

黄骅盆地中新世代火山岩岩相 及岩石化学特征^{*}

谷 俐 戴塔根

范蔚茗

(中南工业大学资源环境建筑工程学院, 长沙) (中国科学院长沙大地构造研究所, 长沙)

摘 要 通过对渤海地区黄骅盆地中新世代火山岩进行典型的岩芯取样、岩相及全岩分析,并结合 K-Ar 法测年、微量元素和同位素地球化学分析,得出以下结论:主要岩石类型有新生代老第三纪玄武岩、中生代晚白垩世玄武粗安岩、中生代晚白垩世粗面英安岩和流纹岩和中生代早三叠世英安岩。晚中生代火山岩岩石的主量元素丰度呈双峰分布,从老到新,火山岩主元素中 SiO₂ 减少, Fe₂O₃、FeO、CaO、MgO、TiO₂、P₂O₅、MnO 有所增加。新生代玄武岩可能源自亏损的软流圈地幔,晚白垩世玄武粗安岩源自玄武质组分亏损和受到富集改造的岩石圈地幔,晚白垩世及早三叠世长英质火山岩可能源自地壳组分的部分熔融。

关键词 中新世代 火山岩 岩石化学 黄骅盆地

1 黄骅盆地地质构造特征

黄骅盆地为我国东部渤海湾盆地中的一个负向构造单元,走向 NE,西为沧县隆起,东南有埕宁隆起,东北是海中隆起,面积 17 000 km²。区内 NNE 向次级拗陷和隆起雁行排列, NNE 向断层广泛分布,对本区的构造岩浆活动,尤其是中生代以来的构造-岩浆活动起控制作用^[1]。

1.1 区域构造层特征

黄骅拗陷的基岩为太古宙及古元古代的变质岩,其上覆盖了中上元古界(长城系、蓟县系、青白口系、下古生界(寒武系、奥陶系)、上古生界(石炭系、二叠系)及地洼构造层中生界(中下侏罗统、中上侏罗统、下白垩统)和新生界(第三系和第四系)。根据各层的岩性、岩相及构造属性可划分为 3 大构造层:结晶基底(太古宙及古元古代前地槽及地槽构造层)、地台构造层(中元古界—上古生界)和地洼构造层(中生界—新生界)。本文重点研究地洼构造层中的中新世代火山岩^[2]。

1.2 岩浆建造特征

黄骅拗陷自海西期以后,有三叠世、早-中侏罗世、白垩世、始新世、中-上新世和全新世多期岩浆活动。新生代是黄骅拗陷断裂活动最强烈的时期,因此,新生代火山岩最发育。其岩性复杂,包括基性、中性和酸性;岩相以喷发相为主,偶有少量侵入相。按其形成时代可分为中生代岩浆活动和新生代岩浆活动。岩浆活动与断层、拗陷关系密切^[3]。

* 第一作者:谷 俐,女,1972 年生,博士研究生,研究方向为地球化学,邮编:410083

2 中生代火山岩特征

本次对 DJ5、DZ78、DZ1582、DZ59、DZ131、DZ51、DQG2、DW10 八口钻井的火山岩进行了均匀而具代表性的岩芯取样,据钻井资料, DZ78、DJ5 井的火山岩属新生界火山岩,其余均为中生界火山岩。现将典型岩芯的岩性、岩相、结构、构造分述如下:

2.1 新生代火山岩岩性、岩相特征

DJ5 井采芯井段 1 943~1 970 m,灰黑色油斑玄武岩夹灰褐色油浸凝灰岩。岩石致密坚硬、隐晶质结构、多见暗色矿物,凝灰岩多见似鲕状构造。DZ78 井采样井段为 1 502~1 572 m,位于第三系渐新统沙河街组 3 段,灰黑色油斑玄武岩,表面粗糙、致密、坚硬、隐晶质结构、块状构造,气孔、裂缝不发育。

2.2 中生代火山岩岩性、岩相特征

DW10 井采芯井段 1 810.4~1 805.2 m,灰绿色火山岩。岩石性碎、较疏松、隐晶质结构、气孔状构造、蚀变强烈。DZ51、DZ59、DZ1582、DZ131 井地理位置相近,岩相、岩性相似,仅以 DZ51、DZ59 井为代表作如下描述: DZ59 井采芯井段为 2 828.24~2 836.74 m,浅褐、灰白、浅灰色安山质火山岩,较致密,斑状结构可见长石及黑云母,块状构造,微裂隙发育,可见气孔,局部裂缝充填有紫红色泥岩及方解石。DZ51 井采芯段 3 020.0~3 111.0 m,均为安山岩,上部为浅灰色块状安山岩,张性裂缝发育,下部为浅紫红色块状安山岩,裂缝发育程度较差。岩性组合单一,无其它岩性夹层。岩石致密坚硬,呈隐晶质-斑状结构,气孔-杏仁构造。DQG2 井取样井段为 2 330~2 314 m,深灰色玄武岩,颜色不均、局部灰深绿色、灰棕色,块状构造,隐晶质结构,坚硬致密,裂缝较发育,且被方解石充填。

