

抚顺古新世玄武岩特征及其 在郯庐断裂发展中的构造意义

王 东 方

(中国地质科学院沈阳地质矿产研究所)

一、中生代以来的大地构造演化

一般认为郯庐断裂跃过渤海向北延伸分为两支，东支为抚顺—密山深断裂带，西支为依兰—伊通深断裂带（图1），近年来P. J. 威利根据卫星照片指出，从营口径沈阳至长春、哈

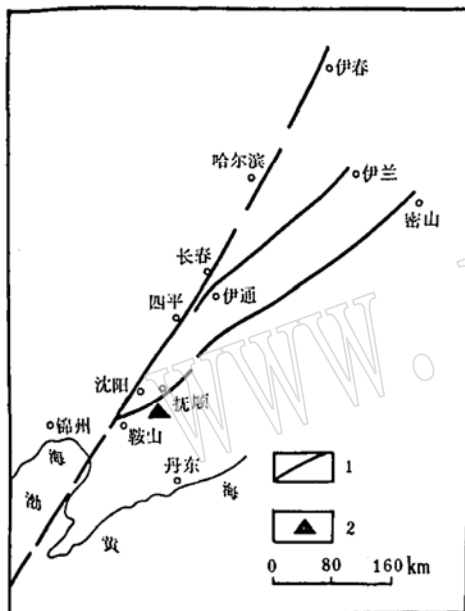


图1 郯庐北延断裂的三个分支
Fig. 1 Schematic geological map
of three branches of Tanlu
-Lujiang Fault extending northward
1—断裂；2—采样点

尔滨直入苏联境内再到鄂霍茨克海一线是一条巨大的深断裂带。并在苏联远东地区地质图上也很清楚⁽¹⁾。任纪舜等认为它是郯庐断裂北延的第三分支⁽²⁾。

郯庐断裂在早中生代为中国东部北东向的巨大隆起带。从侏罗纪开始，锦州断裂以西出现了火山岩喷发，我们测得其 $K^{41}-Ar^{40}$ 等时年龄 $191 \pm 7Ma$ ， $Rb-Sr$ 等时年龄 $198 \pm 25Ma$ 而沿依兰—伊通断裂带最早火山活动的 $K-Ar$ 等时年龄为 $175Ma$ （邹祖荣等，1978）；在沿抚顺—密山断裂带的延边地区屯田营组 $Rb-Sr$ 等时年龄 $150 \pm 5Ma$ 。显然，火山作用标志着郯庐断裂带的重新活动，其规律是由南西向北东展开，并有一个太向平洋方向年轻化的趋势。后面我们还要谈到。在新生代初期，玄武岩的喷发表现了类似的趋势。

早—中侏罗纪火山岩以中性为主，很难见到玄武岩，仅有玄武质安山岩，但到晚侏罗末—早白垩世则表现为从基性玄武岩、安山岩到英安岩、流纹岩的分异系列。火山作用强度骤然加大，其喷发体积数十倍于早—中侏罗纪。晚侏罗末—早白垩世初，地壳的拉

张作用十分强烈，阜新断陷盆地、浑河地堑、依兰—伊通地堑和敦化—密山地堑初步形成，此时的火山—煤系沉积建造旋回性出现，构成特有的时间—空间组合关系⁽¹⁴⁾。但是，地壳拉张量最大的时期，发生在白垩纪后期，即松辽断陷盆地形成时期，辽西的白垩纪孙家湾组、松辽盆地登楼库组的快速类磨拉石堆积是这个时期的明显标志。在拉张量最大的晚白垩时期，也是火山喷发的宁静期，它同全球性白垩纪磁静期基本吻合。此时活动最强烈的断裂是大兴安岭断裂（嫩江—八里罕断裂）与郯庐断裂分支的营口—长春断裂，以致造成松辽盆地达7000米的沉积。但是此时下辽河—渤海盆地的断陷活动比较弱，存在着滞后现象。张文佑

指出,地堑的形成取决于断裂的发展,但大多数断裂带表现出一段为拉张性一段为剪切性,两者之间可以转换^[3]。这可能是造成下辽河一带断陷盆地形成较迟的原因。

新生代之初,以抚顺-下辽河-渤海地区的玄武岩喷发为标志,开始了又一个旋回的拉张作用。一方面松辽盆地继续拗陷,但有从拉张转为压缩的收缩趋势,而下辽河盆地、渤海盆地和济阳盆地以至依兰-伊通地堑、抚顺-密山断裂带都在此时强性拉张。经过白垩纪后期30Ma的火山宁静期之后,抚顺第三纪早期玄武岩的喷发标志了郯庐断裂带发展的新阶段。

