



人机工程学

■ 朱序璋 · 主编

8

西安电子科技大学出版社

[http:// www.xduph. com](http://www.xduph.com)

人 机 工 程 学

朱序璋 主编

西安电子科技大学出版社

1 9 9 9

内 容 简 介

本书以人、机、环境三要素为对象,以人为中心,系统地介绍了人机工程的基本理论和实际应用。主要内容包括人机工程学的一般概念、人体因素、人机界面、作业环境、人机系统的设计分析等。

本书可作为高等院校工业设计、工业工程、企业管理、安全工程等专业的教材,也可供其他专业本科生、研究生和有关工程人员、管理人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

人机工程学/朱序璋主编. —西安:西安电子科技大学出版社,1999.11
ISBN 7-5606-0791-8

I. 人… II. 朱 III. 工效学—高等学校—教材 IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 63432 号

责任编辑 戚文艳 钟宏萍

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)8227828 邮编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 西安兰翔印刷厂

版 次 1999年11月第1版 1999年11月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 18.625

字 数 438千字

印 数 1~4 000册

定 价 20.00元

ISBN 7-5606-0791-8/TB·0003

* * * 如有印制问题可调换 * * *

前 言

随着科学技术的进步、社会的发展、人类文明的不断提高,人们对工作和生活质量的要求也越来越高。创建优良的工作条件和舒适的生活环境,以满足人的生理和心理需要,将成为人类不断追求的目标。而人机工程学正是一门研究人、机、环境如何才能达到最佳匹配,使人—机—环境系统能够适合人的生理和心理特点,以保证人安全、健康、高效、舒适地进行工作和生活的学科。

人机工程学是由人体科学、工程科学、劳动科学和企业管理科学等相互融合的一门综合性新兴边缘学科。它形成于20世纪40年代,到60年代已成为推动工业发展的技术动力之一,在工业发达国家受到普遍重视。人机工程学在我国70年代末逐渐兴起,虽然由于其效果呈现的间接性和习惯的阻碍作用,使其发展和应用受到一定的影响,但由于学科的先进性和适用性,经广大专业工作者的不懈努力,已逐渐为人们所认识,近几年在理论研究和实际应用上都得到了发展。目前人机工程学在国防、宇航、工业、交通运输、医学、农业和教育等各个领域得到十分广泛的应用,在使人类活动的科学化、适宜化以及提高人机系统效能方面作出了突出贡献。

本书以人、机、环境三要素为对象,以人为中心,按照人体因素、人机界面、作业环境、人机系统设计分析为顺序展开论述,重点落实在如何应用人机工程学的原理和方法进行人机系统的设计与分析评价。

人体因素主要研究人在工作过程中的生理、心理特征,是人机工程学的基础理论。内容包括:人的形体参数、人体力学、人的机能特征、人的作业能力与疲劳、人的自然倾向和可靠性等,是研究人机系统的基础和设计依据。

人机界面是人机工程学研究的重点,内容包括:显示器、控制器、作业空间和用具,主要介绍设计原则、方法和必要的数据、资料及其使用条件。

人在不同的作业环境条件下有不同的生理、心理反应,所以作业环境一章介绍了热、声、光、空气等环境对人体的影响,分析评价的指标、方法以及改善的具体措施。

人机系统的设计分析是人机工程学的综合应用性内容,具体研究如何应用人机工程学基本理论、原理和数据解决实际问题。

本书是在广泛收集国内外资料和编者多年教学经验与科学研究基础上编写而成的。在编写过程中,力求资料新、数据全、方法先进、适应面广,理论和方法的应用可操作性强,并致力于科学性、系统性和逻辑性。

