

一种煤粉仓圆形无焰泄放装置的研究与应用

杨中一

(河钢承德钒钛铁前经营中心 河北 承德 067102)

摘要: 无焰泄放技术是粉尘爆炸防控的重要措施之一,它不仅可以和设备发生粉尘燃爆的初期阶段及时有效地进行压力泄放,更为关键的是它的阻火功能可以有效防止泄放火焰引起的二次爆炸及火灾问题。因此,无焰泄放的研究对粉尘燃爆与火灾事故的防控有着重要的意义。本文介绍了一种圆形无焰泄放装置在煤粉仓上的应用,为同行业煤粉制备、储存和输送中的安全性提供了一种低成本的可行性改造方案,值得借鉴。

关键词: 煤粉; 无焰泄放; 燃爆; 阻火

0 引言

高炉喷煤辅助燃料是现代高炉炼铁生产广泛采用的新技术。优化高炉喷煤量,使整个生产过程接近或达到最佳状态,对降低焦比、节能降耗起着关键作用^[1],同时,它还是现代高炉炉况调节所不可缺少的重要手段之一。

喷煤作业的稳定对高炉稳定炉况起着重要的作用。随着近些年安全和环保工作要求的不断加强,对喷煤作业生产和设备管理工作的标准也在不断提高。2022年5月,国家应急管理部安全生产专项整治“百日清零行动”中,对钢铁企业的“钢八条”“粉六条”的落实情况进行大排查和大整治。喷煤作业中的煤粉这一可燃性粉尘是“粉六条”中的重点整治事项。承德钒钛炼铁事业部喷煤作业区作为高炉炼铁生产各环节中危险因素最多和危险源最高的环节之一,对其安全管理工作的要求和标准更要加强。图1和图2分别为2500M3高炉和高炉简图。

1 现状与问题

喷煤作业过程:原煤经磨煤机粉碎后,煤粉进入布袋收粉器,然后落入煤粉仓,再经喷吹系统和煤粉输送管道送至各高炉的煤粉分配器、喷枪,从高炉风口的送风装置吹入高炉。煤在磨煤机内被磨细和干燥后,经过磨煤机内的分离器,细度合格的煤粉被含粉气流带走,经管道进入袋式收粉器;不合格的粗煤粒回到磨盘中继续研磨;煤中较大的硬物如石子煤经石子煤口排到石子煤储仓,定期外排;进入袋



图1 2500M3高炉

式收粉器的煤粉经分离后进入煤粉仓,净化达标后的烟气由主排风机抽引,经由站房高处的排气筒排入大气。制粉系统靠主排烟风机抽引作用处于负压状态。喷吹罐卸压,氮气(N₂)带着少量煤粉靠自身

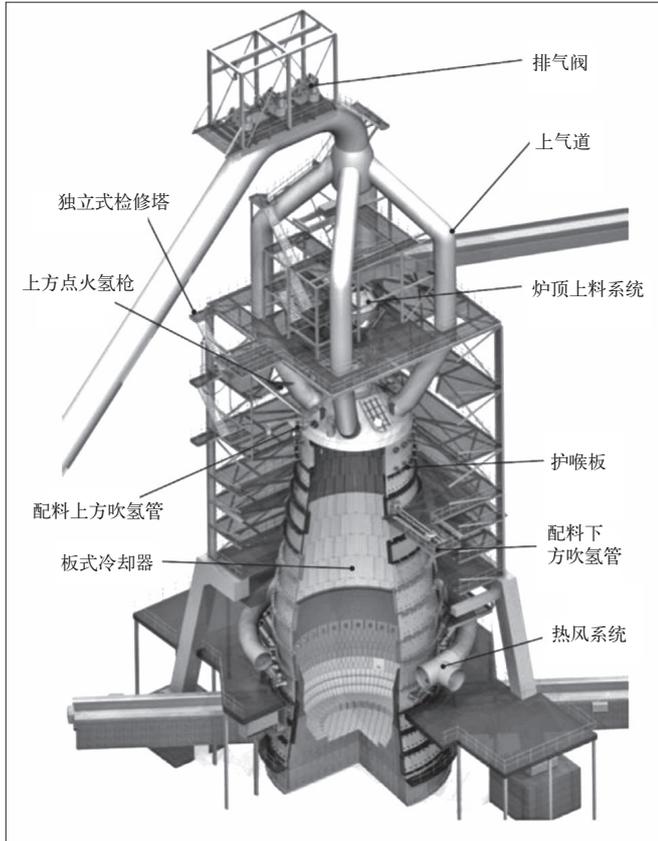


图2 高炉简图

正压经管道进入袋式收粉器，净化后的气体排入大气，排放浓度 $\leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，收集的煤粉经管道回到煤粉仓。

