

鄂尔多斯盆地大宁—吉县地区煤层气分布特征

孙斌 王宪花 陈彩虹 张继东

(中国石油勘探开发研究院廊坊分院煤层气经理部)

孙斌等. 鄂尔多斯盆地大宁—吉县地区煤层气分布特征. 天然气工业, 2004; 24(5): 17~20

摘要 鄂尔多斯盆地大宁—吉县地区是中石油对煤层气近期勘探中发现的一个高饱和煤层含气区, 钻探的吉试 1 井、5 井在煤层段试气获得了工业性气流, 对今后我国中煤阶煤层气的勘探方向具有重要的影响。本文通过研究该区煤层厚度、煤层埋深、煤岩煤质特征、煤层演化特征、煤储层物性、煤层含气量、煤层气保存条件及资源量等条件, 基本证实了大宁—吉县地区是一个整装煤层气大气田, 初步控制含气面积 717 km², 控制煤层气地质储量 1500×10⁸ m³。

关键词 鄂尔多斯盆地 大宁吉县 煤层气 气田

鄂尔多斯盆地大宁—吉县地区位于山西省西部, 地跨大宁县、吉县、蒲县, 在中石油矿权登记区内煤层气勘探面积 2800 km²。该区从 1999 年开始煤层气勘探, 2000 年煤层气勘探项目经理部在该区钻探了第一口煤层气资料井—吉试 1 井, 试气获 2847 m³/d 工业气流, 2001~2002 年又相继钻探了吉试 2 井、3 井、4 井、5 井、6 井, 均在煤层见到很好的含气显示, 其中吉试 5 井试气最高日产气 6629 m³, 由此说明大宁地区煤层具有一定的经济可采性, 通过大井组排采, 地层压力整体降至解吸压力以后, 煤层气可望达到高产。

煤层气地质条件

1. 构造概况

大宁—吉县地区位于鄂尔多斯盆地东缘晋西挠褶带。东接吕梁山脉, 西跨黄河与伊陕斜坡构造带衔接, 南与渭北隆起相连。区内构造条件较为复杂, 含煤层系受后期构造、断裂控制明显。总体和局部构造轴向均呈 NE30° 方向展布。

该区东南部边缘地带, 正、逆断层发育, 这些断裂构造对煤层气成藏产生不利因素, 正断层部位有的局部是形成煤层气逸散的通道, 对煤层气保存不利, 逆断层附近, 由于受挤压煤层破碎, 煤岩储集性能变差。在研究区主体部位, 即古驿—窑渠间有一局部断裂鼻状构造, 对大宁—吉县地区的煤层气成

藏具有极其重要的地质意义。

参考 40 余口各类探井资料, 对古驿—窑渠断裂鼻状构造有了进一步的认识。

①古驿—窑渠构造是受薛关西—峪口逆断层控制, 东南翼依附在逆断层上的牵引断裂鼻状构造; ②该鼻状构造形成的时期较晚, 捕获油气能力差。在该构造未形成之前, 本区块仍然是一西倾的单斜构造, 推测该构造形成于燕山期, 定型于喜山期, 它是周边断陷盆地形成时的产物; ③受南北向“放射状”断层组的影响, 在该断层组附近, 煤层埋深增大, 煤岩受挤压破碎致使储集性能变差; ④除薛关—峪口逆断层外, 在吉试 6 井区的一组逆断层间, 形成地堑式构造, 它不但控制区内煤层气成藏, 且影响煤层气富集。因而, 在大宁、吉县区块, 这些断层把煤层气勘探区块分为东、中、西三部分, 即古驿—窑渠西斜坡、薛关—蒲县鼻状构造轴部和蒲县以东斜坡构造区。

2. 煤层厚度及变化规律

大宁—吉县地区主要含煤层系是石炭—二叠系, 主力煤层为山西组 5[#] 煤和太原组 8[#] 煤。煤层总厚度 5~22.8 m, 由东向西呈环状增厚, 总厚度大于 15 m 的面积约占总面积的 1/3, 在午城—窑渠间形成一个煤层总厚近 20 余米的富煤中心(图 1), 也形成了大宁—吉县地区煤层气雄厚的物质基础。

