



21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械设计基础

(第二版)

杨家军 张卫国 主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械设计基础

(第二版)

杨家军 张卫国 主编

杨家军 张卫国 冯丹凤 张 俐 编

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 提 要

“机械设计基础”是一门介绍机械设计的基本知识、基本理论和基本方法的重要技术基础课程。为适应能源、动力、交通、材料、自动控制、生物、信息工程、光电、环境、管理、建筑机械、石油、化工、土建、轻纺、食品工业等专业对现代机电产品中机构设计与选型及常用零部件设计与计算方面的要求,培养学生的创新意识和工程设计能力,本书按照机械设计的一般规律和思路,将设计的基本知识、基本理论和设计方法有机地融合,加强了工程设计能力的训练。通过理论与实践有机的联系,为学生提供了必要的机械设计基础知识。

本书可作为高等工科学学校非机械类各专业“机械设计基础”课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础(第二版)/杨家军,张卫国,主编. — 武汉:华中科技大学出版社,2013.12
ISBN 978-7-5609-9539-7

I. ①机… II. ①杨… ②张… III. ①机械设计-高等学校-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 299905 号

机械设计基础(第二版)

杨家军 张卫国 主编

策划编辑:万亚军

责任编辑:刘 飞

封面设计:范翠璇

责任校对:马燕红

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:仙桃市新华印务有限责任公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:25.5

字 数:675千字

版 次:2002年9月第1版 2014年1月第2版第9次印刷

定 价:39.80元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

21 世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业系列教材
编 审 委 员 会

顾问： 姚福生 黄文虎 张启先
 (工程院院士) (工程院院士) (工程院院士)

 谢友柏 宋玉泉 艾 兴
 (工程院院士) (科学院院士) (工程院院士)

 熊有伦
 (科学院院士)

主任： 杨叔子 周 济 李培根
 (科学院院士) (工程院院士) (工程院院士)

委员： (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王安麟	王连弟	王明智	毛志远
左武炘	卢文祥	朱承高	师汉民	刘太林
李 斌	杜彦良	杨家军	吴昌林	吴 波
吴宗泽	何玉林	何岭松	陈康宁	陈心昭
陈 明	陈定方	张春林	张福润	张 策
张健民	冷增祥	范华汉	周祖德	洪迈生
姜 楷	殷国富	宾鸿赞	黄纯颖	童秉枢
傅水根	傅祥志	廖效果	黎秋萍	戴 同

秘书： 刘 锦 徐正达 万亚军

21 世纪高等学校 机械设计制造及其自动化专业系列教材

总 序

“衷心藏之，何日忘之”，在新中国成立 60 周年之际，时隔“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”出版 9 年之后，再次为此系列教材写序时，《诗经》中的这两句诗又一次涌上心头，衷心感谢作者们的辛勤写作，感谢多年来读者对这套系列教材的支持与信任，感谢为这套系列教材出版与完善作过努力的所有朋友们。

追思世纪交替之际，华中科技大学出版社在众多院士和专家的支持与指导下，根据 1998 年教育部颁布的新的普通高等学校专业目录，紧密结合“机械类专业人才培养方案体系改革的研究与实践”和“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革研究与实践”两个重大教学改革成果，约请全国 20 多所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师，经多年辛勤劳动编写了“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”。这套系列教材共出版了 20 多本，涵盖了“机械设计制造及其自动化”专业的所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程，是一套改革力度比较大的教材，集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校在改革机械工程类人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

抚今这套系列教材出版发行 9 年来，已被全国数百所院校采用，受到了教师 and 学生的广泛欢迎。目前，已有 13 本列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材，多本获国家级、省部级奖励。其中的一些教材（如《机械控制基础》《机电传动控制》《机械制造技术基础》等）已成为同类教材的佼佼者。更难得的是，“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”也已成为一个著名的丛书品牌。9 年前为这套教材作序的时候，我希望这套教材能“加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作，对机械工程类专业人才培养质量的提高起到积极的促进作用”，现在看来，这一目标很好地达到了，让人倍感欣慰。

李白讲得十分正确：“人非尧舜，谁能尽善？”我始终认为，金无足赤，人无完人，文无完文，书无完书。尽管这套系列教材取得了可喜的成绩，但毫无疑问，这套书中，某本书中，这样或那样的错误、不妥、疏漏与不足，必然会存在。何况形势

