

山东早前寒武纪变质地层形成年代

——锆石 SHRIMP U - Pb 测年的证据

王世进¹, 万渝生², 张成基³, 杨恩秀¹, 宋志勇¹, 王立法¹, 王金光¹

(1. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 2. 北京离子探针中心, 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 3. 山东省地质矿产勘查开发局, 山东 济南 250013)

摘要:在鲁西地区, 确定了泰山岩群主体形成时代为 2 750 ~ 2 700 Ma, 属新太古代早期。锆石 SHRIMP U - Pb 定年: 雁翎关组角闪变粒岩 (2 747 ± 7) Ma, 柳杭组黑云变粒岩 (2 739 ± 16) Ma、(2 703 ± 6) Ma, 侵入雁翎关组底部透闪阳起片岩的片麻状石英闪长岩 (2 740 ± 6) Ma。济宁(岩)群碎屑锆石年龄 (2 700 ~ 2 665) Ma, 岩浆锆石年龄 (2 561 ± 24) Ma, 所以济宁(岩)群形成于新太古代晚期, 而不是以往认为的古元古代。在鲁东地区, 发现了中太古代壳岩系、花岗质岩石和新太古代早期 TTG 花岗质岩石; 荆山群和粉子山群的形成时代为古元古代晚期。荆山群大理岩被锆石 SHRIMP U - Pb 年龄 (1 868 ± 11) Ma、(1 852 ± 9) Ma 的莱州组合西水单元辉长岩、闪长岩侵入, 并一起遭受变质变形作用改造。

关键词: 早前寒武纪; 变质地层; 锆石 U - Pb 测年; 新进展; 山东省

中图分类号: P534. 1; P533

文献标识码: A

山东早前寒武纪变质地层分布, 以沂沭断裂带安丘-莒县断裂为界, 鲁西地区有中太古代沂水岩群、新太古代泰山岩群、济宁(岩)群; 鲁东地区有中太古代唐家庄岩群、新太古代胶东岩群、古元古代荆山群、粉子山群和芝罘群。通过全面收集研究区的区域地质调查、地质科学研究成果资料, 特别是近年来的 SHRIMP(灵敏的高分辨率离子探针) 锆石 U - Pb 测年资料, 结合野外地层接触关系, 在山东早前寒武纪变质地层研究方面提出了新的认识和见解。

1 鲁西地区早前寒武纪变质地层

1.1 中太古代地层——沂水岩群 (Ar₂Y)

沂水岩群发育于沂沭断裂带汞丹山断隆起的中部, 散布于沂水县城以东及其北部一带, 呈长条、透镜和不规则状包体赋存于新太古代花岗质深成侵入岩内, 未见与泰山岩群接触。系一套出露分散、连续性差的麻粒岩相的表壳岩类。自下而上分为石山官庄岩组 (Ar₂Y₃) 和林家官庄岩组 (Ar₂Y₁) 2 个岩石地层单位。两组未见接触, 亦未见底, 厚 1 781 m。总体展布呈 SE 向的带状, 是一套经历了麻粒岩相变

质的表壳岩系。出露总面积约 50 km²。石山官庄岩组自下而上划分 3 段: 一段主要岩性为二辉麻粒岩, 其次为含紫苏黑云变粒岩, 紫苏磁铁石英岩等, 厚 137 m; 二段主要岩性为含角闪二辉麻粒岩、黑云二辉麻粒岩夹透镜状紫苏磁铁石英岩、紫苏黑云变粒岩, 厚 246 m; 三段主要岩性为角闪二辉麻粒岩夹黑云二辉麻粒岩、紫苏斜长角闪岩、含紫苏角闪黑云变粒岩等, 厚 217 m。该组原岩主要为由超镁铁质—镁铁质火山岩与泥质或中酸性凝灰质、泥质砂岩夹条带状硅铁质岩石组成的一套火山—沉积建造。林家官庄岩组可以二分, 一段主要岩性为下部含透辉石斜长角闪岩, 上部含紫苏辉石斜长角闪岩, 厚 741 m; 二段主要岩性为黑云变粒岩夹斜长角闪岩、角闪变粒岩, 厚 388 m。上述两段间为新太古代早期侵入岩所隔。该组原岩主要为拉斑玄武岩与泥质或中酸性凝灰质沉积岩系, 局部夹条带状硅铁建造。

沂水岩群形成时代, 山东省第八地质矿产勘查院程志忠等 (1989 年) 在石山官庄岩组中取麻粒岩 Sm - Nd 年龄样获模式年龄 (3 020 ~ 2 920) Ma。中

