

黄陵二号煤矿底板油型气释放规律及影响因素

殷民胜¹, 刘耀宗²

(1. 陕西陕煤黄陵矿业公司, 陕西 延安 727307;

2. 陕西彬长大佛寺矿业有限公司, 陕西 咸阳 713500)

摘要: 瓦斯防治是煤炭资源安全开采的首要任务, 而瓦斯防治的关键是根据矿井瓦斯自然释放规律及其影响因素进行精准治理。以黄陵二号煤矿为研究对象, 对矿井采掘活动中最常出现的底板油型气自然释放规律及其影响因素展开分析。得出掘进工作面主要油气自然释放位置在巷道中部底鼓裂隙且衰减规律符合幂函数关系, 工作面回采过程中油型气钻孔抽采效果与其终孔位置密切相关, 并确定了油型气钻孔抽采最佳层位; 同时地质构造对油型气自然释放具有重要影响, 其中背斜影响最为显著。研究成果为二号煤矿油型气防治提供了一定的理论依据。

关键词: 瓦斯灾害; 油型气; 自然释放规律; 储集层; 地质构造; 主控因素

中图分类号: TD712

文献标志码: A

文章编号: 1671-749X(2023)06-0024-05



Oil-type gas releasing regularity and influential factors of Huangling No.2 Coal Mine floor

YIN Minsheng¹, LIU Yaozong²

(1. Shaanxi Shanmei Huangling Mining Co., Ltd., Yan'an 727307, China;

2. Shaanxi Binchang Dafosi Mining Co., Ltd., Xianyang 713500, China)

Abstract: Gas prevention and control is the primary task of coal resource safe mining, and the key of gas prevention and control is to carry out precise control based on the natural gas release law and its influential factors. Taking Huangling No. 2 Coal Mine as a research object, the natural release law of floor oil-type gas and its influential factors are analyzed. The results show that the main location of natural release of oil and gas in the driving face is in the middle of the roadway floor heave crack and the attenuation law conforms to the power function. The oil-type gas borehole extraction effect has a close relation with its last borehole location, and the optimal extraction layer level is determined. At the same time, the geological structure has an important influence on the natural release of oil-type gas, with the anticline having the most obvious influence. Our study provides a certain theoretical basis for the prevention and control of oil-type gas in No. 2 Coal Mine.

Key words: gas disaster; oil-type gas; natural release law; reservoir; geological structure; main controlling factors

0 引言

我国是世界上的产煤大国, 同时也是瓦斯灾害最为严重的国家之一^[1-2]。针对工作面瓦斯自然排放规律及影响因素的相关研究是防止瓦斯事故的首要任务^[3-4]。随着新技术以及新工艺在现场的应

用, 矿井开采强度越来越大, 矿井瓦斯自然排放量逐年提升, 同时, 出现了围岩瓦斯异常自然释放, 其中底板瓦斯自然释放尤为严重, 成为影响矿井安全高效开采新的致灾因素, 给矿井安全生产带来极大的隐患。

目前常用的研究工作面瓦斯自然释放的方法有数值模拟和现场测定方法, 现场测定法能够更真实准确地掌握工作面瓦斯的实际分布情况^[5-6], 数值模拟法能对现场瓦斯自然释放量以及瓦斯分布进行预测^[7-9]。多数学者研究对象为煤层气^[10-13], 对于

收稿日期: 2022-09-16

作者简介: 殷民胜(1969—), 男, 湖北荆门人, 高级工程师, 主要从事矿山通风安全工作。

油型气的研究还需要完善^[14-16]。

黄陵矿区属于典型的煤油气共生矿区,以黄陵矿区黄陵二号矿井为研究对象,对其底板油型气自然释放规律及影响因素展开研究,以期对油型气治理提供一定的理论依据。

1 矿井概况

黄陵矿区位于陕北黄土高原南部的低山丘陵区,地处延安地区南部,区域地层主要位于黄陵侏罗纪煤田东北部。黄陵二号煤矿属于典型的煤油气共生矿井,目前主要采掘活动位于二、四盘区,全矿主采2号煤层。以曾经发生过油型气异常自然排放的工作面以及正在进行采掘活动受油型气影响的工作面为研究对象,对油型气自然释放规律及其影响因素展开研究。

