

寿阳—阳泉煤矿区控气水文地质条件分析^{*}傅雪海¹ 王爱国² 陈锁忠¹ 杨永国¹

(1.中国矿业大学资源与地球科学学院 2.中国煤炭第一勘探局一九队)

傅雪海等.寿阳—阳泉煤矿区控气水文地质条件分析.天然气工业,2005;25(1):33~36

摘 要 基于煤田地质勘探资料,分析了寿阳—阳泉煤矿区主力煤层含气量的区域分布规律和中奥陶统灰岩、太原组灰岩和山西组砂岩的地下水动力场、水化学场特征,探讨了煤层含气量与地下水水位或矿化度之间的耦合关系,得出了地下水滞流地区,矿化度高、煤层含气量高的结论。

主题词 阳泉 寿阳 煤田 煤成气 矿化度 地下流体力学 水化学 控制 含气量

寿阳—阳泉矿区是我国最大的无烟煤生产基地之一,具有丰富的煤层气资源。煤田地质勘探与煤层气基础地质研究程度较高,积累了半个多世纪的煤田地质勘探成果和矿井开拓资料。现建有8座瓦斯抽放站,抽放历史长,目前年瓦斯抽放量达 $2 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全国第一位。近十年来先后有多家单位在区内开展煤层气基础研究和煤层气勘探开发试验工作,施工了7口煤层气参数井或试验井,并在韩庄区块取得了煤层气开发试验的突破性进展,先期成果显著^[1~7]。但就水文地质条件与煤层气聚集关系的研究显得较为薄弱。本文在以往研究成果的基础上,剖析了山西组3[#]煤层和太原组15[#]煤层的含气量分布规律及山西组砂岩含水层和太原组灰岩含水层的水动力场特征、水化学场特征,探讨二者之间的耦合关系。

一、地质背景

寿阳—阳泉矿区紧邻北纬38°构造带,位于沁水盆地东北部环状斜坡带,从总体上看寿阳勘探区地层走向EW、倾向S,至阳泉矿区转为NW,倾向SW,到昔阳、左权转为NE、倾向NW,基本为一环状斜坡带。在此背景上叠加了不同方向不同期次的次级褶曲和断层。主要含煤地层为上石炭统太原组及下二叠统山西组,含煤10余层,其中3[#]、15[#]煤为主采煤层。

上主煤层(3[#]煤层):位于山西组中上部,K₈砂

岩下20~30 m左右,全区煤层厚度0~4.75 m,煤层不稳定,寿阳矿区西部和阳泉三矿扩区煤层较厚,其它地区煤层变薄,甚至尖灭。结构简单,有时含一层夹矸,顶底板为泥岩,砂质泥岩、粉砂岩,局部为炭质泥岩和细砂岩。

下主煤层(15[#]煤层):位于太原组下部,K_{2下}为其直接顶板,煤厚0~9.23 m,全区稳定可采,在寿阳县城附近存在一潮道砂体,出现走向近南北,长10 km,宽4 km的无煤带。在潮道砂体两侧,煤厚呈逐渐增大的趋势,见煤点厚0.27~6.01 m,平均为3.84 m;阳泉扩区,15煤与15_下煤合为一层,煤层厚度大且稳定。煤层顶板为石灰岩,底板为泥岩、砂质泥岩、粉砂岩,局部为炭质泥岩和细砂岩。

煤中挥发分产率(V_{daf})介于7.96%~13.64%,镜质组最大反射率介于1.986%~2.665%,自西向东煤级逐渐增加,西部为焦瘦煤—贫煤,东部为三号无烟煤,以无烟煤分布最广。

二、煤层含气量及赋存规律

3[#]煤层甲烷含量在寿阳勘探区介于3.62~25.24 m³/t,平均为12.52 m³/t,主要集中在8~12 m³/t范围内;在阳泉扩区一带,甲烷含量在0.82~16.80 m³/t之间,平均为8.23 m³/t,且在一矿、三矿扩区一带形成一高甲烷富集中心。赋存规律表现为浅部含量低、深部含量高,见图1。

^{*} 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: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

