



普通高等教育“十二五”规划教材

普通高等院校工程训练系列规划教材

机械工程 实践教程

王浩程 主 编



普通高等教育“十二五”规划教材

普通高等院校工程训练系列规划教材

机械工 程 实 践 教 程

王浩程 主 编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书立足于机械工程实践知识体系的完整,适应经济社会的发展对工程技术人才的要求,着眼于培养学生综合的工程素质和能力。全书共7章,主要内容包括工程设计基础知识、工程材料基础知识、金属成形工艺方法、传统切削加工工艺方法、先进制造技术理论及实践、工程管理基础知识、工程创新基础知识等内容。每章后附有思考练习题,以满足教学需要。

本书可作为工科专业工程实践课程教材,也可供企业技术和管理人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械工程实践教程/王浩程主编.--北京:清华大学出版社,2011.7

(普通高等院校工程训练系列规划教材)

ISBN 978-7-302-25430-0

I. ①机… II. ①王… III. ①机械工程—高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 077175 号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:12.25 字 数:295千字

版 次:2011年7月第1版 印 次:2011年7月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:22.00元

产品编号:038428-01



改革开放以来,我国贯彻科教兴国、可持续发展的伟大战略,坚持科学发展观,国家的科技实力、经济实力和国际影响力大为增强。如今,中国已经发展成为世界制造大国,国际市场上已经离不开物美价廉的中国产品。然而,我国要从制造大国向制造强国和创新强国过渡,要使我国的产品在国际市场上赢得更高的声誉,必须尽快提高产品质量的竞争力和知识产权的竞争力。清华大学出版社和本编审委员会联合推出的“普通高等院校工程训练系列规划教材”,就是希望通过工程训练这一培养本科生的重要环节,依靠作者们根据当前的科技水平和社会需求所精心策划和编写的系列教材,培养出更多视野宽、基础厚、素质高、能力强和富于创造性的人才。

我们知道,大学、大专和高职高专都设有各种各样的实验室。其目的是通过这些教学实验,使学生不仅能比较深入地掌握书本上的理论知识,而且能更好地掌握实验仪器的操作方法,领悟实验中所蕴涵的科学方法。但由于教学实验与工程训练存在较大的差别,因此,如果我们的大学生不经过工程训练这样一个重要的实践教学环节,当毕业后步入社会时,就有可能感到难以适应。

对于工程训练,我们认为这是一种与社会、企业及工程技术的接口式训练。在工程训练的整个过程中,学生所使用的各种仪器设备都来自社会企业的产品,有的还是现代企业正在使用的主流产品。这样,学生一旦步入社会,步入工作岗位,就会发现他们在学校所进行的工程训练与社会企业的需求具有很好的一致性。另外,凡是接受过工程训练的学生,不仅为学习其他相关的技术基础课程和专业课程打下了基础,而且同时具有一定的工程技术素养。这样就为他们进入社会与企业,更好地融入新的工作群体,展示与发挥自己的才能创造了有利的条件。

近10年来,国家和高校对工程实践教育给予了高度重视,我国的理工科院校普遍建立了工程训练中心,拥有前所未有的、极为丰厚的教学资源,同时面向大量的本科学生群体。这些宝贵的实践教学资源,像数控加工、特种加工、先进的材料成形、表面贴装、数字化制造等硬件和软件基础设施,与国家的企业发展及工程技术发展密切相关。而这些涉及多学科领域的教学基础设施,又可以通过教师和工程技术人员的创造性劳动,转化和衍生出我国社会与企业所迫切需求的课程与教材,使国家投入的宝贵资源发挥其应

有的教育教学功能。

为此,本系列教材的编审,将贯彻下列基本原则:

(1) 努力贯彻教育部和财政部有关“质量工程”的文件精神,注重课程改革与教材改革配套进行。

(2) 要求符合教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组所制定的课程教学基本要求。

(3) 在整体将注意力投向先进制造技术的同时,要力求把握好常规制造技术与先进制造技术的关联,把握好制造基础知识的取舍。

(4) 先进的工艺技术是发展我国制造业的关键技术之一。因此,在教材的内涵方面,要着力体现工艺设备、工艺方法、工艺创新、工艺管理和工艺教育的有机结合。

(5) 有助于培养学生独立获取知识的能力,有利于增强学生的工程实践能力和创新思维能力。

(6) 融会实践教学改革的最新成果,体现出知识的基础性和实用性,以及工程训练和创新实践的可操作性。

(7) 慎重选择主编和主审,慎重选择教材内涵,严格遵循国家技术标准。

(8) 注重各章节间的内部逻辑联系,力求做到文字简练,图文并茂,便于自学。

本系列教材的编写和出版,是我国高等教育课程和教材改革中的一种尝试,一定会存在许多不足之处。希望全国同行和广大读者不断提出宝贵意见,使我们编写出的教材更好地为教育教学改革服务,更好地为培养高质量的人才服务。

