

高等院校教材

现代农业装备 自动化技术

杨自栋 孙 骊 阚建文 编著

 中国农业出版社

高等院校教材

现代农业装备自动化技术

杨自栋 孙 骊 阐建文 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代农业装备自动化技术 / 杨自栋, 孙骊, 阚建文
编著. —北京: 中国农业出版社, 2005. 12

高等院校教材

ISBN 7-109-10523-7

I. 现... II. ①杨...②孙...③阚... III. 农业机械-
自动化技术-高等学校-教材 IV. S23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 142988 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 彭明喜

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 13

字数: 250 千字

定价: 25.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

要把我国建设成为现代化强国,就必须大力发展农业,实现农业现代化及自动化。而农业机械化及自动化是农业现代化的重要内容。用最先进的科学技术来装备农业,为农业提供先进适用的机械装备和与之匹配的自动化技术则是我们机械与电子工程工作者的中心任务。

加入 WTO 之后,我国农业正在面临着世界市场竞争的压力。集约化、现代化,大型、复杂、高效、节能、环保型的农业机械化技术的迅猛发展,要求我们必须加快实现农业机械化的进程,并在某些领域要实现跨越式的发展战略,才能实现依靠科学技术加速农业生产快速增长的根本转变。而电子学与信息技术在农业机械装备中应用的这一发展趋势,正代表着农业机械化技术发展中新里程碑。

20 世纪下半期开始的电子信息科学技术革命,是人类历史发展中最伟大的事件之一。以微电子技术、计算机技术、通信技术和网络技术为代表的信息技术革命,迅速地改变着人类的生产方式、思维方式和生活方式,加速了国民经济信息化进程,成为推动各个领域知识创新、技术创新、知识应用和知识传播的强有力手段。显然,电子信息技术的发展,明显地影响着农业机械装备的创新过程,在农、林、牧、副、渔机械化过程中亦迅速吸收着电子信息技术革命的成果。

《现代农业装备自动化技术》一书正是为了适应上述需要而编写的。一方面全国高等农业院校开设农业电气化及自动化专业需要反映本领域最新研究成果的新教材,由于现在全国暂无统一的教材出版,因此编者在广泛参阅国内外同行研究成果的基础上,结合近几年的科研项目研究,将飞速发展的农业装备自动化技术进行了初步的总结和梳理,以自动化农业装备的软、硬件设计为重点,以成熟适用的农业装备自动化技术的介绍为主线,匆匆编写此书,以解教学之急需。教育部在 2005 年的《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》中指出“要科学制订人才培养目标和规格标准,把加强基础与强调适应性有机结合,着力培养基础扎实、知识面宽、能力强、素质高的人才,更加注重学生能力培养。要继续推进课程体系、教学内容、教学方法和手段的改革,构建新的课程结构,加大选修课程开设比例,积极推进弹性学习制度建

设”。依照上述精神，编写本书时给学生留下了较大的自学空间，给教师留下了较多的取舍余地，同时安排了较多的案例教学，以满足研究性学习和启发式教学的需要。

另一方面，电子信息技术和自动控制技术在农业装备中的深入应用，已深刻地改变了传统农业装备的产品形态，农业装备产品的开发必须和其他光、机、电、液一体化产品一样，在功能分析的基础上进行机与电、软件与硬件等的系统设计，才能有效地提高产品的作业效率并降低产品成本，同时还能符合农业可持续发展和循环经济的要求。比如，激光平地机组可以达到明显的节水效果；温室大棚遥控耕地喷药拖拉机则可以有效地改善员工工作环境；精密播种机既可节约种子，又可减少漏播率而提高产量；采用电控喷射、共轨、涡轮增压中冷等技术的柴油机，极大地提高了燃油经济性并降低了排气污染；而基于3S技术的精细农业及其装备则使农业生产和农业装备的自动化、智能化达到了全新的高度。鉴于现代农业装备自动化技术已逐步在农业生产的产前、产中和产后得到应用，因此本书选择了一些有代表性的自动化技术和产品予以详细介绍，可以供正在从事农业装备自动化技术研究开发的工程技术人员参考。

