

高等学校轻工专业试用教材

自动机械设计

詹启贤 主编

轻工业出版社

高等学校轻工专业试用教材

自动机械设计

詹启贤 主编

轻工业出版社

内 容 简 介

本书在突出自动机械共性的基础上,系统而完整地论述了自动机械的理论概念、工作原理、结构组成、设计要求、设计方法等方面的基本知识与技能。为便于加深对本课程学习内容的理解,本书特为增加了自动生产线设计概论和整机设计实例两部分内容。

本书为高等院校机械专业师生使用的教材,亦可供有关工厂和研究所的技术人员和技术工人学习参考。

高等学校轻工专业试用教材

自动机械设计

唐启贤 主编

轻工业出版社出版

(北京广安门南滨河路25号)

北京大兴中堡印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米1/16 印张: 23¹/₂/16 字数: 537千字

1987年6月第一版第一次印刷

印数: 1—7,000 定价: 4.55元

统一书号: 15042·2200

前 言

本书为适应轻工高等院校机械设计与制造专业的教学需要,根据1982年5月召开的轻工机械专业教材编审委员会制定的《自动机械设计》教材编写大纲而编写,在1984年7月召开的审稿会上修改定稿。

轻工行业的范围及生产上的要求,决定其所使用的机械设备具有很多特点。各轻工高等院校通过长期的教学实践在这方面做了大量的探索工作,总结出不少经验,积累、编写出许多资料和讲义。本书就是在这个基础上组织编写的。考虑到专业要求,本书着重突出自动机械的共性,力求照顾到系统性和完整性,体现特色。

通过本课程的学习,能够使学生掌握自动机械的理论概念、工作原理、结构组成、设计要求、设计方法等方面的基本知识与技能。为便于加深对本课程学习内容的系统完整理解,本书编写了自动生产线设计概论和整机设计实例两部分内容。各院校在选用本书做教材时,应在学生具有一定的轻工机械感性知识的条件下进行,并在教学中配合以适当的实验和课程设计等教学环节。

参加本书编写的人员有:第一章由西北轻工业学院时树中编写;第二章由西北轻工业学院彭国勋编写;第三章、第四章、第十章由天津轻工业学院刘功编写;第五章、第十一章由西北轻工业学院詹启贤编写;第六章由北京轻工业学院林培训编写;第七章由杭州轻机设计研究所王凯音编写;第八章、第九章、第十三章由大连轻工业学院周雅各编写;第十二章由北京轻工业学院李开楼编写。全书由西北轻工业学院詹启贤主编;由北京轻工业学院凌振邦和大连轻工业学院熊第霖主审。

由于编者水平有限,错误与不妥之处在所难免,恳请读者指正。

编 者

目 录

第一章 绪论.....	1
第一节 轻工业机械的任务与特点.....	1
第二节 轻工业机械的发展方向.....	2
第三节 轻工业自动机械的分类.....	2
第四节 自动机械的结构组成.....	3
第五节 自动机械设计的要求.....	5
第六节 本课程的主要内容.....	6
第二章 自动机械与自动线设计原理.....	8
第一节 引言.....	8
第二节 自动机械的生产率分析.....	9
第三节 自动线的生产率分析.....	15
第四节 提高自动机械与自动线生产率的途径.....	17
第五节 自动机械与自动线的工艺方案设计.....	19
第六节 自动机械的循环图设计.....	25
第三章 自动机械的工作性能指标.....	47
第一节 精度.....	47
第二节 静刚度.....	49
第三节 抗振性.....	52
第四节 噪声.....	55
第五节 磨损.....	59
第六节 可靠性.....	62
第四章 自动机械传动系统的设计.....	68
第一节 概述.....	68
第二节 自动机械的原始运动参数和运动原理图.....	71
第三节 外联传动链的设计.....	73
第四节 内联传动链的设计.....	82
第五章 机构的运动规律及类型选择原则.....	92
第一节 机构运动规律的基本概念.....	92
第二节 运动曲线的无因次表示法.....	94
第三节 运动曲线的特性值.....	95
第四节 机构驱动轴的扭矩.....	97
第五节 判别机构速度类型的准则.....	98
第六节 基本运动规律.....	100
第七节 选择机构类型的基本原则.....	116

