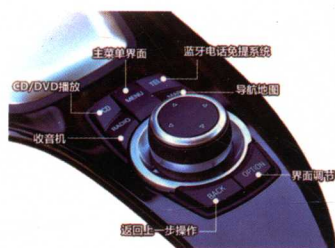


普通高等教育应用技术型院校艺术设计类专业规划教材

总主编 许开强 胡雨霞 章 翔



RENJI
GONGCHENGXUE

陈媛媛
郭媛媛
曹小琴

主编

人机工程学

合肥工业大学出版社

普通高等教育应用技术型院校艺术设计类专业规划教材 总主编/许开强 胡雨霞 章翔

人机工程学

主 编	陈媛媛	郭媛媛	曹小琴
副主编	杨婉	刘浩然	蔡霞
参 编	段雅芹	胡瑶	刘玉华
	谭锦华	龙银姣	

合肥工业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

人机工程学/陈媛媛, 郭媛媛, 曹小琴主编. —合肥: 合肥工业大学出版社, 2015. 8
ISBN 978 - 7 - 5650 - 2368 - 2

I. ①人… II. ①陈…②郭…③曹… III. ①人-机系统—高等学校—教材 IV. ①TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 185331 号

人 机 工 程 学

陈媛媛 郭媛媛 曹小琴 主编

责任编辑 王 磊 石金桃

出 版 合肥工业大学出版社

地 址 合肥市屯溪路 193 号

邮 编 230009

电 话 艺术编辑部: 0551 - 62903120

市场营销部: 0551 - 62903198

网 址 www. hfutpress. com. cn

E-mail hfutpress@163. com

版 次 2015 年 8 月第 1 版

印 次 2015 年 8 月第 1 次印刷

开 本 889 毫米 × 1194 毫米 1/16

印 张 8 印张

字 数 210 千字

印 刷 安徽联众印刷有限公司

发 行 全国新华书店

ISBN 978 - 7 - 5650 - 2368 - 2

定价: 40.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题, 请与出版社市场营销部联系调换。

普通高等教育应用技术型院校艺术设计类专业规划教材

教材编写委员会

总主编：

- 许开强 原湖北工业大学艺术设计学院 院长
现任武汉工商学院艺术与amp;设计学院 院长
- 胡雨霞 湖北工业大学艺术设计学院 副院长
- 章 翔 武昌工学院艺术设计学院 院长

副总主编：

- 杜沛然 武昌首义学院艺术与amp;设计学院 院长
- 蔡丛烈 武汉学院艺术系 主任
- 伊德元 武汉工程大学邮电与信息工程学院建筑与艺术学部 主任
- 徐永成 湖北工业大学工程技术学院艺术设计系 主任
- 朴 军 武汉设计工程学院环境设计学院 院长

编委会成员：（以姓氏首字母顺序排名）

- 陈启祥 汉口学院艺术设计学院 院长
- 陈海燕 华中师范大学武汉传媒学院艺术设计学院 院长助理
- 何彦彦 武汉工商学院艺术与amp;设计学院 副院长
- 何克峰 湖北工业大学艺术设计学院
- 况 敏 武汉设计工程学院艺术设计学院 院长
- 李 娇 武汉理工大学华夏学院人文与艺术系 常务副主任
- 刘 津 湖北大学知行学院艺术设计教研室 主任
- 祁焱华 武汉工程科技学院珠宝与设计学院 常务副院长

钱 宇 武汉科技大学城市学院艺术学部 副主任
石元伍 武汉东湖学院传媒与艺术设计学院 院长
宋 华 武昌首义学院艺术与设计学院 副院长
唐 茜 华中师范大学武汉传媒学院艺术设计学院 院长助理
王海文 武汉工商学院艺术与设计学院 副院长
吴 聪 江汉大学文理学院体美学部与艺术设计系 副主任
阮正仪 文华学院艺术设计系 主任
张之明 武昌理工学院艺术设计学院 副院长
赵 文 湖北商贸学院艺术设计学院 副院长
赵 侠 湖北工业大学工程技术学院艺术设计系 副主任
蔡宣传 汉口学院艺术设计学院 副院长

序

劳动创造是人类进化的最主要因素。从蒙昧的石器时期到营养的农耕社会，从延展机体的蒸汽革命到能源主导的电气时代，再扩展到今天智能驱动的互联网时代，人类靠不断地创造使自己成为世界的主人。吴冠中先生曾经说过：科学探索物质世界的奥秘，艺术探索精神情感世界的奥秘。艺术与设计恰恰是为人类更美好的物化与精神情感生活提供全方位服务的交叉应用学科。

