

全彩印刷

高等院校工业设计专业系列教材

清华大学美术学院院长 鲁晓波

倾力推荐

# 人机工程学

Ergonomics



曹祥哲 编著

清华大学出版社

# 人机工程学

曹祥哲 编著

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

人机工程学是工业设计、机械设计、环境设计、交互设计等专业重要的基础课。通过这门课程,读者需要了解人机工程学的基础知识,理解与产品紧密关联的人的因素,掌握各种形式的人机工程设计的基本内容、原理和方法。

本书共分7章,第1章介绍人机工程学的含义、发展、范畴、方法及其与“以人为本”设计理念之间的关系;第2章介绍作为设计依据的人体系统、人体尺度、感觉及其特性、知觉及其特性、人的信息处理机制、情绪与情感、运动器官及其特性、个体作业行为等方面的人因;第3~6章分别介绍人机界面设计(包括信息显示、操纵控制、计算机交互)、作业器具设计、作业空间设计、作业环境设计等各领域的人机工程设计的内容和方法;第7章则从总体上介绍运用系统的观点和方法进行人机工程设计的原理与程序。

本书结构合理,内容丰富,不仅可以作为高等院校工业设计和产品设计专业的教材使用,而且可供其他相关专业及广大从事工业产品设计的人员阅读参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

人机工程学 / 曹祥哲 编著. — 北京: 清华大学出版社, 2018

(高等院校工业设计专业系列教材)

ISBN 978-7-302-49093-7

I. ①人… II. ①曹… 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 (2017) 第 298805 号

责任编辑: 李 磊

装帧设计: 王 晨

责任校对: 牛艳敏

责任印制: 刘海龙

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦A座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈: 010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者: 北京博海升彩色印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 190mm×260mm 印 张: 9.5 字 数: 281千字

版 次: 2018年3月第1版 印 次: 2018年3月第1次印刷

印 数: 1~2500

定 价: 49.80元

---

产品编号: 068530-01

高等院校工业设计专业系列教材

## 编委会

### 主 编

兰玉琪  
天津美术学院产品设计学院  
副院长、教授

### 副主编

高 思

### 编 委

李 津	马 彧	高雨辰	邓碧波	李巨韬	白 薇
周小博	吕太锋	曹祥哲	谭 周	张 莹	黄悦欣
潘 弢	陈永超	张喜奎	杨 旻	汪海溟	寇开元

### 专家委员

天津美术学院院长	邓国源	教授
清华大学美术学院院长	鲁晓波	教授
湖南大学设计艺术学院院长	何人可	教授
华东理工大学艺术学院院长	程建新	教授
上海视觉艺术学院设计学院院长	叶 苹	教授
浙江大学国际设计研究院副院长	应放天	教授
广州美术学院工业设计学院院长	陈 江	教授
西安美术学院设计艺术学院院长	张 浩	教授
鲁迅美术学院工业设计学院院长	薛文凯	教授



# 序



今天，离开设计的生活是不可想象的。设计，时时事事处处都伴随着我们，我们身边的每一件东西都被有意或无意地设计过和设计着。

工业设计也是如此。工业设计起源于欧洲，有百年的发展历史，随着人类社会的不断发展，工业设计也经历了天翻地覆的变化：设计对象从实体的物慢慢过渡到虚拟的物和事，设计方法关注的对象也随之越来越丰富，设计的边界越来越模糊和虚化；从事工业设计行业的人，也不再局限于工业设计或产品设计专业的毕业生。也因此，我们应该在这种不确定的框架范围内尽可能全面和深刻地还原和展现工业设计的本质——工业设计是什么？工业设计从哪儿来？工业设计又该往哪儿去？

由此，从语源学的视角，并在不同的语境下厘清设计、工业设计、产品设计等相关的概念，并结合对围绕着我们“被设计”的事、物和现象的观察，无疑可以帮助我们更深刻地理解工业设计的内涵。工业设计的综合性、交叉性和边缘性决定了其外延是广泛的，从艺术、文化、经济和技术等不同的视角对工业设计进行解读或许可以更完整地还原工业设计的本质，并帮助我们进一步理解它。

从时代性和地域性的视角下对工业设计历史的解读，不仅仅是为了再现其发展的历程，更是为了探索推动工业设计发展的动力，并以此推动工业设计进一步的发展。无论是基于经济、文化、技术、社会等宏观环境的创新，还是对产品的物理空间环境的探索，抑或功能、结构、构造、材料、形态、色彩、材质等产品固有属性以及哲学层面上对产品物质属性的思考，或者对人的关注，都是推动工业设计不断发展的重要基础与动力。

工业设计百年的发展历程给人类社会的进步带来了什么？工业发达国家的发展历程表明，工业设计教育在其发展进程中发挥着至关重要的作用，通过工业设计的创新驱动，不但为人类生活创造美好的生活方式，也为人类社会的发展积累了极大的财富，更为人类社会的可持续发展提供源源不断的创新动力。

众所周知，工业设计在工业发达国家已经成为制造业的先导行业，并早已成为促进工业制造业发展的重要战略，这是因为工业设计的创新驱动发生了极为重要的作用。随着我国经济结构的调整与转型，由“中国制造”变为“中国智造”已是大势所趋，这种巨变将需要大量具有创新设计和实践应用能力的工业设计人才，由此给我国的工业设计教育带来了重大的发展机遇。我们充分相信，工业设计以及工业设计教育在我国未来的经济、文化建设中将发挥越来越重要的作用。



目前，我国的工业设计教育虽然取得了长足发展，但是与工业设计教育发达的国家相比确实还存在着许多问题，如何构建具有创新驱动能力的工业设计人才培养体系，成为高校工业设计教育所面临的重大挑战。此套系列教材的出版适逢“十三五”专业发展规划初期，结合“十三五”专业建设目标，推进“以教材建设促进学科、专业体系健康发展”的教材建设工作，是高等院校专业建设的重点工作内容之一，本系列教材出版目的也在于此。工业设计属于创造性的设计文化范畴，我们首先要以全新的视角审视专业的本质与内涵，同时要结合院校自身的资源优势，充分发挥院校专业人才培养的优势与特色，并在此基础上建立符合时代发展的人才培养体系，更要充分认识到，随着我国经济转型建设以及文化发展对人才的需求，产品设计专业人才的培养在服务于国家经济、文化建设发展中必将起到非常重要的作用。

此系列教材的定位与内容以两个方面为依托：一、强化人文、科学素养，注重世界多元文化的发展与中国传统文化的传承，注重启发学生的创意思维能力，以培养具有国际化视野的复合型与创新型设计人才为目标；二、坚持“科学与艺术相融合、创新与应用相结合”，以学、研、产、用一体化的教学改革为依托，积极探索具有国内领先地位的工业设计教育教学体系、教学模式与教学方法，教材内容强调设计教育的创新性与应用性相结合，增强学生的创新实践能力与服务社会能力相结合，教材建设内容具有鲜明的艺术院校背景下的教学特点，进一步突显了艺术院校背景下的专业办学特色。

希望通过此系列教材的学习，能够帮助工业设计专业的在校学生和工业设计教学、工业设计从业人员等更好地掌握专业知识，更快地提高设计水平。



天津美术学院产品设计学院  
副院长、教授



# 前言



一项优秀的设计必然是人、环境、技术、经济与文化等因素巧妙平衡的产物。因此，要求设计师有能力在各种制约因素中，找到一个最佳平衡点。判断最佳平衡点的标准，就是在设计中坚持“以人为本”的原则。具体表现在各项设计中均应以人为主线，将人机工程学规范贯穿于设计的全过程，并且在设计全过程的各个阶段，都有必要进行人机工程学研究与分析，以确保一切设计物都能符合人的特性，从而使其功能满足人的需求，因此人机工程学被视为重要的知识与评判设计标准，这也是专业学子与专业人士面对的重要课题。

在这样的背景下，本书从专业的角度，系统地阐述了人机工程学学科的各项知识。从人机工程学的定义、概念、发展脉络以及应用人体测量学、人体力学、劳动生理学、劳动心理学等方面，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、重量、体表面积、比重、重心以及人体各部分在活动时的相互关系和可及范围等人体结构特征参数；提供人体各部分的出力范围、活动范围、动作速度、动作频率、重心变化以及动作时的习惯等人体机能特征参数，分析人的视觉、听觉、触觉以及肤觉等感觉器官的机能特性；分析人在各种劳动时的生理变化、能量消耗、疲劳机理以及人对各种劳动负荷的适应能力；探讨人在工作和生活中影响心理状态的因素以及心理因素。

人机工程学现今已是很多设计门类的专业基础课程，在这门课程中我们必须理解、明白，并且深切地感悟出人机工程学与各个设计专业的相关联性，使设计者在设计过程中能充分考虑人和所设计的人造物及他们所处的环境的协调及统一，提高其与人之间的和谐关系，尽量满足其使用者的舒适和安全要求。随着人类生活机械化、自动化、信息化、网络化和交互化的高速发展，人的因素在设计与生产中的影响越来越大，人机和谐发展的问题也就越来越显得重要，人机工程学这门学科在设计教学及实际应用中的地位与作用也愈显出其重要性。