第六章 步进运动机构	123
第一节 概述.....	123
第二节 棘轮机构.....	124
第三节 槽轮机构.....	133
第四节 改善槽轮机构动特性的方法.....	146
第五节 蜗形凸轮机构.....	152
第六节 其它型式的步进运动机构.....	160
第七节 定位机构.....	166
第七章 自动机械的供料机构	172
第一节 概述.....	172
第二节 液体料供料机构.....	173
第三节 粉粒料供料机构.....	179
第四节 卷料供料机构.....	188
第五节 板片料供料机构.....	199
第六节 单件物品供料机构.....	201
第八章 振动上料器	225
第一节 振动上料器的分类及组成.....	225
第二节 振动上料器的典型结构.....	226
第三节 电磁振动上料器的工作原理.....	228
第四节 振动上料器的主要设计参数.....	232
第五节 振动上料器的安装与调试.....	241
第九章 工业机械手	244
第一节 概述.....	244
第二节 机械手自由度和坐标型式.....	246
第三节 手爪结构分析及其选用原则.....	249
第四节 手腕的选用及手臂设计要点.....	265
第五节 工业机械手举例.....	269
第十章 自动机械的检测与调节	277
第一节 概述.....	277
第二节 测量传感器.....	279
第三节 光电检测在自动机械中的应用.....	286
第四节 自动机械的调位.....	293
第十一章 支承件的设计	304
第一节 回转支承的设计.....	304
第二节 直线运动导轨.....	312
第三节 机座.....	322
第十二章 自动机械总体设计	328
第一节 总体布局.....	328
第二节 设计步骤.....	329

第三节 自动机械设计实例.....	331
第十三章 轻工业生产自动线概述.....	359
第一节 概论.....	359
第二节 轻工业生产自动线的组成.....	360
第三节 轻工业生产自动线设计的特点.....	360
第四节 生产自动线实例.....	367
主要参考文献.....	372

第一章 绪 论

第一节 轻工业机械的任务与特点

一、轻工业机械的任务

轻工业是我国国民经济的重要组成部分。目前我国的轻工业已有数十多个行业，这些行业所生产的产品直接为全国人民的吃、穿、用服务。由于轻工业投资少见效快，对扩大社会主义积累起着极其重要的作用；同时，对发展对外贸易，增加外汇，密切与世界各国人民的经济交流，都有着极其重要的意义。

轻工业机械是轻工业部门各行业制造轻工产品所使用的主要技术装备。轻工业的发展，它的产品数量的增加、产品质量的提高、产品品种的发展，劳动生产率的提高和产品成本的降低等等，都与轻工业机械的发展密切相关。因此，轻工业机械是我国社会主义现代化建设所不可缺少的手段。

二、轻工业机械的特点

与其它产业部门的机械设备相比，轻工业机械具有以下的特点：

1. 原材料多样化

除少数与普通机械制造业同类型的轻工机械，如钟表加工机械、缝纫机、自行车和家用电器等耐用消费品的加工机械是以金属材料为主要加工对象外，绝大多数轻工机械是以农、林、牧、副及化工产品等非金属材料作为加工的原料。如食品机械中的糕点机械以农产品为主要原料；罐头、酿造机械以农、副产品为主要加工原料；制浆造纸机械以林产品和农副产品为原材料；皮革机械以畜牧产品为主要原料；陶瓷、玻璃、塑料机械则以矿物、化工产品为其原料。

2. 工艺种类多样化

(1) 完成化学作用的有：造纸机械中的蒸煮设备、灯泡机械中的熔炼设备等。

(2) 完成物理作用的有：烟草机械中的润叶机、真空处理机等。

(3) 完成生物化学作用的有发酵设备。

(4) 完成电化学反应的有电镀与电腐蚀设备等。

(5) 完成机械作用的有灯丝绕丝机等。

3. 门类繁多，结构多样化

轻工业行业多，其机械因行业、加工的产品、功能与作用的不同，而在原理与运动机构上有着很大差异，甚至完成同一职能的也会有不同的工作原理与不同的机构。如糖果包装机有着各种不同的工艺原理和结构；灯泡绕丝机因工艺原理的不同，有无芯绕丝机、有芯连续和有芯不连续绕丝机之分。

