

工程设计方法导论

冯厚植 平 申 編著

航空工业出版社

工程设计方法导论

冯厚植 平 申 編著

航空工业出版社

1988

内 容 提 要

本书力求以系统的观点,从分析设计过程入手,着重说明工程设计中确定目标、提出方案、分析评价,作出决策及其过程中所应用的分析及思考方法,以便活跃思想、了解方法,激发进行创造性设计。它不解决各项设计的具体问题,却试图提出可用于各项设计的原则问题。

本书适用性较广,可作为机械工程学科的本科及大专短学时综合课选用,并可供机械工程设计技术人员参考。

工程设计方法导论

冯厚植 平 申 编著

航空工业出版社出版

(北京市安定门外小关东里14号)

新华书店总店科技发行所发行

北京航空航天大学印刷厂印刷

1988年7月第1版 1988年7月第1次印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 11.125

印数: 1-200册 字数: 277.68千字

ISBN7-80046-039-8/Z·010

定价: 1.90 元

前 言

编写本书的目的，是试图为机械工程类专业提供一本短学时的教材，综合介绍有关工程设计的设计过程，思路要点，以及一些分析和评价的方法，使学生能开阔思路，建立有关设计工作中的整体观念、系统观念，并了解以科学方法论为指导的现代设计和分析的一些思维方法。

本书主要取材于Robert Matousek: 《Engineering Design. A systematic approach》; Vladimir Hubka: 《Principles of Engineering Design》; N.L.Svensson: 《Introduction to Engineering Design》; David.J.Oborne: 《Ergonomics at work》以及国内外一些有关设计方法、科学管理、系统工程等方面的书刊和文献资料，结合几年来教学实践，加以综合编辑而成。由于涉猎资料范围有限，并限于作者水平，书中难免有片面甚至错误之处，望多批评指正。

本书在编写过程中得到郭可谦、顾昌耀、陈良猷、刘述尧、陈孝戴、许俊英等同志的帮助，谨致谢意。

编者

1987年8月

目 录

前 言

第一章 绪论

第二章 设计过程

§2-1 技术过程	8
§2-2 技术手段	10
§2-3 设计过程	18
§2-4 一般设计程序模型	24

第三章 设计任务的确定

§3-1 规定任务 明确要求	31
§3-2 产品设计的可行性分析	37

第四章 求解方法—创造性思考方法

§4-1 创造性思维的特征、类型与过程	48
§4-2 创造性思维的品质	49
§4-3 创造能力	50
§4-4 几种自由联想的求解方法	56
§4-5 几种结构化的求解方法	58
附录 设计方法参考一览表	62

第五章 方案的技术分析

§5-1 技术分析的目的	64
§5-2 分析中模型的作用	65
§5-3 数学模型的应用	68
§5-4 现代设计方法——技术分析法	72

第六章 方案的经济分析

§6-1 经济分析的目的	76
§6-2 产品的寿命周期成本	77
§6-3 成本量度及量度的统一	78
§6-4 降低产品成本的方法——价值工程	80

第七章 人的因素

§7-1 人——机关系·····	92
§7-2 人体结构·····	93
§7-3 人机通信·····	100
§7-4 工作空间与工作地设计·····	109

第八章 环境和社会因素

§8-1 环境因素·····	115
§8-2 社会因素·····	123

第九章 设计方案的综合评价

§9-1 综合评价的指标体系·····	135
§9-2 评价标准选择·····	138
§9-3 综合评价方法·····	145

第十章 设计信息

§10-1 收集和准备资料·····	157
§10-2 检验验证·····	165
§10-3 表达传递·····	167

第一章 绪 论

随着科学技术的发展,各学科在高度分化的基础上,同时向高度综合、日趋整体化的方向发展。高等教育也正在为适应这一潮流而进行着改革。过去工科院校专业门类划分过细过窄的单一分科教学方式,已不能适应科学技术发展的需要。因此,在课程组织上,除应继续重视基础知识外,还应加强知识的综合,安排必要的横向学科知识和科学方法论的知识。工程设计方法这门课程,不着重于具体科学技术的讨论,而是试图用系统的观点,通过系统分析的方法,告诉从事工程技术专业的初学者在从事工程设计时,应如何全面考虑,综合运用有关知识。使初学者能大体了解一名现代工程师应具备怎样的知识结构、工作能力和思想素质,以便在以后的学习中,更好地发挥自己的学习主动性。

为使初学者对工程设计的全局先有个大体的理解,本章着重讨论以下几个问题:

