

淮北煤田宿东矿区芦岭煤矿煤层气赋存地质条件及主控因素分析

刘朝奇¹, 魏强^{1,2*}, 石从秋¹, 赵孔雨¹, 夏胡斌¹, 未子林¹, 童家颖¹

¹宿州学院资源与土木工程学院, 安徽 宿州

²国家煤矿水害防治工程技术研究中心, 安徽 宿州

收稿日期: 2023年4月7日; 录用日期: 2023年5月21日; 发布日期: 2023年5月31日

摘要

通过主采煤层含气量及组分测试, 结合宿东矿区芦岭煤矿主采煤层的煤岩与煤质、地质构造以及煤层顶底板岩性等特征, 分析了主采煤层煤层气特征主控因素。结果表明: 8煤层含气量在5.75~9.18 m³/t之间, 10煤层含气量在5.91~10.03 m³/t之间, 含气量与煤层埋深均呈正相关关系; 在空间分布上, 含气量呈“中部较高, 南北稍低”的分布趋势。8和10煤煤层气组分均以甲烷为主, 与埋深呈正相关关系。8煤层顶底板以泥岩为主, 10煤层顶底板以砂岩和泥岩为主, 有较好的封盖条件。

关键词

芦岭煤矿, 煤层气, 含气量, 控气因素

Analysis of Geological Conditions and Main Controlling Factors of Coalbed Methane Occurrence in Luling Coal Mine of Sudong Mining Area

Chaoqi Liu¹, Qiang Wei^{1,2*}, Congqiu Shi¹, Kongyu Zhao¹, Hubin Xia¹, Zilin Wei¹, Jiaying Tong¹

¹School of Resources and Civil Engineering, Suzhou University, Suzhou Anhui

²National Engineering Research Center of Coal Mine Water Hazard Controlling, Suzhou Anhui

Received: Apr. 7th, 2023; accepted: May 21st, 2023; published: May 31st, 2023

*通讯作者。

文章引用: 刘朝奇, 魏强, 石从秋, 赵孔雨, 夏胡斌, 未子林, 童家颖. 淮北煤田宿东矿区芦岭煤矿煤层气赋存地质条件及主控因素分析[J]. 自然科学, 2023, 11(3): 476-482. DOI: 10.12677/ojns.2023.113057

Abstract

By testing the gas content and component of the main mining seam, combined the characteristics of coal rock and coal quality, geological structure and lithology of the top and bottom of the coal seam in the Luling coal mining area of the Sudong mine, analyzed the main controlling factors of the coalbed methane (CBM) characteristics of the main mining seam. Results show that the gas content of the 8 coal seam ranges from 5.75 to 9.18 m³/t, and that of the 10 coal seam ranges from 5.91 to 10.03 m³/t. The gas content is positively correlated with the burial depth of the coal seam; in terms of spatial distribution, the gas content shows a distribution trend of “higher in the central part and slightly lower in the north and south”. Both 8 and 10 CBM fractions are dominated by methane and show a positive correlation with depth of burial. The top and bottom plates of the 8 coal seam are mainly mudstone, and the top and bottom plates of the 10 coal seam are mainly sandstone and mudstone, which have good sealing conditions.

Keywords

Luling Coal Mine, CBM, Gas Content, Gas Control Factors

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

煤层气是与煤伴生的非常规天然气，以甲烷为主要组成部分，含其他气体的绿色洁净能源。合理的开发与利用煤层气，不但可以减少因开采煤矿产生的瓦斯事故，还可以提高对清洁能源的供应。安徽省淮北煤田煤炭资源储量高，煤层气资源丰富，其中-2000 m 以浅煤层气预测资源量为 3976.36 亿 m³ [1]。位于淮北煤田宿州区块的芦岭煤矿探明煤层气储量 31.6 亿 m³，技术可采储量 15.8 亿 m³ [2]。研究与深入了解煤层气的赋存地质条件及主控因素对煤层气资源勘探及开采具有重要意义。

姜迪[3]通过对煤层含气量等温吸附与解吸特征的分析，初步确定了煤层物性条件对煤层气含气量赋存的主要影响。徐旭昭[4]通过对宿临矿区构造特征分析，初步确定了构造演化是影响煤层气赋存的控制因素。张文永等[5]通过分析煤层气的含量与分布，初步确定了地质构造是影响煤层气富集的主要因素。前人往往通过单一或某几个控气因素分析煤层气赋存特征。本文以宿东矿区芦岭煤矿 8 煤层和 10 煤层为研究对象，结合含气量、有机显微组分及煤化指标测试，对埋藏深度、地质构造等地质条件进行了综合探讨，从而揭示了煤层气的主控因素。研究结果可为宿东矿区芦岭煤矿煤层气后续的勘查和发掘提供理论依据。

