
工程设计学

学习与实践手册

〔联邦德国〕 G·帕尔 W·拜茨 著

Konstruktionslehre

Handbuch für Studium und Praxis

机械工业出版社

工 程 设 计 学

学习与实践手册

〔联邦德国〕 G·帕尔 W·拜茨 著

张直明 毛谦德 冯培恩 译
张子舜 黄靖远

冯培恩 黄靖远 校



机 械 工 业 出 版 社

(京)新登字054号

近十年来,世界各工业先进国家的工程设计中普遍应用了设计学的知识,从而取得了飞速进展。

工程设计学是研究技术产品设计理论、方法、技术及工具的一门新兴学科。应用工程设计学有助于显著提高开发新产品和改进已有产品的效率,从而增强产品的市场竞争能力。

本书是著名的联邦德国设计学专家Pahl和Beitz教授的代表作。本书内容既适用于人工设计,又顾及到计算机辅助设计技术。书中用大量工程设计实例全面论述了合理的设计进程,详细介绍了各设计阶段的工作方法,提供了有普遍实用价值的设计辅助工具。

本书系统总结了作者自身的实践经验和联邦德国的工程设计学研究成果,同时也注意吸取了美、英等国关于产品创新的思想。本书已有德、英、中、波、匈、芬等6种文版,是目前国际上影响最大、最有实用价值的一本设计学权威著作。

本书适宜于作大学机械、设备和仪器类专业本科生和研究生的教材,也是产品设计人员、技术革新者和发明者用于实践和进修的重要参考读物,并对各类技术人员、管理人员和企业家的的工作都有帮助。

Konstruktionslehre

Handbuch für Studium und Praxis

Zweite Auflage

Gerhard Pahl · Wolfgang Beitz

Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1986

* * *

工 程 设 计 学

学习与实践手册

〔联邦德国〕G·帕尔 W·拜茨 著

张直明 毛谦德

张子舜 黄靖远 冯培恩 译

冯培恩 黄靖远 校

*

责任编辑:夏曼苹 版式设计:张世琴

封面设计:郭景云 责任校对:熊天荣

责任印制:王国光

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 29·插页 2·字数 699千字

1992年6月北京第1版·1992年6月北京第1次印刷

印数 0,001—2,100·定价:27.00元

*

ISBN 7-111-02555-5/TB·118

致中国读者的话

我们撰写的《工程设计学》一书继译成英文、波兰文和匈牙利文之后又译成了中文，为此我们感到特别高兴。这本书的芬兰文译本也快问世。有了中文版就可能使本书在国际上的读者范围明显扩大。

1980年以来，通过共同举办讲座、讨论班、学术报告和咨询，以及交换学者，建立了联邦德国与中华人民共和国之间在设计科学领域内的紧密联系。本书中译本的出版，又以特殊的方式增强了联系。这种对于两国都富有成果的伙伴关系，也因 Beitz 荣任杭州浙江大学名誉教授和 Pahl 荣任上海同济大学名誉教授而清楚地体现出来。

在各地高等学校里的中国同事和大学生，还有来自工业界的、居领导岗位的工程师们，都对我们所作的讲座和学术报告表现出浓厚的兴趣。我们所讲过的内容现在已经详细地载入本书中，从而也就能够直接为广大读者所利用。我们希望，现在问世的本书中文版，在中国将成为帮助大专院校发展设计学教学和科研的重要基础，或起到启示作用。我们也希望来自大学和工业界的所有读者，在教学和应用中都能利用本书，并借助于本书去取得设计工作的成功。

我们感谢译者的辛勤劳动。因为本书涉及到一些新的概念和处置方式，他们必须不断地找到恰当的中文词句，从而把我们的原意清晰易懂地表达出来。

我们同样极为感谢机械工业出版社装帧和出版了本书。

Wolfgang Beitz 和 Gerhard Pahl

1988年7月于柏林和达姆斯塔特

译 序

在人类文明史上早已留下了无数工程设计杰作。但工程设计发展成科学则是本世纪以来的事。千百年积累的宝贵经验,近几十年来系统工程学和电子计算机技术的发展,都为工程设计向工程设计学的质变奠定了基础。第二次世界大战后国际上激烈的经济竞争态势,使联邦德国官方认识到《要害在于设计》,从而在客观上促使这一质变得以实现。于是首先在联邦德国,60年代以来涌现了一批有重要影响的设计学家和著作。随后,在美、英、日、加、丹麦和瑞士等国相继出现了有影响的专家及论著。今天,设计学在世界范围蓬勃发展的势头方兴未艾,前景诱人。

我国机械行业由于历史条件限制,长期来以各类产品特点的研究为重点。高等学校也只设置各种产品设计专业,机械零部件与机械系统的研究有所脱节。这一状况造就了数量可观的、对某种产品或零部件有精深研究的专家,也对我国机械工业发展起了一定的促进作用。但是我们不得不承认,我国许多机械产品的发展长期来主要依靠引进国外图纸、样机和制造技术,无论在设计思想和方法、产品原理和结构方面都缺乏创新。不少产品至今没有摆脱跟着外国产品走步的被动局面。

