



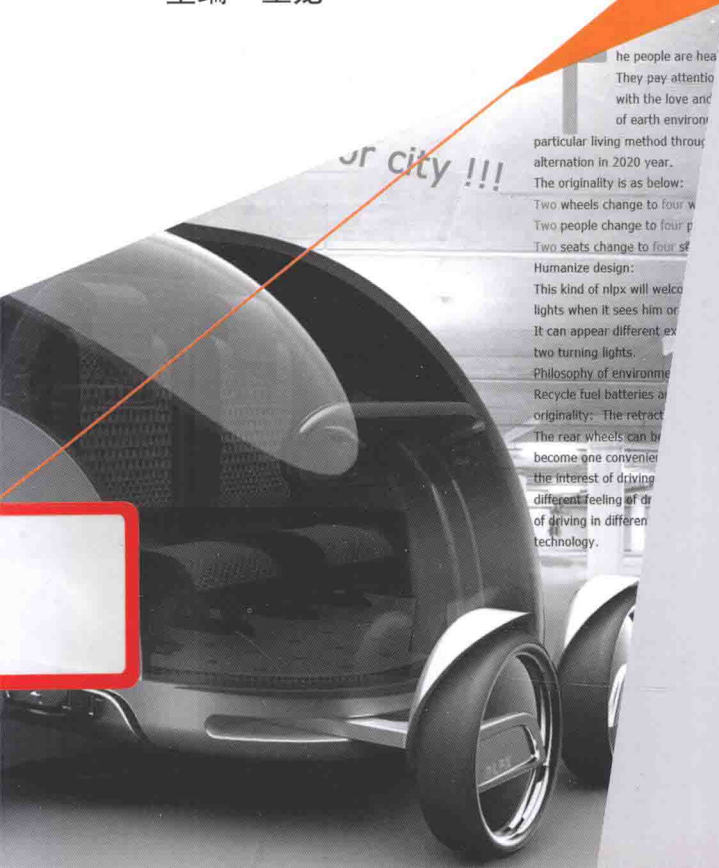
高等院校设计专业“十三五”规划教材·产品设计

HUMAN ENGINEERING

人机 工程学

第三版

主编 王龙



he people are hea
They pay attentio
with the love and
of earth environ
particular living method throug
alternation in 2020 year.
The originality is as below:
Two wheels change to four w
Two people change to four p
Two seats change to four se
Humanize design:
This kind of nlp will welco
lights when it sees him or
It can appear different ex
two turning lights.
Philosophy of environme
Recycle fuel batteries a
originality: The retract
The rear wheels can be
become one convenie
the interest of driving
different feeling of dr
of driving in differen
technology.



设计
源于生活
生活因设计
而改变
生活因设计
而美好

湖南大学出版社
HUNAN UNIVERSITY PRESS



高等院校设计专业“十三五”规划教材·产品设计

HUMAN
ENGINEERING

人机 工程学

第三版

主编 王龙



设计
源于生活
生活因设计
而改变
生活因设计
而美好

湖南大学出版社
HUNAN UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

人机工程学就是研究人、机器、环境之间的关系，其核心是人。

教材分为理论阐述和设计应用两大部分。主要阐述了人机工程学的概念、研究方法及人体各参数和运动系统。以图文并茂的形式来说明人机工程学在环境空间设计、工业设计中的应用及人机工程学的发展趋势。

教材可供工业设计专业、艺术设计专业、服装设计专业的学生及企业、公司的设计人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

人机工程学(第三版)/王龙主编. —长沙: 湖南大学出版社, 2016.8

高等院校设计专业“十三五”规划教材·产品设计

ISBN 978-7-5667-1145-8

I. ①人… II. ①王… III. ①工效学-高等学校-教材 IV. ①TB18

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第187867号

人机工程学(第三版)

Renji Gongchengxue (Di San Ban)

主 编: 王 龙

责任编辑: 胡建华

责任校对: 全 健

责任印制: 陈 燕

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山 邮 编: 410082

电 话: 0731-88822559(发行部), 88821251(编辑室), 88821006(出版部)

