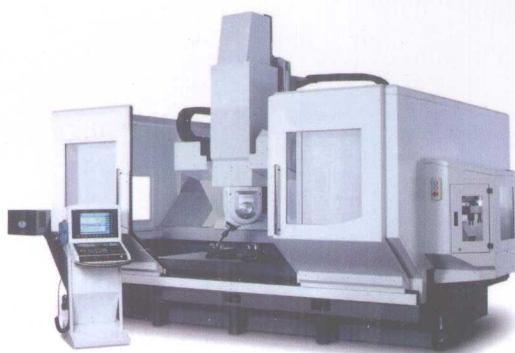


人机

RENJI
HUANJING
GONGCHENG

环境工程

吴青 主编
吴青 赵果 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

人机环境工程

吴青 主编

吴青 赵果 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书针对机械设计及制造、机电一体化等专业,从人、机、环境3个方面,系统全面地介绍了人机环境工程的基本原理、方法和应用,并加进了一些新内容。

全书分12章,包括人机环境工程概述、人机环境工程基础——人体、人机环境工程基础——机械、机械设计制造中有关人的因素、机械设计制造中有关机器设备的因素、人机环境工程中有关环境的因素、机械设计制造中人机环境工程的可靠性分析、机械设计制造中人机环境工程安全性设计、人机环境系统总体设计、计算机辅助人机环境工程设计、机械设计制造的人机环境工程应用和人机环境工程的新发展等。

本书内容全面、实用,既可作为高等院校、高职院校机械工程、机电一体化工程、汽车工程、企业管理等专业的本科生、研究生及高职生教材或教学参考书,也可供相关各行业的工程技术人员、管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

人机环境工程 / 吴青, 赵罟编著. —北京: 国防工业出版社, 2009. 1

ISBN 978 - 7 - 118 - 06024 - 9

I. 人... II. ①吴...②赵... III. 人-机-环境系统工程学
IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 169794 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 28 字数 649 千字

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

前 言

人机环境工程是一门快速发展的新兴学科,它综合并交叉渗透了人体科学、工程科学、环境科学、劳动科学、管理科学、艺术美学、社会科学等边缘学科。人机环境工程“起源于欧洲、形成于美国”,从 20 世纪 70 年代末开始在我国蓬勃展开。

人机环境工程运用系统工程的观点,综合应用相关学科的理论、研究方法和手段,以人的生理、心理特征为依据,分析研究人与机、人与环境、机与环境的相互关系,为能够设计出操作简便、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。其应用目的在于提高人的工作效率,改善人的工作条件,增加机械设备工作的可靠性,使工作更加安全和舒适。

该学科的显著特点,是在全面研究人、机、环境 3 个基本要素特性的基础上,将使用机械的人、所设计的机械以及人与机械所共处的环境作为一个完整的人机环境系统来研究。其理论和方法可以为在设计中考虑“人的因素”提供人体结构及功能的相关数据,可以为在设计中考虑“机械效能”的合理性提供科学依据,可以为在设计中考虑“环境因素”提供相关的设计准则,更主要的是为人机环境系统设计提供整体思路,为贯彻“以人为核心”的设计思想提供可行的方法。

当前,技术发展的特点是几乎所有先进产品的设计中都引入和体现人机环境工程的思想。不论是国内还是国外,有影响并有前瞻眼光的公司、企业,都在产品开发中包含人机环境工程设计,并有扩大和快速发展的趋势。为达到此目的,一方面要引进人机环境工程的专业技术人员,另一方面要对公司及企业全员进行人机环境工程的培训。

目前出版的有关人机工程学的各类书籍大多数是针对工业工程的。编者在多年的教学实践中,感到需要编著适合机械设计制造、机电工程、汽车工程及工业设计等相关专业使用的书籍。

本书作为教材,适用于本科 34 学时~85 学时专业必修课教学,可根据具体学时安排适当增减讲授内容。建议采用的基本内容包括第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 8 章、第 9 章。

本书是在编著者多年教学和研究的基础上,参阅了国内外专家学者的著作和研究成果编著而成,这里谨向各位作者和研究者表示最诚挚的感谢。

本书的第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 5 章、第 6 章、第 9 章、第 11 章、第 12 章由吴青编写,第 4 章、第 7 章、第 8 章、第 10 章由赵果编写,全书由吴青统编。

