

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2016.01.001

玉米淀粉粉尘爆炸特性及火焰传播过程的试验研究^{*}

曹卫国^{①②} 郑俊杰^{①②} 彭于怀^① 潘 峰^{①②}

①南京理工大学化工学院(江苏南京,210094)

②国家民用爆破器材质量监督检验中心(江苏南京,210094)

[摘 要] 为了全面地认识玉米淀粉粉尘爆炸的敏感性和爆炸破坏效应,分别采用粉尘云着火温度装置、20 L 球粉尘爆炸装置和粉尘云火焰传播装置对玉米淀粉的粉尘云着火温度、爆炸下限质量浓度、爆炸压力、爆炸氧极限浓度以及粉尘云火焰传播过程进行了研究。结果表明:玉米淀粉粉尘云最低着火温度在 380 ~ 390 ℃ 之间;粉尘云爆炸氧极限浓度(体积分数)在 10% ~ 11% 之间;爆炸下限质量浓度和最大爆炸压力随着化学点火具质量的增加而呈现出不同的变化特征,随着化学点火具质量的增加,玉米淀粉的爆炸下限质量浓度逐渐降低,而玉米淀粉爆炸压力逐渐升高。在不同的粉尘质量浓度条件下,粉尘云火焰传播速度和火焰温度有一定的变化,在粉尘质量浓度为 500 g/m³ 时,火焰传播速度和火焰温度均达到最大值,分别为 13.81 m/s 和 1 107 ℃。

[关键词] 玉米淀粉;最低着火温度;爆炸下限质量浓度;爆炸压力;氧极限浓度;火焰传播过程

[分类号] X932

引言

随着科学技术和粉体工业的快速发展,与可燃性粉尘相关的行业越来越多,粉尘的种类和用量也在逐渐增加。虽然工业粉尘日益广泛的应用有利地推动了经济的快速发展,但是,由于对粉尘爆炸特性不够了解,导致了死伤惨重的粉尘爆炸事故频发^[1];2011 年 1 ~ 5 月,美国田纳西州的海格纳士公司发生了 3 起铁粉爆炸事故;2010 年 2 月,河北省秦皇岛骊骅淀粉股份有限公司发生玉米淀粉粉尘爆炸事故;2014 年 4 月,江苏省如皋市双马化工有限公司发生硬脂酸粉尘爆炸事故;2014 年 8 月,江苏省昆山市中荣金属制品有限公司发生金属粉尘爆炸事故。粉尘爆炸引起火焰在粉尘云中迅速传播,火焰产生的湍流现象会使周围堆积的粉尘扬起,在新的空间内形成有效浓度的粉尘云,而飞散的火花和辐射热可提供点火源,将产生多米诺现象,形成连锁爆炸,造成二次乃至多次伤害^[2]。随着人们对粉尘爆炸事故危害的认识程度不断加深,粉尘爆炸特性参数成为近年来科研工作者的研究热点;Gao 等^[3-7]对有机粉尘的火焰传播以及浓度对火焰传播的影响进行了探讨;Proust^[8-9]利用高速摄影技术对粉尘火焰的传播规律和火焰的结构等进行了研究;此外,本课题组^[10-13]对煤粉、小麦淀粉和玉米淀粉等粉尘的

爆炸特性参数进行了相关研究。

在文献[13]中,本课题组主要是针对玉米淀粉的最小点火能量以及特定点火条件下的爆炸压力对其爆炸特性的影响进行了初步研究,研究的系统性还存在一定的不足。因此,本文在前期研究的基础上,从玉米淀粉的粉尘云着火温度、不同点火条件下的爆炸下限质量浓度、最大爆炸压力和爆炸氧极限浓度等爆炸特性参数以及玉米淀粉爆炸过程中的火焰传播过程等方面进行系统的研究,为粮食粉尘燃烧爆炸事故提供数据支撑,全面地反映出粮食粉尘的爆炸危险性,提高人们对粉尘爆炸现象的认识。

