黄骅坳陷古近系孔店组火成岩岩石学、地球化学特征

张雪梅¹,曾 威^{*2},李灵月³,高知睿²

(1.天津地热勘查开发设计院,天津 300250;2.天津地质调查中心,天津 300170;

3.大港油田第一采油厂,天津 300270)

摘 要:本文通过对黄骅坳陷古近系钻孔中孔店组玄武岩、辉绿岩的岩相学、地球化学研究,认为孔店组火成岩 属于碱性玄武岩系列,轻稀土富集,没有明显的铕异常。岩浆演化主要受控于地幔部分熔融,结晶分异作用较 小,无明显地壳物质的加入,其形成的构造环境为板内环境。

> 层 序

> > 明

剖 面

关键词:黄骅凹陷;孔店组;火山岩;地球化学;板内环境

中图分类号: P588.1:P595

文献标识码: A

文章编号:1672-4135(2015)04-0248-08

厚度(m)

剖面岩性描述

上部:浅棕色泥岩与棕黄色砂岩间 互层。富含钙质团粒。

华北克拉通自中生代以来遭受了强烈的 破坏,岩石圈大规模减薄和软流圈上涌诱发了 大量火山岩的形成印。火山岩作为盆地发育 过程中的产物,能提供深部作用的信息,可以 为盆地动力学的研究提供基础。渤海湾盆地 是中国东部地热梯度最高、岩石圈最薄的区域 之一,中-新生代盆地内发育了大规模火山作 用[2],为研究中新生代岩石圈深部过程提供了 难得的材料。黄骅坳陷位于渤海湾盆地中心 部位,早白垩世-新近纪火山岩广泛发育,前人 对其作了不同程度的研究[2-6]。本文通过对黄 骅坳陷古近系孔店组玄武岩及其中辉绿岩的 岩相学、地球化学等方面的研究,论证了其在 火山岩岩浆演化过程中的分离结晶机制、部分 熔融程度以及大地构造背景。

1区域地质背景

黄骅坳陷位于华北平原北部,是现今华 北平原中渤海湾盆地的一个次级凹陷,呈北 东-南西向伸展,长250 km,宽50~100 km, 西南端狭窄,呈一微向北突起的弧状,全区面 积约17 000 km²,为新生代以来形成的断陷 盆地。

上 化 1000~1600 中 下部:棕红、暗红紫色泥岩绿灰 色、浅灰色砂岩 镇 新 Nm 组 馆馆组 灰白色砂岩,含砾砂岩夹紫红、 灰绿色泥岩;底为燧石砾岩层, 与下第三系间为不整合 统 300~400 Ng 东 灰白色砂岩与灰绿色泥岩组成的 反旋回层序 0~700 3d 渐 营 灰绿、绿灰色泥岩间砂岩 组 Ead -_ $100 \sim 200$ E_3d_3 >100~150 南区介形虫泥岩,北区灰色砂泥岩互层 >100~200 灰色泥岩夹砂岩 >100~300 深灰色泥页岩 沙 E3S 南区:油页岩、钙质页岩、泥白云 岩、粒屑灰岩组成的正旋回层序 北区:暗色砂泥岩互层 新 $>50 \sim 400$ 河 灰绿、灰色泥岩与浅灰色砂岩组 成互层层序 E3S2 - $0 \sim 400$ 街 边缘:暗绿色砂、砾岩与泥岩频 繁间互层 内部:大段暗色泥岩夹成组的砂 砂砾岩 组 E₃S3 400~>1000 统 -----一段:上部为暗红膏泥岩、泥膏 岩韵律层下部为紫红色泥岩与砂 岩、砂砾岩间互层、间夹暗红色 泥膏岩、玄武岩夹层 始 孔 >1000 E_3K_1 新 店 × v 二段:深灰色泥岩为主,间夹薄层 钙质砂岩、白云岩 400± La K ~~ 组 · 三段: 紫灰色、棕红色砂质泥岩 含砾泥岩夹杂色砂岩、玄武岩 统 300± Mz P/C

