

普通高等院校 **工 业 工 程** 系列规划教材

# 人因工程

主 编 蒋祖华  
副主编 赖朝安 王东勃 尹春建



科学出版社

普通高等院校工业工程系列规划教材

# 人 因 工 程

主 编 蒋祖华  
副主编 赖朝安 王东勃 尹春建

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了人因工程的基础理论、基本方法、典型应用,把应用范围从传统制造业扩展到产品工业设计、核电站、航天航空等多个领域。全书共12章。第1章为绪论,第2~7章分别介绍人体形态特征和测量、人的机能特征、人的自然倾向与可靠性、人体力学、人的体力作业负荷、人的信息处理系统和脑力工作负荷,第8、9章分别介绍人机交互界面设计、作业空间设计与用具设计,第10章介绍作业环境,第11章介绍人机系统设计与评价,第12章介绍现代人因工程典型应用。

本书除作为高等院校工业工程本科专业教材外,也可作为其他工程专业教材,还可作为相关专业研究生、相关领域研究人员和其他工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

人因工程/蒋祖华主编. —北京:科学出版社,2011  
普通高等院校工业工程系列规划教材  
ISBN 978-7-03-029822-5

I. ①人… II. ①蒋… III. ①人体工效学-高等学校-教材 IV. ①TB18

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第251745号

责任编辑:王鑫光 匡敏 / 责任校对:张凤琴  
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2011年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2011年1月第一次印刷 印张:22 1/4

印数:1—4 000 字数:526 000

定价:39.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 《普通高等院校工业工程系列规划教材》 丛书编委会

## 顾问

杨叔子 华中科技大学 中国科学院院士

## 主任

王润孝 西北工业大学 教授

## 副主任

郑力	清华大学	教授	高建民	西安交通大学	教授
江志斌	上海交通大学	教授	秦现生	西北工业大学	教授
易树平	重庆大学	教授	胡华强	科学出版社	编审

## 委员(按姓氏汉语拼音排序)

柴建设	首都经贸大学	教授	孙树栋	西北工业大学	教授
董欣	东北农业大学	教授	徐人平	昆明理工大学	教授
方水良	浙江大学	副教授	徐学军	华南理工大学	教授
韩可琦	中国矿业大学	教授	许映秋	东南大学	教授
黄洪钟	电子科技大学	教授	闫纪红	哈尔滨工业大学	教授
蒋祖华	上海交通大学	教授	杨育	重庆大学	教授
刘大成	清华大学	副教授	张国军	华中科技大学	教授
刘思峰	南京航空航天大学	教授	张晓冬	北京科技大学	教授
龙伟	四川大学	教授	张晓坤	Athabasca 大学	教授
钱省三	上海理工大学	教授			

## 秘书

李涛 西北工业大学 副教授

## 从 书 序

热烈祝贺“普通高等院校工业工程系列规划教材”的出版!

现代企业有句名言：“三分技术，七分管理。”管理是科学，也是哲学；是工作方法，也是思维方式。伴随工业生产的发展，并同工业生产实践不可分割而成长的工业工程学科本质上就是“管理”。

从弗雷德里克·泰勒创建与倡导的“科学管理运动”以来，工业工程学科发展迄今已经有近百年历史，作为一门融合自然科学、哲学社会科学、工程学与管理学等的交叉型学科，它的核心就是“用软科学的方法获得最高的效率和效益”。工业工程与工业生产实践联系非常紧密，它本身也是源于大工业生产的需求，随着人类社会的工业化文明进程不断发展、完善。在人类社会文明空前繁荣的 20 世纪，从欧美工业国家的经济发展、日本的战后崛起、亚洲“四小龙”的腾飞、“金砖四国”的高速发展中都能看到工业工程在社会生产中的应用。最初，工业工程主要应用在制造业，大工业时代使工业已成为社会各产业的结合，工业工程从制造业迅速发展向社会其他领域，包括现代农业、政府公共管理事业、服务业等。

