

胶北元古界变质岩的同位素 测年新成果及其地质意义

纪壮义

(山东省地质矿产局区域地质调查队)

提要 本文报导了在胶北地区元古界变质岩中所取得的同位素测年的最新成果。根据这一成果,作者认为:荆山群与粉子山群应为同时异相的产物;芝罘组应从粉子山群中剔出,并升格为群级地层单位。与此同时,还对蓬莱群的时代问题进行了讨论。

胶北地区的元古界变质岩主要发育在烟台、福山和蓬莱一带(图1),属高角闪岩相(局部麻粒岩相)—绿片岩相。其下部为大理岩、石墨黑云斜长片麻岩、矽线黑云片岩、透辉岩、透闪变粒岩及黑云变粒岩等;中部为含砾钾长石英岩、含砾石英岩、镜铁钾长石英岩、含镜铁白云母钾长片麻岩;上部为千枚岩、板岩、石英岩、大理岩、结晶灰岩和泥灰岩等一套浅变质岩石。

前人对该区元古代地层层序的厘定做了大量的工作,并在认识上取得了较大的进展,但对胶东地区长期存在并一直未能解决的重要地质问题,在认识上仍然是见仁见智,众说不一,诸如,荆山群与粉子山群的关系问题,芝罘组的归属问题,以及近年来对蓬莱群时代的争议等。为进一步探讨这些问题,笔者同山东区调队三分队的同志们一起,在进行1:20万区调工作的同时,对烟台、福山、蓬莱地区元古界变质岩进行了较为系统的同位素测年样品的采集工作,共采集U-Pb单颗粒锆石样4件,锆石U-Pb一致曲线样2件,Rb-Sr全岩等时线样1件,具体采样位置见图1。

上述样品全部由中国地质科学院地质研究所同位素室测定^①。表1中的4件同位素样品数据全用质谱计双带源逐层蒸发法测单颗粒锆石所获。T₁采于栖霞峪岭乔林场东,岩性为石榴黑云片岩,属荆山群禄格庄组一段,获得四组年龄值,其中 $2182.1 \pm 6.2\text{Ma}$ 及 $2384 \pm 16\text{Ma}$ 与以往在荆山群所获得的1586—2484Ma的年龄数据相符,另两组较老的年龄数据,可能为碎屑锆石的原岩时代。在粉子山群中共采了4件样品,T₂采于蓬莱金果山,属祝家乔组的浅粒岩,共获六组年龄值,其中 $2224 \pm 18\text{Ma}$ 可代表其形成时代,其余时代较老;T₃采于福山上官老沟,亦属祝家乔组,岩性为透闪石英岩,该样品获得了两组较为一致的年龄值,即 $2478.7 \pm 2.7\text{Ma}$ 及 $2496.7 \pm 3.9\text{Ma}$;T₄采于福山门楼,为岗嵒组的石英岩,获得了三组年龄值,分别为 $1848 \pm 21\text{Ma}$ 、 $770 \pm 11\text{Ma}$ 及 $874 \pm 13\text{Ma}$;T₅采于福

① 测定人:赵敦敏、宋彪、张巧大、杨敦、安玉清等。本文1992年7月收到,8月改回。

山岗崮,为岗崮组的浅粒岩,所测锆石 U-Pb 一致曲线(表 2,图 2)的上交点年龄为 2019Ma。T₆ 采于烟台芝罘岛,为芝罘群兵营组的石英岩,所测锆石 U-Pb 一致曲线(表 2,图 3)的上交点年龄为 2171Ma。T₇ 是在栖霞枣林地区采蓬莱群豹山口组 and 辅子乔组的主要岩石做的 Pb-Sr 全岩等时线(表 3,图 4),其年龄值为 417±41Ma。

