

BAOZHUANG SHEBEI

包装设备

数字控制技术

SHUZI KONGZHI JISHU

贺素良
陈兴国
张昌凡
编著



国防科技大学出版社

726

E 426
H35

包装设备数字控制技术

贺素良 陈兴国 张昌凡 编著

国防科技大学出版社

湖南·长沙

内 容 简 介

本书反映了包装设备的最新控制技术,介绍了包装设备在当前热点研究领域中的模糊控制、神经网络控制等智能控制技术,同时还介绍了 MCS-51 系列的单片机控制技术,以及可编程序控制器等微机控制技术,实现了包装工业机械设备控制、包装成品的计数和分装控制,以及包装生产过程控制的高度自动化和智能化。

全书共分七章,内容新颖,取材广泛。可供高等院校本科生、研究生使用,亦可作为相关工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

包装设备数字控制技术/贺素良,陈兴国,张昌凡编著. —长沙:国防科技大学出版社, 2002. 6

ISBN 7-81024-864-2

I. 包... II. ①贺... ②陈... ③张... III. 包装设备—数字控制
IV. TB486

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 038969 号

国防科技大学出版社出版发行
电话:(0731)4572640 邮政编码:410073
E-mail:gfkdcbs@pubic.cs.hn.cn
责任编辑:文 慧 责任校对:肖 滨
新华书店总店北京发行所经销
国防科技大学印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张:14 字数:341 千
2002 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1—2000 册

*

定价:19.00 元

前 言

受新技术革命浪潮的推动,各类先进技术,如航天航空技术、微电子技术、信息处理技术、新传感技术、激光技术以及新工艺技术和新材料等被应用于包装机械,各种先进技术以群体综合应用方式谋求实现智能化,并向高级自动高效能和节约化方向发展,如微机应用于灌装机全工作过程控制、微机控制技术应用于实现物品定量包装的精确计算、高速充填和包装进程自动控制、微电子技术、传感技术和电子计算机控制技术的应用,形成了高新技术与传统技术的复合,改善了包装机械的结构,提高了工作质量、精度、速度和可靠性,还促进了包装机械和包装系统向智能化、高度自动化发展。

随着人类已进入了信息时代,通讯是实现集散控制不可缺乏的组成部分,从而使集散控制得以实现。包装生产过程复杂,由于各种网络新技术的飞速发展,不仅为整个工业控制和管理决策引进新概念,而且渗透到机电设备的各个角落,导致传统机械工业制造模式发生彻底变革。面向 21 世纪的新一代机电设备是以网络技术为主要特征的基本体系结构,它由设备层、自动控制层及信息层构成,代表着制造自动化技术发展的一种方向,也是当前世界制造自动化技术的研究热点之一。

由于历史原因,我国的现代化包装和包装机械的发展起步较晚,基础较薄弱,通过引进、消化吸收和自主开发,包装工业已成为国民经济的重要产业,包装机械成为机械工业的重要组成部分,国产包装机械产品品种已比较齐全,有半自动化的、初级自动化的、微机控制的现代自动化的各类包装机械。我国包装机械的生产虽已取得很大发展,但与世界先进水平相比还有较大差距:一些商品没有包装或缺少适宜的包装机械;包装机械的品种还有缺口;先进的包装检测控制设备还要依靠进口。目前国产包装机械控制仍以机械电器控制为主,相当于发达国家 20 世纪 70 年代水平,一部分光电、微机控制技术仅达到国外 20 世纪 80 年代先进水平。

笔者在与同行们的交流中,发现非常需要一本理论性与操作性较强的论述包装机械设备、自动控制、智能控制的著作。目前我国包装机械的自动化和智能化水平与世界先进水平相比还有较大的差距,有必要去研究和探索包装机械的自动化和智能化,以满足广大从事包装机械的自动化和智能化研究的科技工作者的需要。

该书共分七章:第一章主要阐述包装控制的智能化是未来包装机械的发展目标。首先从国际先进的包装控制发展的趋势分析,指出我国包装控制技术的发展与世界先进水平相比还有较大差距,接着论述了包装设备控制系统计算机的工作原理,分析了软件包、形成软件包的理论基础的程序设计和应用,以及直角式驱动装置 CAD/CAM。介绍了计算机辅助设计 BCAD 软件、计算机辅助制造、如何自动定性识别多种颜色的原理及方法,如何采用硬件电路和软件编程实现可编程控制器与工业控制计算机的通讯,指出如何将网络结构应用于高速无轴多色印刷机。第二章主要内容是如何应用数字逻辑电路实现数控液压捆包机、红外线纸张测厚仪、包装成品的计数和分装控制、包装过程的供送同步控制、蜜丸包装机红外光监控系统,以及瓦楞纸板双面机纠偏控制系统等,通过简单的数字逻辑电路实现设