* 收稿日期: 2009 - 08 - 12; 修订日期: 2009 - 10 - 18; 编辑: 孟舞平

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、农业地质调查工作。

国地质科学院沈其韩、徐惠芬等于2000年在林家官庄组透辉斜长角闪岩、二辉斜长角闪岩测得Sm-Nd等时线年龄为(2997 ± 78) Ma。中国地质大学顾德林等(北京)于1996年在石山官庄岩组中取二辉角闪岩、紫苏斜长角闪岩样品,测得Sm-Nd等时线年龄为(2 986 ± 36) Ma。该岩群被沂水地区的含紫苏辉石花岗岩类和二长花岗岩类侵入,沈其韩院士等对主要岩体进行了SHRIMP锆石年代学研究,马山岩体(中粒紫苏二长花岗岩)侵位(或结晶年龄)为(2 538 ± 6) Ma,雪山岩体(含紫苏花岗闪长岩)侵位(或结晶年龄)为(2 532 ± 9) Ma^[1],蔡峪岩体(中粗粒石榴紫苏花岗闪长岩)侵位(或结晶年龄)为(2 562 ± 14) Ma,大山二长花岗岩侵位(或结晶年龄)为(2 545 ± 10) Ma^[2]。沂水岩群目前所获得的多个沂水岩群约3.0 Ga年龄都为全岩Sm-Nd等时线年龄,仍未获得相应岩浆锆石年龄。这里虽推测沂水岩群的形成时代属中太古代,但需有进一步定年研究工作予以证实。

1.2 新太古代早期地层——泰山岩群(Ar₃T)

泰山岩群是分布于鲁西地区各断隆之上的新太古代早期变质地层单位,其主要岩性为斜长角闪岩、黑云变粒岩、透闪阳起片岩、变质砾岩、石榴石英岩等。与中太古代沂水岩群关系不明,变质程度达角闪岩相。自下而上划为4个组:孟家屯岩组、雁翎关组、山草峪组和柳杭组。

1.2.1 孟家屯岩组(Ar₃Tm)

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SW—NE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。据岩石组合可分为两段:一段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。原岩主要为一套成熟度中等的含泥质的碎屑岩。

锆石内核SHRIMP U-Pb年龄:石榴石英岩内核碎屑锆石9个点,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb年龄平均值为(2 717 ± 33) Ma;外圈变质锆石7个点,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb年龄平均值为(2 616 ± 19) Ma。石榴黑云母片岩锆石内核碎屑锆石12个点,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb年龄平均值为(2 742 ± 23) Ma;外圈变质锆石9个点,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb年龄平均值为(2 642 ± 23) Ma^[3]。

孟家屯岩组被条带状英云闪长质片麻岩侵入,

后者锆石SHRIMP年龄测定,内核岩浆锆石13个点,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb年龄平均值为(2 695 ± 14) Ma;外圈变质锆石1个点,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb年龄值为(2 624 ± 11) Ma^[3]。表明孟家屯岩组形成年龄在(2 720 ~ 2 700) Ma,与条带状英云闪长质片麻岩一起在2 620 Ma前后遭受区域变质作用。

1.2.2 雁翎关组(Ar₃Ty)

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。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 ~ 1 500 m。斜长角闪岩中普遍发育管虫状、纺锤虫状等变余气孔充填构造。

在雁翎关村,该组厚1 500 m,划分为3个段:第一段为斜长角闪岩夹角闪变粒岩及黑云变粒岩,厚664 m;第二段为条带状细粒斜长角闪岩、角闪变粒岩夹薄层黑云变粒岩,厚365 m;第三段为细粒薄层斜长角闪岩夹透闪阳起片岩及含榴黑云变粒岩,厚146 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。

该组与上覆山草峪组呈整合接触。其原岩主要为一套海底喷发的基性—超基性火山熔岩夹火山碎屑岩。雁翎关村北雁翎关组下部角闪变粒岩锆石SHRIMP U-Pb年龄(2 747 ± 7) Ma。新泰市天井峪村东南片麻状石英闪长岩锆石内核SHRIMP U-Pb年龄(2 740 ± 6) Ma,侵入雁翎关组底部透闪阳起片岩。表明雁翎关组形成年龄在2 750 Ma左右。

1.2.3 山草峪组(Ar₃Ts)

山草峪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。岩性以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。该组形成时代尚缺少可靠测年资料,需继续深入研究。现根据地层接触关系,仍将山草峪组置于雁翎关组之上和柳杭组之下,形成时

