

胶南地区前寒武纪侵入岩的 岩石谱系单位划分及地壳演化^①

宋明春 张京信 吕发堂

(山东省地质调查研究院)

提要 胶南地区的变质杂岩主要由中、晚元古代的变质深成岩组成。按照同源岩浆演化理论,这些深成岩可划归四个超单元:①海阳所超单元,由基性岩—中性岩—酸性岩构成一个较完整的岩浆演化序列,为中元古代幔源深成岩类,形成于洋内裂谷环境,属非造山岩浆岩类;②荣成超单元,由二长花岗岩类构成,为晚元古代壳源S型花岗岩类,形成于碰撞造山阶段,属同造山岩浆岩类;③铁山超单元,由石英正长岩—正长花岗岩组成,为晚元古代幔源分异型(A型)花岗岩类,形成于陆内张裂环境;④月季山超单元,由二长岩—二长花岗岩组成,为晚元古代壳幔混合源(I型)花岗岩类,形成于板块碰撞后期,亦属同造山花岗岩类。胶南地区前寒武纪地壳演化进程为:在早元古代陆缘海的基础上,中元古代该区地壳拉张形成裂谷,海阳所超单元沿裂谷侵位;晚元古代地壳由拉张环境转变为挤压环境,裂谷闭合发生板块碰撞造山作用,伴随产生大量同造山岩浆岩类。其中板块碰撞引起的部分熔融作用形成荣成超单元,板块碰撞造成的局部拉张环境使幔源分异的A型花岗岩类铁山超单元定位,稍后壳幔混合岩浆沿造山作用产生的推覆构造空腔定位形成月季山超单元。

山东胶南地区处于胶南造山带的西段北缘,本文研究的范围是胶南县城以北至山相家—郝官庄断裂一带的变质杂岩分布区(图1)。前人认为胶南地区前寒武纪地质单元主要是变质地层,并称之为胶南群^[1]。笔者等在进行1:5万胶南幅、王台幅区域地质调查中发现:该区90%以上的前寒武纪变质岩是各种变质变形深成侵入岩,且以花岗岩类为主;变质地层仅呈残片状包体存在于这些变质变形侵入体中,并经受了高角闪岩相—麻粒岩相变质作用,通过区域对比将其归于早元古代荆山岩群。变质深成岩具明显的同源岩浆演化规律,因此可对其进行岩石谱系单位划分。这些发现对于探讨胶南地区地质构造背景乃至华北与扬子两板块之间碰撞造山带的地壳演化具有重要意义。

