普通高等教育“十一五”国家级规划教材

“十二五”国家重点图书出版规划项目

机械设计制造及其自动化系列

（根据教育部最新颁布本科专业目录编写）

JIXIEXITONGSHEJI

机械系统设计

（第3版）

侯珍秀　主编

孙靖民　主审

哈爾濱工業大學出版社

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十一五”
“十二五”国家重点图书出版规划项目

机械系统设计

（根据教育部最新颁布本科专业目录编写）

（第3版）

侯珍秀　主编
孙靖民　主审

哈爾濱工業大學出版社

内 容 简 介

本书从系统的观点出发，较全面地叙述了机械系统的组成、作用原理、应用条件、特点以及它们的设计方法和一般要求。全书共分八章，内容包括绪论、机械系统总体设计、执行系统设计、传动系统设计、支承系统设计、控制系统设计、操纵系统和安全系统设计、润滑系统及工艺过程冷却。

本书是21世纪高等学校机械类及相关专业本科生的基本教材，也可作为电大、函授等同类专业的教材或教学参考书，同时也可供广大工程技术人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械系统设计/侯珍秀主编. —3版. —哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2015.9

ISBN 978-7-5603-5588-7

Ⅰ.①机… Ⅱ.①侯… Ⅲ.①机械系统-系统设计 Ⅳ.①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第202773号

责任编辑 王桂芝
封面设计 卞秉利
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社　　址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编150006
传　　真 0451-86414749
网　　址 http://hitpress.hit.edu.cn
印　　刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开　　本 787mm×1092mm 1/16 印张16.25 字数376.5千字
版　　次 2001年5月第1版 2015年9月第3版
2015年9月第1次印刷
书　　号 ISBN 978-7-5603-5588-7
定　　价 29.80元

(如因印装质量问题影响阅读，我社负责调换)

第 3 版前言

随着科学技术的发展，人类改造自然的手段不仅由简单的工具逐步形成系统，而且实现系统功能的方式也在不断更新。现在，机械系统组成的内涵正经历着由机、电、液、气、光向微电子化、智能化的方向发展，从而体现出高新技术促使传统机械产品不断创新、层出不穷的重要作用。然而，机械系统仍然是各种产业机械（以后简称机械产品）的基础。作为机械产品基础的机械系统，其设计原理方案和功能的好坏将直接决定产品的基本性能。

虽然教育部新批准的“机械设计制造及其自动化”仍作为二级学科类专业，但它的专业范围已经大为拓宽，已涵盖了以前很多相近的二级学科专业的培养要求，如机械制造工艺与设备、机械设计及制造（部分）、汽车与拖拉机、机车车辆工程、流体传动及控制（部分）、真空技术及设备、机械电子工程、设备工程与管理、林业与木工机械等。究其原因，主要是这些机械都是以机为主的共同点多于各自工作原理和方法的不同点，而且这些共性部分又占有很大的比重。因此，“机械系统设计”仍是新批准的“机械设计制造及其自动化”专业的主干课程之一，本书正是本着这个新专业的上述特点编写的。本书已被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，并入选“十二五”国家重点图书出版规划项目。

《机械系统设计》一书在编写过程中，始终贯穿着“全面介绍和重点深入”以及“现状评述和发展简介”这两个宗旨。所谓“全面介绍和重点深入”是指：既要全面考虑把所涉及的二类学科之间的不同之处包容起来进行一般的全面介绍，又要有重点地对它们的机械系统中必不可少的重点内容，如执行轴组件、导轨、传动系统的运动设计等进行深入而详细的典型分析，做到既有特殊性又有共同性；既有一般性又有针对性，使学生在既能了解机械系统全貌的同时，又能掌握具体的设计过程和方法。所谓“现状评述和发展简介”体现在立足于目前的机械系统现状，详细介绍其组成、作用原理、应用条件和特点以及它们的设计方法和一般要求等，使学生获得必备的设计知识和能力；在此基础上，还要对相关的新技术、新工艺、新材料等有关高新技术的发展趋势作简要的介绍，以启发和培养学生的创新意识。如在新产品的原理方案和功能设计时，尽可能采用新机构、新材料、新工艺等，以提高产品的高新技术含量和市场竞争能力。

此次修订又对书中疏漏之处进行了补充和修正。参加本书编写的有哈尔滨工业大学的侯珍秀、付云忠、黄开榜。具体编写分工为：侯珍秀编写第一、二、三、八章和第五章 5.6 节；黄开榜编写第四章和第五章中 5.1 ~5.5 节；付云忠编写第六、七章，全书由侯珍秀主编。

全书在编写过程中自始至终得到了哈尔滨工业大学孙靖民教授的热心指导，并承蒙孙靖民教授精心、细致的审阅，编者对他深表感谢。

限于编者水平，书中的疏漏和不足甚至偏颇之处在所难免，敬请读者指正，使本书在今后不断修订中逐渐完善。

编　者

2015 年 6 月

目　录

第一章　绪论

1.1　机械系统设计在机械工程科学中的地位及作用 …… (1)

1.2　机械系统设计的任务、基本原则及要求 …… (7)

1.3　机械系统设计方法及机械设计学发展简介 …… (11)

习题与思考 …… (15)

第二章　机械系统总体设计

2.1　机械系统的功能原理设计 …… (16)

2.2　结构总体设计 …… (33)

习题与思考 …… (59)

第三章　执行系统设计

3.1　执行系统的组成、功能及分类 …… (61)

3.2　执行系统的设计 …… (68)

习题与思考 …… (127)

第四章　传动系统设计

4.1　传动系统的类型和组成 …… (128)

