



普通高等学校管理科学与工程类学科专业主干课程教材

人因工程

教育部高等学校管理科学与工程类学科教学指导委员会 组编
廖建桥 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

TB18
28



普通高等学校管理科学与工程类学科专业主干课程教材

人因工程

教育部高等学校管理科学与工程类学科教学指导委员会 组编
廖建桥 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

内容简介

人因工程是将心理学、生理学、工业工程结合在一起的一门新兴边缘学科。本书以人为中心,从人、机、环境三个方面系统地阐述了人因工程的基本理论和方法,直接引用了大量人因工程在国外的研究成果和应用实例,对人因工程在我国的推广有一定的参考价值。全书包括人因工程概述,人的生理特征及应用,人的心理特征,工作地设计,信息显示设计,控制器的设计,体力与脑力工作负荷,工作环境和人因误差与人因安全等内容。本书可作为高等院校管理科学与工程类学科专业主干课程的教材或教学参考用书,也可供产品设计师、系统设计师、企业管理人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

人因工程/廖建桥主编;教育部高等学校管理科学与工程类学科教学指导委员会组编. —北京:高等教育出版社,2006.4

ISBN 7-04-018665-9

I. 人... II. ①廖... ②教... 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 (2006) 第 017609 号

策划编辑	童 宁	责任编辑	李京平 吕燕玲	封面设计	王凌波
责任绘图	朱 静	版式设计	张 岚	责任校对	杨雪莲
责任印制	杨 明				

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 国防工业出版社印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×960 1/16
印 张 18.75
字 数 340 000

版 次 2006 年 4 月第 1 版
印 次 2006 年 4 月第 1 次印刷
定 价 25.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18665-00

总 前 言

为适应我国经济社会发展需要,保证高等学校管理科学与工程类本科专业人才培养基本质量,我司委托高等学校管理科学与工程类学科教学指导委员会对管理科学与工程类四个本科专业:工程管理、工业工程、信息管理与信息系统、管理科学专业的教学内容和课程体系等问题进行系统研究,确定了上述四个专业的核心课程和专业主干课程,提出了这些课程的教学基本要求(经济学课程建议采用工商管理类的宏观经济学和微观经济学的教学基本要求),并编写相应教材。各门课程的教学基本要求及相应教材由高等教育出版社 2004 年秋季陆续出版,供各高等学校选用。

教育部高等教育司

2004 年 9 月

前 言

人因工程是一门应用非常广泛的边缘学科,是工业工程专业的主干课程,也是高等工科院校应该为学生提供的选修课程。本书可作为高等院校管理科学与工程类学科专业主干课程的教材或教学参考用书。

国内已经有十余种不同版本的人因工程教材,而本书的突出特点为:第一,利用作者曾经到国外留学多年收集到的材料和现在仍有研究生在国外从事人因工程研究的便利,尽量多引进和介绍国外在本领域的研究成果,这一特点在本书的第5、6章以及第1、3、7章的部分章节中比较明显;第二,坚持实用性原则,对人因工程相关的基础理论知识进行了适当的压缩,同时从日常工作和生活中提炼出恰当的典型实例,有助于对基本理论和方法的掌握,以便将学到的知识更好地运用到工作和生活中去。

全书共分为9章。华中科技大学管理学院的廖建桥编写了第1、2、3章,周文编写了第4章,李中海编写了第5章,王文弼编写了第6章,王西与廖建桥共同编写了第7章,田勇军编写了第8章,田勇军和周文共同编写了第9章。廖建桥任主编,统一设计了本书的内容和结构,并最终对全书进行了统稿。

为了让读者学到更多的知识,书中参考和引用了大量的中外学者的著作和研究成果,在此对原作者和研究者表示诚挚的感谢。

学习人因工程的目的是为了让人们工作和生活得更有效、更舒适、更安全。在我国,虽然人们对人因工程还感到比较陌生,这门学科在我国远远没有受到应有的重视,但我们相信,随着我国劳动生产力和生活水平的提高,以及随着我国企业参加国际竞争的增多,这门学科将会在我国高等院校中越来越普及,就像这门学科目前在欧美发达国家的发展现状一样。这次主持编写本书,就是想为人因工程在我国的普及尽一点微薄之力。

