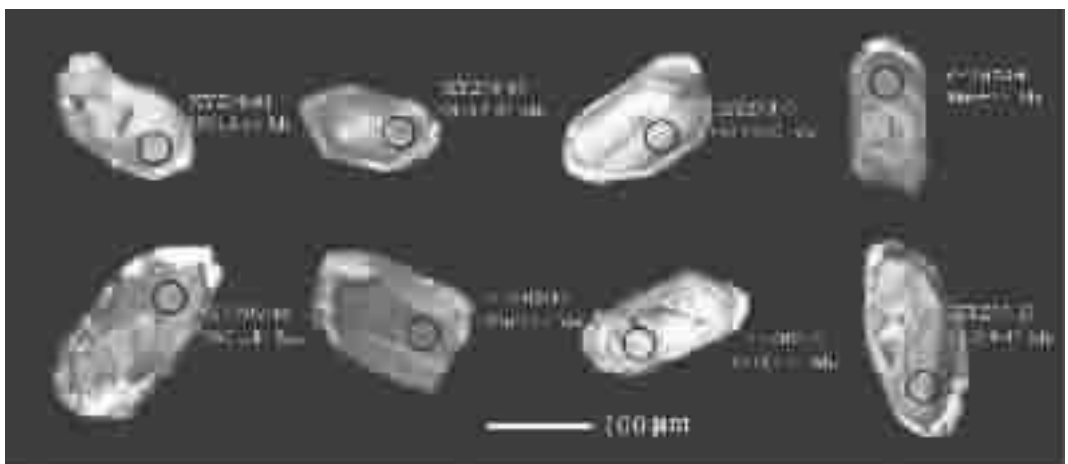


图 2 XYZ07 中典型锆石的 CL 图像和年龄值

Fig.2 Representative zircon CL images and ages of sample XYZ07

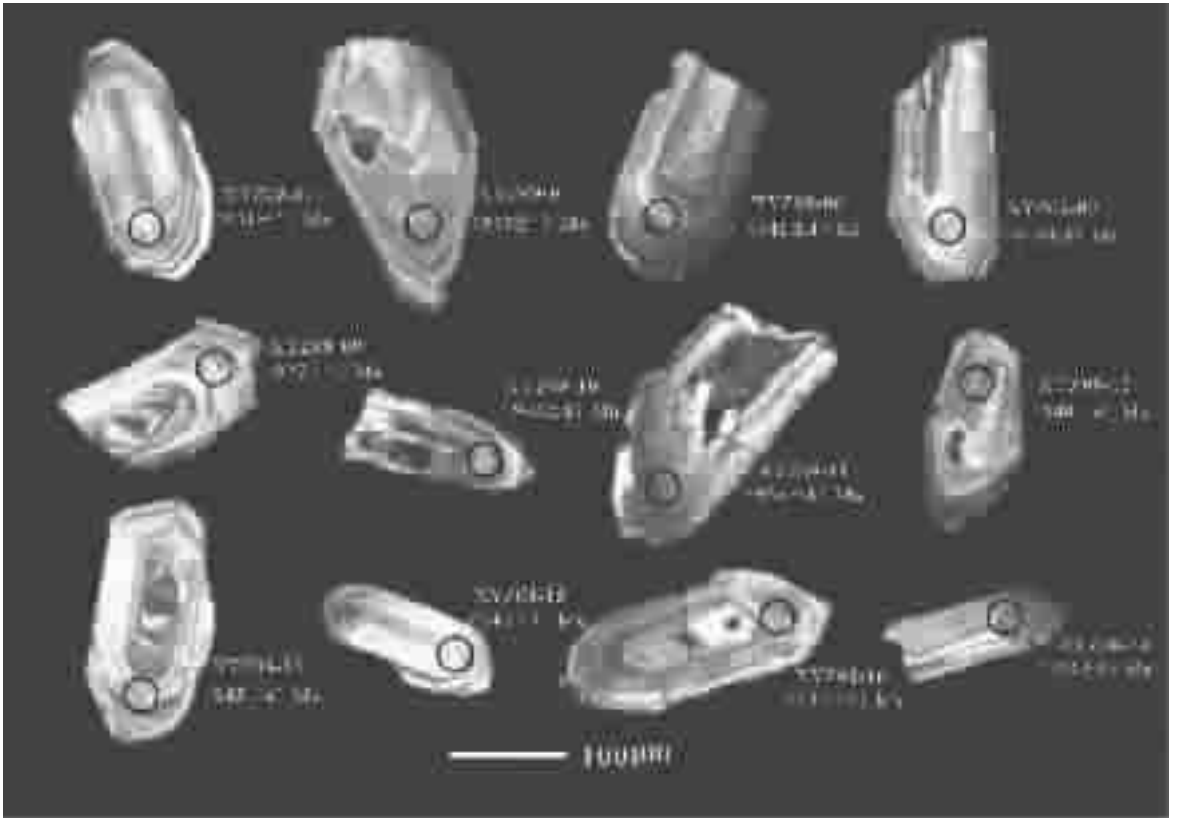


图3 XYZ08中典型锆石的CL图像和年龄值

Fig.3 Representative zircon CL images and ages of sample XYZ08

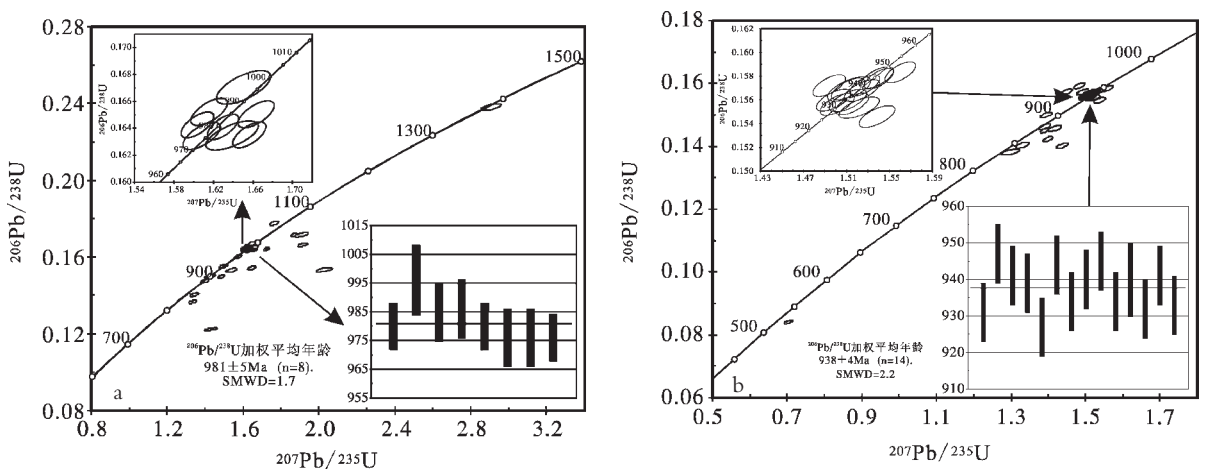


图4 西秦岭新阳花岗质片麻岩中锆石 LA-ICP-MS U-Pb 谐和图

a—样品-XYZ07;b—样品-XYZ08

Fig.4 LA-ICP-MS zircon U-Pb concordia diagram of the Xinyang granitic gneiss in the western Qinling

a-Sample XYZ07;b-Sample XYZ08

表 1 西秦岭天水地区新阳镇花岗质片麻岩(XYZ07)中锆石的 LA-ICP-MS U-Th-Pb 同位素分析
 Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb analysis of the Xinyang granitic gneiss(XYZ07) in the Tianshui area, western Qinling

