



国防特色教材·机械工程

武器装备人机工程

颜声远 等 编著

Human Factors in Weapons
and Equipment



哈尔滨工业大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工程大学出版社 西北工业大学出版社



国防特色教材·机械工程

武器装备人机工程

颜声远 等 编著

哈尔滨工业大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工程大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书是“十一五”国防特色规划教材。本书以人机工程学的原理、方法及相关标准为基础,通过大量的图片、实例和分析,阐述了人机工程学理论及其在武器装备设计中的应用,重点介绍了基于数字化模型的人机界面设计评价方法。本书共分 15 章,主要内容包括:武器装备人机工程概论、人的特性、人体尺寸测量与统计、武器装备操纵器与显示器设计、军用车辆人机工程设计、武器装备作业空间设计、环境因素对武器装备人机系统的影响、人机系统设计、人机系统评价、基于情景仿真技术的驾驶室显示设计、车辆人机工程人体模型开发、车辆驾驶室人机界面评价软件开发、武器装备人机界面评价指标与权值、主控制室人机界面综合评价软件开发、主控制室人机界面综合评价实例。

本书适合于高等学校相关专业的研究生和本科生使用,也可以作为从事武器装备人机工程研究的科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

武器装备人机工程/颜声远等编著. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2009.10

ISBN 978-7-5603-2949-9

I. 武… II. 颜… III. 武器装备-人-机系统 IV. TJ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 166352 号

武器装备人机工程

颜声远 等 编著

责任编辑 卞秉利 范业婷 费佳明

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号(150006) 发行部电话:0451-86418760 传真:0451-86414749

<http://hitpress.hit.edu.cn>

哈尔滨市工大节能印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:30.5 字数:662 千字

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5603-2949-9 定价:58.80 元

前 言

随着武器装备的机械化、信息化和智能化,武器装备的性能大幅提高,对操纵人员的生理和心理承受能力也提出了更高的要求。而人类在武器装备使用过程中自身的能力限度日益显现,并成为制约武器装备性能有效发挥的重要因素。自第二次世界大战以来连续不断发生的飞机、潜艇等灾难性人因事故,迫使人们从人、武器装备和环境的角度重新审视武器装备系统中人的因素问题,从武器装备系统的角度统一考虑和协调武器装备和人的关系。军事领域人机工程的研究,即武器装备人机工程的研究受到高度重视。

武器装备人机工程一直是各国人机工程研究的重点,该领域的研究水平往往代表着一个国家的科技与国防实力。但是出于国家安全利益的考虑,有关武器装备人机工程的研究很少公开报道,研究人员很难从出版物中得到相关的研究报告和技术资料。本书编著的宗旨是以人机工程学的原理、方法及相关标准为基础,阐述如何解决武器装备系统中的人、武器装备和环境三者之间的人机关系问题;研究在战场环境下,如何保证武器装备的设计不超出人的生理与心理极限,并与人的生理、心理属性相一致,使武器装备的设计满足人的主观期望,保证武器装备系统作战效能的有效发挥。本书是在借鉴国内外学者人机工程学著作和研究成果,及总结作者研究工作的基础上编写的,力图将人机工程学理论与武器装备的设计相结合,期望对武器装备的人因设计实践有所帮助。

本书共分 15 章,主要内容包括:武器装备人机工程概论、人的特性、人体尺寸测量与统计、武器装备操纵器与显示器设计、军用车辆人机工程设计、武器装备作业空间设计、环境因素对武器装备人机系统的影响、人机系统设计、人机系统评价、基于视景仿真技术的驾驶室显示设计、车辆人机工程人体模型的开发、车辆驾驶室人机界面评价软件开发、武器装备人机界面评价指标与权值、主控制室人机界面综合评价软件的开发、主控制室人机界面综合评价实例。其中,第 1~7 章通过大量图片、实例和标准,介绍了人机工程学理论及其在武器装备设计中的应用。第 8~9 章阐述了人机系统设计和评价的相关知识,并采用设计实例辅助说明。第 10~15 章结合作者的研究工作,以开发案例的形式介绍了基于视景仿真技术的人机界面评价方法、人机界面评价软件开发、评价用数字化人体模型开发以及数

