

辽河拗陷西部凹陷油气成藏期次

徐波¹, 郭华强², 林拓², 齐京国¹, 杨欢¹

(1. 中国石油冀东油田, 河北唐山 063000; 2. 中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100083)

摘要:运用生烃史法、圈闭形成期法、饱和压力法和流体包裹体分析法等确定了辽河拗陷西部凹陷油气藏的形成时间。根据每一种方法的原理,指出各种方法所确定的时间对油气成藏期研究的意义及其不确定性所在。在上述工作的基础上,结合辽河拗陷西部凹陷油气形成地质过程分析,对各种方法所确定的油气成藏期进行了校正,确定西部凹陷存在2期油气成藏,第1期以石油为主,成藏时间为沙二段沉积时期和沙一段—东营组沉积时期(38~28Ma);第2期以天然气为主,成藏时间为馆陶组沉积中期(17Ma)至今。

关键词:成藏期次;生烃史;圈闭形成期;饱和压力;包裹体;西部凹陷;辽河拗陷

中图分类号:TE112.31

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2010)01-0012-03

油气成藏历史的研究方法多种多样,目前使用较多的是生烃史法、圈闭形成期法、饱和压力法、流体包裹体分析法、油气水界面追溯法和矿物同位素测年法^[1-5]等。各种方法都有其自身的原理,但各种方法都是通过研究成藏中某一要素来确定油气成藏过程中的某一时间点(或时间段),并不能代表油气真正的成藏时间。笔者认为,油气成藏期的最终确定还应综合分析各方法所得的时间点(或时间段),将所得结论放入研究区的油气成藏过程中进行验证,使其符合地质规律。笔者以辽河拗陷西部凹陷为例,将各种方法所得的成藏时间进行综合分析,对之进行取舍、校正,得出研究区油气成藏的时间。

1 生烃史法

油气藏的形成时间不可能早于油气的生成时间。只有在烃源岩达到生烃高峰时才能够大量生成油气,因此,大规模的油气成藏期只能晚于油气生成高峰期^[1,3-4]。故生烃史法所确定的时间为油气成藏时间的上限值。

辽河拗陷西部凹陷以沙四段、沙三段泥岩为主力烃源岩。沙四段为最古老的烃源层系,因此,西部凹陷的油气藏形成时间需要从沙四段沉积末期开始考虑。以双台子地区为例,根据地质埋藏史及有机质热演化模拟结果,该区沙四段烃源岩第1次大规模生烃始于沙三段沉积中晚期(42Ma)。该次生烃

在东营组沉积晚期(28Ma)结束;该套烃源岩从馆陶组沉积中期(18Ma)开始进入第2个生烃高峰,并一直延续至今(图1)。其中,第1个生烃高峰以生油为主,而第2个生烃高峰以生气为主。据此,双台子地区来源于沙四段烃源岩的油藏形成时间最早可能开始于沙三段沉积中晚期(40Ma);对应的天然气开始成藏时间不早于馆陶组沉积中期(18Ma)。

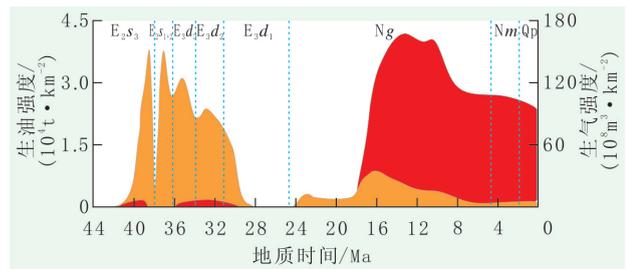


图1 辽河拗陷双台子地区沙四段生烃史

2 圈闭形成期法

圈闭形成期法认为圈闭是油气成藏的前提,油气藏的形成时间不可能早于圈闭的形成时间^[1-3]。故根据圈闭形成期法所确定的油气成藏期也为油气成藏时间的上限值。

在西部凹陷,圈闭可分为2种:一种是同沉积的生长性圈闭,包括同沉积背斜、滚动背斜、逆牵引背斜、地层(部分潜山)、岩性以及继承性发育的断块、断鼻、断背斜等,具有规模小、分布分散的特征。勘

收稿日期:2009-10-26;改回日期:2009-12-29。

作者简介:徐波,男,博士,从事油气成藏机理研究。联系电话:(0315)8860062,E-mail:xubo_cugb@126.com。

基金项目:国家自然科学基金“页岩气聚集机理与成藏条件”(40672087)

探证实此类圈闭不是油气聚集的主要空间,故其形成时间对油气成藏时间的确定不具有关键作用;另一种是由于构造运动而在短时间内突发形成的圈闭,该类圈闭严格受控于构造活动,具有形成时间集中、圈闭类型相似、分布规律明显、相对数量较多等特点,表现为沿断裂构造带分布的背斜、断背斜、断鼻、断块及部分地层、复合类型。构造圈闭是西部凹陷油气藏类型中的主体,因此它们的主体形成时间决定了油气藏大规模形成时的最早时间。

