



普通高等教育“十五”国家级规划教材

人因工程

(修订版)

孙林岩 主编

 中国科学技术出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

人 因 工 程

孙林岩 主编

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书系教育部普通高等教育“十五”国家级规划教材，全书分为四部分：第一部分包括学科特点、人因工程在工程中的应用、人机系统及环境。第二部分是关于人的生理及心理特点，着重介绍人体生理特征和人体测量，并分析了人类认知及绩效及理论；第三部分是人因工程的应用，主要包括累计损伤疾病及工具设计、显示器及控制器设计、计算机界面设计、作业空间设计、工作研究中的应用等；第四部分介绍人机系统及环境。本书较全面地介绍了人因工程的基本原理和方法，特别强调人因工程在工程及设计中的应用，反映了人因工程的一些新的研究成果和试验结论，具有一定的深广度。各部分在总结内容时给出了相应的分析思考题，便于学生自学和加深理解。

本书为高等院校工业工程专业人因工程教材，也可作其他各等级工业工程专业人员教学教材，同时还可供广大工程人员、管理人员自学参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

人因工程/孙林岩主编.—2版(修订本).—北京:中国科学技术出版社, 2005.1

普通高等教育“十五”国家级规划教材

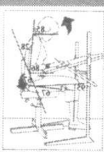
ISBN 7-5046-3798-X

I. 人... II. 孙... 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 (2004) 第 139233 号

出版	中国科学技术出版社	邮编	100081
地址	北京市海淀区中关村南大街 16 号	电话	010-62103210
发行	科学普及出版社发行部	版次	2005 年 1 月第 2 版第 1 次
印刷	北京国防印刷厂	字数	411 千字
开本	787 毫米×960 毫米 1/16	印张	22.5
定价	36.00 元	印数	3000 册

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换。



高等院校工业工程专业教材编审委员会

主 任 汪应洛

副主任 齐二石

委 员 (按姓氏笔画为序)

刘 飞 许庆瑞 孙林岩 李先正

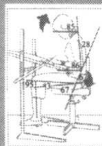
李怀祖 宋国防 张根保 张思复

罗 平 潘鑫瀚

责任编辑 桂民荣

责任印制 安利平

RENYINGONGCHENG
人因工程



前言

本书系教育部普通高等教育“十五”国家级规划教材，是在教育部原《面向 21 世纪课程教材》人因工程的基础上修订的。着重介绍人因工程的基本理论及其在工程中的应用。

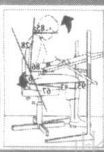
人因工程是工业工程专业的专业必修课之一，通过对本课程的学习使学生从工程的角度掌握人的生理、心理的特点，发现并利用人的行为方式、工作能力、作业限制等特点，进而对工具、机器、系统、任务和环境进行合理设计，以提高生产率、安全性、舒适性和有效性。全书分为四部分，共十一章。第一部分为学科概述，介绍人因工程的基本概念及研究方法论；第二章至第四章为第二部分，分析人的生理特点和心理特点；第三部分从第五章至第九章，介绍人因工程在工程中的应用，包括累积损伤疾病与工具设计、显示器与控制器设计、计算机界面设计、作业空间设计和人因工程在工作研究中的应用；第十章和第十一章是第四部分讨论人机系统及环境，介绍人及系统设计与评价及环境对工作效率的影响。在每一部分之后，都备有分析讨论题，以便读者加深理解和自学。

在本书此次的再版修订中，第一章、第二章、第十一章由孙林岩教授编写，第四章、第十章由刘树林副教授编写，第六章、第七章由贾涛负责，第九章由乔建民博士负责，第三章、第五章、第八章由王丽萍负责。全书由孙林岩教授统编、天津大学齐二石教授审定。

由于工业工程在我国重新发展的历史不长，而人因工程被重视和应用的程度更是十分有限，所以作为一本这方面的基础教材，在编写过程中，尽可能涵盖了人因工程的各个领域，使读者在这方面有一个初步的认识。尽管如此，在此次改版过程中，编者除了努力反映人因工程的基本理论之外，同时尽最大努力把一些新的研究成果和试验结论引入此次教材的修订中。这也是本书的一个突出特点。限于水平，书中的不妥之处，恳请批评指正。

编者

2004 年 10 月



目 录

前言

第一章 人因工程学概述 1

第一节 学科概述 1

- 一、人因工程学的定义 1
- 二、人因工程学的历史 3
- 三、人因工程学的重要性及应用 5

第二节 基本原理和研究方法 6

- 一、主要研究方法概述 6
- 二、研究地点、变量以及被测者的选择 7
- 三、收集和分析数据 10
- 四、因变量的分类和要求 11
- 五、人的可靠性 13