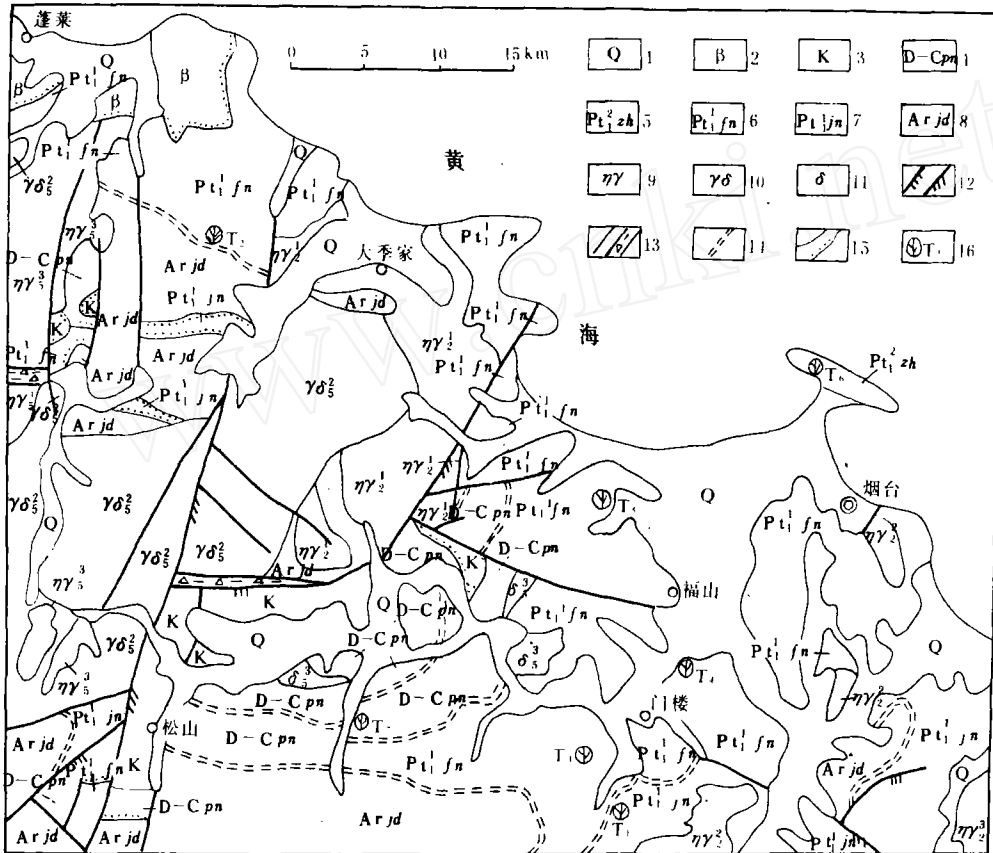


图 1 烟台蓬莱地区地质略图

1. 第四系;2. 玄武岩;3. 白垩系;4. 蓬莱群;5. 芝罘群;6. 粉子山群;7. 荆山群;8. 胶东群;9. 二长花岗岩;
10. 花岗闪长岩;11. 闪长岩;12. 压性及压扭性断层;13. 性质不明断层及断层带;14. 韧剪带;15. 地质及
不整合界限;16. 同位素采样点及编号

从以上各图表中可以看出,用 U-Pb 单颗粒锆石逐层蒸发法所测的年龄,除 T₁、T₂ 中出现一些较老的年龄外,多数为下元古代,尤其是 T₃ 给出了粉子山群的最老年龄,居然非常接近一致。一般认为,锆石 U-Pb 一致曲线的上交点代表岩石的形成年龄,而下交点应代表后期地质事件的年龄,但无规律性,其意义不大,因此,利用 T₅、T₆ 中的上交点年龄代表岩石的成岩时代也较可靠。T₇ 是迄今为止在蓬莱群中测得的唯一同位素年龄资料,从表 3 及图 4 中可以看出,各组等时线的一致性较好,线性关系明显,因而所获年龄应该是可信的。

表 1 单颗粒锆石 U-Pb 同位素测年原始数据

层位	岩石名称	样号	顺序号	沉积序号	组数	锆石中铅同位素测值			计算结果		锆石特征描述			
						208/206	207/206	201/206	207/206 (放射成因)	年龄(Ma)				
荆山群	禄格庄石榴黑云片岩	T ₁	1	2	6	0.05471±55	0.13825±60	0.000924±57	0.13640±49	2182.1±6.2	10×50μm ² , 淡紫色, 半透明, 光洁, 晶形完好			
				3	10	0.07156±33	0.11487±53	0.000649±35	0.13640±49					
			2	1	5	0.0510±11	0.1461±12	0.00123±16	0.1973±29	2804±24	120×60μm ² , 淡紫色, 半透明, 光洁, 晶形完好			
				2	5	0.8371±27	0.16806±48	0.000167±10	0.1973±29					
				3	5	0.09697±39	0.17180±48	0.000505±76	0.1973±29					
				4	5	0.1349±38	0.19805±37	0.000316±64	0.1973±29					
				3	5	0.0981±31	0.1657±16	0.001005±70	0.1645±38			2384±16	10×50μm ² , 淡紫色, 半透明, 表面光洁, 晶形完好	
			3	3	0.1437±48	0.1437±48	0.00080±20	0.1645±38						
			4	1	5	0.05342±64	0.10729±64	0.000499±40	0.16757±34	2533.6±53.4	10×50μm ² , 淡紫色, 半透明, 表面光洁, 晶形完好			
				2	10	0.09210±50	0.16952±53	0.000156±16	0.16757±34					
			粉家山群	祝家浅粒岩	T ₂	5	1	10	0.01887±10	0.2767±13	0.000014±12	0.2767±12	3341.5±68	120×120μm ² , 深紫色, 半透明, 表面熔蚀, 磨圆呈球形
							4	2	6	0.2040±20	0.2466±15	<0	0.2465±33	3163±21
6	2	8				0.9990±21	0.1545±12	0.0000155±61	0.1543±11	2865.5±25	120×60μm ² , 淡紫色, 透明, 表面光洁, 晶形完好			
	3	7				0.1716±15	0.1882±10	0.000003±18	0.18801±70					
	4	8				0.2188±15	0.2044±10	0.000036±26	0.20487±32					
	4	8				0.2188±15	0.2044±10	0.000036±26	0.20487±32					