2. 地质背景

宿东矿区位于安徽省宿州市东南方向，芦岭煤矿位于宿州市东南约 20 km 处，北距淮北市约 81 km，西与朱仙庄煤矿相邻，处于宿东向斜西南翼的东南端。芦岭井田南北长约 8.2 km，东西宽约 2~6 km，矿井面积约为 30 km²。整体地层处于西寺坡逆冲断层的上盘，以正断层为主，走向主要以北东及北西向为主。含煤地层为二叠系，自上而下划分为上石盒子组、下石盒子组和山西组，主要含煤层段为下石盒子组和山西组。处于上、下石盒子组的 3 煤层~7 煤层为薄煤层，稳定性差，增加了在开采上的难度，仅为局部可采[6]，主要可采煤层为 8 煤层和 10 煤层。宿东矿区地质构造纲要图(如图 1 所示)。

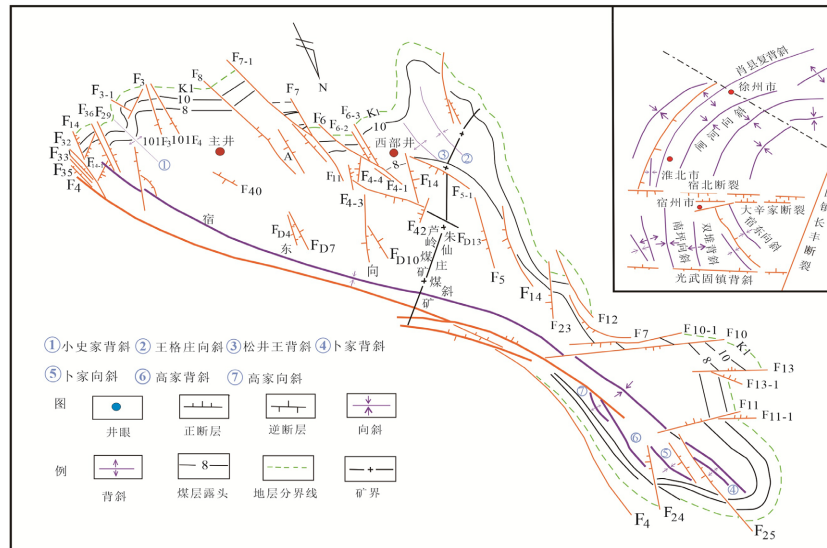


Figure 1. Geological structure map of the Sudong mining area [6]
图 1. 宿东矿区地质构造纲要图[6]

3. 煤层气组分特征

芦岭煤矿 8 煤层和 10 煤层的煤层气组分以甲烷(CH₄)为主、其次为二氧化碳(CO₂)和氮气(N₂), 重烃含量较低。根据所测样品数据可知, (如图 2(a)所示) 8 煤层 CH₄ 浓度占比在 97.3%~98.9%之间, 平均值为 97.47%, 10 煤层 CH₄ 浓度占比在 97.2%~98.6%, 平均值为 97.15%; (图 2(b)所示) 8 煤层 CO₂ 浓度占比在 0.5%~2.5%之间, 平均值为 1.06%, 10 煤层 CO₂ 浓度占比分别在 0.6%~1.4%之间, 平均值: 0.8%; (图 2(c)所示) 8 煤层 N₂ 浓度占比介于 0.2%~1%之间, 平均值为 0.44%, 10 煤层 N₂ 浓度占比在 0.4%~0.9%之间, 平均值: 0.54%。(图 2(d)所示)为 8 与 10 煤层 CO₂ 和 N₂ 的含量, 从图中可以看出部分样品中的 CO₂ 浓度增加或减少时 N₂ 浓度会随之减少或增加。