样号	^{204}Pb (10^{-6})	^{232}Th (10^{-6})	^{238}U (10^{-6})	同位素比值										年龄(Ma)						
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$		
				比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	年龄
XYZ07.01	1.74	104.67	287.89	0.36	0.07203	0.00087	1.62960	0.01292	0.16410	0.00077	0.05523	0.00038	987	9	982	5	980	4	1087	7
XYZ07.02	1.71	98.57	309.96	0.32	0.07208	0.00107	1.76504	0.02060	0.17761	0.00100	0.06185	0.00065	988	15	1033	8	1054	5	1213	12
XYZ07.03	1.10	355.77	499.07	0.71	0.07167	0.00117	1.65045	0.02237	0.16704	0.00102	0.05180	0.00046	977	18	990	9	996	6	1021	9
XYZ07.04	1.35	73.34	282.98	0.26	0.07309	0.00094	1.66324	0.01496	0.16504	0.00082	0.06112	0.00053	1016	10	995	6	985	5	1199	10
XYZ07.05	1.68	47.53	389.98	0.12	0.06875	0.00109	1.39736	0.01793	0.14743	0.00085	0.04789	0.00086	891	17	888	8	887	5	946	17
XYZ07.06	9.41	209.21	471.05	0.44	0.08058	0.00133	1.90696	0.02959	0.17163	0.00099	0.05128	0.00028	1211	33	1084	10	1021	5	1011	5
XYZ07.07	3.37	125.72	349.23	0.36	0.07622	0.00094	1.72416	0.01414	0.16406	0.00079	0.05608	0.00041	1101	9	1018	5	979	4	1103	8
XYZ07.08	1.00	85.55	277.41	0.31	0.07093	0.00093	1.61582	0.01511	0.16522	0.00083	0.05133	0.00045	955	11	976	6	986	5	1012	9
XYZ07.09	2.93	169.57	498.55	0.34	0.07891	0.00091	1.86565	0.01296	0.17149	0.00079	0.06083	0.00038	1170	7	1069	5	1020	4	1194	7
XYZ07.10	19.35	557.29	673.14	0.83	0.09593	0.00183	2.02835	0.03646	0.15336	0.00097	0.04498	0.00025	1546	37	1125	12	920	5	889	5
XYZ07.11	1.15	106.89	359.44	0.30	0.07290	0.00123	1.53836	0.02430	0.15305	0.00091	0.04623	0.00025	1011	35	946	10	918	5	913	5
XYZ07.12	1.01	151.43	447.19	0.34	0.07192	0.00100	1.48586	0.01530	0.14984	0.00078	0.04616	0.00043	984	13	925	6	900	4	912	8
XYZ07.13	1.12	131.00	356.02	0.37	0.07124	0.00096	1.57194	0.01530	0.16003	0.00081	0.04959	0.00042	964	12	959	6	957	5	978	8
XYZ07.14	5.97	89.30	479.80	0.19	0.06950	0.00107	1.34543	0.01937	0.14039	0.00076	0.04263	0.00031	914	32	866	8	847	4	844	6
XYZ07.15	3.40	115.33	380.47	0.30	0.07738	0.00110	1.64636	0.01769	0.15429	0.00083	0.04226	0.00046	1131	13	988	7	925	5	837	9
XYZ07.16	1.18	125.26	394.77	0.32	0.07081	0.00089	1.60382	0.01361	0.16425	0.00079	0.04997	0.00039	952	10	972	5	980	4	986	8
XYZ07.17	34.98	350.70	861.83	0.41	0.08476	0.00179	1.42980	0.02924	0.12235	0.00066	0.03636	0.00041	1310	42	901	12	744	4	722	8
XYZ07.18	2.37	152.28	447.70	0.34	0.06892	0.00119	1.42455	0.02323	0.14991	0.00088	0.04557	0.00024	896	37	899	10	900	5	901	5
XYZ07.19	1.29	176.37	405.40	0.43	0.07135	0.00095	1.60811	0.01540	0.16343	0.00082	0.04974	0.00039	967	12	973	6	976	5	981	8
XYZ07.20	1.18	55.56	106.80	0.52	0.08857	0.00139	2.90794	0.04226	0.23813	0.00140	0.07043	0.00037	1395	31	1384	11	1377	7	1376	7
XYZ07.21	5.02	171.26	349.23	0.49	0.08353	0.00105	1.91611	0.02199	0.16636	0.00083	0.04951	0.00023	1282	25	1087	8	992	5	977	4
XYZ07.22	1.39	86.75	253.41	0.34	0.07272	0.00104	1.63892	0.02169	0.16346	0.00088	0.04939	0.00023	1006	30	985	8	976	5	974	5
XYZ07.23	2.33	127.36	389.35	0.33	0.07346	0.00091	1.65645	0.01369	0.16351	0.00078	0.05644	0.00041	1027	9	992	5	976	4	1110	8
XYZ07.24	1.40	91.30	315.29	0.29	0.06995	0.00099	1.49688	0.01969	0.15520	0.00083	0.04710	0.00023	927	30	929	8	930	5	930	4
XYZ07.25	11.63	42.09	811.45	0.05	0.07086	0.00100	1.33468	0.01780	0.13660	0.00066	0.04139	0.00162	953	30	861	8	825	4	820	31

表 2 西秦岭天水地区新阳镇花岗岩(XYZ08)中锆石的 LA-ICP-MS U-Th-Pb 同位素分析
 Table 2 LA-ICP-MS zircon U-Pb analysis of the Xinyang granitic gneiss(XYZ08) in the Tianshui area, western Qinling

