

上海汽车工业教育基金会资助
工业工程系列教材

人因工程学

丁玉兰 编著

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书系统地阐述了人因工程学的基础理论、设计方法及应用分析。全书共 12 章,第 1 章为人因工程学总论,第 2 章至第 5 章为人的形态、生理、心理和功能特征,第 6 章至第 9 章为信息界面、作业岗位、作业姿势和作业设备设计,第 10 章和第 11 章为作业环境 and 安全事故分析,第 12 章为人机系统设计。

本书除作为高等学校工业工程本科专业的必修课教材外,也可作为其他工程专业必修课或选修课的教材,还可作为相关专业的研究生、人因工程学领域的研究人员和其他工程技术人员的参考书。

总 序

作为市场经济产物的工业工程学科,在美国的发展已有 100 年的历史,它在西方国家的工业化进程中和改善经营管理、提高生产率等方面都发挥了很大的作用。近 10 多年来,随着商业竞争的加剧,国际市场和全球化制造态势的形成,企业和商家纷纷寻求进一步改善经营管理的方法,试图建立自己的核心竞争力,以便在剧烈的竞争中取胜。企业和商家的这些努力是与管理专家的研究结合在一起的,这样就大大地推动、丰富了工业工程和管理学科的发展和内容的更新。

虽然在上世纪三四十年代,交通大学等一些大学曾设立过与工业工程类似的学科,但解放后随着计划经济的实施,这个学科也就取消了。这样,这个学科在我国的研究和应用就停滞了 30 多年。改革开放后,在原机械工业部的积极推动下,我国从 1989 年开始引进工业工程的管理方法,并在一些企业试行,取得了明显的经济效果。西安交通大学、天津大学等高校率先于 1992 年开始招收工业工程专业的本科生。随后,我国一些大学陆续设立这个专业,至今全国已有 70 多所高校设有这个专业;这个专业的硕士和博士生也在培养之中。但是,正由于我们起步较晚,无论在工业工程的应用还是人才培养等方面都落在先进国家的后面。

上海汽车工业(集团)总公司是一个现代化的大型企业集团,集团公司所属的许多生产厂不但拥有现代化的设备,而且也努力推行现代的管理方法。在实践中,他们深感缺乏既懂工程又懂管理的复合型人才。为了广泛普及现代的管理方法,公司的高层领导把员工的教育和培训摆到了重要的地位。他们除经常举办短期训练班普及现代管理知识外,还委托上海交通大学连续举办了几届“工业工程”专业工程硕士班。为了解决硕士班的教材,他们引进了部分国外最新教材,供上课老师使用。

为了支持工业工程专业人才的培养,解决工业工程专业的教材问题,由上汽集团及所属企业捐资组建的“上海汽车工业教育基金会”,从 2000 年起就开始研究资助这个专业教材的编写和出版问题。经上海汽车工业教育基金会与上海交通大学出版社共同策划,并先后与上海交通大学、同济大学、东华大学、复旦大学、上海大学和上海理工大学等校工业工程系老师座谈、讨论,于 2001 年 8 月正式成立了“工业工程系列教材编委会”,制订了系列教材编写和出版计划。按照这个计划,系列教材共计 14 种,由 2002 年起分 3 年出版。基金会拨出专款资助系列教材的编写和出版。我们对上海汽车工业教育基金会给予工业工程专业教育的支持表示感谢。

在确定系列教材的选题时,我们主要考虑了以下原则:一是特色,要有工业工程学科的特色,选题应确属工业工程学科的课程,对一些可与其他学科共用的教材则不再列入;二是精选,编写内容应精选该学科公认的、经典的基本原理和方法,以及先进的管理理念,对一些尚有争论的观点则不予论述;三是实践,遴选的编著者应对该课程有丰富的教学实践经验,并在教材中尽可能地反映企业解决工业工程问题的实际案例。经过认真研究,我们确定了下列选题:工业工程——原理、方法与应用,生产计划与控制,物流工程与管理,现代制造企业管理信息系统,以上为第一批;人因工程,质量管理,决策支持系统,复杂系统解析,工程管理的模糊分析,制造系统建模与仿真,以上为第二批;工程经济学,工作研究,项目管理,工业工程计算方法(暂定名),以上为第三批。

