

教育部高等学校高职高专安全专业类规划教材

# 安全人机工程

主编 廖可兵 张 力

Anquan Renji Gongcheng

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

12.9  
479

X912.9  
Z-479

教育部高等学校高职高专安全专业类规划教材

# 安全人机工程

主编 廖可兵 张 力

中国矿业大学出版社

## 内 容 简 介

本书系统阐述了人类生产、生活和生存领域中的安全人机工程原理及方法。全书共九章,主要内容有:人机工程学与安全人机工程、人体的人机学参数、安全生理、安全心理、人体力学特性、疲劳与恢复、安全人机功能分配、人机系统的安全设计与评价和安全人机工程的实践与应用举例。

本书可作为高职高专安全类专业及其相关专业的教材,也可供安全监察人员、安全工程技术人员、企业管理人员、环境保护工程技术人员和装饰工程设计人员,以及显示器、控制器的设计和制造等工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

安全人机工程/廖可兵,张力主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2009.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0370 - 0

I. 安… II. ①廖…②张… III. 安全工程—人一机系统—高等学校;技术学校—教材 IV. X912.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 101525 号

书 名 安全人机工程  
主 编 廖可兵 张 力  
责任编辑 耿东锋 张 岩  
责任校对 何晓惠  
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 徐州中矿大印发科技有限公司  
经 销 新华书店  
开 本 787×1092 1/16 印张 13 字数 325 千字  
版次印次 2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷  
定 价 19.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

## 序

目前,我国各行各业的经济建设正在蓬勃发展,为国家和社会“培养有道德、有技能和有持续发展能力的高素质技能型人才”已经成为我国各高职高专院校培养人才和发展的努力方向。

为更好地适应整个社会对高职高专安全类专业人才的需求,满足高职高专院校“安全技术管理”及其相关安全工程专业的人才培养需要,高职高专安全类专业教学指导委员会于2008年4月在徐州召开了有关高职高专安全类专业教材编写会议,聘请来自全国30多所高职高专院校安全类专业的专家、学者参与教材编写,计划出版一套全国高职高专安全类专业院校较为适用的全国统编教材,以促进全国高职高专安全类专业院校的健康发展和教学水平的全面提高。

安全专业是一门知识面宽、涉及专业广、跨多学科的系统工程,各院校对此专业的基础课、专业基础课和专业课的设置均有自己的特色和办学经验。在尊重各院校办学的基础上,决定对所设的主要课程“安全管理”、“安全系统工程”、“安全人机工程”、“事故管理与应急处置”、“矿井通风与安全”、“安全管理文书写作”和“瓦斯防治与开采技术”等10多门课程的教材进行统一编写,以进一步提高教学水平,增强高职高专安全类专业学生的实际工作(竞争)能力。

在教材编写过程中,以重实践、重能力和重应用作为本套教材编写的宗旨。体现职业教育的理念、特点和要求,突出行业特点,突显理论联系实际和培养实际动手能力为主的职业教育特色;在不同章节体系上考虑不同教学方法的特点和要求,引用最新的典型事例;在知识结构上以传统与现代相结合,保持知识结构的稳定性、代表性、前沿性和前瞻性;将安全生产方针和法规融入到具体知识内容之中。增加具有职业教育特点的实训内容,并增加有关能力与素质培养的训练题。

本套教材有别于理论课程的教学设计和教学组织,强调学习过程和方法,从学生素质、兴趣和发展的角度出发,全面构建课程知识与技能,过程与方法等方面的协调一致。课程的学习应当是学生自主学习为主,教师引导为辅,把“过程和方法”的培养作为课程教学目标之一,将学习重心从知识的传承积累向知识的探究积累过程转化。

本套教材是目前高职高专安全类专业较为系统和实用的专用系列教材,可满足当前安全类高职高专院校的教学需要,可大大提高安全类高职高专院校的教学水平,为规范教学创造了条件。

教育部高等学校高职高专安全专业类教学指导委员会

2008年8月8日

## 前 言

安全人机工程是从安全的角度和着眼点研究人与机的关系的一门工程技术,其立足点是安全,以对在活动过程中的人实行保护为目的,主要阐述人与机应保持什么样的关系才能保证人的安全。这主要是从活动者的生理、心理、生物力学的需要与可能等诸因素,来着重研究人从事生产或其他活动过程中,在实现一定活动效率的同时,最大限度地免受外界因素作用的机理,以及预防与消除危害的标准与方法,从而达到实现安全卫生的目的,确保人类能在安全健康、舒适愉快的条件与环境中从事各项活动。“安全人机工程”于2005年被教育部高等学校高职高专安全专业类教学指导委员会确定为安全类专业的必修专业基础课之一。为适应高职高专安全类专业教学的需要,教学指导委员会决定将《安全人机工程》纳入规划教材体系进行编写,并向全国高校公开招标组成教材编写组。本教材从大纲编制、审定及相关内容的划定,皆在教育部高等学校高职高专安全专业类教学指导委员会直接组织和指导下进行。全书分为九章:第一章概论,第二章人体的人机学参数,第三章安全生理,第四章安全心理,第五章人体力学特性,第六章疲劳与恢复,第七章安全人机功能分配,第八章人机系统的安全设计与评价,第九章安全人机工程的实践与应用举例。