在本书的编写过程中，山东理工大学轻工与农业工程学院院长、博士生导师王相友教授自始至终地给予了很多帮助和指导，西北农林科技大学吕新民教授就本书的内容、知识体系和案例等提供了很多建设性的建议，正在南京航空航天大学从事博士后研究工作的耿端阳博士就农业机器人和农机自动化技术发展趋势等问题提供了很多有益的参考，编者在此表示诚挚的谢意。

书中参考了国内外同行很多最新研究成果，大部分都在书后的参考文献中列出了，编者对他们的辛勤劳动表示衷心的感谢。由于水平所限，时间仓促，书中的错误和不足之处，恳请批评指正。

编 者

2005年7月30日于山东理工大学

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 现代农业装备的特点及发展趋势	2
1.2 现代农业装备自动控制系统的组成及关键技术	6
1.3 本课程的性质、特点与学习方法	12
第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例	14
2.1 步进电动机的运行控制	14
2.2 机械手的动作控制设计	26
2.3 简易超声波测距仪的软硬件设计	30
2.4 简易 GPS 信息接收显示系统的软硬件设计	36
第三章 耕整地机械及其自动化技术	42
3.1 耕层土壤的力学特性	42
3.2 土壤耕作方法与要求	43
3.3 土壤耕作机具	45
3.4 耕整机械的液压控制技术	49
3.5 激光平地技术	52
第四章 播种机械及其自动化技术	57
4.1 种肥的物理特性	57
4.2 播种方法与要求	58
4.3 播种机具简介	61
4.4 播种机上的自动监测装置	74
4.5 精密播种自动监测装置设计实例	77

第五章 园艺机械及其自动化技术	84
5.1 园艺作物的环境条件	84
5.2 蔬菜生产机械化技术	85
5.3 果品生产机械化技术	91
5.4 园艺机械自动化技术简介	96
第六章 谷物收获机械及其自动化技术	101
6.1 谷物联合收获机简介	101
6.2 联合收获机的自动控制系统	102
6.3 联合收获机的监视系统	111
6.4 稻麦联合收获机的实时测产系统	115
第七章 谷物干燥过程的检测与控制	124
7.1 谷物水分的在线检测方法	124
7.2 谷物干燥过程的自动控制	128
7.3 谷物干燥自动检测与控制实例	135
第八章 精细农业装备简介	140
8.1 精细农业的发展及其应用	140
8.2 精细农业的主要支撑技术	150
第九章 农业机器人技术	167
9.1 嫁接机器人简介	168
9.2 采摘机器人简介	171
附录一 ATMEL89 系列单片机简介	174
附录二 超声波测距仪源程序清单	179
附录三 简易 GPS 信息接收显示系统控制源程序清单	190
主要参考文献	201

第一章 绪 论

农业机械化及自动化,是农业走向现代化,进而实现城乡和谐发展、解决好“三农”问题的基础和途径。2003年,我国人均GDP超过1000美元,人民生活总体上达到小康水平;2004年全国农机总产值达到900多亿元,当年农民人均年纯收入超过2000多元,现代农业装备的开发和推广应用在其中发挥了重要的技术支撑作用。为了进一步挖掘农业生产的潜力和保持农业的可持续发展,稳定粮食生产,促进农业增效、农民增收,国家从2004年11月1日起正式颁布实施了《农业机械化促进法》,大中型农机具的购买有了补贴、税收优惠等扶持政策,这为现代农业装备的设计与制造提供了广阔的市场前景,并且在国家《“十一五”农业机械化科技发展规划》上,许多省市将现代农业装备自动化、智能化技术列为今后农业工程领域的科研及技术推广的重点技术,希望加大该项目的科技攻关力度以进一步提高我国农业装备的技术水平,并为农业装备制造业提供新的经济增长点。

