

文章编号: 0253-9985(2006)04-0549-08

辽河油田坨 32 井区中生界火山岩岩石学特征及成因

赵海玲^{1,2}, 李小光³, 陈振岩³, 狄永军², 刘洁³, 洪淑新⁴, 赵光辉²

(1. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 中国地质大学 岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室, 北京 100083 2. 中国地质大学, 北京 100083 3. 中国石油天然气股份有限公司
辽河油田分公司 勘探开发研究院, 辽宁 盘锦 124010 4. 中国石油天然气股份有限公司 大庆油田有限责任公司 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

摘要: 坨 32 井区火山岩岩石类型主要有流纹岩、粗安岩、安山岩、流纹质火山角砾岩、流纹质凝灰岩、安山质火山角砾岩、安山质凝灰岩。火山岩的喷发时代为 $(97.37 \pm 1.41) \text{Ma}$ 和 $(79.52 \pm 1.25) \text{Ma}$ 喷发为两期 5 次, 第 1 期为早白垩世晚期, 第 2 期为晚白垩世中期。火山的喷发具有“反序”现象, 利用岩浆流体动力学理论论证了这种“反序”现象是因为存在带状岩浆房, 并建立了带状岩浆房和地表火山岩分布的模型。

关键词: 火山岩系列及类型; 火山岩的喷发时代; 带状岩浆房; 中生代火山岩; 牛心坨地区; 辽河油田

中图分类号: TE111.3 **文献标识码:** A

Petrology and genesis of Mesozoic volcanic rocks in Tuo32 well block of Liaohe oilfield

Zhao Hailin^{1,2}, Li Xiaoguang³, Chen Zhenyan³, Di Yongjun², Liu Jie³, Hong Shuxin⁴, Zhao Guanghui²

(1 State Key Laboratory of Geological Process and Mineral Resources • Key Laboratory of Lithospheric Tectonics and Exploration,
Ministry of Education, China University of Geosciences Beijing 100083 2 China University of Geosciences
Beijing 100083 3 Exploration and Development Research Institute, Liaohe Oilfield Company,
PetroChina, Panjin, Liaoning 124010 4 Exploration and Development Research Institute,
Daqing Co. Ltd, PetroChina, Daqing, Heilongjiang 163712)

Abstract The types of volcanic rocks in Tuo32 well block of Liaohe oilfield include rhyolite, trachyandesite, andesite, rhyolitic breccia, rhyolitic eruptive tuff, andesitic breccia and andesitic eruptive tuff. The volcano erupted five times in two phases in about $(97.37 \pm 1.41) \text{Ma}$ and $(79.52 \pm 1.25) \text{Ma}$ with the first phase in the late Early Cretaceous and the second phase in the middle Late Cretaceous. The ‘reverse’ phenomenon in volcanic eruptions is explained as the result of a zonal lava chamber based on the theory of lava hydrokinetics. Models of the zonal lava chamber and the surface distribution of the volcanic rocks are built.

Key words volcanic rocks and their types; eruptive time; belt-shaped lava chamber; Mesozoic volcanic rocks; Nuxintuo area; Liaohe oilfield

近年来辽河油田不断发现火山岩油气藏, 火山岩油气藏勘探已经成为重点勘探领域之一。辽河坳陷从中生界到新近系馆陶组发育大量的火山岩, 尤其以中生界最为发育。以往的研究多

限于辽河断陷的东部, 辽河断陷西部研究相对较弱。牛心坨地区坨 32 井区位于西部凹陷北段, 该区发现了中生界火山岩油气藏, 成为重点勘探区域。

收稿日期: 2006-02-20

第一作者简介: 赵海玲 (1946—), 女, 教授 (博士生导师), 矿物学、岩石学、矿床学
基金项目: 国家自然科学基金项目 (40234048)

1 火山岩岩石学特征

火山岩岩石学特征的研究是储层评价及预测的基础。

坨 32 井区火山岩有熔岩和火山碎屑岩两种喷发类型。其中,熔岩主要为流纹岩、安山岩和粗安岩;火山碎屑岩主要为火山角砾岩和凝灰岩。

1.1 岩相学特征

1.1.1 流纹岩

手标本:岩石多为灰白色、浅灰红色,致密块状,裂缝发育。

岩石具斑状结构(图 1),斑晶为石英、钠长石及黑云母。基质为霏细结构、隐晶质结构。钠长石斑晶呈半自形板状,溶蚀现象明显,有的长石呈聚斑状,部分具碳酸盐化、高岭土化。云母呈板状,具暗化边。基质由钾长石微晶、石英微晶、玻璃质及暗色矿物等组成。碱性长石微晶普遍具溶蚀现象。局部地区流纹岩中含有少量长石、石英晶屑、玻屑及流纹岩岩屑。