1 试验材料和装置

1.1 试验材料

玉米淀粉:经过粉碎、筛分、干燥处理。采用 BT-9300H 激光粒径分析仪对玉米淀粉的粒径进行测试,如图 1 所示,中位粒径 d_{50} 为 10.2 μm。

化学点火具:由铝粉、硝酸钡和过氧化钡组成,质量分数分别为 40 %、30 % 和 30 %。

1.2 试验装置

1.2.1 粉尘云着火温度装置

粉尘云最低着火温度是指粉尘和空气的混合物受热时,使粉尘云发生着火时的最低温度。粉尘云着火温度试验装置见文献[7]。装置的主要部件为

* 收稿日期:2015-06-14

基金项目:国家自然科学基金项目(51174047)

作者简介:曹卫国(1984 ~),男,博士,主要从事粉尘爆炸、粉尘火焰传播、危险品分类等方面的研究。E-mail:caoweiguoiem@163.com

通信作者:郑俊杰(1973 ~),女,工程师,主要从事含能材料方面的研究。E-mail:78300136@qq.com

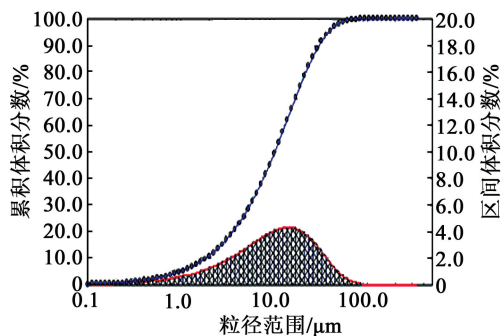


图 1 玉米淀粉粒径分布图

Fig. 1 Particle size distributions of corn starch in experiments

下端敞口的石英炉管,管壁绕有电阻丝,以保证炉管内各处温度相等,炉管体积为 0.27 L。测试时,高压空气使储粉罐中的粉尘试样分散进入石英炉管内形成粉尘云,可以观察粉尘云是否被点燃。

1.2.2 20 L 球粉尘爆炸装置

20 L 球爆炸测试系统见文献[13],主要包括粉尘的分散系统、点火系统以及测试系统等几个部分,其中球体的体积为 20 L,储粉罐的体积为 0.6 L。将点火具固定在 20 L 球的中心位置,称量好的一定质量的粉尘放入储粉罐内,加压至 2 MPa,对球体抽真空至 -0.06 MPa(表压),打开气粉两相罐,高压气体将粉尘通过喷嘴分散到容器中,当球体内压力为 0.1 MPa(一个标准大气压)时,点火具在容器中心被引爆。通过该装置可以得到粉尘云爆炸的下限质量浓度、最大爆炸压力以及爆炸氧极限浓度等。

1.2.3 粉尘云火焰传播装置

粉尘云火焰传播装置见文献[12],主要是由燃烧管、高压喷粉系统、点火系统、高速摄影、红外热成像和控制系统等几个部分组成。燃烧管是一个上端开口的半封闭圆柱形玻璃管,内径为 68 mm,高 300 mm。点火位置距燃烧管底部 100 mm 处,点火电极间距为 6 mm,高速摄影装置和红外热成像装置分别位于燃烧管两侧 5 m 远处。通过压缩空气将玉米淀粉分散在燃烧管内形成粉尘云。点火能量为 1 J,粉尘云被点燃后,用高速摄影和红外热成像仪分别测试粉尘云火焰传播过程和火焰温度。

2 结果与讨论

2.1 粉尘云最低着火温度

粉尘云最低着火温度反映了粉尘在悬浮状态时对温度的敏感程度。通过改变粉尘的质量浓度和温度来进行测试,每组试验重复 10 次,粉尘云最低着火温度介于连续 10 次试验均未出现着火的温度和连续 10 次试验至少出现一次着火的温度之间,结果

