

山东新泰孟家屯岩组锆石特征及其年代学意义

杜利林¹⁾ 庄育勋²⁾ 杨崇辉¹⁾ 万渝生¹⁾ 王新社¹⁾ 王世进³⁾ 张连峰⁴⁾

1) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037; 2) 中国地质调查局, 北京, 100035;

3) 山东省地质调查院, 济南, 250013; 4) 山东省地质科学实验研究院, 济南, 250013

内容提要 本文借助于离子探针技术(SHRIMP II), 对孟家屯岩组的石榴子石石英岩、含十字石石榴黑云母片岩、斜长角闪岩, 以及孟家屯岩组的围岩条带状黑云斜长片麻岩(原岩为英云闪长岩)等进行了锆石年代学测定, 并结合阴极发光和背散射电子图像反映出的锆石形态和微区特征, 得出不同锆石微区的年龄。经分析有几组年龄值, 分别为: 2742 Ma 和 2717 Ma, 2695 Ma, 2642~2620 Ma。结合笔者其他的研究分析, 它们分别代表孟家屯岩组源区岩石年龄、英云闪长岩的侵入年龄、变质作用年龄。在此基础上, 较为完整的论述了孟家屯岩组演化历史。本文的同位素年代学资料为鲁西孟家屯岩组最新的资料, 尤其是首次获得了孟家屯岩组准确的源区岩石年龄, 并且准确地限定了孟家屯岩组的形成时代。对研究孟家屯岩组, 以及泰山岩群和整个鲁西的地质演化历史有重要的意义。

关键词 离子探针 孟家屯岩组 锆石 源区岩石年龄 地质演化

孟家屯岩组是出露于山东省新泰市孟家屯—洋国庄一带的一套石英岩组合的表壳岩。自1992年山东省地质矿产局第九地质队发现以来, 陆续进行了一些工作, 这些工作主要集中在孟家屯岩组的归属及形成时代上(张连峰, 1994; 宋志勇等, 1994; 曹国权等, 1996), 目前仍存在较大争议。一种观点认为孟家屯岩组是泰山岩群底部的一个岩组^①(张连峰, 1994); 另一种观点认为孟家屯岩组是独立于泰山岩群, 与泰山岩群在形成环境上相差很远的一套表壳岩(曹国权等, 1996)。由于前人研究中取得的年代都是孟家屯岩组的变质年龄^②(张连峰, 1994), 还缺乏准确、可靠的形成年龄, 而这正是确定孟家屯岩组时代及其归属的关键性问题。

高分辨率离子探针(SHRIMP II)定年技术和锆石微区成像技术为解决这一问题提供了新的技术手段。笔者等在野外地质填图、剖面测制、调查孟家屯岩组和其他地质体关系的基础上, 选取了有代表性的几种岩石类型, 通过阴极发光和背散射电子照相等方法对这几种岩石中锆石进行了成因研究和离

子探针年龄测定, 确定孟家屯岩组石英岩和片岩类源区岩石的形成时代是 2717 ± 33 Ma 和 2742 ± 23 Ma 左右, 为一套中酸性岩浆岩系; 得出了条带状黑云斜长片麻岩(英云闪长岩)的侵入年龄为 2695 ± 14 Ma; 判定孟家屯岩组变质原岩的形成时代约在 2717~2695 Ma; 变质年龄比较集中约为 2642~2620 Ma。

1 样品特征及产出的地质背景

工作区位于山东省新泰市西南约 30 km 处孟家屯村西南, 在构造分区上属于鲁西构造区、泰山—蒙山构造杂岩带上。区内主要的地质体为孟家屯岩组、条带状黑云斜长片麻岩、超基性单元、少量的细粒斜长角闪岩侵入体(规模太小, 未在图中标出)、第四系地层(图1)。其中孟家屯岩组主要的岩石类型有石英岩类、片岩类、斜长角闪岩类(早期), 另外还包括少量的浅粒岩和变粒岩。本次工作取孟家屯岩组的石榴子石石英岩、含十字石石榴黑云母片岩、早期中细粒斜长角闪岩, 以及条带状黑云斜长片麻岩

注: 本文为地质矿产部跨世纪人才基金项目 and 同位素开放实验室基金项目联合资助。

① 张连峰, 等. 1993. 山东省区域地质调查报告(新汶、放城幅)。

② 庄育勋, 等. 1999年所做的锆石单颗粒蒸发法年龄未公开资料(分析单位为中国地质科学院地质研究所同位素室)。

收稿日期: 2002-12-23; 改回日期: 2003-05-15; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 杜利林, 男, 1973年生。助理研究员, 从事前寒武纪地质与变质地质研究。通讯地址: 100037, 北京阜外百万庄26号, 中国地质科学院地质研究所。

