

文章编号: 0253-9985(2004)05-0559-06

库车前陆盆地迪那2气田成藏机理及成藏年代

孙冬胜^{1,2}, 金之钧^{1,2}, 吕修祥^{2,3}, 周新源^{2,3}, 杨明慧^{2,3}

(1. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 石油大学油气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249; 3. 石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249)

摘要: 库车前陆盆地具有典型的双超压体系。深部超压体系的形成过程与源岩快速大量的生气作用密切相关, 同时也决定了中生界源岩生成的天然气主要以水溶气形式存在。上部超压体系具有常压成藏的特点, 当深部超压体系中的天然气沿断裂以混相涌流方式进入上部常压环境后, 发生脱气析出并聚集成藏, 其后, 经构造运动进一步的挤压作用形成上部超压体系。迪那2气田是上部超压体系中的天然气成藏。在圈闭发育史及源岩生烃史分析的基础上, 结合储层流体包裹体及自生矿物伊利石的K/Ar测年数据, 认为迪那2气田发生过3期油气的充注, 古近纪末期为液态烃注入, 但遭受破坏; 库车早中期为气液两相注入; 库车晚期及西域早期为天然气注入, 第三期是成藏的关键时期。

关键词: 成藏年代; 成藏机理; 双超压体系; 水溶气; 迪那2气田

中图分类号: TE112.3 文献标识码: A

Reservoiring mechanism and finalization period of Dina 2 gasfield in Kuqa basin

Sun Dongsheng^{1,2}, Jin Zhijun^{1,2}, Lu Xiuxiang^{2,3}, Zhou Xinyuan^{2,3}, Yang Minghui^{2,3}

(1. Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing; 2. Key Laboratory of Petroleum Accumulation Mechanism of Ministry of Education, University of Petroleum, Beijing; 3. Research Center of Basin & Reservoir, University of Petroleum, Beijing)

Abstract: There are two overpressure systems, lower and upper overpressure systems, in Kuqa foreland basin. The former was closely related with rapid and large gas generation, and thus the gas generated from Mesozoic source rocks mainly took the form of water-soluble gas. The upper overpressure system has the characteristics of reservoiring at normal pressure. When gas in the lower overpressure system migrated upward along faults in the form of miscible fluids into the upper normal pressure environment, degasification would occur and then accumulated in reservoirs. At a later stage, the upper overpressure system was formed under further compression of tectonic movement. Dina 2 gasfield is the final results of gas accumulation in the upper overpressure system. Based on analysis of trap development history and hydrocarbon generation history, in combination with fluid inclusion in the reservoir and K/Ar dating of authigenic illite, it is believed that Dina 2 gasfield had been charged in three different stages. In the first stage, liquid hydrocarbons were charged at the end of Paleogene and destroyed later. In the second stage, mixed liquid and gaseous hydrocarbons were charged in early-middle Kuqa stage. In the third stage, natural gas was charged in late Kuqa and early Xiyu stages, which was the key reservoiring stage of the field.

Key words: reservoiring period; reservoiring mechanism; dual overpressure systems; water soluble gas; Dina 2 gasfield

库车前陆盆地迪那2气田位于秋里塔格构造带的东部倾末端, 迪那2井钻至井深4 875.59 m, 揭开新近系吉迪克组膏泥岩盖层后, 进入吉迪克组底砂岩段仅0.5 m发生强烈井喷失火事故。井

喷控制后, 用32.77 mm油嘴求产, 油压14.4 MPa, 日产气 $218.28 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。这是继克拉2气田之后在塔里木盆地发现的第二个地质储量上千亿立方米的大气田, 凝析油地质储量达 $800 \times 10^4 \text{ t}^{[1]}$ 。

1 构造特征

秋里塔格构造带是库车前陆盆地的第二个冲断前锋带^[2~4], 为一向南突出的弧形构造带。平面上, 该带具有明显的分段性, 自西而东划分为却勒区带、西秋区带、东秋区带及迪那区带。纵向上, 盐上与盐下两套构造层变形不协调, 盐上为大型冲断滑脱构造, 而盐下为逆冲规模有限的逆冲构造。盐上、盐下构造变形受控于不同的力学机制*, 盐上为大型重力滑覆构造的前缘挤压端, 形成无根陡峻的秋里塔格山脉^[5], 而盐下受区域挤

