

# 松辽盆地白垩系营城组 流纹岩中石泡构造类型、特征及成因

王加强<sup>1,2</sup>, 刘万洙<sup>1</sup>, 杨双玲<sup>2</sup>, 王璞珺<sup>1</sup>, 许中杰<sup>1</sup>

1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061

2. 大庆油田 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712

**摘要:** 通过大比例尺平面地质填图、剖面测量和显微组构分析, 九台营城煤矿区流纹岩中石泡构造发育。根据成因、产状、宏观形态和显微特征, 石泡构造可分为3类: 膨润土中的独立石泡、层状流纹岩表面贴附的石泡和块状流纹岩内部的石泡。独立石泡大小不等, 直径由几厘米至几十厘米, 表面似葡萄状, 平面上呈环带状分布于珍珠岩四周蚀变膨润土中, 为富含挥发物质的岩浆遇水淬碎成球体, 经结晶分异作用形成。层状流纹岩表面贴附的石泡, 直径由几毫米至几厘米, 表面形态与独立石泡相似, 平面上呈环带状分布于独立石泡带外侧, 形成机理与独立石泡相似, 由于遇水量减少和岩浆喷发强度增大形成差别。块状流纹岩内部的石泡, 直径由几毫米至几厘米, 内部具多圈层结构, 为含气液混合物的岩浆, 气体逸出, 液体中的矿物成分随温度下降, 由外至内依次结晶形成。3类石泡赋存于喷溢相上部亚相, 形成机理为等容降温、冷凝收缩。

**关键词:** 松辽盆地; 营城组; 流纹岩; 石泡构造

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

文章编号: 1671-5888(2007)06-1266-06

## Types, Characteristics and Genesis of Lithophysa in Rhyolite of Yingcheng Formation, Songliao Basin

WANG Jia-qiang<sup>1,2</sup>, LIU Wan-zhu<sup>1</sup>, YANG Shuang-ling<sup>2</sup>, WANG Pu-jun<sup>1</sup>, XU Zhong-jie<sup>1</sup>

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

2. Daqing Exploration & Development Institute, Daqing, Heilongjiang 163712, China

**Abstract:** Large scale planar geological mapping, profiling survey and microfabric analyses proved that lithophysa structure was developed in rhyolite in Yingcheng coal mine area, Jiutai City. According to the genesis, occurrence, macro shape and microscopical characteristics, lithophysa was divided into three types: the independent lithophysa in bentonite, surface mounted lithophysa on stratiform rhyolite and interior lithophysa in the massive rhyolite. The diameter range of independent lithophysa is from a few centimeters to tens centimeters. Independent lithophysa is grape-like. Independent lithophysa distributed within the bentonite which altered from perlite. The crystallization differentiation of spheres which were formed by magma quenching into water generated the independent lithophysa. The diameter range of surface mounted lithophysa is from a few millimeters to a few centimeters. Surface mounted

收稿日期: 2007-06-19

基金项目: 国家“973”项目(2006CB701403)

作者简介: 王加强(1977-), 男, 黑龙江伊春人, 硕士研究生, 主要从事油气储层研究, Tel: 0459-5091082, E-mail: wangjiaqiang1992@sina.com

通讯联系人: 刘万洙(1950-), 男, 吉林珲春人, 副教授, 主要从事油气地质勘查和盆地火山岩研究, E-mail: lwz1950@163.com.

lithophysa is grape-like too. The surface mounted lithophysa distributed around the outer layer of the independent lithophysa in plane. Genesis mechanism of surface mounted lithophysa is the same as independent lithophysa. The diameter range of interior lithophysa is from a few millimeters to a few centimeters. Multi-rings structure was developed in the interior lithophysa. The mineral crystallization fractionation of gas-enriched magma from surface to inner releasing gas generated the interior lithophysa. These three types of lithophysa distribute in upper subfacies of effusive facies. The forming condition is condensing shrinkage in fixed volume.