本书强调理论基础化、思想系统化、学科多元化的编写理念，注重理论联系实践、多专业结合与互融的编写思路。在理论与应用相结合的基础上，侧重于结合实例探讨人机工程学在设计多领域的研究与应用，力求使读者既能获得基本理论知识和方法，也能在设计实践中加以应用与研究。

第一，注重跨界的教学思路。由于人机工程学适合产品设计、环境设计、平面设计以及交互设计等专业，笔者从人一机一环境的整体系统进行讲解，既包含人与产品设计——人与物的关系，又包含人与室内空间一人与空间的关系，涵盖人机系统整体化的思想体系，使之成为真正的系统研究。因此本书适用于工业设计、产品设计以及室内环境设计等相关专业使用，真正实现理论系统化、实践多元化的教育理念。

第二，本书注重知识的前瞻性。笔者结合现在社会的发展趋势，例如物联网时代、智能化技术对人的生活方式的影响，已经对传统人机工程学的思想产生影响，因此笔者在传统人机工程学的知识体系上，发觉新的思路，例如从新的可穿戴设备与人的关系、新的交互方式等知识进行讲解，体现出与时俱进的教学思路。

第三，理论系统化。本书注重理论的科学与系统性，对很多传统观点进行梳理，并利用多图表的形式进行辅助说明，使学生与专业人员能够更好地梳理书中的知识，也利于考研的同学进行理论补充，

真正做到理论联系实践。

第四，本书引用并分析了大量的世界优秀设计作品，为读者理解设计中的人机工程学应用提供了借鉴之处。

本书可作为工业设计、室内环境设计、家具设计、交互设计等专业的本科生教材、研究生的参考读物，也可供艺术设计等方面有关工程技术人员参考。

本书由曹祥哲编著，兰玉琪、邓碧波、马彘、陈永超、李巨韬、汪海溟、寇开元、吕太锋、谭周、周旭、龙泉等也参与了本书的编写工作。由于作者水平所限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者批评、指正。

本书提供了 PPT 教学课件，扫一扫右侧的二维码，推送到自己的邮箱后即可下载获取。



编 者



# 目录



## 第1章 人机工程学基础

1

- 1.1 人机工程学的概念····· 1
- 1.2 人机工程学的发展····· 3
  - 1.2.1 经验人机工程学——初始阶段····· 4
  - 1.2.2 科学人机工程学——成长阶段····· 8
  - 1.2.3 现代人机工程学——成型阶段····· 9
- 1.3 人机工程学的分类····· 10
  - 1.3.1 设备人机工程学····· 10
  - 1.3.2 功能人机工程学····· 11
- 1.4 人机工程学中的要素····· 11
- 1.5 人机工程学的研究内容····· 12
- 1.6 人机工程学的研究方法····· 16
- 1.7 人机工程学与工业设计····· 19
  - 1.7.1 人机工程学为工业设计提供理论依据····· 19
  - 1.7.2 为工业设计中的“环境因素”提供设计准则····· 20
  - 1.7.3 为产品设计提供科学依据····· 20
  - 1.7.4 树立“以人为本”的设计思想····· 21
- 1.8 人机工程学与室内设计····· 21

## 第2章 人的感知系统

23

- 2.1 人的感觉定义与特点····· 24
  - 2.1.1 适宜刺激····· 26
  - 2.1.2 适应····· 27
  - 2.1.3 相互作用····· 27
  - 2.1.4 对比····· 27
  - 2.1.5 余觉····· 28
- 2.2 人的知觉定义与特点····· 28
  - 2.2.1 知觉定义····· 28
  - 2.2.2 知觉特点····· 29
- 2.3 人的视觉定义及特点····· 32
  - 2.3.1 视觉刺激····· 32
  - 2.3.2 视觉系统····· 32
  - 2.3.3 视觉机能····· 33
- 2.4 听觉机能及其特征····· 38
  - 2.4.1 听觉刺激····· 38
  - 2.4.2 听觉的特性····· 39
- 2.5 嗅觉与味觉的特性····· 39
  - 2.5.1 嗅觉感受器····· 39
  - 2.5.2 嗅觉能力····· 40

## 第3章 人体尺寸与数据采集

41

- 3.1 人体测量学由来与发展····· 41
- 3.2 人体测量的作用····· 42
- 3.3 人体尺寸测量的内容与工具····· 42
  - 3.3.1 人体测量内容····· 43
  - 3.3.2 人体尺寸测量工具····· 45
- 3.4 人体测量方法····· 46

- 3.5 影响人体尺寸的因素·····47
- 3.6 人体测量数据来源与术语·····48
  - 3.6.1 人体测量数据·····48
  - 3.6.2 人体尺寸测量的术语·····48
- 3.7 常用人体测量资料·····49
  - 3.7.1 我国成年人人体尺寸国家标准·····49
  - 3.7.2 成年人的人体功能尺寸·····52
- 3.8 人体测量数据的应用·····54
  - 3.8.1 主要人体尺寸的应用原则·····54
  - 3.8.2 人体尺寸的应用方法·····57
- 3.9 老年人和残疾人的生理特征·····59
  - 3.9.1 老年人的生理特征·····59
  - 3.9.2 残疾人的生理特征·····59

## 第4章 室内空间中人机参数与人体姿势

60

- 4.1 作业空间·····60
  - 4.1.1 作业空间概念·····60
  - 4.1.2 作业空间分类·····60
- 4.2 作业空间的设计要求与原则·····61
  - 4.2.1 设计要求·····61
  - 4.2.2 设计原则·····62
- 4.3 作业空间的设计步骤·····63
  - 4.3.1 作业场所和调研·····63
  - 4.3.2 作业空间的初步设计方案·····63
  - 4.3.3 建立空间模型和模拟测试·····63
- 4.4 作业空间人体参数·····64
- 4.5 人体不同作业姿势·····65
  - 4.5.1 坐姿作业空间设计·····65
  - 4.5.2 立姿作业空间·····67
- 4.6 室内生活空间设计·····68
  - 4.6.1 室内生活空间的构成因素和特征·····68
  - 4.6.2 居住行为与空间组合·····69
  - 4.6.3 家居空间尺度设计与要求·····70
- 4.7 各类空间的功能分析·····76
  - 4.7.1 普通办公室处理要点·····76
  - 4.7.2 开放式办公室处理要点·····78
  - 4.7.3 银行营业厅空间处理要点·····78
  - 4.7.4 邮局营业厅空间处理要点·····78
  - 4.7.5 车站售票处空间处理要点·····78
  - 4.7.6 候车室空间处理要点·····79
  - 4.7.7 旅馆门厅空间处理要点·····79
  - 4.7.8 酒店标准间空间处理要点·····80
  - 4.7.9 视听空间处理要点·····80
  - 4.7.10 展览陈列空间处理要点·····80
- 4.8 家具设计·····80
  - 4.8.1 人体坐姿生理解剖基础·····80
  - 4.8.2 座椅的功能尺寸·····82
  - 4.8.3 坐姿与靠垫·····83
  - 4.8.4 工作面的高度与办公桌设计·····83
  - 4.8.5 办公桌尺寸的相关规定·····84
  - 4.8.6 卧具(床)设计·····84
- 4.9 人的空间行为·····85
  - 4.9.1 人类的距离保持·····85
  - 4.9.2 人的侧重行为·····87
  - 4.9.3 人的捷径反应和躲避行为·····87

## 第5章 人的认知心理

88

- 5.1 认知的定义·····88
- 5.2 认知的特性·····94
  - 5.2.1 认知的知识特性·····94
  - 5.2.2 认知的非理性特点·····96
- 5.3 人的心理模型·····99
- 5.4 创造性思维的心理特征·····99
  - 5.4.1 随意创造思维的心理模型·····100
  - 5.4.2 非随意创造思维的心理模型·····101

## 第6章 人机操纵装置设计

102

6.1 产品操纵装置设计.....	102	6.2.3 按压式操纵器设计.....	107
6.1.1 产品操纵装置的类型及特点.....	102	6.2.4 触摸控制操纵.....	109
6.1.2 操纵装置的用力特征.....	104	6.3 产品操纵装置的总体设计原则.....	110
6.2 各类操纵器的设计.....	105	6.3.1 操纵力设计原则.....	110
6.2.1 旋转式操纵器种类.....	105	6.3.2 操纵与显示相配合原则.....	110
6.2.2 移动式操纵器设计.....	107	6.3.3 操纵装置特征的识别原则.....	111

## 第7章 人机系统与交互设计

113

7.1 人机系统的概念和意义.....	113	7.5.4 人机交互.....	124
7.1.1 人机系统的概念.....	113	7.5.5 操作习惯与手机交互方式的案例分析.....	126
7.1.2 人机系统的内涵.....	113	7.6 可穿戴设备.....	132
7.2 人机系统的分类.....	114	7.6.1 可穿戴设备定义.....	132
7.3 人机系统设计的重要性.....	115	7.6.2 可穿戴产品的发展.....	132
7.4 人机界面.....	117	7.6.3 可穿戴设备的特点.....	135
7.4.1 人机界面的概念.....	117	7.6.4 可穿戴设备的分类.....	135
7.4.2 人机界面的发展简述.....	118	7.6.5 可穿戴设备中的人机交互.....	140
7.5 人机交互.....	122	7.6.6 可穿戴设备的界面交互原则.....	141
7.5.1 交互设计的概念.....	122		
7.5.2 交互设计的分类.....	123		
7.5.3 交互设计的任务.....	124		

