

人体工程学

柴春雷 汪颖 孙守迁 编著

建筑工业出版社

设计学院设计基础教材
Design Elementary Textbook by Design College
Human Body Engineering

DESIGN

人体工程学

柴春雷

汪颖

孙守迁

编著

设计学院设计基础教材
Design Elementary Textbook by Design Colleg
Human Body Engineering

图书在版编目(CIP)数据

人体工程学/柴春雷,汪颖,孙守迁编著.—北京:中国建筑工业出版社,2007

(设计学院设计基础教材)

ISBN 978-7-112-08932-1

I.人... II.①柴...②汪...③孙... III.人体工程学—高等学校—教材 IV.TB18

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第162482号

责任编辑:陈小力 李东禧

责任设计:崔兰萍

责任校对:安 东 王雪竹

设计学院设计基础教材

人体工程学

柴春雷 汪颖 孙守迁 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京广厦京港图文有限公司设计制作

北京富生印刷厂印刷

*

开本:880×1230毫米 1/16 印张:8¼ 字数:265千字

2007年5月第一版 2007年7月第二次印刷

印数:3001-5000册 定价:25.00元

ISBN 978-7-112-08932-1

(15596)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

设计学院设计基础教材编委会

编委会主任 鲁晓波（清华大学美术学院副院长、博士生导师）

张惠珍（中国建筑工业出版社副总编、编审）

编委会副主任 郝大鹏（四川美术学院副院长、硕士生导师）

黄丽雅（华南师范大学副校长、硕士生导师）

执行主编 江 滨（中国美术学院建筑学院博士研究生、副教授）

编委会名单 林乐成（清华大学美术学院工艺系教授、硕士生导师）

（以下排名不分先后） 洪兴宇（清华大学美术学院工艺系主任、副教授、硕士生导师）

苏 滨（清华大学美术学院博士后）

孟 彤（北京大学深圳研究生院博士后）

赵 伟（中央美术学院人文学院博士）

郑巨欣（中国美术学院设计学院博士、教授、硕士生导师）

葛鸿雁（中国美术学院副教授、硕士生导师）

周 刚（中国美术学院设计学院副教授、硕士生导师）

陈永仪（中国美术学院设计学院博士）

艾红华（中国美术学院造型艺术学院博士研究生、副教授）

王剑武（中国美术学院硕士、讲师）

盛天晔（中国美术学院博士、副教授）

黄斌斌（中国美术学院设计学院博士研究生）

孙科峰（中国美术学院建筑学院博士研究生）

陈冀峻（中国美术学院建筑学院博士研究生）

刘明明（四川美术学院设计系教授、硕士生导师）

王嘉陵（四川美术学院设计系教授、硕士生导师）

邵 宏（广州美术学院研究生处处长、博士后、教授、硕士生导师）

田 春（武汉大学博士后、广州美术学院讲师）

吴卫光（广州美术学院博士、教授、硕士生导师）

汤 麟（湖北美术学院教授、硕士生导师）

张 娜（湖北美术学院硕士、讲师）

王昕宇（天津美术学院设计学院视觉传达系讲师）

李智瑛（天津美术学院设计学院硕士、讲师）

郑筱莹（鲁迅美术学院硕士）

韩 巍（南京艺术学院设计学院环境艺术设计系主任、教授、硕士生导师）

孙守迁（浙江大学现代工业设计研究所教授、博士生导师）

柴春雷（浙江大学现代工业设计研究所博士后）

苏 焕（浙江大学现代工业设计研究所博士研究生）

朱宇恒（浙江大学建筑学院博士）

王 荔（同济大学传播与艺术设计学院院长、博士、教授、硕士生导师）

李 琪（上海大学美术学院硕士）

谢 森（广西艺术学院教务处处长、教授、硕士生导师）

柒万里（广西艺术学院设计学院院长、教授、硕士生导师）

黄文宪（广西艺术学院设计学院副院长、教授、硕士生导师）

陆红阳 (广西艺术学院设计学院教授、硕士生导师)
韦自力 (广西艺术学院设计学院副教授)
李娟 (广西艺术学院设计学院硕士、讲师)
陈川 (广西艺术学院设计学院硕士)
乔光明 (江南大学设计学院讲师)
陆柳兰 (江南大学设计学院硕士、讲师)
张森 (北京服装学院视觉传达系教授、硕士生导师)
汪燕翎 (四川大学艺术学院讲师、硕士)
林钰源 (华南师范大学美术学院院长、教授、硕士生导师)
方少华 (华南师范大学美术学院副院长、教授、硕士生导师)
