

# 营城组一段及下段岩性岩相和储层物性的精细刻画 ——基于标准剖面营一 D1 井全取心钻孔资料

吴颜雄<sup>1</sup>, 王璞珺<sup>1</sup>, 曲立才<sup>2</sup>, 闵飞琼<sup>1</sup>, 李喆<sup>1</sup>, 任利军<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:** 营一D1井是2006年为揭示营城组内幕基准剖面而布置的探井。经揭示, 营城组一段及下段岩性为: 熔岩, 包括流纹岩、松脂岩、珍珠岩和玄武岩; 火山碎屑熔岩, 包括角砾熔岩、凝灰熔岩和熔结凝灰岩; 火山碎屑岩, 包括火山角砾岩和凝灰岩; 沉火山碎屑岩, 包括沉凝灰岩和沉火山角砾岩。其岩相主要为喷溢相、爆发相和火山沉积相。物性测试资料显示, 该井岩心平均孔隙度为15.17%, 平均渗透率为 $1.51 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 孔渗线性相关性较好。根据压汞数据各参数将孔隙结构分为6类。综合评价物性与孔隙结构, 将该井段划出4类储层: I类为好储层, 高一特高孔、特高渗, 细、中、粗喉共存, 粗喉比例大; II类为次好储层, 高孔、高渗, 细喉为主; III类储层为中等储层, 中孔、中渗, 细喉; IV类为差储层, 中、低孔, 低渗, 细喉。

**关键词:** 营城组; 岩性; 岩相; 储层物性; 储层评价

中图分类号: P588.14; P618.13 文献标识码: A 文章编号: 1671-5888(2007)06-1192-11

## Detailed Description of Lithology, Lithofacies and Porosity and Permeability of the First and the Lower Member of Yingcheng Formation : Based on the Latest Data of Ying-1D1 Well Cores in Standard Section

WU Yan-xiong<sup>1</sup>, WANG Pu-jun<sup>1</sup>, QU Li-cai<sup>2</sup>, MIN Fei-qiong<sup>1</sup>, LI Zhe<sup>1</sup>, REN Li-jun<sup>1</sup>

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

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

**Abstract:** Yingyi-D1 well, an exploratory well, was drilled to reveal the insider of standard section of Yingcheng Formation in 2006. Volcanic lavas, pyroclastic lavas, pyroclastic rocks and sedimentary pyroclastic rocks have been found in this well. The volcanic lavas include rhyolite, pitchstone, perlite and basalt. Pyroclastic lavas are consisted of breccia lava, tuff lava and ignimbrite. Pyroclastic rocks are mainly composed of volcanic breccia and tuff. Sedimentary pyroclastic rocks are mainly sedimentary tuff and sedimentary volcanic breccia. They mainly belong to effusive facies, explosive facies and volcanogenic sedimentary facies. The average porosity is 15.17% and the average permeability is  $1.51 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ . The porosity is linearly correlated to permeability. Based on the mercury injection capillary pressure data, the pore structures could be classified into six types. Synthetical evaluation of porosity & permeabil-

收稿日期: 2007-06-20

基金项目: 国家“973”项目(2006CB701403)

作者简介: 吴颜雄(1982-), 男, 甘肃敦煌人, 硕士研究生, 主要从事石油与天然气勘探研究, E-mail: wyxenergy@yahoo.com.cn

通讯联系人: 王璞珺(1959-), 男, 黑龙江绥滨人, 教授, 博士生导师, 主要从事油气地质勘查、火山岩储层和沉积学研究, Tel: 0431-88502620 E-mail: wangpj@jlu.edu.cn.

ity and pore structure, the reservoirs were classified into four types. Type I is a perfect reservoir with high to super-high porosity and super-high permeability, coarse throat dominating. Type II is good reservoir with high porosity & permeability, fine throat dominating. Type III is a medium reservoir with medium porosity, medium permeability and fine throat. Type IV is a poor reservoir with medium to low porosity, low permeability and fine throat.

**Key words:** Yingcheng Formation; lithology; lithofacies; porosity & permeability; reservoir assessment

## 0 引言

九台市官马山一回回营(现称团结村)一带测得的营城组地表剖面为营城组的标准模式剖面——次层型剖面<sup>[1]</sup>。营一 D1 井是该剖面上的一口预探井,位于官马山底部,石场村北北东 500 m 采石场处,布署在吉黑华力西晚期褶皱带新华夏构造体系上河湾、城子街北东向开阔向斜盆地,在盆地上属于松辽盆地东南隆起区。

目前,对营城组的定义和内涵认识还不是很不统一<sup>[2]</sup>。该井所在地区有很好的营城组露头,对斜尾巴沟—官马山—团结村一带进行详细的勘查,包括地表实测、探槽和钻孔勘探,都是为理清营城组的地层序列关系。由项目组设计在官马山底部打了营一 D1 井,钻井 207.1 m,取心 204.2 m,主要揭示了下白垩统营城组一段( $K_1y^1$ )及下段( $K_1y^2$ )<sup>[2]</sup>的岩性序列,这样可以更加客观而真实地反映营城组内部面貌。前人对营城组火山岩做了很多工作,大多针对松辽盆地北部深层营城组火山岩<sup>[3~6]</sup>。因此,对这样好的野外露头进行研究是很有意义的,这口浅钻正是对露头的延伸。本文将主要围绕钻井取心展开,阐述营城组一段及下段岩性、岩相和序列特征,对岩心孔渗和压汞测试结果进行统计分析,综合评价该单井储集性能。

## 1 营城组一段及下段的岩性、岩相和序列特征

对钻遇岩心观察和 172 块岩心薄片的鉴定,按照王璞珺等火成岩分类<sup>[7]</sup>和火山岩岩相划分法<sup>[8]</sup>把钻遇岩心的结构构造特征和岩相列于表 1,图 1。

营一 D1 井钻遇层位为营城组一段和下段<sup>[3]</sup>,两段间为整合接触。营城组一段总厚 174 m,自上而下岩石序列依次为:火山熔岩,厚 80 m,包括上部 71.2 m 的流纹岩和下部 8.8 m 的松脂岩、珍珠岩,

