



第一章 绪论

1.1 现代农业装备意义

1.2 现代农业装备的特点及发展趋势

1.3 现代农业装备自动控制系统的组成及关键技术

1.4 本课程的性质、特点与学习方法



第一章 绪论

1.1 现代农业装备的意义

中国是一个大国，农业是国民经济的基础，要使社会稳定，改善人民生活，发展工业，只有加速发展农业，尽快把农产品的产量和质量搞上去，这些都离不开农业装备。

农业机械化就是用机器来进行农业生产的各项作业。用于农业生产方面的动力机械和配套机具都属于农业机械的范围。农业机械化是农业生产的重要组成部分。



第一章 绪论

农业现代化包括:

1. 生物技术（提高产量，但注意质量，正反举例）
2. 农业机械现代化(机械化和自动化)



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。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。



第一章 绪论

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。



第一章 绪论

- **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。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，如拖拉机的牵引力控制，动力喷雾机的压力控制等，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。



第一章 绪论

- 目前农业装备自动化大致有以下4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。



第一章 绪论

- **(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。



第一章 绪论

- **(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、病虫草害和作物苗情定位信息采集机械装备等。



第一章 绪论

- **(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。



第一章 绪论

1.2 现代农业装备的特点及发展趋势

要发展我国的农业装备，其设计和生产需要同时面对国内国际两个市场。就国际市场来讲，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。**



第一章 绪论

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，下面以发达国家实现农业现代化的成功经验为例，介绍现代农业装备的发展趋势。结合我国具体的土地经营制度和农业产业特点，讨论我国今后现代农业装备的发展趋势。



第一章 绪论

1.2.1 美俄加澳等国家现代农业装备的特点及发展趋势

美国、俄、加拿大等国家,经历了20世纪40~50年代种植业基本机械化及60~70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118000kg、棉花1451kg、肉10462kg、奶24920kg、蛋27078kg,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。



第一章 绪论

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，非常重视下面几个方面：



第一章 绪论

(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，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 61hm^2 、加拿大 97hm^2 、澳大利亚 213hm^2 ）。



第一章 绪论

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，74~340kW的大功率轮式拖拉机及配套宽幅耕整地、播种、病虫害防治和牧草种植机械，60~243kW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6~12hm²，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，



第一章 绪论

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，然而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。



第一章 绪论

(2) 开发农业可持续发展、保护农业生态环境及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。



第一章 绪论

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。



第一章 绪论

(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。



第一章 绪论

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。



第一章 绪论

当液压技术移植到拖拉机之后，传统的牵引式配套农机具被悬挂或半悬挂农机具所代替，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、植保机械等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。



第一章 绪论

激光技术的应用使平地作业后的地块高度正负差控制2.5cm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。



第一章 绪论

1.2.2 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，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%。



第一章 绪论

日本农机的自动化研究开始于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是传感器、控制器、液压控制部件、液压油缸、油泵、其他辅助元件等组成。



第一章 绪论

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。



第一章 绪论

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。如“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。



第一章 绪论

“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。



第一章 绪论

它的实际使用意义在于，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。



第一章 绪论

“颖壳筛开度自动控制机构”，它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。



第一章 绪论

又如日本、台湾等地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。不但减轻了劳动强度，而且提高了谷物的干燥质量。



第一章 绪论

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。



第一章 绪论

1.2.3 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、节水和可持续发展发展的趋势，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：**



第一章 绪论

- (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。



第一章 绪论

目前我国的农业机装备横向扩展到林、牧、渔各业；纵向延伸到产前、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。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。



第一章 绪论

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。目前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、环保型的农业装备倍受关注。



第一章 绪论

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。



第一章 绪论

1.3 现代农业装备自动控制系统的组成及关键技术

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，其环境条件特点主要是：

(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。



第一章 绪论

(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。因此可靠性好、利用率高、工作性能优良是必须具备的条件。



第一章 绪论

(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、烈日曝晒、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。



第一章 绪论

1.3.1 农业装备类型及其自动控制参数

一、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。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。



第一章 绪论

(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。



第一章 绪论

(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。



第一章 绪论

(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。**



第一章 绪论

二、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它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、农副产品深加工等都涉及到温度控制问题。



第一章 绪论

(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。



第一章 绪论

(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。



第一章 绪论

(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CO₂浓度等的监测。

(6) 光强、影像的监测

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。

第一章 绪论

三、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、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组成农机—自动化系统，其相互关系如图1—1所示。

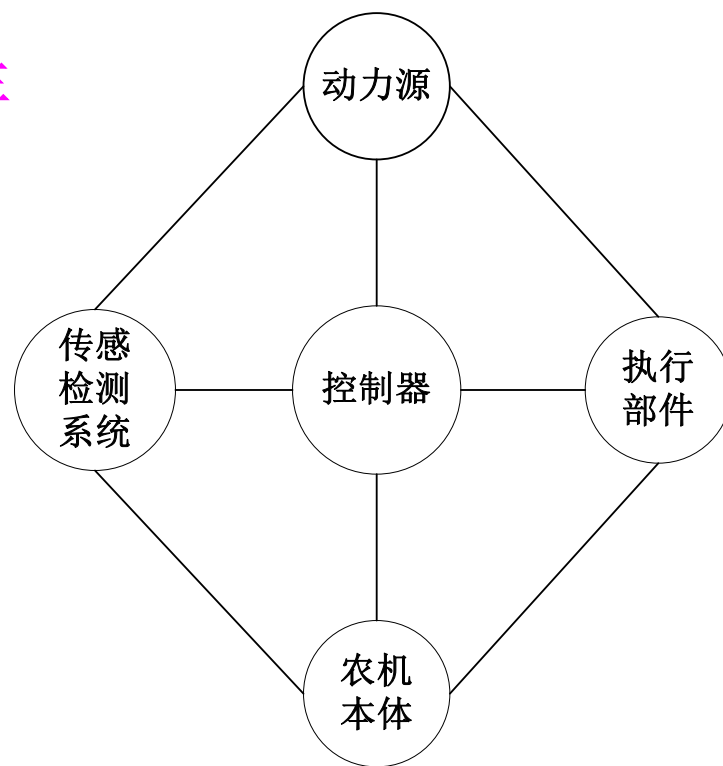


图1—1
农机—自动化系统组成功能关系图



第一章 绪论

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与信息处理装置。



第一章 绪论

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。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。

第一章 绪论

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。这就涉及到信息获取、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。

第一章 绪论

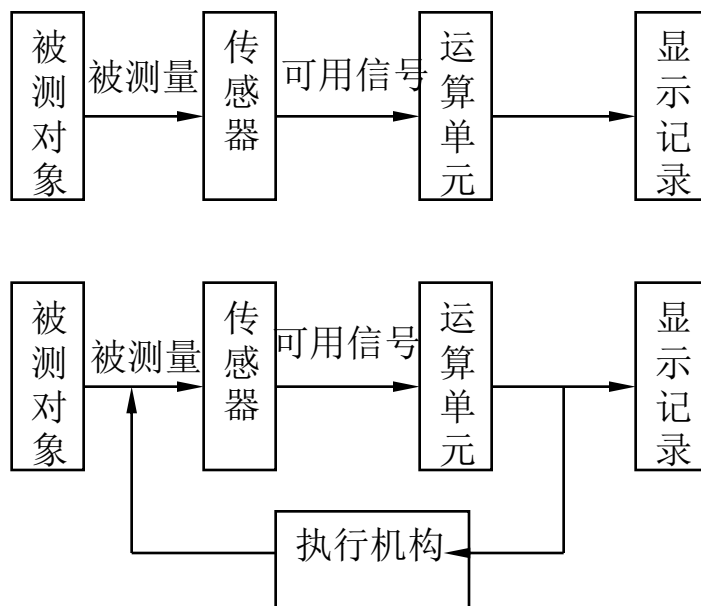


图1—2 自动化检测与控制系统简化框图



第一章 绪论

(一) 被测对象

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如：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。



第一章 绪论

工作对象的物性指标如：土壤的含水率、坚实度、承载能力、抗剪强度、粒度、粘度等；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如：大气的温度、湿度、CO₂的含量、原始植被条件、机具相关调整项目、动力机状况等。



第一章 绪论

(二) 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。



第一章 绪论

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。



第一章 绪论

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。



第一章 绪论

(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。



第一章 绪论

(三) 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多种多样，因而测量元件涉及的种类、规格、构造也就多而广。

(1) 温度测量元件 它的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。



第一章 绪论

(2) 压力测量元件 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。



第一章 绪论

(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。

其它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。



第一章 绪论

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。



第一章 绪论

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。



第一章 绪论

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有中间继电器、时间继电器和具有记忆功能的保持继电器等组成。一般规模的控制系统约有600~1000个继电器，比较庞大，通常要占用5~10个配电柜。这种运算单元动作过渡时间长，不能用于频率较高的场合。加上有运动部件，环境的振动或气体烟尘都会使其接点的接触不良，可靠性差、使用寿命低。



第一章 绪论

(2) 液压元件组成的运算单元 组成为各种控制阀，对方向、流量和压力等进行控制。液压运算能够完成非常精细的控制，但单纯用液压元件的控制比较简单，如果与电气结合起来就可实现复杂逻辑的控制。在农业机械设备中有着广泛的应用。



第一章 绪论

但液压有泄漏现象，使容积效率降低，不易实现定比传动，而且会污染环境，解决不好对运动的平衡性有一定的影响。油液在流动中产生一定的阻力损失，在高压高速下会使油温升高，这会影响油的粘性和元件的寿命。液压元件制造精度要求高，使用维护也比较严格。



第一章 绪论

(3) 气压元件组成的运算单元 气压运算单元是用气动控制阀对流量和方向进行控制，完成比例、积分、比例积分、比例微分等调节。气压控制是以各种类型的气动元件和配套装备组成断续或连续的、开环或闭环的控制回路，以实现一般工业机械化和自动化的要求。



第一章 绪论

优点：工作介质是空气，不会污染环境，用在可直接或通过消音器减小到允许的范围之内之后排入大气中。空气的粘性很小，流动阻力也小，使在管道内流动的压力损失较小（一般只有油路的千分之一），故空气介质能够集中供应和远距离传输。气动控制耐高温性能强，能在高温情况下可靠地进行工作（液压元件 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，电子元件 70°C 以下，气动 200°C 或更高温度）。气动元件还具有结构简单、价格便宜、安全可靠等优点，



第一章 绪论

缺点：应用压缩空气为介质，信号传递的速度较慢，仅限于声速范围。它不宜用于传递速度要求高的复杂线路中。当外界负载变化时，工作速度的稳定性较差。所以气动适宜于连续或断续的控制，特别适用速度不太快、精度要求不高的场合。



第一章 绪论

(4) 计算机运算单元 以计算机为运算单元的机械系统控制是从上世纪50年代开始的。直到70年代中期，随着电子技术的迅速发展，计算机控制技术也发生了革命性的变化。现代高性能、高可靠性、低成本的微型计算机同现代控制理论、伺服技术等结合在一起，组成了强有力的计算机控制系统，几乎完全取代了传统的继电器和液压气压元件控制系统，极大地增强了系统功能，减小了系统的体积。



第一章 绪论

农业装备自动化、智能化的基本特征是给“农机”增添头脑（计算机信息处理与控制）。信息处理只是把传感器检测到的信号转化成可以控制的信号，系统如何运动还需要通过控制来进行。其运动控制有线性控制、非线性控制、最优控制、学习控制等各种各样的控制技术。



第一章 绪论

3. 执行部件

机械系统的控制中带动被控制对象按输入信号规律运动的部件称机械系统控制的执行部件，它是将电能或液压能转化成机械能的动力传递装置。常用的执行元件有直（交）流伺服电机、步进电动机、液压马达、液压缸、气压马达和气压缸等。



第一章 绪论

执行部件根据控制信息和指令，完成要求的动作。执行机构是传动部件或运动部件，一般采用机械、液压、气动、电磁以及机电相结合的机构。根据农机—自动化系统的匹配性要求，需要考虑改善其性能，如提高刚性，减轻重量，提高可靠性，实现标准化、系列化和模块化等。



第一章 绪论

1.4 本课程的性质、特点与学习方法

(一) 学习本课程的目的

现代农业装备自动化技术课程是为农业机械化及自动化专业开设的专业课程。学习本课程的目的是了解农业生产中所使用的机械装备需要控制的具体项目、方法和参数，为农业生产的自动化装备或系统的合理设计打下良好的基础。本专业在前期已学习和涉及了液压与气压传动、微机原理及应用和机电控制工程等方面的专业基础课，所以本课程主要讲述农业生产中的机械设备及相关的自动化控制部分的内容。



第一章 绪论

(二) 学习本课程的要求

(1) 掌握农业机械及设备的基本构造、原理、性能和实验运用条件；

(2) 掌握农业生产中自动化检测及控制的基本知识和所使用的典型控制系统；



第一章 绪论

(3) 了解农业机械化及自动化的最新动态和发展前景

现代农业装备自动化技术是本专业新开的课程，涉及到农业机械原理及构造、测控技术、数据采集与处理技术、液压与气压传动、微机原理与接口技术、单片机原理与应用、农产品的物理特性以及自动控制原理、机电一体化技术等课程。



第一章 绪论

它不是农业机械与计算机技术或自动控制技术的简单相加，而是应用光、机、电、液一体化技术对传统农业机械的改造和提升，是一门具有深厚的理论性和实践性的应用型专业课。



第一章 绪论

因此大家必须在前修课程学习的基础上，重视农业机械构造、调整、使用的理论学习和实验实习，注意各个学科间的融会贯通，学会用自动化技术革新传统农业装备的方法，培养自己的逻辑思维、形象思维、灵感思维和动脑动手的能力，从而不断提高自己的创新能力，才能掌握好现代农业装备自动化技术这门专业课。

- 2.1 步进电动机的运行控制设计
- 2.2 机械手的动作控制设计
- 2.3 超声波测距仪的软硬件设计
- 2.4 简易GPS信息接收显示系统的软硬件设计



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

2.1 步进电动机的运行控制

步进电动机是纯粹的数字控制电动机。它将电脉冲信号转变成角位移，即给一个脉冲信号，步进电动机就转动一个角度。转子角位移的大小及转速分别与输入的控制电脉冲数及其频率成正比，并在时间上与输入脉冲同步，只要控制输入电脉冲的数量、频率及电动机绕组通电相序即可获得所需的转角、转速及转向。因此非常适合用计算机和单片机实现步进电动机的开环数字控制。随着农业装备自动化、智能化和精细化的迅速发展，步进电动机已经成了现代农业装备中不可或缺的执行元件。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- 步进电动机有如下特点：
 - **1)**步进电动机的角位移与输入脉冲数严格成正比。因此当它转一转后，没有累计误差，具有良好的跟随性。
 - **2)**由步进电动机与驱动电路组成的开环数控系统，既非常简单、廉价，又非常可靠，同时，它也可以与角度反馈环节组成高性能的闭环数控系统。
 - **3)**步进电动机的动态响应快，易于起停、正反转及变速。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- **4)速度可在相当宽的范围内平滑调节**，低速下仍能保证获得大转矩，因此，一般可以不用减速器而直接驱动负载。
- **5)步进电动机只能通过脉冲电源供电才能运行**，它不能直接使用交流电源和直流电源。
- **6)步进电动机存在振荡和失步现象**，必须对控制系统和机械负载采取相应的措施。
- **7)步进电动机自身的噪声和振动较大**，带惯性负载的能力较差。



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- **2.1.1 步进电动机的结构和工作原理**
- 步进电动机可分为反应式步进电动机、永磁式步进电动机和混合式步进电动机**3**大类，由于反应式步进电动机的性能价格比较高，因此这种步进电动机应用的非常广泛，在单片机系统中尤其大量使用。下面就以反应式步进电动机为例，介绍步进电动机的结构和工作原理。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

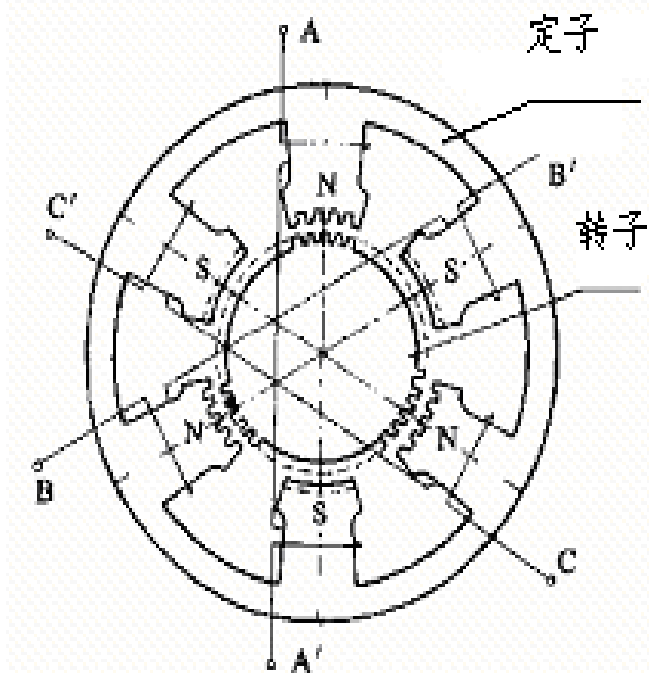


图2—1 三相反应式步进电动机结构

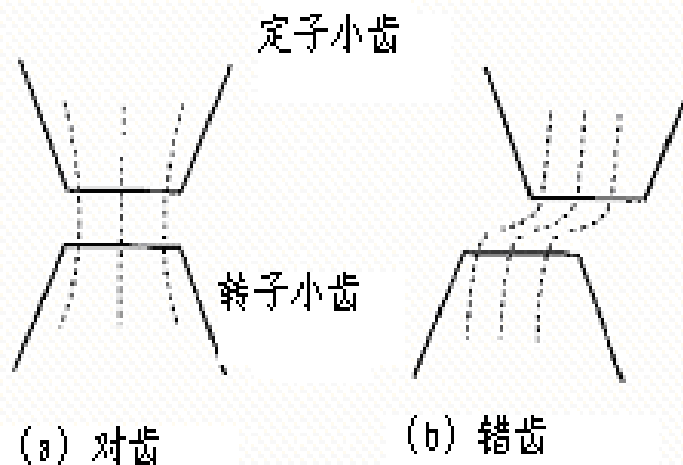


图2—2 定子齿与转子齿间的磁导现象

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

■ **图2—1**是一个三相反应式步进电动机结构图。从图中可以看出，它分成转子和定于两部分。定子是硅钢片叠成的，定子上有**6**个磁极(大极)，每**2**个相对的磁极(**N**、**S**极)组成一对，共有**3**对。每对磁极都缠有同一绕组，也即形成一相，这样**3**对磁极有**3**个绕组，形成三相。可以得出，四相步进电动机有**4**对磁极、**4**相绕组；五相步进电动机有**5**对磁极、**5**相绕组.....依此类推。每个磁极的内表面部分布着多个小齿，它们大小相同，间距相同。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- 转子是由软磁材料制成的，其外表面也均匀分布着小齿，这些小齿与定子磁极上的小齿的齿距相同，形状相似。由于小齿的齿距相同，所以不管是定子还是转子，它们的齿距角都可以由下式来计算： **$\theta_z = 2\pi/Z$** （式中**Z**代表转子的齿数）。例如，如果转子的齿数为**40**，则齿距角为 **$\theta_z = 2\pi/Z = 9^\circ$** 。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- **反应式步进电动机运动的动力来自于电磁力。**在电磁力的作用下，转子被强行推动到最大磁导率(或者最小磁阻)的位置(如图2—2(a)所示，定子小齿与转子小齿对齐的位置)，并处于平衡状态。对三相步进电动机来说，当某一相的磁极处于最大磁导位置时，另外两相必须处于非最大磁导位置(如图2—2(b)所示，定子小齿与转于小齿不对齐的位置)。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

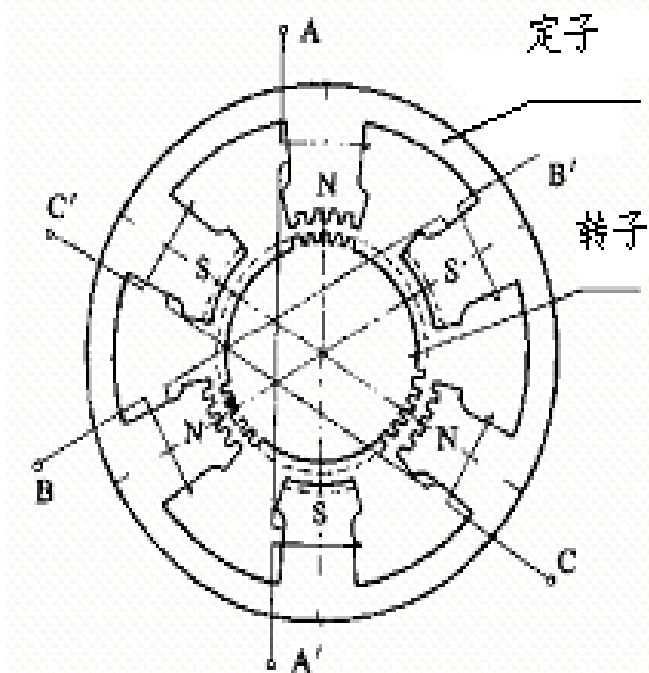


图2—1 三相反应式步进电动机结构

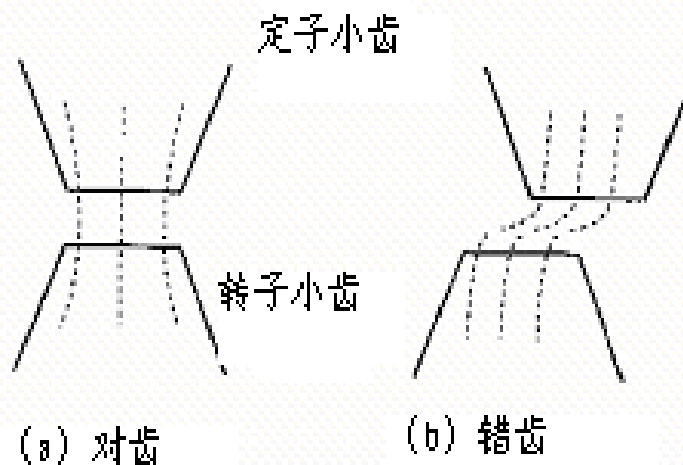


图2—2 定子齿与转子齿间的磁导现象

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

把定子小齿与转子小齿对齐的状态称为**对齿**，把定子小齿与转子小齿不对齐的状态称为**错齿**。错齿的存在是步进电动机能够旋转的前提条件。所以，在步进电动机的结构中必须保证有错齿存在。也就是说当某一相处于对齿状态时，其他相必须处于错齿状态。继续上例，如果转子有40个齿，则转子的齿距角为 9° ，因为定子的齿距角与转子相同，定子的齿距角也是 9° ，所不同的是，转子的齿是圆周分布的，而定子的齿只分布在磁极上，属于不完全齿。当某一相处于对齿状态时，该相磁极上定子的所有小齿都与转子上的小齿对齐。三相步进电动机的每一相磁极在空间上相差 120° 。假如当前A相处于对齿状态，以A相位置作为参考点，B相与A相相差 120° ，C相与A相相差 240° 。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

可以计算出当A相处于对齿状态时，B、C两相的错齿程度。将A相磁极中心线看成 0° ，在 0° 处的转子齿为0号齿，则在 120° 处的B相磁极中心线上对应的转子齿号为 $120^\circ / 9^\circ = 13.3$ ，即B相磁极中心线处于转子第13号齿再过 $1/3$ 齿距角的地方，如图2—3所示。这说明B相错了 $1/3$ 个齿距角，也即错齿 3° 。同理，与A相相差 240° 的C相磁极中心线上对应的齿号为 $240^\circ / 9^\circ = 26.6$ ，即C相磁极中心线处于转子第26号齿再过 $2/3$ 齿距角的地方，如图8—3所示。这说明C相错齿 6° 。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

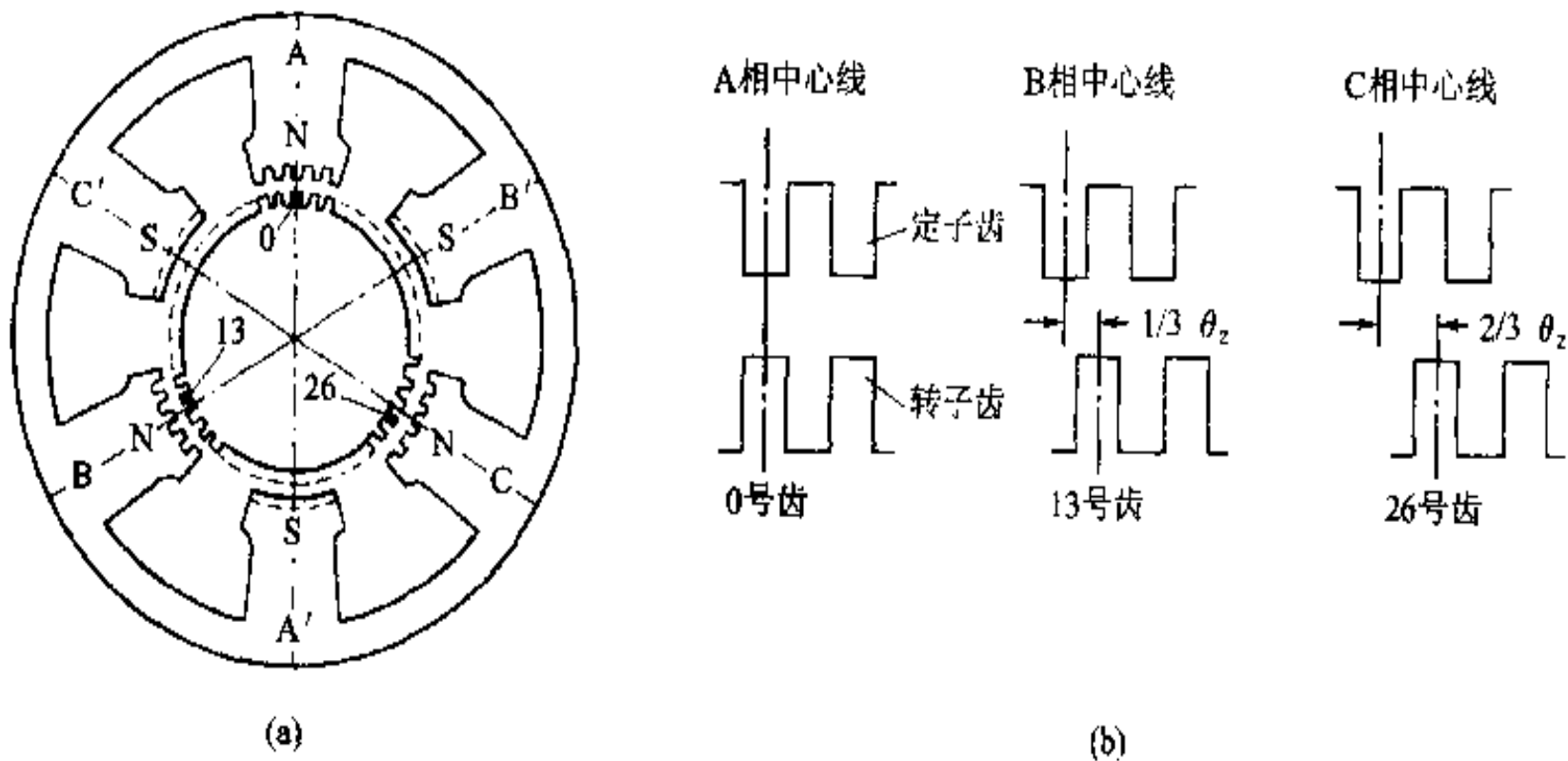


图2-3 A相对齿时B、C相的错齿

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

步进电动机的工作原理如图2-3所示，如果先将电脉冲加到A相励磁绕组，定子A相磁极就产生磁通，并对转子产生磁吸力，使转子离A相磁极最近的两个齿与定子的A相磁极对齐，B磁极上的齿相对于转子齿在逆时针方向错过了 3° ，C磁极上的齿将错过 6° 。当A相断电，再将电脉冲通入B相励磁绕组，在磁吸力的作用下，使转子与B相磁极靠得最近的另两个齿与定的B相磁极对齐，由图可以看出，转子沿着逆时针方向转过了 3° 角。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

给C相通电，转子逆时针再转过 3° 角。如此按照A→ B→ C→ A的顺序通电，转子则沿逆时针方向一步步地转动，每步转过，这个角度就叫**步距角**。显然，单位时间内通人的电脉冲数越多，即脉冲频率就越高，电机转速越高。如果按照A→ C→B→ A的顺序通电，步进电动机则沿顺时针方向一步一步地转动。从一相通电换到另一相通电称为一拍，每一拍转子转动一个步距角。像上述的步进电动机，三相励磁绕组依次单独通电运行，换接3次完成一个通电循环，称为三相单三拍通电方式。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- 如果使两相励磁绕组同时通电，即按 $AB \rightarrow BC \rightarrow CA \rightarrow AB \dots$ 顺序通电，这种通电方式为三相双三拍，其步距角仍为 3° 。步进电机还可以按三相六拍通电方式工作，即按 $A \rightarrow AB \rightarrow B \rightarrow BC \rightarrow C \rightarrow CA \rightarrow A \dots$ 顺序通电，换接6次完成一个通电循环。这种通电方式的步距角 1.5° ，是三拍通电时的一半。**步进电动机的步距角越小，意味着所能达到的位置控制精度越高。**

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

2.1.2 步进电动机的主要参数

步进电动机的主要特性参数有：

- (1) **步距角 θ** ：步距角是指每给一个脉冲信号，电动机转子 所转角度的理论值。显然，步距角越小，控制精度越高。步距角用 θ 表示， $\theta = 360^\circ / (m \cdot N \cdot Z)$ 。其中， m 为通电相数， N 为拍数， Z 为转子齿数。
- (2) **起动频率**：步进电动机能够不失步地由静止启动并进入正常运行的最高步进频率称为起动频率。
- (3) **步进频率**：步进电动机启动以后不失步的最高步进频率。



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

当步进频率较高时，每相激磁时间缩短，在激磁时间结束之前，绕组中的电流有可能达不到它的额定值。由于相电流减小，因此，在各个转子位置产生的电动机转矩会相应减小。另外，激磁时间结束后，相电流的衰减时间也会造成不良影响，因为此相电流的连续流动会在对应的转子位置处产生负的相转矩，这样使步进电动机转矩随步进频率增加而下降。



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

如果电动机转矩小于负载转矩，则会出现“失步”现象。在很多应用中，都希望步进电动机在宽的步进频率范围内有大的失步转矩，以便以最短的时间对步进电动机进行定位。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- **(4) 最大静转矩：**当步进电动机的通电状态不变，转子不动时，在转轴上加一负载转矩，能保持步进电动机稳定的最大负载转矩称为最大静转矩。

最大静转矩主要影响定位精度，因为在大多数应用步进电动机的场合，总是希望通过步进电动机对机械负载准确定位。因此，步进电动机必须产生足够大的转矩来克服负载转矩，避免造成转子偏离理论步进位置，造成位置误差。如果负载转矩超过步进电动机的静态力矩，那么步进电动机就不能够使转子准确定位。





第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- **(5) 静态步距角误差：**步进电动机的实际步距角与理论步距角之差称为静态步距角误差。
在选用步进电动机时还应注意其相数、电压、电流等参数。

■ 2.1.3 步进电动机的运行控制系统设计

步进电动机的运行控制涉及到位置控制、加、减速控制等。下面以单片机控制的三相步进电动机为例，介绍步进电动机的单片机控制系统，其原理如图2—4 所示。图中由单片机的P1口提供步进电动机的控制脉冲。由于步进电动机驱动需要较高的电压和较大的驱动电流，为此在P1口之后增加了7406驱动器，以驱动作为脉冲功率放大级的达林顿复合管，使步进电动机绕组的静态电流达到2A。



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

一、系统工作原理

由前文所述步进电动机的工作原理可知，步进电动机是在一定顺序的电脉冲控制下运转的。步进电动机要正常运转，必须正确地分配各相控制脉冲，使各相绕组按规定的顺序轮流通电。控制脉冲的分配可以由硬件环形分配器来完成，也可由软件来完成。用软件完成控制脉冲的分配具有灵活方便、适应性广等特点，此外，还可省去硬件，是常用的步进电动机控制的方式。



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

一、系统工作原理

如图2—4所示的电路，单片机的P1口作为输出口，P1.0、P1.1、P1.2三位分别输出控制脉冲，通过7406驱动脉冲功率放大级的达林顿复合管。根据P1口输出控制信号的状态，即可实现对步进电动机的正反转控制。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

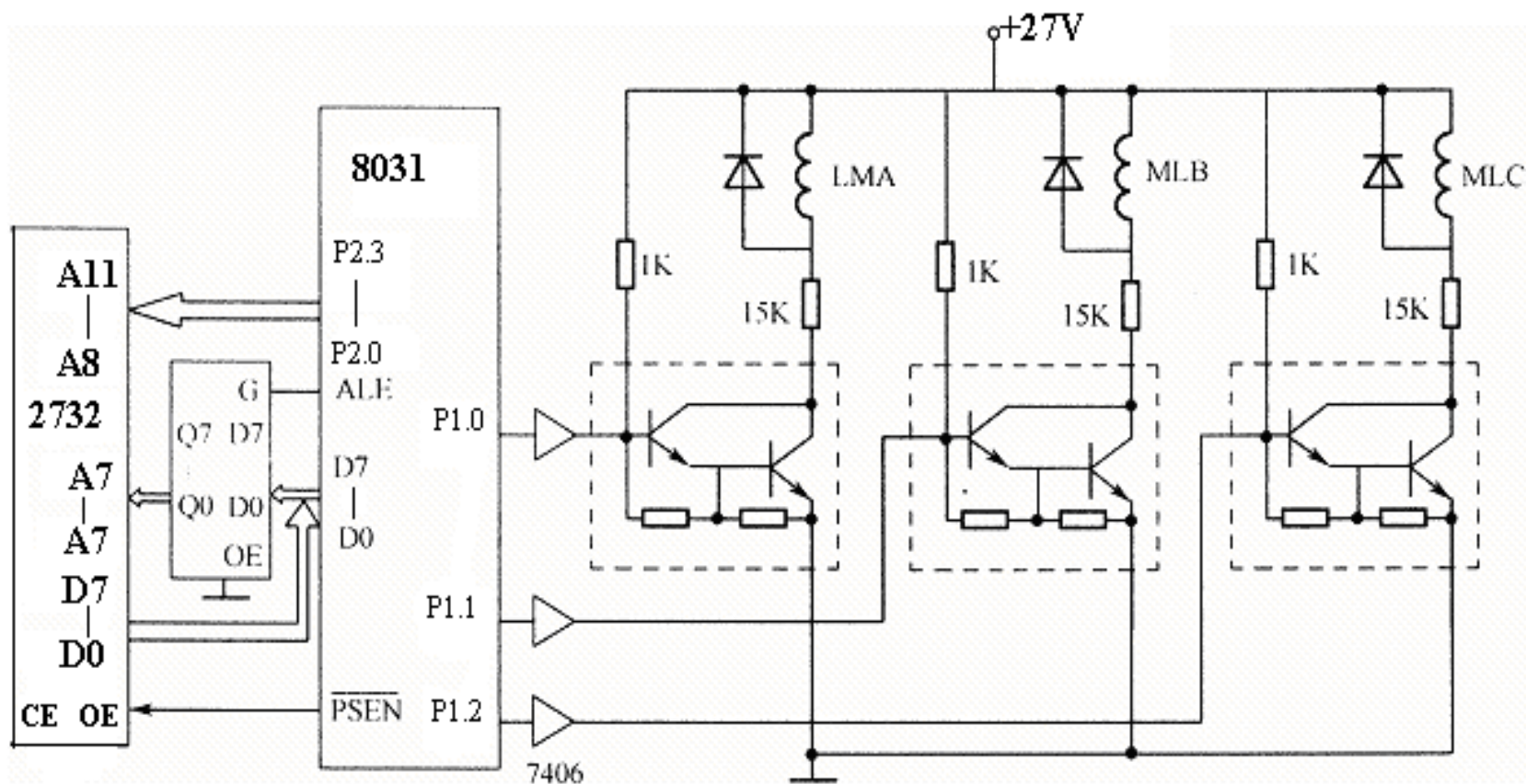


图2—4 单片机控制三相步进电动机原理图

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

根据步进电动机的控制原理，将环形节拍控制字按顺序存放在一个表中，然后依次从表中取出控制字并输出，这样即可实现按要求对步进电动机的控制。表2—1列出的为步进电动机工作在三相六拍时的控制字。

表2—1 三相六拍步进电动机控制字

节 拍		通电顺序	控 制 字	
正 转	反 转		二进制	十六进制
1	6	A	00000001	01
2	5	AB	00000011	03
3	4	B	00000010	02
4	3	BC	00000110	06
5	2	C	00000100	04
6	1	CA	00000101	05



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

从表2—1中可以看出，步进电动机第一个控制字数据为01H，从上到下输出控制字数据时电动机正转。反转控制字第一个控制字数据为05H，从下而上输出控制字数据时，电动机为反转。

步进电动机运行一拍的时间决定了步进电动机的转速。在输出一个控制字之后加入一定的延时时间，即可控制步进电动机的转速。延时时间的长短决定了电动机运行速度的快慢。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

■ 二、步进电动机控制程序设计

- 由前面的分析可知，**步进电动机控制的任务就是：**
- ①判断旋转方向；
- ②按顺序送出控制字；
- ⑧判断控制字是否送完。

下面以三相六拍为例说明控制程序的设计方法。设步进电动机所要走的步数存在R4中，转向标志存放在程序状态寄存器PSW的用户标志位F0（D5H）中。当F0=0时，步进电动机正转；当F0=1时，步进电动机反转。正反转控制字的存放单元见表2-2。其中，26H和2DH中存放控制字的结束标志。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

表2—2 正反转控制字存放单元表

	控 制 字	内存字节地址
正 转	01H 03H 02H 06H 04H 05H 00H	20H 21H 22H 23H 24H 25H 26H
反 转	01H 05H 04H 06H 02H 03H 00H	27H 28H 29H 2AH 2BH 2CH 2DH

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

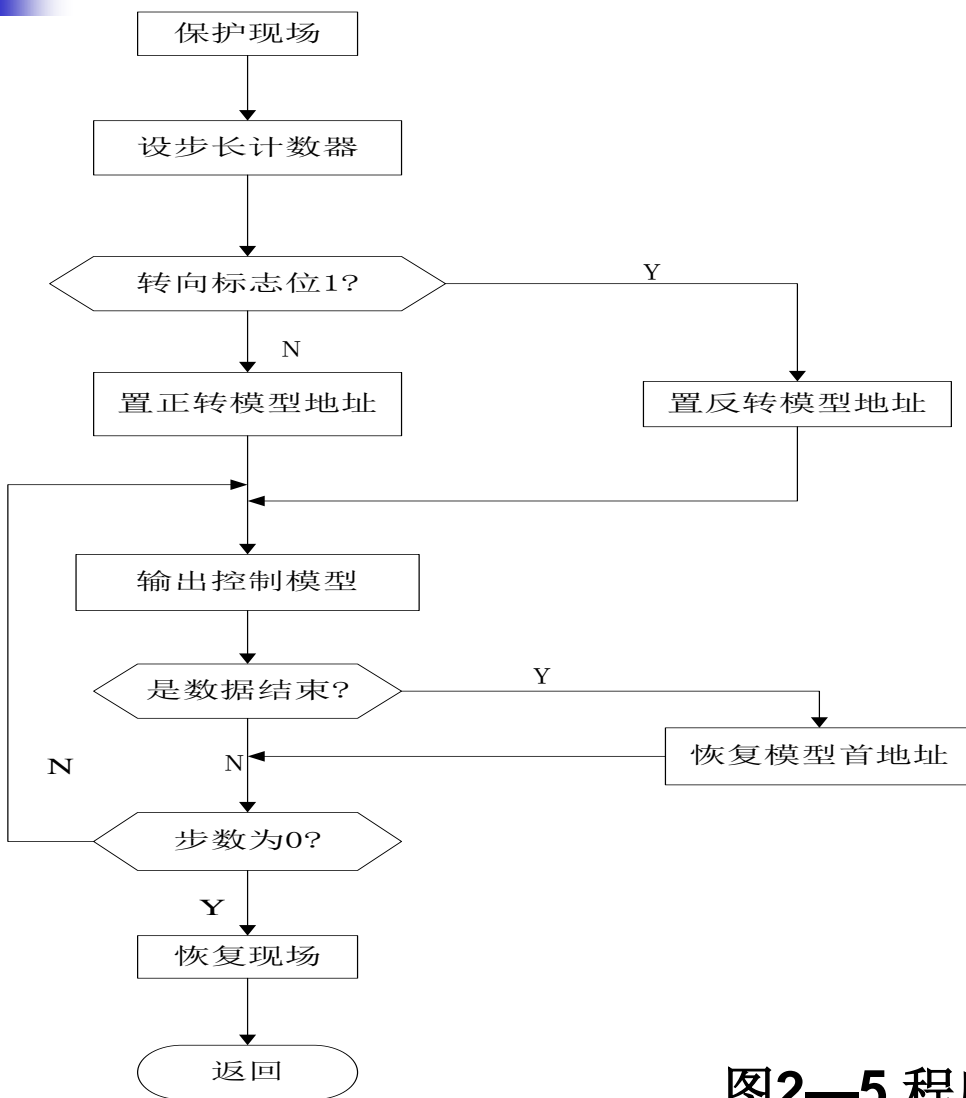


图2—5 程序延时控制流程图

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

相应的参考程序如下：

```
PUSH A ; 保护现场
MOV R4, #N ; 设置步长计数器
CLR C ; 转向标志为1，转移
ORL C, D5H
JC ROTE
MOV R0, #20H ; 正转控制字首址
AJMP LOOP
ROTE: MOV R0, # 27H
LOOP: MOV A, @R0
MOV P1, A ; 反转控制字首址
ACALL DLY ; 调用延时程序
INC R0 ; 控制字存储地址增1
MOV A, #00H
```

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

```

                ORL    A, @R0    ; 是结束标志, 转移
                JZ     TPL
LOOP1: DJNZ    R4, LOOP    ; 步数不为0, 转移
                POP    A        ; 恢复现场
                RET          ; 返回
        TPL: MOV    A, R0     ; 恢复控制字首址
                CLR    C
                SUBB   A, #06H
                MOV    R0, A
                AJMP   LOOP1
        DLY: MOV    R2, #M
        DLY1: MOV    A, #M1
LOOP:  DEC    A
                JNZ    LOOP
                DJNZ   R2, DLY1
                RET

```



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

三、步进电动机变速控制

上面介绍的是步进电动机的恒速运行方式，且步进电动机的运行频率小于最大启动频率。当步进电动机运行频率不高时，步进电动机可以任意启动、停止或反转而不会发生失控现象。为了提高步进电动机的工作效率，使步进电动机能够在其工作频率（此频率大启动频率）下工作，需要低速启动、高速运转、最后降速停止。这样就解决了“高速而不失步”的矛盾。为比，需要对步进电动机实现变速控制。



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

对步进电动机的转速控制是通过改变其脉冲频率而实现的，因此对步进电动机的变速控制是通过改变控制频率来实现的。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- 设步进电动机运行过程的频率变化如图2—6所示。图中， L_1 为升频段， L_2 为恒速段， L_3 为降频段， f 代表步进电动机的当前运行的频率。恒速控制程序已编写了，这里只介绍变频段（升、降频段）的控制程序。

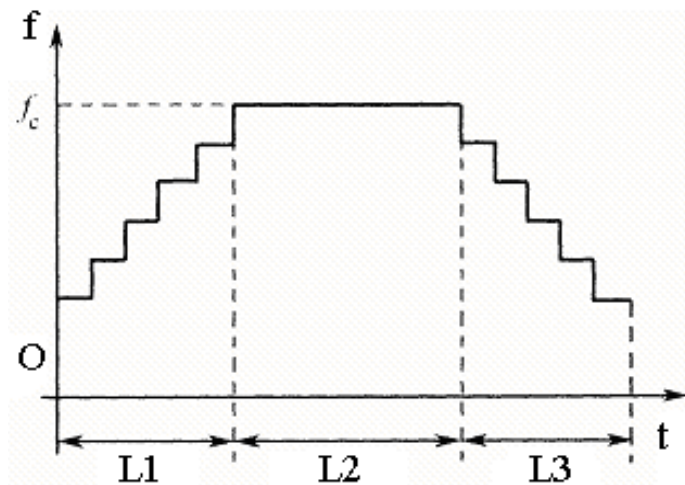


图2—6变频控制过程

变频控制的方式很多，如直线方式、指数方式、频率阶梯表法等。这里，以三相六拍运行方式、定时器延时、直线升、降频方式为例编写步进电动机的变速控制程序。变频调速程序流程图如图2—7所示。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

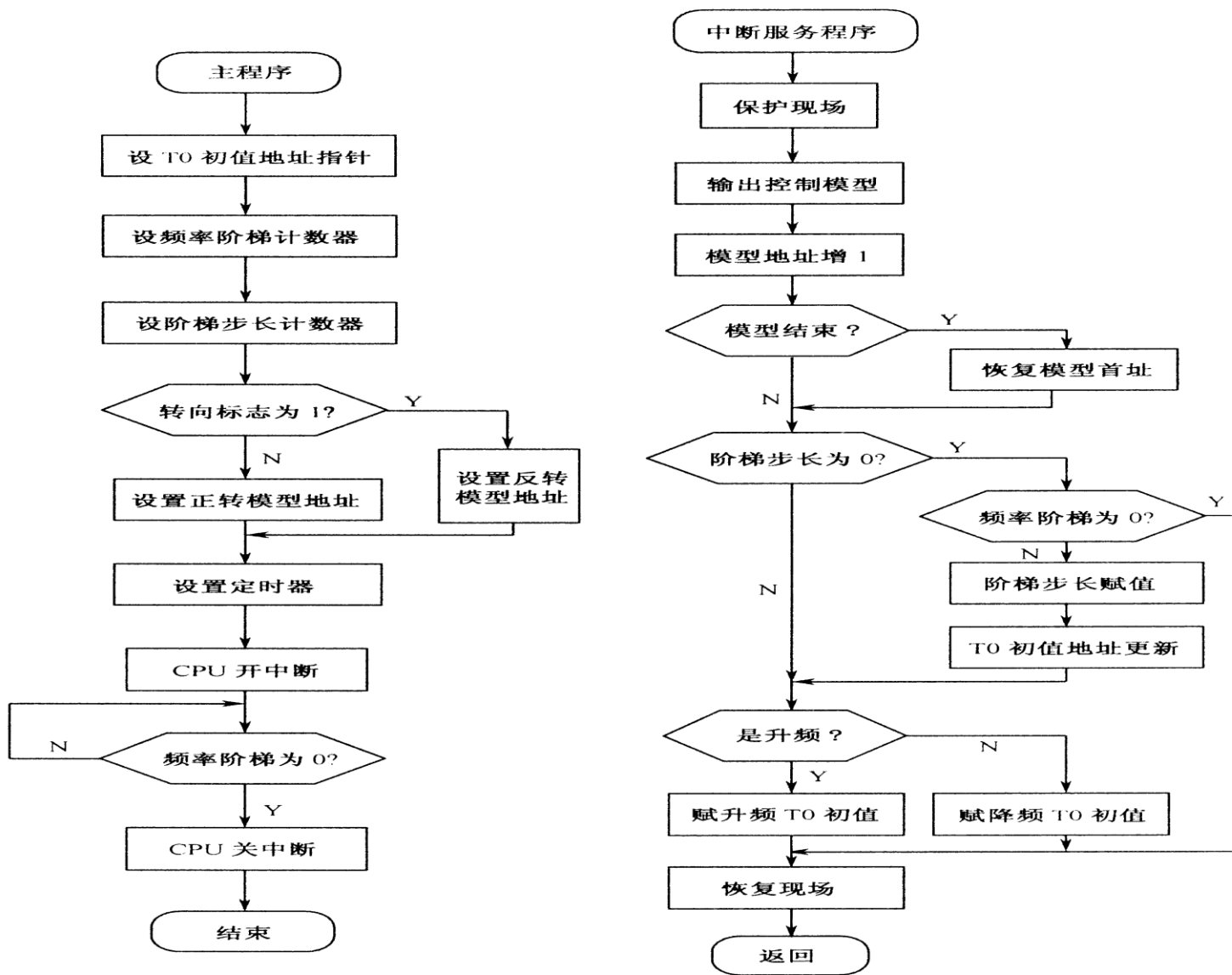


图2—7 变频调速程序流程图



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

设计变频控制程序的相关说明如下：

1) 利用定时器T0延时，其初值存放在EPROM存储器的同一页面中。上半页面为升频段，定时器初值由小变大；下半页面为降频段，定时器初值由大变小。降频是升频的逆过程。

2) 步进电动机的运行控制字标志位定义见表2—3，运行控制初始值分配表见表2—4。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

表2—3 标志位定义表

位 地 址	标 志 内 容
70H	运行方式：0—恒速，1—变速
71H	变速方式：0—降速，1—升速
72H	恒速转向：0—正转，1—反转
73H	升速转向：0—正转，1—反转
74H	降速转向：0—正转，1—反转
75H	程序结束标志：02—表示程序结束

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

表2—4 初始值分配表

字节地址	存储内容
1AH	频率阶梯步长计数器R2的值
1BH	频率阶梯步长计数器R3的值
1CH	恒速段步长低8位
1DH	恒速段步长高8位
1EH	恒速段T0初值低8位
1FH	恒速段T0初值高8位

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

在升、降频过程中，考虑步进电动机的惯性，要求每改变一次频率，需持续运行一定步数，称频率阶梯步长。采用直线方式时，频率阶梯步长的值为常数。由初始启动频率到恒频率的阶梯步长数，称为频率阶梯数。相应参考程序如下：

主程序

```
ORG 0000H
```

```
SJMP START
```

```
ORG 000BH
```

```
LJMP INTO
```

```
ORG 0030H
```

```
START: MOV DPTR, ADDR16 ; T0初值地址指针
```

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

```
MOV    R3, 1BH                ; 赋频率阶梯计数器值
MOV    R2, 1AH                ; 赋阶梯步长计数器值
CLR    C                      ; 转向标志为1, 转反转地址
ORL    C, 73H
JC     ROTE
MOV    R0, #20H                ; 正转控制字首址
AJM P  PH
ROTE:  MOV    R0, #27H          ; 反转控制字首址
PH:    MOV    TMOD, #01H        ; T0方式1定时
MOV    TLO, #00H              ; 置T0初值
MOV    TH0, #00H
SETB  TR0                      ; 启动T0
SETB  ETO                      ; 允许T0中断
SETB  EA                      ; CPU开中断
```

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

```
LOOP:      MOV A, R3          ; 等待中断
           JNZ LOOP
           CLR EA             ; CPU关中断
           SJMP $             ; 结束
           中断服务程序

INT0:      PUSH A             ; 保护现场
           MOV A, @R0
           MOV P1, A          ; 输出控制字
           INC R0             ; 控制字地址增1
           MOV A, #00H
           ORL A, @R0
           JZ TPL             ; 是结束标志, 转

RR:        DEC R2             ; 步长计数器减1
           MOV A, #00H        ; 阶梯步长计数器为0, 转
           ORL A, R2
           JZ THL
```

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

PRL:

CLR C

CLR C, 71H

JNC ROTEL

; 是降频

, 转移

MOV A, #00H

MOVC A, @A+DPTR

MOV TLO, A

; 升频T0赋初值

低8位

MOV A, #01H

MOVC A, @A+DPTR

MOV TH0, A

; 升频T0赋初值

高8位

AJMP QQ

ROTEL:

MOV A, #80H

MOVC A, @A+DPTR

MOV TLO, A

; 降频T0赋初值低8位

MOV A, #80H

MOVC A, @A+DPTR

MOV TH0, A

; 降频T0赋初值高8位

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

```
QQ:      POP      A           ; 恢复现场
          RE TI          ; 中断返回
THL:     DJNZ     R3, AT      ; 频率阶梯减1不为0, 转
AT:      AJMP     QQ
          MOV      R2, 1AH    ; 阶梯步长赋值
          INC     DPTR
          INC     DPTR        ; T0初值指针更新
          AJMP    PRL
TPL:     CLR      C           ; 恢复控制字首地址
          MOV     A, R0
          SUBB   A, #06H
          MOV     R0, A
          AJMP   RR
          END
```

至此，我们已介绍了步进电动机的恒速运行控制和变速运行控制，根据这两种控制方式，进而进行步进电动机的加速启动、恒速运行、减速停止等运行控制，就比较容易完成了。



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

2.2 机械手的动作控制设计

机械手是现代农业装备自动化作业的关键部件，也是农业机器人的主要部件。借助它可以完成果蔬采摘、林木修剪、秧苗嫁接、物品搬运等工作。对其位置和运动的控制可以采用计算机、单片机和**PLC**可编程控制器。当机械手完成的动作比较简单时，就可以采用**PLC**可编程控制器进行控制方案的快速设计。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

2.2.1 控制要求与控制方案

一、控制要求

机械手要完成的动作是将输送带上的作物苗钵由A点移向B点，其示意图如图2—8所示。机械手每个工作臂上都有上、下限位和左、右限位开关，而其夹持装置不带限位开关。一旦夹持开始，

定时器起动，定时结束，夹

持动作随即完成。机械手到达B点后，将苗钵松开的时间也是由定时器控制的，定时结束时，表示苗钵已松开。

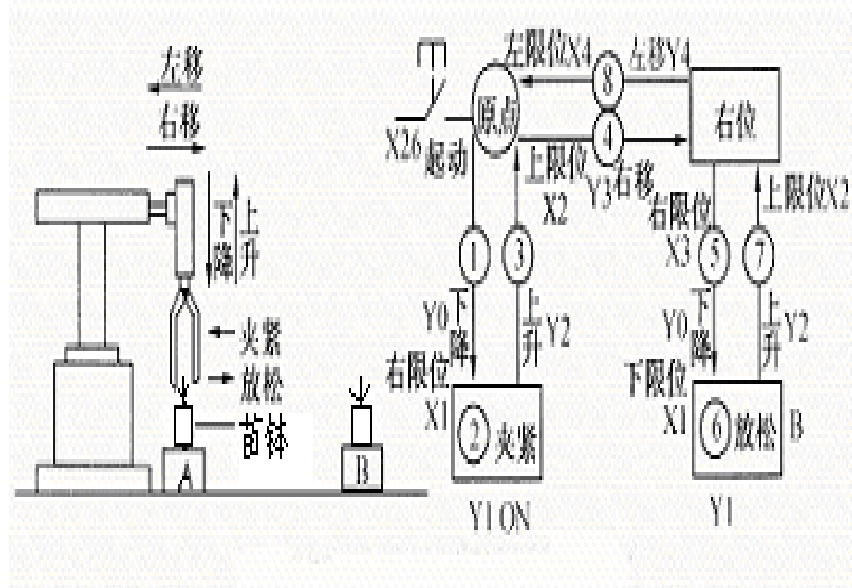


图2—8 机械手的动作要求示意图

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

二、控制方案

本例采用FX2型PLC控制，有关输入、输出点在PLC内的分配，如图2—9所示。机械手的动作过程如下：

当按下起动按钮时，机械手从原点开始下降，下降到底时碰到下限位开关(X1接通)，下降停止，同时接通定时器，机械手开始夹紧工件，定时结束夹紧完成。机械手上升。上升到顶时，碰到上限位开关(X2接通)，上升停止。机械手右移，至碰到右限位开关(X3接通)时，右移停止。机械手下降，下降到底时，碰到下限位开关(X1接通)，下降停止。同时接通定时器，机械手放松果品，定时结束，工件已松开。机械手上升，上升到顶碰到上限位开关(X2接通)时，上升停止。机械手左移到原点碰到左限位开关(X4接通)时，左移停止。于是机械手动作的一个周期结束。机械手自动操作流程图如图2—10所示。状态转移图如图2—11所示。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

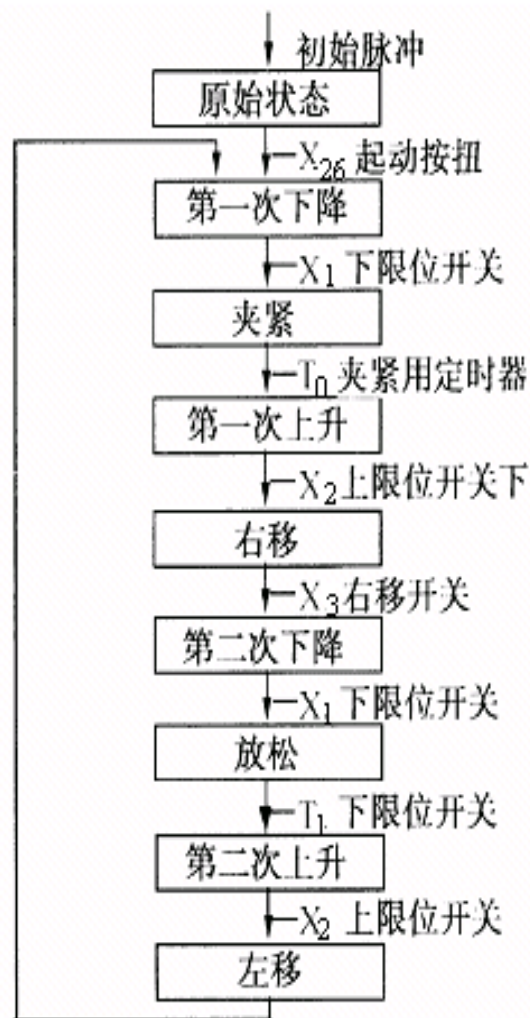
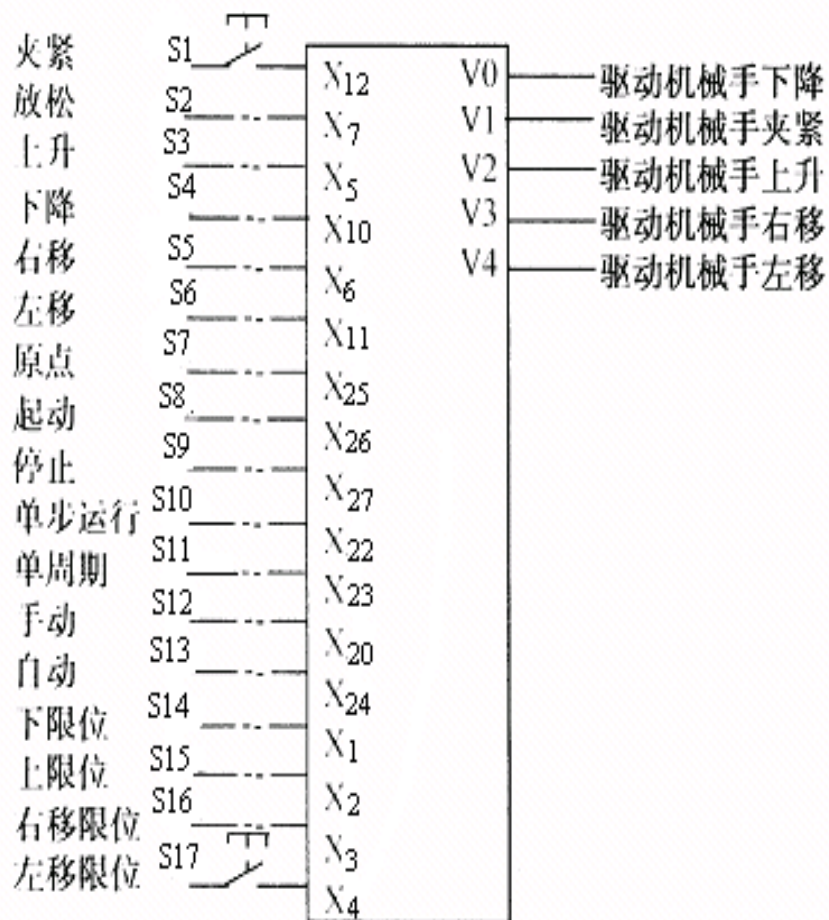


图2—9 机械手控制I/O分配图

图2—10 自动控制流程图

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- 图2—12是机械手控制的操作面板示例。由图可见，此机械手可分为**3**种控制方式：手动控制方式、自动控制方式、半自动（单周期）运行方式。根据控制面板所设，可将状态转移图分成**4**块，即自动方式状态、手动方式状态、回原点初始状态、初始化状态，如图2—11所示：

