

喷头位置与孔径对尾气回收式烟雾机雾化的影响

佟灵茹¹, 鲁亚云², 何 龙¹, 潘江如¹, 张 成¹

(1. 新疆工程学院 机电工程学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆职业大学 机械电子工程学院, 乌鲁木齐 830002)

摘 要: 烟雾机的雾化效果对病虫害的防治及环境保护具有重要的影响,在尾气回收式烟雾机的工作系统中,喷头的安装位置和喷头孔径是影响其雾化效果的主要原因。为此,试验分析了在定喷头流量和发动机定转速条件下喷头不同安装位置及孔径对雾化效果的影响,结果表明:喷头孔径在 0.6~1.0mm 范围内的不同喷头型号中,45°七眼喷头的均匀度值达到 0.91,雾化效果最好;喷头安装位置在 100mm 处的 VND 与 NMD 数值在雾滴粒径最佳范围内,DR 值为 0.91,雾滴最为均匀。

关键词: 雾化效果; 喷头安装位置; 喷头孔径; 雾滴均匀度

中图分类号: S491; U473.2+4

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2022)04-0171-06

DOI:10.13427/j.cnki.njyi.2022.04.029

0 引言

据不完全统计,我国每年因各种病虫害而造成的粮食损失在 4000 万 t,约占我国粮食总产量的 8.8%^[1],其他农作物如棉花损失率为 24%,蔬菜和水果损失率为 20%~30%。目前,防治病虫害采用的最主要的方法是化学防治法^[2]。植保烟雾机是常用的植保防治机械之一,具有很好的扩散性和悬浮性,能较长时间漂浮在农作物周围,可提高药剂的附着率,有效节省农药用量,达到节能的要求。据 Metcalf 估计:施药器械喷洒出去的农药只有 25%~50% 能沉积在作物叶子上,不到 1% 的农药能沉积在目标虫害上,只有不足 0.03% 的药剂能起到杀虫作用^[3]。由此可见,病虫害防治技术的提高是必然趋势。烟雾机作为一种借助其他载体(如电、油、水等)把药剂转化为烟雾的机器,可以提高药剂的利用率,有效防治病虫害,提高农作物的产量,具有分布广、附着率高及防御效果明显等优点,但伴随着雾化效果不理想、稳定性差、植保烟雾机局限性大、农药残留大及环境污染严重等问题;同时,还发现发动机燃气燃料利用率不高,燃烧不充分污染环境等缺点。

针对迫切需要提高烟雾机的雾化效果、增加烟雾

机的稳定性、减少农作物的药物残留及环境污染等需求,研制了一种基于发动机尾气回收式烟雾机。该烟雾机通过发动机尾气的余温余压,使烟雾剂达到雾化要求,同时增加发动机单位燃料可用功,可提高燃料能量的进一步回收。为此,笔者就对喷头安装位置与喷头孔径对尾气回收式烟雾机雾化效果的影响进行了试验分析。

1 材料与方法

1.1 试验仪器和试验材料

在 YN 系列 38CRD2 型柴油发动机台架试验台上进行发动机尾气与植保烟雾机的匹配研究试验,如图 1 所示。试验台主要包括 DWD160 型电涡流测功机、ET-4500 型智能油耗仪及 ET2100 测控仪;尾气温度传感器,测量范围为 0~1000℃,供电电压为 220V,输出电流为 0.25mA,丝径为 18 mm;供药泵(供电电压为 24 V);以及 10 种型号的雾化喷头、A6 雾滴测试卡、雾滴分析软件、数显 PWM 直流电机调速器、电源等。试验台架实物图如图 2 所示。

1.2 试验方法

在发动机排气管处加装 1 台烟雾机,让发动机与烟雾机相结合成尾气回收式烟雾机,如图 3 所示。尾气回收式烟雾机借助发动机尾气的余温、余压达到发烟效果,同时回收发动机尾气中存在的能量。为研究喷头的孔径及安装位置对雾化效果的影响研究,设计喷头安装位置为发动机与烟雾机相结合处 100、200、300、400、800mm 的 5 组位置;喷头孔径为 0.6、0.8、1.0mm,选取的单孔、双孔和多孔喷头共 10 种型在定发动机转速及喷头流量的条件下,进行喷头孔径及安