本教材编写组由湖南工学院廖可兵教授、张力教授、刘爱群副教授,河南理工大学景国勋教授和首都经贸大学王勇毅副教授组成,廖可兵和张力担任主编。第一章由廖可兵、张力编写;第二章由景国勋、刘爱群编写;第三章由刘爱群编写;第四章由廖可兵编写;第五章由张力编写;第六、七章由廖可兵编写;第八章由廖可兵、张力编写;第九章第一节由刘爱群编写,第二节由张力编写,第三、五节由景国勋编写,第四节由王勇毅编写。全书由廖可兵统稿。

本书编写过程中参考和引用了许多中外专家学者的研究成果和宝贵资料。在此,谨对原作者和研究者表示最诚挚的谢意,同时向本书的编写组织者和出版社致谢。

由于安全人机工程所涉及的知识面极为广泛,加之编著者的水平所限,虽然经过反复修改,仍难免会有各种不足甚至错误,敬请读者批评指正。

编 者

2008年12月

## 目 录

<b>第一章 概论</b> .....	1
第一节 人机工程学.....	1
第二节 安全人机工程.....	6
本章小结.....	9
复习思考题.....	9
<b>第二章 人体的人机学参数</b> .....	10
第一节 人体有关参数的测量 .....	10
第二节 人体测量数据的应用 .....	24
本章小结 .....	33
复习思考题 .....	34
<b>第三章 安全生理</b> .....	35
第一节 人的感知特性 .....	35
第二节 人的反应时间 .....	42
第三节 人体活动的生理变化与大脑的觉醒水平 .....	43
第四节 环境因素的生理效应 .....	45
第五节 体力劳动强度的测定与分级 .....	51
本章小结 .....	54
复习思考题 .....	54
<b>第四章 安全心理</b> .....	55
第一节 概述 .....	55
第二节 心理对安全生产的影响 .....	56
第三节 环境对心理的影响 .....	62
第四节 防止意外事故的心理对策 .....	66
本章小结 .....	67
复习思考题 .....	68
<b>第五章 人体力学特性</b> .....	69
第一节 人体各部分的操纵力 .....	69
第二节 人体运动的速度与准确度 .....	74
第三节 人体用力及其影响因素 .....	76

---

本章小结 .....	78
复习思考题 .....	78
<b>第六章 疲劳与恢复 .....</b>	<b>79</b>
第一节 疲劳的产生及规律 .....	79
第二节 疲劳的症状和测量 .....	81
第三节 疲劳的改善与消除 .....	84
本章小结 .....	86
复习思考题 .....	86
<b>第七章 安全人机功能分配 .....</b>	<b>87</b>
第一节 人机系统的基本概念 .....	87
第二节 机械的安全特性 .....	90
第三节 人机功能分配 .....	91
本章小结 .....	97
复习思考题 .....	97
<b>第八章 人机系统的安全设计与评价 .....</b>	<b>99</b>
第一节 人机界面的安全设计 .....	99
第二节 作业环境的设计 .....	128
第三节 安全防护装置的设计 .....	137
第四节 人因事故分析的基本方法 .....	139
第五节 人机系统安全与可靠性 .....	152
本章小结 .....	156
复习思考题 .....	157
<b>第九章 安全人机工程的实践与应用举例 .....</b>	<b>158</b>
第一节 工作空间设计 .....	158
第二节 控制室的安全人机工程 .....	170
第三节 办公室的安全人机工程 .....	172
第四节 道路交通安全人机工程 .....	178
第五节 煤矿矿井安全人机工程 .....	185
本章小结 .....	194
复习思考题 .....	194
<b>参考文献 .....</b>	<b>196</b>

# 第一章 概 论

## 本章学习目标:

1. 掌握人机工程学和安全人机工程的定义;
2. 理解人机系统、人机关系的含义,并能在人机系统中找出其中存在的人机关系;
3. 了解人机工程学的起源与发展;
4. 了解安全人机工程的研究目的及范围。

安全人机工程是从安全的角度和着眼点研究人与机的关系的一门工程技术,其立足点是在安全上面,以对在活动过程中的人实行保护为目的,主要阐述人与机应保持什么样的关系,才能保证人的安全。也就是说,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。这主要是从活动者的生理、心理、生物力学的需要与可能等诸因素,来着重研究人从事生产或其他活动过程中实现一定活动效率的同时最大限度地免受外界因素作用的机理,以及预防与消除危害的标准和方法,从而达到实现安全卫生的愿望的目的,确保人类能在安全健康、舒适愉快的环境中从事各项活动。

安全人机工程以安全人机工程学理论为指导,而安全人机工程学作为人机工程学的一个应用学科和安全工程学的重要分支学科,其性质是一个跨门类、多学科交叉的技术科学。因此,研究安全人机工程,必须先研究人机工程学与安全人机工程学。