山西组 5[#] 煤单层厚度大、分布面积广, 一般厚 1.5~7.2 m, 单层厚度大于 5 m 的地区位于午城—

作者简介: 孙斌, 1969 年生, 高级工程师; 1991 年毕业于东北工学院秦皇岛分院地质矿产勘察专业, 获学士学位, 2002 年于中国石油勘探开发研究院获硕士学位, 先后从事现场地质、石油地质勘探综合研究、煤层气地质等。地址: (065007) 河北省廊坊市万庄 44 号信箱廊坊分院煤层气经理部。电话: (010) 69213040。E-mail: s-bin@petrochina.com.cn

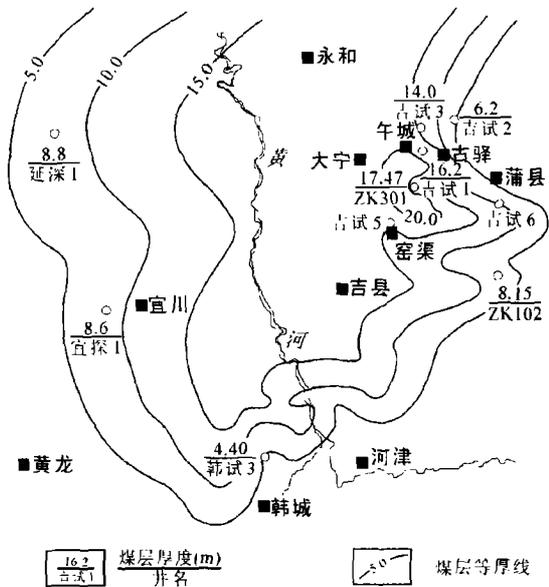


图1 大宁—吉县地区煤层总厚度图

窑渠间,向东减薄。太原组8#煤层厚度2~9 m,中部吉试4井煤层厚度最大可达9 m。

煤层总厚度大的地区,5#、8#煤厚度亦大,这两层煤占煤层总厚度的85%以上。此外,午城—窑渠富煤中心具有继承性,完全满足煤层气勘探对煤层厚度之要求^[1],可作为今后煤层气勘探的首选目标。

3. 煤层埋深及有利勘探范围

山西组5#煤埋深100~1500 m,总体由东向西埋藏深度增大,在其间形成一隆一凹的变化格局,在蒲1—吉1井南北一线,煤层埋深变浅至700 m以内,在吉试6井—701孔一线,煤层埋深增大至900 m以上(图2)。从5#煤层埋深的总体变化趋势来

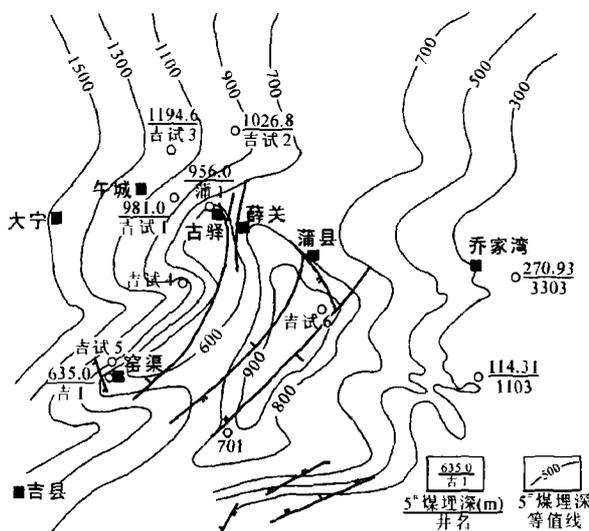


图2 大宁—吉县地区5#煤层埋深图

看,煤层埋深在300~1000 m的范围约占全区总面积的3/5,是煤层气勘探的有利深度范围,在大宁—文城—大岭以西煤层埋深大于1500 m的广大区域,煤层气勘探不利。