限于编著者水平,书中难免有不当之处,恳请读者批评指正。

编著者

2008 年 8 月

目 录

第1章 人机环境工程概述	1
1.1 人机环境工程的形成和发展	1
1.1.1 人机环境工程的形成	1
1.1.2 人机环境工程的发展	1
1.2 人机环境工程的研究范围和研究方法	3
1.2.1 人机环境工程的研究范围	3
1.2.2 人机环境工程的研究方法	6
1.2.3 研究人机环境工程应注意的问题	11
第2章 人机环境工程基础——人体	12
2.1 人体基本测量尺寸	12
2.1.1 人体测量基本知识	12
2.1.2 人体测量基本术语	13
2.1.3 人体尺寸类别	14
2.1.4 人体测量方法	14
2.2 人体测量数据的统计处理方法	16
2.2.1 人体尺寸的统计特征	16
2.2.2 人体尺寸测量数据的主要统计函数	16
2.3 常用的人体测量数据	20
2.3.1 我国成年人的静态结构尺寸	20
2.3.2 部分国家成年人的静态结构尺寸	25
2.3.3 人体各部分结构尺寸的经验公式	26
2.3.4 我国成年人的动态尺寸	30
2.4 人体测量数据的应用	34
2.4.1 应用准则及要点	34
2.4.2 在机械设计制造中的应用	35
2.4.3 在操作空间尺寸设计中的应用	38
2.4.4 人体姿势数学模型	45
2.4.5 设计用人体模板	49
2.5 人的感官功能和特征	53

2.5.1	人体系统及感知	53
2.5.2	人体感官功能	56
第3章	人机环境工程基础——机械	90
3.1	机械	90
3.1.1	机械的概念	90
3.1.2	机器的组成	91
3.2	机械设计的基本概念	95
3.2.1	机械设计的主要内容	95
3.2.2	机械设计的基本要求	95
3.2.3	机械零件的主要失效形式及设计准则	96
3.3	机械设计的常规方法	97
3.3.1	机械设计的一般过程	97
3.3.2	机械设计的方法	98
3.4	机械制造的基本概念	99
3.4.1	机械零件制造方法的分类	99
3.4.2	机械制造过程与系统	100
3.5	机械制造的加工方法	102
3.5.1	常规机械加工方法	102
3.5.2	特种机械加工方法	105
3.6	数控技术	110
3.6.1	数控技术与数控机床	110
3.6.2	数控机床的组成与分类	111
3.6.3	数控机床的程序编制步骤	113
3.6.4	数控机床的自动编程技术	114
3.6.5	机床数控系统的发展趋势	117
第4章	机械设计制造中有关人的因素	120
4.1	操作者的生理特征	120
4.1.1	人体的能量代谢	120
4.1.2	氧债与需氧	126
4.1.3	心率与心输出量	127
4.1.4	血压及血液分配	128
4.2	操作者的劳动强度与标准	129
4.2.1	我国的劳动强度分级	129
4.2.2	最大能量消耗界限	130
4.2.3	劳动强度与出错率	131

4.3	人体的生物节律与操作疲劳	131
4.3.1	人体的生物节律	131
4.3.2	操作者的操作疲劳	132
4.4	操作者的心理特征	135
4.4.1	认识过程	135
4.4.2	记忆	137
4.4.3	思维	139
4.4.4	人的情绪	140
4.4.5	人的动机	141
4.4.6	人的价值观	142
4.4.7	人的能力	143
4.4.8	人的个性气质	144
4.5	操作者的生物力学因素	145
4.5.1	人机接触面的生理性指标	146
4.5.2	坐姿生理学分析	147
4.5.3	腰椎的生物力学	151
4.5.4	小关节功能	153
4.5.5	腰椎韧带生物力学及破坏载荷	154
4.5.6	腰部肌肉的力学功能	154
4.5.7	脊髓的生物力学	155
第5章	机械设计制造中有关机器设备的因素	156
5.1	机器设备的显示装置设计	156
5.1.1	信息传递装置的分类	156
5.1.2	视觉显示装置	157
5.1.3	听觉传示装置	164
5.2	机器设备的操纵控制装置设计	169
5.2.1	操纵控制装置的类型	169
5.2.2	操纵控制装置的选用与设计	170
5.3	机电设备的显示与控制装置组合设计	175
5.3.1	显示器和控制装置组合的人机环境工程因素	175
5.3.2	监控面板与工作场所的设计准则	178
第6章	人机环境工程中有关环境的因素	182
6.1	操作空间设计	182
6.1.1	空间设计	182
6.1.2	空间人机设计	185

