

## 鲁西陆块前寒武纪大地构造演化

耿科<sup>1,2,3</sup>, 李洪奎<sup>1,2,3</sup>, 梁太涛<sup>1,2,3</sup>, 禚传源<sup>1,2,3</sup>, 张玉波<sup>1,2,3</sup>

(1. 山东省地质科学研究所, 山东 济南 250013; 2. 山东省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室, 山东 济南 250013; 3. 国土资源部金矿成矿地质过程与资源利用重点实验室, 山东 济南 250013)

**摘要:**鲁西陆块是中国前寒武纪研究的热点地区之一,其前寒武纪花岗岩-绿岩带地体的划分与构造演化历来为学者们注目。通过系统收集近年来鲁西陆块前寒武纪 SHRIMP U-Pb 测年数据,利用鲁西陆块前寒武纪花岗岩类岩石化学数据判别其形成的构造环境,综合国内大地构造相方面的研究成果,并在此基础上得出:鲁西陆块前寒武纪地壳形成与演化主要经历了中太古代-陆核形成阶段、新太古代-陆壳增生阶段、元古宙-大陆裂解阶段3个阶段。

**关键词:**前寒武纪;大地构造相;SHRIMP 锆石 U-Pb 测年;构造演化;鲁西陆块

中图分类号:P542

文献标识码:A

## 1 大地构造位置及研究现状

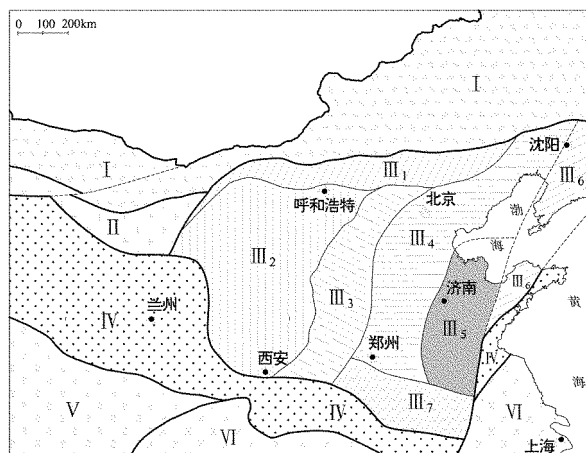
## 1.1 大地构造位置

鲁西陆块属华北克拉通<sup>[1]</sup>,位于山东省西部相对稳定的地块,前人常称之为鲁西地区、鲁西隆起、鲁西地块。其东界以昌邑-大店断裂与渤海陆块(以往称为胶北地块、胶北隆起、胶辽活动带)相接,南界以宿北断裂与豫皖陆块相接,西界以聊(城)-兰(兰)考断裂与冀辽陆块相接,北部被新生代渤海坳陷(华北坳陷)盆地所掩盖,推测其边界应该位于齐(河)-广(饶)断裂附近(图1)。

鲁西陆块具有典型的地台区二元结构。前寒武纪变质基底广泛发育,主要为新太古代的花岗-绿岩组合。寒武纪以来的沉积盖层不整合覆于基底之上,古、中元古代沉积比较稀少。

## 1.2 研究历史及现状

鲁西陆块前寒武纪变质岩系出露面积约占基岩出露总面积的60%以上,是中国太古宙花岗岩-绿岩带发育最好的地区之一,前人对其进行了大量研究。1869年德国人李希霍芬通过在山东的调查,第一个发现了“潍河断裂”(今沂沭断裂带),并藉此将



I—天山-兴蒙造山系;II—塔里木陆块区;III—华北陆块区(III<sub>1</sub>—阴山-冀北陆块;III<sub>2</sub>—鄂尔多斯陆块;III<sub>3</sub>—五台-太行陆块;III<sub>4</sub>—冀辽陆块;III<sub>5</sub>—鲁西陆块;III<sub>6</sub>—渤海陆块);IV—秦祁昆造山系;V—西藏-三江造山系;VI—扬子陆块区

图1 鲁西陆块大地构造位置图

山东分为2个不同的地质部分<sup>[2]</sup>。1907年美国地质学家维里士和布莱克威尔德首先提出泰山地区主要由太古宙火成变质岩组成,并将鲁西泰山地区的太古宙岩石统称之为“泰山杂岩”<sup>[3]</sup>。1917—1920年,谭锡畴对鲁西地区进行了较为详细的考察,对区内的主要断裂几乎都有论述<sup>[2]</sup>。李四光、黄汲清分

收稿日期:2013-02-01;修订日期:2013-12-05;编辑:王秀元

项目来源:全国矿产资源潜力评价项目之山东省成矿地质背景研究(1212010813014-01)成果

作者简介:耿科(1982—),男,山东淄博人,工程师,主要从事成矿地质背景研究、地质矿产勘查及矿产资源规划编制工作;E-mail:gengke@126.com。

别对鲁西和鲁东的大地构造属性作过研究<sup>[2,4]</sup>。

陈国达运用地台活化的理论,把鲁西称为地洼,鲁东称为地穹<sup>[5]</sup>。1961年山东省地质厅、北京地质学院区测一大队建立泰山群,认为属一套复杂的含火山岩类地槽沉积<sup>[6]</sup>。任纪舜、张文佑分别将鲁西、鲁东划分为不同的大地构造单元<sup>[7,8]</sup>。曹国权首次对鲁西山区新太古代沉积作用、主要热事件、太古宙陆核形成及演化等进行了讨论<sup>[9]</sup>。曹国权、Jahn et al,王世进等从泰山岩群中划分出古老的变质英云闪长岩岩体<sup>[10]</sup>,称之为“望府山片麻岩”<sup>[3]</sup>。王世进、张成基综合侵入关系、岩石特征、变质程度、同位素年龄对鲁西地区前寒武纪侵入岩期次进行了初步划分<sup>[11,12]</sup>。王世进提出鲁西地区早前寒武纪变质岩区的基底褶皱主要为泰山岩群组成的向斜与TTG花岗岩组成的背形相间排列<sup>[13]</sup>。曹国权详细描述了鲁西地区太古宙变质地层和岩浆岩及花岗质片麻状岩石的分期及变质作用分期,对鲁西早前寒武纪地壳演化进行了探讨<sup>[14,15]</sup>。