收稿日期: 2020-06-26

基金项目: 新疆“天山英才”人才培养项目(018tsyxcgy-005);新疆维吾尔自治区高校科研计划项目(XJEDU2018I019)

作者简介: 佟灵茹(1995-),女(锡伯族),新疆伊犁察布查尔锡伯人,硕士研究生,(E-mail) 2829334134@qq.com。

通讯作者: 潘江如(1978-),男,上海人,教授,博士,(E-mail) 85882880@qq.com。

装位置对雾化效果的影响研究试验。

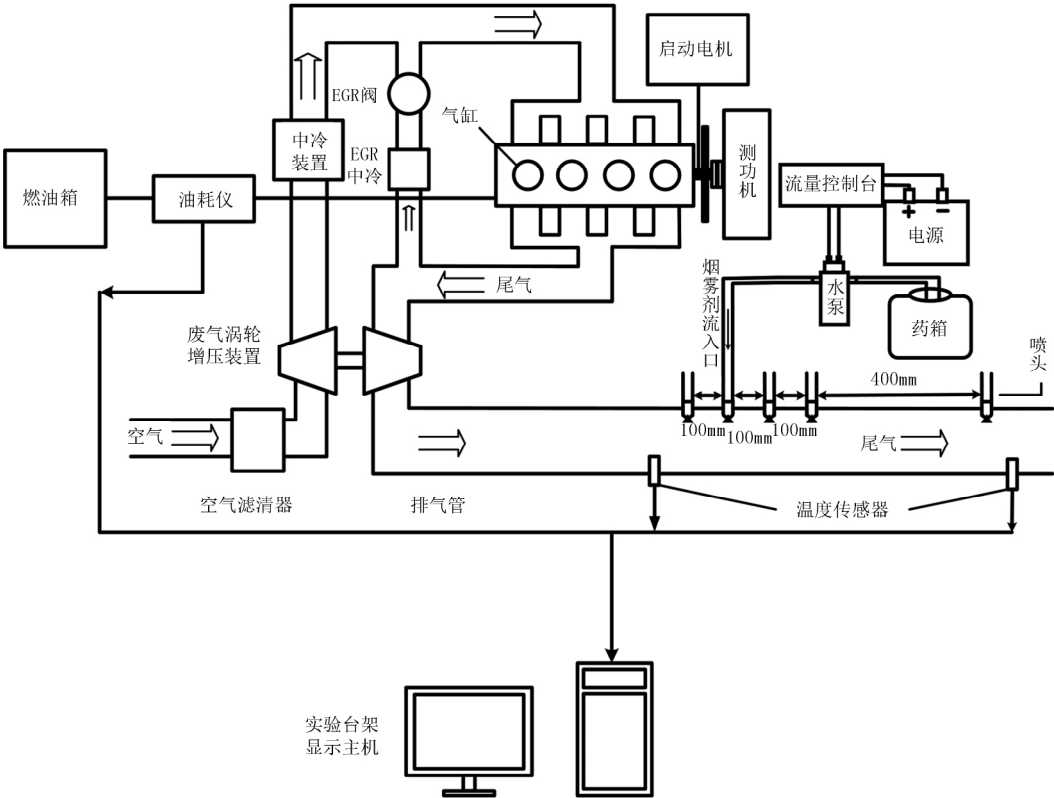


图 1 发动机与烟雾机相耦合示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the coupling between the engine and smoke machine