当前，在产业结构深度调整，服务型经济迅速壮大的背景下，社会对设计人才素质和结构的需求发生了一系列的新变化……并对设计人才的培养模式提出了新的挑战。现在一方面是大量设计类毕业生缺乏实践经验和专业操作技能，其就业形势严峻；另一方面是大量企业难以找到高素质的设计人才，供求矛盾突出。随着高校连续十多年扩招，一直被设计人才供不应求所掩盖的教学与实践脱节的问题更加凸显出来，并促使我们对设计教学与实践进行反思。目前主要问题不在于设计人才的培养数量，而是设计人才供给、就业与企业需求在人才培养方式、规格上产生了错位。要解决这一问题，设计教育的转型发展是必然趋势，也是一项重要任务。向应用型、职业型教育转型，是顺应经济发展方式转变的趋势之一。李克强总理明确提出要加快构建以就业为导向的现代职业教育体系，推动一批普通本科高校向应用技术型高校转型，并把转型作为即将印发的《现代职业教育体系建设规划》和《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》中强调的优先任务。

教材是课堂教学之本，是展开教学活动的基础，也是保障和提高教学质量的必要条件。不少高校囿于种种原因，形成了一个较陈旧的、轻视应用的课程机制及由此产生的脱离社会生活和企业实践的教材体系，或以老化、程式化的教材结构维护以课堂为中心的教学方法。

为此，组建各类院校设计专业骨干构成的作者团队，打造具有实践特色的教材，将促进师生的交流互动和社会实践，解决设计教学与实践脱节等问题，这也是设计教育改革的一次有益尝试。

该系列教材基于名师定制知识重点、剖析项目实例、企业引导技能应用的方式，实现教材“用心、动手、造物”的实战改革思路，充分实现“学用结合”的应用人才培养模块。坚持实效性、实用性、实时性和实情性特点，有意简化烦琐的理论知识，采用实践课题的形式将专业知识融入一个个实践课题中。该系列教材课题安排由浅入深，从简单到综合；训练内容尽力契合我国设计类学生的实际情况，注重实际运用，避免空洞的理论介绍；书中安排了大量的案例分析，利于学生吸收并转化成设计能力；从课题设置、案例分析、参考案例到知识链接，做到分类整合、交互相促；既注重原创性，也注重系统性；整套教材强调学生在实践中学，教师在实践中教，师生在实践与交互中教学相长，高校与企业市场中协同发展。该系列教材更强调教师的责任感，使学生增强学习的兴趣与就业、创业的能动性，激发学生不断进取的欲望，为设计教学提供了一个开放与发展的教学载体。笔者仅以上述文字与本系列教材的作者、读者商榷与共勉。



原湖北工业大学艺术设计学院院长

现任武汉工商学院艺术与设计学院院长

湖北工业大学学术委员会副主任

前言

就工业设计而言，产品设计不单单是产品外观的美化，还包括针对使用者、技术前景、使用的环境以及社会变革等很多方面进行思考。设计的核心是“以人为本”，一件好的产品只有完善的功能是远远不够的，它需要满足使用者各方面的需求，比如审美和舒适度方面的要求，那么设计的出发点将人的因素融入到产品设计开发的整个过程中是当代工业设计的一个重要特点。人、机、环境是进行产品设计研究的三个重要方面，而人机工程学正是研究人、机及其环境之间的相互作用，使人、机、环境能适合人的生理和心理特点，以保证人们安全、健康、高效、舒适地工作和生活的学科。

本教材的编写以人体尺寸和人的视觉特性、施力以及运动特性作为产品尺寸设计的主要依据，结合计算机辅助人机设计技术，从人体尺寸、作业姿势分析，到作业空间、工位设计，最终建立人机界面设计方法。对近年来人机工程学的发展也作了简述，以开拓学生的视野。全书共分为七章，由各大院校的骨干教师领衔主编，图文并茂，深入浅出，具有很强的实用性和针对性。