参加这套系列教材编写的是上面提到的这几所大学的老师们,他们都是相应课程的任课教师。他们根据自己教学过程中反复修改过的讲稿,又参考了国内外的相关文献,在较短的时间内完成了教材的编写。他们精选教材内容,配以实例讲解,使学生易于掌握;同时,他们也力图将最近几年工业工程的最新研究成果做简要的介绍,使学生接触本专业的前沿。但是,由于编写时间比较仓促,编写者们的经验又各不相同,本系列教材的质量和水平一定是参差不齐的,也一定会存在一些缺点,希望能得到读者的批评和指正。特别要说明的是,在我们筹划这套系列教材的时候,“高等院校工业工程专业教材编审委员会”组编的7种教材尚未出版,当我们的编者拿到这7种教材时,我们的第一批4本书稿已形成初稿,但编者仍然会从中得到启迪。

在工业工程系列教材第一批教材正式出版之际,我们深感欣慰,并对辛勤工作的老师们表示感谢。祝愿工业工程学科在教育界、工程界同仁的关怀下茁壮成长。

工业工程系列教材编委会主任
中国工程院院士



2002年8月

前 言

《人因工程学》一书系上海汽车工业教育基金会资助编写和出版的工业工程本科专业系列教材之一。本书是按 2001 年 8 月工业工程系列教材编委会审定的编写计划编写的。初稿完成后,经上海汽车工业教育基金会组织审稿并交付出版。

人因工程学是工业工程专业的主干课程之一,本教材的编写是密切结合该专业对人因工程学课程的要求来控制其内容的深度和广度的。编者力求在本教材中为该专业的学生提供必要的人因工程学方面的基础理论、基本方法及其应用分析等方面的系统知识。为此,本教材的结构体系,是以人因工程学所研究的人、机、环境三要素及其系统的核心问题为主线,以此来选择、安排全书的内容和章节。全书共 12 章,包括三部分内容,第 1 章为总论,第 2 章至第 5 章为基础理论部分,第 6 章至第 12 章为设计与分析方法部分。从其内容和结构来看,以人为核心的主题突出,理论脉络清晰,方法的可操作性强,应用密切结合理论,充分体现了教材的系统性和实用性。

在本书编写中,除了基于本人主编的《人机工程学》(修订版)、《人机工程学》两本教材外,又广泛收集并分析了该学科国内外较新的文献资料,特别是对涉及该学科前沿课题方面的研究成果及作者的科研成果也做了充分的反映。由此体现了本教材的先进性和创新性。

本书由同济大学人机与环境研究所丁玉兰教授编写。其中,张成宝、白胜勇、叶武平、刘岩、谢硕、黄海波 6 位博士生参与了部分资料的收集工作。此外,在编写中借鉴、参阅、引用了大量国内外学者的成果资料,难以在参考资料文献中一一列出,在此一并深表谢意。

在本书出版之际,还要衷心感谢上海汽车工业教育基金会和上海交通大学出版社的大力支持,特别感谢责任编辑杨尚荣老师为本书的定稿和出版做了大量工作。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和欠妥之处,恳请读者批评指正。

作者

2003 年 5 月 1 日于同济园

目 录

第 1 章 人因工程学总论	1
1.1 人因工程学的命名及定义	1
1.2 人因工程学的起源与发展	3
1.3 人因工程学的研究内容与方法	6
1.4 人因工程学的体系及其应用领域	12
1.5 人因工程学与工业工程	14
第 2 章 人体劳动形态特征	17
2.1 人体的形态结构	17
2.2 人体的形态测量	19
2.3 常用的人体测量数据	23
2.4 人体测量数据的利用	31
第 3 章 人体劳动生理特征	37
3.1 劳动的能源与能耗	37
3.2 劳动中的机体调节	45
3.3 劳动的强度与标准	50
3.4 人体的生物节律	53
3.5 人体的作业疲劳	56
第 4 章 人的劳动心理特征	61
4.1 人的劳动心理过程	61
4.2 人的个性倾向性	73
4.3 人的个性心理特征	79
4.4 群体行为心理特征	82
第 5 章 人的系统功能特征	88
5.1 人的信息传递理论	88

