

文章编号: 1000-4734(2007)03-0440-05

胜利油田惠民凹陷辉绿岩中黑云母矿物化学

刘洪文^{1, 2, 3}, 黄智龙^{1*}, 申宝剑^{1, 2}(1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002;
2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 3. 胜利石油管理局 科研处, 山东 东营 257000)

摘要:黑云母是胜利油田惠民凹陷辉绿岩中的次要矿物, 以斑晶、基质和次生云母三种产状产出, 其中斑晶云母绝大部分已被绢云母、碳酸盐、石英和磁铁矿等替代。本文分析了基质和次生云母的化学成分, 发现两者的成分具有明显差别, 在云母分类命名图上, 前者投于富镁黑云母和镁铁黑云母之间, 后者落在富铁黑云母区域。基质云母化学成分判别本区辉绿岩主要属碱性系列、部分为钙碱性系列, 同时指示成岩过程中存在较明显的地壳物质混染作用和结晶分异作用。

关键词:辉绿岩; 黑云母; 矿物化学; 惠民凹陷

中图分类号: P578.959; P581 **文献标识码:** A

作者简介: 刘洪文, 男, 1966年生, 博士, 主要从事火山岩与油气关系研究。

黑云母是岩浆岩中最常见的铁镁矿物之一, 可用于成岩时代测定、划分岩石类型^[1-2]和确定岩石系列^[3-4], 对探讨岩浆起源^[5-8]、岩浆结晶分异作用^[9]、成岩物理化学条件^[10-11]、后期热液作用及成矿作用^[12-14]等具有重要的指示意义。辉绿岩是胜利油田新生代火成岩的重要组成部分, 作为重要的油气储层受到生产部门和科研单位的高度重视。前人对该区辉绿岩的研究主要集中在岩石类型、储层性质等方面^[15-19], 很少涉及其矿物学、地球化学、形成构造环境、地幔源区特征、岩浆演化以及在油气过程中的作用等方面的研究。本文对胜利油田惠民凹陷辉绿岩中的黑云母进行了较为系统的研究, 初步探讨了岩石系列、地幔源区特征和岩浆演化过程。

1 黑云母的产状及光性特征

刘洪文^[20]已对惠民凹陷辉绿岩地质特征进行了较详细介绍。黑云母是该区辉绿岩中常见的造岩矿物之一, 其含量一般小于5%, 具三种产出形式, 即斑晶、基质和次生云母。斑晶云母少见, 且绝大部分已被绢云母、碳酸盐、石英和磁铁矿等替代; 次生云母主要沿橄榄石、辉石等暗色矿物分布, 形态不规则(图1A、B)。基质云母呈自形, 长条状, 粒径在0.2 mm × 1 mm ~ 0.5 mm × 2 mm不等, 常与磷

灰石共生(图1C、D)。图1C中云母具有扭折现象, 这可能不是岩石受到后期压力所致, 因为其他云母颗粒和其他矿物都没有发现这种现象, 笔者认为可能是磨片造成。镜下见云母多色性明显: N_g 、 N_m 为黄棕色, N_p 为淡黄色。费氏台测定云母的(-)2V在5°~25°之间, 为富镁黑云母和镁铁黑云母。