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

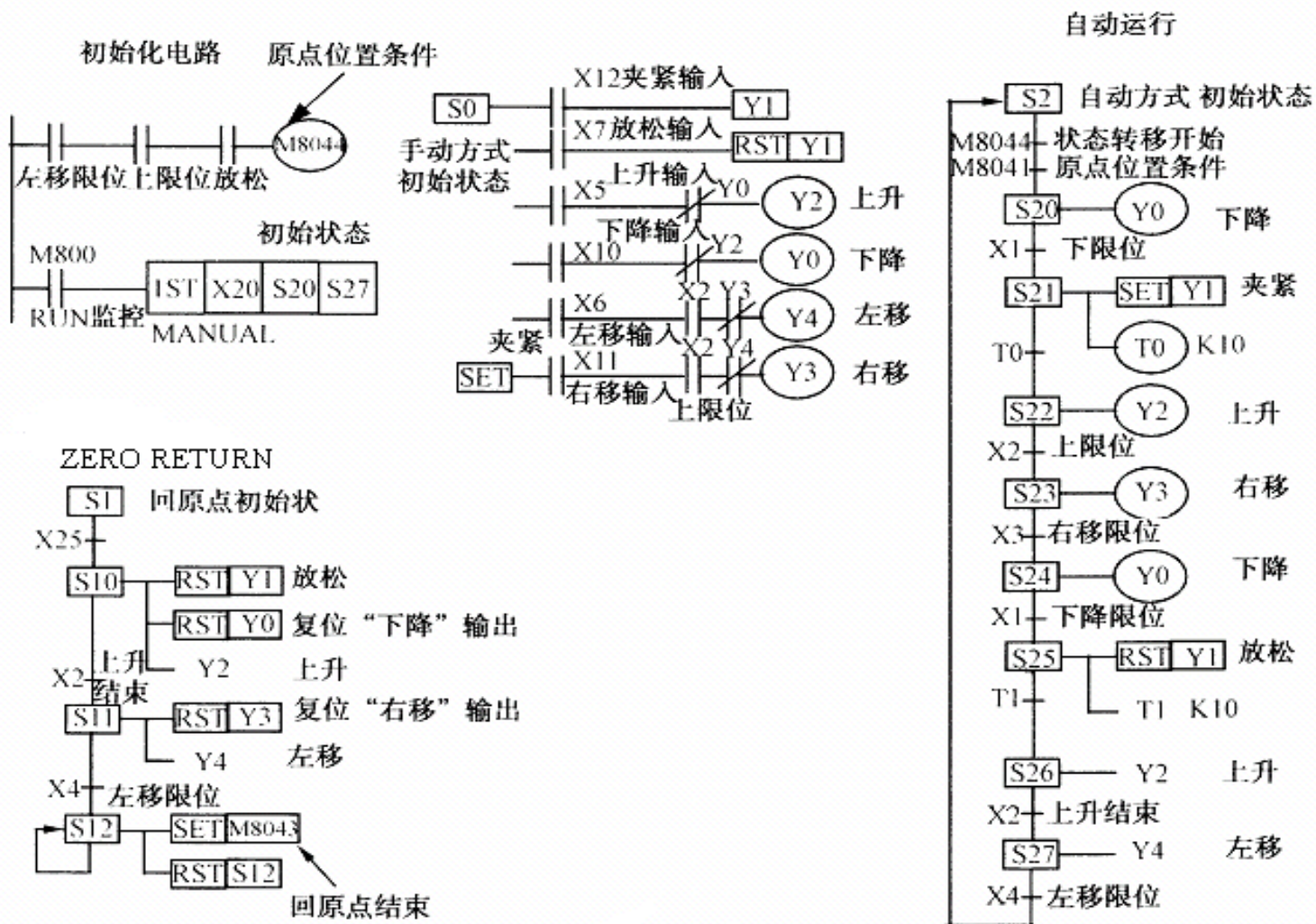


图2—11 状态转移图



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

对状态转移图中几处特殊辅助继电器及特殊功能说明如下：

- ①**M8044**（原点位置条件）。此元件在检测到原点时动作。它由原点的各传感器驱动，**ON**状态作为自动方式时的允许状态转移的条件。
- ②**M8041**(状态转移开始)。它是一个状态转移标志元件。当它为**ON**状态时，表示自动方式时从初始状态开始转移。
- ③**M8043**（回原点完成）。这是一个标志元件。当它为**ON**时，表示原点状态结束，回原点初始状态的状态元件**S10**～**S19**都将作回零操作。
- ④**M8000** (**RUN**监控)。只要**RUN**按钮动，它就一直**ON**，用此信号来监控**PLC**'的工作。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

⑤**初始状态指令**。此指令的功能号为FNC60。这条指令的内容较复杂。其中的S0表示手动初始状态，S2表示自动方式的起始状态，S27表示自动方式的最终状态。此条指令的动作结果直接影响了M8040，M8041，M8042，M8043的状态。这条指令等效于图2-13所示的电路。其中M8042为输入起动时的起动脉冲，M8040为禁止转移辅助继电器。此辅助继电器接通后就禁止所有的状态转移，所以它的ON状态总是出现在手动状态中。M8047为状态元件监控有效标志辅助继电器。当M8047为ON时，状态S0～S899中正在动作的状态号从最低号开始顺序存入特殊数据寄存器D8040～D8047。最多可存8个状态号。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

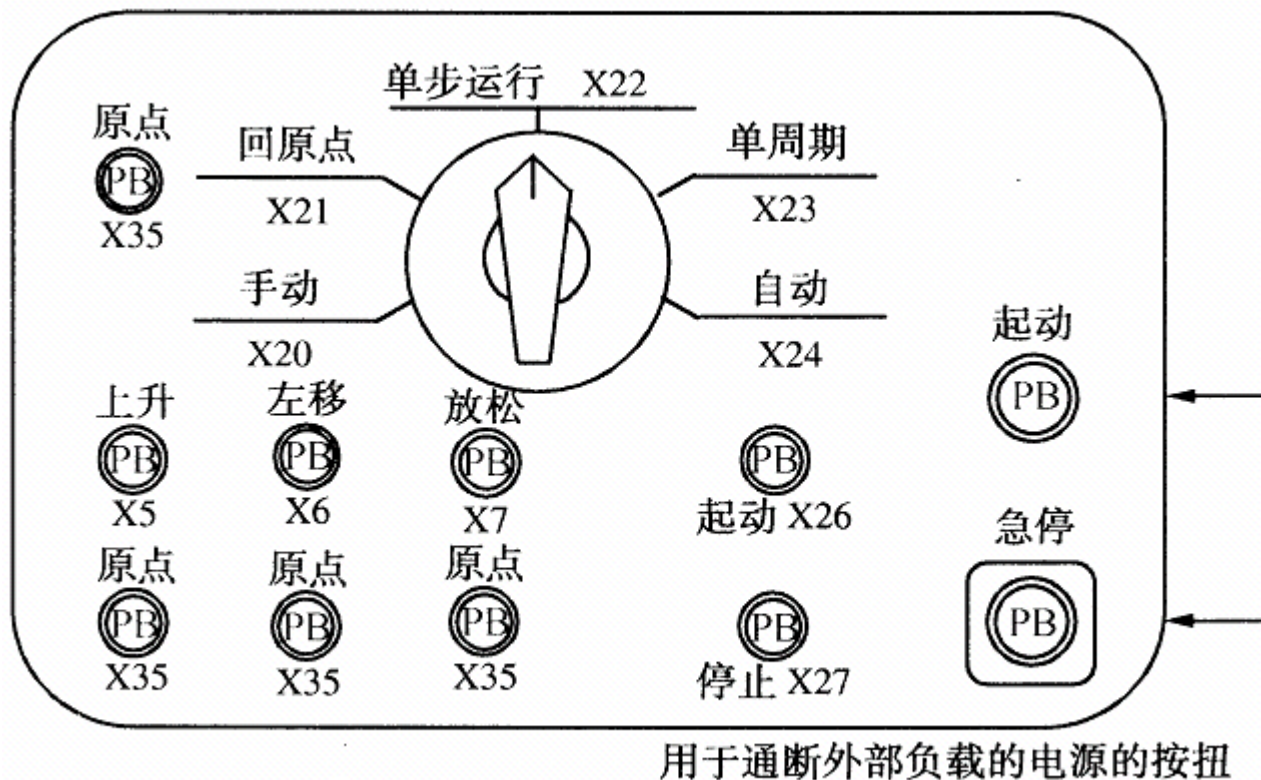


图2—12 机械手控制的操作面版

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

机械手初始状态指令等效电路如图2-13所示。

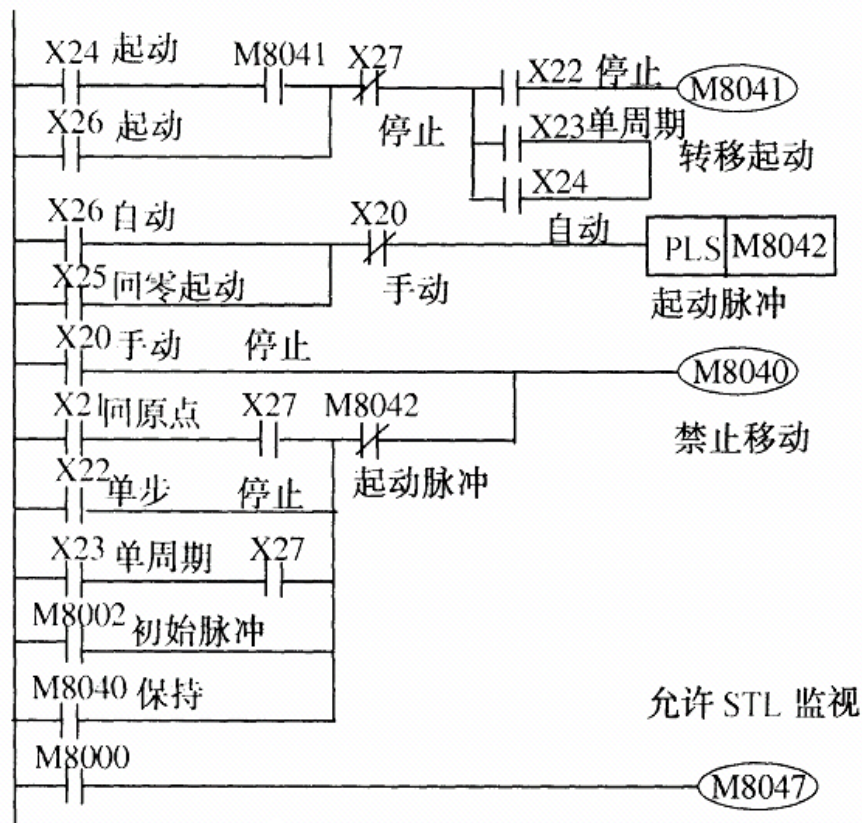


图2—13 初始状态指令等效电路



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

2.3 简易超声波测距仪的软硬件设计

2.3.1 简易超声波测距仪的功能要求

超声波测距仪广泛应用于汽车倒车、建筑施工工地以及一些工业现场的位置监控，也可用于如联合收获机割台割幅（如图2—14所示）、液位、井深、管道长度等的实时测量场合。要求测量范围在**0.10~4.00 m**，测量精度**1cm**，测量时与被测物体无直接接触，能够清晰稳定地显示测量结果。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

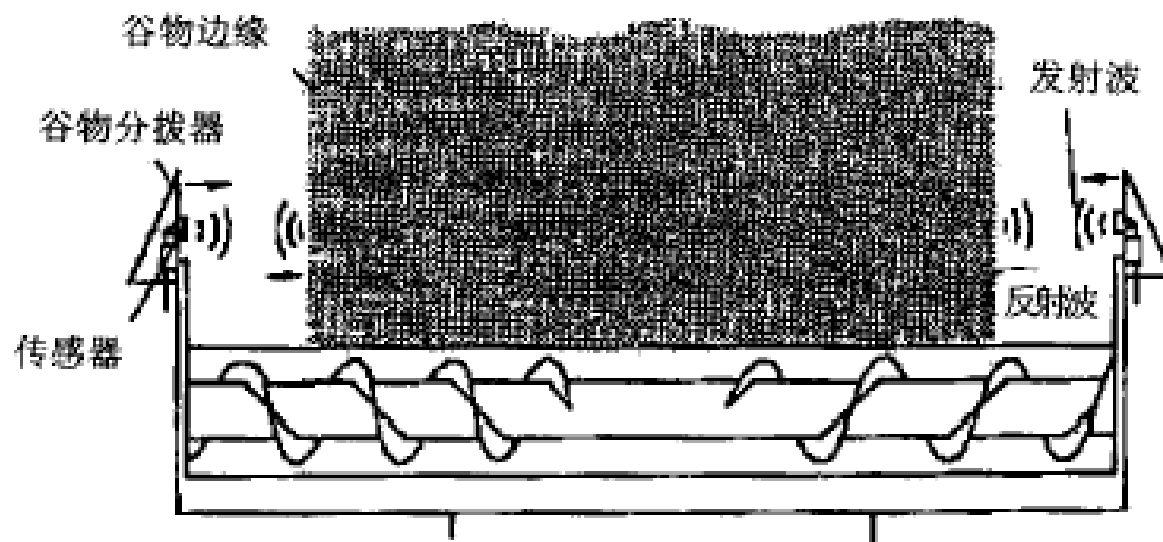


图2—14 联合收获机割台割幅超声波实时测量系统



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

2.3.2 简易超声波测距仪方案设计

由于超声波指向性强，能量消耗缓慢，在介质中传播的距离较远，因而超声波经常用于距离的测量。利用超声波检测距离，设计比较方便，计算处理也较简单，并且在测量精度方面也能达到农业生产自动化的使用要求。

超声波发生器可以分为两大类：**一类是用电气方式产生超声波**，**一类是用机械方式产生超声波**。电气方式包括压电型、电动型等；机械方式有加尔统笛、液哨和气流旋笛等。它们所产生的超声波的频率、功率、和声波特性各不相同，因而用途也各不相同。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

目前在近距离测量方面常用的是压电式超声波换能器。根据设计要求并综合各方面因素，决定采用**AT89C52**单片机作为控制器，用动态扫描法实现**LED**数字显示，超声波驱动信号用单片机的定时器完，超声波测距仪系统设计框架如图**2—15**所示。

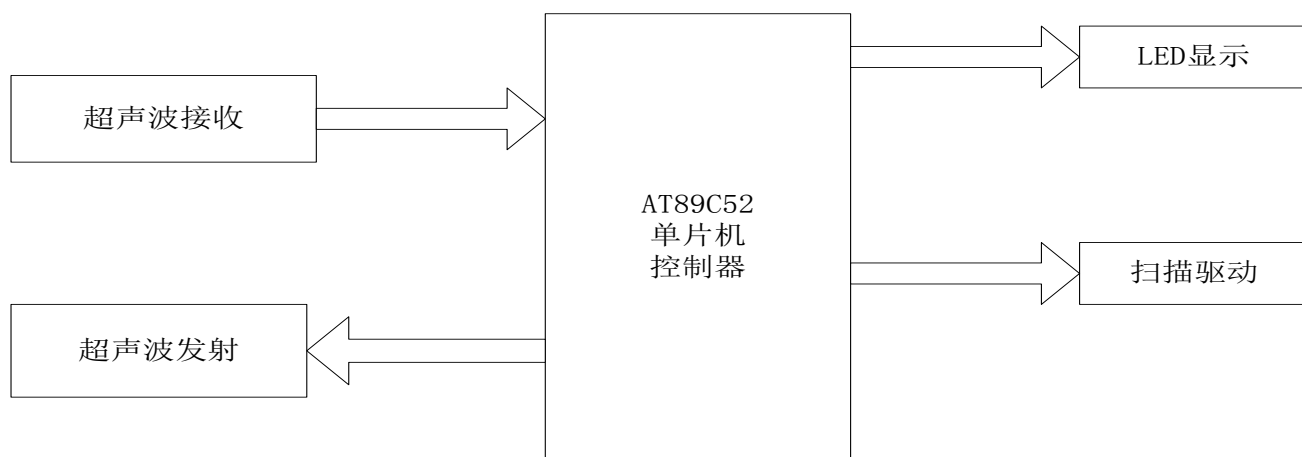


图2—15 超声波测距仪系统设计框图

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

■ 2.3.3 系统硬件电路的设计

- 硬件电路的设计主要包括单片机系统及显示电路、超声波发射电路和超声波检测接收电路三部分。单片机采用89C51或其兼容系列。采用12MHz高精度的晶振，以获得较稳定时钟频率，减小测量误差。单片机用P1.0端口输出超声波换能器所需的40kHz的方波信号，利用外中断0口监测超声波接收电路输出的返回信号。显示电路采用简单实用的4位共阳LED数码管，段码用74LS244驱动，位码用PNP三极管8550驱动。单片机系统及显示电路如图2—21所示。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

一、超声波发射电路

- 超声波发射电路原理图如图2—16所示。发射电路主要由反向器**74LS04**和超声波发射换能器**T**构成，单片机**P1.0**端口输出的**40kHz**的方波信号一路经一级反向器后送到超声波换能器的一个电极，另一路经两级反向器后送到超声波换能器的另一个电极，用这种推换形式将方波信号加到超声波换能器的两端，可以提高超声波的发射强度。输出端采用两个反向器并联，用以提高驱动能力。上位电阻**R10**、**R11**一方面可以提高反向器**74LS04**输出高电平的驱动能力，另一方面可以增加超声波换能器的阻尼效果，缩短其自由振荡时间。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- 压电式超声波换能器是利用**压电晶体的谐振**来工作的。超声波换能器内部结构如图**2—17**所示，它有两个压电晶片和一个换能板。当它的两极外加脉冲信号，其频率等于压电晶片的固有振荡频率时，压电晶片会发生共振，并带动共振板振动产生超声波，这时它就是一个超声波发生器；反之，如果两电极间未外加电压，当共振板接收到超声波时，将压迫压电晶片作振动，将机械能转换为电信号，这时它就成为超声波接收换能器了。超声波发射换能器与接收换能器在结构上稍有不同，使用时应分清器件上的标志。



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

二、超声波检测接收电路

集成电路**CX20106**是一款红外线检波接收的专用芯片，常用于电视机红外遥控接收器。考虑到红外遥控常用的载波频率**38 kHz**与测距的超声波频率**40 kHz**较为接近，可以利用它制作超声波检测接收电路（如图**2—18**）。实验证明用**CX20106A**接收超声波（无信号时输出高电平），具有很好的灵敏度和较强的抗干扰能力。适当更改电容**C4**的大小，可以改变接收电路的灵敏度和抗干扰能力。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

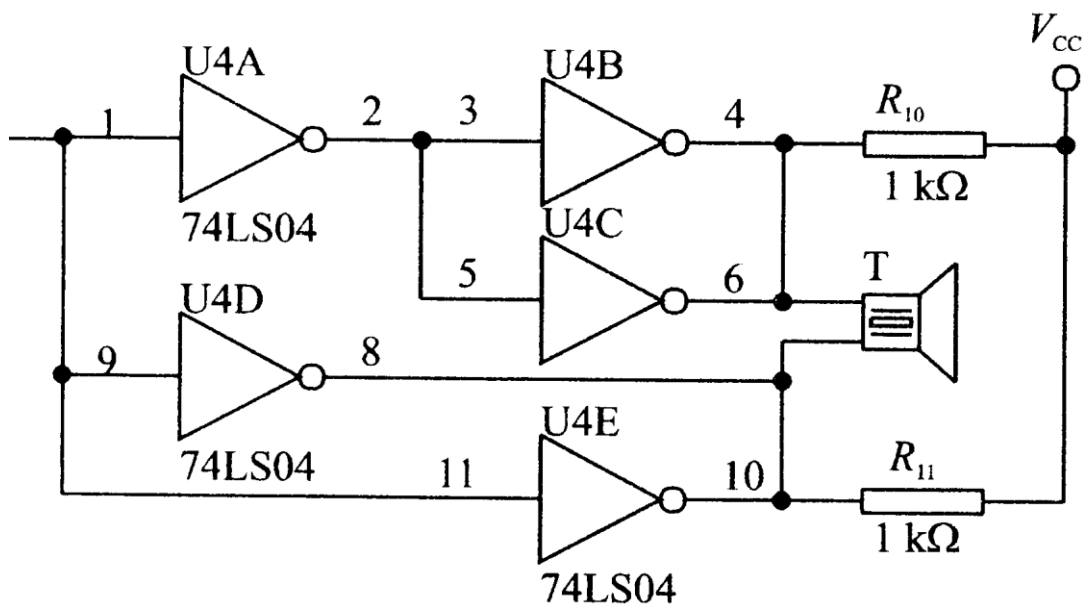


图2—16 超声波发射电路原理图

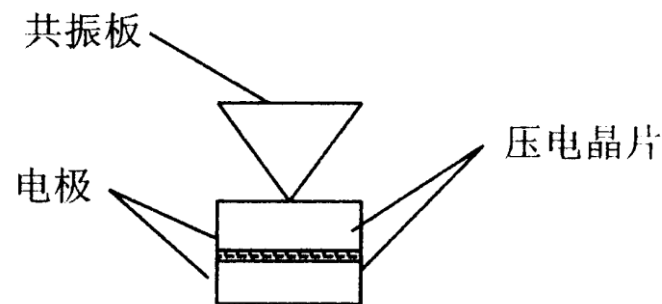


图2—17 超声波换能器结构图

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

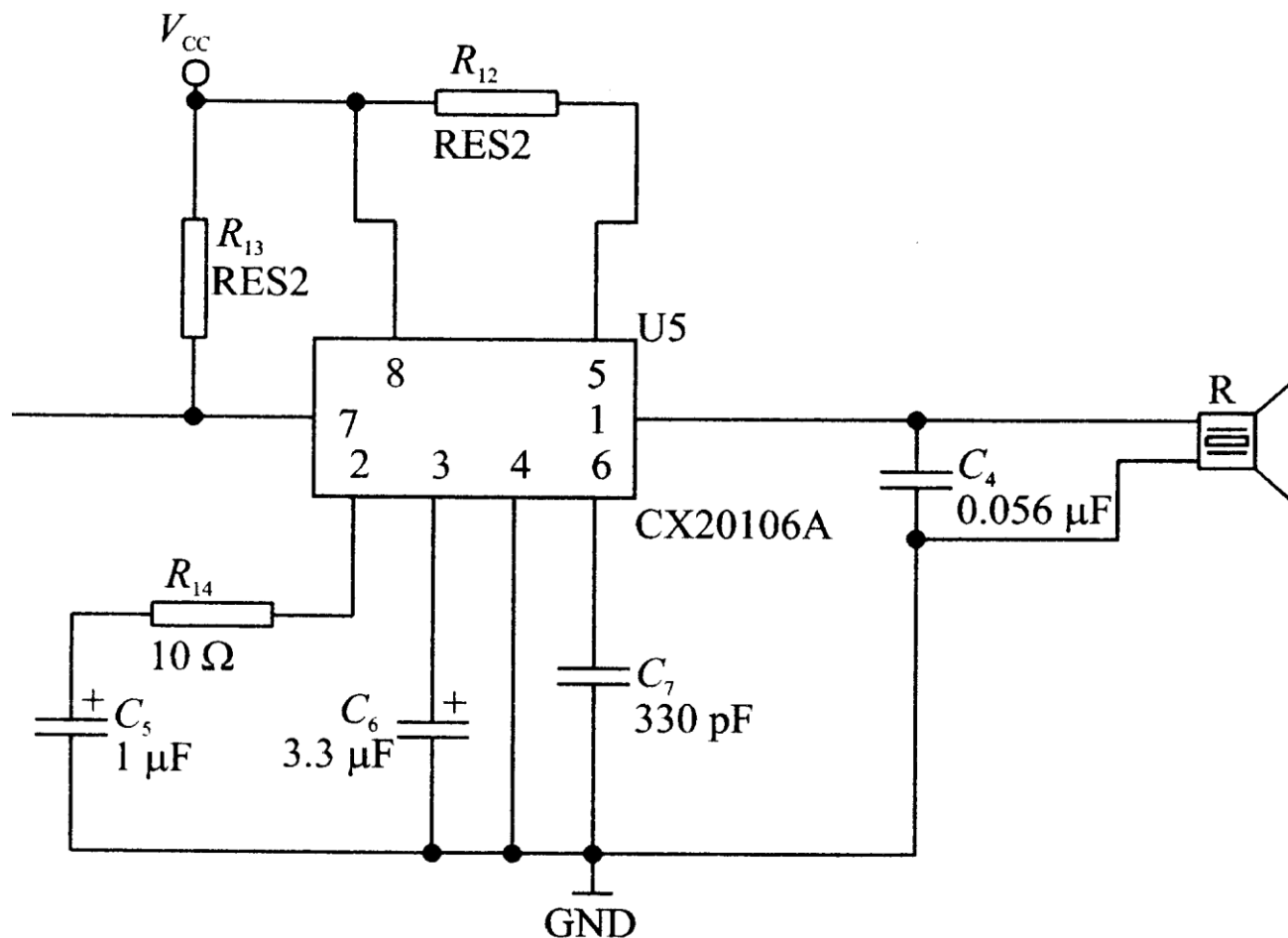


图2—18 超声波检测接收电路图



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

2.3.4 系统软件的设计

超声波测距仪的软件设计主要由主程序、超声波发生子程序、超声波接收中断程序及显示子程序组成。**C**语言程序有利于实现较复杂的算法，汇编语言程序则具有较高的效率且容易精细计算程序运行的时间，而超声波测距仪的程序既有较复杂的计算（计算距离时），又要求精细计算程序运行时间（超声波测距时），所以控制程序可采用**C**语言和汇编语言混合编程。

超声波测距仪所用的算法、主程序、超声波发生子程序和超声波接收中断程序见附录一。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

一、超声波测距仪的算法设计

图2—19示意了超声波测距的原理，即超声波发生器**T**在某一时刻发出一个超声波信号，当这个超声波遇到被测物体后反射回来，就被超声波接收器**R**所接收到。这样只要计算出从发出超声波信号到接收到返回信号所用的时间，就可算出超声波发生器与反射物体的距离。

距离的计算公式为：

$$d = s/2 = (c \times t)/2 \dots \dots \dots (2-1)$$

其中**d**为被测物与测距仪的距离，**s**为声波的来回的路程，**c**为声速，**t**为声波来回所用的时间。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

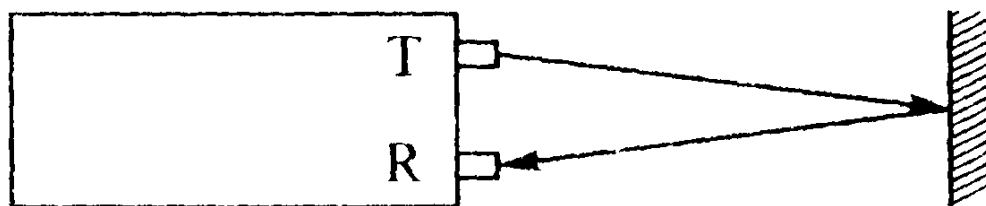


图2—19 超声波测距原理图

由于超声波也是一种声波，其声速 c 与温度有关，表2—5列出了几种不同温度下的超声波声速。在使用时，如果温度变化不大，则可认为声速是基本不变的。如果测距精度要求很高，则可以通过温度补偿的方法加以校正。声速确定后，只要测得超声波往返的时间，即可求得距离。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

表2—5不同温度下超声波声速表

温度℃	-30	-20	-10	0	10	20	30	100
声速c(m/s)	313	319	325	323	338	344	349	386

二、主程序流程图

主程序首先是对系统环境初始化，设置定时器T0工作模式为16位定时计数器模式。置位总中断允许位EA并给显示端口P0和P2清0。然后调用超声波发生子程序送出一个超声波脉冲，为了避免超声波从发射器直接传送到接收器引起的直射波触发，需要延时约0.1 ms（这也就是超声波测距仪会有一个最小可测距离的原因）后，才打开外中断0接收返回的超声波信号。由于采用的是12 MHz的晶振，计数器每计一个数

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

就是**1μs**，当主程序检测到接收成功的标志位后，将计数器**T0**中的数（即超声波来回所用的时间）按式（**2-2**）计算，即可得被测物体与测距仪之间的距离，设计时取**20℃**时的声速为**344 m/s**则有：

$$d=(c\times t)/2=172T0/10000\text{cm} \dots\dots (2-2)$$

其中**T0**为计数器**T0**的计算值。

测出距离后结果将以十进制**BCD**码方式送往**LED**显示约**0.5s**，然后再发超声波脉冲重复测量过程。为了有利于程序结构化和容易计算出距离，主程序采用**C**语言编写。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

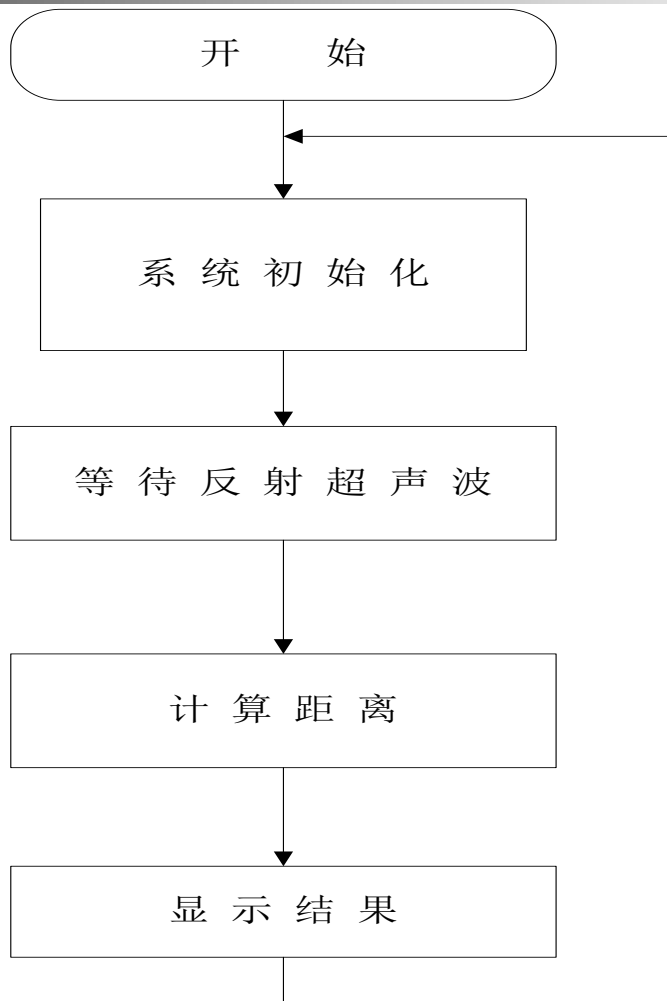


图2—20 主程序流程图



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

三、超声波发生子程序和超声波接收中断程序

超声波发生子程序的作用是通过**P1.0**端口发送**2**个左右超声波脉冲信号（频率约**40kHz**的方波），脉冲宽度为**12μs**左右，同时把计数器**T0**打开进行计时。超声波发生子程序较简单，但要求程序运行准确，所以采用汇编语言编程。

超声波测距仪主程序利用外中断**0**检测返回超声波信号，一旦接收到返回超声波信号（即**INT0**引脚出现低电平），立即进入中断程序。进入中断后就立即关闭计时器**T0**停止计时，并将测距成功标志字赋值**1**。如果当计时器溢出时还未检测到超声波返回信号，则定时器**T0**溢出中断将外中断**0**关闭，并将测距成功标志字赋值**2**以表示此次测距不成功。



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

四、超声波测距仪的软硬件调试

超声波测距仪的制作和调试都比较简单，其中超声波发射和接收采用**Φ15**的超声波换能器**TCT40-10F1**（**T**发射）和**TCT40-10S1**（**R**接收），中心频率为**40kHz**，安装时应保持两换能器中心轴线平行并相距**4~8cm**，其余元件无特殊要求。若能将超声波接收电路用金属壳屏蔽起来，则可提高抗干扰能力。根据测量范围要求不同，可适当调整与接收换能器并接的滤波电容**C4**的大小，以获得合适的接收灵敏度和抗干扰能力。



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

硬件电路制作完成并调试好后，便可将程序编译好下载到单片机试运行。根据实际情况可以修改超声波发生子程序每次发送的脉冲宽度和两次测量的间隔时间，以适应不同距离的测量需要。根据本节中所设计的电路参数和程序，测距仪能测的范围为**0.07~5.5m**，测距仪最大误差不超过**1cm**。系统调试完后应对测量误差和重复一致性进行多次实验分析，不断优化系统使其达到实际使用的测量要求。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

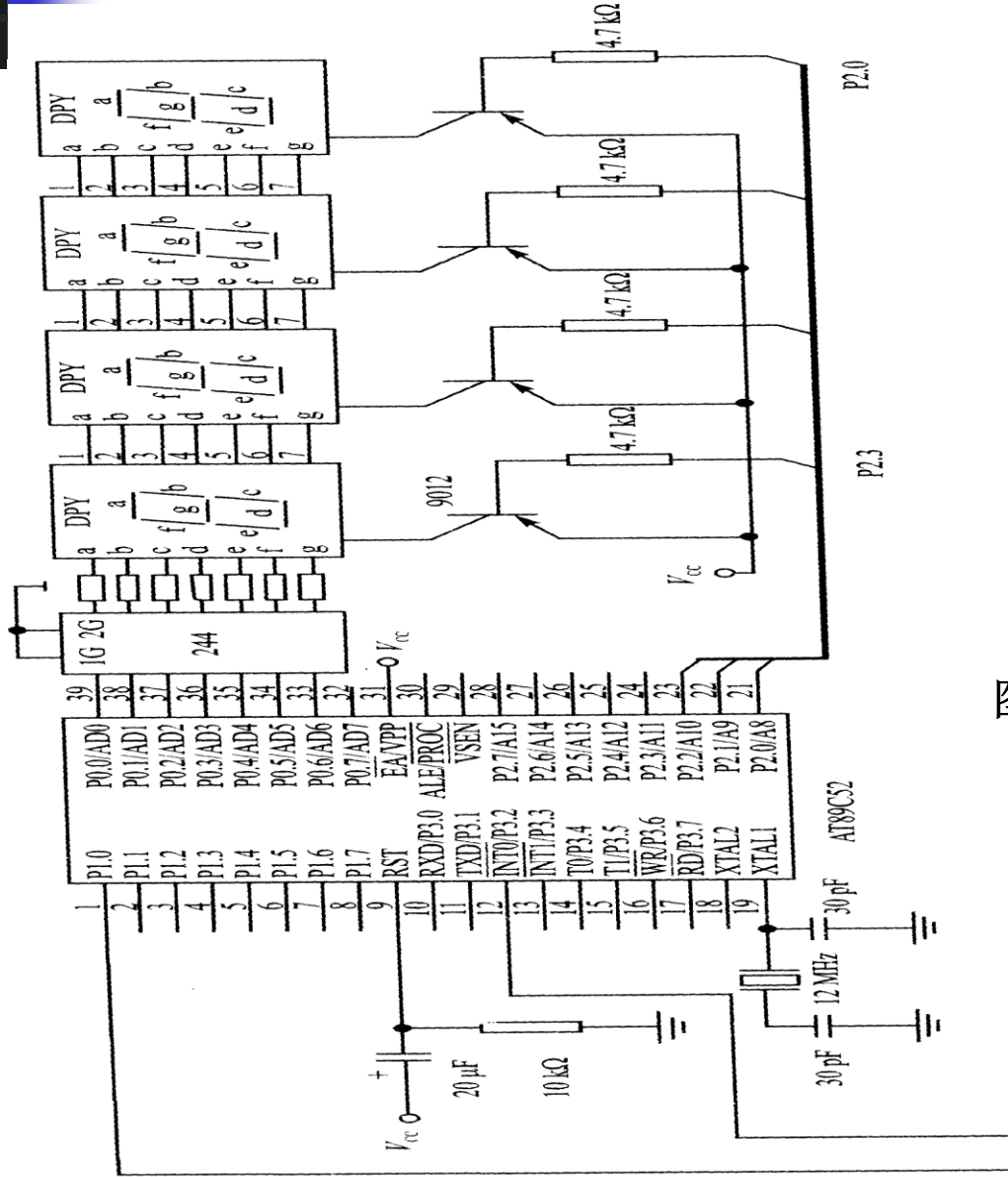


图2—21 单片机及显示系统电路图



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

2.4 简易GPS信息接收显示系统的软硬件设计

GPS定位信息接收显示系统广泛应用于精细农业装备和智能化便携式仪器的设计中。本节设计一个简易的**GPS**定位信息显示器，要求采用**LED**显示器或液晶显示器轮流显示实时间、纬度、经度或其它**GPS**信息数据。

2.4.1 系统方案设计

GPS接收板在市场上品种较多，**GARMIN**公司的**GPS25—LVS**系列**OEM (Original E-equipment Manufacturer)**接收板具有很高的性价比，是目前应用最广泛的**GPS**接收处理板，能满足各种导航和实时领域的需要。**GPS25—LVS**系列**OEM**板采用单一**5V**供电，内置保护电池，**RS232**接口，**TTL**两种电平自动输出，**NMEA 0183 2.0**格式(**ASCII**字符型)语句，其主要性能特点如下：



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- 并行**12**通道，可同时接收**12**颗卫星；
- 定位时间：重复**<2s**，热启动为**15 s**，冷启动**45 s**，自动搜索**90 s**；
- 定位精度：**15 mRMS** / 差分**<5m**；
- 可接收实时差分信号用于精确定位，信号格式为**RTCM—104**，波特率自适应；
- **1 PPS**秒脉冲信号输出，精度指标高达**10-6 s**；
- 双串口(**TTL**)输出，波特率可由软件设置(**1 200~9 600**)；
- 工作环境温度：**-35~+85℃**；
- 输入电压(**DC**)：**5.0 (1±0.05) V**；
- 灵敏度：**-100 dBW**；
- 后备电源：板置**3V**锂电池（**10**年寿命）；

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- 功耗：1W；
- 天线接口：50 Ω MCX接头有源天线（5V）；
- 电源/数据口：单排12插针
- 考虑到端口的使用要求，决定使用四端口的AT89C52单片机作为控制器，用LED显示器及GPS25—LVS系列OEM接收板实现系统功能。简易GPS信息接收显示系统的设计框架图如图2—22所示。

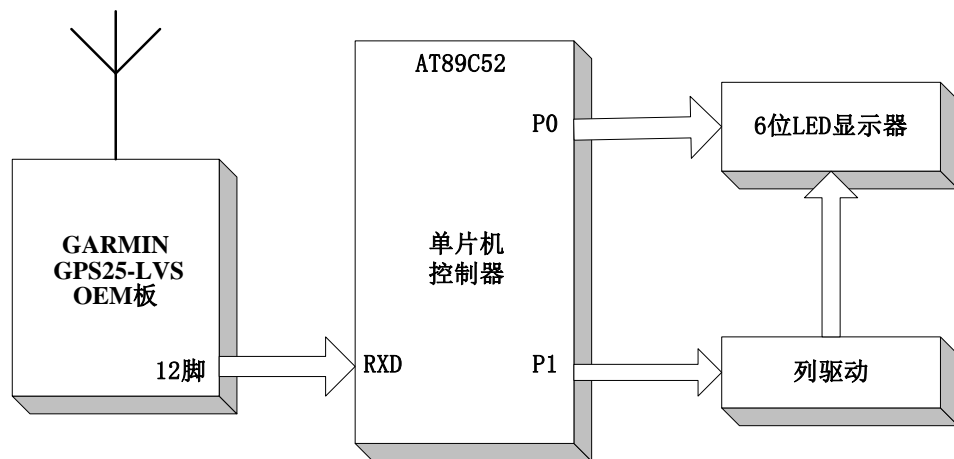


图2—22 简易GPS定位信息显示器电路设计框架

2.4.2 系统硬件电路设计

控制系统的电路原理如图2—23所示。单片机采用**12MHz**的晶振，以串口方式**1**接收**GPS**信息。**P0**口和**P1**口用于**7**段共阳**LED**显示接口，**LED**显示器轮流显示实时时间、纬度、经度或其它**GPS**信息数据。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

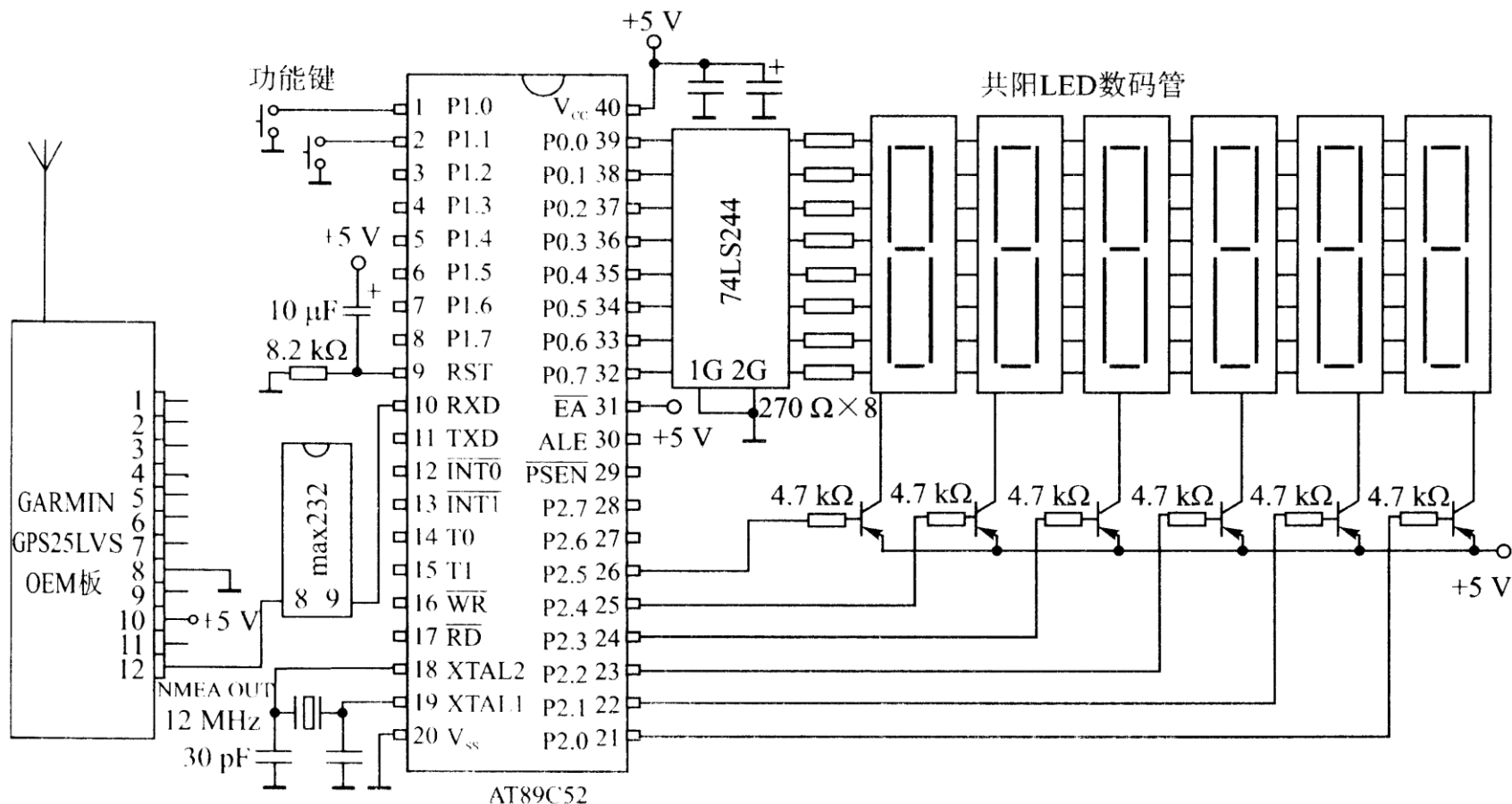


图2—23 简易GPS信息接收显示系统电路原理图

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

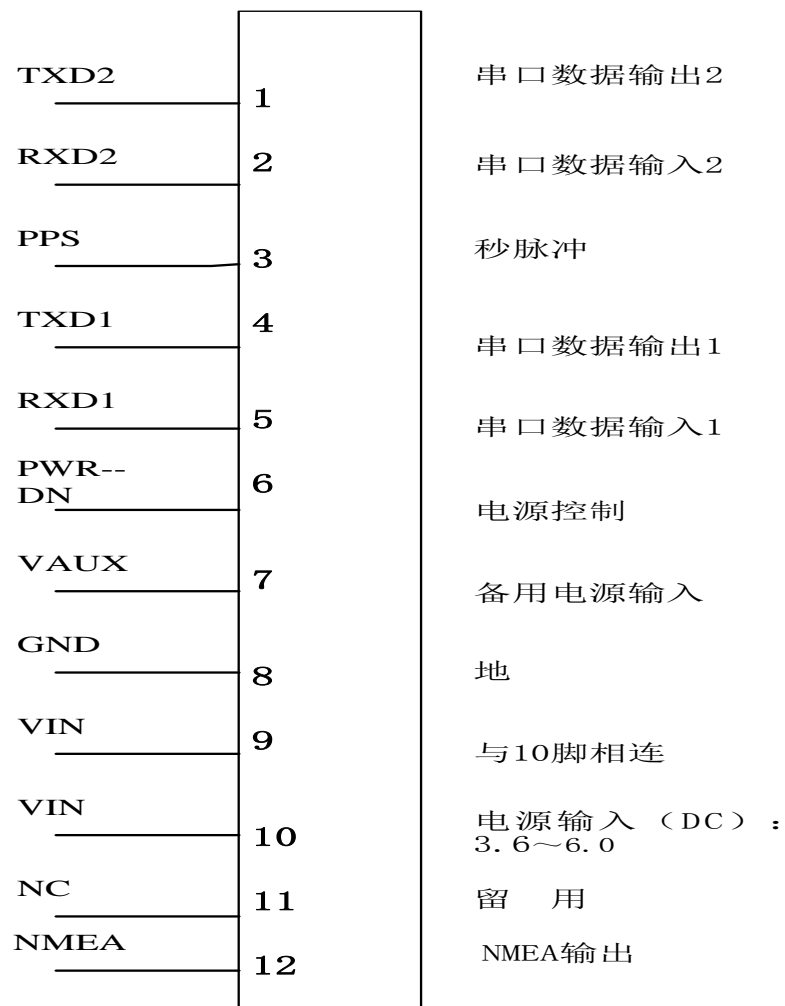


图2—24 GPS25-LVS板引脚接口功能



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

2.4.3 系统的软件设计

一、GPS25—LVS的信息输出格式

GPS25-LVS的通信波特率默认值为4800，1个起始位，8个数据位，1个停止位，无奇偶校验，通常使用NMEA—0183格式输出，数据代码为ASCII码字符，NMEA—0183是美国海洋电子协会为海用电子设备制定的标准格式，目前广泛使用V2.0版。由于该格式为ASCII码字符串，比较直观和易于处理。在许多高级语言中都可以直接进行判别、分离，以提取用户所需要的数



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

据。GPS25—LVS系列OEM板可输出12句语句，分别是GPGGA、GPGSA、GPGSV、GPRMC、GPBTG、LCGLL、LCVTG、PGRMF、PGRMT、PGRMV、GPGLL。不同的语句中传递不同的信息，如GPGGA语句中传递的格式为：

\$GPGGA, <1>, <2>, <3>, <4>, <5>, <6>, <7>, <8>, <9>, M, <10>, M, <12>, <12>*hh<CR><LF>

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- 传递的信息说明如下：
- \$GPGGA 起始引导符及语句格式说明（本句为GPS定位数据）
- <1> UTC时间，时时分分秒秒格式；
- <2> 纬度，度度分分，分分分分格式（第1位是0也将传递）；
- <3> 纬度半球，N极或S极（北纬或南纬）；
- <4> 经度，度度分分，分分分分格式（第1位是0也将传递）；
- <5> 经度半球，E或W（东经或西经）；
- <6>GPS质量指示，0为方位无法使用，1为非差分GPS获得方位，2为差分方式获得方位（DGPS）6为估计获得；
- <7> 使用卫星数量：00~12（第一个是0也要传送）；
- <8> 水平精确度：0.5~99.9m；
- <9> 天线离海平面高度：-9999.9~9999.9 m；

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- M 指单位米；
- <10> 大地水准面高度：-999.9~9999.9 m；
- M 指单位米；
- <11> 差分GPS数据限（RTCM SC—104），最后设立的RTCM传送的秒数量，（若无DGPS为0）；
- <12> 差分参考基站标号，从0000到1023（首位9也将传送，若无DGPS为0）；
- * 语句结束标志；
- hh 从\$开始的所有ASCII码的校验和；
- <CR> 此项在GPS25—LVS板中不传送；
- <LF> 此项在GPS25—LVS板中不传送；

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- OEM板中输出的信息可以在PC机的超级终端上显示，也可在GARMIN公司提供的GPSCFG .EXE软件中显示，如在PC机显示器上看到的实时接收GPGGA语句为：
\$GPGGA. 114641. 3002. 3232. N. 12206 .
1157. E . 1 .03. 12. 9, 53 .2 , M, 11.6, M, *4A

这是一条GPS定位数据信息语句，意思是：UTC时间为11: 46: 41，位置在北纬 $30^{\circ} 2. 3232'$ ，东经 $122^{\circ} 6. 1157'$ ，普通GPS定位方式，接收到3颗卫星的定位数据，水平精度12.9m，天线离海平面距离为53.2m，所在地离地平面高度为11.6m，校验和为4AH



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

二、单片机的信息接收处理

在单片机串口收到信息后，先判别是否为语句引导头“\$”，然后再接收信息内容。在收到“*”字符**ASCII**码后，再接收二字节结束接收。然后根据语句标识区分出信息类别，以便对收到的**ASCII**码进行处理显示。（需要注意的是：当处理北京时间时，应在**UTC**时间上加上**8**小时才是准确的北京时间。在超出**24**小时时，应作减**24**小时处理）

串口中断程序处理流程如图**2—25**所示。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

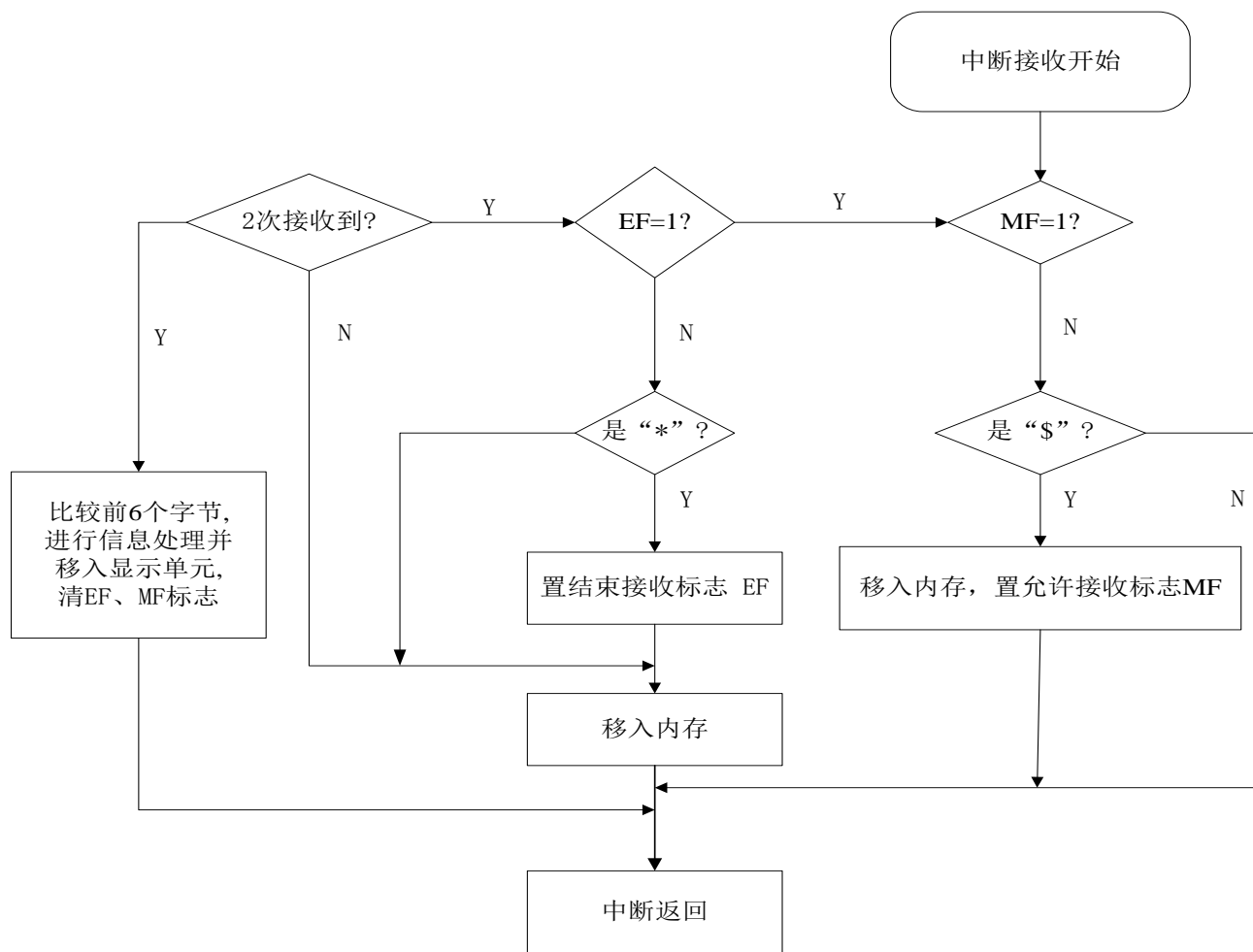


图2—25 串口中断程序流程



第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

- 三、内存中的信息存放地址分配
- 为了存放接收及处理后的时间及经维度数据，在内存中划出了固定的空间。其中40H~5FH用以存放接收到的时间及经纬度数据，68H~7FH存放处理后的时间及经纬度数据，内存中的信息存放地址分配表见表2—6所示。

第二章 现代农业装备中典型的自动化单元设计实例

2.4.4 系统调试及性能分析

■ 简易GPS信息接收显示系统的调试步骤是：

■ ①OEM板的设置：从GARMIN公司网上下载GPS25—LVS系列产品的应用软件（文件名为gpscfg），设置时选择PC 机的串口1（COM1）或串口2（COM2）。本节的设计选择波特率为4800，选择“\$GPGGA”单语句输出。

■ ②硬件及软件综合调试：先进行电路板的静态测试，然后通电检测，再结合软件进行调试。最后接上GPS有源天线并将天线置于露天场所进行综合测试。

■ 由于简易GPS信息接收显示系统的时间为原子钟时间，因此非常精确，而定位经纬度的误差是由OEM板的性能所决定的。GPS25—LVS系列方位定位精度可达到10m左右，能满足一般农业工程应用项目的使用。

■ 整个系统的源程序清单见附录二。



第三章 耕整地机械及自动化技术

第一节 耕层土壤的力学特性（自學）

第二节 土壤耕作方法与要求（自學）

第三节 土壤耕作机具（自學）

第四节 耕整机械的液压控制技术

第五节 激光平地技术

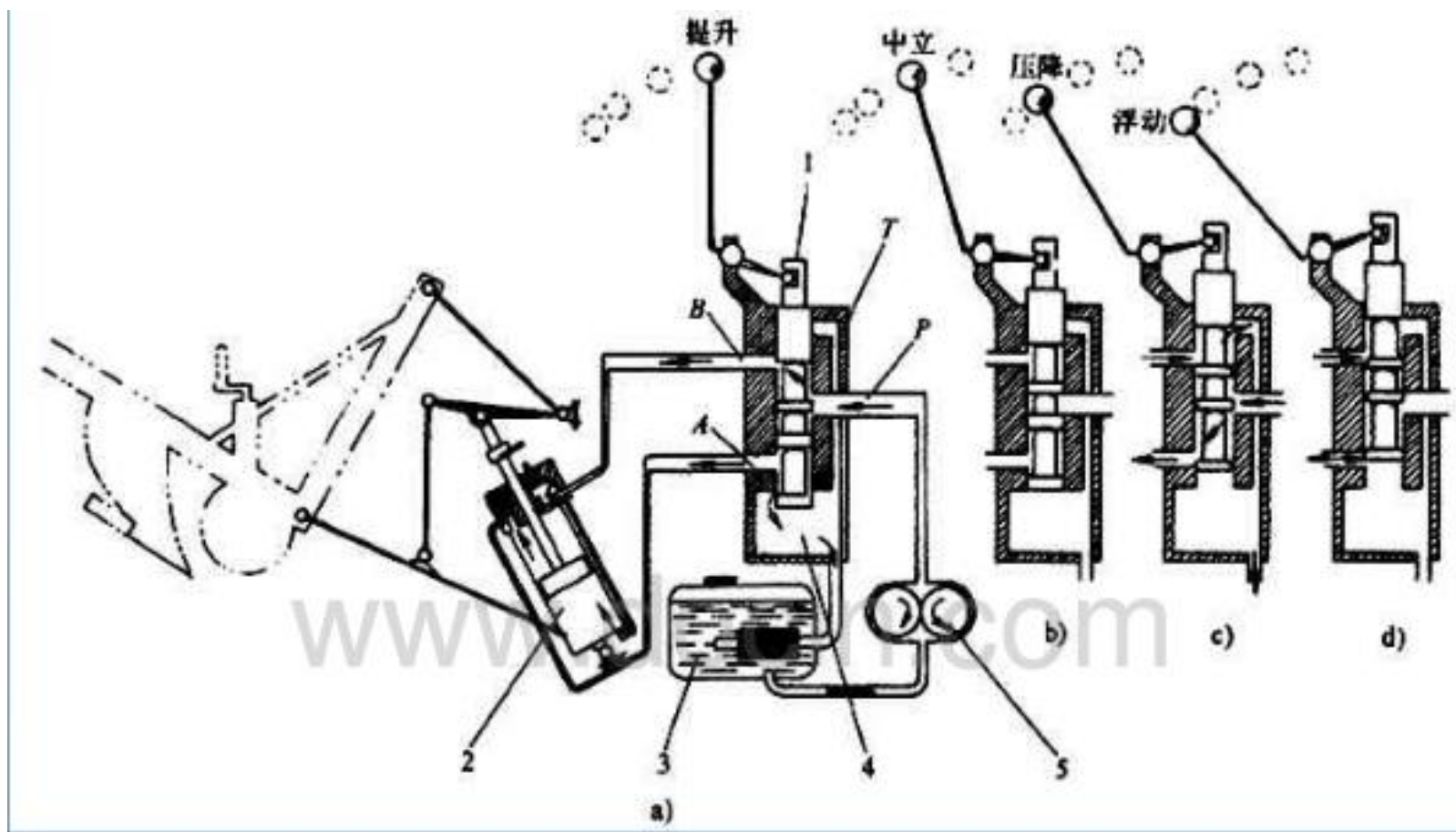


第三章 耕整地机械及自动化技术

第四节 耕整机械的液压控制技术

用液压控制和液压传动装置来调节农业机械和工作部件的深度或位置，已被广泛地使用着。在此我们以犁耕调节为例，介绍有关液压自动调节的基础知识。

第三章 耕整地机械及自动化技术



第三章 耕整地机械及自动化技术

化了的液压缸操纵系统，这个系统在农业机械上很多地方都在使

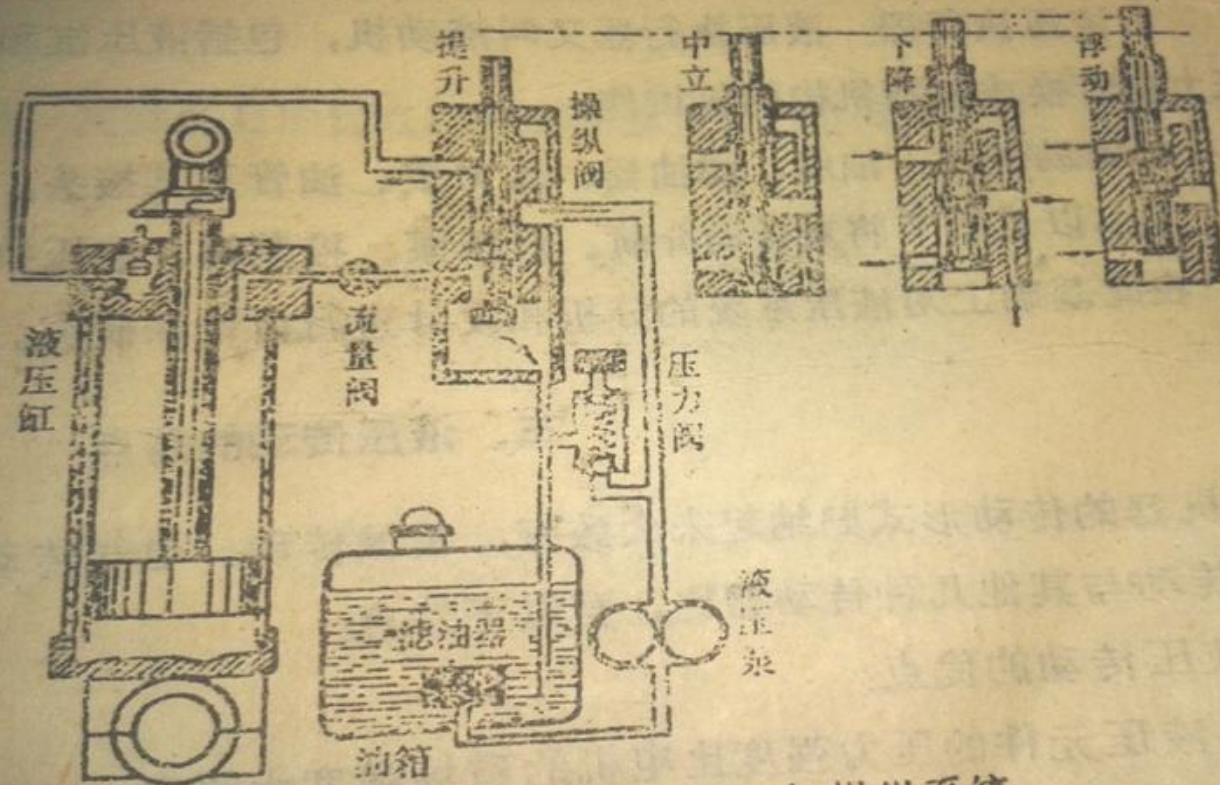
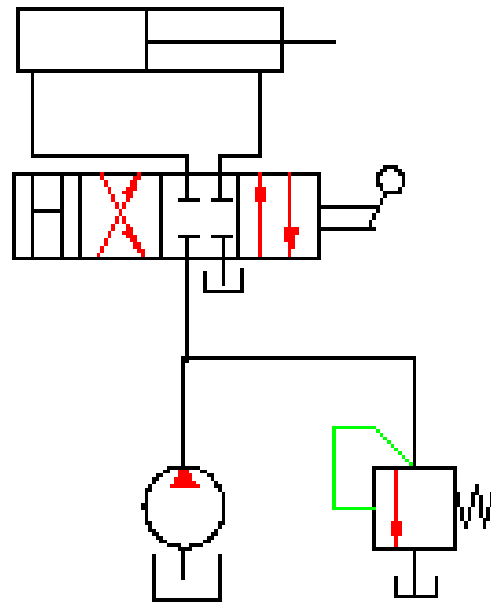