# 《第 1 章》

## 人机工程学基础



### 1.1 人机工程学的概念

人机工程学是一门研究人、机器及工作环境之间相互作用的学科。它是 20 世纪 40 年代后期发展起来的，经历了不同的发展阶段，更是跨越了不同学科领域，应用多种学科原理、理念、方法以及数据，不断完善自身观念、研究方法、技术标准和科学体系，从而成为一门极为重要的交叉学科。人机工程学已被广泛运用到产品设计、室内环境设计、服装设计等众多领域，如图 1-1 至图 1-6 所示，我们每天使用的产品、接触的环境等都离不开人机工程学。



图 1-1 宝马汽车空气动力学测试



图 1-2 宝马概念车展示现场



图 1-3 电动工具设计



图 1-4 电吹风设计



图 1-5 生活用品设计



图 1-6 家居用品设计

人机工程学既有学科名称多样化、学科定义不统一的特点，又具有其他新兴边缘学科共有的学科边界模糊、学科内容综合性强、学科知识多样化、学科应用范围广等特点，如图 1-7 所示。

在 1979 年出版的《辞海》中，我们看到人机工程学的定义：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、生物力学以及工程学等学科的研究方法和手段，综合地对人体结构、功能、心理以及力学等问题进行研究的学科。通过设计使机械、仪器和控制装置发挥出最大的功效，并研究控制台上各个仪表的最适位置。

国际人类工效学学会 (International Ergonomics Association, IEA) 为本学科所下的定义是最有权威、最全面的定义：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；研究人在工作

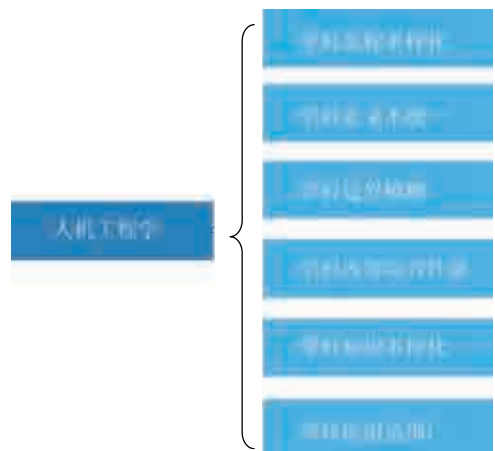


图 1-7 人机工程学特点示意图



中、家庭生活中和休假时怎样统一考虑工作效率、健康、安全和舒适等问题的学科，如图 1-8 所示为人机工程学需要研究的学科示意图。

2000 年 8 月，国际人类工效学学会发布了新的人机工程学定义：人机工程学是研究系统中的人与其他组成部分的交互关系的一门学科，并运用其理论、原理、数据和方法进行设计，以优化系统的工效和人的健康、幸福之间的关系。这种研究是建立在科学实验的方法之上的，是系统的分析、实验、研究和对因果关系的假设和验证，研究的对象是系统中的人与其他部分，也就是器物和环境之间的交互关系。人机工程专家旨在设计和优化任务、工作、产品、环境和系统之间的关系，使之满足人们的需要、能力和限度。

通过以上国内外的多种定义，我们可以看出尽管各国专家对人机工程学所下的定义不尽相同，但他们的核心思想是一致的。

(1) 人机工程学研究的是“人—机—环境”系统中的人、机、环境三要素之间的关系。

(2) 人机工程学的目的是使人们在工程技术和工作生活中，能够顺利、舒适、安全、愉快地使用产品，使人、机器、环境得到合理的配合，达到合理的人机匹配，实现系统中人和机器的效能统一合理，使高效、安全、健康和舒适等达到最优化的结果。

如图 1-9 和 1-10 所示，图中显示的是产品和人以及环境的使用关系，也就是人在不同环境背景下如何舒适地操作产品；如图 1-11 所示为人机系统示意图。



图 1-9 人使用产品的场景分析



图 1-10 人、产品以及环境的场景分析

总之，人机工程学以追求人类和技术完美和谐为目标，将人类的需求和能力置于设计技术体系的核心位置，为产品、环境以及系统的设计提供了科学数据。

## 1.2 人机工程学的发展

英国是全球最早进行人机工程学研究的国家，但该学科的基础成型与长期发展却是在美国完成的。所以，人机工程学一直有着“起源于英国，形成于美国”之说，最终影

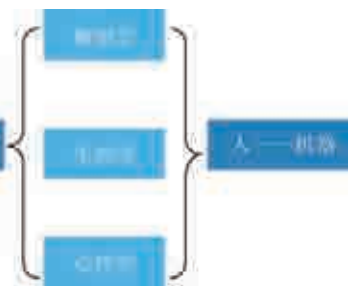


图 1-8 人机工程学需要研究的学科示意图



图 1-11 人机系统示意图

响全世界。虽然本学科的起源可追溯到 20 世纪初期，但成为一门独立学科却只有数十年的历史。该学科在形成与发展的过程中大致归纳为三个阶段。如图 1-12 所示，图中概括了人机工程学的发展历程以及不同时期的名称及特点。

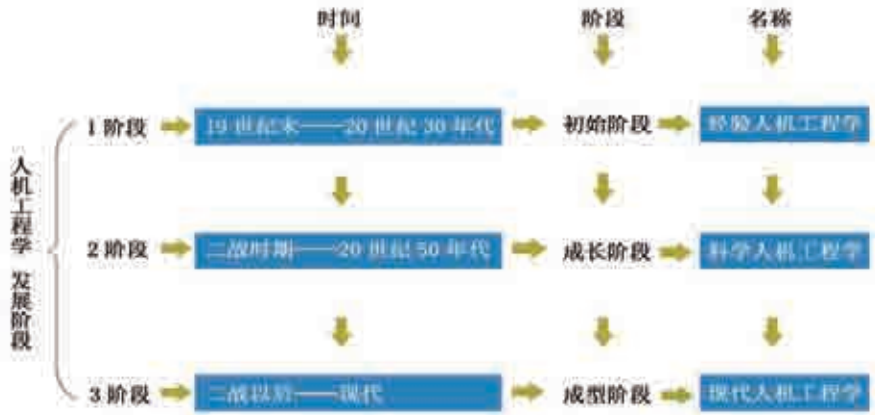


图 1-12 人机工程学发展历程分析图

## 1.2.1 经验人机工程学——初始阶段

人机工程学是 19 世纪末 20 世纪初，在现代主义设计之后发展而来的。因此，我们讨论它的起源应该有一个基本的时间界定，超出这个范畴的叙述会有失准确，也容易对学科的研究产生误导。所以我们要准确地以时间为线索，对它的发展进行研究。

在 19 世纪末，人们开始采用科学的方法研究人的能力与其所使用的工具之间的关系，从而进入了有意识地研究人机关系的新阶段。这一时期到第二次世界大战之前称为经验人机工程学，也可以视其为初始发展阶段。

### 1. 传统机器对人的压迫

19 世纪工业革命，机械化生产代替了传统手工业制造以后，机械操作成为比手工劳作更有效的生产方式，机器的运转带动着人的运转，并逐步形成了机器对人的强制作用。这一时期，人必须适应于机器，这是一种很明确的主次关系。虽然人制造了机器人还是成为被统治的一方。如图 1-13 所示为工业革命下，人们在为机器拼命地工作。



图 1-13 工业革命中人们的工作状态

人在这种关系中的从属性，使得在整个机械化生产过程中人与机器形成了一种对立的关系，人被机器或工具所牵制。如图 1-14 和图 1-15 所示为著名影星卓别林在电影《摩登时代》中夸张的表演，真实地反映了那个时期人与机器对立的矛盾性和复杂性，以及技术进步的同时，机器为人们带来的必须品尝的另一种“果实”。在这样背景下，人们开始重新思考人与机器的关系。



图 1-14 卓别林主演电影《摩登时代》的海报设计

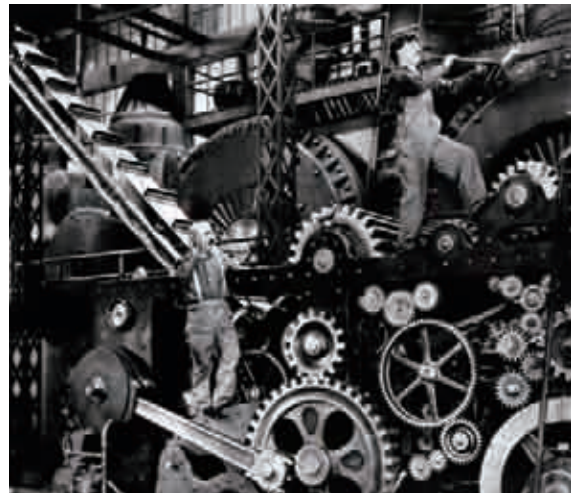


图 1-15 当年电影中对机器压榨人们劳动进行讽刺

基于这样的背景，这一阶段人们开始主要研究人与工具的关系以及人工的操作方法。这一时期主要研究每一职业的要求，利用测试来选用工人和安排工作，规划人力的合理方法，制订培训方案，使人力得到最佳发挥；研究优良的工作条件、管理形式以及探讨劳动者与管理者的合理关系。

