

Analysis on Main Controlling Factors of High-Dip Coalbed Methane in Baiyanghe Mining Area of Fukang, NW China

Delei Mao^{1,2}, Dong Chen^{1,2}, Yongshang Kang^{3,4}, Zhihua Xiao^{1,2}, Xingtao Li^{1,2}, Huijuan Wang³

¹National Engineering Research Center of Coalbed Methane Development & Utilization, Beijing

²National Engineering Research Center of China United Coalbed Methane, Beijing

³College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing

⁴State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing

⁵Linfen Branch, PetroChina Coalbed Methane Company Limited, Linfen Shanxi

Email: maodelei@petrochina.com.cn

Received: Jun. 2nd, 2018; accepted: Jun. 18th, 2018; published: Jun. 25th, 2018

Abstract

In view of the special features in Baiyanghe mining area of Fukang, including of high-dip, thick coal seam, high air content, and high volume of coal seam, this paper discusses the main controlling factors of high-dip coalbed methane accumulation through comprehensive analysis of tectonic evolution, CBM formation, sedimentary environment, hydrodynamic conditions and spontaneous combustion of coal seam. The results show that the genetic type of coalbed methane is the primary biogenic gases and thermogenic gas, they are formed in the Yanshan movement I curtain falling stage. Under the effect of the II Yanshan movement, III curtain and Himalayan tectonic movement, the high-dip coalbed methane reservoir was formed finally. The thick coal seam was sedimentary in stable sedimentary environment, and it provides the rich material basis. In the effect of sealing of up-dip direction hydrodynamic and hydraulic seal of down dip direction, the coalbed methane was effectively preserved. According to the enrichment of high-dip coalbed methane, the paper discovers that the CBM was enriched in buried depth of down dip area and water retention area. There will be a useful exploration target zone.

Keywords

High Dip Structure, Coalbed Methane, Main Control Factors, Baiyanghe Mining Area

阜康白杨河矿区高倾角煤层气成藏主控因素分析

毛得雷^{1,2}, 陈东^{1,2}, 康永尚^{3,4}, 肖芝华^{1,2}, 李星涛^{1,2}, 王会娟⁵

¹煤层气开发利用国家工程研究中心, 北京
²中联煤层气国家工程研究中心有限责任公司, 北京
³中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京
⁴中国石油大学油气资源与探测国家重点实验室, 北京
⁵中石油煤层气有限责任公司临汾分公司, 山西 临汾
Email: maodelei@petrochina.com.cn

收稿日期: 2018年6月2日; 录用日期: 2018年6月18日; 发布日期: 2018年6月25日

摘要

针对阜康白杨河矿区特殊的高倾角、厚煤层、高含气量、高产气量特征, 通过构造演化、煤层气成因、沉积环境、水动力条件及煤层自燃的多因素综合分析, 探讨了阜康白杨河矿区高倾角煤层成藏主控因素。研究表明: 白杨河矿区煤层气为生物成因和热成因的叠加作用, 均在燕山运动I幕沉降阶段形成; 燕山运动II幕、III幕及喜山期运动, 煤层气进入保存阶段, 最终形成现今的高倾角煤层气藏; 稳定的成煤环境沉积形成巨厚煤层, 为煤层气成藏提供了丰富的资源基础; 上倾方向水动力封堵作用和下倾方向水动力封闭作用, 两者有效的保存了煤层气的富集。本文对高倾角煤层气成藏富集机制的分析认为, 下倾部位、较大埋深、高水势区、水体滞留处易富集成藏, 是勘探的有利目标区。

关键词

高倾角构造, 煤层气, 主控因素, 白杨河矿区

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

准噶尔盆地侏罗系煤层的煤阶以中低煤阶为主, 埋深小于 2000 m 地区的煤层气总资源量为 $2.21 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 平均资源丰度为 $1.51 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ [1], 丰富的资源量显示了巨大的开发潜力。近年来新疆中低煤阶煤层气勘探开发迅速发展, 并且主要集中在盆缘以及山前煤层埋深适中处。阜康白杨河矿区位于准噶尔盆地南缘山前带, 2015 年阜康白杨河矿区煤层气先导示范工程建成, 日产气量达 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 并有单井日产气量突破 $3000 \text{ m}^3/\text{d}$, 显示了该区煤层气藏的产气能力。同时, 阜康白杨河矿区构造形态受逆冲推覆作用控制形成高倾角煤层, 高倾角不仅导致浅部煤层裸露, 而且引起水动力条件变化等特殊的地质现象, 所以研究高倾角构造煤层气成藏主控因素, 对山前盆缘特殊煤层气藏具有非常重要的意义。