样号	²⁰⁶ Pb (10 ⁻⁶)	²³² Th (10 ⁻⁶)	²³⁸ U (10 ⁻⁶)	Th/U	同位素比值										年龄(Ma)					
					²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁸ Pb/ ²³² Th		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	
					比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ
XYZ08.01	2.31	63.99	335.59	0.19	0.07105	0.00079	1.52182	0.01533	0.15534	0.00074	0.04706	0.00022	959	23	939	6	931	4	929	4
XYZ08.02	1.97	559.01	703.03	0.79	0.07446	0.00097	1.43868	0.01290	0.14019	0.00068	0.04186	0.00025	1054	10	905	5	846	4	829	5
XYZ08.03	1.04	120.74	336.18	0.36	0.07061	0.00083	1.41774	0.01521	0.14562	0.00069	0.04415	0.00019	946	25	896	6	876	4	873	4
XYZ08.04	1.11	111.73	375.94	0.30	0.07149	0.00086	1.56017	0.01161	0.15832	0.00072	0.04709	0.00033	971	8	955	5	947	4	930	6
XYZ08.05	1.27	135.54	263.46	0.52	0.06074	0.00100	0.70370	0.00937	0.08404	0.00045	0.02634	0.00023	630	19	541	6	520	3	525	5
XYZ08.06	1.21	111.42	353.41	0.32	0.07045	0.00084	1.52697	0.01135	0.15722	0.00072	0.04773	0.00032	941	8	941	5	941	4	942	6
XYZ08.07	1.22	101.75	309.36	0.33	0.07052	0.00091	1.52433	0.01339	0.15679	0.00075	0.04765	0.00038	944	10	940	5	939	4	941	7
XYZ08.08	3.15	132.49	868.81	0.15	0.07134	0.00061	1.39919	0.01037	0.14225	0.00062	0.04307	0.00019	967	18	889	4	857	4	852	4
XYZ08.09	1.30	112.87	395.47	0.29	0.07217	0.00093	1.53838	0.01369	0.15460	0.00075	0.04648	0.00040	991	10	946	5	927	4	918	8
XYZ08.10	1.15	166.64	525.62	0.32	0.07079	0.00083	1.54016	0.01098	0.15779	0.00071	0.04790	0.00031	951	8	947	4	944	4	946	6
XYZ08.11	1.12	94.83	338.45	0.28	0.07029	0.00093	1.51141	0.01425	0.15594	0.00077	0.05109	0.00045	937	11	935	6	934	4	1007	9
XYZ08.12	1.12	168.08	378.23	0.44	0.06986	0.00087	1.51156	0.01261	0.15692	0.00074	0.04730	0.00032	924	10	935	5	940	4	934	6
XYZ08.13	1.06	137.37	339.49	0.40	0.07066	0.00087	1.53824	0.01259	0.15787	0.00075	0.04863	0.00034	948	9	946	5	945	4	960	7
XYZ08.14	1.31	116.55	360.56	0.32	0.06965	0.00088	1.49799	0.01317	0.15597	0.00075	0.04759	0.00038	918	10	930	5	934	4	940	7
XYZ08.15	1.27	108.59	200.62	0.54	0.06990	0.00100	1.51250	0.01649	0.15692	0.00083	0.04764	0.00038	925	14	935	7	940	5	941	7
XYZ08.16	1.31	121.29	372.62	0.33	0.06995	0.00088	1.50125	0.01298	0.15563	0.00075	0.04888	0.00038	927	10	931	5	932	4	965	7
XYZ08.17	1.11	189.06	485.43	0.39	0.06877	0.00100	1.33126	0.01502	0.14037	0.00075	0.04041	0.00039	892	15	859	7	847	4	801	8
XYZ08.18	1.32	800.05	1037.75	0.77	0.06891	0.00085	1.49375	0.01250	0.15720	0.00075	0.04809	0.00028	896	10	928	5	941	4	949	5
XYZ08.19	1.28	126.64	398.31	0.32	0.06821	0.00114	1.29932	0.02042	0.13815	0.00080	0.04204	0.00021	875	36	845	9	834	5	832	4
XYZ08.20	1.09	119.07	396.84	0.30	0.06899	0.00089	1.39035	0.01283	0.14615	0.00072	0.04568	0.00039	898	11	885	5	879	4	903	8
XYZ08.21	2.05	332.65	637.05	0.52	0.06955	0.00077	1.39110	0.00910	0.14505	0.00064	0.04606	0.00025	915	7	885	4	873	4	910	5
XYZ08.22	1.09	114.24	341.98	0.33	0.06747	0.00084	1.39534	0.01223	0.14998	0.00073	0.04483	0.00036	852	10	887	5	901	4	886	7
XYZ08.23	1.17	119.43	317.47	0.38	0.06688	0.00082	1.45048	0.01231	0.15728	0.00075	0.04754	0.00035	834	10	910	5	942	4	939	7
XYZ08.24	3.66	63.77	452.43	0.14	0.07060	0.00086	1.51536	0.01272	0.15566	0.00075	0.06006	0.00062	946	10	937	5	933	4	1179	12
XYZ08.25	1.36	161.53	422.17	0.38	0.06758	0.00080	1.48341	0.01153	0.15919	0.00074	0.04773	0.00033	856	9	924	5	952	4	942	6