赵国春等将鲁西和鲁东分别划归东部陆块和胶-辽-吉构造带<sup>[16-18]</sup>。侯贵廷等将鲁西地块划分为西部的TTG类岩区和东部的片麻状二长花岗岩区,新太古代末2个岩区焊接在一起<sup>[19]</sup>。宋明春将山东划分为胶辽微陆块、渤鲁微陆块和迁淮微陆块,隶属华北克拉通东部陆块群。并且通过对沉积建造、岩浆活动、构造变动等形成背景研究,提出了山东省不同地质年代大地构造单元组成和演化过程<sup>[20,21]</sup>。王世进、陆松年等对鲁西地区前寒武纪侵入岩系年代格架进行了系统地厘定,获得了大量精确可靠的同位素年龄数据,并将鲁西新太古代岩浆侵入活动划分为3期<sup>[22,23]</sup>。李洪奎等对山东省大地构造相进行了划分,提出了大地构造演化发展经历了克拉通形成与裂解、稳定陆表海发展和滨太平洋构造活动3个阶段<sup>[24,25]</sup>。万渝生等通过同位素年代学研究把鲁西太古宙花岗绿岩带划分为3个构造岩浆岩带:A带—北东部的新太古代晚期(2 490~2 525 Ma)壳源花岗岩带;B带—中部的新太古代早期(2 600~2 750 Ma)古老岩石带;C带—西南部的新太古代晚期(2 500~2 550 Ma)新生陆壳带<sup>[26]</sup>。冯艳芳等将鲁西陆块早前寒武纪花岗岩类划分为新太古代早期 $T_1T_2G_1$ 组合(2 741~2 611 Ma)、新太古代

中晚期 $T_1T_2G_1G_2QM$ 组合(2 563~2 500 Ma)、古元古代早期 $G_2QM$ 组合(2 496~2 435 Ma)3个期次<sup>[27]</sup>。王世进、万渝生对泰山岩群年代地层格架进行了细致研究,认为主要由斜长角闪岩、变质超基性岩组成的雁翎关岩组、柳行岩组下部,形成于2.70~2.75 Ga;主要由变质碎屑沉积岩和BIF组成的柳杭岩组上部 and 山草峪岩组,形成时代为2.50~2.55 Ga<sup>[28,29]</sup>。

## 2 鲁西陆块前寒武纪年代格架与构造环境

### 2.1 主要地质事件年代格架

鲁西陆块是中国早前寒武纪地质研究的经典地区之一,前寒武纪地质记录十分发育。该地块是大陆高级变质区,岩石以各种片麻岩为主,有的甚至是麻粒岩类。既包括了太古宙的表壳岩(绿岩带),也包含了各个时期的变质深成侵入体(花岗岩)。由于其变质变形作用强烈,原生地质和地球化学特征保存少、难恢复,使得对其研究变得十分复杂。进入21世纪以来,随着SHRIMP技术在中国的推广,许多学者在鲁西地区进行了有针对性的SHRIMP锆石U-Pb定年工作,发表了一系列更为精确的测年数据。基于这些高精度年龄数据,并参照各种野外穿插关系的判断,将鲁西陆块前寒武纪年代格架进行了重新构建(表1)。

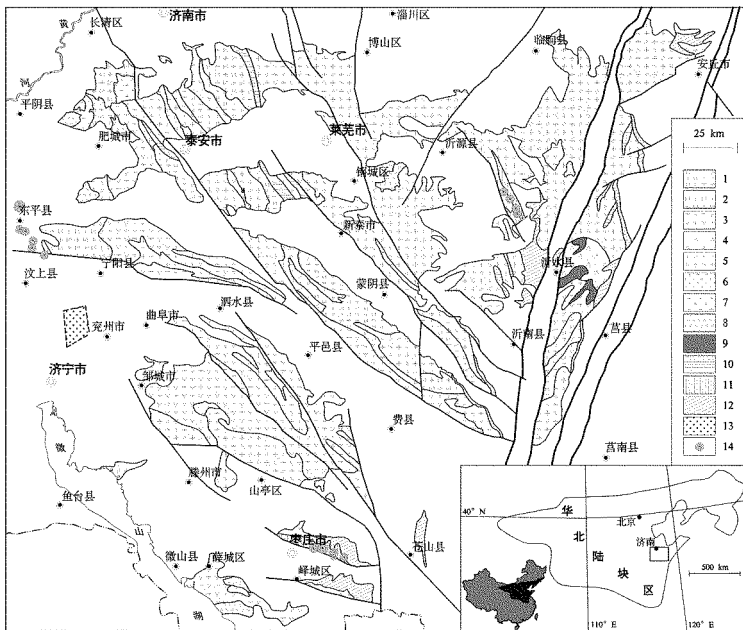
### 2.2 构造环境判别

鲁西陆块前寒武纪变质岩以变质深成侵入体为主,其中绝大多数为花岗岩类(图2,表2)。花岗岩类构造环境的正确判断是分析鲁西陆块大地构造演化的重要依据之一,因此该文采用岩石化学方法初步探讨鲁西陆块前寒武纪变质花岗岩类形成的构造环境。

前寒武纪花岗岩类侵入岩可分为英云闪长岩( $T_1$ )、奥长花岗岩( $T_2$ )、花岗闪长岩( $G_1$ )、花岗岩( $G_2$ )和石英二长岩(QM),不同的花岗岩类的岩石组合,形成于不同的构造环境,岛弧环境为 $T_1T_2G_1$ ;大陆边缘弧环境为 $T_1T_2G_1G_2$ ;大陆碰撞环境则发育 $G_2$ 。近年来研究发现, $T_1T_2G_1$ 组合可形成于不同的构造环境,如大洋俯冲环境或下地壳玄武质岩石的局部熔融。