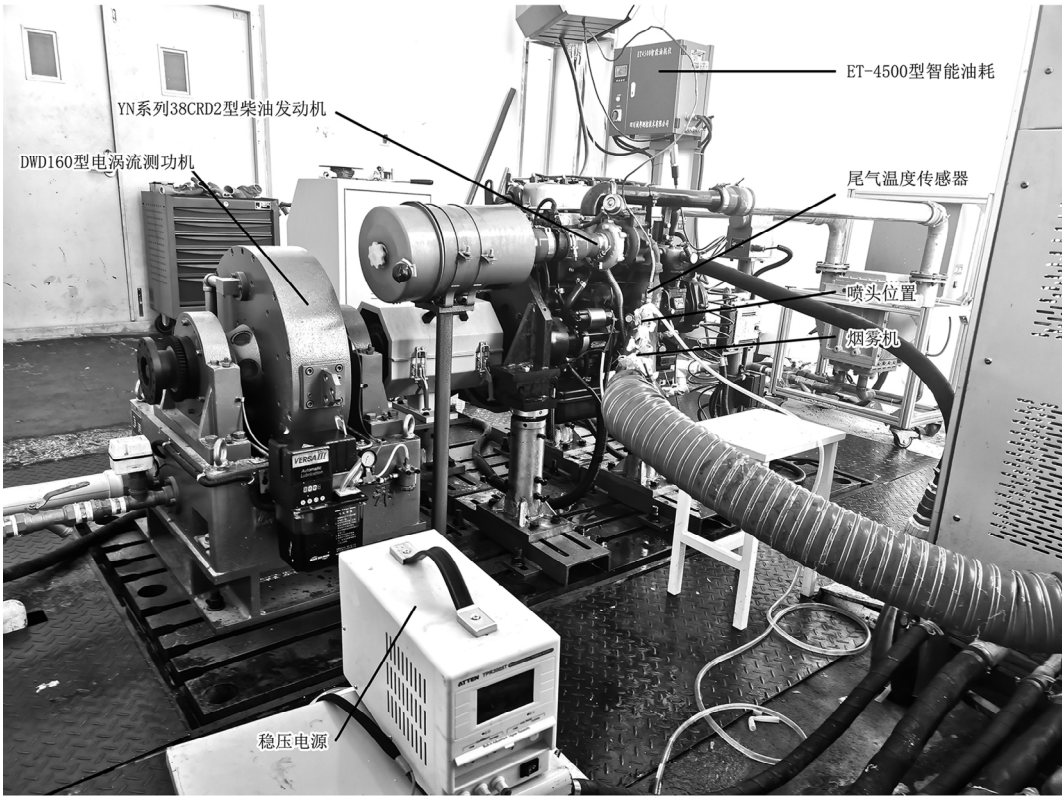
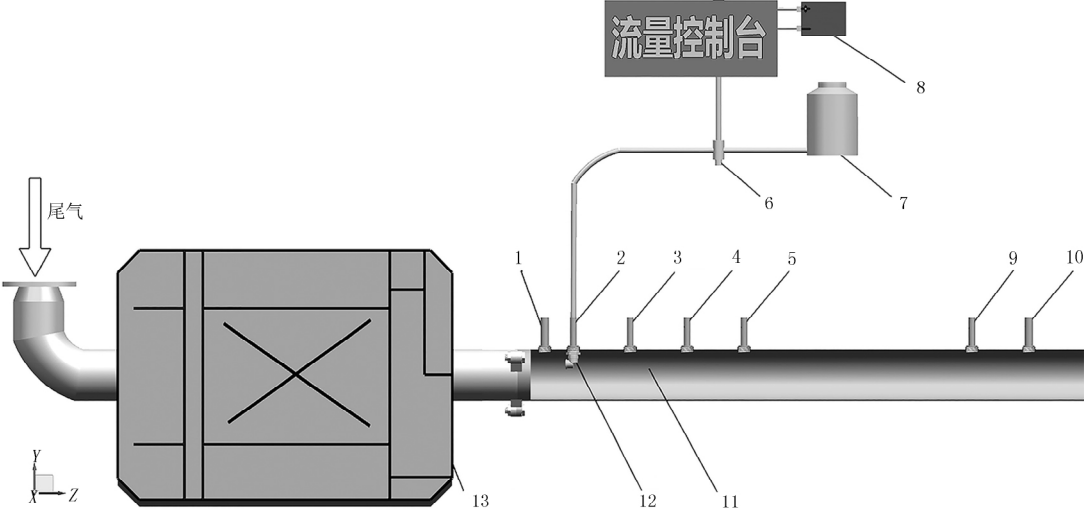


图 2 发动机与烟雾机相耦合总体结构实物图

Fig. 2 Physical diagram of overall structure of the coupling between the engine and smoke machine