压构造背景控制。

迪那2构造盐上为向斜, 而盐下为隐伏的冲断背斜, 上、下构造高点不吻合, 盐上构造高点偏南, 盐下构造受东秋及迪北断裂控制, 在其北侧发育一突发构造(图1)。东秋及迪北断裂均北倾, 东秋断裂规模大, 是控制迪那构造的主断裂, 断距在400~1 500 m。两条大断层向上延伸均消失于膏泥岩层, 向下切入基底, 断距下大上小, 反映基底可能为一隐伏的深部滑脱构造层。两条断裂沟通了油源, 但又不通天, 是油气垂向运移的最佳通道。

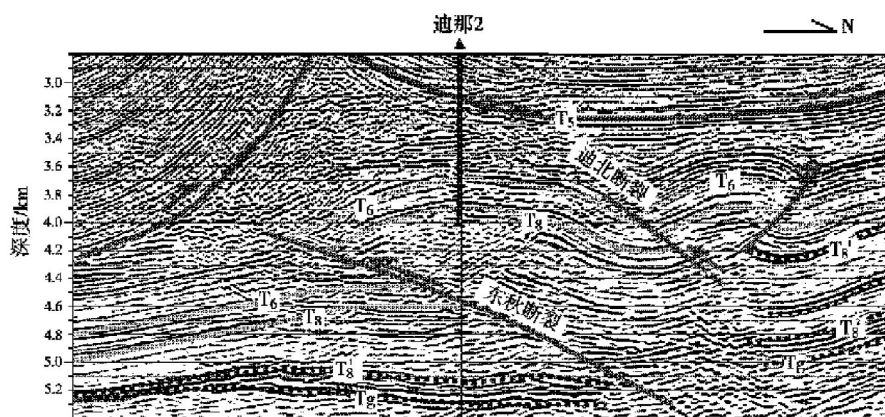


图1 迪那2构造地震剖面解释(据DQ94-258测线解释)

Fig. 1 Seismic interpretation section of Dina 2 structure (according to seismic line DQ94-258)

在T₆(康村组底)构造图上, 迪那2构造表现为北东东走向的长轴背斜, 长轴长30 km, 短轴3.5 km, 长短轴之比8.5:1。两翼倾角南陡北缓, 北翼倾角10°~30°, 南翼倾角20°~50°。存在东西两个局部高点。圈闭面积76 km², 圈闭幅度500 m, 高点海拔-3 050 m(参见文献1的图3)。

2 气藏特征

2.1 储盖组合

迪那2气田的盖层为新近系吉迪克组膏泥岩, 储层为吉迪克组底砂岩段、古近系库姆格列木组及苏维依组砂岩, 在剖面上组成良好的储盖组合(参见文献1的图2)。储层岩性主要为砂岩、含砾砂岩及粉砂岩。吉迪克组底砂岩段砂岩厚10~16 m, 古近系砂岩厚174~277 m。

迪那202井在吉迪克组底砂岩段-古近系上部(4 842.62~4 862.71 m)共分析岩心物性样品59

块, 孔隙度最小1.60%, 最大14.27%, 平均7.00%; 渗透率最小 $0.017 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 最大 $2.060 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均 $0.290 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。测井解释气层段孔隙度最大18.93%, 平均11.34%; 渗透率最大 $7.010 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均 $1.070 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 总体属于中孔低渗和低孔特低渗透型储层, 孔隙类型以剩余粒间孔为主, 其次是次生溶蚀孔及构造裂缝。

2.2 流体性质

迪那2气田天然气相对密度低(0.63~0.64), 总烃含量高(97.6%), 非烃含量低。甲烷平均含量88.2%、乙烷7.3%、丙烷1.4%、丁烷0.57%, 天然气干燥系数平均为0.90(表1), 为湿气气藏。甲烷碳同位素普遍轻, 在-3.440‰~-3.690‰, 乙烷碳同位素为-2.100‰, 具有煤型气的特点。利用煤型气甲烷碳同位素与镜质体反射率(R_o)之间的二阶段分布模式^[6]计算出源岩的成熟度 R_o 为0.88%~1.05%。