2 底板油型气自然排放规律

2.1 掘进工作面底板油型气自然排放规律

以二盘区205胶带巷掘进工作面作为重点跟踪考察对象,根据现场收集及跟踪观测的掘进工作面油型气钻孔自然释放资料和数据,通过剖析底板油型气自然排放位置信息和地质地层等资料,进行油型气自然释放规律的研究,总结出以下规律。

2.1.1 油型气自然排放位置

通过对掘进工作面油型气自然释放情况进行长期的跟踪考察,发现油型气自然释放地点主要集中在距离工作面5~10 m的位置,主要以巷道中部底鼓裂隙自然释放为主,如图1所示。

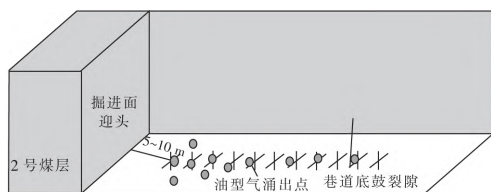


图1 掘进面油型气自然排放点分布示意

Fig. 1 Natural release points distribution of driving face oil-type gas

2.1.2 油型气钻孔涌出规律

201掘进工作面在掘进过程中采取了“边探(抽)边掘”油型气探采措施,通过钻孔油型气探采,避免了底板油型气向掘进工作面的直接自然释放。虽然实际掘进中仍存在微量底板油型气进入掘进工作面,但整体来讲,掘进工作面油型气自然释放以钻孔抽采为主。

掘进工作面实施的底板油型气抽采钻孔为超前

探采钻孔,其目的是“先探(抽)后掘”,提前抽采油型气,防止巷道掘进过程中油型气进入掘进工作面造成瓦斯超限等事故,此类型油型气探采钻孔属于未卸压抽采。由于钻孔瓦斯涌出规律能够反映储层透气性、储层压力等地质因素,因此,为了掌握钻孔油型气涌出规律,在205掘进工作面掘进期间对205FY13-3、205JD11-2等4组钻孔进行了跟踪测试,现场连续跟踪测试了11~34 d钻孔油型气涌出量,获得了较为详实的钻孔油型气涌出数据。根据测得的钻孔油型气涌出量和时间数据,对钻孔油型气涌出规律进行分析,数据分析结果如图2~5所示。

