

拖拉机作业机组智能化技术的研究现状及发展趋势

庞昌乐 谭 鄂卓茂

(中国农业大学车辆工程学院)

摘要 介绍了国内外拖拉机作业机组智能化技术的应用水平和研究现状,分析了目前国内该研究领域存在的问题,提出了加快我国拖拉机作业机组智能化研究和应用进程的建议,预测了拖拉机作业机组智能化技术的发展趋势。

关键词 拖拉机作业机组; 机电一体化; 智能控制

中图分类号 TP 273.1; S 219.0

Recent Situation and Developing Tendency of Operation Intelligence of Tractor- implement Combination

Pang Changle Tan Yu E Zhuomao

(College of Vehicle Engineering, CAU)

Abstract The development of the computer control technology and effects on application of tractor-implement combination on mechatronics technique were introduced. A vehicle system, in general, includes mainly the tractor engine, transmission and implement control subsystems. Three developed steps on intelligentized development from separated control, integrated control to complex control sub-systems use information technique were introduced and the application foreground for integrated control with GPS and GIS systems on the precision agriculture was discussed. The existent problems in this field were analyzed. The proposals to strengthen the intelligentized research and application of tractor implement combination in our country were brought forward. And its intelligentized development trend for the future was pointed out.

Key words tractor-implement combination; mechatronics; intelligent control

1 国内外智能化技术在拖拉机作业机组上的应用及研究现状

拖拉机作业机组的智能化研究开始于拖拉机机电一体化控制技术的研究和应用。1978年德国奔驰公司率先在其生产的农用拖拉机上成功使用了电液控制的三点悬挂装置^[1],此后随着电子技术、传感器技术、微机控制技术和信息决策系统的发展,拖拉机作业机组智能化研究得到逐步发展,大致经历了以下几个阶段:

1) 对拖拉机作业机组功能模块的单独控制。

收稿日期: 2001-03-05

“211”重点实验室建设项目

庞昌乐,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)213信箱,100083

这一阶段的研究主要集中在发动机-传动系运转工况的监测和农具悬挂系统的自动控制方面^[2~4], 开发和应用了各类驾驶员信息指导仪或监控仪表^[5,6], 可为驾驶员提供普通拖拉机仪表所不能提供的信息^[7,8]。这类监控仪表通过传感器测取发动机油门开度位置和转速等信息, 通过单片机计算和处理, 将有关发动机负荷和油耗等信息显示在驾驶室的仪表盘上, 指导驾驶员选择最佳变速挡位, 使柴油机工作在最佳负荷工况。目前, 国外一些大公司已将这类驾驶员操作信息指导仪作为拖拉机综合仪表应用在大功率拖拉机上^[9]。

近年来, 有级变速自动换挡的应用研究也得到了发展。Deutz-Fahr 公司在其 1995 年生产的 Agrotron 拖拉机上就安装了由德国 ZF 公司生产的此类变速箱, 驾驶员启动换挡控制装置后, 由微机来协调实现随后的挡位控制。Lamborghini 公司在 1995 年生产的 Premium 系列 63~77 kW 拖拉机上所安装的发动机调节系统与自动换挡系统联合匹配, 取得了很好的效果。在国内, 吉林工业大学、中国农业大学和重庆大学等也进行了机械式变速箱自动换挡的电控研究, 但还没有形成实用化产品。

农具悬挂系统是拖拉机作业机组的一个重要子系统, 对它的电液控制水平决定了机组作业自动化的水平, 因此, 各国学者在这方面进行了大量的试验研究。目前, 已实现了对悬挂农具的高度控制、力-位综合控制、牵引力-滑转率和力-位-滑转率 3 参数的综合控制。但农具悬挂系统在作业中是一个动态的非线性惯性系统, 对它进行的综合电子控制一直未能取得满意的效果, 主要原因是控制方法和传感器性能的稳定性不能适应复杂的作业环境。20 世纪 80 年代中后期和 90 年代初, 吉林工业大学、江苏理工大学、洛阳工学院和中国农业大学等也深入开展了这方面的研究, 但都没有达到实用化阶段。

2) 对拖拉机作业机组的综合控制。

在对子系统单独控制的基础上, 进行了拖拉机各个子系统联合自动控制的研究, 形成了完整的控制体系^[10~13], 提出了基于串行通信现场总线的 CAN (Controller Area Network) 网络控制系统, 使拖拉机作业机组的匹配达到最优。