农业装备自动化技术就是农业机械或设备的操作过程或工作状态不依靠人的感官和手工而自动实现的技术。最早的农业装备自动化装置是1936年Ferguson发明的牵引控制装置,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。一般农业装备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农业装备的自动化水平。

目前农业装备自动化大致有以下四类:

(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) 基于 3S 技术的精细化智能化农业装备。支持精细农作的主要农业装备有能自动生成产量图的谷物联合收割机,实施变量处方农作的谷物精密播种机、施肥机、施药机和灌溉设备,实施定位处方农作和控制的施肥、施药、浇水、精播和栽植的移动作业机械装备,自走式农田土壤、病虫害害和作物苗情定位信息采集机械装备等。

(4) 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)和推理判断等人工智能的新一代无人自动操作机械。

1.1 现代农业装备的特点及发展趋势

在我国已经加入 WTO、世界经济一体化的市场经济背景下,农业装备的设计和生產需要同时面对国内国际两个市场。就其面对的国际市场来讲,借鉴发达国家成功经验,进一步提高我国农业装备自动化、智能化水平,可以使国内重点农机企业能面对世界经济一体化的新形势,及时灵活地开发出品质优良、成本低廉、绿色环保的现代智能农业装备,从而保持我国农机企业的国际竞争力。由于世界各国农艺制度、产业优势和农业现代化发展程度存在着很大的差异,在实现农业机械化和自动化的过程中,农业装备的技术特点和优势不尽相同,因此,下面分别以英、美、日等有代表性的发达国家实现农业现代化的成功经验为例,来介绍现代农业装备的发展趋势,并结合我国具体的土地经营制度和农业产业特点,来讨论我国今后现代农业装备的发展趋势。

1.1.1 英美等国家现代农业装备的特点及发展趋势

美国、英国、加拿大等经济发达国家,经历了 20 世纪四五十年代种植业基本机械化及六七十年代畜禽与水产养殖业基本机械化后,90 年代的种植业和养殖业已进入高度机械化、现代化阶段。农业装备正向大型、高速、低耗、自动化和智能化发展。1999 年美国每个劳动力平均生产粮食 118 000 kg、棉花 1 451 kg、肉 10 462 kg、奶 24 920 kg、蛋 27 078 kg,每个农业劳动力所生产的食物和纤维可供养近 200 人。仅占全美 3% 的农业劳动力生产了供全国人口消费的低价食物,并出口了占美国出口总额 20% 左右的农产品。

发达国家的农业劳动生产率的提高,除了采用优良品种、合理施用化肥、农药与良好的灌溉条件及畜禽与水产工厂化饲养外,其根本原因是注重农业的

可持续发展,实现了高度机械化、自动化和集约化生产。在农业装备的研究和生产中,他们非常重视下面几个方面的问题:

(1) 发展适合本国农业生产特点的农业技术装备。世界各国在本国农业机械化的进程中,给我们最重要的启示是都从本国农业生产实际需要出发,根据农业生产规模、经济实力、农艺制度、农业资源等现状,发展适合本国农业生产特点的农业技术装备。美国、加拿大、澳大利亚等国劳均耕地较多(美国劳均 61 hm^2 、加拿大 97 hm^2 、澳大利亚 213 hm^2),在种植业中主要发展了适应大规模集约化经营所需的大型高效农业机械, $74 \sim 340 \text{ kW}$ 的大功率轮式拖拉机及配套宽幅耕地、播种、病虫害防治和牧草种植机械, $60 \sim 243 \text{ kW}$ 自走式联合收割机系列、青饲料联合收获机、棉花收获机、甘蔗联合收获机等。英、法、意、德等国,劳均耕地 $6 \sim 12 \text{ hm}^2$,为中等规模集约化经营,因此以中型农业机械为主,同时又发展与本国优势资源相适应的农业装备,如法、意等国的葡萄种植和收获机械,荷兰的马铃薯种植与收获加工机械。人多地少,以水稻生产为主的则以日本为代表,发展了小型的、高度机械化的以工厂化育秧和机插到机收、干燥为主的全过程水稻生产所需的农业装备。