一、什么是工程设计

人类从事的各种有目的的活动,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。《辞海》中把设计解释为“在正式做某项工作之前,根据一定目的要求,预先制定方法、图样等”的活动。但处于不同的知识背景、专业基础和工作岗位的人,对以上解释各有不同理解。文艺创作者的设计是其进行作品创作时的构思活动,企业经理们的设计是其对企业生产经营的规划。服装设计和机械设计都称之为设计,但所追求的具体目标和思考重点又迥然不同。我们讨论的对象是工程设计,应该首先对它的具体含义和区别于其它设计的特点有个正确的理解。

所谓工程,是科学知识和经验的实际应用,是利用自然科学原理使自然资源为人类服务而形成的各种学科的总称。它是科学原理和社会利益之间的桥梁,并在人类改造和利用自然的实践中产生并不断发展完善。一方面,它随着科学的发展不断分化为许多专门学科,如机械工程、土木建筑工程、采矿工程、电力工程、通信工程、化工工程、桥梁工程等等,另一方面,又不断综合出许多新的学科,如环境工程、海洋工程、航空宇航工程、系统工程等等,至今已形成一个庞大的有层次的体系。各种工程有的范围较窄,有的涉及整个社会。

工程设计就是运用从自然科学中获得的知识和实践经验,去构成一个有效、可行、适用的系统。或者说,是依靠人类文明积累起来的科学技术知识,来满足人类社会需求的一种有目的的活动。

在处理问题的方法上,工程设计方法也不同于自然科学研究方法。科学研究是研究自然界性质及各种形态转化机理的。它所用的方法是科学工作者通过对自然现象的观察,再经过分析思考,提出解释该现象的假说,然后进行实验验证,检查所提的假设是否符合客观现象的规律。如果不符合,则再进一步观察、分析、假定、实验,这样经多次循环,最后证实假定符合所观察的自然现象的规律,就得出定律,如图1.1所示。我们所知道的许多天文、地理、物理和化学定律,诸如天体运行说、牛顿力学定律、元素周期律等等,都是这样一种研究方法的成果。它着重于解释世界,探求规律。它的结论只能是唯一的。

工程设计方法则不同。它是从人类社会的某项具体需求出发，提出解决问题的方案，经过对方案的分析比较，作出决策，实施方案，以满足需求。在这个过程中，每个步骤的信息，都可反馈到以前的阶段，或是修正需求，或是改变方案。这样就构成了图 1.2 所示的框图。无论是一个工厂、一种产品，还是一项设施、一个系统，只要它是为满足一定的社会需求，其设计大体总要经历这样一个过程。

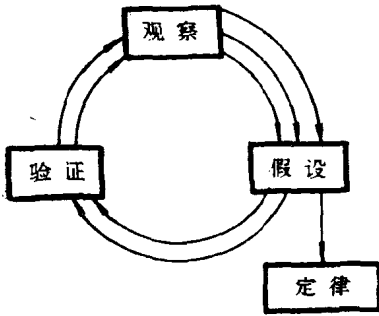


图 1.1 科学研究方法示意图

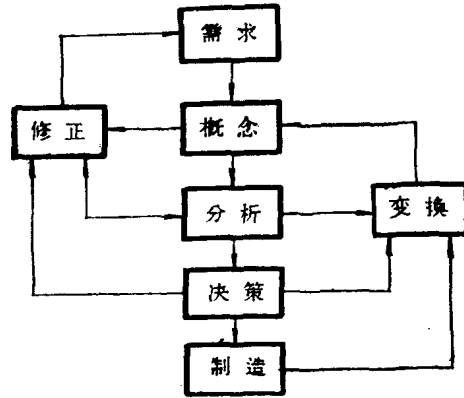


图 1.2 工程设计方法示意图

从以上关于工程设计的含义及所用方法的讨论，可以总结出工程设计的一些特点。

1. 目标明确性

工程设计的根本目的是满足人类社会需求，而需求是具体的。工程师的职责就是要运用掌握的科学技术知识，实现具体需求，解决实际问题，提供有效、适用的物质成果。因此他在从事工程设计时的首要任务就是要弄清问题实质，把目标搞清楚。如果目标是模糊的、不确定的，设计工作也将失去基础。

实际需求提出的目标往往都不是单一的，且工程设计要处理的问题一般都是多目标的，这就不仅要明确每个目标本身的内容，而且要确定各个目标的重要程度。

2. 解决问题方案的多样性

为了达到一个规定的目标，可以有多种解决办法。任何工程设计问题都不会是只有唯一解，这是工程设计区别于科学研究的一大特点。因此工程师的职责不能满足于求得一、二个解，而是要发现更多的解决方案，并善于从比较中选出最满意的方案。

