

文章编号: 1001-1986(2010)03-0010-05

淮南矿区保护层开采卸压范围及瓦斯抽采地面井部署

武 杰¹, 桑树勋¹, 方良才², 黄华州¹, 吴国代¹, 杨欣超¹

(1. 中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221116;

2. 淮南矿业(集团)有限责任公司, 安徽 淮南 232001)

摘要: 以保护层卸压开采和卸压瓦斯地面井抽采工程实践取得的大量资料为基础, 结合采区上覆岩层变形变位检测和煤岩层力学性质实验室测试结果, 总结了煤与煤层气开采地质条件, 讨论了确定保护层开采有效卸压范围的方法, 得到了淮南矿区保护层开采有效卸压范围的结果, 分析了其对卸压瓦斯地面井部署的影响, 提出了淮南矿区卸压瓦斯地面井部署的建议。研究结果表明: 淮南矿区 11-2 保护层的最大有效保护距离为 117 m, 11-2 保护层的开采对 13-1 被保护层的保护是有效的; 走向有效卸压保护角为 64°, 倾向有效卸压保护角下方为 77°、上方为 83°, 被保护层的卸压范围相对于保护层下部内错 15.4 m, 上部内错 8.2 m; 地面井应部署在走向上距始采线 37 m 外, 倾向上靠近回风巷 13~30 m 之间的位置。研究结果对实现煤层气高效、持续、稳定的抽采和煤与煤层气共采意义重大。

关键词: 保护层开采; 卸压范围; 卸压瓦斯抽采; 地面钻井; 井位部署

中图分类号: P618.11 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1986.2010.03.003

Protective seam mining released range and the site deployment of the released methane draining surface well in Huainan mine area

WU Jie¹, SANG Shuxun¹, FANG Liangcai², HUANG Huazhou¹, WU Guodai¹, YANG Xinchao¹

(1. School of Resource and Geoscience, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;

2. Huainan Mining Group Co.Ltd, Huainan 232001, China)

Abstract: Based on data from protective seam mining and released methane surface drainage engineering practices, combined with the deformation and displacement detection of the overlying strata in mining area and the rock mechanical properties testing results of the coal seam in laboratory, the paper summarizes the geology conditions of mining coal and coalbed methane, discusses the method of determining the efficient released ranges and obtains the results of the ranges, analyzes the released ranges' influence on the released methane surface well site deployment and presents suggestion about that. The findings indicate that 11-2 coal's maximum protective distance is 177 m in Huainan mine area, the released angle along the strike is 64°, along the dip the angle in inferior part is 77°, in superior part is 83°, relative to 11-2 coal, the released range of 13-1 coal along the dip retracts inwards 15.4 m in inferior part, in superior part retracts inwards 8.2 m, the surface well should be deployed at 37 m far from start-mining line along the strike and close to return airway about 13~30 m along the dip. The findings are significant for realizing coalbed methane drainage efficiently, stably, continuously and simultaneously extracting coal and coalbed methane.

Key words: protective seam mining; released range; released methane drainage; surface well; well site arrangement

利用地面钻井抽放煤层气, 具有抽放浓度高、抽采率高和施工条件好等优点。我国煤储层的透气性系数普遍很低, 这严重制约了煤层气地面井的抽放效果, 而通过开采保护层的卸压作用, 可以使上覆煤岩体产生显著的卸压增流效应, 其透气性相对

卸压前可增加数千倍^[1-2]。因此, 通过保护层开采的卸压作用进行地面井抽采, 将取得很好的效果。

然而, 在抽采实践中, 卸压地面井抽采煤层气面临严重的井孔稳定性问题, 这甚至是影响地面井抽采效果的决定性因素。以往对地面井的井位部署

收稿日期: 2009-06-27

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2007AA06Z220); 教育部科学技术研究重大项目(307014); 淮南矿业(集团)有限责任公司项目(7F081196)

作者简介: 武 杰(1985—), 男, 山西大同人, 硕士研究生, 主要从事煤层气开发技术研究。

主要着眼于岩层移动后透气性的增幅,而很少考虑井位的选择对地面井稳定性的影响,从而使井孔过早破坏而停止产气。针对该问题,本文讨论了保护层开采后卸压范围及其控制的卸压瓦斯抽采地面井位部署,在实现高透气性高效抽采的同时,实现煤层气的持续抽采。