表1 鲁西陆块前寒武纪 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄

岩套或岩群	SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 (Ma)	年龄变化范围/Ma	地质时代	资料来源
牛岚岩套	1139, 1157, 1632 (SIMS), 1621 (TIMS)	1139 ~ 1632	Pt <sub>2</sub> (Pt <sub>1</sub> ?)	侯贵廷 <sup>[30]</sup> 、相振群 <sup>[31]</sup>
红门岩套	2480, 2479	2479 ~ 2480	Pt <sub>1</sub>	陆松年 <sup>[23]</sup>
四海山岩套	2533, 2525	2525 ~ 2533	Ar <sub>3</sub> <sup>3</sup>	王世进 <sup>[22]</sup> 、王伟 <sup>[32]</sup>
傲徕山岩套	2520, 2516, 2534, 2501, 2500, 2537, 2517, 2508, 2545, 2513	2500 ~ 2545	Ar <sub>3</sub> <sup>3</sup>	王世进 <sup>[22]</sup> 、侯贵廷 <sup>[30]</sup> 、王世进 <sup>[33]</sup> 、王伟 <sup>[32]</sup> 、沈其韩 <sup>[34]</sup>
沂水岩套	2538, 2532, 2562, 2530, 2531, 2518, 2506	2506 ~ 2562	Ar <sub>3</sub> <sup>3</sup>	赵子然 <sup>[35]</sup> 、沈其韩 <sup>[34]</sup> 、沈其韩 <sup>[36]</sup>
泰山岩群上亚群	2520, 2524, 2587, 2572, 2544	2520 ~ 2587	Ar <sub>3</sub> <sup>3</sup>	万渝生 <sup>[37]</sup> 、王世进 <sup>[28]</sup> 、杜利林 <sup>[38]</sup>
济宁岩群	2561, 2522	2522 ~ 2609	Ar <sub>3</sub> <sup>3</sup>	王伟 <sup>[39]</sup>
峰山岩套	2530, 2539, 2514, 2550, 2539 2532, 2526, 2660, 2607, 2620	2509 ~ 2660	Ar <sub>3</sub> <sup>2-3</sup>	王世进 <sup>[22]</sup> 、王世进 <sup>[40]</sup> 、王世进 <sup>[41]</sup> 、陆松年 <sup>[23]</sup>
新甫山岩套	2613, 2623, 2615, 2626	2613 ~ 2626	Ar <sub>3</sub> <sup>2</sup>	沈其韩 <sup>[36]</sup> 、王世进 <sup>[22]</sup> 、王世进 <sup>[42]</sup>
泰山岩套	2623, 2711, 2714, 2707, 2740, 2717, 2742	2623 ~ 2742	Ar <sub>3</sub> <sup>1-2</sup>	杨恩秀 <sup>[43]</sup> 、王世进 <sup>[22]</sup> 、侯贵廷 <sup>[30]</sup> 、王伟 <sup>[44]</sup> 、杜利林 <sup>[38]</sup>
泰山岩群下亚群	2717, 2742, 2739, 2703, 2747	2703 ~ 2747	Ar <sub>3</sub> <sup>1</sup>	杜利林 <sup>[38]</sup> 、王世进 <sup>[22]</sup> 、王世进 <sup>[45]</sup>
沂水岩群	2719, 2695	2695 ~ 2719	Ar <sub>3</sub> <sup>1</sup>	赵子然 <sup>[46]</sup> 、赵子然 <sup>[47]</sup>

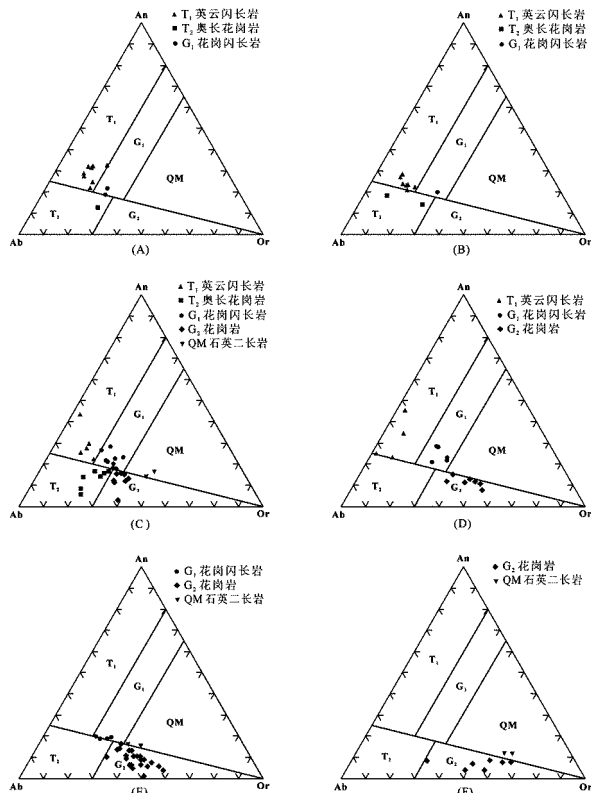


1—新太古代早中期泰顶 TTG 组合(含万山庄变质超基性层状侵入体);2—新太古代中期新甫山 TTG 组合(含黄前变质超基性层状侵入体);3—新太古代中晚期峰山 TTG 组合(含南涝坡变质超基性层状侵入体);4—新太古代晚期沂水-十里铺 TTG 组合;5—新太古代晚期傲徕山二长花岗岩组合;6—新太古代晚期四海山正长花岗岩组合;7—古元古代早期红门辉长岩-闪长岩组合;8—古元古代晚期摩天岭二长花岗岩组合;9—中元古代沂水陆核亚相;10—新元古代早期泰安古岛弧亚相;11—新太古代晚期东平-枣庄古岛弧亚相;12—新太古代晚期颜店古岛弧亚相;13—新元古代昌乐-苍山陆缘裂谷相;14—BIF 铁矿

