

文章编号:1672-9854(2010)-03-0074-05

# 三塘湖盆地牛东石炭系火山岩 示顶底构造特征、成因及地质意义

郭沫贞<sup>1</sup>, 文川江<sup>2</sup>, 苑国辉<sup>3</sup>, 司学强<sup>1</sup>, 朱国华<sup>1</sup>, 王鑫<sup>1</sup>

(1 中国石油杭州地质研究院; 2 中国石油吐哈油田公司勘探开发研究院)

(3 中国石油华北油田公司第二采油厂)



郭沫贞

**摘要** 三塘湖盆地牛东区块石炭系卡拉岗组火山岩中发育的示顶底构造, 类同于碳酸盐岩发育的示顶底构造。该火山岩中的示顶底构造主要发育于火山岩的气孔及自碎缝中, 其下部主要为渗透泥沉积, 上部常为结晶的钠沸石或其它自生矿物, 二者之间界面平直。同时在火山岩示顶底构造发育部位杏仁体常具溶蚀特征。分析表明, 火山岩中示顶底构造的特征及成因与渗流带的淋滤作用有关。示顶底构造发育部位杏仁体溶蚀孔的发育及气孔中未完全充填的剩余孔隙极大地改善了火山岩的储集性能。火山岩中示顶底构造的发现对火山岩岩层的顶底识别、火山岩岩相的划分及油气勘探具有重要的意义。

**关键词** 三塘湖盆地; 石炭系; 火山岩; 示顶底构造; 构造特征; 构造成因

**中图分类号**: TE112.222

**文献标识码**: A

**郭沫贞** 1974年生, 高级工程师, 2000年获石油大学(北京)硕士学位。通讯地址: 310023 浙江省杭州市西溪路920号; 电话: (0571)85224951

## 1 概况

示顶底构造, 亦称示底构造, 主要指岩石中能够指示岩层顶底方向的任何内部构造或组构<sup>[1-3]</sup>。目前, 有关示顶底构造的特征、成因及其研究意义主要限于碳酸盐岩和碎屑岩中, 被广泛用于判断岩层的上、下界面、水流方向、沉积及成岩环境等<sup>[1-14]</sup>。而对火山岩中发育的示顶底构造研究较少, 仅有个别学者有所发现<sup>[15]</sup>, 但其成因、与火山岩孔储集空间关系及其地质意义尚未论述。近期我们在研究工作中发现, 火山岩中示顶底构造发育部位常伴有杏仁体自生矿物的溶蚀, 可形成溶蚀孔, 同时火山岩中示顶底构造的存在对火山岩相的识别及油气勘探也有重要的意义。三塘湖盆地牛东区块石炭系卡拉岗组火山岩油藏, 在火山岩的气孔及自碎缝中就发育有示顶底构造, 示顶底构造发育部位的自生矿物常发生溶蚀, 这些溶蚀孔及气孔中未完全充填的剩余孔隙极大地改善了火山岩油藏的储集性能, 同时示顶底构造常发育

在火山喷发旋回的上部, 这对火山岩相的划分也具有指导意义。通过对示顶底构造发育部位的Nd9-10井射孔开采, 初期日产油为25.53 t。因此, 研究火山岩示顶底构造对火山岩油气藏的岩相研究及油气勘探有重要意义。

牛东区块石炭系卡拉岗组火山岩油藏位于三塘湖盆地中央拗陷带条山凸起前缘的牛东构造带上(图1), 区内沉积有中生界及古生界地层。其中侏罗系、三叠系、二叠系、石炭系等大套地层之间均为不整合接触。区内二叠系及石炭系发育火山岩, 特别是石炭系。石炭系埋深在1 250 m以下, 地层厚度在200~1 200 m之间, 岩性主要以安山岩、玄武岩、火山角砾岩和凝灰岩为主。储集空间类型可分为两大类: 一类为孔洞类, 其主要类型有钠沸石未完全充填或溶蚀扩大的气孔和杏仁体溶蚀孔; 一类为裂缝类, 主要为未被钠沸石及绿泥石完全充填和溶蚀扩大的火山岩自碎缝、收缩缝、构造缝、缝内及杏仁体内充填物的收缩缝<sup>[16-17]</sup>。