国内学者对新疆阜康白杨河矿区煤层气地质特征研究有限, 仅尹淮新[2]从矿区构造、煤层发育等角度阐述了阜康白杨河矿区有良好的资源勘探前景。近年来, 随着理论与勘探开发实践, 关于煤层气成藏主控因素[3]研究逐渐加深, 并且普遍性的观点认为构造条件、盖层封盖以及水动力条件的有利匹配是煤层气富集成藏的主控因素[4][5], 而关于高倾角浅部煤层火烧对煤层气成藏的研究鲜见。关于成藏模式的研究, 并多侧重于成藏模式的分类与分布上, 如崔思华[6]从煤层气控制因素入手, 对准噶尔盆地的煤层气成藏特征和煤层气藏的分布进行了分析, 刘洪林[7]通过对吐哈盆地煤层气成藏条件、成藏特征分

析,初步确定了吐哈盆地煤层气成藏类型及其分布特征,而针对高倾角煤层气成藏的研究较少。本文在前人研究基础上,针对阜康白杨河矿区特殊的高倾角、厚煤层、高含气量及高产气量的特点,从构造演化、煤层气成因、沉积环境、水动力保存及煤层自燃的角度综合分析,具体剖析了高倾角煤层气富集机理,以便为阜康白杨河矿区优化井位部署提供建议,并且对加速淮南缘山前高倾角煤层气资源开发具有重要的理论指导意义和直接应用于生产实践的现实意义。

2. 煤储层含气性及压力特征

阜康白杨河矿区构造位置位于准噶尔盆地南缘阜康断裂带中段,整体呈一走向东西、向南倾斜的单斜构造,倾角 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 左右,构造相对简单。北部地层出露,出露地层从北到南由老到新,依次为侏罗系八道湾组下段、八道湾组中段、八道湾组上段、三工河组、第四系(图 1)。八道湾组为煤系地层,其中八道湾组下段的 39 号煤层、41 号煤层及 42 号煤层均属于厚度大于 8 m 的巨厚煤层(图 4),是矿区勘探开发的主力层。

矿区煤岩实测镜质体反射率 $R_{o,max}$ 为 0.70%~1.01%,属于中低变质程度的气煤-肥煤。煤层含气量整体上具有“南高、北低”的特点,以 41 号煤层为例,其含气性特点与埋深密切相关,北部边浅煤层由于受煤层自燃影响,煤层气藏受到破坏,甲烷含气量几乎为零,向南顺着倾向方向,埋深增加,含气量逐渐增大。解吸实验数据表明,埋深 632.20 m,甲烷含气量为 $7.39 \text{ m}^3/\text{t}$,埋深 861.30 m,甲烷含气量为 $13.22 \text{ m}^3/\text{t}$,埋深 947.20 m,甲烷含气量为 $13.81 \text{ m}^3/\text{t}$ (表 1 和图 2)。与同煤阶煤层含气量相比[8],属于高含气量。矿区日产气量为 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,最高单井日产气量 $3000 \text{ m}^3/\text{d}$,显示较好的产气潜力。对 41 号煤层注入/压降测试表明,储层渗透性变化较大,渗透率为 0.045~1.45 mD,渗透率随深度增加而表现出明显降低的趋势,可见渗透率受埋深影响较大。煤层压力梯度 0.83~0.96 MPa/100 m,表现为常压至高压储集层特点。在实际生产中排采井平均日产水量为 $13.20 \text{ m}^3/\text{d}$,反映为较好的储层渗透性,并且通过井下压力计测得的储层压力梯度为 0.62~1.18 MPa/100 m,平均 0.95 MPa/100 m,从上倾方向到下倾方向表现为欠压-常压-高压的特点。水势是储层压力的势能反映,从白杨河矿区水势图(图 2)可以看出,储层压力变化大,主要由于构造倾角大,储层埋深变化快引起。上倾方向浅部储层压力为低压,沿着下倾方向储层压力梯度明显增加,深部明显表现为高压地层。

