

人机工程学



玉兰 主编

北京理工大学出版社

7316
D-1

358171

人 机 工 程 学

丁玉兰 郭钢 沈文琪 赵江洪 编著



北京理工大学出版社

(京)新登字149号

内 容 简 介

本书为全国高等工业院校工业造型设计专业统编教材。主要内容包括：人机工程学概论，人体测量与人体模型，人的感知和反应特征，显示装置设计，操纵装置设计，作业空间与用具设计，作业环境的分析与评价，作业疲劳与安全设计，人机系统设计以及典型的人机系统设计。

本书除作为高等工业院校工业设计专业必修课的教材外，也可作为其他产品设计类专业必修课或选修课的教学参考书，还可以供人机工程学方面的研究人员和有关的工程技术人员参考。

1239/100



人机工程学

丁玉兰 主编

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

地质出版社印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 13.125印张 339千字

1991年8月第一版 1991年8月第一次印刷

ISBN 7-81013-421-3/TB·12

印数：1—2500册 定价：4.25元

出版说明

工业设计是在人类社会文明高度发展过程中，伴随着大工业生产的技术、艺术和经济相结合的产物。

工业设计从 William Morris 发起的“工艺美术运动”起，经过 Bauhaus 的设计革命到现在，已有百余年的历史。世界各先进工业国家，由于普遍重视工业设计，因此极大地推动了工业和经济的发展与社会生活水平的提高。尤其是近几十年来，工业设计已远远超过工业生产活动的范围，成为一种文化形式。它不仅在市场竟争中起决定性作用，而且对人类社会生活的各方面产生了巨大的影响。工业设计正在解决人类社会现实的与未来的问题，正在创造、引导人类健康的工作与生活，并直接参与重大社会决策与变革。

工业设计的方法论，包括有三个基本问题：技术与艺术的统一，功能与形式的统一，微观与宏观的统一。在设计观念上，传统的“形式追随功能”已由于人的需求日益受到重视，并且由于在设计中能够运用多学科的知识，功能的内涵已经大为扩展，设计更具生命力，更加多样化，日益体现了“形式追随需求”的直接反映生活意义的倾向。人性是人的社会性和自然性的统一，人类在创造“人-社会-自然”的和谐发展中，创造了崭新的生活方式和生存空间。所有这些，都体现了以“人为核心”的设计价值观。

人才是国力，设计人才创造了设计世界；飞速发展的经济，必然伴有工业设计教育的长足进步。

《工业造型设计》专业教学指导小组成立于1987年10月。专业教学指导小组的任务之一是：研究专业课教材建设中的方针政策问题，协助主管部门进行教材评优和教材使用评介工作；制订教

材建设规划,组织编写、评选教材。根据这一任务,教学指导小组制定了“七五”教材出版规划。在各院校共同努力下,编写了以下教材:“产品造型材料与工艺”(主编程能林);“人机工程学”(主编丁玉兰);“视觉传达设计”(主编曾宪楷);“工业设计史”(何人可编);“造型基础”(主编张福昌);“产品造型设计”(主编高敏);“工业设计方法学”(主编简召全)。

这套教材是以工科院校的工业设计专业为主要对象编写的,也考虑了艺术类招生学校的教学要求,并由有这方面教学经验的教师担任主编,因此基本上能满足我国现今工业设计教育的要求。本书也可供企业中从事设计工作的人员学习参考。

在本书的编写过程中,我们取长补短、互相交流、团结合作,每位编者都付出了极大的艰辛,按照推荐教材的要求努力在辩证唯物主义和历史唯物主义思想的指导下,认真贯彻理论与实践相结合的方针,努力提高教材的思想性、科学性、启发性、先进性和适用性,力求反映工业设计的先进水平,提高教材的质量。