2.3 火山岩形成时代

全岩 K-Ar 同位素测年结果表明,本区中生代火山岩主要有 3 次火山作用时期:早三叠世火山岩(228 Ma)、晚白垩世火山岩(70 Ma)和早第三纪火山岩(32~40 Ma)^①。

3 岩石化学特征

本次采集 8 口钻井的 29 件样品全岩化学分析结果详列表 1。

3.1 岩石类型

根据所有样品的主量元素氧化物含量(表 1)特征表明,火山岩岩性跨度大,基性、中性和酸性均有分布,岩石表现为富碱的特点;在 $(K_2O+Na_2O)-SiO_2$ 图解上(图 1),岩石整体分布比较离散,落在 8 个区域内,即玄武岩、玄武安山岩、玄武粗安岩、粗安岩、粗面英安岩、英安岩、流纹岩和碱玄武岩^②。结合火山岩岩相特征、年龄和硅碱图,可将其分为四大类:①老第三纪玄武岩(DZ78 和 DJ5, 32~40 Ma);②晚白垩世玄武粗安岩(DQG2, 67 Ma);③晚白垩世粗面英安岩和流纹岩(DZ51、DJ59、DZ1582, 70 Ma);④早三叠世英安岩(DW10, 228 Ma)。

3.2 岩石化学特征

在主量元素氧化物分别对 SiO_2 、MgO 变化图解上(图 3, 4),晚中生代火山岩元素氧化

① 谷俐. 硕士论文, 1997

物成分分布呈现双峰现象。特别是同时代的晚白垩世火山岩中, 双峰现象非常明显, w (SiO_2) 分别为 51.60%~52.90%和 67.91%~72.17%, 为裂谷型火山岩的典型特征。镁铁质火山岩 Fe_2O_3 、 FeO 、 CaO 、 MgO 、 TiO_2 的质量分数比长英质火山岩高, 反映了岩浆在从岩浆

表 1 黄骅盆地中生代火山岩全岩化学分析结果

Table 1 Geochemical composition of the Meso-Cenozoic volcanic rock in Huanghua Basin

