

文章编号: 1001-6112(2009)04-0333-05

吐哈盆地天然气勘探潜力分析

王劲松^{1,2}, 王 华¹, 梁世君², 黄卫东², 吕学菊¹

(1. 中国地质大学(武汉)资源学院, 武汉 430074; 2. 吐哈油田公司, 新疆哈密 839009)

摘要:吐哈盆地位于世界著名的巨型天然气聚集区特提斯构造域北缘盆地群东部。通过与库车坳陷的油气地质条件对比研究认为,吐哈盆地具备形成大中型天然气富集区带的地质条件。根据前陆盆地油气分布规律,认为围绕吐哈盆地吐鲁番坳陷的丘东—小草湖、胜北、托克逊 3 个生气中心区和坳陷北部山前冲断构造带、前陆坳陷斜坡坡折带、南部前陆隆起带,是大中型天然气富集区带的有利勘探方向。指出吐哈盆地下部组合发育的上二叠统湖相泥岩和石炭系的海相烃源岩,是可能的大型天然气成藏领域。初步预测吐哈盆地煤层气资源雄厚,勘探潜力大。

关键词:煤层气;天然气;油气勘探;吐鲁番坳陷;吐哈盆地

中图分类号: TE122

文献标识码: A

ANALYSIS ON EXPLORATION POTENTIAL OF NATURAL GAS IN THE TURPAN—HAMI BASIN

Wang Jinsong^{1,2}, Wang Hua¹, Liang Shijun², Huang Weidong², Lü Xueju¹

(1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China;

2. Tuha Oilfield Company, Hami, Xinjiang 839009, China)

Abstract: The Turpan—Hami Basin locates in the northern basin group of the northern world famous Tethyan tectonic domain, which is a huge natural gas accumulation area. By comparison with petroleum geological condition of the Kuqa Depression in the Tarim Basin, it is believed that Turpan—Hami Basin possesses the geological condition of forming large—medium gas enrichment zone. According to gas distribution rules in foreland basin, it is thought that surrounding Turpan—Hami Basin, the three gas generation centers of Qiudong—Xiaocaohu, Shengbei, and Tuokexun in Turpan Depression, foreland thrust structural zone in the northern depression, slope break zone of foreland depression, and southern foreland uplift zone are favorable exploration direction for large—medium natural gas enrichment zone. It points out in this paper that lacustrine mudstone of Upper Permian and marine source rock of Carboniferous developed in the lower assemblage of Turpan—Hami Basin, are the possible large natural gas reservoir areas. It also preliminarily predicts that Turpan—Hami Basin is with rich CBM resources, and great exploration potential.

Key words: CBM; natural gas; petroleum exploration; Turpan Depression; Turpan—Hami Basin

1 吐哈盆地天然气勘探现状

吐哈盆地是中国西部一个中型的天然气产销区,也是一个勘探程度低、勘探潜力较大的天然气发展区。盆地已探明丘东、红台、吐鲁番 3 个气田,以及温吉桑、米登和丘陵油田等 8 个油气田的含气区块,累计探明的天然气储量占二次资评的 26%、三次资评的 35%。

已发现天然气主要分布在小草湖、丘东、胜北

3 个生烃洼陷,以台北凹陷东部的丘东—小草湖最为富集,探明储量占总探明储量的 84%。从浅层第三系、喀拉扎组,至中深层七克台组、三间房组、西山窑组、三工河组和八道湾组均有油气发现。其中中侏罗统是主力层系,探明储量占总储量的 91%。天然气主要以凝析气和溶解气 2 种形式赋存于油气藏。凝析气主要产出于台北凹陷的丘东、温吉桑、红台和疙瘩台气藏,而溶解气则遍布于盆地的各个油气田中。其中仅在北部博格达山前的