代为新太古代早期。

1.2.4 柳杭组(Ar_3Tl)

主要分布在新泰市柳杭、东牛家庄、盘车沟,泰安市西南峪,莱芜市香山,章丘市火贯,沂水县东虎崖,安丘市崔岵峪等地。厚374~744 m。主要岩性为微细粒斜长角闪岩、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,夹有铁闪磁铁矿石岩。斜长角闪岩中见到变余枕状或气孔充填残留构造。变粒岩可见到清晰的变余晶屑结构、变余砂状结构。其原岩主要为正常沉积的碎屑岩及基性火山熔岩和中酸性火山碎屑岩、凝灰岩等,经历低角闪岩相变质。

柳杭组与下伏山草峪组呈整合接触。锆石内核 SHRIMP U-Pb 年龄:莱芜市李家庄东南柳杭组下部黑云变粒岩($2\ 739 \pm 16$) Ma,新泰市盘车沟村西南柳杭组二云变粒岩($2\ 703 \pm 6$) Ma。该组被英云闪长质片麻岩侵入,后者锆石内核 SHRIMP U-Pb 年龄($2\ 694 \pm 11$) Ma。表明柳杭组形成年龄在($2\ 740 \sim 2\ 700$) Ma。

综上所述,泰山岩群底部为成熟度低的碎屑岩建造,下部为超基性—基性火山—火山碎屑沉积—局部硅铁建造,中部碎屑沉积含铁建造,上部中基性火山—火山碎屑沉积建造,变质程度达角闪岩相。泰山岩群的形成时代为($2\ 750 \sim 2\ 700$) Ma,属新太古代早期,在($2\ 640 \sim 2\ 600$) Ma 泰山岩群和英云闪长质片麻岩一起遭受区域变质作用。

1.3 新太古代晚期地层——济宁(岩)群(Ar_3J)

济宁岩群局限地分布于济宁市城东兖州市崂阳山一带的千米盖层之下。南北长约20 km,东西宽约10 km,地表未见出露。从钻孔资料分析,寒武纪长清群以角度不整合覆盖于济宁(岩)群之上,济宁(岩)群岩性主要为钙质、硅质、铁质灰绿色绿泥千枚状板岩,绢云千枚岩,紫色含铁千枚岩及磁(赤)铁石英岩等。中下部出现变质中酸性火山熔岩—火山碎屑岩。原岩为钙泥质岩,含火山碎屑的粉砂泥质岩、硅铁质岩及中酸性熔岩、凝灰岩等,因其内铁质成分含量高,赋存的含铁岩系形成颜店铁矿。目前颜店铁矿 ZK8 孔已控制济宁(岩)群顶端埋深1 225 m,至1 805 m 终孔时尚未穿透该岩群,控制最大厚度580 m,为一套低绿片岩相浅变质岩。含铁岩系为条带状磁铁矿石岩,矿体埋深1 613~1 797 m,共有5层铁矿,总厚度86 m。

K301 孔深至1 085 m 见济宁(岩)群,至1 951 m 终孔时尚未穿透该岩群,控制最大厚度866 m,孔深1 679 m 为含砾绢云千枚岩,碎屑锆石 SHRIMP U-Pb 年龄主要集中在2 700 Ma 左右,可靠的最年轻碎屑锆石年龄为($2\ 609 \pm 13$) Ma;孔深1 757 m 为变质长英质火山岩(也有可能为糜棱岩化奥长花岗岩),岩浆结晶锆石 SHRIMP U-Pb 年龄($2\ 561 \pm 15$ Ma)。其下为绿泥绢云千枚岩与磁铁矿绿泥绢云千枚岩互层,为沉积变质铁矿主要层位。根据新的同位素定年结果,该岩群形成于新太古代晚期,而不是以往认为的古元古代。

2 鲁东地区早前寒武纪变质地层

2.1 中太古代地层——唐家庄岩群(Ar_2T)

主要分布于莱西唐家庄、马连庄、莱阳谭格庄及栖霞鸡冠山、黄岩底等地,呈零星的包体状残存于新太古代栖霞岩套中,在中太古代的西朱崔单元中也有少量分布,总体呈北东向带状展布。包体一般延长数米至数十米,小者仅数十厘米。主要岩性为磁铁矿石岩、黑云(角闪)变粒岩,磁铁紫苏斜长麻粒岩、石榴二辉麻粒岩、斜长角闪岩、磁铁二辉麻粒岩。包体多由单一岩性组成,极少见互层,控制地层厚度24 m。