1 淮南矿区煤与煤层气开采地质条件

1.1 综合地层结构

淮南矿区是我国典型的高瓦斯、低透气性、构造复杂矿区,矿区共有煤层 26 层,其中可采煤层为 15 层,总厚度为 30 m,煤层上覆地层如图 1 所示。矿区被厚约 200~400 m 的新地层所覆盖,探明落差大于 3 m 的断层有 2 970 条,局部有燕山期岩浆侵入,构造煤在本区很发育。

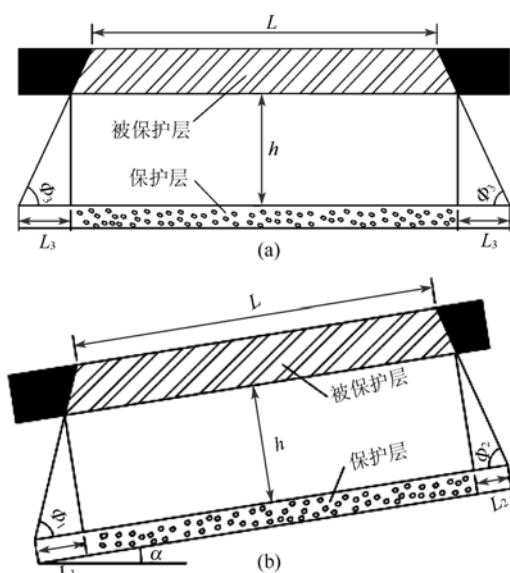


图 1 卸压范围与卸压保护角的关系

Fig.1 The relation between released range and released angles
a—沿走向的卸压范围; b—沿倾向的卸压范围

试验选取 11-2 煤层作为下保护层对被保护层 13-1 煤层进行卸压保护。11-2 煤层工作面走向长 1 700 m,可采长度 1 650 m,工作面倾斜宽 190 m,煤层厚度 1.5~2.4 m,平均 1.9 m,煤层倾角 6~13°,平均 9°,采深-600~-650 m;13-1 煤层厚 5.57~6.25 m,平均为 6.0 m,与 11-2 煤层之间的法线距离为 61.55~72.87 m,平均为 66.7 m,相对层间距为 35 m,属远

距离保护层卸压。

1.2 煤层瓦斯统计特征

被保护层 13-1 煤层原始透气性系数很低,为难抽放煤层,而且瓦斯含量和瓦斯压力均高,有煤与瓦斯突出危险;保护层 11-2 煤层为无突出危险煤层。具体参数见表 1。

1.3 地应力与岩石力学特征

本区最大水平主应力为 21.60 MPa,最小水平主应力为 17.03 MPa,为高应力水平;铅直应力为 19.65 MPa,侧压系数为 1.10,水平应力大于铅直应力,说明本区的地应力场以构造应力为主。煤层围岩属高应力软岩,IV、V 类极易破碎型顶板占 80% 以上,13-1 与 11-2 煤层间的岩石力学性质见表 2。

2 保护层开采有效卸压范围的确定

2.1 基本原理

保护层开采对邻近层的有效卸压范围是通过有效卸压层间距和有效卸压保护角确定的。有效卸压层间距是保护层开采卸压高度的上限,可以衡量保护层开采的有效性,卸压范围包括沿工作面走向(回采方向)和沿工作面倾向上的两种(图 1)。

沿走向的卸压范围为保护层相对被保护层内错: $L_3 = h/\tan\Phi_3$ 。

沿倾向的卸压范围为保护层相对被保护层下部内错: $L_1 = h/\tan\Phi_1$; 上部内错: $L_2 = h/\tan\Phi_2$ 。

2.2 有效卸压层间距的确定

保护层的开采目的是通过它的超前开采而使被保护层卸压增透后消除或削弱煤与瓦斯突出的危险,因而保护层开采后不得破坏被保护层的开采条件。

开采下保护层时,上部被保护层未被破坏的最小层间距可由下式确定:

$$H = K \cdot M \cos \alpha \quad (\alpha < 60^\circ), \quad (1)$$

式中 H 为允许采用的最小层间距, m; K 为顶板管理系数,本区采用冒落法管理顶板, K 取 10; M 为保护层的开采厚度,取最大值 2.4 m; α 为煤层倾角,取 9° 。

