



高等学校“十一五”规划教材

人机工程学

Renji Gongchengxue

李建中 曾维鑫 李建华 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等学校“十一五”规划教材

人机工程学

主 编 李建中 曾维鑫 李建华
副主编 胡燕平 王俊涛 郭 星
任卫红
参 编 陈东海 操亚琴

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书为高等学校(矿业)“十一五”规划教材,主要讲述人机工程学的基本原理、方法及其应用。内容包括:概述、人体尺寸、人体机能及其特征、人的作业效能与作业疲劳、作业岗位与作业空间设计、显示装置设计、操纵装置设计、工作台椅与用具设计、事故分析与安全设计、作业环境设计、人机系统设计、人机系统分析与评价、人机工程学应用示例。

本书可以作为高等学校工业设计专业必修课教材使用,亦可供相关专业的师生以及科研、设计部门和生产单位的技术人员从事教学、科研和设计工作参考。

图书在版编目(CIP)数据

人机工程学/李建中,曾维鑫,李建华主编. —徐州:
中国矿业大学出版社,2009.1
ISBN 978 - 7 - 5646 - 0155 - 3

I. 人… II. ①李…②曾…③李… III. 人-机系统—高等学校—教材 IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 194933 号

书 名 人机工程学
主 编 李建中 曾维鑫 李建华
责任编辑 钟 诚
责任校对 周俊平
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 16.75 字数 418 千字
版次印次 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷
定 价 29.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

人机工程学起源于 20 世纪初期,作为一门独立的学科只有 50 多年的历史。它综合应用人体科学、工程科学、环境科学、社会科学及技术美学等多方面的有关理论、研究方法和手段,基于系统工程的观点,以人的生理、心理特征为依据,来分析研究人与人所操纵的机械设备、人与环境以及机械设备与环境之间的相互关系和作用,为设计操作简便省力、安全舒适、人一机一环境的配合达到最佳状态的工程系统,提供理论和方法。其目的在于提高人的工作效率,改善人的工作条件,增加机器工作的可靠性,使工作更为安全和舒适。

我国于 20 世纪 60 年代开始人机工程学在军事领域尖端技术中的应用研究,并取得一些成果。但作为现代意义上的人机工程学的研究,只是在 20 世纪 80 年代初才开始。近 20 多年来,我国科学技术快速进步,经济、教育迅猛发展,推动了人机工程学的不断成熟,人们逐渐认识到人机工程学对国民经济发展的重要性。在高等院校,有关专业和人机工程学课程的设置越来越多,同时对该课程教材的要求也越来越高。

为了促进人机工程学学科在我国的发展和满足高等院校教学的迫切需要,根据高等学校(矿业)“十一五”教材编写规划,我们编写了这本教材。本书既可以作为高等学校机械类和近机类各专业的教材,也可作为相关专业研究生的参考书,亦可供科研、设计部门和生产单位的工程技术人员参考。

本书由河南理工大学李建中、中国矿业大学曾维鑫、西安科技大学李建华主编,李建中撰写第一、十二、十三章,曾维鑫撰写第五章,李建华撰写第三章,山东科技大学王俊涛撰写第六章,湖南科技大学胡燕平撰写第七章,河北工程大学郭星撰写第二章,河南理工大学任卫红撰写第十章,河南理工大学陈东海撰写第八、九、十一章,辽宁工程技术大学操亚琴撰写第四章。

本书由河南理工大学博士生导师王裕清教授和赵波教授主审,提出了许多宝贵的意见,编者在此表示衷心的感谢。

本书的编写还参阅和引用了许多作者的研究成果,我们以参考文献的形式列于书末(也可能有因疏忽而遗漏的)。这些研究成果为本书提供了丰富的素材,我们表示由衷的感谢。

人机工程学在国内作为一门尚处于发展中的新兴学科,还有许多待开拓和研究的领域。由于编者水平有限,书中不妥和错误在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

第一章 概述	1
第一节 人机工程学及其产生与发展.....	1
第二节 人机工程学研究的内容和方法.....	4
第三节 人机系统与人机界面	11
第四节 人机工程学学科体系与应用	14
第五节 人机工程学标准与软件简介	17
第二章 人体尺寸	20
第一节 人体测量基本知识	20
第二节 常用人体尺寸	24
第三节 人体尺寸数据应用	31
第四节 人体模板	36
第三章 人体机能及其特征	41
第一节 人的感觉和知觉	41
第二节 人的视觉机能及其特征	46
第三节 人的听觉机能及其特征	50
第四节 人的其他感觉机能及其特征	53
第五节 人体神经系统机能及其特征	54
第六节 人的信息处理系统	57
第七节 人体运动系统机能及其特征	59
第八节 人体施力及其特征	61
第九节 人体运动输出及其特征	64
第十节 人的心理特征	69
第四章 人的作业效能与作业疲劳	74
第一节 体力作业负荷与能量代谢	74
第二节 作业时氧耗动态	76
第三节 劳动强度及其分级	77
第四节 疲劳概述	80
第五节 疲劳检测	84
第六节 疲劳的规律	87