字化人体模型在军用车辆驾驶室和主控室人机界面设计与评价中的应用。

本书适合于从事武器装备人机工程研究的科研人员、研究生和本科生使用,也可以作为相关专业研究人员的参考书。

参加本书编著工作的有颜声远、杨明、刘志强、许或青、王君和颜俊。具体分工如下:第1、11、12、13、15章由颜声远编写,第7(7.1~7.8节)、9章由杨明编写,第3、7(7.9节)、8章由刘志强编写,第5、6、14章由许或青编写,第2、10章由王君编写,第4章由颜俊编写。在本书的编写过程中,哈尔滨工程大学的研究生陈乃巨、宋福宏、张福勇、张洪国、王善岭、徐志丹、余昆、张琳、陈玉和白继嵩等在研究、收集相关资料和修缮图片方面做了大量的工作,在此感谢他们的辛勤工作。

在本书的编写过程中,作者参考、引用了大量国内外学者的论著和研究成果,谨向这些学者致以诚挚的谢意。

受知识面和研究经验的制约,本书还无法描述出武器装备人机工程学的全貌,书中也难免有欠缺之处,殷切期望广大读者批评指正。

编 者

2009年4月

目 录

第 1 章 武器装备人机工程概论	1
1.1 人机工程的起源与发展	1
1.2 武器装备人机工程发展概况	5
1.3 武器装备人机工程研究目的	15
1.4 武器装备人机工程研究内容	18
1.5 武器装备人机工程研究方法	20
1.6 人机工程在武器装备开发中的应用	23
习题与思考题	25
第 2 章 人的特性	26
2.1 人体的构造与机能	26
2.2 人体感知特性	27
2.2.1 视觉特性	27
2.2.2 听觉特性	36
2.2.3 肤觉特性	38
2.2.4 嗅觉和味觉特性	39
2.2.5 本体感觉特性	40
2.2.6 不同感觉的相互作用	41
2.3 人的信息处理特性	43
2.3.1 人的信息处理系统模型	43
2.3.2 信号检测论	45
2.3.3 警戒理论	49
2.3.4 绝对判断	52
2.3.5 人的应激	53
2.3.6 人的失误	57
2.4 人的运动与反应特性	64
2.4.1 惯性特性	64
2.4.2 关节特性	66

2.4.3 运动特性	69
2.4.4 施力特性	75
2.4.5 反应特性	75
2.4.6 加速度特性	79
2.4.7 失重特性	81
习题与思考题	82
第3章 人体尺寸测量与统计	84
3.1 人体尺寸测量基本知识	84
3.1.1 人体测量基本术语	85
3.1.2 人体尺寸测量方法	87
3.1.3 人体尺寸测量仪器	88
3.2 人体测量学统计函数	90
3.3 人体尺寸测量数据的应用	94
3.3.1 人体尺寸测量数据的应用方法	94
3.3.2 人体主要参数的计算	99
3.3.3 影响人体测量数据的因素	102
3.4 设计用人体模板	104
3.5 数字化三维人体模型	106
3.6 人体尺寸测量标准简介	107
习题与思考题	110
第4章 武器装备操纵器与显示器设计	111
4.1 操纵器与显示器的通用设计原则	111
4.1.1 任务的适宜性	111
4.1.2 自我描述性	112
4.1.3 可控性	112
4.1.4 与用户期望的一致性	113
4.1.5 容错性	115
4.1.6 适宜个性化和学习	115
4.2 武器装备操纵器设计	115
4.2.1 操纵器类型	115
4.2.2 操纵器设计原则	116
4.2.3 手持式武器装备操纵器设计原则	125

