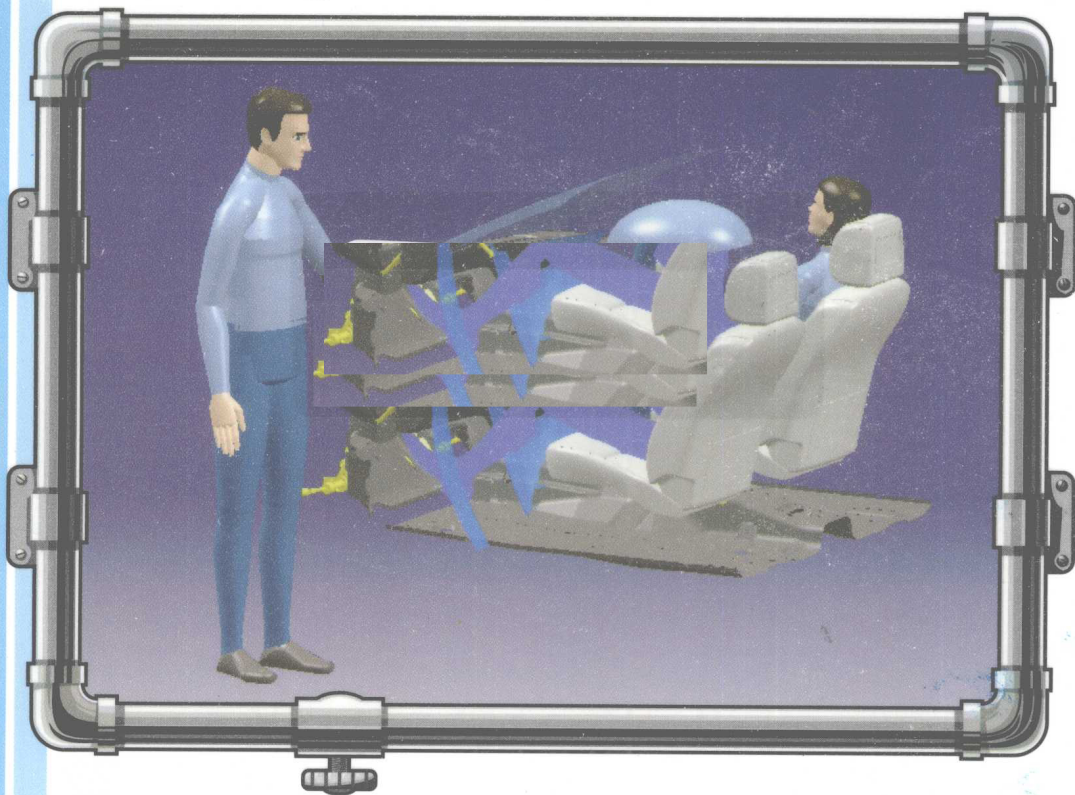




21世纪全国高等院校汽车类**创新型**应用人才培养规划教材

# 汽车人机工程学

任金东 主 编



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材

# 汽车人机工程学

任金东 主 编

 北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

人机工程学是汽车设计(尤其是概念设计)中需要考虑的重要内容,对于确定汽车设计初期的关键硬点和尺寸,保证汽车良好的使用性能和乘员舒适性具有重要的意义。

本书对相关的人机工程学基础知识进行了简单介绍,并全面阐述了汽车设计中人机工程学方面的设计和分析原理与方法。全书共分7章,涵盖了以下方面的内容:绪论;人体基本特性;人机界面、作业空间和人机系统设计;作业环境设计;汽车人机工程设计辅助工具;汽车人机工程设计和汽车人机工程虚拟仿真。

本书可作为高等院校车辆工程、车身工程专业本科生教材,也可供相关专业的教师、科技和工程人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车人机工程学/任金东主编. —北京:北京大学出版社,2010.8

(21世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-17562-0

I. ①汽… II. ①任… III. ①汽车工程—人—机系统—高等学校—教材 IV. ①U461

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第144505号

书 名: 汽车人机工程学

著作责任者: 任金东 主编

责任编辑: 童君鑫

标准书号: ISBN 978-7-301-17562-0/TH·0205

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: [pup\\_6@163.com](mailto:pup_6@163.com)

印刷者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 17印张 彩插1 插页1 393千字

2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

定 价: 35.00元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# 前 言

“汽车人机工程学”是车辆(尤其是车身)工程专业的重要专业基础课程之一。目前,本门课程多从面向目标用户的使用要求出发,以高效、舒适、健康、安全为目标,以人机工程学基础理论和汽车设计学基本原理为依据,讲述和研究汽车产品开发过程中需要考虑的人、机、环境之间的关系和优化匹配问题。

根据汽车人机工程学相关课程的教学要求,本书内容的组织以汽车设计为核心,注重基本概念、原理和方法的讲述,强调内容的科学性、系统性和实用性。全书共分7章,涵盖了以下几方面内容:

(1) 人机工程学科概况:包括学科定义、研究范畴、研究手段、发展历程和展望等内容。

(2) 人体基本特性:包括人体测量学特性,人体在作业中的特点,人的视觉、听觉和触觉的感知特性,人体作业能力和对振动的反应,人的心理特点和可靠性等。

(3) 一般人—机—环境设计问题:包括典型的显示装置和操纵装置设计,作业空间和人机系统设计与分析,作业环境的微气候、空气质量、照明和色彩设计等。

(4) 汽车人机工程设计:包括H点装置、驾驶员眼椭圆、头廓包络、驾驶员手伸及界面等基于统计学的设计工具,汽车产品开发过程,汽车人机工程方案设计,汽车人机工程分析和汽车座椅设计等。

(5) 汽车人机工程虚拟仿真:结合汽车人机工程典型分析内容讲述主流CAX-PLM一体化软件CATIA中人机工程学模块的应用方法。结合专业应用,用适当的篇幅讲述主流人机工程专业软件的应用,也是本书区别于许多人机工程专业书籍的特色之一。

本书中坐标系的约定如下:如未特意指出,一般均相对于汽车坐标系,即汽车行驶方向为 $x$ 轴负方向,驾驶员右侧为 $y$ 轴正方向, $z$ 轴正方向指向正上方,坐标系原点的选取与车身制图标准一致。

本书主要面向高等院校车辆工程、车身工程专业本科生,也可供相关专业的教师、科技和工程人员、研究生作为参考。全书图文并茂,给出了230多幅精美插图及很多数据图表。为方便教学,每章后面给出了一些思考题,以便于学生掌握学习重点和加深理解书中的内容。本书配有教学课件,向授课教师免费提供。

近10多年来,从CKD,SKD,借鉴国外产品发展到有自己的品牌、走自主开发的道路,我国汽车工业已经发生了本质上的变化。但是,还应该看到,我们的产品在一些关键地方还与国外强手存在差距。随着我国汽车工业的快速发展和社会文明程度的提高,无论是汽车用户还是汽车制造商,都对汽车使用性能提出了更高的要求。作为汽车开发过程中需要考虑的重要因素,科学的人机工程学设计不仅是汽车良好使用性能和安全的重要保证,也是制造商产品研发中关注人性化的体现。因此,必须努力学习国内外长期积累的设计经验和方法,并应用于产品开发的实践当中,加快人才培养,鼓励创新精神,才能缩短





与先进国家的差距。

由于编者水平和精力有限，书中难免会存在一些缺点和不足，敬请各位读者批评指教。编者联系方式：[renjindong@163.com](mailto:renjindong@163.com)。

编者

2010年6月



# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1	2.4.2 人的视觉特性 .....	47
1.1 人机工程学科的命名和定义 .....	2	2.4.3 人的听觉特性 .....	52
1.1.1 学科命名 .....	2	2.4.4 人的皮肤感觉特性 .....	54
1.1.2 学科定义 .....	3	2.5 人的功能和心理特性 .....	55
1.2 人机工程学科的研究范畴 .....	3	2.5.1 人的作业能力与疲劳 .....	55
1.2.1 人机工程学的学科支柱 .....	3	2.5.2 人体对振动的反应 .....	60
1.2.2 微观和宏观人机工程学 .....	4	2.5.3 人的心理特点 .....	64
1.3 人机工程学科发展展望 .....	11	2.5.4 人的可靠性 .....	67
1.4 人机工程学的研究手段 .....	12	本章小结 .....	68
1.4.1 人机工程学的研究方法 .....	12	思考题 .....	68
1.4.2 人机工程学的研究工具 .....	12	<b>第 3 章 人机界面、作业空间和人机系统设计</b> .....	69
本章小结 .....	13	3.1 显示装置设计 .....	70
思考题 .....	14	3.1.1 显示装置的类型和选择 .....	70
<b>第 2 章 人体基本特性</b> .....	15	3.1.2 显示装置的设计原理 .....	71
2.1 人体尺寸 .....	17	3.2 操纵装置设计 .....	72
2.1.1 人体静态尺寸及其测量 .....	17	3.2.1 操纵装置的类型和特点 .....	73
2.1.2 人体测量数据的统计特性 .....	18	3.2.2 操纵装置的设计原则 .....	73
2.1.3 我国成年人人体静态尺寸 .....	20	3.2.3 操纵装置的设计原理 .....	74
2.1.4 其他国家人体静态尺寸 .....	23	3.3 作业空间和人机系统设计 .....	79
2.1.5 人体静态尺寸的差异 .....	25	3.3.1 作业空间和人机系统概述 .....	79
2.1.6 人体静态尺寸的相关性 .....	26	3.3.2 作业空间和人机系统的设计原则 .....	80
2.1.7 人体动态尺寸 .....	28	3.3.3 作业空间和人机系统设计的人体数据运用准则 .....	81
2.2 人体生物力学特点 .....	33	3.3.4 典型的作业空间设计 .....	86
2.2.1 人体运动系统 .....	33	3.3.5 人机系统设计 .....	90
2.2.2 肢体质量、惯量和质心 .....	37	本章小结 .....	98
2.2.3 人体的出力 .....	40	思考题 .....	98
2.3 人体作业特点 .....	42	<b>第 4 章 作业环境设计</b> .....	99
2.3.1 作业姿势 .....	42	4.1 室内微气候设计 .....	100
2.3.2 操作灵活性 .....	44		
2.4 人的感知特性 .....	45		
2.4.1 人对信息的感受和处理 .....	45		