## 第一节 人机工程学

人机工程学(Man-Machine Engineering)是一门专门研究人与系统其他元素之间相互作用的技术科学。该学科在其自身的发展过程中,逐步打破各学科之间的界限,有机地融合各相关学科理论,不断完善自身的基本概念、基础理论、研究方法、技术标准和操作规范。它起源于欧洲,形成于美国,发展于日本,作为一门独立学科的历史已有 50 余年。

英国学者莫瑞尔于 1949 年首次正式提出 Ergonomics 一词,该词是由希腊词根“ergon”(即工作、劳动)+“nomos”(即规律、规则)+词尾“mics”复合而成,其含义是“人工作的规律”、“工作的学问”。亦即,这门学科是研究人在工作过程中如何做到省力、省事、安全、正确。由于该词能够较全面反应本学科的本质,又源于希腊文,为便于各国语言翻译上的统一,而且使词义保持中立性,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”一词作为该学科命名。

由于该学科研究和应用范围极其广泛,它所涉及的各学科、各领域的专家、学者都试图从各自研究领域的角度和解决问题的着眼点来给本学科命名,因而到目前为止在国内外还没有统一的学科名称。这门学科的名称在美国称为“Human Factors”(人因工程),西欧国家多称“Ergonomics”,日本和俄罗斯都用西欧名称,日语称“人间工学”,俄语为



“эргономика”,其他国家大都是沿用英、美两种名称。在我国,也由于看问题的角度和着眼点不同而采用的名称不同,其称呼大致有“人体工程学”、“人因工程学”、“人类工效学”、“工效学”、“人机工程学”、“人一机—环境系统工程学”等。本书从该学科基础理论的交叉性、要求“机宜人”和“人适机”的通用性以及应用领域的广泛性角度出发,采用“人机工程学”的名称。

### 一、人机工程学的定义

人机工程学是 20 世纪中期发展起来的交叉科学,它广泛运用人体测量学、生理学、卫生学、医学、心理学、系统科学、社会学、管理学及技术科学和工程技术等学科的理论 and 知识,主要研究系统中人、机及其工作环境,特别是人与机、环境结合面之间的关系,通过恰当的设计,使人机系统获得高工效和安全。这门学科目前在国内外尚无统一的定义。国际人类工效学协会(International Ergonomics Association,简称 IEA)对人机工程学所下的定义是:研究人在工作环境中的生理学、解剖学、心理学等方面的特点、功能,以进行最适合于人类的机械装置的设计制造、工作场所布置、工作环境条件最佳化的实践科学。2000 年 8 月,IEA 理事会又将 Ergonomics 的定义正式修改为:研究系统中人和系统其他元素之间的相互作用的一门科学,其目的是使人们在系统中工作、生活的舒适性与系统总的绩效达到最优。

国内学者一般认为:人机工程学是根据人的心理、生理和身体结构等因素,研究系统中人、机械、环境相互间的合理关系,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学科。

总之,由于这门学科至今尚处于迅速发展之中,因而仍具有新兴学科的某些共同特点,其中研究层次尚限于技术科学和工程技术(即人机工程学、人机工程)两个层次,而基础科学(即人机学)层次尚缺,因而具有学科名称多样、学科边界模糊、学科内容综合性强、学科定义尚不统一等特点。尽管如此,本学科在研究对象、研究方法、理论体系等方面并不存在根本上的差异,这正是人机工程学能作为一门独立的学科存在的缘由。

### 二、人机工程学研究的目的、内容和方法

人机工程学的主要研究对象是人机系统,人机系统是由人和机两部分所形成的集合体。人机系统中的人和机有它自身的独立性,有独自的功能。但它们不是简单的机械混合体,而是相互作用、相互依赖、相互共存的有机整体。所以在研究人机系统时,不仅要研究它们各自的特性和功能,更重要的是要研究它们之间相互作用和相互配合形成的总体功能。由于任何人与机器构成的系统都处于一定的环境中,因此,在研究人一机器构成的系统时应当把环境当作一个重要因素来考虑。正因为如此,形成了“人一机(机器)—环(环境)”的概念。人机系统作为狭义的概念来理解,形成“人一机一环”概念,而将人机系统作广义理解时,就会将人以外的一切都当作机(含机器和人与机器所处的环境)。这是因为在解决具体问题时,把人和机都狭义化,才出现“环”的概念。在人机工程学基础理论上不宜使用“人一机一环”的概念,而宜采用人一机(即物)及其所产生的人与人、物与物和人与物关系的表现形式以及其内在联系(即人机系统)的泛指概念来解释,这里的“机”也即是 IEA 定义中的“系统其他元素”。事实上,人机工程学已从早期主要研究生产系统中人、机以及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,如社会技术系统中的组织结构、组织策略、组织过程等。因此,可以这样认为,人机工程学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、机以及环境之间的关

