

新和—三道桥地区古近系—白垩系油气藏 形成条件及控制因素

康仁东¹,王铭伟²,吴 玟³,李 松⁴

(1. 中国石油化工股份有限公司西北油田分公司勘探开发研究院 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 西南石油大学 石油与天然气工程学院, 四川 成都 610500; 3. 中国石油西南油气田分公司开发事业部, 四川 成都 610051; 4. 中国石油西南油气田分公司工程技术研究院, 四川 成都 610017)

摘要:新和—三道桥地区古近系—白垩系已成为塔里木盆地北部重点勘探层系。针对该地区古近系—白垩系油气成藏条件及其主控因素等问题,通过烃源岩特征、储盖层组合、断裂及圈闭作用分析,明确了油气藏形成条件及控制因素。研究结果表明,该地区油源主要来自陆相三叠系—侏罗系的煤系烃源岩。盖层发育有三套,即古近系库姆格列木群及苏维依组泥岩、含膏泥岩和膏岩、白垩系下统巴西盖组上段泥岩及舒善河组泥岩。油气成藏主要受控于断层、圈闭和盖层,圈闭与盖层是关键因素,断裂带控制了油气的富集区域,圈闭控制了油气的聚集,盖层控制了油气藏保存状况。

关键词:断裂;圈闭;储盖组合;油气成藏;古近系—白垩系;新和—三道桥

中图分类号:TE122 **文献标志码:**A

Formation conditions and controlling factors of Paleogene–Cretaceous oil and gas reservoirs in the Xinhe–Sandaoqiao area

KANG Rendong¹, WANG Mingwei², WU Wen³, LI Song⁴

(1. Exploration and Development Research Institute of Northwest Oilfield Branch of Sinopec, Urumqi 830000, China; 2. College of Petroleum and Natural Gas Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China; 3. CNPC Southwest Oil and Gas Field Company, Chengdu 610051, China; 4. Engineering Research Institute of CNPC Southwest Oil and Gas Field Company, Chengdu 610017, China)

Abstract: The Paleogene–Cretaceous system in the Xinhe–Sandaoqiao area has become a key exploration formation in the northern Tarim Basin. The formation conditions of oil and gas reservoirs and their main control factors in the Paleogene–Cretaceous system in this area are clarified through the analysis of hydrocarbon source rock characteristics, reservoir cap rock combination, fault, and trap. The research results show that the oil source in this area mainly comes from the coal-derived hydrocarbon rocks of the terrestrial Triassic–Jurassic system. There are three sets of developed caprocks: namely, mudstones of the Paleoproterozoic Kumgremu and Suwayi Formations, paste-bearing mudstones and paste rocks, mudstones of the upper part of the Lower Cretaceous Basigai Formation and mudstones of the Shushanhe Formation. The formation of oil and gas is mainly controlled by faults, traps, and caprocks, and the traps and caprocks are the key factors. The fault zones control the enrichment area of oil and gas, traps control the accumulation of oil and gas, and caprocks control the preservation of oil and gas reservoirs.

Key words: faults; traps; reservoir–caprock combination; hydrocarbon accumulation; the Paleogene–Cretaceous; Xinhe–Sandaoqiao

近年来新和—三道桥地区巴西盖组已成为重点勘探层系。以往对塔里木盆地北部地区白垩系巴西盖组沉积特征等开展了广泛研究^[1-8],对新和—三道桥地区巴西盖组储层沉积模式及特征开展了相应的研究,其油气成藏条件及主控因素有待进一步明确^[9-11]。本文通过构造、沉积、断裂等因素综合分析,开展成藏条件研究,进一步深化了新和—三道桥地区白垩—古近系成藏条件认识,明确了成藏主控因素,为新和—三道桥地区油气藏下步

