

郯庐断裂中段沂沭裂谷系的构造作用与岩浆活动

刘洪滨

(地矿部海洋地质研究所)

沂沭断裂带是郯庐断裂带的一个重要组成部分,加深对其研究,无疑有助于对郯庐断裂带的深入了解。近年来随着地质理论的发展,广大中外地质、地球物理工作者从不同角度对郯庐断裂带进行了大量专题性和综合性研究,取得了许多有益的成果,但对其形成时代,空间展布,活动方式、演化机制等重要问题尚存有争意。有些研究者^[1、2]认为沂沭断裂带为中生代大陆裂谷,笔者赞同这一观点,认为沂沭断裂带及其毗邻地区为一中生代大陆裂谷系,进一步将这个裂谷系划分为轴部、鲁东、鲁西三个裂谷带^[3、4]。在这个裂谷系内地貌形态、构造特征,沉积建造、岩浆活动、地球物理场、地壳结构等均具有裂谷的特点,从不同侧面显示了裂谷系的存在,并以轴部裂谷带为中心,两侧裂谷带大体具对称性。本文试图从上述资料出发,进一步阐述裂谷系的存在,以期有助于对郯庐断裂的研究和对有关矿产的寻找。

一、沂沭裂谷系的基本特征

(一)地貌特征(图1)

沂沭裂谷系主体位于山东省境内,东濒黄海,北临渤海,西侧大致以济宁—平阴一线为界。裂谷系内地形复杂,以低山丘陵为主,山脉走向大致可分为三个区:中部为呈北北东向展布的串珠状丘陵,对应于沂沭断裂带,称贡丹山地垒;鲁西多低山丘陵,由于断裂切割,形成一条条北西向山链、洼地、湖泊(泰山海拔1524米,为山东第一高峰,囊括其中)。鲁东多走向北东的山脉,崂山海拔1133米,是鲁东最高峰。水系多发源于山地,一支成放射状向南收敛,汇入沂、沭河流域,注入黄海;另一支向北注入莱州湾。整个地貌构成一个呈扇形展布的丘陵、山地格局,在山链之间夹着一系列地堑、狭长谷地。这种地势轮廓与地质构造的走向、延伸方向是一致的,显然是受地质构造的制约而又反映了地质构造特征。以上特征在地球资源卫星照片影象上是十分醒目的。

(二)裂谷系的沉积特征

裂谷系内具明显的裂谷型沉积建造。晚侏罗世为杂色复陆屑建造,由砂岩、页岩、砾岩组成,厚度367—7300米;早白垩世为火山复陆屑建造,由玄武岩、安山岩、粗安岩和火山碎屑岩组成,厚度5300—9100余米;晚白垩世至早第三纪为含蒸发岩的红色类磨拉石建造,

由红色砂岩, 砾岩, 泥质岩、粉砂岩和油页岩, 石膏夹层组成, 厚度2500—10600米;

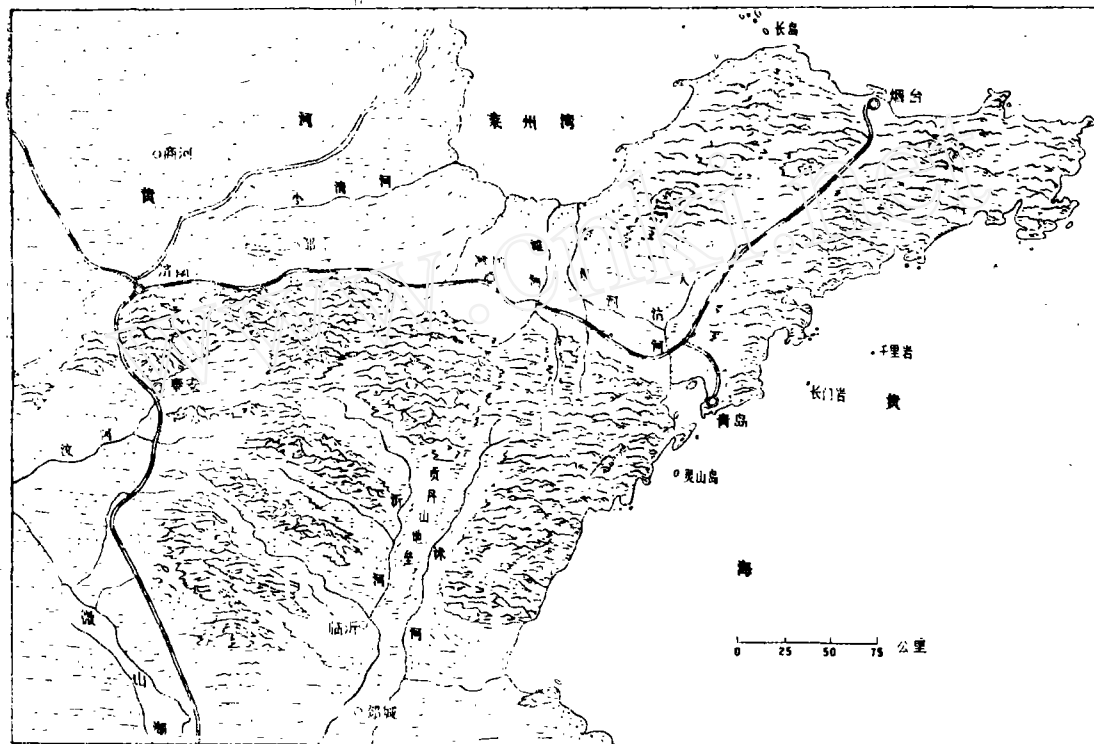


图1 沂沭裂谷系地势图(据地形图、卫片编绘)

