

塔中地区石炭系东河砂岩 储层物性影响因素研究

吴长江, 代宗仰, 刘善华

(西南石油学院 资源与环境学院, 成都 610500)

摘 要: 石炭系东河砂岩储层是塔中地区重要的油气产层, 通过对岩石铸体薄片、阴极发光薄片、岩心和钻井等资料的综合分析研究认为, 岩石颗粒粒度、砂岩厚度以及成岩作用等是影响本区东河砂岩储层物性的主要因素, 其中控制储层物性的主要成岩作用有压实作用、胶结作用和溶蚀作用。

关键词: 东河砂岩; 储层物性; 粒度; 砂岩厚度; 成岩作用; 塔里木盆地

中图分类号: TE122. 23; P618. 13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2006)03-0199-04

1 地质概况

塔里木盆地中部(塔中地区)在构造上属于中央隆起带塔中低凸起, 东西两侧分别为中央隆起带东段的塔东低隆和西段的巴楚断隆, 北邻阿瓦提凹陷和满加尔凹陷, 南接唐古孜巴斯凹陷^[1]。区内石炭系自下而上包括巴楚组、卡拉沙依组和小海子组, 东河砂岩段位于巴楚组下部, 为塔里木盆地早石炭世缓慢、持续的海侵背景下的滨岸相沉积, 是一个穿时的岩石地层单元。

塔中地区的东河砂岩是一套结构成熟度和成分成熟度均较高的砂岩和砂砾岩, 其东部和南部地区砾石含量较高, 底部砾岩发育, 以磨圆较好的石英砾石为特征。塔中 6 井、塔中 4 井以西、以北地区砾石含量明显减少, 主要为细粒石英砂岩。

2 储集空间类型及物性基本特征

对铸体薄片、扫描电镜和阴极发光薄片的观察分析表明, 东河砂岩主要存在残余原生粒间孔隙、粒间溶孔、粒内溶孔、超大孔隙、基质内孔隙、微裂缝等几种孔隙类型, 其中前两类孔隙是本区东河砂岩储

层的主要孔隙类型。岩心分析数据表明塔中东河砂岩孔隙度为 0.95% ~ 24.14%, 渗透率为 $0.01 \times 10^{-3} \sim 952.43 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (表 1)。按石油工业储层评价标准划分, 塔中东河砂岩从低孔低渗到中孔中渗储层都有发育, 物性总体水平不高, 但局部发育孔渗良好的储层, 如: 塔中 4 井东河砂岩(孔隙度均值 > 15%, 渗透率均值 > $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$) 属中孔中渗储层。研究表明, 岩石颗粒粒度、填隙物含量、砂岩厚度以及成岩作用等是影响本区东河砂岩储层物性的主要因素。

3 颗粒粒度对储层物性的影响

岩石颗粒粒度是沉积水动力条件的综合反映。一般而言, 沉积水动力越强, 则沉积碎屑颗粒越粗, 淘洗作用越强, 岩石的原始孔隙结构就越好, 喉道越粗, 孔隙越大, 从而岩石物性越好。塔中东河砂岩沉积特征主要反映为滨岸的前滨-临滨环境^[2], 水动力条件较强。在原始粒间孔隙保存良好的情况下, 东河砂岩粒度均值与孔隙度、渗透率应具有较好的正相关关系, 而实际上在后期成岩过程中大部分原生孔隙都不同程度地受到过溶蚀改造, 典型的原生孔隙已经不多见^[1]。东河砂岩储层粒度均值与孔隙度、渗透率的关系并不太密切, 但仍具有一定的正相

关系,即随着砂岩颗粒的粒度增大,孔隙度和渗透率逐渐增高(图 1)。

表 1 塔中地区典型井东河砂岩物性统计参数表

Table 1 Physical property coefficient statistics of Donghe sandstone from a typical well in Tazhong area

井号	样品数	孔隙度(%)			渗透率($10^{-3}\mu\text{m}^2$)		
		均值	中值	范围	均值	中值	范围
塔中 4	487	15.5	16.9	1.09~ 24.14	152.5	98	0.01~ 952.43
塔中 6	168	7.1	6.0	0.95~ 20.27	12.8	0.31	0.01~ 303.29
塔中 24	141	13.17	14.02	2.00~ 20.81	151.5	101.5	0.05~ 647
塔中 10	44	14.2	14.29	5.32~ 19.54	83.5	15.54	0.06~ 380.96
塔中 66	18	10.3	10.6	5.04~ 17.48	7.65	1.13	0.023~ 78.1
塔中 35	97	8.03	5.84	1.52~ 21.12	8.23	0.49	0.054~ 111

