

21世纪高等院校艺术设计专业“十二五”规划教材

肖勇 / 艺术顾问

蒋啸镝 杨君顺 / 丛书主编

人体工程学 应用

主编 罗 盛 胡素贞 文 渝

Application of
Ergonomics

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

21世纪高等院校艺术设计专业“十二五”规划教材

肖勇 / 艺术顾问

蒋啸镝 杨君顺 / 丛书主编

人体工程学 应用

主 编 罗 盛 胡素贞 文 渝
副主编 陈 军 李苏云 黎 庆 王会三

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

人体工程学应用/罗盛, 胡素贞, 文渝主编. —哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2015.6 (2018.7重印)
ISBN 978-7-5661-1001-5

I. ①人… II. ①罗… ②胡… ③文… 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(2015)第092059号

策划编辑 徐 峰 李 慧
责任编辑 崔 岩
封面设计 广通文化

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
地 址 哈尔滨市南岗区东大直街124号
邮 编 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 北京紫瑞利印刷有限公司
开 本 889mm×1194mm 1/16
印 张 8
字 数 298千字
版 次 2015年6月第1版
印 次 2018年7月第2次印刷
定 价 45.00元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

对本书内容有任何疑问及建议, 请与本书编委会联系。邮箱 designartbook@126.com

肖 勇 艺术顾问

蒋啸锬 杨君顺 丛书主编

《《《《《 学术委员会 (按姓氏拼音排序)

陈杨明	陈鸿俊	陈 新	陈敬良	陈 耕	丰明高
弓太生	郭建国	郭振山	贺景卫	洪 琪	胡 腴
黄信初	黄效武	蒋尚文	李昀蹊	李立芳	李裕杰
李毅松	廖少华	林 军	刘中开	刘祚时	刘子建
刘英武	柳小成	柳 玉	龙建才	龙 飞	陆长德
鲁一妹	孟宪文	宁绍强	欧 涛	沈 浩	舒湘汉
帅茨平	谭和平	谭武南	唐凤鸣	田绍登	王幼凡
魏长增	伍 魏	吴汉怀	肖忠文	郇海霞	郁 涛
余随怀	袁金戈	曾 毅	曾 强	詹秦川	张阿维
张海洪	张宝胜	邹夫仁			

《《《《《 编辑委员会 (按姓氏拼音排序)

曹大勇	陈 莉	陈庆菊	崔 岩	戴建华	邓水清
何小萍	胡 勤	黄喜云	黄 辉	江朝伟	李 珺
李 彦	李春香	梁 允	廖建民	刘永琪	刘铁臂
刘文峰	彭凤英	尚丽娜	沈 竹	石少军	孙舜尧
唐贤巩	王犹建	吴寻杰	熊浩宇	徐 峰	徐 晶
尹书倩	岳翠贞	张志颖	张光俊	张胜利	周红惠
周朝晖	周友香				

总序

General Preface

事实已经完全证明,国民经济的迅猛增长,必然促进艺术设计事业的繁荣昌盛,而艺术设计事业的繁荣,必然带来艺术设计教育的发展。我国的艺术设计教育虽然较发达国家和地区起步较晚,但经过人们的不懈努力,在短短的20年里,取得了举世瞩目的成就。当今我国艺术设计院校如雨后春笋般发展起来。办学规模不断扩大,办学层次不断丰富,师资水平不断提高,办学条件不断优化,招生人数不断增长,教学质量明显提高,办学效率日益显现,真可谓盛况空前。艺术设计教育又对促进社会主义经济发展,促进社会主义精神文明建设起到了不可替代的作用。

诚然,我们还应该清醒地看到,我国的艺术设计教育还存在不少问题,就教材建设而言,也还有许多不尽如人意的地方。虽然各出版社相继出版了同类的教材,其品类之多,数量之大,令人咂舌!与此同时也难免会出现内容大量重复、水平良莠不齐的现象。由于客观的原因,直到目前为止,国内尚无一套真正的统编教材,但不可否认,我国现有的艺术设计教材中,也还有不少是经过精心打造的,它们在教学中发挥了积极作用。

当今的信息时代,知识更新相当迅速,如不顺应历史潮流,快速跟上时代步伐,就很容易被淘汰。青年学生绝不会满足于几年前或十几年前的教材,他们期待的、渴望的是具有知识性、创新性、前瞻性的教材。

目前,我国艺术设计教材状况是:一方面多得出奇,一方面又难以找到更合适的教材使用。这是摆在我们艺术设计教育者面前的关键和主要问题。

我们经过一段较长时间的酝酿和调查、研究,并深入各相关艺术院校进行考察,邀请一些资深专家进行论证,觉得有必要立即推出一套新的较为完整的设计教材,力图在规范性、专业性、创新性、前瞻性方面,使其特色鲜明,以适应当前艺术设计教学的形势。

由哈尔滨工程大学出版社牵头,在全国范围内组织相关专家着手编写这套教材。我们成立了教材编辑委员会,组织全国各地70余所学校的100余名专家、学者、出版家在长沙召开了研讨会。对当今艺术设计教育各学科的教学大纲、教学计划进行了分析,对当今艺术设计教育的现状进行了探讨,确定了教材编写方向、内容、体例,提出了各项具体要求。著名学者肖勇教授针对教材的编写作了高水平的学术讲座。会后,各书主编分头召集了参编者进行部署。参编人员当中,有经验丰富的老一辈艺术设计教育家,有理论水平高、专业基础扎实的教学骨干,有思想解放、观念很新的年轻教师。大家激情满怀、夜以继日地工作。他们深入学校、访谈师生,广泛听取意见,了解教学大纲,深研教学计划,把握教材定位。他们跑图书馆、进书店、上网查阅资料,收集最新教学科研成果。他们打电话、发信息,在兄弟院校之间开展广泛交流,获取最新信息,交换师生优秀作品……这一切都是为了使编写的教材真正有自己的特色。经过不懈的努力和艰辛的劳动,在较短的时间内完成了教材的初稿。编委会立即组织相关专家,集中精力、集中时间,对每本书稿进行了认真审阅,提出了修改意见。各主编根据专家审阅的意见,组织各参编者对书稿进行了反复修改,使之更臻完善。

编写这套教材时,我们尽力做到内容丰富而不繁杂、信息量大而不累赘、观念更新而不脱离实际,既不空谈理论,也不专谈技法,力求使理论与实践密切结合。一旦进入课堂,老师用了教学便利,学生用了便于自学。书中安排的练习与思考,可让学生及时理解和消化所学知识,并启发他们的创新意识。书后的优秀作品欣赏,可让学生及时了解当前的最新艺术设计成果,学习当前最高水平的设计典范,深入了解国内本专业学生的设计水平,为自己的设计实践找到楷模。

现在,我们还不敢说这套教材是最好的,它的好坏还需得到教学实践的检验。由于时间十分紧迫,编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请各位同行专家多加指教。

蒋啸镝 杨君顺

前言

Foreword

人体工程学是为解决人的工作效能、健康问题提供理论与方法的一门学科，其把人在某种工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的因素作为考虑对象，研究人和产品及环境的相互作用，力求实现“人一机—环境”的和谐共存。

