



21 世纪高等院校教材·工业工程系列

人因工程

蔡启明 余臻 庄长远 编著

 科学出版社
www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材·工业工程系列

人 因 工 程

蔡启明 余 臻 庄长远 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书系统介绍了人因工程的基本原理和影响作业效率的人、环境与人机系统交互作用。内容分为15章：第1~4章为人的因素，着重介绍人因工程的基本概念、作业时人的动态生理以及人的感知和特征；第5~10章为环境因素，着重介绍微气候、光环境、声环境、色彩环境、气体环境和振动环境及其对工作效率的影响和改善方法；第11~13章为人机界面设计，着重介绍人体测量的基本概念、工作台和座椅的设计、显示装置的设计和操纵装置的设计；第14章和第15章为人机系统设计，着重介绍人机系统安全设计和总体设计。

本书适合作为高等院校管理类、工业工程类的本科生或研究生教材，同时也可作为相关领域从业人员的参考用书或培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

人因工程/蔡启明, 余臻, 庄长远主编. —北京: 科学出版社, 2005
21世纪高等院校教材·工业工程系列
ISBN 7-03-015989-6

I. 人… II. ①蔡…②余…③庄… 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(2005)第083923号

责任编辑: 卢秀娟 林 建/文案编辑: 贾瑞娜/责任校对: 张怡君
责任印制: 安春生/封面设计: 陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年10月第一版 开本: B5 (720×1000)

2005年10月第一次印刷 印张: 22 3/4

印数: 1—3 000 字数: 432 000

定价: 32.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈路通〉)

丛 书 序

教材是科学知识的载体,是教学内容和教学要求的具体体现,是教师组织教学的主要依据。教材质量与教育质量息息相关,高水平教材是培养高素质人才的基本工具。

正是基于对教材质量在人才培养过程中重要作用的认识,南京航空航天大学经济与管理学院历来十分重视教材建设工作。从20世纪80年代起,坚持组织资深教授负责编写各科教材,并且相继由著名出版机构出版了一批有影响的教学用书。教师在教材建设园地里辛苦耕耘,换来的是人才培养质量的丰硕成果。

南京航空航天大学是在国内最早开办工业工程专业的高校之一,一直是江苏省工业工程专业委员会的挂靠单位。20世纪90年代,南京航空航天大学曾与香港理工大学联合组织出版了一套工业工程培训教材,满足了当时教学工作的迫切需要,产生了一定影响。多年来,南京航空航天大学经济与管理学院工业工程专业注意加强定量方法(模型、预测、决策)类课程的教学,逐步形成了较为鲜明的量化特色,要求学生掌握现代管理理论、方法和工具,强调学生的综合素质和实际动手能力。一些高年级学生和大多数研究生在校期间能够运用所学知识参与相关课题的研究,收集整理数据,建立数学模型,撰写研究报告。待毕业后到了工作单位,已经是具有丰富实际经验的“老手”,深受用人单位欢迎。

2004年,南京航空航天大学经济与管理学院的工业工程专业被确定为江苏省同类专业中唯一一个重点建设的品牌专业,使我校工业工程专业的社会声誉进一步提升。同时,对我们的教育质量也提出了新的更高要求。与之相应的教材建设任务也进入重要议事日程。在南京航空航天大学和科学出版社领导的大力支持下,我们组织力量着手进行这套工业工程专业系列教学用书的编写工作。可以说,这套教材的每一册都是在作者多年讲授有关课程和从事相关课题研究的基础上凝练而成的,同时也吸收了国内外学者的研究成果。在撰稿过程中,我们始终要求参加编写工作的老师们坚持读者至上的原则,在理论阐述上力求简明扼要、深入浅出、通俗易懂、易于自学,对相关方法和应用技术的讨论,则力求清晰、详尽而不累赘。因此,这套教材也是一套适宜于政府部门、企事业单位的管理干部、工程技术人员和理工科学生系统学习现代工业工程方法与技术的自学参考书。

丛书的编写得到了科学出版社和南京航空航天大学教材出版基金资助,在此,我代表编委会全体同仁向支持丛书出版的领导和专家表示深深的谢意!

