

# 农业机械自动化的现状与推进模式

金衡模 高焕文 王晓燕

(中国农业大学机械工程学院)

**摘要** 介绍了农业机械自动化的发展历史与现状,从农村劳动力不足、人口老龄化和社会经济发展的需求等方面阐述了农业机械自动化的必要性,提出要根据农业生产的现实条件和技术水平,选择合理的自动化模式,阶段式推进自动化进程,把农业机械自动化的发展重点放在开发农用传感器和提高自动化装置的耐久性和可靠性上。

**关键词** 农业机械; 机械自动化; 自动化装置

**分类号** S 23

## The Present Situation and the Propelling Tactics of Agricultural Machinery Automation

Kim Hyungmo Gao Huanwen Wang Xiaoyan

(College of Machinery Engineering, CAU)

**Abstract** The developing history and the present situation of agricultural machinery automation is introduced, and the necessities of the automation were expounded from several aspects such as the shortage of labor force and the requirement of social development. The automation should be carried on step by step and the situation of agricultural production development should be taken into account, more work should be done on developing new sensors and improving the reliability and durability of the automatic machinery.

**Key words** agricultural machinery; machinery automation; automatic machinery

农业是一种复合产业,它不仅包括作物的生产,而且包括农产品的加工、储藏和运输,等等。农业生产的发展过程受自然环境和社会条件的影响,过去为了解决粮食供应不足的问题,开发农业技术着重于增加产量;但对于现代社会,温饱问题已经基本解决,人们对于产品的品质以及工作的高效性和舒适性的要求日渐提高。农业机械自动化应以实现生产的高效率和高精度,降低生产成本,节约资源,提高农产品品质和实现安全生产等为目的,以满足人们在农产品生产和消费中的需求。当然,片面追求高度自动化,过于强调尖端技术,从而开发研制不符合实际需要却价格昂贵的自动化技术与设备,是不可取的。我们的目的是用符合生产实际的先进技术,实现农业生产的优质、高产、高效,发展适合农业生产现实条件的自动化模式。

### 1 农业机械自动化及其分类

农业机械自动化就是农业机械或装置的操作过程或工作状态不依靠人的感官和手工而自

收稿日期: 1999-09-16

金衡模, 韩国留学生, 北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)46 信箱, 100083

动实现。最早的农业机械自动化装置是 1936 年 Ferguson 发明的牵引控制装置<sup>[1,2]</sup>, 该装置通过油压升降作用改变耕深, 从而把牵引力维持在一定范围内, 目前已经广泛地应用于大中型拖拉机上。

农业机械的自动控制装置大部分是单一输入、单一输出式的, 如拖拉机的牵引力控制, 动力喷雾机的压力控制等, 但随着传感器和微处理机的迅速发展, 目前已经研制出多输入、多输出的自动控制装置, 从而大幅度地提高了自动化水平。

目前农业机械自动化大致有以下 3 类。

1) 已有农业机械及装置的部分自动化控制。这种自动化方式以提高已有农业机械及装置的作业与操作性能, 提高作业效率和作业精度, 减轻驾驶员的负担, 节约资源(肥料、种子、农药、燃料等)等为目的。目前, 已经广泛采用的自动控制装置大多数属于此类。

2) 已有农业机械及装置的无人自动操作。这种自动化方式用在操作简单且容易实现无人运转, 危险性大或是长时间重复单调过程的作业上。如用计算机程序或无线电遥控来操纵拖拉机及联合收割机, 自动控制行驶, 自动检测耕深、耕宽或作物行列数, 自动完成作业, 以及能使干燥机、自动化温室等固定装置自动完成作业的机械及装置。

3) 农业机器人。农业机器人是一种可由不同程序软件控制, 以适应各种作业, 能感觉并适应作物种类或环境变化, 有检测(如视觉等)和演算等人工智能的新一代无人自动操作机械。

