

工 业 设 计 系 列 教 材



普通高等教育“九五”部级重点教材

Industrial Design



丁玉兰 主编



普通高等工科教育机电类规划教材

人机工程学 (修订版)

北京理工大学出版社

普通高等工科教育机电类规划教材

人 机 工 程 学

(修订版)

丁玉兰 郭 钢 赵江洪 编著

北京理工大学出版社

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。主要包括：人机工程学概论，人体测量与数据应用，人的感知和运动输出，显示装置设计，操纵装置设计，工作台椅与手握工具设计，工业岗位与作业空间设计，事故分析与安全设计，作业环境的分析与评价，人机系统总体设计，典型的人机系统设计以及人机工程学应用范例。

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教材或选修课的教学参考书，还可以供相关专业硕士研究生、人机工程学方面的研究人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人机工程学/丁玉兰主编，—2版（修订版）．—北京：北京理工大学出版社，2000.2

普通高等教育“九五”部级重点教材

ISBN 7-81013-421-3

I. 人… II. 丁… III. 工效学-高等学校-教材 IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 21002 号

1000 / 10

责任印制：刘京凤 责任校对：郑兴玉

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话(010)68912824

各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

*

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 426 千字

2000 年 2 月第 2 版 2000 年 2 月第 6 次印刷

印数：15501—20500 册 定价：25.00 元

※图书印装有误，可随时与我社退换※

再版前言

本书是1991年8月出版的高等学校教材《人机工程学》的修订版。其第一版是工业设计专业“七五”规划的统编教材，从第一版的编写到修订版的出版，前后经历近十年，其间已进行过五次印刷，经过九年的反复使用。仅从时间上来看，第一版教材的修订已稍滞后于教学要求。

20世纪80年代末，人机工程学在国内尚属起步不久的新兴交叉学科。第一版《人机工程学》作为该学科的第一本全国统编教材，尽管在编写时力求反映该学科的研究成果，但因当时国内有关数据、标准尚少，加之缺少长时间教学实践，故在内容上有所欠缺。重新审视第一版教材内容，已不能反映该学科日益发展的水平，更不能满足日渐提高的教学要求。为此，有必要对第一版教材内容进行更新和充实。

在第一版教材出版后的九年中，国内人机工程学学科发展迅速，在理论、应用、规范、标准等方面成果丰硕。特别是标准方面，已从当年的10余项增加到40余项；同时在教学方面，开设此课程的院校和专业迅速增加，使用该教材的反馈信息不断增多，累积了许多教学经验和资料。因而有可能对第一版教材内容进行修订与充实。

经工业设计教学指导委员会专家推荐，机械工程学科教学指导委员会专家认定，将修订版《人机工程学》列为普通高等教育“九五”部级重点教材，这为第一版《人机工程学》的修订提供了极好的机会，促成了修订版《人机工程学》教材的早日出版。

本书的编写基本上保持了第一版的体系和特色，但在具体内容上作了较大的更新和充实，主要是对国内的人机工程学新标准作了较多的介绍，将许多引自国外的数据更新成国内数据；其次是对人机工程学在现代设计中的应用作了补充；最后还增加了应用范例分析，以帮助读者应用人机工程学理论和方法，去解决工业设计中的具体问题。此外，为便于不同层次和不同专业教学需要，方便教师选教和学生选学，在全书份量上略有增加。

本书内容共分十二章，第一至三章为基础理论；第四至十一章为设计原理与方法；第十二章为应用范例分析。全书内容和编排充分体现了先进性、系统性和实用性。

本书由同济大学丁玉兰主编；书稿的第一、二、三、六、七、八、九、十二章由丁玉兰撰写；第四、五章由重庆大学郭钢撰写；第十、十一章由湖南大学赵江洪撰写。因本书第一版编者沈文琪一直在国外工作，无条件参加修订，由工业设计教学指导委员会决定，沈文琪原撰写的部分由丁玉兰负责修订，望沈文琪同志谅解。