XYZ08 样品也分析测试了 25 个点,其锆石 U-Pb 分析测试数据见表 2。可以分为 3 组年龄:第一组年龄有 17 个测点,锆石的 Th/U 比值为 0.14~0.77,除有 3 个测点谐和性差外,其余 14 个测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和性较好,下交点年龄为 (937.6 ± 3.9) Ma (MSWD=1.8),其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 (938 ± 4) Ma (MSWD=2.2),代表了新阳花岗质片麻岩的原岩结晶年龄(图 4-b);第二组有 7 个测点,锆石的 Th/U 比值为 0.15~0.79,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 834~879,测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和性较差,加权平均年龄为 (860 ± 15) Ma,可能代表了新元古代的变质作用事件;第三组只有 1 个测点,锆石的 Th/U 比值为 0.52,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 520 Ma,可能与本区加里东期的深熔作用相关。XYZ08 样品所代表的新阳花岗质片麻岩的主体结晶时代可确定为 (938 ± 4) Ma,其形成时代仍为新元古代。

4 讨论

4.1 花岗质片麻岩的形成时代

综合分析 XYZ07 和 XYZ08 两组样品的锆石 U-Pb 年龄值,结合锆石的 CL 图像特征,新阳花岗质片麻岩中所测定锆石内部振荡环带清晰,岩浆成因特征明显,主体结晶时代应在 (938 ± 4) Ma~ (981 ± 5) Ma。XYZ08 样品年龄较 XYZ07 样品年龄略新,野外宏观及室内显微特征上两组样品有一定的差异,XYZ07 样品矿物粒度较 XYZ08 样品略大;虽同属花岗质类,但 XYZ08 样品比 XYZ07 样品更偏酸性,应是反映了成岩过程中岩浆的多期次侵入特点。

两组样品中均具有 830~880 Ma 的一组锆石 U-Pb 年龄值,说明新阳花岗质片麻岩主体结晶成岩后共同经历了近乎同期的一次区域变质作用。

4.2 构造意义

近年来,大量的岩石地球化学及同位素年代学研究表明,在秦岭造山带,特别是东秦岭地区,在其北缘新元古代存在一次构造热事件。如北秦岭德河二长花岗岩锆石 TIMS 和 SHRIMP 法 U-Pb 同位素年龄测定结果分别为 (964.4 ± 5.2) Ma 和 (943 ± 18) Ma,岩石地球化学特征表明具有典型 S 型花岗岩的成分特点,其中锆石的 Th/U 值变化较大也暗示了重熔再造岩浆成因的特征^[9];北秦岭石槽沟花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素年龄 (925 ± 11) Ma 表明其形成于新元古代,为同碰撞型花岗岩,揭示了一次碰撞聚合事件^[10];寨根岩体 SHRIMP 法 U-Pb 同位素年龄为 (914 ± 10) Ma^[9]。牛角山片麻状花岗岩锆石 SHRIMP 年龄为 (955 ± 13) Ma,代表了其形成年龄^[9]。众多学者认为秦岭北缘的构造热事件应为一次俯冲碰撞事件,与 Rodinia 超大陆的汇聚具有一致性^[11-5,8,20-24]。

西秦岭地区相对研究程度较低,但在其北缘也已有新元古代构造热事件的同位素年代学的相关报道,陆松年等^[4]在

天水东侧社棠一带鉴别出郭家坪新元古代花岗质片麻岩,其 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 (953.4 ± 14) Ma。李曙光等^①也在天水以西的武山县城北李家沟糜棱岩化花岗质片麻岩中获得 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 (950.5 ± 12.7) Ma,裴先治等^②也已在天水东元龙一带原秦岭岩群中鉴别出新元古代的花岗质片麻岩,并获得 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素年龄 (924.2 ± 2.7) Ma。西秦岭地区尽管已获得了一批有意义的同位素年龄,但对这些新鉴别出的古老侵入岩体的岩石地球化学特征的研究程度还很低,是否与东秦岭地区一样,是同造山(碰撞)花岗岩,还是其他成因,尚需进一步的研究。

