

文章编号: 1001-6112(2006)04-0330-05

# 松辽盆地南部东南隆起区储层特征

杨铭辉<sup>1</sup>, 郭力<sup>2</sup>, 赵洪涛<sup>3</sup>, 史雅丽<sup>4</sup>, 张坤<sup>5</sup>

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 中国石油天然气股份有限公司 吉林油田分公司 新民采油厂, 吉林 松原 138000;

3. 中国石油天然气股份有限公司 吉林油田分公司 科技与信息处, 吉林 松原 138000;

4. 中国石油天然气集团公司 吉林石油集团有限责任公司 试油测试公司, 吉林 松原 138000;

5. 中国石油天然气股份有限公司 吉林油田分公司 勘探开发研究院, 吉林 松原 138000)

**摘要:**松辽盆地南部东南隆起区深层发育 4 种类型的储层, 以往的勘探成果证实, 砂岩、砂砾岩是主要储集层。各断陷的岩石类型主要为岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩。成岩作用强烈, 不同程度地改变了储层的储集性能。由于各种因素的影响, 盆地东南深层的砂岩和砂砾岩储层中, 发育 3 个次生孔隙发育带, 不同程度地改善了储层的储集条件。综合评价认为, 各断陷中泉头组一段储层的物性相对较好, 应是今后勘探的主要目的层; 王府断陷各层位的储层物性相对较差。

**关键词:**砂砾岩; 火山岩; 变质岩; 储层; 次生孔隙; 成岩作用; 松辽盆地

**中图分类号:** TE122.2

**文献标识码:** A

## 1 深层储层类型

松辽盆地南部东南隆起区深层发育 4 种类型的储层: 登娄库组上部及泉头组一段、二段主要发育以河流—扇三角洲相砂岩和粉砂岩为主的储层, 其次是细砾岩和砂砾岩储层; 登娄库组下部及营城组、沙河子组、火石岭组发育以砂砾岩为主的储层, 其次为砂岩储层; 局部地区和层位还发育少量火山岩(营城组—基底)和变质岩储层(基底)<sup>[1]</sup>。从目前的勘探成果来看, 绝大多数工业油气流井的储层为砂岩、砂砾岩, 只有少数探井在火山岩和变质岩储层中获得少量油气流。因此, 在勘探和研究技术没有提高的情况下, 砂岩、砂砾岩储层应是相当长一段时期内东南隆起区重点勘探的主要储集层<sup>[2~5]</sup>。

## 2 储层岩石矿物学特征

东南隆起区各断陷储层的岩石类型主要为岩屑长石砂岩和长石质岩屑砂岩, 少数为岩屑砂岩和长石砂岩<sup>[6]</sup>。砂岩中的碎屑主要由石英、长石、岩屑和微量重矿物组成。石英在各断陷含量一般为 20%~39%, 万金塔地区火石岭组石英平均含量较高, 为 51%, 小合隆地区营城组石英平均含量最低, 为 18%。长石含量一般为 22%~46%, 略高于岩屑(一般为 17%~50%)和石英。岩屑成分以中酸性岩浆岩和浅变质岩为主。东南隆起区各层

段砂岩中泥质杂基含量一般小于 6%。常见的胶结物有碳酸盐、硅质及硅酸盐, 还有少量硫酸盐矿物, 以孔隙式、接触式及过渡类型为主。而岩石结构则以粗粉砂状—粗砂状为主, 部分砂岩为细砾状结构, 即主要粒级为 0.03~1 mm, 部分可达 2 mm。相比之下, 王府断陷砂岩粒度偏细。颗粒接触关系以点状—线状为主, 部分为凹凸接触。

## 3 储层成岩作用及孔隙演化

### 3.1 成岩作用

砂岩储层成岩作用主要有机械压实作用、胶结作用、交代作用及溶蚀作用等<sup>[7]</sup>。机械压实作用最直接的结果是造成储层孔隙度、渗透率减小。随着深度增大, 压实作用增强, 颗粒排列紧密, 孔隙度明显降低。胶结作用堵塞了孔隙及喉道, 随着砂岩中粘土矿物绝对含量的增加, 物性变差。而该区深部地层交代作用较强, 方解石可部分或全部交代颗粒, 还可发展成连晶胶结, 对物性影响较大。溶蚀作用则是该区深层孔隙增大的主要原因。具体表现在不稳定硅酸盐组分被孔隙中的酸性水淋滤, 溶解物质被循环水带走, 最后在颗粒边缘或内部形成孔隙。

