



“十三五”国家重点出版物出版规划项目

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



21世纪工业工程专业规划教材



Human Factors Engineering

人因工程学

第②版

郭伏 钱省三 主编



赠电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21 世纪工业工程专业规划教材

人 因 工 程 学

第 2 版

主 编	郭 伏	钱省三	
副主编	李兴东	薛 伟	
参 编	叶 锋	付雅琴	王殊轶
	曲德强	崔建昆	刘敏娟
主 审	杨学涵	张 力	



机 械 工 业 出 版 社

本书从生产（或服务）和管理系统优化角度阐述了有关人因工程学的思想、理论和方法。突出阐述了系统设计中人的因素的重要性。对人的生理、心理特点，作业能力、认知能力、行为方式等方面进行了详细介绍。并以人的工作优化（高效、安全、健康、舒适）为目标，讨论了与人有关的环境、工具、设备、任务、系统、作业空间的合理设计问题。本书主要内容包括：人因工程学概述、人的因素、微气候环境、照明环境、色彩环境、噪声及振动环境、空气环境、体力工作负荷、人的信息处理系统、脑力工作负荷、人体测量、作业空间设计、人机系统、人机界面设计、劳动安全与事故预防。

本书可作为高等院校工业工程、工业设计、工商管理、安全工程、艺术设计类等本科及工业工程学科工程硕士教材，也可作为各行业工程技术人员进行产品设计、系统设计及管理工作优化的参考书，特别是可供从事人因工程相关工作的人员参考。

本书是“十三五”国家重点出版物出版规划项目 现代机械工程系列精品教材

图书在版编目（CIP）数据

人因工程学/郭伏,钱省三主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2018.2

普通高等教育“十一五”国家级规划教材 21世纪工业工程专业规划教材 “十三五”国家重点出版物出版规划项目 “十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-111-59062-0

I. ①人… II. ①郭… ②钱… III. ①人因工程-高等学校-教材
IV. ①TB18

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第021118号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:裴 泱 责任编辑:裴 泱 朱琳琳 商红云

责任校对:刘雅娜 封面设计:张 静

责任印制:孙 炜

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2018年6月第2版第1次印刷

184mm×260mm·23.25印张·562千字

标准书号:ISBN 978-7-111-59062-0

定价:59.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649 机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com



郭伏

东北大学工商管理学院工业工程系主任，教授，博士生导师。辽宁省教学名师，国家精品资源共享课“人因工程学”负责人，辽宁省省级教学团队（工业工程平台课）负责人，辽宁省精品教材《人因工程学》主编，宝钢奖教金获得者。现担任教育部工业工程类专业教学指导委员会委员，中国人类工效学学会常务理事、管理工效学专业委员会主任委员，中国机械工程学会工业工程分会常务委员，中国管理科学与工程学会工业工程与管理分会副理事长。主持国家自然科学基金4项，发表人因工程领域论文60多篇。其中，SCI/SSCI检索论文13篇。主编的《人因工程学》和《基础工业工程》被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材、“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，曾获得辽宁省教学成果二等奖、冶金工业部教学成果三等奖，多次获东北大学教学成果奖。

