

# 沁水盆地中部断层发育区煤层气开发有利块段优选

倪小明<sup>1,2</sup>, 李志恒<sup>1</sup>, 王延斌<sup>3</sup>, 吴建光<sup>4</sup>

(1. 河南理工大学能源科学与工程学院, 河南 焦作 454000;

2. 中原经济区煤层(页岩)气河南省协同创新中心, 河南 焦作 454000;

3. 中国矿业大学地球科学与测绘工程学院, 北京 100083;

4. 中联煤层气有限责任公司, 北京 100011)

**摘要:**查明断层发育区煤层气开发的有利块段是准确井位部署、减少工程盲目投资的重要保障。根据沁水盆地中部柿庄南区块煤层气勘探开发资料,应用构造拉平法和波叠加理论对3<sup>#</sup>煤层经历燕山期、喜马拉雅早期、喜马拉雅晚期后的底板形迹恢复,并划分出18个块段。根据气/水分异现象、构造曲率法、煤体结构观测法等得出了多期构造运动作用后不同块段内储层压力、渗透率的差异。在此基础上评价出煤层气开发的有利块段、较有利块段。结果表明:多期构造运动形成的正断层附近气体逸散、煤体破碎是造成其附近煤层气井产量低的主要原因;断层间隔区域底板相对高值块段渗透率低、储层压力低,产气潜力小;底板相对低值块段渗透率低、储层压力相对高,产气潜力中等;底板相对中值块段渗透率较好,产气潜力好。现场煤层气井的实际产气数据验证了理论分析的准确性。该研究成果为断层发育区煤层气有利块段优选提供了一种思路和借鉴。

**关键词:**构造动力条件;煤层气;断层发育区;渗透率

**中图分类号:** P618.11

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-1926(2017)04-0602-09

**引用格式:** Ni Xiaoming, Li Zhiheng, Wang Yanbin, *et al.* Favorable sections optimization about coalbed methane on developing fault blocks in central of Qinshui Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2017, 28(4): 602-610. [倪小明, 李志恒, 王延斌, 等. 沁水盆地中部断层发育区煤层气开发有利块段优选[J]. 天然气地球科学, 2017, 28(4): 602-610.]

## 0 引言

查明小范围内煤层气井的产气潜力是降低开发工程风险的重要保障。小范围内煤层所受构造应力作用强弱、方式等差异造成其变形程度、变形样式不同,煤储层导流能力产生较大区别;同时,可能导致储层内气体、水运移方向及路径的变化,进而导致不同的储层压力梯度分布特征。这些不同最终可能使小范围内煤层气井的产气量产生较明显的差异。国内外研究者采用数值模拟、反演等方法编制煤层埋藏史、沉积史、构造史及热史等图件,得出研究区

煤层气成藏条件和主控因素,对其产气潜力进行评价<sup>[1-4]</sup>;通过古今构造应力场模拟分析,得出构造裂隙发育部位,对高渗区进行预测并指导煤层气的勘探开发<sup>[5-7]</sup>。通过构建煤基质弹性能、水体能和气体能,从能量系统角度来划分煤层气开发有利区和不利区<sup>[8,9]</sup>。这些研究方法及其成果在指导矿区尺度煤层气选区方面发挥了重要作用,但对煤层气具体“点”的开发指导略显不足。为了查明小范围内尤其是断层发育区煤层气直井的产气潜力,本文以沁水盆地中部柿庄南区块3<sup>#</sup>煤层为研究对象,对多期构造作用下断层发育区储层压力、渗透率的变化进行

收稿日期:2016-11-02;修回日期:2017-03-10.

基金项目:河南省高校科技创新人才支持计划(编号:15HASTIT050);河南省高校科技创新团队支持计划构造煤团队(编号:14IRSTHN002)联合资助。

作者简介:倪小明(1979-),男,山西临汾人,教授,博士,主要从事煤系气地质与开发方面的研究.E-mail:nxm1979@126.com.