续表 1

层位	岩石名称	样号	顺序号	沉积序号	组数	锆石中铅同位素测值			计算结果		锆石特征描述		
						208/206	207/206	204/206	207/206 (放射成因)	年龄(Ma)			
粉家子山群	祝家岩	T ₂	浅	1	6	0.0834±29	0.1346±12	0.000032±19	0.1342±9	2581±10	150×150μm ² , 深紫色,透明, 表面光洁,磨 圆呈球形		
				1	2	4	0.1884±47	0.1680±37	0.000095±38			0.1667±9	
				3	5	0.1915±21	0.1752±31	0.00022±13	0.1724±10				
		T ₂	浅	1	6	0.0930±9	0.1392±9	0.000014±14	0.13896±14	2523.1±47	200μm ² ,淡紫 色,透明,表面 光洁,磨圆呈 椭圆形		
				2	2	6	0.1469±14	0.1628±13	0.000064±48			0.1628±13	
				3	6	0.1545±10	0.1667±9	0.000016±12	0.16652±47				
	T ₃	透闪石英岩	1	10	1	10	0.1950±13	0.14118±43	0.00065±9	0.13265±3	2496.7±3.9	380×300μm ² , 紫红色,透明, 表面熔蚀,呈 磨圆的碎块	
					2	16	0.30214±56	0.16810±38	0.00033±7	0.16393±38			
			2	2	10	0.27028±30	0.16234±26	0.000012±27	0.16219±26	2478.7±2.7	300×300μm ² . 紫红色,透明, 表面熔蚀,磨 圆呈球形		
	岗嵒组	石英岩	T ₄	1	1	1	10	0.2689±24	0.788±10	0.00096±8	0.06487±35	770±11	150×70μm ² , 黄色,半透明, 圆棱角形
					2	1	4	0.3772±32	0.0941±16	0.00180±11	0.06819±44	874±13	50×100μm ² , 无色透明,表 面光洁,晶形 完好
					3	2	4	0.1910±20	0.13280±75	0.00146±9	0.1130±13	1848±21	

表 2 U-Pb 一致曲线同位素测年原始数据

层位	岩石名称	样号	顺序号	样品量 (mg)	粒度 (μm)	放射成因 Pb 含量 (1×10^{-6})	U 含量 (1×10^{-6})	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	放射性成因 Pb 含量 (1×10^{-6})			同位素原子比值		
									207	206	208	207/206	206/238	207/235
粉子山群岗嵒组	浅粒岩	T ₅	1	24.6	<30	199.7	398.2	256.4	13.59	107.2	8.935	0.12622	0.31323	5.4513
			2	9.01	<30	258.9	816.5	7327	27.30	214.0	17.57	0.12694	0.30510	5.3401
			3	2.40	>30	178.8	567.9	2057	18.70	147.5	12.59	0.12615	0.30237	5.2592
			4	0.18	>45	848.3	2772	2158	88.94	695.4	64.03	0.12729	0.29195	5.1242
芝罘群兵营组	石英岩	T ₆	1	2.31	>103	113.4	428.1	3728	11.42	85.94	16.08	0.13218	0.23366	4.2585
			2	2.37	>86	58.64	275.2	1507	5.711	45.11	7.380	0.12476	0.19266	3.3141
			3	2.65	>50	134.1	663.8	5405	13.65	103.0	17.50	0.13194	0.18057	3.2848
			4	2.88	>74	90.97	510.8	5492	8.928	71.30	10.74	0.12460	0.16247	2.7913
			5	4.48	>43	84.79	512.8	3152	8.609	67.18	9.002	0.12752	0.15249	2.6813