该群原岩以中基性、中酸性火山岩为主夹硅铁建造。岩石的变形主要以韧性剪切作用为主,但后期重结晶作用强烈,粒度较粗。

唐家庄岩群形成时代,根据该岩群在新太古代 TTG 岩系中呈包体,经历麻粒岩相变质,侵入于该群的中元古代官地洼基性—超基性岩组合福山后单元的 Sm-Nd 模式年龄为($2\ 904 \sim 2\ 839$) Ma;在该岩群磁铁矿石岩系中采 Sm-Nd 等时线年龄为($2\ 520 \pm 70$) Ma,可能为太古代末的变质年龄,模式年龄为($2\ 846 \sim 2\ 763$) Ma。在栖霞黄岩底村附近出露的黑云变粒岩、黑云斜长片麻岩和角闪岩等表壳岩包体,变质程度都已经达到角闪岩相。黑云变粒岩的原岩被认为是英安岩,岩浆锆石13个数据点平均 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄为($2\ 892 \pm 18$) Ma,表明它们形成于中太古代^[4]。变质增长边4个数据点平均 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄($2\ 500 \pm 19$) Ma,这是新太古代晚期变质作用事件的时间。2 900 Ma 左右的中太古代表壳岩和 TTG 片麻岩的发现为胶东地区存在中太古代陆

壳提供了新的可靠证据。

2.2 新太古代地层——胶东岩群(Ar_3J)

胶东岩群仅分布于胶北断隆内,呈大小不等的包体状发育于栖霞的观里、苏家店及招远齐山、蓬莱虎路等地,残存于新太古代栖霞岩套 TTG 质花岗岩中。其岩性为成层性明显、韵律性清楚的一套黑云变粒岩、斜长角闪岩、角闪变粒岩夹磁石英岩组合,据其岩性组合的不同又可分为郭格庄岩组、苗家岩组,二者之间关系不明,暂按上、下罗列^[5]。

2.2.1 苗家岩组(Ar_3Jm)

主要分布于栖霞吴家、苗家、林家及招远的乐土乔、龙口圈子和福山陈家沟等地,主要岩性为黑云变粒岩与斜长角闪岩、角闪变粒岩互层组成。在栖霞的吴家、苗家一带出露较好,自下而上可以划分为5个岩性段,第一岩性段以黑云变粒岩为主,厚13 m;第二岩性段以细粒斜长角闪岩为主,厚18 m;第三岩性段以角闪变粒岩为主,厚36 m;第四岩性段以细粒斜长角闪岩为主,厚16 m;第五岩性段以黑云变粒岩为主,厚31 m。苗家一带该组厚114 m,往东到福山区陈家沟厚43 m。该组原岩为一套基性—中酸性火山岩和碎屑沉积岩,属岛弧环境的一套火山沉积建造,经历了角闪岩相变质作用。

2.2.2 郭格庄岩组(Ar_3Jg)

主要分布于栖霞郭格庄、大方山、小方山、苏家店、蓬莱虎路等地,主要岩性为黑云变粒岩,条纹条带状黑云变粒岩夹磁铁(角闪)石英岩,石榴透辉含磁石英岩等,呈包体状残存于栖霞岩套 TTG 质片麻岩中。在栖霞郭格庄地区厚160 m,在蓬莱虎路地区厚98 m。该组原岩为陆源碎屑沉积夹少量的硅铁建造,属陆缘浅海相沉积环境,变质程度达角闪岩相。

综上所述,胶东岩群苗家岩组以斜长角闪岩、角闪黑云变粒岩、黑云变粒岩为主,郭格庄岩组以黑云变粒岩夹磁铁角闪石英岩为主。其原岩主要显示下部基性火山岩—碎屑岩沉积,上部则为一套碎屑岩夹硅铁建造,总体反映了一种陆缘海—浅海相的沉积环境,变质程度达角闪岩相。该岩群在新太古代栖霞岩套中呈包体出现。侵入胶东岩群的栖霞岩套英云闪长质片麻岩锆石 SHRIMP U—Pb 年龄($2\ 707 \pm 4$) Ma、($2\ 726 \pm 12$) Ma、($2\ 718 \pm 18$) Ma^[4]。表明胶东岩群形成时代应归新太古代早期。这些岩石变质程度一般达到角闪岩相,局部可达麻粒岩相。

