

鲁西地区早前寒武纪地质研究新进展

王世进¹, 万喻生², 张成基³, 杨恩秀¹, 宋志勇¹, 王立法¹, 张富中¹

(1. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 2. 北京离子探针中心, 北京 100037; 3. 山东省地质矿产勘查开发局, 山东 济南 250013)

摘要:近年来在鲁西地区早前寒武纪结晶基底进行锆石 SHRIMP 测年结果显示, 泰山岩群形成年龄大约在 2770 ~ 2750 Ma。新太古代发生 3 期岩浆侵入活动, 每期岩浆侵入活动开始都有地幔岩浆侵入。早期构造岩浆活动主要形成 2740 ~ 2700 Ma 的英云闪长质片麻岩、条带状英云闪长质片麻岩; 中期构造岩浆活动主要形成 2650 ~ 2600 Ma 的 TTG 质花岗岩; 晚期构造岩浆活动最强烈, 从地幔岩浆侵入到地壳深熔形成大规模的钾质花岗岩, 导致大规模陆壳的形成。古元古代早期和中元古代, 有少量岩浆沿太古代刚性陆壳裂解形成的张性裂隙侵入。对鲁西地区前寒武纪侵入岩按岩性 + 时代进行了重新划分, 变质深成侵入体(片麻岩)按时代 + gn[□], 依据其不同成分和不同结构构造的第一个英文大写字母进行表示, 探讨了鲁西地区早前寒武纪陆壳演化历史。

关键词: 早前寒武纪; 地质研究; 新进展; 鲁西地区

中图分类号: P534.1

文献标识码: A

鲁西地区指沂沭断裂带之安丘-莒县断裂以西地区, 该区前寒武纪结晶基底广泛出露, 2006—2007 年, 笔者在鲁西地区用 SHRIMP (SHRIMP 是英文 Sensitive High Resolut Ion Micro Probe 的首字母缩写, 中文意思是“灵敏的高分辨率离子探针”或“离子质谱”)。用 SHRIMP 锆石 U-Pb 法计时定年的原理和常规锆石 U-Pb 法基本上是相同的, 所不同的是其年龄测定可以在 <30 μm 的范围内进行, 因此它可以测出单个锆石晶体不同部位的年龄变化和区分不同时代的锆石, 即可区分浆锆石和继承锆石。)方法, 结合接触关系对早前寒武纪主要岩体进行深入研究。泰山岩群残留于新太古代花岗质侵入岩内, 形成年龄在 2770 ~ 2750 Ma。前寒武纪岩浆侵入活动集中于新太古代(表 1), 于中元古代结束。新太古代早期的侵入岩经受了区域变质作用, 形成一套灰色片麻岩; 新太古代中期的侵入岩为 TTG 质花岗岩; 新太古代晚期岩浆活动最强烈, 从地幔岩浆侵入, 到地壳深熔形成大规模的钾质花岗岩, 最终导致大规模刚性陆壳的形成。古元古代早期和中元古代早期, 有少量中基性岩浆沿太古代刚性陆壳裂解形成的张性裂隙侵入,

呈岩墙、岩脉状散布。

1 泰山岩群形成年龄

泰山岩群分布于新泰、沂水、沂源、长清、蒙阴、枣庄、东平等地区, NW 或近 EW 向的长条或不规则状包体分散地残留于新太古代或古元古代花岗质侵入岩内, 自下而上划分为孟家屯岩组、雁翎关组、山草峪组、柳杭组。雁翎关组下部角闪变粒岩(图版 1)锆石 SHRIMP 铀-铅年龄 (2747 ± 7) Ma^①。孟家屯岩组一段石榴石英岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 2763 Ma, 2752 Ma, 2724 Ma^[1], 孟家屯岩组二段石榴黑云母片岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 2772 Ma, 2750 Ma, 2738 Ma^[1]。新泰市天井峪村东南片麻状石英闪长岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 2715 Ma^①, 侵入雁翎关组底部透闪阳起片岩中(图版 2)。以上资料证明泰山岩群形成年龄大约在 2770 ~ 2750 Ma。在新泰市羊流镇雁翎关—东天井峪一带雁翎关组底部和蒙阴县苏家沟, 还出露科马提岩, 尤其是苏家沟科马提岩最为典型, 与南非科马提岩相似, 具典型的变余鬣刺结构(图版 3)。这也是全球约 2700 Ma 的花岗绿岩带的一个典型特征^[2]。

* 收稿日期: 2007-12-27; 修订日期: 2007-12-28; 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, 从事区域地质、矿产、农业地质调查研究工作。