21 世纪工业工程专业规划教材

编 审 委 员 会

名誉主任：汪应洛 西安交通大学

主 任：齐二石 天津大学

副 主 任：

夏国平 北京航空航天大学 薛 伟 温州大学

易树平 重庆大学 李泰国 首都经济贸易大学

钱省三 上海理工大学 吴爱华 山东大学

苏 秦 西安交通大学 许映秋 东南大学

郭 伏 东北大学 邓海平 机械工业出版社

秘 书 长：易树平 重庆大学

秘 书：张敬柱 机械工业出版社

委 员（按姓氏笔画排序）：

方庆瑄 安徽工业大学 姜俊华 南昌航空大学

王卫平 东莞理工学院 徐人平 昆明理工大学

王德福 东北农业大学 徐瑞园 河北科技大学

卢明银 中国矿业大学 海 心 南京工程学院

李兴东 山东科技大学 龚小军 西安电子科技大学

任秉银 哈尔滨工业大学 曹国安 合肥工业大学

齐德新 辽宁工程技术大学 曹俊玲 机械工业出版社

刘裕先 北京信息科技大学 傅卫平 西安理工大学

李 萍 黑龙江科技大学 韩向东 南京财经大学

陈友玲 重庆大学 程 光 北京联合大学

陈 立 东北农业大学 程国全 北京科技大学

张绪柱 山东大学 蒋祖华 上海交通大学

张新敏 沈阳工业大学 鲁建厦 浙江工业大学

周宏明 温州大学 戴庆辉 华北电力大学

周跃进 南京大学





序

每一个国家的经济发展都有自己特有的规律，而每一个国家的高等教育也都有自己独特的轨迹。

自从工业工程（Industrial Engineering, IE）学科于 20 世纪初在美国诞生以来，在各国得到了较快的发展。工业化强国在第一、二次世界大战中都受益于工业工程。特别是在战后经济恢复期，日本、德国等均在工业企业中大力推广工业工程的应用和培养工业工程人才，获得了良好的效果。美国著名企业家艾柯卡是美国福特和克莱斯勒汽车公司的总裁，毕业于美国里海大学工业工程专业。日本丰田生产方式自 20 世纪 80 年代创建以来，至今仍风靡世界各国，其创始人 大野耐一的接班人——原日本丰田汽车公司生产调查部部长中山清孝说：“所谓丰田生产方式，就是美国的工业工程在日本企业的应用。”韩国、新加坡、中国台湾和中国香港均于 20 世纪 60 年代起步工业工程，当时正值亚太地区经济快速发展时期。中国台湾的工业工程发展与教育是相当成功的，经过 30 年的努力，建立了工业工程的科研、应用和教育系统。20 世纪 90 年代初，台湾省 60 所大学有 48 所开设了工业工程专业，至今人才需求仍兴盛不衰。更重要的是于 1992 年设立了工业工程学门。目前，在中国大陆的合资企业都设有工业工程部和工业工程工程师岗位，在亚太地区的学校都广泛设立工业工程专业。工业工程高水平人才的培养，对国内外经济发展和社会进步起到了重要的推动作用。

1990 年 6 月中国机械工程学会工业工程研究会（现已更名为工业工程分会）的正式成立，以及首届全国工业工程学术会议在天津大学的胜利召开，标志着我国工业工程学科步入了一个崭新的发展阶段。人们逐渐认识到工业工程对中国管理现代化和经济现代化的重要性，并在全中国范围内自发地掀起了学习、研究和推广工业工程的活动。更重要的是，1993 年 7 月由国家教委批准，天津大学、西安交通大学首批试办工业工程专业并招收本科生，由此开创了我国工业工程学科的先河。而后重庆大学等一批高校也先后开设了工业工程专业。时至今日，全国开设工业工程专业的院校已经有 230 多所，其发展速度之快，就像我国经济发展一样，令世界各国瞩目。我于 2000 年 9 月应邀赴美讲学，2001 年应台湾工业工程学会邀请到台湾清华大学讲学，2003 年应韩国工业工程学会邀请赴韩讲学，讲学题目均为《中国工业工程与高等教育发展概况》。他们均对中国大陆的

工业工程学科发展给予了高度的评价，并表达了与我们保持长期交流与往来的意愿。

虽然我国工业工程高等教育自 1993 年就已开始，但教材建设却发展缓慢。最初，大家都使用由北京机械工程师进修学院组织编写的“自学考试”系列教材。至 1998 年时，全国设立工业工程专业的高校已达三四十所，但仍没有一套适用的专业教材。在这种情况下，工业工程分会与中国科学技术出版社合作出版了一套工业工程专业教材，并请西安交通大学汪应洛教授任编委会主任。这套教材的出版有效地缓解了当时工业工程专业高等教育教材短缺的压力，对我国工业工程专业高等教育的发展起到了重要的推动作用。

