

工程机械设计与维修丛书

人机工程与造型设计

左春桢 杨斌宇 王晓峰 邢浩 等编著



 化学工业出版社

本书系统介绍了人机工程学的基本理论和造型设计的相关知识，并以实例示范了通过计算机辅助造型设计软件实现人机工程与造型设计的详细过程。

全书内容主要包括：人机工程中需要考虑人的因素（心理和生理），人体测量学的基本知识，显示、操纵装置和作业空间的设计，造型设计的程序和方法，形态、色彩设计，常用的计算机辅助造型软件以及实例。

本书深入浅出，内容完整，系统性强，既重视理论的讲解，又通过计算机辅助造型典型范例让读者边学边上机练习，具有很强的工程实用性，适合作为工程师培训教材或自学辅导书，也可以作为机械类本、专科和研究生的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

人机工程与造型设计/左春桢等编著. —北京：化学工业出版社，2007.1

(工程机械设计与维修丛书)

ISBN 978-7-5025-9828-0

I. 人… II. 左… III. 人-机系统-研究 IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 011652 号

责任编辑：任文斗 周 红

文字编辑：闫 敏

责任校对：李 林

装帧设计：尹琳琳

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）

印 装：北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张17½ 字数420千字 2007年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：36.00 元

版权所有 违者必究

《工程机械设计与维修丛书》编辑委员会

主 任 高秀华

副主任 王国强 左春桧

委 员	高秀华	王国强	左春桧	马文星	秦四成
	成 凯	王力群	孔德文	赵克利	王智明
	杨占敏	黄大巍	于国飞	杨力夫	周贤彪
	夏禹武	唐向阳	张 鸿	贡凯军	马伟东
	林树才	周彩南	丁树奎	史先信	马 铸
	朱振东	徐 刚	支开印	马喜林	胡加辉
	李 风	邓洪超	王 昕	李国忠	王云超
	郭建华	杨文志	王妍静	张春秋	燕学智

序

近年来,在国家宏观调控政策的影响下,我国工程机械产业进入了加速增长阶段,呈现出前所未有的繁荣态势。工程机械装备已经成为我国国民经济发展的支柱产业之一,占据世界工程机械总量第七位。随着国家西部大开发战略的实施,南水北调工程、西电东送工程、青藏铁路工程的启动,迎接北京2008年奥运会的基础设施及场馆建设、推进乡镇农村经济发展、上海黄浦江两岸开发及世博场馆的投入、振兴东北老工业基地等众多国家发展战略的实施,都为国内工程机械产品市场的发展提供了良好的空间,同时也必将有力地拉动相关产业的发展。

据介绍,亚洲其他国家、拉丁美洲和非洲的一些国家最近也相继出台了大规模扩大公路及其他公共设施建设的项目计划,这无疑对工程机械的需求将大幅度增加,也为我国工程机械发展全球市场策略提供了最具竞争力的契机。

从20世纪后期开始,国际上工程机械装备的生产注重向大型化、微型化、多功能化、专用化和智能化的方向发展。德国、美国和日本当属工程机械强国,利勃海尔公司(德国)、卡特波勒公司(美国)、沃尔沃集团(瑞典)、小松制作所(日本)等公司的产品以设计先进、安全可靠、使用寿命长而著称。

我国工程机械行业几经洗礼和经过业内人员的不懈努力,在国际市场上充分显示了强大的生命力。在我国工业化发展进程中,工程机械行业已经由初始发展阶段逐渐走向成熟时期。一些主导产品的研发、设计和制造水平都有相当程度的提高,某些产品质量也达到了用户认可的水平。同时,由于其产品价格相对低廉,在国际市场上具有一定的竞争力。在国内市场处于激烈的成本-价格、质量-规模竞争的形势下,中小型国产工程机械产品在我国显现出了强大的市场占有潜力。但是国际经济市场的变化无时无刻不在冲击着现有的市场份额,市场的占有份额又无时无刻不在重新组合。我国的工程机械行业如何能够继续发展、如何能够尽快提升到我国工业化的第三阶段——强壮期阶段,即无论是对产品的研究、开发、生产以及产品的综合质量和售后服务都进入国际先进行列等问题,都需要认真加以思考。