二、抚顺古新世玄武岩的综合测定

洪友崇、孙湘君等研究了抚顺煤田的古生物,结论是老虎台组应属第三纪古新世^[4]。其生物群显示出古新世晚期的面貌。含生物的地层之下为玄武岩,主要为辉石玄武岩,部分为橄榄玄武岩,以普通辉石为主、橄榄石未见环带构造,但有辉石反应边或伊丁石化。玄武岩共分三期,中夹煤层,本期玄武岩层从渤海海底通过下辽河、沈北、抚顺向北和北东延伸。下辽河深钻资料证明,玄武岩之下的基底岩石同辽西地表出露情况相似,除中生代火山岩外尚有蓟县群-长城群的地层以及太古代的斜长角闪岩和混合花岗岩。抚顺玄武岩之下为早白垩世龙凤坎组火山岩。

1. 古地磁与同位素年龄测定

在抚顺露天矿我们采取了古地磁的定向标本,分别为第一期和第二期玄武岩,经地质力学所在WCW₂-66型无定向磁力仪上对定向标本的测定,第一期玄武岩磁极坐标为258.1°E, 76.8°N(负向),古纬度32°N。第二期玄武岩为150°E, 44.7°N(负向),古纬度70°,后者与苏联西伯利亚早第三纪古地磁极152°E, 57°N(负向)^[5]十分吻合,也与我们同时在义县晚侏罗末-早白垩世初(140—137Ma)的火山岩中所测得的古地磁极148.9°E, 65°N(负向),古纬度62°N,比较接近^[6],仅有古纬度的较小变化,说明从白垩纪到早第三纪初,磁极的迁移或板块的迁移规模较小。也说明该时期郯庐断裂两侧在中生代均属欧亚板块。

以定向标本为主切取放射性同位素年龄样品,进行K-Ar年龄测定,共得到9个数据,其均值年龄为64±5Ma,其中6个数据为K⁴⁰-Ar⁴⁰等时年龄66.2±2Ma^[7]。根据本所同位素实验室提供的数据,下辽河-大港钻探岩芯玄武岩样,12个年龄数据的平均值为71.5±8Ma。这个数据又与渤海中70Ma^[8]的数据一致,可能从济阳盆地经渤海盆地、下辽河-抚顺地区玄武岩是由70Ma到66Ma次第喷发的。沿郯庐断裂向北,在柳河-通化地区,新生代玄武岩的最早年龄是60—52Ma。再向东,在敦化为30Ma,长白山地区主期玄武岩喷发最早的K⁴⁰/Ar³⁶-Ar⁴⁰/Ar³⁶等时年龄为20±0.2Ma,相当于中新世早期。日本海底玄武岩的喷发为19Ma。反映出玄武岩由郯庐断裂主断裂向北东的分支或侧支有年龄逐渐年轻化的趋势。同时也有一个向洋(向东)方向年轻化的趋势。

2. 玄武岩的岩石化学和地球化学

利用定向标本和年龄样品的剩余样对玄武岩的常量元素、分散元素以及稀土元素进行了分析(表1、2)。在海德曼(Hyndman, 1972)的(Na₂O+K₂O)-SiO₂关系图上,抚顺玄武岩除个别数据外,多分布在拉斑玄武岩的范围,其平均值介于大陆拉斑玄武岩和大洋拉斑玄武岩之间(图2)。在Na₂O/K₂O-(Na₂O+K₂O)关系图上落于冰岛的拉斑玄武岩和一般岛弧玄武岩过渡部位(图3)。在(FeO)/MgO关系图上它们分布在拉斑玄武岩趋势的低FeO

