

现代机电技术系列教材

XIANDAI JIDIANJISHU XILIE JIAOCAI

现代设计方法 及其应用

● 主编 芮延年

机电

◆ 苏州大学出版社

《现代机电技术系列教材》

现代设计方法及其应用

主编 芮延年

编者 陈 洁 时忠明 沈惠平 周国良

主审 葛友华

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代设计方法及其应用/芮延年主编. —苏州:苏州
大学出版社,2005.3
(现代机电技术系列教材)
ISBN 7-81090-455-8

I. 现… II. 芮… III. 机电设备-设计-教材
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 015790 号

内容提要

本书介绍的主要内容包括:概述、创新设计、优化设计、可靠性设计、弹性力学与有限元、设计中的评价与决策等。本书是编者在多年从事现代设计方法教学科研积累经验的基础上编写的,内容新颖实用,结构体系完整,重点突出,理论联系实际,由浅入深,易于阅读和自学。

本书可作为高等学校工科机械类和近机类专业学生的教材,也可作为各类工科专业的选修课教学用书和工程技术人员继续教育的培训教材。

现代设计方法及其应用

芮延年 主编

责任编辑 陈兴昌

苏州大学出版社出版发行

(地址:苏州市干将东路200号 邮编:215021)

常熟高专印刷有限公司印装

(地址:常熟市元和路98号 邮编:215500)

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 13.75 字数 341 千

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 7-81090-455-8/TM·3(课) 定价:29.00 元

苏州大学版图书若有印装错误,本社负责调换

苏州大学出版社营销部 电话:0512-67258835

《现代机电技术系列教材》

编 委 会

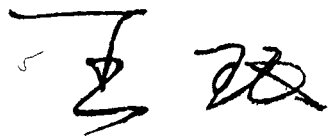
主任委员	芮延年	教 授		
	姜 左	教 授	伍建国	教 授
副主任委员	葛友华	教 授	顾 豫	副教授
	郭旭红	副教授		
委 员	冯志华	教 授	沈惠平	教 授
	宋天麟	副教授	陈 洁	副教授
	时忠明	副教授	张红兵	副教授
	王金娥	副教授	任 晓	副教授
	曹丰文	副教授	李 艺	博 士
	陈再良	副教授	盛小明	高级工程师
	范 莉	高级工程师	马 纲	讲 师
	张 健	讲 师	邵金发	讲 师
	苏沛群	讲 师	刘和剑	讲 师
	高育芳	讲 师		

总 序

本世纪头 20 年,对我国来说,是一个必须紧紧抓住并且可以大有作为的重要战略机遇期。在世界科技进步日新月异、经济全球化深入发展、国际间生产要素重组和产业转移加快的新形势下,苏州作为全国经济发达地区之一,应利用有利的时机和条件加快发展。要实现更快更好的发展,就必须抓住新科技革命带来的又一次历史机遇,正确驾驭其发展趋势,全面实施科教兴市战略,大力推动科技进步,加强科技创新,加速科技成果向生产力的转化。尤为重要的是,要大力培养一支高素质的人才队伍,在更高的平台上实现科技和经济发展的新跨越。

部分相关高校从 21 世纪对科技创新和人才培养的新要求出发,认真贯彻落实教育部关于面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的指示精神,组织有关专家、学者、教授编写了《现代机电技术系列教材》,包括《机电一体化原理及应用》、《现代设计方法及其应用》、《产品创新设计》、《工程制图》、《工程力学》、《现代工程材料基础》、《计算机集成制造》、《现代制造技术》、《先进电子制造技术》、《模具设计》、《模具制造》、《液压与气压传动》、《传感器与检测技术》、《机电专业毕业设计指导》等,很有必要,颇有价值。我们相信,《现代机电技术系列教材》的出版,必将对苏州地区乃至全国机电人才的培养以及机电工业的发展产生积极的促进作用。