总在不断发展,更需要进一步来完善,与时俱进,奋发前进。较之9年前,机械工科学科有了很大的变化和发展,为了满足当前机械工程类专业人才培养的需要,华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,对这套系列教材进行了全面修订,并在原基础上进一步拓展,在全国范围内约请了一大批知名专家,力争组织最好的作者队伍,有计划地更新和丰富“21世纪机械设计制造及其自动化专业系列教材”。此次修订可谓非常必要,十分及时,修订工作也极为认真。

“得时后代超前代,识路前贤励后贤。”这套系列教材能取得今天的成绩,是几代机械工程教育工作者和出版工作者共同努力的结果。我深信,对于这次计划进行修订的教材,编写者一定能在继承已出版教材优点的基础上,结合高等教育的深入推进与本门课程的教学发展形势,广泛听取使用者的意见与建议,将教材凝练为精品;对于这次新拓展的教材,编写者也一定能吸收和发展原教材的优点,结合自身的特色,写成高质量的教材,以适应“提高教育质量”这一要求。是的,我一贯认为我们的事业是集体的,我们深信由前贤、后贤一起一定能将我们的事业推向新的高度!

尽管这套系列教材正开始全面的修订,但真理不会穷尽,认识不是终结,进步没有止境。“嚶其鸣矣,求其友声”,我们衷心希望同行专家和读者继续不吝赐教,及时批评指正。

是为之序。

中国科学院院士

fan

2009.9.9

再版前言

“机械设计基础”是一门介绍机械设计的基本知识、基本理论和基本方法的重要技术基础课程。本书针对 21 世纪科学技术的发展,现代机电产品设计中具有创新精神人才的需要,为适应能源、动力、交通、材料、自动控制、生物、信息工程、光电、环境、管理、建筑机械、石油、化工、土建、轻纺、食品工业等专业对现代机械设计中机构设计与选型及常用零部件设计与计算方面的知识要求,培养学生的创新意识和工程设计能力,从提高学生的创新设计能力入手,加强工程设计和实践内容,注重设计技能的基本训练,由专业教育转向通识教育,拓宽学生的知识面,全面提高学生的综合素质。在教学体系与内容上进行系统改革,从整个机械系统着眼,着重培养学生的创新设计能力,不仅向学生介绍机械设计的基本原理与方法,还通过对工程实际中设计问题的剖析,提高学生的独立工作和解决实际问题的能力;在教学体系和教学内容上,注重激发学生的求知欲望,调动学习的积极性,开阔学生的思路,让学生了解更多、更新的机械设计理论和技术。在内容取舍上,注意先进性与实用性,以及知识面的广阔性;在内容编排上,遵从由浅入深的认识规律。采取突出重点、照顾知识面的原则,注意共性与特性的分析,将设计内容和设计方法有机地融合,加强了机构设计及结构设计的训练,从而使学生既能掌握本课程的核心内容,又有利于培养学生的创新意识和工程设计能力。同时,文字叙述上力求简明扼要、通俗易懂,以适应各专业学生对本课程学习的需要。

为了突出机械设计的一般规律,给学生以清晰的设计思路,而又不失本课程的教学特点,全书采用文字、图表及图文对照的形式。

参加本书编写的有:杨家军(绪论,第 4、5、7、15 章及 6-3、6-4 小节);冯丹凤(第 1、3 章);张俐(第 2 章及 6-1 小节);张卫国(第 8~14 章及 6-2 小节);其中由杨家军教授、张卫国教授担任主编。

在本书的编写过程中,华中科技大学机械学院机械设计系及 CAD 中心教师给予了热情鼓励与大力支持,并对本书提出了许多宝贵的意见和建议;在出版过程中,华中科技大学出版社的领导和编辑给予了很大支持与帮助,并付出了辛勤劳动。编者在此向他们表示诚挚的谢意!