系,这一类研究仍可称为人机工程学,而对于主要研究宏观的组织、社会层面中有关人的因素时或许将其称为人因工程学更为恰当。由于本书作为安全专业教材使用,以工作、生产等物理系统为主要研究对象,因而沿用了人机工程学的术语及概念。

### (一) 人机工程学的研究目的

(1) 设计机器和设备及工艺流程、工具以及信息传递装置与信息控制设备时,必须考虑人的各种因素——生理的和心理的及人体测量参数、生物力学的需要与可能;

(2) 要使人操作简便、省力、快速而准确;

(3) 要使人的工作条件和工作环境安全、卫生和舒适;

(4) 最终目的是使人机系统协调,保障安全健康和提高工作效率。

### (二) 人机工程学的研究内容

(1) 人的因素方面,主要包括人体生理、心理、测量及生物力学和人的可靠性;

(2) 机的因素方面,主要包括显示器和控制器等物的设计;

(3) 环境因素方面,主要包括采光、照明、尘毒、噪声等对人身心产生影响的因素;

(4) 人机系统的综合研究,研究人机系统的整体设计、显示器设计、控制器设计、环境设计、作业方法及人机系统的组织管理等。

### (三) 人机工程学的研究方法

人机工程学的研究方法除本学科建立的独特方法外,还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,也运用系统、控制、信息、统计与概率等其他学科的一些研究方法。这些方法包括:人体结构尺寸、功能尺寸的测量;人在活动中的行为特征;对人的活动时间和动作分析;人在作业前后及作业中的心理状态和各种生理指标的动态变化;分析人的活动可靠性、差错率、意外伤害等原因;运用电子计算机模拟或仿真人的作业过程试验;运用统计学的方法找出各变数之间的相互关系;等等。

## 三、人机工程学的发展简史

### (一) 人机工程学的产生与发展

自人类社会形成以来,人类在求生存、求发展的搏斗中,创造出各种各样的简单器具。人类利用这些器具进行狩猎、耕种,从而有了人与器具的关系——原始人机关系。在古老的人类社会中尽管没有系统的人机工程学的研究方法,但人类通过实践的启发所创造的各种简单工具,以其形状的发展变化来看,是符合人机学原理的。例如:旧石器时代的石刀、石枪、石斧、骨针等工具大部分呈直线形状,有利于使用;新石器时代,人类所用的锄头、铲刀及石磨等的形状,就更适合人的使用。人类在用这些工具进行笨重的体力劳动时,客观上自发地存在保护自己和提高劳动效率两方面需要解决的问题。随着人类社会的发展,人类所创造的工具更是大大向前发展,这些工具由于人的使用经验和体会促使人机关系由简单到复杂,由低级到高级,由自发到自觉,逐渐科学化。但这个时期的人机关系及其发展只是建立在人类不断积累的经验和自发的基础上,因此称为经验人机关系或自发人机关系。

人类在历史的长河中,通过劳动改造自然,同时改造人类本身,推动人类社会的前进,不断地提高文明程度和改造客观环境的能力。产业革命以后,随着科学技术的迅速发展,人们所从事的劳动在复杂程度和载荷量上均起了很大变化,因而人们更注意从多方面研究提高劳动效率。世界上一些工业发达国家就在客观需要下,提出了“操作方法”课题,如进行过“铁锹作业试验研究”、“砌砖作业试验”及“肌肉疲劳试验”等,以便于耗费最少体力,获得较

多的效益。由于当时机器和设备主要还是依靠人来直接操作、调整和维修,为寻求更好更简便的手工操纵方法,而进行了大量的研究,又例如工作分解、过程表解、动作分解、流程图解、瞬间操作分析、知觉与运动信息分析等,同时也提出了许多行之有效的节省动作的原则,其目的是如何耗费最少的体力来换取最大的劳动成果。随着机器的不断改进,人与机器的关系越来越复杂,机器要求操作者接受大量的信息和进行迅速而准确的操纵。特别是第二次世界大战期间,复杂的武器系统要求人们在特殊条件下进行高效率的搜索、控制工作。例如飞机飞行时,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,或战斗时操作不灵敏,命中率降低等事故经常发生。究其原因,大约有二:一是这些仪器本身的设计没有充分考虑人的生理、心理和生物力学特性,致使仪器的设计和配置不能满足人的要求;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,引起了决策者和设计者的高度重视,他们深深感到“人的因素”在设计中是不可忽视的一个重要条件,同时还认识到要设计好一个先进的设备,达到高效率的目的,仅有工程技术知识是不够的,还必须有其他学科方面知识的配合。在这种情况下,人机结合的一门新兴学科——人机工程学应运而生,但这时的人机工程学主要应用于军事领域。第二次世界大战结束后,人机工程学的研究与应用逐渐从军事领域向非军事领域发展,并且在世界范围内不断扩大,最终成为了一门应用极为广泛的技术学科。

综上所述,从原始人机关系—经验人机关系—人机工程学的历史进程可以看出,这门学科是随社会的进步而前进的。随着机械化、自动化、电子化的高度发展,人的因素在生产中增效和人身免受危害的作用越来越大,人机协调问题也显得更加重要,人们对劳动条件的要求越来越高,促进了人机工程学的迅速发展。

