

乌鲁木齐-大黄山地区煤层气地质条件研究

贾秉义

(中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077)



扫码移动阅读

摘要:针对乌鲁木齐-大黄山地区煤层气开发井产气量差异较大这一问题,在施工工艺和排采制度等外在因素影响大致相同的前提下,地质因素成为影响煤层气井产气量差异较大的主要因素。为此,对研究区煤层气地质条件、含气性特征、储层特征等方面进行了分析研究。结果显示研究区煤层具有厚度大、层数多、变质程度低,区内推覆构造发育,地层变形强烈,煤层倾角较大的特点;主要目标煤层空气干燥基含气量 $0.76 \sim 14.2 \text{ m}^3/\text{t}$, 平均 $8.19 \text{ m}^3/\text{t}$, CH_4 体积分数 $64.68\% \sim 89.65\%$, 平均低于 80% ; 煤储层中大、中孔隙所占比例较高,孔隙充填度较低,连通性较好,不同煤层对 CH_4 吸附储存能力有所不同,渗透率分布不均,储层压力梯度大部分低于 $0.95 \text{ MPa}/\text{hm}$,属于欠压储层。

关键词:煤层气;地质条件;储层特征;乌鲁木齐-大黄山地区

中图分类号: P618.11

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2018)11-0189-05

Study on geological condition of coalbed methane in Urumqi-Dahuangshan Area

JIA Bingyi

(Xi'an Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group, Xi'an 710077, China)

Abstract: According to a big difference between the gas productions of the coalbed methane developed wells in Urumqi-Dahuangshan Area, under the premise of the construction technique and gas drainage system as well as external factors affected as the same, the geological factor became the major factor affected to the high differences to the gas production of the coalbed methane wells. Therefore an analysis study was conducted on the coalbed methane geological conditions, gas content features, reservoir features and others in these area. The study results showed that the seams in the study area had the characteristics of the high thickness, multi seams, low metamorphic grade, the nappe structure developed within the study area, strata deformation serious and the high inclined seam. The air dried basis gas content of the main target seam was $0.76 \sim 14.2 \text{ m}^3/\text{t}$ and the average gas content was $8.19 \text{ m}^3/\text{t}$. The methane concentration was $64.68\% \sim 89.65\%$ and the average concentration was lower than 80% . In coal reservoir, the large and medium pores were taken a high percentage, the pore filled was low, the connection was good, different seam would have a different methane adsorption capacity and the permeability distribution was uneven. The pressure gradient of coal reservoir mostly lower than $0.95 \text{ MPa}/\text{hm}$ and reservoir was the under pressure reservoir.

Key words: coalbed methane; geological condition; reservoir features; Urumqi-Dahuangshan Area

0 引言

乌鲁木齐-大黄山地区位于准噶尔盆地南缘东段,煤层气资源丰富^[1-2]。目前共钻煤层气井 100 余口,其中部分井进行了排采,但不同气井产气量差

异明显,且稳产时间较短,部分气井产气量很低甚至不产气。导致煤层气井产气量差异明显的因素既有钻完井、压裂、排采等工艺技术条件,也有构造、水文地质、储层特征等地质条件。由于同一区块施工工艺条件大致相同,因此煤层地质条件便成为影

收稿日期: 2018-04-15; 责任编辑: 曾康生 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2018.11.029

基金项目: 国家科技重大专项资助项目(2016ZX05045-002-001, 2016ZX05045-002-002)

作者简介: 贾秉义(1988—),男,山西朔州人,硕士。E-mail: jiabingyi@cctegxian.com

引用格式: 贾秉义. 乌鲁木齐-大黄山地区煤层气地质条件研究[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(11): 189-193.

JIA Bingyi. study on geological condition of coalbed methane in Urumqi-Dahuangshan Area [J]. Coal Science and Technology, 2018, 46(11): 189-193.

