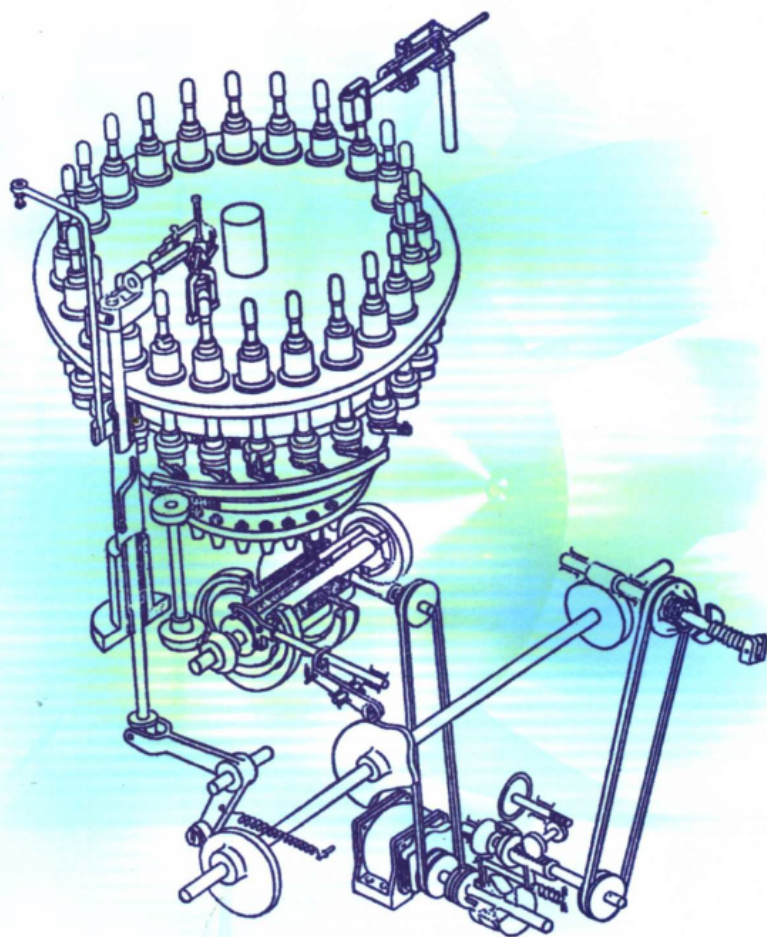


· 高等学校专业教材 ·

自动机械设计

(第二版)

尚久浩 主编
张淳 李思益 副主编



 中国轻工业出版社

高等学校专业教材

自动机械设计

(第二版)

尚久浩 主 编

张 淳 李思益 副主编



中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

自动机械设计/尚久浩主编. —2版. —北京:中国轻工业出版社,2003.5

高等学校专业教材

ISBN 7-5019-3905-5

I. 自… II. 尚… III. 机电一体化-机械设计-高等学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 002942 号

责任编辑:王 淳 责任终审:孟寿萱 封面设计:孙 巍
版式设计:郭文慧 责任校对:燕 杰 责任监印:吴京一

*

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

发行电话:010—65121390

印 刷:三河市宏达印刷有限公司

经 销:各地新华书店

版 次:2003年5月第2版 2003年5月第1次印刷

开 本:787×1092 1/16 印张:20.25

字 数:450千字 印数:1—3000

书 号:ISBN 7-5019-3905-5/TH·058

定 价:35.00元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

30003J1X201ZBW

中国轻工业出版社读者服务部电话:010—65241695 传真:010—85111730

前 言

《自动机械设计》一书的初版,是为适应当时的轻工高等院校轻工机械设计与制造类专业的教学需要,于1987年6月正式出版的。十余年来,经过多次重印,在轻工及其它高等院校有关专业的教学中发挥了重要作用。近些年来,科学技术的发展日新月异,机械工程学科也取得了长足的进步,知识更新的速度日益加快;另一方面,随着高等院校学科、专业的调整,对所培养学生的知识结构和专业适应面等也都提出了新的、更高的要求。针对这些方面的深刻变化,原轻工总会轻工机械教材委员会提出对《自动机械设计》教材进行修订,以满足轻工高校有关专业教学及广大读者的需要。

新修订的《自动机械设计》教材,着重突出自动机械的共性,力求照顾到系统性和完整性。对原有的章节结构进行了适当的调整增删,使教材的内容安排更加合理。重新改写了大部分章节,尽可能反映近些年来,自动机械领域的新发展和新成果。