1.1.2 粗安岩

手标本:灰绿色,致密块状,滴 HCl 轻度起泡。

岩石具斑状结构,基质具交织结构(图 2)。斑晶为钠长石、呈板状,发育聚片双晶、卡钠复合双晶,具溶蚀现象,蚀变强烈。基质由钾长石微晶、玻璃质及少量暗色矿物组成。长石微晶呈细粒长条状,溶蚀强烈,含量为 20%,部分长石微晶

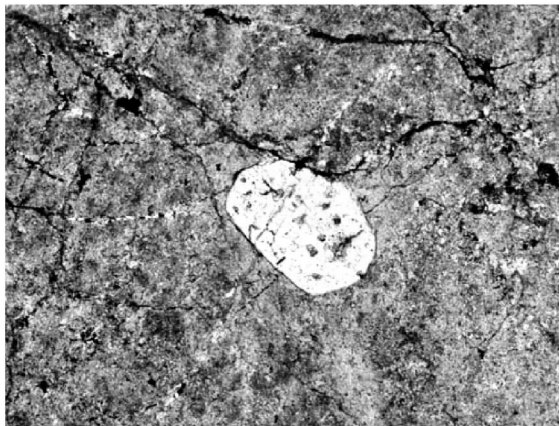


图 2 安山岩,交织结构,正交, $\times 10$

Fig. 2 Andesite, interlaced structure, crossed polar $\times 10$

具定向性,绕过长石斑晶。

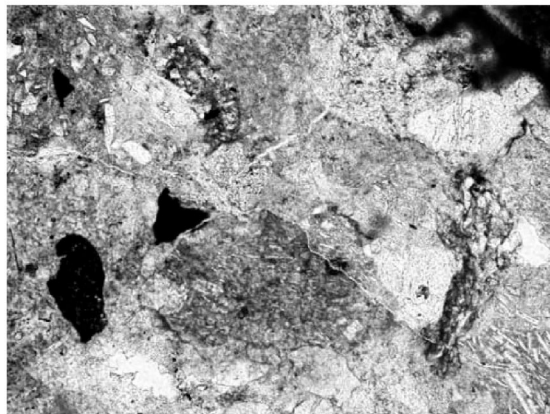
1.1.3 安山岩

手标本:灰黑色,致密块状,滴 HCl 起泡。

斑状结构,斑晶为斜长石,碱性长石。基质具交织结构。斑晶:斜长石呈板状,发育聚片双晶、具环带结构;碱性长石呈板状,发育卡式双晶。长石斑晶蚀变强烈,具溶蚀现象,有的长石发生破碎。基质由长石及石英、少量暗色矿物等组成。长石微晶呈细粒长条状,溶蚀强烈。微晶之间充填有较多的隐晶质,碳酸盐化强烈。

1.1.4 火山角砾岩

火山角砾岩为灰绿色、灰白色,块状构造,火山角砾结构(图 3),火山碎屑物为岩屑、石英、长石晶屑、玻屑、火山灰等。



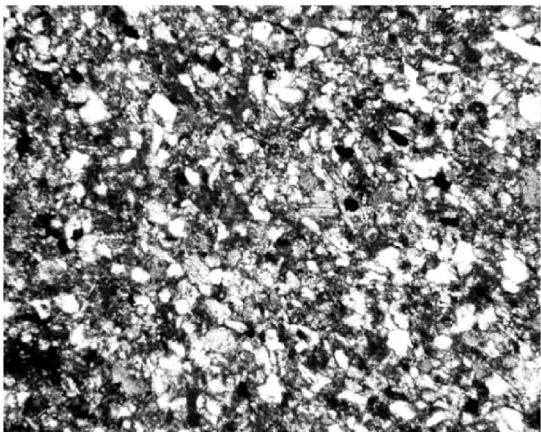


图 4 凝灰岩,凝灰结构,正交,×5
Fig. 4 Volcanic tuff tuff structure
crossed polar ×5

岩屑从次圆状到棱角状,主要为流纹岩、英安岩、粗安岩、安山岩、玄武安山岩、石英岩、花岗岩等。晶屑为斜长石、碱性长石、石英等,其中斜长石晶屑呈棱角状,聚片双晶发育,部分长石发育环带结构,具碳酸盐化、绢云母化;石英晶屑呈棱角状,个别石英为港湾状;碱性长石呈棱角状,发育卡式双晶、格子双晶,具溶蚀现象,部分玻屑发生脱玻化。

1.1.5 (晶屑)凝灰岩

凝灰岩为黄褐色,致密块状。凝灰结构(图 4),具有石英、斜长石、云母晶屑及少量岩屑、玻屑。晶屑中的石英、斜长石均呈棱角状。斜长石聚片双晶发育,部分长石具绢云母化。岩