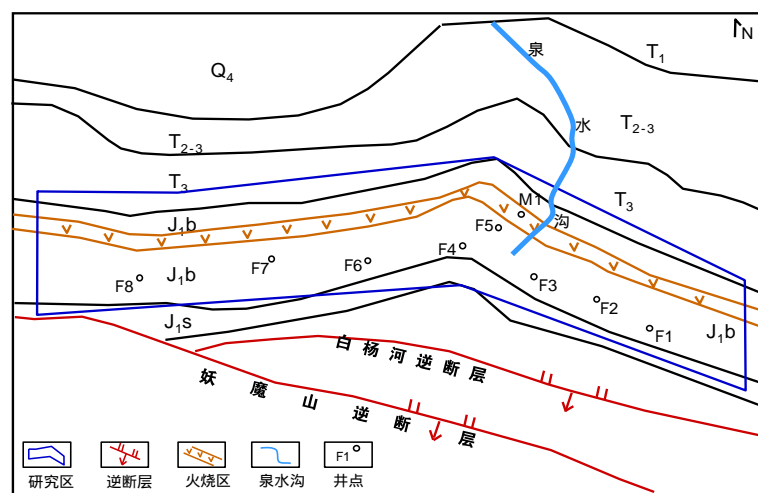


Figure 1. Geological map of research area
图 1. 研究区地质图

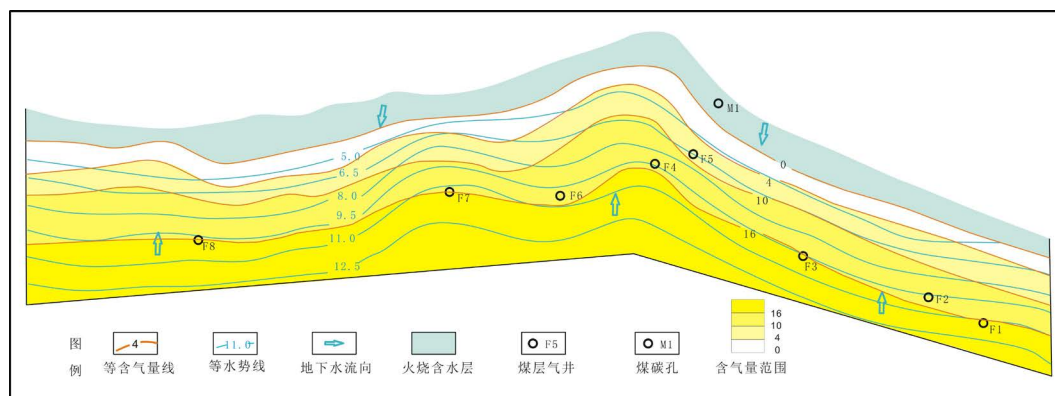


Figure 2. The line of water potential and gas volume in Baiyanghe mining area of Fukang
图 2. 阜康白杨河矿区等水势线和含气量叠合图

Table 1. Parameters of No. 41 coal seam

表 1. 41 号储层参数一览表

井名	埋深 (m)	煤厚 (m)	中深 (m)	渗透率 (md)	储层压力 (MPa)	储层压力梯度 (MPa/100 m)	含气量 (m ³ /t)
F5	629.00~640.28	11.28	632.20	1.45	5.9	0.96	7.39
F6	855.50~866.30	10.8	861.30	0.25	7.06	0.83	13.22
F8	914.28~924.35	10.07	918.78	0.14	8.52	0.93	13.67
F2	942.94~951.45	8.51	947.20	0.045	8.08	0.88	13.81

3. 富集成藏主控因素分析

矿区高倾角煤层气的富集成藏主要受控于构造运动、浅部煤层自燃、热演化程度、盖层封盖以及水动力条件等。构造运动是影响矿区成藏的最直接因素，导致矿区高倾角构造特征，浅部煤层自燃改变了煤层的物理结构，进而影响了矿区的水动力样式，而煤层气主要表现为吸附气，因此浅部煤层孔隙结构的改变，水动力样式以及顶底板盖层封盖、热演化程度共同影响着矿区煤层气的分布特征。