本书的第一版和修订版均由北京理工大学出版社出版，在两次出版过程中，得到出版社的大力支持和帮助，在此表示感谢。

限于编者水平，书中不妥和错误之处仍在所难免，诚请广大读者批评指教。

编者
1999年8月

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。它不仅在市场竞争中起决定性作用,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。在各院校的共同努力下,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GB 10000—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楠。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 述	(1)
§ 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	(2)
§ 1-3 人机工程学的研究内容与方法	(4)
§ 1-4 人机工程学体系及其应用领域	(9)
§ 1-5 人机工程学与工业设计	(12)
第二章 人体测量与数据应用	(15)
§ 2-1 人体测量的基本知识	(15)
§ 2-2 人体测量中的主要统计函数	(19)
§ 2-3 常用的人体测量数据	(22)
§ 2-4 人体各部分结构参数的计算	(30)
§ 2-5 人体测量数据的应用	(31)
§ 2-6 设计用人体模板	(39)
第三章 人体感知与运动输出	(44)
§ 3-1 感觉和知觉的特征	(44)
§ 3-2 视觉机能及其特征	(50)
§ 3-3 听觉机能及其特征	(56)
§ 3-4 其他感觉机能及其特征	(58)
§ 3-5 神经系统机能及其特征	(61)
§ 3-6 人的信息处理系统	(64)
§ 3-7 运动系统的机能及其特征	(69)
§ 3-8 人的运动输出	(75)
第四章 显示装置设计	(81)
§ 4-1 仪表显示设计	(81)
§ 4-2 信号显示设计	(91)
§ 4-3 荧光屏显示设计	(94)
§ 4-4 图形符号设计	(98)
§ 4-5 听觉传示设计	(101)
§ 4-6 显示装置设计与选择的人机工程学原则	(105)
第五章 操纵装置设计	(113)
§ 5-1 操纵装置的类型及特征分析	(113)
§ 5-2 旋转式操纵器设计	(115)
§ 5-3 移运式操纵器设计	(121)
§ 5-4 按压式操纵器设计	(124)
§ 5-5 脚动操纵器设计	(126)
§ 5-6 操纵装置设计与选择的人机工程学原则	(128)
§ 5-7 操纵与显示相合性设计	(131)
第六章 工作台椅与手握工具设计	(137)

§ 6-1 控制台设计	(137)
§ 6-2 办公台设计	(140)
§ 6-3 工作座椅设计主要依据	(142)
§ 6-4 工作座椅设计	(146)
§ 6-5 手握式工具设计	(151)
第七章 作业岗位与作业空间设计	(157)
§ 7-1 作业岗位的选择	(157)
§ 7-2 手工作业岗位设计	(158)
§ 7-3 视觉信息作业岗位设计	(161)
§ 7-4 作业空间的人体尺度	(164)
§ 7-5 作业面设计	(171)
§ 7-6 作业空间的布置	(172)
§ 7-7 作业空间设计的社会心理因素	(174)
§ 7-8 作业空间设计步骤	(176)
第八章 故事分析与安全设计	(179)
§ 8-1 事故成因分析	(179)
§ 8-2 典型的事故模型	(183)
§ 8-3 事故控制基本策略	(184)
§ 8-4 安全装置设计	(188)
§ 8-5 防护装置设计	(191)
§ 8-6 其他安全措施	(196)
第九章 作业环境的分析与评价	(199)
§ 9-1 概述	(199)
§ 9-2 热环境	(200)
§ 9-3 光环境	(208)
§ 9-4 声环境	(218)
§ 9-5 振动环境	(225)
§ 9-6 毒物环境	(230)
第十章 人机系统总体设计	(233)
§ 10-1 人机系统的概念	(233)
§ 10-2 人机系统总体设计程序	(238)
§ 10-3 人机系统总体设计方法	(243)
第十一章 典型人机系统设计	(251)
§ 11-1 人机工程学与机床	(251)
§ 11-2 仪表板的相似结构设计	(255)
§ 11-3 建筑环境人机工程	(259)
第十二章 人机工程学应用范例	(264)
§ 12-1 控制室设计中人机工程学分析	(264)
§ 12-2 作业方式设计中人机工程学分析	(269)
§ 12-3 商船床铺设计中人机工程学分析	(272)
§ 12-4 自行车设计中人机工程学分析	(275)
§ 12-5 作业岗位设计中人机工程学分析	(279)
主要参考文献	(282)

