

鲁西泰山岩群地层划分及形成时代

——锆石 SHRIMP U-Pb 测年的证据

* 王世进¹, 万渝生², 宋志勇¹, 杨恩秀¹, 王伟³, 董春艳², 刘丽¹

(1. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 2. 中国地质科学院地质研究所离子探针中心, 北京 100037; 3. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要:精确同位素地质测年结果表明, 泰山岩群下部地层雁翎关岩组(含原柳杭组下亚组)岩浆结晶锆石 SHRIMP U-Pb 年龄(2 747±7)Ma, 孟家屯岩组碎屑锆石内核 SHRIMP U-Pb 年龄(2 717±33)Ma、(2 742±23)Ma, 均属新太古代早期, 形成年龄为 2 750~2 700 Ma; 泰山岩群上部地层山草峪岩组最年轻的碎屑锆石(2 544±6)Ma, 被峰山岩套石英闪长岩和傲徕山岩套二长花岗岩侵入, 它限制了地层形成时代不晚于 2 530 Ma, 柳杭岩组(原柳杭组上亚组)最年轻的碎屑锆石(2 524±7)Ma, 均属新太古代晚期, 被峰山岩套石英闪长岩和傲徕山岩套二长花岗岩侵入, 形成年龄为 2 550~2 530 Ma。

关键词:泰山岩群; 地层划分; 形成时代; 同位素地质测年; 山东省

中图分类号: P597.3

文献标识码: A

1 鲁西地区泰山岩群划分概况

鲁西地区的泰山岩群前人曾进行大量的地质调查研究工作, 其中北京地质学院于 1958—1961 年在该区开展 1:20 万区域地质调查时, 首次提出“泰山群”, 认为泰山群是一套复杂的类地槽型沉积, 自下而上划分为: 万山庄组、太平顶组、雁翎关组、山草峪组。1962—1963 年程裕淇先生等对雁翎关地区的泰山群进行了详细研究, 在斜长角闪岩中发现残存的变余杏仁状构造和岩流特征, 正确区分了变基性熔岩流、变火山凝灰质岩和变基性脉体, 注意了火山旋回的划分, 在雁翎关组之下建任家庄组、山草峪组之上建付家庄-单家峪角闪质岩带, 并于 1982 年同沈其韩、王泽九出版了《山东太古代雁翎关变质火山沉积岩》一书, 肯定了泰山岩群的时代为太古宙, 重点阐明了其内部层位关系及以基性为主的雁翎关组变质火山沉积建造的层序及所含熔岩、凝灰质岩石和沉积岩类形成的地质环境^[1]。1965 年山东省地质局 805 队进行 1:5 万泰安县幅区调时, 将泰山群

改为泰山杂岩。1981—1986 年山东省地质局区域地质调查队郑良峙、王世进等进行“鲁西地区泰山群专题研究”, 废弃了万山庄组和太平顶组, 认为其大部分是英云闪长岩体, 将少量残留地层划归雁翎关组; 在山草峪组之上建柳杭组。1986—1990 年山东省地质局区域地质调查队(王世进等)进行 1:20 万泰安、新泰幅区调进一步完善了上述划分方案, 并将雁翎关组划分为上、中、下 3 个亚组。程裕淇院士 1988 年在鲁西考察早前寒武纪地质时, 同意把他原在新泰雁翎关村北雁翎关组之下划分的任家庄组改划为新甫山片麻状花岗闪长岩。1996 年《鲁西前寒武纪地质》(曹国权等著)首次使用泰山岩群^[2]。1996 年全国地层多重划分对比研究《山东省岩石地层》、2003 年宋明春和王沛成主编的《山东省区域地质》、山东省国土资源厅资源储量处和山东省国土资源资料档案馆 2010 年出版的《山东省矿产资源储量报告编制指南》、张增奇等 2011 年关于《山东省地层划分对比厘定意见》均基本采纳了前人的划分方案^[3-6], 该文采用新编《山东省区域地质》划分方案(表 1)。

* 收稿日期: 2011-03-12; 修订日期: 2012-08-26; 编辑: 陶卫卫

基金项目: 国家自然科学基金(41172172)资助

作者简介: 王世进(1950—), 男, 山东烟台人, 教授级高级工程师, 主要从事区域地质、矿产、农业地质调查研究工作; E-mail: shijinw63@163.com.

表 1 鲁西地区泰山岩群划分沿革

北京地质学院 1958—1960		程裕淇等 1962—1963		1:20 万泰安、新泰幅 区调报告,1990		《山东省岩石地层》1996 《山东省区域地质》2003		本文 2012
泰山群		傅家庄-单家峪 角闪质岩带		柳杭组	上亚组	柳杭组	二段	柳杭岩组(原柳杭组 上亚组)
					下亚组		一段	
	山草峪组	山草峪组		山草峪组	四段	山草峪组	四段	山草峪岩组
					三段		三段	
					二段		二段	
					一段		一段	
	雁翎关组	雁翎关组	上亚组	雁翎关组	上亚组	雁翎关组	三段	雁翎关岩组(含原柳 杭组下亚组)
			下亚组		中亚组		二段	
					下亚组		一段	
	太平顶组	任家庄组				孟家屯 岩组	二(岩)段	孟家屯岩组
万山庄组					一(岩)段			

泰山岩群呈 NNW 向带状零星分布于测区中南部,主要出露于章丘市西麦腰,莱芜市香山,泰安市西南峪,新泰市柳杭、山草峪、雁翎关,沂源县张家坡等地,总出露面积约 100 km²。泰山岩群主要岩性为石榴石英岩、斜长角闪岩、黑云变粒岩、二云石英片岩、透闪阳起片岩、石墨片岩、磁铁石英岩及科马提岩等。自下而上划分为孟家屯岩组、雁翎关岩组、山草峪岩组、柳杭岩组,出露厚度大于 4 000 m。泰山岩群孟家屯岩组分布于新泰市孟家屯一带,其岩性为石榴石英岩、十字石黑云石榴石英岩及石榴石英岩,与沂水岩群及雁翎关组未见直接接触。其他各组均出露较好,层型剖面位于新泰市雁翎关—泰安市化马湾一带。泰山岩群下部地层孟家屯岩组、雁翎关岩组被形成年龄 2 700 Ma 左右的泰山岩套英云闪长质片麻岩侵入^[7-8],而上部地层山草峪岩组、柳杭岩组(原柳杭组上亚组)则被新太古代晚期 2 530~2 500 Ma 的峰山岩套 TTG 质花岗岩、傲徕山岩套二长花岗岩侵入(图 1)。

