

图书在版编目(CIP)数据

人类工效学/项英华编著. —北京:北京理工大学出版社,2008.3

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1452 - 0

I. 人… II. 项… III. 人体工效学 - 高等学校 - 教材 IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 030404 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 19.25

字 数 / 452 千字

版 次 / 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 32.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 周瑞红

编者的话

人类工效学是一门涉及多学科的新兴边缘学科，其发展历史虽不长久，但发展速度之快是许多学科无法比拟的。它是一门人体科学、工程技术、环境科学以及社会科学等学科的交叉学科。因为有人存在的环境，都存在着人类工效学的问题，因此，人类工效学被广泛应用于国防、工业、农业、医学等国民经济各领域。人类工效学以人的生理、心理特征为依据，以创造宜人的人—机器—环境为目的，用系统理论、信息加工理论等科学的理论与方法，研究人与机器、人与环境、人与社会之间的相互关系，把人的因素作为设计的主要条件和原则，为使工业产品设计成易操作、安全、舒适的人—机器—环境系统提供理论依据和方法。

本书从适合于人的生理和心理特征的角度出发，比较系统地介绍了作业时人的生理基础、作业疲劳、作业环境、人机系统的设计和分析与评价等基本概念、基本原理和基本方法，介绍了使作业者获得舒适、健康、安全、可靠、高效的作业条件，力求提高作业者的作业能力，从而达到提高生产效率的目的。

随着我国科学技术的发展，以及有关人与机器、人的因素的设计表达、科技以人为本、本土化设计、个性化设计、人性空间等方面研究的深入，相信人类工效学理论及其在工程中的应用等方面的研究会有长足的发展。

本书内容共分十四章，第一章绪论；第二～三章讲人的劳动过程与作业疲劳；第四～五章讲人机系统中人的因素；第六～九章讲述人机系统中环境的因素；第十～十四章讲人机系统设计原理、方法、分析评价与劳动安全。每节后有思考题，每章都附有习题，便于自学。全书内容和编排充分体现了先进性、系统性和实用性。

本书既可以作为工业工程专业和工业设计专业教学用书，也可以作为高等院校其他技术工程和管理工程专业的教学用书。

由于水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，谨请有关专家和读者批评指正。

编者



第一章 绪论

- 第一节 人类工效学的命名及定义 / 1
- 第二节 人类工效学的起源与发展 / 3
- 第三节 人类工效学的研究内容与方法 / 6
- 第四节 人类工效学体系、应用领域及研究程序 / 8
- 第五节 人类工效学研究应注意的问题 / 11
- 习题 / 12

第二章 劳动过程对人体的影响与劳动强度

- 第一节 体力劳动时的能量消耗 / 13
- 第二节 体力劳动时人体的调节与适应 / 16
- 第三节 能量代谢及劳动强度等级的划分 / 19
- 习题 / 26

第三章 作业能力与作业疲劳

- 第一节 作业能力的动态分析 / 27
- 第二节 作业疲劳 / 30
- 第三节 提高作业能力及降低作业疲劳的措施 / 33
- 习题 / 38

第四章 人体的尺度与测量

- 第一节 人体尺度与测量 / 40
- 第二节 人体测量 / 44
- 第三节 人体测量数据的应用 / 57
- 第四节 人体模板的应用 / 62
- 习题 / 66

第五章 人体感知特征

- 第一节 感觉和知觉特征 / 68
- 第二节 视觉功能及其特征 / 73
- 第三节 听觉机能及其特征 / 78
- 第四节 其他感觉机能及其特征 / 81
- 第五节 人的心理特征 / 84
- 第六节 人对刺激的反应特征 / 86
- 习题 / 91

第六章 微气候

- 第一节 微气候的若干条件及其相互关系 / 92
- 第二节 人体对微气候条件的感受与评价 / 94
- 第三节 微气候条件对人体的影响 / 98
- 第四节 改善微气候条件的措施 / 100
- 第五节 微气候的设计 / 104
- 习题 / 106

