

# 机械设计方法学

朱文坚 梁丽 编著

TH122  
Z501

华南理工大学出版社

TH122  
Z901

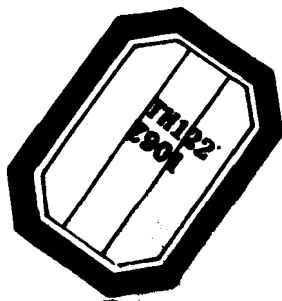
447628

# 机械设计方法学

朱文坚 梁丽 编著



00447828



华南理工大学出版社

· 广州 ·

10

## 内 容 提 要

本书介绍的产品设计方法是根据产品的设计程序编写的。主要介绍设计方法学研究的内容及理论基础、产品设计过程、原理方案设计、结构设计、总体设计等内容，并简单介绍了结构优化设计和模糊综合评价法，使读者能把现代设计技术应用到日常的设计工作中。

本书的特点是强调系统设计、程序化设计，注重培养创造性思维。文字叙述简明扼要，由浅入深，实例丰富。

本书可作为高等院校本科机械类专业教材，也可供从事产品设计和开发工作的设计人员参考。

7-5623-1148-X

## 图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计方法学/朱文坚, 梁丽编著. —广州: 华南理工大学出版社, 1997. 9  
ISBN 7-5623-1148-X

I. 机…

I. ①朱…②梁…

II. 机械设计-方法论

IV. TH122

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山·邮编 510641)

责任编辑 谢艳桂

各地新华书店经销

广东乐昌市印刷厂印装

开本: 787×1092 1/16 印张: 8.25 字数: 195千

1997年9月第1版 1997年9月第1次印刷

印数: 1—3000

定价: 12.20元

## 前 言

设计是人类改造自然的活动之一，它是一种创造性思维的过程。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（文字、数据、图形），形成设计，并通过制造加工使设计成为产品。市场经济的激烈竞争促使人们探索新的设计方法。机械设计方法学是近代发展形成的一门综合、新兴、交叉学科，主要研究产品设计规律、产品设计程序及产品各设计阶段的具体方法。通过总结设计规律，激发创造热情，开拓创新，创造出更多满足功能要求的新产品。

设计方法学以系统思想和系统工程方法为基础，以解决技术产品（工程）的总目标为出发点，以优化贯穿整个设计过程，综合考虑人-机-环境三者的关系，确立市场-设计-制造一体化的设计思想。

本书以产品设计过程为主线，强调方案设计，重点介绍功能设计方法，提倡创造性思维，重视实际应用。书中文字叙述力求简洁，突出重点，且深入浅出，通俗易懂。列举了一些应用实例，方便读者掌握和应用。

学习本课程的学生，应掌握理工科院校专业技术基础课的知识，如工程制图、力学、材料、机械原理、机械设计、金属工艺学、机制工艺学等方面的基础知识。

本书可作为高等院校理工科机械类专业本科生和研究生的教材，也可作为工程技术人员的参考书。

由于笔者水平所限，书中缺点错误在所难免，望读者指正。

编 著 者  
1996年3月

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
§ 1-1 设计概念 .....	(1)
§ 1-2 设计方法学的主要内容和理论基础 .....	(4)
§ 1-3 产品的设计类型设计原则 .....	(10)
<b>第二章 产品的设计过程</b> .....	(17)
§ 2-1 设计的步骤 .....	(17)
§ 2-2 创造性方法 .....	(19)
<b>第三章 明确设计任务</b> .....	(30)
§ 3-1 正确阐明设计任务的意义和方法 .....	(30)
§ 3-2 要求明细表的编制 .....	(31)
<b>第四章 方案设计</b> .....	(41)
§ 4-1 概述 .....	(41)
§ 4-2 方案设计的工作步骤 .....	(41)
§ 4-3 设计任务的抽象 .....	(42)
§ 4-4 总功能分解 .....	(45)
§ 4-5 原理方案解 .....	(53)
§ 4-6 设计方案的评价 .....	(68)
<b>第五章 结构设计</b> .....	(85)
§ 5-1 概述 .....	(85)
§ 5-2 结构设计的导则 .....	(87)
§ 5-3 结构设计的基本原则 .....	(88)
§ 5-4 结构设计的基本原理 .....	(91)
§ 5-5 结构设计方法 .....	(101)
§ 5-6 结构优化设计 .....	(105)
<b>第六章 总体设计</b> .....	(112)
§ 6-1 总体设计任务和内容 .....	(112)
§ 6-2 总布置设计 .....	(113)
§ 6-3 人-机系统设计 .....	(116)
§ 6-4 机械-环境系统设计 .....	(117)
§ 6-5 产品造型设计 .....	(117)
<b>参考文献</b> .....	(124)