传 真: 0731-88649312(发行部), 88822264(总编室)

电子邮箱: hjhncs@126.com

网 址: <http://www.hnupress.com>

印 装: 湖南雅嘉彩色印刷有限公司

开 本: 787×1092 16开 印张: 11.5

字数: 255千

版 次: 2016年8月第3版 印次: 2016年8月第1次印刷

印数: 1~5 000册

书 号: ISBN 978-7-5667-1145-8

定 价: 48.00元

编委会

总主编：何人可

参编院校（按首字拼音排序）：

长沙理工大学

昆明理工大学

东南大学

南华大学

贵州师范大学

南京理工大学

河海大学

南京航空航天大学

河南工业大学

山东工艺美术学院

湖南大学

天津工业大学

湖南工业大学

天津美术学院

湖南科技大学

郑州轻工业学院

湖南涉外经济学院

中原工学院

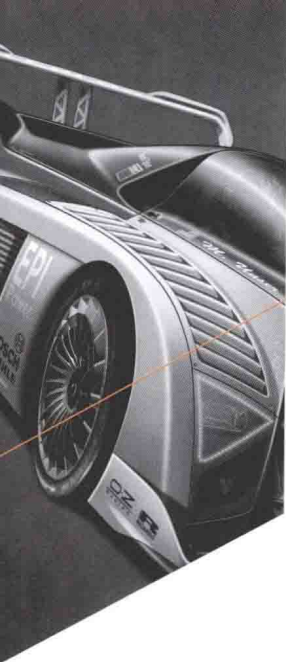
江苏大学

作者简介



王龙

1999年毕业于天津科技大学（原天津轻工业学院）艺术设计工程系工业设计专业，获文学学士学位；2004—2005年在清华大学美术学院平面设计研究生课程班进修学习；2010年毕业于广州美术学院，获艺术硕士学位。现任教于长沙理工大学设计艺术学院，讲师，院长助理，产品设计系主任。长期从事产品设计与艺术设计的教学、科研与设计工作。出版教材《平面构成》《模型制作》《二维形态构成》等；发表数篇论文在相关核心期刊和学术期刊上；主持和参与多项省级、厅级科研课题及教研教改课题；获得数个国家级、省级设计奖项；指导通过国家级、省级、校级多项大学生创新性实验课题；指导学生获得包括德国红点奖在内的多项国际、全国、省级工业设计赛事的奖项；为数家企事业单位设计制作相关设计作品。



Preface

总序

21世纪是由中国制造转变为中国创造的世纪,在这一进程中,工业设计将起到关键的作用,综合化和国际化已成为工业设计专业发展的必然趋势。工业设计教育必须从以课程为中心向以课题为中心转变,将设计作为一种高度综合性的交叉学科来组织教学,全面提高设计师的综合素质;同时,随着中国经济的日益国际化,设计教育也必须面向国际化的竞争环境,培养具有国际化视野的设计人才。有鉴于此,我们着手编写这套新型的工业设计教材。

本套教材编写的宗旨是创新型、立体化与互动式、国际性。

创新型主要体现在:

1. 教材力求触及设计教育本质,树立以项目为核心、以案例为基础的教学模式,在内容上探寻认知发展的规律和研究的方法,在形式上辅以多媒体的教学手段,在实施上强调培养学生的社会实践能力和实际动手能力,使教材能引导工业设计专业健康发展,为工业设计教育的改革与实践起到积极的作用。

2. 充分重视设计创意的可生产性,充分探索新材料、新生产工艺在工业设计中的可实现性。既可作为工业设计的专业教材,亦可作为工业产品设计公司的工作参考书。

立体化与互动式主要体现在:

1. 本套教材随纸质教材配备VCD/DVD光盘,光盘不是简单的纸质教材的电子教案,其中包括了丰富多彩的拓展材料,如教材中没有涉及的新材料、新技术、新思想和新案例等,是教材内容的补充和延伸。