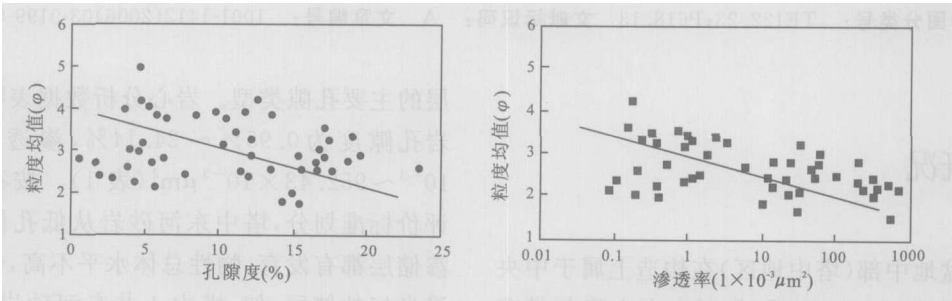


图 1 塔中东河砂岩物性与粒度参数的关系图

Fig. 1 A diagram showing relation of physical property of Donghe sandstone to its grain size

4 砂岩厚度对储层物性的影响

东河砂岩沉积前,塔中地区古地貌总体呈东高西低的态势。石炭纪早期海水由西向东逐渐侵入,形成一套连续的具有一定厚度的东河砂岩滨岸相砂体,其厚度分布显示出明显的“填平补齐”式沉积,即地势低洼区沉积厚度较大,而地势较高地区厚度较薄,甚至缺失。在塔中东部和北部的地势较高地区,东河砂岩存在一个区域性的超覆尖灭线,在前石炭系的古潜山(主要是下奥陶统碳酸盐岩潜山)周围存在“帽沿”式尖灭,即向古潜山方向砂岩厚度逐渐减薄甚至尖灭(图 2)。东河砂岩下伏地层有两大类:一类是奥陶系碳酸盐岩地层,一类是中奥陶统一泥盆系砂泥岩地层。通过对塔中及玛扎塔格地区的钻井和物性资料统计发现,在东河砂岩向奥陶系碳酸

盐岩潜山或孤岛超覆尖灭时,随着砂岩厚度逐渐减小,储层物性也随之变差。根据玛扎塔格潜山带、塔中 2—塔中 9 潜山带、塔中 1— 3— 5 潜山带及其附近的钻孔数据绘制的东河砂岩孔隙度—砂岩厚度关系图(图 3a)可见,在碳酸盐岩潜山带周围,东河砂岩的厚度与储层的平均孔隙度呈正相关关系,即随着厚度的增加,储层平均孔隙度值也增大。平均孔隙度要大于 6%,东河砂岩的厚度至少要达到 40 m 以上。如在玛扎塔格构造带顶部的玛 8—玛 5 井一带,东河砂岩厚度小于 16 m,孔隙度值小于 4%,而往两侧随着东河砂岩厚度增大,孔隙度值也逐渐增大至 6% 以上。据分析推测这主要是由于东河砂岩在向碳酸盐岩古岛屿超覆时,由于下伏碳酸盐岩地层的物质溶解造成东河砂岩地层水钙质含量增高,并在后期的成岩过程中沉淀于颗粒之间,大大降低了砂岩的孔隙度,从而在超覆尖灭线附近形成一个具有一定宽度的致密带。当东河砂岩超覆在前石

王振宇,马青,代宗仰,等.塔里木盆地石炭系沉积体系及东河砂岩沉积储层研究.西南石油学院,2002.