表 1 抚顺玄武岩的化学成分

Table 1 chemical compositions of Fushun basalts

成分	Fu-1	Fu-2	Fu-3	Fu-4	Fu-5	Fu-6	Fu-7	Fu-8	Fu-9	平均
SiO ₂	50.11	49.85	43.85	47.90	49.74	49.21	47.99	49.39	48.85	48.54
TiO ₂	1.68	2.48	2.61	1.84	1.62	1.77	1.56	1.57	1.82	1.89
Al ₂ O ₃	16.94	13.65	13.65	16.31	15.50	17.10	15.96	15.42	16.28	15.64
Fe ₂ O ₃	6.32	11.75	9.50	6.93	3.92	6.47	4.00	4.73	6.70	6.65
FeO	4.77	2.24	4.43	5.00	7.19	5.06	7.45	7.45	5.63	5.47
MnO	0.14	0.14	0.18	0.13	0.17	0.16	0.16	0.17	0.15	0.16
MgO	6.44	8.97	9.65	9.04	7.78	6.75	8.69	8.44	9.05	8.31
CaO	8.75	8.35	8.74	7.43	9.02	8.52	8.52	8.44	7.44	8.39
Na ₂ O	3.05	4.02	3.34	2.86	3.22	3.07	3.45	3.10	2.74	3.21
K ₂ O	0.45	1.21	1.20	0.21	0.26	0.46	0.45	0.22	0.23	0.52
P ₂ O ₅	0.19	0.85	0.90	0.17	0.17	0.16	0.16	0.19	0.19	0.33
总量	98.84	103.26	98.05	97.82	98.59	98.73	98.77	99.12	99.06	99.11
Cr	210	240	250	210	170	270	210	210	190	218
Ni	200	240	250	190	180	200	210	210	180	206
Co	64	64	74	74	62	62	74	70	70	68
Zn	320	300	420	270	270	300	270	240	240	292
Cu	140	80	80	140	140	110	140	140	130	126
Pb	60	50	62	50	60	72	60	60	60	59
Zr	150	350	340	140	190	170	180	180	140	204
Y	34	48	48	32	46	44	49	52	46	44
Rb	18	22	14	12	12	18	14	14	16	16
Sr	400	550	860	510	500	550	470	600	680	569
K/Rb	250	550	857	175	217	255	321	157	144	118
Rb/Sr	0.045	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
Na ₂ O/K ₂ O	6.8	3.3	2.8	13.6	12.4	6.70	7.70	14.1	12.0	6.2
Na ₂ O + K ₂ O	3.50	5.23	4.54	3.07	3.48	3.53	3.90	3.32	2.97	3.73
<FeO>	11.8	12.30	12.90	11.23	10.71	10.88	11.05	11.70	11.65	11.45
<FeO>/MgO	1.83	1.37	1.34	1.24	1.38	1.61	1.27	1.39	1.29	1.38

趋势线上。但与图中所列各岛弧拉斑玄武岩并不重合，而具低<FeO>/MgO比值，占据独特的位置。因此它可能正是裂谷拉斑玄武岩的特点（图4）。在K/Rb—K关系图上它们属于拉斑玄武岩的特点得到证实（图5）。上述各图解使我们对抚顺玄武岩得出如下的一些结论：古新世喷发的玄武岩基本属于大陆拉斑玄武岩系，SiO₂饱和和轻度不饱和，<FeO>/MgO比较低，稳定在1.3—1.6之间，TiO₂平均1.89（表1），可能正表明了它们裂谷底型拉斑玄武岩的特点。贾可布逊（Jakobsson, 1972）认为冰岛拉斑玄武岩是在脊峰地区活动性强、应力释放大的裂谷型构造中产生的，向两翼活动性弱、产生碱性岩和碱度比较高的玄武岩。李普曼（Lipman, 1969）也曾指出，格朗德河裂谷的北部，裂谷的谷底主要为拉斑玄武岩，而边缘为碱性玄武岩。S. T. 李巴德详细论述了这个规律^[9]。笔者计算过，向郯庐断裂西侧中生代玄武岩碱度逐渐升高，例如向西[Al₂O₃ + CaO + (Na₂O + K₂O)]/[Al₂O₃ + CaO - (Na₂O + K₂O)]值由抚顺的1.36，下辽河的1.44增到辽西义县的1.63，在冀北增到1.75，在大兴安岭增到1.81，反映了裂谷由谷底向侧翼肩部碱度增高的趋势^[10]。