2. 信息化时代的教材出版和建设,有别于过去的纯纸质形式。随着教学理念和手段的变化,学生成为课程的主体。教材出版和建设必须以用户体验为核心,才可能提升教材的可用性和出版社的品牌价值。因此,教材建设的核心竞争力是服务的竞争,教材的服务模式成为了纸质+电子版+网络形式。今天的工业设计是创造品牌而不仅仅是制造产品,教材的建设也是如此,必须注重质量和服务。我们期待以本套教材为基础,建立一个中国设计教育的数字网络,不仅就

教材方面的内容与读者互动，同时也为工业设计同行搭建一个学术和实践交流的数字平台，实现设计教育与实践的资源共享和信息交流。

国际性主要体现在：

当代工业设计的研究重点已经发生了巨大变化，由注重产品的设计，发展到强调系统设计、服务设计和人机交互设计的融合，同时讲求设计的可制造性、设计的人文价值和社会价值。本套教材选题和内容都以此为宗旨，吸收国内外优秀的设计理念和案例，为培养具有国际化视野的设计人才服务。

我们的目标是：通过教材建设来引导和规范专业课程的教学，紧密结合社会实际需要，对课程体系进行创新实验，提高工业设计人才培养水平。

参与本套教材编写的大多是专业设计领域具

有丰富教学经验的专家和骨干学者，还有许多有创新精神和新思维、新设计观念的年轻教师。扎实的基础理论和实际经验与新设计观念、创造力相融合，这套教材力求体现设计专业的实用性要求，培养学生的创造能力，实现老师与学生的良好互动、设计爱好者之间的交流沟通，真正成为创新型、立体化与互动式、国际性的工业设计规划教材。

教育部高等教育工业设计专业
教学指导分委员会主任委员

何人可 教授

于岳麓山下



Contents

目录

1 人机工程学导论

1.1 人机工程学发展简史	003
1.2 人机工程学的概念	006
1.3 人机工程学的内容	009
1.4 人机系统设计的一般程序	012
1.5 人机工程学研究方法概述	015

2 人机工程学的研究方法

2.1 科学的研究法	019
2.2 人机工程学的研究方法	020
2.3 以人为中心的设计研究方法	023

3 人体尺寸测量

3.1 人体力学参数的概念	027
3.2 人体尺寸与测量方法	029
3.3 人体尺寸的应用	034
3.4 人体尺寸模板及其应用	036

4 人的运动系统

4.1 肌肉	041
--------------	-----

4.2 骨和关节运动	047
4.3 人体运动	049
4.4 人的操作动作分析	058

5 人机系统设计

5.1 人机系统	063
5.2 人机系统检查与评价	070

6 人机界面设计

6.1 人机界面概述	075
6.2 显示系统设计	075
6.3 控制系统设计	079
6.4 软件人机界面设计	087

7 人机关系设计

7.1 人适机	091
7.2 机宜人	092

8 作业环境设计

8.1 环境及其设计	095
------------------	-----

8.2 噪声环境及其设计	099
8.3 照明及其设计	104

9 人机工程学与环境空间设计

9.1 人与空间	119
9.2 环境空间中人体工程学的运用	120
9.3 人文因素与空间设计	123
9.4 环境空间的色彩设计	126
9.5 环境空间的安全因素	133
9.6 环境因素	133