这套熔岩为喷溢相;其下为火山碎屑岩与火山碎屑熔岩交替出现,岩石类型包括角砾岩、角砾熔岩、凝灰岩、凝灰熔岩和熔结凝灰熔岩,爆发相,厚 35 m;下面主要是一套沉火山碎屑岩,偶夹有火山碎屑岩,岩石类型包括沉凝灰岩、沉角砾岩和部分凝灰岩,夹有一层松脂岩,主要为爆发相或火山沉积相,厚 44 m;其下为一套火山碎屑岩,爆发相,厚 16 m。营城组下段总厚 30.2 m;上部为火山碎屑岩,岩石类型包括英安质或玄武质凝灰岩、凝灰熔岩和角砾岩,为一些爆发相,厚 23.7 m;下部为火山熔岩,主要为玄武岩,喷溢相,厚 6.5 m。

就全井而言,依据黄玉龙<sup>[9]</sup>有关火山岩喷发旋回和期次划分的地质方法,该井可划为两个旋回。自下而上依次为:下部中基性熔岩和碎屑岩为旋回一,主要为营下段;上部酸性沉火山碎屑岩、火山碎屑岩和火山碎屑熔岩与熔岩为旋回二。每个旋回内部又可划分出各个期次。笔者对岩性序列绘制了录井综合柱状图(图 2),并划出岩相、期次及旋回关系。

营一 D1 井各层岩性及其厚度描述:

一段:

- 30. 灰白色、灰紫色气孔流纹岩,岩心较破碎,局部见杂乱流纹纹理 24.6 m
- 29. 灰白色、灰紫色流纹构造流纹岩,气孔沿流纹发育,局部发育高角度裂缝 5.5 m
- 28. 灰白色、灰紫色气孔流纹岩,球粒结构,高角度裂缝发育 7 m
- 27. 灰白色、灰紫色流纹构造流纹岩,气孔沿流纹发育,节理、裂缝发育 24 m
- 26. 灰白色石泡流纹岩,不规则高角度裂缝发育 2.35 m
- 25. 灰白色流纹构造流纹岩,见扰动的流纹构造 2.5 m
- 24. 灰白色流纹岩,局部含有角砾 1.9 m
- 23. 灰白色块状流纹岩,细晶结构,裂缝发育 3.35 m

表 1 营一 D1 井岩心岩性分类及结构构造特征和相划分

Table 1 Lithological classification structural and textural characteristics and facies analysis of cores of well Y1D1

结构成因大类	岩石分类	岩心长度/m	岩石基本特征	相	亚相
熔岩类	气孔流纹岩	31.6	为灰白色、灰紫色,具气孔状构造(图 1A),气孔被拉长,气孔大小不一,气孔内部有的充填石英。镜下为斑状结构,石英斑晶显示浑圆的溶蚀边现象,偶见长石斑晶,基质有的具隐晶质结构,有的呈球粒结构或微球粒结构(图 1B)	喷溢相	上部亚相
	流纹构造流纹岩	32.5	为灰紫色,发育流纹构造(图 1C),流纹构造是由青色硅质条带、灰色隐晶质和拉长的气孔相间平行排列组成。在镜下为结晶较好的长英质条带或基质呈球粒结构定向排列的长英质条带和隐晶质或微晶条带组成		中部亚相
	石泡流纹岩	1.85	表现为同心层状空腔相间排列		上部亚相
	块状流纹岩	5.25	为灰色、灰白色,具块状构造,细晶结构,有见玻屑。在镜下为隐晶质结构,结晶出部分长英质,见呈 Y 型、人字型的玻屑		下部亚相
	松脂岩、珍珠岩	9.8	松脂岩具有油脂光泽,蚀变多呈灰绿、灰黄色,岩心破碎,已经脱出呈近球形的玻璃小球,镜下玻璃质均已粘土化。珍珠岩多呈黑色,在肉眼下偶见长石斑晶,在镜下见到典型的珍珠构造(图 1D),具有珍珠状裂纹,另具有少斑结构,斑晶以长石、石英为主,体积分数不足 5%		
	气孔杏仁玄武岩	4.2	为灰、深灰、灰绿色,具气孔杏仁构造(图 1E),气孔杏仁体有被拉长,杏仁体为方解石、沸石或绿泥石;具气孔状构造,气孔被定向拉长。镜下看到基质为基性斜长石和玄武玻璃,具间隐结构,暗色矿物斑晶少见,杏仁体自外向内为沸石和绿泥石组合或硅质和方解石组合		上部亚相
火山碎屑熔岩类	块状玄武岩	2.3	具隐爆角砾结构,发育隐爆角砾裂缝,裂缝充填方解石(图 1F)。在镜下看到基质为基性斜长石和玄武玻璃,具间粒间隐结构		下部亚相
	角砾熔岩	8.8	角砾被熔岩胶结(图 1G),看似基底式胶结,角砾分选一般,砾径为 0.5~3 cm,以 1~2 cm 为均值,磨圆不好,次棱角状,角砾成分比较杂乱,多为流纹岩、凝灰岩、膨润土和玄武岩。胶结物在单偏光下有一定的透明度,具有不明显的流动构造	爆发相	热碎屑流亚相
	凝灰熔岩	14.4	岩石具有凝灰结构,流动构造。在镜下观察碎屑具棱角状,被具有一定透明度的熔岩胶结,熔岩多为流纹质,在下段见英安质和玄武质		
火山碎屑岩类	熔结凝灰岩	4.4	岩石薄片由条纹塑性玻屑、少量透长石、石英和火山灰组成,条纹塑性玻屑被晶屑压弯,形成弱熔结结构(图 1H),有的火山灰已粘土化,其中塑性碎屑构成假流纹构造		
	火山角砾岩	22.2	含深灰、灰绿、灰白和桔红色角砾而形成斑杂构造,角砾结构,角砾具棱角状,分选良好,粒径为 3~20 mm,角砾体积分数大于 50%,角砾均被火山灰胶结。角砾成分有膨润土、沸石、流纹岩、凝灰岩、珍珠岩和玄武岩		热基浪亚相
沉火山碎屑岩类	凝灰岩	37.6	呈灰白、深灰色,凝灰结构(图 1I),性脆。在正交偏光下较暗,在单偏光下透光度较好。基质主要是火山灰,另有晶屑、玻屑、岩屑和炭屑,晶屑主要为具环带状结构的斜长石、石英,偶见黑云母,晶屑体积分数一般不超过 10%,具多棱角状或次棱角状;岩屑主要为流纹岩、珍珠岩、凝灰岩、安山岩和玄武岩,岩屑一般磨圆较好;玻屑呈弧形		热基浪+空落亚相
	沉火山角砾岩	8.2	具沉火山角砾结构,基质成层性较明显,角砾定向排列,常与沉凝灰岩成互层(图 1J),角砾成分复杂,同火山角砾岩的角砾,有磨圆	火山沉积岩相	含外碎屑火山沉积岩亚相
	沉凝灰岩	21.1	多呈灰、灰白、灰黑色,具层理构造,以水平层理多见(图 1K),有的含炭屑。镜下特征为凝灰质、玻璃质和晶屑,岩屑相间形成层理构造,并能清楚看到粒序构造(图 1L)	火山沉积相/爆发相	再搬运火山碎屑沉积岩亚相/空落亚相