4.2　传动系统的运动设计 …… (140)

4.3　内联传动系统的设计原则 …… (164)

习题与思考 …… (168)

第五章　支承系统设计

5.1　支承系统的功用和基本要求 …… (171)

5.2　支承系统的静刚度 …… (172)

5.3　支承系统结构设计中的几个问题 …… (176)

5.4　支承系统的动态特性 …… (184)

5.5　支承系统的热特性 …… (187)

5.6　机械系统(机器)的基础 …… (188)

习题与思考 …… (192)

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第六章　控制系统设计

6.1　概述 …… (193)

6.2　控制系统举例 …… (196)

6.3　数控系统 …… (200)

6.4　可编程控制器(PC) …… (209)

6.5　计算机控制系统及现代制造技术 …… (212)

习题与思考 …… (217)

第七章　操纵系统和安全系统设计

7.1　操纵系统 …… (219)

7.2　安全系统 …… (224)

习题与思考 …… (228)

第八章　润滑系统及工艺过程冷却

8.1　润滑材料 …… (229)

8.2　润滑油(脂)的供应方法 …… (231)

8.3　稀油集中润滑系统 …… (233)

8.4　干油润滑系统 …… (243)

8.5　工艺过程的冷却与润滑 …… (246)

习题与思考 …… (249)

参考文献 …… (250)

第一章　绪　　论

1.1　机械系统设计在机械工程科学中的地位及作用

一、机械工程科学

机械工程科学是研究机械产品(或系统)的性能、设计和制造的基础理论与技术的科学。机械系统从构思到实现要经历设计和制造两大不同性质的阶段。按照经历阶段的不同,机械工程科学可分成机械学和机械制造两大分学科。

机械学是对机械进行功能综合并定量描述及控制其性能的基础技术科学。它的主要任务是把各种知识、信息注入到设计中,加工成机械制造系统能接受的信息并输入到机械制造系统。机械制造是接受设计输出的指令和信息,并加工出合乎设计要求的产品的过程。因此,机械制造科学是研究机械制造系统、机械制造过程手段的科学,如图 1.1 所示。从图中可看到,设计和制造是两个不可分的统一体,其中设计是核心,制造是基础。若忽视了这一点就有可能出现:用先进的设计技术设计出"质量很差的先进产品",或用先进的制造技术生产出"落后的高质量产品"的现象。由于制造系统本身的特定条件,对机械设计过程有极强的约束作用,所以,在设计阶段就必须考虑到现有制造系统的工艺能力对所设计产品性能的影响,两者决不能偏废。

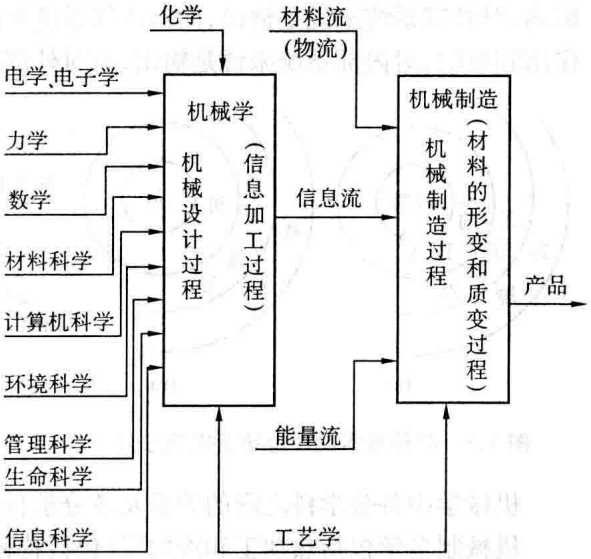


图 1.1　机械工程科学的组成

机械学的研究对象主要有:机械工程中图形的表示原理和方法;机械运动中的运动和力的变换与传递规律;机械零件与构件中的应力、应变和机械的失效;机械中的摩擦行为;设计过程中的思维活动规律及设计手段;机械系统与人、环境的相互影响等内容。若按学科来分,主要是:制图学、机构学、机械结构强度学、机械振动学、摩擦学、传递机械学、设计理论与方法学、机器人机械学和人-机工程学等分学科。这些分学科的研究目的,都是为机械及其系统(产品)服务的。前几个分学科是基础学科,为设计出更好的机械系统打基础。设计理论和方法学是研究在设计过程中,设计过程本身使用的理论、方法、技术和设计进程及规律的一门综合性应用技术学科。设计方法学的内容亦很多。如创造性设计方

法、系统分析方法、可靠性设计、有限元分析法、优化设计方法、计算机辅助设计等。人-机工程学是研究机械系统与人和周围环境关系的科学。若把机械产品及其系统看作内部系统，把人、周围环境看作外部系统，则它们之间的关系如图 1.2 所示。这种设计的指导思想是以机器为中心，逐步向人、环境扩展，如图 1.3(a)所示；另一种是以人为中心，逐步向机器、环境扩展，见图 1.3(b)。随着对“人-机工程学”理论的逐渐认识和接受，人们设计时越来越多地考虑使用者了。但从理论上讲，只要从系统设计的角度来考虑，这两种设计指导思想均是正确的，只不过是针对不同的矛盾采用不同的思想方法而已。

图 1.2　内、外部系统之间的关系

不论是把人作为内部系统，还是把机械系统作为内部系统，内部与外部系统之间都存在着一定的联系，即相互间既有作用又有影响，见图 1.4。外部系统对内部系统的作用和影响，对外部系统来说是输出，而对内部系统来说则是输入；反之，内部系统对外部系统的作用和影响，对内部系统来说是输出，而对外部系统来说则是输入。