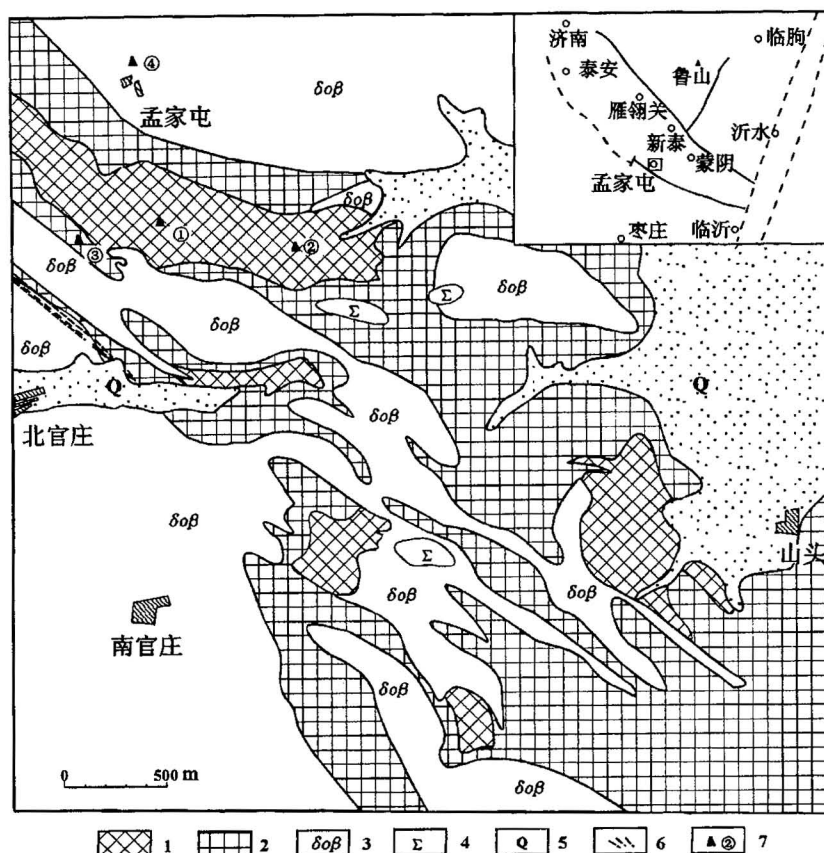


图 1 孟家屯地区地质略图

Fig. 1 Geological map of Mengjiatun area

1—孟家屯岩组石英岩、片岩类; 2—孟家屯岩组中细粒斜长角闪岩类; 3—条带状黑云斜长片麻岩; 4—超基性单元; 5—第四系;
6—韧性剪切带; 7—采样点及样品号

1—Garnet-quartzites and schists of Menjiatun formation complex; 2—mid-fine amphibolite of Mengjiatun formation complex; 3—banding biotite plagiogneiss; 4—ultra-basic unit; 5—Quaternary; 6—ductile shear belt; 7—sampling point and number

作为年代学研究的重点。

1.1 石榴子石石英岩

石榴子石石英岩主要分布于孟家屯村附近, 南官庄北东 1 km, 以及山头村西等地。其中在孟家屯村西南分布面积最大, 北西向延伸达 2 km, 出露最大宽度 400 m 左右。呈北西 310° 走向, 产状 220°/65°, 具块状、片麻状、条带状构造, 主要矿物组成为石英 (65%~75%) 和石榴子石 (20%~25%), 局部含有少量的斜长石、黑云母、磁铁矿、十字石等。

1.2 含十字石石榴黑云母片岩

含十字石石榴黑云母片岩野外和石英岩呈互层状产出, 产状 220°/70°, 片状, 条带状构造, 主要的矿物组成为石英 (50%±)、黑云母 (35%±)、石榴子石 (10%±) 和十字石 (5%±), 其中黑云母多已发生绿泥石化。

1.3 早期中细粒斜长角闪岩

区内的斜长角闪岩 (早期), 有的学者认为是侵入岩, 划归万山庄超单元的南官庄单元^①。笔者通过详细的野外工作发现孟家屯岩组石榴子石石英岩和斜长角闪岩的产状几乎一致, 而且在局部发现斜长角闪岩和孟家屯岩组呈互层状产出, 在斜长角闪岩中夹有孟家屯岩组的石英岩类, 所以我们初步认为斜长角闪岩和石英岩类一样为表壳岩, 属于孟家屯岩组的一部分。野外可见其被条带状黑云斜长片麻岩侵入和包裹。

斜长角闪岩野外出露范围占整个工作区的 25%~30%, 呈北西 310° 走向, 产状 220°/65° 左右, 片麻状、条带状构造, 中细粒结构。主要组成矿物为普通

① 张连峰, 等. 1993. 山东省区域地质调查报告 (新汶、放城幅).

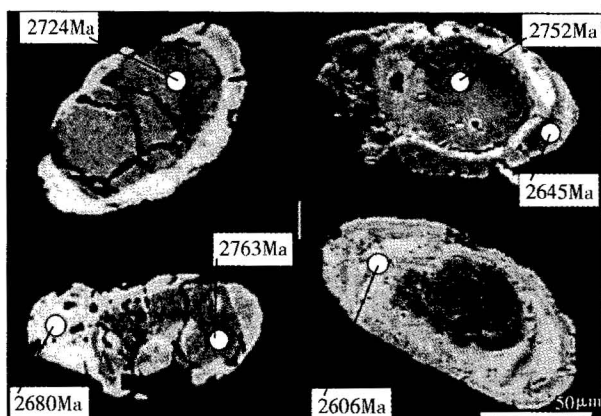


图2 石榴子石石英岩锆石阴极发光和背散射图像
Fig. 2 Zircon images of CL and BSE of garnet-quartzite

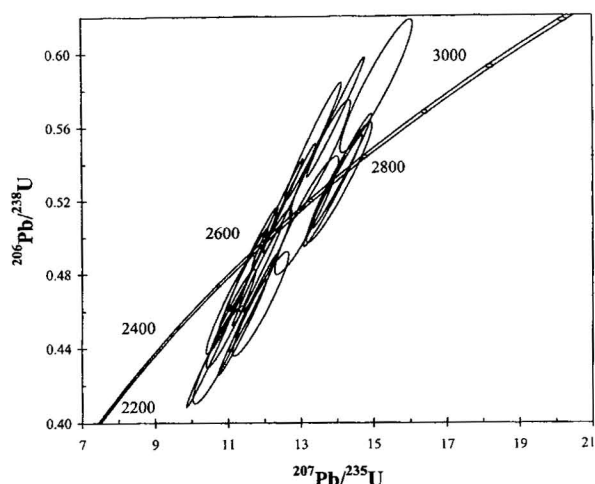


图3 石榴石英岩锆石 U-Pb 图解
Fig. 3 Diagram of zircon U-Pb of garnet-quartzite

角闪石(65%±)、斜长石(25%±),少量的石英,以及后期退变的绿帘石、高岭土。

1.4 条带状黑云斜长片麻岩

条带状黑云斜长片麻岩在野外呈孟家屯岩组的围岩出现,出露规模较大,占整个工作区的30%左右。具条带状构造,局部见其中含有未完全消化掉的石英岩中的石榴子石,包裹有孟家屯岩组斜长角闪岩角砾和残留体。根据包裹关系,其形成时代应晚于孟家屯岩组的石榴子石石英岩和斜长角闪岩。