3. 受多种因素约束

工程面向实际，注重应用。它首先受着物理、化学等等自然科学规律和技术发展水平的制约。此外还要受到经济、人和社会方面的多种因素（如市场状况、投资额、生产管理水平和生产设施、社会法律、资源供给、公众心理、领导意图等等）的制约。许多情况下，一项工程的生命力和能否顺利实现，并非技术上的原因，而更多是社会的承认程度。

4. 动态性

科学技术在不断发展，社会需求和客观条件也在不断变化，工程设计应体现动态的、发展的观念，适应不断变化的形势，既要看到当前需要，又要注意预测未来。把现实条件和未来发展结合起来，不断创新，才有生命力。

5. 随机性

由于现实环境的复杂性，工程设计中使用的数据和计算方法等总是含有不可靠的因素，

使其具有随机性。为使所设计的对象达到预定的目标,要特别注意设计的可靠性,以克服随机因素带来的不安全性。

6. 方案评价指标的可比性

从多个方案中决策选优,必须有可供方案间进行分析比较的方法。尤其是多目标决策,其评价指标应是同质可比的。

7. 综合性

工程问题具有高度综合性。工程设计既要重视技术的合理性和现实可能性,又要注意其社会效益与经济效益。工程评价不仅是评价其科学性,还要考虑到经济性、实用性、可靠性、时间性等各个方面。企图全部满足各方面要求是不现实的,实际工程问题的处理一般是在综合分析的基础上,采取折衷或妥协的办法加以解决。

二、工程设计方法的历史和现状

人类在改造自然、利用自然资源以满足人类社会需求的历史长河中,一直在从事设计活动。只不过在最初阶段,完全靠人的直觉。设计过程是凭借当事人的智力和灵感,在实践中不断摸索而自发进行的。一项新产品的问世,周期很长,且往往无经验可以借鉴,是一种有很大偶然性的自发设计。

直到十七世纪,数学与力学建立了密切联系,使工程设计有了一定的理论指导,为工程设计由自发走向自觉奠定了基础。土木工程、水利工程、机械工程等等这样一些专业相继产生,设计与制造出现了分工。但从总体上看,由于实际情况的复杂性,设计计算所用的数学公式仍然是一些经验公式,对一些不确定因素,只能用依靠经验定出的一些系数加以掩盖。因此,设计过程仍是建立在经验与技巧能力的积累之上。人们依赖通过实践积累起来的丰富经验,作为设计计算和类比的主要依据,将现成产品作为参考,经过多次设计一试制的反复、循环,再最后定型投入生产。它虽然较之自发设计前进了一步,但周期仍然长,质量也不易保证,总体上仍处于经验设计阶段。

随着测试技术的发展,使人们为取得机器或产品工作过程内在规律的数据有了可能,于是开始采用局部试验、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。这个阶段称之为中间试验辅助阶段。

近30年来,随着科学技术的迅猛发展,许多工程领域中的问题,仅靠经验设计不再是可行的方法。计算机的应用,为进行有关设计中的理论分析、数值解释和物理模拟等提供了极为有利的条件。系统论、控制论、信息论、突变论等等一系列横向交叉学科的发展,使辩证唯物主义的哲学思想具体应用于科学领域,打破了长期以来的孤立地、片面地、静止地观察和思考问题的方法。工程设计方法正是在吸收人类这些思想和技术成果的基础上,迅速得到发展。其目的是为使长期处于经验设计的设计活动更合理化、理论化和科学化。它已开始使设计领域产生突破性的变革。当前国际上关于设计方法学的研究十分活跃,形成了若干流派,研究重点各有不同,大体有以下几个方面:

1. 西德、瑞士一些学者,比较重视设计程序研究。考虑问题的特点是在明确设计任务基础上,对提出的设计任务进行抽象的功能分析,再通过若干严格的设计阶段和工序,将开发新产品的任务要求转化为产品图纸说明。这种办法思路清晰,考虑问题范围广泛。设计过程中着

重从整个系统出发,协调总体和部分、部分和部分之间的关系,使整体功能大于局部功能之和。

2. 英美的另一些学者,不主张将程式定得过死,强调创新精神与创造能力。认为设计师应具备自然科学、社会科学和经济学等方面的基础知识,能预见和判断实际生活中的需求,善于抓住问题实质,将复杂问题简单化,鼓励创造思维,避免繁琐哲学,讲求效率与效益。

3. 丹麦有的学者,提出一体化设计的观点,主张以市场需求作为产品设计的依据,将设计、生产、销售三个环节统一起来考虑。从产品方案设计到产品出售,始终遵守市场需求规律,使三个环节之间的信息能快速反馈,以便在最短时间内取得最好的经济效益,避免投资风险。

4. 日本有的学者正在大力研究思维科学在设计领域中的应用。认为为了发展设计的科学理论,需要运用思维科学的知识,主张用拓扑模型来说明设计理论,用数学方法说明设计过程,并以此作为人工智能自动设计的理论前提。

