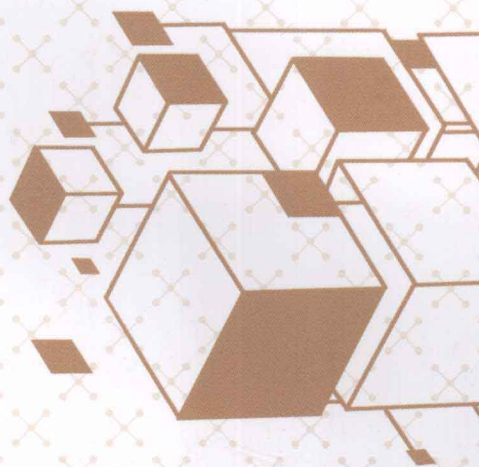




“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学技术大学精品教材



王 翔 李永新 / 编著

机械系统综合设计

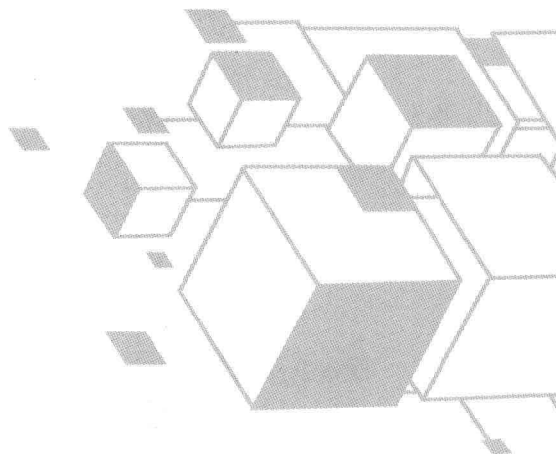
Integrated Design of Mechanical Systems

中国科学技术大学出版社



“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学技术大学 **精品** 教材



王 翔 李永新 / 编著

Integrated Design of Mechanical Systems

机械系统综合设计

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书根据现代工业产品设计需求,基于系统设计的思想,从产品形成全过程的整体性角度出发,结合面向制造的并行工程设计理论,不仅较全面地叙述了机械系统设计的原理和方法,同时,还根据现代机器的机电一体化特征,较为详细地介绍了数控传动系统设计、精度设计和分析等工程设计的应用技术知识。本书以典型机电系统设计为基础,阐述了现代机械系统综合设计的特点和规律,力求内容全面、实用,以满足不同目标设计的需求。

本书不仅可作为机械设计制造及其自动化专业和精密机械及仪器专业以及相关专业的教学用书,还可作为相关专业以及其他类型高校相近专业的学生完成专业课程设计和毕业设计的参考资料,也可供从事机电装备设计与研究的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械系统综合设计/王翔,李永新编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2013.9

(中国科学技术大学精品教材)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-312-03252-3

I. 机… II. ①王… ②李… 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(2013)第 177075 号

中国科学技术大学出版社出版发行

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

合肥市宏基印刷有限公司印刷

全国新华书店经销

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:31.25 插页:2 字数:760 千

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册

定价:57.00 元

总 序

2008年,为庆祝中国科学技术大学建校五十周年,反映建校以来的办学理念和特色,集中展示教材建设的成果,学校决定组织编写出版代表中国科学技术大学教学水平的精品教材系列。在各方的共同努力下,共组织选题281种,经过多轮、严格的评审,最后确定50种入选精品教材系列。

五十周年校庆精品教材系列于2008年9月纪念建校五十周年之际陆续出版,共出书50种,在学生、教师、校友以及高校同行中引起了很好的反响,并整体进入国家新闻出版总署的“十一五”国家重点图书出版规划。为继续鼓励教师积极开展教学研究与教学建设,结合自己的教学与科研积累编写高水平的教材,学校决定,将精品教材出版作为常规工作,以《中国科学技术大学精品教材》系列的形式长期出版,并设立专项基金给予支持。国家新闻出版总署也将该精品教材系列继续列入“十二五”国家重点图书出版规划。

1958年学校成立之时,教员大部分来自中国科学院的各个研究所。作为各个研究所的科研人员,他们到学校后保持了教学的同时又作研究的传统。同时,根据“全院办校,所系结合”的原则,科学院各个研究所在科研第一线工作的杰出科学家也参与学校的教学,为本科生授课,将最新的科研成果融入到教学中。虽然现在外界环境和内在条件都发生了很大变化,但学校以教学为主、教学与科研相结合的方针没有变。正因为坚持了科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合的方针,并形成了优良的传统,才培养出了一批又一批高质量的人才。