好的教材是在多年教学实践的锤炼中逐步形成的,需要根据教学改革、专业设

置和学科发展的要求不断充实、修订、完善。殷切期望有关专家、老师和广大读者将使用这套教材时发现的问题以及改进意见和建议及时反馈给我们,以便修订时借鉴。

国家有突出贡献的中青年专家
南京航空航天大学特聘教授、博士生导师 **刘思峰**
经济与管理学院院长

2005年5月20日

前 言

现代社会越来越重视人的因素，强调以人为本，一方面重视发挥人的主观能动性，提高工作效率；另一方面强调为人提供舒适的工作环境，确保作业者的身心健康。人因工程就是这样一门学科，它对人-机-环境综合体进行系统的分析研究，用人类创造的科学技术为这一综合体建立合理且又可行的实用方案，使人获得舒适、安全、健康的环境，力图提高人本身的能力，从而达到提高工效的目的。

人因工程是工业工程专业的主要专业课程之一，本教材力图系统全面地向读者介绍人因工程的基本原理和影响作业效率的人的因素、环境因素、人机系统交互因素，旨在使读者建立人因工程总体概念，认识人因工程学科的特点和目标，树立效率意识，掌握人因工程知识、技术及其应用技能，学会运用人因工程解决生产实际问题的方法和程序。本书既可作为高等院校的本科生或研究生教材，也适用于企业工业工程技术人员参考。

本书吸收国内外相关教材的优点，使教材无论是在结构上还是在内容上均趋于合理。本书内容分为15章，第1~4章为人的因素，着重介绍人因工程的基本概念、作业时人的动态生理以及人的感知和特征；第5~10章为环境因素，着重介绍微气候、光环境、声环境、色彩环境、气体环境和振动环境及其对工作效率的影响和改善方法；第11~13章为人机界面设计，着重介绍人体测量的基本概念、工作台和座椅的设计、显示装置的设计和操纵装置的设计；第14章和第15章为人机系统设计，着重介绍人机系统安全设计和总体设计。全书内容和编排充分体现了先进性、系统性和实用性。

本书由南京航空航天大学经济与管理学院管理科学与工程系系主任蔡启明教授、余臻博士和庄长远博士编写，书稿的第1~10章由蔡启明博士编写，第11章、第12章、第13章和第15章由余臻博士编写，第14章由庄长远博士编写。在本书的编写过程中，夏风、段光和罗虎成等做了大量的资料收集和整理工作，在此表示深深的感谢！

限于作者水平，书中不妥和错误之处在所难免，恳请广大读者批评指教。本书的作者愿和各位一起为工业工程技术在中国的发展做出贡献！

作 者

2005年8月

目 录

从书序

前 言

| | |
|------------------------------------|-----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 人因工程的命名及定义 | 1 |
| 1.2 人因工程的起源与发展 | 3 |
| 1.3 人因工程的研究任务和范围 | 7 |
| 1.4 人因工程的研究内容和方法 | 8 |
| 1.5 人因工程的研究应用领域 | 13 |
| 第 2 章 劳动过程对人体的影响与劳动强度 | 16 |
| 2.1 体力劳动时的能量消耗 | 16 |
| 2.2 体力劳动时人体的调节与适应 | 21 |
| 2.3 劳动强度等级的划分 | 28 |
| 第 3 章 人体感知及其特征 | 39 |
| 3.1 感觉与知觉的特征 | 39 |
| 3.2 视觉机能及其特征 | 47 |
| 3.3 听觉机能及其特征 | 55 |
| 3.4 其他感觉机能及其特征 | 59 |
| 第 4 章 作业能力与作业疲劳 | 64 |
| 4.1 作业能力的动态分析 | 64 |
| 4.2 作业疲劳及其测定 | 67 |
| 4.3 疲劳对人体与工作的影响 | 74 |
| 4.4 提高作业能力和降低疲劳的措施 | 75 |
| 第 5 章 劳动环境与微气候 | 83 |
| 5.1 微气候的若干条件及其相互关系 | 83 |
| 5.2 人体与微气候条件的感受与评价 | 85 |
| 5.3 微气候条件对人体的影响 | 89 |
| 5.4 改善微气候条件的措施 | 95 |
| 第 6 章 环境照明 | 100 |
| 6.1 光的物理特性 | 100 |
| 6.2 光的基本物理量 | 102 |

