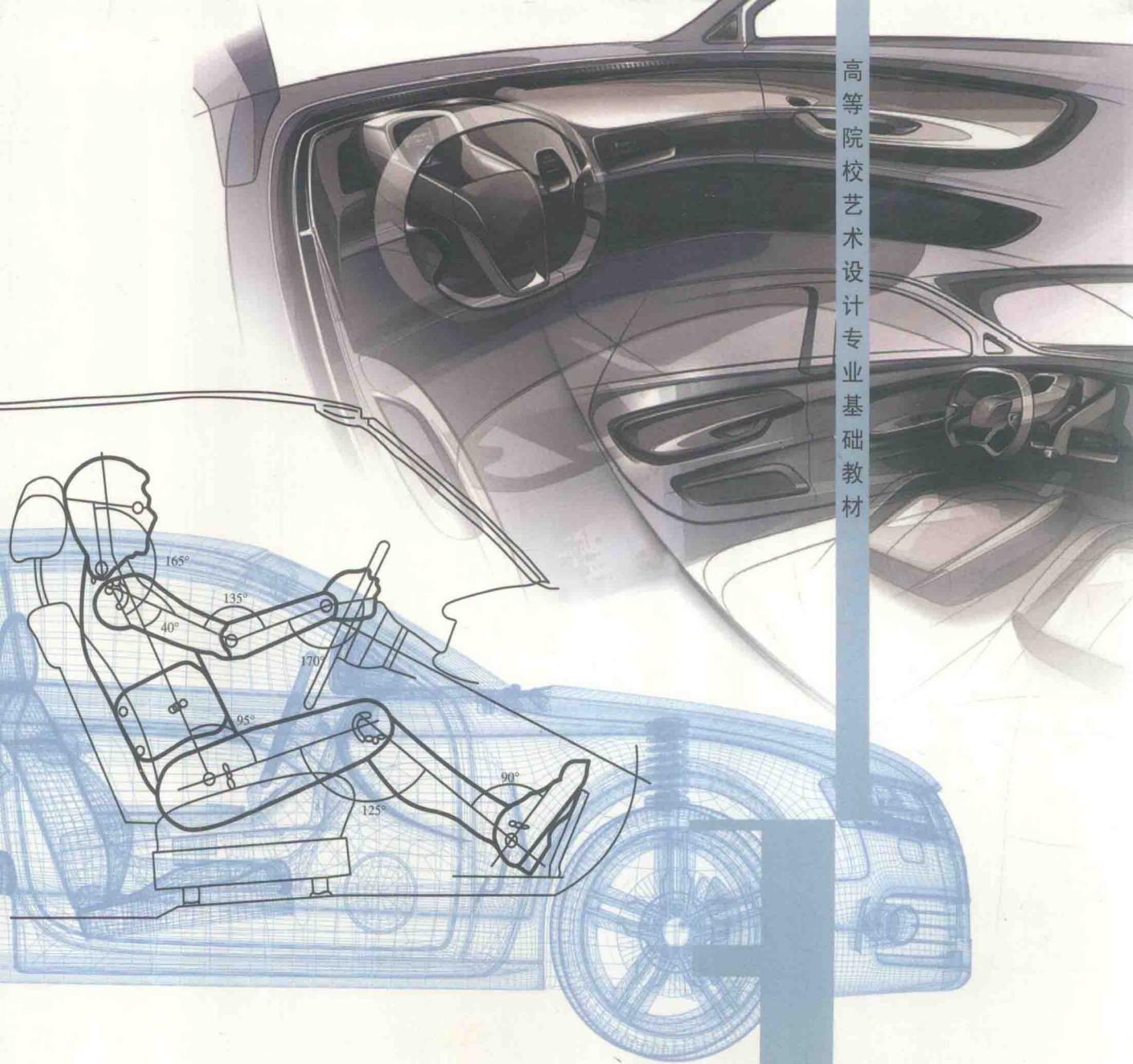


高等院校艺术设计专业基础教材



人体工程学

主编 吕荣丰 姜 芹
副主编 张 莹 宋 敏

ERGONOMICS



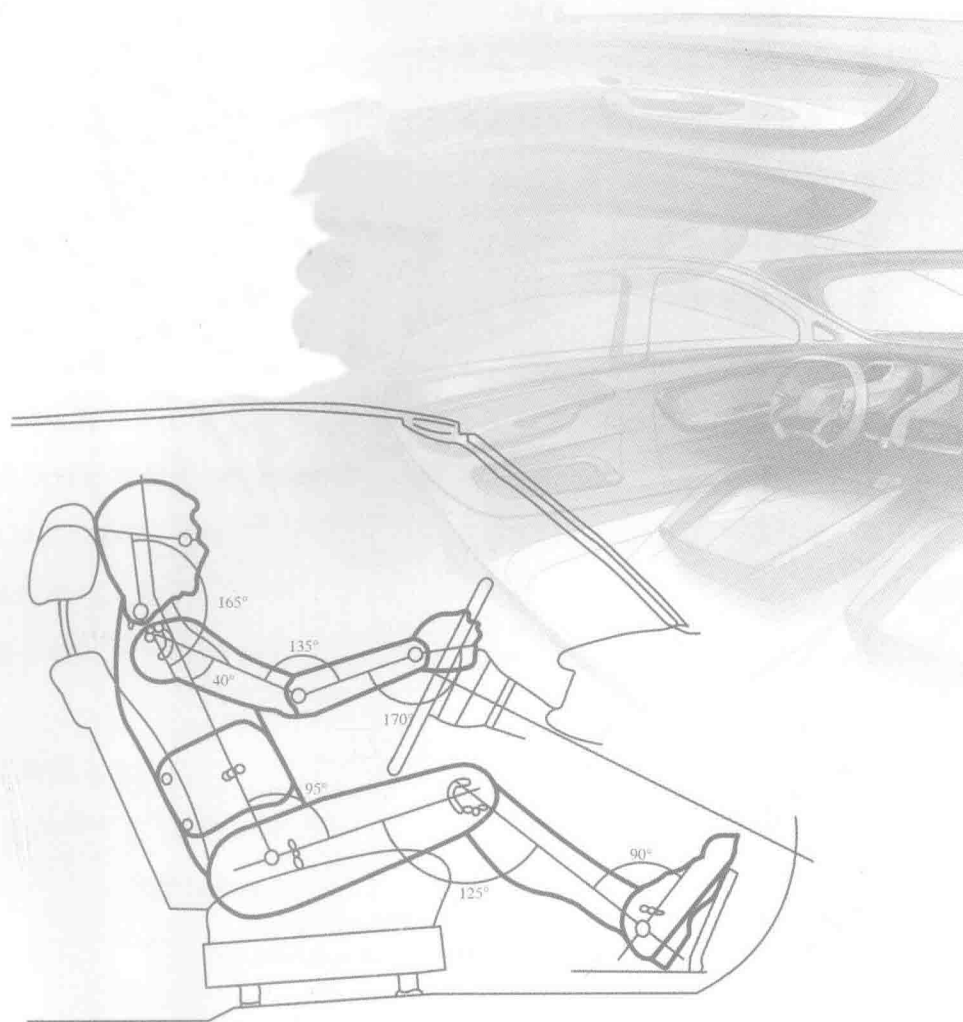
清华大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

ERGONOMICS

高等院校艺术设计专业基础教材

主 编 吕荣丰 姜 芹
副主编 张 莹 宋 敏

人体工程学



重庆大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

人体工程学 / 吕荣丰主编. —重庆: 重庆大学出版社, 2014.9

高等院校艺术设计专业基础教材

ISBN 978-7-5624-8557-5

I. ①人… II. ①吕… 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200158号

高等院校艺术设计专业基础教材

人体工程学

Renti Gongchengxue

主 编 吕荣丰 姜 芹

副主编 张 莹 宋 敏

策划编辑: 蹇 佳

责任编辑: 李桂英 版式设计: 蹇 佳

责任校对: 谢 芳 责任印刷: 赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人: 邓晓益

社址: 重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编: 401331

电话: (023) 88617190 88617185 (中小学)

