



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

# 机械系统设计

主 编 周堃敏



高等教育出版社

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

# 机械系统设计

主编 周堃敏

高等教育出版社

## 内容简介

本书是根据机械设计制造及其自动化专业机械系统设计课程教学大纲编写的。

本书共分九章,内容包括绪论,机械系统设计总论,动力系统设计,执行系统设计,传动系统设计,支承与导轨系统设计,控制系统设计,操纵系统设计,润滑及冷却系统设计。

本书以现代制造业中机械装备为典型机械系统,并兼顾其他一般机械系统,阐述机械系统设计的特点和规律。本书力求内容全面、实用,由浅入深,重点突出,每章开头有主要知识点和基本要求提示,结尾有每章小结,并附有习题和思考题,便于自学。

本书是机械设计制造及其自动化专业本科生的专业课教材,也可作为高职、电大、函大、夜大、网大机械设计制造及其自动化专业学生的教材和其他机械类与近机械类专业本科生的教材,并可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械系统设计/周堃敏主编. —北京:高等教育出版社,2009.4

ISBN 978-7-04-025836-3

I. 机… II. 周… III. 机械系统-系统设计-高等学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 027240 号

策划编辑 卢 广 责任编辑 查成东 封面设计 于 涛 责任绘图 尹 莉  
版式设计 余 杨 责任校对 姜国萍 责任印制 朱学志

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	山东省高唐印刷有限责任公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787×960 1/16	版 次	2009 年 4 月第 1 版
印 张	25.5	印 次	2009 年 4 月第 1 次印刷
字 数	480 000	定 价	32.50 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25836-00

# 总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和 In 研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型人才工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容

和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

# 前 言

机械系统设计课程是机械设计制造及其自动化专业的一门必修的专业课,其目的和任务是使学生从整体的视角和系统的观点了解一般机械产品设计的特点和规律,掌握机械系统设计的基本理论和基本方法,培养学生具有开发设计性能良好和具有市场竞争力的机械产品的初步技能。

本书编写始于2005年,由江苏省教育厅立项为江苏省高等学校精品教材建设项目(苏教高[2005]26号)。

本书以现代制造业广泛使用的机械装备为典型机械系统,并兼顾其他一般机械系统,阐述机械系统设计的特点和规律。编写的原则是内容建筑在科学的基础上,具有相对稳定性,并力求吸取最新科技成果,使其具有一定的前瞻性。本书编排上具有鲜明的便于自学的特色。书中阐述的设计规律紧密结合实践,应用于实际,使本书具有明显的实用性。

本书是机械设计制造及其自动化专业本科生的教材,并可作为高职、电大、函大、夜大、网大机械设计制造及其自动化专业学生的教材和其他机械类与相近机械类专业本科生的教材,亦可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

本书共分九章:第一章绪论,第二章机械系统设计总论,第三章动力系统设计,第四章执行系统设计,第五章传动系统设计,第六章支承与导轨系统设计,第七章控制系统设计,第八章操纵系统设计,第九章润滑及冷却系统设计。

本书第一、二、三章由周堃敏编写,第四章、第五章和第七章由金卫东编写,第六章、第八章由汪建中编写,第九章由金祥曙编写,胡少刚参加了第三章的部分编写工作。全书由周堃敏统稿和定稿,并主要由金卫东负责插图、文稿的整理工作。本书由河海大学赵占西教授主审。本书在编写过程中得到了兄弟院校教授的指点,并提出了许多宝贵意见,也得到了企业单位的高级工程师热忱的帮助,尤其得到了各级领导大力的支持。在此,编者对他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免缺点和错误,恳请读者批评指正。

