



全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材

自动化生产设备 原理及应用

黄志昌 编著 李 斌 主审

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材

自动化生产设备 原理及应用

黄志昌 编著
李 斌 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从工程应用的角度,对现代自动化生产设备所需的机械与电气装置进行了综合论述。全书分为 12 章,内容包括自动化综述、自动化生产设备概论、常见自动化传动机构、供料自动化装置、电磁振动供料装置、定量与传输装置、装配自动化、工业机器人及机械手、电气执行装置及控制系统、传感器、自动化生产模块化教学系统及自动化设备工程训练。书中每章都附有习题。

本书以项目驱动为原则,将教学计划中的多门课程通过自动化生产设备制造、维护这一大项目合并在一起。该书将目前自动化生产设备中最常出现的及近年正快速发展的设备生产与制造技术、设备操作及维护保养技术有机地融合在一起,将目前常用的滚珠丝杠、谐波齿轮传动、同步带传动、行星齿轮传动、自动化供料与定量装置、精密定位与分度机构等机械部分的选用、设计作了详细介绍;同时对各类传感器、控制方法、控制系统与控制对象等作了充分的论述;重点对目前正不断推广的机器人应用,如机器人编程、机器人操作等作了详细介绍;最后介绍了由编著者研制的“自动化生产模块化教学系统”及 57 个工程训练项目,便于学生综合训练。

本书附有完整的电子教案(教学光盘),含有 575 张教学用图。本书可作为高职高专院校、职工大学、成人教育学院、夜大、函授大学等大专层次的自动化类、机电类及机械类的教学用书,同时可供工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

自动化生产设备原理及应用 / 黄志昌编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.12

(全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材)

ISBN 978-7-121-05381-8

I. 自… II. 黄… III. 自动化—工业生产设备—高等学校: 技术学校—教材 IV. TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 177543 号

策划编辑: 程超群

责任编辑: 刘真平

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23.25 字数: 592 千字

印 次: 2007 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 32.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

出版说明

党的十六大提出,走我国新型工业化发展的道路,必须坚持“以信息化带动工业化、以工业化促进信息化”,而且要达到“科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势”等5个具体目标。这表明我国要基本实现工业化,不仅要采用机械化和电气化,而且要充分利用自动化和信息化。因此,以自动化技术为代表的先进生产技术,将在我国产业结构调整、推动传统产业现代化、实现经济及社会持续协调发展中,发挥极其重要的作用。

目前,作为我国高等教育一翼的高等职业教育,已经在招生规模方面取得了巨大的突破。高职教育的培养目标是培养企业真正需要的具有实践动手能力的技术工人,这是当前高职教育改革的重点,也是一线教师所真正关心的话题。工业自动化技术是高职教育中的一个重要领域,承担着为工业生产领域培养一线技术工人的重担;而且,无论是社会用人需求还是就业前景,这一领域目前都被广泛看好。

与此相适应,电子工业出版社在广泛调查研究的基础上,于2006年3月组织全国数十所高等职业院校的一线教师和企业技术专家,在上海召开了“全国高等职业教育工业生产自动化技术规划教材研讨会”,就相关的课程教学和高职培养目标进行了深入的探讨,确定了相关的主干教材10余种。与会代表多是所在学校的领导和业务骨干,具有丰富的教学经验、实践经验和编写教材的经验。

本套教材体现了高等职业教育改革的方向,以培养岗位技术人员的综合能力为中心,淡化理论,强化应用,突出职业教育的教育特色,并且根据教育部制定的“高职高专教育课程教学基本要求”,将传统课程重新组合,缩短教学课时,力求突出应用性、针对性、岗位性和专业性等特点。

本套教材在内容编排上以能力为单位模块,强调实用原则;书中实例完整,注重原理和方法的应用,以提高对高职学生技能的培养。本套教材将学历课程与资格应试相结合,满足目前大多数高等职业院校学生毕业时对毕业证与资格证或上岗证的要求。本套教材力求内容新颖,紧跟国内外工业自动化技术的最新进展,同时兼顾国内高职院校相关专业的最新教学内容。本套教材均配有教学参考资料,为高职师生的教与学提供方便。