我国在计划经济时代，工业工程无用武之地，错过了非常好的发展机会。改革开放后，我国市场经济飞速发展，特别是党中央提出了“以人为本”的科学发展观后，更为工业工程研究提供了极好的土壤和动力，工业工程在这三十年得到了突飞猛进的发展，工业工程技术也得到了非常广泛的应用，并且很多大型企业都设有工业工程方面的职位，社会对工业工程专业人才需求非常旺盛。工业工程的高等教育从 1993 年高等院校正式招收工业工程专业本科生开始，至今已有 17 年，最初招生只有两所院校，2000 年以后，伴随着高等教育的蓬勃发展，开设工业工程专业的高等院校数量也快速增长，到目前约 180 多所。

在我国工业工程高等教育发展中，出版的高校教材也层出不穷，对工业工程教学水平的整体提高起到了非常重要的作用。但随着新理论、新领域、新技术、新产品的不断推出，企业、社会对人才的需求与对人才观认识的不断变化，工业工程的教学内容也有了很大变化，迫切需要出版一批适应新形势教学要求的教材。科学出版社历时 2 年时间，汇聚了国内众多工业工程的著名学者，在对国内外知名大学工业工程课程设置进行深入研究的基础上，主要面向全国高等院校工业工程及相关专业的本科生，编写了这套《普通高等院校工业工程系列规划教材》。

本系列教材主要有以下特点：

(1) 课程规范，体系完整。对国外工业工程专业名校（如佐治亚理工学院等）的课程体系、人才培养模式进行探讨，结合我国清华大学、上海交通大学、哈尔滨工业大学、西北工业大学等众多名校工业工程教学现状，梳理出了约 20 门专业核心课程及重要专业课，并明确了每门课程所包含的基本内容及其先修后续课程的衔接内容，形成了一套比较系统、完备的工业工程专业课程体系。

(2) 厚积薄发，培育精品。国内工业工程学科、专业发展时间虽短，但十几年的经济高

速发展带来的工业工程经验也非常可观,特别是参与本套丛书的很多作者,在工业工程领域成果丰硕,相应的教材也将尽量体现学科发展及课程改革的最新成果,为培育精品教材奠定基础。

(3) 引进案例教学,重视工程实践。工业工程的应用领域广泛,其本身就是解决工业生产实践的科学,而“实践是创新之根”,因此本系列教材在编写过程中,力求引进工程实际案例,引导学生拓宽视野,重视工程实践,培养解决实际问题的能力。

(4) 立体建设,资源丰富。本系列教材除了主教材外,还将逐步配套学习指导书、教师参考书和多媒体课件等,最终形成工业工程教学资源网,方便教师教学,同时有助于学生自学和复习。

随着工业工程学科、专业的发展,编者将对本系列教材不断更新,以保持其先进性与适用性;编者热忱欢迎全国同行以及关注工业工程教育及发展前景的广大读者对本系列教材提出宝贵意见和建议,以利于本系列教材的水平不断提高。

谨为之序。

杨尚子

2010年7月

# 前 言

人因工程是工业工程专业的主干课程之一。本书的编写是根据课程要求,从基础理论、基本方法、典型应用三方面组织素材,围绕人因工程所研究的人、机、环境三要素,突出人的特性,紧密联系工程实际,系统性地安排全书的内容和章节,力求体现教材的先进性、系统性和实用性。全书共 12 章。第 1 章是绪论,第 2~7 章是以人为对象的特性分析,第 8、9、11 章是以人机系统为研究对象的分析和评价,第 10 章是以环境为主题的各因素分析,第 12 章是现代人因工程典型应用。

本书由上海交通大学蒋祖华、熊树平、章倩,华南理工大学赖朝安,西北工业大学王东勃,华东交通大学尹春建等编写,蒋祖华负责统稿。其中,蒋祖华负责编写第 1、6、11 章和 12.2 节,赖朝安负责编写第 2、4、9 章,王东勃负责编写第 3、7、8 章,尹春建负责编写第 5、10 章,熊树平负责编写 12.1 节,章倩负责编写 12.3 节。本书借鉴、参考、引用了许多国内外学者的相关教材和著作成果,难以在参考文献中一一列出,在此深表谢意。