第三节 人因工程学与其他学科的关系及其系统 13

- 一、与其他学科的关系 13
- 二、人-机系统 14

第四节 人因工程研究方法 17

- 一、基本概念 17
- 二、实验数据的推断 18

思考与练习 1 21

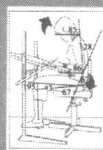
第二章 人体生理特性 22

第一节 神经系统与感觉 22

- 一、神经系统 22
- 二、视觉 25
- 三、听觉、触觉和嗅觉 33

第二节 人体的运动系统 33

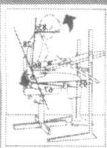
- 一、骨骼 33
- 二、关节 33
- 三、肌肉 39
- 四、大脑 40
- 五、操作动作与作业姿势 40



第三节	能量代谢	42
一、	能量供应	42
二、	能量代谢的测定方法	42
三、	能量代谢与能量代谢率	43
四、	劳动强度	44
五、	最大能量消耗界限	46
第四节	心血管与呼吸系统	47
一、	心脏	47
二、	血压与脉搏	49
三、	呼吸	51
第五节	人体的忍耐力	53
一、	疲劳的概念	53
二、	肌肉疲劳	53
三、	精神疲劳	55
四、	疲劳的特点	55
五、	疲劳的测定方法	57
	思考与练习 2	61

第三章 人体测量及其应用 62

第一节	人体测量	62
一、	人体姿势	62
二、	测量基准面	63
三、	测量方向	63
四、	支承面和衣着	64
五、	人体测量的主要仪器	64
六、	人体测量数据统计描述	64
第二节	静态测量与动态测量	65
一、	静态测量	65
二、	动态测量	68
第三节	人体测量数据的使用	69
一、	人体测量设计的标准	69
二、	人体测量数据在设计中的使用原则	70
三、	依据人体测量设计的流程	71
四、	计算机技术在人体测量中的应用	73
五、	GB10000-88 标准 (摘录)	74
	思考与练习 3	77



第四章 认知及其绩效 78

第一节 认知心理学及人的信息加工模型 78

一、认知心理学 78

二、人的信息加工模型 78

三、信息和信息量 81

第二节 信息的接收与传递 81

一、信号识别机理 81

二、人的信息传递能力 84

三、表象 86

第三节 记忆和学习 88

一、记忆 88

二、遗忘 90

三、学习 91

四、技能培训 93

第四节 思维与决策 96

一、思维 96

二、问题解决 97

三、推理与心理模型 99

四、决策思维过程 100

五、影响信息处理的因素 102

第五节 人的信息输出 103

一、操作运动类型 103

二、操作运动的速度 104

三、操作运动的准确度 107

四、手的运动速度和准确度 109

五、言语的产生和输出 109

六、眼睛的信息输出 110

第六节 注意和持续警觉 110

一、概念 110

二、注意的种类 111

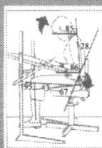
三、注意的基本品质 112

四、持续警觉 114

五、脑力作业的生理变化特征 116

第七节 人的可靠性与人为差错 116

一、人的可靠性 116



- 二、影响人的可靠性的因素 117
- 三、人为差错的概念及其分类 119
- 四、人为差错和事故的关系 120
- 五、人为差错的预防 120

第八节 群体认知与群体决策 121

- 一、群体心理 121
- 二、群体决策性质和优缺点 122
- 三、群体特征对其决策效果的影响 125
- 四、改善群体决策的方法 128
- 五、群体决策支持系统 130

思考与练习 4 131

第五章 累积损伤疾病与工具设计 133

第一节 累积损伤疾病及其原因 133

- 一、累积损伤病及其重要性 133
- 二、产生累积损伤疾病的原因 134

第二节 累积损伤疾病的生理物理原理 135

- 一、人体肌肉施力 135
- 二、推—拉力量极限 135
- 三、静态力量和疲劳 137

第三节 上肢的累积损伤疾病 137

- 一、上肢系统及其姿势 138
- 二、上肢肌骨损伤的原因 138
- 三、手部的累积疲劳损伤 139
- 四、计算机操作时的肌肉骨骼损伤 140

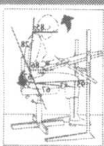
第四节 颈部与腰部的累积损伤疾病 141

- 一、后背疼痛和损伤的风险因素 141
- 二、后背损伤预测模型 142
- 三、职业性下背痛与腰椎间盘突出 143
- 四、后背损伤的预防 143

第五节 累积损伤疾病的预防与工具设计 144

- 一、累积损伤疾病的预防 144
- 二、工具设计 146

思考与练习 5 147



第六章 显示器与控制器设计 148

第一节 视觉显示器设计的工效学要求 148

- 一、视觉显示器的分类 148
- 二、视觉显示器的选择 149
- 三、视觉显示器的设计原则 150
- 四、视觉显示器空间特性的设计要求 151
- 五、视觉编码 154
- 六、符号标志 156