2 孟家屯岩组

孟家屯岩组以残留体断续分布于新泰市孟家庄—泽国庄一带,呈 NW—SE 向展布,延伸长达 15 km,在新太古代蒙山超单元中呈包体群形式出现。据岩石组合可分为 2 段:一段以粒度粗、石榴石含量高、含黑云母少为特征,局部可见粒度呈粗、中、细的

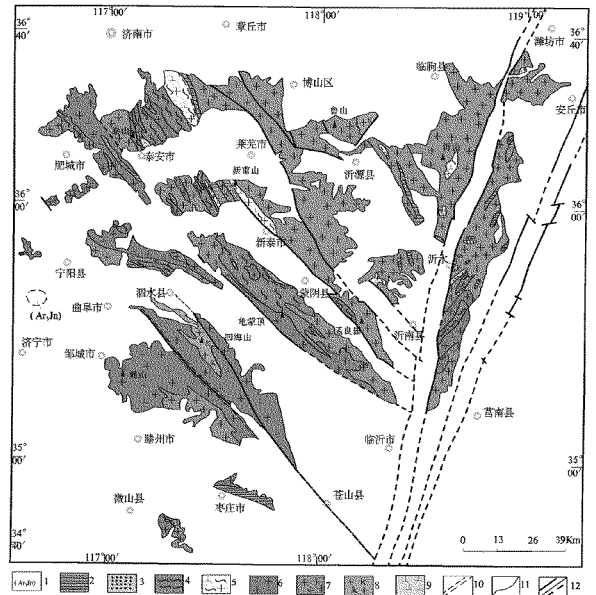


图 1 鲁西地区早前寒武纪地质简图

1—济宁岩群(隐伏);2—泰山岩群;3—沂水岩群;4—新太古代早期泰山岩套英云闪长质片麻岩;5—新太古代中期新甫山岩套 TTG 质花岗岩;6—新太古代晚期峰山岩套 TTG 质花岗岩;7—新太古代晚期傲徕岩套二长花岗岩(含沂水岩套紫苏花岗岩);8—新太古代晚期四海山岩套钾长花岗岩;9—新太古代晚期红岩套辉长岩闪长岩类;10—韧性剪切带;11—地质界线;12—实测、推测断层

韵律性变化,岩性以石榴石英岩夹中细粒石榴长石石英岩为主,顶部为中粒石榴角闪石英岩,厚 96 m。

二段以粒度细,石榴石少,黑云母多为特征,且有磁铁石英岩夹层,主要岩性为石榴黑云石英岩,含石榴黑云长石石英岩,厚 106 m。

该岩组原岩主要为一套成熟度中等的含泥质的碎屑岩,下未见底,上未见顶,与雁翎关组关系不明。中国地质科学院庄育勋、杜利林等^[9]在侵入该组的泰山岩套条带状英云闪长质片麻岩锆石内核 13 个点 SHRIMP²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 平均年龄(2 695±14) Ma,代表岩浆结晶年龄;外圈锆石 1 个点 SHRIMP²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 平均年龄(2 624±11) Ma,代表变质年龄。

孟家屯岩组石榴石英岩中测得锆石内核 9 个点 SHRIMP²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 平均年龄(2 717±33) Ma,代表源岩年龄;外圈锆石 7 个点 SHRIMP²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 平均年龄(2 616±19) Ma,代表变质年龄。孟家屯岩组石榴黑云母片岩锆石内核 12 个点 SHRIMP²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 平均年龄(2 742±23) Ma,代表源岩年龄;外圈锆石 9 个点 SHRIMP²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 平均年龄(2 642±23) Ma,代表变质年龄。说明该岩组在 2 740~2 720 Ma 形成,2 700 Ma 前后被泰山岩套条带状英云闪长质片麻岩侵入,2 640~2 620 Ma 经受区域变质作用^[9]。

3 雁翎关岩组

雁翎关岩组主要分布于新泰市雁翎关—天井峪、长清市界首、沂源县韩旺、沂水县胡同峪、安丘市崔巴峪、汶上县彩山等地。在鲁西各隆起区大都呈 NWW 向展布。只在沂沭断裂带内的安丘市崔巴峪等地呈 NE 走向。主要岩石类型有细粒—微细粒斜长角闪岩、角闪变粒岩、黑云变粒岩、云母片岩、透闪阳起片岩、变质砾岩及少量的磁铁石英岩,出露厚度 200~1 430 m。岩石中的斜长角闪岩中普遍发育管虫状、纺锤虫状等变余构造。根据程裕淇先生等研究成果和 1:20 万泰安、新泰幅区调资料,在雁翎关村,该组厚 1 500 m,据其岩性组合特征自下而上划分为 3 个段:一段为薄层芝麻点状及条带状斜长角闪岩夹黑云变粒岩及角闪变粒岩,上部发育变质砾岩,局部地段阳起透闪片岩及绿泥透闪片岩发育,出露厚度 543 m;二段为厚—薄层条带状斜长角闪岩夹角闪变粒岩及少量黑云变粒岩、透闪阳起片岩,出露厚度 470 m;三段为薄层条带状细粒斜长角闪岩夹阳起片岩及角闪变粒岩,出露厚度 157 m。往东

到天井峪村南,在该组底部,出现以含科马提岩为特征,常见有含滑石斑点的透闪片岩、阳起透闪片岩、透闪阳起片岩,厚 300 余米。3 种岩石渐变组成自下而上的科马提岩小韵律层,韵律层底部为堆晶岩,顶部有变余的鬣刺结构和绿泥石变余淬火边。程裕淇、徐惠芬等^[10]在研究中发现和证实了雁翎关组出露的透闪阳起片岩、滑石蛇纹岩等一系列超镁铁质岩石属科马提岩^[3],它们最厚达 380 多米,出露在新泰市石河庄附近,其中还发现了科马提熔岩的喷发冷凝单元(旋回)。科马提岩和拉斑玄武岩密切共生,伴随有中酸性火山—沉积岩。