## 2. 泰勒——管理科学研究

这一阶段具有贡献价值的学者首推科学管理的创始人，具有“科学管理之父”美誉的泰勒。他曾在米德维尔工厂工作，从一名学徒工开始，先后被提拔为车间管理员、技师、小组长、工长、设计室主任和总工程师。在这家工厂的经历使他了解到工人们普遍怠工的现状，他认为缺乏有效的管理手段是阻碍生产效率提高的原因。为此，泰勒开始探索科学的管理方法和理论。他从“车床前的工人”开始进行研究，重点研究企业内部工人工作的效率。在他的管理生涯中，他不断在工厂实地进行试验，系统地研究和分析工人的操作方法和动作所花费的时间，逐渐形成其管理体系——科学管理。在他的主要著作《科学管理原理》中阐述的科学管理理论，使人们认识到了管理是一门建立在明确的法规、条文和原则之上的科学。泰勒的科学管理主要有两大贡献：一是管理要走向科学；二是劳资双方的精神革命。

### 1) 科学的管理方法研究

泰勒还提出了一些新的管理任务：第一，对工人操作的每个动作进行科学研究，用于替代陈旧的单凭经验的办法。第二，科学地挑选工人，并进行培训和管理，使之成长。第三，与工人的协作，以保证一切工作都按已发展起来的科学原则去完成。第四，劳资方和工人之间在工作 and 职责上几乎是均分的，劳资方把自己比工人更胜任的那部分工作承揽下来；而在过去，几乎所有的工作和大部分的职责都被推到了工人们的身上。

科学管理不仅是将科学化、标准化引入管理，更重要的是提出了实施科学管理的核心问题——精神革命。精神革命基于科学管理的思想，认为雇主和雇员双方的利益是一致的。因为对于雇主而言，追求的不仅是利润，更重要的是事业的发展。而事业的发展不仅会给雇员带来较丰厚的工资，而且更意味着充分发挥其个人潜质，满足自我实现的需要。正是这种事业的观念使雇主和雇员联系在一起，当双方以友好合作、互相帮助来代替对抗和斗争时，就能通过双方共同的努力提高工作效率，生产出比过去更大的利润，更可使雇主的利润得到增加，企业规模得到扩大；相应地也可使雇员工资提高，满意度增加。所以他在传统管理方法的基础上，提出了新的管理方法和理论，并制订了一整套以提高工作效率为目的的操作方法。这些研究看似和设计不太相关，但实际上也是一种设计——即规则的设计，它是从人的心理研究出发，通过制订规则来合理激发人的潜能并能够约束人的行为。



## 2) 著名的铁锹实验——研究人、机器、工具、材料及作业环境的标准化问题

泰勒研究了人与机器、工具、材料及作业环境的标准化问题。他曾研究过铁锹的形状和重量，以及每次铲煤或矿石的最适当重量，从而设计出铁铲的最佳形状。他还对使用铁锹的操作方法进行了研究，取消了不合理的动作，制订出省力高效的操作方法和相应的工时定额，从而大大提高了工作效率。

1898年，泰勒受雇于伯利恒钢铁公司期间，进行了著名的“搬运生铁块试验”和“铁锹试验”。搬运生铁块试验，是在这家公司的产品搬运班组中选取75名工人，通过对他们的劳动进行研究，培训了工人的技能，改进了操作方法，使生铁块的搬运效率提高3倍。

铁锹试验是指在材料能够达到标准负载的情况下，研究锹的形状、规格，以及各种原料装锹的最好方法。此外泰勒还对每一套动作的精确时间进行了研究，从而总结出“一流工人”每天应该完成的工作量，这一研究结果非常具有科学价值。也正因为如此，工厂的劳动力从原来的400~600人减少为140人，平均每人每天的操作量从原来的16吨提高到59吨，每个工人的日工资从1.15美元提高到1.88美元，可见他的研究大大提高了工人的工作效率。如图1-16所示为泰勒的肖像，图1-17所示为铁锹试验的示意图。



图 1-16 学者泰勒的肖像

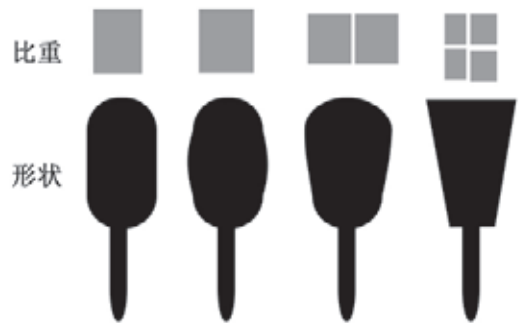


图 1-17 铁锹试验的示意图

## 3. 吉尔布雷斯夫妇——动作研究

与泰勒同时代的吉尔布雷斯夫妇也开展了动作研究。弗兰克·吉尔布雷斯是一位工程师和管理学家，科学管理运动的先驱者之一，其突出成就主要表现在动作研究方面，他也被公认为“动作研究之父”。莉莲·吉尔布雷斯是弗兰克的妻子，她是一位心理学家和管理学家，是美国第一位获得心理学博士学位的女性，被人们称为“管理领域第一夫人”。吉尔布雷斯夫妇一起改进了泰勒的方法，如果说泰勒的方法被称为“工作研究”，那他们的方法则被称为“运动研究”。其差别在于，泰勒是基于生产线上对工人进行实验与分析；而吉尔布雷斯夫妇则提出了“动素”的概念。他把人的所有动作归纳成18个动素，如手腕运动称为一个动素，就可以把所有的作业分解成若干动素的总和。对每个动素做了定量研究之后，就可以分析每个作业需要用多少时间，这也被称作动作分析。

动作研究把作业动作分解为最小的分析单位，然后通过定性分析，找出最合理的动作，以使作业达到高效、省力和标准化。吉尔布雷斯夫妇通过对动作的分解研究发现，手的动作可以分为18种基本要素，如拿铅笔写字这一动作可以分解成18个基本要素：寻找、选择、抓取、移动、定位、装备、使用、拆卸、

检验、预对、放手、运空、延迟(不可避免)、故延(可避免)、休息、计划、夹持等,如图1-18和图1-19所示。吉尔布雷斯把这些基本动作要素定义为动素,而动素是不可再分的。根据这些动作的不同“目的”,又可以将其分成三大类。

第一类:完成工作所必需的要素。

第二类:对第一类动作的辅助,会降低工作效率。

第三类:工作的停滞状态,包括必要的休息。

动作研究就是强调将作业者的眼、手、脚等身体动作分解为最小的分析单位,然后通过定性分析,找出最合理的动作。把“不必要”的动作删除,把“必要”的动作变为更“有效率”和“不易疲劳”的“经济性动作”,以使作业达到高效、省力和标准化的目的。减少第二类、第三类的动作,可以对第一类动作制订出更合理的次序和配合,以此设计出以最短的时间完成第一类动作的方案,如图1-18和1-19所示。

类别	基本要素名称	略号	记号	圆记号说明	范例
第一类	(1) 空手移动 (transport empty)	TE		空手的形状	伸手到铅笔处
	(2) 抓住 (grasp)	G		抓物手的形状	抓取铅笔
	(3) 负荷移动 (transport loaded)	TL		盘上放置东西的形状	把铅笔移动
	(4) 定位 (position)	P		东西在手指头的形状	决定写字的位置
	(5) 装配 (assemble)	A		装配成井字形	笔套上笔盖
	(6) 使用 (use)	U		use的U形	写字
	(7) 分解 (disassemble)	DA		装配后拿下1支的形状	笔拔下笔盖
	(8) 放手 (release load)	RL		盘子倒放的形状	笔徒手放开
	(9) 检查 (inspect)	I		凸镜头的形状	检查写字的好坏

图 1-18 第一类动作分析

第二类	(10) 寻找 (search)	Sh		眼睛寻找东西的形状	寻找笔在何处
	(11) 标题 (find)	F		瞪着眼睛看的形状	细查标示对否
	(12) 选择 (select)	St		选出来东西所指示的形状	从很多支笔挑选出适当的笔
	(13) 思考 (plan)	Pn		手扶在头的形状	想想怎么写
第三类	(14) 准备 (pre-position)	PP		搪孔机竖立的形状	调适容易写字的持笔
	(15) 握住 (hold)	H		磁铁吸住铁片的形状	手握住笔不放
	(16) 休息 (rest for overcoming fatigue)	R		人坐在椅子上的形状	疲劳而休息
	(17) 不可避免的延迟 (unavoidable delay)	UD		人绊倒的形状	停电不能写字
	(18) 可避免的延迟 (avoidable delay)	AD		人在睡眠的形状	看旁边不想写字

图 1-19 第二类与第三类动作分析

吉尔布雷斯提出了动作经济三法则:能以最少的劳力付出达到最大的工作效果,包括动作能活用原则、动作量节约原则和动作法改善原则。

此外,他们在1911年通过快速拍摄影片,详细记录了工人的操作动作,对其进行分析与研究,将工人的砌砖动作进行简化,使工人的砌砖速度由原来的120块/小时提高到350块/小时。泰勒和吉尔布雷斯夫妇所创立的时间与动作研究,对提高工作效率和减轻工作疲劳,至今仍有重要意义。如图1-20

