

高等教育“十二五”规划教材
新编安全工程专业系列教材

安全人机工程

Anquan Renji Gongcheng

主 编 / 撒占友 程卫民

主 审 / 廖可兵

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等教育“十二五”规划教材
新编安全工程专业系列教材

安全人机工程

主 编 撒占友 程卫民
副主编 董四辉 耿晓伟
主 审 廖可兵

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

安全人机工程学在工业、农业、建筑、交通等许多领域中得到广泛应用。本书内容包括：人机工程学及安全人机工程学概论、人体的人机学参数、人的生理心理因素及运动输出、作业及人体工程特征、人机系统及安全、人机系统的安全设计、作业环境安全设计、人机系统的安全分析与评价。

本书可作为安全工程、消防工程、工业工程、工业设计等专业的本科生、研究生和有关工程技术人员的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

安全人机工程/撒占友,程卫民主编. —徐州:

中国矿业大学出版社, 2012. 10

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1583 - 3

I. ①安… II. ①撒…②程… III. ①安全工程—人一机系统—高等学校—教材 IV. ①X912.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 185731 号

书 名 安全人机工程
主 编 撒占友 程卫民
责任编辑 陈红梅
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 17.5 字数 434 千字
版次印次 2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷
定 价 35.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

《新编安全工程专业系列教材》 编审委员会

顾 问 周世宁

主 任 袁 亮

副 主 任 景国勋 蒋军成 刘泽功

李树刚 程卫民 林柏泉

执行副主任 王新泉 杨胜强

委 员 (按姓氏拼音为序)

柴建设 陈开岩 陈网桦 贾进章 蒋承林

蒋曙光 廖可兵 刘 剑 刘章现 吕 品

罗 云 马尚权 门玉明 孟燕华 倪文耀

宁掌玄 撒占友 沈斐敏 孙建华 孙金华

谭世语 唐敏康 田水承 王佰顺 王宏图

王洪德 王 凯 王秋衡 吴 强 解立峰

辛 嵩 徐凯宏 徐龙君 许满贵 叶建农

叶经方 易 俊 易赛莉 余明高 张德琦

张国华 张敬东 张巨伟 周 延 朱 错

秘 书 长 马跃龙 陈红梅

前 言

安全是人类最重要和最基本的需求,是人们生命与健康的基本保证。随着科学技术的进步、社会的发展以及人类文明的不断提高,人们对安全的需求也越来越高,创建安全、舒适、健康的工作和生活环境将是人类不断追求的目标。而安全人机工程正是从安全的角度出发,以生产、生活过程中的人为中心,研究人、机、环境三者之间的相互关系,并应用到工程和生活实践中,使人—机—环境相互协调,以保证人在安全、高效、舒适、健康的环境中工作和生活。

安全人机工程的研究以安全人机工程学为理论基础。安全人机工程学作为技术科学层次的学科,既是人机工程学的应用学科,又是安全工程学的重要分支学科,是一个跨门类、多学科的交叉科学,与生理学、心理学、人体测量学、劳动学、管理学、组织行为学、数学、色彩学等学科都有密切的关系,也是一门属于自然科学与社会科学共同研究的综合学科。安全人机工程作为工程技术层次的科学,侧重研究的是如何应用安全人机工程学的相关理论和设计原则指导生产、生活中人机系统的安全设计,或对现有人机系统进行优化设计等内容。

目前,安全人机工程学在国防、宇航、工业、交通运输等各个领域得到了广泛应用,在使人类生产、生活活动的科学化、适宜化以及提高人机系统安全与效能等方面做出了突出贡献。随着安全科学的发展,安全人机工程学的研究领域也在不断扩大,不仅仅局限于人机结合面的安全匹配问题,而是深入更加广泛的应用领域,如人与生产工艺、人与操作技能、人与工程施工、人与生活服务、人与组织管理等要素的相互协调适应问题,科学研究的目的归根到底是为了指导实践,因此安全人机工程的研究有着重要的现实意义和广阔的发展空间。

本书以安全人机工程学的相关知识为理论基础,以人、机、环境三要素为对象,以人为中心,以安全为目标,以工效为条件,按照人体的人机学参数、人的生理心理因素及运动输出、作业及人体作业特征、人机系统及安全、人机系统的安全设计、作业环境安全设计、人机系统的安全分析与评价为顺序展开,侧重如何应用安全人机工程学的原理和方法进行人机系统的安全设计与分析评价。