根据专业课程教学大纲的要求,新教材既深入阐述了自动机械设计中带有普遍性的理论问题,又重点分析了自动机械中应用广泛的机构、装置的设计原理和方法。为顺应拓宽专业口径的培养要求,增加了总体设计、机电一体化以及自动机械设计实例等方面的内容,力争做到设计理论与工程实践相结合。

修订版《自动机械设计》由陕西科技大学尚久浩教授主编。参加编写工作的有:尚久浩(第一章、第四章)、张淳(第二章、第五章、第十一章第三节)、李思益(第三章、第八章、第十一章第一节)、曹巨江(第七章)、董继先(第九章、第十章)、贺炜(第六章、第十一章第二节)。由尚久浩统稿定稿,陕西科技大学彭国勋教授主审。

本书在编写中,力求做到观点正确,重点突出,理论联系实际,反映现代科学技术发展水平。但由于水平有限,书中难免存在不足和错误之处,敬请读者批评指正。

编者

2002年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 自动机械的特点	1
第二节 自动机械的结构组成及分类	3
第三节 自动机械的设计要求及设计过程	5
第四节 自动机械的发展方向	6
第五节 本课程的主要内容	7
第二章 自动机械设计原理	8
第一节 自动机械的生产率分析	8
第二节 提高自动机械生产率的途径	15
第三节 自动机械的循环图设计	17
第四节 与自动机械循环图相关的两个问题	40
第三章 自动机械总体设计	43
第一节 概述	43
第二节 设计计划及组织	44
第三节 原理方案设计	47
第四节 工艺方案设计	52
第五节 总体结构方案设计	58
第六节 自动线设计	67
第四章 自动机械的工作性能指标	78
第一节 精度	78
第二节 静刚度	80
第三节 振动与噪声	83
第四节 磨损与腐蚀	89
第五节 可靠性	93
第六节 疲劳强度和断裂概念	97
第五章 自动机械传动系统的设计	101
第一节 传动系统及其分类	101
第二节 自动机械的原始运动参数和运动原理图	105
第三节 传动系统的设计要点	107
第四节 内联传动链常见机构的传动精度	115
第六章 机构运动规律及机构选型	119
第一节 机构运动规律的基本概念	119
第二节 常用运动规律及选用	127
第三节 自动机械常用机构及其选用	136

第七章 间歇运动机构	142
第一节 概述.....	142
第二节 棘轮机构.....	142
第三节 槽轮机构.....	151
第四节 分度凸轮机构.....	164
第五节 其它间歇运动机构.....	176
第六节 定位机构.....	180
第八章 自动机械供料机构设计	187
第一节 概述.....	187
第二节 液体料供料机构.....	188
第三节 粉粒料供料机构.....	195
第四节 条、带、线、棒料供料机构.....	200
第五节 单件及板片料供料机构.....	204
第六节 供送料机械手及机器人.....	226
第九章 电磁振动给料机的设计	231
第一节 概述.....	231
第二节 电振机工作原理及物料输送原理.....	232
第三节 运动学参数的选择和计算.....	238
第四节 振动系统分析及动力学参数选择.....	241
第五节 电振机电磁参数计算.....	250
第六节 振动料斗参数选择及设计要点.....	252
第十章 自动机械的控制、调节及机电一体化	259
第一节 概述.....	259
第二节 控制方式.....	262
第三节 机械控制系统.....	267
第四节 自动机械的调位.....	270
第五节 自动机械的机电一体化.....	275
第十一章 自动机械设计实例	295
第一节 弹性夹头自动铣槽机设计.....	295
第二节 粒状巧克力糖包装机设计.....	302
第三节 笔套弹簧夹装配机设计.....	309
参考文献	315

第一章 绪 论

第一节 自动机械的特点

一、机械与自动机械

人类在工农业生产活动中,发明和创造了各式各样的机器(机械),用于代替人力完成各种各样的生产劳动,这也使得机器与人类组成了一个“人一机”系统。我们已经熟悉了对机器的各种各样称呼,例如工具、人力机器、半自动机器,自动机器,甚至机器人等,那么,何谓自动机械呢?自动机械的结构与组成又有什么特点呢?仔细研究分析“人一机”系统完成生产任务的工作过程,分解后,可得出如下一些基本动作并按动作流程进行:

第一步,将在(待)制品送、放在机器的加工部位;

第二步,将在制品定位、夹紧;

第三步,启动机器;