8#煤埋藏深度的平面变化与5#煤基本相近,同一地区或同一井点,纵向8#煤埋深大于5#煤30~60 m。

煤储层特征及含气性评价

1. 煤岩特征

5#煤以半光亮型煤为主、次为暗淡型煤,条带状结构,水平层理发育;8#煤以光亮煤为主,煤质坚硬,硫化氢和黄铁矿含量高。

煤的显微组分以镜质组为主,丝质组次之,稳定组含量甚微,5#煤的镜质组含量均高于8#煤,丝质组含量相反,稳定组含量均介于3%~6%之间,矿物质含量小于6%,表明煤质较纯。

5#煤镜质组含量为77%~85%,总体由东向西、从西南往东北镜质组含量增高。8#煤层镜质组含量73%~85%,平面变化趋势同5#煤。这一地区的煤岩特征完全满足煤层气地质选区评价的标准^[2](镜质组含量大于70%)。

2. 煤质特征

区内煤岩灰分含量变化较大,从表1可以看出,纵向上5#煤的灰分、挥发分含量低于8#煤,表明5#煤质较8#煤质好。5#煤层灰分含量在5%~15%的中低灰煤处在午城—窑渠—黑龙关—克城一线,灰分含量15%~25%的高灰煤沿区块东部边缘呈条带状分布;8#煤灰分含量的平面变化规律与5#煤完全不同,煤岩灰分含量由西向东增高,既区块东、南部高,西部和中部小。5#煤挥发分含量14.7%,8#煤挥发分含量16.4%,总体显示出煤化程度较高的特点。

表1 大宁—韩城地区煤岩工业分析数据表

地区	煤层编号	灰分含量 (%)	挥发分含量 (%)	水分含量 (%)	备注
大宁—吉县	5#	5.3~13.3	14.7	<5	均为各样品的平均值
	8#	10.8~15.4	16.4	<3	

3. 煤岩演化程度

大宁—吉县地区5#煤镜煤反射率变化0.9%

~2.1%^①,由东向西,由东南向西北镜煤反射率增大,煤阶包括气、肥、焦、瘦、贫煤,气煤区仅沿大宁—吉县区块的东北角呈条带状分布,向西南肥、焦、瘦、贫煤依次过渡。8[#]煤镜煤反射率在1.4%~2.1%之间,推测向西镜煤反射率继续增大。纵向上同一地区或同一井点的镜煤反射率8[#]煤比5[#]煤高0.1%~0.2%^①。

对于煤层气选区来说,区内的煤阶与美国圣湖安盆地煤层气高产富集区带的煤阶基本一致⁽³⁾,非常利于煤层气勘探,在上述煤阶范围内,煤层生气量大,割理发育,煤岩储集性能好。

4. 煤岩储集性评价

5[#]煤储层的裂隙、孔隙系统发育良好。大裂隙中气胀节理的线密度分别为15~90条/m和35~90条/m,缝长40~60 cm,一般接近或略大于煤岩分层厚度。

根据压汞试验,5[#]煤基岩块内孔喉半径为3~63 μm的微裂隙、植物细胞残留孔隙和部分大的次生气孔发育,退汞曲线与进汞曲线匹配好,说明5[#]煤孔隙连通好,储集性能好。

5[#]煤的显微组分和扫描电镜结果显示微裂隙组分占50%左右,基质孔隙组分和植物细胞残留孔隙组分发育程度相当;5[#]煤的煤基岩块孔(微裂)隙度为1.41%~4.20%,平均为1.95%。煤层中上部值大,在2%以上,下部值较小,在1%左右;内生裂隙孔隙度中上部值较高,在1%~3%之间,上、下部值低,在1%以下。可以看出,5[#]煤层储集性能中上部比下部好。

8[#]煤层的储层特征与5[#]煤层特征相似。基岩块孔隙组分上部以微裂隙组分为主,下部以植物细胞孔隙组分为主,基质孔隙组分含量少;8[#]煤的基岩块孔(微裂)隙度为1.33%~3.25%,平均为1.94%,下部基岩孔隙度增大,但裂隙孔隙度减小,连通性稍差,故储集性能也略差;从以上分析可知,8[#]煤基岩块孔(微裂)隙度比5[#]煤略高,而内生裂隙孔隙度比5[#]煤低,与压汞曲线特征相符,说明8[#]煤储集性能比5[#]煤略差,且储集性能纵向变化没有5[#]煤明显。