5.2	视觉信息接受系统	91
5.3	听觉信息接受系统	99
5.4	人的信息处理系统	103
5.5	人的信息输出系统	110
第6章	人机的信息界面设计	122
6.1	人机信息界面的形成	122
6.2	视觉信息显示设计	124
6.3	听觉信息传示设计	139
6.4	操纵装置设计	145
6.5	操纵与显示相合性	155
第7章	作业岗位与空间设计	159
7.1	作业岗位的选择	159
7.2	手工作业岗位设计	161
7.3	视觉信息作业岗位设计	166
7.4	作业空间的人体尺度	169
7.5	作业面设计	177
7.6	作业空间的布置	179
第8章	作业姿势与动作设计	182
8.1	作业姿势与人体机能	182
8.2	作业姿势的设计原则	188
8.3	作业姿势的设计要点	194
8.4	作业姿势设计辅助手段	198
第9章	作业台椅与工具设计	203
9.1	控制台设计	203
9.2	办公台设计	209
9.3	工作座椅设计主要依据	211
9.4	工作座椅设计	218
9.5	手握式工具设计	223

第 10 章	作业环境分析与评价	231
10.1	概述	231
10.2	热环境	232
10.3	光环境	242
10.4	声环境	249
10.5	振动环境	254
10.6	有毒环境	261
第 11 章	劳动安全与事故分析	264
11.1	安全目标管理	264
11.2	防护装置尺度	268
11.3	事故成因分析	272
11.4	典型事故模型	278
11.5	事故控制基本策略	280
第 12 章	人机系统总体设计	285
12.1	总体设计的目标	285
12.2	总体设计的原则	288
12.3	总体设计的程序	292
12.4	总体设计的要点	296
12.5	总体设计的评价	301
12.6	人机系统设计案例分析	305
参考文献		312

第 1 章 人因工程学总论

1.1 人因工程学的命名及定义

人因工程学(Human Factors Engineering)是研究人、机械及其工作环境之间相互作用的学科。该学科在其自身的发展过程中,逐步打破了各学科之间的界限,并有机地融合了各相关学科的理论,不断地完善自身的基本概念、理论体系、研究方法,以及技术标准和规范,从而形成了一门研究和应用范围都极为广泛的综合性边缘学科。因此,它具有现代各门新兴边缘学科共有的特点,如学科命名多样化,学科定义不统一,学科边界模糊,学科内容综合性强,学科应用范围广泛等。

1.1.1 学科的命名

由于人因工程学研究和应用的范围极其广泛,它所涉及的各学科、各领域的专家学者都试图从自身的角度来给该学科命名和下定义,因而世界各国对该学科的命名不尽相同,即使同一个国家对该学科名称的提法也很不统一,甚至有很大差别。

例如,该学科在美国被称为“Human Engineering”(人类工程学)或“Human Factors Engineering”(人的因素工程学),西欧国家多称为“Ergonomics”(人类工效学),而其他国家大多引用西欧的名称。

“Ergonomics”一词是由希腊词根“ergon”(即工作、劳动)和“nomos”(即规律、规则)复合而成的,其本义为人的劳动规律。由于该词能够较全面地反映该学科的本质,又源自希腊文,便于各国语言翻译上的统一,而且词义保持中立性,不显露它对各组成学科的亲密和间疏,因此,目前较多的国家采用“Ergonomics”一词作为该学科的命名。例如,前苏联和日本都引用该词的音译,前苏联译为“Эргономика”,日本译为“マーコノミツケス”,被称为人间工学。