虽然这些学者的研究各有侧重,但都主张应当制定必要的设计进程模式,都重视设计中的创造性的发挥,都认为应有系统观点、全局观念,而且也都把计算机应用作为重要手段。这些设计观念和手段的变革,正推动设计方法学向更高层次发展。当前,如何使计算机辅助设计在设计过程中发挥更高水平,即如何在创新、分析、决策方面帮助设计人员,是设计方法研究的一个重要方面。而计算机向人工智能机(第五代计算机)的革命性变革前景,也必将把设计方法推到一个更新更高的水平。

自1981年意大利罗马召开的国际工程设计会议之后,在我国也开始注意对设计方法的研究。1983年在厦门召开了中国现代设计方法研究会,已有一大批从事设计工作的人员致力于设计方法的研究。这些研究不仅限于机械设计,而是意味着要把现代各种科学方法与各种系统的设计密切结合起来。从现状来看,在各种领域的工程设计中,既有从事现代设计方法的前沿研究,也存在经验设计,甚至直觉设计的应用,呈现彼此交错重叠,兼存并蓄的局面。企图在短时期内消除这些差别是不现实的。但为了促进设计方法加速向现代化的方向变革,应大力加强有关设计方法学的研究和学习,博采众家之长,形成我们自己的、符合客观规律的、能有效指导实践活动的理论体系。

三、工程设计方法讨论的内容

工程设计所应用的科学知识和方法中,最具有普遍意义的是系统的观点和方法。它对任何设计都具有普遍意义。说系统观点和方法对设计有普遍意义,并不排斥其它科学知识和方法在设计中的重要作用。诸如控制论、信息论、突变论、离散论、优化论、模糊论、智能论、寿命论、对应论等各种科学方法论和有关技术,在设计中或对全局、或对某个阶段都各有其重要作用。在本书中将以系统分析方法作为主线,横向联系其它有关学科知识进行讨论。其主要内容包括以下几个方面:

1. 关于设计原理

工程设计是一种智力活动,探讨人们从事设计的思维规律,用以指导设计实践,是设计方法学的一个重要研究课题。本书将从系统的观点出发,以机械设计为例,将机械系统看作由输入、转换、输出三要素组成的有机整体,探讨设计的一些基本原理。重点讨论将希望转变为现实、将功能要求转化为实物结构图纸的设计过程。分析设计过程的特点,需要采取的设计策略,应该遵循的设计原则。根据人类历史发展所积累的设计的实践经验,总结设计过

程的思维规律，寻求合理的设计程序。

2. 关于设计目标

工程设计的出发点是为了满足人类社会某种需求。明确任务,预测需要,分析达到预期效果的可行性是设计能否取得成功的第一步,而且是在整个设计过程中始终都需要考虑的问题,它关系到设计的全局。“正确地说明问题等于解决了问题的一半”,由这句话也可看出明确设计目标的重要性。为此需要了解为什么和如何将需方提出的设计任务转化为设计时应依据的设计要求,设计要求包含哪些方面,以及在明确目标过程中应掌握的一些技术方法,如预测技术、可行性分析、时限分析等。

3. 关于设计方案的产生

设计是一种创造性的工作。解决一个实际问题,可以通过多种途径实现。如何通过创造性的思考,发现那些最能取得希望效果的方案,或者取得突破性的进展,是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,明显地使其它方案相形见绌。为此作为设计师应该了解创造性思维的特点以及创造的机理,自觉培养自己发挥创造性应具有的品质,并熟习有助于发明创造的一些创造技巧。

4. 关于设计方案分析

设计方案的优劣,受多种因素制约。为进行方案比较,首先要对提出的各方案进行分析,看在各种因素影响制约下,各项设计要求能满足到什么程度。这些因素从纵向看,涉及从设计到制造、分配、管理、使用、维护、保养等一系列问题;从横向看,涉及到技术、经济、人和社会各个方面的因素。全面的分析涉及多方面的知识和能力。

首先是技术分析,它是工程设计的基础,是与其它设计的重要区别点。设计师应该根据所学的基础科学知识,掌握有关数学模型、实物模型等的建立方法,把最新的科学技术成果,如优化技术、可靠性分析技术、计算机辅助设计技术,以及先进测试技术用于技术分析,以提高技术分析的质量和科学性。

此外还必须考虑到经济性,离开经济效益的技术先进性是不现实的。设计师应懂得成本估计、价值分析等经济分析方法。由于设计对象是为了满足人类社会需求,它不能不考虑人和社会诸因素的约束。而这又涉及人机关系、环境因素、社会法律及规范,甚至造型艺术等多方面知识。