图 0—1 简单的液压缸操纵系统

第三章 耕整地机械及自动化技术





第三章 耕整地机械及自动化技术

一、拖拉机的自动位调节

所有具有悬挂农具挂接机构的拖拉机，都备有自动位调节的固有的提升系统。在这种型式的控制系统中，操纵杆在其扇形架上的任意给定位置，均代表农具的一个特定位置或工作深度。这样，驾驶员可根据操纵杆的位置来辨别或选定农具的位置，而油缸将自动把农具放到相应的位置或工作深度上。

第三章 耕整地机械及自动化技术

自动位调节系统的基本杆系如图3-6 a) 所示。实线表示稳定的情况，控制阀在中立位置。如操纵杆从A移到A'，销连点C将往左移动，而销连点E在瞬间将保持在同一位置，于是相应地移动点D，即将控制阀的阀柱左移。

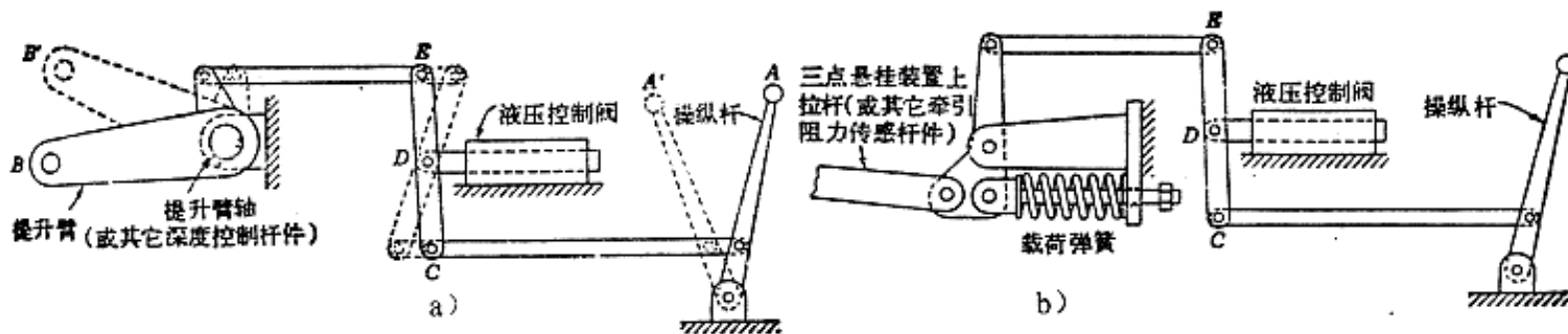


图3-6 自动位调节和自动力调节的基本杆件装置

a) 自动位调节 b) 自动力调节

第三章 耕整地机械及自动化技术

这一移动使作用油缸提升农具，直到D点又回到中立位置为止。当控制阀又在中立位置，提升臂和连接杆的新位置如图中虚线所示。同样，如反向移动操纵杆，其结果是使农具下降。实际上，D点变成了确定操纵杆和农具相对平衡位置的枢纽点。

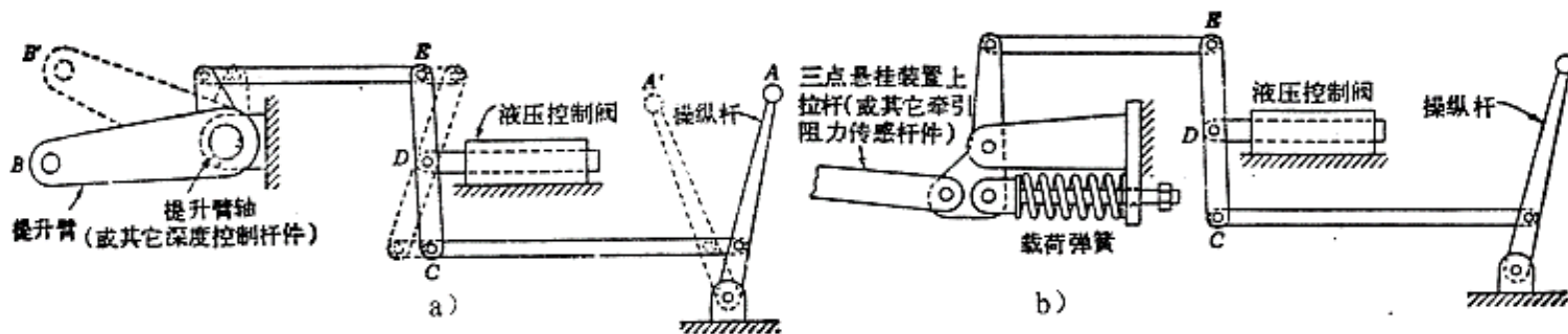


图3-6 自动位调节和自动力调节的基本杆件装置

a) 自动位调节 b) 自动力调节

第三章 耕整地机械及自动化技术

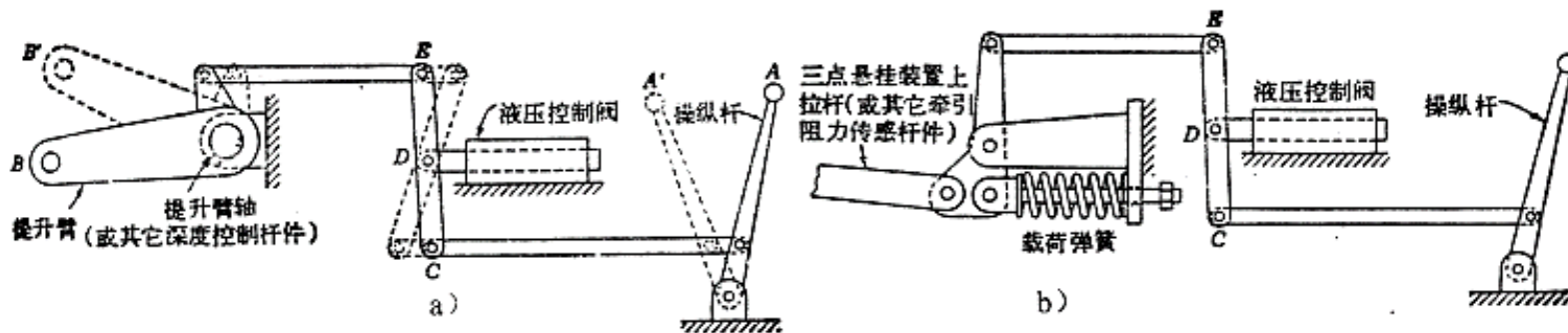


图3-6 自动位调节和自动力调节的基本杆件装置

a) 自动位调节 b) 自动力调节



第三章 耕整地机械及自动化技术

理论上，自动位调节系统可应用于任何形式的油缸和控制阀装置。但是，由于操纵杆与活塞或农具杆件之间需要有机连接，因此这种自动位调节系统最适用于悬挂式农具。



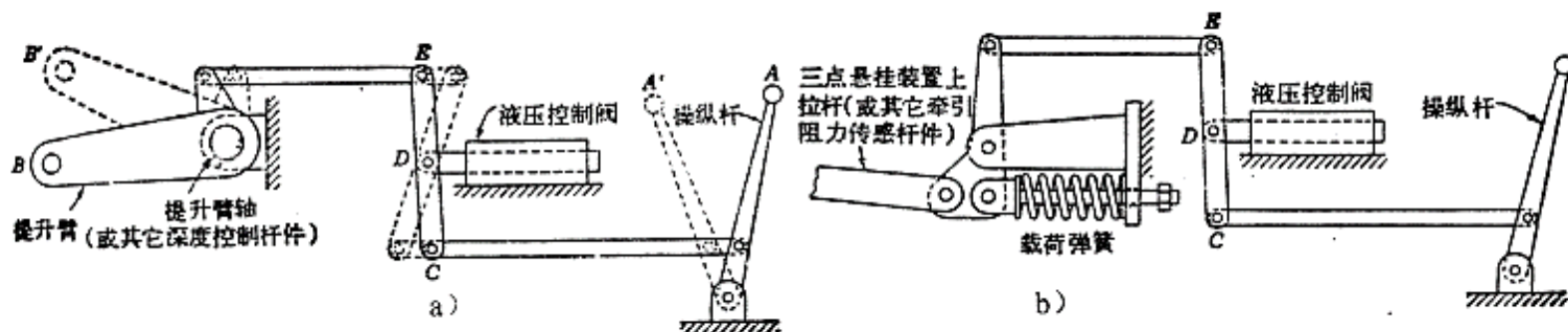
第三章 耕整地机械及自动化技术

二、自动力调节

采用自动力调节时，操纵杆的位置将不是代表某一特定工作深度，而是代表一给定的农具阻力。阻力的变化能使农具自动地提升或下降，来根据需要恢复阻力到预选的数值。

第三章 耕整地机械及自动化技术

当操纵杆在一个给定位置时，任何阻力的变化将改变载荷弹簧的变形量，并使控制阀从中立位置**D**作相应的移动。这样，液压系统将根据需要变更农具的工作深度，使阻力和载荷弹簧的变形量恢复到预选的数值，并从而使控制阀回到中立位置。





第三章 耕整地机械及自动化技术

在图中所示的自动力调节装置中，用于阻力传感的杆件总是处在受压状态。很明显，对于操纵杆的任何给定位置而言，要使控制阀居于中立位置，载荷弹簧只有一个相应的压缩长度。但当图**3—6 b**中的操纵杆向左移动时，对载荷弹簧只要施加较小的压缩力，也即较小的土壤阻力，就可使杆件系统处于平衡。



第三章 耕整地机械及自动化技术

对较大型拖拉机而言，悬挂农具向后方伸出较长，三点悬挂的上拉杆有时可能处于受拉伸状态。在这种情况下，通常采用下拉杆传感，尽管在有些拖拉机上的上拉杆对于受拉和受压都能有所反应。在拖拉机驱动轮传动装置上采用扭矩传感，是悬挂农具、半悬挂农具及牵引式农具的自动力调节系统的新近发展。



第三章 耕整地机械及自动化技术

大多数自动位调节拖拉机上也具有自动力调节系统。在某些情况下，驾驶员只要搬动一根辅助操纵杆，即可选用任一个控制系统。其他一些拖拉机具备自动位调节和自动力调节的联合系统，即载荷弹簧杆件与提升杆件用一根平衡杆相互连接起来，使两者都对控制阀有影响。其结果是农具的不变深度和不变阻力的折衷。这两个参数对控制装置的影响的相对程度可以是可调整的，也可以是不能调整的。



第三章 耕整地机械及自动化技术

三、农具上的自动控制

液压系统采用给农具某些参数的自动控制提供了极好的基础。一般说来，这些参数包括工作姿态或倾斜度（自动调平联合收获机）、工作高度、侧向位置（自动导向）、性能参数（联合收获机负荷）。传感装置即安在农具上。拖拉机的液压系统即可为牵引式或悬挂式农具提供控制所需的动力，或者在农具上能装一个液压系统。自走式农具当然一般具有自己的液压系统。



第三章 耕整地机械及自动化技术

传感装置的信号传到液压控制阀上的方法，一般采用机械式直接连接或利用电力传给电磁操纵控制阀。然后控制阀动作一个作用油缸，使机器的工作部件向合适的方向运动，来减少或消除误差信号。被控参数值发生变化到传感这些变化之间经历的时间愈短愈好。这就要求传感器的位置距离产生变化的部位愈近愈好。



第三章 耕整地机械及自动化技术

两点传感器经常需要进行正向或反向的校正。三点传感器则在校正区之间有一个中立区或静区。无论那一种型式，其反应速度可以是恒定的或者是与误差信号的大小有关。电磁操纵控制阀一般具有恒定的反应速度，而机械式直接操纵的控制阀则能产生按比例的反应。在考虑反应速度的同时，还必须考虑其动态反应特性。有时需要阻尼作用来减少震荡。



第三章 耕整地机械及自动化技术

五十年代初期在农具上首次应用自动控制是在坡地自动调平联合收获机上。在这种应用情况下，灵敏度、反应速度、稳定性和在错误动作时的安全保险装置等问题都是需要特别着重地加以考虑的。当时曾特殊设计了一种四通控制阀，并按极精确的公差进行制造，然后安装到一台样机上。这台样机采用阻尼摆作为传感装置，能进行侧向和纵向调平。



第三章 耕整地机械及自动化技术

对于如何在联合收获机上自动控制喂入量以减少超负荷时的谷物损失曾受到很大重视。联合收获机的收割台、采棉机、摘铃机以及其他收获机械均可自动控制高度。



第三章 耕整地机械及自动化技术

欧洲某些国家在悬挂犁上采用高度传感器控制耕深。当田间地表不平时，由于传感器可以紧靠犁体置放，使这种高度传感的方法比拖拉机的自动位调节系统更能保持均匀的耕深。在牵引式糖用甜菜收获机上，为了保持块根挖掘轮（或铲）的随垅性以减少损失，曾采用了自动导向系统。

大部分农具上的自动控制采用通心式液压系统。但对较大型的拖拉机上一般采用的常压力液压系统，曾创制了适于应用高度传感原理的控制阀。



第三章 耕整地机械及自动化技术

四、液压传动

农机的液压传动有静液压行走驱动、多执行机构的液压传动和拖拉机的远控马达等形式。农具的提升、下降、变速、转向、工作状况的监测和控制等都广泛采用了液压传动。



第三章 耕整地机械及自动化技术

第五节 激光平地技术

平整农田是利用推土机、平地机、铲运机、装载机和挖掘机等农田基本建设机械进行作业，这只能达到粗平，即所谓“田面大平，小不平”。

激光平地机是由激光平地机组把电子、光学、液压和机械部件结合成一个平地工作系统，将激光和自控技术应用到平地铲的高技术产品，可应用于农田土方搬移平整工程，是一个高效、高精度的土方施工设备。一台激光发射器可供多台平地机组同时作业，平整后的土地高低误差只有几厘米。

第三章 耕整地机械及自动化技术

5.1 激光平地机组工作原理分析

一、激光平地机组的结构及各部件功用

激光平地设备由5个基本部分构成：拖拉机、激光发射器、激光接收器、控制器和铲运装置等。激光发生器由蓄电池提供能源，固定安装于可调整高度的三角支架上，激光发生器将激光沿水平面或一定倾斜角度的平面不停地旋转发射激光，拖拉机平地机组上的激光接收装置按照所接收的激光信号，经电液伺服系统自动调节平地机的液压升降，从而达到地面平整水平或一定倾斜角度的目的。



第三章 耕整地机械及自动化技术

工作过程中，激光发射器高速旋转，产生一个有效工作半径300m左右的水平激光平面。这个激光平面，作为控制地表不平度的参照水平基准面。

激光接收器是一个信号接收装置，它的核心部件是一个光敏电阻。激光接收器套装在平地铲上，且垂直于平地铲的桅杆。

第三章 耕整地机械及自动化技术

平地过程中。由它接收发射器发出的水平激光基准信号，从而检测出平地铲相对于激光平面的位置偏差，并把这个位置偏差信号转换成电信号，传递给控制器上的电液伺服机构。激光平地机组组成示意图如图3-7所示。

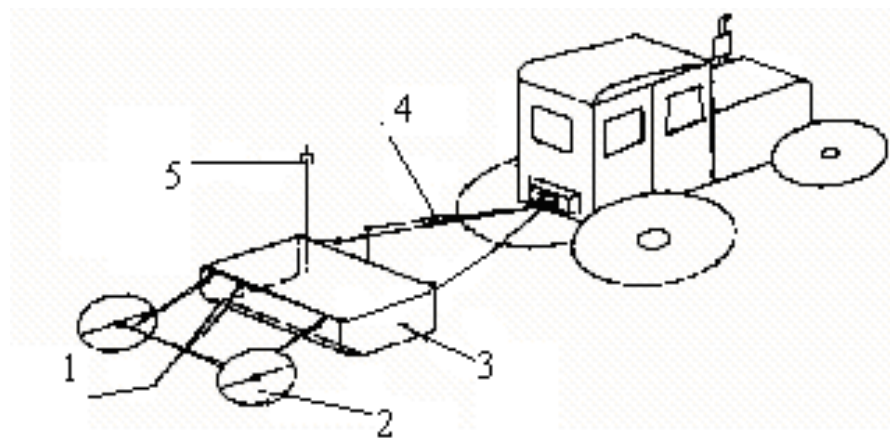


图3-7 激光平地机组结构示意图

1. 液压缸 2. 地轮 3. 平地铲 4. 手动螺杆 5. 激光接收器

第三章 耕整地机械及自动化技术

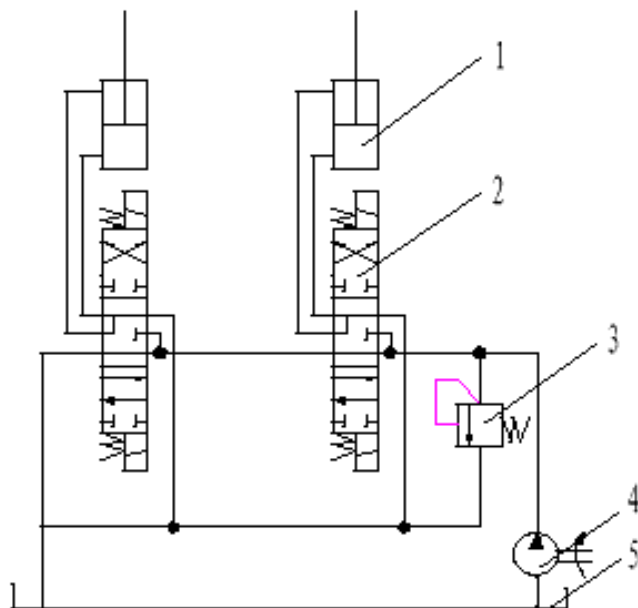


图3-8 激光平地机液压系统图原理图

1. 液压缸 2. 电磁阀 3. 安全阀 4. 油泵 5. 油箱

控制器的功能主要由电液伺服机构、液压缸、电磁阀等部件组成的液压系统完成（如图3-8所示）。

第三章 耕整地机械及自动化技术

通过电液伺服机构的作用，将接收器传递过来的偏差电信号转换成液压方向阀和流量控制阀的相应动作，进而控制液压油缸内活塞杆的动作，最终控制平地铲的高低位置。铲运装置一般由平地铲和液压油缸等构成。液压系统接收到控制系统的信号后，电磁阀阀芯处于不同的位置，使油缸活塞产生运动，控制地轮的升降，使平地铲水平，并始终处于设定的高度。

第三章 耕整地机械及自动化技术

二、激光平地机组的工作原理分析

激光平地机组利用激光发射器产生的激光平面作为控制基准，通过安装在平地铲上的激光接收器将平地铲的实际高度坐标与控制基准进行比较，并把比较所得的偏差转换成电信号送给电液伺服机构。电液伺服机构再将这个偏差的电信号转变成液压方向阀、活塞杆、地轮和平地铲的相应运动，进而不断消除偏差，形成平整地表的过程。激光平地机组的工作原理如图3-9所示。

第三章 耕整地机械及自动化技术

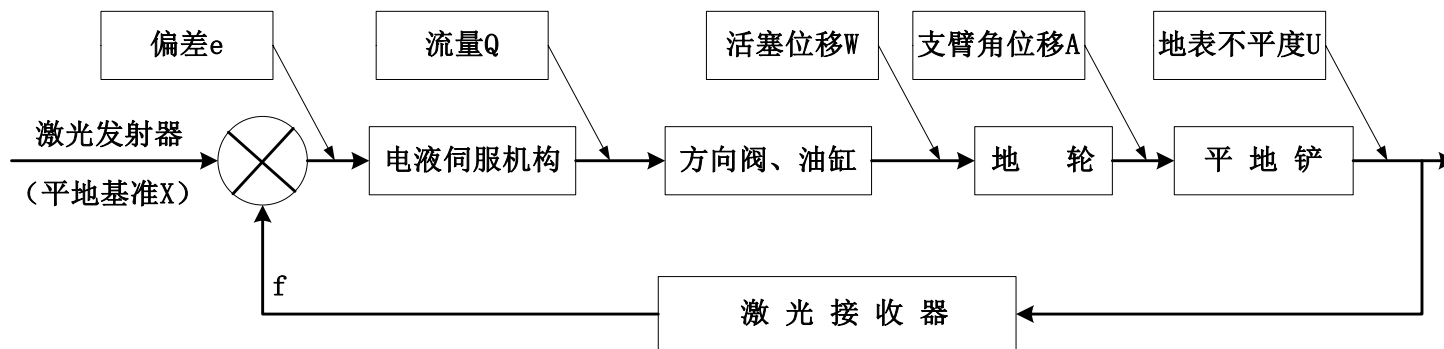


图3—9 激光平地机械系统工作原理框图

第三章 耕整地机械及自动化技术

工作中，当地轮到达地势比较低的地方(相对于基准位置)时，激光束射到接收器中心点的上方。这时，激光接收器把接收到的激光平面所在的位置与接收器的中心点(基准)位置进行比较，并将比较后所得的偏差信号($X-f$)转换成电信号(e)传递给电液伺服机构，电液伺服机构将此电信号转换成液压方向阀和流量控制阀的相应动作，控制液压系统。液压系统依靠液压油的压力使地轮绕其支点向下摆动，平地铲相对于地轮向上运动，铲中积累的土被填到地里，使该点的地表比原来升高。



第三章 耕整地机械及自动化技术

反之，当地轮处于高于基准平面的位置时，经过系统的比较和变换等一系列作用，使地轮向上摆动，平地铲相对于地轮向下运动，地表高出基准平面的土壤被铲掉，并积累于平地铲中。如此循环往复，使地表的高度坐标被控制在一个很小的误差范围内，这就是激光平地机组的工作原理。

第三章 耕整地机械及自动化技术

3.5.2 激光平地机组的工作过程

激光平地机组的作业的工艺下图3—10所示。

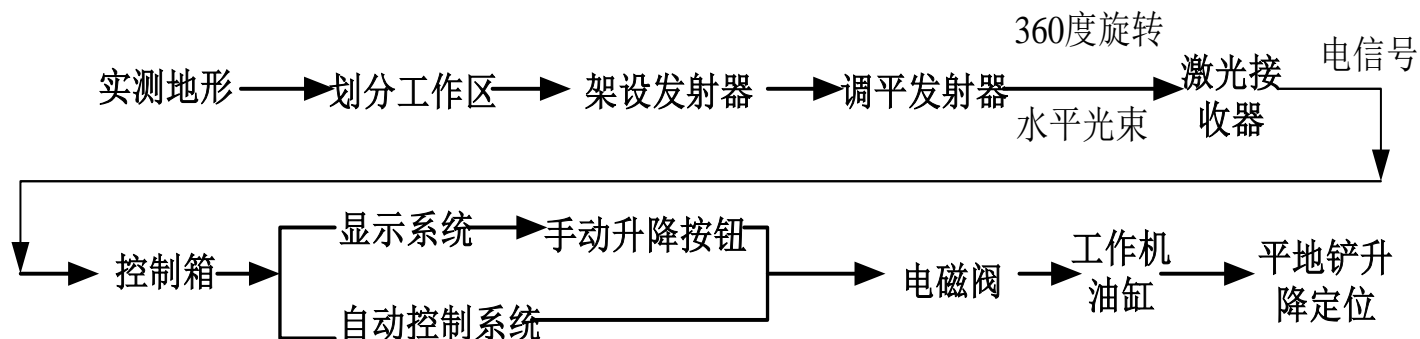


图3—10 激光平地机组的作业的工艺流程图

第三章 耕整地机械及自动化技术

其具体的工作过程为：

(1) **建立激光**：首先根据需刮平的场地小大，确定激光器的位置，如长、宽度超过300m，激光器大致放在场地中间位置。如长、宽度小于300m，则可安装于场地的周边。激光器位置确定后，将它安装在支撑的三角架上并调平。激光的标高，应处在拖拉机平地机组最高点上方0.5 ~ 1m，以避免机组和操作人员遮挡住激光束。

(2) **测量场地**：利用激光技术进行地面测量，一人操作发射器，配3~5人移动标尺（每测点间距为10 ~ 20m，每个地块按横列竖行排列），每个杆尺高3m，其上装有可上、下滑动的激光接受器。

第三章 耕整地机械及自动化技术

顺序详细记录测定的测点方向和高低数据，绘制出地块的地形地势图，并计算出整块地的平均高度。这个平均标高的位置，作为平地机械作业的基准点，也是刮土铲铲刃初始作业位置。

(3) **作业：**以铲刃初始作业位置为基准，调整激光接收器伸缩杆的高度，使激光发射器发出的激光束与接收器相吻合。即在红、黄、绿显示灯的中间绿灯闪亮为止（红灯亮表示接收不到激光仪发出的信号；绿灯亮时，表示接收范围正常，当三个绿灯亮时，即为水平；黄灯亮，表示地面高低差已超出平整的范围）。然后，将控制开关置于自动位置，就可以起动拖拉机平地机组开始平整作业。

第三章 耕整地机械及自动化技术

激光平地的作业效果可以通过激光平地前、后的地表不平状况来分析。在被测的地块上按 $10 \times 10\text{m}$ 的尺寸划分地块网格。在每个网格的节点作为被测量点。平地前后各测点的高度坐标，是利用激光平地机组自带的一个激光接收装置来测量的。此装置将一个激光接收器安装在一个有刻度、可伸缩的标尺上。它可根据激光发射器所发出的激光平面距其激光接收器中心点的位置不同，而产生不同的输出信号。



第三章 耕整地机械及自动化技术

当激光平面位于激光接收器中心点的上方时，激光接收器产生较慢的滴滴响声，且其屏幕上显示向上的箭头，表明此点地势偏低，应将标尺向加长的方向调整。如果激光平面位于激光接收器中心点的下方，则产生较快的响声，屏上的箭头指向下，表明此点的地势偏高，应将标尺向缩短的方向调整。



第三章 耕整地机械及自动化技术

标杆是否处于垂直位置，可通过观测接收器上的水平仪中的水银泡是否处在中心位置来判断。只有当调整到标杆处于垂直位置，且激光接收器的中心点位于激光平面上时，接收器才发出稳定的响声，且屏幕上出现一条水平线。此时，有刻度、可伸缩的标尺上的刻度即为此点的高度坐标值。有了地块中各点的三维坐标值，其地表不平度也就确定了。



第三章 耕整地机械及自动化技术

特点：利用激光平整土地机平整的土地，可以节约灌溉用水，提高浇水的均匀性，使作物高产稳产。同时能够减少田埂沟渠占地面积，扩大耕地面积，提高土地有效利用面积。此项技术在我国新疆和黑龙江等地的垦区推广应用前景十分广阔，发展潜力巨大，是一项使农业达到节水、节地、节肥、增产的高新技术措施。



第三章 耕整地机械及自动化技术

(1) 节水：激光平地技术可使地面平整度达到正负误差2厘米，一般可节水30%以上；每亩可节约用水100立方米。

(2) 节地：用激光技术精密平地，配合相应措施，可减少田埂占地面积3%-5%。



第三章 耕整地机械及自动化技术

(3) 节肥：由于土地平整度提高，化肥分布均匀，减少化肥流失和脱肥现象，提高化肥利用率20%。

(4) 增产：每亩可增产20%-30%，在增产的同时，也提高了作物的品质。实施该技术，在增加产量、效益的同时，可使农作物（小麦、大豆、棉花和玉米）的生产成本下降6.3%-15.4%。



第三章 耕整地机械及自动化技术

实施激光平地机械化技术，提高了工作效率，降低了劳动强度，节约了宝贵的水资源，解决了水土流失问题。实施该技术后，土地蓄水性能好，用水效率高，避免华北平原的地下水超采，减缓地区的地下水位下降，减少一系列的生态、环境问题，间接保护了环境，同时该技术的实施，推动了精细型农业的发展步伐。



第四章 播种机械及自动化

- 第一节 种肥的物理特性（自學）
- 第二节 播种方法与要求（自學）
- 第三节 播种机具简介（自學）
- 第四节 播种机上的自动监测装置
- 第五节 精密播种自动控制设计实例



第四章 播种机械及自动化

第四节 播种机上的自动监测装置

- 近年来，国外许多精密播种机上广泛采用各种监测装置，以及时发现和排除故障，确保播种质量。目前，精密播种机上所采用的监测和报警装置，有机械式报警器，机电式报警器和电子仪器式监控系统。

第四章 播种机械及自动化

一、机械式报警器

图4—5所示为法国Nodet气吸式播种机上的—种响铃式排种故障报警器。正常工作时，动力由方轴通过离合器带动排种器旋转。

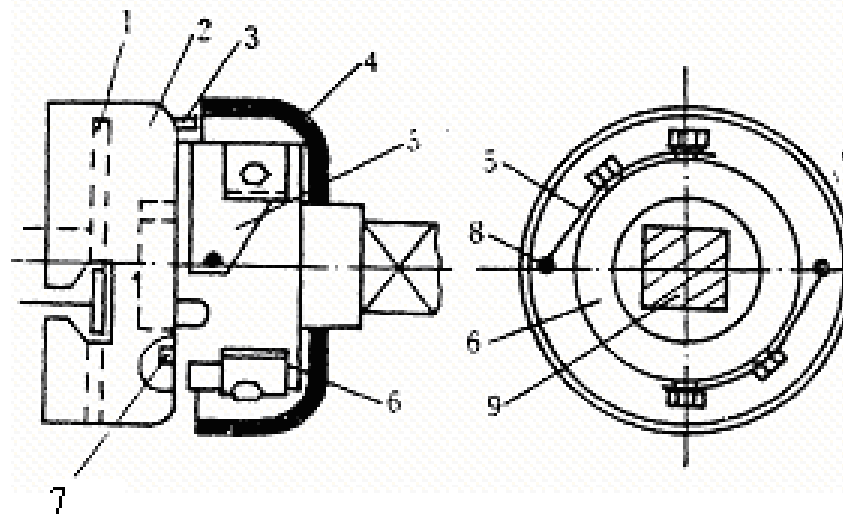


图4—5 机械式报警器

- 1.转动花板
- 2.离合器主动套
- 3.凸耳挡片
- 4.铃罩
- 5.弹片
- 6.离合被动套
- 7.塑料销钉
- 8.击锤
- 9.方轴



第四章 播种机械及自动化

当排种器发生故障或者卡籽而不能转动时，塑料销钉被剪断，离合器被动套不能转动，而装在主动套上的弹片仍随主动套继续转动。当弹簧片从被动套上的凸耳挡片越过时，弹片弹起，弹片上的小锤即敲击铃罩不断发出响声，以示报警。

第四章 播种机械及自动化

二、机电信号式报警装置

■ 型孔带式排种机上所用的是一种机电信号式排种质量信号显示装置。其主要工作原理是：滚轮与型孔带密切接触并随着旋转，滚轮轮缘侧边有一与滚轮轴连通并一起接地的金属片。

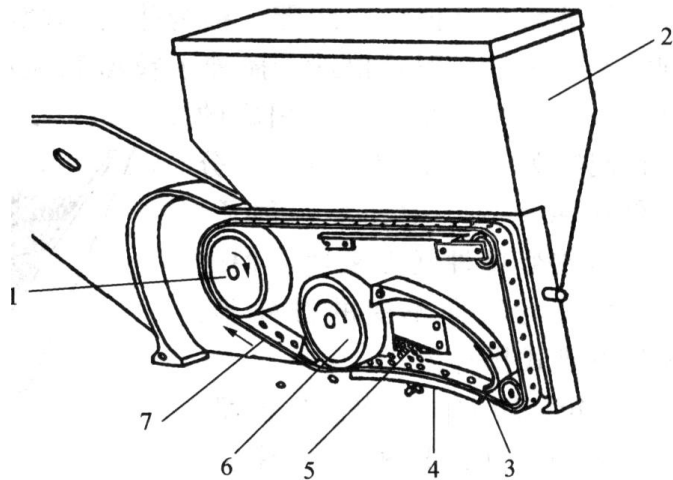


图5-5 型孔带式排种器

- 1.主动轮 2.种子箱 3.橡胶阻种片
4.托种板 5.进种口 6.刷种轮
7.型孔带



第四章 播种机械及自动化

- 当滚轮转动，金属触片触及指示器的触点时，电路接通，指示灯亮，滚轮上没有金属片的部分触及触点时，指示灯熄灭。正常工作时，滚轮均匀转动，指示灯周期性闪亮。如果指示灯闪亮频率忽快忽慢或根本不灭或不亮，则表示型孔带的运动有故障，速度不匀或已停止不动。由此可以得知排种是否均匀，是否有漏播现象。

第四章 播种机械及自动化

- 图4—6为添种预报装置示意图。浮动探测杆位于种子箱内种层表面上，作业中随着种子量的不断减少，有球头的杠杆随之下降。
- 当箱内种子量减少到极限位置时，探测杆后端的动触头与静触点接触，接通电路，装在驾驶室內的指示灯发亮，也可在电路上接上蜂鸣器等声响装置，同时发出音响信号。

第四章 播种机械及自动化

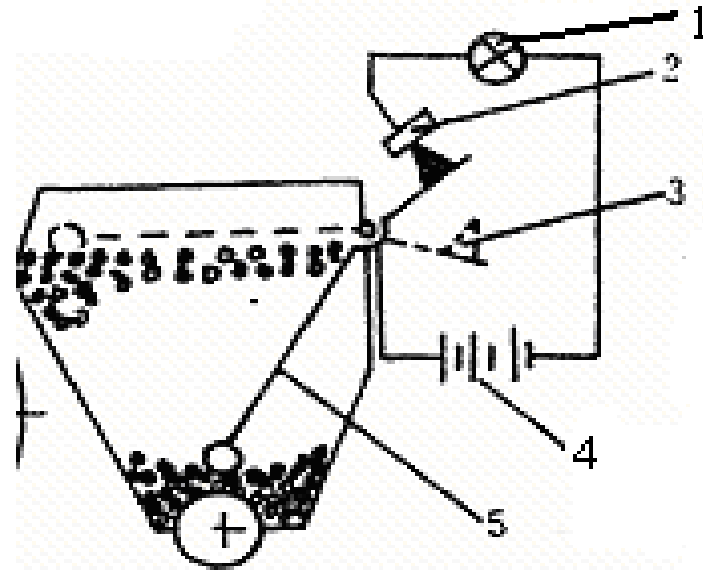


图4—6 添种预报装置

- 1.指示灯 2.静触点 3.探测杆触点
4.电源 5.探测杆



第四章 播种机械及自动化

三、电子监测装置

现代播种机上的电子监测装置，一般由传感器、转换线路和信号显示装置构成。传感器多采用光电元件（包括可见光和红外线等），安装在导种管上（图2—7）。当种子通过传感器的种子通道时，遮断光束，使电光管发出信号，表示有种子通过。当某一播行发生故障，无种子通过时，驾驶室仪表盘上即显示该行的数码，并发出报警声响。

第四章 播种机械及自动化

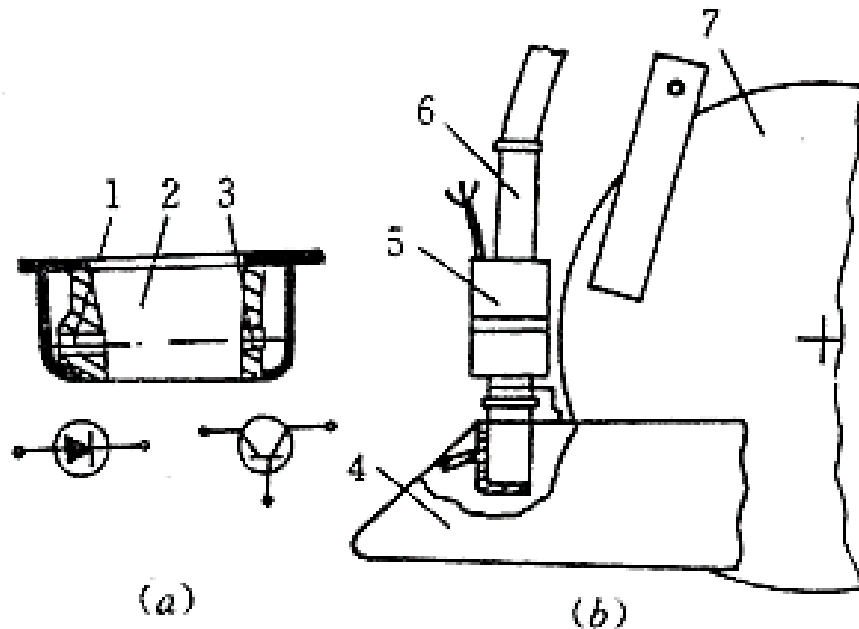


图4—7 光电传感器及安装部位

a) 红外光传感器

b) 传感器安装部位

1.红外光传感器2.种子通道3.光电三极管4.小滑刀开沟器5.传感器

6.导种管7.圆盘开沟器



第四章 播种机械及自动化

四、现代播种机监控系统

- 现代播种机的电子监控系统不仅可以当场显示播种机的作业情况，还能对每一行的播量、每米粒数、排种器转速等进行调节控制。美国 *Cyclo-500* 型播种机上配置的电子监控系统如图4—8和图4—9所示。

第四章 播种机械及自动化

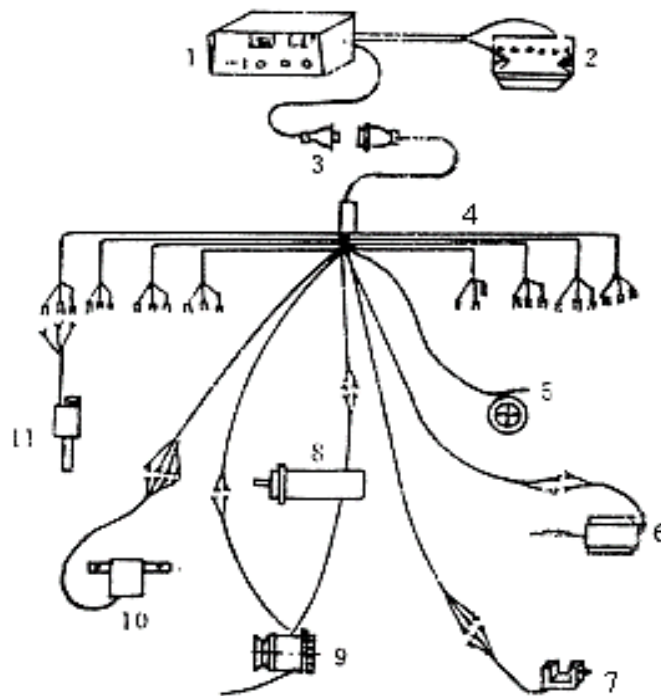


图4—8 监控系统总体布置

1. 监控仪 2. 拖拉机12V蓄电池 3. 柱塞式插头 4. 电线 5. 测距轮 6. 播种机提升传感器 7. 种子面高度传感器 8. 驱动电机 9. 交流发电机 10. 滚筒气压传感器 11. 种子流传感器

第四章 播种机械及自动化

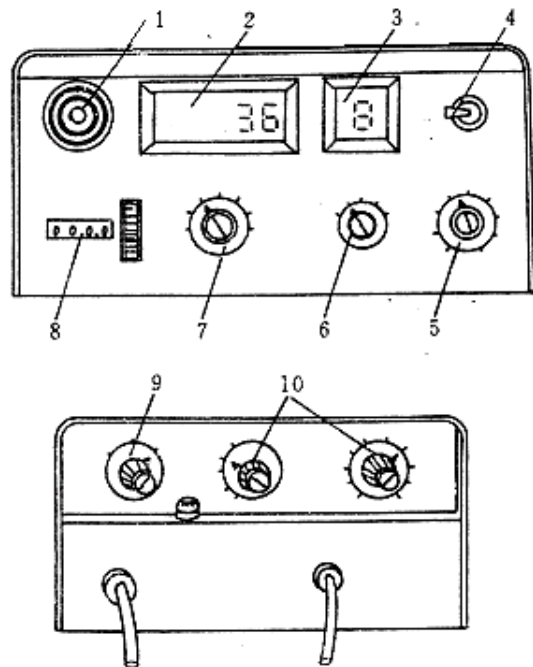


图4—9 监控仪表盘

1. 报警器
2. 4位显示器
3. 播行显示器
4. 扫描同步选行开关
5. 株距调节盘
6. 滚筒孔数盘
7. 显示选择盘
8. 播种面积计数器
9. 行数盘
10. 行距盘



第四章 播种机械及自动化

- 该系统由八个基本部分构成：监控显示器、监控线路、种子流光电传感器、测距传感器、转换器与驱动电机、播种机提升传感器及种子面高度传感器。监控显示仪表盘安装在驾驶室内驾驶员易于观察和操纵的部位。监控仪各部分的工作性能和显示方法简述如下：



第四章 播种机械及自动化

- (1) 报警器 当有一行或数行播种装置发生故障停止播种时，发出连续报警声。报警声如断断续续，则告知种箱内种量太少。
- (2) 显示选择盘与4位显示器 显示选择盘选定在不同刻位，4位显示器显示内容有播种株距、播种量、滚筒转数、滚筒内气压。



第四章 播种机械及自动化

- (3) 播行显示器 当选择盘在“播种量/转数”刻位时，显示播种行数，还可显示种子断条或停止工作的行数。此外，可显示字母*H*，告知种子面过低。
- (4) 扫描同步选行开关 当选择盘开关对准“播种量/转速”刻位时，此开关对准“选行”位置，则选定计算播种量的播行。此开关拨至“扫描”位置，则自动连续扫描各行播种量。若此开关处于“同步”位置，则4位显示器在显示播量、播种株距的同时，播行显示器显示此行数。



第四章 播种机械及自动化

- (5) 面积计数器与行数、行距选择盘 播种面积为播种幅宽与播种距离的乘积，而播种幅宽为行数与行距的乘积，播种距离由地轮上测距传感器监测。为保证面积计数正确，应按配置行数及行距相应调节行数、行距选择盘（在仪表盘背面）。



第四章 播种机械及自动化

- (6) 滚筒孔数盘 用于选定滚筒排种孔数，否则会得到不正确的株距。
- (7) 株距调整盘 用来选择所要求的株距。
- (8) 种子流断条显示 当监控系统工作时，任一行种子流中断，或每秒只有一粒种子落下，则发出报警声。同时，不正常的播行就显示在行显示器上。当多行播种不正常时，则以每秒钟一个循环的速度，轮流显示不正常播行。



第四章 播种机械及自动化

- (9) 过高滚筒转速的显示 当滚筒转速超过 $35r/min$ 时，4位显示器就短瞬闪亮。这时，应降低机组作业速度。由于滚筒超速旋转的惯性，播种机速度降低后延迟数秒才停止短瞬闪亮。

第四章 播种机械及自动化

4.5 精密播种自动监测装置设计实例

- 精密播种技术已在农业生产中普遍应用，但由于精播机在播种作业时种子流动过程是全封闭的，仅凭人的视听无法直接监视其作业质量。当播种机工作时发生机械传动故障、种箱排空、导种筒堵塞等现象均会造成漏播。尤其是大型宽幅精播机，其作业速度快、播幅宽，一旦发生上述现象则会造成大面积的漏播，结果必然造成农业生产的损失。因此精密播种自动监测技术与装置在农业自动化中具有重要的生产意义和经济效益。
-



第四章 播种机械及自动化

■ 4.5.1 精密播种自动监测装置的工作过程

- 精密播种自动监测装置由主机、传感器、传输电缆和一些接插件等组成。主机担负数据的采集和处理判断，当播种机发生排种故障时发出声光警报提醒驾驶员注意并指示故障部位；传输电缆和接插件担负传感器到主机的信号传输，选用接插件可以方便快捷的将牵引机车和播种机进行分离；

第四章 播种机械及自动化

■ 传感器由光源和硫化镉半导体光敏电阻组成，安装在导种筒的位置如图4—10所示，传感器主电缆安装时其行号必须与播种机的播种行号保持一致以方便故障的查找与排除，传感器的功能是监测播种机导种筒中种子的输送。

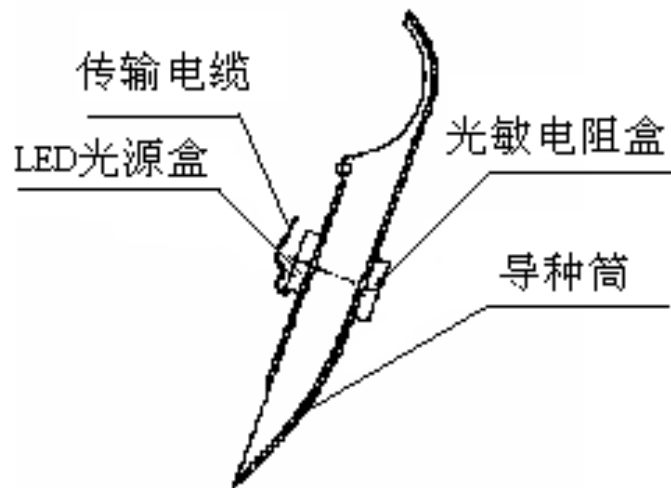


图4—10 光源及光敏电阻 安装位置图

第四章 播种机械及自动化

■ 4.5.1 监测装置工作原理

- 精密播种智能监测装置的工作程序是：首先判断是否有漏播，如无漏播则进行播种参数的测量与计算。

■ 播种监测

- 播种监测传感器进行漏播的监视。由于大型宽幅精播机具有多个播行，为保证监测的可靠性，对每一个播行的每一个苗带均需进行可靠的监视。这里以导种筒为监视点，因为导种筒是播种工作末端，各种播种故障都能及时发现。



第四章 播种机械及自动化

- 由于种子在导种筒内滑落时发生弹跳，使种子在导种筒内较大空间范围内落下，因此，监测传感器检测元件的选择至关重要，它直接影响到监测的精确度、灵敏度及可靠性。常用的检测元件有：压电陶瓷片、光敏三极管、光敏电阻及激光二极管、硅光电池等。从监测范围、灵敏度、可靠性、使用寿命、功率消耗、安装难易程度、元件成本、信号调理电路复杂程度等多个角度出发，进行综合性能评价，最后选定硫化镉半导体光敏电阻作为检测元件。



第四章 播种机械及自动化

- 主要特性是：视角范围宽、灵敏度高、峰值波长为红色光、安装容易、使用寿命长、低功耗、信号调理电路简单。
- 试验表明，由光敏电阻检测元件构成的播种监测传感器在灵敏度、可靠性等方面令人满意，但测量精度由于受视角范围的影响而存在误差，采用光学方法增大受光面与适当提高信号调理电路灵敏度的方法予以解决。



第四章 播种机械及自动化

- 二、播种参数计算

- 精密播种机的播种量可按下式计算：

- $$T=w/s \text{ (kg/ m}^2 \text{)} \quad (4-1)$$

第四章 播种机械及自动化

- 其中：
$$w = \frac{n \cdot Q \cdot L \cdot \rho}{10^3} \quad \text{kg} \quad (4-2)$$

- $$s = n \cdot B \cdot L \quad \text{m}^2 \quad (4-3)$$

- 则亩播量为：

- $$m = 667 \cdot T \quad \text{kg} \quad (4-4)$$

- 式中：n — 每条幅垅条数，条； B — 每垅平均宽度，m；

- L — 每测量段长度，m； ρ — 种子百粒平均质量，g/百粒；

- M — 每亩播种量，kg； S — 每测量段长度播种面积，m²；

- T — 每平方米播种量，kg/m²； w — 测量段整机播种质量，kg/m；

- Q — 每条垅米间落粒数，粒/m。



第四章 播种机械及自动化

- 式中： n — 每条幅垅条数，条； B — 每垅平均宽度，m；
- L — 每测量段长度，m； ρ — 种子百粒平均质量，g/百粒；
- M — 每亩播种量，kg； S — 每测量段长度播种面积， m^2 ；
- T — 每平方米播种量， kg/m^2 ； w — 测量段整机播种质量， kg/m ；
- Q — 每条垅米间落粒数，粒/m。

第四章 播种机械及自动化

- 总播种量: $A = k \cdot w \cdot 1000 / L$, kg (4-5)

- 总播种面积: $C = 1000k \cdot s / (667 \cdot L)$, 亩 (4-6)

- 播种距离: $k = 1000 \cdot v \cdot t$, km (4-7)

- 上述播种参数中, n 、 B 、 ρ 等参数可由监测装置键盘输入到仪器中, Q 、 k 、 v 为实时测量参数, 监测装置内部的单片机通过数值运算及数据处理即可得到相应播种参数。在上述测量参数中, 播种作业速度 $v(\text{m/s})$ 的测量非常关键, 该参数的测量精度对其它参数的影响较大, t 为作业时间(s)。



第四章 播种机械及自动化

- 为了测量播种作业速度，在播种机上单独安装了一个测距地轮，它不承担工作扭矩，故打滑率很低，有较高的测量精度，测速传感器由集成霍尔开关及配套钕铁硼磁钢构成。

第四章 播种机械及自动化

■ 4.5.2 硬件电路设计

- 监测装置硬件电路主要由单片机、播种监测传感器、测速传感器、播种监视多路双向模拟转换开关、播种测量多路双向模拟转换开关、播种监测传感器光源驱动电路、键盘电路、时钟电路、非易失性NVRAM、RS-232电平转换器及串行中文图形点阵液晶显示模块组成，结构框图如图4—11。



第四章 播种机械及自动化

- 其特点是取消单片机总线扩展结构，全部采用串行接口方式扩展电路功能，提高系统抗干扰能力及简化硬件电路接口设计。

第四章 播种机械及自动化

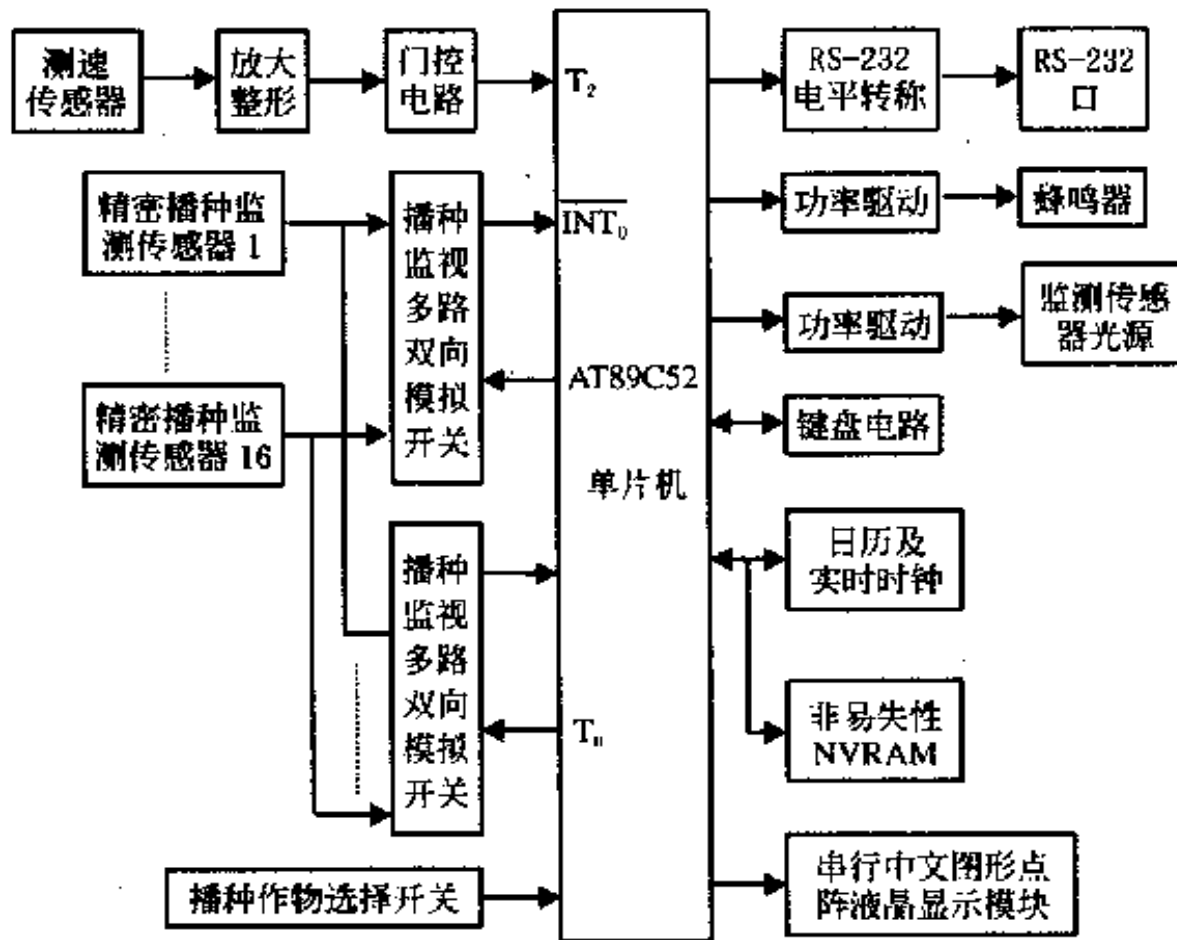


图4-11 系统硬件结构框图

第四章 播种机械及自动化

■ 一、播种监测传感器

- 播种监测传感器可采用外径为 Φ 12mm的金属封装硫化镉光敏传感器作为检测元件，由于导种筒为封闭结构，故需提供检测背景光源，根据光敏电阻峰值波长为红色光的特点，选用外径 Φ 10mm的高亮度红色LED发光二极管作为检测背景光源。监测传感器调理电路原理如图4—12所示，图中光敏电阻RG和电阻R2、R3、R4构成惠斯登电桥电路，提高光敏电阻检测灵敏度。

第四章 播种机械及自动化

- 运放A1构成差动放大电路，完成播种监测信号放大，放大倍数为： $AV = -R6/R9$ 。运放A2构成电平比较器，将A1输出的变化平缓的电压信号整形为边沿陡峭的脉冲信号，改变R7、R8的比值即可改变比较阈值电平。
- LED发光二极管检测背景光源为受控光源，可受单片机口线的控制，配合软件完成监测传感器自检功能。



第四章 播种机械及自动化

二、播种信号的监视与采集

- 本系统监测传感器与精播机播行苗带数量相同，完成播种状态监视及测量，多路监测信号均送入单片机中，进行播种状态的检查及计数。经对比分析，选用十六选一双向模拟开关CD4067作信号监视、计数接口芯片，可满足多路信号的采集和实时性要求。

第四章 播种机械及自动化

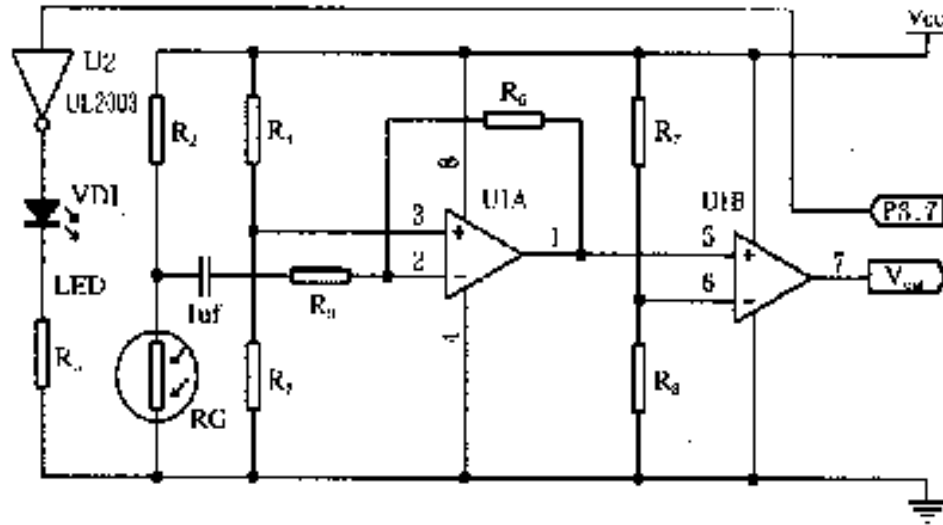


图4-12 监测传感器电路原理图



第四章 播种机械及自动化

由于监视信号对实时性要求较高，而播种测量偏重于测量精度，因此将监视信号与测量信号通过两片不同的双向模拟开关进行分离，播种监视双向模拟开关的模拟公共输出端与单片机外中断INT0相连，为电平触发方式且开放中断，可利用中断方式实现对播种状态的快速捕捉，满足了实时性要求。播种计数信号经播种测量双向模拟开关分离后，送至单片机的定时/计数器，由T0计数器完成对播种信号的计数功能，播种测量双向模拟开关的切换由单位距离信号进行控制。

第四章 播种机械及自动化

■ 三、监测传感器自检

- 为迅速发现并判明故障，系统设计了传感器开机自检电路，如图4-12。监测传感器LED发光管背景光源为受控光源，该光源发光与否受单片机P3.7口线的控制，正常工作时P3.7输出低电平，经功率驱动器件反相后使LED发光，当开机自检时由P3.7口线产生周期为20ms占空比为50%的方波信号，此方波信号的高电平部分将使发光管熄灭，即LED将闪烁发光一次，当LED闪烁的同时由单片机控制播种监视双向模拟开关与某通道的传感器接通，由单片机判断INT0端的状态，如INT0端也能产生一个负向跳变的方波信号则说明传感器正常，否则说明该路传感器故障。



第四章 播种机械及自动化

■ 四、多种播种作物的监视

- 监测装置应具有对多种作物的播种监测功能，播种不同的作物主要区别有二点：一是播种苗带数量的不同，二是投种密度的不同。系统通过播种作物选择开关(大豆、玉米、面瓜、甜菜)，选择监测不同的播种作物，即选择监视单苗带还是双苗带，及选择监视报警时间。由软件通过监视奇、偶苗带及选用不同的监视报警时间因子来实现。



第四章 播种机械及自动化

4.5.3 系统软件设计

设计系统软件采用模块化结构设计，由系统初始化模块、播种监视信号采集模块、播种计数测量采集模块、传感器自检模块、播种参数计算模块、报警显示模块等构成。

一、主程序

主程序完成系统上电自检、监视传感器自检、系统初始化、使播种监视传感器及播种测量传感器逐路顺序导通及播种参数计算功能。系统软件其它功能均在中断服务程序中完成。

第四章 播种机械及自动化

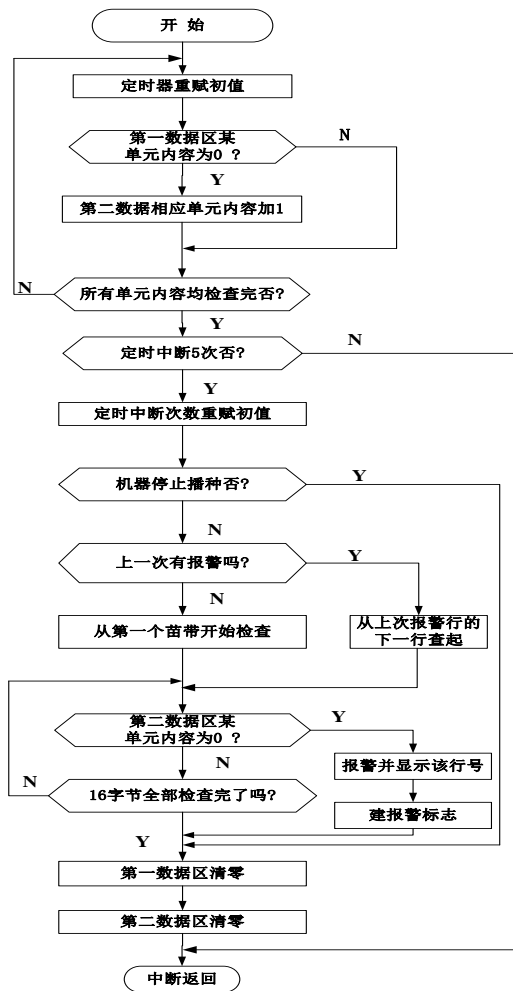


图4-13 100ms定时中断程序



第四章 播种机械及自动化

■ 二、播种监视信号处理

- 播种监视信号的采集处理主要由INT0中断程序和100ms定时中断服务程序组成。INT0中断程序在单片机片内RAM单元开辟一个16字节的数据区(数据区的大小与精播机播行苗带数量相等), 该数据区称之为第一数据区, 其地址和监视传感器即双向模拟开关的通道号一一对应。



