

普通高等教育工业设计专业“十二五”规划教材

人机工程与 工业设计

丛书主编 刘振生

丛书主审 李世国



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育工业设计专业“十二五”规划教材

人机工程与工业设计



内 容 提 要

本书在内容上保留了经典的人机工程课程教学章节,同时非常注重创新,纳入新的科研成果和试验性、探索性内容,并配以新颖的图片及极具启发性的课程作业,以体现教材的时代感,激发读者的兴趣,以提高学习者的创新能力。全书共分8章,主要介绍了发展历史、现状和研究的意义,人体测量的相关概念和应用方法,人体感知觉的相关知识和在工业设计中的应用,人机界面的相关知识和应用方法,作业空间的设计方法和影响因素,人机工程学在设计中的应用方法,环境因素对设计的影响和设计应用的原则,以及人机系统的设计原则和方法。

本书适用于工业设计和产品设计专业的师生作为基础课教材,也可供有兴趣的读者作为参考。

图书在版编目(CIP)数据

人机工程与工业设计 / 张宇红编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2011.4
普通高等教育工业设计专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-8480-8

I. ①人… II. ①张… III. ①人-机系统—高等学校—教材②人-机系统—应用—工业设计—高等学校—教材
IV. ①TB18②TB47-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第052952号

书 名	普通高等教育工业设计专业“十二五”规划教材 人机工程与工业设计
作 者	张宇红 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	210mm×285mm 16开本 9.75印张 247千字
版 次	2011年4月第1版 2011年4月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	28.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

Preface

全球化规模经济和网络技术的高速发展使得人们的生活方式、价值取向、消费观念发生着史无前例的深刻变化，人们的日常生活越来越离不开必需的机器和物品。在这样的社会背景之下，传统的学术研究以及学生的领受方式都在悄然变革，提纲挈领、单向输入的教学方式与这个活泼的时代显得格格不入，为了发展和改善目前的设计教学的模式和观念，本书在前人研究的基础上，对传统的人机工程学内容进行了大胆取舍，目标更加明确，定位更加清晰，旨在为工业设计专业学生提供一本有特色、高水准的应用教材。

在现代设计的理论体系中，人机工程学作为一门极其重要的应用学科为设计事业的发展发挥着不可估量的作用。虽然人机工程学作为独立的学科仅仅 50 多年历史，但是在第二次世界大战后那个机器当道的时代，是系统的人机工程学研究与实践才使得设计的服务对象向纯粹的人转变和靠拢，因而才从根本上改善了人机关系。

工业设计是一门综合性的交叉学科，设计在本质上是服务于人，一方面满足人们在生活中各种物质需求，另一方面还要为人们的肢体和感官带来美好的体验。因此，人机关系重要性的凸显是现代设计发展人性化思想的重要特征，并作为人机工程学研究的主要内容而受到设计领域的高度重视。

本书在内容上保留了经典的教学章节，同时非常注重创新，纳入新的科研成果和试验性、探索性内容，并配以新颖的图片以及极具启发性的课程作业，以体现教材的时代感，激发学生的兴趣，并提高学生的创新能力。

本书共 8 章，第 1 章主要介绍了人机工程学的一些基本概念；第 2 章主要讲解了人体测量与数据应用；第 3 章主要介绍了人体感知觉及其设计应用；第 4 章主要阐述了人机界面设计；第 5 章主要讲解作业空间设计；第 6 章主要介绍了环境因素对设计的影响和设计应用的原则；第 7 章主要阐述了人机系统的设计原则和方法；第 8 章主要通过案例的分析介绍了人机工程学在设计中的应用方法。

本书主要由张宇红编著；其中，第 3 章由黄润洪参与编写；第 4 章由张明岗参与编写；第 5 章和第 8 章由卢建鑫参与编写；第 6 章由刘博文参与编写；第 7 章由刘保军参与编写。全书由张宇红负责统稿。

在本书的编写过程中，得到了很多老师的支持和帮助，在此特别感谢江南大学设计学院副院长李世国教授，还有为本书铺垫前期工作的殷润元老师。

人机工程学和工业设计在我国目前仍属发展中的新兴学科，还有很多有价值的研究领域值得我们去探索和开拓。由于本人水平所限，书中错误和遗漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2010 年 12 月于江南大学