人因工程学在我国起步较晚,目前该学科在国内的名称尚未统一,除普遍采用人机工程学外,常见的名称还有:人-机-环境系统工程、人体工程学、人类工效学、人因工程学、工程学心理学、宜人学、人的因素等。不同的名称,其研究重点略有差别。

由于本书力图从研究人-机关系的角度,为工业工程提供有关这一边缘学科的

基础知识,因而便采用人因工程学这一名称。但是,任何一个学科的名称和定义都不是一成不变的,特别是新兴边缘学科,随着学科不断发展,研究内容的不断扩大,其名称和定义还将发生变化。

1.1.2 学科的定义

与该学科的命名一样,对该学科所下的定义也不统一,而且随着学科的发展,其定义也在不断发生变化。

美国人因工程学专家 C·C·伍德(Charles C. Wood)对人因工程学所下的定义为: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·伍德森(W. B. Woodson)则认为:人因工程学研究的是人与机器相互关系的合理方案,也即对人的知觉显示、操作控制、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及人在作业时感到安全和舒适。著名的美国人因工程学及应用心理学家 A·查帕尼斯(A. Chapanis)说:“人因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。”

另外,在不同的研究和应用领域中,带有侧重点的倾向性的定义很多,不一一介绍。

国际人类工效学学会(International Ergonomics Association,简称 IEA)为该学科所下的定义是最有权威、最全面的定义,即:人因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各种因素;研究人和机器及环境的相互作用;研究在工作中、家庭生活中和休假时怎样统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒适等问题的学科。

结合国内该学科发展的具体情况,我国于 1979 年出版的《辞海》中对人因工程学给出了如下的定义:人因工程学是一门新兴的边缘学科。它是运用人体测量学、生理学、心理学和生物力学,以及工程学等学科的研究方法和手段,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。用以设计使操作者能发挥最大效能的机械、仪器和控制装置,并研究控制台各个仪表的最适位置。

从上述对该学科的命名和定义来看,尽管学科名称多样、定义歧异,但是在研究对象、研究方法、理论体系等方面并不存在根本上的区别。这正是人因工程学作为一门独立的学科存在的理由;同时也充分体现了学科边界模糊、学科内容综合性强、涉及面广等特点。

1.2 人因工程学的起源与发展

英国是世界上开展人因工程学研究最早的国家,但该学科的奠基性工作实际上是在美国完成的。所以,人因工程学有“起源于欧洲,形成于美国”之说。虽然该学科的起源可以追溯到 20 世纪初期,但作为一门独立的学科已有 60 多年历史。在其形成与发展史中,大致经历了以下三个阶段。

1.2.1 经验人因工程学

20 世纪初,美国学者 F·W·泰勒(Frederick W. Taylor)在传统管理方法的基础上,首创了新的管理方法和理论,并据此制订了一整套以提高工作效率为目的的操作方法,考虑了人使用的机器、工具、材料及作业环境的标准化问题。例如,他曾经研究过铲子的最佳形状、重量,研究过如何减少由于动作不合理而引起的疲劳等。其后,随着生产规模的扩大和科学技术的进步,科学管理的内容不断充实丰富,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,都涉及人和机器、人和环境的关系问题,而且都与如何提高人的工作效率有关,其中有些原则至今对人因工程学研究仍有一定的意义。因此,人们认为他的科学管理方法和理论是后来人因工程学发展的基石。

从泰勒的科学管理方法和理论的形成到第二次世界大战之前,其间称为经验人因工程学的发展阶段。这一阶段主要研究内容是:研究每一职业的要求;利用测试方法来选择工人和安排工作;规划利用人力的最后方法;制订培训方案,使人力得到最有效的发挥;研究最优良的工作条件,以及最好的管理组织形式;研究工作动机,促进工人和管理者之间的通力合作。