* 孙冬胜. 库车前陆盆地大中型气田成藏主控因素研究[D]. 石油大学(北京)博士后出站报告, 2003. 41~50

表 1 迪那 2 气田天然气组成

Table 1 Composition of natural gas in Dina 2 gasfield

层位	深度/m	密度	C ₁ / %	C ₂ / %	C ₃ / %	C ₄ / %	C ₅ / %	CO ₂ / %	N ₂ / %	C ₁ / C ₁ +
N _{1j}	4 597.4~ 4 876	0.64	87.93	7.25	1.40	0.59	0.20	0.81	1.55	0.903
E _{2s}	4 748~ 4 774	0.64	88.15	7.35	1.36	0.58	0.20	0.90	1.43	0.903
E _{2s}	5 140.5~ 5 145	0.64	87.42	7.33	1.41	0.56	0.19	1.28	1.60	0.902
E _{1k}	5 022~ 5 046	0.64	88.31	7.42	1.33	0.55	0.20	0.36	1.29	0.903
	4 781~ 4 806	0.63	88.88	7.16	1.38	0.55	0.17	1.41	0.30	0.906
E _{2s}	4 980~ 4 990	0.63	88.13	7.55	1.43	0.56	0.17	0.35	1.58	0.901
	4 610.9	/	88.00	9.85	/	0.29	0.11	0.70	1.44	0.896

原油具有低密度、低粘度、低凝固点、低含硫量、含蜡量中等的特点^[1], 反映其陆相原油的特点。气油比 8 100~ 12 948 m³/m³, 凝析油含量 65~ 97 g/m³。轻烃 C₅- C₇组成中以链烷烃占优势, 大于 60%, 但芳烃含量高, 为 20.78%, 进一步说明为陆相腐殖型原油。

油气源岩对比结果表明, 原油来源于侏罗系煤系源岩, 天然气主要源自侏罗系煤系地层, 混有三叠系煤系地层的天然气^[7,8]。

2.3 气藏类型

按圈闭类型, 迪那 2 气田为背斜构造圈闭。按流体性质, 属于低- 中等凝析油含量的凝析气藏。由于储层厚度远小于圈闭幅度, 说明具有层状

特点, 为边水层状凝析气藏。产层中部地层压力 101.11 MPa, 压力系数为 2.2, 地层温度 117.8℃, 属于常温高压气藏。

3 成藏机理

库车前陆盆地具有典型的双超压体系^[9], 即深部超压体系与上部超压体系。深部超压体系发育在具有成熟至过成熟烃源岩的中生界, 超压的形成与生烃作用有关, 尤其是天然气快速大量的生成。上部超压体系位于区域性分布的膏泥岩封盖层之下, 其超压的形成主要是构造侧向挤压的结果。两个超压体系间的封隔层为上侏罗统及下白垩统之间的巨厚泥岩及致密胶结的粉细砂岩(图 2)。