程新浩 (华南师范大学美术学院副院长、教授、硕士生导师)
胡光华 (华南师范大学美术学院博士、教授、硕士生导师)
毛健雄 (华南师范大学美术学院副教授、硕士生导师)
罗广 (华南师范大学美术学院副教授)
汤重熹 (广州大学设计学院院长、教授)
李娟 (浙江工业大学之江学院艺术系主任、副教授)
刘懿 (浙江工业大学硕士)
王颖 (浙江理工大学博士)
何征 (浙江林业学院艺术设计学院教授)
王轩远 (浙江工商学院艺术设计系博士研究生)
苑英丽 (浙江财经学院硕士)
周晓鸥 (杭州师范大学美术学院院长、副教授、硕士生导师)
李建设 (河南大学艺术学院教授、硕士生导师)
倪峰 (河南大学艺术学院副教授)
谭黎明 (重庆工商大学设计艺术学院副教授、硕士生导师)
刘沛沛 (西南大学美术学院油画系主任、副教授、硕士生导师)
张星 (云南大学国际现代设计学院副教授)
裴继刚 (佛山科技学院文学与艺术分院副院长、硕士、副教授)
范劲松 (佛山科技学院艺术设计系主任、博士、教授)
金旭明 (桂林工学院设计系硕士、副教授)
罗克中 (广西师范大学美术系教授)
吴坚 (福建师范大学美术学院讲师、硕士)
马志飞 (福建师范大学博士研究生)
张建中 (中国美术学院设计学院硕士)
张铤锋 (中国美术学院设计学院硕士)
高嵬 (中国美术学院设计学院硕士)
於梅 (中央民族大学博士研究生)
周宗亚 (中国艺术研究院博士研究生)
林恒立 (江南大学硕士研究生)

序

设计学院设计专业大部分没有确定固定教材,因为即使开设专业科目相同,不同院校追求教学特色,其专业课教学在内容、方法上也各有不同。但是,设计基础课程的开设和要求却大致相同,内容上也大同小异。这是我们策划、编撰这套“设计学院设计基础教材”的基本依据。

据相关统计,目前国内设有设计类专业的院校达700多所,仅广东一省就有40多所。除了9所独立美术学院之外,新增设计类专业的多在综合院校,有些院校还缺乏相应师资,应对社会人才需求的扩招,使提高教学质量的任务更为繁重。因此,高质量的教材建设十分关键,设计类基础教学在评估的推动下也逐渐规范化,在选订教材时强调高质量、正规出版社出版的教材,这是我们这套教材编写的目的。

目前市场上这类设计基础书籍较为杂乱,尚未形成体系,内容大都是“三大构成”加图案。面对快速发展的设计教育,尚缺少系统性的、高层次的设计基础教材。我们编写的这套14本面向设计学院的设计基础教材的模型是在中国美术学院设计学院基础部教学框架的基础上,结合国内主要院校的基础教学体系整合而来。本套教材这种宽口径的设计思路,相信对于国内设计院校从事设计基础教学的教师 and 在校学生具有广泛适用性和参考价值。其中《色彩基础》、《素描基础》、《设计速写基础》、《设计结构素描》、《图案基础》等5本书对美术及设计类高考生也有参考价值。

西方设计史和设计导论(概论)也是设计学院基础部必开设的理论课,故在此一并配套列出,以增加该套教材的系统性。也就是说,这套教材包括了设计学院基础部的从设计实践到设计理论的全部课程。据我们调研,如此较为全面、系统的设计基础教材,在市场上还属少见。

本套教材在内容上以延续经典、面向未来为主导思想,既介绍经过多年沉淀的、已规范化的经典教学内容,同时也注重创新,纳入新的科研成果和试验性、探索性内容,并配有新颖的图片,以体现教材的时代感。设计基础部分的选图以国内各大美术学院设计学院基础部为主,结合其他院校师生的优秀作品,增加了教学案例的示范意义。

本套教材的主要作者来自于清华大学美术学院、中央美术学院、中国美术学院、浙江大学、四川美术学院、广州美术学院等国内知名院校,这些作者既有丰富的教学经验,又都有专著出版经验,有些人还曾留学海外,并多次出国进行学术交流。作者们广阔的学术视野、各具特色的教学风格,都体现在这套教材的编写中。

鲁晓波

目 录

序	鲁晓波
第1章 人体工程学	1
1.1 概述	1
1.2 人体工程与设计	7
第2章 人体生理学基础	10
2.1 神经系统	10
2.2 视觉的生理基础	11
2.3 听觉的生理基础	11
2.4 嗅觉的生理基础	11
2.5 肤觉的生理基础	12
第3章 人体感知	13
3.1 感觉	13
3.2 知觉	15
第4章 视觉	18
4.1 视觉机能	18
4.2 视觉规律	20
4.3 色彩的视觉现象	21
第5章 其他感觉机能及其特征	25
5.1 听觉	25
5.2 嗅觉	26
5.3 皮肤感觉	27
5.4 本体感觉	32
5.5 空间知觉	32
第6章 心理学基础	34
6.1 心理和行为	34
6.2 人的行为心理与空间环境	37
第7章 设计心理学与消费者心理学	42
7.1 设计心理学	42

