

内容简介

本书介绍了国外设计学的主要学术观点,以及作者根据有关数理理论及其研究成果所形成的新的设计学理论体系。

全书共分两大部份,以第二部分为主体。第一部分为国外情况,包括:西北欧、西德、美国、日本等国主要学者的学术观点。第二部分为设计学(理论、方法及软件),包括:初期决策、中期决策、技术决策等三阶段的理论、方法,以及DM软件包的构成及应用,其中附有大量应用实例。

本书另附DM软件包软盘,内存全部22套软件。

此书可供高中级科技、工程设计人员及技术设计管理人员使用。也可用作工程设计专业硕士研究生及高年级学生的教学参考书或教材。

设计学

理论、方法、软件

何献忠 等著

北京理工大学出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京通县向阳印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 12.375印张 319千字

1988年12月第一版 1988年12月第一次印刷

ISBN 7-81013-128-1/TH·19

印数:1—4100册

定价:2.95元

前 言

近十年来,由于科学技术的飞速发展,进一步提高了产品质量,降低了产品成本,缩短了产品更新周期,使市场竞争更加激化。为了在商品社会中得到生存和发展,七十年代中期,设计学(或称设计方法学)作为一门新兴学科,首先在欧洲开始出现、试用。八十年代得到了发展,并引起了教育界、工业界的普遍重视。

1980年前后,由于西德学者、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,使我们得到了启发。1982年开始对西方各学派的学习与研究。鉴于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约制,如果生硬照搬,将必难于适应我国国情,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。

在国内专家的支持与帮助下,我们将设计概念外延,提出了“设计是一个决策过程,并可分为初期决策、中期决策、技术决策三个阶段”的设想,开始了对这三个阶段有关理论、方法及软件的研究,先后取得了一定进展,发表了有关论文。1985年形成了这一系统的初形,并为光学仪器专业硕士生开设了《设计学》课程。同年将有关理论,用于兵器部重大民品开发与决策之中。之后两年,又在其它产品开发中得到应用,并在部属研究所及部队研究所进行过宣讲,逐渐完善了设想的新系统,形成了书稿。

由于篇幅所限，本书所用软件，并未将程序文本全部列入，而统存于专用的软盘内，根据使用说明，便可在IBM PC/XT及其兼容机上运行使用。科技书附专用软盘，是一种新的探索，它可扩大书的实际篇幅，缩短学习使用准备时间，减少键入程序文本时产生的错误。

本书涉及的基础知识有：概率论、模糊数学、线性规划、非线性规划、线性代数、博弈论、计算机语言、计算方法等。

由于本学科尚处发展阶段，兼之我们水平有限，实践不够，书中不足之处在所难免，诚恳地期待各方面的批评、指正。

本书写作过程中，曾得到许多同志的支持与帮助。书稿完成后，又经清华大学吴宗泽教授审阅。在此，一并表示深切感谢。

参加本书写作的还有施伟民、金小海、黄航汉等同志，许多科研成果都是我们合作所取得的。

1987年12月

目 录

第一部分 国外情况

§1-1 学科形成简况	(1)
§1-2 V. Hubka 论点	(2)
一、基本思想	(2)
二、技术过程	(3)
三、技术系统	(6)
四、设计过程	(12)
五、应用实例	(15)
六、结语	(21)
§1-3 G. Pahl 论点	(21)
一、基本思想及求解模式	(21)
二、功能与分功能	(22)
三、设计目录	(22)
四、分功能联接	(23)
五、综合评价	(23)
六、设计过程	(28)
七、结语	(29)
§1-4 A. Seireg 的看法与 R. C. Johnson 的实践	(30)
一、A. Seireg 的看法	(30)
二、R. C. Johnson 的实践	(32)
三、结语	(34)
§1-5 赤木新介与吉川弘之的观点	(34)
一、赤木新介的观点	(34)
二、吉川弘之的观点	(35)
三、结语	(35)

第二部分 设计学(理论、方法及软件)

§2-1 初期决策	(37)
一、信息搜集及处理	(37)