第二节 听觉显示器设计的工效学要求 157

- 一、听觉显示器设计的一般原则 157
- 二、听觉信号响度显示要求 158
- 三、听觉信号编码 158
- 四、听觉告警信号 158

第三节 控制器设计的工效学要求 160

- 一、控制器的分类 160
- 二、控制器的编码 161
- 三、控制器的尺寸 162
- 四、控制器的阻力 162
- 五、控制器的布局 162
- 六、控制器的间距 163

第四节 显示与控制组合设计 164

- 一、控制/显示比 164
- 二、空间相合性 165
- 三、运动相合性 166

思考与练习 6 167

第七章 计算机界面设计 168

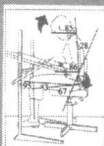
第一节 概述 168

第二节 硬件人-机界面 170

- 一、键盘 170
- 二、附件 171
- 三、鼠标 172

第三节 软件界面设计 173

- 一、界面设计原则 173
- 二、界面结构与实现 174
- 三、交互技术的发展趋势 178



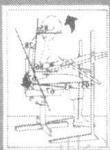
- 第四节 认识设计简介 179
- 一、需求定义 180
 - 二、情境任务分析 180
 - 三、可用性目标设置 182
 - 四、用户界面设计 182
 - 五、人-机交互的可用性评价 183
- 思考与练习 7 183

第八章 作业空间设计 184

- 第一节 作业空间设计概述 184
- 一、近身作业空间 184
 - 二、个体作业场所 184
 - 三、总体作业空间 185
- 第二节 作业空间设计的视觉要求 185
- 一、视力 185
 - 二、视野 186
 - 三、视距 186
 - 四、视觉疲劳 187
- 第三节 作业空间设计 188
- 一、工作空间设计 189
 - 二、工作面设计 191
 - 三、作业空间的布置 196
- 第四节 座椅设计 198
- 一、坐姿分析 198
 - 二、座椅设计的一般原则 199
 - 三、特定的设计建议 202
 - 四、特殊用途设计的座椅 203
- 第五节 作业空间设计评价 205
- 一、设计评价方法 205
 - 二、评价步骤 206
 - 三、作业空间的设计评价 206
- 思考与练习 8 207

第九章 工作研究 208

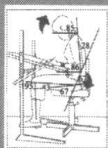
- 第一节 生产率与方法、标准 208
- 第二节 工作研究概述 209



- 一、工作研究的含义 209
- 二、工作研究的内容与作用 210
- 三、工作研究的步骤 214
- 四、工作研究中人的因素 219
- 第三节 方法研究 220
 - 一、方法研究的层次与分析技术 220
 - 二、流程分析 222
 - 三、操作分析 225
 - 四、动作分析 229
- 第四节 作业测定 238
 - 一、劳动标准和作业测定 238
 - 二、时间研究 240
 - 三、预定时间标准 247
 - 四、工作抽样 255
- 案例 1 ● 为一家医院设计一个工作抽样计划 257
- 案例 2 ● UPS——运输业中最紧凑的运输 258
- 思考与练习 9 258

第十章 人-机系统设计与评价 259

- 第一节 人-机系统概述 259
 - 一、人-机关系形式和结合方式 259
 - 二、人-机系统的功能 260
 - 三、现代人-机系统的特点 261
- 第二节 人-机系统设计 261
 - 一、人-机系统设计分析思路 262
 - 二、人-机系统设计要求和步骤 262
 - 三、人-机任务分配 265
 - 四、人-机匹配 268
 - 五、人-机界面设计 269
- 第三节 人-机系统综合评价目标体系 269
 - 一、评价的概念 269
 - 二、人-机系统评价内容与原则 270
 - 三、评价目标的建立 271
 - 四、评价目标体系 271
 - 五、评价目标体系的处理 272
- 第四节 人-机系统分析评价方法 273



- 一、人-机系统定性评价 278
- 二、人-机系统连接分析评价法 277
- 三、操作顺序图分析法 281
- 四、工作环境指数评价法 282
- 五、人为差错和可靠性逻辑推演法 283
- 六、人因工程审查 284