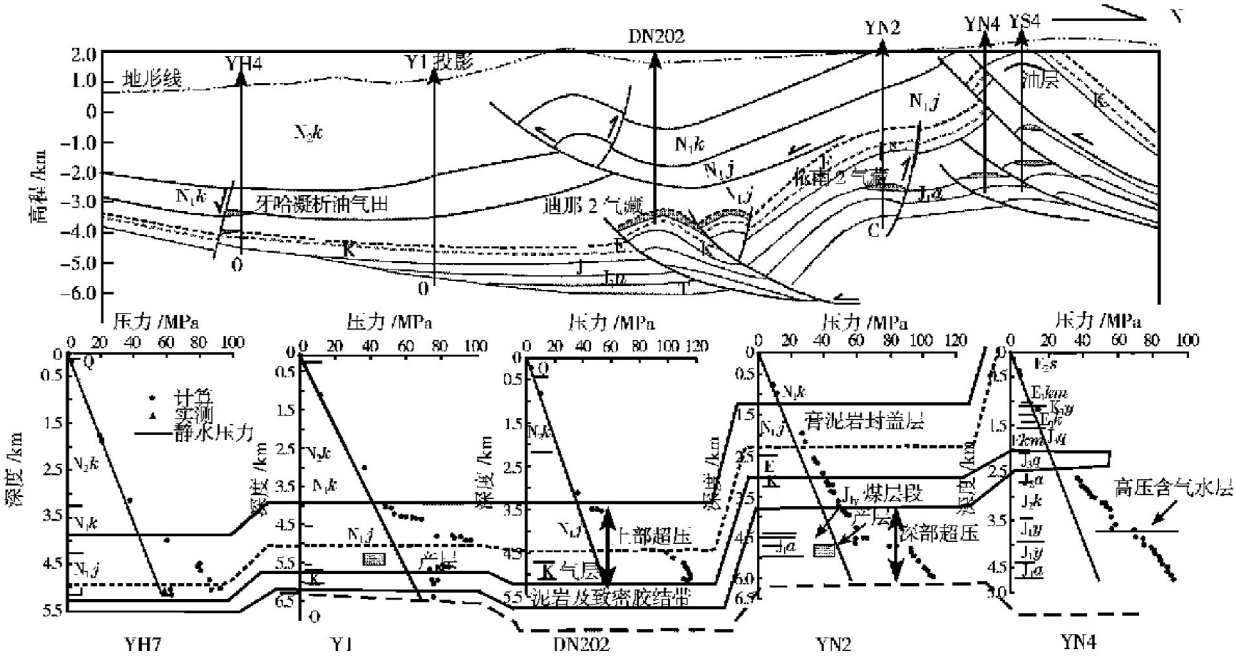


图 2 库车前陆盆地东部地区南北向构造、油气藏及双超压体系剖面图

Fig. 2 Cross section showing N-S trend structures, reservoirs and dual overpressure systems in eastern Kuqa foreland basin

两个超压体系具有不同的成藏模式。由于深部超压体系的形成过程与天然气的生成相伴,决定了天然气主要以水溶相形式存在。李梅等^[10]在研究库车前陆盆地的天然气地球化学特征时,发现许多基本地球化学指标互相矛盾,而且晚期成藏的天然气充注率非常高,认为库车冲断带天然气的异常特征与深埋水溶气幕式脱溶有关。张水昌等^{*}也是基于深部天然气主要以水溶气的形式存在,提出了天然气“甲烷化”的成藏模式。其实,在2002年已有人^[11]明确指出库车中生界油气成藏模式不同于盐下古、新近系天然气的成藏。深部超压体系天然气成藏的条件是在构造抬升区或断裂作用下,使原有温压系统改变,造成水溶相天然气的脱溶析出而成藏,依南2气田即为其典型成藏实例^{**}。

上部超压体系具有常压成藏特点,当深部超压体系内的油气以混相涌流方式沿裂缝或断层突破封盖层进入常压环境后,则发生脱气并聚集成藏。天然气成藏符合一般油气成藏的特点,仅仅是在后期持续的构造挤压过程,使其具有异常的超压。若异常压力形成过早,则会限制后期天然气的注入,东秋区带的东秋8、东秋5井失利可能与此有关^{**}。迪那2气田的成藏属于上部超压体系的天然气成藏,是深埋水溶气脱气成藏。

4 油气充注过程

4.1 圈闭形成时间

圈闭是油气成藏的基础,迪那2气田的储盖组合反映其有效圈闭形成在盖层吉迪克组沉积之后。由于吉迪克组底砂岩的沉积具有填平补齐的特点,依据底砂岩厚度分析^{**},古近纪末期的构造挤压作用,已形成了东秋5-迪那低幅度背斜构造(图3A),早期生成的油气发生过聚集,但由于缺乏良好的封盖条件,油气已大量逸散,形成现今古近系砂岩储层中的大量黑色或褐色的沥青。

4.2 生烃史分析

依据源岩热史及生烃史分析,阳霞凹陷中上三叠统源岩在古近纪进入成熟早期阶段, R_o 为0.5%~0.7%。新近纪迅速进入生油高峰,至中新世末期(约5 Ma),已进入液态石油窗底界(R_o 为1.2%~1.3%),上新世至第四纪以来的快速埋藏