| 样品号 | 深度 km | 岩石 类型 | 年龄 Ma | SiO_2 | Al_2O_3 | TiO_2 | Fe_2O_3 | FeO | MnO | CaO | MgO | K_2O | Na_2O | P_2O_5 | 灼失量 | 总量 |
|----------|----------|----------|----------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------|-------|
| DJ5-1 | 1943 | | 33.10 | 46.32 | 15.91 | 4.92 | 4.72 | 4.39 | 5.88 | 2.63 | 5.58 | 0.46 | 0.17 | 1.75 | 6.84 | 99.58 |
| DJ5-2 | 1955 | 玄武岩 | 33.50 * | 52.76 | 17.93 | 3.17 | 2.40 | 3.56 | 4.41 | 4.23 | 3.94 | 0.15 | 0.04 | 0.71 | 5.82 | 99.12 |
| DJ5-3 | 1965 | 玄武岩 | 33.50 * | 48.84 | 15.87 | 4.05 | 4.18 | 7.58 | 4.62 | 2.90 | 2.84 | 0.26 | 0.09 | 0.63 | 7.52 | 99.38 |
| DJ5-4 | 1968 | 玄武岩 | 34.40 | 48.34 | 15.96 | 4.37 | 4.62 | 3.83 | 5.87 | 2.20 | 5.80 | 0.73 | 0.09 | 1.96 | 5.24 | 99.01 |
| DJ5-5 | 1970 | | 38.50 | 62.48 | 16.80 | 1.49 | 3.96 | 1.40 | 2.31 | 3.21 | 3.39 | 0.20 | 0.03 | 0.84 | 3.28 | 99.39 |
| DZ78-1 | 1502 | | 32.00 * | 41.40 | 12.81 | 7.24 | 2.98 | 10.50 | 6.63 | 1.74 | 2.28 | 0.37 | 0.27 | 1.32 | 11.92 | 99.46 |
| DZ78-2 | 1520 | 玄武岩 | 32.20 | 48.62 | 19.11 | 1.17 | 1.26 | 10.97 | 3.04 | 1.99 | 3.95 | 0.53 | 0.29 | 1.77 | 6.56 | 99.26 |
| DZ78-5 | 1545 | 玄武岩 | 33.00 * | 46.44 | 12.38 | 3.18 | 3.96 | 9.31 | 4.80 | 2.47 | 2.88 | 0.14 | 0.06 | 0.81 | 12.66 | 99.09 |
| DZ78-6 | 1565 | 玄武岩 | 34.00 | 47.46 | 16.81 | 5.08 | 6.52 | 4.92 | 7.90 | 1.78 | 2.8 | 0.31 | 0.09 | 1.52 | 4.16 | 99.42 |
| DZ78-7 | 1572 | | 39.10 | 48.82 | 14.24 | 6.67 | 3.55 | 5.05 | 6.92 | 1.67 | 2.56 | 0.17 | 0.05 | 1.32 | 8.16 | 99.18 |
| DZ1582-1 | 2700 | 流纹岩 | 69.70 | 70.72 | 14.54 | 0.58 | 1.22 | 0.93 | 1.66 | 3.06 | 4.59 | 0.20 | 0.03 | 0.46 | 1.64 | 99.63 |
| DZ59-2 | 2828 | 粗面岩 | 70.00 | 70.00 | 14.59 | 1.89 | 0.52 | 1.33 | 1.37 | 4.27 | 4.54 | 0.16 | 0.06 | 0.39 | 0.84 | 99.96 |
| DZ59-1 | 2836 | 英安岩 | 70.00 * | 68.50 | 15.67 | 1.41 | 0.86 | 1.00 | 2.17 | 3.71 | 4.70 | 0.22 | 0.04 | 0.41 | 0.98 | 99.67 |
| DZ131-1 | 3420 | 英安岩 | 68.88 * | 71.18 | 13.90 | 0.76 | 1.28 | 0.86 | 2.27 | 4.84 | 3.30 | 0.07 | 0.05 | 0.34 | 0.96 | 99.41 |
| DZ131-2 | 3250 | 玄武岩 | 68.80 | 71.78 | 13.95 | 0.55 | 0.88 | 0.66 | 1.84 | 3.94 | 4.06 | 0.12 | 0.04 | 0.42 | 1.36 | 99.55 |
| DZ51-1 | 3020 | 流纹岩 | 68.10 * | 66.72 | 14.80 | 3.99 | 1.10 | 1.46 | 2.02 | 3.56 | 3.86 | 0.21 | 0.10 | 0.43 | 2.22 | 99.47 |
| DZ51-2 | 3111 | 玄武岩 | 68.10 | 70.50 | 14.13 | 0.89 | 0.94 | 1.66 | 1.77 | 3.84 | 3.73 | 0.14 | 0.06 | 0.44 | 2.10 | 99.20 |
| DQG-2-1 | 2330 | | 67.80 | 50.24 | 16.94 | 9.24 | 1.64 | 6.18 | 4.06 | 1.64 | 4.31 | 1.20 | 0.16 | 1.75 | 1.80 | 99.16 |
| DQG-2-2 | 2326 | 玄武岩 | 67.0 * | 50.56 | 16.85 | 7.11 | 2.72 | 6.58 | 5.25 | 1.69 | 4.23 | 0.79 | 0.11 | 1.38 | 1.96 | 99.23 |
| DQG-2-3 | 2320 | 粗面岩 | 67.0 * | 51.76 | 17.61 | 7.03 | 2.32 | 6.51 | 4.40 | 1.61 | 4.38 | 0.87 | 0.12 | 1.41 | 1.44 | 99.46 |
| DQG-2-4 | 2317 | 安山岩 | 67.0 * | 51.50 | 16.96 | 8.10 | 2.30 | 5.78 | 4.00 | 2.42 | 3.89 | 0.86 | 0.16 | 1.66 | 1.66 | 99.29 |
| DQG-2-5 | 2315 | | 67.0 * | 52.92 | 18.46 | 4.89 | 2.28 | 5.45 | 4.00 | 2.38 | 4.63 | 0.85 | 0.09 | 1.59 | 1.62 | 99.11 |
| DQG-2-7 | 2314 | | 66.30 | 50.96 | 16.90 | 7.85 | 2.26 | 6.12 | 4.54 | 2.30 | 3.67 | 0.84 | 0.13 | 1.62 | 1.92 | 99.11 |
| DW 10-1 | 1810 | | 228.80 | 59.74 | 17.94 | 4.20 | 1.13 | 2.46 | 2.34 | 3.40 | 2.52 | 0.18 | 0.06 | 0.65 | 4.82 | 99.44 |
| DW 10-3 | 1809 | 英安岩 | 228.70 | 70.48 | 13.66 | 0.83 | 2.32 | 1.86 | 1.98 | 2.32 | 2.38 | 0.06 | 0.03 | 0.40 | 3.48 | 99.65 |
| DW 10-4 | 1808 | 英安岩 | 228.00 * | 63.46 | 17.21 | 1.28 | 2.05 | 2.66 | 2.38 | 3.00 | 3.02 | 0.26 | 0.07 | 0.44 | 3.80 | 99.63 |
| DW 10-5 | 1807 | 玄武岩 | 228.00 | 65.36 | 14.77 | 3.99 | 1.54 | 1.60 | 2.34 | 2.83 | 2.60 | 0.01 | 0.06 | 0.54 | 3.80 | 99.44 |
| DW 10-6 | 1806 | | 227.00 * | 61.36 | 16.89 | 2.53 | 2.30 | 3.46 | 2.16 | 2.71 | 3.23 | 0.23 | 0.11 | 0.79 | 3.64 | 99.41 |
| DW 10-7 | 1805 | | 226.90 | 66.76 | 15.55 | 2.94 | 1.26 | 1.20 | 2.42 | 2.94 | 2.06 | 0.01 | 0.04 | 0.48 | 4.14 | 99.80 |