第七章 环境照明与色彩调节

- 第一节 环境照明 / 107
- 第二节 色彩调节 / 117
- 习题 / 125

第八章 环境噪声与振动

- 第一节 噪声环境 / 127
- 第二节 振动的危害及控制 / 141
- 习题 / 147

第九章 空气污染

- 第一节 空气中的主要污染物及其含量表示法 / 148
- 第二节 空气污染物对人体的危害及评价 / 150
- 第三节 空气污染物的防治 / 156
- 第四节 车间空气调节 / 159
- 习题 / 161

第十章 人机系统

- 第一节 人一机系统的含义 / 162

- 第二节 人一机系统的设计 / 165
习题 / 172

第十一章 显示装置与控制装置设计

- 第一节 显示装置设计 / 174
第二节 控制装置设计 / 200
第三节 控制—显示的相合性 / 220
第四节 控制装置设计与选择的人类工效学原则 / 224
习题 / 227

第十二章 作业空间与手握工具设计

- 第一节 作业空间设计的原则 / 228
第二节 作业空间设计 / 233
第三节 工作台的设计 / 240
第四节 座椅设计 / 246
第五节 手握式工具设计 / 255
习题 / 260

第十三章 人机系统的分析与评价

- 第一节 系统分析评价概述 / 261
第二节 连接分析法 / 262
第三节 操作顺序图法 / 267
第四节 人机系统评价 / 269
习题 / 275

第十四章 劳动安全与事故预防

- 第一节 不注意与事故的关系 / 277
第二节 事故的原因及其防止 / 283
习题 / 290

附录 1 工作系统设计的人类工效学原则 / 291

附录 2 室内空气中二氧化碳卫生标准 / 296

附录 3 室内空气中可吸入颗粒物卫生 / 297

附录 4 室内空气中氮氧化物卫生标准 / 298

附录 5 室内空气中二氧化硫卫生标准 / 299

参考文献 / 300

第一章

绪论

Chapter 1 Introduction

■ 本章主要内容

- 人类工效学的命名及定义
- 人类工效学的起源与发展
- 人类工效学的研究内容与方法
- 人类工效学体系、应用领域及研究程序
- 人类工效学研究应注意的问题

■ 本章核心概念

- 人类工效学

■ 本章学习目标

- 了解人类工效学的命名
- 能认知和表述国际人类工效学学会（International Ergonomics Association，简称 IEA）为该学科所下的最权威、最全面的定义
- 了解人类工效学的研究任务和研究范围
- 能学会人类工效学研究应注意的三个问题

人类工效学（Ergonomics）是研究人、机器及其工作环境之间相互作用的学科。该学科自 20 世纪 40 年代产生以来，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、研究方法以及技术标准和规范，从而形成了一门研究和应用都极为广泛的综合性边缘学科。因此，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。

第一节 人类工效学的命名及定义

一、人类工效学的命名

由于该学科研究和应用的范围极其广泛，它所涉及的各学科、各领域的专家、学者都试图从自身的角度来给该学科命名和下定义，因而世界各国对该学科的命名不尽相同，即使同一个国家对该学科名称的提法也很不统一，甚至有很大差别。

在美国，称为“Human Engineering”（人类工程学）或“Human Factors Engineering”（人的因素工程学）。

西欧国家多称为“Ergonomics”（人类工效学）。而其他国家大多引用西欧的命名。

“Ergonomics”一词是由希腊词根“ergon”（工作、劳动）和“nomos”（规律、规则）复合而成，其本义为人的劳动规律。由于该词能够较全面地反应本学科的本质；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，不显露它对各组成学科的亲密和间疏，因此目前较多的国家采用“Ergonomics”一词作为该学科命名。

苏联和日本都引用该词的音译，苏联译为“Э р г о н о м и к а”音译名。

日本译为“マーコノツミケス”，称为人间工学。

人类工效学在我国起步较晚，目前该学科在国内的名称尚未统一，如“工效学”、“人机工程学”、“人类工效学”、“人一机—环境系统工程”、“人体工程学”、“人类工程学”、“工程心理学”、“宜人学”、“人的因素”等。不同的名称，其研究重点略有差别。