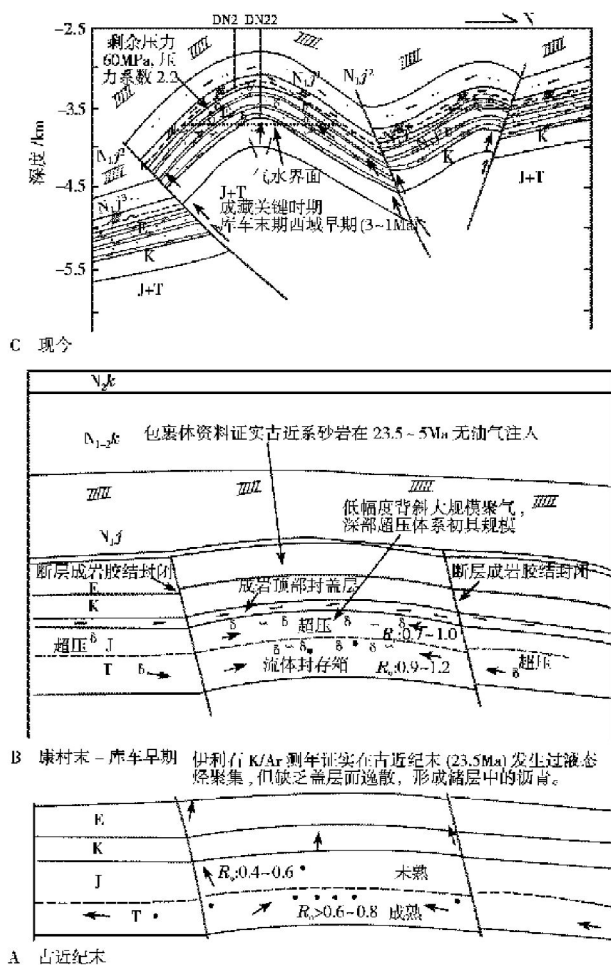


图3 迪那2气田油气充注史

Fig. 3 Diagram showing pattern of hydrocarbon accumulation in Dina 2 gasfield

作用使中上三叠统源岩 R_o 增高至目前的2.0%~2.5%;侏罗系源岩在古近纪仍处于未成熟阶段, R_o 在0.6%以下。新近纪,侏罗系源岩成熟度迅速增高,至中新世末期,进入生油高峰期(R_o 为0.9%~1.0%),在上新世至第四纪(5 Ma以来)的快速埋藏使其有机质成熟度快速增高,目前阳霞凹陷中心侏罗系源岩镜质体反射率在1.6%~2.2%。侏罗系煤系地层生气的高峰期始于中新世末期。据此,可以判断迪那2气田成藏的关键时期为库车末期(小于5 Ma)。

阳霞凹陷中心源岩的成熟度明显大于迪那2气田天然气的成熟度,反映了现今迪那2气田的天然气经历了长期的聚气过程。甲烷同位素偏轻是不同阶段生成的甲烷碳同位素累积效应的结果,也进一步说明东秋5-迪那低幅度背斜的存在

* 张水昌,杨文静,郭光辉,等.塔里木盆地大中型气田成气机理研究.塔里木油田分公司内部报告,2003

** 孙冬胜.库车前陆盆地大中型气田成藏主控因素研究[D].石油大学(北京)博士后出站报告,2003.41~50

及大规模的聚气作用(图 3B)。

4.3 包裹体特征

在成藏年代学及成藏史研究方面,目前普遍应用流体包裹体的测试资料。利用烃类包裹体的形成世代,判别油气充注的期次;烃类包裹体的均一化温度,记录了油气充注时的古地温,通过埋藏史及热史分析,可以确定油气的成藏年代;烃类包裹体的成分可以反映油气充注时的相态及地球化学特点^[13]。

迪那 201 井古近系砂岩中包裹体赋存状态有两种,一种是赋存于方解石胶结物中,另一种是赋存在石英或次生石英裂缝中,且以后者居多(表 2)。包裹体测温资料反映有两期油气充注,方解

石胶结物及石英裂缝中包裹体均一温度普遍低,均一温度在 87.9~125.3℃,平均为 98.4~107.3℃,为早期充注。次生石英裂缝中包裹体均一温度普遍高,为 104~151.2℃,平均为 124.8~145.7℃。油气第一期充注的气液比一般为 5%~10%,明显比克拉 2 气田第一期包裹体气液比(小于 5%)高,而与克拉 2 气田第二期包裹体的气液比相当。第二期气液比一般在 8%~10%,最高达 15%,为天然气注入时期,是气藏形成的关键时期。包裹体主要赋存在次生石英裂缝中,反映该期成藏与构造作用密切相关。依据阳霞凹陷中心源岩埋藏史、热史分析*,第一期包裹体形成时期是库车期(5~3.5Ma),第二期包裹体形成时期为