在本书编写过程中,编者广泛收集有关学者、专家的研究成果和较成熟的理论知识,力求资料新、数据全、方法先进、适应面广、理论和方法的应用指导性强,并致力于科学性、系统性和逻辑性。

本书可作为安全工程、消防工程、工业工程、工业设计等专业的本科教材和教学参考书,也可供有关工程技术人员、管理人员和相关专业的研究生等参考使用。

全书共分8章,具体编写分工如下:第1章由撒占友(青岛理工大学)、王玉华(青岛理工大学)共同编写;第2章由耿晓伟(辽宁工程技术大学)编写;第3章由程卫民(山东科技大学)、王玉华(青岛理工大学)共同编写;第4章由王玉华(青岛理工大学)、李德顺(沈阳理工大学)共同编写;第5章由董四辉(大连交通大学)编写;第6章由胡广霞(中国劳动关系学

院)、杨豪(河南城建学院)、王玉华(青岛理工大学)共同编写;第7章由胡广霞(中国劳动关系学院)、王玉华(青岛理工大学)共同编写;第8章由宫博(沈阳化工大学)、李德顺(沈阳理工大学)共同编写。

本书力求重点突出,简明扼要。在编写过程中参考了相关文献,为提高本教材的质量起到了很好的帮助作用。初稿完成后,承蒙湖南工学院廖可兵教授给予认真审阅,并提出许多宝贵意见;青岛理工大学的王丰元教授对本书的编写工作给予了热心指导和帮助;在编写出版过程中,中国矿业大学出版社给予了大力的支持。在此,编者向本书的审阅者、文献作者、专家学者们和出版社一并表示衷心的感谢。

尽管在编写过程中编者做了不懈努力,但由于编者水平有限,书中难免有不当之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2012年8月

目 录

1 绪论	1
1.1 人机工程学	1
1.2 安全人机工程学	8
1.3 安全人机工程学与相关学科的关系	11
1.4 安全人机工程学的学科应用	13
复习思考题	14
2 人体的人机学参数	15
2.1 人体有关参数的测量	15
2.2 人体测量数据的统计处理	18
2.3 人体测量数据的应用	36
复习思考题	48
3 人的生理心理因素及运动输出	49
3.1 人的生理因素与安全作业	49
3.2 人的心理与行为特征	65
3.3 人对信息的处理过程	79
3.4 人的运动输出	85
复习思考题	100
4 作业及人体作业特征	102
4.1 作业类型	102
4.2 人体能量消耗	103
4.3 劳动负荷评价	109
4.4 劳动强度与分级	119
4.5 作业能力	119
复习思考题	129
5 人机系统及安全	131
5.1 人机系统	131
5.2 机械的安全特性	135
5.3 安全人机功能匹配	140

5.4 人机界面与安全	145
复习思考题	148
6 人机系统的安全设计	150
6.1 人机系统的设计程序	150
6.2 人机信息界面的安全设计	157
6.3 作业姿势与动作设计	188
6.4 安全防护设计	200
6.5 作业空间设计	215
复习思考题	227
7 作业环境安全设计	229
7.1 作业环境概述	229
7.2 光环境设计	230
7.3 微气候环境设计	233
7.4 色彩环境设计	236
7.5 噪声与振动环境设计	240
复习思考题	243
8 人机系统的安全分析与评价	244
8.1 人机系统的安全性与可靠性	244
8.2 人机系统的可靠性	245
8.3 人机系统的安全分析与评价	259
复习思考题	267
参考文献	269

1 绪 论

本章学习目标:

1. 掌握安全人机工程学的定义;掌握安全人机工程学的研究内容。
2. 理解人机工程学的定义;理解安全人机工程学的研究目的和研究方法。
3. 了解人机工程学发展的三个阶段及每一阶段学科发展的特点。

1.1 人机工程学

随着社会的进步和发展,人们对某一产品设计的评价也逐步由功能的要求到效率、方便、安全和舒适,也就是产品设计中的人性化设计问题,即包含人机工程学理论设计的产品。在设计的过程中,只有把“人的因素”作为一个重要的条件来考虑,设计的产品才不仅能满足功能要求、美学要求,也能满足使用者对产品的安全性、舒适性要求,有利于使用者的身心健康和操作的得心应手以及环境保护的要求。因此,寻找人一机一环境间的最佳匹配关系,探索“人性化产品”的设计理念、设计手段与设计方法,是实现系统最优效能的关键。