由于时间仓促和水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者予以批评指正。

廖建桥
2005年11月

目 录

第 1 章 人因工程概述	1
1.1 人因工程的定义及特征	1
1.1.1 人因工程的定义	1
1.1.2 人因工程的特征	3
1.1.3 人因工程的目的	3
1.2 人因工程的发展历史	4
1.2.1 启蒙阶段	4
1.2.2 正式形成阶段	5
1.2.3 快速发展阶段	6
1.2.4 人因工程在中国的发展	7
1.2.5 人因工程的发展趋势	8
1.3 人因工程的内容及应用	9
1.3.1 人因工程的内容	9
1.3.2 人因工程的应用	12
1.3.3 本书的主要内容	13
1.4 人因工程的方法	14
1.4.1 人因工程的学习方法	14
1.4.2 人因工程的研究方法	16
第 2 章 人体的生理特征及应用	18
2.1 人体尺寸	18
2.1.1 我国成年人的基本尺寸	18
2.1.2 影响人体尺寸的因素	21
2.1.3 人体尺寸的统计指标	23
2.1.4 设计中可采取的方案	24
2.1.5 设计程序	25
2.2 人体的动态生理特征	26
2.2.1 人的神经系统	27
2.2.2 人体的肌肉系统	29

2.2.3 人的能量供应和消耗系统	31
2.2.4 脉搏与体力劳动	34
第 3 章 人的心理特征	37
3.1 人的信息处理模型	37
3.1.1 Donders 的减法模型	37
3.1.2 Welford 的单通道模型	38
3.1.3 Broadbent 的过滤模型	38
3.1.4 Kahneman 的单资源模型	39
3.1.5 Wickens 的多资源模型	40
3.1.6 控制过程与自动过程理论	40
3.1.7 人的信息处理系统的基本结构	41
3.2 人的信息输入——感知	42
3.2.1 感觉阈限	42
3.2.2 视觉	43
3.2.3 听觉	46
3.2.4 触觉	48
3.2.5 味觉和嗅觉	49
3.3 中枢信息处理	50
3.3.1 知觉	50
3.3.2 记忆	52
3.3.3 思维与决策	55
3.3.4 注意	57
3.4 人的信息输出	61
3.4.1 操作运动类型	61
3.4.2 操作运动的速度	62
3.4.3 操作运动的准确度	65
第 4 章 工作地设计	68
4.1 工作地设计的一般要求	68
4.1.1 工作地设计的重要性	68
4.1.2 工作地设计中需要考虑的因素	69
4.2 工作面高度设计	71
4.2.1 站立时的工作面高度	71
4.2.2 坐姿时的工作面高度	73
4.2.3 可变的工作台面高度设计	75
4.3 活动空间设计	78
4.3.1 垂直面工作空间	78
4.3.2 水平面工作空间	80

4.3.3 个人的社会心理空间	82
4.4 座椅设计	83
4.4.1 座椅的功能	83
4.4.2 座椅设计	86
第5章 信息显示设计	90
5.1 信息的显示	90
5.1.1 信息显示的人机系统	90
5.1.2 信息显示器的分类	92
5.1.3 信息显示设计的基本原则	92
5.2 视觉信息的显示	99
5.2.1 概述	99
5.2.2 静态视觉信息的显示	99
5.2.3 动态视觉信息的显示	112
5.3 非视觉信息的显示	122
5.3.1 听觉显示	122
5.3.2 触觉、嗅觉等其他显示类型	125
5.3.3 冗余显示	130
第6章 控制器的设计	132
6.1 控制器概论	132
6.1.1 控制器的定义	132
6.1.2 研究及应用领域的变迁	133
6.1.3 控制器的分类	134
6.2 控制器的设计原则	137
6.2.1 控制的编码	137
6.2.2 控制-显示比	141
6.2.3 控制器的力学特性	143
6.2.4 公众常识与控制器的设计	144
6.2.5 控制器的保护	145
6.2.6 可接近性指数	147
6.3 传统控制器的设计	148
6.3.1 基本设计原则	148
6.3.2 手柄	148
6.3.3 踏板	150
6.4 人-计算机交互中控制器的设计	151
6.4.1 数据输入设备的设计	152
6.4.2 键盘	152
6.5 控制器领域的新发展	159

