

夏河地区构造演化及成藏耦合关系研究

王宏语¹ 樊太亮¹ 武 艳² 魏福军¹
(1.中国地质大学·北京 2.中国石化石油勘探开发研究院)

王宏语等.夏河地区构造演化及成藏耦合关系研究.天然气工业,2007,27(3):20-23.

摘 要 夏河地区位于塔里木盆地巴楚隆起中段的北部,20 世纪 90 年代以来,巴楚隆起南缘相继发现了一批以构造圈闭为主体的油气藏。因此,在巴楚隆起区域构造演化背景上分析夏河地区的油气成藏规律,对指导该区油气勘探具有重要意义。通过研究该区构造圈闭的演化特征,并结合生储盖等成藏条件分析,初步理清了成藏条件的时空耦合关系。研究发现:该区构造的发育主要受断裂活动的控制,现今的构造圈闭都经过多期构造运动的改造。海西晚期—中生代早期为夏河地区成藏第一关键期,中下寒武统烃源岩处于生烃高峰期,卡北构造和卡拉沙依构造先后达到最佳圈闭形态,成藏条件达到最佳匹配关系;随后,中下寒武统烃源岩停止生烃,圈闭的演化决定着古油气藏的保存程度;喜山中期为夏河地区成藏第二关键期,该期构造活动强烈,卡拉沙依构造由断背斜向断鼻形态发育而使古油气藏遭受严重破坏,卡北构造的圈闭幅度有所减小,但仍具备形成中下寒武统残存气藏的条件;随后,该区构造形态基本定型,卡北残存构造能否继续捕获阿瓦提凹陷油气决定着该构造的现今油气规模及勘探前景。

主题词 巴楚 隆起 构造演化 油气藏形成 耦合 关系 寒武纪 残存气藏 勘探评价

夏河地区位于塔里木盆地巴楚隆起中段的北部。吐木休克和卡拉沙依两条断裂的西端进入该区,并形成了卡北构造及卡拉沙依构造两个较大规模的构造圈闭(图 1)。

该区油气勘探具重要意义。

一、构造演化特征

1.区域构造及断裂演化特征

吐木休克断裂为位于巴楚隆起北缘的基底卷入型边界断裂,从西向东,走向由近东西向逐渐变为北北西向。随着断裂走向的变化,断裂也由倾向正北逐渐变为倾向南西。在夏河区块,断裂在剖面上可以解析为 3 条同倾向、近平行的逆冲断层且这 3 条断层平面上呈左旋雁行排列,至西向东断距变小的同时,断层间距离也随之减小,最终合为一个断层面^[1]。

卡拉沙依断裂在夏河区块内可以解析为 2 条同倾向、近平行逆冲断层,向东逐渐合为一条逆断层,断距逐渐减小。断层形态上陡下缓,切入基底幅度小,在深部寒武系层段具有滑脱性质,显示了巴楚隆起内部断裂的特性。

2 条断裂的演化过程和巴楚隆起的形成具有一致性,经历了加里东、海西、印支—燕山和喜山多期构造运动,断裂的现今形态均为多期构造运动的叠加结果。

(1)古生代早中期(加里东—海西早期)

寒武纪—早奥陶世(加里东早期),巴楚地区处于克拉通内拗陷,沉积稳定。早奥陶世末(加里东中

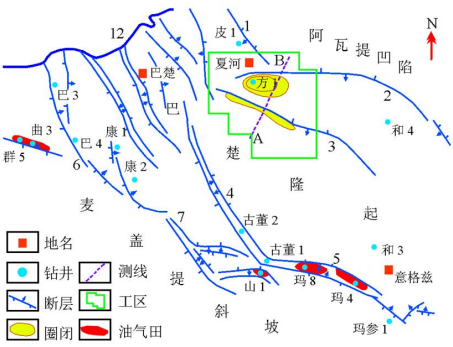


图 1 工区位置图

断裂名称:1.阿恰;2.吐木休克;3.卡拉沙依;4.古董山;5.玛扎塔格;6.色力布亚;7.海米罗斯

20 世纪 90 年代以来,巴楚隆起南缘相继发现了巴什托普断裂构造带石炭系油气藏(曲 3、群 5 等井)、乌山奥陶系含气构造(山 1 井)、玛扎塔格构造带和田河气田(玛 2、玛 4 等井)等一批以构造圈闭为主体的油气藏。由此,在巴楚隆起区域构造演化背景上,分析夏河地区构造圈闭的演化特征,并结合生储盖等成藏条件,理清成藏条件的时空耦合关系,对