收稿日期: 2010-01-11

火山岩储层岩心分析孔隙度平均为 9%, 多为 5%~15%, 渗透率平均为  $0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 为低孔低渗型储层。

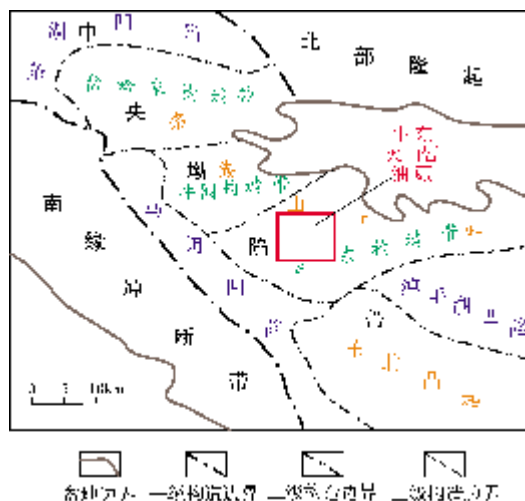


图 1 三塘湖盆地牛东石炭系火山岩油藏地理位置

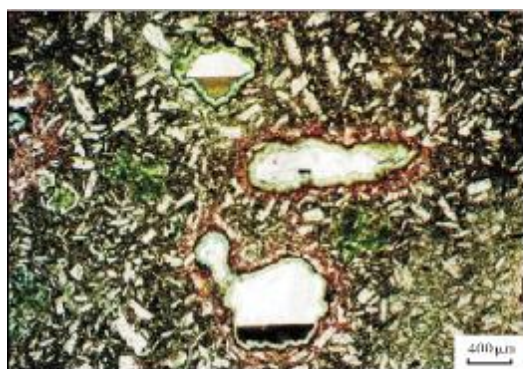
## 2 火山岩示顶底构造特征

### 2.1 主要发育于自碎缝及气孔中

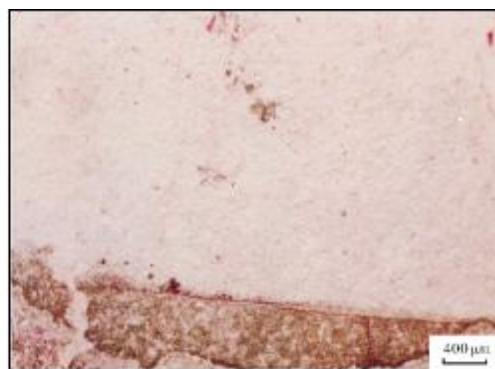
目前发现的示顶底构造主要发育于安山岩中, 示顶底构造多发育于安山岩中较大(气孔直径 $>0.5\text{mm}$ )的气孔中(图 2a, 2b), 以及自碎安山岩的自碎缝中(图 2c)。

### 2.2 具有明显双层充填

双层充填特征, 表现在气孔或自碎缝的下部为渗滤泥充填(图 2a—2c), 色较暗, 以深灰色、暗褐色为主, 有的渗滤泥已转变为沸石(图 2a)。上部充填的多为钠沸石及其它自生矿物, 部分半充填, 常形成剩余原生孔及结晶矿物的晶间孔(图 2b, 2c)。充填物色浅, 以白色为主, 较纯净(图 2a—2c)。二者界面平直, 且同一岩层中各个气孔的类似界面都相互平行(图 2a)。



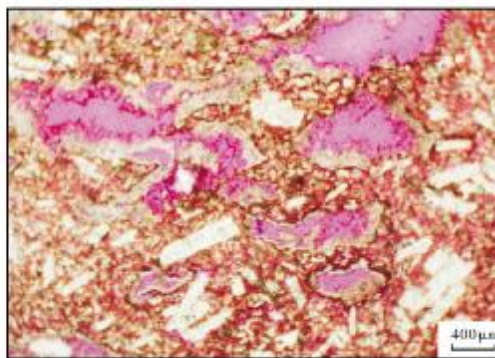
(a) 安山岩。气孔中的示顶底构造, 气孔下部为渗滤泥, 上部为钠沸石。Ma19井, 1548.77m。铸体片, 单偏光