人一机—环境系统工程（Man—Machine—Environment，简称MME）是运用系统科学理论和系统工程方法，正确处理人、机、环境三大要素的关系，深入研究人一机—环境系统最优组合的一门综合性、边缘性学科。其研究对象为一人一机—环境系统，系统中的“人”，是指作为工作主体的人（如操作人员或决策人员）；“机”是指人所控制的一切对象（如汽车、家具、轮船、生产过程等）的总称；“环境”是指人、机共处的特定工作条件（如温度、噪声、震动、有害气体等）。人一机—环境系统工程的最大特点是在研究人、机、环境三者各自性能的基础上，着重强调从全系统的总体性能出发，通过三者间的信息传递、加工和控制，形成一个相互关联的复杂系统，并运用系统工程的方法，使系统具有“安全、高效、经济”等综合效能（最优组合的基本目标）。

掌握人体工程学，应对设计所需的人体各部分的尺寸、质量、体表面积、比重、重心进行测量，进而分析总结出人体各部分在活动时的相互关系和范围等人体结构特征参数；人体各部分的出力范围、活动范围、动作速度、动作频率、重心变化以及习惯动作等人体机能特征参数；人的视觉、听觉、触觉以及肤觉等感觉器官的机能特性；人在各种劳动时的生理变化、能量消耗、疲劳机理以及人对各种劳动负荷的适应能力等数据；人的心理现象、人的行为习性在设计中的运用，人机界面中人机信息交流的规律和特性，人的各种生理节律对作业的效率及质量的影响等内容。

当今的设计是以人为本的设计，人体工程学重视人与环境的关系，无论是室内空间环境还是不同尺度的室外景观空间环境，环境设计都是为了实现空间环境的舒适性，减少人造环境对人体的伤害。根据人体工程学中的有关人体测量数据，从人们对环境的功能需求出发，进一步明确以积极有效的方式来设计和改造环境的可能性，从各种空间的使用功能、布局特点及人的尺度、行为空间、心理空间、交往空间等方面，确定各种不同功能空间的划分和尺寸，使空间更有利于人们活动。

在人机系统中，人同产品的关系总是相互作用、相互配合与相互制约和发展的，但起主导作用的始终是人。因此，为了能充分发挥人和机器设备的作用，设计人机系统时就得充分考虑人和机器的特征与机能，使之相互协调配合，构成一个有机整体，使人们的生产活动达到最佳效果。了解人体调节与适应能力，利用不同作业环境下神经系统、心血管系统对作业活动的调节适应能力来维持机体与环境的平衡。掌握提高作业能力与降低疲劳的措施，可以使作业者处于一种合理的姿势，减少能量消耗，缓解机体疲劳，从而使各种设施器物符合人体的各种活动规律。

本书以人的生理、心理特性为依据，运用系统工程的观点研究人与产品、人与环境以及产品与环境之间的相互作用，具体详述了空间设计、家具设计、产品设计、展示设计中人体工程学的相关运用，力图使人体工程学的基本原理能更好地指导我们的艺术设计实践，创造出更具人文关怀的设计作品。

编 者

目录

Contents

001 第一章 人体工程学综述

- 第一节 人体工程学的起源与发展 / 001
- 第二节 人体工程学的研究内容及应用领域 / 002
- 第三节 人机系统概述 / 006
- 第四节 人机工程设计的未来展望 / 012

016 第二章 人体测量及数据应用

- 第一节 人体尺寸的测量方法 / 016
- 第二节 常用人体测量数据 / 017
- 第三节 设施器物与人体尺寸的适应性 / 022
- 第四节 人体尺寸的应用 / 022

025 第三章 人体机能

- 第一节 心理现象与行为 / 025
- 第二节 人的神经系统 / 028
- 第三节 人的感知系统 / 030
- 第四节 人机界面设计 / 035

043 第四章 人的行为习惯

- 第一节 习惯与错觉 / 043
- 第二节 人的生理节律 / 044
- 第三节 人体调节与适应 / 046

049 第五章 人体工程学与空间设计

- 第一节 住宅空间 / 049
- 第二节 办公空间 / 060
- 第三节 商业空间 / 063
- 第四节 餐饮空间 / 069
- 第五节 医疗卫生空间 / 073

- 第六节 体育建筑空间 / 075
- 第七节 文化建筑空间 / 077
- 第八节 娱乐空间 / 079
- 第九节 公共卫浴空间 / 080
- 第十节 工业建筑空间 / 081
- 第十一节 园林景观空间 / 083

087 第六章 人体工程学与家具设计

- 第一节 椅类家具 / 088
- 第二节 床类家具 / 089
- 第三节 桌类家具 / 091
- 第四节 柜类家具 / 092
- 第五节 计算机的操作姿势与桌椅设计 / 093

095 第七章 人体工程学与产品设计

- 第一节 优秀产品的设计要素 / 096
- 第二节 产品设计中人体尺寸的应用 / 098
- 第三节 产品中的人体工程设计 / 105

107 第八章 人体工程学与展示设计

- 第一节 人体工程学在展示设计中的应用 / 107
- 第二节 展示设计中的尺度问题 / 110
- 第三节 展示设计中的视知觉要素 / 117

122 参考文献

第一章

人体工程学综述

第一节 人体工程学的起源与发展

一、人体工程学的定义

人体工程学 (Human Engineering), 也称人类工程学或人类工效学, 工效学是由希腊语词根“工作、劳动”和“规律、效果”复合而成的, 主要探讨人们的工作效果和劳动效能的规律性。由于该学科的研究领域和应用范围较广, 因此其学科名称不太统一, 常见的名称包括人机工程学、生命科学工程等, 不同的名称, 其研究的重点也略有差别。在室内外环境设计领域中, 人体工程学是研究“人—机—环境”系统中人 (即使用者, 特指人的心理特征、生理特征及人适应设备和环境的能力)、机 (即设施, 特指工具设施是否符合人的行为习惯和身体特点)、环境 (即室内外环境, 特指人生存环境中的噪声、照明、气温、交往习惯等因素对工作和生活的影响) 三大要素之间的关联, 为解决人的工作效能及健康问题提供理论与方法的一门科学, 其定义为: 以人为主体, 运用人体测量、生理、心理测量等方法, 研究人的结构功能、身体力学、社会心理等方面与室内外设计之间的协调关系, 以符合安全、健康、高效、舒适等各层次的需求, 实现“人—机—环境”的和谐共存。

人体工程学研究的是人与机器及环境之间的相互关系, 亦即对人的知觉显示、操作控制、人机系统的设计及其布置、作业系统的组合等进行有效研究, 使人们在获得最高工作效率的同时感到安全和舒适。

二、人体工程学的起源与发展

回顾人类的发展历程, 从文明一开始, 人类人体工程学的潜在意识就已经产生, 并在适应和改造客观环境的同时不断发展演进。如旧石器时代的石器多为打制石器, 质地粗糙, 造型多呈自然形, 棱角分明, 不便于使用; 新石器时代的石器多为磨制石器, 表面光滑, 盛放物品的器皿也设有方便使用的功能配件, 并更多地考虑了器物的装饰美观性与功能合理性的结合。以中国古代的三足两耳鼎为例, 其最初是用来烹煮食物的, 设计三足是为了便于用火加热, 设计两耳是为了便于挪移, 装饰部位多集中在腰部以上是为了符合古人席地而坐时的欣赏角度。可以说, 人类人体工程学的思想意识是在人类劳动实践中产生, 并伴随着人类生活水平和文明程度的提高而不断发展完善的。