本书既可作为高等院校工业设计、工业工程、企业管理、安全工程等专业的教材和教学参考书,也可供有关工程技术人员、管理人员参考。

全书共分10章,由朱序璋编著,苑舟、张洛章、徐大明参加了第9章和第10章的编写工作。

书稿承刘信恩教授、樊超然副教授审阅，并提出宝贵意见，在此表示衷心的感谢。在编写出版过程中还得到了高鑫同志的热情支持和大力帮助，在此表示谢意。

尽管在编写过程中，编者作了不懈努力，但由于水平所限，不当之处，敬请批评指正。

编 者

1999年3月于西安

目 录

第1章 绪论	1
1.1 人机工程学及其发展史	1
1.1.1 什么是人机工程学	1
1.1.2 人机工程学发展简史	2
1.2 人机系统	3
1.2.1 人机系统的基本类型	4
1.2.2 人与机的结合方式	5
1.2.3 人机系统的发展与人在系统中的地位	6
1.3 人机工程学的研究内容 and 应用	7
1.3.1 人机工程学的研究任务	7
1.3.2 人机工程学的研究内容	7
1.3.3 人机工程学的应用	8
1.4 人机工程学的研究方法	9
1.4.1 人机工程学的一般研究方法	10
1.4.2 人机工程学研究的一般程序	11
1.4.3 研究人机工程学应注意的问题	11
第2章 人的形体参数	13
2.1 人体测量	13
2.1.1 人体测量的基本术语	13
2.1.2 人机尺寸测量的分类	14
2.1.3 人体测量方法	16
2.1.4 人体测量数据的统计处理	16
2.2 常用人体测量数据	20
2.2.1 影响人体测量数据差异的因素	20
2.2.2 人体结构尺寸	21
2.2.3 人体主要参数计算	24
2.3 人体测量数据的应用	27
2.3.1 人体尺寸数据的应用原则	27
2.3.2 应用人体尺寸数据时应注意的问题	27
2.3.3 人体尺寸数据在设计中的应用	28
2.4 人体数学模型	30
2.4.1 人体作业姿势的数学描述	31
2.4.2 人与作业对象的相对位置	32
2.5 人体模板	32

2.5.1 二维人体模板	32
2.5.2 人体模板的应用	34
2.5.3 人体模板百分位数的选择	35

第3章 人的机能特征 36

3.1 人的神经系统	36
3.1.1 神经组织	36
3.1.2 中枢神经系统	38
3.1.3 周围神经系统	40
3.2 人的信息传递	40
3.2.1 人的信息加工模型	40
3.2.2 人的信息存贮——记忆	42
3.2.3 人的信息输出	45
3.3 人的感觉和知觉	49
3.3.1 感觉	49
3.3.2 知觉	51
3.4 视觉	52
3.4.1 视觉器官与视觉	52
3.4.2 视觉特征	53
3.5 听觉和其他感觉	57
3.5.1 听觉	57
3.5.2 肤觉	58
3.5.3 本体感觉	59
3.6 心理现象	60
3.6.1 心理学概念	60
3.6.2 情感与情绪	62
3.6.3 气质与性格	63
3.6.4 意志与动机	64
3.6.5 注意	65

第4章 人体力学 70

4.1 肌肉收缩与肌力	70
4.1.1 肌肉的组织结构	70
4.1.2 肌肉收缩的机理和形式	71
4.1.3 肌肉收缩的力学特征	72
4.1.4 肌肉收缩的机械效率	72
4.1.5 肌力	73
4.2 骨杠杆系统	73
4.2.1 关节的运动	74
4.2.2 关节的类型	76
4.2.3 人体运动的杠杆原理	77
4.3 静态肌肉施力	78
4.3.1 肌肉施力的类型	78