由于本书力图研究人一机—环境的相互作用关系，以提高工作效率的角度为工程技术人员提供有关这一边缘学科的基础知识，因而本书采用人类工效学这一学科名称。

二、人类工效学的定义

由于该学科在各国的发展过程不同，实际应用的侧重点不同，所以各国学者对该学科所下的定义也不同，而且随着学科的发展，其定义也在不断发生变化。

美国工效学专家 C·C·伍德（Charles C wood）对工效学所下的定义为：“设备设计必须适合人的各方面因素，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：“工效学研究的是人与机器相互关系的合理方案，亦即对人的知觉显示、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作业时感到安全和舒适。”

著名的美国工效学及应用心理学家 A·查帕尼斯（A Chapains）说：“工效学是在机械设计中，考虑如何使人获得操作简便而又准确的一门学科。”

日本的人类工效学专家认为：“人类工效学是根据人体解剖学、生理学和心理学等特性，了解并掌握人的作业能力与极限，及其工作、环境、起居条件等和人体相适应的科学。”

苏联的人类工效学专家认为：“人类工效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，保障劳动者的健康，使人从生理上和心理上得到全面发展的科学。”人类工效学就是对那些与人有直接关系的系统，按照人的各种特性进行设计，以求达到最优化的科学。

国际人类工效学学会（International Ergonomics Association，简称 IEA）为该学科所下的定义是：“工效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。”

结合国内该学科发展的具体情况，《辞海》中对人类工效学给出了如下的定义：“人类工效学是一门新兴的边缘学科。它是运用人体测量学、生理学、心理学和生物力学以及工程学等学科的研究方法和手段，综合地进行人体结构、功能、心理以及力学等问题研究的学科。用以设计使操作者能发挥最大效能的机械、仪器和控制装置，并研究控制台上各个仪表的合适位置”。

综上所述，可以认为：人类工效学是以人的生理的、感知的、社会的和环境的因素为依据，研究人与人机系统中其他元素之间的相互关系，为创造健康、安全、舒适、协调的人—

机—环境系统提供理论和方法的学科。

上述定义中的“人”是指操作者或使用着；“机”泛指人操作与使用的物，可以是机器，也可以是用具或生活用品、设施、软件等；“环境”是人与机共处的环境，如作业场所和作业空间，自然环境和社会环境等；“人一机—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他们周围的环境所构成的系统，简称人一机系统，在人—机系统中，人、机、环境相互依存、相互作用、相互制约完成某一特定的生产或生活过程。

从上述本学科的命名和定义来看，尽管学科名称多样、定义歧异，但是，研究对象、研究方法、理论体系等方面并不存在根本上的区别。这正是人类工效学作为一门独立的学科存在的理由，同时也充分体现了学科边界模糊、学科内容综合性强、涉及面广等特点。而且在下述两方面其含义是一致的：

- (1) 工效学的研究对象是人与广义环境的相互作用关系（包括生理的、心理的）；
- (2) 工效学的研究目的是如何达到安全、舒适、健康和工作效率的最优化。

换言之：就是最大限度地减少人的精神负担和压力；尽可能使操作方便、快捷、准确、可靠；尽可能使人工作时舒适、安全、不易疲劳。

思考题

如何理解人类工效学的定义？

第二节 人类工效学的起源与发展

一、人类工效学的起源与发展

英国是世界上开展人类工效学研究最早的国家，而本学科的奠基性工作实际上是在美国完成的，所以，人类工效学有“起源于欧洲，形成于美国”之说。本学科作为一门独立的学科已有近百年的历史了。人类工效学形成和发展大致经历以下三个阶段：

1. 第一阶段

早在石器时代，人类就学会了选择石块打制成可供敲、砸、刮、割的各种工具，从而产生了原始的人机关系。此后，在漫长的历史岁月里，人类为了扩大自己的工作能力和提高自己的生活水平，便不断地创造发明，研究制造各种工具、用具、机器、设备等。但是却忽略了对自己制造的生产工具与自身关系的研究，于是导致了低效率，甚至对自身的伤害。

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。这一阶段（大致从19世纪末到20世纪30年代），在人与工具的关系以及人与操作方法的研究方面，最具有影响力的首推现代管理学的先驱——美国学者F·W·泰勒（Frederick W Taylor），在传统管理方法的基础上，首创了新的管理方法和理论，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。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或矿石的最适重量。

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。1911年吉尔布雷斯夫妇（F B Gilbreth and L M