第四章 播种机械及自动化

- 当单片机响应T0中断时首先通过查询得到监视传感器通道号，并通过运算得到相应RAM区的地址，并使该地址单元RAM内容加1计数，因此播种正常的传感器对应的RAM单元中就会有一个非零的数值，而播种故障的传感器RAM其内容始终为零。

第四章 播种机械及自动化

- 在100ms中断程序当中，也同样在片内RAM中开辟一16字节的数据区，称第二数据区，其地址号与第一数据区地址单元一一对应，当单片机响应中断时，首先将查询第一数据区单元地址内容，当该地址单元内容为零时则使第二数据区相应地址单元内容加1。当0.5s报警时间到时，如第二数据区某单元内容为05H，即0.5s时间内无播种信号时，则可断定该苗带播种故障，即显示该行号并声音报警，100ms定时中断程序流程图如图4—13所示。



第四章 播种机械及自动化

- 目前国营农场应用的大型精密播种机具有宽幅、高速、全液压控制的特点，播种机不但作业速度快而且机具起落迅速，播种机监视人员常有受伤的事故发生。另外春季播种时气候干燥、多风、灰尘很大，精密播种机的种子流动过程又在封闭的环境下进行，仅凭人的眼睛无法完成监视任务，安装精密播种智能监测装置后可改善工人的劳动强度，避免人身伤害事故的发生。

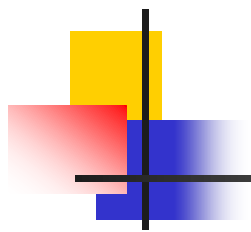


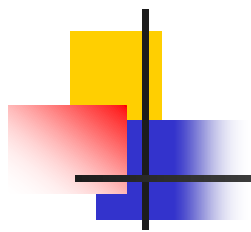
第四章 播种机械及自动化

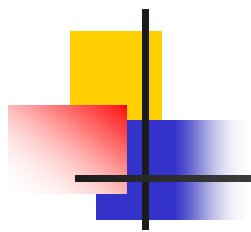
- 精密播装置充分发挥了微机化智能仪器的特点，不仅实现了漏播监视及播种参数的测量功能，具有完善的CPU自检，播种传感器自检功能，还具有多种播种作物监测功能及非播种状态自动停机功能。



第四章 播种机械及自动化









第五章 园艺机械自动化技术

- **5.1** 作物的环境条件
- **5.2** 蔬菜生产机械化技术
- **5.3** 果品生产机械化技术
- **5.4** 园艺机械化新技术简介



第五章 园艺机械自动化技术

现有的园艺机械门类繁多，以下将对作物的环境条件、蔬菜和果品的机械化技术作一介绍。

■ 5.1 作物的环境条件

在水肥基本满足的条件下，农田作物层的环境条件和合理的群体结构就成了优质高产的关键。作物环境条件的描述是农业机械化及自动化技术实施中重要的信息来源、控制指标和执行依据。环境条件包括大气、土壤、光照、能量、微气象和作物本身的有关参数等。



第五章 园艺机械自动化技术

■ 一、作物群体结构形状

- 连成一片的农田作物称为作物群体。作物层内的光照、叶温、湿度、风和二氧化碳等要素的分布，都与作物群体结构紧密相连。合理的群体结构是提高光能利用率、获得优质高产的重要条件。
- （一）**群体数量性状** 包括群体高度、密度、干重、鲜重、叶面积、叶面积密度等。它们与生长状态、预测产量等有关。
- （二）**群体几何性状** 包括叶倾角、叶方位角、秆径、果径等。它们与作物的生长状态、需水信息、光合作用等相关。
- （三）**群体空间散布性状** 指群体各器官在空间的分布状态。叶片在空间的均匀状态关系到光能利用率。常见的空间散布性状有丛型散布（如条播小麦）、规则型散布（如西瓜等蔓生植物叶片）和随机型散布（如苜蓿和三叶草）等三类。



第五章 园艺机械自动化技术

■ 二、作物层温度

及时了解植物体温与气象因子和土壤水分的关系是十分重要的。在保护地栽培中，大棚内作物生长发育与叶温、茎温、生长点温度及根温有关；果实生长与果实温度有关；作物体温与太阳辐射、风速、空气湿度、气温、土壤水分及气孔阻抗亦有关系。

红外测温仪问世前，人们通常使用极细的金属丝做成热电偶或小珠状热敏电阻，用来测量植物体温，称之为接触式测量。这种测量系统误差可高达**2~4** ℃。用红外测温仪可以迅速、准确的测量植物不同器官——叶、茎、穗、花及果实等的温度。也可测量农田内作物群体的穗温、叶温及不同高度的茎温等。



第五章 园艺机械自动化技术

■ 三、作物层光分布

作物在光合作用过程中只能利用太阳辐射中的可见光，称为光合有效辐射。它的测量需要有比较精密的光谱辐射仪。光合有效辐射（**PAR**）按国际上的定义是指可见光范围内的太阳能。一般认为**PAR**为**400~700nm**波长的太阳辐射。光合有效辐射通量密度可采用两种单位表示：能量单位（ **W/m_2** ）；光量子通量密度，表征单位时间内在单位面积上入射光的光量子数，单位是（ **mol/m^2** ）。



第五章 园艺机械自动化技术

■ 四、农田活动层能量收支

农田能量收支状况在确定农田微气象学特征、农田水分消耗、土壤湿度状况、农田光能利用和干物质生产等方面都具有重要意义。农田土壤热通量、农田辐射平衡和热量平衡及各分量之间的比例关系都是表达农田能量收支的参数。

土壤热通量一般采用“规范法”，用地温资料计算。近年来，世界许多国家用热流板（如澳大利亚生产的**CN—3**型热流板）直接测定土壤热通量。

农田辐射平衡各分量是：太阳辐射、反射辐射、长波有效辐射和净余辐射。农田活动层净余辐射是作物层和土壤耕层进行物理和生化过程的全部有效能，它的变化直接影响着农作物的生长发育和干物质积累。



第五章 园艺机械自动化技术

农田活动层获得的净余辐射能，只有很少部分被叶片吸收后转化为可贮存的光合能，其余部分则消耗农田蒸散、湍流热交换和加热土壤。测定农田蒸发可采用波文比—能量平衡法、空气动力学技术的多层梯度法、涡度相关法、零通量面法、红外遥感模式法、植物生理测定技术和器测法等。

■ 五、作物层二氧化碳的浓度及通量

二氧化碳与作物生产力有着密切的关系。在田间正常的条件下，光照和状态决定作物生长的最大速度，而发育速度则取决于温度。



第五章 园艺机械自动化技术

晴稳天气下作物生长盛期农田 CO_2 有可能亏缺，保护地和大棚中亦会发生此现象。“春秀风摇”的农谚正形象地说明了微风对动力输送 CO_2 ，以显现作物蓬勃生长的景象。 CO_2 的浓度及通量可用红外分析仪测量。

5.2 蔬菜生产机械化技术

蔬菜品种繁多，种植制度复杂，管理工艺精细，生产的季节性强。不同种类的蔬菜和不同的栽培方式对机械化作业的要求也不相同。发达国家蔬菜生产机械化水平较高，除某些需要多次收获及鲜售果菜类的收获作业外，其他作业都已实现了机械化。



第五章 园艺机械自动化技术

我国近**20**年来，蔬菜机械化的发展取得了很大成绩，许多新的蔬菜生产机械及设施正在推广应用。目前蔬菜生产机械化的发展，一方面是着重解决种植和收获机械，从而实现大面积田间生产的高度机械化，另一方面是应用和发展设施和无土栽培技术，实现蔬菜生产的工厂化。

■ 一、田间作业机械化技术

露地蔬菜生产对机械的要求，在土壤耕作、病虫害防治、施肥、灌溉等作业方面，与大田作物生产对机械的要求基本相同。在种植方面，蔬菜栽培有直接播种和育苗—移栽两种方式。由于蔬菜种子小，形状复杂，重量轻，并有浅播要求，所以人们研制了各种类型专用的蔬菜播种机以及相应的育苗机械和栽植机械。



第五章 园艺机械自动化技术

在收获方面，目前许多蔬菜的收获可使用各种专用机械，按收获部位的不同有根菜类、果菜类和叶菜类收获机械等。其中根菜类收获机械比较成熟，应用较广；其次是叶菜类收获机械；果菜类收获机械的研制较晚，尚处于发展阶段。

（一）蔬菜播种机械 蔬菜播种机械的特点是机身较小，行距较窄，单组作业多。按播种方式可分为撒播机、条播机、穴播机、起垄播种机和精密播种机等。

第五章 园艺机械自动化技术

(1) 精密播种机 蔬菜精密播种机上的排种装置多为型孔式及气力式。型孔式排种器的作业速度较低，否则充种性能变差；气力式排种器可以进行高速作业。图5—1是一种蔬菜精密播种机的播种单组，可以精播圆白菜、胡萝卜、西红柿、油菜等。

- **(2) 液体播种机** 20世纪60年代以来，国外出现了一种新的蔬菜播种方法，即播芽种，又称液体播种法，所用机具为液体播种机。将已催芽的蔬菜种子与一种作为播种介质的高黏性液体凝胶混合在一起，再将悬浮有芽种的液体凝胶播入土壤中，胶液可以保护芽种不受损伤。

第五章 园艺机械自动化技术

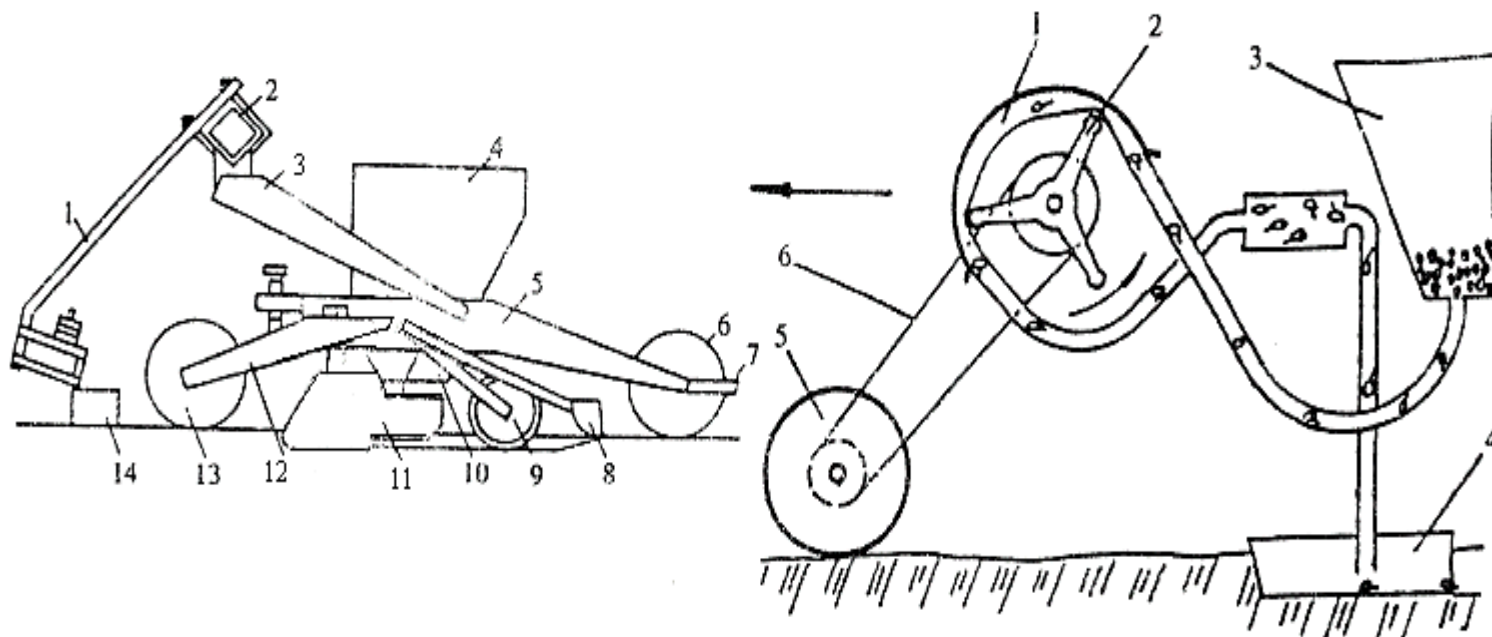


图5—1 蔬菜精密播种机播种单组

- 1.刮土器支架 2.机架 3.播种单组牵引杆
 4.种子箱 5.单组后支架 6.后镇压轮 7.后镇压
 轮刮土板 8.覆土器 9.种沟镇压轮 10.排种器
 11.开沟器 12.单组前支架 13.前镇压轮 14. 刮土器

图5—2 液体播种机

- 1软导管 2.转子 3. 种子箱
 4.开沟器 5.地轮 6.链轮



第五章 园艺机械自动化技术

这种方法可用于胡萝卜、西红柿、莴苣、芹菜、菠菜等蔬菜的播种。液体播种机的排种机构是蠕动泵，主要由软导管和转子组成（图5—2），转子转动时周期性地挤压软导管，从而不断排出含有芽种的胶液。用光电指示器和计算机控制其排种过程，可使芽种的随机输入变成等距排种。

- **（二）蔬菜收获机械** 机械化收获蔬菜的工序包括切割、采摘、挖取或拔取各种蔬菜的食用部分，并进行装运、清理、分级等作业。由于蔬菜的食用部分极易损伤，机械收获难度较大，现有的蔬菜收获机械多为一次性收获，选择性收获机械尚处于发展的初级阶段。



第五章 园艺机械自动化技术

随着现代化科技的进步，特别是光电控制技术、计算机图像处理与识别技术、机器人技术的发展，选择性蔬菜收获机械将越来越成熟并用于生产。

- **(1) 根菜类收获机械** 如胡萝卜、萝卜、马铃薯、洋葱收获机械等，收获的方法一般采用挖掘法和拔取法。挖掘式收获机械的作业工序通常是先切除地面的茎叶，然后把土中的食用根、茎挖出，再分离土块和杂草等。其工作部件包括茎叶切割器、挖掘铲和输送分离器。拔取式收获机械是先夹住茎叶，把根、茎自土壤中拔出，再分离非食用的茎叶和土块。工作部件有扶茎器、拔取器、茎叶齐平器和茎叶收集机构。

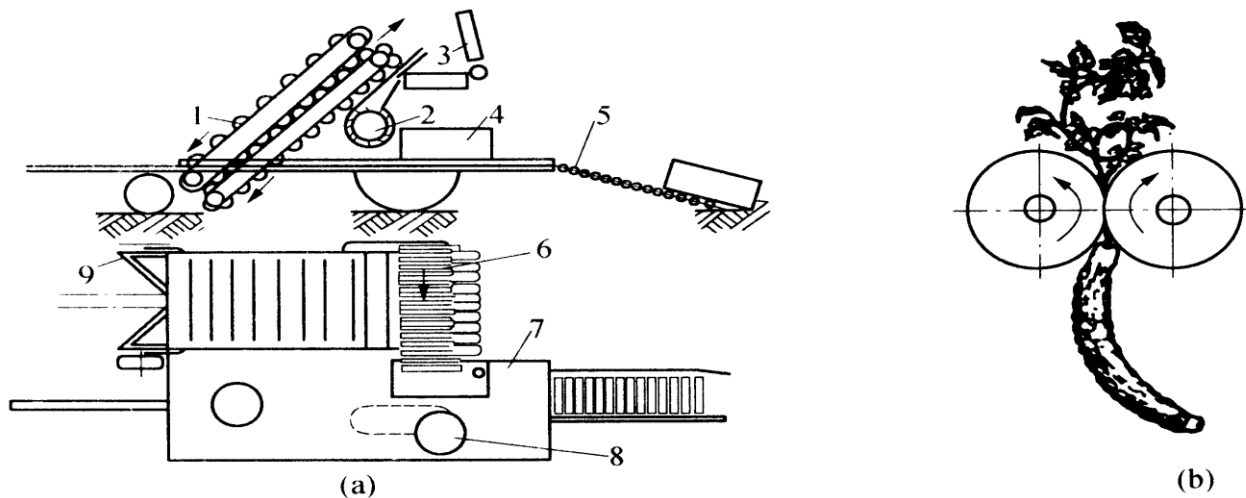


第五章 园艺机械自动化技术

- **(2) 叶菜类收获机械**：叶菜类蔬菜有结球（圆白菜、甘蓝等）和不结球（菠菜、芹菜等）两种，其收获机械也有切割式和拔取式两种。切割式收获机械可用于结球和不结球蔬菜，它是将蔬菜的茎、叶切割下来并输送至菜箱，根部留在土壤中。工艺过程包括扶茎或导向、切割、修整和装运。拔取式收获机械用于结球蔬菜，它是将结球蔬菜拔出后再切根和分离零散菜叶。
- **(3) 果菜类收获机械**：包括西红柿、黄瓜收获机械等，其作业工序有两种。一种是不切割植株，收获机械进入蔬菜行间摘果；另一种是先切割植株，送入机器内再摘果并分离茎叶。

第五章 园艺机械自动化技术

- 图5—3是一种黄瓜收获机械，主要由切割、捡拾、摘果、分离、输送等装置组成。工作原理，黄瓜植株被割刀切下，并被波纹式捡拾输送机升运输送。离开波纹输送机时，风扇吹出的气流将瓜蔓推向摘果辊轴，辊轴夹住瓜蔓后拽拉，使黄瓜紧靠辊轴被摘落。摘落后的黄瓜落至果实输送机，送往收集箱。

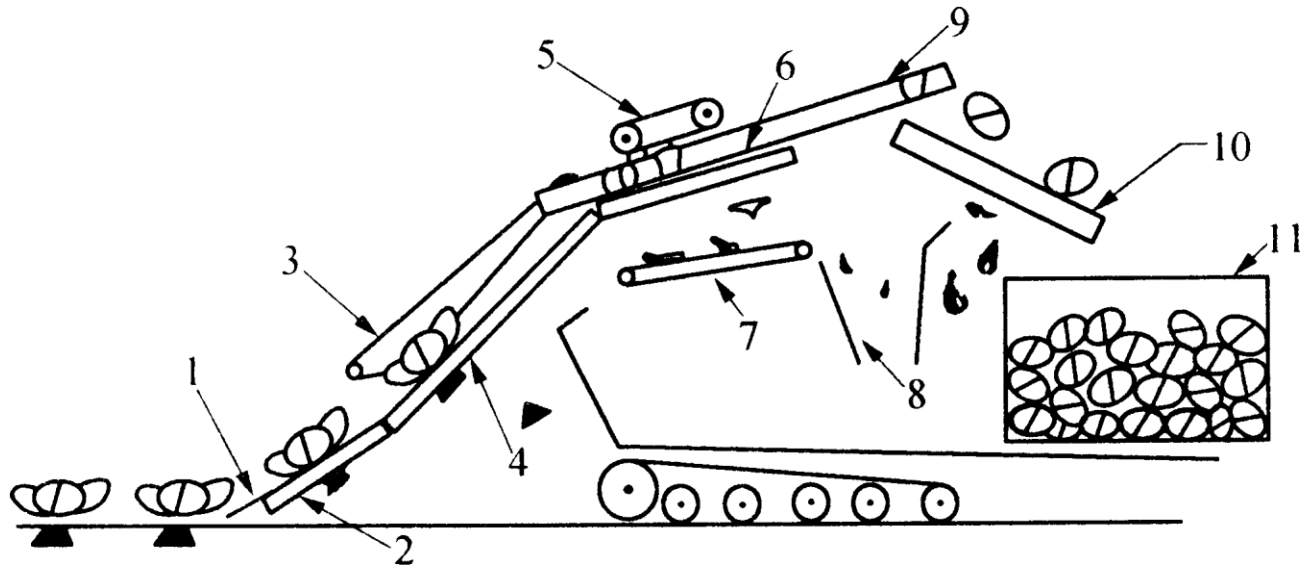


1.波纹式捡拾输送机 2.果实输送机 3.摘果辊轴 4.收集箱
5.滚道 6.果实输送机 7.装箱台 8.座位 9.割刀

第五章 园艺机械自动化技术

- 图5—4是一种甘蓝联合收获机的结构示意图，该机主要由回转式拔取装置、输送装置、顶部压紧装置、切根装置、夹持链和输送装置等组成。工作时，拔取装置进入甘蓝叶的下面把甘蓝从土中拔起，被拔起的甘蓝在输送装置的作用下向机组斜后方运动，在顶部压紧装置的扶持下，切根器将根部切断。此后输送装置继续将甘蓝向上输送，在压顶装置的配合下，根部复切装置将甘蓝的老叶切除，然后甘蓝从夹持链的顶部落入斜板，最后落进甘蓝收集箱中。

第五章 园艺机械自动化技术



5—4 甘蓝联合收获机

- 1.拔取装置 2.输送装置 3.顶部压紧装置 4.切根器 5.压顶器 6.复切器
7.杂质输送带 8.杂质出口 9.夹持链 10.斜板 11.甘蓝箱



第五章 园艺机械自动化技术

■ 二、保护地及设施栽培机械化

- 蔬菜的保护地及设施栽培有地面覆盖塑料薄膜栽培和温室栽培两种方式。利用塑料薄膜覆盖地面种植蔬菜可使耕层土壤升温，减少水分蒸发，促进生长发育，使作物提前成熟，获得较大增产效果。温室有塑料温室和玻璃温室两类，形式很多。许多国家已建成适合机械化作业的连栋大型温室，室内光、温、水、肥、气实现了计算机的自动化、智能化控制。室内的耕作、种植、植保、运输等作业实现了机械化。温室内使用的动力机要求体积小、轻巧、操纵方便、转弯半径小，一般使用小型手扶拖拉机，配带旋耕机、筑埂机、开沟机、栽植机等进行室内作业。

第五章 园艺机械自动化技术

- 电动拖拉机没有污染排放，适应温室中有害气体不易排出的条件，作业时电缆可通过绕线机构松放。温室中空气和土壤湿度较高，易产生病虫害，可使用各种小型病虫害防治机具进行防治。随着温室规模的扩大，土壤污染也日趋严重，需用土壤消毒机进行消毒。
- **（一）工厂化育苗装置** 蔬菜工厂化育苗是应用控制工程和先进的工业技术，采用具有现代化设施的温室，标准化的农业技术措施，机械化、自动化的手段，创造最佳的综合环境条件，高效率地培育蔬菜幼苗。**全套装置包括温室及其控制系统、种子加工设备、床土处理设备、育苗盘、播种装置、土壤加温设备、供水设备等。**

第五章 园艺机械自动化技术

- **种子加工设备**包括种子清选机和种子包衣机，以清除杂质并使种子丸粒化，提高播种均匀度和改善种子生长条件。
- 国外的**制钵、播种联合作业机**由土箱、输送带、播种机构等组成。土箱中的营养土一方面随输送带向前运动，一方面被上下运动的压实机构压实，分成一个个小钵块并在每一小钵块的中央压出一个播种小穴。播种机构有机械式、气吸式等，可播普通种子和丸粒化种子。播种后的钵块从输送带末端送出。供水设备主要采用喷灌，由泵、水管和微型喷头等组成，使一定压力的水以细小雾状喷出，落在苗床上。土壤加温设备由电热线和控温装置组成，电热线布置在地下，通过控温装置自动控制土壤壤温度。

第五章 园艺机械自动化技术

- **2BSP—360型育苗播种流水线**是我国研制成功的工厂化育苗成套设备中的重要组成部分，适用于多种蔬菜的裸种播种。该流水线主要由苗土充填装置、喷水装置、排种装置、覆土装置、传动系统及辅助设备等组成，可一次完成装土、喷水、播种、覆土等多道工序。作业时，皮带传动机构带动育苗盘连续匀速移动，填土装置均匀地向盘内填土，喷水装置以强力喷射方式，形成水帘喷射在育苗盘内，播种装置采用抽板型孔式排种器，播种后再进行覆土，随着育苗盘的前移，完成全部工作。流水线还配有基质处理设备，包括碎土筛土机、混土机和皮带输送机，可为育苗盘提供混合均匀、细碎、疏松的床土。



第五章 园艺机械自动化技术

（二）无土栽培技术 无土栽培是指不用天然土壤，而用营养液或其他施肥方式来种植作物的方法，它与土壤栽培的主要区别是根系环境和施肥方式可以控制。无土栽培以其所具有的节肥、节水、省力、省药、高产优质、产品洁净卫生等特点已成为蔬菜设施生产的重要形式。无土栽培有固体基质栽培和水培两种形式。基质栽培可分为槽培、袋培、岩棉培等，水培又有营养液膜栽培、深液流法栽培和浮板毛管水培等几种。

无土栽培装置由栽培床、营养液储液槽、输送管道、水泵等组成（图5—5）。



第五章 园艺机械自动化技术

蔬菜植株用砂砾、蛭石、岩棉泡沫塑料等支撑物料固定或直接固定在栽培床中。营养液由水泵从贮液槽中吸出，通过输液管道送入栽培床，使蔬菜根部与营养液接触，从而获得生长所需要的养分。多余营养液从回水管的流回储液槽（其中袋培是将营养液滴入袋中，营养液不循环）。在无土栽培基础上产生的蔬菜栽培工厂，从播种到收获的全过程均在人工控制环境的温室等设施中进行。室内设有许多链式传送带，带上间隔一定的距离设置一个栽培蔬菜的容器。传送带使容器不断上下循环移动，形成流水生产。当容器移动到底部时，可通过储液槽吸取营养液。

第五章 园艺机械自动化技术

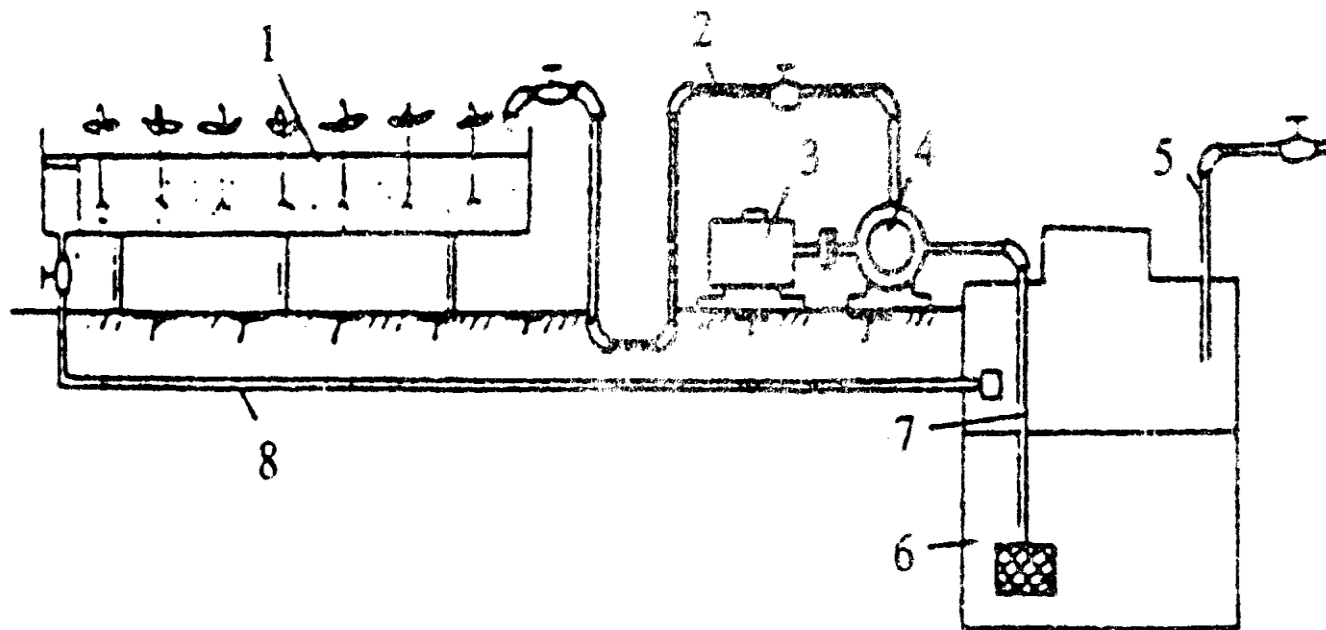


图5—5 无土栽培装置

1.栽培床 2.供液管 3.电动机 4.水泵 5.加水管 6.贮液槽 7.吸液管 8.回水管



第五章 园艺机械自动化技术

5.3 果品生产机械化技术

在果品生产中，机械化技术得到广泛应用。世界上发达国家较早地注意了果树栽培中生物技术、机械技术与管理方式的结合，以便于实现机械化，如果树的矮化密植、篱壁型整枝等。篱壁型整枝不仅可提高光能利用和便于机械化操作，还可进行跨行作业，换上相应的工作部件，即可进行喷药、施肥、修剪、采收等。目前，发达国家的果品生产从修筑梯田、开沟、耕作、挖苗、栽种、灌溉、施肥、修剪、喷药到加工都已实现了机械化，并在许多方面应用了计算机控制、管理及自动化技术。



第五章 园艺机械自动化技术

如法国和意大利，从葡萄的栽植到收获以及采后加工处理已全部实现了机械化。我国的果园生产中，耕作、喷药、运输等作业已广泛应用机械，但果品收获的机械化水平较低，这也是目前研究和发展的重点领域。

果园机械包括动力机械、建园机械、苗圃机械、管理机械及收获机械等，其中有许多与农业机械和林业机械通用。**果园动力机械**主要是各种类型的拖拉机，除农用拖拉机外，还有多种专用的果园型拖拉机。**建园机械**包括动力链锯、除灌机、拔根机、推土机、平地机、铲抛机、撩壕机、挖坑机、植树机等。



第五章 园艺机械自动化技术

苗圃机械包括铧式犁、旋耕机、圆盘耙、齿耙、作床机、播种机、挖苗机等。**果园管理机械**有中耕除草机、施肥机、喷灌和滴灌设备、病虫害防治机械、修剪机、防寒机等。**果品收获机械**包括水果采收机及果实分选机等。

一、果园管理机械

- **（一）中耕除草机械** 中耕除草是果园管理的重要内容。由于一般果树枝叶离地面较近，在树冠下机器作业比较困难，故果园中耕除草机一般采用偏置式，包括侧前置和侧后置。侧置偏移量有固定式和可变式两种，可变式采用液压传动，由驾驶人员操纵或采用自动避让机构。



第五章 园艺机械自动化技术

- 当避让传感器碰到树干时，机具便自动离开树干，向拖拉机方向靠近。越过树干，传感器分离后，机具再自动恢复原位。使果树株、行间的松土、除草都能够完成。
- **（二）灌溉自动化** 现代化果园中基本实现了灌溉自动化。果园灌溉多采用树冠喷灌，并可结合喷施化肥、农药和生长调节剂。近十几年来，果园微喷得到了发展，微喷具有工作压力低、灌溉强度低、对土壤适应能力强等优点。无论喷灌或微喷均有明显的节水、增产效果。



第五章 园艺机械自动化技术

- **（三）果园植保** 风送喷雾机是果园植保方面应用较好的机型。当携带药雾的气流吹向果树时，细小雾滴充满树体而附着于果树的枝、叶和果实表面，得到良好的覆盖，以防治病虫害。近年来，自动导向式无人操作喷雾机已有应用，它通过传感器可自动跟踪果树进行喷雾。药剂喷洒装置用计算机控制其行走速度，使各处喷量保持一致，以达到更好的防治效果，并减少药害和污染。航空植保设备在山区大面积果园的病虫害防治中发挥着重要作用。

第五章 园艺机械自动化技术

■ **防伤害器具** 防鸟网、逐鸟器、防霜冻装置等在 现代果园中也广泛应用。有一种逐鸟器，是依靠气体爆发力，发射出一种旋转发射体。用间歇性发射的声音和运动的发射体惊吓驱赶鸟类，防止对果树的危害。果园霜冻防治主要有燃烧法和送风法。燃烧法是利用燃料燃烧时产生的热气，使果园内的气温上升。燃料的种类有重油、液化气及固体燃料。其中反射烟囱式重油燃烧器（图3—5）在美国、日本等已经普及。送风法是用安装在果园上空电动风扇，强制空气流动，把离地面**10m**以上较高温度的暖空气吹向树冠，达到防霜冻的目的。一般是燃烧和送风两种办法并用。

第五章 园艺机械自动化技术

■ 二、果品收获机械

- 果品生产中，收获的机械化难度较大，其机械化水平也较低。机械化收获包括水果的采收和分选两项内容。

- **（一）水果采收机** 机械采收水果的基本原理是利用外力使树体或树枝发生振摇，使果实产生加速度，对果柄施以拉扯、弯曲、扭转等作用。当果实的惯性力大于果实与果枝的连接力时，果实就在连接最弱处与果枝分离。根据工作原理，目前水果采收机主要有振摇式、撞击式和气力式**3**种类型。

- **（1）振摇式采收机** 主要由振摇器、夹持器及接载装置等组成（图**5—7**），多适用于采收乔木生水果。

第五章 园艺机械自动化技术

- 工作时，将夹持器夹紧树干或大树枝，接载装置铺设在树冠之下。振摇器产生的振摇通过夹持器传递给果树，使果实振落，掉在接载装置上，由输送带送到运输车箱中。在输送过程中，轻杂物被输送带下的风机气流吹走，起到初步清理作用。振摇器有固定行程式和偏心作用式两种。固定行程式多采用偏心轮或曲柄连杆机构，偏心作用式是在机构上附加偏心重量，可以用较小行程获得较大惯性力，避免因行程大而损伤果树。夹持器由固定夹头和活动夹头组成，为适应枝干形状和避免树皮损伤，夹头的内表面装有柔软的弹性衬垫。接载装置的接载面上也装有一层或多层缓冲带，使果实经缓冲带减速后再落在接载面上，可防止或减少果实撞伤。

第五章 园艺机械自动化技术

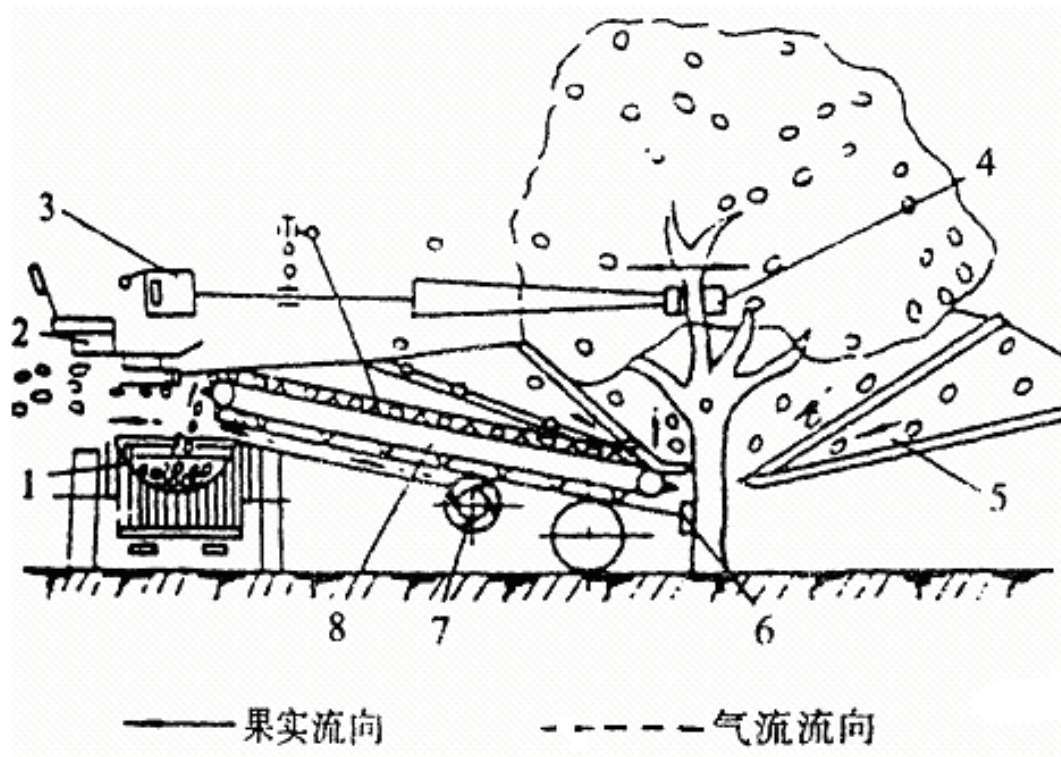


图5—7 振摇式采收机

1.运输车箱 2.座位 3.振摇器 4.夹持器 5.接载装置 6.固定支柱 7.风机 8.输送带

第五章 园艺机械自动化技术

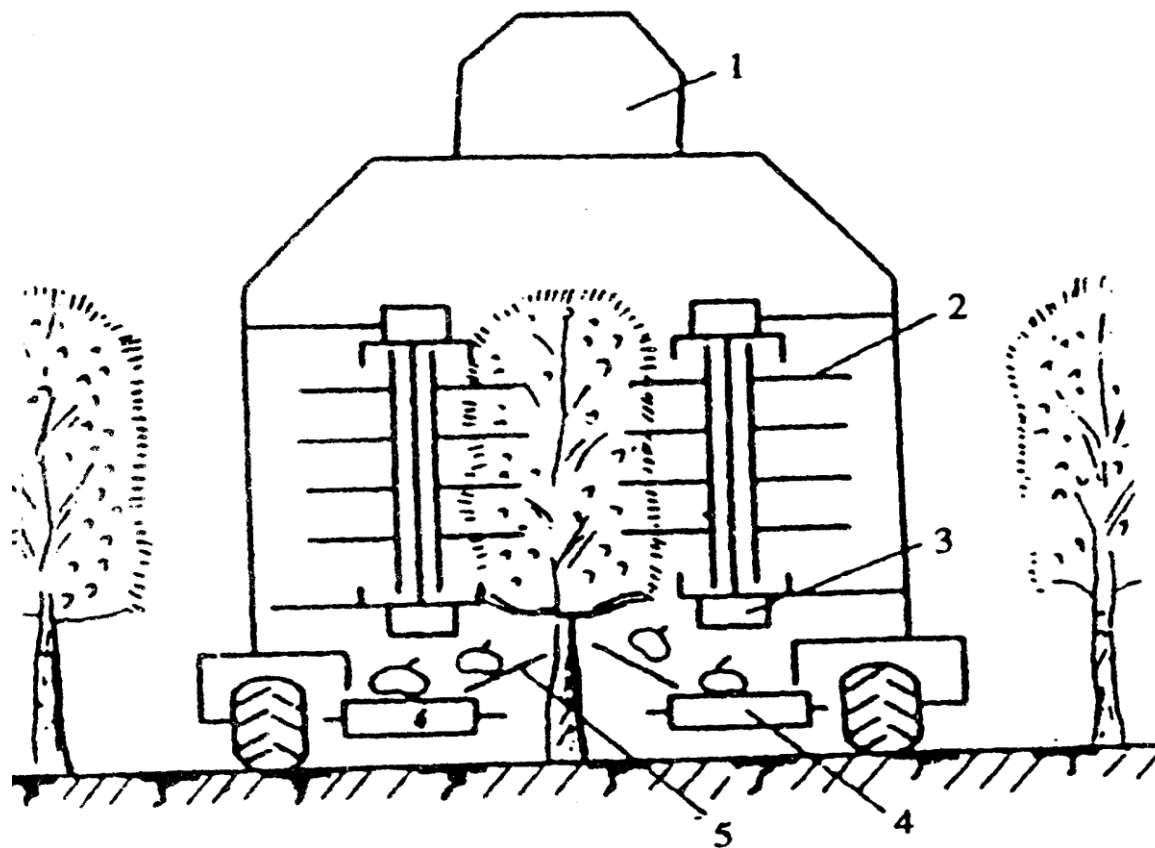


图5—8 高架门式采收机
1.操纵台 2.浆叶 3.振动器 4.输送带 5.承接导向器

第五章 园艺机械自动化技术

- **(2) 撞击式采收机** 是用撞击部件直接撞击或敲打果枝振落果实，多用于收获矮化栽培和篱壁式栽植的果树。撞击部件类型较多，有撞击棒式、桨叶式、指杆式、插杆式等。作业方式可以是撞击部件直接伸入果枝之间，通过其自身的振动撞击果枝。也可以是撞击部件随立轴转动，以水平行程拨动果枝；或撞击部件随垂直于果树行方向的水平轴或倾斜轴转动，以垂直行程拨动果枝。如梨采收机，其工作部件是橡胶撞击棒。作业时，由液压系统控制橡胶撞击棒作往复运动，敲打果树枝，使果实振落。**高架门式采收机（图5—8），工作部件是装在立轴上的桨叶。作业时，桨叶作轴向振动，同时绕立轴转动，以水平行程撞击果枝，振落果实。**

第五章 园艺机械自动化技术

- **(3) 气力式采收机** 主要用于收获葡萄，有吹气式和吸气式两类。

吹气式是利用高速脉动气流吹向果枝，使果枝产生顺气流方向的位移。当气流吹力减小或变向时，果枝反弹，使果实振摇而脱落。其主要工作部件是风机和气流控制器（图5—9）。气流控制器的作用是使风机产生的气流形成脉冲、调节脉冲频率和控制气流方向。它是具有4个排气口

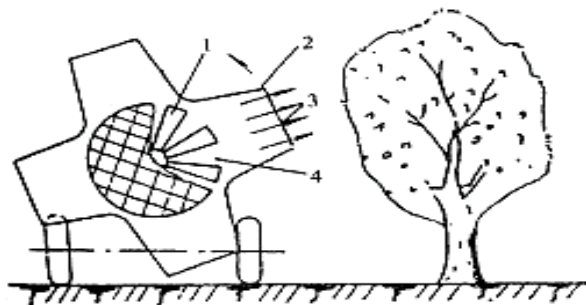


图5—9 吹气式采收机
风机 2.气流控制器 3.排气口 4.风机出风口

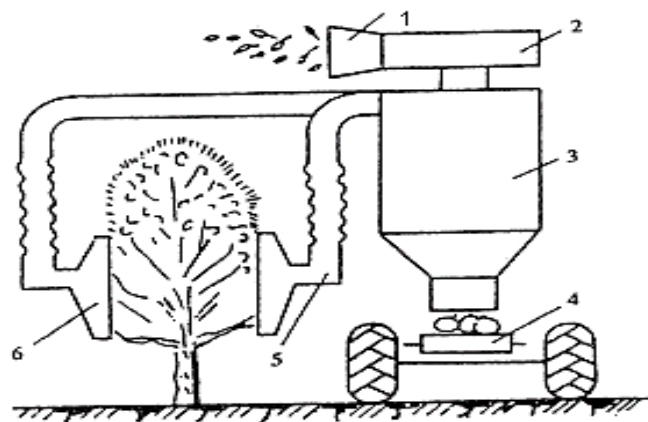


图5—10 吸气式采收机
1.小杂物排出口 2.风机 3.果实沉陷室
4.输送带 5.吸风道 6.采吸口

第五章 园艺机械自动化技术

- 的转筒，转筒内的风机出风口对准果树。转筒旋转，当排气口对准出风口时，气流通过排气口吹向果树。排气口越过出风口时，气流中断。改变转筒的转速，气流吹出与停吹的变化频率随之改变，即调整了果枝的振动频率。**吸气式采收机**是利用气流的吸力将果实吸入采果装置（图5—10），果实被吸气流吸下后经采吸门、吸风道进入沉降室，落到输送带上。树叶等轻小杂物经风机出风口排出。
- 为了提高机械采收水果的质量，人们正努力探索各种新的途径。例如，将果树修剪成**T形**或**V形**等有利于机械采收的树形；收获前向果树施药，使果实成熟期一致，以便于采收；利用机器人收获等，这些都在研究中。

第五章 园艺机械自动化技术

- **（二）水果分选机** 水果分选是对采收后的水果按规定标准进行挑选和分级，使果实的品质一致，便于包装和贮存。根据不同的分级原理，水果分选机有按尺寸分级、按重量分级和按色泽分级等多种形式。
- **（1）按尺寸分级的分选机**是使水果沿着具有不同尺寸孔隙或间隙的分级工作部件移动，从而分选出不同尺寸级别的果实。分级工作部件主要有输送带式、滚筒式和筛网式等。
 - ①由几层输送带组成，带上分布许多圆孔，每层输送带的孔径不同，由小到大。水果经过各层输送带时，不同尺寸的果实穿过输送带上的圆孔落入各级接果器中。

第五章 园艺机械自动化技术

- ②由并列的两条圆形断面的输送带组成，两带的间隙由小到大。水果随输送带移动，不同尺寸的果实移动到相应尺寸的间隙时，便落入接果器内。
- ③由辊、带结合的分级部件，如图5—11所示的柑橘分选机，输送带装在倾斜安装的带轮上转动，带的侧上方装有旋转的长锥形辊，辊、带的间隙沿V向渐增。工作时，在锥形辊和输送带两种运动的作用下，使果实边旋转边前进。当果实滚动到失去锥形辊支持时，便落入接果槽。

第五章 园艺机械自动化技术

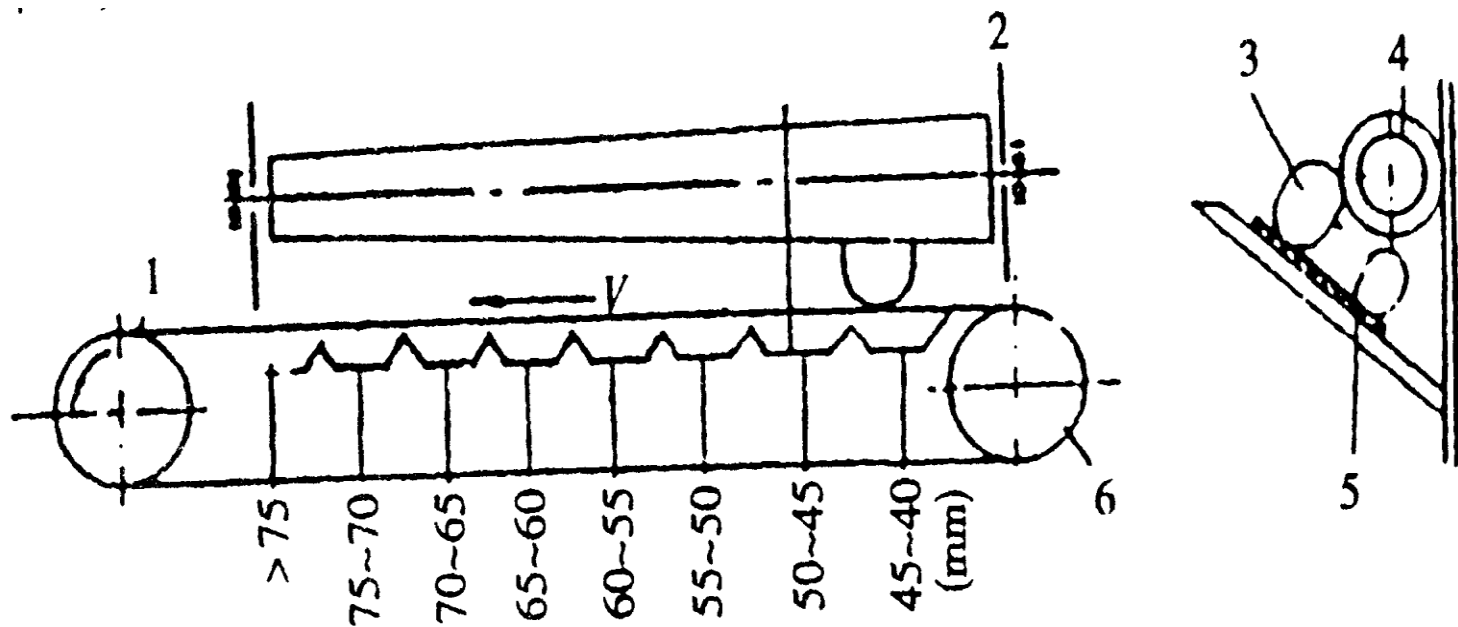


图5—11 柑橘分选机

1.主动带轮 2.接果槽 3.果实 4.锥形辊 5.帆布输送带 6.被动带轮

第五章 园艺机械自动化技术

- ④滚筒式分级工作部件有水平轴锥形滚筒和倾斜轴圆柱形滚筒两种。在滚筒上按尺寸级别顺序分布圆孔。作业时果实随圆筒转动并沿轴向前移，依孔径尺寸而分级。筛网式分级工作部件是具有数段不同网格尺寸的倾斜筛。工作时，利用倾斜筛的振动使果实沿筛面移动，最小果实先从最小网格漏出。如此，按网格尺寸将果实分为相应等级。
- (2) 按重量分级的分选机是利用杠杆平衡原理进行分级。杠杆的一端是盛果器，另一端是平衡重或其他计量装置，下部有支撑导杆。作业时，杠杆处于水平状态。当盛果器中果实重量超过平衡重时，杠杆倾斜，盛果器翻倒并抛出果实。不同重量的果实通过不同的平衡重，从而分为若干重量等级。

第五章 园艺机械自动化技术

- (3) 按色泽分级的分选机是利用反射光的不同波长进行分级。工作时，果实逐个从电子发光点前通过，其反射光被测定波长的光电管接收。果实的颜色不同，反射光的波长就不同。电子系统根据波长进行分析，并按规定的色泽标准分级。
- 为了满足水果分选的要求，人们还按照多种分选原理制成组合式分选机，并把光电测试技术、计算机与自动控制等新技术用于果品分选装置上。例如，水果成熟度分选机是用传感器同时从多个方向测定果实表面的颜色、特定光的透光率、形状和尺寸大小，并将测得数据与储存在计算机中的标准数据对比，推算出该果实的成熟度及出售价值，分选精度很高，且不伤果，便于管理。



第五章 园艺机械自动化技术

5.4 园艺机械化新技术简介

- 现代科学技术的发展，促进了园艺生产机械化水平的提高。特别是近一二十年来，随着光电测试技术、自动控制技术、计算机视觉及图像处理技术、机器人技术等高新技术的进步和应用，使园艺机械化向着自动化、智能化方向发展。不仅大大降低了园艺生产的劳动强度，提高了劳动生产率，还提高了园艺产品的产量和品质。下面介绍园艺生产中的自动化作业机械和机器人。
- **一、移苗机器人**
- 蔬菜、鲜花或苗木的规格化育苗，是设施园艺生产中的重要环节。

第五章 园艺机械自动化技术

- **移苗作业机器人** 实际上是由控制系统和动力系统操纵控制的机械手，通常还可具有视觉和触觉两种功能。它可将穴盘上小苗孔的幼苗移栽到大苗孔的苗盘上，平均**2~3**秒移栽一株。在整个移苗过程中，机械手首先将穴盘上某一穴孔的幼苗挖出，随着机械手臂按预定的轨迹运动，将幼苗移至苗盘上相应的孔位并有序地完成植苗（图5—12）。

第五章 园艺机械自动化技术

- 对于所有的植株来说，机械手挖苗和植苗的过程是相同的。当采用不同规格的穴盘或苗盘时，只要将穴盘或苗盘的所有孔位坐标值输入到控制计算机中，就可以完成不同的移苗作业。

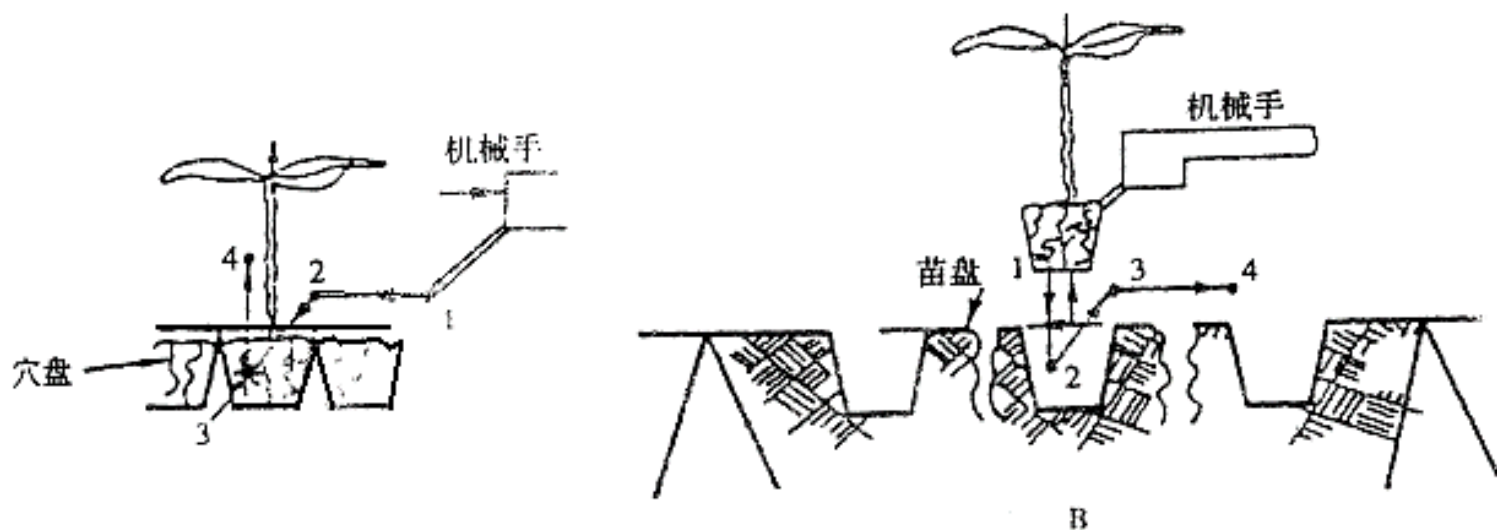


图5—12 机械手移苗作业
A.挖苗过程 B.植苗过程



第五章 园艺机械自动化技术

- 在完成移苗作业的复杂操作过程中，机械手是执行机构最关键的部件。上述的机械手为滑动伸缩式，可有效、可靠地完成移苗中的各项工序。将该机器人配备图像处理等较完善的视觉系统，可在移苗之前检测幼苗的质量，剔除差苗，移植好苗，提高机器人的工作性能等。机器人还可根据视觉图像，判断作物的主茎位置并将其切断，再由机械手将该作物切断后的茎部送到苗盘栽培、繁育。
- **二、果实收获机器人**
- 果实收获机器人的设计，必须考虑作物的栽培方式，果蔬的形态、大小，枝叶的浓密等生物技术要素。根据不同的作物和不同的要求，人们研制、设计了多种果实收获机器人。

第五章 园艺机械自动化技术

- **（一）收获西红柿** 图5—13所示是一种在西红柿行间行走进行收获的机器人简图。机器人由电瓶车上安装的机械手、摄像机及微型计算机构成。计算机控制电瓶车行走一段距离后就停下来，通过摄像机检测出果实的位置并进行采摘，然后再行走一段距离，如此进行连续收获作业。西红柿的采摘是利用其果柄处有枝叉，通过折断枝叉或用力拉扯使果实脱落。

第五章 园艺机械自动化技术

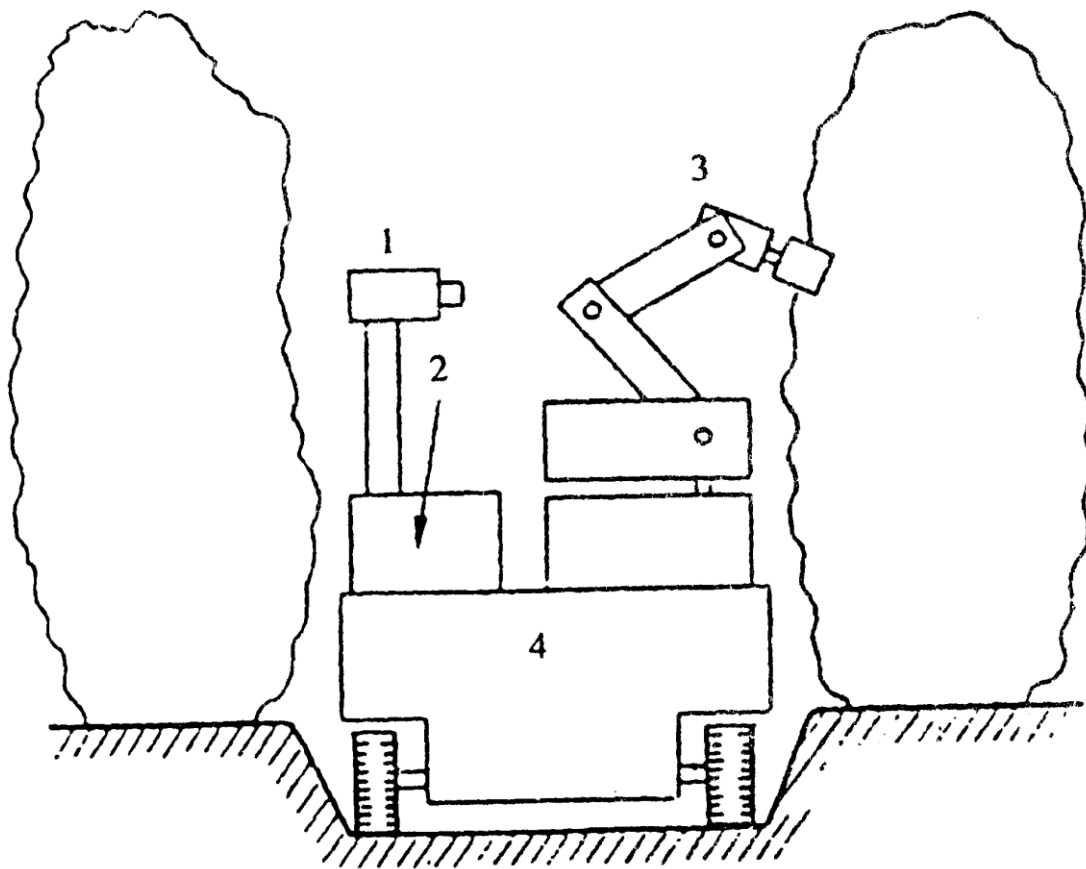


图5—13 西红柿收获机器人
1.彩色摄像机 2.计算机 3.机械手 4.电瓶车

第五章 园艺机械自动化技术

- 该机器人采用**5**自由度关节型机械手，靠左右安装的弯曲手指防止果实滑落。为避免损伤果实，在手爪内面贴有一层橡胶皮。手爪的张开和合拢，靠微型直流电机带动。通过控制电流强度，使手爪产生一定的力量抓住果实，再驱动机械手用力拉扯或折断枝叉。由于品种不同，也有不容易从果柄上摘落的果实。若增大手爪握力，又会损伤果实，为此可以采用图**5—14**所示具有橡胶手指的柔性手爪。该手爪采用气压驱动的橡胶人工肌肉执行机构，像人的手指一样，能够柔软地抓住果实进行摘离且不易脱落。

第五章 园艺机械自动化技术

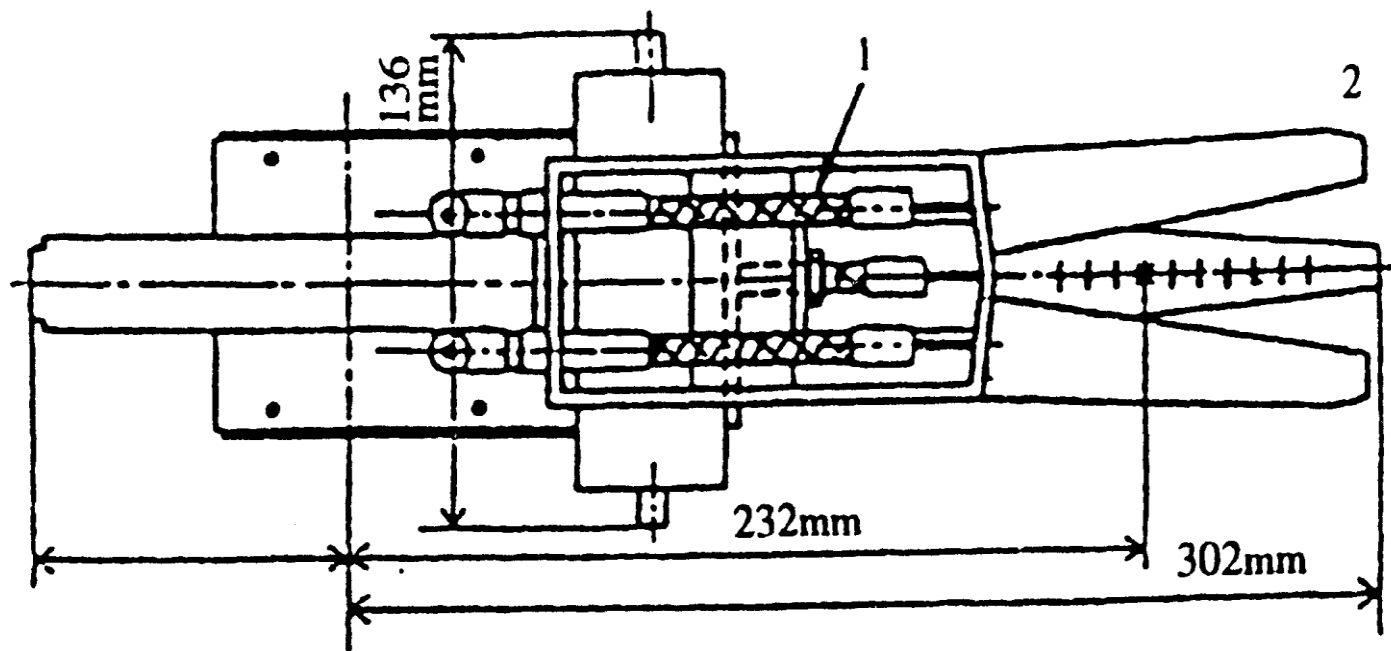


图3—14 柔性手爪
1.橡胶人工肌肉 2.橡胶手指

第五章 园艺机械自动化技术

- **（二）收获柑橘** 图5—15为一种柑橘收获机器人。把图中**1**所示的机械手安装在图中**2**所示带有吊臂的四轮移动台车上，通过移动吊臂前端安装有机械手的托盘，可以进行高处作业和大范围内的收获。为了使手爪能够接近树枝中间的果实，机械手采用极坐标型，有**3**个作业自由度，包括手腕的左右、上下旋转和手腕的直线运动。机械手的运动靠液