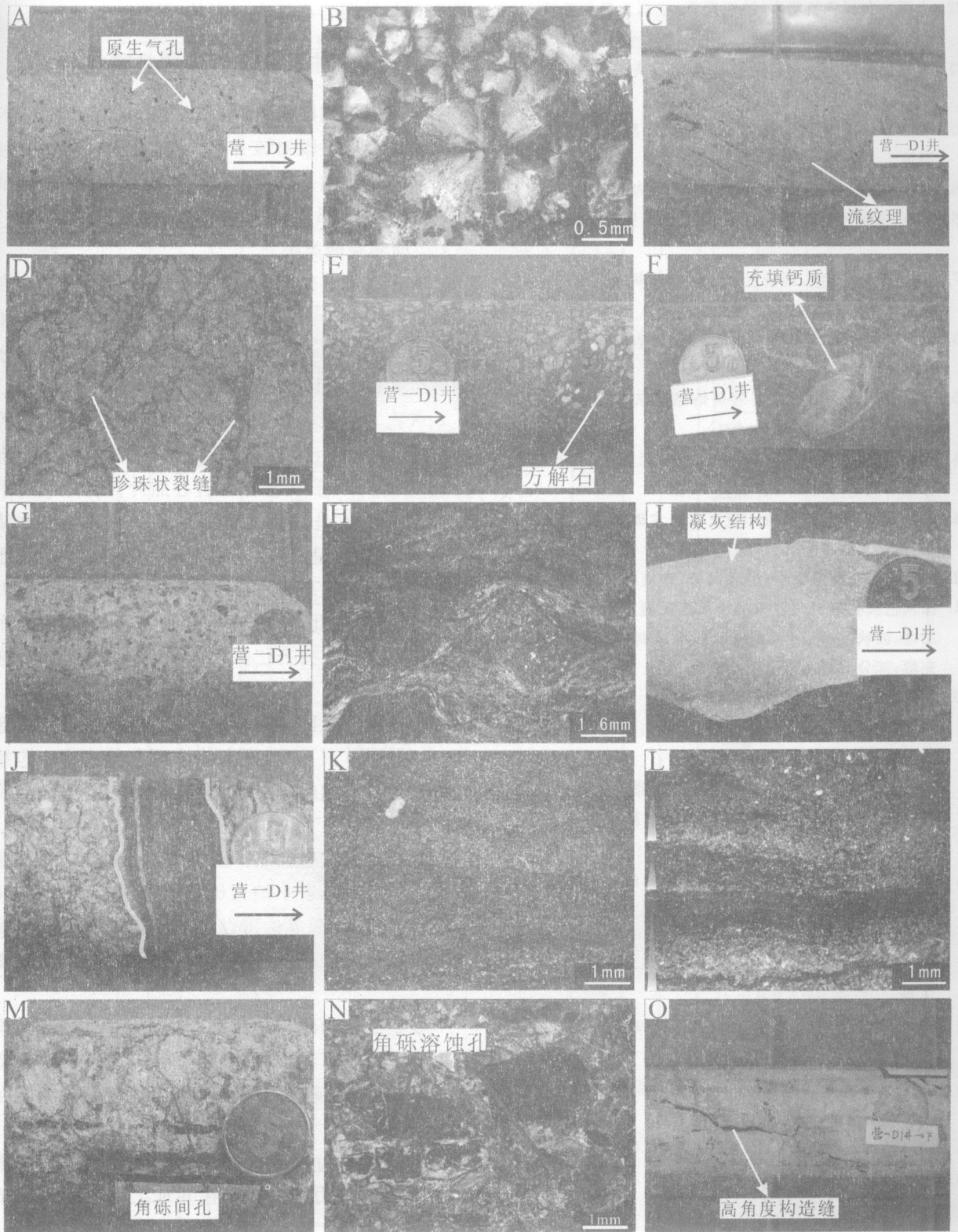


图 1 营一 D1 井岩心结构构造和储集空间

Fig. 1 The structure texture and reservoir spaces of cores of well Y1D1

A. 气孔流纹岩; B. 球粒结构; C. 流纹构造; D. 珍珠构造及原生显微裂缝; E. 气孔杏仁构造; F. 块状玄武岩中裂缝被充填; G. 角砾熔岩; H. 弱熔结构; I. 流纹质凝灰岩; J. 沉凝灰岩与沉角砾岩互层; K. 沉凝灰岩水平层理; L. 沉凝灰岩粒序层理; M. 火山角砾岩角砾间孔; N. 角砾熔岩角砾溶蚀孔; O. 块状流纹岩中高角度构造缝

22. 上部为灰绿色松脂岩, 蚀变严重; 中部为黑色珍珠岩, 裂隙发育; 下部为黄绿色松脂岩, 蚀变严重 8.8 m
21. 灰黄色流纹质含角砾晶屑凝灰熔岩夹一层灰绿、灰白、桔红、斑杂色角砾熔岩, 局部见裂缝 3.45 m
20. 灰白、灰绿色流纹质含角砾晶屑岩屑凝灰熔岩, 局部见裂缝 2.55 m
19. 灰绿、桔红、深灰、斑杂色凝灰角砾熔岩 1.48 m
18. 深灰、灰绿、桔红、斑杂色熔结凝灰岩, 见假流纹构造 1.99 m
17. 灰绿、灰白、桔红、斑杂色角砾熔岩与灰绿色流纹质含角砾晶屑岩屑凝灰岩互层 5.61 m
16. 灰绿色流纹质含角砾晶屑岩屑凝灰熔岩与灰白、桔红、斑杂色角砾熔岩互层 16.4 m
15. 灰白色流纹质晶屑玻屑岩屑熔结凝灰岩, 裂缝发育, 充填方解石 2.32 m
14. 灰白色流纹质含角砾晶屑凝灰岩与深灰色、灰黑色含角砾碳屑沉晶屑凝灰岩互层 7.4 m
13. 灰色、灰绿色流纹质角砾凝灰岩与含碳屑的沉凝灰岩互层, 沉凝灰岩水平、波状层理发育 7.55 m
12. 灰色沉凝灰质角砾岩, 层理发育, 含炭屑 2 m
11. 深灰色沉凝灰岩夹有两层浅灰色沉凝灰质角砾岩, 水平层理、波状层理极其发育, 炭屑含量高, 局部见裂缝, 被充填, 部分沉凝灰岩见微小断层 18.5 m
10. 黄绿色蚀变珍珠岩, 岩心破碎 0.95 m
9. 灰白色流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩, 角砾发生蚀变, 见薄层的灰黑色沉凝灰岩 2.05 m
8. 顶部为一层灰白色流纹质角砾岩; 下部为灰黑色沉凝灰岩与灰白色流纹质凝灰岩的互层, 沉凝灰岩水平、波状层理发育, 正粒序层理发育 7.75 m
7. 灰白色流纹质角砾岩夹有一层含角砾晶屑岩屑凝灰岩, 部分颗粒发生蚀变 12 m
6. 灰白色晶屑凝灰岩, 见裂缝 3.37 m