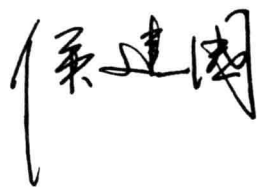
学校非常重视基础课和专业基础课教学的传统,也是她特别成功的原因之一。当今社会,科技发展突飞猛进、科技成果日新月异,没有扎实的基础知识,很难在科学技术研究中作出重大贡献。建校之初,华罗庚、吴有训、严济慈等老一辈科学家、教育家就身体力行,亲自为本科生讲授基础课。他们以渊博的学识、精湛的讲课艺术、高尚的师德,带出一批又一批杰出的年轻教员,培养了一届又一届优秀学生。入选精品教材系列的绝大部分是基础课或专业基础课的教材,其作者大多直接或间接受到过这些老一辈科学家、教育家的教诲和影响,因此在教材中也贯穿着这些先辈的教育教学理念与科学探索精神。

改革开放之初,学校最先选派青年骨干教师赴西方国家交流、学习,他们在带回先进科学技术的同时,也把西方先进的教育理念、教学方法、教学内容等带回到中国

科学技术大学,并以极大的热情进行教学实践,使“科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合”的方针得到进一步深化,取得了非常好的效果,培养的学生得到全社会的认可。这些教学改革影响深远,直到今天仍然受到学生的欢迎,并辐射到其他高校。在入选的精品教材中,这种理念与尝试也都有充分的体现。

中国科学技术大学自建校以来就形成的又一传统是根据学生的特点,用创新的精神编写教材。进入我校学习的都是基础扎实、学业优秀、求知欲强、勇于探索和追求的学生,针对他们的具体情况编写教材,才能更加有利于培养他们的创新精神。教师们坚持教学与科研的结合,根据自己的科研体会,借鉴目前国外相关专业有关课程的经验,注意理论与实际应用的结合,基础知识与最新发展的结合,课堂教学与课外实践的结合,精心组织材料、认真编写教材,使学生在掌握扎实的理论基础的同时,了解最新的研究方法,掌握实际应用的技术。

入选的这些精品教材,既是教学一线教师长期教学积累的成果,也是学校教学传统的体现,反映了中国科学技术大学的教学理念、教学特色和教学改革成果。希望该精品教材系列的出版,能对我们继续探索科教紧密结合培养拔尖创新人才,进一步提高教育教学质量有所帮助,为高等教育事业作出我们的贡献。



中国科学技术大学校长
中国科学院院士
第三世界科学院院士

前 言

随着科学和技术的进步,人们对机械产品的认知和要求发生了很大的变化。现代机器不仅可以代替人的劳动、实现能量变换和传递、完成有用机械功,而且具有较高的精密度和一定的柔性,同时还要能满足市场优质、高效、廉价的需求。因此,现代机械产品的设计原理和方法也成为了知识密集和多学科融合下的综合集成方法。

现阶段,具有机电一体化特征的现代机电产品,已实现了机械工程与以数控技术为核心的信息技术的高度融合。产品设计是以产品功能为目标,将构成机器的各组成部分作为一个相互间有机联系的整体,即将产品作为一个系统,以系統工程的观点来进行综合和优化分析,进而实现创新性的设计。同时,机械产品设计还需要考虑产品生命周期全过程中各个阶段的要求,设计方案的综合最优,不仅要满足系统功能目标,还要关注实现产品的可制造性、运行维护以及回收利用等综合技术和经济性問題,即运用并行工程的思想来全面提高机械系統综合设计的水平和产品的质量。

随着新时期对人才培养目标认知的不断深化以及专业的合并和调整,宽口径教学和培养成为共识,相关的教学体系和教学内容的改革也已得到不断优化。普通本科教育不仅需要构建一定的知识结构和基础素质结构,能力结构需求也已成为重点,即要求人们不仅拥有获取知识的能力,还应具备应用知识的能力和综合创新的能力。

“机械系統综合设计”是以设计为主的专业课程,从能力、创新意识培养的要求出发,通过综合运用基础理论和技术基础知识,掌握机械系統和机电相结合等现代装备的设计理论和方法,以培养学生独立设计的综合能力。

