

高等学校“十二五”规划教材 | 安全工程类

安全人机工程学

◎主 编 赵江平
◎副主编 申 敏 杨宏刚 杨小妮



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校“十二五”规划教材 | 安全工程类

安全人机工程学

主 编 赵江平

副主编 申 敏 杨宏刚 杨小妮

西安电子科技大学出版社

类群工 内 容 简 介 “五十二” 对学书高

本书以安全科学、系统科学和人体科学为基础,以人、机、环境三要素为研究对象,以人机系统为切入点,按照人的特征、机的特性以及可靠性、人机界面设计、人机系统事故与人机系统安全设计为主线展开论述,重点为应用人机工程学的原理和方法进行人机系统安全设计、评价及事故预防。

本书可作为高等院校理工类安全工程、工业工程、工业设计和人机与环境工程等相关专业的本科教材和教学参考书,也可供中介服务机构、企业管理等相关人员参考。

平江秋 编 主

赵小群 阎家群 编 中 编主编

图书在版编目(CIP)数据

安全人机工程学/赵江平主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2014.11

高等学校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3526-2

I. ① 安… II. ① 赵… III. ① 安全工程—人—机系统—高等学校—教材 IV. ① X912.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 235378 号

策 划 戚文艳

责任编辑 马武装 曹 锦

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 19

字 数 449 千字

印 数 1~3000 册

定 价 33.00 元

ISBN 978-7-5606-3526-2/TM

XDUP 3818001-1

如有印装问题可调换

陕西西安电子科技大学出版

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,运用人机工程学的原理和方法解决人机结合面安全问题的一门新兴学科。它既是人机工程学的一个重要分支,又是安全工程学的重要分支学科,已被全国高等院校安全工程学科教学指导委员会确定为安全工程专业的必修专业课程之一。

本书是为满足“安全人机工程”课程教学需要而编写的专业教材,在内容上兼顾了科学性、知识性、系统性和实用性等几个方面,并注重教学上的逻辑性,以少而精的理论介绍为基础,结合案例分析综合编排课程体系,体现了专业教材的知识广度。同时,本书中提出的一些研究方法和成果,也具备一定的深度,能够为相关研究人员提供一定的支持。

本书第1、2、4章由赵江平(西安建筑科技大学)编写,第3、7章由申敏(陕西省安全生产科学技术中心)编写,第8、10章由杨宏刚(西安建筑科技大学)编写,第5、6章由杨小妮(西安建筑科技大学华清学院)编写,第9章由刘冬华(西安建筑科技大学)编写。在本书的编写过程中,付林志(西安建筑科技大学)和高振兴(杨凌职业技术学院)参与了第2章和第3章部分内容的编写,西安建筑科技大学的王丹、冯园、刘清清和尹肖莹等研究生进行了相关资料的收集及整理。在此对所有参与本书编写的人员及参考文献的作者们表示诚恳的谢意。

由于编者的理论水平和实践经验有限,书中难免有不足和欠妥之处,敬请广大读者批评指正!

编 者
2014年8月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 安全人机工程学概述	1
1.1.1 安全人机工程学的基本概念	1
1.1.2 其他相关学科的概念	3
1.1.3 安全人机工程学与效率人机工程学的区别	4
1.2 安全人机工程学的形成与发展	4
1.2.1 人机工程学发展简史	4
1.2.2 安全人机工程学发展历程	9
1.3 安全人机工程学的主要任务和 研究内容	10
1.3.1 人机工程学的主要任务和 研究内容	10
1.3.2 安全人机工程学的主要任务	11
1.3.3 安全人机工程学的研究内容	11
1.4 学科体系及研究方法	12
1.4.1 学科体系	12
1.4.2 人机工程学研究的方法	12
1.4.3 人机工程发展新趋势	13
习题	13
第2章 人机系统	14
2.1 人机系统概述	14
2.2 人机系统类型及功能	15
2.2.1 按有无反馈控制分类	15
2.2.2 按系统自动化程度分类	15
2.2.3 按人机结合方式分类	16
2.2.4 人机系统的功能	17
2.3 人机系统的基本模式	18
2.4 人机功能分配	19
2.4.1 人的主要功能	19
2.4.2 机的主要功能	20
2.4.3 人与机功能分配	20
2.4.4 人机系统功能分配方法	25
2.5 人机系统事故模式与应用	29