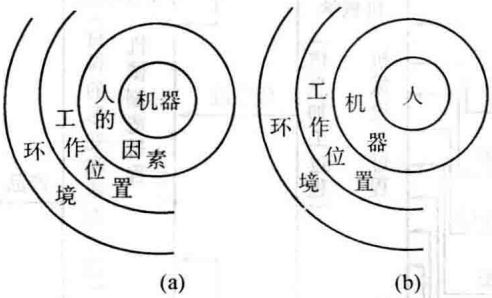


图 1.3　两种基本设计指导思想示意图

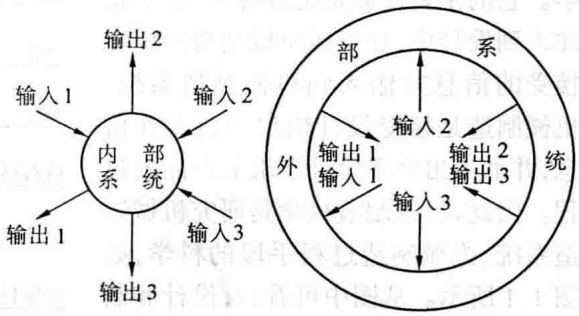


图 1.4　系统输入、输出的关系

机械学中各分学科之间的关系及各分学科所包括的主要内容见图 1.5。

机械制造学包括热加工和冷加工(包括特种加工)。

热加工是研究如何将材料加工成产品，如何保证、评估、提高这些产品安全可靠度和寿命的技术科学。主要内容有：

①研究如何将材料加工成为一定形状及尺寸的机器部件；

②研究在加工过程中保证或改进材料的内部组织、化学成分和加工性能；

③研究发展机器部件所需要的本体材料或其表面层；

④研究机器部件的疲劳、蠕变、断裂韧性、应力腐蚀、寿命等使用性能问题；

⑤研究加工工艺、加工装备及其自动流水线。

机械热加工学按方法可分为铸造、锻造、焊接、金属热处理、无损探测、表面工程等分学科。

冷加工是研究各种机械制造过程和方法的技术科学。主要研究内容有：

①机械加工和装配工艺过程的生产装备及其自动化、集成化与智能化；

②机械加工和装配工艺的过程和方法；

③机械制造(冷加工)的基础理论。

本书讲授的内容既不是机械学中各基础学科,也不是设计理论和方法学及人-机工程学,更不是机械制造学,而是机械学中各分学科为之服务的最终目标——机械(产品)及其系统的设计。

二、机械、机械系统、系统

目前,关于机械的定义,尚无严格的定论,但一般可归纳为:①须由两个以上的零、部件组成;②这些零、部件中的运动部件,应按设计要求作确定的运动;③把外来的能源变为有用的机械功。根据这三条,机械产品随处可见。如各种计时用的表、汽车、机床、推土机、火车等。除此之外,还有照相机、电视机、计算机等产品,人们也称它们为机械产品,但严格地说,它们应该是机、电、光相综合的产品。应把它们看作为"广义的机械产品"。这样就引出了一个新概念——系统。所谓系统是指具有特定功能的、相互间具有一定联系的许多要素构成的一个整体,即由两个或两个以上的要素组成的具有一定结构和特定功能的整体都是系统。系统本身可分成若干个子系统;子系统里有时还可以分出更小的小子系统;反过来,系统本身还可以作为更大系统的一个子系统。例如,照相机本身可以看作是由机、光、电能(全自动照相机)及其控制系统所组成的一个系统。若把它的机械系统再细分,又可分为相机壳体、光学镜头支承架、胶卷支承架和进、退胶卷的传动机构等不同的机械子系统;当把该照相机固定到卫星上,让它随着卫星一起去拍摄卫星所经之处,人们想知道而又不能到达地方的情景时,则该照相机又是卫星系统中的一个子系统了。