所示，通过对人体跑步进行动作分析，可以提高运动效率。



I. 前腾空期 II. 中腾空期 III. 后腾空期 IV. 前支撑期(后脚跟着地到过渡一半) V. 后支撑期(从过渡一半到脚掌离地)

图 1-20 对人体跑步动作的分析

#### 4. 闵斯特博格心理学的研究

后来，现代心理学家、美国哈佛大学心理学教授 H. 闵斯特博格出版了《心理学与工作效率》《心理技术原理》等书，将当时心理学的研究成果与泰勒的科学方法联系起来进行研究，并提出了心理学在人们工作中的价值。这一阶段的研究重点是对心理学的研究，被称为应用实验心理学。

总体来讲，这一时期强调对机器原理的研究，以及如何将力学、电学、热力学等应用在产品中。在人机关系上以选择和培训操作者为主，提倡人要适应机器。

## 1.2.2 科学人机工程学——成长阶段

第二次世界大战期间，由于战争的需要，军事工业得到了飞速发展，武器装备变得空前庞大和复杂。此时，完全依靠选拔和训练人员，已经无法使人适应不断发展的新武器的效能要求，这也导致操作事故率大为增加。例如，由于战斗机座舱及仪表位置设计不当，使飞行员误读仪表和误用操纵器而导致意外事故；由于操作复杂、不灵活以及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。如图 1-21 所示为第二次世界大战期间战斗机内部操控台的设计，仪表盘的设计相当烦琐，一旦操作失误，将引起严重的后果。

据统计，美国在第二次世界大战期间发生的飞行事故中，大约 90% 是由人为因素而造成的。多次失败的教训引起决策者和设计者的高度重视。设计者通过分析研究逐步认识到，“人的因素”在设计中是不容忽视的一个重要条件，只有当武器装备符合使用者的生理、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；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。于是，人机关系的研究进入了一个新的阶段，即从“人适应机器”转入“机器要宜人”的阶段。



图 1-21 第二次世界大战期间战斗机内部操控台设计

这一时期的人机工程学超出了心理学的范畴，更多的生理学家、工程技术人员参与到学科的建设中，学科名称也被称为“工程心理学”，这一阶段人机工程学的特点是要求机器适应人。

### 1.2.3 现代人机工程学——成型阶段

第二次世界大战以后，欧美各国进入了经济全面增长的时期。科学技术的跨越性进步极大地促进了人机工程学发展，特别是进入20世纪60年代，微电子技术的应用与普及，在为工业设计的成长提供强大动力的同时，也使人机工程学迈进了充满生机的成熟阶段。

#### 1. 人机工程学应用范围的全面扩大

人机工程学的研究和实践从军事领域和实验室延伸到工业的各个领域，特别是转向民用产品中，如交通工具、医疗器械、生活家具、家用电器、儿童玩具等。人机工程学影响到人们日常生活的方方面面，民众开始接受人机工程学的思想和观念，企业开始重视运用人机工程技术来分析、设计和检验产品的宜人性，开始关注老人、儿童和残疾人等特殊人群的需要。人机工程学已经从生产领域扩展到生活领域，并取得了许多研究和运用成果。

#### 2. 人机工程学理论进一步完善

由于系统论、信息论、控制论在这个时期的建立和探讨，对人机工程学的进一步发展产生了积极的影响。随着人机工程学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。这个时期人机工程学已经形成完整的学科体系，将研究方向调整到：把人—机—环境几个因素作为一个统一的整体系统来研究，使人—机—环境之间的关系相协调，从而获得系统的最高综合效能，以此设计出最适合于人操作的机械设备和作业环境，标志着人机工程学的研究已经进入高级阶段和成熟期。

综上所述，我们细心地研究人机工程学的发展脉络，其实可以看出人机工程学的发展就是“人本”思想在工程设计和工业设计领域运用和发展的历史。研究人机工程学的起源和历史的重要性在于了解这门学科形成的原因、历史条件以及所涉及的相关学科、学术思想和研究方法，以便从发展的角度更好地认识与理解人机工程学的本质和意义。

我们在回顾历史的境遇下，放眼当今，人口、资源、环境的危机使可持续发展的思想成为全球发展的共识，人们不得不重新审视人、机器、环境之间的关系，这也为人机工程学未来的发展指明了方向。图1-22和图1-23所示为早期的奔驰汽车设计，在当时奔驰汽车的研发人员已经将人机工程学运用到汽车形态设计中，我们可以看出汽车的腰身设计，车门的开启方式都在体现人机工程学的思想。如图1-24至图1-28所示为运用人机工程学的现代产品设计。



图 1-22 奔驰汽车运用人机工程学对汽车造型进行研究 1



图 1-23 奔驰汽车运用人机工程学对汽车造型进行研究 2





图 1-24 符合人机工程学要求的茶具设计



图 1-25 符合人机工程学要求的座椅设计



图 1-26 符合人机工程学要求的灯具设计



图 1-27 符合人机工程学要求的医疗产品设计



图 1-28 符合人机工程学要求的生活用品设计

## 1.3 人机工程学的分类

从工业设计角度而言，人机工程学主要包括设备人机工程学和功能人机工程学，如图 1-29 所示。

### 1.3.1 设备人机工程学

设备人机工程学从解剖学和生理学角度，对不同民族、年龄、性别的人的身体各部位进行静态（身高、坐高、手长等）和动态（四肢活动范围等）进行测量，得到基本的参数，作为设计中最根本的尺度依据。一般而言，静态的人体尺度要大于动态的人体尺度，在设计时应根据具体的情况来选择正确的人体尺度。例如，在设计公共汽车上的拉手时，就要考虑到人在抓拉手时手的状态，因此其高度不应以人的指尖到脚底的距离为准，而应以人的掌心到脚底的尺度为准。

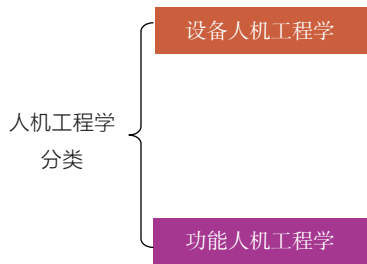


图 1-29 人机工程学的分类

## 1.3.2 功能人机工程学

功能人机工程学通过研究人的知觉、智能、适应性等心理因素，研究人对环境刺激的承受力和反应能力，为创造舒适、美观、实用的生活环境提供科学依据。例如，环境的优劣直接影响到人们的活动能力与心情，人在过亮或过暗的照明条件下都不能取得良好的视觉效果；在过强的噪声或完全消除噪声的环境中，也不能高效率地工作。因此，有的办公室经常播放一些轻松舒缓的背景音乐，就是出于这个道理。

## 1.4 人机工程学中的要素

人机工程学的特点是强调系统论与系统化、整体化的思想，即人机工程学是研究人一机一系统的学科，从系统的总体高度，研究人、机、环境以及系统四个要素，并将它们看成一个相互作用、相互依存的系统。在人机工程学的研究中，始终要强调人机系统的理论。也就是说人、机、环境和系统是人机系统的四要素。

### 1. 人机工程学中的“人”

“人”的要素就是指自然人。“人”也是我们设计的永恒主题，一切设计都是为了“人”。人是处于主体地位的决策者，也是实现产品功能的操作者或使用者，因此人的心理特征、生理特征以及机器和环境能否满足人的需求都是要研究的重要课题。人的效能是人机工程学研究的主要内容。“人的效能”主要是指人的作业效能，即人按照一定要求完成某项作业时所表现出的效率和成绩。一个人的效能决定于工作性质、人的能力、工具和工作方法，决定于人、机、环境三要素之间的关系是否得到妥善处理。在人机工程学中，人的效能更多的是指人的工作效率。

### 2. 人机工程学中的“机”

“机”是指机器，但其比一般技术术语的意义要广泛得多，包括人操纵和使用的一切物的总称。可以是机器，也可以是设施、工具、用具以及一切相关产品等，可以理解为一切产品。因此如何设计出满足人的生理与心理要求的产品，是人机工程学需要长久研究的重要课题。

### 3. 人机工程学中的“环境”

“环境”是指人和机器所处的整体环境，不仅指工作场所的声、光、空气、温度、振动等物理环境，还包括团体组织、奖惩制度、社会舆论、工作氛围、同事关系等社会环境。在人机工程学的研究中，更多的是指前者。

### 4. 人机工程学中的“系统”

“系统”是由相互作用、相互依赖的若干组成部分集合成的具有特定功能的有机整体，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。系统是人机工程学最重要的概念和思想，人一机一环境一系统是指由处于同一时间和空间的人与其所使用的机器以及它们所处的周围环境所构成的系统，简称人机系统。人机系统可小至人与剪刀等手工工具，也可大至人与汽车，乃至人与宇宙飞船等，如图 1-30 为人机系统示意图。

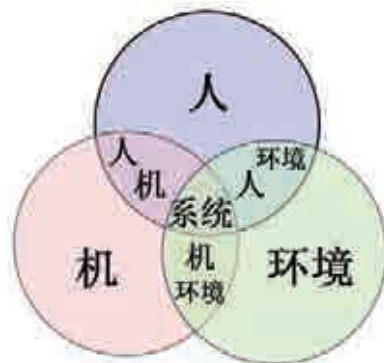


图 1-30 人机系统示意图

## 1.5 人机工程学的研究内容

前面提到，人机工程学从不同的学科、不同的领域发展，逐渐面向更广泛的领域，在这一过程中，人们发现人机环境问题已成为人类生产和生活中普遍性的问题。虽然由于其发源地域的不同，导致了该学科名称长期的多样并存，但就其目标总体而言，“人机关系”和“人类工效的研究”是这个学科研究的核心内容。