| | | |
|-------------|-------------------------|------------|
| 6.3 | 环境照明对作业的影响 | 109 |
| 6.4 | 环境照明的设计 | 114 |
| 第7章 | 声音环境 | 123 |
| 7.1 | 声的基本概念 | 123 |
| 7.2 | 声的物理度量 | 124 |
| 7.3 | 噪声的来源与影响 | 128 |
| 7.4 | 噪声的评价指标与控制 | 135 |
| 第8章 | 色彩调节 | 147 |
| 8.1 | 颜色与色觉 | 147 |
| 8.2 | 颜色表示法 | 151 |
| 8.3 | 颜色对人的影响 | 154 |
| 8.4 | 色彩的应用 | 158 |
| 第9章 | 气体环境 | 164 |
| 9.1 | 空气中污染物的由来及其与人体的关系 | 164 |
| 9.2 | 空气污染物的检测 | 165 |
| 9.3 | 空气有毒物质对人体的危害 | 168 |
| 9.4 | 大气卫生标准与防污染途径 | 177 |
| 第10章 | 振动环境 | 183 |
| 10.1 | 生产性振动的来源与测量 | 183 |
| 10.2 | 生产性振动的危害 | 194 |
| 10.3 | 生产性振动的防治 | 202 |
| 第11章 | 人体测量与作业姿势 | 206 |
| 11.1 | 人体测量的基本知识 | 206 |
| 11.2 | 人体测量的数据处理 | 211 |
| 11.3 | 作业姿势 | 218 |
| 11.4 | 作业椅与工作台 | 223 |
| 第12章 | 显示装置设计 | 229 |
| 12.1 | 视觉显示装置的种类与功用 | 229 |
| 12.2 | 视觉显示装置的工效因素 | 234 |
| 12.3 | 信号显示设计 | 242 |
| 12.4 | 荧光屏显示设计 | 245 |
| 12.5 | 图形符号设计 | 251 |
| 12.6 | 振动对认读能力的影响 | 255 |
| 12.7 | 听觉传示设计 | 257 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| 第 13 章 操纵装置设计 | 264 |
| 13.1 操纵装置的类型及特征分析 | 264 |
| 13.2 操纵装置的工效因素 | 269 |
| 13.3 手动控制器的设计 | 271 |
| 13.4 脚动控制器的设计 | 274 |
| 第 14 章 安全事故分析与安全设计 | 277 |
| 14.1 事故致因理论 | 277 |
| 14.2 事故报告、调查分析处理与统计分析 | 285 |
| 14.3 人机系统安全设计 | 301 |
| 第 15 章 人机系统总体设计 | 307 |
| 15.1 人机系统设计的概念 | 307 |
| 15.2 人机系统总体设计程序 | 314 |
| 15.3 人机系统总体设计方法 | 320 |
| 15.4 人机系统评价分析法 | 330 |
| 15.5 人机系统安全性设计 | 344 |
| 15.6 人机系统的失效树分析评价法 | 347 |
| 参考文献 | 353 |

第1章 绪 论

1.1 人因工程的命名及定义

随着人类科技文明的不断发展，林林总总的产品与设备不断推陈出新，然而很多技术开发过程中需要考虑的有关人的因素（人因工程）却未予充分的考虑，这给人们的工作生活带来了不便，进而影响了社会的进步。人因工程的使命就是引导科技应用朝着更有利于人类运用的方向发展。