响煤层气井产气量差异明显的主要因素^[3]。目前关于该区煤层气的研究主要从区域角度出发,对地质条件、储层特征、选区评价等方面进行了研究。李臣臣等^[4]通过显微光度计和扫描电镜能谱系统分析了该地区煤岩的显微裂隙和矿物特征;李小彦等^[5]分析了乌鲁木齐河东河西矿区煤层气赋存的地质条件、储层特征、资源量、煤层气保存条件等,并优选出了有利区块,为下一步煤层气勘探开发提供了依据;孙钦平等^[6]分析了煤层气地质特征和富集条件,并得出了淮南地区煤层气富集的主控因素;王屿涛等^[7]对该区域煤层气的成因、赋存及富集情况进行了研究;尹淮新等^[8-9]分析了新疆煤层气地质选区评价的方法和关键因素,并通过对阜康煤矿区构造、煤层、煤岩煤储层特征及影响煤层气赋存规律的地质因素的研究,进一步阐明了煤层气开发的有利条件和不利因素。乌鲁木齐-大黄山地区地域辽阔,区块内地质条件较为复杂,煤层厚度、埋深、含气量、渗透性等差异明显,而关于其地质条件的研究主要是从区域上进行的,区块内地质条件精细描述未见报道。

基于此,笔者从地质背景出发,通过煤体结构判识、裂缝观测、压汞试验、等温吸附试验等手段对乌鲁木齐-大黄山地区煤层气地质条件进行更加精细的描述,以期为该区煤层气勘探开发提供更加可靠的地质信息,有效地指导该区煤层气的勘探开发。

1 区域煤层气地质条件

1.1 构造和地层

乌鲁木齐-大黄山地区经历了多期构造运动,特别是喜马拉雅运动使地层强烈褶皱,压扭性构造发育并伴生一系列大型逆冲断裂。受构造运动影响,区内由南向北发育3排背斜带,充分展示了造山带隆升、前陆地层承受挤压的构造背景^[10-11]。研究区的主要发育上古生界、中生界、新生界地层,其中含煤地层为下侏罗统八道湾组(J₁b)和中侏罗统西山窑组(J₂x)。

1.2 煤层特征

乌鲁木齐-大黄山地区东部含煤地层为下侏罗统八道湾组,共含煤45层,煤层总厚平均106.98 m,含煤系数9%~11%,煤层倾角45°~53°,结构简单-复杂,以层状或似层状产出,少数为透镜状,沿走向和倾向变化明显^[12]。部分煤层因自燃严重,在地表形成了一条近东西向的烧变岩带,烧变岩从地表向深倾斜,深度达250~550 m(图1)。八道湾组主要煤层特征见表1。其中目前主要开发的42煤,其平

均厚度为16.54 m。

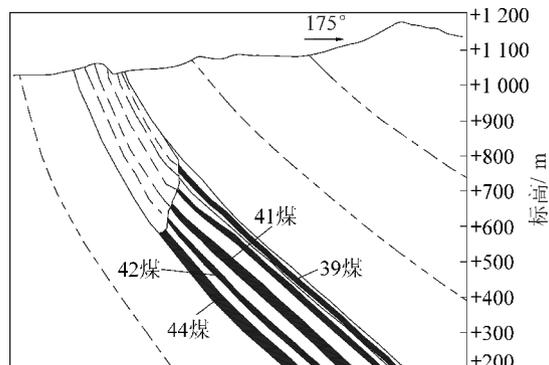


图1 乌鲁木齐-大黄山地区东部某勘探线剖面

Fig.1 Coal seams profile of exploration line in eastern Urumqi-Daohuangshan Area

西山窑组含煤地层主要分布在四工河以西地区,含煤50层,煤层总厚75.0~187.2 m,含煤系数4%~18%。煤层结构简单-复杂,沿走向和倾向有不同程度的变化。西山窑组上段发育煤层层数多,厚度变化大,极薄煤层-特厚煤层均有发育,以中厚煤层为主。下段发育煤层层数少,单层厚度大,平均单层厚度为22~56 m。西山窑组主要煤层特征见表1,其中45号煤层是目前煤层气开发的主要煤层,最大厚度达33.24 m。

表1 主要煤层参数特征

Table 1 Characteristic parameters of main coal seam

含煤地层	煤层	煤厚/m	$R_{o,max}/\%$	含气量/ ($m^3 \cdot t^{-1}$)
八道湾	39	5.60	0.68	12.75
	41	5.18	0.76	16.22
	42	16.54	0.78	15.90
西山窑	41	6.74	0.63	6.45
	43	18.00	0.64	12.22
	45	33.24	0.65	7.13

2 含气性特征

截至目前,乌鲁木齐-大黄山地区共施工煤层气井100多口,获得了大量含气量数据。主要目标煤层空气干燥基含气量0.76~14.2 m^3/t ,平均8.19 m^3/t 。区内煤层含气量分布不均,平面上西山窑组煤层在乌鲁木齐河-柏杨河地区要高于柏杨河-四工河地区,八道湾组则是水磨河-四工河地区和阜康白杨河-大黄山地区较其他地区高。同时由于煤层倾角较大,局部直接出露于地表,形成煤层气风化带,造成同一煤层不同区域不同深度瓦斯含量差别较大。