2.3 古元古代地层

古元古代地层广泛发育于鲁东地层分区内。鲁东地层分区的古元古代地层共划分出荆山群、粉子山群和芝罘群3个群级岩石地层单位。荆山群、粉子山群主要分布于半岛北部,其岩性稳定,连续性好,群间关系虽不明,然各自的组间为清晰的整合接触。出露于胶莱盆地以南者则零散分布,连续性差,呈包体残存于青白口纪花岗岩片麻岩内。是山东石墨矿、菱镁矿、滑石矿、大理石材等非金属矿产的赋存层位。荆山群与粉子山群关系为同时同相异地关系。

2.3.1 荆山群(Pt_1J)

主要分布于胶北地区的莱阳市荆山、旌旗山、莱西市南墅、平度市祝沟、明村、海阳县晶山、牟平区祥山及昌邑市午山和安丘市赵戈庄等地。总体呈北东东向的带状展布,达角闪麻粒岩相—角闪岩相变质。另外,在胶南—威海造山带上呈大小不等的包体形式存在,显示角闪岩相变质。该群直接覆于太古宙岩系之上,但接触面多被顺层的韧性剪切带所改造。主要岩性为石榴夕线黑云片岩,大理岩、透辉岩、石墨片麻岩、长石石英岩、黑云变粒岩、麻粒岩等。自下而上划分为禄格庄组、野头组、陡崖组。牟平区祥山地区发育齐全,厚2 798 m;莱阳市荆山地区缺失底部安吉村片岩段,厚2 394 m;莱西南墅地区缺失底部安吉村片岩段,顶部水桃林片岩段也剥蚀殆尽,仅剩少量残留,厚1 200 m;平度明村仅发育野头组和陡崖组,厚1 084 m;在海阳晶山地区因断层影响,只有野头组和陡崖组徐村段,厚1 051 m。荆山群遭受了比较强烈的变形,显示出二期甚至三期的褶皱叠加变形。

(1) 禄格庄组(Pt_1Jl)

该组主要分布于莱阳市旌旗山、荆山、牟平区光山、莱西市南墅、栖霞县大庄头及海阳县晶山等地。下部安吉村段岩性主要为石榴黑云片岩、(含石墨)黑云片岩夹透辉岩黑云变粒岩、薄层大理岩、长石石英岩等,片岩中含有石墨,厚606~1 256 m;上部光山段主要岩性为蛇纹大理岩夹透辉岩、白云石大理岩,南墅地区则为大理岩夹黑云变粒岩、长石石英岩、浅粒岩,厚367~235 m。禄格庄组安吉村段原岩主要为一套泥质岩类夹部分碎屑岩,光山段主要为一套灰岩及白云岩,在南墅地区夹有许多碎屑岩。岩石经历了高角闪岩相的变质作用。

(2) 野头组 (Pt₁Jy)

主要分布于莱阳市荆山、莱西市芝山、南墅、平度市明村、海阳县晶山、牟平区祥山等地区。下部祥山段主要岩性为透辉岩、黑云变粒岩、透辉斜长角闪岩夹角闪(黑云)片麻岩、角闪变粒岩、肉红色大理岩,厚510~717 m。上部定国寺段主要岩性为透辉大理岩、白云石大理岩、蛇纹石化大理岩、透辉岩、斜长角闪岩,厚94~234 m,二者之间呈整合接触。

祥山段原岩为正常沉积的碎屑岩及钙镁硅酸盐岩夹基性火山岩类,说明沉积时期地壳的不稳定性。定国寺段其原岩主要为含杂质的灰岩及白云岩夹基性火山岩,为不稳定的沉积环境。该组为高角闪岩相-麻粒岩相变质,与下伏禄格庄组为整合接触。

(3) 陡崖组 (Pt₁Jd)

主要分布于莱阳市荆山、莱西市南墅、牟平区光山、平度市明村、安丘市赵戈庄等地。下部徐村段为一套含石墨的岩系,胶北地区几个大型的石墨矿田均产于该层位中,主要岩性为石墨变粒岩、石墨透辉岩、石墨片麻岩、石墨透辉变粒岩夹黑云变粒岩、透闪石英岩等,厚160~688 m;上部水桃林段主要岩性为黑云变粒岩,蓝晶石榴黑云片岩夹石榴黑云片岩、石榴夕线黑云片岩、透辉岩,厚250~533 m,未见顶,与下伏徐村段之关系多为韧性剪切带接触。

徐村段横向延伸稳定,是良好的标志层。其原岩主要为一套(含碳质的)碎屑岩及钙镁硅酸盐岩,但在安丘市赵戈庄地区夹多层斜长角闪岩,表明该地当时曾有基性火山喷发事件发生。水桃林段主要在安丘市赵戈庄、莱阳市荆山、牟平区祥山地区有较大面积出露,其他地区基本剥蚀殆尽。其原岩主要为一套富铝的泥质岩石及细碎屑岩。陡崖组在明村、赵戈庄、南墅地区显示麻粒岩相变质,其他地区则主要显示角闪岩相,与下伏的野头组呈整合接触。

