

文章编号: 1000-0747(2004)05-0133-03

英南2井气藏致密砂岩盖层的形成

余和中^{1,2}, 张丽霞³, 韩守华², 朱国华², 斯春松²

(1. 中国地质大学能源系; 2. 中国石油勘探开发研究院杭州分院; 3. 新疆阜康准东采油厂研究所)

摘要: 钻井取心和录井资料显示, 塔里木盆地英南2井侏罗系气藏中的主力气层之上均为砂岩, 缺少泥岩盖层。通过对铸体薄片的观察, 结合电性、物性、压汞、扫描电镜和黏土矿物X衍射分析资料, 发现英南2井主力气层之上有两段致密砂岩层能够作为气藏的有效盖层。致密砂岩层内富含高度分散的泥杂基(含量达6.6%~13.8%), 呈网状和包膜状分布于砂粒表面和粒间, 其强烈的水锁效应能使气体渗透率降低80%以上, 在含水条件下, 气体渗透率可由0.47~0.69mD降至小于0.1mD或趋于不渗透状态, 这是这类致密砂岩成为有效盖层的主要原因。图4表2参10

关键词: 塔里木盆地; 气藏; 致密砂岩层; 泥杂基; 盖层; 水锁效应

中图分类号: TE122.25

文献标识码: A

塔里木盆地英南2井侏罗系3626.02~3667.56m井段中途测试日产气144781m³, 日产油4.72m³, 但钻井取心和录井资料显示, 其气藏之上均为砂质岩, 缺少泥质岩盖层。气藏上覆的砂质岩能否作为气藏的有效盖层, 成为勘探家们十分关切的问题。本文通过对3482.60~3775.66m取心段200多个铸体薄片观察研究, 结合电性、物性、压汞、扫描电镜和黏土矿物X衍射分析资料^[1], 讨论多相介质成岩地球化学环境下的砂质岩的封盖问题。

1 研究井段内储集层特征

1.1 优质储集层

研究井段内有两段优质储集层。其一是井深3658.56~3703.20m的第6段、第4段和第3段, 特别是其中的第5段(井深3664.52~3682.07m)和第3段(井深3688.89~3703.20m)储集层特性明显优于其上的第10段(井深3482.60~3526.00m)和其下的第2段、第1段(3731.72~3775.66m井深)(见表1)。该井段储集层为中粒砂岩和细一中粒砂岩, 泥杂基(I/S, C/S, C为主)含量低(0.8%~3.3%), 孔隙度11.63%~14.56%, 渗透率2.10~27.84mD, 显孔面孔率3%~12%; 平均喉道半径达0.8684μm; 自然伽马值低(60~66API); 显孔孔隙类型以原生粒间孔为主, 少量长石溶孔^[2](见图1)。其二为第8段(井深3536.83~3545.48m)储集层, 特征与3658.56~3703.20m井段相似(见表1、图2)。

1.2 较差储集层

3731.72~3775.66m井段属较差储集层段, 以中一细、细一中和细砂岩为主, 泥杂基含量较高(达5.2%~5.6%), 孔隙度9.685%~10.91%, 渗透率

1.36~2.23mD; 平均喉道半径0.2708μm, 显孔面孔率0.5%~4.0%; 自然伽马值增大(达74~80API); 显孔孔隙类型仍以原生粒间孔为主, 少量长石溶孔(见表1、图3)。

表1 英南2井侏罗系各井段储集层特征表

井段 (m)	自然伽马 (API)	泥杂基含量 (%)	孔隙度 (%)	渗透率 (mD)
第10段 3482.60~3491.15	85	13.8	7.98	0.47
第9段 3509.42~3526.00	67	6.6	11.55	0.69
第8段 3536.83~3545.48	65	2.6	13.05	9.73
第7段 3550.00~3650.00	74	10.2	9.77	0.58
第6段 3658.56~3664.27	62	3.0	13.37	2.10
第5段 3664.52~3682.07	66	3.3	13.63	16.19
第4段 3682.15~3688.66	62	3.0	11.63	3.79
第3段 3688.89~3703.20	60	0.8	14.46	27.84
第2段 3731.72~3762.32	74	5.6	10.91	2.23
第1段 3762.61~3775.66	80	5.2	9.68	1.36