图1 黄骅坳陷新生界地层柱状图[7]

黄骅坳陷钻孔中新生代地层由古近系、新

Fig.1 Cenozoic stratigraphic column of the Huanghua Depression

收稿日期:2015-06-02

1.1 地层

资助项目:中国地质调查"武当-桐柏-大别成矿带成矿规律与选区研究(12120113068800)"

作者简介:张雪梅(1983-),女,工程师,主要从事石油勘探及研究工作,E-mail:358999648@qq.com;*通讯作者:曾威(1985-), 男,工程师,主要从事矿产勘查及成矿理论研究工作,E-mail:314818431@gq.com。

近系和第四系组成(图1)。孔店组厚度一般为2 500 m。沿坳陷西部,沧东边界断裂下降侧分布。底与中 生界,顶与渐新统不整合接触。自下而上由红-黑-红三大岩性段组成一整套旋回层。

(1) 孔店组三段

位于旋回层下部,厚约300 m,以紫灰色、棕红色 砂质、砾质泥岩为主,见单层厚度小于5 m的灰绿色 含泥、含铁不等粒混合砂岩、玄武岩夹层。其侧向岩 性变化及与下伏中生界、上古生界的界限尚不清楚; 顶部与上覆孔店组二段为过渡关系。

该段中钻遇少量玄武岩,主要分布于孔东断层 与孔西断层所夹的垒块区域,呈层状赋存于该段上 部,埋深2300~2800m,单井最多见9层,最大累积 厚度87m。平面上呈北东向展布,与孔东构造带展 布方向一致。

(2) 孔店组二段

为旋回层中部,一般厚约300 m,最大厚度约为 700 m,以深灰色泥质页岩为主,并见含细粒长石砂

岩、岩屑长石砂岩夹层,剖面向上渐变为 紫褐色泥岩段。所含化石介形类为无图 真星介-沼泽拟星介组合,孢粉为小刺鹰 粉-杉粉属-三角孢属亚组合。

该段中钻遇的火成岩岩性为辉绿 岩,主要分布于军马站-风化店-王官屯-望海寺一带的广大区域内,沿孔西断层呈 北东向展布。辉绿岩赋存层位不一,南部 埋深2300~2700m井段,中部2100~ 2600m井段,而北部则在2000m左 右。虽然埋深与后期构造影响有关,但 在对比了大量的钻井面后,发现该辉绿 岩具有非常明显的穿时性,在数千米内 可以穿过孔店组二段的不同层位。

(3) 孔店组一段

为旋回层的上部,最大厚度1500 m,一般厚度1200m,为一套红色泥岩、 砂质泥岩与长石砂岩、砂砾岩互层,局部 夹灰绿色泥膏岩层。所含主要生物化石 介形类为火红美星介-美丽金星介组合, 孢粉为麻黄-杉粉属-桤木粉属组合。

该段中含有大量玄武岩,主要分布 于孔店构造带及沧东凹陷的局部地区, 分为枣北玄武岩、枣46-枣16井玄武岩、 沈家铺玄武岩及辉绿岩、孔东玄武岩、小4井-官85 井及沧1井玄武岩,总面积约140 km²。

1.2构造

黄骅坳陷内部发育8个次级凹陷,以东西分界和 南北分区为特点。东西分界以黑龙村--孔店-北大 港-老王庄--柏各庄--马头营中央隆起带为界,分为东 侧凹陷和西侧凹陷,西侧自南而北发育南皮、沧东、 板桥、北塘、乐昌等凹陷,东侧发育有盐山、歧口、南堡 等凹陷(图2)。