表 1 鲁西地区前寒武纪侵入岩最新划分方案

地质年代				岩 石 单 位								本次划分 [®] 新代号
代	期	阶段	次	原划 岩套	现划 岩套	典型产地	岩 性	最新锆石 SHRIMP 铀-铅 年龄 (Ma)	第三代 ^⑦ 1:50 万 图代号	第二代 ^⑥ 1:50 万 图代号		
中元古代						牛岚	辉绿岩	泰山红门 1621 ^②	ChNβμ	Nβμ ₂ ²	βμPt ₂	
古 元 古 代	早 期	第二 阶段	b	摩 天 岭	摩 天 岭	斜峪	细粒二长花岗岩		Pt ₁ mXηγγ	mXηγγ ₂ ¹	ηγPt ₁ ^{1-2b} f	
						打铁岭	中细粒二长花岗岩		Pt ₁ mDtηγγ	mDηγγ ₂ ¹		
						东龙湾	中细粒含黑云二长花岗岩		Pt ₁ mLηγγ	mDηγγ ₂ ¹		
						a	兔耳山	含斑中细粒含黑云二长花岗岩		Pt ₁ mTηγγ	mTηγγ ₂ ¹	ηγPt ₁ ^{1-2a} p
		第一 阶段	f	红 门 门	红 门 门	西房庄	中粒含黑云花岗闪长岩		Pt ₁ hXγδ	hXγδ ₂ ¹	γδPt ₁ ^{1-1f} m	
						王山	细粒花岗闪长岩		Pt ₁ hWγδ	hWγδ ₂ ¹	γδPt ₁ ^{1-1f} f	
						大寺	中细粒黑云花岗闪长岩		Pt ₁ hDγδ	hDγδ ₂ ¹		
			e			屋山	含斑细粒黑云角闪英云闪长岩		Pt ₁ hWγδo	hWτo ₂ ¹	γδot ₁ ^{1-1e} p	
			d			何家砚瞳	中细粒黑云石英二长岩		Pt ₁ hHηo	hHηγ ₂ ¹	ηoPt ₁ ^{1-1d} f	
			c			中天门	中粒含角闪黑云石英闪长岩	中天门 2479 ^②	Pt ₁ hZδo	hZδo ₂ ¹	δoPt ₁ ^{1-1e} m	
						魏家沟	细粒黑云石英闪长岩		Pt ₁ hWδo	hWδo ₂ ¹	δoPt ₁ ^{1-1e} f	
						三皇庙	中细粒黑云角闪石英闪长岩		Pt ₁ hSδo	hSδo ₂ ¹		
			b			马家洼子	中粗粒角闪黑云闪长岩		Pt ₁ hMδ	hMδ ₂ ¹	δPt ₁ ^{1-1b} c	
						普照寺	细粒含角闪黑云闪长岩	普照寺 2480 ^②	Pt ₁ hPδ	hPδ ₂ ¹	δPt ₁ ^{1-1b} f	
			a			三官寨	中粗粒角闪辉长岩		Pt ₁ hSν	hSν ₂ ¹	νPt ₁ ^{1-1a} c	
新 太 古 代	晚 期	第四 阶 段	b	四 海 山	四 海 山	西南岭	细粒正长花岗岩		Pt ₁ sXξγ	sXξγ ₂ ¹	ξγAr ₃ ^{3-4b} f	
						棠棣峪	中细粒正长花岗岩		Pt ₁ sTξγ	sTξγ ₂ ¹		
						北庄	中粒含斑正长花岗岩		Pt ₁ sBξγ	sBξγ ₂ ¹		ξγAr ₃ ^{3-4b} m
						a	狼窝顶	弱片麻状中粗粒含黑云正长花岗岩	四海山 2533 ± 8 ^①	Pt ₁ sLξγ	sLξγ ₂ ¹	ξγAr ₃ ^{3-4a} c
		第三 阶 段	c	傲 徕 山	傲 徕 山	调军顶	细粒二长花岗岩		Pt ₁ aDjηγγ	aDjηγγ ₂ ¹	ηγAr ₃ ^{3-3e} f	
						孙家峪	中细粒二长花岗岩	蒙阴贾庄 2500 ^①	Pt ₁ aSjηγγ	aSjηγγ ₂ ¹		
						松山	中粒二长花岗岩	章丘南麦腰 2516 ± 10、傲徕山 2521 ± 9、蒙山索道口 2534 ± 8 ^①	Pt ₁ aSηγγ	aSηγγ ₂ ¹	ηγAr ₃ ^{3-3e} m	
			b			望母山	斑状中粒二长花岗岩		Pt ₁ aWηγγ	aWηγγ ₂ ¹	ηγAr ₃ ^{3-3b} p	
						虎山	斑状中粗粒二长花岗岩	铀-铅一致线上 交点年龄 2560 ^③	Pt ₁ aHηγγ	aHηγγ ₂ ¹		
						岩马	斑状中粒含黑云二长花岗岩	泰山玉皇顶 2580 ^②	Pt ₁ aYηγγ	aYηγγ ₂ ¹		
						邱子峪	巨斑状细粒含黑云二长花岗岩		Pt ₁ aQηγγ	aQηγγ ₂ ¹		
			a			条花峪	弱片麻状中粒含黑云二长花岗岩		Pt ₁ aTηγγ	aTηγγ ₂ ¹	ηγAr ₃ ^{3-3a} b	
						杜家岔河	弱片麻状中粒含角闪二长花岗岩		Pt ₁ aDηγγ	aDηγγ ₂ ¹		
						蒋峪	条带状中粒黑云二长花岗岩	孟良崮 2516 ± 9.5、2520 ^①	Pt ₁ aJηγγ	aJηγγ ₂ ¹		
		第二 阶段	g	峰 山	峰 山	下西峪	斑状细粒花岗闪长岩		Ar ₃ yXγδ	yXγδ ₁ ⁴	γδAr ₃ ^{3-2g} p	
						金斗庄	含斑中细粒含黑云花岗闪长岩		Ar ₃ yJγδ	yJγδ ₁ ⁴		
						望子山	斑状粗粒花岗闪长岩	邹平匡庄 2514 ± 18 ^①	Ar ₃ yWγδ	yWγδ ₁ ⁴		
						宁子洞	斑状中细粒含黑云花岗闪长岩		Ar ₃ yNγδ	yNγδ ₁ ⁴		
						花果庄	斑状中细粒黑云花岗闪长岩		Ar ₃ yHγδ	yHγδ ₁ ⁴		

