

轮南地区石炭系泥岩盖层物性封闭特征及其对油气聚集的控制作用

付广 陈章明 姜振学

(大庆石油学院, 黑龙江省安达市 151400)

轮南地区是塔里木盆地油气十分富集的重要地区, 石炭系泥岩作为石炭系砂岩储层和奥陶系裂缝灰岩储层的区域性盖层, 具有较强的物性封闭能力, 并且其封闭能力形成时期与满加尔凹陷中上奥陶统源岩大量排烃期匹配关系较好。因此, 石炭系泥岩盖层对封盖轮南地区奥陶系和石炭系油气聚集成藏是十分有利的。

关键词 物性封闭 封闭能力形成时期 轮南地区 石炭系

第一作者简介 付广 男 34岁 讲师 石油与天然气地质

0 前言

在油气勘探过程中, 要准确评价油气资源, 确定含油气远景和勘探领域, 就必须研究盖层的封闭性。大量油气勘探的实践证明, 盖层作为油气藏形成的重要条件之一, 其封闭性好坏在某种程度上决定了一个盆地或一个地区油气有无及数量的多少, 而且其封闭能力形成时期必须早于烃源岩大量排烃期才能有效地封盖住油气, 否则盖层封闭能力再强, 对封盖油气也是无效的。因此, 研究区域性盖层的封闭能力及封闭能力形成时期与烃源岩大量排烃期的匹配关系, 对于一个盆地或一个地区油气资源评价具有重要意义。

1 区域地质概况

轮南地区位于轮台、库车和沙雅3个县境内。区域构造位置属于塔里木盆地塔北隆起中段, 轮台断裂下盘, 南北长约80km, 东西宽90km, 面积约7200km²。

经过多年的油气勘探, 已在该区奥陶系、石炭系、三叠系和侏罗系4个层系中发现了不同类型的油气藏, 充分证实了该区是塔里木盆地油气资源十分丰富的地区之一。尤其是奥陶系和石炭系, 油气更为丰富, 目前发现的大部分油气藏皆分布在这两个层系中。其储盖组合主要有两套: 一套是石炭系泥岩与其内部砂岩储层构成的连续沉积型储盖组合; 另一套是在隆起上, 由石炭系底部泥岩在隆起上与下伏奥陶系裂缝灰岩储层构成的非连续沉积型储盖组合。石炭系泥岩盖层对这两套储层中油气聚集起着重要的封盖作用。

2 轮南地区石炭系泥岩盖层的发育特征

本区石炭系主要是海陆过渡相的潮坪相沉积, 泥岩发育, 主要是灰色、暗灰色泥岩, 厚度

大,如表 1 所示,泥岩累积厚度为 139.0~362.5m,平均为 260.9m,泥砂比为 49.2%~87.3%,平均为 72.2%。并且泥岩单层厚度大,石炭系层内 3 个油组的上部都存在着泥岩盖层,如图 1 所示,C₁油组盖层为泥岩夹砂岩段,泥岩的厚度大于 20m,泥岩富含钙质较重。C₁油组的盖层为上高伽玛泥岩段,在断垒带上分布比较稳定,岩性较纯,含钙重,厚度大,据统计在 47.5~86m 之间。C₂油组为下高伽玛泥岩段,岩性为泥岩、钙质泥岩和粉砂质泥岩,沉积时受古地形的影响,厚度变化较大(41~112m 之间),总的趋势是向西变薄。这 3 套盖层在该区皆为区域性盖层。

表 1 轮南地区部分探井石炭系泥岩累积厚度(m)表

井 号	LN8	LN9	LN10	LN14	LN21
泥岩累积厚度	225	320	139.0	362.5	228
泥/砂 (%)	87.3	86.1	58.2	80.3	49.2

3 轮南地区石炭系泥岩盖层的物性封闭特征

3.1 盖层的物性封闭机理

盖层的物性封闭机理(或毛细管封闭机理)是盖层封闭游离相油气逸散的最常见机理,是由于盖层与储集层之间的物性差异引起的毛细管压力不同,造成的盖层对油气的封闭作用。

游离相油气欲通过盖层孔隙运移,必然受到盖层与储集层之间排替压力差的阻挡,只有当油气的能量大于盖层排替压力(因为储集层排替压力太小,与盖层排替压力相比可忽略不计)时油气才可能驱替盖层岩石孔隙中的水发生流动,否则油气不能以游离相态通过盖层运移散失。因此,盖层岩石排替压力是评价盖层物性封闭能力最直接参数。此外,盖层岩石的渗透率、孔隙度和密度等参数,也可以从不同侧面反映盖层的物性封闭能力。