二、预测技术及应用	(47)
三、因、果层次分析	(70)
四、对策选择	(80)
五、经济分析	(89)
六、对现实可行性论证的看法	(96)
§2-2 中期决策	(96)
一、性质判别	(97)
二、功能分解	(97)
三、技术方案构成	(100)
四、综合评价	(110)
五、结语	(117)
§2-3 技术决策	(117)
一、性能、尺寸、参数优化	(117)
二、工程随机变量综合	(134)
三、形状设计	(153)
四、相似理论与模拟	(165)
五、可靠性技术	(188)
六、计算机绘图技术	(212)
七、“人·机”关系处理	(241)
§2-4 DM软件包的构成及应用	(255)
一、DM软件包的构成	(255)
二、文本及应用	(255)
1、本包管理软件 (DM000)	(256)
2、信息处理软件 I (DM001)	(258)
3、信息处理软件 II (DM002)	(262)
4、预测技术软件 I (DM003)	(265)
5、预测技术软件 II (DM004)	(269)
6、预测技术软件 III (DM005)	(272)
7、预测技术软件 IV (DM006)	(278)
8、预测技术软件 V (DM007)	(282)
9、预测技术软件 VI (DM008)	(285)
10、分析技术软件 (DM009)	(289)
11、对策选择软件 I (DM0010)	(293)
12、对策选择软件 II (DM0011)	(296)

13、供求关系分析软件	(DM012)	.....	(302)
14、经济分析软件 I	(DM013)	.....	(314)
15、经济分析软件 II	(DM014)	.....	(318)
16、可行技术方案形成软件	(DM015)	.....	(328)
17、技术方案经济优化软件	(DM016)	.....	(332)
18、综合评价软件	(DM017)	.....	(336)
19、最优化技术软件	(DM018)	.....	(342)
20、随机变量处理技术软件	(DM019)	.....	(364)
21、胶合物镜固紧结构绘图软件	(DM020)	.....	(368)
22、层次分析软件	(DM021)	.....	(380)
主要参考资料		.....	(383)

第一部分 国外情况

本部份将简要论述本学科的形成，近期国外主要学者的学术观点及方法，共分：学科形成简况、V. Hubka 论点、G. Pahl 论点、A. Serieg 的看法与 R. C. Johnson 的实践，赤木新介与吉川弘之的观点等五部份。主要取材于他们的有关论著及其来华讲学时的记录稿。

§1-1 学科形成简况

设计学是一门正在发展而尚未成熟的新学科。

从60年代始，国外开始注意对设计本质及方法的研究。近十年来，这些研究已初步进入实用阶段，出版了一些有代表性的著作，召开了五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，约有：科学设计(Science Design)、工程设计(Engineering Design)、设计方法学(Design Methodlogy)、工程设计原理(Principles of Engineering Design)、设计综合(Design Synthesis)、设计学(Konstruktionslehre)、机械研究方法论(機械研究の方法論)、设计的设计(設計の設計)等。名称相近，内容相互各有大同小异处。但其目的或为探求设计的共性规律，寻求某种模式或程式；或进一步揭示设计的内涵及外延，提高设计质量及速度；或充分发挥人的创造性，促进新品开发，加强产品的市场竞争能力。

如仅就本学科近期主要学者的学术观点分析，它的发展已出现了以下三种明显的趋向：

(1) 向抽象思维发展 研究工作更多地趋于从哲学的高度探

讨设计的本质、规律、人的思维、创造性的发挥等,有可能成为抽象设计学。

(2) 向模式化发展 研究工作主要趋于某种模式或程式的探讨,利用数据库及专家库,提高应变能力,使设计向广义CAD进一步扩展。有可能成为模式设计学。

(3) 向实用化发展 研究工作主要趋于如何提高产品质量及市场竞争能力,如何发挥人的创造性,强调解决实际问题。有可能成为实用设计学。

上述三种趋向,并无绝对代表人物。与此相近者有,如V. Hubka与吉川弘之则近于第(1)趋向。G. Pahl与W. Beitz则近于第(2)趋向。R. C. Johnson与赤木新介则近于第(3)趋向。这些学者的学术思想及其研究趋向,主要取决于他们所处的社会环境及其实际工作条件。

为便于取其精华,为我所用,以下将分别论述他们的主要学术观点及方法。

§1-2 V. HUBka论点

V. Hubka是国际设计科学和设计教学研究组织W.D.K.(Workshop Design—Konstruktion)的创始人,他的典型著作之一是1980年4月出版的工程设计原理(Principle of Engineering Design)。[1]