7.2 消费心理学	43
第8章 人体测量学	49
8.1 人体测量学概述	49
8.2 常用人体测量数据与运用	54
8.3 基于人体测量学的人体模板	60
第9章 产品设计与人体工程学	66
9.1 产品设计人体因素分析	67
9.2 产品设计中人机设计方法	68
9.3 手持产品人体工程学分析实例—以手机为例	69
9.4 家具设计人体工程学——座椅	76
第10章 室内环境设计与人体工程学	81
10.1 室内设计常用人体尺寸	81
10.2 人体动作空间	84
10.3 室内光环境设计	86
10.4 室内色彩环境设计	88
10.5 室内界面质地设计	92
10.6 室内空间设计	93
10.7 室内听觉环境设计与热环境设计	97
第11章 人机界面设计技术	100
11.1 人机界面设计概述	100
11.2 硬件人机界面设计	104
11.3 软件人机界面设计	111
11.4 人机界面评价技术	113
11.5 可用性技术	116
第12章 数字化人体工程	117
12.1 数字化人体工程技术概述	117
12.2 虚拟人体模型	119
12.3 数字化人体工程设计应用举例	122

第1章 人体工程学

1.1 概述

1.1.1 人体工程学定义

人体工程学 (Ergonomics) 是20世纪40年代后期发展起来的一门技术科学。叙述人体工程学的定义可有各种不同的表达方法,故其名称较多。按其来源说,其名称有应用实验心理学 (Applied Experimental Psychology)、应用心理物理学 (Applied Psychosis)、心理工艺学 (Psychotechnology)、工程心理学 (Engineering Psychology)、生物工艺学 (Biotechnology);按其研究目的来说“其名称有人类工效学 (Human Factors)、功量学、工力学、宜人学;按其研究内容来说,有人体工程学、人类工程学、机械设备利用学,人机控制学等。在我国应用的名称有人类工效学、工效学、人类工程学、人体工程学、工程心理学。国际工效学会 (International Ergonomics Association, 简称 IEA) 的会章中把工效学定义为:“这门学科是研究人在工作环境中的解剖学、生理学、心理学等诸方面的因素。研究人一机器—环境系统中的交互作用着的各组成部分 (效率、健康、安全、舒适等) 在工作条件下,在家庭中,在休假的环境里,如何达到最优化的问题。”

从科学性和技术性方面,给人体工程学下定义:人体工程学是研究“人一机—环境”系统中人、机、环境三大要素之间的关系,为解决系统中人的效能、健康问题提供理论与方法的科学。

人:人是指作业者或使用者。

机:指机器,包括人操作和使用的一切产品和工程系统。怎样才能设计满足人的要求、符合人的特点的机器产品,是人体工程学探讨的重要课题。

环境:指人们工作和生活的环境,噪声、照明、气温等环境因素对人的工作和生活的影响,是研究的主要对象。

系统:系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特点功能的有机整体,而这个“系统”本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。

人体工程学的特点是,它不是孤立地研究人、机、环境这三个要素,而是从系统的总体高度,将它们看成是一个相互作用、相互依赖的系统。

人体工程学不同的命名和定义已经充分体现了该学科是“人体科学”与“工程技术”的结合。实际上,这一学科就是人体科学、环境科学不断向工程科学渗透和交叉的产物,它以人体科学中的人类学、生物学、心理学、卫生学、解剖学、生物力学、人体测量学等为“一肢”;以环境科学中的环境保护学、环境医学、环境卫生学、环境心理学、环境监测技术等学科为“另一肢”,而以技术科学中的工业设计、工业经济、系统工程、交通工程、企业管理等学科为“躯干”,形象地构成了本学科的体系。从人体工程学的构成体系来看就是一门综合性的边缘学科,其研究的领域是多方面,可以说与国民经济的各个部门都有密切的关系。由于社会分工不同,分为职业性和非职业性两类。职业类指从事物质文明和精神文明创造活动中对工具、设备、环境进行设计、加工的专业活动,在这个范畴中运用人体工程学以便创造符合人的生理需求的、高效、优化和完美的“人一机—环境”系统;非职业范畴指自我服务性范畴,如家务活动、休息及娱乐活动等,在这个范畴中运用人体工程学,以便创造出高效率,减少疲劳,有利于身心健康的高质量生活。

总而言之,由于人体工程学将人体科学与工程技术科学两大类科学紧密结合,因此,不仅具有明显的提高生产效率的实践意义,而且更具有理论研究上的开拓意义。它的研究和发展,丰富、扩大了人体科学和工程技术科学的内涵与外延,直接影响并推动这两大类科学的发展和进步。

1.1.2 人体工程学发展历史

(1) 原始人机关系——人与器具

人类从开始制造工具起,就在研究人如何使用工具及工具如何适宜人使用这样一个人与工具的关系问题。早期人类制造工具的过程实际上主要是设法使之能适于人手和脚使用的过程,如石器时

代，人类学会选择石块打制成可供敲、砸、刮、割的各种工具。之所以称为工具，因为它具备两个条件：一是人手拿得动、握得住；二是手握的部分适合人手的形态，不会因反作用力而将手刺破。人类社会就是在不断地创造人和物相互适应的机会的过程中发展和前进的。