2.5.1 人机系统事故模式	29
2.5.2 安全人机系统事故模型的作用	33
习题	34
第3章 人的特征	35
3.1 人体测量	35
3.1.1 人体尺度数据的测量	36
3.1.2 人体尺度数据的应用	42
3.1.3 人体模板	49
3.2 人的生理特征	51
3.2.1 神经系统的组成及其功能	51
3.2.2 感觉和知觉	52
3.2.3 视觉和本体感觉	56
3.3 人的心理特征	64
3.3.1 人的心理过程	64
3.3.2 个性心理与安全生产	65
3.3.3 情绪与安全	67
3.3.4 社会心理与安全生产的关系	68
3.3.5 注意与不注意	70
习题	72
第4章 人的作业疲劳与可靠性	73
4.1 劳动强度分级	73
4.1.1 劳动强度	73
4.1.2 作业分类	75
4.1.3 劳动强度的分级	75
4.2 作业疲劳及其测定	78
4.2.1 疲劳产生的机理	78
4.2.2 疲劳的种类	79
4.2.3 作业疲劳的调查与测定	80
4.3 作业疲劳与安全生产	84
4.3.1 疲劳与安全	84
4.3.2 疲劳的改善与消除	85
4.4 职业适应性	90
4.4.1 职业适应性概述	90
4.4.2 职务分析	91

4.4.3 职业适应性测评	92	6.6 控制装置设计	140
4.5 人的可靠性	94	6.6.1 手动控制器设计	140
4.5.1 人的失误	95	6.6.2 脚动控制器设计	141
4.5.2 人的不安全行为	96	6.7 控制器和显示器的相合性	142
4.5.3 人的可靠性分析	97	6.7.1 空间关系的相合性	142
习题	98	6.7.2 运动关系的相合性	143
第5章 机的特性与可靠性	99	6.7.3 控制/显示比	143
5.1 机械的分类及基本结构	99	6.8 显示器和控制器的布置	143
5.1.1 机械设备的分类	99	6.8.1 显示器和控制器的布置原则	143
5.1.2 机械的基本结构	101	6.8.2 视觉显示器的布置	144
5.2 机械的危害因素及安全特性	102	6.8.3 控制器的布置	145
5.2.1 机械的组成及在各状态的 安全问题	102	习题	147
5.2.2 机械危险的主要伤害形式和机理 ..	103	第7章 作业环境与作业空间	148
5.2.3 机械安全设计的要求	105	7.1 作业环境	148
5.3 机械设备的可靠性	108	7.1.1 温度环境	148
5.3.1 零部件的失效与分析	108	7.1.2 照明环境	153
5.3.2 机械设备的可靠性	110	7.1.3 色彩环境	159
5.4 实例：手持电动工具	118	7.1.4 有毒环境	163
5.4.1 手的生理结构	119	7.1.5 噪声环境	167
5.4.2 手持电动工具的设计	119	7.1.6 振动环境	172
习题	122	7.2 作业空间安全性设计	177
第6章 人机界面设计	124	7.2.1 作业空间安全性设计的基本原则 ..	177
6.1 人机界面概述	124	7.2.2 作业场所空间布置	179
6.1.1 人机界面的定义	124	7.2.3 作业姿势与作业空间布置	185
6.1.2 人机界面三要素	125	习题	194
6.2 信息显示装置的类型及设计原则	127	第8章 人机系统事故分析及 安全设计	196
6.2.1 信息显示装置的类型	127	8.1 人机系统事故成因分析	196
6.2.2 信息显示装置设计原则	128	8.1.1 事故致因的逻辑	196
6.3 视觉显示装置设计	129	8.1.2 人的不安全行为	197
6.3.1 模拟式与数字式仪表的显示设计 ..	129	8.1.3 物的不安全状态	200
6.3.2 信号灯设计	133	8.1.4 管理失误	200
6.3.3 显示屏设计	134	8.2 事故发生规律模型	201
6.4 听觉显示设计	135	8.2.1 以人失误为主因的事故模型	201
6.4.1 听觉信息显示设计	135	8.2.2 事故发生顺序模型	205
6.4.2 言语信息显示设计	136	8.3 人机系统事故控制基本策略	206
6.5 控制装置的类型及设计原则	137	8.3.1 事故控制基本思路	206
6.5.1 控制器的类型	138	8.3.2 事故控制主要方法	207
6.5.2 控制器的设计原则	138	8.3.3 事故控制基本对策	208