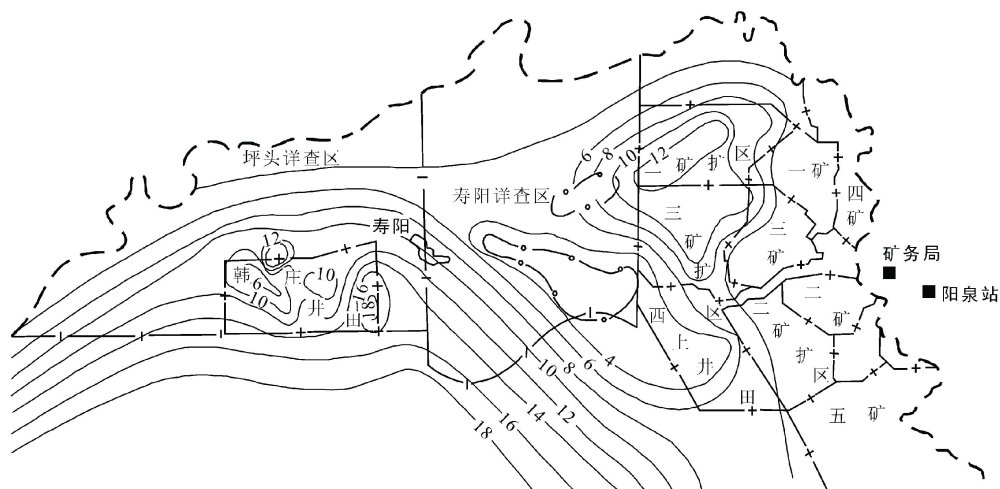


图1 寿阳—阳泉矿区3[#]煤层甲烷含量(m³/t)等值线图

15[#]煤层甲烷含量介于3.34~24.12 m³/t,平均12.00 m³/t。寿阳西部的韩庄井田甲烷含量最高,在10.16~24.12 m³/t之间,平均为16.34 m³/t;东部甲烷含量次之,介于4.59~18.98 m³/t,平均8.61 m³/t;阳泉扩区甲烷含量较低,介于0.49~9.92 m³/t,平均4.24 m³/t。各煤层含气量总的变化趋势是:深部含气量高于浅部,西部含气量明显高于东部,其分界线大致位于寿阳县城附近,有趣的是这条分界线恰恰和宽约4 km、南北向分布的潮道砂体相一致。

三、地下水动力场展布

本区存在奥陶系、石炭—二叠系和第四系三套含水层系,含水层主要为碳酸盐岩、砂岩和松散沉积层。地下水动力场特征在构造上总体受沁水复式向斜控制,大气降水是地下水的主要补给来源,地下水径流方向与地表水流向总体一致。但是具体到不同地段,地下水动力场条件却变化较大,不仅在区域上的运流强度和方向不一,而且在不同含水层域上也有明显差别。这些差异,是造成区内煤层气聚集非均一性的重要原因。

1. 中奥陶统含水层等水位线展布特征

中奥陶统含水层以马家沟组为主,地下水水位标高总体有北、西、东南高的总体态势,在此基础上大致以地面分水岭为界分为东、西区。

西区位于寿阳县及其以西部分,地下水等水位线西、北部高,东部较高,南部韩庄井田最低,等水位线梯度北部及西部相对较陡,南部韩庄井田明显变

缓。地下水补给主要来自北部的灰岩裸露区及西部的太原东山岩溶地下水。地下水运流方向由北向南,自西向东径流,并在韩庄井田一带形成汇水洼地,部分再向阳泉方向径流。

东区位于寿阳县以东部分,包括孟县、阳泉、昔阳及平定等地区,地下水等水位线总体特征为北部、西部及东南部高,中间低。地下水自西、北及东南向阳泉方向径流,并在阳泉、会里、下董赛一线形成汇水洼地,地下水沿北东东向的桃河向斜轴部集中流向娘子关排泄区。

总体上,中奥陶统地下水水位势西区高于东区。

2. 太原组含水层等水位线展布特征

上石炭统含水层以太原组灰岩为主。15[#]煤的顶板为K₂灰岩,该层灰岩也是区内太原组含水层系中的主要含水层,也是煤层气井的主要充水含水层。据研究区内太原组灰岩钻孔抽水资料,等水位线仍然保持着北高南低的总体趋势,水位线变化梯度北陡南缓,地下水的补给主要来自北部及东南部地区。与中奥陶统灰岩含水层相比,阳泉区的汇水洼地向西偏移,韩庄井田一带汇水洼地扩大到寿阳东详查勘探区的南部及西上庄井田一带。汇水洼地地带的径流条件较弱,此带恰好也是研究区主煤层含气量最高的地区。

3. 山西组含水层等水位线展布特征

下二叠统山西组的含水层主要由本组底部的K₇砂岩和3[#]煤上部砂岩组成。地下水等水位线展布格局为西部、北部、东南部高,南部低,即由沁水盆地边缘向盆地中心部位变低。地下水等水位线变化