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,原苏联和日本都引用该词的音译,原苏联译为“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-机-环境系统工程、人体工程学、人类工效学、人类工程学、工程学心理学、宜人学、人的因素等。不同的名称,其研究重点略有差别。

由于本书力图从研究人-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,随着学科的不断发展,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很多,不一一介绍。

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、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》中对人机工程学给出了如下的定义,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已有 50 多年历史。在其形成与发展史中,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)在传统管理方法的基础上,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,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。

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,还必须要有生理学、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请解剖学家、生理学家和心理学家为设计操纵合理的武器出谋献策,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,通过严密计划设定的广泛实验性研究,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,以创造最适合于人操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、原西德、英国、法国、荷兰、美国、波兰、日本、澳大利亚等国家召开了十三次国际性学术会议,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。

本学科在国内起步虽晚,但发展迅速。解放前仅有少数人从事工程心理学的研究,到 60 年代初,也只有在中科院、中国军事科学院等少数单位从事本学科中个别问题的研究,而且其研究范围仅局限于国防和军事领域。但是,这些研究却为我国人机工程学的发展奠定了基础。十年动乱期间,本学科的研究曾一度停滞,直至 70 年代末才进入较快的发展时期。

随着我国科学技术的发展和对外开放,人们逐渐认识到人机工程学研究对经济发展的重要性。目前,该学科的研究和应用已扩展到工农业、交通运输、医疗卫生以及教育系统等国民经济的各个部门,由此也促进了本学科与工程技术和相关学科的交叉渗透,使人机工程学成为国内科坛上一门引人注目的边缘学科。在此情况下,我国已于 1989 年正式成立了本学科与 IEA 相应的国家一级学术组织——中国人类工效学学会(Chinese Ergonomics Society,简称 CES)。目前,该学术组织已成为 IEA 的会员国,无疑,这是我国人机工程学发展中又一个新的里程碑。

§ 1-3 人机工程学的研究内容与方法

一、学科的研究内容

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。例如;美国侧重工程和人际关系;法国侧重劳动生理学;前苏联注重工程心理学;保加利亚偏重人体测量;捷克、印度等则注重劳动卫生学。

虽然各国对本学科研究的侧重点不同,但纵观本学科在各国的发展过程,可以看出确定本学科研究内容有如下的一般规律。总的来说,工业化程度不高的国家往往是由人体测量、环境因素、作业强度和疲劳等方面着手研究,随着这些问题的解决,才转到感官知觉、运动特点、作业姿势等方面的研究,然后,再进一步转到操纵、显示设计、人机系统控制以及人机工程学原理在各种工业与工程设计中应用等方面的研究;最后则进入人机工程学的前沿领域,如人机关系、人与环境关系、人与生态、人的特性模型、人机系统的定量描述、人际关系、直至团体行为、组织行为等方面的研究。

虽然人机工程学的研究内容和应用范围极其广泛,但本学科的根本研究方向却是通过揭示人、机、环境之间相互关系的规律,以达到确保人-机-环境系统总体性能的最优化。就工业设计学科而言,也是围绕着人机工程的根本研究方向来确定具体的研究内容。对工业设计师来说,从事本学科研究的主要内容可概括为以下几个方面:

1. 人体特性的研究

主要研究对象是:在工业设计中与人体有关的问题。例如,人体形态特征参数、人的感知特性、人的反应特性以及人在劳动中的心理特征等。研究的目的是解决机械设备、工具、作业场所以及各种用具和用品的设计如何与人的生理、心理特点相适应,从而才有可能为使用者创造安全、舒适、健康、高效的工作条件。

2. 人机系统的总体设计

人机系统工作效能的高低首先取决于它的总体设计。也就是要在整体上使“机”与人体相适应。人机配合成功的基本原因是两者都有自己的特点,在系统中可以互补彼此的不足,如机器功率大、速度快、不会疲劳等,而人具有智慧、多方面的才能和很强的适应能力。如果注意在分工中取长补短,则两者的结合就会卓有成效。显然,系统基本设计问题是人与机器之间的分工以及人与机器之间如何有效地交流信息等问题。

3. 工作场所和信息传递装置的设计

工作场所设计的合理与否,将对人的工作效率产生直接的影响。工作场所设计一般包括:工作空间设计、座位设计、工作台或操纵台设计以及作业场所的总体布置等。这些设计都需要应用人体测量学和生物力学等知识和数据。研究作业场所设计的目的是保证物质环境适合于人体的特点,使人以无害于健康的姿势从事劳动,既能高效地完成工作,又感到舒适和不致过早产生疲劳。

人与机器以及环境之间的信息交流分为两个方面:显示器向人传递信息,控制器则接受人发出的信息。显示器研究包括视觉显示器、听觉显示器以及触觉显示器等各种类型显示器的设计,同时还要研究显示器的布置和组合等问题。控制器设计则要研究各种操纵装置的形状、大小、位置以及作用力等在人体解剖学、生物力学和心理学方面的问题,在设计时,还需考虑人的定向动作和习惯动作等。

4. 环境控制与安全保护设计

从广义上说,人机工程学所研究的效率,不仅是指所从事的工作在短期内有效地完成,而且是指在长期内不存在对健康有害的影响,并使事故危险性缩小到最低限度。从环境控制方

面应保证照明、微小气候、噪声和振动等常见作业环境条件适合操作人员的要求。

保护操作者免遭“因作业而引起的病痛、疾患、伤害或伤亡”也是设计者的基本任务。因而在设计阶段,安全防护装置就视为机械的一部分,应将防护装置直接接入机器内。此外,还应考虑在使用前操作者的安全培训,研究在使用中操作者的个体防护等。

根据有关专家对英、美等国家的人机工程学研究所作的考察资料,可把近期内国外人机工程学研究的方向归纳如下:

①工作负荷研究,包括体力活动、智力活动、工作紧张等因素引起的生理负荷和心理负荷;

②工作环境研究,包括高空、深水、地下、加速、高温、低温和辐射等异常工作环境条件下的生理效应,以及一般工作与生活中振动、噪音、空气、照明等因素的人机工程学研究;

③工作场地、工作空间、工具装备的人机工程学研究;

④信息显示的人机工程学问题,特别是计算机终端显示中人的因素研究;

⑤计算机设计与使用的人机工程学研究;

⑥安全管理的人机工程学研究;

⑦工作成效的测量与评定;

⑧机器人设计的智能模拟等。

二、学科的研究方法

人机工程学的研究广泛采用了人体科学和生物科学等相关学科的研究方法及手段,也采取了系统工程、控制理论、统计学等其它学科的一些研究方法,而且本学科的研究也建立了一些独特的新方法,以探讨人、机、环境要素间复杂的关系问题。这些方法中包括: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;进行模型实验或用电子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成有关理论。

目前常用的研究方法有:

1. 观察法

为了研究系统中人和机的工作状态,常采用各种各样的观察方法,如工人操作动作的分析、功能分析和工艺流程分析等大都采用观察法。

2. 实测法

是一种借助于仪器设备进行实际测量的方法。例如,对人体静态与动态参数的测量,对人体生理参数的测量或者是对系统参数、作业环境参数的测量等。图 1-1 是用实测法研究人的生理、心理学能力测量装置框图。