3.1. 构造演化和煤层自燃控藏分析

地质构造作用直接或间接控制着煤层的形成及其后期的煤层气聚集过程，是煤层气富集成藏地质控制因素中的关键因素。构造演化史控制含煤层系的沉积埋藏史和热演化史，从而控制了煤层气生成、赋存及成藏过程。

印支构造运动使准噶尔地块逐渐形成成为大型凹陷盆地，而白杨河矿区位于凹陷盆地南缘的乌鲁木齐山前拗陷东段阜康凹陷的东部区域内，为侏罗系煤系地层的沉积创造了条件。八道湾组厚煤层沉积形成于早侏罗世，燕山运动 I 幕以总体沉降作用为主，由于沉降速度和沉积速度相对均衡，对煤层的形成极为有利，因而形成了八道湾组重要的含煤建设，沉积了数层巨厚煤层；燕山运动 I 幕的含煤建设形成之后，又经历了燕山 II 幕，III 幕及喜山运动的改造作用，燕山运动 II 幕的构造活动最为强烈，以垂直运动为主，天山东西向构造带隆起，形成褶皱；燕山运动 III 幕以水平挤压构造运动为主，在强烈的挤压推覆作用下，侏罗系地层进一步发生了强烈的东西向的褶皱断裂，并延续到第三纪才停止活动；喜山期运动在燕山运动 III 幕基础上表现为进一步的挤压推覆作用，造成了侏罗系下统三工河组以上地层被大面积剥蚀(图 3)，含煤地层仅留下侏罗系下统八道湾组，形成现今的高倾角构造特征[9][10]。此外，构造运动使

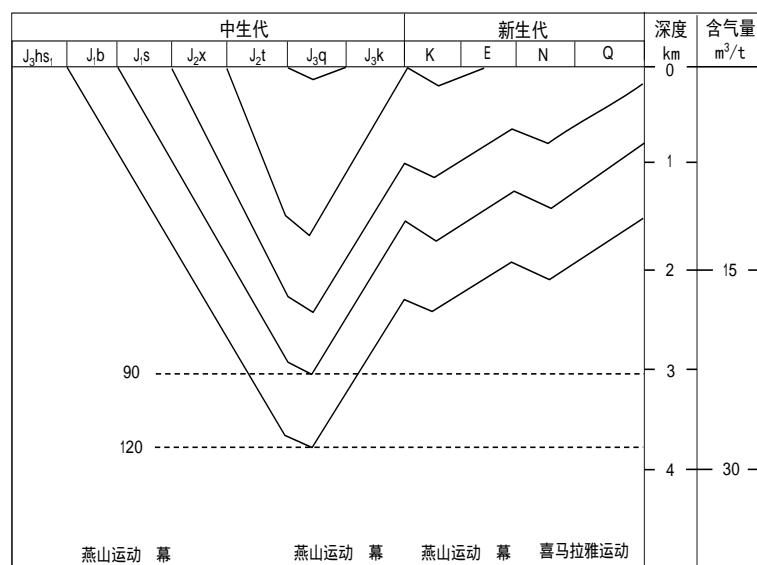


Figure 3. The burial history of coal measure strata in Baiyanghe mining area of Fukang

图3. 阜康白杨河矿区煤系地层埋藏史

煤系地层抬升并裸露，并且侏罗系煤层变质程度中低，抗风化能力差，容易吸热氧化而引起浅部煤层火烧。因此构造因素是阜康白杨河矿区形成高倾角煤层、浅部自燃的最直接因素。白杨河矿区构造部位位于推覆体上发育较完整的褶皱构造带，侏罗系煤系地层在白杨河矿区呈东西向窄条带状出露，地层南倾(图1)。

不同类型的地质构造其构造应力场特征不同，会导致煤储层结构及应力状态等出现差异，并进而影响到煤层含气性和储层结构。白杨河矿区处于以压应力为主的构造应力场中，由于上倾方向煤的自燃，一方面，破坏了浅部自燃区的煤层气藏，另一方面，形成了上倾方向水势的遮挡，使深部地层压力得以有效保存，有利于煤层气的保存，是本区煤层吸附气含量高的主要控制因素；白杨河矿区虽然经历了多期次的构造运动，但这些构造活动对煤层的破坏较小，煤储层的原生结构基本保存较好，割理系统较发育，有利于煤层水产出降压。