4.3.2 静态肌肉施力特征	78
4.3.3 常见静态作业和对人体的影响	79
4.3.4 避免静态肌肉施力	80
4.4 作业姿势	81
4.4.1 作业姿势的类型及影响因素	81
4.4.2 确定作业姿势的一般原则	81
4.4.3 作业中常用的姿势	83
4.5 人的操纵力	84
4.5.1 手臂的操纵力	84
4.5.2 脚的操纵力	87
第5章 人的作业能力与疲劳	89
5.1 人体作业时的能量代谢	89
5.1.1 人体能量的产生机理	89
5.1.2 作业时人体的耗氧动态	91
5.1.3 能量代谢和能量代谢率	92
5.1.4 能量代谢的测定	95
5.2 作业时人体的调节与适应	97
5.2.1 神经系统的调节与适应	97
5.2.2 心血管系统的调节与适应	97
5.2.3 其他系统的调节与适应	99
5.2.4 脑力劳动和持续警觉作业的特点	100
5.3 体力劳动强度分级	102
5.3.1 国外的劳动强度分级	102
5.3.2 我国的劳动强度分级	103
5.4 作业能力的动态分析	104
5.4.1 作业能力的动态变化规律	105
5.4.2 影响作业能力的主要因素	106
5.5 作业疲劳及其测定	107
5.5.1 作业疲劳的特点与分类	107
5.5.2 疲劳的发生机理	108
5.5.3 测定疲劳的方法	108
5.6 提高作业能力与降低疲劳的措施	111
5.6.1 改进操作方法,合理应用体力	111
5.6.2 合理确定休息制度	112
5.6.3 改善工作内容,克服单调感	115
5.6.4 合理调节作业速率	115
第6章 人的自然倾向与可靠性	116
6.1 习惯与错觉	116
6.1.1 群体习惯	116
6.1.2 惯用一侧	116
6.1.3 视错觉	117

6.1.4 其他错觉	117
6.2 精神紧张与躲险行动	118
6.2.1 精神紧张	118
6.2.2 慌张	119
6.2.3 惊慌	119
6.2.4 躲险行动	120
6.3 人为差错	122
6.3.1 人为差错的分类	122
6.3.2 人类差错发生的原因	124
6.4 人的生理节律	125
6.4.1 日周节律	125
6.4.2 其他周期节律	126
6.4.3 PSI 周期节律	127
6.5 人的可靠性	128
6.5.1 人的可靠性与压力	129
6.5.2 人的可靠性与意识水平	130
6.5.3 影响人操作可靠性的因素	130
第7章 人机界面设计	131
7.1 信息显示器的类型及其特点	132
7.1.1 信息显示的方式及特征	132
7.1.2 仪表显示器的种类	133
7.1.3 显示装置的选择原则	136
7.2 视觉显示器设计	136
7.2.1 显示装置设计的基本原则	136
7.2.2 模拟式显示器的设计	137
7.3 信号灯和报警信号设计	144
7.3.1 信号灯设计	144
7.3.2 听觉报警信号设计	145
7.4 控制器的类型及其适用范围	146
7.5 控制器设计的主要问题	151
7.5.1 控制器设计的人机工程学因素	151
7.5.2 设计和选择控制器的基本要求	154
7.6 控制器设计	155
7.6.1 手动控制器设计	155
7.6.2 脚动控制器设计	159
7.7 显示器与控制器的布置与配合	162
7.7.1 显示器和控制器的布置原则	162
7.7.2 视觉显示器的布置	162
7.7.3 控制器的布置	163
7.7.4 显示器与控制器的配合	165
7.8 控制台设计	167
7.8.1 仪表面板设计	167