4.1.1 室内微气候及其影响因素	100	5.4 头颅包络	170
4.1.2 人体对微气候的反应和热舒适	102	5.4.1 概述	170
4.1.3 室内微气候设计原理	115	5.4.2 A类车头颅包络	171
4.2 空气质量的改善	126	5.4.3 B类车头颅包络	174
4.2.1 空气污染及其危害	126	5.4.4 头颅包络的应用	174
4.2.2 空气污染防治	130	5.5 驾驶员手伸及界面	175
4.3 环境照明	132	5.5.1 相关概念	175
4.3.1 照明的度量	132	5.5.2 驾驶员手伸及界面的测量	176
4.3.2 照明对作业的影响	134	5.5.3 驾驶员手伸及界面的描述	177
4.3.3 照明设计	134	5.5.4 驾驶员手伸及界面的定位	178
4.4 色彩设计	137	5.5.5 驾驶员手伸及界面的应用	178
4.4.1 色彩的基本概念	137	5.5.6 驾驶员手伸及界面与个体伸及能力界面的区别	178
4.4.2 色彩对人的影响	138	5.6 驾驶员膝部包络线	179
4.4.3 作业环境色彩设计	139	5.6.1 驾驶员膝部包络线的生成	179
本章小结	140	5.6.2 驾驶员膝部包络线的定位	179
思考题	140	5.7 驾驶员胃部包络线	181
<b>第5章 汽车人机工程设计辅助工具</b>	<b>141</b>	5.7.1 驾驶员胃部包络线的生成	181
5.1 H点装置	142	5.7.2 驾驶员胃部包络线的定位	181
5.1.1 HPM-II型H点测量装置的构造	142	5.8 数字人体模型	182
5.1.2 H点设计工具	146	5.8.1 数字人体模型的基本原理	182
5.1.3 H点装置上的基准点	148	5.8.2 数字人体模型的功能和应用	187
5.1.4 H点装置的功能和应用	151	本章小结	192
5.2 驾驶员H点位置曲线	157	思考题	192
5.2.1 A类车SAE H点位置曲线	157	<b>第6章 汽车人机工程设计</b>	<b>193</b>
5.2.2 B类车SAE H点位置曲线	158	6.1 汽车产品开发过程概述	194
5.2.3 踏板平面角	158	6.1.1 汽车分类	194
5.3 眼椭圆	160	6.1.2 汽车产品开发的一般过程	195
5.3.1 眼椭圆的定义和由来	160		
5.3.2 A类车、行程可调节座椅眼椭圆	161		
5.3.3 A类车、固定座椅眼椭圆	165		
5.3.4 B类车眼椭圆	166		
5.3.5 眼椭圆的理论解释	168		
5.3.6 眼椭圆的应用	169		

6.2 汽车概念设计 .....	196	<b>第7章 汽车人机工程虚拟仿真</b> .....	249
6.2.1 汽车概念设计概述 .....	196	7.1 CATIA 人机工程模块简介 .....	250
6.2.2 汽车总体布置 .....	197	7.2 人体模型的建立 .....	251
6.2.3 硬点和硬点尺寸 .....	200	7.2.1 建立目标群体人体 数据 .....	251
6.3 汽车人机工程设计与分析 .....	204	7.2.2 建立用于分析的人体 模型 .....	252
6.3.1 乘员空间布置和人机 界面设计 .....	205	7.2.3 设置人体模型的属性 .....	253
6.3.2 驾驶员人机工程学性能 优化 .....	224	7.3 典型汽车人机工程虚拟仿真 .....	254
6.3.3 汽车人机工程学性能的 主观评价 .....	236	7.3.1 人体模型的定位 .....	254
6.4 汽车座椅设计 .....	238	7.3.2 姿势评估 .....	258
6.4.1 汽车座椅概述 .....	238	7.3.3 其他分析 .....	260
6.4.2 汽车座椅设计的参数 设计 .....	241	本章小结 .....	260
本章小结 .....	247	思考题 .....	260
思考题 .....	248	<b>参考文献</b> .....	261



# 第1章

## 绪论



### 本章教学目标

通过本章的学习，要求掌握人机工程学科的定义，明确本学科的学科构成和研究范畴，了解本学科的发展状况和趋势。



### 本章教学要点

知识要点	能力要求	相关知识
人机工程学科的定义	了解人机工程学科的定义和特点	各国家对本学科命名
人机工程学科的学科状况	了解人机工程学科的学科支柱、学科构成和研究范畴	微观人机工程学科的分支、研究内容和应用 人机工程学科的发展简史和发展趋势
人机工程学科的研究手段	了解人机工程学科的研究方法和研究工具	人机工程学科的研究方法：描述性研究、实验性研究 人机工程学科的研究工具：硬件工具、软件工具、量表工具、综合工具