第七节	降低作业疲劳的途径	88
第五章	作业岗位与作业空间设计	95
第一节	作业岗位	95
第二节	手工作业岗位设计	97
第三节	视觉信息作业岗位设计	102
第四节	作业空间人体尺度	104
第五节	作业空间设计	108
第六节	作业空间设计步骤	116
第六章	显示装置设计	118
第一节	概述	118
第二节	仪表设计	119
第三节	仪表布局与排列	127
第四节	其他信息显示装置	128
第七章	操纵装置设计	137
第一节	操纵装置的类型及其选择	137
第二节	操纵装置人机工程设计	139
第三节	操纵装置编码	146
第四节	操纵和显示装置组合设计	148
第八章	工作台椅与用具设计	153
第一节	控制台设计	153
第二节	办公台设计	156
第三节	工作座椅设计	157
第四节	用具设计	165
第九章	事故分析与安全设计	170
第一节	事故成因分析	170
第二节	事故模型	174
第三节	事故控制基本策略	176
第四节	安全防护装置设计	178
第五节	其他安全措施	185
第十章	作业环境设计	187
第一节	概述	187
第二节	照明环境	188
第三节	色彩环境	194

第四节	微气候环境	200
第五节	噪声环境	204
第六节	振动环境	211
第十一章	人机系统设计	216
第一节	人机系统类型	216
第二节	人机系统设计	218
第三节	人机系统设计示例	224
第十二章	人机系统分析与评价	229
第一节	概述	229
第二节	人机系统分析的简便方法	231
第三节	人机系统的可靠性分析	234
第四节	人机系统安全分析	240
第十三章	人机工程学应用示例	247
第一节	机床操纵装置布局人机工程学分析	247
第二节	人机工程学在汽车设计中的应用	250
第三节	人机工程学在鞋类产品设计中的应用	255
参考文献		259

第一章 概 述

第一节 人机工程学及其产生与发展

人机工程学是一门运用系统科学理论和方法,正确处理人、机、环境之间的关系,研究人一机—环境系统最优组合的工程技术科学。人机工程学既是一种设计思想和理论,又是一种有效的系统综合设计和评价技术。对于后者,面向工程应用的研究已经成为工业领域普遍关注的问题。随着科学技术的发展和生产力的提高,人们对工作、生活和休息质量的要求不断提高,人机工程学的研究和应用范围不断扩大,如航空航天、国防、机械工业、交通运输、建筑、办公和日常生活等领域,都需要人机工程学理论和方法。人机工程学已成为推动社会进步和科学发展的新的技术动力。

一、人机工程学基本概念

人机工程学(Man-Machine Engineering),又称为人类工效学(Ergonomics)、人类工程学(Human Engineering)、工程心理学(Engineering Psychology)等。人机工程学是多门传统学科综合的交叉学科,所研究的内容十分丰富,应用的领域极其广泛;又因为它是一门新兴学科,因而对其所下的定义有多种,而且随着该学科的发展,其定义也在不断变化。目前,比较全面、明确的定义有以下两个。

2000年8月,国际人机工程学学会(IEA, International Ergonomics Association)所下的定义是:人机工程学是研究人与系统中其他因素之间的相互作用,以及应用相关理论、原理、数据和方法来设计以达到优化人类和系统效能的学科。人机工程学专家旨在设计和优化任务、作业、产品、环境和系统,使之满足人们的需要、能力和限度。该定义强调将人类的需求和能力置于设计技术体系的核心位置,为产品、系统和环境的设计提供与人类相关的科学数据,追求实现人类和技术两者完美和谐融合的目标。

我国对人机工程学下的定义是:人机工程学是一门新兴的边缘学科。它是以人体测量学、生理学、心理学和生物力学以及工程学等学科作为研究方法和手段,综合地进行人体结构、功能、心理以及力学等问题研究的学科,用以设计使操纵者能发挥最大效能的机器、仪器和控制装置,并研究控制台上各个仪表的最适位置。

人机工程学中所研究的“机”或“机器”是广义的,泛指一切人造器物:大到航天飞机、万吨轮船、机械设备;小到钳子、钢笔、茶杯,还包括室内外人工建筑、环境及其中的设施,等等。

人机工程学有多个不同的名称,这是其学科在形成过程中,各国学者从不同的角度给定的,沿用至今,未曾统一。这些不同名称出现之初,也许还多少反映了研究侧重点或研究方法上存在着一些差异,但经历数十年的发展和国际的学术交流以后,不同名称所对应的内涵和外延的差异已经很小。