作者简介:王宏语,1974 年生,讲师,博士;主要从事油气地质、物探解释方面科研与教学工作。地址:(100083)北京市学院路中国地质大学能源学院。电话:(010)86561639,13651390103。E-mail: whycugh@tom.com

期),由于羌塘古陆向北运动,古特提斯洋壳向北俯冲,塔里木盆地南部抬升,形成了塔西南—巴楚地区南高北低的构造格局^[2]。古生代中期(海西早期)由于北昆仑海的影响,塔西南地区在泥盆纪开始下沉,形成塔西南坳陷,而巴楚地区相应的发生了东西向的翘倾活动^[2,3],使巴楚地区在前期南高北低的基础上,又形成了东高西低的构造格局。

该阶段夏河地区始终处于北倾斜坡的下部位置,沉积、构造格局相对稳定,地层厚度上南薄北厚,无大断裂发育(图 2-A、B)。

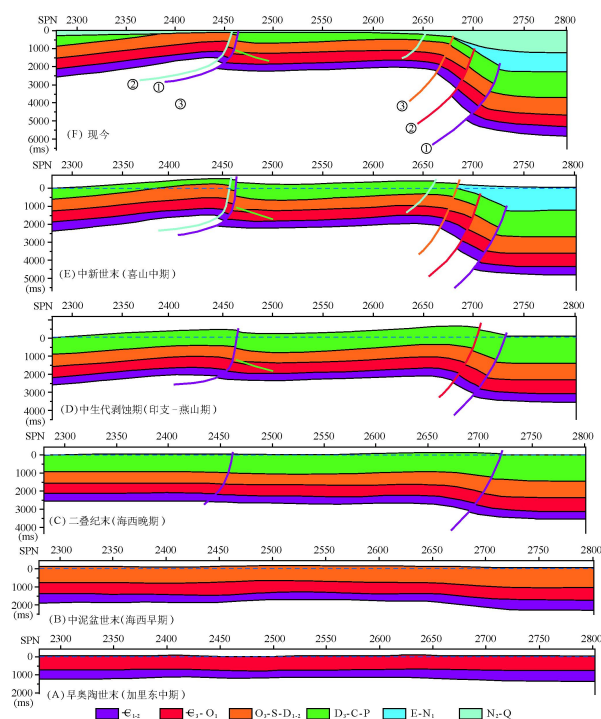


图 2 夏河地区 LINE192 测线构造演化剖面图
(图 1 的 A—B 位置)

(2) 古生代末期(海西晚期)

石炭纪至二叠纪早期(海西中期)塔里木盆地第二次拉张沉降,巴楚地区构造沉积环境稳定。二叠纪末期(海西晚期),随着古特提斯洋向塔里木板块的俯冲挤压,昆仑山前形成前陆冲断带,同时南天山洋也挤压隆升^[3]。这种挤压构造环境下,巴楚地区整体抬升,并且有单一的整体倾斜地形向褶皱构造发展的趋势。吐木休克断裂①号断层、卡拉沙依断裂①号断层开始发育(图 2-C),但断距都比较小,横向延伸距离较短。

(3) 中生代(印支—燕山期)

由于晚古生代末南天山洋和北昆仑洋相继关闭,加之特提斯洋壳继续向北俯冲。使塔西南地区在三叠纪早期整体抬升,断裂进一步发育。该期吐

木休克断裂持续活动,早期①号断层断距继续增大的同时,由于上盘地层的持续逆冲、弯曲变形而错断,形成了②号断层(图 2-D)。这也使巴楚隆起北部地势进一步增高,和阿瓦提凹陷的地势落差继续变大,使巴楚地区由南高北低的地势反转为北高南低。卡拉沙依断裂该期则表现为断距继续增大,横向延伸变长,规模增大。

侏罗纪—白垩纪,巴楚地区处于整体北高南低单斜隆升状态,不仅使二叠系继续遭受剥蚀,而且形成了巴楚中西部的广大地区无中生代沉积。

(4) 新生代(喜山期)

早第三纪(喜山早期),由于印度板块与亚洲大陆的缝合,昆仑山系的急剧升高,塔里木盆地相对下沉,接受巨厚的山前凹陷沉积。晚第三纪中新世末(喜山中期),在强烈的挤压推覆运动中,巴楚地区断裂活动强烈,成为前缘隆起,形成了双断隆起的构造格局。同时也造成夏河地区下第三系遭受剥蚀严重,使上第三系和二叠系直接呈角度不整合接触。