梯度同样是西部、北部较陡,东部及盆地中心部位较缓。韩庄井田汇水洼地较太原组缩小,与中奥陶统大体相当、阳泉矿区一带汇水洼地再向西南方向偏移(图 2),与上主煤层高含气带高度吻合。

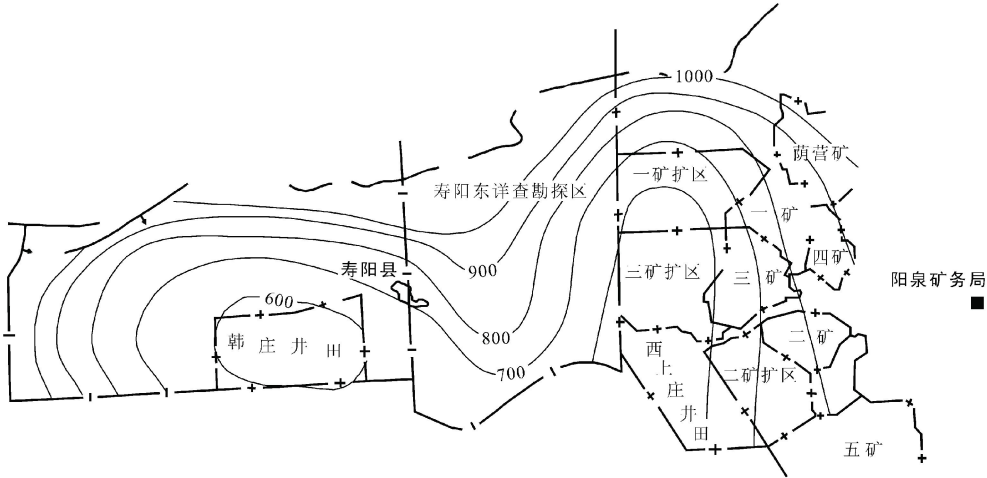


图 2 山西组含水层地下水等水位线(标高,m)平面图

四、地下水化学场展布

地下水化学场反映地下水的交替和径流特征,对煤层气的富集条件具有一定的指示作用。

1.中奥陶统地下水化学场展布

中奥陶统岩溶裂隙含水层的地球化学场,受构造及含水层补、径、排条件的控制,在区域分布上出现规律性变化。由于奥陶系与上覆地层水力联系弱,水质类型一般为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{—Ca} \cdot \text{Mg}$ 型,随着含水层埋深的增大,岩溶水的径流条件逐渐减弱,矿化度逐渐增高,水质类型由 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{—Ca} \cdot \text{Mg}$ 型向 $\text{SO}_4\text{—Ca} \cdot \text{Mg}$ 型转化。总体上看,研究区的北部,东南部的径流条件相对较强,水质类型一般为 $\text{HCO}_3\text{—Ca} \cdot \text{Mg}$ 型,向盆地内部延伸水质类型一般为 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3\text{—Ca} \cdot \text{Mg}$ 型,在盆地中心部位弱径流区或某些滞流地带,水质类型多为 $\text{SO}_4\text{—Ca} \cdot \text{Mg}$ 型。

中奥陶统含水层的矿化度展现出盆地周缘低,向盆内增高的总体态势,而矿化度的变化梯度在西北部相对较陡,在中部及东北部则明显变缓。在此矿化度总体分布格局的背景下,研究区内中西部及中东部发育了两个高矿化度中心。

第一个高矿化度中心出现在韩庄井田一带,地下水矿化度高达 2000 mg/L 以上,水化学类型为 $\text{SO}_4\text{—Ca} \cdot \text{Mg}$ 型,与地下水等水位线所反映出的汇水部位吻合,表明水流不畅。

第二个高矿化度中心出现在寿阳东详查勘探区

的东南部、三矿扩区及西上庄井田一带,地下水矿化度 1500~2000 mg/L,水化学类型同样为 $\text{SO}_4\text{—Ca} \cdot \text{Mg}$ 型。这些高矿化度中心地带的存在,是地下水缓流或滞流的真实反映。