## 导入案例

提到微软公司,人们首先想到的就是 Windows 操作系统和 Office 办公软件,其实微软在计算机硬件产品的人机工程学研究与应用方面做得也很出色。微软设计的人机工程学键盘和鼠标居行业首位,荣获了 200 多项专利和行业奖项。微软之所以重视计算机硬件的人机工程学性能,是因为它们是日常办公使用最为频繁的产品,关系到办公效率和人的健康,并对公司的效益具有重要的影响。

人机工程学是与人们的生产、工作、学习和日常生活关系最为密切的科学之一。人们在工作和生活中会与各种产品和工作场所打交道,如果它们的设计没有充分考虑人的因素,就会给人带来不便。与人们日常生活密切相关的计算机、家电、手机、汽车、家具、住房、服装、日用品、作业工具、生产车间等,无处没有人机工程学的影子。无论是产品设计、作业场所改善,还是组织管理和工作过程设计,其设计过程通常都是与最终用户分开的,这使得充分考虑用户特点和需求、以用户为中心进行人机工程学设计变得尤为重要。很多大公司的产品设计部门都有专门负责人机工程学的设计师,使他们的产品不仅具有良好的使用功能,更具有方便、舒适、安全的使用特点。可以说,人机工程学是各行各业都必须考虑的最重要因素之一。许多公司早已经将符合人机工程学的规章制度和管理理念纳入公司的管理体系之中。一些工业先进的国家已经把人机工程学方面的性能指标作为国家标准予以制定。更有许多公司都将其产品符合人机工程学要求作为一个促销的卖点。

我国在人机工程学方面的研究与应用对比国外还存在差距。随着人才的培养以及相关研究与应用的深入和普及,人机工程学在我国各行各业受到越来越多的重视。在各界人士的共同努力下,相信在不久的将来,人机工程学科必将像数学等基础学科一样普及,像汽车行业一样蓬勃发展,在经济建设和社会发展中发挥着不可替代的重要作用。

## 1.1 人机工程学科的命名和定义

### 1.1.1 学科命名

人机工程学是一门建立在很多基础学科之上的综合交叉学科。由于其研究内容和应用范围非常广泛,相关的领域专家、学者都曾试图从不同角度为它命名。

在美国,人类因素工程学(Human Factors Engineering)、人类工程学(Human Engineering)、工程心理学(Engineering Psychology)都是人机工程学的研究范畴。

在欧洲,人机工程学被称为 Ergonomics。“Ergonomics”一词最早由波兰学者 Jastrzebowski 于 1857 年在《Nature and Industry》刊物中提出,但当时没有引起人们的关注。1949 年,英国学者 K. F. H. Murrell 根据两个希腊词根“ergon”和“nomos”重新“发明”了这个词,作为人机工程学科的名称。“ergon”的意思是“出力、工作”,“nomos”的意思是“正常化、规律”,“Ergonomics”的含义就是“人出力正常化”或“人的工作规



律”。“Ergonomics”一词由于较全面地反映了本学科的本质，又来自希腊文，为便于各国语言翻译上的统一且使词义保持中性，因此目前较多国家采用该词为本学科命名。例如：在日本，该名字被称为人间工学。这一名称已经被国际标准化组织(International Standard Organization, ISO)采纳。

在我国，人机工程学又有人体工程学、人类工效学、人一机—环境系统工程等称谓。本书采用“人机工程学”作为学科名称。

### 1.1.2 学科定义

美国著名人机工程学家 W. E. Woodson 认为：“人机工程学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、操纵控制、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，目的在于获得最高的效率和作业时感到安全和舒适”。E. J. McCormick 和 M. S. Sanders 在《*Human Factors in Engineering and Design*》一书中的定义为：“为人的使用而设计”和“工作和生活条件的最优化”。

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”。

我国学者封根泉在其《人体工程学》一书中将人机工程学定义为：“为了解决机器系统设计与人体有关的种种问题，使整个人机系统的工作效能达到最优而建立起来的一门科学，就是人体工程学”。

国际人机工程学会(International Ergonomics Association, IEA)的定义为：人机工程学是研究人在工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的因素，研究系统中各组成部分的相互作用，研究在工作、生活和休假时如何统一考虑工作效率、健康、安全和舒适等问题的学科。

从汽车设计角度出发，本学科的作用在于通过对人在汽车使用中的生理、心理以及人一车—环境相互作用等方面的研究，指导汽车及其部件设计，使汽车更好地满足使用要求。

## 1.2 人机工程学科的研究范畴

### 1.2.1 人机工程学的学科支柱

由于人机工程学是一门应用人体生理和心理方面的能力特性来设计和改善工作系统(包括人员、作业、工具、设备、作业场所、作业管理和作业环境)，使得人员能在安全、卫生和舒适的情况下发挥最大工作效率，提高工作和生活质量的科学，因此，本学科不仅包含了自然科学和工程领域的人—机—环境系统科学问题，还研究了经济和社会领域的组织、管理、经济、效率等问题。它是一门建立在人类科学、工程科学和社会科学之上的综合性交叉学科，如图 1.1 所示。