## 2 农业机械自动化的研究应用现状

现今世界各国正大力开展农业机械自动化的研究, 许多成果已经达到实用化的阶段, 下面分别介绍上述 3 类主要自动化形式的研究应用现状。

### 2.1 已有农业机械及装置的部分自动化控制

这类自动化技术主要是为了提高已有农业机械及装置的作业性能和操作性能, 下面简要举一些已采用或正在开发中的自动化装置实例。

1) 拖拉机。在农用拖拉机上已广泛使用了机械油压式三点连结的位调节和力调节系统装置, 现又在开发和采用性能更完善的电子油压式三点连结控制系统装置<sup>[1,2]</sup>, 新的系统装置采用微机或电磁操向控制阀和心阀来改善机械油压式三点连结装置, 提高位调节和力调节的控制水平, 这项技术在一些发达国家已被采用。为提高旋耕机的作业精度, 在拖拉机上还采用了水平及耕深自动控制系统。水平控制系统可以消除拖拉机左右轮胎下沉不均等的影响, 维持旋耕机左右水平; 耕深控制系统能把旋耕机作业时的耕深维持在设定范围内, 这套系统在日本已经普及。新型的拖拉机最佳速度控制系统可以自动设定运转速度及其变速段数, 当作业条件(作业种类、土壤、作物等)变化时能有效地调整机器速度, 提高作业效率, 这种系统现正处于研究开发阶段。

拖拉机的自动操向控制系统, 能减轻驾驶员的负担并提高作业效率, 美国已有可自动操向的拖拉机出售。拖拉机自动导向方式有, 从埋于地下的电缆检测出磁界距离并导向, 用机械接触方式检测已犁过的沟并导向, 用铁轮下沉的机械方式或光电检测的电子方式来辨别已耕地和未耕地并导向。最近, 利用摄影图像的半自动操向控制系统也正在研究中。

2) 施肥播种机<sup>[3,4]</sup>。根据行驶速度和检测种子(或肥料)粒数来确定播种量是否符合要求的装置, 以及将马铃薯种子割成 2 瓣后播种的装置, 等等, 这些装置已实用化。

3) 移栽机<sup>[3]</sup>。传动链式甜菜苗自动移栽装置, 输送带式洋葱苗的自动移栽装置以及蔬菜移栽上广泛使用的塑料穴盘自动供苗装置等。

4) 插秧机<sup>[3,4]</sup>。机体的水平控制装置, 转弯时的自动减速装置, 自动供苗装置等。

5) 喷雾机。喷杆式喷雾机的自动化应用实例<sup>[3,4]</sup>有: 根据行驶速度自动控制喷雾量, 根据作物高度自动控制喷雾高度的装置; 快速喷雾机的自动化应用实例<sup>[3,4]</sup>有: 根据果树的大小或形状自动控制喷雾压力和喷雾量的装置。此外, 检测作物行间的杂草, 自动控制喷药开关和喷药量的装置正在研究开发中<sup>[5,6]</sup>。

6) 联合收割机<sup>[7,8]</sup>。割茬高度自动控制装置; 脱粒机喂入量自动控制装置; 根据谷穗的生长状态改变行驶速度, 从而维持适当喂入率的自动控制装置; 检测已收割行和未收割行从而操纵气流方向的自动控制装置。

7) 挖掘收获机<sup>[3,4]</sup>。马铃薯、甜菜等挖掘收获机的自动化应用实例有, 挖掘深度自动控制装置和石块、土块自动筛除装置等。

8) 干燥机<sup>[3,4]</sup>。不受外界条件干扰, 能自动维持热风温度的装置; 停电或干燥机过热引起火灾时, 自动招断燃料供给的装置。

## 2.2 已有农业机械及装置的无人自动操作

1) 田间作业机械。田间作业机械的无人自动操作方法有直接导向法和利用无线遥控操向的间接导向法 2 种。前者的实际应用<sup>[7,8]</sup>有旋耕机、割草机、自走式联合收割机、自走式农药喷雾机等; 后者的实际应用<sup>[3]</sup>有割草机、插秧机、农药喷雾直升机等。