6.5.1 远程遥控	159
6.5.2 声控	161
6.5.3 眼控	163
6.6 小结	163
第 7 章 体力与脑力工作负荷	165
7.1 体力劳动强度与体力劳动效率	165
7.1.1 体力劳动及对人的影响	165
7.1.2 体力劳动强度等级的划分	166
7.1.3 体力劳动效率	169
7.1.4 体力劳动的安排与应用	172
7.1.5 静负荷	176
7.2 脑力负荷	180
7.2.1 脑力负荷的定义及影响	180
7.2.2 脑力负荷的测量方法	181
7.3 工作压力	189
7.3.1 工作压力的概念	189
7.3.2 工作压力的影响	189
7.3.3 压力的来源	190
7.3.4 压力的测量	192
7.3.5 改善工作压力的方法	193
7.4 疲劳	194
7.4.1 疲劳的产生	194
7.4.2 疲劳的分类	195
7.4.3 疲劳产生的原因	197
7.4.4 疲劳的测量方法	198
7.4.5 减轻疲劳的途径	201
7.5 枯燥	204
7.5.1 枯燥概述	204
7.5.2 枯燥产生的原因	205
7.5.3 枯燥工作引起的后果	207
7.5.4 克服枯燥的方法	209
第 8 章 工作环境	211
8.1 照明	211
8.1.1 光的性质与度量	211
8.1.2 照明的标准及影响	215
8.1.3 照明的设计	219
8.2 噪声环境	222

8.2.1 声音的性质及度量	222
8.2.2 噪声的来源与影响	223
8.2.3 噪声控制标准及控制措施	229
8.3 颜色环境	233
8.3.1 颜色的概念与性质	233
8.3.2 颜色对人的影响	237
8.3.3 色彩搭配与设计	241
8.4 振动环境	242
8.4.1 振动的概念与性质	242
8.4.2 振动的影响	245
8.4.3 振动的控制标准与措施	246
8.5 微气候环境	248
8.5.1 微气候的构成要素	248
8.5.2 人的热调节机制	249
8.5.3 微气候环境与舒适	252
8.5.4 热、冷环境对人的影响及防护	255
第9章 人因误差与人因安全	260
9.1 人的可靠性	260
9.1.1 可靠性和可靠度	260
9.1.2 人的可靠性	260
9.1.3 人机系统可靠性	262
9.1.4 影响人的可靠性的因素	263
9.2 人因误差	265
9.2.1 人因误差的概念	266
9.2.2 人因误差的分类	266
9.2.3 人因误差的预防	269
9.3 事故及预防	270
9.3.1 事故的定义及危害	270
9.3.2 事故资料的收集及分析方法	271
9.3.3 事故的原因	272
9.3.4 事故的预防	274
参考文献	277

第1章 人因工程概述

1.1 人因工程的定义及特征

人类社会存在的历史就是人类社会适应自然、改造自然的历史。在这一漫长的过程之中,人们学会了使用工具。在使用工具的过程中,人们有意识或无意识地认识到,要想把工具的作用发挥到最大限度,就要使工具尽量符合人的特性。例如,镰刀的把柄不能太粗,也不能太细,而应当与人的手相匹配。

随着人类社会的进步,人类发明的工具越来越先进。目前,人类社会已经广泛地使用了机器和计算机,但是人的基本能力,如身高、力量、反应速度等并没有发生根本性的变化。在日常工作和生活中很容易发现两种现象:第一种现象是机器的能力在成指数型增加,而人的(操作)能力则基本维持不变,此时人成为人机系统的主要制约因素,如新式手机或计算机的作用在很大程度上由人们对系统的认识能力和操作能力决定;第二种现象是机器的设计很少考虑人的特性,如成千上万的人在唱卡拉 OK 时却有相当一部分人不知道怎么点歌,洗淋浴时用的龙头不是设计得过高就是过低。