7.8.2 控制台设计	170
第8章 作业空间与用具设计	173
8.1 作业空间设计的基本要求	173
8.1.1 行动空间	173
8.1.2 心理空间	174
8.1.3 活动空间	176
8.2 工作区域设计	178
8.2.1 水平面工作区域	178
8.2.2 垂直面工作区域	179
8.2.3 立体工作区域	179
8.2.4 工作区域设计	180
8.2.5 脚的工作区域	186
8.2.6 垂直作业面的布置	187
8.3 座椅设计	187
8.3.1 坐姿分析	187
8.3.2 座椅的类型	189
8.3.3 座椅设计	190
8.4 手握式工具设计	193
8.4.1 手握式工具分析	193
8.4.2 手握式工具设计原则	194
8.4.3 把手设计	195
第9章 作业环境	198
9.1 微气候	198
9.1.1 微气候条件	199
9.1.2 人体对微气候条件的感受与评价	200
9.1.3 微气候条件对人体的影响	204
9.1.4 改善微气候条件的措施	206
9.2 噪声与振动	208
9.2.1 噪声度量	208
9.2.2 噪声危害	210
9.2.3 噪声评价	214
9.2.4 噪声控制措施	216
9.2.5 振动的危害及控制	218
9.3 照明	222
9.3.1 光的度量	222
9.3.2 环境照明对作业的影响	223
9.3.3 照明标准	224
9.3.4 环境照明设计	225
9.4 色彩调节	229
9.4.1 色彩的基本概念	229
9.4.2 色彩对人的影响	233

9.4.3 作业环境的色彩调节与应用	234
9.5 空气污染	237
9.5.1 空气中的主要污染物及其含量表示法	237
9.5.2 空气污染物对人体的危害及评价	238
9.5.3 空气污染物的防治	242
9.5.4 车间空气调节	244
第10章 人机系统设计与分析评价	247
10.1 人机系统设计	247
10.1.1 人机系统设计基本思想及要求	247
10.1.2 人机系统设计的一般程序	248
10.1.3 人机系统分析设计的主要内容	252
10.1.4 人机系统的设计步骤	253
10.2 连接分析	254
10.2.1 连接及其表示方法	255
10.2.2 连接分析的目的	255
10.2.3 连接分析的步骤	256
10.2.4 连接分析法的应用	259
10.3 作业分析	260
10.3.1 方法研究	260
10.3.2 程序分析	262
10.3.3 操作分析	266
10.3.4 动作分析和动作经济原则	268
10.3.5 时间研究	271
10.4 人机系统评价	272
10.4.1 检查表评价法	272
10.4.2 工作环境指数评价法	276
10.4.3 海洛德分析评价法	278
10.5 人机系统安全分析	280
10.5.1 事故原因分析	280
10.5.2 FTA 法	284
参考文献	288

第 1 章

1

绪 论

1.1 人机工程学及其发展史

1.1.1 什么是人机工程学

人机工程学是 20 世纪 40 年代后期跨越不同学科和领域,应用多种学科的原理、方法和数据发展起来的一门新兴的边缘学科。由于它的学科内容的综合性、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。在我国所用的名称有人机工程学、工效学、人机学、人体工程学等,本书使用人机工程学这一名称。

人机工程学目前也无统一的定义。

著名的美国人机工程学专家 W·E·伍德森(W·E·Woodson)认为:人机工程学研究的是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布置和作业系统的组合等进行有效的研究,其目的在于获得最高的效率和作业时感到安全和舒适。

前苏联的学者将人机工程学定义为人机工程学是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,保障劳动人民的健康,使人从生理上和心理上得到全面发展的一门学科。

国际人机工程学会(International Ergonomics Association, 简称 IEA)的定义为人机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》中对人机工程学所下的定义为人机工程学是研究人和机器、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,尽管各国学者对人机工程学所下的定义不同,但在下述两方面却是一致的:

- 1) 人机工程学的研究对象是人、机、环境的相互关系。

2) 人机工程学研究的目的如何达到安全、健康、舒适和工作效率的最优化。

1.1.2 人机工程学发展简史

早在石器时代,人类就学会了选择石块打制成可供敲、砸、刮、割的各种工具,从而产生了原始的人机关系。此后,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。但是却忽略了对自己制造的生产工具与自身关系的研究,于是导致了低效率,甚至对自身的伤害。