屑为次棱角状,主要为花岗岩、流纹岩、安山岩、玄武安山岩、英安岩。火山灰部分发生高岭土化、泥化。

1.2 岩石化学定名

表 1 列出了研究区内火山岩及辽西部分火山岩化学成分分析结果。根据国际地科联 (ICGS) 火成岩分类学分会推荐 (1989) 的国际火成岩分类图-TAS 图解^[1],对本区进行火山岩类型划分(图 5),从图 5 可以看出本区火山岩主要岩石类型为玄武安山岩、安山岩、粗安岩、英安岩和流纹岩。结合钻孔岩心手标本和岩相学特征具体定名如下,落在玄武安山岩区域内的为坨 3 井的凝灰岩和火山角砾岩,定名为玄武安山质凝灰岩和玄武安山质火山角砾岩。落在安山岩区域的为坨 3 井的安山岩,应定名为安山岩。落在粗安岩区域内的为坨 605 井的熔岩,为粗安岩;落在英安岩区域内的为坨 4 井的粉砂质凝灰岩和坨 3 井的晶屑凝灰岩;分别定名为英安质粉砂凝灰岩和英安质晶屑凝灰岩。落在流纹岩区域内的为坨 32 井的火山岩,为流纹岩和流纹质凝灰岩。

1.3 火山岩矿物学特征

坨 32 井区火山岩中长石作为斑晶和基质大量出现,是火山岩的主要造岩矿物,也是发生溶蚀形成孔隙的矿物。表 2 列出了有代表性的长石的电子探针结果,电子探针结果表明坨 32 井区火山岩中的长石主要为钾长石和钠长石。流纹岩中长

表 1 坨 32 井区及辽西火山岩化学成分
Table 1 Chemical analysis and CIPW calculation of the volcanic rocks in Tuo32 well block and other areas in the west of Liaoning

样品编号	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	LOI	总计
T32-1	74.46	0.15	12.74	1.82	1.18	0.06	0.19	0.05	2.91	5.70	0.04	1.62	99.72
T32-1R	74.22	0.15	12.70	1.82	1.12	0.06	0.20	0.04	2.90	5.68	0.04	1.76	99.57
T32-6	72.29	0.40	11.86	4.08	2.50	0.05	1.91	1.58	1.37	3.48	0.02	3.38	100.42
T32-7	70.39	0.45	14.26	3.46	1.80	0.02	1.77	0.31	1.64	4.81	0.03	2.40	99.54
T605-1	61.21	0.82	15.35	6.45	3.25	0.08	3.55	2.37	4.29	3.16	0.22	2.74	100.24
T3-3	64.53	0.70	17.02	4.02	1.10	0.03	0.93	2.31	4.02	3.11	0.25	3.52	100.44
T3-5	48.29	1.32	13.67	8.88	4.65	0.19	4.24	8.89	3.45	1.55	0.69	8.36	99.53
T3-9	57.15	0.66	14.13	6.71	5.42	0.17	3.17	4.59	3.61	1.65	0.27	7.62	99.73
T3-12	46.70	0.48	10.45	4.06	1.95	0.18	6.38	10.16	1.72	3.80	0.16	15.59	99.68
T4-1	70.01	0.54	13.27	4.42	3.28	0.10	1.87	2.10	2.71	1.43	0.15	3.80	100.40
T32-4	74.11	0.41	12.26	2.36	1.61	0.06	0.88	0.57	2.89	4.28	0.03	1.99	99.84
T32-16	72.02	0.32	11.84	4.11	1.23	0.05	1.67	1.45	1.68	3.55	0.02	3.08	99.79

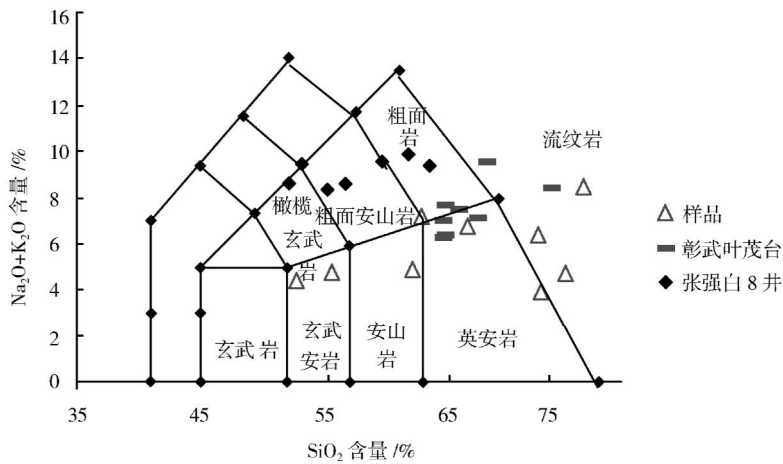


图 5 坨 32 井区及其邻区 TAS

Fig. 5 TAS of Tuo32 well block and its nearby areas

表 2 坨 32 井区及辽西火山岩矿物电子探针分析结果

Table 2 Electron probe analysis of minerals in volcanic rocks in Tuo32 well block and other areas in the west of Liaoning

