



Chong Gong
Che Liang

机械设计方法学

廖林清 王化培 编著
石晓辉 牟小云 任发豪

重庆大学出版社

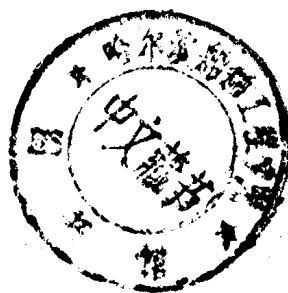
TH122

L49

393493

机械设计方法学

廖林清 王化培 编著
石晓辉 牟小云 任发豪



重庆大学出版社

内 容 提 要

0271/12
本书主要包括:设计与设计方法、设计系统、原理方案设计、创造性思维与方法、商品化设计思想与方法、评价与决策、结构方案设计、相似设计与模块化设计等。本书博采众长、取材新颖、叙述深入浅出,且引入了不少实例,以使学员能理论联系实际。

本书对总结设计规律、启发创造性、更快更好地培养设计人员和开发更多的创新产品具有一定的现实意义。

本书为机械类本科专业教材,亦可供从事机电产品设计的工程技术人员、科研人员、有关专业教师、研究生和高年级学生作参考书。

机械设计方法学

廖林清 王化培 编著
石晓辉 牟小云 任发豪
责任编辑 曾令维

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆双碑印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:318 千

1996年8月第1版 1996年8月第1次印刷

印数:1—2500

ISBN7-5624-1263-4/TH·60 定价:14.00元

(川)新登字 020 号

前 言

机械设计方法学是一门正在形成和发展的新兴学科,它研究产品设计规律、产品设计程序及产品设计各阶段具体方法。本课程试图用系統工程的观点,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,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、创造性产品设计人才。

机械设计方法学是机械设计与制造专业的一门重要课程,课程计划45~54学时,本书是按照这个要求编写的。同时本书也可作为其它机械类专业的本科教材和产品设计人员的培训教材。对从事产品设计的工程技术人员和科研工作者、有关专业教师、研究生和高年级学生也是一本有用的参考书。

本书主要包括:设计与设计方法、设计系統、原理方案设计、创造性思维与方法、商品化设计思想与方法、评价与决策、结构方案设计、相似设计与模块化设计等。

本书由廖林清、王化培主编。参加本书编写的有廖林清、王化培、石晓辉、牟小云、任发豪。

重庆工业管理学院戴正常副院长对本书的编写、出版给予了热情鼓励和大力支持;重庆工业管理学院教材科何贞科长也给予了大力支持,李丽华同志录入了本书全部文字。同时,在本书编著过程中借鉴了不少同志的宝贵材料。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

1996年6月8日于重工

目 录

第一章 机械设计方法学引论	1
第一节 设计与设计方法	1
一、鲁滨逊的故事	1
二、人的需求及其满足	2
三、工程设计的概念及本质	2
四、对设计的理解	3
五、现代设计法的发展及其特点	4
六、设计面临的形势和设计方法学研究	6
第二节 设计系统	9
一、设计系统的概念	9
二、设计的一般进程模式(时间维)	9
三、解决问题的逻辑步骤(逻辑维)	12
四、设计方法(方法维)	13
第三节 设计类型及设计的原则	14
一、产品设计类型	14
二、产品设计原则	15
第二章 原理方案设计——功能分析设计法	16
第一节 明确设计任务	16
一、需求识别	16
二、调查研究	17
三、技术系统	18
四、产品设计任务书(设计要求表)	19
第二节 功能分析设计法	22
一、功能概念	22
二、确定总功能	23
三、总功能分解	24
四、功能元(分功能)求解	29
五、求解的组合方法	32
六、原理方案综合	41
七、小结——原理方案设计的主要步骤	48
第三章 创造性思维与方法	49
第一节 工程设计人员的创造力开发	49
一、常规性设计与创新性设计	49
二、设计的实质在于创造	50
三、创造的特征与一般过程	50
四、工程技术人员的创造力开发	51
第二节 创造性思维	55