编写过程中得到了各方同仁的支持和帮助，在此一并致谢！同时恳请广大读者与同仁共同探讨和学习。若有疏漏之处，诚请指正。

编者

2015年8月

目 录

第 1 章 人机工程学概述	(001)
1.1 人机工程学的命名与定义	(001)
1.2 人机工程学的发展历程	(002)
1.3 人机工程学在中国的发展	(006)
1.4 人机工程学的研究步骤与方法	(006)
1.5 人机工程学的应用领域	(009)
1.6 人机工程学的体系	(010)
第 2 章 人体测量学与数据应用	(012)
2.1 人体测量学基础知识	(012)
2.2 常用人体尺寸数据	(021)
2.3 人体测量数据的应用	(024)
2.4 我国成年人的身体功能尺寸	(030)
2.5 人体模板及其应用	(032)
第 3 章 人体生理系统与特征	(034)
3.1 人是“人-机-环境”系统中的重要环节	(034)
3.2 人体感觉通道	(034)
3.3 人体视觉及其特征	(035)
3.4 人体听觉及其特征	(039)
3.5 人体其他感觉及其特征	(043)
3.6 人体神经系统机能及其特征	(045)
3.7 人体运动系统机能及其特征	(045)

第4章 人体心理与感知行为系统·····	(050)
4.1 人的心理·····	(050)
4.2 感觉与知觉特征·····	(050)
4.3 人的行为构成·····	(053)
4.4 人的行为反应·····	(054)
4.5 想象与思维·····	(056)
第5章 人机系统的交互界面设计·····	(057)
5.1 人机交互界面的形成·····	(058)
5.2 视觉显示界面设计·····	(058)
5.3 听觉信号系统设计·····	(072)
第6章 操纵控制装置设计·····	(075)
6.1 人体手足尺寸·····	(075)
6.2 人体手足部施力特性及活动范围·····	(076)
6.3 操纵器的类型与选用·····	(082)
6.4 操纵器设计的一般人机学原则·····	(084)
6.5 操纵器的形状和式样·····	(085)
6.6 操纵器的尺寸和操作行程·····	(086)
6.7 操纵器的识别编码·····	(087)
6.8 手控操作装置设计·····	(089)
6.9 脚控操作装置设计·····	(096)
6.10 手握工具设计·····	(097)
第7章 家具尺寸与室内空间·····	(102)
7.1 建筑家具(贮存性家具)·····	(102)
7.2 人体家具(凭倚类家具)·····	(106)
7.3 无障碍家具设计·····	(112)
参 考 文 献·····	(115)

1

第1章 人机工程学概述

- 学习要点：
1. 人机工程学的定义
 2. 人机工程学的发展历程
 3. 人机工程学的研究内容和应用领域
 4. 人机工程学的学科体系

人机工程学作为一门研究人、机器与使用环境之间关系的综合边缘性学科，具有内容体系庞杂、理论和实践应用极其广泛且知识体系不断完善与发展的特征。如今它已经成为工程设计及技术人员必不可少的参考资料与工具，为各类项目的实施与完成提供重要的理论指导及大量数据参数。

1.1 人机工程学的命名与定义

1.1.1 人机工程学的命名

由于人机工程学研究和应用的范围极其广泛，因而世界各国对这一学科的命名略有差别。在美国称为“Human Engineering”（人类工程学）、“Human Factors Engineering”（人的因素工程学）。在欧洲则被称为“Ergonomics”（人类工程学或工效学），是由希腊词根“ergo”（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，已被国际标准化组织正式采纳使用。

人机工程学于20世纪70年代末在我国兴起，由于该学科在国内主要被用于协调产品与人之间的关系，因而普遍采用人机工程学这一名称。此外，常见的名称还有：人类工效学、人间工学、人因工学、工程心理学、宜人学等。

1.1.2 人机工程学的定义

由于各国国情和研究的针对性不同，不同国家对这门学科的命名及侧重点也不同。美国人机工程学专家C. C. 伍德（Charles C. Wood）给出的定义为：设备的设计必须适合人体各方面的因素，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，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操作时使作业者感到安全和舒适。日本的人机工程学专家认为:人机工程学是根据人体解剖学、生理学和心理学等学科,了解并掌握人的作业能力与极限,使工作、环境、起居条件等和人体相适应的科学。苏联的人机工程学专家认为:人机工程学是研究人在生产过程中的可能性、劳动活动方式、劳动的组织安排,从而提高人的工作效率,同时创造舒适和安全的劳动环境,保障劳动人民的健康,使人从生理上和心理上得到全面发展的一门学科。