表 3 Rb-Sr 等时线同位素测年原始数据

层位	岩石名称	样号	Rb 含量 (1×10^{-6})	^{87}Rb 含量 (1×10^{-6}) (mol/g)	Sr 含量 (1×10^{-6})	^{86}Sr 含量 (1×10^{-6}) (mol/g)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	
蓬莱群	辅子奇组	粉砂质板岩	T ₇ -①	160.92	0.25343	26.36	0.0293	17.87260	0.83255
		石英岩	T ₇ -②	9.93	0.03230	8.56	0.0096	3.37060	0.74863
		灰白色板岩	T ₇ -③	206.82	0.67276	27.30	0.0303	22.23870	0.85909
豹山口组		灰绿色千枚状板岩	T ₇ -④	120.32	0.39138	23.49	0.0262	14.92960	0.78431
		肉红色大理岩	T ₇ -⑤	21.40	0.06962	221.31	0.2487	0.28000	0.71462
		钙质板岩	T ₇ -⑥	374.49	1.21813	23.77	0.0260	46.82430	0.98969

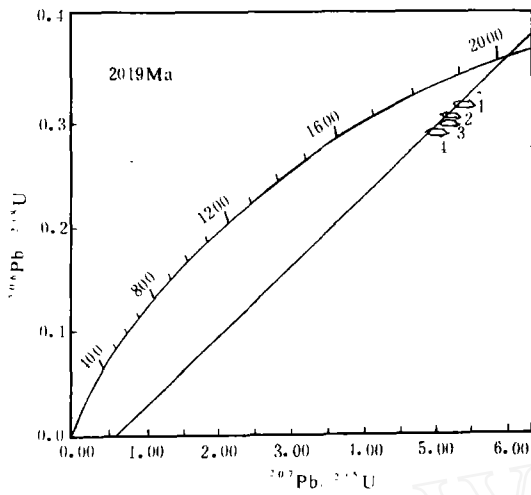


图2 粉子山群岗箭组浅粒岩锆石 U-Pb 一致曲线(T_5)

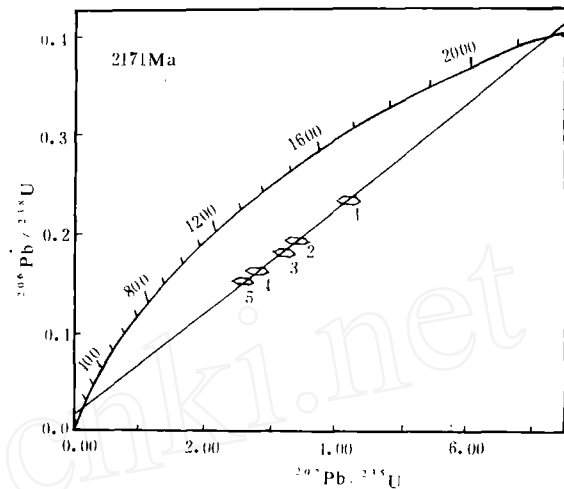


图3 芝罘群兵营组石英岩锆石 U-Pb 一致曲线(T_6)