10 人机工程学与工业设计

10.1 人机工程学与工业设计	143
10.2 工具设计	145

11 人机交互设计

11.1 人机工程学与交互设计	151
11.2 交互设计的目标、方式和原则	153
11.3 交互设计的方法与程度	156

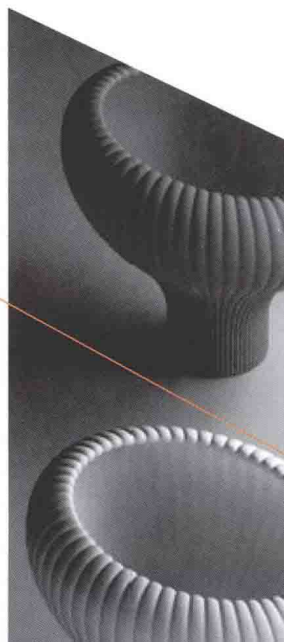
12 发展中的人机工程学

12.1 计算机虚拟技术发展下的人机工程	162
12.2 互联网发展下的人机工程	169
12.3 AI发展下的人机工程	171

参考文献

后记

Contents



1

人机工程学导论

人机工程学发展简史

人机工程学的概念

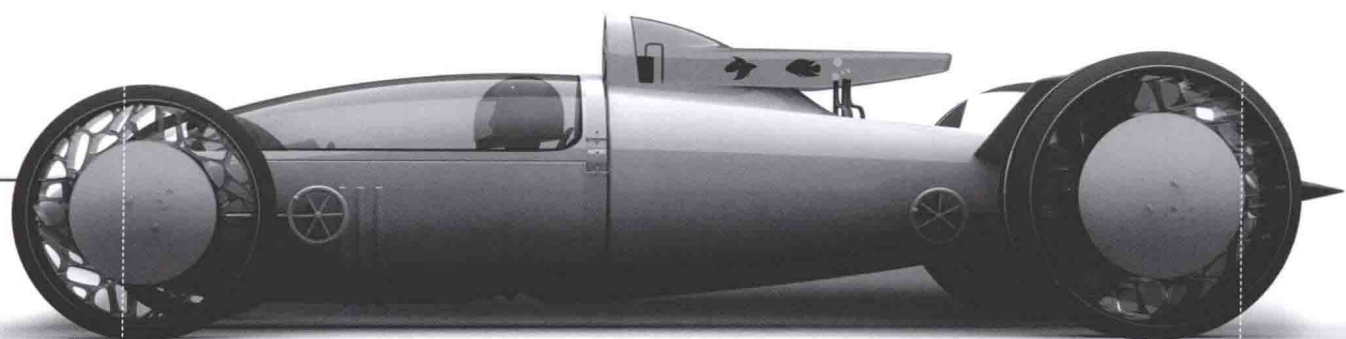
人机工程学的内容

人机系统设计的一般程序

人机工程学研究方法概述



Human
engineering



Q&A:

1.1 人机工程学发展简史

1.1.1 人与工具

恩格斯在《自然辩证法》中指出：“劳动创造了人类本身”，而“劳动是从制造工具开始的”，人类借助工具扩大了手和脚的功能。自从人类着手制作工具起，工具就体现着它的两个最根本的特征：第一，工具应具有人们对它规定的使用功能；第二，工具必须适合人的生理特点（例如适合手或脚使用等）。早期，人类制造工具的过程实际上主要是设法使之能适合人的手和脚的使用。以一件石斧为例，任何一块锋利的石片都具有砍斫野兽皮骨的功能，但要能使之成为一件工具（石斧），它还必须具备两个条件：一是人手要拿得动、握得住；二是手握的部分要适合人手的形态，不会因反推力而将手弄伤。由此可见，人类从开始制造工具起，就在研究如何使用工具及工具如何适宜人使用这样一个人与工具的关系问题。

人类社会就是在不断地改造自然物，使之成为人类自身服务的过程中发展起来的。在这个改造过程中，要解决的主要问题之一，就是人和物的相互适应问题。

1.1.2 我国古代成就——经验人机工程学

我国对人与工具之间相互配合规律性的研究有着悠久的历史 and 辉煌的成就。早在两千多年前的《周礼·冬官考工记》中就记载有我国商周时期按人体尺寸设计制作各种工具及车辆的论述。下面摘录其中一段关于马拉车辆设计中，车轮结构及尺寸如何按人的尺寸设计，以保证其宜人性，并使马的力量得以很好发挥的论述：“所谓轮六尺有六寸天下中制也，轮过于崇则其轸亦过于四尺矣，故轸为太高而人力有所不能登轮，或已庳则其轸亦不及四尺矣，故轸为太下，而马之力有所不能引，人不能登则力怠，马不能引则常若登阪，而倍用其力，此非车之善者也……人之登下以车为节，车之崇庳以马为节……六尺六寸之轮，轹高三尺三寸也，加轸与焉四尺也，人长八尺登下以为节。”