普通高等院校工程训练系列规划教材编审委员会

主任委员:傅水根

2008年2月于清华园



工程教育关系到社会的进步和国家经济的发展。目前我国工程教育领域存在很多问题,如以学生能力培养为导向的现代工程教育理念亟待更新;技术与技能培养的定位模糊;学生培养过程中实践环节的实效性差;实验室、实训车间先进的软硬件建设相对滞后等。工程教育的根本目标是培养适应现代工程技术发展需要的工程师,其改革应着眼于大学生创新思维能力和工程实践能力的培养。目前国际倡导的 CDIO 工程教育模式中,“做中学”已成为被广泛接受的工程教育改革理念和卓越工程技术人才培养的教学方法论。面向工程实际,加强能力锻炼,是当代国际高等工程教育实践教学改革的共同趋势。

工程实践教学是高等工科院校培养和提高学生工程综合实践能力的重要环节。工程实践教学的过程是在特定的工程实践环境中对学生进行综合的工程设计、制造、管理、创新等环节的全面工程技术训练。随着现代设计与制造技术、信息技术、自动化技术、现代管理技术等与现代工程的相互交融、渗透,工程实践教学的内涵不断深化,教学内容不断拓展。目前在工程实践教学存在着设计与工艺严重脱节、应试性的计划教学痕迹过重、亟待建立创新性工程实践教学模式、工程素质培养界定不清等突出问题。面对这些问题,工程实践教学改革必须贯彻以学生为本,知识、能力、素质协调发展,学习、实践、创新相互促进的实践教学理念,探索和构建新的工程实践教学课程体系,深化教学方法改革。

基于上述背景和要求,我们组织编写了《机械工程实践教学》。与传统的金工实习教材相比,本教材具有以下特点:

(1) 增加了工程设计实践教学的内容,旨在强调工程实践中设计与加工制造具有同等的重要性,培养学生设计与工艺相互融合的工程意识。

(2) 增加了工程管理实践教学内容,与设计、材料和工艺内容相呼应,使学生认识到工程实践不单纯是常规制造技术基础训练,应在掌握技术技能的同时,了解企业管理的基本内容,对技术、质量、营销和财务的管理知识有基本把握。

(3) 增加了工程创新教育实践教学内容,针对学生受传统应试教育思维束缚严重的现状,以机电综合创新作品为实例,从创造性思维和技术创新方法论两个角度训练学生的思维创新能力与创新精神。

(4) 传统工程实践教学内容力求简洁,适应工科学生的认知实习,期望能够结合实际操作,起到提纲挈领的作用。

(5) 突出实用性和“做中学”的教学理念。以自行研制的教学设备和科研生产实例为教学内容,目的是将教师的启发、引导与学生的主动体验、积极探究有机结合起来,在训练基本工程实践能力的过程中培养学生的学习兴趣、创新精神与实践能力。

全书由王浩程主编,各章具体编写分工为:第1章王浩程,第2、3章贾文军,第4章蔡军,第5章刘健,第6章孙永利,第7章周风帆。王浩程负责全书的策划、组织和统稿工作,张彦春对全书图形的绘制、整理做了大量工作。