传真: (023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆华林天美印务有限公司印刷

*

开本: 889 × 1194 1/16 印张: 12.5 字数: 209千

2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷

印数: 1—3000

ISBN 978-7-5624-8557-5 定价: 38.00元

本书如有印刷、装订等质量问题, 本社负责调换

版权所有, 请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书, 违者必究

人体工程学是于20世纪40年代晚期兴起的一门边缘学科。由于其学科内容的综合性、涉及范围的广泛性以及学科侧重点的多样性,人体工程学的学科命名具有多元化的特点。人体工程学是研究人和机器、环境的相互作用及其合理结合,使设计的机器和环境系统适合人的生理、心理特点,达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的目的。简而言之,人体工程学是以人一机一环境的关系为研究对象,采用测量、模型工作、调查、数据处理等研究方法,通过对人体的生理特征、认知特征、行为特征,以及人体适应特殊环境的能力极限等方面的研究,最终达到安全、健康、舒适和工作效率的最优化。在人类的日常生活中,室内环境扮演着极为重要的角色,是满足人类的各层次需要的核心。室内家具与空间环境的舒适度直接决定了人们生理需求的满足程度,这就意味着人们需要进一步明确以积极有效的方式来设计和改造环境的可能性。在此基础上,人体工程学致力于将人体的测量数据、感官反应、动作行为与室内家具、空间环境相结合,发掘具体对象的不同层次需求标准,实现人一机一环境的和谐统一。

人体工程学是多个学科所必修的一门专业基础课,它涉及产品设计、室内设计、建筑设计等多种专业。

设计目的是为了人的需求,以人为本是最基本的设计原则。人体工程学已成为许多设计的基础平台,它是建立在“人”的生理结构、心理感受等基础上的,是研究人、机器、环境之间的关系,能使人一机一环境系统总体性能达到最优化。人体工程学研究是科技发展对人类关注的结果已经成为设计领域较为重要的参照因素。本书是根据人体工程学的诞生、发展脉络来讲述设计中对于人体工程学的应用方法。

本教材主要内容包括:人体工程学概述、研究方法、人体尺寸参数的运用和生理、心理系统对人的行为影响,并以大量实例来说明人体工程学在人机界面、工业设计、室内环境设计中的重要性和必要性。各章多有大量图表,使本书内容更为丰富、直观、易读、易懂。在设计部分还加入了一些设计案例和分析。

本书可作为高等院校艺术设计（包括工业设计和产品设计）等专业的基础教材。

本书由荆楚理工学院吕荣丰、姜芹任主编，湖北生态工程职业技术学院张莹、荆楚理工学院宋敏任副主编。在教材的编写过程中，不可避免地参考了相关学者的研究论著，以及采用了同行和学生的作品。在此，谨向这些作者表示衷心的感谢。

编著者

2014年1月

1	人体工程学概述	1
1.1	人体工程学的命名、定义及内涵	1
1.1.1	人体工程学命名	1
1.1.2	人体工程学的定义	2
1.1.3	人体工程学的内涵	2
1.2	人体工程学的形成与发展	3
1.2.1	人体工程学萌芽阶段——经验人体工程学	3
1.2.2	人体工程学的形成阶段——科学人体工程学	5
1.2.3	人体工程学的发展阶段——现代人体工程学	5
1.3	人体工程学的学科构成、研究内容及研究方法	6
1.3.1	人体工程学的学科构成	6
1.3.2	学科的研究内容	7
1.3.3	学科的研究方法	8
1.4	人体工程学与艺术设计的关系	10
1.5	人体工程学与人性化设计	11
2	人体尺寸测量与设计应用	12
2.1	人体测量	12
2.1.1	人体测量学概述	12
2.1.2	人体测量分类	12
2.1.3	人体测量学中常用的专业术语	13
2.1.4	人体测量方法	15
2.1.5	人体测量数据的统计处理术语	15
2.2	常用人体尺寸参数	16
2.2.1	人体尺度的影响因素	16