虽然一般来讲人机工程学研究应包括理论和实践两个方面，但是该学科研究的主体内容还是侧重于实践与应用。

由于各国工业基础以及发展水平存在差异，对于学科研究方向的侧重点也各不相同，因此不同国家对于人机工程学的研究也存在差异。工业化发展相对落后的国家一般比较注重对人体测量、环境因素、作业强度和人的疲劳等方面的研究。在这些一般性问题解决的基础上，才逐渐转移到对人的感官知觉、运动特点、作业姿势等方面的研究，进而扩展到机器设备的操纵、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；最终进入人机工程学研究的前沿领域，即人的特性模型、人机系统的定量描述、人与机器、人与环境、人与生态等方面的研究。人机工程学基本的研究内容可以归纳为以下几个方面。

### 1. 人体生理和心理特性的研究

人体特性研究的主要内容是在工业产品造型设计与室内环境设计中与人体尺度有关的问题，例如人体基本形态特征与参数、人的感知特性、人的运动特性、人的行为特性以及人在劳动中的心理活动和人为差错等。

该研究的目的是解决机器设备、工具、作业场所以及各种用具的设计如何适应人的生理和心理特点，为操作者或使用者创造安全、舒适、健康、高效的工作环境。如图 1-31 所示，对人体动态尺寸进行研究与分析，以此设计出符合人体尺度的产品。如图 1-32 所示，对人手动作与握力的研究，针对手的不同姿态与不同握力的分析，可以为产品设计提供依据。

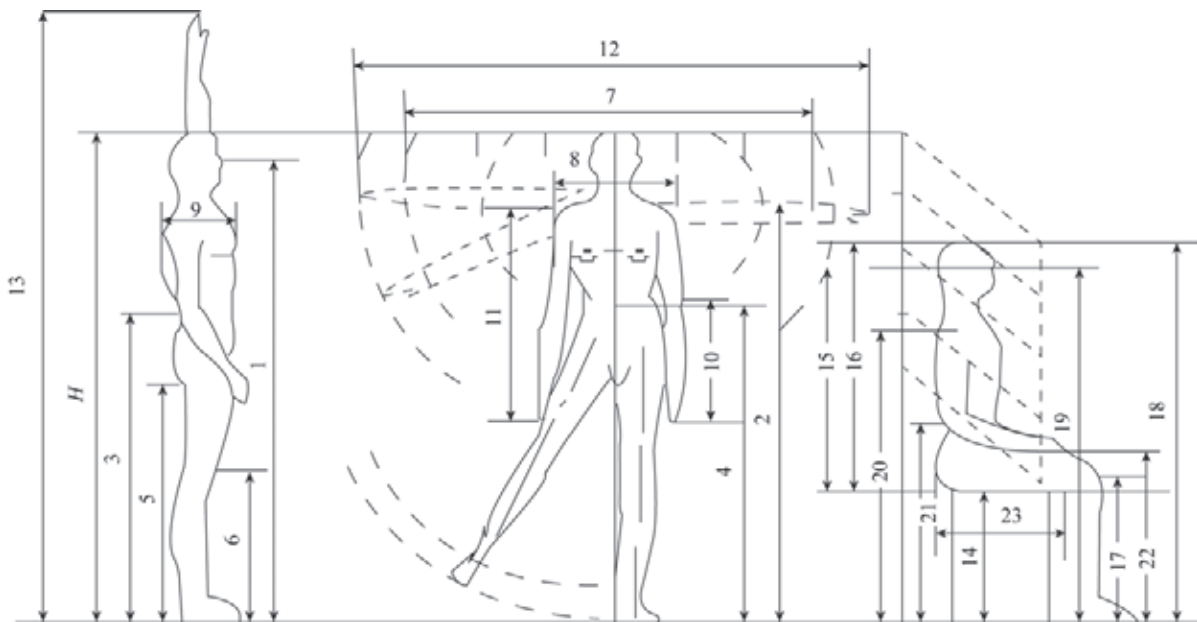


图 1-31 人体动态尺寸研究



图 1-32 人体手部动作与握力研究

## 2. 人机系统一体化设计

在人机系统中，人是最活跃、最重要，同时也是最难控制和最脆弱的环节。任何机器设备都必须有人参与，因为机器是人设计、制造、安装、调试和使用的，即使在高度自动化生产过程中全部使用的是机器人，也都是人在进行操纵、监督和维修的。由此可见，在人机系统中，人与机器总是相互作用、相互配合和相互制约的，而人始终起着主导作用。国外统计资料表明，生产中 58% ~ 70% 的事故与轻视人的因素有关，这一数字必须引起我们的重视。如图 1-33 所示为人体与操作平台及空间的使用分析，通过模拟人体活动，分析出人体肢体运动轨迹与活动范围，得出最佳尺寸，以使人的操作与活动达到最佳状态，为产品设计和室内环境设计提供理论数据。

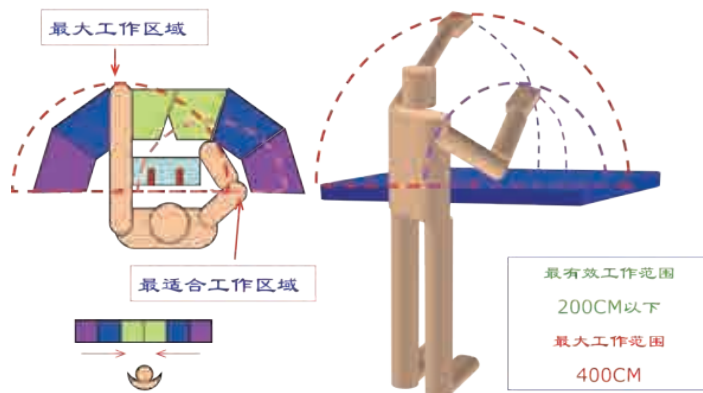


图 1-33 人机系统一体化研究

## 3. 室内空间设计

室内空间包含工作场所和生活空间。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、工作台或操作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，并不会导致过早产生疲劳。工作场所设计的合理性，对人的工作效率有直接影响，如图 1-34 至图 1-38 所示。



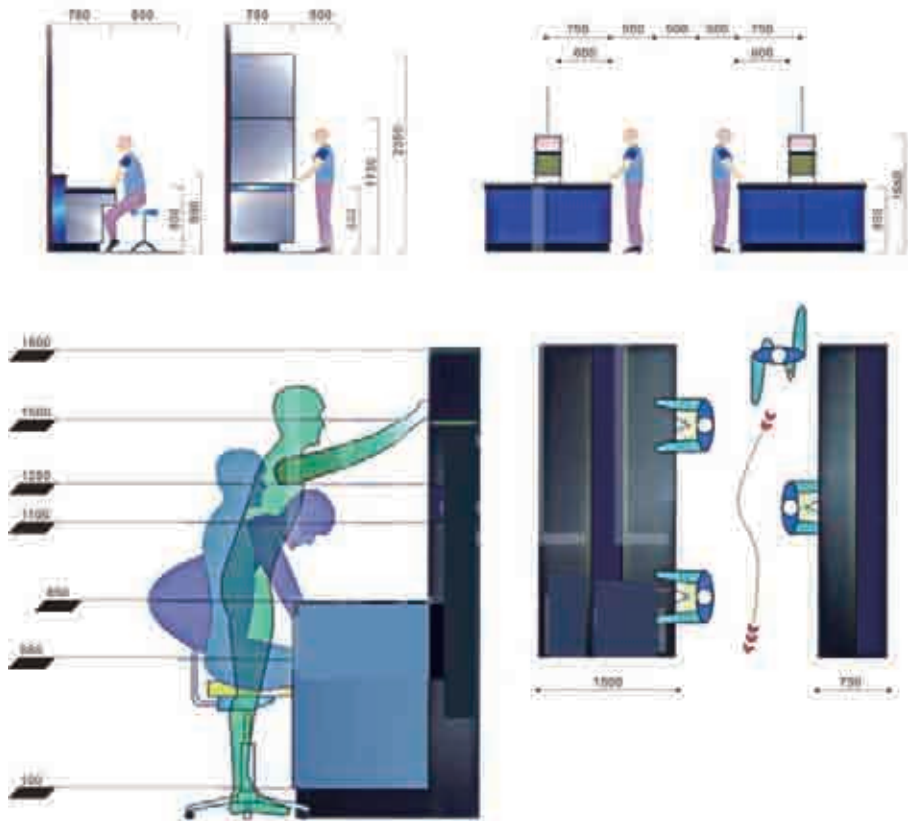


图 1-34 室内空间人机关系与尺寸设计



图 1-35 室内空间设计



图 1-36 室内空间中人机工程学设计



图 1-37 驾驶空间中人机工程学设计



图 1-38 汽车内部空间人机工程学研设计

#### 4. 人机界面的设计

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，控制器接收人发出的信息。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要素。如图 1-39 所示为一款游戏手柄的设计，对每一个按键的造型以及布局都要考虑到人的生理与心理尺度，这样才使人不会产生操作失误，从而提高准确率。如今进入信息化社会，产品人机界面也发生变化，现代产品已经被虚拟界面所包围，因此在图标的设计中要更多地考虑人的心理感受，关于这些知识要点我们将在第 6 章与第 7 章中详细讲解。如图 1-40 至图 1-45 所示为各种产品操控界面设计。



