

吐哈盆地与粉河盆地煤储层物性对比分析^{*}

傅雪海 张万红 范炳恒 周荣福 韩训晓
(中国矿业大学资源与地球科学学院)

傅雪海等.吐哈盆地与粉河盆地煤储层物性对比分析.天然气工业,2005;25(4):38~39

摘 要 基于吐哈盆地与粉河盆地(Powder River Basin)的煤层气地质资料,探讨了两盆地地质构造演化特征,对比分析了两盆地煤阶、煤岩、煤质、含气量及饱和度等物性条件,指出了吐哈盆地与粉河盆地在煤层气含量构成、渗透率及水文地质条件等方面的差异。

主题词 吐哈盆地 粉河盆地 煤 储集层 物性参数 对比 煤成气 含量 渗透率

一、地质构造演化上的差异

吐哈盆地煤层赋存于下、中侏罗统八道湾组和西山窑组,煤层深埋成岩演化阶段为拉张构造应力环境,使生成的生物气大多逸散,从侏罗—白垩纪之交的火焰山运动到早第三纪的板块碰撞活动,吐哈盆地一直处于挤压构造应力环境,盆内构造发生了反转作用,正断层变成了逆断层,除台北坳陷继续下拗以外,南部地区、西部托克逊坳陷、东部哈密坳陷均出现了不同程度的抬升,煤层因地温梯度的增加,中北部发生过较弱的变质作用,生成少量的热成因甲烷也因抬升遭受一定程度地破坏。此外,抬升对煤系的水文地质条件和煤储层的渗透率也有重要影响。晚第三纪以来,盆地又发生坳陷作用,但幅度不大。

粉河盆地煤储层赋存于第三纪,后期遭受较弱的挤压作用,发育倾角较缓的褶皱和少量正断层,基本上是一个原型煤盆地。煤储层处于成岩作用阶段,其孔隙、割理十分发育,为游离气创造了储存空间^[1],为现今高渗透率奠定了基础;水文地质条件未遭破坏,为水溶气提供了赋存场所,为现今煤层气高产能提供了较强的导流能力。

二、煤阶、煤岩组成的差异

粉河盆地煤储层镜质体反射率为 0.3%~0.4%,据美国煤阶划分标准(ATSM)为褐煤—亚烟煤 C,其成岩演化程度尚低于我国的褐煤 1;吐哈盆

地煤的镜质体反射率除西端艾维尔沟在 1.6% 左右之外,煤阶具有由南向北逐渐增加的趋势,南部艾丁湖、沙尔湖、大南湖一线约为 0.4%,其它平均值在 0.6% 以上,与第一次煤化作用跃变阶段相当,其主要特征是沥青化作用的发生,使吐哈盆地曾经一度成为煤成油研究的热点地区之一。

两盆地镜质组、惰质组含量相差不大,但壳质组(稳定组)吐哈盆地是粉河盆地的 1.42 倍(表 1),据作者前期的研究,壳质组(稳定组)含量高,既不利于煤层气的吸附,也不利于煤层气的解吸和渗流^[2]。

表 1 两盆地煤储层物性对比

储层物性		吐哈盆地	粉河盆地
工业分析	全水分(%)		27.68
	空干基水分(%)	4.86	24.50
	干基灰分(%)	7.53	5.19
$R_{o,max}$ (%)		0.55	0.34
煤岩组分	镜质组(%)	70.91	73.44
	惰质组(%)	22.92	22.20
	稳定组(%)	6.17	4.36
朗缪尔常数	朗缪尔体积(m^3/t)	9.81	2.18
	朗缪尔压力(MPa)	1.40	2.59
煤层气成分	平均埋深(m)	368	180
	甲烷(%)	37.24	90.14
	二氧化碳(%)	8.16	7.69
	氮气(%)	52.47	2.13

注:吐哈盆地为低煤级煤的平均值,粉河盆地据参考文献[2,3,6]换算得到的平均值。

^{*} 本成果受国家自然科学基金(编号:40372074)资助。

作者简介:傅雪海,1965 年生,博士,教授,博士生导师;从事能源地质的教学与研究工作。地址:(221008)江苏省徐州市中国矿业大学资源与地球科学学院。电话:(0516)3995716。E-mail:fuxuehai@163.com

三、煤层气含量及饱和度的差异

粉河盆地煤阶未达到热演化阶段,煤层气主要为生物成因甲烷或次生生物气。煤层气含量由围岩裂隙中的煤成气、煤系水中的溶解气、煤储层宏观裂隙、显微裂隙、大(孔径大于 1000 nm)、中(100~1000 nm)孔隙的游离气及过渡孔(10~100 nm)、微孔(小于 10 nm)中的吸附气共同构成。水溶气研究表明,承压水中气、水比为 1.7:12.4^[3]。埋深 200 m 左右,储层压力为 1.03 MPa,煤中水溶气含量为 0.02 m³/t;地球物理测井估计此深度下的次生孔隙为 6%,次生孔隙内的甲烷饱和度为 35%,此时煤储层内的游离气含量为 0.15 m³/t;吸附气含量平均为 0.78 m³/t;煤层总含气量介于 0.028~2.1 m³/t。朗缪尔体积为 2.18 m³/t,吸附气的平均饱和度为 35.8%。埋深 180 m 左右煤层气的成分中 CH₄ 占绝大多数,达到 90.14%,CO₂、N₂ 含量较低,分别为 7.69% 和 2.13%^[4](表 1)。煤的芳构化程度极低,煤吸附水的能力极强,空气干燥基(M_{ad})水分含量达到 24.50%。