2.2.2	常用成年人人体尺寸	18
2.2.3	人体主要尺寸参数计算	22
2.3	人体测量知识应用	26
2.3.1	人体测量数据的应用	26
2.3.2	人体模板与应用	28

3 人体运动系统 31

3.1	肌肉生理特征	31
3.1.1	肌肉分类及其运动特征	31
3.1.2	肌肉施力	31
3.2	骨与关节运动	35
3.2.1	骨的功能	37
3.2.2	骨杠杆	37
3.3	人体运动	39
3.3.1	人体运动的种类	39
3.3.2	关节活动域	40
3.3.3	肢体力量范围	44
3.4	人体操作动作分析	48
3.4.1	意识动作分类	48
3.4.2	动作分析与动作经济原则	49

4 人机系统 52

4.1	系统	52
4.1.1	系统的概念	52
4.1.2	系统的特性	52
4.2	人机系统	53
4.2.1	人机系统的组成和类型	53
4.2.2	人机系统总体设计的目标	56
4.2.3	人机系统总体设计的原则	56
4.2.4	人机系统总体设计的程序、步骤及方法	59
4.3	人机系统检查	63

5 人机界面设计	67
5.1 人机界面概述	67
5.2 显示装置设计	68
5.2.1 人的视觉特征.....	68
5.2.2 视觉显示器的类型及设计原则.....	70
5.2.3 仪表类显示装置设计.....	73
5.3 控制系统设计	76
5.3.1 操纵装置的类型.....	76
5.3.2 操纵装置的选择.....	77
5.3.3 操纵装置的人体工程学设计原则.....	77
5.3.4 操纵装置——控制器的排列.....	81
5.3.5 常用手控操纵装置的设计.....	83
5.4 显示系统与控制系统综合设计的方法	85
5.4.1 控制器和显示器的协调性.....	85
5.4.2 集中控制中的显控界面设计原则.....	87
6 人体工程学在工业设计中的应用	88
6.1 工业设计与人体工程学.....	88
6.1.1 工业设计与人体工程学的关系.....	89
6.1.2 人体工程学在工业设计中的应用.....	91
6.1.3 工业设计中的人机分析.....	94
6.2 手握式工具设计.....	97
6.2.1 解剖学原则.....	98
6.2.2 人体工程学原则.....	99
6.2.3 把手设计.....	100
6.3 人体工程学在手持式电子产品中的应用.....	101
6.3.1 人体工程学在鼠标设计中的应用.....	101
6.3.2 人体工程学在手机设计中的应用.....	104
7 人体工程学在家具设计中的应用	107
7.1 家具设计与人体工程学	107
7.1.1 人体生理机能与家具设计的关系概述.....	108
7.1.2 家具分类及功能尺度.....	109

7.2 坐卧性家具中的人体工程学设计	112
7.2.1 座椅设计中的人体工程学	112
7.2.2 沙发设计中的人体工程学	115
7.2.3 卧具设计中的人体工程学	120
7.3 凭倚性家具中的人体工程学设计	123
7.3.1 坐式用桌的功能尺度	124
7.3.2 站立式用桌的功能尺度	126
7.4 储存类家具中的人体工程学设计	127
7.4.1 储存类家具与人的尺度关系	127
7.4.2 储存类家具与储存物的尺度关系	129

8 人体工程学在环境艺术设计中的应用 130

8.1 人体工程学在环境空间设计中的作用	130
8.2 人体工程学在室内环境设计中的应用综述	132
8.2.1 室内光环境设计	132
8.2.2 室内色彩环境设计	135
8.2.3 室内界面质地设计	143
8.2.4 室内空间设计	147
8.3 人体工程学在家居设计中的应用	157
8.3.1 人体工程学与门厅(玄关)设计	157
8.3.2 人体工程学与起居室的设计	157
8.3.3 人体工程学与厨房的设计	161
8.3.4 人体工程学与卫生间的设计	167
8.3.5 人体工程学与餐厅设计	169
8.3.6 人体工程学与卧室的设计	173
8.3.7 人体工程学与书房的设计	179
8.4 人体工程学在公共空间设计中的应用	181
8.4.1 办公空间设计	181
8.4.2 商业空间设计	184
8.4.3 餐饮空间设计	187

