



“十一五”浙江省重点教材建设项目



全国高等职业教育示范专业规划教材

机械设计与制造专业

机械产品设计

马晓丽 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“十一五”浙江省重点教材建设项目
全国高等职业教育示范专业规划教材
机械设计与制造专业

机械产品设计

主编 马晓丽

参编 陈晓英 张晓芳

主审 黄健求



机械工业出版社

本书是根据机械工业出版社全国高等职业教育示范专业规划教材建设研讨会所确定的专业课程设置、教材编写内容而编写的规划教材。全书分为8章,主要介绍机械产品设计师的岗位要求和机械产品设计的基本情况,机械产品设计理念、功能原理和设计方法,机械运动方案拟定方法和机械运动方案设计,产品造型设计的共性问题以及产品造型设计的一般方法,三维CAD软件的应用(三维造型设计),机械产品二维工程图生成方法等,最后通过机械产品设计实例和实训项目,完成机械产品设计的综合训练。

本书将作者的科研和教学成果、对机械产品设计理念的理解和新产品的开发项目研究、近几年来典型的机电产品数字化设计以及教师指导的毕业设计实例作为教学和实训内容,在书中配有大量可实际操作的机械产品设计实例、复习题和实训项目等。

本书可作为高职高专院校机械设计与制造专业及其他机械类专业的教学教材,也可以作为成人高等学校相关专业的教材,还可作为相关专业工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械产品设计/马晓丽主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 11

“十一五”浙江省重点教材建设项目. 全国高等职业教育示范专业规划教材·机械设计与制造专业

ISBN 978-7-111-28479-6

I. 机… II. 马 III. 机械设计—高等学校: 技术学校—教材
IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第180639号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王海峰 责任编辑:刘良超 版式设计:霍永明

封面设计:鞠杨 责任校对:申春香 责任印制:杨曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2010年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.5印张·356千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-28479-6

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821 封面无防伪标均为盗版

前 言

科学技术的发展和社会进步对机械产品的要求越来越高,为适应这种要求,近年来机械行业涌现出一种新型职业人才——机械产品设计师。

随着计算机辅助设计技术的飞速发展与功能的不断完善,工程技术人员的设计方法和手段越来越丰富,传统的机械产品设计被赋予了新的内涵和意义。机械产品的数字化设计技术在新产品开发的方案设计、结构分析、产品性能的评估、优化物理样机过程中能够起到决定性作用,并为新产品研发一次成功提供强有力的技术支持。

本书作为全国高等职业教育示范专业规划教材,是在充分掌握机械产品设计师职业的内涵、特点、任务和社会需求等信息后,按60~70学时教学计划编写。全书以机械产品设计师岗位和就业为导向,按照机械产品设计任务和流程,全面讲述机械产品的设计理念、设计要求、设计方法和标准、设计工具软件和数字化机械产品设计方法。考虑到学生的知识层面和计算机应用能力,本书配有大量可实际操作的机械产品设计实例、复习题和实训项目等。全书内容的编排旨在培养学生的数字化设计能力,使学生掌握机械产品设计的基本方法,强化学生的机械三维CAD能力,为学生毕业后就业打下良好的基础。

全书共8章,第1、2、3、5、8章由浙江工业大学浙西分校马晓丽编写,第4章由浙江工业大学浙西分校陈晓英编写,第6、7章由河北机电职业技术学院张晓芳编写,全书由马晓丽统稿。

东莞理工学院城市学院机电工程系主任黄健求教授担任本书主审,在审稿过程中,黄健求教授对本书初稿进行了详尽的审阅,提出了重要的和建设性的指导意见,为本书编写的顺利完成起到了重要作用。在本书的编写过程中,还得到了浙江嘉禾工具有限公司应时立副总工程师和浙江工业大学浙西分校周建强副教授、张庆功老师为本书提供的机械产品设计素材。对他们给予的支持和帮助,编者在此表示感谢。

在本书编写过程中,编者得到2009年度浙江省教育科学规划项目“以机械产品设计师为就业导向的人材培养模式研究(项目号:SC184)”立项支持,并成为浙江省“十一五”重点建设教材。还得到浙江工业大学浙西分校和河北机电职业技术学院的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者的水平和实践知识所限,本书中的差错和不妥之处在所难免,恳请使用本书的教师、学生和读者批评指正。

编 者

2009年5月

目 录

前言

知 识 篇

第1章 绪论	2	3.4 产品功能的分解	52
1.1 机械产品设计师	2	复习与思考题	56
1.2 机械产品设计简述	3	第4章 机械运动方案设计	57
1.3 机械产品设计类型	6	4.1 机械运动方案拟定方法	57
1.4 机械产品设计流程	7	4.2 机械传动的特性和参数	63
1.5 本课程学习内容和任务	9	4.3 机械传动的方案设计	65
复习与思考题	10	4.4 机构选型及组合	67
第2章 机械产品设计理念	11	4.5 实现运动形式变换的常用机构	70
2.1 产品概念设计	11	4.6 机械运动方案设计实例	72
2.2 反求工程	16	复习与思考题	75
2.3 绿色设计	21	第5章 机械产品艺术造型	76
2.4 虚拟设计	25	5.1 造型设计概述	76
复习与思考题	29	5.2 产品的形态设计	85
第3章 机械产品功能设计	30	5.3 产品的色彩设计	89
3.1 功能原理设计的特点和内容	30	5.4 产品造型的装饰设计	95
3.2 功能的类型及设计	34	5.5 产品造型的人机工程设计	96
3.3 产品合理功能的确定	47	复习与思考题	107