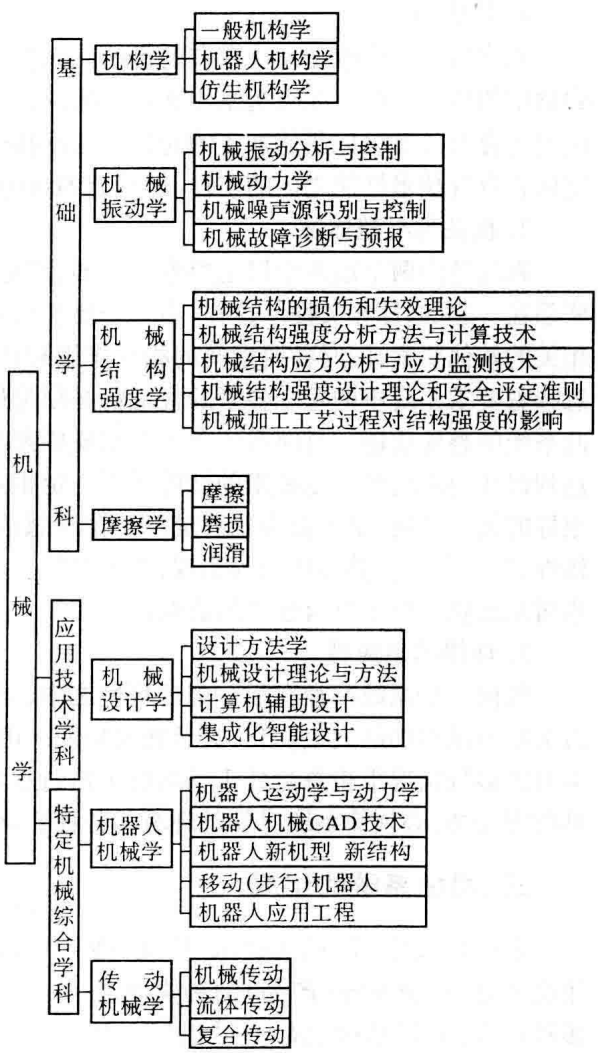


图 1.5　机械学所包含的分学科

任何机械产品都是由若干个零、部件及装置组成的一个特定系统,即是一个由确定的质量、刚度及阻尼的若干个物质所组成的,彼此间有机联系,并能完成特定功能的系统,故亦称之为机械系统。机械设计课程中所讲授的各种机械零件则是组成机械系统的基本要素,它们为组成各种不同功能的机械系统而有机地联系着。

通过上述各概念的介绍及举例可知,系统应具有下述特性。

1. 目的性

完成特定的功能是系统存在的目的。人们不论设计何种产品，都要求此产品必须达到预期的特定功能。如飞机是用来运输的；机床是用来机械加工的。但不同类型飞机的应用场合及各类机床所能加工的对象又各不相同，也就是说不同种类的飞机或机床只能完成它自身技术性能之内的工作，即系统的目的性必须很明确。

2. 相关性与整体性

系统是由两个或两个以上要素构成的，而每个要素之间都是有机地并以特定的关系联系在一起的，即相关性。这样，当每个要素自身性能发生改变时，就会影响到与此要素相关的其他要素，同时各要素间的相互作用和相互影响也会对系统产生影响。但这并不意味着要求系统中的每个要素的性能都必须是最佳的。因为评价一个系统的好与坏是看此系统的整体功能。有时系统中的各组成要素都具有最佳性能，但总系统的功能不一定达到最佳；相反，各组成要素的性能并不一定很好，但由于各要素之间的有机联系得到了很好的统一协调，也可以使总系统获得较理想的整体功能。这就是人们所说的系统的整体性，即一个系统整体功能的实现，并不是某一个要素单独作用的结果，或者说每一个要素对系统整体都不具有独立的影响。

3. 环境的适应性

任何一个系统都存在于一定的环境之中，当环境变化时，就会对系统产生影响，严重时会使系统的功能发生变化，甚至丧失功能。由于外部环境总是在不断地变化着，而系统本身大多数情况下也总是处于动态的工作过程之中，因此，为了使系统运行良好，并完成其特定功能，必须使系统对外部环境的各种变化和干扰有良好的适应性。

三、机械系统的组成

不论是从“狭义”的还是从“广义”的角度去分，机械系统（产品）的种类都是多种多样的，其结构也都不尽相同。但若从系统所能完成的功能来分，机械系统主要由动力系统、执行系统、传动系统、操作和控制系统、支承系统及润滑、冷却等子系统组成，见图 1.6。

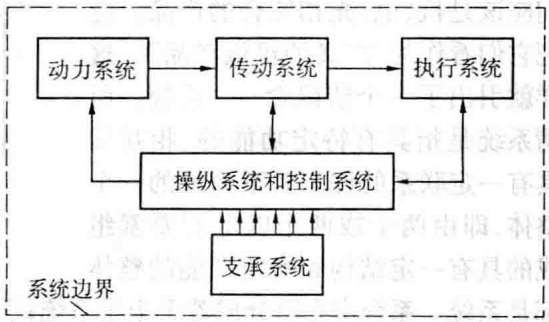


图 1.6　机械系统的主要组成框图

1. 动力系统

动力系统是机械系统工作的动力源，它包括动力机和与其相配套的一些装置。

2. 执行系统

执行系统的功用是利用机械能来改变作业对象的性质、状态、形状、位置或进行检测等。由于每个系统要完成的功能各不相同，所以，对其执行系统的运动、工作载荷等技术要求也各不相同，进而执行系统也是多种多样的。但它的组成不外乎由执行末端件和执行组件这两大类零、部件来构成。

3. 传动系统

传动系统是把动力机的动力和运动传递给执行系统的中间装置。

传动系统大致分为下述几大类：①机械传动系统；②液、气传动系统；③电器传动系统；④前三大类不同组合的传动系统。

4. 操纵、控制系统

操纵、控制系统是使动力系统、传动系统及执行系统彼此协调运行，并准确可靠地实现整个机械系统功能的装置。它的功能主要是控制或操纵上述各子系统的起动、制动、离合、变速、换向或各部件间运动的先后次序、运动轨迹及行程。此外，还控制换刀、测量、冷却与润滑的供应与停止工作等一系列动作。

5. 支承系统

支承系统是总系统的基础部分。它主要包括底座、立柱、横梁、箱体、工作台和升降台等。总之，此系统是将前述四个子系统相互有机地联系起来，并为构成总系统起到支承的作用。

6. 润滑、冷却与密封系统

润滑与密封装置的作用是降低摩擦；冷却的功用是降低温升。两者的目的都是为了保证总系统及各子系统能在规定的温度范围内正常地工作和延长使用寿命。

四、机械系统的地位与作用

任何产品都离不开机械系统，不论是汽车、飞机还是汽轮机、轧钢机乃至机器人、加工中心这种典型的机电一体化产品，都必须有机械系统。通常所指的加工中心也都是在机械系统基础之上，应用相应的控制理论和方法，结合电子及微电子技术，并采用测试、控制等电子集成元件，组成了比普通机床在某一方面或某几方面技术指标都有所提高的一种加工设备。下面通过举例来说明这一点。