随着现代工业化生产的开展, 人体工程学作为一门专业科学逐渐成形。自工业革命以来, 安全、健康和舒适度已成为人们密切关注的问题, 这些问题在欧美地区尤其受重视。20世纪初, F.W. 泰罗 (Frederick W. Taylor, 1856—1915) 在传统管理基础上, 对劳动时间和工作方法进行了研究, 首创了新的科学理论和一整套以提高工作效率为目的, 省时、省力、高效的管理方法, 被称为“泰罗制”, 这是从理论上对人体工程学进行归纳研究的开始。

人体工程学的发展大致经历了以下三个阶段:

第一阶段: 人适应机器的阶段。

在第一次世界大战期间, 英国成立了工业疲劳研究所, 但人体工程学的研究还不是很普遍。这个阶段主要的研究者大多数是心理学家, 研究主要集中在从心理学的角度, 选择和培训操作者, 使人能更好地适应机器。

第二阶段：机器适应人的阶段。

“二战”期间，随着人们所从事的劳动在复杂程度和负荷量上的变化，怎样改善劳动条件和提高劳动效率成为一个迫切需要解决的问题。美国的人体工程学研究首先在军事和航天领域得到了巨大的发展。由于新式武器和装备设施在使用过程中暴露了许多缺陷，如飞机驾驶员误读高度表意外失事、机舱位置安排不当导致战斗机操纵不灵活、命中率降低发生意外事故等。众多的事故使研究者深刻意识到“人”的重要性，同时意识到设计一个高效能的装置不仅要考虑技术和功能问题，还要考虑人的生理、心理、生物力学等各方面的因素，力求使机器更适应人。这为人体工程学的进一步发展奠定了坚实的基础。

第三阶段：人—机—环境互相协调的阶段。

20世纪60年代以后，随着人体工程学涉及领域和研究内容的不断扩展延伸，仅仅停留在人与机器间关系的研究已经无法满足现代社会的需求，因为环境和能源问题已经成为人们不可回避的现实性问题。于是，如何使人—机—环境和谐发展，逐渐成为人体工程学研究的主要内容。

三、人体工程学在世界各国的发展概况

人体工程学在美国、苏联、日本以及西欧各国特别是在英国得到了广泛应用。随着科学技术的发展和国际市场竞争的日益激烈，各国越来越重视人体工程学的研究。目前，工业发达国家都先后建立和发展了这门学科。

英国是欧洲研究人体工程学最早的国家，早在1950年便成立了英国人机学研究协会，该协会1957年发行了会刊*Ergonomics*。此刊编辑由英国剑桥大学心理研究所（Psychological Laboratory）的A. T. Welford担任，参加编辑委员会的还有法国、德国、荷兰、瑞士和瑞典等国家的代表，现在*Ergonomics*已成为国际性刊物。英国劳勃路技术学院（Loughborough College of Technology）开设了世界上最早的人体工程学课程，而且担负着对社会进行教育和咨询研究的任务。在英国，人体工程学已应用到国民经济的各个部门。

早在20世纪40年代前后，德国就很重视人体工程学的研究。马克思·普朗克人机学研究所，在基础理论研究方面所取得的成果是世界闻名的。人体工程学在德国工业设计中的应用最为广泛。

美国是人体工程学最发达的国家。1957年成立的美国人机学协会，除发行会刊外，还有不少专利和其他方面的书刊。美国也是世界上人体工程学书刊最多的国家之一。其人体工程学的研究机构大部分设在大学里，如哈佛大学、麻省理工学院、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

部门，除此之外才是其他部门。

20世纪60年代前后，日本大力引进欧美各国在人体工程学方面的理论和实践经验，特别是美国的经验，并逐步改造完成了自己的“人间工学”体系。“人间工学”现已广泛地应用在日本的工业、交通运输和国防等方面，一些大学也开设了这门课程。

除上述国家外，法国、荷兰、瑞典、瑞士、丹麦、芬兰等国家，在20世纪60年代初也都相继成立了人机学协会等专门研究机构，从事人体工程学方面的研究和教育工作。

在我国，人体工程学正处于初始的发展阶段。1980年，机械工业系统率先成立了工效学学会，有些省市也成立了相应组织。随着我国现代化建设的进行，人体工程学在我国必然有更进一步的发展。

第二节 人体工程学的研究内容及应用领域

一、人体工程学的研究内容与方法

人体工程学研究包括理论和应用两个方面，但当今本学科研究的总趋势还是重在应用。而对于学科研究的主体方向，则由于各国科学和工业基础的不同，侧重点也不相同。例如美国侧重工程和人际关系；法国侧重劳动生理学；苏联注重工程心理学；保加利亚偏重人体测量；捷克、印度等则注重劳动卫生学。

虽然各国对本学科研究的侧重点不同，但纵观本学科在各国的发展过程，可以看出确定本学科研究内容有其一般规律。即工业化程度不高的国家往往先是从人体测量、环境因素、作业强度和疲劳等方面着手研究，随着这些问题的解决，才转到感官知觉、运动特点、作业姿势等方面。然后再进一步转到操纵、显示设计、人机系统控制以及人机工程学原理在各种工业与工程设计中的应用等方面。最后才进入人机工程学的前沿领域，如人机关系、人与环境关系、人与生态、人的特性模型、人机系统的定量描述、人际关系，直至团体行为、组织行为等方面。

1. 人体工程学的研究内容

人体工程学的研究内容和应用范围极其广泛，但本学科的根本研究方向不会变，即通过揭示人、机、环境之间相互关系的规律，来确保人—机—环境系统总体性能的最优化。工业设计学科即是围绕着人机工程的根本研究方向来确定具体研究内容的。对工业设计师来说，本学科研究

的主要内容可概括为以下几个方面:

(1) 人体特性的研究。人体特性的主要研究对象是在工业设计与人体有关的问题。例如,人体形态特征参数、人的感知特性、人的反应特性以及人在劳动中的心理特征等。研究的目的是解决机械设备、工具、作业场所以及各种用具和用品的设计如何与人的生理、心理特点相适应,从而为使用者创造安全、舒适、健康、高效的工作条件。

(2) 人机系统的总体设计。人机系统工作效能的高低首先取决于其总体设计。也就是要在整体上使“机”与人体相适应。人机配合成功的基本原因是两者都有自己的特点,在系统中可以互补彼此的不足,如机器功率大、速度快、不会疲劳,而人具有智慧、多方面的才能和很强的适应能力等。如果注意在分工中取长补短,则两者的结合就会有很高的效率。可以说,人机系统的基本设计问题就是人与机器之间的分工以及人与机器之间如何有效地交流信息的问题。

(3) 工作场所和信息传递装置的设计。工作场所设计的合理与否,将对人的工作效率产生直接的影响。工作场所设计一般包括工作空间设计、座位设计、工作台或操纵台设计以及作业场所的总体布置等。这些设计都需要应用人体测量学和生物力学等知识和数据。研究作业场所设计的目的是保证物质环境适合人体的特点,使人以无害于健康的姿势从事劳动,从而达到既能高效地完成工作,又可感到舒适,避免过早产生疲劳的目的。