该组以细粒斜长角闪岩为主,常见含滑石斑晶的透闪片岩、阳起透闪片岩、绿泥透闪片岩,局部见有科马提岩,发育有变余的鬣刺结构。该组下未见底,区域上该组与孟家屯岩组接触关系不明,根据精确测年结果,孟家屯岩组形成时间比雁翎关岩组稍晚些,暂按上、下关系处理;与上覆山草峪组呈韧性剪切构造接触。

该组在雁翎关地区厚度变化不大,以斜长角闪岩为主,向南则以透闪片岩为主。在济南市历城区团员沟—章丘市火贯一带该组(原划柳杭组下亚组)出露厚度 1 500 m 左右,主要由斜长角闪岩(变质块状和枕状玄武岩)组成,内夹薄层沉积岩、绢英片岩(存在火山凝灰质与沉积岩夹层)。在泰安市界首地区仅出露一段,以斜长角闪岩为主夹阳起片岩,偶见含石墨变粒岩,出露厚度 823 m。在泰安市冯家峪、下长安附近,由于新太古代及古元古代花岗岩侵入并遭受剪切变形,其厚度只有 100 m。往东到沂源县张家坡出露厚度不大,但向南至韩旺一带厚度急剧变大,阳起片岩厚 41 m,斜长角闪岩厚 148 m,且都不连续。沂沭断裂带内的安丘市常家岭—西崔巴峪地区雁翎关组厚度 371 m,斜长角闪岩与变粒岩互层,斜长角闪岩中常见变余杏仁充填构造。在济南市枣林—团员沟一带雁翎关岩组变质玄武岩原岩结构和构造保存相对完好^[11],变质块状玄武岩厚度从几米到几十米,主要分布在该组下部;变质枕状玄武岩厚度通常在几十米以上,主要分布在该组上部,变质块状玄武岩单层厚度从几米至数十米不等,新鲜面通常为墨绿色,具细粒—微晶结构。变质枕状玄武岩单层厚度与块状变质玄武岩类似,整体变形较强,不同大小的岩枕没有明显的分布规律,部分岩枕之间的填充物保留完好,一些变形较弱的露头上,

岩枕的顶底结构显示地层发生了倒转,岩枕上表面与水平面的夹角 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$,指示该组地层为“西老东新”。在火贯村西可以分辨出一些变形十分强烈的变质枕状玄武岩。雁翎关地区的雁翎关岩组内变质枕状玄武岩变形更强^[7],岩枕边部的气孔和杏仁构造发育,岩枕内部出现硅质交带的“眼眉构造”。可能反应了两地枕状玄武岩形成的水体深度不同。该组三段下部斜长角闪岩中变余杏仁构造,保留“红顶绿底”的熔岩特征,反映当时海水较浅,熔岩流露出水面遭氧化作用形成炉渣状、蜂窝状顶层。

综上所述:雁翎关岩组原岩建造为一套海底喷溢的超镁铁质-镁铁质火山熔岩、凝灰岩,并夹少量粉砂岩、泥质粉砂岩。而变质砾岩为火山爆发作用下形成的火山碎屑岩夹层。该组所含 3 个岩性段相当于 3 个火山喷发旋回。根据雁翎关岩组的岩石组合和拉斑玄武岩地球化学组成特征,推测其形成环境与洋底高原更加类似。

中国地质科学院万渝生等在雁翎关岩组下部角闪变粒岩中测得锆石 SHRIMP U - Pb 年龄(2 747 ± 7)Ma(表 2,图 2),并在新泰市天井峪村东南侵入

雁翎关组底部透闪阳起片岩的片麻状石英闪长岩中测得锆石内核 SHRIMP U - Pb 年龄(2 740 ± 6)Ma。万渝生、王伟等在济南七星台地区获得侵入该岩组的 TTG 岩脉和英云闪长片麻岩的年龄分别为(2 706 ± 9)Ma,(2 707 ± 9)Ma。证明该组形成年龄大约在 2 800~2 750 Ma,属新太古代早期。