Fig.1 Geomorphological Map of the Yishu Paleorift System
(by relief map and ERTS image)

这种建造组合充填在地堑中, 厚度各地不一, 最大可达两万余米。

(三) 地球物理特征

现有的地球物理资料初步揭示了本区深部构造形态和轮廓, 为确定古裂谷系的存在提供了依据。

1. 航磁异常图⁵和利用航磁异常图编制的航磁异常轴向分布图³均显示裂谷系的磁异常呈树枝状展布。根据整个裂谷系的磁场特征, 可将其划分为三个性质不同的磁异常区。鲁西磁力异常区, 以正磁力异常为背景, 其背景值一般为100—200伽玛, 局部形成异常高峰值。磁异常为北西向, 与基底构造线方向吻合。鲁东磁力异常区以负异常为背景, 一般-100~-250伽玛, 间有正异常, 轴向北东, 与区域构造方向吻合。轴部磁力异常区为一急剧变化的异常带, 正负相间出现, 组成多条北北东走向的线性异常带, 并具有右行斜列的特点, 峰值多界于300—600伽玛, 间有零星的负异常。异常轴向呈明显的北北东向展布, 且北宽(50—60公里), 南窄(20—30公里), 在莒县一带有收敛的趋势, 这种异常带除反映了沂沭断裂带垒堑间列的构造格局外, 还可能与中生代强裂的构造岩浆活动有关。利用匹配滤波方法计算结果表明⁶, 磁性界面深度在鲁西地区为8—14公里, 鲁东地区为10—16公里, 但局部有NW、NE向凹陷。轴部带磁性界面较深, 普遍大于16公里, 郯城以南下陷

度深18—20公里，潍坊附近达22公里。由此可知在深部地壳大面积隆起构造背景上形成的条带状磁性界面下陷，可能代表了康氏面深度，反映了裂谷系在地壳深部的一种表现形式。

据上述，三个磁异常区的特征是明显的，与地貌构造特征是吻合的，除反映了褶皱基底外，也显示了中生代以来构造岩浆活动的特点。

2. 据区域重力资料，也可将整个裂谷系划分为三个异常区。鲁西为相对重力低值区，一般在-25毫伽左右，异常展布较为复杂，但以北西向为主。鲁东反映为一个-20毫伽左右的北东向异常区。轴部为一北北东走向的重力梯级带，北部宽约20公里，南部约40公里。上述特点反映了地壳深部可能存在较大的密度差异。

3. 人工地震测深资料表明^[6]，Pn（莫氏面折射波）视速度为6.4—8.4公里/秒，一般为8.0公里/秒。Pm（莫霍界面反射波）上复界质平均速度6.29公里/秒，地震波速变化范围较大，显示地壳结构的不均一性。在鲁西裂谷区泗水县以东，轴部裂谷区的临沂方城，鲁东裂谷区的连云港以东海区之下有三个区域性上地幔凸起（图2），这很可能是各个裂谷带的异常地幔。例如连云港以东地壳厚度约30公里，轴部带厚30—31公里而其两侧厚34—35公里，在轴部带之下有一个10公里宽的破碎带、造成像金伯利岩、碱性碳酸岩、云母岩等一系列幔源物质侵入。值得指出的是，轴部裂谷带地幔隆起高点并不正好对应沂沭断裂带，而在临沂以西10公里处的费县之间，表明地壳表层构造向深部有收缩和西倾的趋势。

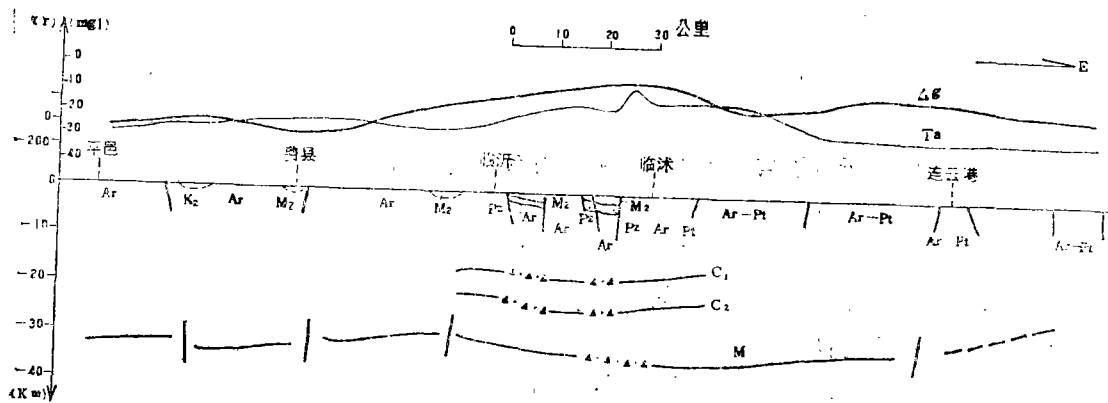


图2 连云港—临沂—平邑测深剖面图

（据国家地震局地球物理勘探大队1980）

Fig.2 The Seismic cross-section from Lian yungan-Linyi-pihgyi
(After Geophysical Prospecting Brigade, state seismological Bureau)