3.2. 煤层气成因分析

白杨河矿区八道湾组煤类属于中低煤阶的气煤-肥煤，F5井八道湾组三套主力煤层甲烷碳同位素分布在 -57.35% ~ -65.75% ，均小于 -55% ，显示有生物成因气的特点。生物气是产甲烷菌在低矿化度、PH值呈中性、还原环境中制造生成的，矿化度与PH值是产甲烷菌生存和产气的重要因素。前人研究认为[7][11][12]，当地层水的矿化度小于 4000 mg/L 时，产甲烷菌的活性最高，产气效率最大，随着地下水矿化度增大，产甲烷菌的活性下降，产气效率降低。当矿化度大于 $10,000\text{ mg/L}$ ，产甲烷菌死亡。白杨河矿区煤系地层水矿化度分布范围 11834 mg/L ~ 19178 mg/L ，PH分布范围 7.7 ~ 9.1 (表2)，属于高矿化度、弱碱环境，产甲烷菌在这种环境中很难生存。所以，判断白杨河矿区生物成因气特点非现今煤层环境中形成的，而是在成煤早期形成的生物气保存下来的。

结合煤系地层埋藏史分析，白杨河八道湾组煤层在燕山运动I幕沉积过程初期埋深浅、煤层水矿化度低、地层温度低，适合甲烷菌生存，此时也是甲烷菌分解有机质生成原生生物成因气的最佳时期。随着沉积作用的持续进行，八道湾组煤系地层达到煤系地史上最大埋藏深度，根据阜康地区平均古地温梯

Table 2. Statistics of hydrochemical characteristics of different aquifers in Baiyanghe mining area
表 2. 白杨河矿区不同含水层水化学特征一览表

取样位置	样点类型	水型	PH	矿化度(mg/L)	水势(m)
泉水沟	地表水	Na ₂ SO ₄	7.7	338	-
白杨河水下游水	地表水	Na ₂ SO ₄	7.8	121.4	-
M1	火烧煤层水	Na ₂ SO ₄	7.8	267.42	968
F1	深层煤层水	NaHCO ₃	7.7	13295	1140
F3	深层煤层水	NaHCO ₃	8.8	13722	977
F4	深层煤层水	NaHCO ₃	8.7	15474	1084
F6	深层煤层水	NaHCO ₃	9.1	15459	1000
F7	深层煤层水	NaHCO ₃	8.8	19178	1132
F8	深层煤层水	NaHCO ₃	8.9	11834	960

度 3℃/100 m [13], 计算出最大埋深约为 3500 m。煤系地温增高至 90℃~120℃, 图 3, 煤演化为气煤和肥煤, 侏罗系八道湾组煤层气生气条件随之变为在高温条件下的热成因气。此外, 白杨河矿区八道湾组煤层工业组分在垂向上的变化特征显示, 垂向上水分和挥发份均表现为随埋深增加含量逐渐降低的特征, 水分从 2.21%降低到 0.98%, 挥发分从 43.43%降低到 33.02%; 碳含量垂向上表现为随埋深增加碳含量逐渐递增的特征, 从 81.3%增加至 86.42% [10], 符合深成变质作用原理, 具备热成因煤层气形成的条件。

综合甲烷碳同位素、煤系地层水矿化度、地层水 PH 值、工业组份等多个因素分析, 判断白杨河矿区煤层气为原生生物气与热成因气的混合气体。

3.3. 煤层围岩封盖作用分析

含煤层系岩性、岩相、空间展布及厚度均受沉积环境的控制, 因此煤层中煤层气三维分布和赋存在一定程度上也受到沉积环境的影响。煤层的顶底板岩性直接影响煤层气赋存、运移。往往致密的泥岩或砂质泥岩顶底板, 其封闭程度高, 含水性弱阻碍煤层气逸散, 煤层含气性相对较好, 而孔隙度大的砂岩顶底板因封闭程度低, 不利于煤层气的保存。