第四步,将在制品引向机器的执行机构(如刀具),或将执行机构引向在制品;

第五步,机器进行加工(如成型、切削、装配等);

第六步,加工完成后,使在制品或工具退出接触;

第七步,对在制品进行检测,不合格时再反复执行第五步,直至本次加工合格;

第八步,停车;

第九步,松开制品;

第十步,卸下制品并送至指定位置。

由于在制品的物性、加工要求、加工工艺原理以及所用机器的功能、结构的不同,以上十步并非所有机器在加工中都要执行;如果更细分解,也可能不止这十步。

在这十步中,有些动作需要人来完成,有些动作是靠机器来完成,人尽可能少地参与上述动作,这是人类设计机器所追求的目标。当一部机器在工作过程中几乎没有人参与,显然这样的机器就实现了“自动化”。由此,在没有操作人员直接参与下,组成机器的各个机构(装置)能自动实现协调动作,在规定的时间内完成规定动作循环的机器可称为自动机械。所谓操作人员不直接参与,是指除定期成批供料外,其余动作不需要人工操作。在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要的物料(毛坯、半成品或成品等)成批地装入贮料装置中;启动机器后供料装置自动将工艺加工所要求的物品(按照规定的数量、时间甚至方向等)送至上料工位;工具或物品自动夹紧、自动引进、自动开始加工;加工完成后,工具或物品自动退出、自动松开制品;再靠物品自重或通过卸料装置卸下成品,并送至指定地点,此时一个制品的加工过程即完成。机器自动开始第二次供料并重复以上操作,如此周而复始自动完成动作循环并周期地或连续地输出制品,直至下一次因停班、调整或因故障而自动或人为停车为止。

由以上对自动机械的定义可知,自动机械是一个相对的概念,在“人一机”系统中,如果人参与的程度高,则机器的自动化程度低;反之,则机器的自动化程度高。从这个意义上来看,目前人类所使用的任何一部机器,都可称之为自动机械,只不过自动化程度高低不同而已。本课程讨论的是自动化程度比较高的机械,简称自动机械。

二、自动机械的特点及应用

自动机械的最大特点是自动化程度高、操作人员的劳动强度低、生产效率高。另外,自动机械所完成的工艺动作一般比较多,所以自动机械往往由多个工艺执行机构组成,结构也就相对复杂。

工农业生产各个部门使用着不同种类的机械,例如农业机械、重工业机械、轻工业机械等等,按照自动机械的定义,这些机械都可称之为自动机械,但不同部门所使用的机械有各自不同的特点,就轻工业部门所使用的轻工自动机械来讲,具有以下一些特点:

1. 加工对象多样化

除少数与普通机械制造业同类型的轻工自动机械,如钟表、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,绝大多数轻工自动机械是以农、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、渔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. 工艺方法多样化

由于加工对象的多样化,所以对加工工艺就有不同的要求,因而工艺方法比较多,例如:

- (1)采用纯物理机理作用的有烟草机械中的润叶机、真空处理机、各种烘干机等;
- (2)采用物理中的力(机械)作用的有皮革片皮机、灯泡绕丝机、陶瓷滚压成型机等;
- (3)完成化学作用的如造纸蒸煮锅、金属熔炼机、各种轻化工机械等;
- (4)完成化学中的电化学作用的如电镀、电腐蚀设备等;
- (5)完成生物化学作用的如食品发酵设备等;
- (6)综合作用型,即上述几种工艺方法的组合,如皮革熨皮机、转鼓等。

3. 门类繁多,结构多样化

轻工自动机械因行业、加工对象、机器的功能与作用的不同,因而在原理与结构上存在很大差异,即便是完成同一功能的机器,也有不同的工作原理和结构。例如糖果包装机有着各种不同的工艺原理和结构,灯泡绕丝机因绕制原理不同有无芯绕丝机、有芯连续绕丝机和有芯间歇绕丝机等等。

4. 生产量大、机器自动化程度高

轻工产品一般是大批量生产,必然要求广泛采用半自动化、自动化的机器或自动生产线。

5. 机器的工作速度高,更新换代较快

如卷烟机、纸机、包装机等轻工机械不断向高速化发展,因而机器构件的疲劳与振动问题比较突出。这就要求在设计机器时应综合运用有关运动学、动力学、机构学、CAD以及现代设计理论与方法,以保证机器获得最佳的工作性能。