我国开放10年来,在60所高校建立了通用的设计专业。设计学方面学术团体纷纷成立。各种讲习班、交流会和普及推广资料,激发了广大设计人员对设计学的巨大兴趣。人们希望通过学习和应用设计学,有效地提高设计水平,加速我国机械产品创新的步伐,增强产品的市场竞争能力。为此,人们期待着面向实践、内容丰富、适合各类产品设计人员学习和应用的设计学著作。而本书正是符合上述要求的不可多得的设计学名著。

本书作者之一G.Pahl,生于1925年,1955年取得工学博士学位。此后,他在BBC公司从事汽轮机、压力机和大型传动机的设计和研究。1960年起他担任该公司国际联合集团开发部负责人。在10年间,他负责设计了大量工业汽轮机、高速传动机和离合器、用于核工业的专门部件、机器和标准零件系列等。1970年他任达姆斯塔特工业大学机械零件和设计学研究所所长至今。Pahl教授在设计方法学、安全技术、摩擦学和CAD技术等领域内著作甚丰。他曾任联邦德国研究委员会副主席长达6年,并荣获联邦德国一级大十字勋章和德国工程师协会荣誉奖章。他还是匈牙利Veszprem大学名誉博士和中国同济大学名誉教授。

本书另一作者W.Beitz,生于1935年,1961年取得工学博士学位后,进入著名的AEG-Telefunken重型机械公司,先后担任设计师、总设计师和代理开发部长,主要从事大电机设计。1968年他就任西柏林工业大学机械设计研究所所长至今。他在联接技术、合成材料齿轮、新型机械材料、标准、回用、设计方法学和CAD等领域都有出色研究成果,发表论文100多篇。Beitz教授担任过德国工程师协会设计与开发分会主席和联邦德国研究委员会委员。VDI的许多准则都是由他主持制订的。他现任西柏林政府研究部国务秘书、柏林市科协主席、德国标准化所主席团成员、西门子奖金评审委员会委员、斯普林格出版社《Konstruktion》^①杂志主编和DUBBEL机械设计手册主编等职。他曾荣获德国工程师协会荣誉奖章和德国标

^① 中译名为《设计》。后同。——译者注

准化荣誉奖章。现在他还是中国浙江大学名誉教授。

Pahl和Beitz进大学任教后,就着手总结自己的设计经验,将其上升到理性的高度,以培训学生和青年设计人员。他们从1972年起共同在《Konstruktion》杂志上开辟了一个专栏,用两年多时间撰写了20多个专题。这一讲座受到的热烈欢迎使两位作者倍受鼓舞。在此基础上加以整理和补充,1976年就诞生了本书的第一版。

《工程设计学》中的许多实例来自于两位作者的自身实践,其余则来自于前人和他人的宝贵经验。为此,作者引证了将近600篇参考文献。可以说,这本书是总结100多年来联邦德国机械设计经验的一次成功尝试。《工程设计学》很快被译成英、波、匈、芬等文种流传他国。可贵的是两位作者从1982年开始,又奋战4个寒暑,在1986年推出了《工程设计学》第二版。与初版本相比,第二版重写了第3、4、10章,增加了成本估算、回用、造型、装配和人机学章节;参考文献增加到700余种,篇幅由原来465页增至590页。两个版本的差别既反映了近10年来设计学的发展,又体现了作者奋发进取、锐意求新的精神。

本书系统论述了设计进程,并用大量设计实例说明了设计过程中各阶段的具体内容和工作方法,提供了一系列有普遍实用价值的设计工具和手段。本书既注意介绍产品开发战略和创新原理,又阐明了产品结构的设计规则、原理和必须注意的问题。本书还把传统设计和现代设计融为一体,它立足于无计算机辅助的人工设计,同时又辟有CAD专章,因而非常实用。本书既不趋向时髦的自动设计,也不追求理论上的标新立异;既不强求概念的统一,也不企求内容上的无所不包。为了实践所需,本书尽可能吸取了联邦德国其他各家之所长,甚至吸收了美英诸国学者在原理创新方面的思想和方法。

联邦德国一些企业,尤其是许多中小企业,在应用本书介绍的设计学来改进和开发产品的实践中,取得了引人注目的成就。其中已有报道的实例就包括汽轮机、混凝土搅拌机、收割机、播种机及手术椅、洗碗机等产品。

鉴于本书的上述特点,我们郑重地向国内机械工程界的同行和大专学生,向所有技术产品设计人员推荐本书;有经验的设计师和教师可以利用本书帮助自己系统总结设计经验,进而了解现代设计理论、方法和技术;青年设计师和学生可以借助本书系统吸取前人的经验,全面了解设计学的传统和现代内容,使自己较快成熟;企业家、从事机械制造和工艺的技术人员都可从本书有所得,从而与开发设计人员紧密合作,共同提高产品的竞争能力。本书阐述的设计学对各类技术产品及工程设计具有通用性,因此各行各业的设计人员都可阅读本书。