本书有如下三个特点。一是内容新:重视人的信息处理工作研究,归纳了近几年人因工程的最新研究成果,反映脑力劳动的新特点和新要求。二是应用领域扩大:应用行业从传统制造业扩展到产品工业设计、核电站、航天航空等多个领域。三是重视应用:重视仿真软件的应用,利用软件工具来分析工程实际工作。通过本书所附光盘中的案例和资料,延伸了教材的理论、方法和应用分析。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和欠妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 8 月

# 目 录

丛书序

前言

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 人因工程学的产生与发展 .....	1
1.1.1 什么是人因工程学 .....	1
1.1.2 人因工程学发展简史 .....	1
1.2 人因工程学的研究内容和研究方法 .....	4
1.2.1 人因工程学的研究内容 .....	4
1.2.2 人因工程学的研究方法 .....	6
1.2.3 人因工程学的应用领域 .....	9
本章习题 .....	10
<b>第 2 章 人体形态特征和测量</b> .....	11
2.1 人体测量的基本术语和测量方法 .....	11
2.1.1 人体测量的目的 .....	11
2.1.2 人体测量学中常用术语 .....	11
2.1.3 测量工具与测量方法 .....	13
2.1.4 人体测量中的主要统计函数 .....	14
2.2 人体结构尺寸 .....	18
2.2.1 人体测量的分类 .....	18
2.2.2 测量项目 .....	19
2.3 人体测量数据的应用 .....	30
2.3.1 人体测量数据应用中必须考虑的因素 .....	30
2.3.2 在服装行业中的应用 .....	34
2.3.3 在体育及其设施设计中的应用 .....	35
2.3.4 在航天中的应用 .....	36
2.4 人体模板和人体数学模型 .....	37
2.4.1 动态人体尺寸 .....	37
2.4.2 人体模板 .....	38
2.4.3 人体数学模型 .....	39
2.4.4 三维数字化虚拟人体模型 .....	39
本章习题 .....	43
<b>第 3 章 人的机能特征</b> .....	45



3.1	神经系统	45
3.1.1	神经系统的组成及功能	45
3.1.2	中枢神经系统	45
3.1.3	周围神经系统	47
3.2	视觉机能及其特征	48
3.2.1	视觉系统	48
3.2.2	视觉特征	48
3.2.3	视觉运动规律	51
3.2.4	视觉对作业的影响	52
3.3	听觉机能及其特征	52
3.3.1	听觉系统	52
3.3.2	听觉的物理特性	53
3.4	其他感觉机能及其特征	56
3.4.1	肤觉	56
3.4.2	本体觉	56
3.5	人的心理	57
3.5.1	人的心理因素	58
3.5.2	人的心理现象	62
3.5.3	人的心理调节	68
	本章习题	70
<b>第4章</b>	<b>人的自然倾向与可靠性</b>	<b>71</b>
4.1	习惯与错觉	71
4.1.1	习惯	71
4.1.2	错觉	72
4.2	精神紧张与躲险行为	77
4.2.1	精神紧张	77
4.2.2	躲险行为	77
4.3	应激	78
4.3.1	应激和应激源	78
4.3.2	应激的反应	78
4.4	人的生理节律	79
4.4.1	日周节律	79
4.4.2	其他周期节律	80
4.4.3	PSI 周期节律	81
4.5	人的可靠性	83
4.5.1	人的可靠性与压力	83
4.5.2	核电站和飞行中的人因失误	84
4.5.3	人因可靠性分析方法	85