Gilbreth)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每小时120块提高到每小时350块。20世纪20年代,心理技术学传入中国,1935年我国心理学家陈立出版了《工业心理学概观》,这是我国最早系统介绍工业心理学的专著。

该阶段人机关系研究的特点是,以机器为中心进行设计,通过选拔和训练,使人适应于机器。在此期间的研究成果为人机工程学学科的形成打下了良好的基础。

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类工效学研究仍有一定意义。因此,人们认为他的科学管理方法和理论是后来工效学发展的基石。

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,称为经验工效学的发展阶段。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;制订培训方案,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。

在经验工效学发展阶段,研究者大都是心理学家,其中突出的代表是美国哈佛大学的心理学教授H·闵斯特泼格(H Munsterberg),其代表作是《心理学与工业效率》。他提出了心理学对人在工作中的适应与提高效率的重要性。闵氏把心理学研究工作与泰勒的科学管理方法联系起来,对选择、培训人员与改善工作条件、减轻疲劳等问题曾做过大量的实际工作。由于当时该学科的研究偏重于心理学方面,因而在这一阶段大多称本学科为“应用实验心理学”。

该阶段学科发展的主要特点是: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,使人适应于机器。

经验人类工效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类工效学所面临的问题进行科学的研究,并促使经验工效学进入科学人类工效学阶段。

2. 第二阶段

本学科发展的第二阶段是第二次世界大战期间。在这个阶段中,由于战争的需要,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”,因而由于操作失误而导致失败的教训屡见不鲜。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;由于操作复杂、不灵活和不符合人的生理尺寸而造成战斗机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,通过分析研究,逐步认识到,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”在设计中是不能忽视的一个重要条件;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,还必须具有生理学、心理学、人体测量学、生物力学等学科方面的知识。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,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,结果收到了良好的效果。军事领域中对“人的因素”的研究和

应用，使科学人类工效学应运而生。

科学人类工效学一直延续到 20 世纪 50 年代末。在其发展的后一阶段，由于战争的结束，本学科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，在这一发展阶段中，本学科的研究课题已超出了心理学的研究范畴，使许多生理学家、工程技术专家涉身到该学科中来共同研究，从而使本学科的名称也有所变化，大多称为“工程心理学”。

本学科在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。

3. 第三阶段

到了 20 世纪 60 年代，欧美各国进入了大规模的经济发展时期。在这一时期，由于科学技术的进步，使人类工效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、系统论和人体科学等学科中新理论的建立，在本学科中应用“新三论”来进行人机系统的研究便应运而生。所有这一切，不仅给人类工效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，从而促使工效学进入了系统的研究阶段。从 20 世纪 60 年代至今，可以称其为现代工效学发展阶段。

随着人类工效学所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就愈来愈多，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，现代工效学发展有三个特点：

(1) 不同于传统工效学研究中着眼于选择和训练特定的人，使之适应工作要求；现代工效学着眼于机械装备的设计，使机器的操作不越出人类能力界限之外。

(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。

现代人类工效学的研究方向是：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。

由于人类工效学的迅速发展及其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工效学的发展起了重大的作用。IEA 自成立至今，近五十年了，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十三次国际性学术会议，交流和探讨不同时期本学科的研究动向和发展趋势，从而有力地推动着本学科不断向纵深发展。

人类工效学技术是 21 世纪信息领域需要解决的重大课题。美国 21 世纪信息技术计划中的基础研究内容为 4 项：软件、人机交互、网络、高性能计算机。其中，人机建模研究在信

息技术中被列为与软件技术和计算机技术等并列的六项国家关键技术之一，并被认为是“对于计算机工业有着突出的重要性，对其他工业也很重要”。美国国防关键技术计划不仅把人机交互列为软件技术发展的重要内容之一，而且还专门增加了与软件技术并列的人机界面这项内容。日本也提出了 FPIEND21 计划（Future Personalized Information Environment Development），其目标就是要开发 21 世纪个性化的信息环境。人机界面技术研究和视觉-目标拾取认知技术研究是当前人机工程技术研究的发展趋势。我国 973、S-863、“十五”计划及“十一五”计划均将人机交互列为主要内容。

