

卓越工程师计划：软件工程专业系列丛书

人机交互

及实验设计

孙明 周晔 杨林权 编著



科学出版社

卓越工程师计划：软件工程专业系列丛书

人机交互及实验设计

孙明 周晔 杨林权 编著

科学出版社

北京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本书全面介绍人机工程学基本原理、设计理念及应用方法,以及人机交互基本知识、各种交互设备及其工作原理、人机交互技术、人机界面设计等内容。读者通过对本书的学习,可以了解人-机-环境系统中三大要素之间的关系,掌握人机工程的基本理论,包括定义、研究内容、发展简介、知觉与感觉器官、操纵与显示问题。重点了解人机交互的概念、不同时期的用户界面特点,理解用户界面设计的基本原则和方法。根据软件技术发展的趋势,结合当前主流界面实现技术,熟练掌握软件系统用户界面设计的主要过程和方法。

本书既可作为软件工程相关专业的本科教材,也可作为工业设计专业必修课程教材,还可作为相关专业研究生、人机工程学方面的研究人员和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

人机交互及实验设计/孙明,周晔,杨林权编著. —北京:科学出版社,2015.11
(卓越工程师计划:软件工程专业系列丛书)

ISBN 978-7-03-046441-5

I. ①人… II. ①孙… ②周… ③杨… III. ①人机—系统—高等学校—教材 IV. ①TP11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 274569 号

责任编辑:张颖兵 闫 陶/责任校对:董 丽

责任印制:高 嵘/封面设计:陈明亮

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>

武汉中科兴业印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16

2016年1月第一版 印张:11 3/4

2016年1月第一次印刷 字数:260 000

定价:30.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

卓越工程师计划:软件工程专业系列丛书

编委会

丛书主编 谢 忠 周顺平 罗忠文

编 委 (按姓氏笔画排序)

万 波 方 芳 叶亚琴 左泽均

向秀桥 孙 明 张剑波 李圣文

杨 林 杨之江 杨林权 周 晔

周顺平 尚建嘎 罗忠文 胡茂胜

袁国斌 龚君芳 龚国清

前 言

本书的第1章介绍人机工程学的定义、发展现状和趋势、研究内容和研究方法,以及人机系统的基本知识。

第2章介绍人机交互的背景、国内外发展现状,以及产品人机交互设计的内容、步骤和方法;并以计算机人机界面设计为例,介绍人机交互设计的基本模型;最后介绍用户体验及可用性工程的基本概念。

第3章介绍人体感觉器官生理特点,以及在此基础上显示和信号装置的设计原则。

第4章介绍感知和认知的特性以及人体信息处理系统的基本模型。

第5章侧重介绍各种交互设备的原理和技术。

第6章主要从图形交互技术、语音交互技术、笔交互技术以及虚拟现实技术等几个方面详细介绍一些常用的新兴的交互技术。

第7~8章分别介绍 Web 界面、移动界面的人机界面的设计原则、方法、技术与工具。

第9章重点介绍人机工程及交互的应用。

本书第1~4章由周晔执笔,第5~8章由孙明执笔,第9章由杨林权执笔,本书最后由孙明、周晔统稿。由于时间仓促,编者水平有限,书中欠妥和纰漏之处在所难免,恳请读者和同行不吝指正。

编 者
2015年7月

目 录

第 1 章 人机工程学概论	1
1.1 人机工程学的定义	1
1.2 人机工程学的发展简史	2
1.3 人机工程学体系的确立	3
1.4 人机工程学的任务和研究范围	4
1.5 人机工程学的研究方法	5
1.6 人机系统	7
第 2 章 人机交互概论	13
2.1 人机交互的背景.....	13
2.2 产品人机交互设计的基本概念.....	14
2.3 人机界面交互技术.....	17
2.4 人机交互设计的目的与步骤.....	19
2.5 人机交互设计实例.....	21
2.6 交互设计与用户体验及可用性工程概念.....	24
第 3 章 人体视觉特征与显示装置设计	27
3.1 视觉器官与视觉特性.....	27
3.2 显示装置的类型与设计原则.....	34
3.3 显示仪表的设计与布置.....	35
3.4 信号显示设计.....	43
第 4 章 感知觉与人对信息的处理	47
4.1 感知觉及其特征.....	47
4.2 人的信息处理系统.....	55
第 5 章 交互设备	59
5.1 键盘与小键盘.....	59
5.2 指点设备.....	62
5.3 语音与听觉界面.....	71
5.4 显示器.....	75
第 6 章 交互技术	81
6.1 基本交互技术.....	81