注: 全岩化学分析结果由中国科学院长沙大地构造研究所测定; *根据样品采样位置推测的。

库经一定的通道向上运移到地表的过程中均发生了不同程度的分异作用。较基性的玄武岩浆结晶分异时, 一般由富镁向贫镁方向演化(硅不一定降低), 较酸性岩浆的分异一般向富 SiO_2 、 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 、 KAlSi_3O_8 方向演化^[6]。因此, 我们以主量元素氧化物-MgO 变化图解为标准来分析玄武岩及玄武粗安岩的岩石化学演化, 以主量元素氧化物-SiO₂ 变化图解为标准来分析流纹岩和英安岩的岩石化学演化。

3.2.1 新生代玄武岩的岩石化学特征

DJ5、DZ78井的火山岩为新生代玄武岩, 其中的

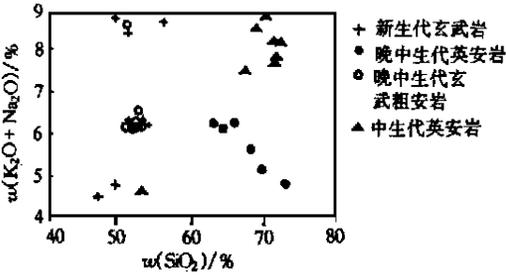


图1 (K₂O+Na₂O)-SiO₂ 质量分数变化图
Fig.1 The variation trend of (K₂O+Na₂O) versus SiO₂

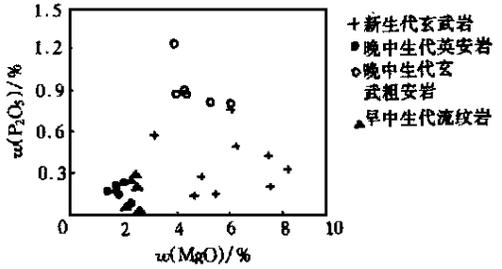


图2 P₂O₅-MgO 质量分数变化图
Fig.2 The variation trend of P₂O₅ versus MgO

DJ5-1、DJ5-2、DJ5-4等3件样品的 $w(K_2O + Na_2O)$ 较高,可能受岩石蚀变影响明显。DJ5-5为英安质凝灰岩(其主量元素含量超过了基性玄武岩的相应值,在此暂不予考虑)。玄武岩中主量元素氧化物的质量分数为: SiO_2 41.40%~52.76%、 Al_2O_3 12.38%~19.11%、 Fe_2O_3 1.26%~8.27%、 FeO 1.365%~6.84%、 CaO 3.82%~11.99%、 MgO 3.28%~8.29%、 K_2O 1.83%~4.53%、 Na_2O 2.60%~6.19%、 $K_2O + Na_2O$ 4.64%~8.86%、 P_2O_5 0.16%~0.78%、 MnO 0.05%~0.31%、 TiO_2 0.69%~2.09%,表明玄武岩主量元素氧化物含量变化大。主量元素氧化物与 MgO 的相关性: $(K_2O + Na_2O)$ - MgO 、 Al_2O_3 - MgO 、 SiO_2 - MgO 负相关, FeO - MgO 及 Fe_2O_3 - MgO 正相关,岩浆在演化过程中 Al_2O_3 的质量分数增加,而 FeO 、 Fe_2O_3 、 MgO 的质量分数减少,反映了玄武岩浆在运移过程中有可能发生橄榄石和单斜辉石的早期分离结晶作用。此外,从其主量元素氧化物对 MgO 变化图解上可知玄武岩的投影点分布离散,暗示岩石化学成分受到一定程度的蚀变影响。

