

21世纪高等院校
艺术设计专业“十二五”规划教材

◎ 顾 问 鲁晓波 蒋啸镝
◎ 丛书主编 张夫也 孙建君

人体工程学(第二版)

Human Engineering

主编 张建平 吴展齐

21世纪高等院校
艺术设计专业“十二五”规划教材

◎ 顾 问 鲁晓波 蒋啸镝

◎ 丛书主编 张夫也 孙建君

人体工程学(第二版)

Human Engineering

主 编 张建平 吴展齐

副主编 苗 蕊 裴立波 李 岩 石莉莉

朱晓华 李晔凌 张 晓

参 编 孟 勔 李 冬

内 容 提 要

本书以人体工程学的定义、形成与发展为起点,由浅入深地讲解了人体工程学的研究内容及方法、与其他学科的联系、在设计中的作用以及人体测量及人体尺寸的运用;系统地阐述了人体工程学所依据的人的生理、心理与行为特征和环境因素,人机界面与交互设计,工作台、椅与手握式工具设计,作业中的动作、岗位和空间设计,人机系统总体设计等相关知识,并介绍了人体工程学在产品、环境空间设计和服装设计中的应用。

本书既可作为高等院校设计学相关专业的教材,也可作为高职高专院校及各类相关培训机构的教材和相关人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

人体工程学/张建平,吴展齐主编.—2版.—南京:
南京大学出版社,2014.7
21世纪高等院校艺术设计专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-305-13511-8

I.①人… II.①张…②吴… III.①工效学—高等
学校—教材 IV.①TB18

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第137698号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路22号 邮 编 210093
出 版 人 金鑫荣

丛 书 名 21世纪高等院校艺术设计专业“十二五”规划教材
书 名 人体工程学(第二版)
主 编 张建平 吴展齐
责任编辑 许斌成 编辑热线 010-82893902
审读编辑 蒋 莉

照 排 广通图文设计中心
印 刷 北京紫瑞利印刷有限公司
开 本 889×1194 1/16 印张 15 字数 492千
版 次 2014年7月第2版 2014年7月第1次印刷
ISBN 978-7-305-13511-8
定 价 42.00元

网址: <http://www.njupco.com>
官方微博: <http://weibo.com/njupco>
官方微信号: njupress
销售咨询热线: (025) 83594756

* 版权所有,侵权必究
* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换



21世纪高等院校艺术设计专业“十二五”规划教材

顾问

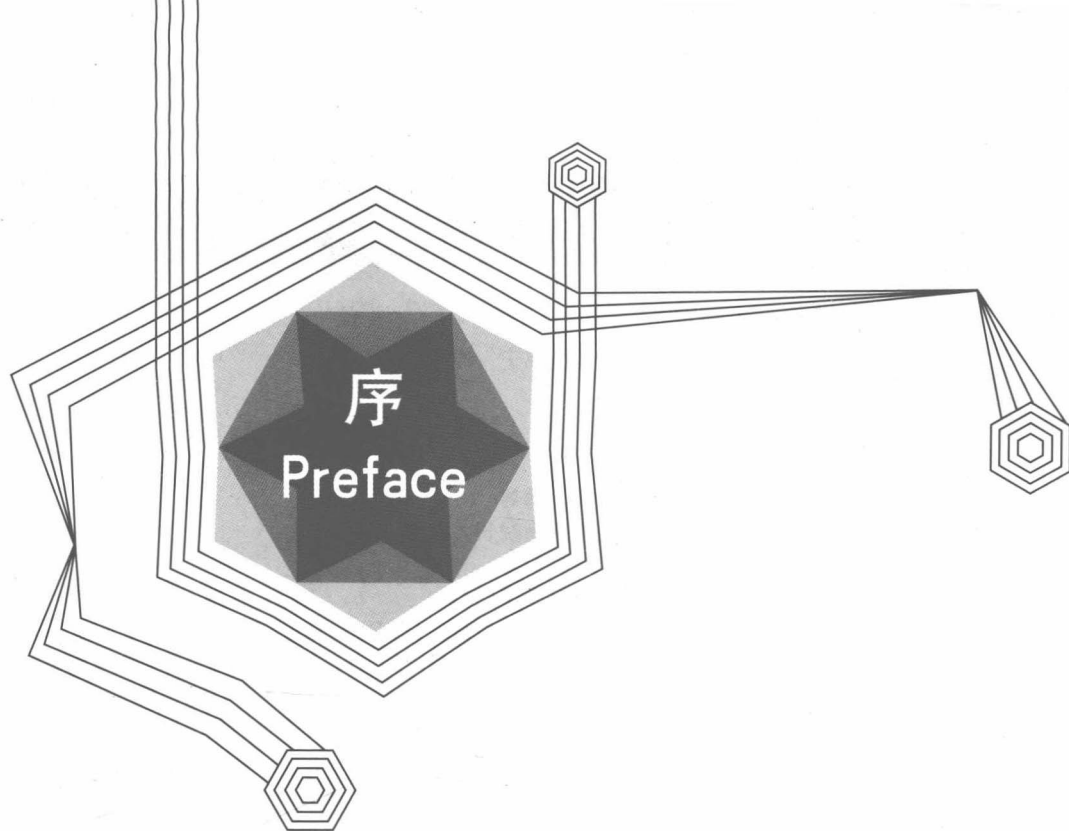
鲁晓波 清华大学美术学院党委副书记, 教授, 博导
蒋啸镝 湖南师范大学教授

丛书主编

张夫也 清华大学美术学院教授, 博导
孙建君 中国艺术研究院研究生院副院长, 教授, 博导

专家指导委员会名单 (按姓氏拼音排序)