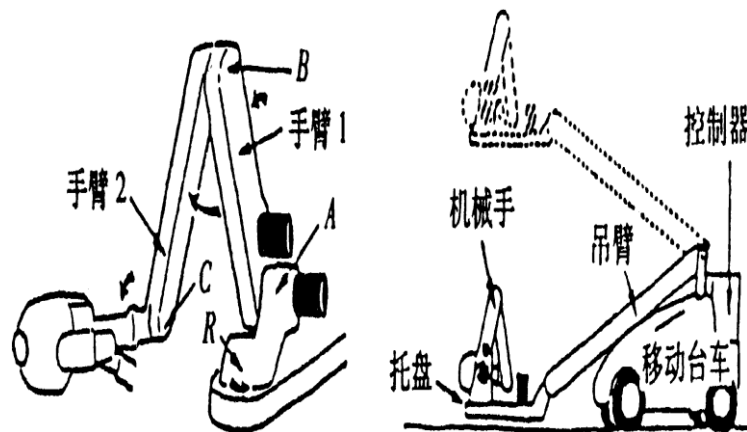


图5—15 柑橘收获机器人

第五章 园艺机械自动化技术

- 压马达驱动。图5—15中**B**关节和**C**关节按**2：1**的速度比运动。手臂**1**和手臂**2**的长度相等，所以手爪可以进行直线移动，直接接近柑桔果实。由于柑桔树枝不像西红柿那样有结果的枝杈，靠折断或拉扯的方法难以摘落下来，为此通常应用剪刀或刀片。
- **(1) 收获机器人的柔性手爪**
- 柑橘收获机器人的柔性手爪如图5—16所示，虽然它与西红柿收获机器人的柔性手爪一样都有**3**根手指头，但柑橘收获机器人的柔性手爪在手掌上部安装有剪刀，利用剪刀剪断果枝。

第五章 园艺机械自动化技术

- 手指的指尖通过细软钢丝与人工肌肉相连，当人工肌肉产生收缩力时，钢丝产生拉力使指尖能柔和地弯曲，轻而不松地抓住果实。手指头的分布为上边**2**根、下边**1**根，果枝可插入上边**2**根指头的中间。当手指抓住果实后，驱动气缸**1**将剪刀伸出，气缸**2**带动剪刀剪断果枝。
- **(2) 带吸盘的手爪** 图**5—17**所示为柑橘收获机器人采用的带吸盘的手爪。手爪中装有检测果实位置的彩色摄像机、闪光灯和微型限位开关。

第五章 园艺机械自动化技术

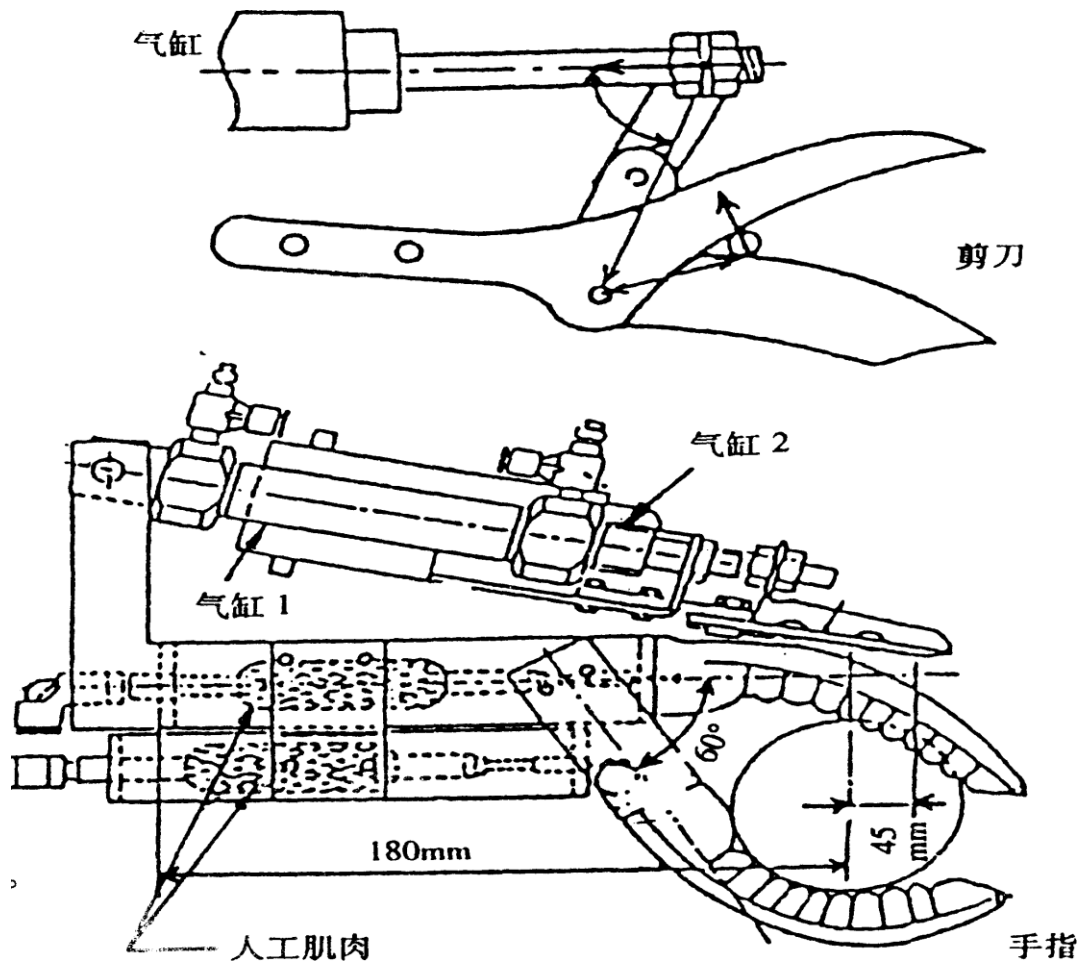


图5—16 带剪刀的柔性手爪

第五章 园艺机械自动化技术

- 其收获过程为：
 - ①用吸盘吸住柑橘果实，使其固定。
 - ②将柑橘吸人手爪的手掌内。这时柑橘的空间位置不变，而是梳子式笼套前移，剪刀部分也前移，将要摘的柑橘和不摘的柑橘分开。
 - ③剪断果蒂（短枝节）。利用理发推子形状的剪刀，通过差动机构同时带动半圆叶片，靠剪刀和叶片的组合，使果实不论朝着哪个方向都可以剪掉果蒂。
- **（三）收获机器人的视觉** 收获机器人的视觉是通过摄像机检测出果实位置的。首先，从输入图像数据计算出果实图像的几何中心，然后控制机械手向最近的果实移动。再用三角测量法



第五章 园艺机械自动化技术

- (根据从两处输入的图像, 以三角原理为基础检测对象的置), 通过机要对摄像机寻找果实的纵向方向有影响, 通常使机械手从机器人本身的位置稍微向前移动一点之后再继续进行采摘果实作业。机械手移动时各关节的移动量测定手爪到果实之间的距离, 以这个距离为基准, 使机械手接近所要摘的果实。当输入图像中果实的直径达到某个值以上时, 就可以摘下果实。与西红柿收获相比, 柑橘的收获距离相对要远一些。为提高远处果实位置的检测精度, 可增加输入图像的分辨率。

第五章 园艺机械自动化技术

- 在室外收获时，由于风的影响，果实产生摆动，甚至在摄像机移动寻找果实目标时，果实的位置就变化了，因此难以检测果实的实际位置，使位置检测的精度降低。这种误差主，要对摄像机寻找果实的纵向方向有影响，通常使机械手从机器人本身的位置稍微向前移动一点之后再继续进行采摘果实作业。。

第五章 园艺机械自动化技术

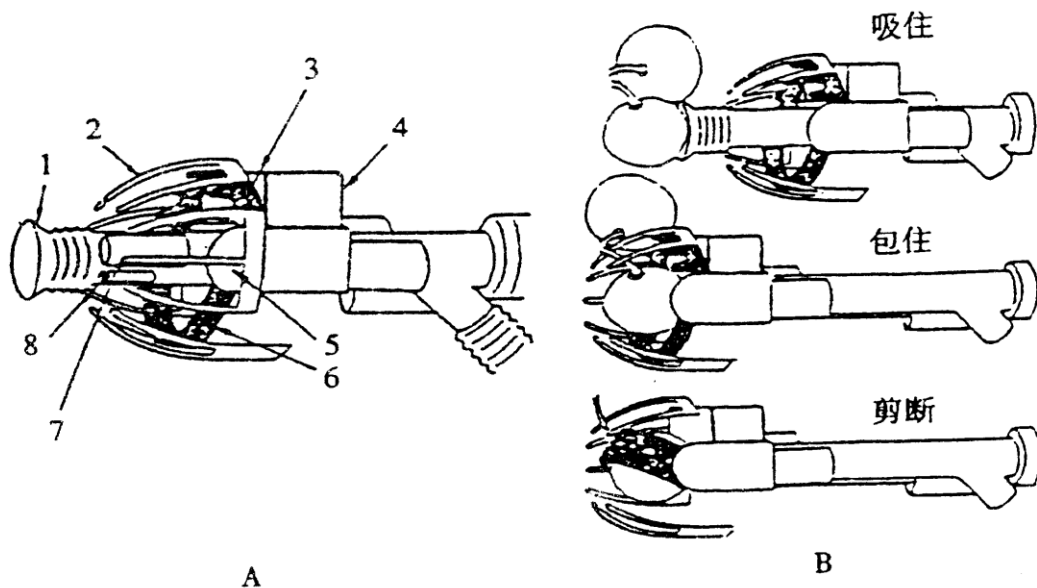


图5—17 带吸盘的手爪

A.结构示意图 B.动作顺序

- 1.吸盘 2.梳子式笼套 3.理发推式刀片 4.闪光灯
5.差动机构 6.半圆叶片 7.彩色摄像机 8.接近开关



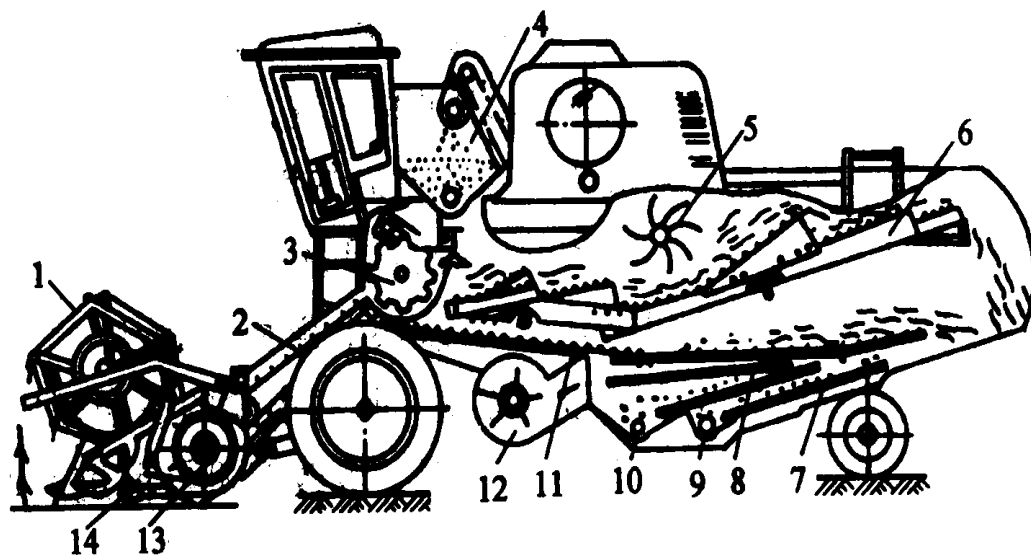
第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 6.1 谷物联合收获机简介（自学）
- 6.2 联合收获机的自动控制系统
- 6.3 联合收获机的监视系统
- 6.4 联合收获机的自动测产系统

第六章 谷物收获机械及自动化技术



第六章 谷物收获机械及自动化技术



■ 图6-13 JLI065型谷物联合收获机

- 1. 按禾轮 2. 倾斜输送器 3. 滚筒 4. 粮箱 5. 横向逐稿轮
- 6. 键式逐稿器 7. 滑板 8. 筛子 9. 杂余螺旋推运器 10. 谷物螺旋推运器 11. 抖动板 12. 风扇 13. 割台输送器 14. 切割器



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 6.2 联合收获机的自动控制系统

- 随着联合收获机生产率的不断提高，为了使机器经常保持在最佳工况下工作，单纯依靠驾驶员的经验是不够的，同时也增加了驾驶员的劳动强度。因此，联合收获机上逐步采用了自动控制和监控系统。目前，联合收获机上的自动监控系统主要有喂入量、割茬高度、机器自动调平和转向等自动控制系统。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 一、喂入量的自动控制系统

- 目前还没有一种仪器或装置可以直接测量机器的喂入量，因而只能采取间接的方法测量机器的喂入量。

- 可作为喂入量自动控制的传感信号有：**脱粒滚筒轴上的扭矩，倾斜输送机下面的谷物层厚度，发动机的输出扭矩，逐稿器上方稿草的厚度等。**



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 滚筒轴上的扭矩和倾斜输送机下面谷物厚度在一定程度上随机器喂入量的变化关系较为明显，都可以作为自动控制参数，但调控能力有差别。利用倾斜输送机下面谷物层厚度作为自动控制参数，信号滞后现象比脱粒滚筒轴上的扭矩自动控制参数小，传感器结构也较简单，因而最常应用。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

(一) 机械液压式喂入量自动控制系统

图6—2为机械液压式喂入量自动控制系统组成。

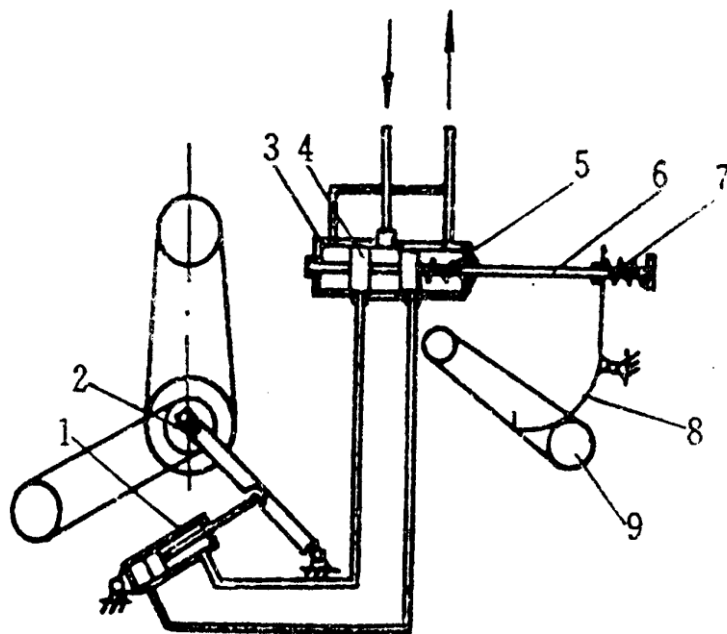


图6—2 机械液压式喂入量自动控制系统

- 1.液压油缸 2.行走无级变速器 3分配器 4.滑阀 5、7.弹
簧 6.拉杆 8.传感器压板器 9.倾斜输送机

第六章 谷物收获机械及自动化技术

(一) 机械液压式喂入量自动控制系统

喂入量增加时，抬起传感器压板**8**，并压缩弹簧**7**，使拉杆**6**向右移动，拉动滑阀**4**也向右滑动，打开液压油缸**1**下腔的油路，使活塞上移，行走无级变速器向上摆动，降低联合收获机的行走速度。反之，当喂入量低于额定值时，传感器压板下降，当低于正常位置时，弹簧**5**使滑阀左移，打开液压油缸上腔的油路，活塞下移，行走无级变速器向下摆动，提高联合收获机的行走速度，直到喂入量恢复到额定值为止。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

(二) 电液式喂入量自动控制系统

图6—3为电液式喂入量自动控制系统。当机器喂入量高于额定值时，传感器压杆下端的滑掌上升，活动触头**2**和减速固定触头**3**搭接，接通电路使滑阀**11**向右移动，打开液压油缸**9**下腔的油路，使行走无级变速器中间变速开液压油缸**9**下腔的油路，使行走无级变速中间变速轮上摆，联合收获机降速，直至喂入量恢复到额定值，触头脱离，电路断开，在回位弹簧作用下滑阀返回中立位置。

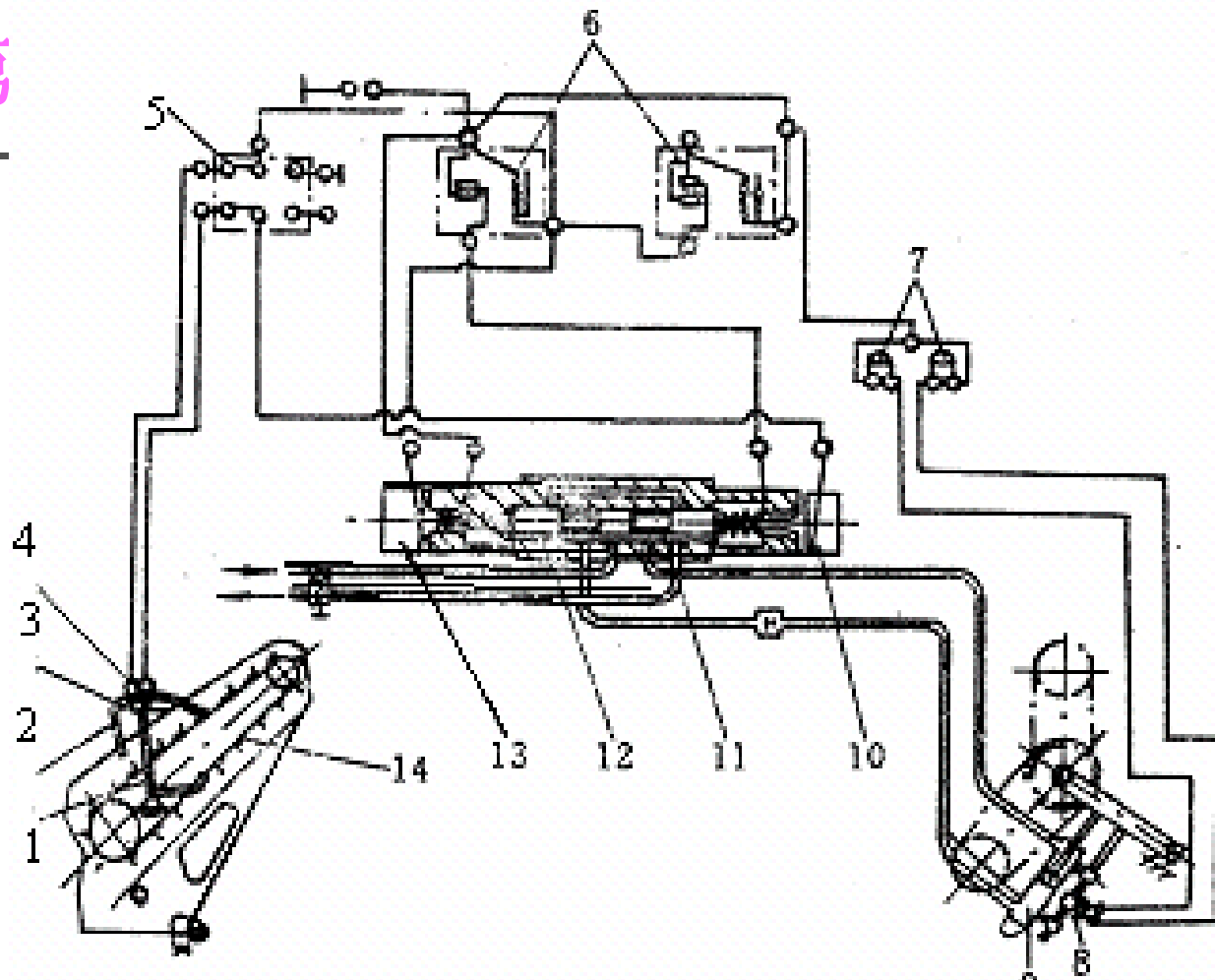


图6—3 电磁液压式喂入量自动控制系统

1.传感器压杆 2.活动触头 3.减速固定触头 4.增速固定触头 5.转换开关 6.继电器 7.信号灯 8.减速极限触头 9.液压油缸 10.右线圈 11.滑阀 12.分配阀 13.左线圈 14.倾斜输送机

第六章 谷物收获机械及自动化技术

(三) 扭矩自动控制系统

图6—4为喂入量扭矩自动控制系统。张紧轮传感器压在脱粒滚筒传动胶带上，喂入量大于额定值时，滚筒轴扭矩增大，使滚筒传动胶带张紧度增加，张紧轮传感向下移动，带动滑阀7也下移，打开液压油缸9下腔的油路，使行走无级变速器向上摆动，联合收获机降速，喂入量恢复到额定值时动作停止，张紧轮传感器恢复到原来位置，滑阀回到中立位置。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

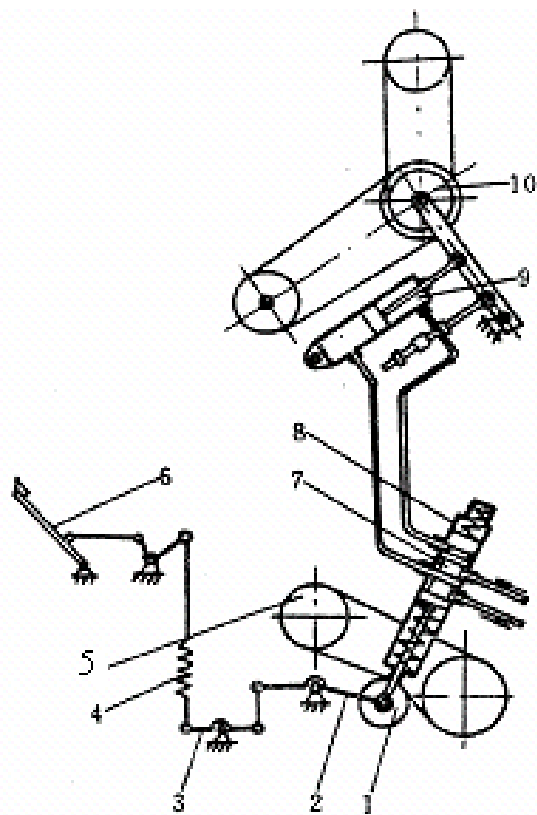


图6—4 喂入量扭矩自动控制系统

- 1.张紧轮传感器 2、3.杠杆 4.调节弹簧 5.滚筒带轮 6.喂入量额定值调节杆 7.滑阀 8.分配器 9.液压油缸 10.行走无级变速器



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 根据作物的种类、杂草含量、草谷比等情况，利用喂入量额定值调节杆**6**和调节弹簧**4**调节受控喂入量数值，保持张紧轮在某一需要的张紧力位置上。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 二、割台高度的自动控制

- 由驾驶员操纵收割台升降保持割茬高度均匀一致时，因地形变化不容易发现，难以进行掌握。随着联合收获机的行驶速度和割幅不断加大，自动控制割茬高度就显得更为重要。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

（一）*E-516*上的割茬高度自动控制系统

- 图6—5为*E-516*型联合收获机的割茬高度自动控制系统。收割台遇到凸起地面时，沿收割台横向均布的仿形滑板**16**向上抬起，通过钢丝绳拉动杠杆**13**向下移动，接通信号开关**11**，由放大器放大信号，使电磁阀发生动作，接通收割台升降油缸**18**的油路，收割台升起使割茬提高。收割台越过凸起地面后，弹簧**17**使仿形滑板降落，钢丝绳放松，断开信号开关，在收割台重力作用下收割台升降油缸泄油，收割台恢复到原工作位置。

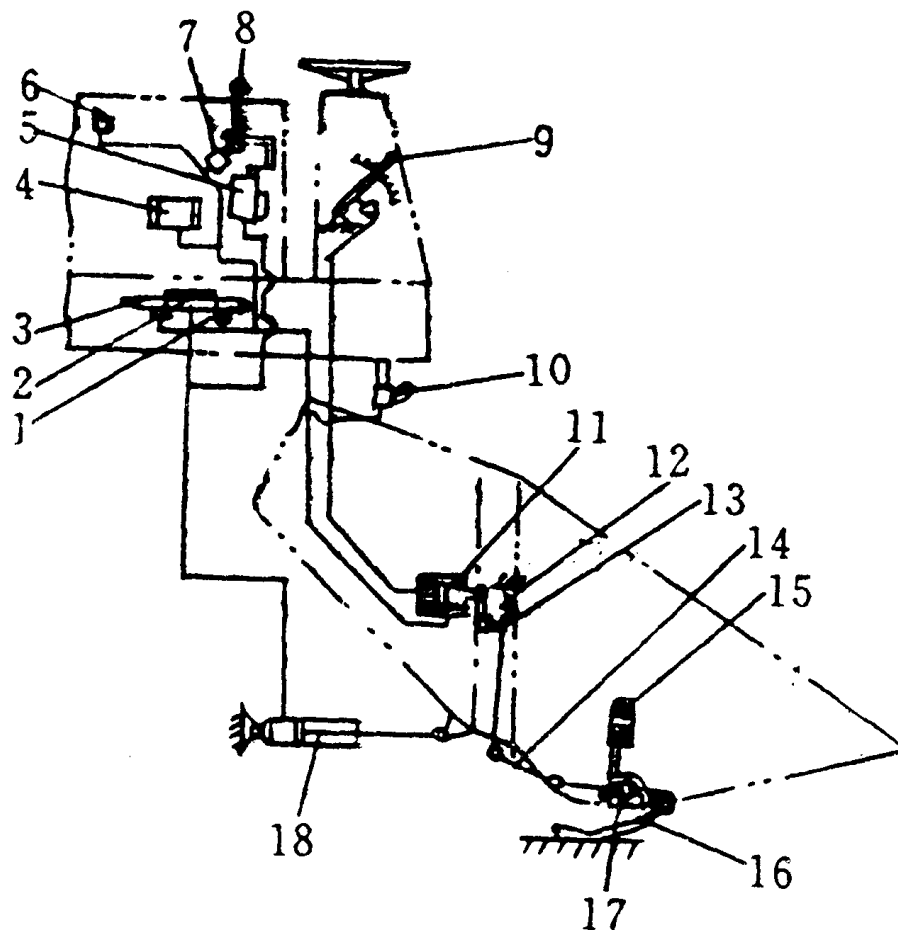


图6—5 割茬高度自动控制系统

1.磁铁 2.电磁控制阀 4.放大器 5.手动控制阀 高度自动控制系统 6.转换开关 7.调节转换器 8.手杆 9.调节杆 10.提升高度限位器 11.信号开关 12、17.弹簧 13.杠杆轴 14.钢丝绳 15.吊板 16.仿形滑板 17.收割台升降油缸

第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ (二) 挠性收割台上的割茬高度自动控制系统

- 图6—6为***JD-7700***联合收获机装在挠性收割台上的割茬高度自动控制系统。横轴**15**在收割台底板下方，横轴的一端与支板**18**焊接，另一端有一短臂**13**，通过拉簧**12**与机架联接。横轴**15**上焊有均布的传感板**14**。

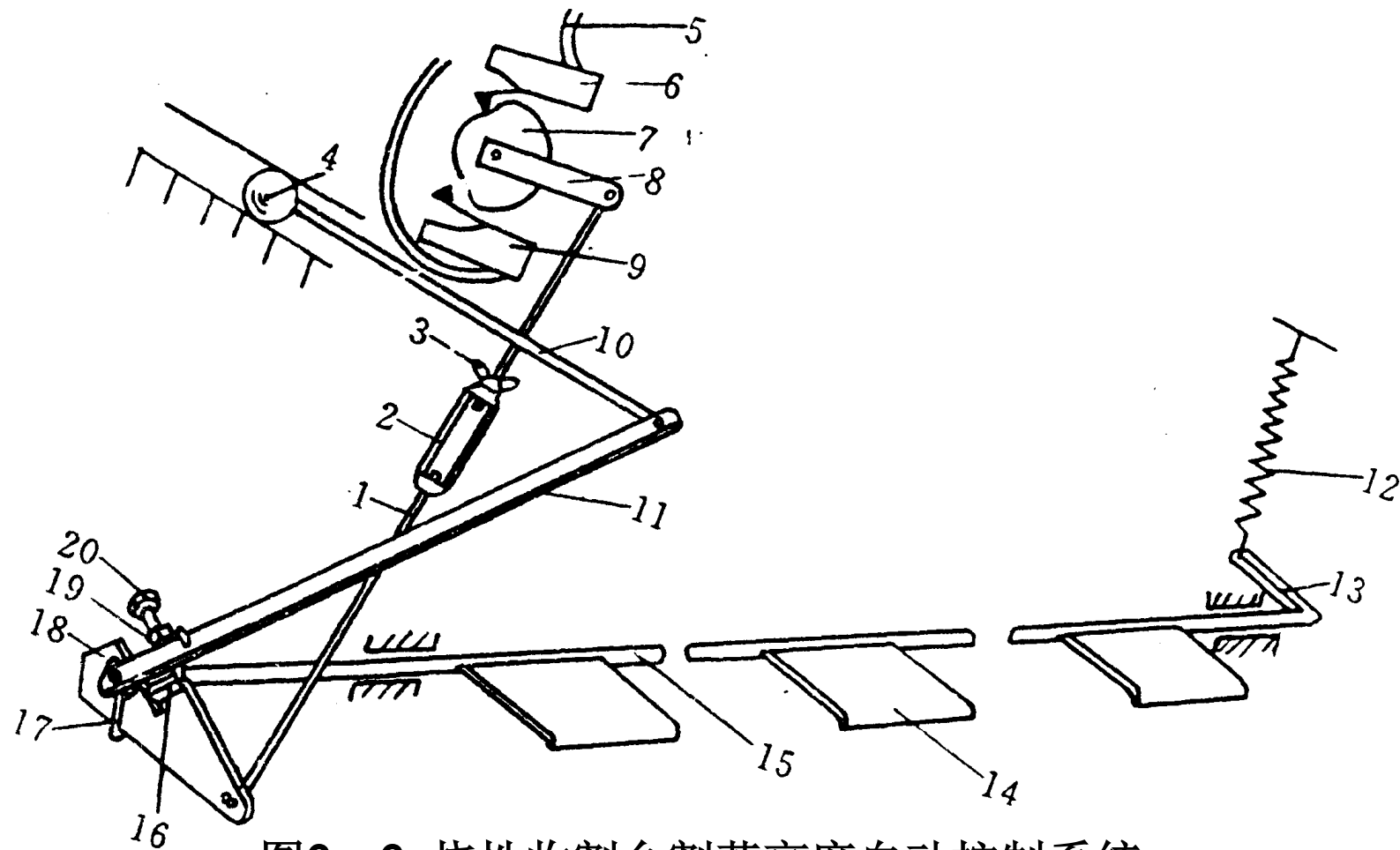


图6—6 挠性收割台割茬高度自动控制系统

- 1.拉杆 2.调节螺套 3.翼形螺母 4.指示球 5.电线 6.上升开关 7.凸轮 8.摇杆 9.下降开关 10.杆 11.支杆 12.拉簧 13.短臂 14.传感板 15.传感横轴 16.止动片 17.扭簧 18.支板 19.螺母 20.螺栓

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 传感板在拉簧**12**作用下紧压在挠性收割台仿形滑板浮板四杆机构的前吊杆上，支板**18**前端通过球铰与拉杆**1**相连，拉杆的上端与摇杆**8**相连，摇杆的另一端固定控制凸轮**7**，凸轮的上方为上升开关，下方为下降开关。当传感板随地面起伏而上、下摆动时，通过支板**18**、拉杆**1**、摇杆**8**和凸轮**7**可分别接通上升开关或下降开关，使电磁阀动作，并使收割台液压油缸进油或回油，收割台自动升降，控制割茬高度。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 为了使驾驶员能直接观察到割刀的浮动范围，在收割台右侧壁上方装有浮动范围指示器。横轴**15**上空套着支杆**11**，支杆上端通过杆**10**和指示球**4**相联，支杆下端焊有螺母**19**。在扭簧**17**的作用下，调节螺栓**20**始终顶在支板**18**的止动片**16**上。当支板随横轴摆动时，支板也随着摆动，通过支杆**11**和杆**10**使指示球前后移动，驾驶员通过指示球所处的位置和数字可以了解割刀的浮动范围。通过调节螺栓**20**可以调定指示球的初始位置。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- (三) **4LS—150型梳脱式联合收获机梳脱台高度的自动控制系统**
- **4LS—150型梳脱式自走式半喂入联合收获机产品。**

该产品采用了先进的梳脱工艺（如图6—7所示），因此茎秆不进入脱粒装置中，大大减少了复脱、分离、清选的处理量。梳脱式联合收获机就其摘穗的梳脱原理来讲，一方面它本身要求机器要具有较高的前进速度，以便降低损失率，另一方面，它要求梳脱台能随作物的高度可以调整，以降低漏摘损失。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

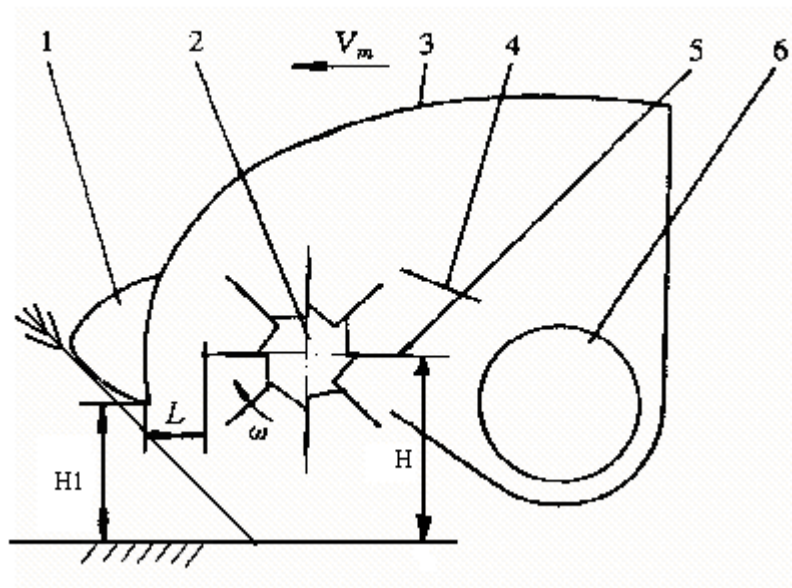


图6-7 梳脱收获原理示意图

- 1.压禾鼻 2.梳穗滚筒 3.护罩 4.挡板 5.梳穗板齿
6.输送搅龙



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 这是因为梳脱台离地过高会漏梳穗头，使损失率增大；梳脱台离地过低，易使整机作业负荷增大，增加作物收获时的含杂率，严重时会发生堵塞。目前，梳脱式联合收获机梳脱台的离地高度由操作人员通过手动进行调整。造成操作困难，很难满足工作要求，因此使梳脱台高度能及时随作物高度自动调整，具有重要的现实意义。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 1) 梳脱台高度与作物高度之间的相互关系
- 根据田间试验结果，理想的梳脱台离地高度为梳脱滚筒中心与作物的穗幅差中心基本保持在同一离地高度。它们之间的最佳相对位置为田间作物穗幅差的**50%**。对控制系统的要求就是使梳脱台根据作物的高低能达到该位置，位置控制精度应在**±25mm**范围内。
- (2) 自动控制系统的硬件设计
- 自动控制系统硬件结构框图如图**6—8**所示。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

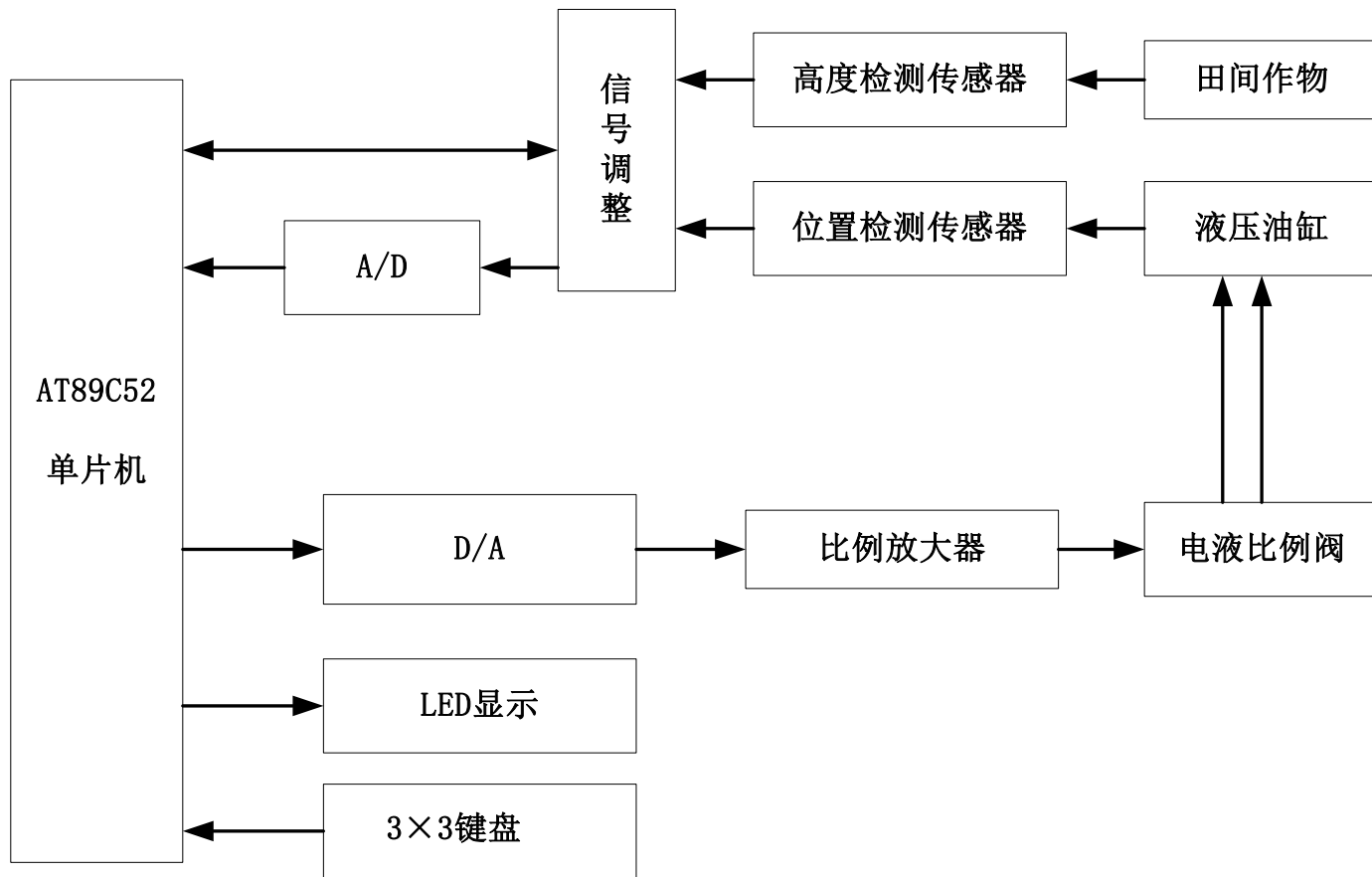


图6—8 梳脱台高度自动控制系统硬件结构框图



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 该控制系统是对作物的当前高度和提升液压缸的当前位置进行测量，按照**PID**控制算法对测量值进行处理，产生相应的控制信号，驱动电液比例阀动作，从而使梳脱台跟踪作物的高低而升降。控制系统中主控单元采用**8**位**AT89C52**单片机，外围电路包括输入输出信号处理电路、**3×3**键盘和**LED**显示器等。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

-
- 由于联合收获机是在作业过程中对梳脱台离地高度进行调整，且联合收获机工作在振动、多尘和不断碰撞的环境中，因此要求作物高度传感器应具有适应这种环境的能力。如第二章所述，超声波测距法是一种非接触式的检测方式，与电磁或光学的方法相比它不受光线、被测对象颜色等影响。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 因此，根据控制系统的要求，采用超声测距的方法来检测作物的高度。在被测作物上方安装超声测距探头，其支架固定在梳脱台的罩壳上。探头离地距离为**S**。根据超声波传感器的工作原理，由单片机控制探头电路，测出探头与作物之间的距离**D**，则作物高度 **$h = S - D$** 。当作物高度测量出后，根据试验所得梳脱台最佳作业高度，通过单片机控制液压提升机构来完成梳脱台的高度控制。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- **4LS—150**型梳脱式联合收获机的液压提升机构如图**6—9**所示。当联合收获机不工作时，来自油泵的液压油经多路换向阀流回油箱；当需要梳脱台提升或下降时，操作人员将操纵手柄后拉或前推，压力油经多路换向阀进入副油缸，使梳脱台提升或下降；当梳脱台提升或下降到合适位置时，将操作手柄放于中间位置，使梳脱台保持在合适高度上。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

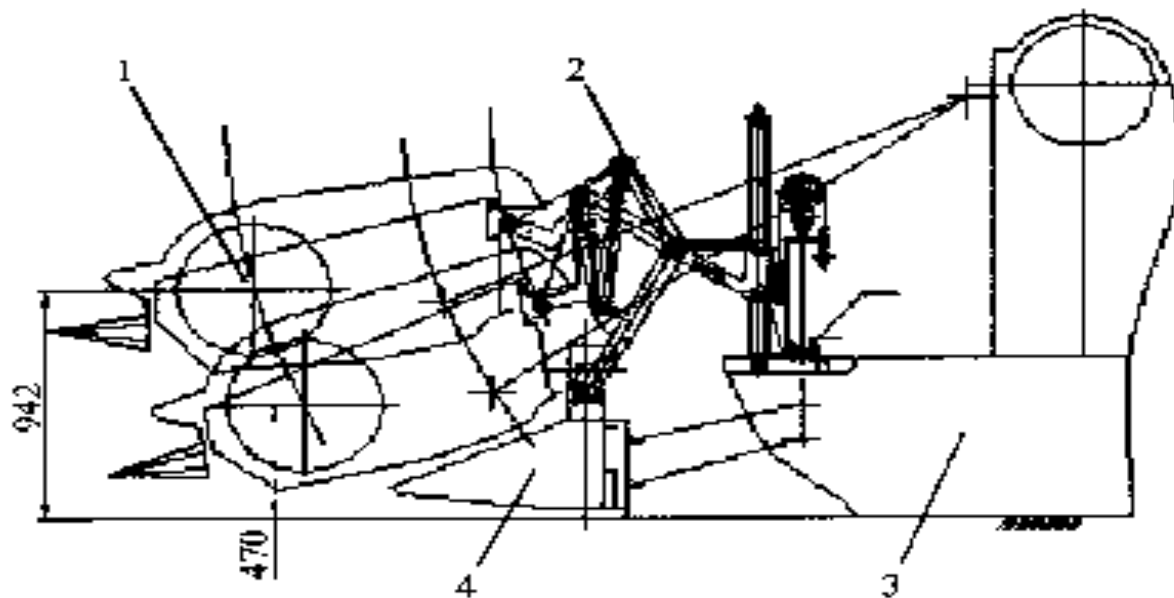


图6—9 液压提升机构示意图

1.梳脱台 2.提升机构 3.底盘机架 4.茎秆切割器



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 三、联合收获机的自动调平系统

- 联合收获机在坡地上工作时机器会产生纵向或横向倾斜，使工作部件的负荷不均匀，工作质量下降，谷粒损失增加。这种情况在左右轮下陷不一或在坡形地面上工作时，也会发生。目前专门用于坡地的联合收获机都设有自动调平系统，使机器在坡地上工作时，让脱粒机始终保持水平状态。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

（一）浮子式液压自动调平系统

- 图6—10为CKK-5型联合收获机的液压自动调平系统。该系统采用了浮子式传感器。当脱粒机向左倾斜，推动滑阀向左移动（图6—7a），滑阀凸肩将环槽13与回油腔12断开，同时环槽15和进油室14也敞开。液压泵输出的高压油通过进油室14、环槽13和油管进入调平油缸3的下腔，推动活塞上升，将脱粒机左侧升高，调平油缸上腔的油液通过环槽15、油腔16和滑阀上的轴向通道和油腔12流回油箱。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

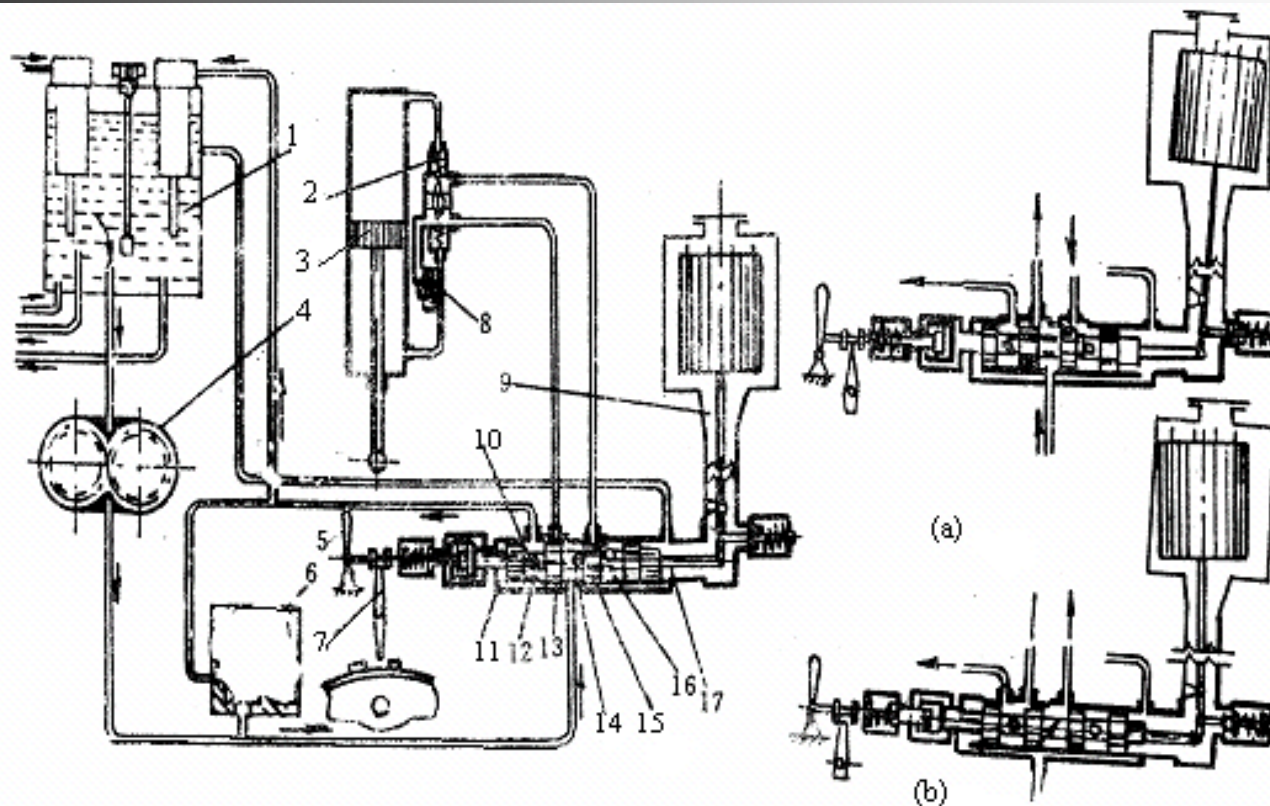


图6—10 浮子式传感器自动调平系统

(a) 左倾 (b) 右倾

1.油箱 2.锁定阀 3.调平油缸 4.油泵 5.手动调平机构 6、8.安全阀 7.极限角调平系统自动分离机构 9.浮子式传感器 10.分配阀 11~17.油室和环槽

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 随着脱粒机调平，浮子极力保持垂直位置，并相对于浮筒体向左倾斜。当浮筒达到中间位置时，进油室**14**与回油室**12**和**16**连通，使油泵输出的高压油自由地通过分配阀的缝隙流油箱。当环槽**13**中的油压下降，在弹簧和油缸下油腔的油压作用下，锁定阀关闭油缸的上腔。在**CKK-5**型联合收获机上，安装有坡地极限角调平系统的自动分离机构。当坡度大于**20°**时，自动分离机构使分配阀的滑阀返回中立位置，不再继续调平脱粒机。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

（二）电液式自动调平系统

图6—11为美国约翰·迪尔公司的坡地联合收获机电液式自动调平系统。其工作原理是利用两个互相连通的容器，容器中装有液体（酒精或其它溶液）。当机器向右倾斜时，液体流入右液缸，膜片4上升，通过杠杆接通上触点5。当机器向左倾斜时（图示位置），膜片4下降，下触点6接通。上、下触点分别与电磁控制系统的左、右两个线圈相连。铁芯通过杠杆与分配器滑阀相连。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

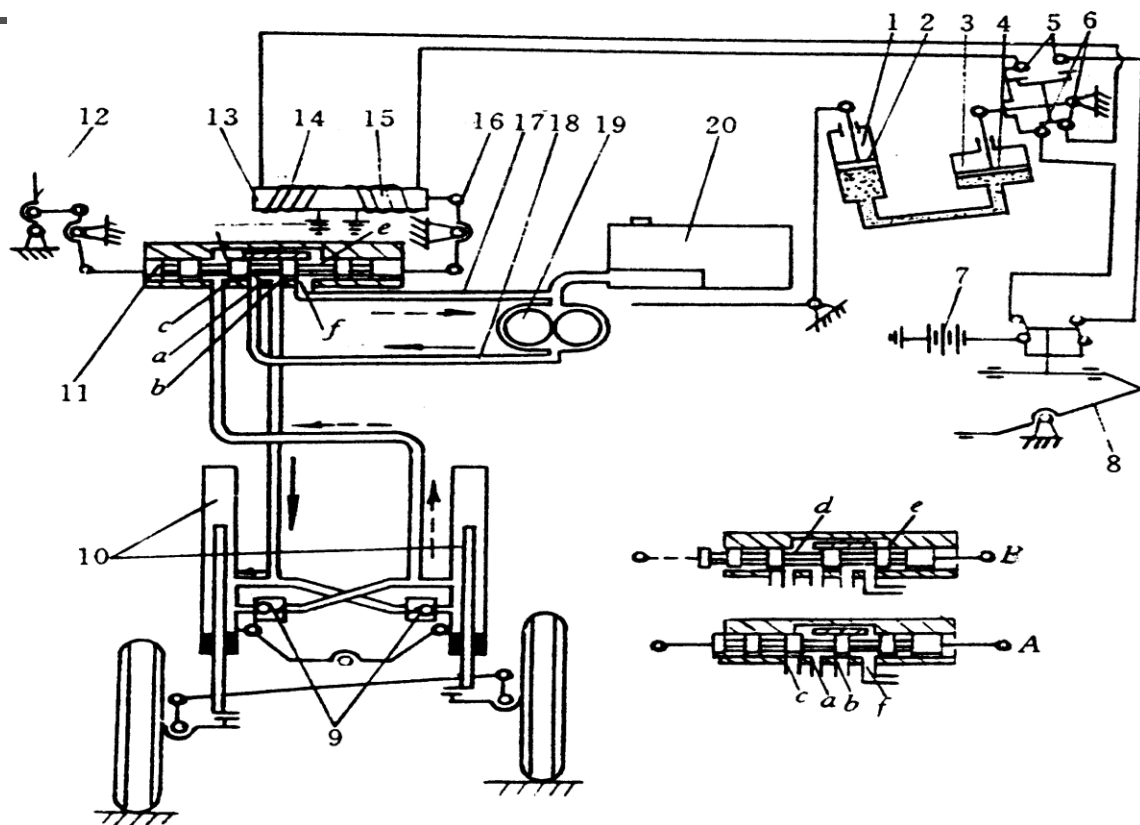


图6—11 电液式自动调平系统

- 1.左液缸 2、4.膜片 3.右液缸 5.上触点 6.下触点 7.蓄电池 8.限位杆 9.单向阀 10.调平油缸 11.分配器滑阀 12.手杆 13.铁芯 14.左线圈 15.右线圈 16.杠杆 17、18.油管 19.油泵 20.油箱

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 分配器滑阀有三个位置，图中所示为机器向左倾斜时的位置，油泵将高压油经过油管**18**压入**a**腔，然后从出口**b**经油管流入左侧调平油缸，使脱粒机的左侧升起，脱粒机保持水平状态。
- 当电气系统出现故障时，可以利用手杆**12**调节机器的水平。限位杆**8**为最大倾斜度限位装置，当机器达到最大倾斜度时，它可以自动断开电路，此时机器不再继续调平。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 四、联合收获机的自动操向

- 为了减轻驾驶员的劳动强度，有些联合收获机已开始采用自动操向系统。机器工作时，驾驶员不必操纵方向盘，机器可以沿着作物边缘前进。直接收获时，可以利用侧面未收割作物的边缘作为预先给定的操向控制线。分段收获时，可以利用禾铺作不操向的依据。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 图6—12为E-516型联合收获机的自动操向系统。在收割台的左分禾器处安装有一个悬臂2，悬臂2上固定着操向用的传感器3，触杆4和传感器相连。机器前进的触杆沿未割作物行移动，由于未割作物茎秆只能承受较小的负荷，因此要求传感器的反应要灵敏。传感信号经放大后再控制电磁阀，进而控制转向油缸实现自动操向。前后配置两套传感器和两个触杆，避免由于作物稀密程度引起的误差。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

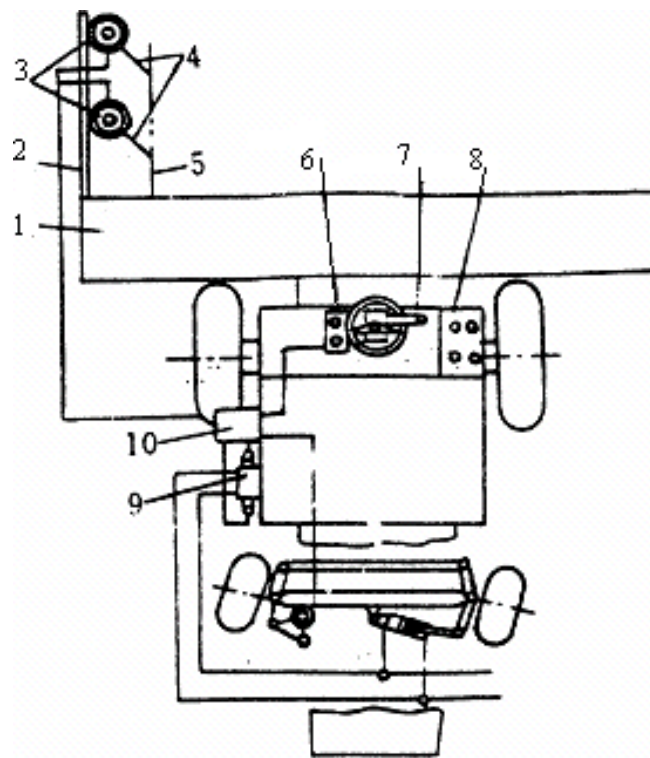


图6—12 自动操向系统

- 1.收割台 2.悬臂 3.传感器 4.触杆 5.未割作物侧边 6.触杆和未割作物距离调节器 7.手动操作和自动操作转换手柄 8.悬臂升降调节器 9.电磁阀 10.放大电路和控制器

第六章 谷物收获机械及自动化技术

6.3 联合收获机的监视系统

监视系统一般由发动机监视装置、工作部件监视装置和工作质量监视等组成。它可以帮助驾驶员在驾驶室内掌握机器的工作状态和工作质量，减少谷粒损失，避免机器发生故障，提高机器的工作效率和工作质量。为了监视发动机的工作状况，设有电流表、水温表、油温表、油压表和转速表等，这些仪表已成为发动机的标准设备。工作部件和工作质量监视装置有开关信号报警装置、转速监视装置和谷粒损失监视装置等。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 一、开关信号报警装置

- 开关信号报警装置常用于逐稿器、粮箱、杂余螺旋推运器、谷粒升运器、复脱器等信号报警，用以防止堵塞。它们的传感器是常开触头微动开关，当开关受到外界压力时，触点闭合，电路接通，指示灯亮，同时音响器发出响声。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

（一）逐稿器信号报警

图6—13 为逐稿器信号装置。它安装在脱粒机顶盖上。传感器片**1**受到绕在轴**6**上的扭簧**2**的作用，经常压在触点开关**4**上，此时电路断开。当逐稿器上方茎秆增多至超负荷时，茎秆推动传感片**1**向上方倾斜，传感片的上端不再压缩触点开关而使电路接通，驾驶室內的逐稿器堵塞信号灯亮，同时音响器发出响声。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

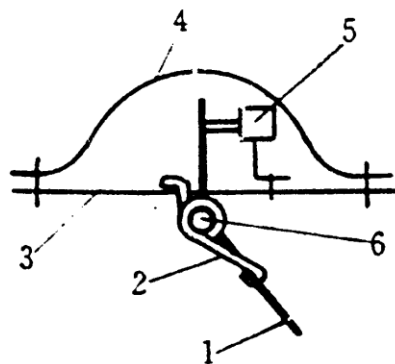


图6—13 逐稿器信号装置

1.传感片 2.扭簧 3.脱粒机顶盖 4.罩盖 5.
触点开关 6.轴

第六章 谷物收获机械及自动化技术

（二）粮箱信号报警

图6—14为粮箱信号装置。在粮箱盖内或侧壁的上方固定着一个塑料罩壳，罩壳内有可动触点**2**、弹簧**5**、固定触点**4**和调节螺钉**1**，可动触点固定在传感片**6**上，传感片铰接在轴上，一端露出罩壳之外。当粮将要充满时，传感片受到谷粒的压力，使可动触点和固定触点接触，使电路接通，驾驶室內的信号灯亮，同时发出音响。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

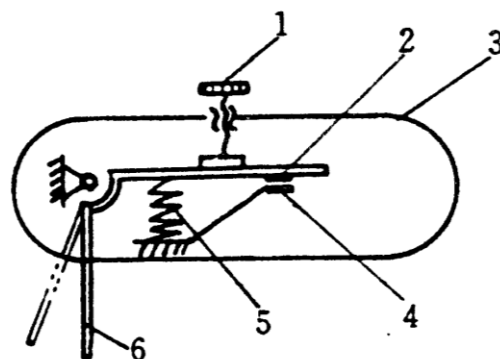


图6—14 粮箱信号装置

- 1.调节螺钉 2.可动触点 3.罩壳 4.固定触点 5.
弹簧 6.传感片

第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ (三) 安全离合器报警

■ 有些联合收获机在谷粒升运器和杂余推运器轴端装有安全离合器。当超负荷时，安全离合器打滑，安全离合器的活动齿盘连同胶带轮毂沿轴向移动，使电路接通，驾驶室的信号灯亮。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

二、转速监视装置

该装置主要用于监视传动轴转速。现代联合收获机的关键部位（如滚筒、逐稿器、螺旋推运器等）的轴上都装有转速监视装置，当轴的转速低于额定转速的**10%~30%**时，转速监视装置发出声光信号，从而可以防止部件堵塞或损坏，提高机器的可靠性。

转速监视装置由传感器和仪表两部分组成。传感器装在所需监视的传动轴上，仪表装在驾驶室内，两者之间用导线连接起来。传感器有以下两种形式：

第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ (一) 干簧管式传感器

■ 见图**6—15**，它由灵敏的干簧管和永久磁铁组成，永久磁铁用卡箍固定在旋转轴上，随轴一起转动，干簧管则固定在靠近转轴的机架上。旋转轴每旋转一周，永久磁铁就接近一次干簧管，两个簧片接触一次，输入电路短路一次，便产生一个脉冲。为了保护干簧管，通常将其密封在硬橡胶内。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

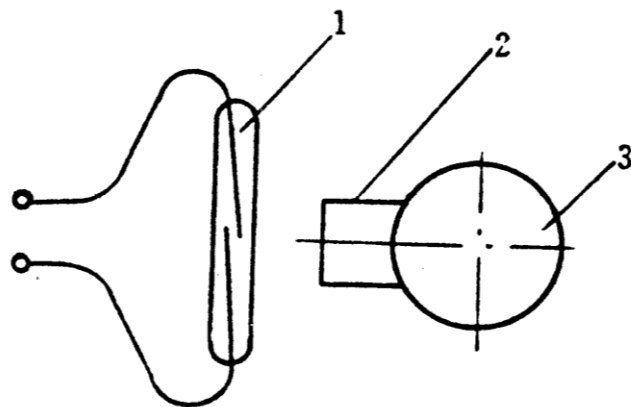


图6—15 干簧管式传感器

1.干簧管 2.永久磁铁 3.轴

第六章 谷物收获机械及自动化技术

（二）缺口圆盘式传感器

- 见图6—16，缺口圆盘固定在轴端并随轴一起转动，产生脉冲信号。它的优点是转一圈可以产生多个脉冲信号，在转速不同的轴上采用数目不等的缺口圆盘，便于仪表元件通用。

