

Design of Pressure Relief Area of Pulverized Coal Bunker in Coal-to-Oil Enterprise

Min Yao, Zhongshan Guo, Hongnian Yuan

Shenhua Ningxia Coal Industry Group Co., Ltd., Yinchuan Ningxia
Email: yaomin@nxmy.com

Received: Jun. 9th, 2017; accepted: Jun. 26th, 2017; published: Jun. 29th, 2017

Abstract

Using the 20 L dust explosion characteristic test system, the maximum explosion pressure and the maximum explosion pressure rise rate of the coal dust cloud were tested. The results show that: the maximum explosion pressure is 0.62 MPa; the corresponding coal dust cloud concentration is 300 g/m³; the maximum explosion pressure increases rate is 54.14 MPa/s; and the corresponding coal dust cloud concentration is 200 g/m³. According to the test results, the venting area of the preparation process of pulverized coal and pulverized coal bunker in the gasifier were calculated. We have selected and designed the explosive equipment, and determined its quantity. The results can provide technical support for the safe operation of coal bunker in coal-to-oil enterprise.

Keywords

Pulverized Coal Bunker, Coal Dust Cloud, Venting Area

煤制油粉煤仓泄压面积设计

姚 敏, 郭中山, 袁红年

神华宁夏煤业集团有限责任公司, 宁夏 银川
Email: yaomin@nxmy.com

收稿日期: 2017年6月9日; 录用日期: 2017年6月26日; 发布日期: 2017年6月29日

摘 要

使用20 L粉尘爆炸特性测试系统,对煤样进行了煤尘云最大爆炸压力和最大爆炸压力上升速率实验测试,结果表明测试煤尘云的最大爆炸压力为0.62 MPa,对应的煤尘云浓度为300 g/m³,最大爆炸压力上升速率为54.14 MPa/s,对应的煤尘云浓度为200 g/m³。依据测试结果对煤制油煤粉制备工艺及气化装置中

的粉煤仓的泄爆面积进行了核算，并对泄爆装备及数量进行了选型和设计。成果可为煤制油粉煤仓安全运行提供技术支撑。

关键词

粉煤仓，煤尘云，泄压面积

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

随着石油资源的耗竭以及价格的不断攀升，煤制油技术成为缓解石油危机的重要措施之一[1][2]。煤制油是以煤炭为原料，通过化学加工过程生产油品和石油化工产品的一项技术。我国对煤制油技术的研发较早，近 10 多年取得重大进展。在煤制油的煤粉制备工艺以及气化装置中，都存在粉煤仓。粉煤仓是研磨好的煤粉的临时储存设备，内部煤粉的粒度小，容量大。设备正常运行时其内部为惰性环境，处于安全状态；如果操作失误或设备故障，则仓内可能进入氧气，有发生超压的可能性。所以煤粉煤仓需要进行泄爆设计，安设泄爆装备。现需要对我公司煤粉制备和气化工艺中的 2 个粉煤仓进行泄压面积设计，降低可能出现的超压对设备本身及周边环境造成的危害。

2. 煤尘云最大爆炸压力及最大爆炸压力上升速率测试

依据 GB/T15605-2008 [3]的要求，设备泄压面积设计要根据粉尘云最大爆炸压力、爆炸指数等参数来确定，而爆炸指数可以由粉尘云最大爆炸压力上升速率来计算。根据 GB/T16426-1996 [4]中的测定标准，利用 20 L 粉尘爆炸特性测试系统(如图 1 所示)对我公司煤样的煤尘云最大爆炸压力与最大爆炸压力上升速率进行了实验测试。该装置由爆炸罐体、喷尘装置、点火装置、数据采集系统、真空配气装置以及除尘装置六大部分组成。

实验前，使用 200 目的筛子对我公司煤粉进行了筛分处理，达到了相关标准中“粒径 $< 75 \mu\text{m}$ ”的要求。

本实验是在常温常压条件下进行的，实验室环境温度在 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 之间，环境相对湿度在 70%~90% rh 之间。实验时，首先打开储尘罐将称量好的粉尘装入储尘罐并关紧；然后将储气室空气压力调节到 2.0 MPa；打开真空泵，将爆炸罐抽真空到 0.052 MPa；最后启动计算机应用程序并开始试验；

通过测试，煤尘云的最大爆炸压力为 0.62 MPa，其对应的煤尘云浓度为 300 g/m^3 ；煤尘云的最大爆炸压力上升速率为 54.14 MPa/s，其对应的煤尘云浓度为 200 g/m^3 。由上述数据，可计算出煤粉的爆炸指数 Kst 为 14.70。

3. 粉煤仓泄爆面积核算

3.1. 备煤系统粉煤仓泄爆面积

备煤系统是煤制油的准备环节，是利用磨煤机将原煤研磨至所需粒径并临时储存的工艺。粉煤仓就是煤粉临时存储的容器，备煤系统粉煤仓为圆柱体，其高度为 18.5 m，直径 Φ 为 6.0 m，包裹体容积约为 100 m^3 。