4. 产品产量大、自动化程度高

轻工业产品为人民日常生活所必须，因而要求高产量与大批量的生产，也就必然要求广泛采用半自动化、自动化的机械，自动线的应用也日益广泛。

5. 轻工业机械往往具有动作复杂、机构运动速度高涉及学科领域广、更新换代快等特点，因而设计中必须运用有关运动学、动力学、机构分析与综合以及计算机辅助设计等理论知识和工具。

第二节 轻工业机械的发展方向

建国以来，随着我国国民经济和轻工业的飞速发展，轻工业机械在品种、规模、设计与制造技术等方面也得到了迅速的发展和提高。目前全国各地均建立有轻工业机械制造厂，并逐步走向专业化生产，已能独立自主地进行从单机到成套设备乃至自动生产线的设计与制造。此外，还建立了一批轻工业机械科研设计单位并在高等院校中设立了轻工机械专业。因此在我国已形成了一套完整的具有人才培养、技术开发设计、产品生产制造的轻工业机械体系。但是，与国外一些先进轻工业机械相比，还存在一定差距。在技术规范、品种系列、效益与功能等方面都亟需迅速改进与提高，才能适应当前国民经济发展的要求。

针对我国轻工业目前的具体情况，发展轻工业机械主要应从下列几方面着手：

根据我国轻工业的生产现状和到本世纪末的技术经济发展的总体规划，发展轻工业生产首先是提高产品质量，改善劳动条件，减轻劳动强度，不断提高机械化水平。当前对现有的各种机械设备，应以改造更新为主，充分发挥它们的潜力。

随着新材料，新工艺，新技术的发展，必然推动各种轻工自动机械向机电一体化和智能化的方向发展。

提高“三化”（产品系列化、部件通用化、零件标准化）的水平，是提高机械技术经济效益的重要方面。提高“三化”水平可以大大缩短机械的设计与制造周期，降低制造成本，便于组织专业化生产，提高机械的制造质量和可靠性，方便维修，从而改变轻工业机械分散设计和零星制造的现状，提高轻工机械的技术经济效益。

实现高速化，是提高轻工业机械生产率的有效途径。高速化不仅要提高执行机构的运动速度，还要提高供料、输送和相应辅助运动的速度。为此，必须首先解决好一系列基础技术问题，主要是：

- (1) 改善执行机构的动态特性，使之在高速工作时运动平稳。
- (2) 提高工作可靠性，降低故障率，提高机械设备的利用率。
- (3) 提高机械效率，减少摩擦与磨损，降低动力消耗，提高精度保持性。
- (4) 尽可能采用最新科学技术。

第三节 轻工业自动机械的分类

轻工业产品生产的全过程中，使用的生产机械设备有两大类，一类为通用设备，另一类为专用设备。从目前发展的趋势看，专用设备正逐步向半自动化、自动化机械方向发展。因此，我们这里着重研究轻工业自动机械的分类。

轻工业自动机械从不同的观点出发，可以有很多的分类方法。例如按行业分类，按产

品生产工艺过程的性质分类,或按机械的结构和功能分类。

这里,我们从研究自动机械的设计方面出发,按其结构和功能分类,概括为四大类型:

(1) 成型机械 其特点是用模具来进行制品的成型,更换模具及工艺参数,即可生产不同规格的产品。主要工艺原理为热塑、注塑以及冲压等。陶瓷滚压成型机、行列式制瓶机、灯泡吹泡机、塑料注射成型机及广泛用于搪瓷、铝制品、小五金行业的冲压、挤压机械等均属此类。这类机械的主要动作是上料、开模、合模、成型、卸下制品等。