1、10. 温度传感器安装位置 2、3、4、5、9. 依次为 100、200、300、400、800mm 的喷头安装位置 6. 供药泵 7. 药液箱
8. 电源 11. 喷管 12. 喷头 13. 混合气箱

图 3 喷药系统结构原理图

Fig. 3 Schematic diagram of pesticide spraying system structure

试验采集的数据通过软件分析得到雾滴颗粒的体积中值直径(*VMD*)、数值中值直径(*NMD*)、雾滴均匀度值(*DR*),对其评价找出尾气回收式烟雾机较优发烟效果。文中的评价标准依据对雾滴颗粒的评判指标来评定,生物最佳粒径理论(*BQDS*)指出,不同生物标靶对雾滴粒径捕获范围是不同的,只有在对应生物标靶的最佳粒径范围内捕获尽可能多的雾滴颗粒,

才能达到最好的防治效果(*HIMEL C M et al. ,1969; LOFGREN C S et al. ,1973; HIMEL C M et al. ,1972*)。大多数生物标靶的粒径范围在 20~50 μm 为最佳,一般雾滴直径在 20 μm 以下时难以形成有效沉淀(*王科元,2006*)。因此,通过筛选法筛选出雾滴颗粒直径在 20~50 μm 范围内且雾滴均匀度值在 0.67~1 之间的喷头型号、喷头安装位置及喷头流量,如表 1 所示。

表 1 喷头型号及喷头最大流量参数

Table 1 Nozzle model and maximum flow parameters

喷孔孔径/mm	喷头型号	试验编号	最大流量 <i>Q</i> /L·min ⁻¹	喷洒直径 <i>d</i> /m	供药泵参数	
					工作电压 <i>U</i> /V	额定流量 <i>Q</i> /L·min ⁻¹
0.6	铜台式喷头	1	1.540	5~6(半雾化)	24	10
	七眼直喷喷头	2	2.440	0.6~1.5		
	45°七眼喷头	3	2.700	2.0~5.0		
0.8	可调雾化喷头	4	4.096	2.0~5.0		
	假山高雾化喷头	5	2.232	1.2		
	三眼扇形喷头	6	3.658	1.0~1.5		
1.0	单眼喷头	7	2.786	1.5~2.0		
	双孔喷头	8	3.734	2.0~2.5		
	三孔喷头	9	3.658	0.8~1.0		
	四孔喷头	10	4.554	0.5~1.0		

2 试验结果及分析

2.1 喷头孔径对雾化效果的影响研究

尾气回收式烟雾机直接在喷头喷嘴处对药液进行第 1 次雾化,再让第 1 次雾化后药液与发动机尾气

产生的高温高压气流混合,在相遇的瞬间药液再次被挤压、破碎完成第 2 次雾化;被挤压、破碎的药液以烟雾的形态从喷管出口处高速喷出,并迅速扩散弥漫,达到防治的效果。经过二次雾化的药液雾滴颗粒会直径更小、更加均匀地附着在目标靶上,减少农作物

的药物残留,提高了农药利用率。

喷头种类有很多种,不同喷头孔径有着不同的喷头型号,而同一的喷头孔径也有着不同的喷头型号。当喷头孔径均为 0.6mm 时,通过 3 种不同喷头型号的 VMD 、 NMD 和 DR 的值来研究对雾化效果的影响,喷头型号分别为单孔铜台式喷头、多孔七眼直喷喷头和 45°七眼喷头,如图 4 所示。由图 4 可以看出:当喷头孔径均为 0.6mm 时,单孔的 VMD 值较高,不在 20~50 μm 范围内,且 DR 值为 0.41,说明雾滴粒径较大,雾滴颗粒不均匀,会造成雾滴连片、药液浪费防治效果不佳等问题。多孔喷头的 DR 值明显要比单孔的 DR 值要高,表明 0.6mm 的喷头孔径下多孔喷头雾滴更加均匀,雾化效果更好。其中,多孔喷头中的 45°七眼喷头的 DR 值较高,均匀度值达到 0.91,在喷头孔径为 0.6mm 的喷头中最为均匀,雾滴颗粒大小都一般大小,雾化程度较好。造成这一现象的原因是:带有 45°角的喷头在喷管内可以充分地尾气中的能量相结合并反应,而直喷式喷头在喷药时由于喷幅较大、喷管直径较小,一部分药液直接喷射到管壁上,再通过尾气排放带出,造成雾滴颗粒不均匀,雾化效果比 45°七眼喷头差。