如图 2 所示。

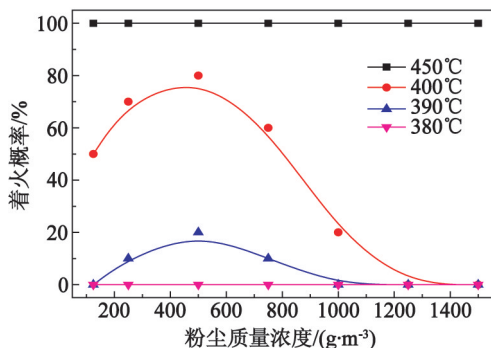


图 2 玉米淀粉粉尘云最低着火温度测试图

Fig. 2 Lowest ignition temperature of corn starch dust cloud

在不同的温度下,分别对质量浓度为 125、250、500、750、1 000、1 250、1 500 g/m³ 的玉米淀粉进行了粉尘云着火温度试验。由图 2 可知,玉米淀粉粉尘云最低着火温度在 380 ~ 390 °C 之间。玉米淀粉被点燃的概率随着温度的升高而增大。在 380 °C 时,7 种质量浓度的粉尘云都未被点燃,这是由于温度太低,提供的能量不足以引燃玉米淀粉;在 450 °C 时,7 种质量浓度的粉尘云被点燃的概率均为 100%,这是由于温度太高,在此温度下提供的能量能够满足玉米淀粉的燃烧;在 390 °C 和 400 °C 时,玉米淀粉被点燃的概率随着粉尘质量浓度的增加呈现出先增大后减小的趋势:在 250 ~ 750 g/m³ 的范围内,粉尘的着火概率较高;当质量浓度为 500 g/m³ 时,着火概率达到最大,分别为 20 % 和 80 %;说明玉米淀粉的最佳着火质量浓度为 500 g/m³。

2.2 粉尘云爆炸下限质量浓度

利用 20 L 球爆炸装置进行粉尘爆炸压力试验可以得到粉尘云爆炸下限质量浓度。爆炸下限质量浓度是在给定能量的点火源作用下,粉尘云刚好发生自动持续燃烧的最低敏感质量浓度。图 3 为典型的粉尘爆炸时间-压力曲线图。由图 3 可知:在 $t_1 \sim t_2$ 时间段,高压气体将粉尘通过喷嘴分散到容器中;在 t_2 时刻开始点火,爆炸球内压力开始急剧上升,至 t_3 时刻达到最大。本次试验环境温度 (25 ± 5) °C,改变化学点火具的质量和粉尘的质量浓度,通过空白试验扣除化学点火具自身产生的压力,结果如图 4 所示。

由图 4 可见,质量浓度在 10 ~ 70 g/m³ 范围内,在同一质量的化学点火具点火条件下,玉米淀粉的爆炸压力均随着质量浓度的增加而呈现上升趋势;同一粉尘质量浓度条件下,玉米淀粉的爆炸压力随着化学点火具质量的增加而增加。以 $\Delta p > 0.05$