本套教材的出版对于高等职业教育的改革和高等职业专门人才的培养将起到积极的推动作用。对于教材中所存在的一些不尽如人意之处,将通过今后的教学实践不断修订、完善和充实,以便更好地服务于读者。

本套教材适用于生产过程自动化技术、计算机控制技术、工业网络技术、液压与气动技术、检测技术及其应用等专业,也适用于机电类专业的学生使用。

电子工业出版社
高职高专教育教材事业部
2007年5月

前 言

本教材是全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材之一。

高等职业教育作为高等教育的一个重要方面,其目标是培养具有高尚职业道德,具有“必需够用”的大学理论,具有较强操作能力,工作在职业现场第一线的技术人员和管理人员。由于培养目标的差异,高等职业技术学院的教学模式突出体现了教学过程中通过工程项目的驱动与职业技能的训练来培养学生的职业岗位能力,同时注重学生的创新能力与解决实际问题的能力的培养。

深圳职业技术学院作为我国首批 22 所高职类示范院校之一,在教材改革方面进行了许多尝试。在本教材编写过程中,编者根据示范院校的验收要求,针对自动化生产设备的工程制造与维护知识、技能范围,选定教学内容,将机电一体化技术充分融合在本教材中,并使机电一体化技术中的训练在本书中得以充分体现。

本书作者长期在企业及高等院校从事自动化生产设备的实际应用与教学科研工作,曾先后在日本 SMC(香港)公司深圳培训服务中心、台湾 FOXCONN 企业集团、深圳职业技术学院承担过长期的教学与科研工作,组织过德国 FESTO 公司在亚太地区的 mulfi-FMS 等自动化生产模块化教学设备的教学、培训工作,曾在深圳外资企业从事自动生产线技术改造工作,并作为职业技术教师从教 10 多年,熟知工业发达国家和地区的职业技术教育状况和当今企业自动化生产设备的应用情况,以及企业的实际需求。本书就是作者综合在企业的工作经验和在学校的教学体验,以及国内外职业技术教育的需求和专业厂商的资料而编写的。

该书将目前自动化生产设备中最常出现的及近年正快速发展的设备生产与制造技术、设备操作及维护保养技术有机地融合在一起,将目前常用的滚珠丝杠、谐波齿轮传动、同步带传动、行星齿轮传动、自动化供料与定量装置、精密定位与分度机构等机械部分的选用、设计作了详细介绍;同时对自动化设备中不可分割的各类传感器、控制方法、控制系统与控制对象如步进电机、直线电机、伺服电机、电磁阀及螺线管等作了充分的论述;重点对目前正在不断推广的机器人应用,如机器人编程、机器人操作等作了详细介绍。

本书有如下特点。

(1) 内容新颖。本书以当前广泛应用并代表发展趋势的机电一体化技术为背景,取材新颖实用,在综合总结当今国外职业技术教育经验的前提下,力求符合我国高等职业技术教育的教学特点。

(2) 内容适度、易懂。在内容取舍上,基础理论以必需和够用为度,力求简单实用。全书配有大量工业应用图例,学生易学、易懂。

(3) 综合性强。为适应企业界对机电一体化人才的需求,本书在第 11 章介绍了编者自行研制的“自动化生产模块化教学系统”,通过本课程的教学及在“自动化生产模块化教学系统”上进行不同层次的训练,使学生从认识简单的机械机构到认识复杂的多功能机构,从掌握单一的执行元件控制到掌握各类执行元件的综合控制,从一般的 I/O 通信到人机界面、CCLINK(或 PROFIBUS)通信,从一台设备的控制到多台设备的联合控制。

(4) 训练内容多。本书除了各章后所附习题外, 在第 12 章中, 还列出了 56 项基本训练, 使学生动脑又动手, 达到熟练掌握专业职业技能的目的。

本书由黄志昌编著, 由华中科技大学机械科学与工程学院李斌教授主审。在本书编写过程中, 深圳市威远精密技术有限公司提供了相关技术资料, 在此一并深表感谢!