2000年8月,国际人机工程学会(International Ergonomics Association)对人机工程学定义为:研究人与系统中各因素之间的相互作用,以及应用相关理论、原理、数据和方法来设计以达到优化人类和系统效能的学科。这一确切定义将人-机-环境系统作为研究的整体对象,运用生理学、心理学和其他有关学科知识,根据人和机器的条件及特点,合理分配人和机器承担的操作职能,并使之相互适应,从而为人创造出舒适和安全的工作环境。

1.2 人机工程学的发展历程

人机工程学起源于欧洲,但学科体系的真正形成和发展在美国。美国著名的喜剧大师卓别林曾在电影《摩登时代》中扮演了一位在生产流水线上机械工作的产业工人,他的任务是扭紧六角螺帽,由于工作时间长强度高,结果在生活中他只要看见六角形的东西就会情不自禁地去扭。其不堪的生理和心理状态从某种程度上反映了片面关注提高生产效率,使人适应机器的一种生产和管理方式,这就是当时著名的泰勒制(图1-1)。



图1-1 《摩登时代》中流水线上重复单一工作的产业工人

1.2.1 人机工程学的萌芽阶段——原始人类与劳动工具

创造力是人类的天性,同时由于人自身的局限,需要借助不同的工具来延展及辅助人类目标的达成,这一过程反映了人类不断创造劳动工具改造世界的驱动力。原始人类从一开始撷取自然界不经打磨的石块来切、钻、砍砸至发展到学会人工磨制天然石材,反映了最初的人机关系——人通过不断改造工具,使工具更加适应人的各方面机能,从而提高生产效率。

旧石器时代的石制工具主要为砍砸器和刮削器,制作技术原始粗糙,外形简陋(图1-2)。到新石器时代,石质工具制作技术有了很大进步,以磨制加工为特点,并且懂得对石材进行选择,通过切断、磨制、钻孔、雕刻等工序,使工具的形状、大小及厚薄适应于不同的用途,大大提高了生产效率,反映了随社会进步和环境的演变,人与工具之间不断改造适应的原始人机关系(图1-3)。

1.2.2 人机工程学的初始阶段——经验人机工程学

早在石器时代,人类学会了选择石块制成可供敲、砸、刮、割的各种工具,从而产生了原始的人机关系。此后人类为了扩大自己的工作能力和提高自己的生活水平,不断地创造发明各种器具设备。从19世纪末到20世纪30年代,人们意识到研究人机关系的重要性,开始采用科学的方法研究人与操作工具的关系,其中最具有影响力的首推现代管理学的先驱——泰勒,其中比较著名的试验是:泰勒