剖析,得出小范围内煤层气井产气潜力差异的本质,以期为断层发育区井位部署提供依据和借鉴。

## 1 沁水盆地中部地质背景概况

沁水盆地中部主要指柿庄附近的广大地区,本区主要发育 3<sup>#</sup> 煤层和 15<sup>#</sup> 煤层。其中 3<sup>#</sup> 煤层厚度一般为 3.69~7.15m,含气量一般为 8.0~20.6m<sup>3</sup>/t,煤层埋深一般为 600~950m,是该区煤层气开发的主要煤层,也是本文研究的目的煤层。3<sup>#</sup> 煤层形成后,主要经历了燕山期、喜马拉雅早期、喜马拉雅晚期构造运动作用,区内煤体变形较强烈,断层较发育,研究区 3<sup>#</sup> 煤层断层发育区构造形迹见图 1。

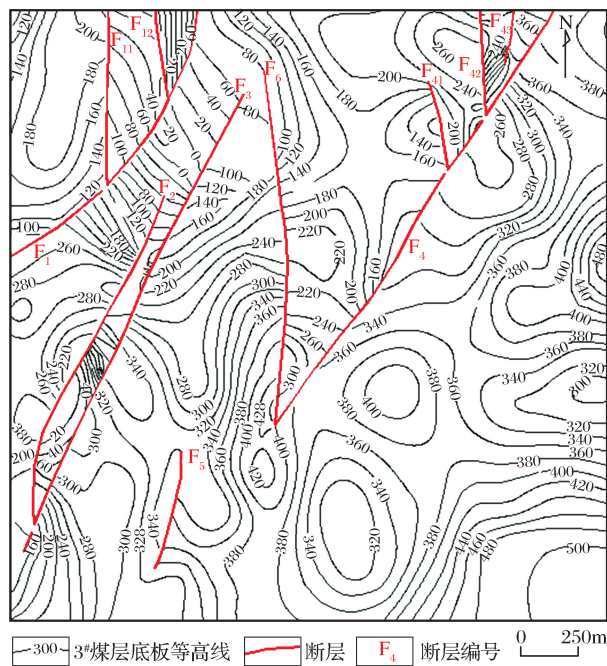


图 1 研究区 3<sup>#</sup> 煤层底板构造形迹

Fig.1 The floor structural diagram about 3<sup>#</sup> coal seam in studying area

## 2 不同期次构造运动作用后煤层底板形迹还原

该区 3<sup>#</sup> 煤层经历多期构造运动作用后,小范围煤层的底板标高产生差异。目前对古构造和古地貌恢复常用的方法包括地层厚度法、沉积古地貌恢复法、构造拉平恢复法等。本文主要采用构造拉平法和波叠加理论对古构造形迹进行恢复。

根据他人对该区古构造应力场主方向研究可知<sup>[10-13]</sup>,该区燕山期主要受到 NNW—SSE 向的挤压应力作用,喜马拉雅早期主要受到 NW—SE 向拉张应力作用,喜马拉雅晚期主要受 NEE—SWW 向

的挤压应力作用。结合 3<sup>#</sup> 煤层现今底板构造形迹,以 350m×400m 为间隔对图 1 进行网格剖分,确定出 63 个控制点。结合研究区 40 口井的测井曲线、钻井取心资料分析结果,应用波的叠加理论和拉平法得出 63 个控制点处值的相对大小;应用克里格插值法得出喜马拉雅晚期关键时刻作用后的构造形迹[图 2(a)]。根据喜马拉雅早期主应力方向进行 NNE—SSW 向拉平和去褶皱,得到该期关键时刻作用后 3<sup>#</sup> 煤层底板构造形迹[图 2(b)]。研究区经历喜马拉雅晚期 NNE—SSW 向挤压应力作用时,与燕山期受力方向近似垂直,导致断层断距增大同时兼具右行走滑,褶皱发生左旋走滑并进行叠加,对图 2(b)中的构造形迹沿 NNE—SSW 向拉伸,并进行逆时针旋转调整,得出燕山期作用后 3<sup>#</sup> 煤层底板形迹[图 2(c)]。

## 3 多期构造运动作用下煤储层压力和渗透率分布差异

其他条件相同时,煤储层压力梯度越高或渗透率越高,煤层中气、水运移距离越长,煤层气井产气量越高。因此,可通过小范围内煤储层压力梯度、渗透率等参数的明显差异来判断煤层的产气潜力。研究区经历多期构造运动关键时刻后,小范围煤层抬升量或沉降量不同,气/水发生流动,最终导致小范围内储层压力的差异。在煤层发生变形较强的区域,可应用“构造曲率计算+钻井取心煤体结构观察+实验室渗透率测试”相结合的方法确定出小范围内渗透率差异。本文以断层、向斜、背斜等典型构造为界线对研究区不同期次构造运动作用后进行块段划分;根据煤层底板相对值大小结合气/水分异现象对不同块段内储层压力差异进行剖析;应用构造曲率+煤体结构的方法对不同块段内渗透率差异进行剖析。