在使用不同的机器、不同的计算机软件时,也会发现有些机器或计算机软件明显的比另一些要好学、好用一些。这些比较好学和好用的机器或计算机软件,都有意识或无意识地考虑到了人的能力。人类社会在工具和机器的设计中无意识地考虑人的因素的时代已经过去了,因为现在的机器都很复杂,如果不在设计时就考虑人的因素,使用机器时就可能发现人可能根本无法适应它。但是,如何在机器和系统的设计中提前、有意识地考虑人的因素并不是一个简单的问题,而涉及许许多多方方面面的知识。因此,人因工程学成为一门独立的学科得以诞生和发展。

1.1.1 人因工程的定义

人因工程是一门新兴的边缘学科,它起源于欧美等发达国家。在美国它被称作 Human Factors,在欧洲它被称为 Ergonomics。Human Factors 可直译为“人的因素”,而 Ergonomics 是由两个希腊词根组成的:ergo 是出力、工作的意思,nomics 是正常化、规律的意思。因此,Ergonomics 可翻译为“研究人的工作的规律性的学科”。显然,人因工程是根据美国的 Human Factors 意译过来的。美国

的人因工程杂志 Human Factors 和欧洲的人因工程杂志 Ergonomics 相比较是有一定的差别的,美国的人因工程更偏重于研究人的心理能力,而欧洲的人因工程更偏重于研究人的生理能力。

在我国,人因工程尚处于初创阶段,所用名称也不一致。除用人因工程这一名称外,也有用人类工效学、工效学、管理工效学、人机工程及人机环工程等其他名称的。这些名称有一些细小的差别。

人类工效学是人因工程在我国的标准学科名,我国还成立有专业的人类工程协会,有正式出版的杂志《人类工效学》。有时为了简化和方便,人们也称人类工效学为工效学。

严格说,人因工程与人类工效学没有本质的差别。人因工程最初是我国台湾学者对本学科的称呼,而人类工效学是大陆学者对本学科的称呼。由于这两种称呼不一样,有时容易令一般学者有不同的理解。例如,人因工程因为有工程两个字,显示出了它的应用科学的特点。工效学似乎给人一种科学性不强的感觉,而人类工效学又会给人一种似乎在研究人类学的感觉。因为本书属于工业工程的系列教材,所以采用“人因工程”这一学科名,但这并不意味着在强调人因工程与人类工效学之间的差别,而是把两者等同对待。

管理工效学主要是我国高等院校管理学院从事人因工程研究的学者试图从管理的角度来看待人因工程的问题而采用的学科名,目前这种提法已经逐渐减少。

人机工程是我国高等院校和研究所从事机械设计和自动化研究的学者研究人因工程问题时常采用的学科名,它与人因工程的含义非常接近,但名称中因为包含着机器的含义,更受到这些学者的喜爱。

人机环工程是人机工程的扩展,它把对环境的研究提高到非常重要的地位,我国在航空航天领域从事人因工程研究的学者常采用这个名称。

因为本书是一本教材,所以在书中对人因工程的上述各种提法没有进行区分,而把各种名称等同对待,并统一采用人因工程这一名称。

我国在《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结合,使设计的机器和环境系统适合人的生理、心理等特点,从而达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的目的”。

国际人因工程协会给人因工程下的定义为:“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相互作用的条件下,在工作、家庭中和休假时,怎样统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒适等以达到最优化的问题”。

关于人因工程还有许多其他的定义,在此不一一赘述。从上面的定义可以看出,人因工程是研究人、机器、环境三者之间的关系,以便使人工作、学习和生

活得更有效、更安全、更舒适的一门介于心理学、生理学、人体测量学、工程技术和 管理之间的边缘学科。

1.1.2 人因工程的特征

人因工程的最大特征在于它是一门跨学科的边缘学科。人因工程与心理学、生理学、工业工程等学科有着密切的关系。

如图 1-1 所示,与人因工程相关的学科可以分为三大类:第一大类为与生理学相关的学科,第二大类为与心理学相关的学科,第三大类为与管理应用相关的学科。

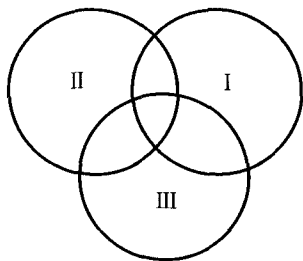


图 1-1 与人因工程相关的学科

I — 与生理学相关的学科;