地质年代						岩 石 单 位				续表					
代	期	阶段	次	原划 岩套	现划 岩套	典型产地	岩 性	最新锆石 SHRIMP 铀 - 铅 年龄 (Ma)	第三代 1: 50 万 图代号	第二代 1: 50 万 图代号	本次划分 新代号				
新 晚	古	期	第二 阶段	f	峰 山	布山	细粒含黑云花岗闪长岩		Ar ₃ yBγδ	yBγδ ₁ ⁴	γδAr ₃ ^{3-2f}				
						太平顶	片麻状中细粒含黑云花岗闪长岩		Ar ₃ yTγδ	yTγδ ₁ ⁴					
						龟蒙顶	中粒含黑云花岗闪长质片麻岩	龟蒙顶 2539 ± 17 ^②	Ar ₃ mG γδ	mGγδ ₁ ⁴	γδAr ₃ ^{3-2f} m				
						马家河	片麻状中粗粒黑云花岗闪长岩		Ar ₃ yMγδ	yMγδ ₁ ⁴	γδAr ₃ ^{3-2f} c				
						东桃园	片麻状中粒含黑云奥长花岗岩		Ar ₃ yDγo	yDγo ₁ ⁴	γoAr ₃ ^{3-2c} m				
						彩山	片麻状中细粒奥长花岗岩		Ar ₃ yCγo	yCγo ₁ ⁴	γoAr ₃ ^{3-2c} f				
						接山	片麻状中细粒含黑云奥长花岗岩		Ar ₃ yJγo	yJγo ₁ ⁴					
						后峪	细粒黑云英云闪长岩		Ar ₃ yHγδo	yHτo ₁ ⁴	γδoAr ₃ ^{3-2d} f				
						东南峪	含斑中细粒黑云英云闪长岩		Ar ₃ yDγδo	yDτo ₁ ⁴	γδoAr ₃ ^{3-2d} p				
						窝铺	中粒黑云英云闪长岩	黄前水库坝东 2557 ^②	Ar ₃ yWγδo	yWτo ₁ ⁴	γδoAr ₃ ^{3-2d} m				
						卧牛石	弱片麻状中粗粒含角闪黑云英云 闪长岩	卧牛石单颗粒锆石铅 - 铅 2523, 2536 ^③	Ar ₃ yWnγδo	yWτo ₁ ⁴	γδoAr ₃ ^{3-2d} c				
						水牛	条带状细粒黑云英云闪长岩		Ar ₃ y\$γδo	y\$τo ₁ ⁴	γδoAr ₃ ^{3-2d} b				
						周公地	弱片麻状中细粒含黑云角闪石英 二长闪长岩		Ar ₃ yZηδo	yZηδo ₁ ⁴	ηδoAr ₃ ^{3-2c} f				
						黑石查	弱片麻状巨斑状中粒黑云石英二 长闪长岩		Ar ₃ yHηδo	yHηδo ₁ ⁴	ηδoAr ₃ ^{3-2c} p				
						姚营	弱片麻状中粗粒含角闪黑云石英 闪长岩		Ar ₃ yYδo	yYδo ₁ ⁴	δoAr ₃ ^{3-2b} c				
						西北哨	弱片麻状中粗粒黑云角闪石英闪 长岩		Ar ₃ yXδo	yXδo ₁ ⁴					
						王家沟	细粒黑云石英闪长岩		Ar ₃ yWδo	yWδo ₁ ⁴	δoAr ₃ ^{3-2b} f				
						大众桥	中粒黑云石英闪长岩	大众桥 2530 ^② 、单颗 粒锆石铅 - 铅 2542, 2556, 2534 ^③	Ar ₃ yDδo	yDδo ₁ ⁴	δoAr ₃ ^{3-2b} m				
						巩家山	细粒含角闪黑云闪长岩		Ar ₃ yGδ	yGδ ₁ ⁴	δAr ₃ ^{3-2a} f				
						桃科	斑状细粒含黑云角闪闪长岩		Ar ₃ yTδ	yTδ ₁ ⁴	δAr ₃ ^{3-2a} p				
						第一 阶段		南 涉 坡	南 涉 坡	南盐店	细粒变辉长岩 (斜长角闪岩)		Ar ₃ nNν	nNν ₁ ⁴	νAr ₃ ³⁻¹ f
										余粮店	斑状细粒变角闪辉长岩	蒙阴余粮店 2550 ^①	Ar ₃ nYν	nYν ₁ ⁴	vAr ₃ ³⁻¹ p
										百草房	中粗粒变角闪辉长岩		Ar ₃ nBν	nBν ₁ ⁴	vAr ₃ ³⁻¹ c
代	中 期	第二 阶段	c	新 甫 山	蒙 山	东马家林	中细粒片麻花岗闪长岩	新甫山 2613 ± 12 ^④	Ar ₃ mD γδ	mDγδ ₁ ⁴	γδAr ₂ ^{3-2c} f				
						上港	中粒含黑云片麻状奥长花岗岩	泰安下港镇石河村 2623 ± 9 ^⑤ 泰山彩石溪 2626 ± 13 ^①	Ar ₃ mS γo	m\$γo ₁ ⁴	γoAr ₂ ^{3-2b} m				
			狼窝			中细粒片麻状奥长花岗岩		Ar ₃ mL γo	mLγo ₁ ⁴	γoAr ₃ ^{3-2b} f					
			北官庄			细粒含黑云片麻状奥长花岗岩		Ar ₃ mB γo	mBγo ₁ ⁴						
			扫帚峪			细粒片麻含黑云英云闪长岩		Ar ₃ mS γδo	mSτo ₁ ⁴	γδoAr ₃ ^{3-2a} f					
		第一 阶段			黄 前	竹子园	中细粒变角闪辉长岩	泰安竹子园锆石 铅 - 铅 2624. 4Ma ^⑤	Ar ₃ nZν	nZν ₁ ⁴	vAr ₃ ²⁻¹ f				
						刘家沟	斑状中粗粒变角闪辉长岩		Ar ₃ nLν ^π	nLν ₁ ⁴	vAr ₃ ²⁻¹ p				
						麻塔	粗粒变角闪石岩	泰山彩石溪 2678 ^②	Ar ₃ nMψo	nMψo ₁ ⁴	ψoAr ₃ ²⁻¹ c				
						西店子	变辉石橄榄岩 (蛇纹岩、透闪阳起片岩)		Ar ₃ nXσ	nXσ ₁ ⁴	σAr ₃ ²⁻¹				

地质年代				岩 石 单 位							续表
代	期	阶段	次	原划 岩套	现划 岩套	典型产地	岩 性	最新锆石 SHRIMP 铀 - 铅 年龄 (Ma)	第三代 1: 50 万 图代号	第二代 1: 50 万 图代号	本次划分 新代号
新 太 古 代	早	第二 阶段	b		泰	李家楼	中细粒黑云英云闪长质片麻岩		Ar ₃ mLgg ^{γδo}	mLτo ₁ ⁴	Ar ₃ ^{1-2b} gn ^{γδo} f
						西官庄	中粒含黑云角闪英云闪长质片麻岩	泰山小津口单颗粒 锆石铅 - 铅一致线上 交点年龄 2714 ^③	Ar ₃ mXgg ^{γδo}	mXτo ₁ ⁴	Ar ₃ ^{1-2b} gn ^{γδo} m
						东近台	条带状中细粒黑云英云闪长质片麻岩	新泰市孟家屯 2720, 2709 ^[1]	Ar ₃ mDgg ^{γδo}	mDτo ₁ ⁴	
						望府山	条带状细粒含黑云英云闪长质片麻岩	泰山桃花峪 2711 ± 10 ^① 泰安大津口梨杭村 2741, 2729 ^②	Ar ₃ mWgg ^{γδo}	mWτo ₁ ⁴	Ar ₃ ^{1-2b} gn ^{γδo} b
					山	锁鲁城	中粒黑云石英闪长质片麻岩		Ar ₃ mSgg ^{δo}	mSδo ₁ ⁴	Ar ₃ ^{1-2a} gn ^{δo} m
						贾村	中粒角闪石英闪长质片麻岩		Ar ₃ mJgg ^{δo}	mJδo ₁ ⁴	
						茂分岭	细粒黑云石英闪长质片麻岩		Ar ₃ mMgg ^{δo}	mMδo ₁ ⁴	Ar ₃ ^{1-2a} gn ^{δo} f
						白马庄	细粒含角闪黑云石英闪长质片麻岩		Ar ₃ mBgg ^{δo}	mBδo ₁ ⁴	
		第一 阶段			万山 庄	石校	细粒角闪黑云闪长质片麻岩		Ar ₃ mSgg ^δ	mSδ ₁ ⁴	Ar ₃ ^{1-2a} gn ^δ f
						南官庄	中细粒变辉长岩 (斜长角闪岩)		Ar ₃ wNν	wNν ₁ ⁴	vAr ₃ ¹⁻¹ f
						赵家庄	中粒变角闪辉长岩		Ar ₃ wZjν	wZν ₁ ⁴	vAr ₃ ¹⁻¹ m
						张家庄	斑状细粒变角闪辉长岩		Ar ₃ wZν	wZν ₁ ⁴	vAr ₃ ¹⁻¹ p
						安子沟	中粗粒变角闪石岩		Ar ₃ wai/o	wAi/o ₁ ⁴	ψoAr ₃ ¹⁻¹ c
						前麻峪	变辉石橄榄岩 (蛇纹石岩、透闪阳起片岩)		Ar ₃ wQσ	wQσ ₁ ⁴	σAr ₃ ¹⁻¹