人体工程学是研究人、机及环境之间相互作用的一门新兴的综合性边缘学科,它经历了人与器具——经验人体工程学——科学人体工程学——现代人体工程学等几个发展阶段。通过研究揭示人一机—环境之间相互关系的规律,确保设计中的人—机—环境系统总体性能的最优化。

1.1 人体工程学的命名、定义及内涵

人体工程学在其自身的发展过程中逐步打破各学科之间的界限,并有机地整合了相关学科的理论,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。

1.1.1 人体工程学命名

该学科在国内外还没有统一的名称,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),俄罗斯称为工程心理学(Engineering Psychology),日本则称为人间工学。

任何一门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

理学等。不同的名称,其研究重点略有差别。因为本书主要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。

1.1.2 人体工程学的定义

该学科的定义也不统一,我们在这就不一一列举了。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。

从上述定义中我们可以认为,人体工程学是按照人的特性来设计和优化人一机一环境系统的科学,主要目的是使人能安全、健康、舒适和高效地进行各项活动。其中,系统的安全可靠,特别是人的安全和健康是首先要考虑的问题。

1.1.3 人体工程学的内涵

(1) 人一机一环境系统的具体含义

人——指操作者或使用者;机——泛指人操作或使用的物,可以是机器,也可以是用具、工具或设施、设备等;环境——是指人、机所处的周围环境,如作业场所和空间、物理化学环境和社会环境等;人一机一环境系统——是指由共处于同一时间和空间的人与其所使用的机以及它们所处的周围环境所构成的系统,简称人一机系统。

(2) 人一机一环境之间的关系

相互依存;相互作用;相互制约。

(3) 人机工程学的特点

学科边界模糊;学科内容综合性强;涉及面广。

(4) 人机工程学的研究对象

人一机一环境系统的整体状态和过程。

(5) 人机工程学的任务

使机器的设计和环境条件的设计适应于人,以保证人的操作简便省力、迅速准确、安全舒适,心情愉快,充分发挥人、机效能,使整个系统获得最佳经济效益和社会效益。

1.2 人体工程学的形成与发展

虽然人体工程学作为一门学科发展至今才近百年,发展历史很短,但是,人体工程学研究的基本问题——人、机、环境间的关系问题,却同人类制造工具的历史一样悠久。无论东方还是西方,早在人类社会早期,人们在制造打磨劳动工具、生活器皿,建造居住环境时就开始了对人体工程学的应用。让器物和环境适合人的生理、心理特征是人类自发的思维倾向和本能的行为方式,如原始人由于自身生存的需要,在适应自然环境和围捕猎物求生存时,必须自发地制作出使用方便、顺手的劳动工具,以求安全和舒适。又如在“围山打猎”时投掷树枝或者是锋利的石头,虽然这些对猎物有较强的杀伤力,但同时会损伤自身手部,带来诸多不便。要使之成为顺手的工具,它们应该具备两个条件:一是人手要拿得动、握持得住;二是将手握的树枝部位打磨光滑,或是将锋利的石块绑上打磨后的树干作为手柄,且手握部位要适合人手的形态,如图1-1所示。