3 煤层气储层特征

3.1 孔隙特征

孔隙与煤储层的含气性、渗透性等密切相关。通常情况下,微孔和小孔构成煤的吸附容积,中孔和大孔构成煤的渗透系统。因此,孔隙大小对煤储层渗透性具有重要影响。采集乌东煤矿45煤和阜康白杨河矿区不同煤层的煤样进行了压汞试验,测试结果显示西山窑组煤储层大孔所占比6.23%~33.9%,平均18.91%,中孔7.57%~29.35%,平均19.75%;八道湾组煤储层大孔所占比16.4%~49.5%,平均28.39%,中孔4.7%~21.12%,平均13.66%。煤储层各孔径段百分比如图2所示。

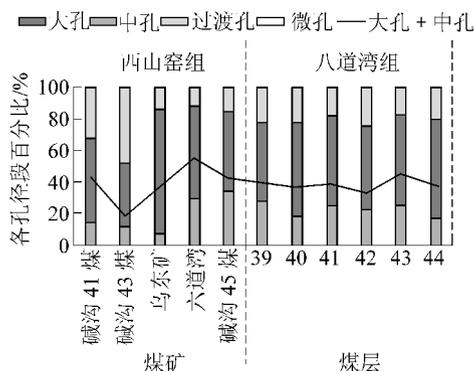
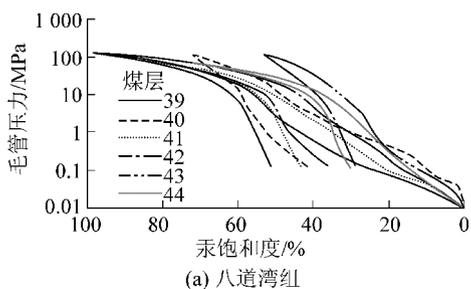
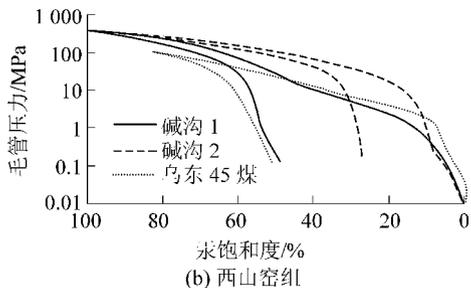


图2 不同区块主要煤层孔径结构分布

Fig.2 Pore structure distribution of main coal seam in different blocks



(a) 八道湾组



(b) 西山窑组

图3 不同区块不同煤层进-退汞曲线

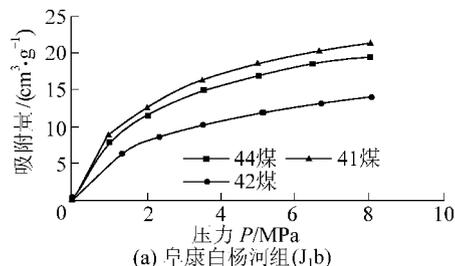
Fig.3 Curves of inlet and outlet mercury in different blocks

图2中显示出西山窑组煤储层以过渡孔和中孔为主,八道湾组煤储层大孔和过渡孔明显发育。压汞曲线可以反映孔隙的连通性,研究区煤样压汞曲线(图3)。能反映出煤储层最大进汞饱和度总体上大于80%,退汞效率大于50%,说明煤储层孔隙充填程度较低,连通性较好。

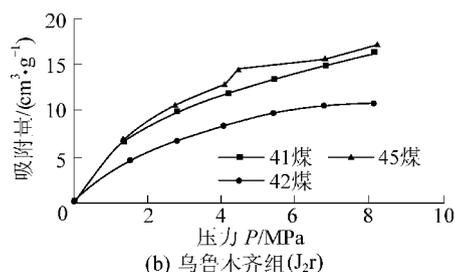
综合分析可以发现,研究区煤储层中大、中孔隙所占比例高于中、高煤阶煤储层,但是由于压汞试验煤样分布局限,其特征并不能反映整个研究区孔隙连通性特征,因此孔隙对渗透性的影响需进一步研究。