技 能 篇

第6章 机械产品三维造型与动画制作	110	7.3 装配图绘制	170
6.1 三维CAD软件	110	7.4 机构运动简图绘制	175
6.2 机械零件三维造型设计	112	7.5 实训项目	177
6.3 产品装配与分解	135	第8章 机械产品数字化设计实例	181
6.4 机构的运动仿真及产品装配动画	142	8.1 冲击电钻的结构设计和三维建模	181
6.5 实训项目	145	8.2 基于CAXA的空气压缩机实体设计	192
第7章 机械产品工程图生成与绘制	151	8.3 履带机器人创新平台的实体和工程图设计	213
7.1 二维工程图生成方法	151	8.4 实训项目	221
7.2 零件图绘制	165	参考文献	226

第一章 总 论

随着社会主义市场经济体制的建立和不断完善，我国对外开放的广度和深度不断拓展，对外贸易在国民经济中的地位日益重要。为了适应新形势的需要，提高对外贸易的竞争力，必须加强对外贸易理论的研究和人才的培养。本书力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进，力求做到理论与实践相结合，力求做到知识性与趣味性相结合。本书可作为高等院校国际贸易专业及相关专业的教材，也可供从事对外贸易工作的同志参考。

知 识 篇

第一节 对外贸易的概念

对外贸易是指一个国家或地区与另一个国家或地区之间进行的商品、服务和技术的交换活动。从狭义上讲，对外贸易是指有形商品的进出口贸易；从广义上讲，对外贸易还包括无形贸易，即服务和技术的进出口贸易。对外贸易是国民经济的重要组成部分，是连接国内市场和世界市场的重要桥梁。通过对外贸易，可以促进国内产业结构的优化升级，提高企业的国际竞争力，增加国家的财政收入。同时，对外贸易也是实现经济全球化和互利共赢的重要途径。在社会主义市场经济条件下，对外贸易的发展对于推动我国经济的持续健康发展具有重要意义。

第二节 对外贸易的构成

对外贸易的构成可以从多个角度进行划分。首先，按照贸易对象的不同，可以分为货物贸易和服务贸易。货物贸易是指有形商品的进出口，包括初级产品贸易和制成品贸易；服务贸易是指无形贸易，包括运输、旅游、金融、保险、咨询、教育、文化、体育、医疗、电信、计算机、环境、法律、会计、广告、出版、娱乐、新闻、信息、交通、能源、农业、林业、渔业、畜牧业、矿业、制造业、建筑业、房地产业、批发和零售业、餐饮业、住宿业、金融业、保险业、房地产业、租赁和商务服务业、科学研究和技术服务业、信息传输和计算机服务业、教育、文化、体育、娱乐业、卫生和社会工作、公共管理和社会组织、其他行业等。其次，按照贸易方向的不同，可以分为进口贸易和出口贸易。进口贸易是指从国外购买商品或服务，出口贸易是指向国外销售商品或服务。再次，按照贸易主体的不同，可以分为企业贸易和政府贸易。企业贸易是指由企业进行的贸易活动，政府贸易是指由政府进行的贸易活动。最后，按照贸易形式的不同，可以分为直接贸易和间接贸易。直接贸易是指贸易双方直接进行交易，间接贸易是指通过中间商进行交易。

第1章 绪 论

机械产品设计师是近年来机械行业企业涌现出来的一种新型职业。科学技术的发展和社会进步使人们对机械产品的要求越来越高。随着计算机辅助设计技术的飞速发展与功能的不断完善,工程技术人员的设计方法和手段越来越丰富,传统的机械产品设计被赋予了新的内涵和意义,使得现代机械产品设计逐步进入三维设计时代,数字化设计在新产品开发的方案设计、结构分析、产品性能的评估、确定和优化物理样机参数过程中能够起到决定性作用,并为新产品研发一次成功,提供了强有力的技术支持。机械产品数字化设计将逐步取代传统设计。

1.1 机械产品设计师

1.1.1 岗位要求

现代科学技术的发展日新月异,机电产品更新换代加快,现代机械产品设计要求我们运用现代设计理论和现代设计方法,利用科学技术研究的新成果、新技术,利用新材料、新工艺,把各种相关技术结合起来,设计出具有更高的性能价格比和市场竞争能力,并能适应社会需求的机械产品。一种新型职业——机械产品设计师应运而生。

机械产品设计师是从事企业的机械产品数字化设计的专业人员,主要工作包括产品的数字化设计和设计的验证,并建立产品的三维模型。所以,一名机械产品设计师应具备这样一些基本素质和技能:熟悉机械设计的基本原理,有较强的空间想像力和表达能力,能准确地识别和处理二维和三维图形几何体,能熟练地运用计算机及相关软件进行辅助设计,具有运用国家标准、规范、手册和图册等有关技术资料的能力等。具备这些能力才能达到数字化机械产品设计师的岗位基本要求。

