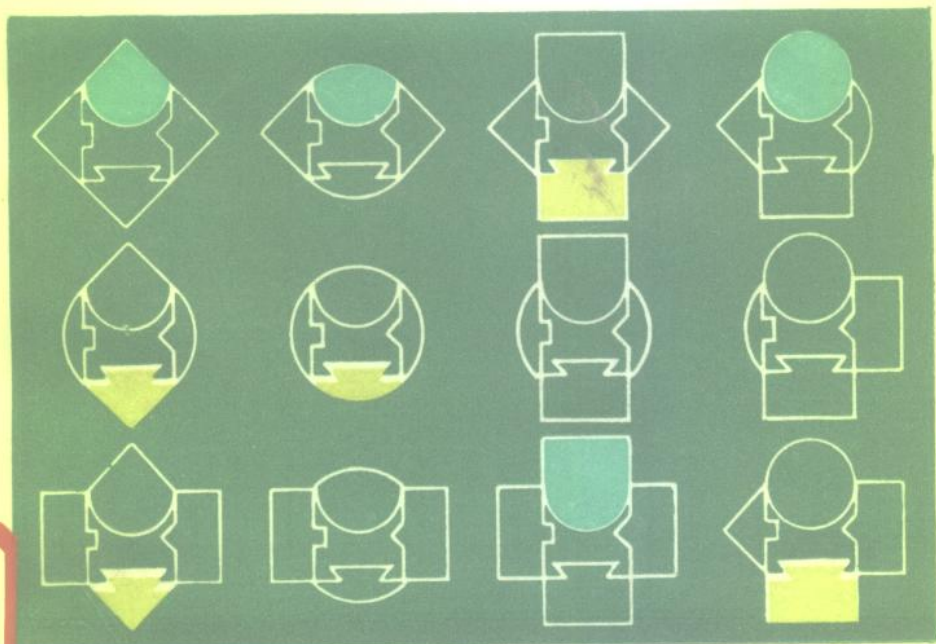


机电产品现代设计统一培训教材

模块化设计

贾延林 主编



机械工业出版社

TH122

J34

机电产品现代设计统一培训教材

模块化设计

贾延林 主编



机械工业出版社

(京)新登字054号

内 容 简 介

模块化设计是国外50年代提出的新的设计概念和方法,在国内外机电产品设计中获得广泛应用,取得了显著效益,具有广阔前景。

依据大量国内外文献资料和工厂实践经验,结合作者研究成果写成本书,系统介绍了模块化设计的概念、发展状况、基本原理和方法,成组技术和CAD在模块化设计中的应用,以及模块的管理等。书中列举和分析了不少模块化设计产品的实例,以加深理解并可作为借鉴。

本书文字通顺,插图丰富,内容深入浅出,便于自学。既可作为工程技术人员培训或自学教材,又可作为大专院校有关专业的选修教材或参考书。

模 块 化 设 计

贾延林 主编

责任编辑:李尔斌 版式设计:朱淑珍

封面设计:姚毅

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京通县向阳印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

·本850×1168 1/32·印张5.5·字数148千字

1993年9月北京第1版·1993年9月北京第1次印刷

印数0,001—4,000·定价6.40元

*

ISBN 7-111-03865-7/TH·472

编辑委员会

主任委员：郭志坚

副主任委员：李宜春 潘兆庆

委 员：周长源 孙靖民 张存库 杨敢新 刘元杰
陈康民 赵松年 赵学仁 万耀青 李光泉
郭青山 范祖尧 束鹏程 聿振南 计有为
卢玉明 雷闻宇 徐宗俊 薛继良 许大中
黄纯颖 欧宗瑛 周 济 洪如娟 韩中光

序 言

在各级领导部门、高等院校的倡导和宣传下，机电行业的现代设计方法推广和培训工作取得了很大进展，并且已经见了成效。1990年，机电部颁发了机电科[1990]213号文件及附件《加强机电产品设计工作的规定》，明确地指出了推广和普及现代设计方法的重要性，并把现代设计方法推广纳入了宏观管理的轨道。从1989年到现在，有关部委和地方的机电制造主管部门在充分酝酿和讨论的基础上，制定了机电产品现代设计试点项目共1401项。到目前为止，1/3的项目已经完成。一些企业在完成这些项目的过程中，创造了明显的经济效益，尝到了甜头。