2.太原组地下水化学场展布

太原组灰岩含水层地下水化学场的区域展布格局总体上和中奥陶统相似,由北向南,随埋深加大,岩溶发育程度减弱,同处于开放—半封闭状态,水质类型由 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl—K} \cdot \text{Na}$ 型向 $\text{CO}_3\text{—K} \cdot \text{Na}$ 型、 $\text{HCO}_3\text{—K} \cdot \text{Na}$ 型转变,地下水补给主要来自北部及东北部地区。矿化度自北向南由低变高,在韩庄井田一带形成一高矿化度中心,地下水矿化度高达 1500 mg/L 以上,表明地下水在此地带具有明显的缓流或滞流特征。与中奥陶统相比,太原组含水层地下水东部的高矿化度中心向西偏移。

3.山西组地下水化学场展布

山西组砂岩含水层地下水化学场的区域展布格局在一定程度上继承了下伏太原组含水层的总体面貌,矿化度总体上由北向南增高,地下水主要补给仍然是来自北部及东北部地区。在南部存在高矿化度中心条带,但矿化度总体较中奥陶统和太原组含水层低,大于 1000 mg/L 的地域仅覆盖韩庄井田,这一区带对主煤层煤层气的保存极为有利。本组含水层水质类型在韩庄井田一带为 $\text{HCO}_3\text{—K} \cdot \text{Na}$ 型,而在阳泉的西上庄井田、二矿扩区及五矿井田等地则以 $\text{SO}_4\text{—K} \cdot \text{Na}$ 型及 $\text{HCO}_3\text{—K} \cdot \text{Na}$ 型为主,在北部浅部区域则以 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl—K} \cdot \text{Na}$ 型为主,水质

类型由北向南的变化过程所显示的地下水径流特征与矿化度和等水位线分布特征一致。

五、水文地质条件对煤层含气量的影响

主煤层含气量的区域分布规律与地下水等水位线总体形态之间具有对应关系。等水位线总体上自北向南逐渐降低,水动力条件随之减弱,而主煤层含气量也展现出北低南高的总体趋势。

主煤层高含气量区域与地下水等水位线的局部低洼地带高度吻合。如韩庄井田主煤层含气量在研究区内是最高的地带,对比之下,该地带中奥陶统、太原组、山西组含水层的等水位线均呈现出低洼状态,地下水明显滞流是导致韩庄井田主煤层含气量高的主要原因。这和沁水盆地中南部情况相似^[8]。

上述规律得到了地下水矿化度、水质类型等分布规律的进一步佐证。韩庄井田一带存在着中奥陶统灰岩含水层高矿化度中心,矿化度在 2000 mg/L 以上;太原组含水层中,这一地带矿化度最高,在 1500 mg/L 以上;在山西组含水层中,这一地带矿化度最高,在 1000 mg/L 以上。这一高矿化度区带与主煤层高含气量地带在空间分布上高度一致的规律,进一步揭示出地下水缓流或滞流对煤层气保存富集的重要作用。

六、结 论

主煤层含气量在区域上呈现南高北低的总体展布规律,寿阳西部韩庄井田是煤层气的富集中心。

地下水等水位线的展布特征具有西、北及东南高,中间低的总体态势,地下水补给主要来自西、北及东南部。由于内部水文地质条件的变化,在韩庄井田及阳泉一矿扩区、三矿扩区地带形成了两个汇水中心。地下水地球化学场分布特征所显示的地下水径流状态与此高度一致,汇水中心部位与主煤层含气量高富集中心高度吻合。这些地下水缓流或滞流地带的存在,对煤层气的富集极为有利。

参 考 文 献

- 1 叶建平,秦勇,林大扬.中国煤层气资源.江苏徐州:中国矿业大学出版社,1998;179~184
- 2 王洪林,唐书恒,林建法.华北煤层气储层研究与评价.江苏徐州:中国矿业大学出版社,2000;17~31
- 3 王爱国,林建法,王洪林等.寿阳矿区深部煤层含气量预测.中国煤田地质,1999;11(2):27~30
- 4 朱峰.山西沁水煤田煤层气分布特征与开发前景分析.中国煤田地质,1999;11(2):31~34
- 5 郡兵印,徐文军.阳泉矿区煤层气赋存特征和开发前景.中国煤层气,1997;(2):18~21
- 6 池卫国.沁水盆地煤层气的水文地质控制作用.石油勘探与开发,1998;25(3):15~18
- 7 唐书恒,韩德馨,陈春琳.阳泉矿区韩庄井田煤层气可采性初探.地球科学,1999;20(增刊):612~616
- 8 傅雪海,秦勇,王文峰等.沁水盆地中—南部水文地质控气特征.中国煤田地质,2001;13(1):29~31

(收稿日期 2004-09-22 编辑 黄君权)