表 2 迪那 201 井流体包裹体特征
Table 2 Characteristics of fluid inclusions in Dina 201 well

样号	深度/m	地层	岩性	赋存状态	大小/ μm	气液比/%	均一化温度/℃	平均值/℃
DN201-121	4 795.3	E	砂岩	次生石英裂缝	1~5	6~8	113.5~145.8	135.7
DN201-141	4 798.2	E	砂岩	次生石英裂缝	1.5~7	6~15	112.8~147.8	134.6
DN201-267	4 859.3	E	砂岩	石英裂缝	3~4	5~10	95.3~118.0	102.3
				方解石胶结物	3~9	5~10	95.0~125.3	107.3
DN201-377	4 885.6	E	砂岩	方解石胶结物	3~8	5~8	87.9~107.9	98.4
				石英裂缝	3	8	95.0	95.0
DN201-422	4 905.7	E	砂岩	次生石英裂缝	2~5	7~8	142.8~148.7	145.5
DN201-485	4 977.5	E	砂岩	次生石英裂缝	2~4	8~10	142.8~151.2	145.7
DN201-550	4 988.0	E	砂岩	次生石英裂缝	3~5	8	104.0~145.6	124.8

库车末期至西域早期(3~1Ma)。

4.4 伊利石 K/Ar 同位素测年

目前,自生伊利石矿物 K/Ar 测年技术普遍应用于油气成藏年代。其原理是油气进入储层并达到一定的饱和度,自生伊利石的生长就被抑制。因此,可以利用储层中自生伊利石的最新年龄确

定油气成藏时代^[12]。这种方法是目前成藏年代学中最直接、相对最精确的方法^[13]。但关键是样品的分离提纯难度大,如迪那 2 气田 7 个分析样品仅有 DN201-4、DN201-5 及 DN201-6 等 3 个样品的结果可以利用(表 3),其他 4 个样品测定的年龄均大于地层年龄,说明有碎屑伊利石混入。一

表 3 迪那 2 气田自生伊利石同位素测年结果
Table 3 K/Ar dating of authigenic illite in Dina 2 gasfield

样号	深度/m	层位	岩性	粒级/ μm	自生伊利石含量(XRD)/%	年龄/Ma	油气层
DN201-4	5265.70	K_1bs	细砂岩	0.30~0.15	98	26.70	气层
				<0.15	98	25.49	气层
DN201-5	5329.96	K_1bs	细砂岩	0.30~0.15	93	23.90	气层
				<0.15	96	23.53	气层
DN201-6	5333.40	K_1bs	中砂岩	0.30~0.15	85	54.75	气层
				<0.15	94	45.80	气层
				0.30~0.15	86	125.31	气层

* 江汉油田与物探三处. 库车前陆盆地异常压力与油气成藏特征研究. 塔里木油田分公司内部报告, 1999

般粒度小的伊利石测定的年龄新,更接近油气注入的时间, DN201-4 及 DN201-5 测定年龄分别为 23.53 Ma 及 25.49 Ma, 反映迪那构造白垩系储层油气注入时间在古近纪末或新近纪初期,也就是与古近纪末期低幅度构造形成的时间一致。这期注入的油气由于缺乏盖层条件而逸散,形成储层中的残留沥青。在吉迪克组沉积以后,圈闭隆升、定型,才具备大规模聚集油气的条件。

伊利石 K/Ar 测年反映的这期液态烃注入,在包裹体测温资料中并没有反映,但从源岩的生烃史分析,应存在这期油气的注入,储层中沥青的存在更肯定了这一事实。迪那 201 井古近系包裹体测温反映的是以气态或气液两相为主的注入时期,而缺乏液态烃注入时期的温度。分析认为,这是由于液态烃注入时,古近系砂岩埋藏浅,处于机械压实阶段,尚未进入成岩胶结阶段,当然也就不会存在这期的包裹体。

值得进一步深思的是,迪那 2 气田古近系砂岩既然在古近纪末期就有油气的注入,其后又是一个连续的沉积过程,油气生成也应是一个持续过程。但包裹体测温数据反映的油气注入期是在库车期以来,而自吉迪克期至康村末期(23.5~5 Ma)未见油气注入。反映此期间生成的油气主要聚集在深部中生界低幅度圈闭构造(图 3B)。另外,天然气反映的源岩成熟度明显低于现今源岩的成熟度,也说明天然气经历了长期的聚气过程。