### 3.1 不同期次构造运动作用后块段划分

3<sup>#</sup> 煤层经历燕山期后主要形成了 NNE 向的背向斜和 4 条规模较大的断层。断层两侧储层压力和渗透率有较明显的变化。首先根据断层划分出 3 个块段。因 F<sub>2</sub> 和 F<sub>3</sub> 断层距离较近,未对其间隔内的区域进一步划分。F<sub>4</sub> 断层的末端储层压力和渗透率与 F<sub>4</sub>、F<sub>3</sub> 断层之间区域存在较大差异,进一步划分出 IV 块段;V 区和 VI 区以背斜转折端为轴,进一步划分为 V 块段和 VI 块段[图 2(c)]。

研究区经历喜马拉雅早期构造作用,与燕山期构造运动叠加形成了构造圈闭和新断层,同时原有



表 1 多期构造运动关键时刻作用后不同块段内储层压力差异

Table 1 The differences of reservoir pressure in different blocks after multi stages tectonic movement

燕山期			喜马拉雅早期			喜马拉雅晚期		
块段	构造形迹及气/水运移特征	储层压力分布特征	块段	构造形迹及气/水运移特征	储层压力分布特征	块段	构造形迹及气/水运移特征	储层压力分布特征
I	沿 F <sub>1</sub> 断层西 WN 向底板标高增加;气体向 WN 运移,水向断层附近流动	西北部储层压力梯度相对高	I	煤层轴向 WS 方向偏转;东南部煤层中气体逐渐向西北部运移	储层压力东南部降低,西部、西北部压力继续增加	I <sub>1</sub>	以 F <sub>11</sub> 为界限,划分为 I <sub>1</sub> 和 I <sub>2</sub> ; I <sub>1</sub> 区气体沿着断层面逸散	仅西北部储层压力梯度较高,其余都较低。
						I <sub>2</sub>	断层发育;受断层影响,气体逸散多	储层压力低,不具有开发价值
II	F <sub>2</sub> 正断层,断距较大,附近气体大量逸散;较远处,气体部分流向断层,部分向高点运移	F <sub>2</sub> 附近储层压力很低;远离断层部位相对高。气体逸散较严重,总体较低	II <sub>1</sub>	形成了构造圈闭低值区;气体由圈闭低值区向外运移	受 F <sub>1</sub> 和 F <sub>2</sub> 影响气体逸散多储层压力梯度整体较低	II <sub>1</sub>	受断层 F <sub>1</sub> 、F <sub>2</sub> 、F <sub>3</sub> 和构造形迹双重影响;部分气体向 EN 方向运移的同时,部分气体在断层处逸散	大部分区域储层压力梯度低,仅在东北处储层压力梯度相对较高
			II <sub>2</sub>	断层附近气体逸散量多	储层压力呈现中间相对高,周围低分布	II <sub>2</sub>	远离断层处,气体向底板标高高值区运移	底板标高高值区,储层压力梯度相对高
III	西翼倾角大于东翼的不对称背斜;西翼气体向核部运移较多,东翼相对少	西翼储层压力梯度降低多;东翼降低少,东翼压力高于西翼	III <sub>1</sub>	构造作用后形成轴向 NNE 向的褶皱;气体向构造高点运移	构造高点储层压力较高	III <sub>11</sub>	受断层 F <sub>6</sub> 和 F <sub>3</sub> 双重影响,断层附近气体逸散量多	储层压力低,几乎不具有开发价值
						III <sub>12</sub>	气体在构造圈闭区聚集	构造圈闭区储层压力较高,气体相对富集
			III <sub>2</sub>	自 EN 向 WS 依次形成交替叠置的构造圈闭;圈闭高值区气体聚集,圈闭低值区气体逸散	构造圈闭高值区储层压力较高;圈闭低值区储层压力相对低	III <sub>21</sub>	除 F <sub>41</sub> 断层附近外,气体逸散量小	储层压力降低较少,储层压力梯度仍较高
						III <sub>22</sub>	受断层影响较大;气体逸散严重	几乎不具有煤层气开发价值
			III <sub>3</sub>	远离 F <sub>4</sub> 和 F <sub>5</sub> 断层区气体自 WN 向 WS 运移	远离断层的高值区储层压力梯度相对高	III <sub>31</sub>	中北部气体向高值点聚集,断层 F <sub>6</sub> 、F <sub>4</sub> 附近气体逸散严重	中北部储层压力梯度高,断层附近储层压力低
						III <sub>32</sub>	断层影响严重;气体逸散严重	几乎不具有开发价值
IV	受断层 F <sub>4</sub> 末端和 NNE 向应力作用,轴向 WN 向;气体向底板标高高值块段聚集	底板高值点储层压力梯度高,远离断层区气体逸散少,总体压力较高	IV	形成了 NWW 向的断层,断距小于 10m,在断层东北部形成了构造圈闭高值块段;气体向其方向运移	断层附近储层压力下降,构造圈闭高值块段储层压力上升	IV <sub>1</sub>	断层 F <sub>5</sub> 断距较小,对气体运移影响小;气体向构造高点即中北部运移,气体相对富集	块段中北部储层压力较高
						IV <sub>2</sub>	受构造圈闭影响,气体向 ES 向和 EN 向方向运移,东北部断层附近气体逸散较严重	东北部远离断层区储层压力高于东南,远离断层的东北部形成气体相对富集区
V	两翼不对称背斜;气体向背斜的核部聚集	背斜核部储层压力梯度相对高,两翼相对低	V <sub>1</sub>	主要形成了 NNE 向的褶皱构造;气体向构造高点运移	构造高点处储层压力较高	V <sub>1</sub>	西北受断层 F <sub>4</sub> 影响气体逸散,远离断层的构造圈闭区气体向东南部运移	储层压力梯度由 WN 向 ES 依次升高
			V <sub>2</sub>	形成构造圈闭;气体向构造圈闭高值点运移	高值区储层压力梯度相对高	V <sub>21</sub>	气体向圈闭高点聚集	储层压力梯度较高
						V <sub>22</sub>	气体由构造圈闭低点向外运移	储层压力梯度相对较低
VI	两翼不对称背斜;气体向背斜的核部聚集	北翼倾角相对小,储层压力梯度高于南翼	VI <sub>1</sub>	形成了 NNE 向的褶皱构造;气体向高点运移	高点处储层压力较高	VI <sub>1</sub>	形成 NNE 向的褶皱构造,气体发生聚集	储层压力梯度较高
			VI <sub>2</sub>	气体向构造圈闭高点运移	构造圈闭高点储层压力较高	VI <sub>21</sub> VI <sub>22</sub>	气体由构造圈闭低点向四周运移	圈闭低点储层压力梯度较低