# 第一章 绪 论

## § 1-1 设计概念

### 一、设计发展简史

人类在改造自然的漫长的历史长河中，一直都在不断进行设计活动。设计的发展大致可分为四个阶段：

#### 1. 直觉设计阶段

早在古代，我们的祖先已经懂得利用自然材料制作简单的工具（例如弓、箭、杠杆、风车、畜力机械等）、建造房屋、修筑水利等。当时人们或是从自然现象中直接得到启示，或是全凭直观感觉来设计制作工具和简单的机械，设计者多为具有丰富经验的手工艺人，他们根据自己的直觉和经验构思出设计方案，并往往亲自加工使用。这是一种自发的直觉设计，无法记录、表达，也无法进行交流。

#### 2. 经验设计阶段

随着社会的进步和生产的发展，人们需要更多、更好的产品，促使设计活动不断进步。自 17 世纪数学与力学结合后，人们开始运用经验公式，使用类比、模拟和试凑等方法来解决设计中的一些问题，并且开始按图纸进行加工。例如公元 1670 年就已经有了造大海轮的图纸，有了图纸，产品的产量和质量可以大大提高，设计的成果可以表达、记录、交流。这是经验设计阶段。

#### 3. 中间试验设计阶段

20 世纪初，由于试验技术和测试手段的迅猛发展和应用，通过试验人们可以得到较可靠的数据，为设计提供了理论依据，提高了设计的可靠性，缩短了设计周期，提高了设计效率和设计质量。

#### 4. 现代设计阶段

近 20 年来，由于科学技术迅猛发展，新兴科学技术不断涌现，人类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。科技发展的新成就不断丰富、充实，多元交叉和横向交叉学科的不断互相渗透，提供了新的设计思想、理论、方法和手段，促进了传统设计法的变革，特别是电子计算机的广泛应用，为设计工作提供了实现自动化的前景。

在现代设计阶段，重点研究设计学原理，研究对实用、高效、优质、经济地建设的总体设计思想、战略战术、策略决策、方法及手段。把设计工作作为一门学科来研究，即“设计学”。把产品设计当作系统工程，即不单考虑零件及产品本身的问题，而且考虑系统及环境影响；不仅考虑当前，还必须考虑长远发展。

现代设计法是现代广义设计和分析科学法的总称，它是一门新兴的多元交叉学科，现代设计方法通过对现代设计内涵、规律、进程、原理原则、策略、决策、途径步骤、方法及手段的研究，探索出符合国情的设计规律和设计方法。

当代国际上关于设计方法学的研究十分活跃，由于经济文化背景不同，各国学者的研究各有自己的特点和侧重方面。德国在发现自己的产品质量下降，竞争能力减弱之后，分析这是和设计工作不符合要求，缺乏有能力的设计人员密切相关的。为此，1963年至1964年间，举行了全国性“薄弱环节在于设计”的讨论会，制订了一批有关设计工作的指导性文件，举办了有关产品系统规划、创造性设计与发展、CAD等许多专题的培训班和讨论会，并相应在高校开设设计方法和CAD等专题课程。西德、瑞士的学者比较重视设计程序的研究：明确设计任务，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。英国自1963年开始提出工程设计思想后，广泛开展了设计竞赛，加强设计过程中的创造性开发、技术可行性、可靠性、价值分析等方面的研究，从而改变了设计水平低的局面。日本自60年代以来开始有关设计方法和CAD的研究，提高设计人员素质，发展CAD和改进工程技术教育。现在日本在产品开发中的更新速度受到全世界的关注，其产品的竞争能力已给许多国家造成巨大威胁。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，产品设计图纸基本上由计算机绘制，有经验的设计师可以摆脱常规的技术工作，集中精力进行创造性设计。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。有关国家组织了一系列关于设计方法的国际会议，如国际工程设计会议（ICED）就是其中之一。

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；此后陆续成立了一些关于设计方法学研究的全国性和地区性学会，组织各种类型的讲习班、培训班，翻译、出版专著，开展国内外的学术交流。目前已有50多所高等院校开设“设计方法学”（Design methodology），还对工程技术人员举办培训班，进行继续教育，推广普及设计方法学的基本知识。有的技术人员在自己的工作中开始应用设计方法学，并初步取得了一些成果。一个适合中国特点的设计方法学正逐步形成。

## 二、设计的定义和特征

什么叫设计？至今人们有着不同的理解和解释。通常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。

设计是根据客观需求，通过人们的创造性思维，经过判断、决策，并用各种设计模型使之定量化，将提供的资源转化为技术装置或系统以满足人类与社会的功能要求的过程。

设计是创造性思维过程，设计的核心是创造性，如果没有创新，就不能称为设计。

设计是一种优化方法的过程，是在给定条件下，对原理方案、结构方案、总体设计、造型设计等方面谋求最优解的过程。

设计是把各种先进技术转化为生产力的一种手段，是先进生产力的代表，反映了社会的生产力水平。

设计是技术、经济、艺术的综合和结晶。

设计是为了满足人类和社会需求而进行创造性思维的实践过程。

设计是根据各种信息反复作出判断的过程。

综上所述，设计应该具有下面特征：

#### (1) 需求特征

没有客观的需求，就没有设计，因此一切设计起源于客观的需求，又归宿于满足这种需求。设计的过程就是将提供的资源转化为技术系统（装置）以满足客观需求的过程。

#### (2) 创造性特征

随着社会的发展，人们的需求将有所变化，原来能满足需求的产品，可能会变成不能满足客观需要，因此需要对产品改进设计，不断更新老产品，创造新产品；要求设计师的设计成果前所未有，具有新颖性和独创性。