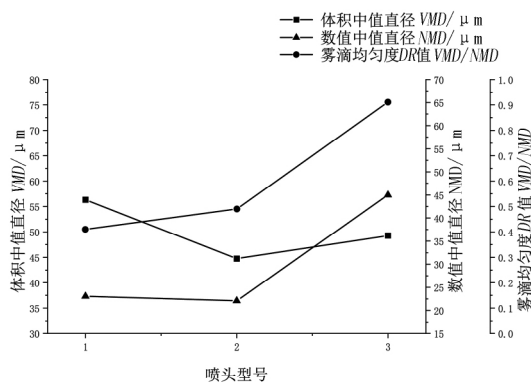


图 4 喷头孔径为 0.6mm 时 VMD 、 NMD 和 DR 数据曲线图

Fig. 4 VMD 、 NMD and DR data curve diagram when the nozzle aperture is 0.6mm

图 5 为喷头孔径为 0.8mm 时 VMD 、 NMD 和 DR 数据曲线图。喷头型号分别为单孔的可调雾化喷头、假山高雾化喷头和多孔的三眼扇形喷头。由图 5 可以看出:喷头孔径为 0.8mm 时,喷头整体雾化效果较差,雾滴颗粒不均匀;当可调雾化喷头喷幅调到最大时(雾滴颗粒直径为最小),其 NMD 值低于 20 μm ,药液很难形成有效沉淀, DR 值为 0.43,低于 0.67,可见雾化效果并不理想;假山高雾化喷头的 VMD 值达到 60.18,其值高于 50 μm ,不在最佳粒径范围内,且 DR 值也低于 0.67,为 0.47,同样雾化效果不是最不理想的;三眼扇形喷头的 VMD 和 NMD 值虽然在最佳粒径