现在,我国工程机械行业的发展已经有了很好的基础,产品门类,生产规模,大、中、小企业构架和发展环境都比较好,但同国际先进的工程机械制造厂家相比差距还比较大,主要表现在产品的可靠性、使用寿命、绿色工程设计、高新技术的创新应用以及管理模式上。相对而言,我国自主开发能力还比较薄弱,有自主知识产权的产品技术较少,新产品的关键技术大部分还依赖于引进国外技术;另一方面对国外先进技术的消化、吸收、创新不足。其次,对市场反映速度慢,产品更新周期较长。而美国一些机械企业1990年已做到了三个“3”,即产品的生命周期为3年,产品的试制周期为3个月,产品的设计周期为3个星期。我国工程机械的规格还有空缺。以上事实表明:中国工程机械市场虽然仍可保持持续增长势头,但是中国工程机械行业的技术发展仍然任重道远。

为促进工程机械技术的发展,弥补技术图书的匮乏和不足,化学工业出版社邀请吉林大学机械科学与工程学院组织编写了《工程机械设计与维修丛书》,共16本,包括《内燃机》、《液压与液力传动系统》、《电器、电子控制与安全系统》、《底盘结构与设计》、《金属结构》、《人机工程与造型设计》、《现代设计技术》、《液压挖掘机》、《轮式装载机》、《斗轮堆取料机》、《推土机与平地机》、《钻孔与非开挖机械》、《振动压路机》、《现代起重运输机械》、《特种车辆》、《商品混凝土成套设备》。丛书的编写者结合多年的教学、科研、生产及管理的经验,努力将传统的经典理论和现代设计方法结合起来,注重介绍工程机械发展中的新理念、新设计方法、新技术、新工艺和新材料。

《工程机械设计与维修丛书》所有编写工作人员在此对鼓励、支持、帮助过我们的领导、同事、同行、朋友等表示衷心的感谢!

前 言

人机工程与造型设计作为一种现代设计的理论和方法，不同于传统的工程设计，也不同于一般的艺术设计，而具有多学科相互渗透、交融的特点，不仅包括产品结构外形、材质和色彩等方面的设计，还包括对产品的宜人性、可靠性、安全性等人机工程因素的考虑。随着计算机技术在造型设计领域的应用，产品的造型设计将会更加快速、完美，更加符合人机工程的要求。

我国工程机械行业经过几代人的不懈努力，已经拥有了较高的技术水平，但在开发工程机械产品过程中，很重视功能完善、强度和可靠性提高等传统设计要求，而忽视了产品的外观造型设计和人机工程要求。往往在与国外同类产品的竞争中，由于缺乏科学合理的人机工程设计和新颖美观的造型而败北。随着科学技术的发展和经济水平的提高以及人们审美观念的变化，技术与美学的结合成为当今时代的特征之一，新产品美观实用的外形和布局成为产品竞争的主要手段之一。为此，2005年10月21日第八届北京国际工程机械展览及技术交流会首次对工程机械外观造型设计及表面质量进行了评比，徐工QAY160起重机等48个产品获外观造型设计奖。当今的工程机械，不仅要有科学合理的结构，满足实际需要，而且采用三维整体造型设计以及结合美学法则、形态法则和色彩配置等技法对其进行外观设计已经成为流行趋势。目前我国人机工程和造型设计方面的人才十分短缺，尤其是在工程机械制造企业。为了提高工程机械设计人员的人机工程与造型设计水平，迫切需要一本简单明了适合培训和自学的教材。

本书从机械设计需要的实用角度出发，介绍了人机工程和造型设计知识，并通过实例详细讲解了如何在工程机械的设计中融入人机工程和造型设计的相关思想。全书力求资料新、数据全、方法先进、适应面广、可操作性强，并致力于科学性、系统性、逻辑性的统一。

全书共分为4篇16章，其中第1篇主要是人机工程与造型设计的概述；第2篇详细阐述了设计中的人机工程因素；第3篇着重介绍了造型设计中的一些基础知识；第4篇则通过实例讲解了计算机辅助造型的过程，并通过实例说明了人机工程与造型设计的结合。全书全面介绍了应用造型设计原理和法则处理各种产品的造型与色彩、形式与外观、结构与功能、结构与材料、外形与工艺、产品与人、产品与环境、市场的关系，并将这些关系统一表现在产品的计算机辅助造型设计上。