二、人机工程学的产生与发展

1. 人机工程学的产生

人机工程学学科的形成可追溯到人类的早期活动,它的产生与发展经历了较长的时期。

人类发展史是一部不断追求一切可能的历史,昨天的幻想,在今天就有可能变为现实,从而将人类的工作能力和生活水平提高一步。石器时代,人类用石头制作劳动工具和生活用品;爱迪生时代,人类发明了电话和留声机;今天,由于自动化技术和计算机技术的发展,自动化生产线、自动化工厂、自动售货机以及全自动家用电器等产品应运而生。但是人类并不满足于此,又会产生新的欲望,并且坚持不懈地追求下去。正是由于这种忘我的追求,导致我们不知不觉地进入从未经历的境界,致使我们在进行机器设计时,强调了技术性能的设计,忽视了人自身这个主要因素,使人——机器的设计者和使用者——与机器之间的关系不协调,从而造成效率低下、可靠性和安全性差、环境污染等严重后果。

人机工程学的萌芽就是在这种背景下产生的。人类希望通过对这门学科的研究,来提高机器、工具及其生产系统的质量,提高工作效率,享受更为舒适的生活。这里所说的质量,不但包括性能(精度、效率、可靠性等)和经济性,而且还包括产品的操作使用是否简便,维护和修理是否方便,加工制造是否容易,外形是否令人喜爱,工作是否安全可靠,社会效益是否明显等因素。要使产品达到这么高的要求,对人机工程学的研究是必不可少的。

2. 人机工程学的发展

从总体上看,人机工程学的研究和发展大致可划分为三个阶段。

(1) 经验人机工程学

经验人机工程学研究重点是“人如何适应机器”。其中比较典型的是“铁锹作业试验研究”。1898年,美国学者F·W·泰勒(F. W. Taylor)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(每次可铲物料重量分别为6磅、10磅、17磅和30磅,1磅=0.4536 kg),分别去铲同样一堆物料。试验结果,用10磅铲量的铁锹作业效率最高。进一步他又研究了怎样操作、怎样组织操作才能省力高效,并于1903年发表了论文《论工厂管理》,开创了人机工程学研究先河。此后,吉尔布雷斯夫妇(Frank and Lillian Gilbreth)将建筑工人砌砖动作的全过程用高速摄影机拍摄下来,然后对其中的有效动作和无效动作进行分析研究,提出砌砖动作的合理方案,从而使工人的砌砖速度提高近3倍。两位学者的试验研究成果为人机工程学学科的创立奠定了基础。

经验人机工程学一直延续到第二次世界大战之前,当时,人们所从事的劳动在复杂程度和负荷量上都有了很大变化,因而改革工具、改善劳动条件和提高劳动效率成为最迫切的问题,从而促使研究者对经验人机工程学所面临的问题进行科学的研究,推动经验人机工程学进入科学人机工程学阶段。

(2) 科学人机工程学

科学人机工程学研究重点是“机器如何适应人”。科学技术的发展,使机器的工作能力越来越强、结构越来越复杂,人与机器的信息交换量也越来越多。尤其是第二次世界大战期间,由于战争的需要,武器装备愈趋复杂(如美国制造的轰炸机上各种仪表和操纵装置多达100多个),单靠人去适应机器已很难达到目的,不但影响武器效能的发挥,还经常发生事故。据统计,第二次世界大战中美国飞机事故的90%是由于人机工程学方面的原因造成

的。因此,在加强操作技能和适应性训练的同时,又让生理学家、心理学家和人体解剖学家为机器设计提供适合操作人员生理、心理特征的设计参数,这样就相继出现了“实验心理学”、“人体测量学”等学科。1957年,美国人E·J·姆科康米克(E. J. McCormick)出版了第一部人机工程学的专著《Ergonomics》,标志着这一学科进入了较为成熟的阶段。

科学人机工程学一直延续到20世纪50年代末。在其发展的后半阶段,由于战争的结束,本学科的综合研究与应用逐渐从军事领域向非军事领域发展,并逐步应用军事领域中的研究成果来解决工业与工程设计中的问题,如飞机、汽车、机械设备、建筑设施以及生活用品等。人们还提出在设计工业机械设备时也应集中运用工程技术人员、医学家、心理学家等相关学科专家的共同智慧,因此,在这一发展阶段中,本学科的研究课题已超出了心理学的研究范畴,许多生理学家、工程技术专家也投身到该学科中来开展研究工作,从而使本学科的名称也有所变化,故有人称其为“工程心理学”。