(2) 重视开发适应农业可持续发展、能有效地保护农业生态环境及实现农业资源高效利用的农业机械化工程技术与装备。如生态农业,保护性耕作的少耕、免耕联合作业机械,有机肥、缓释肥和高效低毒农药的生产与施用机械,农业生产过程中的废弃物如作物秸秆与根茬、畜禽集约化饲养中的畜禽粪便与废水、农产品加工过程中的废渣废液等综合利用与无害化处理设备等皆为各国发展重点。与此同时,各国也高度重视农业资源(水、种、肥、农药、土壤、能源等)的高效利用,如发展节能型动力机械、精量播种与施药机械、节水灌溉(喷、滴、微灌等)机械、化肥深施机械和复式联合作业机械等。

(3) 重视高新技术在农机产品中的应用与推广,提高农机产品的高科技含量。随着生物学、遗传学、化学的不断发展,现代化的激光、计算机、声控技术在农业机械上的大量采用,以及激光平地机、高地隙电子控制式植保机械、电脑数控喷灌技术的应用,农业机械化正面临着又一次革命。以 GPS、GIS 和 RS 等高新技术在农业装备上的应用为代表的精细农业技术也在兴起。

当前英美等发达国家农业机械化的发展进程,实际上是农业机械等装备技术融合现代液压技术、仪器与控制技术、现代微电子技术和信息技术并向智能化、机电一体化方向快速发展的过程。当液压技术移植到拖拉机之后,传统的牵引式配套农具被悬挂或半悬挂农具所代替,机械调节被液压控制调节所取代,从而大幅度地提高了农业机械的作业效率;当先进传感技术与控制技术应用到农业装备之后,实现了联合收割机、植保机械、种植机械的作业工况自

动监视与控制,如联合收割机主要工作部件故障显示报警系统。激光技术的应用使平地作业后的地块高度正负差控制 2.5 cm 以内;电子学与信息技术在农业机械装备中的应用,使管理调度中心与田间作业机械、农作物生长环境之间进行数据交换成为可能,来自田间的作业数据,通过中心计算机的信息存储、处理功能、专用知识库和管理决策支持系统后,制定出详细的农艺作业方案和导航作业计划,并最终指挥田间作业的农业机械。21 世纪现代农业装备的这一发展趋势,代表了世界农业装备技术发展的方向和趋势。

1.1.2 日本农业装备自动化技术特点

日本粮食生产以种植水稻为主,1996 年占总种植面积的 41.3%,地理条件与我国浙江省相近,20 世纪 70 年代就已实现水稻生产全程机械化,1980 年插秧机械化程度达 91%,水稻机收程度达 95%,水田机耕面积达 99% 以上,1977 年水稻干燥机械化程度达 78.1%。

日本农机的自动化研究开始于 20 世纪 70 年代,最典型的是日本的半喂入联合收获机,是自动化技术应用较集中的机型,例如在 HD1500 联合收获机上有方向、割茬高度、喂入深度、转弯、袋口结扎、停车等自动控制装置。当时自动控制装置的主要工作元件有传感器、控制器、液压控制部件、液压油缸、油泵等。关键工作元件是各种传感器和控制器特别是由集成电路组成的逻辑电路和半导体三极管组成的信号放大电路仍是自动控制装置的核心部分,它是根据传感器传送的信号,加以判断,然后自动调正,把设定的合理信号输入至信号放大电路,然后再输送到执行控制部件如电磁阀、液压控制阀等,再由执行部件产生动作,在很短时间内自动完成控制动作。

至 90 年代,日本农机特别在联合收获机上大量应用了机电一体化技术,最具代表性的是久保田公司生产的四行半喂入联合收获机。该型号的收获机是计算机控制的自动化装置在半喂入联合收获机中的成功应用,代表了当前日本农机的发展水平。

