

高等学校试用教材

拖拉机人机工程学

北京农业工程大学 周一鸣 编

GAO DENG XUE
XIAO JIAO CAI

机械工业出版社

高等学校试用教材

拖拉机人机工程学

北京农业工程大学 周一鸣 编



机械工业出版社

本书内容包括人机系统的功能和类型,信息的输入和处理,人体感觉器官的功能和特性,人体运动的生物力学特性,人体测量和人体参数,人机系统的设计和评价,以及拖拉机的安全性、乘坐舒适性、噪声控制、驾驶室内的微气候条件、视觉显示装置和操纵装置等方面的理论知识与人机工程设计原理。

本书为高等工业学校拖拉机专业教材,也可供其它有关专业的师生及工程技术人员参考。

北京农业工程大学 周一鸣 编

责任编辑:赵爱宁

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 9 1/4 字数 222 千字

1988年6月北京第一版·1988年6月北京第一次印刷

印数 0,001—1,800 定价:1.60 元

ISBN 7-111-00179-6/S·5(课)

前 言

本书是根据1985年6月高等工业学校拖拉机专业教材编审委员会制订的教学计划和本课程教学大纲,以及审定的本教材编写大纲编写的。

本书按拖拉机专业大学本科生30学时专业选修课的要求,控制内容的深度、广度和教材的字数。主要讲述人机系统的基本理论及拖拉机设计和使用中若干主要的人机工程学问题。人机系统的基本理论包括人机系统的功能和类型、信息的输入和处理、人体感觉器官的功能和特性、人体测量和人体参数、人体运动的生物力学特性、体力劳动的能量消耗、人与机器的合理配合以及人机系统的设计与评价等有关人机工程学的理论知识。拖拉机设计和使用中的人机工程学问题包括拖拉机的乘坐舒适性、安全性、噪声控制、驾驶室內的微气候条件、视觉显示装置以及操纵装置等方面的理论基础和人机工程设计原理。

本书是在广泛收集和分析国内、外文献资料的基础上写成的,其中特别对我国近五年来在拖拉机人机工程学方面的研究成果作了尽可能充分的反映。

本书为高等工业学校拖拉机专业大学本科生的教材,也可供研究生及从事拖拉机研究、设计、制造、试验、维修和使用管理工作的工程技术人员参考。还可供工程机械、汽车、农(林)业机械、农业机械化等相近专业及其它有关专业师生、工程技术人员参考。

本书由北京农业工程大学周一鸣编写。由吉林工业大学顾品铸主审。参加审稿的还有江苏工学院宫镇、王仲章,武汉工学院汪德容,洛阳工学院唐才林、王伯良,安徽工学院张善达,南京林业大学叶子萍,山东农业机械化学院应达先,以及北京农业工程大学曾念宁。专家们对书稿提出了许多宝贵意见和建议;特别是主审人顾品铸教授,对书稿全部内容进行了逐字逐句、认真细致的审阅,对插图、公式、表格、数据也都进行了仔细校核,并提出了许多具体修改意见。编者在此向他们表示真诚的感谢。此外,北京农业工程大学的信世强、余廷敏、杜贺君为本书绘制了部分插图,在此也向他们表示衷心的感谢。