4.2.4	与手持式武器装备相关的作业设计原则	131
4.2.5	操纵器编码方法	132
4.3	武器装备显示器设计	134
4.3.1	显示器类型	134
4.3.2	显示器设计原则	135
4.3.3	视觉显示器设计	135
4.3.4	听觉显示器设计	149
4.3.5	触觉显示器设计	151
4.3.6	显示器编码方法	152
	习题与思考题	153
第 5 章	军用车辆人机工程设计	154
5.1	概述	154
5.1.1	军用车辆分类	154
5.1.2	军用车辆基本结构	155
5.1.3	军用车辆作业空间布置	157
5.2	车辆乘员的视野	162
5.2.1	H 点	162
5.2.2	眼椭圆	163
5.2.3	乘员视野	166
5.3	军用车辆作业空间设计	172
5.3.1	驾驶室空间设计	172
5.3.2	战斗室空间设计	177
5.3.3	显示器布置	177
5.3.4	操纵器布置	180
5.4	军用车辆安全防护措施	183
	习题与思考题	186
第 6 章	武器装备作业空间设计	187
6.1	作业空间设计要求	187
6.1.1	物理方面要求	187
6.1.2	社会方面要求	188
6.2	作业区域及控制台设计	189
6.2.1	手的作业区域	189

6.2.2	脚的作业区域	191
6.2.3	坐姿控制台设计	193
6.2.4	立姿控制台设计	194
6.2.5	开口尺寸与最小容身空间	195
6.3	武器装备作业空间布置及属具设计	212
6.3.1	作业空间布置原则	212
6.3.2	飞机驾驶舱作业空间布置	213
6.3.3	舰船舱室作业空间布置	219
6.4	座椅设计	221
6.4.1	坐姿对人体的影响	221
6.4.2	座椅的设计原则	223
6.4.3	飞行员和坦克驾驶员座椅设计	232
	习题与思考题	237
第7章	环境因素对武器装备人机系统的影响	239
7.1	热环境	239
7.1.1	热环境对人体机能的影响	241
7.1.2	减轻热环境对人体机能影响的方法	244
7.1.3	热环境对武器装备的影响	245
7.2	噪声环境	247
7.2.1	噪声环境对人体机能的影响	247
7.2.2	降低噪声的措施	250
7.2.3	次声和超声的影响和防护	251
7.3	振动和冲击环境	251
7.3.1	振动对人和武器装备的影响	252
7.3.2	冲击对人和武器装备的影响	254
7.3.3	武器装备抗振动、抗冲击的主要技术措施与方法	255
7.3.4	振动和冲击的防护	256
7.4	光环境	257
7.4.1	光的亮度与质量	257
7.4.2	光环境对人的影响	259
7.4.3	照明设计	260
7.5	色彩环境	261
7.5.1	色彩对人的心理影响	262

7.5.2 武器装备色彩设计	263
7.6 气体环境	265
7.6.1 有害气体对人的影响及防护	266
7.6.2 武器装备气体环境分析	269
7.7 颗粒物环境	270
7.7.1 颗粒物对人的危害及防护	271
7.7.2 颗粒物对武器装备的危害及防护	274
7.8 电磁环境	276
7.8.1 电磁环境对人的影响及防护	277
7.8.2 电磁环境对武器装备的影响及防护	282
7.9 环境因素对潜艇的影响	284
7.9.1 热环境对潜艇的影响	285
7.9.2 噪声环境对潜艇的影响	288
7.9.3 气体环境对潜艇的影响	291
7.9.4 电磁环境对潜艇的影响	299
7.9.5 居住和微生物环境对潜艇的影响	302
习题与思考题	304
第8章 人机系统设计	306
8.1 人机系统	306
8.1.1 人机系统概念	306
8.1.2 人机系统分类	307
8.1.3 人机系统功能	310
8.2 人机系统的特性	311
8.2.1 人机系统中人的特性	311
8.2.2 人机系统中机的特性	314
8.2.3 人与机的特性比较	318
8.3 人机系统功能分配	321
8.3.1 功能分配原则	321
8.3.2 功能分配过程	322
8.3.3 功能分配方法	325
8.4 人机系统设计	330
8.4.1 人机系统设计的要求	330
8.4.2 人机系统设计流程	330