“机械系統综合设计”作为相关专业学习的专业课程,也是学科基础、技术基础等课程知识的综合应用。机械工程学科体系的课程学习,其本身就具有实践性强等特点,而现代工业的零部件生产的模块化、专业化越来越突出,一般设计中的零部件设计也趋向选型设计。因此,机械系統设计从原来主要关注零部件及其结构设计,向强调系統整体构型和各部分联系优化的集成设计方向转变。从而在有限合理性原理下,进行“合理选用”的分析和设计,不仅有利于促进现代机器设计的多样性和创新性,也将有力地提高教学效率、学生的学习主动性和实践能力。同时,依据现代工程设计三个面向的设计原则(面向制造的设计、面向装配的设计和面向成本的设计),将机械系統和零件设计的可制造性(工艺设计)等内容引入到设计之中,以进一步提高设计的合理性和有效性。并且,为了适应科技发展的需要,根据机电一体化产品对机械系統和零件设计的精度要求、机电融合的静态和动态特性的需求,较为详细地介绍了数控传动机械系統和机电传动系统的特性分析,以满足现代精密机械和精密仪器

的设计需求。

本书共分10章。第1章为“机械系统设计概论”，阐述了现代机械系统及其现代设计的相关概念、特点和基本内容以及发展状况等，使读者对现代机械系统及现代设计方法有一般性的了解。

第2章为“机械系统总体设计”，简要介绍了总体设计的现代思想，并通过设计任务分析、总体方案拟定和精度设计的介绍，使读者能了解在整体、并行和环境友好等思想的指导下，围绕目标及其功能来构建所需系统的方法。

第3章为“传动系统设计”，阐述了传动系统的特性和性能，以及传动系统设计的分析方法，较详细地介绍了机械传动系统和数控传动系统的设计计算和方法。

第4章为“机电传动系统动态特性分析”，简要介绍了机电传动单元的力学特性和匹配设计原则，机电传动系统稳态设计和动态设计的原理方法。

第5章为“支承与轴系设计”，较为详细地介绍了滑动摩擦支承、滚动摩擦支承、弹性摩擦支承、流体摩擦支承的设计和计算方法；以支承为主线，介绍了不同摩擦性质的主轴和传动轴的结构及其轴系的设计原理方法。

第6章为“导轨与基座设计”，介绍了不同摩擦性质导轨的特点及其设计方法，以及作为机械系统基础的基座的特征和设计方法。

第7章为“常用精密机构设计”，介绍了在精密机械和仪器中几种典型机构的特点和 design 方法，主要有微动装置、锁紧装置、示数装置、隔振装置和误差校正装置。

第8章为“机械零件制造工艺设计”，简要介绍了零件制造工艺设计和数控加工工艺设计的特点和方法，并针对现代生产对多品种、小批量的需求特征，侧重于生产类型为单件、小批生产情况下的制造工艺设计的分析。

第9章为“典型零件制造工艺分析”，介绍了几种典型机械零件制造工艺设计的分析方法。

第10章为“机械系统综合设计实践”，介绍了机械系统综合设计实践的过程要求和方法，以齿轮减速器设计和小型标牌雕刻机设计为实例，详细介绍了具有传统机械传动特征和数控传动特征的机电系统的设计方法。

本书不仅可作为机械设计制造及其自动化专业和精密机械及仪器专业以及相关专业的教学用书，还可作为相关专业以及其他类型高校相近专业的学生完成专业课程设计和毕业设计的参考资料，也可供从事机电装备设计与研究的技术人员参考。

本书在编写过程中，得到了中国科学技术大学教务处、出版社有关领导和工作人员的关心、支持和帮助，对此我们表示深深的谢意。

本书在编写过程中参阅了国内众多学者的有关教材和研究资料，在此一并表示衷心的感谢。尽管如此，限于编者水平，书中不免存在不足和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者
2013年6月