作业机械的显示装置:利用检测装置,可以显示机械的运行时间信息、动力装置的转速信息及负荷信息,还可以使用手动操作装置,用于机械各个部分的检查。

车速自动控制装置:利用发动机转速检测机构、行进速度检测机构、收割状态检测机构,通过变速机构,实现车速的自动控制,其实际使用意义在于,收获的前进速度随喂入量的变化而变化,当喂入脱粒室的喂入量过大时,车速会自动变慢。

作物喂入深度全自动调节机构:保证作物穗部在脱粒室内的合理长度,可

减轻脱粒负荷和减少脱粒损失。

全喂入自动转换机构：当被收获的作物茎秆太短而无法夹持脱粒时，它会自动松开夹持机构，使茎秆全部进脱粒室成全喂入脱粒状态，而且设有延时装置，即检测信号传至处理器时，不是马上松开夹持装置，而是当短茎秆送入喂入口时才打开。

颖壳筛开度自动控制机构：根据筛面的物料重量能自动改变筛孔的开度，提高分离效果。

此外，还有许多自动报警和显示装置及发动机自动熄火保护装置。而且普遍采用液压无级变速（HST）装置及机体调平（自动保持水平状态）装置。

日本生产的循环式谷物干燥机，属循环式谷物低温干燥机械。它采用全自动电脑控制，根据全自动电脑水分计，全过程监控谷物的含水率，在设定的干燥温度下，谷物达到 13.5% 的含水率时，便会自动熄火出谷，完成后进行第二次作业。自动化程度相当高，一个人可操作多台甚至 10 台干燥机。国内近年有类似的循环式谷物干燥机研制成功。全自动电脑控制主要是控制谷物含水率、烘干温度、烘干时间以及出现故障时会自动熄火停机等，不但减轻了劳动强度，而且提高了谷物的干燥质量。

90 年代日本插秧机同样采用了自动控制技术，主要是采用了自动水平控制技术，使机体始终趋于水平状态，提高了机插质量。又如拖拉机耕深的自动控制以及机体的水平状态自动控制技术，大大提高了机耕质量。可以说日本的水稻全程作业机械已实现了现代化。

1.1.3 我国现代农业装备技术最新进展与发展趋势

随着我国农村经济结构的调整和农业产业化区域布局的初步形成，以及农业向环保、节水和可持续化发展的趋势，对农业资源的合理利用和农业装备的技术水平都有了新的要求。由于现代农业装备是实现农业资源持续、合理利用的重要手段，因此 21 世纪我国的农业装备技术的发展方向是：①发展有利于耕地资源保护的农业装备；②发展有利于节水和水资源有效利用的农业装备；③发展可改善农业生态环境，防治农业环境污染的农业装备；④发展能有效提高生产效率、降低能耗的农业装备；⑤发展农产品精深加工的农业装备；⑥发展自动化、智能化程度高的农业装备。

我国的农业机械装备横向可扩展到林、牧、渔各业；纵向可延伸到产前、产后，向农副产品的贮藏、加工、运输以及立体农业、节水农业、精细农业方向发展。并且农业装备的类型、功能将不断变化，应用领域逐年扩大。目前农

业装备逐渐由以中小型为重点向大中型为重点、由单向作业机械为主向复式作业机械为主转变；田间作业机械化向农业生产全过程机械化逐渐变化。由于农业由粮食生产为主逐渐向农、林、牧、副、渔全面发展的变化，为农业装备的发展提供了广阔的发展空间。我国是一个水果生产大国，也是蔬菜生产与出口大国，果蔬的种植、田间（园间）管理、收获等机械需要大力发展。随着农产品从初加工向深加工的变化，成套加工装备的市场已经形成，可持续发展战略的实施，使节能型、环保型的农业装备备受关注。

电子技术和计算机技术的发展以及先进的制造技术、新材料的涌现，推动了农业装备向智能化、自动化方向发展，致使原来传统机械无法作业的项目逐渐实现了机械化。农业机械化技术、自动化技术和智能化技术将互相补充、相互促进，与生物技术一起推动农业现代化的实现。