南京航空航天大学博士生导师



2004 年 7 月

前 言

现代设计方法学是一门正在形成和发展的新兴学科,它研究产品的设计规律、设计程序及设计各阶段的具体方法。本书试图用系统工程的观点,综合各门课程基础知识,使学生掌握机电产品设计的通用方法。其目的在于总结设计规律、启发创造性,在给定条件下实现高效、最优化设计,培养开发性、创造性机电产品设计人才。

基于现代设计方法种类繁多,内容又十分广泛的特点,编者结合多年来从事教学与科研工作的经验,将本书的重点放在目前应用十分广泛的几种现代设计方法:创新设计、优化设计、可靠性设计、弹性力学与有限元及设计中评价与决策方面。这几种方法,突出体现了现代设计与传统设计在思想方法上所发生的三个方面的深刻变化,即设计最优化、分析精确化与设计参数随机化的思想。本书着重介绍这些方法的基本原理及应用。希望读者在较短的时间内对现代设计方法有较全面的了解。

现代设计方法学是机械工程及自动化等相关专业的一门重要课程,课程计划 36~45 学时,本书是按照这个要求编写的。本书也可作为其他机械类专业的本科教材和产品设计人员的培训教材。对从事机电产品设计的工程技术人员和科研工作者、有关专业教师也是一本有用的参考书。

本书由芮延年主编。参加本书编写的有陈洁、时忠明、沈惠平、周国良老师等,盐城工学院葛友华教授主审。苏州职业大学姜左教授,苏州大学出版社陈兴昌老师对本书的编写和出版给予了大力支持;林杰、沈铭、夏威、马艳平、易敏捷、董桂岩、任芸丹等研究生为本书的插图、整理做了大量工作。在此表示衷心的感谢!同时,在本书编著过程中借鉴了不少同行专家和学者的宝贵材料,编者在此向他们表示真诚的谢意。

由于编者水平有限,错误和不当之处恳请广大读者批评、指正。

编 者

2005 年 1 月于苏大

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 现代设计方法的基本概念	(1)
1.1.1 设计科学概论	(1)
1.1.2 传统设计与现代设计	(2)
1.1.3 现代设计方法的特点	(3)
1.2 设计过程与设计方法	(5)
1.2.1 机电产品设计的一般过程	(5)
1.2.2 设计方法	(7)
1.3 设计类型及设计原则	(9)
1.3.1 设计类型	(9)
1.3.2 设计原则	(9)
1.4 部分现代设计方法简介	(9)
习题1	(16)
第2章 创新设计	(17)
2.1 创新学研究的内容与方法	(17)
2.1.1 创新学研究的内容	(17)
2.1.2 创新学研究的方法	(23)
2.2 创新思维基本方法	(25)
2.2.1 创新思维的基本特征	(25)
2.2.2 直观思维形式	(26)
2.2.3 联想思维形式	(27)
2.2.4 幻想思维形式	(28)
2.2.5 灵感思维形式	(29)
2.3 创新思维技法	(33)
2.3.1 智力激励法	(33)
2.3.2 题目问答法	(35)
2.3.3 联想组合法	(38)
2.3.4 类比法	(40)
2.3.5 列举法	(41)
2.3.6 逆向发明法	(44)
2.3.7 反求工程法	(44)