1 岩石谱系单位划分

1.1 海阳所超单元

海阳所超单元的进一步划分,除表1中所列的老黄山、大张北、小屯三个单元外,在同

本文1996-09-22收到,1997-04-18改回。

① 本文为1:5万胶南幅、王台幅区域地质调查的部分成果,参加野外工作的还有旁德庆、李远友、刘瑞国、宋加军等。

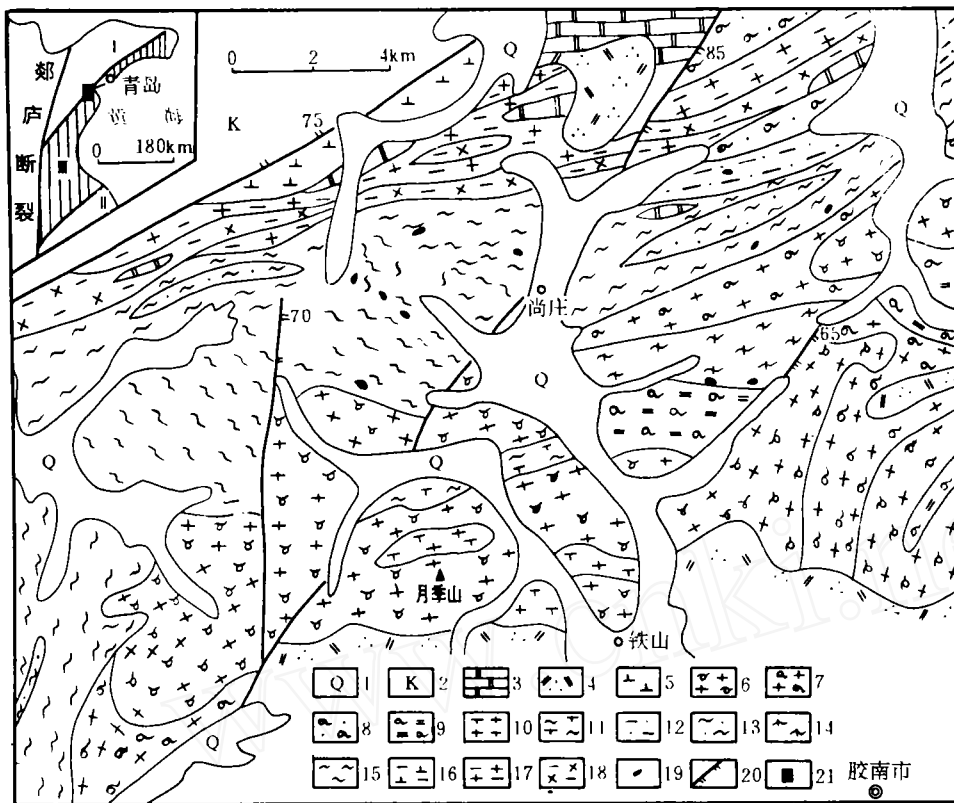


图 1 胶南地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch of the Jiaonan area

1—第四系;2—白垩系;3—早元古代荆山岩群;4—燕山期石英二长岩;5—印支期闪长岩;6~9 (月季山超单元);6—后石沟单元;7—小河西单元;8—窝洛单元;9—石灰窑单元;10~11(铁山超单元);10—前石沟单元;11—郑家庙单元;12~15(荣成超单元);12—庙山单元;13—御驾山单元;14—威海单元;15—宝山单元;16~18(海阳所超单元);16—大张八单元;17—小屯单元;18—老黄山单元;19—榴辉岩;20—脆性断裂;21—研究区位置

I—华北板块;II—扬子板块;III—胶南造山带

一造山带的乳山县海阳所地区尚有二个地质时代较早的单元,即通海变辉橄岩单元和烟墩山变辉石岩单元。因此,这一超单元构成了从超基性岩—基性岩—中性岩—酸性岩较完整的岩浆演化序列。

在研究区所处范围的胶南造山带中,这一超单元的分布规模较小,且被晚期侵入岩切割、包围,单个侵入体的出露面积一般仅数平方公里,各单元间的分布往往不连续,侵入体的整体排列显示呈NEE向带状展布的特点。胶南地区这三个单元相伴分布于变质基底的北部边缘,其中老黄山单元与小屯单元及荆山岩群具相间分布的特点(图1)。这些侵入岩体的片麻理及边界与变质地层的片理一致,表明该超单元是沿先成变质地层的片理“顺层”侵位的。

表1 胶南地区前寒武纪岩石谱系单位划分表

Table 1 Hierarchical classification of Precambrian rocks in the Jiaonan area

时代	超单元	单元	岩石名称	代号	接触关系	同位素年龄 (Ma)	
晚 元 古 代	月 季 山	后石沟	片麻状变中粗粒含角闪二长花岗岩	yH η ?	超动侵入前石沟、庙山单元， 脉动侵入小河西、窝洛单元	755.2 \pm 52.6	
		小河西	片麻状变中粒含黑云二长花岗岩	yX η ?			
		窝洛	变斑状含黑云石英二长岩	yW ρ ?			
		石灰窑	片麻状变中粒含角闪二长岩	yS η ?			
	铁 山	前石沟	条痕状变中粒正长花岗岩	tQ ξ ?		782.9	
		郑家庙	条痕状变中粒石英正长岩	tZ ξ ?			
	荣 成	庙山	细纹片麻状变细粒二长花岗岩	rM η ?	脉动侵入宝山单元	796.8 \pm 19.5	
		御驾山	片麻状变含磁铁矿细粒二长花岗岩	rY η ?	脉动侵入威海、宝山单元	757.3 \pm 14.1	
		宝山	片麻状变中细粒含石榴绿帘白云母二长花岗岩	rB η ?	与海阳所超单元呈构造接触	1 221 \pm 27.3	
		威海	条带片麻状变细粒含黑云二长花岗岩	rW η ?			
	中 元 古 代	海 阳 所	小屯	片麻状变中细粒斜长花岗岩	hX γ ?	脉动侵入大张八、老黄山单元	1 370.6
			大张八	片麻状变中细粒黑云母闪长岩	hD δ ?	脉动侵入老黄山单元	
老黄山			斜长角闪岩(变辉长岩)	hL ω ?			