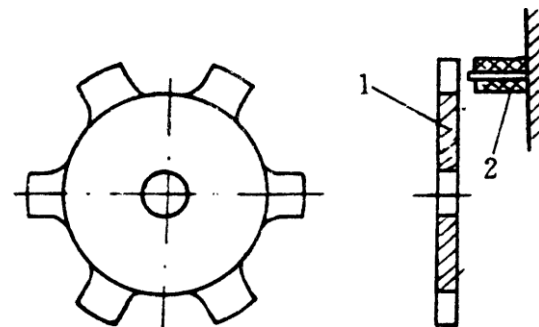


图6—16 缺口圆盘式传感器

1.缺口圆盘 2.感应线圈

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 仪表部分工作原理如图6—17所示。轴的转速正常时，传感器将脉冲信号送到输入电路，经积分电路将不连续的方波信号转变为连续的模拟电压，然后送入电压比较器。输入的电压与电源电压相差不大时，经电压比较器输出的电压不能使电子开关导通，因此指示灯和音响器不起作用。当被监视轴的转速下降到某一值时，输入的电压下降，经电压比较器输出的电压足以使电子开关导通，使指示灯亮，音响器发出声音。驾驶员就可及时采取措施，使联合收获机保持正常工作。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

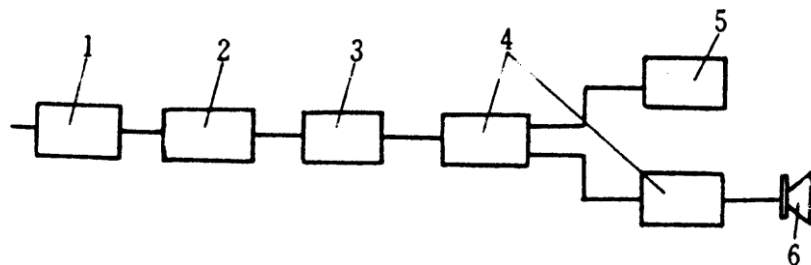


图6—17 转速监视仪表的工作原理

1.输入电路 2.积分电路 3.电压比较器 4.电子开关 5.指示灯 6.音响器

第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 三、谷粒损失监视装置

- 该装置用于测定逐稿器和清粮筛后方排出物中的谷粒损失，以保证机器的谷粒损失在允许范围内，充分发挥机器的生产率。

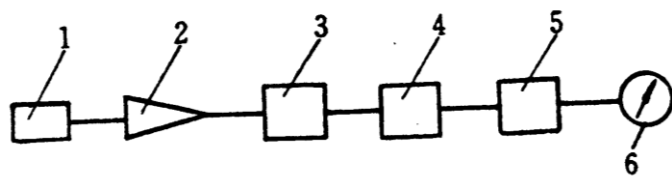


图6—18 谷粒损失监视仪表的工作原理

- 1.传感器 2.滤波放大器 3.鉴别器 4.调节器
5.频率—电压转换器 6.读数指示器

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 谷粒损失监视装置由传感器固定在逐稿器和清选筛的出口，仪表安装在驾驶室内，两者用导线连接起来。谷粒损失监视仪表的**工作原理**如图**6—18**所示。**传感器是一个极敏感的振动发声板，通过减振材料固定在平板上。在发声板下有一个电压变换器，它能把机械振动变成电压信号。当谷粒和碎茎秆落到传感器的发声板上时，谷粒撞击所产生的的是高频大振幅信号，时间较短，而茎秆撞击所产生的的是低频小振幅信号，时间较长。**



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 谷粒撞击传感器后，产生**40 Hz**左右的信号，而滤波放大器只能对**40 Hz**左右的信号起放大作用，从而可以滤掉茎秆所产生的信号。然后把放大的信号送入鉴别器，只保留谷粒的信号。再将其送入调节器，经频率—电压转换器，在仪表上的输出电压代表了单位时间内的损失谷粒撞击传感器的平均频率，也就反映了单位时间内的谷粒损失。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 上述谷粒损失监视装置只能记录单位时间的损失量，不能监测损失率。它受作物产量、机器速度等因素影响，容易造成误差，需要经常标定。目前，还有直接指示损失率和单位面积损失量的监视装置。其原理是，除在逐稿器和清粮筛后安装能反映单位时间内收获谷粒总量的传感器，将谷粒损失量与收获的总谷粒量通过积分电路相除，即可直接得到谷粒损失率。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 在联合收获机驱动轮上安装行走速度传感器，将行走速度转换成电量输入电路中，然后将谷粒损失量除以机器行走速度，即可得到单位面积的损失量。此时，割幅的利用程度是影响精度的主要因素。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

图6—19为压电式谷粒损失监视装置的传感器。传感器感受元件是塑料膜片（传声板），膜片安装在传感器体内的阻尼垫上，在膜片下方圆形凹入部分粘贴着压电晶体元件。谷粒冲击膜片时，膜片就传播声波，声波对压电晶体起作用，在压电晶体元件的导线上就出现快速衰减振动的电压，电压信号通过导线传给仪表盒的输入端，仪表上即可显示出谷粒损失量。

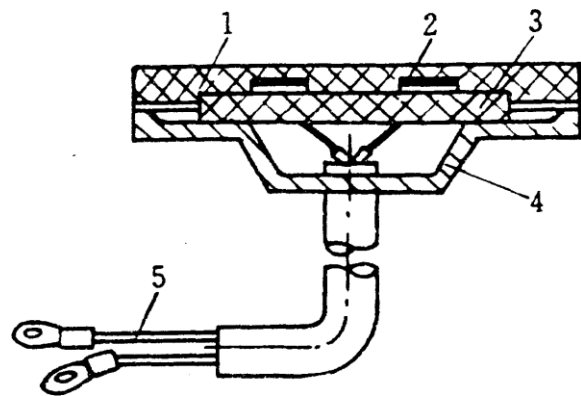


图6—19 谷粒损失监测仪的传感器

1.塑料膜片传感板 2.压电晶体片 3.阻尼垫 4.传感器体 5.导线



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 除上述各监视装置外，还正在研制用微波和超声波仪器来检测收割台前方作物的情况（如株高、密度、产量等）以及收割时作物湿度的监视装置。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 6.4 稻麦联合收获机的实时测产系统

- 作为精确农业实施的一项基本工作，我们首先要了解具有测产功能的联合收获机实现绘制实时产量图的工作原理和结构组成。具有测产功能的联合收获机在田间工作某一时刻所测得的单产量为公式如下所示：

第六章 谷物收获机械及自动化技术

$$Y_G(t) = \frac{m_G(t)}{V(t) * W_C(t)} * [1 - U_G(t)] \quad \dots \dots \dots (6-1)$$

式中： $Y_G(t)$ ——瞬时 t 的单位面积产量；

$m_G(t)$ ——瞬时 t 的谷物流量质量；

$V(t)$ ——瞬时 t 的收割机工作速度；

$W_C(t)$ ——瞬时 t 的割幅宽度；

$U_G(t)$ ——瞬时 t 的谷物含水量（相对湿度）；

下图为具有测产功能的联合收割机上测产系统的传感器的布置示意图

第六章 谷物收获机械及自动化技术

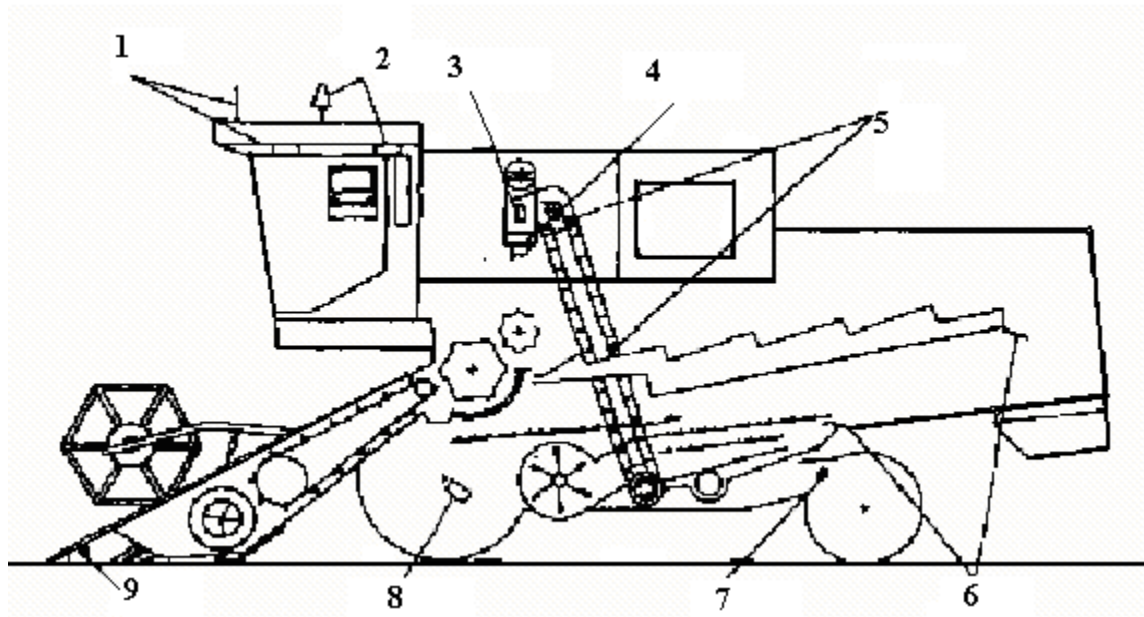


图6—20 测产系统传感器布置示意图

1.DGPS接收装置 2.GPS接收装置 3.湿度测量 4.密度测量 5.体积
流量测量 6.损失测量 7.转向角度测量 8.距离/速度测量 9.割幅
测量传感器

第六章 谷物收获机械及自动化技术

联合收获机要完成测产任务，需要安装**DGPS**卫星定位接收机和流量计量传感器。通用的**DGPS**接收机，可以每秒给出收获机在田间作业时**DGPS**天线所在地理位置的经、纬度坐标动态数据，流量传感器在设定时间间隔内(即机器对应作业行程间距内)自动计量累计产量，再根据作业幅宽(估计或测量)换算为对应时间间隔内作业面积的单位面积产量，从而获得对应小区的空间地理位置数据(经、纬度坐标)和小区产量数据，联合收获机产量图生成过程如图**6—21**所示。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

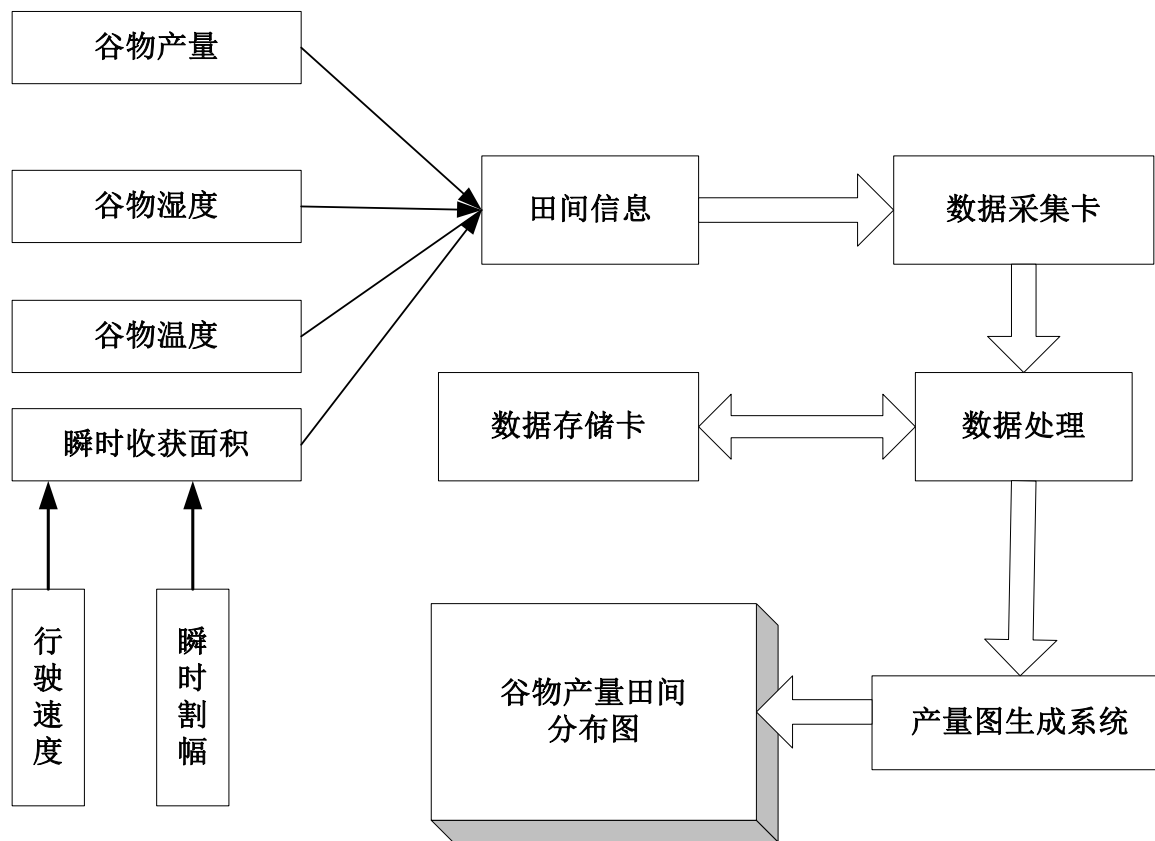


图6-21 联合收获机测产系统设计方案图



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 6.4.1 行驶速度测量系统的原理及组成

■ 由于测产系统生成产量分布图是上式中**5**个因素决定(在实际中包括升运器转速测量)，行驶速度是其中一个重要的组成部分。对于一个实用的行驶速度测量系统来说，其测量值和实际值应当相一致，但是由于多方面因素，其测量和实际值有一定的偏差，这直接影响到测产图的得出，因此，行驶速度的测量准确是十分必要的。行驶速度测量系统主要是由测速方法、传感器的选择与数据电路处理三部分组成。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

下面通过对各种测速方法进行介绍，以了解其应用领域和误差产生原因，从而通过比较找出一个比较合适方法来达到测速比较准确的目的，同时对相关的传感器进行说明，同样对所使用传感器通各个方面分析，其优势和局限性，通过后期的电路设计对其测量性能进行改善，使测量速度的方法和传感器使用达到正常使用的目的。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

同时通过对各方面数据误差的分析，在数据收集和处理过程中进行对误差的进一步修正，这样可以使测产图绘制的更加精确，为后续工作打下良好的基础。具体设计原理和流程如下图所示：

第六章 谷物收获机械及自动化技术

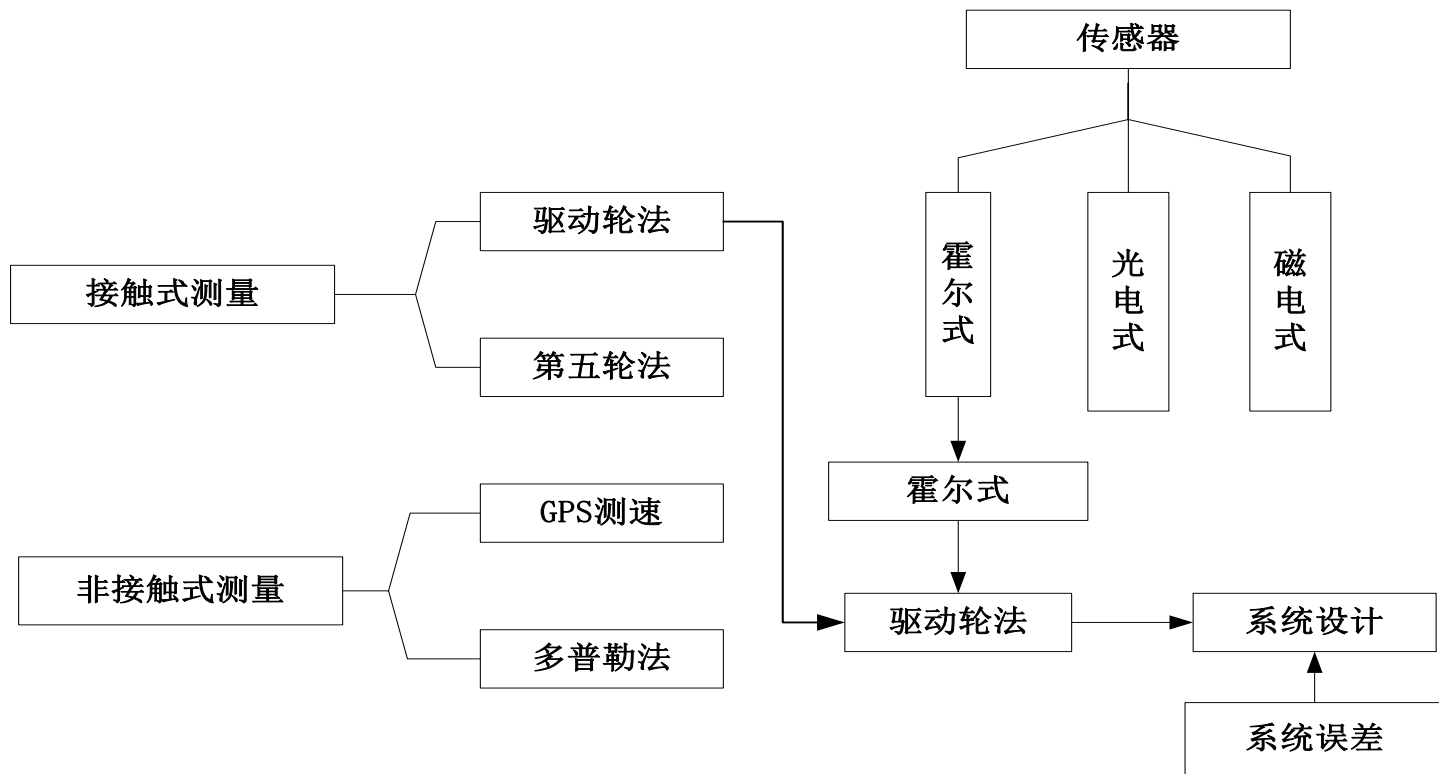


图6-22 行驶速度测量系统的设计原理图

第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 一、非接触性测量

■ (1) 多普勒测速原理

- 多普勒测速是目前发展比较成熟的一种实用测试技术，它利用波传播过程中的多普勒频移测定速度，通常有激光多普勒测速、超声多普勒测速和微波多普勒测速等等。任何形式的波传播，由于波源、接收器、传播介质、中间反射器或散射体的运动，都会使频率发生变化，这种频率的变化称为多普勒频移。声学中的多普勒频移起因于声源和接收器的相对运动，光波和微波也具有类似于声波的多普勒效应，由于多普勒效应是相对运动引起的，因此多普勒频移与运动速度之间必然存在一定的关系。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- (2) **GPS**测速方法及原理
- **GPS**是全球定位系统(**Global Positioning System**)的简称。**GPS**测量是利用卫星进行定位的一项新的测量技术(如图6—23所示),利用**GPS**可以比较经济、快速、可靠地确定运动物体的速度。它可以应用于星载、机载、车载、舰载接收器以及试验武器与测试等速度测量。虽然这些应用对测量速度精度的要求从几分米/秒级到毫米/秒级不等,但**GPS**都能够满足。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 除了上述介绍的两种方法外，还有相关速度测量方法等非接触性测量。但是此类方法最大的缺点就是成本过高，增加联合收割机整机的生产成本，根据目前我国的国情，还不能真正推广使用。

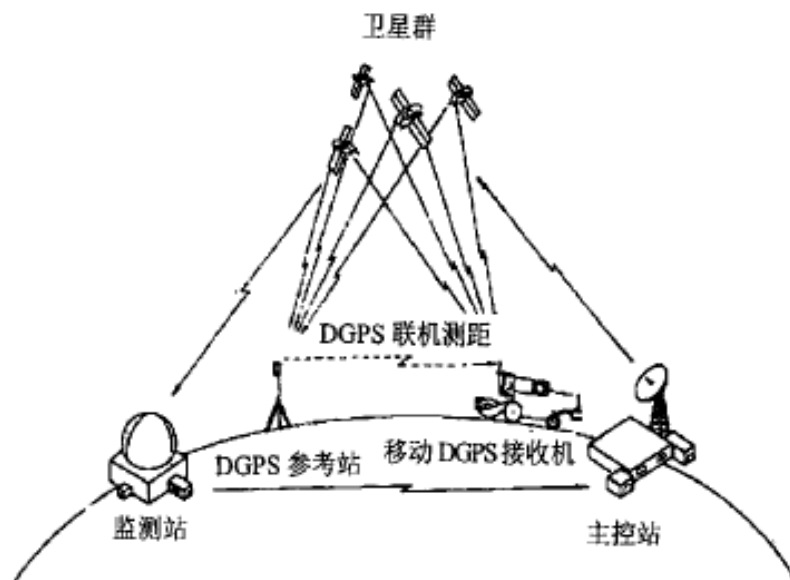


图6-23 GPS测速原理示意图



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 二、接触性测量

- (1) 第五轮法

- 由于第五轮法具有不承担机具负载的优势，从而减少的轮胎的打滑率。在实际中应用第五轮法，其具体工作原理是第五轮的轮胎安放在机具的一侧，通过铰链将其和机具连接起来，利用液压系统控制其升降，用齿轮作为传动部件，用一种可视解码器来发出脉冲信号，来记录齿牙的转动以此来测量第五轮的转速目的得到机具的转速。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 自由五轮法已经被广泛应用在农业车辆系统，对于测量车辆工作速度相关的地表。系统范围从轮毂的微小转动到磁传感器检测轮毂和齿牙，已经使用在监测角度变化或第五轮的旋转频率。自由五轮法装置一样安装在车辆的左边，铰链式连接允许当车辆行驶在弯曲的路径上，液压系统用来做相应提升和下降。在汽缸底的末端的轮毂允许第五轮在工作过程中免除压力。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

（2）驱动轮法

- 驱动轮安装在轮胎轴上和轮胎一起转动，与第五轮法一样用一种可视解码器来发出脉冲信号，记录齿牙的转动以此来测量驱动轮的转速目的，得到机具的转速。其原理和第五轮法相同，两者共同的特点就是使用了转速传感器，下面就对几种主要用来测量转速的传感器进行介绍，从中择优以来测量联合收割机的行驶速度。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 三、转速传感器

■ (1) 磁电式转速传感器

- 磁电式转速测量传感器是一种新型的测速器件，是二十世纪**80**年代以来国际上流行的测速发电机的代换产品。其主要工作部件和工作原理如图**6—24**和**6—25**所示：

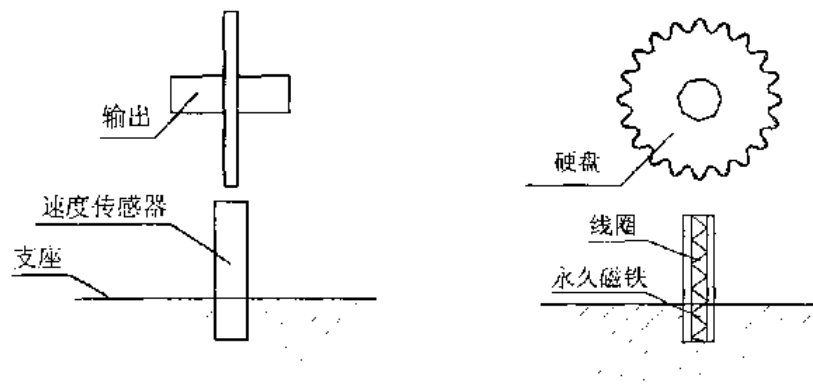


图6—24磁电式转速传感器的结构原理



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ (2) 光电反射式转速传感器

■ 光波是一种电磁波，其特性如同无线电波和X射线，传递速度约为**30**万千米/秒，在一般场合它可以在发射的一瞬间被其接收。红外线光电开关是利用人眼不可见(波长为**780nm—1mm**)的近红外线和红外线来检测、判别物体。通过光电装置瞬间发射的微弱光束能被安全可靠准确的发射和接收。光电开关的重要功能是能够处理光的强度变化：利用光学元件，在传播媒介中间使光束发生变化，利用光束来反射物体；使光束发射经过长距离后瞬间返回。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

光电开关是由发射器、接收器和检测电路三部分组成。发射器对准目标发射光束，发射光束一般来源于发光二极管(LED)和激光二极管。光束不间断地发射，或者改变脉冲宽度。受脉冲调制的光束辐射强度在发射中经过多次选择，朝着目标不间接地运行。接收器有光电二极管或光电三极管组成。在接收器的前面，装有光学元件如透镜和光圈等。在其后面的是检测电路，它能滤出有效信号和应用该信号。光电开关可分为对射型、漫反射型、镜面反射型。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

（3）霍尔式转速传感器

霍尔集成电路是一种集成化的敏感器件，简称霍尔集成敏感电路或霍尔集成传感器，国外将其归在**Special Devices(特种器件)**类中。所谓敏感器件是指能敏锐反应或检测所测参量的电子器件，是利用固体材料的功能效应或功能形态变换原理作成的，能把物理、化学、生物等信息转换成电信号，故又称检测器，传感器或遥感器。按信息变换方式，敏感器件分为直接变换和间接变换两大类。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 直接变换是指实测信息可以用功能器件直接检测，变换成电信号；间接变换是指输入的信息，必须先变换成中间信息，然后才能用功能器件取出电信号。

直接交换是敏感器件的基础，而目前大部分信息的检测还是间接变换，所以巧妙的利用间接变换，是敏感器件应用中需要妥善选择和有效组合的问题。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 6.4.2 谷物产量测量方法

- 为了实时地得到产量分布信息，谷物瞬时流量、含水率、车辆行进速度，割台高度与幅宽以及脱粒后的谷物传送速度等相关参数都必须准确可靠地获取。国外先进的联合收获机可以用位于收获机驾驶舱中的计算机处理各种传感器及来自**DGPS** 信号的农田信息系统(**Fielded Information System**)，计算机带有触摸式显示屏，通过触摸方式输入测量所需的初始参数。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 一般带测产功能的收获机要安装以下**4**种传感器：
即冲击式流量传感器、 γ 射线式流量传感器、光电式容积流量传感器以及刮板轮式容积流量传感器。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

一、谷物流量传感器

(1) 冲击式流量传感器

图6—25是冲击式流量传感器原理图。在没有传感器的情况下，由净粮升运器输送来的谷物由于具有一定的线速度，在升运器的顶部，刮板上的谷物将以一定的速度被甩向前方，然后在重力的作用下直接落入谷仓。当在导流板前方安装流量传感器后，谷物流将会受到阻挡而改变方向。

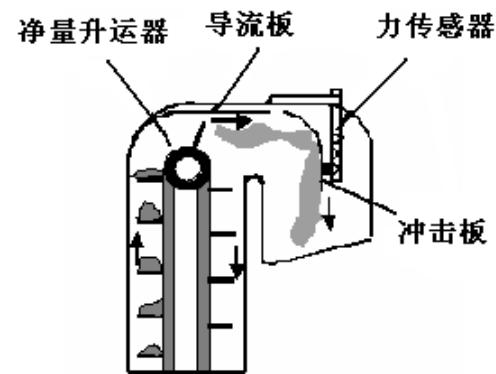


图6—25 冲击式流量传感器原理图

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 由于谷物具有质量，运动着的谷物流就具有一定的动量，当传感器冲击板阻挡其前进时，谷物流将会与打击板发生碰撞，并对打击板产生冲击力。若假定运动的谷物与打击板相碰撞后运动速度近似为零，则由物理学冲量的定义可知：

$$I_i(t) = m(t)v_i(t) \quad \dots \dots \dots (6-2)$$

式中： $I_i(t)$ —— 谷物冲量， $\text{kg} \cdot \text{m/s}$
 $m(t)$ —— 谷物流的质量， kg
 $v_i(t)$ —— 谷物流的速度， m/s



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 因此从理论上讲，通过连续测量谷物碰撞打击板后其动量的变化就可以实现谷物累积质量的实时测量，也就是实现谷物流量的测量。这就是冲击式谷物流量传感器的工作原理。由式（6-2）可见，冲量数值的大小既与谷物的质量有关，也与谷物在空气中的流速有关。在已知的情况下，通过测量可以换算出 $m(t)$ 。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 根据换能元件的不同，冲击式流量传感器也有不同的类型。最普通的类型是在打击板背面粘贴应变片，当打击板受冲击力变形后，应变片随着打击板的变形而发生阻值的变化，通过后面的检测与放大电路检测到这一阻值变化，就可最终换算出谷物的流量。当然，为了提高传感器的抗干扰能力和测量精度，在检测、放大电路以及数据处理软件中都需要必要的特殊设计和处理。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

(2) γ 射线式流量传感器 根据物理学的基本理论，当 γ 射线入射到某种物质并与该物质产生相互作用后，射线的辐射强度将出现一定程度的衰减，且服从指数规律，即：

$$I = I_0 e^{-\mu M} \dots \dots \dots (6-3)$$

上式中： I_0 ——没有其它物质阻挡时， γ 射线直接照射到探测器上的辐射强度，单位为居里；
 I ——当 γ 射线受到物质阻挡时，探测器接收到的实际 γ 射线强度，射线检测器单位同上；
 μ —— γ 射线强度相对于某种物质的质量吸收系数 (cm^2/g)；
 M ——物质的质量厚度，即辐射场单位面积上的物质重量 (g/cm^2)。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 实验证明，对于稻谷、小麦、黄豆和玉米等谷物， γ 射线都能保持良好的指数衰减规律。
- 其适用的联合收割机机型与冲击式流量传感器类似，仍然是测量由净粮升运器所抛出的谷物流。它采用低能 γ 射线输出器为射线源，射线源将辐射对准传感器，传感器可探测辐射的强度。

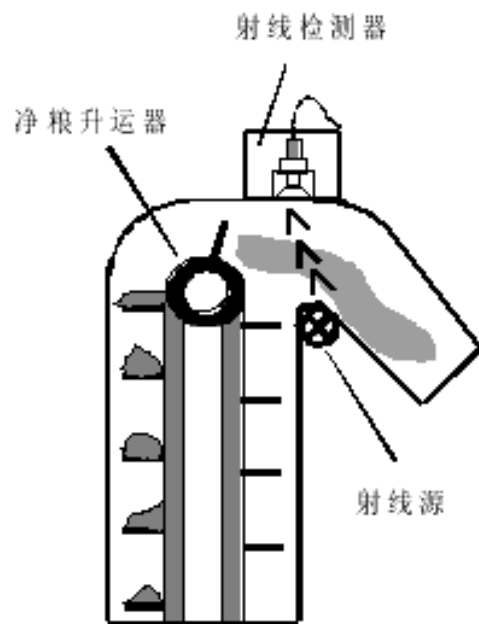


图6—26 γ 射线式流量传感器原理图



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 在谷物产量监测中，射线源和传感器之间谷物量的多少，将导致传感器测出的辐射强度发生变化。传感器探测到的辐射强度越弱，表明流动于射线源和传感器之间的谷物质 量 就 越 大。此系统可测量谷物质量，其测量结果不受谷物种类的影响。质量数据与谷物流经过传感器的速度数据相结合，可转 换为质量流速度（重量 / 时间），同时以（重量 / 面积）为单位记录为作物产量。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 这种基于 γ 射线的谷物流量传感器，具有相当高的精度，其计量误差不大于 1 %，但由于其利用 γ 射线作为测产手段，尽管有严格的安全规范，在某些国家仍受到严格限制，即使在我国射线产品的使用也有严格的规定，所有这些都限制了 γ 射线式流量传感器的普及与推广。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

（3）光电式容积流量传感器

图6—27是光电式容积流量传感器的原理图。这种测产系统在净粮升运器上安装了光栅接收器和发射器，当升运器刮板上升，测量光束将会被谷物断续地遮挡，把刮板上的谷层厚度转化为延续一定时间的脉冲信号，通过亮 / 暗比例（刮板上谷物阻挡光束的时间）准确地测量出阻断时间，就可计算出谷物的体积流量。 为了减少因谷物移动时分布不匀，可并行安装 2 ~ 3 套光栅，分别计时，分别计算，取其平均值，以此提高测量精度。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

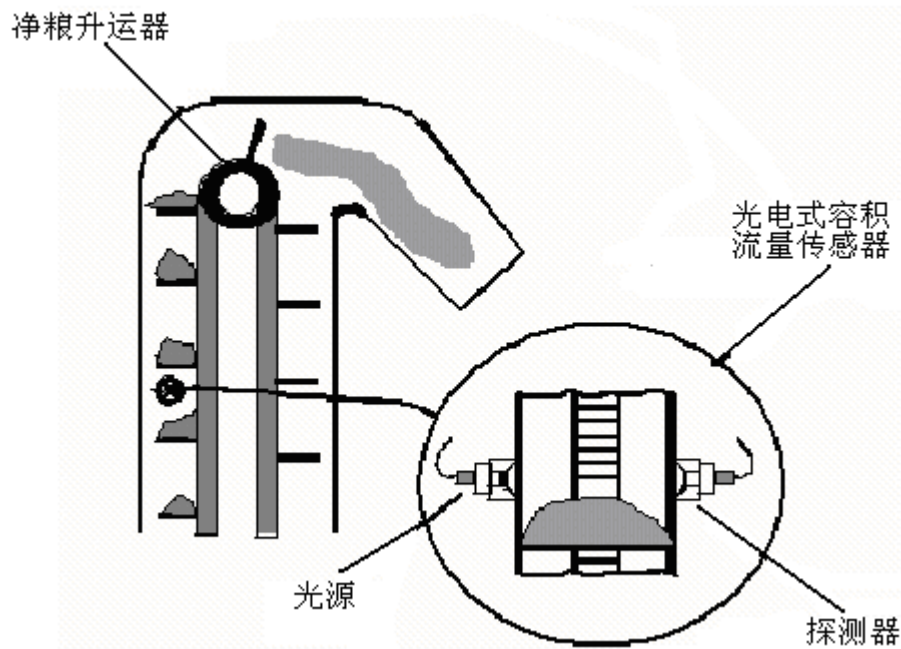


图6—27 光电式容积流量传感器原理图



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ (4) 刮板轮式容积流量传感器

■ 以上介绍的三种谷物流量传感器，都是利用间接的方法测量已收获谷物的体积或重量，间接测量的参数包括谷物流的冲击力、谷物流对射线的吸收以及升运器刮板上净粮的高度等，这些间接参数被转换为电信号，再经过对电信号的放大、记录和处理，可计算出谷物流量。除此之外，人们也试图直接将谷物的体积或重量转换为电信号，以便更方便直接地测量谷物产量。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 图6—28是一种刮板轮式容积流量传感器的原理图。它在净粮升运器和谷仓之间增加了一个刮板轮机构，当来自净粮升运器的谷物达到一定体积时，料位传感器监测到信号后刮板轮开始转动，由于两个刮板轮之间的空间容积（ V ）是已知的，只要记录下刮板轮的瞬时转速（ R ），就可以按下式计算出谷物的容积流量：



第六章 谷物收获机械及自动化技术

$$F = n \times V \times R \dots\dots\dots (6-4)$$

这里，**F** 是谷物容积流量，**n**是刮板的个数，**V**是两个刮板轮之间的空间容积，**R** 是刮板轮的转速。这种流量传感器可以达到相当高的精度，实时性也较好，但需要在净粮升运器出口和谷仓之间增加一个体积较大的机构，而许多联合收割机并不具备足够的空间，因而限制了它的推广。

。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

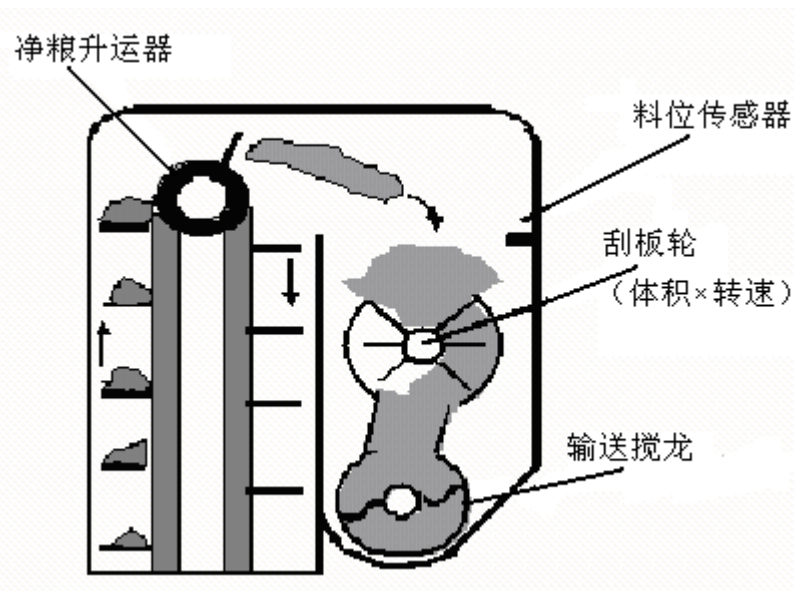


图6—28 刮板轮式容积流量传感器原理图

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- **John Deere**和**Case**、**AGCO Massey Ferguson**、欧洲一些公司的“精细农作”联合收割机产品上。冲击式流量传感器计量误差在**3%**以内。据报道，基于 γ 射线穿过谷粒层引起射线强度衰减来测定谷物流量的传感器，其计量误差不大于**1%**。收获机械上应用的谷粒含水量测量，均按极板式电容传感器原理设计。收获机械上采集数据的存储器件，已转向应用通用智能**IC**卡技术，存储卡可连续存储**30h**以上的收获作业数据。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 各公司都专门开发了结合自己产品的数据处理软件、小区产量分布图生成软件和配套的智能化虚拟电子显示仪器，可直接在驾驶室内向操作手及时显示有关信息。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 二、谷物水分传感器

- 收获时必须记录谷物水分，以便将所有的产量数据转换成标准值。收获机上应用的谷粒含水量测量方式，大多均按极板式电容传感器原理设计。由物理学可知，两平行极板组成的电容器，如果不考虑边缘效应，其电容量为：

第六章 谷物收获机械及自动化技术

$$C = \frac{\epsilon S}{\delta} \dots \dots \dots (6-4)$$

式中： ϵ —极板间介质的介电常数， $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ (ϵ_r 为极板间介质的相对介电常数， ϵ_0 为真空的介电常数 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} F/m$) ；

S ——极板的遮盖面积；

δ ——极板间的距离。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 当电容器的 S 和一定，电容量 C 将会随介电常数的变化而变化。如果在电容式传感器的两个极板间充填谷粒，不同水分的谷粒具有不同的介电常数 (ϵ)，谷物水分越高，介电常数就越大；通过测量谷物介电常数就可得知谷物水分，根据谷物水分就可计算谷物含水量。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 基本的电容式谷物水分传感器型式如图**6—29**所示，有平板式（a）和套筒式（b）两种。在两个极板之间留有足够的空间，脱粒后的谷物在进入谷仓之前，一部分被采样流过传感器，通过测量谷物流的介电常数，就得到了谷物水分的实时数据。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

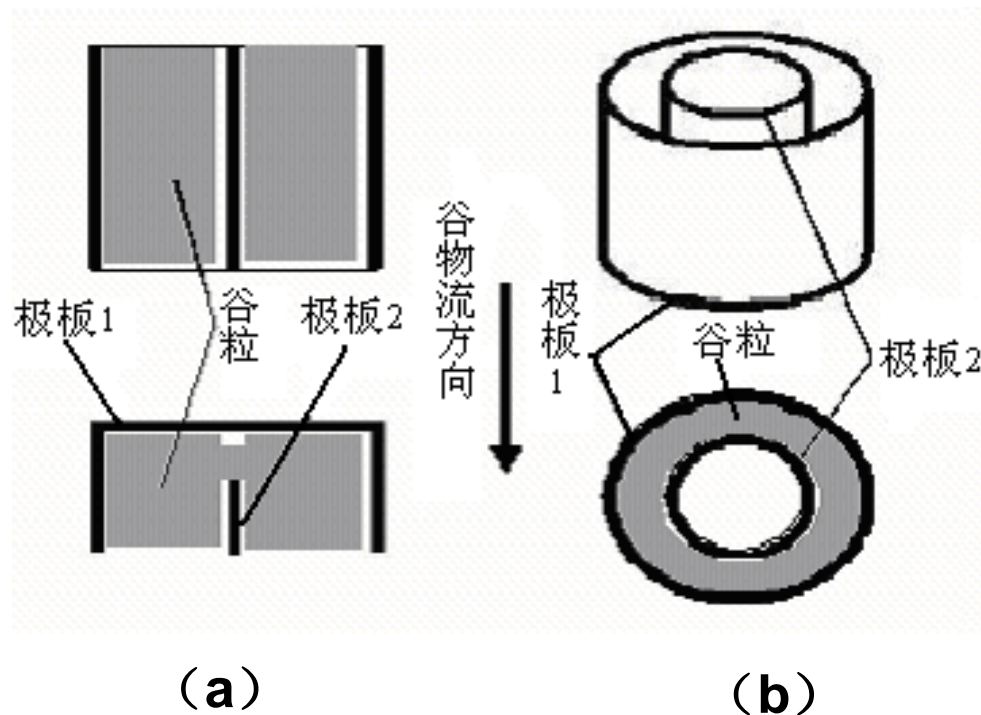


图6—29 电容式谷物水分传感器



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 三、割台高度电位计

通过电位计电压测量收获机割台高度。高度在**0.2~0.8 m** 之间为正常收割状态，此时测量谷物流量，否则不测量。

■ 四、升运器速度传感器

用于测量收获机升运器轴转速，转速为**250~600 r/min** 之间为正常收割状态，此时测量谷物流量和收获机地面速度；否则为调整状态，不执行其他测量。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

■ 五、行进速度传感器

用电磁传感器测量驱动轮的转速从而计算收获机地面行进速度 $\mathbf{V(t)}$ 。设收获机的割台宽度用 \mathbf{W} 表示，则单位面积的谷物收获量 $\mathbf{Y(t)}$ 的计算方法为：



第六章 谷物收获机械及自动化技术

$$Y(t) = M(t) \times V(t) \times W \times [1 - U(t)] \dots \dots \dots (6-5)$$

为了完成各种测试，不同的收获机可能采用不同类型的传感器(见图**6—19**)。例如，收获机用超声波传感器动态测量割台实际的使用宽度**W(t)** (见图**2—14**)。传感器发出超声波，声波传播遇到谷物边缘则回送反射波，传感器根据接收反射波的时间测得离谷物边缘的距离，从而算出实际使用割台的宽度，依此计算面积更为精确。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 变换收获机的割台，可以收割不同品种的农作物。变更作物后有的传感器需重新标定。为了定位收获机在田间的位置，**AFS** 配备了基于卫星导航系统的**GPS(Global Positioning System)** 和**DGPS(Differential Global Positioning System)** 相匹配的接收天线装置。卫星导航系统包括由**24** 颗地球卫星组成的空间部分，由地面控制站和一组地面监测站组成的地面监控部分以及用户接收机**3** 个主要部分。

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- **GPS** 卫星能发射精确的卫星轨道参数和时钟信号，这些信号穿越太空、电离层和大气层到达地面，被接收机接收，经过数字信号处理进行定位计算。用户只要能接收到**4** 颗卫星信号，即可解算出自身所在的**3** 维(x 、 y 、 z) 位置信息。**DGPS** 即所谓“差分校正全球卫星定位技术”，

第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 为了提高**GPS**接收机的定位精度，在地面已经标定的位置上设置一个**GPS**接收机，该接收机通过卫星系统确定自己带有误差的位置信息后，与真实位置坐标相比较，计算出**GPS**接收机的 x 、 y 、 z 位置误差信息，将这一信息按时间序列存储或通过广播实时发射出去，被周围移动的**GPS**接收机接收，并以此为参考实时修正自己的位置信息，这样能使**GPS**定位精度达到米级或厘米级。



第六章 谷物收获机械及自动化技术

- 精确的定位数据通过**RS232** 串口以**4800bitPs** 传送给计算机。利用**GPS** 的定位信息，**AFS** 计算机软件可以直接处理田间观测的地理位置信息，描述收获机的运行轨迹，结合其他田间数据分析农田每一块土地产量分布情况。还可通过天线将数据发往办公室**PC** 作进一步处理。



第六章 谷物收获机械及自动化技术



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 谷物干燥过程的自动控制对保证谷物烘后品质，降低干燥作业成本及提高生产率具有重要意义，而快速、准确的测量谷物水分是实现谷物干燥过程自动控制的关键。
- 本章主要介绍干燥过程中谷物水分在线测量原理、方法及装置，及干燥过程控制系统的组成和工作原理。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

第一节 谷物水分的在线测量方法

第二节 谷物干燥过程控制

第三节 谷物干燥自动检测与控制实例



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

第一节 谷物水分的在线测量方法

■ 一、谷物水分的主要测量方法

- 谷物水分测量的主要方法可分为直接测量法和间接测量法两大类，直接法是通过干燥或化学反应直接测得谷物绝对水分含量的一种方法，其测量精度高，但测量时间长，直接法常作为基准法用于谷物水分测定仪的检验或标定。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

间接法是通过测量与谷物水分变化相关的物理量的变化，来间接测量谷物水分含量的方法。主要有电阻法、电容法、红外线吸收法、微波法、中子法和核磁共振法等等。间接法测量速度快，适用于干燥过程中谷物水分的在线测量。但间接法的测量精度受谷物温度、品种及粒度等多种因素影响，为保证测量精度，需要采用适当的补偿措施，并定期校正。某些间接测量方法，如中子法、核磁共振法设备价格较高，中子法还需采取适当防护措施。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

■ 二、电阻式谷物水分传感器

■ (一)电阻式谷物水分传感器工作原理

- 电阻式谷物水分传感器是基于水易导电，而干燥的谷物难以导电这一物理性质来测量谷物水分的，当谷物中的水分含量不同时，谷物的导电率不同，谷物水分含量低，电阻值高；水分含量高，电阻值低，并随着水分含量的增加逐渐减小，因而通过传感器测得谷物的电阻值，即可间接测得谷物水分含量。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

谷物电阻与水分含量之间的规律为非线性关系，谷物温度、品种和产地对电阻与水分之间的变化规律有影响，需采取补偿措施。水分含量在**8%~18%**范围内，不同品种的谷物电阻变化范围：小麦为**104~1011**欧姆，玉米在**105~1012**欧姆，稻谷在**106~1010**欧姆。

(二)电阻式谷物水分在线测量装置结构及测量过程

GSK—1型电阻式谷物水分在线测量装置如图**7—1**所示。该装置主要由供料闸门控制电磁铁、小型粉碎机、滚轮式测量电极及测控电路组成。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

当一个测量循环开始时，电磁铁和粉碎机同时通电启动，电磁铁吸引闸门使之打开，出粮管道中的一部分谷物流入粉碎机进行粉碎。电磁铁的通电时间为**72s**，然后断电，闸门关闭。粉碎机运行时间为**103s**，在此时间内通过闸门漏下的谷物将全部粉碎，粉碎的谷物储存在料斗中，间隔**30s**后，驱动滚轮式测量电极的电机启动，使保持一定间隙相向转动的滚轮电极转动**144s**，料斗中的已经粉碎的谷物样品全部经过两滚轮式电极间的间隙排出，在这一过程中，有**100s**时间对电极间的谷物进行测量采样，将测得的电阻值按标定曲线转换为谷物的水分含量值，即完成一个测量循环。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

(三)电阻式水分传感器的特点 电阻式水分传感器的结构简单，成本低，但其测量精度在很大程度上取决于谷粒内部水分的分布情况，干湿混合的谷物或霉烂变质的谷物用电阻式传感器往往测不出准确的结果。电极与谷物样品之间的接触状态也影响测量结果。此外，测量时要把样品粉碎、为破坏性测量，而且测量时间较长，不能测量高水分含量，电阻式传感器可用于作为商品粮或饲料干燥的谷物干燥机出机谷物水分的监测，但不适用于种子干燥及控制精度要求高的谷物干燥过程控制。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 三、电容式谷物水分在线测量传感器
- (一) 电容式谷物水分传感器的工作原理
- 由于水的相对介电常数是**80**，完全干燥的谷物的相对介电常数为**2**，水的介电常数远高于谷物的相对介电常数。电容式谷物水分传感器就是基于这一物理性质来实现谷物水分的间接测量的。

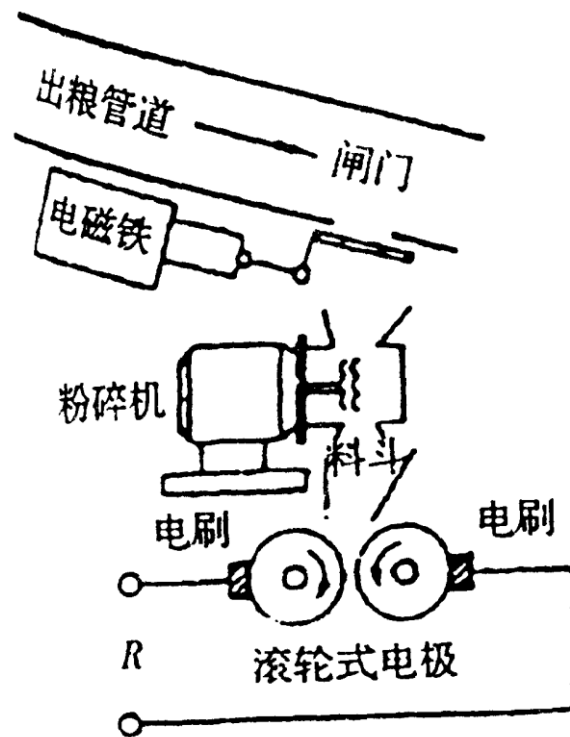


图7—1 电阻式谷物水分在线测量装置示意图

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

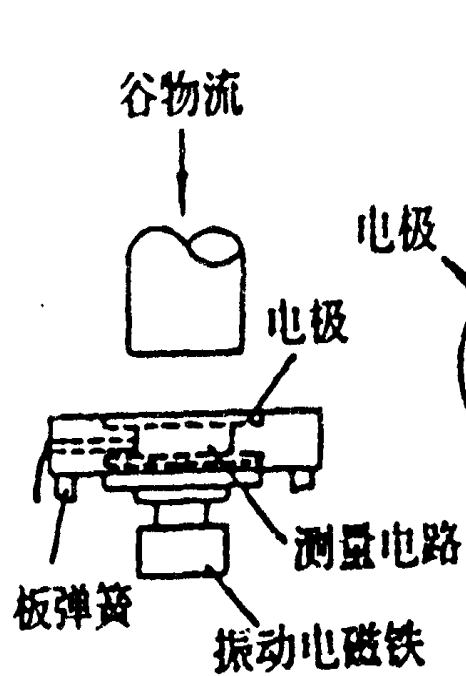


图7—2 平面环状
电容式水分传感器

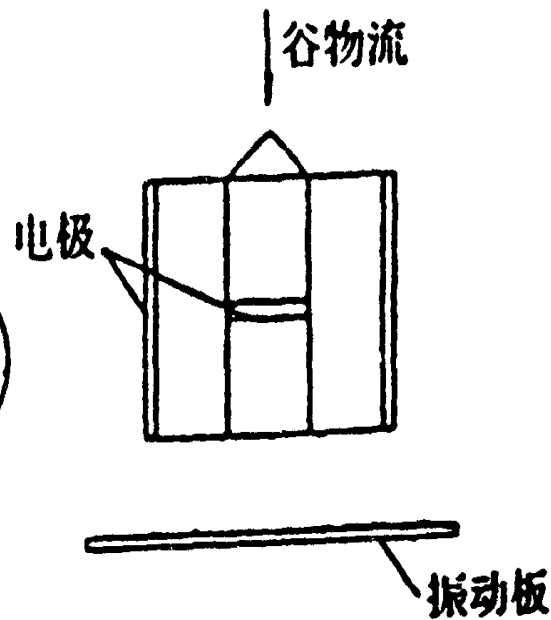


图7—3 同轴圆筒
电容式传感器

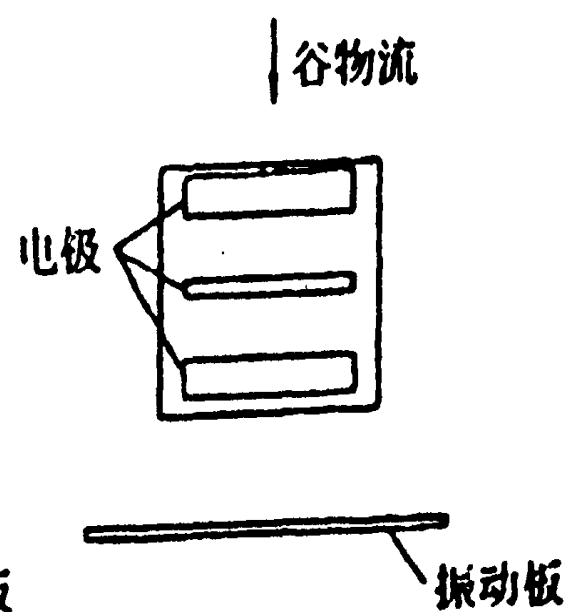


图7—4 同轴圆
型电容式传感器



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

由于水的介电常数远高于谷物的相对介电常数，故电容式水分传感器的电容值基本上取决于谷物中的水分含量的多少，但是谷物中的淀粉、蛋白质、脂肪等物质的介电常数各不相同（淀粉为**6.7**，脂肪为**23**，蛋白质为**14**），不同品种、不同产地的谷物，其各组成成分的含量也不同，因此，将会影响测量结果。此外，介质的相对介电常数实际是表征极间介质在电场作用下的极化强度的，而极化过程是与介质温度相关的，因此谷物温度也将影响电容式传感器的输出。电容传感器的电容值随谷物水分含量的增加而增加，但是，增加的速率并不相同，曲线呈非线性变化。低水分时，变化速率较小，接近线性。高水分时，电容变化速率大，接近指数上升曲线。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 在中间水分段，一般为上升变慢的平缓过渡段，就某一种谷物而言，电容与水分含量的关系很难用一个简单的函数表示。
- 谷物密度的变化将影响电容式传感器的输出，应考虑补偿措施。
- **(二)电容式谷物水分在线传感器结构**
- 电容式谷物水分传感器结构、尺寸、形状繁多，大多采用平板、圆筒形。用于谷物干燥过程控制的电容式在线水分传感器如图7—2至图7—4所示，由电极、振动器和测量电路组成。图7—2所示的电容水分传感器由内外2个同轴的圆筒形电极构成，通常外电极是接地的，而边缘效应是通过减小内外电极间的相对高度来消除的。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 图7—3和图7-4为散射场式电容式水分传感器，其特点是电极的长度较其宽度和极间距离都大得多，测量时，给传感器装料到**25~30mm**高就完全够了，谷物层的厚度不会影响到传感器的输出，特别适合在线测量。
- 振动装置的作用是使谷物均匀流经电容传感器，并使两电极间的谷物密度均匀不变，以消除流动过程中谷物密度对测量精度的影响。
- 电容式谷物水分传感器结构简单，成本低，易于实现在线连续测量，因而受到各国重视。前苏联的谷物水分传感器中，电容式约占**43%**，日本的谷物干燥机上采用的谷物水分传感器大多是电容式。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

■ 四、红外线吸收式谷物水分传感器

- 红外线吸收式谷物水分传感器是基于近红外具有特征吸收光谱，被吸收能量与物质水分含量有关的原理来间接测量谷物水分。通过测量反射的红外光的密度，来间接测量谷物水分，其光学结构通常有反射式和透射式。红外吸收式谷物水分测量方法属于非接触测量，可以连续、快速测量谷物水分。谷物的密度对红外式水分传感器的测量结果有显著影响，需考虑补偿措施。

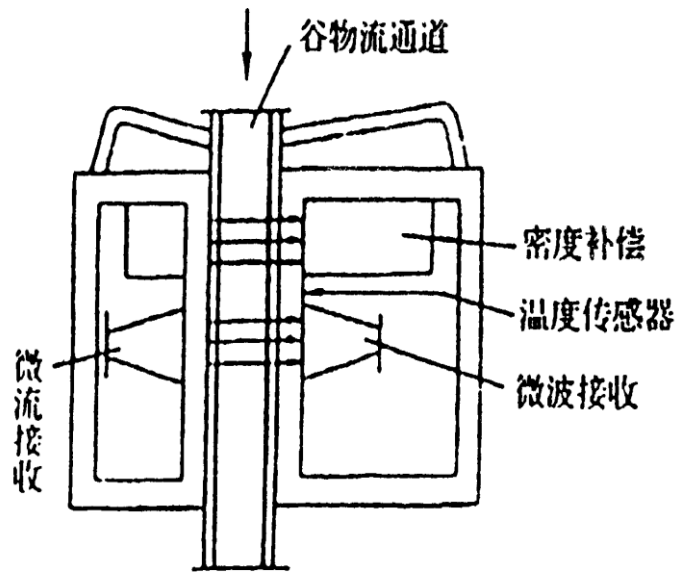


第七章 谷物干燥过程的检测与控制

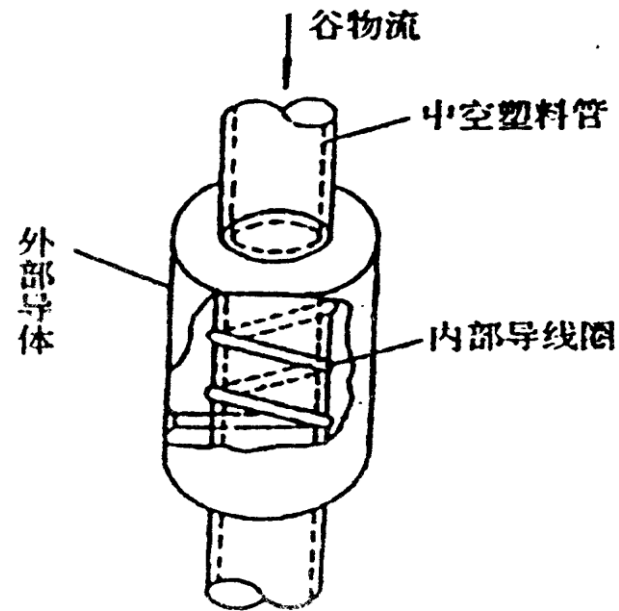
■ 五、微波式谷物水分在线测量装置

- 微波是一种电磁波，其波长为**1~10cm**，频率为**30~3GHz**。微波谷物水分传感器有两类：微波吸收式和谐振式。微波吸收式水分传感器的工作原理是基于谷物水分不同，对微波能量的吸收也不同；而微波空腔谐振式水分传感器是基于微波空腔谐振频率随谷物水分变化这一物理性质来间接测量谷物水分的，谷物温度和密度对微波式谷物水分传感器的输出有显著影响。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制



- 图7—5 微波吸收式在线谷物水分传感器



- 图7—6 螺旋谐振式微波谷物水分传感器结构示意图

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

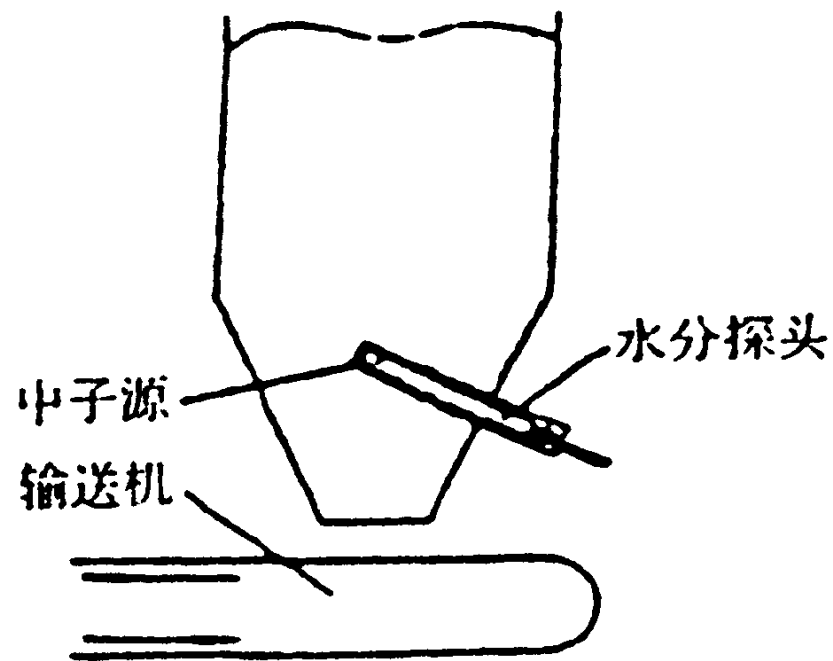


图7—7 中子式谷物水分在线测量装置示意图

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

微波吸收式谷物水分在线测量装置的结构如图7—5所示。由微波发射器头和接收器、 $\sqrt{\rho}$ 密度测量装置及谷物温度传感器组成。通过微波接收器测量由微波发射器发射的微波通过谷物流后的能量损耗，来间接测量谷物中的水分。同时由 $\sqrt{\rho}$ 密度仪及谷物温度传感器测量谷物流的密度和温度，以消除谷物密度和温度对测量结果的影响。