注:① 测年数据来源于山东省地质调查院参与的中国地质科学院地质研究所万喻生研究员等的国家自然科学基金项目,编号 4072127;② 测年数据来源于作者与天津地质矿产所陆松年教授通讯,2007;③ 中国地质科学院地质研究所完成的1:5万泰安、南留幅区域地质调查报告,1996;④山东省地质调查院完成的1:25万淄博市幅区域地质调查报告,2005;⑤山东省第一地质矿产勘查院完成的1:5万仲宫等四幅区域地质调查报告,1995;⑥第二代1:50万地质图指1997年山东地矿局编制的1:50万数字地质图和2000年山东省第四地质矿产勘查院进行全省1:20万区域地质调查总结时编制的1:50万地质图;⑦第三代1:50万地质图指2006年山东省国土资源厅信息中心编制的1:50万地质图;⑧本次划分按全国区域地质综合研究技术要求(讨论稿,2007),对侵入岩采用岩性+时代的表示方法,对变质深成岩采用时代+gn,并依据不同成分表示,在代号最后用英文的第1个小写字母表示:细粒(包含中细粒)用f(fine),中粒用m(medium),粗粒用c(coarse),斑状用p(phyre),条带状用b(belt)表示。(文中参考的内部资料均与表中一致)

2 新太古代早期侵入岩

该期侵入岩广布于鲁西地区的泰山、徂徕山、蒙山一带,另外在汞丹山以南亦有出露,面积约2 000 km²,第一阶段为超基性—基性侵入岩类。呈规模小而分散的包体残留于花岗质片麻岩系内;第二阶段为中性—中酸性灰色片麻岩套,(原称蒙山片麻岩套,现改为泰山岩套),呈NW或NE向带状岩基、岩株状产出,侵入于沂水岩群、泰山岩群,被其之后的侵入岩切割侵位,经受了角闪岩相变质作用和韧性剪切带的叠加改造,致使变形强烈,具典型的片麻状构造。在我国许多地区,约2700 Ma的地质体尽

管存在,却很少见。规模较大的约2700 Ma的地质体仅在胶东和鲁西有所发现^[3]。尤其是鲁西地区,新太古代早期侵入岩侵入关系清楚,SHRIMP测年资料精确可靠。

2.1 第一阶段构造岩浆活动

该阶段岩浆活动形成早期超基性—基性侵入岩类(原万山庄组合,现仍沿用),广泛散布于鲁西地区的新泰、泰安、长清的一些地区,另外在费县、平邑境内亦有所见。呈大小不等的透镜、长条、椭圆及不规则的残留包体零散地出露于泰山片麻岩岩套侵入体内,侵入于泰山岩群,其展布方位及侵入体长轴方向均与区域构造线吻合。野外为蛇纹石岩、透闪阳

起片岩、变角闪石岩、变角闪辉长岩及斜长角闪岩等。原岩由变辉石橄榄岩、角闪石岩—辉长岩。

该超基性—基性侵入岩类由于后期侵入岩的穿插和变质作用的改造,定位机制破坏殆尽,从分布特征等分析为拉张环境下被侵就位机制。在新泰市孟家屯西南,泰山岩套条带状英云闪长质片麻岩锆石内核 SHRIMP 测年,13 个点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 平均年龄为 $(2695 \pm 14) \text{ Ma}^{[1]}$ 。条带状英云闪长质片麻岩中包裹的中细粒斜长角闪岩,矿物均匀分布,具变余岩浆结晶特点,其锆石存在内核和外圈两部分,其外圈是变质锆石,SHRIMP 铀—铅年龄 $(2609 \pm 12) \text{ Ma}^{[1]}$,其形成年龄应大于 2700 Ma,因为被第二阶段 2740 ~ 2700 Ma 左右的英云闪长质片麻岩、条带状英云闪长质片麻岩侵入包裹,故该阶段超基性—基性侵入岩类应是在泰山岩群沉积之后英云闪长质片麻岩侵入之前形成。其形成年龄应在 2750 ~ 2740 Ma。

2.2 第二阶段构造岩浆活动

该阶段岩浆活动造成 2740 ~ 2700 Ma 左右的岩浆侵入,形成英云闪长质片麻岩、条带状英云闪长质片麻岩(原划蒙山片麻岩套早期岩体,现改为泰山岩套)。集中出露于泰安、新泰、蒙阴、平邑等地区,在肥城、沂水地区亦有分布,规模较大,主要呈 NW 向展布的带状,长条状及椭圆状复式岩基、岩株状产出。各岩体具变形变质定向组构。其侵入于沂水岩群、泰山岩群,被新太古代中、晚期钠质和钾质花岗岩浆侵入。系一套原岩由闪长岩—英云闪长岩构成的灰色片麻岩类,遭受过角闪岩相变质和韧性剪切带叠加改造。在泰山桃花峪—下港之间,条带状英云闪长质片麻岩出露宽达 8 km,泰山桃花峪条带状英云闪长质片麻岩(图版 4),锆石内核 SHRIMP 铀—铅年龄 $(2711 \pm 10) \text{ Ma}$,为岩体形成年龄;锆石外环年龄 $(2586 \pm 41) \text{ Ma}$,为叠加变质年龄^①;泰安城东梨杭村东条带状英云闪长质片麻岩(图版 5),锆石内核 SHRIMP 铀—铅年龄 2741 Ma,2729 Ma^②;泰安城东小津口英云闪长质片麻岩单颗粒锆石铅—铅一致线上交点年龄 2714 Ma^③)。往南到泰安市化麻湾一带,英云闪长质片麻岩、条带状英云闪长质片麻岩宽 1 km,化马湾火石山片麻状英云闪长岩单颗粒锆石铀—铅年龄 $(2645 \pm 145) \text{ Ma}^{④}$ 。再往南、南东到新泰市南涝坡—孟家屯一带,孟家屯条带状英云闪长质片麻岩侵入泰山岩群孟家屯岩组(图版 6),岩体锆

石内核 SHRIMP 铀—铅年龄 2720 Ma,2709 Ma,13 个点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 平均年龄为 $(2695 \pm 14) \text{ Ma}^{[1]}$,条带状英云闪长质片麻岩宽 2 km,北东和南西两侧为英云闪长质片麻岩;再往南东延伸到王家小庄一带,条带状英云闪长质片麻岩分叉,北侧一条往蒙阴县联城方向延伸,南侧一条往平邑县东近台方向延伸。条带状英云闪长质片麻岩和英云闪长质片麻岩呈渐变过渡接触关系,浅色奥长花岗质条带锆石内核 SHRIMP 铀—铅年龄 $(2623 \pm 13) \text{ Ma}^{⑤}$,条带状英云闪长质片麻岩是英云闪长质片麻岩受构造应力挤压发生深熔作用形成。

3 新太古代中期侵入岩

该期侵入岩主要分布于鲁西地区的泰山东侧上港—新甫山一带。第一阶段为地幔岩浆侵入形成的超基性—基性侵入岩类,呈岩墙、岩脉状穿插新太古代早期英云闪长质片麻岩、条带状英云闪长质片麻岩侵入岩中,呈包体残留于新太古代中期片麻状奥长花岗岩内。第二阶段为 TTG 质片麻状花岗岩,呈 NW 带状岩基、岩株状产出,侵入泰山岩群和早期英云闪长质片麻岩、条带状英云闪长质片麻岩,被新太古代晚期钾质花岗岩侵入。