喜山中期各断裂活动强烈,具有逆掩推覆及褶皱活动特征,巴楚地区进入褶皱发育期。吐木休克断裂②号断层断距变大,形态变陡,在夏河区块内,上升盘地层由于继续向上逆冲而错断,形成③号断层(图 2-E)。卡拉沙依早期断层在强烈的挤压环境中逐渐变为上陡下缓形态,上盘的上部刚性地层破碎增厚的同时,也进一步错断而形成新断层。

晚第三纪上新世以来,塔里木盆地进入再生前陆盆地发展阶段,盆地沉降,沉积速率加大,在巴楚隆起周围沉积了巨厚的上新统一第四系沉积。而在夏河地区,吐木休克断裂作为边界断层,仍有活动,断距增大,上升盘地层沉积较薄(图 2-F)。

2. 圈闭演化特征

卡北构造和卡拉沙依构造分别位于吐木休克断裂和卡拉沙依断裂西端的南侧。形态上卡北构造呈长轴为东西向的椭圆状,卡拉沙依构造呈沿卡拉沙依断裂走向的长条状。两者距离较近,圈闭形态演化上具有一定相似性。

加里东中晚期—海西早期,夏河地区处于北倾斜坡的下斜坡处。根据寒武—奥陶纪地层厚度横向变化分析,下斜坡边缘和阿瓦提凹陷之间区域可能有正断层活动^[4],并存在挠曲坡折带,分布有一个长轴为东西向的缓背斜(图 3-A)。

海西晚期,吐木休克断裂的强烈活动使该区域圈闭的发育开始受到断层的控制,分布于断层的上升盘。圈闭剖面形态由比较完整的缓背斜变为断背

斜。由于上盘地层变形幅度较大,闭合宽度减小的同时,闭合幅度反而增大(图 4-A,B)。在平面上形成了东西为长轴方向的椭圆状形态(图 3-B 中的圈闭①)。卡拉沙依断裂该期①号断层的发育,也形成了沿断层走向为长轴方向、构造幅度相对平缓的断背斜构造圈闭(图 3-B,图 4-L)。

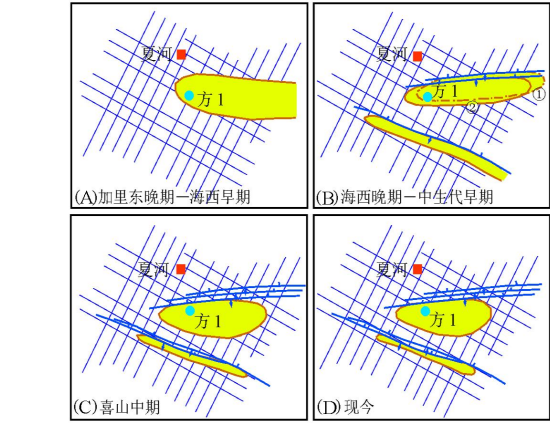


图 3 夏河地区寒武系构造圈闭演化平面图

中生代早期,吐木休克②号断层的发育,使吐木休克断裂两侧地层埋深落差进一步加大,形成巴楚地区北高南低的单断隆起构造格局的同时,对卡北构造也起着进一步的改造、破坏作用,使构造闭合度减小(图 4-C),构造高点南移(图 3-B)。处于巴楚隆起内部的卡拉沙依断裂带由于受该期强烈的挤压作用,上部地层破碎增厚,断层逐渐变成上陡下缓形态。而深部的寒武纪地层则具有滑脱性质,断层上盘的局部构造圈闭形态变化不大。

喜山中期,吐木休克③号断层和卡拉沙依②号断层的发育对卡北构造和卡拉沙依构造继续改造,使构造圈闭幅度有所减小,构造高点进一步南移(图 3-C)。改造方式见图 4-C、M。

上新世以来,巴楚中部地区仍处于挤压环境。虽没有形成新的切割寒武系的大断层,但原断层的持续逆冲发育,使断层倾角继续增大,卡拉沙依圈闭向断鼻形态发育特征明显,闭合幅度和闭合面积急剧减小(图 4-N、图 3-D)。同时,受该期左旋性质应力,卡北构造东西向长轴变短、构造高点西移,形成了现今的西北翼陡、东南翼缓的断背斜构造形态(图 1)。

二、储盖组合及源岩演化特征

1. 储盖组合条件

研究表明,巴楚地区一般具有寒武系、奥陶系和石炭—二叠系三套含油气组合^[5-7]。在夏河地区,方

1 井及地震勘探揭示:由于隆起幅度大,石炭—二叠系遭受剥蚀程度大,地层破碎,埋藏较浅,造成油气保存条件较差(图 2-F);下奥陶统灰岩虽然也由于长期出露地表,遭受风化剥蚀和淋虑,在其顶部形成