本教材的出版,解决了工业设计教育中急需教材的有无问题。在“八五”教材规划中,我们还要继续努力,以求进一步扩大教材的品种和提高教材的质量。

最后,应当感谢机电部教材编辑室和北京理工大学出版社,是在他们的帮助和支持下,这套教材才得以和广大读者见面。

高等工业学校《工业造型设计》

专业教学指导小组组长 简召全

1991年4月

前 言

《人机工程学》一书系全国高等工业院校工业造型设计专业教学指导组组织编写的统编教材之一。本书是根据1987年10月全国高等工业院校工业造型设计专业教学指导组制订的教学计划和教学大纲,以及1988年6月该专业教学指导组审定的“人机工程学编写大纲”编写的。初稿完成后,于1989年11月在该专业的教材审稿会上通过审稿。

本书按高等工业院校工业造型设计专业本科生对人机工程学课程的要求,以54—72学时专业必修课的内容,来控制全书内容的深度、广度和字数。编者力求在本教材中提供必要的人机工程学方面的设计资料和数据,又本着少而精的原则来处理全书的内容。编写过程中,在汇集各有关院校的本课程教学资料和研究成果的基础上,又广泛收集和分析了国内外较新的文献资料,特别是对我国近年来在人机工程学方面的研究成果作了充分的反映。例如,我国1989年7月开始实施的GB10000—88《中国成年人人体尺寸》标准中有关人体测量数据,已选入本书。此外,本书还反映了作者自己的研究成果。

本书作为教学用书,不可能阐述人机工程学的全部内容。但作为人机工程学学科的第一本全国统编教材,仍具有一定的编写特色,本书是以人机工程学所涉及的人、机、环境三要素的核心问题为主,又考虑到工业造型设计专业本科生应掌握的该学科基础知识的特殊需要,来选择、安排全书的内容和章节。全书共十章,包括两部分内容,前三章为人机工程学理论基础,后七章为工业造型设计中的有关人机工程学设计原理和设计方法。其主要内容为:人机工程学概论,人体测量与人体模型,人的感知与反应特征,显示装置设计,操纵装置设计,作业空间与用具设

计, 作业环境的分析与评价, 作业疲劳与安全设计, 人机系统设计以及典型的人机系统设计。因此, 本书既可作为高等工业院校工业设计专业的必修课教材, 也可作为其他产品设计类专业必修课或选修课的教学参考书, 还可供人机工程学方面的研究人员和有关的工程技术人员参考。

本书由同济大学丁玉兰主编, 由上海交通大学朱崇贤主审。参加审稿的还有北京理工大学简召全、鄢必让, 湖南大学程能林, 重庆大学高敏, 湖北工学院曾宪楷, 无锡轻工业学院张福昌, 哈尔滨科技大学刘长英、任家富, 云南工学院胡志勇, 武汉工业大学陈汗青, 机械工业出版社王世刚, 北京理工大学出版社吴家桢。专家们对书稿提出许多宝贵的意见和建议, 特别是主审人对书稿全部内容进行了逐字逐句、认真细致的审阅, 并提出许多具体的修改意见。编者在此向他们表示真诚的感谢。此外, 哈尔滨科技大学金洪彬参加了本书大纲的拟订工作, 也在此向他表示谢意。

书稿的第一、二、三、七章由同济大学丁玉兰编写; 第四、五章由重庆大学郭钢编写; 第六、八章由北京理工大学沈文琪编写; 第九、十章由湖南大学赵江洪编写。由于编者水平有限, 书中难免有错误和欠妥之处, 恳请广大读者批评指正。

编者

1989年11月

目 录

第一章 概论

- § 1-1 人机工程学的命名及定义..... (1)
- § 1-2 人机工程学的起源与发展..... (4)
- § 1-3 人机工程学的研究内容与方法..... (8)
- § 1-4 人机工程学体系及其应用领域..... (15)
- § 1-5 人机工程学与工业设计..... (19)

