



移动扫码阅读

刘路生.煤氧化特性与影响因素实验研究[J].能源环境保护,2020,34(2):48-52.

LIU Lusheng.Experimental study on oxidation characteristics of coal and impact factors[J].Energy Environmental Protection,2020,34(2):48-52.

煤氧化特性与影响因素实验研究

刘路生

(晋城煤业集团长平公司,山西 高平 048400)

摘要:为分析自热临界温度和采空区漏风风速对煤自燃的影响,在常温(30℃)、中温(60℃)、不同通气量等条件下对滕东煤矿3_F煤层煤样进行了煤炭自燃氧化规律实验。结果表明:煤样在60℃氧化所放出的CO量较30℃时高3.4~4.1倍,煤炭氧化速率上升梯度约1.35 ppm/℃;在恒温变通气量条件下,CO气体浓度呈现先减小后稳定的趋势,CO的释放量随通气量的增大而减小;在通气量为50 mL/min(采空区漏风为0.1 m/min)的条件下,煤氧化释放的CO量最大且煤氧化能力最强,应加强最易发生自燃漏风区域的密封防护。

关键词:煤自燃;氧化特性;温度;通气量;程序升温;CO释放量

中图分类号:X511

文献标志码:A

文章编号:1006-8759(2020)02-0048-05

Experimental study on oxidation characteristics of coal and impact factors

LIU Lusheng

(Changping Company of Jincheng Coal Group, Gaoping 048400, China)

Abstract: In order to study the influences of coal self-heating critical temperature and air leakage velocity in goaf area on coal spontaneous combustion, spontaneous combustion experiment of the coal samples from lower 3 coal seams in Tengdong Coal Mine was carried out at a room temperature of 30℃, a medium temperature of 60℃ and different ventilation rates. The results show that the amount of CO released by coal oxidation at 60℃ is 3.4 to 4.1 times higher than that at 30℃ and the oxidation rate of coal increases by 1.35 ppm/℃. Under the condition of constant temperature and variable air flow, the CO concentration decreases first and then remains stable, and the amount of CO released decreases with the increase of air flow rate. When the ventilation rate was 50 mL/min (air leakage velocity in goaf = 0.1 m/min), the amount of CO released by coal oxidation reaches the maximum value and the oxidation ability of coal is the greatest, thus sealing protection should be strengthened in the air leak area which is possible to spontaneous combust.

Key Words: Coal spontaneous combustion; Oxidation characteristics; Temperature; Ventilation volume; Temperature programmed; CO release

0 引言

采空区自然发火是威胁煤矿井下安全生产的主要灾害之一,它能够释放出大量的有毒有害气体,威胁工人身体健康、矿井财产安全^[1-2]。除了采空区漏风因素以外,温度也是遗煤自燃的重要原因^[3]。目前深部矿井普遍面临高地温的开采条

件,高地温环境使得采空区遗煤具备了较高的初始温度,而不同初始温度条件下,煤可能存在不同的氧化特性。因此,有必要开展工作面煤的不同恒温情况下的程序升温实验,进一步研究煤的氧化自燃特性。

目前许多学者将CO的生成量作为研究煤氧化自燃特性的重要依据^[4-7]。邓军等^[8]利用程序

升温实验装置,监测初原煤和氧化煤低温氧化阶段不同温度下的CO浓度,并以此探讨了研究原煤和氧化煤的低温氧化特性。王晓东^[9]进行了程序升温实验,讨论了在升温后降温过程中煤样中的气体产生情况。孙超和吴健等^[10-11]以公斤级的程序升温装置系统为主要技术手段,探讨研究了原煤和浸水煤在氧化升温、降温过程中的自燃特性。吴健等^[11]选取淮南矿区三种煤样进行程序升温实验,研究同组煤的自燃特性。李修磊、王兴华和张超等^[12-14]为了解决矿井采空区漏风严重等问题,选择三个煤层进行程序升温特性试验,探讨了CO随煤温的变化情况。张福成和郭栋梁^[15-16]进行了煤氧化生成CO的理论计算与分析,并结合煤的程序升温实验,全面的对煤自燃生成CO的特殊规律进行研究。