人一机一环境问题是人类生产和生活中普遍存在的问题,人机工程学从不同的学科、不同的领域出发,面向更广泛领域的研究和应用,人机工程学的应用涉及的系统大至城市规划、建筑设施、机械设备、交通工具,小至家具、服装、文具以及盆、杯、碗筷之类。

人机工程学是一门多学科的交叉学科,以产品的使用者作为产品设计的出发点,要求产品的外形、色彩、性能等都要围绕人的生理、心理特点来设计,借助心理学、生理学、医学、人体测量学、美学和工程技术等多个领域的基础知识,来研究不同作业中人、机、环境的协调关系,来指导工作器具、工作方式和工作环境的设计和改造,使作业在安全、效率、舒适、健康、经济等几个方面的特性得以提高。

1.1.1 人机工程学的产生与发展

从原始社会人们借助工具劳作开始,就产生了人和机的关系。这是一种最原始,也是最简单的“人机关系”,即人与工具、器具之间的关系,它们相互依存、相互制约。英国是世界上开展人机工程学研究最早的国家,但本学科的奠基性工作实际上是在美国完成的,而此后对学科的进一步发展和应用起推动作用的却是日本。所以,人机工程学有“起源于欧洲,形成于美国,发展于日本”之说。虽然本学科的起源可追溯到 20 世纪中期,但作为一门独立的学科,即现代人机工程学,却只有不到 50 年的历史。在其形成与发展的过程中,主要经历了 3 个阶段,即经验人机工程学、科学人机工程学和现代人机工程学。

1) 经验人机工程学

自从有人类社会以来,人类的生活就离不开器具。因此,伴随着人类的出现,也就形成

了人和器具的最原始的人机关系。早在石器时代,人类就学会选择石块打制成石刀、石矛、石箭等工具,如图 1.1 所示。虽然古代没有系统的人机学研究方法,但是人类所创造的各种器具,从形状的发展变化来看,是符合人机工程学原理的:旧石器时代所创造的石刀、石斧等狩猎工具,大部分是直线形状;新石器时代,人类所创造的锄头、铲刀以及石磨等工具的形状,逐步变得更适合人使用了;青铜器时代以后,人类新创造的工具更是大大向前发展了。在我国的古典家具中,如太师椅、茶几等都可以很明显地看到渗透了人机设计理念,如图 1.2 所示。再如,我国古代的指南车,如图 1.3 所示,它的传动机构,运用了力学知识和反馈原理,与现代人机工程学的原理相吻合。这些器具随着人们的使用而不断地改进变化,呈现由简单到复杂逐步科学化发展过程。这种实际存在的人与工具的关系问题及其发展,称为经验人机工程学。

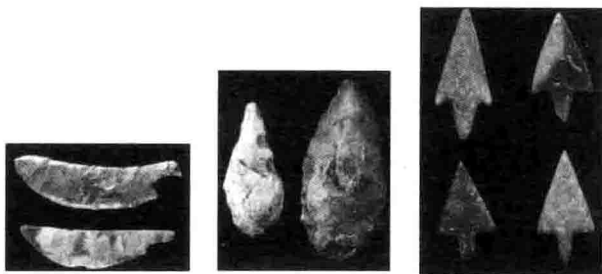


图 1.1 原始社会人们使用的石刀、石矛、石箭



图 1.2 紫檀雕四出头官帽椅



图 1.3 我国古代的指南车

工业革命是资本主义发展史上的一个重要阶段,是工场手工业向机器大工业的过渡阶段。工业革命实现了从传统农业社会转向现代工业社会的重要变革,逐步完成了机器生产取代手工劳动的转变,也是以大规模工厂化生产取代个体工场手工生产的一场生产与科技革命。工业革命是生产技术的变革,同时也是一场深刻的社会关系的变革。在经历工业革命之后,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,无论从客观上还是从主观上来讲,都面临着前所未有的压力。一方面是机械设备的不断涌现,另一方面则是开始研究人如何适应机的要求,创造出更高的劳动生产率。改革工具以便改善劳动条件和提高劳动效率已经成为一个迫切问题。这段时期对劳动工效的苛刻追求促进了人机工程学的孕育,人们开始对经验人机工程学所提出的问题进行研究。被誉为科学管理之父的美国工程师弗雷德里克·温斯洛·泰勒(1856—1915)提出科学管理理论与方法,先后开创“时间与动作研究”工作,包括“肌肉疲劳试验”、“铁锹作业试验”、“砌砖作业试验”等多项研究,这些研