### 3.2 成岩阶段划分

依据矿物的成岩演化特征、粘土矿物组合及演化以及有机质成熟度指标, 采用中国石油天然气股份有限公司 1992 年颁布的碎屑岩成岩阶段划分标

收稿日期: 2005-08-04; 修订日期: 2006-07-03。

作者简介: 杨铭辉(1966—), 男(汉族), 吉林松原人, 博士生, 主要从事油气地质综合研究。

准,将东南隆起区埋藏成岩期划分为早成岩 A 期、B 期和晚成岩 A 期、B 期、C 期。由于受构造及古地温场变化的影响,东南各断陷成岩期的深度也不尽相同(表 1)。

### 3.3 成岩作用与孔隙演化的关系

孔隙演化明显受成岩作用控制(图 1)。在早成岩阶段,即 700 m 以上,以机械压实作用为主,孔隙度从 35%左右降到 20%左右;胶结作用较弱,主要为泥质胶结,孔隙类型以原生粒间孔为主。进入晚成岩 A 期第一迅速转变带,即 700~1 600 m 左右,以压实作用、早期胶结交代作用为主,溶蚀作用为辅。压实作用使砂岩孔隙度继续下降;早期胶结交代作用一方面使物性下降,另一方面也抑制了压实作用对物性的影响;在 1 500 m 左右,溶蚀作用产生了一定数量的次生孔隙,使孔隙度最大值达到 18%。从总体上看,成岩作用使该段孔隙度平均值下降 12%左右,孔隙类型以混合孔为主。进入晚成岩 A 期第二迅速转变带,即 1 600~2 500 m 左右,以溶蚀作用、胶结交代作用为主,压实作用已退居次要地位。胶结作用使岩石变得更加紧密,孔隙度继续下降,但溶蚀作用产生了大量

次生孔隙,使孔隙度平均值保持在 10%左右。进入晚成岩 B 期,即 2 500~3 600 m 左右,大量自生矿物的出现使得晚期胶结、交代作用增强,孔隙度降到 5%左右,孔隙类型以残余孔、微孔为主。进入晚成岩 C 期以后,埋深大于 3 600 m,各种自生矿物大量出现,晚期方解石胶结、石英次生加大再生连接作用增强,使岩石变得致密,孔隙度小于 5%,但由于上覆地层压力增加,可出现较多裂隙,从而增大孔隙空间。

表 1 松辽盆地南部各构造单位成岩阶段划分最大埋深

Table 1 Maximum burial depths for different diagenetic stages of tectonic units in the south of Songliao Basin

地区	早成岩阶段		晚成岩阶段		
	A 期	B 期	A 期	B 期	C 期
登娄库背斜带		1 500	>1 560		
德惠断陷		720	2 420	3 560	>3 560
梨树断陷	348	700	2 600	3 900	>3 900
双辽断陷		900	2 750 >2 750		
榆树断陷	470	720	720		