条带状黑云斜长片麻岩主要组成矿物有石英(20%±)、斜长石(45%±)、角闪石(10%±)、黑云母(15%±),磁铁矿和其他副矿物(5%±)。

庄育勋等(1995)在泰山地区研究中认为条带状

片麻岩(黑云斜长片麻岩)总体表现为成分均匀的岩体外貌;庄育勋等^①认为黑云斜长片麻岩原岩为英云闪长岩,其中的条带为钠质条带,部分是由于外来的 Si-Na 质流体沿构造面理注入交代而成的。

2 孟家屯岩组锆石特征及 SHRIMP 年代学

2.1 石榴子石石英岩

石榴子石石英岩中锆石一般呈椭圆状、短柱状,个别呈长柱状,无规则的晶面。阴极发光(CL)和背散射电子(BSE)图像反映,同一锆石颗粒具有核和增生边的双层结构。内核裂隙发育,但没有穿透到外圈。并且内核与外圈在阴极发光和背散射图像中反映的图像灰度值明显不同(图2)。Claesson et al (2000)研究认为锆石在阴极发光图像上颜色越深, U 的含量越高,反之亦然。白色可能表明部分 Pb 的丢失。从表1可以看出,锆石内核 Th/U 在0.6~1.1之间,Th 和 U 值之间具有较好的正相关性;外部的锆石 Th/U 比值小于0.1,基本符合岩浆锆石 Th/U 比值高(0.5~1.5),变质锆石 Th/U 比值低的特征(小于0.1~0.2)(Williams and Claesson, 1987; Rowley et al., 1997; Harcker et al., 1998; Bradley et al., 1998; Robb et al., 1999; Sue et al., 1999)。根据离子探针分析,内核锆石9个点²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄平均值为2717±33 Ma。外圈锆石7个点²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄平均值为2616±19 Ma(图3)。

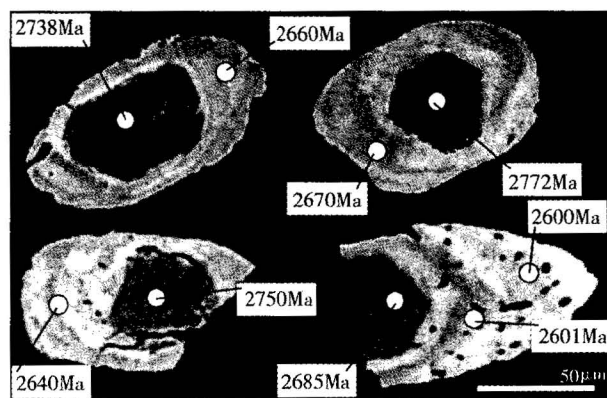


图4 黑云母片岩锆石阴极发光和背散射图像
Fig. 4 Zircon images of CL and BSE of biotite schist

① 庄育勋,等. 1996. 山东省区域地质调查报告(田黄、土旺幅)。

表 1 石榴子石英岩锆石离子探针分析表
Table 1 Zircon SHRIMP II analytic data of garnet-quartz

样号点	²⁰⁶ Pb/ (%)	U (×10 ⁻⁶)	Th (×10 ⁻⁶)	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb* (×10 ⁻⁶)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄(Ma)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb 年龄(Ma)	不和谐 性(%)	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*	±%	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	±%	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±%	误差相 关性
M08-2.2	0.5	62	31	0.52	23.3	2335±78	2637±28	11	0.1783	1.7	10.73	4.3	0.437	4.0	0.919
M08-3.1	0	35	16	0.46	15.3	2665±91	2711±27	2	0.1864	1.6	13.16	4.5	0.512	4.2	0.932
M08-4.1	0.17	60	34	0.58	28.1	2793±90	2662±22	-5	0.1810	1.3	13.54	4.2	0.542	4.0	0.95
M08-5.1	0.12	380	175	0.48	159	2560±80	2642±22	3	0.1788	1.3	12.02	4.0	0.488	3.8	0.943
M08-6.1	0.13	120	23	0.2	50.2	2562±81	2590±13	1	0.1733	0.79	11.66	3.9	0.488	3.8	0.979
M08-6.2	0.16	148	14	0.1	70.7	2849±91	2343±36	-22	0.1497	2.1	11.47	4.5	0.556	4.0	0.884
M08-6.3	0.08	219	8	0.04	104	2845±87	2296±40	-24	0.1457	2.3	11.14	4.4	0.555	3.8	0.853
M08-7.1		122	53	0.45	57.9	2834±88	2609±13	-9	0.1753	.79	13.34	3.9	0.552	3.8	0.98
M08-7.2		221	12	0.06	107	2886±88	2404±41	-20	0.1552	2.4	12.09	4.5	0.565	3.8	0.846
M08-1.1	0.2	177	11	0.06	70.8	2455±77	2586±19	5	0.1729	1.1	11.05	4.0	0.464	3.8	0.959
M08-8.1	0.04	184	17	0.09	75.3	2517±79	2591±12	3	0.1734	0.72	11.42	3.9	0.478	3.8	0.982
M08-8.2	0.39	119	34	0.29	47	2422±78	2616±19	7	0.1761	1.1	11.07	40	0.456	3.9	0.959
M08-9.2	0.06	427	17	0.04	189	2672±82	2601.2±6.7	-3	0.1745	0.4	12.36	3.8	0.514	3.8	0.994
M08-10.2	0.21	253	17	0.07	114	2705±84	2620.5±9.6	-3	0.1765	0.58	12.69	3.8	0.521	3.8	0.989
M08-11.1		121	121	1.04	55.8	2768±86	2752±12	-1	0.1912	0.71	14.14	3.9	0.536	3.8	0.983
M08-11.2	0.03	227	22	0.1	110	2889±88	2645.4±8.7	-9	0.1792	0.53	13.97	3.8	0.565	3.8	0.99
M08-12.2	0.13	343	14	0.04	128	2321±73	2606.2±8.6	11	0.1750	0.51	10.46	3.8	0.433	3.8	0.991
M08-13.1	0.11	125	118	0.97	56.7	2722±85	2757±12	1	0.1917	0.72	13.89	3.9	0.525	3.8	0.982
M08-13.2	0.03	306	44	0.15	122	2460±77	2673.9±8.3	8	0.1823	0.5	11.68	3.8	0.465	3.8	0.991
M08-15.1	0.29	35	23	0.66	16.1	2741±91	2763±22	1	0.1924	1.3	14.06	4.3	0.530	4.1	0.952
M08-16.1	0.12	299	21	0.07	123	2525±79	2637.2±8.0	4	0.1783	0.48	11.79	3.8	0.479	3.8	0.992
M08-17.1	0.15	41	31	0.8	16.3	2458±82	2705±25	9	0.1857	1.5	11.88	4.3	0.464	4.0	0.937
M08-18.1	0.14	31	16	0.54	15.3	2957±97	2724±26	-9	0.1879	1.6	15.08	4.4	0.582	4.1	0.935
M08-15.2	0.13	290	148	0.53	112	2402±76	2680±10	10	0.183	0.61	11.39	3.8	0.451	3.8	0.987