我们已经知道,机械根据用途不同,可分为动力机械、运输机械、加工机械等等,加工机械一般输入给机器的是原料或在制品,完成加工后一般是成品,加工中主要以改变在制品的形态为主,往往要求的工艺动作比较复杂,宜采用自动机械进行生产,所以自动机械广泛应用于各种加工业,例如轻工业、纺织工业、包装业等等。事实上,各个行业、各种机械都朝着自动化机械方向发展。

第二节 自动机械的结构组成及分类

一、自动机械的结构组成

先研究一下如图 1-1 所示的自动冲压机的构造,该机器可用于板片下料,也可用于板片料的成型。设计思想是除人工定期装料外,其它动作全部自动化,机械的工艺执行机构有两个:一个是由件 10、11、12 组成的冲压机构(主要工艺执行机构),一个是由件 15、16 等组成的送料机构(辅助工艺执行机构),为了使上述两个主要机构协调配合完成加工任务,机器还配置了其它一些机构和装置,分析各个机构和构件在机器中的作用,可将其归类成四大组成部分:

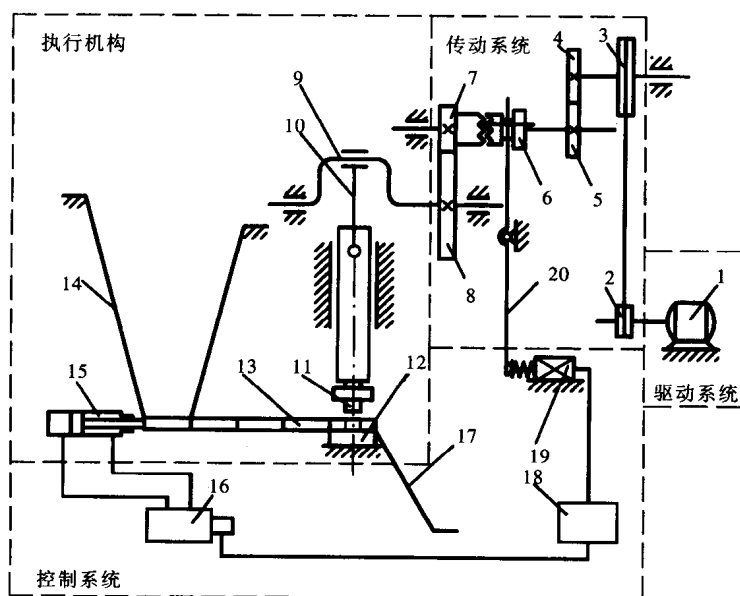


图 1-1 自动冲压机结构示意图

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

(1)驱动系统 即机器的动力源。常用的驱动方式有电力驱动、液压驱动、气压驱动等,本机器采用了电力驱动,即图中的电动机 1。

(2)传动系统 包括图中由件 2、3 组成的带传动,件 4、5、7、8 两对齿轮传动。传动系统的任务是把电动机的动力按照要求的运动和动力传递给各个执行机构和其它机构,以完成

规定的工艺动作。

(3)执行机构 它是机器实现工艺动作的执行者,包括冲压机构和供料机构。执行机构的从动件即机器的执行件(图中为冲头 11 和推料装置 15)。

(4)控制系统 包括图中离合器 6,杠杆 20,件 19、18、16 组成的控制装置,其任务是控制机器的驱动系统、传动系统、执行机构等,使其按规定的程序(时间、顺序等)进行协调、配合的动作,以实现自动机的工作任务。

尽管各种各样的自动机械的结构与组成不完全相同,但基本上都是由上述四大部分组成的。

为了实现自动机械的功能,除了上述四大组成部分外,有时还需要增设一些完成辅助动作的机构,例如剔除机构,计数机构等,所以一部比较完整的、自动化程度比较高的自动机械可能包含了如图 1-2 所示的各种机构(装置)。