管理干部培训对现代设计方法推广起了很大的促进作用。从1988年到现在，有关部委和几乎所有的地方主管部门都举办了各种形式的管理干部现代设计方法学习班、研讨班，大部分领导同志都是通过这些培训才对现代设计方法有所了解，并认识到了推广现代设计方法的紧迫性。很多负责同志在接受培训后积极主动地要求承担项目试点任务。

推广现代设计方法的中心环节和中心内容是设计人员尤其是骨干设计人员的培训。因为只有让大多数设计人员掌握了现代设计理论和设计技术，并将之应用于产品开发和设计，从根本上提高机电产品的设计水平和产品水平，才会产生巨大的经济效益，促进整个行业的迅速发展。为此，机电部科技司于1990年9月在上海专门召开了一次由行业主管部门和高等院校的领导、专家、学者参加的现代设计统一培训联席会议，决定对设计人员进行有计划、有步骤的统一培训，并由一直协助科技司进行现代设计方法推广工作的机电产品设计信息中心负责组织有关专家编写一套融科学性与实用性为一体的培训教材，即《机电产品现代设计统

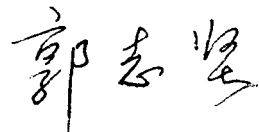
一培训教材》。这套教材共分14册，各分册的名称是：计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、工业艺术造型设计、设计方法学、反求工程技术、有限元法、价值工程、机械动态设计、三次设计、疲劳设计、专家系统、智能工程、模块化设计。

现代设计方法，既不是单纯指计算机技术，也不单纯指以设计的一般规律和一般途径为研究对象的设计方法学。它应当包括一切先进的设计理论、设计技术和设计方法，是一切先进而行之有效的设计思想的集成与统一。现代设计培训应当把学以致用作为基本原则。正因为如此，被邀请参加编写教材的作者大都是现代设计方法推广中有丰富实践经验的专家和学者，而这套教材不仅系统地介绍了现代设计方法的基本内容，还列举了大量应用实例。

设计是一项涉及多种学科、多种技术的交叉工程。它既需要方法论的指导，也依赖于各种专业理论和专业技术，更离不开技术人员的经验和实践。现代设计方法是在继承和发展传统的设计方法的基础上融汇新的科学理论和新的科学技术成果而形成的。因此，推广现代设计方法，并不是要完全抛弃传统方法和经验，而是要让广大设计人员在传统方法和实践经验的基础上掌握一把新的思想钥匙。

设计是产品生产和经营的后盾，企业实现自主设计是我国企业自力更生的主要标志。要想以优秀的产品占领国内外市场，就要在设计上下大工夫。这就要求我们尽快更新设计人员的知识结构，更新设计基础数据和设计手段，提高产品开发和改进的速度和效益。希望大家在实践中了解和学习这套教材，更希望现代设计方法在产品开发的实践中结出累累硕果！

机械电子工业部副总工程师



1991年8月

前 言

“模块化设计”是欧美国家50年代提出的一种新的设计概念和设计方法。

由于市场对机电产品的品种、数量、性能和质量等方面的要求愈来愈高，传统的设计方法已很难满足这些要求，因此出现了所谓现代设计方法，从不同角度来解决这一矛盾。模块化设计是一种着重解决产品品种、规格与设计制造的周期、成本之间矛盾的现代设计方法。这是模块化设计区别于诸如有限元法、可靠性设计和优化设计等其它现代设计方法的最突出特点。

模块化设计在国外机电产品及家具、建筑等行业都获得了广泛的应用。我国从70年代后期以来也进行了研究和应用，特别是在机床行业取得不少成果，效益相当显著。掌握和推广模块化设计的理论和方法，有利于促进机电产品的更新换代、提高档次和参预国际竞争。