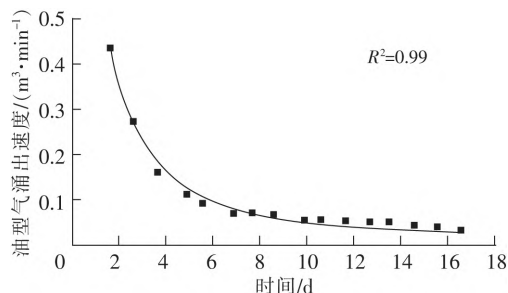


图2 205FY13-3号孔油型气涌出量与时间拟合关系

Fig. 2 Fitting relation of the oil-type gas gush and time at 205FY13-3 hole

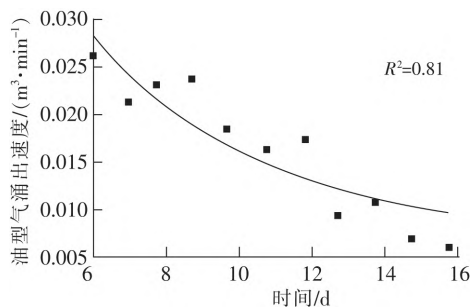


图3 205FY13-6号孔油型气涌出量与时间拟合关系

Fig. 3 Fitting relation of the oil-type gas gush and time at 205FY13-6 hole

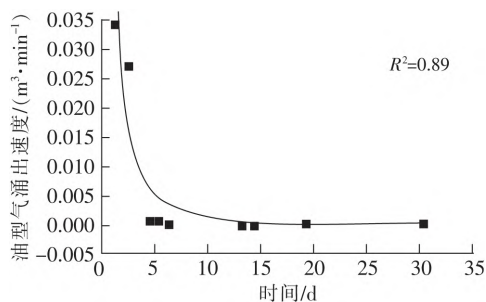


图4 205JD10-4号孔油型气涌出量与时间拟合关系

Fig. 4 Fitting relation of the oil-type gas gush and time at 205JD10-4 hole

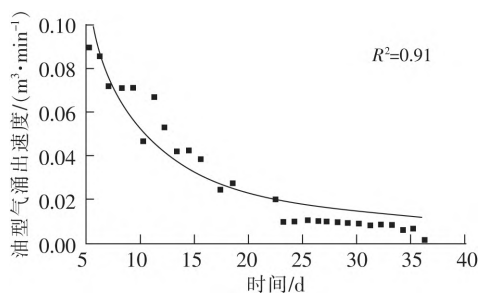


图5 205JD11-2号孔油型气涌出量与时间拟合关系

Fig. 5 Fitting relation of the oil-type gas gush and time at 205JD11-2 hole

将统计的数据进行拟合分析,拟合结果表明,钻孔油型气涌出规律符合幂函数,见式(1)

$$q = q_0 \times (1 + t)^{-\alpha} \quad (1)$$

式中 q 为 t 时刻时钻孔油型气涌出量, m^3/min ; q_0 为钻孔油型气初始涌出量, m^3/min ; t 为钻孔油型气涌出时间, d ; α 为钻孔油型气涌出衰减系数, d^{-1} 。

根据拟合公式得到了4个钻孔的油型气初始涌出量和钻孔油型气衰减系数,结合图2~5,可以得出钻孔油型气涌出量衰减较快,其衰减系数为 $1.24 \sim 2.14 \text{ d}^{-1}$,平均为 1.55 d^{-1} ;拟合公式相关系数 R^2 在 $0.81 \sim 0.99$,拟合度较高,说明拟合的幂函数公式能够很好地反映钻孔油型气涌出规律。

2.2 回采面底板油型气自然释放规律

底板油型气受采动影响后裂隙沟通储层,油型气由裂隙进入采掘空间,造成安全隐患,因此,研究底板油型气自然释放规律对于指导抽采钻孔设计进行工作面瓦斯防治具有重要意义。

2.2.1 底板油型气自然释放特征

为了统计底板油型气自然释放特征,现场跟踪监测了409工作面辅运巷底板孔抽采数据,跟踪了3个钻场60个钻孔,其中检测出油型气的钻孔共计13个。其中1#钻场11个,占该钻场钻孔数量的40%;2#钻场和3#钻场各1个钻孔,故分析1号钻场的出气钻孔更具有可比性。并在409辅运巷施工了底板油型气勘查钻孔,该处底板油型气储层距离2号煤层底板38m左右,间距由里向外呈逐渐增加的趋势。根据现场实际情况统计了13个底板油型气自然排放钻孔信息记录见表1。

2.2.2 底板油型气自然释放规律

由表1数据可知,检测出油型气的钻孔垂深为 $22.24 \sim 33.26 \text{ m}$,平均 25.77 m ,工作面方向距离为 $23.00 \sim 150.00 \text{ m}$,平均 102.32 m ,仅3个钻孔距离小于 60 m ,终孔距回采面距离为 $-65.14 \sim -0.23 \text{ m}$,出气持续时间为 $2 \sim 17 \text{ d}$,持续出气距离为 $16.20 \sim$

55.50 m ,平均为 30.05 m ,钻孔油型气出气量为 $0.03 \sim 0.74 \text{ m}^3/\text{min}$ 。从垂深上分析,出气钻孔垂深较深均超过了 22 m ,由此可以判断油型气储层距离煤层底板 22 m 以上,且距离越大抽采效果越明显。