(3) 现代人机工程学

现代人机工程学即现在人们所说的人机工程学,其研究特点是把人—机—环境系统作为一个统一的整体来研究。20世纪五六十年代以来,科学技术的飞速发展,电子计算机应用的普及,工程系统的日趋复杂及其自动化程度的不断提高,宇航事业的空前进步,系统论、信息论、控制论这“三论”相继建立与发展,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,如核电站等重要工程系统的可靠性问题、计算机的人机界面设计问题、宇航系统的设计和试验问题等等,从而拓宽了人机工程学的研究和应用范围,促使人机工程学进入了系统的研究阶段,促进了人机工程学的发展和进步。前述IEA关于人机工程学的早期定义,就是在这一时期提出的。与人机工程学建立之初强调“机器设计必须适合人的因素”不同,IEA的定义阐明的观念是人机(以及环境)系统的优化,人与机器应该互相适应,人机之间应该合理分工。人机工程学的理论至此趋于成熟。

人机工程学的发展和演变,今后会继续下去,近期内在以下几个方面可能形成热点:永久太空站的生活和环境;弱势群体(残疾人、老年人)的医疗和便利设施;海陆空交通安全保障;生理与心理保健产品与设施等等。数字技术、信息技术、基因技术急剧改变着人类的文明进程,可能带给人类空前的利益,同时也可能潜伏着更多危及人类身心健康的负面影响。人机工程学以提高人类的生活质量为研究目的,今后无疑将任重而道远。

3. 我国人机工程学研究情况

在我国,人机工程学研究起步较晚,大约于20世纪60年代开始在军事领域尖端技术中进行,并侧重于生命保障系统,而普及于一般工业部门和民用领域的研究应用开始于20世纪80年代初。如机械工业系统的工效学学会成立于1980年,冶金工业系统中的人机学会成立于1985年,中国工业设计协会下属的人机工程专业委员会也于1985年建立,中国系统工程学会下的“人—机—环境系统工程专业委员会”则成立于1993年。

我国人机工程学研究起步虽然较晚,但发展进步非常快。到目前,有许多高等院校开办了此专业和设置了课程,一些科研机构和企业也建立了人机工程学实验室或研究所,人机工程学硕士、博士也相继走上了工作岗位。人机工程学已应用于许多部门,如铁路、汽车运输、工程机械、机床设计、航天航空等领域,并已取得了不少应用成果。

第二节 人机工程学研究的内容和方法

一、人机工程学研究的内容

人机工程学的研究内容和应用范围极其广泛,不同的行业部门所研究的侧重点不尽相同,但它始终是以人一机—环境系统作为研究的对象,通过揭示人、机、环境之间相互关系的规律,以达到确保人一机—环境系统总体性能的最优化。对于工程设计人员来讲,从事人机工程学研究的主要内容可概括为以下几个方面。

1. 人的特性研究

人的生理、心理特性和能力限度等方面的研究,是人—机—环境系统优化的基础。人机工程学从学科的研究对象和所追求的目标出发,系统地研究人体特性,如人的感知特性、信息加工传递能力、反应特性;人的工作负荷与效能、疲劳;人体尺寸、人体力量、人体活动范围;人的决策过程、影响效率和人为失误等。这些研究为人—机—环境系统设计和改进,以及制定有关标准提供科学依据,使设计的工作系统及机器、作业、环境都更好地适应于人,创造出高效、安全、健康和舒适的工作条件。

2. 人机系统研究

人机系统的效能取决于它的总体设计。人机系统设计的基本问题是人与机器之间的分工,以及人与机器之间如何有效地进行信息交换等问题。从人与机器的分工方面考虑,要研究系统中的人、机器的特点和能力限度,在系统设计时,应考虑充分发挥人、机器各自的特长,合理分配人与机器所实现的功能,使他们有机结合、相互补充、取长补短,以保证人机系统的整体功能最优;从人与机器的信息交换方面考虑,要研究人在特定系统中的作用,使设计的机器、环境等要素适应人的特性,同时,还要考虑作业人员的个体差异和可塑性,研究作业人员的选拔和培训方式,以提高人的身心素质和技能,这样人机系统整体效率才能充分发挥。另外,手控、机控和监控的人机系统特点不同,人在其中的作用也不一样。自动化降低了人的工作负荷,但也导致人的唤醒水平降低,会影响系统的安全性。因此,无论自动化程度多高的系统,都必须适当配置人员对系统进行监控和管理。

3. 人机界面研究

人机界面指的是人与机器之间进行信息交流的作用界面。界面上的显示装置向人传递机器工作的信息,控制装置则接受人发出的作用于机器的信息。人机系统中,人与机器相互作用的过程,就是利用人机界面上的显示装置与操纵装置,实现人与机器的信息交换的过程。由于传递信息的形式和操纵要求不一样,因而出现了各种各样的显示装置和控制装置。人机工程学研究如何合理地设计各种显示装置和控制装置,以及它们的配置和组合,以适合人的感知特征和操作要求,保证人与机器之间的信息交换迅速而准确。