6.2	图形交互技术	83
6.3	语音交互技术	88
6.4	笔交互技术	91
6.5	虚拟现实技术	94
第7章	Web 界面设计	96
7.1	界面设计原则	96
7.2	设计流程	99
7.3	以用户为中心的界面设计	102
7.4	Web 界面及相关概念和原则	106
7.5	Web 界面要素设计	114
7.6	Web 界面设计技术	117
第8章	移动界面设计	128
8.1	移动设备及交互方式	128
8.2	移动界面设计原则	133
8.3	移动界面要素设计	135
8.4	移动界面设计技术与工具	141
第9章	人机工程及交互的应用	148
9.1	非物质化人机工程	148
9.2	网络化人机工程	151
9.3	虚拟化人机工程	154
9.4	数字化人机工程	158
9.5	智能化人机系统	161
9.6	人机交互技术的发展前沿	163
	参考文献	177

第1章 人机工程学概论

1.1 人机工程学的定义

人机工程学是一门新兴的边缘学科,它起源于欧洲,形成于美国,作为一门独立的学科,已有40多年的历史。

国际人机工程学协会(International Ergonomics Association, IEA)对人机工程学下的定义是,人机工程学研究的是人在某种环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的各种因素;人和机器及环境的相互作用;人在工作、家庭生活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。1989年成立的中国人人类工效学会(Chinese Ergonomics Society, CES)会章中也指出“人类工效学是研究人-机器-环境系统中人的心理、生理、效率、安全、健康、舒适等因素的学科,它使人的工作达到最优化。”

关于什么是人机工程学,由于研究者的任务和研究范围不同,所下的定义往往也有所不同。美国人机工程学专家伍德(C. C. Wood)对人机工程学所下的定义为,机器设计必须适合人的各方面因素的要求,以便在操作上付出最小代价而得到最高效率。伍德森(W. B. Woodson)则认为人机工程学研究的是人与机器相互关系的合理方案,即人的知觉显示、操纵控制与人机系统的设计及其布置和作业系统的最佳组合,其目的在于获得最高的效率,并使工作人员在作业时感到安全和舒适。著名的美国人机工程学及应用心理学家查帕尼斯(A. Chapanis)说:“人机工程学是在做机械设计时,考虑如何使人获得操作简便而又准确的一门学科。”还有的学者认为“人机工程学是在综合各种有关人的科学成果的基础上研究人的劳动活动环境的学科”等。

这里需要指出的是,“人机工程学”名称中的“机”是广义的,而不是狭义的。也就是说,这个“机”不只是指狭义的“机器”“机械”,而是包括“机具”“工具”“房屋建筑”“家具”和“衣物”等在内的、与人的生活有直接关系的所有器物和工程系统,在后面的论述中,大都以“机”或“机器”出现,但一般来说,这都是广义的,而不是狭义的。这是读者需要注意的问题,了解到这一点,才能更深一层地理解人机工程学的作用与意义。

综上所述,人机工程学的目的如下:

- (1) 在设计机器设备或建筑物时,必须考虑人的各种因素——生理的和心理的;
- (2) 设计出来的机器,使人能准确、省力地操作,并且使用方便;
- (3) 使人在工作与生活中有舒适的建筑环境 and 安全感;
- (4) 提高人的工作效能(这也是最终的目的)。

因此,可以定义人机工程学为,运用生理学、心理学和技术学科及其他有关学科的知识,使机器和人相互协调,并创造舒适和安全的环境条件,从而提高工效的一门学科。

1.2 人机工程学的发展简史

1.2.1 肌肉疲劳试验研究

1884年德国学者莫索(A. Mosso)对人体劳动疲劳进行了研究。当人作业时,在人体内通以微电流,随着人体疲劳程度的不同,电流也随之变化,然后再用电信号将人体的疲劳程度测量出来。这一研究为后来形成的“劳动科学”学科打下了基础。