3.2 吸附特征

煤储层对煤层气的吸附可用 Langmuir 等温吸附方程来表示。乌鲁木齐-大黄山地区西山窑组煤储层空气干燥基 Langmuir 体积 $18.18 \sim 25.77 \text{ m}^3/\text{t}$, 平均 $22.2 \text{ m}^3/\text{t}$, 干燥无灰基 Langmuir 体积 $21.45 \sim 30.85 \text{ m}^3/\text{t}$, 平均 $24.7 \text{ m}^3/\text{t}$; 八道湾组空气干燥基 Langmuir 体积 $21.49 \sim 32.34 \text{ m}^3/\text{t}$, 平均 $25.87 \text{ m}^3/\text{t}$, 干燥无灰基 Langmuir 体积 $23.36 \sim 33.99 \text{ m}^3/\text{t}$, 平均 $28.01 \text{ m}^3/\text{t}$, 不同区块空气干燥基吸附曲线如图4所示。



(a) 阜康白杨河组(J_{1b})



(b) 乌鲁木齐组(J_{2r})

图4 主要煤层空气干燥基等温吸附曲线

Fig.4 Isothermal adsorption curves of main coal seam air drying base

由图4可以看出,区内各煤层对 CH_4 吸附能力有所不同。林海飞等^[13]通过液氮吸附试验发现研究区煤的吸附解吸等温线回滞环很小,吸附孔以一段开口的均匀圆筒形孔为主,煤样吸附孔发育程度差别明显,进一步证明了该区煤层对 CH_4 吸附能力的差异性。

3.3 渗透率特征

影响煤储层渗透性的因素很多,主要有煤体结

构、裂隙发育特征等。

1) 煤体结构。煤体结构是指组成煤层物质的颗粒大小、形态及其之间的相互关系,其形成于煤层在受到构造应力作用时,通过煤体结构可看出煤的整体性^[14-15],其在一定程度上决定了煤储层渗透性的好坏,软煤范畴的碎粒结构和糜棱结构煤渗透性较差,而具有中等破坏强度的原生结构和碎裂结构煤渗透性普遍较好^[16-18]。乌鲁木齐矿区的五官、碱沟矿煤层一般以原生结构为主,水磨河-四工河区块北部地区煤层以构造煤为主,煤体破碎程度不一,从碎裂结构-糜棱结构的煤均存在,其它地区多为原生结构煤;阜康矿区北部的小黄山井田以及中部的小龙口、东风井田多为构造煤。

2) 裂隙及其发育情况。煤层气在煤储层中的运移通道主要是裂隙系统,因此裂隙的发育特征及其连通性对储层渗透性具有重要影响。煤层的裂隙系统包括原生裂隙和次生裂隙。裂隙系统可以从宏观和微观2个角度进行观察。研究区煤中宏观裂隙普遍比较发育,一般0.6~25条/10 cm。主裂隙密度1~25条/10 cm,次裂隙密度0.6~15条/10 cm。乌鲁木齐矿区发育最好,裂隙密度9~25条/10 cm。裂隙多以高角度斜交或正交于煤层理面,裂隙充填物一般为黄铁矿、泥质及碳酸盐矿物。裂隙充填不具普遍性,因此对全区煤层渗透率影响较小。研究区煤储层显微裂隙发育良好,主裂隙平均长度0.22~0.94 cm,密度3.0~15.1条/cm;次裂隙平均长度0.05~0.37 cm,密度1.3~9.94条/cm。除乌东矿45煤和阜康白杨河矿区42煤、43煤连通性较差以外,其他地区观测结果连通性都为中等或好。

3) 渗透率分布特征。研究区煤储层渗透率分布不均,且变化范围较大^[19]。运用注入/压降法对目标煤层渗透率、储层压力等进行了测试(图5)。

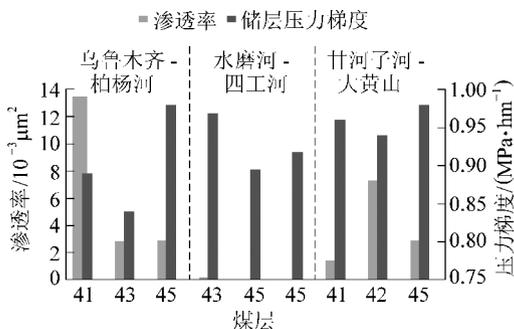


图5 煤储层注入/压降试井渗透率分布

Fig.5 Distribution of permeability of coal reservoir injection/drawdown test

从图5中看出,区内煤储层渗透率差异明显,除水磨河-四工河地区外,煤层渗透率总体大于 $2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,41煤最大达到 $13.48 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。但水磨河-四工河地区其储层渗透率均小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。进一步分析发现,不同煤层渗透率差别较大,即使是同一煤层在不同的部位其渗透率差别也较大。总体上,渗透率较好的地区都是以原生结构煤为主,宏观裂隙较发育,显微裂隙发育,裂隙充填物较少,连通性较好的地区。