陈劲松	云南艺术学院设计学院院长, 教授
戴 端	中南大学艺术学院副院长, 教授
丁 峰	徐州师范大学美术学院副院长, 副教授
杜旭光	河南师范大学美术学院副院长, 教授
高俊峰	河北科技大学艺术学院院长, 教授
谷 林	齐鲁工业大学艺术学院, 教授
关 涛	沈阳理工大学艺术设计学院副院长, 教授
郭立群	武汉工程大学艺术与 design 学院副院长, 教授
郭线庐	西安美术学院院长, 教授
何人可	湖南大学设计艺术学院院长, 教授, 博导
贺万里	扬州大学艺术学院副院长, 教授
胡玉康	陕西师范大学美术学院院长, 教授
黄兴国	河北师范大学艺术设计学院副院长, 教授
金雅庆	吉林建筑工程学院艺术设计学院副院长, 副教授
荆 雷	山东艺术学院设计学院副院长, 教授
李 兵	绵阳师范学院美术与艺术设计学院副院长, 教授
李 杰	中国传媒大学教授, 导演
李 林	淮海工学院艺术学院院长, 副教授
林 木	四川师范大学美术学院院长, 教授
刘彩军	山西大学美术学院副院长, 副教授
刘东升	烟台南山学院艺术学院院长, 副教授
刘同亮	徐州工程学院艺术学院副院长
马 刚	兰州商学院艺术学院院长, 教授
潘 力	大连工业大学服装学院副院长, 教授
舒 平	河北工业大学建筑与艺术设计学院副院长, 教授
涂 伟	武汉科技大学艺术与 design 学院院长, 教授
万 萱	西南交通大学艺术与传播学院院长助理, 教授
王承昊	南京晓庄学院美术学院院长, 副教授
王健荣	湖南师范大学美术学院教授
吴余青	湖南师范大学美术学院教授
谢 芳	湖南师范大学美术学院教授
徐伯初	西南交通大学艺术与传播学院副院长, 教授, 博导
徐青青	西安工程大学艺术工程学院院长, 教授
许 亮	四川美术学院设计艺术学院副院长, 教授
许世虎	重庆大学艺术学院院长, 教授
杨贤艺	长江师范学院美术学院副院长, 教授
姚 远	燕山大学艺术与 design 学院副院长, 副教授
袁恩培	重庆大学艺术学院教授
詹秦川	陕西科技大学设计与艺术学院院长, 教授
张健伟	河南师范大学美术学院院长, 教授
张文川	河北大学艺术学院副院长, 教授

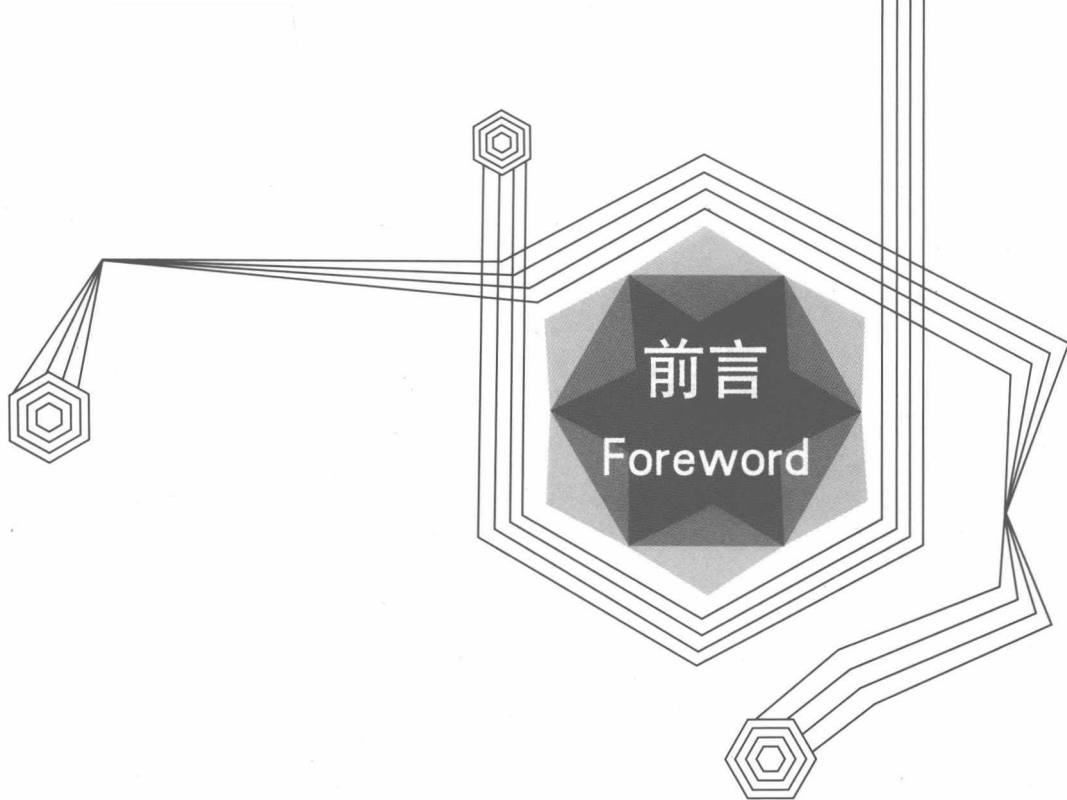


设计学是一门实践性强的交叉学科，在其学科体系中，人体工程学具有举足轻重的地位。人体工程学研究的是不同作业中人、机器及环境三者间的协调问题，涉及心理学、生理学、医学、人体测量学、美学和工程技术等多个领域，其研究目的是为了指导工作器具、工作方式、工作环境的设计和改造，使人高效、安全、健康、舒适地从事各项活动。人体工程学从不同的学科、领域发源，又面向更广阔的领域。人一机—环境问题已成为人类生产和生活中普遍存在的问题。如今，“以人为本”已成为设计创新的前提，人体工程学在设计学领域的应用显得尤为重要。

我国对人体工程学的研究起步较晚，但发展迅速。改革开放以来，随着国内外经济、文化交流合作的日益广泛和深入，企业和教育机构对艺术设计的重视程度也逐步提高，艺术设计类专业大多开设了人体工程学课程。为了满足艺术设计教学发展的需要，齐齐哈尔大学张建平教授等结合多年从事产品设计和环境艺术设计等专业教学的经验，广泛借鉴国内外先进的教学方法，有针对性地对相关知识进行了理性筹划和有序整合，编写了本书。