注:表中同位素年龄均由地矿部宜昌地质矿产研究所采用单铅石 Pb—Pb 法测得。

海阳所超单元遭受过明显的变质变形作用改造,主要表现在:

(1)原生矿物组合已发生改变,斜长石变为钠长石+绿帘石集合体,绝大部分辉石已变为角闪石,角闪石则向阳起石转化。

(2)岩石具明显的片麻状构造或定向构造,局部形成条带状或似层状构造,并可见到褶皱构造,原岩结构已很难辨认。

(3)部分岩石如斜长花岗岩遭受强烈的韧性变形作用,变成了糜棱岩或变余糜棱岩。

1.2 荣成超单元

区内荣成超单元包括威海、宝山、御驾山、庙山四个单元,其岩性为前人所划胶南群的主要组成部分,是胶南造山带中分布面积最大的一个超单元,主要特征是:

(1)岩石成分变化范围窄,主要由二长花岗岩组成,同一造山带的荣成地区见有花岗闪长质成分的单元^[2]。其主要矿物组合为斜长石(更、钠长石)+钾长石(微斜长石)+石英+云母(黑、白云母)+绿帘石+石榴石,矿物成分以含白云母、石榴石为主要特征。

(2)侵入体总体呈 NEE 向带状展布,与变质基底的主要构造线方向一致。侵入岩具明显条带状、似层状构造,发育有平卧褶皱。胶南尚庄西清楚地见有由片麻理围斜外倾显现出的环形“穹状”构造,该构造的中心部位片麻理倾角较缓($\leq 10^\circ$),向外侧变陡,这可能是荣成超单元穹起侵位的标志。

(3)侵入岩呈弯曲镶嵌不等粒鳞片粒状变晶结构,片麻状构造。岩石中主要矿物的粒度具明显的双峰式分布的特点,粗者粒径 $1\text{mm}\pm$,细者小于 0.5mm 。矿物粒度观测结果表明荣成超单元的原岩为中细粒花岗结构,原岩粒度从早期单元至晚期单元逐渐变细,可见该超单元具明显的结构演化特征。

(4)该超单元中含有呈透镜状或似层状分布的富云包体,包体岩性为绿帘富黑云变粒岩。胶南前沟附近威海单元中的富云包体则呈棱角状(图 2-a),在侵入体接近包体处有约 5cm 宽的退色边(淡色边)。

(5)该超单元曾遭受过明显的韧性变形作用改造,形成大面积分布的构造片麻岩及较窄的变余糜棱岩等深层次构造岩^[3]。

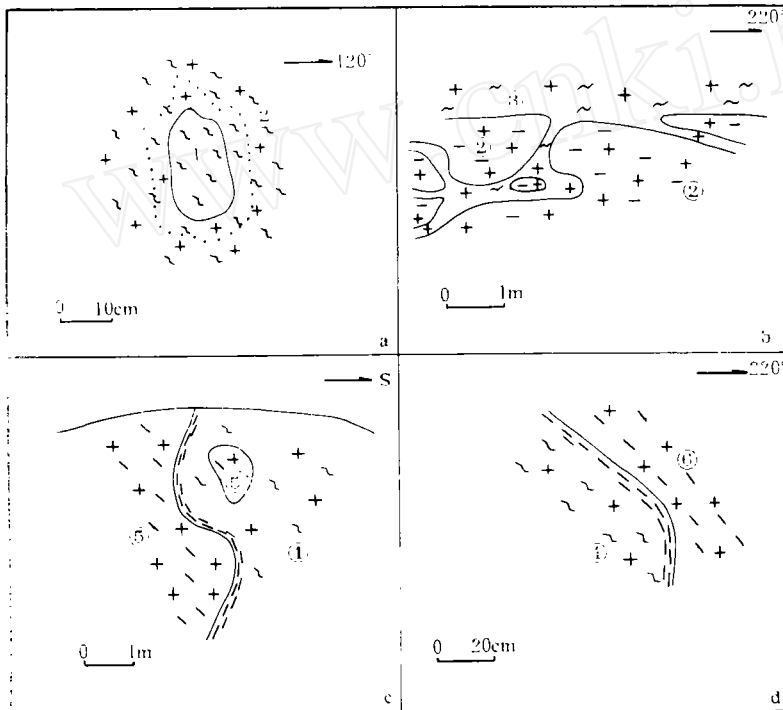


图 2 侵入岩体接触关系示意图

Fig. 2 Sketch showing contact relationship of intrusive rocks

a—威海单元中的富云包体,具淡色边(点线范围内);b—小河西单元呈枝叉状超动侵入威海单元;c—后石沟单元超动侵入前石沟单元,前者具暗色边(密断线);d—后石沟单元超动侵入庙山单元,前者具暗色边(密断线)