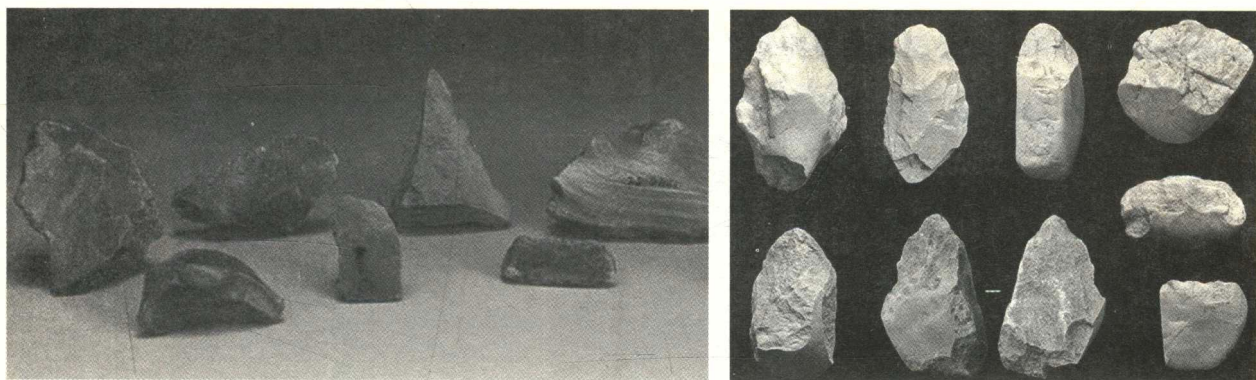


图 1-2 旧石器时代未经打磨的天然石材工具

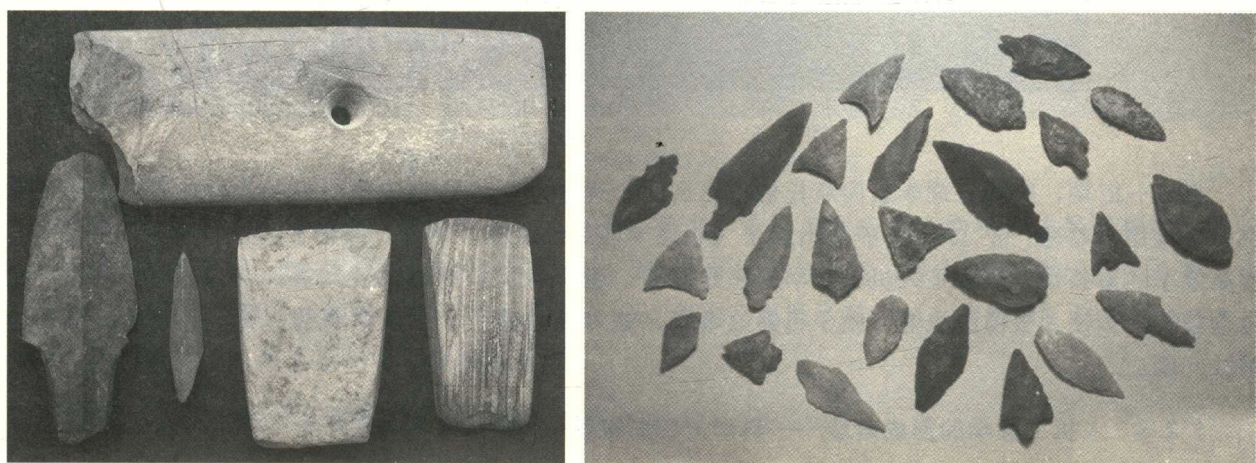


图 1-3 新旧石器时代经过加工的石制工具

铁锹试验与吉尔布雷斯砌砖试验。

1898 年泰勒进入美国的伯利恒钢铁公司后，对铲煤和矿石的工具——铁锹进行研究，找到了铁锹的最佳设计以及每次铲煤和矿石的最适宜重量。同时，泰勒还进行了操作方法的研究，剔除多余的不合理的动作，制定最省力高效的操作方法和相应的工时定额，大大提高了工作效率（图 1-4）。

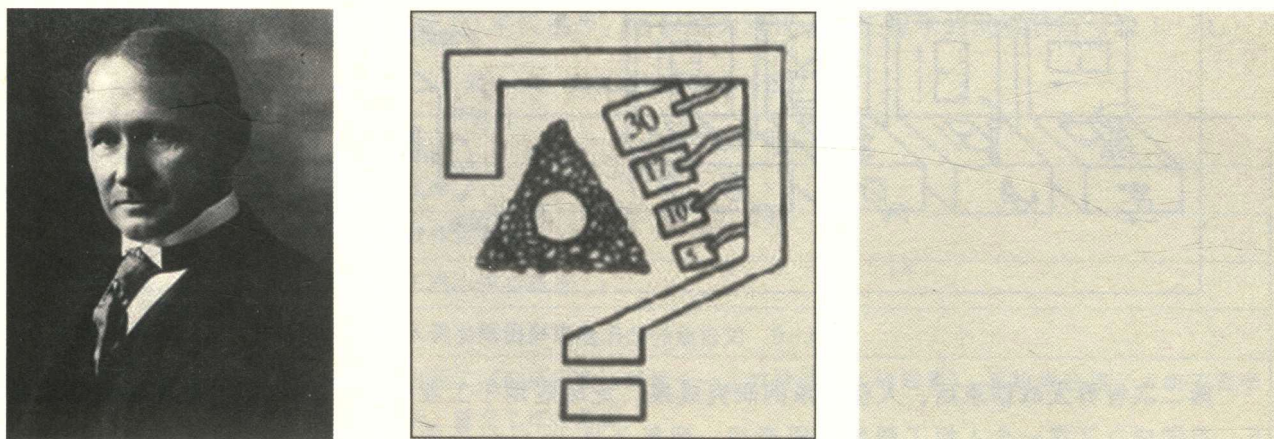


图 1-4 弗雷德里克·温斯洛·泰勒的铁锹实验

1911 年吉尔布雷斯夫妇通过快速拍摄影片，详细记录工人的操作动作后，对其进行分析研究，将工人的砌砖动作进行简化，使砌砖速度由原来的 120 块/h 提高到 350 块/h (图 1-5)。