习题与思考题	334
第9章 人机系统的评价	335
9.1 人机系统评价的内容和特点	335
9.1.1 人机系统评价的内容	335
9.1.2 人机系统评价的特点	335
9.2 检查表评价方法	337
9.3 联系链评价方法	343
9.3.1 联系链评价方法概述	343
9.3.2 联系链评价方法应用举例	344
9.4 灰色系统理论评价方法	344
9.4.1 灰色系统概念	345
9.4.2 灰色关联评价方法	348
9.4.3 灰色聚类评价方法	351
9.5 人工神经网络评价方法	359
9.5.1 RBF 人工神经网络简介	359
9.5.2 RBF 神经网络评价方法	361
习题与思考题	366
第10章 基于视景仿真技术的驾驶室显示设计	367
10.1 视景仿真技术	367
10.1.1 GL Studio 虚拟仪表开发方法	368
10.1.2 Vega Prime 视景仿真开发方法	373
10.2 驾驶室显示设计视景仿真	375
10.2.1 基于 GL Studio 的仪表板仿真	375
10.2.2 基于 Vega Prime 的场景仿真	379
习题与思考题	383
第11章 车辆人机工程人体模型开发	384
11.1 虚拟人体模型的几何表达	384
11.1.1 人体模型的几何建模方法	385
11.1.2 面向人机工程的人体简化模型	385
11.2 虚拟人体模型的运动描述	386
11.3 虚拟人体模型的运动控制	390

11.3.1 广义连杆变换矩阵	390
11.3.2 人体模型正向运动控制的实现	393
习题与思考题	396
第 12 章 车辆驾驶室人机界面评价软件开发	397
12.1 UG 软件及其二次开发功能简介	397
12.1.1 UG/Open API	398
12.1.2 UG/Open UIStyler	399
12.1.3 UG/Open MenuScript	400
12.2 UG/Open API 开发框架的创建	401
12.3 UG 开发框架中数据库的动态连接	404
12.4 驾驶室人机界面评价软件的开发	406
12.4.1 设置评价软件环境变量	406
12.4.2 编辑评价软件菜单	407
12.4.3 创建评价软件人机交互界面	408
12.4.4 人体模型创建、姿势调整及评价	409
12.5 驾驶室人机界面评价软件的应用	411
12.5.1 驾驶员舒适性评价	411
12.5.2 驾驶员可视域和可达域评价	413
习题与思考题	414
第 13 章 武器装备人机界面评价指标与权值	415
13.1 人机界面的评价指标	415
13.1.1 客观评价指标的提出	415
13.1.2 主观评价指标的提出	422
13.2 评价指标权值计算方法	424
13.2.1 层次分析法	424
13.2.2 软件用户界面评价指标权值计算	428
习题与思考题	439
第 14 章 主控制室人机界面综合评价软件开发	440
14.1 客观评价开发环境	440
14.1.1 开发模式的选择	440
14.1.2 菜单与对话框设计	441

14.2	主控制室人机界面评价人体模型开发	441
14.2.1	面向对象方法	442
14.2.2	主控制室人体模型的构造	445
14.3	主观评价开发环境	446
14.3.1	功能仿真界面的开发	446
14.3.2	驱动关系的建立	448
14.4	主控制室人机界面综合评价软件的主要功能与评价步骤	450
14.4.1	主控制室人机界面综合评价软件的主要功能	450
14.4.2	主控制室人机界面综合评价的主要步骤	450
	习题与思考题	453
第 15 章	主控制室人机界面综合评价实例	454
15.1	人机界面客观评价	454
15.1.1	人体模型的选择	454
15.1.2	人体模型的安放位置	455
15.1.3	人机界面客观评价实例	455
15.2	人机界面主观评价	458
15.2.1	评价环境的选择	458
15.2.2	评价主体的选择	458
15.2.3	评价敏感度的设定	459
15.2.4	人机界面主观评价实例	460
15.3	主控制室人机界面的综合评价	463
15.4	评价结果的分析与改进建议	463
15.4.1	客观评价结果分析与改进建议	463
15.4.2	主观评价结果分析与改进建议	466
	习题与思考题	469
	参考文献	470

第1章 武器装备人机工程概论

武器装备是武装力量用于实施和保障战斗行动的武器、武器系统以及与之配套的其他军事技术装备的统称。它包括用以杀伤敌方有生力量、破坏敌方设施的各种战斗装备和实施技术与后勤保障的各种保障设备。