本书由左春桢、杨斌宇、王晓峰、邢浩等编著，齐培正、冀封、陈盈、刘静、王力芳、邹会旭、孙向东、郑灏等也参与了部分书稿的整理及编写工作。

在本书编写过程中，我们虽勉力为之，力求完美，但是由于水平所限及时间仓促，难免有疏漏之处，敬请有关专家和广大读者提出意见或建议。我们衷心希望通过人机工程和造型设计知识的普及，能够提高我国机械产品的档次。

作 者

2007年1月于吉林大学

目 录

第 1 篇 概 述 篇

第 1 章 引言	2
1.1 人机工程学概述	2
1.1.1 人机工程学的定义	2
1.1.2 人机工程学的发展历史	3
1.1.3 我们身边的人机工程学	5
1.2 工业造型设计概述	6
1.2.1 工业造型设计的定义	6
1.2.2 工业造型设计的发展历史	8
1.2.3 现代工业造型设计的新特点.....	10
1.2.4 工业造型设计的原则与要素.....	11
1.3 人机工程与造型设计.....	12

第 2 篇 设计中的人机工程基础

第 2 章 设计生理学与心理学基础	16
2.1 人的神经系统结构与功能.....	16
2.1.1 神经组织.....	17
2.1.2 中枢神经系统.....	17
2.1.3 周围神经系统.....	18
2.2 人对信息的处理.....	18
2.2.1 人体信息处理系统.....	18
2.2.2 信息与信息量.....	19
2.2.3 人体获取信息的途径.....	20
2.2.4 人体接受信息的能力.....	20
2.2.5 信息的存储.....	21
2.3 人的感觉和知觉特征.....	23
2.3.1 感觉及其特性.....	23
2.3.2 知觉及其特性.....	25
2.4 视觉功能与特征.....	27
2.4.1 视觉刺激.....	27
2.4.2 人的视觉系统.....	28
2.4.3 视觉机能.....	28
2.4.4 视觉特征.....	30
2.5 听觉机能与特征.....	31

2.5.1	听觉刺激	31
2.5.2	人的听觉系统	31
2.5.3	听觉特征	32
2.6	其他感觉	33
2.6.1	肤觉	33
2.6.2	本体感觉	34
2.7	心理因素	34
2.7.1	心理现象	34
2.7.2	情感与情绪	35
2.7.3	气质与性格	35
2.7.4	意志与动机	36
2.7.5	注意	36
第3章	人体测量学与设计	39
3.1	人体测量的基本知识	39
3.1.1	人体测量概述	39
3.1.2	人体测量的常用术语	39
3.1.3	人体尺寸测量的分类	40
3.1.4	人体测量的仪器和方法	41
3.1.5	人体测量的数据处理	41
3.2	常用的人体测量数据	42
3.2.1	影响人体测量数据的相关因素	42
3.2.2	我国成年人的人体结构尺寸	43
3.2.3	人体主要参数的比例算法	44
3.2.4	其他部分国家人体结构尺寸	45
3.2.5	我国成年人的人体动态尺寸	46
3.3	人体测量学在设计中的应用过程	48
第4章	显示装置的设计	49
4.1	仪表显示设计	49
4.1.1	仪表的类型及特征分析	49
4.1.2	刻度盘设计	51
4.1.3	刻度设计	52
4.1.4	指针设计	52
4.1.5	仪表的颜色设计	53
4.1.6	仪表的总体布置	53
4.2	信号显示设计	54
4.2.1	信号显示特征	54
4.2.2	信号灯的视距和亮度	54
4.2.3	信号灯的颜色	54
4.2.4	闪光信号	55
4.2.5	信号的形象和复合显示	55