矿区八道湾组含煤地层主要由浅湖相、沼泽相的陆源碎屑沉积环境沉积形成, 煤层顶底板岩性为灰、深灰、灰绿、灰褐色的泥岩、泥质粉砂岩、细砂岩组成。顶底板均为含水性较弱的隔水层。煤层顶底板泥岩厚度大, 气体运移难度增大, 有效封堵了煤层气的运移。并且由于沉降速度和沉积速度相对均衡, 沉积形成巨厚煤层(图 4), 而且平面厚度变化不大, 分布稳定。煤层夹矸少, 工业组份中灰分范围 2.3%~3.85%, 属于特低灰分, 反映煤层沉积时水体较平静。白杨河矿区低灰分的巨厚煤层, 保证了煤层气产出有巨大的资源基础, 含水性较弱的顶底板泥岩层也有效的阻碍了煤层气的逸散。

3.4. 水动力分析

煤层气以吸附状态赋存于煤的孔隙中, 地层压力通过煤中水分对煤层气起封闭作用, 因此水动力条件对煤层气富集保存至关重要。交替的水动力条件不仅可以作为载体溶解带走煤层气, 同时也显示了开放的地层压力环境, 压力降低使煤层气解吸。稳定的水动力条件处于弱径流至滞留状态, 煤层气处于封闭环境下, 相对富集而不发生逸散。

本文利用井底压力计测得的井底压力, 转换为煤层测压水头, 再校正到统一基准面, 计算出每个井筒中煤层的流体势, 来研究矿区水动力场的分布特征(图 2)。从图 2 可以看出, 研究区水动力场分布特征

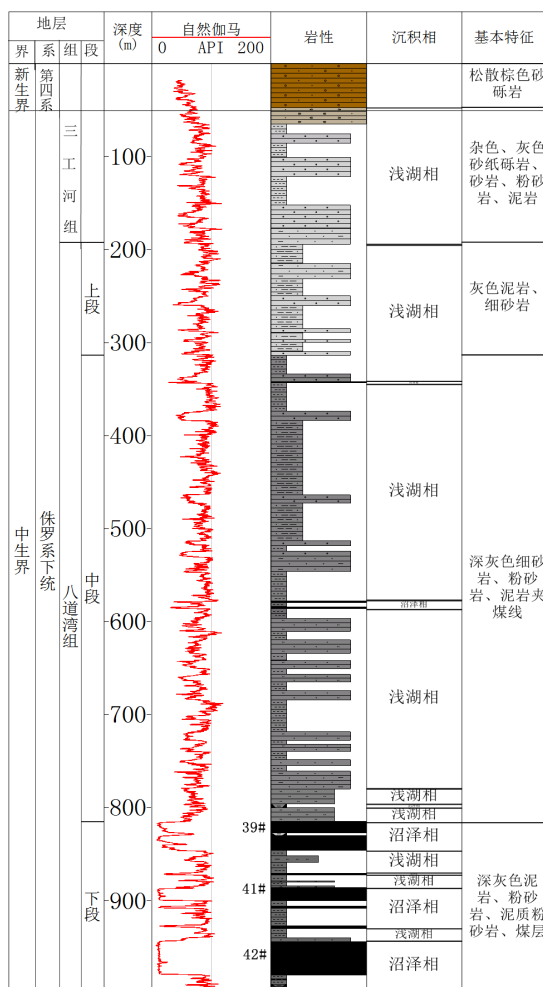


Figure 4. Log facies of F2 well
图 4. F2 井测井相

总体表现为“南高、北低”的特点，即地下水的流向整体表现为从南向北流动的趋势，从深部向浅部流动，而白杨河矿区地层总体为走向东西，向南倾斜的单斜构造，向南煤层埋藏越深，上覆地层越厚，可见地下水的流向受上覆岩层压重影响十分明显，上覆岩层压实驱动力是流体动力系统的主要动力源，因此认为白杨河矿区属于压实驱动型水动力样式。