3.1 第一阶段构造岩浆活动

该阶段岩浆活动造成 2650 Ma 左右的地幔岩浆侵入,形成西店子变辉橄榄岩(蛇纹岩、透闪阳起片岩)、麻塔粗粒角闪岩、刘家沟斑状中粗粒变角闪辉长岩、竹子园中细粒变角闪辉长岩等基性—超基性岩石。分布于济南市南部山区水帘峡地质公园至泰山东部麻塔、竹子园一带,呈岩枝、岩瘤状产出。在泰安麻塔,角闪石岩脉侵入条带状英云闪长质片麻岩(图版 7);在蒙山地区西店子变辉石橄榄岩侵入英云闪长质片麻岩。济南水帘峡地质公园,角闪石岩、斜长角闪岩呈 NW 向不规则条形包体赋存于上港片麻状奥长花岗岩中,形成泰山奇石的一种重要类型(图版 8)。主要有西店子变辉石橄榄岩(蛇纹岩、透闪阳起片岩)、麻塔粗粒角闪石岩、刘家沟斑状中粗粒变角闪辉长岩、竹子园中细粒变角闪辉长岩等一套超基性—基性侵入岩岩石组合。遭受角闪岩相和后期退变质作用的叠加改造,野外为蛇纹岩、透闪阳起片岩、角闪石岩、斜长角闪岩等。该组原岩为辉石橄榄岩—角闪石岩—辉长岩。泰安市下港乡

竹子园村中细粒变角闪辉长岩锆石铀-铅年龄为 $2624.4 \text{ Ma}^{\text{⑤}}$ 。泰山桃花峪彩石溪新太古代中期奥长花岗岩脉穿插新太古代中期角闪石岩,角闪石岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $2678 \text{ Ma}^{\text{②}}$ 。

3.2 第二阶段构造岩浆活动

该阶段岩浆活动形成 $2650 \sim 2600 \text{ Ma}$ 的 TTG 质花岗岩(原划蒙山岩套晚期岩体,现称新甫山岩套)。分布于鲁西地区的泰山东侧上港—新甫山一带,以扫帚峪片麻状英云闪长岩、新甫山片麻状花岗闪长岩、上港片麻状奥长花岗岩最为典型。明显侵入泰山岩群和泰山片麻岩套;在泰山东侧小津口,扫帚峪片麻状中细粒英云闪长岩侵入泰山片麻岩套西官庄中粒英云闪长质片麻岩(图版9);在新泰市雁翎关村北—东天井峪一带,东马家林片麻状花岗闪长岩侵入泰山岩群雁翎关组(图版10);在章丘市垛庄镇火贯村西,上港片麻状奥长花岗岩侵入泰山岩群柳杭组。在泗水县毛沃村南,片麻状花岗闪长岩被新太古代晚期角闪闪长岩侵入(图版11)。

泰安市下港镇石河村东上港片麻状奥长花岗岩(图版12),锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2623 \pm 9) \text{ Ma}^{\text{①}}$,单颗粒锆石铀-铅年龄 $(2615 \pm 2) \text{ Ma}^{\text{⑤}}$ 。泰山桃花峪彩石溪条带状岩岩中,浅色奥长花岗岩脉体锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2626 \pm 13) \text{ Ma}^{\text{①}}$,内有大量斜长角闪岩、角闪石岩包体。新泰市雁翎关村北新甫山片麻状花岗闪长岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2613 \pm 12) \text{ Ma}$,铀-铅一致曲线上交点年龄 $(2625 \pm 15) \text{ Ma}^{\text{①}}$ 。

新甫山岩套为钠质花岗岩,其形成与泰山片麻岩套在 26 亿年前发生钠质变质作用及深熔作用有关,与泰山片麻岩套条带状英云闪长质片麻岩中的奥长花岗岩条带形成有成因联系。该期第一阶段地幔岩浆侵入,不仅向地壳提供了幔源物质,而且为变质作用及深熔作用提供了热能^[4]。同位素精确测年结果也提供了可靠证据:新泰市孟家屯村西条带状英云闪长质片麻岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 2720 Ma , 2709 Ma , 锆石外圈测得变质增生边年龄 $(2624 \pm 11) \text{ Ma}^{\text{[1]}}$ 。泰山桃花峪泰山片麻岩套条带状英云闪长质片麻岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2711 \pm 10) \text{ Ma}$,为岩体形成年龄;锆石外环年龄 $(2586 \pm 41) \text{ Ma}$,为叠加变质年龄^①。

4 新太古代晚期侵入岩

该期侵入岩在鲁西地区分布较广,是变质基底重要组成部分。规模大,面积约 6785 km^2 。侵入岩由 3 个阶段(套)侵入岩岩石系列组成,第一阶段为超基性、基性岩类,规模小而分散,归并南涝坡组合;第二阶段为中性—中酸性 TTG 花岗岩系列,归并于峰山岩套;第三阶段为中酸性钾质花岗岩系列,归并于傲徕山岩套和四海山岩套。南涝坡组合经受角闪岩相变质,峰山岩套为绿片岩相变质,傲徕山岩套和四海山岩套未遭区域变质作用。

4.1 第一阶段构造岩浆活动

该阶段岩浆活动造成 25.5 亿年左右的地幔岩浆侵入,形成基性—超基性岩石,仍称南涝坡组合。该阶段基性—超基性岩包括南盐店细粒变辉长岩(斜长角闪岩)、余粮店斑状细粒变角闪辉长岩、百草房中粗粒变角闪辉长岩。规模小,散落于寨山、蒙山中段,泰山东部和北部及沂沭断裂带内。呈单体的岩枝、岩瘤状产出。侵入于新太古代早、中期侵入岩中。济南水廉峡地质公园,新太古代中期片麻状奥长花岗岩被新太古代晚期斜长角闪岩(变辉长岩)穿插(图版13)。多呈 NW 向不规则条形包体赋存于峰山岩套和傲徕山岩套中,遭受角闪岩相和后期退变质作用的叠加改造。该组合野外宏观特征显示幔源岩浆沿张性裂隙被动充填机制而就位。蒙阴县桃墟乡余粮店村变辉长岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $2550 \text{ Ma}^{\text{①}}$ 。该阶段构造岩浆活动发生在 2550 Ma 前后。

4.2 第二阶段构造岩浆活动

该阶段岩浆活动形成一套中性—中酸性侵入岩,仍称峰山岩套。广布于鲁中、鲁南地区的尼山、峰山、莲子山、昙山及沂沭断裂带的汞丹山等一带广大地区。规模大,出露面积约 1540 km^2 ,呈 NW 向、近 SN 和 NE 向的条带状和不规则形的复式岩基、岩株状产出。侵入于泰山岩群和新太古代早、中期侵入岩及该期第一阶段基性—超基性岩石,被新太古代晚期钾质花岗岩侵入岩穿切。该阶段侵入岩是鲁西地区新太古代的第二套 TTG 岩系。