究成为后来人机工程学的重要分支。

(1) 肌肉疲劳试验 1884年,德国学者莫索对人体劳动疲劳现象进行试验研究。对作业的人体通以微电流,随着人体疲劳程度的变化,电流也随之变化,这样可以采用不同的电信号来反映人的疲劳程度。这一试验研究为以后的“劳动科学”奠定了基础。

(2) 铁锹作业试验 1898年美国学者泰勒从人机学角度出发,对铁锹的作业效率进行了研究。他用形状相同而“铲量”分别为5 kg、10 kg、17 kg和30 kg四种铁锹交给工人,去铲同一堆煤,进行铲煤作业试验,比较他们在每个班次8 h的工作效率。结果表明工效有明显差距,虽然17 kg和30 kg的铁锹每次铲的量较大,但事实上铲煤量为10 kg的铁锹作业效率最高。他做了许多次试验,找出了铁锹的最佳设计和搬运煤屑、铁屑、沙子、铁矿石等松散粒状材料每一铲的最适当的质量。该试验是关于体能合理利用的最早科学试验。泰勒还进行了对比各种不同的操作方法、操作动作的工作效率的研究,这是关于合理作业姿势的最早科学研究。

(3) 砌砖作业试验 美国人吉尔伯勒斯是泰勒的亲密合作者,科学管理运动的主要代表之一。他指出“世界上最大的浪费,无过于不必要的、错误的、无效的动作所造成的浪费”。1911年,吉尔伯勒斯对美国建筑工人砌砖作业进行了试验研究。他用快速摄影机把工人的砌砖动作拍摄下来,通过对所拍摄砌砖动作进行分析研究,去掉多余无效动作,把砌砖的基本动作由原来的18个减少到4.5个(外层砖)或2个(内层砖)。他通过设计砌砖工的位置、工具和材料的位置以及灰浆的浓度,使工人砌砖速度由当时的每小时120块提高到每小时350块。

经验人机工程学研究阶段一直持续到第二次世界大战(以下简称二战)之前。它主要研究每一种职业的要求,利用测试来选择工人和安排工作;如何挖掘和利用人力的方法;制定培训方案,使人力得到最有效得发挥;研究最优良的工作条件;研究最好的组织管理形式;研究工作动机,促进工人和管理者之间的通力合作。参与研究的人员大都是心理学家,研究偏向心理学方向,因而许多人把这一阶段的人机工程学称为“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优选上,在人机关系上以选择和培训操作者为主,使人适应于机械设备的运行。

至此,虽然提高工作效率的观念和方法开始建立在科学实验的基础上,具有了现代科学的形态,但是这一时期研究的核心是最大限度地挖掘人的操作效率。从对待人机关系这个基本方面考察,总体来看是要求人适应于机械设备,即以机械设备为中心进行设计;研究的主要目的是选拔与培训操作人员。这在基本学术理论上与现代人机学南辕北辙,存在对立的方面。因此,应该把这段时期看做是人机工程学的孕育期。

2) 科学人机工程学

20世纪30年代末二战爆发,这一时期是人机工程学发展的第二阶段,即人与机械的关系问题,也是人机工程学的创建期。可以说,二战中尖锐的军械问题促进了人机工程学的诞生。在这个阶段,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,忽视了在武器设计中考虑“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。失败的惨痛教训引起决策者和设计者的高度重视。通过分析研究,人们逐步认识到,一味追求飞机技术性能的优越,而不与飞行员的生理机能相匹配,就不能发挥飞机的预期效能。在人和武器的关系中,主要的限制因素不是

武器而是人,“人的因素”在设计中是不能忽视的一个重要条件。因此,要设计一个优良的装备系统,只有工程技术知识是不够的,还必须有生理学、心理学、人体测量学、生物力学等学科方面的知识,这就是现代人机工程学产生的背景。在第二次世界大战期间,首先在军事领域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把解剖学家、生理学家和心理学家请去为设计操纵合理的武器而出谋献策,结果收到了良好的效果。军事领域中对“人的因素”的研究和应用,使人机工程学应运而生。图 1.4 所示为二战时期的军用飞机仪表盘。



图 1.4 二战时期的军用飞机仪表盘

1949年,在英国人莫瑞尔的倡导下,英国成立了第一个人机工程学科研究组,第一本有关人机的图书——《应用经验心理学:工程设计中的人因学》出版。1950年2月16日,在英国海军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。1957年,麦克考米克出版了《人类工程学》一书,该书相继被美国、欧洲等国和日本广泛采用,并作为大学教科书。