8.4 人机系统安全设计	210	10.1.2 汽车座椅设计	264
8.4.1 人机功能分配设计	210	10.1.3 驾驶室的空间区域设计	266
8.4.2 人机界面匹配设计	214	10.1.4 汽车驾驶室内环境设计	266
8.4.3 机的本质安全化设计	215	10.1.5 汽车的视野设计	266
习题	221	10.1.6 汽车安全性设计	269
第9章 人机系统安全评价	223	10.2 安全人机工程学在矿业安全中的	
9.1 人机系统分析方法	223	应用	269
9.1.1 连接分析法	223	10.2.1 采矿人机系统的基本模型	270
9.1.2 作业分析法	228	10.2.2 矿井正常通风与灾变防治系统	271
9.2 人机系统的可靠性分析	239	10.3 安全人机工程学在桥式起重机系统	
9.2.1 人的可靠性	240	设计中的应用	274
9.2.2 机的可靠性	242	10.3.1 桥式起重机人机系统运行特点	275
9.2.3 环境因素	246	10.3.2 桥式起重机人机系统安全运行的	
9.2.4 人机系统可靠度计算与评价	249	基本条件	277
9.3 人机系统评价	250	10.4 安全人机工程学在视觉显示终端工作站	
9.3.1 检查表评价法	250	设计中的应用	279
9.3.2 工作环境指数评价法	257	10.4.1 VDT 工作站人一机—环境	
习题	261	因素分析	280
第10章 安全人机工程的应用	262	10.4.2 VDT 工作站安全设计总体要求	281
10.1 安全人机工程学在汽车设计中的		10.4.3 VDT 工作站安全人机系统设计	283
应用	262	习题	291
10.1.1 汽车显示-控制系统的设计	262	参考文献	293

第1章 绪 论

主要内容

- (1) 安全人机工程学的概念。
- (2) 安全人机工程学的形成与发展。
- (3) 安全人机工程学的主要任务与研究内容。
- (4) 安全人机工程学的学科体系及研究方法。

学习目标

- (1) 掌握人机系统、人机工程和安全人机工程的概念。
- (2) 了解安全人机工程学的形成与发展。
- (3) 明确安全人机工程的研究内容及研究方法。

安全人机工程学是从安全和人机工程学的角度出发研究人与机关系的，是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。安全人机工程学立足于安全，主要阐述保证人身安全所需人与机的相互关系。它是人机工程学的的一个应用学科的分支，也是安全工程学的一个重要分支学科。

1.1 安全人机工程学概述

1.1.1 安全人机工程学的基本概念

安全人机工程以人的安全作为立足点，以确保人在活动过程中不受到伤害为目标，它主要阐述人和机之间保持怎样的关系才能保证人的安全。

所谓安全，从某种角度上讲，就是人机环境的协调。人机工程学的发展和应用，促使人们从人机结合的角度解决安全中的相关问题。因此，在讨论安全人机工程之前，必须先了解人机系统及人机工程的概念。

1. 人机系统

人机系统(Man-Machine Systems)是指由人和机器构成并依赖于人机之间相互作用而完成一定功能的系统。当今世界，没有机器的帮助人们几乎不能达到自己的目的。但没有人的操作，机器也不能独立工作。人机系统的外延相当广泛，如工人用车床加工零件，构成了工人—车床人机系统；人与工具、人与桌椅等都是人机系统。

人机系统之所以能够不断发展,是因为人机系统中人与机器能够互相补偿各自的不足。任何一个人机系统都需要解决人与机器的合理分工问题。既然人与机器在完成系统目标上有分工,随之而来的就是人与机器的信息交换问题——人机界面问题。为了使系统达到预期目标,人机之间的信息交换必须保证准确、迅速。人机系统的改善,不仅依赖工程技术人员对机器进行改进,使机器更适合于人体因素,同时也依赖于选择适当的操作者或对操作者进行有目的的训练(因为某些特定的作业仅适合一部分人,如塔吊作业)。这就是职业选拔和训练对人机系统的贡献。

人的行为特性十分复杂,因此有必要了解人的机能,才能使系统安全、高效地运行。

可见,人机系统是指人为了达到某种预定目标,针对某些特定条件,利用已经掌握的科学技术,组成的人、机、环境共存的体系。这就是广义的人机系统,也称为人一机—环境系统。狭义的人机系统仅指人与机器组成的共存体系。

2. 人机工程学

人机工程学(Ergonomics)是 20 世纪中期发展起来的交叉学科,它运用人体测量学、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学等学科的理论 and 知识,研究系统中人、机及其工作环境,特别是人、机与环境结合面之间的关系,其意义在于通过恰当的设计,使人机系统获得高工效和安全。目前,这门学科在国内外尚无公认的定义,国际人类工效学协会(International Ergonomics Association, IEA)最初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,工作场所布置的合理化,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。