长平公司某矿地温高,地压大,煤层自然发火期短为47 d。采空区的漏风严重,供氧充分,浮煤自燃危险性大;再加上地质构造复杂,断层多,断层周边的煤体破碎,自燃的危险性极为严重。矿井一采区的3_下107综放工作面是半孤岛工作面,回采条件使得工作面的自燃问题尤其突出。本文针对上述情况,利用程序升温试验系统,考虑煤自热临界温度范围以及采空区漏风风速对煤自燃的影响,进行了不同恒温以及不同通气量之间多种配比情况下的试验,分析了煤自燃产物CO生成量的变化情况,进一步探讨了恒温以及变通气量

对煤氧化自燃特性的影响。

1 煤样程序升温实验

1.1 实验装置

实验装置如图1所示,主要分为四部分:实验室气源、程序升温箱、气相色谱仪、数据分析系统。实验室气源:是由QPT-300G系列氮氢空一体机组成,主要提供干燥空气及N₂、H₂等气体。程序升温箱:主要是选用2000型的煤炭自燃特性测试仪,包含加热器(1 200 W)、能耐350℃以上高温的煤样罐,还有1 400 r/min的内置电扇用来实现相对均匀的空气温度,控温精度为±0.1℃;气相色谱仪:分析由样罐氧化产生的气体种类及浓度,保证实验气体产物分析的准确性。数据分析系统:对得出气体浓度的数据进行分析处理,生成具体的数据供下一步分析处理

该煤样程序升温实验装置需煤量少,实验可操作性强。另外该装置结构简单,能够根据不同煤矿、不同煤层埋藏深度和不同煤质条件设置相应的温控箱体温度,观察在上述不同参数指标下气体产生的试验结果,使用灵活方便。可以实时测定升温过程中煤样内部温度的变化,实现全过程中煤样温度和指标气体的记录与分析,能够得出不同煤样的升温氧化规律,从而对煤矿生产过程中的煤炭自燃起到很好的预防作用。

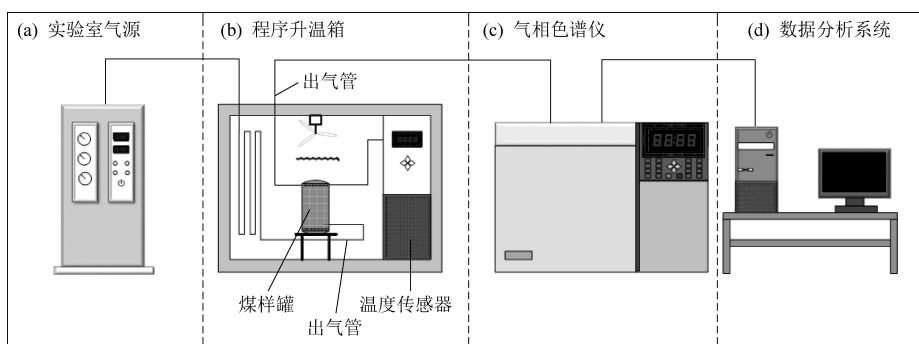


图1 程序升温实验系统

1.2 实验煤样选取

实验煤样具有代表性的滕东煤矿3_下煤层煤样进行研究,煤样的工业分析情况如表1。

表1 滕东煤矿3_下煤层煤样工业分析

煤层	工业分析指标			TRD/(cm ³ ·g ⁻¹)
	M _{ad} /%	A _d /%	V _{daf} /%	
3煤	1.96	23.72	10.62	1.43

注:M_{ad}为湿度(空气干燥基);A_d为灰分(干燥基);V_{daf}为挥发分(干燥无灰基);TRD为真密度。

为了保证实验的准确性,选取了大块新鲜的完整煤样,然后将煤样表面的氧化层去掉,在这之后利用碎煤机将煤样粉碎处理,采用煤样标准筛将粒径为0.180~0.425 mm的煤样筛分出来,放入真空干燥箱,并且在-0.1 MPa和30℃的环境中干燥48 h,以此煤样作为实验煤样。