人机工程学的第二个发展阶段一直持续到20世纪50年代末。在其发展的后期,由于战争的结束,人机工程理论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实际问题,如飞机、汽车、机械设备、建筑设施以及生活用品等设计中的人机学问题。人们还提出在工业机械设备的设计中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,这一发展阶段人机工程学的研究课题已超出了心理学的研究范畴,使许多生理学家、工程技术专家也参与到该学科的研究中来,从而使人机工程学的名称有所变化,大多称为“工程心理学”,从而这一阶段的发展呈现出重视工业与工程设计中“人的因素”,力求使机械适应于人的特点。

3) 现代人机工程学

20世纪60年代,欧美各国进入大规模的经济快速发展时期。这一时期,由于科学技术的进步,人机工程学获得了更多的应用和发展机会。宇航技术的发展、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,使人机关系更加复杂。同时,在科学领域中,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,要求在研究人机关系时应用新理论来进行人机系统设计。所有这一切,不仅给人机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,从而促使人机工程学进入了系统的研究阶段,使人机工程学的发展走向成熟,如图 1.5 所示。

在这一发展阶段,随着人机工程学所涉及的研究和应用领域的不断扩大,从事该领域研究的专家也在不断增加,主要涉及解剖学、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、管理工程等专业领域。现代人机工程学致力于把人、机和环境作为一个统一的整体来研究,以创造最适合于人工作的机械设备和作业环境,使人—机—环境系统相协调,从而获得最优的以及安全、高效、经济的系统组合方式。

由于人机工程学的迅速发展及其在各个领域中的作用越来越显著,从而引起各学科专

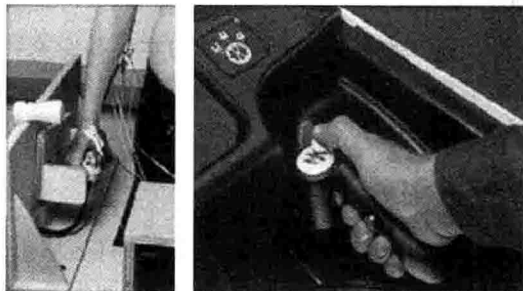


图 1.5 美国亨利·德累夫斯事务所的人机学实验

家学者的关注。1961年,在瑞士的斯德哥尔摩正式成立了国际人类工效学学会(IEA),每三年召开一次国际大会,该学术组织为推动各国人机工程学的发展起了重大的作用。IEA自成立至今,召开了10多次国际性学术会议,交流和探讨了不同时期人机工程学的研究动向和发展趋势,从而有力地推动了学科的不断发 展。2009年8月,在北京举行了第17届国际人类工效学大会,这是自国际工效学会成立以来首次在发展中国家举办,来自60个国家和地区的共1000多人因学研究工作 者参加了大会。大会上,中国人类工效学学会理事长、中科院心理所所长张侃研究员做了题为“人因学技术和研究与汶川地震后的心理救援”的特邀报告,并当选为会士,成为第一位当选IEA会士的大陆科学家。

20世纪70年代以后,随着科学技术的飞速发展、电子计算机应用的普及、工程系统的进一步发展及其自动化程度的不断提高、宇航事业的空前发展,人机工程学逐渐形成了两大特点:一是人机工程学渗透到人们工作和生活的各个领域;二是人机工程学在高科技领域中得到了应用。自动化系统中人的监控作用、人机信息交互、人工智能等都与人机工程学有着密切的关系。

我国将人机工程学作为一门独立的学科进行研究是在新中国成立之初,虽然起步较晚,但由于它在提高工效和保障人的安全方面的作用越来越明显,人们逐渐认识到人机工程学研究对我国经济发展的重要性,所以发展很快,形势很好。目前,该学科的理论研究和应用已扩展到工农业、交通运输、医疗卫生和教育系统,成为国内一门引人注目的边缘性、综合性学科。1980年4月,国家标准局成立了全国人类工效学标准化技术委员会,统一规划、研究和审议全国有关人类工效学的基础标准的制定工作。1984年,国防科工委成立了国家军用人—机—环境系统工程标准化技术委员会。这两个技术委员会的建立,有力地推动了我国人机工程学研究的发展。1989年6月30日,正式成立了研究人机工程学问题的、与IEA对应的国家学术团体——中国人类工效学学会,这是我国人机工程学发展的又一里程碑。该学会是中国科学技术协会下的一级学会,目前是IEA的会员。该学会自成立以来组织召开了多次学术会议,并协同国家技术监督局制定我国人机工程的国家技术标准,为人机工程学在我国的发展做出了贡献,并在1995年9月创建了学会会刊《人类工效学》季刊。20世纪90年代初,北京航空航天大学首先成立了我国人机工程学的第一个博士学科点,随后南京航空航天大学、西北工业大学、北京理工大学、北京大学(医学部)等也先后成立了相应的专业。随着我国科技和经济的发展,人们对工作条件、生活品质的要求正逐步提高,对产品的人机工程特性也必将会日益重视。