1.2.2 铁锹作业实验研究

1989年美国学者泰勒(F. W. Taylor)从人机工程学的角度出发,对铁锹的使用效率进行研究。他用形状相同而铲量不同的4种铁锹(每次可铲重量分别为5 kg, 10 kg, 17 kg和30 kg的4种铁锹)去铲同样一堆煤。虽然17 kg和30 kg的铁锹每次铲量大,但是试验结果表明,用10 kg的铁锹铲煤效率最高。他做了许多试验,终于找出了铁锹的最佳设计和搬运煤屑、铁屑、砂子和铁矿石等松散粒状材料时每一铲的最适当重量。这就是人机工程学建立过程中著名的“铁锹作业试验”。

1.2.3 砌砖作业试验研究

1911年吉尔伯勒斯(F. B. Gilbreth)对美国建筑公司工人砌砖作业进行了试验,他用快速摄影机将工人砌砖动作拍摄下来,对动作过程进行分析研究,去掉无效动作,提高有效动作的效率,使工人的砌砖速度由当时的每小时120块提高到350块。

泰勒和吉尔伯勒斯的这些研究试验,影响很大,后来成为人机工程学的重要分支,国外称为“时间与动作的研究(time and motion study)”的主要内容。特别是泰勒的研究成果,在20世纪初成为美国及西欧一些国家为了提高劳动生产率而推行的“泰勒制”。

1.2.4 人机工程学的形成与发展

第二次世界大战期间,一些国家,特别是美国,大力发展高效能和威力大的新式武器和装备。但是,由于只片面地注重这方面的研究和发展,而忽视了对使用者操纵能力的训练,因此,失败的教训屡见不鲜。以飞机的飞行为例,由于座舱及仪表位置设计不当,造成驾驶员误读仪表盘和误用操纵器而发生意外失事,或战斗时操作不灵活、命中率降低等事故时有发生。这些事故发生的主要原因,归结起来有两个方面:一是这些控制仪器的设计,没有充分考虑人的心理和生理特性,致使仪器的设计和配置不当,不能适应人的要求;二是操作人员缺乏训练,不能适应复杂机器系统的操作要求。这些教训,引起了决策者和工程师的高度重视。工程师深深感到“人的因素”在设计中实在是不能忽视的一个重要条件,同时认识到,要设计好一个现代化设备,只有工程技术知识是不够的,还必须有其他学科方面的知识,如生理学、心理学等方面的知识。于是一门完整的新兴学科——科学的人机工程学就应运而生了。

随着机械化、自动化和电子化的高度发展,人的因素在生产中的影响越来越大,人机协调问题也显得越来越重要,从而促进了这门学科的迅速发展。1960年国际人机工程学协会正式成立了。1982年8月在日本东京举行了第8届国际人机工程学会会议。1991年8月在法国巴黎举行了第11届国际人机工程学会会议。

1.3 人机工程学体系的确立

人机工程学与其他边缘学科一样,是综合应用各有关方面的科学原理、方法和成果而形成的,其关系如图1-1所示。

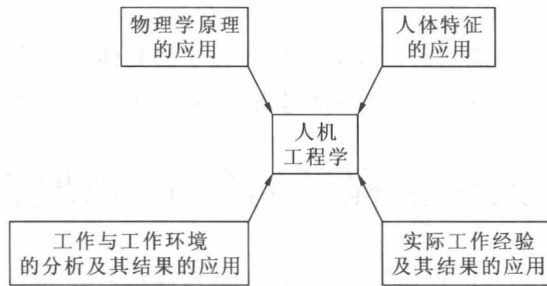


图 1-1 人机工程学体系的确立

1.3.1 物理学原理的应用

人机系统主要由人和机器两部分组成。从人的方面来看,人机系统主要是根据人的操作和活动能力来寻求机器所需要的基本空间、位置和运动方向。从机械效能方面来看,人机系统必须遵守物理学原理,如惯性定律、杠杆原理等。所以,研究物理学原理的应用十分重要。

1.3.2 人体特征的应用

在人机系统中人是主体,因此要了解人的有关生理和心理特征,并把它应用于任何形式的人机系统的设计中。

人有各种器官,并具有呼吸、血液循环、信息接收、肌肉运动等生理功能。研究人机工程学就要了解这些生理功能产生的机理、条件及机体内外环境变化对生理功能的影响,从而掌握和运用这些规律并用于人机系统的设计中。