图 1-39 遥控手柄外形与操控界面设计



图 1-40 显示装置设计 1



图 1-41 显示装置设计 2



图 1-42 娱乐设施操控界面设计



图 1-43 汽车内部操控界面设计



图 1-44 车载触摸式仪表盘操控界面设计

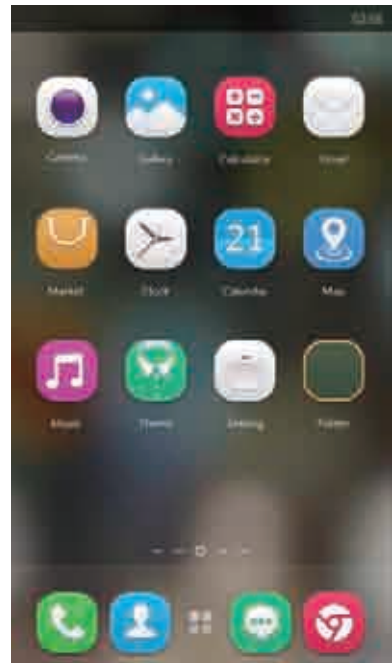


图 1-45 手机操控界面设计

### 5. 环境控制和人身安全装置的设计

要研究人与机器及环境之间的信息交换过程，并探求人在各种操作环境中的工作成效问题。信息交换包括机器（显示装置）向人传递信息和机器（操控装置）接收人发出的信息，而且都必须适合人的使用。值得注意的是，人机工程学所要解决的重点不是这些装置的工程技术的具体设计问题，而是从适合于人使用的角度出发，向设计人员提出具体要求，如怎样保证仪表让操作者看得清楚、读数迅速准确，怎样设计操控装置才能使人操作起来得心应手、方便快捷、安全可靠等。

生产现场有各种各样的环境条件，如高温、潮湿、振动、噪声、粉尘、光照、辐射、有毒气体等。为了克服这些不利的环境因素，保证生产的顺利进行，就需要设计一系列的环境控制装置，以适合操作人员的要求并保障人身安全。

“安全”在生产中是放在第一位的，这也是人一机—环境系统的特点。为了确保安全，不仅要研究产生因素，并采取预防措施，而且要探索潜在危险，力争把事故消灭在设计阶段。安全保障技术包括机器的安全本质化、防护装置、保险装置、冗余性设计、防止人为失误装置、事故控制方法、救援方法、安全保护措施等。如图 1-46 所示为汽车内部空间设计，从色彩到安全设施都考虑得十分完善。



图 1-46 汽车内部安全设施设计

## 1.6 人机工程学的研究方法

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、环境要素间的关系。

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工作时的行为和反应特征;对时间和动作的分析研究;测量人在工作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;运用数学和统计学的方法找出各种变量之间的相互关系,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以下四种。

### 1. 观察法

为了研究系统中的人和机器的工作状态,常采用各种各样的观察方法,如对工人操作动作的观察、功能观察和工艺流程观察等。

### 2. 实测法

实测法是一种借助仪器设备进行测量的方法,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对系统参数、作业环境参数的测量等。

### 3. 实验法

当实测法受到限制时,可以采用实验法,一般在实验室进行,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,一般在实验室采用这种方法;如需了解色彩环境对人的心理、生理和工作效率产生的影响,也可以采用这种方法,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,这种方法通常是在作业现场进行实验,如图 1-47 所示,图中是为研究自行车骑行人员不同姿势与运动规律的关系而进行的实验。

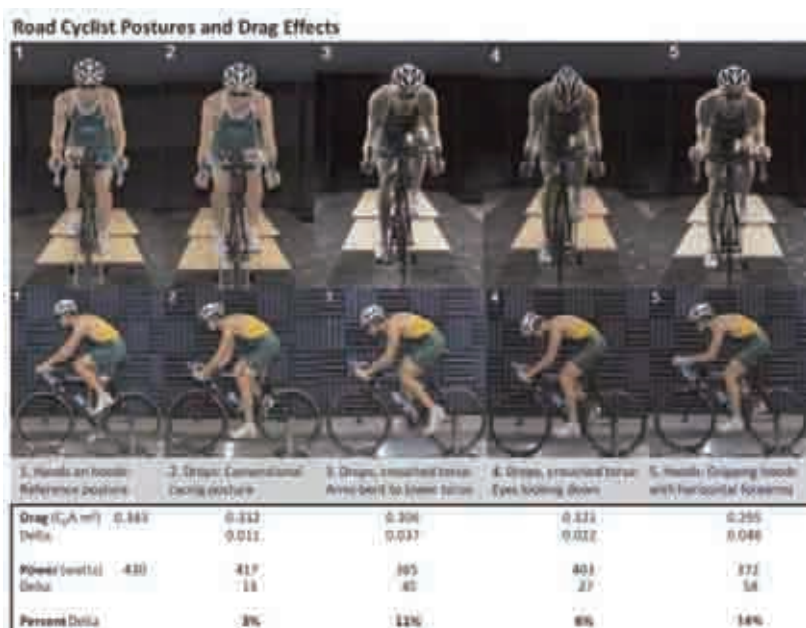


图 1-47 自行车骑行人员不同姿势与运动规律的关系实验 1

图 1-47 和图 1-48 中是通过风洞实验对 5 种不同的公路自行车骑行姿态进行测试,通过图表显示,把位从上把位 (Hoods) 到下把位 (Drops),手臂基本不弯曲,在 45km/h 的情况下阻力能减少 3%,功率减少 13W。参见图 1-47 中姿势 1 和姿势 2。对于下把位,如果能做到前臂和大臂之间弯曲,存在夹角(姿势 3),则阻力比同样是下把位的姿势 2 还小很多。姿势 4 和姿势 3 基本一致,只不过姿势 4 中,

由于低头的动作导致了阻力有所增加。

可能很多人没想到的是对于上把位，如果做到手臂弯曲，前臂保持水平状态(姿势 5)，则阻力能减少 14%，功率能减少 58W(相对于手臂不弯曲的姿势 1)。这实际上是公路自行车骑行最快的一种姿势。通过实验，我们可以看出在公路自行车骑行过程中，姿势 3 和姿势 5 的阻力最小，速度最快，这些数据结论完全来源于真实实验。

#### 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，得到更符合实际的真实数据。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，所以得到较多的应用。

如图 1-49 和图 1-50 所示为奔驰汽车厂商 6 月中旬正式发布的 GLK 的继任车型 GLC，该车型基于和 C 级相同 MRA 开发平台，采用轻量化车体设计并拥有越野性能。可能很多人第一眼看到 GLC 的时候都会被其丰满、圆润的车体外形所吸引，但这样的外观形态绝不只是为了好看，而是为了提升车体的气动性能，其风阻系数仅为 0.31，达到了同级车型最佳状态。

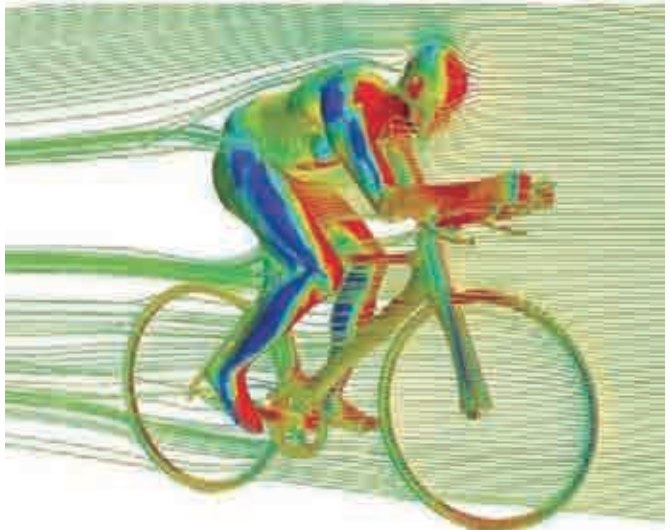


图 1-48 自行车骑行人员不同姿势与运动规律的关系实验 2



图 1-49 奔驰汽车采用模拟与模型实验法 1



图 1-50 奔驰汽车采用模拟与模型实验法 2

#### 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然存在一定误差。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，就很难进行修改。为此，一些更为理想而有效的方法逐渐被创建并得以推广，其中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系统进行仿真，并就系统中的人、机、环境三要素的功能特点以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，降低成本。如图 1-51 和图 1-52 所示为通过计算机仿真对应用力分布进行研究。