本章习题 .....	89
<b>第 5 章 人体力学 .....</b>	<b>90</b>
5.1 肌肉与骨骼系统 .....	90
5.1.1 肌肉的结构 .....	90
5.1.2 肌肉收缩的形式和力学特征 .....	92
5.1.3 骨骼系统的结构 .....	93
5.1.4 骨骼杠杆原理 .....	96
5.2 静态肌肉施力 .....	97
5.2.1 肌肉施力的类型 .....	97
5.2.2 静态肌肉施力的特征 .....	98
5.2.3 常见的静态施力作业及改善 .....	98
5.3 作业姿势 .....	101
5.3.1 作业姿势与人体机能 .....	101
5.3.2 作业姿势的设计原则及选择 .....	103
5.3.3 作业姿势的设计要点 .....	104
5.4 人体的活动力量 .....	106
5.4.1 手部力量 .....	107
5.4.2 脚部力量 .....	110
本章习题 .....	110
<b>第 6 章 人的体力作业负荷 .....</b>	<b>111</b>
6.1 概述 .....	111
6.2 能量消耗与劳动强度 .....	111
6.2.1 体力工作时的能量消耗 .....	111
6.2.2 劳动强度及其等级划分 .....	115
6.3 作业能力分析 .....	118
6.3.1 作业能力特点 .....	118
6.3.2 影响作业能力的因素 .....	119
6.4 作业疲劳及其测定 .....	120
6.4.1 作业疲劳的概述 .....	120
6.4.2 疲劳的发生机理 .....	121
6.4.3 作业疲劳的测定方法 .....	122
6.4.4 工作疲劳实验研究和应用 .....	124
6.5 提高作业能力与降低作业疲劳的措施 .....	125
6.5.1 工作条件与工作方法的改善 .....	125
6.5.2 作业休息的合理安排 .....	126
6.5.3 生产组织的改进 .....	128
本章习题 .....	129
<b>第 7 章 人的信息处理系统和脑力工作负荷 .....</b>	<b>130</b>

7.1	信息处理系统 .....	130
7.1.1	信息及其计量 .....	130
7.1.2	信息分类 .....	130
7.1.3	信息加工模型 .....	131
7.2	人的信息输入 .....	133
7.2.1	视觉信息的识别和输入 .....	133
7.2.2	听觉信息的识别和输入 .....	134
7.3	人的信息加工 .....	135
7.3.1	感觉的信息处理 .....	135
7.3.2	中枢信息处理 .....	136
7.4	人的信息输出 .....	137
7.4.1	操作运动输出 .....	138
7.4.2	言语的产生和输出 .....	143
7.4.3	人的信息处理效率的提高 .....	144
7.5	脑力负荷的定义及其影响因素 .....	144
7.5.1	脑力负荷的定义 .....	144
7.5.2	脑力负荷的影响因素 .....	145
7.6	脑力负荷的测量方法 .....	147
7.6.1	脑力负荷概述 .....	147
7.6.2	主任务测量法 .....	147
7.6.3	辅任务测量法 .....	149
7.6.4	生理测量法 .....	150
7.6.5	主观评价法 .....	150
7.7	脑力负荷的预测方法 .....	155
7.7.1	概述 .....	155
7.7.2	Siegel 和 Wolf 的时间压力模型 .....	155
7.7.3	波音公司的方法 .....	156
7.7.4	Aldrich 的脑力负荷预测方法 .....	157
7.8	脑力疲劳及其消除 .....	158
7.8.1	脑力疲劳的含义 .....	159
7.8.2	产生脑力疲劳的因素 .....	159
7.8.3	脑力疲劳的危害 .....	159
7.8.4	避免脑力疲劳的措施 .....	160
	本章习题 .....	161
<b>第 8 章</b>	<b>人机交互界面设计</b> .....	<b>162</b>
8.1	人机交互界面设计概述 .....	162
8.1.1	人机交互界面的定义 .....	162
8.1.2	人机交互界面设计的起源 .....	162