谨向本书参考或引用过的全部文献资料的作者们表示深切的谢意。

由于编者水平所限,书中错误或欠妥之处在所难免,恳请读者批评指正,来信请寄北京市清华东路,北京农业工程大学汽车拖拉机教研室。

编者

目 录

第一章 概论	1
§ 1-1 人机工程学的研究内容	1
§ 1-2 人机工程学的发展简史	2
§ 1-3 机器设计中的人体因素	3
§ 1-4 拖拉机设计和使用中的人机工程问题	4
第二章 人机系统	5
§ 2-1 人机系统的功能和类型	5
§ 2-2 信息的输入和处理	6
§ 2-3 人体感觉器官的功能和特性	11
§ 2-4 人体测量和人体参数	20
§ 2-5 人体运动的生物力学特性	26
§ 2-6 体力劳动的能量消耗	30
§ 2-7 人与机器的合理配合	32
§ 2-8 人机系统的设计与评价	33
第三章 拖拉机的乘坐舒适性	36
§ 3-1 拖拉机的乘坐振动	36
§ 3-2 地面的激励特性	37
§ 3-3 人体对乘坐振动的反应	39
§ 3-4 振动舒适性的评价标准	47
§ 3-5 拖拉机驾驶员承受的乘坐振动负荷	53
§ 3-6 驾驶员的隔振防护	54
§ 3-7 驾驶座椅结构设计的人机工程学原理	61
§ 3-8 手扶拖拉机的手把振动	66
第四章 拖拉机的噪声控制	68
§ 4-1 噪声及其危害	68
§ 4-2 噪声标准	70
§ 4-3 拖拉机的噪声源和噪声传播	73
§ 4-4 拖拉机的噪声控制	75
§ 4-5 排气消声器	76
§ 4-6 拖拉机驾驶室的声学设计	79
第五章 拖拉机驾驶室的微气候条件	85
§ 5-1 人体的热舒适性	85
§ 5-2 驾驶室的微气候参数	91
§ 5-3 驾驶室对有害物质的隔离作用	94
第六章 视觉显示装置	97
§ 6-1 视觉显示装置的类型和功用	97
§ 6-2 指针式仪表的设计	98
§ 6-3 仪表板的总体设计	105

§ 6-4 仪表的照明设计.....	107
§ 6-5 信号灯.....	109
第七章 操纵装置	111
§ 7-1 作业空间设计.....	111
§ 7-2 操纵器的类型和选择.....	115
§ 7-3 操纵器设计的人机工程学问题.....	117
第八章 拖拉机的安全性	124
§ 8-1 概述.....	124
§ 8-2 轮式拖拉机的侧向翻倾问题.....	125
§ 8-3 翻车防护装置.....	129
§ 8-4 提高手扶拖拉机运输机组的安全性.....	134
主要参考文献	140

第一章 概 论

§1-1 人机工程学的研究内容

人机工程学是从20世纪50年代开始迅速发展起来的一门新兴的边缘学科。它在美国称为“Human Engineering”，在西欧称为“Ergonomics”，日语音译为“アーゴノミックス”或称为“人间工学”，俄语音译为“Эргономика”，其它国家也大都沿用以上两种名称之一。在我国，本学科处于初创阶段，名称尚不统一，有“人机工程学”、“人体工程学”、“工效学”、“人类工程学”，和“机械设备利用学”等不同提法。为了利于学科的发展和交流，有必要统一学科名称。本书主张采用“人机工程学”。

“Ergonomics”这个词是由两个希腊词的词根组成的，“Ergo”的意思是“出力、工作”，“nomics”的意思是“正常化、规律”。因此，“Ergonomics”的含意就是“人出力正常化”或“人的工作规律”。这就是说，人机工程学是研究人在生产或操作过程中合理地、适度地劳动和用力的规律的一门学科。

美国学者C.C.Wood给人机工程学的定义为：“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能耗而求得最高效率”。W.B.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，即对人的知觉显示、操纵控制、人机系统的设计和布置、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及人在作业时感到安全和舒适”。A.Chapanis认为：“人机工程学是在机器设计中考虑如何使人操作简便而又准确的一门学科”。E.J.McCormick和M.S.Sanders在《Human Factors in Engineering and Design》一书中给出人机工程学的简要定义为：“为人的使用而设计”和“工作和生活条件的最优化”。

我国的封根泉在《人体工程学》一书中提出：“为了研究解决机器系统设计与人体的有关种种问题，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”。赖维铁在《人机工程学》一书中给出的定义为：“人机工程学是运用生理学、心理学和其它有关学科知识，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。”

综上所述，并考虑到环境条件与人机系统的相互作用，本书认为：人机工程学是从人的生理和心理特点出发，研究在提高人体—机器—环境系统的总体效能的目标中，人体—机器—环境相互关系的规律的一门学科。