武器装备的使用贯穿人类社会的各个发展阶段,例如,石器时代的石斧和弓箭;铜器和铁器时代的刀和剑;火器时代的突火枪、火铳、火绳枪和燧发枪;机械化时代的飞机、坦克和军舰;信息与智能化武器时代的信息化作战平台、精确制导武器和智能作战机器人等。我国早在战国时期的《考工记》中,就记载了有关武器人机关系问题的论述。《考工记》指出:各种武器握柄的形状应随其用途的不同而不同,用来刺杀的武器,如枪和矛,其手柄的截面应是圆形的,这样在刺杀中就不会因为手柄在某一方向扁薄而挠曲;用来劈杀、钩杀的武器,如大刀和戟,由于使用时具有一定的方向性,所以手柄的截面就应做成椭圆形,这样在使用中才不易转动,而且士兵能通过手柄的形状感知刀刃和钩头的方向。由此可见,人类对武器装备人机关系的关注由来已久。

1.1 人机工程的起源与发展

1. 人机工程的命名和定义

人机工程有多种命名方式,各国一般按照该学科在本国研究的侧重点进行命名。例如,美国主要研究人的需求、能力和极限等特性,研究人与系统的交互关系以及人机工程在工程中的应用,因此,人机工程在美国被称为人因工程学(Human Factors Engineering)或人类工程学(Human Factors);西欧主要研究人的工作规律问题,因此将其称为工效学(Ergonomics)。日本和俄罗斯沿用了西欧的命名,日语称其为“マーケティング”,俄语称其为“Эргономика”。我国人机工程研究起步较晚,多采用外文译名,有人机工程、人因工程、工效学、人机工程学、人类工程学、人体工程学等。为便于叙述,本书采用人机工程命名。

国际人类工效学学会(International Ergonomics Association,简称 IEA)对人机工程的定义为:人机工程是研究系统中人与其他组成要素交互关系的一门学科,该学科运用其理论、原则、数据和方法进行设计,其目的是使整个系统的工效与人的健康最优化。人机工程专家的主要职责是对任务、产品、工作、环境以及系统进行设计和评价,以使它们符合人的需求、能力和极限。《中国企业管理百科全书》将人机工程定义为: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。我国《辞海》中对人机工程的定义为:人机工程是运用生理学、心理学和医学等有关科学知识,研究组成人机系统的机器和人的相互关系,以提高整个系统工效的边缘科学。人机工程不仅研究人的特性和能力在人机系统中所起的作用,以及机器、作业和环境条件给人的限制,而且还研究人的训练、人机系统设计和开发,以及同人机系统有关的生物学或医学问题。

此外,国际上比较具有代表性的人机工程定义还有:美国人机工程专家 W. B. 伍德森(W. B. Woodson)认为:人机工程研究的是人与机器相互关系的合理方案,亦即对人的知觉显示、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并使人在作业时感到安全和舒适;著名人机工程及应用心理学家 A. 查帕尼斯(A. Chapanis)认为:人机工程是在机械设计中,考虑如何使人获得操作简便而又准确的一门学科;日本人机工程专家认为:人机工程是根据人体解剖学、生理学 and 心理学等特性,了解并掌握人的作业能力和极限,让机具、工作、环境、起居条件等和人体相适应的科学;前苏联人机工程专家认为:人机工程是研究人在生产过程中的可能性、劳动活动方式、劳动的组织安排,从而提高人的工作效率,同时创造舒适和安全的劳动环境,保障劳动人民的健康,使人从生理上和心理上得到全面发展的一门学科;Sanders 与 McCormick(1993 年)在 A. 查帕尼斯的基础上,将人机工程定义为:人机工程旨在发现关于人类的行为、能力、限度和其他特性等知识,将其应用于工具、机器、系统、任务、工作和环境等的设计,使人类对于它们的使用能更具生产力、安全、舒适及有效。

综上所述,人机工程是研究人、机、环境及其相互关系的边缘性应用学科,其目的是:

- ①增进人的工作及其他行为的效能和效率,例如提高便利性、减少失误和提高生产力等。
- ②提高人的价值,例如增加安全性、降低疲劳和压力、提高舒适性、增加工作满意度和提高生活质量等。

2. 人机工程的起源与发展

追溯人机工程的起源,可以认为,自从人类开始制作简单的工具和器皿时,就已经开始考虑“人机关系”了——人与工具或器皿之间的简单关系。人类在使用工具或器皿的过程中,依照自身的感受和经验,对其进行选择和改进,使其越来越便于使用。

人机工程早期的发展开始于第一次工业革命时期。工业革命的大机器生产方式在实现了高效率的同时,也产生了比过去复杂得多的人机关系。人如何适应机器的速度和要求,以创造出更高的劳动生产率成为人们关注的问题。因此,欧美一些学者和研究机构以减少事故、提高劳动生产率为目的,对工人在劳动过程中的生理和心理问题等方面进行了研究。例如美国学者 F. W. 泰罗(Frederick. W. Taylor)首创了一整套以提高工作效率为目的的操作方法,并考虑了人使用的机器、工具、材料及作业环境的标准化问题。1898 年他曾用四种装煤量的铁锹对产煤作业进行试验,发现哪种装煤量的铁锹作业效率最高。又如 1911 年美国吉尔布雷思(F. B. Gilbreth)夫妇对建筑工人砌砖作业进行了研究,通过快速摄影机将工人砌砖动作拍摄下来,

对动作过程进行分析研究,去掉无效动作,使砌砖速度由每小时 120 块提高到 350 块。F.W. 泰罗和吉尔布雷斯夫妇的研究成果后来发展为人机工程的重要分支,称为“动作与时间的研究”。与此同时,美国心理学家闵斯托博格(H. Munsterberg)最先将心理学应用于工业生产,并于 1912 年出版了其代表作《心理学与工作效率》。尽管 F.W. 泰罗和吉尔布雷斯夫妇早期的研究方法和理论为人机工程的产生奠定了基础,但其研究目的更倾向于“使人适应机器或工作要求”,因此受到了很多社会学家的反对和质疑。

第二次世界大战期间,“使人适应机器或工作要求”的设计思想遇到严峻的挑战。由于设计者片面注重武器装备的功能,而忽略了人的因素和人的适应极限,导致由设计不当或操作过于复杂而引发的事故频繁发生。研究表明:即使是通过各种测试手段为作战任务选拔和训练合适的人员以及改良作战人员的训练程序,操作人员还是无法安全操控某些复杂的武器装备。频发事故使人们认识到只有当武器装备符合使用者的生理、心理特征和能力限度时,才能发挥武器的效能,避免事故的发生。因此,在军事领域率先开展了与“人的因素”相关的研究,力争使机器或工作适应于人,这预示着人机工程将发展成为一门独立学科的时期的到来。

1945 年第二次世界大战结束,美国陆军航空队(后改为美国空军)和美国海军正式成立了工程心理学实验室。同时,人机工程在英国也得到医学研究委员会及科学和工业研究部门的鼓励和扶持,并作为一个专业正式诞生。1949 年,工效学学会(Ergonomics Research Society)在英国成立,并于 1957 年发行会刊《ERGONOMICS》,对国际上人机工程的发展贡献卓著。1949 年,Chapanis、Garner 等人出版了第一部人机工程著作《应用实验心理学:工程设计中的人因》。此后,各国政府和民间对于人机工程的研究热情高涨,各种人机工程刊物、实验室以及咨询公司相继成立。美国于 1957 年成立人类因素工程学会,发行会刊《Human Factors》,日本于 1963 年成立人间工学研究会,前苏联、德国、法国、荷兰、瑞典、丹麦、芬兰和澳大利亚等国也先后展开人机工程的研究。1959 年,国际人类工效学学会成立,标志着人机工程已发展成一门成熟、独立的学科。1961 年,国际人类工效学学会在瑞典斯德哥尔摩举行了第一届国际人类工效学会会议,世界范围内的人机工程研究进入了一个新的发展阶段。