在经验人因工程学发展阶段,研究者大多是心理学家,其中,突出的代表是美国哈佛大学心理学教授 H·闵斯特泼格(H. Munsterberg),其代表作是《心理学与工业效率》。他提出了心理学对人在工作中的适应与提高效率的重要性。闵氏把心理学研究工作与泰勒的科学管理方法联系起来,对选择、培训人员与改善工作条件、减轻疲劳等问题曾做过大量的实际工作。由于当时该学科的研究偏重于心理学方面,因而在这一阶段大多称该学科为“应用实验心理学”。学科发展的主要特点是:机械设计的主要着眼点在于力学、电学、热力学等工程技术方面的原理设计上,在人-机关系上是以选择和培训操作者为主,使人适应于机器。

经验人因工程学阶段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的变化。此时改革工具、改善劳动条件和提高劳动效率成为最迫切的问题,从而使研究者对经验人因工程学所面临的问题进

行科学的研究,并促使经验人因工程学进入科学人因工程学阶段。

1.2.2 科学人因工程学

人因工程学发展的第二阶段是第二次世界大战期间。在这个阶段中,由于战争的需要,许多国家大力发展效能高、威力大的新式武器和装备。但由于片面注重新式武器和装备的功能研究,而忽视了其中“人的因素”,因而由操作失误而导致失败的教训屡见不鲜。例如,由于战斗机中座舱及仪表位置设计不当,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中率低,上述现象经常发生。失败的教训引起决策者和设计者的高度重视。通过分析研究,使人们逐步认识到,在人和武器的关系中,主要的限制因素不是武器而是人,并深深感到“人的因素”在设计中是不能忽视的一个重要条件;同时还认识到,要设计一个高效能的装备,只有工程技术知识是不够的,还必须要有生理学、心理学、人体测量学、生物力学等方面的知识。因此,在第二次世界大战期间,首先在军事领域中开展了与设计相关学科的综合研究与应用。例如,为了使所设计的武器能够符合战士的生理特点,武器设计工程师不得不请解剖学家、生理学家和心理学家为设计操纵合理的武器出谋献策,于是收到了良好的效果。军事领域中对“人的因素”的研究和应用,使科学人因工程学应运而生。

科学人因工程学阶段一直延续到 20 世纪 50 年代末。在其发展的后一阶段,由于战争的结束,该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,并逐步利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、建筑设施及生活用品等。人们提出在设计工业机械设备时,也应集中运用工程技术人员,以及医学、心理学等相关学科专家的共同智慧。在这一发展阶段中,由于该学科的研究课题已超出了心理学的研究范畴,促使许多生理学家、工程技术专家也涉足到该学科中来共同研究,从而使该学科的名称有所变化,大多称它为“工程心理学”。该学科在这一阶段的发展特点是:重视工业与工程设计中“人的因素”,力求使机器适应于人。

1.2.3 现代人因工程学

到了 20 世纪 60 年代,欧美各国进入了大规模的经济发 展时期。在这一时期,由于科学技术的进步,使人因工程学获得了更多的研究发展机会。例如,在宇航技术的研究中,提出了人在失重情况下如何操作,在超重情况下人的感觉如何等新问题。又如原子能的利用、电子计算机的应用,以及各种自动装置的广泛使用,使人-机关系更趋复杂。同时,在科学研究领域中,由于控制论、信息论、系统论和人体科学等学科中新理论的建立,在该学科中应用“新三论”来进行人机系统的研究便应

运而生。所有这一切,不仅给人因工程学提供了新的理论和新的实验场所,同时也给该学科的研究提出了新的要求和新的课题,从而促使人因工程学进入了系统的研究阶段。从上世纪60年代至今,可以称它为现代人因工程学发展阶段。

随着人因工程学所涉及的研究和应用领域的不断扩大,从事该学科研究的专家所涉及的专业和学科也就愈来愈多,主要有解剖学、生理学、心理学、工业卫生学、工业与工程设计、工作研究、建筑与照明工程、管理工程等专业。IEA在其会刊中指出,现代人因工程学发展有三个特点:

① 不同于传统人因工程学研究中着眼于选择和训练特定的人,使之适应工作要求,现代人因工程学着眼于机械装备的设计,使机器的操作不超出人类能力界限之外;

② 密切与实际应用相结合,通过严密计划设定的广泛实验性研究,尽可能利用所掌握的基本原理,进行具体的机械装备设计;

③ 力求使实验心理学、生理学、功能解剖学等学科的专家与物理学、数学、工程学方面的研究人员共同努力、密切合作。

现代人因工程学的研究方向是:把人-机-环境系统作为一个统一的整体来研究,以创造最适合于人操作的机械设备和作业环境,使人-机-环境系统相协调,从而获得系统的最高综合效能。

由于人因工程学的迅速发展及它在各个领域中的作用愈来愈显著,从而引起各学科专家、学者的关注。1961年,正式成立了国际人类工效学学会(IEA),该学术组织为推动各国人因工程学的发展起了重大的作用。IEA自成立至今,已分别在瑞典、前西德、英国、法国、荷兰、美国、波兰、日本、澳大利亚等国家召开了10多次国际性学术会议,交流和探讨不同时期该学科的研究动向和发展趋势,从而有力地推动该学科不断向纵深发展。

该学科在我国起步虽晚,但发展迅速。解放前仅有少数人从事工程心理学的研究,到20世纪60年代初,也只有在中国科学院、中国军事科学院等少数单位从事该学科中个别问题的研究,而且其研究范围仅局限于国防和军事领域。但是,这些研究却为我国人因工程学的发展奠定了基础。文化大革命期间,该学科的研究曾一度停滞,直至70年代末才进入较快的发展时期。

随着我国科学技术的发展和对外开放,人们逐渐认识到人因工程学研究对国民经济发展的重要性。目前,该学科的研究和应用已扩展到工农业、交通运输、医疗卫生,以及教育系统等国民经济的各个部门,由此也促进了该学科与工程技术和相关学科的交叉渗透,使人因工程学成为国内科学论坛上—门引人注目的边缘学科。在此情况下,我国已于1989年正式成立了与IEA相应的国家一级学术组织——中国人人类工效学学会(Chinese Ergonomics Society,简称CES)。目前,该

学术组织已成为 IEA 的会员国,无疑,这是我国人因工程学发展中一个新的里程碑。

1.3 人因工程学的研究内容与方法

1.3.1 人因工程学的研究内容

人因工程学研究应包括理论和应用两个方面,但当今该学科研究的总趋势还是重于应用。而对于学科研究的主体方向,则由于各国科学和工业基础的不同,侧重点也不相同。例如,美国侧重于工程和人际关系;法国侧重于劳动生理学;前苏联注重工程心理学;保加利亚偏重人体测量;捷克、印度等则注重劳动卫生学。

虽然各国对该学科研究的侧重点不同,但纵观该学科在各国的发展过程,可以看出确定该学科研究内容有如下的一般规律。总的来说,工业化程度不高的国家往往是在人体测量、环境因素、作业强度和疲劳等方面着手研究,随着这些问题的解决,才转到感官知觉、运动特点和作业姿势等方面的研究,然后,再进一步转到操纵、显示设计、人机系统控制,以及人因工程学原理在各种工业与工程设计中应用等方面的研究,最后则进入人因工程学的前沿领域,如人机关系、人与环境关系、人与生态、人的特性模型、人机系统的定量描述、人际关系,以及团体行为、组织行为等方面的研究。

虽然人因工程学的研究内容和应用范围极其广泛,但该学科的根本研究方向却是通过揭示人、机、环境之间相互关系的规律,以达到确保人-机-环境系统总体性能的最优化。就工业工程学科而言,也是围绕着人因工程的根本研究方向来确定具体的研究内容的。对工业工程师来说,从事该学科研究的主要内容可概括为以下几个方面。