图2 鲁西陆块大地构造相简图

将鲁西陆块前寒武纪花岗岩类岩石化学成分投点于 An-Ab-Or 和 Q-Ab-Or 图解中(图3、图4)<sup>[27,48]</sup>,泰山岩套和新甫山岩套均为 T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>G<sub>1</sub> 组合,具贫 K<sub>2</sub>O 的奥长花岗岩演化趋势。峰山岩套为 T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>G<sub>1</sub>G<sub>2</sub>QM 组合,沂水岩套为 T<sub>1</sub>G<sub>1</sub>G<sub>2</sub> 组合,其处于奥长花岗岩演化趋势和钙碱性演化趋势的过渡状态。傲徕山岩套为 G<sub>1</sub>G<sub>2</sub>QM 组合,摩天岭岩套为 G<sub>2</sub>QM 组合,其具富 K<sub>2</sub>O 的钙碱性演化趋势。

由 SiO<sub>2</sub>-MgO 和 SiO<sub>2</sub>-FeO\*/MgO 图解<sup>[49]</sup>(图5,图6)<sup>[27,48]</sup>可以看出,鲁西陆块新太古代早期-中期的泰山岩套和新甫山岩套绝大多数 T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>G<sub>1</sub> 岩石具有镁安山岩性质,属于洋俯冲环境下形成的岩浆岩。新太古代中期-晚期的峰山岩套和沂水岩套中,绝大多数 T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>G<sub>1</sub> 岩石具 MA 性质,也属于洋俯冲环境下形成的岩浆岩;部分 G<sub>2</sub> 和 QM 岩石则可能形成于下地壳底部的部分熔融。新太古代晚期的傲徕山岩套和古元古代晚期的摩天岭岩套的 G<sub>2</sub>QM 岩石大多不具 MA 性质,是下地壳底部部分熔融形成的岩浆岩。



(A)新太古代早-中期泰山岩套;(B)新太古代中期新甫山岩套;(C)新太古代中-晚期峰山岩套;(D)新太古代晚期沂水岩套;(E)新太古代晚期傲徕山岩套;(F)元古代晚期摩天岭岩套;An—钙长石;Ab—钠长石;Or—正长石

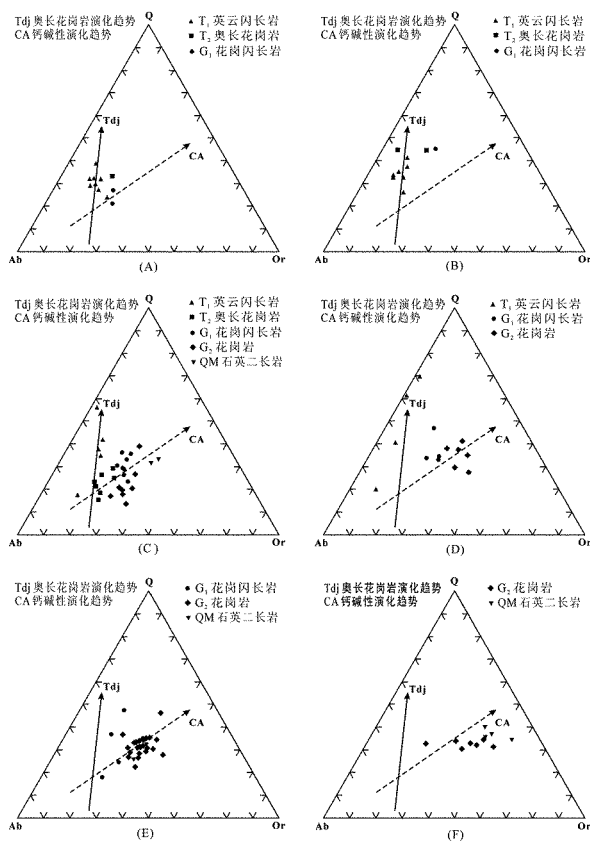
图3 鲁西陆块前寒武纪花岗岩类 An - Ab - Or 图解<sup>①②</sup>

(图3—图6底图均源自冯艳芳<sup>[27]</sup>)

表2 鲁西陆块早前寒武纪花岗岩类划分及其构造环境

形成年龄/ Ma	地质 年代	岩石 岩套	岩石 组合	岩浆 源区	构造 环境	陆壳 成熟度
2479 ~ 2480 <sup>[27]</sup>	Pt <sub>1</sub>	摩天岭	G <sub>2</sub> QM	下地壳	大陆碰撞	成熟
2500 ~ 2545	Ar <sub>3</sub>	傲徕山 (四海山)	G <sub>1</sub> G <sub>2</sub> QM	下地壳	大陆碰撞	成熟
2506 ~ 2562	Ar <sub>3</sub>	沂水	T <sub>1</sub> G <sub>1</sub> G <sub>2</sub>	俯冲洋壳 +下地壳	大陆 边缘弧	半成熟
2509 ~ 2660	Ar <sub>3</sub> <sup>-3</sup>	峰山	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub> G <sub>1</sub> G <sub>2</sub> QM	俯冲洋壳 +下地壳	大陆 边缘弧	半成熟
2613 ~ 2626	Ar <sub>3</sub>	新甫山	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub> G <sub>1</sub>	俯冲洋壳	岛弧	不成熟
2623 ~ 2742	Ar <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	泰山	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub> G <sub>1</sub>	俯冲洋壳	岛弧	不成熟

K<sub>2</sub>O 的富集程度和 K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 比值可作为陆壳成熟度的标志之一<sup>[27]</sup>。一般来说,玄武质洋壳在贝尼奥夫带向陆壳下俯冲到一定深度而发生部分熔融,首先产生低 K<sub>2</sub>O 的 T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>G<sub>1</sub> 组合,T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>G<sub>1</sub> 在陆壳底部熔融产生逐渐富 K<sub>2</sub>O 的 T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>G<sub>1</sub>G<sub>2</sub> 组合,最终产生富 K<sub>2</sub>O 的 G<sub>2</sub>QM 组合。其中 T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>G<sub>1</sub> 属于新生的初始不成熟陆壳,T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>G<sub>1</sub>G<sub>2</sub> 是过渡性的半成熟陆