表 2 多期构造运动关键时刻作用后不同块段内储层渗透率差异(续表 2)

Table 2 The differences of reservoir permeability in different blocks after multi periods tectonic movement(continue)

燕山期			喜马拉雅早期			喜马拉雅晚期		
块段	构造曲率分布 $r \times 10^{-5}$	渗透分布差异	块段	构造曲率分布 $r \times 10^{-5}$	渗透分布差异	块段	构造曲率分布 $r \times 10^{-5}$	渗透分布差异
IV	曲率值分布在 18.1~3.5 之间,构造高点和低点曲率值较大	受构造和断层共同作用,区域中北部渗透率较好	IV	曲率值分布在 1.95~8.5 之间,在 F <sub>3</sub> 断层与 F <sub>5</sub> 断层之间曲率值沿 SSE 向降低	F <sub>5</sub> 西侧圈闭低点,受挤压作用渗透率低,F <sub>5</sub> 东侧,渗透率较好	IV <sub>1</sub>	曲率值沿 WS 方向增大	西南部受断层 F <sub>3</sub> 影响大,渗透率低;东北部渗透率相对高
						IV <sub>2</sub>	曲率值沿 WS 方向先减小后增大	圈闭高点渗透率相对较高,东南部煤体有一定变形,渗透率次之
V	曲率值分布在 5.6~25.5 之间,沿东南向增大	西北部受 F <sub>4</sub> 断层影响渗透率低,南部背斜核部构造曲率大渗透率较好	V <sub>1</sub>	曲率值分布在 4.17~16.8 之间,且沿 NNE 向增大	西北部受 F <sub>4</sub> 断层影响,渗透率由北部向南部减小	V <sub>1</sub>	曲率值沿圈闭低点向外辐射降低	东部煤层有一定变形,渗透率相对高
			V <sub>2</sub>	曲率值分布在 5.82~17.5 之间,且沿着构造高点向外降低	西北部受断层 F <sub>4</sub> 断层影响,构造高点附近,及离断层较远的圈闭中值区渗透率相对高	V <sub>21</sub>	圈闭高点,曲率值大	煤体变形进一步加剧,煤储层渗透率低
						V <sub>22</sub>	圈闭低点,曲率值大	煤层有一定变形,渗透率比 V <sub>21</sub> 块段相对高。
VI	曲率值分布在 42.6~17.7 沿东南方向减小	无断层影响下,块段西北部比东南部渗透率好	V <sub>11</sub>	曲率值分布在 1.57~11.0 之间,沿 SSW 向降低	无断层影响区渗透率自 EN 向 WS 方向减小	V <sub>11</sub>	圈闭高点,曲率值大	自西向东渗透率减少,煤体变形不太强烈,渗透率较好
			VI <sub>2</sub>	曲率值分布在 1.51~15.6 之间,由圈闭高点、圈闭低点向周围辐射减小	无断层影响的圈闭高点渗透率相对较高,中值区渗透率较好,低点渗透率低	VI <sub>21</sub>	圈闭低点,曲率值大	圈闭低点,煤层挤压,渗透率低
						VI <sub>22</sub>	圈闭高点,曲率值大	煤体进一步破坏,渗透率相对低