**Key words:** Songliao Basin; Yingcheng Formation; rhyolite; lithophysa

### 0 引言

石泡构造是酸性熔岩的表面由于凝固时气体逸出, 等容降温、冷凝收缩而形成的圆球体。其内部由同心层状空腔和具球粒结构的结晶层相间排列构成, 结晶层常为放射状纤维钾长石或长英质; 空腔后期常被微细的次生石英、玉髓等矿物充填<sup>[1,2]</sup>。

石泡常见于玻璃质熔岩中, 产出于溢出酸性熔岩流的表层和火山通道管壁附近。石泡构造产出的地质环境中, 含有大量的挥发物质, 表明挥发物质的存在是石泡构造形成的必要条件。

对石泡体本身的岩浆成分和成因, 虽然有过一些报导, 但是, 目前尚未获得令人满意的解释。通常认为石泡熔岩的石泡体和胶结熔浆两部分由相似的矿物组成, 应是同源岩浆的产物; 石泡体与胶结熔浆相比较, 具有较高的 SiO<sub>2</sub> 和较低的 TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO 值, 化学成分的差异表明, 形成石泡体的熔浆是经过分异的。石泡体内部的结构分带及氧化外壳的存在, 说明它形成于冷接触环境<sup>[3]</sup>。

九台营城煤矿区营城组流纹岩中石泡构造发育, 并且规模较大, 分布上具有一定的规律性; 除了常规成因, 还掺杂特殊因素, 形成了与常规有所差别的石泡构造。

区内流纹岩中的石泡类型多样, 不同类型石泡的结构、产状、成因以及对油气储层贡献不同。本文重点对其产出位置、形态特征和内部结构进行了描述, 寻找分布规律, 并对其成因进行探讨, 为进一步丰富和完善此种火山岩的研究提供一些基础资料。

### 1 流纹岩中石泡分布及特征

九台营城煤矿区位于松辽盆地东南隆起区, 区内火山岩层段主要为白垩系营一段。岩性主要为珍珠岩、流纹岩、角砾熔岩、熔结角砾岩和凝灰岩等。按王璞珺等对火山岩相的分类<sup>[4]</sup>, 本区主要火山岩

相为侵出相(珍珠岩)、喷溢相(流纹岩)和爆发相(角砾熔岩、熔结角砾岩和凝灰岩)(图 1)。

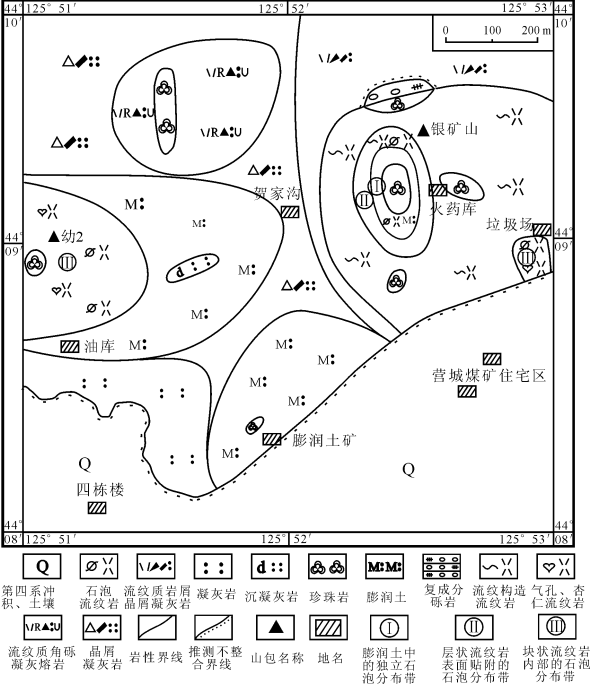


图 1 九台营城煤矿区岩性分布图

Fig. 1 The lithological distribution in the Yingcheng coal mine area Jiutai

流纹岩在区内出露面积较广, 厚度较大。在流纹岩中, 常见到或大或小、或成层、或成堆分布的球状体, 直径为数毫米至数十厘米不等。这些球体有的为实心状、有的为空心状, 空心球体为未充填、半充填及完全充填 3 种类型。这种球体为石泡构造, 含有这种球体的流纹岩称为石泡构造流纹岩。石泡构造流纹岩中石泡体之间的接触孔隙和石泡体内的未充填空腔是有利的储集空间, 并且区内石泡构造流纹岩分布具有规律性, 规模较大, 成为重要的火山岩油气储层<sup>[5]</sup>。