注:分析单位:中国地质科学院地质研究所同位素研究室。误差为1σ,Pbc和Pb*分别代表普通铅和放射成因铅;标准校正的误差为0.42%,普通铅校正用²⁰⁴Pb实测值。

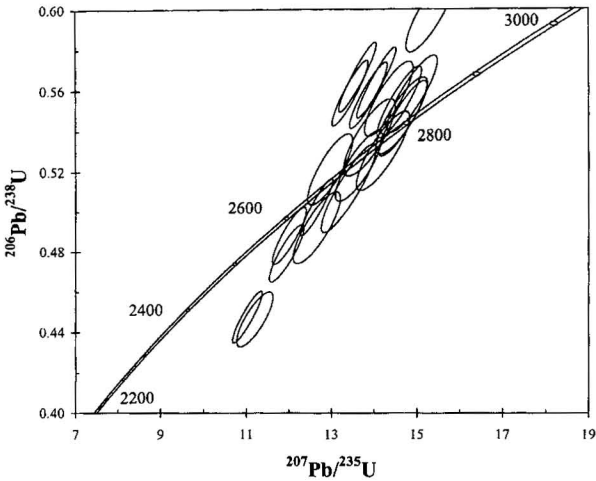


图 5 黑云母片岩锆石 U-Pb 图解

Fig. 5 Diagram of zircon U-Pb of biotite schist

2.2 含十字石石榴黑云母片岩

含十字石石榴黑云母片岩锆石形态多为短柱状,椭圆状,无规则的晶面。从阴极发光和背散射电子照相可以看出(图4),单个锆石颗粒中一般都有一

个内核。内核形态规则,有良好的晶面,显示出明显的岩浆特征;而且外圈包裹锆石与内核在照片的灰度值和 U 含量与 Th/U 比值有很大差异,显示其成因的不同(表2)。含十字石石榴黑云母片岩锆石离子探针分析显示,内核 Th/U 一般大于0.5,锆石12个点²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 平均年龄值为2742±23 Ma;外圈包裹的锆石 Th/U 小于0.1,锆石²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄9个点平均值为2642±23 Ma(图5)。

由于石榴子石石英岩和含十字石石榴黑云母片岩为典型的变质沉积岩,所以断定其内核的锆石为碎屑锆石。从锆石的形态和 Th/U 比值看,都具有典型的岩浆锆石特征,因而,可以判断其源区岩石应为岩浆岩。外圈锆石为典型的变质增生锆石。故所测的内核年龄为源区岩浆岩的形成年龄,变质增生边的年龄为变质年龄。

根据石榴子石石英岩和含十字石石榴黑云母片岩的岩石学、岩石化学分析(表3),以及阴极发光和背散射电子照相中残余锆石特征,初步认为孟家屯岩组的石英岩和片岩类的源区岩石是一套中酸性的岩浆岩系,其形成时代为2740~2720Ma左右,即