作者简介

张宇红 江南大学设计学院教授，硕士生导师，教授级高级工程师

主要研究方向：产品设计研究；产品人性化设计研究；交通工具设计与社会环境、自然环境关系的研究。

近年来，发表主要学术论文 10 余篇，其中核心期刊论文 4 篇；承担各项主要科研课题十几项；获得国家专利四项；获得奖励荣誉 10 余项。主要代表作品：ZZ180X/200X 型拖拉机，ZZ200 型拖拉机等。

目 录

Contents

前言

第 1 章 绪论	001
1.1 引言.....	001
1.2 人机工程学的命名及定义.....	001
1.3 人机工程学的起源与发展.....	004
1.4 人机工程学的研究内容与方法.....	007
本章课程作业.....	013
第 2 章 人体测量与数据应用	014
2.1 人体测量.....	014
2.2 常用的人体测量数据.....	020
2.3 人体测量数据应用.....	021
本章课程作业.....	030
第 3 章 人体感知觉及其设计应用	031
3.1 感知觉.....	031
3.2 视觉机能及其设计应用.....	038
3.3 听觉.....	047
3.4 肤觉.....	049
3.5 本体感觉.....	050
3.6 人的反应特征.....	051
3.7 疲劳与恢复.....	052
3.8 人为失误.....	053
本章课程作业.....	054
第 4 章 人机界面设计	055
4.1 广义的人机界面.....	055
4.2 显示界面设计——人的信息输入设计.....	056
4.3 控制界面设计——人的信息输出设计.....	071

本章课程作业	078
第 5 章 作业空间设计	079
5.1 作业空间设计的影响因素	079
5.2 作业姿势与作业空间设计	083
5.3 座椅设计	089
本章课程作业	094
第 6 章 环境设计	095
6.1 微气候环境设计	095
6.2 照明环境设计	102
6.3 噪声环境设计	108
本章课程作业	112
第 7 章 人机系统设计	113
7.1 人机系统概论	113
7.2 人机系统设计方法	118
7.3 人机系统评价	122
7.4 人机系统可靠性分析	124
本章课程作业	130
第 8 章 人机工程的设计应用	131
8.1 人性化设计思想	131
8.2 人机工程学常用设计方法举例	136
本章课程作业	141
课程作业案例	142
参考文献	149

1.1 引言

人机关系是伴随着人类文明的发展而进行的。当人类开始用木棒、石块等自觉和不自觉的开始猎取野兽的时候，最初的人机关系就产生了。人类为了生存繁衍，不断根据自身的需要进行造物活动，又通过使用中的经验不断地改进和完善它们，使之最终变得越来越合理。伴随人类文明的发展，人与人造物关系——人机关系也越来越复杂。然而，造物活动与人类自身密切相关，它的发展离不开人自身的发展。研究人机关系，就必须从人出发。设计在本质意义上是为了服务人，人是设计的主体。设计要考虑功能、技术、构造、经济等因素，还要关注使用者的舒适宜人的要求。

设计作为一种生活方式的创造，人与物的关系贯穿设计发展的始终。人机关系成为检视设计发展的一个角度，也是人类生存、发展、完善自身的参照。

1.2 人机工程学的命名及定义

在人类的历史长河中，人们为了满足生活需要，自制了很多简单的生产工具。在古代，虽然没有系统的人机工程学研究，但人类所创造的各种器具，从形态的发展变化来看，是符合人机工程学原理的。旧石器时代所创造的石刀、石斧等狩猎工具，大部分是直线形状；到了新石器时代，人类所创造的锄头、铲刀以及石磨等工具的形状，就更加适合人们使用了（见图 1.2-1）。“工欲善其事，必先利其器”的原理和观念，早就被我们的祖先所认识和采用。