一、创造性思维的定义	55
二、创造性思维的特点	55
三、创造性思维的类型	57
四、创造性思维的七大障碍	59
第三节 创造技法举例	60
一、创造技法	60
二、创造技法的基本原理	60
三、创造法则	61
四、创造性设计方法	64
五、小发明大用途	66
第四章 商品化设计思想及方法	69
第一节 商品与产品	69
第二节 商品化的设计思想	70
第三节 设计与营销策略	72
一、产品策略与设计	73
二、价格策略、销售渠道策略及销售促进策略与设计	76
第四节 设计与产品定位	77
一、目标市场	77
二、产品定位	78
第五节 设计与生产计划	80
第六节 设计与研究开发	81
第七节 产品的目标设计方法	85
第五章 评价与决策	87
第一节 概述	87
一、评价的类型	87
二、评价的意义	89
三、评价的内容	89
第二节 评价目标	91
一、评价的指标体系	91
二、评价目标树	93
三、确定目标重要性系数(加权系数)	93
第三节 简单评价法	94
一、点评价法	95
二、名次计分法	95
第四节 评分法	96
一、评分标准	96
二、评分方法	97
三、总分计算方法	97
第五节 技术—经济评价法	100
一、技术评价	100
二、经济评价	101

三、技术—经济综合评价	101
四、技术—经济综合评价的步骤	103
第六节 模糊评价法	106
一、隶属度及隶属函数	106
二、模糊评价方法及步骤	108
三、设计方案的三级模糊综合评判方法	112
第六章 结构方案设计	118
第一节 结构设计任务、内容和步骤	118
一、结构设计任务和重要性	118
二、结构设计的内容和步骤	118
第二节 结构设计基本要求	120
一、功能和工作原理明确	120
二、结构简单	120
三、安全可靠	121
第三节 结构设计基本原理	122
一、任务分配原理	122
二、自补偿原理	123
三、力传递原理	125
四、变形协调原理	126
五、力平衡原理	127
六、等强度原理	128
七、稳定性原理	128
八、降低噪声原理	128
九、提高精度原理	132
第四节 结构设计成本	136
一、价值与价值设计	136
二、产品的成本构成	141
三、通过设计环节降低成本	142
四、降低生产成本的措施	144
五、重复利用原则(Recycling)	149
六、降低产品的运行成本	150
七、降低产品的维修成本	150
第五节 成本估算方法	152
一、按重量估算法	152
二、材料成本折算法	154
三、相似产品的成本估算	155
第七章 相似设计和模块化设计	159
第一节 概述	159
一、市场竞争与变型产品	159
二、变型产品与“三化”	159
三、变型产品的系列类型	160
四、优先数与标准公比	161

第二节 相似系列产品的设计	164
一、基本相似理论	164
二、模型设计与试验	172
三、相似系列产品设计要点	175
第三节 模块化产品设计	181
一、模块化设计及其主要特点	181
二、模块化设计的方式	182
三、模块的划分与组合	182
四、模块化设计要点	184
五、模块化系列产品设计步骤	185
六、模块的计算机管理系统	185
第四节 外圆磨床模块化设计实例	186
一、概述	186
二、模块化总体设计思想	186
三、建立模块和模块组合	189
四、技术文件模块	194
参考文献	196

第一章 机械设计方法学引论

本章对设计方法学的产生与内容及发展趋势进行概括介绍,对设计系统的基本概念进行阐述。本章学习要求是:

1. 设计的本质以及了解形势对工程设计提出的新要求;
2. 熟悉设计的进程模式;
3. 熟悉解决问题的逻辑步骤;
4. 了解3种设计类型(开发型、适应型、变参数型)的划分与主要特点。

第一节 设计与设计方法

一、鲁滨逊的故事

我们一起设想一个船舶遇难者漂流到一个荒岛后求生的情景。假定遇难者到达的是一个热带地区的荒岛,如果出现在他面前的是一片举手可及的香蕉林,为了充饥,是不存在任何技术上的难题的。可是,若香蕉高悬在空中或是挺立在河的对岸,那么想用香蕉充饥,就会出现技术上的困难。换言之,要想摘取香蕉就必须克服横在道路上的一些障碍。在这种处境下,鲁滨逊究竟该怎么办才好?如果他并不过分饥饿,他尽可以打消吃香蕉的念头。倘若他还有别的食物可以充饥,他也用不着爬到大树上去摘香蕉。

然而,在特定条件(动机)影响下,倘若鲁滨逊决心用香蕉充饥,这时就有两种可能:盲目地使用任何手段和方法,例如抛掷石块,挥舞棍棒,甚至摇撼树木,以便得到香蕉,或者开动脑筋,思索一番。鲁滨逊对环境作了一番分析之后,断定这究竟是怎样一种障碍,找出原因和找出排除这些障碍的可行办法。然后他对条件,如香蕉的高度或河流的深度作出定量判断。他回想自己或别人是否陷入过类似的情境,为达到目的,采用过怎样的手段和方法。鲁滨逊力图运用自己的知识和经验。他可能由于无法获得有效的手段而只得马上放弃其中某些方法。从其它可行的办法中,他选定最佳的办法付诸实现,于是或者战胜饥饿,或者试验不幸失败,迫使他总结经验教训,进行一番新的思考,达到目的。往往这并不表示努力的终止,恰恰相反,它促使人们进一步思考,往后怎样才能更加简便、迅速和省事、省力地达到预期的目的。