①富云包体;②威海单元;③小河西单元;④后石沟单元;⑤前石沟单元;⑥庙山单元

1.3 铁山超单元

该超单元零星包于月季山超单元中。除研究区内存在的郑家庙、前石沟两个单元外,

日照等地发现的含霓石变碱性花岗岩单元也属于该超单元。这一超单元总体岩性为碱长花岗岩类,具有明显的成分演化特征,其主要特点为:

(1)分布零星,无大规模的侵入体。

(2)侵入岩呈变余中粒花岗结构,片麻状、条痕状构造(由石英集合体呈条痕状分布显示)。该超单元虽然也遭受过变质变形作用改造,原矿物已变成多晶集合体,但相邻矿物之间并无明显的混合渗透,仍显现出原矿物的半自形粒状轮廓。

(3)岩石的主要矿物组合为钾长石(条纹长石)+石英+钠长石±黑云母,矿物成分的主要特点是钾长石含量高,暗色矿物含量少(一般小于5%)。

(4)该超单元与月季山超单元均不发育似层状构造及褶皱构造。

1.4 月季山超单元

前人在80年代进行1:20万日照幅、赣榆幅区域地质调查时,曾把该超单元的主要部分划为混合岩及混合花岗岩,其余部分被划入胶南群。最近几年进行的1:5万胶南幅、王台幅区域地质调查,则发现它与荣成超单元及铁山超单元之间具典型的超动式接触关系(图2-b、c、d)。在接触界限附近,月季山超单元一般具有明显的暗色边,其宽度为数厘米,局部达数十厘米至数米。该超单元中还多处见有荣成超单元的捕虏体。因此将其恢复为变质深成岩,并依据同源岩浆演化理论划分为石灰窑、窝洛、小河西、后石沟四个单元。

月季山超单元侵入岩为二长岩—二长花岗岩系列,具明显的成分演化特征,其主要特点为:

(1)侵入体呈岩株状分布,其边界截切区域构造线。但在具体露头上侵入体的边界一般与围岩片麻理一致,这主要是岩体强力定位过程中改造围岩片麻理的结果。

(2)岩石呈变余中粗粒半自形粒状结构,片麻状构造,主要由斜长石+钾长石+石英+角闪石组成。其中斜长石(均已变质成微粒钠长石+绿帘石多晶集合体)含量明显多于钾长石(较自形,一般未发生变质反应),而据电子探针分析结果,角闪石为绿钠闪石。部分岩石可相变为石英二长闪长岩或花岗闪长岩。二长花岗岩在宏观上显示出由淡绿色斜长石(因绿帘石颜色影响所致)、肉红色钾长石及烟灰色石英相间分布构成的精美色彩图案。

(3)侵入体中常见暗色微粒透镜状包体(片麻状细粒石英闪长岩),包体与寄主岩石界限截然。

(4)侵入体边缘发育有面型韧性变形带,较小规模的侵入体则呈条带状分布,且均已变成糜棱岩类。这种特征显示该超单元是强力定位的。

2 岩浆形成的构造环境

构造运动,特别是造山运动是导致岩浆岩形成的主导诱发因素,不同类型的岩浆岩形成于不同的构造环境。胶南地区由于经历了华北板块与扬子板块的碰撞造山运动,因此形成了多种成因类型的岩浆岩。这些岩浆岩的形成反映了特定的构造环境。胶南地区前寒武纪侵入岩的岩石化学及稀土元素成分列于表2。

表 2 胶南地区前寒武纪侵入岩的化学成分($\omega_B\%$)和稀土元素成分($\times 10^{-6}$)

Table 2 Major elements and REE compositions of the Precambrian intrusive rocks in the Jiaonan area