人的心理活动是复杂的,它是大脑皮层兴奋和抑制生理过程的结果,是受人体整个外部运动和社会的影响,并与人的生理功能密切联系。在生产过程中,处处充满着人的心理活动,越是复杂的人机系统,其心理因素的影响和作用就越大,越明显。所以,在研究和确立人机工程学体系时,要充分考虑人的心理特征。

1.3.3 工作与工作环境分析及其结果的应用

对于人机系统,如果仅仅把人和机器两方面的问题分别孤立地进行研究,是不能构成人机

系统的,因为任何生产过程的变化和完成,都是人与机械(包括各种机器和工具)协同工作的结果。因此,只有把人与机械作为一个统一体来进行分析研究,才是科学的。这就要研究人操纵机器和工作的实际情况。此外,在人机之间还有环境的因素,因此还需要研究环境条件对人机系统的影响,这样才能全面地满足人机工程学的要求。

1.3.4 实际工作经验的分析及其结果的应用

这是人机工程学中很重要的一个方面。在生产活动过程(如操作机器)中,经常会出现因机器故障、机能不良或人的精神紧张、疲劳和疾病等造成的操作失误,由此人们总结出许多宝贵的经验和教训。更可贵的是,有许多实际的经验教训,只通过短期的分析和实验是无法得到的。

在实际工作经验中,不仅成功的经验对人机工程学研究体系有作用,而且失败的教训同样有重要的作用。只有把这两方面的经验综合起来,才能更全面深入地反映实际工作中的问题。

1.4 人机工程学的任务和研究范围

现代的机器不但起着动力的作用,还担负着一系列过去只有人才能完成的工作,如复杂的运算、自动控制、逻辑推理和识别图像等。它把人从简单的劳动中解放出来,转而去完成更多更复杂的任务。

实践证明,尽管采用了一种新的、高效能的机械或设备,但如果它的结构不能适应人的生理和心理特征,则往往还是得不到理想的效果。可见,机械效能不但取决于它的有效系数、生产率和可靠性等,而且还取决于是否充分适应人的操作要求。适应人的操作要求,又主要取决于机械的结构、信息的传递方式和操纵装置的布局等。因此,操纵和控制装置把人和机器连接成一个系统,它是人机系统中的重要环节,是连通人与机器的桥梁。

在生产或操作的场所,总是包含着人和机器,以及围绕着机器和人的环境条件,这是一个



图 1-2 人机关系示意图

人、机、环境相互作用的综合体,如图 1-2 所示。这个综合体的相互关系,显然不是平等的关系,而是主从关系,即人(主动者)始终有意识、有目的地操纵机器和控制环境,而机器(被动者)始终是人的劳动工具,服从于人,执行人的意志。人与机械的关系是否协调,要看机械本身是否具备适应人的特性而定;而

环境往往不能完全受人的控制。因此,总会有一定的约束和影响。人是劳动的主体,主要由劳动生理学和劳动心理学去研究;机械是人的劳动手段,它是机械工程等技术学科的研究对象。人机工程学的研究对象是“人-机-环境”这个统一的综合体,而人与机器的关系是其中中心环节。人机工程学的主要任务是对这一综合体建立合理而又可行的方案,以便有效地发挥人的作用,为操作者提供舒适和安全的环境,从而达到提高工作效率的目的。根据这样的任务和目的,人机工程学的研究范围大致如下。

(1) 研究人和机器的合理分工及其相互适应的问题。一方面,必须对人和机器的潜力进行分析比较,研究人的动作的准确性、速度和范围的大小,以便确定控制系统的最优结构方案;另一方面,人的能力会因劳动工具(机器)的发展而扩大,即新技术和新机器的诞生,会使人在生产过程中的作用和地位发生变化。因此,在设计机器时,必须根据人机工程学的原理解决如何适应于人的特点的问题,以保证最优劳动条件的实现。

(2) 研究被控对象的状态、信息如何输入,以及人的操纵活动的信息如何输出的问题。这里主要是研究人的生理过程(如视觉现象)和心理过程的规律性。显然,也要运用其他技术学科的资料,才能较圆满地解决这些问题。