在这种情况下,鲁滨逊从设想出利用某些现成的手段到实现自己目标的可行的进程计划,是比较简单和易于理解的。可是,倘若饥肠辘辘的鲁滨逊面对大海,那么要想消除饥饿,问题就变得十分复杂了。这时,光靠棍棒、石子就无济于事。鲁滨逊反复思考,能否用鱼虾充饥。这时一条小船就成为必不可少的了。与上面的情况不同,企图在自然界中寻求一条小船就不像寻找一条棍棒那么容易了。鲁滨逊必须利用他所拥有的简陋工具来实现自己的造船设想。他动手设计,在沙滩上绘制草图,然后制造船只,实现自己的构想,制造过程中又会由于加工需要,而出现一系列问题,例如当他需要一把斧子(加工木头的工具)时,他手边却只有从原来遇难的船上拆来的各种铁块。他必须将这些铁块改变成合适的形状,换言之,他必须按照锻工的工艺

知识来完成诸如加热、锤打、冷却这样一些工作。而在进行这类工作时,他又会遇到另外一些有待解决的问题。

船造好后,出现了一种典型的状况。鲁滨逊制造的船只、斧头、锻炉和铁锤,不仅能用来完成预定的工作,而且还可以用它们去完成更为广泛的任务。斧头可以用来打猎和自卫,船可以用来乘航离开海岛,又可以充作睡宿处,在陆地上翻过来还可以当作顶盖,就这样鲁滨逊扩充了他所掌握的技术手段并发挥它们各种不同的效用。

二、人的需求及其满足

鲁滨逊的例子清楚地表明,人类社会有着各种各样的需求,一种需求满足之后,又会在此基础上不断地提出新的、更高的需求,如果把维持生命的必不可少的需求作为基准来衡量,所有的需求各具有不同的性质和意义,在这个问题上无需深入讨论“绝对必要的需求”的相对性,而仅仅研究满足需求过程有关的变化及其原因,根据生产和生活的多种需要,人们建立了从新型的住宅小区到高速列车,从机械加工中心到家用压面机,从太阳能发电站到手动吸尘器等大大小小各种功能的工程技术系统。这些系统是怎么来的呢?需求—设计—制造—使用—新的需求循环。

三、工程设计的概念及本质

1. 概念

工程设计是对工程技术系统进行构思、计划并把设想变为现实的技术实践活动,设计的目的是保证系统的功能,建立性能好、成本低、价值最优的技术系统。

技术系统:简言之就是要设计的产品,技术系统的输入与输出是能量、物料、信号;输入量经技术系统转变为要求的输出量,如图 1-1 所示。

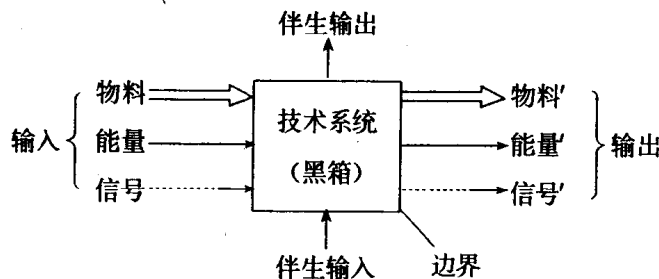


图 1-1 技术系统

功能:简言之,就是产品的用途或技术系统能独立完成任务。

2. 工程设计的本质

设计(Design)一词,包括两方面的含义:工业美术设计(Industrial Design)和工程技术设计(Engineering Design)。笼统地说“设计”往往是将两者都包容在内。“设计”的定义有三四十种之多,矛盾冲突有之,但基本上是互补的。这里例举英国 Wooderson 1966 年下的定义,他说:“设计是一种反复决策,制订计划的活动,而这些计划的目的是把资源最好地转变为满足人类需求的系统或器件”。编者认为这个定义可以盖众家说法。

一种机电产品设计工作中,工业美术设计和工程技术设计,到底孰轻孰重取决于产品的用途和使用条件。一般说,既有实用功能又有审美价值的耐用消费品,如灯具、家用电器、照相机、