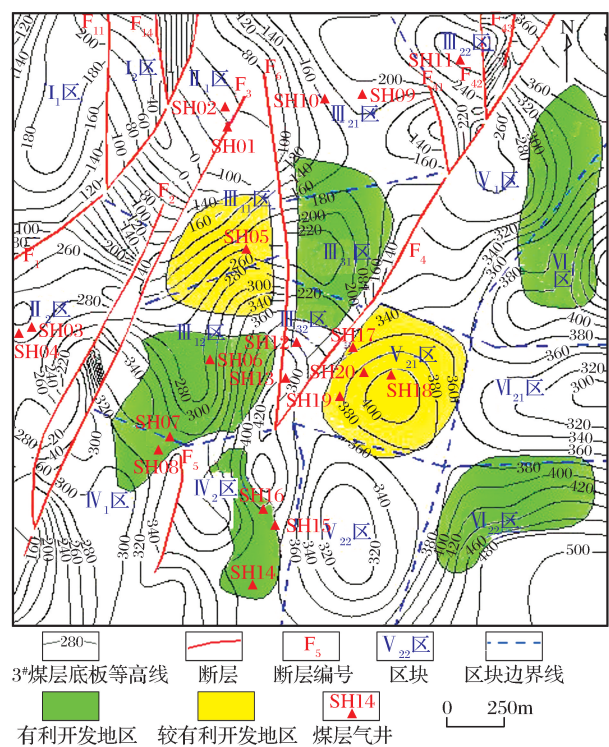


图 4 有利块段评价结果

Fig.4 Evaluating results about favorable blocks

煤层气井排采初始动液面计算出储层压力;通过钻井取心对比,采用煤体结构与 GSI 判识方法<sup>[15]</sup>对该区煤层气井渗透率进行计算(图5)。并与预测结果

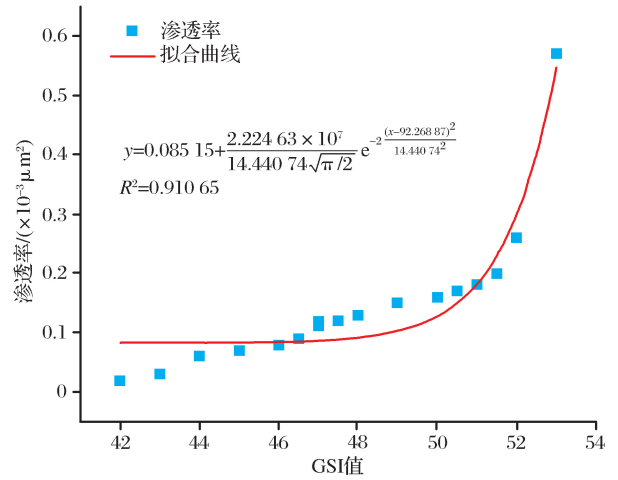


图 5 GSI 与渗透率关系

Fig.5 The relationship between GSI and permeability

进行对比(表 3)。

为了更好地地区分块段之间储层差异,本文将储

层压力梯度 $>1.0\text{MPa/hm}$ 、 $0.8\sim 1.0\text{MPa/hm}$ 、 $0.6\sim 0.8\text{MPa/hm}$ 、 $0.4\sim 0.6\text{MPa/hm}$ 、 $<0.4\text{MPa/hm}$  依次称为超压、高压、中压、中低压、超低压。将渗透率 $<0.01\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 、 $(0.01\sim 0.1)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 、 $(0.1\sim 1.0)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 、 $(1.0\sim 5.0)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 和 $>5.0\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 依次称为特低渗、低渗、中低渗、中渗、高渗等。从表3可看出,除Ⅱ<sub>1</sub>块段的个别井预测类型与实际类型有一定出入外,其余块段煤层气

井储层压力梯度和渗透率预测结果与实际结果完全吻合。煤层气井实际平均日产气量较好的井主要分布在Ⅲ<sub>12</sub>区、Ⅲ<sub>21</sub>区远离断层部位、Ⅲ<sub>31</sub>区的中北部及V<sub>21</sub>区与V<sub>22</sub>区的交叉部位,与评价结果吻合度很好。Ⅱ<sub>1</sub>块段的2口井之所以产气较好,主要是这2口井与断层相距相对远,受到了断层的保护。但该块段这样的面积较少,群井开发潜力小。因此在进行评价时归入到了暂不考虑开发的块段中。