本书译校者是北京理工大学机械设计教研室毛谦德教授、上海工业大学轴承研究室张直明教授、清华大学机械设计教研室黄靖远教授、华南理工大学机械设计教研室张子舜副教授和西柏林技术大学工学博士、浙江大学设计学研究室冯培恩教授。他们先后都曾作为访问学者在联邦德国工作过。本书译校分工如下:毛谦德译第6章,张直明译第2、3、4、5章,张子舜译第7、8章,黄靖远译第1、9、11章及第一版、第二版的前言,冯培恩译第10、12章及“致中国读者的话”,并撰写了译序。本书由黄靖远校订第6、10章;由冯培恩校订其余各章,并负责全书最后统稿和整理工作。

机械工业出版社早在1979年就接受了吉林工业大学链传动研究所柴邦衡教授的推荐,着手组织翻译出版本书第一版,只因当时条件不够成熟,直延宕至本书第二版面世。本书的第一版,由西安交通大学石华鑫教授做了大量翻译准备工作,并且本书责任编辑夏曼苹高级工程师

师，为本书的出版作了许多组织工作，还对文稿作了细致的审核与编辑加工。译者在此一并表示衷心感谢。

译者在此真诚感谢本书作者，Pahl 和 Beitz 教授在本书译校过程中所给予的热情指点和帮助，特别感谢他们专门为本书中文版撰写了对我国工程设计界十分友好的话。在此译者还要感谢斯普林格出版社对本书中文版面世所给予的关怀和支持。

由于本书编译校工作确有相当难度，加上我们的学识和能力所限，中文版中难免还有缺点和错误。为此我们诚恳地期待着专家和广大读者的批评和指正，并在此预先表示衷心的感谢。

1989年春

第二版前言

几年来,本书得到了迅速的传播并引起了广泛的兴趣。它已经被译成英文、波兰文和匈牙利文。芬兰文版和中文版也正在筹备之中。自第一版问世以来,很快过去了9个年头,重新修订本书,使其与这期间所得到的设计方法学的新知识以及所发表的文献在新领域上的扩展相适应,看来很有必要。幸好设计方法学的原理、进程步骤和大部分内容的叙述仍保持不变。因此修订仅限于个别概念,使之精确化和给以新的措词,从而使这些概念更普遍适用和经得起推敲。借此可使方法学的最本质的内容变得更清楚和更易于理解。

本书第二版的主要特点是,扩充了一些今天看来不够充分或者是几乎完全没有涉及过的章节。加入了新的内容和总结性的描述,使本书更加适应当前的知识水平。

本书改写了“产品计划”章,对结构设计规则“安全”加入了关于间接安全技术措施的内容丰富的描述;对考虑腐蚀的结构设计规则和考虑装配合理性的结构设计规则也作了补充,后者还考虑了自动化装配的影响。在计算机辅助设计这一热门领域中,不但在基础知识方面而且在应用实例方面都作了重新组织和改写。“考虑人机工程的合理设计”和“有利于回用的合理设计”以及“成本估算”等几个章节是新加入的。正是由于方法学设计,使切实可用的成本估算资料的缺乏变得更明显了。为了使设计人员能较快和较切合实际地对重大的成本问题作出决策,我们在前几年就为改善成本的早期估算方法作出了努力。这方面的成果构成了该章中关于成本粗估、成本评价和成本精确计算方法的基础。此外,一个本来只用在方案设计阶段的例子,现在也进一步作为技术设计阶段的例子,致使它们的工作步骤更加清楚。

本书所提出的编写目标和结构仍保持不变(对照第一版前言)。第一版的读者能很快地适应第二版,同时获得新的知识。在分节题目后面附有从本书英文版转载过来的译文[⊖],以使读者能容易地进行国际性比较。只是在标准的引用方面作了一次改变:在引用最新版本时不再给出出版年份。作为例外,在引用标准草案和因特殊原因而引用某些标准版本时,仍将标出其各自的出版年份。

值此第二版出版之际,谨向那些曾向我们提供过有益的意见和曾为本书作过贡献的学校的同事们、工厂和公司中的工程师们致以真诚的谢意。

贝列希(K.H.Beelich)工学博士再一次认真地评阅了手稿,普拉斯(P.Prass)教授、工学博士审阅了“计算机辅助”一章。画图的工作仍由有经验的内行克卢英(C.Kluin)夫人、拉斯霍夫(W.Lasshof)先生和施佩琳(R.Sperling)夫人负责。书写工作则由菲歇(E.Fisher)夫人、穆特(U.Muth)夫人、拉贝(S.Raabe)夫人和施密特(R.Schmitt)夫人承担。我们对于他们又一次这样密切的合作表示衷心的感谢。

我们同样要感谢出版社的亲密无间的合作,以及我们自己的夫人对我们工作的始终如一的理解和支持。

帕尔,拜茨

达姆斯塔特和柏林, 1986年春

G.Pahl, W.Beitz

[⊖] 为节省篇幅,中译本中未予转载。有兴趣的读者可查找原书。——译者注

第一版前言

作者希望本书所叙述的设计学,对于机械制造、设备和仪器制造专业的学生,以及在这些领域里从事实际工作的设计师(无论其与何种专业或分支学科有关),都同样适用。对于高等学校和专业高等学校中的教学和科研工作者来说,这本入门书对他们自身的进一步发展可以起到打基础和启发的作用。本书探讨的是设计的一整套战略问题。