II — 与心理学相关的学科;

III — 与管理应用相关的学科

生理学是研究人的力量、运动、神经、能量消耗等规律的学科,它是人因工程最主要的理论基础。与生理学相关的内容又可以进一步分为人体测量学、生物力学、劳动卫生学等学科。人体测量学提供人体的静态和动态数据,这些数据是机器、作业空间设计的基础。生物力学研究人的运动及受力情况,以使人在运动和受力时不受到伤害。劳动卫生学研究人在劳动时能够承受的负荷范围,以保证人在工作中的安全与健康。

心理学是研究人的知觉、认知、反应的一门学科。它的研究为人因工程的研究提供了理论基础,人因工程是心理学的一门应用学科。心理学的重要分学科——工程心理学与人因工程的内容非常接近。在美国,大部分从事人因工程研究的人都曾经从事过心理学的研究。可以预料,随着计算机的普及,人在工作中越来越多地用到脑,而不是手,心理学在人因工程中的地位将越来越重要。

管理应用类学科包括管理学、工业工程、系统设计、安全管理等学科。这些学科都是研究如何使资源结合得更合理、更有效的学科,而人因工程也是研究如何使人所在的系统工作得更有效的学科,可以说人因工程是这些学科的分支学科。管理学等学科涉及的研究对象更加广泛,而人因工程涉及的研究对象则更加具体。

1.1.3 人因工程的目的

人因工程的目的有三个:

- 1) 使人工作得更有效。
- 2) 使人工作得更安全。
- 3) 使人工作得更舒适。

这三个目的有时是相互一致的,例如一种新机器可能比旧机器的效率更高,更安全,更舒适。但是在许多情况下,这三个目标是相互矛盾的,比如一种更安全、更舒适的操作方法可能比旧方法效率要低些;某一新机器可以使人工工作得更加舒适,但增加的效率可能不足以补偿增加的投资等。这些矛盾的解决显然取决于人与机器的相对重要性,取决于人所处的时代、环境等。

在远古时代,由于机器(工具)稀少,环境恶劣,人的生存艰难,人不得不无条件地使自己适应机器(工具)和环境。人们改进工具的主要目的是为了提高效率以适应环境和抵御敌人,使用工具时的安全性和舒适性不在人们的考虑之中,人们绝不会为了舒适而放弃某一种更加先进的工具。

但是可以设想,在理想的未来社会,机器和环境将绝对地服从于人,安全性与舒适性将是系统设计时最重要的指标,人们可随心所欲地改变自己所处的物理系统和环境以满足自身的需要,而效率将退居次席。

需要指出的是,目前虽早已告别了远古时代,但尚未进入理想社会,因此有时人不得不适应于机器与环境,有时则可以改造机器和环境使之更好地服务于人。这就使得人因工程的研究工作更加充满着矛盾和挑战。

西方社会比较发达,生活水平比较高,因此在那里人因工程更强调人的重要性,西方人因工程教科书中的宗旨为:使机器适合于人(fitting the task to the man)^[1]。我国当前生活水平还比较低,生产力也比较落后,在很多地方是人适应机器而不是相反。但是随着人们生活水平的提高,人的价值将越来越高,人因工程作为一门学科也将越来越受到重视,人因工程对人们的工作和生活将产生越来越大的影响。

1.2 人因工程的发展历史

自从人类诞生以来,就存在着人机关系问题。随着人类的进步,人在不断地改造环境,改造工具,以便使自己在工作时能够更加安全、健康和舒适,使工作效率更高。但这些改进分布在人类漫长的进步过程中,都比较零散,不足以使人因工程成为一门科学。人因工程真正成为一门科学还是近一百年的事,其发展可以归纳为三个阶段:启蒙阶段、正式形成阶段、快速发展阶段。

1.2.1 启蒙阶段

虽然早在1884年,德国学者A. Mosso就在人进行劳动时将人体通以微电流,通过电流的变化来测量人体的疲劳程度。从研究范畴上说,他的研究已经属于人因工程研究的内容,但人因工程作为一门学科形成于19世纪末20世纪初,主要代表人物是F. Taylor和F. Gilbrith。