19世纪末,人们开始采用科学的方法研究人的能力与其所使用的工具之间的关系,从而进入了有意识地研究人机关系的新阶段。这一阶段(大致从19世纪末到20世纪30年代),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)。1898年泰勒进入美国的伯利恒钢铁公司后,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。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年吉尔布雷斯夫妇(F·B·Gilbreth and L. M. Gilbreth)通过快速拍摄影片,详细纪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/h提高到350块/h。现代心理学家闵斯托博格(H. Munsterberg)1912年前后出版了《心理学与工作效率》等书,将当时心理技术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。20世纪20年代,心理技术学传入中国,1935年我国心理学家陈立出版了《工业心理学概论》,这是我国最早系统介绍工业心理学的专著。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机工程学学科的形成打下了良好的基础。

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%是由人为因素而造成的。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。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,在默雷尔(Murrell)的倡导下,英国成立了第一个人机工程学科研究组。翌年2月16日在英国海军部召开的会议上通过了人机工程学(Ergonomics)这一名称,正式宣告人机工程学作为一门独立学科的诞生。

1949年查帕尼斯(A·Chapanis)等人出版了《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,系统地论述了人机工程学的基本理论和方法,为人机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. Mc Cormick)出版了《人类工程学》一书,该书相继被美国、欧洲和日本等国广泛采用作为大学教科书。在这一阶段,德国、美国先后成立了人机工程学会,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机工程学方面的研究工作,人机工程学原理也为许多工业设计师

所采用。

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,不仅为人机工程学注入了新的研究理论、方法和手段,而且也为人机工程学提出了一系列新的研究课题。如核电站等重要系统的可靠性问题、计算机的人机界面设计问题、宇航系统的设计问题等等,拓宽了人机工程学的研究领域和应用范围,促进了人机工程学的发展和进步。

60 年代人机工程研究的指导思想是将人、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,在指导思想上有人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。

国际人机工程学会(IEA)1960 年成立至今,先后召开了 10 届国际性会议,英国、美国、德国、日本、法国等许多国家的人机工程学会均与 IEA 建立了联系。1975 年成立国际人机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机工程学研究机构。英、德、美、苏等国都相继制订了本国的人机工程学国家标准。目前,人机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。

我国的人机工程学研究起步较晚,但发展较快。1980 年建立全国人类工效学标准化技术委员会,至 1988 年已制订有关国家标准 22 个。1989 年成立中国人类工效学学会。中国科学院心理学研究所及一些高等院校分别建立了人机工程学研究机构,开设了人机工程课程。有关人机工程学方面的出版物也日益增多。目前我国人机工程学已应用于许多部门,如铁路、冶金、汽车运输、工程机械、机床设计、航天航空、医药等,并取得了不少可喜成绩。

有关资料表明,近期内人机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、工作装备的人机工程学研究;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。

1.2 人机系统

当今世界,没有机器的帮助人们几乎不能达到自己的目的。但没有人的操作,机器也不能自己工作。人机系统的外延相当广泛,工人用车床加工零件,构成了工人—车床人机系统;人与工具、人与桌椅等都是人机系统。

人机系统之所以能够不断发展,是由于人机系统中人与机器能够互相补偿各自的不足。因此,任何一个人机系统都需要解决人与机器的合理分工问题。既然人与机器在完成

系统目标上有分工,随之而来的就是人与机器的信息交换问题——人机界面问题。为了使系统达到预期目标,人机之间的信息交换必须保证准确、迅速。人机系统的改善,不仅依赖工程技术人员对机器进行改进,使机器更适合于人体因素,同时也依赖于选择适当的操作者或对操作者进行有目的的训练。因为某些特定的作业仅适合一部人。这就是职业选拔和训练对人机系统的贡献。

人的行为特性十分复杂,因此有必要了解人的机能,才能使系统安全、高效地运行。

可见人机系统是指人为了达到某种预定目标,针对某些特定条件,利用已经掌握的科学技术,组成的人、机、环境共存的体系。这就是广义的人机系统,也称为人一机—环境系统。狭义的人机系统仅指人与机器组成的共存体系。