作者以国内外有关文献和一些工厂的实践经验为依据，结合个人研究成果编写了本教材。本书系统地介绍了有关模块化设计的概念、理论和方法，并附有应用实例。全书共分5章，分别讲述基本概念、发展状况、基本原理和设计方法，进而介绍成组技术和CAD在模块化设计中的应用、模块的管理，最后通过各种模块化产品设计的实例以加深理解，便于借鉴。

本书在编写中力求文字通顺，插图及实例丰富，内容深入浅出，便于自学。在阐述有关理论的同时，特别注重实践，注意让读者掌握模块化设计的基本方法，以便学以致用。本书既可作为工程技术人员培训或自学教材，又可作为大专院校有关专业的选修教材或参考书。

参加本书编写工作的有上海工业大学陈敏贤、刘谨(共同编写第3、4章及第5章1、2、6节)、哈尔滨工业大学贾延林(编写

第1、2章及第5章3、4、5节)。哈尔滨工业大学黄开榜参加了调研和资料准备工作,哈尔滨电机厂贾允参加了部分工作,设计或改绘了大部分插图。全书由贾延林统稿并担任主编,由哈尔滨科技大学王满元教授主审。

在本书编写过程中,得到国内不少单位的热情支持和协助,对此,作者深表谢意。作者还向为本书提供资料的各位专家致谢,其中有北京机床研究所盛伯浩、上海机床研究所虞树英、上海仪表机床厂和致贵、北京铣床研究所唐伯忠和北京第二机床厂陈耀昌等。作者特别感谢清华大学黄纯颖教授和浙江大学冯培恩教授,书中部分实例直接取材于他们提供的资料。作者还衷心感谢机电部机械情报所的韩中光、黄永友等同志,没有他们的支持和帮助,本书是难以出版的。

由于目前模块化设计的理论还不够成熟,加之作者的理论水平和所掌握的资料所限,作为模块化设计专门教材的初次尝试,缺点和错误在所难免,敬请各位专家和读者批评指正。

作者

1993年2月

目 录

前 言

第 1 章 概述	(1)
1.1 模块化设计的概念及其形成和发展	(1)
1.2 模块化设计与传统设计的关系	(11)
1.3 模块化设计的技术经济意义及发展前景	(16)
第 2 章 模块化设计的基本原理和方法	(24)
2.1 模块化设计的准备与规划	(24)
2.2 模块化设计的分类	(31)
2.3 产品的构成及模块的划分	(38)
2.4 模块的综合	(49)
第 3 章 成组技术和CAD 在模块化设计中的应用	(69)
3.1 成组技术在模块化设计中的应用	(69)
3.2 模块化设计中的CAD	(83)
第 4 章 模块的管理	(90)
4.1 概述	(90)
4.2 模块设计管理	(90)
4.3 模块生产管理	(110)
4.4 专家系统简介	(119)
第 5 章 机械产品的模块化结构举例和分析	(121)
5.1 普通机床模块化设计	(121)
5.2 CNC、FMS中的模块化应用	(136)
5.3 离心气泵的模块化系列设计	(146)
5.4 减速机模块化系列设计	(150)
5.5 工业汽轮机的模块化设计	(155)
5.6 模块化液压系统	(161)
参考文献	(166)

第 1 章 概 述

1.1 模块化设计的概念及其形成和发展

模块化设计的概念是在产品设计和生产不断发展的过程中逐步形成的，模块化设计方法的不断完善和推广使用，也必然会加速产品设计和生产的革命性发展。

1.1.1 模块化设计的概念

模块化设计的原理在很多国家已被广泛采用，我国不少工厂也进行了有效的尝试并取得了不少成果。国内外专家对此做了很多研究工作，取得不小进展。但是，这些研究在理论上还不够系统和完善，对于模块化设计，目前还没有为大家所公认的权威性定义。不过，在分析诸多设计实例和综合各家的看法之后，仍可以对模块化设计这一概念有一个基本的认识。下述各种提法均可以作为参考。

有的文献认为，模块化设计就是以功能分析为基础，在某一基型产品的基础上将同一功能特性的模块互相选用或加上不同功能特性的模块及分模块，用以更好地满足用户需要的一种变型设计方法。