(b) 杏仁状安山岩。气孔中的示顶底构造。Nd9-10井, 1549.48m。铸体片, 单偏光



(c) 自碎角砾状安山岩。自碎缝中的示顶底构造。Ma24井, 1572.75m。铸体片, 单偏光



(d) 杏仁状安山岩。残余气孔发育和基质微孔。Nd9-10井, 1553.14 m。铸体片, 单偏光

图 2 三塘湖盆地牛东石炭系火山岩示顶底安山岩构造特征

### 2.3 发育部位杏仁体具溶蚀特征

通过对示顶底构造发育部位火山岩储集空间类型镜下鉴定分析,示顶底构造发育部位,杏仁体往往具溶蚀特征及杏仁体半充填特征(图 2d)。图 3 为三塘湖盆地牛东区块石炭系卡拉岗组火山岩油藏一口系统取心井的孔隙类型分布图,从中可以看出,示顶底构造发育部位,火山岩杏仁体具明显溶蚀特征,同时有些杏仁体未完全充填,存在残余气孔及结晶矿物的晶间孔。镜下可见溶蚀孔和残余气孔的面孔率一般大于 0.2%,岩心分析孔隙度以大于 7%为主,渗透率大于  $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  为主。示顶底构造发育部位的下部安山岩及距示顶底构造顶部约 8 m 处发育的玄武岩,其孔隙度以小于 6%为主,渗透率以小于  $0.05 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  为主,其孔隙类型主要以镜下可见的基质微孔为主。直接上覆于示顶底构造上部的凝灰

岩,其岩心分析孔隙度虽以大于 9%为主,但其渗透率以小于  $0.05 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  为主。其孔隙度高而渗透率低的主要原因在于其孔隙类型主要以镜下可见的微孔为主,其镜下微孔面孔率可达 0.5%以上,极其发育的微孔使得分析孔隙度较高,但渗透率偏低。示顶底构造发育部位孔隙类型以杏仁体溶蚀孔及部分充填的气孔为主,其储集性质优于示顶底构造不发育的其它火山岩,示顶底构造不发育部位的孔隙类型以微孔为主,不发育溶蚀孔。

### 3 火山岩示顶底构造成因分析

火山岩中的示顶底构造与碳酸盐岩中的示顶底构造有相似性,但也有差异。碳酸盐岩中示顶底构造首先受沉积环境控制,形成鸟眼孔隙、生物体腔和洞穴等孔隙,其次在成岩期的风化淋滤作用及结晶作用下才能形成<sup>[10-13]</sup>。相对碳酸盐岩中的示顶底构造,