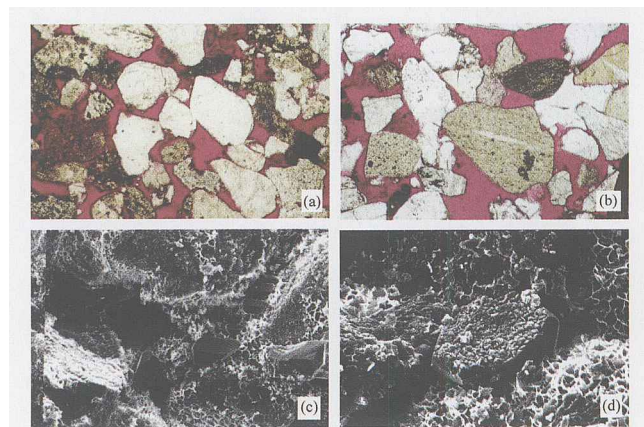
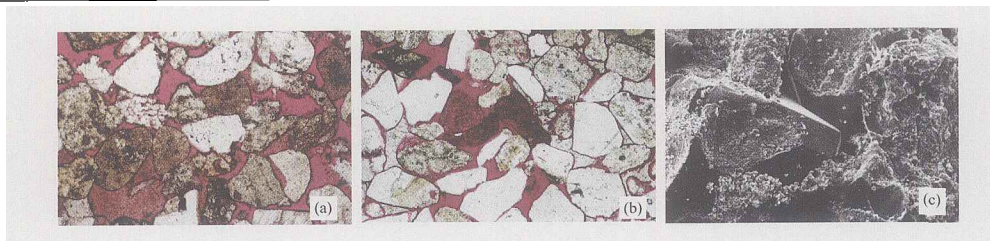
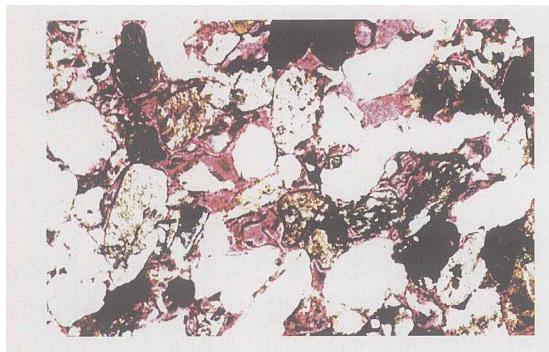


图1 3658.56~3703.20m井段岩心铸体薄片与扫描电镜图
(a) 铸体薄片, 3666.62m, 中砂岩, 孔隙度16.08%, 面孔率7.3%, 渗透率51.9mD; (b) 铸体薄片, 3694.35m, 中砂岩, 孔隙度19.08%, 面孔率10.2%, 渗透率177mD; (c) 扫描电镜, 3660.18m; (d) 扫描电镜, 3660.18m



(a) 铸体薄片, 3537.00m, 中砂岩, 孔隙度 16.08%, 面孔率 7.3%, 渗透率 51.9mD; (b) 铸体薄片, 3337.30m, 中砂岩, 孔隙度 10.16%, 面孔率 6.2%, 渗透率 2.76mD; (c) 扫描电镜, 3536.83m

图2 3536.83~3545.48m 井段岩心铸体薄片与扫描电镜图



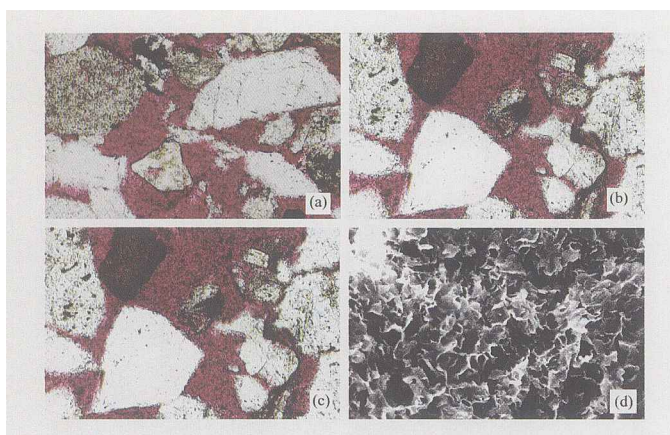
3753.43, 中-细砂岩孔隙度 10.65%, 渗透率 2.63mD

图3 较差储集层岩心铸体薄片

2 主力气层之上发育两段致密砂岩盖层

2.1 3482.91~3491.15m 和 3509.42~3526.00m 井段致密砂岩盖层

本段盖层的粒级并不比气层段细,有中砂岩、细中砂岩、不等粒砂岩和细砂岩,但泥杂基含量明显增加,达 6.6%~13.8%,更重要的是其产状十分特殊,呈网状和包膜状分布于砂粒表面和粒间(见图 4)。