二、人类工效学在我国的发展情况

本学科在我国起步虽晚，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，也只有在中国科学院、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类工效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，人们逐渐认识到人机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，使工效学成为国内科坛上一门引人注目的边缘学科。在此情况下，我国已于 1989 年正式成立了本学科与 IEA 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）。目前，该学术组织已成为 IEA 的会员国，无疑，这是我国工效学发展中又一个新的里程碑。

思考题

人类工效学何时起源？有哪三个发展阶段？我国发展如何？

第三节 人类工效学的研究内容与方法

一、人类工效学的研究内容

在工作或生活场所，总是包含着人与机，以及围绕着他们的环境条件而构成的一个综合体。在这个综合体的相互关系当中，人始终是有意识、有目的地操纵机器和控制环境的主体，而机器始终是人的劳动工具，服从于人，执行人的意志，人与机的关系是否协调，要看机器本身是否具备适应人的特性而定。但人不可能完全控制环境，在一定的情况下，环境总是要约束和影响人。人类工效学研究的对象是“人一机—环境系统”。人与机器的关系是系统的中心，人类工效学的主要任务是对这一系统建立合理而又可行的方案，以便有效地发挥人的作用，并为系统中的人提供舒适和安全的环境，从而达到提高工效的目的。因此，工效学的研究内容主要有以下几个方面。

1. 人与产品关系的设计

在人与产品关系中，作为主体的人，既是自然的人，也是社会的人。在自然方面的研究有：人体形态特征参数，人的感知特性，人的反映特性，人在工作和生活中生理特征和心理特征等。在社会方面的研究有：人在工作和生活中的社会行为、价值观念、人文环境等，目

的是解决机械设施、工具、作业、场所以及各种用具的设计如何适应人的各方面特征，为使用者创造安全、舒适、健康、高效的工作条件。

2. 人机系统的整体设计

人机系统设计的目的就是创造最优的人机关系、最佳的系统效益、最舒适的工作环境，充分发挥人、机各自的特点，取长补短、相互协调、相互配合。如何合理分配人与机器在系统功能以及人机间有效传递信息是系统整体设计的基本问题。

随着信息技术的发展，人们面对的是大量快速传递的信息，要求操作时精度高、快速准确。同时，人机界面由硬件向软件转移，这时人与机都进入了一个新的阶段。因此，新系统中人的特性如何体现，人与机的功能如何分配，机器系统如何更宜人等，成为人机系统设计的主要内容。

3. 工作场所和信息传递装置的设计

工作场所设计的是否宜人，将对人的舒适、健康和工作效率等产生直接的影响。工作场所设计一般包括：作业空间设计、作业场所的总体布置，工作台或操纵台设计、座椅设计、工具设计等，作业场所设计的研究目的是保证工作场所适合操作者的作业要求，工作环境符合人的特点，使人在工作过程中健康不会受到损害，高效而又舒适地完成工作。

人一机一环境系统的信息传递，主要是机器和环境向人传递信息，机器接受人的信息，即显示与操纵的设计两个方面。人类工效学对它们的研究不是重点解决工程技术上的具体设计问题，而是从人的特性出发，研究信息传递方式、准确性、可靠性以及人的认读速度与精度等；研究操作装置的形状、大小、位置和操纵方式与人的生理、心理、生活习惯等相适应等方面的问题。

4. 环境控制和安全保护设计

人类工效学研究环境因素，如温度、湿度、照明、噪声、振动、粉尘、有害气体、辐射等对作业过程和健康的影响；研究控制、改良环境条件的措施和方法，为操作者创造安全、健康、舒适的工作空间。

人机系统设计的首要任务应该是保护操作者的人身安全，要求在产品的设计过程中，研究产生不安全的因素时，如何采取预防措施。这方面的内容包括：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、求援方法、安全保护措施等。

二、人类工效学的研究方法

人类工效学是一门边缘学科，相关学科的研究方法都可以应用本学科的研究，这里介绍一般常用的研究方法。

1. 自然观察法

自然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。例如要获取人在厨房里的行为，可以先用摄像机把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。

2. 实测法

这是一种借实验仪器进行实际测量的方法，也是一种比较普遍使用的方法。如为了获得

座椅设计所需要的人体尺度，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。

3. 实验法

实验法是当实测法受到限制时所选择的实验方法。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，可以在作业现场进行实际操作实验，以取得第一手资料。