4.2.6	信号灯的位置	55
4.3	图形符号设计	55
4.3.1	图形符号显示的特征	55
4.3.2	图形符号的应用	57
4.4	荧光屏显示设计	57
4.4.1	荧光屏的显示特征	57
4.4.2	目标条件对显示的影响	58
4.4.3	屏面设计	59
4.4.4	视觉显示器的新技术	60
4.5	听觉传示设计	60
4.5.1	音响及报警装置	60
4.5.2	言语传示装置	60
4.5.3	听觉传示装置的选择原则	61
第5章	操纵装置的设计	62
5.1	操纵装置的类型与适用范围	62
5.1.1	操纵装置的分类	62
5.1.2	各种操纵装置的适用范围	63
5.1.3	操纵装置的用力特征	63
5.2	操纵装置设计的人机工程原则	65
5.2.1	操纵装置设置	65
5.2.2	操纵装置的选择原则	66
5.3	主要操纵装置的设计	66
5.3.1	手控操纵器设计	66
5.3.2	脚控操纵器设计	68
5.4	操纵器的布置	69
第6章	作业空间设计与座椅设计	71
6.1	作业空间设计	71
6.1.1	作业空间概述	71
6.1.2	作业空间设计的原则与步骤	71
6.1.3	不同作业姿势的作业空间设计	73
6.1.4	影响作业空间设计的其他因素	76
6.2	座椅设计	77
6.2.1	座椅设计的重要性	77
6.2.2	座椅设计的生物力学原理	77
6.2.3	座椅设计的原则与要求	78
6.2.4	座椅设计的新发展	80
第3篇 造型设计基础		
第7章	工业造型设计的美学基础	82
7.1	造型的形式美法则	82

7.1.1	比例与尺度	82
7.1.2	对称与均衡	84
7.1.3	稳定与轻巧	85
7.1.4	节奏与韵律	86
7.1.5	统一与变化	87
7.1.6	主从与重点	88
7.1.7	调和与对比	88
7.1.8	过渡与呼应	89
7.1.9	比拟与联想	90
7.1.10	单纯与和谐	91
7.2	造型的技术美要求	91
7.2.1	功能美	91
7.2.2	结构美	91
7.2.3	材质美	92
7.2.4	工艺美	92
7.2.5	舒适美	92
7.2.6	规范美	93
7.3	造型与审美	93
7.3.1	美感	94
7.3.2	审美过程的心理特征	94
7.3.3	审美创造能力的培养和提高	94
第8章	形态设计	96
8.1	形态概述	96
8.1.1	形态的基本概念	96
8.1.2	形态的分类	96
8.1.3	形态的基本要素	96
8.2	立体构成	98
8.2.1	线材的构成形式及方法	98
8.2.2	面材的构成形式及方法	99
8.2.3	块材的构成形式及方法	100
8.3	视错觉与造型设计	101
8.3.1	常见的错视现象	101
8.3.2	视错觉的利用和矫正	103
8.4	形态设计的原则及方法	103
8.4.1	形态设计的要素	103
8.4.2	形态设计的原则	104
8.4.3	形态设计的方法	106
第9章	色彩设计	108
9.1	色彩的基本知识	108
9.1.1	光与色	108

9.1.2	影响色彩的三个因素	108
9.1.3	色彩三要素	109
9.1.4	色的三次差和补色	110
9.2	色彩的生理学基础	111
9.2.1	色彩与生理	111
9.2.2	视觉后像	111
9.2.3	视觉适应	111
9.3	色彩的心理作用	112
9.3.1	色彩的功能与象征	112
9.3.2	色彩的感觉	114
9.4	色彩的表示方法	115
9.4.1	色名体系	116
9.4.2	CIE 标准色度学系统	116
9.4.3	色立体	116
9.5	色彩的对比与调和	117
9.5.1	色彩的对比	117
9.5.2	色彩的调和	118
9.6	产品的色彩设计	119
9.6.1	产品配色的主调	120
9.6.2	配色技巧	120
9.6.3	色彩与环境	120
9.6.4	色彩与材质	121
第 10 章	造型设计的程序和方法	122
10.1	造型设计的程序	122
10.1.1	计划准备阶段	122
10.1.2	构想阶段	123
10.1.3	设计复核与选定阶段	123
10.1.4	定稿及实施阶段	124
10.2	造型设计的方法	124
10.2.1	设计调查方法	124
10.2.2	设计分析方法	125
10.2.3	设计构想方法	128
10.2.4	设计评价方法	130

第 4 篇 计算机辅助造型设计

第 11 章	计算机辅助造型设计基础	134
11.1	计算机辅助造型设计概述	134
11.1.1	计算机辅助造型设计的概念与意义	134
11.1.2	计算机辅助造型设计的历史与现状	135
11.1.3	计算机辅助造型设计的趋势与展望	135