备的技术改造和革新。第三章主要通过对接缝式裹包机工作原理的分析,建立数学模型,从而实现由单片机控制的接缝式裹包机直流电机调速系统、微机控制的模糊控制裹包机交流调速系统、微机控制的接缝式裹包机交流伺服控制系统、智能控制接缝式裹包机的凸轮定位差动的伺服系统、基于神经网络的随机补偿差动器的最优跟踪系统、双模模糊滑模控制封切料袋差动器交流伺服系统。为包装工业机械设备的传动系统的高度自动化和智能化提出了可行的途径和方法。第四章主要介绍了如何使用单片机控制步进电机实现包装生产过程控制,烫金机微机控制系统,全自动单片机控制捆扎机、数控切纸机、中药丸包装机,双单片机智能控制系统,单片机控制瓶装液体自动灌装机,微机控制的定长系统,排钉自动缝焊单片机控制系统,智能型仓库防盗报警系统。介绍了自动化微机控制代替半自动化和人工操作的优点。第五章主要论述了可编程控制器在包装生产过程中的应用,介绍实现可编程控制啤酒贴标机、PLC控制塑料高级生产线、自动控制蕃茄酱无菌灌装系统、PLC控制啤酒灌装压盖机、PLC液位控制工艺流程等,从而说明可编程控制器在包装工业自动控制、智能控制中有着极为广泛的应用前景。第六章主要介绍定量包装的微机控制,分析了单片机控制的定量包装系统、微机优化配料过程控制、单片机自动称量机、STD5388定量灌装脉冲计数。第七章主要介绍包装材料中静电产生的原因、防静电阻隔材料、静电衰减性能测试的方法、国内外的包装材料静电衰减性能测试分析,对电雷管防静电包装进行了实例分析。

在本书的编写过程中,株洲工学院院长、博士生导师张晓琪教授、杨连登副院长、科技处处长陈世平、教务处处长彭涛、电气工程系主任刘耦耕给予了大力支持和鼓励,在此一并表示衷心感谢。

本书可作为研究生教材、工科院校本科生的选修课教材或教学参考书,也可供有关的工程技术人员阅读和参考。全书由贺素良、陈兴国、张昌凡编著,由贺素良统稿、定稿。

由于包装设备数字控制技术是一门迅速发展起来的新技术,加上作者水平有限,书中难免疏漏、不妥甚至错误,敬请读者批评指正。

作者

2002年4月

目 录

第一章 计算机技术在包装机械工程中的广泛应用	(1)
1.1 控制技术智能化是未来机械工程发展的目标	(1)
1.1.1 国际先进包装自动控制技术的发展	(1)
1.1.2 我国包装控制技术的发展	(3)
1.2 机械设备控制系统计算机分析软件包	(4)
1.2.1 理论基础	(4)
1.2.2 程序设计和应用	(10)
1.3 直角式驱动装置 CAC/CAD/CAM	(11)
1.3.1 凸轮机构	(12)
1.3.2 计算机辅助设计采用 3BCA 软件	(12)
1.3.3 计算机辅助制造	(14)
1.4 自动定性识别多种颜色的原理及方法	(15)
1.4.1 三原色的感应原理	(15)
1.4.2 其余色光的分辨	(17)
1.5 可编程控制器与工业控制计算机通讯方法	(18)
1.5.1 硬件描述	(18)
1.5.2 通讯的实现	(19)
1.6 现代包装设备的网络结构	(21)
1.6.1 现代包装设备网络结构	(21)
1.6.2 实际应用	(22)
第二章 包装设备的数控系统	(25)
2.1 数控液压捆包机	(25)
2.1.1 简单的数控原理	(25)
2.1.2 逻辑控制电路和开关电路	(26)
2.1.3 整流稳压电路	(27)
2.2 红外线纸张测厚仪	(29)
2.2.1 红外纸厚传感器的基本原理	(29)
2.2.2 红外纸厚传感器的设计	(30)
2.2.3 调试结果	(33)
2.3 包装成品的计数和分装控制	(34)
2.3.1 光电转换器	(34)
2.3.2 信号处理	(35)
2.3.3 减数法计数电路	(36)
2.3.4 加法计数显示器	(37)

