

# Preliminary Study on Pesticide Compounding Technology Based on Hydraulic Drive Dosing and Multi-Rotation

Lijun Wang, Xiaoyan Jin, Baochang Chen, Cunbin Li, Shiming Sun

Heilongjiang Agricultural Machinery Engineering Research Institute, Harbin Heilongjiang  
Email: wlj001@sina.com

Received: Aug. 2<sup>nd</sup>, 2019; accepted: Aug. 15<sup>th</sup>, 2019; published: Aug. 22<sup>nd</sup>, 2019

---

## Abstract

To achieve the goal of “modern agricultural field, green agricultural development”, we will carry out technological innovations in fertilizer and pesticide reduction. This paper initially explores the factors affecting the accuracy of precision blending drugs for plant protection machinery, and proposes the research methods based on the best blending modes and control strategies of different pesticide morphological characteristics. Through the feasibility analysis of the proposed research methods, and the full comparison of relevant research at home and abroad, it proves the feasibility and necessity of carrying out the research on “pesticide compounding technology based on hydraulic drive dosing and multi-turning cross-mixing”, which provides theoretical basis and feasible research methods for technology of drug reduction and synergistic prevention, in order to provide a reference for the follow-up research and application of plant protection machinery for precision compounding technology.

## Keywords

Precision Plant Protection, Instant, Hydraulic Drive, Precision Compounding

---

# 基于水力驱动投配、多旋向交混的农药配混技术研究初探

王立军, 靳晓燕, 陈宝昌, 李存斌, 孙士明

黑龙江省农业机械工程科学研究, 黑龙江 哈尔滨  
Email: wlj001@sina.com

**文章引用:** 王立军, 靳晓燕, 陈宝昌, 李存斌, 孙士明. 基于水力驱动投配、多旋向交混的农药配混技术研究初探[J]. 农业科学, 2019, 9(8): 683-688. DOI: 10.12677/hjas.2019.98097

收稿日期：2019年8月2日；录用日期：2019年8月15日；发布日期：2019年8月22日

## 摘 要

以实现“现代农业领域，绿色农业发展”为目标，开展化肥农药减施技术创新。本文初步探索针对植保机械精量配混药的精度影响因素，提出基于不同农药形态特点的最佳配混模式及调控策略的研究方法，通过对拟采用的研究方法的可行性分析，与国内外相关研究的充分对比，证明开展“基于水力驱动投配、多旋向交混的农药配混技术”研究的可行性和必要性，为减药增效防治技术提供理论基础和可行的研究方法，以期植保机械精量配混药技术的后续研究和应用提供借鉴与参考。

## 关键词

精准植保，即时，水力驱动，精量配混

Copyright © 2019 by author(s) 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

目前，国内外植保机械药与水混合采用的是：将农药和水倒入药箱中进行搅拌的混药方式。弊端是：

1) 操作人员存在农药中毒的危险；2) 对零部件耐腐蚀性要求比较高；3) 剩余混好的农药造成浪费或环境污染；4) 在大容器内很难将药与水充分混合，不均匀降低作业精准度；5) 清洗药箱较难；6) 必须配备清水箱。在线配混药技术将药、水独立存放，利用在线混药系统实现药与水的即喷即混，解决了上述弊端问题。国内主流研究机构研究采用的射流式混药技术方案技术路线比较简单、系统成本低廉，但却存在混药比过大易造成配比不稳定、压力损失较大、精准度较低的缺点；国外研究机构采用的农药直接注入技术方案保证配比稳定，精确实现在线配混药，但技术路线相对复杂，较难实现且制造成本相对较高，技术推广可行性较低。本文研究利用喷雾机管道内的压力水驱动比例混药泵完成药与水的按需精量配比与预混合的方法，探索比例调节机构调整完成之后，水和药的混合比例不会随着流量和压力的变化而变化的实现技术路径；研究管道内置正反螺旋叶片交替作用交错紊流混拌技术。在保证配比稳定性精确性及混拌均匀度基础上，以相对简单的技术路线和较低的制造成本解决了上述诸多弊端问题，研究解决原药液与水即喷即混即时精量配混药技术难题，为植保关键技术的换代升级提供理论依据和技术支撑。国内关于“利用喷雾机管道内的压力水驱动比例混药泵完成药与水的按需精量配比与预混合”的技术研究尚处于空白。因此，即时精量配混药技术的研究，对植保关键技术的换代升级具有重要意义。