#### (3) 设计的程序特征

设计过程，不管大到一个复杂系统，还是小到一支墨水笔，整个设计过程总是在一定的时间、空间内，按一定的程序进行的，其设计过程大致为：明确设计任务，调查研究，方案构思，设计计算，绘图和编制文件，样机试制，批量生产，销售使用。按设计程序进行工作，才能提高设计质量，加快设计进度，减少或避免设计失误。

#### (4) 设计的时代特征

设计活动受社会的设计方法、设计手段、制造工艺、材料等条件的限制，设计水平代表了当时社会的技术水平。

### 三、产品设计的重要性

设计过程是为了不断满足人们和社会日益增长的需要的思维过程，它是人类生产活动的重要组成部分，人类从事的各种生产活动都与设计密切相关。设计的质量决定了产品的质量，产品的更新速度取决于设计速度。因此，设计直接关系到人类的未来和发展，对国家的经济发展有重要作用。成功的设计造福于人类社会，例如蒸汽机、飞机、计算机的发明、使用和发展都推动了社会的发展，给人们的生活、工作带来很大方便。但设计的失误给人类社会造成巨大的损失。如震撼世界的前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，这都是设计失误造成的灾难。人们在长期的工作、生活实践中，充分认识到设计的重要性，促使人们研究设计的一般进程模式，探讨设计规律和合理、科学的设计方法，促进了设计方法学科的发展。

我国与其他工业发达国家比较，在设计水平、设计思想、设计方法和手段等方面差距较大，特别是设计水平落后，设计方法落后，对创造性设计提倡不够，设计人员习惯于传统的设计方法——类比和经验法，因而束缚了设计人员的思想和创造能力的开发。为了适应形势发展和社会需求，需大力提倡对设计方法学的研究，总结过去的设计经验，吸收国外先进的学术思想和科学技术，得出符合我国国情的、高效、优质、经济地进行设计的一套规律和方法，为加速我国的四化建设作出努力。

### 四、现代设计与传统设计

#### 1. 传统设计

传统设计即常规设计，传统设计分为初步设计、技术设计、施工设计三个步骤。传统设计往往采用类比法、经验法、模仿法进行设计，与设计人员的经验关系较大。传统设计



的思维是收敛式思维。它多是利用设计手册中有关数据,采用较大安全系数,强调零部件计算。传统设计法的优点是比较简单,设计费用低廉。

## 2. 现代设计

现代设计体现了更高层次的学科综合,现代设计法这一设计科学既是思维科学又是方法科学,把产品设计当作系统工程对待,强调创造能力的开发,注重综合-分析的设计法,重视设计方案的选择,考虑对多种方案的评价,其思维方式是发散性思维。现代设计法是学科综合化、统一化在方法科学上的一次突破,是一门新兴的交叉学科,广泛应用于各种系统设计、结构设计、技术参数设计、艺术设计、管理设计及计划与规划、开发与研制等方面。现代设计与传统设计比较,有下列几个特征:

### (1) 系统性

把设计对象看作一个系统,同时考虑系统与外界的联系,用系统工程概念进行分析和综合,力求系统整体最优。

### (2) 创造性

现代设计强调创造能力开发和充分发挥人的创造性,重视原理方案的设计、开发和创新产品。

### (3) 综合性

设计过程中,综合考虑、分析市场需求、设计、生产、管理、使用、销售等各方面的因素;综合运用优化设计、系统工程、可靠性理论、价值工程、计算机技术等学科知识,探索多种解决设计问题的科学途径。

### (4) 程式性

研究设计的一般进程,包括一般设计战略和用于设计工作各个具体部分的战术方法。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,按步骤有计划地进行设计。

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。现代设计也并非“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。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“寻优”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。