表 2 黑云母片岩锆石离子探针分析表

Table 2 Zircon SHRIMP II analytic data of biotite schist

样号点	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (%)	U ($\times 10^{-6}$)	Th ($\times 10^{-6}$)	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$ ($\times 10^{-6}$)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄(Ma)	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄(Ma)	不和谐 性(%)	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$ $\pm\%$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ $\pm\%$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ $\pm\%$	误差相 关性
D242-2-1.1		96	13	0.14	36.9	2379 $\pm$ 40	2670 $\pm$ 25	11	0.1819	1.5	11.20	2.0
D242-2-1.2		41	25	0.64	19.5	2860 $\pm$ 52	2772 $\pm$ 22	-3	0.1935	1.3	14.90	2.2
D242-2-2.1		38	23	0.62	16.1	2579 $\pm$ 51	2712 $\pm$ 27	5	0.1866	1.6	12.66	2.4
D242-2-2.2	0.02	154	1	0.01	63.3	2524 $\pm$ 41	2660 $\pm$ 18	5	0.1807	1.1	11.94	2.0
D242-2-3.1		42	28	0.69	18.7	2664 $\pm$ 62	2742 $\pm$ 23	3	0.1900	1.4	13.41	2.9
D242-2-4.1	0.41	36	21	0.59	16.8	2770 $\pm$ 52	2722 $\pm$ 27	-2	0.1877	1.7	13.90	2.3
D242-2-4.3		135	7	0.06	64.9	2857 $\pm$ 45	2657 $\pm$ 14	-8	0.1804	0.8	13.87	1.9
D242-2-5.1		45	30	0.68	21.5	2850 $\pm$ 50	2717 $\pm$ 23	-5	0.1872	1.4	14.35	2.2
D242-2-6.1		56	21	0.39	28.7	3023 $\pm$ 52	2706 $\pm$ 22	-12	0.1859	1.3	15.34	2.1
D242-2-7.1	0.06	49	31	0.65	23.5	2844 $\pm$ 48	2750 $\pm$ 17	-3	0.1909	1.1	14.59	2.4
D242-2-7.2	0.05	151	1	0.01	58.3	2385 $\pm$ 38	2640 $\pm$ 14	10	0.1786	0.83	11.02	1.9
D242-2-8.1	0.41	29	14	0.5	13.2	2742 $\pm$ 54	2780 $\pm$ 25	1	0.1944	1.6	14.21	2.9
D242-2-9.1	0.06	38	22	0.59	17	2704 $\pm$ 49	2658 $\pm$ 26	-2	0.1805	1.5	12.97	2.7
D242-2-9.2	0.02	103	1	1.01	49.4	2862 $\pm$ 44	2601 $\pm$ 13	-10	0.1745	0.8	13.44	1.9
D242-2-9.3	0.1	139	1	0.01	67.5	2894 $\pm$ 47	2600 $\pm$ 12	-11	0.1743	73	13.62	2.1
D242-2-10.1		36	19	0.55	16.7	2796 $\pm$ 52	1634 $\pm$ 98	-71	0.1006	5.3	7.53	5.7
D242-2-11.1		40	22	0.57	18	2711 $\pm$ 49	2736 $\pm$ 24	1	0.1893	1.5	13.65	2.7
D242-2-11.2	0.04	145	1	0	62.5	2624 $\pm$ 41	2677 $\pm$ 12	2	0.1827	73	12.65	2.0
D242-2-12.1	0.12	35	20	0.59	16.6	2816 $\pm$ 52	2776 $\pm$ 24	-1	0.1940	1.5	14.65	2.7
D242-2-12.2	0.15	98	1	0.01	41.2	2562 $\pm$ 41	2638 $\pm$ 17	3	0.1784	1.0	12.01	2.2
D242-2-13.2		46	27	0.62	21.4	2810 $\pm$ 51	2783 $\pm$ 19	-1	0.1948	1.2	14.68	2.5
D242-2-13.1	0.11	141	1	0.01	68.5	2883 $\pm$ 47	2660 $\pm$ 12	-8	0.1808	0.71	14.06	2.2

分析单位:中国地质科学院地质研究所同位素研究室。误差为 1σ ,Pbc和Pb*分别代表普通铅和放射成因铅;标准校正的误差为0.42%,普通铅校正用 ^{204}Pb 实测值。

表 3 孟家屯岩组全岩分析表(%)

Table 3 Major elements(%) of Mengjiatun Formation complex

样品编号	岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	CO ₂	Total
M05	黑云母片岩	72.14	0.3	13.8	3.56	3.25	0.08	3.28	0.3	0.3	1.52	0.03	1.52	0.24	100.3
M07	石榴石英岩	77.41	0.36	8.47	1.73	6.52	0.19	1.27	0.55	0.75	0.27	0.01	1.38	0.41	99.32
M08	石榴石英岩	72.09	0.25	9.92	3.15	11.46	0.15	0.88	0.52	0.21	0.58	0.01	0.78	0.32	100.32
Zhang *	石榴石英岩	76.62	0.38	7.24	3.89	7.3	0.18	1.66	0.47	0.1	0.12	0.02	2.59	0.11	100.68

注:Zhang * 引自张连峰(1994)表1,编号为自定;分析单位:中国地质科学院国家地质实验测试中心。

新太古代早期。

2.3 早期中细粒斜长角闪岩

斜长角闪岩的锆石呈浑圆状,无规则的形态。在阴极发光和背散射电子照相中可以观察到锆石存在内核和外圈两部分(图6),反映其生成环境的不同。斜长角闪岩的锆石离子探针分析结果如表(表4),锆石外圈U含量普遍较高,Th/U一般小于0.1~0.2,结合锆石的形态特征,其应为变质锆石,锆石7个点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 平均年龄为2609 $\pm$ 12 Ma(图7)(年龄偏低,可能与Pb丢失有关)。核部由于U含量太低,同时可能有部分Pb丢失(Claesson et al., 2000),利用离子探针无法测定其形成年龄。根据野外条带状黑云斜长片麻岩和斜长角闪岩的包裹关系,其形成时代应早于条带状黑云斜长片麻岩的侵