4. 作业场所研究

作业场所设计的合理性,对人的作业效率有直接影响。作业场所设计包括作业场所总体布置、工作台或操纵台与座椅设计、作业条件设计等。研究设计作业场所时,应从生理学、心理学、生物力学、人体测量学和社会学等方面保证作业场所符合人的特性和要求,使人的作业条件合理,作业范围适中,作业姿势正确,达到作业时不易疲劳、方便舒适、安全可靠和提高效率

的目的。同时,研究作业场所设计也是保护和有效利用人力资源、发挥人的潜能的需要。

5. 作业环境及其改善研究

任何人机系统都处于一定的环境之中,因此人机系统的功能必然受环境因素影响,人与机相比,受环境影响的程度更大。作业环境包括许多因素,如照明、颜色、噪声、振动、温度、湿度、粉尘和有害气体等一般因素,高空、深水、地下、加速、减速、高温、低温和辐射等特殊因素。人机工程学主要研究在各种环境因素下人的生理、心理反应对工作和生活的影 响,研究以人为中心的环境质量评价准则,研究控制、改善和预防不良环境的措施,使之适应人的要求。其目的是为人创造安全、健康、舒适的作业环境,提高人的工作、生活质量,保证人机系统的高效率。除以上的物理环境因素外,还应注意研究社会环境因素对人作业效率的影响。

6. 作业组织研究

人机工程学研究人从事重体力劳动、技能劳动和脑力劳动时的生理、心理变化,以确定劳动时的合理负荷及耗能量、合理的工作和休息制度、合理的操纵方法,以减轻疲劳,保障人的健康,提高劳动效率。

人机工程学还研究劳动过程分析和动作经济规律,寻找最经济、最省力、最有效的标准作业方法和标准作业时间,以避免无效的劳动,合理利用人力和设备。

7. 人的可靠性与安全研究

随着生产系统的日益复杂和精密,操纵人员面对大量的显示装置和控制装置,容易出现人为失误而导致事故的发生。人机工程学研究影响人的可靠性的因素,寻求减少人为失误、防止事故发生的途径和方法,提高整个人机系统的可靠性。

根据有关专家对英、美等国家的人机工程学研究情况所作的资料考察,可把近 10 多年国外人机工程学研究的主要方向归纳如下:

(1) 作业负荷研究,包括体力活动、智力活动、作业紧张等因素引起的生理负荷和心理负荷。

(2) 作业环境研究,包括高空、深水、地下、加速、高温、低温和辐射等异常作业环境条件下的生理效应,以及一般作业与生活环境中振动、噪声、空气、照明等因素的人机工程学研究。

(3) 作业场地、作业空间、工具装备的人机工程学研究。

(4) 信息显示的人机工程学问题,特别是计算机显示终端中人的因素研究。

(5) 计算机设计与使用的人机工程学研究。

(6) 安全管理的人机工程学研究。

(7) 作业绩效的测量与评定。

(8) 机器人设计的智能模拟等。

二、人机工程学研究方法

在人机工程学研究中,广泛采用了人体科学和生物科学等相关学科的研究方法和手段,也采取了系统工程、控制理论、统计学等其他学科的一些研究方法。而且,本学科也创立了一些独特的研究方法,以探讨人、机、环境各要素之间复杂的关系。这些方法主要有:测量人体各部分静态和动态数据;调查、询问或直接观察人在作业时的行为和反应特征;对作业时间和作业动作的分析研究;测量人在作业前后以及作业过程中的心理状态和各种生理特征

的动态变化;观察和分析作业过程中存在的问题,分析人为失误和意外事故的原因;进行模型试验或采用计算机进行模拟试验和分析;运用数学和统计学的方法找出人机系统中各变化参数之间的相互关系,以便从中得出正确的结论或形成有关理论等等。目前常用的人机工程学研究方法如下:

(一) 观测法

观测法是研究者通过观察、测定和记录自然情境下发生的现象来认识研究对象的一种方法。这种方法是在不影响事件的情况下进行的,观测者不介入研究对象的活动中,因此能避免对研究对象的影响,可以保证研究的自然性和真实性。例如,观测作业的时间消耗、流水线生产节奏是否合理、工作日的时间利用情况、动作分析等。现在单靠肉眼观测已不能满足研究工作的需要,需借助仪器设备才能取得满意的效果,如计时器、摄像机、监视系统等。

应用观测法时,研究者要事先确定观测目的并制定具体计划,避免发生误观测和漏观测问题。为了保证对客观事物的正确全面感知,研究者不但要坚持客观性、系统性原则,还需要认真细致地做好观测的准备工作。