2 化学成分

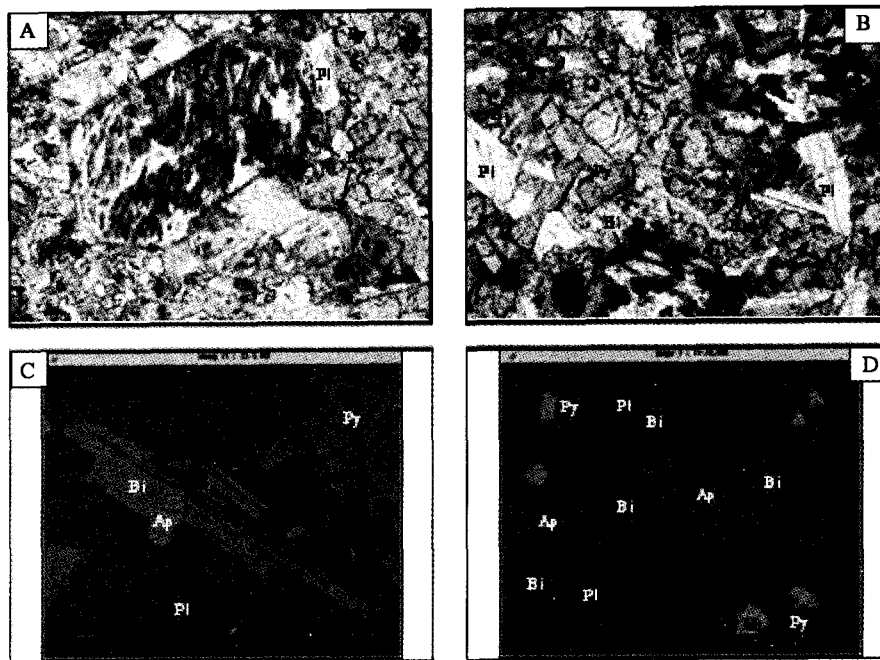
研究区辉绿岩中云母电子探针分析资料为见表1, 值得说明的是, 本次生工作是利用电子探针波谱分析, 分析结果体现不出OH的含量。本文采用林文蔚等^[21]提出的方法对探针分析得到的FeOt(全铁, 下同)进行了调整, 该方法主要特点是考虑了云母的晶体化学式, 同时避免了Fe₂O₃或FeO负值, 调整结果列于表1, 表中还列出以22个氧为基础计算的阳离子系数及部分参数。

从由表1中可见, 本区辉绿岩中次生云母与原生云母(基质)的各种氧化物的含量均有明显差异, 前者TiO₂和MgO明显低于后者, 而Al₂O₃和FeOt明显高于后者, 表明次生云母为后期蚀变形。基质云母中有两个测点(853-3-7和382-1-8)与其他测点的氧化物含量也有较大差别, 在MgO与FeOt、K₂O、TiO₂和Al₂O₃相关图上(图2), 这两个测点与其他测点明显不协调, 从其MgO相对较高、TiO₂相对较低、K₂O和Al₂O₃差异明显看, 可能与基质云母遭受不同程度的蚀变作用、其中氧化物发生重新分配有关。

收稿日期: 2007-06-06

基金项目: 中国科学院地球化学研究所领域前沿项目; 胜利油田科研项目

* 通讯作者, E-mail: huangzhilong@vip.gyig.ac.cn



A. 蚀变橄榄石晶斑边缘的次生云母,单偏光($\times 40$) B. 基质辉石边缘的次生云母,单偏光($\times 100$)
 C. 基质云母(电子探针照片) D. 与磷灰石共生的基质云母(电子探针照片)
 Ol-橄榄石, Py-辉石, Bi-云母, Pl-长石, Ap-磷灰石, Mt-磁铁矿

图 1 辉绿岩中的云母

Fig. 1. Biotite in diabase from the Huimin depression.