本文研究针对精准农业机械化作业中动态精量配混药问题，以实验方法探索水力驱动投配、多旋向交混的农药配混精度影响因素与控制策略，探讨基于水力驱动柱塞式比例投配技术基础上，能够完成按需动态配药、匀质混药、均匀分配药等功能的精量配混药系统；探索采用多层次旋转交错混流技术，通过多层次正反交错动静结合螺旋叶片使流经此区域的混合液能够充分混合；摸索通过正反向旋转防粘结、吸附、拥堵过滤技术，避免了原药投配入口堵塞造成的投配量精准度低问题；最终集成无动力精量投配、交错匀质混流、动态旋转过滤技术实现农药的即时精量配混作业。

## 2. 几项关键技术研究方法初探

### 2.1. 研究预定比例配比过程中精度影响因素及提升精准度的方法

针对原液与水的运行环境的特点,建立驱动水力与环境群体特性变化的动力学模型以及溶液与水力驱动柱塞交互作用关系的仿真模型,揭示原药液在投配系统的沉积、运移与紊流混动机理,探究原药液与水的在投放过程中诸多精度影响因素;研究对比溶质在多形式相流场中的混流特性,确定比例配比模块最佳实现方式,创制模块化基础部件,确定原液与水在流场全空间动态扩散相融规律;融合水力驱动柱塞防堵过滤的技术实现特点,研究基于水力驱动与交错旋转相结合的药液的精量投配技术;结合室内试验、仿真建模分析和田间试验方法,通过对比分析不同形式的配比投放模型运行数据,优化精量投放配比系统配置方案;集成水力驱动柱塞式动态投配、交错旋转防粘结吸附、定比例调节控制等技术,创制适用于不同形态农药特点的即时精量配药装置。

### 2.2. 研究原药与水交错紊流混拌过程中均匀性影响因素及解消策略

根据溶质的不同形态特征,分别构建 1~3 层旋转交混动态或静态仿真模型,研究单旋向或多旋向交错环境下叶片对溶质离散作用机理,探究原药液与水在多层次强制紊流作用的均匀度影响因素;研究对比多形态流场中溶质在溶液的分布均匀性,确定实现匀质混流的最佳模块,创制混拌基础模块;融合多旋向交替、动静交替紊流的技术特点,研究匀质混拌技术,实现不同溶质形态溶液的均匀混拌。

### 2.3. 研究原药液与水的即喷即混即时精量配混药技术

集成水力驱动柱塞定比例投配、多旋向交错匀质混拌技术,同时针对药液小流量检测问题,研制基于超声波传播速度差的药液流量检测装置和在线混药控制装置,根据需求实时改变混合药液浓度,实现即时精量配混药作业。

## 3. 研究方法的可行性论述

### 3.1. 拟采用的研究方法、技术路线

首先针对原液与水的运行环境的特点,建立驱动水力与环境群体特性变化的动力学模型,仿真溶液与水力驱动柱塞交互作用关系,分析原液在投配环境内的沉积、运移机理,研究投配过程中精度影响因素,从而构建模块化基础部件,通过试验数据分析进一步优化设计。其次根据溶质的不同形态特征,构建单层或多层旋转交混动、静态仿真模型,分析多旋向交错作用环境下溶质强制离散机理,研究多层次紊流的均匀度影响因素,对比分析多形态流场溶质分布均匀性,优化构建最佳匀质混拌模式。最后融合水力驱动比例投配和多旋向交错匀质技术,建立配混技术通用模型,运用 FLUENT 仿真软件分析确定原液与水在流场全空间动态扩散相融规律,以混合液信息的实时反馈为基础,实时监测药液浓度、流量、压力等参数,在线决策精量配混过程运行参数,通过对参数的分析,确定精量配混关键控制参数测定方法,结合智能控制技术理论和先进传感技术,研究精确控制方法,优化不同溶质形态下的精量配混药最佳模式,研发多通道智能控制器和监控装置(见图 1)。

### 3.2. 研究方法的可行性分析

本研究基于计算流体力学理论、现代控制理论、现代通信理论和有限元理论等知识,运用 Matlab/Simulink 建立数学模型、运用 SolidWorks、Pro/E 等建立精量配比、匀质混拌装置的三维模型、运用 ANSYS 分析关键部件应力应变及模态、运用 ADAMS 分析运动学特性等,运用三维数字化虚拟样机技术、控制系统硬件在环仿真和 FPGA 嵌入式实时控制技术等先进设计手段展开技术研究、方案设计和控制器研制。