(二) 实测法

实测法是一种借助于仪器或设备进行实际测量的方法。例如,对人体静态和动态数据的测量,对人体生理特征参数的测量或者对人机系统参数、作业环境参数的测量等。实测所得数据可以为显示装置、控制装置和作业空间的设计提供依据。

(三) 实验法

实验法是在人为控制条件下,排除无关因素的影响,有规律地改变一定变量因素,以引起研究对象相应变化来作出因果推论和变化预测的一种研究方法。在人机工程学研究,这是一种很重要的方法。它的特点是可以有规律地控制变量,使所研究的现象重复发生并反复观察,不必如观测法那样等待事件自然发生,可使研究结果容易验证,并且可对各种无关因素进行控制。

实验法分实验室实验和自然实验两种。实验室实验是借助专门的实验设备,在对实验条件严加控制的情况下进行的。由于对实验条件严格控制,这种方法有助于发现事件的因果关系,并允许人们对实验结果进行反复验证。缺点是由主试人员来严格控制实验条件,使得实验情景带有极大的人为性质;被试对象能意识到正在接受实验,可能干扰实验结果的客观性。

自然实验也叫现场实验,在某种程度上克服了实验室实验的缺点。自然实验虽然也对实验条件进行适当控制,但由于实验是在正常的情景中进行,因此,实验结果比较符合实际。但是,由于实验条件控制得不够严格,有时很难得到精确的实验结果。

(四) 模拟和模型试验法

由于机械设备及其组成的系统一般比较复杂,再者从经济性和安全性角度考虑,因而在进行人机系统研究时常常采用模拟的方法。以前常常采用模型模拟方法,如操作训练模拟器、机械模型以及各种人体模型等。通过这类模拟方法,可以对某些机器及系统进行逼真的试验,得到更符合实际的数据。图 1-1 所示为应用模型试验法研究人机系统特性的典型实例。

(五) 分析法

分析法是在上述各种方法获得了一定的资料和数据后采用的一种研究方法。目前,人

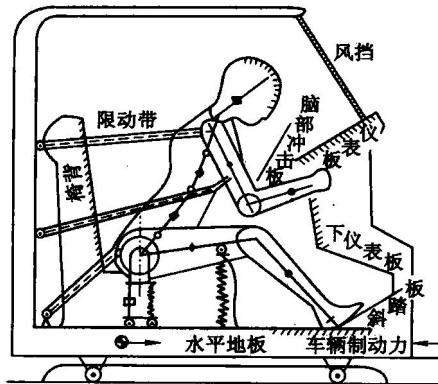


图 1-1 研究车辆碰撞的人机系统模拟与模型

机工程学研究常采用以下几种分析法。

1. 离散分析法

生产过程一般是连续的,人和机器及系统之间的信息交换也是连续的。但要分析这种连续交换的信息有时十分困难,因而只能用离散性的分析测定法,即采用统计学中的随机取样法,每间隔一定时间对操作者和设备之间的信息进行测定,然后用统计学的方法进行处理,从而获得研究人一机—环境系统的有用资料。

离散分析法主要是对作业方式、体位、行走路线、工具摆放等进行分析,以消除不必要的作业动作,减少不必要的体力消耗,从而提高作业效率。

2. 信息分析法

由于外界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,再传递给肢体以对机器及系统进行操作,被操作的机器及系统又将信息反馈给操作者,从而形成一种反馈系统。信息分析法就是对此反馈系统进行测定分析,然后用信息传递理论来阐述人一机之间信息交换的数量关系。这种方法主要是用于分析如何设计显示装置和控制装置,使操纵者能够迅速而准确地获取信息并进行控制操作。

3. 动作负荷分析法

在规定操作所必需的最小间隔时间的条件下,采用计算机技术来分析操作者连续操作过程,从而可推算操作者工作的负荷程度,以分析作业的强度是否适合人的生理特征。另外,对操作者在单位时间内工作负荷进行分析,也可以获得单位时间的作业负荷率,用来表示操作者的全工作负荷。

4. 频率分析法

对人机系统中的机器的使用频率和操作者的操作动作频率进行测定分析,可以获得作为调整操作人员作业负荷的依据,以避免作业人员长时间紧张作业,减缓疲劳的产生。

5. 危像分析法

对事故或近似事故的危像进行分析,特别有助于识别容易诱发人为失误的情况,同时,也能方便地查出系统中存在的而又需要用较复杂的研究方法才能发现的问题。

6. 相关分析法

相关分析法能够确定研究过程中涉及的两个以上的变量之间是否存在统计关系。利用

变量之间的统计关系,可以对变量进行描述和预测,或者从中找出某种规律。例如,对人的身高和体重进行相关分析,便可以用身高参数来描述人的体重。由于统计学的发展和计算机的广泛应用,使相关分析法成为人机工程学研究的一种常用方法。