然而，近年来我国工业工程学科发展十分迅猛，开设工业工程专业的高校数量直线上升，同时教育部也不断出台新的政策，对工业工程的学科建设、办学思想、办学水平等进行规范和评估。在新的形势下，为了适应教学改革的要求，满足全国普通高等院校工业工程专业教学的需要，机械工业出版社推出的这套“21 世纪工业工程专业规划教材”是十分及时和必要的。在教材编写启动会上，编审委员会组织国内工业工程专家、学者对本套教材的学术定位、编写思想、特色进行了深入研讨，力求在确保高学术水平的基础上，适应普通高等院校教学的需求，做到适应面广、针对性强、专业内容丰富。同时，本套教材还将配备课件，相应的实验、实习教程，案例教程以及企业现场录像，实现立体化。尽管如此，由于工业工程在我国正处于快速成长期，加上我们的学术水平和知识有限，教材中难免存在各种不足，恳请国内外同仁批评指正。

教育部工业工程类专业教学指导委员会主任
中国机械工程学会工业工程分会主任



于天津



前言

人因工程学是近几十年来发展起来的一门交叉性应用学科。随着技术的进步和社会的发展,系统设计中越来越重视人的因素,人因工程学科的应用领域也越来越广。美国(学科命名为 Human Factors)以及英国、法国、德国等国家(学科命名为 Ergonomics)非常重视人因工程学的研究与应用,每年都有大量的研究成果问世。在人因工程学的教育上,许多国家把人因工程学作为工程和管理类学科的基础课或专业课。我国人因工程学的研究始于 20 世纪 50 年代,部分高校的工商管理、机械工程专业于 80 年代开设了这方面的课程。20 世纪 90 年代后,随着工业工程专业、工业设计专业的设立,人因工程学科得到了广泛的重视。目前,人因工程学已被教育部工业工程类专业教学指导委员会确定为工业工程专业的核心课之一,足以说明该课程在工业工程专业人才培养中的地位。

本书为机械工业出版社组织编写的 21 世纪工业工程专业规划教材之一,也是普通高等教育“十一五”国家级规划教材、“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。本书以生产(或服务)和管理系统为研究对象,把系统中的人作为着眼点,围绕人、机、环境三者之间的关系,系统介绍了人因工程学的有关思想、理论与方法。教材的编写融合了人因工程学的经典内容及学科的最新研究成果,同时考虑工业工程学科的特点和应用领域。

本书在编写过程中力求做到:①本着少而精的原则,从工业工程学科的实际出发,选择阐述人因工程学的有关思想、概念、原则、原理和方法。②在内容上,把狭义的人—机—环境系统优化原理扩展到广泛的与人有关的系统和领域。另外,考虑到现代人机系统的发展特点,在传统的体力工作效能研究基础上,加入了人的信息处理系统、脑力劳动负荷的测量和预测,以及人与计算机交互等内容。③在结构上,按照从感性到理性、从具体到抽象、从浅入深的认识规律,同时考虑到各章知识的连续性及与实验的配合来安排内容体系。④在编写时注意科学性、知识性、适用性相结合,理论与实践相结合,为进一步学习和应用提供参考。⑤在资料的选用上,注意资料的先进性、全面性和成熟性。

本书是在 2007 年出版的人因工程学教材基础上进行修订的。与第 1 版相比,第 2 版在保持原书结构大体不变的基础上对章节内容进行了较大幅度的更新。包括:①对本书中采用的标准进行了全部校对,更新了《高温作业分级》(GB/T 4200—2008)、《建筑照明设计标准》(GB 50034—2013)、《工业企业设计卫生标准》(GBZ 1—2010)等多个人因工程国家标准,保证本书中使用的标准为现行标准。②更新和增加了新的内容。对第一章人因工程学的成长、发展两个阶段中人因工程的研究和应用内容进行了仔细的梳理,补充了相应的研究内容资料,对我国人因工程近些年的发展历程也进行了资料补充。细化了第二章中