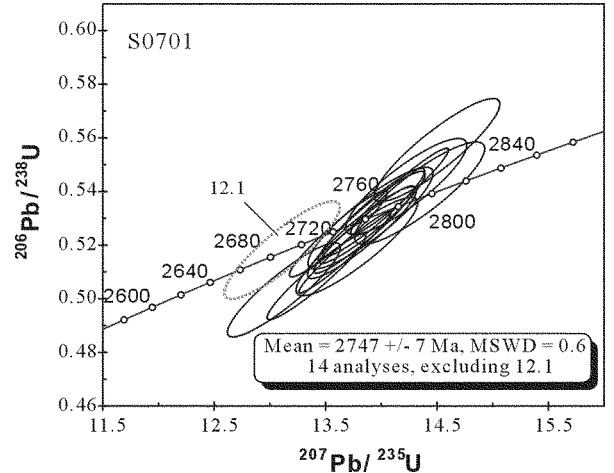


图 2 泰山岩群雁翎关岩组角闪变粒岩锆石 SHRIMP U - Pb 年龄

表 2 泰山岩群雁翎关岩组角闪变粒岩锆石 SHRIMP U - Pb 年龄

Spot	% 206Pbc	10 ⁻⁶ U	10 ⁻⁶ Th	232Th/ 238U	10 ⁻⁶ 207Pb*	207Pb*/ 206Pb*	±%	207Pb*/ 235U	±%	206Pb*/ 238U	±%	err corr	206Pb/238U Age	207Pb/206Pb Age	% Discordant
S0701-1.1	0.85	23	15.14	0.68	10.7	0.1929	1.3	14.34	2.7	0.539	2.3	0.87	2781 ±53	2767 ±22	-0.5
S0701-2.1	0.11	70.8	47.87	0.7	31.5	0.1917	0.48	13.67	2	0.517	1.9	0.97	2688 ±43	2757 ±8	2.5
S0701-3.1	0.27	46.6	28.72	0.64	21.1	0.191	0.67	13.85	2.2	0.526	2	0.95	2724 ±45	2751 ±11	0.98
S0701-4.1	0.36	48.2	40.82	0.87	21.8	0.1883	0.66	13.61	2.1	0.524	2	0.95	2717 ±45	2728 ±11	0.4
S0701-5.1	0.29	45.3	37.84	0.86	19.8	0.1915	0.69	13.42	2.2	0.508	2.1	0.95	2649 ±45	2755 ±11	3.86
S0701-6.1	0.39	68.5	58.01	0.87	31.9	0.1902	0.56	14.16	2	0.54	2	0.96	2783 ±45	2744 ±9	-1.43
S0701-7.1	0.51	48.8	17.53	0.37	22.4	0.1899	0.74	13.93	2.2	0.532	2	0.94	2751 ±46	2741 ±12	-0.36
S0701-8.1	0.65	33.2	23.58	0.73	15.1	0.1911	0.9	13.83	2.3	0.525	2.2	0.92	2719 ±48	2752 ±15	1.2
S0701-9.1	0.84	22.8	16.46	0.75	10.5	0.1902	1.2	13.9	2.7	0.53	2.4	0.89	2742 ±53	2744 ±20	0.08
S0701-10.1	0.71	31.9	18.06	0.58	15	0.1904	1.3	14.22	2.5	0.542	2.2	0.86	2791 ±49	2745 ±21	-1.68
S0701-11.1	0.64	24.8	12.59	0.52	10.8	0.1891	1.1	13.13	2.6	0.503	2.3	0.9	2628 ±50	2735 ±18	3.9
S0701-12.1	0.99	22.4	15.51	0.72	10.1	0.1835	1.3	13.11	2.6	0.518	2.3	0.88	2691 ±51	2685 ±21	-0.2
S0701-13.1	0.47	29.4	20.31	0.71	13.5	0.1903	0.81	13.91	2.3	0.53	2.1	0.93	2743 ±48	2744 ±13	0.05
S0701-14.1	0.89	20.2	11.11	0.57	9.71	0.1893	1.2	14.5	2.6	0.555	2.3	0.89	2848 ±53	2736 ±19	-4.07
S0701-15.1	0.9	19.3	11.36	0.61	8.67	0.1924	1.2	13.78	2.6	0.519	2.3	0.89	2697 ±51	2763 ±20	2.39

4 山草峪岩组

山草峪岩组主要分布在新泰市山草峪、盘车沟,章丘市火贯、西麦腰、官营,沂水县胡同峪,安丘市常家岭,枣庄市太平村及东平县等地。地层总体走向NW,在枣庄一带为NW至近EW向,沂沭断裂带内

的安丘市常家岭一带为NNE向。以不同成分的黑云变粒岩为主夹少量斜长角闪岩、二云片岩及磁铁石英岩,厚 2 110 m。常见粒序层、斜层理、交错层、显微层理及变余砂状结构。该组在鲁西各地发育程度不一,厚度变化较大。山草峪岩组被新太古代晚期峰山岩套片麻状石英闪长岩一片麻状花岗闪长岩

和傲徠山岩套二长花岗岩侵入^[12-15],形成时代不晚于 2 530 Ma。

在新泰市山草峪该组地层出露齐全,自下而上可划分为 4 个岩性段。一段:黑云奥长变粒岩夹角闪黑云片岩、二云斜长变粒岩、角闪变粒岩,下部黑云变粒岩中含有铁铝榴石,出露厚度 624 m。二段:黑云奥长变粒岩夹二云片岩、二云石英片岩及少量浅粒岩,出露厚度 746 m。三段:黑云奥长变粒岩及微粒二云石英片岩夹浅粒岩,二云变粒岩粒序层理发育,出露厚度 453 m。四段:微粒黑云片岩,二云片岩、二云石英片岩、二云石英片岩夹黑云变粒岩、黑云石英片岩,出露厚度 199 m。

该组划分标志明显,以不同成分的黑云变粒岩为主夹二云片岩及少量角闪变粒岩及黑云角闪片岩为特征,下部岩石中常含有铁铝榴石,并在中上部常见粒序层、斜层理及显微层理。该组与下伏雁翎关组及上覆柳杭组均呈韧性断裂接触。

区域上该组中上部发育条带状含铁建造,在局部地段(枣庄—苍山及东平—汶上)形成较大规模的变质铁矿床。

岩相厚度变化情况:在新泰市山草峪—南白塔一带出露地层较全,出露厚度达 2 100 多米。向北西至章丘市火贯—西麦腰一带厚度锐减,岩性为黑云变粒岩夹斜长角闪变粒岩,出露厚度为 1 194 m 和 533 m,大致相当于山草峪组中上部。往南到新泰市盘车沟一带出露该组中上部地层,岩性为黑云变粒岩夹二云片岩,厚 531~953 m。往北延伸到章丘市西麦腰—火贯、官营一带亦出露中上部地层,岩性为黑云变粒岩夹少量斜长角闪岩,厚 533 m。在沂源县张家坡一带山草峪组岩性以黑云变粒岩为主夹角闪变粒岩,出露厚度约 800 m,大致相当于山草峪组中下部。东部沂水胡同峪一带为含石榴黑云变粒岩夹含石榴角闪变粒岩,厚约 83 m。西部在东平县至汶上县一带,为黑云变粒岩夹磁铁石英岩、磁铁角闪石英岩、黑云角闪片岩、斜长角闪岩、透闪阳起片岩等,含铁岩层厚 84~130 m,总厚大于 290 m。平阴县至东阿县一带,为黑云变粒岩夹斜长角闪岩及条带状磁铁矿角闪石英岩,铁质岩层厚度 10~20 m,该组在该地区总厚 1 855 m。沂沭断裂带内的安丘市常家岭一带以黑云变粒岩为主,下部夹斜长角闪岩,上部夹二云片岩,局部夹角闪变粒岩,厚 144.5 m。西南部—南部的东平县至枣庄市太平