2.3.5 出料方向控制	(37)
2.4 包装过程的供送同步控制	(37)
2.4.1 凸轮控制原理	(38)
2.4.2 精度可调的原理	(39)
2.4.3 同步控制电路原理	(40)
2.5 蜜丸包装机红外光监控系统	(41)
2.5.1 自动包装工艺	(41)
2.5.2 红外光控器在蜜丸包装机上的作用	(42)
2.5.3 红外光控器在控制电路中的布置	(42)
2.5.4 工作原理	(42)
2.5.5 结论与分析	(43)
2.6 瓦楞纸板双面机纠偏控制系统	(43)
2.6.1 调节规律的选择	(43)
2.6.2 纠偏控制系统简介	(44)
2.6.3 工作原理	(45)
2.6.4 现场投运及控制器参数整定	(47)
2.7 真空包装机气路系统	(47)
第三章 接缝式裹包机传动系统	(50)
3.1 传动系统简介	(50)
3.2 微机控制接缝式裹包机主传动电动机的调速	(51)
3.2.1 工作原理	(52)
3.2.2 建立数学模型	(53)
3.2.3 数字触发器的实现	(53)
3.2.4 数字触发器软硬件的设计	(56)
3.3 单片机控制接缝式裹包机直流电机调速系统	(60)
3.3.1 算法	(61)
3.3.2 数字锯齿波移相触发器	(62)
3.3.3 与主回路的同步	(65)
3.3.4 单片机触发电路	(65)
3.4 模糊控制裹包机交流调速系统	(66)
3.4.1 裹包机交流调速系统的结构和数学模型	(66)
3.4.2 交流调速系统各控制环的设计	(67)
3.4.3 交流调速系统的构成	(69)
3.5 接缝式裹包机交流伺服控制系统	(71)
3.5.1 带速随机补偿差动器	(71)
3.5.2 封切料袋手调对位差动器	(72)
3.5.3 信号控制凸轮自动定位差动器	(73)
3.6 智能控制接缝式裹包机的凸轮定位差动器的伺服系统	(74)
3.6.1 裹包机伺服系统的数学模型	(74)

3.6.2	模糊智能控制器的设计	(74)
3.7	基于神经网络的带速随机补偿差动器最优跟踪系统的设计	(77)
3.7.1	数字模型	(77)
3.7.2	控制方法	(78)
3.7.3	精确时间最优神经分类器的研究	(80)
3.7.4	实验结果	(82)
3.8	双模模糊滑模控制封切料袋差动器交流伺服系统	(83)
3.8.1	滑模控制	(83)
3.8.2	模糊滑模控制器感应电动机位置控制	(84)
3.8.3	仿真研究	(86)
3.8.4	实现结果	(87)
第四章	单片机包装生产过程控制	(89)
4.1	包装机自动跟踪系统	(89)
4.1.1	工作原理	(89)
4.1.2	实现方法	(90)
4.1.3	软件设计	(92)
4.2	单片机控制的步进电机调速系统	(94)
4.2.1	步进电机的运行控制与转速控制	(94)
4.2.2	步进电机调速系统控制电路	(95)
4.2.3	步进电机调速系统程序设计	(99)
4.3	烫金机微机控制系统	(102)
4.3.1	硬件设计	(103)
4.3.2	软件设计	(104)
4.4	全自动单片机控制捆扎机	(105)
4.4.1	控制系统硬件设计	(105)
4.4.2	控制系统软件设计	(107)
4.5	步进电机在数控切纸机中的应用	(108)
4.5.1	工作原理	(109)
4.5.2	硬件工作原理	(110)
4.5.3	软件设计	(110)
4.6	中药丸包装机双单片机智能控制系统	(113)
4.6.1	双单片机控制系统工作原理	(113)
4.6.2	步进电机转速的自适应调节	(115)
4.6.3	温控算法	(116)
4.7	单片机控制瓶装液体自动灌装机	(117)
4.7.1	系统结构和工作原理	(117)
4.7.2	软件	(119)
4.8	微机控制的定长系统	(119)
4.8.1	工作原理	(120)