——整合——

下段

5. 灰白色、灰绿色安山质、英安质晶屑岩屑凝灰岩与角砾岩的互层 10.6 m
4. 灰白色、灰绿色玄武质、安山质含角砾凝灰岩与灰绿色玄武质、安山质角砾岩互层 14.63 m
3. 深灰色玄武岩, 少量气孔, 裂缝被充填, 裂缝细 2 m
2. 浅灰绿色玄武岩, 裂缝发育, 均被岩汁和方解石充填, 局部见隐爆角砾结构 2.4 m
1. 灰色、深灰色气孔杏仁玄武岩 2.1 m

注: 岩心完整存于大庆油田岩心库

对斜尾巴沟—官马山—团结村一带野外实测地质勘查表明: 营城组底部与下伏地层下二叠统呈角度不整合, 盆地内营城组底部与沙河子组接触<sup>[9]</sup>; 与上覆营二段平行不整合接触。剖面出露露头的岩

性序列与钻遇岩心均有一定的对应。

## 2 营一 D1 井储集类型和物性特征

对火山岩储层物性前人做过很多研究<sup>[11-14]</sup>, 本文试图用多种手段对该井火山岩储层进行评价, 包括对同一岩心做孔渗测试、压汞, 还对岩心(扫描)照片用 CoreDBMS 软件统计了面孔率和面裂缝率。

### 2.1 储集空间类型

火山岩储层是一种裂缝孔洞双孔隙介质的非均质性储层<sup>[15, 16]</sup>, 一般较其他储层复杂。根据岩心和岩石薄片观察与分析, 该井火山岩储集空间类型分为原生孔隙、次生孔隙和裂缝 3 种。

**气孔** 为原生孔隙。主要发育在流纹岩、玄武岩中(图 1A、E), 是在成岩过程中气体膨胀溢出所形成, 大小不一形状各异。岩心照片面孔率统计平均在 10%。但是气孔发育并不意味着成为有利储集空间, 如果与缝、洞相连则可成为好储层。该井通过物性分析后发现流纹岩中的气孔连通性并不像想象中那么好, 因此, 部分气孔可能成为无效孔隙; 而玄武岩中的气孔为杏仁体内孔, 已在后期被充填, 这样极大地损坏了岩体的储集性能。