样品编号	SD ₂	TD ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	总计	Ab	Or	An	矿物名称
ST32-1 斑晶	69.00	0.07	19.78	0.14	0.17	0.15	10.28	0.13	0.52	100.23	98.18	0.91	0.91	钠长石
ST32-1 基质	65.10	0.02	17.91	0.17	0.11		3.23	12.28	0.06	98.88	28.57	71.43	0	K-透长石
ST605-1 斑晶	68.10	0.12	23.02			0.06	7.96	0.11	0.36	99.73	98.81	1.19	0	钠长石
ST605-1 基质	68.78	0.65	18.53			0.35	2.41	6.97	0.35	98.04	33.33	64.10	2.56	Na-透长石

注: 空白处无数据

石斑晶成分为钠长石, 基质为钾长石, 如: 坨 32 井流纹岩长石斑晶成分为 $Ab_{98.18}An_{0.91}Or_{0.91}$ 的钠长石, 基质中长石为 $Ab_{28.57}Or_{71.43}$, 为钾透长石。粗安岩中长石斑晶成分为钠长石, 基质成分为钾长石, 如: 坨 605 井粗安斑晶成分为 $Ab_{98.81}Or_{1.19}$ 的钠长石, 基质成分为 $Ab_{33.33}An_{2.56}Or_{64.1}$ 的钠-透长石。

2 火山岩相学特征

根据火山岩地质、岩相学研究、地震和测井资料, 可将坨 32 井区火山岩相划分为溢流相、爆发相和火山沉积相 3 种类型。

2.1 溢流相

溢流相熔岩在研究区的早白垩世晚期和晚白垩世中期均有分布, 主要为岩浆从火山口溢流产出, 形成厚度较大的熔岩流。如坨 32 井的流纹岩的厚度已有 833 m; 坨 33 井流纹岩厚度已有

454 m, 钻孔均尚未打穿流纹岩。粗安岩主要出现在坨 605 井火山角砾岩下面, 另外, 火山碎屑岩中亦见到熔岩的薄层, 如坨 3 井的火山角砾岩中夹有安山岩薄层, 说明火山爆发过程中还伴随着少量的岩浆溢流。坨 32 井区油气的主要储层是流纹岩及流纹质火山角砾岩。如坨 32 井、坨 33 井的主要储层是流纹岩, 及其顶部的部分流纹质火山角砾岩, 而在其他类型岩石中未见储油^[2]。因此坨 32 井区的溢流相流纹岩是主要储层, 是储层研究的重要组成部分。

2.2 爆发相

爆发相在坨 32 井区内分布很广, 主要由火山角砾岩和凝灰岩组成。火山爆发相中岩石组成比较复杂, 有晶屑、岩屑和玻屑等。岩屑的成分亦比较复杂, 如坨 32 井、坨 33 井火山角砾岩中除了流纹岩、英安岩和安山岩角砾外, 尚可见到石英岩, 反映了火山角砾成分的多来源。坨 32 井、坨 33 井火山角砾岩直接覆盖在流纹岩之上, 而且未见凝灰岩分布, 说明火山口可能位于坨 32 井、坨 33

井区附近。

凝灰岩分布十分广泛,但在爆发相岩石中均含有不同程度的陆源碎屑物。

2.3 火山沉积相

发育在熔岩相的外缘,火山爆发物空落在水体中,与陆源碎屑物混杂堆积,或由于重力流作用与陆源碎屑物混杂堆积,形成岩石含有少量或较多的陆源碎屑物。这是一种由正常火山碎屑岩向沉积岩过渡的火山碎屑岩类。若陆源碎屑物含量较多时,过渡到火山碎屑沉积岩,如出现在坨4井的粉砂质凝灰岩和凝灰质粉砂岩等。另外,当火山角砾搬运到一定距离,磨圆度较好时,就过渡为熔岩质砾岩,如出现在坨3井的砾岩。砾石成分主要为火山角砾。介于火山岩和沉积岩之间,处于它们的过渡范围内,而且在物质成分上变化范围较大。