## § 1-2 设计方法学的主要内容和理论基础

设计方法学主要研究解决设计问题的进程的一般理论。在深入研究设计过程的本质的基础上,以系统的观点研究设计的一般进程,安排和解决具体的设计问题。

### 一、设计方法学讨论的主要内容

#### 1. 设计进程模式

研究设计的各个阶段,如原理方案设计、结构设计和总体设计,并把各个阶段和每个

阶段的工作步骤连成一个设计程序，并使之规范化、模式化。阐述每个步骤的具体处理方法，设计进程模式应能使设计过程合理化、科学化。

### 2. 设计原理、规律和准则

从系统观点出发探讨机械产品设计的一些基本原理，将产品设计看作由输入、输出、转换三要素组成的系统；研究各种设计准则，如结构设计的设计准则、原理和原则等。

### 3. 设计方案

方案设计的质量决定产品设计质量。设计方法学主要研究方案构思中的思维规律和科学方法以及实现需求与技术系统设计间的转换方式方法、原理、原则、策略技巧，例如建立“设计目录”，便于设计师检索求解。

### 4. 综合评价

工程设计往往是多方案选择评优的过程，在实际工作中很难找到一个各项指标较之其他方案都是最优的方案。这涉及到评价指标体系的建立、价值工程和多目标优化设计的问题，以便对各方案进行合理综合评价。

设计方法学是一门多元综合、新兴交叉学科，涉及的知识面很广，例如材料力学、理论力学、金属材料、热处理、机械原理、机械设计、金属工艺学、系统工程、计算机应用、人机工程学、价值工程、优化设计、艺术造型等知识。

设计方法学是为了寻求保证设计质量、加快设计速度、减少和避免设计失误的方法和措施，并适应科学技术发展的要求。它的发展将大大提高产品的设计水平和生产率，提高产品的竞争能力。设计方法学可理解为：研究设计中的一般过程及解决具体设计问题的方法、手段。有人称之为“设计的设计”。

设计方法学特别重视寻找可能实现各项功能要求的物理原理（先不管它技术上能否实现），并组合成为数众多的设计方案，以供评价决策。这对冲破传统局限，创新开拓新产品有重大作用。

可以说设计方法学体现了技术、经济、美学和人机工程学的一体化，在生产活动中体现了市场、设计、制造、销售一体化。

设计方法学作为方法论，应满足这样的要求，即：

- (1) 适用于任何工程设计和产品设计，而不局限于某种行业。
- (2) 能促进发明创造和认识能力，使之较容易找到最佳的解。
- (3) 与其他学科的概念、方法和认识相协调。
- (4) 所获得的解并非偶然的，且容易转用于其他技术产物。

还需说明，设计方法学不主张单凭直觉和经验来设计，而应按由设计规律制订的进程和方法步骤进行设计，但这并不应该降低设计人员的直觉和经验的作用，不应限制他们的聪明才智，相反应使他们充分发挥作用。

设计方法学是一门实践性很强的学科，也只有在设计实践的应用中，才能真正显示出它的生命力和向前发展。

## 二、技术过程的结构

人类进行设计工作的目的总是为了满足一定的生产或生活需要。为了满足这种客观需要，常需经过一定的过程，例如需要在轮坯上加工轮齿，可以通过滚齿加工过程。技术过

程是一个人工过程，在技术过程中，经过操作者及技术系统共同施加的作用，使作业对象（物料、能量、信号）在一定的环境条件下产生有计划、有目的的预期的转变，获得能满足客观需要的结果。技术过程的实现必须依据一定的工作原理。例如车削过程应用了金属切削理论中的车削原理，并由操作者通过车床实现。综上所述，技术过程是为了满足某种需要，由操作者通过一定的“实体系统”，并应用某种工作原理的过程。人们的客观需要是设计的原始依据，设计对象往往是这个技术过程或实体系统，这个实体系统称为技术系统。技术系统是确定的人工系统的总称，它和操作者一起在技术过程中发挥预定的作用，使作业对象产生需要的转换。研究技术过程的目的在于寻求和确定满足客观需要的最佳设计目标。技术过程分析在设计工作中具有重要意义。

当人们有了某种客观需要时，首先就要找出能够满足这种需要的过程，并使它在人的控制下完成，这就是确定技术过程。例如，如何把人、货经常从河的北岸运输到河的南岸。为了解决这项需求，设计者凭借已有的知识和经验，创造性地提出各种各样的解决办法，如：架桥；用船；建立架空索道；飞机运输；河底隧道；让河流改道等。找出最可行、最经济的运输过程，就是一种重要的设计工作。

通过技术过程的实现，使客观需要得到满足。例如车床可以通过车削过程，使轴的毛坯通过形状、尺寸、表面性质等变化，得到合乎要求的轴，使客观需要得到满足。

不同的技术过程和不同的技术系统，可实现相同的客观需求。例如，在齿轮毛坯上加工轮齿，可通过范成法、成形法来实现。

设计中选定技术过程的重要作用在于它从根本上决定了解答方案的方向。通过技术过程分析选定的最佳设计目标，可能是满足客观要求的技术过程，也可能是实现所定技术过程的技术系统。要选出合理的技术过程或改变不合理的技术过程，设计人员不仅要有较广的基础理论知识，还要不断学习新的理论，将其他学科的新成就引入设计领域；设计人员要善于从设计实践中不断总结、不断积累、不断提高。