20 世纪 60~70 年代,苏美展开太空探索竞赛,人机工程被应用于太空探索领域。对于人在失重、超重等环境下的操控能力、思维能力、观察能力、判断能力、生存能力和生存极限等的研究促进了人机工程的发展。美国设计师罗维(Raymond Loewy)在 1967 年到 1973 年间被聘为美国宇航局常驻顾问,进行有关宇宙飞船内部设计、宇航服设计及有关飞行心理方面的研究工作,以确保“在极端失重情况下宇航员的心理与生理的安全与舒适”。这一时期,人机工程的研究内容 and 应用范围也扩展到了军事工业和太空探索以外的领域,成为人机工程发展的又一原动力。人机工程研究组织开始出现于各种行业中,如汽车、建筑和计算机等行业。随着人机工程在工业中应用的日益广泛,国际标准化组织(ISO)于 1975 年设立了人机工程技术委员会,负责制订人机工程方面的标准,世界各国也根据自己的具体情况制订了相关的人机工程标准和规范。从 1960 年到 1980 年,人机工程研究组织由 500 个发展到 3 000 个。人机工程研究涉及

的专业和学科也扩展到解剖学、生理学、心理学、工业卫生学、工业与工程设计、建筑与照明工程和管理工程等众多领域。

与此同时,核电和化工等领域技术的飞速发展带来了更为复杂的人机关系,使得大规模灾难性事故频繁发生。1979年美国三哩岛核电站事故导致核反应堆堆芯熔毁,引起了人们对核电安全的担忧,以至于在很长一段时间制约了世界核电行业的发展。1984年,印度帕博尔市卡比德杀虫剂公司毒气泄漏,导致近4000人死亡,20万人受到伤害。1986年,前苏联切尔诺贝利核电站的4号机组发生爆炸,导致超过300人死亡,几十万平方公里居住区受到污染,数百万人直接遭受到核辐射的侵害。1989年10月23日,美国得克萨斯州菲利浦公司休斯敦化工总厂发生可燃气体泄漏爆炸,爆炸威力相当于10 t TNT炸药,造成23人死亡,130多人受伤。Meshkati对这些事故原因进行分析后认为,对人机工程不够重视是导致事故的重要原因,这种观点被广泛地接受和认同。人机工程再一次受到人们的关注。

计算机技术的革命也给人机工程的发展带来了机遇及挑战,计算机相关设备设计、用户友好界面、信息显示方式以及新技术对人的影响等都成为人机工程的重要研究课题。大规模技术灾难和计算机技术革命促使人机工程成为国际上的研究热点之一。到1990年,全世界人机工程研究组织已达到5000个,其涉及领域扩展到心理学、工业工程、生理学、医学、生命科学、计算机科学和职业安全等多个领域。人类对于太空的探索,计算机技术的发展和核能的开发与利用都成为人机工程发展的长期推动力。在当今的信息化时代,科技迅猛发展,大量的自动化、信息化和智能化高科技产品迅速涌现,如何在新技术与人之间建立起协调的关系,即高科技产品人性化,成为人机工程研究的新课题。寻求以自然风格进行交互的人机界面是人机工程今后的一个重要研究内容。

我国人机工程的研究起步较晚,虽然在20世纪30年代,心理学家陈立出版了工业心理学的专著《工业心理学概论》,但该学科直到20世纪80年代初才进入较快的发展时期。在著名科学家钱学森系统科学思想指导下,1984年,总装备部成立了军用人-机-环境系统工程标准化技术委员会。1985年,陈信、龙升照发表了《人-机-环境系统工程(学)概论》的论文,提出了用人-机-环境系统工程理论来指导研究工作,得到了各国学者的关注和好评。1986年,总装备部将人-机-环境系统工程研究列为国防科技应用、基础研究重点项目。1989年,我国正式成立了与国际人类工效学学会相应的国家一级学术组织——中国人类工效学学会(Chinese Ergonomics Society,简称CES)。1993年,中国系统工程学会人-机-环境工程专业委员会成立。2009年,中国人类工效学会在我国主办了第17届国际人类工效学国际会议。目前,人机工程已在航空航天、兵器、能源、交通运输、电子信息、工程机械、日常生活用品等军用和民用领域得到广泛应用。