第二章 人体测量与人体模型

- § 2-1 人体测量的基本知识..... (23)
- § 2-2 人体测量中的主要统计函数..... (30)
- § 2-3 常用的人体测量数据..... (33)
- § 2-4 人体各部分结构参数的计算..... (50)
- § 2-5 人体测量数据的应用..... (53)
- § 2-6 分析用人体模型..... (63)
- § 2-7 设计用人体模型..... (69)
- § 2-8 试验用人体模型..... (75)

第三章 人体的感知与反应特征

- § 3-1 感觉和知觉的特征..... (79)
- § 3-2 视觉机能及其特征..... (89)
- § 3-3 听觉机能及其特征..... (99)
- § 3-4 其他感觉机能及其特征..... (105)
- § 3-5 脑的机能..... (109)
- § 3-6 人的信息处理系统..... (114)
- § 3-7 人的反应特征..... (123)
- § 3-8 运动系统的机能及其特征..... (130)

第四章 显示装置设计

- § 4-1 仪表显示设计..... (141)
- § 4-2 信号显示设计..... (158)

§ 4-3	荧光屏显示设计.....	(162)
§ 4-4	图形符号设计.....	(165)
§ 4-5	听觉传示设计.....	(170)
§ 4-6	显示装置设计与选择的人机工程学原则.....	(178)
第五章 操纵装置设计		
§ 5-1	操纵装置的类型及特征分析.....	(191)
§ 5-2	旋转式操纵器设计.....	(199)
§ 5-3	移运式操纵器设计.....	(209)
§ 5-4	按压式操纵器设计.....	(214)
§ 5-5	脚动操纵器设计.....	(217)
§ 5-6	操纵装置设计与选择的人机工程学原则.....	(221)
第六章 作业空间与用具设计		
§ 6-1	作业空间的人体尺度.....	(227)
§ 6-2	作业面设计.....	(235)
§ 6-3	作业场所的布置.....	(238)
§ 6-4	作业场所设计步骤.....	(240)
§ 6-5	控制台设计.....	(244)
§ 6-6	作业空间设计的社会方面.....	(247)
§ 6-7	座椅设计.....	(251)
§ 6-8	手握式工具设计.....	(263)
第七章 作业环境的分析与评价		
§ 7-1	概述.....	(273)
§ 7-2	热环境.....	(275)
§ 7-3	光环境.....	(290)
§ 7-4	噪声环境.....	(307)
§ 7-5	振动环境.....	(321)
§ 7-6	有毒环境.....	(332)
§ 7-7	其它环境.....	(337)
第八章 作业疲劳与安全设计		
§ 8-1	作业疲劳的生理基础.....	(342)
§ 8-2	疲劳的测定及预防措施.....	(345)
§ 8-3	安全事故分析.....	(349)
§ 8-4	安全装置设计与个体防护措施.....	(355)

第九章 人机系统设计

§ 9-1 人机系统设计的概念.....(361)

§ 9-2 人机系统总体设计程序.....(368)

§ 9-3 人机系统总体设计方法.....(377)

第十章 典型的人机系统设计

§ 10-1 人机工程学与机床.....(388)

§ 10-2 仪表板的相似结构设计.....(394)

§ 10-3 建筑环境人机工程.....(401)

主要参考文献(409)

第一章 概 论

§ 1-1 人机工程学的命名及定义

人机工程学 (Man-Machine Engineering) 是研究人、机械及其工作环境之间相互作用的学科。该学科在其自身的发展过程中, 逐步打破了各学科之间的界限, 并有机地融合了各相关学科的理论, 不断地完善自身的基本概念、理论体系、研究方法以及技术标准和规范, 从而形成了一门研究和应用范围都极为广泛的综合性边缘学科。因此, 它具有现代各门新兴边缘学科共有的特点, 如学科命名多样化、学科定义不统一、学科边界模糊、学科内容综合性强、学科应用范围广泛等。

一、学科的命名

由于该学科研究和应用的范围极其广泛, 它所涉及的各种学科、各领域的专家、学者都试图从自身的角度来给本学科命名和下定义, 因而世界各国对本学科的命名不尽相同, 即使同一个国家对本学科名称的提法也很不统一, 甚至有很大差别。