勘探提供参考。

1 区域地质概况

新和—三道桥地区位于塔里木盆地北部^[1],雅

收稿日期:2022-06-08;改回日期:2022-10-10。

第一作者简介:康仁东(1981—),硕士,工程师,现从事油气勘探综合研究与项目管理工作。E-mail:kangrend.xbsj@sinopec.com。

基金项目:国家自然科学基金“多场耦合条件下甲烷/二氧化碳在页岩非均质储层中的动力学特征研究”(41772150)。

克拉断凸西段相继发现的羊塔克、玉东、却勒、牙哈等一系列古近系—白垩系油气田,显示出该地区良好的油气资源前景。

塔里木盆地北部地区包括库车坳陷及沙雅隆起,毗邻天山褶皱带北缘。其中库车坳陷北临南山造山带,南接沙雅隆起,西起柯坪断隆,东到库鲁克塔格断隆,整体呈现北东东向展布,经历了多期构造运动,其中燕山期和喜马拉雅期的构造运动控制作用显著,尤其是在喜马拉雅末期构造运动的作用下,形成了天山山脉山前大型逆冲褶皱体系以及一系列逆冲断层,构成了库车坳陷“四带三凹”的构造格局,即北部单斜带、克拉苏—依奇克里克构造带、秋里塔格背斜带、塔北隆起带及拜城凹陷、乌什凹陷和阳霞凹陷^[12-13]。

2 油气成藏条件及富集规律

2.1 烃源岩特征

根据该地区XH5、XH6两口井原油的地球化学数据分析,两口井的原油碳同位素没有太大差别,都为 -27.7‰ 左右,碳同位素偏重,表明这两口井的油源具有一致性(图1)。从碳同位素及姥/植比(Pr/Ph)的分析结果来看(图2),该地区油源主要来自陆相三叠系—侏罗系的煤系烃源岩。

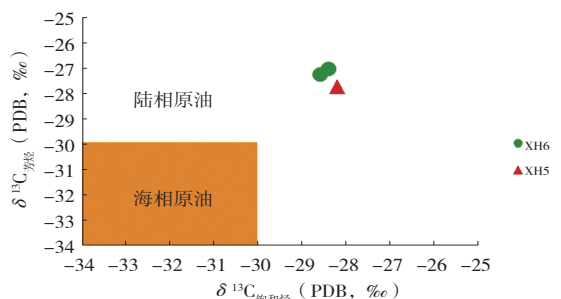


图1 研究区原油饱和烃和芳烃碳同位素

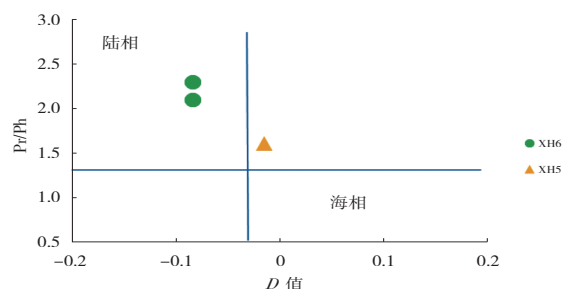


图2 原油Pr/Ph与D值判识原油成因

库车坳陷的三叠系—侏罗系暗色泥岩是天山南地区主要的陆相烃源岩。有机碳含量介于 $0.32\%\sim 10.1\%$,均值范围 $1.62\%\sim 3.78\%$,有机质类型

是腐殖型,生烃能力强,油气供应充足。XH3井钻遇三叠系厚度达 407.5 m ,扩大了早期的三叠系分布范围的认识。其中暗色泥质岩累积厚达 150 m 左右,有机碳含量较高,7件岩屑样品有机碳含量范围 $0.59\%\sim 2.68\%$,平均值为 1.42% ,属于好烃源岩,以 II_2 型为主的有机质类型,具有形成有效烃源岩的物质基础,说明库车坳陷中生界烃源岩的分布区已延伸到了新和地区,提升了天山南地区油气资源潜力。