炭系的砂岩或砂泥岩地层之上时, 砂岩厚度与孔隙度之间没有明显的关系(图 3b)。如塔中东部的塔中 31 井东河砂岩厚度仅厚 13 m, 但孔隙度均值为 13%, 塔中 47 井砂岩厚度达 37 m, 孔隙度均值为 8.5%。

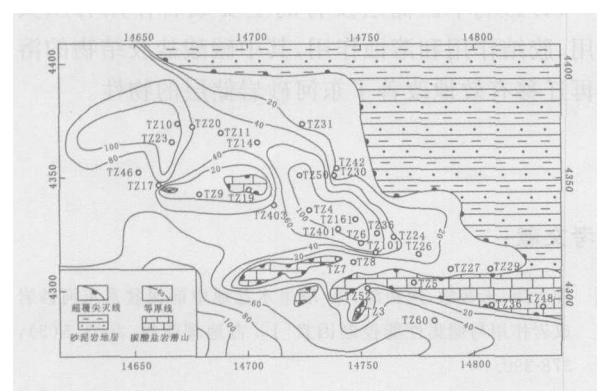


图 2 塔中地区东河砂岩厚度图

Fig. 2 A diagram showing thickness of Donghe sandstone

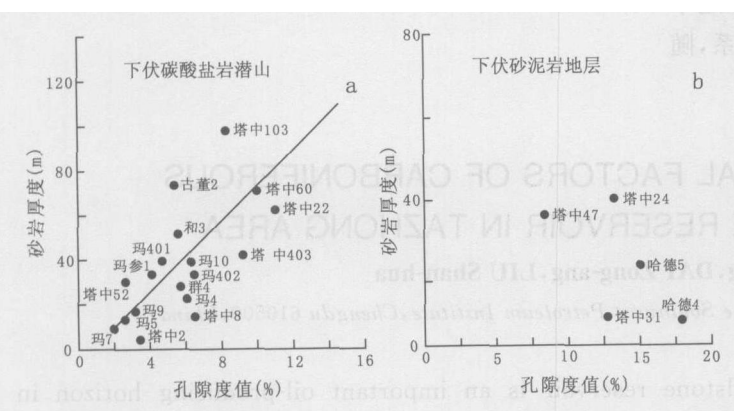


图 3 东河砂岩超覆尖灭线附近砂岩厚度与孔隙度关系图

Fig. 3 A diagram showing relation of thickness of Donghe sandstone to the porosity near the overlapping pinch-out line

5 成岩作用对储层物性的影响

碎屑岩成岩作用是指碎屑沉积物沉积后固结成为岩石直至变质作用或因构造运动重新抬升到地表遭受风化以前所发生的一切作用^[3]。研究表明, 塔中东河砂岩在埋藏过程中, 经历了复杂的成岩变化, 目前已达晚成岩阶段 A₂ 期。影响本区储层发育的主要成岩作用有压实作用、胶结作用和溶蚀作用, 其中对储层孔隙的发育起建设性作用的主要是碳酸盐

胶结物的溶蚀作用。

5.1 压实作用

塔中东河砂岩总体上是一套结构成熟度和成分成熟度均较高的砂岩和砂砾岩沉积, 其石英含量大多在 75% 以上。镜下可见颗粒呈线接触或凹凸接触, 压实作用表现为中-强。通过统计表明, 因压实作用损失的孔隙度为 13% ~ 26%, 压实作用在东河砂岩成岩作用中所起作用可见一斑。

5.2 胶结作用

在塔中东河砂岩储层中, 胶结作用是减少孔隙最主要的成岩作用之一。胶结物成分有碳酸盐、硅质、自生粘土矿物、自生长石和硫酸盐等, 其中以碳酸盐为主。碳酸盐胶结物主要以方解石、铁方解石、铁白云石胶结物的形式存在, 含量变化范围在 0~34% 之间, 充填于孔隙中或生长于颗粒表面^[4]。碳酸盐胶结物含量与储层的物性之间存在负相关关系(图 4), 随着碳酸盐含量的增加储层物性迅速降低。

5.3 溶蚀作用

东河砂岩的溶蚀现象有铝硅酸盐溶蚀、石英颗粒边缘溶蚀和碳酸盐胶结物溶蚀 3 种^[1], 其中以碳酸盐胶结物溶蚀形成的次生孔隙对储层的贡献最大。镜下可以观察到大量的碳酸盐胶结物的溶蚀现象, 甚至胶结物全部溶蚀后, 表现出颗粒以点-线接触的中-弱压实假相。斑块状碳酸盐胶结物的溶蚀现象在东河砂岩段储层中普遍存在, 并且十分发育, 其溶蚀增孔量局部甚至可以达到 20%。分析认为碳酸盐胶结物对东河砂岩储层的贡献有如下两个方面: 早期一定量碳酸盐胶结物的存在阻止了压实作用的进一步进行, 一部分原生孔隙得以较好的保存, 为酸性成岩流体进入和溶蚀产物的迁移提供了良好的通道; 在储层内流体运移通道存在的前提下, 有机质生烃过程中释放的大量有机酸使得碳酸盐胶结物得以顺利溶蚀和迁移, 最终在东河砂岩段内形成一些物性良好的储层。