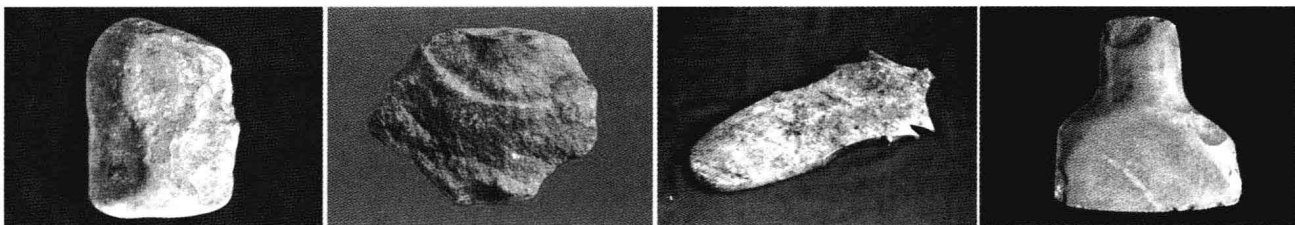


图 1.2-1 新、旧石器时代的生产工具
(图片引自：<http://www.gd-info.gov.cn/shtml/fkx/lamu10/2009/9/18/12551.shtml>)

可以从一件很简单的器物上发现古人的造物思想和对人机关系的考虑。西安半坡遗址出土的尖底瓶（见图 1.2-2），小直口，细颈，长圆腹，尖底，肩部或腹部有对称的双耳，用来穿绳。尖底瓶为古代盛贮器，可汲水，它是利用重心来调节平衡的器物，空的时候倾斜，装水不多不少时直立，水装多了就翻倒，正可谓“虚则欹，中则正，满则覆”。肩部或腹部对称的双耳，既可用于闲置时系绳挂于高处，又可用于肩部和颈部的携带，同时减轻了双手的负荷，也减省了汲水时人们直接接触水面的过程。它烧结程度好，质地结实。细颈的设计，便于手握和肩背，灌满水后从河边到居住地的路上水不易漫出，能有效保持水量。而小口既可以保持水质洁净，又不易倾倒。尖底可以很容易的插入泥土，实用性表现得十分突出。有的尖底瓶带有纹理，它不仅具有适用性而且还具备美学特征。从它们的造型可以很清楚地看出当时人在日常生活、工作中已经开始考虑人机关系了。

工业革命时期，以新能源和新技术为基础的机器生产方式，在实现了前所未有的高效率的同时，产生了比过去更为复杂的人机关系（见图 1.2-3）。工具和机器的设计开始由雇主来制定，目的是提高生产效率。机器的发明者和设计者忙于改善机器以进一步提高性能，至于与操作者体能之间的矛盾根本不在考虑之内，因为很多操作和参与在这些机器中的工人都是不被关注的下层阶级。为了能够跟上机器的节奏，操作者必须拼命地工作，机器成为生产的主宰，人成为附庸。在这种情况下，人与机器之间的矛盾越来越突出，工人与雇主之间的矛盾也在被激化，因此欧美一些学者为了降低劳动强度，减少事故，开始关注工人在劳动过程中的生理和心理等方面的因素，人机工程学在这种背景下逐步发展起来了。