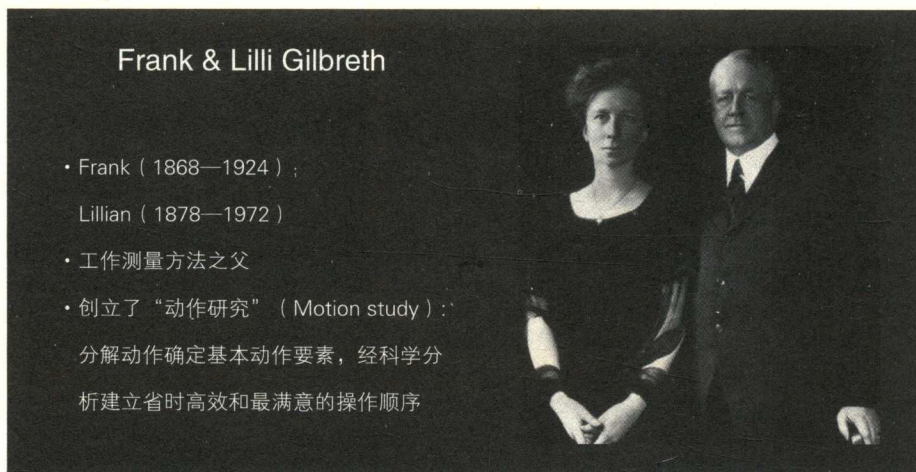


图 1-5 吉尔布雷斯夫妇与动作研究

在这一时期，德国心理学家闵斯托伯格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，于 1912 年前后出版了《心理学与工作效率》等书，提出了心理学对人适应工作与提高效率的重要性，孕育了人机工程学的思想萌芽。但人机关系的总体特点表现为以机器为中心，通过选拔和培训使人去适应机器。由于机器效率高，速度快强度大，当人难以适应的时候便会出现安全事故问题。

1.2.3 人机工程学的形成阶段——科学人机工程学

第二次世界大战期间，由于战争需要，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”，以致由于操作失误而导致事故的教训屡见不鲜。从此研究者们开始注重对人的关注，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 (图 1-6)。从此，工程技术才真正与生理学、心理学等人体科学结合起来。对人机关系的研究，从“人适应机器”转入“机器适应人”的新阶段。

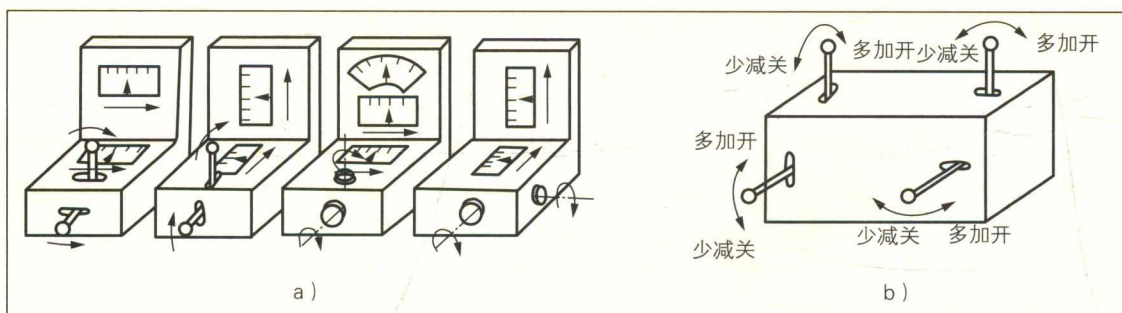


图 1-6 仪表盘的动作操作与指示关系

第二次世界大战结束后，人机关系的研究成果广泛地应用于工业领域。1949 年，在莫雷尔的倡导下，英国成立了第一个人机工程学科研究组。翌年 2 月 16 日在英国召开的会议上通过了人机工程学 (Ergonomics) 这一名称，正式宣告人机工程学作为一门独立学科的诞生。

1929年亨利·德雷夫斯(Henry Dreyfess, 1903—1972)建立了自己的工业设计事务所,他于1930年开始与贝尔公司合作,坚持工业产品设计应该考虑高度舒适的功能性,提出了“从内到外(from the inside out)”的设计原则,这以后德雷夫斯的一生都与贝尔电话公司结缘,他不仅影响了现代电话设计的外观形式,而且是人机工程学的奠基者和创始人。

1937年德雷夫斯提出了从功能出发,听筒与话筒合一的设计,这一设计首次把过去体积很大的电话机缩小为一个整体。由于这个设计的成功,贝尔公司与德雷夫斯签订了长期的设计合作关系(图1-7)。