(3) 建立“人-机-环境”系统的原则。根据人的生理和心理特征,阐明对机器和环境应提出什么样的要求,如阐明如何进行作业空间设计,如何改善环境条件,以减少对人的不利影响等。

1.5 人机工程学的研究方法

人机工程学的研究方法很多,这里主要介绍常用的一般方法及亨利威尔(Honeywell)法。

1.5.1 人机工程学研究的一般方法

对于不同性质的人机系统,如人-机器-环境系统,人-建筑-环境系统等,由于其研究和解决的对象不同,其研究方法也有所不同。下面是一般通用的研究方法。

1. 实测法

实测法(measurement method)是一种借助机械设备进行实测的方法,是最常用的方法。例如,为了解决操作面设计而需要确定手臂活动范围,某单位在一些工厂里,选择年龄为18~65岁,男性226人,女性204人,按年龄分成三类(身体正在发育成长时期的18~25岁的为一类;身体发育成长已到稳定时期的26~40岁的为一类;开始衰老时期的41~65岁的为一类),然后借助测量仪器分别对他们的手臂活动范围及人体体型特征进行实测,实测所得的资料为机器和装置设计及操作空间的布置提供了依据。

2. 实验法

当实测法受到限制时,可采用实验法(experimental method),一般在实验室进行,但也可以在其他环境下进行。例如,为了得到某种按钮开关的按压力、手感和舒适感等人体要求的数据,一般在作业现场或实验室内进行短时间的测试即可。但当要了解色彩环境对人的心理、生理和工作效率的影响时,一般在实验室作短时间的实验是不能解决的;还应在建筑室内对在各种色彩环境下工作的人员的不同反应,持续进行一段时间的实验观测,才能得到比较真实的结果。

3. 分析法

分析法(analytical method)一般是在前两种方法的基础上进行的,例如,对于人在操作机

械时的动作分析(动态分析),首先用实测的方法,即用轨迹摄影及高速录像技术,将人在操作过程中所完成的每个连续动作逐一记录下来,然后进行分析研究,以便排除其中的无效动作,减少人的重心移动,纠正不良姿势,从而有效地减轻人的劳动强度,提高工作效率。特别是,对一种动作在一个作业班次内要重复成千上万次的流水线作业,利用这种方法,哪怕只去掉或改进一个动作,都会对提高生产效率起到重要作用。

在分析法中,常常要研究所需要的两种变量——自变量和因变量。一般来说,自变量就是所实测的量(因素),如照度值、环境状况和重力等因素的量;因变量为随自变量变化而变化的量,实际上,因变量常指规范和标准的量。研究这两种变量的关系,从中找出合乎规律的东西。

1.5.2 亨利威尔法

1. 瞬间操作分析法

生产过程一般都是连续的,因此,人和机械之间的信息传递也是连续的。但要分析这种连续传递的信息是很困难的,因而只能使用间歇性的分析测定法,即用统计方法中的随机取样法,对操作者与机械之间在每一间隔时刻的信息进行测定(瞬间操作分析,second-by-second operational analysis)。这时要特别注意操作者接受信息(输入)与发出的动作(输出)的区别。测定完后,再用统计推理的方法加以整理,从而得到对改善人机系统有益的资料。

2. 知觉与运动信息分析法

一般来说,由外界传给人的信息,首先由感知器官传到神经中枢,经大脑处理后,产生反应信号再传递给肢体去对机械进行操作,被操作后的机械状况信息又送回于人,成为一种反馈系统。知觉与运动信息分析法(perceptual and motor information analysis),就是对这种反馈系统进行测定和分析,并用信息理论去阐明信息传递的数量关系。

3. 连续操作的负荷分析法

连续操作的负荷分析(continuous control work load analysis)法是采用强制抽样电子计算机技术来分析操作人员连续操作的情况。用这种方法时一般要规定操作所必需的最小的间隔时间,以推算操作人员工作的负荷程度。

4. 全工作负荷分析法

全工作负荷分析(total work load analysis)法是对操作者在单位时间内工作负荷的分析,一般用单位时间的作业负荷率(%)表示。

5. 使用频率分析法

使用频率分析(use frequency analysis)法是对人机系统中的装置、设备等机械系统被使用的频率进行测定和分析,其结果可作为调整操作人员负荷的参考数据。