1.1.2 人机工程学的命名及定义

由于人机工程学发源学科和地域的不同,涉及的学科和专家数目也不同,不同的专家都试图从各自的研究领域和解决问题的着眼点来命名本学科,由此引起了本学科多种名称长期并存的现象,至今各领域的专家们在此学科的命名问题上仍然没有达成共识。目前,国际上比较常见的名称如下:

1) 人类工效学

人类工效学简称工效学,英文为 ergonomics,这个学科名称出现的最早。“ergonomics”是由两个希腊词根“ergon”和“nomos”缀接而成的,前一词根意为出力、工作、劳动,后一词根意为规律、规则。欧洲各国和世界其他地区大多根据这个名称翻译为本国文字,因此这个学科名称在世界上应用最广。

2) 人的因素(学)

英文为 human factors,这是美国一直沿用的名称,某些东南亚国家和我国台湾也采用这个名称。由这个名称派生出来的名称有人因工程(学),英文为 human factors engineering。

3) 人类工程学

英文为 human engineering,类似的名称有人体工程学。

4) 工程心理学

英文为 engineering psychology,有人认为在这个名称下的学科研究更专注于心理学方面,因而与其他名称多少有点差异。

5) 其他名称

如人一机一环境系统工程学、宜人性设计、人机工程设计等。在日本,该学科的名称是“人间工学”,其他国家大多沿用英、美两种名称。在我国,由于各领域专家看问题的角度和研究的出发点不同而采用的名称不同,常见的名称有“人机工程学”、“人类工效学”、“人机环境工程学”和“宜人学”等几种。

总的来看,人机工程学的研究对象是人机系统,人机系统是由人和机两个子系统组成的,人和机有自身的独立性和各自的功能特点,并不是机械地混合和功能的简单叠加,而是一个相互影响、相互作用、共存的有机整体。在研究人机系统时,不仅要研究各子系统的特性和功能,更重要的是研究它们之间的相互作用和因相互作用而形成的系统功能。人机系统总是处于一定的环境中,人机系统既影响环境,环境也对人机系统产生影响,所以,在研究人机系统时应把环境作为一个研究对象,从而形成了“人一机一环”系统。人机系统作为狭义的概念来理解时,“环”指的是人机系统所处的外界环境,包括作业环境、自然环境和社会环境;人机系统作为广义的概念来理解时,将系统中人以外的其他元素都作为“机”,包括机械和人机系统所处的外界环境。事实上,随着应用范围的进一步扩大,该学科已从早期主要生产系统中人、机、环境之间的关系发展成为研究所有包含人存在的系统中人与系统其他元素之间的关系。因此,可以认为该学科的研究对象已经大大扩展。对于传统意义上的工作、生产等物理系统,它仍主要是研究人、机、环境之间的关系,这一类研究仍可以称为人机工程学,而对于主要研究宏观的组织、社会层面中有关人的因素时,将其称为人因工程学更为恰当。本书作为安全工程专业的本科教材,突出基础性和实践性,从该学科的研究目的出发,以“机宜人、人适机”的设计原则为着眼点,关注的是工作、生产等物理系统中人机安全匹配问题,采用“人机工程学”的名称更恰当,也更易于接受和理解,英文名称采用 man-machine engineering,而人机系统则作为狭义的概念来理解更为具体,从而形成“人一机一环”

的概念。

人机工程学是综合运用人体测量学、人体力学、生理学、卫生学、心理学、管理学、系统科学、数学、工程技术等学科的基本理论和知识研究人、机及其工作环境之间相互作用的学科,涉及产品设计、操作人员、动作设计、人机匹配等内容,是一门跨学科、跨专业的综合性、交叉性学科。对于人机工程学,目前国内也还没有统一的定义。

IEA 对人机工程学的定义是: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。2008年,IEA 理事会又对定义进行了修改:研究系统中人和系统其他元素之间的相互作用的一门学科,其目的是使人在系统中工作、生活的舒适性与系统总的绩效达到最优。