为了方便教学,本书还配有免费电子课件,如有需要,可与华中科技大学出版社联系(电话:027-87544529;电子邮箱:171447782@qq.com)。

由于编者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,恳请各方面专家和广大读者批评指正。

编 者

2013 年 7 月



绪 论	(1)
0-1 机械系统	(1)
0-2 机械设计的一般过程	(5)
0-3 机械的组成	(8)
第 1 章 平面机构具有确定运动的条件	(13)
1-1 平面机构运动简图	(13)
1-2 平面机构具有确定运动的条件	(14)
第 2 章 平面连杆机构	(21)
2-1 平面四杆机构的基本形式、演变及应用	(21)
2-2 平面四杆机构设计中的共性问题	(26)
2-3 平面四杆机构的设计	(31)
2-4 连杆机构的结构设计	(40)
第 3 章 凸轮机构	(46)
3-1 凸轮机构的应用及分类	(46)
3-2 从动件常用运动规律	(51)
3-3 盘形凸轮机构基本尺寸的确定	(57)
3-4 盘形凸轮轮廓曲线的设计	(61)
3-5 凸轮机构的结构设计	(70)
第 4 章 齿轮机构	(78)
4-1 齿轮机构的类型与特点	(78)
4-2 齿廓啮合的基本定律及渐开线齿形	(79)
4-3 渐开线直齿圆柱齿轮机构的基本参数和尺寸计算	(81)
4-4 渐开线直齿圆柱齿轮机构的啮合传动	(84)
4-5 渐开线斜齿圆柱齿轮机构	(99)
4-6 直齿锥齿轮机构	(106)
4-7 其他齿轮机构简介	(110)
第 5 章 齿轮系及减速器	(116)
5-1 定轴齿轮系及其传动比	(116)
5-2 周转齿轮系及其传动比	(117)
5-3 复合齿轮系及其传动比	(120)

5-4	齿轮系的功用	(123)
5-5	新型的行星齿轮传动简介	(127)
5-6	减速器	(133)
第 6 章	其他机构	(139)
6-1	间歇运动机构	(139)
6-2	具有中间柔性构件的机构	(147)
6-3	广义机构	(168)
6-4	具有其他功能的机构	(175)
第 7 章	机械零件设计概论	(185)
7-1	机械零件的工作能力和计算准则	(185)
7-2	机械设计中常用材料的选用原则	(186)
7-3	许用应力和安全系数	(187)
7-4	机械零件的工艺性及标准化	(189)
第 8 章	齿轮传动	(191)
8-1	齿轮传动的失效形式及设计准则	(191)
8-2	齿轮材料及热处理	(193)
8-3	齿轮传动的精度	(195)
8-4	直齿圆柱齿轮传动的作用力及计算载荷	(196)
8-5	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(197)
8-6	齿轮传动的设计计算	(204)
8-7	斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	(207)
8-8	直齿锥齿轮传动的强度计算	(211)
8-9	齿轮结构设计及齿轮传动的润滑	(213)
第 9 章	蜗杆传动	(219)
9-1	蜗杆传动的类型	(219)
9-2	普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	(220)
9-3	蜗杆传动的失效形式、材料和结构	(225)
9-4	蜗杆传动的受力分析与承载能力计算	(226)
9-5	圆柱蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(230)
9-6	圆弧圆柱蜗杆传动	(236)
第 10 章	轴设计	(241)
10-1	概述	(241)
10-2	轴的结构设计	(244)
10-3	轴的强度计算	(248)
10-4	轴的刚度及临界转速简介	(250)
10-5	轴的设计方法及示例	(251)
第 11 章	轴承设计	(257)
11-1	滑动轴承的类型、结构及润滑	(257)
11-2	非液体摩擦滑动轴承的设计	(264)

11-3	液体摩擦滑动轴承的工作原理	(267)
11-4	滚动轴承的结构和类型	(270)
11-5	滚动轴承的寿命计算	(277)
11-6	滚动轴承的静强度计算	(283)
11-7	滚动轴承支承部件的组合设计	(285)
第 12 章	联轴器、离合器和制动器	(293)
12-1	联轴器	(293)
12-2	离合器	(299)
12-3	制动器	(304)
第 13 章	连接设计	(306)
13-1	螺纹连接和螺旋传动	(306)
13-2	键、花键连接和销连接	(333)
13-3	销连接	(338)
13-4	铆接、焊接、胶接简介	(339)
第 14 章	其他零部件设计	(346)
14-1	弹簧	(346)
14-2	精密机械零部件	(359)
第 15 章	机械设计综述	(375)
15-1	机械设计	(375)
15-2	机械设计示例	(386)
参考文献		(393)