表1 出气钻孔参数表

Table 1 Gas-exiting borehole parameters

孔号	垂深/m	工作面方向距离/m	终孔距回采面距离/m	持续出气时间/d	持续出气距离/m	最大涌出强度/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)
1-4	22.24	23	-10.40 ~ -29.90	4	19.50	0.05
1-11	22.70	109	-13.12 ~ -29.32	3	16.20	0.17
1-12	23.60	114	-9.55 ~ -34.45	6	24.90	0.05
1-13	24.27	119	-5.25 ~ -30.15	5	24.90	0.74
1-14	23.37	113	-1.32 ~ -20.82	5	19.50	0.21
1-17	23.82	116	-11.49 ~ -41.49	6	30.00	0.03
1-18	25.84	129	-9.08 ~ -39.08	8	30.00	0.20
1-19	28.99	150	-9.64 ~ -65.14	17	55.50	0.16
1-20	28.99	150	-8.04 ~ -25.74	2	17.70	0.19
1-24	25.02	124	-7.23 ~ -36.03	11	28.80	0.40
1-26	33.26	120	-4.22 ~ -40.22	10	36.00	0.13
2-10	23.41	64	-0.23 ~ -39.33	10	39.10	0.10
3-10	25.56	32	-2.60 ~ -39.5	5	36.90	0.41

出气钻孔进入工作面距离大部分在工作面的中部位置区域,说明终孔位置越靠近工作面中心位置越有利于抽采油型气。原因在于工作面中心区域应力最小,裂隙向纵深方向发展越深,以及垂深越深越易形成有效钻孔,有利于抽采油型气。从出气钻孔的终孔距回采面的距离来看,出气钻孔终孔位置都处在回采工作面的后方,持续出气距离为 $16.20 \sim 55.50 \text{ m}$,平均为 30.05 m ,说明回采面后方这段距离是受采动卸压效果比较好的区域,这段距离为应力增大区域,裂隙受挤压不利于油型气抽采。

将持续出气时间和持续出气距离关系绘制成图6,可以看出持续出气时间与持续出气距离呈正相关关系,且相关性较好, R^2 为 0.7706 。说明回采工作面推进速度越快,持续出气时间越短,进入采空区的油型气总量降低。

3 底板油型气自然释放影响因素分析

在前文研究油型气自然释放规律的基础上,统计了黄陵二号煤矿建矿以来的采掘工作面及探采钻孔油型气异常自然释放点共计18个,其中,二盘区主要为201、203、205及207工作面区域富县组砂岩油型气储集层油型气自然释放点12个,四盘区主要为405、407和409工作面区域瓦窑堡组砂岩层油型

气自然释放点5个、二盘区205工作面区域瓦窑堡组砂岩层油型气自然释放点1个。根据统计结果,对异常自然释放点的储集层厚度、埋深、地质构造等因素进行对比,系统研究各要素与油型气自然释放的作用及影响程度,具体影响规律如下。

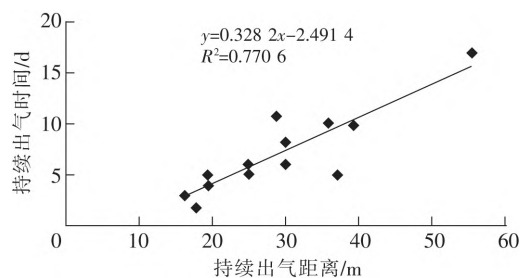


图6 持续出气时间和持续出气距离关系

Fig. 6 Relation of sustaining gas-exiting time and sustaining gas-exiting distance

3.1 储集层厚度对底板油型气自然释放影响

通过对井田范围内205掘进面、203回采面、409回采面等3个区域的油型气自然释放强度进行测定,共测定10个异常自然释放点的数据,并对自然释放点所对应的储集层厚度数据进行统计,绘制了二者之间的关系散点图。由图7可以看出,对于二盘区富县组储集层油型气自然释放强度具有随储集层厚度增加而减小的趋势,二者的关系为 $q = -0.333m_c + 4.378$ ($R^2 = 0.150$);四盘区瓦窑堡组储集层油型气自然释放强度具有随储集层厚度增加而增加的趋势,二者的趋势关系符合 $q = 0.222m_c - 2.299$ ($R^2 = 0.337$)。