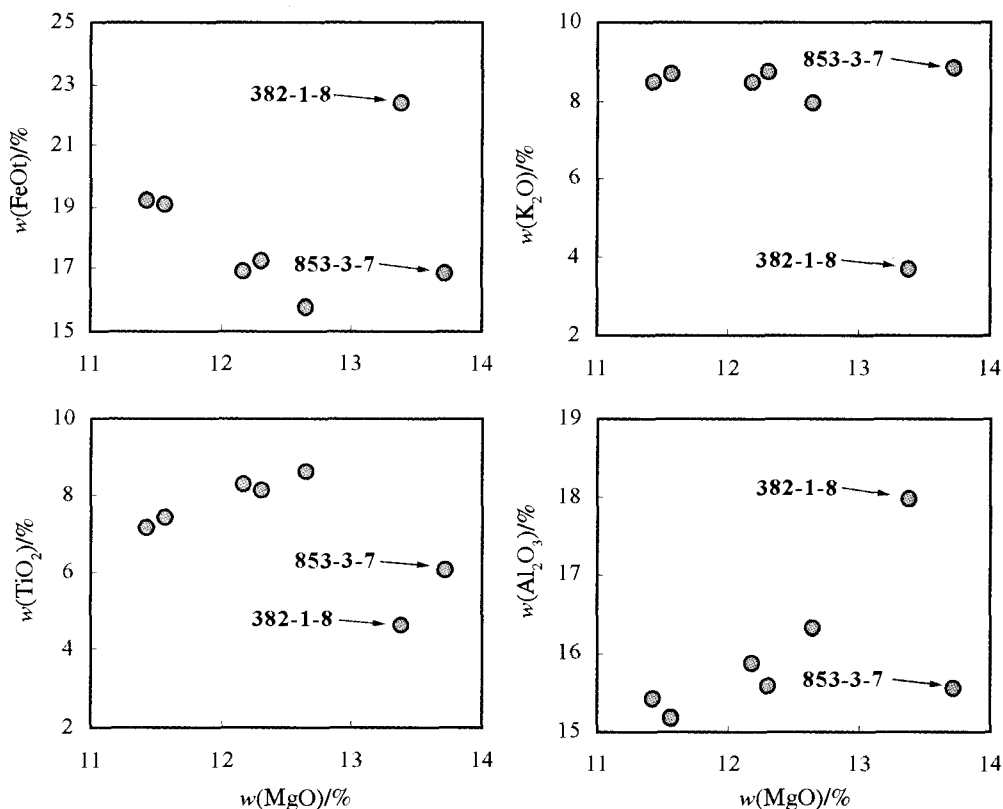


图 2 黑云母成分变异图(原始数据见表 1)

Fig. 2. Correlation diagram of major elements of biotite in diabase from the Huimin depression.

表1 惠民凹陷辉绿岩中云母电子探针分析结果

Table 1. Electron microprobe analyses of biotite in diabase from the Huimin depression

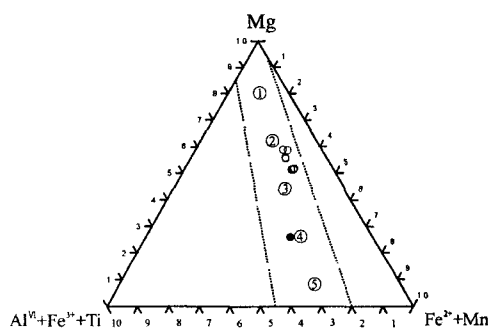
样品号	853-3-1	853-3-7	853-3-18	853-3-27	382-1-6	382-1-8	382-1-11	382-1-12
产状	基质	基质	基质	基质	基质	基质	基质	次生云母
SiO ₂	36.77	37.52	36.22	36.33	36.98	35.23	36.79	36.35
TiO ₂	8.12	6.08	8.57	8.26	7.16	4.59	7.39	0.80
Al ₂ O ₃	15.57	15.53	16.31	15.85	15.40	17.97	15.17	20.57
FeO _t	17.21	16.81	15.74	16.86	19.19	22.38	19.06	25.98
MnO	0.28	0.31	0.00	0.21	0.18	0.25	0.00	0.21
MgO	12.31	13.72	12.65	12.18	11.43	13.38	11.57	6.62
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00
Na ₂ O	0.64	0.74	1.62	0.91	1.13	0.61	1.20	0.00
K ₂ O	8.71	8.81	7.94	8.46	8.46	3.64	8.64	9.47
总量	99.61	99.52	99.05	99.06	99.93	100.00	99.82	100.00
以林文蔚等 ^[21] 的方法进行的铁调整结果								
Fe ₂ O ₃	5.95	5.23	5.45	5.82	5.88	7.17	5.66	5.80
FeO	11.86	12.11	10.83	11.63	13.90	15.93	13.96	20.76
以22个氧计算的阳离子系数								
Si	5.230	5.335	5.145	5.189	5.286	4.978	5.273	5.322
Ti ^{IV}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti ^{VI}	0.869	0.650	0.916	0.887	0.770	0.488	0.797	0.088
Al ^{IV}	2.611	2.603	2.731	2.669	2.595	2.993	2.563	2.678
Al ^{VI}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.872
Fe ^{3+(IV)}	0.160	0.062	0.123	0.141	0.119	0.029	0.164	0.000
Fe ^{3+(VI)}	0.477	0.498	0.460	0.488	0.513	0.733	0.446	0.639
Fe ²⁺	1.411	1.440	1.287	1.389	1.662	1.882	1.673	2.542
Mn	0.034	0.037	0.000	0.025	0.022	0.030	0.000	0.026
Mg	2.609	2.907	2.678	2.593	2.435	2.817	2.471	1.444
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.295	0.000	0.000
Na	0.177	0.204	0.446	0.252	0.313	0.167	0.333	0.000
K	1.580	1.598	1.439	1.542	1.543	0.656	1.580	1.769
TOTAL	15.156	15.335	15.225	15.173	15.258	15.069	15.301	15.380
有关参数								
MF	1.287	1.326	1.351	1.294	1.182	1.191	1.193	0.720
Z	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Y	5.400	5.533	5.340	5.379	5.402	5.950	5.387	5.611
X	1.757	1.802	1.885	1.794	1.856	1.118	1.913	1.769

