

植保机械在线混合系统质量评价体系与研究

魏仕华,张 逊,李羊林,李卫民 (泰州职业技术学院,江苏泰州 225300)

摘要 植保机械的混合均匀性直接影响施药质量,而施药质量对农药的使用效果有着密切的联系。该文提出了混合度的理论与测定方法,避免了用轨迹研究方法研究混合均匀性的烦杂的计算,比以往用均匀性来评定混合效果更科学合理,同时,对植保机械在线混合用的混合器与射流混合系统等进行了研究评估。
关键词 植保机械;在线混合;射流混合器;混合度
中图分类号 S220.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)19-341-02

Quality Evaluation System of the Plant Protection Machinery's On-line Mixed System and Its Research
WEI Shi-hua, ZHANG Xun, LI Yang-lin et al (Taizhou Polytechnic College, Taizhou, Jiangsu 225300)
Abstract The mixing uniformity of the plant protection machinery has usually influenced the application quality of pesticides, and the application quality of pesticides has a close relation with the using effect of the pesticides. This paper presented the mixing degree's theory and its measuring method. It avoided the multifarious calculations of utilizing the trajectory method to research the mixing uniformity, and it is more scientific and reasonable than previous using the uniformity to evaluate the mixing effect. Meanwhile, the article also researched and evaluated the mixer and the jet mixing system of the plant protection machinery which were for on-line using.
Key words Plant protection machinery; On-line mixed; Jet mixer; Mixing degree

1 混合度的概念

在线混合是植保机械的关键技术,而评价混合质量对植保机械的设计与研究有指导性意义。
植保机械一般沿用混合均匀性来评价混合效果,其方法是将混合浓度的最大值与最小值之差除以平均值。即:

$$A(\text{混合均匀性}) = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P} \times 100\%$$

式中: $P_{\max}$ —混合浓度最大值; $P_{\min}$ —混合浓度最小值; P —平均值。

很显然,这种方法不能完全反映混合效果的情况,只反映两极值的平均情况。因而,该文提出混合度的概念。

混合是指物性不同的流体通过机械或流动的方法使他们均匀分布在一起的单元操作,为了评估不同物性流体的宏观混合程度或评估混合器的混合效果,需对混合液采样分析^[1-2]。对于混合器,混合的均匀程度主要体现在空间和时间2个方面,即在不同时间内混合器出口截面各组分流体微团空间分布情况。混合的均匀程度可用混合度表示。在某时刻当双相混合液中只含有一种流体时,认为没有混合,其混合度为0;当混合液中的一种流体的体积分数为其理想体积分数即混合器入口处体积流量分数时,认为该两种流体完全混合,其混合度为1。理论上要确定在一定的混合时间内混合液的混合度应计算或测量各时刻混合器出口截面各组分的均匀度^[3-5],根据混合器的结构特点,将整个混合器出口截面的均匀度用几个较小截面的均匀度代替,这样由各小截面的均匀度即可得到一定混合时间内混合液的混合度。

由于研究的对象是双组分流体,而他们混合后的体积等于这两种液体各自体积之和。针对混合器连续操作的特点,

令某时刻其出口较小截面的混合液中某一物料的瞬时体积分数即流量分数为 $P(t)$,即

$$P(t) = \frac{dV_1(t)}{dV_1(t) + dV_2(t)} = \frac{F_1(t)}{F_1(t) + F_2(t)} \quad (1)$$

或

$$P(t) = \frac{dV_2(t)}{dV_1(t) + dV_2(t)} = \frac{F_2(t)}{F_1(t) + F_2(t)} \quad (2)$$

式(1)或式(2)的选择主要取决于理想体积分数,采用何种液相作为计算依据,其中, $F_1(t)$ 和 $F_2(t)$ 分别为静态混合器出口取样混合液中2组分在时刻 t 时的体积流量。由此可以看出静态混合器出口取样混合液中某一组分的体积分数为一时间的函数,该函数的形式决定了静态混合器混合效果的优劣^[2,6]。在一定的混合时间 T_m 内,取样混合液的平均体积分数可以表示为

$$\bar{P} = \frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} P(t) dt \quad (3)$$