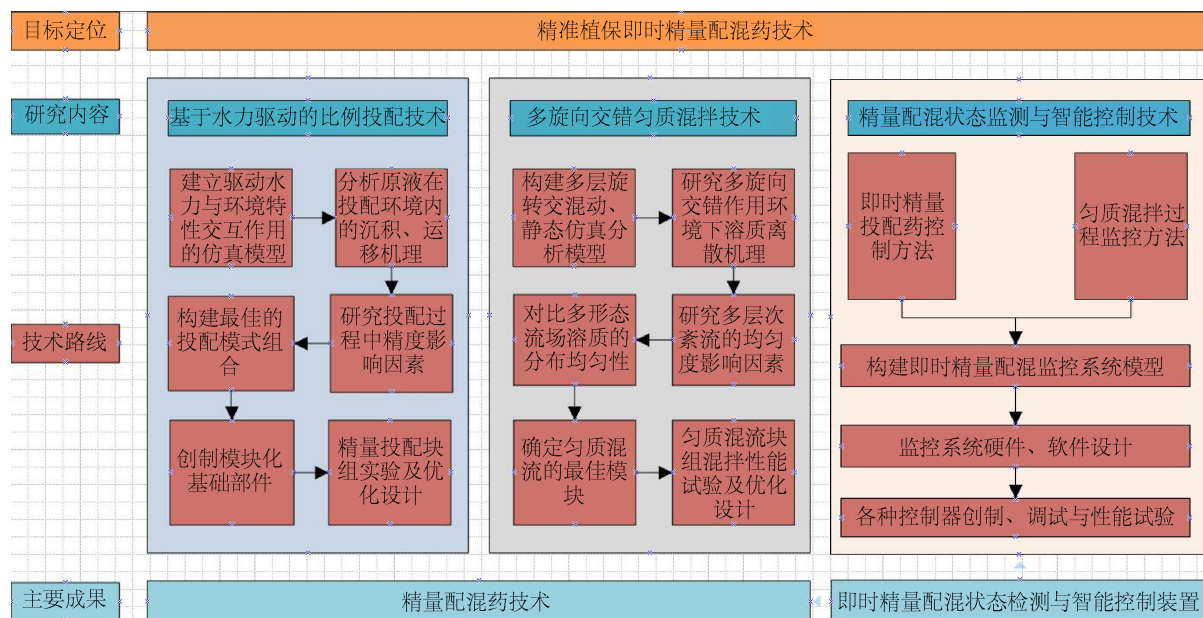


Figure 1. Instant precision compounding technology research method

图 1. 即时精量配混药技术研究方法

在各研究的关键技术基础上，将先进成果整合集成，借助虚拟现实技术建立仿真模型，针对运行工况分别模拟各项性能仿真测试，实现系统参数优化；利用硬件在环仿真系统实现各工况模拟仿真测试及系统优化设计；借助整个系统试验测试，完成整个系统的性能评估及定型设计。在该过程中，利用虚拟仿真技术、硬件在环技术、系统整机试验技术等技术手段，逐步完成整机由前期设计到定型样机的设计，技术路线环环相扣、由仿真到试验、由虚拟到样机，最终实现物理样机、试验样机和定型样机的系统集成创制，这从技术路线及方案设计方面保证了研究的顺利执行。实验方案环节：以样机性能及可靠性为测试目标，针对试验中所暴露的问题进行整改，从而提高整个系统各项性能指标及可靠性。试验方案全面、合理、满足课题在试验环节方面的要求，利用试验、检测设备，构建测试试验平台，运用计算机测控技术、半物理仿真测试技术、网络测试技术等方法进行关键装置的性能和可靠性试验，并针对试验中所暴露的问题进行整改，为技术集成提供合格的配套装置。从试验方面保证研究的顺利开展。综上所述，本研究拟采取的研究方法、技术路线和实验方案都是切实可行的，可以保证研究目标的顺利完成。

## 4. 与国内外相关研究的对比

### 4.1. 国外进展

在线混药技术的研究在文献上能检索到的最早的是 Amsdem 于 1970 年提出了农药在线配混技术[1]，从此各国科学家便相继开展了相关技术的研究。

国外科学家关于农药即时配混技术方面的研究主要集中以下几方面：

#### 1) 直接注入式配混技术

欧洲和美国等发达国家的研究的即时配混药方式，他们普遍采用以喷雾系统的外部能量辅以定量系统来完成原药与水的精确即时配混，在管道中实现原药与水的计量混合。

由美国在 20 世纪 80 年代中期开发的 CCI-2000 变量泵直喷系统将原药与水分置不同容器中。该装置由隔膜泵将原药从容器中加入到喷雾系统的水中，液体药物通过喷雾泵喷射，监控器、控制阀根据机械设备的驱动速度自动调节剂量，止回阀确保液体不进水，通过将流量控制技术与农药直接注入技术相结