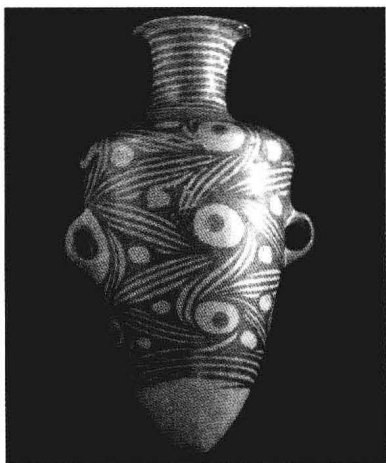


图 1.2-2 尖底瓶

（图片引自：<http://baike.baidu.com/view/454039.htm>）

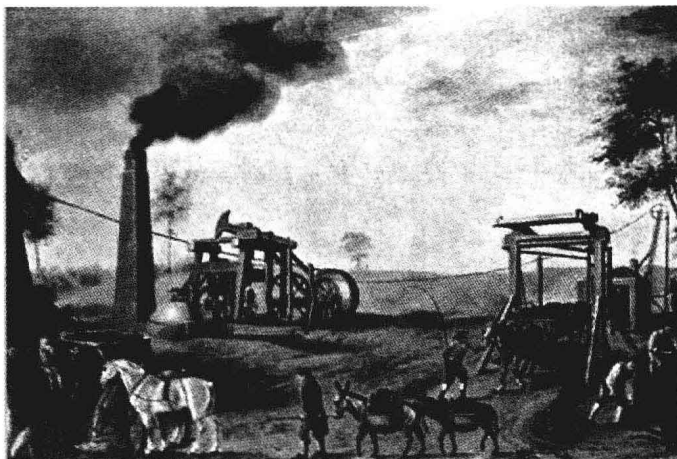


图 1.2-3 工业革命时期的生产景象

（图片引自：<http://baike.baidu.com/image/ae10edde6b94126694ee37eb>）

1.2.1 人机工程学的命名

人机工程学是 20 世纪 40 年代后期跨越不同学科和领域，应用多种学科的原理、方法和数据发展起来的一门新兴的边缘学科，它主要研究人、机器以及工作环境之间的相互作用。由于它的学科内容的综合性、涉及范围的广泛性以及学科侧重点的不同，学科的命名具有多样化的特点。例如，在欧洲多称为“Ergonomics”（工效学）；美国称为“Human Engineering”（人类工程学）或“Human Factors Engineering”（人的因素工程学）；而西欧国家多称为“Ergonomics”（人机工程学）；前苏联和日本都采

用该词的译音，苏联译为“Эргономика”，日本译为“アーゴノミックス”(人间工学)。

“Ergonomics”一词是英国学者莫瑞尔于1949年首次提出的，它由两个希腊词根“ergon”(即工作、劳动)和“nomos”(即规律、规则)组成，前者的意思是“出力、工作”，后者的意思是“正常化、规律”。因此“Ergonomics”的含义也就是“人出力正常化”或“人的工作规律”。由于该词能够较全面地反映本学科的本质，又来自希腊文，便于各国语言翻译上的统一，而且词义保持中性，不显露它对各组成学科的亲疏和间疏，因此目前较多国家采用这一词作为该学科的名称。

人机工程学在我国起步较晚，名称繁多，除普遍采用“人机工程学”、“工效学”外，常见的名称还有“人体工程学”、“人类工程学”、“工程心理学”、“机械设备利用学”、“宜人学”、“人的因素”等。本书使用人机工程学这一名称。

1.2.2 人机工程学的学科定义

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。

前苏联的学者将人机工程学定义为：人机工程学是研究人在生产过程中的可能性、劳动活动方式、劳动的组织安排，从而提高人的工作效率，同时创造舒适和安全的劳动环境，保障劳动人民的健康，使人从生理上、心理上得到全面发展的一门学科。

美国人机工程学家 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。

而 W.B. 伍德森 (W.B.Woodson) 则定义为：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 (A.Chapanis) 说：“人机工程学是在机械设计中，考虑如何使人获得简便而又准确的操作的一门科学”。

日本专家提出：人类工程学是根据人体解剖学、生理学和心理学等特性，了解并掌握人的作业能力与极限，及其工作、环境、起居条件等和人体相适应的科学。

国际人机工程学会 (International Ergonomics Association, 简称 IEA) 将人机工程学定义为：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因素，研究人与机器及环境的相互作用，研究在工作中、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。

《中国企业管理百科全书》将人机工程学定义为：研究人与机器、环境的相互作用及其合理结合，使设计的机器与环境系统适合人的生理、心理等特点，达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的目的。

我国1979年出版的《辞海》中对人机工程学的定义为：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。

综上所述可以认为：人机工程学是以人的生理、心理特性为依据，应用系统工程的观点，分析

研究人与机器、人与环境以及机器与环境之间的相互作用，为设计操作简便省力、安全、舒适，人一机一环境的配合达到最佳状态的工程系统提供理论和方法的科学。因此，人机工程学可定义为：按照人的特性设计和改善人一机一环境系统的科学。

1.3 人机工程学的起源与发展

英国是世界上最早开展人机工程学研究的国家，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。

德雷夫斯是在设计中最早应用人机工程学的人，他对人机工程学的研究成果应用在 1955 年为约翰·迪尔公司开发的一系列农用机械中，这些设计围绕建立舒适的、以人机学计算为基础的驾驶工作条件这一中心，特点是外形简练，其中与人相关的部件设计合乎人体舒适的基本要求，也为工业设计的发展提供了一个新的科学衡量的角度。