1.1.2 职业内涵和特征

数字化机械产品设计师是虚拟机械产品开发的先导者、控制者和设计的执行者。在并行协同开发产品的流程中,设计师创建的三维产品模型提供下游数字化产品分析、数字化产品制造使用,并根据数字化分析、数字化制造结果的建议进行修改,然后再根据更新后的产品模型重新进行数字化产品分析、制造等。

机械产品设计师是先行者。在进行产品设计时,先要根据设计要求对产品进行技术消化,导入产品的设计理念,确定产品的功能和工作原理,才能设计出准确的产品。在产品设计过程中,机械产品设计师要充分发挥自己的空间想像力,运用CAD、CAE和CAPP等计算机软件,构建机械产品的框架,并将这种框架通过计算机建模表现出来。当虚拟的机械产品被确定后,机械产品设计师还要周密计算零件之间的配合数据,以保证产品的精度。

机械产品设计师是产品生产的控制者。在对产品进行设计时,要采用合理的、简易的及

切实可行的设计方案。必须对机械加工设备的性能及动态变化有较深的了解,特别是对数控机床,如数控加工中心有深刻的认识,以便产品零件的设计更能符合制造的要求,达到事半功倍的效果。

所谓执行者是指机械产品从概念设计、产品分析、制造直至产品定义的准确性与完整性的执行过程是由机械产品设计师完成的。而且在协同开发产品的过程中,机械产品设计师还要对数字化制造的结果进行建议和修改。

1.1.3 职业等级

职业等级共设三个等级,分别为机械产品助理设计师(国家职业资格三级)、机械产品设计师(国家职业资格二级)、机械产品高级设计师(国家职业资格一级)。对应在企业中的基本职能定位是产品开发部门的设计人员、项目设计主管和总设计师。在设计公司和工厂的研发设计部门还需要大量的机械产品设计员,从事机械产品的三维建模等数字化产品设计工作。

1.2 机械产品设计简述

1.2.1 设计的概念

人类从学会拿木棍撬石头,学会钻木取火,就学会了设计。前者是实现一种简单的动作功能,而后者是实现一种工艺功能。可以说,自人类进化以来,一切物质文明的产物都体现了人类的创造能力,用当今的观点看,创造是一种从构思到实现的过程,是为了满足某种需求而进行的一种人类特有的活动,这个过程或者这个活动,在今天就称作“设计”。设计不是一种单纯的思维能力,它必须通过制作产品得以实现;设计也不是一种单纯的制作技能,它必须通过创造性思维以创造出过去没有的或者比过去更好的物质产品。

设计这个词也可以用工程技术领域方面的术语来定义。广义的概念指的是发展过程的安排,包括发展的方向、程序、细节及达到的目标。

设计与创新是一对孪生兄弟。设计过程从本质上说是一个创新的过程,是将产品创新构思转化为有竞争力产品的过程。

1.2.2 机械产品设计

设计涉及人类一切物质文明的创作过程,因此设计包含了许多类型,例如:服装设计、建筑设计、机械设计、船舶设计、水利工程设计、公路设计、桥梁设计、热力系统设计、采暖通风设计等等。从所列这些设计中,以设计的物质是否能动来划分,可以分为两大类型:一类是有动作的,一类是无动作的。凡是有动作的这类设计,属于“机械设计”的范围。前面所列的服装设计、建筑设计等,显然没有动作,因此不属于“机械设计”的范围。而建筑设计、热力系统设计或水利工程设计,它们本身不算机械设计,但设计中间包含着一些机械动作的设备或装置,因此不排除它们内部有涉及机械设计的内容。

带有动作的设计可以是产品、装置、仪器或一些结构部件。把以设计产品为目标的机械设计称为“机械产品设计”。这里所说的机械产品是广义的,应该包括机、电、液一体化产

品。而且，机械产品设计人员所设计的产品也是广义的，当然应该包括装置，仪器和一切机械结构等部件。

“机械产品设计”和传统的“机械设计”有很大的不同，机械设计强调的是对构成机器的基本元器件的设计，例如设计机器中的机构、机械零件以及研究其中的运动学、动力学、材料、强度理论等。而产品设计则是考虑产品的总体设计问题，以及如何组织产品开发的过程以获得具有竞争力的产品等等。

1.2.3 数字化机械产品设计

由于科技进步的速度日益增快，特别是计算机的高速发展，计算机辅助设计手段使传统的机械设计，无论从理论方法上，还是从设计程序上都发生了相当大的变化。从“丢图版”到“数字化设计”，机械产品设计“计算机化”或者说“数字化”已成为学校教学、设计部门和工厂设计人员采用的主要手段。并且一些大型企业，如中国航天科技集团公司，已经提出了“甩图纸工程”来提升产品的设计能力。在此简要介绍机械产品开发所涉及的数字化主要技术，如图 1-1 所示，图中英文所代表的技术说明见表 1-1。