由于编者水平有限, 书中不足和错误之处在所难免, 恳请各教学单位和广大读者批评指正, 以便修订时改进。

所有意见、建议请寄往: zchuang@oa.szpt.net

电话联系: 13923842257

编 者

2007 年 6 月于深圳职业技术学院

目 录

第 1 章 自动化综述	(1)
1.1 自动控制与自动化的概念	(1)
1.1.1 自动化的定义	(1)
1.1.2 自动化的一些相关术语	(2)
1.2 自动化发展简史	(3)
1.2.1 自动化技术的形成及应用	(3)
1.2.2 局部自动化	(4)
1.2.3 综合自动化	(5)
1.3 自动化学科技术的发展趋势	(7)
1.3.1 信息网络环境下的自动化理论	(7)
1.3.2 智能自动化技术	(7)
1.3.3 微机电系统及传感技术	(7)
1.3.4 绿色自动化技术	(8)
思考与练习	(8)
第 2 章 自动化生产设备概论	(9)
2.1 生产过程自动化的内容	(9)
2.1.1 加工作业自动化	(10)
2.1.2 物流自动化	(10)
2.1.3 信息流自动化	(11)
2.1.4 管理自动化	(11)
2.2 机电一体化概念	(11)
2.2.1 机电一体化的来历	(11)
2.2.2 机电一体化的概念	(12)
2.2.3 构成机电一体化的学科和技术	(13)
2.3 机电一体化的组成	(13)
2.3.1 机械主体	(14)
2.3.2 传动系统	(14)
2.3.3 检测装置	(14)
2.3.4 执行机构	(15)
2.3.5 控制系统	(15)
2.4 机电一体化设备的特点	(16)
思考与练习	(17)
第 3 章 常见自动化传动装置	(19)
3.1 机械传动的类型、特点及应用	(19)
3.1.1 机械传动的类型	(19)

3.1.2	常用传动的特点及应用	(20)
3.2	滚动螺旋传动机构	(20)
3.2.1	滚动螺旋传动的原理与特点	(21)
3.2.2	滚珠丝杠副的基本参数与分类	(22)
3.2.3	滚珠丝杠副的构造与分类	(24)
3.2.4	滚珠丝杠副的公称直径与导程	(28)
3.2.5	滚珠丝杠副丝杠轴端形式尺寸	(28)
3.2.6	滚珠丝杠副的精度、长度及制造范围	(29)
3.2.7	润滑与防尘	(31)
3.2.8	防逆转措施	(32)
3.3	同步带传动	(32)
3.3.1	概述	(32)
3.3.2	带传动的特点	(33)
3.3.3	同步齿形带传动	(34)
3.4	行星齿轮传动	(38)
3.4.1	概述	(38)
3.4.2	行星齿轮机构的分类	(39)
3.4.3	行星齿轮传动比计算	(41)
3.4.4	行星齿轮的结构	(42)
3.5	谐波齿轮传动	(43)
3.5.1	谐波齿轮传动的组成及其工作原理	(43)
3.5.2	谐波齿轮传动的类型及传动比计算	(45)
	思考与练习	(47)
第4章	供料自动化装置	(50)
4.1	供料器概述	(50)
4.1.1	供料器的组成	(50)
4.1.2	供料器的分类	(51)
4.2	单件及板片料供料机构	(51)
4.2.1	单件物品(件料)形态分析及定向方法	(51)
4.2.2	件料供料机构的组成	(54)
4.2.3	料仓式供料机构	(55)
4.2.4	料斗式供料机构	(68)
4.3	卷料供料装置	(74)
4.3.1	卷料的支承张紧装置	(74)
4.3.2	卷料校直装置	(75)
4.3.3	卷料送料装置	(76)
4.4	板料供料装置	(80)
4.4.1	摩擦滚轮式供料装置	(80)
4.4.2	推板式供料装置	(80)