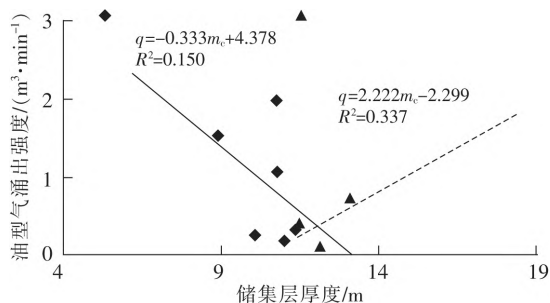


图7 油型气自然释放强度与储集层厚度关系

Fig. 7 Relation of oil-type gas natural release intensity and reservoir thickness

3.2 储集层埋深对底板油型气自然释放影响

从目前所揭露的油型气富集区的油型气自然释放量与储集层埋深的散点图(图8)可以看出,随着储集层埋藏深度的增加,油型气自然释放量呈现出减小的趋势,二者显示出负相关关系,但相关性不大,数据较离散。同时,对于同一储集层来讲,二盘

区富县组和四盘区瓦窑堡组储集层埋藏深度与自然释放量无明显关系。

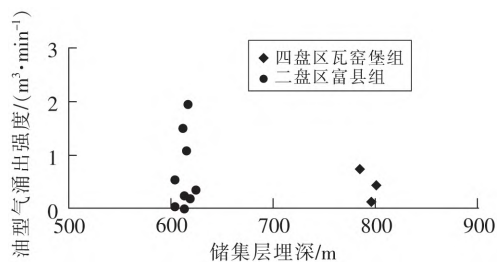


图8 油型气自然释放量与储集层埋深关系

Fig. 8 Relation of oil-type gas natural release quantity and reservoir's buried depth

3.3 地质构造对底板油型气自然释放影响

统计油型气自然释放点共计18个,其中处于背斜构造部位的有13个、向斜构造部位的有4个、背斜和储集层裂隙双重构造的有1个,分别占总数量的百分比为72%、22%和6%。结果如图9所示。

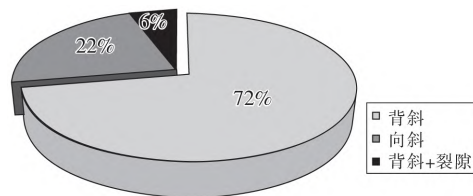


图9 各地质要素相关的自然释放点比例构成

Fig. 9 Proportion of each geological factor-related natural release point

从建立的油型气自然四方强度与各地质构造的关系图(图9)可以看出,在影响油型气自然释放的各地质要素内,油型气自然释放有强有弱,即在各地质要素内,均有可能发生油型气自然释放。需要强调的是,在背斜和裂隙的双重控制下,钻孔油型气自然排放强度较其他单一要素控制下的强度要大很多,如图10所示。

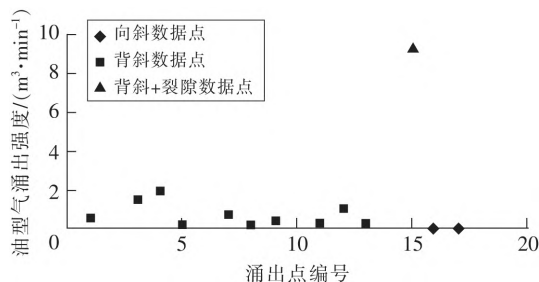


图10 油型气自然释放量与地质构造关系

Fig. 10 Relation of oil-type gas natural release quantity and geological structure

综上所述,油型气自然释放与地质构造的关系较为密切,目前发生的自然排放点均处于背斜、向斜等构造部位,受地质构造的控制作用较明显。在多种地质因素综合作用下,油型气自然释放更为强烈。不论是富县组砂岩层油型气还是瓦窑堡组砂岩层油型气,对底板油型气自然释放影响较为显著的影响因素为地质构造。