人机工程学的主要研究内容是：

1. 机器系统中直接由人操作或使用的部件，应设计成适合于人的使用，以保证机器系统的工作效能达到最优。

2. 从保证人的安全、健康、舒适和高工作效率出发，提出环境控制和安全保护装置的设计要求与数据。

[⊙] “人机系统”中的“机器”，应是广义的，泛指一切人造的、供人使用的物品。

3. 人机系统总体设计的最优化。

§1-2 人机工程学的发展简史

自有人类社会开始,就有了最原始的人机关系——人和器具的关系。随着人类社会的发展,人类创造和使用的器具、工具和机器不断得到改进,由简单到复杂地逐步完善。这种实际存在的人机关系及其发展,可称为经验的人机工程学。我国古代的指南车,是最早的自动控制系统,其设计原理,与现代人机工程学的反馈原理相吻合,是经验人机工程学的典型应用实例。

经验的人机工程学一直延续到第一次产业革命时期。这一时期(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场。生产技术发生了根本变革: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。这一时期中,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。与此相适应,人机工程学开始由经验逐步上升为科学。1884年联邦德国学者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。

第二次产业革命时期(1870~1945年),以内燃机和电机的广泛使用为主要标志,生产技术从机械化时代进入电气化时代。1898年美国学者F.W.Taylor进行了著名的铁锹铲煤作业试验研究,从人机工程学的角度找出了铁锹的最优设计及搬运松散颗粒材料时每一铲最适宜的重量。20世纪初,F.W.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“泰罗制”。F.W.Taylor的研究为科学人机工程学的建立奠定了基础。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、特种人员选择和训练、军工生产中的疲劳等问题,这期间的突出代表是美国哈佛大学心理学教授Munsterberg,其代表作《心理学与经济生活》和《心理工艺学原理》是人机工程学的最早著作。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,使人适应于机器。战后,心理学的应用推广到非军事领域,从人的因素出发,用心理学研究解决机器设计中的许多问题,学科名称改成了“工程心理学”。第二次世界大战期间,新式武器和装备的性能大大提高,但由于没有充分考虑人的生理和心理特点,机器的设计不能适应人的要求,结果往往因操作者难于掌握而不能发挥武器或装备的效能,甚至屡屡发生差错和事故。这就迫使人们深刻认识到,人的因素实在是机器设计中不可忽视的重要方面,工程技术设计思想从而开始发生了一个根本性的转变:由“使人适应于机器”转变为“使机器适应于人”。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最优化设计的实践,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。

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年)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,人机协调问题越来越显得重要,从而促使人机工程学的研究和应用得到广泛而迅速的发展。

1949年12月,K.F.H.Murrell第一次提出了“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权威性刊物。美国也在1957年成立了人机工程学学会,发行了会刊《Hu-

man Factors》，以后发展很快，出版了不少书刊，成为世界上出版人机工程学书刊最多的国家。1960年正式成立了国际人机工程学学会，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；1982年8月在日本东京召开的第八届国际人机工程学学术会议，有700多人参加，宣读和交流的学术论文，内容非常广泛，核心问题是人机关系的研究。自本世纪60年代开始，苏联、日本、联邦德国、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研究机构，从事人机工程学的研究、应用和人才培养工作。

随着工业中人机工程学应用的日益广泛，人机工程学的标准化问题日益变得重要。国际标准化组织（ISO）于1975年设立了人机工程技术委员会（TC-159），负责制订人机工程学方面的标准。各国根据自己的具体情况，也制订了许多人机工程学的标准和规范。

我国的人机工程学目前正处于初始发展阶段。由国家标准局标准化综合研究所主持，成立了全国工效学标准化技术委员会。1985年成立了全国工业造型设计学会，下设有人机工程学专业委员会。各行业对人机工程学的应用研究越来越重视，有关的研究机构和高等院校也在开展人机工程学方面的研究。各项有关人机工程学的技术标准正在陆续制订。许多高等院校已经专门培养人机工程学研究方向的研究生和开设人机工程学课程，教材、专著和学术论文的出版和发表也日益增多。可以预期，人机工程学的研究和应用，在我国必将得到广泛而迅速的发展。

§1-3 机器设计中的人体因素

根据对国内、外有关文献的分析研究，在机器设计，特别是拖拉机和农用车辆的设计中，应当着重考虑的人体因素，大致可归纳为以下五个方面：

一、人体对作业负荷的耐受性

机器运转及其环境条件对人体（主要是操作者）造成的体力上和精神上的负担，称为作业负荷。人体对作业负荷的耐受性是机器设计中必须考虑的基本因素。机器的操作及机器运转所造成的环境条件，都必须合理控制，使之适应人的生理和心理特性，至少要为人体所能忍受，力争处于人体舒适界限以内。