5. 关于综合评价

工程设计一般是多目标的,而对已提出的多个方案来说,很难找到一个方案的各项指标较之其它方案都是最好的情况。常常是某一方案的某项指标优于另一方案,而另一方案的另一指标又优于某一方案。因此如何对各方案比较,从中决策出最满意的方案,就成为综合评价的关键。这涉及评价指标体系的建立,价值理论和多目标决策技术,以及各种综合评价方法的研究。

6. 设计信息

设计过程本质上是一个信息的输入输出转换过程,整个过程可看作通过信息的收集、存贮、转换、传递、处理、再生和合成,将功能要求转化为实物结构的过程。设计师掌握信息的收集、整理、反馈、传递等的原则和方法,对保证设计活动的有效性有重要意义。这特别表现在设计过程中设计资料的收集分析、设计检验程序、以及设计思想的表达。

由以上讨论可见,工程设计涉及的知识面是很广泛的。但又正如本章一开始就谈到的那

样：本课不着重于讨论各种有关科学技术知识本身，而只是结合设计过程，说明它们在设计中的作用，以及这些知识的综合应用。

四、设计工程师应具备的素质

一个善于解决工程难题的设计人员应该具备什么样的素质，一直是工程设计研究中受到关注的问题之一。西德设计工程师Robert, Matousek 五十年代在其所著《工程设计》一书中，就曾提出十五个条件作为一个好的设计师应具备的品质和能力，它们是：(1) 形象思维能力；(2) 综合的能力；(3) 分析的能力；(4) 创造的才能；(5) 思维专注；(6) 好的记忆力；(7) 强的责任心；(8) 接受任务的勇气；(9) 虚心好学力求完善的精神；(10) 耐心；(11) 坚强的意志；(12) 美学的修养；(13) 气质的修养；(14) 知人善任，合作共事；(15) 熟练的说写能力。在其它有关工程设计的著作中，也不乏有关设计师品质及能力的论述。概括起来，有以下几个方面。

1. 工程设计以科学技术知识为基础。是否掌握有关科学技术知识，是能否搞工程设计的前提。因此做为一名设计师，应具有本学科坚实的基础科学理论知识和宽广的知识面。分析、综合、思维、创造等各种能力的提高离不开知识的积累。工程设计又是一项实践性很强的工作，存在许多技巧问题，要求有丰富的实践经验。一个好的设计师必须是善于将理论和实际、知识和经验密切结合起来，并且不断吸收新的科学技术成果和先进经验，只有这样，才能提高自己的设计能力，适应发展需要。没有科学知识，缺乏对事物本质的认识，经验将不能正常发挥作用，寻求解决问题答案的方法也就成了无源之水、无本之木。而缺乏实践，脱离实际，将无从判別工程设计中诸因素的相互关系，确定各相关程度的重要性，懂得时间流逝与需求上的迫切性，并从而在工作中采取坚持不懈和灵活多变的态度。

2. 工程设计的目的是满足人类社会需求，这要受多种因素的约束。因此应该具有系统的观点、全局的观点、发展变化的观点。既会分析，又善于综合；既重视物，又看到人；既懂科学知识，又不乏美学修养。也就是说，需要树立一个正确的思考问题的方法。片面地、孤立地、静止地看待事物的形而上学的观点，是搞不好工程设计的。对待任务和工作，要从整体和全局着眼，不应片面强调自己的局部。处理问题，要因时、因事、因地制宜，适应情况发展和变化。在业务准备上，除掌握本学科的专业知识，应该认识到交叉学科、横向学科、软科学的重要性，能用现代科学方法论指导自己。只有这样，在工程设计上才可能创造性地搞出成果。

3. 工程设计是一种智力活动，是为了达到一定目的，即针对一项实际工程问题思考的过程，是要提出和实现现在还不存在的某种事物。这除了上述科学知识和正确的思考方法外，很重要的一点就是创新精神。要有乐观的和自信的态度，坚信能找到解决问题的办法，坚毅顽强地去追求目标，有不达目的决不罢休的意志；要好奇，对新事物敏感且善于接受；要总是存在不满足感，力求更加完善，不断进取。抱残守缺，安于现状，不思进取，害怕困难的人，搞不出什么好的工程设计，他所能做到的，至多也只是一些模仿和重复的工作，谈不上任何创造性的工作。严格来说这样的工作不能称之为设计工作。

4. 工程设计是一种群体工作，非个人能力所能完成。尤其是科学技术发展到今天的水平，且不说那些大型的工程项目，如阿波罗登月飞行、葛洲坝水利工程等等，需相当多的人员共同努力，即使是一些具体的机器设备的设计，如飞机、汽车，数控机床等等，也决非个