汽车等产品,工业美术设计的份量就很重。当然,这并不意味着作为生产手段的投资类机电产品,如机床、工程机械、计算机等就可以忽视工业美术设计。现在比较统一的观点是:工业美术设计解决机器与人的协调问题。

不同国家,甚至同一国内的不同行业对工程设计所下的定义有所不同,下面例举几种典型的定义:

美国工科硕士、博士学位授予单位资格审查委员会(The Accreditation Board of Engineering and Technology,简称 ABET)和美国机械工程师学会(ASME)共同给出的定义是:“工程设计是为适应市场明确显示的需求,而拟定系统、零部件、工艺方法的决策过程。在多数情况下,这个过程要反复进行,要根据基础科学、数学和工程科学为达到明确的目标对各种资源实现最佳的利用”。

英国 Fielden 委员会给出的定义是:“工程设计是利用科学原理、技术知识和想象力,确定最高的经济效益和效率实现特定功能的机械结构、整机和系统”。

日本金泽工业大学的佐藤豪教授给出的定义是:“工程设计是在各种制约条件之下为最好地实现给定的具体目标,制订出机器、系统或工艺过程的具体结构或抽象体系”。

这些定义的侧重点不同,但关于设计的依据、目标、要求、设计过程的本质、支持设计工作的基本要素等基本上都有比较全面清晰的说明。

四、对设计的理解

由于设计的发展,设计所涉及的领域正在不断扩大,人们对设计的理解不尽相同,但公认设计有以下基本内涵:

1. 存在着客观需求,需求是设计的动力源泉。

2. 设计的本质是革新和创造。在设计中,总有新事物被创造出来,这个“新”字,可以指过去从未出现过的东西,也可以指已知事物的不同组合,但这种组合结果不是简单的已知事物的重复,而是总有某种新的成分的出现。设计中必须突出创新的原则,通过直觉、推理、组合等途径,探求创新的原理方案和结构,做到有所发明,有所创造,有所前进。测绘仿制一台机器,虽然结构复杂,零件成千上万,但没有任何创新,不能算是设计;上海某厂开发的防松木螺钉集中了木螺钉和螺丝钉的优点,既能方便地钉入又能自锁防松,它成功地应用于集装箱等厚木结构,此钉虽小,其开发过程可称为设计。

3. 设计是建立技术系统的重要环节,所建立的技术系统应能实现预期的功能,满足预定的要求。同时应是给定条件下的“最优解”。设计应避免思维灾害。

设计质量的高低是决定产品一系列技术经济效果的问题,产品的一系列质量问题大多是由于设计不周引起的。设计中的失误会造成严重的损失,某些方案性的错误将导致产品被彻底否定。

一个设计者在研制一个技术系统时可能产生的最坏情况是,系统具有归因于设计错误或计划错误的缺陷,在系统实现并进行运转后,由于这些缺陷的存在,系统遭受强大的干扰,会使系统及其周围环境在一定范围内遭受损害或完全破坏,并有可能使有关人员受到伤害,这是由于系统设计者在思维过程中的缺陷导致了灾害,故称之为“思维灾害”。如:FUV-8501 天线放大器由于局部结构设计错误,使一个六岁男孩触电死亡。

美国著名的克莱斯勒汽车公司在 70 年代石油危机形势下对产品的发展动向预测失误,当

其它汽车公司纷纷开发低油耗汽车时,他们仍然设计生产大批耗油量大的豪华型汽车,1979年由于存货积压,9个月中亏损7亿美元,造成很大损失;又如埃及70年代初竣工的阿斯旺水坝,它有效地控制了尼罗河流域的水旱灾害,且能供应电力,对国民经济的发展起了一定的作用,但水坝设计时对环境因素分析不够,没有考虑对自然生态平衡的影响并采取相应措施,从而引起一系列严重的问题。如大量泥沙和有机物质沉于水库底,致使尼罗河下游缺乏肥源,土壤变得瘠薄,尼罗河入海口处沙丁鱼食物不足,数量急剧减小;河口三角洲的洼地退缩影响沿河的军事及工业建筑的安全,水库建成后,下游一些地方的河水变为死水,血吸虫及疟蚊大量繁殖,对居民健康造成很大的威胁。以上例子说明了设计的重要性和避免设计失误的必要性。