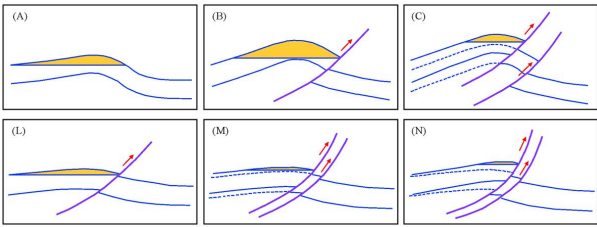


图 4 夏河地区寒武系构造圈闭改造模式示意图

卡北构造:(A)加里东晚期—海西早期;(B)海西晚期;(C)中生代—喜山中期。卡拉沙依构造:(L)海西晚期—中生代;(M)喜山中期;(N)喜山中期—现今

了广泛分布的溶蚀裂缝性储层,但其上部地层发育了众多的小断层,直通地表,封盖条件欠佳,失去了巴楚其他地区广泛存在的奥陶系储盖组合条件。然而,中下寒武统潮坪相灰岩、白云岩具有粒间孔、晶间孔、裂缝溶孔、构造溶蚀缝等良好储集空间,再加上广泛分布、厚度稳定的中寒武统膏盐岩优质盖层的封盖,构成了良好的中下寒武统储盖组合。

2. 烃源岩演化特征

方 1、和 4 井样品分析显示:中下寒武统有机质类型以 I、II 型为主,有机碳含量范围分别为 0.49%~1.84% 和 0.21%~2.14%,均值分别为 0.91% 和 0.81%^[8,9];同时,寒武纪中早期巴楚地区处于克拉通盆地内部,构造环境稳定,该套地层沉积厚度大,分布范围广,形成了巴楚隆起区域性的优质烃源岩。

方 1 井地层埋藏—生烃史分析显示(图 5),寒武

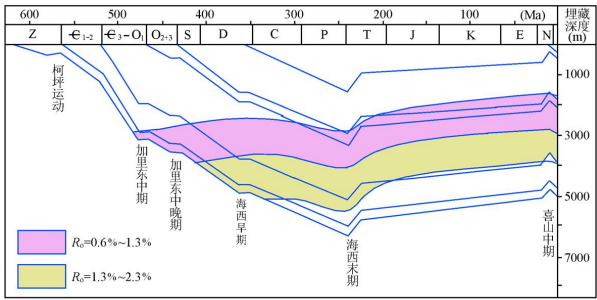


图 5 方 1 井埋藏—生烃史示意图

系距今 568~290 Ma 一直处于埋藏阶段,290~255 Ma 快速抬升,255~1.64 Ma 的中生代及新生代早期处于稳定隆起阶段,晚第三纪(喜山中期)以来又有下降,但只沉积了 150 m。寒武下统源岩底界从距今 500 Ma 进入生烃演化阶段,Ro 为 0.6%,至距

今 400 Ma 时为 1.3%、距今 250 Ma 时演化至 2.3%, 约在距今 200 Ma 之后源岩演化趋于停止^[9]。

三、成藏配置及演化

1. 加里东晚期—海西早期

该期夏河地区位于塔里木克拉通盆地内部的下斜坡处,在北部地区形成了面积较大的东西向为长轴的缓背斜圈闭(图 2-B、3-A、4-A),而中下寒武统烃源岩已进入生油高峰期,寒武系生储盖组合有可能形成地层圈闭型古油藏。

2. 海西末期

该期中下寒武统烃源岩处于生气高峰后期。卡北构造达到了其发育史上最佳圈闭形态(图 4-B)。中下寒武统储盖组合在原地层圈闭古油藏遭到破坏、改造的同时,有形成较大规模自生自储型油气藏的条件;卡拉沙依构造初步形成,虽然圈闭幅度比卡北构造要小,但中下寒武统储盖组合也具备捕获本地烃源岩供烃从而形成一定规模气藏的良好条件。

3. 中生代(印支—燕山期)

中生代早期(三叠纪),由于吐木休克断裂的持续活动,原断背斜型油气藏遭到破坏,卡北构造含气闭合度减小(图 3-B、4-C)。卡拉沙依断裂形态有所变化,但寒武系构造圈闭幅度变化不大。该期对应着中下寒武统烃源岩的生气高峰末期阶段(图 5),卡北构造和卡拉沙依构造仍具备形成一定规模气藏的条件。