尽管主观上做了很大努力,但由于水平有限,书中难免有不足甚至错误,恳请广大读者批评指正。

编者

2011年4月

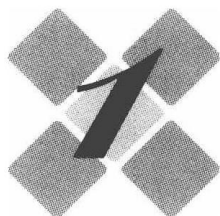


1 工程设计实践	1
1.1 工程设计概述	1
1.1.1 机械工程设计	1
1.1.2 设计、制造和工艺的关系	4
1.1.3 机电一体化系统设计概述	5
1.2 工程设计实例分析	6
1.2.1 设计任务	7
1.2.2 机械结构设计	7
1.2.3 电机驱动及控制设计	9
1.2.4 工艺设计	10
1.3 工程设计软件基础知识	11
1.3.1 常用软件介绍	11
1.3.2 SolidWorks 2008 软件基本功能	13
思考练习题	19
2 工程材料实践	21
2.1 工程材料基础知识	21
2.1.1 工程材料的分类和应用	21
2.1.2 金属材料的组织	26
2.1.3 金属材料的性能	28
2.2 金属材料改性实例	31
2.2.1 金属材料的改性方法	31
2.2.2 典型机械零部件的热处理工艺	34
2.2.3 汽车半轴零件的材料和热处理工艺	35
2.2.4 机床齿轮零件的材料和热处理工艺	36
思考练习题	36
3 金属成形工艺实践	38
3.1 金属液态成形	38
3.1.1 实例分析	38

3.1.2	砂型铸造基础知识	39
3.1.3	特种铸造方法	42
3.2	金属固态成形	43
3.2.1	实例分析	43
3.2.2	金属固态成型的主要方法概述	45
3.3	金属连接工艺	52
3.3.1	实例分析	52
3.3.2	常用焊接方法	54
	思考练习题	58
4	传统切削加工实践	59
4.1	实例分析	59
4.1.1	轴类零件	59
4.1.2	盘类零件	62
4.2	机械加工工艺流程概述	67
4.3	切削加工工艺方法及应用范围	67
4.3.1	车削加工	68
4.3.2	铣削加工	74
4.3.3	刨削加工	77
4.3.4	磨削加工	79
4.3.5	钳工工艺	82
4.3.6	典型表面加工方案	84
4.4	切削加工技术经济分析	85
4.4.1	切削加工主要技术经济指标	85
4.4.2	产品加工材料的选用原则	86
4.4.3	切削用量的合理选择	87
4.4.4	材料切削加工性的选择	87
4.4.5	切削加工经济精度	88
	思考练习题	89
5	先进制造技术实践	91
5.1	数控加工实践	91
5.1.1	数控原理基础知识	91
5.1.2	数控车削原理及实例分析	104
5.1.3	数控铣削原理及实例分析	112
5.2	特种加工实践	125
5.2.1	电火花成形加工原理及实例分析	125
5.2.2	电火花线切割加工原理及实例分析	130
	思考练习题	136

6 工程管理实践	138
6.1 产品技术管理基础知识	138
6.1.1 技术管理的内涵	138
6.1.2 工艺技术管理	140
6.2 产品质量管理基础知识	142
6.2.1 质量管理的内涵	143
6.2.2 质量控制方案	145
6.2.3 设备管理	148
6.3 财务管理基础知识	149
6.3.1 财务管理	149
6.3.2 成本管理	152
6.3.3 利润管理	154
6.4 市场营销基础知识	155
6.4.1 市场营销的内涵	155
6.4.2 市场营销组合策略	159
思考练习题	164
7 工程创新教育实践	165
7.1 创造性思维概论	165
7.1.1 思维的结构	166
7.1.2 创造性思维的形式	167
7.1.3 创造性思维的方向	168
7.1.4 创造性思维的特征	170
7.2 技术创新方法概论	171
7.2.1 传统创新方法	171
7.2.2 TRIZ 理论	173
7.3 机电综合创新实例分析	180
7.3.1 作品创新总体设计方案	180
7.3.2 作品技术方案	182
思考练习题	183
参考文献	185

工程设计实践



学习目的

- 了解工程设计的概念和一般过程
- 结合实例加深对工程设计过程的认识
- 了解当前常用的工程设计软件及其优劣性
- 能够根据实际情况选择合适软件进行工程设计

1.1 工程设计概述

工程设计是设计者在工程领域为满足人们对产品功能的需求,运用基础及专业知识、实践经验、系统工程等方法进行构思、计算和分析,最终以技术文件的形式提供产品制造依据的全过程活动。工程设计是形成产品的第一步工作。产品的质量和效益取决于设计、制造及管理的综合运用,这中间设计工作非常重要,没有高质量的设计就没有高质量的产品。狭义的设计通常指产品从概念到绘出图纸或建出模型的过程。从广义上讲,设计的概念和内容非常广泛,如材料选择、机构分析、运动和动力分析、强度校核、建模仿真、优化分析等。在实际设计中,往往根据产品的功能、结构及使用场合来选取设计的具体内容。