6. 设备互相关连性分析法

设备互相关连性分析(instrument link analysis)法是对机械的使用方法及人与机械状态的变化等进行观测和分析的方法。如观测同时操作几台机器的操作者,从一台机器转到另一台机器时,眼的移动次数与操作频率的情况,再通过分析,从而获得机器和控制装置的适当比例关系。

1.6 人机系统

机械作为人类历史的一部分,它的诞生已有很长时间。自产业革命以后,由于技术的进步,机器变得更有力量,并互相结合形成了更为复杂的系统。因此,由于操作人员判断差错或操作不当而造成的后果也更为严重。这就意味着要成功地设计一台机器必须将其与潜在的操作(或使用)者、未来的运行环境结合在一起,进行“人机系统”的设计。

1.6.1 系统的观点

如前所述,要成功地设计一件产品必须采取系统的观点,而不能孤立地只从产品本身来考虑。当设计者用系统的观点来看待未来的操作者——人时,就能从只考虑人在操作中的个别细节的过程中解脱出来,并站在较高的层次上来检验人与系统中其他组成部分之间完整的相互关系。

在一个目标确定的系统中,如安全运送人员的系统、从月球上取回试样的系统、生产棉纱的系统等,人只是其中的一个组成部分,一个具有特定输入与输出特征的“黑盒子”。在有些场合,如直接控制放射性试样的场合,由人来控制显然行不通;而在有些场合,如海底采矿或宇宙航行等,系统既能由人来操作,又可完全自动地运行。这时,究竟是否要有人实施操作、控制,就要进行仔细估量。

根据系统中人与机器功能分配的相对程度,可将人机系统分为以下三种类型。

第一种类型是人工系统。这是由人、手动工具和其他辅助手段结合而组成的。这里的辅助手段也必须由操作者用自己的体力来进行操作,操作者运用他的工具来传递,并从中接受大部分信息,其工作节奏和步调可以完全由自己掌握。

第二种类型是机械系统。如机床是由不同的零件适当组合在一起而成的,其动力通常由机械提供,操作者的作用基本上是执行其中某一部分的控制。每个独立的机械系统还可以连接在一起,以形成更完整的生产线。在这些系统中,操作者接受有关系统运行状态的信息,执行信息处理,作出决定的功能,并运用控制装置来完成所作出的决定。

第三种类型为全自动系统。在这样的系统中,所有的操作功能,包括检测、处理信息、作出决定和完成动作,都由机械来执行。但这种系统需要人事先对所有可能预料出现的各种输入信息的结合方式作出周密的考虑。所以尽管从理论上讲,这样的系统根本无需人的干预,但实际上也还是离不开人。不过,这时人的主要功能是进行监视、计划和保养。

比较这三类人机系统,显然第一类系统中人的负担最重;第三类系统中人的负担最轻;第二类系统则介于两者之间。

为了便于判别操作人员在系统中的作用,促进创新的灵活性,可以利用从实际中分离出来的抽象的功能概念把系统概念化。图 1-3 表达了这一概念性的系统设计过程。

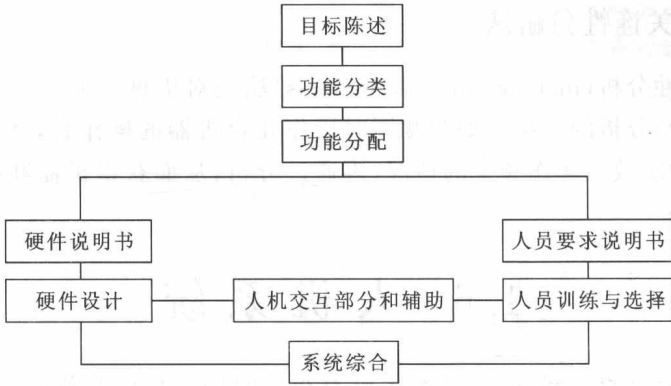


图 1-3 系统的概念化设计

当把操作的人看作系统中的一个组成部分时,无论是起重机、铁路机车还是轮船、汽车驾驶室内的操作者,都可看成一个闭环控制系统中的组成部分。图 1-4 表明了整个人机系统中各组成部分的相互关系,还可进一步分析出人在整个人机系统中具体进行控制作业时的信息处理过程,如图 1-5 所示。