人与机器以及环境之间的信息交流分为两个方面:显示器向人传递信息,控制器则接受人发出的信息。对显示器的研究包括视觉显示器、听觉显示器以及触觉显示器等各种类型显示器的设计,同时还包括研究显示器的布置和组合等问题。控制器设计则要研究各种操纵装置的形状、大小、位置以及作用力等在人体解剖学、生物力学和心理学方面的问题。在设计时,需考虑人的定向动作和习惯动作等。

(4) 环境控制与安全保护设计。从广义上说,人体工程学所研究的效率,不仅是指能在短期内有效地完成所从事的工作,而且是指长期这样工作不存在对健康有害的影响,并使事故危险缩小到最低限度。其研究的范围包括:在环境控制方面应保证照明、微小气候、噪声和振动等常见作业环境条件适合操作人员的要求,保护操作者免遭“因作业而引起的病痛、疾患、伤害或伤亡”。在设计阶段,将安全防护装置视为机械的一部分,将防护装置直接接入机器内。此外,还包括操作者的安全培训,操作者的个体防护等。根据有关专家对英、美等国家的人体工程学研究所作的考察资料,可把近期内国外人体工程学研究的方向归纳如下:

①工作负荷研究,包括体力活动、智力活动、工作紧张等因素引起的生理负荷和心理负荷;

②工作环境研究,包括高空、深水、地下、加速、高温、低温和辐射等异常工作环境条件下的生理效应,以及一般工作与生活中环境中振动、噪声、空气、照明等因素的人体工程学研究;

③工作场地、工作空间、工具装备的人体工程学研究;

④信息显示的人体工程学问题,特别是计算机终端显示中对人的研究;

⑤计算机设计与使用的人体工程学研究;

⑥安全管理的人体工程学研究;

⑦工作成效的测量与评定;

⑧机器人设计的智能模拟等。

2. 人体工程学的研究方法

人体工程学的研究广泛采用了人体科学和生物科学等相关学科的研究方法及手段,也采用了系统工程、控制理论、统计学等其他学科的一些研究方法,而且本学科的研究也建立了一些独特的新方法。使用这些方法来研究以下问题:测量人体各部分静态和动态数据;调查、询问或直接观察人在作业时的行为和反应特征;对时间和动作的分析研究;测量人在作业前后以及作业过程中的心理状态和各种生理指标的动态变化;观察和分析作业过程和工艺流程中存在的问题;分析差错和意外事故的原因;进行模型实验或用电子计算机进行模拟实验;运用数字和统计学的方法找出各变量之间的相互关系,以便从中得出正确的结论或发展成有关理论。目前常用的研究方法有:

(1) 观察法。为了研究系统中人和机器的工作状态,常采用各种各样的观察方法,如工人操作动作的分析、功能分析和工艺流程分析等都属观察法。

(2) 实测法。实测法是一种借助于仪器设备进行实际测量的方法。例如,对人体静态与动态参数的测量,对人体生理参数的测量或者是对系统参数、作业环境参数的测量等。

(3) 实验法。这是当运用实测法受到限制时而采用的一种研究方法,一般在实验室中进行,也可以在作业现场进行。例如,为了获得人对各种不同显示仪表的认读速度和差错率的数据,一般在实验室进行实验;为了了解色彩环境对人的心理、生理和工作效率的影响,由于需要进行长时间研究和多人次的观测,才能获得比较真实的数据,通常在作业现场进行实验。

(4) 模拟和模型试验法。由于机器系统一般比较复杂,因而在进行人机系统研究时常采用模拟的方法。模拟方法包括对各种技术和装置的模拟,如操作训练模拟器、机械模型以及各种人体模型等。通过这类模拟方法可以对某些操作系统进行仿真试验,得到从实验室研究外推所需

的更符合实际的数据。图1-1所示为应用模拟和模型试验法研究人机系统特性的典型实例。因为模拟器或模型通常比其所模拟的真实系统价格便宜得多,但又可以进行符合实际的研究,所以应用较多。

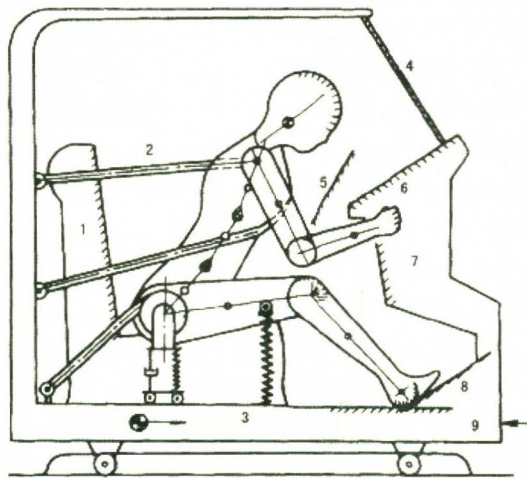


图1-1 研究车辆碰撞的人机系统的模拟器与模型

1-椅背; 2-限动带; 3-水平地板; 4-风挡; 5-脑部冲击板;
6-仪表盘; 7-下仪表盘; 8-斜踏板; 9-车辆制动力

(5) 计算机数值仿真法。由于人机系统中的操作者是具有主观意志的生命体,用传统的物理模拟和模型方法研究人机系统,往往不能完全反映系统中生命体的特征,其结果与实际相比必有一定误差。另外,随着现代人机系统越来越复杂,采用物理模拟和模型方法研究复杂的人机系统,不仅成本高、周期长,而且模拟和模型装置一经定型,就很难做修改变动。为此,一些更为理想而有效的方法逐渐被研究出来,其中的计算机数值仿真法已成为人体工程学研究的一种现代方法。数值仿真是在计算机上利用系统的数学模型进行仿真性实验研究。研究者可对尚处于设计阶段的未来系统进行仿真,并就系统中的人、机、环境三要素的功能特点及其相互间的协调性进行分析,从而预知所设计产品的性能,并进行改进设计。应用数值仿真研究,能大大缩短设计周期,并降低成本。

(6) 分析法。分析法是在上述各种方法中获得了一定的资料和数据后采用的一种研究方法。目前,人体工程学研究常采用如下几种分析法:

①瞬间操作分析法。生产过程一般是连续的,人和机械之间的信息传递也是连续的。但要分析这种连续传递的信息很困难,因而只能用间歇性的分析测定法,即采用统计学中的随机取样法,对操作者和机械之间在每一间隔时刻的信息进行测定后,再用统计推理的方法加以整理,从而获得研究人机环境系统的有益资料。

②知觉与运动信息分析法。人机之间存在一个反馈系

统,即外界给人的信息,首先由感知器官传到神经中枢,经大脑处理后,产生反应信号再传递给肢体对机械进行操作,被操作的机械又将信息反馈给操作者,从而形成一个反馈系统。知觉与运动信息分析法,就是对此反馈系统进行测定分析,然后用信息传递理论来阐述人机间信息传递的数量关系。

③动作负荷分析法。在规定操作所必需的最小间隔时间条件下,采用电子计算机技术来分析操作者连续操作的情况,从而推算操作者工作的负荷程度。另外,对操作者在单位时间内工作的负荷进行分析,可以获得用单位时间的作业负荷率来表示的操作者的全部工作负荷。