注:由中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室电子探针室分析,其中测点 382-1-11 和 382-1-12 分别为具环带云母颗粒的中心和边缘;有关参数:MF = 2 × Mg / (Mg + Fe²⁺), Z = Si + Al^{IV} + Fe^{3+(IV)} + Ti^{IV}, Y = Al^{VI} + Fe^{3+(VI)} + Ti^{VI} + Fe²⁺ + Mn + Mg, X = Ca + Na + K.

在云母的 Mg - (Al^{VI} + Fe³⁺ + Ti) - (Fe²⁺ + Mn)分类图上(图3),本区辉绿岩中的基质云母落在富镁黑云母和镁铁黑云母之间,这与光性测定结果一致;次生云母落在富铁黑云母区域,与基质云母具有明显差别。基质云母的 MF 值在 1.182 ~ 1.351(表1),也主要在谢应雯和张玉泉^[23]划分的富镁黑云母和镁铁黑云母区。

3 讨论

前已述及,黑云母对确定岩石系列^[3-4]、探讨岩浆起源^[5-8]和岩浆结晶分异作用^[9]具有重要的指示意义。图4显示,研究区辉绿岩中基质黑云母主要投于高碱度区、部分投于正常碱度区,表明岩石主要属碱性系列、部分为钙碱性系列,这与岩石地球化学确定的岩石系列一致^[20]。在图5中,研究区



○ 基质云母 ● 次生云母
①金云母②富镁黑云母③镁铁黑云母④富铁黑云母⑤铁叶云母

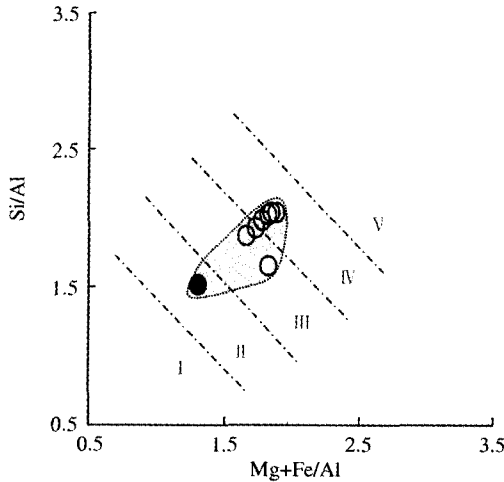
图3 云母的 Mg - (Al^{VI} + Fe³⁺ + Ti) - (Fe²⁺ + Mn) 分类命名图(据文献^[22])

Fig. 3. Mg - (Al^{VI} + Fe³⁺ + Ti) - (Fe²⁺ + Mn) classification and nomenclature diagram of biotite.

辉绿岩中基质黑云母全部落入幔壳混源区,暗示岩石来源于受地壳物质混合(或地壳流体交代)的地幔源区或岩浆上升过程中存在地壳物质混染,本区辉绿岩相对富含高场强元素(尤其是 Nb)以及相对

高⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始比值、低¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 初始比值(作者未发表资料),也证实其岩浆过程中存在较明显的地壳物质混染作用。

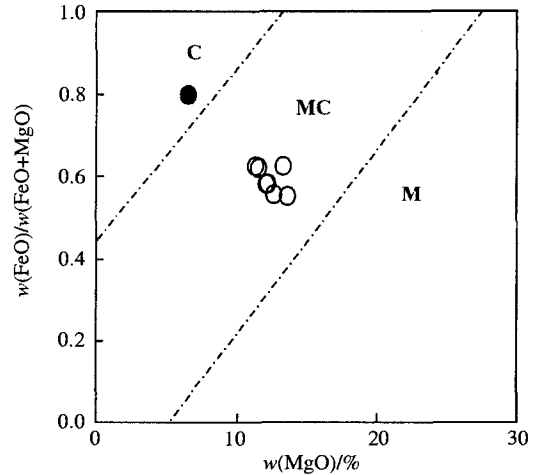
除去次生云母和受蚀变影响的测点(853-3-7



○ 基质云母 ● 次生云母
I—II. 低碱度区 III. 正常碱度区 IV—V. 高碱度区

图 4 云母成分确定岩石碱度图(据文献[23])

Fig. 4. Diagram to distinguish the alkalinity of the rock in terms of the composition of biotite.