单 元	化 学 组 成 ($\omega_B\%$)												灼减	总和	
	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				
老黄山	47.30	1.30	13.36	4.40	10.13	0.22	6.81	10.28	2.88	1.01	0.15	1.10	99.11		
小 屯	76.02	0.04	13.37	0.39	0.93	0.01	0.01	2.21	4.11	1.90	0.02	0.64	99.83		
宝 山	71.79	0.44	14.38	1.79	1.14	0.07	0.56	1.64	4.65	2.70	0.09	1.18	100.43		
威 海	74.22	0.43	10.67	4.06	0.66	0.05	1.44	0.78	1.50	3.60	0.17	3.61	99.41		
御驾山	76.08	0.12	11.75	1.86	1.12	0.03	0.00	0.88	4.31	4.40	0.02	0.26	100.83		
庙 山	73.99	0.22	13.14	1.15	1.50	0.04	0.05	0.62	4.20	4.83	0.07	0.32	100.12		
郑家庙	63.60	0.42	17.31	2.43	2.50	0.08	0.26	1.29	5.13	6.79	0.05	0.38	100.14		
前石沟	75.86	0.12	12.51	0.69	1.02	0.02	0.06	0.66	4.04	4.70	0.02	0.13	99.85		
石灰窑	59.00	0.60	16.00	3.61	3.20	0.19	0.13	2.56	5.29	5.72	0.10	2.40	98.80		
窝 洛	69.32	0.37	14.16	2.15	1.19	0.05	0.66	1.47	3.67	5.33	0.15	0.87	99.39		
小河西	72.78	0.26	13.09	3.46	0.00	0.05	0.08	0.79	4.90	4.78	0.02	0.98	101.19		
后石沟	70.50	0.26	13.56	1.43	2.56	0.02	0.40	1.29	4.26	4.64	0.05	0.61	99.58		
单 元	稀 土 元 素 成 分 ($\times 10^{-6}$)														
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
老黄山	7.90	18.70	2.81	12.70	3.54	1.09	5.29	0.78	5.57	1.20	3.39	0.50	3.02	0.42	30.00
小 屯	7.75	9.70	0.86	2.60	0.32	0.84	0.30	0.05	0.14	0.03	0.07	0.01	0.04	0.04	0.87
宝 山	63.80	118.00	11.30	34.00	5.35	1.03	4.58	0.57	2.88	0.63	1.66	0.28	1.66	0.28	15.00
威 海	25.30	45.00	5.04	18.20	2.95	0.76	2.76	0.42	1.87	0.39	1.07	0.15	0.96	0.14	10.30
御驾山	26.50	89.30	7.19	21.70	5.08	0.85	5.87	0.91	6.62	1.69	5.28	0.90	6.24	0.89	37.60
庙 山	55.40	103.00	12.00	39.00	7.12	0.99	7.06	0.91	5.23	1.19	3.11	0.49	3.22	0.49	29.10
郑家庙	110.00	199.00	20.10	65.00	9.23	1.52	7.25	0.81	3.83	0.88	2.20	0.38	2.31	0.40	18.30
前石沟	28.10	58.40	6.89	26.00	4.80	0.32	4.44	0.56	3.06	0.63	1.59	0.23	1.49	0.22	13.80
石灰窑	220.00	385.00	38.00	138.00	17.0p	0.74	10.40	1.11	4.78	1.09	3.07	0.47	3.04	0.62	20.00
窝 洛	56.60	125.00	11.80	39.00	6.86	0.93	6.14	0.84	4.52	1.01	2.63	0.40	2.30	0.33	24.50
小河西	59.50	122.00	13.90	44.00	6.89	0.86	6.37	0.74	3.69	0.87	2.23	0.38	2.42	0.41	18.10
后石沟	48.10	90.90	9.95	30.50	5.26	1.26	5.20	0.65	3.56	0.83	2.24	0.37	2.34	0.36	20.60

2.1 中元古代幔源岩浆岩

区域上,海阳所超单元的 Sm - Nd 等时线年龄为 1 282~1 472Ma^①,属中元古代的侵入岩。研究区小屯单元的同位素年龄也在上述年龄范围内(表 1)。该超单元的岩浆岩组合以基性、超基性岩为主,中、酸性岩较少,说明其主要是由上地幔物质局部熔融或基性岩浆同化硅铝物质形成的。老黄山单元以其稀土分配模式较平坦(图 3),稀土总量较低等特征,显示了幔源的特点。小屯单元在化学成分上以高硅、低至中等的铝、低的全铁—镁和低钾为特征(表 2),与大洋斜长花岗岩相似,在 QAP 实际矿物成分图解中投点位于大洋斜长花岗岩线上(图 4);其 REE 型式具明显的正铈异常(图 3a—1),稀土总量低,显示了典型幔源型(M 型)花岗岩的特点,来源于亏损地幔。海阳所超单元的岩浆岩组合与 G·蒂申多夫划分的大洋内裂谷作用造成的岩浆系列吻合。因此胶南地区中元古代侵入岩是在早元古代陆缘海(荆山岩群的沉积环境)基础上由裂谷扩张作用形成的。