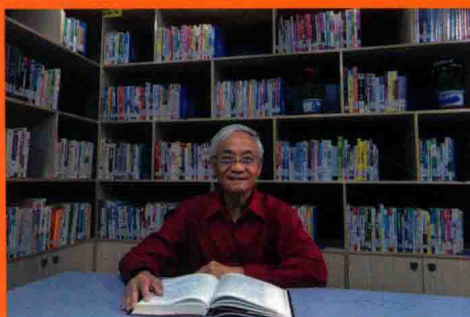
“人的心理因素”一节中“能力及其分类”一部分的内容。重新修订了第三章中有效温度的概念。在第五章中补充了色彩调节在作业空间设计、厂房及生产设备施色、目视管理等各方面的应用。在第六章中完善了响度、响度级换算方式，补充了隔声屏在交通噪声控制中的应用，明确了国家标准中对特殊工作环境下电磁辐射限值的相关规定。第七章对空气中粉尘的划分及其危害进行了详细介绍，增加了空气质量指数及其分级，补充了机械通风系统的组成部分。在第八章中增加了典型人工物料搬运作业的极限值，介绍了常用的睡眠评价方法以及心电、脑电 EEG、表面肌电等疲劳测定方法，完善了常见的轮班制度，并将第十四章第五节中“累积损伤疾病与工具的设计”整合到第八章第六节“体力疲劳及其消除”中。对第九章中工作记忆的信息提取方式进行了完善。在第十章中更新了 SWAT 量表，介绍了其改进方法，增加了瞳孔直径、脑电 EEG 等脑力负荷测定方法，将“单调作业及单调感觉”整合到“脑力疲劳的产生与积累”中，增加了脑力疲劳的消除方法，并将“避免单调的措施”整合至其中。结合人体测量的相关先进技术，在第十一章“人体测量方法”中新增了三维人体测量技术。结合学者对人机系统的相关研究，在第十三章中细化了人机功能分配的原则，增加了系统仿真评价法。结合计算机、手机、iPad 等设备的交互设计研究前沿，在第十四章中增加了可交互式屏幕的界面设计。对第十五章中事故的分类进一步明确，结合最新事故案例，对事故危害的阐述进一步完善。③在应用案例方面，增加了噪声治理、作业疲劳测定、座椅设计、人机系统设计、人机系统评价、人机交互界面设计评价等案例。④对原书中的一些时间较早的引用资料进行了更新。

本书由东北大学工业工程系主任郭伏教授、上海理工大学工业工程研究所所长钱省三教授任主编，山东科技大学的李兴东教授、温州大学的薛伟教授任副主编，东北大学的杨学涵教授和湖南工学院的张力教授担任主审。第 1 版编写分工如下：第一、二、八、九、十章由郭伏编写，第十一、十四章由薛伟编写，第十三、十五章由李兴东编写，第十二章由叶锋编写，第三~七章由上海理工大学的老师编写，其中，第三章由钱省三、付雅琴编写，第四章由王殊轶编写，第五章由曲德强编写，第六章由崔建昆、刘敏娟、钱省三编写，第七章由钱省三编写。全书由郭伏统稿。在第 2 版编写过程中，第一、二、八、九、十章由郭伏修订，第三~七章由钱省三和郭伏修订，第十一、十四章由薛伟和郭伏修订，第十三、十五章由李兴东和郭伏修订，第十二章由叶锋修订。全书由郭伏统稿，东北大学研究生李明明、吕伟、叶国全、刘成龙、陆则华、邓博等同学参与了本书的案例整理、标准收集及图文处理工作。

在本书的编写过程中参考了许多中外专家学者的著作、教材和科研成果。部分案例选自公开发表的文献，更新的标准为相关部门推出的现行国家标准。在此，谨对原作者和研究者表示最诚挚的谢意！

本书在成稿的过程中得到了东北大学工商管理学院杨学涵教授的指导和帮助，编者在此向杨学涵教授表示感谢。同时向为本书出版提供了大力支持的机械工业出版社致谢。本书还获得了东北大学“双一流”学科建设文化传承创新类项目“东北装备制造产业集群管理创新服务智库建设”(02050021940101)的资助。

由于编者理论与实践水平有限，虽然反复修改，仍难免有各种不足，热忱欢迎读者批评指正。



钱省三

上海理工大学工业工程研究所所长、微电子发展研究中心主任，教授，博士生导师，享受国务院政府特殊津贴专家。1968年清华大学无线电系毕业，1982年到高校工作至今。现任中国机械工程学会工业工程分会理事，上海机械工程学会理事，上海机械工程学会工业工程分会主任。曾获国家科技进步二等奖，上海市科技进步二等奖、三等奖，国家“七五”攻关项目先进个人，国家“九五”重点攻关项目先进个人，上海市育才奖等称号。曾先后主持、参与国家级、省市级各类科研项目40余项，发表论文百余篇。