8.1.3 人机交互界面设计的发展 .....	162
8.1.4 人机交互界面设计的研究内容 .....	164
8.2 显示界面设计 .....	164
8.2.1 显示界面的分类 .....	164
8.2.2 视觉显示界面的设计 .....	165
8.2.3 仪表显示和荧光屏显示设计 .....	167
8.2.4 信号灯和报警信号设计 .....	172
8.2.5 标志符号设计 .....	174
8.2.6 听觉显示界面的设计 .....	177
8.3 控制界面设计 .....	179
8.3.1 控制器的分类 .....	179
8.3.2 控制器的设计 .....	180
8.4 显示界面与控制界面的配合布局 .....	182
8.4.1 控制显示比 .....	183
8.4.2 控制显示的空间相合性 .....	184
8.4.3 控制显示的运动相合性 .....	184
8.5 空客 A380 驾驶舱设计 .....	185
8.6 软件界面设计 .....	187
8.6.1 软件界面设计概述 .....	187
8.6.2 软件人机界面的设计原则 .....	188
8.6.3 软件人机界面的设计过程 .....	188
8.6.4 软件人机界面的形式与标准 .....	189
8.6.5 Internet 网页界面设计 .....	190
8.6.6 眼动仪的应用 .....	192
本章习题 .....	193
<b>第9章 作业空间设计与用具设计</b> .....	<b>195</b>
9.1 工作场所与作业空间设计 .....	195
9.1.1 活动空间 .....	195
9.1.2 作业空间设计的要求 .....	197
9.1.3 作业空间设计 .....	198
9.1.4 作业空间的布置 .....	199
9.1.5 作业心理空间 .....	202
9.2 作业姿势与工作区域设计 .....	203
9.2.1 作业姿势的选择 .....	203
9.2.2 工作区域设计 .....	204
9.2.3 立体工作区域 .....	206
9.2.4 脚的工作区域 .....	208
9.3 座椅设计 .....	209

9.3.1	坐姿分析 .....	209
9.3.2	座椅设计原则 .....	212
9.3.3	座椅设计实例 .....	212
9.4	手握式工具设计 .....	214
9.4.1	手握式工具设计的生理基础 .....	215
9.4.2	与手握式工具有关的疾患 .....	216
9.4.3	手握式工具设计原则 .....	217
9.5	职业病防治 .....	219
9.5.1	焊工 .....	219
9.5.2	驾驶员 .....	220
9.5.3	办公室人员 .....	221
	本章习题 .....	222
<b>第 10 章</b>	<b>作业环境 .....</b>	<b>224</b>
10.1	作业环境概述 .....	224
10.2	微气候环境 .....	225
10.2.1	微气候要素及其相互关系 .....	225
10.2.2	微气候对人体的影响 .....	226
10.2.3	微气候环境的改善 .....	233
10.3	照明环境 .....	235
10.3.1	光的度量 .....	235
10.3.2	照明对作业的影响 .....	236
10.3.3	我国的照明标准和照度分级 .....	237
10.3.4	照明环境的设计与改善 .....	240
10.3.5	照明环境的综合评价 .....	244
10.4	噪声与振动环境 .....	247
10.4.1	噪声及其度量 .....	247
10.4.2	噪声的来源及危害 .....	250
10.4.3	噪声标准与评价 .....	253
10.4.4	噪声控制的措施 .....	256
10.4.5	振动环境 .....	257
10.5	色彩环境 .....	261
10.5.1	色彩的基本概念 .....	261
10.5.2	色彩对人的影响 .....	266
10.5.3	色彩调节与应用 .....	268
10.6	空气环境 .....	271
10.6.1	空气中的主要污染物及其来源 .....	271
10.6.2	空气中污染物的浓度及其相关标准 .....	274
10.6.3	空气污染物的防治 .....	277