村、卓子山附近,以黑云变粒岩为主夹斜长角闪岩、角闪岩、磁铁直闪石英岩,其中铁质岩石厚可达 115 m,共有 5 个矿带,下部夹阳起石英片岩。地层总厚 690~5 281 m。

该组主要岩石类型为黑云奥长变粒岩及角闪变粒岩,其次为微粒云母石英片岩。岩石粒序层理发育,每个沉积韵律层自下而上表现为:石英含量由多变少,粒度变细,黑云母则由少变多,反映下部以碎屑为主,往上部泥质增多,局部能见到斜层理。镜下观察:黑云奥长变粒岩具变余砂状结构,微粒二长石英片岩具变余泥质粉砂结构,变余层状构造。本组中上部黑云奥长变粒岩所夹的含绿帘黑云角闪二长变粒岩具变余凝灰质粉砂结构,原岩为中酸性凝灰质粉砂岩。顶部微粒黑云片岩具变余凝灰结构,斜长石呈棱角状,个别晶屑呈半自形晶体,板柱状,并含有少量岩石碎屑,原岩为凝灰岩,锆石颗粒呈浑圆一半浑圆状,经历过搬运作用。

综上所述:该组原岩相当于粉砂级至细砂级碎屑沉积物,粒度分选较好,从韵律及交错层来看,可能是深水浊流作用下形成的。在沉积过程中,伴有由小规模中酸性物质成分的火山活动。另外在中上部见有浅海环境形成的含铁硅质岩的条带状磁铁角闪石英岩。从沉积物来源分析,除有少量的火山活动外,可能主要为较老的花岗质岩石,来自泰山岩群以前的硅铝质表壳。山草峪组变质程度为角闪岩相,其原岩为细砂级的碎屑岩及粉砂岩,夹含铁硅质岩系,属较稳定环境下的浅海相沉积。

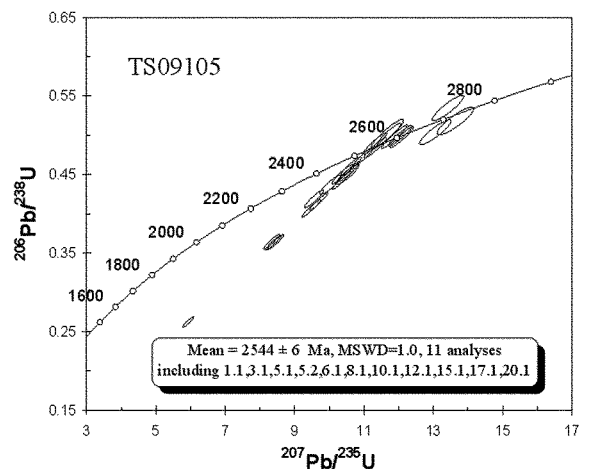


图 3 泰山岩群山草峪组锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

在新泰市羊流镇二涝峪村南和村西山草峪组

地层中,分别测得黑云变粒岩碎屑锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为(2 572±16)Ma,(2 544±6)Ma(表 3,图 3)。在新泰市羊流镇刘家沟村北,侵入该岩组的变闪长岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为(2 523±11)Ma。该

套地层被峰山岩套石英闪长岩和傲徕山岩套二长花岗岩侵入,它限制了山草峪岩组地层形成时代不晚于 2 530 Ma,形成时代为 2 600~2 540 Ma。

表 3 泰山岩群山草峪岩组黑云变粒岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

Spot (TS0)	% 206Pb _c	10 ⁻⁶ U	10 ⁻⁶ Th	232Th/ 238U	10 ⁻⁶ 207Pb* / 206Pb* 206Pb*	±%	207Pb* / 235U	±%	206Pb* / 238U	±%	err corr	206Pb/238U Age	±	207Pb/206Pb Age	±	% Discordant	
9105-1.1	0.16	71	41	0.60	26.7	0.1666	0.88	10.03	2.1	0.4369	1.9	.906	2337	±37	2523	±15	7
9105-2.1	0.09	167	100	0.62	71.5	0.17615	0.56	12.08	1.9	0.4976	1.8	.954	2603	±38	2617	±9	1
9105-3.1	0.14	136	154	1.16	56.8	0.1696	0.62	11.32	1.9	0.4839	1.8	.944	2544	±38	2554	±10	0
9105-4.1	0.29	149	39	0.27	63.9	0.1749	0.62	12.04	1.9	0.4990	1.8	.944	2610	±38	2605	±10	0
9105-5.1	0.19	227	85	0.38	92.6	0.16848	0.54	11.00	1.8	0.4734	1.8	.955	2498	±36	2543	±9	2
9105-5.2	0.05	112	134	1.24	48.2	0.1695	0.66	11.72	1.9	0.5014	1.8	.940	2620	±39	2553	±11	-3
9105-6.1	0.16	152	106	0.73	58.8	0.1670	0.66	10.37	1.9	0.4502	1.8	.938	2396	±36	2528	±11	5
9105-7.1	0.10	54	39	0.75	25.0	0.1820	0.95	13.42	2.2	0.535	2.0	.904	2761	±45	2671	±16	-3
9105-8.1	0.09	78	38	0.50	33.6	0.1687	1.0	11.66	2.7	0.501	2.5	.925	2620	±53	2545	±17	-3
9105-9.1	0.24	265	162	0.63	83.0	0.16584	0.56	8.33	1.8	0.3642	1.7	.953	2002	±30	2516	±9	20
9105-10.1	0.09	82	55	0.69	31.7	0.1695	0.84	10.52	2.1	0.4502	1.9	.913	2396	±38	2552	±14	6
9105-11.1	0.00	26	15	0.60	11.5	0.1908	1.2	13.63	2.5	0.518	2.2	.876	2691	±49	2749	±20	2
9105-12.1	0.11	111	96	0.89	46.6	0.1676	0.66	11.31	2.0	0.4894	1.9	.941	2568	±39	2534	±11	-1
9105-13.1	0.14	231	213	0.95	80.9	0.16891	0.52	9.47	1.9	0.4067	1.8	.962	2200	±34	2547	±9	14
9105-14.1	0.18	286	162	0.58	89.4	0.16745	0.53	8.39	1.8	0.3633	1.7	.957	1998	±30	2532	±9	21
9105-15.1	0.10	207	122	0.61	82.0	0.1673	0.68	10.62	1.9	0.4601	1.8	.933	2440	±36	2531	±11	4
9105-16.1	0.13	39	11	0.29	16.9	0.1879	1.0	13.05	2.3	0.504	2.1	.899	2630	±45	2724	±17	3
9105-17.1	0.09	220	140	0.66	85.6	0.16893	0.55	10.56	2.0	0.4535	1.9	.959	2411	±38	2547	±9	5
9105-18.1	0.50	399	172	0.45	90.3	0.16389	0.59	5.91	1.8	0.2618	1.7	.947	1499	±23	2496	±10	40
9105-19.1	0.23	263	156	0.61	94.0	0.16907	0.52	9.68	1.8	0.4154	1.7	.959	2240	±33	2548	±9	12
9105-20.1	0.03	259	148	0.59	98.6	0.16975	0.44	10.37	1.8	0.4429	1.7	.969	2363	±34	2555	±7	8
9105-21.1	0.15	295	254	0.89	92.6	0.16836	0.56	8.45	1.8	0.3640	1.7	.952	2001	±30	2541	±9	21
9105-22.1	0.07	168	91	0.56	72.1	0.17288	0.54	11.87	2.1	0.4981	2.0	.966	2606	±43	2586	±9	-1
9105-23.1	0.20	135	70	0.53	48.9	0.1654	0.69	9.55	1.9	0.4188	1.8	.933	2255	±34	2511	±12	10