由许多机器、装置、监控仪器等组成的大型工程系统或由零件、部件等组成的机器(或机器中的局部)都可以看成是一个机械系统或者称为一个机械工程项目。机械工程设计可以是应用新的原理或新的概念,开发创造新的机器,也可以是在已有机器的基础上,重新设计或作局部的改造,即工程设计的任务是围绕着开发新产品或改造老产品而进行的,工程设计的最终目的是提供满足人们功能及外观需求、优质高效、价廉物美,并具有市场竞争力的产品。

1.1.1 机械工程设计

机械工程设计涉及技术、经济等许多领域,尤其随着现代制造技术及计算机科学与技术迅速发展,使机械工程设计的方法和手段更加现代化。从总体来讲,现代机械工程设计应具有社会性、系统性、创造性、宜人性和最优性、数字化及绿色环保化等。当然,“现代机械工程设计”与“传统机械工程设计”只是相对而言。

传统机械工程设计流程如图 1-1 所示,其设计流程往往根据任务和目标,先做出第一方案,甚至造出样机,然后通过评定与考核,进行修改,形成第二方案,如此反复,直到满意为

止。各分系统设计之间缺乏协调,在设计过程中无法对整个系统给出准确的描述,整个系统的性能只能靠实验来检验,缺乏有效的改进系统性能的技术手段,存在重复设计、工作效率低、产品开发周期长、开发费用高的缺点。

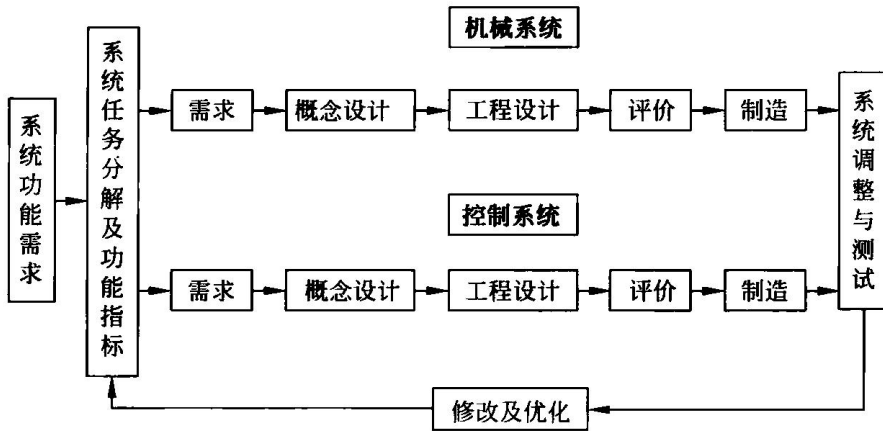


图 1-1 传统机械工程设计流程

现代机械工程设计流程如图 1-2 所示,在设计中可运用虚拟样机、快速成形、模拟仿真等技术,在样机制造之前就可以预测样机的性能,应用机、电、液、气等不同工程领域的知识,协调设计,共享数据,更完整透彻地理解系统模型,对不能用实验进行校验的场合进行仿真。由此可见,现代机械工程设计可显著降低设计成本,减少设计实验周期。