二、人体尺度

人体尺度的静态和动态测量数据，是合理设计操作者的作业空间、操作姿势、操纵机构及操作座椅的基础。只有充分考虑人体尺度的精心设计，才能使操作者工作时处于舒适的状态和适宜的环境之中，达到能量消耗最少、疲劳程度最低和工作效率最高的目标。

三、人体的生物力学特性

设计适合于操作者使用的操纵机构以及确定合理的操纵力、操纵速率、操纵位移、操纵节拍和操纵准确度等，都必须以人体的生物力学特性为依据，方能实现人机关系的最优匹配。

四、人的感知反应特性

人的感知反应过程实质上就是信息向人体的输入、传递和人对信息的分析、处理并作出反应的过程，是人体—机器—环境系统的中心环节。它关系到人和机器的安全、人的健康和舒适、操纵质量及作业效率等一系列问题，是机器设计所必须认真考虑的最重要的因素，

五、人的适宜劳动姿势

操作者在工作中保持舒适、自然和方便操作的劳动姿势，将有利于身体健康，有助于减轻疲劳、提高工作质量和劳动生产率。因此，机器设计时必须首先确定操作者的工作姿势和体位，然后按照保持人的最适宜的劳动姿势的要求，合理设计机器系统及其有关部件。

§1-4 拖拉机设计和使用中的人机工程问题

在驾驶员—拖拉机—环境系统中，驾驶员是人机工程学研究的核心对象。随着拖拉机用途的日益扩大、拖拉机形态的日益多样化、拖拉机功率和工作速度的不断增长及农业机械化程度的不断提高，驾驶员的工作越来越繁重、复杂，因而对改善驾驶员劳动条件的要求越来越迫切。这就使拖拉机设计和使用中人机工程学的重要性更为突出。

拖拉机驾驶员的主要职能是：（1）用手和脚操纵各种操纵机构以驾驶拖拉机和控制作业机具；（2）观察拖拉机和作业机具的工作情况，监控它们的技术状态；（3）确定合理而有效地完成作业任务的操作顺序。

农用拖拉机的使用条件极为恶劣，它们主要包括复杂的地形、道路条件和各种不同的地理、气候条件。

在复杂的地形、道路条件下，要确保拖拉机机组的行车安全，就势必增加驾驶员精神上的和体力上的负担。同时，地面不平激起的低频机械振动同样会增加驾驶员的负担，它不仅使驾驶员容易疲劳，从而降低作业质量和工作效率，增大行车事故的概率，而且危害驾驶员身体健康，容易引起某些职业病（如脊椎损伤、胃下垂、消化不良等）。在各种不同的地理、气候条件下，拖拉机直接经受寒冷、炎热、风雨、灰尘、热辐射和化学制品的侵袭，使驾驶员遭受不利环境因素的伤害。此外，强烈的噪声影响驾驶员的听力和对拖拉机的操纵，并可能造成驾驶员永久性听力下降和听力损伤，或引起其它疾病。驾驶操作、挂接机具、维护保养等经常性工作也消耗驾驶员的体力和精力。

近十几年来，拖拉机的安全性、舒适性及对各种气候条件的适应性诸方面都有了较大改进，人机工程学在拖拉机技术领域的应用也有了一定发展。但还远未达到完善的程度。因此，继续开展拖拉机设计和使用中人机工程问题的研究和技术应用，不断完善和改进拖拉机的性能，使驾驶员得以安全、健康、舒适、高效地从事驾驶操纵和其它各项操作，仍然是一项十分迫切、意义重大的任务。

目前，拖拉机设计和使用中的人机工程问题主要是研究和改善拖拉机的安全性、乘坐舒适性、操纵性、视野性及驾驶室内的噪声和微气候环境条件。

第二章 人机系统

§2-1 人机系统的功能和类型

一、人机系统的功能

任何机器、设备和器具，都需要人来操纵、监控或使用，人和机器相互作用，相互配合和相互制约，才能共同完成预期的任务。将人和机器联系起来，视为一个整体或系统，就称为人机系统。人机系统处于一定的环境之中，并与周围环境发生相互作用。人机系统的组成及其与周围环境参数之间的相互关系如图 2-1 所示。