结合以上分析所得特征及规律,在巷道掘进前,需要根据地质勘探钻孔以及邻近区域油型气分布资料进行油型气分布预测,布置超前探采钻孔进行油型气预抽;工作面回采时,油型气抽采钻孔的终孔位置需要布置在靠近储层、钻孔终孔位置靠近工作面中心位置且处于回采面后方受采动卸压效果比较好的区域。

4 结论

(1) 通过对掘进工作面底板油型气自然释放位置及持续时间进行统计分析,得出油型气自然释放量与持续时间符合幂指数关系,涌出衰减系数平均为 1.55 d^{-1} 。

(2) 通过对回采面出气钻孔数据分析可知,钻孔终孔垂深越靠近储层、钻孔终孔位置越靠近工作面中心位置且处于回采面后方受采动卸压效果比较好的区域时,最有利于抽采油型气。

(3) 通过对储层厚度、储集层埋深和地质构造对底板油型气自然释放影响进行分析,认为地质构造是影响油型气自然释放的主控因素,在采掘过程中应该先探后采。

参考文献:

- [1] 刘程,孙东玲,武文宾,等.我国煤矿瓦斯灾害超前大区域精准防控技术体系及展望[J].煤田地质与勘探,2022,50(8):82-92.
- [2] 王亮,郑思文,赵伟,等.淮北煤田煤与瓦斯突出灾害差异性和控制因素研究[J].煤炭科学技术,2020,48(10):75-83.
- [3] 赵新.采用“U+L”型通风方式的回采工作面瓦斯涌出规律研究[J].矿业安全与环保,2018,45(2):93-96,101.
- [4] 高望,张岩,高帅帅.基于BP神经网络的未采区瓦斯含量预测[J].陕西煤炭,2020,39(1):77-80.
- [5] 周伟,袁亮,张国亮,等.采空区瓦斯涌出来源量化辨识方法——以寺河矿为例[J].煤炭学报,2018,43(4):1016-1023.
- [6] 李树刚,丁洋,安朝峰,等.高瓦斯特厚煤层综放开采工作面瓦斯涌出及分布特征研究[J].煤炭技术,2015,34(5):113-116.
- [7] 赵林,董子文,杨子剑,等.采空区瓦斯涌出动态变化规律数值模拟[J].陕西煤炭,2021,40(3):5-10.
- [8] 何毅,徐洪庆,周志顺,等.基于Fluent对低瓦斯隧道瓦斯涌出规律的数值模拟[J].青海交通科技,2020,32(6):114-118.
- [9] 夏保庆,贺斌雷,赵鹏翔,等.综采面采空区瓦斯涌出影响因素及数值模拟研究[J].煤炭技术,2017,36(12):161-163.
- [10] 戴林超,曹偲,赵旭生,等.采空区瓦斯涌出强度对其流动规律的影响研究[J].安全与环境学报,2019,19(6):1963-1970.
- [11] 成小雨,龚选平,尉瑞,等.考虑煤体粒度的落煤瓦斯涌出预测模型研究[J].中国安全生产科学技术,2022,18(7):61-67.
- [12] 贾进章,柯丁琳,陈怡诺.基于正交试验-多元回归的煤矿瓦斯涌出量预测[J].安全与环境学报,2021,21(5):2037-2044.
- [13] 张亚飞,李思达,乐平,等.上部含水层对煤层气开发效果影响的数值模拟研究[J].非常规油气,2023,10(2):63-75.
- [14] 孙四清,陈冬冬,龙威成,等.煤油气共存矿井油型气精准治理技术及工程实践[J].煤炭科学技术,2021,49(5):60-66.
- [15] 闫赞,马功社,张维,黄陵矿区瓦斯(油型气)治理技术和管理新模式[J].陕西煤炭,2021,40(3):26-32,50.
- [16] 陈筱,肖鹏,段瑞凯,等.深水油积储层注气开发油藏流动单元划分及剩余油挖潜研究[J].非常规油气,2023,10(3):103-111.