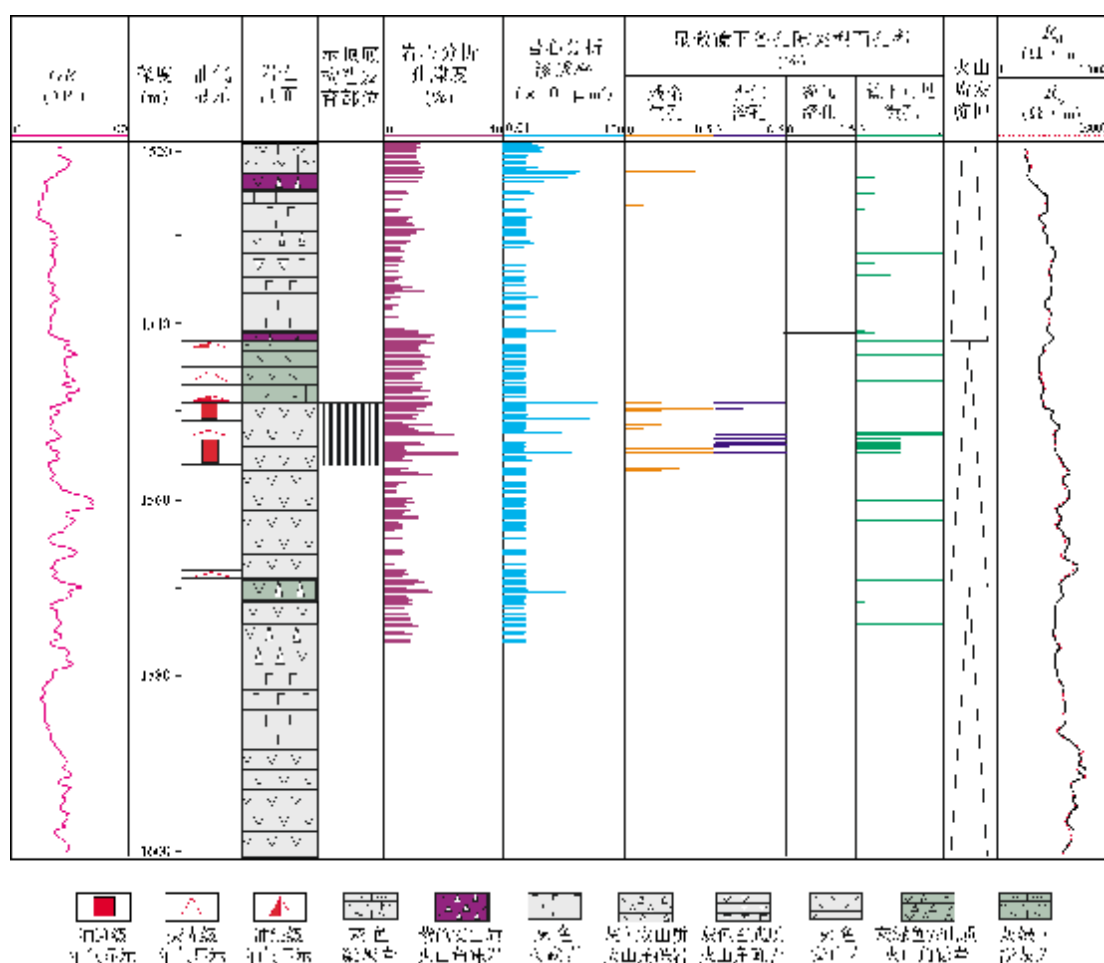


图 3 三塘湖盆地牛东区块 Nd9-10 井火山岩示顶底构造发育部位孔隙类型分布图



火山岩中示顶底构造的形成,明显受气孔发育带控制。熔岩层的气孔一般形成于熔岩层的顶部或底部,因岩浆喷出地表后,在冷却过程中,尚未逸出的气体上升汇集于岩流顶部,冷却后而成为残留孔隙<sup>[3,18-19]</sup>。而气孔中示顶底构造的形成与碳酸盐岩中示顶底构造成因相似。火山岩气孔及自碎缝中两种不同的充填物也代表两个不同时期的充填作用,其界面上、下的充填物不同,其成因也不一样。下部的渗滤泥充填物是上覆地层遭受淋滤作用时,由淋滤水携带的渗滤泥沉淀而形成,属于机械沉积形成;而上部的结晶钠沸石及其它自生矿物则晚于下部渗滤泥的沉积,是孔隙溶液沉淀结晶的产物。此外,火山岩中示顶底构造中的双层特征,不同于熔岩沿下伏地层流动,造成火山岩斑晶与基质呈平行状态分布的双层结构<sup>[20]</sup>,其成因主要为岩浆沿下伏水平地层流动而形成,其形成基本为同一时期。

通过对火山岩中示顶底构造发育程度与火山岩喷发旋回的关系分析,发现二者有密切关系。示顶底构造一般发育在火山喷发旋回的中上部(图3),而在火山喷发旋回的底部很少发育。这说明示顶底构造的发育与渗滤带淋滤作用有密切关系。岩性剖面也表明,在示顶底构造发育的上部,常发育一套棕色、褐色及紫色凝灰岩或火山灰层,表明在火山岩形成后,存在火山喷发间断期,期间形成具有沉积特征的凝灰岩及火山灰层。这一剖面岩性变化表明在示顶底构造发育上部曾有风化淋滤带存在。