该组分瞬时体积分数的标准偏差 S 为

$$S = \sqrt{\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} [P(t) - \bar{P}]^2 dt} \quad (4)$$

当然对非连续变量可用下式表示:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (P_i - \bar{P})^2} \quad (5)$$

混合初始状态时,某一组分流体体积分数的标准偏差 S_0 为

$$S_0 = \sqrt{F_0(1 - F_0)} \quad (6)$$

式中: F_0 为混合前某流体的流量分率。植保机械往往在初始状态时,药和水是分开的,故 $S_0 = 1$ 。

根据前面的讨论,两相流体的混合度可定义为

$$M = 1 - \frac{S}{S_0} \quad (7)$$

该混合度的计算方法相当于对混合液进行连续采样,提高了测量精度并减轻了试验强度。

基金项目 江苏省科技支撑计划项目(BE2014415);镇江市科技支撑计划(农业)项目(MY2014030)。
作者简介 魏仕华(1970-),男,江苏泰州人,中学高级教师,从事机械设计制造与自动化、复合材料加工与制造研究。
收稿日期 2015-05-11

2 混合质量评价标准

植保机械混合的评价指标主要有 3 个方面。第一是混药比 q , 植保机械相对来说往往需要较小的混合比, 依据植保机械的要求, 通常为 0.5% ~ 5%, 过大和过小并不合适; 第 2 是压力下降比 h , 压力损失越小越好, 第 3 是混合均匀性, 在文中选择用混合度 M 来评价^[6]。

混合质量的高低对混合器来说, 是一个重要的指标。通常用下列标准来评价混合器的质量。

表 1 混合质量评价标准

M 值范围	混合质量
0.6 以下	较差
0.6 ~ 0.7	稍差
0.7 ~ 0.8	一般
0.8 ~ 0.9	较好
0.9 ~ 0.95	好
0.95 以上	理想

由于植保机械药液和水在混合前往往的分开, 故初始的标准偏差为 $S_0 = 1$

根据要求, 2 种流体的混合度可定义为

$$M = 1 - \frac{S}{S_0}$$

其中的 S 定义参照前章公式 (1) ~ (6)。

对于 2 个系统串联, 如图 1 所示, 初始混合的标准偏差为 S_0 , 经第 1 系统混合后标准偏差为 S_1 , 混合度为 M_1 , 经第 2 系统混合后标准偏差为 S_2 , 混合度为 M_2 , 因此其总混合度为

$$M = 1 - \frac{S_2}{S_0} = 1 - \frac{S_1 S_2}{S_0 S_1} = 1 - (1 - M_1)(1 - M_2) \quad (8)$$

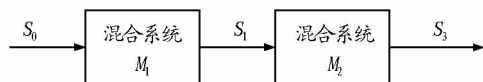


图 1 2 个系统串联结构的混合度

3 各系统的评价

射流在线混合是植保机械的关键技术之一。利用射流混合技术组合成混合系统的方式有多种, 作为总结, 这里列举了射流混合与自旋式管道混合器组成系统的几种组合, 并分析和评价。

评价的系统分别为:

- (1) 单射流系统;
- (2) 单射流加自旋式管道混合器系统;
- (3) 双射流系统;
- (4) 双射流加自旋式管道混合器系统。

3.1 单级射流混合系统 混合的第一种方式是采用单级射流泵进行混合。根据相关试验, 混药比约为 5% ~ 20% 左右, 压力降经优化后在 0.6 ~ 0.7 左右, 其混合度目前没有相关资料准确计算, 其试验由于随机性较大, 存在一定的困难, 难以准确求出, 而混合度的概念由于是该文初次提出, 相关文献也无所考证。根据植保机械相关测试资料和从业经验, 估计在 0.7 ~ 0.85 左右, 取其平均值为 0.8。因此, 射流泵的混合均匀性更是值得担心的问题, 在模拟结果和试验结果中可以看出, 射流泵欲得到较好的混合均匀性, 必须有直径较小