4. 分析法

分析法是对人机系统已取得“资料”和数据进行分析的一种方法。详见第十三章。

5. 计算机辅助研究

随着计算机技术和数字技术的发展，在数字环境中建立人体模型成为可能，可利用人体模型模仿人的特征和行为，描述人体尺度、形态和人的心理（如疲劳等）。数字人体模型可以使产品设计与产品的人机分析过程可视化，对于产品设计师和人类工效学专家来说，数字人体模型具有以下优点：其一，它能使产品的变数在设计早期得到了解，且易获取这些变化的发展趋势；其二，它可以控制产品的特性，即依人的特性决定产品的功能参数；其三，可以用人的数字模型进行产品的安全测试。

根据有关专家对英、美等国家的人类工效学研究所作的考察资料，可把近期内国外人类工效学研究的方向归纳如下：

(1) 工作负荷研究，包括体力活动、智力活动、工作紧张等因素引起的生理负荷和心理负荷。

(2) 工作环境研究，包括高空、深水、地下、加速、高温、低温和辐射等异常工作环境条件下的生理效应，以及一般工作与生活中振动、噪声、空气、照明等因素的人类工效学研究。

(3) 工作场地、工作空间、工具装备的人类工效学研究。

(4) 信息显示的人类工效学问题，特别是计算机终端显示中人的因素研究。

(5) 计算机设计与使用的人类工效学研究。

(6) 安全管理的人类工效学研究。

(7) 工作成效的测量与评定。

(8) 机器人设计的智能模拟等。

思考题

人类工效学的研究内容有哪些？其主要研究方法有哪些？

第四节 人类工效学体系、应用领域及研究程序

一、人类工效学的学科体系

人类工效学是一门综合性的边缘学科，它除了同有关工程技术学科关系密切外，还与生理学、心理学、人体解剖学、人体测量学、人类学、运动生物力学、环境保护学、环境医学、环境卫生学、管理科学等学科有密切联系。此外，还和社会学、技术美学、语言学等学科关

系紧密。从人一机一环境系统来看，本学科几乎与人一机一环境相关的学科领域都有联系。也就是说：本学科主要是“人体科学”、“技术科学”、“环境科学”之间的有机融合。更确切地说：本学科实际上是人体科学、环境科学不断向工程科学渗透和交叉的产物。尽管人类工效学有其自身的理论体系，但人类工效学综合了上述相关学科的原理、成果、方法、数据，将人、机、环境构成有机联系的完整系统：以人为主体，研究该系统中人一机一环境之间相互协调、相互配合的规律，求得人一机一环境整体系统的最优化。如图 1-1 所示。

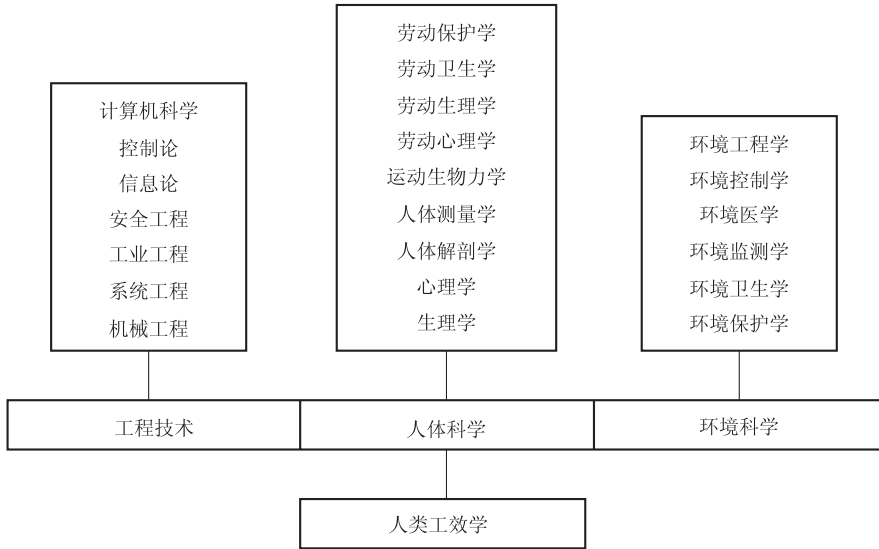


图 1-1 人类工效学的学科体系

二、人类工效学的应用

人类工效学在不同的产业部门，其应用课题如表 1-1 所示。无论是什么产业部门，作为生产手段的工具、机械及设备的设计和运用以及生产场所的环境改善；为减轻作业负担而对作业方式的改善和研究开发；为防止单调劳动而对作业进行合理的安排；为防止人的差错而设计的安全保障系统；为提高产品的操作性能、舒适性及安全性，对整个系统的设计和改善等都是应该开展研究的课题。所以本学科应用极其广泛，适用于农、林、制造、建筑、交通、服务等。