一、基本思想

V. Hubka学术观点的基点是:以系统理论为基础,把人的需求及其实现的全过程,看成是一个系统。它包括输入、黑箱、输出、边界等基本环节,并受一定时间、空间所限(如图1-2-1示)。他认为一个系统可以是一级系统,也可以是多级系统。每一个子系统,都必包含着一个技术过程,而该过程又必依赖一个

技术系统来实现。技术系统的工程实现，又必先经过一个设计过程。他以鲁滨逊的故事为引子，细致地描述了鲁滨逊从感到饥饿，而欲创造工具，到河对岸香蕉林中采摘香蕉充饥的全过程。这个实例，宏观而集中地表达了他的基本思想，以及他对设计的看法。

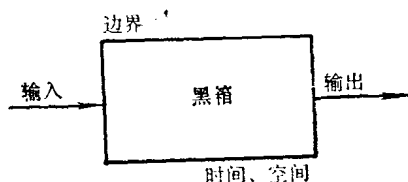


图1-2-1 系统抽象

二、技术过程

通过一定技术手段，使人类的需要得以满足的全过程即技术过程(Technical Process)，简称TP。“需要”包括实际需要与理想需要两大类。

根据黑箱理论，可以抽象表达技术过程的全过程及其与周围环境的关系。如图 1-2-2 示，输入为综合情况 1，经技术过程处

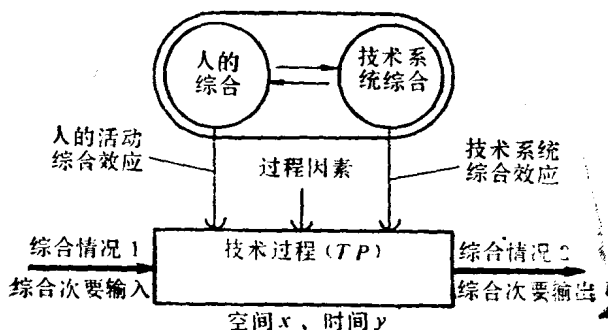


图1-2-2 技术过程

理后，输出为综合情况 2。技术过程主要由操作人员与技术系统的有效活动构成，而在技术系统工作过程中，还有可能增加某些过程因素(Process factors)。还包括输入时的次要输入，输出时的次要输出。整个技术过程都将受到“时间”、“空间”条件的限制。

为进一步说明上述抽象表达，他以冷拔钢丝为例。如图1-2-3示，输入为钢丝，且其尺寸、表面质量、强度皆为第一种状态。经拉拔模加工后，输出仍为钢丝，但其尺寸、表面质量、强度皆已变为第二种状态。技术过程包括：人的操作，拔丝机运转以及拉拔过程中润滑剂的增添等。

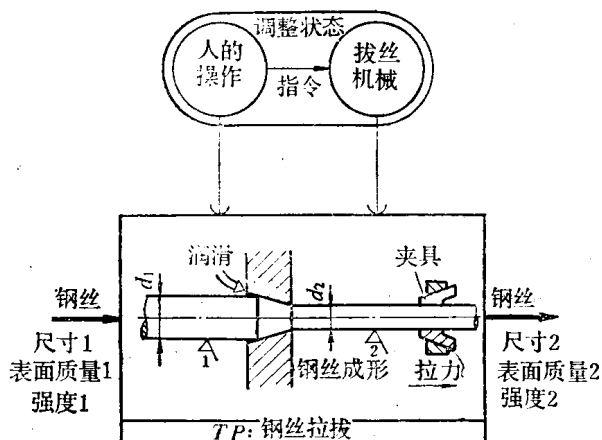


图1-2-3 冷拔钢丝过程

根据以上分析及实例，可以进一步抽象出技术过程结构的一般模型。如图1-2-4示，图中粗箭头表示主体流层结构，最外层“方框”表示人的操作与技术系统的边界。左侧为输入，它包括：工作状态总合 1、信号总合、材料总合、能量总合以及干扰总合（次要输入总合）。右侧为输出，它包括：工作状态总合 2 及次要输出总合。在技术过程实施过程中，还有可能受到人的因素、技术系统、管理、信息、工作条件等因素的影响。