3.2.2 晚白垩世玄武粗安岩的岩石化学特征 DQG2 主要为晚白垩世玄武粗安岩,其主量元素氧化物的质量分数为: SiO_2 51.60%~52.90%、 Al_2O_3 16.84%~17.97%、 Fe_2O_3 4.67%~9.49%、 FeO 1.68%~4.94%、 CaO 4.09%~6.76%、 MgO 4.11%~6.27%、 K_2O 1.64%~2.09%、 Na_2O 3.78%~6.20%、 P_2O_5 0.78%~1.23%、 MnO 0.10%~0.16%、 TiO_2 1.42%~2.09%,表明所有的氧化物变化范围较小,这与该类岩石在其氧化物对 SiO_2 的变化图解上(图3)的投影点相对集中的特点一致。从图2的 P_2O_5 - MgO 变化图解上可知,晚白垩世的玄武粗安岩的 $w(P_2O_5) = 0.78\% \sim 1.23\%$,明显高于新生代玄武岩(0.16%~0.78%)。主量元素氧化物与 MgO 的相关性: Fe_2O_3 - MgO 、 Al_2O_3 - MgO 、 P_2O_5 - MgO 、 MnO - MgO 负相关; FeO - MgO 正相关,说明岩浆在演化过程中 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 P_2O_5 、 MnO 、 SiO_2 有少许增加; MgO 、 FeO 有微弱减少。 Fe_2O_3 含量增加,反映了岩浆结晶条件从还原状态向相对氧化状态过渡,与本区中生代地台活化阶段岩石圈伸展、减薄、软流圈上隆的构造背景相符。

3.2.3 晚白垩世粗面英安岩和流纹岩的岩石化学特征 晚白垩世粗面英安岩和流纹岩包括 DZ1582、DZ59、DZ51 及 DZ131 井样品,其主量元素氧化物的质量分数为: SiO_2 67.91%~72.17%、 Al_2O_3 13.98%~15.88%、 Fe_2O_3 0.59%~4.06%、 FeO 0.52%~1.29%、 CaO

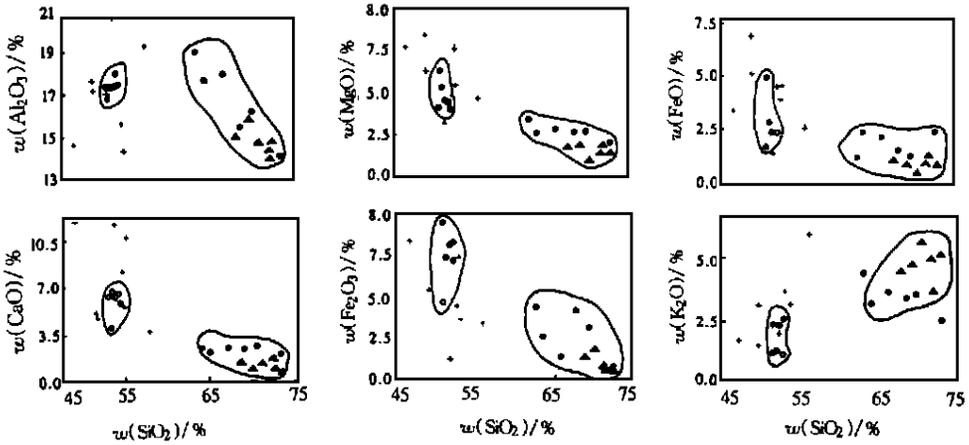


图 3 黄骅盆地中生代火山岩主要元素氧化物-SiO₂ 质量分数变化图解

Fig. 3 The variation pattern of the main elemental oxide versus SiO₂ in the Mesozoic-Cenozoic volcanic rock in the Huanghua basin