编者

2007.7

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
1.1 机械系统设计课程的目的和任务 .....	1
1.2 系统概述 .....	2
1.3 机械系统概述 .....	7
1.4 机械系统实例 .....	18
本章小结 .....	21
习题与思考题 .....	22
<b>第二章 机械系统设计总论</b> .....	23
2.1 机械系统设计思想 .....	23
2.2 机械系统设计原则 .....	25
2.3 机械系统设计方法 .....	30
2.4 机械系统设计原理 .....	36
2.5 机械系统的功能原理设计 .....	39
2.6 机械系统的总体设计 .....	49
本章小结 .....	64
习题与思考题 .....	64
<b>第三章 动力系统设计</b> .....	66
3.1 工作机械的载荷 .....	66
3.2 动力机的种类及机械特性 .....	77
3.3 动力机的选择及计算 .....	89
本章小结 .....	99
习题与思考题 .....	99
<b>第四章 执行系统设计</b> .....	101
4.1 执行系统的组成、功能及分类 .....	101
4.2 常用执行机构及其主要性能特点 .....	109
4.3 执行系统的设计 .....	123
本章小结 .....	167
习题与思考题 .....	167
<b>第五章 传动系统设计</b> .....	168
5.1 传动系统的功能和要求 .....	168

5.2	传动系统的类型及其选择 .....	169
5.3	有级变速传动系统的运动设计 .....	179
5.4	无级变速传动系统的运动设计 .....	202
5.5	主传动系统的结构设计 .....	212
5.6	进给运动传动系统设计 .....	227
	本章小结 .....	236
	习题与思考题 .....	236
<b>第六章</b>	<b>支承与导轨系统设计 .....</b>	<b>239</b>
6.1	支承件的功用及基本要求 .....	240
6.2	支承件的刚度和动态特性 .....	241
6.3	支承件的结构设计 .....	246
6.4	导轨的功用、分类和基本要求 .....	264
6.5	滑动导轨 .....	267
6.6	滚动导轨 .....	285
6.7	动压导轨、静压导轨、卸荷导轨 .....	290
	本章小结 .....	294
	习题与思考题 .....	295
<b>第七章</b>	<b>控制系统设计 .....</b>	<b>296</b>
7.1	控制系统概述 .....	296
7.2	控制原理概述 .....	304
7.3	控制系统设计 .....	318
	本章小结 .....	344
	习题与思考题 .....	344
<b>第八章</b>	<b>操纵系统设计 .....</b>	<b>345</b>
8.1	操纵系统概述 .....	345
8.2	单独和集中操纵机构 .....	348
8.3	离合器和制动器操纵机构 .....	352
8.4	操纵机构的定位和互锁 .....	360
8.5	操纵系统设计 .....	367
	本章小结 .....	376
	习题与思考题 .....	376
<b>第九章</b>	<b>润滑及冷却系统设计 .....</b>	<b>377</b>
9.1	润滑剂 .....	377
9.2	润滑方法和润滑装置 .....	380
9.3	稀油集中润滑系统 .....	383



---

9.4 冷却系统 .....	386
本章小结 .....	390
习题与思考题 .....	390
参考文献 .....	392
后记 .....	394

# 第一章

## 绪 论

### 主要知识点

系统定义、构成及特征 机械和机械系统定义  
机械系统三流传递和变换 机械系统组成  
三类机器基本特征 机电一体化系统定义、构成

### 基本要求

1. 掌握系统、机械、机械系统及机电一体化系统的基本概念；
2. 掌握系统、机械系统及机电一体化系统的构成和特征；
3. 掌握机械系统三流传递和变换规律，并能对机械系统实例进行分析。

### 1.1 机械系统设计课程的目的和任务

机械是机器或机构的统称。任何机械都是由若干个零件、部件和装置组成的一个特定系统。机械系统是由各个机械基本要素组成的，用以完成特定功能、实现机械能变换的系统。机械系统的最大特征是运动和机械能的变换。

机械系统设计的最终目的是为市场提供质优、高效、价廉物美的产品，在商品市场竞争中取得优势，赢得用户，并取得良好的经济效益。产品质量和经济效益取决于设计、制造及管理的综合水平，而产品设计是关键，没有高质量的设计，就不可能有高质量的产品。据统计，产品质量事故约有 50% 是设计不当造成的；产品成本的 60% ~ 70% 取决于设计。

机械系统设计课程的目的和任务是使学生通过本课程的学习，能从整机的角度和系统的观点了解一般机械产品设计的规律和特点，夯实机械系统设计的基础知识、基本理论和基本技能，扩大机械系统设计的综合知识，增强机械系统

设计综合能力,掌握机械产品设计基本方法和技术,培养学生具有开发设计性能良好的和有市场竞争力的机械产品的初步技能,以适应 21 世纪社会主义现代化建设需要的德、智、体、美全面发展,基础扎实,知识面宽,能力强,素质高,具有创新精神和实践能力的复合应用型人才。