6.2	操作大环境的影响及设计	196
6.2.1	微气候	197
6.2.2	空气污染	214
6.2.3	特殊操作环境	227
6.3	操作局部环境设计	229
6.3.1	光照环境	229
6.3.2	环境的色彩调节	237
6.3.3	噪声环境	243
6.3.4	振动环境	254
第7章	人机环境工程的可靠性分析	263
7.1	人的可靠性	263
7.1.1	人的可靠性分析	263
7.1.2	人的可靠性分析方法	265
7.1.3	提高人的可靠性措施	270
7.2	机器设备的可靠性	272
7.2.1	机器设备故障	272
7.2.2	机器设备可靠性数据内容	273
7.2.3	提高机器设备可靠性的措施	273
7.2.4	机器设备维修性设计	273
7.3	环境因素的可靠性	284
7.3.1	照明的可靠性设计	284
7.3.2	颜色可靠性设计	290
7.3.3	涉及噪声的可靠性设计	292
7.3.4	涉及温度的可靠性设计	297
7.4	系统的可靠性设计	300
第8章	人机环境工程安全性设计	302
8.1	安全性分析	303
8.1.1	系统安全分析的对象及方法	303
8.1.2	系统安全的影响因素	303
8.1.3	系统安全分析及其实施	309
8.1.4	常用安全分析方法	313
8.1.5	机械系统中相关的安全性设计准则	320
8.2	安全性评价	326
8.2.1	人机系统安全评价	326
8.2.2	危险的主要来源及其控制	329

8.2.3	安全(风险)评价原则	345
第9章	人机环境系统总体设计	351
9.1	总体设计目标	351
9.1.1	系统的组成	351
9.1.2	系统的类型	352
9.1.3	系统的目标	355
9.2	总体设计的原则	355
9.2.1	工作空间和工作设备的设计	355
9.2.2	工作环境设计	357
9.2.3	工作过程设计	358
9.3	系统设计模型	358
9.3.1	系统设计的基本理念	359
9.3.2	系统设计内容、设计过程和开发步骤	360
9.3.3	系统初步设计	364
9.4	系统评价	369
9.4.1	系统评价概述	369
9.4.2	系统评价方法	372
9.4.3	系统分析评价方法	384
第10章	计算机辅助人机环境工程设计	390
10.1	计算机模拟仿真	390
10.1.1	计算机辅助设计概述	391
10.1.2	计算机辅助设计基本原理	395
10.1.3	计算机辅助设计系统选型分析	401
10.1.4	计算机模拟仿真技术	405
10.2	机械设计制造中的虚拟现实技术	407
10.2.1	虚拟现实技术	407
10.2.2	虚拟现实技术在人机环境工程中的应用	411
10.3	计算机辅助人机环境工程评价	415
第11章	人机环境工程应用	418
11.1	布局分析与布局设计	418
11.1.1	机床操纵控制装置的布局分析	418
11.1.2	机床的人机环境布局设计	422
11.2	高技术机床的人机环境工程研究	424
11.3	按钮的人机环境工程设计和选择	425

第 12 章 人机环境工程的新发展	427
12.1 数字化人机环境工程	427
12.1.1 人体数据库及数字化人体模型	427
12.1.2 人机环境建模	427
12.1.3 人机环境工程咨询系统	428
12.1.4 人机环境工程分析系统	429
12.2 信息化人机环境系统	429
12.2.1 协同工作的人机环境系统	429
12.2.2 协同工作系统的特点	430
12.2.3 协同工作中的人—人交互	431
12.2.4 基于信息的界面设计	431
12.3 人机环境工程的绿色机械产品设计	433
12.3.1 绿色机械产品设计特征	433
12.3.2 绿色机械产品设计步骤	434
12.3.3 绿色机械产品设计准则	435
参考文献	437