例如, 该学科在美国称为 “Human Engineering”(人类工程学)或 “Human Factors Engineering”(人的因素工程学); 西欧国家多称为 “Ergonomics”(人类工效学); 而其他国家大多引用西欧的名称。

“Ergonomics” 一词是由希腊词根 “ergon”(即工作、劳动)和 “nomos”(即规律、规则)复合而成, 其本义为人的劳动规律。由于该词能够较全面地反应本学科的本质; 又源自希腊文, 便于各国语言翻译上的统一; 而且词义保持中立性, 不显露

它对各组成学科的亲密和间疏。因此，目前较多的国家采用“Ergonomics”一词作为该学科命名。例如，苏联和日本都引用该词的音译，苏联译为“Эргономика”日本译为“マーコ”ノミツケス”，称为人间工学。

人机工程学在我国起步较晚，目前该学科在国内的名称尚未统一，除普遍采用人机工程学外，常见的名称还有：人体工程学、人类工效学、人类工程学、工程心理学、宜人学、人的因素等。

由于本书力图从研究人一机关系的角度为工业设计者提供有关这一边缘学科的基础知识，因而本书便采用人机工程学这一学科名称。但是，任何一个学科的名称和定义都不是一成不变的，特别是新兴边缘学科，随着学科不断发展，研究内容的不断扩大，其名称和定义还将发生变化。

二、学科的定义

与该学科的命名一样，对本学科所下的定义也不统一，而且随着学科的发展，其定义也在不断发生变化。

美国人机工程学专家C·C·伍德（Charles C. Wood）对人机工程学所下的定义为：设备设计必须适合人的各方面因素，以便在操作上付出最小的代价而求得最高效率。W.B.伍德森（W. B. Woodson）则认为：人机工程学研究的是人与机器相互关系的合理方案，亦即对人的知觉显示、操作控制、人机系统的设计及其布置和作业系统的组合等进行有效的研究，其目的在于获得最高的效率及作业时感到安全和舒适。著名的美国人机工程学及应用心理学家A.查帕尼斯（A. Chapanis）说：“人机工程学是在机械设计中，考虑如何使人获得操作简便而又准确的一门学科”。

另外，在不同的研究和应用领域中，带有侧重点和倾向性的定义有以下几种：

- 1) 研究人和机器之间相互关系的边缘性学科。

2) 利用关于人的行为的知识, 提高生产过程与机械的合理性和有效性。

3) 研究能提高劳动生产率、减少差错、减轻疲劳和创造舒适劳动条件的机械设计和制造问题。

4) 在综合各门有关人的科学成果的基础上, 研究人的劳动活动规律的科学。

5) 研究人、机、环境系统, 力求达到人的可能性和劳动活动的要求之间的平衡。

6) 综合研究人体在劳动过程中的可能性和特点, 从而创造最佳的工具、劳动环境和劳动过程。

7) 利用生物力学、生理解剖学、心理学和技术科学的最新成就, 设计最佳人机系统。

8) 利用生理解剖学和工艺学的知识, 改造生产过程、劳动方法、机械设备、劳动条件, 使之符合人体的生理活动和人类行为的基本规律。

9) 研究人和环境之间相互关系的科学。此处的环境是指机器、工具、劳动组织管理以及生产上的客观环境。

10) 运用生理学、心理学、管理学和其它有关学科的知识, 使人、机器、环境相互适应, 创造舒适和安全的工作条件以及休息环境, 从而达到提高工效的一门学科。

目前, 国际人类工效学学会 (International Ergonomics Association, 简称IEA) 为本学科所下的定义是最有权威、也最全面的定义, 即人机工程学是研究人在某种工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的各种因素; 研究人和机器及环境的相互作用; 研究在工作中, 家庭生活中和休假时怎样统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒适等问题的学科。