截至目前,人机工程学仍处于迅速发展之中,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。此外,学科名称多样、学科边缘模糊、学科内容综合性强、学科定义尚不统一等现象也比较常见。尽管如此,由于本学科在研究对象、研究方法、理论体系等方面尚不存在根本上的差异,因此,人机工程学能作为一门独立的学科而存在。

3. 安全人机工程学

安全人机工程学(Safety Ergonomics)作为安全工程学的重要分支学科和人机工程学的—个应用学科,其性质是一个跨门类、多学科的交叉科学,它处于许多学科和专业技术的接合部,既有人体科学与工程技术的交叉和渗透,又有社会科学与自然科学等学科的交叉和渗透。

人类社会进步的重要标志,就是创造适合人类生存与发展的劳动条件,使他们能够在优美、舒适的环境中生活、生存,即让人类劳动、生活、生存在一个安全、卫生、和谐的社会之中。为了实现这一目的,从安全的角度和着眼点来说,就是要分别以人的活动效率

为条件和以人的身心安全为目标,将安全人机工程学从人机工程学中分解出来,并作为安全工程的一个重要分支学科而自成体系。这是现代科学技术发展的必然趋势,是文明生产、生活、生存的象征。

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

1.1.2 其他相关学科的概念

1. 人一机—环境系统

人一机—环境系统是由人、机(或计算机)和环境组成的一种复合系统。系统里所称的“人”,是指作为主体工作的人,包括个人和人群;所称的“机”,是指人所控制的一切对象的总称,大至飞机、轮船,小至个人装备和工具;所称的“环境”,是指人、机共处的特定条件,包括自然环境、人造环境和社会环境等。它所研究的基本问题是人、机、环境相互协调与适合,实质上是使机械设备、环境如何适合于人的形态、生理、心理特性的问题,其根本目的是实现系统整体的“效益最大化”。

2. 人一机—环境系统工程

人一机—环境系统工程是把人、机、环境看成是一个系统的三大要素,并在深入研究人、机、环境各自性能的基础上,着重强调从全系统的总体出发,通过人、机、环境三者之间的信息流通、信息加工与信息控制,形成一个相互联系、相互作用、相互影响、相互制约的巨系统;要求站在系统整体的高度上去正确处理人、机、环境这三个基本要素的关系,利用系统工程的原理与方法,借助电子计算机进行全系统的数学模拟和优化计算,以确定人、机、环境的最优参数和系统的最佳组合方案,从而使系统的整体效能达到“安全、高效、经济”的最佳状态。

人一机—环境系统工程的研究内容主要包括了7个方面,如图1-1所示。

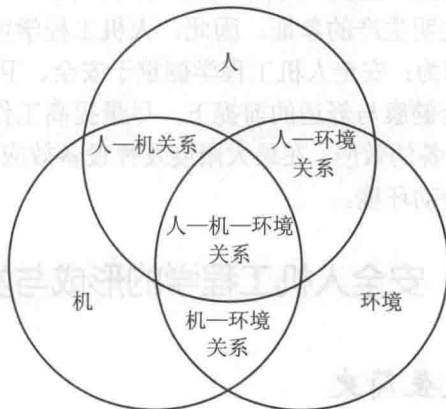


图 1-1 人一机—环境系统工程研究内容

① 人的特性研究;

② 机的特性研究;

③ 环境的特性研究;

④ 人一机关系的研究;

⑤ 人一环境关系的研究;

⑥ 机—环境关系的研究;

⑦ 人一机—环境系统总体性能的研究。

人一机—环境系统工程研究的基本核心问题可概括为:从三个理论(控制论、模型论、优化论)出发,着重分析三个要素(人、机、环境),历经三个步骤(方案决策、研制生产、工程实用),去实现整个系统总性能的三个目标(安全、高效、经济)。

1.1.3 安全人机工程学与效率人机工程学的区别

劳动者在劳动过程中是否安全的主要影响因素有三点:

① 安全条件。生产环境中的机,也就是劳动者所处的劳动环境是否具备安全条件,即设备是否安全。

② 安全状态。劳动者的行为与劳动环境的配合(人机结合面)上是否处于安全的状态。

③ 安全行为。劳动者的行为是否符合安全的要求。

现代化生产中“机”向着高速化、精密化、复杂化方向发展,这些特性必然要求操纵这些“机”的人具有更高的判断力、注意力和熟练程度。但事实上,人的视力、颈部活动能力、大脑注意力并没有随着“机”的发展而产生明显变化,这就加大了人与“机”之间的不协调、不平衡。其结果是:一方面“机”增大了人类的负担,使人受到了很大的影响;另一方面是人影响和决定着“机”的性能。因此,所设计的“机”若是忽略了操作者的身心特性、生物力学特征,则“机”的功能既不可能充分发挥,而且还会诱发事故的发生。为了实现安全生产,就要把人与“机”结合起来考虑,要求在“机”的设计、制造、安装、运行管理等阶段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、作为一个系统加以考虑,使“机”与人始终处在安全卫生、舒适、高效率的状态。由此可见,把安全人机工程学从人机工程学中分离出来,自立“门户”,自成系统,这是现代科学技术发展的必然趋势,是文明生产的象征。因此,人机工程学可分为安全人机工程学和效率人机工程学,它们的区别为:安全人机工程学侧重于安全、卫生,立足于人机结合面上,在最大限度保障人们的安全健康与舒适的前提下,尽量提高工作效率;而效率人机工程学侧重于工作效率,立足于设备的效应,在最大限度发挥设备效应以提高工作效率的前提下,给劳动者创造安全卫生的劳动环境。

1.2 安全人机工程学的形成与发展

1.2.1 人机工程学发展简史

自人类社会形成以来,人类在求生存、求发展的过程中,开始创造各种各样的简单器具,并利用这些器具进行狩猎、耕种,从而形成了人与器具的关系——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,人类使用的锄头、铲刀及石磨等的形状更适合人的使用,那时的人类在用这些工具进行笨重的体力劳动时,就自发存在着在保护自己和提高劳动效率两方面的努力。随着人类社会的发展,人类对工具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、由自发到自觉逐渐发展,并日臻科学化。但是,早期的人机关系及其发展仍只是建立在人类不断积累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。

在漫漫的历史长河中,人类通过劳动改造自然,同时也改造人类本身,推动人类社会的前进,人类的文明程度和改造客观环境的能力也得以不断提高。产业革命以后,随着科学技术的发展,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,从多方面提高劳动效率便成了当时的研究重点。为此,世界上一些工业发达国家就在客观需要的条件下,研究了有关“操作方法”的课题。他们进行过一些著名的实验,如“铁锹作业实验”、“砌砖作业实验”及“肌肉疲劳试验”等,研究如何耗费最少体力来获得较多的效益。因为当时机器和设备操作、调整和维护主要由人直接完成,所以为了寻求更好、更简便的手工操作方法,人们进行了大量的研究,如工作分解、过程分解、动作分解、流程图解、瞬间操作分解、知觉与运动信息分析等,同时也提出了多种行之有效的节省动作的原则,其目的是得出如何耗费最少的体力才能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,机器操作者需要接收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。当人无法适应武器的操作要求时,就会引发各类事故。例如:飞机的飞行,由于座舱及仪表位置设计不当,造成驾驶员误读仪表盘和使用操作器而发生意外失事;战斗时操作不灵敏、命中率降低等事故也会经常发生。发生这类事故的原因可总结为两方面: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,无法适应复杂机器系统的操作要求。这些事故教训给决策者和设计者敲响了警钟,使他们充分意识到“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,要满足高效率的要求,仅有工程技术知识是不够的,还必须有其他学科知识的配合。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了。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,最后成为一门应用极为广泛的技术科学。

综上所述,人机工程学这门学科是随社会的进步而前进,随着科学技术的发展而不断完善的。现代社会正处于工业经济向知识经济过渡的时期,产品的机械化、自动化、电子化的程度都已有所提高,人的因素在生产中的增效作用越来越大,人机协调问题越来越重要,人们对劳动条件和保证人身免受危害的要求也越来越高,由此促进了人机工程学的迅速发展。

1. 学科命名

人机工程学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并未局限于某个学科,而是有机地融合了各相关学科理论,不断地完善着自身的基本概念、理论基础、研究方法、技术标准和操作规范。人机工程学起源于欧洲,