第 1 章 人机环境工程概述

1.1 人机环境工程的形成和发展

1.1.1 人机环境工程的形成

现代的机械设计不仅要求产品采用新材料、新结构、新工艺实现其最佳功能,而且要求外观、使用必须符合人机环境工程的要求;现代的机械制造也要求产品加工过程中满足人机环境工程的需要。因此从目前的发达国家以及我国的发展趋势来看,大到汽车飞机,小到简单的日用品,在设计制造中几乎都要融入人机环境工程的设计思想和理念。

人机环境工程是一门发展迅速的涉及多方向的综合性、交叉性的边缘应用学科。由只考虑人一机之间的关系,发展成为人一机—环境之间的相互作用与影响。

美国学者 Charles C. Wood 认为,机器的设计应适应人各方面的要素,以达到在操作上付出最小代价而获得最高效率。W. B. Woodson 也认为:人一机工程研究的是人与机器相互关系的合理方案,即对人的知觉显示、操作控制、人机系统的设计及其布置和操作系统的组合等进行有效研究,其目的在于获得最高效率及操作时感到安全和舒适。

《中国企业管理百科全书》中提出,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、心理等特征,达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的目的。

1.1.2 人机环境工程的发展

人机环境工程作为一种理论、一门学科的出现,是在 20 世纪 80 年代初。但是,人机环境工程的古老根源可以追溯到人类的早期活动,在 2500 年前的劳动中已应用了人机工程的原理。所以,人机环境系统工程的发展是经过漫长的历史阶段。

在其形成与发展史中,大致经历了如下几个阶段。

1. 原始经验阶段

在人类发展的漫长过程中,随着生产水平的逐渐提高,开始在劳动主体和劳动工具的关系上考虑适合劳动者的特点。

在古希腊,大理石是基本的建筑材料。著名的巴台农神殿,其石柱底座重达 10t,8 个过梁或殿楣则重达 13.5t。而神庙通常修建在山顶,需要工匠发挥智慧和技术才能完成。现代研究者从采石场和工地留下的痕迹中发现古希腊人在地面雕凿大理石形体以减轻重量,并利用装在山顶上的滑轮机构让一对滑车上下移动,如图 1-1 所示。下降的滑车、骡子和人的重量均被巧妙地用于提起大理石。

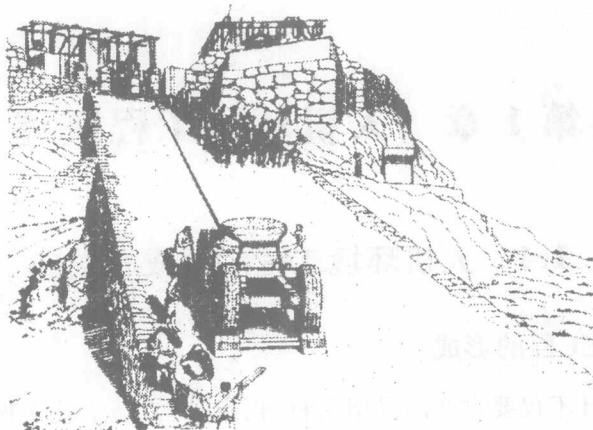


图 1-1 拉石车

古希腊人使用的雕凿大理石的工具设计得非常巧妙,符合劳动者的使用和加工需要(图 1-2),图中第 9 号石钻的设计非常方便、有特色,操作时石匠一手握压施加垂直力,另一手水平拉动实施“拉锯”力。