本书具有系统性、知识性和适用性，在同类教材中颇具特色。希望本书能够得到设计专业师生的认可，对我国的设计教育有所贡献。

北京理工大学教授
中国工业设计协会常务理事



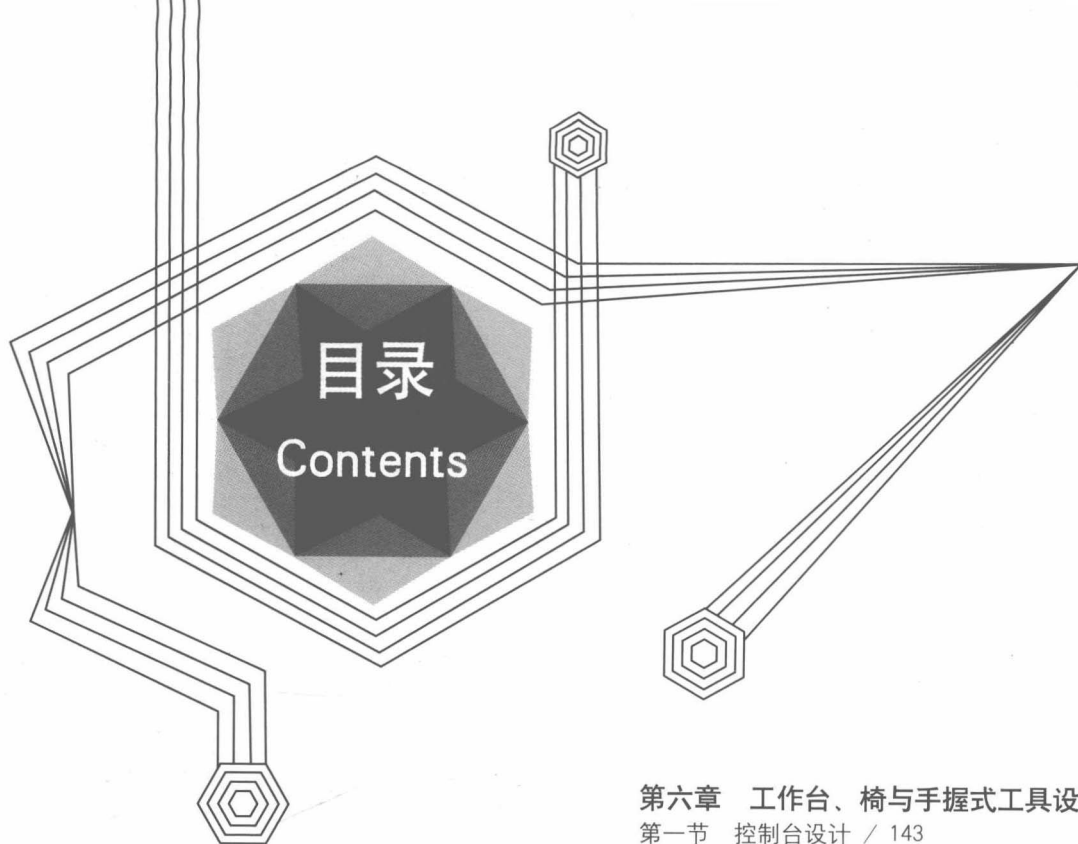
人类自觉地采用科学的方法，系统地研究人机关系已有百余年的历史。人体工程学是这样一门研究人、器物及环境之间相互关系，寻求人一机—环境系统整体协调发展的新兴综合性边缘学科。这一独立的学科虽然只有50多年的历史，但是已取得了斐然的成就，带来了器物设计和环境设计的变革。随着科技的进步和时代的发展，人体工程学的研究内容和范围也在不断拓展，在不同领域中呈现出崭新的面貌。为了适应人体工程学教育教学的需求，更新人体工程学的教学内容与理论知识，促进学生对相关理论的理解，提高实践操作能力，我们有针对性地编写了本书。

本书共分十一章，在内容的编排上既注重相关理论的层次性，又注重设计实践的应用性，循序渐进、由浅入深地进行理论阐述和实践指导，有利于学生对相关理论的深入理解。本书力图从多学科应用的角度为设计师和学习者提供人体工程学的基础理论及实践指导，因此对基础、理论知识从宏观角度来阐述，而在应用部分则侧重具体的实例和案例分析。

本书在编写过程中得到了编者所在学校相关部门及领导的帮助，在此深表谢意，同时感谢出版社给予的支持、理解与配合。本书在编写过程中参考了一些专家的著述和相关网站的图片，在此向相关资料的作者表示感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者



第一章 概述 / 001

- 第一节 人体工程学的命名及定义 / 002
- 第二节 人体工程学的形成与发展 / 002
- 第三节 人体工程学的研究内容及方法 / 006
- 第四节 人体工程学与其他学科的联系 / 009
- 第五节 人体工程学在设计中的作用 / 011

第二章 人体测量及人体尺寸的运用 / 017

- 第一节 人体测量与数据统计 / 017
- 第二节 常用人体尺寸参数 / 022
- 第三节 人体测量数据的应用 / 032

第三章 人的生理、心理及行为特征 / 050

- 第一节 人体感知与运动特征 / 050
- 第二节 人的心理与行为特征 / 074

第四章 人与环境 / 080

- 第一节 人与环境的关系概述 / 080
- 第二节 人与热环境 / 084
- 第三节 人的视觉与光环境 / 090
- 第四节 人的听觉与声环境 / 097
- 第五节 人的肤觉与振动环境 / 101
- 第六节 人与毒物环境 / 104

第五章 人机界面与交互设计 / 106

- 第一节 人机界面概述 / 106
- 第二节 视觉信息显示设计 / 107
- 第三节 听觉信息传达设计 / 131
- 第四节 操纵装置设计 / 134

第六章 工作台、椅与手握式工具设计 / 143

- 第一节 控制台设计 / 143
- 第二节 办公台设计 / 150
- 第三节 工作座椅设计 / 151
- 第四节 手握式工具设计 / 158

第七章 作业中的动作、岗位和空间设计 / 162

- 第一节 作业姿势与动作设计 / 162
- 第二节 作业岗位与空间设计 / 170

第八章 人机系统总体设计 / 183

- 第一节 人机系统总体设计的目标和原则 / 183
- 第二节 人机系统总体设计的程序和要点 / 188
- 第三节 人机系统总体设计的评价 / 192

第九章 人体工程学在产品中的应用 / 195

- 第一节 人体工程学在数控机床设计中的应用 / 195
- 第二节 人体工程学在手持式电子产品设计中的应用 / 200
- 第三节 人体工程学在汽车设计中的应用 / 201