1979年版的《辞海》对人机工程学的定义为:人机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。用以设计使操作者发挥最大效能的机械、仪器和控制装置,并研究控制台上各个仪表的最适位置。

《中国企业管理百科全书》将人机工程学定义为:研究人和机器、环境的相互作用及其合理结合,使设计的机器与环境系统适合人的生理、心理等特点,达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的目的。

国内学者一般认为:人机工程学是在以人为本的思想指导下,综合考虑人的心理、生理及能力和需求等因素,研究系统中人、机械、环境相互间的合理关系,依据设备或工具的功能和要求进行人机系统的设计和研究,以保证人们安全、健康、舒适地工作,并取得满意的工作效果的一门科学。

综上所述,尽管学科名称多样,定义存在不同程度的分歧,但本学科的研究对象、研究方法、理论体系等方面并不存在根本的区别。这正是人机工程学作为一门独立学科存在的理由,同时也充分体现了该学科边界模糊、内容综合性强、涉及面广等特点。

1.1.3 人机工程学的研究内容

人机工程学的研究对象是人机系统,即人机各自的特性、功能和其相互作用及总体功能。

人机工程学的研究任务就是解决人与机的关系,改善机械设备发出的信号信息,使人易于辨识,改善机械设备的控制装置,使人易于控制,排除不良环境对人机系统的影响,从而建立一个合理可行的方案使人—机—环境系统达到最优化的配合,充分发挥人与机的作用,做到人尽其力,机尽其用,环境尽其效,使整个系统安全、可靠、高效,以保证操作者在健康、舒适的环境中工作和生活。围绕研究任务,其研究内容主要包括以下几个方面:

- (1) 人的因素 包括人的人机学参数、生理因素、作业特征。
- (2) 机的因素 包括显示装置、控制装置等机械设备的设计、安全防护装置。
- (3) 环境因素 包括光环境、噪声环境、振动环境、微气候等作业环境设计。
- (4) 人机系统综合研究 包括人机匹配、人机界面设计、作业空间设计。

1.2 安全人机工程学

1.2.1 安全人机工程学的产生和发展

生产技术的进一步发展,给人们的生活带来了便利,使人们的生活质量不断提高,而人们对生产安全的需求也相应地提高了。与此同时,生产技术的发展也使现代化生产的发展向着机械高速、密集和复杂的方向发展,从而对操作者的要求也相应提高,但根据遗传法则,人类自身的进步却是最慢的。虽然教育和培训会使人进步,但是人的生理和生物力学特性却没有多大变化,人类的判断力、注意力和操控水平对于飞速发展的机械设备来说,进步实在是太慢了,就出现了人机之间的不匹配和不协调,不但影响机的功能发挥,也给操作者带来负担,可能还会损害人的健康,甚至会出现安全生产事故。任何先进的机械设备都是人来设计和制造,并为人类服务的,因而人机系统中人是主要因素,保证系统中人的安全是人机工程学的重要任务,也是保证人机系统功能和高效的前提条件。所以,研究工作和生产中如何保证人的安全成为人机工程学非常重要的研究和应用领域之一,这就产生了安全人机工程学(safety man-machine engineering),并成为人机工程学的一个重要应用分支。

安全是人类最重要和最基本的需求,是人们生命与健康的基本保证。随着安全观念的深入人心,人们的安全意识逐步增强,安全也由原先的生产安全扩展到人们的生活和生存领域,即大安全观。安全人机工程学随着安全科学的发展其研究领域也不断扩大,已不仅仅局限于人机结合面的匹配问题,而是要求深入更广泛的应用领域研究,如人与生产工艺、人与操作技能、人与工程施工、人与生活服务、人与组织管理等要素的相互协调适应问题。由于人的生产领域、生活领域、生存领域涉及方方面面,而且与每个人都息息相关,因此安全人机工程学发展非常迅速并且具有广阔的应用前景。从1991年开始,很多安全领域的专家学者先后出版了不同版本的安全人机工程(学)著作或教材,使得安全人机工程学学科逐步完善,但是随着人类生活水平的不断提高,安全人机工程学的应用领域将会不断扩大和深入,如航空领域、自动控制领域等,同时对于人体尺寸的完善和标准的更新也是有待深入研究的。