2016年6月，公司喷煤布袋箱体曾发生燃爆。燃爆使布袋箱体开裂，布袋烧损，紧急停车后进行气体惰化，并补焊箱体和更换烧损的布袋，造成5号高炉停煤两个多小时。为杜绝此类事故再次发生，把燃爆可能造成的损失、危险和次生灾害降到最低，严格落实“粉六条”，公司要求：“干式除尘系统（布袋箱体和煤粉仓）必须规范采用泄爆、惰化、抑爆和抗爆等控爆措施。”

目前，该作业区共有布袋箱体和煤粉仓四套，分别对应1号、3号、4号和5号高炉，并为对应高炉提供符合工艺生产要求

的煤粉。因煤粉仓原始设计只有安全阀和泄爆孔，只能泄爆，不能有效做好爆炸隔离，爆炸引发的火焰和冲击波会传输到其他设备，引发二次爆炸或其他次生灾害，达不到安全和环保要求，必须进行整改。以5号高炉煤粉仓为例（图3所示为改造前）。

2 改造技术方案

建议在煤粉仓上设计安装使用一种圆形无焰泄放装置^[2]，它由普通碳钢（Q235B）材质的泄压壳体和安装法兰、防爆板和不锈钢304SUS材质的阻火网组成（图4）。阻火网为圆筒体状。

无焰泄放装置主要用于密闭空间粉尘爆炸的防护，安装简便，无其他运行成本。其工作原理简单，当煤粉发生燃爆，煤粉仓压力超过泄爆膜片爆破压力，膜片破裂，煤粉仓瞬间泄压，爆燃形成的火焰和烟尘被阻火网阻挡，防止引发次生事故和灾害。根据外部形状，常用的无焰泄放装置有圆形和扇形两种。圆形无焰泄放装置相比扇形无焰泄放装置提供的泄放面积更大，泄放效率最高。