4.4.3 真空吸料式供料装置	(81)
4.4.4 胶粘取料装置	(82)
思考与练习	(82)
第5章 电磁振动供料装置	(84)
5.1 振动供料装置的构造和基本功能	(84)
5.1.1 直线料槽式振动供料装置	(84)
5.1.2 圆料斗式振动供料装置	(87)
5.2 电磁振动供料装置工作原理	(88)
5.3 电磁振动供料装置主要参数与设计计算	(90)
5.3.1 主要参数	(90)
5.3.2 基本参数的设计计算	(90)
5.3.3 振动料斗的结构设计	(92)
5.3.4 电磁振动料斗的设计参考技术数据	(98)
5.4 电磁振动供料装置的安装与调试	(98)
5.4.1 通电前对加工安装质量的检查	(98)
5.4.2 通电后对料斗工作点的调试	(98)
思考与练习	(99)
第6章 定量与传输装置	(100)
6.1 定量装置	(100)
6.1.1 松散态粉粒物料的定容定量装置	(100)
6.1.2 粉粒物料的称重定量装置	(105)
6.1.3 定形物料的计数定量装置	(110)
6.1.4 液体物料的计数定量装置	(114)
6.2 传送装置	(117)
6.2.1 直线—连续传送装置	(117)
6.2.2 回转—连续传送装置	(119)
6.2.3 回转—间歇传送装置	(120)
6.2.4 直线—间歇传送装置	(122)
6.3 定位机构	(123)
6.3.1 回转—间歇传送装置定位原理与定位机构	(124)
6.3.2 自动装配系统中的随行夹具定位	(126)
6.4 分路器与合路器	(127)
6.4.1 工件的自动分配装置	(127)
6.4.2 工件的自动汇总装置	(129)
思考与练习	(129)
第7章 装配自动化	(131)
7.1 装配技术基础	(131)
7.1.1 装配的含义与内容	(131)
7.1.2 装配方式	(132)

7.1.3 连接方法	(133)
7.2 装配机械的组成	(136)
7.2.1 装配设备的分类	(136)
7.2.2 装配设备的组成	(137)
7.3 单工位装配机	(140)
7.4 时间同步多工位装配机	(142)
7.4.1 圆形回转台式多工位装配机	(142)
7.4.2 鼓形多工位装配机	(145)
7.4.3 环台式多工位装配机	(145)
7.4.4 纵向节拍式多工位装配机	(146)
思考与练习	(151)
第8章 工业机器人及机械手	(154)
8.1 概述	(154)
8.1.1 机器人与机械手的定义	(154)
8.1.2 机器人与机械手的发展方向与特点	(155)
8.2 装配机器人的分类与结构形式	(155)
8.2.1 装配机器人的分类与特征	(155)
8.2.2 装配机器人的组成	(157)
8.2.3 装配机器人的周边设备	(159)
8.2.4 装配机器人的自由度与工作空间	(160)
8.3 机器人语言	(163)
8.3.1 机器人编程语言及功能	(163)
8.3.2 机器人编程语言的结构	(166)
8.3.3 VAL 语言简述	(168)
8.4 三菱机器人在线编程操作	(170)
8.4.1 控制器与示教盒的使用	(170)
8.4.2 机器人操作位置的示教	(180)
8.4.3 维修和检查	(183)
8.5 气动机械手	(185)
8.5.1 组成及结构形式	(185)
8.5.2 气动手指	(187)
8.5.3 简易机械手的电气设计	(190)
思考与练习	(194)
第9章 电气执行装置与控制系统	(195)
9.1 步进电动机	(195)
9.1.1 步进电动机的特点	(195)
9.1.2 步进电动机的分类、结构与工作原理	(196)
9.1.3 步进电动机的工作方式	(201)
9.1.4 步进电动机的特性	(205)