第五节 人-机系统差错分析 285

- 一、失效树分析法 285
- 二、人-机系统的错误分析 289

第六节 人-机交互系统设计及其可用性评价 290

- 一、人-机交互系统的设计方针 291
- 二、人-机交互系统的认知设计 292
- 三、人-机交互系统的可用性评价 293

思考与练习 10 294

第十一章 作业环境及其对工作效率的影响 296

第一节 温度 296

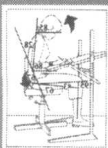
- 一、热交换过程 296
- 二、环境温度的测量 299
- 三、热舒适与感觉 301
- 四、高温 301
- 五、高温的各项指标 303
- 六、高温对绩效的影响 304
- 七、低温 305
- 八、低温对绩效的影响 307
- 九、低温的保护措施 308

第二节 照明 309

- 一、光 309
- 二、灯和照明器 311
- 三、照明对绩效的影响 312
- 四、光的分布 315
- 五、眩光 316
- 六、照明系统与老年人 318
- 七、特别应用：视觉显示终端（VDTs）的照明 319

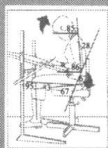
第三节 噪音 321

- 一、声级的度量 321



二、心理生理指标	222
三、噪声和听力丧失	223
四、噪声的生理影响	225
五、噪声对绩效的影响	226
六、噪声暴露的限制	227
七、噪声的噪度	229
八、噪音问题的处理	230
第四节 运动	232
一、运动和定向感受	232
二、全身振动	234
三、振动对绩效的影响	235
四、振动的测量	237
五、全身振动暴露的评价标准	237
六、影响振动对机体作用的因素	238
七、振动控制	239
八、加速度的影响	239
九、对加速度影响的保护措施	241
十、减速和撞击	241
十一、失重	241
十二、运动中的错觉	241
十三、运动疾病	243
十四、模拟运动疾病	244
十五、讨论	244

参考文献	245
------	-----



第一章 人因工程学概述

1

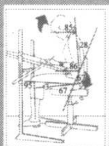
第一节 学科概述

在人类的进化过程中,从最原始的完全依靠自然生活到逐渐学会制作简单工具,再到发展了各种复杂工具和技术。现在,人类已经能够使用各种技术生产大量的产品和服务,其中包括祖先所不可能想像的产品。在这个过程中,科学技术作为第一生产力发挥着至关重要的作用。然而技术发展与人的因素是不可分割的,研究工具和技术中人的因素就是人因工程发展的起因。随着生产技术和人类对于自身认识的加深,人因工程学也越来越深入地与技术融合在一起,同时也越来越深入地融入人们的生活之中。人因工程学已广泛地应用到各种日常用品如家用摄像机、浴盆以及电视机的遥控器等之中。

一、人因工程学的定义

人因工程学在国际上有不同的名称。美国称之为人为因素工程学(Human Factors or Human Factor Engineering);欧洲和其他国家称之为工效学(Ergonomics);有些学者称为人类工程学(Human Engineering)、人机工程;也有一些心理学家称其为工程心理学(Engineering Psychology)。国际人机工程学会将人机工程学定义为: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、生活中和休息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。中国企业管理百科全书将人机工程学定义为: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以及安全、健康和舒适的目的的学科。有些学者将人机工程学定义为:按照人的特性设计和改善人-机-环境系统的科学。

人因工程学的定义应该从人因工程学研究的核心、目标以及方法几方面给出。在研究重点上,人因工程学着重于研究人类以及在工作 and 日常生活中所用到的产品、设备、设施、程序与环境之间的相互关系。人因工程学试图改变人们所用的物品和所处的环境,从而更好地满足人的工作能力和限制,适应人们生产和生活的需要。在研究目标上,人因工程学有两个主要目标:第一是为了提高工作效率和质量,如简化操作、增加作业准确性、提高劳动生产率等;第二是为了满足人们的价值需要,如提高安全性、减少疲劳和压力、增加舒适感、保障健康、获得用户认可、增加工作的满意度和改善生活



质量等。在研究方法上,人因工程的基本方法就是对人的能力、限制、特点、行为和动机等相关信息进行系统研究,并将其用于产品、操作程序及使用环境的设计和制造中。它包括对人本身和人对事物、环境等反应的有关信息的科学研究。这些信息是进行设计的基础,并且可用来分析当设计有所变化时可能产生的影响。作为一门注重设计的科学,人因工程学还包括对设计的评价等方面内容。