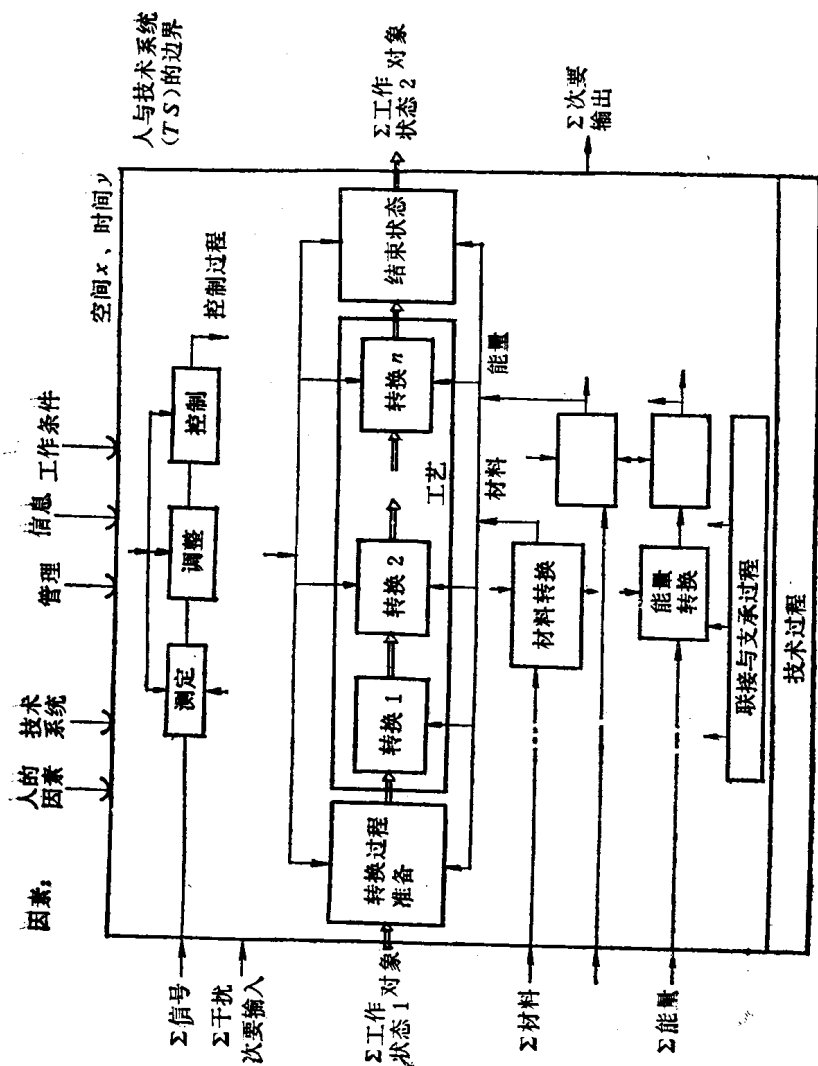


图 1-2-4 技术过程结构一般模型

主流层包括：转换过程准备、工艺处理及结束等三个阶段，工艺处理又将由 $1 \sim n$ 个转换过程构成。

输入信号总合包括：测定、调整、控制(反馈)、最终实现控制。输入材料是为实现材料转换。输入能量是为利用它去作功。信号、材料、能量的输入都将直接影响主流层的进行。

此外，技术过程还可能存在材料转换过程、能量转换过程、联接和支承过程。整个过程都受一定时间、空间限制。

上图所示模型，形象地表达了技术过程的综合关系，它有助于设计人员建立整体综合概念。

三、技术系统

在一定的时间、空间及边界条件下，利用一定的技术手段，将输入的材料、能量、信息转化为某种工作效应(技术系统输出)的整个系统即技术系统(Technical System)，简标TS。

技术系统模型如图 1-2-5 示，圆周表示技术系统边界，主要输入为：材料总合、能量总合、信息总合。主要输出为工作效应总合。随着技术系统的不同性质，还可能产生其它输出效应。或由于外界干扰形成次要输入，产生次要输出。

技术系统包括：接收器(以 R 表示)、效应器(以 E 表示)、机构及活动链。它们的有机结合，实现了输入与输出间的技术转换。

根据以上模型，可以进一步建立技术系统功能结构关系如图 1-2-6 示(见 P 8)。图中 A 为工作功能， Ne 为次要功能， An 为推进功能， SR 为控制(调整或反馈)功能， R 为接收器， E 为效应器。