同样，地质、地震、重力资料的综合研究表明渤海湾盆地中有一个地幔隆起带，地壳最薄处只有29公里^[7]（图3），这个地幔隆起带正好处在沂沭断裂带向北延伸部位，大体可以与轴部地幔隆起对应，初步证实了古裂谷带地幔枕的存在，它们可能是软流圈或岩浆房顶部解体熔融的结果。

4. 地热场特征 地温梯度，地面热流值，热泉分布是地温场的重要信息，现有资料表明

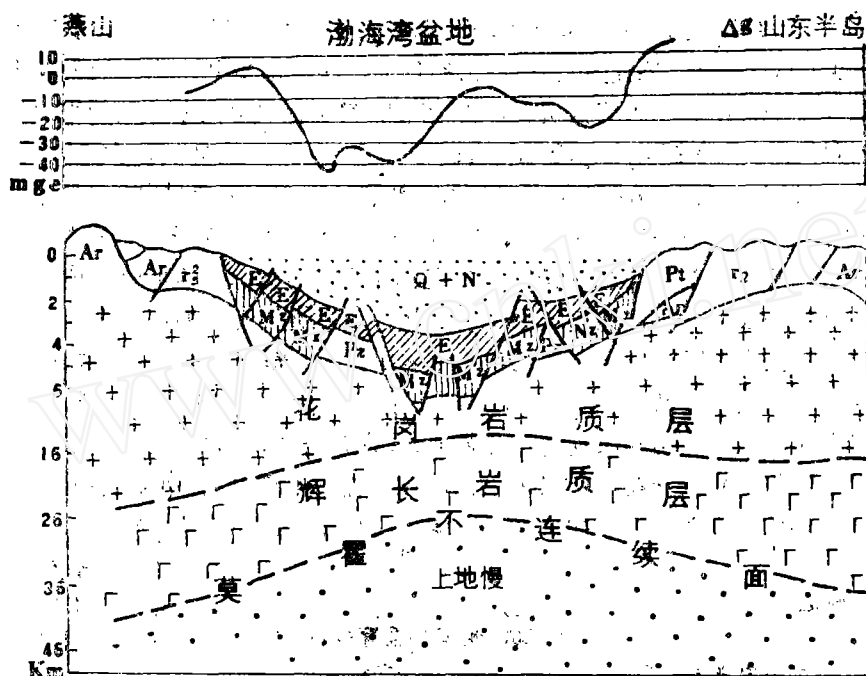


图3 渤海湾盆地地质—地震—重力剖面略图

(据李德生, 1981)

Fig.3 Geologic Seismic and gravity profiles through central part of the Bohai Gulf
(after Li desheng, 1981)

沂沭裂谷系地热数值表

表1

序号	测试地点	经纬度		标高 (米)	孔深 (米)	研究范围 (米)	岩性	地温梯度 ($^{\circ}\text{C}/\text{km}$)	热流值 (HFU)
		东经	北纬						
1	金岭	118°11'	36°49'	<50	736	200—400	闪长岩	28	1.65
2	"	118°07'	34°48'	<50	335	110—210	闪长岩、石灰岩	22	1.48
3	垦利	118°33'	37°32'	<50	2530	2000—1700		40.5	1.83
4	歧口	117°35'	38°26'	<50	3410	2700—3000		33	1.86
5	莱芜				502	180—210	大理岩	20	1.15
6	"				500	320—390	大理岩、闪长岩	21	1.2
7	沂南	118°37'	35°40'	140	505	100—300	闪长岩、角岩	24.5	1.49
8	"	118°37'	35°40'		506	200—500	闪长岩、砂卡岩	48	≥ 2.5
9	庐江	117°19'	31°10'	38.5	750	100—308	粗安岩、正长斑岩	41.18	1.88
10	"	117°19'	31°10'	41.5	700	134—229	"	36.40	1.80
11	龙口							>30	1.46

1~6为鲁西裂谷区 7~10为轴部裂谷区 11为鲁东裂谷区

(据中国科学院地质研究所地热组1980)

(8、9 (表1), 沂沭裂谷系地热场呈高低相间的带状分布, 轴部裂谷带为一带状地热区, 地温梯度 $3.66-4.58^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 热流值 $1.49-1.88\text{HFU}$, 在沂南铜井, 临沂汤头等地有几处水温 50°C 以上热泉出现。据陈墨香等人资料, 鲁西裂谷带地温梯度 $2.74-3.37^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 热流值 $1.46-1.86\text{HFU}$, 鲁东裂谷带地温梯度 $3.0-4.9^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 热流值较少, 仅龙口一个钻孔取得数值 1.46HFU 。胶东地区热泉广泛分布在招远、牟平、即墨等地。渤海湾海域平均地温梯度 $3.8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 热流值 1.52HFU , 略高于周围邻区⁹。地热场分布资料表明, 有呈带状展布趋势, 反映了基底构造的轮廓。较高的地热场与裂谷系的地质历史紧密相关, 表现为深部热, 地表张裂, 然而, 高温状态不可能从白垩系裂谷发育期持续到现在, 上述资料表明本区裂谷系地温状态既不同于前寒武纪稳定地块, 也不同于现代构造活动区和近代大陆裂谷, 可能反映了古裂谷的特征。