田间作业机械可以根据土壤和作物的特性, 利用触觉收集信息。例如, 利用土壤硬度的差异检测已耕或未耕部分; 利用传感器检测作物的割取与未割取部分等。利用计算机图像处理技术实现无人自动操纵的系统也正在研究中。

2) 固定式机械。固定式农业机械的无人自动操作实例有全自动谷物干燥机、全自动分选机、自动温室等。全自动谷物干燥机是一种可以自动控制热风温度和风量, 当谷物达到设定的含水率时, 能自动停止工作的无人化机械。其自动控制系统包括自动控制点火燃烧、自动控制速度循环、自动控制燃烧器空气量、自动控制送风量、自动测定含水率和自动招断燃料等功能。全自动分选机是一种能把水果、谷物或蔬菜按重量或形态等级进行分类的无人化机械。其工作原理多样, 如利用微处理机按重量分选<sup>[9]</sup>, 利用光电传感器按大小和颜色分选水果<sup>[10]</sup>, 利用照相机辨别农产品的形态<sup>[11]</sup>, 利用 X 射线进行农产品损伤检测, 现在也有利用核磁共振(NMR, Nuclear Magnetic Resonance) 进行非破坏性的农产品品质鉴别。自动温室<sup>[12,13]</sup>利用电脑进行环境自动控制, 控制项目有温度、湿度、风速、风向、日照辐射量、加温系统温度、温室通风率、二氧化碳浓度等。

这里简单提一下笔者在台湾时设计的农产品重量分选机<sup>[9]</sup>, 它由机械和电子 2 大部分组成。电子部分主要由 Z80 微处理机、类比信号处理部分、输出控制部分组成。Z80 微处理机是整个系统的核心, 主要负责传感器的信号检测, 控制 ADC (Analog to Digital Converter) 提取样本, 计算各样本的平均值, 分级出料及重量显示等。类比信号处理部分由数位类比转换器、放大器、低通滤波器组成, 它利用放大器将重量传感器传送的信号放大(因当质量在 0~ 6kg 之间的输出电压为 0~ 50mV, 而 ADC 要求电压范围是 0~ 5V, 因此必须放大), 再利用低通滤波器滤波(因分选机称重是通过秤盘下的滚轮滚过负荷囊来实现的, 重量不稳, 电压上下飘移,

故需滤除振动部分), 把这些信号分为 6 级, 最后根据信号进行分选。

### 2.3 农业机器人

目前许多发达国家正在进行农业机器人的开发研究, 部分研究成果已开始在农业生产中应用。例如, 使用机械手的果蔬自动采摘机<sup>[14]</sup>; 水果采收、分选及食品加工等部门广泛采用的摄影图像处理等视觉检测装置; 畜牧业中利用远距离遥控技术检测乳牛的乳头位置, 并把挤奶器附着在乳头上挤奶的自动挤奶装置<sup>[3]</sup>; 还有把羊的形态图形化, 使剪刀自动感知羊的皮肤并作业的剪羊毛机器人。

正如机器人在工业生产上可以降低生产成本和提高产品质量一样, 在农业生产中机器人也有同样的作用。美国正在开发研究的采橙机器人和法国的采苹果机器人, 因其性能明显提高和价格大幅下降, 预期很快就能实用化。由于机器视觉和人工智能技术的迅速发展, 其他农业机器人的实用化也会加速, 特别是在需要大量人力和精确作业的种苗、花卉、蔬菜等生产中, 机器人的实用化将会更加快速。蔬菜在全年中有持续的需求, 又能在人工环境里以工厂化方式生产, 所以机器人在蔬菜栽培中的投入会更加容易。