依图示情况可见：能量输入后，经接收器转化为推动功能、工作功能，实现工作输出效应。也有一部份作为输出能量。材料输入后，经接收器，在进入工作功能前，将可能产生某种次要功能；再经推进，最后输出材料。信号输入后，经接收器、控制器，或进入工作功能，或作为效应输出。功能结构中，还可能包括支承、联接功能及与外界系统的联系等。

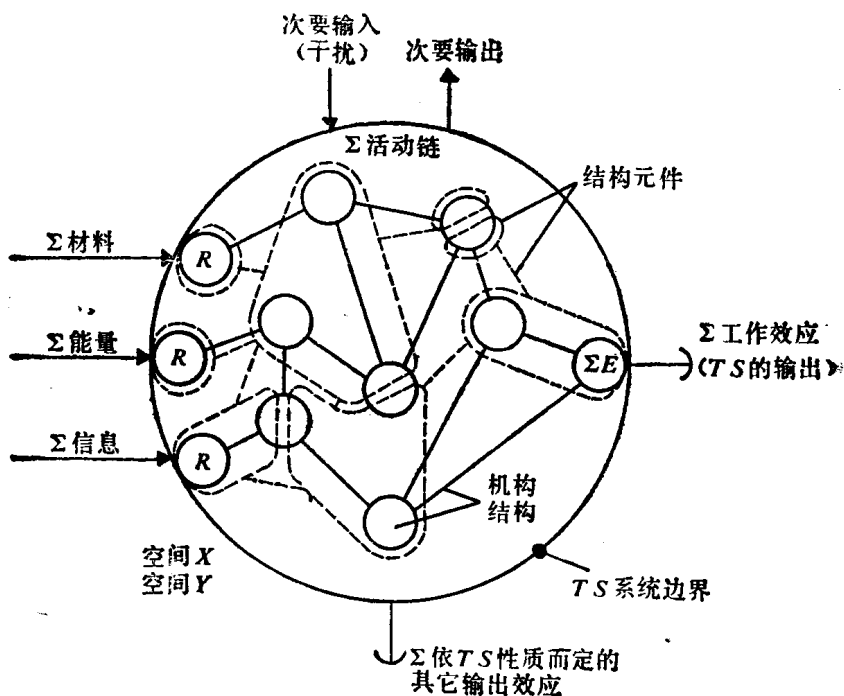


图1-2-5 技术系统模型

技术系统功能结构仅宏观地概括了材料、能量、信息等在“输入”与“输出”间的转换关系，它并不表征某种技术系统的具体关系。为此还需作进一步分析，否则将不足以判别形成技术系统的可能性。

现以机械系统为例。它的特性可分三类，即宏观特性、元件设计特性、一般设计特性等。在每一类中又分别包含若干细目。这些细目间是否相关，是构成技术系统的初始根据。对于一般机械系统，它们之间的相互关系，如图1-2-7示(见P 9)。图中“O”表示有直接关系，“×”表示没有直接关系，无以上两种符号的表示没有关系。如宏观特性中的“可靠性”，就与同类中的“安全”有直接关系，又与元件设计中所有细目皆有直接联系，还与一般设计特性中、