1.2.2 安全人机工程学的定义

安全人机工程学是从安全的角度,运用人机工程学的原理和方法去解决人机结合面的安全问题的一门新兴学科。其立足点放在安全上,以工效为限制条件,以活动过程中对人实行保护为目的,研究人、机、环境三者之间的相互关系,探讨如何使机械、环境符合人的形态学、生理学、心理学方面的特性,使人—机—环境相互协调,以达到人的能力与作业活动要求相适应,创造安全、高效、舒适、健康的劳动环境和条件的学科。

人类社会的不断进步,就是要创造一个能够让人类安全、舒适地生产、生活和生存的环境。因此,安全人机工程学专注的就是在实现一定的生产效率的同时,如何最大限度地保障人的安全健康与舒适愉快,它从人机工程学中分离出来,成为安全工程学的一个重要分支,这是人机工程学和工程安全学发展的进步,也是现代科学技术发展的必然趋势。

1.2.3 研究目的与任务

人们在工作或从事生产活动的时候,往往既要求有效率又希望安全地,甚至是舒适、健康和愉悦地进行工作和生产。生产技术的发展产生了各种各样的机械设备,这些机械设备有的能够提供能源和动力,有的能够直接代替人类作业,将人类从劳动中解放出来,但是机

械设备只能按照预先设定的程序进行工作,需要有人来启动和监护才能完成既定的任务。相反,如果机械设备的设计不符合人的生理和心理特征,甚至超过人的正常能力,人们无法利用它们进行工作,或者会出现安全事故,就得不到应有的效应。因此,机械设备的效能不仅取决于机械设备本身的生产能力和安全可靠性能,还取决于它是否适合于人的操作;同时,人和机既相互作用又相互制约,是不可分割的统一整体,在设计阶段就应当考虑人的影响因素。安全人机工程学的研究目的就是对人机系统建立合理可行的方案,根据人和机的功能特点和需求,合理分配,使两者有机结合,发挥各自的最大功效,创造安全、高效、舒适、健康的工作和生产环境。

为此,安全人机工程学研究的主要任务是为人机系统设计者提供系统安全性设计,包括人体参数与安全性设计、人的生理和心理因素与安全生产、作业疲劳与安全生产、安全标志和安全色在人机界面中的应用、作业空间安全布局、安全防护装置设计、作业环境优化等。安全人机工程学的另外一个任务是对已有系统进行安全人机分析和评价,查找系统中不符合安全人机设计原则和思想的地方,以提出设计改进意见。

1.2.4 研究内容和方法

1) 研究内容

安全人机工程学的研究内容与人机工程学的研究内容基本一致,只是研究的着眼点和角度不同,包括以下几个方面:

(1) 人的因素 主要包括人体的人机学参数、人的生理、心理因素与安全生产、作业疲劳以及安全生产、人的可靠性。

(2) 机的因素 主要包括显示装置、控制装置等机械设备的安全设计、安全防护装置、机械设备的可靠性。

(3) 环境因素 主要包括光环境、噪声环境、振动环境、微气候等作业环境安全设计。

(4) 人机系统综合研究 主要包括人机分工匹配、人机界面安全设计、作业空间安全布局、环境因素对人机系统可靠性的影响等。

2) 研究方法

安全人机工程学的研究方法与人机工程学的研究方法基本相同,但是研究问题的角度和着眼点与工效人机工程学相对,它们是同一研究领域两个不同的研究侧面。工效人机工程学是以安全为前提、以工效为目标研究人机结合问题,而安全人机工程学是以安全为目标、以工效为条件,从适合人与保证人安全的角度和着眼点出发,研究人机结合面的问题。安全人机工程学主要应用了人机工程学中的调查法、实验法和模拟法作为研究方法。

(1) 调查法 调查法是指为了达到设想的目的而制订某一计划,全面或比较全面地收集研究对象的某一方面的各种材料,并做出分析、综合,得到某一结论的研究方法。根据研究的需要,可以向被调查者本人做调查,也可以向熟悉被调查者的人做调查。调查法可以分为书面调查和口头调查两种。调查法能够同时收集到大量资料,使用方便,并且效率高。常用的调查法有访谈法、电话调查法和问卷调查法。在安全人机工程的研究过程中,常常采用调查法收集人们对某些不合理、不安全的人机工程设计的意见或看法。

① 访谈法。访谈法是研究人员通过与被调查者直接交谈,来探索被调查者的心理状态的研究方法。访谈调查时,研究者与被调查对象面对面地交流,针对性强,灵活、真实、可靠,便于深入了解人或事件的多种因素及内部原因,但访谈法比较花费人力和时间,调查范围比较窄。