从构造活动强度分析,西部凹陷在沙四段、沙三段沉积时期内的构造运动相对稳定,2套地层之间甚至没有发育明显的不整合。在沙三段沉积末期,构造运动剧烈,伴随着构造应力场的转变、地层的抬升剥蚀、大范围内的不整合面分布、已存在圈闭的调整改造以及大量新圈闭的形成。与地质过程对应,这一具体时间为38Ma。

3 饱和压力法

饱和压力法认为,当天然气在原油中溶解量最大时原油粘度最小,最易流动,故原油或凝析气自烃源岩中生成排出后就饱含天然气或轻质油,其饱和压力反映了油气刚开始运移时的温度和压力条件^[1-3],因而可以根据现今油藏的饱和压力或凝析气藏的露点压力确定其形成时的埋藏深度,进而确定其成藏时间。但也有学者认为油气藏形成后均经过了不同程度的调整,现今所测饱和压力代表了最后一期油气成藏时的地质信息,故其所确定的时间为最后一期油气运移的时间^[3]。

根据饱和压力法原理,应用双台子地区实际资料(表1),计算了该区油气藏形成的平均时间大约为17Ma。

表1 辽河拗陷双台子地区油藏饱和压力

断块	井数	层位	地层压力/MPa	饱和压力/MPa	地层温度/℃	成藏埋深/m	成藏时间/Ma
双67	1	E ₂ S ₁₊₂	24.85	23.09	89	2 356.12	16.8
双6	4	E ₂ S ₁₊₂	24.76	23.54	89	2 402.04	17
双56	2	E ₂ S ₁₊₂	24.84	24.11	90	2 460.20	17.2
双29-24	1	E ₂ S ₁₊₂	24.97	23.87	92	2 435.71	17
双51	1	E ₂ S ₁₊₂	24.99	24.47	89	2 496.94	17.4
双25-38	1	E ₂ S ₁₊₂	24.38	23.52	89	2 400.00	17.4

4 流体包裹体分析法

流体包裹体分析法是在流体包裹体均一温度测

定的基础上,根据地热增温率,即今地温或古地温梯度来推测古埋深,或是通过成岩序列的研究来大致推算包裹体形成的时间^[1-7]。

通过对西部凹陷数百个包裹体数据的统计,确定油气成藏时间大致为28~39Ma,时间跨度大于10Ma,对应于从沙三段沉积末期到东营组沉积末期的早期油气成藏阶段。其中,油气成藏高峰时间对应于东营组沉积时期。

由于距离烃源岩位置的不同,不同地区包裹体资料所反映的成藏时间也有所差异。受西部凹陷沉降—沉积中心不断向东和向南迁移的控制,凹陷内油气成藏时间也表现为北老南新、西早东晚。以沙二段和沙一段为例,北部牛心坨地区的包裹体均一温度显示油气运移成藏时的地层温度为90~100℃,对应的地质时间为35~28Ma(沙一段至东营组沉积时期)(图2)。而南部地区(欢喜岭—高升、兴隆台—冷东)的油气大规模运移时地层温度为101~110℃,对应的地质时间为30~27Ma(东一段沉积早期),且北部地区油气运移结束于26Ma,而包裹体资料显示,直至18Ma时南部地区仍有油气运移;在东西方向上,凹陷西南部的西八千地区成藏时间也略早于其东部的双台子地区。

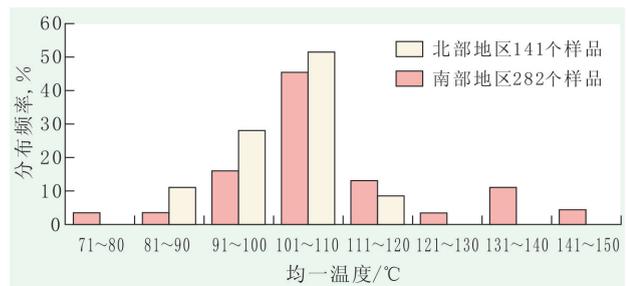


图2 辽河拗陷西部凹陷南、北部沙二段和沙一段含烃包裹体均一温度比较

5 油气成藏期综合分析

各种成藏期计算方法得出的油气成藏时间只是生、储、盖、运、圈、保等诸多要素中一项的作用时间,且方法本身也存在一定的局限性。如生烃史法未考虑在构造作用的影响下,烃源岩排烃过程可能早于或晚于其生烃高峰;饱和压力法未考虑在多期构造运动的影响下,油气发生了多期充注,现今油气藏的饱和压力不一定能代表油气成藏时的地质条件;流体包裹体分析法确定的是油气运移的时间,而对此期运移油气时圈闭是否形成,油气能否最终被圈闭捕获考虑不充分。此外,也有学者认为包裹体法本

身所测得的均一温度能否准确代表油气成藏时的地质条件是一个值得探讨的问题^[6]。故笔者认为,若以单一方法所得油气成藏时间难免会有误差,成藏时间分析的最后一步应为从整个地质背景上对所有得出的结论进行校正和取舍。