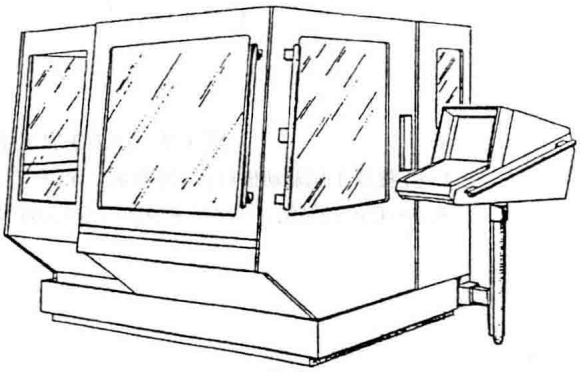


图 1.7 MAHO 加工中心外形图

【例 1.1】 图 1.7 是德国产 MAHO 加工中心的外形图；图 1.8 是其结构示意图。该加工中心可对工件进行钻、铣、镗等工序的加工。被加工工件放在工作台 3 上（图 1.8），工作台可作纵向（x 轴）和升降（y 轴）运动。有两个带动刀具旋转的主轴 5 和 7，图中是立式主轴 5 工作时的状态。当它不工作时将其旋转 180°，则该主轴头便被旋到上后方，此时，卧式主轴 7 便可工作了。由此可知，MAHO 加工中心的执行系统为两个主轴、装夹工件并带动工件移动的工作台及能自动换刀的机械手 8。它们各自的动力源和传动系统都是相互独立的。两主轴由电动机及一系列齿轮等带动；工作台则由电动机和丝杠、导轨等带动。整个加工中心的支承是由很庞大的床身（主柱）、底坐及横梁等组成。其操纵、控制系统则由控制器 9 和一些限位开关及相应的软、硬件来完成。它的润滑、冷却系统也很完善（图中未画出）。

【例 1.2】 图 1.9 是汽车组成示意图。这里发动机是动力系统；从发动机到四个车轮之间的各种齿轮、离合器、变速机构等是传动系统；四个车轮则是执行系统；它们都固定在汽车的底盘上，同时汽车的壳体、坐位也固定在底盘上，所以底盘是汽车的支承系统；而方向盘、操纵杆和加速、停车踏板则是控制系统。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

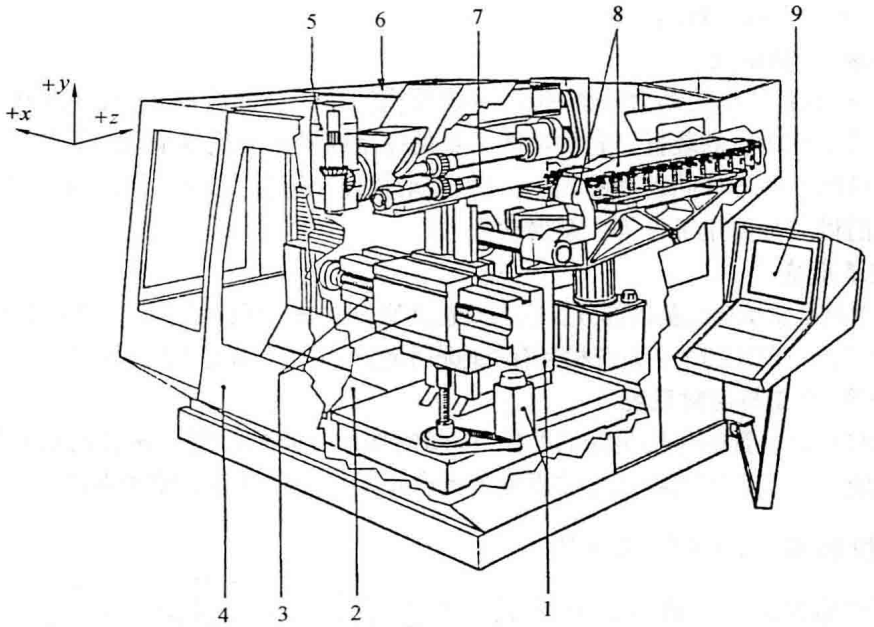


图 1.8　MAHO 加工中心结构示意图

1—立柱及 Y 轴驱动机构;2—冷却液单元;3—工作台及滑座;4—前滑门;5—垂直主轴铣头;6—CNC 控制箱;7—水平主轴铣头;8—刀库及换刀机械手;9—控制面板