5 柳杭岩组

柳杭岩组(主要指泰安市西南峪地区原划柳杭组上亚组)主要分布在泰安市西南峪—新泰市柳杭一带,沂水县东虎崖,安丘市崔邑峪等地也有出露。地层总体走向为 NW 向,只在沂沭断裂带内的崔邑峪一带呈 NE 向。厚 374~744 m。主要岩石类型为绿泥片岩、黑云变粒岩、角闪黑云变粒岩、绢云石英片岩、中酸性变质火山角砾岩、变质沉积砾岩。变粒岩可见到清晰的变余晶屑结构、变余砂状结构。变质砾石以酸性成分岩浆岩为主,主要有变斜长花岗岩、变石英闪长岩、伟晶岩、脉石英及变霏细岩等,包括火山角砾和沉积碎屑两大类。

该组在鲁西地区发育程度不一,厚度、岩性各地

均有差异,在层序发育较全的柳杭—裴家庄一带,为变质砾岩及黑云奥长变粒岩,出露厚度 107~170 m,砾石较大,沿走向延伸往南东逐渐变薄,砾石变小。该组变质砾岩有两层,砾石含量约占 50% 以上,砾石成分主要为中细粒奥长花岗岩,还有少量变石英闪长岩、斜长角闪岩等。呈透镜状、卵圆状及浑圆状,大小不一,一般长 20~30 cm,大者达 60 cm。岩石中沉积韵律发育,并具变余凝灰角砾状结构及变余凝灰结构、变余砂状结构。以上表明黑云变粒岩、石英片岩及变质砾岩之原岩为变质中酸性火山岩及火山沉积岩。

柳杭岩组与山草峪岩组为韧性剪切构造接触。其岩石组合特征,表明已达到了低角闪岩相变质程度,其原岩主要为正常沉积的碎屑岩及中酸性的火山碎屑岩、凝灰岩等。

在泰安市西南峪柳杭岩组含砾变粒岩中测得碎屑锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 $(2\ 524 \pm 7)\text{Ma}$ (表 4, 图 4)、 $(2\ 587 \pm 16)\text{Ma}$, 测得奥长花岗岩砾石锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 $(2\ 553 \pm 10)\text{Ma}$ 。万渝生

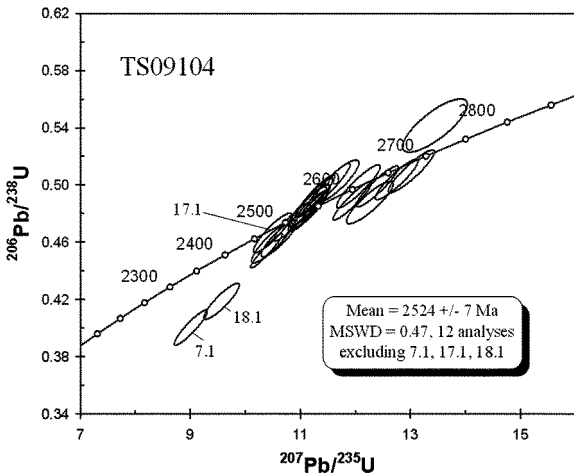


图 4 泰山岩群柳杭岩组上亚组含砾黑云变岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

等最近测得柳杭岩组顶部变质火山岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 $(2\ 525 \pm 9)\text{Ma}$, 代表形成年龄。该套地层被峰山岩套石英闪长岩和傲徕山岩套二长花岗岩侵入, 它限制了该组地层形成时代不晚于 $2\ 530\text{Ma}$, 形成时代为 $2\ 600 \sim 2\ 540\text{Ma}$ 。

6 结语

(1) 孟家屯岩组岩性为石榴石英岩、十字石黑云石榴石英岩及石榴石英岩, 孟家屯岩组碎屑锆石内核 SHRIMP U-Pb 年龄: 石榴石英岩 $(2\ 717 \pm 33)\text{Ma}$, 石榴黑云母片岩 $(2\ 742 \pm 23)\text{Ma}$, 该组被锆石内核 SHRIMP U-Pb 年龄 $(2\ 695 \pm 14)\text{Ma}$ 的条带状英云闪长质片麻岩侵入, 它限制了该组形成时代不晚于 $2\ 700\text{Ma}$ 。