合。Koo 等科学家开发出原药与水配混速度与喷雾机行走速度相适应的农药直接注入系统,能够保证单位面积上的受药标的受药量足够的均等[2]。

1991 年, Ghate 和 Phatak 推出了压缩空气农药的直接喷射系统,即时配混系统由原药箱、清水箱、两个计量流量装置、空气压力容器组成,在喷雾作业过程中,操作者根据动力输入装置的转速调控原药和清水容器中的气压;在高压空气的驱动下,清水和原药从各自容器中流出,流量计量装置对其进行实时计量。监测清水和原药的流量,根据检测的混合液的浓度,适时关停压力源设备,完成原药与清水的即时精量配混[3]。

随着直接农药注射技术的发展, Slaughter 等人。开发出了带即时精量配混功能的喷雾机并应用与农作物药物除草作业,从而实现了基于即时精量配混的精准植保喷雾的功能[4]。Steward 等人对 Raven SCS-700 以数学建模的研究方法开展了原药直接注入调控进行了研究,通过研究流量控制开关的的各种的参数,找出了流量调节控制位置的敏感参数影响因子,为原药与水的混合浓度精确性控制技术奠定了基础[5]。Gillis 等人探索了以视觉传感为手段的原药与水的即时精量配混系统物理理论,获得了一些探索性科研成果[6]。上述类型的促进了农药精量即时配混技术的发展,同时为后续相关研究奠定了基础。

## 2) 射流式即时精量配混技术

Albert Renken 等学者开展了基于无动力配混装置的研究,探索配混装置位置参数在混合过程中的敏感影响因子变化规律,科研团队探索出了混合容器内液体运动过程敏感因子的成因,这些成果为紊流非规律性混合进一步研究创造了条件[7]。为了考证无动力配混装置的功能对传输介质的性能的影响因素, Rui Ruivo 以调整温度和压力参数的方式,测量传质速率来获得传质速率和数量对 Kenics 静态内部流体特性的影响,最后数理分析推理获得了各参数的函数关系[8]。Hirschberg 等对无动力配混装置进行了改进,该装置能够把混合液体在混拌机构内的压力损失降低 50%,通过改进混拌机构压力环境,获得液体滞留期分布和扑捉配混也浓度均匀性的参数[9]。Riffat 等通过构建刚性多维模型来探究无动力混合装置的流体影响因子[10]。

## 4.2. 国内进展

国内主要成果集中再在线混合药物理论与控制系统研究。李晋阳等设计了一个在线化合物,利用流量计和调节阀通过确定调节阀的流量与阀门前后的压差,流体密度和阀门开度之间的关系来检测在线混合的影响,以进一步改善药物混合物的性能[11]。周凤芳研究了适用于背负式喷雾器的即时配混装置,探索并构建基于不均匀密度环境下无动力射流式配混系统的基本参数关系式,通过参数关系分析推理出射流嘴孔径、射流管道内径是影响射流式混合装置混合效果的关键参数[12]。倪涛提出了一种的以 PLC 为核心的有人交互在线药物控制系统[13]。李杨林等通过构建多层次射流模型研究多级喷嘴尺寸及位置参数对压力损失和药与水配比的关系,但没有给出合理的数学计算双极喷射混合装置的模型。何培杰等人设计了一种射流搅拌装置,试图利用喷雾管道内水压来完成原药与水的即时混合,它的缺点是混合比大且不稳定,无法满足植保作业对药液浓度均匀性的要求。为了解决射流式搅拌装置参数敏感性比较高,比较难实现高精度控制,实现射流式混拌过程的精准智能调控的问题,陈志刚等设计了以 LabVIEW 为开发环境的在线喷射混合控制系统,预设智能调控系统的混合比参数来满足精度要求,实验证明此方案确实可以提高药水混合的浓度控制精准度。射流式混和装置由于实现起来比较简单、造价低,比较符合中国国情,因而被国内研究者普遍采用。