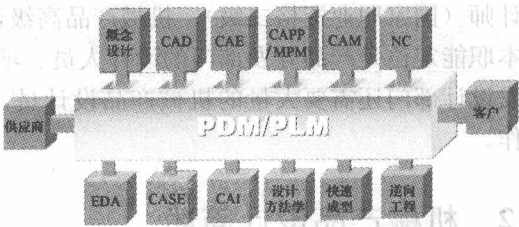


图 1-1 产品开发的数字化技术

表 1-1 数字化主要技术说明

序 号	英文缩写 (全文)	技术 名称	说 明
1	PLM (Product Lifecycle Management)	产品生命周期管理	PLM 最初源自 PDM，而 PDM 源自 CAX，包括 CAD、CAPP、CAE 及 CAM 等。它的目的在于提高工程设计人员在产品设计、工艺编制、质量仿真、数控编程、测试分析等领域的工作效率和质量
2	PDM (Product Data Management)	产品数据管理	
3	CAD (Computer Aided Design)	计算机辅助设计	用计算机系统协助产生、修改、分析和优化设计的技术
4	CAE (Computer Aided Engineering)	计算机辅助工程	用计算机辅助求解复杂工程，产品结构强度、刚度、稳定性、动力响应、热传导、三维多体接触、弹塑性等力学性能的分析计算，以及结构性能的优化设计等问题的近似数值分析方法
5	CAPP (Computer Aided Process Planning)	计算机辅助工艺过程设计	利用计算机来进行零件加工工艺过程的制订，把毛坯加工成工程图纸上所要求的零件。它是通过向计算机输入被加工零件的几何信息（形状、尺寸等）和工艺信息（材料、热处理、批量等），由计算机自动输出零件的工艺路线和工序内容等工艺文件的过程

(续)

序 号	英文缩写 (全文)	技 术 名 称	说 明
6	MPM (Manufacturing Process Management)	生产制造过程工 艺信息的管理	它是一种贯穿计划、设计、制造和管理全过程的协同工作环境,旨在对生产过程中的工艺信息进行协调的统一管理。MPM 解决方案主要解决生产管理部门在制造过程中复杂工艺过程的管理问题,应用在制造工艺管理中的各个阶段,包括规划阶段和工程阶段。通过与 CAD、PDM 等系统的集成和交互,使企业实现产品数据、工艺数据和资源数据的共享
7	CAM (Computer Aided Manufacturing)	计算机辅助制造	其核心是计算机数值控制,是将计算机应用于制造生产过程的过程或系统。计算机辅助制造系统的组成可以分为硬件和软件两方面:硬件方面有数控机床、加工中心、输送装置、装卸装置、存储装置、检测装置、计算机等,软件方面有数据库、计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助数控程序编制、计算机辅助工装设计、计算机辅助作业计划编制与调度、计算机辅助质量控制等
8	NC (Numerical Control)	数字控制	一般指数控装置、数控机床、数控技术
9	EDA (Electronic Design Automation)	电子设计自动化	它是在 20 世纪 90 年代初,从 CAD、CAM、CAT (计算机辅助测试) 和 CAE 的概念发展而来的。EDA 技术是以计算机为工具,设计者在 EDA 软件平台上,用硬件描述语言 (HDL) 完成设计文件,然后由计算机自动地完成逻辑编译、化简、分割、综合、优化、布局、布线和仿真,直至对于特定目标芯片的适配编译、逻辑映射和编程下载等工作
10	CASE (Computer Aided Software Engineering)	计算机辅助软件 工程	它是一套方法和工具,可使系统开发商规定应用规则,并由计算机自动生成合适的计算机程序。CASE 工具分为“高级”和“低级”。高级 CASE 工具用来绘制企业模型以及实现规定应用要求,低级 CASE 工具用来生成实际的程序代码。CASE 工具和技术可提高系统分析效率和程序员工作效率
11	CAI (Computer Assisted Instruction)	计算机辅助教学	它是一种以计算机软件为载体的教学手段

数字化机械产品设计与现代机械设计相比较,主要在设计过程,产品表现形式等方面有显著的特点,如下所述。

(1) 虚拟性 数字化机械产品设计,在样机或模型试制之前,利用计算机应用软件建立起机械产品的三维实体模型和力学模型,即设计出虚拟产品,并模拟和仿真产品的结构和运

动,分析和评估产品的性能,从而为物理样机的设计和制造提供依据。设计是虚拟设计,产品装配是虚拟装配,设计的产品是虚拟产品。

(2) 三维模型化 产品工程图样是以产品零部件的三维建模开始,进而进行实体模型装配,检验产品结构设计是否干涉、运动是否实现等,再进行产品装配图的自动生成和导出各个零件的工程图样。在进行设计时,还可以采用软件的参数化设计功能,随时修改产品结构,达到产品的优化设计。