人体测量学是人机工程学中一门基本学科。我国早在战国时期的《黄帝内经》中对人体尺寸的测量方法、测量部位、测量工具、尺寸分类等就有着详细的说明。其中，对于测量对象提出了“其可为度量者，取其中度者也”的要求，对于体表尺寸测量部位也给出了“夫八尺之士，皮肉在此，外可度量切循而得之”的测量方法。为了测量精确，还提出“其死可解剖而视之”的解剖方法。《骨度篇》中以“人长七尺五寸者”为适中的人体，并给出头部、面部、颈、胸、腹、背、上肢、下肢等多个测量点和相关的测量数据，这些数据与我国现代的测量数据十分相近。

关于操作方法，在我国古代著作中也都有着大量的论述，这里不再一一列举。

1.1.3 近代人机关系的研究

应用近代的研究手段，研究作业中的劳动能力和作业效率的是美国工程师F. W. 泰罗、F. B. 吉尔伯雷斯及其夫人、心理学家丽莲·吉尔伯雷斯三位先驱人物。泰罗从1898年进入伯利恒钢铁公司之后，就开始了他的铁块搬运及金属切割作业研究。他发现每个工人的铁锹都是自备的，用同一把铁锹，铲煤只有3.5磅，而铲铁砂却有38磅，于是他开始了著名的用铁锹铲运不同物料的实验，以寻求最佳的作业方法。以他1903年发表的论文《论工厂管理》为标志，开创了人机工程学的研究。吉尔伯雷斯夫妇的年龄虽小泰罗十多岁，但他们对动作方法研究的时间却很接近，而吉尔伯雷斯夫妇的研究方法较泰罗更细致、更科学。他们把工人的操作过程拍摄成片子，从技术和心理两个方面进行分析，提出了著名的“吉尔伯雷斯基本动作要素分析表”。

后来，在发展过程中，逐渐形成了两个分支，一支是从作业运输和分析的角度来研究工业劳动的效率，形成了动作和时间研究（motion and time study）；另一支是以人的因素（人体尺寸、人体力学、生理学及心理学因素）为基础，研究人机界面的信息交换过程，进而研究人机系统设计及其可靠性的评价方法，形成人机工程（ergonomics）。这两个分支现已成为工业管理及工程设计中两门重要的应用性科学。

两个分支虽然各有其中心课题，但所用的研究方法仍有许多共同之处，在研究问题的过程中既有区别的部分，也有相互交叉的部分。从研究的总目的来看，这两个学科都是为了使劳动过程科学化，以提高劳动效率和保证劳动者的健康；从研究的范围来看，前者主要着眼于作业过程中

人机关系的宏观分析,而后者主要着眼于人机对话过程中人机信息交换的微观分析,两者之间有着必然的联系。因此,可以广义地把两者都归结为人机工程学的范畴。

1.1.4 现代人机工程学的建立

人机工程作为一门学科,其成熟前期的基础性发展是在第二次世界大战期间。当时由于战争的需要,武器系统越来越庞大、复杂。例如:德国制造的80cm口径DORA远程大炮,射程为47公里,炮弹重达4.8吨,需250名士兵协同操作;美国制造的轰炸机上,仪表及控制装置有100多个,驾驶员的负担过重。对于这样复杂的武器,一方面,由于显示部分、联络部分及操作部分的设计不符合人的生理、心理特点,设计时没有很好地考虑操作方法而造成操作程序的混乱,不但给士兵训练带来很大的困难,影响了武器效率的发挥,而且还发生过大量的武器事故。据统计,美国在第二次世界大战中的飞机事故,80%是由于人机工程方面的原因造成的。另一方面,为了争取时间,提高武器生产的效率,减少作业事故,对作业方法、作业时间及作业安全的研究本身也是一场争夺胜负的竞赛。因此,第二次世界大战中的主要武器生产国都建立和发展了专门的机构对武器设计及生产中的人机工程学问题进行研究。