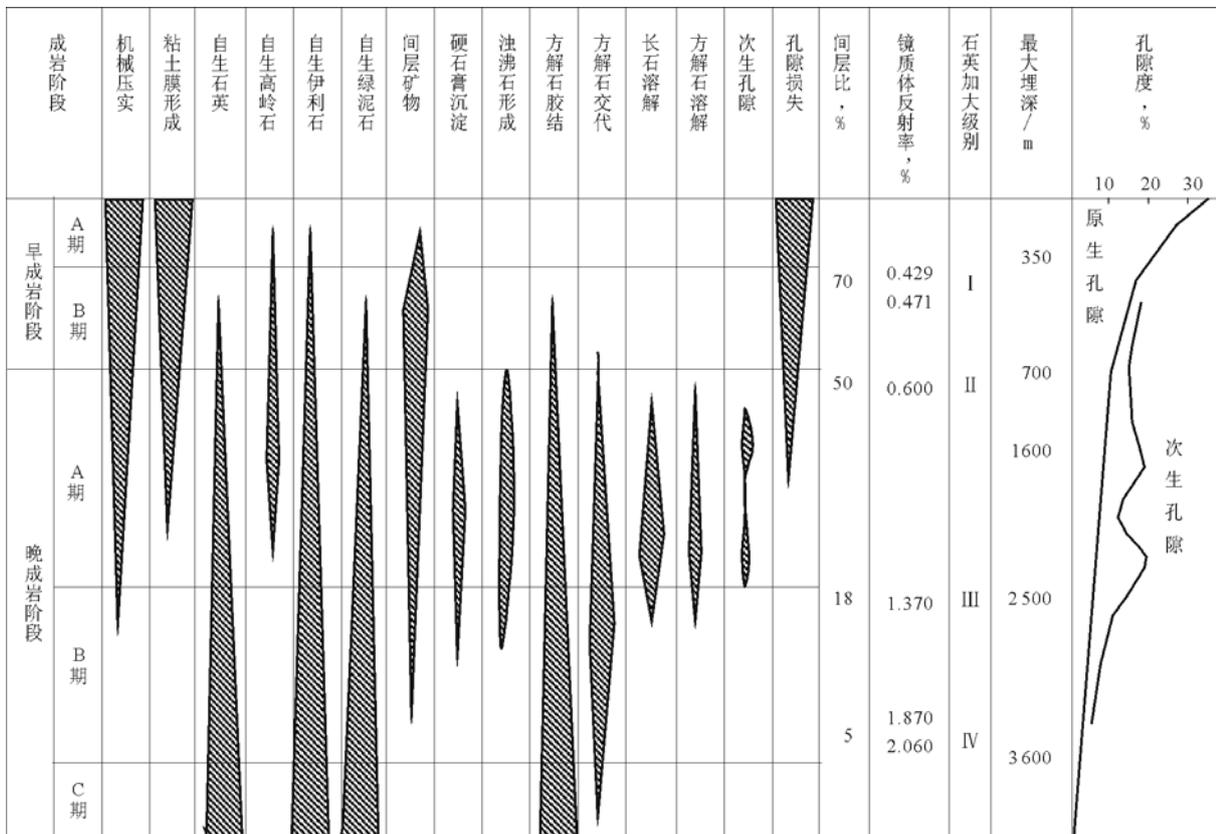


图 1 成岩作用及孔隙演化模式

Fig. 1 Relationship between diageneses and porosity evolution

### 3.4 孔隙结构分类评价

利用压汞资料进行因子相关分析发现,储层渗透率与孔隙度、孔喉半径均值、孔喉分布峰位、排替压力的相关性较好,而与分选系数、歪度、退汞效率等的相关性较差。全区分选系数一般大于3,均为分选差,歪度大多属于负偏态。结合压汞、退汞曲线特征,将该区储层砂岩孔隙结构分为4类(图2)。

梨树断陷四家子、杨大城子斜坡带的泉三、泉四段、德惠断陷农安构造北高点的泉一段、登娄库组储层为I, II类孔隙结构;梨树断陷营城组、茅山构造泉一段、德惠断陷营城组、沙河子组、布海构造泉一段、王府断陷泉一段、营城组及沙河子组储层基本上属III, IV类孔隙结构。

## 4 储层物性、影响因素及次生孔隙发育带

### 4.1 砂岩储层物性特征

储层物性是岩石结构、沉积组分、成岩演化的综合体现,反映了储层的储集性能和渗透性能,是储层性质的重要标志之一。东南隆起区深层泉头组二段、一段、登娄库组、营城组、沙河子组及火石岭组砂岩储层由于地质历史长、埋藏深度大,一般都经历了强烈和复杂的成岩后生作用,储集层物性

较差。由于物源不同和沉积条件的变化,不同类型储集体,甚至同一类型储集体的不同部位,储集性能都有不同程度的差异。通常情况下,三角洲前缘、扇三角洲前缘及河流相的主河道砂体形成的储层物性好于其他类型沉积砂岩储层;同一深度内,火山碎屑岩储层物性明显好于砂岩储层;浅部地层储层物性好于深部储层。由于不同地区、不同层段沉积条件和沉积成岩史的不同,各层段储层物性非均质性较强。综合分析认为,该区深层发育次生孔及裂缝,可以改善储层的储集性能,但在个别井段,营城组储层物性要好于泉一段储层。

### 4.2 砂砾岩储层物性特征

东南深部地层砂砾岩储层主要分布在泉一段、登娄库组及营城组、沙河子组和火石岭组,为近源、快速堆积的产物。由于地质历史长、埋藏深度大,一般都经历了强烈和复杂的成岩后生作用,储集层物性很差。从砂砾岩储层物性与深度变化关系看,砂砾岩储层物性具有随深度增加而变差的趋势,但与砂岩储层相比变化较慢,而且在埋深达到一定程度后,砂砾岩储层物性要好于砂岩储层。