1.2 现代农业装备自动控制系统 组成及关键技术

现代农业装备的工作条件既具有一般通用机械的特点，又受到复杂的农业条件的制约。农业机械化及自动化的环境条件决定了它的发展、研究和设计。其环境条件的特点主要是：

(1) 环境条件和工作对象复杂。农业机械化及自动化的环境条件是大自然，随着地域、时间有着很大的变化。农业机械的工作对象主要是土壤和作物，其品种、性能、气候环境、栽培制度的差异都给机具的适应性、技术性能提出了各种不同的要求。

(2) 使用季节性强。农业生产季节性很强，因此农业机械化及自动化也具有很强的季节性。如播种、中耕、收割、干燥贮藏等，都必须在一定的、很短的时间里可靠的完成。因此可靠性好、利用率高、工作性能优良是必须具备的条件。

(3) 工作环境条件差。许多农业机械都是在田间和露天场地工作，风吹雨淋、烈日暴晒、尘土飞扬、道路泥泞。很多时间机具还得在行走状态下工作。因此机器的腐蚀磨损、颠簸振动、过载超荷都很严重。在设计使用和传感器等元件的选择中，要注意强度、刚度、抗冲击、耐磨性、润滑、防尘防水、便于保养等问题。

1.2.1 农业装备类型及其自动控制的参数

1.2.1.1 农业生产中农业装备的类型

农业生产中农业装备的类型包括从事农、牧、渔、副、加工等生产中使用

的机具及设备。广义说,凡在农业工程中使用的机具设备都属农业装备的范畴,主要有以下类型的装备:

(1) 耕整地机械:如铧式犁、圆盘犁、松土犁、圆盘耙、齿耙、滚耙、驱动耙、中耕机、旋耕机、耕耙犁、联合整地机等。

(2) 播种施肥机械:如谷物条播机、中耕作物播种机、整地播种联合播种机、免耕播种机、育秧设施、插秧机、移栽机等。

(3) 保护地和田间管理机械:如地膜覆盖机、铺膜机、中耕机、开沟机等。

(4) 植物保护机械:如喷雾机、弥雾喷粉机、微量喷雾机、静电喷雾机等。

(5) 排灌机械:如农用水泵、喷灌机械、滴灌设备、微灌渗灌、波涌灌、膜上灌溉等。

(6) 收获和干燥机械:如收割机、脱粒机、清选机、联合收获机、各种干燥机等。

(7) 畜牧机械:如牧草种植机、秸秆粉碎机、青贮饲料收获机、干草压块机、高密度压捆机、秸秆化学处理机等。

(8) 园艺机械:如蔬菜果品的田间作业机械、园艺设施机械、收获机械、移苗机器人、果实收获机器人等。

(9) 养殖机械化及设施等。

(10) 农产品收获后处理与加工设备等。

(11) 设施农业装备等。

1.2.1.2 农业生产中所涉及的自动控制参数

在农业生产中所涉及的自动控制参数同其他行业的控制量有许多相同之处,其类型主要有温度、位移、速度、加速度、力、密度、流量、液面、浓度、光强、影像等。

(1) 温度控制:如工厂化养鸡场鸡舍、自动化养殖场、谷物干燥设备、温室大棚、果蔬的冷库或气调库贮藏、农副产品的深加工等都涉及温度控制问题。

(2) 位移、速度、加速度的控制:这是三个相互关联的物理量,在农业机械系统中,往往要对其中的一个或全部进行控制。如联合收获机滚筒的转速、作业机具前进速度、加工或干燥时物料的喂入速度等。

(3) 力、密度的控制:如在饲料厂或加工厂里对重量(重力)的测量控制、利用对力矩或功率的测量达到执行机构的动作、测量密度以监控加工质量等。

(4) 流量的控制：在农业生产中，经常需要测量流体的绝对流量和各种流速，以监测和控制流体。如粉体喂料量、风机的风量和流速、灌溉系统水流流速和压头、播种时对种子流量的控制等。