表 3 评价结果与实测结果对比  
Table 3 The contrast table about evaluating results and measured results

区块	井号	储层压力梯度 /(MPa/hm)	GSI 值	渗透率 /( $\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ )	平均日产气量 /( $\text{m}^3/\text{d}$ )	预测类型	实际类型
Ⅱ <sub>1</sub> 区	SH01	0.54	50.0	0.16	456.6	受断层保护区,渗透率	中低压、中低渗
	SH02	0.55	50.5	0.17	623.4	相对高;储层压力中	中低压、中低渗
Ⅱ <sub>2</sub> 区	SH03	0.62	43.2	0.03	129.4	暂不考虑开发	中压、低渗
	SH04	0.65	43.2	0.03	126.6		中压、低渗
Ⅲ <sub>11</sub> 区	SH05	0.47	42.0	0.02	103.3	暂不考虑开发	中低压、低渗
Ⅲ <sub>12</sub> 区	SH06	0.49	47.5	0.12	241.6	储层压力较高渗透率较好	中低压、中低渗
	SH07	0.55	48.2	0.13	891.3		中低压、中低渗
	SH08	0.77	49.0	0.15	849.7		中压、中低渗
Ⅲ <sub>21</sub> 区	SH09	0.57	48.2	0.13	765.5	储层压力较高渗透率较好	中低压、中低渗
	SH10	0.53	47.5	0.12	683.7		中低压、中低渗
Ⅲ <sub>22</sub> 区	SH11	0.46	44.0	0.06	78.2	暂不考虑开发	中低压、低渗
Ⅲ <sub>31</sub> 区	SH12	0.64	51.0	0.18	1 338.8	储层压力较高渗透率较好	中压、中低渗
Ⅲ <sub>32</sub> 区	SH13	0.36	51.5	0.20	70.3	暂不考虑开发	低压、中低渗
	SH14	0.67	47.5	0.12	470.8	储层压力较高渗透率较好	中压、中低渗
Ⅳ <sub>2</sub> 区	SH15	0.54	47.2	0.11	221.3		中低压、中低渗
	SH16	0.53	46.0	0.08	303.6		中低压、低渗
V <sub>21</sub> 区	SH17	0.56	46.5	0.09	136	储层压力较低渗透率较好 或储层压力较高渗透率较差	中低压、低渗
	SH18	0.57	53.2	0.57	843.2		中低压、中低渗
	SH19	0.59	52.0	0.26	439		中低压、中低渗
	SH20	0.59	45.0	0.07	675.7		中低压、低渗

5 结论

通过沁中断层发育区煤层气开发有利块段优选,主要取得以下认识:  
(1)采用构造拉平法和波叠加理论、气水分异原理相结合能较好地表征不同构造运动作用后气、水流动变化过程引起的储层压力差异;考虑多期构造运动叠加作用的构造曲率法能更清晰地得出小范围内煤储层渗透率值的差异。

(2)根据不同期次作用后煤层构造特征,最终划分出18个块段。根据不同块段储层压力和渗透率差异评价出煤层气开发的有利块段。结果表明:多期构造运动形成的正断层附近气体逸散、储层压力

低,渗透率低是造成其附近煤层气井产量低的主要原因;多期构造形成的封闭断层间隔内底板相对高值块段渗透率低、储层压力低,产气潜力小;底板相对低值块段渗透率低、储层压力相对高,产气潜力中等;底板相对中值块段渗透率较好,产气潜力好。

(3)多期构造作用下小范围煤储层压力、渗透率的定量评价研究需在今后做深入分析。

参考文献(References)

[1] Chen Yanjun.The Main Controlling Factors of Coalbed Methane Enrichment and Enrichment of Blocks in Southern Qinshui Basin[D].Jingzhou: Yangtze University, 2013; 4.[陈彦君.沁水盆地南部煤层气富集主控因素及富集区块优选[D].