目 次

总序	(i)
前言	(iii)
第 1 章 机械系统设计概论	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 机器的类别和组成	(1)
1.1.2 现代机电系统及其发展概况	(7)
1.2 机械系统设计概述	(11)
1.2.1 设计的概念和类型	(11)
1.2.2 机械系统设计原则	(12)
1.2.3 机械系统设计的一般程序	(13)
1.3 现代设计的方法概述	(16)
第 2 章 机械系统总体设计	(23)
2.1 机械系统总体设计思想	(23)
2.1.1 系统工程设计思想及应用	(23)
2.1.2 并行工程设计思想及应用	(25)
2.1.3 绿色设计思想及应用	(27)
2.2 机械系统总体设计任务分析	(29)
2.2.1 任务分析内容	(29)
2.2.2 主要技术参数和技术指标的确定	(31)
2.3 总体方案的拟定	(33)
2.3.1 功能划分和工艺动作的拟定	(34)
2.3.2 机械运动系统的原理设计	(38)
2.3.3 系统构型方案的结构设计	(42)
2.3.4 总体布局及相关内容设计	(50)
2.4 总体精度设计与分析	(52)
2.4.1 机器精度概述	(52)
2.4.2 机械总体精度分析和设计原则	(57)
2.4.3 精度分配和计算原理方法	(61)

第3章 传动系统设计	(70)
3.1 概述	(70)
3.1.1 传动系统的参数和特性	(71)
3.1.2 传动系统的分类和性能	(73)
3.2 传动系统设计与分析	(75)
3.2.1 传动系统设计的基本要求	(75)
3.2.2 工作机工况分析	(76)
3.2.3 动力机的选择	(77)
3.2.4 传动系统类型及其选择原则	(80)
3.2.5 传动系统方案设计实例分析	(83)
3.3 机械传动系统设计	(86)
3.3.1 机械传动的类型与性能	(86)
3.3.2 机械传动系统方案设计	(92)
3.3.3 机械变速传动系统设计	(94)
3.3.4 机械传动机构选型和设计	(100)
3.3.5 机械传动方案的评价	(104)
3.3.6 机械传动系统设计实例	(106)
3.4 数控传动系统设计	(110)
3.4.1 数控传动系统的特点和要求	(111)
3.4.2 数控传动的设计计算	(113)
3.4.3 数控传动部件设计	(119)
3.4.4 数控传动系统的电机选择	(147)
第4章 机电传动系统动态特性分析	(163)
4.1 机电传动系统特性分析	(163)
4.1.1 机电传动系统的机械特性	(163)
4.1.2 机电传动系统的匹配特性	(170)
4.2 机电传动系统设计方法	(175)
4.2.1 机电传动系统稳态设计方法	(176)
4.2.2 机电传动系统动态设计方法	(188)
第5章 支承与轴系设计	(204)
5.1 支承设计	(204)
5.1.1 滑动摩擦支承	(204)
5.1.2 滚动摩擦支承	(211)
5.1.3 弹性摩擦支承	(231)
5.1.4 流体摩擦支承	(232)
5.2 轴系设计	(234)
5.2.1 轴系的基本要求	(234)

5.2.2 滚动摩擦轴系	(241)
5.2.3 滑动摩擦轴系	(246)
5.2.4 流体摩擦轴系	(249)
第6章 导轨与基座设计	(268)
6.1 导轨设计	(268)
6.1.1 概述	(268)
6.1.2 滑动摩擦导轨	(269)
6.1.3 滚动摩擦导轨	(282)
6.1.4 弹性摩擦导轨	(289)
6.1.5 流体摩擦导轨	(290)
6.2 基座设计	(297)
6.2.1 基座的结构特点	(297)
6.2.2 基座的材料选择	(304)
第7章 常用精密机构设计	(307)
7.1 微动装置	(307)
7.1.1 机械传动式微动装置	(307)
7.1.2 热变形式微动装置	(312)
7.1.3 磁致伸缩式微动装置	(313)
7.1.4 弹性变形式微动装置	(315)
7.1.5 压电式微动装置	(317)
7.2 锁紧装置	(319)
7.2.1 设计时应满足的基本要求	(319)
7.2.2 常用锁紧装置	(320)
7.3 示数装置	(321)
7.3.1 设计时应满足的基本要求	(321)
7.3.2 标尺指针示数装置	(322)
7.4 隔振装置	(328)
7.4.1 消极隔振原理	(329)
7.4.2 隔振器和隔振材料	(332)
7.4.3 消极隔振的设计计算	(339)
7.5 误差校正装置	(341)
7.5.1 丝杠螺母副误差校正装置	(341)
7.5.2 蜗杆蜗轮副误差校正装置	(342)
7.5.3 导轨副误差校正装置	(344)
7.5.4 线纹尺位移检测误差校正装置	(345)
7.5.5 感应同步器误差校正装置	(347)