1.3侵入岩

区内新生代侵入岩主要为辉绿岩和碱性辉长 岩,它们主要分布于坳陷中、南区的西南缘和北区的 北缘古近系、新近系地层中。

2岩石学、矿物学特征

本次对Z37、F22-15、J5 井 3 口钻井的火成岩进 行了代表性的岩芯取样(图2),Z37 井火成岩属辉绿 岩,其余均为玄武岩。



图2 黄骅坳陷构造分区图^[7,8] Fig.2 Tectonic zoning map of Huanghua Depression

2.1 岩石学特征

2.1.1 辉绿岩

分布于Z37井孔店组第一岩性段,分为两层,层 厚分别为4m和49.5m。岩石主要由基性斜长石、单 斜辉石等组成,斜长石自形-半自形,板状,形成格 架,大小一般为0.5~2mm,少量为2~3mm;内见聚 片双晶,双晶带较宽,蚀变较弱,沿其解理、显微裂隙 有少量绢云母、方解石及黝帘石、次闪石等交代蚀变; 含量65%~70%。辉石以他形粒状为主,大小一般 0.1~1mm,填隙状分布于斜长石之间构成辉绿结构, 含量20%左右。局部由次闪石、黑云母、滑石、方解 石、绿泥石等交代呈假象产出,部分界限模糊不清。 局部内有半自形斜长石包体,构成嵌晶含长结构(图 3-1,3-2)。

2.1.2 玄武岩

钻遇玄武岩起始位置1920m,结束位置是 1968m,岩芯观察具有14个喷溢层,最薄溢层厚度 为1m,溢流层最厚达7m。

孔店组玄武岩气孔、杏仁均不发育,气孔、杏仁 小且孤立,少于5%。岩石深灰色,致密块状构造。 矿物成分主要有斜长石、辉石,次要矿物为绿泥石、沸 石和少量磁铁矿。镜下岩石具斑状结构,主要由斑晶 和基质两部分组成。斑晶主要为斜长石和单斜辉 石。斜长石斑晶多以半自形一自形板条状为主,粒度 0.5~2 mm,聚片双晶比较发育,含量为25%左右。 辉石大小为中-细粒,呈柱状,含量10%~25%左右, 部分已蚀变成绿泥石。基质由斜长石、辉石等微晶和 玻璃质组成,矿物粒度一般小于0.5 mm;斜长石呈自 形-半自形细小板条状,架状分布;辉石为单斜辉石, 半自形柱状或粒状,见有被绿泥石等低温蚀变矿物替 代(图3-3),部分呈假像产出,有少量玻璃质、铁质沿 长石空隙分布,基质含量50%~60%左右。组构表现 为间粒间隐结构,块状构造。岩石蚀变程度较高。

部分玄武岩常发育纵向裂缝、高角度裂缝,偶见 横向裂缝,里面充填有油斑。裂缝附近的基质常发 育溶蚀气孔隙,有时裂缝缝壁被溶蚀。裂缝的形成 主要与构造活动有关,而溶蚀气孔隙则与地表淋滤 和埋藏后的有机酸作用有关。薄片观察辉石和玻璃 质溶蚀比较普遍(图3-4)。

2.2 矿物化学

对Z37井2356.98 m处的辉绿岩单斜辉石斑晶一 个样品的6个点探针分析结果表明(表1),黄骅坳陷 孔店组单斜辉石斑晶主元素变化不大,SiO₂为 51.023%~51.779%,平均51.27%;Al₂O₃为1.539%~ 2.789%,平均2.21%;MgO为14.306%~15.778%,平 均15.08%;CaO为20.682%~21.029%,平均20.88%。 在单斜辉石命名图(图4)中,成分均落入普通辉石 区。因此,黄骅盆地孔店组辉绿岩中的辉石斑晶主 要属于铝质普通辉石。

对Z37井辉绿岩一个样品 4个斜长石斑晶体作



图3 辉绿岩和玄武岩镜下照片 Fig.3 microscopic photos of Diabase and basalt 图中1、2、5、6为正交偏光,3、4为单偏光