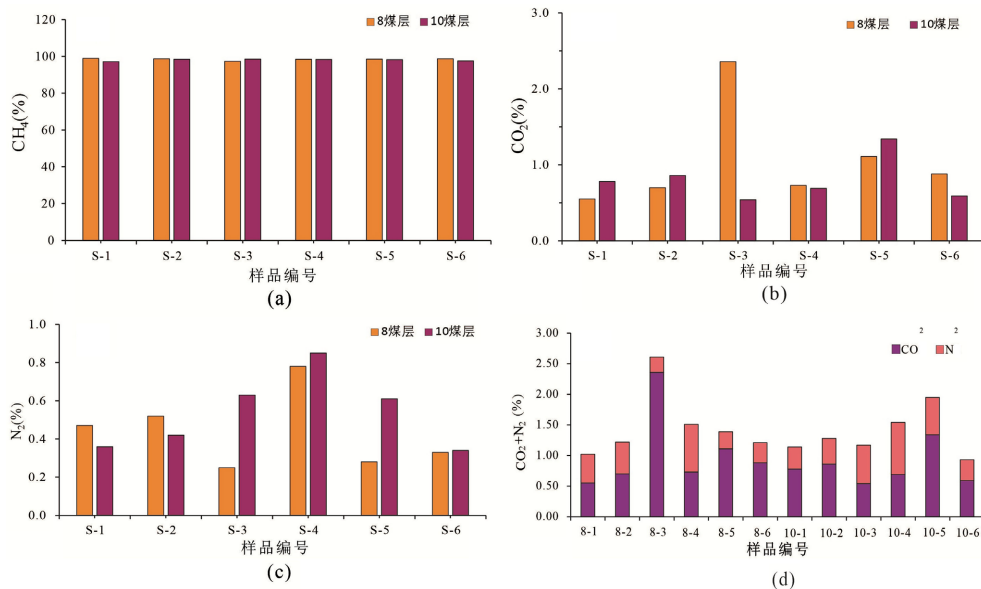


Figure 2. Histogram of gas content components in minable coal seam of Luling Coal Mine
图 2. 芦岭煤矿主采煤层含气量组分直方图

4. 含气量特征

各主采煤层含气量测试结果(见图 3), 8 煤层含气量在 5.75~9.18 m^3/t 之间, 平均值为 7.47 m^3/t 。10 煤层含气量在 5.91~10.03 m^3/t 之间, 平均值为 9.01 m^3/t 。分析得出, 在宿东矿区芦岭煤矿中, 大部分地区煤层气含量在 6 m^3/t 以上, 10 煤层的含气量均值大于 8 煤层中的含气量。在样品 S-4、S-5、S-6 中, 8 煤层含气量相较于样品 S-1、S-2、S-3 中的含气量都有降低, 均少于 10 煤层含气量; 在 10 煤层中含气量却多于序号 S-1、S-2、S-3 样品中的含气量, 且 S-5 号样品中含气量数值异常为 10.03 m^3/t , 是样品中煤层气含量的最大值。

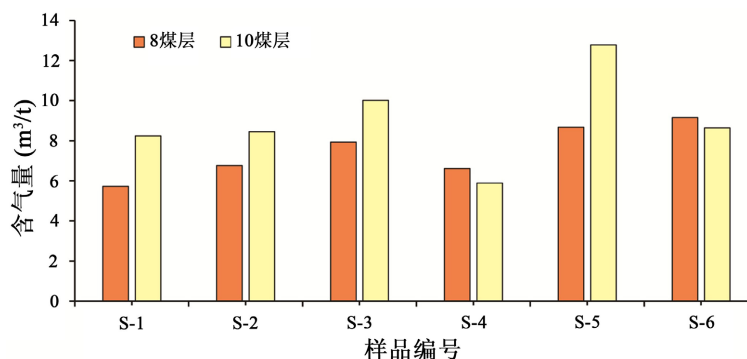


Figure 3. Histogram of gas content in minable coal seam of Luling Coal Mine
图 3. 芦岭煤矿主采煤层含气量直方图

5. 煤岩与煤质特征

有机显微组分测试结果(如图 4(a)所示), 8 煤层煤岩有机显微组分以镜质组为主, 约占 50.4%~84.2%, 其次为惰质组, 约占 12.9%~44.1%, 壳质组约占 2.2%~14.7%, 镜质体最大反射率为 0.78%~0.99%。10 煤层显微组分以镜质组为主, 约占 55.6%~77.5%, 其次为惰质组, 约占 16.7%~39.3%, 壳质组约占 3.0%~12.1%, 镜质组最大反射率为 0.71%~0.92%。