人因工程以秉承如下理念为其特征：

(1) 物品、机器的制造旨在为人类所运用，因此在设计时必须总是把使用者考虑在内；

(2) 承认人类在能力和限制方面有个别差异的现象，并且重视其在设计上的含义；

(3) 确信对象、程序等的设计会影响人们的工作和生活；

(4) 强调实证数据和评鉴在设计过程中的重要性；

(5) 依据科学方法和客观数据以检验假设，并建立关于人类行为的基本数据；

(6) 信守系统导向（system orientation）的观念，体现物品、程序、环境和人员在系统中相互依存。

1.1.1 人因工程的命名

人因工程是一门新兴的边缘学科，起源于欧洲，形成于美国，作为一门独立的学科已有 40 多年的历史了。其在美国多被称为“人类工程学”（Human Engineering）或“人类因素”（Human Factors），也称“生物工艺学”（Biotechnology）、“工程心理学”（Engineering Psychology）或“应用实验心理学”（Applied Experimental Psychology）等，在西欧国家多称为“工效学”（Ergonomics），日本和前苏联都沿用西欧的名称，日语译为“人间工学”，俄语音译为“Эргономика”。

以英国为代表的西欧学术界广泛使用“Ergonomics”来命名这门新兴的交叉学科。“Ergonomics”一词源自希腊文，“Ergos”意指工作，“nomos”意指规律，是 1957 年波兰雅斯特莱鲍夫斯基教授首先提出来的，他认为该词便于各国语言翻译上的统一，而且保持中立性，不显露对组成学科的亲疏间疏。该名词被国际

人因工程学会会刊所采用。Human Factors (Engineering) 是美国科学界与工程界对这门学科的一般称谓, 它更侧重于从人类因素的角度来说明这门学科的理念和深意。由于中国的人因工程从西方引入, 又由于受各个流派的影响, 所译的名称也不完全一致, 如“工效学”、“人机学”、“人机工程学”、“人体工程学”、“人类工程学”等。我国标准学科用语定名为“人类工效学”, 但过去常用“工效学”这个名称。近年来, 随着认识能力的提高和学科发展的需要, “人因工程”作为这门科学的一般称谓已经为学术界和工程界所接受。

1.1.2 人因工程的定义

可依以下几点来探讨人因工程的定义:

(1) 人因工程的焦点。聚焦于人类与他们在生活和工作中所涉及的产品、设备、程序和环境的交互作用上。

(2) 人因工程的目标。第一个目标是提高人们活动和工作的效果及效率, 第二个目标是改善和提高人类的生活水平与生命价值。

(3) 人因工程的研讨途径。有系统地将人员的能力、限度、特征、行为与动机等有关信息应用在人们所用的物品及使用时的环境设计。

Chapanis (1985年) 对人因工程有过如下定义: “人因工程旨在发掘人类行为、能力、限制和其他特性等知识, 并将这些知识应用于产品、工具、机器、系统、工作和环境的设计与改善, 使得人们在工作与生活中与事(工作)、与物(产品、工具、机器)、与环境(系统与空间环境)均有和谐的关系; 不但要避免人员伤害、疲劳等不安全、不健康的事情发生, 更要提升效率、舒适与人员的主观满意度。”

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, 所以各国学者所下的定义也不相同。

Sanders & McCormick (1987年) 认为: 人因工程旨在发现关于人类行为、能力、限制和其他特性等知识, 并将这些知识应用于工具、机器、系统、任务、工作和环境等的设计, 使人类对于它们的使用能更具生产力、安全、舒适和有效果。