范围内,但 DR 值却不在 0.67~1 的区间内,其值为 0.57,相较于单孔的可调雾化喷头和假山高雾化喷头,多孔的三眼扇形喷头的雾化效果较好。

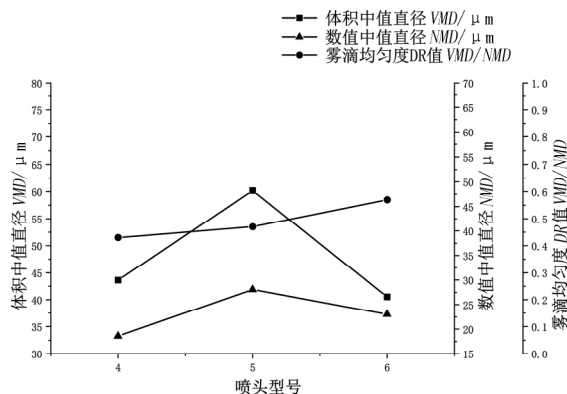


图 5 喷头孔径为 0.8mm 时 VMD 、 NMD 和 DR 数据曲线图

Fig. 5 VMD 、 NMD and DR data curve diagram when the nozzle aperture is 0.8mm

图 6 为喷头孔径为 1.0mm 时 VMD 、 NMD 和 DR 数据曲线图。喷头型号分别为单眼喷头、双孔喷头、三孔喷头和四孔喷头。

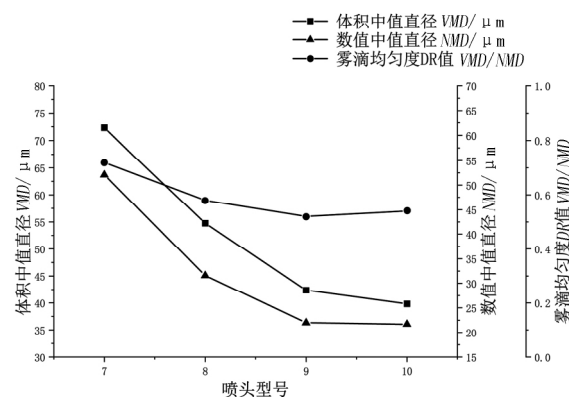


图 6 喷头孔径为 1.0mm 时 VMD 、 NMD 和 DR 数据曲线图

Fig. 6 VMD 、 NMD and DR data curve diagram when the nozzle aperture is 1.0mm

由图 6 可知:喷头孔径为 1.0mm 时,当流量和发动机工况一定的条件下,随着喷头孔数的增加, VMD 、 NMD 和 DR 数值呈现逐渐降低的趋势,说明喷头喷眼越多雾滴粒径越小;单眼喷头的 DR 值虽然达到了 0.72,但其 VMD 和 NMD 的数值都高于最佳粒径范围,说明雾滴粒径较大,会造成雾滴连片,甚至产生药液滴落的现象;双喷喷头 VMD 的值为 54.75,高于 50 μm 的值, DR 值为 0.58,低于 0.67~1 的范围值,说明雾滴粒径较大且不够均匀;三孔喷头和四孔喷头的 VMD 和 NMD 数值虽然都在最佳粒径范围内,但这两种喷头的 DR 值较低,低于 0.67,分别是 0.52 和 0.54,说明药液喷洒不均匀,会造成漏喷及防治效果差的等情况。

综上所述,在定喷头流量和发动机工况下,喷头

喷嘴越多,雾滴颗粒越均匀;在喷头孔径在 0.6、0.8、1.0mm 范围内,喷头孔径越小雾化效果越好。通过对喷头孔径为 VMD 、 NMD 和 DR 数值进行分析,得出 45° 七眼喷头的雾化效果最好,均匀度最为均匀,均匀度值达到 0.91。

2.2 喷头安装位置对雾化效果的影响研究

选取 10 种型号的喷头依次安装在烟雾机与发动机结合处 100、200、300、400、800mm 的 5 组位置进行试验。喷头安装位置的选择对药剂的二次雾化起到决定性作用,因为不同安装位置的温度和压力不同,相应的 10 种喷头 VMD 、 NMD 和 DR 数值都会不同,因此要通过试验得出的 VMD 、 NMD 和 DR 数值进行筛选。

图 7 为不同喷头在不同安装位置下的 VMD 数据曲线图,即 10 种不同型号的喷头安装在 5 种位置上试验得出的 VMD 数据曲线图。由图 7 可以看出:曲线基本趋势为距离烟雾机与尾气结合处越远 VMD 数值越大。造成这一现象的原因是:烟雾机与发动机排气管越接近,发动机尾气温度就越高,产生的压力越大,而烟雾剂与这种高温高压的混合气流在相遇的瞬间药液会被挤压、破碎的更细小,因此距离越近的喷头安装位置的 VMD 数值会相对小一些且集中;在喷头安装位置 800mm、接近发动机喷管喷口处,温度和压力都会下降,药液来不及被挤压、破碎就会从喷口喷出,导致 VMD 数值较高,甚至会引起雾滴连片的现象。当然,这也不能说明所有的喷头都是这种趋势,发动机运行的时候不能让每一次试验都保持在相同工况下,发动机本身有一定范围的浮动,且数据采集时候产生的误差,导致如 1 号喷头和 7 号喷头在喷头安装位置 800mm 处 VMD 数值异常。

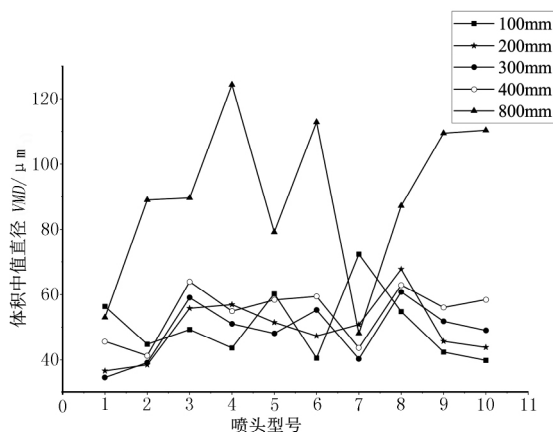


图 7 不同喷头在不同安装位置下的 VMD 数据曲线图

Fig. 7 VMD data curve diagram of different nozzles at the different installation positions