④频率分析法。对人机系统中的机械系统使用频率和操作者的操作动作频率进行测定分析,其结果是可以获得作为调整操作人员负荷参数的依据。

⑤危象分析法。对事故或近似事故的危象进行分析,特别有助于识别容易诱发错误的情况,同时也能方便地查找出系统中存在的而又需用较复杂的研究方法才能发现的问题。

⑥相关分析法。在分析方法中,常常要研究两种变量,即自变量和因变量。用相关分析法能够确定两个以上的变量之间是否存在统计关系。利用变量之间的统计关系可以对变量进行描述和预测,或者从中找出合乎规律的信息。例如对人的身高和体重进行相关分析,便可以用身高参数来描述人的体重。统计学的发展和计算机的应用,使相关分析法成为人机工程学研究的一种常用方法。

⑦调查研究法。目前,人体工程学专家还采用各种调查研究方法来抽样分析操作者或使用者的意见和建议。这种方法包括简单的访问、专门调查、精细的评分、心理和生理学分析判断以及间接意见与建议分析等。

二、人体工程学的应用领域与研究意义

人体工程学在不同的产业部门的应用课题,如表1-1所示。无论什么产业部门,对作为生产手段的工具、机械及设备的设计和运用以及生产场所的环境改善,为减轻作业负担而对作业方式的改善和研究开发,为防止单调劳动而对作业进行的合理安排,为防止人的差错而设计的安全保障系统,为提高产品的操作性能、舒适性及安全性,对整个系统的设计和改善等都是应该开展研究的课题。

在工业生产中,人体工程学首先应用于产品设计,如汽车的视界设计、仪器的表盘设计以及对操作性能、座椅舒适性、各种家用电器的使用性能等的分析研究。日本曾在1971年调查统计过,出现在商品广告上的各种产品应用人体工程学的情况,如表1-2所示。近年来,世界各国应用人体工程学的领域更广,取得的成绩更显著。

表1-1 各产业部门人体工程学的应用课题

人体工程学的 领域 产业部门	作业空间、姿势、 椅子、脚踏作业面移动	信息显示操作器	作业方法与作业负担、身心负担、安全	作业环境	作业安排及组织、 劳动时间、休息、交接班制
农业	各种作业姿势，农业设计的人体测量，倾斜地面栽培茶树的作业姿势	农机司机的视界	各种作业的RMR，农业作业灾害与安全，农业作业程序开发，选果场的最舒适作业方法	农机的噪声、振动，塑料薄膜温室，作业的环境负担等	农业机械化与生活时间
林业	斜面伐木作业姿势		各种林业劳动的RMR	链锯的振动危害	
制造业	铸造作业姿势与腰痛病的分析，办公桌椅高度与疲劳，传送带作业的作业面高度，工厂内道路宽度情况及改善对策，造型用换位器研究与根据肌电图对姿势的评价	生产机械的操作配置，仪表的认读性能，室外天车行走的视界，中央控制室的仪表盘的设计	自动化系统的作业负担，单调劳动与附属劳作，检索速度与作业负担，作业方式与产业疲劳，作业中人的差错与安全，压力机械的安全设计，各种作业的RMR，各种劳动负担的评定	纺织厂的噪声，铸造工厂的恶劣环境及其改善，按SD方法对环境评价地下作业环境，使用方便的防护器具的研究，铸造工具的振动与噪声，铸造车间的粉尘浓度，工厂照明与作业程序	交接班制与疲劳及健康危害，连续作业的评定，残疾人残存机能与适当的工作，制鞋工的训练效果，对单调的劳动应采取的休息方法
建筑业	斜面劳动（堆石坝）的作业姿势与负担，脚手架与安全	建筑机械的视界	建筑机械的安全设计，高空作业与负担	建筑机械的噪声打分机的振动危害	
交通、服务业等	叉车的驾驶姿势与空间设计，司机座椅的设计与疲劳	叉车司机的视界，大型拖拉机的司机视界与视线分析，船用模拟器的开发	夜间高速公路拖拉机的劳动负担，银行业务机械化与劳动负担	高速公路收费闸门作业员的环境负担	拖拉机连续的操作时间，2人和1人驾驶交接班的比较

表1-2 日本商品广告上出现的产品和人体工程学应用调查表

调查 结果 产品	调查数			A. 构造因素					B. 技能因素							
	企业	数目	广告 件数	机构	形态	材料	设计	颜色	技能	安全性	耐久性	使用 简单	美的 要素	减轻 负担	舒适性	经济性
汽车	9	20	32	22	7	10	4	0	5	11	0	12	0	7	3	0
摩托车	1	2	3	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
自行车	3	5	5	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
照相机	7	11	13	4	2	0	3	0	2	0	0	11	1	0	3	0
收音机	4	5	5	4	2	0	1	2	4	0	0	6	0	0	1	0
接收机	4	4	5	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2	3	0
椅子	7	7	8	3	1	1	6	1	2	0	0	0	1	3	0	0
床	5	7	7	3	0	1	1	0	2	0	0	1	0	4	1	0
浴缸	3	3	3	2	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
卫生陶器	3	3	3	1	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0
保健机械	3	3	3	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0
其他	36	36	36	8	6	13	9	1	4	1	0	14	3	5	8	0
合计	85	106	123	52	24	25	27	4	22	13	0	50	5	24	16	0
注：其他栏中有家用电器11件，家具及住宅设计11件，其余为杂货。																

以下是对人体工程学在相关领域里的一些应用案例的分析。

例1:城市里有的家庭买了大沙发,豪华气派,可是坐不了多久腰部就酸痛难受了,不得不在腰后面垫上一个“腰靠”,为什么?因为大沙发座面进深大,无论怎么后靠,腰椎后面总是空着,使脊柱的腰椎段向后的弯曲度加大,形成了不正常的“后靠”姿势,不符合坐姿解剖学的要求。这涉及产品设计中的解剖学问题。

例2:一些“上档次”的宾馆里,单人床常配有两个同样的枕头。本意是让习惯低枕头的人用一个枕头,习惯高枕头的人用两个枕头。客观地说,这实在是一个愚不可及的“损招”。其实,人们在枕头高度上的差别远没有一倍之多。这样做的结果就是:用一个枕头嫌低的人,用两个枕头又嫌高,很少有人能获得“正常待遇”。如果采用一个稍微高一点的“主枕头”,再配一个较薄的“附枕头”的设计方案,就能满足喜欢高枕头的人们的需要。本例之所以出现这样的问题,是因为设计者没有考虑到“产品应与生理条件相适应”的原则。

例3:车体外表面为墨绿色的旧式旅客列车,还在我国一些短途、慢车或支线上使用着。其硬座车窗户的高度与坐在座位上的乘客的头部齐平。打开窗户,行驶中的风速会达到60~70km/h,甚至更高,即使最闷热的夏季,正面迎风的乘客也经不住多久,而背风一侧的乘客却感受到很小的风速。这种车型在我国已经运行了半个世纪,其实改进一下也不难,把窗户提升到比站立者身高略高一点即可,而且这样做也不会增加生产成本。现在的新式客车已经这么改了,即使多个窗户同时打开,风也不会直吹向乘客,还能在车厢上部形成新鲜空气的“顺流”,效果甚佳。