第8章 机械零件制造工艺设计	(348)
8.1 机械零件制造工艺规程设计	(348)
8.1.1 工艺过程及其基本组成	(349)
8.1.2 机械加工工艺规程的制订	(349)
8.2 数控加工工艺规程设计	(365)
8.2.1 概述	(365)
8.2.2 数控加工工艺规程设计	(365)
8.2.3 数控加工技术文件的编写	(370)
第9章 典型零件制造工艺分析	(372)
9.1 轴类零件的加工	(372)
9.1.1 轴类零件的功用与结构	(372)
9.1.2 轴的加工工艺分析	(373)
9.2 套筒类零件的加工	(380)
9.2.1 套筒零件的功用和结构	(380)
9.2.2 套筒类零件加工工艺分析	(381)
9.3 齿轮的加工	(385)
9.3.1 齿轮的功用及结构	(385)
9.3.2 圆柱齿轮加工工艺分析	(386)
9.4 丝杠的加工	(390)
9.4.1 丝杠的功用与结构	(390)
9.4.2 丝杠加工工艺分析	(392)
9.5 机体类零件的加工	(398)
9.5.1 机体类零件的功用与结构	(398)
9.5.2 机体加工工艺分析	(399)
9.6 箱体类零件的加工	(402)
9.6.1 箱体类零件的功用和结构	(402)
9.6.2 箱体加工工艺分析	(402)
第10章 机械系统综合设计实践	(406)
10.1 机械系统综合设计指导	(406)
10.1.1 机械系统综合设计的目的和要求	(406)
10.1.2 机械系统综合设计的内容	(409)
10.2 机械图样设计	(412)
10.2.1 装配图样的设计	(414)
10.2.2 零件工作图的设计	(419)
10.3 齿轮减速器的设计	(432)
10.3.1 齿轮减速器设计分析	(432)

10.3.2 齿轮减速器设计和计算	(441)
10.4 小型标牌雕刻机的设计	(459)
10.4.1 机械工程综合课程设计任务书	(459)
10.4.2 设计分析与计算说明书	(460)
参考文献	(487)

第 1 章 机械系统设计概论

1.1 概 述

机器(machine)是由各种金属和非金属零、部件组成的执行机械运动的装置,可用来完成所赋予的功能,其传统的意义是用来代替人的劳动、进行能量变换和产生有用功。现阶段,机器的概念可以扩充为:一种用来转换和传递能量、物料和信息的,能执行机械运动的设备或装置。例如,机电工程领域中的机床、三坐标测量机、起重机、纺织机、印刷机以及复印机等都是机器。

1.1.1 机器的类别和组成

1.1.1.1 机器的类别

机器的种类繁多,从功能共性角度出发,可以发现机器是用来传递运动或动力,用来变换或传递能量、物料与信息,能完成有用机械功的装置。而在现代工业领域,虽然机器的概念是广泛的,但由传统的机器概念可知,是否完成有用的机械功就成为辨别产品(装置)能否成为机电系统的关键条件。例如,电视机、计算机等内部结构没有执行机械运动的装置,也没有克服外力作机械功,就不能称之为机电系统。因此,本书所述的机器是指具有完成有用机械功的机电系统。

根据工作类型,机器通常可以分为三类:动力机器、工作机器和信息机器。

1. 动力机器

动力机器一般也叫原动机,是将任何一种能量转换成机械能或将机械能转换成其他形式能量的装置。例如,内燃机、压气机、涡轮机、电动机、发电机等都属于动力机器。

通常,动力机器的主体机构比较简单,出于经济、尺寸和重量等方面的原因,设计和制造时,其运动形式和速度单一,输出运动的形式通常为旋转运动,运转速度较高。根据其输入和输出的不同,可以有多种不同的分类。

(1) 化学能转换成机械能的动力机器 有汽油机、柴油机、蒸汽轮机、燃气轮机等,它们把油或煤燃烧后,将化学能变成热能,形成高压燃气或高压蒸气,由此产生机械能。这类动力机器,关键是如何有效地将化学能变成热能,由热能转换成机械能的机械装置的结构一般不太复杂。这类动力机器的研究和设计较多地涉及热能工程学科。