德雷夫斯的设计信念是设计必须符合人体的基本要求，他认为适应于人的机器才是最有效率的机器。他经过多年研究，总结出有关人体的数据以及人体的比例及功能，1955 年出版了专著《为人的设计》，收集了大量的人体工程学资料。1961 年他又出版了著作《人体度量》(the Measure of Man)，从而为工业设计领域奠定了人机工程学这门学科。德雷夫斯成为最早把人机工程学系统运用在设计过程中的一位设计家。

虽然本学科的起源可以追溯到 20 世纪初，但是作为一门独立的学科还只有 50 多年的历史。在这段形成与发展的过程中，人机工程学大致可分为以下几个阶段。

1.3.1 经验期（经验人机工程学）

在经历工业革命之后，人们所从事的劳动在复杂程度上和负荷量上都有了很大变化。改革工具以改善劳动条件和提高劳动效率已经成为一个迫切问题。因此人们开始对经验人机工程学所提出的问题进行研究。下面我们就列举几项比较著名的研究工作。



图 1.3-1 泰勒

(图片引自：http://jpkc.hbcf.edu.cn:8080/WebPluginFrame/doc/260/117/370_1796.htm)

(1) 肌肉疲劳试验。1884 年，德国学者 A. 莫索 (A. Mosso) 对人体劳动疲劳进行了试验研究。他对作业的人体通以微电流，随着人体疲劳程度的变化，电流也随之变化，这样用不同的电信号来反映人的疲劳程度。这一试验研究为以后的“劳动科学”打下了基础。

(2) 铁锹作业试验。20 世纪初，美国学者 F.W. 泰勒 (Frederick W. Taylor) (见图 1.3-1) 在传统管理方法的基础上，革新了管理方法和理论，并据此制订了一整套以提高工作效率为目的的操作方法，考虑了人使用的机器、工具、材料及作业环境的标准化问题。1898 年，泰勒从人机学角度出发，对铁锹的使用效率进行了研究。他用形状相同而铲量分别为 5kg、10kg、17kg 和 30kg 四种铁锹去铲同一堆煤。试验结果表明，虽然 17kg 和 30kg 的铁锹每次铲量大，但铲煤量为 10kg 的铁锹作业效率最高。他做了许多试验，终于找出了铁锹的最佳设计和

搬运煤屑、铁屑、沙子和铁矿石等松散粒状材料时每一铲的最适当的重量。

(3) 砌砖作业试验。1911年,吉尔伯勒斯(F.B. Gilreth)对美国建筑工人砌砖作业进行了试验研究。他用快速摄像机把工人的砌砖动作拍摄下来,然后对动作进行分析,去掉多余无效动作,最终提高了工作效率,使工人砌砖速度由当时的每小时120块提高到每小时350块(见图1.3-2)。

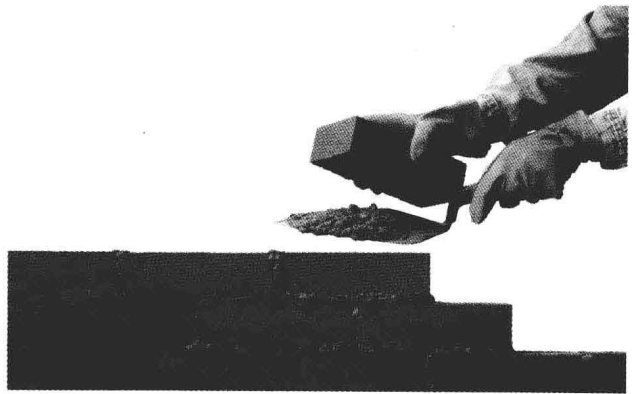


图 1.3-2 砌砖

(图片引自: <http://www.3lian.com/down/pic/15/1506/58318.html>)

泰勒和吉尔伯勒斯的这些重要试验影响很大,成为后来人机工程学的重要分支,即所谓“时间与动作的研究”(Time and Motion Study)的主要内容。特别是泰勒的研究成果,在20世纪初形成了美国和欧洲一些国家为了提高劳动生产率而推行的“泰勒制”。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,都涉及人与机器、人与环境的关系问题,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。