三叠系浅湖—半深湖相泥质生油岩有机碳含量范围为 $0.51\%\sim 5.75\%$,平均值为 1.37% ;氯仿沥青“A”为 $(310\sim 6\,110)\times 10^{-6}$,平均值为 $1\,639\times 10^{-6}$;烃含量值为 $(111\sim 870)\times 10^{-6}$,平均值为 368×10^{-6} ;生油潜量($\text{S1}+\text{S2}$)平均值为 0.42 mg/g ,属于较好—好的生油岩。侏罗系生油岩为浅湖—半深湖相泥质岩,有机碳含量 $0.51\%\sim 5.45\%$,平均 2.31% ;氯仿沥青“A”范围 $(312\sim 11\,990)\times 10^{-6}$,平均 $11\,560\times 10^{-6}$;烃含量范围 $(104\sim 4\,394)\times 10^{-6}$,平均为 549×10^{-6} ;生油潜量($\text{S1}+\text{S2}$)平均为 0.75 mg/g ,属好生油岩范畴。

库车坳陷烃源岩热演化史表明,坳陷西部地区的生油高峰期为喜马拉雅早期,坳陷中部地区为喜马拉雅晚期至今,而坳陷东部地区演化程度总体上低于中西部。库车坳陷各套烃源岩目前已经处于高一过成熟演化阶段,可形成大量的石油和天然气。

油气形成后,沿中—新生界发育的2个关键的不整合面(分别是侏罗系/白垩系和白垩系/古近系)向南往研究区内运移;区内发育的多个断裂带及其派生断层导致油气的运移调整^[14],使研究区油气成藏成为可能。

2.2 储盖层组合

新和—三道桥地区古近系及白垩系自上而下发育有古近系苏维依组底砂岩储层、库姆格列木群底砂岩储层,白垩系下统巴什基奇克组砂岩储层、巴西盖组砂岩储层和舒善河组砂岩等多套储层^[8]。该地区这几套储层的孔渗物性表明,平均孔隙度分别为 14.67% 、 11.69% 、 16.76% 、 10.62% 和 7.27% ,平均渗透率分别为 $43.6\times 10^{-3}\text{ }\mu\text{m}^2$ 、 $240.71\times 10^{-3}\text{ }\mu\text{m}^2$ 、 $452.92\times 10^{-3}\text{ }\mu\text{m}^2$ 、 $102.85\times 10^{-3}\text{ }\mu\text{m}^2$ 和 $2.32\times 10^{-3}\text{ }\mu\text{m}^2$,各套储层除舒善河组物性条件相对较差外,其余四套储层物性条件相对较好。

该地区盖层主要发育有古近系苏维依组泥岩、含膏泥岩和膏岩、库姆格列木群,白垩系下统巴西

盖组上段泥岩及舒善河组泥岩三套盖层(图3)。

古近系苏维依组上部泥岩和含膏泥岩也较发育,泥岩厚度在60~200 m,单层厚度2~15 m,最大厚度近40 m,侧向连续性好,分布稳定,属于较好盖层,与苏维依底部砂岩和库姆格列木群上部砂岩形成研究区内较好的盖储组合(组合一)(图3)。

库姆格列木群中上部泥岩、单层厚度4~10 m,中下部膏岩层单层厚度可超过30 m,是研究区优良的盖层。泥岩、膏岩层与库姆格列木群的底砂岩和巴什基奇克组上部的砂岩形成研究区内最有利的盖储组合(组合二)。

巴西盖组中上部以泥岩为主,单层泥岩厚度3~12 m,QG1井实钻揭示巴西盖组中上部泥岩的单层厚度达23.5 m,厚度中心在QG4—S84井一带,往西往东逐渐变薄,整体连续性较好,可形成有效盖层,与巴西盖组下部的砂岩段可形成局部有效的盖储组合(组合三)。