收稿日期: 2008-10-14; 修订日期: 2009-06-04。

作者简介: 王劲松(1970—),男,高级工程师,主要从事石油、天然气地质勘探综合研究。E-mail: wjs@petrochina.com.cn。

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司吐哈油田分公司天然气勘探项目(攻关 08-2-11)。

鄯勒是干气藏。

自 1990 年至今,新增探明天然气储量跳跃式增长,呈现 2 个增长高峰:第 1 个增长高峰出现在 1992 年,发现了丘东气田及鄯善弧形带溶解气;第 2 个增长高峰体现在近年构造—岩性复合型天然气藏勘探突破方面,发现了红台—疙瘩台岩性油气藏。目前,台北凹陷天然气勘探已进入岩性气藏和溶解气并举的稳步增长阶段。

2 大中型天然气富集区带的地质条件

2.1 区域地质背景

特提斯构造域北缘盆地群,是世界著名的巨型天然气聚集区,戴金星院士称之为中亚煤成气聚集域。它西起里海之东,经卡拉库姆,其南支过阿富汗—塔吉克盆地,通过阿莱依地堑进入塔里木盆地,并向东延伸。东部包括准噶尔盆地、塔里木盆地和吐哈盆地(图 1)^[1]。它们在相似构造背景下成盆,并在许多盆地发现了来源于上三叠统及中、下侏罗统煤系的煤成烃,是巨型天然气聚集区^[2]。

地质认识程度高、天然气勘探成果丰富的塔里木盆地库车坳陷,上三叠统及中、下侏罗统煤系地层的分布面积为 $2.26 \times 10^4 \text{ km}^2$,天然气资源量 $31\,566 \times 10^8 \text{ m}^3$;发现有克拉 2、吐孜洛克、迪那 1、迪那 2 和大北 1 等特大型、大型天然气田及天然气富集区带,累计探明天然气地质储量达 $7\,485.32 \times 10^8 \text{ m}^3$,资源探明率 23.7%^[3]。研究表明其形成大型天然气富集区带的基本地质条件是:丰富的气源、良好的盖层、晚期高速的充注、优质的圈闭遮挡

条件,以及晚期大幅沉降对凝析气藏的形成和保存提供的温压环境^[4];前陆盆地大型天然气富集的有利区带是:前陆冲断带的大型构造气田、前陆斜坡带的大型岩性地层天然气富集带、前陆隆起带的构造—地层天然气富集带。

2.2 天然气富集的有利地质条件

吐哈盆地的吐鲁番坳陷与塔里木盆地的库车坳陷相比,其基本地质条件的相似点是:岩源厚度大(400~900,110~1 200 m),分布面积广($2.26 \times 10^4, 1.9 \times 10^4 \text{ km}^2$),母质类型相似,以 III 型为主;地质结构类似,都是北面冲断推覆带、中间坳陷区、中央冲断带、南部前缘隆起斜坡带;烃源岩上覆的地层层序和构造演化历程大体相似,上覆有上侏罗统、白垩系、第三系、第四系,经历了晚三叠世—侏罗纪—白垩纪伸展性质的坳陷阶段,第三纪以来的再生前陆盆地阶段;古地温梯度相近,约 $2.5 \sim 3.5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{hm}$;天然气的性质及分布的区带相似,凝析气藏占有重要的地位,且分布范围广,在坳陷斜坡带和前缘隆起带都有分布,干气藏主要分布在北部冲断推覆带。

油气地质条件主要的差异表现在以下 5 个方面:1)烃源岩的上覆地层厚度及分布范围。吐哈盆地烃源岩的上覆地层厚度 1 500~5 000 m,主要分布在吐鲁番坳陷主体,南部前缘隆起带分布厚度较薄,影响成熟烃源岩的分布范围;库车坳陷 3 500~7 000 m,在前陆隆起带、坳陷带及冲断推覆带都有较厚的发育,成熟烃源岩的分布面积广。2)烃源岩的热演化程度。吐哈 $R_o = 0.7\% \sim 1.3\%$,库车 $R_o =$