(2) 古代人机关系——经验人体工程学

我国对人与工具之间相互配合规律性的研究有着悠久的历史 and 辉煌的成就。早在两千多年前的《冬官考工记》中，就记载有我国商周时期根据人体尺寸设计制作各种工具及车辆的论述：“车有六等之数：车軫四尺，谓之一等；戈秘六尺有六寸，既建而施，崇于軫四尺，谓之二等。人长八尺，崇于戈四尺，谓之三等。戈长寻有四尺，崇于人四尺，谓之四等。车载常，崇于戈四尺，谓之五等。酋矛常有四尺，崇于戟四尺，谓之六等。车谓之六等之数。凡察车之道，必自载于地者始也，是故察车自轮始。凡察车之道，欲其朴属而微至。不朴属，无以为完久也；不微至，无以为威速也。轮已崇，则人不能登也。轮已庳，则于马终古登阨也。故兵车之轮六尺有六寸，田车之轮六尺有三寸，乘车之轮六尺有六寸。六尺有六寸之轮，軹崇三尺有三寸也，加軹与辚焉，四尺也；人长八尺，登下以为节。”这一段清楚地描述了马拉车辆设计中，车轮结构及尺寸如何按人的尺寸设计，以保证其宜人性，又使马的力量得以很好发挥。战国时期的《黄帝内经》中，对人体尺寸的测量方法、测量部位、测量工具、尺寸分类等有着详细的说明。如：“其可为度虽者，其中度也”是对测量对象提出的要求，“若夫八尺之士，皮肉在此，外可度量切循而得之”、“其死可解剖而视之”为体表尺寸测量部位的测量方法和解剖方法。指南车的发明是古代经验人体工程学的典范，是最早的自动控制系统，与现代反馈原理相吻合。

由此可见，古代时期虽然没有系统的人体工程学研究方法，但其工具的发展完全符合人体工程学的原理，由简单到复杂，由直线到适合于人使用，逐步科学化。

(3) 近代人机关系——科学的人体工程学

尽管应用人体工程学的原理创造了古代的非凡成就，但真正采用科学的方法，系统研究人的能力与其所使用的工具之间的关系却开始于19世纪末。随着工业革命时期的开发与发展，人们所从事的劳动在复杂程度和负荷量上有了很大的变化，迫使应用近代的研究手段改革工具以改善劳动条件和提高劳动生产率。这方面研究工作的先驱者当首推美国的F·W·泰勒、F·B吉尔伯雷斯及其夫人丽莲·吉尔伯雷斯。现代管理学之父泰勒从1898年进入伯利恒钢铁公司之后便开始了他的铁块搬运、铁锹铲掘及金属切割作业研究，通过一系列实验，总结出一套管理原理，以1903年发表的论文《论工厂管理》为标志，开创了人体工程学的研究。1911年，以动作闻名于世的吉尔伯雷斯夫妇，通过快速拍摄影片详细记录工人的操作动作后，进行了技术和心理两方面的分析研究，提出了著名的“吉尔伯雷斯基本动作要素分析表”，他们的研究成果被后人称为“动作与时间研究”，动作与时间研究对于提高作业效率至今仍有其重要意义。

与泰勒同一时期的心理学界，1903年德国心理学家L·W·斯腾首次提出“心理技术学”这一名词，尝试将心理学引入工业生产。现代心理学家H·M·闵斯特博格则是最早将心理学应用于工业生产的人，他于1912年左右出版了《心理学与工业效率》等书，将当时心理技术学的研究成果与泰勒的科学管理学从理论上有机地结合起来，运用心理学的原理和方法，通过选拔与培训，使工人适应机器。这就是后来以人的因素（人体尺寸、人体力学、生理学及心理学因素）为基础，研究人机界面的信息交换过程，进而研究人机系统设计及其可靠性的评价方法而形成的人体工程学（ergonomics）。它和“动作与时间研究”并称为人体工程学领域的两大分支，现已成为工业管理及工程设计中两门重要的应用性科学。

在这一阶段，人机关系的特点是：以机械为中心进行设计，通过选拔和训练，使人适应机器。此期间的研究成果为人体工程学学科的形成打下了良好的基础。

(4) 现代人机关系——系统的人体工程学

人体工程学作为一门学科，其成熟前期的基础性发展在第二次世界大战期间。当时由于战争的需要，军事工业得到了飞速的发展，武器装备变得空前庞大和复杂。此时，完全依靠选拔和培训人员，已无法使人适应不断发展的新武器的性能要求，事故率大为增多。据统计，美国在第二次世界大战中发生的飞机事故，90%是由人为因素造成的。人们在屡屡失败中逐渐清醒，认识到只有当武

器装备符合于使用者的生理、心理特性和能力限度时,才能发挥其高效能,避免事故的发生。于是,对人机关系的研究从使人适应于机器转入了使机器适应于人的新阶段。也正是在此时,工程技术才真正与生理学、心理学等人体科学结合起来,从而为人体工程学的诞生奠定了基础。

第二次世界大战后,A·查帕尼斯等于1949年出版了《应用实验心理学——工程设计中人的因素》一书,总结了第二次世界大战时期的研究成果,系统地论述了人体工程学的基本理论和方法。为人体工程学作为一门独立的学科奠定了理论基础。1954年W·E·伍德林发表了他的《设备设计中的人类工程学导论》,该书具有承上启下的意义。1957年E·J·麦克考米克所著《人类工程学》是第一部关于人体工程学的权威性著作,标志着这一学科已进入成熟阶段。