为说明白杨河矿区水动力条件对煤层气保存的影响，充分利用地表水、火烧浅部煤层水、深部煤层气水的水型、矿化度等水化学特征参数来论证。泉水沟水和白杨河下游水的样点类型均为地表水，水型均为 Na_2SO_4 型，矿化度为 121.1~338 mg/L，火烧浅部煤田钻孔 M1 的水化学类型与地表水一样为 Na_2SO_4 型，矿化度为 267.42 mg/L， Na_2SO_4 型地下水代表活跃地表补给区水或排泄区水，低矿化度表示水动力条件活跃，煤层气成藏条件差，并且两者水化学特征类似，表明地表水和火烧浅部煤层水存在水力联系。深部煤层气井的水化学类型为 NaHCO_3 型，并且矿化度最低为 11834 mg/L，最高为 19178 mg/L，表 2，远高于地表水和浅部火烧煤层水的矿化度。 NaHCO_3 型地下水代表地下水动力稳定，煤层埋藏适中，成藏条件好且适合开发，高矿化度同样代表水动力条件弱，成藏条件好。火烧浅部煤层水和深部煤层水的水型和矿化度完全不同，显示活跃和稳定的两种完全不同的水动力样式，表明深部煤层水与地表水不存在水力联系，深部煤层气水代表有利的封闭环境，煤层气成藏条件更好。

通过平面水动力样式论证和纵向地层水矿化度及水型的对比分析，发现白杨河矿区上覆岩层压力驱使深部煤层水由高水势区向低水势区运动，即从深部流向浅部。地表水从煤层露头下渗补给，补给到浅部火烧煤层水，因白杨河矿区储层渗透率随埋深增加具有明显的下降趋势，所以随着埋深增加渗透率降低，浅部火烧水难以继续下渗，而与深部煤层水在水势最低点处汇合，深部煤层水对煤层气的保存起到封闭作用，而浅部火烧煤层水对煤层气的保存起到封堵作用，两者共同保证了煤层气的保存条件，因此含气量表现出与水势相同的“南高、北低”的特点，见图 2。

4. 高倾角煤层成藏模式分析

阜康白杨河矿区高倾角煤层的生气与成藏大致可分为两个阶段：

①燕山运动 I 幕沉降阶段，侏罗系八道湾煤层沉积并迅速埋深，这时伴随有生物成因气的生成，既初次生烃。埋深持续进行达到最大埋深，煤阶演化为气煤、肥煤，进入第二次生烃，含气量达到最高值，是白杨河矿区的主要生烃期。

②燕山运动 II 幕、III 幕及喜山期运动，侏罗系煤系地层被持续抬升并挤压，上覆岩层被剥蚀，压力降低，地层温度降低，煤层气进入富集保存阶段，构造下倾方向是煤层气富集成藏的有利位置。由于上倾方向煤系地层出露，受煤层自然影响，煤层中甲烷气体几乎燃烧殆尽。另外，露头地区接受降水的下渗补给，地表水通过补给区下渗。而下倾方向因受到上覆岩层压力，表现出较高的水势，在水势能动力下，下倾方向水向上倾方向运移或向上运移的趋势。在水势最低点，深层地下水和浅部供给水汇合，形成水势转化带。另一方面，上倾方向水流方向与煤层气的纵向逸散方向相反，阻止了煤层气的向上运移，起到水力封堵的作用。下倾方向地下水滞留，矿化度高，煤层气保存条件好，有利于煤层气富集成藏，见图 5。

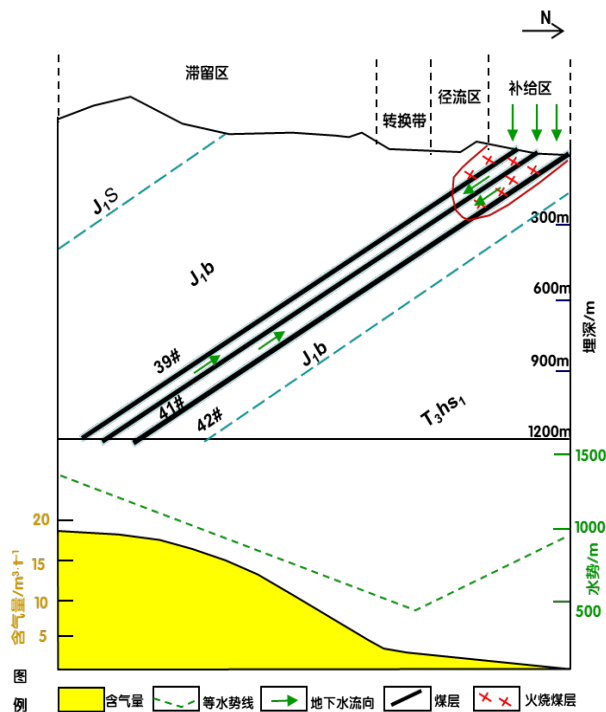


Figure 5. The sketch of high-dip coalbed methane reservoir in Baiyanghe mining area of Fukang