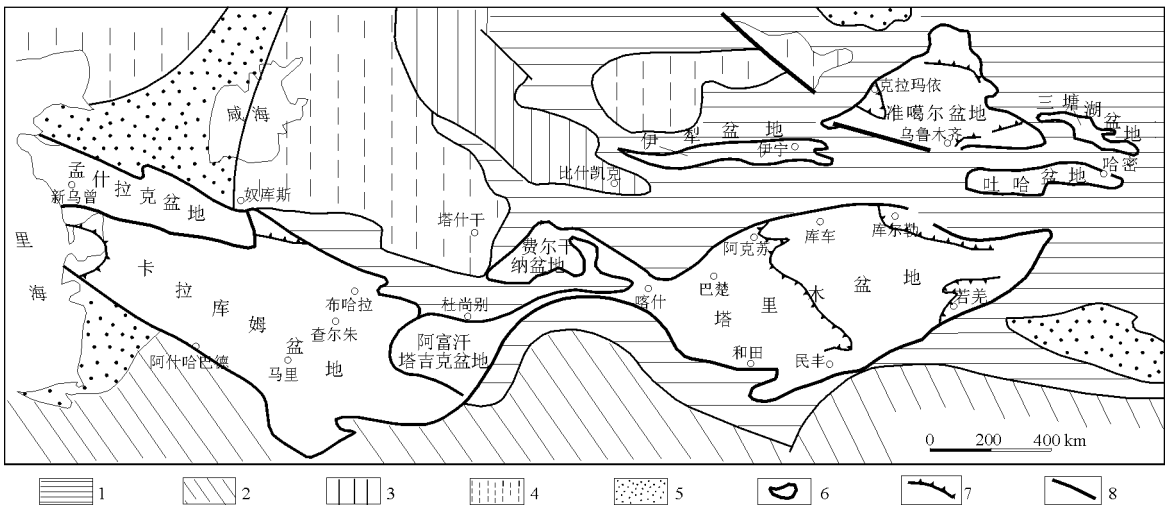


图 1 中亚中下侏罗统煤成气聚集域分布^[1]

- 1. 古生代褶皱带;2. 中生代褶皱带;3. 古生代沉积盆地;4. 中生代沉积盆地(无侏罗系);
- 5. 有侏罗系源岩(含气性不明);6. 气聚集域盆地;7. 中下侏罗统尖灭线;8. 断层

Fig. 1 The distribution map of Mid—Lower Jurassic coal-formed gas accumulation domain in the central Asia

1.8%~2.5%;吐哈烃源岩目前仍处于生油的成熟阶段,而库车已处于高成熟的生气阶段。3)冲断推覆的滑脱面。吐哈是中下侏罗统的煤系地层,有利于烃源岩的扰动,提高排烃效率;库车是第三系的膏岩地层,影响盖层的保存条件,但有利于滑脱面下伏地层形成大型的背斜构造。4)前陆冲断推覆带的宽度。吐哈窄,3~6 km,不利于滑脱面下伏地层形成大型背斜构造带;库车宽,5~10 km,有利于滑脱面下伏地层形成大型背斜构造带。5)区域盖层的分布层位及主力产气层位的分布。吐哈是上侏罗统的齐古组泥岩,厚度200~1 200 m,突破压力2~6 MPa,具备封盖大中型气田的能力,主力产气层系是中侏罗统;库车是第三系的膏泥岩,厚度100~1 500 m,突破压力9~22 MPa,具备封盖特大型气田的能力,主要产气层系是第三系和白垩系,有利于大型气藏的形成。