2.3.8 废物利用法	(46)
2.4 机电产品创新设计	(46)
2.4.1 功能的概念	(47)
2.4.2 确定总功能	(48)
2.4.3 总功能分解	(49)
2.4.4 功能元(分功能)求解	(54)
2.5 创新设计实例	(55)
2.5.1 缆索机器人设计	(55)
2.5.2 总体设计方案	(56)
2.5.3 详细设计	(56)
习题2	(61)
第3章 优化设计	(63)
3.1 概述	(63)
3.1.1 优化设计基本概念	(63)
3.1.2 优化设计的数学模型	(66)
3.1.3 优化设计的迭代算法	(70)
3.2 工程优化的数学基础	(72)
3.2.1 函数的方向导数与梯度	(72)
3.2.2 多元函数的泰勒展开式与海森矩阵	(74)
3.2.3 无约束问题的最优性条件	(75)
3.2.4 凸集、凸函数与凸规划	(76)
3.2.5 约束问题的最优性条件	(78)
3.2.6 优化问题的数值迭代法	(80)
3.3 一维搜索的优化方法	(81)
3.3.1 确定搜索区间的方法——进退法	(82)
3.3.2 黄金分割法	(83)
3.3.3 二次插值法	(85)
3.4 无约束优化方法	(89)
3.4.1 梯度法	(89)
3.4.2 牛顿法及其改进	(92)
3.4.3 变尺度法	(94)
3.5 约束优化方法	(97)
3.5.1 概述	(97)
3.5.2 复合形法	(99)
3.5.3 可行方向法	(102)
3.5.4 惩罚函数法	(106)
习题3	(108)

第 4 章 可靠性设计	(110)
4.1 可靠性基本概念和理论	(110)
4.1.1 可靠度 $R(t)$ 和累积失效概率 $F(t)$	(110)
4.1.2 失效密度 $f(t)$	(111)
4.1.3 失效率 $\lambda(t)$	(112)
4.1.4 平均寿命 m	(113)
4.2 产品的失效率曲线	(114)
4.2.1 电子产品的失效率曲线	(114)
4.2.2 机械零件的失效率曲线	(114)
4.3 可靠性常用分布函数	(115)
4.3.1 离散型随机变量的分布	(115)
4.3.2 连续型随机变量的分布	(117)
4.4 可靠性设计原理	(124)
4.4.1 概率设计的基本概念	(124)
4.4.2 应力-强度干涉模型	(126)
4.4.3 可靠度的确定方法	(126)
4.4.4 应力-强度均服从正态分布时的可靠度计算	(127)
4.5 机械静强度可靠设计	(129)
4.5.1 材料力学性能统计处理	(129)
4.5.2 工作载荷的统计分析	(130)
4.5.3 几何尺寸的分布与统计偏差	(130)
4.5.4 随机变量函数的统计特征值	(131)
4.5.5 零件静强度可靠性设计	(132)
4.6 机械系统可靠性设计	(138)
4.6.1 可靠性预测	(139)
4.6.2 可靠性分配	(147)
4.6.3 系统可靠性最优化	(149)
习题 4	(151)
第 5 章 弹性力学与有限元	(153)
5.1 小位移弹性理论的基本方程	(153)
5.1.1 平衡微分方程	(153)
5.1.2 几何方程	(155)
5.1.3 物理方程	(157)
5.2 小位移弹性理论中的能量概念	(158)
5.2.1 应变能	(159)
5.2.2 外力位能和系统总位能	(161)
5.3 有限元分析法概述	(162)

5.3.1 有限元分析法的基本概念	(162)
5.3.2 杆系结构的有限元分析	(164)
习题 5	(180)
第 6 章 设计中的评价与决策	(181)
6.1 设计中的评价	(181)
6.1.1 评价的内容	(181)
6.1.2 评价标准	(182)
6.1.3 评价方法	(184)
6.2 设计中的决策	(188)
6.2.1 决策的基本原则	(188)
6.2.2 决策类型及其分析方法	(189)
6.2.3 非确定型决策	(190)
6.3 模糊评价法	(191)
6.3.1 模糊集合	(191)
6.3.2 隶属度及隶属函数	(192)
6.3.3 模糊评价方法及步骤	(193)
6.3.4 设计方案的三级模糊综合评判方法	(197)
习题 6	(205)
附表 标准正态分布表	(206)
参考文献	(209)