251	251
-----	-----

点号	Z37-1	Z37-2	Z37-3	Z37-4	Z37-8	Z37-9					
Na ₂ O	0.378	0.348	0.340	0.404	0.349	0.358					
K_2O	_	0.002	-	_	0.010	_					
Cr_2O_3	0.050	0.002	0.466	0.470	0.445	0.009					
MgO	14.629	14.306	15.670	15.778	15.367	14.759					
CaO	20.965	20.682	20.853	21.023	21.029	20.716					
MnO	0.204	0.220	0.207	0.110	0.162	0.244					
$\mathrm{Al}_2\mathrm{O}_3$	2.370	1.910	2.129	2.524	2.789	1.539					
${\rm TiO}_2$	0.888	0.919	0.601	0.673	0.757	0.907					
FeO	8.525	9.415	7.379	7.357	7.340	9.237					
${\rm SiO}_2$	51.094	51.023	51.142	51.779	51.096	51.497					
总量	99.103	98.827	98.787	100.118	99.344	99.266					
Wo	42.970	42.460	42.410	42.460	43.020	42.040					
En	41.720	40.870	44.350	44.350	43.750	41.680					
Fs	13.910	15.390	11.980	11.720	11.930	14.960					
Ac	1.400	1.290	1.250	1.480	1.290	1.310					

表1 单斜辉石电子探针分析结果(%)

Table 1 EPMA analysis result table of clinopyroxene(%)

注:矿物成分分析在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室完成,所用仪器威JEOL-JXA-8100电 子探针.分析条件:加速电压15 Kv,探针电流20 nA,电子束 直径1 µm。

了 6个点的电子探针分析(表2),其中一个总量为 104.223%,不符合精度要求,不予考虑。在长石化学 成分命名图(图5)中四个成分点落在拉长石区,一个 成分点落在中长石区,说明该区的斜长石主要是基 性斜长石,为中拉长石。

3地球化学特征

选择上述1个玄武岩样品、1个辉绿岩样品在湖 北岩矿测试中心进行了主量元素分析(表3),分析方 法为荧光光谱法和湿化学法;对3个玄武岩样品(玄





	表2	斜长石电	子探针	分析结	果(%)		
Table 2	EPMA	analysis	result	table of	of plagio	clase(%)

点号	Z37-10	Z37-11	Z37-5	Z37-6	Z37-7	Z37–12
Na ₂ O	4.357	7.001	4.398	4.500	4.213	8.083
K_2O	0.184	0.616	0.163	0.195	0.216	0.191
$\mathrm{Cr}_2\mathrm{O}_3$	_	-	0.003	-	-	
MgO	0.087	0.019	0.033	0.021	0.053	0.021
CaO	12.656	7.775	12.424	12.239	12.753	0.501
MnO	0.005	-	0.016	0.003	-	
$\mathrm{Al}_2\mathrm{O}_3$	28.341	25.018	28.539	28.335	28.432	20.395
${\rm TiO}_2$	0.101	0.010	0.055	0.073	0.070	
FeO	0.642	0.363	0.486	0.501	0.668	0.157
${\rm SiO}_2$	52.145	59.737	53.111	52.730	52.443	74.875
总量	98.518	100.539	99.228	98.597	98.848	104.223
An	60.960	36.71	60.380	59.370	61.810	
Ab	37.980	59.82	38.680	39.500	36.950	
Or	1.060	3.460	0.940	1.130	1.250	

注:矿物成分分析在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室完成,所用仪器威JEOL-JXA-8100电子探针.分析条件:加速电压15 Kv,探针电流20 nA,电子束直径1 µm。

1-玄3)在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源 国家重点实验室用ICP-MS进行了稀土元素测试(表 4),具体分析方法见文献[10]。

3.1 主量元素特征

孔店组玄武岩和辉绿岩具高Al₂O₃(12.79~ 16.92%),高碱(Na₂O+K₂O为3.84~9.68%),MgO 变化范围大(5.9%~14.28%)的特点,Na₂O/K₂O值 为2.6~10.1,属于钠质系列,Mg#为0.53~0.68。 在硅-碱图上(图6),孔店组火成岩投点全部落到 碱性玄武岩和强碱性玄武岩区,辉绿岩样品均处于 碱性玄武岩范围内。在SiO₂-(Na₂O+K₂O)图上(图