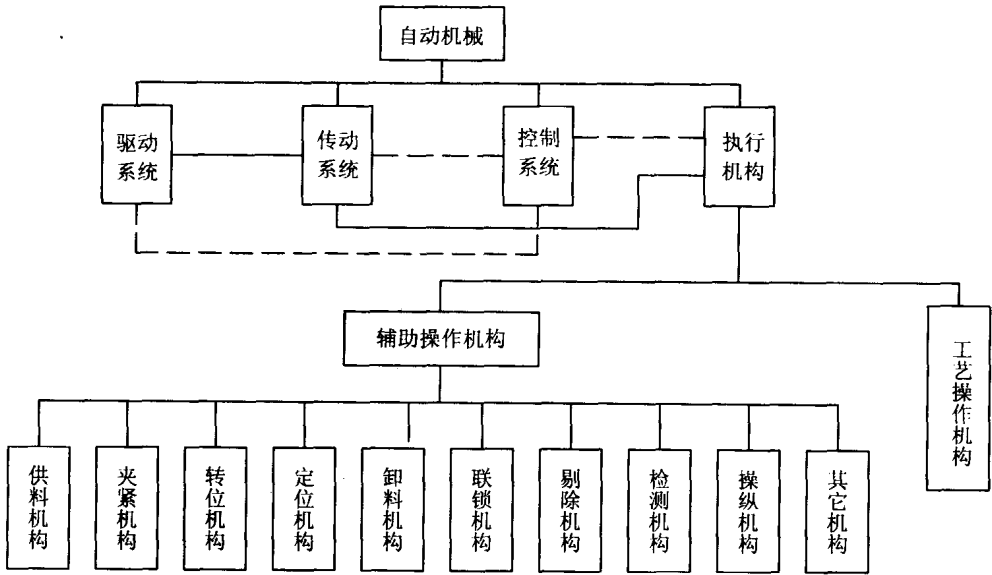


图 1-2 自动机械组成部分及机构

二、自动机械的分类

这里,从自动机械的设计角度考虑,按其结构和功能分类,可将自动机械概括为四大类型:

(1)成型机械 这类自动机械以施加力为主,通过模具或其它工具使得在制品成型。更换模具以及工艺参数,即可生产不同规格的产品,主要工艺原理有热塑、注塑以及冲压等。例如陶瓷制品的滚压成型,各种日用品的冲压成型,塑料制品的注塑成型等,机器的主要工艺动作是上料、合模、成型、开模、卸制品等。

(2)切削类(或称加工处理类)机械 机器通过刀具完成对在制品的切削加工。例如皮革片皮机,烟草切梗机,造纸用切草机等,机器的工艺动作有供料、上下料、夹紧、引进、切削、松开等。

(3)装配类机械 这类机器以执行工艺动作为主,通过各种配用工具或机械手,按照规

定的程序进行操作,将零件装配成部件或产品,装配过程中可能伴有一些简单的成型或加工动作,例如缝纫机装配机,彩电装配机,制鞋用各种机器等。

(4)包装机械 这类机械从功能和原理上都类似于装配机械,但因工艺原理有一定的特殊性,故形成一种独立的机械类型,其动作包括输送与供料、称量、包封、贴标、计数、产品输送等。例如包封机、液体料灌装机、制袋填充机、捆扎机等。

除了上述主要的四大类外,还有一些其它类型的机器。

第三节 自动机械的设计要求及设计过程

一、基本要求

设计自动机械应以满足使用要求和保证高生产率为前提,做到技术先进,经济合理,制造方便,安全可靠,一般应具有以下性能:

1. 使用性能

- ①运动的平稳性。具有足够的强度和刚度,能保持规定的运动精度。
- ②可靠性。设备在规定的条件下,在规定的时间内完成或保持其规定的工作能力称为可靠性。可靠性越高,故障率越低。
- ③产品质量的稳定性。
- ④加工精度的保持性。
- ⑤对环境的适应性。
- ⑥使用维修方便,操作简单安全。

2. 技术性能

- ①具有一定的灵活性,能适应产品规格、品种一定范围变化的要求。
- ②具有合理的自动化程度,要根据需要和可能性来综合考虑,不能脱离具体条件而盲目追求先进性。

③贯彻标准化、通用化和系列化。

3. 经济性能

- ①结构简单,制造容易,成本低。
- ②生产率高、效率高,能耗少。
- ③节约材料,特别是要节约贵重和稀有金属材料。

4. 其它

- ①减轻劳动强度,改善劳动条件,不污染环境和产品,讲求人机工程学,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、自动机械设计的过程

自动机械的设计过程可分为四个阶段: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确定自动机构的总体方案。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确定自动机械的总体布局。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,方能结束。

第四节 自动机械的发展方向

随着我国国民经济的飞速发展,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。目前全国各地均建有机制造厂,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,还建立了一批机械科研设计单位并在高等院校中设有有关机械专业。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、产品生产制造的机械体系。但是,与国外一些先进机械相比,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。

针对我国目前的具体情况,发展机械工业主要应从以下几方面着手:

根据我国的生产现状和到2015年的技术经济发展的总体规划,发展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,必须推动各种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,从而改变机械分散设计和零星制造的现状,提高机械工业的技术经济效益。