这类控制系统由传感器采集拖拉机各个子系统的工作参数和信息, 通过总线(拖拉机总线和机具总线)网络把这些数据传到车内微处理器或微机中, 根据预先编制的控制策略和逻辑判断程序进行处理, 产生整车总体控制信号, 然后通过总线网络将信号分配传送到相应的子控制系统中, 由这些子系统执行元件完成控制操作。这样不仅使拖拉机在燃油经济性和工作效能上达到最优, 而且使驾驶员的操作大大简化, 降低了驾驶员的工作强度, 使拖拉机的工作效能很大程度上摆脱了对驾驶员的依赖, 而主要取决于控制系统的特性, 以及所选择的控制策略/逻辑。

目前, 国外这方面的研究较多, 还处于试验研究的探索阶段, 实用化产品较少。在国内, 吉林工业大学较早开展了机组匹配的理论研究^[14]; 中国农业大学目前也正在进行拖拉机智能化控制系统的应用研究, 提出以发动机负荷率、驱动轮滑转率、拖拉机牵引阻力作为控制参数, 根据拖拉机的实际作业工况, 实现发动机、挡位、驱动轮滑转率和悬挂作业机构的联合自动控制, 使拖拉机作业机组各个子系统协调和优化匹配, 在保证作业质量的前提下具有最优的生产率和燃油经济性。

3) 拖拉机作业机组的信息化和自动化。

近几年来, 拖拉机作业机组计算机信息化控制技术的研究主要在以下 2 个方面。

一是在机组综合控制的基础上,应用全球卫星定位技术和地理信息技术进行了拖拉机作业机组信息控制的研究。20世纪90年代初,美国学者提出了精细农业的概念^[15],掀起了农业信息化生产方式的研究热潮。在精细农业中,以装有计算机、全球定位系统GPS、地理信息系统GIS等先进设备,配置不同作业机具的拖拉机作业机组作为变量执行设备(Variable Application Equipment),实现信息的接收、处理和作业控制。其基本原理是:通过GPS确定作业机组在田间的瞬时位置,通过传感器和监测系统实时采集田间数据,将这些数据输入GIS,结合事先储存在GIS中的数据、专家系统及其他决策支持系统对信息进行加工、处理,作出适当的作业决策,再通过计算机控制器控制变量执行设备,实现对作业对象的变量投入或机组操作的调整^[16-20]。

目前,这方面的研究尚处于理论研究和模型设计试验研究阶段。尽管如此,它已为拖拉机作业机组的智能化发展指明了方向。

二是进行机组田间作业的无人驾驶自动化研究。文献[12]介绍了德国正在研究的基于开放式通信系统LBS(Landwirtschaftliches BUS System)的拖拉机作业机组应用实例,其技术关键是应用GPS导航和作业过程自动控制。文献[21]介绍了日本、美国和英国在农业领域内研究自动引导行走的实例,但都没有实用化。在国内,吉林工业大学已率先开始了这方面的研究^[21,22]。

2 国内拖拉机作业机组智能化技术研究中存在的问题

存在的问题:

1) 长期以来对拖拉机各子系统独立控制的研究较多,作业机具与发动机、传动系的控制是相互分离的;对拖拉机作业机组整体综合控制的研究较少,拖拉机作业机组的智能化程度较低。

2) 对农用拖拉机传动比控制的研究还处于监测指导系统的水平,实现自动改变传动比成为机组优化控制研究的主要问题。

3) 国外企业的研究成果较多,成果产品化速度较快,而国内企业的研究较少,主要由少数大学进行了一些基础研究,几乎没有产品化。

4) 拖拉机作业环境恶劣,干扰因素多,需开发符合农业环境监控要求的仪器和传感器。

5) 由于拖拉机作业机组在作业过程中与土壤环境组成的是一个非线性参数时变的复杂性系统,对这种系统的控制除了依赖于传感器技术和测试技术外,还需要采用模糊控制、多变量控制等先进控制技术,开发适应拖拉机作业机组田间作业自动控制的计算机软件系统。

建议:

1) 跟踪国外先进技术,研究工作应直接从机组的优化匹配开始,应用先进的控制理论,深入研究机组系统参数的匹配关系,建立适用于作业机组的完善的控制理论,避免低起点的重复研究。

2) 加强拖拉机作业机组智能控制系统田间作业时的稳定性、可靠性和实用化的试验研究。

3) 拖拉机作业机组智能化技术在精细农业中的应用研究国外也刚刚开始,可以参照GPS、GIS等技术在智能化交通方面的研究和应用成果,开始这方面的应用研究。

4) 进一步完善目前在车辆自动引导行走方面的试验和理论研究工作,应用这一技术,开展

我国拖拉机作业机组田间作业无人驾驶的自动化作业研究。

3 拖拉机作业机组智能化技术的发展趋势

1) 应用先进的控制理论, 进一步完善原有的控制系统, 提高系统对复杂工况的适应能力和逻辑判断能力。随着研究工作的不断深入, 先进的控制理论如自适应控制理论、人工智能控制理论逐渐被引入拖拉机控制系统中, 使拖拉机控制系统具备一定的信息处理能力和逻辑判断能力, 这将大大提高拖拉机作业机组对外界环境的适应能力, 使其能够在复杂多变的工作条件下自适应地选择最佳的工作方式, 最大限度地提高拖拉机作业机组的工作效能。