## (二) 人机工程学在世界各国的发展概况

人机工程学在英国、美国、日本、俄罗斯以及西欧各国都得到了广泛的应用。工业发达国家都建立和发展了这门学科。

英国是欧洲研究人机工程学最早的国家。1950年成立了英国人机工程学研究学会(Ergonomics Research Society),该学会1957年发行了会刊《Ergonomics》,此刊编辑由英国剑桥大学人机心理研究所(Psychological Laboratory)的A. T. Wetford担任,参加编辑委员会的还有法国、德国、荷兰、瑞士和瑞典等国家的代表。现在《Ergonomics》是国际人类工效学协会的会刊。

英国劳勃路技术学院(Longhborong College of Technology)开设了世界上最早的人机工程学课程,而且对社会进行教育和担负咨询、科研任务。在英国,人机工程学已应用到国民经济的各个部门。

美国是人机工程学最发达的国家,1957年成立了美国人因学会(Human Factors Society)。该学会除发行会刊外,还有不少专刊和其他方面的书刊。美国是世界上人机工程学书刊最多的国家之一。E. J. 麦考密克(E. J. McCormick)教授1957年发表的著作《人因工程》(Human Engineering)成为美国各大学广泛采用的教材。美国的人因学研究机构大部分设在大学里,如哈佛大学、麻省理工学院、普林斯顿大学、约翰霍普金斯大学、密兹根大学、普渡大学、俄亥俄州立大学等院校;另一部分设在海、陆、空的军队系统中,其服务对象主要是国防工业,其次才是其他产业部门。

日本于1964年成立“人间工学会”,大力引进欧美各国在人机工程学方面的基础理论和

实践经验,从照搬照抄到逐步改造成自己的“人间工学”体系,并广泛用于工业交通建设中,生产的照相机、汽车、电器产品、机械设备、日用产品都充分运用了人机工程学原理,使这些产品更优化,因而占领了国际市场。不少大学也开设这门课程,出版了不少“人间工学”与“安全人间工学”的专著。

除了上述国家外,德国、俄罗斯、法国、荷兰、瑞典、瑞士、丹麦、芬兰等国家在 20 世纪 60 年代初也相继成立了人机工程学学会和专门从事人机学方面研究和教育工作的研究机构。

虽然世界各国对本学科研究侧重点有所不同,但在各国的发展过程中,可以看出对本学科的研究内容有如下的一般规律:工业化程度不高的国家往往是从人体测量、作业强度、疲劳因素等方面着手研究,随着这些问题的解决,才转到感官知觉、作业姿势、运动范围等方面的研究,然后,再进一步转向操纵器、显示器的研究与设计、人机系统控制等方面的研究,最后则进入本学科的理论前沿领域,如人机关系、人与生态、人体特性、模型仿真、人的心理包容甚至团体行为等方面的研究。

1961 年在瑞士的斯德哥尔摩成立了国际人类工效学协会(IEA),举行了第一次国际人类工效学大会。以后,每三年召开一次国际大会。1980 年在前南斯拉夫尼什尔研究所召开的国际职业安全情报工作会议上,有不少国家介绍了他们研究人机工程学的情况及其在安全工程领域中运用的成果。2009 年将在我国北京举行第 17 届国际人类工效学大会。

在我国,作为一门独立的学科进行研究是新中国成立之后,当时杭州大学和中科院心理研究所开展职工择业培训、技术革新、安全事故分析、操作方便省力等劳动心理学问题研究。在 20 世纪 60 年代初从心理学领域转向人机关系研究,如信号显示、仪表表盘设计、船舶水道的航标灯标志、飞机座舱仪表显示等研究,取得了可喜成果。文化大革命期间这项研究工作处于停顿状态。“文革”结束后,我国进入现代化建设的新时期,工业心理学方面的研究获得很快的发展,随着改革开放的深入,人机工程学也以前所未有的速度向前发展,并且更加侧重于工效和实用两个方面。在工作上原国家标准局于 1980 年 5 月成立了中国人类工效学标准化技术委员会,同年 9 月召开第二次会议,准备研究制定有关标准化工作的方针、规划。军工系统还成立了军用标准化技术委员会,机械工业系统亦于 1980 年成立了工效学学会,还有些城市成立了相应组织。至此,我国已制定了 100 多个有关民用和军用的基础和专业的技术标准。这些研究工作对我国人机工程学的发展起着有力的推动作用。1989 年 6 月 29 日在上海成立了中国人类工效学学会,同年 11 月在武汉成立了中国人类工效学学会安全与环境工效学专业委员会;1990 年 3 月在南京成立了中国人类工效学学会管理工效学专业委员会;同年 7 月在哈尔滨成立了中国人类工效学学会人机工程专业委员会。中国人类工效学学会自成立以来,积极开展工作,发展学会的组织机构,加入了国际人类工效学协会,编印了《中国人类工效学学会简讯》,介绍本学会、兄弟学会、国际学术动态和出版信息等方面的最新情况,出版了学会会刊《人类工效学》。另外,中国心理学会、中国航空学会、中国系统工程学会、中国机械工程学会等均在自己的学会中成立了有关人机工程的专业委员会。这些学术团体和学术活动强有力地推动着我国人机工程学/人类工效学向前发展。