#### 1. 人类科学(Human Science)

人类科学是人机工程学的基础，其范畴涵盖了医学(Medicine)、人体测量学(Anthro-

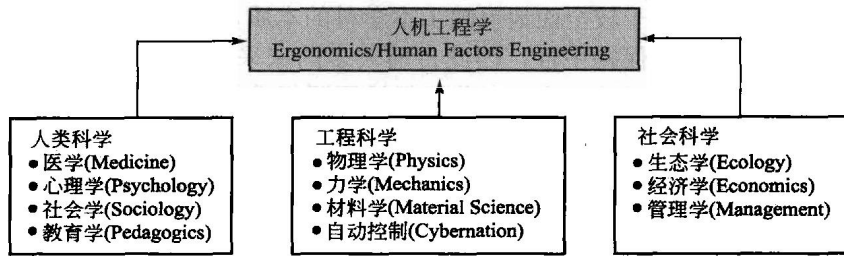


图 1.1 人机工程学的三大学科支柱

pometry)、生理学(Physiology)、生物力学(Biomechanics)、心理学(Psychology, 包括认知心理学 Cognitive 等)、社会学(Sociology, 如组织构造学 Tectology、管理学 Management、运筹学 Operational Research 等)、教育学(Pedagogics)等。

### 2. 工程科学(Engineering Science)

人机工程学的建立和发展与工程科学是密不可分的：一方面，工程科学是人机工程学赖以生存和发展的基础，人机工程学中的各种研究必须借助工程科学来实现，另一方面，工业是人机工程学的最主要应用领域之一，工程科学搭起了人机工程学在工业设计领域应用的桥梁。这里的工程科学泛指与设计和应用有关的学科(机械设计、测量和控制等)以及一些基础学科，例如：物理学(Physics)、力学(Mechanics)、数学(Mathematics)、统计学(Statistics)等。

### 3. 社会科学(Economic and Social Science)

人机工程学作为一门综合科学，不仅研究产品或人机系统如何保证操作者高效、舒适、健康、方便地操作或工作，还研究组织、管理、生产、工作组设计及工作流的系统结构和组织等，例如：研究生产车间的组织和管理，以保证高效地生产；研究企业人力资源的组织和管理，以使得企业人力结构、组织架构和管理机制最优。经济和社会科学又包括生态学(Ecology)、环境科学、系统科学、经济学(Economics)、产业规律(Industrial Law)、管理学(Management)等。

## 1.2.2 微观和宏观人机工程学

人机工程学研究的内容和领域，从大的分类和研究领域性质上可以分为微观人机工程学(Micro - Ergonomics)和宏观人机工程学(Macro - Ergonomics)。

### 1. 微观人机工程学

微观人机工程学主要研究工具和工作区设计规则。在不断发展的过程中，它又形成了传统人机工程学和系统人机工程学两个分支。

#### 1) 微观人机工程学的分支

(1) 传统人机工程学。传统人机工程学就是传统意义上的人机工程学(Ergonomics)，其研究目的是通过对工作任务、工作环境和人机交互进行分析，提高整个工作系统性能，降低人的工作负荷(Stress)。“负荷—紧张”概念是一种评估工作系统的传统方法。其基本思想是：工作系统内的每个人都处于相同的作业环境下，它们构成了作业者的工作负荷；但不同的人由于生理和心理特征不同，对工作负荷所表现出来的反应不同，用紧张度

(Strain)标志。

传统人机工程学还有一个研究领域,即研究人机系统(Man Machine System, MMS)的各个特性。例如:通过分析和优化 MMS 内的显示装置和操纵装置布局,优化作业者的位置、视野等,以获得最佳系统工作效能。

(2) 系统人机工程学。系统人机工程学通过系统分析,将人机系统的组成元素及其相互作用定义出来;研究复杂人机系统中人的基本特点,研究人机交互的信息传递特性。其目的是研究在人机系统框架下如何设计人机界面,以获得良好的人机交互性能。因此,系统人机工程学研究的是如何优化人机交互性能,减少工作失误以及提高人机系统可靠性。

### 2) 微观人机工程学的研究内容

(1) 人体因素的研究。人的生理、心理特性和能力限度是人—机—环境系统设计的基础。从工程设计的角度出发,人机工程学研究与人体的主要问题,包括人体形态参数、人的感知特性、人的行为特性与可靠性、人在劳动过程中的生理心理特征等,从而为与人体有关的机电设备、工具、用品、用具、设施、作业以及人—机—环境系统设计提供有关人的数据资料和要求。