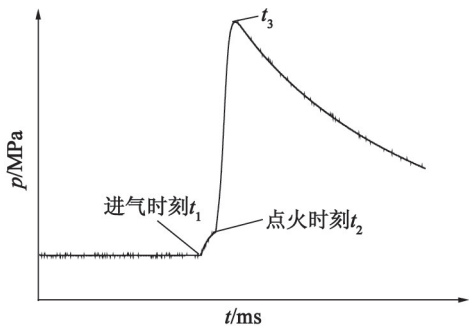


图3 典型粉尘爆炸的压力-时间曲线

Fig.3 Typical $p-t$ curve during a dust explosion

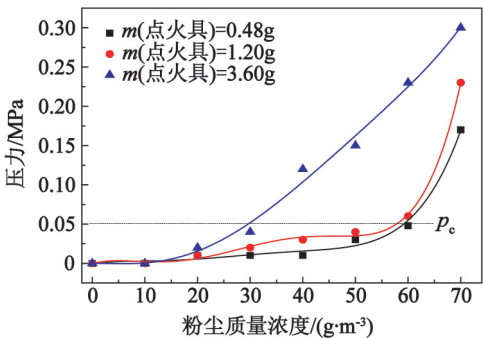


图4 玉米淀粉粉尘云爆炸的下限质量浓度

Fig.4 Minimum explosive concentration of corn starch dust cloud

MPa^[14]作为粉尘爆炸的临界压力:当化学点火具质量为0.48 g 时,玉米淀粉的爆炸下限质量浓度为 60 ~ 70 g/m³;当化学点火具为 1.20 g 时,玉米淀粉的爆炸下限质量浓度为 50 ~ 60 g/m³;当化学点火具质量继续增加到 3.60 g 时,玉米淀粉的爆炸下限质量浓度为 30 ~ 40 g/m³。玉米淀粉的爆炸下限质量浓度随着化学点火具质量的增加而降低,玉米淀粉被点燃的爆炸潜在可能性进一步增加。当玉米淀粉质量浓度低于 30 g/m³ 时,爆炸压力随着玉米淀粉质量浓度和化学点火具质量的增加而有所上升,但 $\Delta p < 0.05$ MPa,玉米淀粉未爆炸。这主要是因为玉米淀粉颗粒受化学点火具激发后发生热解,当玉米淀粉质量浓度较低时,单位体积内粉尘颗粒热解产生的热量较少,不足以引起粉尘云的持续燃烧;随着玉米淀粉质量浓度的升高,单位体积内产生热解的粉尘颗粒也随之增加,粉尘颗粒产生的热量能够使燃烧进一步持续下去,形成爆炸。

2.3 粉尘云最大爆炸压力

(25 ± 5)℃,采用 0.48、1.20 g 和 3.60 g 的化学点火具进行试验,通过空白试验扣除化学点火具自身产生的压力得到粉尘爆炸产生的压力,结果如图 5 所示。粉尘云最大爆炸压力反映了云状粉尘爆

炸对外界产生的破坏效应。由图 5 可知,在相同的粉尘质量浓度条件下,爆炸压力随化学点火具质量的增加而上升,说明提高点火能量能有效激励粉尘爆炸体系的能量释放率,同时也说明了玉米淀粉在低点火能量激发下无法充分反应,存在反应不完全现象。在化学点火具质量相同的条件下,玉米淀粉的爆炸压力随着粉尘质量浓度的增加出现先增大后减小的趋势,这主要是因为玉米淀粉质量浓度较低的时候,爆炸罐内氧含量充足,在 125 ~ 500 g/m³ 范围内,随着粉尘质量浓度的增加,单位体积内粉尘燃烧有效颗粒增加,放热量越来越大,爆炸压力逐渐升高;在 500 g/m³ 时,爆炸压力达到最大峰值,分别为 0.72、0.77、0.82 MPa;在 500 ~ 1 500 g/m³ 范围内,爆炸罐内氧气不足,使得较多的粉尘颗粒不能完全参与反应,单位体积内粉尘爆炸的有效颗粒反而减少,再加上过量的未燃粉尘吸收了大量的反应热,使得爆炸压力出现减小的趋势。图 6 为玉米淀粉质量浓度为 500 g/m³、化学点火具质量分别 0.48、1.20 g 和 3.60 g 时的爆炸压力曲线图。

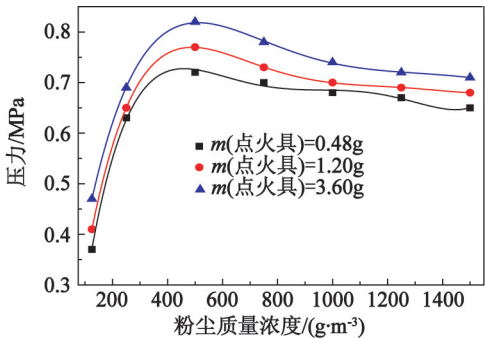


图5 玉米淀粉粉尘云爆炸压力测试图

Fig.5 Explosion pressure of corn dust cloud

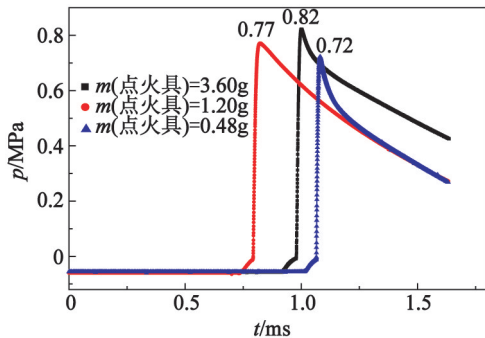


图6 不同点火具质量下玉米淀粉粉尘的爆炸压力-时间曲线

Fig.6 Relationships between explosion pressure and time of corn starch dust with different igniter qualities