图1-7 亨利·德雷夫斯与300系列电话机

德雷夫斯的设计信念是设计必须符合人体的基本要求,他认为适应于人的机器才是最有效率的机器。经过多年的研究,他总结出有关人体的数据以及人体的比例与功能。他于1955年出版了专著《为人的设计》,该书收集了大量的人体工程学资料;1961年他又出版了著作《人体度量》(the Measure of Man),从而奠定了人机工程学这门学科的基础。

1.2.4 人机工程学的发展阶段——现代人机工程学

20世纪60年代,经过战后的恢复阶段,欧美各国进入了大规模的经济 development 时期,人机工程学应用领域越来越广泛,逐步扩展到人类生活的各个领域,如衣、食、住、行、学习、工作、休闲等各种设施用具的科学化、宜人化;同时研究领域不断扩大。由于控制论、信息论、系统论的建立,给人机工程学提供了新的理论和新的实验场所,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,已经不限于人机界面匹配问题,而是把人-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。从20世纪60年代至今,可以称为现代人机工程学的发展阶段(表1-1)。

表1-1 人机工程学诞生与建立

时 间	人机工程学相关事件
1898 年	泰勒铁锹作业实验
1911 年	吉尔布雷斯砌砖作业实验
1945 年	美国军方成立工程心理实验室
1949 年	英国成立研究人机工程研究协会
1949 年	查帕尼斯等人出版了《应用实验心理学——工程设计中人的因素》,系统地论述了人机工程学的基本理论的方法,奠定了理论基础
1950 年	英国成立了世界上第一个人类工效学会

(续表)

时 间	人机工程学相关事件
1954 年	伍德森发表了《设备设计中的人类工程学导论》
1957 年	麦克考米克出版了《人类工程学》一书，被美国、欧洲和日本等国和地区广泛作为大学教科书
1957 年 9 月	美国政府出版周刊《人的因素学会》
1960 年	国际人类工效协会成立
1990 年~至今	人-机-环境系统的建立

1.3 人机工程学在中国的发展

中国人机工程学研究是从 20 世纪 30 年代开始的，但系统和深入地开展则在改革开放以后。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。1984 年，国防科工委成立了国家军用 人-机-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机工程学研究的发展。中国人类工效学学会于 1989 年成立，其于 1991 年 1 月成为国际人类工效学协会的正式成员，并于 1995 年 9 月创刊了学会会刊《人类工效学》季刊。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，对产品的人机关系特性也会日益重视。

1.4 人机工程学的研究步骤与方法

1.4.1 研究步骤

人机工程学的主要研究步骤如图 1-8 所示。

1.4.2 研究方法

人机工程学的主要研究方法如图 1-9 所示。

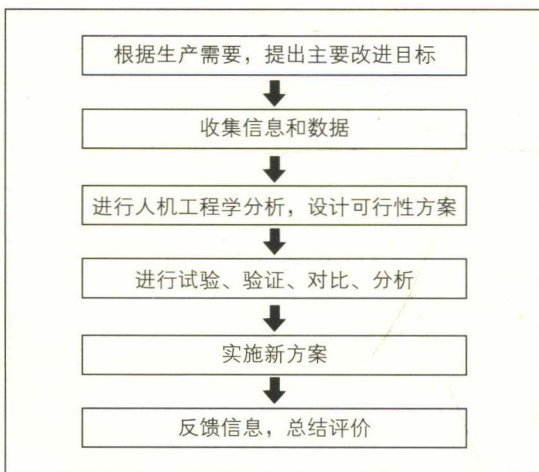


图 1-8 人机工程学的主要研究步骤

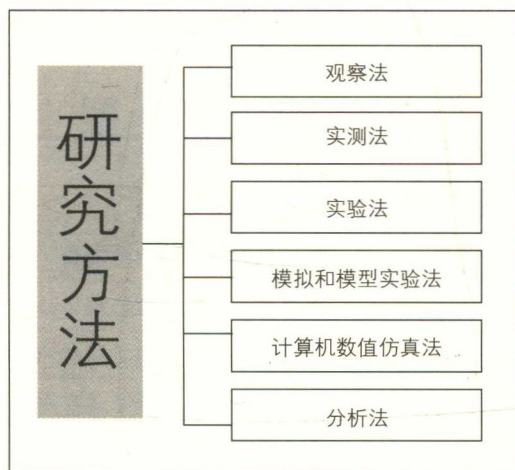


图 1-9 人机工程学的主要研究方法

1. 观察法

观察法是研究者通过观察和记录自然情境下发生的现象来认识研究对象的一种方法。观察法是有目的、有计划的科学观察，是在不影响事件的情况下进行的。观察者不参与研究对象的活动，这样可以避免对研究对象的影响，可以保证研究的自然性与真实性。自然观察法也可以借助特殊的仪器进行观察和记录，这样能更准确、更深刻地获得感性知识（图 1-10）。如要获取人在厨房里的行为，可以用摄像机把研究对象在厨房里的一切活动记录下来，然后，逐步对其进行分析和整理。