本文所研究的新阳花岗质片麻岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测年结果 (938 ± 4) Ma~ (981 ± 5) Ma 显示,主体结晶成岩时代为新元古代,与陆松年等^[4]、李曙光等^①、裴先治等^②的研究成果基本吻合,印证了在西秦岭北缘确实存在一次新元古代的构造热事件。该次构造热事件可能反映了在晋宁期华北板块南缘与其南侧的华南板块之间的一次碰撞聚合事件,应是 Rodinia 超大陆汇聚在西秦岭地区的响应。

5 结论

(1) LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素年龄测试结果表明西秦岭北缘天水市西新阳一带存在新元古代花岗质片麻岩,其原岩结晶时代为 (938 ± 4) Ma~ (981 ± 5) Ma (MSWD=2.2~1.7)。

(2) 西秦岭北缘天水新阳花岗质片麻岩为新元古代俯冲碰撞热事件的产物,反映了西秦岭北缘晋宁期处于汇聚碰撞阶段,构造岩浆活动强烈,这与 Rodinia 超大陆汇聚事件具有一致性。

致谢: LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄测试得到西北大学大陆动力学国家重点实验室柳小明博士、第五春荣博士等的帮助,在此表示感谢。

参考文献(References):

- [1] 陆松年,李怀坤,陈志宏,等. 秦岭中—新元古代地质演化及对 RODINIA 超级大陆事件的响应[M]. 北京:地质出版社,2003.1~194. Lu Songnian, Li Huaikun, Chen Zhihong, et al. Meso - Neoproterozoic Geological Evolution in the Qinling Orogeny and Its Response to the Supercontinental Events of Rodinia [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003.1~194 (in Chinese with English abstract).
- [2] 陆松年,李怀坤,陈志宏,等. 新元古时期中国古大陆与罗迪尼亚超大陆的关系[J]. 地学前缘,2004,11(2):515~524. Lu Songnian, Li Huaikun, Chen Zhihong, et al. Relationship between Neoproterozoic Cratons of China and the Rodinia [J]. Earth Science Frontiers, 2004,11 (2):515~524 (in Chinese with English abstract).

①李曙光,李王晔.西秦岭—松潘构造形成演化与大陆动力学研究(中期汇报成果).中国科技大学,2005.

②裴先治,李勇,丁仁平,等.天水市幅 1:25 万区域地质调查报告.长安大学地质调查研究院,2004.