2.4 粉尘云爆炸氧极限含量

(25 ± 5)℃、化学点火具质量为 0.48 g 时,通

入氮气,改变 20 L 球爆炸装置中的氧气含量,通过空白试验扣除化学点火具自身产生的压力,结果如图 7 所示。粉尘云爆炸氧极限浓度反映了粉尘云发生爆炸时所需的最低氧气含量,在实际的工艺中,可以采用控制粉尘所在空间的氧气含量的方法防止粉尘爆炸发生。

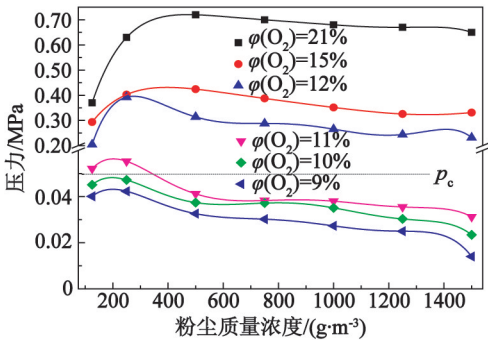


图 7 玉米淀粉粉尘云爆炸氧极限浓度测试图
Fig. 7 limit oxygen concentration of corn starch dust cloud

在相同的粉尘浓度条件下,玉米淀粉的爆炸压力随氧气含量的增加而上升,以 $\Delta p > 0.05 \text{ MPa}$ 作为粉尘爆炸的临界压力;当空气中的氧气体积分数降低至 10 % 时,在任一浓度条件下,玉米淀粉都不会发生粉尘爆炸现象,说明空气中的氧气含量对粉尘爆炸的过程有重要影响,玉米淀粉的粉尘云爆炸氧极限浓度(体积分数)在 10 % ~ 11 % 之间。

在同一氧气体积分数的条件下,玉米淀粉的爆炸压力随着粉尘质量浓度的增加呈现出了先增加后减小的趋势,与玉米淀粉的粉尘云最低着火温度和最大爆炸压力呈现出类似的规律;氧气体积分数在 15 % ~ 21 % 范围内,玉米淀粉的最大爆炸压力出现在粉尘质量浓度为 500 g/m^3 时;但是当氧气体积分数在 9 % ~ 12 % 范围内,玉米淀粉的最大爆炸压力出现在粉尘质量浓度为 250 g/m^3 时,这说明了随着空气中氧含量的降低,空间中的氧含量不足,空间中较多的粉尘阻碍了玉米淀粉粉尘燃烧链的进一步燃烧,空间中有效燃烧的粉尘云减少,使得玉米淀粉粉尘的最佳爆炸质量浓度也逐渐降低。

2.5 粉尘爆炸火焰传播特征

粉尘爆炸过程中火焰传播特性对实时分析粉尘燃烧的动态过程具有非常重要的作用,通过高速摄影和红外热成像仪研究了质量浓度为 $250、500、750 \text{ g/m}^3$ 的玉米淀粉火焰传播前锋阵面、火焰传播速度和温度等火焰传播特征随时间的变化规律。

2.5.1 粉尘质量浓度对火焰前锋阵面和火焰传播速度的影响

图 8 是用高速摄影拍摄的玉米淀粉在燃烧管内的火焰传播的高速摄影图,每张照片间的时间间隔为 10 ms,点火时刻作为火焰传播的起始时间。

由图 8 看出,分布在电火花周围的玉米淀粉首先被点燃,火焰开始向四周扩散,此阶段主要是玉米淀粉粒子的受热、裂解形成小分子烷烃、烯烃等有机小分子的过程;随着小分子含量的增加,火焰的传播速度逐渐加快,火焰前锋阵面到达燃烧管管口后,由于失去了燃烧管的约束,火焰传播速度逐渐下降,火焰开始向周围自由膨胀,并形成蘑菇云状火球;随着玉米淀粉进一步燃烧,燃料逐渐耗尽,连续火焰逐渐中断直至熄灭。