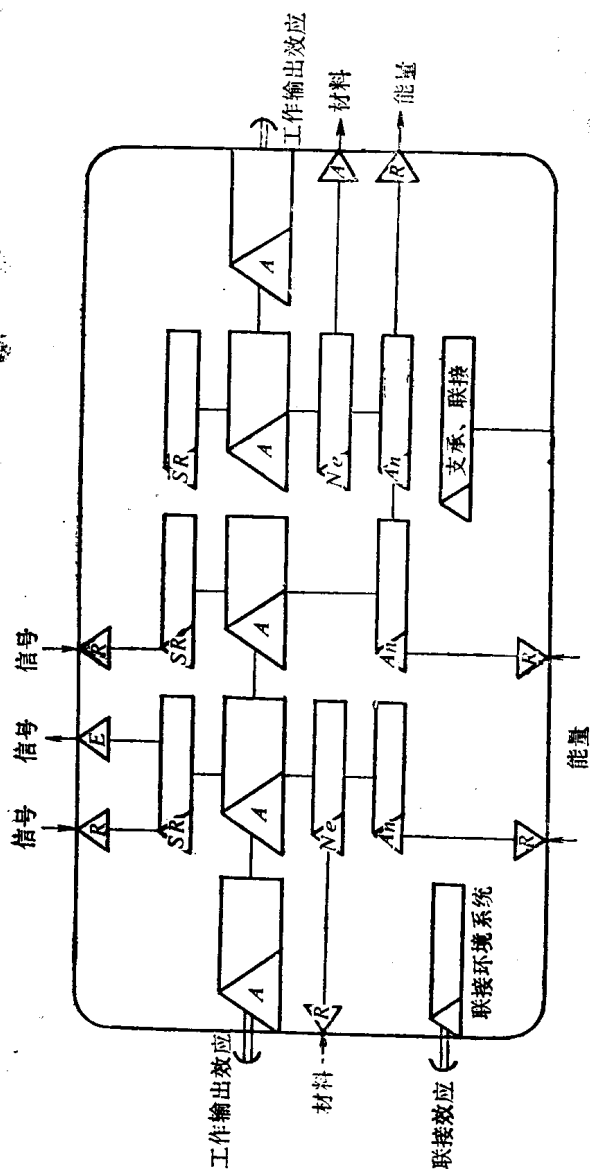


图1-2-6 技术系统功能结构

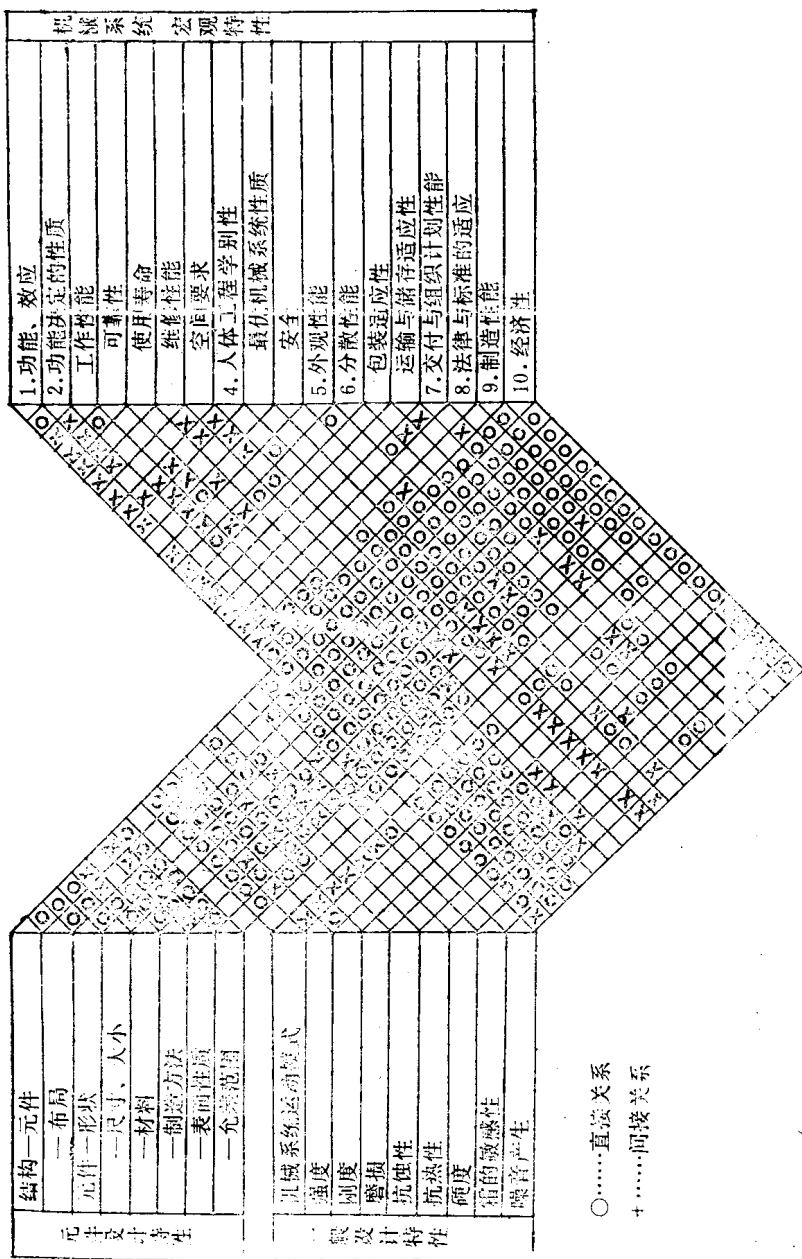


图1-2-7 特性分类及其关系

除“噪声”一项外的其它诸项，皆有直接联系。这种特性分类及其关系分析的方法，无疑将会给设计人员带来更多的启发。

V. Hubka认为：作为一个系统，应由许多环节构成，从起始到终止形成一个周期，图1-2-8示就是一个技术系统的周期，它概括了组成系统的各主要环节及有关技术问题。这种从“理想需求”直到“报废”的形象抽象，将有助于开扩设计人员的思路，提示更多的信息搜集范围，全面处理好有关问题。

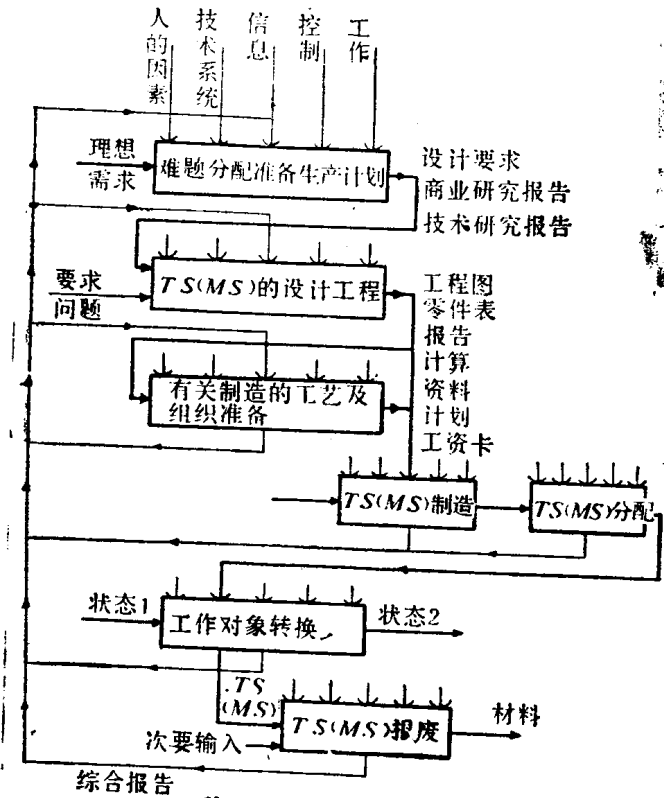


图1-2-8 技术系统周期

由于设计人员需要根据抽象思维，实现具体设计，V. Hubka还提出了一种“分类学层次系统”(Hierarchical Systems of

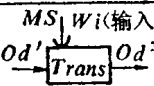
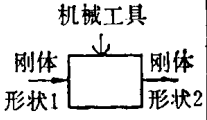