2.3 天然气富集规模

通过上述分析对比认为:吐鲁番坳陷和库车坳陷天然气成藏的区域基本地质条件相似,其主要差异是烃源岩的演化程度、富集层位和区带地质要素的质量及规模的大小。库车坳陷有效烃源岩分布面积 $1.9 \times 10^4 \text{ km}^2$,生气强度大于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 的面积达 $10\ 000 \text{ km}^2$,资源丰度 $1.39 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,天然气总资源量 $31\ 566 \times 10^8 \text{ m}^3$,形成了克拉2号 $2\ 840 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的特大型气田及库车前陆克拉苏—依奇克里克冲断推覆带 $5\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 级的巨型天然气富集带^[5]。吐鲁番坳陷有效烃源岩面积 $0.95 \times 10^4 \text{ km}^2$,生气强度 $18.44 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ (最大 $95 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$),资源丰度 $0.12 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,天然气总资源量 $2\ 935 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。二者资源丰度、总资源量之比大约是10:1。因此,吐鲁番坳陷应该具备形成 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的中型气田,($500 \sim 800$) $\times 10^8 \text{ m}^3$ 规模的中型天然气富集区带的地质条件。

3 天然气富集区带的有利勘探方向

根据前陆盆地油气分布规律可知:吐鲁番坳陷北部的博格达山前卡拉图一大步冲断推覆带,和西部喀拉乌成山前的伊拉湖—盐山口冲断推覆带,是寻找第三系构造和侏罗系煤系滑脱面下伏的背斜构造型天然气富集区带的有利领域;小草湖—丘东—胜北前陆坳陷斜坡带发育的侏罗系岩性地层圈闭,是寻找岩性地层复合型天然气富集区带的有利领域;火焰山以南的南部前陆隆起带,是寻找侏罗系—第三系地层型天然气富集区带的有利领域。

吐哈盆地吐鲁番坳陷发育丘东—小草湖、胜北、托克逊3个生气中心区,它们的成熟烃源岩生气强度分别是 15.7×10^8 , 56.5×10^8 , $6.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,以胜北最优,丘东—小草湖次之,再次是托克逊。围绕这3个生气中心区,吐哈盆地的3个油气富集成藏带的地质条件有所差异。

3.1 丘东—小草湖洼陷

该洼陷勘探程度较高,已发现丘东、红台、疙瘩台和鄯勒气田,以及鄯善弧形油气富集带的气顶气、溶解气。天然气的分布特点遵循前陆盆地天然气的富集规律,北部山前的鄯勒气田是第三系构造型干气藏;洼陷斜坡部位的丘东、红台气田是侏罗系的构造岩性凝析气藏。

北部山前的鄯勒一大步冲断推覆带,区带面积 $2\ 000 \text{ km}^2$ 。已发现的鄯勒第三系气田为构造型气藏,气层埋深 $700 \sim 1\ 100 \text{ m}$,单层厚度 $8 \sim 12 \text{ m}$,日产量 $(1 \sim 4.5) \times 10^4 \text{ m}^3$,压力系数0.87,甲烷含量93%,干燥系数0.98。该区带目前发现落实红旗坎、红台等第三系背斜,以及侏罗系的断块构造,有望形成百亿方规模的天然气富集区带。

前陆斜坡带折带的丘东、红台地区,东西向的古鼻状坡折与南北向展布的砂体匹配,发育丘东、红台等构造—岩性凝析气藏,主力目的层中侏罗统埋深 $2\ 000 \sim 3\ 300 \text{ m}$ 、日产量 $(1.5 \sim 31) \times 10^4 \text{ m}^3$,孔隙度7%~13%,渗透率 $(0.5 \sim 10) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。进一步深化丘东背斜带北翼的构造岩性气藏勘探,扩展红台鼻隆北翼的砂体勘探,整体可形成 $1\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的天然气勘探开发场面。

3.2 胜北洼陷

基本地质条件与丘东—小草湖洼陷相似,上覆地层厚度更大,烃源岩的成熟度最高(胜北 R_0 为0.8%~1.3%,丘东 R_0 为0.7%~1.0%),气源条件最优^[6],应该具备形成 $1\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 规模天然气富集区的资源潜力。不利因素是,胜北洼陷上侏罗统齐古组、卡拉扎组厚度较丘东大 $800 \sim 1\ 000 \text{ m}$,在成岩演化的关键期,中侏罗统储层成岩作用强,储层物性差。