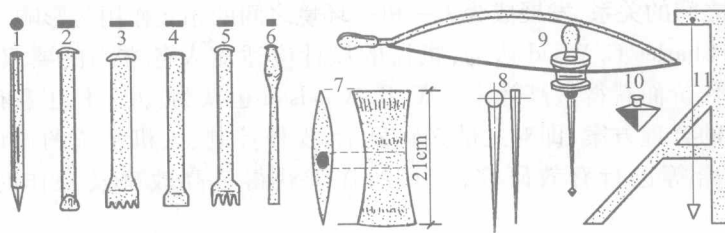


图 1-2 雕凿工具

2. 初步形成阶段

人机环境工程“起源于欧洲,形成于美国”。从 20 世纪初开始,美国学者 Frederick W. Taylor(1856—1915),首创了新的管理方法和理论,并据此制定了一整套以提高工作效率为目的的操作方法,考虑了操作者使用的机器、工具、材料及操作环境的标准化问题。例如他在美国 Midvale Steel Company 进行提高工作效率的试验,研究铲子的最佳形状、重量,以及如何减少由于动作不合理而引起的疲劳等。他还在改进工人的操作方法基础上,制定科学的操作标准时间。同时代的 F. B. Gilbreth and L. M. Gilbreth 开展了动作研究,创立了分析动作要素改进操作动作的方法。德国心理学家 H. Munsterberg 将当时心理学研究成果与 Taylor 的科学管理有机结合,强调为提高工作效率必须选拔和培训相关人员。美国芝加哥西部电气公司的霍桑工厂从 1924 年开始进行了 8 年之久的“霍桑实验”,成为人机环境工作效率研究的重要里程碑。其后,随着生产规模的扩大和科学技术的提高,管理内容不断充实丰富,其中动作时间研究、工作流程与工作方法分析、工具设计、装备布置等,都初步涉及人与机器、环境的关系问题,而且都和如何提高人的工作效率有关,其中有些原则至今对人机环境工程的研究仍有一定意义。因此,他的科学管理方法和理论是后来人机环境工程发展的基石。

3. 初步发展阶段

这一阶段的主要特点是人适应动作对象。从第二次世界大战后期至 20 世纪 50 年代末,各种新机器、新设备的大量应用,操作往往过于复杂,需要操作者经过训练才能使用和适应。那时,设计者没有考虑人的因素,结果造成事故频繁出现。例如,由于作战飞机中座舱及仪表位置设计不合理,在空中造成飞行员误读仪表和误用操纵器而导致意外事故;或由于操作复杂、不灵活和不符合人的生理尺寸而造成战斗命中率低等现象经常发生。

4. 科学发展阶段

从 20 世纪 60 年代至 80 年代,由于科学技术的飞速发展,人机环境工程的研究和实验扩大到工业及日常生活领域,并将人一机系统作为整体来考虑。产品设计以人为中心,即使是妇女、老人、儿童和伤残人都更便于操作使用。例如,1974 年瑞典的一个人机设计小组设计了防止拉破手的餐刀和切盘。使用起来不仅方便省力,而且不会拉破手,因此受到残疾人和老人、儿童的喜爱。

5. 现代快速发展阶段

20 世纪 80 年代以后,人机环境工程形成了完整的学科体系。注重人的信息处理能力,以人机环境工程为系统,运用控制论、信息论、系统论和人体科学等学科中的新理论来进行人一机—环境系统的研究。例如,美国工程师 Raymond. Loewy 结合人机环境工程研究航天员的飞行心理及宇宙飞船内部设计、航天服的设计。又如,1999 年美国 IDEO 公司与 Steelcase 公司联合设计了根据人的“脊柱形状”可前后上下调节靠背的 Leap 椅。

6. 我国人机环境工程学的发展

20 世纪 30 年代,心理学家陈立出版了《工业心理学概论》。70 年代,国内的一些研究所和大学相继建立了工效学或工业心理学研究机构。1989 年正式成立了国家一级学术组织——中国人类工效学学会(CES, Chinese Ergonomics Society)。

1.2 人机环境工程的研究范围和研究方法

1.2.1 人机环境工程的研究范围

1. 人机环境工程的含义

人机环境工程的研究与应用范围极其广泛,涉及到各学科的专家学者都从自身研究的角度来命名,因而世界各国出现了人机环境工程不同的含义,即使同一个国家对本学科名称的提法也有很大差别。人机环境工程在美国称为“Human Engineering”(人类工程学)或“Human Factors Engineering”(人的因素工程学);在西欧国家多称为“Ergonomics”(人类工效学);而其他国家多引用西欧的名称。对于“Ergonomics”一词,是英国学者莫瑞尔于 1949 年首次提出,由希腊词根“ergo”(即工作、出力)和“nomics”(即规律、正常化)组成,其本义为人的工作规律。由于该词能够较全面地反应本学科的本质,因此目前较多的国家采用“Ergonomics”一词作为该学科命名。苏联和日本都采用该词的译音,苏联译为“Эргономика”,日本称为“人间工学”。人机环境工程学在我国根据研究者的研究方向与重点各异而有不同的名称,除普遍采用“人机工程学”、“工效学”外,常见的还有:“人