人机系统的功能可概括为接受信息、储存信息、处理信息和执行功能四大项。人机系统与周围环境的相互作用，则表现为人机系统的输入和输出。图 2-2 所示为人机系统的功能框图。信息的接受、处理和执行功能是按系统过程的先后顺序发生的，而信息的储存则与这三项功能都有联系，它们之间是相互作用的。

1. 信息接受 外部的刺激或信息从输入端输入，被人的感觉器官或机器的传感器所接受后，直接送去进行信息处理或暂且先储存起来。被机器的传感器接受的信息，最终也要转换成适宜的形式为人的感觉器官所接受。

2. 信息储存 依靠人的记忆能力，或借助于照相、录像、录音和文字记录等方式，或利用磁带、磁盘、磁鼓、穿孔卡、凸轮、模板等储存装置来把信息储存起来，以备将来取用。

3. 信息处理 通过人脑或利用计算机按人所编制的程序完成一定的信息处理功能，形成某种决定去推动执行功能，这是人机系统各项功能的指挥中心。

4. 执行功能 执行信息处理所形成的决定的能力。通常由人直接操纵机器的各种操纵

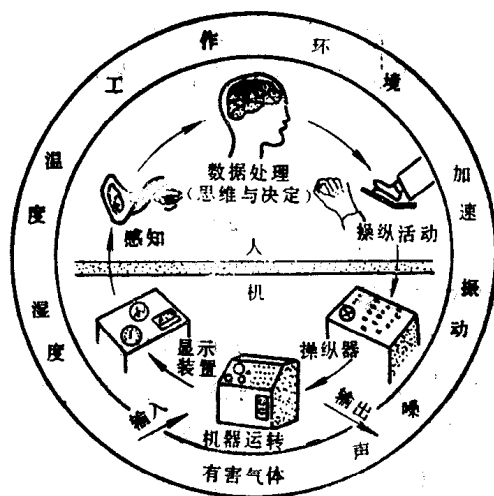


图2-1 人机系统

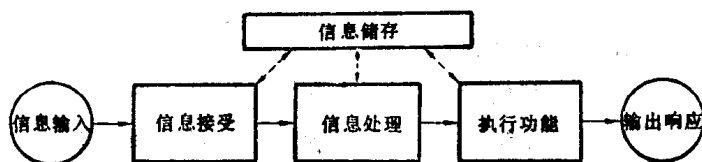


图2-2 人机系统的功能

器,或者借助于声、光、电等信号传送指令间接控制机器的操纵装置,以实现一定的执行动作。执行功能的结果作为人机系统对于输入的响应而输出,一方面改变机器的运行状态;一方面对周围环境产生影响。有些情况下,系统输出端的信息,被全部或部分地取出并返回到输入端去继续控制系统的工作,此过程称为信息反馈。信息反馈是实现自动控制以改善人机系统功能的基础。

二、人机系统的类型

按有无反馈控制环节分类,人机系统可分为闭环人机系统和开环人机系统两大类。

闭环人机系统的主要特征是系统的输出对控制作用有直接影响,即系统过去的行动结果反回去控制未来的行动。若由人来观察和控制系统的输入、输出信息,则称为人工闭环人机系统;若由自动控制装置来代替人的工作,人只起监督作用,则称为自动闭环人机系统。驾驶员一拖拉机一道路系统的方向操纵运动就是一个人工闭环人机系统的典型实例。

开环人机系统的主要特征是系统的输出对控制作用没有影响。虽然它也能提供系统输出的信息,但此信息不用于进一步影响输入。

按系统的自动化程度分类,人机系统可分为人工操作系统、半自动化系统和自动化系统三大类。

§2-2 信息的输入和处理

一、信息和信息量

信息是客观存在的一切事物通过物质载体所发出的消息、情报、指令、数据和信号中所包含的一切传递与交换的知识内容,是表现事物特征的一种普遍形式,是自然界、人类社会和人类思维活动中普遍存在的一切物质和事物的属性。人的大脑通过感觉器官直接或间接接受外界物质和事物发出的种种信息,从而识别物质和事物的存在、发展与变化。我们通常所说的信息是指人类特有的信息。