**(砾)粒间孔隙** 为原生孔隙。发育于火山角砾岩、角砾熔岩(图 1M)、凝灰岩和凝灰熔岩中。包括角砾岩中砾石间的砾间孔, 凝灰岩、凝灰熔岩碎屑颗粒间的粒间孔。

**溶孔** 为次生孔隙。主要表现为凝灰岩中的晶屑或岩屑和角砾岩中的角砾以及基质由于风化、淋滤、溶蚀作用而形成的溶蚀孔隙。在镜下可看到凝灰岩中的长石斑晶已被溶蚀, 一些角砾也被溶蚀(图 1N)。

**收缩缝** 为原生显微裂缝。发育于松脂岩、珍珠岩中。由岩浆遇水冷凝收缩而形成, 呈珍珠状裂缝(图 1D)。对镜下照片统计得出裂缝面孔隙度在 16.4%左右。

**构造缝** 为次生裂缝。发育于流纹岩中(图 1O), 为构造应力所形成。在井址上的流纹岩掌子面中两组方向节理特别发育, 岩心多为高角度裂缝, 裂缝较长较宽。对岩心照片统计, 裂缝宽为 0.35 ~ 6 mm, 裂缝面孔隙度为 8.8%。

**隐爆缝** 发育于玄武岩中, 裂缝成树枝状, 均已被岩汁或钙质充填, 这损坏了岩石的储集性能。裂缝面孔隙度平均为 11.3%。

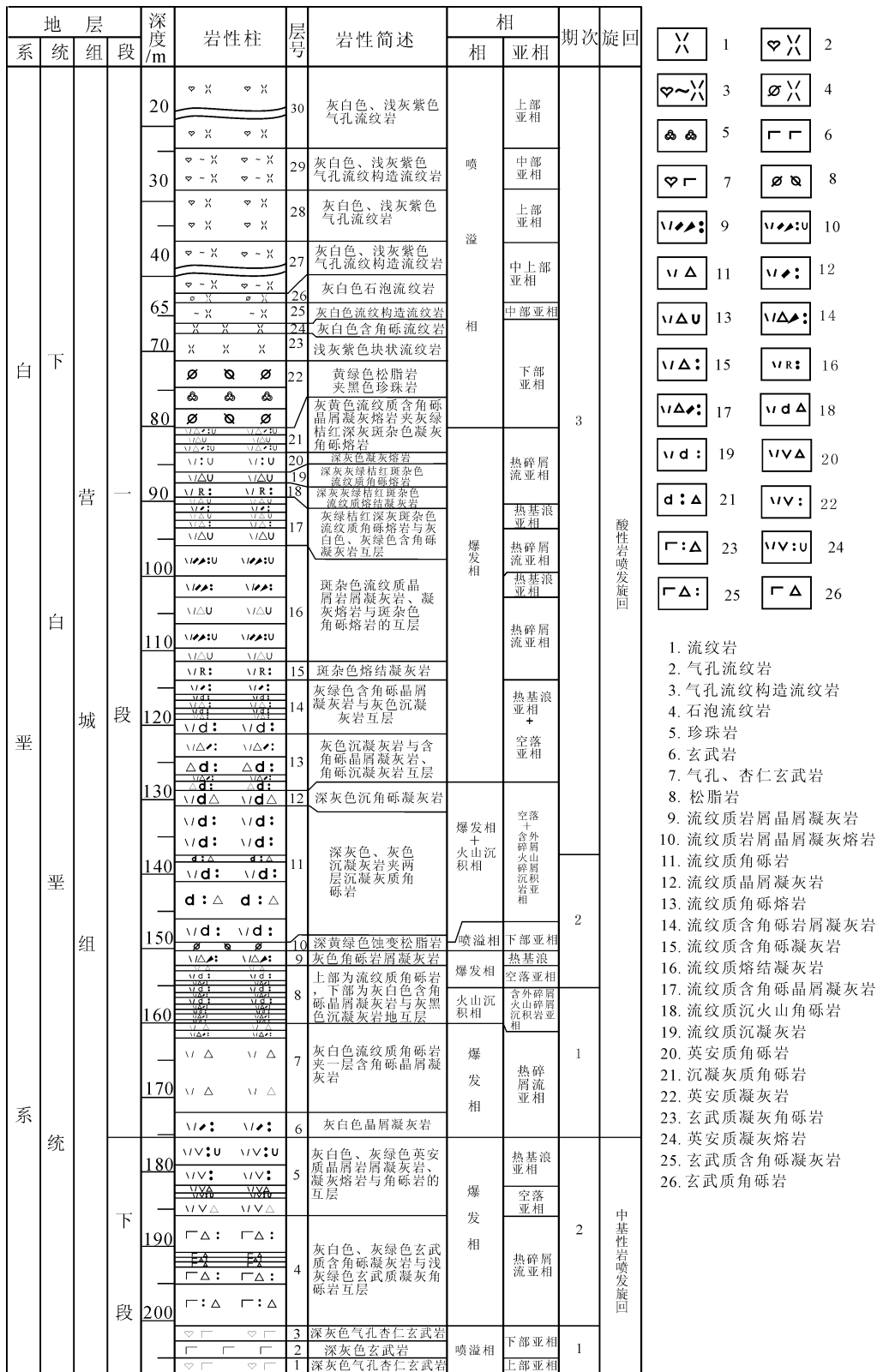


图 2 营一 D1 井综合柱状图

Fig. 2 Synthetic column map of well Y1D1

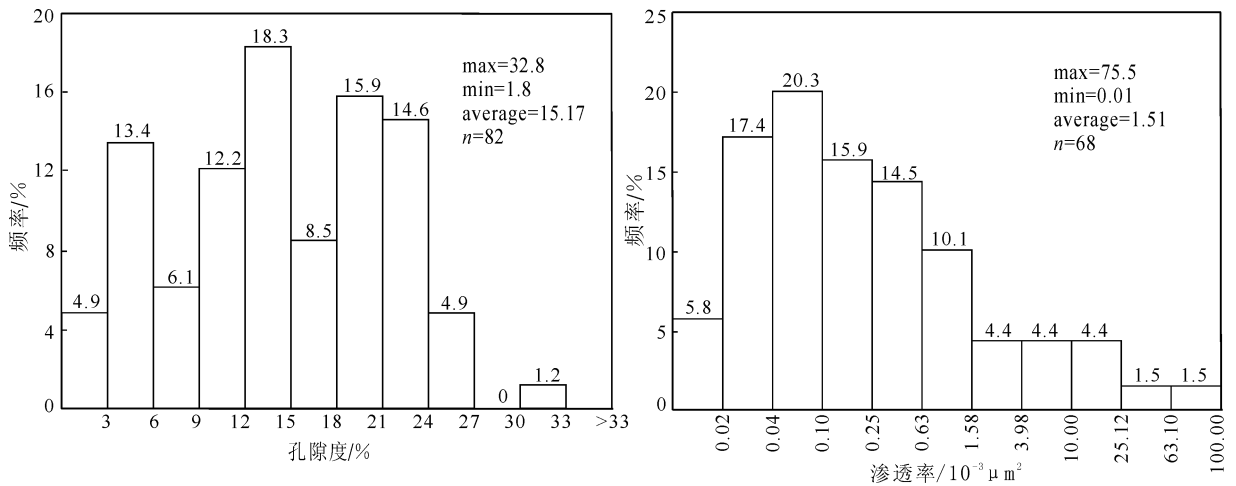


图 3 营一 D1 井岩心孔隙度和渗透率直方图

Fig. 3 Columns of the porosity and permeability of cores of Y1D1

2.2 物性特征

对 82 块和 68 块岩样分别做了孔隙度和水平渗透率测试, 其中有 68 块是同一岩样, 统计出孔隙度和渗透率频率直方图(图 3)。该井岩石平均孔隙度为 15.17%, 分布在 12% ~ 24% 的样品大约占了 58%; 平均渗透率为  $1.51 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 分布在  $(0.02 \sim 0.63) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  的样品大约占了 67%, 渗透率总体偏小。

抽取岩样的孔渗数据进行拟合, 得出了孔隙度和渗透率的关系图(图 4)。从图中可以看出, 随着孔隙度的增加, 渗透率也在增大。但是, 在孔隙度一定时, 渗透率的变化范围却很大, 说明影响渗透率除了孔隙度外, 还跟喉道大小和孔隙结构有关。

对相关显著性进行检验, 拟合的孔渗方程为  $\lg K = 0.073\varphi - 1.995$ ,  $R = 0.641$ , 在显著水平  $\alpha = 0.05$  时,  $R_{0.05} = 0.252$ ,  $|R| > R_{0.05}$ 。因此, 说明  $\varphi$  与  $\lg K$  线性相关性较为显著。置信度 0.95 的置信区间为  $(0.073\varphi - 5.665, 0.073\varphi + 1.666)$ , 见图 4。可以预料大约有 95% 的点落在这两条线的带形区域内。

通过把各个亚相的物性进行统计(表 2), 结果表明热基浪亚相孔渗均高, 含外碎屑火山碎屑沉积岩亚相次之, 喷溢相中部亚相最差。这也说明了该井岩心的储集空间以砾(粒)间孔较为有效。