例4:公共卫生间里水箱拉绳边上贴着醒目的提示“便后冲水”,可不冲厕所的现象仍然很常见。公众素质有待提高固然是一方面,但另一方面,水箱拉绳把手不干净是人人皆知的事实。可见,拉绳水箱设计存在“宜人性”的问题,应该从设计角度来寻求解决办法。现在一些城市的公厕里采用脚踏钮(或脚踏杆)冲水,取得了显著的效果。

例5:“节约用电,人走关灯”的提示语随处可见,可人走楼空后楼道里的照明灯还是彻夜长明。这种大家都熟悉的现象,也需要从设计角度来寻找原因和改进措施。原来的设计者请想一想,开关安置在楼道照明灯的就近位置,关了灯,楼道一团漆黑,怎么下楼、拐弯、出门呢?后来有人设计了声控开关,人来灯亮,人走灯灭,问题迎刃而解。也可以从合理设置开关位置方面来寻找解决办法。

例6:现在的中小學生几乎全用双肩背包了,20多年前,中小學生基本都是用单肩挎包或手提书包。从人机学看,双肩背包与老产品比,在解剖学和心理学方面的优势更加明显。使用双肩背包,脊柱两侧受力均衡,能保持正直形态;而单肩挎包或手提书包,脊柱都因单侧受力而发生侧向弯曲,使椎间盘受压均匀分布的生理状态不能正常维持,于是消耗的体能更多,这是解剖学方面。用双肩背包,两手无负担,行动自由灵便,也更加符合中小學生生活活泼好动的天性,这是心理学方面。由于符合解剖学、心理学要求,使用双肩背包现在也成为大学生、旅游者、中老年人休闲者的时尚。

例7:用普通水壶烧水,若没人在炉子边上守着,水开了可能弄得满屋水汽,开水溢出来甚至还会将火浇灭,引起一阵忙乱。而如果在壶盖上装个小气哨,将水烧开的消息从视觉接收转为视觉和听觉双接收,就可避免这种忙乱。两种水壶烧水的基本功能是相同的,但“会唱歌”的壶能把水烧开的信息“自动”传送给一定距离以外的人。这在人机学里称为“人机界面”得到了改善,从而使得产品更为“宜人”。

例8:不少学校图书馆阅览室内的座位,安排在长条形桌案的两侧。师生低头阅读或伏案书写时倒也无碍。但长时间低头难免疲劳,阅读中也难免要停下来思索,于是把头抬了起来。倘若正巧此时对面的人也抬起了头,不经意间两人的目光很容易交织在一起,不免觉得尴尬。倘若对面坐着的是一男一女两位同学,更是如此。这属于设计心理学方面的问题。随着社会文明程度的提高,设计心理学将日益凸显其重要性。

例9:银灰色或蓝色发亮的小塑料袋里装着药片,药片的服用量、服用方法都用小字印在包装袋上,包装袋闪闪有光,文字和底色的对比又弱,中老年人想看清上面的文字非常不便。还有,一家银行近几年白色存款单、取款单上居然印着橙黄色(注意,是橙黄而不是橙红)的字,客户在阅读时非常不便。这属于对视觉特性掌握失当的问题,也属于人体工程学的研究范围。

第三节 人机系统概述

一、人机系统的概念

在现代工业生产中使用的一些机器设备(包括各种生产工具)都需要人进行操纵,才能达到预期的目的,

因此，在生产中人和机器联系起来，就形成了一个不可分割的整体，这个整体就叫人机系统（Man-Machine Systems），如图1-2所示。人机系统的范围是很广的，如人操纵机器、驾驶汽车、自动化生产、雷达跟踪等，凡是有人操纵控制的系统都属于人机系统的范畴。

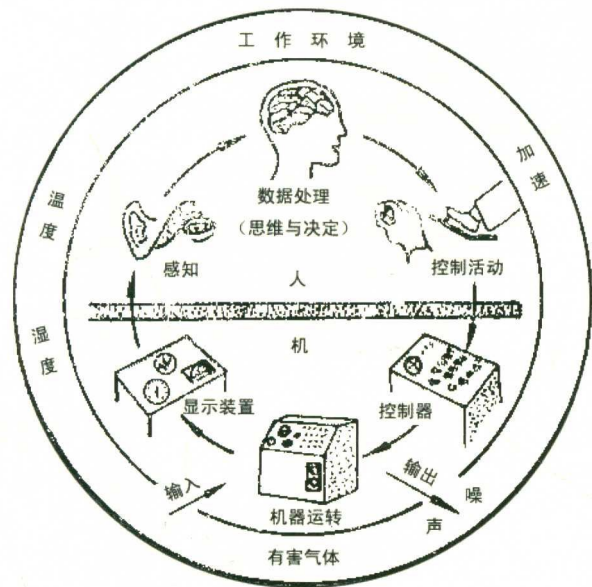


图1-2 人机系统

由于生产和工作的方式、条件以及人在其中的作用不同，人机系统的特点也有所区别。如在飞机的飞行、汽车的驾驶等人机系统中，人自始至终扮演着操纵、调节的主要角色；而城市交通要道上指挥车辆行驶的信号灯，以前主要由交通警察直接操纵，而现在采用了自动调节装置控制，信号灯能自动转换明灭，人只是起着监督和维护的作用；还有在自动化生产过程中，使用“机器人”操作等，人都是起监督和维护的作用。在人机系统中，人同机器的关系总是相互作用、相互配合与相互制约和发展的，但起主导作用的始终是人。因此，为了能充分发挥人和机器设备的作用，使整个人机系统高效、可靠、安全，方便操作，设计人机系统时就应充分考虑人和机器的特征与机能，使之相互协调配合，构成有机整体，达到最佳效果。

二、人和机器的特征机能比较

人具有感性和理性，生理、心理和社会等的影响会对其从事工作的能力形成一定的局限性。因此，在做人与机器特征机能的分析比较时就应研究人的能力和局限性，从而找出大多数人所共有的特征，以求得具有普遍指导意义和使用价值的依据。例如，青年人瞬时操纵的最大平均拉力可达113kg，而大多数男子的平均拉力只有70kg左右，如果设计的操纵杆，要求操纵人员用113kg的拉力才能操

纵，那么就会造成大多数人不能对它进行操纵。相反，若操纵杆按70kg以下的拉力设计，则大多数人不但可以操纵，而且操纵起来感到轻松舒适。

在进行工作时，人、工具、工作、环境四者之间是相互作用和相互联系的，如图1-3所示。而人的作用主要有以下三个方面：

- （1）通过感觉器官（视觉、听觉、触觉等）接受信息，如感知工作情况或工具的使用情况。
- （2）人对接收到的信息和已储存在人脑中的经验信息进行比较分析后做出决定，如决定继续、改变或停止操纵等。
- （3）根据决定采取相应的行动，如开关电源，加减速，改变方向等。