第十章 人体工程学在环境空间设计中的应用 / 206

- 第一节 人体工程学在家居空间设计中的应用 / 206
- 第二节 人体工程学在公共空间设计中的应用 / 218
- 第三节 人体工程学在景观设施设计中的应用 / 223

第十一章 人体工程学在服装设计中的应用 / 228

- 第一节 职业女性铅笔裤实践案例 / 229
- 第二节 X型断腰小西装套裙实践案例 / 230
- 第三节 盖肩袖式旗袍实践案例 / 231

参考文献 / 234

第一章

本章知识点

- 人体工程学的命名及与其他学科的联系；
- 人体工程学的应用价值。

学习目标

- 了解人体工程学的形成与发展；
- 了解人体工程学的应用领域；
- 掌握人体工程学研究的内容和方法。

人体工程学是一门新兴的综合性边缘学科，与设计一样，研究的都是人、器物及环境之间的关系。现如今的设计受到技术、人、市场和审美四个因素的影响，设计是否人性化、是否以人为中心决定着一个产品是否易用和好用。

第一节 人体工程学的命名及定义

一、人体工程学的命名

人体工程学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、技术标准和规范,从而形成了一门研究内容和应用范围都极为广泛的综合性边缘学科。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。

例如,北美多将其称为人体工程学(Human Engineering)、人因工程学(Human Factors Engineering),西欧国家称为人类工效学(Ergonomics),俄罗斯称工程心理学(Engineering Psychology),日本则称人间工学。

“Ergonomics”一词是由希腊词根“ergon”(工作、劳动)和“nomos”(规律、规则)复合而成,本义为人的劳动规律。由于该词能够较全面地反映本学科的本质,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”一词命名该学科。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和研究内容的不断增多,其名称和定义还会发生变化。人体工程学常见的名称还有人—机—环境系统工程、人机工程学、人类工效学、人类工程学、工程心理学、宜人学等。不同的名称,其研究重点略有差别。由于本书力图从多学科应用的角度为设计师和学习者提供有关这一边缘学科的基础理论及应用,因而主要采用人体工程学这一较为通用的学科名称,但仍适用并在特定情况下采用人机工程学、人因工程学、人—机—环境系统工程等名称。

二、人体工程学的定义

目前,国际人类工效学学会(International Ergonomics Association,简称IEA)为人体工程学所下的定义是最有权威、最全面的,即: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。

因此可以认为,人体工程学是按照人的特性来设计和优化人—机—环境系统的科学,主要目的是使人能安全、健康、舒适和有效地进行各项活动。其中,系统的安全可靠,特别是人的安全与健康是首先要考虑的问题。

第二节 人体工程学的形成与发展

自有人类社会以来,人们的生活就离不开器物和环境,让器物和环境适合人的生理、心理条件是人类自发的思维倾向和本能的行为方式。因此,从一开始有了人,也就有了最原始的人机关系——人和器物的关系。

古代虽然没有系统的人体工程学研究方法,但从人类所创造的各种器具形状的发展变化来看,是符合人体工程学原理的。

旧石器时代所制造的狩猎工具,其体积和重量符合当时人类的体能要求,在造型上大部分都是直线状(图1-1)。

新石器时代,人类通过磨制等方式所制造的石铲、锄头、铲刀及石磨等工具,在体积和形状上更适合人类的使用要求(图1-2);青铜器时代以后,人类创造工具的水平更是大大向前发展。

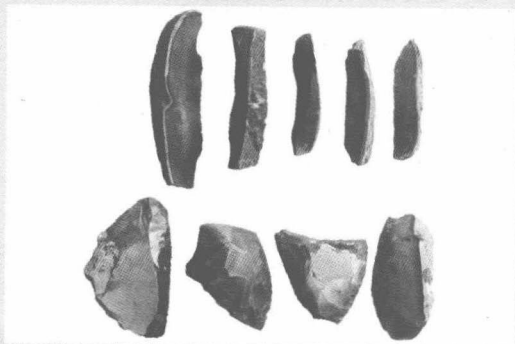


图1-1 以色列Qesem洞穴中旧石器时代的工具

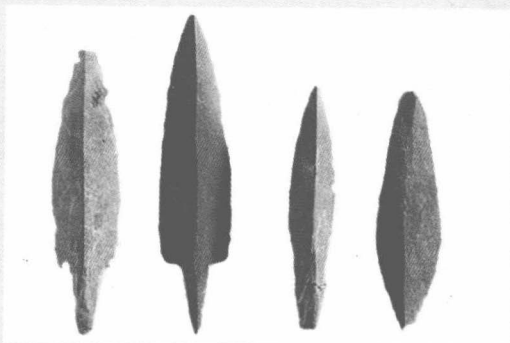


图1-2 新石器时代良渚文化的磨制石铲

我国古代的指南车（图1-3）是最早的自动控制系统，有一套比较复杂的齿轮传动机构。它的设计不但需要有力学的知识，还需要懂得“反馈”这个道理，其设计原理与现代人体工程学反馈原理一致，说明当时人们对人机系统的处理已具有一定的水准。

人体工程学既然研究器物、环境与人的协调关系问题，那么掌握人的生理、心理等各种因素就是进行其相关研究的基础。这些因素包括人体形态尺寸、体力体能、感知与反应、思维与情绪等，其中对人体形态尺寸进行的历史最早，这主要是源于古代在建筑方面的需要。

公元前1世纪罗马建筑师维特鲁威（Vitruvian）在谈到希腊神庙的设计时说道：“他们搜集了人体各部位的比例尺寸，这些尺寸是建筑设计必需的，如手指、手掌、足、肘部尺寸等。”维特鲁威从建筑的需要进行研究，对人体各部位尺寸进行了较完整的描述。后来到文艺复兴时期，著名意大利艺术家、工程师列奥纳多·达·芬奇（Leonardo da Vinci, 1452—1519）依据维特鲁威的描述创作了著名的人体比例图（图1-4）；19世纪中叶又有人绘出了维特鲁威标准男人的设想图。这些研究在建筑史、文化史上受到后世的推崇，并与现代人体工程学遥相呼应。但在以后的漫长岁月中，人体尺寸的测量研究却着重于其美学意义和艺术