人所能胜任，何况它的实现还涉及管理、制造等许多方面。因此设计师必须具有良好的职业道德和思想修养。善于和群体中其它各方面人员合作共事，协同作战。自己要有对任务的责任感，对时间的紧迫感；肯于承担困难，乐于帮助别人；听得进别人的批评意见，肯虚心向别人长处学习；对那些哪怕是不成熟的、有缺陷的，但含有某种创新的见解、建议和概念，能热情支持和鼓励；对处理那些虽然尖锐对立，却是从工作出发而且言之有据的矛盾观点，善于做有原则的妥协。所有这些，是整个设计能够成功的思想保证。

第二章 设计过程

国际工程设计研究会(WDK)认为,工程设计作为一门科学,有它的理论基础,并归纳为过程理论、机械系统理论和特性理论三个方面。究其实质,这些理论是从系统的观点出发,将设计过程看作是一个以信息为主的输入输出转换系统,研究与阐明如何将体现社会需求的设计要求转化为所设计对象的结构特性。为了使设计过程更符合设计科学的规律,本章将根据这些设计基础理论,以生产中所需机械系统的设计为例,着重讨论以下问题:

1. 机械系统作为生产中的技术手段,在技术过程中的作用和地位。
2. 技术手段的实质、任务及相关因素。
3. 技术手段设计过程分析,以及设计程序的拟定。

§2-1 技术过程

技术发展是靠多种多样的过程和技术手段的发展而实现的。相对于自然变化过程而言,技术过程是一种人工过程。它是在人和技术手段作用下,转换各种作业对象的状态,使之满足人类社会需求的过程。

一、技术过程的组成部分

图 2.1 所示,是技术过程的一般模型及一个实例。由图可见,技术过程包含以下五部分:

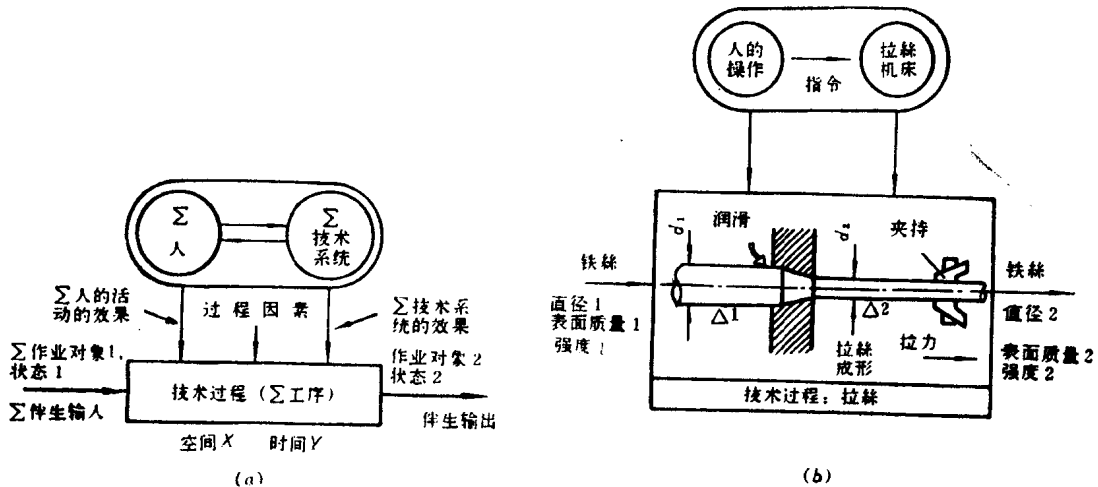


图2.1 技术过程模型及实例

a——技术过程模型 b——实例, 拉丝的技术过程

1. 作业对象

从广义上讲,作业对象可归结为物料、能量、信息三大类,通过技术过程把它们由一种

状态转化为另一种状态。对于机械产品制造的技术过程，其作业对象主要是物料。如图拉絲过程的实例中，铁絲坯料和铁絲均属物料类，而它们的直径、表面质量和强度则分别表示转换前后该物料（即作业对象）的状态。

2. 人和技术手段

这里所说的人可以是个人，也可以是群体。技术手段可以是单个的机器、设备，也可以是一个技术系统，它们将实现作业对象状态转变所需的物理效应传递给过程。例如图 2.1 拉絲过程中通过工人的操纵和拉絲机的运转施加拉力于铁絲胚料以形成铁絲。