11.2	计算机辅助造型技术的基本原理	138
11.2.1	几何元素的定义及性质	138
11.2.2	形体的表示模型	139
11.2.3	常用的实体造型方法	143
11.3	计算机辅助造型设计系统选型分析	146
11.3.1	方案设计和选型的基本原则	146
11.3.2	常见的计算机辅助造型软件介绍	147
第12章	基于 SolidWorks 的造型设计	150
12.1	SolidWorks 基础	150
12.1.1	SolidWorks 基本概念和术语	150
12.1.2	SolidWorks 操作界面	150
12.1.3	SolidWorks 造型的一般方法	151
12.1.4	SolidWorks 造型的特点	153
12.1.5	SolidWorks 造型的出错信息	154
12.2	SolidWorks 造型实例	154
12.2.1	驱动框架零件造型	155
12.2.2	驾驶员人体模型	161
12.2.3	滤清器壳体实例	168
12.2.4	挖掘机斗实例	173
第13章	基于 Pro/Engineer 的造型设计	179
13.1	Pro/Engineer 基础	179
13.1.1	Pro/Engineer 的一般方法	179
13.1.2	Pro/Engineer 中的特征造型	180
13.2	Pro/Engineer 造型实例	185
13.2.1	轴套实例	185
13.2.2	渐开线圆柱直齿轮实例	187
13.2.3	装载机驾驶室造型设计实例	194
第14章	基于 CATIA 的人体模型设计	207
14.1	人体模型的建立	207
14.1.1	进入人体模型设计界面	207
14.1.2	建立标准人体模型	207
14.1.3	人体模型的显示属性	210
14.2	人体模型的姿态	211
14.2.1	人体模型姿态设置	211
14.2.2	四肢的摆动	211
14.2.3	标准姿态	215
14.2.4	人体模型的重置	219
14.3	人体测量编辑	219
14.3.1	进入人体测量编辑界面	219
14.3.2	人体测量编辑的基本操作	221

14.3.3	编辑人体测量备注	222
14.3.4	预先设定人体模型姿势	223
14.3.5	人体测量过滤器	224
14.3.6	人体模型数据库	225
第 15 章	基于 Rhino 的造型设计	227
15.1	Rhino 的简介	227
15.1.1	Rhino 的工作环境	227
15.1.2	模板设置	228
15.1.3	图层的建立和管理	231
15.2	构建模型的常用命令	231
15.2.1	Curve 绘制曲线	231
15.2.2	Surface 绘制表面	232
15.2.3	Solid 绘制实体	233
15.2.4	Transform	234
15.2.5	Edit 编辑命令	234
15.2.6	其他基本操作	235
15.3	建模实例	235
15.3.1	制作椅背	235
15.3.2	制作座垫	238
15.3.3	制作升降气泵	241
15.3.4	制作支腿	242
15.3.5	制作椅背连杆	247
15.3.6	总装	247
第 16 章	其他常用计算机辅助造型软件	250
16.1	Autodesk Inventor	250
16.1.1	软件概述	250
16.1.2	界面简介	250
16.1.3	功能特点	250
16.1.4	油嘴实例	250
16.2	Solid Edge	254
16.2.1	软件概述	254
16.2.2	界面简介	255
16.2.3	功能特点	255
16.2.4	吊钩实例	256
参考文献		260

第 1 篇 概 述 篇

第 1 章 引 言

随着各地基建项目越来越多，对工程机械的要求也不断增多。我国的工程机械经历了 50 多年的发展，品种和技术在不断地完善和更新。但到目前为止，中国的工程机械只有较少部分出口，参与国际市场的竞争。然而，我国工程机械很多是模仿国外的设计，长期以来只考虑了产品的功能要求，而较少考虑人一机一环境和艺术造型美学的要求。现代人对工程机械已不再仅仅满足于能用能开就行，而是要得到使用的舒适性和舒心性，工程机械造型的设计必须能“打动”消费者的心灵需求。