洼陷北部山前的卡拉图—核桃沟冲断推覆带,由桃树园、七泉湖、恰勒坎、核桃沟等斜列构造带组成,侏罗系地质结构横向变化较大,发育叠瓦状逆冲、逆掩推覆和三角带等多种构造样式。第三系构造简单,以完整背斜构造为主。该带油气显示活跃,多口探井自侏罗系到古近系均见到油气显示,已发现玉果、恰勒坎、柯柯亚、核桃沟等含油气构造。区带面积 $1\ 500 \text{ km}^2$,侏罗系断背斜、断块构造

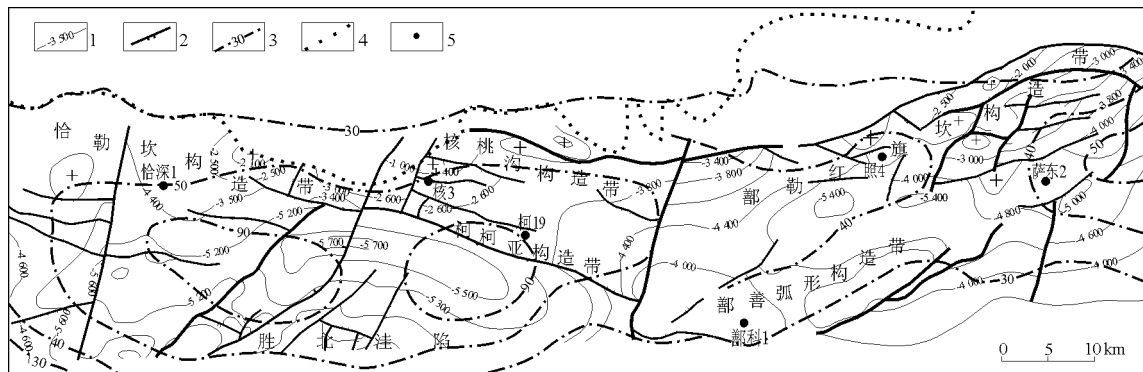


图 2 吐哈盆地胜北洼陷北部山前带构造与生气强度叠合图

1. 主要产气层构造等值线/m; 2. 逆断层; 3. 生气强度等值线/($10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$); 4. 老山边界; 5. 探井

Fig. 2 The superposition map of structure and gas generation intensity in the mountain front of northern Shengbei Sag of Turpan-Hami Basin

发育,特别是中下侏罗统水西沟群发育辫状河三角洲厚层块状砂体,储层和烃源岩互层接触,是典型的源内自生自储式的成藏组合,生储盖条件优越,是近期天然气勘探的重要目标(图 2)。

胜北洼陷腹部的胜北构造带,主要目的层中侏罗统埋藏较深,达 3 800~4 500 m,成岩演化程度高,储层致密,孔隙度 8%~10%,渗透率 $0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储层条件较差;钻井普遍见丰富油气显示,试油获日产 2 000~3 000 m^3 的低产气流。寻找优势储层发育带是胜北洼陷中侏罗统勘探取得突破的关键。突破的方向,一是古埋深相对较浅的红连、苏巴什、火北鼻状隆起的较高部位;二是优势的储集相带和有利次生孔隙发育的成岩相带,如胜北构造带北翼的三角洲水下分流河道的主砂带;三是裂缝发育带,南北向撕裂断层与东西向断层的交汇带。

胜北洼陷在区域盖层齐古组之上,发现胜北 3、连南 1、红南 9 三个上侏罗统喀拉扎组、白垩系小型气藏;在胜北 2 等井的第三系见到微弱的气测异常。其天然气的成熟度 0.9% 左右,与主力烃源岩的成熟度相近。因此,近期寻找可动用规模储量的重点领域,应该是埋藏适中的上侏罗统、白垩系及第三系。该类气藏形成的关键:一是断开区盖层齐古组的油源断层;二是圈闭的发育。沿着南北向的陵南、红南、胜北、火北等撕裂断层发育的低幅度构造带,火焰山北坡喀拉扎组上倾超覆尖灭地层圈闭发育带等,是有利领域。