3.4 煤储层压力

煤储层压力直接影响煤储层对煤层气的吸附和解吸能力,是影响煤层气开发成败的关键参数。随着储层压力逐渐增大,煤储层对 CH_4 的吸附能力增强^[20],煤层气降压排采难度降低。储层压力大小常用压力梯度衡量,储层压力梯度划分为3种类型。正常储层介于0.95~1.00 MPa/hm,高于1.00 MPa/hm属超压储层,低于0.95 MPa/hm属于欠压储层。

研究区煤储层压力梯度数据点较少且分布不均(图5)。按上述划分方案,研究区煤储层总体上处于欠压状态,甘河子河-大黄山地区接近正常,而西山窑组同一煤层在不同地区压力梯度也不同。因此,从储层压力角度考虑,甘河子河-大黄山地区对煤层气的富集较为有利。

4 结 论

1) 乌鲁木齐-大黄山地区煤层具有厚度大、层数多、变质程度低等特点。但是区内推覆构造发育,地层变形强烈,煤层倾角较大,局部近于直立。

2) 研究区煤层含气量分布不均,不同煤层含气量差异明显,即使同一煤层在不同地方含气量差别也很大, CH_4 浓度偏低。

3) 研究区煤储层中大、中孔隙所占比例较高,各煤层对 CH_4 吸附储存能力存在差异,不同煤体结构煤层都有分布,显微裂隙较为发育,裂隙连通性较好,渗透率和储层压力分布不均。

致谢:文章写作过程中得到了晋香兰研究员的悉心指导,取样和测试工作得到了项目组全体人员的支持,在此一并表示感谢!

参考文献(References):

[1] 陈刚.准噶尔盆地彩南地区深层低阶煤吸附特征及其影响因素[J].煤田地质与勘探,2016,44(2):50-54.