(a) 铸体薄片, 3486.25m, 中砂岩, 孔隙度 10.77%, 面孔率 0.6%, 渗透率 0.386mD; (b) 铸体薄片, 3516.42m, 细-中砂岩, 孔隙度 16.06%, 面孔率 0.4%, 渗透率 0.791mD; (c) 铸体薄片, 3519.40m, 中砂岩, 孔隙度 15.19%, 面孔率 0.6%, 渗透率 1.02mD; (d) 扫描电镜, 3515.12m

图4 致密砂岩岩心铸体薄片与扫描电镜图

本段砂岩显孔面孔率仅 0~1.5%,原生粒间孔和颗粒溶孔均极不发育,以微孔为主^[3],自然伽马值明显增大,达 67~85API。气层对孔隙度、渗透率的要求比油层低得多。本段砂岩的孔隙度 7.98%~11.55%,渗透率 0.47~0.69mD,孔渗值区间仍可满足有效气层的要求,难以成为有效盖层。据长庆苏里格庙二叠系大气田的研究结果,水锁效应能使饱和水地层气体渗透率比不含水地层气体渗透率降低 80%以上(见表 2)。本段致密砂岩高度分散状分布的泥杂基含量远高于苏里格庙气田储集层,水锁效应会更强烈^[4],在含水条件下,气体渗透率(0.47~0.69mD)会降低至小于 0.1mD,或趋近于对气体不渗透,达到成为有效气藏盖层的程度。

表2 长庆苏里格庙气田水锁试验分析表

试验样品数 (个)	层位	气体渗透率 (mD)	孔隙度 (%)	饱和地层水气体渗透率 (mD)	伤害程度 (%)	水锁程度评价
3	盒 6	1.478	10.000	0.211	85.724	强水敏
3	盒 7	0.513	11.400	0.067	88.517	强水敏
5	盒 8	0.389	8.020	0.063	81.875	强水敏
3	山 1	0.375	8.633	0.053	83.151	强水敏

3509.42~3526.00m 井段测井解释的孔隙度为 13.5%~18.7%,渗透率高达 20~200mD,远远高于岩心实测的孔渗值。原因何在?笔者认为这也与特殊产状的泥杂基含量高有直接关系,水锁效应能使饱和水地层气体渗透率比不含水地层气体渗透率降低 80%以上,导致岩心实测的有效孔渗值要远小于测井解释值。因此该地区的测井解释不能套用常规的图版,需要根据本区的地质特异性对解释图版进行校正。

2.2 紧邻主力气层之上的 3550~3650m 井段致密砂岩盖层

本井段未取心,鉴于泥杂基含量与储层性质和测井自然伽马值之间具良好的相关性(见表 1),利用其相关性可大致界定储集层性质和泥杂基含量^[5]。3550~3650m 井段的自然伽马值平均为 74API,接近于 3482.60~3491.15m 井段和 3509.42~3526.00m 井段的自然伽

马平均值(76API)。以此界定本井段砂岩的泥杂基含量为10.2%,孔隙度为9.77%,渗透率为0.58mD,再加上强烈的水锁效应,估算其含水条件下的气体渗透率值应小于0.1mD,因此,可作为有效的气藏盖层。

3 认识与结语

塔里木盆地在漫长的沉积和成岩过程中,其介质条件、物理化学环境等发生很大变化,岩石与周围介质自始至终进行着复杂的能量和化学组分等物质交换,影响和控制成岩演化机理,造成了一系列的沉积、成岩效应,岩性、岩相、沉积序列和成岩演变相当复杂^[6,7]。