3.3 托克逊—胜南凹陷

本区西部发现伊拉湖侏罗系凝析气层,东部发现吐鲁番气田,托北 1 井在三叠系也钻遇明显的气测异常,具备天然气成藏的地质条件。

凹陷北缘西段的伊拉湖构造带,临近生烃中

心,位于有利的油气运聚指向区。晚海西期以来受布尔加凸起多期逆冲控制,发育伊拉湖冲断构造带,北东走向,延伸 60 km,西南倾没于凹陷中央。发育伊拉湖、盐山口和托北等断背斜和构造地层复合圈闭,具备形成多层系、多类型复式油气聚集带的基本条件。

凹陷北缘的东段胜南—雁木西油气富集带,发现有吐鲁番侏罗系凝析气藏,向北西逐渐抬升过渡到布尔加地层不整合圈闭发育带,也有进一步扩大勘探的地质条件。

3.4 台南前陆隆起带

该隆起带西起乌苏、东到疙瘩台,东西长 300 km,南北宽 20~30 km;长期处于吐鲁番拗陷缓坡油气运聚优势指向区,广泛发育三叠系、侏罗系、白垩系超覆型大型地层圈闭,是寻找远源侧向运移油气藏的主要勘探领域。已钻井在侏罗系、白垩系见到油气显示,并在侏罗系获得稀油油流,表明南部前陆隆起的斜坡有过油气的运聚,能否形成商业性天然气聚集,主要受气源的充足程度、油气优势运聚的鼻状凸起背景及圈闭有效性控制。

此外,本区库木凸起大型鼻凸晚三叠世形成并持续加强至今,已发现的鲁克沁三叠系稠油富集带属于运移残留稠油,意味着大量的轻质油气散失,库木凸起上倾部位的中浅层构造,具有形成稠油次生天然气藏的条件。

3.5 吐哈盆地煤层气

吐哈盆地侏罗系煤层非常发育,厚度大,最厚达 180 m;分布广,盆地浅埋区面积 11 608 km^2 ;全盆地煤层气总资源量近 $10 \times 10^{12} \text{ m}^3$,1 500 m 以上浅煤层气资源量 1 万余亿方。

吐哈盆地煤层气勘探研究目前已开展了资源

预测、区块评价优选及单井排采试验工作,在部分有利区块获低产煤层气,初步展示了盆地煤层气勘探的良好潜力。

4 下部组合的潜在天然气成藏领域

吐哈盆地发育的上二叠统湖相泥岩和石炭系的海相烃源岩是可能的大型天然气成藏领域。

上二叠统塔尔朗组的湖相泥岩,主要分布在托克逊、台南、胜北、丘东洼陷。重磁资料显示,二叠系在胜北洼陷存在深凹区,埋藏深度在8 000 m以下,推算这套烃源岩在台北凹陷的 R_o 在2.0%左右,已进入过成熟干气演化阶段,其生成的高熟油型气应主要赋存于盆地的中、下含油气系统当中。从鲁克沁三叠系亿吨级规模的稠油资源量推测,前侏罗系源岩的生气量也应是可观的。台北凹陷内古隆起聚集源自二叠系原油的古油藏二次裂解气,也可能是重要的气源^[7,8]。目前,柯7井和温西1井的天然气相对比较特殊,其 R_o 为0.65%~2.0%;分析乙烷碳同位素相当重,前人分析可能是由于幔源气的混入。然而,中国石油勘探开发研究院认为,巴喀天然气 $\delta^{13}C_1$ 为-41.7‰, $\delta^{13}C_2$ 为-20.1‰;温西1天然气 $\delta^{13}C_1$ 为-43.43‰, $\delta^{13}C_2$ 为-20.75‰,该天然气主要来源于石炭—二叠系烃源岩($R_o > 1.5\%$)。2个特殊气藏可能是二叠系高一过成熟天然气和侏罗系煤成气的混合,台北深部的古隆起具有古油藏二次裂解形成天然气藏的可能。因此,胜北洼陷三叠系及其周缘凸起潜山,最有可能聚集该系统晚期充注的天然气或古油藏二次裂解形成的天然气藏。如胜北凸起、陵南凸起上的三叠系古构造。