图 8 为不同喷头在不同安装位置下的 NMD 数据曲线图。10 种喷头的 NMD 数值大致走向与图 7 相

似,都是曲线基本趋势为距离烟雾机与尾气结合处越远 NMD 数值越大。图 8 中,有几种喷头 200mm 位置处的 NMD 数值比 100mm 位置处的 NMD 数值更低。造成这个现象的原因除喷头型号影响外,还与本次的试验方法有关。试验是从位置顺序依次进行,发动机启动后有预热时间,预热后需要把发动机调整到试验所需的工况,这一阶段发动机处于一个调整状态,会出现发动机排气温度不稳定现象,导致喷头 200mm 位置处的 NMD 数值比 100mm 位置处的 NMD 数值更低。

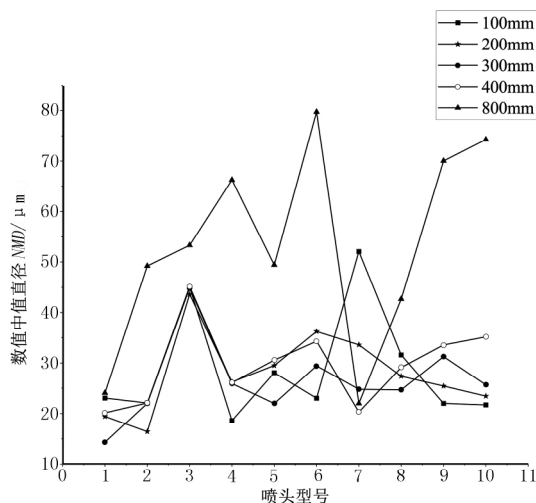


图 8 不同喷头在不同安装位置下的 NMD 数据曲线图

Fig. 8 NMD data curve diagram of the different nozzles at the different installation positions

图 9 为不同喷头在不同安装位置下的 DR 数据曲线图。

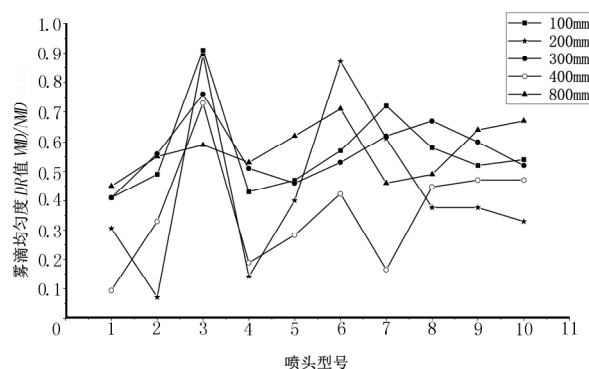


图 9 不同喷头在不同安装位置下的 DR 数据曲线图

Fig. 9 DR data curve diagram of the different nozzles at the different installation positions

由图 9 可以看出: $DR(VMD/NMD)$ 的数值在 0.67~1 之间的喷头有 3 号的 100、200、300、400mm 位置处, DR 值分别为 0.91、0.78、0.76、0.71;6 号喷头的 800mm 位置处, DR 值为 0.71;7 号喷头的 100mm 位置处, DR 值为 0.72;8 号喷头的 300mm 位置处, DR 值为 0.67;10 号喷头的 800mm 位置处, DR 值为 0.67。其中, VMD 与 NMD 数值在 20~50 μm 之间的喷

头型号为 3 号喷头的 100mm 位置处,其 DR 值为 0.91,接近于 1,雾滴均匀度在这 10 种喷头型号中最为均匀,且在最佳粒径范围内。因此,通过喷头安装位置对雾化效果的影响研究试验可以得出,雾化效果较优的是喷头安装位置在 100mm 处 3 号喷头。

3 结 论

1) 喷头孔径对雾化效果影响试验表明:在定喷头流量和发动机工况下,喷头孔数越多,雾滴颗粒越均匀;在喷头孔径在 0.6、0.8、1.0mm 范围内,喷头孔径越小雾化效果越好。通过对喷头孔径为 0.6、0.8、1.0mm 选取的单孔、双孔和多孔喷头共 10 种型号高雾化喷头的 VMD 、 NMD 和 DR 数值进行分析,得出 45° 七眼喷头的雾化效果最好,均匀度最为均匀,均匀度值达到 0.91。