4.8.2	硬件工作原理	(121)
4.8.3	软件设计	(121)
4.9	排钉自动缝焊单片机控制系统	(123)
4.9.1	焊机的机械系统与排钉的焊接过程	(124)
4.9.2	单片机控制系统的软件流程	(125)
4.10	智能型仓库防盗报警系统	(125)
4.10.1	系统构成及原理	(125)
4.10.2	系统硬件结构	(127)
第五章	可编程序控制器在包装生产过程中的应用	(129)
5.1	在啤酒贴标机上可编程序控制器的应用	(129)
5.1.1	PC 器件结构及元件代码	(129)
5.1.2	编程器	(131)
5.1.3	PC 在贴标机上的应用	(131)
5.2	塑料扁丝生产线 PLC 控制系统	(134)
5.2.1	塑料扁丝生产工序简介	(134)
5.2.2	PLC 控制系统的设计	(135)
5.2.3	PLC 控制梯形图	(136)
5.3	PLC 在锌锭自动堆码生产线上的应用	(137)
5.3.1	自动控制系统硬件设计	(139)
5.3.2	自动控制系统软件设计	(141)
5.4	蕃茄酱无菌灌装自动控制系统	(142)
5.4.1	控制检测对象与设定参数	(143)
5.4.2	计算机硬件组成	(144)
5.4.3	软件设计	(145)
5.5	PLC 在啤酒灌装压盖机上的应用	(147)
5.5.1	全自动灌装机的生产工艺流程	(147)
5.5.2	控制系统的硬件配置和软件实现	(148)
5.6	PLC 液位控制器在工艺流程中的应用	(150)
5.6.1	液位控制器的控制	(150)
5.6.2	PLC 在设备改进中的使用	(151)
第六章	定量包装的微机控制	(153)
6.1	粉物料定量包装系统	(153)
6.1.1	电子定量包装系统介绍	(153)
6.1.2	改进的配料控制算法	(154)
6.1.3	控制实验结果	(157)
6.2	包装计量的电阻传感器等效电路计算	(158)
6.2.1	应变电阻的原理	(158)
6.2.2	应变电阻片的型式	(159)
6.2.3	应变电阻组成包装计量电子秤	(160)

6.2.4	电阻丝应变传感器组成电桥电路的分析	(161)
6.3	包装机称重传感器放大电路	(164)
6.3.1	不带补偿功能的放大线路	(164)
6.3.2	带有模拟量补偿功能的放大线路	(165)
6.3.3	带有数字补偿的放大线路	(166)
6.4	自动定量秤工作原理	(166)
6.4.1	几种粉料自动定量秤的工作原理	(166)
6.4.2	自动定量秤分包重量误差分析	(168)
6.4.3	结论	(172)
6.5	单片机控制的定量包装系统	(173)
6.5.1	系统构成及原理	(173)
6.5.2	硬件设计	(174)
6.5.3	软件设计	(174)
6.6	微机优化配料过程控制	(175)
6.6.1	控制系统设计	(175)
6.6.2	硬件实现	(177)
6.6.3	软件设计	(177)
6.6.4	优化配方	(179)
6.7	单片机在自动称量机中的应用	(179)
6.7.1	系统的构成	(180)
6.7.2	控制原理	(180)
6.7.3	控制器的构成	(181)
6.7.4	软件的设计	(181)
6.7.5	操作要点	(182)
6.8	STD5388 用于定量灌装脉冲计数的接口软件设计	(183)
6.8.1	STD5388 电路原理框图	(183)
6.8.2	接口软件设计	(183)
第七章	静电防护	(187)
7.1	抗静电放电包装技术	(187)
7.1.1	静电形成机理	(187)
7.1.2	静电的危害及防范的途径	(189)
7.1.3	抗静电材料及使用方法	(191)
7.1.4	抗静电放电包装技术的标准问题	(191)
7.2	防静电阻隔材料静电衰减性能测试方法	(193)
7.2.1	电阻率与衰减时间	(193)
7.2.2	测量静电衰减时间的常用方法	(194)
7.2.3	结论	(196)
7.3	包装材料静电衰减性能测试方法实验研究	(196)
7.3.1	国内外的包装材料静电衰减性能测试方法分析	(196)

7.3.2 建立充电法测量表面电荷衰减的数学模型	(197)
7.3.3 实验研究	(199)
7.3.4 实验结果分析	(201)
7.3.5 小结	(203)
7.4 电雷管防静电包装实例分析	(204)
7.4.1 引言	(204)
7.4.2 电雷管防静电包装现状及改进措施	(204)
7.5 防静电阻隔包装材料和防静电机理	(206)
7.5.1 防静电阻隔包装材料的现状与发展	(207)
7.5.2 阻隔包装材料防静电机理探讨	(209)
7.6 阻隔包装材料静电防护	(210)
7.6.1 阻隔材料静电起电与静电危害	(210)
7.6.2 阻隔包装材料的静电防护	(211)
参考文献	(213)