(2) 加工处理机械 以刀具为切削工具,如片皮机、切梗机、切草机等。要求的动作包括供料、上下料、夹紧、引进、切削、松开等。

(3) 装配机械 靠装配用工具或机械手,按规定程序进行操作,将零件装配成部件或产品,装配过程中常伴有一些简单的成型或加工作,如灯泡芯柱机、制鞋机、绷丝机等。

(4) 包装机械 这类机械从功能上和原理上都类似于装配机械,因工艺原理有一定的特殊性,故形成一种独立的机械类型。其动作包括包装材料与被包装物料的输送与供料、称量、包封、贴标、计数、成品输送等。如包封机、灌装机、制袋充填机、捆扎机等均属此类。

第四节 自动机械的结构组成

一、典型机械设备的操作过程

以下十个动作是典型机械设备的动作。由于制品、工艺原理及机械设备的结构不同,不可能每台机械都同时具备。这些动作中有些还可以进一步再分为几个独立动作。

- (1) 被制物品的输送与安装。
- (2) 物品的夹紧。
- (3) 机械的启动。
- (4) 工具或物品向加工位置引进。
- (5) 物品被加工制作,包括成型、切削、装配等。
- (6) 工具或物品加工完后的退出。
- (7) 制品的检验。
- (8) 停车。
- (9) 松开制成品
- (10) 卸下制品及输送至规定位置。

二、自动机械的操作过程

自动机械就是在没有操作人员的直接参与下,各个机构能自动实现协调动作,在规定的时间内完成规定的动作循环。所谓操作人员不直接参与,是指除人工定期成批供料外,其余动作不需要人工操纵。每个工作班的开始或每次进行调整后,首先由人工将加工所需的物料(对加工和成型类机械为原材料或坯料;对装配机械为全部待装零件;对包装机械则为包装材料与被包装物料)成批地装入储料装置中,启动机械后供料装置即自动定量定

向送料至上料工位，工具或物品自动夹紧自动引进，自动开始制作过程，然后工具或物品自动退出，最后自动松开制品，在重力作用下或由卸料装置卸下成品，由输送装置送往指定地点，此时一个制品的全部操作过程即完成，立即自动开始第二次供料并重复同上的操作。如此周而复始自动完成动作循环并周期地或连续地给出制品，直至下一次因停班、调整或因故障而自动或人工停车为止。

三、自动机械的结构组成

先研究一个实例。图 1-1 是一台自动冲压机示意图，分析它的各个机构和构件在自动机械中的作用，不难看出它们可以归纳为四大组成部分：

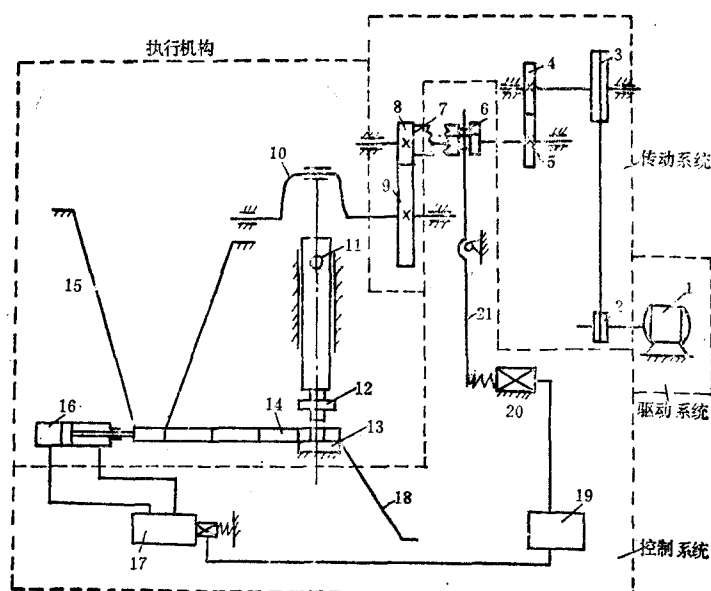


图 1-1 自动冲压机示意图

1—电动机 2,3—皮带轮 4,5,8,9—齿轮 6,7—离合器 10—曲轴 11—冲杆 12—冲头 13—下模
14—毛坯 15—料斗 16—推料装置 17—控制阀 18—落料板 19—控制装置 20—电磁铁 21—杠杆