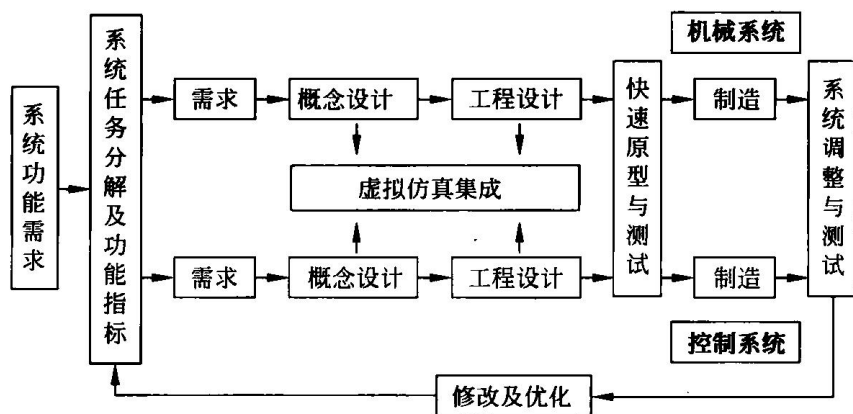


图 1-2 现代机械工程设计流程

传统机械工程设计建立在手工操作基础上,人脑的思维进度很大程度上制约着设计操作过程,许多原来始发于人脑的三维构思在传统机械工程设计中必须用抽象的二维图形加以表达。而代表现代机械工程设计的 CAD 技术很好地解决了这些问题,人们利用计算机可以很快获得进一步思维所必需的理论计算结果和信息。大量的绘图工作由计算机完成,屏幕上的三维图形可以直接实现人脑中的构思。在传统机械工程设计中,机器的动态效果只能通过抽象的运动学、动力学数据加以反映,且这些数据的精确性较低,而现代的虚拟样机技术能对未来机器的运转状态精准清晰地加以描述。

现代机械工程设计通常分为结构设计和工艺设计两部分。

1. 结构设计

结构设计是机械产品生产的第一道工序,也是决定机械产品质量的关键工序,一台机器的质量很大程度上决定于其设计质量。结构设计是一种创造性工作,从狭义的设计过程来看,结构设计一般分为提出设计任务、本体设计和编制技术文件三个阶段。

1) 提出设计任务、拟定计划

(1) 任务书的酝酿。设计任务通常是根椐生产需要提出或经市场调查发现某种机器有较大需求时酝酿提出的。

(2) 任务书的内容。完整的任务书应包括机器的用途、主要性能参数范围、环境条件及有关特殊要求、生产批量、预期的成本范围以及设计周期等。

(3) 拟定计划。接到任务书后,应组织有关人员就设计任务书提出的各项要求进行全面分析和调查,深入理解设计任务的经济价值、技术要求、重点难点、攻关方向、完成任务的主要途径和关键技术等。

2) 本体设计

本体设计包括总体设计、装配设计和零件设计三个阶段,这是具体进行机械设计的主要工作。

(1) 总体设计阶段。即从机器的工作原理到机构运动简图的阶段,也称设计方案拟定阶段。其具体任务是选择机器的工作原理,本着简单、实用、经济、美观等原则,绘制实现预期使用功能的机器机构运动简图。为此,要进行多种运动方案的比较及初步的承载动力分析,然后进行具体机构的原理设计,这里要求把机器各部分之间的运动关系、动力关系以及各机构主要零件在机器中的大体位置,用特定符号在图纸上标明,形成机器的机构运动简图。

(2) 装配设计阶段。即从机器的运动简图到装配图的阶段。装配设计阶段的具体任务是将运动简图中的符号变成具体的零件、部件。要考虑并确定各零部件的相对位置及连接方法,主要零件的具体形状、关键尺寸、材料、工艺、安装等一系列问题,进行必要的计算、类比和选择,有时还要做认定实验。要根据机器运动的具体情况,如运动动力特性、工作阻力、工作速度以及传动效率等,初步选择原动机;根据工作阻力或原动机的主要参数,计算出各主要零件的关键尺寸并选定材料;一些直接影响机器的性能、精度、寿命或特殊的关键部位,还应考虑选定合适的配合。在综合考虑以上问题后,绘出装配图,形成本阶段的设计成果。

(3) 零件设计阶段。此阶段就是从装配图拆出零件图,具体任务是把零件的全部尺寸、结构要素及加工技术要求等参数按机械绘图标准详细地表达出来。应该从总体要求出发,综合考虑零件的使用性能、工艺性能以及质量、体积、寿命、成本限制等因素,确定零件的材料、尺寸、结构要素(如圆角半径、倒角尺寸等)、制造精度(如尺寸公差、表面粗糙度等)以及技术条件(如硬度、表面防护、加工缺陷限制等)。完整的零件图体现出本阶段的设计成果。

本体设计完成后,提供了机器的运动简图、装配图和零件图,从原理上、结构上和工艺上为一台机器的制造准备了初步条件。应该注意,本体设计的三个阶段是密切联系的,前一阶段的工作为后一阶段提供了依据,三个阶段进行过程中,如果后一阶段经深入探讨确定的东西一旦超出前一阶段的限制,就会要求前一阶段的设计成果作适当修改。因此,本体设计的