地下岩石中孔道的形式十分复杂,串联孔道在水湿情况下,毛细管力和驱动力共同作用,推动流体向前运动^[8]。但如果水自动润湿孔喉表面,随着水膜的变化,喉道轴心的油颈被挤成丝状,最后油丝可能断裂而在喉道处形成水桥^[9,10]。这就是岩石中的水锁效应,它能使渗透率降低80%以上,使得致密砂岩能作为油气层的盖层。

英南2井主力气层井段之上分布两段富含高度分散泥杂基的致密砂岩,在水锁效应作用下,能使饱和地层水的这种砂岩气体渗透率达到有效气藏盖层的程度,因此钻井岩心实测的有效孔渗值要远小于测井解释值。该区的测井解释不能套用常规的测井解释图版,需要根据本区的地质特性对解释图版进行校正。

致密砂岩可以作为盖层,是石油地质理论的发展和创见,建议对气层和盖层都进行水锁实验,进一步落实上述认识。

参考文献:

- [1] Secann V. Diagenetically formed interstitial clay minerals as a factor in rotliend sandstone reservoir quality in the Dutch sector of North sea[J]. *J. Petro. Geol.*, 1979, 1(3):55-62.
- [2] Sullivan K B, McBride E F. Diagenesis of sandstones at shale contacts and diagenetic heterogeneity. Frio Formation, Texas [J]. *AAPG*, 1991, 75(1): 121-138.
- [3] Williams L B, Ferril R E Jr, et al. Fixed-ammonium in clays associated with crude oils[J]. *Applied Geochemistry*, 1989, 4: 605-617.
- [4] Ehrenberg S N. Formation of diagenetic illite in sandstone of the Garn formation, Haltungenbanken area, Mid-Norwegian continental shelf [J]. *Clay Mineral*, 1989, 24(2):233-253.
- [5] Hunt A, Irwin H. Geological modeling of clay diagenesis in sandstone [J]. *Clay Mineral*, 1982, 17(1):5-22.
- [6] 邓宏文,钱凯. 沉积地球化学与环境分析[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1993. 8-10.
- [7] 王行信,韩守华. 中国含油气盆地砂泥岩粘土矿物的组合类型[J]. *石油勘探与开发*, 2002, 29(4):1-3.
- [8] 况军,唐勇,朱国华,等. 准噶尔盆地侏罗系储集层的基本特征及其主控因素分析[J]. *石油勘探与开发*, 2002, 29(1):52-55.
- [9] 邓林,汤磊,康志宏,等. 盆地三维水动力数值模拟方法及其应用[J]. *石油勘探与开发*, 2000, 27(2):11-14.
- [10] 于兴河. 碎屑岩系油气储层沉积学[M]. 北京:石油工业出版社, 2002.

第一作者简介:余和中等(1963-),男,安徽安庆人,博士研究生,高级工程师,主要从事石油地质方面的研究工作。地址:北京中国地质大学能源系,邮政编码:100083。E-mail:yuhz@mail.hipg.com.cn

收稿日期:2003-09-05 修回日期:2004-03-18

(编辑、绘图 唐金华)

The formation of the dense sandstone cap in the Well Yingnan 2, Tarim Basin

YU He-zhong^{1,2}, ZHANG Li-xia³, HAN Shou-hua², ZHU Guo-hua², SI Chun-song² (1. *China University of Geosciences, Beijing* 100083, China; 2. *Hangzhou Institute of Geology, RIPED, PetroChina, Zhejiang* 310023, China; 3. *Research Institute of Zhundong Production Company, Fukang, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Xinjiang* 831511, China)

Abstract: The data of the cores and the well-logs show the rocks above the main gas layers are all sandstone instead of argillite in the Well Yingnan 2. Based on the casting thin section observing and researches on the electricity, property of the cores, mercury-injection, SEM and clay mineral X-ray diffraction data, it is clearly discovered that two sets of dense sandstone in the Well Yingnan 2 could be the effective caps of the gas layers. The sandstone contains rich asunder argillaceous matrix (6.6%-13.8%), and it deposits in the surfaces of the grains and intergrains in net-like and envelope-like way. The strong water-lock effect could make permeability to decrease by more than 80%. Under the condition of water existence, the air permeability could decrease from 0.47-0.69 mD to lower than 0.1 mD, which is the key cause of the dense sandstone developing into an effective cap rock.

Key words: Tarim Basin; gas reservoir; dense sand layer; argillaceous matrix; cap rock; water-lock effect