○ 基质云母 ● 次生云母
M-幔源 MC-幔壳混源 C-壳源;

图 5 云母的 FeO_i/(FeO_i + MgO)-MgO 图(据文献[23])

Fig. 5. FeO_i/(FeO_i + MgO)-MgO diagram of biotite.

和 382-1-8), 余下测点成分相关分析结果表明, 本区辉绿岩中黑云母的大部分阳离子之间具有很好的相关性, 对应的线性方程及相关系数(R²)为:

线性方程: 相关系数(R²):

Si = -1.0146 × Ti + 6.1485	0.9265
Si = -1.0856 × Al + 8.3059	0.9140
Si = +3.0349 × Fe - 13.7530	0.9489
Si = -1.6213 Mg + 11.0280	0.8830
Ti = +0.9260 Al + 1.8487	0.7388
Ti = -2.9070 Fe + 4.5672	0.9672
Ti = +1.6126 Mg + 1.1900	0.9705
Al = -2.5129 Fe + 8.7210	0.8389
Al = +1.2786 Mg - 0.8107	0.7083
Al = -0.7677 K + 3.5587	0.7817
Fe = -0.5464 Mg + 3.7060	0.9733

黑云母中阳离子之间具有线性关系是岩浆结晶分异作用的重要证据之一, 暗示岩浆结晶分异作用在本区辉绿岩成岩过程中具有重要作用。值得注意的是, 黑云母除 K 与 Al 之间存在一定相关性

外(相关系数 R²为 0.7817), K 与其他离子之间的相关性都不太明显, 表明本区辉绿岩岩浆演化过程中 K 变化不太明显。

4 结 论

(1) 胜利油田惠民凹陷辉绿岩中的基质云母和次生云母化学成分具有明显差别, 在云母分类命名图上, 前者投于富镁黑云母和镁铁黑云母之间, 后者落在富铁黑云母区域。

(2) 基质云母化学成分判别研究区辉绿岩主要属碱性系列、部分为钙碱性系列, 同时指示成岩过程中存在较明显的地壳物质混染作用和结晶分异作用。

致谢: 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室周国富副研究员和郑文勤工程师帮助完成了电子探针分析, 参加野外地质工作的还有中国科学院广州地球化学研究所的林治家博士, 野外采样过程中得到胜利油田临盘采油厂领导和同行的大力支持和帮助, 在此表示感谢!

参 考 文 献:

- [1] Rock N M S. *Lamprophyres* [M]. Glasgow: Blackie, 1990.
- [2] 黄智龙, 王联魁. 云南老王寨金矿煌斑岩中云母的矿物化学 [J]. 矿物学报, 1997, 17(1): 63-70.