1898年,美国人 Taylor 从提高工作效率的角度出发,对装卸工使用的铁锹进行了研究。他发现每次铲运的重量在 10 kg 左右时,劳动效率最高。因此,他设计了许多大小不同的铁锹,以适应装卸不同的物料。在此以后,他还进行过搬运生铁的研究,通过制定每次的搬运量、搬运速度及休息时间,使作业者充分发挥劳动潜力,从而提高了工作效率^[2]。

1911年,美国人 Gilbrith 对建筑工人砌砖进行了研究,通过去掉砌砖动作中的无效动作和辅助装置,使砌砖工人每小时的砌砖数由过去的每小时 170 块提高到 350 块,大大提高了砌砖工人的工作效率。

在 Taylor 和 Gilbrith 研究的基础上,形成了时间和动作研究这样一门学科。虽然时间和动作研究本身并不是人因工程,但其思想与人因工程已经非常接近。

1.2.2 正式形成阶段

第二次世界大战期间,一些国家,特别是英国和美国,大力发展各种新式武器装备。由于片面地注重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,因此遇到了许多问题。以飞机为例,由于座舱及仪表的显示位置设计不当,经常造成驾驶员读仪表或操作失误,进而发生事故。另外许多操作不灵活,使飞机在战斗时命中率降低等。经过分析,发现这些事故的原因可归结为两类:第一,显示器、控制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;第二,操作者缺乏训练,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。工程师们开始感到人的因素在设计中是一个不可忽视的重要条件。要设计出好的现代化设备,只具备工程技术知识是远远不够的,还必须了解设备的使用者的生理和心理等方面的知识。于是在第二次世界大战后不久,人因工程作为一门新兴的边缘学科正式形成了。

人因工程的诞生日期可以认为是 1949 年 7 月。当时,英国海军成立了一个交叉学科研究组,任务是专门研究影响人的工作效率的问题。后来在 1950 年 2 月的一次会议上通过了使用“Ergonomics”这一术语的提议。在美国,Chapanis 等人于 1949 年出版了《应用实验心理学——工程设计中人的因素》一书,该书系统论述了这一新学科的基本理论与方法。后来,研究领域不断扩大,研究队伍中除心理学家外,还有医学、生理学、人体测量学及工程技术等各方面的学者专家,因而有人把这一学科称为“人的因素”,或“人的因素工程”。有关方面的著作相继出版,美国、日本和欧洲的许多国家先后成立了学会,在大学开设了课程,建立了有关的研究部门,大力开展研究。为了加强国际间的交流,于 1960 年成立了国际人类工效学会,它标志着本学科已经发展成熟^[3]。

1.2.3 快速发展阶段

进入20世纪70年代以后,随着电子技术的进步和计算机的广泛应用,操作系统对人的要求越来越高,系统中考虑人的因素也显得越来越重要。特别是美国三里岛核电站事件的发生,可将其视为推动人因工程发展的第一个原因。

1979年3月28日凌晨4点,在美国宾夕法尼亚州哈里斯柏格附近的三里岛核电站,一个临时的障碍引起该核电站一号机组供水系统和发动机自动关闭。在零点几秒之后,系统中建立的预备保险系统开始正常工作,提供新的供水系统。紧接着四个关键性的错误一起发生了,以令人震惊的事实证明了人在复杂系统中的表现是多么重要^[4]。

第一个错误发生在故障发生之前。预备供水系统的管道被维修工人关闭了,而这个维修工人从此就没有上班。结果是核反应中心由于得不到循环冷却水的供应以排除它的热量,温度开始升高,并把周围的冷水变成蒸汽,压力迅速升高。

这时,预备保险系统继续正常工作。圆形棒下降到反应堆使核反应程序放慢。压力释放闸打开以释放在主冷却系统中产生的蒸汽。当压力下降到低于警戒水平后,自动释放闸收到了关闭的信号。正像在一个热循环系统中当屋内温度达到了一定的温度时,热循环系统就自行关闭一样。在这时,第二个错误发生了。由于闸门失灵,这个闸门并没有关闭。