综上所述,荆山群为一套高铝片岩、变粒岩、透辉岩、大理岩和石墨岩系等岩石组合构成的孔兹岩系,是石墨矿、滑石矿及大理石饰材的赋存层位,由三个海侵旋回组成。其原岩主要为一套正常浅海相的泥质岩、碎屑岩、碳酸盐岩及钙镁硅酸盐岩,变质程度达高角闪岩相,局部角闪麻粒岩相。多由相似同斜和倒转褶皱组成开阔的纵弯叠加褶皱。与粉子山群为韧性剪切构造接触。被古元古代莱州岩套西水沓单元变辉长岩侵入。

荆山群覆于新太古代岩系之上,原岩建造特点

反映其槽型的沉积,为古元古代裂陷槽沉积产物。中国地质科学院万渝生等对荆山群碎屑锆石进行了SHRIMP U-Pb定年,年龄数据分布于(2 900~2 200) Ma之间,最年轻碎屑锆石年龄为(2 175±16) Ma。表明荆山群变质原岩的沉积作用发生在2 200 Ma以后^[6]。变质锆石年龄为(1 882±12) Ma。荆山群大理岩被SHRIMP U-Pb锆石年龄为(1 868±11) Ma和(1 852±9) Ma的莱州岩套西水沓单元辉长岩侵入,并一起于(1 882~1 868) Ma遭受变质变形作用。限定其形成时代为2.2~1.9 Ga,属古元古代。

2.3.2 粉子山群 (Pt₁F)

该群主要分布于栖霞县庙后,福山区张格庄、门楼,烟台市南部,蓬莱市金果山,莱州市粉子山等地,另外在莱州市大黄山、平度市灰埠、昌邑市饮马、五莲县坤山等地亦有零星出露。总体展布于荆山群的南北两侧。达高绿片岩相-低角闪岩相变质,直接覆盖于太古宙岩系之上。但沿接触面多发育顺层的韧性剪切带,在栖霞县寨里于家向东一带被震旦纪蓬莱群所覆盖。

主要岩性为大理岩、黑云变粒岩、透闪岩、石墨透闪岩、含石墨岩系夹菱镁矿、滑石矿、浅粒岩、斜长角闪岩、长石石英岩、磁铁石英岩、夕线黑云片岩等。自下而上划分为小宋组、祝家沓组、张格庄组、巨屯组、岗崮组。

(1) 小宋组 (Pt₁Fx)

局限分布于莱州市小宋、小魏家,平度市灰埠,昌邑市青龙山,五莲县坤山等地。其主要岩性为黑云变粒岩、斜长角闪岩、浅粒岩、长石石英岩夹磁铁(石榴)石英岩、磁铁浅粒岩,偶夹大理岩。划为3个岩性段:一段(浅粒岩段)主要分布于平度市灰埠地区,岩性为含磁铁矿浅粒岩、黑云变粒岩夹浅粒岩和长石石英岩,顶部常具一层透闪大理岩,厚660 m;二段(含铁岩系段),主要分布于平度市灰埠及莱州市小宋地区,以黑云变粒岩、斜长角闪岩、角闪变粒岩为主夹磁铁石英岩、磁铁浅粒岩、磁铁角闪岩等含铁岩系,局部含石榴石和夕线石,磁铁矿含量高,厚863 m;三段(黑云变粒岩段)主要见于五莲县海眼口,平度市灰埠及莱州小宋、小于家等地,岩性为黑云变粒岩夹薄层斜长角闪岩、角闪变粒岩和石榴二云片岩,以大套均一黑云变粒岩为特征,顶部见一层具标志层意义的金云透闪大理岩,厚142 m。

该组原岩为成熟度较高的碎屑岩夹基性火山岩,底部发育泥质岩。遭受角闪岩相变质。

(2) 祝家乔组 (Pt₁Fz)

主要分布于栖霞县庙后、蓬莱市金果山、莱州市粉子山及平度市灰埠、五莲县海眼口等地,主要岩性为黑云变粒岩、浅粒岩、矽线黑云片岩、斜长角闪岩、透闪变粒岩等,厚达 326 ~ 675 m。其原岩为泥质岩-石英砂岩,为滨海-浅海相的沉积环境,经历了角闪岩相变质。

(3) 张格庄组 (Pt₁Fzg)