吐哈盆地南部未达热演化阶段,煤层气主要为生物气,其它低煤级(R_{o,max}<0.65%)地区煤成岩演化阶段的拉张构造应力环境,使生成的生物气保存十分有限,主要为白垩纪生成的热成因甲烷^[5]。煤田地质勘探深度范围内(一般浅于 500 m)煤层瓦斯实测含量介于 0.01~0.54 m³/t,解吸法(MT77-84)对低煤级煤测试可能存在一定的误差,但实测成分中,甲烷仅占 2.25%~59.8%,N₂ 含量很高,平均在 50% 以上,埋深 500 m 以浅属于瓦斯风氧化带范围。风氧化带以下,哈试 1 井实测含气量介于 1.51~2.19 m³/t 之间,煤的朗缪尔体积平均为 9.81 m³/t(表 1),含气饱和度平均为 25.9%。

四、开发条件的差异

1. 水文地质条件的差异

吐哈盆地煤储层为弱含水层—隔水层,煤系砂体为弱含水层,由于砂体分布不稳定,横向连续性差,与煤层的水力联系弱,非均质性强,地表水补给有限,煤层气井难以形成稳定流,不利于降压漏斗的均衡发展,煤层气布井风险性大。

粉河盆地煤层即为含水层,厚度巨大,导流能力强;煤系砂岩含水性弱,因裂隙发育,与煤层的水力联系较强,地下水均衡补给,没有成巨大排水量,反而有利于降压漏斗的扩展,生产面积在 80 英亩以上^[4](1 英亩=4050 m²)。

2. 渗透性的差异

吐哈盆地低煤级煤层埋深介于 300~2000 m,

预测煤层气资源量为 3430.8×10⁸ m³^[5]。井下煤割理观察表明,面割理方向一般为 30°~60°,端割理不发育,裂隙间距平均达 8.5 cm。吐哈盆地虽为经过改造的陆相盆地,但仍残留原型盆地地貌,盆缘斜坡带煤储层渗透率可能会较高。

粉河盆地煤层气井钻探深度介于 70~740 m,全盆地预测煤层气资源量为 1.04×10¹² m³^[7]。煤层灰分含量(A_d)很低,只有 5.19%,煤层厚度巨大,一般值为 24~46 m,弱挤压作用的结果使煤储层多级割理十分发育,煤本身的孔隙度又高,据完井后的水产量估算的煤层渗透率介于 0.01~1.5 μm² 之间。煤层埋藏浅,车载钻机 1~2 d 就能完成一口气井的钻探工作,煤储层揭露就能产气,可见围岩裂隙中的煤成气、煤系水中的溶解气、煤储层宏观裂隙、显微裂隙、大中孔隙中的游离气含量较为丰富。

五、结 论

粉河盆地煤层气勘探开发的成功不仅在实践上突破了低煤阶煤含气量低,不适于煤层气开发的束缚,而且丰富了煤层气勘探开发的理论,拓展了煤层气勘探开发领域。但我国吐哈盆地从地质演化、煤岩、煤级特征、含气量构成、饱和度、水文地质条件、埋藏深度及渗透率等与粉河盆地差异明显,煤层气开发潜力更是不具可比性。

参 考 文 献

- 1 Bustin R M, Clarkson C R. Free gas storage in matrix porosity: A potentially significant coalbed methane in low rank coals. In: International Coalbed Methane Symposium. 1999:197—214
- 2 傅雪海,秦勇.多相介质煤层气储层渗透率预测理论与方法.江苏徐州:中国矿业大学出版社,2003:25~37
- 3 冯三利,胡爱梅,霍永忠等.美国低阶煤煤层气资源勘探开发新进展.天然气工业,2003;23(2):124~126
- 4 Pratt T J, Mavor M J, Debruyne R P. Coal gas resource and production potential of subbituminous coal in the Powder River Basin. In: International Coalbed Methane Symposium. 1999:23—34
- 5 桑树勋,秦勇,傅雪海等.陆相煤层气地质.江苏徐州:中国矿业大学出版社,2001:49~58
- 6 Glass G B 等.怀俄明州保德河盆地煤田地质.国外煤田地质,1999;(2):5~10
- 7 Kuuskraa V A, Brandenburg 等.煤层甲烷——一种能源工业的曙光.见:曹作华译,秦勇、曾勇主编.煤层甲烷储层评价及生产技术.江苏徐州:中国矿业大学出版社,1996:132~147

(收稿日期 2004-12-12 编辑 黄君权)