(5) 液面、浓度的控制：如果汁酿酒饮料加工中液面及浓度、内燃机燃油和润滑油的液面、种箱和肥箱物料表面位置、温棚中 CO_2 浓度等的监测。

(6) 光强、影像的监测：温棚生产和现代农业生产中对植物的光合作用的监测、利用光和影像的特征鉴别和鉴定品质、取光或影像的信息以控制执行机构的动作等。

1.2.2 农机—自动化系统组成及关键技术

一个完整的农机—自动化系统，主要由农机本体（如前所述的各类型的农业装备）、动力系统、检测传感系统、执行部件、信息处理及控制系统组成，这些组成部分内部及其相互之间，通过接口耦合、运动传递、物质流动、信息控制和能量转换等的有机结合集成成了一个完整的农机—自动化系统，其相互关系如图 1-1 所示。

1.2.2.1 检测与传感系统

传感与检测技术是农业装备自动化技术中的关键技术。传感器将位移、速度、加速度、力、角度、角速度、角加速度、距离等机械运动量转换成电信号，即引起电阻、电流、电压、电场及频率的变化。通过相应的信号检测装置将其反馈给控制

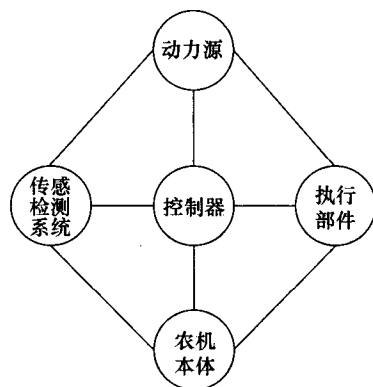


图 1-1 农机—自动化系统组成示意图

与信息处理装置。因此，传感与检测是实现自动控制的关键环节。传感与检测技术的研究对象是传感器及其信号检测装置。自动化、智能化农机产品中，传感器作为感受器官，将各种内、外部信息通过相应的信号检测装置反馈给控制与信息处理装置，因此，传感与检测是实现农机自动控制的关键环节。农机—自动化系统要求传感器能快速、精确地获取信息，并能经受各种严酷环境的考验。

通常在某一个农机—自动化系统中，不是仅仅要控制一个物理量，往往是要对多个量进行相关监测和控制，以达到最优的控制效果。这就涉及信息获取、计算模拟、执行运作等一系列系统性问题。农机—自动化系统的基本控制结构主要由获取信息的传感器、处理信息的运算单元和驱动工作部件的执行机

构等三部分组成。图 1-2 表示了自动检测系统与自动控制系统的简化框图。

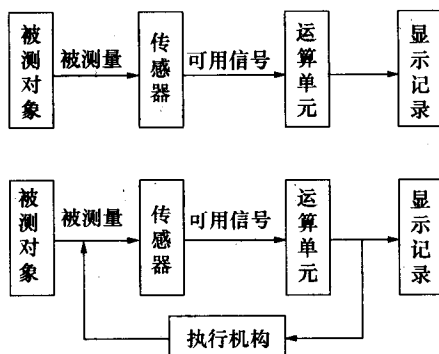


图 1-2 自动化检测与控制系统简化框图

1. 被测对象 农机—自动化系统中，被测对象是指作业项目的质量指标、工作对象的物性指标和环境及机具条件检测。作业项目的质量指标有：犁耕作业中的耕深及稳定性、入土行程、地表平整度、植被覆盖率、打滑率、牵引阻力、耗油率等；播种作业中的播种量、施

肥量、播种深度、播深稳定性、排量稳定性、排种均匀性、种子破碎率、行距、穴距合格率等；收获作业中的割幅宽度、割茬高度、喂入量、损失率、清洁率、脱净率、破碎率、断穗率及动力指标等。工作对象的物性指标有：土壤的含水率、坚实度、承载能力、抗剪强度、粒度、黏度等；种子的几何尺寸、千粒重、粒径、粒度分布、发芽率、水分、硬度等；作物的谷草比、作物高度、茎秆和籽粒含水率、作物的脱粒能力等。环境及机具条件检测有：大气的温度、湿度、 CO_2 的含量、原始植被条件、机具相关调整项目、动力机状况等。