9.1.5	步进电动机的振荡、失步及解决方法	(208)
9.1.6	步进电动机的驱动	(209)
9.2	直线电动机	(213)
9.2.1	概述	(213)
9.2.2	直线电动机的基本结构与工作原理	(214)
9.2.3	直线电动机的分类	(219)
9.2.4	直线感应电动机的结构与特性	(220)
9.2.5	直线感应电动机的技术数据	(223)
9.2.6	直线感应电动机的应用	(225)
9.3	伺服电动机	(227)
9.3.1	交流伺服电动机的种类	(228)
9.3.2	交流伺服电动机的工作原理	(229)
9.3.3	交流伺服电动机的驱动	(231)
9.4	螺线管与电磁阀	(232)
9.4.1	螺线管的工作原理与特性	(232)
9.4.2	螺线管的驱动电路举例	(233)
9.4.3	电磁阀的结构与特点	(234)
9.4.4	电磁阀的控制方式	(234)
9.4.5	常用电磁阀	(235)
9.4.6	电磁阀的特性	(236)
9.4.7	电磁阀的接线方式	(237)
9.4.8	电磁阀的串行传送技术	(238)
9.4.9	指示灯和冲击电压保护电路	(239)
9.5	可编程序控制器	(240)
9.5.1	可编程序控制器概述	(240)
9.5.2	PLC 工作原理及结构特点	(241)
9.5.3	气动机械手的 PLC 控制系统设计	(245)
	思考与练习	(247)
第 10 章	传感器	(249)
10.1	传感器概论	(249)
10.1.1	传感器的分类	(249)
10.1.2	传感器的基本性能参数	(250)
10.1.3	传感器的一次与二次变换	(252)
10.2	接近开关	(253)
10.2.1	接近开关的分类与特点	(253)
10.2.2	电感式接近开关	(254)
10.2.3	电容式接近开关	(260)
10.2.4	舌簧磁性开关	(262)
10.2.5	无触点式磁性开关	(266)

10.3	光电开关与光电断路器	(269)
10.3.1	光电开关	(269)
10.3.2	光电断路器	(273)
10.4	CCD 图像传感器	(275)
10.4.1	概述	(275)
10.4.2	CCD 的工作原理	(276)
10.4.3	CCD 的主要特性	(279)
10.4.4	基于 CCD 的视觉系统	(280)
10.5	轴转角数字编码器	(283)
10.5.1	绝对式编码器	(283)
10.5.2	增量式编码器	(284)
10.6	光栅电子尺	(285)
10.6.1	结构原理	(285)
10.6.2	光栅的信号输出	(286)
10.7	感应同步器	(287)
10.7.1	分类及特点	(287)
10.7.2	感应同步器的几种用法	(288)
10.7.3	感应同步器的误差及技术指标	(289)
	思考与练习	(290)
第 11 章	自动化生产模块化教学系统	(293)
11.1	迈提升 (MTS-API) 系统简介	(293)
11.1.1	迈提升 (MTS-API) 系统组成	(293)
11.1.2	迈提升 (MTS-API) 系统的模拟加工过程	(294)
11.1.3	迈提升 (MTS-API) 系统工作方式	(296)
11.1.4	迈提升 (MTS-API) 系统培训功能	(296)
11.2	供料站 (第 1 站)	(297)
11.2.1	供料站的功能与工作过程	(297)
11.2.2	供料站的气动、机械结构	(298)
11.2.3	供料站的电气控制与 PLC 编程	(306)
11.3	输送与检测站 (第 2 站)	(311)
11.3.1	输送与检测站的功能与工作过程	(311)
11.3.2	第 2 站各单元机械结构	(313)
11.3.3	第 2 站电气原理	(315)
11.3.4	第 2 站的 PLC 控制程序	(316)
11.4	加工与部装站 (第 3 站)	(319)
11.4.1	加工与部装站的功能与工作过程	(319)
11.4.2	第 3 站各单元机械结构	(319)
11.4.3	第 3 站电气结构	(322)
11.5	总装站 (第 4 站)	(323)

11.5.1	总装站的功能与工作过程	(323)
11.5.2	第4站各单元的机械结构	(324)
11.5.3	第4站的电气结构	(326)
11.6	仓储站(第5站)	(328)
11.6.1	仓储站的功能与工作过程	(328)
11.6.2	第5站各单元的机械结构	(330)
11.6.3	第5站的电气结构	(331)
11.7	出仓站(第6站)	(332)
11.7.1	出仓站的功能与工作过程	(332)
11.7.2	出仓站的机械结构	(334)
11.7.3	出仓站的电气结构	(336)
第12章	自动化设备工程训练	(338)
12.1	局部工程训练	(338)
12.2	工程项目训练	(340)
参考文献		(358)