结合国内本学科发展的具体情况, 我国1979年出版的《辞海》中对人机工程学下了比较明确的定义, 即人机工程学是一门新兴的边缘学科。它是运用人体测量学、生理学、心理学和生物力学以及工程学等学科的研究方法和手段, 综合地进行人体结

构、功能、心理以及力学等问题研究的学科。用以设计使操作者能发挥最大效能的机械、仪器和控制装置、并研究控制台上各个仪表的最适位置。

从上述本学科的命名和定义来看，尽管学科名称多样、定义岐异，但是，本学科在研究对象、研究方法、理论体系等方面并不存在根本上的区别。这正是人机工程学作为一门独立的学科存在的理由；同时也充分体现了学科边界模糊、学科内容综合性强、涉及面广等特点。

§ 1-2 人机工程学的起源与发展

英国是世界上开展人机工程学研究最早的国家，但本学科的奠基性工作实际上是在美国完成的。所以，人机工程学有“起源于欧洲，形成于美国”之说。虽然本学科的起源可以追溯到20世纪初期，但作为一门独立的学科还只有近50年历史。在这段形成与发展中，大致经历了以下三个阶段：

一、经验人机工程学

20世纪初，美国学者F.W.泰罗(Frederick.W.Taylor)在传统的管理基础上，首创了新的管理方法和理论，并据此制订了一整套以提高工作效率为目的的操作方法，并考虑了人使用的机器、工具、材料及作业环境的标准化问题。例如他曾经研究过铲子的最佳形状、重量，研究过如何减少由于动作不合理而引起的疲劳等。其后，随着生产规模的扩大和科学技术的进步，科学管理的内容不断充实丰富，其中动作时间研究、工作流程与工作方法分析、工具设计、装备布置等，都涉及人和机器、人和环境的关系问题，而且都与如何提高人的工作效率有关，其中有些原则至今对人机工程学研究仍有一定意义。因此，人们认为他的科学管理方法和理论是后来人机工程学发展的奠基石。

从泰罗的科学管理方法和理论的形成到第二次世界大战之

前，称为经验人机工程学的发展阶段。这一阶段主要研究内容是：研究每一职业的要求；利用测试来选择工人和安排工作；规划利用人力的最好方法；制订培训方案，使人力得到最有效的发挥；研究最优良的工作条件；研究最好的管理组织形式；研究工作动机，促进工人和管理者之间的通力合作。

在经验人机工程学发展阶段，研究者大都是心理学家，其中突出的代表是美国哈佛大学的心理学教授H. 闵斯特伯格（H. Munsterberg），其代表作是《心理学与工业效率》。他提出了心理学对人在工作中的适应与提高效率的重要性。闵氏把心理学研究工作与泰罗的科学管理方法联系起来，对选择、培训人员与改善工作条件、减轻疲劳等问题曾做过大量的实际工作。由于当时该学科的研究偏重于心理学方面，因而在这一阶段大多称本学科为“应用实验心理学”。学科发展的主要特点是：机械设计的主要着眼点在于力学、电学、热力学等工程技术方面的优选上，在人机关系上是以选择和培训操作者为主，使人适应于机器。

经验人机工程学一直延续到第二次世界大战之前，当时，人们所从事的劳动在复杂程度和负荷量上都有了很大变化。因而改革工具、改善劳动条件和提高劳动效率成为最迫切的问题，从而使研究者对经验人机工程学所提出的问题进行科学的研究，并促使经验人机工程学发展为科学人机工程学。

二、科学人机工程学

本学科发展的第二阶段是第二次世界大战期间。在这个阶段中，由于战争的需要，许多国家大力发展效能高、威力大的新式武器和装备。但由于片面注重新式武器和装备的功能研究，而忽视了其中“人的因素”，因而由于操作失误而导致失败的教训屡见不鲜。例如，由于战斗机中座舱及仪表位置设计不当，造成飞行员误读仪表和误用操纵器而导致意外事故；或由于操作复杂、不灵活和不符合人的生理尺寸而造成战斗命中率低等现象经常发生。失败的教训引起决策者和设计者的高度重视。通过分析研