在设计过程中，确定技术过程的基本依据是设计要求。通常设计要求的内容很多，设计时必须首先明确这些要求的核心，即客观需要的实质，然后据以选定合适的技术过程。设计要求不同，技术过程亦不应相同。技术过程的不同主要表现在它所采用的工作原理不同。对于同一客观需要，也可采用不同的工作原理，即不同的技术过程。例如，要得到合乎一定要求的轴类零件，可以通过车削过程来实现，也可以采取轧制、锻造、磨削等方法加工。

工作原理是技术过程能否发挥预期效能的关键，应慎重进行选择。选择时应能保证满足客观需要，并能较好地实现有关设计要求。

技术过程的实现离不开操作者和技术系统。技术系统是实现所需转换的手段，操作者则承担转换所必需的操作与控制。技术系统是为技术过程服务的，它是完成技术过程所需转换的物质手段和保证。选定了技术过程也就基本上确定了对技术系统的要求。但对同一技术过程却可采用不同的技术系统。技术系统直接影响实现所需转换的有效性、经济性和操作的难易程度。

描述技术过程时，首先要表达实现客观需要所需的转换，同时要表达它的工作原理，有时涉及具体的系统，可以用图形表达，亦可用文字描述，要求表达简单、明了、全面和正确。图 1-1 为开采露天煤矿的挖掘机的技术过程。

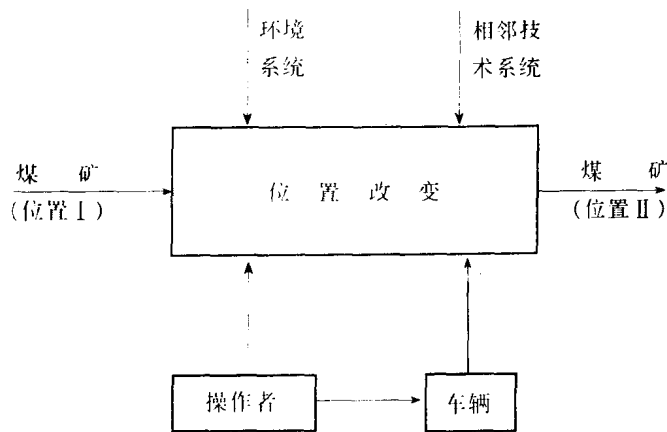


图 1-1 挖掘机的技术过程

由于技术系统是很复杂的,实际的技术过程总是由若干分过程及工序组成的复合过程。这些分过程和工序组合起来作为一个整体,体现了技术过程的工作原理,实现所需的转换,满足客观的需要。根据完成整个技术过程所需发挥的作用及其在技术过程中的地位,可将技术过程分为主要过程、辅助过程、驱动过程、控制过程、联接和支承作用。

主要过程(工作过程)用于实现作业对象的转换,使客观需求得到满足。例如煤矿挖掘机的工作过程完成了煤矿位置的变化。

辅助过程是为了保证主要过程的实现和保证其质量的过程。例如切削过程中的冷却润滑过程,它虽然不直接改变工件的尺寸、形状,但它却是保证切削过程和加工质量所必需的。

驱动过程是提供能源并进行能量的转换、传递和分配的过程。例如电动机将电能转换为机械能并传递和分配到各工作过程中。

联接和支承作用使技术系统的各部分能按照预定的方式进行联接并保证各部分间有正确的相对位置。

### 三、技术系统内在的功能关系

#### 1. 系统与功能

一项工程实体或产品,如机器、仪器都可以看成是一个系统。技术系统是保证技术过程实现所需转换的手段。建立技术系统的目的是把一定的输入量转化为满足需求、符合特定目的的输出量。对输入和输出变换所作的抽象描述称为系统的功能。功能是系统的属性。系统的功能是把外界输入的能量、物料和信号的质和量进行预定的转换,然后再输出到外界环境。上述三种量具体包括:

能量:例如电能、机械能、热能、化学能和核能等。

物料:例如材料、毛坯、半成品、试件、构件、粉料、块料、气体、液体等。

信号:例如测试量、数据、控制脉冲和信息等。

设计时，技术系统为待求的解，称为“黑箱”。所以，设计的任务，实质上就是要找出一个技术系统，来实现这三方面预定的转换。设计者利用对未知系统的外部观测，分析输入和输出的转换关系，寻求能实现该功能、特性的工作原理和内部结构的方法称为“黑箱法”。如图 1-2，黑箱法要求设计者从系统的功能出发设计产品，而不是首先设计产品结构，这种设计方法有利于抓住问题本质，扩大思路，摆脱传统构造的旧框框，获得较高质量的设计方案。