5. 在裂谷系中, 新构造运动表现得十分强烈, 在许多地方, 晚白垩统红层盖在第四系之上, 浅源地震频繁发生, 自公元前70年以来, 已记载了五次七级以上强震, 小于五级地震时有发生, 这些地震震源深度多在 $20-40$ 公里(图4)反映了裂谷的活动机制。

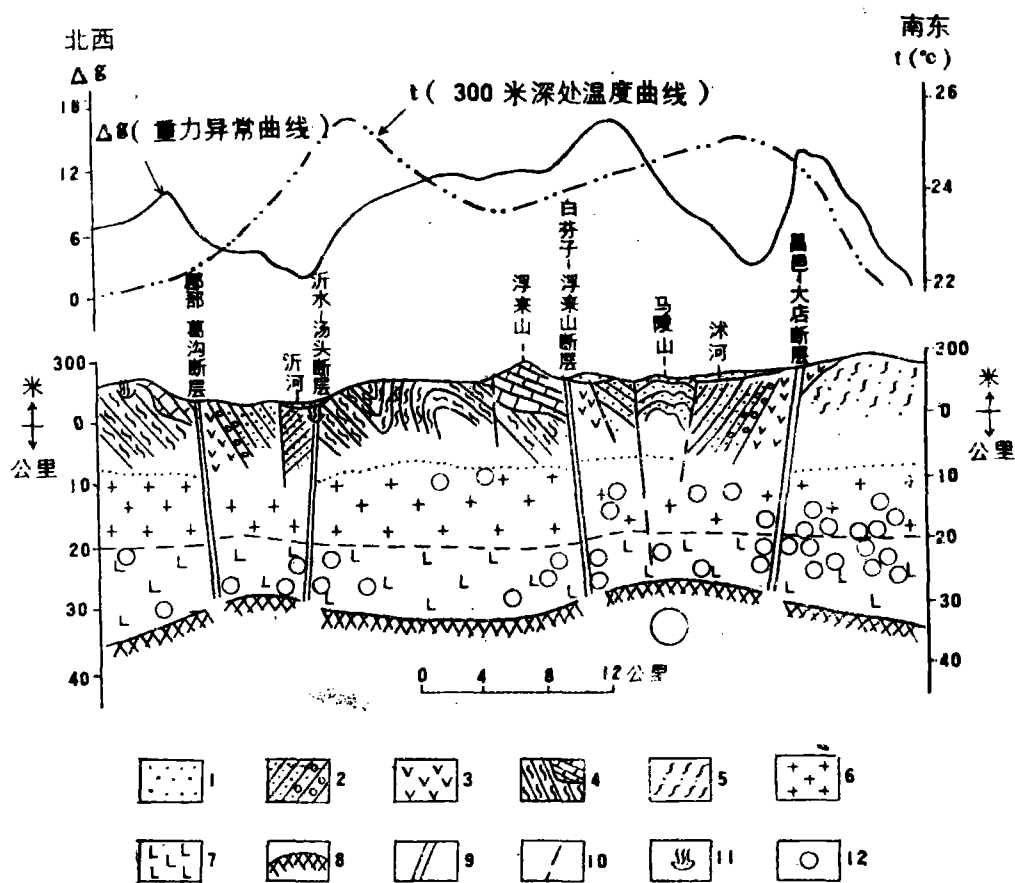


图4 轴部裂谷带特征剖面图

(据高维明等 1981)

Fig.4 Sketch Section of the Central rift belt (from Kao Weiming etc.1981)

综合地球物理资料表明，沂沭裂谷系三个裂谷带在地球物理场上均有所表现。轴部裂谷带为强烈航磁异常带、重力梯度带、高温梯度带和热流分布带，地幔隆起带；上述特征在鲁西和鲁东裂谷带中也有所显示，从地貌、地热、地球物理场等特点可以推断在鲁西和鲁东裂谷带中也存在与裂谷对应的地幔隆起带，只不过隆起幅度小些罢了。

二、裂谷系的岩浆活动

岩浆活动是大陆裂谷演化过程中的重要地质事件，它与裂谷的发展演化有密切关系。沂沭裂谷系是伴随着燕山运动的兴衰和毗邻地区的地质演化而发生、发展的^{〔3〕}。印支运动，揭开了裂谷系发展的序幕，从晚侏罗世到白垩纪，强烈的岩浆活动，表现为火山喷发和岩浆侵入，其中尤以火山活动具有特色。

（一）火山活动

1. 火山岩的分布：

中生代火山岩出露较广泛，多分布在凹陷地区。在地表，它们为平行裂谷（地堑）的火山岩带。熔岩的层序是玄武岩—粗安岩、粗面岩—流纹岩，清楚地显示由下部基性开始，过渡为中性至顶部酸性为止，据现存熔岩露头初步划分为鲁西、鲁东、轴部三个火山岩区（省）。

2. 火山岩时代

裂谷系某些火山岩夹层中含有化石，在鲁西裂谷带蒙阴地堑中发现较丰富的化石层。鲁东裂谷区胶莱凹陷，有东方延吉叶肢介，中华狼鳍鱼等，相当热河动物群中的分子，时代归属尚有争议，笔者认为属晚侏罗—早白垩世。

大部火山岩K—Ar法同位素年龄为131—100百万年，属早白垩世，晚期火山岩年龄值在82—95百万年之间，属晚白垩世。在侏罗系顶部地层中含有丰富的火山物质，表明火山活动开始在晚侏罗世，持续到白垩纪。裂谷系火山活动大体可分为三个阶段：