2) 喷头位置选定试验表明:在定喷头流量和发动机工况下,烟雾机和发动机排气管结合距离越近的喷头安装位置的 VMD 数值相对较小且集中;在喷头安装位置 800mm 处,接近发动机喷管喷口处,温度和压力都会下降,药液未进行挤压、破碎就会被喷出, VMD 数值较高。通过筛选 VMD 、 NMD 和 DR 数值得知:喷头型号为 3 号喷头在 100mm 位置处的 VND 与 NMD 数值在 20~50 μm 之间, DR 值为 0.91,接近于 1,雾滴均匀度在这 10 种喷头型号中最为均匀,在最佳粒径范围内。

参考文献:

- [1] 王云,李笑伟. 农用脉冲烟雾机节能开关 [J]. 节能,2017,36(7):67-70,3.

- [2] 杨学军,严荷荣. 植保机械的研究现状及发展趋势 [J]. 农业机械学报,2002(6):129-131,137.
- [3] 周宏平,姜志宽. 烟雾机的研究与发展 [J]. 卫生杀虫器械,1999(3):4-6.
- [4] 邹国亮,吴国权. 提高农药利用率的探索与实践 [J]. 农业与技术,2018,38(8):44.
- [5] 朱增强,王冉冉. 烟雾机喷嘴雾化仿真研究 [J]. 装备制造技术,2018(7):51-54.
- [6] 曹建明. 液体喷雾学 [M]. 北京:北京大学出版社,2015.
- [7] 贾秀发. 电动双重雾化热力烟雾机的设计与试验分析 [J]. 泰安:山东农业大学,2019.
- [8] 杨庆璐,安军鹏,范国强,等. 小型自走式高地隙棉田喷雾机的设计及试验 [J]. 中国农机化学报,2017,38(11):38-42.
- [9] 王宇. 一种新式脉冲烟雾机的研制及应用 [J]. 海口:海南大学,2012.
- [10] 贾卫东,刘欢,薛新宇,等. 对靶喷雾机喷雾参数对雾滴沉积分布的影响试验 [J]. 中国农机化学报,2016,37(12):53-56,93.
- [11] 陈林. 基于国六重型车排放标准的整车与柴油机台架试验方法及排放规律研究 [J]. 镇江:江苏大学,2018.
- [12] 王潇楠. 农药雾滴漂移及减飘方法研究 [D]. 北京:中国农业大学,2017.
- [13] 郭昊明. 喷雾式猕猴桃授粉末端执行器的研制 [J]. 杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [14] 王双双. 雾化过程与棉花冠层结构对雾滴沉积的影响 [J]. 北京:中国农业大学,2015.
- [15] 张亚坤. 农用飞行器喷雾系统性能研究与分析 [D]. 郑州:河南农业大学,2015.
- [16] 李建华. 多功能纯种固态发酵设备及其喷雾接种技术研究 [D]. 南京:南京林业大学,2013.

Effect of Nozzle Position and Aperture on Atomization of Exhaust Gas Recovery Fog Machine

Tong Lingru¹, Lu Yayun², He Long¹, Pan Jiangru¹, Zhang Cheng¹

(1. Xinjiang Institute of Engineering, Xinjiang Agricultural University, Ürümqi 830052, China; 2. Xinjiang Vocational University, School of Mechanical and Electronic Engineering, Ürümqi 830002, China)

Abstract: The atomization effect of smoke machine has an important influence on the prevention and control of diseases and insect pests and the environmental protection, in the working system of energy reuse type smoke machine, the installation position and aperture of Nozzle are the main reasons that affect its atomization effect. Therefore, the influence of the different nozzle installation position and pore size on the atomization effect is analyzed under the condition of constant nozzle flow rate and constant engine speed. It has been concluded that among different nozzle models with nozzle aperture ranging from 0.6mm to 1.0mm, the evenness value of 45-degree seven-eye nozzle reaches 0.91, with the best atomization effect. The VND and NMD values of nozzle installation position at 100mm are within the optimal range of droplet size, and its DR value is 0.91, with the most uniform droplet size.

Key words: atomization effect; nozzle installation position; nozzle aperture; droplet uniformity