究，逐步认识到，在人和武器的关系中，主要的限制因素不是武器而是人，并深深感到“人的因素”在设计中是不能忽视的一个重要条件；同时还认识到，要设计好一个高效能的装备，只有工程技术知识是不够的，还必须有生理学、心理学、人体测量学、生物力学等学科方面的知识。因此，在第二次世界大战期间，首先在军事领域中开展了与设计相关学科的综合研究与应用。例如，为了使所设计的武器能够符合战士的生理特点，武器设计工程师不得不把解剖学家、生理学家和心理学家请去为设计操纵合理的武器而出谋献策，结果收到了良好的效果。军事领域中对“人的因素”的研究和应用，使科学人机工程学应运而生。

科学人机工程学一直延续到50年代末。在其发展的后一阶段，由于战争的结束，本学科的综合研究与应用逐渐从军事领域向非军事领域发展，并逐步应用军事领域中的研究成果来解决工业与工程设计中的问题，如飞机、汽车、机械设备、建筑设施以及生活用品等。人们还提出在设计工业机械设备时也应集中运用工程技术人员、医学家、心理学家等相关学科专家的共同智慧。因此，在这一发展阶段中，本学科的研究课题已超出了心理学的研究范畴，使许多生理学家、工程技术专家涉身到该学科中来共同研究，从而使本学科的名称也有所变化，大多称为“工程心理学”。本学科在这一阶段的发展特点是：重视工业与工程设计中“人的因素”，力求使机器适应于人。

三、现代人机工程学

到了60年代，欧美各国进入了大规模的经济发 展时期，在这一时期，由于科学技术的进步，使人机工程学获得了更多的发展机会。例如，在宇航技术的研究中，提出了人在失重情况下如何操作，在超重情况下人的感觉如何等新问题。又如原子能的利用、电子计算机的应用以及各种自动装置的广泛使用，使人—机关系更趋复杂。同时，在科学领域中，由于控制论、信息论、系统论和人体科学等学科中新理论的建立，在本学科中应用“新三

论”来进行人机系统的研究便应运而生。所有这一切，不仅给人机工程学提供了新的理论和新的实验场所，同时也给该学科的研究提出了新的要求和新的课题，从而促使人机工程学进入了系统的研究阶段。从60年代至今，可以称其为现代人机工程学发展阶段。

随着人机工程学所涉及的研究和应用领域的不断扩大，从事本学科研究的专家所涉及的专业和学科也就愈来愈多，主要有解剖学、生理学、心理学、工业卫生学、工业与工程设计、工作研究、建筑与照明工程、管理工程等专业领域。IEA在其会刊中指出，现代人机工程学发展有三个特点：

1) 不同于传统人机工程研究中着眼于选择和训练特定的人，使之适应工作要求；现代人机工程学着眼于机械装备的设计，使机器的操作不超出人类能力界限之外。

2) 密切与实际应用相结合，通过严密计划规定的广泛的实验性研究，尽可能利用所掌握的基本原理，进行具体的机械装备设计。

3) 力求使实验心理学、生理学、功能解剖学等学科的专家与物理学、数学、工程学方面的研究人员共同努力、密切合作。

现代人机工程学的研究方向是：把人—机—环境系统作为一个统一的整体来研究，以创造最适合于人工作的机械设备和作业环境，使人—机—环境系统相协调，从而获得系统的最高综合效能。

由于人机工程学的迅速发展及其在各个领域中的作用愈来愈显著，从而引起各学科专家、学者的关注。1961年正式成立了国际人类工效学学会（IEA），该学术组织为推动各国人机工程学的发展起了重大的作用。IEA自成立至今，已分别在瑞典、西德、英国、法国、荷兰、美国、波兰、日本、英国、澳大利亚召开了十次国际性学术会议，交流和探讨不同时期本学科的研究动向和发展趋势，从而有力地推动着本学科不断向纵深发展。