3. 工序（或作业）

它是实现作业对象结构、形状、空间位置或时间等方面状态转变的工艺过程的组成部分。通常、过程由多个工序组成。改变作业对象结构的工序称为处理工序、如改变材料性能；改变作业对象形状的工序称为制造工序，如改变工件形状、尺寸的加工工序；改变作业对象空间位置与时间的工序称为运输工序，如加工过程中半成品的运输；改变作业对象的时间配置的工序称为儲存，如在制品或成品的存放。过程可能包括以上各种工序类，也可以由其中一类或几类组成。图 2.1 拉絲过程可以认为只有一道工序，但兼有处理与制造两种类型（实际拉絲过程并非只有一道工序）。

4. 过程因素

即指除了人和技术手段外影响技术过程的有关方面。例如在一定的时间和空间条件下，决策者的组织、管理与知识水平等。

5. 伴生输入与输出

它们是不希望有的干扰。这种不希望的输入多半来自环境，如不应有的尘土、杂物随物料而输入；也常常由过程本身产生，如机器工作产生的噪音、振动等。

二、技术手段同过程其它组成部分间的关系

1. 作业对象状态的改变是根据某种技术原理来实现的，而且常常是对某一种状态的改变，可由多种不同的技术原理来实现。但技术原理不同，据此确定的过程工序，以至过程的整个结构都会大不相同，相应地为实现这些工序及合理布置过程结构所需的技术手段也会不同。只有先确定了实现转变最适宜的技术原理，才能更合理地确定对所需技术手段的要求。

例如：要实现将板材胚料制成一个半球形件这一状态转变，可以采用钢模成形、液压涨形、旋压成形、橡皮成形等多种技术原理。相应于这些成形技术原理的技术手段分别是机械压床，液压涨形机、旋压机床、橡皮深拉伸液压机等。只有从技术经济等多方面进行分析，确定了最适宜的成形原理后，才能合理地提出对所需成形设备的设计要求。也就是说，为了将板材制成半球形件，必须先确定该技术过程采用的技术原理（或技术方案），才能有效地设计所需成形设备（也即技术手段）。

2. 技术过程中诸工序的结构从纵向看，一般可分为准备阶段、执行阶段和终结阶段。从横向联系看，在主要过程进行的同时，还有诸如控制、动力、连接、支持等辅助过程。作为过程中所需的一项技术手段，在设计时必须考虑到和主要过程中其它阶段、其它工序的协调配合，才能使过程按预期要求合理进行。

如前述将板材制成半球形件的过程，除成形外，前面有备料工序，后面有整修切边等工序，此外，还有这些主过程工序之间的运输、检验等工序，以及生产过程的组织管理等等。

所有这些，都会成为该成形设备设计中的制约因素。

3. 在实现作业对象状态转变的过程中，某些效应是人施加的，另一些效应是技术手段施加的。因此在人和技术手段的关系中还有个分工问题。过程的性质决定着人和技术手段在动力和控制两种作用方面的分配比例。手动过程（技巧性操作），动力与控制作用主要是人施加的；机动过程，技术手段承担提供动力的作用；自动过程，技术手段除提供动力外，还承担大部分控制的作用。这种分配比例的不同，决定着技术手段的复杂程度。在设计技术手段时，应根据整个过程结构，寻求最合理的人机分工，使之更好地匹配。

4. 伴生的输入和输出，会干扰过程的正常进行，为减少这种影响，技术手段的设计应充分考虑到环境因素，并尽力消除自身伴生的输出。例如，对于液压设备，要充分考虑到在一般车间环境下工作时，保护油液清洁，防止灰尘杂物侵入，以及液压系统工作中噪音对工作环境造成的影响。

5. 改变作业对象状态的目的，是为了满足人类社会的需求。这种需求可以是直接的，如制造铝制家用器皿的压床。对制造铝制器皿这个技术过程来说，压床是实现技术过程所需的技术手段。而压床本身的制造，则是由另一技术过程完成，这个过程则由相应的制造工序，人员和机器设备构成，并受相应的过程因素和干扰的制约。因此，要设计压床，还必须对生产它的技术过程有所了解。更概括地说，为设计某技术手段，还必须了解该技术手段作为作业对象的技术过程。

总之，从系统的观点看，技术过程是一个以物料为主的输入输出转换系统。设计作为此过程的组成部分之一的技术手段时，必须考虑系统的目标，它和系统其它组成部分的相互联系和相互作用，以及对环境的适应性等多方面的情况。

§2-2 技术手段

在明确了技术手段在技术过程中的作用与地位后，我们将进一步讨论技术手段本身的问题。从上一节的分析可以看出，技术手段的任务是将某些物理效应（必要的活动）传递给技术过程的某个工序，以实现过程中所希望的作业对象的转变。这些物理效应是技术过程的一种输入，又是由技术手段输出。而技术手段为了产生这种输出，必然要有相应的输入。因此，它本身也可看作是一个输入输出转换系统。其作业对象状态的转变主要是能量状态的转换。例如，作为板制品加工的技术过程中的技术手段（如机械压床），则是一将电能转换为机械能的能量转换为主的输入输出转换系统。它的输入是电能，输出则是机械能产生所希望的效果（冲压成形）。而这种机械能又是板制品技术过程中能量输入的主要部分。