第一章 计算机技术在包装机械工程中的广泛应用

1.1 控制技术智能化是未来机械工程发展的目标

受新技术革命浪潮的推动,各类先进技术以群体综合应用方式,促成机械设备以实现智能化为目标,向着高自动化、高效率方向发展,反映出现代自动控制的高科技水平。

我国包装自动控制科学技术已取得了显著成效,包装设备的类别品种基本齐全,自行开发设计技术和研究能力已有很大的提高,高新技术的应用正逐步扩大,但与国际先进水平相比仍有较大差距。为实现包装自动控制的发展目标,需要科技界和包装界共同努力。

1.1.1 国际先进包装自动控制技术的发展

在科学技术日新月异的当今时代,国际上包装自动控制的发展,为满足现代人消费对商品包装多样化的需要,广泛发展能适应多品种、小批量商品生产包装用的多功能现代技术设备,与此同时紧跟当代新技术革命的发展步伐,应用高新技术积极研究开发现代化的包装自动控制,将航天航空中的技术、微电子技术、信息处理技术、新传感技术、激光技术以及新工艺技术和新材料等应用于包装设备和包装自动控制,各类先进技术以群体综合应用方式,谋求实现智能化、高效能和节约化方向发展,反映出现代包装自动控制的高科技水平和发展方向。

(1) 航天工业中的热管技术应用于包装设备的热熔接封合加热,使加热装置的热熔接封合表面温度均匀,封口美观,提高了封合的熔接质量,还节能达 20% 以上。

(2) 现代自动控制工程的微电子技术和电子计算机控制技术与传感技术相结合,20 世纪 80 年代后期在包装设备上已广泛应用,20 世纪 90 年代达到成熟实用化阶段。

包装设备应用微机控制技术有以下几个方面:

① 微机控制技术应用用于实现物品定量包装的精确计量、高速充填和包装过程自动控制。

微机控制用于物料称量式组合。计量高速充填包装设备 20 世纪 80 年代开发成功,这种称量式组合计量方式是:计算充填机配置了多个各自独立的电子称量装置系统,各称量装置独立地称量计量值的一部分量值。它们与控制微机相联接,其称量值输入微机中,由微机实施包装定量值的组合控制管理,将符合包装定量值精度组合的一组称量物充填入包装容器。计量准确程度达 1% 以内,充填速度随独立计量装置数量及组合的不同,能实现每分钟 100~180 次的高速定量充填。微机还可用于完成包装程序控制、显示、记录、检测、报警等控制功能。

微机应用于计量检测和反馈调节控制的细粉粒物品螺杆计量充填机。充填过程中微机通过对电子检测传感器的检测和对充填机的工作实施反馈性调节控制,实现包装充填量值不受包装容器质量值变化和计量计算物品密度变化的影响。以最小的速度损失,把容积计

量充填精度提高到称量计量充填精度的水平。

用微机实现液体物品的高速称量式计量充填。与细颗粒物料螺旋充填计量机微机控制类似,微机对灌装机的灌装工作过程和状态实施监控,检测灌装计量已充填量值,与目标量值比较,控制和调节灌装工作状态和过程,实现精确灌装计量。

② 微机应用于灌装机全工作过程控制。

用可编程序控制器控制安培瓶的多头高速灌装机,以微机监控机器指令程序控制安培瓶输送中先用惰性气体冲洗,而后灌装,再充氮、封口,机器各灌装头阀门由微机检控有无安培瓶和灌装状态来控制其开关,实现缺瓶或有故障的灌装阀停止灌装,其余灌装头正常工作。

③ 各种成型-充填-封口包装机、贴标机、拉伸薄膜包装机、收缩包装机、捆扎机等各类包装机械都采用了微机控制。

④ 微机还广泛应用于包装设备中的各种相关部件,如包装装潢印刷设备、制版设备、包装材料制造设备、包装成型容器制造设备、食品与医药包装用杀菌设备、包装的日码打印设备、生产检测和品质检测的仪器及机器。

微电子技术、传感技术和电子计算机控制技术的应用形成高新技术与传统技术的复合,改善了包装设备的结构,提高其工作质量、精度、速度和可靠性,还促进包装设备和包装生产线系统向智能化、高度自动化发展。

(3) 微电子技术、传感技术和电子计算机控制技术在包装机的故障自诊断检查和工作质量检测等方面的应用。

在现代自动包装生产线系统作业中,高生产率要求对故障的显示与诊断功能特别重视,以提高自动生产线系统的工作质量和可靠性,减少查寻故障和维修所占用的生产时间。如英国的 kicter 工厂生产的热收缩包装机设有“自诊断”电子设备,当机器发生故障时,会在屏幕上显示出故障的处所,以利操作人员及时排除。