自动化综述

内容提要

本章综合论述自动控制与自动化的概念、自动化发展的简史、自动化学科的分类及自动化学科技术的发展趋势。在概念上给出自动化的相关定义、相关术语,简述自动装置的出现和应用起源,自动化技术形成、发展及综合自动化时期的状况。本章最后论述自动化学科技术发展应关注的几个主要方面,如计算机技术进展、智能自动化技术、微机电系统与传感技术及绿色自动化技术等。

1.1 自动控制与自动化的概念

随着科学技术和生产的迅速发展,自动化技术逐渐得到广泛应用,并已渗透到社会生产和人类社会中的许多领域。在日常生活中的空调器、电梯、自动售货机,在交通运输中的磁悬浮列车和全天候客机,在制造业中的机床、各类大型机械、轧钢机等设备,都离不开自动控制与自动化;在工业生产中的温度、压力、流量、物位及成分等参数的控制,也离不开自动控制与自动化;在冶金过程、化工过程、轻工生产过程、生物及制药工程生产调度方面,也都离不开自动化技术。

自动化几乎遍布人们生活的每一个场所,对人类社会的文明和发展是非常重要的。通过实施自动化,可以极大地提高生产效率和工作效率,保证产品质量,节约能源和原材料消耗,减轻劳动强度与改善劳动条件。可以说,它是当前社会发展与进步的重要动力,是推动技术革命的核心技术。

1.1.1 自动化的定义

1. 自动控制

所谓自动控制,就是指机器设备或系统在无人直接参与下,能全部自动地按人预先规定的要求和既定程序运行,完成其承担的任务,并实现预期的目标。其特征是在信息检测、信息处理、分析判断和操纵控制的整个过程中,都是由自动化装置完成的。

所谓“无人直接参与”的含义,这里是指人不用直接操作,只需确定控制要求和程序。

2. 自动化

自动化是指由一个或多个自动控制系统或装置所构成的,没有人直接干预的工作过程。从加热器、电机等小型设备的自动控制到企业生产过程的综合自动化,从工业自动化、农业自动化、服务自动化到军事自动化,自动化遍及各个领域。自动化涉及的过程有生产过程、管理过程和决策过程等。

自动化的研究内容,包括自动控制理论、自动控制方法及工程实现技术、控制软件、控

制装置、信号处理、现场总线和以太网等。其中自动控制理论与方法是实现自动化的理论支柱，计算机技术、电动机、PLC、电力电子、微电子技术和自动化仪表技术等是实现自动化的硬件基础。从应用观点来看，研究内容有生产过程自动化、机械制造自动化、武器及军事自动化、办公室自动化和家庭自动化等。

1.1.2 自动化的一些相关术语

1. 系统

系统是指由若干称为子系统的相互依存和相互作用的部分，为达到某些特定目的所组成的完整综合体。系统的性能主要取决于各自系统的配合与协调，还依赖于环境、人与系统的互动关系。缺乏有效的协调与控制，系统甚至无法正常运行，更谈不上有好的性能。由此可知，系统及其复杂性概念在自动化科学与技术中是何等重要。

2. 信息

信息是人类对自然和人类自身能量变换状态的描述。信息可分为两类：自然信息和社会信息。

人类对自然界能量变换状态的描述，称为自然信息。我国劳动人民长期观测总结的 24 节气即为自然信息。自然信息的流程是开环的，是顺序的。人类对人类自身一切活动所产生的能量变化状态的描述，称为社会信息。社会信息和自然信息的流程有着本质上的区别：信息源发送信息→传输和交换→选择和接收→记忆和辨识→处理和加工→达到改造环境的目的。如果达到目的，就说明由信息源发出的信息是正确的；反之，则是错误的，应该修改信息源发出的信息。可见，社会信息的流程虽然也有开环的，但总体来说，是闭环的，即社会信息具有主观能动的能力，而不是单纯地接收和传递外来的信息。