(2) 雁翎关岩组以细粒斜长角闪岩为主夹角闪黑云变粒岩, 底部为透闪片岩、阳起透闪片岩、绿泥透闪片岩, 局部见有科马提岩。新泰市雁翎关地区

表 4 泰山岩群柳杭岩组上亚组含砾黑云变粒岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

Spot (TS0)	% 206Pbc	10 ⁻⁶ U	10 ⁻⁶ Th	232Th/ 238U	10 ⁻⁶ 206Pb*	10 ⁻⁶ 206Pb*	±%	207Pb*/ 235U	±%	206Pb*/ 238U	±%	err corr	206Pb/238U Age	207Pb/206Pb Age	% Discordant
9104-1.1	0.10	52	39	0.79	20.4	0.1653	1.1	10.48	2.3	0.4598	2.1	.891	2439 ±42	2511 ±18	3
9104-2.1	0.09	109	56	0.53	46.0	0.1771	0.68	11.94	1.9	0.4890	1.8	.936	2566 ±39	2626 ±11	2
9104-3.1	0.07	108	56	0.53	45.8	0.1659	0.74	11.28	2.0	0.4932	1.8	.928	2585 ±39	2517 ±12	-3
9104-4.1	0.04	72	26	0.37	31.7	0.1853	0.87	13.02	2.1	0.5095	2.0	.913	2655 ±42	2701 ±14	2
9104-5.1	0.08	101	111	1.14	41.9	0.1664	0.85	11.12	2.1	0.4845	1.9	.913	2547 ±40	2522 ±14	-1
9104-6.1	0.00	83	90	1.12	34.7	0.1668	0.94	11.17	2.2	0.4857	2.0	.902	2552 ±41	2525 ±16	-1
9104-7.1	0.80	193	85	0.46	67.0	0.1632	0.86	8.99	2.2	0.3995	2.0	.921	2167 ±37	2489 ±14	13
9104-8.1	0.04	86	63	0.76	35.0	0.1659	0.77	10.85	2.0	0.4743	1.9	.924	2502 ±39	2517 ±13	1
9104-9.1	0.29	53	28	0.55	22.5	0.1823	1.1	12.25	2.3	0.4873	2.0	.877	2559 ±42	2674 ±18	4
9104-10.1	0.10	168	99	0.61	69.7	0.16787	0.59	11.16	1.9	0.4823	1.8	.950	2537 ±38	2537 ±10	0
9104-11.1	0.18	42	31	0.75	19.8	0.1800	1.8	13.44	2.9	0.541	2.3	.788	2789 ±51	2653 ±29	-5
9104-12.1	0.10	65	63	1.01	27.8	0.1752	0.88	12.05	2.2	0.4989	2.0	.915	2609 ±43	2607 ±15	0
9104-13.1	0.08	99	60	0.63	42.6	0.1672	0.77	11.51	2.3	0.499	2.1	.939	2610 ±45	2530 ±13	-3
9104-14.1	0.33	147	91	0.64	58.4	0.1664	0.93	10.60	2.1	0.4623	1.8	.891	2450 ±37	2521 ±16	3
9104-15.1	0.41	71	41	0.60	30.8	0.1683	1.1	11.65	2.3	0.5020	2.0	.865	2622 ±42	2541 ±19	-3
9104-16.1	0.35	109	74	0.70	47.3	0.1835	0.82	12.73	2.0	0.5033	1.9	.915	2628 ±40	2685 ±14	2
9104-17.1	0.05	78	67	0.89	31.4	0.1631	0.95	10.49	2.2	0.4665	1.9	.898	2468 ±40	2488 ±16	1
9104-18.1	0.19	90	60	0.69	32.3	0.1657	1.0	9.56	2.2	0.4185	2.0	.893	2254 ±38	2515 ±17	10
9104-19.1	0.08	68	61	0.93	28.2	0.1677	0.86	11.14	2.2	0.4817	2.0	.917	2535 ±41	2535 ±14	0
9104-20.1	0.08	69	46	0.68	29.6	0.1801	0.80	12.39	2.1	0.4989	1.9	.922	2609 ±41	2654 ±13	2
9104-21.1	0.18	194	135	0.72	75.8	0.16585	0.55	10.38	1.8	0.4538	1.8	.955	2412 ±35	2516 ±9	4
9104-22.1	0.13	92	63	0.70	38.9	0.1662	0.78	11.25	2.0	0.4909	1.8	.921	2575 ±39	2519 ±13	-2

的雁翎关岩组内变质枕状玄武岩变形较强, 岩枕边部的气孔和杏仁构造发育。雁翎关村北该组下部角闪变粒岩岩浆结晶锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

$(2\ 747 \pm 7)\text{Ma}$ 。济南市历城区枣林村东原柳杭岩组下亚组斜长角闪岩具多层变余枕状构造, 侵入该斜长角闪岩的片麻状奥长花岗岩岩浆锆石

SHRIMP U - Pb 年龄为 $(2\ 707 \pm 9)\text{Ma}$, $(2\ 706 \pm 9)\text{Ma}$ 。

(3) 山草峪岩组主要由黑云变粒岩和细粒片麻岩(黑云变粒岩受变质深熔作用改造产物)组成,与雁翎关岩组为构造接触。变质原岩主体为碎屑沉积岩,具岛弧中酸性岩浆岩组成特征。该组最年轻的碎屑锆石 $(2\ 544 \pm 6)\text{Ma}$,被峰山岩套石英闪长岩和傲徕山岩套二长花岗岩侵入,它限制了地层形成时代不晚于 $2\ 530\text{Ma}$,形成时代为 $2\ 600 \sim 2\ 540\text{Ma}$ 。

(4) 柳杭岩组主要由黑云变粒岩、变质砾岩等组成。含砾变粒岩中测得锆石 SHRIMP U - Pb 年龄为 $(2\ 524 \pm 7)\text{Ma}$, $(2\ 587 \pm 16)\text{Ma}$;测得奥长花岗岩砾石锆石 SHRIMP U - Pb 年龄为 $(2\ 553 \pm 10)\text{Ma}$ 。柳杭岩组最年轻的碎屑锆石 $(2\ 524 \pm 7)\text{Ma}$ 。