第1章 绪 论

本章是本书的总论,概括地介绍了现代设计方法的基本概念、研究的主要内容与特点,并对创新设计、计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、有限元法、动态设计、智能设计等部分现代设计方法作了简介,使读者对现代设计方法有一个总体概括的了解。

1.1 现代设计方法的基本概念

1.1.1 设计科学概论

从古至今,人类生活在大自然和人类自身所“设计”的世界中。随着科学技术的发展,人类通过“设计”改变了大自然及人类社会的面貌,人们越来越生活在“人为”、“人技”设计的世界之中。

历史证明,人类文明的源泉就是创造;人类生活的本质就是创造;而设计,其本质上就是创造性的思维与活动。设计的历史也可以说就是人类的历史,但自觉的“设计”是开始于15世纪欧洲文艺复兴时期,直到20世纪中期,设计仍被限定在比较狭窄的专业范围内,单一的学科知识很难解决专业范围内的一些设计问题。

为了更好地满足人类的需求,设计方法必然要发展。随着创造性活动理论、现代决策理论、信息论、控制论、工业设计理论、系统工程等现代理论与方法的发展及传播,人们冲破了传统学科间的专业壁垒,在相邻甚至相远的学科领域内探索、研究,使现代设计科学走上日趋整体化的道路,促使单一的设计研究向广义的设计研究转变,从而形成了现代设计方法学。

从广义角度出发,设计有许多定义,如:

- (1) 设计是“一种针对目标的问题求解活动”。
- (2) 设计是“将人为环境符合人类社会心理、生理需求的过程”。
- (3) 设计是“从现存事实转向未来可能的一种想像跃迁”。
- (4) 设计是“一种创造性活动——创造前所未有的、新颖而有益的东西”。
- (5) 设计是“一种构思与计划,以及把这种构思与计划通过一定的手段符号化的活动过程”。
- (6) 设计是“建立在一定生产方式上的造型计划”。
- (7) 设计是“使人造物产生变化的活动”。
- (8) 设计是“一种社会文化活动。一方面,设计是创造性的、类似于艺术的活动;另一方面,它又是理性的、类似于条理性的科学活动”。
- (9) 设计是“对一批特殊的实际需要的总和,得出最恰当的答案”。
- (10) 设计是“实现信念的一种非常复杂的行动”。
- (11) 设计是“一种约定俗成的活动,是在规定和创造将来”。

(12) 设计是“完成委托人的要求、目标,获得使设计师与用户均能满意的结果”。

(13) 设计是“一种研讨生活的途径”。

(14) 设计是“综合社会的、经济的、技术的、心理的、生理的、人类学的、艺术的各种形态的特殊的美学活动及其产品”。

(15) 设计是“通过分析、创造与综合,达到满足某些特定功能系统的一种活动过程”。

由此可见,设计的含义并不受学科或专业本身的限制,这些含义具有普遍性与广义性。

1.1.2 传统设计与现代设计

20 世纪以来,由于科学和技术的进步与发展,对设计的基础理论研究得到加强,随着设计经验的积累,以及设计和工艺的结合,已形成了一套半经验、半理论的设计方法。依据这套方法进行的机电产品设计,称为传统设计。所谓“传统”是指这套设计方法已沿用了很长时间,直到现在仍被广泛地采用着。传统设计又称常规设计。

传统设计是以经验总结为基础,运用力学和数学而形成的经验公式、图表、设计手册等作为设计的依据,通过经验公式、近似系数或类比等方法进行设计。传统设计在长期运用中得到不断地完善和提高,是符合当代技术水平有效设计方法。但由于所用的计算方法和参考数据偏重于经验的概括和总结,往往忽略了一些难解的问题或非主要的因素,因而造成设计结果的近似性较大,也难免有不确切和失误。此外,在信息处理、参量统计和选取、经验或状态的存储和调用等方面还没有一个理想的有效方法,解算和绘图也多用手工完成,所以不仅影响设计速度和设计质量的提高,而且也难以做到精确和优化的效果。