3. 实验法

它是当实测法受到限制时采用的一种研究方法,一般是在实验室进行,但也可以在作业现场进行。例如,为了获得人对各种不同显示仪表的认读速度和差错率的数据时,一般在实验室进行。如需了解色彩环境对人的心理、生理和工作效率的影响时,由于需要进行长时间

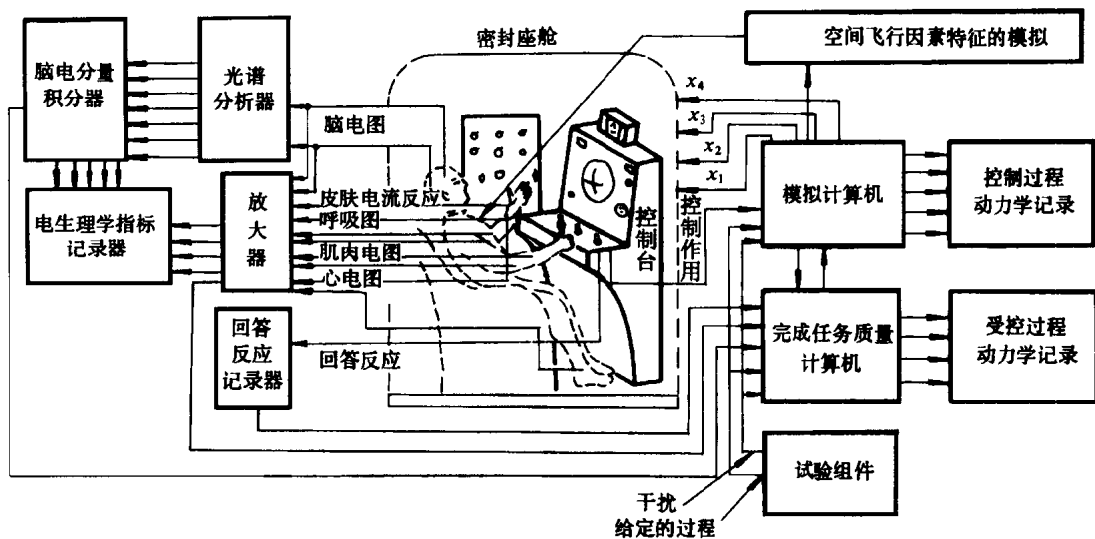


图 1-1 研究宇航员生理、心理能力测量装置框图

和多人次的观测，才能获得比较真实的数据，通常是在作业现场进行实验。图 1-2 是研究驾驶员眼动规律的实验装置。

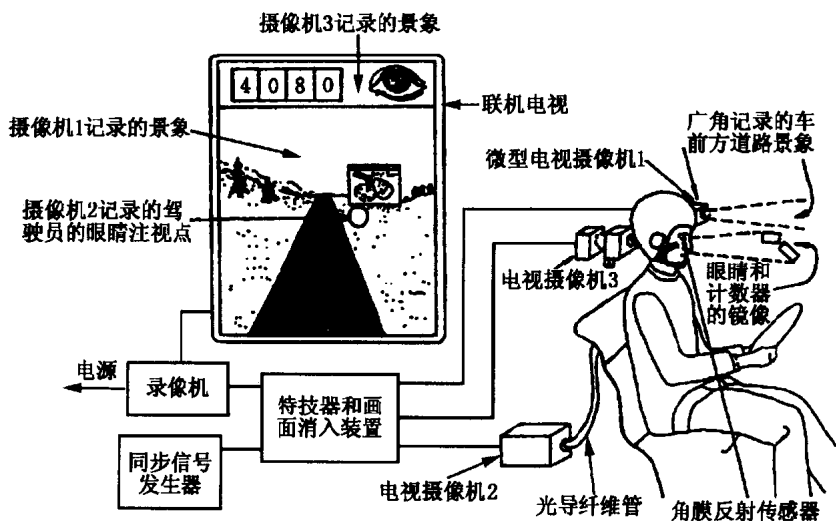


图 1-2 驾驶员眼动规律实验装置

4. 模拟和模型试验法

由于机器系统一般比较复杂，因而在进行人机系统研究时常采用模拟的方法。模拟方法包括各种技术和装置的模拟，如操作训练模拟器、机械的模型以及各种人体模型等。通过这类模拟方法可以对某些操作系统进行逼真的试验，可以得到从实验室研究外推所需的更符合实际的数据。图 1-3 为应用模拟和模型试验法研究人机系统特性的典型实例。因为模拟器或模型通常比它所模拟的真实系统价格便宜得多，但又可以进行符合实际的研究，所以获得较多的应用。