表2 抚顺玄武岩的REE测定
Table 2 REE of Fushun basalts

样号	成分	La ₂ O ₃	CeO ₂	Pr ₆ O ₁₁	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Eu ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	Er ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃	Lu ₂ O ₃
Fu-1		18	41	4	16	5.6	1.7	4.8	3.6	1.7	1.2	—
Fu-2		22	42	4	19	5.8	1.9	5.6	4.7	1.9	1.4	—
Fu-3		17	38	3	17	6.8	1.7	5.2	4.3	1.6	0.96	1.3
Fu-4		24	49	5	21	5.6	1.8	5.0	4.1	1.4	0.75	1.2
Fu-5		40	78	16	36	8.3	2.6	6.9	5.6	1.9	1.1	—
Fu-6		35	70	12	29	7.3	2.3	6.5	4.8	1.7	1.1	0.9
Fu-7		34	73	12	30	7.6	2.2	6.2	4.8	1.7	0.89	1.0
Fu-8		50	97	17	40	10	3.2	9.0	6.8	2.7	1.5	1.2
Fu-9		31	64	11	27	7.0	2.3	6.5	5.4	1.9	1.3	1.2
Fu-10		4.2	5.2	—	4.0	0.98	0.48	1.7	1.4	0.64	0.63	—
Fu-12		6.4	21	—	6.4	2.8	0.96	3.3	3.3	1.4	1.2	—
平均		25.6	52.6	7.6	22	6.2	1.9	5.5	4.4	1.68	1.1	0.68
元素(ppm)		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Er	Yb	Lu
平均		24.4	48.8	6.3	21	5.6	1.8	5.13	3.8	1.52	1.1	0.62
标准化		76	52	52.5	35	27	24	16	12.4	8	5.8	18

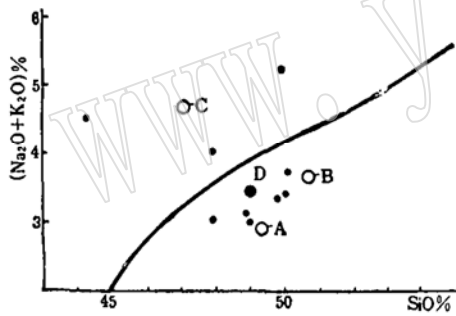


图2 (Na₂O + K₂O)—SiO₂关系图
(据Hyndman, 1972)

Fig. 2 (Na₂O + K₂O) % - SiO₂ % relation diagram (after Hyndman, 1972)
A—166个大洋拉斑玄武岩平均值; B—144个大陆拉斑玄武岩平均值; C—199个碱性橄榄玄武岩平均值; D—9个抚顺玄武岩的平均值

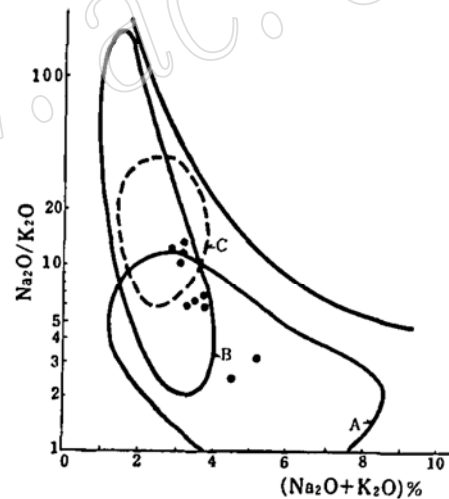


图3 Na₂O/K₂O—(Na₂O + K₂O)关系图
Fig. 3 Na₂O/K₂O—(Na₂O + K₂O) % relation diagram

A—岛弧火山岩; B—冰岛拉斑玄武岩;
C—深成拉斑玄武岩

在构造上, 抚顺一下辽河地区的地壳不同于松辽裂谷盆地, 在早第三纪时拉张量最大。我们尝试用康迪 (Condie, 1973) Rr—Sr的地壳厚度格子来反映这部分地壳^[11], 结果在图6上Rb/Sr比值的标绘点规律地集中分布于Rb/Sr=0.1—0.01之间的20—30公里范围内, 更靠近30公里的等厚线区, 它比日本伊豆半岛的厚度 (岛弧) 大, 而比中安第斯和美国怀俄明州盆—岭裂谷带的厚度小。这一结果也与地球物理方法根据重力均衡原理计算的地壳厚度 (28—32公里) 基本吻合。地壳的变薄显然是由于地壳的拉张和地幔物质的上涌造成的。从渤海经