综上所述,古近纪末期,东秋 5-迪那低幅度构造发生过油气的充注,但由于缺乏良好的封盖条件而遭受破坏。新近纪的吉迪克期至康村末期为一相对稳定的沉积过程,随着埋深的加大,压实及胶结作用增强,逐步形成中生界深部超压体系的顶部封盖^[9],而与之伴随生成的天然气在中生界低幅度构造聚集,形成自生自储型的气藏。随着天然气的不断聚集,深部超压体系的雏形逐渐形成,并使油气水分异性变差。库车期以来的快速埋藏,源岩迅速进入高-过成熟期,天然气急速大量生成,使深部超压体系的异常压力巨增,并导致天然气主要以水溶相形式存在。库车中晚期,构造活动加剧,东秋 5-迪那低幅度背斜构造进一步隆升,形成高陡的背斜圈闭,断裂的再度活动使深部超压体系破裂,天然气脱溶析出,并沿断裂运

移至上部盐下常压背斜圈闭聚集成藏。由包裹体测温数据及赋存状态判断,天然气成藏的关键时期是库车末期至西域早期,恰好与这期构造活动时期相吻合。西域期以来构造侧向挤压进一步加剧,形成了现今迪那 2 的常温超压气藏(图 3A)。

5 成藏主控因素

迪那 2 气田古、新近系凝析气藏属古生新储型,即侏罗-三叠系源岩生成的油气沿断层垂向运移至古、新近系储层中,在背斜圈闭中聚集成藏。目前研究结果表明,库车前陆盆地具有丰富的油气源岩,所以气源并不是制约油气勘探的主要因素。迪那 2 气藏成藏主控因素有以下几方面。

(1) 优质的膏泥岩盖层及良好的储盖配置。新近系吉迪克组发育巨厚的膏泥岩盖层,其厚度大、突破压力高,尤其是具有异常的孔隙流体压力,更加增强了盖层的封盖能力,对高压气藏的保存起着至关重要的作用,是库车东部地区区域性的优质盖层。这套优质盖层与下伏吉迪克组底砂岩及古近系砂岩构成良好的储盖配置关系,吉迪克组底砂岩、古近系砂岩储集性能虽属于中孔低渗和低孔特低渗透型储层,但其厚度大、横向上分布稳定,加之断裂或裂隙对其渗透性能的改造作用,也不失为良好的储层。

(2) 长期发展的背斜构造圈闭与聚气的过程。古近纪末形成的东秋 5-迪那低幅度背斜构造是天然气成藏的基础。低幅度背斜虽然构造幅度有限,但规模大。这种古构造对圈闭形成较晚的库车前陆盆地的油气保存起着至关重要的作用,早期生成的天然气主要聚集在中生界三叠系及侏罗系储层中,具有自生自储的特点。随着大规模的生烃作用,源岩及相邻储层逐渐形成异常的压力结构,并使天然气以水溶相的形式存在。包裹体及天然气碳同位素都证实迪那 2 气田经历了长期的聚气过程,后期才运移至现今的圈闭构造聚集成藏。

(3) 冲断活动沟通了深部的气源。低幅度背斜的存在以及中生界异常的压力结构,决定了库车期以来冲断背斜发育的部位*,也就是新构造具有明显的继承性。挤压冲断不仅形成了完整的背

(下转第 591 页)

* 孙冬胜. 库车前陆盆地大中型气田成藏主控因素研究[D]. 石油大学(北京)博士后出站报告, 2003. 41~50

顶部一般是流体压力最先超过裂缝延伸压力的地方, 但是否进水及进水部位还受岩性控制。新立油田注水井吸水剖面反映出, 夹层进水总是发现于某一油层的顶层, 而且多次重复测量发现, 顶层进水范围逐渐向上发展。

因此, 可以利用全声波测井资料判断可能的进水夹层, 而控制夹层进水、油层裂缝水窜所必需的临界压力值, 必须按射孔段的顶界计算, 注水临界压力可由注水井试井曲线求得, 注水压力不可大幅度超过油层注水临界压力。