图 1-1 所示为一般传统机械设计过程。由图可见,这一过程的特点是:第一,它的每一个环节都依靠设计者用手工方式来完成。从本质上来说,这些都是凭藉设计者直接的或间接的经验,通过类比分析或经验公式来确定方案,对于特别重要的设计或计算工作量不太大的设计,有时可对拟订的几个方案作计算对比。方案选定后按机械零件的设计方法或按标准选用,最后绘出整机及部件装配图和零件图,编写技术文件,从而完成整机设计。第二,按传统机械设计方法,设计人员的大部分精力耗费在零部件的常规设计(特别是繁重而费时的绘图工作)中,而对整机全局问题难以进行深入的研究,对于一些困难而费时的分析计算,常常不得不采用作图法或类比定值等粗糙的方法,因此具有很大的局限性。这些局限主要表现在:

(1) 方案的拟订很大程度上取决于设计者的个人经验,即使同时拟订了少数几个方案,也难以获得最优方案。

(2) 在分析计算工作中,由于受人工计算条件的限制,只能采用静态或近似的方法而难以按动态精确的方法计算,计算结果未能完全反映零部件的真正工作状态,影响了设计质量。

(3) 设计工作周期长,效率低,成本高。

所以,传统设计方法是一种以静态分析、近似计算、经验设计、手工劳动为特征的设计方法。显然,随着现代科学技术的飞速发展,生产技术的需要和市场的激烈竞争,以及先进设计手段的出现,这种传统设计方法已难以满足当今时代的要求,从而迫使设计领域不断研究和发展新的设计方法和技术。

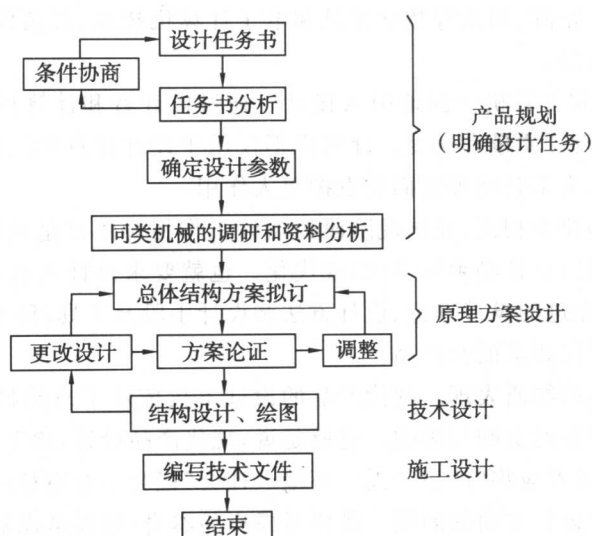


图 1-1 传统机械设计过程

20 世纪 70 年代以来,由于科学技术的飞速发展和计算机技术的应用与普及,给设计工作包括机电产品的设计带来了新的变化。随着科技发展,新工艺、新材料的出现,微电子技术、信息处理技术及控制技术等新技术对产品的渗透和有机结合,与设计相关的基础理论的深化和设计新方法的涌现,都给产品设计开辟了新途径。在这一时期,国际上在设计领域相继出现了一系列有关设计学的新兴理论与方法。为了强调它们对设计领域的革新,以区别于传统设计理论和方法,把这些新兴理论与方法统称为现代设计。当然,现代设计不仅指设计方法的更新,也包含了新技术的引入和产品的创新。目前现代设计所指的新兴理论与方法主要包括:优化设计、可靠性设计、设计方法学、计算机辅助设计、动态设计、有限元法、工业艺术造型设计、人机工程、并行工程、价值工程、协同设计、反求工程设计、模块化设计、相似性设计、虚拟设计、疲劳设计、三次设计、摩擦学设计、模糊设计、人工神经网络、遗传算法等设计分析方法。