3.2 轮南地区石炭系泥岩盖层的物性封闭特征

为了研究本区石炭系泥岩的物性封闭能力,本文选取该区 6 口探井 9 块石炭系泥岩岩样品进行其物性封闭能力的测定,其结果如表 2 所见,该区石炭系泥岩具有较强的物性封闭能力,排替压力为 1.0~18.16MPa,平均为 6.62MPa。按照郝石生等(1991)对盖层的划分标准,其可作为较好的天然气盖层,对于封盖油它则是更好的盖层。

然而,由于取心太少,难以在平面上研究石炭系泥岩盖层的封闭特征,为此本文只能通过由地球物理信息求取泥岩排替压力的方法来研究本区石炭系物性封闭能力的平面变化特征。

声波速度测井是利用岩石及介质的声学特征来研究钻井地质剖面的,其值大小主要取决于岩石的压实成岩程度。泥岩压实成岩程度越高,声波时差值越小,封闭性越强;相反,泥岩压实成岩程度越低,声波时差值越大,封闭性越差。由此可知,泥岩的排替压力与声波时差之间应具有较好的对应关系。

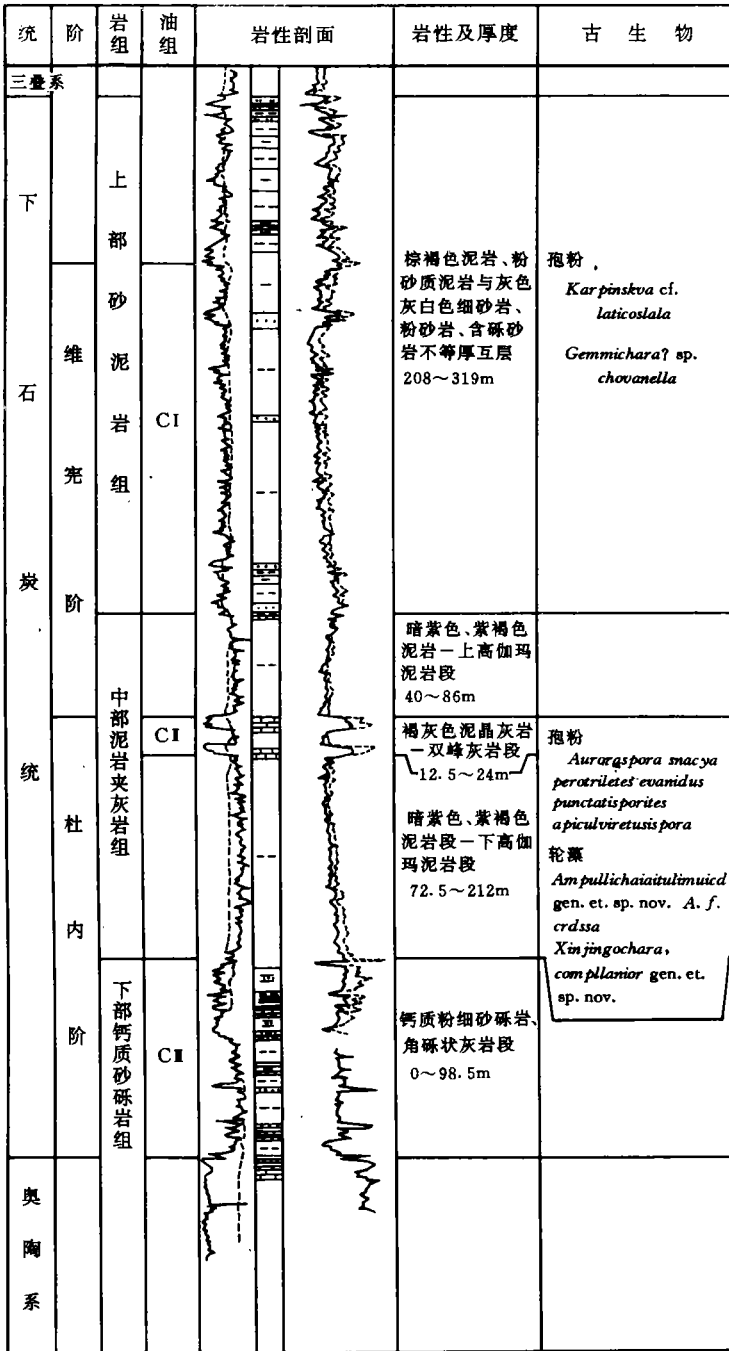


图1 轮南地区石炭系综合柱状图
(据黄宏伟,1992)