信息需要载体。自然信息的载体是未经加工的自然物，例如，人类的语言是用声波作为载体的。社会信息载体经历了 4 个发展阶段：自然物、文字、电信和计算机。在前 3 个阶段中，载体在本质上没变，仍然是信息的传递，只是在传播速度上提高了，即由机械运动速度提高到电磁波传播的速度。计算机的出现使信息载体发生了质的飞跃，它不仅能传递信息，而且还能代替人类处理信息。

自动化技术的重点是对信息进行控制应用。自动化要完成信息的控制应用，离不开信息的获取、传输与处理。

3. 控制

控制是指为某种规定的预期目标，而对过程变化施加的干预。控制和自动化是两个密切相关但不完全相同的概念。从自动化的定义可知，自动化与“机器设备、过程或系统等具体物理对象”的“自动”运行（或操作、控制）密切相关，脱离了具体物理对象谈自动化是毫无意义的。需要指出的是，“具体物理对象”的“自动”运行不一定非要有控制的意图。一般说来，自动化主要研究人造系统的控制问题，应用的范围比较窄。

控制是人们为实现所要达到的目标而采用的方法与手段。控制可以与具体物理对象相联系，如设备的运动控制、生产过程控制等；也可以和非物理对象相联系，如人口控制、经济控制、社会控制、生物控制等。很显然，控制的概念应用范围更广。可以说，“所有技术都包括控制”。

人造系统的控制概念，则是指为了改善系统的性能或达到特定的目的，通过信息的采集和加工而施加到系统的作用。人造系统由控制部分（即自动化装置部分）和被控制对象组成，

两者往往形成双向的信息流联系。控制部分一般由传感器、控制器和执行器组成。传感器用来采集被控量的信息，并把它变换到控制器所需的形式，传送到控制器。控制器用来处理信息，产生控制信号，这是控制系统的核心。执行器则将控制器产生的控制信号进行放大和变换，以此产生控制作用，最终施加到被控对象上。通常把进入可控系统的信息加工成控制信息的规则，称为控制算法。设计和实现控制算法是设计控制系统中最重要的任务。在可控系统中实现控制算法的部件称为控制器。它可以是数字计算机，也可以是模拟仪表。

控制的应用范围虽比自动化要广得多，但控制概念本身的含义却要比自动化窄得多。就工程控制范围而言，自动化是与整个物理对象密切相关的具体实现，形成了自动化设备、系统等，而控制只是自动化实现中的核心部分之一。自动化的核心概念是信息、控制与系统，控制是核心的核心。自动化是多个概念交叉、融合的产物，而控制却不是。

4. 反馈

反馈是指将系统的实际输出和期望输出进行比较，产生偏差，从而为控制器确定下一步的控制行为提供依据。若反馈信号（系统实际输出）与系统输入信号（期望输出）相减，则称为负反馈；若相加，称为正反馈。一般情况下，控制系统采用的是负反馈。实际上，反馈是一切自然系统、生物系统、社会系统的普遍属性，反馈的过程是信息传递的过程。反馈控制是一种最基本的控制方式。

5. 调节

调节是指通过系统的反馈信息自动校正系统的误差，使一些参数如温度、速度、压力或位置等，在一定的精度范围内按照要求的规律变化。调节须以反馈为基础，而控制则包括以反馈为基础的闭环控制和无反馈的开环控制。

6. 管理

管理是指为了充分利用各种资源来达到一定的目标，而对社会或其组成部分施加的一种控制。

7. 决策

决策是指为了获得最优方案，对若干准备行动的方案进行选择。随着工业生产过程规模的扩大和综合管理与要求的提高，使得自动化不但完成控制任务，而且还具有生产管理和经营决策的任务，即综合自动化。它所要解决的不是局部最优化问题，而是一个工厂、一个公司乃至一个区域的总目标或总任务的最优化问题。最优化的目标函数包括产量最高，质量最好，原料最少，能耗最小，成本最低，可靠性最高，环境污染最小等指标，它反映了技术、经济、环境等多方面的综合性要求。