2.3 孔隙结构

储集岩的孔隙结构实质上是岩石的微观物理性质, 是指岩石所具有的孔隙和喉道的几何形状、大小、分布和连通关系等。只有深入对孔隙结构研究

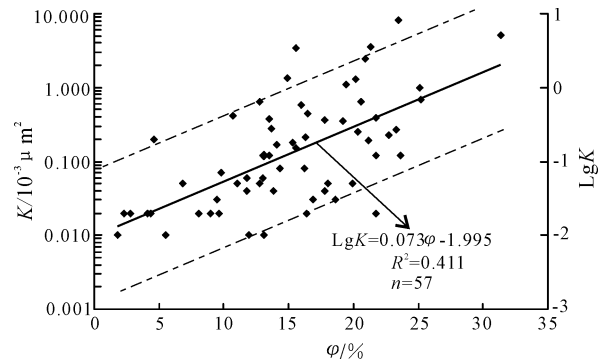


图 4 营一 D1 井岩心孔隙度和渗透率关系图及其置信区间

Fig. 4 Relation between porosity and permeability and the graph of the confidence intervals of cores of well Y1D1

才能客观反映储集岩的储集性和渗滤特征, 对储层进行分类评价。

研究储集岩孔隙结构主要利用岩石毛管压力资料, 由曲线形态、主要参数及孔隙结构特征参数分析岩石毛管压力曲线特征。本次研究选取了 65 块岩样, 在大庆油田勘探开发研究院流体力学实验室测定。该井岩石排驱压力为 0.07 ~ 27.71 MPa, 平均为 7.57 MPa, 平均孔喉半径为 0.08 ~ 2.95  $\mu\text{m}$ 。综观 65 个样品的压汞曲线, 凸向左下方的曲线几乎没有, 这表明该井岩心的粗喉很少; 平行于横坐标轴呈现平台的曲线不是很多, 表明孔隙分选一般。结合毛管半径直方图和渗透率贡献值图可以发现, 一般占有一定比例的细喉对渗透率贡献值很小, 平均中

表 2 营一 D1 井岩心亚相储集空间及物性特征

Table 2 The reservoir spaces and physical property features of subfacies in cores of well Y1D1

相	亚相	储集空间类型	孔隙度 <sup>①</sup> /%	渗透率 <sup>①</sup> /10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup>
喷溢相	上部亚相	原生气孔+构造裂缝/杏仁体内孔+隐爆缝型	$\frac{4.6 \sim 21.7}{12.8}$ (15)	$\frac{0.02 \sim 56}{0.38}$ (15)
	中部亚相	流纹间孔+构造裂缝型	$\frac{2.3 \sim 9.7}{5.68}$ (7)	$\frac{0.02 \sim 10.4}{0.02}$ (7)
	下部亚相	微孔+构造裂缝+冷凝收缩缝型	$\frac{13.1 \sim 23.3}{16.45}$ (6)	$\frac{0.01 \sim 0.27}{0.05}$ (6)
爆发相	热碎屑流亚相	粒间孔+溶蚀孔+裂缝型	$\frac{6.8 \sim 31.4}{18.1}$ (17)	$\frac{0.05 \sim 8.26}{0.45}$ (17)
	热基浪亚相	砾(粒)间孔+溶蚀孔+裂缝型	$\frac{9.5 \sim 25.5}{20.6}$ (9)	$\frac{0.03 \sim 0.65}{0.67}$ (9)
	空落亚相	层间缝+溶蚀孔型	$\frac{1.8 \sim 20.6}{12.4}$ (11)	$\frac{0.01 \sim 0.65}{0.15}$ (11)
火山沉积相	含外碎屑火山沉积岩亚相	砾(粒)间孔+溶蚀孔缝	$\frac{9.6 \sim 25.1}{21.3}$ (4)	$\frac{0.02 \sim 2.43}{0.47}$ (4)

①数据为  $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{平均值}}$  (个数)

值喉道半径小, 相对较大的中喉道所占比例一般较小, 对渗透率贡献值不是很突出。根据排驱压力、汞饱和中值压力、孔喉半径、分选性、歪度等参数将其分为 6 种类型, 现将 6 类毛管压力曲线的特征分别叙述如下:

(1) 低排驱压力, 排驱压力为 0.077 ~ 2.075MPa, 毛管压力曲线呈中粗歪度, 孔隙分选中等, 呈单峰偏粗态型, 孔喉偏粗, 孔隙半径中值为 0.115 ~ 0.835μm, 见图 5a。

(2) 低排驱压力, 排驱压力为 0.205 ~ 1.718MPa, 毛管压力曲线呈中歪度, 孔隙分选中差, 分布呈双峰型, 粗喉存在, 孔隙半径中值为 0.017 ~ 0.126μm, 见图 5b。

(3) 低排驱压力, 排驱压力为 1.207 ~ 1.381MPa, 毛管压力曲线呈中细歪度, 孔隙分选中差, 分布略呈双峰式, 粗喉相对 2 类较少, 孔隙半径中值为 0.021 ~ 0.113μm, 见图 5c。

(4) 中排驱压力, 排驱压力为 1.378 ~ 8.618MPa, 毛管压力曲线呈粗歪度, 孔隙分选中等, 孔隙分布呈单峰式, 细喉, 孔隙半径中值为 0.017 ~ 0.170μm, 见图 5d。

(5) 高排驱压力, 排驱压力为 10.404 ~ 16.324MPa, 毛管压力曲线呈粗歪度, 孔隙分选好,

孔隙分布呈单峰式, 细喉, 孔隙半径中值为 0.017 ~ 0.032μm, 见图 5e。

(6) 高排驱压力, 排驱压力为 15.805 ~ 27.717MPa, 毛管压力曲线呈细歪度, 孔隙分选极差, 孔隙峰态不显型, 细喉, 平均孔隙半径为 0.008 ~ 0.021μm, 见图 5f。