此外,舒善河组以滨、浅湖相沉积为主,形成了一套泥、砂互层的沉积,其内部可形成局部的盖储组合(组合四)。

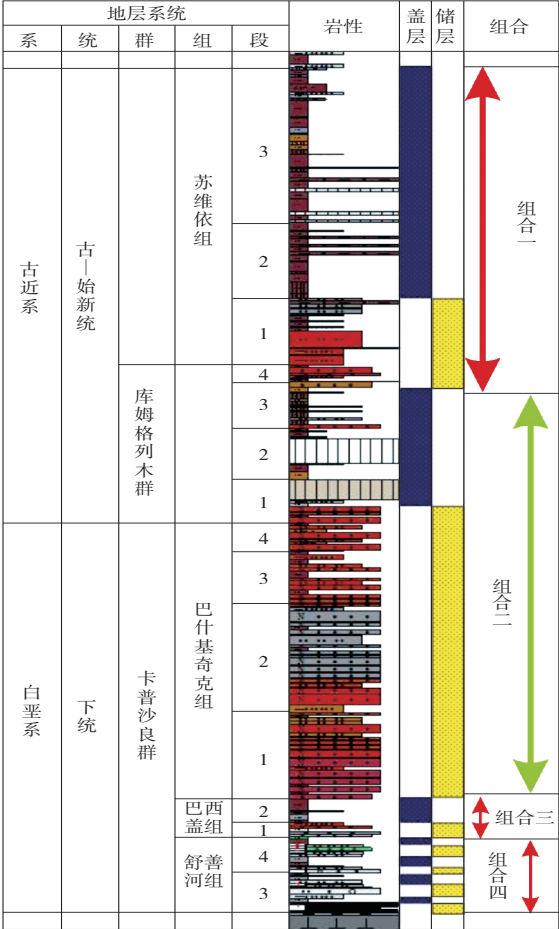


图3 星火—三道桥地区储盖组合柱状图

综上所述,研究区是油气运移的有利区域,具有较好的储盖组合,在有效的圈闭中容易形成具有工业开采价值的油气藏。

3 油气成藏控制因素分析

3.1 断裂带控制油气富集区域

区内油气主要沿几个关键不整合面进行侧向运移,垂向运移则主要依靠深大断裂。不整合面在区域上是普遍存在的,因此能否运移到不整合面之上的地层中,则主要取决于断裂的发育情况。在断裂带附近由于油气的向上运移,使得周围油气相对富集,其在适当的位置上可能聚集成藏。缺乏深大断裂沟通的区域,油气显示往往很差。

从研究区及周边勘探成果来看,所有已钻油气井均分布在断裂带附近。大断层起到了沟通输导的作用,使沿舒善河组底部不整合面运移过来的油气向上运移,从而在上部地层中富集成为可能。

3.2 圈闭控制油气聚集

断层解决油气来源的问题,圈闭则控制油气“聚集”的问题。研究区油气资源丰富,储层相对发育,只要在断裂带附近有圈闭的地方,油气都会聚集起来,可能形成具有工业开采价值的油气藏。XH5井区因构造运动形成了一个小的断鼻构造圈闭,油气沿断层运移上来之后,没有继续向上运移或侧向运移,而是在这一圈闭中聚集起来后,再侧向运移。研究区主要发育有构造圈闭和岩性圈闭两大类,研究区内构造圈闭较多,但整体圈闭幅度小,圈闭容积有限。

3.3 盖层控制油气保存状况

油气聚集以后,能否很好地保存起来,形成具有工业开采价值的油气藏,取决于盖层对圈闭的封堵能力。盖层的发育情况,是油气成藏后期最为关键的一步。无论是研究区的XH5井还是邻区羊塔克油气藏,无不与库姆格列木群中下部的膏泥岩、膏岩层密切相关。若盖层条件不好,油气容易散失,往往只能形成含气水层、含油水层和水层。

XH5井库姆格列木群底部的两套膏岩层厚度大,分别达到了30 m和40 m,断层虽然错断了膏岩层,但由于膏岩层厚度大,错断后的膏岩层仍然是相互接触的,而膏岩层有较好的塑性,自我愈合能力强,因此膏岩层中的断层被封闭,油气运移到膏岩层下部时不能再向上运移,变为侧向运移从而进入圈闭中。圈闭顶部较厚的膏岩层是良好的盖层,

确保油气不散失,从而形成油气藏。

XH6井由于膏岩层厚度相对较薄,断层完全错断了膏岩层,使得膏岩层和砂岩或泥岩接触,未能自我愈合,从而造成油气到巴什基奇克组顶部后,继续向上运移,未能在巴什基奇克组的圈闭中形成油气藏,而是在库姆格列木群的砂岩中形成了气藏。