早期（150—130Ma）以基性喷发为主，多形成熔岩流，岩性主要为碱性玄武岩、玄武安山岩，以裂隙式喷溢为主。

中期（125—110Ma）以中偏碱性熔岩及火山碎屑岩为主，多为中心式爆发，形成许多火山构造。

晚期（<110—80Ma）以酸性喷发为主，范围较小，多见于鲁东裂谷带，部分形成环状构造。

3. 火山岩组合

鲁东裂谷带以玄武安山岩—安山岩—流纹岩为主；轴部裂谷带和鲁西裂谷带以碱性玄武岩—粗安岩、碱性流纹岩组合为主，由西向东岩浆有酸度增强的趋势，与岛弧演化方向相似。

4. 火山构造

过去，一些地质工作者认为裂谷系内中生代火山岩以裂隙式喷发为主，笔者认为除裂隙式喷发外，受断裂控制的中心式喷发也很发育，初步识别出20余个呈串珠状排列的大型火山构造，例如邹平破火山口^{〔4〕}，七宝山火山穹隆^{〔5〕}，胶州湾破火山口^①。这些古火山构造很相似，有如下共同特征：

①刘洪滨，1984，胶州湾成因的探讨及其开发，待刊稿。

①多数呈圆形或椭圆形，直径一般10—30公里，沿着断裂呈链状展布。

②在卫星照片及航空照片上有良好显示。

③环状和放射状构造发育，部分充填了岩墙、岩脉。

④多数火山构造内含有若干火山口、火山锥。

⑤在火山构造中心常有杂岩体和环状次火山岩出露。

(二) 裂谷系侵入岩

侵入岩分布广泛，岩石类型，基、中、酸性岩均发育，岩浆侵入与火山活动关系密切，它们在活动时间上彼此相近而有先后；在空间分布上彼此相邻而往往形成中心杂岩体，岩株、岩脉次火山岩体；在成分上彼此相近，演化方向大体相似，由基性—中性—酸性偏碱性方向演化。

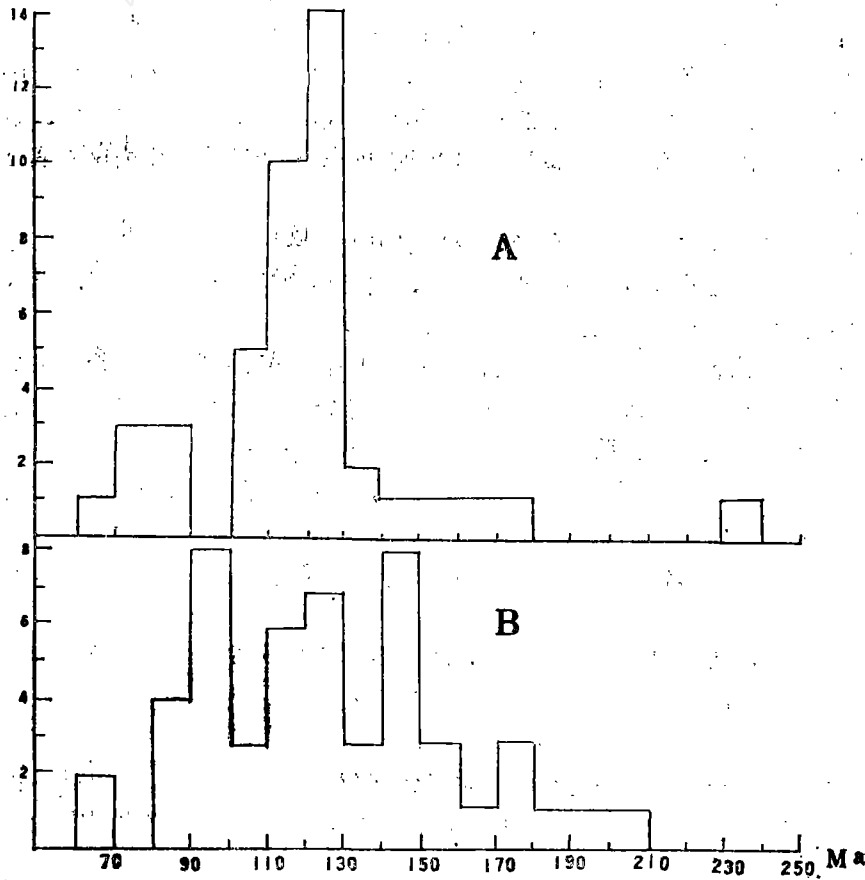


图5 沂沭裂谷系岩浆岩同位素年龄直方图

A 鲁西裂谷带 B 鲁东裂谷带

Fig.5 Showing the K/Ar ages frequency of magmatic rocks in the Yishu rift system

A. Lusi rift belt B. Ludong rift belt

据现在所掌握近百件同位素年龄资料,做成直方频率图可以看出(图5),裂谷系岩浆活动从236~63 百万年,时代基本相同。济南辉长岩、玲珑花岗岩同位素年龄236—170Ma,可能代表了郑庐断裂巨大平移热事件的初始岩浆活动。此后,岩浆活动进入强盛期,大体可划分三个阶段:鲁东裂谷带为180—140Ma, 135~108Ma、100—64Ma;鲁西裂谷带为180—140Ma, 131—102Ma、90—63Ma;鲁东、鲁西岩浆活动在时间上无明显差异,高峰在中期(100—135Ma)表现为大规模中偏基、偏碱性火山喷发,并伴随着同源岩浆侵入^[4],有利于矿液富集,往往形成大中型矿田,为一有利成矿期。