(A)新太古代早-中期泰山岩套;(B)新太古代中期新甫山岩套;(C)新太古代中-晚期峰山岩套;(D)新太古代晚期沂水岩套;(E)新太古代晚期傲徕山岩套;(F)元古代晚期摩天岭岩套;Q—石英;Ab—钠长石;Or—正长石

图4 鲁西陆块前寒武纪花岗岩类 Q - Ab - Or 图解

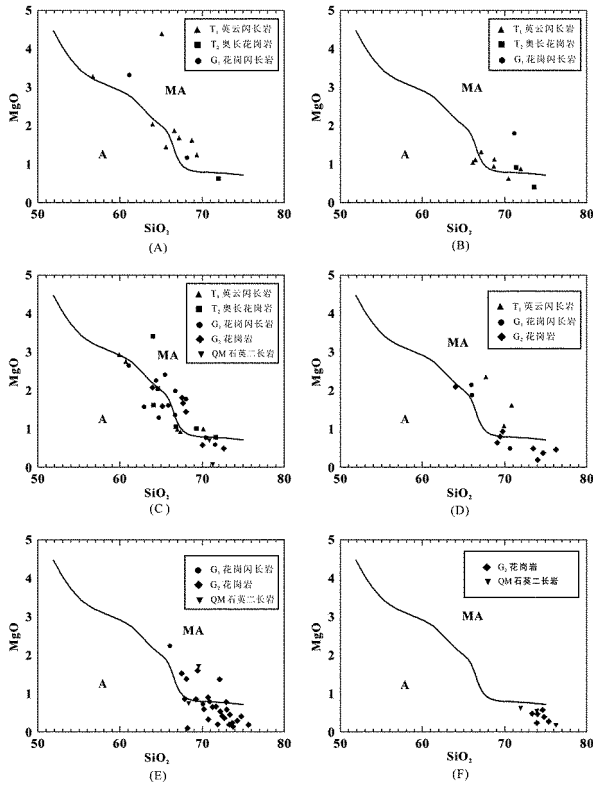
壳,富 K<sub>2</sub>O 的 G<sub>2</sub>QM 是最终形成的成熟陆壳。鲁西陆块早前寒武纪花岗岩类组合特征指示,该区具有从早期不成熟陆壳向晚期成熟陆壳演化的地球化学特点(表2)。

### 3 大地构造演化

#### 3.1 中太古代——陆核形成阶段

2 800 Ma 以前,原始地壳在一种类似多岛洋的环境下受地幔热柱影响产生了早期岩浆作用,一部分岩浆侵入到地壳中形成严家官庄超基性岩,另一部分喷出地表形成了鲁西陆块最老的表壳岩——沂水岩群,沂水古陆核由此形成。

① 山东省地质调查院,杨恩秀、张春池、李庆平等,1:25 万淄博市幅区域地质调查报告,2003 年。  
② 山东省地质调查院,宋明春、李远友、战金成等,1:25 万日照市幅区域地质调查报告,2002 年。



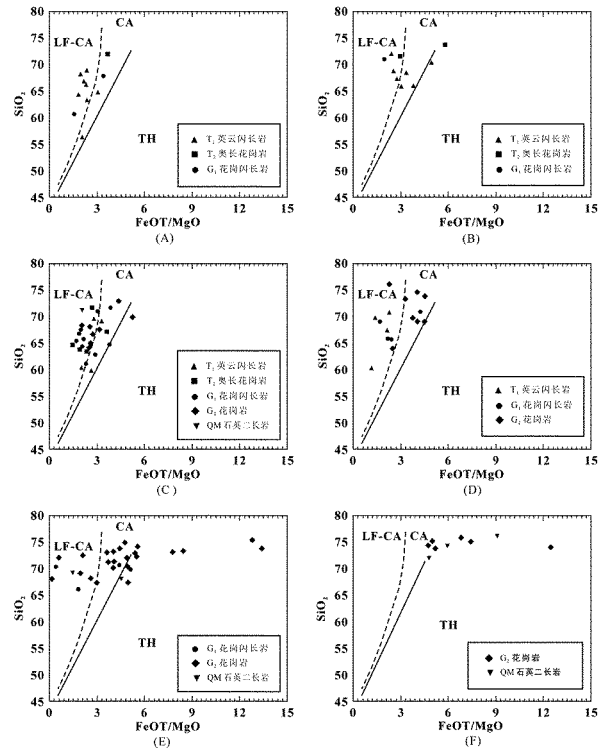
(A)新太古代早-中期泰山岩套,(B)新太古代中期新甫山岩套,(C)新太古代中-晚期峰山岩套,(D)新太古代晚期沂水岩套,(E)新太古代晚期傲徕山岩套,(F)古元古代晚期摩天岭岩套;MA—镁安山质岩石系列;A—安山岩质岩石系列

图5 鲁西陆块前寒武纪花岗岩类  $w(\text{SiO}_2) - w(\text{MgO})$  图解

古陆核形成之后,原始地壳与洋壳由于强烈俯冲、碰撞、拼贴,产生了大量TTG花岗岩类,原始陆壳在垂向和横向上不断增生。鲁西新太古代陆壳演化大致分为3个阶段(图7)。

### 3.2 新太古代——陆壳增生阶段

第一阶段为新太古代早期—中期。鲁西地区经历了2次伸展—挤压构造活动旋回。地壳伸展时,幔源岩浆侵位形成超基性层状侵入体,伴有火山喷发形成表壳岩系;地壳挤压时,原始洋壳发生俯冲,俯冲洋壳部分熔融产生大量 $T_1T_2G_1$ 花岗岩类,大致呈NW走向分布于泰山—徂徕山—蒙山一带,构成洋内岛弧。第一次伸展—挤压构造旋回形成了万山庄变质超基性层状侵入体、泰安古岛弧亚相~2700 Ma的表壳岩和泰顶TTG组合,第二次伸展—挤压构造旋回形成了黄前变质超基性层状侵入体和新甫山TTG组合。此阶段的陆壳性质为原始不成熟陆壳。