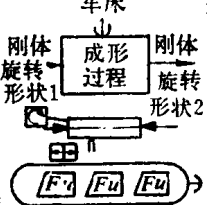
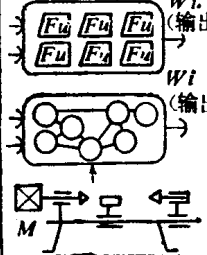
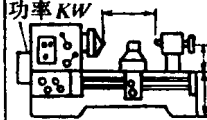
具体化水平	一般层次			实例	
	指定水平	规定 (图模型)	被确定的 设计特性	指定水平	图形表示
0	机械系统 (MS)		MS具有主要机械运动模式		
0.2	MS		—操作 —转换分类	机械工具	
0.4	MS分类	细化技术原理 黑箱草图 基本功能结构	—作业对象 —转换技术原理 —必要的输入效应及其基本功能	金属切削 车床	
0.6	MS族	细化功能结构 粗略解剖学结构 设想草图	—作业对象 —功能结构 (功能及其序列) —诸输入MS —诸功能运载体 (机构) —诸功能运载体的 组件及基础排列	通用金属 切削车床	
0.8	MS类别	解剖学结构图 通用组件及附件图	—诸完整部件 —排列 —局部外形 —某些尺寸 —材料类别 —某些公差及表面特性	车床型号 SUR	
1	种类或系列尺寸	车间文件的完整规定	全部确定零部件技术要求、外形、尺寸、材料、加工方法、公差、表面性质	车床系列 SUR5	

图1-2-9 分类学层次系统