- 荆州:长江大学,2013;4]
- [2] Levine J R, Davis A. Optical anisotropy of coals as an indicator of tectonic deformation, Braod Top Coal Field, Pennsylvania [J]. *Geol. Soc. America Bull.*, 1984, 95(1): 100-108.
- [3] Lu Y M, Tang D Z, Xu H, *et al.* Production characteristics and the key factors in high-rank coalbed methane fields: A case study on the Fanzhuang block, Southern Qinshui Basin, China [J]. *International Journal of Coal Geology*, 2012, 96-97(4): 93-108.
- [4] Meng Zhaoping, Hou Quanling. Coupling model of stress-dependent permeability in high-rank coal reservoir and its control mechanism [J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2013, 56(2): 667-675. [孟召平, 侯泉林. 高煤级煤储层渗透性与应力耦合模型及控制机理 [J]. *地球物理学报*, 2013, 56(2): 667-675.]
- [5] Qin Yong, Zhang Deming, Fu Xuehai, *et al.* A discussion on correlation of modern tectonic stress field physical properties of coal reservoirs in central and southern Qinshui Basin [J]. *Geological Reservoir*, 1999, 45(6): 576-583. [秦勇, 张德民, 傅雪海, 等. 山西沁水盆地中、南部现代构造应力场与煤储层物性关系之探讨 [J]. *地质评论*, 1999, 45(6): 576-583.]
- [6] Ni Xiaoming, Yang Yanhui, Wang Yanbin, *et al.* Study on gas production and water production characteristics of CBM vertical wells under multi period tectonic movement of undeveloped fault in central south Qinshui Basin [J]. *Journal of China Coal Society*, 2016, 41(4): 921-930. [倪小明, 杨艳辉, 王延斌, 等. 沁中南断层不发育区多期构造运动作用下煤层气直井产水产气特征 [J]. *煤炭学报*, 2016, 41(4): 921-930.]
- [7] Meng Z P, Zhang J C, Wang R. In-situ stress, pore pressure, and stress-dependent permeability in the southern Qinshui Basin [J]. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2011, 48(1): 122-131.
- [8] Wu Caifang, Qin Yong, Fu Xuehai, *et al.* Macroscopic dynamic energies for the formation of coalbed gas reservoirs and their geological evolution: A case study from Qinshui Basin in Shanxi Province [J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(3): 299-30. [吴财芳, 秦勇, 傅雪海, 等. 煤层气成藏的宏观动力条件及其地质演化过程——以山西沁水盆地为例 [J]. *地学前缘*, 2005, 03: 299-308.]
- [9] Butala S J M, Medina J C, Taylor T Q, *et al.* Mechanisms and kinetics of reactions leading to natural gas formation during coal maturation [J]. *Energy and Fuels*, 2000, 14(2): 235-259.
- [10] Wang Shengquan, Wang Guirong, Chang Qing, *et al.* Controlling effect of the fold neutral plane on coal bed [J]. *Coal Geology & Exploration*, 2006, 34(4): 16-18. [王生全, 王贵荣, 常青, 等. 褶皱中和面对煤层的控制性研究 [J]. *煤田地质与勘探*, 2006, 34(4): 16-18.]
- [11] Ni Xiaoming, Wang Yanbin, Jie Mingxun, *et al.* Stress influence in different tectonic positions on fracturing interstitial morphology [J]. *Journal of China Coal Society*, 2008, 33(5): 505-508. [倪小明, 王延斌, 接铭训, 等. 不同构造部位地应力对压裂裂缝形态的控制 [J]. *煤炭学报*, 2008, 33(5): 505-508.]
- [12] Li Yue, Lin Yuxiang, Yu Tengfei. Tectonic Evolution of Qinshui Basin and free gas reservoir control [J]. *Journal of Guilin University of Technology*, 2011, 31(4): 481-487. [李月, 林玉祥, 于腾飞. 沁水盆地构造演化及其对游离气藏的控制作用. [J]. *桂林理工大学学报*, 2011, 31(4): 481-487.]
- [13] Qin Yong, Jiang Bo, Wang Jiyao, *et al.* Coupling control of tectonic dynamical conditions to coalbed methane reservoir formation in the Qinshui Basin, Shanxi, China [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2008, 82(10): 1355-1362. [秦勇, 姜波, 王继尧, 等. 沁水盆地煤层气构造动力条件耦合控藏效应 [J]. *地质学报*, 2008, 82(10): 1355-1362.]
- [14] Zhang Jianbo, Qin Yong, Wang Hongyan, *et al.* Structural prediction of high permeability coal reservoir distribution [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2003, 9(3): 359-364. [张建博, 秦勇, 王红岩, 等. 高渗透性煤储层分布的构造预测 [J]. *高校地质学报*, 2003, 9(3): 359-364.]
- [15] Guo Hongyu, Su Xianbo, Xia Daping, *et al.* Relationship of the permeability and geological strength index (GSI) of coal reservoir and its significance [J]. *Journal of China Coal Society*, 2010, 35(8): 1319-1322. [郭红玉, 苏现波, 夏大平, 等. 煤储层渗透率与地质强度指标的关系研究及意义 [J]. *煤炭学报*, 2010, 35(8): 1319-1322.]