## 4.3. 对比结论

虽然我国在线混合研究领域取得了一些不错的研究成果,但与国外研究水平相比仍存在许多不足之

处。从以上对比可以看出,国内即时精量配混领域的研究还存在以下问题:国内主流研究机构研究采用的射流式混药技术方案技术路线比较简单、系统成本低廉,但却存在混药比过大易造成配比不稳定、压力损失较大、精准度较低的缺点;国外研究机构采用的农药直接注入技术方案保证配比稳定,精确实现在线配混药,但技术路线相对复杂,较难实现且制造成本相对较高,技术推广可行性较低。本文研究利用喷雾机管道内的压力水驱动比例混药泵完成药与水的按需精量配比与预混合的方法,探索比例调节机构调整完成之后,水和药的混合比例不会随着流量和压力的变化而变化的实现技术路径;研究管道内置正反螺旋叶片交替作用交错紊流混拌技术。在保证配比稳定性精确性及混拌均匀度基础上,以相对简单的技术路线和较低的制造成本解决了上述诸多弊端问题,研究解决原药液与水即喷即混即时精量配混药技术难题,为植保关键技术的换代升级提供理论依据和技术支撑。国内关于“利用喷雾机管道内的压力水驱动比例混药泵完成药与水的按需精量配比与预混合”的技术研究尚处于空白。因此,即时精量配混药技术的研究,对植保关键技术的换代升级具有重要意义。

## 基金项目

现代农业产业技术体系专项(编号: CARS-02),农业部“引进国际先进农业科学技术”自由申报项目(编号: 2013-Z45),黑龙江省应用技术与开发计划项目(编号: GC13B306)。

## 参考文献

- [1] Amsdem, R.C. (1970) The Metering and Dispensing of Granules and Liquid Concentrations. British Crop Protection Council. *Monograph*, **2**, 124-129.
- [2] Koo, Y.M. and Summer, H.R. (1998) Total Flow Control for a Direct Injection Sprayer. *Applied Engineering in Agriculture*, **14**, 363-367. <https://doi.org/10.13031/2013.19395>
- [3] Ghate, S.R. and Phatak, S.C. (1991) A Compress Air Direct Injection Pesticide Sprayer. *Applied Engineering in Agriculture*, **7**, 158-162. <https://doi.org/10.13031/2013.26225>
- [4] Slaughter, D.C., Giles, D.K. and Tauzer, C. (1999) Precision Offset Spray System for Roadway Shoulder Weed Control. *Journal of Transportation Engineering*, **125**, 364-371. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(1999\)125:4\(364\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(1999)125:4(364))
- [5] Steward, B.L. and Humburg, D.S. (2000) Modeling the Raven SCS 700 Chemical Injection System with Carrier Control with Sprayer Simulation. *Transaction of the ASAE*, **43**, 231-245. <https://doi.org/10.13031/2013.2698>
- [6] Gillis, K.P., Giles, D.K. and Slaughter, D.C. (2003) Injection Mixing System for Boomless, Target-Activated Herbicide Spraying. *Transactions of the ASAE*, **46**, 997-1008. <https://doi.org/10.13031/2013.13954>
- [7] Renken, A., Wehrli, M., Meyer, T., et al. (1996) Numerical Simulations of Mixing in an SMRX Static Mixer. *The Chemical Engineering Journal and the Biochemical Engineering Journal*, **63**, 117-126.
- [8] Rui, R., Paiva, A. and Simes, P.C. (2006) Hydro-Dynamics and Mass Transfer of a Static Mixer at High Pressure Conditions. *Chemical Engineering and Processing*, **45**, 224-231.
- [9] Hirschberg, S., Koubek, R., Moser, F. and Schöck, J. (2009) An Improvement of the Sulzer SMX Static Mixer Significantly Reducing the Pressure Drop. *Chemical Engineering Research and Design*, **87**, 524-532.
- [10] Riffat, S.B., Gan, G. and Smith, S. (1996) Computation Fluid Dynamics Applied to Ejector Heat Pumps. *Applied Thermal Engineering*, **16**, 291-297.
- [11] 李晋阳, 贾卫东, 魏新华. 基于流量调节阀和神经网络的在线混药装置[J]. 农业机械学报, 2014, 45(11): 98-103.
- [12] 周凤芳. 背负式喷雾机农药药水在线混合方法的研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京林业大学, 2012.
- [13] 倪涛. 农药在线混合可变量控制系统研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京林业大学, 2013.

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;  
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/> 顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

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

期刊邮箱: [hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)