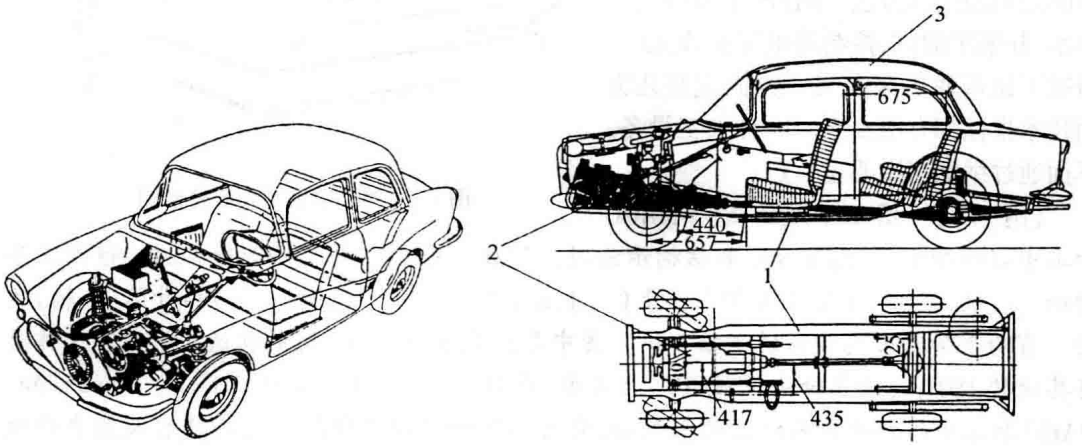


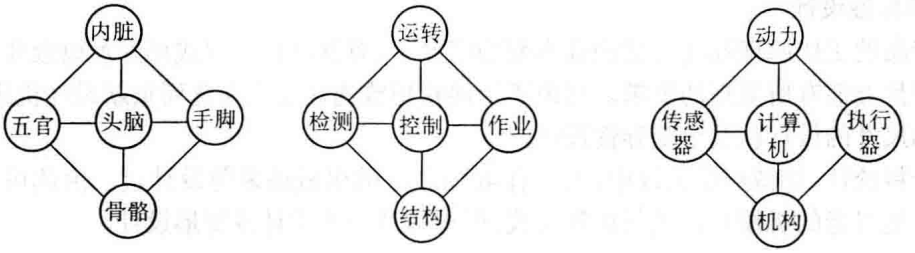
图 1.9　汽车的组成

1—底盘;2—发动机;3—车身

这样的例子很多,随处可见。通过以上两个例子可知,机械系统无处不在,但设计时应根据所设计的产品功能要求来决定对系统舍取,因为并不是机械系统中的所有子系统都必须存在于任何产品之中。

图 1.10 是“人体和机电一体化系统的五大要素”组成关系的示意图。从图(c)中可见,机电一体化系统一般由五个本质不同的基本要素:动力、机构、执行器、计算机和传感

器组成。其中前三个要素就是机械系统中的动力、支承和传动系统以及执行系统。



(a)人体的五大要素 (b)人体和机电一体化系统的五大机能 (c)机电一体化系统的五大要素

图 1.10 人体和机电一体化系统的五大要素

科学技术的发展与生产实际的需要,使人们清楚地看到,机械系统必须与微电子技术、控制理论及方法等相结合才有出路。美国机械工程师协会(ASME)的一个专家组,在1984年给美国国家科学基金会的报告中,对"现代机械系统"给出了如下定义:"由计算机信息网络协调与控制的,用于完成包括机械力、运动和能量流等动力学任务的机械和(或)机电部件相联系的系统。"这一定义的实质是指由多个计算机控制和协调的高一级机电一体化产品。换言之,只有掌握了机械系统设计、控制理论、测量技术等分学科,并使这些分学科之间友好地握手,有机地结合,才能设计出更好的机电一体化产品来。

由此看来,机械系统是基础,只要掌握了它并结合不同产业的特点,就可以设计出不同行业的设备。编写本书的目的在于使学习者掌握机械系统的设计原则、组成规律、设计步骤、设计内容和方法等共性技术,具有解决具体技术问题和开发、设计各类产品中的机械系统的初步能力。

1.2 机械系统设计的任务、基本原则及要求

一、机械系统设计的任务及设计类型

机械系统设计的任务是开发新的产品和改造老产品,最终目的是为市场提供优质高效、价廉物美的机械产品,以取得较好的经济效益。事实上,任何设计任务都是根据客观需求,通过人们的创造性思维活动,借助人类已掌握的各种信息资源,经过决策、判断、设计,最终制造出具有特定功能、并满足人们日益增长的生活和生产需求的各种装置、装备或产品来。

虽然机械产品的种类繁多、结构千变万化,但从设计角度来看不外乎分为下列三类。

1. 完全创新设计

所设计的产品是过去从没有过的全新产品。此类设计的特点是只知道新产品的功用,但对确保实现该功能应采用的工作原理及结构等问题完全未知,没有任何参考资料。世界上第一台电话的设计就属于完全创新设计。

2. 适应性设计

在原有的总工作原理基本不变的情况下,对已有产品进行局部变更,以适应某种新的要求。但局部变化应有所创新,且从原理上有所突破。如为了满足节约燃料的目的,人们

用汽油喷射装置来代替汽油发动机中传统的汽化器就属于此类型设计。

3. 变异性设计

在产品的工作原理和功能结构都不变的情况下，对其结构配置或尺寸加以改变，使之只适应于量方面有所变更的要求。如由于传递转矩或速比发生变化而重新设计机床的传动系统和尺寸的设计就属于变异性设计。

据资料统计，机械产品设计中，大约有40%左右的机械还未曾设计过。由此可见，大多数设计是对老的机械系统进行更新换代，即进行适应性设计或变形设计。

二、机械系统设计的基本原则及要求

1. 设计的基本原则和法规

前面提到，产品的获得必须经历两个不同性质的阶段。这两个阶段之间相互影响、密不可分，对产品质量都起着重要作用。据有关资料统计，产品的质量事故约50%是设计阶段造成的；而产品成本的60%～70%也取决于设计阶段。因此，把好设计阶段这一关，对于一个好产品的获得就等于有了一半的把握。怎样才能设计出更好的产品来呢？只有设计人员在设计过程中遵循一定的原则和法规，才能一步步地达到预期的目的。

一般的设计原则主要有：

(1)需求原则

所谓需求是指对产品功能的需求，若人们没有了需求，也就没有了设计所要解决的问题和约束条件，从而设计也就不存在了。所以，一切设计都是以满足客观需求为出发点。

(2)信息原则

设计人员在进行产品设计之前，必须进行各方面的调查研究，以获得大量的必要的信息。这些信息包括市场信息、设计所需的各种科学技术信息、制造过程中的各种工艺信息、测试信息及装配、调整信息等。