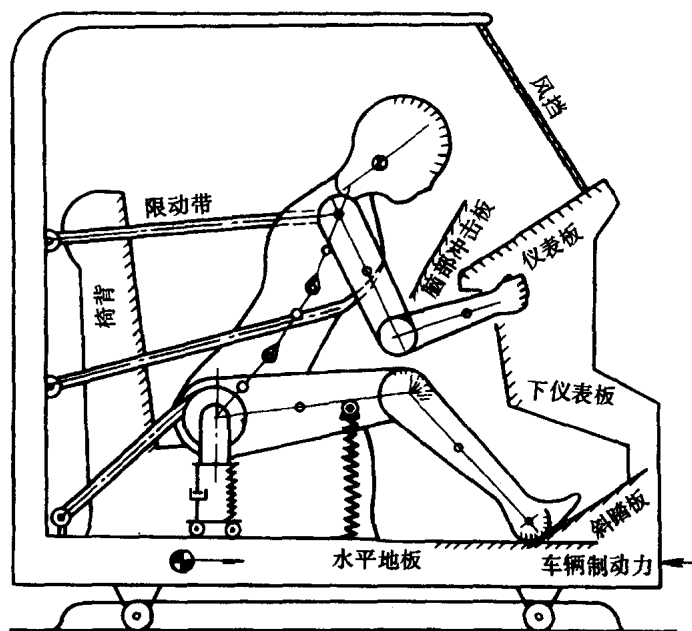


图 1-3 研究车辆碰撞的人机系统的模拟与模型

5. 计算机数值仿真法

由于人机系统中的操作者是具有主观意志的生命体，用传统的物理模拟和模型方法研究人机系统，往往不能完全反映系统中生命体的特征，其结果与实际相比必有一定误差。另外，随着现代人机系统越来越复杂，采用物理模拟和模型方法研究复杂人机系统，不仅成本高、周期长，而且模拟和模型装置一经定型，就很难作修改变动。为此，一些更为理想而有效的方法逐渐被研究创建并得以推广，其中的计算机数值仿真法已成为人机工程学研究的一种现代方法。

数值仿真是在计算机上利用系统的数学模型进行仿真性实验研究。研究者可对尚处于设计阶段的未来系统进行仿真，并就系统中的人、机、环境三要素的功能特点及其相互间的协调性进行分析，从而预知所设计产品的性能，并进行改进设计。应用数值仿真研究，能大大缩短设计周期，并降低成本。图 1-4 是人体动作分析仿真图形输出。