全书共分九章。第一章重点介绍系统和机械系统的基本概念。第二章介绍了机械系统设计的基本原理,重点介绍创新功能原理设计。第三章侧重介绍动力系统匹配原则和选型。第四章介绍执行系统典型机构和设计方法。第五章介绍典型传动系统的构成和设计方法。第六章介绍导轨和支承系统的种类、特点及设计要点。第七章简单介绍控制系统工作原理及组成。第八章、第九章分别介绍操纵系统、润滑及冷却系统的组成和设计原理。

本教材按 70 学时数编写,除了课堂讲授的基本内容之外,有些内容可在教师指导下由学生自学完成。重点在前六章,根据专业方向的不同,教师在教学中可灵活掌握。

本书各章前均有主要知识点和基本要求提示,各章后均有小结,并附有习题和思考题,便于自学和复习。

## 1.2 系统概述

人类在认识自然、改造自然的过程中,在长期的社会实践中逐步地认识到,客观事物的发展是很复杂的。为了准确而科学地把握和研究某一事物,除了必须研究和分析该事物的特性及其发展规律外,还必须研究和分析该事物与其周围相关事物之间的联系和作用,决不能孤立地看待该事物,由此逐渐形成了系统的思想。它是进行分析和综合的辩证思维工具,是辩证唯物主义哲学思想的体现。

### 1.2.1 系统的概念

撇开一切具体系统的具体形态和性质,可将系统定义为:具有特定功能的,相互间具有有机联系的要素所构成的一个整体。在美国的韦氏(Webster)大辞典中,“系统”一词被解释为“有组织的或被组织化的整体;结合着的整体所形成的各种概念和原理的综合;由有规划的相互作用、相互依存的形式组成的诸要素集合等”。在日本的 JIS 标准中,“系统”被定义为“许多组成要素保持有机的秩序,向同一目的的行动的集合体”。一般系统的创始人贝塔郎非(L. V. Bertalanffy)把“系统”定义为“相互作用的诸要素的集合体”。美国著名学者阿柯夫(R. L. Ackoff)认为:系统是有两个或两个以上相互联系的任何种类的要素所构成的集合。

综上所述,一个系统是由许多要素构成的整体,从系统功能来看,任何系统都具有特定的功能,并具有一定的结构。系统功能是指系统对外部环境联系的效能和有利的作用,系统结构是指系统内部各要素相互联系的方式和作用秩序。从系统结构层次看,一个系统中的任何部分可以被看做一个子系统,而每一个系统又可以成为一个更大规模系统中的一部分。这就体现了分析与综合有机结合的思想方法。例如地球是太阳系中一颗行星,而太阳系又是银河系中的子系统,等等。

系统是由要素组成的,要素是系统的最基本的单位,是系统存在的基础。系统的性质取决于要素的结构,结构的好坏直接是由要素之间的协调作用体现出来的。优质的要素若协调得不好,形成的结构可能不是最优的;但是,质量差一些的要素,如果协调得好,则可能形成优异的结构,从而构成质量较优的系统。因此处理好要素间的协调性,对于系统的功能和性质至关重要。这就体现出系统设计的重要意义。

系统与环境同样存在着密切的关系和联系。每一个具体的系统都是在时空上有限存在的。作为一个有限的存在,都有它外界的存在或环境。一般把一个系统之外的所有其他事物或存在,称为该系统的环境。环境是系统存在的外部条件。环境对系统的性质起着一定的支配作用。系统的整体性是在系统与环境的相互联系中体现出来的。系统和它的环境之间通常都有物质、能量和信息的交换。环境的特点和性质的变化,往往会引起系统的性质和功能的变化;反之,由于系统的作用不同,也会引起环境的变化。两者相互作用的结果,有可能使系统改变或失去原有的功能。因而,一般系统就要有一种特殊的功能,来适应环境的变化,保持和恢复其原有的功能。这就是系统的环境适应性。

上述系统的基本概念如图 1-1 所示, $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$  表示系统的诸要素,系统的周界表示系统的界限,周界之内表示相互联系和彼此影响的结构,周界之外是系统的环境。系统必定存在一定的系统输入,经过系统内部结构的作用产生一定的系统输出。