实现高速化,是提高机械工业生产率的有效途径。高速化不仅要提高执行机构的运动速度,还要提高供料、输送和相应辅助机构运动的速度。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,降低振动与噪声。
- 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。

第五节 本课程的主要内容

综前所述,由于工业部门种类繁多,产品多样,工艺原理复杂,自动机械的形式和结构千差万别,本课程不可能面面俱到。而随着经济的发展,实现生产自动化乃是必然的趋势,因此本课程以研究自动机械的设计为主要内容。

用于工业各部门的自动机械虽然完成不同的功能,但为了完成自动循环生产过程所需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自动机构的主要部分。因此本课程重点研究自动机构设计中的共性问题,剖析一些具有普遍意义的机构、装置的设计原理和方法。本课程的主要内容包括:自动机械设计原理、自动机械总体设计、自动机械的工作性能指标、自动机械传动系统的设计、机构的运动规律及机构选型、间歇运动机构、自动机械供料机构设计、电磁振动给料机的设计、自动机械的控制、调节及机电一体化、自动机械设计实例等章节。

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,努力学习新的现代设计理论、计算技术和最优化设计等一系列知识,才能为我国机械工业的技术创新做出贡献。

第二章 自动机械设计原理

第一节 自动机械的生产率分析

一、概 述

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,应对它的生产率进行系统的分析,以掌握主要的影响因素,从而找出提高生产率的有效途径。

自动机械在单位时间内生产或完成加工的产品的数量,称为自动机械的生产率,或生产能力。依据所选用的时间单位及产品数量的单位,生产率的单位可表示为件/min, kg/min, m/h, m²/h 等等。

生产率分为三种:理论生产率 Q_T 、实际生产率 Q_p 和工艺生产率 K 。

理论生产率 Q_T 是自动机械的基本参数。对于某种机器结构, Q_T 是完全确定的值,它指的是自动机械调整到正常的工作状态加工产品时,单位时间内生产或完成加工的产品的数量。若加工对象为单件产品,即产品以“件”作为数量的单位;采用单件加工方式,即每个工作循环结束时生产或完成加工一个产品,则自动机械的理论生产率 Q_T 可表示为

$$Q_T = \frac{\sum Z}{T_Y} = \frac{\sum Z}{T_p \cdot \sum Z} = \frac{1}{T_p} = Z \quad (2-1)$$

式中 T_Y ——自动机械的有效工作时间;

$\sum Z$ ——自动机械在有效工作时间 T_Y 内的循环次数;

Z ——自动机械在单位时间内的循环次数;

T_p ——自动机械的工作循环周期时间,简称工作循环时间。

如果在一个工作循环结束时同时生产或完成加工 w 个产品,则式(2-1)成为

$$Q_T = \frac{w}{T_p} = w \cdot Z \quad (2-2)$$

自动机械在较长时间运行期间,在考虑到故障、维修、出现废品或其它原因引起的停机时间的情况下,单位时间内平均生产或完成加工的合格产品的数量,是自动机械真正的实效生产能力,称为自动机械的实际生产率 Q_p 。若对于单件产品并采用单件加工方式,并以 $T_{\text{总}}$ 表示实际运行时间与停顿时间之和,则实际生产率 Q_p 可简单表示为

$$Q_p = \frac{\sum Z}{T_{\text{总}}} \quad (2-3)$$

Q_p 是所要求的自动机械的额定生产能力,即自动机械的预期生产能力,因此往往称为设计能力。

假设加工对象在自动机械上的全部时间内连续接受加工,而没有空行程的损失,这时自

动机械的生产率就是工艺生产率 K 。因此, K 是在某种工艺条件下, 自动机械在单位时间内可能生产或完成加工产品的最大数量。

按生产过程的连续性, 自动机械可以分为间歇作用型和连续作用型两大类。

间歇作用型自动机械又称为第Ⅰ类自动机械, 包括单工位和多工位两种。这一类自动机械的特点是, 加工对象在自动机械上的加工、传送和处理等, 是间歇式周期性进行的。因此该类自动机械的理论生产率取决于生产节拍, 即加工对象在自动机械上的加工循环时间 T_p 。对于多工位自动机械, T_p 是加工对象在各工位上的工作循环时间。于是该类自动机械的理论生产率 Q_T 可简单表示为