### 4.3 物性影响因素分析

1)沉积作用对物性的影响。不同的沉积相带,甚至同一相带的不同微相,其物性特征都有明显的差异。一般情况下(指填隙物含量在一定数量范围内,即不大于15%),粗大颗粒组成的砂岩具有较大的喉道,因而渗透性能好,如河流相的主河道砂体岩性粗于边滩砂岩,物性也常好于边滩砂岩。另外,近源的储层岩性均较粗,物性也常好于远源储层。

2)砂岩填隙物对物性的影响。在砂岩岩石颗粒结构一定的前提下,随着填隙物含量的增加,孔隙度和渗透率值都有明显的下降趋势。各断陷内各地区的泥质和碳酸盐含量不同,对物性的影响程度也有差异,农安地区泥质含量相对较低,对物性的不利影响相应降低。

3)埋藏史和地温史对物性的影响。总体上来说,处于早成岩期的储层物性明显好于晚成岩期,但由于晚成岩A亚期是本区次生孔隙发育期,因此也会出现局部地区储层物性好于早成岩期储层的情况。

4)成岩作用对物性的影响。随着埋藏深度的增加,机械压实作用增强,孔、渗降低。胶结、交代作用的产物堵塞孔隙喉道,从而使孔隙度特别是渗透率明显变差。溶蚀作用溶解了砂岩中的不稳定组分,形成大量次生孔隙,改善了储层孔隙及喉道的大小和连通性,从而使储层物性变好。

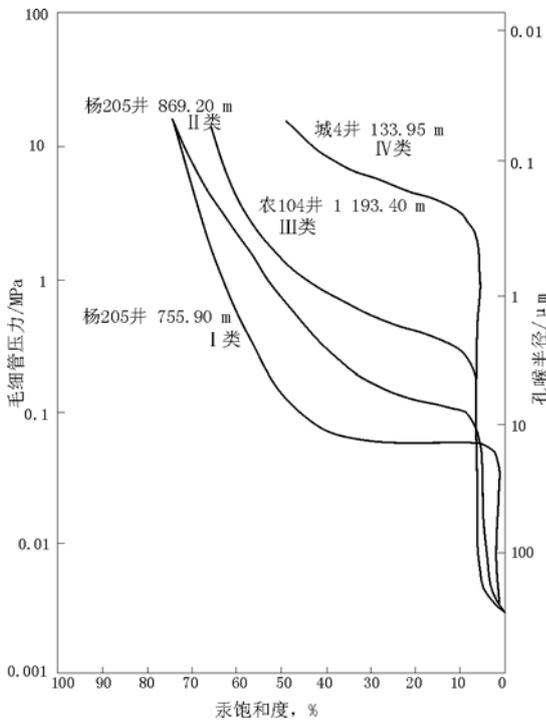


图2 松辽盆地南部东南隆起区储层孔隙结构

Fig.2 Porosity structure of reservoir, the SE uplift, the south of Songliao Basin

#### 4.4 次生孔隙发育带研究

砂岩储层:从砂岩储层孔隙纵向演化特征(图 3)可以看出,深部地层砂岩储层在纵向上存在 2 个次生孔隙发育带。第一次生孔隙发育带位于 1 900~2 100 m,孔隙度达到 15%~18%,渗透率大于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,最大达  $300 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平面上位于茅山构造的登娄库组(梨参 2 井)、秦家构造的营城组(秦 2 井)及中部断陷带双坨子构造的登娄库组(坨深 1 井)。第二次生孔隙发育带位于 2 800 m 左右,正常储层孔隙一般在 5%左右,而在该段达到 8%左右,平面上位于德惠断陷的营城组(德深 1 井)。

砂砾岩储层:从砂砾岩储层孔隙纵向演化特征(图 4)可以看出,深部地层砾岩储层在纵向上存在 3 个次生孔隙发育带。第一次生孔隙发育带位于 1 600 m 左右,孔隙度达到 15%左右,渗透率大于  $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,最大达  $300 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平面上位于农安构造的登娄库组(农 101 井)。第二次生孔隙发育带位于 2 000 m 左右,正常储层孔隙一般小于 10%,而在该段达到 12%~13%,平面上位于秦家构造营城组(秦 1 井)。第三次生孔隙发育带位于 2 300 m 左右,平面上位于农安构造的营城组(农 101 井)。