美国开发出的高级罐头高速自动真空封罐机,在罐头封口作业中设有能对罐头的二重卷封质量和罐头内真空度进行在线检测的新技术装置,每个罐头在离开封罐生产线之前,都接受其检测。对罐头的二重卷边封接缝的紧密度,采用微电子和计算机技术对卷封过程中实际的压力变化曲线进行检测,并与理论的压力变化曲线比较,当二者的差值超过标准规定值时,一方面通过状态打印装置和检测报警系统向操作者发出信号,同时对不合格品予以剔除。在线检测罐头内真空度是利用在大气压力作用下,因罐头内真空度的不同使罐盖中心向内凹进的度不同的原理,通过高灵敏传感器技术进行检测制定,对不合格品给予剔除。

(4) 激光多普勒效应的机电仪一体化自动检测装置在包装工业中已获得广泛应用。

20 世纪 80 年代应用于食品工业生产的机电仪一体化自动检测装置,是利用激光束的时间和空间的良好相关性,与多普勒效应(把移动物体的速度变换成多普勒频率)相结合,测量移动物体的速度。根据所测的速度与时间的关系变换成物体的长度。这种检测装置具有高精度、高分辨率、测量长度大、测速范围广等特点。在包装工业中,除可用它测定移动物体速度、长度外,它还可用于控制生产系统实现定长切割、控制涂层厚度和均匀性、控制物料的输送量等。

(5) 人工智能化包装设备及机器人包装的生产系统已得到开发研究和应用。

人工智能是传感技术、图像识别技术、信息处理技术和电子计算机技术间完善结合应用的产物。随着包装设备上微机控制技术成功应用,高品质的药品生产和食品包装要求向无菌化、无人化发展。20 世纪 80 年代中后期,技术先进的国家开始了对智能化包装设备和包装机器人生产线的研究开发。据报道,20 世纪 80 年代研制生产应用的有英国制药业使用的无菌机器人生产系统,计算机控制机器人在无菌环境中进行药物的生产与包装。德国研制出了应用电子计算机和光学摄影机等组成的检测装置,对制品进行辨认检查,由图像传感器传入计算机系统,与存储在高速大容量计算机中的标准多维图像进行对比识别,控制机器人自动执行分选,剔出畸形不合格产品,合格产品按要求装入托盘完成包装。法国等一些国家研制了计算机控制机器人操作的瓦楞纸箱成型、商品装箱包装和托盘运输包装的自动作业系统,这个系统采用智能化技术,根据集装箱的形状和尺寸大小自动设计最佳排列,自动调整实施堆放集装工作。

智能化包装的技术设备目前主要应用在食品、药物的无菌生产包装;恶劣环境和繁重工作条件下的包装作业;物流中心商品分发等方面。先进国家对于智能化包装设备和生产线系统正进行新的研究开发,尤其是发展智能化所需的各种感知传感器、包装自动执行装置和自动检测监控及调节装置等方面的高新技术的开发研究。包装物品的识别、开发以软件为中心,能识别不同形状、尺寸、颜色和标志的包装物品的图像识别技术;自我诊断技术和自我修复功能技术装置、新的包装自动执行装置、能适应各种情况的控制方法和体系,以及应用于机器人智能技术专用的语言程序等都在研究开发之中。为实现智能的密集化创造条件。

系统论、信息论、控制论和智能技术等是现代工程科学的共同基础。它们同样是现代包装控制工程科学的发展基础,它们引导着包括包装设备在内的机械产品向着由机械、微电子和计算机技术等集成的智能化、系统化发展。未来的包装工业将由电子计算机、智能机器人、各种高级自动化包装机以及智能型检测控制调节装置等,按产品自动包装工艺的要求而组合成的全自动包装系统进行生产。生产过程的检测与控制、故障的诊断与排除将实现全面自动化,真正实现高速、优质、低耗和安全生产。包装作业将向着以智能密集型为特征的“无人化”生产方向发展。

1.1.2 我国包装控制技术的发展

由于历史原因,我国的现代化包装控制和包装设备的发展起步较晚,基础较薄弱。通过引进、消化吸收、国产化生产和自主开发,包装工业已成为国民经济中的重要产业。包装设备已成为机械工业的重要组成,并具有一定生产能力和规模。目前我国已有包装设备的生产厂家 2000 多个,年产达 20 多万台套,产值达 100 多亿元,除满足国内需要外,还有一定数量出口。国产包装设备产品类别、品种已比较齐全,有半自动化、初级自动化到微机控制的自动化的各类包装设备。我国微机控制的自动包装设备品种已遍及销售包装设备、辅助包装设备、包装材料和包装成型容器设备、包装装潢印刷设备,以及包装生产中质量控制和自动检测控制设备和仪器等,其性能和工作质量都较好。