该阶段侵入岩最早形成含黑云角闪闪长岩—黑云石英闪长岩—黑云角闪石英闪长岩—黑云石英二长闪长岩等中性侵入岩类。泰山大众桥石英闪长岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $2530 \text{ Ma}^{\text{①}}$,单颗粒锆石铀-铅年龄 2543 Ma , 2534 Ma , $2556 \text{ Ma}^{\text{③}}$;被傲徕

山二长花岗岩侵入。

该阶段随后形成的岩石主要为英云闪长岩和奥长花岗岩。前者分布于济南市南部窝铺—泰安市黄前一带和邹城市律庄—大律一带;后者分布范围较少,仅在肥城彩山、接山、东桃园出露。在泰安黄前水库东侧英云闪长岩明显侵入泰山片麻岩套的条带状英云闪长质片麻岩(图版14)。英云闪长岩中含有较多的暗色微粒闪长质包体,是地幔岩浆注入到上部部分熔融形成的花岗质岩浆中形成的。英云闪长岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $2557 \text{ Ma}^{\text{②}}$, 锆石铀-铅谐和线上交点年龄 $2555 \text{ Ma}^{\text{③}}$; 卧牛石中粗粒含角闪黑云英云闪长岩单颗粒锆石铀-铅年龄 2523 Ma , 2536 Ma , $2509 \text{ Ma}^{\text{③}}$; 邹城市田黄北条带状岩石中的英云闪长岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $2530 \text{ Ma}^{\text{①}}$ 。

该阶段最后形成的岩石为一套花岗闪长岩、斑状花岗闪长岩类,主要分布于蒙山龟蒙顶、邹城市峯山等地。蒙山龟蒙顶花岗闪长岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2539 \pm 17) \text{ Ma}$; 邹城市邹城匡庄镇钓鱼台村南片麻状花岗闪长岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2514 \pm 18) \text{ Ma}^{\text{①}}$, 岩体含较多暗色微粒闪长质包体。该阶段岩浆成因复杂,主要为幔源玄武岩浆与壳源物质同化熔融形成的壳幔混合源的“I”型花岗岩类。野外宏观特征显示为底辟刺穿和膨胀式强力定位机制,多受 NW 向韧性剪切构造控制。锆石 SHRIMP 铀-铅同位素年龄值集中在 $2550 \sim 2530 \text{ Ma}$ 。

4.3 第三阶段构造岩浆活动

该阶段岩浆活动造成 $2550 \sim 2500 \text{ Ma}$ 的地壳重熔岩浆侵入,形成酸性二长花岗岩序列(傲徕山岩套)。广泛分布于鲁西地区的泰山、鲁山、沂山、蒙山及沂沭断裂带内,出露面积约 5000 km^2 ,呈 NW 向面状、宽带状复式岩基、岩株状产出。展布方向与区域构造线一致,界线清晰,侵入体内有较多变质地层及早期侵入岩包体,具定向排列。侵入于沂水岩群、泰山岩群变质地层和早期侵入岩,被古元古代岩体及中元古代四堡期辉绿岩侵入,并被震旦纪、寒武—奥陶纪地层不整合所盖。该阶段构造岩浆活动是新太古代规模最大的一次酸性岩浆侵入事件,局部经受韧性剪切作用,发生低绿片岩相动力变质。

傲徕山岩套主要由条带状二长花岗岩、斑状二长花岗岩和淡色块状二长花岗岩组成。该套岩石暗色矿物含量渐少,显示以结构为主的岩浆演化序列。

蒋峪条带状中粒二长花岗岩主要分布在莱芜市

新庄—新泰市龙廷—蒙阴县孟良崮一带和蒙山、沂山等地,含大量斜长角闪岩、角闪石岩、闪长岩类包体。沂源县神牛谷条带状黑云母二长花岗岩中有大量斜长角闪岩包体(图版15)。莱芜市新庄东条带状黑云母二长花岗岩中有大量角闪石岩包体(图版16)。孟良崮山下采石场条带状黑云母二长花岗岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $2520 \text{ Ma}^{\text{①}}$, 岩体中闪长岩包体的锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $2550 \text{ Ma}^{\text{①}}$; 孟良崮山顶条带状黑云母二长花岗岩(图版17), 锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2516 \pm 9.5) \text{ Ma}^{\text{①}}$, 是深熔作用形成的岩石。

斑状中粗粒二长花岗岩在泰山玉皇顶(图版18,19)、虎山和沂源县鲁山(图版20)、费县南新庄等地出露,呈岩枝、岩株状产出,被淡色块状二长花岗岩侵入。玉皇顶岩体锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $2580 \text{ Ma}^{\text{②}}$; 泰山虎山斑状中粗粒二长花岗岩锆石铀-铅谐和线年龄 $2560 \text{ Ma}^{\text{③}}$ 。

淡色块状中粒、中细粒二长花岗岩广泛分布于泰山之傲徕山—徂徕山、章丘市垛庄镇南麦腰—新泰市莲花山—蒙阴县孟良崮一线以东地区。傲徕山二长花岗岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2521 \pm 9) \text{ Ma}$, $(2536 \pm 97) \text{ Ma}^{\text{②}}$; 中粒二长花岗岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2507 \pm 27) \text{ Ma}^{\text{①}}$, 被石英闪长岩脉穿插; 章丘市垛庄镇南麦腰北三岔路口东南二长花岗岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2516 \pm 10) \text{ Ma}^{\text{①}}$; 蒙阴县蒙山地质公园上山索道入口处西侧肉红色中粒二长花岗岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2534 \pm 8) \text{ Ma}^{\text{①}}$; 新泰市羊流镇西石棚村雌山黑云母二长花岗岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $(2501 \pm 15) \text{ Ma}^{\text{①}}$; 蒙阴县贾庄肉红色中细粒二长花岗岩锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄 $2500 \text{ Ma}^{\text{①}}$ 。

该套钾质花岗岩为上地壳物质重熔(深熔)作用形成的,属壳源重熔型花岗岩类(S型)。其形成的构造背景为陆块碰撞,属同碰撞(造山)花岗岩。其宏观展布特征显示其强力膨胀式和底辟刺穿式机制而就位。锆石 SHRIMP 铀-铅同位素年龄值集中在 $2550 \sim 2500 \text{ Ma}$ 。

4.4 第四阶段构造岩浆活动

该阶段岩浆活动形成四海山岩套正长花岗岩类,分布于平邑县四海山、莲子山和沂源县璞丘、薛庄一带,在沂水北部、沂南亦有少量出露。规模相对

较小,总面积约 239 km²。呈 NW 和近 EW 向的透镜状、不规则状岩株或岩枝状产出。展布方位与区域构造线一致,接触界线平整清晰,具块状或弱定向结构。侵入于傲徕山岩套二长花岗岩类,被古元古代中基性小岩体侵入。系一套偏碱性的正长花岗岩序列,具 A 型花岗岩特征,为造山后形成的花岗岩。