本书所建议的工作步骤、方法和辅助手段来自各个方面。主要的出发点是经验,首先是作者自己在方法学进程方面的尝试,以及在工业部门负责岗位上从事实际设计工作期间探索出来的设计规律。以此为开端,作者们在达姆斯塔特高等技术学校和柏林工业大学的教研室和研究所中,通过科学研究使其进一步发展,于是,形成了一本讲课用的和通过预考后作课程设计用的教材。这本教材在高等学校之外被作为工程师继续教育的基础教材,并为各种有关报告所引用。

某些内容的重要补充和修正,来自与工业界的接触,以及在德国工程师协会(VDI)“设计方法学”委员会中活跃的思想交流,当时正在进行“技术产品的方案设计”的准则VDI 2222的拟订工作。最后,在与助手和学生的讨论中得到了很多启发。1972年至1974年在《Konstruktion》杂志上发表的系列文章“用于设计实践”引起了实业界和高等学校的兴趣,这鼓励我们对这些文章进行修订和作实质性的补充。

由此而产生的这本书,以机械零件和零件结构设计原理为基础知识。对技术系统设计的进程方式、方法和辅助手段,都以新的观点作了严密的描述,这些描述既涉及到方案设计阶段,也涉及到技术设计阶段和施工设计阶段。还值得一提的是,书中运用了能为实业界所理解的语言。

本书按设计的工作步骤分节。为了使人们易于理解书中所提出的方法,对其原理进行了详尽的讨论。在此基础上所建立的方案设计阶段的进程就很好理解。对于技术设计阶段,与其本身的含义相适应,主要提出一些思想和指南,后者扩展成为一些准则。于是这一部分成为突出的重点。系列产品和组合产品的开发应该理解为重要的合理化手段。施工设计阶段的工作是以零件结构设计准则和制图准则方面的知识为前提的,因此特别注意到借助于电子数据处理技术。在本书的最后部分,设计者可以获得关于合理应用计算机的重要提示。

借助于书后的专业术语索引,读者可以迅速地找到感兴趣的领域和与专业有关的文献,这些文献使读者可能深入地了解有关专业的内容。

一些众所周知的进程方式、方法、辅助工具和概念都包含在本书之内,它们大体上是互相协调的,如同方案设计阶段的进程与技术准则VDI 2222的基本点是相适应的一样。

设计方法学领域内其它作者的基础工作,我们也注意到了。在对包括技术设计和施工设计阶段在内的内容作统一考虑之后,有时难免对他们的局部表述作一些形式上的改变。

在有些领域里,因受尚未结束的研究和必要的范围的限制,不可能对技术设计阶段,特别在施工设计阶段的活动和问题,从一切角度作完整的探讨。这只能留待以后的文献作进一步的讨论。此外,对于在其它地方已经详细讨论过的观点,本书中就不再探讨了。

我们向那些用他们的提示和贡献支持过本书写作的同事们，工厂和公司中的工程师们，致以谢意。贝列希工学博士和德莱勃霍尔茨 (D.Dreibholz) 工学硕士负责全面的审阅工作。他们对内容、教学法问题和图文的统一等方面都提出了意见，特别是为使本书的描述更易于理解和文字更简洁作出了贡献。本书的图是由施佩琳夫人和拉斯霍夫先生精心绘制的。书写工作由菲歇夫人，席琳(A.Schilling)夫人和施密特小姐承担。对于这些有益的和热心的协作，我们在此表示衷心的感谢。