的需要。直至1835年，由比利时学者奎特莱特（Quitlet）首次提出了“人体测量”这个概念，并于1870年出版《人体测量学》一书，才正式奠定了科学人体测量的基础。此后几十年里虽积累了大量人体测量数据，推动了人类分类学、生理学等学科的发展，但其应用领域仍不属于人机学的范围。

虽然人类在器物和环境上自然地采用近似现代人体学理论的方法有着悠久的历史，但是人类自觉地采用科学的方法、系统地研究人机关系仅有百余年，特别是人体工程学作为一门独立的学科只有50多年的历史。

一、经验人体工程学阶段

工业革命以后，随着工业技术的进步，人类制造出了速度更快、力量更强大的机器。沉醉于技术进步的人们并未充分意识到机器与人（操作者、使用者）互相协调的重要性，更不了解怎样才能协调，致使部分机器成了难以驾驭的顽物。

幽默电影艺术大师卓别林（Charlie Chaplin, 1889—1977）在电影《摩登时代》里有一段令人难忘的表演：流水作业线上，工人忙着为传送带上不断传过来的机器拧螺丝钉，拼命努力才能勉强跟上机器的速度，导致整天极度紧张，下班以后，全身肌肉还止不住不断重复那机械刻板的动作（图1-5）。

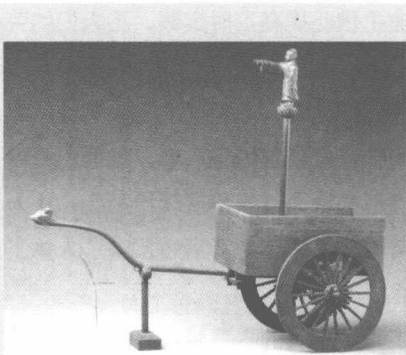


图1-3 指南车

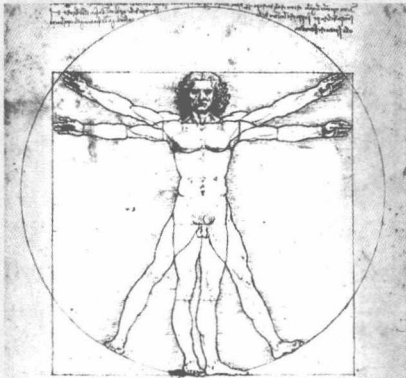


图1-4 达·芬奇的人体比例图

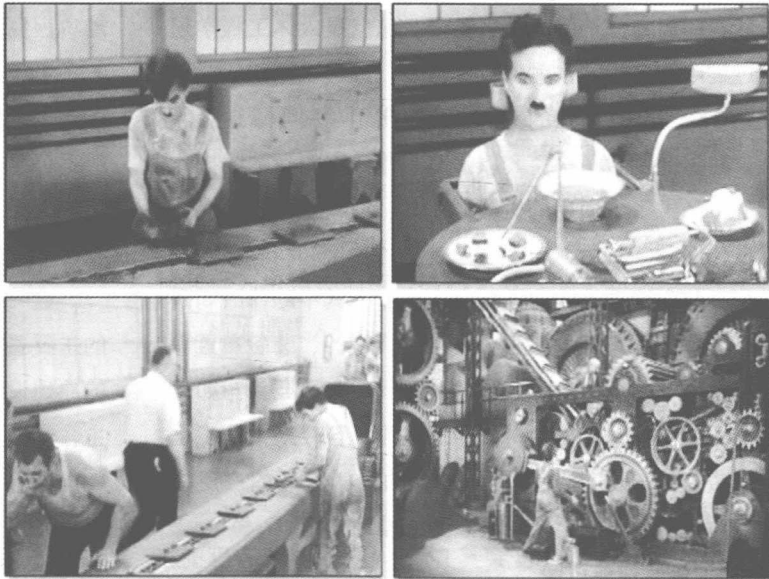


图1-5 电影《摩登时代》中的镜头

机器与人的不协调不仅有损工人身心健康,也不利于生产效率、工作效率的提高,因此包括企业雇主、管理者、工程师在内的全体社会成员开始逐渐关注这个问题。19世纪末20世纪初,人们开始对所提出的问题进行经验人体工程学的科学研究,随后于20世纪初开始了直接以改善器物设计为目的的大规模人体测量研究。例如,1919年美国进行了10万名退伍军人的多项人体尺寸测量,为军服的设计制作提供依据,于是出现了美国工程师泰勒等人进行的种种研究。这一时期比较有影响力的研究工作有如下几项:

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研究。当人作业时,将人体通以微电流,随着人体疲劳程度的不同,电流也随之变化,然后再用电信号将人体的疲劳程度测量出来。这一研究为后来形成的“劳动科学”学科打下了基础。

2. 铁锹作业试验

1898年,美国学者F.W.泰勒(Frederick Winslow Taylor, 1856—1915)从人体工程学的角度出发,对铁锹的使用效率进行了研究。他用形状相同而铲量不同的四种铁锹(每次可铲重量分别为5公斤、10公斤、17公斤和30公斤)去铲同样一堆煤,虽然17公斤和30公斤的铁锹每次铲量比较大,但试验结果表明,用10公斤的铁锹每次铲量比较大,但试验结果表明,用10公斤的铁锹铲煤效率最高。他进行了许多试验,终于找出了铁锹的最佳设计和搬运煤屑、铁屑、砂子、铁矿石等松散粒状材料时每一铲的最适当重量。这就是人体工程学建立过程中著名的“铁锹作业试验”。经过长期的研究,泰勒在传统管理方法的基础上,提出了“科学管理”原理,并据此制定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。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体工程学研究仍有一定借鉴意义。泰勒的科学管理的广泛应用,对美国当时的经济发展起到了推动作用。

3. 砌砖作业试验

1911年,F.B.吉尔布雷斯(Frank Bunker Gilbreth, 1868—1924)对美国建筑公司工人的砌砖作业进行了试验。他用快速摄影机将工人的砌砖动作拍摄

下来,对动作过程进行分析研究,去掉无效动作,提高有效动作的效率,使工人的砌砖速度由当时的每小时120块提高到350块。他曾提出:最大的效率来源于工具、材料和方法的改革,应使人的能力得到充分发挥。