信息量以计算机的“位”(“bit”)为基本单位,称为比特(bit)。其定义为:

$$H = \log_2 2^n = n \quad (2-1)$$

式中 H ——信息量;

n ——某信号中所包含的二进制码的个数。

设某一信号 s_i 是由 n 个二进制码组成的,则 s_i 称为“码组”或“字”, n 称为“字长”。若每一位码都能独立地取0或1,而与其它位的取值无关,且取0或1的概率均为 $1/2$,则该信号所负载的信息量就是按式(2-1)求得的 H 。

若出现0的概率不是 $1/2$ 而是 p ,出现1的概率是 $(1-p)$,则某一独立位的信息量可定义为:

$$H_p = -p \log_2 p - (1-p) \log_2 (1-p) \quad (2-2)$$

若信号源 S 中含有 N_s 个相互独立的不同信号,每个信号 s_i 出现的概率为 p_i , $\sum_{i=1}^{N_s} p_i = 1$,则信号源 S 的总信息量按下式计算:

$$H(S) = - \sum_{i=1}^{N_s} p_i \log_2 p_i \quad (2-3)$$

由于信息量与热力学中的状态参数“熵”有深刻的相似性，所以信息量又可称为“信息熵”或简称为“熵”。可以证明，只有当所有各独立信号出现的概率都相等，即 $p_i = \frac{1}{N}$ 时，信息熵 $H(S)$ 才达到最大值。

人的神经系统是一个完善的信息处理、信息储存和指挥控制中心。据估算，人的大脑大约含有 10^{10} 个神经细胞（或称为神经元），分为数百个不同的类别。每一个神经元的功能远大于一个逻辑门电路所具有的简单功能。有人估计，人的大脑的信息储存总量约为 10^{15} bit。

二、信息源及信息输入途径

信息源发出的信息，称为末端刺激或原始刺激。从末端刺激到人的感觉器官的信息输入途径如图2-3所示。

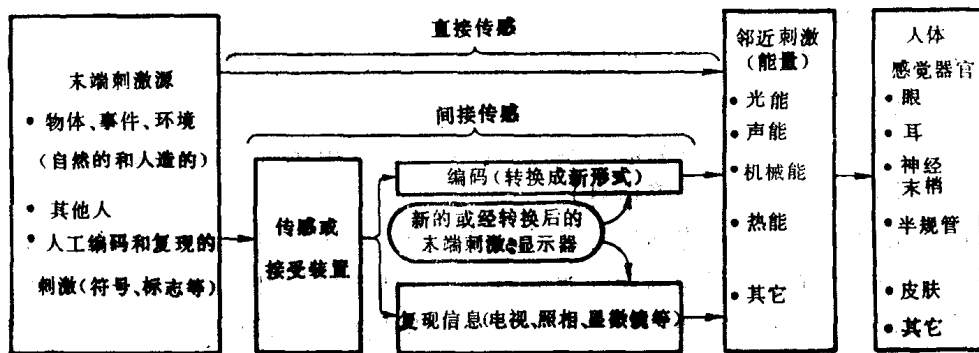


图2-3 从末端刺激到人的感觉器官的信息输入途径

末端刺激源可能是客观存在的物体、事件、环境参数以及它们的变化所发出的刺激，包括自然的刺激源（如拖拉机行驶前方出现的自然障碍物、行人或其它车辆）和人造的刺激源（如道路施工区专门设置的栅栏和灯光信号）；也可能是人工编码或复制的刺激，包括各种符号、标志、文字、图形和灯光信号等；还可能是其他人发出的信息（如交通民警作出的各种交通指挥信号，他人给出的手势或呼叫声等）。

邻近刺激是由末端刺激直接或间接转换而成的，它表现为人的感觉器官所能接受的能量形式，如光能、声能、机械能、热能和其它能量。间接转换的方式是借助于某种形式的传感或接受装置先将末端刺激转换为编码的形式或复现的信息（如电视、录像、照相、录音等），然后再进而转换为某种能量形式的邻近刺激。