由式(1)计算得 $H = 10 \times 2.4 \times \cos 9^\circ = 23.7$ m,而 11-2 煤层和 13-1 煤层的最小层间距为 61.55 m,远大于计算所得的 H 值,故 11-2 保护层的开采不会破坏 13-1 煤层的开采条件。

表 1 煤层瓦斯基础参数

Table 1 Basic methane parameters of coalbed

煤层	原始含量 /m ³ ·t ⁻¹	含量梯度 /m·(m ³ /t) ⁻¹	相对涌出量 /m ³ ·t ⁻¹	绝对涌出量 /m ³ ·min ⁻¹	原始透气性系数 /m ² ·(MPa ² ·d) ⁻¹	瓦斯压力 /MPa
13-1	12~22	21.7	14.8~38.6	22.7~33.1	0.0392	5.6
11-2	4~7.5	75.7	5.23~7.32	3.07~3.38		

表 2 13-1 与 11-2 煤层间岩石力学性质

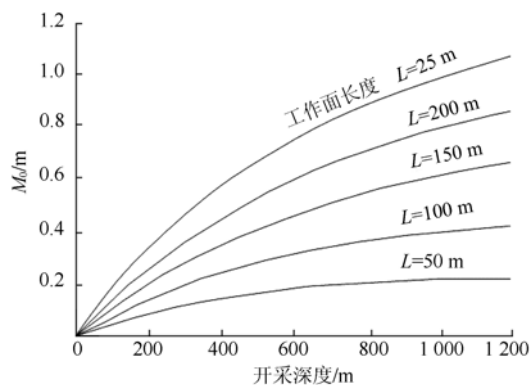
Table 2 Mechanical properties of rock between coal seams 11-2 and 13-1

岩石名称	厚度 /m	抗压强度 /MPa	弹性模量 /GPa	泊松比	内摩擦角 /(°)	内聚力 /MPa
13-1 煤	6.00	10.0	15.0	0.45	45.0	3.0
泥岩	3.55	11.7	29.0	0.38	40.0	2.6
花斑泥岩	6.85	14.31	13.23	0.3	31	2.9
细粒砂岩	3.25	37.4	31.1	0.27	30.5	9.4
砂质泥岩	5.60	23.2	25.6	0.2	24.0	7.6
细砂岩	6.00	42.9	27.2	0.12	25.6	11.5
砂质泥岩	3.85	35.1	36.4	0.38	26.1	7.5
中砂岩	1.75	100.2	28.1	0.12	30.5	25.7
砂质泥岩	14.8	30.6	19.4	0.26	37.0	4.8
细粒砂岩	1.60	48.7	57.4	0.4	24.4	9.0
砂质泥岩	6.55	14.7	12.0	0.26	26.0	4.0
泥岩	5.15	11.7	29.0	0.38	40.0	2.6
11-2 煤	2.05	10.0	15.0	0.45	45.0	3.0

下保护层的最大有效距离可用下式计算：

$$S = S' \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \quad (2)$$

式中 S' 为下保护层的理论有效间距，它与工作面长度和开采深度有关，此处取 117； β_1 为保护层开采影响系数，此处取 $\beta_1 = 1$ ，当 $M = M_0$ 时 $\beta_1 = M/M_0$ ，当 $M > M_0$ 时， $\beta_1 = 1$ ； M 为保护层的开采厚度，m； M_0 为开采保护层的最小有效厚度，m(图 2)； β_2 为层间硬岩(砂岩、石灰岩)含量系数，以 η 表示硬岩在层间岩石中所占的百分比，当 $\eta \geq 50\%$ 时， $\beta_2 = 1 - (0.4 \times 100)$ ，当 $\eta < 50\%$ 时， $\beta_2 = 1$ ，结合本矿区的实际情况，取 $\beta_2 = 1$ 。

图 2 确定保护层最小有效开采厚度 M_0 曲线图^[3]Fig. 2 The curves of determining M_0

由式(2)计算得， $S = 117 \times 1 \times 1 = 117$ m，即 11-2 保护层的最大有效保护距离为 117 m，远大于其与 13-1 煤层的层间距，故 13-1 煤层在其保护范围之内，说明保护层的开采对被保护层的保护是有效的。