综合分析不同成藏体系内生排烃期、圈闭形成时期、油气运移时期等,尽管不同地区油气在成藏时间上有所差异,但总体来看,西部凹陷生烃高峰期与第1次大规模构造运动时间匹配关系好,起始时间约为沙三段沉积晚期(38Ma),此时间可作为沙四段、沙三段油气藏的最早成藏时间;在沙二段、沙一段沉积时期,凹陷先整体稳定沉降,此时沙四段、沙三段烃源岩持续生烃,从沙一段沉积末期(36Ma)至东营组沉积末期(24.6Ma),整个凹陷经历了大范围强烈的构造抬升,油气开始大规模运移并成藏,包裹体资料分析结果将此期油气运移时间进一步精确化,定为36~28Ma。

饱和压力法所确定的成藏时间为17Ma,与其他方法所确定的成藏时间出入较大。从其他地质因素分析,17Ma正好是沙四段烃源岩大规模生气的时期。辽河拗陷烃源岩生烃特征显示,西部凹陷内无论哪种类型的烃源岩,当其热演化程度较低时,其烃产物以石油占绝对优势,随着其热演化程度的增加,天然气所占比例逐渐增大(图3)。同一套烃源岩的生气高峰应晚于石油。故西部凹陷天然气自17Ma以来达到生气高峰,并开始运移成藏。在此次成藏过程中,除形成天然气藏外,天然气还对已形成的油藏进行了一定程度的充注,一批油藏在此期成藏中天然气溶解量达到饱和。

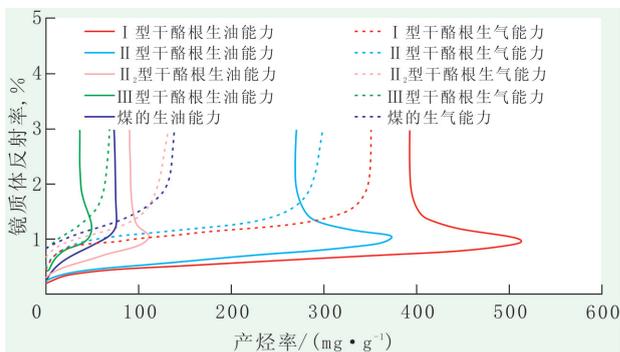


图3 辽河拗陷不同有机质类型生烃热模拟

综上所述认为,辽河拗陷西部凹陷存在2个油气成藏期,分别为油藏形成期和气藏形成期:油藏的形成时间开始于沙四段沉积末期,结束于馆陶组沉积早期,主要的成藏时间集中于沙二段、沙一段—东一段沉积时期(38~28Ma),当东营组沉积末期的构

造运动结束时,油藏最终定型;天然气的成藏时间始于馆陶组沉积中期(17Ma),并延续至今(图4)。

沉积时间/Ma	44	40	36	32	28	24	20	16	12	8	4	0	
沉积时代	E ₂ S ₃		E ₂ S ₂	E ₂ d ₁	E ₂ d ₂	E ₂ d ₃	Ng					N _m	Q ₁
生烃史法	[Red bar from 40 to 0]												
圈闭形成期法	[Red bar from 38 to 0]												
饱和压力法	[Orange bar from 17 to 0]												
流体包裹体分析法	[Red bar from 36 to 24]												
地质综合分析	[Red bar from 38 to 24, Orange bar from 17 to 0]												

图4 辽河拗陷西部凹陷油气成藏期次综合结果

6 结论

利用多种方法确定了辽河拗陷西部凹陷的油气成藏期次。石油大规模生成时间始于40Ma,早于天然气(18Ma),且油气大规模生成时间同时或晚于圈闭形成时间(38Ma)。石油的主要运移时间为39~28Ma,天然气大规模运移始于生烃高峰,为17Ma。总体上看,西部凹陷油气存在2期成藏,第1期以石油为主,时间为38~28Ma;第2期以天然气为主,时间为17Ma 延续至今。受沉降—沉积中心迁移、断层发育等因素控制,不同层位、不同地区的油气成藏时间在所确定的成藏时间范围内有轻微差异,总体在平面上北老南新、西早东晚。特别值得注意的是,西部凹陷内沙四段及沙三段底部烃源岩生烃时间更早,与烃源岩同期发育的砂体及同生构造圈闭形成时间早于38Ma,且近源,具有优先捕获油气的条件,其成藏时间应早于笔者所确定的范围。

参考文献:

- [1] 马安来,张水昌,张大江,等. 油气成藏期研究新进展[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(3): 271-276.
- [2] 高岗,黄志龙. 油气成藏期研究进展[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(5): 661-666.
- [3] 赵靖舟. 前陆盆地天然气成藏理论及应用[M]. 北京:石油工业出版社, 2003: 60-62.
- [4] 杨万芹,蒋有录. 惠民凹陷西部油气成藏期分析[J]. 油气地质与采收率, 2004, 11(1): 20-22.
- [5] 蒋有录,刘华,张乐,等. 东营凹陷油气成藏期分析[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 215-218.
- [6] 赵力彬,黄志龙,高岗,等. 关于用包裹体研究油气成藏期次问题的探讨[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(6): 6-9, 18.
- [7] 李传华. 东营凹陷王庄—宁海地区流体包裹体分析与流体充注研究[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(1): 34-36.