4. 设计是把各种先进的技术成果转化为生产力的活动。

5. 设计远不仅是计算和绘图。设计是不断发展的,利用图纸进行设计不过是设计中的一个阶段,从人类生产的发展过程来看,在最初的很长一个时期内,产品的制造只是根据制造者本人的经验或其头脑中的构思完成的,设计与制造无法公开。随着生产的发展,产品逐渐复杂起来,对产品的需求量也开始增大,单个手工艺人的经验或其头脑中的构思已难满足这些要求,逐渐出现了利用图纸进行设计,然后根据图纸组织生产,图纸的出现使人们有可能:

——将自己的经验或构思记录下来,传于他人,便于设计的提高和改进。

——进行复杂产品的设计制造,满足人们对复杂产品的需求。

——同时有较多的人参加同一产品的制造过程,满足社会对产品的需求及生产率的要求,由此可见,利用图纸进行设计只是设计发展过程中的一个阶段。

当前,社会及科学技术的发展,尤其是计算机技术的发展和运用,已经对设计的发展产生了很大的影响和冲击,CAD技术能得出所需要的生产图纸,一体化的CAD/CAM技术可直接利用有关信息控制NC机床直接加工出所需要的零件来,等等。这一切使得人们不得不重新认识设计、研究设计理论、研究先进科技成就对设计的影响。

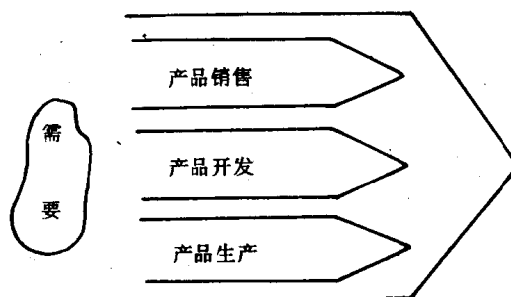


图 1-2 产品开发一体化模型

设计所涉及的领域继续扩大,更加深入,丹麦技术大学安德烈生博士(Andeasen)提出

的市场需求作为产品设计依据的“产品开发一体化”模式,如图1-2,认为在设计过程中自始至终应把产品的设计与销售(市场需要)及制造三方面作为整体考虑(甚至应考虑产品的销毁及回收),它要求设计部门在产品开发过程中就要与销售及生产部门密切配合,以便得到既有良好的性能又适合市场需要,便于制造及销售的优质产品。因此只有广义地理解设计才能掌握主动权,得到符合功能要求又成本低的创新设计。

五、现代设计法的发展及其特点

1. 形势对工程设计的要求

随着科学技术的发展,新材料、新工艺、新技术的不断出现,产品的更新换代周期日益缩短,如自行车从开始研究到定型差不多经过80年,19世纪以前蒸汽机从设计到应用花了近100年时间;19世纪中开发电动机用了57年(1829~1886),电子管用了31年(1884~1915),

汽车用了 27 年(1868~1895);进入 20 世纪后,由于科学理论和新技术的发展,开发雷达用了 15 年(1925~1940),电视机用了 12 年(1922~1934),原子反应堆用了 3 年(1939~1942),而开发激光仅用了 1 年。当前生产和技术的发展更是对工程设计提出了新的要求。

①市场竞争激烈,要求提供质高、价廉和创新的产品。近年来,国民经济高速度发展和国际国内市场竞争的形势,使我国生产类型由小品种大批量生产向多品种小批量过渡。产品要功能多、价格低、性能可靠、生产周期短才具有竞争能力。国际市场上商品的寿命周期平均只有 3 年左右。这要求工厂在进行产品生产时必须完成第二代产品的设计和试制,同时应该进行第三代产品的预研和开发。而我国有许多产品,特别是机械产品至今还是 40~50 年代的旧型号,性能差,成本高,远远不能满足要求。从生产需要和国内外市场竞争考虑,设计生产更多的创新优质产品是当务之急。中国号称自行车王国,每年生产自行车 3000 万辆,居世界之首,但由于款式陈旧、质量差,出口量仅占世界市场的 1.6%。深圳自行车厂在“全面追求卓越”的口号下发奋图强,设计人员根据国外市场的需求,利用计算机辅助设计手段进行产品开发,平均每两天更新一种车型,几年来已生产了 2000 多个品种的高质量自行车,1990 年出口 104 万辆,成为全世界出口量排名第二位的自行车厂。

②新兴技术对产品渗透、改造和应用,使产品的功能和结构产生很大的变化,市场竞争中往往某些细微的地方使一种产品获得成功。

③科学技术的发展促使设计方法和技术现代化,以适应和加速新产品开发,由于控制技术、计算机和应用数学的发展和应用,特别是大型计算机及微机的广泛应用,具有高速运算,强大的数据处理及进行逻辑推理和判别的功能,组成了新的信息技术群体,以使设计方法有着突破和跃进的条件和可能,逐步地形成和创建了一系列包括脑力劳动自动化和各种人工智能化为特征的新的现代设计方法和技术,在机械产品的设计中将起着重要的作用。