第二次世界大战后,1949年查帕尼斯(A.Chapanis)等合著的《应用实验心理学——工程设计中人的因素》一书,总结了第二次世界大战时期的研究成果,系统地论述了人机工程学的基本理论和方法,为人机工程学作为一个独立的学科奠定了理论基础。1957年美国的麦克考米克发表的《人类工程学》是第一部关于人机

工程学的权威著作,标志着这一学科已进入成熟阶段。

1949年英国在克·马勒等人倡导下,首先成立了人机工程学研究学会,1953年联邦德国成立了人机工程学会,1957年美国成立了人的因素协会(HFS)。到20世纪60年代,这一学科已在世界范围内普遍发展起来,1960年建立了国际人机工程学协会(IEA),1961年在斯德哥尔摩举行了第一次国际人机工程学会会议,1962年苏联的全苏技术美学研究所成立并建立了人机工程学学部,1963年日本建立了人机工程学学会,同年法国也建立了人机工程学会。

人机工程学在我国起步较晚,虽在20世纪60年代国防科委的有关研究所曾结合飞机设计做过一些有关人机工程学方面的实验研究工作,但是它作为一门学科,直到80年代初才确立起来——各大学及研究所开始建立人机工程研究室。1980年封根泉编著的我国第一本人机工程学专著《人体工程学》出版。1981年中国科学院心理学研究所和中国标准化综合研究所共同建立了“中国人类工效学标准化技术委员会”,并与国际人机工程标准化技术委员会(CIEA)建立了联系。

Q&A:

1.2 人机工程学的概念

1.2.1 人机系统

(human-machine system)

机器是为人服务的，同时机器也是由人来操纵、调节、检查、运用的。即使是高度自动化的机器，虽然在正常运行中不需要人进行一般的操作，但是机器的启动、监视以及出现异常或特殊情况，还是需要人来处理。总之，在现代社会中，人离不开机器，机器更离不开人的管理。

人机系统是指由人与机器构成的系统，这个系统可大可小，人与宇宙飞船、人与汽车、人与座椅、人与茶杯、人与室内环境、人与室外环境等都可以构成人机系统。如果把人作为一方，另一方就是人之外的万物，人机系统就是指“人”和人所对应的“物”共处于同一时间及空间时所构成的系统。

在人机系统中，“人”定义为研究系统中参与系统过程中的人，而“机”则定义为与人处于同一系统中并与人交换着信息、物质和能量的物。“机”可以是机器，也可以是物品。广义而言，影响人机系统的环境条件也属于“机”的范围，如作业空间及场所，物理及化学环境等，但为了研究的方便，往往将环境单独分列出来，成为人一机一环境系统。一般情况下，人机系统是人一机一环境系统的简称。

在人机间的信息、物质及能量的交换中，一般是以人为主动的一方。首先，人感受到机器及环境作用于人的感受器官上的信息，传入神经

并经丘脑传达到大脑皮层，在大脑分析器中经过综合、分析、判断，最后作出决策，再由传出神经经丘脑将决策的信息传送到骨骼肌，人体的执行器官向机器发出人的指挥信息或伴随操作的能量。机器被输入人的操作信息（或操作能量）之后，将按照规律作出相应的调整或输出，并将其工作状况用一定的方式显示出来，再反作用于人。在这样的循环过程中，系统将完成人所希望的功能。人机信息及能量交换系统的一般模型如图1-1所示。

1.2.2 人机界面

(man-machine interface)

人机界面是指人机间能相互施加影响的区域。人通过感觉器官（眼、耳、鼻、舌、身）接受外界的信息、物质和能量，又通过人的执行器官（手、脚、口、身等）向外界传出入发出的信息、物质和能量。因此可以认为，机器及环境中凡是参加这两个过程的一切领域均属于人机界面。