+—新生长玄武岩, o—晚中生代玄武粗安岩, ▲—晚中生代流纹岩, ●—中生代英安岩

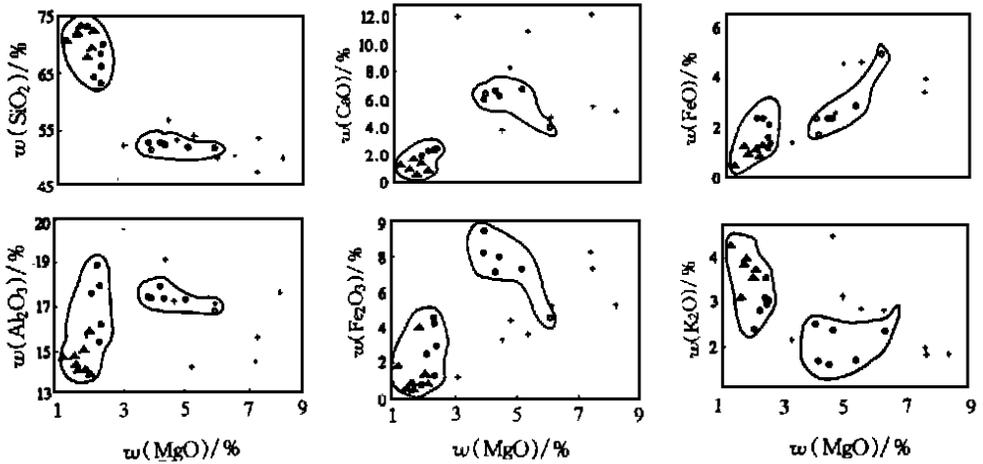


图 4 黄骅盆地中生代火山岩主要元素氧化物-MgO 质量分数变化图解

Fig. 4 The variation pattern of the main elemental oxide versus MgO in Mesozoic-Cenozoic volcanic rock in the Huanghua basin

+—新生长玄武岩, o—晚中生代玄武粗安岩, ▲—晚中生代流纹岩, ●—中生代英安岩

0.67%~1.69%、MgO 1.38%~2.28%、K₂O 3.12%~4.87%、Na₂O 2.15%~4.76%、P₂O₅ 0.07%~0.22%、MnO 0.03%~0.10%、TiO₂ 0.34%~0.47%。反映主量元素氧化物质量分数的变化范围小, 岩石富 Si、K、Na 贫 Al、Fe、Mg、Ca。主量元素氧化物与 SiO₂ 的相关性: K₂O-SiO₂ 正相关; CaO-SiO₂、MgO-SiO₂、Fe₂O₃-SiO₂、FeO-SiO₂、FeO^{*}-SiO₂、Al₂O₃-

SiO₂、TiO₂-SiO₂、MnO-SiO₂、P₂O₅-SiO₂ 负相关, 岩浆在演化过程中 K₂O、SiO₂ 的质量分数增加; CaO、MgO、Fe₂O₃、FeO、Al₂O₃、Na₂O、P₂O₅ 的质量分数减少, 反映了岩浆在运移过程中可能发生了中酸性斜长石和角闪石的早期分离结晶作用。

3.2.4 早三叠世英安岩的岩石化学特征 DW10 井的火山岩为早三叠世英安岩, 其主量元素氧化物的质量分数为: SiO₂ 63.14%~72.98%, Al₂O₃ 14.15%~18.96%, Fe₂O₃ 0.86%~4.44%, FeO 1.19%~2.40%, CaO 1.25%~3.61%, MgO 2.05%~2.53%, K₂O 2.40%~3.59%, Na₂O 0.15%~3.37%, P₂O₅ 0.01%~0.24%, (K₂O+Na₂O) 4.86%~6.28%, MnO 0.03%~0.11%, TiO₂ 0.41%~0.82%。主量元素氧化物质量分数的变化范围比晚白垩世中酸性火山岩大, 为富 Si、K、Na、Al, 贫 Fe、Ca、Mg 的偏钾英安岩。主量元素氧化物与 SiO₂ 的相关性: Al₂O₃-SiO₂、Fe₂O₃-SiO₂、FeO^{*}-SiO₂、(K₂O+Na₂O)-SiO₂、Na₂O-SiO₂、K₂O-SiO₂、MgO-SiO₂、CaO-SiO₂、P₂O₅-SiO₂、MnO-SiO₂、TiO₂-SiO₂ 呈负相关, 反映了岩浆在分异过程中 Al₂O₃、Fe₂O₃、K₂O、Na₂O、MgO、CaO 的质量分数减少。