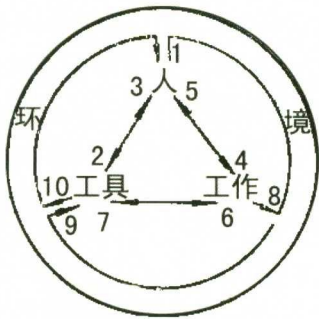


图1-3 工作时的系统

机器设备是按人的某种目的要求进行设计的，它取代了人的一部分作用。自动化机器在接受信息、储存信息、处理信息和反馈等方面的作用同人的作用完全相似，在某些机能上还是人所不及的（如记忆和废除信息），但仍然需要人去监督控制。与人相比，它所能完成的工作范围要小得多；在对自然条件，特别对心理的社会环境的反应，更远不及人灵活，所以人和机器的能力是各具特点、各有长短的。因此，如何使人与机器得到合理分工，取长补短，发挥各自的优点，相互配合，建立完善的人机系统来共同完成许多人和机器都不能独立完成的工作，对人和机器的特征机能进行分析比较，是一个必不可少的环节。

根据表1-3的一般比较，人与机器的分工大体是：快速、精密、笨重、危险、规律性、单调重复、高阶运算的工作，以及流体和辐射性的工作等宜分配给机器去完成；机械系统的监督、维修和机器的程序安排，以及情况多变的工作和意外事件的处理等，宜分配给人去完成。

在人、机工作的分配上，美国人机学者E. J. 麦科米克曾作过如下的比较和安排：

- （1）人能完成并胜过机器的工作有发觉微量的声和光；接受和组成声、光形式；随机应变和采用灵活的程序；长时期大量储存信息，并在适当的时机回忆起有关

表1-3 人和机器的特征机能比较

比较的内容	人的特征	机器的机能
感受能力	人可识别物体的大小、形状、位置和颜色等不同的特征，并对不同音色和某些化学物质也有一定的分辨能力	接受超声、辐射、微波、电磁波、磁场等信号，超过人的感受能力
控制能力	可进行各种控制，且在自由度、调节和联系能力等方面优于机器。同时，其动力设备和效应运动完全合为一体，能“独立自足”	在操纵力、速度、精密度、操作数量等方面都超过人的能力，但不能“独立自足”，而必须外加动力才能发挥作用
工作技能	可依次完成多种功能作业，但不能进行高阶运算，同时完成多种操纵和在恶劣环境下作业	能在恶劣环境条件下作业，可进行高阶运算和同时完成多种操纵控制，单次、重复的工作也不降低效率
信息效率	人的信息传递率一般为6比特/秒左右，接受信息的速度约每秒20个，短时间内能记住的信息约10个，每次只能处理一个信息	能储存信息和迅速取出信息，能长期储存，也能一次废除，信息传递能力、记忆速度和保持能力都比人高得多
可靠性	就人脑而言，可靠性和自动结合能力都远远超过机器，但工作过程中，人的技术高低、生理及心理状况等对可靠性都有影响。可处理意外的紧急事态	经可靠性设计后，可靠性高，且质量保持不变，但身体的检查和维修能力非常微薄，不能处理意外的紧急事态
耐久性	容易产生疲劳，不能长时间连续工作，且受年龄，性别及健康因素的影响	耐久性高，能长期连续工作，并大大超过人的能力

的情节；进行归纳、推理和判断；形成概念和创造出方法等。

(2) 目前的机器能完成并胜过人的工作有对控制信号迅速作出反应，平稳而准确地运用巨大力量，做重复的和规律性的工作，短暂的储存信息，然后全抹掉而不留任何“记忆”，进行快速运算，同时执行多种不同功能。

当然，人、机的特征机能也是发展变化的，因而分析比较工作也必须随之发展。

三、人机系统的功能

人和机器虽然各有不同的特征，但在人机系统工作中所表现的功能是类似的。这些功能概括起来可分为四大部分：接受信息、信息储存、信息处理和执行功能（图1-4）。接受信息、信息处理和执行功能是按系统过程的先后顺序发生的，而信息储存则与这三项功能都有联系，它们之间是相互作用的。这些功能是连续的，是通过人与机械共同作用来实现的。

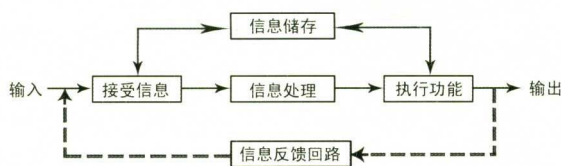


图1-4 人机系统功能图

1. 信息接受

信息是由人或机器的感觉功能接受的。就人来说，信息的接受是通过人的感觉器官，如视觉、听觉和触觉等来完成的；对机器来说，信息的接受则是通过机器的感觉装置，如电子、光学或机械的传感装置等来完成的。当某种信息从外界输入系统时，系统内部对信息进行加工处理，这些加工处理后的信息可能被储存或被输出，也可能反馈回到输入端而被重新输入，使人或机器接受新的反馈信息。接受的信息也可不经处理，而直接储存起来。

2. 信息储存

对人来说，信息储存是靠人的记忆能力或借助于照片、录像、文字记录等方式来完成的。而机器一般要靠磁带、磁鼓、打孔卡、凸轮、模板等储存系统来储存信息。

3. 信息处理

对接受的信息（或储存的信息），通过某种简单的或复杂的过程（如分析、比较、演绎、推理和运算等），形成决定的功能称信息处理。就人来说，信息处理的整个过程往往是不可分割的，前一过程是后一过程的基础，后一过程是前一过程的继续，是连锁反应。信息处理的结果，是决定下一步是否行动（执行）的依据，所以它是人机系统的重要功能之一。

4. 执行功能

执行信息处理所形成的决定的能力，称为执行功能，此种功能一般有两种：一种是由人直接操纵控制器或由机器本身产生控制作用，如操作者转动手轮，车床自动加深或减少铣削深度等；另一种是传送决定，即借助于声、光等信号把决定（指令）从这个环节输送到其他环节。

5. 输入、输出

被加工的信息、物体或其他形式的东西从输入端输入，经过系统过程改变了输入时的状态，形成系统的成果输出。

6. 信息反馈

把系统输出端的信息，重新返回输入端称为信息反馈。信息反馈是系统功能的一个重要组成部分，返回的信息是继续控制的基础，也是促使机器自行调节的基础；同时，反馈可以弥补系统的不足和纠正偏离标准作业等。

四、人机系统的类型

在人机系统的工作过程中，人和机器的作用是相似的，但其能力在各自能胜任的工作性质上，表现出明显的差别，如前所述，人胜过机器的最大长处是人的随机应变能力，也就是人的灵活性。由于人和机器所处的地位、作用和出发点不同，人机系统的类型也就不同，现分述如下。

1. 闭环和开环人机系统

（1）闭环人机系统。闭环人机系统也就是反馈控制人机系统，它有一个封闭的回路结构（图1-5），其主要特征是：系统的输出对控制作用有直接影响，即系统用过去行动的结果来控制未来的行动。比如，为了使水箱输出的水温达到给定的要求，可采用通入热蒸汽（输入）的方法加温，并在水箱出水口处安设温度计，以检查水温是否达到要求。此时，人始终在观察着温度计，当发现温度高于所要求的温度时，就调节输入的蒸汽量，使蒸汽量减少以降低水温；当发现温度低于所要求的温度时，则增加蒸汽量以提高水温，这种往返连续控制，就是反馈控制。这个例子是由人去观察和控制输入和输出的，所以此系统称为人工闭环人机系统。若用自动控制装置代替人的工作，人只是起监督作用时，则该系统称为自动闭环人机系统。