2.3 有效卸压保护角的确定

2.3.1 走向卸压保护角确定

沿走向的卸压范围是从工作面开采一定距离开

始，并随着工作面的推进而逐渐向前移动，其卸压角是工作面 and 邻近层卸压起始边界线构成的平面与开采层面间的夹角，其主要受层间岩性和开采因素影响。

国内外保护层开采研究结果表明^[4]，当被保护煤层法向膨胀变形率大于 6‰ 时，该煤层的突出、冲击地压等动力现象基本消除，即被保护煤层得到了有效卸压。因此，以煤层法向膨胀变形率 6‰ 为标准进行走向卸压范围的确定。

采用深部基点法测定被保护层随工作面推进的变形量，方法是在 13-1 煤层底板瓦斯抽采巷中向 13-1 煤层打向上穿层钻孔，并在钻孔安设测点，进而通过观测测点的相对位移来确定煤层变形，结果如图 3 所示。

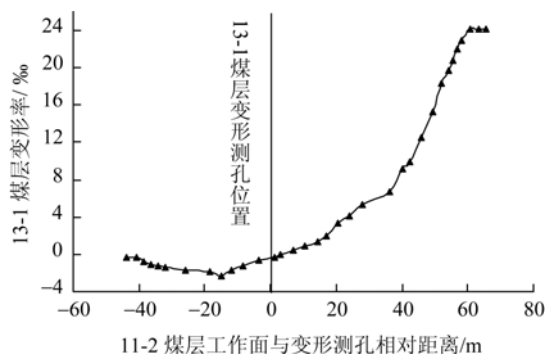


图 3 被保护层 13-1 变形率随保护层 11-2 开采变化关系

Fig. 3 Deformation ratio of 13-1 with 11-2 coal mining

由图 3 可以看出，当回采工作面未采过变形测孔前，13-1 煤层一直处于压缩状态，其最大压缩变形率为 2.3‰；当工作面采过变形测孔约 3 m，13-1 煤层开始出现膨胀变形，即煤层开始卸压，并且煤

层的膨胀变形率随工作面推进逐渐增大, 其中, 在推过变形测孔 40 m 以前, 煤层的膨胀变形率增加较缓慢, 而在推过 40 m 以后, 膨胀变形率急剧增大, 直至增大到 24.2‰ 后, 膨胀变形率长期稳定在该值不变, 即进入了稳定卸压期。

图 3 中, 保护层工作面采过变形测孔约 32 m 时, 被保护层的膨胀变形率为 6‰, 即保护层开采约 32 m 后, 被保护层卸压膨胀率达到 6‰。所以, 沿走向的有效卸压范围为相对于保护层内错约 32 m, 卸压角也通过公式 $\tan \Phi_3 = 66.7/32 = 2.08$, 得 $\Phi_3 = 64^\circ$, 即沿工作面走向方向的有效卸压保护角为 64° 。

2.3.2 倾向卸压保护角确定

沿煤层倾斜方向的卸压角, 除受开采因素和层间岩性影响外, 还与煤层倾角有关, 而且主要取决于煤层倾角。沿倾向的卸压角也应通过实际测量确定。由于客观因素影响, 本文采用开采影响传播角来求算开采下保护层时沿倾斜方向的卸压角^[5], 具体公式如下:

$$\Phi_1 = 180^\circ - (\alpha + \theta + 10^\circ); \quad (3)$$

$$\Phi_2 = \alpha + \theta - 10^\circ. \quad (4)$$

式中 Φ_1 、 Φ_2 分别为邻近层下部和上部的卸压角, ($^\circ$); α 为煤层倾角, ($^\circ$); θ 为开采影响传播角, ($^\circ$)。开采影响传播角 θ 与煤层倾角 α 的关系^[6]:

$$\alpha < 45^\circ \text{ 时, } \theta = 90^\circ - 0.68 \alpha;$$

$$\alpha > 45^\circ \text{ 时, } \theta = 28.8^\circ + 0.68 \alpha.$$

由式(3)、式(4)计算得: $\Phi_1 = 77^\circ$, $\Phi_2 = 83^\circ$ 。即沿工作面倾斜方向的有效卸压保护角下方为 77° , 上方为 83° 。所以, 由卸压角计算得沿工作面倾斜方向上的有效卸压范围为相对于保护层

下部内错距离: $L_1 = 66.7/\tan 77^\circ = 15.4 \text{ m}$;