(5) 泰山岩群下部地层雁翎关岩组(包括原柳杭组下亚组和孟家屯岩组)形成时代为 $2\ 750 \sim 2\ 700\text{Ma}$,均属新太古代早期。泰山岩群上部地层山草峪岩组和柳杭岩组(原柳杭组上亚组)属新太古代晚期形成。

(6) 华北克拉通中以发育 $2.55 \sim 2.50\text{Ga}$ 的构造热事件而著称。然而,在鲁西地区广泛发育 $2.75 \sim 2.70\text{Ga}$ 的泰山岩群雁翎关岩组表壳岩和泰山岩套英云闪长质片麻岩(变质侵入岩),鲁西地区强烈的 $2.75 \sim 2.70\text{Ga}$ 构造热事件不仅有新生陆壳的添加,也有更老物质的再循环^[16-17]。泰山岩群上部地层山草峪岩组和柳杭岩组碎屑锆石年龄和岩浆锆石年龄分别为 $2.75 \sim 2.54\text{Ga}$ 和 $2.55 \sim 2.525\text{Ga}$,认为其沉积时代为新太古代晚期($2.55 \sim 2.525\text{Ga}$)^[18]。鲁西地区是华北克拉通内唯一确定同时存在新太古代早期和晚期表壳岩的地区。岩浆弧模型可能可以解释新太古代末的构造热演化。

参考文献:

- [1] 程裕淇,沈其韩,王泽九. 山东太古代雁翎关变质火山-沉积岩[M]. 北京:地质出版社,1982:1-72.
- [2] 曹国权. 鲁西早前寒武纪地质[M]. 北京:地质出版社,1996:1

-210.

- [3] 张增奇,刘明谓. 山东省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1996:1-310.
- [4] 宋明春,王沛成. 山东省区域地质[M]. 济南:山东省地图出版社,2003:1-68.
- [5] 山东省国土资源厅资源储量处,山东省国土资源资料档案馆,山东省矿产资源储量报告编制指南[M]. 济南:山东省地图出版社,2010:239-257.
- [6] 张增奇,刘书才,杜圣贤,等. 山东省地层划分对比厘定意见[J]. 山东国土资源,2011,27(9):1-8.
- [7] 王世进,万渝生,张成基,等. 山东早前寒武纪变质地层形成年代[J]. 山东国土资源,2009,25(10):18-24.
- [8] 王世进,万渝生,张成基,等. 鲁西地区早前寒武纪地质研究新进展[J]. 山东国土资源,2008,24(1):10-20.
- [9] 杜利林,庄育勋,杨崇辉,等. 山东新泰孟家屯岩组锆石特征及其年代学意义[J]. 地质学报,2003,77(3):359-366.
- [10] 徐惠芬,董一杰,施允亨,等. 鲁西花岗岩-绿岩带[M]. 北京:地质出版社,1992:1-84.
- [11] 王伟,杨恩秀,王世进,等. 鲁西泰山岩群变质枕状玄武岩岩相学和侵入的奥长花岗岩 SHRIMP 锆石 U - Pb 年代学[J]. 地质论评,2009,55(5):737-744.
- [12] 陆松年,陈相宏,相振群. 泰山世界地质公园古老侵入岩系年代格架[M]. 北京:地质出版社,2008.
- [13] 王世进,万渝生,王伟,等. 鲁西地区蒙山龟蒙顶岩体和云蒙峰岩体的形成时代:锆石 SHRIMP U - Pb 定年的证据[J]. 山东国土资源,2010,26(5):1-6.
- [14] 王伟,王世进,董春艳,等. 山东鲁山地区新太古代壳源花岗岩锆石 SHRIMP U - Pb 定年[J]. 地质通报,2010,29(7):993-1000.
- [15] 庄育勋,王新社,徐洪林,等. 泰山地区早前寒武纪主要地质事件与陆壳演化[J]. 岩石学报,1997,13(3):313-330.
- [16] 万渝生,刘敦一,王世进,等. 华北克拉通(鲁西泰山新泰地区) 2.7Ga 新生陆壳的形成,来自重要构造热事件锆石 U - Pb 定年和 Hf 同位素组成的证据[J]. 前寒武研究,2011,(186):169-180.
- [17] 万渝生,刘敦一,王世进,等. 华北克拉通鲁西地区新太古代晚期新生陆壳岩浆作用与地壳物质再循环:来自 SHRIMP 锆石年代学的证据[J]. 美国科学杂志,2010,(310):1503-1552.
- [18] 王世进,万渝生,宋志勇,等. 山东省前寒武纪地层形成时代一同位素地质测年的证据[J]. 山东国土资源,2011,27(11):1-6.

Stratigraphic Division and Formation Era of Taishan Group in Luxi Area

—Evidence of Zircon SHRIMP U - Pb Dating

WANG Shijin¹, WAN Yusheng², SONG Zhiyong¹, YANG Enxiu¹, WANG Wei³, DONG Chunyan², LIU Li¹

(1. Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. SHRIMP Center of Geology Institute of Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3. Geology and Geophysics Institute of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: As showed by precise isotope geological dating results, magmatic euhedral zircon SHRIMP U-Pb age of Yanlingguan formation (including lower sub-formation of the former Liuhang formation) in the lower part of Taishan group is (2747 ± 7) Ma, detrital zircon kernel SHRIMP U-Pb age of Mengjiatun formation is (2717 ± 33) Ma and (2742 ± 23) Ma. They all belong to early Neoproterozoic period, and the formation age is 2750~2700 Ma. The youngest detrital zircon of upper Shancaoyu formation in Taishan group is (2544 ± 6) Ma. It is intruded by quartz diorite in Yishan rock suite and monzogranite in Aolaishan suite. It limits the strata forming age not later than 2530 Ma. The youngest detrital zircon of Liuhang group (the original upper sub-formation of Liuhang group) is (2524 ± 7) Ma, and belongs to late period of late Archean period. It is intruded by quartz diorite of Yishan rock suite and monzonite granite of Aolaishan rock suite. Its formation age is 2550~2530 Ma.

Key words: Taishan group; stratigraphic division; formation age; isotope geological dating; Shandong Province