入时代。

2.4 条带状黑云斜长片麻岩

条带状黑云斜长片麻岩的锆石呈柱状,形态比较规则。在阴极发光和背散射电子图像中(图8),

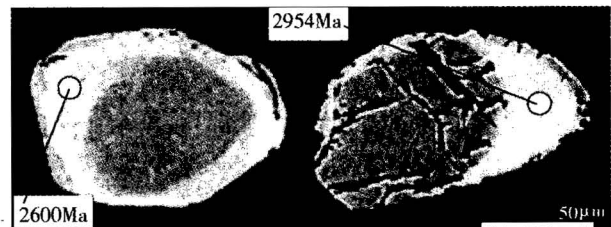


图 6 斜长角闪岩锆石阴极发光和背散射图像

Fig. 6 Zircon images of CL and BSE of amphibolite

表 4 斜长角闪岩锆石离子探针分析表

Table 4 Zircon SHRIMP II analytic data of amphibolite

样号点	^{206}Pb (%)	U ($\times 10^{-6}$)	Th ($\times 10^{-6}$)	$^{232}\text{Th}/$ ^{238}U	$^{206}\text{Pb}^*$ ($\times 10^{-6}$)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄(Ma)	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄(Ma)	不和谐 性(%)	$^{207}\text{Pb}^*/$ $^{206}\text{Pb}^*$	$\pm\%$	$^{207}\text{Pb}^*/$ ^{235}U	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	$\pm\%$	误差相 关性
M06-1.1	0.1	82	0	0	34	2539 $\pm$ 45	2594 $\pm$ 42	2	0.1737	2.5	11.57	3.3	0.483	2.1	0.642
M06-2.1	0.03	458	0	0	192	2558 $\pm$ 37	2600 $\pm$ 17	2	0.1744	1.0	11.71	2.1	0.4871	1.8	0.864
M06-3.1	0.08	149	0	0	62	2547 $\pm$ 40	2593 $\pm$ 27	2	0.1737	1.6	11.60	2.5	0.4844	1.9	0.759
M06-4.1		412	30	0.08	162	2422 $\pm$ 39	2609.6 $\pm$ 7.7	7	0.1754	0.46	11.02	2.0	0.4559	2.0	0.973
M06-6.1	0.09	109	0	0	32	1931 $\pm$ 32	2536 $\pm$ 19	24	0.1678	1.1	8.08	2.2	0.3492	1.9	0.868
M06-7.1	0.02	94	3	0.03	35.6	2355 $\pm$ 42	2574 $\pm$ 18	9	0.1716	1.1	10.43	2.4	0.4409	2.1	0.892
M06-8.1	0.09	113	3	0.03	46.8	2538 $\pm$ 40	2631 $\pm$ 15	4	0.1777	0.89	11.82	2.1	0.4826	1.9	0.908
M06-9.1	0.19	68	4	0.05	27.5	2489 $\pm$ 44	2572 $\pm$ 23	3	0.1715	1.4	11.14	2.5	0.4712	2.1	0.833
M06-10.1		1	0	0.15	0.528	4100 $\pm$ 2300	2485 $\pm$ 78	-65	0.1628	4.6	20	75	0.89	75	0.998

分析单位:中国地质科学院地质研究所同位素研究室。误差为 1σ ,Pbc 和 Pb^* 分别代表普通铅和放射成因铅;标准校正的误差为0.42%,普通铅校正用 ^{204}Pb 实测值。

表 5 条带状黑云斜长片麻岩锆石离子探针分析表

Table 5 Zircon SHRIMP II analytic data of banded biotite plagiogneiss

样号点	²⁰⁶ Pb (%)	U (×10 ⁻⁶)	Th (×10 ⁻⁶)	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb * (×10 ⁻⁶)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄(Ma)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb 年龄(Ma)	不和谐 性(%)	²⁰⁷ Pb * / ²⁰⁶ Pb *	±%	²⁰⁷ Pb * / ²³⁵ U	±%	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±%	误差相 关性
M03-1.1	0.28	146	92	0.65	59	2474±39	2691±15	8	0.1842	0.91	11.89	2.1	0.4679	1.9	0.902
M03-1.2	0.13	88	25	0.29	37.4	2582±43	2711±17	5	0.1864	1.0	12.66	2.3	0.4927	2.0	0.889
M03-2.1	0.59	96	51	0.55	43.1	2701±45	2677±21	-1	0.1826	1.2	13.10	2.4	0.520	2.1	0.856
M03-2.2		73	28	0.4	31.1	2587±45	2684±25	4	0.1834	1.5	12.48	2.6	0.494	2.1	0.812
M03-3.1	0.02	56	25	0.47	23.8	2589±45	2658±19	3	0.1806	1.2	12.31	2.4	0.494	2.1	0.876
M03-4.1	0.26	171	81	0.49	70.9	2533±47	2710±12	7	0.1863	0.70	12.36	2.3	0.481	2.2	0.954
M03-5.1	0.01	67	25	0.38	29	2638±44	2709±16	3	0.1863	10	12.99	2.3	0.506	2.0	0.899
M03-6.1		81	48	0.62	35.5	2663±44	2650±17	0	0.1797	1.0	12.67	2.2	0.511	2.0	0.895
M03-5.2		107	22	0.21	48.8	2732±44	2663±17	-3	0.1811	1.0	13.18	2.2	0.528	2.0	0.888
M03-7.1		83	54	0.68	37.4	2711±44	2695±15	-1	0.1847	0.93	13.31	2.2	0.523	2.0	0.905
M03-8.1	0.06	84	49	0.6	34.3	2492±41	2709±16	8	0.1862	0.96	12.12	2.2	0.4720	2.0	0.902
M03-9.1	0.08	152	62	0.42	64	2563±40	2708±16	5	0.1862	0.97	12.53	2.1	0.4882	1.9	0.891
M03-10.1	0.68	120	19	0.17	52.4	2637±41	2666±16	1	0.1814	0.96	12.64	2.1	0.5055	1.9	0.894
M03-10.2	0.16	137	103	0.78	57	2546±40	2720±13	6	0.1874	0.81	12.52	2.1	0.4844	1.9	0.922
M03-11.1	0.05	279	20	0.07	116	2552±38	2624±11	3	0.1769	0.67	11.85	1.9	0.4857	1.8	0.937

分析单位:中国地质科学院地质研究所同位素研究室。误差为 1σ ,Pbc 和 Pb^* 分别代表普通铅和放射成因铅;标准校正的误差为0.42%,普通铅校正用 ^{204}Pb 实测值。

锆石具有明显规则的环带;其锆石分析结果如表5, Th/U 一般大于0.5,且 U 和 Th 的含量具明显的正相关性,岩浆特征明显,锆石13个点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 平均年龄为 2695 ± 14 Ma,为英云闪长岩的侵入年龄。在岩浆锆石外面包裹有很薄的一圈变质成因的锆石, Th/U 低,但变质增生边很窄,很难对其进行测定,只测得一个点锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄为 2624 ± 11 Ma 左右(图9)。

3 结论及意义

根据以上四个样品的锆石年代学测试,笔者首次获得了准确的孟家屯岩组石英岩类和片岩类的源区岩石年龄为 2717 ± 33 Ma 和 2742 ± 23 Ma,判定孟家屯岩组源区岩石的形成时代在 $2742\sim 2717$ Ma 左