因工程学”、“人一机—环境系统工程”、“人体工程学”、“人类工效学”、“人类工程学”、“工程心理学”、“机械设备利用学”和“宜人学”等。

早期,此学科只是从人与机的方面考虑。美国专家 Charles C. Wood 指出:设备设计必须适合人的各方面因素,以便在操作上付出最小的代价而求得最高效率。W. B. 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,即对人的知觉显示、操作控制、人机系统的设计及其布置和操作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及操作时感到安全和舒适。著名的美国人机工程学及应用心理学家 A. Chapanis 说:“人机工程学是在机械设计中,考虑如何使人获得操作简便而又准确的一门学科”。

2. 人机环境工程的研究范围

人的工作有体力劳动、感知工作和智能工作。现代机器装备不仅可以延长人的体力甚至代替体力劳动,而且还可以承担一定的感知工作和智能工作。对于工作系统,在由人、机器和环境构成的综合体中,人始终是主体。人机环境工程是把人、机、环境作为一个整体研究,使机器的设计和环境条件的控制适合人的生理、心理特征,从而达到高效、安全、健康和舒适的目的。

人机环境工程的研究包括理论和应用两个方面,随着科学技术的飞速提高,学科研究由人体测量、环境因素、操作强度和疲劳等方面的研究,转到操纵使用机器设备、人机系统控制以及人机环境工程原理在工业与工程设计与制造中应用等方面的研究,进而深入到人机环境工程前沿领域,如人与机器设备的关系、人与环境的关系、人与生态、人的特性模型、人机系统的定量描述、人际协作关系、团队行为、组织行为等方面的研究。人机环境工程的研究范围和主要内容主要有以下几方面:

1) 研究人体自身的生理与心理特性

人的生理、心理特性和能力限度是人—机—环境系统设计的基础。从工程设计角度出发,人机环境工程研究与人体相关的是人体形态特征参数、人的感知特征、人的行为特征与可靠性以及人在生产过程中的生理、心理特征等,为与人体相关的设施、机电设备、工具、用品、用具、操作的设计使用以及人一机—环境系统设计提供关于人体的数据和要求。

2) 研究劳动生理及操作分析

人机环境工程研究人在从事不同操作时的生理及心理变化,并据此确定操作的合理负荷及能量消耗,制定合理的作息制度;通过优化分析,采用正确的操作方法,以减轻疲劳,保障健康,提高工作效率。

人机环境工程研究操作分析和动作经济原则,寻求经济、省力、有效的标准工作方法和标准操作时间,以消除无效劳动,合理利用人力和设备,提高工作效率。

3) 研究工作场所的合理性

工作场所包括操作空间、座位、工作台或操纵台等。工作场所设计的合理性对人的工作效率产生直接的影响。只有使操作场所适合于人体的特点,才能保证操作者以不损害健康的姿势从事劳动,既能高效地完成工作,又感到舒适和不致过早地产生疲劳。

4) 研究信息传递装置的设计

人与机器设备、环境之间的信息交流是通过人机交互界面上的显示装置和控制器

完成的。为使人机之间能迅速、准确交换信息且不使人疲劳,就要研究显示装置与人感觉器官的特性相匹配,研究控制器与人的相应器官相匹配,以及它们之间的相互配合问题。

5) 环境控制与安全保护研究

人机环境工程通过研究温度、湿度、照明、噪声、振动、色彩、空气污染等一般工作与生活环境条件对操作者操作活动和健康的影响,控制和改善不良环境措施,来保护操作者避免因操作而引起的疾患和伤害。