区内流纹岩中石泡成因的不同, 导致了其宏观

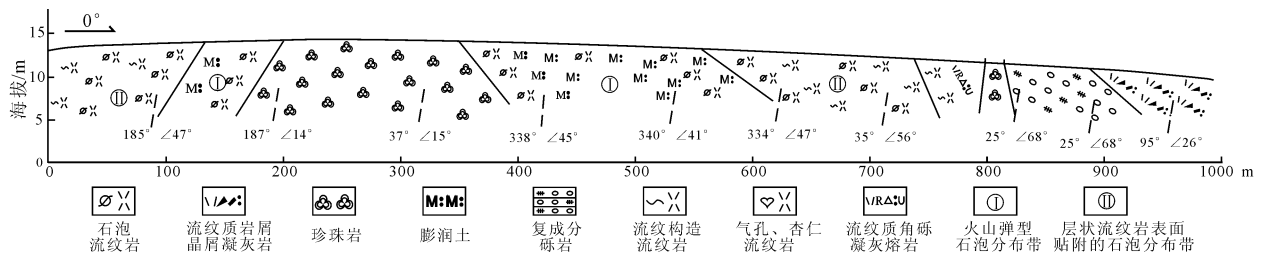


图 2 九台营城煤矿银矿山—火药库西侧剖面

Fig. 2 The west profile of the Silver Mines—Powder Magazine in the Yingcheng coal mine area, Jiutai

形态、产状、显微特征的差异。根据这些差异可以将石泡构造分为膨润土中的独立石泡、层状流纹岩表面贴附的石泡和块状流纹岩内部的石泡。3类石泡均赋存于喷溢相上部亚相。

## 2 流纹岩中石泡构造分类和特征

### 2.1 膨润土中的独立石泡

该类石泡主要见于区内银矿山—火药库西侧剖面(图2)。侧向上分布在喷溢相中、下部亚相(流纹岩)和侵出相(珍珠岩)之间,平面上呈环带状围绕珍珠岩分布,平面宽度约有200 m。石泡垂向上分布在薄层状流纹岩层间的膨润土中。膨润土由火山灰与流纹岩碎屑蚀变形成。

分布在膨润土中的石泡,由于膨润土较松散,易剥落,石泡呈单个球体散落在其中(图版a)。在已蚀变为膨润土的火山灰中,用手轻捻,含有大量与膨润土颜色相同的、粒径较小的角砾,这些角砾是风化蚀变的流纹岩淬碎的小颗粒。石泡体积分数约为60%。石泡大小不一,由几厘米至几十厘米;表面风化后,呈灰白色;石泡由外向内颜色不同:外圈为黄褐色,为风化、淋滤,由铁质浸染所形成的颜色,黄褐色沿石泡内的微裂隙向周围扩散;中部由于未受风化,呈灰白色;内部由于结晶较好,抗风化作用较强,呈硅质本色,油脂光泽。大部分球体内部为空腔、部分半充填、少量完全充填。球体表面的小半球体呈葡萄状互相叠覆(图版b)。

石泡层圈构造较发育,一般可分为3层,每个层圈宽窄不一,外部层圈厚度较薄,1~3 mm;结晶较细,为隐晶质—玻质结构,含有少量的石英、长石斑晶,斑晶拉长成环状分布。各层圈之间常有一层铁质薄膜。镜下观察为一条褐色弧线,使各层圈之间的界线清晰截然。中部层圈结晶程度相对较好,为纤维状、束状长英质雏晶,具球粒结构,且垂直于层圈壁生长。内部层圈结晶程度最好,为显晶质石英,石