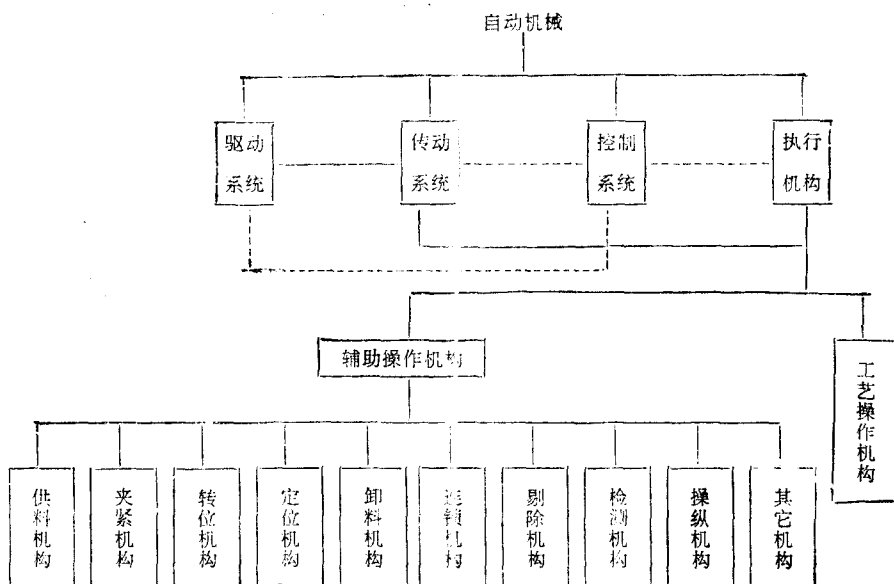
（1）驱动系统 它是自动机械的动力来源，可以是电动机驱动、液压驱动、气压驱动等，本例为电动机驱动。

（2）传动系统 它的功能是将运动和动力传递给各种执行机构，以便完成自动机械的工艺操作，同时也将运动传给辅助机构，完成辅助动作。本例中包括皮带传动、齿轮传动机构等。

（3）执行机构 它是实现自动化操作与辅助操作的部分，其动作顺序与运动规律依工艺原理和要求而定。自动冲压机中的冲头、送料机构等是执行机构。

（4）控制系统 它的功能是控制机器的驱动系统、传动系统、执行机构，将运动分配给各执行机构，使它们按时间、按顺序进行协调动作，由此实现自动机的工艺职能，完成自动化操作。

现将自动机械的组成概括如图 1-2 所示。



3. 其它

(1) 减轻劳动强度, 改善劳动条件, 不污染环境, 讲求技术美学, 创造文明生产条件。

(2) 留有发展的余地, 要有可能改进而不致造成全机废弃。

二、自动机械设计的步骤

自动机械的设计步骤可分为四个阶段: 初步设计阶段; 技术设计阶段; 工作图设计阶段; 安装调试阶段。在整个设计过程中可按以下几个程序进行:

(1) 熟悉设计任务书, 明确加工对象的材料、性能及要求, 自动机械的使用范围、生产率要求等, 然后进行调查研究, 收集国内外同类型机械的技术资料, 进行工艺分析与方案对比, 在此基础上确定所设计的自动机械的工艺方案, 绘制工艺原理图。

(2) 确定自动机械的加工循环时间。对于加工单件产品的自动机械, 其加工循环时间是指顺序给出两个相邻产品的时间间隔。加工循环时间的确定主要应满足自动机械工艺原理上的要求, 在此基础上力求缩短操作时间, 提高自动机械的生产率。