CHEN Gang. The adsorption characteristics and affecting factors of

- deep low-rank coal in Cainan area of Junggar Basin[J]. *Coal Geology & Exploration*, 2016, 44(2): 50-54.
- [2] 王德利,李凤义,杨曙光.淮南煤田煤储层和围岩对煤层气聚集的影响分析[J].*中国煤层气*, 2013, 10(2): 7-11.
WANG Deli, Li Fengyi, YANG Shuguang. The influence analysis of coal reservoir and surrounding rock on CBM accumulation in Zhunnan Coalfield[J]. *China Coalbed Methane*, 2013, 10(2): 7-11.
- [3] 张培河,刘钰辉,王正喜,等.基于生产数据分析的沁水盆地南部煤层气井产能控制地质因素研究[J].*天然气地球科学*, 2011, 2(5): 909-914.
ZHANG Peihe, LIU Yuhui, WANG Zhengxi, *et al.* Geological factors of production control of CBM well in South Qinshui Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2011, 2(5): 909-914.
- [4] 李臣臣,刘大猛,蔡益栋,等.新疆淮南地区煤储层显微裂隙特征及矿物控因分析[J].*煤炭科学技术*, 2015, 43(12): 144-151.
LI Chenchen, LIU Dameng, CAI Yidong, *et al.* Analysis on micro-fracture characteristics and control action of mineral genesis of coal reservoir in south margin of Junggar Basin, Xinjiang[J]. *Coal Science and Technology* 2015, 43(12): 144-151.
- [5] 李小彦,钟铃文,李瑞明,等.乌鲁木齐河东河西矿区煤层气储层特征[J].*中国煤田地质*, 2003, 15(5): 19-21.
LI Xiaoyan, ZHONG Lingwen, LI Ruiming, *et al.* Characteristics of coalbed methane reservoir in Hedong-Hexi Area, Urumqi [J]. *Coal Geology of China*, 2003, 15(5): 19-21.
- [6] 孙钦平,孙斌,孙粉锦,等.准噶尔盆地东南部低煤阶煤层气富集条件及主控因素[J].*高校地质学报*, 2012, 18(3): 460-464.
SUN Qinqing, SUN Bin, SUN Fenjin, *et al.* Accumulation and geological controls of low-rank coalbed methane in southeastern Junggar Basin [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2012, 18(3): 460-464.
- [7] 王屿涛,谢姝,刘全艳,等.准噶尔盆地低阶煤煤层气资源及勘探潜力分析[J].*新疆石油学院学报*, 2002, 14(3): 5-7.
WANG Yutao, XIE Shu, LIU Quanyan, *et al.* Low-rank coalbed methane resources and exploration potential in Junggar Basin [J]. *Journal of Xinjiang Petroleum Institute*, 2002, 14(3): 5-7.
- [8] 尹淮新,谈红梅,坛俊颖,等.新疆低煤阶煤层气勘探选区评价标准的探讨[J].*中国煤层气*, 2009, 6(6): 9-13.
YIN Huaixin, TAN Hongmei, TAN Junying, *et al.* Discussion on criteria for evaluation of selected target areas in prospecting CBM in low-rank coal in Xingjiang [J]. *China Coalbed Methane*, 2009, 6(6): 9-13.
- [9] 尹淮新.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.
YIN Huaixin. Prospect of exploration of CBM resources in Fukang Coal Mining Area in Xinjiang and recommendations on its development [J]. *China Coalbed Methane*, 2009, 6(2): 16-18.
- [10] 李忠权,陈更生,张寿庭.新疆准噶尔盆地南缘拉张伸展动力学环境的探讨[J].*高校地质学报*, 1998, 4(1): 73-78.
LI Zhongquan, CHEN Gengsheng, ZHANG Shouting. Discussion on the extensional dynamic setting in the south margin of Junggar Basin, Xinjiang, China [J]. *Geological Journal of China Universities*, 1998, 4(1): 73-78.
- [11] 崔思华,刘洪林,王勃,等.准噶尔盆地低煤级煤层气成藏地质特征[J].*现代地质*, 2007, 21(4): 719-724.
CUI Sihua, LIU Honglin, WANG Bo, *et al.* Trapping characteristics of coalbed methane in low-rank coal of Junggar Basin [J]. *Geoscience*, 2007, 21(4): 719-724.
- [12] 田继军,杨曙光.准噶尔盆地南缘下-中侏罗统层序地层格架与聚煤规律[J].*煤炭学报*, 2011, 36(1): 58-64.
TIAN Jijun, YANG Shuguang. Sequence strata and coal accumulation of lower and middle Jurassic formation from southern margin of zhunggar Basin [J]. *Journal of China Coal Society*, 2011, 36(1): 58-64.
- [13] 林海飞,程博,李树刚,等.新疆阜康矿区煤层孔隙结构特征的氮吸附实验研究[J].*西安科技大学学报*, 2015, 35(6): 721-726.
LIN Haifei, CHENG Bo, LI Shugang, *et al.* Nitrogen adsorption experimental study on pore structure characteristics of coal seams in Xinjiang Fukang Mining Area [J]. *Journal of Xi'an University of Science and Technology*, 2015, 35(6): 721-726.
- [14] 薛喜成,高雅翠.淮南煤田煤体结构分布特征及其控制因素探讨[J].*西安科技大学学报*, 2006, 26(2): 193-195.
XUE Xicheng, GAO Yacui. Distribution characteristics and controlling factors of coal in Huainan Coalfield [J]. *Journal of Xi'an University of Science and Technology*, 2006, 26(2): 193-195.
- [15] 吕闰生,彭苏萍,徐延勇.含瓦斯煤体渗透率与煤体结构关系的实验[J].*重庆大学学报*, 2012, 35(7): 114-118.
LYU Runsheng, PENG Suping, XU Yanyong. Experiments on the relationship between permeability of gas-bearing coal and coal body structure [J]. *Journal of Chongqing University*, 2012, 35(7): 114-118.
- [16] 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.
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.
- [17] 王维旭,贺满江,王希友,等.筠连区块煤层气产能主控因素分析及综合评价[J].*煤炭科学技术*, 2017, 45(9): 194-200.
WANG Weixu, HE Manjiang, WANG Xiyu, *et al.* Analysis on main controlling factors and comprehensive evaluation of coalbed methane production capacity of Junlian Block [J]. *Coal Science and Technology*, 2017, 45(9): 194-200.
- [18] 张超,黄华州,徐德林,等.基于测井曲线的煤体结构判识[J].*煤炭科学技术*, 2017, 45(9): 47-51.
ZHANG Chao, HUANG Huazhou, XU Delin, *et al.* Coal structure identified based on logging curve [J]. *Coal Science and Technology*, 2017, 45(9): 47-51.
- [19] 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].北京:中国地质大学(北京), 2002.
- [20] 张群,桑树勋,钟铃文,等.煤层吸附特征及储气机理[M].北京:科学出版社, 2010.