煤层气中工业煤组分的含量是评估工业煤炭质量的最重要指标, 也是影响工业煤层气因子量的主要因素之一[7] [8]。通过煤的工业分析可以了解煤样的水分(M_{ad})、灰分(A_{ad})、挥发分(V_{ad})等煤化指标, 参照煤化指标可以评价煤质。经过对样品的分析, 可以获得 8 煤层和 10 煤层中的水分、灰分和挥发分在各煤层中的占比(如图 4(b)所示)。在各自煤层中水分所占比例最小, 挥发分所占比例最大, 其次为灰分。8 煤层中水分含量约为 0.91%~2.04% (平均值: 1.53%), 灰分含量约为 7.74%~22.47% (平均值: 13.73%), 挥发分含量约为 43.01%~64.90% (平均值: 32.78%)。在 10 煤层中水分含量约占 0.88%~1.22% (平均值: 1.00%), 灰分含量约为 6.24%~19.61% (平均值: 11.92%), 挥发分含量约占 39.86%~59.12% (平均值: 36.96%)。基于煤的挥发分含量结合各项煤基指标测定结果得出, 8 煤层和 10 煤层煤变质程度较低, 煤类主要为气煤和弱粘煤。

6. 煤层气主控因素分析

6.1. 地质构造

不同形态, 不同性质的地质构造对煤层的形态及煤层气的运移与聚集具有不同的影响。不同的褶皱类型及其不同构造部位, 存在的构造应力场也有所差异, 会造成储层原始特征发生不同改变, 从而对煤层气的封存与聚集的控制作用也明显不同[9]。

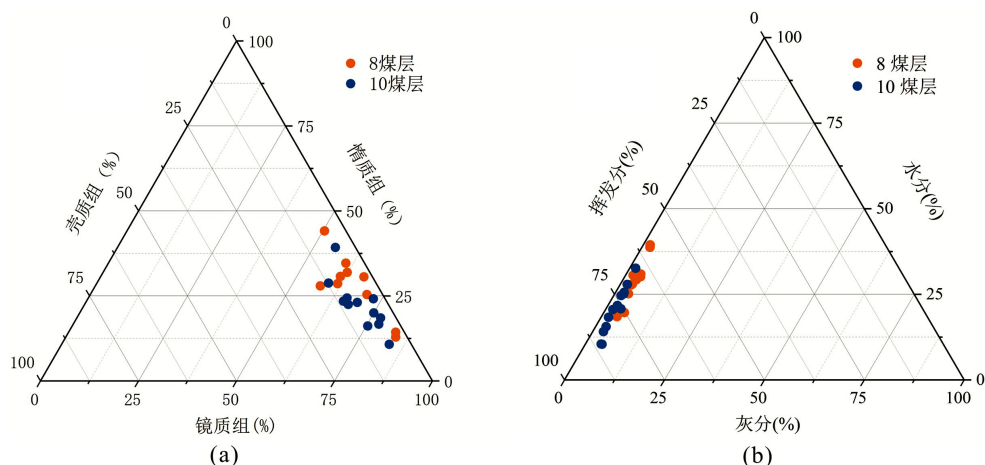


Figure 4. The results of organic macerals and industrial analysis of coal samples
图 4. 煤的有机显微组分与工业分析结果

宿东矿区位于徐宿弧形构造带 S 端，处于西寺坡断层的上盘，总体上为一不对称的向斜，轴向为 $312^{\circ}\sim 331^{\circ}$ ，轴长 18 km，宽 1.5~5.8 km，向斜核部由二叠系地层组成[10]。本研究区含煤地层及煤层气赋存受到多期地质构造运动的影响和制约，地层产状变化较大，褶皱构造丰富。印支构造期为 EW 向构造发育期，此次构造运动对宿东向斜的产生影响不大，因此对研究区后期煤层气的产生及赋存影响较小，主要表现为华北板块与扬子板块的撞击拼接。

燕山构造期为 NEE 向构造发育期，燕山运动早期在宿东矿区的构造从 NE 向偏转为 NWW 向而产生了挤压应力，使得该矿区形成了弧形逆冲推覆构造体[11]。由于中晚侏罗世更强烈的燕山运动，使得徐宿地区发生由 E 向 W 的推覆，主要表现为走向 NW 的西寺坡逆冲断层。在西寺坡断层的构造挤压应力下，使得宿东矿区构造变形十分明显，形成了以宿东向斜为主的构造格局。

芦岭煤矿主采煤层中的煤层气严格受到徐宿弧形构造体的控制，由于宿东向斜位于西寺坡逆冲断层的上盘，导致煤层埋藏不深，且向斜内的断层以逆断层为主，构造透气性差，对煤层气的富集有积极影响。宿东向斜中间深两边浅，中部向两端仰起，因此煤层气的赋存呈现中部较高，南北稍低，煤层气的分布与宿东向斜形状有一定联系。