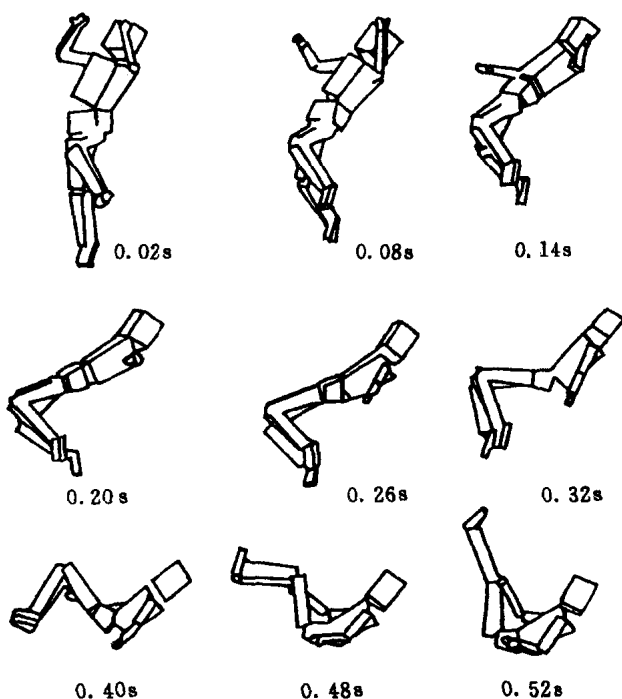


图 1-4 人体动作分析仿真图形输出

6. 分析法

分析法是在上述各种方法中获得了一定的资料和数据后采用的一种研究方法。目前,人机工程学研究常采用如下几种分析法:

(1) 瞬间操作分析法 生产过程一般是连续的,人和机械之间的信息传递也是连续的。但要分析这种连续传递的信息很困难,因而只能用间歇性的分析测定法,即采用统计学中的随机取样法,对操作者和机械之间在每一间隔时刻的信息进行测定后,再用统计推理的方法加以整理,从而获得研究人-机-环境系统的有益资料。

(2) 知觉与运动信息分析法 由于外界给人的信息,首先由感知器官传到神经中枢,经大脑处理后,产生反应信号再传递给肢体以对机械进行操作,被操作的机械状态又将信息反馈给操作者,从而形成一种反馈系统。知觉与运动信息分析法,就是对此反馈系统进行测定分析,然后用信息传递理论来阐明人-机间信息传递的数量关系。

(3) 动作负荷分析法 在规定操作所必须的最小间隔时间的条件下,采用电子计算机技术来分析操作者连续操作的情况,从而可推算操作者工作的负荷程度。另外,对操作者在单位时间内工作负荷进行分析,也可以获得用单位时间的作业负荷率来表示操作者的全工作负荷。

(4) 频率分析法 对人机系统中的机械系统使用频率和操作者的操作动作频率进行测定分析,其结果可以获得作为调整操作人员负荷参数的依据。

(5) 危象分析法 对事故或近似事故的危象进行分析,特别有助于识别容易诱发错误的情况,同时,也能方便地查找出系统中存在的而又需用较复杂的研究方法才能发现的问题。

(6) 相关分析法 在分析方法中,常常要研究两种变量,即自变量和因变量。用相关分析法能够确定两个以上的变量之间是否存在统计关系。利用变量之间的统计关系可以对变量进行描述和预测,或者从中找出合乎规律的东西。例如,对人的身高和体重进行相关分析,便可以用身高参数来描述人的体重。由于统计学的发展和计算机的应用,使相关分析法成为人机工程学研究的一种常用的方法。

7. 调查研究法

目前,人机工程学专家还采用各种调查研究方法来抽样分析操作者或使用者的意见和建议。这种方法包括简单的访问、专门调查、直至非常精细的评分、心理和生理学分析判断以及间接意见与建议分析等。

§ 1-4 人机工程学体系及其应用领域

人机工程学虽然是一门综合性的边缘学科,但它有着自身的理论体系,同时又从许多基础学科中吸取了丰富的理论知识和研究手段,使它具有现代交叉学科的特点。

一、学科的体系

该学科的根本目的是通过揭示人、机、环境三要素之间相互关系的规律,从而确保人-机-环境系统总体性能的最优化。从其研究目的来看,就充分体现了本学科主要是“人体科学”、“技术科学”和“环境科学”之间的有机融合。更确切地说,本学科实际上是人体科学、环境科学不断向工程科学渗透和交叉的产物。它是以人体科学中的人体解剖学、劳动生理学、人