(2) 人机系统的总体设计研究。人机系统总体效能的高低首先取决于总体设计的优劣,所以要在整体上使机与人相适应。应根据人和机各自的特点合理分配人机功能,使其在人机系统中发挥各自的特长,并互相取长补短、有机配合,保证系统的功能达到最优。

(3) 工作场所和信息传递装置设计研究。工作场所包括工作空间、座位、工作台或操纵台等。工作场所设计得是否合理将对人的工作效率和健康产生直接的影响。只有使作业场所适合人的特点,才能保证人以无害于健康的姿势从事劳动,这样才能既高效地完成工作,又感到舒适或不致过早产生疲劳。

人与机、环境之间的信息交流是通过人机界面上的显示器和操纵器完成的。为了使人机之间的信息交流迅速、准确且不易使人感到疲劳,要研究显示器,使其和人的感觉器官的特性相匹配;研究操纵器,使其和人的效应器官相匹配,以及它们之间的相互配合问题。

(4) 作业改善的研究。人机工程学研究人从事不同作业时的生理、心理变化,并据此确定作业的合理负荷和能量消耗,制定合理的休息制度,采取正确的操作方法,以减轻疲劳、保障健康、提高作业效率。

人机工程学还研究作业分析和动作经济原则,寻求经济、省力、有效的标准工作方法和作业时间,以消除无效劳动,合理利用人力资源和设备,提高工作效率。

(5) 环境控制与安全保护。人机工程学所研究的工作效率不仅是指使从事的工作在短期内能有效地完成,而且是指在长期内不存在对人体健康有害的影响,并使事故危险降低到最低限度。人机工程学通过研究温度、湿度、照明、色彩、振动、噪声、空气污染、加速、失重、辐射等一般工作与生活环境条件对人作业活动和健康的影响,以及研究控制和改善不良环境的措施,来保护操作者免遭因作业而引起的病痛、疾患、伤害。随着科学技术的进步,计算机终端(Virtual Display Terminal, VDT)显示中的人体因素,计算机设计与使用的人机工程学问题,工作成效的测量与评定,人在异常工作环境条件下的生理效应以及与机器人设计相关的智能模拟等也已经成为人机工程学研究的重要内容。

### 3) 微观人机工程学的应用

微观人机工程学通常因其应用领域的不同而具有不同的研究内容,因此又区分为两个



主要应用领域，即产品设计和生产。

产品设计中的人机工程学研究如何使产品满足使用者的需要，通常还要考虑人的变化（例如：人体尺寸、人的认知特点）。此领域研究的特点是通常产品使用者的情况不太清楚。

生产中的人机工程学主要致力于使生产中的工作环境和作业适合人的操作要求，降低工作者的劳动强度，提高操作效率。与产品设计中的人机工程学相比，生产中的人机工程学研究，人（操作者）的特性是已知的。

微观人机工程学主要应用于以下几个领域：

(1) 产品与环境设计：如航空航天系统（主要是飞行器驾驶舱、乘客舱、航天员工作环境等）设计、办公场所设计（计算机显示终端、办公座椅、工作区、软件人机工程问题）、机器设备设计、汽车设计、家电设计、身心障碍者辅助设备设计、医疗设备设计、国防武器系统设计等。

(2) 生产、维修和维护等作业设计：如化学工厂、核电站等人的可靠性占重要因素的场合的维修作业设计，航天器、潜艇、汽车等维修作业设计，生产车间工人作业设计等，以提高作业安全性和工作效率，并保证人员健康。

(3) 工业与公共安全：如劳动和公共安全防护，以及一些极端工作环境（冷、热、工作区狭窄、超压、失重、超加速度、破坏性场合等）下的人机问题。

## 2. 宏观人机工程学

宏观人机工程学科是从系统科学和组织心理学演化而来的，主要研究工作系统的结构和组织、工作分工、管理策略等问题，以及其与微观人机工程系统之间的关系和影响，以提升人们工作与生活的质量。研究内容大致分为组织结构研究和工作过程组织两大类。在研究过程中，工作任务、工作内容和工作时间是主要的考虑因素。从系统结构上看，它考虑相互关联的4个子系统：人员(Personnel)、技术、组织结构和外部环境。宏观人机工程学通过对人员—组织—环境—机器界面的研究，为组织设计和优化人员—系统功能提供必要的理论和方法。研究的目的是使工作系统从微观和宏观上都达到和谐，以提高生产率和工作满意度，增进人员的绩效（如提高工作的速率、安全性和正确性），减少能力的浪费与疲劳，保证人员健康、安全，减少不必要的训练和降低训练成本，减少对特殊技巧和能力的依赖，促进人力资源的合理使用，减少人为错误所引发的事故，降低时间和设备的损失，激发员工的责任和义务意识。从研究特点上看，宏观人机工程学属于自顶向下(Top-Down)结构的社会技术系统方法，用于组织、工作系统、工作（或者作业，英文为Job）的设计。例如：在作业场所设计中，它并不是孤立地研究单个操作者作业空间，而是研究不同操作者作业空间的相互作用，以合理地组织 workflow、分配工作时间。