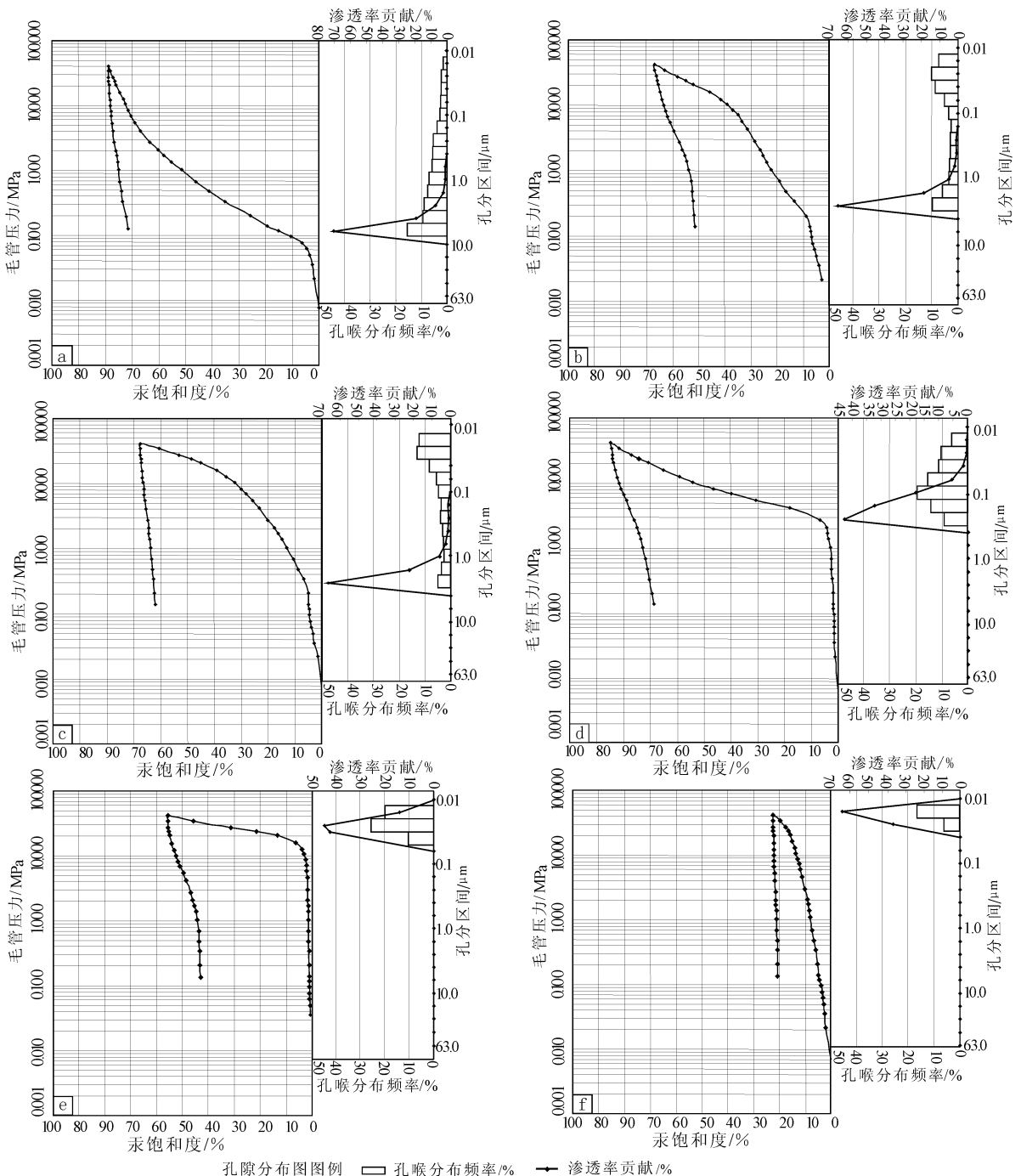
### 3 储层综合评价

结合该区临近另一口营三 D1 井, 根据本区特有的孔隙度和渗透率, 把孔隙度和渗透率划分出低、中、高和特高 4 个级别: < 5%, 低孔; 5% ~ 15%, 中孔; 15% ~ 25%, 高孔; > 25% 特高孔。< 0.04 × 10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>, 低渗; (0.04 ~ 0.1) × 10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>, 中渗; (0.1 ~ 1) × 10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>, 高渗; > 1 × 10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup> 特高渗。综合该井岩心的物性和孔隙结构的分类, 将该组段储层划分为 4 类。

I 类储层 为好储层。孔隙度 > 20%, 渗透率 > 1 × 10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>, 表现为高一特高孔、特高渗, 孔隙结构为 a、b 类。岩性为火山角砾岩、含角砾凝灰岩或凝灰熔岩。岩相为爆发相热基浪亚相, 爆发相热碎屑流亚相, 储集空间类型主要为砾(粒)间孔和溶蚀孔, 少量构造缝。

II 类储层 为次好储层。孔隙度 15% ~ 20%,





- a.低排驱压力,中粗歪度,孔隙分选中差,呈单峰偏粗态型
- b.低排驱压力,中歪度,孔隙分选中差,分布呈双峰型
- c.低排驱压力,中细歪度,孔隙分选中差,分布略显双峰型
- d.中排驱压力,粗歪度,孔隙分选好,分布成单峰式
- e.高排驱压力,粗歪度,孔隙分选好,分布成单峰式
- f.高排驱压力,细歪度,孔隙分选极差,峰态不显型

图5 营一D1井储集岩孔隙结构特征图

Fig. 5 Features of diverse pore textures of reservoir rocks of the well Y1D1

渗透率 $(0.1 \sim 1) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 表现为高孔、高渗, 孔隙结构为 c、d 类。岩性为气孔流纹岩、块状流纹岩、凝灰质角砾岩和角砾熔岩。岩相主要为喷溢相上部亚相、喷溢相下部亚相和部分爆发相热碎屑流亚相。

储集空间为原生气孔, 构造裂缝, 砾(粒)间孔和溶蚀孔。

II类储层 为中等储层。孔隙度 10%~15%, 渗透率 $(0.04 \sim 0.1) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 表现为中孔、中渗,

孔隙结构为e类。岩性主要为气孔杏仁玄武岩。岩相为喷溢相上部亚相。储集空间为杏仁体内孔,隐爆裂缝充填残余缝。

IV类储层为差储层,孔隙度 $< 10\%$ ,渗透率 $< 0.04 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,表现为中孔—低孔、低渗,孔隙结构为f类。岩性为流纹构造流纹岩和沉凝灰岩。岩相主要为喷溢相中部亚相和爆发相空落亚相。储集空间为流纹理间孔,层间缝和溶孔。

#### 4 结 论

(1)营城组下段为基性熔岩和中基性火山碎屑岩,为喷溢相和爆发相的产物;一段为酸性沉火山碎屑岩、火山碎屑岩、火山碎屑熔岩和熔岩,为火山沉积相、爆发相和喷溢相。

(2)该井储集空间类型主要为:气孔,砾(粒)间孔,溶孔,收缩缝,构造缝,隐爆缝。其中砾(粒)间孔是较为有效的储集空间。

(3)该井储集岩孔隙度较高、渗透率偏低,平均孔隙度为 $15.17\%$ ,平均渗透率为 $1.51 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,两者相关性较为显著。孔隙结构类型可分为6种:a类低排驱压力,中粗歪度,孔隙分选中等,呈单峰偏粗态型;b类低排驱压力,中歪度,孔隙分选中差,分布呈双峰型;c类低排驱压力,中细歪度,孔隙分选中差,分布略显双峰式;d类中排驱压力,粗歪度,孔隙分选好,孔隙分布呈单峰式;e类高排驱压力,粗歪度,孔隙分选好,孔隙分布呈单峰式;f类高排驱压力,细歪度,孔隙分选极差,孔隙峰态不显型。

(4)结合营一D1井孔渗数据和孔隙结构特征,该井储层分为4类:I类为好储层,高一特高孔、特高渗,细、中、粗喉共存,粗喉比例大;II类为次好储层,高孔、高渗,细喉为主;III类储层为中等储层,中孔、中渗,细喉;IV类为差储层,中、低孔,低渗,细喉。

#### 参考文献(References):

[1] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1988: 224—230.