特别是进入 21 世纪后，由于国家扩大内需和实施西部大开发的战略，工程机械得到了空前发展。为增加产品竞争力，各企业不遗余力地开发新产品，如新产品注重了外观造型设计，新产品在外观质量和司机舒适性方面虽然有所提高，但与国外产品相比仍有很大的差距，如外表面造型无法让人觉得“美”，颜色深沉灰暗，部件方正呆板，仪表布置杂乱无章，操作舒适性差，驾驶不方便，不符合人体工程要求，尤其是驾驶室的设计并没有按照现今中国人的人体尺寸来进行改进或重新设计。相反，国外的工程机械已达到了很高的人机工程学设计水平，如 Volvo 开发的驾驶室采用了舒适驾驶操纵方式，使驾驶员可以在转向盘和转向杆之间变换，大大减轻了肌肉疲劳，设计采用的曲面前挡风带色玻璃，不仅美观，而且减少了阳光的暴晒，使得整机从外观到内饰和操作都更加宜人化，给人带来最佳的工作心情和操作感受。

为此，本书全面系统地总结了国内、外人机工程学和工业造型设计的研究成果，以希望对我国工程机械的设计提供实用的参考资料。

1.1 人机工程学概述

1.1.1 人机工程学的定义

人机工程学是研究人、机器和环境之间的相互关系和相互作用的学科，是从 20 世纪 50 年代开始迅速发展起来的一门多学科交叉的新兴学科。该学科在发展过程中，逐步打破了原有各学科之间的界限，有机融合了生理学、心理学、生物力学、机械学、系统工程和管理学等多学科的研究成果，形成了系统的理论体系、研究方法、标准和规范，其研究领域和应用范围具有广泛的综合性。

人机工程学的定义体现了新兴交叉学科的特点——名称众多，各有侧重。由于人机工程学兴起的时间还较短，加之研究和应用的范围极其广泛，这就导致了它存在不同的叫法。在美国，被称为“Human Engineering”（人类工程学）、“Human Factors Engineering”（人因工程学）、“Biotechnology”（生物工程学）等。西欧国家普遍称为“Ergonomics”（人类工效学）。“Ergonomics”是由希腊词根“ergon”（工作）和“nomos”（规律）复合而成。由于该词便于各国语言翻译上的统一，且该词具有中立性，与相关学科没有明显的亲密和间疏性，已被国际人机工程学会所采用。在亚洲，日语译为“人间工学”。我国台湾地区，一般沿用了美国的命名，将其称为“人因工程”。在我国大陆地区，由于各个研究时期的不同和

研究侧重的不同,出现了许多学科名称,如人机工程学、人体工程学、人因工程学、人类工效学和工程心理学等。

近 20 年来,“人机工程”和“人因工程”的称谓在我国逐渐流传较广,在本书中我们统一称为人机工程学。

在人机工程学发展的不同时期,各个领域的专家从自身的研究角度出发提出过多种不同的人机工程学的定义,分别反映了当时人机工程学研究的侧重点和该领域专家研究的出发点。

美国的人机工程和应用心理学家 A. 查帕尼斯 (A. Chapanis) 认为:“人机工程学是在机械设计中考虑如何使人获得简便而又准确操作的一门科学”。

美国学者桑德斯和麦考密克 (Sanders & Mc Comick) 认为:“人机工程学旨在发现关于人类行为、能力、限制和其他特性等知识,并将这些知识应用于工具、机器、系统、任务、工作和环境等的设计,并使人类对于它们的使用能更具生产力、安全、舒适和效果。”

美国人机工程学家查理斯·C. 伍德 (Charles C. Wood) 将人机工程学定义为:“设备的设计必须适合人的各方面的因素,以便在操作上付出最少的消耗而求得最高效率。”

前苏联学者将人机工程学定义为:“研究人在生产过程中的可能性、劳动合作方式、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,保障劳动者的健康,从而使人从生理上和心理上得到全面发展的科学”。

我国人机工程学学者赖维铁在《人机工程学》一书中将人机工程学做了如下定义:“人机工程学是运用生理学、心理学和其他各相关学科知识,使机器和人相互适应,创造舒适和安全的环境条件,从而提高工效的一门学科”。

在高敏主编的《机械设计手册》中将人机工程描述为:“研究人一机器—环境协调统一,形成有机联系,使机器和设备适合人的生理和心理要求以及其他因素,从而达到工作环境舒适、安全,操作准确、省力、简便,减轻操作疲劳和提高工作效率”。