3 火山活动

根据研究区有代表性的流纹岩和粗安岩的K-Ar同位素年龄分析结果。可知本区粗安岩形成年龄为 $(79.52 \pm 1.25) \text{Ma}$ 相当于晚白垩世中期,流纹岩形成年龄为 $(97.37 \pm 1.41) \text{Ma}$ 相当于早白垩世晚期。国内外火成岩油气藏的形成年代大多为白垩纪-新近纪,也有少数形成时代较老^[3~7,11~13],但在中国东部主要形成于白垩纪-新近纪,本研究区储层的形成时代与此相符。

在坨3坨4凝灰岩中可以见到安山质火山角砾岩的夹层,其角砾成分为安山岩和流纹岩,另外在安山质火山角砾岩中可见到薄的安山岩夹层,在凝灰岩中亦可见到薄的安山岩夹层,凝灰岩往往和所夹的熔岩成分一致。这些现象说明安山质火山碎屑岩形成于熔岩之后,而且少量的安山岩岩浆的溢流延续到火山碎屑岩的喷发。由上述说明,研究区火山活动是发生在早白垩世-晚白垩世相对较短的时间内。

作为研究区的邻区,彰武地区叶茅台中生代火山岩为流纹岩和英安岩,K-Ar同位素年龄变化于80~122 Ma。前人将其年龄结果分为两个阶段,小于100 Ma的为第1段(D₁),年龄段为80~100 Ma

第2段(D₂)为105~122 Ma。本区的流纹岩可与第1段(D₁)进行对比。前人的研究认为,第1段(D₁)火山岩K-Ar同位素放射成因的⁴⁰Ar有明显的丢失,因此又用其他方法测得了同位素年龄(见表4),结合Ar-Ar和Rb-Sr同位素年龄,研究者将 $(124.8 \pm 6.9) \text{Ma}$ 作为彰武叶茅台地区D₁组火山岩的年龄。尽管如此,本区的流纹岩与彰武叶茅台地区D₁组火山岩无论在岩石类型还是K-Ar年龄上均具有可对比性,它们形成的时代为早白垩世。

张强凹陷钻孔白8井中的火山岩为粗安岩,个别为玄武质粗安岩。K-Ar同位素年龄为76.3~79.2 Ma,Ar-Ar同位素年龄为84.6~80.8 Ma,将 $(80.4 \pm 2.9) \text{Ma}$ 作为张强凹陷白8井粗安岩的年龄(表4)。坨32井区粗安岩与张强凹陷粗安岩^[9]在岩石类型及K-Ar同位素年龄上均具有可对比性。火山地质及与邻区对比角度对火山岩的形成年代进行的限定表明,其结果与同位素年代学一致。东北地区中生代火山岩始于晚三叠世止于晚白垩世,其中晚侏罗世-早白垩世是火山活动最强烈的时期,其火山岩遍及全区,其它时代火山岩分布均十分局限,仅分布于局部地区,晚白垩世火山岩分布十分局限,只出现在东北东部的局部地区,反映了火山岩有从西向东迁移的特点^[9]。因此,本区形成于79.5 Ma的粗安岩是出现在东北东部的局部地区的代表性岩石。

坨32井区火山岩形成于早白垩世晚期和晚白垩世中期,结合火山岩喷发的产状及先后关系,将坨32井区中生代火山活动划分为两期5次(表5),第1期为早白垩世晚期(97 Ma左右),共有3次火山活动;第2期为晚白垩世中期(79.5 Ma左右),包括两次火山活动。

第1期主要为流纹质火山岩,主要见于坨32井和坨33井。第1次为爆发相流纹质火山角砾岩和凝灰岩,时间早于97 Ma,第2次为溢流相流纹岩,时间为97 Ma,第3次为爆发相火山角砾岩,其爆发时间晚于97 Ma。第2期主要为安山质或粗安质火山岩,第1次(顺延第1期的应为第4次)为溢流相粗安岩(见于坨605井)或安山岩(见于坨3井、坨9井),喷发时间为79.5 Ma,第2次(顺延第1期为第5次)为爆发相火山角砾岩和凝灰岩,期间或有少许溢流相安山岩,爆发时间小于79.5 Ma。

表 3 坨 32 井区与邻区同位素年龄对比

Table 3 Correlation of isotope age between Tuo32 well block and its nearby areas

地区	岩石类型	K-Ar 年龄	K-Ar 平均年龄	K-Ar 等时年龄	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄	Rb-Sr 等时年龄	选取值
		Ma					
坨 32 井区	流纹岩	97.37 ± 1.41					
	粗安岩	79.52 ± 1.25					
彰武叶茅台 D ₁ 组 ^[8]	流纹岩、 英安岩	80.0~122.0	93.0 ± 8.3	118.0 ± 1.3	121.0 ± 2.0~ 127.1 ± 0.5	130.0 ± 21.0	124.8 ± 6.9
张强凹陷钻孔 白 8 井 ^[8]	粗安岩、 玄武质粗安岩	76.3~79.2	78.3 ± 5.3	66.0 ± 8.1	84.6 ± 1.6~ 80.8 ± 1.8		80.4 ± 2.9