人接受邻近刺激的感觉器官主要是眼、耳、神经末梢、皮肤和半规管等。其中的半规管位于内耳迷路中，三个半规管与椭圆囊、球囊共同组成前庭器官，它是人体对运动状态和头部在空间的位置的感觉器官；当人体作旋转或直线变速运动时，速度的变化会刺激三个半规管或椭圆囊中的感受细胞；当头部的位置同地球引力的作用方向发生相对关系的改变时，会刺激球囊中的感受细胞；这些刺激引起的神经冲动传到神经中枢，就会引起相应的感觉。

三、信息输入显示器

末端刺激源（即信息源）发出的信息或刺激，很多情况下需要通过某种类型的显示器加以放大或变换能量形式，才能被人的感觉器官所接受。要求使用信息输入显示器的场合如下：

(一) 末端刺激虽然能够为人的感觉器官所接受,但却不能充分被人直接感受,因而要求使用显示器。具体场合大致有以下八种情况:

(1) 刺激低于阈值下限(如刺激太远、太小或太弱),需采用电子、光学或其它型式的放大器将刺激加以放大。

(2) 刺激过大,需适当降低其刺激强度,以便为人所充分感受。

(3) 刺激混杂在过大的噪声干扰之中,需要加以滤波或放大,以利于人的感受和识别。

(4) 刺激远超出人的感受极限,需先把它转换成其它能量形式进行传输,随后重新转换成最初形式或别的形式,再为人所感受。

(5) 刺激由人的感觉器官直接感受时的分辨率太低,要求利用显示器来提高刺激感受的精确度。例如温度、声音等刺激量,均需利用适当型式的检测器和显示器来精细测量和辨读。

(6) 刺激需借助适当方式储存起来供以后引用。

(7) 将一种刺激转换为另一种刺激形式,能更好、更方便地为人的感觉器官所感受。例如,听觉报警装置可使人更易感受机器的异常工况。

(8) 有些事件或环境的刺激,其本身的性质就要求用某种形式的显示器来表现(例如道路标志、危险标志和紧急状态等信息)。

(二) 末端刺激不能为人的感觉器官所直接感受,因而必须借助于传感器来感受刺激并把刺激转换成人的感觉器官所能感受的能量形式,这就要求使用某种形式的显示器。

信息输入显示器有动态和静态两类。动态显示器传送随时间而不断变化的信息,如描述某些变量的信息显示装置;静态显示器则传送不随时间变化的固定信息,如标志、符号等。

显示器传送的信息可分为以下八种类型:

1. 定量信息 它反映变量的定量数值。
2. 定性信息 它反映某些变量的近似值或变化的趋势、速率、方向等信息。
3. 状态信息 它反映系统或装置的状态,如开一关状态,通道选择状态等信息。
4. 报警信息 它指示紧急或危险的情况。
5. 图象信息 它描述动态图象、变化波形或静态图形、相片等信息。
6. 识别信息 它指示某些静态的状态、位置或部件,以便于人能迅速识别。
7. 字符信息 它以字母、数字和符号表示某些静态的或动态的抽象信息。
8. 时间—相位信息 其信号按时断时续的不同组合方式给出或传送,如 Morse 电码、闪光信号灯等。

显然,不同类型的信息应当选用同它的特性相适应的显示器型式。

四、信息处理

信息处理的过程和情况影响或支配着人的行为或动作。人们可以普遍接受的假定是:人的行为或动作取决于信息在人体内的流动过程,即人体内部的信息流。信息流虽不能被直接观察到,但却能合理地加以推测或推断。随环境条件的不同,信息流可能是下列各项功能的不同组合:注意,感觉,感知,编码和译码,学习,记忆,回忆,推理,判断,决策或决定,发出指令信息,执行或体力响应。