通过镜下对成岩矿物的接触关系、结晶矿物特征、矿物析出先后顺序及溶蚀特征分析,在渗滤带淋滤作用下,在气孔下部沉淀了淋滤水携带的泥质,形成示顶底构造下部的沉积。随着后期火山喷发及后期的成岩作用,成岩环境以碱性为主,在气孔的上部析出富含碱性矿物成份的钠沸石等自生矿物,形成示顶构造的双层结构。示顶底构造双层结构形成后,在后期构造等成岩作用下,成岩环境水介质由碱性环境转化为酸性环境,在此环境下,先期形成的富含碱性矿物的钠沸石等自生矿物发生溶蚀<sup>[21]</sup>,形成溶蚀孔。

#### 4 火山岩示顶底构造的地质意义

火山岩中示顶底构造的地质意义同碳酸盐岩中的示顶底构造相同,一方面因其上、下填充物分别代

表了沉积作用与胶结作用,二者之间的平直界面代表沉淀时的沉积界面,与水平面是平行的。因此,根据这一充填孔隙构造,可以判断岩层的顶底。另一方面,火山岩示顶底构造下部沉积的渗滤泥因其是上覆地层遭受淋滤作用时由淋滤水沉淀而形成的,故可以认为示顶底构造发育部位应处于火山喷发旋回的上部,有一段时间受到地表水的淋滤作用,这对火山岩相的划分也具有指导意义。此外,火山岩中示顶底构造发育部位常具气孔部分充填及杏仁体溶蚀特征,所形成的杏仁溶蚀孔及剩余原生孔,大大改善了火山岩的储集性能。三塘湖盆地牛东火山岩油藏,其储集空间除裂缝、气孔外,有很大一部分储集空间为与示顶底构造相伴的杏仁体溶孔及结晶矿物未完全充填形成的剩余原生孔<sup>[16-17]</sup>(图2d,图3)。通过对Nd9-10井示顶底构造发育井段的射孔开采,其初期日产油为25.53 t,示顶底构造发育部位的杏仁体溶蚀孔、未完全充填的剩余原生孔成了重要的储集空间。由此可见,火山岩中的示顶底构造具有重要的地质意义及油气勘探意义。

#### 5 结 论

火山岩中的示顶底构造,其特征类似于碳酸盐岩中的示顶底构造,火山岩中的示顶底构造常发育在火山岩的气孔及自碎缝中。其下部常为暗色的渗滤泥沉积,上部为浅色的结晶钠沸石或其它自生矿物沉积,二者界面平行。与示顶底构造发育部位相伴的杏仁溶蚀孔及剩余原生孔,成为火山岩的一种重要储集空间。火山岩中示顶底构造的存在,对火山岩岩层的顶底识别、火山岩岩相的划分及油气勘探具有重要的意义。目前对它的成因、特征研究只限于局部地区,对它的发育规模、空间展布规律,以及它的形成条件尚有待进一步分析研究。

#### 参 考 文 献

- [1] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社,1993.
- [2] 科林森 J D, 汤普森 D B, 著. 付泽明, 李惠生, 陈钟惠, 等, 译. 沉积构造[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [3] 翟淳. 岩石学简明教程[M]. 北京:地质出版社,1987.
- [4] Ahmet Ayhan, Suayip Küpeli, Amstutz G C. Pyrite occurrences next to the Attepe iron deposits, Feke-Adana, Turkey[J]. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 1992, 114: 65-74.
- [5] Osborne R A L. Palaeokarst deposits at Jenolan caves, New