产生次生孔隙的原因可能有以下几点:1)交代、溶解作用产生粒间、粒内溶孔。该区砂岩次生孔隙发育带基本上位于埋深大于 1 900 m 的井段,处于晚成岩 A 期—B 期,机械压实作用基本结束,

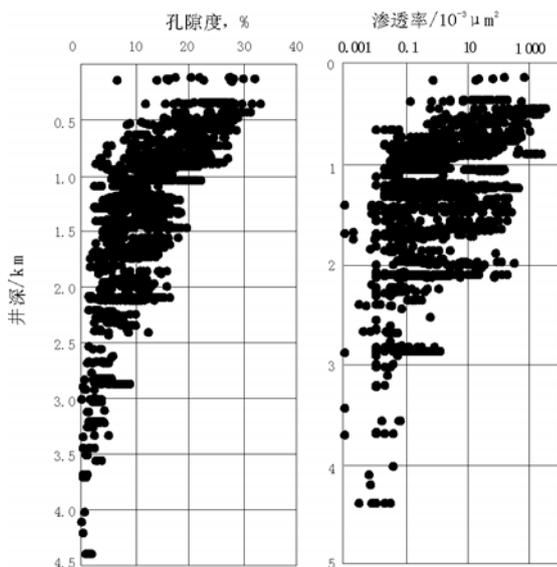


图 3 松辽盆地南部东南隆起区砂岩储层孔隙度、渗透率与井深关系

Fig. 3 Relationship between porosity, permeability and well depth in sandstone reservoir, the SE uplift, the south of Songliao Basin

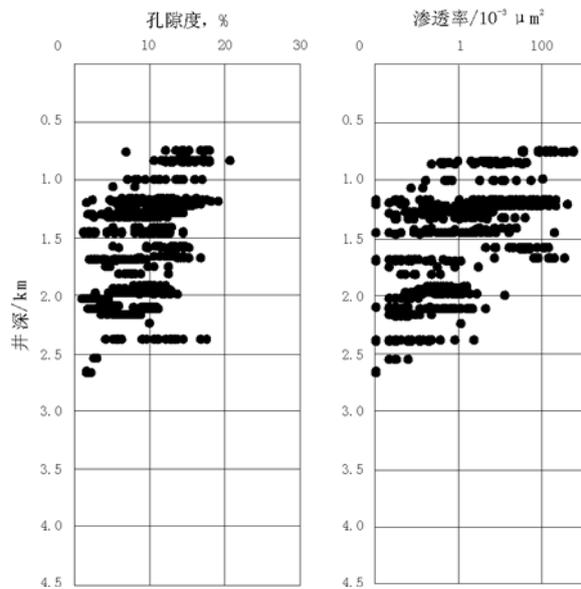


图 4 松辽盆地南部东南隆起区砂砾岩储层孔隙度、渗透率与井深关系

Fig. 4 Relationship between porosity, permeability and well depth in siltstone reservoir, the SE uplift, the south of Songliao Basin

孔主要为方解石的交代、胶结作用及长石、方解石的溶解作用,孔隙类型主要为粒间、粒内溶孔;2)粘土矿物的演化使储层产生微裂隙及微裂缝。该区埋深大于 1 900 m 时,粘土矿物的演化表现为自生伊利石、绿泥石含量增加,特别是绿泥石,由于其性脆,容易产生微裂隙及微裂缝,使储层物性变好;3)暗色泥岩的分布制约着次生孔隙发育带的分布。登娄库组及营城组、沙河子组暗色泥岩中的干酪根产生的有机酸可以通过登娄库组及营城组和沙河子组内部的不整合面或断层运移至储层中产生次生孔隙,这是东南深部地层次生孔隙发育的又一原因。4)火山作用。农安地区次生孔隙发育段火山碎屑岩发育,农 101 井为凝灰岩,农 103 井为火山角砾岩(2 326.0~2 343.4 m,日产气  $851 \text{ m}^3$ );火山碎屑中含有大量酸性物质,使颗粒间产生大量溶孔,从而形成次生孔隙。