F.W.泰勒和F.B.吉尔布雷斯的这些研究试验影响很大,后来成为人体工程学的重要分支,国外称为“时间与动作的研究”(Time and Motion Study),并被誉为人体工程学发展史上的第一个里程碑。特别是F.W.泰勒的研究成果,在20世纪初成为美国及西欧一些国家为了提高劳动生产率而推行的“泰勒制”。

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,是经验人体工程学的发展阶段。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;制定培训方案,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。虽然这些研究部分地包含人机互相协调的内容,可以认为和现代人机学有着渊源,但是它们的主要目的是提高生产效率或工作效率。无论是寻找更适宜的操作工具,还是研究最佳最省力的操作方法,都是为了能干得快、干得多。研究的结果更多的不是让机器适应人,而是要人去适应机器。当他们的研究成果被生产企业采用并在社会上推广以后,情况远不像研究者希望的那样——“能使雇主和劳工双双获利”,而是导致企业主借此提高工时定额,工人们的劳动负担倒比以前加重了。企业主发财,劳工们遭殃,激起了工人的强烈不满,反压迫、反剥削的工人运动风起云涌。卓别林深切同情社会底层的工人们,把他们受到的不公平待遇鲜明而形象地通过银幕展现给社会,让人们在大笑之后回味无穷,其影片的背后也反映了人体工程学发展的曲折历程。

这一时期人体工程学发展的主要特点是: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,使人适应机器。

经验人体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体工程学所面临的问题进行科学的研究,并促使其向科学人体工程学阶段过渡。

二、科学人体工程学阶段

第二次世界大战期间,各国大力发展效能高、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,设计不符合人的生理和心理特点,忽视了其中“人的因素”,因而由于操作失误而导致失败的例子屡见不鲜。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,人们逐渐认识到,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”在设计中是不能被忽视的一个重要条件,从而把人机匹配的研究方向从过去的由人适应机器转向了使机器适应于人的研究。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,美、英两国开展了空、海军人体测量研究,并于1946年提出了研究报告《航空部队人体尺寸和人员装备》等。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教解剖学家、生理学家和心理学家为设计操纵合理的武器出谋献策,并收到了良好的效果。军事领域中对“人的因素”的研究和重视,使科学人体工程学应运而生。

第二次世界大战以后诞生的人体工程学,其初期的理论原则是让机器要适合人的(各方面的)因素,泰勒等人的研究在此之前并未体现这个理论原则,所以当时机器与人不相适应的问题在产业部门和军事部门都还继续存在。如第二次世界大战期间,德国还制造了800mm口径的K(E) DORA远程大炮,炮弹重达4.8吨,射程46千米,需250名士兵协同操作,实际上很难在实战中发挥预期效能。

由于人体工程学里所说的“器物设计”是广义的,泛指一切军用和民用工业产品、公共设施的设计,还包括工作与生活的室内外环境设计,因此除了人体形态尺寸以外,还与其他生理、心理方面多种“人的因素”有关。

科学人体工程学一直延续到20世纪50年代末。在其发展的后一阶段,由于战争的结束,人体工程学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,人体工程学的研究课题已超出了心理学的研究范畴,许多生理学家、工程技术专家都投身到该学科的研究,从而使其名称也有所变化,大多称为“工程心理学”。各国纷纷成立有关人体工程学研究学术团体或学会,大力开展学术交流。因此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、现代人体工程学阶段

20世纪四五十年代,人体工程学研究深度和广度有了很大的发展。其中美国的人体工程研究机构主要设置在海、陆、空三军中,经费充裕,长期对人的因素进行测试,发表的研究成果和数据资料最为丰富。所以,人体工程学在美国也被称为“人的因素”或“人因工程”。测试与研究的内容除了静态与动态人体尺寸外,还有手足施力与运动特性、人的视觉与听觉特性、人的感知与认知特性、人的信息传递过程、人对环境因素(温度、湿度、照度、色彩、加速度和振动等)的感受与耐受度、人的自发行为倾向、疲劳问题等。到了20世纪60年代,欧美各国进入了大规模的经济快速发展时期。与此同时,由于科学技术的进步,人体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、系统论和人机科学等学科中新理论的建立,在人体工程学中应用“新三论”来进行人机系统的研究应运而生。所有这一切,不仅给人体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,从而促使其进入了系统的研究阶段。从20世纪60年代至今,可以称为现代人体工程学发展阶段。

随着人体工程学所涉及的研究范围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,现代人体工程学的发展有三个特点:

(1) 不同于传统人体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,现代人体工程学着

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。

现代人体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。

人体工程学迅速发展,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年在斯德哥尔摩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体工程学的发展起到了重大作用。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13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,从而有力地推动了本学科向纵深不断发展。

人体工程学在我国起步较晚,但发展迅速。新中国成立前仅有少数人从事工程心理学的研究,到20世纪60年代初,也只有中国科学院、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体工程学的发展奠定了基础。

随着我国科学技术的发展和对外开放力度的加大,人们逐渐认识到人体工程学研究对国民经济发展的重要性。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,使人体工程学成为国内科坛上一门引人注目的边缘学科。在此背景下,我国已于1989年正式成立了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),这是我国人体工程学发展中一个新的里程碑。

第三节 人体工程学的研究内容及方法

一、人体工程学的研究内容

人体工程学研究应包括理论和应用两个方面,但目前本学科研究的总趋势还是着重于应用。

人体工程学研究的方向由于各国科学和工业基础不同,侧重点也不相同。例如,美国侧重工程和人机关系,法国侧重劳动生理学,保加利亚侧重人体测量,捷克、印度等则侧重劳动卫生学。

虽然各国对人体工程研究的侧重点不同,但纵观本学科在各国的发展历程,可以看出确定本学科研究内容有如下一般规律:总体来说,工业化程度不高的国家往往是从人体测量、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体工程学原理在各种工业与工程设计中的应用等方面的研究,最后则进入人体工程学的前沿领域,如人机关系、人与环境的关系、人与生态、人的特性模型、人机系统的定量描述、人机关系直至团体行为、组织行为等方面的研究。

