

煤层气向斜控气论<sup>\*</sup>

李贵中<sup>1,2</sup> 王红岩<sup>2</sup> 吴立新<sup>1</sup> 刘洪林<sup>2</sup>  
(1.中国矿业大学·北京 2.石油勘探开发科学研究院廊坊分院)

李贵中等.煤层气向斜控气论.天然气工业,2005;25(1):26~28

**摘 要** 煤层气富集规律的研究贯穿着煤层气勘探开发的始终,融合了煤田地质学、天然气地质学、流体力学等学科。文章从向斜部位煤层气富集的实例研究出发,深入分析了向斜部位煤层水对煤层气的作用机理以及应力性质在褶皱部位的表现特征对煤层气赋存的影响,向斜部位的煤层水具有向心流动机制,流速缓慢,溶解气不因水的流动而大量散失;另一方面,向斜部位煤层水矿化度高,减小了煤层气在水中的溶解度,从而对煤层气起到一定的封堵作用;向斜构造的两翼与轴部中和面以上表现为压应力,顶板与煤层断裂或裂隙不发育,阻止了煤层气向上逸散,有利于煤层气在此部位的富集。最后从煤田生产资料实践证实了向斜部位煤层气富集这一理论,对煤层气勘探具有一定的指导意义。

**主题词** 煤成气 成藏 富集 向斜 构造控制 理论 研究 实例

煤层气成藏是指煤层甲烷依靠压力作用(主要是水压),以吸附作用为主,在具有相近地质条件、含气特征的煤层中富集成含气层,若干相近的含气层构成煤层气藏。煤层气的富集、成藏受多种因素的影响,主要有含气性因素、煤储层因素、盖层因素、控气地质背景因素等。煤层气能否成藏直接关系到煤层气的勘探与开发。理论和实践研究表明,向斜为煤层气富集的主要构造控制因素。

一、向斜富气的实例

大量的褶皱构造与含气量关系研究表明,煤层气的赋存在褶皱构造部位具有明显的规律:向斜轴部富气,煤层含气量高;背斜轴部贫气,煤层含气量相对较低。晋城矿区 3 号煤层和 15 号煤层含气量与褶皱有明显的上述关系(图 1);晋城矿务局<sup>[1]</sup>勘探资料表明,潘庄井田内的南沟向斜、磨掌向斜、前长城岭向斜以及窰庄向斜的轴部,煤层气含量均大于

20 m<sup>3</sup>/t,这些向斜的翼部较低部位,煤层气含量为(15~20)m<sup>3</sup>/t,较高部位煤层气含量为(10~15)m<sup>3</sup>/t,背斜轴部,含气量一般为(5~10)m<sup>3</sup>/t,其中马庄背斜、郑庄背斜、鹿底背斜轴部煤层气含量小于 5 m<sup>3</sup>/t<sup>[2]</sup>。沁水盆地东北部的阳泉矿区,区内构造特征与 3 号煤层煤层气的局部富集规律密切相关,煤层气在次级短轴向斜部位相对富集,而在短轴背斜部位相对逸散<sup>[3]</sup>;阜新煤田的刘家区向斜两翼倾角较缓,向斜影响宽度较大,在向斜轴部煤层气含量高,而在两翼较低<sup>[4]</sup>;淮北矿区宿东向斜区内,由向斜的两个仰起端向向斜中部延伸,8 号煤层含气量亦呈明显增大趋势,至向斜轴部大致在芦岭矿四采区附近达到最大值<sup>[5]</sup>;平顶山矿区白石山背斜部位煤层存在一个小于 4 m<sup>3</sup>/t 的低含气量带,而在两侧的李口向斜和灵武山向斜部位则大于 8 m<sup>3</sup>/t<sup>[6]</sup>;韩城矿区褶皱构造对煤层气含量的影响由大到小排序依次为:向斜轴部,缓倾斜带,挠曲背斜,背斜轴部,边浅部陡斜带<sup>[7]</sup>。