上部内错距离: $L_2 = 66.7/\tan 83^\circ = 8.2 \text{ m}$ 。

2.4 淮南矿区保护层开采有效卸压范围确定结果

2.4.1 有效卸压层间距结果

11-2 保护层的最大有效保护距离为 117 m, 远大于其与 13-1 煤层的层间距, 保护层的开采对被保护层的保护是有效的。

2.4.2 有效卸压保护角结果

沿工作面走向方向的有效卸压保护角为 64° ; 沿工作面倾斜方向的有效卸压保护角下方为 77° , 上方为 83° 。

2.4.3 有效卸压范围结果

被保护层沿走向方向的有效卸压范围为相对于保护层内错约 32 m; 沿倾斜方向的有效卸压范围为相对于保护层下部内错 15.4 m, 上部内错 8.2 m。

3 卸压瓦斯抽采地面井部署

3.1 井位部署原则

多年的煤层气地面井抽采经验显示, 地面垂直钻井位置的选择一般需要注意两点^[7-9]: 一是应能大面积、高浓度地进行抽放, 达到较高的瓦斯抽放率; 二是能长时间稳定抽放, 避免井孔受采动影响而破坏, 即钻井稳定性问题, 在地层结构及构造复杂矿区此点更为重要。

研究表明^[10-11], 保护层开采的卸压程度严重影响着构造煤发育矿区地面钻井的抽放效果, 地面井的布置应在卸压范围内。由于处于卸压范围内的上覆远距离煤岩层将产生大量的顺层裂隙, 而且卸压越充分裂隙越发育, 这些裂隙不仅成为卸压煤层气的富集区, 而且是煤层气流动的良好通道^[12], 当地面井穿入这些层间裂隙, 其间的煤层气就会在浓度差和压力差的作用下流向井筒, 再结合外部抽放负压, 可以实现很好的抽放效果。

在重视卸压程度和透气性的同时, 不能忽视钻井稳定性的问题。由于本区的地层结构、构造情况及开采因素的特殊性, 钻井稳定性成为影响本区地面钻井抽放效果和持续性的最关键因素, 并且决定着地面抽放的成败。如淮南矿区先前布置的数口地面钻井, 前期抽采流量和抽采浓度都很高, 但是后期突然断气或产气极少, 经透孔和物探手段得知, 这是由于井孔被错断多处而进入泥砂堵孔所致。

3.2 卸压范围对井位部署的控制

以往众多观点认为, 工作面中部是地面钻井布置的合理位置, 因为工作面中部离层裂隙发育最早, 煤层透气性也最好, 最易于进行煤层气抽采。然而, 这一观点却忽略了在煤层开采的动态影响下, 工作面中部水平位移量最先达到最大, 膨胀变形量和沉降速率也最大, 也即工作面中部布置的钻井最易受到破坏; 相反, 在靠近回风巷侧的煤层卸压程度虽小于工作面中部的, 但其膨胀变形相对较小, 水平位移量亦较晚达到最大值, 因而此处布置的钻井相对要稳定些, 即使井孔变形破坏, 其服务时间也会相对长些^[13]; 此外, 由于煤层气的升浮和通风作用, 使靠近回风巷处的煤层气也更加富集^[14-15]。实践证明, 只要是在卸压范围内, 即使是在靠近回风巷侧的地面井也可以取得很好的抽采效果^[16]。抽采钻孔资料分析结果表明^[17], 钻井布置在靠近回风巷 30 m 内, 会增加其服务时限。因此, 为提高钻井的稳定性, 在倾斜方向上, 钻孔应布置在距回风巷 30 m 以内。

3.3 井位部署建议

综合考虑卸压程度和井孔稳定性两个因素,淮南矿区地面井应布置在走向上距始采线 32 m 以外(首口井),倾向上距回风巷 8~30 m;考虑到钻孔应进入卸压范围 5~10 m,则应布置在走向上距始采线 37 m 外,倾向上靠近回风巷 13~30 m。