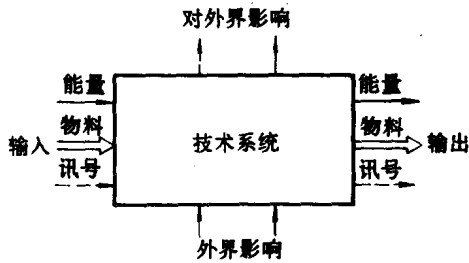


图 1-2 技术系统

为了完成总任务的功能称为总功能。总功能可以划分为若干个分功能来完成分任务。功能还可分为主功能（直接为总功能服务的功能）和副功能（间接为总功能服务的功能）。图 1-3 和图 1-4 为地毯处理生产线的功能描述。

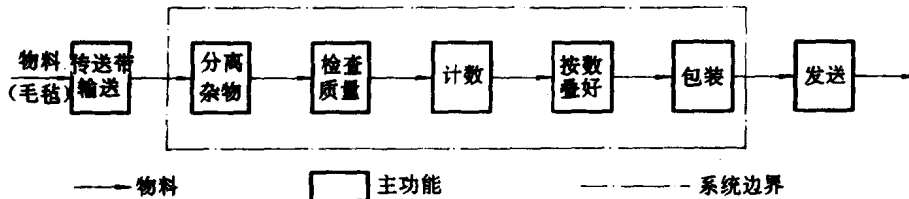


图 1-3 地毯处理生产线的功能描述

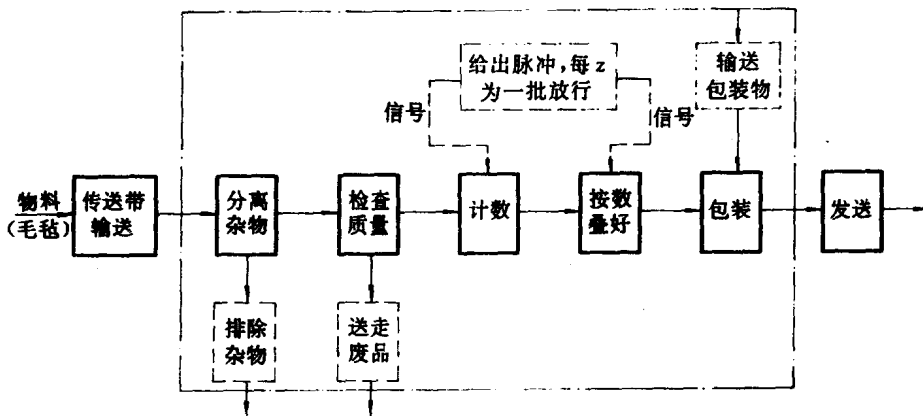


图 1-4 带有副功能的地毯处理生产线的功能描述

根据系统与外部环境的关系，系统又可分为封闭的和开放的。封闭系统与环境无联系，开放系统受环境的影响。当技术系统比较复杂时，可把系统按不同的观点划分为若干个分系统，以实现其本身输入输出的转换。图 1-5 所示为一离合器系统，它由若干个系统元件 ( $a, b, c, d, \dots, h$ ) 组成。点划线  $S$  界限以内的是总系统。  $S_1, S_2$  为分系统，  $E$  为系统的输入量（输入扭矩和操纵力），  $A$  为系统的输出量（扭矩和运动）。

把总系统划分为分系统时，要注意各分系统的衔接，避免重复和遗留；注意边界的划分要明确，并符合分开时的意图。只有当技术系统的边界完全确定以后，作为设计对象的

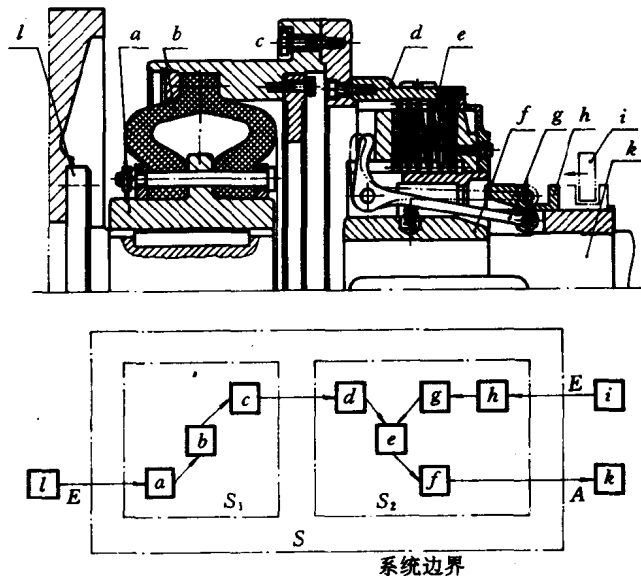


图 1-5 离合器系统

技术系统的功能要求才最后确定。

## 2. 系统的组成

我们所说的系统，一般包括以下四个组成部分：系统单元、系统结构、边界条件、输入和输出的要素。

系统单元是完成某种功能而无须进一步划分的单元，即系统相互联系和作用的基本组成要素。不同的分类方法可以划分不同的系统单元。从功能角度分析，技术系统分为工作单元、辅助单元、驱动单元、控制单元、联接和支承单元。