对于出版社的支持、密切的配合和细致的工作，以及作者们的夫人对我们工作的理解和始终如一的支持，在此一并致谢。

帕尔，拜茨

G.Pahl, W.Beitz

达姆斯塔特和柏林，1976年夏

目 录

第1章 引言	1	第3章 设计过程	33
1.1 设计领域	1	3.1 一般的解决过程	33
1.1.1 任务和活动	1	3.2 设计时的工作流程	35
1.1.2 设计的类型	3	3.3 参考文献	39
1.1.3 方法学设计的要求和必要性	4	第4章 制订产品计划和阐明任务	40
1.2 方法学设计的发展	5	4.1 制订产品计划	40
1.2.1 历史回顾和凯塞林 (Kesselring)、 莱叶 (Leyer)、尼曼 (Niemann) 等人的重要开端	5	4.1.1 任务和进程	40
1.2.2 设计方法	8	4.1.2 形势分析	41
1.2.3 系统技术的方法	10	4.1.3 建立搜索策略	43
1.2.4 比较和作者自己设定的目标	12	4.1.4 找出产品主意	45
1.3 参考文献	13	4.1.5 选择产品主意	45
第2章 基础	15	4.1.6 定义产品	45
2.1 机器构造系统的基础	15	4.1.7 产品建议	46
2.1.1 系统、装置、设备、机器、仪器、 部件、零件	15	4.2 阐明任务书	46
2.1.2 能量、物料和信号的转换	16	4.2.1 一份阐明了的任务书的重要性	46
2.1.3 功能关系	18	4.2.2 要求表	47
2.1.4 作用关系	21	1. 内容	47
1. 物理效应	21	2. 结构	48
2. 几何的和物料的特征标志	21	3. 要求表的建立	48
2.1.5 组合关系	23	4. 例子	51
2.1.6 系统关系	23	5. 其它应用	51
2.1.7 一般的目标和条件	25	4.3 参考文献	51
2.2 方法学进程的基础	26	第5章 方案设计	53
2.2.1 一般的工作方法学	26	5.1 方案设计的工作步骤	53
1. 直觉思维和逻辑推理思维	26	5.2 抽象化以认清本质	53
2. 分析过程	27	5.2.1 抽象的目的	53
3. 抽象过程	28	5.2.2 抽象化和课题表述	55
4. 综合过程	28	5.2.3 有系统地扩展课题表述	58
5. 通用的方法	28	5.3 建立功能结构	61
6. 分工和合作	30	5.3.1 总功能	61
2.2.2 作为信息转换的解决过程	30	5.3.2 分解为分功能	61
1. 信息转换	30	5.3.3 逻辑关系考察	63
2. 信息系统	31	5.3.4 物理关系考察	66
2.3 参考文献	31	5.3.5 功能结构实践	69
		5.4 寻求作用原理	74
		5.4.1 传统的辅助手段	74

1. 查阅文献.....74	6.3.3 安全.....143
2. 分析自然系统.....74	1. 安全技术的概念、种类和范围143
3. 分析已知技术系统.....75	2. 直接安全技术原理145
4. 类比考察.....76	3. 间接安全技术原理148
5. 测量、模型试验.....76	4. 安全技术的参数选择计算与检查154
5.4.2 偏重于直觉的方法76	6.4 结构设计的原理158
1. 智暴法 (Brainstorming)77	6.4.1 力传导原理.....159
2. 635法79	1. 力流和等结构强度原理159
3. 陈列法 (Galeriemethode)79	2. 直接和短程力传导原理160
4. 德尔菲法 (Delphi)80	3. 变形协调原理161
5. 联想法 (Synektik)80	4. 力的平衡原理164
6. 复合应用.....81	6.4.2 任务分配原理.....166
5.4.3 偏重逻辑思维的方法81	1. 分功能的配置166
1. 系统地研究物理事件.....81	2. 功能不同时的任务分配167
2. 依靠编排表式进行系统的寻求.....83	3. 功能相同时的任务分配170
3. 目录的应用.....91	6.4.3 自助原理.....172
5.5 作用原理的组合98	1. 概念与定义172
5.5.1 有系统的组合98	2. 自加强解173
5.5.2 依靠数学方法的组合.....100	3. 自平衡解175
5.6 挑选合适的变型101	4. 自保护解176
5.7 具体化为原理解的变型104	6.4.4 稳定性和双稳定性原理.....178
5.8 方案变型的评价106	1. 稳定性原理179
5.8.1 基础.....106	2. 双稳定性原理180
1. 弄清评价准则106	6.5 结构设计准则181
2. 研究对于总价值的重要性107	6.5.1 概述.....181
3. 特性值的汇编108	6.5.2 考虑膨胀的合理设计.....182
4. 按价值观念评价108	1. 膨胀现象182
5. 确定总价值111	2. 构件的膨胀184
6. 比较解的变型111	3. 构件之间的相对膨胀187
7. 对评判不可靠性的估计114	6.5.3 考虑蠕变和松弛的合理设计.....191
8. 寻找弱点115	1. 温度下的材料性质191
5.8.2 评价法的比较.....116	2. 蠕变192
5.8.3 方案设计阶段的评价实践.....116	3. 松弛193
5.9 方案设计例子120	4. 设计措施195
5.10 参考文献128	6.5.4 考虑腐蚀的合理设计.....196
第6章 技术设计131	1. 腐蚀的原因和现象197
6.1 技术设计的工作步骤131	2. 自由表面的腐蚀197
6.2 结构设计的导则135	3. 与接触有关的腐蚀199
6.3 结构设计的基本规则136	4. 与应力有关的腐蚀200
6.3.1 明确.....137	5. 考虑腐蚀的合理设计举例202
6.3.2 简单.....140	