- [3] 陆松年, 陈志宏, 李怀坤, 等. 秦岭造山带中—新元古代 (早期) 地质演化[J]. 地质通报, 2004,23(2):107~112.
Lu Songnian, Chen Zhihong, Li Huaikun, et al. Late Mesoproterozoic—early Neoproterozoic evolution of the Qinling Orogen [J]. Geological Bulletin of China, 2004,23 (2):107~112(in Chinese with English abstract).
- [4] 陆松年, 陈志宏, 李怀坤, 等. 秦岭造山带中两条新元古代岩浆岩带[J]. 地质学报, 2005,79(2):165~173.
Lu Songnian, Chen Zhihong, Li Huaikun, et al. Two magmatic belts of the Neoproterozoic in the Qinling Orogenic Belt [J]. Acta Geologica Sinica, 2005,79 (2):165~173 (in Chinese with English abstract).
- [5] 陈志宏, 陆松年, 李怀坤, 等. 北秦岭德河黑云二长花岗片麻岩体的成岩时代—TIMS 和 SHRIMP 锆石 U—Pb 同位素年代学[J]. 地质通报, 2004,23(2):136~142.
Chen Zhihong, Lu Songnian, Li Huaikun, et al. The age of the Dehe biotite monzogranite gneiss in the North Qinling: TIMS and SHRIMP U—Pb zircon dating [J]. Geological Bulletin of China, 2004,23(2):136~142(in Chinese with English abstract).
- [6] 张成立, 刘良, 张国伟, 等. 北秦岭新元古代后碰撞花岗岩的确定及其构造意义[J]. 地学前缘, 2004,11(3):933~42.
Zhang Chengli, Liu Liang, Zhang Guowei, et al. Determination of Neoproterozoic post collisional granites in the North Qinling Mountains and its tectonic significance [J]. Earth Science Frontiers, 2004,11(3):933~42(in Chinese with English abstract).
- [7] 王涛, 张国伟, 裴先治, 等. 北秦岭新元古代北北西向碰撞造山带存在的可能性及两侧陆块的汇聚与裂解 [J]. 地质通报, 2002,21(8-9):216~222.
Wang Tao, Zhang Guowei, Pei Xianzhi, et al. Possibility of the existence of a Neoproterozoic NNW trending Collisoned orogenic belt in the North Qinling and convergence and breakup of blocks on its two sides[J]. Geological Bulletin of China, 2002,21(8-9):216~222.(in Chinese with English abstract).
- [8] 王涛, 张宗清, 王晓霞, 等. 秦岭造山带核部新元古代碰撞变形及其时代—强变形同碰撞花岗岩与弱变形脉体锆石 SHRIMP 年龄限定[J]. 地质学报, 2005,79(2):220~231.
Wang Tao, Zhang Zongqing, Wang Xiaoxia, et al. Neoproterozoic collisional deformation in the core of the Qinling Orogen and its age: constrained by zircon SHRIMP dating of strongly deformed syn-collisional granites and weakly deformed granitic veins [J]. Acta Geologica Sinica, 2005,79 (2):220~231 (in Chinese with English abstract).
- [9] 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 秦岭造山带与大陆动力学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.1~855.
Zhang Guowei, Zhang Benren, Yuan Xuecheng, et al. Qinling Orogenic Belt and Continental Dynamics[M]. Beijing: Science Press, 2001.1~855(in Chinese).
- [10] 裴先治, 李佐臣, 丁仁平, 等. 西秦岭天水地区岛弧型基性岩杂岩的地球化学特征及形成时代[J]. 中国地质, 2005,32(4):529~540.
Pei Xianzhi, Li Zuoichen, Ding Sapng, et al. Geochemical characteristics and zircon U—Pb ages of island—arc basic igneous complexes in the Tianshui ares, West Qinling [J]. Geology in China, 2005,32(4):529~540(in Chinese with English abstract).
- [11] 张宗清, 刘敦一, 宋彪, 等. 秦岭造山带中部存在太古宙岩块—陕西省商南县湘河地区楼房沟斜长角闪岩—浅粒岩锆石 SHRIMP U—Pb 年龄及其意义[J]. 中国地质, 2005,32(4):579~587.
Zhang Zongqing, Liu Dunyi, Song Biao, et al. An Archean block in the Central Qinling orogenic belt: zircon SHRIMP U—Pb ages of the Loufanggou amphibolite—leucogranulite (leptite) in the Xianghe area Sannan, Shaanxi, and their implications [J]. Geology in China, 2005,32(4):579~587(in Chinese with English abstract).
- [12] 杨志华, 郭俊锋, 苏生瑞, 等. 秦岭造山带基础地质研究新进展 [J]. 中国地质, 2002,29(3):246~256.
Yang Zhihua, Guo Junfeng, Su Shengrui, et al. New advances in the geological study of the Qinling orogen [J]. Geology in China, 2002,29(3):246~256(in Chinese with English abstract).
- [13] 裴先治, 王涛, 丁仁平, 等. 东秦岭商丹带北侧新元古代埃达克质花岗岩及其地质意义[J]. 中国地质, 2002,29(3):246~256.
Pei Xianzhi, Wang Tao, Ding Sapng, et al. Geochemical characteristics and geological significance of Neoproterozoic adakitic granitoids on the north side of the Shangdan zone in the East Qinling [J]. Geology in China, 2003,30(4):372~381(in Chinese with English abstract).
- [14] 何艳红, 孙勇, 陈亮, 等. 陇山杂岩的 LA—ICP—MS 锆石 U—Pb 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 2005,21(1):125~134.
He Yanhong, Sun Yong, Chen Liang, et al. Zircon U—Pb chronology of Longshan complex by LA—ICP—MS and its geological significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005,21(1):125~134(in Chinese with English abstract).
- [15] 袁洪林, 吴福元, 高山, 等. 东北地区新生代侵入体的锆石激光探针 U—Pb 年龄测定与稀土元素成分分析 [J]. 科学通报, 2003,48(14):1511~1520.
Yuan Honglin, Wu Fuyuan, Gao Shan, et al. LA—ICP—MS zircon U—Pb dating and rare earth element analyses for Cenozoic intrusion in northeast area [J]. Chinese Science Bulletin, 2003,48 (14):1511~1520(in Chinese).
- [16] Belousova E A, Griffin W L, O'Reilly S, et al. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type [J]. Contrib Mineral Petrol, 2002,143,602~622.
- [17] Siebel W, Blaha U, Chen F, et al. Geochronology and geochemistry of a dyke—host rock association and implications for the formation of the Bavarian Pfahl shear zone, Bohemian Massif [J]. Int. J. Earth Sci. (Geol Rundsch). 2005,94,8~23.
- [18] 杨德彬, 许文良, 裴福萍, 等. 蚌埠隆起区花岗岩形成时代及岩浆源区性质: 锆石 LA—ICP—MS U—Pb 定年与示踪 [J]. 地球化学, 2005,34(5):443~454.
Yang Debin, Xu Wenliang, Pei Fuping, et al. Formation time and mana source of granites in Bengbu uplift: evidence from LA—ICP—MS zircon U—Pb dating and tracing [J]. Geochimica, 2005,34(5):