(3) 并行性 数字化产品设计是并行协同式的设计,可以做到设计与制造一体化,更好的体现 CAD/CAM/CAPP,缩短设计制造周期,提高产品质量。

1.3 机械产品设计类型

1.3.1 按设计的内容特点分类

(1) 适应性设计 工作原理方案保持不变,但变更局部系统或增设部件,加强产品的辅助功能,使产品更广泛地适应使用要求的设计。

(2) 变型设计 产品功能、原理方案和结构型式基本不变。变更现有产品结构配置和尺寸,改进材料工艺,满足不同的工作需要的设计。

适应性设计和变型设计又可以统称为更新设计。在实际工作中,更新设计可以有大有小,可以是少量的改进,也可以是较重大的换代性的改型。

(3) 反求设计 针对已有的先进产品或设计,进行深入分析研究,探索掌握其关键技术,在消化、吸收的基础上,开发出同类型的创新产品。

(4) 开发性设计 应用可行的新技术,创新构思设计工作原理和功能结构创新的产品,赶超先进水平的产品,适应政策要求的产品,或避开市场热点开发有特色的冷门产品等。针对设计任务提出新的功能原理方案,完成从产品规划到施工设计的全过程的设计,此类开发性设计又称为创新性设计。

1.3.2 按设计对象分类

(1) 非标设备设计 所谓非标设备设计就是不按照国家颁布的统一的行业标准和规格设计的设备,而是根据客户的需要,自行设计制造的设备。各类非标设备的设计,其领域可涉及环保、汽车、制药机械、农业机械、包装机械、轻工机械、食品机械、仪器仪表等。如进口设备的国产化设计,各类自动化设备设计(含气动设计、液压、电动、机械方面),各类设备的改造,仿制设计、各类机械传动的开发设计等。

(2) 产品设计 指各种工业品的造型设计、功能性设计、实用性设计和商品化设计。造型设计可以根据用户提出基本理念来进行创意构思设计,即所谓的正向设计,或者根据用户提供的相关技术资料如图片、样品、数据等来进行设计,即所谓的逆向设计(反求设计)。功能性设计是按照用户提出的针对某一确定功能要求为目的的设计,而实用性设计是以客户的实用要求为目的,将原理构思转化为具有实用水平的产品设计,商品化设计是所设计的产品不仅在技术上成功,还要保证产品在市场竞争中成功。

(3) 工装夹具、夹具设计 指为各类制造型企业提供各类专用工装夹具、夹具的设计服

务,达到为企业提高生产效率,降低成本,减低操作者的劳动强度的目的。工装卡具、夹具具有:加工工艺类工装卡具,装配类工装夹具,各类自动化工装卡具,电子测试卡具、夹具,各类测试装置、试验装置,按用户要求设计的工装卡具等。

(4) 非标量具设计 指为用户提供各类非标平台类、量规类、平尺类等量具的方案设计和加工的系列服务。

(5) 工程测绘 指为用户提供各种工程测绘任务。如机械零件的测绘,可由客户提供各类样品、图片等,然后通过各类技术手段进行测量分析,绘制出零件的二维工程图纸;设备的测绘,通过现场测绘并绘制出工程图纸。

(6) CAD 制图 这是机械产品设计服务的最基础服务。比如标准图纸的 CAD 电子图纸制图。由用户提供设计初期的草绘图纸,如草图、白图或三维实体等绘制标准 CAD 电子图纸。还可将各类非国家标准的图纸转化成用于国内加工的二维工程图纸。

(7) 计算机三维实体造型 由用户提供的二维图纸,将二维图纸转化为三维模型,并进行干涉检查、运动模拟、三维动画和零件重量统计等设计,从而为用户核算成本提供依据,并能减少加工和装配工程中的错误。

1.4 机械产品设计流程

目前对机械产品设计过程的研究,归纳起来主要有四种:一是 Pahl 和 Beitz 提出的“明确设计任务、概念设计、技术设计和施工设计”四个阶段;二是 Koller 提出的“产品规划、功能设计、定性设计和定量设计”四个阶段;三是 French 提出的“问题分析、概念设计、方案具体化和详细设计”四个阶段;四是邹慧君教授提出的“产品规划、方案设计、详细设计和改进设计”四个阶段。

本书对机械产品设计流程表述,基本上按第一种方式分为:产品规划阶段,原理方案设计阶段,技术设计阶段,施工设计阶段。各阶段的主要目的和要求简介如下。

1.4.1 产品规划阶段

产品规划阶段要进行需求分析、市场预测、可行性分析、确定设计参数及设计制约条件,最后给出详细的设计任务书或设计要求表作为设计、评价、决策的依据。

开发产品是从需求识别开始的,认识一种需求本身就是一项创造性的工作,作为产品设计人员应该细致的观察社会,深入实际,了解社会和市场的需要,及时完成产品的开发和试制工作。

(1) 市场预测 即调查研究,全面的科学的调查研究是产品开发正确决策的前提和基础,调查研究包括市场调研、技术调研和社会环境调研三部分。

1) 市场调研一般应从以下几方面进行:市场的需求、潜在的需求以及市场的发展趋向;产品的销售对象和可能的销售量;用户对产品的功能、用途、质量、使用维护、包装及价格等方面的要求;竞争产品的种类、优缺点和市场占有情况;竞争企业的生产经营实力和现状等。