(三)裂谷系的岩浆活动与构造变动是一对孪生姐妹,岩浆岩的分布范围(图6)与裂谷系的空间分布相一致。中主代侵入岩在鲁西裂谷带以偏碱性的基性超基性岩发育为特征,有辉长岩、辉绿岩、碱性煌斑岩、碳酸岩、云母岩、金伯利岩等,此外,闪长岩、二长岩、正长岩等中、酸性碱性岩也均发育。它们常以小岩株,岩脉的形式产出,受断裂构造控制。

然而这样一套岩石在鲁东并不发育,而以大型中酸性,偏碱性侵入体发育为特征,有花岗闪长岩、石英闪长岩,黑云母花岗岩,二长花岗岩、正长岩及零星的基性超基性岩脉。轴部裂谷带以火山活动为主,侵入岩不甚发育,在乘丹山地垒见有三个正长斑岩体。此外,零星分布有基性、超基性岩体,如沂南苗家曲辉长岩体,莒南坟疃角砾状苦杆玢岩、诸城黄墩苦杆玢岩等,在苦杆玢岩中有橄榄岩捕虏体,是上地幔高温中压结晶产物,反映了断裂切割已达上地幔。根据岩浆岩组合(表2)可以看出侵入岩与火山岩一样,岩浆由西向东有酸质增强的趋势,也与岛弧演化方向类似。

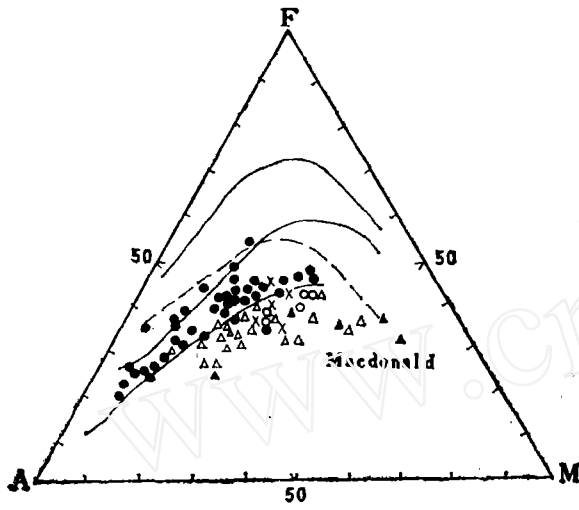
表2 沂沭裂谷系岩浆岩组合关系表

岩浆活动时期	鲁西裂谷带		轴部裂谷带		鲁东裂谷带	
	火山岩组合	侵入岩组合	火山岩组合	侵入岩组合	火山岩组合	侵入岩组合
晚期 (100—65Ma)	熔结凝灰岩 流纹岩 英安岩	正长斑岩 二长岩、辉 煌斑岩、绿 玢岩	碱性流纹岩 熔结凝灰岩 流纹岩	石英斑岩、 正长岩、煌 斑岩、辉 玢岩	碱性流纹岩 熔结凝灰岩 粗面岩	钾长花岗岩 白岗岩、煌斑 岩、辉绿岩
中期 (135—100Ma)	英安岩、粗安 岩、粗面岩、 玄武粗安岩、 安山岩、玄武 安山岩	闪长岩、粗 辉石闪长岩 正长岩	英安岩、粗 安岩、玄武粗 安岩、安山 岩	闪长岩、粗 辉石闪长岩 正长岩	英安岩、粗 安岩、玄武粗 安岩、安山 岩	花岗岩、花岗 闪长岩、石英 闪长岩、正长 岩
早期 (150—135Ma)	碱性玄武岩 白榴玄武岩 白榴苦橄岩	苏长辉长岩 橄辉长岩	橄玄武岩、粗 玄武粗安岩、 玄武安山岩	辉长岩 苦橄玢岩	碱性橄玄武 岩、粗面 岩、玄武 安山岩	闪长岩、二长 岩、花岗闪长 岩

岩石化学研究表明^[5],轴部裂谷带(CA=49.2~56.5)为弱碱性岩,鲁东(CA=53—65)、鲁西(CA=55.45—59)裂谷带为钙碱性岩,具对称性特点。同样,米德莫斯特钾钠

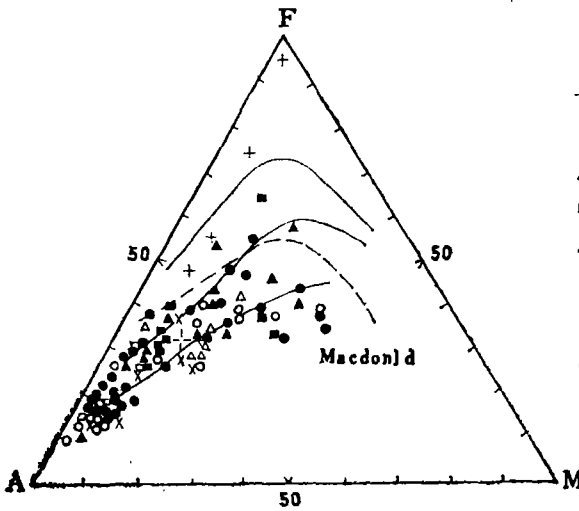
*山东地质学会1982.