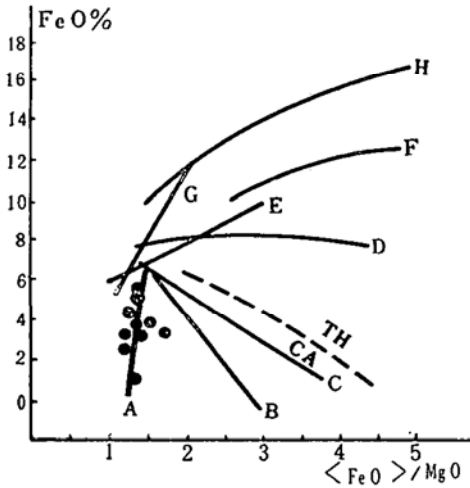


图 4 FeO—<FeO>/MgO 变异图
(据Miyashiro, 1976)

Fig. 4 FeO—FeO/MgO variation diagram (after Miyashiro, 1976)

A—抚顺玄武岩, B—Amage, C—浅间, D—托菲亚, E—马考利, F—三宅岛, G—斯科加尔德液体, TH—拉斑玄武岩系列, CA—钙碱性岩石系列

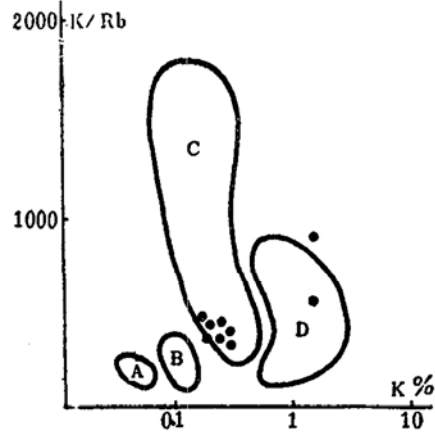


图 5 玄武岩和陨石的K/Rb—K关系图
Fig. 5 K/Rb—K relation diagram for basalts and meteorites (after Gast, 1968)

A—碳质陨石, B—球粒陨石超基性岩, C—拉斑玄武岩, D—碱性玄武岩

下辽河向北和北东有一条地幔上隆带,从侏罗纪晚期开始一直不断地发生和发展。李继亮、从柏林指出,从辽河拗陷向南西方向有一条地幔隆起带,这条带从沈阳向南西方向穿过渤海延续到山东的济阳拗陷,地幔隆起最高的地方莫霍面埋深为29.4公里,位于渤海中拗陷内,在利津一带莫霍面深度为31—32公里。

其上分布着一系列第三纪拗陷,例如下辽河拗陷、利津—滨南拗陷等^[8]。从下辽河向北东,沿中央地垒边缘的辽中、台安断裂有四期拉斑玄武岩喷发,最厚达747米,裂谷肩部主断裂垂直断距达600米。地幔隆起带从沈阳向北和北东沿郯庐断裂的营口—长春断裂带及依兰—伊通断裂带发展^[13],也向抚顺—密山断裂带发展,实际是一条北北东向的壳下上地幔隆起带在地表上的分支表现。因此只强调把三个分支中的某一个做为郯庐断裂北延部分的争论是不必要的。

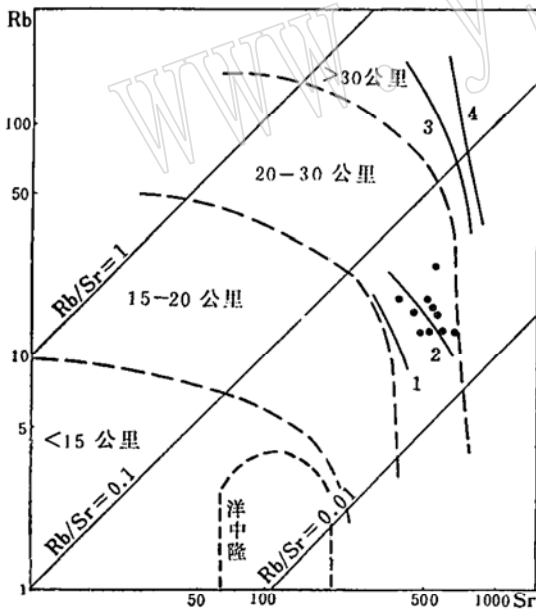


图 6 地壳厚度的Rb—Sr格子
(据K. C. Condie, 1976)

Fig. 6 Rb—Sr lattice for the crustal thickness (after K. C. Condie, 1976)