1.1.3 人体工程学的研究现状

在国外,人体工程学已经有60多年的发展历史,随着对人体能力和局限的研究,以及在产品设计中对人、机器、环境的进一步认识,人体工程的应用逐步走向了实用阶段,特别是在航天飞行器安全设计、汽车设计、家居环境设计、办公室空间设计等方面已经成为设计是否成功的决定因素。但是随着计算机技术,特别是计算机图形学、虚拟现实技术及高性能图形系统的发展,人们对人体工程的研究已经不是简单地局限在以数据积累和基于统计的简单应用范畴,而是要充分利用计算机的高性能图形计算能力建立基于3D的图形化、交互式、真实感,基于物理模型的虚拟环境设计评价与仿真验证平台。

在人体工程计算机模拟研究方面,英国诺丁汉大学是最早研究人机系统模拟程序软件的。所开发的商品化软件SAMMIE能进行工作范围测试、运动干涉检查、视域检测、作业姿势评价和平衡计算等。美国麦克唐纳·道格拉斯飞机制造公司,在计算机上把人的模拟系统和飞机模拟系统结合起来,在飞机设计阶段就能将可能遇到的装配、使用和维护问题暴露出来并加以解决,便于修改设计、降低设计费用。

在人体模型方面,许多工业化国家都有不同地区不同人体的统计数据,这固然对工业设计有一定的参考作用,但由于这种数据是静态数据,只能利用这些数据对最后的产品进行一定的评价,而很难将这些人体数据应用到产品设计过程或动画制作过程中去。近年来主要工业化国家,如英国和美国就开始了人体模型的研究。英国的人体数据公司研制了一个PeopleSize系统,它是一个基于平面线框图的人体数据系统,对人体各部分的主要尺寸及比例关系进行了比较详细的研究。正由于它是一个静态的平面模型,所以远不能适应动画制作和产品设计的要求。Deneb公司和EAI公司在最近两年也相继推出了ERGO及JACK人体模型系统。它们都具有三维功能及多自由度,能够适应许多工业设计的需要。

在人体工程虚拟仿真方面,美国马萨诸塞州SensAbleTechnologies公司研制开发的具有力反馈的三维交互设备PHANTOM及其配套的软件开发工具GHOST,性能良好,获得了用户好评。这是一种可编程的、具有触觉及力反馈功能的装置。目前,该公司有两类产品:一类是桌面PHANTOM系统,其工作空间较小,约为15cm见方的立方体。另一类是PremiumPHANTOM系统,其工作空间较大。GHOST是一个面向对象的由C++编写的软件开发工具包,用户使用它可以将力反馈交互设备集成到图形应用软件中。与此同时,它还提供了与WindowsNT和SGI IRIX的接口。PHANTOM系统是一个类似于小型机械手的装置,对于三维虚拟模型或数据具有定位功能,就如同二维鼠标对二维图像具有指示和定位功能一样。当PHANTOM的机械臂在工作空间中运动时,就会在计算机屏幕上出现一个指示针,反映机械臂在工作空间中的位置。通过碰撞检测等技术探测到指示针与虚拟模型接触时,计算机发出信号,告诉机械臂接触到了虚拟模型,并将该模型的物理性质,如质量、软硬程度、光滑程度等反馈给PHANTOM系统,再由该系统产生相应的力传递给操作者,使其具有力的感受,从而实现了力反馈。目前,该系统的用户有美国的通用电器、迪斯尼,日本的丰田等公司,以及美国、欧洲、亚洲的大学和研究所等。

在中国,人体工程学的研究在上世纪30年代开始即有少量的开展,但系统和深入的开展则在1980年以后。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一机一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体工程学

研究的发展。此后在 1989 年又成立了中国人类工效学学会, 1995 年 9 月学会会刊《人类工效学》季刊创刊。

虽然人体工程学在中国已有所进展, 但是和发达国家相比还非常落后。中国在人力资源方面相对充裕和廉价, 劳动者的奉献精神 and 坚强意志固然让人钦敬, 但从人体工程学角度来看, 却体现出技术的落后和对人力的滥用。随着我国科技和经济的发展, 人们对工作条件、生活品质的要求也逐步提高, 对产品的人体工程特性也会日益重视, 一些厂商把“以人为本”的“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意识。

事实上, 在我国不仅是普通公众, 即使是理工科的大学毕业生, 也大都不太知道这门学科的有关情况。从中国专利局公布的专利授予可以看出, 人类发明创造的很大一部分, 都是关于如何使各种器具变得更省力和方便。虽然人体工程学正是为这类改进提供的系统理论和方法, 但就像少儿姿势纠正器一样, 大多数发明人显然也缺乏有关的基本知识。这都反映出人体工程学在我国不仅有待研究和提高, 更亟需宣传和普及。原杭州大学朱祖祥教授主编的《人类工效学》教程序言指出: “人类工效学工作者除了要努力从事研究工作外, 还需向全社会广泛宣传。”