郑庐断裂地质旅行指南



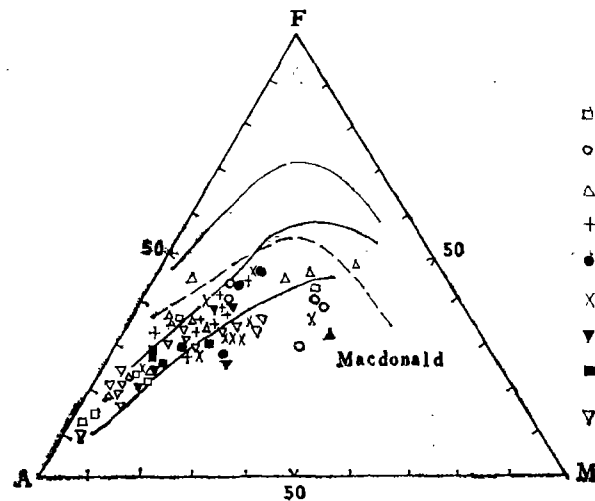
鲁西裂谷区

- 邹平破火山口
- △ 蒙阴安仙
- 临朐破火山口
- × 莱芜火山口 破火山口
- ▲ 平邑一方城盆地



鲁东裂谷区

- + 蓬莱盆地
- + 黄县盆地
- △ 荣城盆地
- 藏格庄破火山口
- ▲ 桃村盆地
- 即墨破火山口
- 莱阳破火山口
- 王台地区
- × 桃林破火山口



轴部裂谷区

- 坊子破火山口
- 沂南马牧池古火山构造
- △ 李庄破火山口
- + 七宝山火山穹隆
- 沂水高桥
- × 莒县破火山口
- ▼ 莒南玉皇顶破火山口
- 临沭地区
- ▽ 沂南葛沟古火山构造

图8 沂沭裂谷系中生代火山岩AFM图

(据金陵裕、沈步云,1980,有改动)

Fig8 Map of AFM for volcanic rocks from Mesozoic Era in Yishu rift System

(Modified after Jin Longyu, Shen Buyun)

断裂, 产生受断裂控制的一系列断陷盆地, 接受了厚度不一的湖相陆屑建造, 伴有微弱的火山活动及岩浆侵入, 奠定了裂谷系的雏形。

(二) 强化阶段(早白垩世、图9-2), 裂谷系区地幔强烈上拱, 导致深层地幔物质上涌, 岩浆活动强烈, 大量碱性、钙碱性火山物质喷发, 形成3000—7000米巨厚火山陆屑建造, 并形成若干喷发中心, 伴有同源岩浆侵入, 形成大量次火山岩、侵入体, 它们与火山构造一起形成一个环状构造。

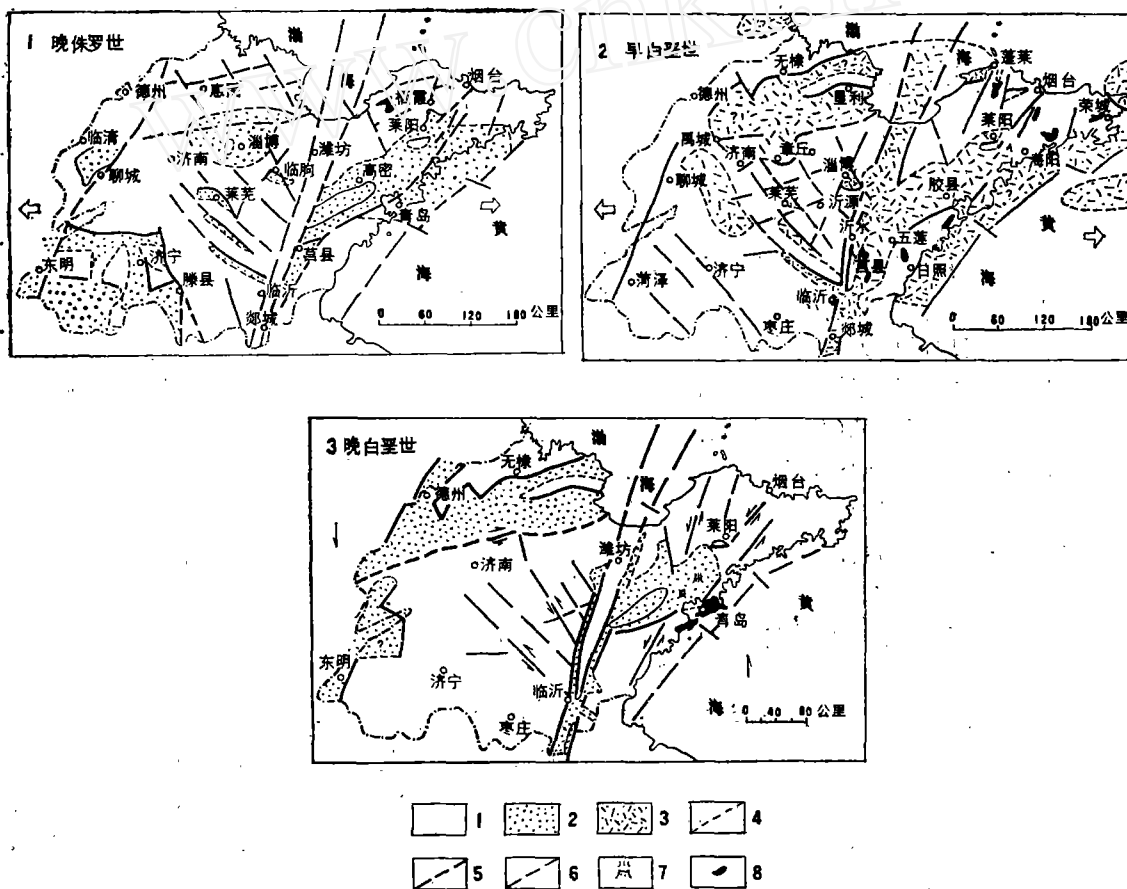


图9 沂沭裂谷系构造演化示意图

Fig 9 Tectonic evolution of the Yishu

rift system (Modified after institute of geology, Chinese academy)