从泰勒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勒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原理设计上,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面临的问题进行科学的研究,并促使经验人机工程学进入科学人机工程学阶段。

1.3.2 创建期(科学人机工程学)

第二次世界大战期间是本学科发展的第二阶段。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中率低等现象经常发生。失败的教训引起了决策者和设计者的高度重视。通过分析研究,人们逐步认识到,在人与武器的关系中,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,结果取得了良好的效果。军事领域中对“人的因素”的研究和应用,使人机工程学应运而生。

这一时期一直延续到20世纪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、工程技术专家投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。

1.3.3 成熟期(现代人机工程学)

到了20世纪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,在航天技术的研究中,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实现等新问题。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,使学科逐步走向成熟。

随着人机工程学的迅速发展及其在各个领域中的作用越来越显著,因此在1961年正式成立了国际人机工程学会(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、荷兰、美国、波兰、日本、澳大利亚等国家召开了十多次国际性学术会议,交流和探讨了不同时期本学科的研究动向和发展趋势,从而有力地推动了本学科不断向纵深发展。

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越来越多,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学研究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,使机器的操作不超越人类能力界限。

(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。

人机工程技术是 21 世纪信息领域需要解决的重大课题。美国 21 世纪信息技术计划中的基础研究内容有四项：软件，人机交互，网络，高性能计算机。其中，人机建模研究在信息技术中被列为与软件技术和计算机技术等并列的六项国家关键技术之一，并被认为“对计算机工业有着突出的重要性，对其他工业也很重要”。美国国防关键技术计划不仅把人机交互列为软件技术发展的重要内容之一，而且还专门增加了与软件技术并列的人机界面这项内容。日本也提出了 FPIEND21 计划（Future Personalized Information Environment Development），其目标就是要开发 21 世纪个性化的信息环境。

现代人机工程学研究的方向是：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，从而使系统高效、安全、经济地运行。

1.3.4 中国人机工程学的发展历程

在中国，人机工程学的研究在 20 世纪 30 年代开始即有少量和零星的开展，但是系统深入的发展应在“文化大革命”以后。1980 年 4 月，国家标准局成立了全国人类工效学标准化技术委员会，统一规划、研究和审议全国有关人类工效学的基础标准的制定。1984 年，国防科工委成立了国家军用人—机—环境系统工程标准化技术委员会。这两个技术委员会的建立，有力地推动了我国人机工程学的研究和发展。此后在 1989 年又成立了中国人类工效学学会，1995 年 9 月创办了学会会刊《人类工效学》季刊。20 世纪 90 年代初，北京航空航天大学首先成立了我国该专业的第一个博士学科点。我国 973 计划、863 计划、“十五”计划及“十一五”计划均将人机交互列为主要内容。

当前，随着我国科技的发展，人们对工作条件、生活品质的要求正在逐步提高，对产品的人机工程特性也在日益重视，大量厂商把“以人为本”、“人体工学”的设计作为产品的卖点。也正是出于对这种新的需求取向的共识、如今，研究人机工程学应该做到既研究人、机，环境每个子系统的属性，又研究人机系统的整体结构及其属性，力求达到人尽其力、机尽其用、环境尽其美，使整个系统安全、高效，且对人有较高的舒适度和生命保障功能，最终目的是使系统综合使用效能最高。从最初“适应人的设计”到后来“为人的思维的设计”，再到目前对人与环境的心理关系的深入研究，人机工程学体系和指导思想经历了几次重大的发展和变革，且仍在不断研究与深化之中。

1.4 人机工程学的研究内容与方法

人机工程学研究应包括理论和应用两个方面，但当今本学科研究的总趋势还是重于应用。而对于学科研究的主体方向，则由于各国科学和工业基础的不同，侧重点也不相同。

人机工程学现在已发展为一门多学科交叉的工业设计学科，研究的核心问题是不同的作业中人、机器及环境三者间的协调，研究方法和评价手段涉及心理学、生理学、医学、人体测量学、美学和工程技术的多个领域，研究的目的是通过各学科知识的应用，来指导工作器具、工作方式和工作环境的设计与改造，使得作业在效率、安全、健康、舒适等几个方面的特性得以提高。