1—日本伊豆半岛, 2—抚顺地堑, 3—中安第斯山, 4—美国怀俄明

玄武岩的REE丰度分布型式来证实。表 1 所列样品也同时进行了REE分量测定,测得的数值(表

以相当于抚顺老虎台组玄武岩的喷发为标志,郯庐断裂在分支复合的部位进一步发展成裂谷。渤海—下辽河地区最终发展成裂谷盆地正是这种部位。这可再由抚顺拉斑玄武岩的REE丰度分布型式来证实。表 1 所列样品也同时进行了REE分量测定,测得的数值(表

2)以球粒陨石的REE进行标准化,结果得出一条比较典型的轻稀土富集型的曲线,其轻稀土各分量与裂谷型拉斑玄武岩相近、而较裂谷型碱性玄武岩略低^[13](图7)。图中配比的二条曲线是洋中隆和岛弧REE丰度型式(Jakes和Gill,1970等)。康迪指出,轻稀土的明显富集是大陆裂谷火山岩的特征^[12]。所以玄武岩是在裂谷形成作用过程中由上地幔喷发到地表的,它们必然产生于一个高热流区,已知在渤海中部热流值达到2.36HFU,辽宁盘山地区地温梯度值为5.33℃/100m,热流值为1.83HFU(刘景尧等,1982),可见玄武岩喷发之初,其热流值更高。因此,高热流区的形成,地幔上隆带的形成,地壳的拉薄作用,拉斑玄武岩的喷发以至于玄武岩-红层建造,复理石建造的浊积岩系造就了一个很典型的裂谷带,直到新第三纪初,由于日本海扩张带的形成而趋于萎缩。

总之,抚顺玄武岩的古地磁和同位素年龄测定表明其为早第三纪古新世开始喷发,由渤海盆地到抚顺再向北和北东32个年龄数据显示出玄武岩与中生代相似,同样也有一个逐渐年轻化的趋势。岩石学上,玄武岩介于大陆拉斑玄武岩和大洋拉斑玄武岩的过渡性质,属于陆内裂谷拉斑玄武岩,向西侧的中生代玄武岩碱度逐渐升高。这也可由REE的丰度分配型式得到证明。按Rb/Sr比值所确定的地壳厚度与地球物理资料相符,指示其地壳厚度在 30 ± 2 公里。它们是早第三纪地壳拉张作用在郯庐断裂三个分支交汇部位造成的结果。抚顺拉斑玄武岩与渤海盆地以及下辽河地区的玄武岩,同属白垩纪末—早第三纪喷发的同期玄武岩,它们标志了郯庐断裂北段向裂谷发展的第二阶段。

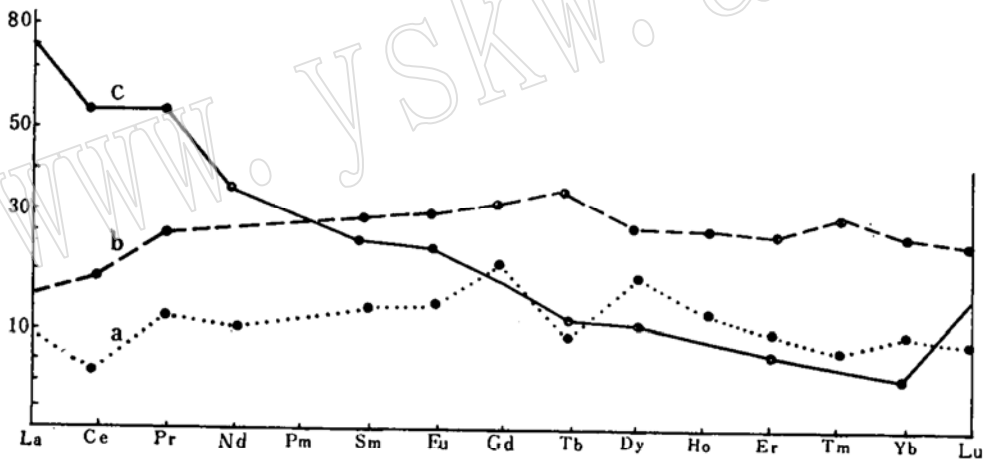


图7 抚顺玄武岩的REE分配型式

Fig. 7 REE distribution patterns of Fushun basalts

a—岛弧玄武岩; b—洋中脊玄武岩-岩墙群; c—抚顺玄武岩(其中a、b据Jakes和Gill,1970)