根据 GB/T15605-2008 [1]的规定，对 $p_{\text{red, max}} > 0.15 \text{ MPa}$ 按式(1)计算：



Figure 1. 20 L dust explosion characteristics test system
图 1. 20 L 粉尘爆炸特性测试系统

$$A = B \quad (1)$$

$$B = \left[8.805 \times 10^{-4} \cdot P_{\max} \cdot K_{\max} \cdot P_{\text{red,max}}^{-0.569} + 0.854 (p_{\text{stat}} - 0.01) \cdot p_{\text{red,max}}^{-0.5} \right] \cdot V^{0.753} \quad (2)$$

上述公式各符号的意义及有效范围为:

容器泄爆面积 A;

容器体积 V: $0.1 \text{ m}^3 \leq V \leq 10,000 \text{ m}^3$;

泄压装置的静开启压力 Pstat: $0.01 \text{ MPa} \leq P_{\text{stat}} \leq 0.1 \text{ MPa}$;

最大泄爆压力 Pred, : $0.01 \text{ MPa} \leq P_{\text{red,max}} \leq 0.2 \text{ MPa}$, 此处取最大值 0.2 MPa;

最大爆炸压力 Pmax。

由式(1)、(2)可知, 备煤系统粉煤仓的泄爆面积为:

$$A = B = 8.805 \times 10^{-4} \times P_{\max} \times K_{\max} \times P_{\text{red,max}}^{-0.569} \times V^{0.753} = 0.635 \text{ m}^2$$

3.2. 气化装置粉煤仓泄爆面积

气化装置是以煤粉为原料, 氧气和水蒸气作气化剂, 生产以 H_2 和 CO 为主的合成气。气化装置的粉煤仓也是临时存储煤粉的作用, 粉煤仓尺寸 $L \times W \times H$ 为 $10 \text{ m} \times 6.5 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$, 包裹体容积约为 150 m^3 。

由式(1)、(2)可知, 气化装置粉煤仓的泄爆面积为:

$$A = B = 8.805 \times 10^{-4} \times P_{\max} \times K_{\max} \times P_{\text{red,max}}^{-0.569} \times V^{0.753} = 0.86 \text{ m}^2$$

4. 泄爆设计

根据前面的实验测试及计算, 已经可以确定出粉煤仓所需的泄压面积。接下来需要选择合适的泄爆设备, 并设计其安装位置。目前, 市场上的泄爆设备种类繁多, 如泄爆片、防爆门、防爆阀、弹簧泄压装置等。这些设备各有特点, 原理不尽相同。目前应用较多的是泄爆片(如图 2 所示)和重力式防爆门(如图 3 所示)。

泄爆设备的选型应考虑安装设备的实际情况及环境特点。粉煤仓主体设备都处于室内, 仓体四壁安装有氮气管路及附属设施, 不适宜再增加其他设备。因此, 考虑在粉煤仓的顶部安装泄爆设备, 并采用水平布置, 即泄爆面与粉煤仓顶部表面平行。

粉煤仓顶部安装有压力变送器及测尘仪等, 是巡检人员经常检查的区域。由于泄爆片直接承压能力弱, 如果巡检人员无意中立足上面可能会发生安全事故。因此, 考虑在粉煤仓顶部安装重力式防爆门, 防爆门的重力盖为钢结构, 有较大的承压能力。当仓体内部压力超过预设的数值时, 防爆门重力盖自动



Figure 2. Rupture disk

图 2. 泄爆片



Figure 3. Gravity explosion-proof door

图 3. 重力式防爆门

打开，瞬间泄压，达到保护设备和管道的目的，泄压后能自动复位。最终，根据实际应用效果并考虑经济因素，选择泄爆面积为 0.393 m^2 的重力式防爆门。

由计算得知备煤系统和气化装置粉煤仓所需的泄爆面积分别为 0.635 m^2 和 0.86 m^2 ，考虑到安全因素，增加 1.5 倍的安全系数后泄爆面积为 0.9525 m^2 和 1.29 m^2 。所以，需要安装的重力式防爆门的个数分别是 3 个和 4 个。

5. 结论

本文通过实验测试以及计算分析，得到以下结论：

(1) 测试煤样的煤尘云最大爆炸压力为 0.62 MPa ，其对应的煤尘云浓度为 300 g/m^3 ；煤尘云最大爆炸压力上升速率为 54.14 MPa/s ，其对应的煤尘云浓度为 200 g/m^3 。

(2) 通过计算，备煤系统粉煤仓的泄爆面积为 0.635 m^2 ，气化装置粉煤仓泄爆面积为 0.86 m^2 。

(3) 根据实际应用效果并考虑经济因素，将粉煤仓选择泄爆面积为 0.393 m^2 的重力式防爆门作为泄爆装备；考虑到安全效果，备煤系统粉煤仓的安装数量为 3 个，气化装置粉煤仓的安装数量为 4 个。

基金项目

神华集团公司科技创新项目(SHJT-14-13)。

参考文献 (References)

- [1] 徐思策, 石磊. 基于水足迹理论的煤制油产业布局评价[J]. 生态学报, 2015, 35(12): 4203-4214.
- [2] 刘康慨, 李蕾. 煤制油产业面临的机遇与挑战[J]. 现代工业经济和信息化, 2014, 80(10): 11-12.
- [3] GB/T15605-2008, 粉尘爆炸泄压指南[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [4] GB/T16426-1996, 粉尘云最大爆炸压力和最大压力上升速率测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: me@hanspub.org