按人机界面的性质，可将其大致分为三类：

第一类，控制系统人机界面。如汽车驾驶系统、集中控制系统、调度系统等。这类人机界面的特点是机器通过显示（主要是视听显示）系统将机器的信息传递给人，人通过机器上的控制系统对机器传达操纵指令，使机器按人所规定的状态运行。这类人机界面也称为人机接口。

第二类，工具型人机界面。如工具手柄、家

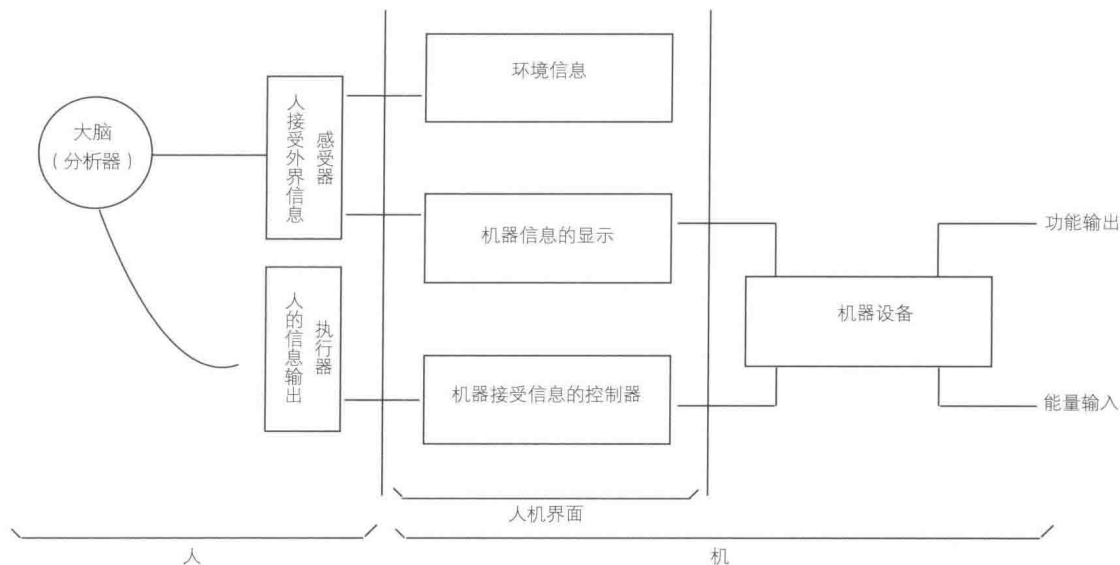


图1-1 人机信息及能量交换系统模型

具、被服等。这类人机界面的特点是要求机器符合人体的形态尺寸及能力，使之在使用过程中用力适当、感觉舒适、操作方便又安全可靠。

第三类，环境型人机界面。如照明、噪声、小气候及生命保障条件等。这类人机界面的特点，主要是作用于人的生理过程而影响人的舒适、健康及生命安全等。

上述分类只是为了说明人机界面的特点，各类之间并不是毫不相关的，在实际的人机工程系统中，往往兼有各类人机界面，甚至出现各类人机界面交叉的情况。例如在汽车驾驶室人机系统中，显示—控制系统属于第一类人机界面，座椅、各种手柄按钮属于第二类人机界面，而室内小气候及震动、噪声等则属于第三类人机界面。座椅、震动及噪声会影响人对显示—控制系统的操纵能力，而错误的控制器设计又会恶化作业条件，甚至影响系统安全，可见人机界面之间有着复杂的关系。

1.2.3 人机关系

人机关系可以归纳为以下两个方面：

（1）机宜人

使机器系统尽量满足使用者的体格、生理、心理、审美以及社会价值观念等条件的要求，包括：信息显示既便于接收又易于作出判断；控制系统的尺寸、力度、位置、结构、形式均适合操作者的需要；工具、用品、器具的使用得心应手，能充分发挥使用效率；人所处的作业条件舒适安全，有利于身心健康，能充分发挥人的功能等。