2) 技术调研包括行业技术和专业技术的发展动态;产品技术的现状及发展趋势;新型元器件、新材料的发展动态;竞争产品的技术特点分析;竞争企业的新产品开发动向等。

3) 社会调查应面向企业生产的社会环境及目标市场所处的社会环境,包括有关的技术政策(如产业发展政策、投资动向、环境保护及安全法规等);产品的种类、规模及分布;社会的风俗习惯;社会人员构成状况,消费水平、消费心理、购买能力等。

(2) 可行性分析 通过对市场、技术和社会的综合调研,提出产品开发的可行性报告,一般包括以下内容:

1) 产品开发的必要性、开发产品的种类、寿命周期、技术水平、经济效益和社会效益分析、销售对象、销售情况预测等。

2) 用户对产品功能、用途、质量、外观、价格等方面的要求,国内外水平及发展趋势。

3) 开发此产品需要解决的设计、工艺、质量等方面的关键技术问题。

4) 投资费用及开发时间进度,经济效益的评估。

5) 现有条件下开发的可能性及准备采取的措施。

经过可行性分析后准备进行开发的产品要根据调研结果提出合理的设计要求和设计参数,列成“设计要求表”,表中各项目应尽可能数量化。反映基本功能、性能要求的列为必达要求,制约条件列为最低要求,希望能达到的列为附加要求。各项要求常以Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级表示其重要程度,以便评价时给予恰当的加权系数。

1.4.2 原理方案设计阶段

原理方案设计实质上是产品功能原理设计,是能否成功地开发出社会需要的产品的关键所在。为此必须在方案设计阶段予以充分重视,精心构思、力求创新、勇于探求,从多方案中优化筛选,以取得较为理想的原理方案。原理方案设计常用系统化设计法,其具体方法是功能分析法,将系统总功能分解为分功能功能元,通过具体方法求得各分功能的多个可能解,组合功能元的解,进而得到多种系统的原理方案,在此基础上通过评价求得较为理想的最佳原理方案。

原理方案设计阶段有时还要进行必要的原理试验,对主要设计参数及基本工艺进行分析,以便最终确定。在原理方案表述中,将有关机械机构、液压线路或电控线路用简图形式表达,即用机构运动简图、液压系统图和电路图等形式表述。

原理方案设计要十分注意新原理、新技术的引用,这样往往能使产品有突破性的变化。如采用石英振荡技术代替机械摆的石英表,不仅走时准确而且价格低廉,一经推出,即迅速占领钟表市场。

1.4.3 技术设计阶段

技术设计阶段是将功能原理方案具体化为机器及零部件的合理结构,这个阶段的主要工作包括总体设计、结构设计、商品化设计、模型试验等。

(1) 总体设计 机器各部件的总体布置,运动配合关系(工作循环图),人一机一环境的合理关系。

(2) 结构设计 零部件选择材料,设计结构,确定尺寸。进行参数与尺寸的优化,可靠性设计,要从产品性能及加工装配等方面考虑,使结构简单可靠,合理实用。

(3) 商品化设计 为了增强产品的市场竞争能力、吸引用户,必须提高产品作为商品的价值。为此,要进行价值分析和价值设计,保证产品功能,提高性能,降低成本;同时还要

利用工业美学原理进行产品外观设计和包装设计。

(4) 模型试验 也称为样机试验,其目的是检查产品功能及零部件的有关性能,以便做出改进,满足原设计要求。

技术设计阶段的结果是有关的部件结构装配草图及计算说明书、程序等。

1.4.4 施工设计阶段

施工设计阶段是进行零件工作图、部件装配图的设计,完成全部生产图纸,编写设计说明书和工艺文件、使用说明书等有关技术文件。

以上分析是产品的设计过程,按程序有步骤地设计对提高设计质量有很好的效果。

如果说传统的设计阶段是按上述阶段一步一步的以串联方式进行,那么现代化设计则是以数字化设计的并行协同方式占主导地位,也就是通过计算机辅助设计进行方案设计、技术设计并绘制 3D、2D 图形,以及直接输出数控加工代码,进行产品的数控切削加工或成型加工。

1.4.5 产品设计流程实例

现在国内从事机械产品设计的公司很多,他们根据本企业的设计实力制定了自已的设计工作流程,以下是某设计公司的产品设计流程。

(1) 信息收集阶段 客户提出产品设计或工艺规程需求,并提供相关技术资料(公司介绍、项目描述、基本设计要求等)。

(2) 提案阶段 双方就设计内容进行协商、修改、补充,以达成共识;确定设计周期及价格。

(3) 签订阶段 双方签订《设计合同书》;客户支付预付款;客户提供更为具体的技术资料或样机。

(4) 制定工作计划 安排具体负责人;建立项目进程管理器,成立项目或工作小组、确定分工内容及节点;通过市场调研等各种方式搜集设计资料。

(5) 工程设计 建立三维模型;客户确认三维模型;制作二维工程图纸。

(6) 设计审核 项目组审核或工作小组审核图纸及工艺规程;客户审核确认设计或工艺规程;完成整体设计。

(7) 设计完成 客户根据合同内容进行验收工作;验收合格,由客户签发“设计合格确认书”;客户支付剩余款项。

(8) 样机制作服务(按客户需求) 双方根据工程图纸确认样机制作的数量,周期,价格;客户支付样机预付款项;样机的零部件加工以及装配调试;样机验收;客户支付剩余款项。