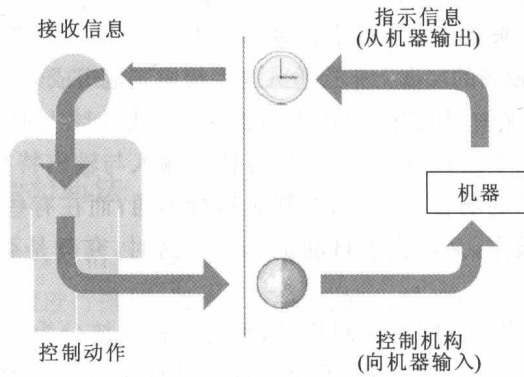


图 1-4 闭环控制系统中的相互关系

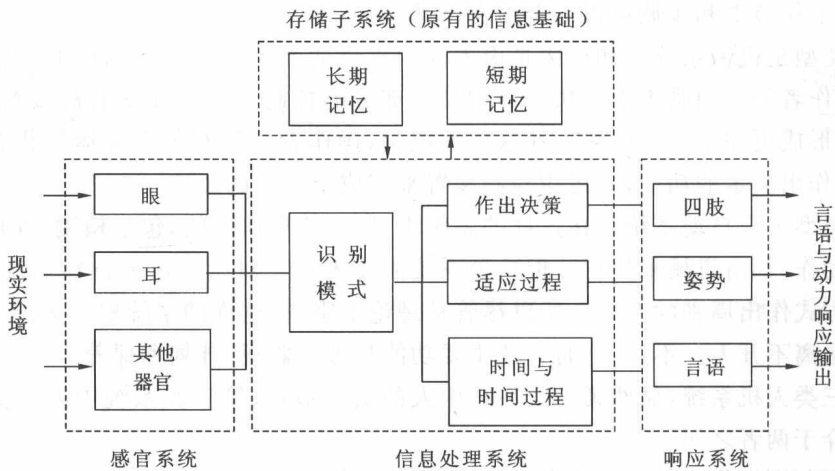


图 1-5 人的信息处理系统

1.6.2 人与机器的合理分工

1. 系统效率与人机分工

任何人机系统只有当它所有的组成部分之间都能够以某种方式相互联系、相互作用时,才是有效的。机械设计如果不注重将来使用、控制和监测该装置的人的精神与体力的能力,是不可能成功的。在人类只使用手工工具进行生产的年代,工具是由人直接提供的能量产生动作的。因此,人想要停止工作即可立刻停止。例如,人想使锤子停止工作只需松开手即成。然而,自产业革命后出现的机械能的利用,产生了与人的力量迥然不同的巨大能量。当持有小能量的人面对具有大能量的机械时,就必须考虑如何把这种机械设计成也能随人的意愿进行控制。这样,必须在人、机之间按各自的能力,正确、合理地分配所承担的工作。人类这种工作性质的改变可用图 1-6 来说明。

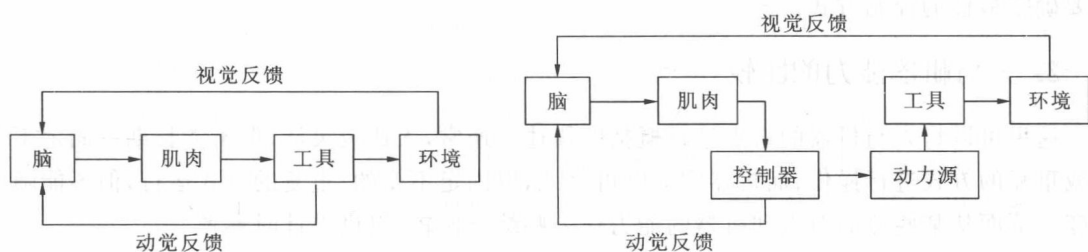


图 1-6 人类工作性质的改变

因此,机械的有效性将不只取决于一些“传统”的技术特性,如有效系数、生产率和可靠性等,还与操作者能够操纵机器的难易程度和准确性有关。如果设人机系统的综合效率为 η_s ,机械效率为 η_m ,人的效率为 η_h ,那么,三者之间存在如下的关系式:

$$\eta_s = \eta_h \cdot \eta_m$$

即反映出来的实际效率将是人机的综合效率,而不只是机械本身的效率。如果机械效率 $\eta_m = 0.78$,而人的效率 $\eta_h = 0.3$,则整个系统的效率就是 $\eta_s = 0.78 \times 0.3 = 0.234$ 。可见,尽管机械效率保持不变,人的效率得到大幅提高,系统的效率却会大大提高。这里以数学形式再一次强调了人的因素是一个不可忽略的因素。

在工程实际中,造成人的效率下降的主要原因是人与机器之间的分工不合理,有以下两个方面。

(1) 人承担了超出其能力所能承担的负荷或速度。如德国某一工厂安装了一台缝纫机,尽管其外形、色彩十分美观,但由于操作速度太快(1 min 可缝 6 000 针),超出了大多数人的极限,结果 80 名女工中只有 1 人坚持到底。因此,其实际效率仍是低的。又如在印度,为了提高插秧速度,有人制造了一种插秧机,其与人工插秧相比可以提高 10 倍,可是因操作十分费力,体力消耗增加 2.5 倍,结果无法推广。

(2) 不能根据人执行功能的特点找出人机之间最适宜的相互联系的途径与手段。如在不少使用冲压机的工厂经常会发生工人手指被切断的事故,就是因为冲压机的设计中忽视了

人的动作反应特点而造成的。当操作者伸出脚踩下脚踏开关时,除非思想高度集中,否则很容易发生手随着脚下意识地一齐前伸而造成事故。又如早期的双桶洗衣机,当脱水桶在运转时,打开脱水桶盖后脱水桶不会自动停止,设计者为防止用户将手无意间伸入旋转的桶中造成事故,特意在洗衣机上用醒目的字样提醒用户不要在脱水桶工作时将手伸向桶内,可结果还是不断发生用户伸手而受伤的事故。这就是设计者忽视了人的反应特点造成的。由于人对事件的反应存在“人为误差”,当发现桶内衣物不正常时会忘记脱水桶正在运转而情不自禁地将手伸入桶内。设计者认识到这一事实后,即对洗衣机进行了改进。现在使用的洗衣机只要打开脱水桶盖,旋转着的脱水桶会立即自动停止,从而彻底消除了事故隐患。

现在,设计的主要困难已不在于产品本身,而在于是否能够找出人与机器之间最适宜的相互联系的途径与手段,在于是否能够全面考虑到操作者在人机系统中的功能作用特点和机器结构与“人的因素”相吻合的程度。这样,就必须将人和机器的能力做适当比较,以便了解人机能力的差异,从而确定人应该负担哪些信息加工功能,机器应该担负怎样的工作,并根据实际需要确定最佳的控制方式。

2. 人与机器能力的比较

这里可以将人与机器的特点进行概括的描述。通常,人比较灵活,但不能长期以固定不变的或重复的方式进行操作;而机器则能够可靠地,以固定不变的、重复的方式运行,但不能随机应变。下面从某些侧面对人和机器的能力作一些综合比较,以供设计时参考。

(1) 人善于:

察觉某些低水平的刺激;

在“喧闹”的背景中检测出讯号刺激;

辨认复杂刺激的不同相关模式;

察觉偶发和意外的事情;

在较长的时期内记住策略与原理;

回忆恰当的或相关的信息项,但其可靠性较低;

在作出决策时,能利用不同的经验,使决策适应所面临的局面,并作出应急反应;

在某些模式不能取得成功时,挑选可供选择的其他操作模式;

用归纳法进行推论,从观察中引出一一般性结论;

应用某个原理以解决多变的问题;

作出主观估计与评价;

形成全新的解决办法;

在超负荷的条件下,仍能集中全力做更重要的事情;

使作出的响应在合理范围内适应操作要求的变化。

(2) 机器善于:

感觉超出人正常范围之外的刺激,如 X 射线、雷达波和超声振动;

运用推论的论据,识别属于某一类的特殊信息;

监控预先设定的事件,尤其在这类事件较少发生的场合;

迅速、大量地储存代码信息;