综上所述,人因工程学可以简单地定义为:人因工程学是基于对人、机器、技术和相关环境的深入研究,发现并利用人的行为方式、工作能力、作业限制等特点,通过对于工具(用具)、机器(设施)、系统、任务和环境进行合理设计,以提高生产(包括日常生活中人的活动)的效率、安全性、健康性、舒适性和有效性的一门工程技术学科。

作为一门工程技术,人因工程学不同于其他一般工程技术学科的特点有:

- 学科的目标是以人为中心的,因而产品是为顾客服务的,设计时应始终把顾客放在首位,同时必须考虑生产及相关者
- 必须意识到个体在能力和限制上的差异,并且充分考虑到这些差异对各种设计可能造成的影响
- 强调设计过程中经验数据和评价的重要性,依靠科学方法和使用客观数据去检验假设,推出人类行为方式的基础数据
- 用系统观点考虑问题,意识到事物、过程、环境和人都不是独立存在的

还需要指出的是:

(1) 人因工程学不只是基于表格数据和一些指标来进行设计 实践中,人因工程师要制订和使用列表和指标,但这并不是全部工作的意义。如果使用不当,同样不能设计出好的产品。一些设计中非常重要的因素、具体的应用和思想方法是不可能通过列表或指标得到的。

(2) 人因工程学不是设计产品的模型 对工程师而言,成熟的工作程序并不能保证所有人都能成功地进行工作。人因工程师必须通过研究个体差异,从而在为用户设计产品时考虑到不同的个体特征。

(3) 人因工程学不同于常识 从某种程度上说,应用常识也能够改进设计,而人因工程学远不止这些。警示标志上的文字要多大才能保证在一定的距离就可以看到?如何选择报警声,使它能够不受其他杂音的干扰?这些都是简单的常识做不到的,常识也测不出驾驶员对报警灯和汽笛的反应时间。



二、人因工程学的历史

1. 早期历史

人因工程学始于 19 世纪晚期和 20 世纪初,从那时起,人因工程学的发展就不可避免地和技术的发展相互交织在一起。这一阶段主要是研究人如何适应机器(包括环境等因素)以提高工作效率、减少工作事故。早在 1884 年,德国人 A. Mosso 就开始对人体的疲劳现象进行演讲。当操作者开始作业时,就在其身体通以微电流,随着人疲劳程度的加深,电流也随之发生变化。研究还表明经过锻炼的人在相同的劳动量下,疲劳程度要比未锻炼的人为轻,这可算是与人因工程学有关的最早的研究之一。1910~1914 年,德国心理学家 Munsterberg 发表了《心理学与经济生活》和《心理技术学原理》等著作,提出以应用心理学研究的成果选拔工人使之更加适应工作。1916 年,德国已经成立了 16 个类似的心理研究机构。20 世纪初,美国工程师、工业工程的创始人 Taylor 以及 Frank 和 Lillian Gilbreth 等人也已经开始进行动作研究和商务管理方面的工作。他们十分注重研究生产作业系统中人的心理、生理特点。1898 年, Taylor 曾对于搬运生铁的工作,研究了既不损害工人健康又能提高效率的工作方式。Taylor 的《科学管理原理》(1911)体现出管理工程学科对人的因素的重视。Gilbreth 夫妇后来被认为是人因工程学领域的先驱之一。他们致力于熟练动作和作业疲劳方面的研究、进行工作站设计以及为残疾人设计合适的工具。1911 年, Gilbreth 对建筑工人的砌砖动作进行了研究,采用快速摄影机将砌砖动作一一拍摄下来,通过分析试验去掉无效动作,并将其基本动作与辅助动作分开。这项改进使砌砖速度由每小时 120 块增加到 350 块。他们还对外科手术过程进行了研究,其成果直到今天还在使用。现在,在手术中外科大夫只需说出所需的器械,同时把手伸向护士,由护士从器械盘中拿起所需器械并递给大夫。而以前,外科大夫是自己从托盘中拿器械的。显然,这样很浪费时间。

尽管 Gilbreth 等人做了巨大的努力和贡献,但是人们还是没有意识到使设备及操作程序适应人的要求之必要性。第二次世界大战前,进行行为研究的科学家的主要工作还是通过测验为工作选择合适的人员,对培训过程进行不断的优化来使人员满足工作的需要。这种理论在第二次世界大战期间出现了问题,因为即使是采用最好的人选和培训手段,有些复杂设备的操作还是超出了工作人员的能力。这时,人们开始重新考虑使设备满足人员需求的问题。

2. 1945~1960 年:人因工程职业的出现

1945 年第二次世界大战结束时,美国空军和海军共同建立了工程心理实