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。人机工程学的研究和命名,各国有所不同,侧重点也各不相同。在欧洲,人机工程学称为 Ergonomics,这名称最早是由波兰学者雅斯特莱鲍夫斯基提出来的,它是由两个希腊词根组成的。其中,“ergo”的意思是“出力、工作”,“nomics”表示“规律、法则”,因此,Ergonomics 的含义也就是“人出力的规律”或“人工作的规律”,也就是说,这门学科是研究人在生产或操作过程中合理、适度地劳动和用力的规律问题。人机工程学在美国称为“Human Engineering”(人类工程学)或“Human Factor Engineering”(人类因素工程学);日本称为“人间工学”或采用欧洲的名称,音译为“Ergonomics”;俄文音译名“Эргнотика”;我国所用到的名称也不尽相同,有“人类工程学”、“人体工程学”、“工效学”、“机器设备利用学”和“人机工程学”等。为便于学科发展,统一名称很有必要,现在大部分人称其为“人机工程学”,简称“人机学”。“人机工程学”的确切定义是,把人—机—环境系统作为研究的基本对象,运用生理学、心理学和其他有关学科知识,根据人和机器的条件和特点,合理分配人和机器承担的操作职能,并使之相互适应,从而为人创造出舒适的工作环境。

2. 发展历程

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科学。

英国是研究人机工程最早的国家,1950 年成立了人机工程学研究学会(Ergonomics Research Society),该学会 1957 年创办了会刊《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,来自法国、德国、荷兰、瑞士和瑞典等国家的代表也担任了此刊的编辑。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(Loughborong College of Technology)开设了世界上最早的人机工程学课程,而且负责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了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.Mcormick 教授 1957 年发表的著作《人因工程》(Human Engineering)已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、密西根大学、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 年成立了“人间工学会”,随即大力引进和借鉴欧美各国在人机工程学方面的基础理论和实践经验,并且逐步改造成自己的“人间工学”体系,将其广泛用于工业建设中。由于充分运用了人机工程学原理,日本所生产的照相机、汽车、电器产品、机械设备、日用产品都更加优化,使其成为占领国际市场的一个重要条件。此外,不少大学也开设这门课程,出版了不少关于“人间工程”与“安全人间工程”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。

虽然世界各国对人机工程研究的侧重点有所不同,但从各国的学科发展过程可以看出,他们对本学科的研究内容有一定的规律。一般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,才开始感官知觉、作业姿势、运动范围等方面的研究;然后进一步转到操纵器、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以及在安全工程领域中运用的成果。2009年在我国北京举行了第17届国际人类工效学大会。

工业化时代的人体工程学发展经历了以下几个阶段:

1) 经验期——机械时代(20世纪初到第二次世界大战前)

经验期是人体工程学发展的第一阶段,工业革命带来了新的机械和产品,产生了大量从来没有过的新产品,特别是机械产品,人在使用、操纵这些新产品时出现了以前使用传统产品时所没有遇到的问题,因此,如何在设计新产品时考虑产品与人的物理因素,特别是尺寸因素关系,就成为设计师(当时主要是工程师)考虑的问题之一。这个时期设计的焦点主要是寻找符合使用者的尺度等,即在设计上注重与人体配合的长短、宽窄、大小尺寸,但是,对于真正的适应性,特别是效率性、安全性还没有适当地考虑。这个阶段可以说还没有真正地发展出人体工程学来。该阶段的特点是使人适应“机”。

2) 创建期——技术革命时期(第二次世界大战间)

创建期是人体工程学发展的第二阶段。从1870年前后开始,由于工业技术发展,进入了技术革命阶段,这个时期主要的特征是能源的广泛采用,称为能源革命时期。上一个阶段的能源主要是蒸汽能源,而这个时期则产生了采用汽油的内燃机、采用电的电动机等新的能源利用方式,从根本上改变了技术和生产的面貌。新的能源被农业、工业、运输等采用,新的产品也层出不穷,汽车、飞机、内燃机车、电话、电灯、各种新的机器设备、家用电器、农业机械、各种生产机械和工具等在这个阶段被广泛采用,因此,设计问题变得比以前更为复杂。第一个阶段单纯考虑人体尺寸的方式,在该阶段就明显表现出它的不足,人机关系在设计上的重要性也日渐凸显出来。

20世纪的两次世界大战是刺激人体工程学得以发展的重要因素。战争的需求导致大量的武器装备生产,如何使武器、兵器、军事工具和设备达到最大效应,使这些产品能够最大限度地适应人的使用要求,变成了当时亟待解决的问题。由于军事工业能够得到国家的全力资助,有关人体工程学的研究也就得到了充分发展。