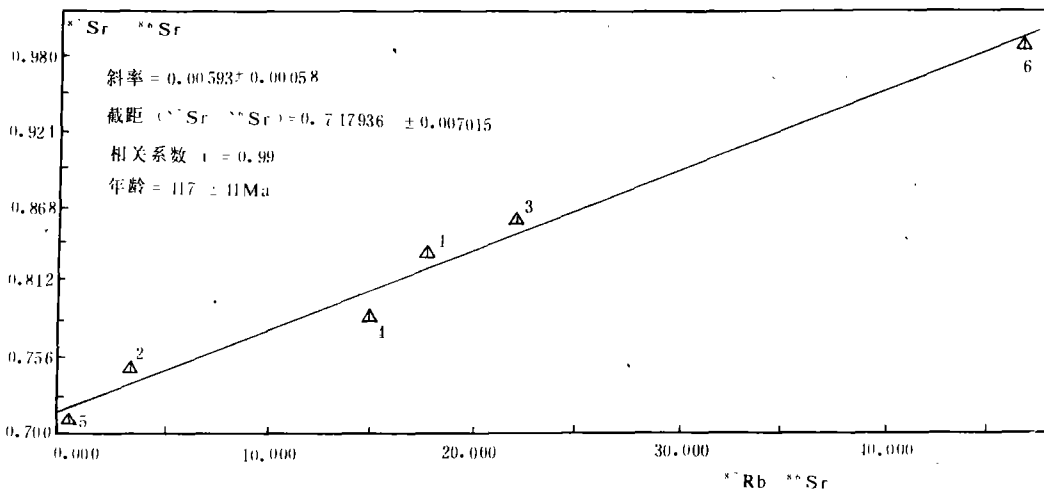


图4 蓬莱群主要岩石 Rb-Sr 同位素全岩等时线图(T_7)

通过对胶北地区元古界变质岩的同位素测定,获得了重要的地质信息,结合作者最近在区调工作中所形成的新认识,使我们有可能对胶北地区的一些长期悬而未决的地质问题做进一步的讨论。

1. 荆山群与粉子山群的关系

由于两群之间在区域上大部分未见直接接触(仅局部见断层和韧性剪切带接触),因此,二者的关系就成了人们长期争论的焦点。早在1986年11月的胶东群现场讨论会上就

基本上形成了上下关系和平行对比两种完全对立的意见¹⁾。持上下关系者认为,荆山群是粉子山群下部的地层,二者属于两个构造层,其证据是:(1)两群原岩建造的差异,尤其是底部层位,粉子山群底部为火山—砂质碎屑沉积建造,而荆山群底部则是泥质、砂泥质沉积建造;(2)构造形态的差异,在区域尺度上,荆山群地层可显示出三期褶皱变形特征,而粉子山群则仅显示两期褶皱变形;(3)变质作用、混合岩化作用的差异,粉子山群变质程度低,相当于低角闪岩相,混合岩化现象较弱或基本见不到,而荆山群的变质程度高,为高角闪岩相,局部达麻粒岩相,混合岩化作用亦相对较强;(4)含矿性的不同,在粉子山群中产生大量的滑石矿、菱镁矿,而在荆山群中则很少见,但在荆山群中发育有大量晶质石墨矿,而在粉子山群则多为细小鳞片或隐晶质石墨,不能作为工业矿床开采;(5)同位素年龄的差异,粉子山群的时代新,而荆山群的时代相对较老。持平行关系意见者认为,粉子山群与荆山群是一套地层,二者完全可以进行对比。主要表现在以下诸方面,(1)两群岩石组合的可比性,认为粉子山群祝家乔组和张格庄组下段对应于荆山群禄格庄组,张格庄组中、上段对应于野头组,而巨屯组和岗嵒组则对应于陡崖组;(2)两群原岩建造特点的可比性,认为二者都是类复理石—碳酸盐建造,是一种槽型沉积;(3)变质作用的可比性,从两群都含矽线石且晶形相似来看,粉子山群和荆山群的变质程度均达到了高角闪岩相;(4)胶东下元古界的主要矿产为石墨、滑石、菱镁矿,从原岩建造,含矿性和矿床形成受多因素控制的角度来考虑,其矿产的对比是可行的;(5)同位素年龄的一致性,同位素年龄某几个数据虽然相差较大,但经统计可知,两群的同位素年龄值一般变化在 1800—2400Ma 之间,显示出近乎一致的特征。

在考虑上述意见的同时,通过对胶东地区两群特征的综合分析,结合本次新测得的同位素年龄资料,作者认为,两群之间确实存在着一定的相同点,也存在着一定的差异。对它们异同点的客观评价是,两群的变质程度、变形特征及含矿性都具有明显的差异,而在岩石组合、原岩建造及同位素测年数据方面又具有很大的相似性。前者表明两群形成的构造环境及变质作用条件的不同,粉子山群主要分布于莱州粉子山、蓬莱民山、福山张格庄—岗嵒一带,而荆山群则见于莱西南墅、莱阳荆山、旌旗山及牟平光山一带,如果消除了桃村断裂左行平移的影响,会发现粉子山群主要分布于胶北隆起的北部边缘,而荆山群则分布于胶北隆起的中部地带,在元古代,这两地区很可能代表着不同的区域构造环境。而后者又说明了两群很可能是同一时代的产物,它不仅可从同位素测年值方面得到直接的证实,而且在岩石组合和原岩建造方面二者都是一套由含石墨岩、碳酸盐岩及碎屑岩所组成的层状变质岩系(类似于国外的孔达岩),应形成于同一时代。因此,将荆山群与粉子山群作为同时异相处理是合适的,也是可行的。