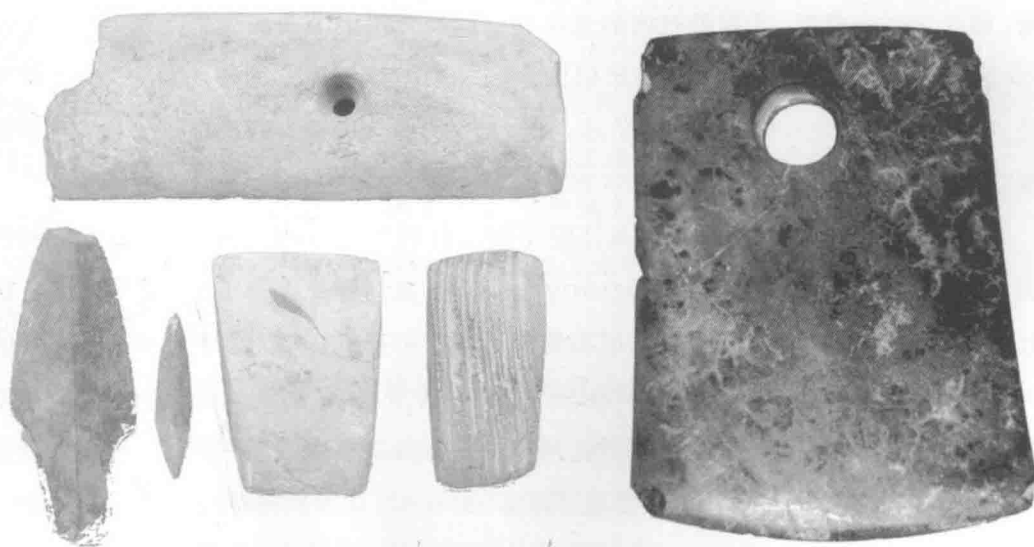


图1-1 新石器时代石斧、石铤

当然,在这个阶段里人们并没有在意识上理解自己所制造的工具与自身能力的关系,因而导致了人机关系的低效率,甚至会对人自身产生伤害。

1.2.1 人体工程学萌芽阶段——经验人体工程学

工业革命以后,随着工业技术的进步,速度更快、力量更强大的机器被人类制造

出来,但这时的人并未充分意识到机器与人(使用者)相互协调的重要性,对使用者
的身心健康都造成了很大的损伤,如图1-2所示。

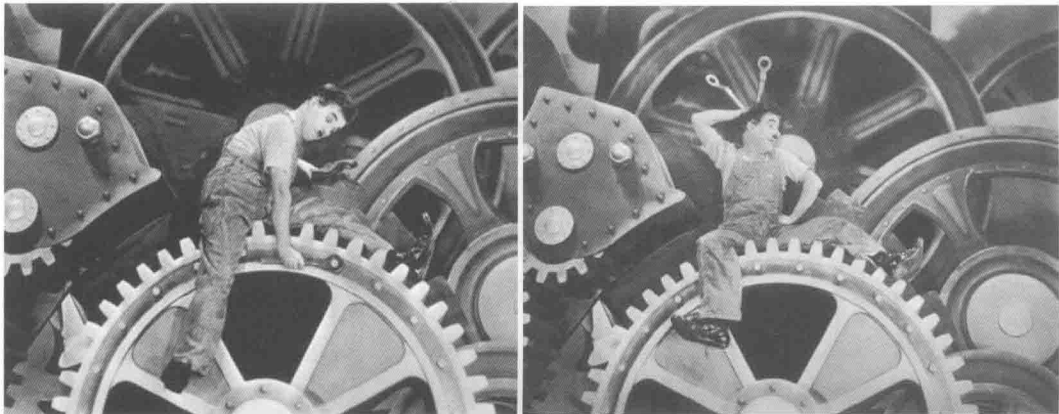


图1-2 《摩登时代》剧照图

机器与人的不协调不仅损害工人身心健康,也不利于生产效率、工作效率的提高,因此包括企业家、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,人们开始采用科学方法研究人的能力与其使用的工具之间的关系,从而进入有意识地研究人机关系的新阶段。这一阶段,最具影响力的首推被称为“科学管理之父”的泰勒(W.Taylor)和吉尔布雷斯(F.Gilbreth)。

泰勒被认为是最早对人与工具匹配问题进行科学研究的学者。他在美国伯利恒钢铁公司(Midvale Steel Company)进行了一系列有关提高工作效率的试验。通过试验,他找到了工人铲煤、铲铁矿石最有效的铁铲形式,可以说是一种基于研究的人机工程分析和设计方法。其科学管理理论的宗旨是:使机器生产所要求的机器运动同人与作业之间、人与工作组织形式之间建立起最佳的匹配关系,把人的无效活动降到最低。泰勒的研究和理论特别重视“测量”的概念,认为只有通过测量才能找到改良生产效率的途径,并且要用测量来验证改良的绩效。