(3) 确定自动机械的运动参数, 拟定传动原理图, 绘制传动系统图。

(4) 决定自动机械的运动特性, 选择执行机构的运动规律, 进行运动分析和动力分析。

(5) 选择自动机械的执行机构, 绘制机构运动图, 进行执行机构运动循环图和自动机械工作循环图的设计。

(6) 初步确定主要结构和尺寸。

(7) 确定自动机械的总体方案。包括选择自动机械的控制方案, 绘制控制系统原理图, 进行总体方案可行性分析等。

(8) 确定自动机械的总布局。包括主要组成部分之间的相互关系、联系方式和联系尺寸; 确定操纵机构、操作部位、联锁关系与安全防护装置; 确定润滑方式和润滑系统; 最后确定外形尺寸。

(9) 进行自动机械技术经济指标的初步估算以验证设计方案的先进合理性。

(10) 具体结构设计。包括部件装配图、总装配图、零件工作图的设计, 最后整理与编制各种明细表, 说明书等技术文件。

以上各项程序所包括的工作内容是相互联系与交错的, 有时可平行或穿插进行。在设计中当技术资料不全或不完全适用时, 则应通过必要的工艺或结构原理试验, 以便确定工艺原理和结构参数。

设计的图纸, 在制造、装配、调试过程中必须随时修改, 设计工作只有在自动机械调试成功, 投入生产后, 才告结束。

第六节 本课程的主要内容

综前所述, 由于轻工行业门类繁多, 产品多样, 工艺原理复杂, 轻工业机械的型式和结构千差万别, 本课程不可能面面俱到。而随着轻工业的发展, 实现生产自动化乃是必然的趋势, 因之本课程以研究自动机械的设计为主要内容。

用于轻工业各行业的自动机械虽然完成不同的功能,但为了完成自动循环的生产过程所须具备的许多基本的职能、运动和动作则具有很大的共同性。例如上料、转位、定位、输送、控制等,完成这些职能和动作的机构与装置基本上构成了轻工业自动机械的主要部分。因之本课程重点研究轻工业自动机械设计中的共性问题,剖析一些具有普遍意义的机构、装置的设计原理和方法。课程的主要内容包括:自动机械与自动线设计原理、自动机械的工作性能指标、自动机械传动系统的设计、机构的运动规律类型及选择的原则、步进运动机构、自动机械的供料机构、振动上料器、工业机械手、自动机械的检测与调节、支承件的设计、自动机械总体设计、轻工业生产自动线概述等。

当前随着新产品、新技术、新结构、新工艺、新材料的日益发展,自动机械设计的范围和内容也不断地发生变化和更新。我们必须深入生产实践,努力学习新的设计理论、现代计算技术和最优化设计等一系列知识,才能为创造革新我国轻工业机械做出较大的贡献。

第二章 自动机械与自动线设计原理

第一节 引言

一、自动机械的控制系统

自动机械具有比一般工作机高得多的劳动生产率。在这类机器中,控制系统起着类似人类神经系统的重要作用。工作机各执行机构按工艺要求的动作顺序、持续时间、计量、预警、故障诊断和自动维修等,都是由控制系统来操纵的。

控制系统可按动作顺序的控制基准分类:一种是按时间先后顺序发令的时序控制系统。例如,糖果包装机的送糖、送纸、折纸、扭纸、落糖等动作顺序,是靠凸轮分配轴来操纵的,这是一种纯机械式的时序控制系统。行列式制瓶机的二十多个动作的顺序,是靠协调转鼓和各种气动控制阀来操纵的,这是一种气动式时序控制系统。此外,还有液压式、电气式和电子式时序系统,在各种自动机械上得到广泛应用;另一种控制系统,是按一个动作位移到指定位置的行程信号来控制下一动作,称作行程控制系统。例如,许多装箱、封箱、贴条包装机的动作,大多是由前一动作位移到达终点发出信号来实现顺序控制的。然而,在实际上,许多自动机械兼有这两种控制系统。

时序控制系统一般都是集中在一个地点发出指令,如凸轮分配轴、转鼓、或数字脉冲分配器等。这种集中时序控制系统操纵的自动机械具有以下优点:(1)能完成任意复杂的工作循环,各种信息都能通过凸轮曲线或连杆机构的设计,满足运动或动力学的要求;