1. 人体特性的研究

主要研究对象是在工业工程中与人体有关的问题。例如,人体形态特征参数、人的感知特性、人的反应特性,以及人在劳动中的心理特征等。研究的目的是,如何解决机械设备、工具、作业场所及各种用具和用品的设计与人的生理、心理特点相适应,从而可能为使用者创造安全、舒适、健康和高效的工作条件。

2. 人机系统的总体设计

人机系统工作效能的高低首先取决于它的总体设计。也就是要在整体上使“机”与人体相适应。人机配合成功的基本原因是两者都有自己的特点,在系统中

可以互补彼此的不足,如机器功率大、速度快、不会疲劳等,而人具有智慧、多方面的才能和很强的适应能力。如果注意在分工中取长补短,则两者的结合就会卓有成效。显然,系统基本设计是人与机器之间的分工,以及人与机器之间如何有效地交流信息等问题。

3. 工作场所和信息传递装置的设计

工作场所设计得合理与否,将对人的工作效率产生直接的影响。工作场所设计一般包括:工作空间设计、座位设计、工作台或操纵台设计,以及作业场所的总体布置等。这些设计都需要应用人体测量学和生物力学等知识和数据。研究作业场所设计的目的是保证物质环境适合于人体的特点,使人以无害于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产生疲劳。

人与机器及环境之间的信息交流分为两个方面:显示器向人传递信息,控制器则接受人发出的信息。显示器研究包括视觉显示器、听觉显示器,以及触觉显示器等各种类型显示器的设计,同时还要研究显示器的布置和组合等问题。控制器设计则要研究各种操纵装置的形状、大小、位置及作用力等在人体解剖学、生物力学和心理学方面的问题,在设计时,还须考虑人的定向动作和习惯动作等。

4. 环境控制与安全保护设计

从广义上说,人因工程学所研究的效率,不仅是指所从事的工作在短期内有效地完成,而且是指在长期内不存在对健康有害的影响,并使事故危险性缩小到最低限度。环境控制方面,应保证照明、微小气候、噪声和振动等常见的作业环境条件适合操作人员的要求。

保护操作者免遭“因作业而引起的病痛、疾患、伤害或伤亡”也是设计者的基本任务。因而在设计阶段,安全防护装置就视为机械的一部分,应将防护装置直接接入机器内。此外,还应考虑在使用前操作者的安全培训,研究在使用中操作者的个体防护等。

根据有关专家对英、美等国家的人因工程学研究所做的考察资料,可把国外人因工程学的研究方向归纳如下:

① 工作负荷研究,包括体力活动、智力活动、工作紧张等因素引起的生理负荷和心理负荷;

② 工作环境研究,包括高空、深水、地下、加速、高温、低温和辐射等异常工作环境条件下的生理效应,以及一般工作与生活环境中振动、噪声、空气、照明等因素的人因工程学研究;

③ 工作场地、工作空间、工具装备的人因工程学研究;

- ④ 信息显示的人因工程学问题,特别是计算机终端显示中人的因素研究;
- ⑤ 计算机设计与使用的人因工程学研究;
- ⑥ 人本管理的人因工程学研究;
- ⑦ 工作成效的测量与评定;
- ⑧ 机器人设计的智能模拟。

1.3.2 人因工程学的研究方法

人因工程学的研究广泛采用了人体科学和生物科学等相关学科的研究方法及手段,也汲取了系统工程、控制理论、统计学等其他学科的研究方法,而且该学科的研究也建立了一些独特的新方法,以探讨人、机、环境要素间复杂的关系问题。这些方法包括: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;对时间和动作的分析研究;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指标的动态变化;观察和分析作业过程和工艺流程中存在的问题;分析差错和意外事故的原因;进行模型试验或用电子计算机进行模拟试验;运用数字和统计学的方法找出各变数之间的相互关系,以便从中得出正确的结论或发展成相关的理论。

目前常用的研究方法有以下几种。

1. 观察法

为了研究系统中人和机的工作状态,常采用各种各样的观察方法,如工人操作动作的分析、功能分析和工艺流程分析等。

2. 实测法

这是一种借助于仪器设备进行实际测量的方法。例如,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对系统参数、作业环境参数的测量等。图 1.1 是用实测法研究人的生理、心理学能力测量装置框图。