(A)新太古代早-中期泰山岩套;(B)新太古代中期新甫山岩套;(C)新太古代中-晚期峰山岩套;(D)新太古代晚期沂水岩套;(E)新太古代晚期傲徕山岩套;(F)古元古代晚期摩天岭岩套;LF-CA—低铁钙碱性系列;CA—钙碱性系列;TH—拉

斑玄武岩系列

图6 鲁西陆块前寒武纪花岗岩类  $w(\text{SiO}_2) - w(\text{FeO}^*)/w(\text{MgO})$  图解

第二阶段为新太古代中期—晚期。鲁西地区再次经历伸展—挤压构造活动旋回。伸展构造活动期,幔源基性—超基性岩浆侵位,形成南涝坡变质超基性层状侵入体;同时发生火山喷发—沉积作用,形成东平—枣庄古岛弧亚相、颜店古岛弧亚相中2520 Ma的表壳岩和BIF。挤压构造活动期,洋壳向陆壳下俯冲,原始陆壳增生加厚,鲁西地区处于大陆边缘岛弧环境。俯冲洋壳熔融产生的 $T_1T_2G_1$ 和下地壳 $T_1T_2G_1$ 熔融产生的 $G_2QM$ 岩浆侵入,形成大量 $T_1T_2G_1G_2QM$ 花岗岩类,空间上大致呈NW向分布于肥城—泗水—枣庄一带,形成峰山TTG组合和沂水—十里铺TTG组合。此时的陆壳逐渐向富 $K_2O$ 演化,为半成熟陆壳。

第三阶段为新太古代晚期。在持续挤压环境下,洋壳俯冲殆尽,鲁西地区大地构造演化进入陆—陆碰撞阶段。此时产生的花岗岩类只有下地壳

地质时代/年		鲁西陆块前寒武纪大地构造演化						大地构造演化阶段			
代	纪	年龄 Ma	沉积事件	侵入事件	变质事件	成矿事件	建造组合	亚相	相	演化特征	构造发展阶段
新元古	震旦纪-南华纪	543	⑬		低压绿片岩相		13.石旺庄远滨灰岩白云岩组合(Pt <sub>5</sub> )	昌乐裂谷中心亚相(Pt <sub>5</sub> )	昌乐-苍山陆缘裂谷相(Pt <sub>5</sub> )	陆内发生多次裂谷事件。古元古代早期裂谷开张至古元古代晚期闭合。之后鲁西陆块整体抬升剥蚀。晚青白口世至早震旦世发生沂沭古裂谷事件。	大陆裂解阶段
			⑭				12.浮来山前滨细-粉砂岩组合(Pt <sub>5</sub> )	昌乐裂谷边缘亚相			
		680	⑪			11.佟家庄临滨石英砂岩灰岩页岩组合(Pt <sub>5</sub> )	(Pt <sub>5</sub> )				
		800	⑩			10.二青山临滨砂岩泥灰岩页岩组合(Pt <sub>5</sub> )					
古元古	青白口纪	900	⑨			9.黑山官前滨石英砂岩页岩组合(Pt <sub>5</sub> )					
		1000									
中元古	Jx			⑫			26.牛岚辉绿岩组合(Pt <sub>2</sub> )	牛岚陆内裂谷亚相(Pt <sub>2</sub> )	蒙阴陆内裂谷相(Pt <sub>2</sub> )		
		1800					25.摩天岭二长花岗岩组合(Pt <sub>1</sub> )	红门初始裂谷亚相(Pt <sub>1</sub> )			
元古	Pt			⑮			24.红门辉长岩-闪长岩组合(Pt <sub>1</sub> )				
		2500									
新太古代	Ar <sub>3</sub>	2600	⑮	⑮	中-低压绿帘角闪岩相		23.四海山正长花岗岩组合(Ar <sub>3</sub> )	四海山古后碰撞岩杂岩亚相(Ar <sub>3</sub> )	新泰古岩杂弧相(Ar <sub>3</sub> )	随着洋壳俯冲消减完毕,开始陆-陆碰撞阶段,生成大量GMS花岗岩类。克拉通化初步完成。	陆壳增生阶段
			⑯	⑯			22.徂徕山二长花岗岩组合(Ar <sub>3</sub> )	徂徕山古后碰撞岩杂岩亚相(Ar <sub>3</sub> )			
			⑰	⑰			21.沂水-十里铺TTG组合(Ar <sub>3</sub> )	崂山古俯冲岩杂弧亚相(Ar <sub>3</sub> )			
			⑱	⑱			20.峰山TTG组合(Ar <sub>3</sub> <sup>-2</sup> )	峰山古俯冲岩杂弧亚相(Ar <sub>3</sub> <sup>-2</sup> )			
			⑲	⑲			19.南游族变质超基性层状侵入体(Ar <sub>3</sub> )				
			⑳	⑳			18.新甫山TTG组合(Ar <sub>3</sub> )	望府山古俯冲岩杂弧亚相(Ar <sub>3</sub> )			
			㉑	㉑			17.黄前变质超基性层状侵入体(Ar <sub>3</sub> )				
			㉒	㉒			16.泰顶TTG组合(Ar <sub>3</sub> <sup>-2</sup> )	望府山古俯冲岩杂弧亚相(Ar <sub>3</sub> <sup>-2</sup> )			
			㉓	㉓			8.翟家远滨千枚岩磁铁矿石英岩组合(Ar <sub>3</sub> )?	颜店古岛弧亚相(Ar <sub>3</sub> )?			
			㉔	㉔			7.山前岭黑云岩角闪变粒岩夹磁铁矿石英岩组合(Ar <sub>3</sub> )	东平-枣庄古岛弧亚相(Ar <sub>3</sub> )			
古太古代	Ar <sub>3</sub>	2700	⑳	⑳	中-低压角闪岩相		6.柳杭上部变粒岩绿片岩组合(Ar <sub>3</sub> )	柳杭古岛弧亚相(Ar <sub>3</sub> )	泰山古岩盆相(Ar <sub>3</sub> )	经历一次伸展-挤压旋回,伸展时形成超基性层状侵入体和~2520Ma表壳岩,挤压时洋-陆俯冲,形成大量TTG、GMS混合花岗岩。	陆壳增生阶段
			㉕	㉕			5.柳杭下部斜长角闪岩变粒岩组合(Ar <sub>3</sub> )	泰安古岛弧亚相(Ar <sub>3</sub> )			
			㉖	㉖			4.雁翎关斜长角闪岩变粒岩夹磁铁矿石英岩组合(Ar <sub>3</sub> )				
			㉗	㉗			3.孟家屯含砾石英岩组合(Ar <sub>3</sub> )				
中太古代	Ar <sub>2</sub>	3200	⑲	⑲	中压麻粒岩相		14.严家官庄超基性岩组合(Ar <sub>2</sub> )	沂水裂谷亚相(Ar <sub>2</sub> )	沂水裂谷相(Ar <sub>2</sub> )	原始地壳开张,火山喷发沉积,形成类岛弧,古陆核形成。	陆核形成阶段
			⑳	⑳			2.林家官庄斜长角闪岩、黑云变粒岩组合(Ar <sub>2</sub> )				
			⑰	⑰			1.石山官庄二辉麻粒岩、紫苏磁铁矿组合(Ar <sub>2</sub> )				