> 7),孔店组火成岩9个样品均属碱性 系列。

> 从哈克图解(图8)可以看出主 量元素氧化物与MgO的相关性: K₂O-MgO、Na₂O-MgO、Al₂O₃-MgO、 SiO₂-MgO负相关,FeO-MgO及 Fe₂O₃-MgO正相关,岩浆在演化过 程中Al₂O₃的质量分数增加,而 FeO、Fe₂O₃、MgO的质量分数减少, 反映了玄武岩浆在运移过程中可能 发生橄榄石和单斜辉石的早期分离 结晶作用。





表3 孔店组火成岩主量元素组成(%) Table 3 Major element composition of Kongdian magmatic rocks(%)

编号	KD-1	KD-2	KD-3	KD-4	KD-5	KD-6	KD-7	KD-8	KD-9	
岩性	玄武岩	辉绿岩	辉绿岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	
来源	本文	实测	据文献[2]			据文献[11]				
${\rm SiO}_2$	46.33	48.71	47.03	47.87	44.03	45.14	47.67	47.77	48.33	
${\rm TiO}_2$	1.90	1.40	1.48	1.89	1.22	1.42	1.70	1.62	1.73	
Al_2O_3	16.14	16.92	15.06	15.77	12.79	13.01	15.16	16.15	14.91	
$\mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3$	4.19	3.54	3.84	4.24	4.43	4.65	4.56	1.40	2.89	
FeO	4.90	5.60	6.33	5.47	8.03	6.86	5.04	6.86	8.66	
MnO	0.12	0.16	0.14	0.12	0.14	0.17	0.15	0.13	0.13	
MgO	7.60	7.10	9.12	5.90	14.28	12.89	7.97	6.62	7.10	
CaO	2.17	7.76	4.17	6.93	3.58	5.46	6.47	7.19	7.83	
Na ₂ O	7.86	4.53	4.19	3.97	3.40	3.50	5.10	5.20	3.24	
K_2O	1.82	0.45	1.02	1.52	0.44	0.90	1.35	1.50	0.99	
P_2O_5	0.40	0.21	0.29	0.42	0.18	0.30	0.40	0.40	0.41	
CO_2	0.69	0.16	2.34	3.61	1.58	0.46	0.52	0.80	2.76	
LOI	6.40	3.42	6.92	7.80	7.41	5.22	4.04	4.78	5.39	
Total	99.83	99.80	99.59	101.90	99.93	99.52	99.61	99.62	101.61	

注:岩石主量元素分析在湖北岩矿测试中心完成,使用的分析方法为荧光 光谱法和湿化学法。

3.2 稀土元素特征

孔店组玄武岩稀土总量97.6~134.2,稀土总量 较高,轻重稀土分馏明显,轻稀富集,La_N/Yb_N=8.7~ 11.6,在球粒陨石标准化分配形式图上显示右倾曲线 (图9),具大陆玄武岩的稀土配分模式。铕异常不明 显,δEu值为0.88~0.96,表明原生岩浆生成之后,没 有经历明显的斜长石分异作用。

本区孔店组火山岩中各稀土元素的丰度存在一定的相关性。投影表明,La-Ce显示良好的正相关,虽然本区火山岩的La和Ce丰度各不相同,但其比值近似等于1(图10)。

4岩石成因探讨

4.1 岩浆演化特征

固结指数—SI 值的大小可确定基性火山岩是

幔源岩浆直接结晶产物,还是分异、混染产物。本区火山岩的固结指数平均为34,略小于40(地幔源原生岩浆凝固的岩石的SI值),反映了黄骅盆地新生代孔店组火山岩经历了微弱的分异或同化混染作用。