6) 研究人机环境系统的整体设计

人机环境工程总体效能的发挥关键取决于总体设计,因此要在整体上使机与人相适应。根据人、机各自的特点,合理分配人机功能,使其在人机系统中发挥各自特长,相互取长补短,有机配合,保证系统功能的最优。

随着科学技术的不断进步,工作成效的测量与评定、人在异常工作环境条件下的生理效应以及机器人设计的智能模拟等也成为人机环境工程研究的重要内容。

3. 人机环境工程研究的基本原则

人机环境工程的研究通常采用实验心理学、实验生理学方法以及借助电测量、通过生理变化测量指标表征心理状态的心理生理学方法。人机环境工程研究强调如下几个方面:

(1) 人机环境工程的题目来源 人机环境工程研究的题目来源主要是理论研究和技术研究。理论研究从理论假说中推演出某个假设,再用实验来验证是否符合实际,可以创造新知识、新测量方法等。技术研究是用实验来解决实际技术应用中存在的问题,以便改善操作条件、操作环境、工具、设备等。

(2) 人机环境工程的相关参数 人机环境工程要考虑系统中人、工作对象、工作环境之间各相关参数以及参数间的函数关系。

(3) 实验及系统指标 人机环境工程的实验指标是指实验的反应变量。包括心理、生理或行为指标(如反应时、摄氧量、肌电图和脑力负荷等)。系统指标是指系统设计所要求的经济性、可靠性、安全性和舒适性等综合性指标。人机环境工程在特定的可控制、有操作意义的实验指标的基础上借助实验方法提出与系统设计有关的参数,因此要仔细分析实验指标与系统指标的关系。

(4) 变量的操作定义 人机环境工程的研究方法是对变量做出操作定义,即根据有关变量的可观察的具体指标或者根据测量变量的操作方法来定义此变量。达到用一个物理的度量标尺来表征一个心理的连续量。

(5) 合理选择被测试对象 人机环境工程的研究必须依据研究结果来选择被测试对象。选择被测试对象的基本要求是能对研究主题提供尽可能完整描述的样本。例如,研究老年人的人机环境工程问题,就要选取合适的老年人作为被测试对象。

(6) 取样 人机环境工程总是针对某一特定的对象进行研究,例如,研究操作机床行为与安全的关系是针对所有操作工人的。由于研究不可能对全体进行,因而取样是必须的。人机环境工程研究的关键,是在确定研究对象的总体时决定如何选取具有足够代表性的样本。取样很重要的原则是随机化,即研究中的对象被选取的概率均等。

(7) 实验数据的收集和分析 实验数据的科学性和准确性,都是在数据取得的过程中决定的。它涉及到实验设计和实验方法。由于人的各异特性,准确无误地收集实验数据的困难性往往是巨大的。但是应尽可能地大量收集数据,以保证结果的可靠性。

4. 人机环境工程的一般研究程序

(1) 确定目标 解决人机环境工程的问题,必须逐个分析判定,选择系统中主要问题作为研究目标。比如,事故频发的操作、效率低的操作环节、不符合标准化的操作等。

(2) 收集资料 在对人机环境工程的问题做定性分析或定量分析之前,必须拥有必要的资料。首先应针对研究目标,广泛收集与目标有关的资料,并保证数据资料的连续性和准确性;接着要对所收集的资料进行科学整理,反映事物的相关性和规律性。

(3) 制定方案 在收集资料的基础上,拟定多种备选方案。各方案应满足整体详尽性、相互排斥性和可比性要求。

(4) 综合评价 通过对备选方案的试验(实验)、费用、效果等分析比较,进行可行性论证,选出优化满意的方案。

1.2.2 人机环境工程的研究方法

人机工程学是采用科学的方法研究人、机、环境三大要素之间的关系。但是,根据研究内容和对象以及研究问题的性质不同,需要采用不同的研究方法。

1. 测量法

测量法常用于人的生理特征方面的数据收集。包括:对人体静态与动态参数的测量,对人体生理参数的测量或者是对系统参数、操作环境参数的测量等。测量方式如下:

(1) 个体或小组测试法 根据研究内容,对典型生产环境中的工人进行调查,收集工人在特定环境中的反应和表现,分析其产生的差异、原因或隶属人群。

(2) 抽样测试法 通过对人群随机抽样,选取被测试者样本。例如,将人群按一定性别、年龄分组,选取样本进行测量,以此作为设计机器装置操作面和操作空间布置的依据。样本的正确选取,将直接影响分析结果。

2. 观察法

观察是指在特定时间内或特定事件发生时,观看操作者自然表现的行为和言语。实验研究中,通过观察评估变量的变化。观察技术的基本原则是:明确定义所观察的行为类别,训练收集数据的人员保证观察的一致性,对行为进行系统的有代表性的抽样。

通常影响观察研究的因素主要有:

(1) 环境 环境有自然环境、人为设置环境和实验环境。在大街上和在实验室环境下观察显然不同。自然环境能产生自然的行为,而实验环境容易控制实验变量。不同的环境,对行为人和实验的影响是不同的。

(2) 被观察者 被观察者应在自然的不知情的条件下接受观察,这样可以不影响实验中的行为,保证观察结果的真实性。

(3) 观察者 观察者的行为过程可以是隐蔽观察、与被观察者有互动或观察者融入被观察者群体。参与程度越深,观察程度越深。

(4) 获取观察数据 观察时必须记录观察数据。观察研究分为定性和定量两种。定性观察研究,适合于发现问题和对问题定性,研究过程保持开放,以便收集到广泛的数据。定量观察研究具有比较明确的问题定义和理论假设,数据资料记录在事先制定的记录框架中。数据获取方法对数据分析结果影响极大,不准确的数据则对研究毫无意义。

观察研究开始阶段一般是描述性研究,主要针对行为类别进行观察。对观察研究所收集数据进行分析整理后,可以根据分析提出某种假设。

3. 观测法

为了研究系统中人的工作状态,常采用各种观测法。此方法是借助于仪器设备,通过观察、测定和记录自然情境中被调查者的行为表现和活动规律,然后进行研究对象的分析。其关键是在不受任何干扰的情况下能客观地观察并记录被调查者的行为。采用的形式取决于调查的内容和目的,还可以借助摄影或录像等手段。例如,观测操作者在操作时的行为动作和反应并进行其特性分析、操作过程分析、工艺流程分析和功能分析等,观测操作的时间消耗,流水线生产节奏是否合理,工作时间的利用情况、动作分析等。借助仪器设备,如计时器、录像机等可以保证研究的自然性和真实性。

4. 实验法

实验法是科学研究中应用最广而且成效最大的方法,可以在实验室进行,也可以在操作现场进行。实验法是在人为设计的环境中,测试实验对象的行为或反应。如操作者对各种仪表数值的认读速度、误读率,仪表显示的亮度、对比度,仪表指针和表盘的形状,观察距离,观察者的疲劳程度和心情等。

实验法的基本原则是:控制变量 C 被合理控制情况下,实验者系统地改变实验变量 A ,然后观察 A 的系统变化对因变量 B 的影响。

(1) 实验变量 实验变量是实验研究的主题,是人机环境工程研究所考虑的主要变量,也是因变量变化的原因。在人机环境工程中,实验变量通常涉及那些作用于操作者的变量,如机器的显示、温度的变化等。

(2) 因变量 因变量是自变量作用的结果。在人机环境工程中,因变量通常包括一些操作者的心理、生理、效能等反映人和人的行为变化的变量。

(3) 控制变量 实验中除了实验变量,其他被实验者设法保持其恒定的、潜在的、可能对因变量产生作用的变量,称为控制变量。实验中通常有一个或数个实验变量产生系统的变化,但实际上可能影响因变量的潜在变量很多,因而问题就很复杂,难以解决。为此实验者对这些变量的处理方法就是设法将其定为控制变量,以确定的常数来带入到相关的函数式中。控制是实验法的主要特征。对变量加以控制要遵循的原则是:系统改变实验变量时,使其他可能影响因变量的变量保持恒定,尽量消除被试个体间的差异对实验结果产生影响。

三个变量之间的关系用以下表达式来描述:

$$y = f(x_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1-1)$$

式中 y ——因变量;

x_i ——实验变量。

实验者的任务是设法确定 $f(\)$ 所表达的关系。注意,并不是所有关系都可以用数学