图7 鲁西陆块前寒武纪大地构造演化序列图

T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>G<sub>1</sub> 熔融产生的 G<sub>2</sub>QM 岩浆,空间上大致呈 NW 向分布于章丘-沂源-沂南一带,形成徂徕山古同碰撞岩杂岩亚相、四海山古后碰撞岩杂岩亚相。四海山正长花岗岩组合的形成,代表着鲁西陆块完成了初步克拉通化,陆壳演化达到了成熟陆壳程度。

### 3.3 元古宙——大陆裂解阶段

古元古代早期,随着地壳开张,红门辉长岩-闪长岩组合沿构造薄弱的韧性剪切带侵位,直到古元古代晚期裂谷闭合,摩天岭二长花岗岩组合侵位,鲁西陆块第二次克拉通化完成。之后鲁西陆块主体处于造山隆升阶段,遭受剥蚀。晚青白口世至早震旦世,地壳沿现在的沂沭断裂带附近被拉开,形成沂沭

海峡<sup>[20]</sup>,沉积了昌乐-苍山陆缘裂谷相。

晚震旦世沂沭海峡上升为陆,沉积缺失。早寒武世以后,地壳沉降,海侵开始,鲁西陆块进入稳定地台发展阶段。

### 参考文献:

[1] 潘桂棠,肖天辉,陆松年,等.中国大地构造单元划分[J].中国地质,2009,36(1):1-28.  
 [2] 郭振一.山东构造地质调查研究史略及主要学术观点[J].山东地质,1988,4(2):29-35.  
 [3] 庄育勋,王新社,徐洪林.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.  
 [4] 黄汲清.中国主要地质构造单位[M].北京:地质出版社,