0-1 机械系统

由若干机械装置组成的一个特定系统,称为机械系统。如图 0-1 所示的汽车和洗衣机都是由若干装置、部件和零件组成的、功能和构造各异的机械系统。它们是一个由确定的质量、刚度和阻尼的物体组成并能完成特定功能的系统。机械零件和构件是组成机械系统的基本要素,它们为完成一定的功能而相互联系并组成了各个子系统。

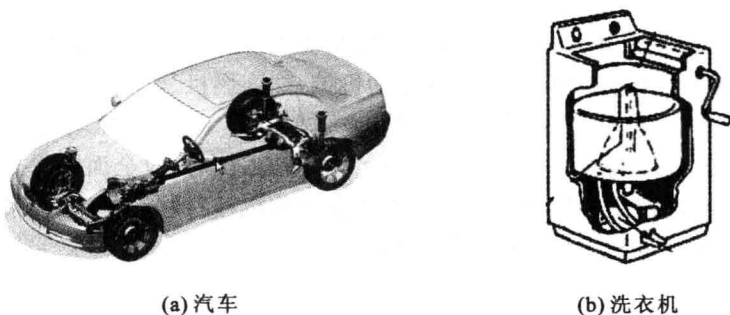


图 0-1 机械系统

0-1-1 机械系统的特性

1. 整体性

机械系统是由若干个子系统构成的统一体,虽然各子系统具有各自不同的性能,但它们在结合时必须服从整体功能的要求,相互间必须协调和适应。一个系统整体功能的实现,并不是某个子系统单独作用的结果,一个系统的好坏,最终体现在其整体功能上。因此,必须从全局出发,确定各子系统的性能和它们之间的联系,设计中并不要求所有子系统都具有完美的性能,即使某些子系统的性能并不完善,但如果能与其他相关子系统得到很好的协调,往往也可使整个系统具有满意的功能。

如图 0-1(a)所示汽车是不能分割的,即不能把一个系统分割成相互独立的子系统,因为机械系统的整体性反映在子系统之间的有机联系上,正是这种联系,才使各子系统组成一个整体,若失去了这种联系也就不存在整个系统。由于实际系统往往是很复杂的,为了研究的方便,可以根据需要把一个系统分解成若干个子系统。分解系统与分割系统是完全不同的,因为在分解系统时始终没有忘记它们之间的联系,分解后的子系统都不是独立的,它们之间的联系分别用相应子系统的输入与输出表示。

2. 相关性

汽车内部各子系统之间是有机联系的,它们之间相互作用、相互影响,形成了特定的关系。

如系统的输入与输出之间的关系、各子系统之间的层次联系、各子系统的性能与系统整体特定功能之间的联系等,都取决于各子系统在系统内部的相互作用和相互影响的有机联系。某一子系统性能的改变,将对整个系统的性能产生影响。

3. 目的性

系统的价值体现在其功能上,完成特定的功能是系统存在的目的。因此,系统应实现所要求的功能,排除或减少有害的干扰,如汽车要求安全、可靠、舒适、操纵方便。

4. 环境适应性

任何一个系统都存在于一定的物质环境中,外部环境的变化,会使系统的输入发生变化,甚至产生干扰,引起系统功能的变化。如汽车的越野性能与环境路况有关。

0-1-2 机械系统的组成

现代机械种类繁多,结构也越来越复杂。但从实现系统功能的角度看,主要由动力、传动、执行、操纵及控制等子系统组成。每个子系统又可根据需要往下分解为更小的子系统。

1. 动力系统

动力系统包括动力机及其配套装置,是机械系统工作的动力源。按能量转换性质的不同,有把自然界的能源(一次能源)转变为机械能的机械,如内燃机、汽轮机、水轮机等动力机;把二次能源(如电能、液能、气能等)转变为机械能的机械,如电动机、液压马达、气马达等动力机。动力机输出的运动通常为转动,而且转速较高。选择动力机时,应全面考虑执行系统的运动和工作载荷、机械系统的使用环境和工况以及工作载荷的机械特性等要求,使系统既有良好的动态性能,又有较好的经济性。如汽车的发动机。

2. 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。如汽车的底盘(传动系、变速器)。传动系统有下列主要功能。