我国著名科学家钱学森在《系统科学、思维科学和人体科学》一文中指出:“人机工程是一门非常重要的应用人体科学技术,它专门研究人和机器的配合,考虑到人的功能能力,如何设计机器,求得人在使用机器时整个人和机器的效果达到最佳状态。”

在《中国企业管理百科全书》中,对人机工程所下的定义为:“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、心理等特点,达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的目的。”

目前,国际人机工程学会 (International Ergonomics Association, IEA) 将该学科定义为:“研究人在某种工作环境中的解剖学、生理学 and 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、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。”

尽管上述人机工程学的定义各不相同,但是可以在其中发现两点共同之处:

- ① 人机工程学的研究对象是人—机器—环境的相互关系;
- ② 人机工程学的研究目的是如何达到安全、健康和舒适及工作效率的最优化。

1.1.2 人机工程学的发展历史

许多现代的社会科学和自然科学的理论,在古代的文明中都曾经有过孕育和萌芽。自从人类发明了工具以来,就存在着人与工具、环境的关系问题。随着人类的进步,便不断地改

进工具，改造环境，但是这些都是零星的、分离的、不系统的行为。直到工业革命后，生产高度发展，人类所从事的劳动在复杂程度和负荷强度上都达到了前所未有的地步，这才为人类系统地研究人—机器—环境之间的相互作用关系奠定了物质基础和提出了现实需要。

一般将人机工程学的发展历史分为四个阶段。

1.1.2.1 萌芽时期

1898年，现代管理学的奠基人弗雷德里克·W. 泰勒 (Fredelick. W. Toyler) 在伯利恒钢铁公司进行了著名的“铁锹作业实验”，其中一个研究的主题是，将不同大小的铁锹交给操作工使用，在相同的时间内，比较不同的操作工效差异，找出最佳工具设计。另一个主题是对比操作工在不同的操作方法、操作动作下的不同工作效率，找出最佳作业姿态。1911年，美国人机工程研究的先驱人物——吉尔布雷斯夫妇 (Frank & Lilian Gilbreth) 做了“砌砖作业实验”，创立了通过运动因素分析改进操作动作的方法。随后的若干年中，泰勒等人发展了他们的研究，并将这些研究称为“时间和动作研究”(Time and Motion Study)。

1914年，心理学教授闵斯特伯格 (Minsterberg) 将心理学引入生产实践，出版了《心理学与工业效率》，提出了心理学对提高人的工作效率具有非常重要的意义。

上述的研究成果，有些成为日后人机工程学知识体系的重要组成部分。直到今天，人们仍然能看到它们在现实生活中的身影。如在外科手术中，执刀大夫只需说出所用器械的名称，然后把手伸向助手，由助手在器械盘中迅速找到所需器械并交到执刀大夫手中。这种操作规范就是吉尔布雷斯夫妇的研究成果之一。而在此之前，执刀大夫需要自己到器械托盘拿器械。这显然造成手术效率低下，而且对需要迅速缝合的患者意味着较大的风险。

这一时期的人机工程研究的核心是以机器为中心，通过选拔和培训，使人去适应机器。这和现代的人机工程以人为本的指导思想是完全不同的。

1.1.2.2 兴起时期

20世纪的两次世界大战给人类带来了巨大的灾难，但却引起了人们对人机工程研究的重视。

第一次世界大战期间，由于战争的需要，工厂雇佣了大量的妇女和非熟练劳动力进行生产，为了提高劳动生产率，英国成立了工业疲劳研究所，研究如何安排工作和休息时间，才能达到既减轻疲劳又提高工效的目的。

从一战到二战，空军成了主力作战兵种。随着科技的进步，飞机具有了更多的功能、更强的作战能力。与之相应，飞机的仪表盘和操作件的数目也急剧增多。这时人们发现，即使选拔再优秀的飞行员，经过更长时间的培训，飞机的意外事故、飞行员的意外伤亡仍是频频发生。据统计，美国在二战期间的飞机事故中，80%是由于人与机器的相互不协调造成的。通过这些失败的教训，人们认识到：不能一味地强调人对机器的适应，毕竟人的心理和生理有一定的承受极限，这是通过严格的选拔和系统的培训也难以突破的。机器的设计应该与人的解剖学、生理学、心理学条件相适应。