1.2.1 人机系统的基本类型

从最简单的人与手工工具的结合,到各种不同复杂程度的人与机器的结合,任何一个基本人机系统都是由信息传递、信息处理、控制和反馈等基本结构所组成的。按照人在系统中的作用,人机系统可分成三种基本类型。

1. 手工劳动系统

手工劳动系统由人和辅助机械或手工工具构成(见图 1-1),主要动力来源于人,人既作为动力源又作为控制者,系统的效率主要取决于人。

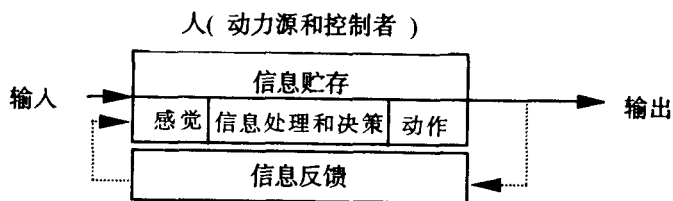


图 1-1 手工劳动系统

2. 半自动化、机械化系统

该系统由人和机械设备或半自动化机械设备构成(见图 1-2),人主要充当生产过程的控制者或操作者,动力一般由机械系统提供。这种系统中,人与机械之间信息交换频繁复杂。人通过感知生产过程中来自机械、产品的信息,经大脑加工处理,用控制手柄、开关等装置实施对机械的控制。

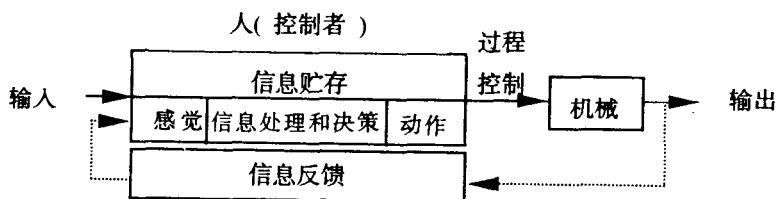


图 1-2 半自动化、机械化系统

3. 自动化系统

自动化系统由人和自动化机械设备构成(见图 1-3),在一般情况下,机械的运转可完全不依赖于人的控制,机械本身就是一个闭环系统,人只是管理者和监视者。只有发生意外情况,人才采取强制措施。