(9) 后续技术支持。

1.5 本课程学习内容和任务

本课程以机械产品设计师(员)就业为导向,按照机械产品设计任务和流程,全面介绍机械产品的设计理念、设计要求、设计方法、标准、设计工具软件和数字化机械产品设计,

通过机械产品设计实例和实训任务,介绍一般机械产品的数字化设计方法。

第1章的学习内容是机械产品设计师的岗位要求;机械产品设计的基本情况。要求熟悉该岗位的基本要求,掌握机械产品设计的一般流程。

第2章的学习内容是机械产品设计的理念,包括产品的概念设计;反求工程;绿色设计以及虚拟设计。要求了解机械产品(数字化)设计的几种设计理念和一般方法,能够根据实际机械产品设计任务选用具体方法。

第3章的学习内容是功能原理设计的特点和内容;产品合理功能的确定和机电产品的功能与综合性能等。要求较全面了解机械产品功能设计方法,能够根据实际机械产品设计任务运用功能设计方法。

第4章的学习内容是机械运动方案拟定方法、机械传动的特性和参数、机构的选型与组合、机械运动的方案设计等。要求了解常用机构和零部件选择,熟悉机械功能目标和机械工作原理的拟定;掌握机构的选型与组合及机械运动方案设计的一般方法。

第5章的学习内容是产品造型设计的共性问题以及产品造型设计的一般方法。包括造型设计的基本原则、要素和美学法则;产品的形态设计、色彩设计、装饰设计和人机工程设计。要求了解机械产品艺术造型设计的共性问题。熟悉艺术造型设计的要求和设计方法,掌握综合表现产品的功能、结构、人性化和外观美的机械产品设计方法。

第6章的学习内容是各种三维CAD软件的应用;重点是学习机械零件三维造型设计;产品的装配与分解设计;机构运动仿真动画设计的一般方法。要求了解几种产品三维建模软件使用的一般方法,如Pro/e、CAXA、UG、Solidworks等软件,熟悉2~3种软件的功能和软件之间的格式转换,重点掌握1种软件的三维建模操作。

第7章的学习内容是机械产品二维工程图生成方法;零件图、装配图三维图转二维图画法;机构运动简图制图等。要求熟练应用三维CAD软件生成二维CAD工程图的方法和技巧,按照国家制图标准完成机械产品的二维CAD工程图。

最后在第8章中通过机械产品设计实例和实训项目,完成机械产品设计的综合训练。

复习与思考题

- 1.1 你对机械产品设计师职业有何看法?
- 1.2 试述机械产品设计师的岗位要求。
- 1.3 试述机械产品创新数字化技术有哪些,并说明其含义。
- 1.4 试述机械产品数字化设计的特点。
- 1.5 机械产品设计人员需具备哪些知识和技术?
- 1.6 机械产品设计类型有哪几种?
- 1.7 你学过几种CAD软件?掌握程度如何?
- 1.8 简述产品设计的一般过程。
- 1.9 技术设计阶段包括哪些设计?
- 1.10 试对产品方向进行预测,如在家用电器产品中,下一代可能风靡市场的新产品将有什么?
- 1.11 试提出某种产品设计的“创意”。
- 1.12 本课程学习任务有哪些?应主要掌握哪些机械产品设计方法?

第2章 机械产品设计理念

数字化设计是近年来设计领域的主导方向，特别是机械行业，目前很多大中型公司企业已经实现了CAD/CAM/CAPP一体化设计与制造。在数字化时代，一些现代化设计思想和方法得到发展和深化，设计理论和设计工具也得到进一步完善和应用。本章主要介绍与机械产品数字化设计密切相关的设计理念。

想法决定生活，理念决定设计。理念或观念的进步对社会发展有巨大的推动作用，理念虽然不是具体的方法，但理念可以为具体方法的研究指引方向，而具体的设计方法，是建立在一定的设计理念之上的，理念是具体方法的基础。纵观人类机械产品设计理念和产品设计技术的进步历程，不难看出设计理念的进步给产品设计带来的巨大影响。例如：以美国人麦尔斯“顾客购买的不是产品本身，而是产品所具有的功能”为标志的“功能思想”的提出，并逐步为人们广泛的理解和接受后，使设计者认识到：可以采取不同的原理、结构来实现同样的功能，它所带来的是人们在设计思想上的一次革命，大大地拓展了设计人员的视野，在此之前，人们在设计时，更多的是用数学、力学的方法来研究机械的设计，用更合理的结构设计去完善已能完成某种功能的机器，忽视了作为产品本质的“功能”的研究。正是在功能思想的指导下，涌现出了大量采用新的功能原理的产品，诸如机械式手表的新功能产品——电子手表，铅字打印机的新功能产品——喷墨打印机、激光打印机，以及照相机（胶卷）的新功能产品——数码相机等。