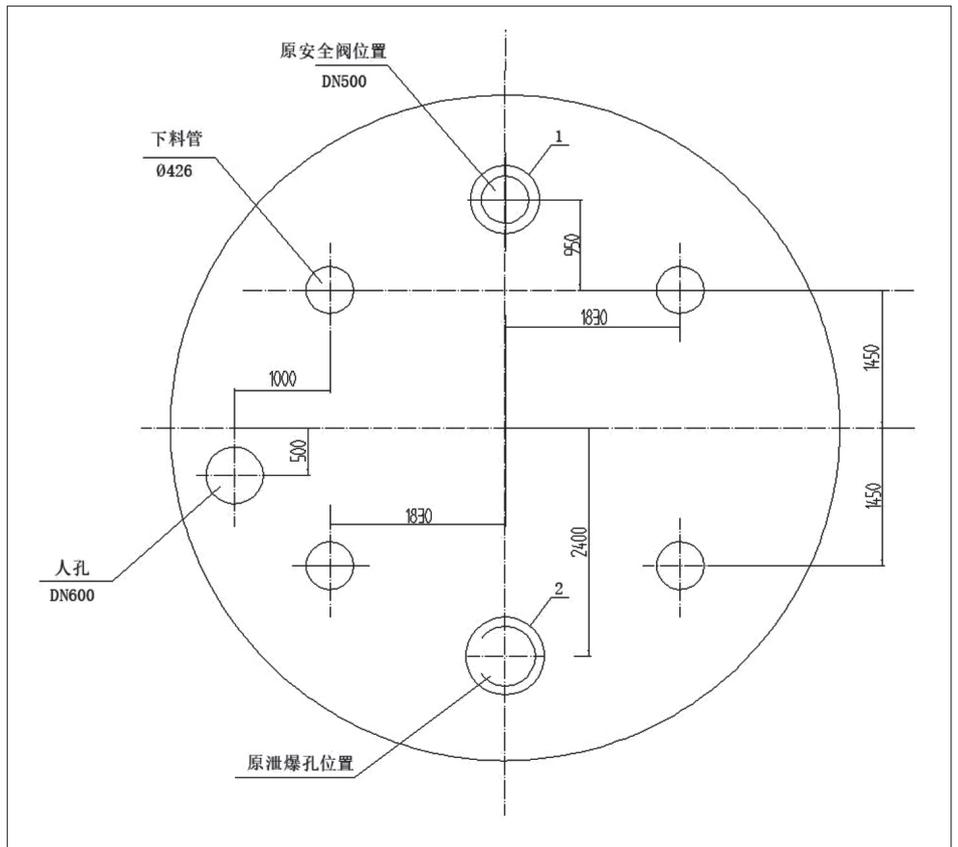


图3 5号高炉煤粉仓（改造前）

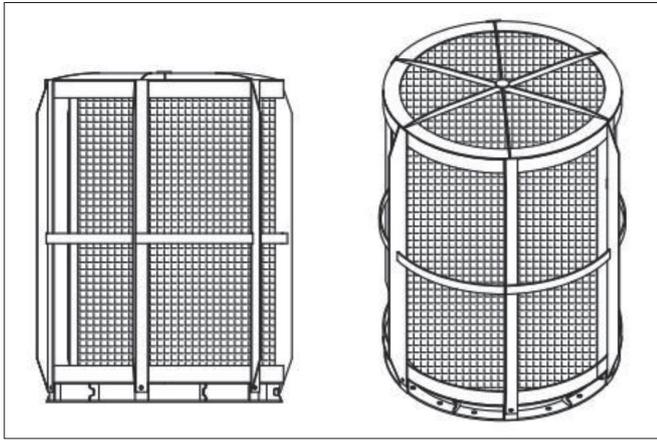


图4 圆形无焰泄放装置

具体方案如下：

- (1) 将现有煤粉仓安全阀停用，改为 $\phi 500$ 和 $\phi 600$ 泄爆孔；
- (2) 泄爆孔配套膜片的静开启压力为 10kPa，工作温度 $-30 \sim 150^{\circ}\text{C}$ ；
- (3) 泄爆孔后配套安装无焰泄爆装置，规格为 ZTFE500、ZTFE600 各一台；
- (4) 无焰泄爆装置的连接法兰与现有泄爆孔法兰要配套制作，无焰泄爆装置通过螺栓与泄爆孔法兰连接固定，不再安装其他支撑结构。

表1 无焰泄放装置技术参数

型号	ZTFE (DN520/ DN620)	爆炸指数	$\leq 30\text{MPa}\cdot\text{m/s}$
设计爆破压力	$0.01 \pm 20\%$	适用粉尘	爆炸指数 $\leq 30\text{MPa}\cdot\text{m/s}$ 的煤粉等可燃性 粉尘
爆破温度 / $^{\circ}\text{C}$	$-30 \sim +150$	安装位置	煤粉尘泄爆孔
爆破压力允差	$\pm 20\%$	连接方式	法兰螺栓连接
壳体材质	Q235B	表面预 处理	抛丸除锈
阻火网材质	304SUS	质量	43.8kg/38.5kg
泄放方向	360°	其他	带配套泄爆膜片

说明：该无焰泄放装置在发生一次爆炸事故后需要更换泄爆膜片。

无焰泄放装置技术参数如表 1 所示。

其改造方案如图 5 所示,改造后效果如图 6 所示。

3 煤粉仓无焰泄放装置使用效果

无焰泄放作为粉尘爆炸防控的重要措施之一，它不仅可以在设备发生粉尘燃爆的初期阶段及时有效地进行压力泄放，更为关键的是它的阻火功能可以有效防止泄放火焰引起的二次爆炸及火灾问题。因此，无焰泄放的研究对粉尘燃爆与火灾事故的防控