和长度较长的混合管和较大的扩散角。但是, 如果混合管长度过长、直径过细, 则会引起较大的压力降, 给射流泵的性能带来影响。

因此, 单级射流泵只能适合有较大压力供给和混合均匀性要求不高的情况, 如杨树、园林绿化等植保机械的使用。如需要更高的要求, 有必要进一步的进行相关研究。

3.2 单级射流加自旋式管道混合器系统 而自旋式管道混合器的混合度往往在 94% ~ 98% 左右, 取其平均值为 0.95, 因此, 其与射流混合装置 (设 M_1 为 0.80) 配合使用, 可以使混合均匀性有较大幅度的提高。由于两者为串联结构, 其总混合度依据公式 (8) 为

$$\begin{aligned} M &= 1 - (1 - M_1)(1 - M_2) \\ &= 1 - (1 - 0.8)(1 - 0.95) \\ &= 0.99 \end{aligned}$$

而其混药比没有变化, 压力下降值由于自旋式管道混合器的本身压力下降较低, 可以认为与单独的射流装置相比没有变化。

这种结构能适合有较大压力供给和混药比要求不高的情况。

3.3 双级射流混合系统 植保机械双级射流装置, 保持了单射流装置可在线混合等优点, 同时, 有混合均匀、压力下降小、混药充分, 且混药量可达到较小的比例等优点^[8]。

由于双级射流为串联连接, 这对混合均匀性来说, 比单级射流进一步的提高。由于药液经由射流辅泵经过第一次混合后, 再由射流主泵进一步的混合, 其混合均匀性相当于进行了 2 次混合。设单级射流泵的混合度为 $M_1 = 0.8$, 则, 双级射流泵的混合度为

$$M = 1 - (1 - M_1)(1 - M_1) = 0.96$$

混合度与单级射流加混合器相比稍差, 但是, 双级射流的压力降和混药比 2 项指标要优于前者。其适合于对混合浓度均匀性要求不很高, 而供给压力不大、混合比较小 (喷洒浓度较稀) 的情况。

3.4 双级射流加自旋式管道混合器系统 双级射流自身的压力下降指标和混合度及混药比均优于单级射流系统和单级射流加混合器系统, 但是其混合度为 96% 左右, 虽基本能满足植保机械的基本要求, 但其混合度相对植保机械的要求仍有一定的差距。如与自旋式管道混合器串联使用, 其混合度为

$$M = 1 - (1 - M_1)(1 - M_1)(1 - M_2) = 0.995$$

其混合均匀性进一步有了提高。

可以看出, 双级射流混药装置加自旋式管道混合器所构成的系统, 其所有性能参数完全满足植保机械安全性能的要求。是理想的植保机械在线安全混药装置。

同样, 由于混合器压力损失较小, 加混合器后可以认为压力降与单一的双级射流相比, 没有变化。

4 评价结果

依据上述的评价标准, 分列如表 2。植保机械可按各种

(下转第 358 页)

驶员。如图 7,监控车门的摄像头安装于车厢后部的顶部,采用广角球型摄像头,视角覆盖整个车门,利于车门和货物监控。疲劳驾驶监控的摄像头安装于车头驾驶员正对面,采用隐式夜视摄像头,既不遮挡驾驶员视线,又利于晚上疲劳驾驶的监控。油箱监控的摄像头安装于后视镜上,如冷链车的两侧都有油箱,则两边后视镜上都需安装摄像头,如只有一侧,则在有油箱的一侧安装摄像头,采用隐式夜视摄像头,不仅便于晚上对油箱的监控,还不容易让别人发现和破坏。