在我国, 人体工程技术研究的真正兴起并有组织地进行, 仅为数十年的历史。当前, 人体标准数据库、三维人体模型以及一些人机设计系统、评估系统已得到广泛应用。

1.1.4 研究内容

尽管目前人体工程学的定义尚不统一, 但就其研究对象和研究目的而言, 并无实质上的差别。因此, 从人体工程学的定义出发, 可以认为, 人体工程学的研究对象, 是人—机—环境系统的整体状态和过程。在人—机系统中, 不论机器达到了怎么样的高度自动化水平, 机器始终处于为人服务且为人所控制、监视、利用的地位, 而人处于主导地位。因此人体工程学的任务, 就在于使机器的设计和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, 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。

具体来说, 人体工程研究包括以下范围:

(1) 工作事故, 健康与安全

事故与安全, 事故调查, 事故改造, 健康与安全, 健康人体工程, 危险分析, 健康与安全课题, 健康与安全规则的应用, 工业工作压力, 机器防护, 安全文化与安全管理, 安全文化评价与改进, 警示与提醒技术, 安全概率分析。

(2) 人体工作行为解剖学和人体测量

解剖学, 人体测量, 人体测量和工作空间设计, 生物力学, 残疾人设计, 姿势和生物力学负荷研究, 工作中的滑倒、差错研究, 背部疼痛, 听觉障碍研究。

(3) 认知工效学和复杂任务

认知技能和决策研究, 法律人体工程, 团队工作, 过程研究。

(4) 计算机软件人体工程

软件设计, 软件发展, 软件人体工程, 执行和可用性。

(5) 计算机终端: 设计与布局

计算机产品和外设的设计与布局, 计算机终端工作站, 显示屏设备与规则, 显示屏健康与安全, DSE 和手动操作, 顺从测量, DSE 人机评价, VDUs 和办公环境人体工程研究。

(6) 显示与控制布局设计

显示与控制信息的选择与设计。

(7) 控制室设计

控制台和控制室的布局设计, 控制室人体工程。

(8) 环境人体工程

环境状况和因素分析, 噪声测量, 工作中的听力损失, 热环境, 可视性与照明, 工作环境人体工程, 振动。

(9) 专家论证: 多工作环境

专家论证调查研究, 法律人体工程, 工业赔偿申诉, 伤害诉讼, 伤害原因, 诉讼支持。

(10) 人机界面设计与评价

人机界面的设计与发展, 知识系统, 人机界面形式, HCI/MMI 原型, GUI 原型。

(11) 人的可靠性

人的失误和可靠性研究, 人的失误分析, 人因审查, 人因整合, 人的可靠性评价。

(12) 工业设计应用

信息设计, 市场/用户研究, 医疗设备, 坐的设计与舒适性研究, 座椅设计与分类, 家具分类与选择。

(13) 工业/商业工作空间设计

工业工作空间设计, 工业人体工程, 工作设计与组织, 人体测量学与工作空间设计, 工作空间设计与工作站设计, 警告、标签与说明, 工作负荷分析。

(14) 管理与人体工程

变化管理, 成本-利益分析, 突发事件应变研究, 人机战略实施, 操作效能, 操作负荷分析, 标准化研究, 人力资源管理, 工作程序, 人机规则和实践。

(15) 手工操作负荷: 安全与培训

手工操作评价与培训, 手工操作与举力, 手工操作负荷。

(16) 办公室人体工程与设计

办公自动化, 办公室和办公设备设计, 办公室设计人体工程, DSE 人体工程。

(17) 生理学方面和医学人体工程

生理学, 生理能力, 医学人体工程, 医学设备, 心理生理学, 行为期望, 行为标准。

(18) 产品设计与顾客

人体工程销售与市场, 产品设计与测试, 产品中人体工程, 产品发展, 产品可靠性与安全性, 产品缺陷, 产品材质, 服装人体工程。

(19) 风险评估: 多种工作状况

风险与成本-利益分析, 风险评估与风险管理, 风险预测, 总体骨骼、肌肉风险研究。

(20) 社会技术系统与人体工程

组织行为, 组织变化, 组织心理学, 人体工程战略, 社会技术系统, 暴力评估与动机。

(21) 系统分析

系统分析与设计, 系统整合, 系统需求, 电信系统与产品, 人机系统, 人员配备研究, 三维人体模型, 实验设计, 系统设计标准与类别, 通信分析。

(22) 任务分析

任务分析与工作设计, 任务分析与综合, 团队协作。

(23) 管理培训与人员培训

人体工程培训, 整体培训, 认知技能/决策分析, 工程师培训, STUDIO 中的训练, 训练模型, 培训需求分析。

(24) 可用性评估

可用性评估与测试, 可用性审核, 可用性评估, 可用性培训, 试验与验证, 仿真与试验, 仿真研究, 仿真与原型。

(25) 用户需求与用户指导

用户文档, 用户指导, 用户手册与说明, 用户界面设计与原型, 用户需求分析与类别, 用户实验管理。

(26) 车辆与交通人体工程

航空, 直升机人体工程, 头盔显示, 乘客环境, 铁路车辆与系统, 交通设计, 车辆设计, 车辆人体工程, 车辆安全性。

(27) 与工作有关的骨骼、肌肉问题

骨骼、肌肉紊乱, 重复劳动的疲劳损伤, 与工作有关的骨骼、肌肉管理问题, 上肢损伤。

(28) 其他特殊的人体工程应用

原子能, 军队人体工程, 军队系统, 过程控制, 文化调查, 调查与研究方法, 自动语音识别。
根据人体工程学的任务, 其研究内容主要包括以下几个相互关联的方面 (图 1-1):

