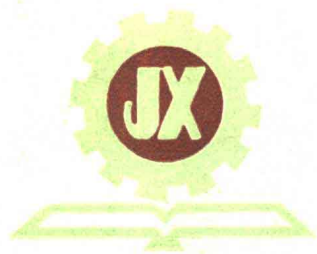


TH122
7433

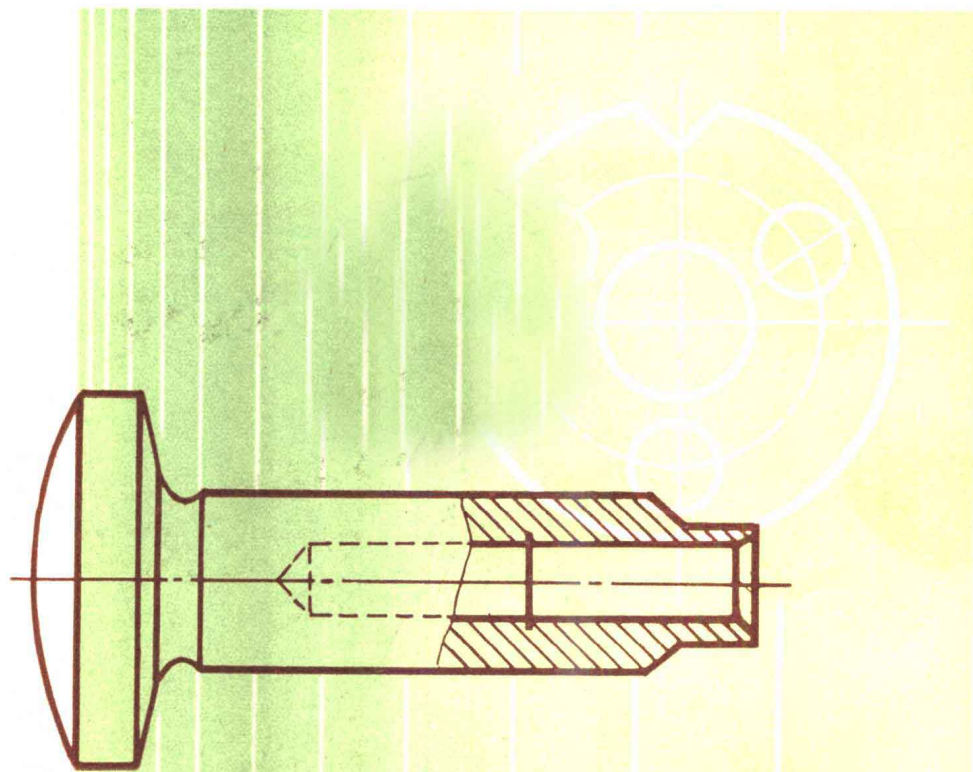
948820



高等学校教学用书

机械设计方法学

陈淑连 黄日恒 编著



中国矿业大学出版社

942816 高等学校教学用书

机械设计方法学

陈淑连 黄日恒 编 著

中国矿业大学出版社

〔苏〕新登字第 010 号

内 容 简 介

本书介绍的机械产品设计方法是依据机械产品设计程序编写的,共分七章,机械设计概论、产品设计过程、原理方案设计、结构方案设计、总体设计、评价与决策、相似设计和模块化设计。

本书从产品设计系统出发,强调方案设计,重点介绍功能设计法、机构综合法及方案评价与决策。书中内容取材新颖、叙述简明、并附有实例。

本书为高校本科机械类专业教材。也可供机械设计的科研、工程技术人员阅读、参考。特别对从事新产品开发的设计人员来说是入门的向导。

责任编辑 安乃隽

技术设计 冀锦蓉

高等学校教学用书

机械设计方法学

陈淑连 黄日恒 编 著

中国矿业大学出版社出版

全国新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/16 印张10.75 字数260千字

1992年8月第一版 1992年3月第一次印刷

印数: 1—2000册

ISBN 7-81021-590-6

TH·12

定价: 2.85元

前 言

现代科学技术向两个方向发展：一是学科越分越细；二是跨学科高度综合。为适应这种形势，高等教育也正在进行的改革。过去工科院校各专业过多地设置分析性课程，而忽视各门学科知识的综合，这不利于培养学生解决实际问题的能力。本课程试图用系统工程观点，综合各门课程基础知识，使学生掌握机械产品设计通用方法。

机械产品设计是一种创造性活动，最终目标是保证产品功能满足社会需求。产品设计直接影响产品性能、质量、成本和企业经济效益。商品市场的竞争促使人们去探索新的设计方法和技术，以创造出质高价廉的新产品。因此，对产品设计方法的研究有着十分重要的意义。