美国人因工程学家查里斯·C·伍德(Charles C. Wood) 将人因工程定义为: “设备的设计适合人各方面因素, 以便在操作上付出最小代价而求得高效率”。

W. B. 伍德森(W. B. Woodson) 则定义为: “人与机器相互关系的合理方案, 亦即对人的知觉显示、操纵控制、人机系统的设计及其部署和作业系统的组合等进行有效研究, 其目的在于获得最高的效率和作业时感到安全和舒适。”

著名的美国人因工程和应用心理学家 A. 查帕尼斯(A. Chapanis) 认为: “人因工程是在机械设计中考虑如何使人获得简便而又准确操作的一门科学。”

前苏联将人因工程定义为：“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，从而使人在生理上和心理上得到全面发展的科学。”

国际人因工程学会的定义为：“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条件下，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、安全和舒适等达到最优化的问题。”

中国在《中国企业管理百科全书》中，对人因工程所下的定义为：“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、心理等特点，达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的目的。”

也可以从相反的角度来进一步说明人因工程的含义：

- (1) 人因工程不是检核表和指引的运用；
- (2) 人因工程不是以设计者本身作为设计物品时的模特；
- (3) 人因工程不只是普通常识。

综上所述，尽管各国学者对人因工程所下的定义不同，但在下述两个方面却是一致的：

- (1) 人因工程的研究对象是人与广义环境的相互关系（包括生理的、心理的）；
- (2) 人因工程的研究目的是如何达到安全、健康和舒适及工作效率的最优化。

1.2 人因工程的起源与发展

1.2.1 人因工程的产生与发展

自从人类诞生以来，就存在着人与工具、环境的关系。因此，随着人类的进步，便不断地改造工具、改造环境，以期安全、健康、舒适和工作效率达到最优化，但一般是从各个分离的角度去研究这个问题，或者只是着重于技术方面的研究，而对于人同机器、工具、环境的结合所产生的结果研究甚少。直到工业革命时期，由于人们所从事的劳动在复杂程度上和负荷量上都发生了巨大变化，人们才开始综合起来探讨提高工作效率的问题。

1884年，德国学者A. 莫索(A. Mosso)第一个对人体劳动的疲劳进行了研究。在人进行劳动时，将人体通以微电流，随着人体疲劳程度不同，电流也随之变化，通过变化的电流测量人体的疲劳程度。

1889年，美国学者F. W. 泰勒(Frederick W. Taylor)从提高工作效率的角度出发，对装卸工使用铁铲的劳动效率进行了研究，发现每次铲运的质量在

10kg左右时劳动效率最高，而不致引起过度疲劳。因此，他设计了许多大小不同的铁铲，以适应装卸不同的物料。在此之后，他还进行了搬运生铁的工效研究，通过制定每次的搬运量、搬运速度、休息时间，使作业者大大发挥劳动潜力，从而提高工效。

1911年，吉尔布雷斯（Frank B. Gilbreth）对某建筑公司工人砌砖作业进行了研究，通过去掉砌砖动作中的无效动作，提高了工作效率，使砌砖效率由过去每小时170块提高到350块。

第一次世界大战期间，为了提高劳动生产率，英国首先成立了工业疲劳研究所，研究如何安排工作和休息时间，才能达到既减轻疲劳又提高工效的目的。第二次世界大战期间，一些国家，特别是美国，大力发展高效能和大威力的新式武器装备。由于片面地注重了工程技术方面的研究，忽视了对使用者操作能力的研究和训练，因此常常遭到失败。以飞机为例，由于座舱及仪表的显示位置设计不当，造成驾驶员误读、误操作而发生失事，或战斗时操作不灵活，命中率降低等现象。分析其原因可归结为以下两点：①显示、控制仪器的设计没有充分考虑人的生理特性、心理特性，致使仪器的设计和配置不当，不能适应人的要求；②操作人员缺乏训练，不能适应复杂机器系统的操作要求。

这些原因引起了决策者和工程师们的高度重视。工程师们开始认识到“人的因素”在设计中是一项不能忽视的重要条件。要设计一个好的现代化设备，只具备工程技术知识是远远不够的，还必须具备生理和心理等其他学科方面的知识。于是形成了一门新兴的边缘学科——人因工程。