目 录

序

前 言

第一章 人因工程学概述	1
第一节 人因工程学的命名及定义	1
第二节 人因工程学的起源与发展	2
第三节 人因工程学的研究内容与应用领域	8
第四节 人因工程学的研究方法和步骤	10
第五节 人因工程学的相关学科	17
复习思考题	19
第二章 人的因素	20
第一节 神经系统与感觉系统	20
第二节 肌肉、骨骼与供能系统	26
第三节 呼吸、消化和循环系统	29
第四节 人的心理因素	30
复习思考题	35
第三章 微气候环境	36
第一节 微气候要素及其相互关系	36
第二节 人体的热交换与平衡	39
第三节 微气候对人的影响	45
第四节 改善微气候环境的措施	48
复习思考题	50
第四章 照明环境	51
第一节 光的物理性质及度量	51
第二节 视觉特性	52
第三节 照明对作业的影响	56
第四节 工作场所照明	58

第五节 照明标准	62
第六节 照明环境的设计、改善和评价	68
复习思考题	72
第五章 色彩环境	73
第一节 色彩的含义和构成	73
第二节 色彩混合与色彩表示方法	75
第三节 色彩对人的影响	78
第四节 色彩调节与应用	80
复习思考题	83
第六章 噪声及振动环境	84
第一节 声音及其度量	84
第二节 噪声及其对人的影响	89
第三节 噪声测量及评价标准	92
第四节 噪声控制	96
第五节 振动环境	100
第六节 特殊工作环境	104
复习思考题	106
第七章 空气环境	107
第一节 空气中的主要污染物及其来源	107
第二节 几种现代空气污染的来源及其危害	108
第三节 空气污染物浓度及相关标准	110
第四节 粉尘	116
第五节 空气中二氧化碳	119
第六节 工作场所通风与空气调节	122
复习思考题	124
第八章 体力工作负荷	125
第一节 人体活动力量与耐力	125
第二节 体力工作负荷及其测定	129
第三节 体力工作时的能量消耗	130
第四节 作业时的氧耗动态	134
第五节 劳动强度	135
第六节 体力疲劳及其消除	143
复习思考题	165
第九章 人的信息处理系统	166
第一节 人的信息处理系统模型	166

第二节 感知系统的信息加工	168
第三节 中枢（认知）系统的信息加工	179
第四节 人的信息输出	188
复习思考题	197
第十章 脑力工作负荷	198
第一节 脑力负荷定义及影响因素	198
第二节 脑力负荷的测量方法	200
第三节 脑力负荷的预测方法	211
第四节 脑力疲劳及其消除	214
复习思考题	217
第十一章 人体测量	218
第一节 人体测量概述	218
第二节 常用的人体测量数据	222
第三节 人体测量数据的应用	226
复习思考题	234
第十二章 作业空间设计	235
第一节 作业空间设计概述	235
第二节 作业空间设计中的人体因素	237
第三节 作业姿势与作业空间设计	242
第四节 工作场所性质与作业空间设计	249
第五节 座椅设计	254
复习思考题	261
第十三章 人机系统	262
第一节 人机系统概述	262
第二节 人机系统设计思想与程序	265
第三节 人机系统评价概述	275
第四节 人机系统分析评价方法	278
复习思考题	290
第十四章 人机界面设计	291
第一节 人机界面概述	291
第二节 显示器设计	291
第三节 控制器设计	304
第四节 控制—显示组合设计	314
第五节 可交互式屏幕的界面设计	317
复习思考题	327

第十五章 劳动安全与事故预防	328
第一节 事故及其危害	328
第二节 人机系统的安全性分析与评价	330
第三节 事故产生的原因	338
第四节 事故预测与预防	344
复习思考题	353
参考文献	355