三个阶段必然互相牵连、互相影响、互相交叉地反复进行。

3) 编制技术文件

技术文件的种类很多,通常有机器的设计计算说明书、产品使用说明书、标准件明细表、外购件明细表、主要零件检验项目及产品验收技术标准等。

2. 工艺设计

机械设计完成后,工艺设计所要解决的基本问题,就是如何用最小的加工成本生产出符合设计质量要求的产品。由于同一种产品或零件的生产通常可以用几种不同的工艺方案来完成,而不同的工艺方案所取得的经济效益和消耗的成本是不同的,因此,工艺设计过程就是要从众多的工艺方案中选出既符合技术标准要求,又具有较好技术经济效果的最佳工艺方案。

为了获得最佳工艺方案,工艺设计人员必须根据产品或零部件的结构特点、技术要求、生产类型及企业生产技术条件等诸多因素,应用各种加工方法结构工艺性的知识,对各工艺方案逐一进行充分的技术、经济分析后,从中选择一种比较适合的工艺方案;然后,对组成机械产品的所有零部件分别进行零件毛坯制造工艺设计、热处理工艺设计、零件机械加工工艺设计以及装配工艺设计和表面涂装工艺设计等,还包括必要的生产工艺装备的设计,主要包括刀具、夹具、工装设计及机床设备的改装等。完整考虑各个因素后,便能制定出相应的工艺规程。工艺规程种类繁多,例如零件的毛坯制造工艺规程有铸造工艺规程、锻造或冲压工艺规程、焊接工艺规程,还有机械加工工艺规程、装配工艺规程等,各种工艺规程一般都设计成表格形式的卡片。在现代设计制造方法中多采用计算机辅助工艺规程(CAPP)进行工艺设计。

1.1.2 设计、制造和工艺的关系

在工程领域,无论是学生学习,还是实际生产,必须重视设计、制造和工艺的关系。设计是产品从概念到模型(图纸)的转化;制造是产品实体的实现;而工艺则是从设计到制造的转化过程,具体来说就是转化过程中所用的方法与手段。设计、制造、工艺三者的关系如图 1-3 所示。

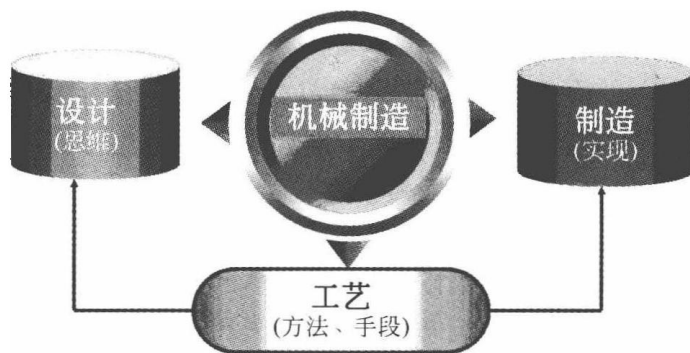


图 1-3 设计、制造、工艺三者的关系

从图 1-3 中可以看出,设计、制造、工艺三者工程领域是相辅相成、缺一不可的。从理论与实践相结合的角度,不能认为某一方面更重要。要获得高质量的产品,企业要追求良好的经济效益,从技术层面上要对设计、制造、工艺三方面给予同等的重视。就产品设计与工艺而言,二者应该是个并行工程,在设计时就要考虑工艺,同时,如果工艺上不好实现或有更经济的方式实现,可以考虑更改设计。当前,在学生专业学习的过程中,重设计轻工艺的现象仍很严重,或者设计与工艺相脱节的现象突出存在。学生往往只有到了需要动手去做的时候,如参加各种科技竞赛,或者是求职应聘到了工作岗位的时候,才体会到所掌握的工艺知识过于欠缺。这些应引起教育部门的重视,改革教学内容,注重学以致用,强调在做中学。

1.1.3 机电一体化系统设计概述

机电一体化(Mechatronics)是以机械学、电子学和信息科学为主的多门技术学科在机电产品发展过程中相互融合渗透而形成的一门交叉技术学科。图 1-4 表明了机电一体化与机械学、电子学和信息科学之间的相互关系。