从油气藏大剖面来看,主要产油气部位在巴什基奇克组的顶部的构造圈闭中,这体现了构造圈闭及上覆盖层的重要性。在优质盖层的作用下,星火地区及其西部,古近系基本没有产层,因为油气很难突破盖层运移到上部;而桥古地区由于巴什基奇克组顶部的膏岩层变薄,断层容易错断盖层使得油气向上运移,在上覆地层中可能形成油气藏。

4 结论

(1)研究区油源主要来自陆相三叠系—侏罗系的煤系烃源岩。库车坳陷各套烃源岩目前已经处于高一过成熟演化阶段,正在形成大量的石油和天然气。油气形成后,沿中—新生界发育的2个关键的不整合面向南往工区内运移;区内发育多个断裂带及其派生断层导致油气运移调整,使新和—三道桥地区油气成藏成为可能。

(2)古近系及白垩系自上而下发育有古近系苏维依组底砂岩储层、库姆格列木群底砂岩储层,白垩系下统巴什基奇克组砂岩储层、巴西盖组砂岩储层和舒善河组砂岩储层等多套储层系统。主要发育古近系库姆格列木群及苏维依组泥岩、含膏泥岩和膏岩、白垩系下统巴西盖组上段泥岩及舒善河组泥岩三套盖层,与合适的储层可形成多套有利的储盖组合。

(3)油气成藏主要受控于断层、圈闭和盖层,圈闭与盖层是关键因素。断裂带附近由于油气向上运移,使得周围油气相对富集,因此断裂带控制了油气的富集区域。圈闭控制了油气的聚集,盖层控制了油气藏保存状况。

参考文献

- [1] 洪才均,康仁东,周芳芳,等. 新和—三道桥地区白垩系巴西盖组沉积特征[J]. 新疆地质, 2016, 34(2): 230-234.
- [2] 朱玉新,邵新军,宋文杰,等. 新疆塔里木盆地库车坳陷北缘白垩系储层沉积相研究[J]. 古地理学报, 2000, 2(4): 58-65.
- [3] 丁孝忠,杨国栋,郭宪璞,等. 新疆塔里木盆地白垩—第三纪沉积相及储集体分析[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(2): 146-154.
- [4] 张丽娟,李多丽,孙玉善,等. 库车坳陷西部古近系—白垩系沉积储层特征分析[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(3): 355-360.
- [5] 朱如凯,高志勇,郭宏丽,等. 新疆塔里木盆地白垩系—古近系不同段、带沉积体系比较研究[J]. 沉积学报, 2007, 25(3): 325-331.
- [6] 刘勇,王振宇,马青. 英买力地区白垩系沉积特征及沉积相类型[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(1): 20-24.
- [7] 陈戈,黄智斌,张惠良,等. 塔里木盆地库车坳陷白垩系巴什基奇克组物源精细分析[J]. 天然气地球科学, 2012, 23(6): 1025-1033.
- [8] 李宗杰. 三道桥白垩系储层正演模拟分析[J]. 特种油气藏, 2013, 20(5): 32-35.
- [9] 仵永强,郑伟东. 塔里木盆地三道桥地区潜山储层预测[J]. 断块油气田, 2013, 20(4): 439-442.
- [10] 韩强,李宗杰,杨子川,等. 塔里木盆地三道桥地区油气成藏特征[J]. 油气地质与采收率, 2015, 22(6): 14-20.
- [11] 韩强. 塔北隆起新和—三道桥地区古潜山构造演化及其控储、控藏作用研究[D]. 西安:西北大学, 2021: 9-10.
- [12] 石刚. 库车坳陷构造演化对油气成藏的影响[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2010: 9-10.
- [13] 李谨,李剑,王超,等. 塔里木盆地库车坳陷致密砂岩气地球化学特征[J]. 天然气地球科学, 2021, 32(8): 1151-1162.
- [14] 刘春,陈世加,赵继龙,等. 库车前陆盆地南部斜坡带中—新生界油气运移输导体系与运聚模拟[J]. 天然气地球科学, 2021, 32(10): 1450-1462.

(编辑 刘义梅)