3. 实验法

它是当实测法受到限制时采用的一种研究方法,一般在实验室进行,也可以在作业现场进行。例如,为了获得人对各种不同显示仪表的认读速度和差错率的数据时,可在实验室进行。如须了解色彩环境对人的心理、生理和工作效率的影响时,由于需要进行长时间和多人次的观测,才能获得比较真实的数据,通常在作业现场进行试验。图 1.2 是研究驾驶员眼动规律的试验装置。

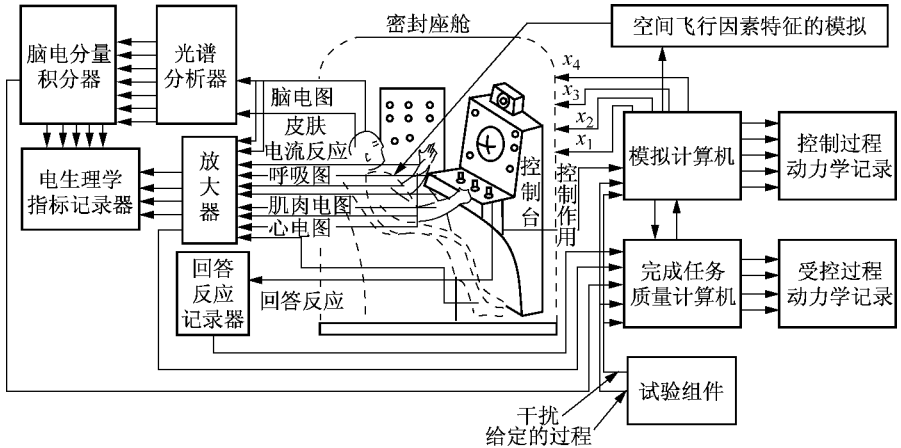


图 1.1 研究宇航员生理、心理能力测量装置框图

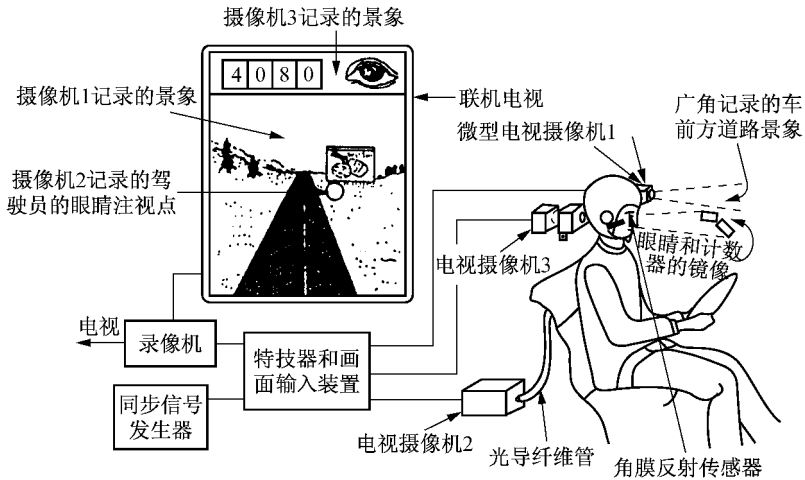


图 1.2 驾驶员眼动规律试验装置

4. 模拟和模型试验法

由于机器系统一般比较复杂,因而在进行人机系统研究时常采用模拟的方法。模拟方法包括各种技术和装置的模拟,如操作训练模拟器、机械的模型及各种人体模型等。通过这类模拟方法可以对某些操作系统进行逼真的试验,也可以得到从实验室研究外推所需的更符合实际的数据。图 1.3 为应用模拟和模型试验法研究人机系统特性的典型实例。因为模拟器或模型的价格通常比它所模拟的真实系统要便宜得多,但又可以进行符合实际的研究,所以获得较多的应用。