Bureau of Geology and Mineral Resources of Jilin Province. Regional geology of Jilin Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988: 224—230.

[2] 贾军涛,王璞珺,邵锐,等. 松辽盆地东南缘营城组地层序列的划分与区域对比[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2007, 37(6): 1110—1123.

JIA Jun-tao, WANG Pu-jun, SHAO Rui, et al. Stratigraphical sequence and regional correlation of Yingcheng

Formation in the Southeast of Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2007, 37(6): 1110—1123.

[3] 康冶. 升平气田白垩系营城组火山岩储层特征与预测[J]. 世界地质, 2002, 21(2): 130—134.

KANG Ye. Reservoir bed's characteristics and forecast of volcanic rocks in Yingcheng Group of Cretaceous in Shengping gas field[J]. World Geology, 2002, 21(2): 130—134.

[4] 宿大海,王升永. 兴城气田深层天然气勘探钻遇火山岩特征[J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24(增刊): 11—13.

SU Da-hai, WANG Sheng-yong. Characteristics of the encountered volcanic rocks in deep gas exploration in Xingcheng gas field[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2005, 24(Sup.): 11—13.

[5] 陈建文,王德发,张晓东,等. 松辽盆地徐家围子断陷营城组火山岩相和火山机构分析[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 371—379.

CHEN Jian-wen, WANG De-fa, ZHANG Xiao-dong, et al. Analysis of volcanic facies and apparatus of Yingcheng Formation in Xujiaweizi faulting depression, Songliao Basin Northeast China[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 371—379.

[6] 刘为付,朱筱敏. 松辽盆地徐家围子断陷营城组火山岩储集空间演化[J]. 石油实验地质, 2005, 27(1): 44—49.

LIU Wei-fu, ZHU Xiao-min. Reservoir space evolution of volcanic in the Yingcheng Formation of the Xujiaweizi fault depression, the Songliao Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2005, 27(1): 44—49.

[7] 王璞珺,郑常青,舒萍,等. 松辽盆地深层火山岩岩性分类方案[J]. 大庆石油地质与开发, 2007, 26(4): 17—22.

WANG Pu-jun, ZHENG Chang-qing, SHU Ping, et al. Classification of deep volcanic rocks in Songliao Basin[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2007, 26(4): 17—22.

[8] 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): 449—456.

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): 449—456.

[9] 黄玉龙,王璞珺,门广田,等. 松辽盆地营城组火山岩旋

- 回和期次划分:以盆缘剖面和盆内钻井为例[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2007, 37(6): 1183—1191.
- HUANG Yu-long, WANG Pu-jun, MEN Guang-tian, et al. Division of volcanic cycles and stages of the Yingcheng Formation of the Songliao Basin: Take the cross sections at the margin and the boring holes as examples[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2007, 37(6): 1183—1191.
- [10] 高瑞琪, 张莹, 崔同翠. 松辽盆地白垩纪石油地层[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994: 3—21.
- GAO Rui-qi, ZHANG ying, CUI Tong-cui. Cretaceous oil formation in Songliao Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 3—21.
- [11] 曲延明, 舒萍, 王强. 兴城气田火山岩储层特征研究[J]. 天然气勘探与开发, 2006, 29(3): 13—17.
- QU YAN-ming, SHU Ping, WANG Qiang. Characteristics of volcanic rock reservoirs in Xingcheng gas field[J]. Natural Gas Exploration and Development, 2006, 29(3): 13—17.
- [12] 胡勇, 朱华银, 韩永新, 等. 大庆火山岩储层物性特征系统实验研究[J]. 新疆石油天然气, 2006, 2(1): 18—21, 40.
- HU Yong, ZHU Hua-yin, HAN Yong-xin, et al. Research on volcanic reservoir characteristic in Daqing by systematic experiments[J]. Xinjiang Oil & Gas, 2006, 2(1): 18—21, 40.
- [13] 彭彩珍, 郭平, 苏萍, 等. 流纹岩类火山岩储层物性特征研究[J]. 西南石油学院学报, 2004, 26(3): 12—15.
- PENG Cai-zhen, GUO Ping, SU Ping, et al. Research of the reservoir physics properties characteristics of the volcanic rock of phylolite type[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2004, 26(3): 12—15.
- [14] 史艳丽, 侯贵廷. 辽河油田黄于热地区火山岩储层物性评价[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2005, 41(4): 577—585.
- SHI Yan-li, HOU Gui-ting. An assessment on reservoir quality of volcanic rocks in Huang—Yu—Re area, Liaohe Basin[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinesis, 2005, 41(4): 577—585.
- [15] 王璞珺, 陈树民, 刘万洙, 等. 松辽盆地火山岩相与火山岩储层的关系[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 18—23.
- WANG Pu-jun, CHEN Shu-min, LIU Wan-zhu, et al. Relationship between volcanic facies and volcanic reservoirs in Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(1): 18—23.
- [16] 王全柱. 火成岩储层研究[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2004, 19(2): 13—16.
- WANG Quan-zhu. Study on igneous rock reservoir[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2004, 19(2): 13—16.

## 《吉林大学学报(地球科学版)》主要评价指标

据中国学术期刊综合引证年度报告(2007),《吉林大学学报(地球科学版)》2006年的主要评价指标如下:

总被引频次: 846; 影响因子: 0.848

5年影响因子: 0.776; 即年指标: 0.119

他引总引比: 0.82; 被引期刊数: 261

被引半衰期: 5.0; 2006载文量: 168

基金论文比: 0.99; Web即年下载率: 34.6

h指数(CN): 12.