虽然人体工程学的研究内容和应用范围极其广泛,但根本的研究方向却是通过揭示人、机及环境之间相互关系的规律,达到人—机—环境系统总体性能的最优化。就设计学科而言,也是围绕着人体工程学的根本研究方向来确定具体的研究内容。人是人机系统中的决定因素,所以对人的生理和心理特性的研究就成为人体工程学的基础,例如,人的极限能力,人体各部分尺寸,肢体和全身的运动范围,身体各部位的运动速度、动作可靠性以及人的心理及行为研究,都属于基础研究。人体工程学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

人体特性的研究探讨的主要是在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(器物)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(器物)之间的分工以及人与机(器物)之间如何有效地交流信息等。

(3) 工作场所和信息传递装置的设计

工作场所设计合理与否,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应于人体的特点,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,不致过早产生疲劳。

人与机(器物)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,同时还有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

人体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,并使事故危险性降低到最低限度,从环境控制方面保证照明、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、疾息、伤害或伤亡”也是设计者的基本任务,因而在设计阶段就应把安全防护装置视为机械的一部分,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。

对设计师而言,人体工程学应用研究主要分为以下几个方面:

①动作、工业产品及人机界面研究

目的是使工业产品在设计制造方面能适应人的感官、肢体动作能力、心理及行为特征,以便能准确、安全、高效地进行产品的使用和操纵,满足产品宜人性的要求。如机械设备、工具、电子产品、通信产品等。

②环境条件、环境心理、环境行为、作业空间研究
目的是为了工作场所、公共环境、休闲娱乐场所、家居环境等的照明方式、照度、温湿度、噪声、色彩、空间规划、尺寸设定都处于人体工程学原则允许的条件内,并防止有毒气体、粉尘和辐射危害,从而创造安全、健康、高效、舒适的环境空间。该应用研究促成了在广义的环境设计(包含城市设计、建筑设计、室内设计、工业设计和环境设计)中设计与行为科学的结合。

③视觉传达、家具、服装等领域的应用研究

目的是在视觉信息传递、家具的使用和布置、服装穿着与人体动作的安全、健康、效率、舒适等方面符合人体工程学的原则。特别是家具和服装领域已成为近年来人体工程学迅猛发展的研究领域。

以上属于人机系统的硬件部分。

④人的情感因素、能力及作业研究

包括人的动机与体验、劳动能力的测定、劳动管理等,还包括基于上述研究而确定的感性工学、人员选拔与训练、管理与调配时间、劳动时间与休息制度的研究等,这些属于人机系统的软件部分。

二、人体工程学的研究方法

人体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、统计学等其他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、机及环境要素间复杂的关系。这些方法包括: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。

目前常用的人体工程学研究方法有以下几种。

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,如工人操作动作分析、功能分析和工艺流程分析等大都采用此法。

2. 实测法

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1-6)。

3. 实验法

实验法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1-7)。

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,得到满足实验室研究的外推所需的更符合实际的数据(图1-8)。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,且又可以进行符合实际的研究,所以获得较多的应用。

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的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进行修改变动。为此,一些更为理想而有效的方法逐渐被研究创建和推广,其中的计算机数值仿真法已成为人体工程学研究的一种现代方法。

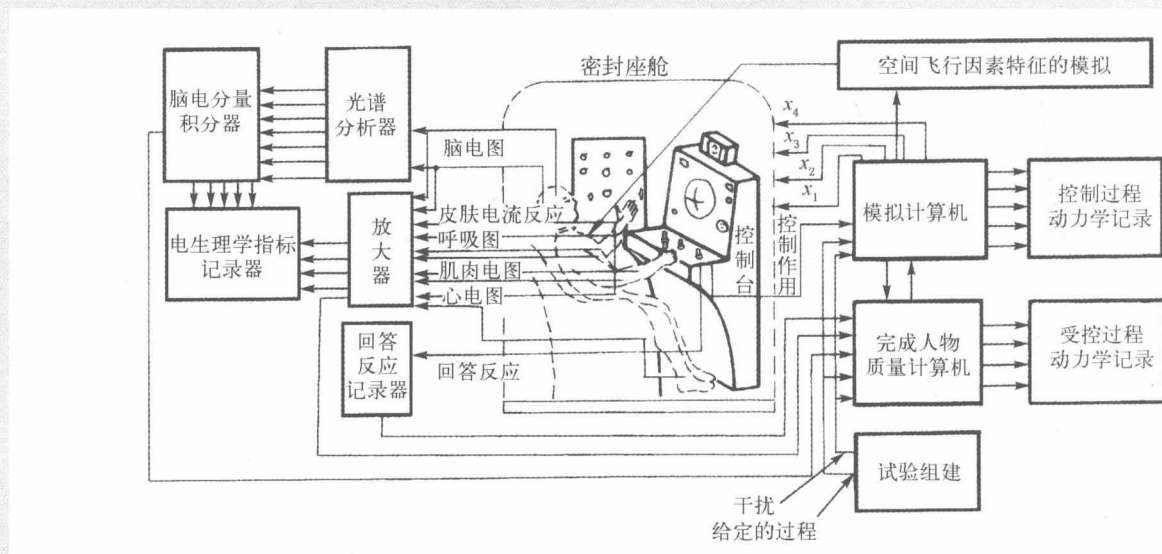


图1-6 宇航员生理、心理能力测量装置框图



图1-7 驾驶员眼动规律实验装置

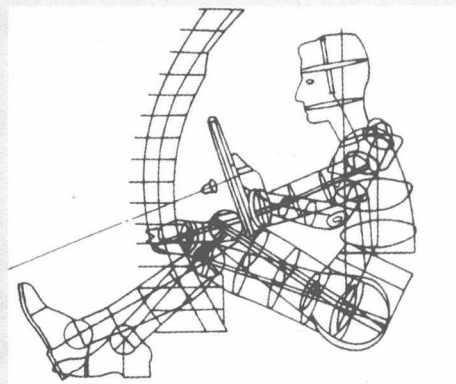


图1-8 研究车辆碰撞人机系统的模拟模型

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、机及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1-9)。

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,人体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,从而获得研究人一机一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。在规定操作所必需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,对操作者单位时间内的工作负荷进行分析,也可以获得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其进行描述和预测,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,相关分析法已成为人体工程学研究的一种常用方法。