6.5.5 考虑人机工程的合理设计	203	2. 干扰量影响	260
1. 人机工程基础知识	204	3. 处置方法	260
2. 人的活动和人机工程条件	206	6.6.2 考虑冒险的合理结构设计	260
3. 对人机工程要求的认识	207	1. 冒险的对策	261
6.5.6 考虑造型的合理设计	208	2. 考虑冒险的合理结构设计	
1. 任务和目的	208	举例	261
2. 造型合理的特征	210	6.7 技术设计的评价	265
3. 造型的准则	211	6.8 方案设计及技术设计举例	266
6.5.7 考虑工艺的合理设计	213	6.9 参考文献	293
1. 设计一生产的关系	213	第7章 系列产品和组合产品的开发	305
2. 考虑工艺的合理组合结构	216	7.1 系列产品	305
3. 考虑工艺的工件合理结构设计	220	7.1.1 相似定律	305
4. 考虑工艺的材料和半成品合理选择	229	7.1.2 十进制几何标准数系	308
5. 标准件和外来件的应用	231	7.1.3 参数分级的选择	310
6. 考虑工艺合理的技术文件	232	7.1.4 几何相似的产品系列	313
6.5.8 便于装配的合理设计	232	7.1.5 半相似产品系列	316
1. 装配操作	232	1. 需要优先满足的相似定律	317
2. 便于装配的合理组合结构	233	2. 需要优先满足的任务要求	318
3. 便于装配的结合部位合理结构设计	236	3. 需要优先满足的加工经济性要求	318
4. 便于装配的结合零件合理结构设计	236	4. 利用指数方程进行调整	319
5. 应用和选择导则	236	5. 例子	321
6.5.9 有利于标准化的合理设计	241	7.1.6 产品系列的开发	324
1. 标准化的目标	241	7.2 组合产品	324
2. 标准的种类	242	7.2.1 组合产品系统学	325
3. 标准的准备	243	7.2.2 组合产品的开发进程	328
4. 有利于标准化的合理结构设计	243	7.2.3 组合产品系统的优点和局限	335
5. 标准的开发	245	7.2.4 例子	336
6.5.10 有利于回用的合理设计	247	7.3 参考文献	340
1. 概述	247	第8章 施工设计	342
2. 回用过程	249	8.1 施工设计的步骤	342
3. 设计措施	250	8.2 技术文件系统学	343
4. 有利于回用的合理结构设计		8.2.1 制品分解	343
举例	253	8.2.2 图纸系统	345
6.6 克服设计错误、干扰量影响和冒险	255	8.2.3 零件表系统	348
6.6.1 错误和干扰因素的识别	255	8.3 对象物的标记	351
1. 错误树分析	255	8.3.1 编号技术	351
		1. 物品号码系统	352
		2. 分类系统	353
		8.3.2 物品特征标志	356
		8.4 参考文献	361

第9章 成本估算	362	10.2.2 经过选择的例子	392
9.1 可影响的成本	362	1. 计算	392
9.2 成本估算的方法	364	2. 结构设计	403
9.2.1 基本原理	364	3. 提供信息	407
9.2.2 相对成本比较	367	4. CAD的其它方面应用	409
9.2.3 材料成本部分的估算	368	10.3 使用CAD系统时的工作技术	413
9.2.4 应用回归分析的估算	369	10.3.1 一个几何模型的产生	413
9.2.5 应用相似关系的推算	370	10.3.2 一个几何模型的改变	414
1. 以基础技术设计草案为基础	370	10.3.3 技术设计时的工作技术	416
2. 以工艺元素为基础	375	10.3.4 例子	417
3. 以回归分析为基础	378	10.4 CAD技术的可能性和局限性	420
9.2.6 成本结构	379	10.5 CAD的引进	420
9.3 价值分析	380	10.6 软件设计	421
9.4 降低成本的规律	381	10.6.1 工作步骤	421
9.5 参考文献	381	10.6.2 结构设计建议	424
第10章 计算机辅助设计	383	10.7 参考文献	425
10.1 数据处理基础	383	第11章 综览和应用概念	428
10.1.1 数据技术的基础知识	383	11.1 方法的应用	428
10.1.2 对象的计算机内部描述	384	11.2 实践经验	431
10.1.3 CAD系统的结构	386	11.3 参考文献	433
10.1.4 计算机装备和运行	387	11.4 应用概念	433
10.2 设计各阶段中计算机的使用	389	索引	437
10.2.1 概论	389		

第1章 引言

1.1 设计领域

1.1.1 任务和活动

一个工程师的主要任务是运用自然科学知识去寻求技术问题的解,并且要在当时的材料、工艺和经济条件的约束下,以最佳方式去实现它。这里,设计人员是处在主要的、负责的位置上参与其事。他的想法、知识和能力,以决定性的方式决定了产品本身及其在制造和使用中的经济性。

设计就是使想法变为现实,它力图以目前尽可能好的方式来满足所提出的要求。设计是一种工程活动,它

- 几乎触及到人类生活的全部领域,
- 应用自然科学的知识和法则,并且
- 以获得物质的实现为前提^[30, 52]。

彭奈 (Penny)^[41]提出,技术设计方案是设计工作的结果,而它正处在我们的文化生活和技术生活的相互交叉影响的中心位置,见图1.1。但是也可以给出其它的观点:

从工作心理学的角度看,设计是一种创造性的智力活动。数学、物理、化学、力学、热力学、流体力学、电子学、制造工艺学、材料学和设计学等领域的基础知识,则是进行设计工作的可靠基