也有人认为，模块化设计通常是指把性能不同而具有一定功能或用途的同类部件(或组件)使之联系尺寸(结合要素)标准化，而部件具有很强的互换性，便于组装的设计方法。

还有人把机床的模块化设计归纳为，是根据广大用户提出的各种要求，在功能分析的基础上，设计出具有用途(或性能)、结构各异，而功能相同的一系列可互换的功能单元(包括组件、部件、装置或系统等)和一些专用、独立部件，然后将其组配成普通的或数控的单台机床、专用机床、柔性加工单元(或系统)等。

还有一些大同小异的提法，这里不再列举。仅就上述提法来看，都基本上体现了模块化设计的特征和要点，但又或不够中肯，或比较狭义。比如第一种提法是侧重于如何设计变型产品，实际上，模块化设计应该将基型和变型产品同时规划而进行设计；第二种提法则侧重于联系尺寸标准化，从而具有很强的互换性，达到便于组装的目的；第三种提法较为全面，但其出发点是机床的模块化设计，因此，应该将该概念扩展到一般机电产品上。

综合上述分析，我们可以给出下述概念供读者参考。

在对一定范围内的不同功能或相同功能不同性能、不同规格的产品进行功能分析的基础上，划分并设计出一系列功能模块，通过模块的选择和组合可以构成不同的产品，以满足市场的不同需求，这种设计方法就称之为模块化设计。

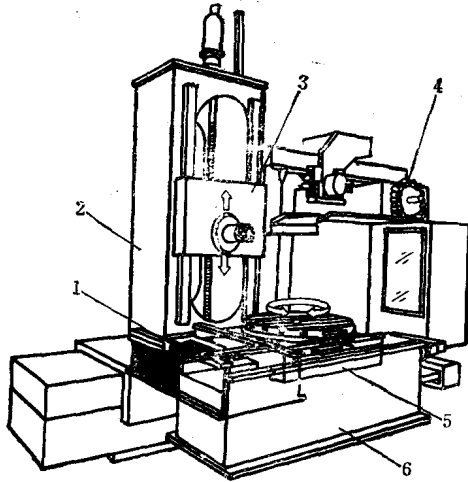
图 1-1 可以直观地说明这一概念。

我们相信，随着模块化设计研究不断深入和模块化设计的广泛应用，必然会得出一个较为科学的定义，以便统一认识，指导实践。

1.1.2 模块化概念的形成和发展

1.1.2.1 模块化思想自古有之

模块化或模块化设计这一术语近年来才被提出，但它不是

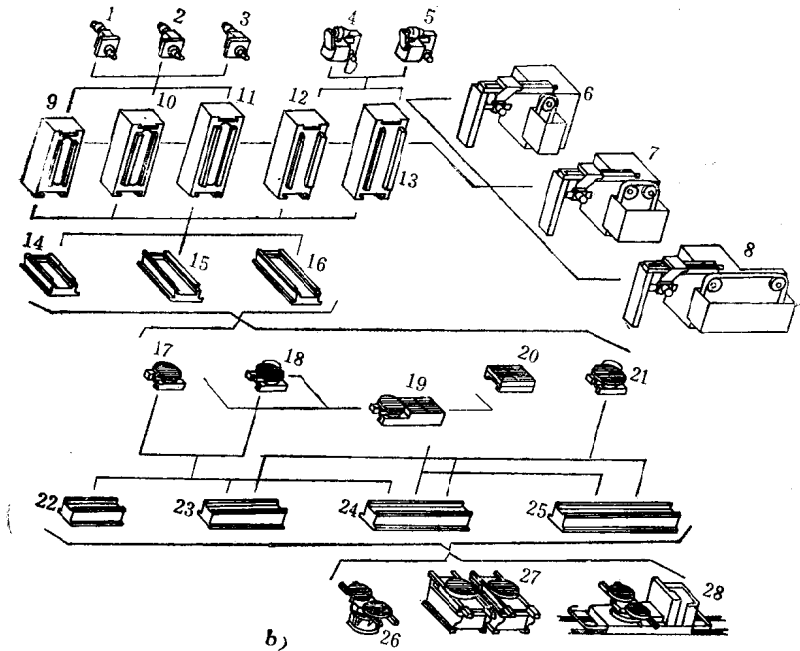


a)