我国包装设备的生产虽然已取得很大发展,但与世界先进水平相比还有较大差距。目前,一些商品没有包装或缺少适宜的包装设备,包装设备的品种还有缺口;高级的自动化和多功能自动包装机、大型精密高速的先进自动化包装机、先进的包装检测控制设备还要依靠进口。目前国产包装设备控制仍以电器控制为主,相当于发达国家 20 世纪 70 年代水平;一

部分采用了光电、微机控制技术,达到了国外 20 世纪 80 年代先进水平;有一小部分新开发的包装设备接近或达到国际 20 世纪 90 年代先进水平。

存在的差距说明,我国包装设备研制队伍的科技水平和管理水平有待提高,对现代包装设备的设计和开发能力还较薄弱,基础及配套零部件技术和质量控制水平差距较大。我国今后的任务主要是追赶世界先进的包装控制和设备的科技水平,促进包装设备总体水平提高,使之接近和达到世界先进水平。增加国内、国际市场需求品种,发展多功能、高效率、低消耗的机电一体化包装设备和包装自动生产线。

对发达国家研制的高新技术智能化包装设备和机器人自动包装生产线系统,以及发展高新技术人工智能包装技术装备所需的感知传感技术、包装新执行装置、自动控制技术和专用语言程序等要适时列入规划进行研究开发。以微电子学技术、计算机技术和智能化技术应用于包装自动控制领域,从而形成了包装设备控制系统计算机分析软件包、现代机电设备、网络结构,以及集散控制系统等高新技术,下面就这些方面加以介绍。

1.2 机械设备控制系统计算机分析软件包

随着计算机技术的迅猛发展,包装工程设计和制造必将进入 CAD/CAM 的新时代,而且 CAD 技术与自动控制技术相结合是当今包装过程自动化发展的必然趋势。为了提高包装设备设计效率,赶超国际先进水平,开发包装设备 CAD 软件具有重要的社会意义和很大的实用价值。系统分析在自动控制技术中占有极其重要的地位,它不仅能判断控制系统是否满足设计要求,而且还能提供进一步改进的内容。

在分析和总结了各类包装机械的各种控制系统特点的基础上,我们开发出了包装设备控制系统计算机分析软件包。本软件包共有以下四个模块:

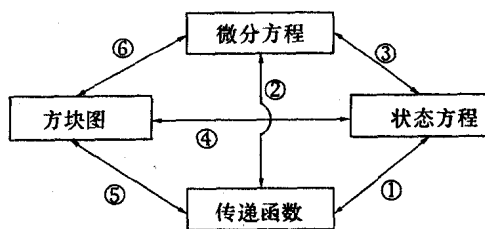


图 1-1 数学模型转换模块

(1) 数学模型转换模块。共有六个相互转换程序,如图 1-1 所示。

(2) 时域分析模块。共有三个分析程序:控制系统暂态响应和性能指标分析;控制系统稳态误差分析;控制系统稳定性分析(Routh 判据)。

(3) 频域分析模块。共有二个分析程序:控制系统奈氏图的生成和稳定性分析;控制系统波德图的生成和稳定性分析。

(4) 数字动态仿真模块。共有二个仿真程序:线性控制系统数字动态仿真;非线性控制系统数字动态仿真。

另外,还有一个管理程序,以及包装设备控制系统常用数字模型库和数据库。

1.2.1 理论基础

1. 数学模型转换模块

(1) 传递函数与状态方程之间的相互转换

设单输入单输出的线性定常系统的传递函数为:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \cdots + b_{m-1} s + b_m}{s^n + a_1 s^{n-1} + \cdots + a_{n-1} s + a_n} \quad (n > m) \quad (1-1)$$