机械设计方法学，是研究产品设计规律、产品设计程序以及产品设计各阶段具体方法的一门综合学科。其目的是总结设计规律性、启发创造性，在给定条件下，实现高效、优质的设计，培养开发性、创造性产品设计人才。

机械设计方法学是介绍现代设计方法。与传统设计方法相比，现代设计法是运用系统工程理论，把产品开发放在人一机—环境系统中，形成科学的、一体化综合分析的设计方法。现代设计法不是对传统设计法简单的取代，而是在常规设计法基础上的发展和延伸。

关于设计的方法、程序、规律，国内外学者、专家有过许多论述，但本书与其它“设计方法学”内容不同的地方是：注重实用性，既提倡创造性思维，更重视实际应用。一般说，发明创造并不能直接显示出社会效益，只有把它用在产品上，并且使产品在市场上畅销，才能显示出社会效益，才能真正为社会所公认。所以，本书力求使设计方法学理论和原则，应用于产品设计，既定性又量化，这是本书特点之一。另外，根据编者多年从事产品设计的经验体会，创造性的产品设计在于设计综合。量的综合能导致质的飞跃，纵观许多发明创造并非都是基于全新的原理和构造，而多半是对已有技术的综合结果。将设计综合应用于产品设计是本书又一特点。

产品设计全过程包括：计划、设计、制造、试验、销售各阶段。本书将系统介绍产品设计程序。因为，合理的设计程序能保证产品质量，提高设计效率，减少设计失误。本书重点介绍设计阶段的方法步骤，例如：原理方案设计、结构方案设计、产品总体设计、评价决策等。书中叙述力求深入浅出、突出重点、通俗易懂。

本书是编者在多年讲稿的基础上编写而成的，作为机械设计与制造、矿业机械、机械制造工艺与设备、电厂热能工程等机械类专业本科生用的教科书，也可作为工程师培训班教材。对从事产品设计工作的工程技术人员和科研工作者、大专院校教师也是一本有用的参考书。

本书由黄日恒、陈淑连编著，其中，第三、四、五各章由黄日恒编写，第一、二、六、七各章和全书编写大纲由陈淑连编写。

限于编者理论知识和业务水平，书中难免有错误和不当之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

1991年6月

目 录

第一章 机械设计方法学概论	(1)
第一节 设计概念.....	(1)
第二节 设计方法学主要内容和理论基础.....	(4)
第三节 产品设计类型、设计原则和设计师.....	(6)
第二章 产品设计过程	(9)
第一节 设计程序.....	(9)
第二节 调查研究.....	(11)
第三节 预测技术.....	(14)
第四节 可行性研究.....	(21)
第五节 产品设计任务书.....	(24)
第三章 原理方案设计	(28)
第一节 方案设计与创造性.....	(28)
第二节 功能分析设计法.....	(34)
第三节 功能元和原理方案解.....	(44)
第四节 机构综合设计法.....	(52)
第四章 结构方案设计	(61)
第一节 结构设计任务、内容和步骤.....	(61)
第二节 结构设计基本要求.....	(62)
第三节 结构设计基本原理.....	(66)
第四节 结构设计方法.....	(75)
第五节 结构优化设计.....	(83)
第六节 结构与成本.....	(89)
第五章 总体设计	(99)
第一节 总体设计任务和内容.....	(99)
第二节 整机总体参数的确定.....	(100)
第三节 总体布置设计.....	(103)
第四节 人一机—环境系统设计.....	(105)
第五节 产品造型设计和标准化设计.....	(116)
第六章 评价与决策	(118)
第一节 评价意义和内容.....	(118)
第二节 评价标准.....	(120)
第三节 评价方法.....	(123)
第四节 技术—经济评价法.....	(128)

第五节	模糊评价法.....	(134)
第七章	相似设计和模块化设计.....	(140)
第一节	相似概念.....	(140)
第二节	相似三定理.....	(144)
第三节	模型设计与试验.....	(149)
第四节	产品系列化设计.....	(153)
第五节	模块化设计简介.....	(162)

第一章 机械设计方法学概论

第一节 设计概念

一、设计发展简史

人类在改造自然的历史长河中，一直从事设计活动。从某种意义上讲，人类文明的历史，就是不断进行设计活动的历史。

古代的设计是一种直觉设计，全靠人的直观感觉来设计制作工具。设计者多为具有丰富经验的手工艺人，他们之间没有信息交流。设计方案存在于手工艺人头脑之中，无法记录表达。一项简单产品的问世，周期很长，这是一种自发设计。

随着生产的发展，人类需要更多、更好的产品，促使设计活动不断进步。到17世纪初，数学与力学结合后，人们开始运用经验公式来解决设计中一些问题，并且开始了按图纸进行制造，如公元1670年就已有了造大海船的图纸。有了图纸，更多的人可以同时参加生产活动，产品的产量也可以大大提高。这时具有丰富经验的手工艺人也可以通过图纸将其经验和知识流传后代，从此，由自发设计阶段进步到经验设计阶段。