- 1945:1-56.
- [5] 山东省地质矿产局. 山东省地质矿产科学技术志[M]. 济南: 山东省地图出版社, 1990:1-30.
- [6] 张增奇, 刘明渭, 宋志勇, 等. 山东省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996:1-27.
- [7] 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等. 中国大地构造及其演化[M]. 北京: 科学出版社, 1996:1-124.
- [8] 张文佑. 断块构造导论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1984:1-385.
- [9] 曹国权, 王致本, 董一杰. 鲁西山区土门群沉积以前地质事件初议[J]. 山东地质, 1986, 2(1):1-13.
- [10] 曹国权, 王致本, 董一杰, 等. 鲁西山区与早、中前寒武系有关的几个地质问题的新认识[J]. 中国地质科学院院报, 1987, (16):189-200.
- [11] 王世进. 鲁西地区前寒武纪侵入岩[J]. 山东地质, 1990, 6(1):59-81.
- [12] 张成基, 王世进. 山东省侵入岩岩石谱系单位划分序列[J]. 山东地质, 1996, 12(2):92-106.
- [13] 王世进. 鲁西地区早前寒武纪地质构造[J]. 中国区域地质, 1993, (3):216-222.
- [14] 曹国权. 鲁西山区早前寒武纪地壳演化再探[J]. 山东地质, 1995, 11(2):1-14.
- [15] 曹国权. 鲁西早前寒武纪地质[M]. 北京: 地质出版社, 1996:1-210.
- [16] Zhao G. C., Cawood P. A., Wilde S. A., et al. Metamorphism of basement rocks in the central zone of the NCC: implications for Palaeoproterozoic tectonic evolution[J]. Precambrian Research, 2000, (103):55-88.
- [17] Zhao G. C., Sun M., Wilde S. A.. Major tectonic units of the NCC and their Palaeoproterozoic assembly[J]. Science in China (series D), 2003, (46):23-38.
- [18] Zhao G. C., Sun M., Wilde S. A., et al. Late Archaean to Palaeoproterozoic evolution of the NCC: key issues revisited[J]. Precambrian Research, 2005, (136):177-202.
- [19] 侯贵廷, 李江海, 金爱文, 等. 鲁西地块早前寒武纪构造-岩浆活动区划及演化的新认识[J]. 高校地质学报, 2004, 10(2):239-249.
- [20] 宋明春, 李洪奎. 山东省区域地质构造演化探讨[J]. 山东地质, 2001, 17(6):12-38.
- [21] 宋明春. 山东省大地构造单元组成: 背景和演化[J]. 地质调查与研究, 2008, 31(3):165-175.
- [22] 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.
- [23] 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, 2008:1-88.
- [24] 李洪奎, 杨永波, 张作礼. 山东大地构造主要阶段划分与成矿作用[J]. 山东国土资源, 2009, 25(7):20-28.
- [25] 李洪奎, 耿科, 褚传源, 等. 山东省优势大地构造相划分初步方案[J]. 山东国土资源, 2010, 26(6):1-6.
- [26] Wan Y. S., Liu D. Y., Wang S. J., et al. Juvenile magmatism and crustal recycling at the end of Neoproterozoic in western Shandong Province, north China Craton: evidence from SHRIMP zircon dating[J]. American Journal of Science, 2010, 310(10):1503-1552.
- [27] 冯艳芳, 邓晋福, 王世进, 等. 鲁西地区早前寒武纪花岗岩类中钦安山质岩石系列(MA)的识别及大陆地壳生长[J]. 中国地质, 2010, 37(4):1119-1122.
- [28] 王世进, 万渝生, 宋志勇, 等. 山东省前寒武纪地层形成时代——同位素地质测年的证据[J]. 山东国土资源, 2011, 27(11):1-6.
- [29] Wan Y. S., Wang S. J., Liu D. Y., et al. Redefinition of depositional ages of Neoproterozoic supracrustal rocks in western Shandong Province, China: SHRIMP U-Pb zircon dating[J]. Gondwana Research, 2012, 21(4):768-784.
- [30] 侯贵廷, 刘玉琳, 李江海, 等. 关于基性岩墙群的 U-Pb SHRIMP 地质年代学的探讨——以鲁西莱芜辉绿岩岩墙为例[J]. 岩石矿物学杂志, 2005, 24(3):179-185.
- [31] 相振群, 李怀坤, 陆松年, 等. 泰山地区古元古代末期基性岩墙形成时代厘定——斜锆石 U-Pb 精确定年[J]. 岩石学报, 2012, 28(9):2831-2842.
- [32] 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.
- [33] 王世进, 万渝生, 王伟, 等. 鲁西地区石门山-凤仙山岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 定年及形成时代[J]. 山东国土资源, 2010, 26(9):1-7.
- [34] 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.
- [35] 赵子然, 宋会侠, 沈其韩, 等. 山东沂水地区英灵山花岗岩及其捕虏体的地质、岩石地球化学特征和锆石 SHRIMP U-Pb 定年[J]. 地质通报, 2008, 27(9):1551-1558.
- [36] 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 SHRIMP 锆石年代研究[J]. 地质论评, 2007, 53(2):180-186.
- [37] 万渝生, 刘敦一, 王世进, 等. 华北克拉通鲁西地区早前寒武纪表壳岩系重新划分和 BIF 形成时代[J]. 岩石学报, 2012, 28(11):3457-3475.
- [38] 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.
- [39] 王伟, 王世进, 刘敦一, 等. 鲁西新太古代济宁群含铁岩系形成时代——SHRIMP U-Pb 锆石定年[J]. 岩石学报, 2010, 26(4):1175-1181.
- [40] 王世进, 万渝生, 王伟, 等. 鲁西蒙山龟蒙顶、云蒙峰岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 测年及形成时代[J]. 山东国土资源, 2010, 26(5):1-6.
- [41] 王世进, 万渝生, 宋志勇, 等. 鲁西峰山岩体的形成时代——锆石 SHRIMP U-Pb 定年的证据[J]. 山东国土资源, 2012, 28(9):1-6.
- [42] 王世进, 万渝生, 杨恩秀, 等. 鲁西地区新太古代中期岩浆活动——新甫山与上港等岩体锆石 SHRIMP U-Pb 定年的证

- 据[J]. 山东国土资源, 2012, 28(4): 1-7.
- [43] 杨恩秀, 陶有兵, 张新平, 等. 鲁西地区新太古界雁翎关组中花岗质“砾石”SHRIMP 锆石 U-Pb 定年及地质意义[J]. 地球化学, 2008, 37(5): 481-487.
- [44] 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.
- [45] 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——锆石 SHRIMP U-Pb 测年的证据[J]. 山东国土资源, 2009, 25(10): 18-24.
- [46] 赵子然, 宋会侠, 沈其韩, 等. 沂水杂岩中变泥砂质岩石的岩石化学特征及年代[J]. 岩石学报, 2009, 25(8): 1863-1871.
- [47] 赵子然, 宋会侠, 沈其韩, 等. 山东沂水杂岩中变基性岩的岩石地球化学特征及锆石 SHRIMP U-Pb 定年[J]. 地质论评, 2009, 55(2): 286-299.
- [48] 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: 1-268.
- [49] 邓晋福, 刘翠, 冯艳芳, 等. 高镁安山岩/闪长岩类(HMA)和镁安山岩/闪长岩类(MA): 与洋俯冲作用相关的两类典型的火成岩类[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 1112-1118.

## Precambrian Tectonic Evolution of Luxi Landmass

GENG Ke<sup>1,2,3</sup>, LI Hongkui<sup>1,2,3</sup>, LIANG Taitao<sup>1,2,3</sup>, ZHUO Chuanyuan<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Yubo<sup>1,2,3</sup>

(1. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 2 Shandong Provincial Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources Utilization and Metal Mineralization, Shandong Jinan 250013, China; 3. Key Laboratory of Geological Processes of Gold Mineralization and Mineral Resources Utilization Subordinated to the Ministry of Land and Resources, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** Luxi landmass is one of the hot areas for studying Precambrian in China. Division and tectonic evolution of Precambrian granite greenstone belt terrane have always been paid more attention by scholars. In recent years, through systematic collection of Precambrian SHRIMP zircon UP-b dating data of Luxi landmass, by using chemical data of Precambrian granite rocks in Luxi landmass, tectonic environment of its formation has been discriminated. In this paper, tectonic research results in China and abroad have been summarized comprehensively. On this basis, formation and evolution of Precambrian continental blocks in Luxi crust have experienced three stages, they are Archean continental nucleus formation stage, Neoproterozoic - continental crust accretion stage and Proterozoic - continental breakup stage.

**Key words:** Precambrian; tectonic phase; SHRIMP zircon U-Pb dating; tectonic evolution; Luxi landmass