(1)减速或增速 把动力机的速度降低或增高,以适应执行系统工作的需要。

(2)变速 当用动力机进行变速不经济、不可能或不能满足要求时,通过传动系统实行变速(有级或无级),以满足执行系统多种速度的要求。

(3)改变运动规律或形式 把动力机输出的均匀、连续、旋转的运动转变为按某种规律变化的旋转或非旋转、连续或间歇的运动,或改变运动方向,以满足执行系统的运动要求。

(4)传递动力 把动力机输出的动力传递给执行系统,供给执行系统完成预定任务所需的转矩或力。

如果动力机的工作性能完全符合执行系统工作的要求,传动系统也可省略,而将动力机与执行系统直接连接。

3. 执行系统

执行系统包括机械的执行机构和执行构件,它是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要求的装置。不同的功能要求,对运动和工作载荷的机械特性要求也不相同,因而各种机械的执行系统不同。执行系统通常处在机械系统的末端,直接与作业对象接触,是机械系统的主要输出系统。因此,执行系统工作性能的好坏,将直接影响整个系统的性能。执行系统除应满足强度、刚度、寿命等要求外,还应充分注意其运动精度和动力学特性等要求。如汽车的行驶系统(车架、车桥、悬架、车轮)。

4. 操纵系统和控制系统

操纵系统和控制系统都是为了使动力系统、传动系统、执行系统彼此协调运行,并准确地完成整机功能的装置。二者的主要区别是:操纵系统一般是指通过人工操作来实现启动、离合、制动、变速、换向等要求的装置;控制系统是指通过人工操作或测量元件获得的控制信号,经由控制器,使控制对象改变其工作参数或运行状态而实现上述要求的装置,如同服机构、自动控制装置等。良好的控制系统可以使机械处于最佳运行状态,提高其运行稳定性和可靠性,并有较好的经济性。如汽车中的转向系、制动系、电气设备。

0-1-3 现代机械的功能要求

现代机械产品的功能要求非常广泛,不同的机械因其工作要求、追求目标和使用环境的不同,其具体功能的要求也有很大差异。例如,起重机械是一种有间歇运动的机械,主要用于物品的装卸,其基本功能要求是起升重量、起升高度、起升速度、运行速度、生产率、作业范围及经济性,以及工作过程的安全性、可靠性、稳定性、操纵性、对周围环境的适应性等;而机床是工作母机,其主要的功能要求是加工精度等。

各种机械的功能要求大体上可归纳如下。

- (1)运动要求 如速度、加速度、转速,调速范围、行程、运动轨迹以及运动的精确性等。
- (2)动力要求 包括传递的功率、转矩、力和功效等。
- (3)体积和重量要求 如尺寸、重量、功率、重量比等。
- (4)可靠性和寿命要求 包括机械和零部件执行功能的可靠性、零部件的耐磨性和使用寿命等。
- (5)安全性要求 包括强度、刚度、热力学性能、摩擦学特性、振动稳定性、系统工作的安全性及操作人员的安全性等。
- (6)经济性要求 包括机械设计和制造的经济性、使用和维修的经济性等。
- (7)环境保护要求 如防噪、防振、防尘、防毒,“三废”(废气、废水、废渣)的治理,对人员和设备的安全性等。
- (8)产品造型要求 如外观、色彩与环境的协调性等。
- (9)其他要求 不同机械还可有一些特殊要求,如精密机械要求能长期保持其精度并有良好的防振性;经常搬动的机械要求安装、拆卸、运输方便;户外型机械要求良好的防护、防腐和密封;食品和药品加工机械要求不污染被加工产品;等等。

0-1-4 机电一体化系统

机电一体化系统是机械、电子、计算机和自动控制等技术有机结合的一门复合技术,是自动化领域中机械技术与电子技术有机结合而产生的新技术,是在信息论、控制论和系统论基础上建立起来的一门应用技术。

在工程技术和科学的发展过程中,自动化与自动控制技术起着极其重要的作用。它除了在宇宙飞船、导弹制导和飞机驾驶系统等领域中获得广泛应用外,在冶金、电力、化工、炼油等生产部门也起着重要的作用,目前它已成为现代机器制造业和电子化机械产品中十分重要而不可缺少的组成部分。

如图 0-2 所示的工业机器人,它由铰接臂机械手 1、计算机控制器 2、液压装置 3 和电力装置 4 组成。当机械手的大臂、小臂和手按指令有规律地运动时,手端夹持器(图中未示出)便将