④对引进的一些产品和技术,应立足于消化、改造、国产化。采用“反求工程”,摸瓜—顺藤—寻根,进行综合、系统性地科学分析,力求掌握其技术关键,在这基础上推出国产的有竞争力的产品。

2. 现代设计法及其特点

现代设计法是以设计产品为目标的一个总的知识群体的总称,它运用了系统工程,实行人—机—环境系统一体化设计,使设计思想、设计进程、设计组织更合理化、现代化;大力采用许多动态分析方法,使问题分析动态化;设计进程和战略、设计方案和数据的选择广义优化;计算、绘图等计算机化,所以有人以动态、优化、计算机化来概括其核心。

现代设计法有如下特点:

①程式性 现代设计法研究设计的全过程,要求设计者从产品规划、方案设计、技术设计、总体设计、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。

强调设计、生产与销售的一体化。设计不是单纯的科学技术问题,要把市场需求、社会效益、经济成本、加工工艺、生产管理等问题统一考虑,最终反映到质高、价廉的产品上。

②创造性 现代设计突出人的创造性,充分发挥设计者的创造性思维能力及集体智慧,运用各种创造方法,力求探寻更多的突破性方案,开发创新产品。

③系统性 现代设计强调用系统工程处理技术系统问题。设计时分析各部分的有机联系,力求系统整体最优,同时要考虑系统与外界的联系,即人—机—环境的大系统关系。

④优化性 通过优化理论及技术,对技术系统进行方案优选,参数优化,结构优化,争取使

技术系统整体最优,以获得功能全、性能良好、成本低、价值优的产品。

⑤综合性 现代设计法是一门综合性的边缘性学科,突破了传统、经验、类比的设计。

采用逻辑、理论、系统的设计方法。在系统工程、创造工程的基础上运用信息论、相似论、模糊论、可靠性、有限元、人机工程学及价值工程、预测学等理论,同时采用集合、矩阵、图论等数学工具和计算机,总结设计规律,提供多种解决设计问题的途径。

⑥CAD 全面引入设计,提高设计速度和质量。CAD 不仅在于计算和绘图,在信息储存、预测、评价决策、动态模拟,特别是人工智能方面,将发挥更大的作用。

六、设计面临的形势和设计方法学研究

1. 设计面临的形势

社会的发展和科学技术的进步,使人们对设计的要求发展到了一个新的阶段,具体表现为:

- ①设计对象由单机走向系统。
- ②设计要求由单目标走向多目标。
- ③设计所涉及的领域由单一领域走向多个领域。
- ④承担设计的工作人员从单人走向小组,甚至大的群体。
- ⑤产品更新速度加快。
- ⑥产品设计由自由发展走向有计划地开展。
- ⑦计算机技术的发展对设计提出了新的要求。

与人们对设计的要求相比,现阶段的设计相对而言却是落后的。主要表现为:

- ①对客观设计过程研究、了解不够,尚未很好地掌握设计中的客观规律。
- ②当前设计的优劣主要取决于设计者的经验。
- ③设计生产率较低。
- ④设计进度与质量不能很好控制。
- ⑤设计手段与方法有所改进。
- ⑥尚未形成能为大家接受,能有效指导设计实践,较系统的设计理论。

面对这种形势,唯一的回答就是:设计必须科学化,这意味着要科学地阐述客观设计过程及其本质,分析与设计有关的领域及其地位,在此基础上科学地安排设计进程,使用科学的方法和手段进行设计工作。同时也要求设计人员不仅有丰富的专业知识,而且要掌握先进的设计理论、设计方法及设计手段,科学地进行设计工作,这样才能及时得到符合要求的产品。

2. 设计方法学研究及其在我国地开展

设计方法学(Design Methodology)是一门正在发展和形成的新兴学科,它的定义、研究对象和范围等,当前,尚无确切的、大家公认的认识,但近年来它的发展极快,广泛受到各国及有关学者的关注。

最早涉及设计方法学研究的学者应该提到德国的 F·Reuleaux,1875 年他在《理论运动学》一书中第一次提出了“进程规划”的模型,即对很多机械技术现象中本质上统一的东西进行抽象,在此基础上形成一套综合的步骤。这是最早对程式化设计的探讨,因而有人称他为设计方法学的奠基人。此后直到 20 世纪 40 年代,Kutzbach 等人相继在程式化设计的发展、设计评价原则、功能原理及设计中的应用等方面开展了一些工作,初步发展了设计方法学研究。