玉米淀粉火焰传播过程中,火焰前锋阵面高度是指火焰最前沿相对于点火位置的距离,火焰前锋阵面高度和火焰传播速度如图 9 和图 10 所示。当粉尘云质量浓度为 250 g/m^3 时,火焰前锋阵面沿着管壁垂直向上传播。在 0 ~ 30 ms 内,火焰向上传播的速度增长较快,火焰传播速度在点火后 30 ms 达到最大值 10.30 m/s ;在 30 ~ 70 ms 内,火焰前锋阵面速度逐渐下降,在 70 ms 以后火焰传播速度出现波动现象;在 190 ms 时火焰前锋阵面传播距离达到 746 mm。当玉米淀粉质量浓度为 500 g/m^3 时,在 0 ~ 30 ms 内火焰传播速度急速增加,并在 30 ms 时达到最大速度 13.81 m/s ;在 30 ~ 80 ms 内火焰传播速度逐渐下降,80 ms 后,火焰传播速度出现波动;在 190 ms 时火焰传播距离为 826 mm。当粉尘云质量浓度为 750 g/m^3 时,在 0 ~ 40 ms 内,火焰传播速度快速增长,并在 40 ms 达到最大火焰速度

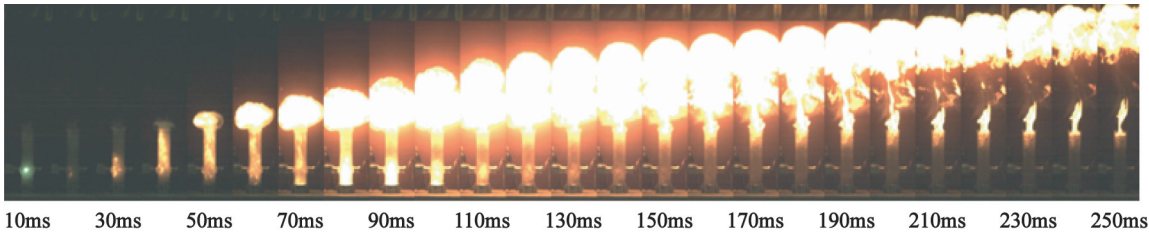


图 8 玉米淀粉火焰传播过程

Fig. 8 Flame propagation progress of corn starch dust

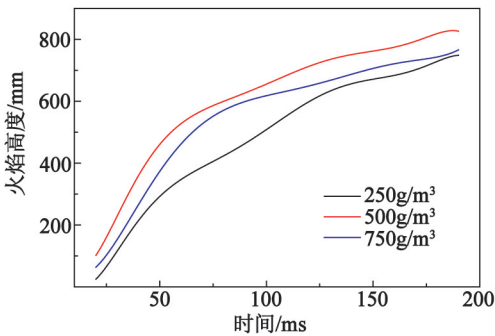


图 9 玉米淀粉火焰传播前锋阵面随时间的变化规律

Fig. 9 Relationships between flame front position and time of corn starch with different dust concentrations

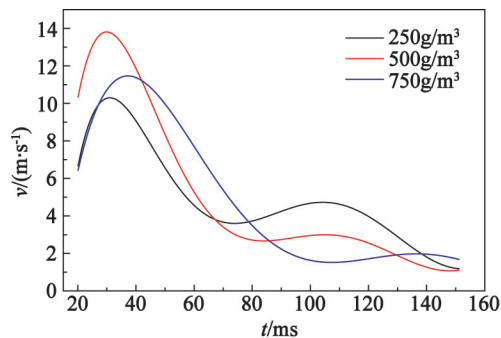


图 10 玉米淀粉火焰传播速度随时间变化规律

Fig. 10 Relationships between flame propagation velocity and time of corn starch with different dust concentrations

11.40 m/s;在 40 ~ 100 ms 内,火焰前锋阵面速度逐渐下降;100 ms 后,火焰传播速度也出现一定的波动;在 190 ms 时火焰传播距离为 766 mm。