黄骅盆地新生代火山岩的基底主要 由太古宙及古元古代变质岩,中新元古 代-古生代的沉积岩(碳酸盐岩为主)组 成。在缺乏这些基底岩石的成分资料的 情况下,通过考察火山岩中主量元素的变 化趋势,可提供地壳混染是否在岩石成因 中发挥主要作用的约束条件。地壳混染 过程中,由于地壳组分的加入,K₂O 质量 分数显著升高,而TiO₂、P₂O₅的质量分数 变化不大。从(图11、12)可知玄武岩的 w(K₂O)/w(TiO₂)和w(K₂O)/w(P₂O₅) 对w(MgO)的变化呈近水平趋向,表明玄 武质岩浆在分异过程中无明显的地壳组 分加入。玄武质火山岩的岩石化学变化主 要控制因素可能是源区成分、部分熔融及

		表4	孔店组织	火成岩和	希土元素组	成	
Table 4	REE	com	position	of the	Kongdian	magmatic	rocks

	La	Се	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Но	Er	Tm	Yb	Lu	Total
玄1	25.20	52.46	6.45	26.85	5.77	1.68	5.80	0.68	4.30	0.88	2.01	0.26	1.70	0.18	153.40
玄2	17.32	36.84	4.63	19.72	4.55	1.36	4.60	0.57	3.64	0.77	1.68	0.21	1.42	0.26	113.30
玄3	24.11	46.81	5.57	21.10	4.49	1.48	4.94	0.49	3.92	0.72	1.88	0.25	1.49	0.25	135.10

注:稀土元素分析在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室完成,所用仪器威ICP-MS



Fig.7 SiO₂-(Na₂O+K₂O) figure of the volcanic rocks in Kongdian formation

岩浆分离结晶过程。

部分熔融过程中,岩石中La/Sm比值随La含量 增加而升高,呈线性关系;而同源岩浆的分离结晶过 程,随含量的变化La/Sm比值则保持不变,呈水平线 性关系。本区玄武岩的La/Sm比值和La的丰度投影 于La/Sm-La的变异图(图13),可知本区孔店组玄武 岩呈部分熔融趋势,结晶分异程度很弱。



通过上述讨论认为,孔店组岩浆演化主要受控 于部分熔融,结晶分异作用较小,无明显的地壳组分 加入。

4.2 构造环境

从空间分布来看,中国东部新生代玄武岩虽然 位于欧亚大陆边缘,但并不呈现从俯冲带向大陆内 部碱含量(K₂O+Na₂O)和K₂O增加,K₂O/Na₂O比值升



Fig.14 F₁-F₂ Diagrams f discriminating 为 祀 固 定 : 12 / Fe₂O₃ > 0.5, 总量 基于以上判别图的 式图 火山岩的岩石地 KD-1样品的(Mg







图 15 单斜辉石 TiO₂--MnO--Na₂O 图解^[14] Fig.15 TiO₂--MnO--Na₂O diagram of clinopyroxene

高的现象。黄骅盆地与渤海湾其他断陷盆地一样, 第三系玄武岩的碱含量以及K2O/Na2O的变化,受形 成时代与岩浆熔出深度的控制^[2],与距消减带的距离 无直接的关系。

本文利用F1-F2构造环境判别图解来判断孔 店组玄武岩形成的构造环境。该图解要求样品的成 分范围是:12% <w(MgO + CaO) <20%,FeO/ Fe₂O₃ >0.5,总量(包括H₂O)在99%~101%之间。 基于以上判别图的使用限定条件,对黄骅坳陷孔店组 火山岩的岩石地球化学数据进行了认真地挑选, KD-1样品的(MgO+CaO)值为9.77%不符合F1-F2

> 图解适用范围。KD-4、KD-9样 品的主量元素总量分别为 101.72%和101.61%,超过了 101%,不符合精度要求。用其他 6个符合条件的点投图(图14), 样品投点全部落于板内玄武岩区 域中。以辉绿岩中单斜辉石的 TiO₂-MnO-Na₂O计算成100%,投 影于单斜辉石TiO₂-MnO-Na₂O 图上(图15),样品点投在了板内 玄武岩与岛弧玄武岩区内^[13]。结 合F1 - F2图解和TiO₂-MnO-Na₂O图解认为孔店组玄武岩和 辉绿岩形成于板内构造环境。