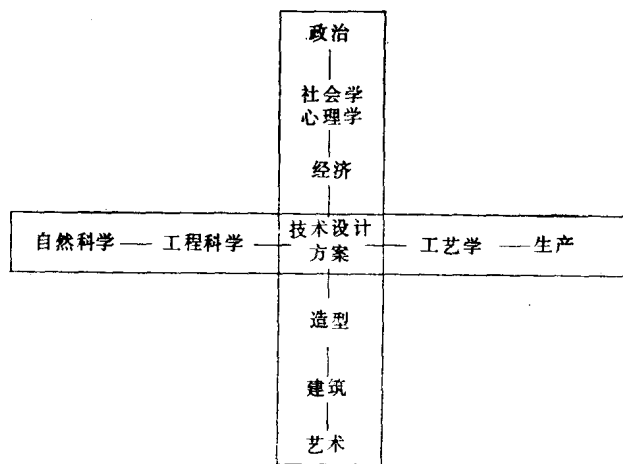


图1.1 在文化和技术活动影响下的设计活动^[41]

础,而设计所涉及的各个专业领域里的知识和经验也是非常必要的。在设计工作中,设计师应具有决心、决断能力、经济方面的洞察力、工作毅力和优化处理的能力、乐于交往和乐于小组工作的作风等重要品质。处在负责岗位上的人更不可缺少上述重要品质^[38]。

从方法学的观点看,设计是按给定的目标和在部分地相互矛盾的条件下的求优过程。由于客观要求在随时变化,所以一个设计的解只能在当时给定条件下力求最优,或者力求可能实现。

从组织学的角度看,设计是创造价值过程中的主要部分,是对毛坯进行精制的过程和对产品品质精心提高的过程的主要部分。这样的工作只有在和从事其它活动的人们的合作中才可以实现。因此,设计人员必须同售货员、采购员、财会人员、生产准备人员、计划员、制造工程师、材料专家、科研人员、试验工程师、装配工作领导人和标准工作工程师等建立各种横向联系,以便获得各种必要的信息资料,并使所作的设计有可能具有合理的结构。一个良好的信息渠道和活跃的经验交流及合作是必要的,并且必须通过组织和个人的工作作风相

互配合来促进。

根据要求和有关的进程方式及工作方式,设计者可以在组织上以各种不同的方式参加到工作流程和生产流程中去:

首先可以肯定,各个公司愈来愈多地考虑各自负责的经营范围,按产品组来划界。由此出发,设计部门一般也按产品方向分组。只有少量的特殊问题,例如通用的标准件和重复件的管理、特殊计算方法的应用、CAD技术的引进等等,才会被综合管理的部门注意到。那种更多强调专业的工作划分,例如按机械设计、基础设计、流体设计和电子设计等等,由于按前述各种产品分组的工作方式的普遍采用而变得愈来愈少了。

在没有具体客户委托的新设计中,方案设计和技术设计工作,常常与任务完成后的交付工作(参照3.2)从组织上分离开来。图1.2提供了这种组织模型,其优点在于不受干扰,将来可以通过脱离传统方式的有目标的开发活动来得到新的产品。

在大量的或多或少是一次性的项目中,委托的任务往往是适应性设计方式下的继续开发任务。在这种情况下,方案设计和技术设计和施工设计以及任务完成后的交付工作,一步紧接一步地进行。其间,在每一步骤上常常要和计算小组互相支持地工作,见图1.3。这类设计工作期限较紧。为了避免大的风险,只能逐渐地和有限地采用新东西。例如在大型机器和设备制造行业中就是如此。

在小型机器和仪器制造中由于有较多的零件数,往往宜于把实验室也划归设计部门(图1.4)。因为在这种情况下,开发工作通过理论、设计(技术设计)和实验活动的配合进行,可以较快和更有效地进行。通过事先试验,比起仅仅通过计算和在图板、屏幕上作结构设计,可以花较少的费用,并较简单和可靠地把许多问题弄清楚。在制造经验还没有成熟的产品设计中,应该通过开发的途径来进行;而在制造经验已经成熟的产品设计中,委托的任务就有可能很快地完成。