(2) 电能转换成机械能的动力机器 有三相异步电动机、直流电动机、交流电动机、伺服电动机、步进电动机等,它们将电能转换成机械能。这类动力机器的研究和设计主要知识为电磁理论和电气工程学科。

另外,作为将其他形态的能量转变为机械能的动力机器,也可以根据输入能量的形态不同来分类,即可分为一次动力机和二次动力机两种:一次动力机是指把自然界的能源转变为机械能的机器,如柴油机、汽轮机、汽油机、燃气轮机和水轮机等;二次动力机是指把二次能源(如电能、液压能、气压能)转变为机械能的机器,如电动机、液压马达和气动马达等。

在机电工程领域,原动机作为一种把其他形式的能量转化为机械能的机械装置,是机电系统的重要部件之一。故可以根据原动机输出的运动函数的数学性质不同,将其分为线性原动机和非线性原动机,即当原动机输出的位移(或转角)函数为时间的线性函数时,称为线性原动机,如交、直流电动机;当原动机输出的位移(或转角)函数为时间的非线性函数时,称为非线性原动机,如步进电机、伺服电机等。一般地,非线性原动机通过设计或选择适当的控制系统,可作为线性原动机使用,且具有优良的可控性。

而对于可以提供驱动力的弹簧力、重力、电磁力、记忆合金的热变形力一般不属于原动机的研究范畴。

2. 工作机器

工作机器指完成有用机械功的装置。即利用机械能来改变作业对象的性质、状态、形状或位置,或对作业对象进行检测、度量等,以进行生产或达到其他预定目的的装置。例如,金属切削机床、轧钢机、织布机、包装机、汽车、机车、飞机、起重机、输送机等都属于工作机器。

工作机器的种类繁多,是三种机器中类别最多的一种。这类机器往往按行业来分,有通用机械、重型机械、矿山机械、纺织机械、农业机械、轻工机械、印刷机械、包装机械等。按行业和用途类型来划分机器类别对生产和应用是有利的。

(1) 金属切削机床 如车床、铣床、刨床、磨床、钻床、镗床、加工中心等。它们主要的工作特点是实现工件和刀具的夹持和获得相对运动。按动能表面获得方法、使用刀具和实现运动方式可确定机床的类别和组成特点。

(2) 运输机械 如起重机、输送机、提升机、自动化立体仓库等。它们的工作特点是搬运物料、堆积货物。按物料类别和搬运要求可确定机器的类型。

(3) 纺织机械 如各种纺织机等。它们的工作特点是将纱线按要求进行纺纱、织布。按纺纱和织布的不同工作原理来确定机器。

(4) 包装机械 如糖果包装机、啤酒罐装机、软管充填封口机、制袋充填包装机等。它们的工作特点是将物料(包括固体、液体、气体)充入容器或用包装材料包容物料。由于物料形态不同,包装物的具体情况相差较大,执行动作构想和配合等不同原理方案是确定包装机械类型的基础。

工作机器的共性是利用原动机提供的动力和运动,其功能部件克服外载荷而作有用的机械功。即工作机器中必须包含有原动机,否则只能称为机构(机械装置)。因此,对于需要完成多种多样功能的工作机器的研究和设计,由于原动机的种类有限,不仅有功能部件与原动机的匹配的要求,还有运动精度、强度、刚度、安全性、可靠性等要求。

3. 信息机器

信息机器指完成信息的传递和变换的装置。其功能是进行文字、图像、数据等信息的传

递、变换、显示和记录。根据其工作原理的不同,具体的结构形式也多种多样,例如机械式钟表、机械式仪表、复印机、打印机、绘图机、照相机等。

信息机器实际也是一种工作机器,只不过其中的机械运动机构更精巧,并通过各种复杂的信息来控制功能部件的运动,以实现信息的转换和传递。最典型的如机械式钟表,以发条为原动机提供动力,利用一系列的齿轮机构和指针等功能部件的组合,实现时间信息的显示和传递。

因此,信息机器也可称为精密仪器,而作为具有多学科综合特征的仪器仪表,传统的机械式仪表一般可以纳入没有原动机的机构或精密机构,如机械式百分表;随着现阶段仪器学科的发展,各种自动化仪器已成为机电工程领域的重要基础之一,即包含原动机的信息机器,已将精密机械、传感技术、计算机控制技术、微电子技术等多种技术融为一体,成为具有机、电、光、算一体化特征的机器(产品)。例如,绘图机是通过接口接受计算机输出的信息,经过控制电路向X轴和Y轴两个方向的电动机发出绘图指令,由电动机驱动运动转换功能部件,实现滑臂和笔爪滑架的移动,逻辑电路控制绘图笔运动,在绘图纸上绘制所需图形。