表 1-1 各产业部门人类工效学的应用课题

人类工效学领域 产业部门	作业空间、姿势、椅子、脚踏作业面、移动	信息显示操作器	作业方法与作业负担、身心负担、安全	作业环境	作业安排及组织、劳动时间、休息、交接班制
农业	各种作业姿势，农机设计的人体测量，倾斜地面栽培茶树的作业姿势	农机的司机视界	各种作业的 RMR，农业作业灾害与安全，农业作业程序开发，选果场的最舒适作业方法	农机的噪声、振动、塑料薄膜温室，作业的环境负担，农业作业换气帽的开发研究	农业机械化与生活时间

续表

人类工效学领域 产业部门	作业空间、姿势、椅子、脚踏作业面、移动	信息显示操作器	作业方法与作业负担、身心负担、安全	作业环境	作业安排及组织、劳动时间、休息、交接班制
林业	斜面伐木作业姿势		各种林业劳动的 RMR	链锯的振动危害	
制造业	铸造作业姿势与腰痛病的分析, 办公桌高度与疲劳, 传送带作业的作业面高度, 工厂内道路宽度情况及改善对策, 造型用换位器研究与根据肌电图对姿势的评价	生产机械的操作器配置, 仪表的认读性能, 室外天车行走的视界, 中央控制室的仪表盘的设计	自动化系统的作业负担, 单调劳动与附属动作, 检索速度与作业负担, 作业方式与产业疲劳, 作业中人的差错与安全, 压力机械的安全设计, 各种作业的 RMR 各种劳动负担的评定	纺织厂的噪声, 铸造工厂的恶劣环境及其改善, 按 SD 方法对环境评价地下作业环境, 使用方便的防护器具的研究, 铸造工具的振动与噪声, 铸造车间的粉尘浓度, 工厂照明与作业程序	交接班制与疲劳及健康危害, 连续作业的评定, 残疾人残存机能与适当的工作, 制鞋工的训练效果, 对单调的劳动应采取的休息方法
建筑业	斜面劳动(堆石坝)的作业姿势与负担, 脚手架与安全	建筑机械的视界	建筑机械的安全设计, 高空作业与负担	建筑机械的噪声, 打夯机的振动危害	
交通, 服务等	叉车的驾驶姿势与空间设计, 司机座椅的设计与疲劳	叉车的视界, 大型拖拉机的司机视界与视线分析, 船用模拟器的开发	夜间高速公路拖拉机的劳动负担, 银行业务机械化与劳动负担	高速公路收费闸门作业员的环 境负担	拖拉机连续的操作时间, 2 人和 1 人驾驶交接班制的比较

三、人类工效学的研究程序

人类工效学的研究方向不同, 具体的研究程序也有所差异, 但一般都应遵循下述研究程序:

1. 确定目标

人一机—环境系统有许多问题需要解决, 因此必须选择系统中的主要问题作为研究目标。比如, 长期效率较低的作业环节; 标准化欠佳的操作; 影响产品质量的作业环境; 事故频发的作业等。

2. 搜集资料

没有一定的资料既不能做出定性分析, 也不能做出定量分析, 因此, 必须搜集必要的资料。在搜集资料时, 首先, 应针对研究目标, 广泛收集与目标有关的资料, 不论是直接的还是间接的, 均应尽可能收集; 其次, 对于数据资料还应具有连续性和准确性; 再次, 必须对所收集的资料进行科学整理, 反映出事物的相关性; 最后, 为寻找事物发生和发展的规律性, 资料应尽可能连续。

3. 制定方案

在收集资料基础上, 应拟定多种备选方案。各方案应满足整体详尽性、相互排斥性和可比性要求。

4. 综合评价

通过对备选方案的试验、实验、费用、效果等分析比较, 进行可行性论证, 选出优化满意的方案, 供决策者决策参考。

◇ 思考题

人类工效学的研究程序是什么?