石炭系烃源岩主要在台南凹陷钻遇,以海相沉积为特征,源岩类型主要为暗色泥岩和碳酸盐岩。其中在鲁南1井区共发育烃源岩227 m;迪坎尔剖面发育烃源岩840 m。暗色泥岩、深灰色灰岩有机碳含量平均0.7%,为中等生油岩,深灰色灰岩有机碳平均可达1.0%,为一套好生油岩。有机质类型以II型干酪根为主,且菌解无定形体发育;有机质成熟度主体达到成熟生烃阶段(R_o 均值为0.95%)。该套烃源岩目前尚没有找到油气藏,但在鲁南1井石炭系灰岩裂缝中见到荧光,说明该套源岩曾经有过油气的生成运聚,是一套潜在的勘探

层系。鲁东地区发育大型石炭系潜山构造,是有利的勘探领域。

5 结论

1)吐哈盆地具备形成大中型天然气富集区带的地质条件,围绕吐哈盆地吐鲁番坳陷的丘东—小草湖、胜北、托克逊3个生气中心区和坳陷北部山前冲断构造带、前陆坳陷斜坡坡折带、南部前陆隆起带,是大中型天然气富集区带的有利勘探方向;吐哈盆地下部组合发育的上二叠统湖相泥岩和石炭系的海相烃源岩,是可能的大型天然气成藏领域。初步预测吐哈盆地煤层气资源雄厚,勘探潜力大。

2)现实的有利区带,一是北部山前核桃沟—红旗坎—金北一大步冲断带上的水西沟群构造气藏;二是前陆坳陷斜坡坡折带红台、丘东、胜北中侏罗统岩性地层天然气富集带;三是胜北洼陷的中浅层构造岩性复合型天然气富集带。

3)战略突破的可能领域包括:一是台南前陆隆起带的地层超覆天然气富集带;二是台北凹陷中下部组合的古隆起上的高成熟天然气藏;三是台南地区中浅层稠油分解聚集形成的次生气藏,以及石炭系潜山气藏。此外,煤系地层(水西沟群)自生自储致密砂岩气藏(深盆气),也是重要的突破领域;煤层吸附气是重要的接替资源。

参考文献:

- 戴金星,何斌,孙永祥等. 中亚煤成气聚集域形成及其源岩: 中亚煤成气聚集域研究之一[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(3): 1~6
- 贾承造. 中国中西部前陆冲断带构造特征与天然气富集规律[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(4): 9~14
- 汤华国,王刚,彭轼等. 库车坳陷天然气资源勘探前景[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(6): 459
- 付晓飞. 库车坳陷北带天然气聚集域的关键因素[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 22~24
- 周新源,王清华,杨文静等. 塔里木盆地天然气资源及勘探方向[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(1): 8
- 李延钧,陈义才,张艳云等. 吐哈盆地胜北凹陷浅层油气源与成藏研究[J]. 石油实验地质, 2007, 29(4): 405~410
- 刘文汇,张建勇,范明等. 叠合盆地天然气的重要来源: 分散可溶有机质[J]. 石油实验地质, 2007, 29(1): 1~6
- 申宝剑,黄智龙,刘洪文等. 深部流体对天然气成藏影响[J]. 石油实验地质, 2007, 29(3): 259~268

(编辑 徐文明)