## 3 农业机械自动化的必要性

### 3.1 解决农村劳力不足问题

当今农村的青壮年大都向往都市, 大量劳力离开农村涌向城镇, 成为打工族。农村的大学生偏爱经济发达地区和城市的机关或企业, 而很少有人想到偏远地区或回农村务农。根据对中国农业大学学生的职业选择调查, 约 80% 的毕业生希望在北京或沿海发达城市工作, 想回乡开拓事业的大学生屈指可数。

另外, 人口老龄化问题日趋明显, 据中国老龄协会 1997 年统计, 1/4 的省市已进入了老龄化阶段。现在, 全国 60 岁以上(包括 60 岁)的老龄人口已有 1.2 亿, 而且正在以年平均 3.2% 的速度增长。自上海第一个进入老龄化社会以来, 北京、天津、江苏、浙江、辽宁、山东、广东等省市也相继进入了老龄化社会。据专家解释, 这些地区生活水平的提高使人的寿命延长, 死亡率下降, 而强调少生优生引起出生率下降, 这样就造成了人口的老龄化现象。

上述这些问题导致农村人口结构的变化, 部分地区出现青壮年劳力不足的现象, 从而将在更大程度上产生对农业机械自动化的需求, 实现农业生产的自动化是必然的。

### 3.2 社会进步的需求

随着经济的发展和人们生活水平的提高, 人们的观念日渐发生变化, 消费者需要的不仅是解决温饱问题, 而是更美味、更具营养价值、更高品质的产品; 生产者对于提高劳动生产率和增加劳动舒适性的要求也越来越高, 而且, 随着经济的全球化, 面临农产品开放进口和市场竞争的压力, 现代农业只有通过进一步提高生产效率、降低生产成本和提高产品品质才能生存。从这些新的需求出发, 农业生产向着高效率和高精度的机械化、自动化方向发展, 是必然的选择。

近年来, 一些发达国家正在积极进行农业机械自动化的相关研究与开发, 其中部分研究已经达到实用化阶段, 这些研究以降低生产成本为主要目标, 同时达到节约资源、提高农产品品质, 实现安全生产和适应老龄化社会等目的。随着电子工业的快速发展, 半导体集成电路及微处理机等电子产品质量的提高和价格的降低, 将进一步促进农业机械自动化控制装置的开发, 加速农业生产的自动化。

## 4 农业机械自动化的阶段式推进

农业机械自动化会在克服各种困难,不断尝试不同方案和方法的过程中持续前进,这是不容置疑的。考虑到目前的农业生产条件和技术水平,笔者认为农业机械自动化应采用阶段式推进的策略,并以此组织有关的研究工作。

### 1) 自动化模式的选择

首先,应该根据农业生产的现实条件和技术水平,以提高作业效率和作业精度,节约能源,提高安全性等为标准,正确评价不同自动化模式在这些方面的效果,再按顺序选定自动化模式,阶段式推进自动化进程。

### 2) 农用传感器及控制系统的开发

开发农业机械自动化控制装置所遇到的最大难题是在农产品的生产、加工及流通过程中,缺乏能迅速、准确、非破坏性地评价作物或农产品的生物学性状和活动的传感器,所以,应研究开发在自然环境下能准确检测这些性状和活动的传感器及数据处理技术与装置,特别是能从田间和培养液中检测作物生长和发育的传感器,它的开发对工厂化、设施化作物生产是必需的。另外,比较分析从传感器所得的数据和控制参数间的关系,开发相应的参数控制装置,也是十分必要的。

### 3) 耐久性和可靠性的提高

与其他行业相比,农业机械通常是在较为恶劣的环境条件下工作,对它的后期服务也比较困难,所以产品的耐久性非常重要,特别是自动化装置,由于使用了半导体集成电路和微处理机等电子产品,所以提高产品的可靠性和耐久性尤为重要。