油量监控,利用冷链车自带的油量传感器,通过连接线与终端相连,读取油量数据。当冷链车停车时,由终端给油量传感器供电,使其能正常工作,实现全程油量监控的目的。

如图 7,车后两侧安装 RFID 远距离读卡器,货物装卸时自动读取货物信息并上传给车载终端,不需要停下来进行扫描或人工记录,大大提高了工作效率、准确率以及货物的安全性。要求 RFID 标签贴在货物的侧面,以便更好地读取货物信息。采用 RFID 记录货品信息,同时同步货物信息至服务器端,可实现整个运输系统的智能管理及调度。公司获得整个运输链上正在运输的货品信息以及不同货品的流动方向,可获得货品的合理采购源及销售地,同时可掌握整条物

+++++
(上接第 342 页)

表 2 不同系统的混药装置性能指标评价

	单级射流		单级射流 + 混合器		双级射流		双级射流 + 混合器	
	指标值	评价	指标值	评价	指标值	评价	指标值	评价
压力下降比	0.5 ~ 0.7	一般	0.5 ~ 0.7	一般	0.7 ~ 0.90	较好	0.75 ~ 0.90	较好
混药比	3% ~ 20%	较差	3% ~ 20%	较差	0.5% ~ 10%	较好	0.5% ~ 10%	较好
混合均匀度	0.8	较差	0.98	较好	0.96	较好	0.995	好

不同的使用场合进行选择。

由表 2 可以看出,双级射流优于单级射流;双级射流 + 混合器系统优于单级射流 + 混合器系统。

5 结论

该文定义了植保机械在线混合器测量与计算混合度的计算公式,该公式适用于 2 相流体的混合,其计算结果为 0 ~ 1 的无量纲值,值的大小与混合效果密切相关,为植保机械混合均匀性的研究提供了理论依据。

提出了混合度的测定方法,避免了用轨迹研究方法研究混合均匀性的烦杂的计算,比以往用均匀性来评定混合效果更科学合理。

流运输网络的运输信息,实现对物流运输的宏观调控、全局把握、信息共享以及智能调度。

5 结论

与现有技术相比,该研究设计的冷链物流车辆监控终端优点在于各传感器全面采集各重要信息,单片机实时处理信息并发出相应警报和提示,存储硬盘记录各原始信息和操作信息,集成度高、报警及时、监控全面、功能强大、操作简单,所有监控信息均可在触摸液晶屏上显示。不仅解决了冷冻车的全程、全方位监控报警,减少损失,而且可以通过远程服务器指令远程调度冷链车辆,节省运营成本,同时保留原始数据以便问题追溯。

参考文献

[1] 毋庆刚. 我国冷链物流发展现状与对策研究[J]. 中国流通经济,2011(2):24-28
[2] 万燕芳. 发达国家冷链物流标准化经验及借鉴[J]. 农业展望,2014(4):75-79.
[3] 汪晓光. 我国农产品冷链运输装备技术现状与发展趋势[J]. 农业工程,2013(2):40-42.
[4] 王亚辉. 农产品冷链物流状态监控信息系统[D]. 长春:吉林大学,2013.
[5] 李彦杰. 冷链运输环节中的细节管理[J]. 货运车辆,2007(10):65-67.

对植保机械几种混合方法从压力下降比、混药比、混合均匀度进行了综合评价,为植保机械设计提供了设计依据。

参考文献

[1] 王林翔,陈鹰,路甬祥. 静态混合器混合效果的检测方法[J]. 石油机械,1998,26(12):20-23.
[2] 王宗勇,吴剑华,张春梅,等. 静态混合器混合效果的测定方法研究[J]. 沈阳化工学院学报,2006,20(4):313-316.
[3] 赵建华,黄次浩. SMV 静态混合器的数值模拟[J]. 海军工程大学学报,2002,14(6):67-70.
[4] 钦秀贤. 静态混合器的应用及进展[J]. 石油化工,1995,24(2):25-29.
[5] 齐辉. 静态混合器的作用原理及应用实例[J]. 电大理工,2006,226(1):32-35.
[6] 李羊林,吴春笃,付锡敏. 双级射流混药装置的实验研究[J]. 农业工程学报,2008,24(1):172-174.