(2)调整好后,各执行机构不易相互干涉,分配轴即使转动不均匀,也不会影响各动作的顺序;(3)能保证在规定的时间内,严格稳定地完成工作循环,特别适合于高速自动机械。但是,它也存在一些缺点:(1)灵活性小;更换产品时,可能要更改部分或全部凸轮机构,给制造、安装与调试带来较大的困难;(2)一般缺乏检查执行机构的动作完成与否的装置,没有完成时不能自动停机,故不够安全。

分散安装的行程控制系统操纵的自动机械,则能克服上述时序系统的缺点。例如,某一执行机构位移到指定位置时,碰动布置在那里的行程开关,得到一个回答信号,作为启动下一个执行机构动作的指令,按照“命令—回答—命令”的方式进行控制,因而具有安全可靠的优点;一旦程序中途遭到破坏,就停留在事故发生的位置上,不会产生误动作。但是,用行程控制系统操纵的自动机械,由于动作持续时间较长,第一个动作未全部完成,第二个动作就不能开始,因而循环时间较长,不适合于高速自动机械。

显然,对上述两类不同的自动机械,应具有不同的设计准则。

二、自动线的组合方式

在一个由自动机械组成的系统中,使原料、毛坯或半成品(在装配时是零件)以一定节拍,按工艺顺序自动地经过各工位,完成预定的工艺过程,最后成为合于设计要求的制

品, 则这种用运输设备联系起来的自动机械系统与其它各种设备(储料装置, 控制系统等)的有机组合体, 称为自动线。

自动线的组合方式, 可以用下列示意图概括地表示。

图2-1(a)所示为不分段的刚性顺序组合自动线。各自动线用连接它们的运输系统和控制系统等联系起来, 以一定的生产节拍进行工作。这种自动线的缺点是, 当某一台自动机械或个别机构发生故障时, 将会引起整线停止工作。为了克服这一缺点, 有图2-1(b)所示的柔性自动线。这种自动线在自动机械之间的运输线上, 增

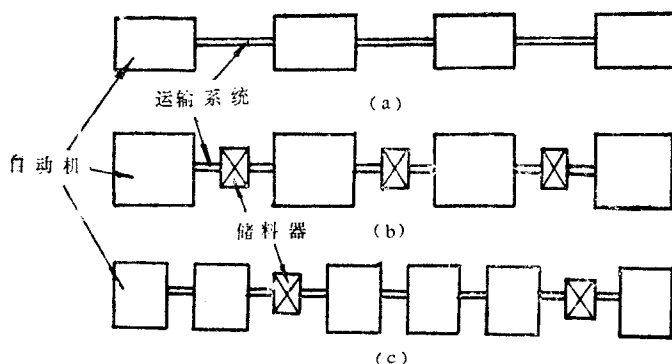


图 2-1 顺序组合自动线

设储料器。当后一工序的自动机械出现故障时, 前一工序的自动机械照样工作, 半成品送到储料器中暂存; 如前面的自动机械故障停机, 由储料器供给所需的半成品, 使后面的自动机械能继续工作下去。这样, 柔性自动线便具有较高的生产率。但是, 储料器的增加,