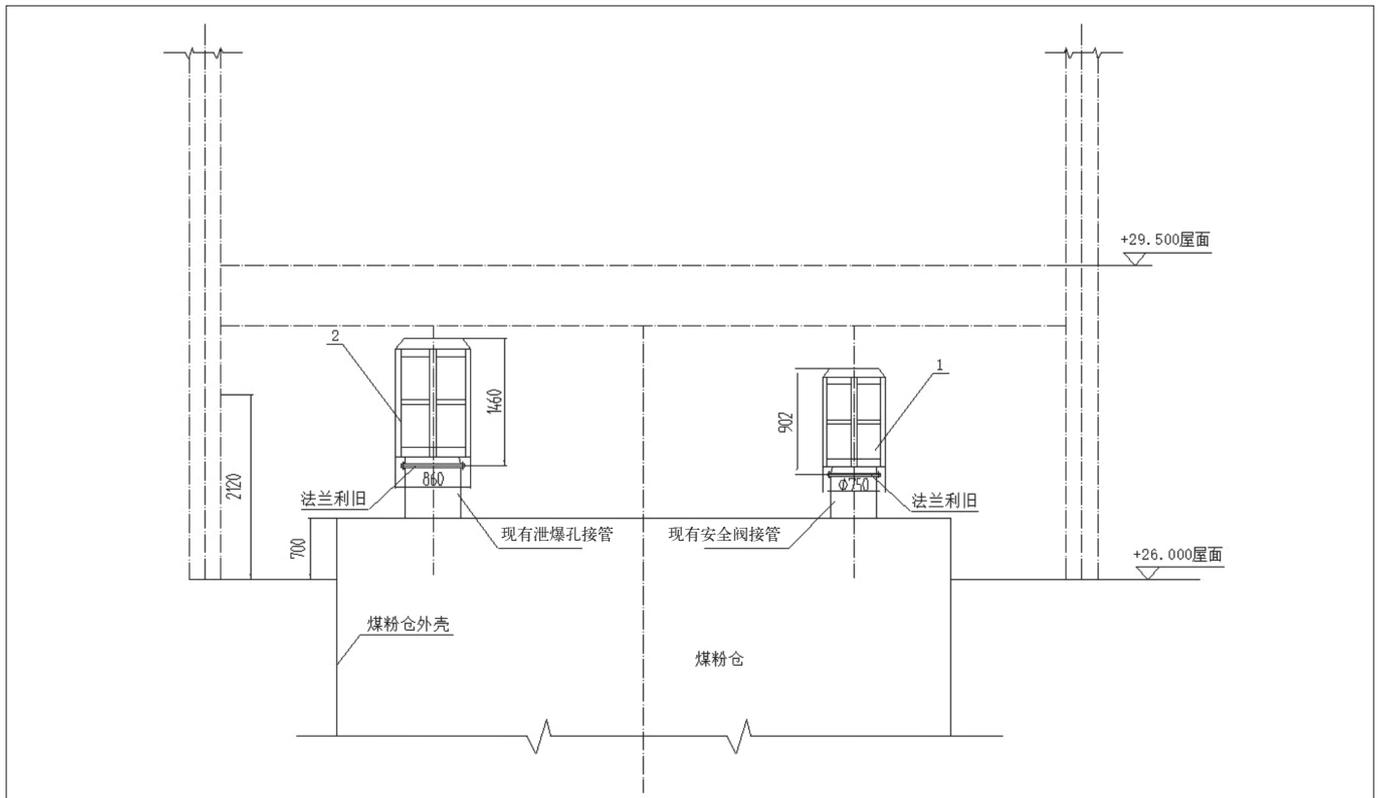


图5 5号高炉圆形无焰泄放装置安装方案图



图6 5号高炉圆形无焰泄放装置安装效果图(改造后)

有着重要的意义^[3]。5号高炉煤粉仓安装圆形无焰泄放装置后,在不对生产工艺进行重大改变的情况下,将煤粉可能引发的燃爆事故所造成的危害程度降低到了较低水平,提高了设备和生产现场的本质安全水平,保证了生产的稳定。

泄放效率是衡量泄放装置优劣的重要指标。同时,无焰泄放装置的安装位置、形状大小、泄放面积,包括粉尘种类、粉尘粒径、粉尘浓度和无焰泄放装置的开启压力、阻火元件结构等因素都会影响无焰泄放装置的使用。加之粉尘爆炸的复杂性,到目前为止粉尘爆炸机理还处于探索阶段,还没有一种确定的评判方法对这一方案进行综合评价,只能在以后的工作和使用过程中总结经验,不断优化。但在满足阻火性能的前提下,同时提高无

焰泄放装置的泄放效率,可有效减小泄爆装置的尺寸,从而降低成本^[4]。

5号高炉煤粉仓圆形无焰泄放装置改造完成后,该方案在1号、3号和4号高炉煤粉仓也得到了推广和应用。

4 结语

无焰泄放装置可以被广泛应用于含粉作业场合或除尘系统。5号高炉煤粉仓安装圆形无焰泄放装置的研究和应用,为同行业煤粉制备、储存、输送中的安全性提供了一种低成本、可行性高的改造方案,值得借鉴推广,具有较好的应用前景。

参考文献:

- [1] 崔桂梅,张轩,顾东洋.高炉冶炼喷煤操作模式匹配和演化的研究[J].冶金自动化,2014(7):16-20.
- [2] 魏鹏翔.一种圆形无焰泄放装置:201721821252.6[P].2018-09-04.
- [3] 王家祯,徐伟巍,熊静文.无焰泄放技术的研究现状及其发展趋势[J].电气防爆,2020(1):12-15.
- [4] 刘利利,舒远,刘宁宁,等.无焰泄放装置泄放效率影响因素分析[J].电气防爆,2021(5):1-4.

作者简介:杨中一(1985.10-),男,汉族,河北承德人,本科,工程师,研究方向:机械设计及制造。