### 阅读材料1-1

#### 人机工程学发展简史

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由美国完成的。所以，人机工程学有“起源于欧洲，形成于美国”之说。从总体上看，人机工程学的发展过程大致可划分为4个阶段，即原始人机工程学阶段、经验人机工程学阶段、科学人机工程学阶段和现代人机工程学阶段。



### 1. 原始人机工程学阶段

从原始社会开始,人类在谋求生存、发展的过程中,开始制造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。虽然没有系统的人机工程学研究方法,但当时人们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。

原始人狩猎用的棍棒、石块或标枪,其尺寸、重量总是与人的体能大体适应。青铜器时代以后,人类新制造的工具大大向前发展了。在大约 2400 多年前的战国初期,我国就出现了第一部科技汇编著作《考工记》。在这部古代科技名著中,对一些器物制作应考虑的人性化问题已有相当深入、精彩的论述。例如,《考工记》指出各种兵器握柄的形状,应随其用途的不同而不同。用来刺杀的兵器,如长矛,其握柄截面应该是圆形的,这样在刺杀中握柄就不会向某一方向挠曲;而用来劈杀的兵器,如大刀,使用时有一定的方向性,握柄的截面应做成椭圆形,在使用中才不易转动,且不必看便能感知刀刃的方向。

### 2. 经验人机工程学阶段

随着人类社会的发展,人类创造和使用的工具不断得到改进,由简单到复杂逐步完善。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 and 自发的基础上,称为经验的人机工程学阶段。经验的人机工程学阶段一直延续到第一次产业革命时期。在我国的古典家具中,如太师椅,可以很明显地看到人机理念的影子。

### 3. 科学人机工程学阶段

第一次产业革命(1750—1890年)以蒸汽机的广泛使用为主要标志,以机器为主体的工厂取代了以手工劳动为主体的手工工厂;生产技术发生了根本的变革,从手工劳动时代进入机械化生产时代,从畜力时代进入蒸汽机时代。以法国 Jacquard 在纺织机械上使用穿孔卡片进行程序控制和英国 Watt 设计蒸汽机的调速器为代表,开始实现自动调节和控制。这时,人们所从事的劳动在复杂程度和负荷量上都有了很大的变化;改进工具以改善劳动条件、提高劳动效率已成为一个迫切问题。

1884年,德国学者 A. Mosso 进行了著名的肌肉疲劳试验。他通过测量流经人体的微电流的变化,对人体劳动疲劳进行了研究,该项研究可以说是科学人机工程学的开端,并为后来形成的“劳动科学”学科奠定了基础。

人们开始对经验人机工程学所提出的问题进行科学研究,人机工程学由经验逐步上升为科学。第二次产业革命(1870—1945年)以内燃机和电动机的广泛使用为主要标志,生产技术从机械化时代进入了电气化时代。19世纪末20世纪初的第二次产业革命使得工业企业的生产规模不断扩大,生产效率进一步提高。为获得更高的生产效率,人们开始注意到如何有效地利用人的生理和心理资源的问题。

1898年,美国学者 Frederick W. Taylor 进入美国的伯利恒钢铁公司后,从人机工程学的角度出发,对铁锹的使用效率进行了研究,找出了铁锹的最佳设计和搬运煤屑、铁屑、沙子和铁矿石等松散粒状材料时每一铲的最佳重量,这就是著名的“铁锹作业实验”。同时,他还进行了操作方法的研究,在传统管理方法的基础上首创了新的管理方法和理论,考虑了人使用的机器、工具、材料及作业环境的标准化问题,制定了一套能提高工作效率的操作方法。Taylor 的“科学管理”活动使得社会上对于科学管理的兴趣



高涨。Taylor 关于操作方法的研究成果在美国和西欧一些国家得到推行，并成为大大提高劳动生产率的“泰勒制”。Taylor 被后人认为是科学管理的创始人，他的研究为科学人机工程学的建立奠定了基础。

1911 年，Frank B. Gilbreth 夫妇首次采用高速摄影方法对美国建筑公司工人砌砖作业进行了试验，他们用高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，以提高有效动作的效率，使工人的砌砖速度由每小时 120 块提高到 350 块。

Frederick W. Taylor 和 Frank B. Gilbreth 夫妇的这些研究影响很大，后来成为人机工程学的重要分支“时间与动作研究”(Time and Motion Study)的主要内容。他们的突出贡献是在理论上提出了“动素”的概念，动素是组成各种动作的最小单元。他们归纳出 18 个动素：寻找、选择、抓取、移动、定位、装配、使用、拆卸、检验等，用来记录和描述各种作业过程。他们将这种新概念、新方法用于各种生产作业，详尽研究操作人员的作业动作过程，进行剔除、精简、归并和规范化，取得了显著效果，使很多劳动作业提高了效率。Gilbreth 夫妇为记录各种生产程序和流程模式制定的生产程序图和流程图至今还被广泛应用。他们还制定了人事工作中的卡片制度——这是现行工作成绩评价制度的先驱。