- 443~454.(in Chinese with English abstract).
- [19] 丁兴,周新民,孙涛.华南陆壳基底的幕式生长—来自广东古寨花岗闪长岩中锆石 LA-ICP-MS 定年的信息 [J].地质论评,2005,51(4):382~392.
- Ding Xing, Zhou Xinmin, Sun Tao. The episodic growth of the continental basement in South China: single zircon LA-ICP-MS U-Pb dating of Guzhai Granodiorite in Guangdong [J]. Geological Review, 2005, 51(4): 382~392 (in Chinese with English abstract).
- [20] Chen Danlin, Liu Liang, Sun Yong, et al. Determination of the Neoproterozoic Granite in the Eastern Qinling Mountains Shicaogou syn-collision and its geological implications [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(1): 73~82.
- [21] 裴先治. 东秦岭商丹构造带的组成与构造演化 [M]. 西安: 西安地图出版社, 1997. 1~120.
- Pei Xianzhi. Composition and Tectonic Evolution of the Shangdan Structural Zone in the East Qinling, China [M]. Xi'an: Xi'an Cartographic Press, 1997. 1~120 (in Chinese with English abstract).
- [22] 裴先治, 王涛, 王洋, 等. 北秦岭晋宁期主要地质事件及其构造背景探讨 [J]. 高校地质学报, 1999, 5(2): 137~147.
- Pei Xianzhi, Wang Tao, Wang Yang, et al. Major geological events of Jinning Period and their tectonic settings in the North Qinling [J]. Geological Journal of China Universities, 1999, 5(2): 137~147 (in Chinese with English abstract).
- [23] 张宗清, 张国伟, 唐索寒, 等. 秦岭造山带晋宁期强烈地质事件及其构造背景 [J]. 地球学报, 1997, 18(增刊): 43~45.
- Zhang Zongqing, Zhang Guowei, Tang Suohan, et al. Jinning strong geological events in the Qinling orogenic belt and their tectonic setting [J]. Acta Geoscientia Sinica, 1997, 18(sup): 43~45 (in Chinese with English abstract).
- [24] 张本仁, 高山, 张宏飞, 等. 秦岭造山带地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 2002. 1~187.
- Zhang Benren, Gao Shan, Zhang Hongfei, et al. Geochemistry of Qinling Orogenic Belt [M]. Beijing: Science Press, 2002. 1~187 (in Chinese with English abstract).

LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of the Xinyang Neoproterozoic granitoid gneisses in the Tianshui area, western Qinling, and its geological significance

DING Sa-ping, PEI Xian-zhi, LIU Hui-bin, LI Zuo-chen,
SUN Ren-qi, LIU Zhan-qing, MENG Yong

(Faculty of Earth Science and Land Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: The Xinyang Neoproterozoic granitoid gneiss, identified from the Paleoproterozoic Qinling Group complex on the northern margin of the western Qinling orogen, is located to the east of Xinyang town of the northwestern Tianshui. The internal CL images of zircons in granitoid gneiss show that the zircons have higher Th/U ratios and clear oscillatory zoning, indicating an igneous origin. The acquired LA-ICP-MS zircon U-Pb weighted average ages (938 ± 4 Ma and 981 ± 5 Ma) indicate that the granitoid gneiss was formed in the Neoproterozoic and that a tectono-thermal event (subduction and collision) occurred on the northern edge of the West Qinling during the Jinningian, which is presumed to be the response of the convergence of the supercontinent Rodinia in the West Qinling.

Key words: Neoproterozoic; granitoid gneisses; LA-ICP-MS dating; zircon U-Pb age; western Qinling

About the first author: DING Sa-ping, male, born in 1962, doctor candidate, mainly engages in the study of regional geology and tectonics; E-mail: sapingd@sina.com.