#### 5 储层综合评价

1)梨树断陷。泉二段:四家子一带仍是有利储集区,多发育 I, II 类储层。泉一段:整个梨树断陷储集条件普遍较好,孔隙度一般在 15%~20%之间变化,渗透性能好,砂体规模及连续性均较好,所以泉一段是梨树断陷的主要储层发育段。登娄库组:与泉一段相比,储集条件大大降低,孔隙度降为 10%左右,渗透率变差,全区多发育 III, IV 类储层,

仅在梨参 1 井 2 026.21~2 027.22 m 及四 4 井区发育 II 类储层。营城组:秦家地区储集条件相对好一些,以 II, III 类储层为主,其他地区以 IV 类储层为主,梨参 1, 2 井区基本上为无效储层。

2) 德惠断陷。泉二段时期,砂岩不发育,砂体横向分布不稳定,物性条件差,推测该时期储层以 III, IV 类为主。泉一段 I, II 类储层分布在农安构造南高点、小合隆地区合 9 井区及布海地区布 6 井区,合 6 井以北、布 6 井以南的广大地区以 III 类储层为主,IV 类储层为辅。总的来说泉一段砂岩发育,砂体连续性好,物性条件较好,是德惠断陷又一有利储层发育段。登娄库组储集条件普遍下降, I, II 类储层范围缩小,主要分布在农 103 井区、合 9 井区及布 6 井区, III 类储层发育在小合隆及农安构造北高点上。营城组以 III, IV 类储层为主。但值得一提的是,在农 101 及农 103 井区,储层岩性为火山碎屑岩,储层孔隙度在 15% 左右,高者可达 20.7%,渗透率平均可达  $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,属 I 类

储层。

3) 王府断陷。储集条件普遍较差,多发育 III, IV 类储层。

4) 伏龙泉断陷。大房身构造泉一段发育 I, II 类储层,登娄库组发育 III, IV 类储层。

#### 参考文献:

- 1 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
- 2 李春光. 试论松辽盆地深层油气藏分布与形成[J]. 油气地质与采收率, 2004, 11(3): 31~34
- 3 郭少斌. 松辽盆地东岭地区幕式成藏分析[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 134~137
- 4 侯启军,冯子辉,邹玉良. 松辽盆地齐家—古龙凹陷油气成藏期次研究[J]. 石油实验地质, 2005, 27(4): 390~394
- 5 郭少斌. 松辽盆地南部西斜坡层序地层与油气聚集规律[J]. 石油实验地质, 1997, 19(4): 340~344
- 6 杨明达,杨明辉. 松辽盆地南部海坨子地区姚家组二、三段沉积微相研究[J]. 石油实验地质, 2002, 24(4): 348~353
- 7 张厚福. 石油地质学[M]. 北京:石油工业出版社, 1989

## RESERVOIR CHARACTERISTICS IN THE SE UPLIFT, THE SOUTH OF SONGLIAO BASIN

Yang Minghui<sup>1</sup>, Guo Li<sup>2</sup>, Zhao Hongtao<sup>3</sup>, Shi Yali<sup>4</sup>, Zhang Kun<sup>5</sup>

1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
2. Xinmin Oil Recovery Factory, Jilin Oil Field Branch Company, PetroChina Songyuan, Jilin 138000, China;
3. Technology and Information Bureau, Jilin Oil Field Branch Company, PetroChina Songyuan, Jilin 138000, China;
4. Oil Testing Company, Jilin Petroleum Cooperation Ltd, CNPC, Songyuan, Jilin 138000, China;
5. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Jilin Oil Field Branch Company, PetroChina, Songyuan, Jilin 138000, China)

**Abstract:** Four types of reservoir have been generated deep in the SE uplift, the south of Songliao Basin. The previous studies have indicated that, sandstone and glutinite are the major reservoirs. The rocks in different faults are mainly detritus feldspar sandstone and feldspar detritus sandstone. Strong diagenesis changes reservoir ability to different extents. Due to the influence of various factors, three induced porosity zones, which have improved the storing ability of reservoir to different extents, have been developed in the reservoirs of sandstone and glutinite located in the southeast deep layer. It can be concluded through comprehensive evaluation that, the physical performance of reservoir bed in the first part of Quantou Formation in various faults is relatively better and it should be the major objective layer in future exploration. Physical performance of all layers in the Wangfu fault is relatively worse.

**Key words:** reservoir; glutinite; induced porosity; diagenesis; volcanic rock, metamorphics; the Songliao Basin