第二次世界大战期间,人体工程学的研究变得更加复杂。这个时期的军队使用的兵器更加复杂化,而战争设备也比第一次世界大战期间的设备复杂得多。飞机、坦克自不必说,新的大型航空母舰、远程轰炸机、雷达设备等都是前所未有的新产品。战争不但在规模上比任何一次战争都要大得多,并且也复杂得多。多兵种协调作战、海陆空立体战争、世界范围的战争计划、世界范围的战争补给协调等都给当时的设计带来了前所未有的新挑战。除了设计出适应人的产品这个问题之外,还有其他方面的安全问题,例如不少战争设备、兵器设备在设计上非常不安全,军用车辆的座椅在颠簸运行中不能保障乘员的安全,空降

部队的装备经常出现恶性故障,坦克乘员无法得到比较好的视野,登陆舰艇作业的困难等等,各种各样的问题层出不穷,通过人体工程学的研究为作战中的人找到更好的设计方法便成为解决这类问题的关键。因此,新的设计开始从以前的为适应“机”的设计转移到为工作的人的设计上。这是人体工程学的一个新的重大进步。由此可见,这一阶段的特点在于重视人的因素,使“机”适合人。

3) 成熟期——人的思维时期(20世纪60年代至今)

成熟期是人体工程学发展的第三阶段。1945年第二次世界大战结束,世界各国的经济逐渐进入了高速发展阶段。科学技术的迅速发展,特别是自动化技术、电脑技术、通讯技术、材料技术等进步,导致大量崭新的产品问世。机械产品不仅可以帮人省力,还同时能够为人节省思维耗费的时间。从技术角度来说,第一和第二阶段都是为了扩展人的肌肉力量设计的,而战后的人体工程学研究转移到扩大人的思维力量设计方面,使设计能够支持、解放、扩展人的脑力劳动。

第二次世界大战结束以后,人体工程学有了一个重要的发展,从比较集中为军事装备设计服务转入为民用设备、生产服务,并开始进入制造业、通讯业和运输业。战后大量的自动化设备投入使用,且其控制系统越来越复杂,如何设计出高效率、高准确度的控制系统,包括与之相关的仪表盘、显示设备和按钮设备,逐渐变成了设计界的主要关注点。这使人体工程学进入了一个新的发展阶段,其主要特点是以人为本,人机协调,多学科交叉。

3. 我国人机工程学发展进程

在新中国成立之初,我国开始将人机工程学作为一门独立的学科进行研究,当时杭州大学和中科院心理研究所开展了职工择业培训、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,人机工程学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,并取得了可喜成果。“文化大革命”期间这项研究工作处于停顿状态。“文化大革命”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大进展,改革开放也使得人机工程学出现了前所未有的发展。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、规划等。军工系统还成立了军用标准化委员会,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的组织,并相继制订了100多个有关民用和军用的基础和专业的技术标准。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。北京航空航天大学开始了人机环境专业的教学和科研;北京医科大学公共卫生学院也开展了包括坐姿作业导致的肌肉骨骼劳损的研究,并进一步将其扩展为作业姿势、作业环境评价等方面的人机工程学的研究。这些研究工作有力地推动了对我国人机工程学的发展。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介》,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向前发展。

目前,我国开设“人机工程学”、“人因工程学”、“安全人机工程(学)”等课程的高校和科研机构总共有 100 多所,除教学外,这些高校还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)”被高等学校安全工程学科教学指导委员会定为安全工程专业的必修专业基础课。有更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不断地发展壮大。

总之,我国的人机工程学这门学科虽然起步较晚,但由于它在提高工效和保障人的安全方面的重要性越来越明显,所以发展的速度很快,形势也非常乐观。

1.2.2 安全人机工程学发展历程

随着机械产品的发展,安全人机学逐渐成为了人机学中的重要研究内容之一。

安全人机工程学的发展分为三个阶段:

(1) 经验人机工程学。第二次世界大战以前,主要进行动作研究和车间管理研究。以机械产品为主体,针对工人熟练操作度、疲劳程度、工作时间设计和残疾人使用设备的设计等问题,研究人如何适应机器生产。

(2) 科学人机工程学。1950 年英国成立了世界上第一个人类工效学会,1961 年国际人机工程协会成立,研究的重点从以人为主体的开始转向使机器适应人,机器生产中应采取哪些防护措施确保人的安全生产。

(3) 现代人机工程学。20 世纪 80 年代以前,人机工程学主要集中在航天领域和军事工业,随后逐渐向其他领域扩展,但仍然不为大多数人所知,直至 90 年代各大核电站事故和工厂大型事故频发时,人们才开始把更多的目标转向对人机安全问题的研究。90 年代之后,逐渐形成了人一机一环境系统的科学研究,随之产生了包括药物器械研究、老人产品设计、人的生活和工作质量提高的设计。