在质量浓度为 250、500、750 g/m³ 时火焰前锋阵面最大传播速度分别在 30、30、40 ms 时达到 10.30、13.81、11.40 m/s。前锋阵面火焰最大传播速度随着粉尘质量浓度的变化展现出先增加后减小的趋势。这是因为,在粉尘质量浓度较低时,随着质量浓度的逐渐增加,单位体积内玉米淀粉颗粒的活化粒子增加,增加了燃烧的效率,使得火焰传播的速度增大。此外,粉尘在燃烧过程中存在不规则的湍流运动,湍流强度越大,火焰的传播速度也就越快。随着玉米淀粉粉尘云质量浓度的不断增加,火焰湍流燃烧速度受初始湍流强度的影响逐渐变小。因为粉尘在火焰向上传播的过程中也在向上运动,而粉尘颗粒自身具有一定的重力,上升的过程中需要消耗一定的动能。因此,随玉米淀粉粉尘云质量浓度的增加,在湍流强度一定的情况下,气体分散粉尘颗粒的能力相对减弱,使火焰在传播过程中速度增加的趋势变小。

2.5.2 燃烧过程中玉米淀粉温度变化

利用红外热成像仪对玉米淀粉在燃烧管管口处

燃烧形成的蘑菇云过程进行记录。以成像仪记录到管口处蘑菇云图像的时刻为初始时刻,即 $t = 0$ ms,粉尘质量浓度为 250 g/m³。结果见图 11。

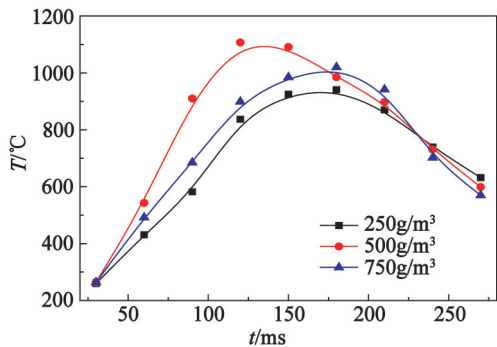


图 11 玉米淀粉燃烧温度变化曲线

Fig. 11 Relationships between combustion temperature and time of corn starch with different dust concentrations

在整个燃烧过程中,火焰的温度分布不断变化。3 种不同粉尘质量浓度下,玉米淀粉燃烧火球温度点火后随时间的变化均呈现出先增加到最大值后逐步减小的趋势。质量浓度为 250 g/m³ 时,在 180 ms 时达到最高温度 941 °C;500 g/m³ 时,在 120 ms 达到最高温度 1 107 °C;750 g/m³ 时,在 180 ms 达到最高温度 1 020 °C。当粉尘云质量浓度较低时,随粉尘云质量浓度的增大,粉尘云的火焰温度都呈现上升趋势,当火焰温度达到最大值后,继续增加粉尘云的质量浓度,火焰温度反而降低。

3 结论

1) 玉米淀粉粉尘云最低着火温度在 380 ~ 390 °C 之间,最佳着火质量浓度为 500 g/m³。

2) 化学点火具质量为 0.48、1.20 g 和 3.60 g 时,玉米淀粉的爆炸下限质量浓度分别为 60 ~ 70、50 ~ 60、30 ~ 40 g/m³。玉米淀粉的爆炸下限质量浓度随着化学点火具质量的增加而降低,玉米淀粉被点燃的爆炸潜在可能性进一步增加。

3) 采用 0.48、1.20 g 和 3.60 g 的化学点火具,在质量浓度为 500 g/m³ 时,爆炸压力达到最大峰值,分别为 0.72、0.77 MPa 和 0.82 MPa,说明提高点火能量能有效增加粉尘爆炸体系释放的总能量,使玉米淀粉爆炸的危险性提高。

4) 在相同的粉尘质量浓度条件下,玉米淀粉的爆炸压力随氧气含量的增加而上升,玉米淀粉的粉尘云爆炸氧极限浓度(体积分数)在 10% ~ 11% 之间;在同一氧气含量的条件下,爆炸压力随着粉尘质量浓度的增加先增加后减小。