第一章

人因工程学概述



第一节 人因工程学的命名及定义

人因工程学 (Human Factors Engineering) 是研究人—机—环境三者之间相互关系的学科, 是近几十年发展起来的一门边缘性应用学科。该学科在发展过程中有机地融合了生理学、心理学、医学、卫生学、人体测量学、劳动科学、系统工程学、社会学和管理学等学科的知识 and 成果, 形成自身的理论体系、研究方法、标准和规范, 研究和应用范围广泛并具有综合性。该学科的研究目的在于设计和改进人—机—环境系统, 使系统获得较高的效率和效益, 同时保证人的安全、健康和舒适。

目前, 该学科在国内外还没有统一的名称。由于该学科研究和应用范围广泛, 各学科、领域的专家和学者都试图从自身角度进行学科命名和定义。

例如, 该学科在美国称为 “Human Factors Engineering” (人的因素工程学) 或 “Human Engineering” (人类工程学), 西欧国家称为 “Ergonomics” (人类工效学), “Ergonomics” 是希腊文, 意为 “工作法则”。由于该词比较全面地反映了学科本质, 词意比较中立, 因此, 目前许多国家采用希腊文 “Ergonomics” 作为该学科的命名。日本采用该词的音译, 称为人间工学。近年来美国和英国一些学者有将 Human Factors 与 Ergonomics 两者融合的意向, 称之为 人因工效学 (Human Factors and Ergonomics)。

我国关于该学科的命名已经出现多种, 如人机工程学、人体工程学、工程心理学、人因工程学、人类工效学、人类工程学、人的因素等。近几年使用人因工程学和人类工效学命名的较多, 本书旨在强调重视人的因素的作用, 故使用人因工程学这一名称。

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, 所以各国学者所概括的定义也不尽相同。

国际人类工效学学会 (International Ergonomics Association, IEA) 将该学科定义为: 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因素; 研究人和机器及环境的相互作用; 研究在工作中、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。

《中国企业管理百科全书》将其定义为: 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、心理等特征, 达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的目的。

综上所述,人因工程学就是按照人的特性设计和改进人一机—环境系统的科学。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操纵的机器以及它们所处的周围环境所构成的系统,也可以简称为人一机系统。在上述系统中,人是处于主体地位的决策者,也是操纵者或使用者;机是指人所操纵或使用的一切物的总称,它可以是机器,也可以是设施、工具或用具等;环境是人、机所处的物质和社会环境。人、机、环境在其构成的综合系统中,相互依存、相互制约和相互作用,完成特定的工作过程。

为了实现人、机、环境之间的最佳匹配,人因工程学把人的工作优化问题作为追求的重要目标。其标志是使处于不同条件下的人能高效、安全、健康、舒适地工作和生活。高效是指在保证高质量的同时,具有较高的工作效率;安全是指减少或消除差错和事故;健康是指设计和创造有利于人体健康的环境因素;舒适是指作业者对工作有满意感或舒适感,它也关系到工作效率和安全,是对工作优化的更高要求。能同时满足上述条件要求的工作,无疑是高度优化的工作。但实际上同时实现这四方面要求是很困难的。在实际工作中,应根据不同情况,在执行好有关人因工程学标准的前提下允许有轻重之别。随着社会的进步,人的价值日益受到尊重,安全、健康、舒适等因素在工作系统设计和评价中必将受到更广泛的重视。



第二节 人因工程学的起源与发展

英国是世界上开展人因工程研究最早的国家,但本学科的奠基性工作实际上是在美国完成的。可以说本学科起源于欧洲,形成于美国。虽然学科起源可追溯到20世纪初期,但作为一门独立的学科,其诞生日期可认为是1949年7月12日。当时,在英国海军成立了一个交叉学科研究组,专门研究如何提高人的工作效率问题。后来在1950年2月的一次会议上,通过了用“Ergonomics”这一术语表述人因工程学,一门独立的新学科从此诞生了。人因工程学科诞生前后,经历了以下几个发展阶段:

一、人因工程学的萌芽时期

自古以来,为了生存和提高自身能力,人类一直在不断研制和使用各种设备、工具、机器、用具等。但人们很少注意所使用的设备及工作方法对人工作效率及自身安全的影响,直到19世纪末期,才开始进行这方面的研究。