2. 传感器 传感器是将非电量转换为与之有确定对应关系的电量输出的器件或装置，它本质上是非电量系统与电系统之间的接口。在非电量电测量中，传感器是必不可少的转换元件。传感器一般都是根据物理学、化学、生物学的效应和规律设计而成的，因此大体上可分为物理型、化学型和生物型三大类。化学传感器是利用电化学反应原理，把无机和有机化学物质的成分、浓度等转换为电信号的传感器。生物传感器是利用生物活性物质选择性识别、测定生物和化学物质的传感器。物理型传感器按构成原理可分为物性型传感器和结构型传感器。物性型传感器是利用其转换元件物理特性变化实现信号转换，例如热敏电阻、光敏电阻等。结构型传感器是利用其转换元件的结构参数变化实现信号转换，例如变极距型电容传感器、变气隙型电感传感器等。传感器的类型有：

(1) 无源传感器：包括电阻式（电位器式、应变式、压阻式、热电阻与热敏电阻）、电容式、电感式（自感式、互感式、压磁式、电涡流式）等。

(2) 有源传感器：包括磁电式、压电式、热电偶、光电式等。

(3) 半导体传感器：包括磁敏式、气敏式、湿敏式、热敏式等。

(4) 数字式传感器：包括编码器、光栅与磁栅、感应同步器、频率式传感器（振弦式、振筒式、振膜式、振梁式、石英晶体谐振式）等。

(5) 新型传感器：包括光纤传感器、CCD 图像传感器、激光与红外传感器、超声波与声表面波传感器、核辐射传感器等。

3. 测量元件 在农业生产中，由于被测参数种类多、测量范围广、量程宽、监测愿望及技术指标常为多种多样，因而测量元件涉及的种类、规格、构造也就多而广。从实用的角度，介绍几种最常用的传感测量元件：

(1) 温度测量元件：其测量原理是利用物体的某些特性，如几何尺寸、压力、电阻、热、光、电势、辐射强度等，随温度的变化而变化的特性来测量温度的。常用的有热电阻、（电阻随温度而变化）、热电偶（利用热电效应）、热敏电阻（半导体材料的电阻率随温度变化而变化）等。

(2) 压力测量元件：在机械系统的控制中，压力测量元件多数是由弹性元件和电感或电容组合成电气式压力变换器。弹性元件首先将压力信号转换成位移等机械量，然后经过各种电气元件构成电气式压力变换器，将其转换成电信号。

(3) 流量测量元件：流量指单位时间内通过管道横截面的流体数量。按工作原理分为速度式、容积式、压差式、电磁式、超声波式等。

(4) 数字测量元件：为了适应数字技术和计算机应用发展的要求，各种数字式检测元件得到了迅速发展。数字技术在机械控制系统中的应用，不仅提高了测量精度，而且也增强了信号抗干扰的能力和便于数值处理的自动化。常用的类型有：编码器、光电码盘、光栅等。上面说明了机械系统常用的元件，其他测量元件还有温度传感器、水分传感器、气体传感器、光电传感器等。

1.2.2.2 信息处理及控制系统

信息处理与控制系统对来自各传感器的检测信息和外部输入命令进行集中、储存、分析、加工等信息处理，使之符合控制要求。实现信息处理的主要工具是计算机。在自动化农机产品中，计算机与信息处理装置指挥着整个产品的运行，信息处理是否正确、及时，将直接影响到系统工作的质量和效率。因此，计算机应用和信息处理技术已成为促进现代农业装备自动化技术和产品发展最活跃因素。信息处理一般由计算机、可编程控制器（PLC）、数控装置以及逻辑电路、A/D 与 D/A 转换、I/O（输入/输出）接口及外部设备等组成。

在农业装备上常用的运算控制单元的主要类型有：

1. 继电器组成的运算单元 继电器组成的运算单元主要由中间继电器、时间继电器和具有记忆功能的保持继电器等组成。一般规模的控制系統有 600～