20 世纪 60 年代初期以来,由于各国经济的高速发展,特别是竞争的加剧,一些主要工业国家往往采取措施加强设计工作,开展设计方法学研究,使得设计方法学研究在这一时期取得了飞速发展。许多国家的专家、学者在设计方法学方面或出版专著、或从事专题研究,如设计目录的制订,有关设计和经济性问题,设计方法研究,产品功能结构及其算法化、设计方法学与 CAD 等,并开始探讨设计方法学研究的内涵,慕尼黑大学的 Rodenacker 在联邦德国(也是世界上)第一个被任命为从事设计方法学研究的正教授。因而有人称他为“设计方法之父”。由于经济文化背景的不同,不同学者的研究各有自己的特点和侧重方面,学者和工程技术人员比较着重研究设计的进程、步骤和规律,进行系统化的逻辑分析,并将成熟的设计模式、解法等编成规范和资料供设计人员参考,如德国工程师协会制定的有关设计方法学的技术准则 VDI2222 等;英美学派偏重分析创造性开发和计算机在设计中的应用。日本则充分利用国内电子和计算机优势,在创造工程学、自动设计、价值工程方面做了不少工作;前苏联和东欧等国家也在宏观设计的基础上提出了“新设计方法”。不少国家在高等学校中开始开设有关设计方法学的课程,多方面、多层次开展培训工作,推进设计方法学的研究和应用,有效地提高各自产品的设计质量及其竞争能力。

70 年代末,欧洲出现了由瑞士 V·Hubka 博士、丹麦 M·M·Andeasen 博士及加拿大 W·E·Eder 教授组成的欧洲设计研究组织 WDK。此后,它发起组织了一系列国际工程设计会议 ICED,参加人员和范围逐渐扩大。它还组织出版了有关设计方法学的 WDK 丛书,除各次会议论文集以外,还包括有关设计方法学的基本理论、名词术语、专家评论和有选择的专著。此外,还建立了一批国际性的专题研究小组,如机械零件的程式化设计研究小组,定期开展活动。从此,设计方法学研究明显地从各国自行开展发展为国际性的活动,各学派充分交流,互相取长补短,将设计方法学研究及应用推向新的高潮,吸引了全世界学者的注意。

1980 年前后,由于德国学者、西北欧学者、日本学者及美国学者先后不断来华讲学,以及我国学者不断引进,开始了对西方各学派的学习与研究。1981 年中国机械工程学会机械设计学会首次派代表参加了 ICED81 罗马会议,此后即在国内宣传,并于 1983 年 5 月在杭州召开了全国设计方法学讨论会,探讨开展设计方法学研究活动,并成立了设计方法学研究组。有的高校选派人员出国,进行设计方法学研究,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,他们与有关单位合作,组织各种类型的讲习班、培训班,翻译出版了一批专著,开展国内外的学术交流,不少高校已开设了设计方法学课程,编写了自己的教材。有的技术人员在自己的工作中开始了设计方法学的应用,初步取得一些成果。和其他国家一样,设计方法学研究在我国也正在蓬勃开展起来。应特别引起注意的是,这门学科具有强烈的社会背景,并受社会制度、哲学思想及工业技术现状所制约,若生硬照搬,必难适应我国国情,难以为现实工程技术人员所接受,而应博采众家之长,结合我国实际,在现实的基础上向前推进,探索出提高设计质量,提高设计速度,缩短产品换代周期,增强市场竞争能力的系统理论与方法,形成软件支撑,将现实工业设计水平提高一步,使传统的设计概念得到扩展与深化。

3. 设计方法学及其研究对象、研究内容

由前述知,国内外对设计本质及方法的研究已初步进入实用阶段,出版了一些有代表性的专著,召开了 5 次有关的国际学术会议,但是有关这门学科的名称并未得到统一,如,科学设计(Science Design)、工程设计(Engineering Design)、设计方法学(Design Methodology)、工程设计原理(Principles of Engineering Design)、设计综合(Design Synthesis)、设计学、机械研究方

法论、设计的设计等。名称相近,内容相互各有大同小异处,其共同特点都是总结设计规律,启发创造性,采用现代化的先进技术和理论方法,使设计过程自动化、合理化,其目的是设计出更多质高价廉的工程技术产品,以满足人民的需求和适应日趋尖锐的市场竞争形势的需要。