螺旋谐振式微波水分传感器的结构如图7—6所示，以 $l/4$ 波长的铜导线单层地卷在内部圆筒上，外用导体覆盖，其等效电路为具有高 Q 值的 LC 并联谐振电路。谐振腔的谐振频率随谷物流的水分而变化。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

■ 六、中子式谷物水分在线测量装置

- 中子式谷物水分在线测量装置如图7—7所示。该装置由中子源、中子探测器和相应测量电路、料仓和排料装置组成。中子谷物水分测量原理是中子源发射的快中子与谷物中的氢原子核碰撞，散射而损失能量，慢化而成为热中子，形成以中子源为中心的热中子云球，其半径大小与谷物中氢原子数量有关。如果谷物中的氢原子越多，快中子慢化的越快，热中子云球的半径就越小，热中子的密度就越大，测得热中子密度，即可测得谷物中含氢原子的多少。氢原子是水的组成成分之一，因而热中子密度间接代表了谷物中的水分含量。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

特点：中子式水分测量方法不破坏物料的结构，不影响物料的正常运动状态，不用取样，因而是一种先进的在线水分测量方法。其缺点是价格较高，而且需要采取防护措施，以免中子泄露。适用于大型谷物干燥系统。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

第二节 谷物干燥过程控制

在60年代，一些发达国家，如美国、日本产的谷物干燥机已经实现了干燥作业半自动化和干燥介质温度控制的自动化。到了70年代，随着电子技术的飞速发展，应用传统控制理论实现了谷物干燥过程的自动化。至今由于微型计算机的迅速普及，智能控制系统，如专家系统、模糊逻辑控制等已经开始应用于谷物干燥过程控制。下面结合实例，介绍在谷物干燥过程控制中应用的传统控制理论和智能控制系统。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

■ 一、谷物干燥控制系统的基本目标

- （一）在喂入干燥机的谷物水分和温度及干燥作业条件变化的情况下，保证要求的干燥品质。
- （二）以最低的干燥成本、最低的能耗达到最大的处理量。
- （三）避免干燥过度或欠干燥。欠干燥，谷物水分过高，没有达到要求的水分含量，谷物会霉烂变质；干燥过度，导致能耗增加，可能降低谷物品质，同时由于干燥过度，水分含量过低，还会增加谷物损耗，造成不必要的损失。
- （四）避免火灾及环境污染。
- （五）排除外部干扰。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- (六) 保持干燥过程稳定。
- (七) 使干燥过程实现最优化。
- 由于谷物干燥过程是一个复杂的热质交换过程，有很多因素影响谷物干燥品质，因而干燥过程自动化要考虑很多过程参数，如干燥过程的动态特性。干燥过程中需要控制或监测的过程变量个数，热介质的温度允许范围，热介质的流量，谷物流量，谷物的初始水分和终了水分含量等。此外还有保护用的临界过程参数及互锁功能，控制系统和传感器应易于校正，系统应易于维护保养，作业应可靠，控制系统成本和系统可靠性都是重要因素。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- **二、谷物干燥机控制系统的性能要求**
- **（一）精确性** 出机谷物水分含量必须接近于要求的水分含量。
- **（二）稳定性** 系统必须稳定，无振荡，否则，出机谷物水分含量将严重不均匀。
- **（三）响应速度** 对任何干扰（如喂入谷物水分含量的变化）控制器都应该迅速调节平衡，以保证系统的稳定性。
- **（四）适应性** 控制系统应该能够在较大范围的过程条件下正常工作。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

三、干燥过程变量

(一) 谷物干燥过程变量 可以分为两类：

(1) 输入变量；

(2) 输出变量或被控变量。

(二) 控制变量 可以被自动或手动调节的变量，谷物干燥机最重要的操作输入为

(1) 热介质温度；

(2) 谷物流量；

(3) 热介质的流量。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- **(三) 扰动变量** : 控制系统不能调节的变量, 最常见的干燥机扰动变量为:
 - **(1) 环境温度;**
 - **(2) 环境相对湿度;**
 - **(3) 入机湿谷水分含量。**
- **(四) 输出变量或被控变量** : 可以分为可测量的输出变量和不可测量的 (难于测量) 输出变量, 干燥机输出变量包括:
 - **(1) 干燥后谷物水分含量;**
 - **(2) 干燥后谷物温度;**

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- (3)排气温度；
- (4)排气相对湿度；
- (5)谷物品质（色泽、爆腰率、发芽率等）。
- 一般来说。谷物品质的在线测量是很困难的，常常根据经验来估计。在干燥过程中，如果采用适当的水分传感器，谷物水分含量可以作为测量输出变量。但是，在很多谷物干燥机上，没有安装谷物水分在线测量传感器，则谷物水分也是不可测量的输出变量。如图5—8所示，输出变量、控制变量和扰动变量构成了谷物干燥机过程控制系统。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 在谷物干燥过程中，最希望得到控制的输出变量是出机谷物水分含量，对出机谷物水分含量的控制可分为间接控制和直接控制。间接控制是通过检测和控制干燥机的排气温度来间接控制谷物水分。因干燥机的排气温度的测量简单、精确、价格低，容易实现，很多谷物干燥机采用了这种间接控制方法。但控制精度低，控制性能差。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

直接控制是采用谷物水分在线传感器，对干燥机出口谷物水分直接在线测量和控制，能够显著改进干燥机的控制性能。但谷物水分传感器价格较高，控制器成本高。

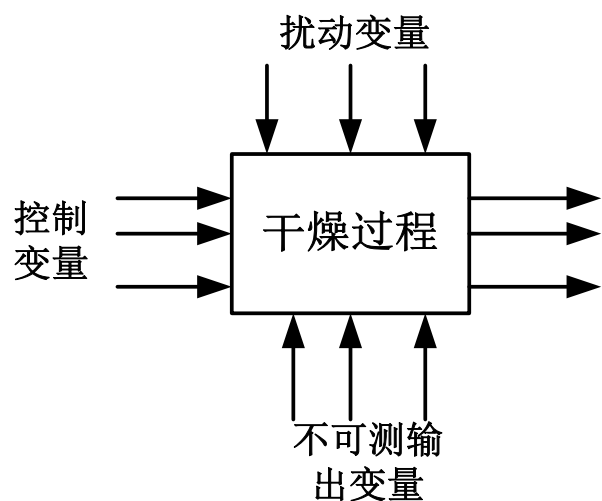


图7—8 干燥过程变量示意图

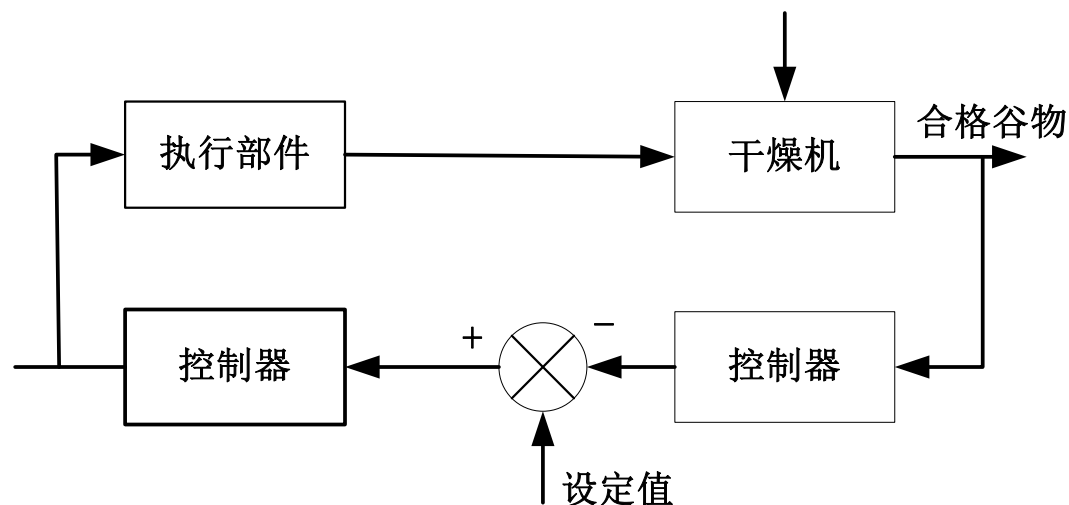


图7—9 谷物干燥机反馈控制系统原理示意图

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

■ 四、干燥过程控制方法

- **(一)手动控制** 手动控制是由操作者根据经验来判断干燥状态，控制干燥过程，具体步骤如下：
 - **(1)** 启动干燥机；
 - **(2)** 设定初始处理量；
 - **(3)** 测量出机谷物水分含量，
并与要求达到的水分含量比较；
 - **(4)** 根据实测的水分含量与要求的水分含量的差的大小，调节控制变量（如燃油输入量、谷物流量等），来实现要求的水分含量。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 手动控制简单，成本低，但控制精度差，出机谷物水分含量稳定性差，劳动强度大。
- **(二)反馈控制** 反馈控制是干燥过程控制普遍采用的控制方法之一。干燥机反馈控制器的功能是使被控变量保持在设定值。控制过程是控制系统测得被控变量（如谷物水分含量），并与设定值比较，产生一个误差信号，将误差值送给主控制器，主控制器调节控制变量，以减少该误差值。一般来说，主控制器并不直接调节控制变量，而是通过执行机构控制装置来实现对控制变量的调节，如控制燃油流量的电磁阀，控制谷物流量的排料电机等。在理想状态下，反馈控制将对过程输出变量产生精确的校正，迫使输出变量回到设定值。图7—9为一典型干燥机反馈控制器。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 三种基本的反馈控制是比例控制（**P**）、微分控制（**D**）和积分控制（**I**）。积分器能消除静误差，提高精度，但使系统的响应速度变慢、稳定性变坏。微分器能增加稳定性，加快系统响应速度，比例器为基本环节。三者可独立使用，也可组合应用，如比例积分（**PI**），比例微分（**PD**）和比例积分微分（**PID**），**PID**控制器的控制输出为：

$$u(t) = K_p \left(p(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t p(t) dt + T_d \frac{dp}{dt} \right) + u_0$$

式中： μ ——控制变量；

K_p ——比例系数；

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- P ——偏差；
- T_i ——积分常数；
- T_d ——微分常数；
- μ_0 ——控制常量（ $p=0$ 时的控制作用）。
- 选择适当的参数可实现稳定控制。
- 反馈控制的优点是不需要识别和测量扰动变量，对模型的不稳定性不敏感，对参数的变化不敏感，其缺点是要等到扰动变量对干燥过程起作用后才能实施控制，不适合大滞后系统的控制，可能产生不稳定性。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- **(三)前馈控制** 干燥过程中，谷物在机内的驻留时间较长，因而当调节输入控制变量时，要经过较长时间才能在输出变量上得到反应，滞后较大。如果干燥机的一个流程时间过长，反馈控制将难以达到控制精度和稳定性的要求。预测型的前馈控制器可解决大滞后的问题。
 - 在前馈控制器中，通过测量过程扰动变量，根据扰动变量的变化，直接调节控制变量作出补偿，而不是等到输出变量变化时再调节控制变量。在干燥机上前馈控制的实现是通过测量扰动变量（例如入机谷物水分含量），在控制器中采用表达扰动变量（入机谷物水分含量）、控制变量（例如谷物流量）和输出变量（例如出机谷物水分含量）的干燥过程模型。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 控制目标是使被控输出变量（出机谷物水分含量）保持在设定值。显然前馈控制的效果取决于干燥过程模型的精确度。前馈控制原理如图7—10所示。
- 前馈控制的优点是可以在扰动对干燥过程起作用之前，就对其作出补偿，适用于大滞后系统的控制，并不会降低干燥过程的稳定性；其缺点是要识别所有可能的扰动，并要直接测量这些扰动变量，不能对不可测扰动变量作出补偿，对过程参数的变化敏感，需要过程模型。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

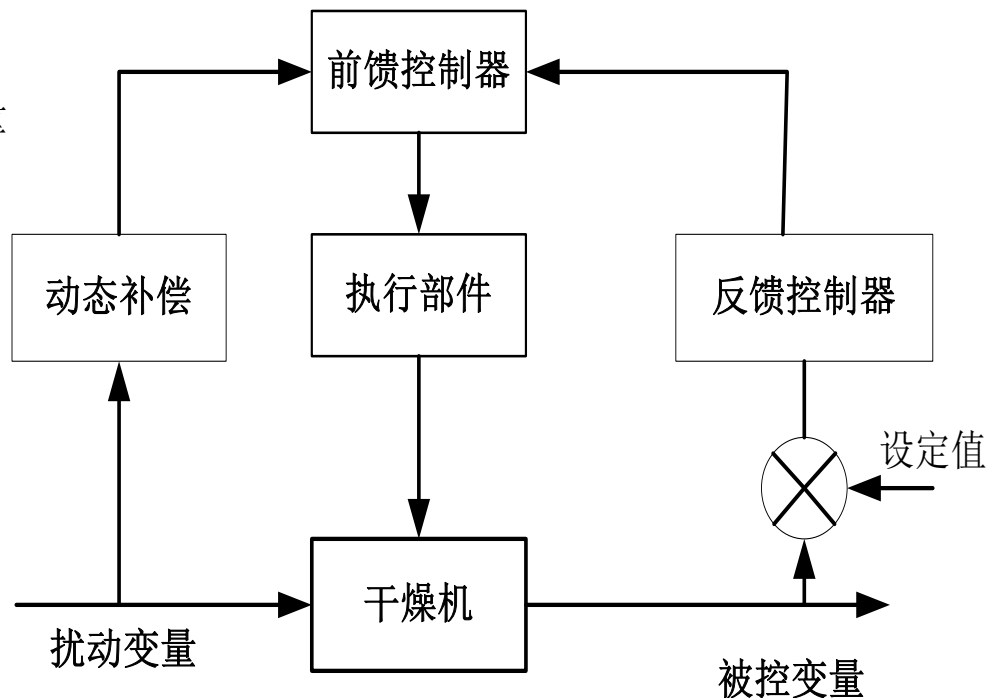
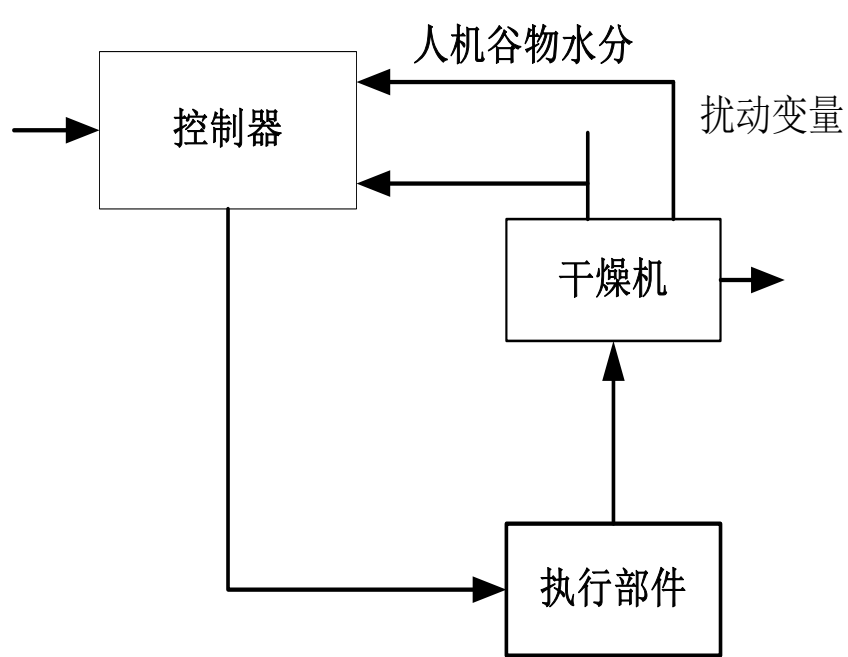


图7—10 谷物干燥机前馈控制系统示意图

图7—11 前馈—反馈控制系统



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

■ (四) 前馈—反馈控制系统

- 图7—11所示为前馈控制和反馈控制的组合，由控制采用干燥过程模型的前馈控制单元、反馈控制单元及动态补偿单元组成。它具有上述前馈控制器和反馈控制器的优点，对系统的不确定性和模型的不精确性都不敏感。反馈控制单元的功能是校正前馈控制单元模型的不精确性和对扰动测量的不精确性。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- **(五)微机控制系统** 微机控制系统可以容易实现各种控制算法，如 **PD**或更复杂的控制算法。一套微机控制系统可以通过分时控制来实现对多个回路进行控制。微机可以动态或静态显示过程变量，可以对不同的过程变量（加热介质温度、湿度、压力、流量及谷物水分含量等）进行数据采集和存储，可以对干燥过程进行优化控制和管理等。图7—12所示为一谷物干燥机微机控制系统组成。微机系统从过程变量测量装置接收数据，根据已经编成并存储在微机的存储器中的控制算法，来计算控制变量，并对干燥过程实施控制。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

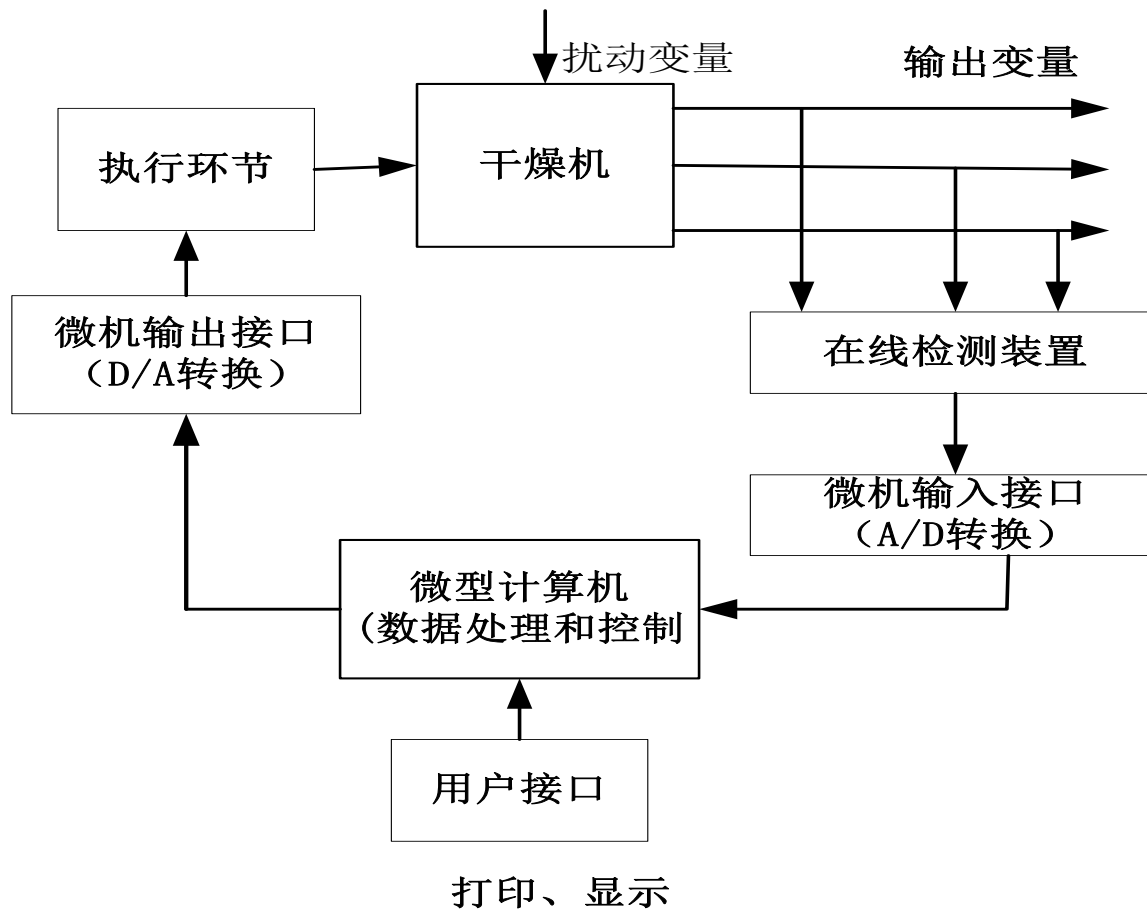


图7—12 谷物干燥机微机控制系统

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

五、连续流动横流式谷物干燥机控制系统

- 早期的连续横流谷物干燥机一直是手动控制。通过调节排料螺旋输送机的转速来控制谷物在干燥机内的驻留时间。手动控制常常导致过干。
- 在横流干燥机上最早采用的自动控制方法是对排气温度的反馈控制。由于干燥机的排气温度与出机谷物水分之间的不确定性，这种控制方法效果不理想。
- 近年来，在很多谷物干燥设备上都采用了直接控制谷物水分的控制系统。控制算法有传统的***PID***控制、前馈控制和前馈—反馈控制器。对横流谷物干燥机控制效果最好的是前馈—反馈控制系统。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 控制算法由基于模型的前馈控制器及用于对前馈控制器进行校正的反馈控制器和动态补偿器组成。在这一系统中，被控变量是出机谷物水分含量，控制变量是排料螺旋输送机转速，主要的扰动变量是入机湿谷物水分含量。控制系统由微机、谷物水分传感器、转速仪和控制软件等组成，如图7—13所示。
- 当扰动变量变化或过程模型精度低，或入机谷物水分测量不精确时，反馈控制校正将迫使出机谷物水分回到设定值。通过对入机谷物水分加权平均的方法来实现动态补偿。干燥机出机谷物平均水分的控制精度为 $\pm 0.5\%$ 。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

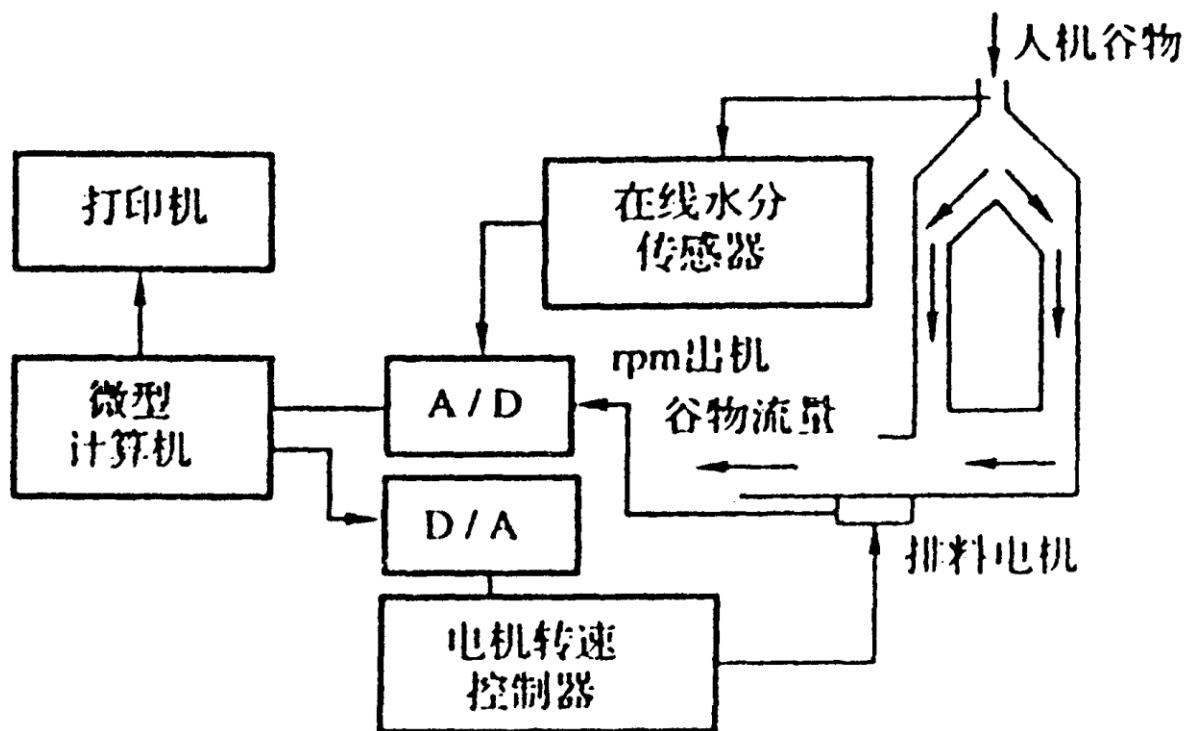


图7—13 横流谷物干燥机控制系统

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

■ 六、模糊逻辑控制系统

- **（一）模糊逻辑控制用于谷物干燥控制系统时遇到的困难** 上述谷物干燥机的控制方法大多是采用数学方程或算法。古典控制理论采用差分方程或传递函数，而现代控制理论则采用状态空间方法。这些方法都要把干燥过程系统的知识和已有的信息表达成解析式。但是在使用和设计采用上述控制方法的谷物干燥机控制系统时会遇到很多困难，原因是：
 - **（1）** 谷物干燥过程是复杂的、时变的和非线性的；
 - **（2）** 某些干燥过程变量（如谷物品质和色泽）是不能直接测量的，有些变量（例如谷物水分含量）的测量可能是不连续、不精确、不完整或不可靠的；



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- **(3)** 干燥机的过程模型是对实际过程的近似，而且需要大量的计算时间；
- **(4)** 几乎不可能用一个适当的模型来表示像干燥过程这样一个非线性、滞后、时变的复杂系统；
- **(5)** 谷物干燥机的被控变量和控制变量之间存在交互效应；
- **(6)** 谷物干燥机的作业条件复杂，扰动变量的范围宽，难以调控。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- **（二）模糊逻辑控制** 显然，要克服上述困难需要对谷物干燥机的传统控制方法不断改进，同时要探索新的、更有效的控制方法，近年来人工智能控制理论开始在干燥机控制中得到广泛应用，明显地改善了干燥机控制系统的性能。下面介绍一些智能控制方法中的模糊逻辑控制。
 - 模糊逻辑控制是以知识为基础的控制策略。它在规则集中采用模糊语言变量来模拟人类操作者的控制方法，用来解决过程动态特性及控制环境的不确定性。在模糊逻辑控制中，模糊逻辑用来将语言变量转换成精确的数值控制操作。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 模糊逻辑控制系统属于计算机控制的一种形式，因此模糊控制系统组成类同于图7—12所示微机控制系统。模糊控制的基本原理框图可由图7—14表示。它的核心部分为模糊控制器，其控制规律由计算机程序实现。实现一步模糊逻辑控制算法的过程是：微机经中断采样获取被控制变量的精确值，然后将此量与设定值比较得到误差信号 E ，然后把误差信号 E 的精确量进行模糊化，变成模糊量，误差 E 的模糊量可用相应的模糊语言表示，至此有了 E 的模糊语言集合的一个子集 e （ e 实际上是一个模糊向量）。再由 e 和模糊逻辑控制规则 R （模糊系）根据推理的合成规则进行模糊决策，得到模糊控制量 u ，为了对被

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 控对象施加精密控制，还需要将模糊量 u 转化为精确量，这一步在图7—14中成为非模糊化处理（亦称清晰化）。得到了精确数字控制量后，经数模转换为精确的模拟量送给执行机构，对被控过程进行第一步控制，然后中断等待第二次采样，进行第二步控制。这样循环下去，就实现了对被控对象的模糊控制。

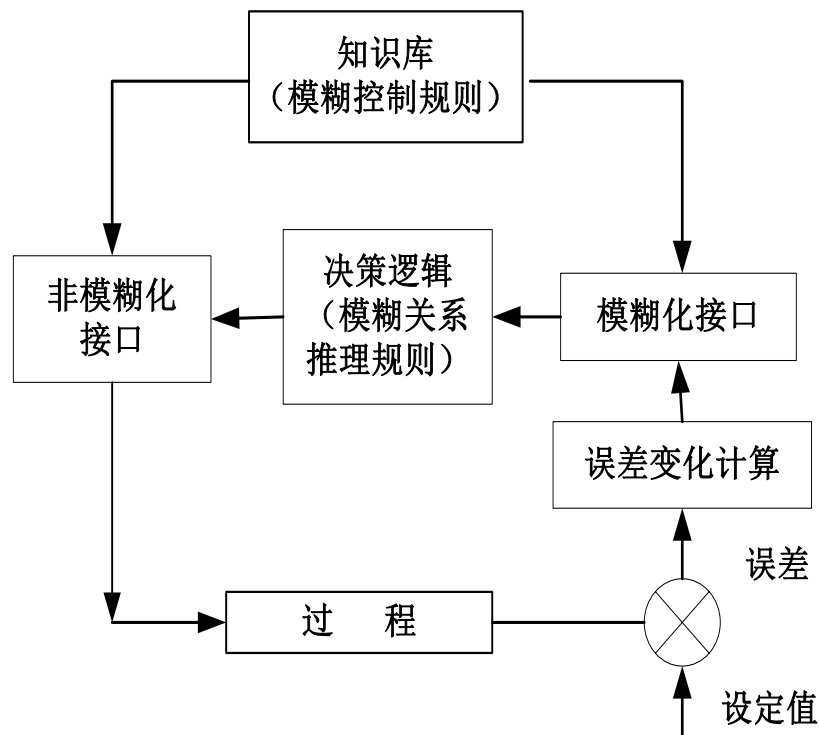


图7—14 模糊逻辑控制的基本原理框图



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- (三) 模糊逻辑控制算法的步骤
- 模糊逻辑控制算法可概括为下述4个主要步骤：
 - (1) 根据本次采样得到的系统输出值，计算所选择的系统的输入变量；
 - (2) 将输入变量的精确值变为模糊量；
 - (3) 根据输入变量（模糊量）及模糊控制的规则，按模糊推理合成规则来计算控制量（模糊量）；
 - (4) 由上述得到的控制量（模糊量）计算精确的控制量。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

第三节 谷物干燥自动检测与控制实例

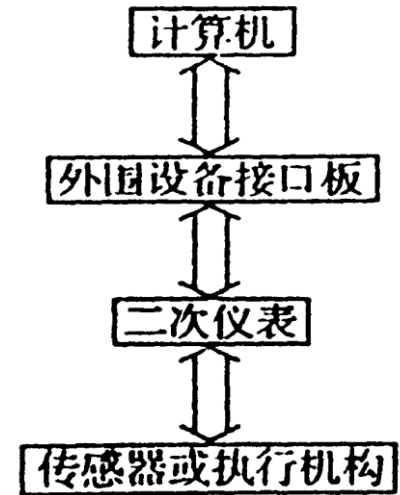
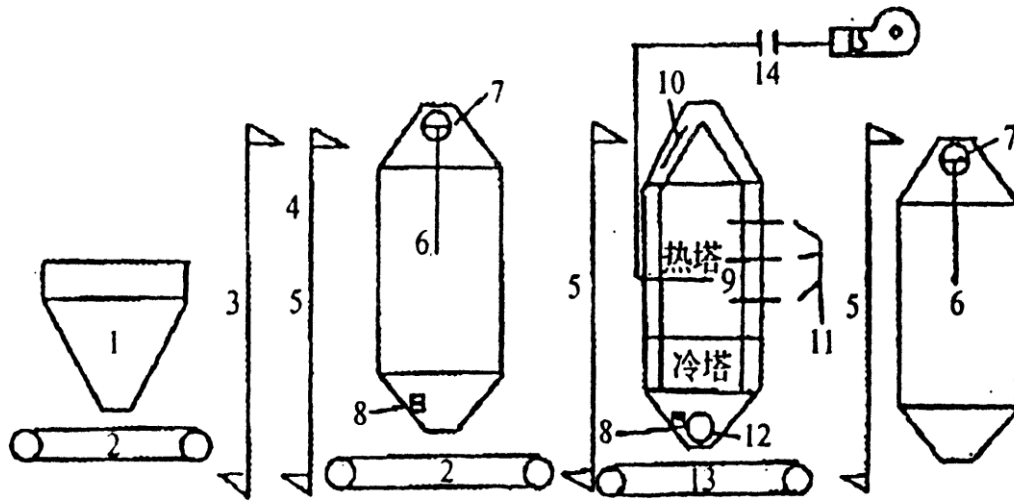
我们目前的粮食烘干设备都以手动控制为主，需要投入大量的人力和物力进行操作和维护，而人为造成的设备损坏和经济损失却是无法避免的。为了提高生产力，建立一套以计算机进行自动控制和现场监控的烘干自动化系统，是时代的需要和使用单位的迫切愿望。由于热风式烘干机工艺流程简单，所有监控设备易于配备和使用，而且都带有智能接口，这些都为自动控制的实现创造了条件。以下介绍 ***RHT—700***型热风式干燥机的自动化控制与检测系统。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

■ 一、工艺结构和系统组成

- 桶式热风烘干机系统如图7—15所示。待干燥的玉米经地坑由提升机运送到原粮仓，以保证烘干机进料的充足与稳定。原粮仓的玉米经输送机、提升机送到烘干机的进料口进入烘干机。烘干机是一个夹层圆桶，均由孔板组成，待干燥的玉米进入孔板夹层，热风由烘干机圆桶的空腔进入，通过孔板穿过粮层，从外孔板进入大气，粮食从烘干机顶部进入，连续下落到出口，得到烘干。粮食的烘干程度取决于热风温度、热风量、排粮速度。合理的控制和调节这**3**个参数，是保证烘干质量和经济效益的关键。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制



- 图7—15 桶式热风烘干机系统
- 1,地坑2.输送机 3、5.提升机 4.滚筒筛 6.钢板仓 7.重锤式料位器
- 8.水分仪传感器 9.烘干塔 10.超声波料位置 11.主塔的温度和压力传感器
- 12.调速电机 13.皮带称 14.风门 15.热风机

图7—16 系统层次结构

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

二、硬件分析

- 整个系统由图7—16所示的层次结构组成。
- 根据产生的各种信号的不同，本系统只要用2种接口板就可以实现计算机和各种二次仪表的连接进行数据交换。一种是开关量的输入 / 输出板，型号为**MS—4201**或**MS—4202**，用来控制电机开 / 关，读水分仪和皮带称发出**BCD**码，并获得主塔料位器的当前状态。另一种是能够同时进行**A / D**和**D / A**转换板，型号为**MS—1229**，用来转换监控仪表的各种温度和压力值以及仓内料位高度等模拟量，并实时转换各电机经转换后运行状态电流。另一方面，通过输出一定电流和电压来控制电磁调速电机的速度和热门的开启角度，其原理如图7—17所示。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

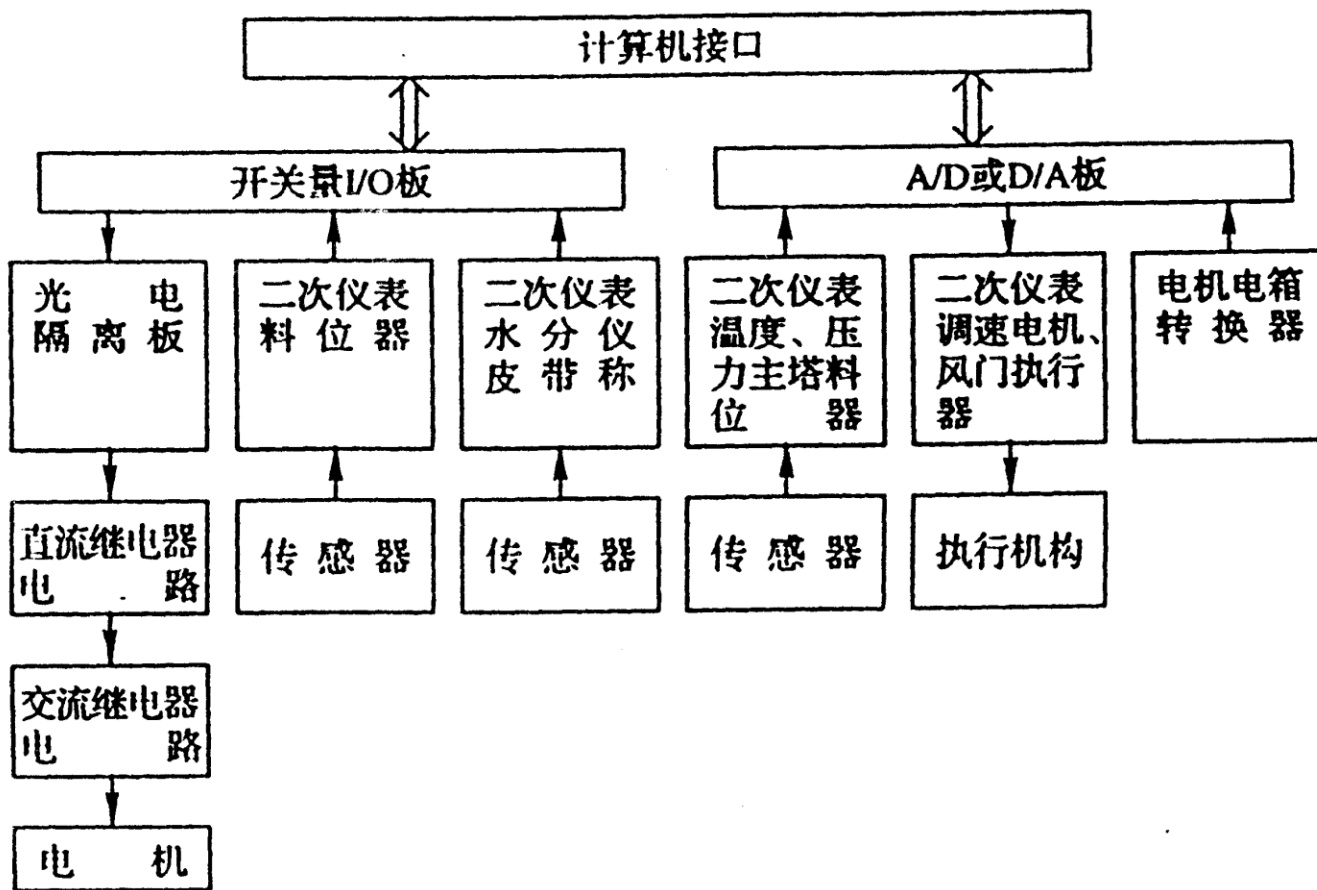


图7—17 系统控制原理图



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 主机型号应该选用工业控制计算机，因为它有着良好的防尘、防震、防磁和易于散热等特点，其中的高抗干扰的功能完全适用于烘干车间的各种恶劣工作环境。另外，买计算机时可以一次性配齐各种接口板，因为是同一厂家生产制造，所以在性能保证和编程开发上非常容易和方便。
- 为了防止现场干扰信号进入，该系统采用了光电隔离电路。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 本系统的关键部分是电机的运行状态监测信号和数字式测水仪准确反应，所以这两个部件的选择十分重要，直接关系到本系统能否实现。电机运行状态信号最好通过转换器采其运行电流值，因为只有这个参数最能反映其运行状态，别的方法都不能准确反应。水分仪结果如不准确，可以采用软件编程予以补偿。
- 对于两块板上 I/O 端口地址，一定要选用系统未用空闲的地址，以免和微机系统发生冲突。本系统占用 $200-20FH$ 和 $300-30FH$ 两段地址。工控机接口端口编址范围是 $200-400H$ ，其使用情况如表 7—1。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 在电路设计上，考虑到系统的可靠性和兼容性，设有自动和手动两套电路。

■ 表7—1 工控机接口端口和地址

地址范围	I/O设备端口	地址范围	I/O设备端口
200-20FH	游戏控制器	380-38 FH	同步SDLC通讯
210-217H	扩展部件	3A0-3A FH	保留
220-2F7H	保留	3B0-3B FH	单显/打字机
2F8-2F FH	异步通讯（辅助的）	3C0-3C FH	保留
300-31FH	原型插件板	3D0-3D FH	彩显/图形显示器
320-32 FH	硬盘	3E0-3E7H	保留
378-37 FH	并行口打印机	3F0-3F7H	软盘
		3F8-3F FH	异步通讯（基本的）



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

■ 三、软件分析

- 由于本系统要控制和监测的数据信息很多，并运用了动画实时显示技巧，还需要中断编程方法，从运行速度和以上几点要求上考虑使用 **Turbo C**语言，其主程序流程和中断流程如图**7—18**、**7—19**所示。因为机械运行状态要实时测到和动画现场显示要及时更新，所以把它们都放到中断过程中，以减少程序负担和快速反应。本系统修改和占用了**1CH**号软中断，它被硬中断**08H**号每秒激活**18.2**次，完全符合系统控制需要。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

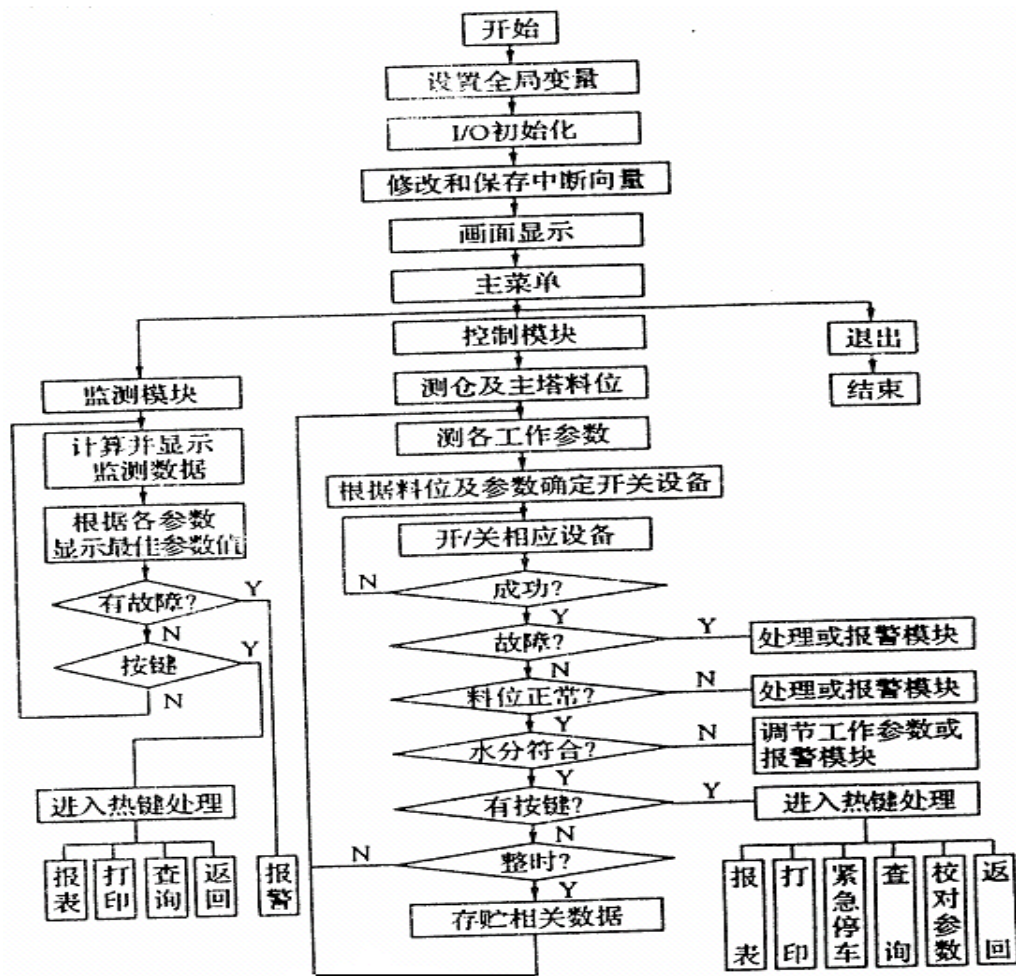


图7—18 主程序流程

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

- 中断编程方法：由于日时钟中断（**08H**）处在中断优先级最前面，由它引起**1C**号软中断，所以在系统编程时不必对**8259A**进行控制编程，只需在程序中把新的中断函数指向**1CH**号中断（用**SETVECT**（）函数）就可以了。
- **A / D**（**D / A**）编程方法：**MS-1229**分配地址为**200~20FH**，其中**200~203H**是**A / D**转换，**204~20FH**是**D / A**转换，**A / D**有**32**个通道，用于输入**0~10V**电压。**D / A**分配情况：①热风执行器**1**（**0~10mA**）地址为**204H—207H**；②热风执行器**2**（**4~20 mA**）地址为**208H—20BH**；③调速电机（**0~10V**）地址为**20CH—20FH**。

第七章 谷物干燥过程的检测与控制

数据采集程序如下：

- **float a / d(int cn)**
 - {
 - **int ch;**
 - **float aa;**
 - **ch=cn;**
 - **outportb(0x200, ch);**
 - /*选择通道*/
 - **outportb(0x201, 0);** ”
 - /*起动转换*/
 - **aa=(inportb (0x202)ANDI5十**
 - **inportb(0x203)) / 4096** /*转换数据*/
 - **return aa;** /*返回结果*/
 - }
- 图7—19 中断程序流程



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

五、运行情况

该系统用于 **RHT—700** 型干燥机，在玉米干燥过程中用横流式玉米干燥机的模拟程序预选排粮速度或在干燥条件发生较大变化时重新确定排粮速度，可以大大缩短排粮速度逼近要求的理想排粮速度的调节时间，减少干燥不足或干燥玉米的数量以及重复干燥的次数，提高了单位煤烘干玉米产量，可使烘后玉米的合格率提高近 **10%**。



第七章 谷物干燥过程的检测与控制

因为采用了中断编程方法，所以有些数据的传送要依靠全程变量才能在整个程序中进行传递。由于没有输入汉字的必要，本系统自编一套汉字显示函数，也是为了避免使用其它汉字系统时和本系统的中断使用发生冲突并影响运行速度。

为了防止意外，在程序中要设备适当出口，以保证能够处理许多突发事件或其它事情，这只要在程序中设置一些热键就决了。



第九章 农业机器人技术

第一节 嫁接机器人简介

第二节 采摘机器人简介



第九章 农业机器人技术

- 农业机器人是现代农业装备中自动化程度最高的装备，它具有的一些基本特是：**(1)**农业机器人的工作对象是农产品(这里广义地包括粮食、蔬菜、水果、经济类作物、畜牧和水产品)；**(2)**农业机器人应具有对所操作农产品及其所处环境特征信息的感知功能，以保证其在工作空间行为和操作的正确性；**(3)**农业机器人应具有对所操作农产品的抓取(或采摘、搬运、移位及其它操作)功能；**(4)**农业机器人应是一个可编程的柔性系统，可根据自主或人机协同的控制程序，实现对其行为的控制，并可根据不同的工作目标修改程序；**(5)**部分农业机器人具有自行在特定空间中行走或移动的功能。根据以上分析，我们可以将农业机器人定义为：一种以农产品为操作对象、具有信息感知和自动控制功能、可重复编程的柔性自动化或半自动化设备。



第九章 农业机器人技术

- 随着机器人技术的进步，农业机器人的应用领域正逐步扩大。在**21**世纪，它们可能在以下领域得到广泛应用。室内工作的农业机器人，将在温室大棚和生产车间里发挥作用。温室栽培包括育苗、嫁接、采摘、包装等多类作业，其它还有摘叶、防虫除草、搬运等工作需要反复进行，需要的劳动力多、劳动强度大，温室内高温、高湿、劳动环境较差，十分需要实现作业的自动化。以嫁接问题为例：嫁接栽培是克服瓜菜连茬病害和低温障碍的最有效的途径，抗病、增产效果显著，广泛用于黄瓜、西瓜、甜瓜、茄子、西红柿栽培，但人工嫁接速度慢、效率低、费工费时。



第九章 农业机器人技术

- 嫁接机器人集机械、自动控制与设施园艺技术于一体，可大幅度提高嫁接速度，明显降低劳动强度，并可提高嫁接成活率。我国在“国家**863**计划项目”的资助下，已经成功开发蔬菜嫁接机器人，解决了蔬菜幼苗的柔嫩性、易损性和生长的不一致性等难题，实现了蔬菜幼苗嫁接的精确定位、快速抓取、良好切削。
- 机器人也可以应用于蔬菜、花卉和苗木株苗的移栽，利用机器人的信息传感功能和智能化分析程序，可以准确辨别好苗和坏苗，指挥机械手把好苗准确地移栽到预定的位置上，而抛去坏苗，机器人将大大减少人工劳动量，降低人工成本，提高移栽操作质量和工作效率。

第九章 农业机器人技术

- 农业机器人另外一个广泛应用的领域是农产品的自动采摘。机器人用于农产品采摘，可以充分利用机器人的信息感知功能，对被采摘对象的成熟程度进行识别，从而保证采摘到的果实的质量，机器人采摘的工作效率将大大高于人工。由法国开发的水果采摘机器人，其机械手是**3**自由度圆柱坐标型，可以收获苹果或柑桔，利用**CCD**摄像机和光电传感器识别果实，识别苹果时从树冠外部的识别率可以达到**85%**，速度达到**2~4**秒/个。机器人既可以应用于番茄等蔬菜的采摘，也可用于樱桃、枣、柑橘和西瓜等水果的采摘，甚至花生和蘑菇等经济作物也可利用机器人进行采摘。下面就目前得到最广泛应用的嫁接和采摘农业机器人的基本工作原理作一些简要的介绍。



第九章 农业机器人技术

第一节 嫁接机器人简介

- 种子种到苗盘以后，长出籽苗，直到它们生出根来，再将其重新栽到乙烯盆或其他的盆里，这种作业叫做移栽。移栽虽然是很简单的，但是需要大量的手工作业，而且效率较低。人工移栽的平均速度是每小时**800~1000**棵，但连续工作会使人疲劳，很难长久保持高效率。目前研究的移栽机器人的最大栽培速度为每小时**6000**棵，成功率在**90%**以上。
- 目前我国各类设施农业栽培面积已达**210**万公顷，约占世界设施栽培面积的**70%**，成为世界上最大的设施栽培国家。

第九章 农业机器人技术

- 它缓解了蔬菜淡季的供需矛盾，也成为我国农民致富的重要途径。同时嫁接栽培还是克服瓜菜连茬病害和低温障碍的最有效的途径，抗病、增产效果显著，广泛用于黄瓜、西瓜、甜瓜、茄子、西红柿栽培，但人工嫁接速度慢、效率低、费工费时，采用嫁接机器人则可有效地解决上述问题。

一、营养钵苗自动嫁接机器人的特点

- 营养钵育苗是在群播、穴播育苗之后产生的一种新型的育苗方式。营养钵是指为培育幼苗专用的杯状容器，将单粒种子播种在营养钵内进行育苗的方式称之为营养钵育苗，该方式首先进行穴盘育苗，穴盘育苗是将种子播种在特定的苗盘内。

第九章 农业机器人技术

- 苗盘根据需要可选择不同的规格，有**78穴(13×6)**、**128穴(16×8)**等规格。这种育苗方式的优点是：**(1)**嫁接时可以省去从穴盘中拔山砧木的过程；**(2)**对嫁接苗的根系损伤小，利于缓苗；**(3)**便于移栽，将嫁接好的砧穗直接从营养钵移栽到大田即可。

二、国内的发展现状

- 中国农业大学于**1998**年研制成功的**ZJSZ—600**型嫁接机器人能够自动完成取苗、切苗、接合、固定、排苗等嫁接作业过程，秧苗嫁接速度为**600**棵/小时。山东潍坊市农业机械研究所研制的**SJZ—1**型蔬菜嫁接机采用靠接(舌接)法，最高工作效率为**310**株/小时。



第九章 农业机器人技术

- 该机由电机、控制机构、操纵机构、工作部件和机壳等组成。另外，由长春自动化技术有限公司和韩国合作研制出的蔬菜自动嫁接机主要用于西瓜、黄瓜和西葫芦的嫁接，也可用于番茄、茄子的种内嫁接。该机采用的嫁接方法为靠接法，控制系统由单片机电路构成。

三、工作原理

- 嫁接机器人技术，是近年在国际上出现的一种集机械、自动控制与园艺技术于一体的高新技术，它可在极短的时间内，把蔬菜苗茎秆直径为几毫米的砧木、穗木的切口嫁接为一体，使嫁接速度大幅度提高；同时由于砧、穗木接合迅速，避免了切口长时间氧化和苗内液体的流失，从而又可大大提高嫁接成活率。

第九章 农业机器人技术

- 因此，嫁接机器人的研究受到广泛的重视。下面以黄瓜和黑籽南瓜的嫁接为例，来说明嫁接机器人的工作原理。如图11—2所示，要实现黄瓜和黑籽南瓜的嫁接，需要完成的操作有砧木的切削、穗木的切削和砧、穗木的接合及固定。由于砧木要在生长点处切除一片子叶，所以必须调整好生长点的高度，使其正好在切点处；为了切除一片子叶而又不损伤另外一片，故两片子叶的展开方向要与切刀的方向垂直。穗木在其生长点下方**2~3cm**处将茎秆切断。然后将切削后的两棵苗接合到一起。切削过程要保证砧木和穗木的切削角度相同，这样才能使接合完全，且嫁接后苗不会出现歪斜现象。

第九章 农业机器人技术

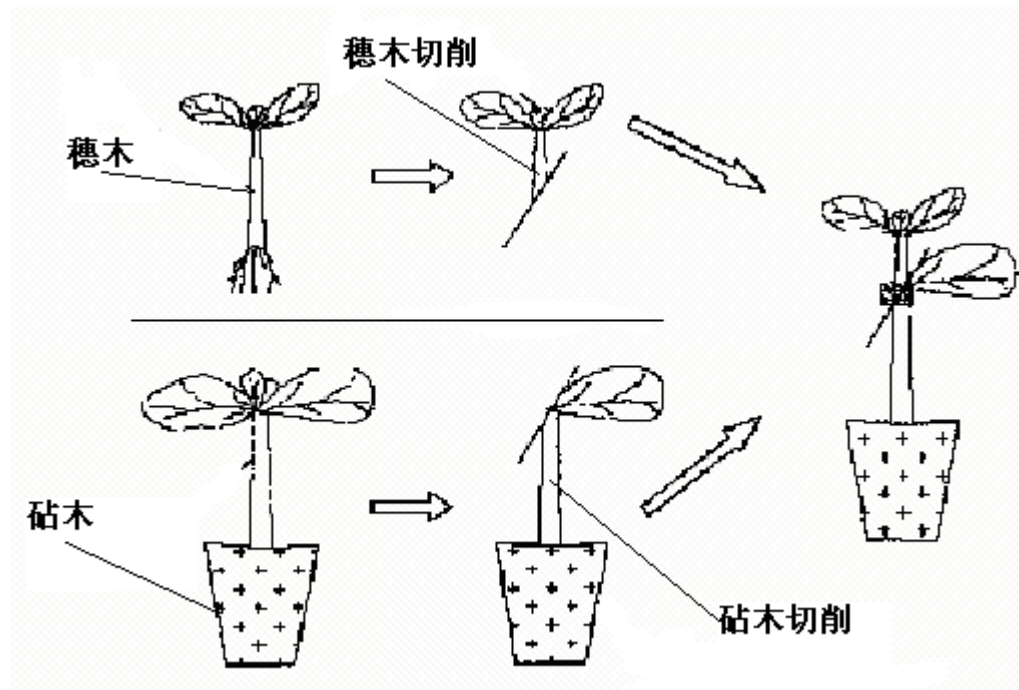


图9—1 切削与嫁接原理图

第九章 农业机器人技术

- 接合后的苗需要有特定的固定夹子将两斜面固定到一起，夹子的体积、夹合的力度和位置都需要合理的设计，既要按要求完成操作，又不能损伤苗。按照以上的作业规范，**将一个完整的嫁接过程按作业顺序进行详细划分，需要由砧木供苗、穗木供苗、砧木子叶方向检测、砧木生长点高度检测、砧木旋转搬运、穗木旋转搬运、切削砧木和穗木、接合砧木和穗木、固定接合处和嫁接成苗排出十大部分组成。各部分之间的动作需相互协调、相互衔接，根据作业要求，设计其工作流程如图9—2所示。**

第九章 农业机器人技术

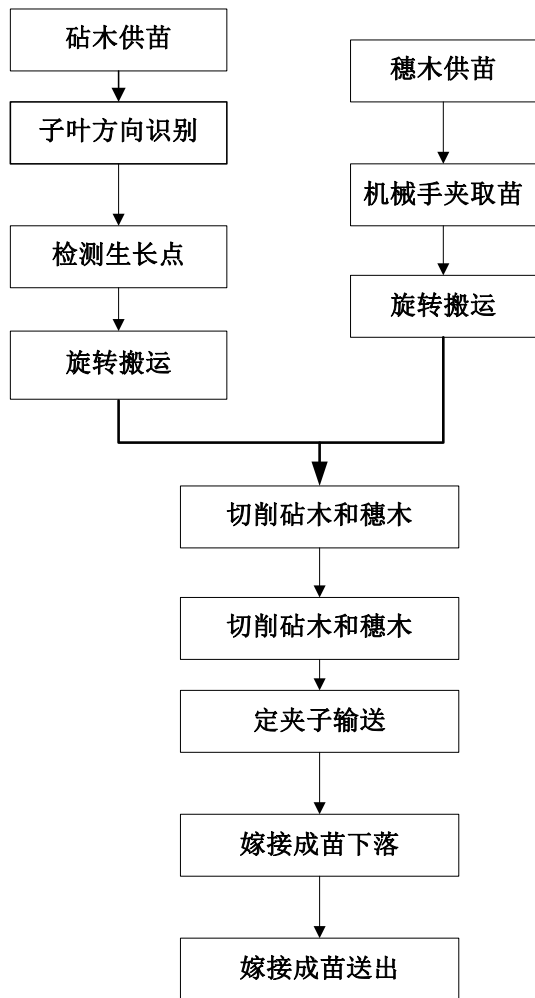


图9—2营养钵嫁接机器人工作流程图

第九章 农业机器人技术

四、机械结构的整体布局

- 在熟悉了作业流程之后，对机器人的机械结构就可以进行整体上的布局了(图9—3)。整体布局是一切设计工作的基础，所以必须使其达到合理化、最优化。该机器人的整体结构安排如下：**砧木用传送带装置来输送，砧木营养钵到位点与识别台设计在一条直线上，以利于将苗推送到识别台上；砧木识别台与切削点的位置，以及穗木供苗台与切削点的位置之间各相差 90° ，这样就可以用两个旋转角为 90° 的旋转马达来分别实现砧木和穗木的搬运；将砧木和穗木的切削点的安置既考虑到切削的方便又要保证接合准确：两切削点在同一圆的一条直径的两个端点上，当旋转切削刀旋转时可以同时完成砧木和穗木的切削，而且可以保证砧木和穗木切削角度相同；**

第九章 农业机器人技术

- 接合处在切削圆周的中心，当搬运伸缩气缸伸出时两切削斜面刚好吻合；由于送夹机构的安置与两切削点的连线垂直，当苗接合好后送夹机构将固定夹推出，送到接合处夹合，从而将砧木和穗木固定到一起；自动排苗装置在接合处的下方，排苗机械手将嫁接好的苗从搬运机械手中接过来，然后下落，将其放到下方的传送带上，由传送带将嫁接成苗送出。

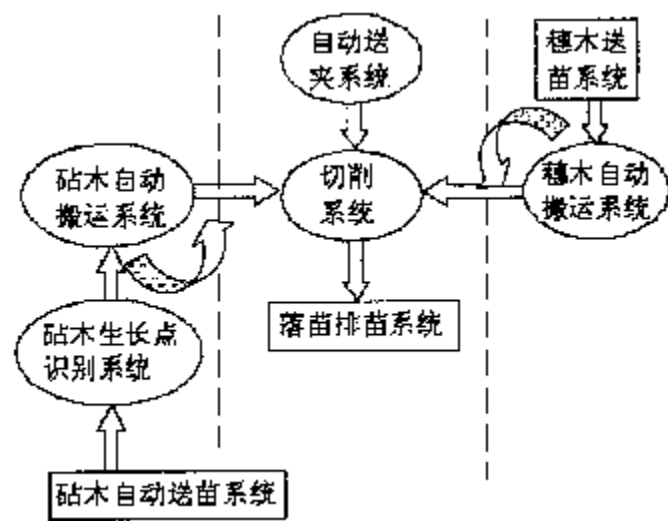


图9—3营养钵苗嫁接机器人的整体布局图



第九章 农业机器人技术

五、控制系统的功能分析

- 该机器人需要完成的功能大体可分为四个功能：自动送苗功能、识别功能、嫁接功能和排苗功能。其中嫁接功能必须要按照作业顺序进行，先取苗、切削，然后接合、固定，各作业步骤既不能混乱，也不能冲突。除此之外，作为一完整的控制系统，还应具有启动、停止、暂停、复位等基本功能。根据系统功能要求，可以采用以下两种可执行的方案：

第九章 农业机器人技术

- (1) 各作业步骤**按照既定时间要求顺序执行**，即在同一时刻机器人只能执行一个动作。其工作流程示意图如下所示：

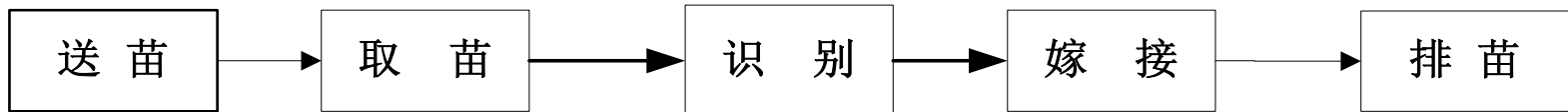


图9—4顺序作业流程示意图

- **特点：**此方案控制简单，程序编写容易，且不易出现程序跑飞或动作之间发生冲突等错误。但是由于各是顺序执行的，所以在一个动作执行的过程中，其它部分都处于等待状态，资源利用率低，时间消耗大，因而工作效率不高。原有机器人采用的是这种方案，嫁接速度大约为180棵/小时，不能满足预期的设计要求。