第二次世界大战后，机械化、自动化和电子化进一步发展，人的因素在生产中的影响越来越大，人与机器的关系扩大为人与广义环境的关系，从而促进了人因工程的进一步发展。1949年在以马列尔为首的英国学者倡导下，成立了第一个“工效学研究会”，把解剖学家、生理学家、心理学家、工业卫生学家、设计工程师、工作研究设计师、建筑师、照明工程师等一切与劳动行为有关的科技人员集中起来，共同研究如何提高工作效率的问题。

在20世纪40~50年代里，人因工程的发展并不快，主要因为战后各国忙于恢复经济，不可能对机器设备进行根本性的更新换代。人因工程的任务只是对旧机器设备进行小改革。到了60年代，欧美各国进入了大规模的经济发时期，科学技术日新月异，特别是由于国防科技与尖端科学的需要，使人因工程随之得到充分的发展。例如，宇宙航行的出现，就为人因工程提出了失重情况下如何操作、如何解决超重情况下人的生理和心理感觉等方面的新问题。

1961年在斯德哥尔摩举行了第一次国际人因工程会议，并成立了国际人因工程联合会（The International Ergonomics Association, IEA）。该联合会现已有近20个分会，在30多个国家设有专门机构，每三年举行一次学术交流会。

1.2.2 世界主要国家人因工程的发展概况

人因工程在美国、前苏联、日本以及西欧各国都得到了广泛的应用。目前各国都十分重视人因工程的研究，几乎所有工业发达国家都建立和发展了这门科学。

英国是欧洲研究人因工程最早的国家，早在1949年就成立了人因工程研究会。该会于1957年发行了 *Ergonomics* 会刊，由英国剑桥大学心理研究所 (Psychological Laboratory) 的 A. T. Welford 担任主编，该会刊目前已成为国际性刊物。法国、德国、荷兰、瑞士和瑞典等国的代表也参加了该刊的编辑委员会。著名的劳勃路技术学院 (Loughboroug College of Technology) 和伯明翰大学 (Birmingham University) 都开设人因工程课程，并建有完善的实验室，并对社会承担咨询和研究任务。

目前，人因工程已被广泛地应用到国民经济的各个部门。例如，Wilkinson 在1978年研究分析了不同类型的轮班工作和时区转变对人体的影响；Haslegrave 在1980年提供了英国汽车司机的详细人体测量资料；McLeod、Poulton、DuRoss 和 Lewis 在1980年提出了船舶运动对于手的控制工作影响的报告。

美国是人因工程研究最发达的国家，1957年成立人因工程组织——“人因工程学会” (Human Factors Society)，该学会除了发行会刊外，还有不少专利文献。美国是世界上发行人因工程书刊最多的国家。

美国的人因工程研究机构大部分设在各大学。哈佛大学、麻省理工学院、俄亥俄州立大学等都设有专门的研究机构；另一部分设在海、陆、空军部门，主要服务对象是国防工业，其次才是其他部门。美国的人因工程研究主要是以人机系统为主，所以美国把这门学科命名为“人因工程” (Human Engineering)。

前苏联和东欧经互会成员国的人因工程研究是以协作方式进行的。前苏联侧重于工程心理学方面的研究，他们认为工程心理学是人因工程的主要基础学科之一，人因工程是工程技术学科的联系纽带。经互会科技合作委员会把“探讨人因工程标准和要求的科学原理”问题列入经互会的协作规划之中。该计划规定要研究劳动条件适宜化问题；“人-机-环境”系统的最优化问题；自动控制系统的的设计、制造和维修的人因工程问题；信息显示手段的人因工程问题；产品的人因工程标准问题以及为低能人设计工作场地和劳动条件的问题等。其中特别把人因工程的方法论研究提到首要地位。此外，还规定编拟产品设计的人因工程目录手册，以及与经济学、社会学等各方面专家协作把人因工程研究成果用于提高社会效益等方面的问题。