7. 调查研究法

目前,人体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、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。

第四节 人体工程学与其他学科的联系

人体工程学是一门多学科交叉的科学,具有综合性特点,与自然科学和社会科学均具有一定的内在联系。人体生理学、人体测量学、心理学等均是人体工程学的基础学科,它们可为人机系统设计提供人体的各项生理、心理参数,并作为设计的重要依据。

一、生理学

1. 人体生理学

人体生理学是研究人体生理机能和过程的一门学科。人体生理机能状态是人体系统中人的因素的一个极其重要的方面,例如人的中枢神经系统与信息处理过

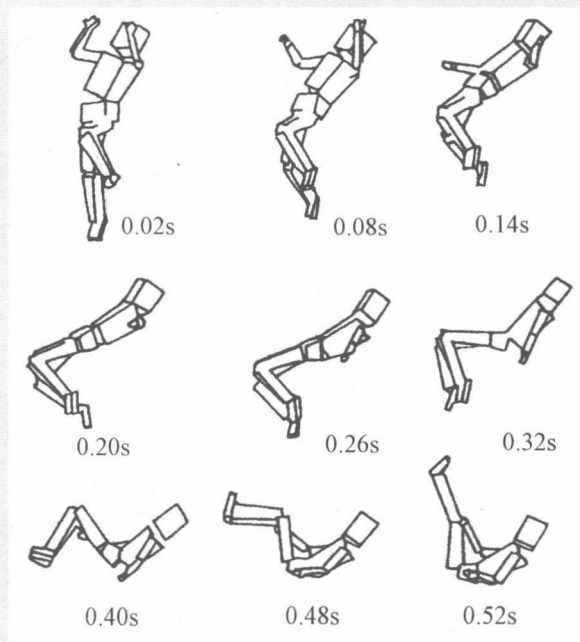


图1-9 人体动作分析仿真图形输出

程,人的视觉、听觉功能与反应,人体力学,能量代谢等,这些均为人体工程学提供了人体各种生理参数,为开展人的因素的研究提供了依据。

人体生理学与劳动科学相结合形成了劳动生理学分支。它着重研究人在劳动过程中有关生理机能的变化及其规律,例如,作业姿势与生理负荷,劳动强度与能量代谢、疲劳等,不仅揭示了各种作业条件下人体生理机能的变化,而且为人机系统设计提供了理论上和应用上的依据。

2. 人体测量学

人体测量学主要是对人体结构尺寸进行测量,包括静态结构性人体测量和动态功能性人体测量。人体尺寸、肢体活动范围以及作业域的确定,均是人体测量学的研究范围。工作器具、工作空间大小、控制台、座椅的设计,均与人体尺寸密切相关。

3. 卫生学

劳动卫生学、环境卫生学与人体工程学也有密切联系。例如,工作环境的卫生学调查,职业危害的确定,不良工作环境的控制和改善等。

二、心理学

心理学是研究人的心理现象的一门科学。一方面,心理学所研究的人的心理过程、个性心理特征以及劳动生产过程中的人的心理状态与人机系统中人的因素休戚相关;另一方面,心理学与工业生产劳动相结合,已形成了一些新的分支学科,例如工业心理学、劳动安全心理学等。

工业心理学是将心理学的原理、方法和研究成果应用于工业实践的一门学科。它的研究对象主要是工业组织内人的工作行为,包括工业人事心理、组织心理、环境心理、工程心理和消费心理。其研究的内容与人体工程学有许多相似和重叠之处,尤其是环境心理中所涉及的对人类行为有影响的工作环境以及工程心理中所涉及的机器、设备、器具的设计如何适合人的特点要求;此外,职工的选拔、培训及其绩效评价以及组织心理行为,也与人体工程学的研究内容有着一定的联系。

劳动安全心理学是运用心理学原理、规律和方法来研究和解决与人的心理活动有关的安全问题,与工业心理学有着千丝万缕的联系,是工业心理学研究范畴中与安全有关的一个特定部分,已形成一门独立学科。

总的来讲,工业心理学、劳动安全心理学与人体工

程学紧密相连。工业心理学偏重于从心理学角度来研究工业生产中各方面的问题,包括人机系统中有关人的行为特点和工作效能以及工作环境、人机界面对人的心理行为的影响;劳动安全心理学则偏重于从心理学角度来研究和解决劳动生产过程中的安全问题。人体工程学主要在于结合各个学科的知识 and 研究成果,在各种工作领域的人机系统设计中,将有关人的生理、心理数据予以实际应用,以解决人类工作和生活中的安全、健康、舒适和高效问题。

三、行为科学

行为科学是研究人类行为规律的一门新兴的综合性科学。它主要研究人类行为的特点、行为产生的原因和行为的控制与协调等。因此,行为科学是运用心理学、社会学和人类学的理论与方法来研究人类行为的学科。心理学所揭示的心理活动规律构成了行为科学的重要基础,但是心理学研究的重点在于人的心理过程,而行为科学的研究重点在于人的行为,两者有联系又有区别。行为科学从人的个体行为的探讨发展至群体行为、组织行为的研究,进一步使人们重视人机系统中人的因素的主导作用。人际关系、组织气氛、管理制度等对系统的安全和效率产生了深远的影响,人(个体或群体)的需要、动机、参与、沟通等已成为管理心理学(或组织行为学)的研究内容。将管理心理学的研究内容、原理和方法进一步与人体工程学相结合,以求优化人机系统,从而形成了管理工效学。

四、系统科学

系统科学(系统论、信息论、控制论)与人体工程学具有紧密的联系。人体工程学的研究对象——人机系统本身就是一个系统,具有系统的一切属性,如整体性、目标性、有机性、有序性、调节性等。现代系统方法,就是以对系统的基本认识为依据,将研究的对象作为一个整体,着重分析和处理它的内外联系,使局部与整体协调,从而达到系统行为整体上的优化。系统的目的是为了控制,控制离不开信息。信息论的方法实质上是以信息流(信息的流动过程)来研究控制系统的运动规律,使之维持有组织、有秩序、有目的的正常运动。人机系统的设计、运行过程是以信息流为前提,通过控制使系统优化。因此,可将此控制过程抽象为信息的输入、加工和输出过程,这是一个可控制的信息流动过