1.4.1 人机工程学的研究内容

1. 研究人体尺度

在设计产品时设计师必须考虑合适的人体尺度，因为产品与人的关系在使用过程始终存在，人体测量是获取人体尺寸数据及分布规律，用以指导产品设计、作业空间、生活空间设计等工作。

2. 研究人的生理、心理特性和能力限度

人的生理、心理特性和能力限度，是人—机—环境系统设计的基础。人机工程学从工程设计角度出发，研究人的生理、心理特性及能力限度，如人体尺寸、人体力量和能耐受的压力、人体活动范围、人从事劳动时的生理功能、人的信息传递能力、人在劳动中的心理过程、人的行为、人的可靠性等，为凡是与人体相关的机电设备、工具、用具、用品、设施、作业等以及人—机—环境系统的设计，提供有关人的数据资料和要求，以便使其适应于人。

3. 研究人机功能的合理分配

人—机系统中的两大组成部分——人与机都有各自的能力和限度。人机工程学研究根据人、机各自的机能特征和限度，如何合理分配人、机功能，在人—机系统中，使其发挥各自的特长，并相互补充、取长补短、有机配合，以保证系统功能最佳。

4. 研究人机相互作用及人机界面的设计

在人—机系统中，人机相互作用的过程就是利用信息显示器和控制器实现人机间信息交换的过程。人通过感觉器官利用显示器获得关于机器运行状态的信息，经大脑的综合、分析、判断、决策后，再通过效应器官利用控制器将人的指令传递给机器，使机器按人所预定的状态运行。机器在输入人的操作信息之后，又通过一定的方式将其工作状态反馈于人，人根据反馈信息再对机器的状态做出进一步的控制或调整。人机工程学研究如何运用有关人的数据资料，设计显示器与控制器，使显示器与人的感觉器官的特性相匹配，使控制器与人的效应器官的特性相匹配，以保证人机间的信息交换迅速、准确。

5. 研究环境及其改善

人机工程学研究环境因素，如温度、湿度、照明、噪声、振动、尘埃、有害气体对人的作业活动和健康的影响，并研究控制、改善不良环境的措施和手段，以便为人提供舒适、安全和保障健康的作业环境。

6. 研究作业及其改善

人机工程学研究人从事重体力作业、技能作业和脑力作业时的生理、心理变化，并据此确定作业时的合理负荷及耗能量、合理的作业和休息制度、合理的操作方法，以减轻疲劳，保障健康，提高作业效率。

人机工程学还研究作业分析和动作经济原则，寻求最经济、最省力、最有效的标准工作方法和标准作业时间，以消除无效劳动，合理利用人力和设备，提高工作效率。

7. 研究人的可靠性与安全

随着工程系统的日益复杂和精密，操作人员面对大量的显示器和控制器，容易出现人为差错而导致事故的发生。因此，研究人的可靠性对于提高系统的可靠性具有十分重要的意义。人机工程学研究影响人的可靠性的因素，寻求减少人为差错，防止事故发生的途径和方法。

1.4.2 人机工程学的研究方法

人机工程学研究方法,广泛采用人体科学和生物科学等相关学科的研究方法和手段,采取了系统工程、控制理论、统计学等其他学科的一些研究方法。同时也创立了本学科自己独特的研究方法,用以寻究人机环境之间适合的的系统。研究方法包括:测量人体各部分静态和动态数据;调查、询问或直接观察人在作业时的行为和反应特征;对时间和动作的分析研究;测量人在作业前后以及作业过程中的心理状态和各种生理指标的动态变化;观察和分析作业过程和工艺流程中存在的问题;分析差错和意外事故的原因;进行模型实验或用计算机进行模拟实验;运用数字和统计学的方法找出各变数之间的相互关系,以便从中得出正确的结论或发展有关理论。

1. 现场实测法

现场实测法是在作业现场借助工具、仪器设备进行测量的方法。包括测量人体尺寸、人体生理参数(能量代谢、呼吸、脉搏、血压、尿、汗、肌电、心电图)和作业环境参数(温度、湿度、照明、噪声、特殊环境下的失重、辐射等)。