二、向斜富气的理论依据

传统的油气地质理论认为背斜是良好的油气储集构造,向斜一般不作为储油气地质构造。然而,大量事实证明,煤层在向斜构造部位富气。

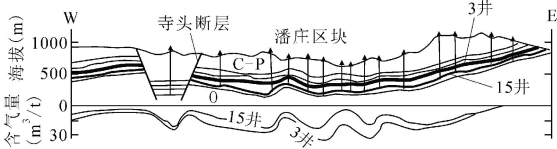


图 1 晋城矿区构造剖面与煤层含气量关系

<sup>\*</sup> 本成果受“973”国家重点基础研究发展规划项目“中国煤层气成藏机制及经济开采基础研究”(2002CB11700)资助。  
**作者简介:**李贵中,1973 年生;中国矿业大学(北京)03 级博士研究生,从事煤层气地质研究。地址:(100086)北京市海淀区学院路丁 11 号。电话(010)69213353。E-mail:lgz\_123456@sohu.com

1.向斜部位煤层水对煤层气的作用机理

煤层气富集于地层高压区,煤层气能储存在煤层中主要靠地层压力吸附在煤基质中,对于一定煤阶的煤层,只要能维持一定的地层压力,煤层气就可以吸附在煤层中。地层压力主要体现在流体的势,Hubbert 将地下单位质量流体具有的机械能的总和定义为流体势( $\Phi$ )。<sup>[8]</sup>

$$\Phi = gZ + \int_0^p dp/\rho + q^2/2$$

式中: $Z$  为测点高程; $g$  为重力加速度; $p$  为测点压力; $\rho$  为流体密度; $q$  为流速;上式等号右端第 1 项表示重力引起的位能,第 2 项表示流体的压能(或弹性能),第 3 项表示动能。

一般情况下,可认为油、水是不可压缩的,即密度不随压力变化,在流体保持动态平衡条件下,压力不变或变化不大,气的密度也可视为常数。因此水势、气势分别写为:

$$\Phi_w = gZ + p/\rho; \quad \Phi_g = gZ + p/\rho$$

水势  $\Phi_w$  可用测压水头  $h_w$  来表示。因为测压水头为测点的高程与测点的压力水头之和

$$h_w = Z + p/g\rho_w$$

水势可改写为:

$$\Phi_w = gZ + p/\rho_w = g(h_w - p/g\rho_w) + p/\rho_w = gh_w$$

因此,向斜部位煤层气的势为水势和气势之和:

$$\Phi = gh_w + gh_g$$

式中: $gh_g$  为游离气在饱和状态下的势,在非饱和状态下其值为 0。

值得指出的是,煤层气在水中的溶解度很小,向斜部位具有地层水的向心流动机制,并且水流动较为缓慢,一方面煤层气不容易因水的流动而大量散失;另一方面,煤层中的水流经向斜部位时,水中的各种离子在此富集,致使水的矿化度增大,煤层气在水中的溶解度进一步减小<sup>[9]</sup>,矿化度较大的水对煤层气起到一定的封堵作用。再者,向斜部位上覆地层厚度较大,有利于维持地层压力。

2.褶皱构造部位应力性质对煤层气赋存的影响

向斜构造的两翼与轴部中和面以上表现为压应力,中和面以上表现为明显的应力集中(图2),为高

压区,煤层以及顶板的裂隙和孔隙不甚发育,阻止了煤层气向上的逸散,为保存下部的煤层气提供了良好的盖层,有利于煤层气的富集;中和面以下表现为拉张应力,由于煤层往往埋深较大,只产生少量开放性裂隙,释放部分应力,形成相对低压区<sup>[10]</sup>。因此,向斜的两翼和轴部中和面以上是有利于煤层气封存和聚集的部位,特别是向斜的轴部是煤层气含量高异常区。背斜构造的两翼与轴部中和面以下表现为压应力,特别是中和面以下出现明显的应力集中,这些部位为高压区。背斜轴部中和面以上表现为拉张应力,产生大量的张性裂隙或正断层,应力快速释放,为低压区。煤层气在背斜的两翼能较好地封存,在轴部由于裂隙较为发育,煤层气逸散。