在上述图1.2至图1.4中所描述的组织形

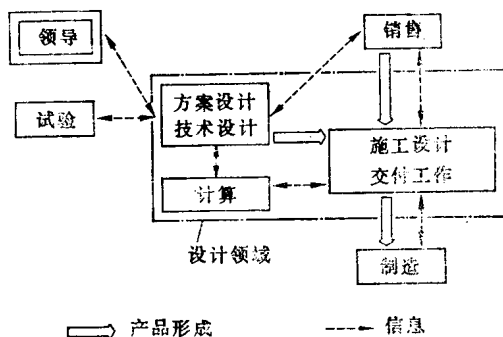


图1.2 设计领域的机构组织：方案设计与技术设计与施工设计、任务完成后的交付工作，在组织上相分离

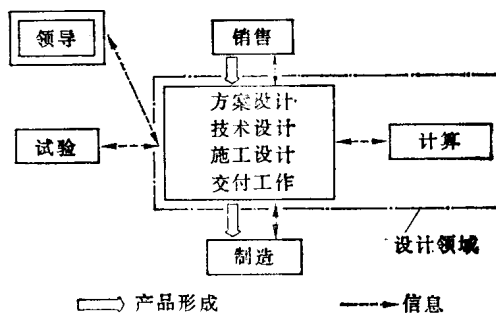


图1.3 设计领域的机构组织：方案设计与技术设计、施工设计和任务完成后的交付工作在组织上合在一起

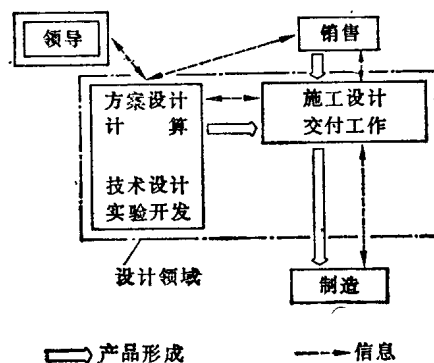


图1.4 设计领域的机构组织：方案设计、计算、技术设计和实验开发工作，同施工设计和任务完成后的交付工作从组织上分离

式是较原则的形式，实际上是混合的形式，而且常受下述情况的影响^[65]：

各个具体化阶段的分步开发：图1.5示出了通过反复的开发和设计过程，进行批量产品开发的优化过程。这个过程是先通过单件产品开发的模型试验来获得新知识和信息，然后再作小批量生产的样机（或称零批量样机），最后就可能得到大批量生产的优化的产品。

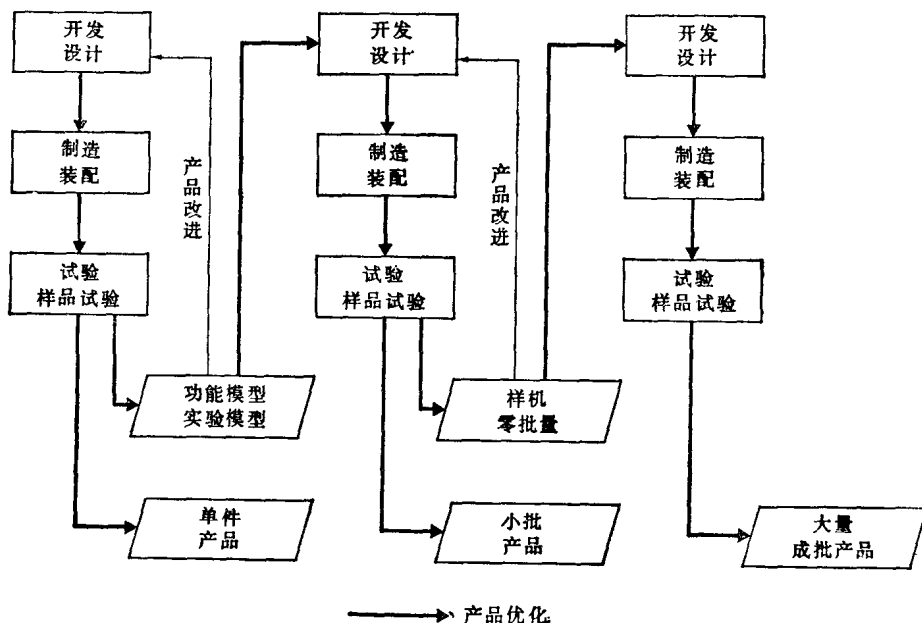


图1.5 批量产品的分步式开发过程^[66]

一个合成产品的部件的平行开发：对于较大型的和大规模的产品，不可避免地要按可分解的部件或功能单元来进行分部开发。几个工作小组在一个项目负责人（工程师）的总负责之下，按一个相互联系的工作进度计划和分阶段进度计划，以平行的而又相互协调的工作方式来进行开发。非常重要的一项是应阐明了的任务书和共同讨论作出的总的功能结构，对各个工作组的分任务接口以及责任范围作明确定义，并继续进行合作。

数据处理的采用，其中特别是应用CAD（Computer Aided Design）的可能性，将使未来的工作结构发生巨大的变化。这样，生产工艺资料将愈来愈多地自动产生，同时也将更适宜于进一步作数据处理。技术性的绘图人员和细节结构设计师，将要在计算机旁，借助于图象屏幕，以与今天不同的工作方式来进行工作。可以预见，纯粹事务性的收尾工作将在预先构思好的系统中由计算机操纵来完成，创造性能力的发挥，将只集中在技术性的新开发工作中、产品形成过程的调度工作中和解决复杂的组织性问题上。

从工作心理学和组织学的角度可以看到，设计任务是由受过不同教育和具有不同职业经历的人们来执行的。从合理分工的意义上看，任务需由受过科学训练的大学毕业的工学硕士、在教育过程中较强调实践的大专毕业的工程师、技术员、工程绘图员和辅助人员之间的紧密合作，才能够完成。

1.1.2 设计的类型

设计类型的定义前些年在描述方面已经有所改变。例如韦格鲍尔（Wögerbauer）^[62]