1.1.1.2 机器的组成

机器的种类有很多,其用途和性能也差别很大,但从组成上看,机器是由两个以上广义构件以某种方式连接(机、电、液、磁、气)而成的机电装置。通过其中某些构件限定的相对运动,能将某种原动力和运动进行转变,转换机械能或作有用功,并在人或其他智能部件的操纵和控制下,实现为之设计的功能。

机器一般由动力机、传动机、工作机和控制机组成,主要构成如图1.1所示。对应各主要组成的基本功能分别如下。

(1) 动力机 是机器能量来源(故也称为原动机),它将各种能量转变为机械能。

(2) 传动机 按工作机要求,将原动机的运动和动力传递、转换或分配给工作机的中间装置(通常称为传动机构)。

(3) 工作机 直接实现机器特定功能、完成生产任务的工作执行部分(或称为执行机构)。

(4) 控制机 操纵和控制机器的起动、停车、运动形式和参数变更的装置。

(5) 基础支承和辅助部件 为保证机器正常工作、改善操作条件和延长使用寿命而设置的功能部件,如基础支承的机床床身,通过其支承和连接各功能部分,如冷却、润滑、计数及显示,照明、消声、除尘、互锁及安全保护等装置。

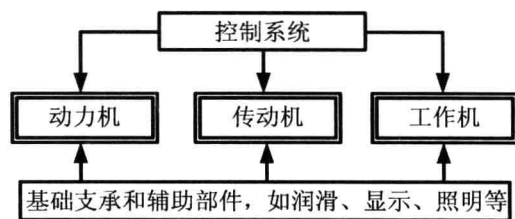


图 1.1 机器的组成框图

1.1.1.3 机电系统

随着科学技术的发展,以电能为代表的二次能源的应用受到了高度关注,作为二次动力机的各种类型的电动机也已取得了持续进步和广泛使用。同时,电子信息技术与产业机

器一体化趋势越来越明显,控制机的功能和作用也越发重要。现阶段,通常把由若干机构组合而成的传动机和工作机,以及包括原动机驱动和协调传动机构、执行机构动作的控制系统在内的现代机器称为机电系统。同时,随着知识学科和生产制造的专业化,现代机器可以分为完成运动功能的机械系统和协调运动功能的控制系统两个主要子功能来分别研究、设计和制造。

1. 机械系统

中国古代有“机械是能用力甚寡而见功多的器械”之说。德国人 Leopold 则有“机械或工具是一种人造的设备,用它来产生有利的运动;同时在不能用其他方法节省时间和力量的地方,它能做到节省”之意。即机械(machinery)是一种人为的实物构件(零、部件)的组合,各构件之间具有确定的相对运动,用来转换或利用机械能的一个整体。

对于产生确定机械运动的机器,不论是动力机器、工作机器还是信息机器,虽然它们的工作原理各不相同,但是,任何机器都必须进行有序的运动和动力传递,并最终实现能量的变换、完成特有功能的工作过程。有序运动和动力的传递以及合乎目的地作机械功,主要依靠机器的运动系统,也就是传动机和工作执行机构。即从结构和运动的观点来看,机械和机器均具有动力机、传动机、工作机三个基本要素。因此,可以从实现功能目标的角度,将包含有原动机、传动机构、工作执行机构的组合称为机械运动系统(或简称为机械系统)。

根据原动机、传动机构、执行机构的不同组合,机械系统的运动输出特性不同,其基本组成形式也将不同,如表 1.1 所示。

表 1.1 机械系统的基本组成形式

类型编号	原动机		传动机构		执行机构		机械系统输出运动	
	线性原动机	非线性原动机	线性机构	非线性机构	线性机构	非线性机构	简单运动	复杂运动
1	○		○		○		○	
2	○		○			○		○
3	○			○	○			○
4	○			○		○		○
5		○	○		○			○
6		○	○			○		○
7		○		○	○			○
8		○		○		○		○

表 1.1 中的类型 1 和类型 2 是最基本、最常见的机械系统。如电动卷扬机属类型 1,鄂式破碎机属类型 2。类型 5 在数控机床、机器人等自动机械中得到了较广泛的应用。其他类型则少见其应用。