一、机械系统模型

技术手段包括的内容很广泛，如机器、仪器、器械、工具等都属于技术手段范畴。在下面的讨论中，将以机器为重点，并将其作为一个机械系统来看待。图 2.2 所示，是机械系统模型，它由输入、输出、伴生输入与输出、系统结构等几部分组成。其中系统结构是它实现输入输出转换的核心。分别说明如下：

机械系统的输入主要是能量，此外也包括物料与信息。这些输入由机械系统中相应的接收器 R 接收。例如，液压机的输入主要是电能，还包括油液与操作指令，这些输入分别由电

动机、油泵和按钮接收。

2. 输出

机械系统的输出是由执行器输出的物理效应或活动，以及由机械系统性质决定的其它输出量。如液压机由工作缸输出的运动或力，以及输回油箱的油液。总的来说，这种物理效应或活动是过程中空间或时间方面所希望的效果，其形式可以是位置、运动速度或力等。

3. 系统结构

机械系统的结构如人体结构那样，也可以从解剖结构与器官结构两种观点来分析。在这里，我们把解剖结构的构造要素称之为结构件，把器官结构的构造要素称之为功能件。

从功能的观点看，正如人体由若干器官组成一样，机器可看作是由若干功能件组成。人体器官分别执行循环、呼吸、消化、支撑等各种功能，机器功能件则是执行转变、辅助、动力、控制、连接、支撑等功能。从结构观点看，正如人体可分为头部、上肢、胸、腹、下肢等那样，机器可分解为制造者们所熟悉的结构件。例如车床可分解为主轴箱、尾架、刀架、床身等部件。这两种结构分类，相互交错，一个功能件可能由许多结构件构成，或由多个部件上有联系的部分组成。例如，多片离合器各片上的花键孔与转轴上的花键一起组成二者连接时传递扭矩的功能件。反过来，一个结构件也可以包括许多功能元件。例如，车床床身包括了实现纵长方向运动的功能件（导轨），一部分润滑功能件（油路、油孔），且同时又是车床主要的连接和支撑功能件。图2.1中我们分别用虚线与实线轮廓来表示二者间的关系。

4. 伴生输入与输出

机械系统不可能在与环境完全隔绝的情况下工作。因此外界环境如温度、振动、热等方面的因素，会对系统的输入产生干扰。而由于机器本身工作中诸种因素的影响，也会输出噪音、造成振动等等。机械系统设计中应考虑的问题之一，就是要尽力减少伴生的输入输出，使其达到一个可接受的最小值，或是利用它们（即在系统内或系统外回收）。

二、机械系统输入输出转换特点

机械系统本身既然也是一个输入输出转换系统，必然也有一个输入转变为输出的过程。我们从以下几方面来讨论它的转换特点：

1. 转换的依据是该系统所选择的活动方式

机械系统的输入输出转换过程和技术过程一样，都是作业对象的状态在过程中转变。但对于技术过程，作业对象是在技术过程的整个时间周期内，从初始状态向某一希望的状态逐步转化。这种转变以所选择的技术原理为基础，并在人和技术手段所发挥作用的影响下实现。其转换过程由工序组成。而机械系统的转换过程则是该系统的输入量在要求的时间和地

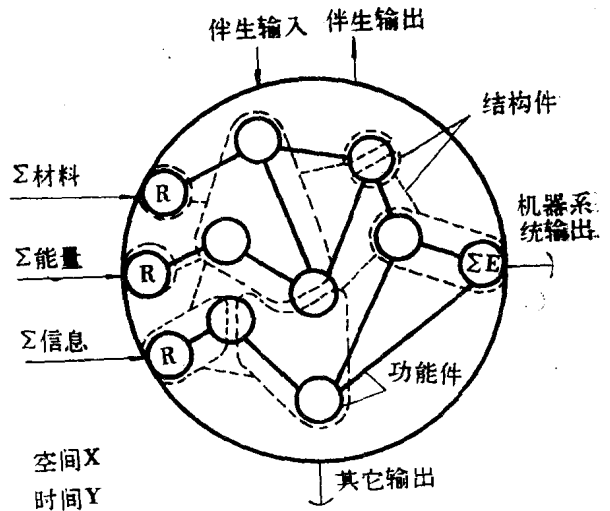


图2.2 机械系统模型

R——接收器 E——执行器