前苏联在人因工程标准的研究方面有显著成就，其中有20多项标准得到其国家标准局批准列入“技术水平与产品质量卡”。

日本的人因工程研究起步于 20 世纪 60 年代前后,着力引进世界各国人因工程方面的理论和实践经验,特别是欧美的经验,并逐步改造成自己的“人间工学”,广泛应用于工业、交通运输和国防等各个领域。

目前,日本人因工程学会已有近 10 个地方分会,大约每年出版六期刊物,每年举行一次年会和全体会议。该学会下设专业委员会,从事服装、航空、城市、环境、护理、康复、观察与测量、生产体系等多方面的人因工程研究。会员中从事工程技术方面的人数最多,其次是医学方面人员、心理学家、设计师、生物学家和社会科学家。

日本人因工程着重从系统论的角度看待人,把人看作系统的一部分去研究(如体内平衡、双重控制系统、双重反馈系统、适应性、同步性、从开系统到人-机系统;对注意水平、紧张水平和意识水平的控制;系统平衡功能,失去组织性,失去功能的可能性;激励与情绪对系统功能的影响,习惯性,多余性,错误与失误,语言系统等),力图研究出一套技术手段来提高人本身的能力(如防止注意水平与意识水平降低的对策;预测人的工作成效的对策;防止人的错误的对策;充实人的自信的对策;防止人的疏忽大意的对策;提高人的思维能力的对策;用机器人代替人的对策等)。

中国的人因工程研究应该说从 20 世纪 50 年代前后开始,如陈立在机械业(北京南口)和纺织业(江苏南通)进行关于工作环境等方面的研究。1966 年后,由于工业发展的需要,在机械制造、炼钢工业、纺织工业进行了改进操作方法、技工培训、防止事故等研究。60 年代,由于中国工程建设的需要,又开展了对铁路、水电站中央控制台的信号显示,建筑工程中工业厂房的照明标准,以及仪表工业中表盘刻度,航空方面的选拔、训练和飞行错觉等研究。70 年代后期,为协助促进国防及工业现代化,正式使用“人因工程”名称进行了有关方面的研究。

1980 年,机械工业系统成立了工效学会,许多研究人员在人因工程研究方面取得了大量成果。例如,杨公侠、池根兴、江厥中(同济大学)、俞文钊(华东师范大学)(1981 年)对仪表显示器的照度、对比度、色饱和度对检查速度的影响的研究,为改变电厂集中控制室的视觉环境提供了依据;徐联仓、凌文轻(1981 年)把人因工程的原理应用于毛纺产品的检验工作,大大地提高了毛纺产品的质量;管连荣、高晶、徐联仓对不同车速下司机对交通标的辨认距离进行实验研究。可以相信,随着中国现代化建设的发展,人因工程也将会得到长足的发展,开拓出具有中国特色的人因工程研究领域。

1.3 人因工程的研究任务和范围

1.3.1 人因工程的研究任务

有研究表明,人的工作主要有三种类型,即肌肉工作、感知工作和智能工作。

现代化机器装备的使用,不仅仅在于代替肌肉工作延长人的体力,还在于设法代替人的感知和智能工作,事实上已经承担了部分人的脑力劳动。但是实践证明,无论效率多么高的机器装备,如果不能适应人的生理和心理特性,就不会得到应有的效果。同理,一个现代化的生产系统乃至生活系统,要发挥其效能,也必须适应人的生理和心理特性。因为在生产系统或生活系统中,总是由人与机器设备和环境条件构成一个有机的综合体。在这个综合体中,人是主体。尽管由于电子计算机的应用,使人的智能工作部分地得到代替,但在感知方面,机器设备代替人的功能还比较困难。即使随着科学技术的发展,机器设备完全能够代替“三方面工作”,还存在把人的各种心理特点转移给机器设备的问题,即人始终是有意识地操纵机器和控制环境,这种主从关系决定了机器的设计、环境条件的控制必须适应人的特性。人因工程把人-机-环境综合体进行系统的分析研究,用人类创造的科学技术为这一综合体建立合理且又可行的实用方案,使人获得舒适、安全、健康的环境,力图提高人本身的能力,从而达到提高工效的目的。