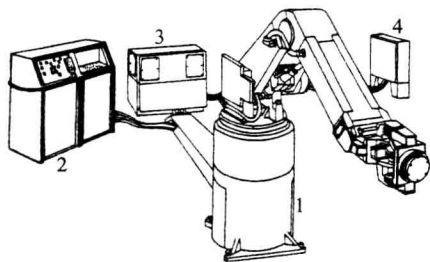


图 0-2 工业机器人

1—机械手;2—计算机控制器;

3—液压装置;4—电力装置

物料搬运到预定的位置,在这部机器中,机械手是传递运动和执行任务的装置,是机器的主体部分,电力装置和液压装置提供动力,计算机实施控制。

机电一体化产品是由若干具有特定功能的机械和电子要素组成的有机整体,具有满足人们使用要求的功能(目的功能)。根据不同的使用目的,要求系统能对输入的物质、能量和信息(即工业三大要素)进行某种处理,输出所需要的物质、能量和信息。

机电一体化系统由动力系统、驱动系统、机械系统、传感系统、控制系统五个要素组成。它们的功能相应为:提供动力、进行检测、主体结构、实现工艺动作和进行控制。机电一体化系统的优劣在很大程度上取决于控制系统的好坏。控制系统不仅与微电子技术及系统本身的结构有关,更与所采用的控制技术密切相关。控制技术的内容是十分丰富的。首先,从系统工程的研究入手,不拘泥于只研究机械技术或电子技术等各个独立的个体,而是要探讨那些能够使各功能要素构成最佳组合的柔性技术或一体化技术。有机地灵活运用现有的机械、电子及信息技术,采用系统工程的方法,使整个系统达到预期的最优目标,使系统能按照设计最优化、加工最优化、管理最优化的最佳方式运行,这就是控制技术的系统观点。其次,从控制论、信息论的观点出发,机电一体化控制技术还必须全面考虑各个子系统的设计技巧与可靠运行,以及各个相关技术的最佳组合与信号耦合。一般来说,这些控制技术主要包括接口技术、传感检测技术、伺服驱动技术,以及监控与诊断技术等。

1. 机械主体

机械主体部分包括机械传动装置和机械结构部件。为了充分发挥机电一体化的优点,必须使机械主体部分达到高精度、轻量化和高可靠性。机械主体部分的高精度可以有利于机电一体化系统功能的高准确度,运动部件的轻量化,不但可使驱动系统小型化,减小所需动力,同时也可以改善控制系统的响应特性,提高灵敏度。

2. 传感器

传感器的作用是将系统中控制对象的有关状态参数,如力、位移、速度、温度、气味、颜色、流量等,转换成可测信号或变换成相应的控制信号,为有效地控制机电一体化系统的动作提供信息。传感器的种类繁多,在机械中常用的有位移传感器、加速度传感器、压力传感器、温度传感器、流量传感器、频率传感器等。对传感器的主要评价指标有可靠性、灵敏度、分辨率和微型化水平等。

传感检测技术是机电一体化的关键技术。如何从待测对象上获取能反映待测对象特征与状态的信号取决于传感器技术,而能否有效地利用这些信号所携带的丰富信息则取决于检测技术。在实际的机电一体化系统中,前者比后者更为重要。以前,传感器技术是作为测量工程的一个组成部分而加以研究的。随着机电一体化技术的发展,传感器技术成为使机电一体化设备或产品向柔性化、功能化和智能化方向发展的重要基础技术。就传感器的研究来说,为了满足信息检测和动态测试的要求,不仅要求传感器具有良好的静特性,而且还希望具有优异的动特性。为此,在机电一体化系统中,必须充分了解被测对象的状态、测试工艺及装配方法,并要考虑后续电路的原理和方案,以便解决目前机电一体化系统中的所谓“头脑发达,五官迟钝”的被动局面。

3. 信息处理

信息处理部分的作用是实现各种形式的信息变换、过程连接和数据采集等。信息处理部分包括微型计算机、输入设备、输出设备、外存储器、可编程控制器和接口等。对于信息处理部分,主要要求是提高处理速度,提高可靠性和推行标准化等。

4. 驱动装置

驱动装置包括动力源和执行元件。其作用是为执行机构提供必要的运动和动力,并能接受电子控制装置的指令,进行自身的开、停、换向和变速等运动变换。现在驱动装置主要采用各种电动机,也有采用气马达、液压马达。目前研制成具有编码器和减速器一体的电动机,适应了数字控制的要求。对于驱动装置的主要要求是惯性小、动力大、体积小、质量轻、精度和可靠性高、便于维修与安装、能用计算机控制等。