图 5. 阜康白杨河高倾角煤层气成藏模式示意图

总之，阜康白杨河矿区稳定巨厚的煤层，以及两次生烃作用，保证了丰富的资源基础；而构造抬升使煤层气藏发生调整；水动力条件的有效封闭保存了煤层气。现今的煤层气一般在下倾方向埋深较大、水体滞留处富集成藏。

5. 结论

阜康白杨河矿区的煤层倾角大具有典型的盆缘煤层展布规律，同时浅部煤层自燃、煤层厚度大、煤层含气量高且呈“南高、北低”的特点，又是研究区独特的煤层地质特征。

阜康白杨河矿区高倾角煤层气富集成藏，构造因素是最为直接的控气因素；原生物气与热成因气两种成烃类型与稳定的成煤环境保证了煤储集层的产气潜力；深部煤层水的封闭作用，浅部火烧煤层水的封堵作用，加之煤层顶底板泥岩层的有效阻隔，有效的封闭保存了煤层气，可见“生、储、保”三者的有利匹配是高倾角煤层气成藏和勘探开发的关键。阜康白杨河矿区的下倾方向、较大埋深、高水势区、弱水动力条件是煤层气富集保存的有利部位。

基金项目

国家科技重大专项项目 42 “大型油气田及煤层气开发” (编号：2016ZX05042-001)。

参考文献

- [1] 陈金刚, 秦勇, 桑树勋, 等. 准噶尔盆地煤层气勘探前景[J]. 天然气工业, 2003, 23(3): 127-129.
- [2] 尹准新. 新疆阜康煤矿区煤层气资源勘探前景及开发建议[J]. 中国煤层气, 2009, 6(2): 16-18.
- [3] 孙平, 王勃, 孙粉锦, 等. 中国低煤阶煤层气成藏模式研究[J]. 石油学报, 2009, 30(5): 648-653.
- [4] 雷怀玉, 孙钦平, 孙斌, 等. 二连盆地霍林河地区低煤阶煤层气成藏条件及主控因素[J]. 天然气工业, 2010, 30(6): 26-30.
- [5] 王勃, 姚红星, 王红娜, 等. 沁水盆地成庄区块煤层气成藏优势及富集高产主控地质因素[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(2): 366-372.
- [6] 崔思华, 刘洪林, 王勃, 等. 准噶尔盆地低煤阶煤层气成藏地质特征[J]. 现代地质, 2007, 21(4): 719-724.
- [7] 刘洪林, 王红岩, 赵群, 等. 吐哈盆地低煤阶煤层气地质特征与成藏控制因素研究[J]. 地质学报, 2010, 84(1): 133-137.
- [8] 陈刚, 秦勇, 胡宗全, 等. 不同煤阶深煤层含气量差异及其变化规律[J]. 高校地质学报, 2015, 21(2): 274-279.
- [9] 吴俊军, 游利萍, 杨和山. 准噶尔盆地阜康断裂带构造演化与油气成藏[J]. 新疆石油地质, 2013, 34(1): 36-40.
- [10] 姚刚, 刘强. 阜康煤矿区地质构造特征及瓦斯赋存规律研究[J]. 煤炭与化工, 2014, 37(5): 98-100.
- [11] 李本亮, 王明明, 魏国齐, 等. 柴达木盆地三湖地区生物气横向运聚成藏研究[J]. 地质论评, 2003, 49(1): 93-100.
- [12] 李志军, 李新宁, 梁辉, 等. 吐哈和三塘湖盆地水文地质条件对低煤阶煤层气的影响[J]. 新疆石油地质, 2013, 34(2): 158-161.
- [13] 蔚远江. 准噶尔盆地低煤级煤储层及煤层气成藏初步研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 中国地质大学, 2002: 83-84.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2163-3967，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ag@hanspub.org