20世纪初，由于试验技术与测试手段的迅猛发展和应用，人们把对产品采用局部试验、模拟试验等作为设计辅助手段。通过中间试验取得较可靠的数据，选择较合适的结构，从而缩短了试制周期，提高了设计可靠性。这个阶段称为中间试验设计阶段。

近30年来，由于科学技术迅猛发展，对客观世界的认识不断深入，设计工作本身所需要的理论基础和手段有了很大发展，特别是电子计算机的发展应用，对设计工作产生了革命性的突变，为设计工作提供了实现设计自动化的前景。现在，设计工作已作为一门学科来研究，即“设计学”。把产品设计当作系统工程，即不单纯考虑零件及产品本身的问题，而考虑系统及环境影响；不仅考虑技术领域，还要考虑经济、社会效益；不仅考虑当前，还必须考虑长远发展。例如：汽车的设计，不仅考虑汽车本身技术问题，还必须考虑使用人员的安全、舒适、操作方便等。此外还必须考虑汽车的燃料供应、车辆存放、道路发展等问题。总之，目前已进入现代设计阶段，在设计工作中把自然科学、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，称之为现代设计方法学。

当今，国际上关于设计方法学的研究十分活跃，各国研究重点不完全相同，各具千秋。西德、瑞士的学者比较重视设计程序的研究：先是明确设计任务，然后对设计任务进行抽象化的功能分析和求解（设计目录），将开发新产品的任务要求转化为产品图纸。这种方法思路清晰。美国的学者强调“创造性设计”，提倡设计中创造能力的开发，把设计活动分为创造—分析—决策三个步骤。在美国的设计工作中，计算机广泛普及和应用，产品图纸大部分由计算机绘制，有经验的设计师开始摆脱常规的技术工作，集中精力进行创造性设计工作。日本的学者对设计方法学的研究，最初注重引进技术的消化吸收，后来注重机电一体化，开发人工智能的自动化设计。由于世界各国对设计方法学的重

视, 目前已成为一项国际性学术活动。

我国设计方法学研究是从 80 年代初开始的, 先是派留学生到国外进修学习, 请国外专家来华讲学。目前已有 50 多所高等学校开设必修课和选修课, 还面对工厂的工程师举办培训班, 普及推广设计方法学的基本知识。一个适合中国特点的设计方法学正酝酿形成。

二、设计的定义和特征

目前, 我国工程界把“设计”理解为围绕产品图纸和有关文件的一系列工作, 实际上这种理解是局部的、不全面的。随着生产水平的发展, 设计和设计科学也在不断发展, 从内容、要求、理论、手段等都在不断更新。

近年来对设计有些新的提法:

设计是一种创造性活动, 设计的核心是创造性, 如果没有创新, 就不叫设计。

设计是一种优化过程, 是在给定条件下, 谋求最优解的过程。

设计是把各种先进技术转化为生产力的一种手段, 它反映当时生产力的水平, 是先进生产力的代表。

设计是一种技术性、经济性、社会性、艺术性的综合产物。

设计是为满足需求而进行的一种创造性思维活动的实践过程。

机械产品的设计是创造性地建立满足功能要求的技术系统的活动过程。

从上面这些对设计的描述中, 可以综合理解设计的含义。设计包含范围很广, 有社会设计(规划)、工厂设计、地质勘探设计、工程设计、工业产品设计、艺术设计等许多门类。本书主要讨论机械工业产品设计。就机械产品而言, 范围也是极其广泛的, 小到一根针, 大到挖掘机、汽轮机、发电机等大型成套设备的设计, 都属机械产品设计。而这种大型产品设计本身就是一项系统工程, 从对新产品提出设计要求开始, 直到生产销售, 中间要经过研究、试验、设计、制造、安装、使用和维修等阶段。所以从产品开发到商品化的一系列设计作业总称为产品设计。

现代化工业产品设计, 在国外也叫做工业设计。它是一种以客观的、科学的方法, 来从事工业新产品开发工作。1964 年在比利时召开的国际工业设计教育讨论会上, 对工业设计定义如下: “工业设计是一种创造性行为, 它的目的在于决定产品的正式品质。所谓正式品质, 除了产品外形和表面特点外, 更重要的是决定产品结构和功能关系, 以获得一种使生产者和消费者都能满意的整体”。

从设计定义出发可以看出, 工业设计或产品设计应该具有以下特征:

1. 产品设计的需求特征

产品设计目的是满足人类社会的需求, 所以设计始于需求, 没有需求就没有设计, 无目的设计是不存在的。

2. 产品设计的创造性特征

时代的发展, 自然环境、社会环境、人们的需求都处于变化之中, 要求设计者适应条件变化, 不断更新老产品、创造新产品。

3. 产品设计的程序特征

任何产品设计都有设计过程, 主要包括调查研究、拟订方案、分析计算、绘图和编制文件、样机试制、批量生产、销售使用等一系列工作过程, 这种过程叫设计程序。按设计程

序进行工作，才能提高效率、保证质量。

4. 产品设计的时代特征

设计活动受时代的技术水平、物质条件的限制，如设计手段、材料、制造工艺等。所以，各种产品设计都具有时代的烙印。

基于认识产品设计的特征，才能全面地、深刻地理解设计活动的本质，才能产生分析研究与设计活动有关的各种问题的动力，进而直至解决产品设计问题。

三、产品设计的重要性

人类从事的各种生产活动，都离不开设计，人类所创造的精神财富和物质文明，无一不与设计密切相关。工业产品的品种、规格、质量是衡量一个国家工业技术水平的重要标志，而产品设计是品种、规格、质量的保证。只有努力提高产品的设计水平，才能迅速扩大工业产品的品种、规格，不断提高产品质量，同时还因为：

设计活动是人类生产活动的重要组成部分；

任何天才的思想只有通过设计才能变为现实；

任何机械产品都始于设计；

产品质量首先决定于设计质量；

产品成本 75 % 是在设计阶段决定的；

产品更新速度在很大程度上取决于设计速度。

对工业企业来讲，产品设计工作直接决定企业的前途和命运。每个企业都必须从产品质量上求生存，从扩大品种上求发展。产品设计不仅是新产品开发的重要环节，而且是企业经营的核心。在产品设计时，精心思考，选择合理的设计方案，提高结构工艺性，有助于节约材料、加工工时和管理费用，有助于保证和提高产品质量，有助于提高劳动生产率。这些归根到底，都有助于降低成本和提高企业经济效益。

由上面论述可知，设计直接关系人类的未来和发展，对国家的经济发展具有重要意义。从第一台蒸汽机的出现和完善到现代化电子计算机的应用及宇航工业的发展，均对人类社会引起巨大变革。好的产品设计造福于人类社会，设计的失误称之为“思维灾害”，将给人类社会造成重大损失，如：震撼世界的苏联切尔诺贝利核电站爆炸事故，美国“挑战者”号航天飞机升空后爆炸，五名宇航员全部遇难。这都是设计原因带来的灾害。

人们通过长期的实践，特别是总结失败的教训，认识到设计的重要性，这就使人们不得不对设计过程进行研究，探讨设计规律，寻求保证产品质量，加快设计进度，避免或减少“思维灾害”的方法和措施。顺应科学技术发展的要求，使设计工作达到科学化、自动化。正是在这种条件下，促使产品设计方法学的发展和研究。

我国产品设计与工业发达国家比较，在设计水平、设计思想、设计方法和手段等方面都有很大差距。以机电产品为例，很多企业老产品几十年一贯制，没有更新换代，性能落后，销路不好，用户急需的新产品又拿不出来，因此不得不大量引进技术，引进产品。造成这一情况的原因很多，主要是产品设计水平落后，设计方法落后，特别是对创造性设计提倡得不够，设计人员习惯于传统设计方法——类比和仿制。随着我国建设事业的发展，产品设计工作的重要性越来越明显，为了更好地提高产品设计效益，需要对设计工作本身不断进行改革，尽可能采用现代产品设计方法。

四、现代设计与传统设计

(一) 传统设计

传统设计又叫常规设计,一直采用三段设计法。即初步设计、技术设计、施工设计,它通过经验公式、近似系数或类比等方法进行设计。传统设计的设计思维是直觉式、经验式、模仿式的,其结构方案是收敛性思维,往往是单一方案。它多是利用手册中有关数据,采用较大的安全系数,强调零部件计算,只考虑静态工况,当需要考虑很多设计参数时,传统设计法往往难以解决。传统设计法的优点是比较简单,设计费用低廉,但是需要改进和发展。

(二) 现代设计

现代设计是在传统设计基础上向更高层次的发展,把产品设计当作系统工程对待,强调创造性开发设计,以整体功能为目标,重视方案设计,是发散性思维,考虑多种方案的评价、比较、优选。到目前为止,现代设计法尚无统一的定义,但现代设计与传统设计比较,可以得出下列几个特点:

(1) 现代设计是把产品的适应性、经济性、可靠性三者辩证统一起来考虑,满足产品总功能要求。

(2) 把市场需求、设计、生产、管理、使用各方面一体化考虑,综合分析多方兼顾。

(3) 把人、机器、环境看作一个系统,进行合理协调,创造出高水平、高效益的优良产品。

(4) 在静态分析的基础上,考虑多变量的动态优化,运用电子计算机先进手段进行辅助设计,提高设计的准确性和效率。

现代设计方法的内容,主要包括:设计方法学、优化设计、可靠性设计、有限元法、工业艺术设计、价值工程、反求工程、计算机辅助设计、相似设计等。

需要指出的是,不能把现代设计与传统设计绝然分开,传统设计方法在一些适合的工业产品设计中还在应用。现代设计并非“万能良药”,现代设计中各种方法都有其特定作用和应用场合,例如优化设计,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。计算机辅助设计也只能在“寻找”方面帮助人的脑和手工作,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。

第二节 设计方法学主要内容和理论基础

一、设计方法学讨论的主要内容

1. 设计原理

本书从系统观点出发探讨机械产品设计的一些基本原理,将机械产品看作由输入、转换、输出三要素组成的系统,重点讨论将功能要求转化为产品结构图纸的设计过程,并分析设计过程的特点,总结设计过程思维规律,寻求合理的设计程序。

2. 设计过程

机械产品设计是一项创造性工作,它需要考虑的因素很多,解答的方案也不止一个,为了减少设计工作的失误,各国学者相继提出了产品设计的进程模式,都是依据本国生产力发展水平和习惯而确定的。为使我国的机械产品赶超世界先进水平,必须有一个符合我国国情的、科学的、实用的机械产品设计进程模式(即设计程序),该程序以系统工程

为理论依据,以产品可行性研究为前提,功能分析和机构综合为出发点,综合评价为准则,以得到最佳产品为目的。这一设计过程是在充分吸取国外进程模式经验的基础上,继承我国传统设计精华部分而提出的。

3. 设计方案

产品设计的成败在于方案。如何通过创造性思维,对已有技术的分析、综合,得到一个合理的、理想的方案,是产品设计工作的核心问题。一个有创造性的解决问题的方案,会使所设计的对象发生质的变化,产生飞跃。设计者应培养自己创造性才能。

4. 综合评价

设计方案的优劣如何评价?在实际工作中很难找到一方案的各项指标较之其它方案都是最好的情况,往往是某一方案的某项优于另一方案,其他又不如。因此,对几个方案如何比较,就成为综合评价的关键。这涉及评价指标体系的建立,价值工程和多目标优化技术,以及各种定性、定量的综合评价方法的研究。

从上面讨论内容可知,机械设计方法学涉及的知识面很广泛,它是一门多元综合、新兴交叉学科。本书不对各有关学科知识本身加以讨论,而是结合产品设计过程,综合地应用有关学科知识。

二、设计方法学的理论基础

设计方法学是一门综合性学科。系统工程是它的重要理论基础。它把产品设计、设计过程都当作一个复杂的系统来进行分析和综合。下面简单介绍系统和系统工程的概念。

所谓系统是具有特定功能、相互间具有有机联系的许多要素所构成的一个整体。日本的 JIS 工业标准中,“系统”定义为:“许多组成要素保持有机的秩序,向同一目的行动的东西”。系统论的创始人, L. V. 贝塔朗(L. V. Bertalanffy)把“系统”定义为:“相互作用的诸要素的综合体”。美国著名学者阿柯夫(Ackoff R. L)认为:“系统是由两个或两个以上相互联系的任何种类的要素所构成的集合”。其集合数学表达式为:

$$S \subset V_1 X V_2 X V_3 \dots V_n$$

式中 S ——系统;

$\subset$ ——集合符号;

V ——组成元素;

X ——元素间关系。

系统的组成特征:

1) 系统的整体性

系统必须由两个以上要素组成。在机械系统中,所谓要素就是零部件,一个机械产品是由许多零部件组合而成。例如,自行车是由脚蹬、链轮、链条、胶轮、车架、手把等零部件构成。一个钉子就不是机械系统。

2) 系统各要素间的相关性

系统内各要素之间是有机联系的、相互作用的,并且具有某种相互依赖、相互制约的特定关系。在机械系统中,组成机械产品的零部件按一定关系排列和连接。例如,电子计算机系统是由键盘主机、显示器、磁盘驱动器、打印机、绘图机及操作者等要素构成,它们之间通过特定的关系,有机结合在一起,形成一个具有特定功能的计算机系统。

3) 系统的目的性

通常系统都具有某种目的, 为了达到既定目的, 系统都具有一定的功能, 这种系统功能正是区别这一系统和那一系统的标志。例如洗衣机系统, 其目的性是具有“去污”的功能。

4) 环境适应性

任何一个系统都存在于一定物质环境之中, 它必然与外界环境产生物质的、能量的和信息的交换。同时, 外界环境的变化必然引起系统内部各要素之间的变化。这时, 系统必须适应外部环境的变化。例如, 在煤矿井下瓦斯、煤尘、潮湿环境条件工作的采掘机械, 必须具有防爆、耐磨、防腐、密封等性能。