6.2. 煤层埋深影响

由于宿东向斜构造的影响，使得芦岭煤矿煤层气的分布具有不均衡的现象。同一地区，由于煤层埋深不同，导致各煤层的煤层气含量各有差异。根据 8、10 煤层的样品分析，得到了煤层埋藏深度与含气量关系图(如图 5(a)、图 5(b)所示)。芦岭煤矿 8 煤层埋深在 600~900 m，平均 747 m；10 煤层埋深在 700~1000 m，平均 840 m。(如图 5(a)所示) 8 煤层含气量与埋深呈弱正相关关系，相关性系数在 0.4 左右；“如图 5(b)所示”，10 煤层含气量与埋深也呈弱正相关关系，相关性系数接近 0.5。这表明随着埋藏深度的增加，8、10 煤层煤层气含量有增加的趋势，但也存在随埋深增加含气量反而减少的情况。通过对国内外研究现状的分析，发现在正常情况下，随煤层埋藏深度增大含气量随之增高，达到一定深度后含气量有减小的趋向。煤层气含量的多少，在垂向上受构造、埋深、煤层厚度、地下水等诸多因素影响。

通过对样品分析测试可知，埋深不仅对含气量有显著影响，还与煤层气的化学组分之间有一定联系。(如图 5(c)所示) 8 煤层煤层气中甲烷含量与埋深呈正相关关系，相关性系数为 0.7074，在埋深 732.41~850.69 m 之间，甲烷含量占比在 98%以上；(如图 5(d)所示) 10 煤层煤层气中甲烷含量与埋深也呈

正相关关系, 相关性系数为 0.6874, 在埋深 833.40~917.70 m 之间, 甲烷含量占比在 98%以上。

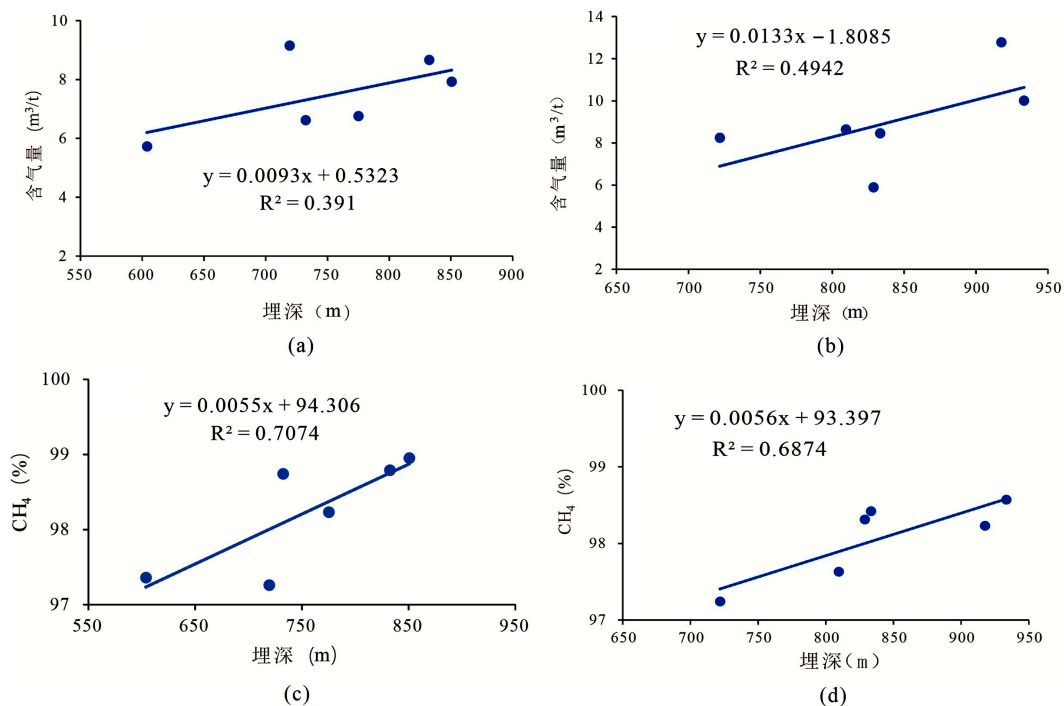


Figure 5. Relationship between burial depth and methane, gas content of 8 and 10 coal seams