在安全人机学发展的初级阶段,主要是人适应机器,进行定性分析后采取最直接的解决办法。工厂和企业中频繁发生事故的原因是人机之间的不正确配合,所以早期解决方法是杜绝人机之间不正确或不应有的交互活动,如在工厂或企业中设有防护网、防护罩、警示牌等。但这仍然不能避免事故的发生,因为人机交互活动是无法停止的。在正常交互过程中,会有各种各样的因素,比如机器的故障、人的疏忽、人对机器不了解等都会造成人机安全事故。

20 世纪 70 年代末、80 年代初,我国开始实施改革开放的政策,各界科学工作者学术思想异常活跃,科学理论与传播蓬勃兴起,中国科学技术协会邀请钱学森教授等带头宣传马克思主义哲学思想、系统科学与系统工程方法以及科学学的科学技术体系学、科学能力学与政治科学学的框架和内容,这一系列的高级科普活动,对交叉和综合性的科学学科诞生起到了重要的科学启蒙作用。特别是 1982 年钱学森等著的《论系统工程》一书的出版,对中国安全科学学科理论及其科学技术体系模型以及安全人机工程学分支学科在 1985 年的提出,奠定了至关重要的科学思想和方法论基础。

1983年9月中国劳动保护技术学会成立后,要加入中国科协成为团体会员,其前提是必须明确学会的学科名称、学术活动范围以及与相邻学科的关系。同年湖南大学衡阳分校安全工程教研室开始了为“工业安全技术”专业的学生开设“人机工程概论”课程的筹备工作。通过1984年课程讲授实践和对学科理论的研究,为1985年我国提出建立“安全人机工程学”创造了必要条件。

1985年5月在中国劳动保护科学技术学会召开的青岛会议上,其中的《从劳动保护工作到安全科学之二——关于创建安全科学的问题》(刘潜)和《关于安全人机工程学科体系的探讨》(欧阳文昭)等论文,在我国首次提出并论证了安全科学学科理论与安全科学技术体系结构和安全人机工程学的学科属性及其与安全工程学的关系。由此,安全人机工程学科建设已日渐成熟,学科地位也更加明确。

1.3 安全人机工程学的主要任务和研究内容

1.3.1 人机工程学的主要任务和研究内容

人机工程学是按照人的特性设计和改善人一机一环境的学科,最终使人—机—环境的配合达到最佳状态。其主要任务是使机器的设计和环境条件的设计适应于人,以保证人的操作简便、省力、迅速、准确,使人感到安全舒适、心情愉快,从而充分发挥人、机效能,使整个系统获得最佳经济效益和社会效益。

人机工程学的主要研究对象即为人机系统。从广义上讲,人机系统包含“人”和“机”两大部分。“人”是指活动的人体,人有意识有目的地操纵物(机器、物质)和控制环境,同时又接受其反作用。“机”指的是除了人以外的一切,包括劳动工具、机器(设备)、劳动手段和环境条件、原材料、工艺流程等所有与人相关的物质因素。从狭义上讲,人机系统可理解为“人一机—环境”,这是因为人与机器构成的任何系统都处于一定的环境中。由此可归纳出人机系统的主要研究内容:

(1) 人的因素方面:主要研究人在工作过程中人体生理和心理的特征参数、人的感知特性、人的行为特性和可靠性,为生产系统中与人体相关的机器设备和工具以及人机系统设计提供和人有关的数据资料和要求,更好地符合人的特性,使人可以更舒适、愉快地工作。

(2) 机的因素方面:主要包括显示器和控制器等物的设计。现代先进制造系统对信息传递和人机交互的要求越来越高,各种控制装置的形状、大小、位置以及作用力都需要考虑人的定向动作和习惯动作等。

(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,同时还包括工作空间设计、座位设计、工作台和操纵台设计以及生产系统的总体布置,这些设计都需要应用人体工程学进行科学考量。

(4) 人机系统的综合研究:研究人机系统的整体设计,作业空间设计、作业方法及人机系统的组织管理等。整个生产系统工作效能的高低取决于人机系统总体设计的优劣,从系统角度考虑,人与机要相适应,根据人机各自的特点,合理分配人、机功能,取长补短,有机配合,更好地发挥各自的特长,保证系统功能最优化。