右。同时根据锆石形态、Th/U 比值及其相关性,以及岩石学和岩石化学特征,判定孟家屯岩组的石榴子石石英岩和含十字石石榴黑云母片岩的源区岩石是中酸性的岩浆岩。根据孟家屯岩组源区岩石的形成年龄和英云闪长岩的侵入年龄(22695 ± 14 Ma),准确限定了孟家屯岩组的变质原岩形成时代应为 2717 Ma~ 2695 Ma 之间。根据笔者的工作,将所得年龄数据分为几个阶段:① $2742\sim 2717$ Ma 左右:孟家屯岩组源区岩石形成;② $2717\sim 2695$ Ma:孟家屯岩组的原岩形成;③ 2695 Ma:英云闪长岩的侵入;④ $2642\sim 2620$ Ma:变质作用阶段。

在我们野外实地调查和前期所做的岩石学和岩石化学工作基础上,结合本次锆石年代学工作,初步总结出孟家屯地区的地质演化历史:在 $2742\sim 2717$

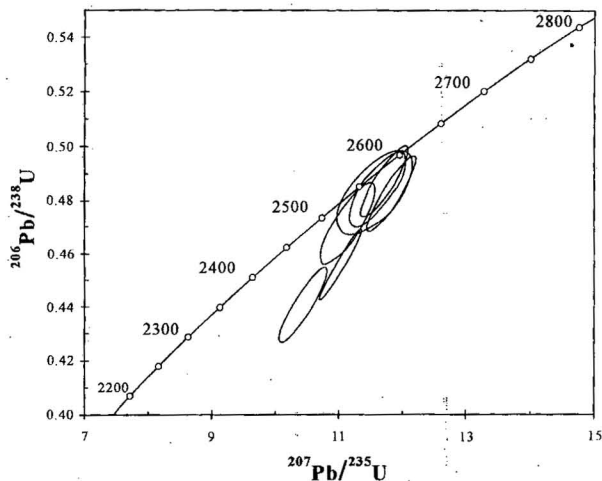


图7 斜长角闪岩锆石 U-Pb 图解
Fig. 7 Diagram of zircon U-Pb of amphibolite

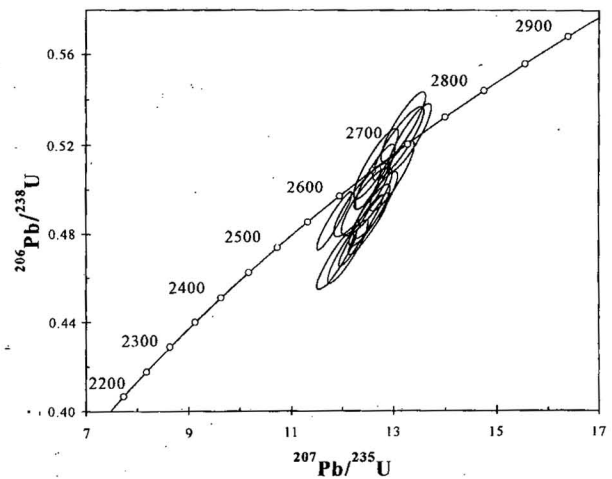


图9 条带状黑云斜长片麻岩锆石 U-Pb 图解
Fig. 9 Diagram of zircon U-Pb of banding biotite plagiogneiss

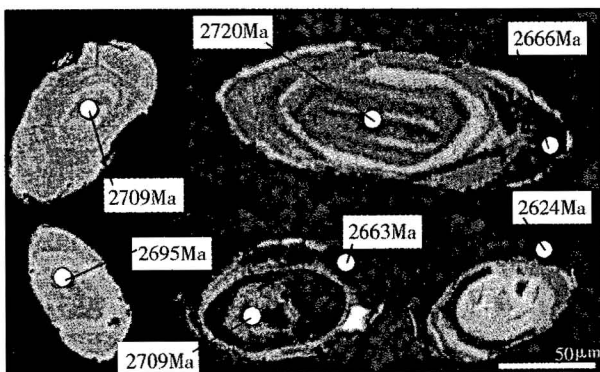


图8 条带状黑云斜长片麻岩锆石阴极
发光和背散射图像
Fig. 8 Zircon images of CL and BSE of banding
biotite plagiogneiss

Ma 左右,区内发生了一定规模的中酸性岩浆活动,紧随其后在很短的时间内,区内可能发生了强烈的构造事件,使中酸性岩浆岩发生剥蚀,在距离源区不远的地方沉积下来。同时伴有基性岩浆活动,这些基性火山岩和剥蚀的沉积物一同形成早期的孟家屯岩组。在2695 Ma 时,区内发生大量的英云闪长岩的侵入。在2642~2620 Ma,区内发生了一期变质作用。

依据我们本次成果,孟家屯岩组变质原岩的形成时代应为2717~2695 Ma 之间,即新太古代早期。前人所获得泰山岩群雁翎关组的年龄主要为 Sm-Nd 等时线年龄:2840±160 Ma、2740±74 Ma(江博明等,1988),2651 Ma^①,2684.9 Ma^②,2150 Ma、2800 Ma^③。目前还没有 SHRIMP 年龄的报道,所以

根据不同的同位素资料难以判定其关系。笔者曾在孟家屯岩组中发现新的变质矿物组合(杜利林等,2003),并初步判定其早于泰山岩群主期变质矿物组合。因此,推断孟家屯岩组可能位于雁翎关组之下。但要进一步的确定两者的关系,还需要详细野外地质调查并配合细致的岩石学、岩石化学以及补充同位素年代学研究资料。

致谢:在孟家屯岩组的野外调查中,受到山东地调院第五研究院党万民工程师的悉心指导和协助;在离子探针实验准备工作中得到中国地质科学院地质研究所宋彪研究员,矿产资源研究所周剑雄研究员、陈振宇助理研究员的帮助。成文过程中,得益于沈其韩先生、耿元生先生和伍家善先生的指导,在此一并表示衷心地感谢!