10.6.4	工作场所的通风和空气调节	279
10.6.5	GMP 的空气环境要求及实现措施	281
	本章习题	283
<b>第 11 章</b>	<b>人机系统设计与评价</b>	<b>285</b>
11.1	概述	285
11.1.1	人机系统设计思想	285
11.1.2	人机系统比较与功能分配	286
11.1.3	人机系统类型	288
11.2	人机系统分析方法	290
11.2.1	连接分析法	290
11.2.2	连接分析的目的	291
11.2.3	连接分析的步骤	291
11.2.4	连接分析的应用	294
11.2.5	检查表评价法	295
11.3	系统安全分析评价方法与事故预防	298
11.3.1	系统安全分析评价方法	298
11.3.2	事故预防措施	303
11.4	人机系统的评价	308
11.4.1	人机系统评价原则与评价体系	308
11.4.2	人机系统评价方法	309
11.4.3	人机系统评价应用案例	313
	本章习题	317
<b>第 12 章</b>	<b>现代人因工程典型应用</b>	<b>318</b>
12.1	产品个性化设计	318
12.1.1	概述	318
12.1.2	个性化制鞋系统的总体设计	319
12.1.3	鞋厂个性化制鞋系统的详细设计	319
12.2	汽车装配生产线手工搬运作业的工效学分析	324
12.2.1	引言	324
12.2.2	玻璃预装工位的 NIOSH 搬运受力分析	324
12.2.3	前纵梁焊接工位的能量消耗评估	325
12.2.4	送料拖车工 3D 静止力量预测程序分析	326
12.3	基于人因工程的拖拉机驾驶室布置和仿真	328
12.3.1	引言	328
12.3.2	拖拉机驾驶室布置需求分析	328
12.3.3	拖拉机驾驶室布置设计	329
12.3.4	拖拉机驾驶室布置的人因工程仿真与评价	332
	参考文献	337

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 人因工程学的产生与发展

### 1.1.1 什么是人因工程学

人因工程学(Human Factor 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交叉性应用学科。该学科的研究目的是设计和改进人-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。

由于该学科内容的综合性、涉及范围的广泛性以及学科侧重点的不同,学科的命名具有多样化的特点。例如,在欧洲多称为工效学(Ergonomics);在美国多称为人类因素学(Human Factors)、人类工程学(Human Engineering)、工程心理学(Engineering Psychology);在日本称为人间工学等。Ergonomics 是希腊文,意为“工作法则”,较全面地反映了学科本质,也被许多国家所采用。在我国所用的名称有人机学、人机工程学、工效学、人体工程学、人因工程等。本书使用人因工程这一名称。

国际人类工效学会(International Ergonomics Association, IEA)对其的定义为,人因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因素,研究人和机器及环境的相互作用,研究在工作、生活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。

《中国企业管理百科全书》中对其的定义为:人因工程学研究人和机器、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、心理特点,达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的目的。

综上所述,尽管各国学者对人因工程学所下的定义不同,但在下述两方面却是一致的:

(1)人因工程学的研究对象是人、机、环境的相互关系。

(2)人因工程学研究的目的是在不同条件下的人如何达到安全、健康、舒适和工作效率的最优化。

### 1.1.2 人因工程学发展简史

英国是世界上开展人因工程学研究最早的国家,但本学科的奠基性工作实际上是在美国完成的。1947年7月12日,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,现在人们把这个日期作为人因工程学的诞生之日。后来在1950年2月的一次会议上,通过了用“Ergonomics”这一术语来表述人因工程学,从此一门新的学科诞生了。一般来说,本学科起源于欧洲,形成于美国。

### 1. 人因工程学的萌芽阶段

早在石器时代,人类就学会了选择石块打制成各种劳动工具,用于敲、砸、刮、割的生活和生产目的,从而产生了原始的人机关系。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,但是效率不高。

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——泰勒(F. W. Taylor)。20世纪初,美国人泰勒在美国的伯利恒钢铁公司,对铲煤和矿石的工具——铁铤进行研究,找到了铁铤的最佳设计以及每次铲煤或矿石的最适重量。当每铲铲煤 9.5kg 时,日产量达到最大(47t)。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。

1911年,吉尔布雷丝夫妇(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 120 块/小时提高到 350 块/小时。他们创立了通过动素分析改进操作动作的方法,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。

1912年前后,现代心理学家闵斯托博格(H. Munsterberg)出版了《心理学与工作效率》等书,将当时心理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,运用心理学的原理和方法,通过选拔与培训,使工人适应于机器。

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,在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。