工作单元直接关系到系统规定任务的完成，是系统的主要组成部分。例如刨床中实现工件和刀具移动的部分，便是刨床的工作单元。

辅助单元为提供保证工作单元正常工作所必须的服务的单元。例如机械系统中提供润滑和冷却的部分，便是机械系统的辅助单元。

驱动单元为提供或转换其他单元所需能量的单元。驱动单元包括能量的转换、传递与分配的部件。例如电动机将电能转换为机械能，并通过传动件传递到各工作单元。

控制单元发出控制信号，使系统各单元协调工作。

联接和支承单元实现系统内各单元之间及系统与外部的联接和支承，例如机架等。

如果从制造及装配角度分析，可将系统分为构成机器的最基本的单元——零件和由零件组成的装配单元——部件（机器由部件和零件组成）。

系统结构反映着系统内部各个单元之间的关系，即相互联系和作用的联结形式。系统只有通过结构才能实现其总功能。系统的结构随着系统的功能要求而变化。然而，不同的结构既可完成不同的功能，也可完成相同的功能。

确定技术系统功能范围的界限称为技术系统的边界，在功能结构图中常以点划线标出。

边界条件是系统与外部环境的作用界面，通过这种界面可以明确分析设计对象的范围。但是界面又是相对的，因分析研究的具体要求不同而异。确定边界的主要依据是：在所研究的具体条件下，当该单元发生变化时，看是否对系统功能产生决定性影响，是否应当把某个或某些单元包括在系统内部。例如在研究一项工作时，时间、地点、资源条件、人员的工作能力等是系统内部的组成单元。但若考核个人的工作能力时，学历、经验、技术水平等才是系统内部的组成单元，而上述的时间、地点、资源条件等因素则成为外部的环境要素。

例如自行车系统的系统单元是驱动、控制、支承、变速、转向、制动、转动等机构。这些单元组成自行车的结构，实现能量的转换，获得一定运动速度下的承载能力，完成运载的功能。自行车的边界条件是骑车环境，骑车人是它的外部环境要素。自行车的输入要素是骑车人的脚踏力，它是一种机械能量；输出要素是一定速度的承载力，也是一种机械能量。因此自行车的输入输出要素是能量，其内部结构实现能量的转换。

### 3. 系统的功能关系

描述技术系统内各功能之间的关系称功能关系，这是技术系统存在的基础。在有能量、物料、信号转换的技术系统中，存在着唯一的、明确的和可以重复的输入和输出量之间的内在联系、存在着系统输入输出之间和各系统之间的内在联系，这些内在联系必须完成技术过程中规定的任务，即它本身必须具有完成任务的功能。因而技术系统各部分之间首先是以一定的功能关系相联系的，它们在服务于系统的总功能的前提下，本身亦是为完成一定分功能而存在的。如上述图1-3的地毯处理生产线的功能关系。为了实现把传送带送来的地毯包装后发送的总功能，必须经过分离杂物、检查质量、计数、包装等分功能，各分功能以一定的规律互相联系、完成地毯包装发送的功能。

许多功能都是通过物理作用实现的，因而技术系统各组成部分在实现其功能关系的同时必然存在着物理关系，它是实现功能关系的依据。例如传递动力及运动的功能可依靠摩擦力或刚体的直接推压作用。另外，同一功能也可通过不同的物理作用来实现。物理作用发生在各零件之间。无论是功能关系还是物理关系，最后都具体体现在系统内实体间的关系上，也就是结构关系上。

物理关系、功能关系、结构关系三者之间有内在联系，缺一不可。功能关系是系统的目标，物理关系是达到该目标的依据，组成系统的各实体形成结构关系后，系统才可能真正实现。

## § 1-3 产品的设计类型 设计原则

### 一、产品和新产品

#### 1. 产品的概念

产品最一般的概念是劳动创造出来的物质财富或物品。例如汽车、自行车、电冰箱、机床或者其他机器、设备、装置仪器或日用品都是产品。顾客买一件产品，从本质上并不是买这个产品的实体，而是买这个产品所得到的效用和心理上的满足。因此，产品除了它的实体外，还应包括其功能、使用（操作）、质量、款式、商标、包装、保用、修理及售前