1.3 实验过程

从上述制备好的煤样中选取50 g,把它经过干燥测试后放入绝热煤样罐里。煤样放置之前必

须进行包装密封,防止煤样被氧化。为了消除煤在低温氧化中形成的水分对程序升温实验的不良影响,对煤样干燥 24 h。根据实验要求,设定实验所需的温度值,对煤样进行加热。将空气泵连接在升温试验台的进气口,利用空气泵的加压设备,向试验台内通入空气。打开气象色谱仪,对升温过程中产生的气体进行检测,根据温度的不同找到气体产生的规律,同时利用数据采集系统监测煤样的温度数据。

2 实验结果与分析

考虑煤自热临界温度在 60~80 °C,且采空区漏风风速对煤自燃的影响,因此对煤样进行了常温 30 °C、中温 60 °C 和变通气量条件下两种恒温的煤自燃氧化规律实验。

2.1 恒温 30 °C 条件下的煤氧化实验与分析

在常温 30 °C,将通气量设为定值 50 mL/min (即风速 0.1 m/min),程序升温实验达到 270 min 时停止。测定结果表明,当煤样为 30 °C 的恒温状态时,在氧化时间为 120 min 左右的初期,释放出 CO 浓度相对较大,此时氧化能力较强,CO 气体浓度达到 12.25 mg/L。随着氧化时间的增加,氧化时间 140 min 后,CO 气体浓度在 9.5~10 mg/L 之间,在基本上处于恒定稳定状态,氧化能力逐渐降低并趋于平稳。综合来看,煤样在 30 °C 条件下,释放出的 CO 量在 9.5~12.25 mg/L 之间。

2.2 恒温 30 °C、变通气量条件下的煤氧化自燃实验与分析

保持常温 30 °C 不变,将通气量设为 50、83.3、125、166.7 mL/min 四种不同的值,这四种通气量相当于风速为 0.1~0.33 m/min 区间,程序升温实验达到 270 min 时停止,此时测定结果图 2 和 3 所示。

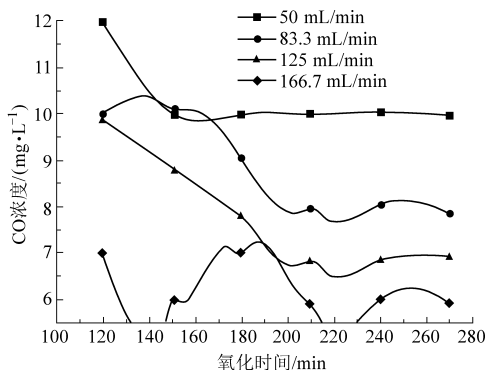


图2 变通气量时 CO 浓度变化曲线

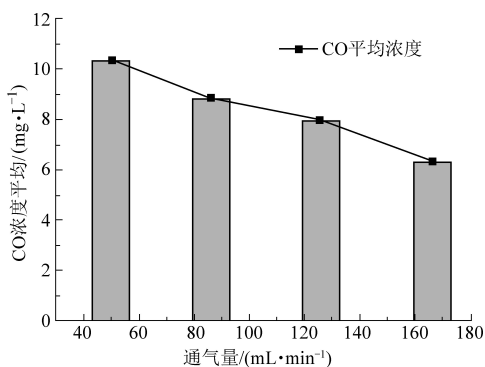


图3 变通气量时 CO 平均浓度变化

从图 2 与图 3 中可以看出,在保持氧化温度 30 °C 不变的情况下,随着通风量的增加,CO 气体浓度呈现减小的趋势;随着氧化时间的增加,CO 气体浓度也随之减少,氧化能力减弱。彼此之间 CO 浓度差很小,趋于稳定。当通气量为 166.7 mL/min 时,CO 浓度随氧化时间的增加变化并不是很大,刚开始会出现较小波动,随后逐渐趋于稳定,基本保持在 6 mg/L 左右,此时的煤氧化能力最小。在通气量为 50~83.3 mL/min (即采空区风速为 0.1~0.17 m/min) 时,产生的 CO 较多,此时的氧化能力最强,也是采空区遗煤发生自燃导致危险的区域。

2.3 恒温 60 °C 条件下的煤氧化实验与分析

将温度增加到 60 °C 并保持不变,将通气量设为 50 mL/min,相当于风速为 0.1 m/min,程序升温实验达到 270 min 时停止,此时测定结果图 4 所示。