- [3] Abdel-Rahman A M. Nature of biotites from alkaline, Calc-alkaline, and peraluminous magmas[J]. *J Petro1*, 1994, 35: 525-541.
- [4] 谢应雯, 张玉泉. 哀牢山-金沙江裂谷系岩石中镁铁云母成分特征及其岩石学意义[J]. *矿物学报*, 1995, 15(1): 82-87.
- [5] 周作侠. 侵入岩的镁铁云母化学成分特征及其地质意义[J]. *岩石学报*, 1988, (3): 63-73.
- [6] 谢应雯, 梁华英, 张玉泉. 藏东及邻区钾玄岩系岩石云母特征及其岩石学意义[J]. *岩石学报*, 2002, 18(2): 205-211.
- [7] 赖绍聪, 伊海生, 刘池阳, O'Reilly S Y. 青藏高原北羌塘新生代火山岩黑云母地球化学及其岩石学意义[J]. *自然科学进展*, 2002, 12(3): 311-314.
- [8] Jiang Y-H, Jiang S-Y, Ling H-F, Zhou X-R, Rui X-J, Yang W-Z. Petrology and geochemistry of shoshonitic plutons from the western Kunlun orogenic belt, Xinjiang, northwestern China: implication for granitoid geneses[J]. *Lithos*, 2002, 63: 165-187.
- [9] Finch A A, Parsons I, Mingard S C. Biotites as indicators of fluorine fugacities in late stage magmatic fluids: the Gardar province of south Greenland [J]. *J Petro1*, 1995, 36: 1701-1728.
- [10] Fonarev V I, Konilov A N. Experimental study of Fe-Mg distribution between biotite and orthopyroxene at $p = 490\text{MPa}$ [J]. *Contrib Mineral Petrol*, 1986, 93: 287-235.
- [11] 吴春明, 潘裕生, 王凯怡. 黑云母-斜方辉石温度计的重新标度及其应用[J]. *岩石学报*, 1999, 15(3): 463-468.
- [12] Loferski P J, Ayuso R A. Petrography and mineral chemistry of the composite Deboullie pluton, northern Maine, U. S. A: implications for the genesis of Cu-Mo mineralization[J]. *Chem Geol*, 1995, 123: 89-105.
- [13] Selby D, Nesbitt B E. Chemical composition of biotite from the Casino porphyry Cu-Au-Mo mineralization, Yukon, Canada: evolution of magmatic and hydrothermal fluid chemistry[J]. *Chem Geol*, 2000, 171: 77-93.
- [14] Zhao K-D, Jiang S-Y, Jiang Y-H, Wang R-C. Mineral chemistry of the Qitianling granitoid and the Furong tin ore deposit in Hunan Province, South China: implication for the genesis of granite and related tin mineralization[J]. *Eur J Mineral*, 2005, 17: 635-664.
- [15] 康仁华, 刘魁元. 罗家地区下第三系辉绿岩建造及成藏特征 [J]. *特种油气藏*, 2000, 7(2): 8-10.
- [16] 李树芳, 潘懋. 胜利油田辉绿岩储层的伤害机理研究 [J]. *石油实验地质*, 2002, 24(3): 423-426.
- [17] 宋建勇, 吴时国, 蒲玉国, 刘元. 东营凹陷纯西地区辉绿岩岩体的相带识别 [J]. *石油勘探与开发*, 2004, 31(4): 40-43.
- [18] 王峰, 曾庆辉, 刘德汉, 肖贤明, 田辉, 申家贵, 甘华军. 临邑凹陷辉绿岩中石油包裹体形成条件与油气成藏研究 [J]. *地球化学*, 2006, 35(3): 285-294.
- [19] 万从礼, 金强, 李继红, 赵勇. 东营凹陷纯西辉绿岩-变质岩组合油藏成藏机制 [J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2006, 36(1): 115-118.
- [20] 刘洪文. 胜利油田惠民凹陷辉绿岩地球化学及成因 [D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2006.
- [21] 林文蔚, 彭丽君. 由电子探针分析数据估算角闪石、黑云母中的 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} [J]. *长春地质学院学报*, 1994, 24(2): 155-162.
- [22] Foster M D. Interpretation of the composition of trioctahedral micas [J]. *US Geol Sur Prof Paper*, 1960, 354-B: 1-49.
- [23] 谢应雯, 张玉泉. 横断山不同成因类型花岗岩类岩石中黑云母的标型特征 [J]. *矿物学报*, 1987, 7(3): 245-254.

MINERAL CHEMISTRY OF BIOTITE IN DIABASE FROM THE HUIMIN DEPRESSION IN THE SHENGLI OILFIELD, SHANDONG PROVINCE, CHINA

LIU Hong-wen^{1, 2, 3}, HUANG Zhi-long¹, SHEN Bao-jian^{1, 2}

(1. *The State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;*

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. Department of Science and Technology of Shengli Petroleum Administrative Bureau, Dongying 257000, China)

Abstract: Biotite is a minor mineral of diabase from the Huimin depression in the Shengli oilfield, Shandong Province, China and can be divided into three occurrences, namely phenocryst, matrix and secondary mica. Most of the mica phenocrysts have been replaced by sericite, carbonate, quartz, magnet, etc. This paper mainly analyzed the chemical composition of the matrix and secondary micas and pointed out that both micas show obvious differences as seen in the figure of classification and nomenclature, the former plot between eastonite and svitalskite and the latter plot in the ferri-biotite region. In the light of the chemical composition of matrix mica, the diabase in this area belongs mainly to alkaline series and some samples belong to calc-alkaline series. Moreover, the chemical composition of matrix mica indicate obvious contamination by crustal materials and crystallization fractionation in the diagenesis process of diabase.

Key words: diabase; biotite; mineral chemistry; Huimin depression