表 2 轮南地区石炭系泥岩微观封闭能力测试表

井号	井深 (m)	岩 性	孔隙度 (%)	渗透率 ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	密度 (g/cm^3)	饱和水岩石排替压力 (MPa)
LN2	4822	含钙泥质粉砂岩	1.40	69.70	2.67	1.0
LN46	4897	泥 岩	2.12	11.80	2.62	11.91
LN14	4963	含粉砂泥岩	4.37	1.69	2.58	2.70
LN14	5039	含粉砂泥岩	4.05	5.44	2.62	2.24
LN2	5180	含钙粉砂质泥岩	2.68	0.24	2.60	4.90
LN14	5185	泥 岩	5.21	0.96	2.58	11.36
LN58	5263.5	含钙粉砂质泥岩	0.78	0.019	2.60	18.16
LN59	5388	泥 岩	6.59	41.5	2.51	2.90
LN46	5432	泥 岩	4.82	0.24	2.53	4.47

由图 2 可以看出,塔里木盆地泥岩声波时差与实测排替压力之间有着明显的函数关系。

当 $\Delta t < 75 \mu\text{s}/\text{ft}$ 时,排替压力与声波时差之间的统计关系式为:

$$p = \Delta t + 78 \quad (1)$$

式中: p ——泥岩排替压力,MPa;

Δt ——泥岩声波时差值, $\mu\text{s}/\text{ft}$

当 $\Delta t \geq 75 \mu\text{s}/\text{ft}$ 时,排替压力与声波时差之间的统计关系式为:

$$p = \frac{3.69}{\Delta t - 70.22} \quad (2)$$

为了检验此公式能否适用于本区石炭系,本文将轮南 14 井 C_2 和 C_5 段 3 块实测泥岩样品处的声波时差值代入式(1)或式(2)中进行计算,其结果与实测值基本相符(表 3),证明此公式用于该区石炭系是可行的。

本文根据上述泥岩排替压力与声波时差之间的函数关系,利用几十口探井泥岩声波时差资料对轮南地区石炭系中部泥岩的排替压力值进行了计算,其结果如图 3 所示。石炭系泥岩排替压力高值区主要分布在轮南 20 井至轮南 18 井一带,最大值可达到 16MPa,由此向东、向西泥岩排替压力逐渐降

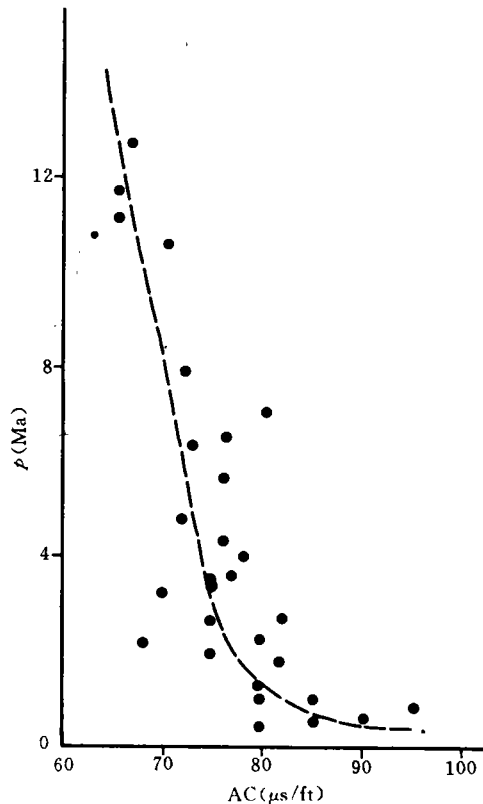


图 2 塔里木盆地塔东地区排替压力随声波时差值变化关系图

低,最低值在轮南17井处,只有1.39MPa,其次为轮南16井和轮南8井处,排替压力为2.11MPa和2.42MPa,总体上北部封闭能力较强。

表3 轮南14井石炭系计算泥岩排替压力与实测排替压力对比表

层位	岩性	实测排替压力 (MPa)	计算排替压力 (MPa)
C ₂	含粉泥岩	2.70	2.69
C ₂	含粉泥岩	2.24	2.26
C ₅	泥岩	11.36	11.33

4 轮南地区石炭系泥岩盖层对油气聚集的控制作用

轮南地区石炭系作为石炭系内部3个油组和奥陶系裂缝灰岩储层的区域性盖层,由上述分析可知,其在整个轮南地区均具有较强的物性封闭能力,对于阻止奥陶系和石炭系内油气的运移散失是十分有利的。