5. 执行机构与执行元件

执行机构的驱动装置接受控制器的指令,通过传动机构驱动执行机构实现某种特定的工艺动作。执行机构一般是各种连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、组合机构等,也有采用步进电动机等进行直接步进运动。对执行机构的基本要求是能实现所需运动,并具有一定的精度和灵敏度,传递必要的动力,保证系统具有良好的动态品质,减小惯性、提高传动刚度,减小摩擦和传动间隙等。

任何一种机电一体化产品都需要产生执行构件运动或动作的执行元件,例如数控机床的主轴转动、工作台的进给运动及工业机器人手臂的上下回转和伸缩运动所用驱动器就是执行元件。执行元件是处于执行机构与电子装置的节点部位的能量转换装置,它能在电子装置控制下,将输入的各种形式的能量转换成为动作需要的机械能。

0-2 机械设计的一般过程

设计是人类改造自然的基本活动之一,设计是复杂的思维过程,设计过程蕴涵着创新和发明。设计的目的是将预定的目标,经过一系列规划与分析决策,产生一定的信息(如文字、数据、图形等)而形成设计,并通过制造,使设计成为产品,造福人类。机械设计的最终目的是为市场提供优质高效、价廉物美的机械产品,在市场竞争中取得优势、赢得用户,并取得较好的经济效益。

0-2-1 设计内容

设计有开发性设计:在工作原理、结构等完全未知的情况下,应用成熟的科学技术或经过实验证明是可行的新技术,设计以往没有过的新型机械。这是一种完全创新的设计。适应性设计:在原理方案基本保持不变的前提下,对产品作局部的变更或设计一个新部件,使机械产品在质和量方面更能满足使用要求。变型设计:在工作原理和功能结构都不变的情况下,变更现有产品的结构配置和尺寸,使之适应于更多的容量要求。这里的容量含义很广,如功率、转矩,加工对象的尺寸,传动比范围等。在机械产品设计中,开发性设计十分重要。即使是进行适应性设计和变型设计,也应在“创新”上下工夫。“创新”可以使开发性设计、适应性设计和变型设计别具一格,从而提高产品的工作性能。

机械设计主要包括以下内容。

1. 系统功能设计

一项产品的推出总是以社会需求为前提,或为满足社会生产活动的需要,或为满足人们生活的需要,没有需求就没有市场,也就失去了产品存在的价值和依据。所谓需求,就是对功能的需求。

根据价值工程原理,产品的价值常用产品的总功能与成本之比值来衡量。为了提高产品的价值,一般可以采取增加功能,成本不变;功能不变,降低成本;增加一些成本,以换取更多的功能;降低一些功能,以使成本较大幅度地降低;增加功能,降低成本等措施。显然,增加功能,降低成本的措施是较理想的,但也是最困难的,通常,随着功能的增加,产品的成本也会随之上升。

2. 可靠性设计

可靠性是衡量系统质量的一个重要指标。所谓可靠性,是指系统在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。规定功能的丧失称为失效,对于可修复的系统,其失效也称故障。可靠性技术是研究系统发生故障或失效的原因及预防措施的一门技术。

机械系统工作时,由于各种原因难免发生故障或失效,在研究和设计阶段对可能发生的故障或失效进行预测和分析,掌握其原因,并采取相应的预防措施,则系统的失效率将会减小,可靠性也随之提高。实践表明,机械系统的可靠性是由设计决定的,而制造、管理等其他阶段的工作只是起保证作用。如果设计时考虑不当,不能保证零部件具有必要的可靠性,则无论制造得多么好,维护得多么细心,都无法弥补设计中的缺陷。

机械设计是指规划和设计实现预期功能的新机械或改进原有机器的性能。设计机械应满足的基本要求是:在满足预期功能的前提下,性能好、效率高、成本低,在预定使用期限内安全可靠。操作方便、维修简单和造型美观等。

在明确设计要求之后,机械设计包括以下主要内容:确定机械的工作原理,选择合宜的机构;拟订设计方案;进行运动分析和动力分析,计算作用在各构件上的载荷;进行零部件工作能力计算、总体设计和结构设计。一部机器的诞生,从感到某种需要、萌生设计念头、明确设计要求开始,经过设计、制造、鉴定到产品定型,是一个复杂细致的过程。