1.1.3 现代设计方法的特点

由传统设计与现代设计方法的比较可以看出,现代设计方法的基本特点如下:

(1) 程式性:研究设计的全过程。要求设计者从产品规划、方案设计、技术设计、施工设计到试验、试制进行全面考虑,按步骤有计划地进行设计。

(2) 创造性:突出人的创造性,发挥集体智慧,力求探寻更多突破性方案,开发创新产品。

(3) 系统性:强调用系统工程处理技术系统问题。设计时应分析各部分的有机关系,力求系统整体最优。同时考虑技术系统与外界的联系,即人一机一环境的大系统关系。

(4) 最优化:设计的目的是得到功能全、性能好、成本低的价值最优的产品。设计中不仅考虑零部件参数、性能的最优,更重要的是争取产品的技术系统整体最优。

(5) 综合性:现代设计方法是建立在系统工程、创造工程基础上,综合运用信息论、优化论、相似论、模糊论、可靠性理论等自然科学理论和价值工程、决策论、预测论等社会科学

理论,同时采用集合、矩阵、图论等数学工具和电子计算机技术,总结设计规律,提供多种解决设计问题的科学途径。

(6) 计算机化:将计算机全面地引入设计。通过设计者和计算机的密切配合,采用先进的设计方法,提高设计质量和速度。计算机不仅用于设计计算和绘图,同时在信息储存、评价决策、动态模拟、人工智能等方面将发挥更大作用。

与人们对设计的要求相比,我国现阶段的设计工作相对而言是比较落后的。面对这种形势,唯一的出路就是:设计必须科学化、现代化。也就要求设计人员不仅要有丰富的专业知识,而且还需掌握先进的设计理论、设计方法和设计手段及工具,科学地进行设计工作,这样才能设计出符合时代要求的新产品。

产品是设计结果的物质表现。现代产品的设计不仅依赖于自然科学技术,而且还要受到社会科学和社会因素的支配与影响。这就是说,现代产品设计,除了要求考虑技术方面的因素外,它还要求设计者应将“产品—人—环境—社会”视为一个完整的系统。设计时,必须从系统角度来全面考虑各方面的问题。既要考虑产品本身,还要考虑对系统和环境的影响;不仅要考虑技术领域,还要考虑经济、社会效益;不但要考虑当前问题,还需考虑长远发展。

例如,汽车设计,不仅要考虑汽车本身的有关技术问题,还要考虑使用者的安全、舒适、操作方便等;另外,还需考虑汽车的燃料供应、车辆存放、环境污染、道路发展以及国家能源政策、资源条件、道路建设、城市规划等政策及社会条件限制等问题。因此,现代产品设计已要求设计者把自然科学、社会科学、人类工程学,以及各种艺术、实际经验和聪明才智融合在一起,用于设计中。