图 1-51 通过计算机进行仿真研究

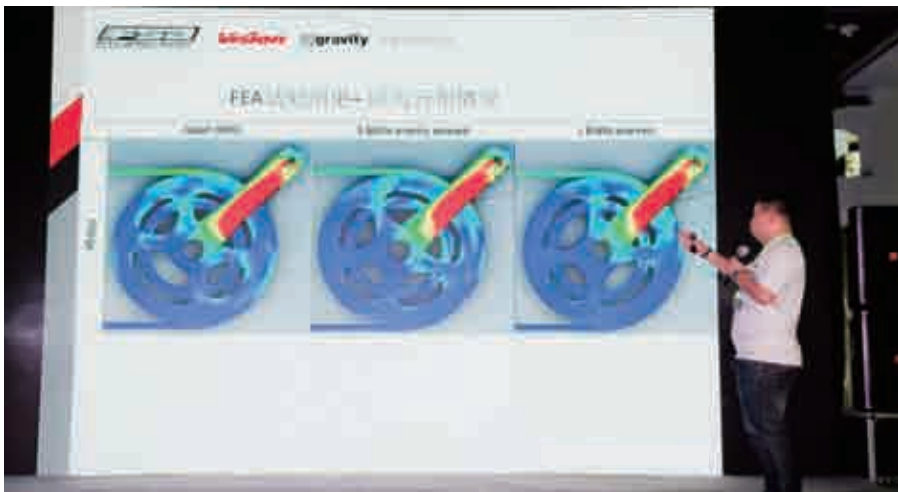


图 1-52 通过计算机进行应用力研究

## 1.7 人机工程学与工业设计

从工业设计所包含的内容来看，大到航天系统、城市规划、机械设备、交通工具、建筑设施，小至服装、家具以及日常用品，总之为人类各种生产与生活所创造的一切产品，都必须把“人的因素”作为一个重要衡量标准。因此在设计中研究和运用人机工程学的理论和方法就成为工业设计师的重要手段。

### 1.7.1 人机工程学为工业设计提供理论依据

一切产品都是人使用和操纵的，在人机系统中如何充分发挥其能力，保护其功能，并进一步发挥其潜在的作用，是人—机—环境系统研究中最重要的一环。为此，必须应用人体测量学、生物力学、生理学、心理学等学科的研究方法，对人体的结构和机能特征进行研究，提供人体各部分的尺寸、重量、体表面积、比重、重心以及人体在活动时的相互关系和人体结构特征参数；提供人体各部分的出力范围、出力方向、活动范围、动作速度与频率、重心变化以及动作习惯等人体机能参数；分析人的视觉、听觉、触觉、嗅觉以及肤觉等感受器官的机能特征；分析人在各种工作和劳动中的生理变化、能量消耗、疲劳机制以及人对各种工作和劳动负荷的适应能力和承受能力；探讨人在工作或劳动中的心理变化以及其对



工作效率的影响。

工业设计与人机工程学的共同之处在于，两者都是以人为核心，以人类社会的和谐发展为最终目的。

工业设计的目的是创造符合人类社会健康发展所需要的产品和设施，而人机工程学则研究人、机、环境三者之间的关系，为解决这一系统中人的效能、健康、安全和舒适问题提供理论和方法。人机工程学为工业设计提供了有关人和人机关系方面的理论数据和设计依据，设计师通过对人机工程学的研究，可以知道产品操纵装置的布局和人体的关系、产品的形状与功能的关系、产品的外观设计与操作者安全之间的关系等。

此外，工业设计要考虑的问题比人机工程学方面所包含的内容要更全面一些。人机工程学要求产品设计要满足人的生理和心理要求，使人能够舒适、有效地使用产品，但是随着时代的发展，非物质文化也影响着人们的行为、身份、地位、权威、流行要素等众多因素都能对人们的购买行为产生影响。如图 1-53 所示，人们更愿意使用豪华手表来体现自己的身份地位，所以在确定一件产品的尺寸和形状时，除了参考人机工程学的测量数据，还要考虑产品的使用场所、用户的审美情趣、经济条件、受教育程度、年龄、性别以及个人喜好等其他因素。例如同样是桌子，要考虑是在家里使用还是在办公室使用；是成人使用还是儿童使用；是工作桌还是餐桌，基于以上的思考，桌子的尺寸和形状都会产生变化。



图 1-53 豪华手表的设计

作为工业设计师，应灵活运用人机工程学研究所得出的大量图表、数据和调查结果，虽然这些材料是颇具价值的参考资料，但它只能作为工业设计的基本依据而非最终定论，不能作为一劳永逸、放之四海皆准的永不变化的真理。无论多么详尽的数据库也不能代替设计师深入细致的调查分析和亲身体验所获得的感受。工业设计师要针对设计定位，对各种复杂的制约因素权衡利弊，善于取舍，进行正确有效的人机分析。

## 1.7.2 为工业设计中的“环境因素”提供设计准则

众所周知，任何人都不能离开环境生存和工作，任何机器也不可能脱离一定的环境运转。环境影响人的生活、健康、安全，特别是影响其工作能力的发挥，影响机器正常运行。

人机工程学通过研究人体对外界环境中各种物理的（如声、光、热等）、化学的（如有毒有害物质）、生理的（如疾病、药物、营养等）、心理的（如动机、恐惧、心理负荷等）、生物的（如病毒和微生物等）以及社会的（如经济、文化、制度、习俗、政治等）因素对人体的生理、心理以及工作效率的影响程度，从而确定人在生产、工作和生活中所处的各种环境的舒适程度和安全限度。从保证人体的高效、安全、健康和舒适出发，为工业设计中考考虑“环境因素”提供分析评价方法和设计准则。

## 1.7.3 为产品设计提供科学依据

工业设计就是为满足人类不断增长的物质和精神需要，为人类创造一个更为合理、舒适的生活方式。任何一种生活方式，都是以一定的物质为基础，体现人的精神需求。因此，在设计中，除了要充分考虑人的因素之外，功能合理、运作高效也是设计师要加以解决的主要问题。最优化的解决“物”与人相关的各种功能匹配，创造出与人的生理、心理机能相协调的产品，也是当今工业设计在功能探究上的新课题。例如，在考虑人机界面的功能问题时，如显示器、控制器、工作台和工作座椅等部件的形状、大小、色彩、语义以及布局方面的设计基准，都是以人体工程学提供的参数和要求为设计依据的。

## 1.7.4 树立“以人为本”的设计思想

工业设计的对象是产品，但设计的最终目的并不是产品，而是满足人的需要，即设计是为人进行的。在工业设计活动中，人既是设计的主体，又是设计的服务对象，一切设计的活动和成果，归根结底都是以人为目的。工业设计运用科学技术创造人的生活和工作所需要的物与环境，设计的目的就是使人与物、人与环境、人与人、人与社会相互协调，其核心是设计中的“人”。从人机工程学和工业设计两个学科的共同目标来评价，判断两者最佳平衡点的标准，就是在设计中坚持“以人为本”的思想。“以人为本”的设计思想具体体现在工业设计中的各个阶段都应以人为主线，将人机工程学的各项原理和研究成果贯穿于设计的全过程，如图 1-54 所示。



图 1-54 符合人机工程学的产品设计

## 1.8 人机工程学与室内设计

作为一门新兴的学科，人机工程学在室内设计中的应用范围随着人在空间中地位的进一步加强而不断扩展。它的应用使室内设计在心理上、生理上以及物理价值上更符合室内活动的需求，因而使室内空间的使用功能得到充分利用和提高。人机工程学在室内设计中的主要作用和应用表现在以下几个方面。

### 1. 提供室内空间尺寸的依据

室内空间最主要的制约因素为人体尺寸。人机工程学为这些尺寸的制订提供了科学的依据。根据其所提供的基础数据和理论，确立各种行为的空间尺寸和必要的空间范围。

### 2. 提供家具和设施的尺寸、组合、使用空间的依据

无论是家具、设施还是室内其他陈设都是被人所使用，这些物体设计的合理度在一定程度上取决于人在各种使用状态下的舒适状况、疲劳状况和便捷程度。可见人机工程学提供的人体基础数据是设计这些物体不可缺少的必备参数。不仅如此，在室内空间、家具组合排列、设施安放等设计过程中也不能忽视人体数据。人们在使用这些家具和设施的同时，需要有一定的摆放空间、使用空间和心理空间，这些空间尺度是由人在站立、坐等不同的使用状态下的身体尺度、舒适度、工作效率和能耗决定的。

### 3. 提供无障碍设计依据

无障碍设计是为方便残疾人在室内外活动的一种空间设计。由于残疾人在行动时需借助一定的工具如轮椅、扶手等来完成行走、站立、坐下等动作，因此在空间设计时，必须考虑辅助工具在行为中的影响和占有的空间范围，同时还要考虑这些工具的操作方式、操作时最小的空间占用范围、特点和必要条件等。

### 4. 提供室内物理环境的最佳参数

人机工程学提供声、光、热、辐射等舒适范围物理因素的数据，它对进行各种功能空间的设计、各种装饰材料的选择有重要的参考作用，以确保室内空间设计符合人的生理与心理要求。

### 5. 为室内行为提供科学依据

人在室内的各种行为都离不开人本身对各种环境的本能反应，包括人在听觉、视觉、嗅觉、触觉等方面对环境的感应。具体地说是颜色的认知、对光的感应、对温度和湿度的适应、对空间形状的感受、环境对心理的影响而导致的各种心理行为等，这些外界因素往往会直接影响人在某一环境内的感情和行为。因而，利用人机工程学在此领域中的研究成果，可以使环境在色彩、光线、形状、格局等方面更符



合不同场合的要求，并在一定程度上能组织人们的室内行为，从而使有限的使用空间在功能上和情感上发挥更大的作用，如图 1-55 至图 1-57 所示。



图 1-55 室内空间研究



图 1-56 产品与空间研究



图 1-57 室内空间尺度研究