用系统概念来描述和研究机械产品, 则不论产品的种类、结构大小和复杂程度, 都一律视为系统, 都具有系统的特征和共同的规律, 这样的设计方法, 当然是普遍适用的。

系统的基本结构如图 1-1 所示, 在某种环境下, 接受输入, 经过内部转换再输出。系统分外部系统(指输入、输出、环境)和内部系统(指转换机构)。以汽车为例, 内部系统是汽车本身, 外部系统, 包括城市、道路、人和社会、物料、能量、信息等。内外系统有相互干扰和因果关系。

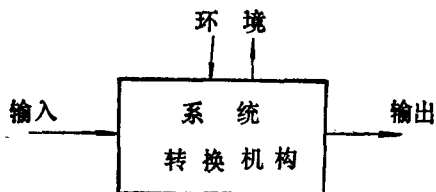


图 1-1 系统基本结构

所谓系统工程, 它是从系统的观点出发, 采取定量的、或定性定量相结合的方法, 从经济的、技术的、社会的角度来对一个大系统作优化分析或评价。运用系统工程观点, 把产品设计理解为一项系统工程, 进行分析、综合、评价、决策。这是设计方法学的一个主要的理论依据。

设计方法学的自然科学理论基础, 包括数学、力学、机械原理、机械零件、优化计算方法等, 还需引入一些新的设计理论, 如信息论、模糊论、相似论等。

设计方法学的社会科学理论基础是“工业经济学”、“价值工程学”、“决策理论”、“人机工程”等。由于产品设计是一项复杂的创造性思维活动, 因此“思维心理学”也是设计方法学理论基础之一。

此外, 以计算机为中心的计算系统、设计系统、智力系统等是设计方法学必不可少的技术手段。

第三节 产品设计类型、设计原则和设计师

一、产品设计类型

工厂生产一种新产品或者改进一种老产品, 都要进行设计。根据设计对象不同, 产品设计分为以下几类:

(1) 开发性设计：在设计原理、设计方案全都未知的情况下，根据产品总功能和约束条件，进行全新的创造。这种设计是在国内外尚无类似产品情况下的创新，如专利产品、发明性产品都属开发性设计。

(2) 改进性设计：在总的方案和原理不变的条件下，根据生产技术和使用部门的要求，对产品结构和性能进行更新改造，使它适应某种附加要求。如电冰箱，从单开门变双开门。单缸洗衣机变双缸洗衣机等。

(3) 系列化设计：在功能、原理、方案不变的情况下，只是对结构设置和尺寸加以改变，使之满足功率、速比不同要求。如：不同中心距的减速器系列设计；中心高不同的车床设计；功率不同的滚筒采煤机设计等。

(4) 测绘和仿制：按照国内外产品实物进行测绘，变成图纸文件，其结构性能不改变，只进行统一标准和工艺性改动。仿制是按照外单位图纸生产，一般只作工艺性变更，以符合工厂的生产特点与技术装备要求。

二、产品设计原则

(1) 创新原则：设计本身就是创造性思维活动，只有大胆创新才能有所发明，有所创造。但是，今天的科学技术已经高度发展，创新往往是在已有技术基础上的综合。有的新产品是根据别人研究试验结果而设计，有的是博采众长，加以巧妙的组合。因此，在继承的基础上创新是一条重要原则。

(2) 可靠原则：产品设计力求技术上先进，但更要保证使用中的可靠性，即无故障运行的时间长短，是评价产品质量优劣的一个重要指标。所以，产品要进行可靠性设计。

(3) 效益原则：在可靠的前提下，力求做到经济合理，使产品“价廉物美”，才有较大的竞争能力，创造较高的技术经济效益和社会效益。也就是说，在满足用户提出的功能要求下，有效地节约能源，降低成本。

(4) 审核原则：设计过程是一种设计信息加工、处理、分析、判断决策、修正的过程。为减少设计失误、实现高效、优质、经济地设计，必须对每一设计程序的信息，随时进行审核，决不许有错误的信息流入下一道工序。实践证明，产品设计质量不好，其原因往往是审核不严造成的。因此，适时而严细的审核是确保设计质量的一项重要原则。

三、对设计人员要求

一个优秀的机电产品设计人员应该具备什么样的素质，一直是工业设计中受到关注的重要问题。工厂企业间的竞争表现为产品竞争，其实质是设计人才的竞争。一个设计人员不但要懂机械设计计算，也要懂制造工艺，不仅是一般工艺，还要了解与设计、制造有关的冷、热加工的特种工艺与设备；设计人员不仅会产品结构的设计，还要懂得美学知识，在艺术设计方面也有一定的造诣；设计人员不仅掌握设计技术，也要懂得经济知识，能够估算设计产品的成本和利润，进行技术经济分析，选择最佳方案；此外，设计人员还要懂市场预测、人机工程和系统工程等方面的知识。总之，设计人员要有宽广的知识面。但归纳起来，机电产品设计人员应具备的基本能力有以下几方面：