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因工程学学科的形成打下了良好的基础。

### 2. 人因工程学的成长阶段

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,已无法使人适应不断发展的新武器的性能要求,事故率大为增多。据统计,美国在第二次世界大战期间发生的飞机事故中,90%是由人为因素造成的。人们在屡屡失败中逐渐认识到,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。于是,对人机关系的研究,从“人适机”转入“机宜人”的新阶段。英国设立了疲劳研究所,研究减轻工作疲劳的对策。美国为了合理使用兵力资源,进行大规模智力测验。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。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,查帕尼斯(A. Chapanis)等出版了《应用实验心理学——工程设计中人的因素》一书,总结了第二次世界大战时期的研究成果,系统地论述了人因工程学的基本理论和方法,为人因工程学奠定了理论基础。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(E. J. McCormick)出版了《人类工程学》一书,该书相继被美国、欧洲和日本等国家和地区广泛采用作为教科书。在这一阶段,德国的马克思-普朗克协会人类工程研究所、英国的劳勃路技术学院、美国的哈佛大学等都开展了不少人因工程学方面的研究工作,人因工程学原理也为许多工业设计师所采用。

### 3. 人因工程学的发展阶段

英国于1949年成立了工效学研究协会,美国于1957年建立了人因工程协会,并出版了《工效学》杂志。20世纪60年代以后,科学技术飞速发展,电子计算机应用的普及,工程系统的进一步复杂及其自动化程度的不断提高,宇航事业的空前发展,一系列新科学的迅速崛起,不仅为人因工程学注入了新的研究理论、方法和手段,而且也为人因工程学提出了一系列新的研究课题。如核电站中人的操作和控制系统的可靠性问题、计算机的人机界面设计问题、宇航系统中人的生命系统和设备操作系统的设计问题等,拓宽了人因工程学的研究领域和应用范围,促进了人因工程学的发展和进步。

20世纪60年代,人因工程学的指导思想是将人、机、环境作为一个完整的系统,使系统中的人、机、环境获得最佳匹配,以保证系统整体最优。70年代以后,在指导思想上有主张应特别强调人类的基本价值,特别强调在系统、工具、环境设计中考虑操作者的个体差异,让科学技术不仅在产品上能满足人类要求,而且使人类在操作机器的过程中也获得满足。

国际人类工效学学会(IEA)于1960年成立以后,英国、美国、德国、日本、法国等许多国家的人因工程学会均与IEA建立了联系。1975年成立国际人因工程学标准化技术委员会(ISO/CT-159),至1986年共制订8个标准草案或建议,发布《工作系统设计的人机工程学原则》标准,作为人机系统设计的基本方针。此外,许多国家设立了专门的人因工程学研究机构。英、德、美、苏等国都相继制订了本国的人因工程学国家标准。目前,人因工程学已被广泛应用于国防、交通运输、工业、航天航空、农业、建筑等各个领域。

近年人因工程学的研究方向可归纳为:工作负荷研究(在体力、脑力活动中和工作紧张时,人的生理和心理负荷的研究),工作环境研究(一般工作环境和特殊工作环境中人的生理、心理效应),工作场地、工作空间、工作装备的人因工程学研究,信息显示特别是计算机终端显示中人的因素研究,计算机设计与使用的人机工程学研究,安全管理及人的可靠性研究,工作成效的测量和评定,机器人设计的智能模拟等。

人因工程学的研究方向归纳如下:

(1)人本管理:包括体力活动、智力活动、工作紧张等因素引起的心理负荷;人员选拔测试与培训;人误的认知心理学;人的可靠性分析;人误事件数据库;系统紧急操作程序。

(2)人体测量:静、动态人体测量数据库的建立,3D人体模型构建,人体测量与产品、系统设计应用。

(3)生物力学:人体力学数据库的建立,人工物料搬运标准以及力学模式的建立,工作姿势的生物力学分析,腰背护具的研发,作业生理能力、生理负荷的测量和标准。

(4)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环境中振动、噪声、空气、照明等因素的人因工程学研究