英晶形明显,具有明显的光性特征。通过大薄片对其整体观察,在未完全充填的石泡内部,硅质在空腔一角呈层状出现,层间界线明显且平直,为后期热液沿裂隙充填,热液内矿物组分沉淀并重结晶形成。其结晶程度由好到差旋回排列,可认为是多期充填结果。

### 2.2 层状流纹岩表面贴附的石泡

该类石泡主要见于区内银矿山—火药库西侧剖面。平面上成环带状分布在膨润土中的独立石泡带的外围,平面宽度近200 m。

石泡呈半球状至整球状贴附在具明显流纹构造的层状流纹岩的表面,平面上呈串珠状、条带状分布,组成较明显的流动构造<sup>[6]</sup>。直径从几毫米至几厘米,明显小于独立石泡。石泡表面分为灰白色和黄褐色,灰白色为膨润土化所形成,黄褐色是淋滤、铁质浸染所形成(图版c)。

将石泡连同所贴附的流纹构造流纹岩切为大薄片,显微镜下观察可见:层状流纹岩流纹构造极发育,流纹构造由显晶质与隐晶质结构互层构成;中部流纹构造较平直,贴近上下表面的流纹构造由内及外变形程度逐渐增强,形成破碎的流纹理。在形成石泡的部位,破碎严重,流纹质基质破裂成碎块。沿炸裂破碎的裂隙,硅质充填,硅质为隐晶质—显晶质结构。石泡内部为多圈层结构,由隐晶质结晶层与空腔相间排列形成;部分空腔内部被后期充填,充填物重结晶为显晶质结构(图版d)。

### 2.3 块状流纹岩内部的石泡

该类石泡主要产于垃圾场西侧掌子面上部的喷溢相上部亚相块状流纹岩中(图3)。石泡与气孔和杏仁构造并存;石泡粒度较气孔、杏仁构造大,为几毫米至几厘米。石泡流纹岩由石泡体和胶结熔浆两部分组成,二者间的界面清晰。石泡体表面风化为黄褐色,新鲜面为灰白色。风化后,石泡体突出于岩石表层,石泡体可从中分离脱落。在风化岩石表层,

常留下石泡体脱落后的圆形空洞。熔浆为流纹构造不明显的流纹岩。

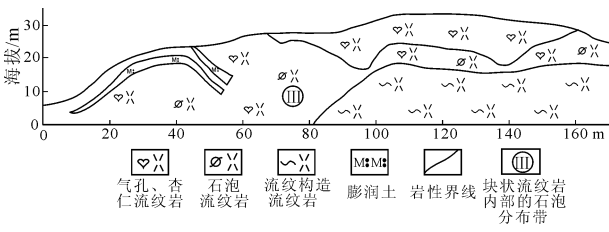


图3 九台营城煤矿垃圾场西侧掌子面岩性分布图

Fig. 3 The lithological distribution of the west working face of waste landfill in the Yingcheng coal mine area Jiutai

石泡大小不等,呈圆状、椭圆状、眼球状。较大的石泡体核部常由星状空腔或由多层同心空腔层组成。有的空腔内被石英、玉髓充填,有的未被充填或部分充填(图版e)。

显微镜下观察可见:石泡由外向内结晶程度依次变好,外层为玻质—隐晶质结构,内层可为显晶质结构。在石泡中含有大量的斑晶,斑晶主要为长石、石英,斑晶长轴方向沿石泡层圈呈圆形分布,构成斑晶层理。石泡体为多圈层结构,由隐晶质结晶层与空腔相间排列形成;部分空腔内被充填,充填物重结晶为显晶质结构(图版f)。