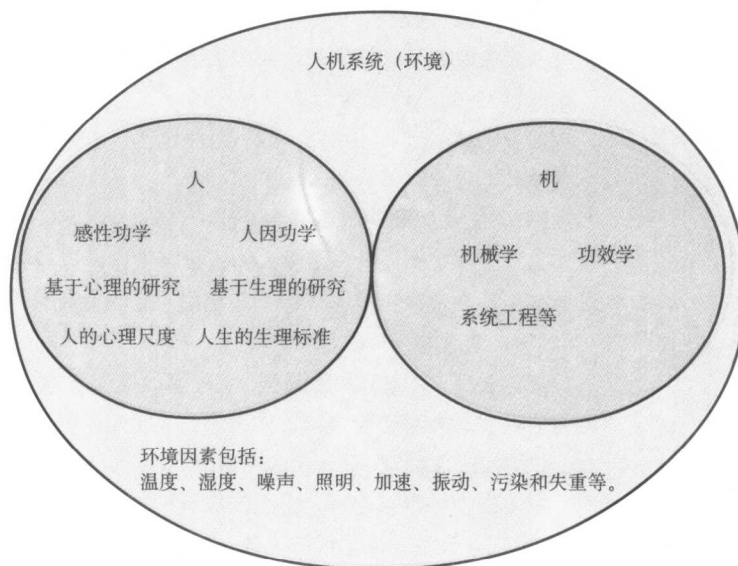


图 1-1 人体工程学研究体系

(1) 人体特性研究

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。人体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、用具、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。

(2) 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。人体工程学研究如何根据人、机各自的机能特征和限度, 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, 以保证系统的功能最优。

(3) 工作场所和信息传递装置设计

工作场所设计得合理与否, 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。

(4) 研究作业及其改善

人体工程学研究人从事重体力作业、技能作业和脑力作业时的心理、生理变化, 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, 保证健康, 提高作业效率。

人体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。

(5) 研究人的可靠性和安全

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。人体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。

从以上分析可以看出, 人体工程学是一个交叉性学科, 主要领域是面向应用的设计与评价。其进一步发展必须摆脱原有的完全基于数据积累的模式, 可视化、交互式、协同性、基于各种人体仿真模型将是其发展的必然方向, 只有这样才能与设计相融合, 实现应用价值。

1.1.5 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,也有适合于本学科的独特研究方法。目前人体工程学常用的研究方法有以下几种:

(1) 资料研究法

资料研究是最基本的研究方法。不论研究哪类人机系统,首先都必须搜集到较丰富的资料,在对有关资料的整理、加工、分析和综合的基础上,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。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。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。跟踪观察法,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) 实验室法

指在人为设计的环境中测试实验对象的行为或反应的一种研究方法。一般在实验室进行,也可在作业现场进行。参加实验的“人”可以是真人,也可用人体模型(如汽车防撞试验中的人体模型)。测试结果一般不宜直接用于生产实际,应用时需结合真人实验进行修正和补充,一般分为客观仪器测试和感官评价实验法两种。

(4) 现场实测法

指在作业现场借助工具、仪器设备进行测量的方法。例如人体尺寸的测量、人体生理参数的测量(能量代谢、呼吸、脉搏、血压、尿、汗、肌电、心电图)、作业环境参数的测量(温度、湿度、照明、噪声、特殊环境下的失重、辐射等)。

(5) 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—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。

(6) 系统分析法

此法体现了人体工程学将人一机—环境系统作为一个综合系统考虑的基本观点,它是在资料研究方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。

1.2 人体工程与设计

人体工程学与产品设计的关系,大至宇航系统、城市规划、建筑设施、自动化工厂、机械设备、交通工具……小至家具、服装、文具以及盆、杯、碗、筷等生活用品。人体工程学与产品设计的关系可以用下表表示(表1-1):

人体工程设计具有横向学科性质,与国民经济的各个部门都有密切关系。因此,其应用范围十分广泛。从工业设计这一范畴来看,从巨大的工业系统(如航天航空系统、核电站、自动化工厂、联合生产装置等)到家庭活动(如居室布置、家具、卫生设备等),从一般机具(金属切削机床、汽车、拖拉机、起重设备以及手动工具等)到高科技产品(如电子计算机、机器人、传真机等),从日常用品(自行车、摩托车、照相机、电视机、服装、文具、锅、碗、盆、盏等)到工程建筑(如城市规划、建筑设施、道路、桥梁、工业与民用建筑等)。总之,为人类各种生产和生活所创造的一切“物”,在设计与制造时,都必须运用人机工程设计的原理和方法,以解决人机之间