中生代中后期(侏罗—白垩纪),夏河地区持续受到挤压、抬升、剥蚀,中下寒武统烃源岩结束生烃。卡北构造和卡拉沙依构造的圈闭幅度及气藏规模都有所减小。

4. 喜山中期—现今

巴楚地区中下寒武系统烃源岩已不再具备大规模成烃条件,圈闭演化决定着古油气藏的保存程度。

喜山中期运动,吐木休克③号断层发育,断层上盘上部地层增厚破碎,小断层发育(图 2-B)。卡北构造奥陶系失去形成完整圈闭条件,寒武系圈闭面积、闭合度也所有减小。早期油气藏遭到进一步破坏,寒武储盖组合形成残留型气藏。卡拉沙依构造向断鼻形态转化明显,构造面积、闭合度急剧减小(图 3-C、图 4-N),古气藏遭严重破坏。

喜山中期以后,夏河地区构造基本定型,卡北构造能否形成较大规模油气藏,取决于能否通过阿恰—吐木休克断裂捕捉阿瓦提凹陷奥陶系、石炭系烃源岩的油气来源。

四、结论与建议

(1)构造的发育主要受断裂活动的控制,现今的构造圈闭都经过多期构造运动的改造。卡北构造和卡拉沙依构造分别在海西晚期和中生代早期达到最佳圈闭形态。后期构造运动对早期构造圈闭起到改造、破坏作用,使卡北构造由背斜向断背斜转变,卡拉沙依构造由背斜向断背斜、断鼻形态发育,闭合度都有所减小。

(2)中下寒武统为主要储盖组合层段。中下寒武统烃源岩为主要烃源岩,在海西期处于生烃高峰期,中生代早中期停止生烃,具有生烃窗口宽,经历时间长,演化定型早的特点。

(3)海西末期为该区成藏第一关键期,达到成藏条件最佳匹配关系。之后,随着构造圈闭的改造,古油气藏不断遭到破坏。喜山中期为该区成藏第二关键期,该期构造基本定型,能否继续捕获油气决定着现今构造的勘探前景。

(4)卡北构造现今圈闭幅度仍然较大,比卡拉沙依构造具有更好的油气保存条件,中下寒武统仍具形成残存气藏的条件。方 1 井油气显示级别较低,可能由钻井因素造成。

下一步的工作中,建议把卡北构造和阿瓦提凹陷联系起来,重点研究阿瓦提凹陷奥陶系、石炭系烃源岩生排烃史,以及卡北构造捕捉阿瓦提凹陷油气的可能性。若阿瓦提凹陷油气可以通过阿恰—吐木休克断裂到达卡北构造,则该构造应具有十分良好的勘探前景。反之,由于各期构造运动对原生构造的改造,喜山中后期才定型,滞后于中下寒武统烃源岩最大生排烃期,卡北构造仅靠聚集本区域烃源岩排出烃而成较大规模工业气藏的可能性较小。

参 考 文 献

- [1] 王宏语,樊太亮,魏福军,等.塔里木盆地巴楚中部地区寒武系盐下构造发育特征[J].石油与天然气地质,2004,25(5):554-558.
- [2] 李洪辉,张光亚,刘建新,等.塔里木盆地巴楚断隆油气勘探模式[J].石油勘探与开发,1998,25(5):11-13.
- [3] 王清华.塔里木盆地巴楚凸起构造特征及其对油气藏分布的控制[J].新疆石油地质,1999,20(3):208-209.
- [4] 何文渊,李江海,钱祥麟,等.塔里木盆地巴楚断隆中新生代的构造演化[J].北京大学学报(自然科学版),2000,36(4):539-545.
- [5] 康玉柱.塔里木盆地油气资源(上)[J].地质科技管理,1998(2):42-45.

[6] 皮学军.巴楚断隆乌山构造奥陶系气藏成藏分析及其作用[J].天然气工业,1999,19(2):33-38.

[7] 吕修祥,金之钧,皮学军,等.塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩油气聚集与分布[J].中国科学(D辑),1999,29(4):358-361.

[8] 高志农.塔里木盆地巴楚隆起烃源岩特征及其油气源研究[J].石油实验地质,2000,22(4):319-324.

[9] 刘长伟,王宇飞,李术元.塔西南坳陷北坡至巴楚凸起的生烃史[J].新疆石油地质,2002,23(2):121-123.

(修改回稿日期 2006-12-28 编辑 居维清)