3 结论与认识

(1) MQ 火山岩油藏开发初期, 经济合理井距应在 900 m 左右; 中后期根据需要适当加密至 500 m。油柱高度大于 50 m 的油层, 射孔层位或裸眼完井位置距油水界面最好大于 30 m, 有利于油井保持较长的无水采油期。

(2) 投产初期, MO 火山岩油藏在较稀井网下单井平均日产量应控制在 20~ 35 t 之内, 在高部位孔、洞、缝发育带, 单井最高日产量应控制在 45 t 以下。井距较密井网, 单井日产量应控制在 25 t 之内, 单井最高日产量控制在 25~ 35 t。断块采液速度应低于 2.6%, 开发中后期应视井网调整情况适当调整采液速度与单井产量。

(3) MQ 油藏注水最佳时机的油层压力水平为 0.45~ 0.65, 地层压力水平 0.21~ 0.28 是全面注水的最低界限值。注水井不宜距油井太近, 初期注水最好采用边缘、边外注水方式或周期注水等。在沉积夹层较发育带注水时, 注水井注入压力不应超过临界压力, 不要射开注水井沉积夹层, 并使注水井段距可能进水的沉积夹层底一定距离。全声波测井成果可以定性预测油水井产液、吸水剖面、最大注入压力和破裂压力剖面。

参 考 文 献

- 1 王璞瑛, 陈树民, 刘万洙, 等. 松辽盆地火山岩相与火山岩储层的关系[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 18~ 23
- 2 刘万洙, 王璞瑛, 门广田, 等. 松辽盆地北部深层火山岩储层特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 28~ 31
- 3 蒙启安, 门广田, 赵洪文, 等. 松辽盆地中生界火山岩储层特征及对气藏的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(3): 285~ 288
- 4 杨培山. 华北碳酸盐岩潜山油藏开发[M]. 北京: 石油工业出版社, 1985
- 5 中国油藏开发模式研究丛书编委会. 王庄变质岩油藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997
- 6 中国油藏开发模式研究丛书编委会. 东胜堡变质岩油藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997
- 7 尹定. 全隐式三维三相裂缝黑油模型[J]. 石油学报, 1992, 13(1): 61~ 68
- 8 于庄敬. 丘丘裂缝性碳酸盐岩油藏的注水开发[M]. 北京: 石油工业出版社, 1985

(上接第 564 页)

斜圈闭, 更重要的是沟通了深部的气源。由于压力的释放, 早期聚集在中生界储层中的以水溶相形式存在的天然气迅速脱溶析出, 并沿断层垂向运移至盐下圈闭, 聚集成藏。

参 考 文 献

- 1 马玉杰, 谢会文, 蔡振忠, 等. 库车坳陷迪那 2 气田地质特征[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(5): 371~ 374
- 2 刘志宏, 卢华复, 贾承造, 等. 库车再生前陆盆地的构造与油气[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 297~ 303
- 3 汪新文, 陈发景, 李光, 等. 塔北库车坳陷的变形特征及其与油气关系[J]. 石油与天然气地质, 1994, 15(1): 40~ 50
- 4 张希明, 刘青芳, 王贵全, 等. 塔北中、新生代油气藏分布与勘探远景[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(2): 161~ 163
- 5 汤良杰, 贾承造, 皮学军, 等. 库车前陆褶皱带盐相关构造[J]. 中国科学 D 辑, 2003, 33(1): 38~ 46

- 6 刘文汇, 徐永昌. 煤型气碳同位素演化二阶段分馏模式及机理[J]. 地球化学, 1997, 28(4): 359~ 365
- 7 赵孟军, 张宝民. 库车前陆坳陷形成大气区的烃源岩条件[J]. 地质科学, 2002, 37(增刊): 35~ 44
- 8 赵孟军, 卢双舫, 李剑. 库车油气系统天然气地球化学特征及气源岩探讨[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(6): 4~ 7
- 9 孙冬胜, 金之钧, 吕修祥, 等. 沉积盆地超压体系划分与油气运聚成藏[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 14~ 20
- 10 李梅, 李谦, 张秋茶, 等. 库车前陆冲断带天然气具有深埋水溶气的特点[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(5): 366~ 370
- 11 周新源. 库车前陆盆地天然气分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 220~ 240
- 12 张有瑜, 罗修泉. 油气储层自生伊利石 K-Ar 同位素年代学研究现状与展望[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 231~ 236
- 13 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. 25~ 80