（2）人适机

机器的结构有其自身的规律，操作环境或生活环境也会因各种因素在空间和时间上受到某种限制，如经济上的可行性，技术上的可能性，机器本身性能要求的条件（如某些驾驶舱对空间的限制），以及使用机器时的外界环境条件（如高温作业）等。为了适应这种情况，就要求对人的因素予以限制和训练，尽量发挥人有一定可塑性

这一特点，让人去适应机器的要求，以保证人机系统具有最佳工效。

机宜人是有条件的，而人适机也是有限度的。在系统中，人机之间有着相互依存、相互影响、相互制约的关系，因此，尽管系统是以人的因素为主，但机宜人与人适机之间却有着辩证的关系。按机器的客观要求而言，人适机是个学习和训练的问题，这里说的学习和训练既包括专门的培训，也包括人的教育和习惯。反之，人们在长期生活和劳动中形成的操作习惯又会成为机宜人的条件，制约机器控制系统的设计。所以，人机工程设计具有延续性的特点。

人机系统中的机宜人与人适机是相对的，首先是机宜人的程度问题，即机能满足人的因素的程度。人的因素中某些方面可以量化，可以提供基本阈值的均值，但也有许多因素是难以准确量化的，譬如情绪、审美心理、社会价值观等，而且这些因素又是随着时代的进步而变化的，何况人的许多因素还会因时、因地、因人、因年龄不

同而变化。图1-2是男性汽车司机意外事故的统计曲线，从曲线中可以明显看出20岁左右是事故的高峰期，35岁以后才趋于稳定。由此可见，即使是同样的机器，系统的可靠性还会因人的因素而变化。其次是机宜人的条件，机器也在不断地发展。总的来说，机宜人的程度在不断提高，但是，由于系统越来越庞大，自动化程度越来越高，控制系统也就越来越智能化。人与机器的关系由人直接与机器共同参与生产过程逐渐转变为人远离生产过程，由人直接体验机器和控制机器变为只与监控系统对话，人机界面逐渐由体力型（感知型）转变为心理型（认知型），这就要求操作者有较高的文化素质和较强的诊断能力与决策能力。

实际上，任何一个人机系统都必然是既要尽量做到机宜人，也要设法做到人适机。调整人机的这种相互匹配关系最根本的制约条件就是人的可能性与人的可靠性。研究人的可能性是为了在人机的功能分配中，使人的负担控制在正常阈

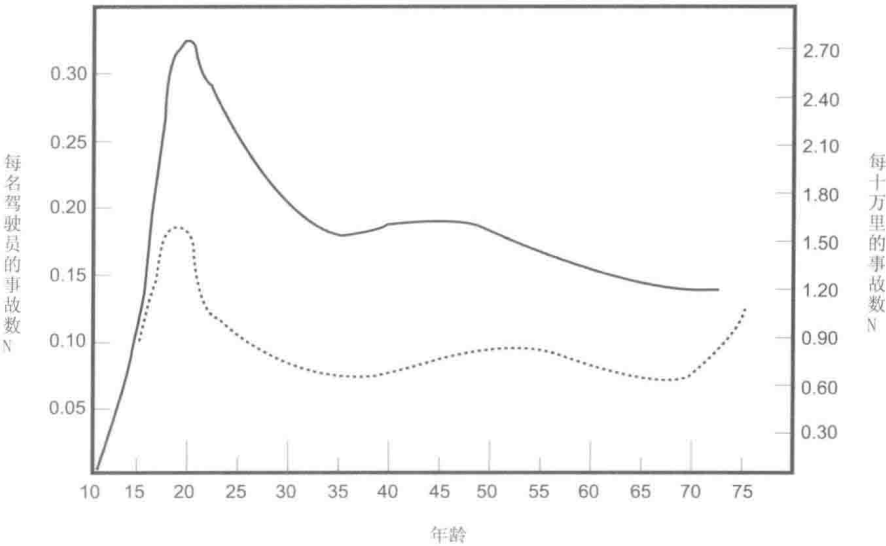


图1-2 男性司机意外事故与年龄的关系