2. 调查分析法

调查分析法是人机工程学研究中最重要方法之一,应用非常广泛,既通用于带有经验性的问题,也适用于各种心理量的统计。一般包括口头询问法、问卷调查法和跟踪显示观察法。

(1) 口头询问法。通过与被调查人的谈话,评价被调查人对某一特定环境的反应,要求提问简明,用语准确,思路清晰。

(2) 问卷调查法。事先设计好问卷,做到问题明确,填答方便,重点突出。以便被调查人能正确填答。

(3) 跟踪显示观察法。通过直接观察和间接观察,记录自然环境中被调查者的行为、表现、活动规律,然后进行分析。

3. 行为分析法

行为分析法是研究者通过观察和记录自然情境下发生的现象来认识研究对象的一种方法。观察法是有目的、有计划的科学观察,是在不影响事件的情况下进行的。观察者不参与研究对象的活动,这样可以避免对研究对象的影响,可以保证研究的自然性与真实性。自然观察法也可以借助特殊的仪器进行观察和记录,这样能更准确、更深刻地获得感性知识。如要获取人在厨房里的行为,可以用摄像机把对象在厨房里的一切活动记录下来,然后,逐步对其进行分析和整理。

4. 模拟试验法

指运用各种技术和装置的模拟,对某些操作系统进行逼真的试验,可得到所需要的更符合实际的数据的一种方法,例如训练模拟器,各种具体模型、机械模型、计算机模拟等。在进行人一机一环境系统研究时常常采用这种方法,因为模拟器或模型通常比所模拟的真实系统价格便宜得多,如服装CAD比传统设计降低成本10%~30%。因此,这种仅用低廉成本即可获取符合实际研究效果的方法,得到了越来越多的应用。

5. 系统分析法

系统分析法体现了人体工程学将人一机一环境系统作为一个综合系统考虑的基本观点。它是在资

料研究法基础上进行的一种研究方法，通常包括作业环境的分析、作业空间的分析、作业方法的分析、作业组织的分析、作业负荷的分析、信息输入及输出的分析等。其中采用的方法有瞬间操作分析法、知觉与运动信息分析法、动作负荷分析法、频率分析法、相关分析法等。

1.4.3 人机工程学与工业设计

人机工程学主要为工业设计中考虑“人的因素”提供人体尺度参数；为工业设计中考虑“物”的功能合理性提供科学依据；为工业设计中考虑“环境因素”提供设计准则；为进行人一机—环境系统设计提供理论依据；为坚持以“人”为核心的设计思路提供工作程序。对于产品设计，人机工程学有非常广的使用范围。

[例 1] 自行车（见图 1.4-1）。



图 1.4-1 自行车

（图片引自：<http://cycling.lohudblogs.com/files/2009/04/aplandis096.jpg>）

在自行车设计的过程中，车辆尺寸的选择需要综合考虑人的舒适程度和骑行性能（加速性和操纵稳定性）。

人的身体在自行车上的位置直接影响到他的骑行。它影响蹬踏力量的传导效率，也影响到人的骑乘舒适程度。一个让人感觉更舒服的位置会使人拥有更多蹬踏能量。那么，人们应该如何决定身体所处的位置呢？

首先要知道“你打算用自行车来干什么？”，你骑行的目的是什么呢？一名场地自行车手根本就不会考虑他是否轻松舒适，在比赛中（整个过程也许不到 1min），他也许仅仅只需要坐上 5 ~ 10s。而一位长途旅行者也许每天要花上 5 ~ 12h 坐在他的坐垫上。比起选手的高速度，他可能更关心能否骑得舒服并享受沿途的风光。

这就涉及传统的公路自行车和山地自行车。而人的身体有 3 个部位和自行车直接接触，即手、臀部和脚。这 3 个部位在车上的相对位置就决定了人们在车上的舒适程度以及骑行的效率。有几个数值决定了这些位置的所在：曲柄的长度、五通中心到坐垫的距离、坐垫的角度、坐垫表面的材料、坐垫和车把之间的距离、坐垫和车把到地面的高度、车把的宽度及公路车把的下垂角度。