机械运动系统可以是单一的工作执行机构,也可以是机械传动机构和工作执行机构的组合。如剥线钳、手摇钻、门窗启闭的杆件组合体等装置,虽然没有原动机的直接能量转换,一般称为“机构”,但是由于机构实际上是一种执行机械运动的装置,故通常也用于机械设计

的工作;而对于一些既有能量转换又作机械功的装置,则没有传动机构,而是由原动机直接驱动执行机构,如电风扇、电锤等机器都不需传动机构。图 1.2 为电锤工作原理示意图,其能量转换是通过线圈 1 和线圈 2 交替通电,实现锤头往复直线运动来作机械功的,也纳入机械系统设计的范畴。

实际工程应用中,具有传动机构的机械系统占大多数。图 1.3 所示的二级齿轮减速器,其原动机为异步电机,经一对带轮将动力和运动传至减速器的输入轴(轴 1),再由两对齿轮将运动和转矩输出(轴 3),从而拖动(驱动)其负载机。其传动机构为带传动副和齿轮副,输出为简单运动——回转运动。图 1.4 所示的油田抽油机为一个典型机械系统,它的原动机和传动机构就是图 1.3 所示的齿轮减速器,而连杆机构 $ABCDE$ 则互为工作执行机构,圆弧状驴头通过绳索带动抽油杆作往复移动。

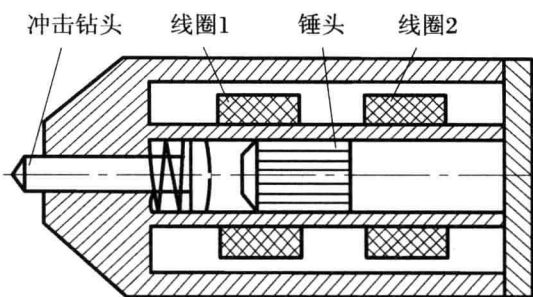


图 1.2 电锤机构图

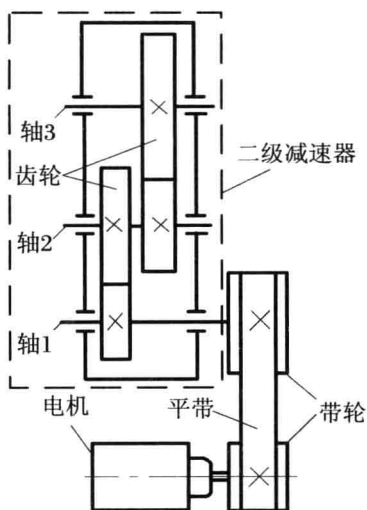


图 1.3 二级齿轮减速器机构简图

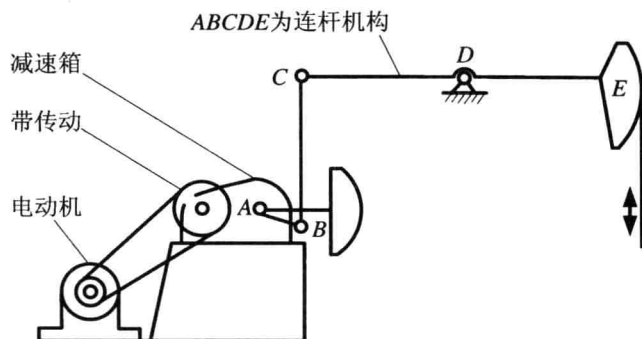


图 1.4 油田抽油机机构简图

现代产业机器中完成有用机械功主体装置的机械系统,其特点是机构的运动复杂多样,如工作机的执行部件的功能需求有:通过若干个指定位置的轨迹要求、函数关系要求、变速运动要求以及间歇运动和急回运动等要求;运转速度也受工作性质的限制,一般低于动力机,并常需按不同的工况作相应的变化;有时还有运动精度和动力学方面的要求。而作为能量转换主体的原动机的类型和输出运动形式有限,则不仅需要通过传动装置来将原动机产生的机械能传送给工作机(执行机构);同时,由于执行机构的需求不同,往往需要通过传动装置来满足工作机的转矩和运动转速(大小、方向、变化范围)的要求。因此,机械系统设计就是包含原动机、传动机和工作执行机的整体设计,是机器设计的主要任务,也是机电产品