综上所述, 自老到新, 可见主量元素氧化物中 SiO₂ 的质量分数减少, Fe₂O₃、FeO、CaO、MgO、TiO₂、P₂O₅、MnO 的质量分数有所增加。4 组岩石有各自的岩石化学特征: 新生代玄武岩富 Mg、Fe、Ca、Al, 主量元素氧化物的质量分数变化范围较大, 向富 Na、K、S、Al, 贫 Fe、Ca、Mg、Ti、Mn 的方向演化, 有橄榄岩和单斜辉石的早期结晶分离作用; 晚白垩世玄武粗安岩富 Mg、Fe、Ca、Al、Na, 贫 Si、K, 主量元素氧化物的质量分数变化小, 向富 Fe³⁺、Ca、P、Na、Mn、Si、Al 贫 Mg、Fe²⁺、Na、Ti 方向演化; 晚白垩世粗面英安岩和流纹岩富 Si、K、Na, 贫 Al、Fe、Mg、Ca, 主量元素氧化物的质量分数变化范围不大, 向富 Si、K 贫 Mg、Fe、Ca、Al、Ti、Mn、P、Na 方向演化; 早三叠世英安岩富 Si、K、Al、Na 贫 Fe、Ca、Mg, 主量元素氧化物的质量分数变化较大, 向富 Si 贫 Al、Fe、Mg、K、Na 方向演化。本区晚中生代岩石样品的主量元素丰度呈双峰现象。

4 岩浆过程讨论

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。本区的 4 组火山岩的固结指数均远小于 40(地幔源原生岩浆凝固的岩石的 SI 值), 反映了黄骀盆地中生代火山岩经历了分异或同化混染作用, 或者二者对岩浆的化学演化都有贡献。

4.1 地壳混染程度的评价

在讨论大陆玄武质火山岩的化学变化及成因时, 地壳混染是不容忽视的。黄骀盆地中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^[7]。地壳混染过程中, 由于地壳组分的加入, K₂O 的质量分数将显著升高, 而 TiO₂、P₂O₅ 的质量分数变化不大。从图 5、6 可知玄武岩、玄武粗安岩的 $w(K_2O)/w(TiO_2)$ 和 $w(K_2O)/w(P_2O_5)$ 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的主要控制因素可能是源区成分、部分熔融及岩浆分离结晶过程。

4.2 分离结晶作用

4 组岩石的固结指数平均值由大到小依次为玄武岩(25)、玄武粗安岩(22)、英安岩(19) 流纹岩(15), 结合本文的岩石化学演化特征, 可证明各种火山岩岩浆在运移演化过程中均发生了不同程度的分离结晶作用: 玄武岩可能有橄榄岩和单斜辉石的早期分离结晶作用; 玄武粗安岩有单斜辉石的早期分离结晶作用; 流纹岩有中酸性斜长石和角闪石的早期分离结晶作用; 英安岩有中酸性斜长石和角闪石发生分离结晶作用。