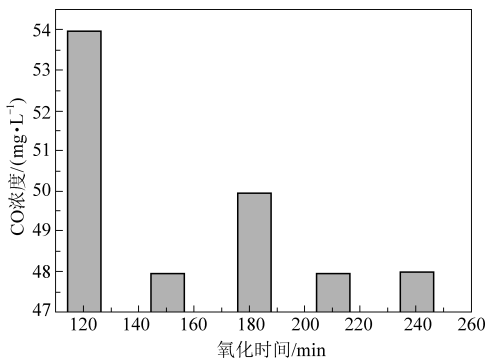


图4 60 °C 时 CO 气体浓度随时间变化

从图 4 可以看出,随着氧化时间的推进,煤样氧化所释放的 CO 放出量总体上是呈现逐渐减少的趋势,最终减少了 6 mg/L 左右,在后期氧化呈现平缓稳定的趋势,稳定在 48 mg/L 左右。将图 5 和图 2 对比发现,在其他条件相同的情形下,恒温 60 °C 氧化所释放的 CO 量比恒温 30 °C 的大很多,由 9.5~12.25 mg/L 增到 48~54 mg/L,增加约

3.4~4.1 倍,煤炭氧化速率的增加为 $1.35 \text{ mg}/(\text{L} \cdot ^\circ\text{C})$ 左右。总结来说,与 30°C 时氧化实验相同,在恒温实验推进的过程中,CO 的释放量大体都是呈现先减小后稳定的情况。

2.4 恒温 60°C , 变风量条件下的煤氧化自燃实验与分析

保持恒温 60°C 不变,将通气量设为 50、83.3、125、166.7 mL/min 四种不同的值,这四种通气量相当于风速为 $0.1\sim 0.33 \text{ m}/\text{min}$ 区间,程序升温实验达到 270 min 时停止,此时测定结果图 5 和 6 所示。

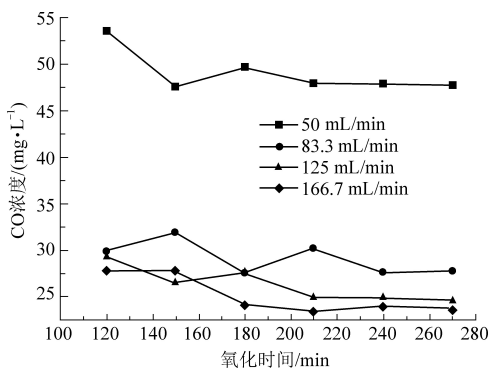


图 5 变通气量条件下 CO 浓度变化曲线图

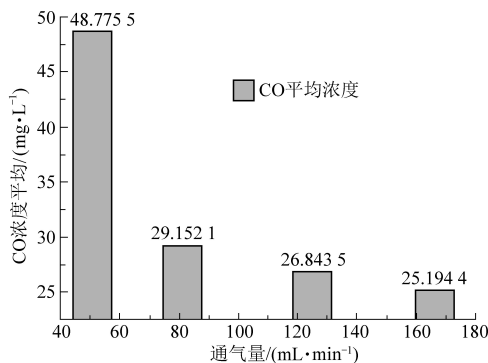


图 6 变通气量条件下 CO 平均浓度变化

通过图 5 和图 6 看出,当处在恒温 60°C 情况下,随着通风量的增加,CO 气体浓度在先骤降之后趋于平缓稳定。在稳定阶段随通气量的增大,CO 的释放量逐渐减小,但减小的值不大。空气通气量为 $50 \text{ mL}/\text{min}$ 时,CO 浓度处于高浓度状态,最高达到 $54.23 \text{ mg}/\text{L}$,最低处于 $47.31 \text{ mg}/\text{L}$ 。在 83.3 、 125 、 $166.7 \text{ mL}/\text{min}$ 三个通气量范围内,CO 浓度变化不大且三条曲线相互交叉,CO 浓度最大达到 $32.5 \text{ mg}/\text{L}$,最低为 $22.5 \text{ mg}/\text{L}$ 。数据分析表明,空气通气量为 $50 \text{ mL}/\text{min}$ 时煤炭氧化最为剧烈,是最易发生自燃的漏风区域。