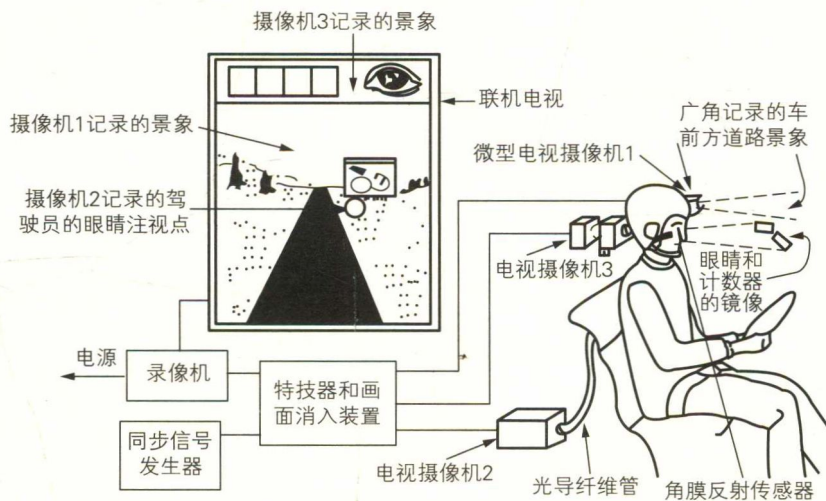


图 1-10 驾驶员眼动规律实验装置

2. 实测法

此类方法需借助于仪器设备来进行测量。这是一种借实验仪器进行实际测量的方法（图 1-11），也是一种比较普遍使用的方法。若为了获得座椅设计所需要的人体尺度，我们必须对使用者群体进行实际测量，对所测数据进行统计处理，为座椅的具体设计提供人体尺度依据。

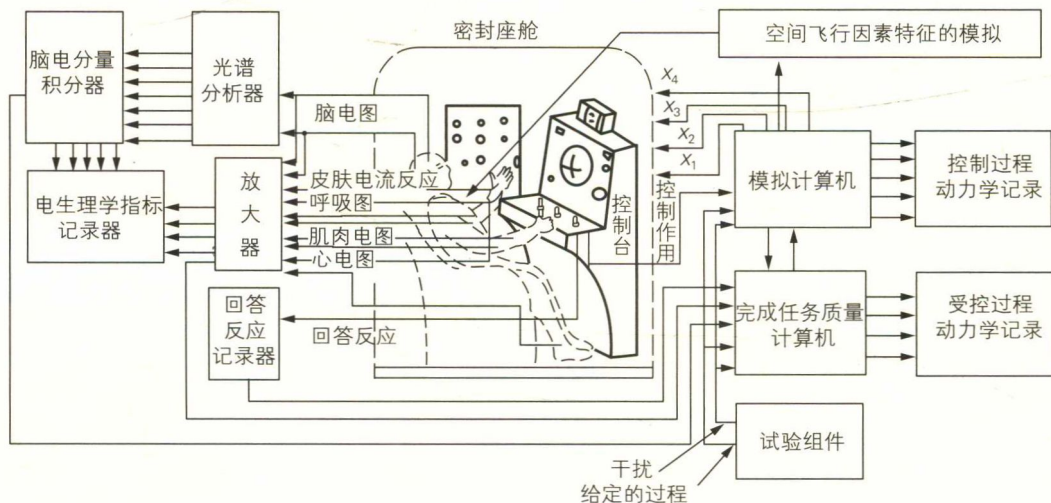


图 1-11 研究宇航员生理、心理能力测量装置框图

3. 实验法

此类方法通常是当实测法受到限制时选择的实验方法。实验可以在作业现场进行，也可以在实验室进行。如为了获取按计算机键盘的按压力、手指击键特征、手感和舒适感等数据，可以在作业现场