目前,我国已有 100 多所高等学校和科研机构开设了“人机工程学”、“人因工程学”和“安全人机工程(学)”等课程,并在应用方面进行研究和人才培养工作。开设这方面课程的主要专业是工业工程和安全工程,截至 2006 年,开设这两类专业的高校达 200 多所。其中,“人因工程学”被教育部管理科学与工程指导委员会定为工业工程专业的核心课程,“安全人

机工程(学)”被教育部高等院校安全工程教学指导委员会定为安全工程专业的必修专业基础课,“安全人机工程”被教育部高职高专安全类教学指导委员会定为安全类专业的必修课。现在有越来越多的教师从事人机工程学方面的教学、科研工作,人机工程学方面的研究队伍正在不断发展壮大。

总之,人机工程学这门学科在我国虽然起步较晚,但随着科学技术的发展,在提高工效和保障人的安全方面显得越来越重要,而且发展很快,形势很好。其特点是很多大学、研究机构、军工部门和厂矿企业的不同学科、专业的学者都在从不同的角度和着眼点致力于这方面的研讨和运用,所以,在不久的将来将形成具有中国特色的“人机工程学”体系。

## 第二节 安全人机工程

### 一、安全人机工程与安全人机工程学

人类社会中最发展最快的是机械、电气、化工、交通运输和信息传递设备及控制装置。相应的,人类接触到的环境变化也很迅速。然而依据遗传法则产生和发展的人类自身进步却是最慢的。虽然通过教育会使得人类进步,但是,人类的生理、生物力学特性等却无多大变化(例如:形态特性——人身体尺寸、肢体活动范围、肌肉力量大小、心血管系统、消化系统、神经系统以及接受信息和处理信息的能力等)。相反,可能还会忽略人类随着文明进步而出现某些生理退化现象。现代化生产中“机”向着高速化、精密化、复杂化方向发展,这对于操纵这些“机”的人的判断力、注意力和熟练程度提出更高的要求。例如,自动化生产线仅由计算机或仪表监控“机”的工作,这就大大降低了工人的体力劳动强度,同时也大大加重了计算机、仪表监控者的视力及大脑注意力和判断能力的强度,加大了对人的躯体和颈部活动的限制。可是,与几十年前相比,人类的生理、人体尺寸、生物力学等几乎没有什么变化,就是说:“机”由手工劳动工具变为半机械化→机械化→半自动化→全自动化的生产作业,只用了几十年,甚至几年便完成了,但是人的视力、体力、大脑注意力与判断能力却无明显变化。这就使得人与“机”之间的不匹配、不协调、不平衡加大了。其结果是:一方面是人始终影响和决定着“机”的性能发挥;另一方面“机”给人类的负担增加了,使人受到了很大的影响甚至造成危害。因此所设计的“机”(含环境)若是忽略了操作者(包括各种活动者)的身心特性、生物力学特征,不但“机”的功能既不可能充分发挥,而且还会损害人的健康甚至诱发事故。为了安全生产、生活、生存,就要把人与“机”结合起来考虑,要求在“机”的设计、制造、安装、运行、管理等环节均应充分考虑人的生理、心理及生物力学特性,把人—机作为一个整体、一个系统加以考虑,不仅要高效率地工作,还应随着物质、精神生活的提高,更加要求机始终使人处在安全、卫生、舒适(随着发展,将包括享受)的状态。因此,如何保证系统中人的安全也就成为人机工程学非常重要的研究和应用领域之一,这就促使了安全人机工程学的诞生并成为人机工程学的一个重要分支,从而在工程技术层次中形成安全人机工程。表 1-1 表明,安全人机工程学处于技术科学层次,其理论、方法用以指导工程技术层次的安全人机工程实践。

表 1-1 安全科学技术体系结构设想表

哲学	基础科学		技术科学		工程技术		
马克思主义哲学(桥梁, 安全观)	安全科学(安全学)	安全设备学 (自然科学类)	工安 工程 全 设备	安全设备工程学	安 全 设 备 工 程	安全设备工程	
				卫生设备工程学		卫生设备工程	
		安全管理学 (社会科学类)	安 全 工 程 学	安全管理工程学		安 全 工 程	安全管理工程
		安全系统学 (系统科学类)		工安 工程 学 系 统	安全信息论 安全运筹学 安全控制论		安全系统工程
安全人机学 (人体科学类)	工安 工程 学 人 机	安全人机工程学 安全生理学 安全心理学		安全人机工程			

注:此表引自刘潜等著《从劳动保护工作到安全科学》(中国地质大学出版社 1992 年 10 月出版,第 44 页)。

安全人机工程学是从安全的角度和着眼点,运用人机工程学的原理和方法来解决系统中人机结合面的安全问题的一门新兴学科。它是人机工程学的一个应用学科的分支,并成为安全工程学的一个重要分支学科。