(3)系统原则

随着“系统论”的理论不断完善及应用场合的不断增多，人们从系统论的角度出发认识到：任何一个设计任务，都可以视为一个待定的技术系统，而这个待定技术系统的功能则是如何将此系统的输入量转化成所需要的输出量。这里的输入、输出量均包括物质流、能量流和信息流。在这三大流中，有系统需要的输入、输出量，也有系统不需要的输入、输出量，如机床在加工过程中，主轴带动工件(刀具)旋转及加工出合格的零件是需要的输入、输出量；而主轴的振动、发热、噪音等是不需要的输入、输出量。设计时，应将这些不需要的输入、输出量控制在允许值范围内，且越小越好。

(4)优化、效益原则

优化是设计人员在设计过程中必须关注的又一原则。这里的优化是广义的，包括原理优化、设计参数优化、总体方案优化、成本优化、价值优化、效率优化等。优化的目的是为了提高产品的技术经济效益及社会效益，所以，优化和效益两者应紧密地联系起来。

此外，设计过程中会涉及到很多法规，如各种标准、政策和法令。这就要求设计人员不但精通本职业务，还应熟悉国家在现阶段的有关法规，以便在设计中认真贯彻执行。

2. 设计要求

由于设计要求既是设计、制造、试验、鉴定、验收的依据，同时又是用户衡量的尺度，所

以,在进行设计之前,就必须对所设计产品提出详细、明确的设计要求。任何一个产品的设计要求无外乎都是围绕着技术性能和经济指标来提出,一般主要包括下列内容。

(1)功能要求

用户购买产品实际上是购买产品的功能,而产品的功能又与技术、经济等因素密切相关,功能越多则产品越复杂、设计越困难、价格费用就越大。但由于产品功能的减少很可能没有市场,这样,在确定产品功能时,应保证基本功能,满足使用功能,剔除多余功能,增添新颖及外观功能,而各种功能的最终取舍应按价值工程原理进行技术可行性分析来定夺。

(2)适应性要求

这是指当工作状态及环境发生变化时产品的适应程度,如物料的形状、尺寸、理化性能、温度、负荷、速度、加速度、振动等。人们总是希望产品的适应性强一些,但这将给产品的设计、制造、维护等方面带来很大困难,有时甚至达不到,因此,适应性要求应提得合理。

(3)可靠性要求

可靠性是指系统、产品、零部件在规定的使用条件下,在预期的使用时间内能完成规定功能的概率。这是一项重要的技术质量指标,关系到设备或产品能否持续正常工作,甚至关系到设备或产品以及人身安全的问题。

(4)生产能力要求

这是指产品在单位时间内所能完成工作量的多少。它也是一项重要的技术指标。它表示单位时间内创造财富的多少。提高生产能力在设计上可以采取不同的方法,但每一种方法都会带来一系列的负面问题。只有在这些负面问题得到妥善解决或减少、减小之后,去提高产品的生产能力才有现实意义。

(5)使用经济性要求

这是指单位时间内生产的价值与同时间内使用费用的差值。使用经济性越高越好。因为,使用费用主要包括原材料、辅料消耗、能源消耗、保养维修、折旧、工具耗损、操作人员的工资等等。

(6)成本要求

产品成本的高低将直接影响其竞争能力。图 1.11 列出了产品成本主要包括的内容。

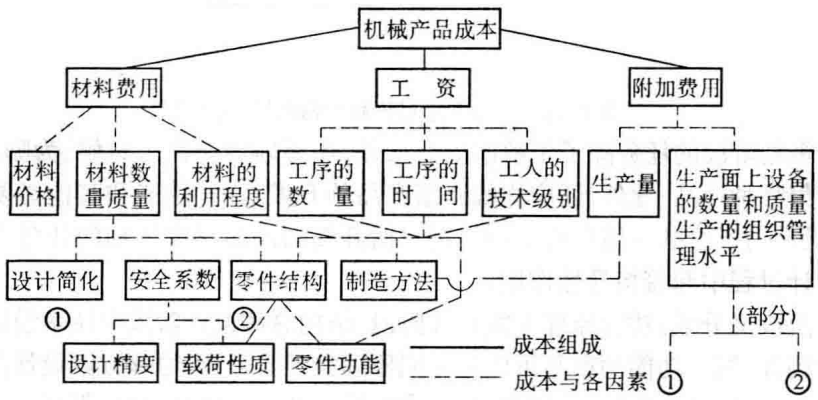


图 1.11 机械产品成本的主要组成

在机械产品的成本构成中，材料费用一般占 50%，有时高达 70% ~ 80%。这主要与材料的品质、利用率及废品率有关。

三、产品设计、产生过程

图 1.12 是产品产生过程和寿命阶段的大致流程图。它主要包括几个阶段：产品策划、产品设计、产品生产、产品销售、产品运转、产品报废或回收。以往在设计时很少考虑产品的报废或回收这一问题。随着人们对环境保护的重视和废品再利用认识的提高，有必要将这一步纳入到产品的产生过程中。这对设计人员也是一个新的挑战。在此流程图中属于设计过程的主要有：产品策划阶段、产品设计阶段。产品生产阶段属于制造过程。