3 结论

(1)煤样在 30°C ,氧化时间超过 140 min 时,CO 气体浓度基本上处于恒定状态,在 $9.5\sim 10 \text{ mg}/\text{L}$ 之间;在通气量为 $50\sim 83.3 \text{ mL}/\text{min}$ (即采空区风速 $0.1\sim 0.17 \text{ m}/\text{min}$) 时,氧化能力最强;在通气量为 $166.7 \text{ mL}/\text{min}$ (即采空区风速 $0.33 \text{ m}/\text{min}$),氧化能力最小。

(2)恒温 60°C ,变风量条件下,CO 气体浓度随通气量的增大而逐渐减小,通风量为 $50 \text{ mL}/\text{min}$ 时,CO 浓度较大,平均为 $49.3 \text{ mg}/\text{L}$,氧化能力相对较强。在通风量为 $83.3\sim 166.7 \text{ mL}/\text{min}$ 时,CO 浓度大体保持稳定,处在在 $22.5\sim 32.5 \text{ mg}/\text{L}$ 之间,氧化能力相对较弱。

(3)综合来看,通风量为 $50 \text{ mL}/\text{min}$ (采空区漏风为 $0.1 \text{ m}/\text{min}$) 左右的区域,是最易发生自燃的漏风区域,在井下生产过程中,应注意监测这区域内的漏风风速,使其控制在安全范围内,进而减少采空区遗煤自燃的灾害。

参考文献

- [1] Yang Y, Li Z, Tang Y, et al. Fine coal covering for preventing spontaneous combustion of coal pile [J]. Natural Hazards, 2014, 74 (2): 603-622.
- [2] Wu J, Liu X. Risk assessment of underground coal fire development at regional scale [J]. International Journal of Coal Geology, 2011, 86 (1): 87-94.
- [3] Zhang Z, Ji S. Numerical simulation of particle/monolithic two-stage catalyst bed reactor with beds-interspace distributed dioxygen feeding for oxidative coupling of methane [J]. Computers & Chemical Engineering, 2016, 90: 247-259.
- [4] 郭军,程小蛟,武剑,等.易自燃厚煤层工作面自然发火 CO 预测及防治 [J]. 中国安全生产科学技术, 2018, 14 (4): 75-81.
- [5] Qin BT, Wang DM. Present situation and development of mine fire control technology [J]. China Safety Science Journal, 2007, 17 (12): 80-85.
- [6] 文虎,郭军,金永飞,等.煤矿井下 CO 产生机理与控制技术研究现状及趋势 [J]. 煤矿安全, 2015, 46 (6): 175-177.
- [7] Liu L, Zhou FB. A comprehensive hazard evaluation system for spontaneous combustion of coal in underground mining [J]. International Journal of Coal Geology, 2010, 82 (1-2): 27-36.
- [8] 邓军,李青蔚,肖旸,等.原煤和氧化煤的低温氧化特性 [J]. 西安科技大学学报, 2018, 38 (1): 1-7.
- [9] 王晓东.煤自燃程序降温特性参数的实验研究 [J]. 陕西煤炭, 2019, 38 (1): 34-37.
- [10] 孙超,李瑞,姜维,等.孤岛面遗煤氧化自燃特性以及

- “滞后”效应研究 [J]. 陕西煤炭, 2018, 37 (6): 17-21+8.
- [11] 吴健. 某矿 2306 工作面采空区遗煤自燃及瓦斯灾害治理方案 [J]. 现代矿业, 2018, 34 (7): 174-176.
- [12] 李修磊, 王怀增, 丁仰卫, 等. 上覆采空区煤自燃与瓦斯综合防治技术 [J]. 煤炭技术, 2019, 38 (4): 96-98.
- [13] 王兴华. 采煤工作面瓦斯与自燃复合灾害综合防治技术 [J]. 山东煤炭科技, 2019, 5: 111-113.
- [14] 张超. 高瓦斯易自燃煤层采空区 CO₂ 防灭火技术研究 [D]. 太原: 太原理工大学, 2015.
- [15] 张福成, 王昌斌, 杨广文, 等. 氮气置换法治理采空区有害气体技术 [J]. 煤矿安全, 2008, 39 (3): 36-37.
- [16] 郭栋梁. 氮气置换法启封高瓦斯矿井封闭火区的实践 [J]. 能源技术与管理, 2018, 43 (6): 122-123+155.