1. 技术基本能力

产品设计以科学技术知识为基础，一个好的设计师必须善于将理论和实际、知识和经验密切结合起来，具备以下技术基本能力：包括计算、绘图、结构设计、实验测试和计

算机的使用能力等。

2. 创造性能力

创造是产品设计的核心，创造性能力表现在“见人之所皆见，思人之所未思”，善于探索解决问题的新途径、塑造新构想、发现新关系。设计中的创造性受许多个人特点的影响，因此要求设计人员具有坚韧不拔、勤奋好学、开拓进取、精益求精的优良品质。那些抱残守缺、安于现状、害怕困难、不思进取的人是搞不出好的产品设计的。

3. 分析与综合能力

设计人员应该具有系统的观点、全局的观点、发展变化的观点。通过综合—分析—综合的途径，使设计的产品满足一定功能要求。综合是设计活动的关键。综合离不开分析，分析是手段，综合求解才是目的。综合是研究开发新产品的有效方法。很多发明创造并不是发明一种全新的东西，而是把已有的东西加以新的综合，这种设计综合可以创造出走在世界前列的新产品。

4. 决策能力

设计问题是个多解问题，通过系统综合，我们可搜集到目标的多种方案，而从许多方案中如何选择最佳方案，这就是决策。设计人员要有合理评价，正确决策的能力。

5. 集体合作设计能力

产品设计是一项群体工作，非个人能力所能完成。尤其是复杂产品，涉及机、电、气、液各方面知识，还要管理、实验、制造工艺等许多方面的配合。因此，设计人员要科学分工、密切合作，共同完成任务。要求设计人员具备谦虚、合作态度，善于在集体合作中发挥个人及他人的智慧和创造。

第二章 产品设计过程

第一节 设计程序

根据系统方法论, 不仅把设计对象(机械产品)当作一个系统, 还把产品设计过程当作系统。不但研究各个设计步骤, 而且研究各个设计步骤之间的联系, 把全部设计过程按系统方法联结成一个严密的、符合逻辑规律的整体, 以便全面考虑问题, 使设计过程科学化。

研究设计过程, 拟定科学的、具有普遍适用性的产品设计程序, 是设计方法学领域内的主要内容, 也是设计工作科学化的基础。参考国外学者提出的设计进程模式, 结合我国具体情况, 总结我们自己多年的产品设计经验, 提出符合国情的产品设计程序, 以帮助设计师通过最经济的途径, 获得最满意的解。其设计程序模型如表 2-1 所示。把产品设计过程分为五个阶段: 计划阶段、设计阶段、试制阶段、批量生产阶段、销售阶段。

产品计划阶段进行需求调查、市场预测、可行性论证及确定设计参数, 选定约束条件, 最后提出详细设计任务书。在此阶段, 设计者尽可能全面地了解所要研究的问题。例如, 弄清设计对象的性质、要素、解决途径等。因为客观地认识问题, 就是创造过程的开始。

在产品设计阶段中, 原理方案设计占有重要位置, 它关系到产品设计成败和质量的优劣。在这阶段, 设计师运用他们所有的经验、创新能力、洞察力和天资, 利用前一阶段收集到的全部资料和信息, 经过加工和转换, 构思出达到期望结果的合理方案。结构方案设计是指对产品进行结构设计, 即确定零部件形状、材料和尺寸, 并进行必要的强度、刚度、可靠性计算, 最后画出产品结构草图。总体设计是在方案设计和结构方案设计的基础上全面考虑产品的总体布置、人机工程、工业美术造型、包装运输等因素, 画出总装配图。施工设计是将总装配图拆成部件图和零件图, 并充分考虑冷、热加工的工艺要求、标注技术条件, 完成全部生产用图纸。编写设计说明书、使用说明书、列出标准件、外购件明细表以及有关的工艺文件。

产品试制阶段是通过样机制造、样机试验来检验设计图纸的正确性, 并进行成本核算, 最后通过样机评价鉴定。在此阶段, 设计师应深入生产车间, 跟踪产品各道加工工序, 及时修正设计图纸, 完善产品设计。同时深入使用现场, 跟班试验, 掌握产品性能并进行维护。这是设计人员积累知识、丰富实践经验的极好机会。

批量生产阶段是根据样机试验、使用、鉴定所暴露的问题, 进一步作设计修改, 以完善设计图纸, 保证产品设计质量。同时验证工艺的正确性, 以提高生产效率, 降低成本, 确保成批生产的产品质量。