安全人机工程是研究人、机械、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、机械、环境相互协调,以求达到人的能力与作业活动要求相适应,创造舒适、高效、安全的劳动条件的工程技术。

## 二、安全人机工程的任务

安全人机工程的任务是为工程技术设计者提供人体的数据与要求,主要包括:① 人体的安全阈值(不致伤害的高低限度和环境要求);② 人体的允许范围(不影响工作的效率)即各种承受能力;③ 人体的舒适范围(最佳状态);④ 各种安全防护设施必须适合于人使用的各种要求。安全人机工程所要研究的不是设计中的具体技术问题,而是工程设计应满足何种条件方能适合于人的使用和避免危害的问题,并从这个角度出发,向设计人员提供必要的安全参数和要求,从而制定安全卫生标准,使工程设计更加合理,更适合人的生理、心理以及生物力学的要求。

总之,安全人机工程为人机系统设计者提供系统安全性设计,特别是确保人员安全的理论、方法、准则和数据。

## 三、安全人机工程研究的内容

安全人机工程学研究的内容大体包括以下几个方面:

(1) 研究人机系统中人的各种特性。包括人体形态特征参数、人体力学特性、人的感知特性、人的反应特性、人在劳动中的心理特征等。

(2) 研究人机功能分配。分工要根据两者各自特征,发挥各自的优势,达到高效、安全、舒适、健康的目的。

(3) 研究各类人机界面。研究不同人机界面的特征以及安全标准的依据,研究不同人

机界面中各种显示器、控制器等信息传递装置的安全性设计准则和标准。

(4) 研究工作场所和作业环境。研究工作场所布局的安全性准则,研究如何将影响人的健康安全及工效的环境因素控制在规定的标准范围之内,使环境条件符合人的生理和心理要求,创造安全的条件。

(5) 研究安全装置。许多设备都有“危区”,若无安全装置、屏障、隔板、外壳将危区与人体隔开,便可能对人产生伤害。因此,设计可靠的安全装置是安全人机工程学的任务。

(6) 研究人员选拔问题。研究如何依据人机关系的协调性需求选择合适的操作者。

(7) 研究人机系统的可靠性,保证人机系统的安全。主要研究人因事故的预防和人误的控制。

(8) 研究人机系统总体安全性设计准则和方法以及安全性评价体系和方法。

#### 四、安全人机工程的研究方法

安全人机工程基础研究的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主要侧重于从适合人的安全性特征去研究人机界面。安全人机工程的研究方法主要有调查法、实验法和模拟法等。

#### 五、安全人机工程的发展趋势

安全人机工程自诞生以来,就以强劲的势头向着理论和实践两个方面发展着,主要有如下基本发展趋势。

##### (一) 研究领域不断扩大

随着科学技术的快速发展、社会的前进、经济的繁荣,人们对保护自身的安全健康要求日益强烈,因此促使安全人机工程学的研究领域已不能局限于人机结合面的匹配问题,而要求研究广泛的应用领域,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、人(享受者)与游艺设备、人(乘客)与运输机(如汽车、火车、飞机、轮船、宇宙、载人飞船)等要素的相互协调适应问题。这些研究以各自有关要素构成的系统为基础,从系统中人的角度,以解决人机系统的安全问题为着眼点,优化人与各相关要素的关系,使机适宜于人,从而使系统达到安全目标和保障工效的目的。由于人的生活领域、生产领域、生存领域涉及方方面面,其领域非常广泛,因此可以说,安全人机工程具有广阔的应用前景。

##### (二) 研究的范围日益广泛

安全人机工程涉及社会上各行各业,几乎渗透到每个人的每时每刻,各个方面,包括人的工作、学习、体育(含使用健身器)、休闲、旅游、娱乐(含使用游艺机、娱乐器等)及衣食住行等各种器具、设施都存在一个安全卫生问题,都要求科学化、宜人化。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发展。

##### (三) 在高科技领域中作用更为突出

微电子技术及计算机迅速发展以及遥感、遥测、遥控技术等自动化程度的提高,使人在工作中由操作者变为监控者或监督者,即由体力劳动者变为脑体结合或脑力劳动者。今后将有越来越多的智能化机器替代人的一部分职能,那时人类社会生活将会发生根本的变化。然而高科技的发展也会像机械化一样在给人们带来“福”的同时也带来“祸害”,需要有安全人机工程学为高科技的发展“保驾护航”。回顾人类社会的科技发展史可以看出,当一个新的科技产品被开发利用,给人们带来利益即“福”的同时,也会带来一些危害,要求人们去解决。要求产品从内容上讲是高科技的,但操作上是简单化即“傻瓜式”,是无危无害的。当这

些危害因素被解除或缓解之后,就促进了这一新科技的快速发展,相应地推动了社会的前进。当今高科技与人类社会往往产生不相协调的问题,可以应用安全人机工程学的理论和技术,在高科技产品投入市场之前将其负面效应即不安全因素予以解决。安全人机工程学在参与解决这些新问题中将会发挥更加突出的作用,同时也促进自身的发展。