5) 在 250、500、750 g/m³ 时,粉尘火焰前锋阵面最大传播速度分别为 10.30、13.81 m/s 和 11.40

m/s; 火焰最高温度分别为 941、1 107 ℃ 和 1 020 ℃, 火焰最大传播速度和最高温度均随着粉尘质量浓度的增加呈现先增大后减小的趋势。

参 考 文 献

- [1] Industrial Explosion and Protection Institute. Dust explosion case [EB/OL]. [2014-08-22]. <http://www.iepi.com.cn/download.aspx>.
- [2] 赵衡阳. 气体和粉尘爆炸原理[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996.
- [3] GAO W, ZHONG S J, MIAO N, et al. Effect of ignition on the explosion behavior of 1-octadecanol/air mixtures [J]. Powder Technology, 2013, 241: 105-114.
- [4] GAO W, DOBASHI R, MOGI T, et al. Effects of particle characteristics on flame propagation behavior during organic dust explosions in a half-closed chamber [J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2012, 25(6): 993-999.
- [5] GAO W, MOGI T, SUN J H, et al. Effects of particle size distributions on flame propagation mechanism during octadecanol dust explosions [J]. Powder Technology, 2013, 249: 168-174.
- [6] GAO W, MOGI T, SUN J H, et al. Effects of particle thermal characteristics on flame structures during dust explosions of three long-chain monobasic alcohols in an open-space chamber [J]. Fuel, 2013, 113: 86-96.
- [7] GAO W, ZHONG S J, MOGI T, et al. Study on the influence of material thermal characteristics on dust explosion parameters of three long-chain monobasic alcohols [J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2013, 26(1): 186-196.
- [8] PROUST C. A few fundamental aspects about ignition and flame propagation in dust clouds [J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2006, 19(2/3): 104-120.
- [9] PROUST C. Flame propagation and combustion in some dust-air mixtures [J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2006, 19(1): 89-100.
- [10] CAO W G, HUANG L Y, ZHANG J X, et al. Research on characteristic parameters of coal-dust explosion [J]. Procedia Engineering, 2012, 45: 442-447.
- [11] 曹卫国, 黄丽媛, 梁济元, 等. 球形密闭容器中煤粉爆炸特性参数研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2014, 43(1): 113-119.
- CAO W G, HUANG L Y, LIANG J Y, et al. Research on characteristic parameters of coal dust explosion in a spherical sealed container [J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2014, 43(1): 113-119.
- [12] CAO W G, GAO W, LIANG J Y, et al. Flame-propagation behavior and a dynamic model for the thermal-radiation effects in coal-dust explosions [J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2014, 29: 65-71.
- [13] 潘峰, 马超, 曹卫国, 等. 玉米淀粉粉尘爆炸危险性研究 [J]. 中国安全科学学报, 2011, 21(7): 46-51.
- PAN F, MA C, CAO W G, et al. Research on explosion risk of corn starch dust [J]. China Safety Science Journal, 2011, 21(7): 46-51.
- [14] 国家技术监督局. 粉尘云爆炸下限浓度测定方法: GB/T 16425—1996 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- State Bureau of Technical Supervision. Determination for minimum explosive concentration of dust cloud: GB/T 16425—1996 [S]. Beijing: China Standrad Press, 1996.

Experimental Study on Explosion Characteristics and Flame Propagation Process of Corn Starch Dust

CAO Weiguo^{①②}, ZHENG Junjie^{①②}, PENG Yuhuai^①, PAN Feng^{①②}

^①School of Chemical Engineering, Nanjing University of Science and Technology (Jiangsu Nanjing, 210094)

^②National Quality Supervision and Inspection Center for Industrial Explosive Materials (Jiangsu Nanjing, 210094)

[ABSTRACT] To investigate the explosion sensitivity and explosion damage effects of corn starch dust explosion, a dust cloud ignition temperature device, 20 L spherical dust explosion device and dust cloud flame propagation device were used respectively to study ignition temperature, explosion limit concentration, explosion pressure, limit oxygen concentration, and the flame propagation characteristics of dust cloud. Results indicate that the lowest ignition temperature of corn dust cloud is 380-390 ℃. The limit oxygen concentration (volume fraction) of corn dust cloud is 10%-11%. With the increased of chemical igniter quality, the lowest explosive limit concentration reduces, and the explosion pressure increases. Propagation speed and temperature of flame changes with different concentrations of dust cloud. In the concentration of 500 g/m³, the maximum propagation speed of flame front is 13.81 m/s and the highest flame temperature is 1107 ℃.

[KEY WORDS] corn starch; the lowest ignition temperature; minimum explosive concentration; explosion pressure; limit oxygen concentration; flame propagation progress