参 考 文 献

- 曹国权,等.1996.鲁西早前寒武纪地质.北京:地质出版社,27~30.
杜利林,庄育勋,杨崇辉.2003.鲁西孟家屯岩组中发现红柱石和锆尖晶石.地质通报,22(1):65~66.
江博明,欧弗瑞 B,沈其韩,刘敦一,张宗清,董一杰,叶笑江,张群章,柯尼协 J,马西 J.1988.中国太古代地壳演化——泰山杂岩及长期亏损地幔新地壳增生的证据.中国地质科学院地质研究

- ① 1:20万淄博等三幅区调报告.转引自2000年1:20万山东省区域地质调查总结报告.
② 1:20万泰安、新泰幅区调报告.转引自2000年1:20万山东省区域地质调查总结报告.
③ 1:5万沂水、夏蔚幅区调报告.转引自2000年1:20万山东省区域地质调查总结报告.

所刊,第18号,33~57.

宋志勇,张增奇,赵光华,等.1994.鲁西前寒武纪岩石地层清理意见.

山东地质,10(增刊):2~6.

张连峰.1994.初论鲁西太古宇“孟家屯岩组”.山东地质,10(增刊):18~20.

庄育勋,徐洪林,王新社,等.1995.泰山地区新太古代—古元古代地壳演化研究的新进展.中国区域地质,55(4):360~366,352.

References

- John B M, Auvray B, Shen Q H, Liu D Y, Zhang Z Q, Dong Y J, Ye X J, Zhang Q Z, Cornichet J, Mace J. 1988. Archean Crustal Evolution in China: the Taishan Complex, and Evidence for Juvenile Crustal Addition from Long-term Depleted mantle. Bulletin of the Institute of Geology Chinese Academy of Geological Sciences, No.18, 33~57.
- Hacker B R, Ratschbacher L, Webb L, Ireland T, Walker D, Dong Shuwen. 1998. U/Pb zircon ages constrain the architecture of the ultrahigh—pressure Qinling—Dabie Orogen, China. Earth and Planetary Science Letters, 161:215~230.
- Cao Guoquan, et al. 1996. Early Precambrian Geology of Western Shandong. Beijing: Geological Publishing House, 27~30.
- Rowley D B, Xue, F, Tucker R D, Peng Z X, Baker J, Davis A. 1997. Ages of Ultra pressure metamorphic and source rock orthogneisses from the eastern Dabie Shan: U/Pb zircon geochronology. Earth Planet. Sci. Lett., 151:191~203.
- Du lilin, Zhuang Yuxun, Yang Chonghui. 2003. Discovery of andalusite and garnet in the Mengjiatun Formation-complex in western Shandong and its significance. Geological Bulletin of China, 22 (1):65~66.
- Robb L J, Armstrong R A, Waters D J. 1999. The History of Granulite-Facies Metamorphism and Crustal Growth from Single Zircon U-Pb Geochronology: Namaqualand, South Africa. Journal of Petrology, 40(12): 1747~1770.
- Claesson S V, Vetrin T, Bayanova H D. 2000. U-Pb zircon ages from a Devonian carbonatite dyke, Kola peninsula, Russian; a record of geological evolution from the Archaean to the Palaeozoic. Lithos., 51:95~108.
- Song Zhiyong, Zhang Zengqi, Zhao Guanghua, et al. 1994. The Attitude to Stratum of the western Shandong in Precambrian. Shandong Geology, (10):2~6.
- Keay S, Steele D, Compston W. 1999. Identifying granite sources by SHRIMP U-Pb zircon geo-chronology: an application to the Lachlan foldbelt. Contrib. Mineral. Petrol., 137:323~341.
- Williams I S, Claesson S. 1987. Isotopic evidence for the precambrian provenance and caledonian of high grade paragneisses from the seven Nappes, Scandinavian Caledonides; 2, ion microprobe zircon U-Th-Pb. Contrib. Mineral. Petrol., 97:205~217.
- Zhang Lianfeng. 1994. The discuss on Mengjiatun Formation complex of the western Shandong in Archean. Shandong Geology, (10):18~20.
- Zhuang Yuxun, Xu Honglin, Wang Xinshe, et al. 1995. New Advance in the Study of Neoproterozoic—Paleoproterozoic Crustal Evolution in the Taishan Area. Regional Geology of China, 55(4):360~366,352.

Characters of Zircons in the Mengjiatun Formation in Xintai of Shandong and Their Chronological Significance

DU Lilin¹⁾, ZHUANG Yuxun²⁾, YANG Chonghui¹⁾, WAN Yusheng¹⁾, WANG Xinshe¹⁾,
WANG Shijin³⁾, ZHANG Lianfeng⁴⁾

1) Institute of Geology, CAGS, Beijing, 100037; 2) China Geology Survey, Beijing, 100035; 3) Geological Survey of Shandong, Ji'nan, 250013; 4) Shandong Geological Academy, Ji'nan, 250013

Abstract

Zircons in the garnet quartzite, staurolite-bearing garnet-biotite schist, amphibolite, and banded biotite plagiogneiss are dated by means of SHRIMP II, and the shape and micro-texture of the zircons observed with CL and BSE. Ages of 2742 Ma, 2717 Ma, 2695 Ma, and 2642~2620 Ma are obtained in different micro-regions of the minerals. These ages are the age of the protolith of the Mengjiatun Formation, eruption age of tonalite, and age of the main metamorphic stage. The evolution of the Mengjiatun Formation is reconstructed. The most important result is the age of the protolith, which confines the sedimentation age of the Mengjiatun Formation. These results are significant in studying the Mengjiatun Formation, Taishan Group, and the geological evolution of western Shandong.

Key words: SHRIMP II; Mengjiatun Formation; zircon; age; protolith; geochronology