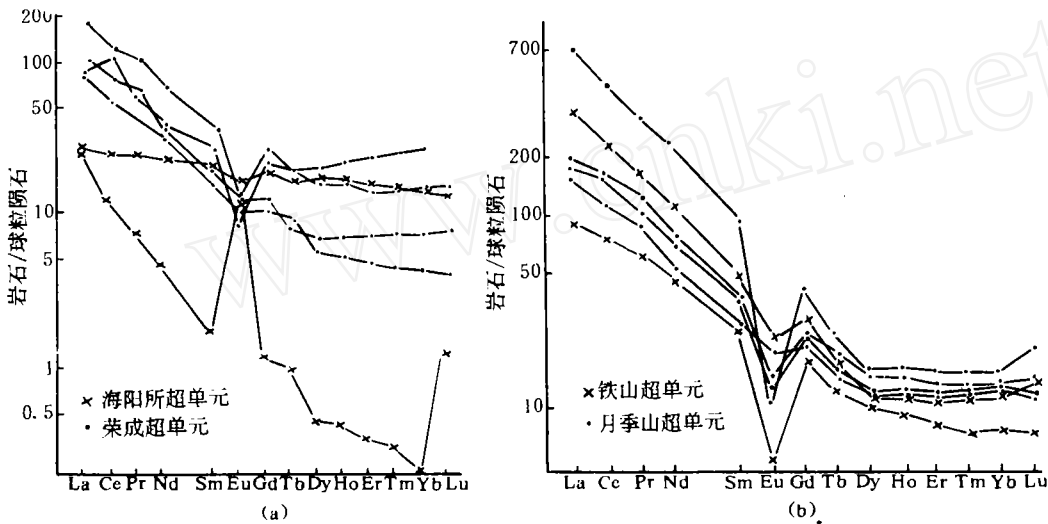


图 3 前寒武纪侵入岩的稀土分配模式

Fig. 3 REE distribution pattern of the Precambrian intrusive rocks

2.2 晚元古代 S 型花岗岩类

在区域上荣成超单元的 U - Pb 同位素年龄主要在 890~733Ma 之间,属晚元古代花岗岩类。研究区中的御驾山、庙山单元同位素年龄与上述年龄范围吻合,但宝山单元的年龄明显偏老,显示了中元古代的年龄特征。由于该超单元含较多能反映源岩属硅铝质沉积物的富云包体等,因此认为是壳成沉积物质经部分熔融形成的。据岩石化学成分计算其 $Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O)$ (分子比) = 0.88~1.38,多数在 1.05 以上,具 S 型花岗岩的特点,在 ACF 图上多投入 S 型花岗岩区(图 5)。该超单元的稀土型式呈左高右低的平滑曲线(图 3),早期的两个单元(宝山、威海)不具铈异常,而晚期的两个单元(御驾山、庙山)

^① 山东省地矿局地矿处,1996,鲁东地区侵入岩岩石谱系单位划分初步方案(内部参考资料),后述文字中的同位素年龄资料均引自该方案。

具明显负铕异常,同样显示了S型花岗岩的特点,且表明岩浆演化过程中有分离结晶作用的存在。

S型花岗岩属造山花岗岩类。在QAP实际矿物图解中,研究区该类花岗岩落入大陆碰撞花岗岩类区附近(图4)。从胶南地区特殊的大地构造环境分析,荣成超单元是在大陆碰撞引起壳成沉积物部分熔融的背景上形成的。