若选定了中间变量: $x_1, x_2, \cdots, x_{n-1}, x_n$, 则该系统的状态方程为:

$$\begin{cases} \dot{X} = AX + BR \\ Y = CX \end{cases} \quad (1-2)$$

其能控标准形为:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \cdots & -a_2 & -a_1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{n-1} \\ x_n \end{bmatrix}$$

$$C = (b_m \quad b_{m-1} \quad \cdots \quad b_0 \quad 0 \quad \cdots \quad 0)$$

能观标准形为:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & -a_n \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & -a_{n-1} \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & -a_{n-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & -a_2 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & -a_1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_m \\ b_{m-1} \\ \vdots \\ b_0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{n-1} \\ x_n \end{bmatrix}$$

$$C = (0 \quad 0 \quad \cdots \quad 0 \quad 1)$$

反之若已知单输入单输出线性定常系统的状态方程, 形如(1-2)式所示, 则其相应的传递函数可由以下矩阵运算求得:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = C \cdot (SI - A)^{-1} \cdot B \quad (1-3)$$

(2) 微分方程和传递函数之间的相互转换

设单输入单输出线性定常系统微分方程为:

$$a_0 y^{(n)} + a_1 y^{(n-1)} + \cdots + a_n y = b_0 R^{(m)} + b_1 R^{(m-1)} + \cdots + b_m R \quad (1-4)$$

对上式进行拉普拉斯变换可得:

$$(a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \cdots + a_n)Y(s) = (b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \cdots + b_m)R(s)$$

根据传递函数定义, 则有:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \cdots + b_{m-1} s + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \cdots + a_{n-1} s + a_n} \quad (1-5)$$

反之, 若已知某系统的传函如(1-5)式所示, 则进行拉氏变换即可得该系统的微分方程(1-4)式。

(3) 微分方程和状态方程之间的相互转换

基于以上相互转换, 我们便可将传递函数作为桥梁来实现微分方程到状态方程和状态方程到微分方程的转换。

(4) 方块图与状态方程之间的相互转换

设某单输入单输出线性定常系统由 n 个典型环节组成:

$$\frac{Z_i(s)}{U_i(s)} = \frac{C_i + D_i S}{A_i + B_i S} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

令 X_i 为中间变量, 则有:

$$\begin{cases} Z_i(s) = (C_i + D_i S) \cdot x_i(s) \\ U_i(s) = (A_i + B_i S) \cdot x_i(s) \end{cases}$$

将上式进行拉氏变换, 并写成矩阵形式:

$$\begin{cases} Z = C \cdot X + D \cdot \dot{X} \\ U = A \cdot X + B \cdot \dot{X} \end{cases} \quad (1-6)$$

又设该系统的输入为 V , 输出为 Y , 则有:

$$\begin{cases} U = W \cdot Z + R \cdot V \\ Y = P \cdot Z \end{cases} \quad (1-7)$$

式中: R 是输入连接矩阵, W 是环节连接矩阵, P 是输出连接矩阵。将 (1-6) 式代入 (1-7) 式整理可得, 系统状态方程:

$$\begin{cases} \dot{X} = \tilde{A} \cdot X + \tilde{B} \cdot V \\ Y = \tilde{C} \cdot X + \tilde{D} \cdot V \end{cases}$$

式中:

$$\tilde{A} = (B - WD)^{-1} \cdot (WC - A)$$

$$\tilde{B} = (B - WD)^{-1} \cdot R$$

$$\tilde{C} = P \cdot C + P \cdot D \cdot \tilde{A}$$

$$\tilde{D} = P \cdot D \cdot \tilde{B}$$

反之, 我们将以传递函数作为桥梁来实现状态方程向方块图的转换, 但必须先解决传递函数向方块图的转换。

(5) 方块图和传递函数之间的相互转换

只要以状态方程为媒介, 就能方便地实现方块图向传递函数的转换。但由传递函数向方块图的转换较复杂, 我们一般将 n 阶传递函数分解为一阶或二阶的典型环节, 再由这些典型环节构成方块图。限于篇幅, 我们只列出二阶系统的转换。

设已知系统传递函数:

$$G(s) = \frac{B_1 s + B_2}{s^2 + A_1 s + A_2} \quad (1-8)$$

令 $s^2 + A_1 s + A_2 = 0$, 求得其解为: x_1, x_2

当 x_1, x_2 为实数根时, (1-8) 式分解成:

$$G(s) = \frac{B_1 s + B_2}{(s - x_1)(s - x_2)} = \frac{B_1 s + B_2}{s - x_1} \cdot \frac{1}{s - x_2}$$

于是该系统可表示为由 $\frac{B_1 s + B_2}{s - x_1}$ 和 $\frac{1}{s - x_2}$ 两个环节构成的方块图。

当 x_1, x_2 为复数根时, 该系统就只能表示成由一个二阶环节构成的方块图。

(6) 方块图与微分方程之间的相互转换

基于上述转换, 我们只要以传递函数为桥梁, 就能方便地实现方块图与微分方程之间的相互转换。