20世纪初,美国人泰勒(F. W. Taylor, 科学管理的创始人)在伯利恒钢铁公司进行了著名的铁铲实验,研究铁铲的尺寸、形状与日工作量之间的关系。当每铲铲煤9.5kg时,日产量达到最大(47t),使工作效率成倍提高(原来为12.5t)。他还对工人的操作进行了时间研究,改进操作方法,制定标准时间,在不增加劳动强度的条件下提高了工作效率。与泰勒同一时期的吉尔布雷思(F. B. Gilbreth)夫妇开展了动作研究,创立了通过动素分析改进操作动作的方法。他们还进行了作业疲劳研究、工作站设计以及为残疾人设计合适的工具。之后,科学管理内容不断丰富,方法研究、工具设计、设施规划等都涉及人和机器、人和环境的关系问题,而且都与如何提高生产率有关。

在这一时期,德国心理学家闵斯特伯格(H. Munsterberg)倡导将心理学应用于生产实践,其代表作是《心理学与工业效率》,提出了心理学对人在工作中的适应与提高效率的重



要性。并将心理学研究成果与泰勒的科学管理有机结合,在人员选拔、培训、改善工作条件、减轻疲劳等方面进行了有意义的尝试。此外,还开展了职业健康及工业卫生方面的研究。20世纪初,虽然已孕育着人因工程学的思想萌芽,但人机关系总的特点是以机器为中心,通过选拔和培训使人去适应机器。由于机器进步很快,使人难以适应,因此存在大量的伤害人身心问题。

二、人因工程学的兴起时期

该时期为第一次世界大战初期至第二次世界大战之前。第一次世界大战为工作效率研究提供了重要背景。该时期主要研究如何减轻疲劳及人对机器的适应问题。由于战争的需要,工厂雇用了大部分妇女和非熟练劳动力进行生产,生产任务的紧迫性使企业经常延长工作时间,增加了劳动强度,加剧了工人疲劳,达不到提高工作效率的目的。当时参战国都很重视研究发挥人力在战争和后勤生产中的作用问题,如英国设立了疲劳研究所,研究减轻工作疲劳的对策。德国开始重视对工人施以与工作有关的科学训练。研究内容包括工作研究、工作评估、工作压力、工作心理、工业卫生与职业生理(工作环境、肌肉负荷、生理测量与医学评估等)。美国为了合理使用兵力资源,进行大规模智力测验。此外,在战争中已使用了现代化装备,如飞机、潜艇和无线电通信等。新装备的出现对人员的素质提出了更高的要求。选拔、训练兵员或生产工人,都是为了使人员适应机器装备的要求,在一定程度上改善了人机匹配,使工作效率有所提高。第一次世界大战后,人员选拔和训练工作在工业生产中受到重视而得到应用。心理学的作用普遍受到关注,许多国家成立了各种工业心理学研究机构。

自1924年开始,在美国芝加哥西方电气公司的霍桑工厂进行了长达8年的“霍桑实验”,这是对人的工作效率研究中的一个重要里程碑。这项研究的最初目的是想找出工作条件(如照明等)对工作效率的影响,以寻求提高效率的途径。通过一系列实验研究,最后得到的结论是工作效率不仅受物理的、生理的因素影响,而且还受组织因素、工作气氛和人际关系等因素的影响。从此研究提高工作效率时,开始重视情绪、动机等社会因素的作用。

三、人因工程学的成长时期

该时期从第二次世界大战开始至20世纪60年代。随着人机系统越来越复杂,人机界面也随之多样而复杂,人的能力特性就显得越来越重要。第二次世界大战期间,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,忽视了人的能力限度,导致人机不能很好匹配,经常发生机毁人亡和误击目标的事故。据美国军方统计,第二次世界大战期间,22个月内,超过400架战机,在遭遇战争或紧急状况下坠毁,但这些坠毁的战机并非被敌方炮火击中,而是在紧张状态之下,飞行员对显示信息做出了错误判断解读,或错误操作控制器所致。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控制器而导致意外事故;或由于操作系统复杂、不灵活及不符合人的生理、心理特征而造成命中率低的现象经常发生。失败的教训使人们认识到,只有当武器装备适应操作者的生理、心理特征和人的能力限度时,才能发挥其高性能。人的因素是设计中不能忽视的一个重要条件。因此,在第二次世界大战期间,首先在军事领域开始了与设计相关学科