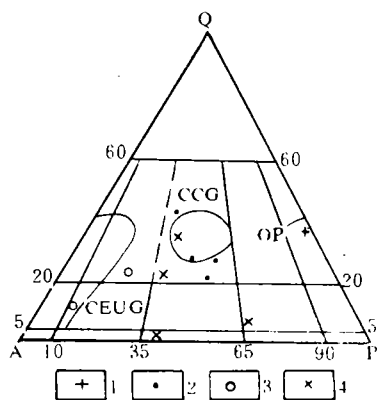


图4 QAP实际矿物成分图解

Fig. 4 QAP diagram showing modal Compositions of the intrusive rocks

1—小屯单元;2—荣成超单元;
3—铁山超单元;4—月季山超单元
CCG—大陆碰撞花岗岩类;CEUG—大陆的
造陆抬升花岗岩类;OP—大洋斜长花岗岩类

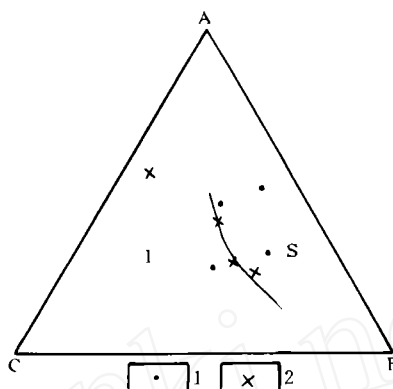


图5 ACF图解

Fig. 5 ACF diagram

1—荣成超单元;2—月季山超单元
 $A = (Al_2O_3 + Fe_2O_3) - (N_2O + K_2O)$;
 $C = CaO - 3 \cdot 3P_2O_5$; $F = MgO + FeO + MnO$

2.3 晚元古代A型花岗岩类

区域上铁山超单元的划分序列还不够完善,同位素年龄数据也较少。研究区前石沟单元的同位素年龄说明铁山超单元形成于晚元古代。该超单元在化学成分上具贫钙、富碱、少水的特征,其REE型式呈左高右低,具明显负铕异常的特点,显示有REE的“四分组”效应。以上特点反映了这类岩石来源于富集地幔,为A型花岗岩类。在QAP图解中该超单元投入大陆的造陆抬升花岗岩类区。因此铁山超单元是在板块强烈碰撞过程造成的大陆抬升并使幔源物质上涌的构造环境下形成的,为板块强烈碰撞的产物。

2.4 晚元古代I型花岗岩类

区域上月季山超单元的同位素年龄值主要集中在750~650Ma之间,为晚元古代花岗岩类。其野外宏观特征,如岩石成分变化范围大及含较多闪长质(微粒)包体等,表明其为同熔型(I型)花岗岩类。 $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)=0.82\sim0.94$,与I型花岗岩的特征数值吻合,在ACF图中投点亦主要位于I型花岗岩区。其REE型式与铁山超单元相似,结合该超单元中含有绿钠闪石等偏碱性暗色矿物分析,认为其与铁山超单元有较近的边缘关系。在QAP图解中月季山超单元投点分散,说明其岩石成分变动范围宽广。这类

I型花岗岩应属板块碰撞后期花岗岩类,有可能与荣成超单元一起归于同造山双花岗岩类。

3 胶南地区地壳演化

在早元古代陆缘海的基础上,中元古代胶南地区地壳拉张形成裂谷。地幔物质部分熔融形成的基性、超基性岩浆及其分异出的斜长花岗质岩浆先后沿裂谷上侵形成海阳所超单元。

晚元古代地壳由拉张环境转变为挤压环境。已经克拉通化了的华北陆块与扬子陆块发生碰撞、拼合,造成陆壳的部分熔融,形成S型花岗质岩浆,大致在800Ma±荣成超单元以穹起方式就位。强烈的板块碰撞作用导致幔源物质上涌,分异出A型花岗质岩浆,大约在750Ma±铁山超单元沿板块强烈碰撞造成的局部拉张部位定位。在碰撞后的推覆造山阶段,下地壳火成岩部分熔融的酸性岩浆与地幔上涌之基性岩浆混合形成的混合岩浆,沿推覆构造空腔强力定位形成月季山I型花岗岩类(图6)。

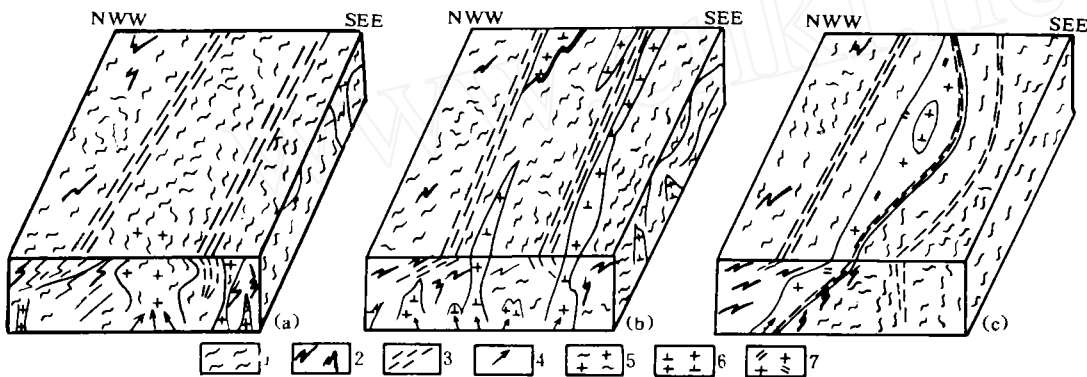


图6 胶南地区晚元古代地壳演化及岩浆就位机制模式图

Fig. 6 A modal illustrating Neo-proterozoic crust evolution and magma emplacement mechanism in the Jiaonan area