通过两次世界大战，使人们认识到了人机工程研究的重要意义。1947年7月，英国海军部成立了一个研究相关课题的交叉学科研究组。1949年，英国成立了工效学研究协会。同年，查帕尼斯 (Chapanis) 等人合著的《应用实验心理学：工程设计中的人的因素》一书出版，该书总结了此前的研究成果，最早论述了人机工程学的理论和方法。

这一时期，人机工程学的指导思想完成了一次重大的转变：从以机器为中心转变为以人为中心，强调机器的设计来适应人的因素。

1.1.2.3 发展时期

20世纪50~60年代,人机工程的研究和应用逐渐从军事领域延伸到民用领域,与人类的生产、生活开始联系得更加密切。在机械设计、家电制造、建筑设计、汽车和传播、航空航天等领域都变得不可或缺。尤其在航天领域,人机工程得以在协调宇航员与航天器的关系上大显身手。

在此期间,系统论、信息论、控制论这现代“三论”相继建立和发展,对多种学科的研究思想有所影响。尤其是系统论的影响和渗入,使人机工程学的研究思想又有了新的发展。

1961年,在瑞典斯德哥尔摩举办了第一次国际人机工程会议,并在此会议上成立了国际人机工程学会。该学会现已有20多个分会,在30多个国家设有专门的机构,每三年举行一次学术交流会。

在这一时期,人机工程学研究的思想是人机系统的优化,人与机器应该相互适应、人机之间应该合理分工。人机工程学的理论至此渐趋成熟。

1.1.2.4 反思与可持续发展时期

随着各国战后重建的完成和世界经济的快速发展,人类进入了美国学者托夫勒所说的“第三次浪潮”时期。科技的快速发展、经济的繁荣给人类带来了巨大物质成果,也促进了许多学科快速发展。计算机科学、电子科学、制造科学、生物科学等都得以迅猛发展,这些相关学科的发展也为人机工程的迅速发展提供了机遇。人们对人机工程的研究更集中于对人与机器的研究,而忽略了对人机工程中另一个重要因素“环境”给予必要的重视。

微小的疏忽,往往酿成巨大的灾难。20世纪80年代是一个充满重大技术性灾难的年代。1979年的三里岛核电站事故为之揭开了序幕。1984年印度博帕尔的一家农药厂发生化学物质泄漏,造成4000人死亡,影响波及200000人。1986年前苏联切尔诺贝利核电站的泄漏事故是人类历史上沉痛的一幕。当时即造成300人死亡,大批的附近居民和抢险人员都遭受了核辐射,现在仍在受到病痛和死亡的威胁,附近上百万平方公里的土地受到放射性物质的污染。1989年美国得克萨斯州的一家塑料厂发生爆炸,其破坏力相当于10t的TNT炸药,23人死亡,100多人受伤,这次事故使得美国商业保险公司一次性赔偿款额高达1.5亿美元。事后,学者们对这几起事故进行研究,发现事故发生的重要原因之一就是不恰当的人机工程设计。在人机工程中对环境因素的忽视,使人类破坏了环境,自身也受到了惩罚。

反思近半个世纪以来工业文明带来的负面后果,可持续发展也越来越成为当代社会的强烈呼声,这也影响了许多当代学科研究思想和方向。受可持续性发展的理念渗透,人机工程学的研究也进一步演进,如节能设计、再生设计、生态设计和绿色设计等理念都已被引进到人机工程学的研究体系。保护生态环境、保持人与自然环境的持久和谐统一,成为人机工程学研究的一个重要内容和目标。

1.1.3 我们身边的人机工程学

人机工程学虽然还是一门年轻的科学,但它已经越来越多地应用于人们的周围。为什么现在学生背的书包都是双肩背的而很少有单肩挎的?为什么公共厕所的冲水装置不再是手控方式而是脚踏方式?为什么楼道的照明灯都安装了声控装置?为什么有的沙发看来很高档,可是坐起来还要在腰部加个靠垫呢?这些日常生活中司空见惯的现象无一不体现人机工程的应用。学生使用双肩背书包,是因为更有利于脊柱的受力均衡,使身体保持挺拔状态,而以前的单肩挎书包,由于身体受力不均,很容易造成发育时期的青少年脊柱侧弯。公共厕所的