5结论

(1)孔店组火成岩岩石组合 为玄武岩和辉绿岩,以碱性玄武 岩为主,同时有少量强碱性玄武 岩。主量元素显示高铝、高碱 特征。

(2)玄武质岩浆无明显的地 壳组分加入,岩石成分主要受部 分熔融程度控制,结晶分异作用 较小。

(3)孔店组玄武岩形成于板 内构造环境。

致 谢:本文完成过程中得到了 中国地质大学马昌前教授、张超 博士、张金阳博士的悉心指导, 在此表示衷心感谢。感谢评审老师提出的宝贵 意见。

参考文献:

- [1]张超,马昌前,廖群安,等.渤海湾黄哗盆地晚中生代一新 生代火山岩地球化学:岩石成因及构造体制转换.岩石学 报,2009,25(5),1160-1175
- [2] 高知云. 黄骅坳陷第三系隐伏火山岩及其形成的大地构 造环境初探. 岩石学报,1986,2 (4):2-14.
- [3] 谷俐,戴塔根,范蔚茗.黄骅盆地中新生代火山岩岩相及 岩石化学特征.地球学报,2000,21(4):367-371.
- [4] 杜旭东,张一伟,漆家福.黄骅坳陷中生代隐伏火山岩系的 特征及其形成的构造环境.地球学报,1999,20(1):31-37.
- [5] 侯贵廷,钱祥麟,蔡东升.渤海湾盆地中、新生代构造演化研究.北京大学学报(自然科学版),2001,39(6): 845-851.
- [6] 刘中云,肖尚斌,姜在兴. 渤海湾盆地第三系火山岩及其 成因. 石油大学学报(自然科学版),2001,25(1),22-26.

- [7] 大港油田石油地质志编辑委员会编.中国石油地质志,大 港油田,卷四.北京:石油工业出版社,1987:92-95.
- [8] 大港油田科技丛书编委会编.第三系石油地质基础.北京: 石油工业出版社,1999:190-209.
- [9] 曾广策.简明光性矿物学.武汉:中国地质大学出版社, 2000,1-104.
- [10] 马昌前,明厚利,杨坤光.大别山北麓的奥陶纪岩浆弧:
 侵入岩年代学和地球化学证据.岩石学报,2004,20(3):
 393-402.
- [11] 高知云.黄骅坳陷第三纪隐伏火山岩化学特征及其大地 构造意义.地质与勘探,1987,(3),41-47.
- [12] 邱家骧,林景仟.岩石化学.北京:地质出版社,1993, 101-152.
- [13] Pearce T H.et al.The relationship between major element chemistry and tectonic environmentp of basic intermediate volcanic rocks[J].Earth Planet.Sci.Lett,1977,36,121–132.
- [14] Nisbet E G, et al. Clinopyroxena composition in mafic lava from different tectonic settings[J]. Contrib Miner Petro , 1988, 63.

Petrology and Geochemistry Characteristics of Magmatic Rocks in Kongdian Formation in the Huanghua Depression

ZHANG Xue-mei¹, ZENG Wei², LI Ling-yue³, GAO Zhi-rui²

(1.Tianjin Geothermal Exploration and Development Designing Institute, Tianjin 300170, China;
2.Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;
3. NO.1 Oil Production Plant of Dagang Oil Field Company, Tianjin 300170, China;)

Abstract:Based on the Petrographic and geochemical study of the Lower Tertiary Kongdian formation basalt and diabase in Huanghua Depression, we suggest that basalt and diabase belong to alkaline series with LREE enrichment and no Eu anomality. The magma evolution was mainly controlled by the mantle partial melting with little crystallization differentiation and little crustal contamination. Tectonic environment discrimination results show that the magmatic rocks of the Kongdian formation formed in intraplate environment.

Key words: Huanghua depression; Kongdian formation; volcanic rock; geochemsitry; WPB