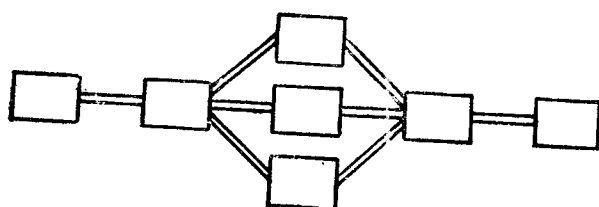


图 2-2 顺序—平行组合的自动线

不但使投资加大, 同时也增加了储料器本身出现故障的几率, 因此, 应权衡上述各方面因素, 做出最优设计。比如, 有的自动线采用图2-1(c)所示分段柔性连接

的方案, 就是把不易出现故障的相邻自动机械组成一段, 只是在

故障率高的自动机械前后设置储料器, 在有些情况下, 为了平衡自动线的生产节拍, 某些工序用数台自动机械平行组合, 构成图2-2所示顺序—平行组合的自动线。

总之, 构成自动线的方式是很多的, 各有其特定的设计准则, 影响自动线生产率的因素也不尽相同, 应根据其具体情况来掌握它们的生产率变化规律。

第二节 自动机械的生产率分析

自动机械的出现, 不仅大大解放了工人的双手, 改善了劳动条件, 更重要的是它使劳动生产率达到了前所未有的高度, 适应了生产和消费的日益增长的需要。因此, 自动机械的生产率就成了衡量自动机械性能优劣的主要指标之一。在设计制造自动机械时, 对它的生产率规律系统地进行分析, 以掌握主要的影响因素, 从而找出提高生产率的有效途径。

自动机械的生产率是指单位时间内有自动机械生产产品的数量。它的单位可以是件/min, m/min, m²/min, kg/min, l/min等。

自动机械调整到正常工作状态加工产品时，单位时间内生产的产品数量称为自动机械的理论生产率。考虑故障、维修或其它原因引起的停机时间而算出的单位时间内生产的产品数量，称作自动机械的实际生产率。

按生产过程的连续性，我们可以把自动机械分为间歇作用型和连续作用型两大类：

第Ⅰ类间歇作用型自动机械的特点是，产品在自动机械上的被加工、传送和处理等，是间歇式周期性进行的。因此理论生产率取决于产品的生产节拍，即产品在自动机械上的加工循环时间 T_p 。对于多工位的自动机械， T_p 是产品在各工位上工作循环时间。于是，这种自动机械的理论生产率 Q_T 可简单表示为：

$$Q_T = R/T_p \quad (2-1)$$

式中 R 为产品特征的计算单位系数。

第Ⅱ类连续作用型自动机械的特点是，产品在自动机械上的加工是连续进行的。因此，产品在自动机械上的移动速度，即机器的工艺速度 V_p ，就决定了它的理论生产率 Q_T ，可简单表示为：

$$Q_T = R \cdot V_p \quad (2-2)$$

表 2-1 产品特征系数 R

产品特征	间歇作用型自动机械	连续作用型自动机械
件数	1 (件)	$1/L$ (件/m)
长度	l (m)	1
面积	$l \cdot b$ (m ²)	b (m)
体积	$l \cdot b \cdot h$ (m ³)	$b \cdot h$ (m ²)
重量	$l \cdot b \cdot h \cdot \rho$ (kg)	$b \cdot h \cdot \rho$ (kg)

产品特征系数 R 按产品特征不同，可表示为如下各种形式，如表2-1所示。

表中的 L 为两相邻产品的中心距； l 为产品在每一工作循环内的移动距离； b 为产品宽度； h 为产品高度； ρ 为产品密度。

在任何一台自动机械上，完成某一产品的加工循环时间 T_p 或工艺速度 V_p ，决定了这两类自动机械的生产率。下面分别对这两类自动机械的理论生产率影响因素作一些分析。

一、间歇作用型自动机械的生产率分析

这类自动机械的产品加工循环时间，都是由基本工艺时间和循环内的辅助操作时间所组成的。基本工艺时间包括：计量、加工或装配等工艺动作的时间；辅助操作时间包括：加工部件进入加工位置和退出、装卸与传送产品、以及自动检验产品等所需的时间。

在上述各种动作中，有的时间是可以全部重合或可以重合一部分，有的则不能重合。不相重合的单位动作时间的总和就构成了工作循环时间 T_p 。不相重合的工艺时间的总和就构成了基本工艺时间 T_k 。不相重合的辅助动作时间的总和即为工作循环内的辅助操作时间 T_f 。

如果不计其它时间因素，自动机械的工作循环时间可表示为：

$$T_p = T_k + T_f \quad (2-3)$$

为了简化分析，下面着重研究单件产品特征的自动机械的理论生产率：

$$Q_T = \frac{1}{T_k + T_f} \quad (2-4)$$

令 $T_f = 0$ ，则有