## Favorable sections optimization about coalbed methane on developing fault blocks in central of Qinshui Basin

Ni Xiao-ming<sup>1,2</sup>, Li Zhi-heng<sup>1</sup>, Wang Yan-bin<sup>3</sup>, Wu Jian-guang<sup>4</sup>

(1. School of Energy Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China;

2. Collaborative Innovation Center of Coalbed Methane and Shale Gas for Central Plains Economic

Region Henan Province, Jiaozuo 454000, China; 3. College of Geo-science and Surveying Engineering,

China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China;

4. China United Coalbed Methane Co., Ltd., Beijing, 100011, China)

**Abstract:** Finding out favorable CBM development sections in developing fault areas can deploy wells placement accurately and reduce the blind investment. According to the data on the southern of Shizhuang area,

the floor traces were recovered about 3<sup>#</sup> coal seam after tectonic movement like stage of Yanshan, the early stage of Himalayan and the late stage of Himalayan by tectonic leveling method and wave superposition theory, the areas were divided into 18 blocks. According to the gas/water differentiation phenomenon, structural curvature method, coal structure observation method, the differences about the coal reservoir pressure and permeability after the tectonic movement effects were obtained. Then the favorable block and favorable block of CBM development were evaluated. The results show that: the escaping gas and formed coal near normal faults are the main reasons for low gas production. The relative high value blocks in the floor elevation in faults interval zones are of low permeability and low reservoir pressure, and gas potential is small; the relative low value blocks in the floor elevation in faults interval zones are of low permeability and relatively high reservoir pressure, and gas potential is medium; the relatively middle value blocks in the floor elevation in faults interval zones are of better permeability, and gas potential is better. The actual gas production about CBM wells verified the accuracy of theoretical analysis. The studying results can provide idea and reference for optimum favorable segments in developing fault areas.

**Key words:** Tectonic dynamic condition; Coalbed methane; Developing fault area; Permeability

## 会议消息

### “第一届全国气体同位素技术与地球科学应用研讨会” 将于 2017 年 8 月在甘肃兰州举行

由中国科学院西北生态环境资源研究院油气资源研究中心、冰冻圈科学国家重点实验室、有机地球化学国家重点实验室、中国地质科学院矿产资源研究所、中国科学院青年创新促进会主办,中国科学院西北研究院油气中心公共技术服务中心、中国科学院兰州资源环境大型仪器区域中心、中国科学院青年创新促进会兰州分会/西北生态环境资源研究院小组、国家地质实验测试中心、《地球科学进展》编辑部承办,中国科学院/甘肃省油气资源研究重点实验室、中国科学院西北研究院文献情报中心、甘肃省矿物岩石地球化学学会、《天然气地球科学》杂志、《沉积学报》杂志、*Journal of Natural Gas Geoscience* 杂志协办的“第一届全国气体同位素技术与地球科学应用研讨会”将于 2017 年 8 月下旬在甘肃兰州召开。为跟踪国际稳定同位素研究最新进展和前沿技术,进一步拓展该技术在各领域中的应用,此次大会的主题为“稳定同位素技术及地球科学应用”,会议旨在以稳定同位素技术为纽带,架起地球科学各学科之间桥梁,促进稳定同位素技术在地球科学各个领域中的应用,从而提升地球科学研究整体学术水平。会后还将举办“稳定同位素技术及应用研修班”。热忱欢迎国内外从事稳定同位素地球科学研究的专家学者参加并进行现场交流。

本届会议共设 9 个会议专题,包括:(1)稳定同位素在地质学中的应用;(2)稳定同位素在油气勘探开发中的应用;(3)稳定同位素在冰冻圈科学与全球变化中的应用;(4)稳定同位素在水文学、生态学及环境科学中的应用;(5)稳定同位素在古环境研究中的应用;(6)稳定同位素在火山、地震预测研究中的应用;(7)稳定同位素在农业、食品科学中的应用;(8)稀有气体同位素在地质学中的应用;(9)稳定同位素新技术、新方法及应用拓展研究。

会议接受符合上述会议专题的摘要论文,论文应具有一定创新性和前瞻性。提交论文请在线提交(<http://geoscience-isotope2017.csp.escience.cn/dct/page/1>)或提交至 E-mail:geotest@lzb.ac.cn,联系人:刘艳 13893228566。论文摘要提交截止时间:2017 年 5 月 10 日。详情请参见会议一号通知。

(据会议一号通知)