$$Q_T = \frac{R}{T_p} \tag{2-4}$$

式中 R ——自动机械加工对象的产品特征计算单位系数, 简称为产品特征系数。

连续作用型自动机械又称为第Ⅱ类自动机械, 它们的特点是, 加工对象在自动机械上的加工、传送和处理等都是连续进行的。因此产品在自动机械上的移动速度, 即自动机械的工艺速度 v_p , 就决定了该类自动机械的理论生产率 Q_T :

$$Q_T = R \cdot v_p \tag{2-5}$$

式(2-4)、式(2-5)中的产品特征系数 R , 按产品特征不同, 可分别表示为表 2-1 中的各种形式。

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	$l(m)$	L
面 积	$l \cdot b(m^2)$	$b(m)$
体 积	$l \cdot b \cdot h(m^3)$	$b \cdot h(m^2)$
质 量	$l \cdot b \cdot h \cdot \rho(kg)$	$b \cdot h \cdot \rho(kg/m)$

注: L —两相邻产品的中心距(m);
 l —产品在每一工作循环内的移动距离(m);
 b —产品宽度(m);
 h —产品高度(m);
 ρ —产品密度(kg/m^3)。

在任何一台自动机械上, 生产或完成加工一件(对于单件加工方式)或一组(对于多件平行加工方式)产品的工作循环时间 T_p 或工艺速度 v_p 就决定了该台自动机械的理论生产率 Q_T 。下面分别对间歇作用型和连续作用型两类自动机械的理论生产率及其影响因素做一些分析。

二、间歇作用型自动机械的理论生产率分析

自动机械执行机构的动作, 分为工艺操作和辅助操作两种。工艺操作包括加工、装配或计量等动作; 辅助操作包括加工对象的传送、安装和自动检验, 以及自动机械执行机构的行程等动作。这些动作的时间, 有的可以相互完全重合或者重合一部分, 有的则不能重合。

间歇作用型自动机械的工作循环时间是由基本工艺时间和循环内的辅助操作时间两部分组成的。在工作循环时间 T_p 内,各执行机构进行工艺操作的时间即为基本工艺时间,以 T_k 表示;而与基本工艺时间不相重合的时间内,各执行机构中只存在辅助操作,这就构成了辅助操作时间,以 T_f 表示。因此,自动机械的工作循环时间可表示为

$$T_p = T_k + T_f \quad (2-6)$$

为了简化分析,下面着重讨论单件产品特征的自动机械的理论生产率。由式(2-4)、式(2-6)可知

$$Q_T = \frac{1}{T_k + T_f} \quad (2-7)$$

令 $T_f = 0$, 则有

$$Q_T = \frac{1}{T_k} = K \quad (2-8)$$

这就是前述的工艺生产率,它是在工作循环时间内辅助操作时间全部与基本工艺时间重合,即辅助操作时间为零的情况下获得的。对于第 I 类自动机械,总有 $T_f \neq 0$, 所以将式(2-8)代入式(2-7),可得

$$Q_T = \frac{1/T_k}{1 + T_f/T_k} = \frac{K}{1 + K \cdot T_f} = K \cdot \frac{1}{1 + K \cdot T_f}$$

令 $\frac{1}{1 + K \cdot T_f} = \eta$, 上式可简写为

$$Q_T = K \cdot \eta \quad (2-9)$$

由此式可见

$$\eta = \frac{Q_T}{K} = \frac{1/T_p}{1/T_k} = \frac{T_k}{T_p} \quad (2-10)$$

可知 η 是理论生产率 Q_T 与工艺生产率 K 的比值,亦为基本工艺时间 T_k 在自动机械工作循环时间 T_p 中所占的比例,称为生产率系数,它表示自动机械工艺过程的连续化程度。对于第 I 类自动机械,总有 $T_k < T_p$, 因此 $0 < \eta < 1$ 。

显然,如果要通过减少工作循环时间 T_p 来提高自动机械的理论生产率 Q_T , 就必须设法减少基本工艺时间 T_k 或辅助操作时间 T_f , 或使两者同时减少。

按照式(2-10)可绘出表示生产率系数 η 与工艺生产率 K 关系的一组曲线,如图 2-1 (a)所示;按照式(2-9)可绘出表示理论生产率 Q_T 与工艺生产率 K 关系的一组曲线,如图