销售阶段的任务是通过广告、宣传、展览会、订货会等形式将产品向社会推广, 接受用户订货。与此同时, 设计人员要经常收集用户对产品设计、制造、包装、运输、使用维护等方面意见和数据, 加以分析整理, 用于改进本产品或为下一代产品设计取得宝贵的信

表 2-1 机械产品开发程序表

旧机 改进 消化	老产品	改造 产品	新产品	设计阶段	设计步骤	目标	方法
△			△	第一 阶段 (计划阶段)	市场调查	可行性研究报告	调查研究方法
△			△		可行性研究	设计任务书	技术预测方法
△	△		△		产品开发计划		
				第二 阶段 (设计阶段)	设计要求		
			△		功能分析		创造性科学方法
					搜寻解法		系统化设计法
			△		方案组合		机构综合设计法
					评价决策		参数优化法
					结构设计要求		相似设计法
			△		结构设计 (形状、材料、尺寸)	结构设计图	模块化设计法
					评价决策		结构设计原理及方法
			△		总体布置		结构优化设计
					人机工程设计		有限元设计
			△		外观造型设计		强度、刚度计算、可靠性设计
				总体设计	部件图设计	总装配图	计算机辅助设计 (CAD)
			△		零件图设计	部件工作图 零件工作图 技术文件	计算机辅助设计 (CAD)
					编写技术文件		
			△		样机试制		
△	△		△	第三 阶段 (试制阶段)	样机试验(厂内、工业)	样机试验大纲	试验设计
△	△		△		样机鉴定评价	样机鉴定文件	
△	△		△				
△	△		△	第四 阶段 (批量生产阶段)	修改图纸	工艺文件	计算机辅助制造 (CAM)
△	△		△		验证工艺	修改设计图	
△	△		△		批量生产		
△	△		△	第五 阶段 (销售阶段)	技术服务		反馈控制法
△	△		△		用户访问	信息反馈	

△：设计步骤

息。这种用户反馈是改进设计、提高设计质量的源泉，应该十分重视。

总之，通过上述分析可以看出，产品开发程序表具有很大实用性，并且比较容易被广大设计工作者所理解和掌握。因为该程序是根据系统工程理论和设计方法学的基本思想结合我国产品设计习惯而编制的。与此同时，应该指出的是：产品开发程序是一种垂直有序的直线结构，但又有不断循环反馈过程。设计者就要按程序有步骤地进行产品设计，以保证提高设计质量，提高设计效率，少走弯路，减少返工浪费。每个设计阶段完成后，都要经过审查批准，所有图纸和技术文件都要由各级技术负责人签字，这种逐级负责的责任制度对设计少走弯路，防止返工浪费具有重要作用。

第二节 调查研究

调查研究是计划阶段的重要内容，又是设计工作的起始点。设计人员懂得一些与产品有关的市场知识，掌握市场调研和预测方法，并用以指导产品设计的实践活动，对于提高设计质量，扩大产品品种，设计适销对路，满足社会和人民需要的产品，大有益处。

市场是商品或劳务交换的场所。市场活动主要表现为商品生产者，劳务供应者同需求者之间的买卖活动。市场的核心是社会需求。要解决社会需求，必须做到产品适销对路，用户满意。因此设计的产品要成为有用的产品，为社会所承认，并能取得经济效益，就必须从社会需求出发，考虑有关设计技术问题。这就叫做市场观念。为此，在产品品种、规格、式样、颜色、数量、质量、包装、标牌、价格、安全性、可靠性及供货期限等方面，都要考虑用户的需要。产品出售以后，还要做好售后服务工作，听取用户意见，继续改进产品设计。

市场分类：市场分为消费品市场、生产资料市场和技术市场三大类。产品设计前，设计人员尤其要对生产资料市场和技术市场作深入的调查。

一、调查研究目的

调查研究目的是为了找到市场发展变化的规律性，保证企业生产适销对路的产品，保证企业取得最好的经济效益，保证企业长远发展方向。具体来说，达到下列要求：

- (1) 为开发新产品、确定技术规格和技术参数提供可靠的科学依据；
- (2) 为预测产品未来市场的需求变化提供科学依据；
- (3) 为确定企业生产目标、生产计划和经营决策提供科学依据；
- (4) 掌握社会和人的需求及购买力，为解决市场供需矛盾提供科学依据；
- (5) 掌握社会和供销动态，为检查和调整企业内部计划、经营方式和效果提供科学依据。

二、调查研究内容

1. 搜集市场信息

市场信息是指需求信息、经济信息和技术信息三部分。包括市场需求、市场潜力、市场结构、市场分布、市场竞争和国内外技术水平。在调查中，始终要抓住产品的技术规格和性能参数两方面。

2. 搜集购买市场信息