2. 关于芝罘群

它局限于烟台北侧的芝罘岛及崆峒岛等地,在胶北无可对比的地层,在以往的资料中多将其作为一个组置于粉子山群顶部。根据这套地层的岩石类型、岩石组合、原岩建造、变形特征、同位素年龄及区域对比诸方面特征分析认为,它应是粉子山群之上的一个独立的群级地层单位。因为:(1)其岩石组合比较特殊,主要可分为两套,下部为含镜铁石英岩、镜

1) 1:20 万莱阳、潍坊幅区调报告,1987。

铁长石石英岩、含砾钾长石英岩、白云母钾长片麻岩、含电气磁铁石英岩等,夹有多层镜铁矿,上部以巨厚层的细粒石英岩为主,夹少量的钾长石英岩及含电气石英岩;(2)在芝罘岛北缘——摸洛石一带,在该套地层的底部发现有含砾石英岩,还在石英岩、长石石英岩中见到大量的粒序层、斜层理、交错层理等原生构造,而在粉子山群中则很少见;(3)其原岩为一套厚层—巨厚层成熟度较高的含铁长石石英砂岩、纯石英砂岩及粉砂岩等碎屑沉积岩;(4)该套岩石中基本上见不到混合岩化作用;(5)从区域构造上仅能反映出一期轴向 120° 方向的较紧闭褶皱构造,不同于粉子山群具有多期叠加的变形特征;(6)本次所获的同位素年龄资料表明,其形成时代晚于 2171Ma ;(7)从区域上认为,该套岩系可与隔海相望的辽东地区出露的榆树砬子群相对比。所以,芝罘组应该从粉子山群中剔出,并升格为芝罘群。

3. 蓬莱群的时代问题

蓬莱群主要分布于栖霞臧家庄盆地及沿海岛屿一带。该群是1958年长春地院在胶东进行1:20万区调时所建,是一套浅变质岩系,自下而上划为豹山口组、辅子乔组、南庄组及香乔组,各组划分标志明显,整合关系清楚。前人对其组段划分及相对层序的认识是一致的,但对其时代的划分,则多根据变质程度及与邻区地层的对比笼统地将其划为元古代,直到在该群中发现了以 *Bavlinella*, *Trachysphaeridium* 等为代表的微古植物组合,才将其时代定为震旦纪,即上元古代^[2]。近年来,由于在该群南庄组中发现了腕足类及双壳类实体动物化石^[3,4],出现了将蓬莱群时代归为古生代泥盆—石炭纪的不同意见。而本次Rb-Sr同位素测年所获得的 $417 \pm 41\text{Ma}$ 的年龄值,则明显地支持了后者,至于为何与微古植物化石所指示的时代相矛盾,尚有待于进一步工作,以期对蓬莱群的时代归属作出圆满的解释。

本文成文过程中深得艾宪森总工程师的热情鼓励和支持,张成基高级工程师审阅了初稿并提出了宝贵的补充修改意见,区调队王沛成同志提供了部分资料,朱学光同志帮助誊清了部分数表,谨在此致以深挚的谢意!

参 考 文 献

- [1] 曹国权、王致本、张成基,1991,山东沂沭断裂以东前寒武纪地层研究动态。山东地质,第七卷,第2期。
- [2] 邓幼华等,1984,鲁东地区蓬莱群、粉子山群的研究。南京地质矿产研究所所刊,第5卷,第2号。
- [3] 杨志坚,1992,胶东地块研究取得新进展。中国区域地质,第一期。
- [4] 纪壮义、赵环金,1992,鲁东蓬莱群时代新证。地层学杂志,第16卷,第3期(印刷中)。
- [5] 林润生、于志臣,1988,山东胶北隆起区荆山群。山东地质,第4卷,第1期。

**NEW DATA ON ISOTOPE AGE OF THE PROTEROZOIC
METAMORPHIC ROCKS FROM NORTHERN JIAODONG
AND ITS GEOLOGICAL SIGNIFICANCE**

Ji zhuangyi

*(The Regional Geological Survey Brigade, Shandong
Bureau of Geology and Mineral Resources)*

Abstract

The latest isotope age data from the Proterozoic metamorphic rocks in northern Jiaodong are reported which has led the author to conclude that; the Jingshan Group and the Fenzishan Group should be considered to be synchronous but heterotypical-facies products; the Zhifu Formation should be separated from the Fenzishan Group and promoted to a separate group. Meanwhile, the age of the Penglai Group is also discussed.