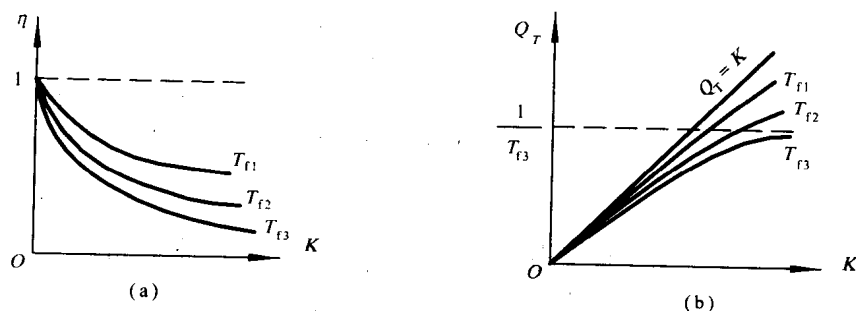


图 2-1 $\eta - K$ 关系与 $Q_T - K$ 关系曲线

(a) $\eta - K$ 关系曲线 (b) $Q_T - K$ 关系曲线

2-1(b)所示。图中三条曲线分别对应于不同的辅助操作时间: $T_{f1} > T_{f2} > T_{f3}$ 。

从以上分析,可以得出如下结论:

(1)因为 $0 < \eta < 1$,所以第 I 类自动机械的理论生产率 Q_T 始终低于工艺生产率 K 。

(2)工艺生产率 K 相同时,辅助操作时间 T_f 越少,理论生产率 Q_T 越高。

(3)在辅助操作时间 T_f 一定的情况下,随着工艺生产率 K 的提高,理论生产率 Q_T 的提高将达到某一极限值:

$$Q_{T\max} = \lim_{K \rightarrow \infty} \frac{K}{1 + K \cdot T_f} = \frac{1}{T_f} \quad (2-11)$$

(4)在工艺生产率 K 较低时,辅助操作时间 T_f 对理论生产率 Q_T 的影响不如 K 较高时那样显著。

(5)辅助操作时间 $T_f = 0$ 的自动机械,实质上就是连续作用型自动机械,这时 $Q_T = K$,即 $\eta = 1$ 。因此,连续作用型自动机械比间歇作用型自动机械更加完善。

三、连续作用型自动机械的理论生产率分析

连续作用型自动机械的特点是辅助操作在基本工艺时间内进行,辅助操作所用的时间与基本工艺时间 T_k 完全重合,即被 T_k 所包容。因此,这类自动机械的理论生产率 Q_T 完全取决于加工对象在加工中的移动速度或自动机械的加工工艺速度。自动机械的加工工艺速度与所选择的工艺方案及其参数有关,可通过改革工艺或采用先进工艺等途径,提高工艺速度,使自动机械的理论生产率 Q_T 随工艺速度的增加而增加。

式(2-5)是计算第 II 类自动机械理论生产率 Q_T 的公式,对于转盘式多工位连续作用型自动机械,其理论生产率 Q_T 还可下式计算

$$Q_T = n_p \cdot N \quad (2-12)$$

式中 n_p ——自动机械转盘的转速(r/min);

N ——转盘上的工位数。

自动灌装机就属于这种情况,图 2-2 是它的工艺原理示意图。设液体经灌装阀流入瓶内所需的时间为 T_k' ,称为工艺循环周期,则从灌装开始(装瓶)到灌装结束(卸瓶),灌装机转盘转过的角度为

$$\alpha_p \geq 2\pi n_p T_k'$$

式中的 α_p 称为灌装角,它与某些物理及结构因素有关,如液体黏度、流量口的形状与尺寸等;而 T_k' 称为工艺循环周期。在灌装角 α_p 选定的情况下,转盘的转速 n_p 由下式决定

$$n_p \leq \frac{\alpha_p}{2\pi \cdot T_k'} \quad (2-13)$$

式中 α_p ——单位为 rad。

从装瓶到卸瓶,转盘转过的工位数为 N_1 ,而转盘其余的工位数为 N_2 ,显然有

$$N = N_1 + N_2$$

另一方面,自动灌装机的工作循环时间等于转盘转过两个工位之间中心角的时间

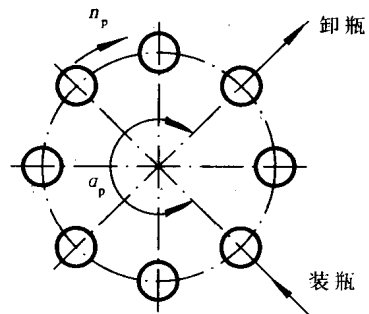


图 2-2 自动灌装机的工艺原理示意图