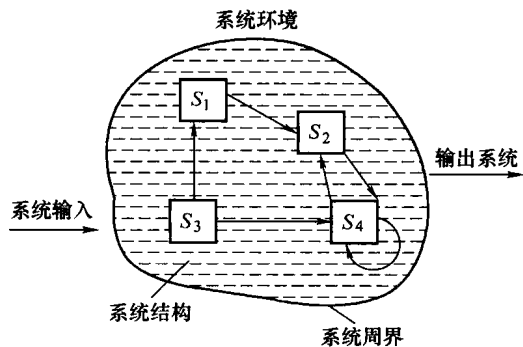


图 1-1 系统的基本概念图

例如汽车是一个系统,它是由底盘、发动机、传动系统与车身等相互关联和彼此影响的要素以一定的结构形式组成的一个整体,以完成交通运输的功能。又例如,一个相当规模的城市是一个系统,它是由交通系统、

市政系统、商业系统、卫生系统、文教系统等相互作用着的要素组合而成的一个整体,以完成城市生活和发展的功能。

综上所述,系统较为完备的定义为:系统是由相互联系的诸要素集合而成,这些要素可以是具体的物质,也可以是抽象的结构。它们以一定的结构形式在系统内彼此相互影响而构成系统的特性。由这些要素集合而成的系统的运行是有一定目标的。系统中的要素及其结构的变化都可能影响和改变系统的特性。

### 1.2.2 系统的构成

系统一般应具有如下构成:系统的诸要素、系统的界限和系统的输入输出。

#### 1. 系统的诸要素

系统的要素可分为结构要素、操作要素和流要素。结构要素是相对固定的物质形态或抽象概念的部分;操作要素是对结构要素实行操作、控制或管理的部分;流要素是进行能量流、物质流和信息流传递和变换的部分。例如,电工系统中的电阻、电感、电容等电子元件是物质的有形结构要素;开关是操作要素;电源、导线是流要素。它们的组合结构从总体上影响系统的特征和功能。

#### 2. 系统的界限

所有系统都是在一定的外界环境条件下运行的,系统和环境互为影响。系统和环境还是相对独立的,两者有一定界限,用以区分系统和环境。界限决定了系统的范围和相应的环境。例如,一台室内空调机,如把空调机外壳作为界限,那么外壳以内的空调机就是系统,它的界限以外的房间就作为环境。如把房间和空调机一起作为系统,则房间作为界限,房间之外就作为环境。所以系统的界限可以根据系统的作用范围加以划定,不是固定不变的。界限的变化使系统和环境的内涵也发生了变化。

#### 3. 系统的输入和输出

系统与环境的交互影响就产生了系统输入和系统输出。外界环境给予系统一个输入,通过系统的处理和变换,必然会产生一个输出,再返回到外界环境。由此可见,系统就相当于一个变换器,将环境给予的输入变换成给予环境的输出。如果在输出、输入与系统间附加了反馈控制,可使系统性能更加完美。

### 1.2.3 系统的分类

对系统进行分类将有利于对系统的分析。系统可以按照不同的分类方法进行分类,大致可分为以下几类:

#### 1. 自然系统与人造系统

按照系统的起源可分为自然系统和人造系统。

自然系统是由自然过程产生的系统。例如,自然界的生态链系统、气象系

统、海洋系统等。

人造系统是由人为的要素按其属性和相互关系组合而成的系统。例如,工厂生产和管理系统、机械系统等。

由于人造系统都存在于自然界之中,人造系统必然与自然系统存在着重要的联系,因此,从广义上讲我们生活的世界就是由自然系统和人造系统组成的。

### 2. 实体系统与概念系统

按照系统构成要素的虚实状况可分为实体系统和概念系统。

实体系统是由实物和有形要素构成的系统。例如,液压系统、动力系统等。

概念系统是由一些思想、规划、政策等概念或符号来反映系统的要素及其属性所组成的系统。例如,政府决策系统、工厂的销售策略系统、教学管理系统等。

实体系统与概念系统是有联系的,不是截然分开的。例如,航空训练模拟仿真系统属于概念系统,但它是由实体系统抽象得到的。通过概念系统可以更好地研究实体系统。

### 3. 静态系统与动态系统

按照系统是否存在活动性可分为静态系统和动态系统。

静态系统是指存在一定的结构但没有活动性的系统。例如,江河上的桥梁系统、城市中的建筑系统等。

动态系统是指既有结构要素,又有活动性的系统。例如,学校系统、柔性加工系统等。

静态系统与动态系统在一定的条件下可以互相转化。例如,学校系统在放假期间就成为静态系统、桥梁系统在运行过程就成为动态系统。

### 4. 封闭系统与开放系统

按系统与环境之间是否存在能量、物质和信息的交换而分为封闭系统与开放系统。

封闭系统指的是该系统与环境之间没有能量、物质和信息的交换,由系统的界限将环境与系统隔开而处于封闭状态的系统。例如,安装在密闭房间内的温度自动调节系统。

开放系统是指系统与环境之间具有能量、物质和信息交换的系统。例如,生态系统、工厂生产系统等。这些系统通过内部的不断调整来适应环境变化以保持其在某个阶段的稳定状态。开放系统应具有自调节和自适应的功能。

绝大多数系统是开放系统,它与环境密切相关,因此必须了解环境的特性及其对系统的影响方式和影响程度。

## 1.2.4 系统的基本特性

为了分析和设计系统,应了解系统的基本特性。

### 1. 整体性

整体性是系统所具有的最重要和最基本的特性。系统是由两个或两个以上的可以相互区别的要素构成的统一体。虽然各要素具有各自不同的性能,但它们结合后必须服从整体功能要求,相互间需协调和适应。一个系统整体功能的实现,并不是也不可能是某个要素单独作用的结果。一个系统的好坏,最终体现在其功能上。因此,必须从整体着眼,从全局出发确定各要素的性能和它们之间的联系,并不要求所有要素都具有完美的性能。即使某些要素的性能并不很完善,但如能与其他相关要素得到很好的统一和协调,往往也可使系统具有令人满意的功能。整体性也就是统一性和协调性。

各要素的随意组合不能称其为系统。系统的整体性还反映在组成系统的各要素之间的有机联系上。正是这种有机联系,才使各要素组成一个整体,若丢失了这种联系也就不存在整个系统。同样,在系统中不存在与其他要素不发生联系的独立要素。由此可以得出结论:系统是不能分割的,不能把一个系统分割成相互独立的子系统。实际的系统有时是很复杂的,为了研究方便,可根据需要把一个系统分解成若干个子系统。这与“分割系统”是完全不同的两个概念。因为在分解系统时,始终保持着它们之间的联系。分解后的子系统都不是完全独立的,它们之间的联系分别由相应的子系统的输入与输出表示,绝不是机械分割。

### 2. 相关性

组成系统的要素是相互联系、相互作用的,这就是系统的相关性。相关性就是系统各要素之间的特定关系。其中包括系统的输入与输出关系,各要素间的层次关系,各要素的性能与系统整体之间的特定关系等。系统相关性还体现在某一要素的改变将影响其对相关要素的作用,由此对整个系统产生影响。系统相关性是通过结构来体现的,要素和结构是构成系统缺一不可的两个方面,系统是要素与结构的统一。

### 3. 层次性和时序性

系统的时空结构表现为层次性和时序性。系统可分解为一系列的子系统,并存在一定的层次结构,这是系统空间结构的特定形式。在系统层次结构中表述了在不同层次子系统之间的从属关系或相互作用关系。在不同的层次结构中存在着时序的信息流和物质流,构成了系统时域内特定运动形式,为深入研究系统层次之间的控制与细节功能提供了条件。

### 4. 目的性

系统的价值体现在实现的功能上,完成特定的功能是系统存在的目的。为了实现系统的目的,系统必须具有控制、调节和管理的功能,保证系统进入与之目的相适应的状态,即实现要求的功能,排除或减小有害的干扰。

### 5. 环境适应性

任何一个系统都存在于一定的物质环境中,因此,它必然要与外界环境产生物质流、能量流和信息流的交换,外界环境的变化必然会引起系统内部各要素之间输入输出的变化以及系统输入的变化,甚至产生干扰,引起系统功能的变化。外部环境总是不断变化的,系统也总是处于动态过程中,稳态过程只是相对的、暂时的。因此,为了使系统运行良好,具有确定的特定功能,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。