### 3 成因分析

#### 3.1 膨润土中的独立石泡

该类石泡主要出露在火山灰蚀变的膨润土带中,被火山灰及微细火山碎屑包裹。其外部结晶程度较低,其形成机制应为热的岩浆遇水猝冷淬碎所形成<sup>[7]</sup>。

在火山喷发早期,强烈的火山爆发之后造成火山口塌陷,形成了低洼的积水凹地,在积水中混杂了大量的火山灰和细小的火山碎屑,将水变为混浊状态。在随后而来的流纹岩的喷溢期,少量的酸性岩浆先行溢流出火山口;由于岩浆量较少,水量较多,而且岩浆中含有大量的挥发物质,所以发生了剧烈的反应;淬碎的岩浆因球体的表面张力最小,是一种最稳定的结构态,所以很容易形成球形体;这些球体被崩离较远,脱离岩体,形成独立的石泡。在岩浆遇水过程中,大的炸裂会形成小的球体;另外,当冷却作用反应较强烈时,这些浆屑会被炸裂成极其细小的碎屑。

球体表面在不断的淬碎过程中,会形成小的瘤状半球体贴附在其表面。球体表面遇水冷却固结后,外壳体积固定不变,内部冷凝收缩成空腔<sup>[8]</sup>,形成石泡构造;后期,部分被热液沿石泡裂隙充填。

#### 3.2 层状流纹岩表面贴附的石泡

石泡发育在层状流纹岩的表面,粒度较小,石泡的形成与水的作用密切相关;实际上,为剧烈淬碎作用形成的独立石泡的后继部分。流纹岩岩浆继续在火山口积水凹地中溢出时,由于岩浆内压力大于外部压力,挥发物质迅速向外逸出,此时水量较少,而岩浆的溢出量较大,岩浆与水的作用强度减弱,在层状流纹岩上下表面所形成的石泡粒度较小,而且并未崩离或距离较近又回落,使其附在层状流纹岩表面。先期冷凝固化所形成的坚硬外壳阻止了挥发分继续溢出,在层状流纹岩的纵向切面上,可以观察到挥发物质向外溢出的趋势,流纹构造在这种趋势下发生波状弯曲。当岩浆溢出水面时,石泡量减少至消失。

#### 3.3 块状流纹岩内部的石泡

石泡发育在块状流纹岩内部,所在岩相为喷溢相上部亚相,此亚相以多孔洞为其主要特征,其成因与挥发物质关系密切。

岩浆分异作用导致了岩浆的不混溶,是石泡形成的重要机制。岩浆不混溶是指岩浆作用过程中,由于温度、压力、成分等物理化学条件的改变,使原来均一的岩浆分离成两个共轭依存、成分和熔体性质有差异的液相的作用<sup>[9]</sup>。

在液态岩浆内部,存在着由于分异作用而产生的与其周围岩浆相存在较小差异的岩浆相。不混溶分离出来的相对含量少的相,因表面积需满足尽量最小的要求,而发育为球体相,在合适的条件下可能会保存下来。这些球体相中如果包含气液混合物,在冷凝收缩阶段,外部固结,体积不变;内部液体中矿物成分依次冷凝收缩,形成多圈层结构。

### 4 结论

(1)区内石泡构造主要分为膨润土中的独立石泡、层状流纹岩表面贴附的石泡和块状流纹岩内部的石泡。3类石泡均赋存于喷溢相上部亚相流纹岩中;膨润土中的独立石泡、层状流纹岩表面贴附的石泡呈环带状由内向外依次分布在较大型珍珠岩体外侧,块状流纹岩内部的石泡与气孔和杏仁构造共生,垃圾场西侧掌子面上部较明显。

(2)膨润土中的独立石泡、层状流纹岩表面贴附的石泡为含挥发物质的酸性岩浆在火山口积水凹地中遇水剧烈反应,淬碎为球体,球体外部冷凝固结,内部冷凝收缩形成。块状流纹岩内部的石泡,为含气液混合物岩浆,气体逸出,液体中的矿物成分随温度下降,由外至内依次结晶形成同心层状空腔和具球粒结构的结晶层相间排列。