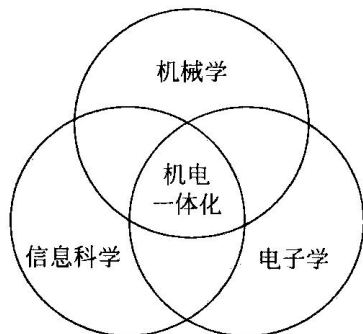


图 1-4 机电一体化学科概念

机电一体化包括技术和产品两个方面。机电一体化技术是从系统的观点出发,将机械、电子和信息等相关技术有机结合起来,以实现系统或产品整体最优的综合性技术。机电一体化技术主要包括原理性技术和使产品应用和发展的技术。机电一体化技术是一个技术群的总称,包括检测传感技术、信息处理技术、伺服驱动技术、自动控制技术、机械技术等。每一种机电一体化产品又可称为是一个机电一体化系统。现代社会中的机电一体化产品比比皆是,如全自动洗衣机、空调、数控机床、机器人、三坐标测量机等。目前汽车工业中成功应用的机电一体化系统达数十种之多,如发动机电子控制系统、汽车防抱死制动系统等。这些产品使得现代汽车的乘坐舒适性、行驶安全性及环保性能都得到了很大的改善。

从功能上讲,机电一体化系统主要是对输入的物质、能量与信息按照要求进行处理,输出具有所需特性的物质、能量与信息,如图 1-5 所示。

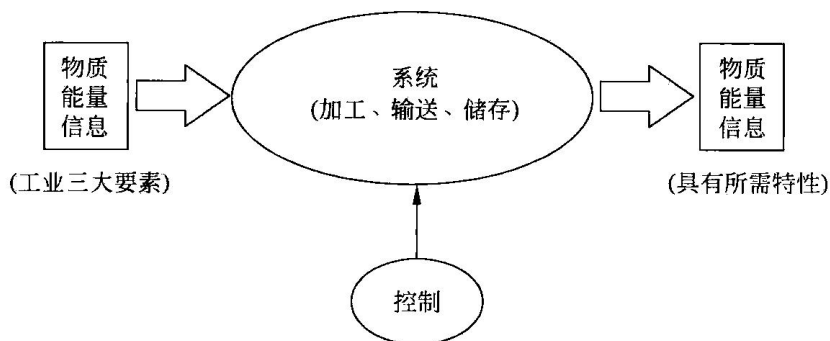


图 1-5 机电一体化系统的主要功能

从构成要素上看,人体是机电一体化系统理想的参照物。如图 1-6(a)所示,构成人体的五大要素分别是头脑、感官、四肢、内脏及躯干,其对应的功能如图 1-6(b)所示,内脏提供人体所需要的能量(动力),维持人体活动;头脑处理各种信息并对其他要素实施控制;感官获取外界信息;四肢执行运动。由类比可知,机电一体化系统内部功能与人体的上述功能几乎一样,而实现各功能的相应构成要素如图 1-6(c)所示。

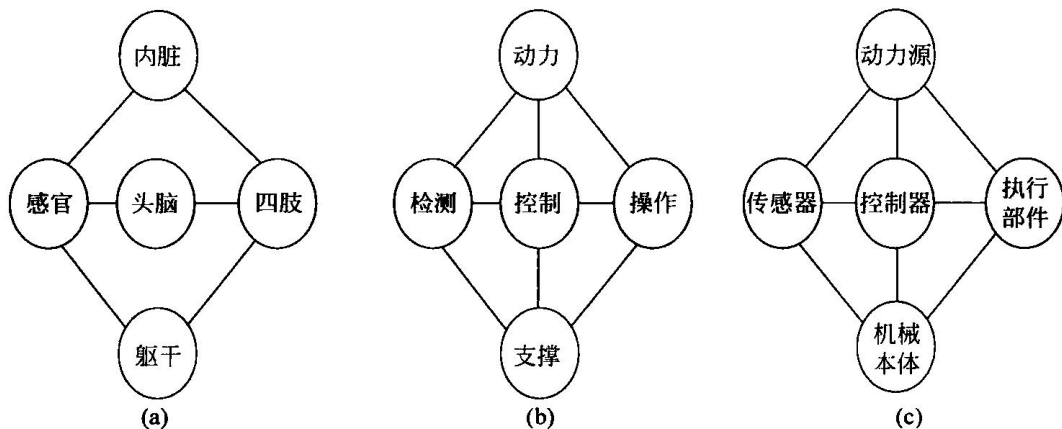


图 1-6 人体与机电一体化构成要素对应关系

(a) 人体构成要素; (b) 人体要素对应功能; (c) 机电一体化构成要素

机电一体化系统设计是运用相关学科的知识、技术和经验,对系统进行分析,通过总体设计和详细设计等环节,形成满足使用目标的机电一体化产品模型。机电一体化系统设计方案的目标要求包括经济实用、系统可靠、运行稳定、操作宜人、结构合理、人机安全、外形美观、环保生态等。机电一体化系统设计步骤如图 1-7 所示。