2.1 产品概念设计

所谓“产品的概念”，就是指对产品的一个总体设想，是“概念设计”（Conceptual Design）要研究的主要内容。

概念设计是20世纪60年代由英国人弗兰茨（French）首先提出来的，20世纪70年代联邦德国的帕尔和拜茨（Pahl, Beitz）在他们的著作《Konstruktionslehre》（《设计学》）中开始介绍和引用这个名词作为机械产品开发设计中的专用名词。

概念设计的确切含义是指对一种产品的创新性的形象化描述。例如，现代汽车展上的各种“新世纪概念车”（见图2-1）、2008年奥运会主体育场建筑的概念设计方案（见图2-2），以及各种展览会上的概念自行车（见图2-3）、概念数码产品（见图2-4）等。这些概念产品都能体现出与众不同的优势，虽然部分概念产品不一定能投入生产，而只是向人们展示设计人员新颖、独特、超前的构思而已。而且那些还处在创意、试验阶段的概念产品，很可能永远不投产，因为不是大批量生产，所以能更多地摆脱生产制造水平方面的束缚，尽量地甚至夸张地显示概念产品的独特魅力。

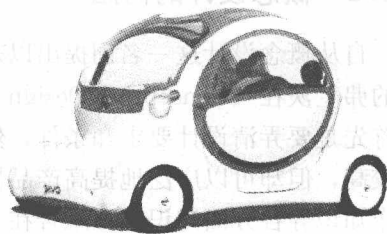


图2-1 日产 pivo 概念车

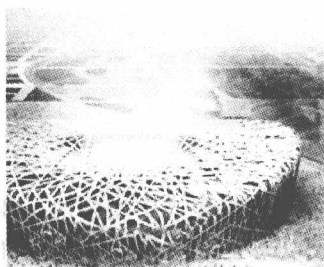


图 2-2 奥运会主体育场
建筑概念设计

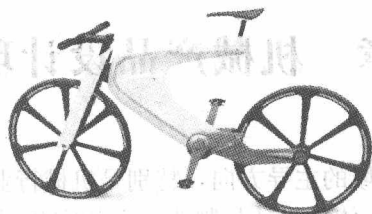


图 2-3 概念自行车

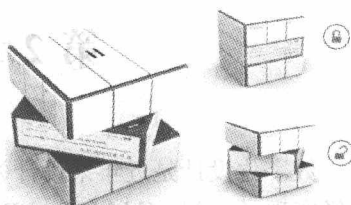


图 2-4 “魔方” MP3

2.1.1 产品概念设计的意义

在产品设计中概念设计是极其关键的阶段，它将决定性地影响产品开发设计过程中后续的产品设计、产品生产、产品市场开发以及企业经营战略目标的实现。产品概念设计对产品质量、成本和生产周期等有着十分重要的影响，具体表现在以下三个方面。

(1) 对产品创新起决定性作用 在概念设计阶段，设计中的不确定因素很多，设计的可塑性和自由度都比较大，是最富创造力的阶段，设计师在此阶段的思维活动也最活跃，可对产品创新发挥决定性作用。所以，产品概念设计是产品创新设计的核心。

(2) 决定产品的设计和制造成本 由于概念设计的结果是产品方案，所以它在很大程度上决定着最终产品的性能、创新性、价格、市场响应速度和效率。此外，有关资料表明，虽然概念设计阶段实际投入的费用只占产品开发总成本的 5%，却决定了产品总成本的 75%。而且在详细设计阶段要修改概念设计阶段的设计缺陷和错误是比较困难的。因此可以说，产品的概念设计决定了产品的设计和制造成本。

(3) 高度体现产品设计的创造性、艺术性和综合性 概念产品是产品中的新潮引领者，具有新颖超前的独特优势，这些优势可能体现在技术方面，如采用新技术；也可能体现在造型方面，如表现产品设计的艺术性；还有可能体现在制造工艺或成本方面，反映出产品设计的综合性能。由此可见，产品概念设计可以充分体现产品设计的创造性、艺术性和综合性。

2.1.2 概念设计的内涵

自从概念设计这一名词提出以来，人们对概念设计进行了多年的研究，最先提出概念设计的弗兰茨在《Conceptual Design for Engineers》一书中为概念设计下的定义为：“概念设计首先是要弄清设计要求和条件，然后生成框架式的广泛意义上的解。此阶段对设计师的要求较高，但却可以广泛地提高产品性能。它需要工程科学、专业知识、产品加工方法和商业运作知识等各方面知识相互融合在一起，以作出一个产品全生命周期内最为重要的决策。在这里‘框架式的解’是指设计问题的一个轮廓，每个主要的功能都可以对应于其上，通过原理部件间的空间或结构上的关系，使它们有机地结合起来。我们从这个框架中可以得到产品大致的成本、重量或总体尺寸，以及在目前的环境下的可行性等。这个框架只需对一些特征或部件有一个相对明确的描述，但并不要求详细……”。而帕尔和拜茨在《Engineering Design》一书中对概念设计的定义为：“在确定任务之后，通过抽象化拟定功能结构，寻求适