(3)石泡构造由于球体间的接触孔隙较大、较多以及石泡体内的空腔,成为重要的火山岩油气储集空间。

#### 参考文献(References):

- [1] 《地球科学大辞典》编辑委员会. 地球科学大辞典: 基础科学卷[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 451.  
Editorial Board of Geoscience Dictionary. Geoscience dictionary: basic sciences[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 451.
- [2] 邱家骧. 岩浆岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1985.  
QIU Jia-xiang. Magmatic petrology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985.
- [3] 喻积贤, 赵鹏. 石泡构造成因探讨[J]. 河南地质, 1988, 6(1): 47-49.  
YU Ji-xian, ZHAO Peng. Discussion on geneses of lithophysa structure[J]. Henan Geology, 1988, 6(1): 47-49.
- [4] 王璞珺, 迟元林, 刘万洙, 等. 松辽盆地火山岩相: 类型、特征和储层意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(4): 317-325.  
WANG Pu-jun, CHI Yuan-lin, LIU Wan-zhu, et al. Volcanic facies of the Songliao Basin: classification, characteristics and reservoir significance[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2003, 33(4): 317-325.
- [5] 吴运强, 常秋生, 蒋宜勤, 等. 气孔状火山碎屑岩储集层成因特征及油气勘探意义[J]. 新疆石油地质, 2006, 27(2): 166-168.  
WU Yun-qiang, CHANG Qiu-sheng, JIANG Yi-qin, et al. Genetic characteristics of vesicular volcanic clastic reservoir of and its significance for hydrocarbon exploration[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2006, 27(2): 166-168.
- [6] 地质矿产部书刊编辑室. 火山岩结构构造图册[M].

北京: 地质出版社, 1982.

- Books and Periodicals Editing Cubicle of Institute of Geology and Mineral Resources. Volcanic rocks structure and texture album[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1982.
- [7] 夏国礼. 冀北流纹质淬碎屑岩的特征及成因[J]. 中国区域地质, 1999, 18(2): 127-131.  
XIA Guo-li. Discovery and geological characteristics of rhyolitic vitroclastic rocks in Northern Hebei[J]. Regional Geology of China, 1999, 18(2): 127-131.
- [8] 张方礼, 尹万泉, 郭建华, 等. 辽河大洼油田火山岩储层研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2000: 36-40.  
ZHANG Fang-li, YIN Wan-quan, GUO Jian-hua, et al. Study on volcanic reservoir in Dawa oilfield, Liaohe [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2000: 36-40.
- [9] 谭劲, 赵珊茸, 莫宣学, 等. 岩浆不混溶对岩石成分和结构的控制——川西乡城地区玻镁安山岩成岩特征探讨[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, 22(2): 165-170.  
TAN Jin, ZHAO Shan-rong, MO Xuan-xue, et al. Magma immiscible controlling rock composition and texture: discussion on boninite in Xiangcheng area, western, Sichuan Province[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1997, 22(2): 165-170.

#### 图版说明

a. 灰白色膨润土中的剧烈淬碎作用形成的独立石泡, 粒度较小的半球体成瘤状叠覆石泡表面; b. 剧烈淬碎作用形成的独立石泡, 石泡壁部分灰白色与黄褐色混杂, 内壁为显晶质硅质; 内部具有星状空腔, 空腔一角后期硅质充填物呈层状; c. 淬碎作用形成的层状流纹岩表面贴附的石泡, 石泡贴附在层状流纹岩上下表面; 石泡灰白色; d. 淬碎作用形成的层状流纹岩表面贴附的石泡, 单偏光, 石泡内部多圈层结构, 隐晶质结晶层与空腔相间排列, 部分空腔内被充填, 充填物重结晶为显晶质结构; e. 与气孔和杏仁构造共生在块状流纹岩内部的石泡, 石泡与气孔、杏仁构造共存, 部分石泡空腔内被充填; f. 与气孔和杏仁构造共生在块状流纹岩内部的石泡, 单偏光, 石泡内部隐晶质结晶层与空腔相间排列, 空腔内被部分充填, 充填物重结晶为显晶质结构



图版