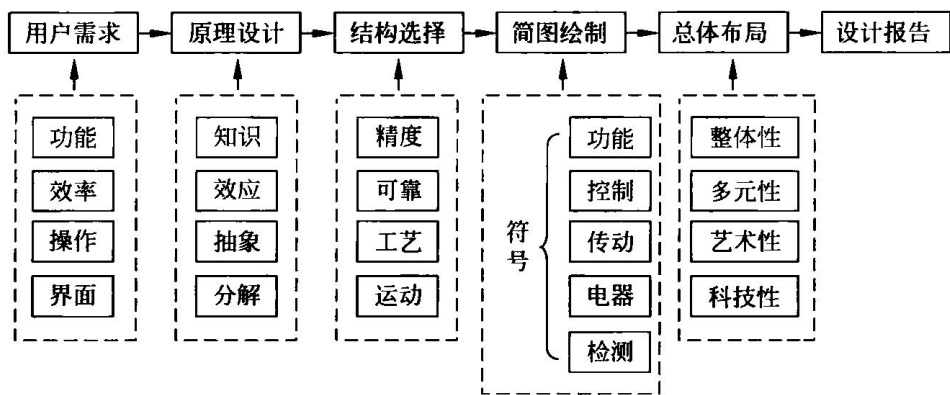


图 1-7 机电一体化系统设计步骤

1.2 工程设计实例分析

下面以自行研制的小型三轴数控雕铣机(见图 1-8)为例,详细介绍工程设计的过程,并结合其中一些零件的实际加工深入学习车、铣、刨、磨、铸、锻、焊、数控和特种加工等加工方法及相关机床的实际操作。

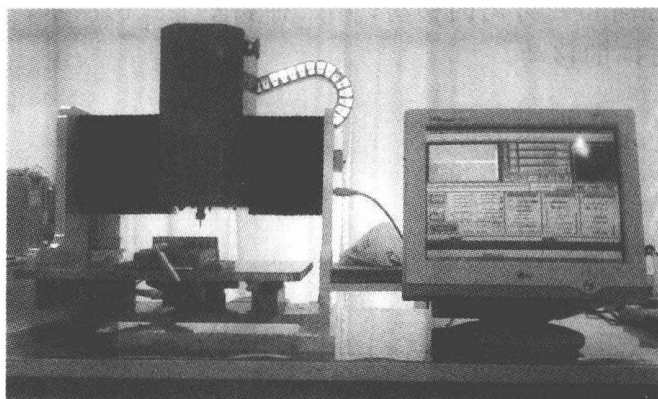


图 1-8 三轴数控雕铣机

1.2.1 设计任务

设计任务：设计一适合大量学生学习数控原理及编程、掌握基本操作方法的小型三轴数控雕刻机。

主要功能：①电路板制作；②模型制作，如木质模型、软金属模型等；③字体及图案雕刻；④低精度小型模具的制作。

性能参数：①加工精度：本设计的加工精度为 0.05mm ；②雕刻尺寸：本设计的雕刻尺寸定为 $300\text{mm} \times 200\text{mm} \times 100\text{mm}$ ；③尺寸及质量要求：小而轻。根据使用要求，最终确定的雕刻机的主要参数如表 1-1 所示。

表 1-1 雕刻机机械部分的主要参数

项 目	参 数	单 位
主轴最高转速	$n=8\ 000$	r/min
最大进给速度	$v_f=3\ 600$	mm/min
工作台总质量	$W=25$	kg
夹具最大质量	$W_j=15$	kg
工作台总行程	$L=350$	mm
主轴总行程	$L_1=160$	mm
导轨动摩擦系数	$\mu=0.01$	—
导轨静摩擦系数	$\mu_0=0.02$	—
使用寿命	$L_h=20\ 000$	h
定位精度	25	μm
重复定位精度	20	μm

1.2.2 机械结构设计

1. 总体设计

三轴雕刻机各轴的运动方式主要有两种：第一种如图 1-9(a)所示，工作台只作 Y 方向