注:空白处无测试

表 4 坨 32 井区火山岩期次

Table 4 Phases of the volcanic rocks in Tuo32 well block

期	次	岩石类型	主要井号	年龄 Ma
第 2 期晚白垩世	5	火山角砾岩或凝灰岩	坨 605 坨 9 坨 3	小于 79.5
	4	粗安岩或安山岩	坨 605 坨 9 坨 3	79.5
第 1 期早白垩世	3	火山角砾岩、凝灰岩	坨 32 坨 33	小于 97
	2	流纹岩	坨 32 坨 33	97
	1	流纹质火山角砾岩和凝灰岩	坨 32	大于 97

4 火山岩成因

4.1 岩浆的起源

岩浆的起源是一个比较复杂的问题,下面仅就已获得的资料对坨 32 井区火山岩的岩浆起源作一些探讨。本区火山岩主要为安山质岩石和流纹质岩石,相对于流纹质岩石,安山质岩石可看作原始岩浆。关于安山岩的成因历来争议较大,前人的一些高温高压实验表明,在 70~100 km 的深度和高压下,通过上地幔岩的局部熔融可以产生安山质岩浆。在日本西南部曾发现一种原生的安山质岩浆,其 MgO 含量高达 9.4%,Mg 含量为 0.75%,Cr 含量为 472×10^{-6} ,Ni 含量为 184×10^{-6} 。由表 1 可以看出坨 32 井区火山岩 MgO 含量 (3.17%~6.38%) 大大低于这种原生的安山质岩浆,因此不可能直接由上地幔岩局部熔融形成。

由火山岩形成的构造背景看出,坨 32 井区火山岩均具有挤压造山的特征,其形成和伊佐奈琦大洋板块俯冲作用有关。在活动的大陆边缘,安山岩的形成过程中有大量的陆壳物质的参与,因此,坨 32 井区火山岩形成是在挤压背景下,壳幔混合作用的结果。在 REE 配分图解上流纹质火山岩具有明显的负 Eu 异常,而安山质火山岩则无

负 Eu 异常,且部分样品具有正 Eu 异常,这为我们提供了流纹质岩石可能是安山质岩浆经过长石的结晶分离作用而形成的。

4.2 带状岩浆房

在传统的观念中,岩浆演化的趋势是由基性岩浆、中性岩浆到酸性岩浆,火山喷发先后顺序也是从基性岩、中性岩到酸性岩。而坨 32 井区火山岩的喷发顺序与之相反,即早期喷出的是演化程度较高的酸性岩浆(流纹质岩石),而晚期喷出的是中基性岩浆(玄武安山质岩石),即火山的喷发具有“反序现象”,这种与一般规律不同的反序现象近年来已得到广泛认识,这是岩浆房中成分分带的反映。这需从岩浆房的流体动力学作用机制进行认识,在岩浆房中岩浆并不是一个均匀体系,由于岩浆房中发生双扩散对流作用,因此在岩浆房中从下到上存在着岩浆化学成分的密度梯度和物理性质的温度梯度^[10],从而产生了岩浆的分带现象。岩浆在喷发之前在岩浆房中就存在着物理和化学的分带现象,在其后的岩浆喷发过程中,岩浆自上而下地逐层喷发,因而在地表产生了与岩浆房中成分变化梯度相反的火山岩层序。