主要分布于福山区张格庄、蓬莱市金果山、莱州市粉子山、五莲县坤山等地,主要岩性为厚层白云石大理岩夹透闪岩、透闪片岩、黑云变粒岩。划分3个岩性段:一段以白云石大理岩为主,夹黑云变粒岩,厚 103 ~ 695 m;二段主要岩性为透闪片岩、透辉岩、透闪变粒岩夹黑云变粒岩、透闪大理岩,为一套绿色岩系,厚 155 ~ 513 m;三段以白云石大理岩为主,夹硅质大理岩、黑云片岩、透闪岩、菱镁矿、滑石绿泥片岩、滑石片岩、斜长角闪岩等,厚 92 ~ 1 114 m。其原岩主要为套碳酸盐岩沉积夹钙镁硅酸盐岩,浅海相沉积环境,经历了高绿片岩相-低角闪岩相变质。

(4) 巨屯组 (Pt₁Fj)

主要分布于福山区巨屯、蓬莱市金果山及莱州市粉子山等地,主要岩性为石墨黑云变粒岩、石墨大理岩、透闪变粒岩、黑云片岩,厚 94 ~ 351 m。各地的岩石组合虽多有变化,但均以含石墨为特征。其原岩以含碳质的钙镁硅酸盐岩和碳酸盐岩为特征,反映了一种浅海相的沉积环境,其变质程度大都以绿片岩相变质为主。

(5) 岗嵒组 (Pt₁Fg)

分布于烟台市南部、西部的岗嵒、世回尧、黄务东部等地区,在蓬莱市探顶、莱州市趴山等地也有分布,主要岩性以石榴夕线黑云片岩为主夹夕线黑云片岩、石榴黑云片岩、疙瘩状黑云片岩、二云片岩、透闪变粒岩、浅粒岩等,厚 195 ~ 867 m。该组与下伏巨屯组接触关系大都为韧性剪切带所改造,部分为断层接触,上未见顶。其原岩主要为套正常沉积的泥质岩系,浅海相的沉积环境。经历角闪岩相变质。

综上所述,粉子山群在各地发育不一,在莱州地区发育相对比较齐全,下部岩性变化较大,厚 3 151 m;蓬莱地区缺失小宋组,厚 2 281 m;福山地区缺失

小宋组,厚 3 393 m。在五莲地区、粉子山群仅发育小宋组、祝家乔组、张格庄组,厚 1 323 m。该群原岩系一套高铝砂、泥质碎屑岩,富镁碳酸盐岩,钙镁硅酸盐岩,含碳质、泥质碎屑岩类,属碎屑沉积-碳酸盐岩沉积局部硅铁建造。其下部是碎屑沉积岩,中部是碳酸盐岩夹钙镁硅酸盐岩,上部是泥质岩,是形成于滨海相至浅海相的大陆边缘构造环境,为古元古代裂陷槽沉积产物,是山东省菱镁矿、滑石矿主要层位。除岗嵒组与下伏的巨屯组为韧性剪切带接触外,其余各组之间均为整合接触,区域上多形成近东西向的开阔的纵弯叠加褶皱,经角闪岩相变质。

粉子山群被古元古代莱州组合西水单元变辉长岩侵入。中国地质科学院万渝生等于 2006 年对粉子山群变沉积岩(石榴石-白云母-石英片岩)进行锆石 SHRIMP 定年,得到变质年龄约 1.9 Ga,碎屑年龄 2.9 ~ 2.2 Ga,同荆山群相似,同样形成于古元古代晚期^[6]。

2.3.3 芝罘群 (Pt₁Z)

局限分布于烟台市芝罘岛及其邻近空洞岛等各大、小不同的岛屿,其主要岩性为石英岩、钾长石英岩夹磁铁矿层。自下而上划分老爷山组、兵营组、东口组。各组之间呈整合关系,芝罘群上未见顶,下未见底,与粉子山群关系不明。

(1) 老爷山组 (Pt₁Zl)

老爷山组主要岩性为中厚层中粗粒钾长石英岩和含镜铁石英岩、含镜铁钾长石英岩,偶夹白云石英片岩,白云钾长片麻岩,上部夹镜铁矿层,顶部为二云变粒岩夹浅粒岩,普遍含有砾石,局部转变成成为变质砾岩,厚 764 m。该组经历了角闪岩相变质,其原岩主要为石英砂岩类,成熟度比较高。

(2) 兵营组 (Pt₁Zb)