领 域	对 象	实 例
设施或产品的设计	宇航系统 建筑设施 机械设备 交通工具 仪器设备 器 具 服 装	火箭、人造卫星、宇宙飞船等 城市规划、工业设施、工业与民用建筑等 机床、建筑机械、矿山机械、农业机械、渔业机械、林业机械、轻工机械、动力设备、一级计算机等 飞机、火车、汽车、电车、船舶、摩托车、自行车等 计量仪器、显示仪表、检测仪器、医疗器械、照明器具、办公事物器械以及家用电器等 家具、工具、文具、体育用具以及生活用品等；劳保服、生活用服、安全帽、劳保鞋等
作业的设计	作业姿势、作业方法、作业量以及工具的选用和配置等	工厂生产作业、监视作业、车辆驾驶作业、物品搬运作业、办公室作业以及非职业化活动作业等
环境的设计	声环境、光环境、热环境、色彩环境、振动、尘埃以及有毒气体环境等	工厂、车间、控制中心、计算机房、办公室、车辆驾驶室、交通工具的乘坐空间以及生活用房等

的关系，使其更好地适应人的要求。

为了进一步明确工业设计的含义，下面引用国际工业设计学会联合会（International Council of Societies of Industrial Design）对工业设计的定义：工业设计是一种创造性的活动，旨在确定工业产品的外观质量。虽然，外观质量包括外形及表面特征，但重要的还在于决定功能与结构的关系，从而获得一种使生产者与使用者都能满意的外观造型。由此定义，可以知道工业设计的含义必须包括：

- (1) 是一种创造性活动；
- (2) 不只注意产品外形及表面质量的美观，还须注意与产品的结构和功能的关系；
- (3) 满足生产者和使用者的要求，即达到方便宜人、与环境协调的人机关系。

由此可知，人体工程学与工业设计有着密切的关系，其研究的内容及对工业设计的作用可概括为以下几个方面：

- (1) 为工业设计中考虑“人的因素”提供人体尺度参数

应用人体测量学、人力学、生理学、心理学等学科的研究方法，对人体结构特征和机能特征进行研究，提供人体各部分的尺寸、体重、体表面积、比重、重心，以及人体各部分在活动时相互关系和可及范围等人体结构特征参数，提供人体各部分的发力范围、活动范围、动作速度、频率、重心变化以及动作时惯性等动态参数，分析人的视觉、听觉、触觉、嗅觉以及肢体感觉器官的机能特征，分析人在劳动时的生理变化、能量消耗、疲劳程度以及对各种劳动负荷的适应能力，探讨人在工作中影响心理状态的因素，及心理因素对工作效率的影响等。人体工程学的研究，为工业设计全面考虑“人的因素”提供了人体结构尺度、人体生理尺度和人的心理尺度等数据，这些数据可有效地运用到工业设计中去。

- (2) 为工业设计中“产品”的功能合理性提供科学依据

现代工业设计中，如搞纯物质功能的创作活动，不考虑人体工程学的要求，那将是创作活动的失败。因此，如何解决“产品”与人相关的各种功能的最优化，创造出与人的生理和心理机能相协调的“产品”，这将是当今工业设计中在功能问题上的新课题。人体工程学的原理和规律将是设计师在设计前考虑的问题。

- (3) 为工业设计中考虑“环境因素”提供设计准则

通过研究人体对环境各种物理因素的反应和适应能力，分析声、光、热、振动、尘埃和有毒

气体等环境因素对人体的生理、心理以及工作效率的影响程度,确定了人在生产和生活活动中所处的各种环境的舒适范围和安全限度。从保证人体的健康、安全、合适和高效出发,为工业设计中考虑“环境因素”提供了设计方法和设计准则。

(4) 为进行人一机一环境系统设计提供理论依据

人体工程学的显著特点,是在认真研究人、机、环境三大要素本身特点的基础上,不单纯着眼于个别因素的优良与否,而是将使用“产品”的人和所设计的“产品”以及人与“产品”所处的环境作为一个系统来研究,即“人一机一环境”系统。在这个系统中人、机、环境三大要素之间相互影响、相互依存的关系决定着系统的性能。本学科的人机系统理论,就是科学地利用三要素之间的有机联系来寻求系统的最佳参数。

以上几点充分体现了人体工程学为工业设计开拓了新设计思路,并提供了独特的设计方法和理论依据。社会发展,技术进步,产品更新,生活节奏紧张,这一切必然导致“产品”质量观的变化。人们将会更加重视“方便”、“舒适”、“可靠”、“价值”、“安全”和“效率”等方面的评价,人体工程学等边缘学科的发展和应用,也必须将工业设计的水准提到人们所追求的那个崭新高度。

本章思考题

- (1) 人体工程学的含义?
- (2) 试述人体工程学的研究内容。
- (3) 试述人体工程学与设计的关系。
- (4) 人体工程学的研究方法有哪些?