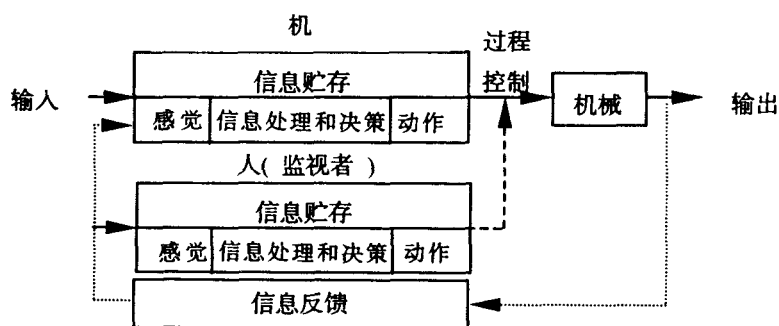


图 1-3 自动化系统

1.2.2 人与机的结合方式

在人机系统中,人与机的结合方式一般有三种基本模式,如图 1-4 所示。

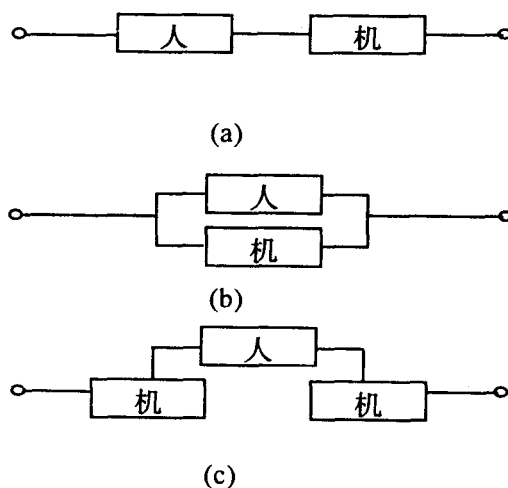


图 1-4 人与机的结合方式

(a)人与机串联;(b)人与机并联;(c)人与机串并联

1. 人与机串联方式

人通过机器的作用产生输出,因此会导致人和机的特性互相干扰。虽然人的长处通过机器得以发挥,但人的弱点也会同时被扩大。所以,采用串联系统时,必须进行人机功能的合理分配,使人成为控制的主体。

2. 人与机并联方式

人通过显示装置和控制装置,间接地作用于机器,产生输出。当系统正常时,人管理、监视系统的运行,系统对人几乎无操作要求;当系统出现异常时,系统由自动控制变为手

动控制,人与机器的结合也变为串联方式,这就要求人迅速而准确地进行判断和操作。

3. 人与机串并联方式

又称混合结合方式,是最常用的结合方式。

1.2.3 人机系统的发展与人在系统中的地位

研究人机系统发展的主要目的是归纳总结人机系统的变化特点,认识人在人机系统中的地位和作用,以便使系统设计能符合人的生理和心理特点,提高系统的可靠性和有效性。

1. 人机系统的发展变化特点

1) 科学技术进步以机器取代人的体力,这不仅延长了人的体力,也使体力消耗降低了,但是人的精神负担加重了。为了重新估计管理复杂系统对操作人员的工作负荷,必须制定新的劳动定额标准。

2) 机器由单机作业逐渐向多功能联动机组发展,机器结构也越来越复杂,使作业者了解其运行状况和掌握操作技术的难度增加了,而且人对机器运行状态的了解常用编码方式。因此需要研究采取什么样的编码方式,更便于操作者能可靠地监控系统。

3) 由于机械化和自动化的发展,使管理对象、监控对象及其参数的数量增加了,致使作业者对系统状态的分析复杂化。因此,需要确定人的功能限度问题。

4) 现代生产过程使作业者直接参与和观察加工对象、控制加工过程的机会减少了,取而代之的是人与被控对象之间“插入”了一套信息传递装置。信息通常以编码方式提供,要求作业者译码,同时也以编码方式对机械系统进行控制,改变了作业者的活动方式。因此,必须研究译码和作业者的训练问题。

5) 信息传递在时间上和空间上渐趋密集化,不仅使作业者的信息接收能力、存储能力和处理能力产生较大差别,而且还使作业者对技术装备的依赖性增加。因此,必须研究相应的对策。

6) 现代技术装备的使用,对作业者的工作速度和准确性的要求越来越高,不仅受到机器的制约,而且往往超过人的感官能力。所以,必须研究人的感知特征和限度,采取必要的措施。

7) 高度自动化使作业者的作业负荷很低,人在低负荷条件下,缺少足够的信息刺激,使人产生烦躁感,警觉性降低,注意力分散,一旦出现异常信号,又感到惊慌失措。为此,必须采取对策,保持警惕性。

8) 航天和深海技术的发展,必须研究人在系统中失重和超重条件下的行为和能力问题。

2. 人机系统中人的地位

随着科学技术的发展与完善,人获得了卓越的成就,比如发明了机器人。但机器人也只不过是一种机器,它只能代替人的部分工作,而且是人的意识再现。因为劳动是人有意意识的活动,所以人是劳动的主体。但科学技术的发展,会使劳动工具先进,劳动条件改善,也会改变对劳动主体的要求。如人能同时感知多少信息,人以什么样的速度、准确性和形式来执行等。显然这只能依赖于设计者在设计人机系统时,对系统中人体因素的考虑程度。