2) 利用机电一体化这一综合控制技术, 使对拖拉机各个子系统的监测和控制, 从单独、分割的状态转换为对整个机组系统的联合、协调控制, 并与驾驶员信息传递系统一起构成拖拉机作业机组的智能化、网络化控制系统, 从而使整个机组系统处于最佳匹配状态。

3) 随着精细农业研究的深入, 拖拉机作业机组将朝着信息化、智能化方向发展。各种智能化的作业机组在耕地、播种、施肥、灌溉、中耕、植保和收获等各种农艺作业中, 将扮演不可替代的重要角色。

4) 利用先进的测控技术、自动跟踪引导控制技术和信息处理决策系统, 进行拖拉机田间作业时的无人驾驶自动化研究。

参 考 文 献

- 1 Hobbs J, Hesse H. Electronic/hydraulic Hitch Control for Agricultural Tractors. Society of Automotive Engineers, 1980, 801018
- 2 Chancellor W J, Thai N C 著. 拖拉机变速箱传动比和发动机转速的自动控制. 刘安民译. 国外拖拉机, 1985(10): 15~ 19
- 3 贺祖年. 国内拖拉机节油指示仪研究综述. 拖拉机, 1988(3): 45~ 50
- 4 Tinker D B. Integration of tractor engine, transmission and implement depth controls (Part 1, Transmissions). J Agric Engng Res, 1993(54): 1~ 27
- 5 伍先安, 鄂卓茂. 拖拉机柴油机节油监控装置. 北京农业工程大学学报, 1995(1): 14~ 17
- 6 王 熙, 任宪忠, 梁 远, 等. 美国JD4450M FWD 拖拉机单片计算机监控系统. 拖拉机, 1994(3): 39~ 43
- 7 Pang S N, Zoerb G C, Wang G. A tractor performance monitor based on an indirect method of fuel consumption measurement. Knoxville: ASAE, 1984, 1059
- 8 Krisper G, Schimmel J. Electronic driver information and automatic shifting system for tractors. In: ISA TA. Proceedings of ISA TA '85. Vienna: In Pursuit of Technical Excellence, 1985, 189~ 202
- 9 Meiners H H. 电子技术在拖拉机上的应用. 见: 国家机械工业委员会工程农业机械局. 国外工程机械, 内燃机、农机机电一体化产品文集. 北京, 1987, II 2~ 9
- 10 Scarlett J A. Integration of tractor engine, transmission and implement depth controls (Part 2, Control Systems). J Agric Engng Res, 1993(54): 89~ 112
- 11 Hofstee J W, Goense D. Simulation of a CAN-based tractor-implement field bus according to DIN 9684. J Agric Engng Res, 1997(68): 89~ 100
- 12 Freimann R. Autonavigation and implement controlled process automation on ISO-CAN basis. The 2nd Sapporo International Symposium 2000, Sapporo: Hokkaido University Conference Hall 2000, 65~ 87
- 13 Renius K Th. Trends in tractor design with particular reference to Europe. J Agric Engng Res, 1994

(57): 3~ 22

- 14 周志立 拖拉机犁耕机组系统性能分析和匹配方法研究: [学位论文] 吉林工业大学, 1993
- 15 杨印生, 马成林 精细农业的社会经济特征和经济分析问题初探 农业工程学报, 2000, 16(5): 122~ 125
- 16 张 伟 农业发展的新课题——精确农业 农业工程学报, 1997, 13(3): 249~ 252
- 17 汪懋华 精细农业发展与工程技术创新 农业工程学报, 1999, 15(1): 1~ 8
- 18 朴闲淑, 马成林 精确农业——一种全新农业生产管理技术 农业机械学报, 1999, 30(5): 112~ 116
- 19 He Bin Intelligent distributed control in precision farming A S A E, 1995, 951755
- 20 祝诗平, 陈 建, 陈羽中, 等 精细农业计算机集成制造系统原型研究 农业工程学报, 2000, 16(4): 139~ 141
- 21 于海业, 马成林, 张德骏, 等 利用内部信息的农用自动引导行走车的研究(第一报). 农业工程学报, 1995, 11(3): 34~ 39
- 22 张书慧, 张淑琴, 卢贤继, 等 自动引导行车环境理解系统的研究 农业工程学报, 1996, 12(2): 59~ 63