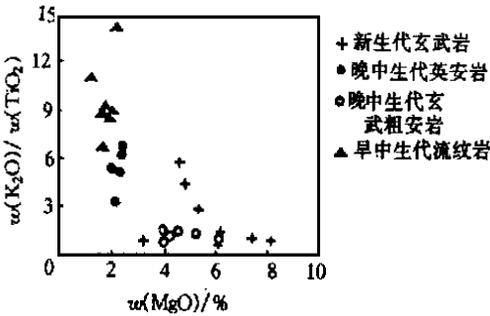


图 5 K₂O/ TiO₂-MgO 质量分数变化图

Fig. 5 The variation pattern of K₂O/ TiO₂ versus MgO

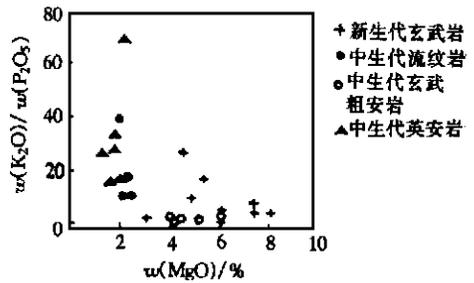


图 6 K₂O/P₂O₅-MgO 质量分数变化图

Fig. 6 The variation pattern of K₂O/P₂O₅ versus MgO

4.3 源区的控制

火山作用主要有 3 期, 根据时代和岩性分为 4 组岩石, 它们具有各自不同的岩石化学特征。从现有资料来看, 源区成分对岩石化学特征具有决定性的控制作用。新生代玄武岩可能源自亏损的软流圈地幔。从富碱特征及 Sr、Nd 同位素特征^[8] 推断主要源区组分为软流圈亏损地幔, 经小程度部分熔融而形成初始熔体。晚白垩世玄武粗安岩相对富碱、磷、硅, 暗示其源区为玄武质组分亏损和受到富集改造的岩石圈地幔, 相似盆地类似的火山岩(如济阳盆地) Sr、Nd 同位素特征可作间接证据。晚白垩世及早三叠世长英质火山岩的化学成分变化明显与玄武岩及玄武粗安岩不连续, 可能是源自地壳组分熔融的产物。

5 结 论

渤海地区黄骅盆地中新代火山岩特征为: 中生代火山岩为灰色, 隐晶质-斑状结构, 块状气孔状构造; 新生代火山岩为灰黑色, 隐晶质结构, 块状气孔状构造。主要有 3 组火山岩年龄: 三叠世火山岩(228 Ma); 晚白垩世火山岩(70 Ma) 和早第三纪火山岩(32~40 Ma)。主要岩石类型有新生代的老第三纪玄武岩、中生代晚白垩世玄武粗安岩、中生代晚白垩世粗面英安岩和流纹岩和中生代早三叠世英安岩。岩石的主量元素丰度呈双峰分布, 从老到新, 火山岩主元素中 SiO₂ 的质量分数减少, Fe₂O₃、FeO、CaO、MgO、TiO₂、P₂O₅、MnO 的质量分数有所增加。新生代玄武岩可能源自亏损的软流圈地幔, 晚白垩世玄武粗安岩源自玄武质组分亏损和受到富集改造的岩石圈地幔, 晚白垩世及早三叠世长英质火山岩可能源自地壳组分的部分熔融。

参 考 文 献

- 1 大港油田石油地质志编辑委员会编. 中国石油地质志, 辽河油田, 卷三; 大港油田, 卷四; 华北油田, 卷五; 胜利油田, 卷六. 北京: 石油工业出版社, 1987.
- 2 陈国达. 陈国达地洼学说文选. 长沙: 中南工业大学出版社, 1986.
- 3 徐贵忠. 渤海裂谷中新世代火山岩特征及其地质意义. 岩石学报, 1986, 2(1): 72~81.
- 4 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.
- 5 LeBas M J, Streckeisen A L. The IUGS systematics of igneous rocks. *Journal of the Geological Society*, 1991, 148: 825~833.
- 6 邱家骥. 岩浆岩岩石学. 北京: 地质出版社, 1983.
- 7 Fan Weiming and Menzies M A. Destruction of aged lower lithosphere and Accretion of asthenosphere mantle beneath eastern China. *Geotectonic et Metallogenia*, 1992, 16(3): 3~4; 16(4): 171.
- 8 谷俐. 渤海地区中新世代火山岩微量元素、同位素地球化学及其源区特点. 湖南矿物岩石地球化学论丛, 1998.

Petrographic and Petrochemical Characteristics of the Mesozoic-Cenozoic Volcanic Rocks in Huanghua Basin

Gu Li Dai Tagen

(Institute of Geology, Central South University of Technology, Changsha, Hunan)

Fan Weiming

(Changsha Institute of Geotectonics, Chinese Academy of Sciences, Changsha, Hunan)

Abstract Based on data collected from typical boreholes and petrographic and petrochemical characteristics, combined with K-Ar dating, trace element geochemistry and isotopic composition of the Mesozoic-Cenozoic volcanic rocks in Huanghua basin of Bohai region, this paper has discussed geochemical features of these volcanic rocks. The rocks fall into four groups, namely Cenozoic basalt, Late Cretaceous basaltic trachyandesite, Late Cretaceous trachydacite and liparite, and Early Triassic dacite. The distribution of the abundances of major elements in Late Mesozoic shows a typical bimodal pattern. With the evolution of the volcanic rocks, the amount of SiO₂ decreased gradually, whereas the content of Fe₂O₃, FeO, CaO, MgO, TiO₂, P₂O₅ and MnO increases step by step. The Cenozoic basalt was derived from the asthenospheric mantle. The Late Cretaceous basaltic trachyandesite was derived from the enriched lithospheric mantle. In Late Cretaceous and Early Palaeogene, the felsic volcanic rocks might have been derived from fractional melting of the crust.

Key words Mesozoic-Cenozoic volcanic rocks petrochemistry Huanghua Basin