在发动机关闭的1 min之内,三里岛核电站的操作者正在试图从无数的红灯、警报中猜测到底发生了什么事。虽然根据过去受训的经验使他们对事故有一个大概的了解,但有一个信号使他们误入歧途,即压力释放显示器显示的是命令关闭的状态,而不是实际状态,操作者以为压力释放闸是关闭的。这是第三个关键性的错误。

同时,预备的自动保险系统继续工作。一个紧急水泵自动打开,开始向系统提供系统急需的冷却剂。在这时,操作者做出了一个决定使本来可以避免的大灾难发生了。由于屏幕显示压力已经很高,释放闸已经关闭,操作者决定自己而不是用机器来控制系统。他们把紧急水泵关闭了。这个决定是基于操作者推测系统中的冷却剂太多了而不是太少了。反应堆得不到急需的冷却剂,事故很快就到了不可挽回的地步。

事故的调查表明:第一,不是某一个失误、错误、事件或机器失灵导致这场事故。这场事故是由许多因素共同引起的。第二,人的错误是在许多不同的方面的,从操作者错误地把紧急水泵关闭到设计人员设计闸门的显示器是告诉人们应当做什么,而不是闸门当时的状态。第三,也许是最重要的,大量的信息和复杂的显示形式超过了操作者内在的、有限的能力,如注意力、记忆力、决策能力

等。因此,在三里岛事件中与在其他事件中一样,虽然人的错误是事故的直接原因,操作者本身并没有什么过错,而是系统的设计者应当受到责备,因为系统的操作要求超出了操作者的正常负荷。这就像在体力劳动中,某一工作要求某人在某一关键时刻扛起 300 kg 的重物。当这个人扛不起这个重量时,怎么能够埋怨这个人没有使出全身的力气呢?

人因工程发展的第二个原因是计算机的应用。20 世纪 80 年代初期,当美国苹果公司的 Macintosh 计算机上采用视窗显示的时候,所有的计算机操作者都为之感到振奋。因为当时的主流操作系统是指令型操作系统,操作者不得不背诵或查找几十条甚至成千上万条计算机指令,而 Macintosh 计算机令人们忽然发现,这些指令原来不需要背诵,只需要点一点鼠标就行了。虽然 Macintosh 视窗设计人员当时是否知道或学过人因工程不得而知,但 Macintosh 是人因工程思想和方法的杰出案例。它了解了人的记忆力的缺陷和视觉的优点,然后扬计算机之长,克操作者之短,使机器适应于人,而不是像传统的操作系统,用操作者之短,让人适应于机器。现在在西方发达国家,从事与计算机应用相关研究的人因工程专家越来越多,许多计算机专家也越来越认识到人因工程在计算机应用中的重要性。据估计,计算机软件专家在设计程序时,40% 的时间花在界面的设计上,由此可见人因工程在计算机设计中的重要性。

人因工程发展的第三个原因是随着人类社会的进步,人的价值越来越高,各种人身伤亡事故中,对人的赔偿金额也越来越高。事故发生之后,到底是谁的责任,律师们越来越希望借助于人因工程专家的观点来判断事故的真实原因,这就对人因工程产生了巨大的需求和促进作用。

人因工程发展的第四个原因是人们对生活质量要求的提高。最初,人因工程主要是应用到工作场所。现在人们发现,在家庭和休闲中也涉及人因工程的内容。在家里学习时的座椅与办公室的座椅的设计要求是相同的或相似的,炒菜灶台的高低与工厂站着装配时工作面的高低差别不大。

由于上述原因,人因工程在西方发展越来越快,已经成为一个比较有影响的边缘学科了。例如,在美国和加拿大,已经有 65 所高等院校开设了人因工程专业,有 1 000 多名从事人因工程研究的博士和硕士研究生,美国人因工程协会的会员超过了 5 000 名。

1.2.4 人因工程在中国的发展

中国最早开展人因工程相关内容研究的学者是心理学家。20 世纪 30 年代工业心理学开始被引进到我国,我国一些学者开展了工作疲劳、劳动环境等方面的研究。新中国成立后,中国科学院心理研究所和原杭州大学的心理学家重新开展了操作合理化、技术革新、事故分析、职工培训等劳动心理学研究,这些研究