(六) 调查法

调查法是获取研究对象有关材料的一种基本方法。它具体包括访谈法、考察法和问卷法。

1. 访谈法

访谈法是研究者通过询问交谈来搜集有关资料的方法。访谈可以是有严密计划的,或是随意的。无论采取哪种方式,都要求做到与被调查者有良好的沟通和配合,引导谈话围绕主题展开,并尽量客观真实。

2. 考察法

考察法是研究实际问题时常用的方法。通过实地考察,发现现实的人-机-环境系统中存在的问题,为进一步开展分析、实验和模拟提供背景资料。实地考察还能客观地反映研究成果的质量及实际应用价值。为了做好实地考察,要求研究者熟悉实际情况,并有实践经验,善于在人、机、环境各因素的复杂关系中发现问题和解决问题。

3. 问卷法

问卷法是研究者根据研究目的编制一系列的问题和项目,以问卷或量表的形式收集被调查者的答案并进行分析的一种方法。例如,通过问卷调查某一种职业的工作疲劳特点和程度,让作业者根据自己的主观感受填写问卷调查表,研究者经过对问卷回答结果的整理分析,可以在一定程度上了解这种职业工作疲劳的主要表征和疲劳程度等。这种方法有效应用的关键在于问卷或量表的设计是否能满足信度、效度的要求。所谓信度即可靠性,效度即有效性,是指研究结果要真实地反映所评价的内容。问卷提问用语要通俗易懂,答案应力求简洁明了,容易被调查者理解和掌握。

(七) 计算机辅助法

近几年来,随着计算机软硬件技术的日新月异,计算机图形学、计算机辅助设计、虚拟现实、人工智能等技术的进一步发展,人机工程学的理论与方法已发生了很大变化。计算机技术的引入不仅为人机工程学的研究提供了新的方法,更重要的是为其在实际生产生活中的应用提供了强有力的支持。从国际人机工程学学会对人机工程定义的不断更新也可以看出,计算机辅助法已成为人机工程学发展的一个重要推动力。目前,人机工程学计算机辅助研究主要包括:

1. 人机工程咨询系统

它是包括各种国别、年龄、性别的人体测量学数据的数据库,如英国 Open Ergonomics 公司开发的 PeopleSize 系统,美国的 Deneb 和 Transom 公司推出的 ERGO 和 Jack 人体模型系统,台湾清华大学和长庚大学等推出的台湾人体数据系统等。

2. 人机工程仿真系统

通过计算机构筑出虚拟环境和任务,通过人体模型,进行动态的人机工程动作、任务仿真,可以满足不同人机工程应用分析的要求,实现与 CAD、CAE 等软件的有机集成。

3. 人机工程评价系统

通过嵌入人机工程评价标准,基于运动学、生理学等模拟人的作业方式,实现工作任务

仿真中的实时人体性能分析。其评价体系包括:可视度评价(View Cones)、可及度评价(Reach Zones)、力和扭矩评价系统(Human Force and Torque Analysis)、脊柱受力分析(Fatigue Analysis)、舒适度评价系统(Comfort Assessment)、疲劳分析(Fatigue Analysis)、背部评价系统(Low Back Analysis)、举力评价(Lifting Analysis)、能量消耗与恢复评价系统(Metabolic Energy Expenditure)、姿势预测(Posture Prediction)、决策时间标准(Predetermined Time Standards)、静态施力评价(Static Strength Prediction)等。

(八) 感觉评价法

人机工程学研究中,除了需要测量声、光、温度、湿度等客观因素的量值外,还必须对人的主观感受进行度量。感觉评价法是运用人的主观感受对机器及系统的质量、性质等进行评价和判定的一种方法,即人对事物客观量做出主观感觉评价。客观量与主观量之间总是存在一定的差别。在实际的人—机—环境系统中,直接决定操作者行为反应的是他对客观刺激产生的主观感觉。因此,对与人有直接关系的人—机—环境系统进行设计和改进时,测量人的主观感觉是非常重要的。这种方法在心理学研究中经常应用,称之为心理测量法。过去感觉评价主要依靠经验和直觉,现在可应用心理学、生理学及统计学等方法来进行。

感觉评价对象可分为两类。一类是对产品或系统的特定质量、性质进行评价,如对噪声的声压级、照明的照度和亮度、空气的温度和湿度等进行评价。另一类是对产品或系统的整体进行综合评价,如对舒适性、使用性、居住性、满意度、爱好、兴趣、情绪、感受、购物动机等进行评价。前者可借助计测仪器或部分借助计测仪器进行评价;而后者只能由人来评价。感觉评价的主要目的有:按一定标准将各个评价对象分成不同的类别和等级,评定各评价对象的大小和优劣,按某种标准度量评价对象的大小和优劣顺序等。