综上所述,大宁—吉县地区石炭—二叠系煤岩渗透性普遍较好,注入/压降试井测得煤岩渗透率大于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,预测最高可达 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以上。

5. 煤层含气量分析

本区除东北部吉试2井区煤层变薄、显示较差以外,吉试3井、吉试4井、吉试5井录井显示均较好,全烃达到37.25%~58.21%。绳索取心进一步证实气测录井显示与岩心观察和岩心含气量测定具有很好的一致性。岩心出筒观察吉试3、吉试4井5[#]煤、8[#]煤以及吉试5井5[#]煤气泡密集,持续时间长。

煤心实测含气量平均在(11.76~20.87)m³/t之间,含气饱和度在70.66%~92.38%之间,说明大宁—吉县地区是我国煤层气勘探中发现的又一个高饱和煤层含气区。

煤层气保存条件及资源分布

1. 盖层封盖性能好

从直接盖层看,5[#]煤封盖条件较8[#]煤好,5[#]煤直接盖层主要为泥岩和砂岩。泥岩顶板分布面积约占总面积的3/4,且泥岩厚度沿砂体分布带边缘向东、向西加厚,在午城—窑渠—吉县间,泥岩最厚可达12 m,在ZK302—ZK201孔附近,泥岩厚达18 m。一般说来,泥岩厚度越大,对煤层气藏的封盖能力越强。砂岩盖层主要位于蒲县—明珠以东,展布面积约占区块总面积的1/4,砂岩顶板厚度0.5~10 m,在蒲县—明珠间砂岩粒度从东北向西南由粗变细,依次由中砂→细砂→粉砂岩过渡。

8[#]煤直接盖层为灰岩、泥岩和砂岩三类,灰岩盖层约占全区总面积的2/3,厚度2~17 m。灰岩顶板对煤层气藏的封盖能力变化较大,若灰岩区位于稳定地台区没遭受断裂破坏或灰岩中泥质含量增高时,灰岩盖层具有一定的封盖能力。假如灰岩区位于背斜构造轴部,被断层所破坏或灰岩较纯,则不能为盖层,而变为储层。例如,吉试3井、4井、5井8[#]煤盖层均为灰岩,由于所处的地理位置不同而导致煤层含气量千差万别。吉试3井位于构造的斜坡部位,8[#]煤含气量高达14.53 m³/t,吉试4井稍靠近构造轴部,含气量有所下降,仅为12.19 m³/t,吉试5井位于古驿—窑渠构造的西翼,靠近窑渠西NW向断层,煤层结构被破坏,含气量明显下降至6~9 m³/t。8[#]煤盖层为泥岩的区域约占区块总面积的1/4,泥岩厚度1~5 m。8[#]煤盖层为泥岩的情况较为突出,与沁水盆地相比,独具特色,沁水盆地所有煤层气钻孔8[#]煤顶全为灰岩,而该区却有泥岩区分布,

①马财林等,大宁、韩城地区煤层气勘探目标评价研究,中国石油勘探开发研究院廊坊分院煤层气经理部内部资料,2002年。

这对该8#煤层成藏富集无疑是有利的。8#煤直接盖层为砂岩的区域仅在吉试2、6等井区零星分布,对煤层气成藏极为不利,这已被煤层气钻探实践所证实。如吉试2井、吉试6井,8#煤直接盖层为中砂岩,含气量分别下降至 $0\sim 1.9\text{ m}^3/\text{t}$ 和 $6\sim 9\text{ m}^3/\text{t}$ 。

综上所述,大宁—吉县地区煤层盖层不但控制煤层气成藏,也制约煤层气富集,是除构造因素之后煤层气成藏的第二个主控因素之一。因而,主煤直接盖层为泥岩区是煤层气成藏的最有利地区,灰岩盖层区煤层气成藏条件一般,砂岩盖层区煤层气成藏条件较差。