图 1-1 用于柔性制造系统的加工中心的模块化设计实例

a) 加工中心外形

- 1—立柱底座(Z坐标) 2—立柱(Y坐标)
- 3—主轴头 4—换刀机构和刀架
- 5—工作台 6—工作台底座(X坐标)



b) 加工中心部件的分解

- 1—卧式主轴头 (18或30kW) 2—102mm镗杆主轴头 (18或30kW)
 3—152mm镗杆主轴头 (30kW) 4—立卧式主轴头 (18kW) 5—连续四轴主轴头 (18kW)
 6—60把 $\phi 50$ 刀具, 40把50号V形法兰刀具
 7—90把 $\phi 50$ 刀具, 60把50号V形法兰刀具 8—135把 $\phi 50$ 刀具, 90把50号V形法兰刀具
 9—1350mm行程 10—1655mm行程 11—1830mm行程 12—1525mm行程 13—1830mm行程 14—915mm立柱行程 (仅用于卧式主轴头和4in镗杆主轴头) 15—1370mm立柱行程 16—1675mm立柱行程
 17— $\phi 815$ 或 $\phi 1070$ 工作台 (360个位置) 18— $\phi 815$ 或 $\phi 1070$ 连续四轴工作台 (360000个位置) 19—复合工作台 ($\phi 1070$ 分度或回转工作台加上矩形工作台) 20—1090 \times 1220或1090 \times 2440矩形工作台 21— $\phi 1320$ 分度工作台 (360个位置) 22—1230mm工作台行程 23—1830mm工作台行程 24—2400mm工作台行程 25—3050mm工作台行程 26—回转式托板交换装置 27—平行式托板交换装置 28—托板交换输送车

偶然出现的，而是总结前人的经验，总结产品设计和制造的规律，分析市场需求的情况下提出的，远在模块化这一术语提出之前，模块化思想的萌芽早已出现。

人们发现，300年前欧洲城砖的长、宽、高分别为104cm、52cm和35cm。这一组尺寸不是随意确定的，砖长尺寸相当于2倍的砖宽或3倍的砖高，通过长、宽和高的不同组合可以构成各种尺寸或形状的城墙，因此，这种城砖就是一种构成城墙的基本模块。

我国目前建筑所普遍采用的普通红砖，也是构成墙壁及各种建筑物的基本模块，其长、宽、厚尺寸分别为240mm、115mm和53mm。这一组尺寸设计成长、宽、厚依次成近似的2倍关系，即2倍的砖厚加上灰缝恰好等于砖宽，而2倍的砖宽加上灰缝恰好等于砖长。当把一定数量的砖块以不同的形式砌在一起时，就能得各种不同的巧妙组合，如图1-2所示。

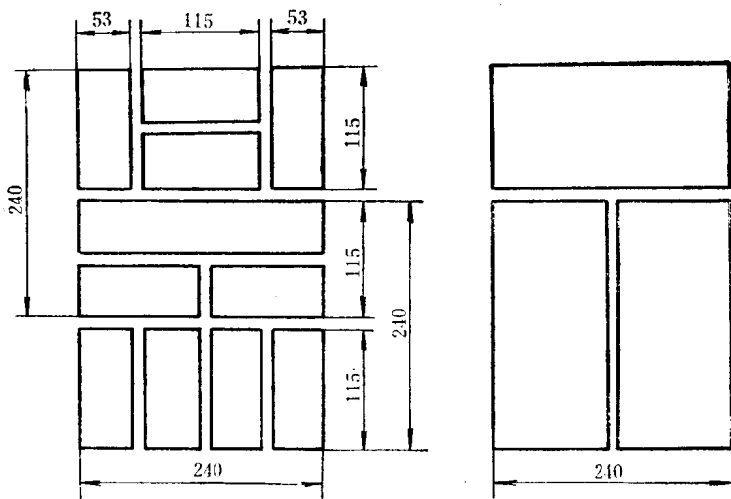


图1-2 红砖的尺寸组合

1.1.2.2 儿童积木的启发

由模块所构成的系统称为模块系统，有时也称为组合系统。

模块系统的概念是受到儿童积木的启发而得出的。一套儿童积木由形状、大小及颜色相同或不相同的一定数量的积木块构成，用这些积木块进行不同的搭配、组合就构成不同的玩具造型，如不同形状或风格的房屋、桥梁、汽车及家具等，既可以按照给定的图样组合，又可以根据兴趣创造。但无论怎样千变万化，其基本单元还是那一套数量有限的积木块，故这些积木块就是构成儿童积木这一模块系统的基本模块，用积木块进行不同搭配、组合的方法和原理就是最简单、最基本的模块化概念。