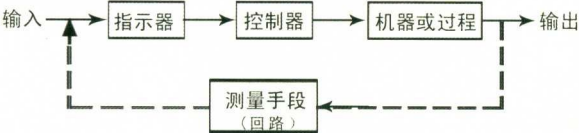


图1-5 闭环人机系统方框图

（2）开环人机系统。开环人机系统的特征是系统的输出对系统的控制作用没有影响（图1-6）。虽然它也能提供反馈信息，但此信息无法用于进一步的控制操作。如在铣床上加工某机械零件（图1-7），其传送装置带着零件经过切削刀具时，零件就由刀具进行加工。



图1-6 开环人机系统方框图

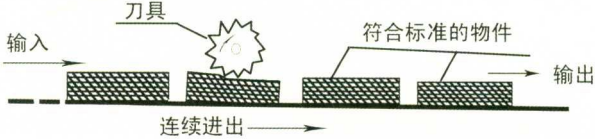


图1-7 机械零件切削加工开环系统装置

切削刀具是按零件所要求的尺寸预先装置好的，刀具一旦装置好，就可以连续生产出符合标准的零件来，如果加工出来的零件尺寸不合标准，就要把机器停下来寻找原因，这时可能是刀具磨损，也可能是刀具的位置移动了，找出了原因，更换刀具或重新装置好刀具后，再进行生产。在这里，人的工作是加工前把原始零件放到传送装置上（输入），加工完成后取下符合标准的零件（输出），以及掌握系统的开动或停止。此例中，没有为保证加工零件达到所需的标准而采取的直接自动化手段，所以我们把这样的系统称为开环人机系统。

2. 人工与自动化系统

若以系统的自动控制程度来分类，一般可分成以下三种类型。

（1）人工操作系统（图1-8）。此系统自始至终都是人在起作用，人供给系统所需要的动力，控制着整个生产过程，人所使用的工具或辅助器械都不具有动力的作用，而只增加人的力量。

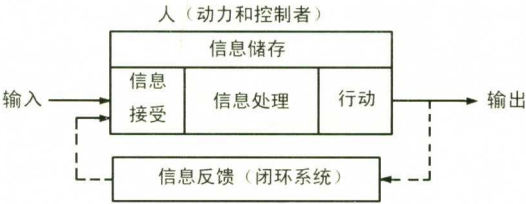


图1-8 人工操作系统功能图

（2）半自动化系统（图1-9）。在此系统中，人主要是充当生产过程的控制者，其操纵具有动力的设备，并在生产过程中感知信息、处理信息，然后借助于手柄、按钮等控制器来启动或停止机器。此外，人可能给系统提供少量动力，也可能对系统做某些调整。在闭环系统中，反馈

信息经过人的处理，又成为人们做进一步操纵的依据，这样才能完成系统的工作过程。根据我国情况，半自动化系统是使用较多、较为普通的一种人机系统类型，特别在机械工业中使用半自动化机床非常普遍。

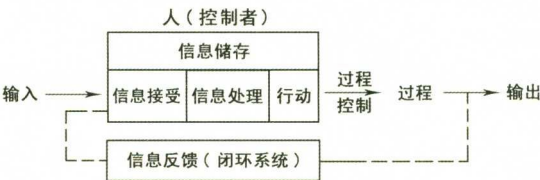


图1-9 半自动化系统功能图

(3) 自动化系统(图1-10)。在这种系统中，机器完全取代了人的工作，生产过程中的信息接受、信息处理和执行等工作全部由机器来完成，人只是通过显示装置对生产过程进行监督。这种系统应该做到对所有可能的意外事件，都能充分感知并采取必要的行动。这种完全自动化系统需要较高的经济技术条件，一次投资费用大，在一般生产过程中较少使用。

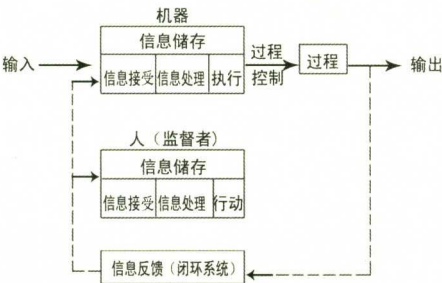


图1-10 自动化系统功能图

以上三种类型，从需要与可能来看都是可行的。人工操作系统偏重于解决操作人员作业的问题；半自动化或自动化系统则偏重于解决机器的问题。两者的效果是不同的，如表1-4所示。

表1-4 人机操作与半自动化、自动化的效果比较

偏重于解决人的作业上的效果	偏重于解决机器上的效果
自动化程度低	自动化程度高
操作的可能性低	操作的可能性比较高
费用比较低廉	费用比较昂贵
创造能力比较高	创造能力低
维护能力较强	维护能力较低

3. 人与机械联系的不同情况

人与机械联系的不同情况有如下四种：

(1) 人直接与机械联系，即人—机械—人的人机系

统。大致有三种形式：①一人一机；②一人多机；③一机多人。

(2) 人通过控制台联系机械，即人—控制台—机械—人的人机系统。

(3) 人通过指示器与机械联系，即人—机械—指示器—人的人机系统。

(4) 人通过控制台、指示器与机械联系，即人—控制台—机械—指示器—人的人机系统。

4. 单元组合类型

一般大的和中等规模的生产过程，除少数自动化系统外，往往都是由几个甚至十几个相对独立的人机系统(每一个人机系统为一单元)组成一个流水线。从输入原料或粗坯开始，按输送路线要经过若干个人机系统单元，才能生产出合格的产品(图1-11)。

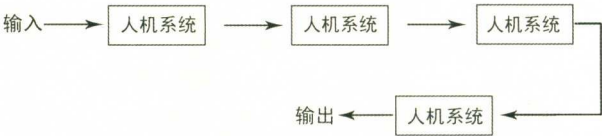


图1-11 单元组合人机系统

五、人机系统设计的内容和方法

根据人机系统的功能，对人与机器进行功能分配以后，接着就要考虑如下设计。

1. 信息从机械至人的系统设计

为了使人机系统能够稳定而又高效率地运行，机械与人之间必须有充分的信息传递。人机系统的类型很多，总的说来可分为简单和复杂两类；或者根据人和机械的接触情况，又可分为接触频繁的和接触不频繁两类。如人驾驶汽车或飞机，这是由人与机械直接结合构成的人机系统，这里人与机械的接触非常密切，过程的信息传递也比较完善。但以自动化机械组成的人机系统，比如按照一定的生产线，将原材料加工成各种零部件，并装配成机器的自动化或半自动化生产过程的人机系统，人与机械的直接接触相对就比较少，它们之间的信息传递也就没有那样充分。所以人机系统类型不同，机械与人的信息传递方式也就不同。

人的感觉可以看成与伺服机构的输入端相似，人通过相应的感官对来自机械的刺激有所感觉从而获得信息。人的感觉主要有视觉、听觉、触觉、味觉和平衡感觉等。最常用的是视觉，其次是听觉、触觉及其他感觉。对信息从机械至人的系统设计，要充分发挥各种感官的作用，要设计出与不同感官相适应的仪器，如对视觉就要选用各种类型的视觉显示器和显示装置，对听觉就要设计各种形式的