6 结论

(1) 塔中地区的东河砂岩是一套结构成熟度和成分成熟度均较高的砂岩和砂砾岩, 从低孔低渗储层到中孔中渗储层都有发育, 物性总体水平不高, 但局部发育孔渗良好的储层。

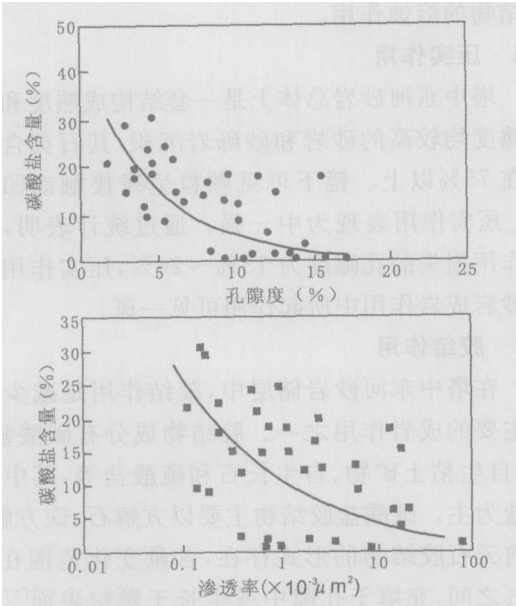


图 4 塔中东河砂岩物性与碳酸盐胶结物的关系

Fig.4 A diagram showing relation of physical property of Donghe sandstone to cementing carbonates

(2) 塔中东河砂岩粒度均值与孔隙度和渗透率的关系并不太密切,但仍具有一定的正相关关系,随

着砂岩颗粒的粒度增大,孔隙度和渗透率逐渐增高。

(3) 奥陶系碳酸盐岩潜山高部位及其周边地区,东河砂岩储层孔隙度与砂岩厚度存在正相关关系。当东河砂岩超覆在前石炭系的砂泥岩地层上时,砂岩厚度与孔隙度没有明显关系。

(4) 影响本区储层发育的主要成岩作用有压实作用、胶结作用和溶蚀作用,其中碳酸盐胶结物的溶蚀再迁移有效地改善了东河砂岩储层的物性。

参考文献:

[1] 钟大康,朱筱敏,周新源,等.塔里木盆地中部泥盆系东河砂岩成岩作用与储集性能控制因素[J].古地理学报,2003,5(3):378-390.

[2] 顾家裕.塔里木盆地石炭系东河砂岩沉积环境分析及储层研究[J].地质学报,1996,70(2):153-161.

[3] 赵澄林.沉积岩石学[M].北京:石油工业出版社,2001.

[4] 郑秀才.塔中地区东河砂岩的成岩作用和孔隙演化[J].西安地质学院学报,1997,19(2):35-40.

STUDY ON THE PHYSICAL FACTORS OF CARBONIFEROUS DONGHE SANDSTONE RESERVOIR IN TAZHONG AREA

WU Chang-jiang, DAI Zong-ang, LIU Shan-hua

(Resources and Environment Dept. of the Southwest Petroleum Institute, Chengdu 610500, China)

Abstract: The Carboniferous Donghe sandstone reservoir is an important oil-producing horizon in Tazhong area. Based on comprehensive study of the thin section of casting sand and cathode luminescent thin section, core and drill log data, grain size, thickness, diagenesis etc. of the sandstone are determined as the main influencing factors on physical property of the reservoir and compaction, cementing and dissolution are the main diagenetic factors that control the reservoir's physical property.

Key Words: Donghe sandstone; physical property of reservoir; grain size; thickness of sandstone; diagenesis; Tarim basin

(上接第 198 页)

rock here is short of Mg but enriched with Ca. The igneous rock exposed in the mining area is mainly gabbro. The nephrite is the result of the contact metasomatism of igneous rocks and carbonates. Trend analysis of the common elements change at the contact zone between the igneous rock and carbonate rock shows that the carbonates supplied the nephrite with Ca, Mg and Fe^{2+} , and the igneous rocks Si , Fe^{3+} and some other trace elements such as K, Na, Mn, Al, P.

Key Words: geochemistry; nephrite; genetic mechanism; Xinjiang