(九) 心理测验法

在操作人员素质测试、人员选拔和培训中,广泛使用心理测试方法。心理测验法是以心理学中有关个体差异理论为基础,对操作者个体在某种心理测验中的成绩与参照标准作比较,用以分析被试者心理素质特点的一种方法。

三、人机工程学研究步骤

人机工程学的研究,除对学科的理论基础研究外,大量的研究还是对与人直接相关的机器、作业、环境和管理等进行设计和改进。虽然所设计和改进的内容不同,但都应用人一机—环境系统整体优化的处理程序和方法。

(一) 机器的研究步骤

1. 确定目的和功能

首先确定设计和改进机器的目的,然后找出实现目的的手段,即赋予机器一定的功能。实现目的的方案越多,选择余地越大,在一定的限制条件下,容易得到更优的方案。因此,应将目的定得高一些,从较大的范围内设想出多种方案。

2. 人与机器的功能分配

整个系统的功能确定后,就要考虑在人与机器之间如何进行功能分配。为此,必须对人和机器的能力特性进行比较,以充分发挥各自的特长。简言之,人的能力特长是具有智能、感觉、综合判断能力、随机应变能力、对各种情况的决策和处理能力,等等;而机器则是作用力强、速度快、连续作业能力和耐久性能好,等等。必须根据实现目的的要求,对人与机器的

功能进行具体分析,合理地进行功能分配。有时人分担的功能减少,机器的功能就相应增加;人分担的功能增加,机器的功能就相应减少。例如,汽车的手动变速改进为自动变速,照相机的光圈和对焦实现了自动化,从而减少了人分担的功能。衣服上多些口袋来携带工具等,就会扩大手的功能。但应当注意的是,在大规模系统、运输系统以及安全、防灾设备中,应纠正单纯追求机械化、自动化的倾向,必须考虑充分发挥人的功能。

3. 模型描述

人机功能分配确定后,接着用模型对系统进行具体的描述,以揭示系统的本质。模型描述一般分为语言(逻辑)模型描述、图示模型描述和数学模型描述等,它们可单独或组合使用。语言模型可描述任何一种系统,但不够具体。数学模型很具体,便于分析和设计,但在表现实际系统时常常难以实现,多用于描述整个系统中的一部分。图示模型应用广泛,而且在其中可以加入语言模型和数学模型进行说明。另外,图示模型便于表示各要素之间的相互关系,特别是人机之间的关系。因此,实际中多使用含有语言模型或数学模型的图示模型。

4. 分析

在用模型对系统进行描述的基础上,再对人的特性、机器的特性和系统的特性进行分析。人的特性包括基本特性,如形态特性、功能特性;还包括复杂特性,如人为失误和情绪等,在分析时要进行必要的计测和数据处理。机器的特性包括性能、标准和经济性等。整个系统的特性包括功能、制造容易、使用简单、维修方便、安全性和社会效益等。

5. 模型的试验

如果需要更详细的设计或改进数据时,可以在上述分析数据的基础上制作出机器的模型,再由人对该机器模型进行反复试验研究,这样可以取得更具体的数据资料或从多个方案中选择最优方案。模型可分为实物大小模型和缩小模型。缩小模型不但经济而且易于操作。模型试验也可根据实际需要采用变量不同的模型,如有单个的机器模型,有核电站控制中心整体人机界面关系、船舶设备配置与乘员之间关系这样的大规模试验模型。此外,还有把试验的重点放在关键功能上而省略其他方面的模型。

6. 机器的设计与改进

最后是确定机器的最优方案,并进行具体的设计和改进。最优方案是对上述分析试验结果进行评价而确定的。设计和改进完成甚至样品制作出来后,还要继续进行评价和改进,以求更加完善。其中特别重要的是机器与人的功能配合是否合理的评价,因此经常应用由人直接参与的感觉评价法。

(二) 作业的研究步骤

为了获得最佳作业,需要不断研究、设计和改进作业方法、作业量、作业姿势和作业机具及其布置等。所谓最佳作业,是指最适合于人的各种特性、疲劳程度最小、人为失误最少、安全可靠、使人感到舒适而效率最高的作业。设计和改进作业方法的步骤如下:

- ① 确定作业的目的和实现该目的应具有的功能。
- ② 确定作业中人员和机器的功能分配。
- ③ 用作业模型表示作业对象的顺序、数量、时间、使用的机器和材料等。作业模型主要用语言模型和图示模型,例如各种工序分析图就属于图示模型。
- ④ 对作业人员的特性进行计测、数据处理和分析,对作业特性进行实验研究。