①关于什么是设计方法学,不同学者有不同看法,目前比较完整和有一定代表性的是瑞士 V. Hubka 博士提出的一些观点。他认为:设计方法学是研究解决设计问题的进程的一般理论,包括一般设计战略及用于设计工作各个具体部分的战术方法,他还提出了它的主要领域及大致结构,包括进程模式、进程规划、进程风格、方法、方法学行动规划、工作方法、工作原则等。

②研究对象:设计方法学是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。

③设计方法学研究内容

A. 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。

B. 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),该程序应以系统工程为理论依据,以产品可行性研究为前提,以功能分析和机构综合为出发点,以综合评价为准则,以得到最佳产品为目的。

C. 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。

D. 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指标优于另一方案,而其它又不如。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。

由以上分析可知,设计方法学是在深入研究设计过程本质的基础上,以系统论的观点研究设计进程(战略问题)和具体设计方法(战术问题)的科学。设计方法学研究现代设计理论与方法在设计领域中的应用。本身也构成现代科技发展的一个组成部分。设计方法学的研究在总结规律性,启发创造性的基础上促进设计中的科学理论、合理方法、先进手段的综合运用。

设计方法学的研究在提高设计人员素质、改善设计质量、减少设计失误、加快设计进度等方面也将发挥重大作用。

可见机械设计方法学涉及的知识面很广,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,而是结合设计过程,综合地应用有关学科知识。

第二节 设计系统

系统工程是在控制论、信息论、运筹学和管理科学基础上发展起来的,用于解决工程问题,使之达到最优化设计、最优控制和最优管理的一门科学。传统的分析方法往往把事物分解为许多独立的互不相干的部分分别进行研究。由于是孤立、静止地分析问题,所得出的结论往往是片面的、有局限性的。而系统工程的方法是把事物当作一个整体的系统来研究,从系统出发,分析各组成部分之间的有机联系及系统与外界环境的关系,是一种较全面的综合研究方法。

一、设计系统的概念

设计系统是一种信息处理系统,输入的是设计要求和约束条件信息,设计者运用一定的知识和方法通过计算机、试验设备等工具进行设计,最后输出的是方案、图纸、程序、文件等设计结果,如图 1-3。随着信息和反馈信息的增加,通过设计者的合理处理,将使设计结果更趋完美。

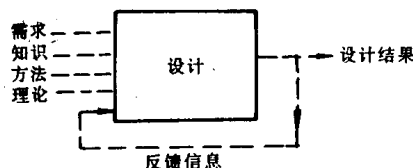


图 1-3 设计-处理信息的系统

从系统工程的观点分析,设计系统是一个由时间维、逻辑维和方法维组成的三维系统。时间维反映按时间顺序的设计工作阶段;逻辑维是解决问题的逻辑步骤;方法维列出设计过程中的各种思维方法和工作方法。设计过程中的每一个行为都反映为这个三维空间中的一个点。人们也可以通过这 3 个方面深入分析和研究设计系统的规律(见图 1-4)。

二、设计的一般进程模式(时间维)

在不同国家,不同作者的不同著作中对设计阶段的划分不尽相同,特别是繁简不同,重要的是明确不同阶段应当完成哪些工作内容,主要要求是什么。

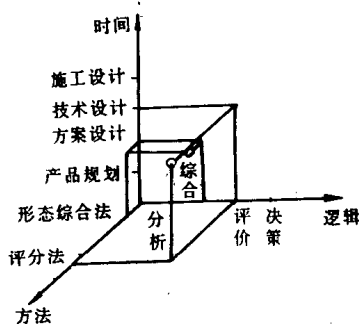


图 1-4 设计系统

设计进程属于设计管理的内容,了解设计工作阶段有利于自觉掌握设计进程,尽量完成一个阶段的工作内容再进入下一阶段,例如许多设计人员接到的设计任务后,不是有计划地进行调查研究,全面分析,弄清设计任务的本质,而是匆匆忙忙地进入设计工作,这样做的结果,或者根本没命中要害,或是照旧框框拼凑。掌握设计各阶段的任务,安排设计进程的时间表,使不同阶段都得到应有的时间、人力、物力保证,这是设计管理的重要内容,当然设计过程中表现出的阶段性,又不能截然分开,许多问题在后续阶段中才能充分揭示,这时不可避免地要修改前面各阶段中有关的结论或设计。因此设计既有阶段性,又有一个反复进行的过程。

1. 我国的新产品研究和发展程序(表 1-1)

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。