1.3.2 人因工程的研究范围

人因工程的研究范围大致有以下几个方面:

(1) 研究各种产品(包括各种工具、机器、交通工具、家庭用具、生活服务设施等)所应遵循的人因工程标准。

(2) 研究人和机器的合理分工及其相适应的问题。进行人和机器潜力的分析对比;探讨人的反应、动作速度、动作范围与准确性的关系;探讨人的工作负荷、能量消耗、疲劳因素与工作可靠性的关系;在采用新技术或设计新机器时,如何根据人的生理、心理特点,使机器操作系统适应于人或改变人的训练方法和水平,达到既创造适宜的操作条件又追求工作效率的目的。

(3) 研究人在各种操作环境中的工作成效问题。例如,通过研究感知方面的色彩视觉、信号觉察、字形辨认、图形识别、时间知觉、时间估计,人-计算机系统的职业设计,人使用计算机时的工作成效及其影响因素,系统反应时(SRT)、记忆负荷(ML)对问题解决行为的影响等,掌握人的生理和心理过程的规律性,确定如何发挥人的效能问题。

(4) 研究人对环境机制的生理、心理反应,为人创造舒适、安全、健康的作

业(生活)环境。例如,人对工业噪声的反应、评价和防护;对空气污染的反映、评价和防护;对工作环境的“气候”反应、评价和改善以及确定工作环境的综合治理等问题。

(5) 研究人-机-环境系统的组织原则。根据人的生理、心理特征,阐明对机器、技术、作业环境和劳动轮班与休息制度的要求等,使操作者感到舒适,并能提高工效。

1.4 人因工程的研究内容和方法

1.4.1 研究内容

1. 基础研究

为了设计和制造最适合人体的机械装置,首先必须积累关于人的心理、生理特征与能力界限等方面内容的基础数据,如以身长、眼高、坐高、腕长等为主要指标的各种人体形体测量值,单手、两腕、双足、全身等动作的空间范围的测定,以及身体其他各部位的动作速度、正确度、方向等运动能力的测定,此外还有关于疲劳成因、在特殊环境下的应激反应特征等这些都属于基础研究的范围。

2. 机械及装置类研究

这些研究的内容包括使人能够正确而迅速地获得知觉的测试仪表、警报、信号,尤其是计算机与人的信息交换方式与传输途径,以及使人能够正确地进行操纵的控制装置的研究。按感觉器官的分类可以把这方面的内容分为以下几种:

(1) 视觉显示。包括开窗、刻度、屏幕、标志、指示灯型式、记号的选择,尺度单位、指针文字、数码的形状与可识别性(区分的容易程度)、注目性(是否引人注意)、可读性(阅读的容易程度)、联想性(是否易于联想其他事物)等。

(2) 听觉显示。听觉显示比视觉显示有利的地方在于其非主动性(对人而言),即使人们主观上不朝向某个方向,也能够从该方向感受到声音,并能像视觉那样从背景(声音)中提取要获得的信息(声音)。当听觉显示与视觉显示综合在一起时,能使系统的信息传递效果增强。声音的传播方式、方法,报警及信号的方式、背景信号的控制(噪声也是机械装置中一种背景信号)等,都是研究对象。

(3) 控制装置。无论什么样的作业,都要用到手,有的还要用脚,为此需设计制造与人的手及脚衔接的控制器,如按钮、旋钮、把柄、方向盘;操纵杆、脚踏板的形状、大小、位置等也是研究的对象。20世纪50年代用控制论理论研究