4 结 论

a. 淮南矿区 11-2 保护层的最大有效保护距离为 117 m,远大于其与 13-1 煤层的层间距,故 11-2 保护层的开采对 13-1 被保护层的保护是有效的。

b. 经保护层开采,沿走向方向被保护层的有效卸压范围为相对于保护层内错约 32 m,进而得出沿工作面走向方向的有效卸压保护角为 64°;沿工作面倾斜方向的有效卸压保护角下方为 77°,上方为 83°,进而得出沿倾斜方向被保护层的有效卸压范围为相对于保护层下部内错 15.4 m,上部内错 8.2 m。

c. 淮南矿区地面钻井布置在走向上距始采线 37 m 外(首口井),倾向上靠近回风巷 13~30 m 的位置,可实现煤层气高效、持续、稳定的抽采。

参考文献

- [1] 叶建平,史保生,张春才. 中国煤储层渗透性及其主要影响因素[J]. 煤炭学报, 1999, 24(2): 118-122.
- [2] 夏红春,程远平,柳继平. 远程覆岩卸压变形及其渗透性研究[J]. 西安科技大学学报, 2006, 26(1): 10-14.
- [3] 中华人民共和国煤炭工业部. 防治煤与瓦斯突出细则[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1995.
- [4] 涂敏,缪协兴,黄乃斌. 远程下保护层开采被保护煤层变形规律研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2006, 23(3): 253-257.
- [5] 秦玉金. 邻近层卸压范围的研究[D]. 抚顺: 煤炭科学研究总院抚顺分院, 2004.
- [6] 国家煤炭工业局. 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.
- [7] 李明好,胡海军,严涛,等. 地面垂直钻孔抽放采空区瓦斯的尝试[J]. 矿业安全与环保, 2000, 27(4): 6-8.
- [8] 李国君,刘长久. 铁法矿区地面垂直采空区井技术[J]. 中国煤层气, 2005, 2(4): 7-10.
- [9] 井多胜,徐传田. 地面钻孔抽放瓦斯技术试验[J]. 煤炭技术, 2006, 25(6): 84-85.
- [10] 许家林,钱鸣高. 地面钻井抽放上覆远距离卸压煤层气的试验研究[J]. 中国矿业大学学报, 2000, 29(1): 78-81.
- [11] 石必明,俞启香,周世宁. 保护层开采远距离煤岩破裂变形数值模拟[J]. 中国矿业大学学报, 2004, 33(3): 259-263.
- [12] KOLESAR J E, ERTEKIN T. The unsteady-state nature of sorption and diffusion phenomena in the structure of coal: part 1-theory and mathematical formulation[J]. SPE Formation Evaluation, 1990, 21(3): 81-88.
- [13] 李日富,梁运培,欧聪,等. 采空区瓦斯地面抽采钻井稳定性因素分析[J]. 矿业安全与环保, 2008, 35(3): 11-17.
- [14] SCHLANGER H P, PATERSON L. Computation of gas pressure profiles relevant to outbursting in coal mines[J]. Int J Num & Analy Methods in Geomechanics, 1987, 25(11): 1101-1129.
- [15] MCKEE C R, BUMB A C. Flow-testing coalbed methane production wells in the presence of water and gas[J]. SPE formation Evaluation, 1984, 11(2): 599-605.
- [16] 胡千庭,梁运培,林府进. 采空区瓦斯地面钻孔抽采技术试验研究[J]. 中国煤层气, 2006, 3(2): 3-6.
- [17] 梁运培,胡千庭,郭华,等. 地面采空区瓦斯抽放钻孔稳定性分析[J]. 煤矿安全, 2007(3): 1-4.

《煤田地质与勘探》杂志网站开通公告

为了能够快速高效地处理稿件,缩短出版周期,《煤田地质与勘探》编辑部开通了自己的网站,并安装了编辑部远程稿件处理系统。从 2010 年 3 月开始,作者投稿、专家审稿、编辑办公及读者阅览均在网站在线进行。作者投稿请登录 <http://mtdz.jourserv.com/> 网站注册后进行在线投稿(注:请记好自己的用户名和密码,便于查询稿件编辑录用情况)。稿件附件可以是 rar、zip 压缩文件

或 word 格式,图片(最好为 Coreldraw 或 Potoshop 格式)以附件的形式上传,具体操作请按提示进行。

如您在使用《煤田地质与勘探》编辑部稿件管理系统过程中遇到问题,无法完成网上投稿或查询时,可选择电子邮件方式(ccrimtdzykt@vip.163.com) 投稿或咨询,并将所遇问题及时反馈给编辑部。对本刊有什么意见和建议,欢迎批评指正。