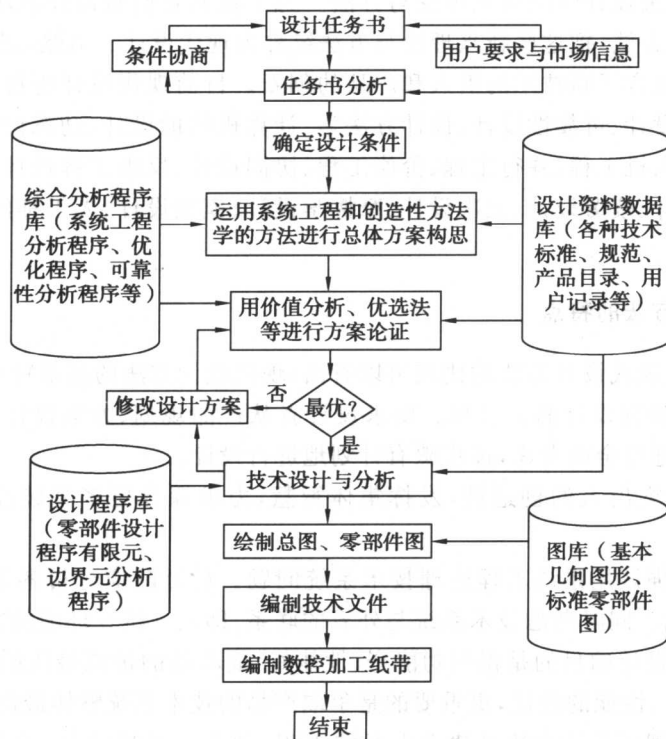


图 1-2 现代设计基本作业过程

最后,应该指出,设计是一项涉及多种学科、多种技术的交叉工程。它既需要方法论的指导,也依赖于各种专业理论和专业技术,更离不开技术人员经验和实践。现代设计方法是在继承和发展传统设计方法的基础上融会新的科学理论和新的科学技术成果而形成的。因此,学习使用现代设计方法,并不是要完全抛弃传统的方法和经验,而是要让广大设计人员在传统方法和实践经验的基础上掌握一把新的思想钥匙。由于设计方法具有时序性和继承性,之所以冠以“现代”二字是为了强调其科学性和前沿性以引起重视,其实有些方法也并非是现代的,当前传统设计与现代设计正处在共存性阶段。如图 1-2 所示为现代设计的基本作业过程。与传统设计方法相比,它则是一种以动态分析、精确计算、优化设计为特征的设计方法。所以,不能把现代设计与传统设计截然分开,传统设计方法在一些适合的工业产品设计中还在应用。当然,现代设计方法也并非万能良药,现代设计中各种方法都有其特定的作用和应用场合,如优化设计,目前只能在指定方案下进行参数优化,不可能自行创造最优设计方案。而计算机辅助设计也只能在“寻找”方面帮助人的脑和手工作,而决不能代替人脑进行“创造性思维”。这就是现代设计与传统设计方法上的继承与改革的辩证关系。

现代设计方法是一门种类繁多,知识面广的学科群,它所涉及的内容十分广泛,而且随着科学技术的飞速发展,必将还会有许多新的设计方法不断涌现,因此它的内容还会有不断发展。

1.2 设计过程与设计方法

1.2.1 机电产品设计的一般过程

从产品设计角度出发,机电产品设计过程有产品规划阶段、原理方案设计阶段、技术设计阶段和施工设计阶段四个主要步骤。现代设计要求设计者要以系统的、整体的思想来考虑设计过程中许多综合性技术问题。为了避免不必要的经济损失,开发机电产品时应该遵循一定的科学开发生产原则。下面就对开发机电产品设计的一般步骤加以论述。

1. 产品规划设计阶段

产品规划设计,就是决策开发新产品的设计任务,为新技术系统设定技术过程和边界,是一项创造性的工作。要在集约信息、市场调研预测的基础上,辨识社会的真正需求,进行可行性分析,提出可行性报告和合理的设计要求与设计参数项目表。

集约信息应该是生产单位中包括从情报、设计、制造到社会服务等所有业务部门的任务。市场调研要从市场、技术、社会三个方面进行,预测要按科学的方法进行。辨别需求的可行性分析和可行性报告,应由所有业务部门参加的并行设计组 and 用户共同完成,而不是设计部门或少数部门完成。

2. 原理方案设计阶段

原理方案设计就是新产品的功能原理设计。用系统化设计法将确定的新产品总功能按层次分解为分功能直到功能元。用形态学矩阵组合按不同方法求得的各功能元的多个解,得到技术系统的多个功能原理解。经过必要的原理试验,通过评价决策,寻求其中的最优解即新产品的最优原理方案,列表给出原理参数,并作出新产品的功能原理方案图。