- South Wales[J]. Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales, 1991,123(3-4):59-73.
- [6] Arthur H, Saller K Y. Dolomitization and porosity development in the middle and upper Wabamun Group, Southeast Peace River Arch, Alberta, Canada[J]. AAPG Bulletin, 1994, 78(9): 1406-1430.
- [7] Arthur H, Saller K Y. Differential compaction and basinward tilting of the prograding Capitan reef complex, Permian, West Texas and Southeast New Mexico, USA[J]. Sedimentary Geology, 1996, 101(1): 21-30.
- [8] Krainer K. Anthracoporella mounds in the late Carboniferous Auernig Group, Carnic Alps (Austria)[J]. Facies, 1995, 33(1): 195-214.
- [9] Wani R. Reworked ammonoids and their taphonomic implications in the upper Cretaceous of Northwestern Hokkaido, Japan[J]. Cretaceous Research, 2001, 22(5):615-625.
- [10] 王瑞华, 牟传龙, 谭钦银, 等. 达县—宣汉地区长兴组礁滩白云岩成岩作用与成岩环境研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2006, 26(1):1-7.
- [11] 张荫本. 碳酸岩中的鸟眼构造[J]. 地球化学, 1980, 9(1): 91-95.
- [12] 薛耀松, 唐天福, 俞从流. 鸟眼构造的成因及其环境意义[J]. 沉积学报, 1984, 2(1):85-95.
- [13] 叶德胜, 王恕一. 碳酸盐中的鸟眼构造及其环境意义[J]. 岩相古地理, 1989, 42(4):36-43.
- [14] 塘兰, 丘光达. 桂林上泥盆统融县组灰岩中的鸟眼构造[J]. 中国岩溶, 2000, 19(3):224-231.
- [15] Barnes E M, Anderson R G. Mineralogy of amygdaloidal mafic flow rocks of the Endako Group in the Kenney Dam Area, Northeastern Nechako River Map Area, Central British Columbia[J]. Geological Survey of Canada, 1999: 9-20.
- [16] 郭沫贞, 朱国华. 三塘湖盆地石炭系火山岩油藏储集空间特征与成因机理[J]. 吐哈油气, 2008, 13(3):230-233.
- [17] 刘俊田, 刘媛萍, 郭沫贞, 等. 三塘湖盆地牛东地区石炭系火山岩相储层特征及其成因机理[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(2):64-69.
- [18] 管守锐, 赵徵林. 岩浆岩及变质岩简明教程[M]. 北京: 石油大学出版社, 1991.
- [19] 田海芹, 马玉新, 于文芹, 等. 山东昌乐—临朐火山岩孔隙系统研究[J]. 岩石学报, 2000, 16(2):174-182.
- [20] Karmarkar B M, Kulkarni S R, Marathe S S, et al. Giant phenocryst basalts in the deccan trap[J]. Bulletin of Volcanology, 1971, 35(4):965-974.
- [21] 文玲. 靖安油田延长组低孔低渗储层的扫描电镜研究[J]. 电子显微学报, 2003, 22(4): 352-357.

编辑:金顺爱

## Features, Origin and Geological Significance of Geopetal Structures in Carboniferous Volcanic Rocks in Niudong Block, Santanghu Basin

Guo Mozhen, Wen Chuanjiang, Yuan Guohui, Si Xueqiang,  
Zhu Guohua, Wang Xin

**Abstract:** Features of geopetal structures in Carboniferous Kalagang volcanic rock that develops at Niudong Block in Santanghu Basin are similar to common structures of carbonate rock. The geopetal structures in the Kalagang volcanic rock commonly develop in vesicles and autoclosed fractures. In geopetal structures, the filling of vesicles and autoclosed fractures has two parts that the percolating mud is usually under the interface and the crystal natrolite and other authigenic minerals are mostly on the top. The interface between both is parallel. In addition, the dissolution of amygdaloidal is often accompanied with the geopetal structures. Analysis has shown that the features of geopetal structures and the dissolutions of amygdaloidal nearby geopetal structures are relative in origin with the eluviation of leached zone. The dissolutions of amygdaloidal accompanying with geopetal structures and the remainder vesicles in which authigenic minerals are not full greatly improve reservoir capability of the volcanic rock. Discover of geopetal structures in the volcanic rock has a great geological significance in identifying the top and the bottom of volcanic formation and the classification of volcanic facies as well as petroleum exploration.

**Key words:** Carboniferous; Volcanic rock, Geopetal structure, Structure feature; Structure origin; Santanghu Basin  
Guo Mozhen: male, Senior Geologist. Add: PetroChina Hangzhou Institute of Geology, 920 Xixi Rd. Hangzhou 310023 China