2. 水动力条件分析

大宁—吉县地区处在两个完全不同的水文地质单元中,以薛关—峪口南北一线为水文地质单元的分界线,东部水文地质单元包含一个完整的供水区→迳流区→承压区→泄水区,而西部水文单元仅为承压→迳流区→供水区,供水区特征不明显,有可能泄水区又起供水区的作用。东部水文单元中的供水区主要位于4301孔—101孔及以东,水型以 Na_2SO_4 为代表,水交替强烈,煤层气保存条件差,成藏条件相应变差;迳流区主要位于ZK302孔—ZK201孔—ZK102孔附近,地层水为 NaHCO_3 型,总矿化度大于 3 g/L ,在迳流区与供水区之间的接触面有可能产生“锋面”,形成承压水封堵型煤层气藏;泄水区主要位于薛关—明珠断层组附近,该区域断裂发育,煤层气保存条件差,成藏条件亦不利。西部水文地质单元内的迳流区位于吉试1井、4井、5井一线,煤层段水型均为 NaHCO_3 ,煤层气成藏条件有利。

综上所述,区内煤层气成藏条件好的区域主要位于迳流区,承压区煤层气成藏条件虽好,但煤层埋藏深度大,煤储层物性变差,不易开采^[4]。供水区位于氧化散失带上,煤层含气量低,成藏条件不利,泄水区煤层挤压破碎,成藏条件差,因而本区煤层气钻探应尽量回避供水区和泄水区,重视迳流区的煤层气勘探。

3. 煤层气资源分布

在勘查登记区内5#煤层含气量大于 $8\text{ m}^3/\text{t}$ 的含气面积 2515 km^2 ,煤层气远景资源量 $2644\times 10^8\text{ m}^3$;8#煤层含气面积 1998 km^2 ,煤层气远景资源量 $2256\times 10^8\text{ m}^3$ 。煤层气总资源量(包括煤夹层)为

$6075\times 10^8\text{ m}^3$,资源丰度为 $2.42\times 10^8\text{ m}^3/\text{km}^2$ 。可以看出,大宁—吉县目标区煤层气资源丰富,资源量丰度高,具有极大的勘探潜力。

根据吉试1—吉试6井钻探和试气结果,认为煤层气富集区位于本区中西部午城断裂背斜西翼吉试1—吉试5井区之间,煤层埋深 $500\sim 1200\text{ m}$,预测含气面积 885 km^2 ,预测储量 $2068\times 10^8\text{ m}^3$ 。已控制含气面积 717 km^2 ,预计控制储量 $1500\times 10^8\text{ m}^3$ 以上(见表2)。

表2 大宁地区煤层气控制储量初步计算结果

层号	埋深 (m)	煤层厚 (m)	视密度 (g/cm^3)	含气量 (m^3/t)	含气面积 (km^2)	控制储量 (10^8 m^3)
5#	600~1200	5.4(5)	1.39	15.7(15)	717	747
8#	600~1200	7.1(6)	1.49	12.6(12)	702	753
合计	600~1200				1419	1500

几点认识

(1)大宁—吉县地区煤层厚度大,埋藏适中,煤储层物性好,煤层气含气量高,保存条件好,资源量大,是煤层气勘探的有利选区。

(2)山西组的5#煤和太原组的8#煤全区分布稳定,是煤层气勘探的两层主力煤层。

(3)吉试1—吉试5之间是本区煤层气最富集区块,是下步煤层气井组试验首选区块。特别是吉试1—吉试5井以西,地层倾角平缓,断层稀少,煤层增厚,保存条件有利,应进行评价勘探,扩大含气面积。

参考文献

- 1 赵庆波等.煤层气地质与勘探技术.北京:石油工业出版社,1999
- 2 钱凯,赵庆波等.煤层甲烷气勘探开发理论与实验测试技术.北京:石油工业出版社,1997
- 3 赵庆波,刘兵等.世界煤层气工业发展现状.北京:地质出版社,1998
- 4 张建博等.中国煤层气地质.北京:地质出版社,2000
- 5 秦勇,曾勇主编.煤层甲烷储层评价及生产技术.徐州:中国矿业大学出版社,1996

(收稿日期 2003-10-12 编辑 黄君权)