吉尔布雷斯研究过人的技能作业、疲劳问题,他热衷于时间动作研究(time and motion study),并为伤残人士设计工作台。他在对手术过程的动作研究中发现,主刀医生用于找手术工具的时间(所谓无效时间)与观察患者的时间一样长,这显然是低效的工作方式。他提出的解决方案是为主刀医生配一个辅助医生,这种手术方式一直沿用到今天。

他们的理论和研究都对后来的人体工程学发展起了重要的作用,但其理论和研究并没有明确提出“机器适应于人的思想”,而更多地强调“使人适应于机器”或者“使人适应于工作”。

在这一阶段,其学科主要特点是以机械为中心进行设计,在人机关系上以选择和培训操作者为主,使人适应机器。

1.2.2 人体工程学的形成阶段——科学人体工程学

随着第二次世界大战的结束,第二次世界大战中一些高性能武器的投入使用(如战斗机),使人为因素造成的事故急剧增加,这一情况引起了科学界特别是心理学界和生理学界的高度重视。人的因素影响了机器性能的发挥,只要求“人适应机器”是不够的。通过分析研究,他们逐步认识到,“人的因素”在设计中是不容忽视的一个重要条件;同时,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。于是,人机关系的研究进入了一个新的阶段,即从“人适机”转入“机宜人”的阶段,科学人体工程学应运而生,人们提出了“使机器适应于人”的思想。

随着战争的结束,该学科的综合研究与应用逐渐从军事领域向非军事领域转变,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,但普通大众对其知之甚少。

在这一阶段,该学科的发展特点是:重视工业与工程设计中“人的因素”,力求使机器适应于人。

1.2.3 人体工程学的发展阶段——现代人体工程学

从20世纪60年代至今,可以称其为现代人体工程学的发展阶段。20世纪60年代以后,人体工程学的研究和实践从实验室和军事领域扩大到工业的各个领域,如计算机、汽车和消费品。企业开始重视运用人机工程技术去分析、设计和检验产品的宜人性,人体工程学也从生产领域扩展到了生活领域,影响到人们日常生活的方方面面,大众开始接受人体工程学思想及其观念。

20世纪80年代以后,科学技术飞速发展。电子计算机应用的普及、工程系统及其自动化程度的不断提高、宇航事业的空前发展、一系列新科学的迅速崛起,不仅为人体工程学注入了新的研究理论、方法和手段,而且也为人体工程学开辟了一系列新

的研究领域。如宇航系统的设计问题、核电站等重要系统的可靠性问题、人一计算机界面设计问题等。人体工程学的目标这时并不局限于“机器适应于人”，在人机相互适应的目标下，人体工程学不仅仅关注人的安全、健康、效率，更加关注人的价值，关心人的满意度、舒适感、成就感等。

在这一阶段，学科的发展特点是：以人为中心，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整合效能。

随着艺术与科学的发展，平面构成的应用理论逐渐得到完善，而且已成为设计艺术的基础学科。我国在20世纪80年代初将构成体系（平面构成、色彩构成、立体构成）从国外引入，其基本理论广泛地应用于我国的造型艺术领域。但是，在发展的过程中，平面构成作为普及化的造型基础，成为公式化和教条化的模式，最近几年形式构成已经越来越简单并有了浅表化倾向，远离了作为训练人的视觉感知能力这个初衷了。平面设计应该重新明确其价值目标，从一个新的视角界定视觉思维训练的问题，重建视知觉训练框架来发展这种表现方法。

1.3 人体工程学的学科构成、研究内容及研究方法

1.3.1 人体工程学的学科构成

人机工程学是一门综合性的边缘科学，它属于系统工程学的一个分支。系统论、控制论、信息论是它的基本指导思想，其基础理论涉及许多学科。除与有关的技术工程学科有着密切的关系外，人机工程学还与人体解剖学、人体测量学、劳动卫生学、生理学、心理学（指的是工程心理学）、安全工程学、行为科学、环境科学、技术美学等有着密切的联系。人机工程学带有横向学科的性质，其应用范围十分广泛，从日常用品到工程建筑，从大型机具到高技术制品，从家庭活动到巨大的工业系统，各个方面都在运用人机工程学的原理和方法，解决人机之间的关系问题。