### 4) 认识的转换

以往为了提高农业机械自动化装置的操纵性能和作业性能,多通过改善机械的部分结构或增加一些装置来达到目的,这样做的同时使得机械的构造复杂化,价格变得昂贵,修理更加困难。为了从根本上解决这些问题,不能单把眼光放在改造过去的机械上,而应该从农业生产的根本对象——作物和土壤出发,开发适合生产实际而又价格合理的自动化机械,如,考虑小规模农户生产模式需要,由普及大型农业机械转向开发价格较低的中小型、多功能自动化机械。

## 5 结 论

农业机械化从过去到现在一直在农业现代化中担当主角,社会的发展对机械化农业生产又提出了更高的要求,即实现农业机械自动化。农业机械自动化能提高生产效率,节约资源,降低农业生产成本,提高产品的品质,强化农产品的国际竞争力,必将在未来的机械化生产系统中起核心作用。继续推动和实现农业机械自动化,是农业机械化工程技术工作者所面临的长远的课题和挑战。

随着电子工业的迅速发展,农业机械自动化会从农业机械的部分自动化向无人操纵自动化和农业机器人发展,农业将会成为高度技术密集型产业。

为了合理推进农业机械自动化,应从满足生产实际出发,选择推进自动化的优先顺序,选择合理的自动化模式,阶段式推进自动化进程。

农业机械的作业对象是物理特性复杂多样的土壤、作物或农产品, 所以使用自动控制技术首先应考虑这些对象的物理和生物特性, 在开发和利用相应的传感器上做大量工作, 再逐步着手进行提高自动化装置的耐久性与可靠性的研究。

### 参 考 文 献

- 1 刘寿男, 柳宽熙 关于拖拉机的电子液压式三点连结装置控制系统研究 ( I ) —— 位置控制 韩国农业机械学会志, 1989, 14 (3): 168~ 180
- 2 刘寿男, 柳宽熙, 尹汝斗 关于拖拉机的电子液压式三点连结装置控制系统研究 ( II ) —— 牵引力控制 韩国农业机械学会志, 1989, 14 (4): 229~ 241
- 3 郑昌柱 新稿农业机械学 汉城: 乡文社, 1990
- 4 周宗武 [台]农业机械学 台北: 科技图书股份有限公司, 1989
- 5 盛中德 喷药与施肥设施自动化 台湾农业机械, 1991, 6 (4): 1~ 2
- 6 林世贤, 王康男 微处理机应用于动力喷雾机喷雾量控制系统之研究 [台]农业机械学刊, 1994 49~ 64
- 7 郑昌柱, 金成玉, 金水成 关于联合收割打谷机 (combine) 的自动控制研究 ( I ) —— 联合收割打谷机的走行方向控制 韩国农业机械学会志, 1988, 13 (2): 38~ 45
- 8 郑昌柱, 金成玉, 金水成 关于联合收割打谷机 (combine) 的自动控制研究 ( II ) —— 联合收割打谷机的割茬高度与打谷机稻穗的供给深度控制 韩国农业机械学会志, 1988, 13 (2): 38~ 45
- 9 金衡模 微处理机控制农产品重量选别机之设计研究: [学位论文] 台北: 国立台湾大学, 1992
- 10 谢青森, 冯丁树, 陈世铭 数位影像处理在蔬果大小选别之应用 [台]农业机械学刊, 1990, 1 (1): 28~ 41
- 11 谢志诚, 林劲助 以类神经网络技术作青椒形状及大小之分级 [台]农业机械学刊, 1994 49~ 64
- 12 方 炜 温室环境控制 (上). 台湾农业机械, 1992, 7 (6): 7~ 11
- 13 陈加忠 国内外温室设施现况 台湾农业机械, 1991, 6 (4): 11~ 12
- 14 柳宽熙, 卢祥夏, 金东佑 果实收获机器人的研究 ( I ). 韩国农业机械学会志, 1988, 13 (2): 9~ 17