第九章 农业机器人技术

- **(2)采用并行操作的方案**，即在同一时刻有多个动作在执行。这样就需要将不相冲突的动作进行合并，其工作流程示意图如图9—5所示。
- **特点：**优点就是在同一时刻机器人在执行多个不同的动作。传送带将苗送到后，若苗被取走，此时系统会重新启动传送带开始输送下一棵苗，与此同时识别系统也开始工作。当识别完成后，也会有两个动作发生，一是开始进入嫁接操作，二是重复取苗、识别的动作过程。因此，在整台机器的工作过程中，将会使送苗、识别、嫁接三个动作同时进行。显然，这种控制方案可以大幅度地缩短了嫁接周期，节省很多作业时间，极大地提高了作业效率。

第九章 农业机器人技术

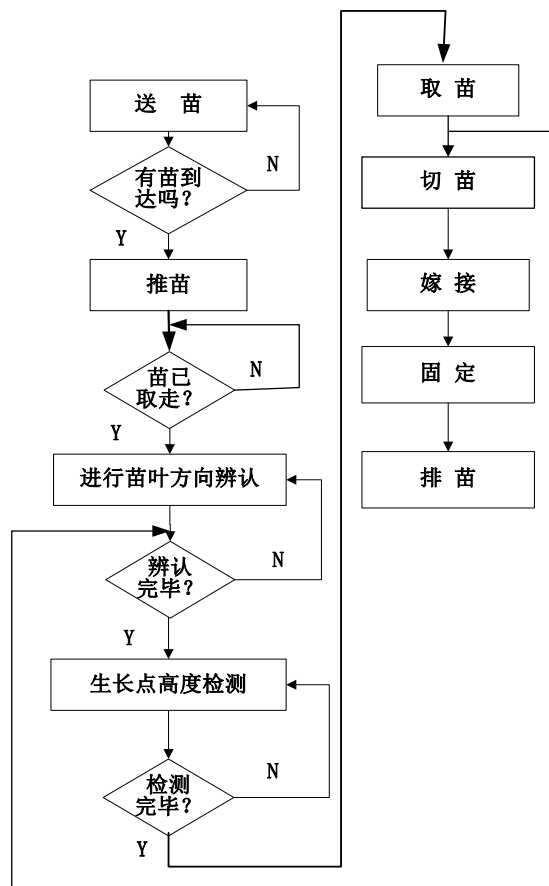


图9—5 并行作业工作流程示意图



第九章 农业机器人技术

第二节 采摘机器人简介

- 农业机器人最可能得到广泛应用的领域是农产品的自动采摘。机器人用于农产品采摘，可以充分利用机器人的信息感知功能，对被采摘对象的成熟程度进行识别，从而保证采摘到的果实的质量，机器人采摘的工作效率将大大高于人工。由法国开发的水果采摘机器人，其机械手是**3**自由度圆柱坐标型，可以收获苹果或柑桔，利用C C D摄像机和光电传感器识别果实，识别苹果时从树冠外部的识别率可以达到**85%**，速度达到**2~4**秒/个。

第九章 农业机器人技术

- 机器人既可以应用于番茄、洋葱、马铃薯等蔬菜的采摘，也可用于樱桃、枣、柑橘和西瓜等水果的采摘，甚至花生和蘑菇等经济作物也可利用机器人进行采摘。
- 英国已开发出蘑菇采摘机器人，用CCD黑白摄像机识别作业对象，识别率达**84%**，使用直角坐标机械手进行采摘，为了防止损伤蘑菇，执行器部分装有衬垫，吸附后用捻的动作进行收获，收获率达**60%**，完整率达**57%**。
西班牙科研人员发明的柑桔机器人（如图9—6所示），由一台装有计算机的拖拉机、一套光学视觉系统及一个机械手组成，能够从柑桔的大小、形状和颜色判断出是否成熟，从而决定是否采摘；

第九章 农业机器人技术

- 它作业速度极快，每分钟可摘柑桔**60**个，而靠手工只能摘**8**个；另外，通过装有视频器的机械手能对摘下的柑桔按大小马上分类。法国制成的摘苹果机器人，不论昼夜，都可以根据苹果颜色判断生熟，平均**5**秒钟可摘一个苹果。
- 以色列温室技术公司研制成功一种专门用于温室的采摘机器人（如图**9—7**所示）。可准确采摘温室生产的蔬菜和水果。它高**2m**，手臂可伸至**2.5m**高度，它由电脑、控制器、图像处理器和手臂构成。它的头部可根据水果的形状进行更换。

第九章 农业机器人技术



图9—6 柑桔采摘机器人

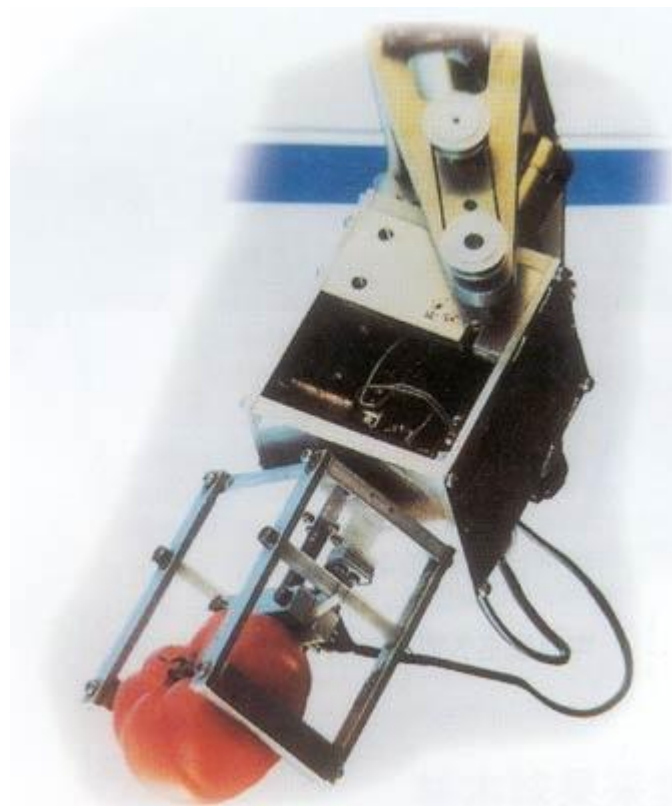


图9—7 西红柿采摘机器人

第九章 农业机器人技术

- 一种用于西瓜收获机器人的机械手是由**4**个由**4**节连杆构成的手指组成的系统，在手指的尖端装有滑轮。当机械手抓拿西瓜时，机械手从西瓜上面降下，手指的滑轮沿西瓜表面边滑动边下降，当到达最下端时就停止；上升时，利用西瓜自身的重量，使机械手自锁，利用这种方式来抓取西瓜。这种结果不需要复杂的控制系统，同时也适合于定位不准的情况，而且也比较容易操作。试验结果表明，当机械手的中心与西瓜的中心的偏离不超过**54**毫米时，机械手都能抓住西瓜。当手指尖端的滑轮沿西瓜表面向下滑动时，利用手指关节的动作可以求出西瓜的大小，利用手上附加的力传感器可以求出西瓜的重量，误差仅仅在**2%**以内。



第九章 农业机器人技术

- 这样就可以在现场对西瓜进行初步的分级，另外也可以根据力的变化判断是否抓住了西瓜。由于西瓜的果实和枝叶的颜色相同，而且成熟与没有成熟的西瓜的果实颜色也相同，这就给西瓜检测带来了困难，因此要根据西瓜的挂果日期（开花日期）的不同，树立直径为**40毫米**左右不同颜色的标识球，这样就可以根据标识球的颜色和位置正确判断西瓜的位置和成熟情况，为了正确判断，对标识球的颜色和种类要有一定的限制。
- 在林业生产中，林木球果的采集一直是个难题，国内外虽已研制出了多种球果采集机，如升降机、树干振动机等，但由于这些机械本身都存在着这样或那样的缺点，所以没有被广泛使用。

第九章 农业机器人技术

- 目前在林区仍主要采用人工上树手持专用工具来采摘林木球果，这样不仅工人劳动强度大，作业安全性差，生产率低，而且对母树损坏较多。为了解决这个问题，东北林业大学研制出了林木球果采集机器人。该机器人可以在较短的林木球果成熟期大量采摘种子，对森林的生态保护、森林的更新以及森林的可持续发展等方面都有重要的意义。
- 林木球果采集机器人由机械手、行走机构、液压驱动系统和单片机控制系统组成。其中机械手由回转盘、立柱、大臂、小臂和采集爪组成，整个机械手共有**5**个自由度。在采集林木球果时，将机器人停放在距母树**3—5**米处，操纵机械手回转马达使机械手对准其中一棵母树。



第九章 农业机器人技术

- 然后单片机系统控制机械手大、小臂同时柔性升起达到一定高度，采集爪张开并摆动，对准要采集的树枝，大小臂同时运动，使采集爪沿着树枝生长方向趋近1.5—2米，然后采集爪的梳齿夹拢果枝，大小臂带动采集抓爪按原路向后捋回，梳下枝上的球果，完成一次采摘，然后再重复上述动作。连捋数枝后，将球果倒入拖拉机后部的集果箱中。采集完一棵树，再转动机械手对准下一棵。
- 试验表明，这种球果采集机器人每台能采集落叶松果500公斤，是人工上树采摘的30—35倍。另外，更换不同齿距的梳齿则可用于各种林木球果的采集。这种机器人采摘林木球果时，对母树破坏较小，采净率高，对森林生态环境的保护及林业的可持续发展很有意义。



第十章 液压与气压伺服系统

伺服系统又称为随动系统或跟踪系统，是一种自动控制系统。在这种系统中，执行元件能以一定的精度自动地按照输入信号的变化规律动作。液压与气压伺服系统是由液压元件或气压元件组成的伺服系统。



第十章 液压与气压伺服系统

10.1 概述

10.1.1 伺服系统的工作原理和特点

图10.1是一种液压进口节流阀式节流调速回路。在这种回路中，调定节流阀的开口量后，液压缸就以某一调定速度运动。通过前述章节分析可知，当负载、油温等参数发生变化时，这种回路将无法保证原有的运动速度，因而其速度精度较低且不能满足精确的连续无级调速要求。

第十章 液压与气压伺服系统

可以将节流阀的开口大小定义为输入量，将液压缸的运动速度定义为输出量或被调节量。在上述回路中，当负载、油温等参数的变化而引起输出量变化时，这个变化并不影响或改变输入量，这种输出量不影响输入量的控制系统称为开环控制系统。

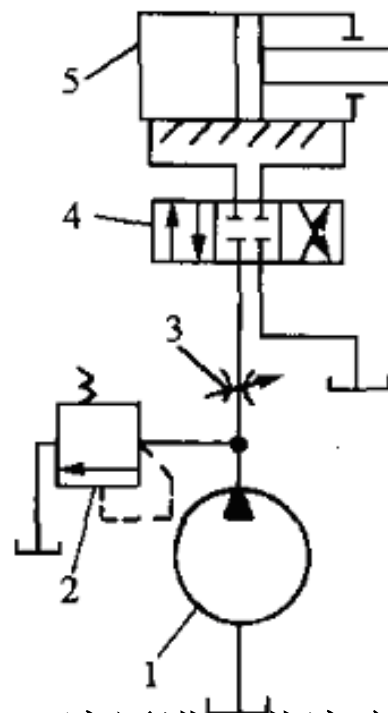


图10-1 液压进口节流 阀式节流
调速回路

1-液压泵； 2-溢流阀； 3-节流阀；
4-换向阀； 5-液压缸

第十章 液压与气压伺服系统

开环控制系统不能修正由于外界干扰(如负载、油温等)变化而引起的输出量或被调节量的变化，因此控制精度较低。

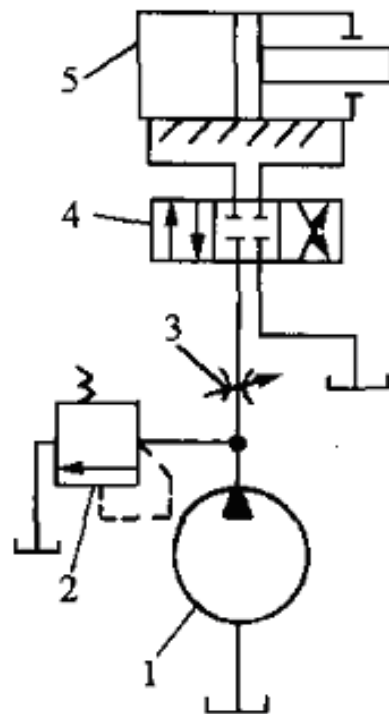


图10-1 液压进口节流 阀式节流调速回路
1-液压泵； 2-溢流阀； 3-节流阀； 4-换向
阀； 5-液压缸



第十章 液压与气压伺服系统

为了提高这种回路的控制精度，可以设想节流阀由操作者来调节。在调节过程中，操作者不断地观察液压缸的测速装置所测出的实际速度，并比较这一实际速度与所希望的速度之间的差别。然后，操作者按这一差别来调节节流阀的开口量，以减少这一差值(偏差)。例如，由于负载增大而使液压缸的速度低于希望值时，操作者就相应地加大节流阀的开口量，从而使液压缸的速度达到希望值。这一调节过程可用图**10. 2**表示。

第十章 液压与气压伺服系统

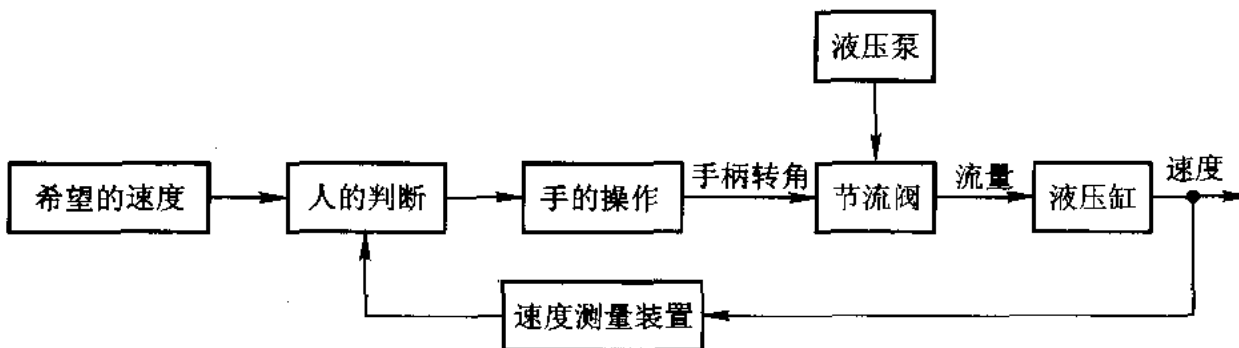


图10.2 液压缸速度调节过程图



第十章 液压与气压伺服系统

由图**10.2**中可以看出，输出量(液压缸速度)通过操作者的眼、脑和手来影响输入量(节流阀的开口量)，这种作用称为反馈。在实际系统中，为了实现自动控制，必须以电器、机械等装置代替人来判断比较，这就是反馈装置。由于反馈的存在，控制作用形成了一个闭合回路，这种带有反馈装置的控制系统，称为闭环控制系统。图**10.3**为采用电液伺服阀控制的液压缸速度闭环控制系统。



第十章 液压与气压伺服系统

这一系统不仅使液压缸速度能任意调节，而且在外界干扰很大(如负载突变)的工况下，仍能使系统的实际输出速度与设定速度十分接近，即具有很高的控制精度和很快的响应性能。

第十章 液压与气压伺服系统

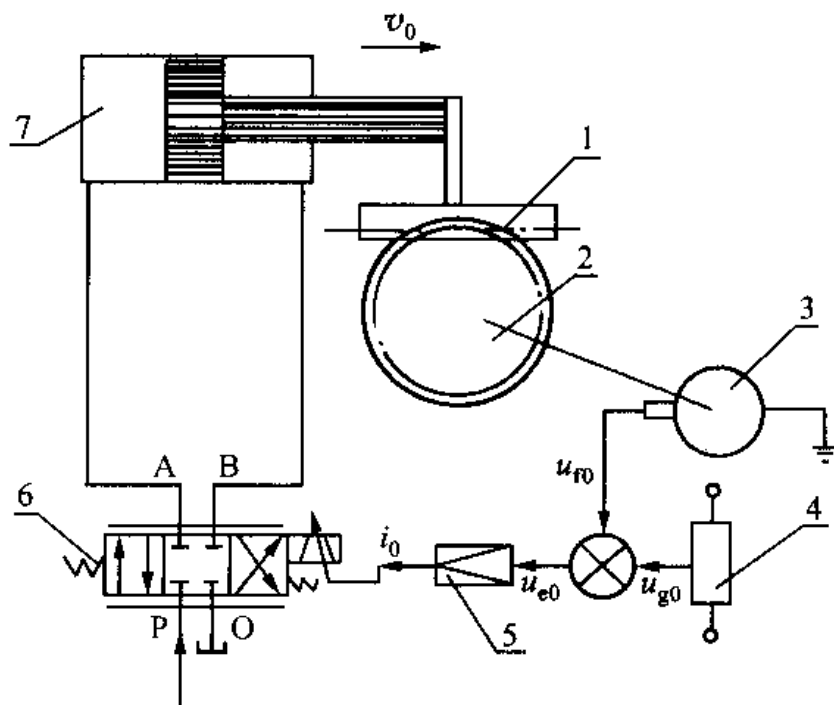


图10.3 阀控油缸闭环控制系统原理图

1-齿条； 2-齿轮； 3-测速发电机； 4-给定电位计；

5-放大器； 6-电液伺服阀； 7-液压缸

第十章 液压与气压伺服系统

上述系统的工作原理如下：在某一稳定状态下，液压缸速度由测速装置测得(齿条 1、齿轮 2 和测速发电机 3)并转换为电压 u_{10} 。这一电压与给定电位计 4 输入的电压信号 u_{g0} 进行比较。其差 $u_{e0}=u_{g0}-u_{10}$ 值经积分放大器放大后，以电流 i_0 输入给电液伺服阀 6。电液伺服阀按输入电流的大小和方向自动地调节其开口量的大小和移动方向，控制输出油液的流量大小和方向。对应所输入的电流 i_0 ，电液伺服阀的开口量稳定地维持在 x_{10} ，伺服阀的输出流量为 q_0 ，液压缸速度保持为恒值 v_0 。如果由于干扰的存在引起液压缸速度增大，则测速装置的输出电压 $u_1 > u_{10}$ ，而使 $u_e = u_{g0} - u_1 < u_{e0}$ ，放大器输出电流 $i < i_0$ 。电液伺服阀开口量相应减小，使液压缸速度降低，直到 $v = v_0$ 时，调节过程结束。按照同样原理，当输入给定信号电压连续变化时，液压缸速度也随之连续地按同样规律变化，即输出自动跟踪输入。



第十章 液压与气压伺服系统

通过分析上述伺服系统的工作原理，可以看出伺服系统的特点如下：

(1)它是反馈系统 把输出量的一部分或全部按一定方式回送到输入端，并和输入信号比较，这就是反馈作用。在上例中，反馈电压和给定电压是异号的，即反馈信号不断地抵消输入信号，这就是负反馈。自动控制系统中大多数反馈是负反馈。

(2)靠偏差工作 要使执行元件输出一定的力和速度，伺服阀必须有一定的开口量，因此输入和输出之间必须有偏差信号。执行元件运动的结果又试图消除这个误差。但在伺服系统工作的任何时刻都不能完全消除这一偏差，伺服系统正是依靠这一偏差信号进行工作的



第十章 液压与气压伺服系统

(3)它是放大系统 执行元件输出的力和功率远远大于输入信号的力和功率。其输出的能量是液压能源供给的。

(4)它是跟踪系统 液压缸的输出量完全跟踪输入信号的变化。

第十章 液压与气压伺服系统

图10.4是上述速度伺服控制系统的职能方框图。图中一个方框表示一个元件，方框中的文字表明该元件的职能。带有箭头的线段表示元件之间的相互作用，即系统中信号的传递方向。职能方框图明确地表示了系统的组成元件、各元件的职能以及系统中各元件的相互关系。因此，职能方框图是用来表示自动控制系统工作过程的。

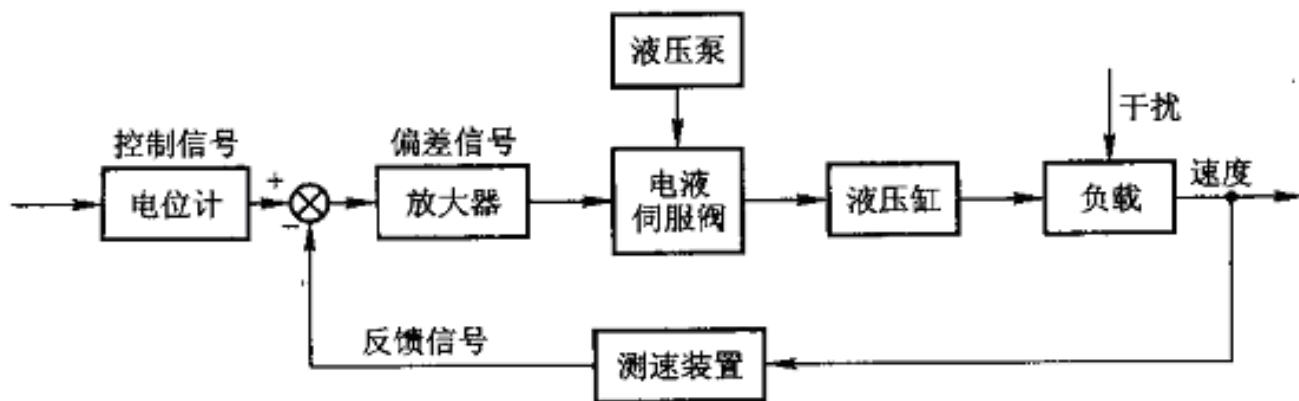


图10.4 速度控制系统职能方框图

第十章 液压与气压伺服系统

由职能方框图可以看出，上述速度伺服控制系统是由输入元件、比较元件、放大及转换元件、执行元件、反馈元件和控制对象组成的。实际上，任何一个伺服控制系统都是由这些元件组成的，如图10.5所示

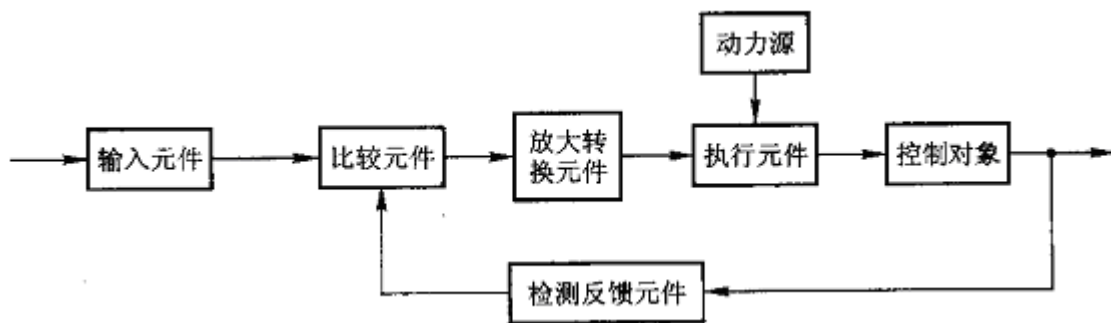


图10.5 伺服控制系统的组成环节



第十章 液压与气压伺服系统

下面对图10. 5中各元件做一些说明：

(1)输入元件 通过输入元件，给出必要的输入信号。如上例中由电位计给出一定电压，作为系统的控制信号。

(2)检测、反馈元件 它随时测量输出量的大小，并将其转换成相应的反馈信号送回到比较元件。上例中是由测速发电机测得液压缸的运动速度，并将其转换成相应的电压作为反馈信号。



第十章 液压与气压伺服系统

(3)比较元件 将输入信号和反馈信号进行比较，并将其差值作为放大转换元件的输入。有时系统中不一定有单独的比较元件，而是由反馈元件、输入元件或放大元件的一部分来实现比较的功能。

(4)放大、转换元件 将偏差信号放大并转换后，控制执行元件动作。如上例中的电液伺服阀。

(5)执行元件 直接带动控制对象动作的元件。如上例中的液压缸。

(6)控制对象 机器直接工作的部分，如工作台、刀架等。

第十章 液压与气压伺服系统

10.1.3 伺服系统的分类

伺服系统可以从下面不同的角度加以分类。

(1)按输入信号变化规律分类 有定值控制系统、程序控制系统和伺服控制系统三类。当系统输入信号为定值时，称为定值控制系统，其基本任务是提高系统的抗干扰能力。当系统的输入信号按预先给定的规律变化时，称为程序控制系统。伺服系统也称为随动系统，其输入信号是时间的未知函数，输出量能够准确、迅速地复现输入量的变化规律。

(2)按输入信号介质分类 有机液伺服系统、电液伺服系统、气液伺服系统等。

(3)按输出物理量分类 有位置伺服系统、速度伺服系统、力(或压力)伺服系统等。

在液压伺服系统中还可以按控制元件分为阀控系统和泵控系统两类。在液压传动中，阀控系统应用较多，故本章重点介绍阀控伺服系统。

第十章 液压与气压伺服系统

10.1.4 伺服系统的优缺点

液压与气压伺服系统除具有液压与气压传动所固有的一系列优点外，还具有控制精度高、响应速度快、自动化程度高等优点。

但是，伺服元件加工精度高，因此价格较贵：特别是液压伺服系统对油液的污染比较敏感，因此可靠性受到影响；在小功率系统中，液压伺服控制不如电器控制灵活。随着科学技术的发展，液压与气压伺服系统的缺点将不断地得到克服。在自动化技术领域，液压与气压伺服控制有着广泛的应用前景。



第十章 液压与气压伺服系统

10.2 典型的伺服控制元件

伺服控制元件是液压与气压伺服系统中最重要、最基本的组成部分，它起着信号转换、功率放大及反馈等控制作用。常用的伺服控制元件有力矩马达或力马达、滑阀、射流管阀和喷嘴挡板 阀等，下面简要介绍它们的结构原理及特点。



第十章 液压与气压伺服系统

10.2.1 力矩马达和力马达

力矩马达是一种具有旋转运动的电—机械转换器，力马达是一种具有直线运动的电—机械转换器。它们在阀中的作用是将电控信号转换成转角(力矩马达)或直线位移(力马达)，用来作为液压放大器的输入信号，它们的具体介绍参见相关资料。

第十章 液压与气压伺服系统

10.2.2 滑阀

根据滑阀控制边数(起控制作用的阀口数)的不同,有单边控制、双边控制和四边控制三种类型滑阀。

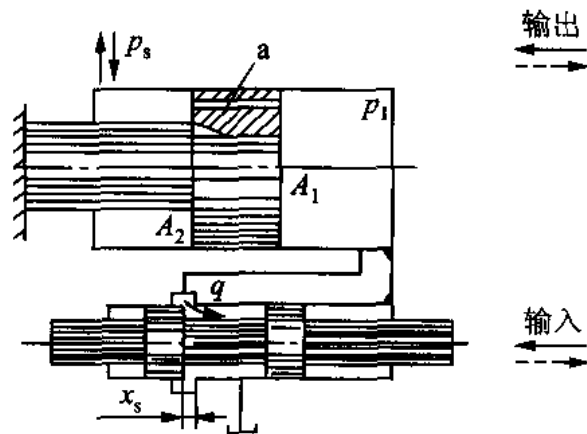


图10.6 单边滑阀的工作原理

第十章 液压与气压伺服系统

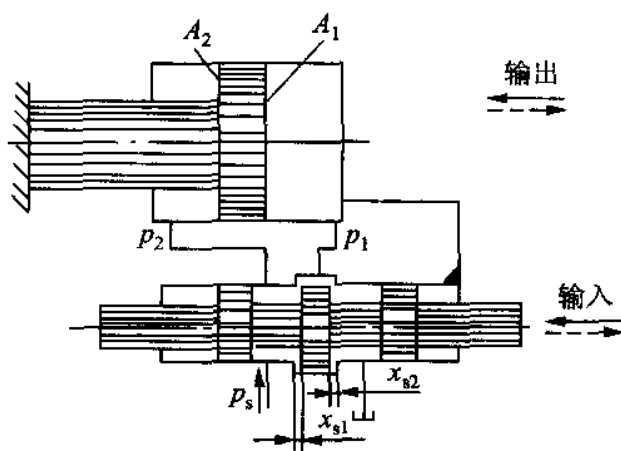


图10.7 双边滑阀的工作原理

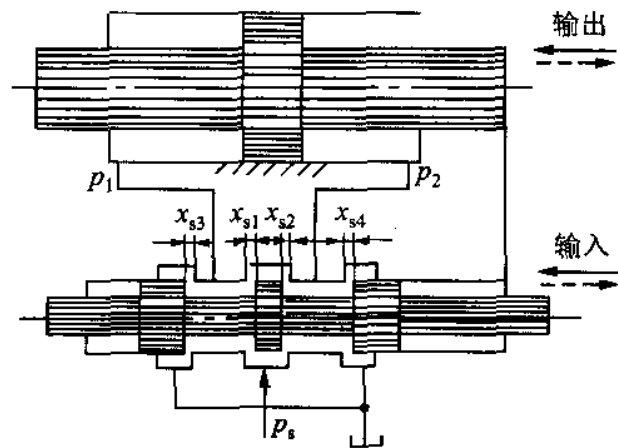


图10.8 四边滑阀的工作原理

第十章 液压与气压伺服系统

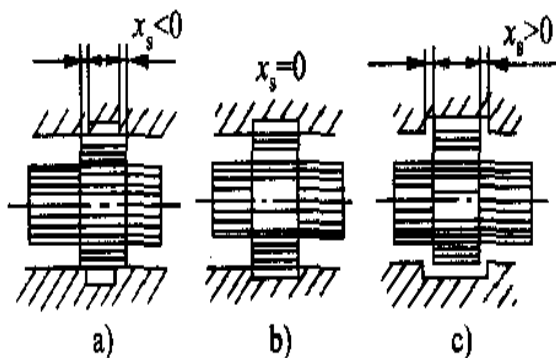


图10.9 滑阀的三种开口形式

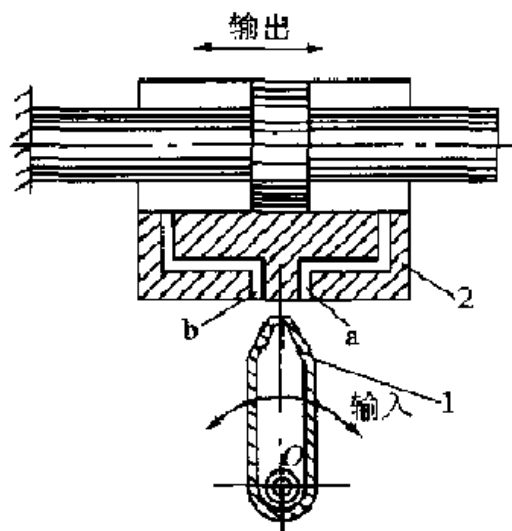


图10.10 射流管阀的工作原理

第十章 液压与气压伺服系统

10.2.3 射流管阀

工作原理：

射流管阀的优点是结构简单、动作灵敏和工作可靠。它的缺点是射流管运动部件的惯性大，工作性能较差；射流能量损耗大、效率低；供油压力过高时易引起振动，这种阀只适应于低压小功率系统。

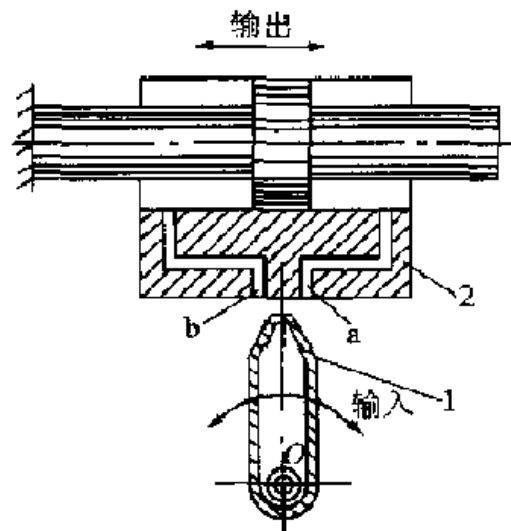


图10.10 射流管阀的工作原理

第十章 液压与气压伺服系统

10.2.4 喷嘴挡板阀

工作原理：

喷嘴挡板阀的优点是结构简单、加工方便，运动部件的惯性小，反应灵敏、精度和灵敏度高；它的缺点是能量损耗大、抗污染能力差。常用在多级放大伺服控制元件中的前置级。

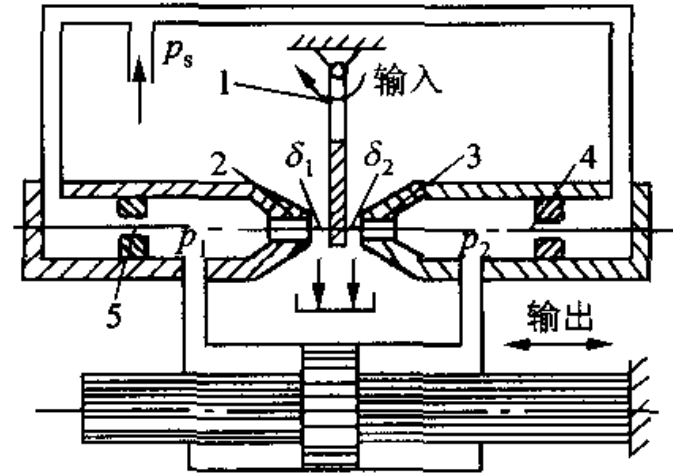


图10.11 喷嘴挡板阀的工作原理
1.挡板 2、3.喷嘴；4、5节流小孔



第十章 液压与气压伺服系统

10.3 伺 服 阀

液压与气压用伺服阀是电液或电气联合控制的多级伺服元件，它可将微弱的电气输入信号放大成大功率的液压或气压能量输出，以实现对流量的控制。它接受一种模拟量电控信号，输出随电控信号的大小及极性变化的液压模拟量。电液或电气伺服阀具有控制精度高和放大倍数大等优点，在液压与气压控制系统中得到了广泛地应用。



第十章 液压与气压伺服系统

10.3.1 液压伺服阀的分类、结构和工作原理

1. 液压伺服阀的分类

液压伺服阀主要指电液伺服阀，它在接受电气模拟信号后，相应输出调制的流量和压力。它既是电液转换元件，也是功率放大元件，它能够将小功率的微弱电气输入信号转换为大功率的液压能(流量和压力)输出。在电液伺服系统中，它将电气部分与液压部分连接起来，实现电液信号的转换与液压放大。电液伺服阀是电液伺服系统控制的核心。



第十章 液压与气压伺服系统

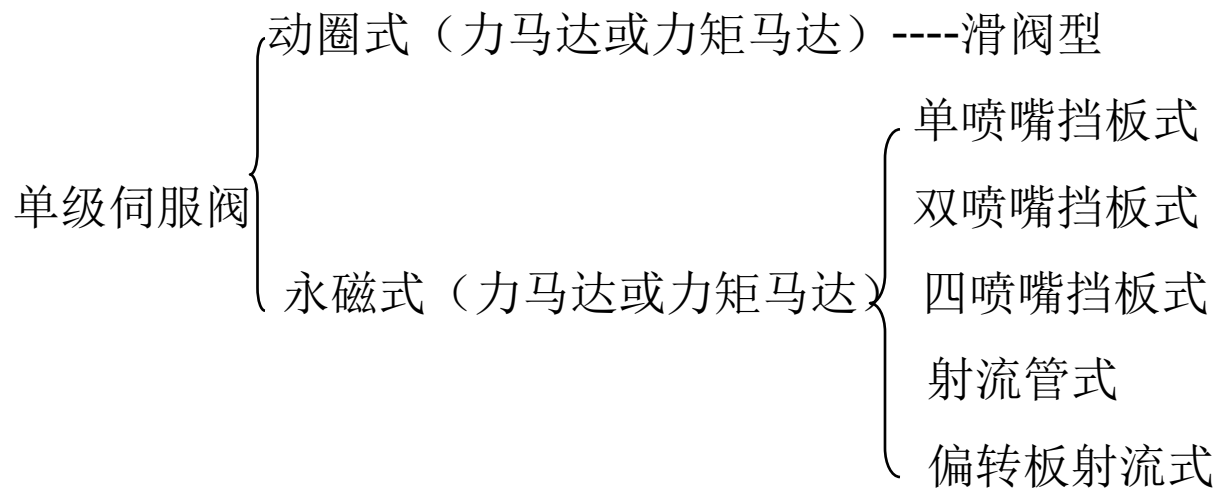
电液伺服阀广泛地应用于电液位置、速度、加速度、力伺服系统，以及伺服振动发生器中。它具有体积小、结构紧凑、功率放大系数高、控制精度高、直线性好、死区小、灵敏度高、动态性能好以及响应速度快等优点。



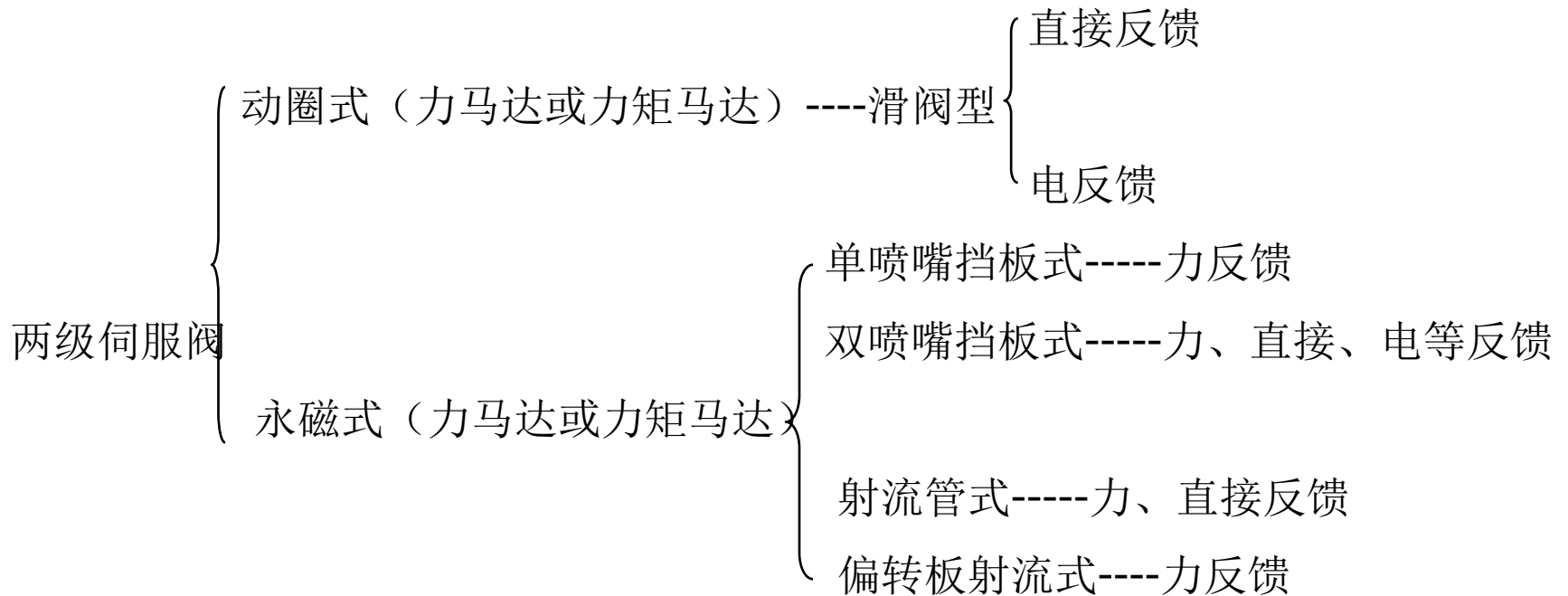
第十章 液压与气压伺服系统

电液伺服阀按用途、性能和结构特征可分为通用型和专用型；按输出量可分为流量控制伺服阀和压力控制伺服阀；按液压放大级数可分为单级、双级和三级伺服阀；按电气—机械转换后动作方式可分为力矩马达式(输出转角)和力马达式(输出直线位移)；按电气—机械转换装置可分为动铁式(一般为衔铁转动)与动圈式和干式与湿式；按液压前置级的结构形式可分为单喷嘴挡板式、双喷嘴挡板式、四喷嘴挡板式、射流管式、偏转板射流式和滑阀式；按反馈形式可分为位置反馈、负载流量反馈和负载压力反馈；按输入信号形式可分为连续控制式和脉宽调制式。

第十章 液压与气压伺服系统



第十章 液压与气压伺服系统



第十章 液压与气压伺服系统

2. 液压伺服阀的组成

伺服阀通常由电—机械转换器(力马达或力矩马达)、液压放大器和反馈或平衡机构等三部分组成。其中，我们已经介绍过了电—机械转换器(力马达或力矩马达)和液压放大器，而伺服阀的输出级所采用的反馈或平衡机构是为使伺服阀的输出流量或输出压力获得与输入电控信号成比例的特性。平衡机构通常用圆柱螺旋弹簧或片弹簧等。反馈常采用力反馈、位置反馈、电反馈和压力反馈等形式。具体结构原理在典型伺服阀的结构中阐述。



第十章 液压与气压伺服系统

3. 典型伺服阀的结构和工作原理

(1) 滑阀式伺服阀

滑阀式伺服阀又称动圈伺服阀。图10.12所示为滑阀式直接反馈二级电液伺服阀。

第十章 液压与气压伺服系统

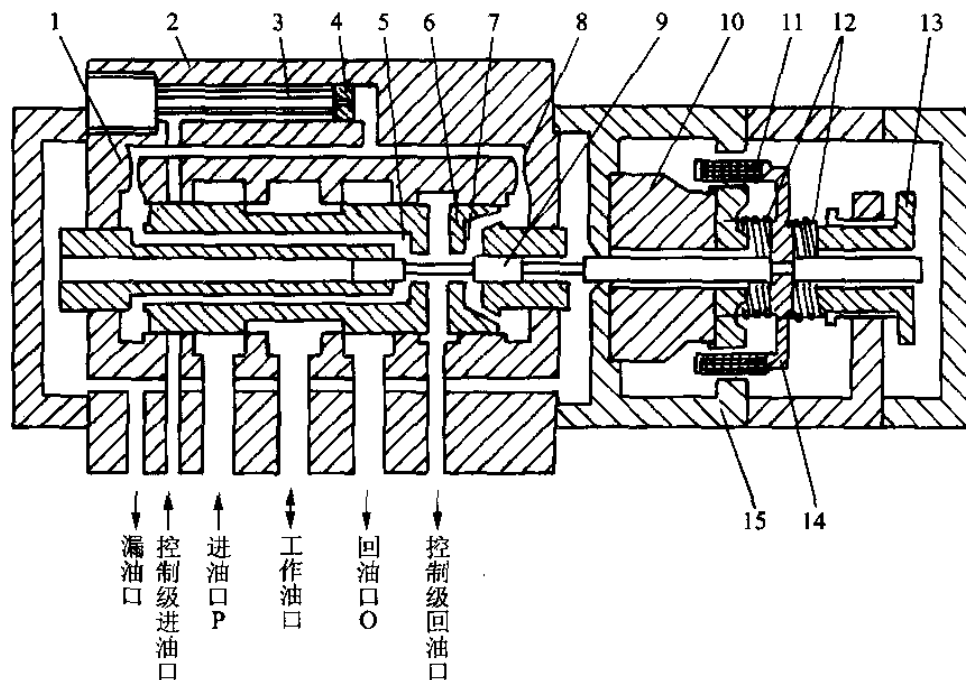


图10.12 滑阀式二级三通电液伺服阀

1—左节流孔；2—壳体；3—滤油器；4—减压孔板；5—控制级节流边；6—主滑阀(控制级阀套)；7—控制级节流边；8—右节流孔；9—控制阀心；10—磁钢(永久磁铁)；11—动圈；12—对中弹簧；13—调节螺钉；14—内导磁体；15—外导磁体

第十章 液压与气压伺服系统

(2) 喷嘴挡板式伺服阀

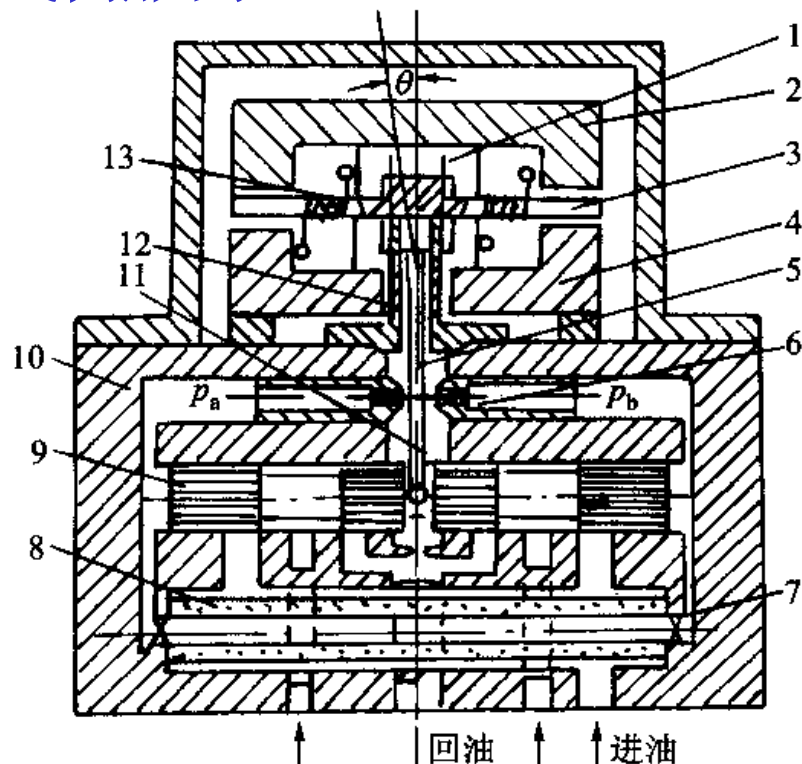


图10.13 喷嘴挡板式二级四通电液伺服阀图
1-永久磁铁；2、4-导磁体；3-衔铁；5-挡板；6-喷嘴；
7-固定节流；8-滤油器；9-滑阀；10-阀体；
11-反馈弹簧杆；12-弹簧管；13-线圈

第十章 液压与气压伺服系统

(3)射流管式伺服阀

图10.14所示为射流管式伺服阀的结构示意图

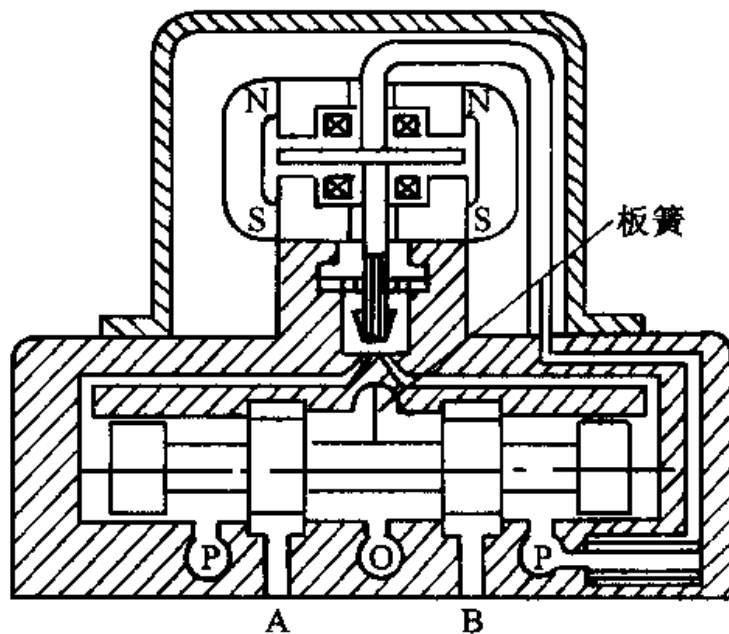


图10.14 射流管式二级四通电液伺服阀



第十章 液压与气压伺服系统

10.3.2 液压伺服阀的选用

伺服阀的控制精度高，响应速度快，所以在航空、冶金、机械、船舶和化工等工业部门得到广泛的应用。它常用于实现位置、速度、加速度和力的控制。

伺服阀的选用应考虑：

(1)伺服阀对油液的清洁度要求较高，要考虑工作环境，采取较好的过滤措施。

(2)为了改善伺服系统的动态性能，一般要尽量缩短阀和执行元件间的连接管道，常将阀直接固定在执行元件上，这时要注意阀的外形尺寸是否妨碍机器的布局。

(3)伺服阀的价格高，要考虑到用户的承受能力。



第十章 液压与气压伺服系统

(4) 伺服阀的规格选择与普通阀不同，一般按下列程序进行

1) 根据负载参数或负载轨迹求出最大负载功率。

2) 由最大负载功率时的力（或扭矩）计算负载压力及执行元件所需流量

第十章 液压与气压伺服系统

执行元件为液压缸时:

$$p_1 = \frac{F_{Lm}}{A_p}$$

$$q = A_p v_{max}$$

执行元件为液压马达时:

$$p_1 = \frac{T_{Lm}}{V}$$

$$q = V\omega$$

式中: A_p ——缸承载腔的有效作用面积;

v_{max} ——最大功率时液压缸的速度;

V ——马达排量;

ω ——最大功率时的角速度。

3) 计算供油压力 p_s

$$p_s = \frac{3}{2}(p_1 + \Delta p)$$

式中: Δp ——阀到执行元件的压力损失。

第十章 液压与气压伺服系统

4) 伺服阀的输出流量 q_L

$$q_L = (1.15 - 1.30)q$$

5) 计算伺服阀的压降 p_V

$$p_s = p_s - p_L - \Delta p$$

6) 根据 q_L 、 p_V 入从产品样本中的压降—负载流量曲线，找出合适的阀。把阀的额定流量选得大到能使压力—流量特性曲线上对应最大电流的那条曲线包住工作循环中负载流量和负载压力的所有各点，并且确保 $p_L < (3/2) p_V$ 这就保证所有负载都在伺服阀的能力范围。

第十章 液压与气压伺服系统

10.4 液压伺服系统

本节介绍车床液压仿形刀架、机械手伸缩运动伺服系统和带钢张力控制系统，它们分别代表不同类型的液压伺服系统。

1.4.1 车床液压仿形刀架

车床液压仿形刀架是机液伺服系统。液压仿形刀架倾斜安装在车床溜板**5**的上面，工作时随溜板纵向移动。样板**11**安装在床身后侧支架上固定不动。液压泵站置于车床附近。仿形刀架液压缸的活塞杆固定在刀架**3**的底座上，缸体**6**、阀体**7**和刀架连成一体，可在刀架底座的导轨上沿液压缸轴向移动。滑阀阀心**10**在弹簧的作用下通过杆**9**使杠杆**8**的触销**11**紧压在样板上。

第十章 液压与气压伺服系统

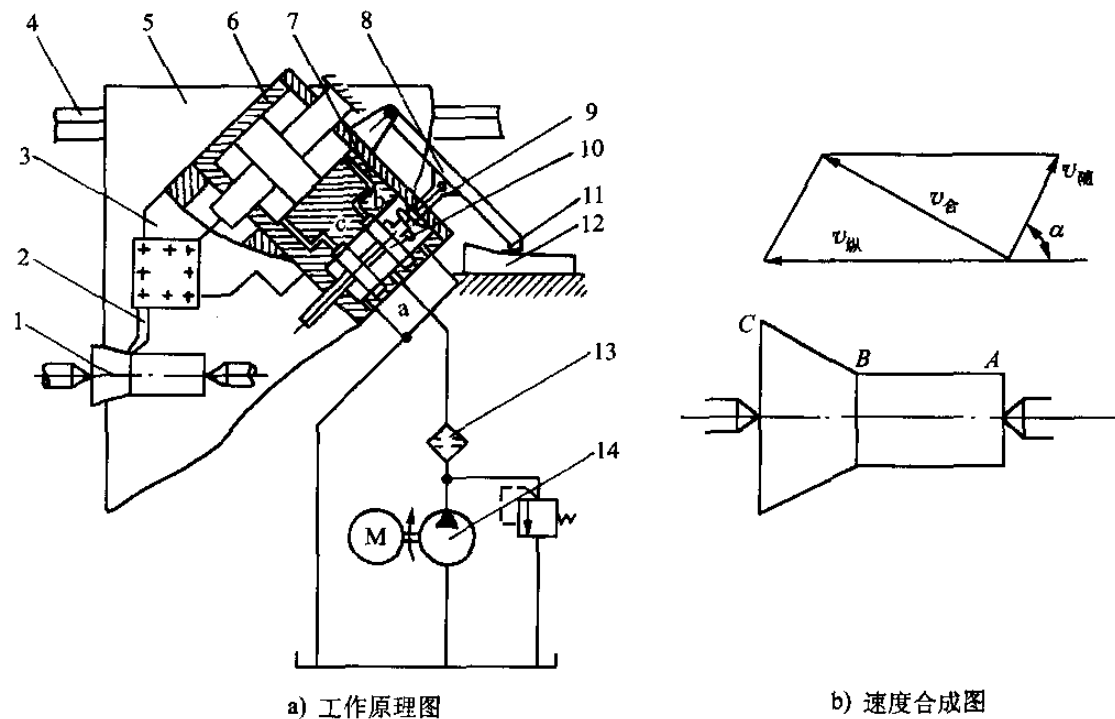


图10. 17 车床液压仿形刀架的工作原理

1-工件； 2-车刀； 3-刀架； 4-导轨； 5-溜板； 6-缸体；
7-阀体； 8-杠杆； 9-杆； 10-阀心； 11-触销； 12-样板
门； 13-滤油器； 14-液压泵

第十章 液压与气压伺服系统

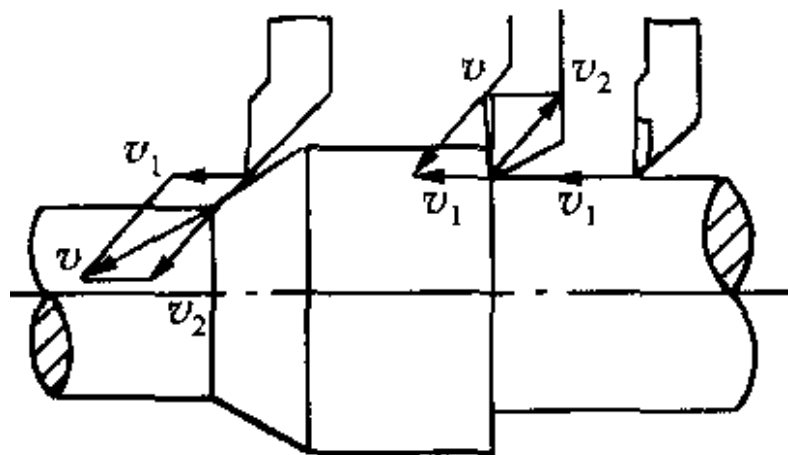


图10.18 进给运动合成示意图

在车削圆柱面时，溜板5沿床身导轨4纵向移动。杠杆触销在样板的圆柱段内水平滑动，滑阀阀口不打开，刀架只能随溜板一起纵向移动，刀架在工件1上车出AB段圆柱面。

第十章 液压与气压伺服系统

车削圆锥面时，触销沿样板的圆锥段滑动，使杠杆向上偏摆，从而带动阀心上移，打开阀门，压力油进入液压缸上腔，推动缸体连同阀体和刀架轴向后退。阀体后退又逐渐使阀口关小，直至关闭为止。在溜板不断地做纵向运动的同时，触销在样板的圆锥段上不断抬起，刀架也就不断地作轴向后退运动，此两运动的合成就使刀具在工件上车出BC段圆锥面。

其它曲面形状或凸肩也都是这样合成切削来形成的。如图10.18所示，图中 v_1 、 v_2 和 v 分别表示溜板带动刀架的纵向运动速度、刀具沿液压缸轴向的运动速度和刀具的实际合成速度。

从仿形刀架的工作过程可以看出，刀架液压缸(执行元件)是以一定的仿形精度按着触销输入位移信号的变化规律而动作的，所以仿形刀架液压系统是液压伺服系统。

第十章 液压与气压伺服系统

10.4.2 机械手伸缩运动伺服系统

一般机械手能实现机械手的伸缩、回转、升降和手腕的动作，每一个动作都是由液压伺服系统驱动的。其原理相同。现仅以伸缩伺服系统为例，介绍它的下作原理。

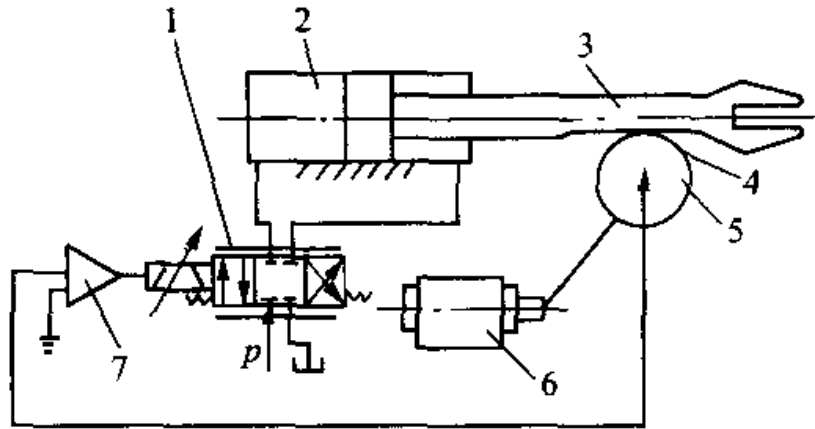


图10.19 机械手伸缩运动电液伺服系统原理

1-电液伺服阀门； 2-液压缸； 3-机械手臂； 4-齿轮齿条机构； 5-电位器； 6-步进电动机； 7-放大器

第十章 液压与气压伺服系统

图10. 19是机械手手臂伸缩电液伺服系统原理图。它主要由电液伺服阀1、液压缸2、活塞杆带动的机械手手臂3、齿轮齿条机构4、电位器5、步进电动机6和放大器7等元件组成，它是电液位置伺服系统。当电位器的触头处在中位时，触头上没有电压输出。当它偏离这个位置时，由于产生了偏差就会输出相应的电压。电位器触头产生的微弱电压，经放大器放大后对电液伺服阀进行控制。电位器触头由步进电动机带动旋转，步进电动机的角位移和角速度由数字控制装置发出的脉冲数和脉冲频率控制。齿条固定在机械手手臂上，电位器壳体固定在齿轮上，所以当手臂带动齿轮转动时，电位器壳体同齿轮一起转动，形成负反馈。

第十章 液压与气压伺服系统

工作原理如下：

由数字控制装置发出一定数量的脉冲，使步进电机带动电位器5的动触头转过一定的角度 θ (假定为顺时针方向转动)，动触头偏离电位器中位，产生微弱电压 u_1 ，经放大器7放大成 u_2 后，输入给电液伺服阀I的控制线圈，使伺服阀产生一定的开口量。这时压力油经阀的开口进入液压缸的左腔，推动活塞连同机械手手臂一起向右移动，行程为 X ；液压缸右腔的回油经伺服阀流回油箱。由于齿轮和机械手手臂上齿条相啮合，手臂向右移动时，电位器随着作顺时针方向转动。当电位器的中位和触头重合时，偏差为零，则动触头输出电压为零，电液伺服阀失去信号，阀口关闭，手臂停止移动。手臂移动的行程决定于脉冲数量，速度决定于脉冲频率。当数字控制装置发出反向脉冲时，步进电动机逆时针方向转动，手臂缩向回。

第十章 液压与气压伺服系统

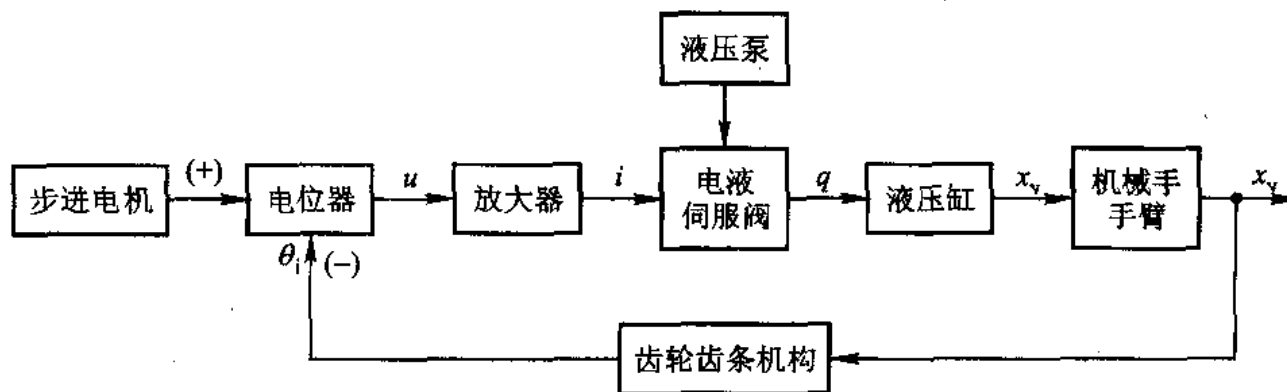


图10. 20 机械手臂伸缩运动伺服系统方框图