(三) 成形阶段(晚白垩世—早第三纪, 图9-3), 裂谷系以垂直升降运动为主, 早期产生的地堑进一步沉陷, 堆积了5000余米的红色类磨拉石建造, 形成垒堑间列的构造格局。

(四) 消亡阶段(早第三纪以后), 区域应力场发生重大变化, 轴部裂谷带由于强烈挤压, 断裂产生宽大破碎带, 邻近地层揉皱, 局部见逆掩断层和推复构造, 裂谷消亡。

沂沭裂谷系的形成, 发展不仅与欧亚板块和太平洋板块的相互作用有关, 同时具有本身

固有的某些特征,岩浆演化既具有岛弧型的机制又具有裂谷作用的特点,表现了双重构造的性质,似乎可以认为,欧亚板块与太平洋板块,相互作用是裂谷系产生的区域性原因,而郯庐断裂继承性活动则是裂谷系形成的直接原因,它的许多特征与东非肯尼亚^[10、11]以及北欧奥斯陆裂谷相似^[12、13]。

本文提出粗浅认识,仅供讨论,错误之处,敬请指正。成文过程中曾得到中国地质科学院李廷栋同志亲自指导,在此仅表谢意。

主要参考文献

- [1]高维明、李家灵、孙竹友,1980,沂沭大陆裂谷的生成及演化。地震地质,第三期。
- [2]许志琴、赵民、张巧大,1982,郯庐断裂中段古裂谷的基本特征。中国地质科学院院报,第四号。
- [3]李廷栋、刘洪滨,1984,沂沭断裂中段沂沭裂谷系的古火山构造。国际交流地质学术论文集(2)——为27届国际地质大会准备。地质出版社。
- [4]刘洪滨,1985,郯庐断裂中段沂沭裂谷系邹平破火山口的形成及演化。中国地质科学院地质研究所所刊,第十三号。
- [5]周伏宏、姚正熙、张文俊、金国,1984,郯城庐江断裂带航磁特征及深部构造。构造地质论丛(3),地质出版社。
- [6]孙武城等,1984,揭示郯庐大断裂地壳深部的某些特征——以连云港—临沂—泗水深部地震反射剖面为例。构造地质论丛(3),地质出版社。
- [7]李德生,1981,渤海湾含油气盆地的地质构造特征与油气田分布规律。海洋地质研究,第一期。
- [8]中国科学院地质研究所地热组,1980,华北平原及邻区的地热特征。华北断块区的形成演化。科学出版社。
- [9]陈墨香等,1984,渤海地热特征的初步研究。地质科学,第一期。
- [10]Baker, B.H., Cressley, R., and Goles, G. G., 1978, Tectonic and Magmatic Evolution of the Southern Part of Kenya Rift Valley. Center for volcanology, Department of Geology, University of Oregon, U.S.A.
- [11]King, B.C., and Chapman, G.R., 1972, Volcanism of the Kehya Valley. Phil. Trans. R. Soc. Land. A271, pp.185—208.
- [12]Ivar, B. Ramberg and Nils Spjeldnas, 1978, The Tectonic History of the Oslo region, Tectonics and Geophysics of Continental Rifts. D. Reide Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- [13]Segalstad, T.V., 1978, Petrology of the skien basaltic rocks and the early basaltic volcanism of the permian Oslo rift. petrology and Geochemistry of Continental Rifts.

TECTONISM AND MAGMATISM OF THE YISHU RIFT SYSTEM IN THE MIDDLE SECTOR OF THE TANLU FAULT ZONE

Liu Hongbin

(*Institute of Marine Geology, The Mineral Resources*)

Abstract

The Tanlu fault zone is a well known extensional fault extending down to the mantle. It covers different tectonic elements and plays an important role in the geological evolution of East China. The Yishu rift system is a part of this great fault zone. Results show that the Yishu section was a continental rift system during Cretaceous. It consists of three rift belts:

1. The central belt running through the central part of Shandong province in NNE direction;
2. The Ludong rift belt trending in NNE in Eastern Shandong Province;
3. The Luxi rift belt trending in NW in Western Shandong Province.

The characteristics of the Yishu rift system are as follows:

- A. a complex landform;
- B. The typical sedimentary associations;
- C. The fan-shaped structure of the regional aeromagnetic anomalies reflects the character of the deep tectonic framework, which conforms with the surface geology and the feature of gravity anomalies;
- D. A suite of calc-alkaline volcanic rocks in great thickness had been accumulated during the evolution of the rift;
- E. hot springs with higher heat flow have been found in many places along the rift system and shallow focus earthquakes took place frequently;

The evolution of the Yishu rift system can be divided into four stages: embryonic, active, mature and extinct stages. Its evolution was obviously controlled by the motion of the Pacific and India plates towards the Eurasian plate.