0-2-2 设计过程

1. 产品规划

对产品开发中的重大问题要进行技术、经济、社会各方面条件的详细分析,对开发可能性进行综合研究,提出可行性报告,其内容主要有:

- (1)产品开发的必要性,市场需求预测;
- (2)有关产品的国内外水平和发展趋势;
- (3)预期达到的最低目标和最高目标,包括设计水平,技术、经济、社会效益;
- (4)提出设计、工艺等方面需要解决的关键问题;
- (5)现有条件下开发的可能性及准备采取的措施;
- (6)预算投资费用及项目的进度、期限。

2. 方案设计

需求是以产品的功能来体现的,功能与产品的设计关系是因果关系,但又不是一一对应的。体现同一功能的产品可以有多种多样的工作原理。因此,方案设计就是在功能分析的基础上,通过创新构思、搜索探求、优化筛选取得较理想的工作原理方案。

对于机械产品来说,机械系统方案设计的主要内容如下。

(1)根据产品的要求,在功能分析和工作原理确定的基础上进行工艺动作构思和工艺动作分解,确定执行构件所要完成的运动。

(2)采用机构选型、组合的方法,初步拟订各执行构件动作相互协调配合的运动循环图,进行机械运动方案的设计(即机构系统的型综合和数综合)。

3. 总体设计与详细设计

将机械的构型构思和机械系统运动方案简图具体转化为机器及其零部件的合理结构,也就是要完成机械产品的总体设计、部件和零件设计,完成全部生产图样并编制设计说明书等有关技术文件。

总体设计必须要有全局观念,不仅要考虑机械本身的内部因素,还应满足总功能、人机工程、造型美学、包装和运输等各种外部因素,按照简单、合理、经济的原则妥善地确定机械中各零部件之间的相对位置和运动关系。总体布置时一般总是先布置执行系统,然后再布置传动系统、操纵系统及支承形式等,通常都是从粗到细,从简到繁,需要反复多次才能确定。

详细设计时要求零件、部件设计满足机械的功能要求,零件的结构形状要便于加工制造,常用零件尽可能标准化、通用化、系列化。结构设计时一般先由总装草图拆成部件、零件草图,经审核无误后,再由零件工作图、部件图绘制出总装图,然后进行机械的动力设计,确定作用在机械系统各构件上的载荷,并进行机械的功率和能量计算。机械动力设计的内容包括根据功能关系,建立系统运动方程式,求解真实运动、速度波动的调节和机械的平衡等。最后还要编制技术文件,如设计说明书,标准件、外购件明细表,备件、专用工具明细表等。

4. 改进设计

根据样机性能测试数据、用户使用以及在鉴定中所暴露的各种问题,进一步作出相应的技术完善工作,以确保产品的设计质量。这一阶段是设计过程不可分割的一部分,通过这一阶段的工作,可以进一步提高产品的性能、可靠性和经济性,使产品更具生命力。

以上设计过程的各个阶段是相互联系、相互依赖的,有时还要反复进行。经过不断修改与完善,才能获得较好的设计。

0-2-3 机械设计基础课程的性质、任务与内容

1. 课程的性质与任务

人类通过长期生产实践创造了机器,并使其不断发展形成当今多种多样的类型。在现代生产和日常生活中,机械存在于人类活动的各个领域。虽然,机械科学是一门古老的学科,但至今仍然是创造人类文明的重要组成部分,机器已成为代替或减轻人类劳动、提高劳动生产率的主要手段。它的发展程度标志着一个国家的整体科技水平,也是当今科技高速发展的基础。

随着机械化生产规模的日益扩大,除机械制造部门外,在动力、采矿、冶金、石油、化工、土建、轻纺、食品工业等各部门工作的工程技术人员,将会经常接触到各种类型的通用和专用机械,他们应当对机械具备一定的基础知识。因此机械设计基础如同工程制图、电工学一样,是高等学校工科有关专业一门重要的技术基础课。

机械设计基础课程是一门介绍机械产品中常用机构和零部件设计的基本知识、基本理论和基本方法的技术基础课,是学习许多后续课程和从事机械设备设计的基础,是一门实践性很强的应用型课程,善于观察、勤于思考和勇于实践是学好本门课程的关键和要领。学习中,要注意抓住各部分内容的特性以及它们之间的共性,从而可收到举一反三的效果并播下创造、发明的种子。