该套岩石以早期形成的中粗粒正长花岗岩为主,平邑县四海山正长花岗岩(图版 21)锆石内核 SHRIMP 铀-铅年龄(2533 ± 8) Ma^①;晚期形成的中细粒正长花岗岩常呈岩墙、岩脉状产出,显示为结构演化序列的侵入岩类。源岩来自下地壳物质部分熔融形成,属深熔碱性型花岗岩。其就位机制表现为岩墙扩张式被动侵位特征,根据其与相邻地质体的接触关系及锆石 SHRIMP 铀-铅同位素年龄值 2533 Ma,其形成于新太古代末期。

5 古元古代早期侵入岩

该期构造岩浆活动,第一阶段主要造成 2480 Ma 左右的地幔岩浆侵入,形成中基性侵入杂岩体(红门岩套),出露总面积 170 km²。第二阶段有壳源二长花岗岩(摩天岭岩套)岩株—岩墙状产出,出露面积 73 km²。是新太古代大规模陆壳固结形成之后,少量岩浆沿太古代刚性陆壳裂解形成的张性裂隙侵入而成。根据野外接触关系(图版 22,23)和泰山普照寺闪长岩锆石 SHRIMP 铀-铅年龄 2480 Ma^②,泰山中天门石英闪长岩锆石 SHRIMP 铀-铅年龄 2479 Ma^②等综合分析,其形成于古元古代早期。

6 中元古代四堡期侵入岩

主要岩性为辉绿岩(牛岚辉绿岩单元),呈 NNW—SN 向或 NNE 向岩墙、岩脉状出露于鲁西新太古代和古元古代结晶基底分布区。单体宽 1 ~ 20 m 不等,最宽为 220 m,总计面积 12.75 km²。侵入于古元古代吕梁期和其之前的地质体,被土门群和寒武纪地层角度不整合覆盖。与围岩边界清晰,具烘烤现象。是沿近 SN 向压性构造所形成的张性、张扭性裂隙被岩墙扩张机制充填就位形成。根据野外接触关系和泰山红门辉绿岩(图版 24)锆石 SHRIMP 铀-铅同位素年龄值 1621 Ma^②,莱芜辉绿岩岩墙 SHRIMP 铀-铅同位素年龄(1139 ± 25) Ma 和(1157 ± 18) Ma^[3]等综合分析,其形成于中元古代。

7 沂水地区早前寒武纪侵入岩的期次划分

沂水地区出露的早前寒武纪侵入岩主要有新太古代早期条带状英云闪长质片麻岩、新太古代晚期含紫苏辉石花岗岩类、二长花岗岩类。含紫苏辉石的花岗岩类原划为中太古代沂水超单元^[4]或划为新太古代早期沂水超单元(套)^[5,6]。1997 年山东省地矿局编制的山东省 1:50 万数字地质图和 2000 年山东省第四地质矿产勘查院进行全省 1:20 万区调总结编制的山东省 1:50 万地质图(简称山东省第二代 1:50 万地质图)^⑥、2006 年山东省国土资源信息中心编制的山东省第三代 1:50 万地质图^⑦也都将含紫苏辉石花岗岩类划为中太古代沂水超单元(岩套)。近几年来,沈其韩院士等对沂水地区的早前寒武纪侵入岩主要岩体进行了 SHRIMP 锆石年代学研究,取得了重要进展:马山岩体(中粒紫苏二长花岗岩)侵位(或结晶年龄)为(2538 ± 6) Ma^[6],雪山岩体(含紫苏花岗闪长岩)侵位(或结晶年龄)为(2532 ± 9) Ma^[7];蔡峪岩体(中粗粒石榴紫苏花岗闪长岩)侵位(或结晶年龄)为(2562 ± 14) Ma^[7]。原划傲徕山超单元的大山二长花岗岩侵位(或结晶年龄)为(2545 ± 10) Ma^[8]。因此,沂水地区含紫苏辉石花岗岩类和二长花岗岩类的形成时代属于新太古代晚期。紫苏辉石花岗岩类与新太古代早中期侵入岩的先后接触关系有待复查验证。

8 鲁西地区早前寒武纪陆壳演化

在距今约 3000 Ma 的中太古代,鲁西地区仅在沂水地段沉积了沂水岩群^[6,9]。进入新太古代,鲁西地区在泰山岩群火山—沉积作用发生之后,构造岩浆活动强烈频繁,每期岩浆活动都是先有地幔沿断裂侵位,后为地壳同熔或深熔岩浆大规模侵入,鲁西地块迅速增长形成刚性陆壳。

新太古代早期约 2770 ~ 2750 Ma,在更为古老的陆核基底(?)之上发育基性火山岩、火山—沉积岩^[10],形成泰山岩群;约 2750 ~ 2700 Ma 间,先发生地幔岩浆侵入形成基性—超基性岩组合(万山庄组合),后发育了以英云闪长岩为主的深成岩浆作用,在 2700 Ma 左右遭受角闪岩相变质,形成英云闪长质片麻岩套(泰山岩套)。

新太古代中期的 2650 ~ 2600 Ma,是一个强烈

的构造活动期^[11]。第一阶段构造岩浆活动,造成2650 Ma左右的地幔岩浆侵入,形成(麻塔)粗粒角闪石岩、(竹子园村)中细粒变角闪辉长岩等基性—超基性岩石;随后发生第二阶段构造岩浆活动和角闪岩相变质作用,以钠质交代作用为主,形成TTG质花岗岩。

新太古代晚期,鲁西地区岩浆活动最为强烈,为陆壳增生和克拉通化阶段^[10]。第一阶段构造岩浆活动,造成2550 Ma左右的地幔岩浆侵入,形成基性—超基性岩石(南涝坡组合)。第二阶段构造岩浆活动,以钠质岩浆活动为主形成一套中性—中酸性侵入岩(峰山岩套),岩体中普遍含有暗色微粒闪长质包体,表明幔源的基性岩浆与地壳部分熔融的酸性岩浆混合形成第二套TTG质花岗岩^[12]。第三阶段及第四阶段构造岩浆活动,造成2550~2500 Ma左右的地壳重熔岩浆侵入,形成酸性钾质花岗岩系列(傲徕山岩套和四海山岩套)。该期岩浆活动导致大规模陆壳形成。

古元古代早期,为刚性陆壳张裂阶段。在2480 Ma前后,以泰山普照寺闪长岩、中天门石英闪长岩为代表的幔壳混合岩浆沿断裂侵位,伴随幔源岩浆活动带来的热量,已形成的陆壳岩石再次发生小规模的重熔作用,产生二长花岗岩小岩体。

中元古代四堡期1600~1200 Ma左右,刚性陆壳再次张裂,上地幔岩浆沿张裂侵入^[13],形成辉绿岩脉(墙)群。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 刘敦一,万喻生,伍家善,等. 华北克拉通太古宙地壳演化和最古老的岩石[J]. 地质通报,2007,26(9):1131-1138.
- [5] 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.
- [6] 山东省第四地质矿产勘查院. 山东省区域地质[M]. 济南:山东省地图出版社,2003.
- [7] 王世进,张成基,宋明春,等. 山东省侵入岩岩石单位及其代号的厘定[J]. 山东地质,2002,18(1):9-20.
- [8] 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.
- [9] 沈其韩,沈昆,耿元生,等. 山东沂水杂岩的组成与地质演化[M]. 地质出版社,2000.
- [10] 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.
- [11] 杜利林,庄育勋,杨崇辉,等. 鲁西孟家屯一种细粒斜长角闪岩的锆石SHRIMP锆石年代学[J]. 地球学报,2005,26(5):429-434.
- [12] 中国地质学会. 地质学学科发展报告(2006—2007)[M]. 北京:中国科学技术出版社,2007.
- [13] 程裕淇. 中国地质概论[M]. 北京:地质出版社,1994.