系统上述特性清楚地反映了系统构成要素与全局的关系(整体性)、要素与要素之间的关系(相关性)、要素的时空结构关系(层次性和时序性)、要素构成与价值的关系(目的性)和要素构成与环境的关系(环境适应性)。

## 1.3 机械系统概述

### 1.3.1 机械和机械系统

#### 1. 机械

国内外迄今对机械尚无统一的定义,但综合相关文献可将机械定义为由两个或两个以上要素组成的、能产生确定机械运动、完成把施加的能量变为有效功的装置。机械构成要素可以是零件、构件、机构甚至是机器。

机械已几乎进入人类活动的一切领域,从简单小巧的剃须刀到复杂庞大的人造卫星,门类繁多,用途各异,难以一一列举。从不同的角度和观点出发,有各种各样的分类方法。

根据其主要功能和输入、输出参量不同,机械可划分为动力机器(输入输出量为能量),如发动机、涡轮机、发电机、制冷机等;信息机器(输入输出量为信息),如计算器、数据仪器、控制器、测量仪器、导航仪等;及工作机器(输入输出量为物料),如机床、纺织机械、谷物磨削机、分选机等。

根据其对物料是否进行工艺加工处理,机械又分为工艺性机械,如各种加工机床、食品机械、纺织机械、印刷机械等;非工艺性机械,如各种动力机械、起重运输机械、测量仪表等。

#### 2. 机械系统

机械系统是由各个机械基本要素(零件、构件、机构、机器等)组成的,用以完成所需动作,实现机械能变换的系统。机械系统区别于其他系统的最大特征是产生确定的运动和机械能的变换。机械系统应具有一般系统具有的整体性、相关性、层次性和时序性、目的性和环境适应性等特性。

同其他系统一样,机械系统也是在与环境的相互作用中存在的,它本身又可



视为人一机—环境这个更大系统的组成部分,如交通系统:人(操纵汽车)—机械系统(汽车)—环境(道路、信号灯等)。

在人—机—环境这一广义的机械系统中,通常将机械本身构成的系统称为内部系统,而将人和环境构成的系统称为外部环境。内、外两系统相互联系、作用和影响。人与环境是机械系统存在的外部条件,人与环境对机械的效能起着一定的支配作用。机械系统的整体性是在内部系统与外部系统的相互联系中体现出来的。例如,一台精密加工机床的效能好坏与操作者的生理、心理和技术水平有关,也与环境对机床的影响有关。

### 1.3.2 机械系统的能量流、物质流和信息流

机械系统与其他系统一样都存在着能量流、物质流和信息流的传递和变换。机械系统的能量流、物质流和信息流又有它们的特殊形态和变化规律。

#### 1. 能量流

能量流在机械系统中存在于能量变换和传递的整个过程中。它是机械系统完成特定功能所需的能量形态变化和动力。在机械系统中能量流有其特定的变化规则,亦即机械系统中存在机械能转换成其他形态的能,或者其他形态的能转换成机械能。机械能和其他形态能互换是机械系统主要的能量流特征,没有这种转换也就不能成为机械系统。

能量的类型也是多种多样的。例如,机械能、热能、电能、光能、化学能、太阳能、核能、生物能等。机械系统的动能、位能均属于机械能。

电动机将电能变换成机械能。内燃机将燃油的化学能通过燃烧变成热能,再由热能变成机械能。发电机将机械能变换成电能。压气机把机械能变换成气体压力能等。

对于电机驱动的切削加工机床的能量流可用图 1-2 表示。

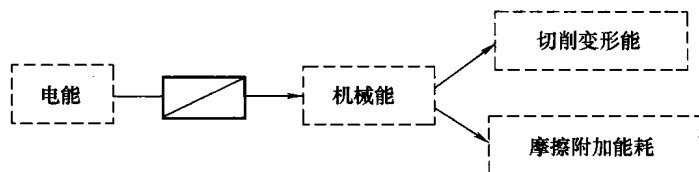


图 1-2 电机驱动的切削加工机床能量流

能量流图能较好地反映此机械系统的功能和工作特性。所有机械系统必须有机械能与其他形态能量的互换和机械能的利用等。

#### 2. 物质流

物质流在机械系统中存在的主要形式是物流,它是机械系统完成特定功