人机系统的构成，可以分为人、机、环境三个子系统。这三个子系统各自独立为一门科学，即人的科学、技术工程学及环境科学。这三个子系统中两两相互交叉，又构成三个系统，即人一机系统、人一环境系统、机—环境系统。这三个系统交叉则构成人一机—环境系统，如图1-3所示。

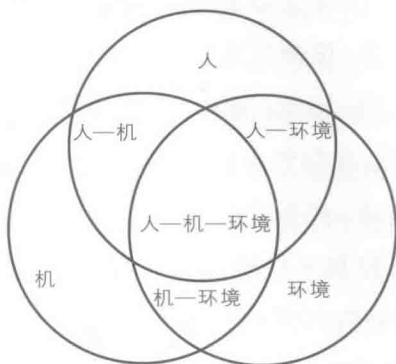


图1-3 人一机—环境系统中三个子系统示意图

因此, 对人机工程学而言, 既需要对人、机、环境的每个部分的属性进行深入研究, 又需要对人机系统的整体结构及其属性进行研究, 以达到总体优化的目的。

1.3.2 学科的研究内容

虽然人体工程学的内容和应用范围极其广泛, 但其根本的研究方向却是通过揭示人一机—环境之间相互关系的学科, 以达到人一机—环境系统总体性能的最优化。对设计师而言, 从事本学科研究的主要内容包括以下几个方面。

(1) 人的因素研究

在人—机—环境系统中, 人是最基础的因素, 人的生理、心理特性和能力特征是整个系统的优化基础。人具有自然和社会两种属性, 对自然人研究主要包括: 人体形态特征参数、人的感知特性以及人在工作和生活中的心理特性等; 对于社会人的研究包括: 人在生活中的社会行为、价值观念、人文环境等。研究的目的是解决产品、设施、用具、作业、工作场所等的设计如何与人的生理、心理特征相适应, 从而为使用者创造高效、安全、健康、舒适的工作条件。

(2) 机器的因素研究

不同的研究对象涉及的因素各不相同, 因此机器因素的研究范围很广, 其研究内容可归纳为: 建立机器的动力学、运动学模型, 机器的特性对人、环境和系统性能的影响以及机器的防错纠错设计, 机器的可靠性研究等。另外, 还包括信息显示、操作控制、安全保障、有关机具的人体舒适性以及使用方便性的技术等。

(3) 环境的因素研究

环境的概念十分广泛, 包括生产环境、生活环境、室内环境、室外环境、自然环

境、人工环境。环境因素又可以归纳为以下几个方面:

- ①作业空间——场地、厂房、设备布局、作业线布局、道路及交通、安全门等。
- ②物理环境——噪声、照明、温度、湿度、辐射、磁场等。
- ③化学环境——有毒物质、化学性有害气体等。
- ④美学环境——形态、色彩、背景音乐等。

(4)人一机—环境间关系及其系统的整体研究

人机关系是系统的主要研究内容,包括信息显示、操纵控制、人机界面等;人机系统的存在离不开环境,其功能受环境影响非常大,人与机相比,环境对人的影响会更明显,因而必须研究人与环境关系的因素;机器和环境相互作用,相互影响,机器与环境关系的因素也是必须研究的。

人一机—环境系统设计的目的就是创造最优的人机关系,最佳的整体系统工作效率,最舒适的工作环境,最佳的用户体验,当然也包括整个系统的可靠性与安全性等。

1.3.3 学科的研究方法

人体工程学多学科性、交叉性、边缘性的特点决定了其研究方法也具有多样性,既有沿袭相关学科的研究方法,也有适合本学科研究的一些独特新方法,以探讨人、机及环境要素间复杂的关系。这些方法具体包括: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) 资料分析法

资料研究是最基本的研究方法。不论研究哪类人机关系,首先都必须收集丰富的资料,再对有关资料进行整理、加工、分析和综合,在此基础上,找到系统的内涵规律性。

(2) 调查分析法

调查分析是人体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