### (四) 人体特性方面的研究有待深入

目前有关人体特性方面的研究还亟待深入,例如人体测量仅限于人的肢体测量,而缺乏手掌和手指、脚掌和脚趾的测量数据,疲劳的测试,生理测量,生物力学测量及制定各类安全、卫生标准的生理和心理依据以及对人的潜在危险均有待深入研究。同时心理学界已重视人的社会因素的研究,认识到单纯研究人的思维、记忆力、气质、性格、意志、需要、动机、能力等是不够的,还应当重视人的高级心理活动与人类活动安全的研究。如人的性格特征及人与人的关系与人类活动安全,人与社会的关系与人类活动的安全等研究。有一位美国心理学家为了改变对提高生产率有影响的因素,进行一项试验,此试验进行了几个月之后,他发现不论改变什么条件,这几位工人的劳动生产率一直在提高,可靠性系数高,几乎不发生安全事故,这是为什么呢?原因是进行试验本身就是一种强有力的社会性诱因,促使工人提高生产效率,而把那些改变生产效率诱发事故的影响因素掩盖了。这个实例说明社会性因素的作用是强劲的,同时告诉人们在人的高级心理活动中受影响的因素是多方面的。因此,从高级心理活动的角度,如何保持正常情绪,以便真实反映心理状态,保障安全生产,是当前和今后需要解决的重要问题。

## 本章小结

安全人机工程是从安全的角度和人机工程学的着眼点研究人与机的关系,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面,以对在活动(含生产活动、生活活动、生存活动)过程中的人实行保护为目的,主要阐述人与机应保持什么样的关系,才能保证人的安全。它是人机工程的一个应用学科的分支,也是安全工程的一个重要分支学科。

本章第一节主要介绍了人机工程学的命名,人机工程学的定义,人机系统的含义,人机工程学研究的目的、内容及方法,人机工程学的起源与发展。第二节介绍了安全人机工程的基本概念,安全人机工程的研究内容、方法、任务及发展趋势。

## 复习思考题

- (1) 人机关系随社会的发展有很大的变化,请举例说明其变化及其特点。
- (2) 阐述人机工程学与安全人机工程学的联系与区别。
- (3) 举例分析你所熟悉的一个人机系统的人、机及其结合面。
- (4) 何为安全人机工程? 其任务与研究范围是什么?



## 第二章 人体的人机学参数

### 本章学习目标:

1. 了解人体测量的基本知识(基本术语、人体测量仪器等),学会人体有关参数的测量;
2. 掌握我国成年人的人体结构尺寸和功能尺寸;
3. 熟悉人体测量数据的运用准则;
4. 熟练掌握人体尺寸的应用。

为了使各种与人有关的机械、设备、产品等能够在安全的前提下高效能地工作,实现人一机优势的最优结合,并使人在使用时处于安全、舒适的状态和无害、宜人的环境之中,现代设计必须充分考虑人体的各种人机学参数。因而,不论是安全工程师还是现代机械、设备、产品开发设计者,了解一些有关人体的人机学参数及其测量方面的基本知识,熟悉、掌握有关设计所必需的人机学参数的性质和使用条件,是十分必要的。

### 第一节 人体有关参数的测量

#### 一、人体测量的基本知识

人体测量所涉及的是一个特定的群体而非个人,因而选择样本必须考虑有代表性的群体,测量的结果要经过数理统计处理,以反映该群体的形态特征与差异程度。人体测量是通过测量人体各部位尺寸来确定个体之间和群体之间在人体尺寸上的差别,用以研究人的形态特征,从而为各种安全设计、工业设计和工程设计提供人体测量数据。

例如,各种操作装置都应设在人的肢体活动所能及的范围之内,其高度必须与人体相应部位的高度相适应,而且其布置应尽可能设计在人操作方便、反应最灵活的范围之内。其目的就是提高设计对象的宜人性,让使用者能够安全、健康、舒适地工作,从而减少人体疲劳和误操作,提高整个人机系统的安全性和效能。

#### (一) 人体测量的基本术语

国标 GB 3975—1983 规定了人机工程学使用的中国成年人和青少年的人体测量术语。该标准规定,只有在被测者姿势、测量基准面、测量方向、测点等符合以下要求时,测量数据才是有效的。

#### 1. 被测者姿势

(1) 立姿。指被测者挺胸直立,头部以眼耳平面定位,眼睛平视前方,肩部放松,上肢自然下垂,手伸直,手掌朝向体侧,手指轻贴大腿侧面,自然伸直,左、右足后跟并拢,两足前端分开大致呈  $45^\circ$  夹角,体重均匀分布于两足。

(2) 坐姿。指被测者挺胸坐在被调节到腓骨头高度的平面上,头部以眼耳平面定位,眼睛平视前方,左、右大腿大致平行,膝弯曲大致成  $90^\circ$ ,足平放在地面上,手轻放在大腿上。