第五节 人类工效学研究应注意的问题

一、测试方法的可靠性与有效性

在人—机—环境系统中人的行为受多种因素的影响, 很不容易测试。要准确地揭示人—机—环境系统的规律性, 必须使采用的测试方法具有可靠性(一致性)和有效性(真实性)。

可靠性是指同样的测试内容在同一个被试者身上重复时, 其结果应该一致, 即具有可验证性。如果测试人体的生理指标, 这一条件比较容易满足, 若测试人的心理指标, 这一条件就比较难以实现。

有效性是指测试的结果能真实地反映所评价的内容。它近似于自然科学中的相关性。一般为了保证测试结果的有效性, 常常安排对照组的测试, 以排除偶然因素对测试结果的干扰。

测试结果可以是既可靠又有效, 也可以是可靠而无效, 还可以是不可靠却很有效, 也可能是既不可靠又无效。例如, 考察汽车司机职业选择指标时, 若采用测试被评价人的体力指标, 虽然该指标可靠, 但是并不一定有效。而敏感的决断力可以有效, 却不一定可靠。显见, 单凭一个或几个指标判定职业适应性是不可能的, 必须有一系列的指标。

为了保证指标体系的可靠性和有效性, 需要选择优秀职业者和不良职业者作为对照组, 事先对这些指标进行测试, 检验其可靠性与有效性。

二、统计学的差异与实际意义的差异

由于人—机—环境系统的复杂性, 研究结果会受到各种各样因素的影响, 以致虽然在统计学上具有差异, 却可能不具有实际意义的差异。例如, 在设计汽车驾驶室时, 需要了解不同国家汽车驾驶员的身高是否有差别。通过对两个国家的汽车驾驶员的身高进行抽样测量, 并对测量结果进行统计分析, 驾驶员平均身高确实存在着统计学意义上的差异。但若这种差异只有 10~20 mm, 则对汽车驾驶室的设计没有什么实际意义。

由于个体差异的存在, 人类工效学的结论, 只表征正常情况下多数人的特征。以测定某人对某一工作适应性为例, 测试的结果只表明某人属于哪一组, 而该组的大部分人可以胜任或不胜任该项工作。

三、人类工效学的间接性与习惯性的阻碍作用

工效学研究的基本目的是提高劳动生产率和保障作业者的健康。但一般情况下, 工效学在这两方面的作用往往是间接的, 有时还需要经过相当长的时间才能显示出来, 因而较难向

工人和企业的管理人员证明其重要性。例如，接触噪声的工人即使知道 20、30 年后自己的听力将受到严重影响，却仍不愿戴保护耳罩等。关于提高工作效率问题也是如此。有些研究可以明显提高产量和劳动生产率，但大多数很重要的研究往往是间接的提高劳动生产率。例如，以比较低的劳动强度获得同样的产量；较短的培训时间提高工作质量，减少事故等。这些优点虽然不如直接提高生产率显而易见，但是，却与提高劳动生产率的一些直接措施同样重要。另外人类工效学的许多研究是解决劳动时的“舒适”问题，但是，管理者往往不太愿意为了使劳动“舒适”而耗资，工人们也往往认为要想提高产量，“不舒适”是不可避免的。人类工效学就是从最合理地使用劳动力这一理论高度与提高工效相联系的学科。因此，不能仅仅根据日产量和因病缺勤率的变化来判定人类工效学的价值。

从社会心理学的角度考虑，不是任何新的、合理的东西一开始就被人们所接受，习惯往往起着阻碍作用。对于人类工效学的研究也是如此。因此，要求人类工效学工作者要发扬创新精神，启发人们以批判的眼光，科学地分析和改革一切不合理现象，创造最佳的劳动方式和劳动环境。

思考题

人类工效学的研究应注意哪些问题？

习题

1. 谈谈你对人类工效学的认识（研究对象、研究目的、研究方法、任务等）。
2. 列举数种你认为最危险的产品或从人机关系方面设计失误的产品，并提出解决问题的思路。