在“泰勒制”出现之前，心理学就已经成为了一门独立的科学，但是将心理学直接应用到工业生产领域，研究如何适应和转变工人的心理、激发工人的干劲以提高生产效率，还是 20 世纪初才开始的。在当时的工业中，人们最主要的注意力是放在材料和设备的问题上；也有一些人注意到了工人的心理状态对工作效率的影响，如工作单调问题、疲劳问题、兴趣和愉快、工作报酬等。

第一次世界大战中，各参战国都聘请心理学家解决战时兵种分工、特种人员选拔和训练、军工生产中的作业疲劳等问题。这期间的突出代表是工业心理学的主要创始人、被尊称为“工业心理学之父”的美国哈佛大学心理学教授 Hugo Munsterberg，他于 1912 年出版了《心理学与经济生活》一书，提出了心理学对人在工作中适应环境与提高效率的重要性，堪称人机工程学的最早著作。他把心理学的研究工作与 Frederick W. Taylor 的科学管理方法联系起来，对选择、培训人员，改善工作条件，减轻疲劳等问题作了大量的研究。这一时期的研究者多是一些心理学家，当时的学科名称是“应用实验心理学”，其特点是选择和训练人，使人适应机器。战后，心理学的应用推广到非军事领域，从人的因素出发，用心理学的理论和方法解决机器设计中出现的许多问题，学科名称改为“工程心理学”。

第二次世界大战期间，由于战争的需要，一些国家(特别是美国)大力发展高效能和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，而忽视了其中“人的因素”，新式武器和装备的性能大大提高了，却没有充分考虑人的生理和心理特点，忽视了对使用者操纵能力的训练，武器和装备的设计不能适应人的要求，结果往往因操作者难以掌握而不能发挥武器或装备的效能，还经常发生差错和事故。这引起了决策者和工程师的高度重视，迫使人们深刻认识到人的因素是机器设计中不可忽视的重要方面。于是，工程技术设计思想发生了根本性的转变，由“人适应机器”转变为“机器适应人”。同时人们还认识到，要设计好一个现代化设备，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、生物力学等其他学科方面的知识。生理学家、心理



学家、医生和工程技术专家共同研究解决武器和装备的优化设计的实践，促进了人机工程学作为一门独立的新兴学科的形成和发展。

科学人机工程学一直延续到20世纪50年代末。第二次世界大战结束后，本学科的综合研究与应用逐渐从军事领域向非军事领域发展，进入制造业、通信业和运输业等，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问题。以电子技术的广泛应用为主要标志的第三次产业革命开始(1945—)以来，随着工业技术的发展，工程技术设计中与人的因素有关的问题越来越多，人机协调问题显得越来越重要，从而促使人机工程学的研究和应用得到更迅速的发展。第二次世界大战后的控制系统越来越复杂，无论是简单的汽车仪表盘还是复杂的核电站控制中心，都涉及控制效率问题。如何设计出高效、准确的人机界面，越来越为设计界所关注。

#### 4. 现代人机工程学阶段

20世纪60年代，欧美各国进入了大规模的经济发展时期，科学技术的进步使人机工程学获得了更多的发展机会。同时，在科学领域中，由于信息论、系统论、控制论和人体科学等新理论的建立，在本学科中应用“新三论”进行人机系统的研究便应运而生。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，也给该学科的研究提出了新要求和新课题，从而促使人机工程学进入了系统的研究阶段，使该学科走向成熟。随着人机工程学所涉及的研究和应用领域的不断扩大，从事本学科研究的专家所涉及的专业和学科也越来越多，主要有解剖学、生理学、心理学、工业与工程设计、工作研究、建筑与照明工程、管理工程等领域。

20世纪70年代以后，在指导思想有人主张应特别强调人类的基本价值，强调在系统、工具、环境设计中考虑操作者的个体差异，让科学技术不仅在产品上能满足人类要求，而且使人类在操作机器的过程中也获得满足。



### 阅读材料1-2

#### 人机工程学学术组织的形成和发展

科学人机工程学阶段的晚期，迅速发展的人机工程学科在各个领域中的作用越来越显著，引起了各学科专家和学者的关注。1949年12月，英国学者K. F. H. Murrell提出了“Ergonomics”这个词，作为人机工程学的学科名称。1950年成立了英国人机工程学研究协会，1957年发行了会刊《Ergonomics》，该刊物现在已成为国际人机工程学会的会刊。美国在1957年成立了人机工程学会并发行了会刊《Human Factors》，以后在该领域发展更快，是世界上出版人机工程学书刊最多的国家。

1960年国际人机工程学会IEA正式成立，该学术组织为推动各国人机工程学的发展起到了重大作用。1961年，在瑞典的斯德哥尔摩举行了第一届国际人机工程学学术会议，此后每3年举行一次。

自20世纪60年代开始，苏联、日本、德国、法国、荷兰、瑞典、瑞士、丹麦、芬兰等国也都相继成立了人机工程学学会或专门的研究机构，从事人机工程学的研究、应用和人才培养工作。