3. 技术设计阶段

技术设计是把新产品的最优原理方案具体化。首先是总体设计,按照人一机—环境—社会的合理要求,对产品各部分的位置、运动、控制等进行总体布局。然后分为同时进行的实用化设计和商品化设计两条设计路线,分别经过结构设计(材料、尺寸等)和造型设计(美感、宜人性等)得到若干个结构方案和外观方案,再分别经过试验和评价,得到最优结构方案和最优造型方案。最后分别得出结构设计技术文件、总体布置草图、结构装配草图和造型设计技术文件、总体效果草图、外观构思模型。以上两条设计路线的每一步骤,都经过交流互补,而不是完成了结构设计再进行造型设计。最终完成的图纸和文件所表示的是统一的新产品。

4. 施工设计阶段

施工设计是把技术设计的结果变成施工的技术文件。一般来说,要完成零件工作图、部件装配图、造型效果图、设计和使用说明书、设计和工艺文件等。

以上机电产品设计的四个工作阶段,应尽可能地采用现代设计方法与技术实现 CAD/CAPP/CAM 一体化。这样可以大大减少工作量,加快设计进度。表 1-1 给出新产品设计一般进程的不同阶段、步骤、使用方法和指导理论,供参考。

表 1-1 新产品设计一般进程

阶段	步 骤	方 法	主要指导理论
产品设计规划	<pre> graph TD A[信息集约(技术造型)] --> B[产品设计任务] B --> C[调研预测(技术造型)] C --> D[可行性分析] D --> E[明确任务要求] E --> F[可行性报告、设计要求项目表] </pre>	设计方法 预测技术	设计方法学 技术预测理论 市场学 信息学
原理方案设计	<pre> graph TD A[总功能分析] --> B[功能分解] B --> C[功能元求解] C --> D[功能载体组合] D --> E[功能原理方案(多个)] E --> F[原理试验] F --> G[评价决策] G --> H[最优原理方案] H --> I[原理参数表, 方案原理图] </pre>	系统化设计法 创造技法 评价决策方法	系统工程学 形态学 创造学 思维心理学 决策论 模糊数学

续表

阶段	步 骤	方 法	主要指导理论
技 术 设 计	<pre> graph TD A[总体设计] --> B[结构设计
材料, 尺寸等] A --> C[造型设计
美感, 宜人性等] B --> D[结构价值分析] C --> E[造型价值分析] D --> F[结构方案
多个] E --> G[外观方案
多个] F --> H[试验] G --> I[试验模型] H --> J[评价决策] I --> K[评价决策] J --> L[最优结构方案] K --> M[最优造型方案] L --> N[最优技术设计方案] M --> N N --> O[总体布置图、装配草图、技术文件] N --> P[总体效果图、外观效果模型] </pre>	价值设计 优化设计 可靠性设计 宜人性设计 产品造型设计 系列化设计 机械性能设计 工艺性设计 自动化设计	价值工程学 最优化方法, 工程遗传算法 可靠性理论与实验 人机工程学 工业美学 模块化设计、相似理论 有限元法、动态设计、摩擦学设计、高等机构学 机械设计的工艺基础 控制理论、智能工程、人工神经元计算方法、专家系统
施 工 设 计	<pre> graph TD Q[零件工作图] --> R[部件装配图] R --> S[技术文件] T[外观件加工工艺、面饰工艺规程] --> U[效果图、检验标准] U --> V[造型工艺文件] S --> W[试制] V --> W W --> X[修改] X --> Y[批量生产] </pre>	各种制造、装配、造型、装饰、检验等方法	各种工艺学

1.2.2 设计方法

设计方法是指达到预定设计目标的途径。在很长的一段时间内,工程设计方法多采用直觉法、类比法及以古典力学、数学和经验数据为基础的半经验设计法,设计中反复多,周期长。20世纪70年代以后,随着计算方法、控制理论、系统工程、价值工程、创造工程等学科理论的发展以及电子计算机的广泛应用,促使许多跨学科的现代设计方法出现,使工程设计进入创新、高质量、高效率的新阶段。设计过程的主要方法与理论如表1-2所示。