参 考 文 献

- (1) P. J. 威利著, 1971, 朱夏译, 1978, 动力地质学, 地质出版社。
- (2) 任纪舜等, 1980, 中国的深断裂, 中国及其邻区大地构造论文集, 第35页, 地质出版社。
- (3) 张文佑等, 1980, 华北断块区的形成和发展, 载于同名论文集, 科学出版社。
- (4) 洪友崇等, 1980, 辽宁抚顺煤田地层及其古生物群研究, 科学出版社。
- (5) А. М. Городницкий, 1978, Реконструкция Положения Метерьков в фанерозое "Наука".
- (6) 王东方等, 1982, 辽宁地区白垩系底界和第三系底界古地磁的测定, 辽宁地质学报, No. 1。

- [7] 王集源、王东方, 1982, 辽宁抚顺地区第三系底界老虎台组玄武岩同位素年龄测定, 辽宁地质学报, №1.
- [8] 李继尧、从柏林, 1980, 试论渤海的形成与演化, 《华北断块区的形成与发展》, P. 206—220, 科学出版社。
- [9] S. T. Lieppard, 1976, *Petrology and Geochemistry of Continental Rift*, P. 123.
- [10] 王东方, 1983, 中国东部中生代玄武岩及其与大地构造演化的关系, 长春地质学院院报, No. 3.
- [11] K. C. Condie, 1976, *Plate Tectonic and crustal evolution New Mexico institute of Mining and Technology*, P. 145—156.
- [12] 赵文峰, 1981, 东北大裂谷系的形成与地震活动, 地震地质, Vol. 3, No. 2.
- [13] 王东方等, 1985, 辽宁中西部中生代火山岩的稀土元素测定、分布模式及其构造意义, 地球化学, 第二期。
- [14] 王东方, 1984, 东北大陆裂谷与中生代火山岩的时空分布及煤、烃的构造成因关系, 矿床地质, 第3卷第4期。

The Paleocene Basalts in Fushun District and their Tectonic Significance in Development of Tancheng- Lujiang Fault Belt

Wang Dongfang

Abstract

The paleomagnetic polar coordinates of Tushun basalts, inferred by their paleomagnetic data, are as follows:

1st phase of basalt: $258.1^{\circ}\text{E}, 76.8^{\circ}\text{N}(+)$

2nd phase of basalt: $150^{\circ}\text{E}, 44.7^{\circ}\text{N}(-)$

The latter is similar to that of early Tertiary in Siberia ($152^{\circ}\text{E}, 57^{\circ}\text{N}-$) and that of Early Cretaceous in Western Liaoning ($148.9^{\circ}\text{E}, 65^{\circ}\text{N}-$). This suggests that the magnetic polar or Sino-Korean plate may have been only a little motion in the period of Cretaceous to Paleocene. The average isotopic age of basalt defined from 9 samples is about $64 \pm 5\text{Ma}$ and the $\text{K}^{40}-\text{Ar}^{40}$ isochron age is $66.2 \pm 2\text{Ma}$. In addition, 12 dating basalts from Xialiaohe have an average K-Ar age of $71.5 \pm 8\text{Ma}$. These data indicate a strong eruption of basalt and crustal tension in the period of Latest Cretaceous-Early Paleocene, which may be held as indicative of development of rift.

The basalts are petrologically possessed of transitional feature between continental and ocean tholeiite and belong to basalts of rift type. The basalts are saturated or lightly unsaturated with SiO_2 and have FeO^*/MgO ratio of 1.3 to 1.6, with average TiO_2 content of 1.89. These rocks are increased gradually in alkalis from 1.36 in Fushun basalts to 1.63 and 1.81 in the Mesozoic basalts

located in western Liaoning and Dashinganling respectively.

The REE data of these rocks also demonstrated their rift nature (rich in light REE). The crustal thickness in this area, calculated by Rb/Sr ratio (Condie 1976), is about 30 ± 2 kilometers which correspond completely with geophysic data. In Dashinganling, however, the thickness of crust may be up to 38—40 kilometers. The fact descriptive above indicated an intensive crustal tension in this area.

In summary, the eruption of basalts in Bobai-Xialiaohu-Fushun area at the time of Latest Cretaceous to Early Paleocene represented a new stage of Tancheng-Lujiang Fault developing into a rift.