1.2 自动化发展简史

自动化发展史基本上是这样一個过程：自动化装置→自动化技术→自动化理论→自动化科学，是一个需求驱动型的发展过程。

1.2.1 自动化技术的形成及应用

1. 自动化技术的形成

17 世纪以来，荷兰机械师 C.惠更斯发明了钟表，俄国机械师 И.波尔祖诺夫发明了保持蒸汽锅炉水位恒定的浮子式阀门水位调节器。18 世纪末到 20 世纪 30 年代，自动化技术逐渐

形成，自动控制引入到各种机械设备。英国机械师 J.瓦特（Watt）于 1788 年发明了蒸汽机，同时又发明了离心式调速器，并把它与蒸汽机的阀门连接起来，构成蒸汽机转速的闭环自动调速系统，如图 1.1 所示。当负载或蒸汽供给量发生变化时，离心式调速器能够自动调节进

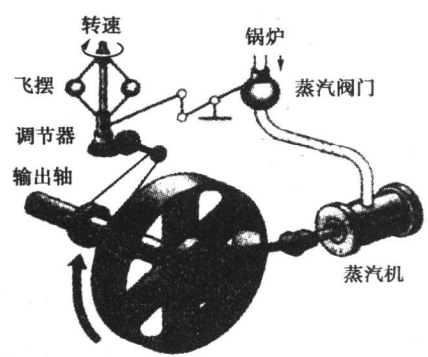


图 1.1 蒸汽机转速的闭环自动调速系统

汽阀门的开度，从而控制蒸汽机的转速。使用这种机械式自动调速装置进行调速是自动化应用的第一个里程碑。这项发明对工业革命和控制理论后来的发展均有重要的影响。

由于工业革命的需要，人们开始采用自动调节器或装置，使一些物理量保持在给定值附近。法国工程师 J.法尔科（Farcot）于 1868 年发明了反馈调节器，应用于操作蒸汽船的舵，并称之为伺服机构。到了 20 世纪 20~30 年代，美国开始采用常规 PID 调节器。这是一种模拟式调节器，现在还在许多工厂中使用。

2. 自动调节系统的稳定性

1788—1868 年，在英国 75 000 台装有离心式调速器的蒸汽机在工作，这给当时社会带来了极大财富。但蒸汽机转速忽高忽低，系统会发生振荡（不稳定）。1868 年英国物理学家 J.C.麦克斯韦（Maxwell）用线性微分方程，研究蒸汽机转速调节系统不稳定现象。他指出只有线性微分方程的根都是负实根，或具有负实部的复数根，这个方程所描述的系统才是稳定的。这是人类第一次把自动化技术出现的不稳定的问题变成数学问题来研究。

1927—1932 年，在贝尔实验室工作的美国电气工程师 H.布莱克（Black）和他的同事们，应用负反馈原理设计一个具有线性负反馈的电子管放大器，解决了电子管放大器的失真问题。人们把这个概念引入了自动调节系统，这就是现在控制系统中所使用的闭环控制。

1932 年，同在贝尔实验室工作的 H.奈奎斯特（Nyquist）建立了稳定判据。它可以利用开环系统频率特性来判别闭环系统的稳定性、静态误差和过渡过程的品质指标，因而出现了 PID 调节器。P（比例）、I（积分）、D（微分）的不同组合，可以让大多数系统获得相当满意的性能指标。

1942 年，H.哈里斯（Harris）引入了传递函数的概念，用方框图、环节、输入和输出等信息传输的概念来描述系统的性能和关系，从而把对系统的描述，统一用传递函数、频率响应等抽象的概念来描述。

1.2.2 局部自动化

20 世纪 40—50 年代，进入局部自动化时期。在第二次世界大战期间，针对防空火力控制系统和飞机自动导航系统等军事技术问题，各国科学家设计出各种自动调节装置、控制装置用于解决局部问题，开创了防空火力系统和控制这一新的科学领域。这一时期逐渐形成了经典控制理论。

1. 经典控制理论的形成和发展

20 世纪 50 年代，形成了现在人们所说的经典控制理论——单变量控制理论。

经典控制理论的研究对象是具有单输入、单输出的单变量系统，而且多数是线性定常系统；使用的数学工具是微分方程、拉氏变换等；研究方法有传递函数法、频率响应分析法（Bode