3.向斜富气的验证

通过对韩城矿区下峪口燎原井田生产矿井实际揭露的各种构造类型与 3 号煤层含气量进行分析,研究表明,在煤层含气量总体随煤层埋藏深度增大而增加的前提下,对含气量起控制性的主要因素为大中型褶皱构造及挠曲构造,按照褶皱构造与挠曲构造的具体类型及部位不同,其对煤层含气量的影响不同:向斜轴部煤层含气量最高,平均为 12.65 m<sup>3</sup>/t;缓倾斜带与挠曲背斜部位含气量较高,平均分别为 9.62 m<sup>3</sup>/t 和 9.38 m<sup>3</sup>/t;背斜轴部含气量最低,平均为 7.31 m<sup>3</sup>/t(表 1)。

表 1 韩城矿区下峪口燎原井田 3 号煤层不同构造部位  
甲烷含量实测值

| 构造部位 | 钻孔号 | 甲烷含量实测值<br>(m <sup>3</sup> /t) | 甲烷含量平均值<br>(m <sup>3</sup> /t) |
|------|-----|--------------------------------|--------------------------------|
| 挠曲背斜 | L16 | 9.28                           | 9.38                           |
|      | P23 | 9.47                           |                                |
| 向斜轴部 | 341 | 13.64                          | 12.65                          |
|      | 339 | 11.56                          |                                |
|      | X24 | 10.15                          |                                |
|      | X22 | 14.26                          |                                |
|      | X30 | 15.52                          |                                |
|      | X40 | 10.76                          |                                |
| 背斜轴部 | 344 | 6.94                           | 7.31                           |
|      | L1  | 7.67                           |                                |
| 缓倾斜带 | 343 | 7.28                           | 9.62                           |
|      | X31 | 10.83                          |                                |
|      | X41 | 10.70                          |                                |

注:据王生全,2002。

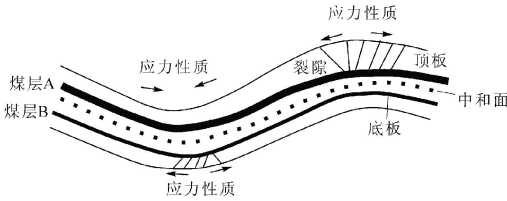


图 2 褶皱构造与应力性质示意图

二、认识与结论

(1)大量的褶皱构造与含气量的关系研究表明,

向斜轴部是煤层气富集的重要构造部位。

(2)向斜部位煤层中的水具有向心流动的机制,且流速缓慢,水中的溶解气不易大量散失;另外,向斜部位水的矿化度高,进一步减小了水对煤层气的溶解度,对煤层气起到一定的封堵作用。

(3)向斜轴部的应力性质表现为压应力,煤层及其上覆地层中的裂隙或断层不发育,阻止了煤层气的向上逸散,有利于煤层气的富集。

(4)矿井生产实践与试验测试进一步证实了煤层向斜富气这一褶皱构造控气理论。

感谢中国石油天然气股份有限公司煤层气勘探项目经理部和中国石油勘探开发研究院廊坊分院天然气地质所的大力协助。

参 考 文 献

1 王纯信,郭国胜.晋城矿区煤层气赋存情况及地面开发现状.矿井地质,1996;(2)

2 王永,冯富成,毛耀保,马向平,陈强华,王新民.沁水盆地南端煤层气赋存的构造条件分析.西北地质,1998;19(3)

3 李贵中,秦勇,戴西超等.沁水盆地山西组煤储层含气性及控制因素分析.中国矿业大学学报,1999;28(4)

4 张俊宝.对阜新煤田刘家区影响煤层气地质因素的分析.辽宁工程技术大学学报,2003;22(6)

5 黄家会,陈兴祥,陆国桢.淮北矿区宿东向斜 8 号煤层瓦斯赋存规律研究.焦作工学院学报,1997;16(2)

6 王佟,李志军,王洪林等.平顶山矿区煤层气赋存特征及开发潜力.河北建筑科技学院学报,1999;16(4)

7 王生全.论韩城矿区煤层气的构造控制.煤田地质与勘探,2002;30(1)

8 李明诚.石油与天然气运移.北京:石油工业出版社,1994

9 张新民,张遂安,钟玲文等.中国的煤层甲烷.陕西西安:陕西科学技术出版社,1991

10 桑树勋,范炳恒,秦勇.煤层气的封存与富集条件.石油与天然气地质,1999;20(2)

(收稿日期 2004-09-20 编辑 黄君权)