Major Advanced Developement Gained in Studying Early Cambrian Geology in Luxi Area

WANG Shi-jin¹, WAN Yu-sheng², ZHANG Cheng-ji³, YANG En-xiu¹, SONG Zhi-yong¹, WANG Li-fa¹, ZHANG Fu-zhong¹

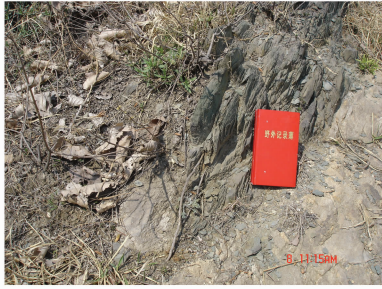
(1. Shandong Geological Survey Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Beijing Ion Probe Center, Beijing, 100037 China; 3. Shandong Exploration Bureau of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: As showed by zinc SHRIMP chronometric age result of early Cambrian crystalline basement in Luxi area, the forming age of Taishan group is in about 2750Ma. Tonalitic gneiss and belt type tonalitic gneiss with the age of 2.7Ga was formed in the first period of magmatic movement, TTG granites with the age of 2.6 Ga was formed in the second tectonic magmatic movement period, and medium basic rock—medium acid intrusive rock with the age of 2.55~2.5Ga were formed in the third tectonic magmatic period. From magma intrusion in mantle to large scale of kaligranite melting, large scale of crust were formed. A little of magma intruded along extensive crack which was formed by Archaean stiff crust cracking. According to rock property and age, early Cambrian intrusive rocks in Luxi area are classified again, and evolution history of early Cambrian crust in Luxi area is studied as well in this paper.

Key words: Early Cambrian; geological study; advanced developement; Luxi area



图版 1 新泰市雁翎关村北，雁翎关组下部角闪变粒岩。锆石 SHRIMP 铀 - 铅年龄 $2747 \pm 7\text{Ma}$



图版 2 新泰市天井峪村东南片麻状石英闪长岩锆石。内核 SHRIMP 铀 - 铅年龄 2715Ma ，侵入雁翎关组底部透闪阳起片岩



图版 3 蒙阴县苏家沟科马提岩最为典型，与南非科马提岩相似，具典型的鬣刺结构



图版 4 泰山桃花峪条带状英云闪长质片麻岩。锆石内核 SHRIMP 铀 - 铅年龄 $2711 \pm 10\text{Ma}$ ，为岩体形成年龄



图版 5 泰安东梨杭村东条带状英云闪长质片麻岩。锆石内核 SHRIMP 铀 - 铅年龄 2741Ma , 2729Ma ，被奥长花岗岩穿插



图版 6 新泰市南涝坡—孟家屯一带，孟家屯条带状英云闪长质片麻岩侵入泰山岩群孟家屯岩组，岩体锆石内核 SHRIMP 铀 - 铅年龄 2720Ma , 2709Ma



图版 7 泰安大津口乡麻塔粗粒角闪石岩。与彩石溪粗粒角闪石岩相似，其穿插条带状体片麻状英云闪长岩



图版 8 济南水廉峡地质公园。斜长角闪岩被上港片麻状奥长花岗岩穿插，形成条带状岩石，成为泰山奇石的一种重要类型



图版 9 泰安大津口南。扫帚峪片麻状英云闪长岩侵入泰山片麻岩套中粗粒英云闪长质片麻岩



图版 10 在新泰市东天井峪一带，新南山片麻状花岗闪长岩侵入泰山岩群雁翎关组斜长角闪岩



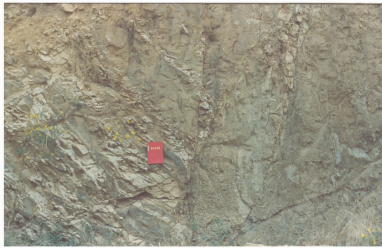
图版 11 在泗水县毛沃村南，新太古代中期片麻状花岗闪长岩被新太古代晚期角闪闪长岩侵入



图版 12 泰安市下港镇石河村东上港片麻状奥长花岗岩。锆石内核 SHRIMP 铀 - 铅年龄 $2623 \pm 9\text{Ma}$



图版 13 济南水廉峡地质公园。新太古代中期片麻状奥长花岗岩被新太古代晚期斜长角闪岩（变辉长岩）穿插



图版 14 泰安黄前镇砚池庄。新太古代晚期英云闪长岩侵入新太古代早期条带状英云闪长质片麻岩



图版 15 沂源县神牛谷。条带状黑云母二长花岗岩中有大量斜长角闪岩包体



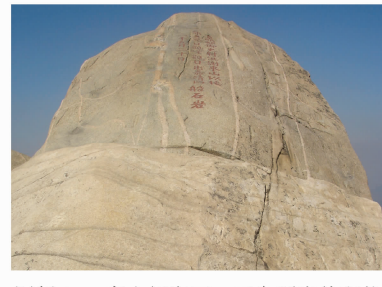
图版 16 莱芜市新庄东。条带状黑云母二长花岗岩中有大量斜长角闪岩包体



图版 17 孟良崮山顶条带状黑云母二长花岗岩。锆石内核 SHRIMP 铀 - 铅年龄 $2516 \pm 9.5\text{Ma}$



图版 18 泰山玉皇顶。斑状中粗粒二长花岗岩。锆石内核 SHRIMP 铀 - 铅年龄 2580Ma



图版 19 泰山望海石。玉皇顶岩体斑状中粗粒二长花岗岩，被淡色块状中细粒二长花岗岩侵入



图版 20 鲁山斑状中粗粒二长花岗岩，被淡色块状中细粒二长花岗岩侵入



图版 21 平邑县四海山新太古代晚期正长花岗岩。锆石内核 SHRIMP 铀 - 铅年龄 $2533 \pm 8\text{Ma}$ ，岩体中有暗色角闪质包体



图版 22 泰山中天门。石英闪长岩侵入新太古代早期条带状片麻状英云闪长岩，石英闪长岩锆石 SHRIMP 铀 - 铅年龄 2479Ma



图版 23 泰山桃花峪中粒二长花岗岩（属松山单元）。锆石内核 SHRIMP 铀 - 铅年龄 2505Ma ，被中天门石英闪长岩脉状穿插



图版 24 泰山红门辉绿岩呈“汽油桶状”。锆石内核 SHRIMP 铀 - 铅年龄 1621Ma