1.1.2.3 模块化系统随处可见

对我们周围的事物和技术领域进行一番观察和分析之后，就会发现，小到物质的构成，大到一个建筑物，甚至一个城市无不多或多或少地体现出模块化这一特征。

我们知道，自然界中千变万化的不同物质都是由一百多种化学元素通过不同的组合和排列所构成的，这些不同的元素就是构成自然界各种物质的基本模块，化学分子式就表示了某种物质的构成元素及构成方式。不同的元素又是由原子核和不同数量及排列方式的电子所构成的，而原子核则是由不同数量的质子和中子构成，因此，这些质子、中子和电子就是构成元素的基本模块。由于这些模块的数量及排列方式不同，所构成的元素在性质上就不同，门捷列夫元素周期表揭示了元素性质与元素构成之间的变化规律。

人类的语言、文字也无不体现出模块化概念。任何民族的语言，无论其表达能力多么丰富，都是由有限的音节构成的，而不同的音节又是由有限的音素的不同组合而构成的，这些音节或音素就是构成语言系统的基本模块。不同音素或音节的组合就形成了表达人们某种意愿的语言，正因为如此，人们用相应的符号把音素或音节记录下来就构成了文字系统。比如，英文中，用26个字母的不同组合和排列而构成不同的音节和单词，进而构成句子，这26个字母就是构成单词的基本模块，而单词又是构成句子及整个语言系统的模块，这使得我们能借助于英文词典中所包含

的有限单词和基本语法知识，去解决英文中一般问题。

中文系统是由不同的基本模块汉字构成，而汉字又是由几种基本单元构成，有人用部首、偏旁表示；有人用横、竖、撇、捺、折等不同笔划表示，最终都能构成不同的汉字。

也正因为语言是由不同音素这些基本模块所构成，才有可能实现语言的计算机识别和人工合成。

有限个音符的不同组合和排列可以谱成不同的乐曲；10个阿拉伯数字字符可以表达任意数字；用砖、瓦和木料可以盖成不同样式和大小的房屋……。

广义地讲，我们的居室也是一个模块化系统，比如床、写字台、椅子、沙发、茶几，乃至彩电、冰箱、洗衣机等家电设备都是构成居室系统的模块，它们大都是由厂家专门设计制造的，我们选来进行组合和搭配，构成协调的居室环境。

城市中的小区，乃至整个城市在规划、建筑中都要考虑设施的配套，比如，居民楼、商店、学校、托儿所、邮局、医院、交通道路、车站、绿化区、公共厕所，甚至垃圾站都应通盘考虑，合理规划。而这些设施可以专门设计，也可以采用其他小区或城市的现有图纸，通过不同的安排以体现自己的风格和特点。

至于在技术领域内的模块化，则是本书后面要讲述的内容，这里不再列举。由上述例子不难看出，在我们周围的事物中都或多或少地存在着不同程度的模块化特征，值得很好地总结和借鉴，以便搞好机电产品的模块化设计。

1.1.2.4 模块化设计的发展

产品的模块化设计始于本世纪初。首先在欧洲出现了模块化家具，然后扩展到机床等行业。近年来模块化设计原理在我国不少企业中获得了应用和重视。

1. 国外发展情况 德国的一个家具公司于1900年用模块化原理设计出所谓“理想书架”，如图1-3所示。该设计是将书架划分为底座、架体和顶板三种模块，其中架体具有几种不同尺寸，这几种尺寸的架体长度 a 相同而宽度 b 和高度 c 不同，用户根据要求