兵营组以灰白色细粒纯石英岩为主并夹有大量钾长石英岩,中下部夹含白云石英片岩,顶部夹白云石英片岩,蛇纹大理岩,厚 868 m。经历了低角闪岩相变质,原岩为高成熟度的石英砂岩夹泥质岩、碳酸盐岩类。

(3) 东口组 (Pt₁Zd)

东口组整合覆于兵营组之上,未见顶,为一套以褐色厚层石英岩、白云母石英岩、白云母钾长石英岩、白云母钾长片麻岩为主的岩石组合。厚度 > 87.4 m,其原岩为成熟度较高的滨浅海陆源碎屑岩,变质程度为低角闪岩相。

芝罘群以一套钾长石英岩夹镜铁矿岩系组合为特征,发育大量的原生沉积构造,如斜层理,粒序层等,原岩是一套高成熟度的石英砂岩,长石石英砂岩夹碎屑岩沉积,为陆源碎屑岩夹碳酸盐岩沉积建造,反映了一种滨海相的沉积环境。变质程度达角闪岩相。其形成时代目前尚缺少可靠的测年资料,其与粉子山群关系不明。1991年山东省地矿局区域地质调查队进行1:20万烟台市幅区调时,在兵营组石英岩中测得碎屑锆石U-Pb不一致线上交点年龄为2171Ma,限定了其最大沉积时代。综合分析,将其划为古元古代晚期,区域上可与辽东地区的榆树砬子群大致对比。

致谢:研究得到山东省地质系列图件编制与综合研究项目(1212010811029)、国土资源部重点项目(1212010711815)和国家自然科学基金(40672127)资助。

参考文献:

- [1] 沈其韩,赵子然,宋彪,等. 山东沂水新太古代马山和雪山岩体的地质、岩石化学特征和锆石年代研究[J]. 地质论评,2007,53(2):181-186.
- [2] 沈其韩,宋彪,徐惠芬,等. 山东沂水太古宙蔡峪和大山岩体SHRIMP锆石年代学[J]. 地质论评,2004,50(3):275-284.
- [3] 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.
- [4] Jahn BM, Liu Dunyi, Wan Yusheng, Song Biao, Wu Jiashan, 2008. Archean crustal evolution of the Jiaodong peninsula, China, as revealed by zircon SHRIMP geochronology, elemental and Nd-isotope geochemistry. American Journal of Science, 308: 232-269, doi: 10.2475/03.2008.03.
- [5] 宋明春,王沛成. 山东省区域地质[M]. 济南:山东省地图出版社,2003:25-68.
- [6] Wan Yusheng, Song Biao, Liu Dunyi, Wilde S A, Wu Jiashan, Shi Yuruo, Yin Xiaoyan, Zhou Hongying, 2006. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of Paleoproterozoic metasedimentary rocks in the North China Craton: evidence for a major Late Paleoproterozoic tectonothermal event. Precambrian Research, 149: 249-271.

Forming Ages of Early Precambrian Metamorphic Strata in Shandong Province ——Proofs of Zircon SHRIMP U - Pb Dating

WANG Shi-jin¹, WAN Yu-sheng², ZHANG Cheng-ji³, YANG En-xiu¹, SONG Zhi-yong¹, WANG Li-fa¹, WANG jin-guang¹

(1. Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Geological Institute of Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3. Shandong Exploration Bureau of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: In the western Shandong, the formation age of Taishan rock group is identified as 2750~2700Ma, which belongs to the early period of Neoproterozoic. By using zircon SHRIMP U-Pb dating: Amphibolite granulite of Yanlingguan group is (2747 ± 7) Ma, biotite granulite of Liuhan group is (2739 ± 16) Ma and (2703 ± 6) Ma, gneissic quartz diorite which intruded into the flash actinolite schist at the bottom of Yanlingguan group is (2740 ± 6) Ma. detrital zircon age of Jining (rock) group is (2700~2665) Ma, magmatic zircon age is (2561 ± 24) Ma. Thus, Jining (rock) group was formed in the late period of Neoproterozoic. The Archean shell rocks, granitic rocks and the early Neoproterozoic TTG granitic rocks are found in Ludong area; while the forming ages of Jingshan group and Fenzishan group are late Paleoproterozoic. Marble in Jingshan group was intruded by gabbro and diorite in Xishuikuang unit of Laizhou group with the zircon SHRIMP U-Pb ages of (1868 ± 11) Ma and (1852 ± 9) Ma. They were subjected to metamorphism and deformation transformation at the same time.

Key words: Early Precambrian; metamorphic stratigraphy; zircon U-Pb dating; new progress; Shandong province