坨 32 井区的火山岩主要为中-酸性岩石,在地下岩浆房中岩浆成分亦主要为中酸性岩浆。在岩浆房中,由于热梯度和密度梯度的存在,引起了

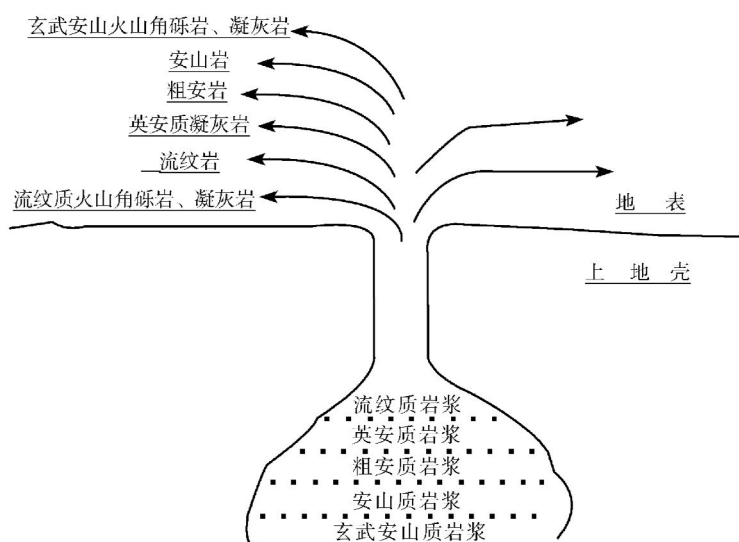


图 6 带状岩浆房及火山岩地表展布示意

Fig. 6 Schematic map showing zonal lava chamber and the surface distribution of the volcanic rocks

岩浆熔体的不稳定性,而产生双扩散对流,形成了双扩散对流层,因而导致了密度小的岩浆在岩浆房的上部,而密度相对较大的岩浆在岩浆房的底部,即最早喷出的流纹质岩浆应位于岩浆房的顶部,其 SiO_2 的含量达到 70% 以上,往下 SiO_2 的含量逐渐下降,向中基性岩浆过渡,也就是后来喷出的玄武安山质岩浆。在痕量元素上,位于岩浆房上面的流纹质岩浆强不相容元素高于位于岩浆房下面的安山质岩浆强不相容元素。根据岩浆房的带状构造及岩浆岩在地壳的分布,绘制了带状岩浆房及火山岩地表展布示意图(图 6)。

5 结论

坨 32 井区火山岩的喷发时代为 $(97.37 \pm 1.41)\text{Ma}$ 和 $(79.52 \pm 1.25)\text{Ma}$ 分别相当于早白垩世晚期和晚白垩世中期。形成于早白垩世晚期的火山岩为流纹岩、流纹质火山角砾岩和流纹质凝灰岩,形成于晚白垩世中期火山岩为粗安岩、安山岩及安山质及玄武安山质火山角砾岩和安山凝灰岩。火山岩相有溢流相、爆发相和火山沉积相 3 种类型。溢流相主要为早白垩世晚期的流纹岩和晚白垩世中期的粗安岩及安山岩,其中流纹岩是主要的储层。爆发相主要由流纹质/玄武安山质火山角砾岩和凝灰岩组成,其中凝灰岩相分布十分广泛。火山岩为 2 期 5 次,第 1 期为早白垩世晚期,为流纹质火山岩,共有 3 次火山喷发;第 2 期

为晚白垩世中期,共有 2 次喷发。火山的喷发与传统观念不同,具有“反序”现象,酸性流纹岩岩浆先喷发而中基性岩浆后喷发,这种“反序”现象是因为深部存在带状岩浆房,建立了带状岩浆房和地表火山岩分布的模式。

参 考 文 献

- 1 LeMaitre R W, (Editor), A classification of igneous rocks and glossary of terms: recommendation of the IUGS subcommission on the systematic of igneous rocks[J]. London: Blackwell Scientific Publication, 1989, 55: 1781–1791
- 2 赵海玲,狄永军,郭美娟,等. 辽河盆地中心坨地区坨 32 井区中生代火山岩储层特征及成因[J]. 特种油气藏, 2004, 11(6): 33–36, 43
Zhao Hailing, Di Yongjun, Guo Meijuan, et al. Mesozoic volcanic reservoir characteristics and genesis in Tuo 32 well block in Liaohai rift basin[J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2004, 11(6): 33–36, 43
- 3 赵海玲,刘振文,李剑,等. 火山岩油气储层的岩石学特征及研究方向[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(6): 609–613
Zhao Hailing, Liu Zhenwen, Li Jian, et al. Petrologic characteristics of igneous rock reservoirs and their research orientation[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(6): 609–613
- 4 张子枢,吴邦辉. 国内外火山岩油气藏研究现状及勘探技术调研[J]. 天然气勘探与开发, 1994, 16(1): 1–13
Zhang Zishu, Wu Banghui. Current state of research on volcanic rock reservoirs and investigation of exploration technologies both abroad and in China[J]. Natural Gas Exploration and Development, 1994, 16(1): 1–13
- 5 Seemann U, Schere M. Volcaniclastics as potential hydrocarbon reservoirs[J]. Clay Minerals, 1984, 19(9): 457–470
- 6 Lev V emik. A new type reservoir rock in volcaniclastic sequences