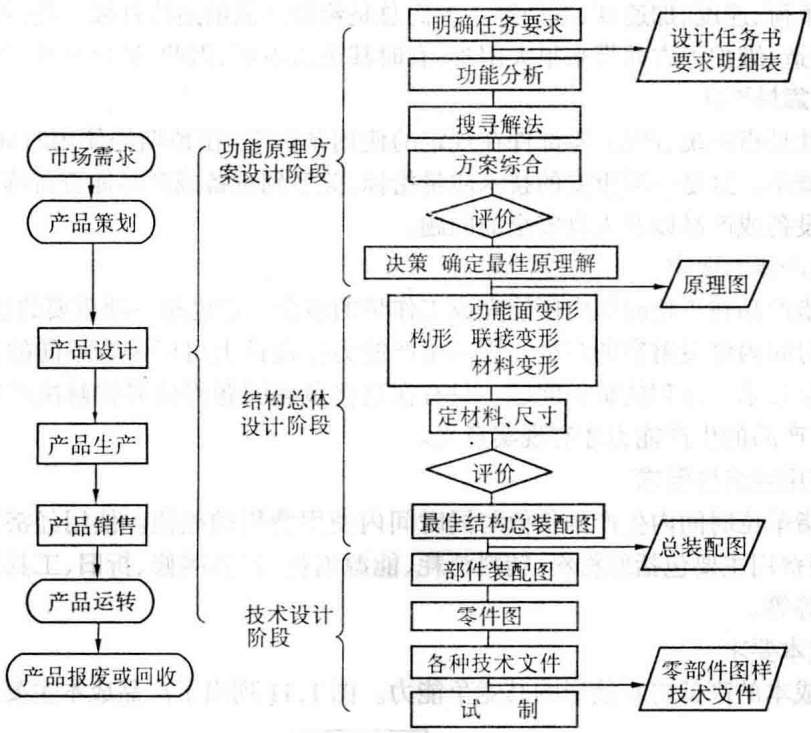


图 1.12　产品产生过程和寿命阶段的流程图

产品策划阶段的任务除了了解市场需求外，还要确定在什么时候、为哪种市场开发、创造和销售哪种产品；此外，还应详细介绍产品的开发目的、性能和其他必要的数据。总之，这阶段是为了给某一用户或某一类用户而开发的产品制定详细的任务书。这一阶段在整个设计过程中起着指导性作用。

设计阶段又分成：功能原理方案设计阶段、结构总体设计阶段和技术设计阶段。

众所周知，同一功能的产品可以用不同原理实现。因此，原理方案设计阶段是在功能分析的基础上，通过创新构思、优化筛选、方案综合及评价决策，最后得到一个较理想的功能原理方案来。这一原理方案的好坏将决定着产品的性能、成本、水平及竞争能力，所以，

是设计阶段的关键。

结构总体设计阶段是把功能原理方案具体化,在此阶段主要完成产品的总体布置图、尺寸参数、运动参数、动力参数的确定,及所需的各种装配图。

原理方案设计及结构总体设计的具体设计方法详见第二章。

技术设计阶段的工作内容大体有:根据总装配图绘制零件图,编制技术文件,如设计说明书,各种工艺文件,标准件、外购件明细表,备件、专用工具明细表等。也包括对产品的样机进行试制和测量等。

设计阶段不论怎么划分,其内容就是为了明确确定某一产品所要做的全部工作,即从提出任务书到制定工艺文件所必须做的工作。也可以把这一阶段视为数据处理过程。输入的数据是任务书中所包含的信息,这些信息在设计过程中不断被处理,整个过程的结果(输出)是用图形、文件等表示的大量信息。这些信息再经过制造转化为产品。

图 1.12 大致反映了产品产生的一般规律,有一定的普遍性。整个产品设计的过程一般不能随意颠倒或跳越,但可以有反馈或迭代。这种反馈或迭代过程可以是局部的,也可以是整体的,所以,一个成熟的产品设计往往要经过多次的循环过程才能完成。从时间上看,可能需要几年,但应尽可能地缩短这个过程。

1.3 机械系统设计方法及机械设计学发展简介

一、机械系统的设计方法

英文 Design(设计)一词起源于拉丁语 Designare(动词)、Designum(名词)。Designare 由 De(记下)和 Signare(符号、记号、图形等)两词组成。所以,Design 的最初含义是将符号、记号、图形之类记下来的意思。随着生产的不断发展,科学技术的不断进步,设计也不断地向深度、广度发展,以致人类活动的一切领域几乎都离不开设计,如机械设计、广告设计、桥梁设计、公路设计、飞机设计、工艺过程设计、发电系统设计等,可见设计包括许多类型。本书所涉及的内容显然是“机械设计”部分。

目前,在机械设计过程中所采用的方法主要有两种:一种是所谓的传统设计方法,即静态的半经验半理论的设计方法,此方法只考虑产品本身,一般着眼点放在产品的结构、部件或零件上,对它们的强度、刚度、稳定性、安全系数等方面进行计算和验算。另一种是“现代设计方法”。

1. 机械系统的现代设计方法

现代设计方法是现代广义设计和分析科学方法学的简称,其实质是科学方法论在设计中的应用。采用“现代设计”的名称,只是为了强调其中的一些设计方法是国际上新发展起来的,且不少设计方法是以计算机为工具,其特征可以归纳为:①20 世纪 80 年代前后初步成熟且在今后一个相当长时期内继续发展与研究的设计与分析方法学(时域特征);②在经验的、感性的、类比的基础上,上升到更科学的、逻辑的设计与分析方法学(哲理特性);③能大幅度地提高设计的稳定性、准确性与快速性的设计与分析方法学(质量特征);④在稳定分析基础上考虑多变量动态特性,以广义优化为目标且运用自动设计工具的设计与分析方法学(目标与手段特征)。

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com