(a) 板块碰撞导致壳源岩石活化,出现部分熔融作用,部分熔融的岩浆强力定位,形成荣成超单元;(b) 陆-陆碰撞导致地幔隆起和地壳拉张,幔源分异岩浆沿张裂隙定位,形成铁山超单元;(c) 板块碰撞引起推覆造山,壳、幔混合岩浆沿剪切空腔定位形成月季山超单元

1—片麻理迹线;2—剪切褶皱;3—韧性剪切带;4—岩浆运移方向;5—荣成超单元;
6—铁山超单元;7—月季山超单元

胶南地区前寒武纪经历了四个深成岩浆侵入事件,可归并为两大演化旋回:第一旋回是中元古代的海阳所超单元,形成以基性、超基性岩为主的非造山岩浆岩;第二旋回包括晚元古代的荣成、铁山、月季山超单元,形成以酸性侵入岩为主的同造山岩浆岩。这两个旋回的差异反映了岩石圈和上地幔构造-热体制的重大变化,岩浆的演化代表了扬子板块与华北板块的碰撞、拼合过程。

本文蒙山东地勘局张成基高级工程师审阅并提出宝贵意见,特此致谢。

参 考 文 献

- 1 张增奇,宋志勇等. 鲁东前寒武纪岩石地层清理意见. 山东地质,1994,10(Sup):23-25.
- 2 宋明春,王来明等. 鲁东荣成片麻岩套及其成因. 山东地质,1995,11(2):32-43.
- 3 张希道,宋明春. 鲁东南莒南地区深层次构造岩的变形相及变形的温压条件分析. 岩石学辨,1994,10(1):81-89.

HIERARCHICAL CLASSIFICATION OF THE PRECAMBRIAN INTRUSIVE ROCKS UNITS AND CRUST EVOLUTION IN THE JIAONAN AREA

Song Mingchun, Zhang Jingxin and Lu Fatang
(Shandong Geological Survey Institute)

Abstract

The metamorphic complexes in the Jiaonan area are mainly Meso-proterozoic and Neo-proterozoic metamorphosed intrusive rocks. According to the consanguineous magmatic evolution theory, these intrusive rocks can be divided into four superunits: ① Haiyangsuo superunit which consists of the Laohuangshan, Dazhangba and Xiaotun units and has formed a nearly complete magmatic evolutionary series from basic-intermediate-acid rocks; they are mainly the Meso-Proterozoic intrusive rocks of mantle source formed in the oceanic rift environment, belonging to the anorogenic magmatic rocks, while the Xiaotun superunit shows the characteristics of oceanic plagiogranite; ② Rongcheng superunit which consists of the Weihai, Baoshan, Yujiashan and Miaoshan units; they are all monzogranitic rocks, belonging to the Neo-proterozoic granites of crust source (S type), and have been formed in the plate collision stage, belonging to synorogenic magmatic rocks; ③ Tieshan superunit which consists of Zhengjiamiao and Qianshigou units; they are quartz syenite-orthoclase granite, belonging to the Neo-proterozoic A type granites of mantle differentiation and have been formed in intracontinental tension environment; ④ Yuejishan superunit which consists of Shihuiyao, Woluo, Xiaohexi and Houshigou units, they are monzonite-monzogranite, belonging to the Neo-proterozoic synorogenic granites (I type) of crust-mantle mixed source, and has been formed in the late stage of plate collision.

The Precambrian crust evolution history is as follows; on the basis of Palaeo-proterozoic pericontinental sea, a rift was formed here by crust extension in the Meso-proterozoic, and the Haiyangsuo superunit was intruded along the rift; during Neo-proterozoic, the crust changed from extensional environment to compressional environment. As the rift closed, plate collision orogenism occurred, which was accompanied by a large amount of synorogenic granites. The plate collision caused partial melting, which formed the Rongcheng superunit and the local extensional environment caused by plate collision resulted the emplacement of the mantle differential A type granites—the Tieshan superunit. Later, crust-mantle mixed magma was emplaced along the nappe cavity caused by orogeny and the yuejishan superunit was thus formed.