然而,该区石炭系泥岩盖层的物性封闭能力并非一经沉积就开始具封闭能力的,而是随着埋深增加、压实成岩作用增强、孔隙度和渗透率减小达到一定阶段后才开始具封闭能力的。根据大量的统计资料表明,当泥岩盖层的排替压力达到0.1MPa时,即可封闭游离相油气,因此,本文将这一时期作为泥岩盖层开始初具物性封闭能力时期。由图4可得,当该区泥岩盖层排替压力为0.1MPa时的对应埋深为4000m左右,由地层厚度资料推知,该区石炭系泥岩盖层开始初具物性封闭能力的时期为下三叠统沉积末期(如果考虑到本区地壳上升

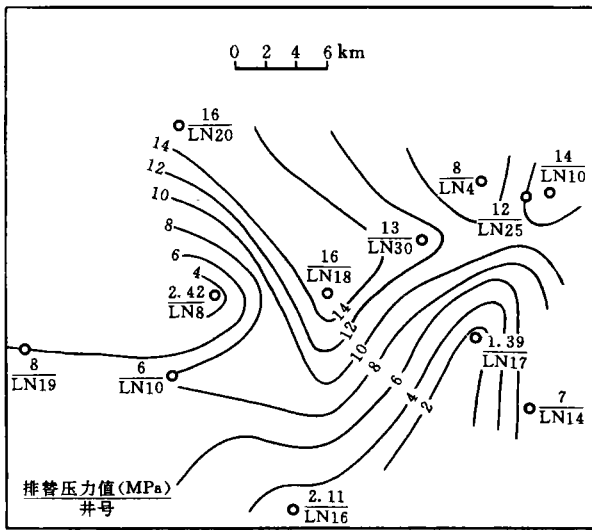


图3 轮南地区石炭系泥岩排替压力等值线图

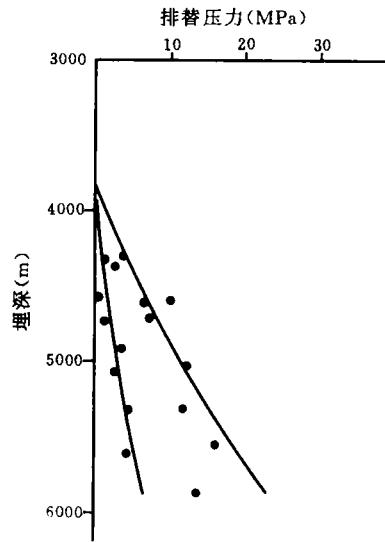


图4 轮南地区石炭系泥岩排替压力随深度变化关系图

剥蚀的影响,其时期可能更早)。

该区石炭系和奥陶系油气源对比结果表明,石炭系和奥陶系聚集的油气除少部分来自其自身生成外,主要来自南部满加尔凹陷中上奥陶统源岩。据刘昌玉等(1992)的研究认为满加尔凹陷中上奥陶统烃源岩于晚石炭世初期开始进入生烃门限,早二叠世末期进入生烃高峰期。由此可以认为,轮南地区石炭系泥岩盖层的物性封闭能力形成时期与满加尔凹陷中上奥陶统烃源岩的大量排烃期匹配关系较好,有利于满加尔凹陷中上奥陶统油气在轮南地区运聚成藏。

(收稿日期:1994年8月9日)

参 考 文 献

- 1 郝石生等. 天然气盖层实验研究及评价. 沉积学报, 1991, 9(4)
- 2 刘昌玉等. 轮南断垒三叠系石油地质特征和油气聚集规律研究. 塔里木盆地油气勘探论文集, 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992

THE CAPILLARILY SEALING CHARACTERISTICS OF MUDSTONE CAPROCK OF CARBONIFEROUS IN LUNNAN AREA AND ITS CONTROL TO OIL AND GAS ACCUMULATION

Fu Guang Chen Zhangming Jiang Zhenxue

(Daqing Petroleum Institute)

Abstract

Lunnan area is one of the most significant targets in Tarim in that of oil and gas were abundantly accumulated. The mudstone of Carboniferous, serving as the regional caprock of both carboniferous sandstone reservoir and ordovician limestone fractured reservoir, Owns strong capillary sealing ability. Moreover, the formation period of this capillary sealing bed well matched for that in which oil and gas were significantly generated in the source rock of mid-upper Ordovician in Manjiaer depression. therefore, the mudstone caprock of carboniferous is favorable to accumulating the oil and gas in Carboniferous and Ordovician to form pools.