售后的服务等。

对产品的分析大致可以划分为三个层次(见图 1-6)。

(1) 形式产品。即市场上的产品的具体形态。一般以产品的质量、特征、造型、商标和包装等表现出来。

(2) 核心产品。是指产品给用户提供的基本功用和利益。顾客主要追求的是产品的实际效用。例如顾客买电冰箱这个形式产品,主要是为了致冷和保鲜这个核心。

(3) 延伸产品。包括产品的质量、质量保证、安装、维修、使用指导和其他售前售后服务。使用户的利益得到保证或使顾客有更多的产品附加利益。

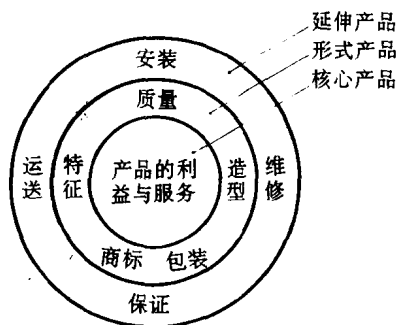


图 1-6 产品的概念

这个产品的整体概念,在产品规划、设计和开发过程中,从整体目标、设计任务要求乃至评价,都必须经常考虑到。

## 2. 新产品的概念

从产品本身的角度看,新产品不单指新发明创造的产品,也包括革新和改造的产品。从顾客的角度看,这个市场以前没有出售过的产品,对这个市场来说就是新产品。从生产者或销售者的角度看,从前未生产过或销售过的产品也是新产品。

## 3. 开发新产品的必要性

开发新产品是科学技术日益发展的必然结果,是满足人类日益增长的物质需要和适应瞬息万变的市场需求以及日益激烈的市场竞争的需要。创新就是为企业创造顾客。西方企业有个口号“非创新,即死亡”。只有创新才能求得企业的生存和发展。因此,必须把开发新产品作为企业的重要战略。

## 二、产品规划的任务和进程

产品的设计任务可以来自客户的委托,但往往更多是来自本企业的产品开发规划。很多企业除设计部门外还设有产品规划部门来负责开发新产品的规划,有些企业还把产品规划的实施与产品监控也归到产品规划部门。

产品规划也可能在企业以外的单位进行,例如由顾客、官方机构或某规划部门进行。

现代的产品规划,不应光靠“预感”来构思产品,而应该用一定的方法程序构想出一个产品,并能预测这个产品规划和开发的可能性、时间和成本。

引起产品规划的刺激因素,除来自外部的市场和环境外,还可能来自企业内部。

市场的刺激因素大致有:

(1) 原有产品的技术和经济特性,这可以从营销的反馈信息中获知。

每个产品都有一个生命周期。生命周期是指新产品投放市场到退出市场的一段时间。从图 1-7 可以看出,一个产品的生命周期中,在介绍期、增长期、饱和期和衰退期的销售量、利润和亏损的关系。在达到饱和期后,应采取措施使产品复苏,或创造新的产品。这是产



品监控的重要任务。

(2) 市场需求的改变，如市场期待有新功能或新造型的产品。

(3) 顾客的建议、鼓励和批评。美国六家大公司调查结果表明，成功的技术革新和新产品 60%~80%来自用户的建议、意见或批评，顾客的意见代表了市场的意见和需要。

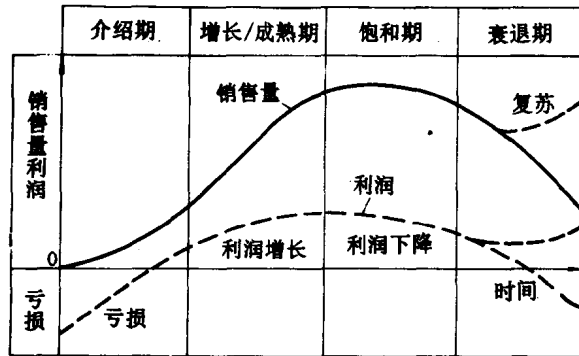


图 1-7 产品的生命周期

(4) 竞争对手产品的技术经济优点。

环境的刺激因素主要有：

(1) 发生经济政策事件，例如石油涨价、资源短缺、进出口限制或运输限制等。

(2) 新工艺和研究成果换代，例如用微电子技术的解决办法代替机械的解决办法，激光切割代替火焰切割等等。

(3) 现有产品和工艺方法的选用。

来自企业本身的刺激是：

(1) 企图利用有关开发和加工方面的设想和企业内的研究成果。

(2) 用新功能去扩大和开拓销售范围。

(3) 采用新的加工方法。

(4) 采用包装和加工结构的合理化措施。

(5) 产品有较多式样类别，能得到足够宽的多种产品支持，而这些产品的生命周期又能合理地互相重叠。

产品规划的一般过程如图 1-8 所示。

### 三、产品构思的产生

没有产品的构思，就不可能有产品的实体。产品的构思首先来源于前面所述的刺激因素以及对它们的研究。要构思一个产品，必须对其进行认真详尽的研究和探索。探求的方法可以应用直觉的方法、逻辑推理法及创造性技法。再通过提出一些问题，并在寻求解答的过程中逐步形成产品构思。提出的问题包括：

#### 1. 功能方面

(1) 顾客有哪些功能方面的要求？

(2) 我们已满足了哪些？

(3) 应对现有的功能作哪些补充？