- [J]. AAPG Bull 1990, 74(6): 830–836
- 7 YuliM itsuhata KoichiMatsuq MatatoM negishi Magnetotelluric survey for exploration of a volcanic rock reservoir in the Yurihara oil and gas field Japan [J]. Geophysical Prospecting 1999, 47(2): 195–218
 - 8 陈义贤, 陈文奇. 辽西及邻区中生代火山岩 [M], 北京: 地震出版社, 1997. 1–279
 - 9 赵海玲, 邓晋福. 中国东北地区中生代火山岩岩石学特征与盆地形成 [J], 现代地质, 1998, 12(1): 56–58
Zhao Hailing Deng JinFu Chen Fajing et al Petrology of the Mesozoic volcanic rocks and the basin formation in the northeast China [J]. Geoscience 1998, 12(1): 56–58
 - 10 赵海玲. 岩浆物理性质和流体动力学 [M], 北京: 地震出版社, 1995. 1–172
Zhao Hailing Physical properties and hydrokinetics of magma [M]. Beijing Earthquake Press 1995. 1–172
 - 11 杨明慧, 王嗣敏, 陈善勇, 等. 渤海湾盆地黄骅坳陷奥陶系碳酸盐岩潜山成因分类与分布 [J], 石油与天然气地质, 2005, 26(3): 310–316
Yang Minghui Wang Sini Chen Shanyong et al Genetic classification and distribution of Ordovician Carbonate buried-hills in Huanghua depression Bohai Bay basin [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(3): 310–316
 - 12 曹学伟, 胡文瑄, 金之钧, 等. 临盘油田夏 38 井区辉绿岩热效应对成烃作用的影响 [J], 石油与天然气地质, 2005, 26(3): 317–322
Cao Xuewei Hu Wenxuan Jin Zhijun et al Influences of thermal effect of diabase intrusion on hydrocarbon generation in Xia 38 well block Linpan oilfield [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(3): 317–322
 - 13 金晓辉, 林壬子, 邹华耀, 等. 松辽盆地徐家围子断陷火山活动期次与烃源岩演化 [J], 石油与天然气地质, 2005, 26(3): 349–355
Jin Xiaohui Lin Renzi Zou Huayao et al Volcanic activities and evolution of source rocks in Xujiaweizi fault depression Songliao basin [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(3): 349–355

(编辑 陈喜禄)

(上接第 548 页)

- Zhang Kang Analysis of China's oil reserves growth in recent 20 years [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(5): 584–589
- 3 张抗. 油气田的生命周期和战术战略接替 [M]. 北京: 地质出版社, 2000. 1–288
Zhang Kang Life cycle and strategic replacement of oil and gas fields in China [M]. Beijing Geological Publishing House, 2000. 1–288
 - 4 张抗. 塔河油田的发现及其地质意义 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 120–124, 132
Zhang Kang The discovery of Tahe oilfield and its geologic implication [J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(2): 120–124, 132
 - 5 岳大力, 吴胜和, 林承焰, 等. 流花 11–1 油田礁灰岩油藏沉积—成岩演化模式 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(4): 518–523, 529
Yue Dalu Wu Shenghe Lin Chengyan et al Sedimentary and diagenetic evolution pattern of reef limestone reservoirs in Liuhua 11–1 oilfield [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(4): 518–523, 529
 - 6 张抗. 从近 20 年来东部剩余可采储量变化看老油区的潜力 [J]. 中国石油勘探, 2003, 8(2): 1–12
Zhang Kang Potential of mature oil provinces in respect with the change of residual recoverable reserves in the East China during recent 20 years [J]. China Petroleum Exploration, 2003, 8(2): 1–12
 - 7 张抗. 近 20 余年来中国石油产量及构成变化 [J]. 石油学报, 2006, 27(2): 6–10
Zhang Kang Analysis of oil production and regional composition change of China in recent twenty years [J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(2): 6–10
 - 8 张抗, 周总瑛, 周庆凡. 中国石油天然气发展战略 [M]. 北京: 地质出版社, 石油工业出版社, 中国石化出版社, 2002. 139–293
Zhang Kang Zhou Zongying Zhou Qingfan Strategic development of China's petroleum industry [M]. Beijing Geological Publishing House, Petroleum Industry Press, China Petrochemical Press, 2002. 139–293
 - 9 龚再升. 中国近海含油气盆地新构造运动和油气成藏 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 133–138
Gong Zaisheng Neotectonic movement and hydrocarbon accumulation in petroliferous basins offshore China [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 133–138
 - 10 张抗. 塔河油田性质和塔里木碳酸盐岩油气勘探方向 [J]. 石油学报, 2001, 22(4): 1–6
Zhang Kang The characteristics of Tahe oilfield and the oil–gas exploration direction in the carbonates of Tarim basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2001, 22(4): 1–6
 - 11 张抗. 中国 21 世纪初石油工业展望 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 95–99
Zhang Kang Prospects for China's oil industry of the early 21st century [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(2): 95–99

(编辑 李树森)