选择不同的架体组成适合自己需要的“理想书架”。这种理想书架就是我们已知的最早的按模块化原理设计的产品之一。此后，这种原理逐渐为其他行业，特别是机床制造业所采用，进而总结出模块化设计这一新的概念和方法。

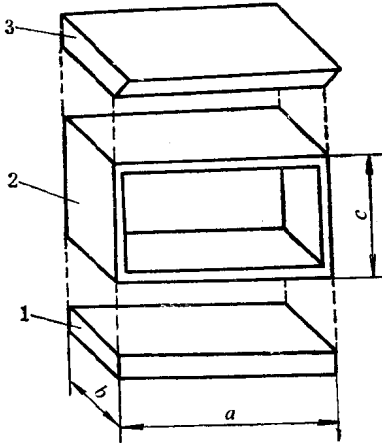


图1-3 理想书架

1—底座 2—架体 3—顶板

1920年左右，欧洲特别是德国的一些厂家首先把模块化原理应用于铣床和车床等机床的机械系统设计中。如德国的弗里茨-维尔纳公司设计的铣床，就是按功能将其划分成模块而进行设计和制造的，这些模块可供用户选择以便组合成所需的铣床。又如联合车床制造厂把车床的主轴箱设计成模块化系统，该系统共有63个不同的齿轮，通过选择、搭配，可以组合成60种不同的传动系统，

分别用于丝杠车床、光杆车床、六角车床，甚至还可用于卧式深孔钻床上。

本世纪50年代，欧美一些国家正式提出所谓“模块化设计”概念，自此以后，模块化设计愈来愈受到重视。机械制造行业所使用的组合夹具，是使用较早，也较成熟的模块化系统，用已有的夹具模块可组成所需的夹具，而不必单独设计与制造，用后再拆开，以便另行组合。

瑞士肖布林(SCHAUBLIN)公司在不断积累设计和制造经验的基础上，在50年代就已对仪表机床进行了模块化设计，从而使其产品具有精度高、功能多及互换性好等优点，具有很强的竞争能力。

由原联邦德国机床制造商委托高校编写的1985年机床草案中指出，目前机床制造中大量资金消耗于许多不同的组件和附件

上,因而提出了在一切机床品种中,进一步发展灵活多变的模块化系统的任务。

目前,模块化设计在国外机床行业中应用得比较广泛,其它行业如电器行业及家具等行业也应用得愈来愈多,成为产品设计的一种趋势。

德国弗兰德(Flender)厂的模块化减速机系列,其输入轴齿轮有5种中心距,各有5种传动比,输出轴齿轮有3种中心距,各有16种传动比,另有锥齿轮4种锥距各有16种传动比,由此组成8个系列具有各种功率及传动比的齿轮减速机。

比利时汉森(Hansen)专利模块化减速机系列,其基本模块为17对弧齿锥齿轮和28对螺旋齿圆柱齿轮,共组成2320种传动比。减速机箱体模块为8种,中心距采用折返式布置,可满足整个系列的传动件布置要求,箱体设计成方形,6个面均可固定,以便满足各种不同的安装条件。

西门子(Siemens)公司用模块化原理设计工业汽轮机也取得很好效果。基本模块为进气段模块2种,中段模块2种及出气段模块4种,通过这些模块的不同组合可以得到不同容积和压力的16种(2×2×4)工业汽轮机。

2. 国内应用情况 70年代末至80年代初,模块化设计开始在我国受到重视,并逐步得到应用。

近年来很受欢迎的组合家具就是按模块化进行设计、制造和组装的。如图1-4所示的组合柜由六个大模块组成,其中左衣柜为单开立柜,右衣柜为双开立柜,中上柜相当于书柜或礼品架,中下柜相当于写字台。其中每种模块都可以有不同的样式和尺寸,单开衣柜和顶柜也可以用双开衣柜和顶柜代替,反之亦然。用户可根据自己要求选定颜色和搭配,以适应房间的大小和色调。这种组合柜的另一特点是各模块都是由最基本的模块——单元板、拉手、折页和螺钉组成,除了拉手、折页和背板外,都不需螺丝或铁钉连接,而采用已经装入单元板的机械榫连接,非常方便。同时简化了运输及包装,到用户家中组装成模块,再摆成