图 5. 8 和 10 煤层含气量、甲烷与埋深关系图

6.3. 煤层顶底板条件

煤层顶底板是阻挡煤层气的主要屏障, 是煤储层周围岩石排列中的主要岩层。顶板和底板岩体的透性对煤层气的储存、运移和富集具有重要影响。如果围岩为泥岩或多为泥质, 裂隙发育程度低, 且当厚度 > 0.5 m 时, 将阻止煤层气的逸散, 具有良好的密封性, 有助于煤层气的富集。相反, 如果顶板和底板是固体粗砂岩或透气良好的石灰岩, 这对煤层气逸散有积极影响而不利于煤层气富集。

芦岭煤矿 8 煤层顶底板以泥岩为主, 粉砂岩次之, 局部为中砂岩, 岩体岩性主要为硬质岩体或中硬质岩体, 底板为砂质泥岩和粉砂岩互层, 围岩透性较低, 而且横向连续性优异, 有利于煤层气的保存。10 煤层顶底板以砂岩和泥岩为主, 且一般情况下砂岩厚度较大, 岩体岩性主要为硬质岩体, 底板以泥岩为主, 砂岩次之, 泥岩所占比例一般 $> 50\%$, 围岩透性也较低, 故有利于煤层气的富集。

7. 结论

本文结合芦岭煤矿地质背景, 分析了主采煤层的含气量特征、煤岩与煤质特征, 揭示了煤层气主控因素, 主要得出了以下结论:

1) 芦岭煤矿主采煤层 8 煤层含气量介于 $5.75\sim 9.18$ m³/t 之间, 平均值为 7.47 m³/t; 10 煤层含气量介于 $5.91\sim 10.03$ m³/t 之间, 平均值为 9.01 m³/t。在空间分布上, 由于受宿东矿区地质构造的影响, 含气量呈“中部较高, 南北稍低”的分布趋势。

2) 芦岭煤矿多含煤地层发育, 根据煤工业化分析结果可知 8 煤与 10 煤中煤化指标中挥发分含量高, 变质程度低, 煤类主要为气煤和弱粘煤。

3) 8 和 10 煤煤层气组分均以甲烷为主, 与埋深呈正相关关系。对煤层顶底板研究得出 8 煤层顶底板

以泥岩为主, 10 煤层顶底板以砂岩和泥岩为主有较好的封盖条件, 对煤层气的富集有积极影响。

基金项目

省级大学生创新创业训练计划项目(S202110379198, 深部低渗煤层气储层孔裂隙三维可视化表征); 宿州学院第十六届大学生科研立项(ZCXM22-326, ZCXM22-325); 宿州学院博士后科研启动基金(2022BSH001); 安徽省高校自然科学研究项目(KJ2021A1113)。

参考文献

- [1] 张文永. 安徽省“十三五”期间煤层气勘查开发的战略思考[J]. 中国煤炭地质, 2016, 28(12): 38-42.
- [2] 刘春, 孙贵, 陈伯年, 等. 安徽省煤层气勘查开发进展与发展方向[J]. 安徽地质, 2022, 32(2): 188-192.
- [3] 姜迪. 宿州煤层气田芦岭区煤层气地质特征[J]. 能源技术与管理, 2020, 45(3): 137-139.
- [4] 徐旭昭. 宿临矿区瓦斯地质规律及分布特征[J]. 煤炭科技, 2014(3): 100-102.
- [5] 张文永, 吴基文, 徐胜平. 宿临矿区地质构造特征及其对瓦斯赋存的影响[J]. 煤炭工程, 2010(10): 75-77.
- [6] 高尚. 宿东矿区瓦斯地质及突出危险性研究[D]: [硕士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2020.
- [7] 杨建强. 芦岭井田煤层气直井产能主控因素研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安科技大学, 2016.
- [8] 王博文. 芦岭煤矿 10 煤构造发育特征及瓦斯控制规律研究[D]: [硕士学位论文]. 淮南: 安徽理工大学, 2022.
- [9] 方爱民, 侯泉林, 琚宜文, 等. 不同层次构造活动对煤层气成藏的控制作用[J]. 中国煤田地质, 2005, 17(4): 15-20.
- [10] 朱冠宇. 宿东矿区构造煤分布规律及构造控制机理[D]: [硕士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2017.
- [11] 李云波, 姜波. 宿县矿区构造特征及其对煤层气赋存的控制[J]. 中国煤炭地质, 2014(11): 26-30.