为了阐明信息处理过程的本质和机理,各国学者曾提出过多种信息流模型。1980年由 B.N.Haber和M.Hershenson提出的一种信息流模型如图2-4所示。

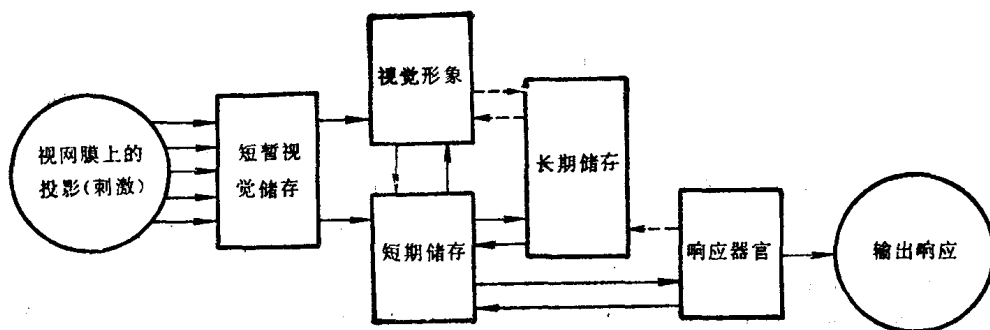


图2-4 某种信息流模型

尽管各种信息流模型之间的差别相当悬殊，人们对于信息处理过程的本质和机理尚未取得广泛一致的见解，但是根据迄今为止可以获得的证据，对于信息流或信息处理过程，还是能够概括出一些规律性认识的。其要点如下：

- (1) 人的行为或动作都是信息处理的结果。
- (2) 人体的信息处理能力是有一定限度的。
- (3) 信息处理往往包含许多阶段。每一阶段由若干信息转换（如将物理刺激转换成有某种含义的抽象信息）组成。各阶段的安排可以有串联、并联或混合式三种不同组合方式。
- (4) 分时输入和处理（即同时或快速交替地输入和处理两个以上的信息）可能会降低信息接受和处理的速率与精度。
- (5) 有许多方法和措施可以加强或扩展人的信息处理能力，如适当的设计能使显示器传送的刺激更易于被人的感觉器官所感受。
- (6) 一旦作出某种决定，神经冲动就会被传递到肌肉去执行预定的动作，而由肌肉反馈回来的神经冲动则有助于对动作的控制。
- (7) 信息流中，人的大脑皮层所能处理的信息只是感觉器官所接受到的信息量的很小一部分。K.Steinbuch对信息流在人体内传递过程中各阶段的最大信息流量作过粗略的估计，如表2-1所示。

表2-1 信息流各阶段的最大信息流量

信息流的主要阶段	最大信息流量/(bit·s ⁻¹)	信息流的主要阶段	最大信息流量/(bit·s ⁻¹)
感觉器官接受	1,000,000,000	意识	16
神经联系传递	3,000,000	永久储存	0.7

(8) 人体响应可视为信息处理过程的终结，它本身也是在“传递”信息。人通过自己的体力响应运动所能“传递”信息的效率取决于最初输入的信息的性质及要求的响应方式。W.T.Singleton估计：人的体力响应所能“传递”的最大信息量约为10bit/s。

五、影响信息接受与处理的主要因素

(一) 背景噪声

背景噪声干扰人的感觉器官对有用信息的接受，使有用刺激更难于被人所感受。为改善信息输入的情况，一般可采取降低背景噪声，提高传感器和测试仪器的信噪比，以及选择与背景噪声性质不同的、差异显著的适宜刺激方式。

(二) 刺激的速率与负荷

刺激的速率指单位时间的刺激数；刺激的负荷指需要同时注意接受与处理的刺激的类型及数量多少。人体感受刺激的精确度随刺激的速率与负荷的增高而降低。

(三) 分时输入与处理

在分时输入不可避免的情况下，为了提高信息接受与处理的速率和精度，应当遵循下列要点：

- (1) 尽可能使潜在的信息源数目减至最少。
- (2) 设法使传感器具有某种“优先选择”的功能，以便集中注意最重要的刺激。
- (3) 尽可能把利用短暂记忆或涉及低概率事件的需求降到最少限度。
- (4) 尽可能将要求个别响应的刺激暂时分开，并使其刺激速率适合于个别响应。应设法避免时间间隔小于0.5s的刺激输入。

(5) 当有几种感觉通道可供选择时，应注意到听觉通道的抗干扰能力和耐久性一般要比其它感觉通道更强的特点，可妥善加以利用。

(6) 采取一定的办法引导人的注意力，有可能增强对重要信息的优先感受能力。

(7) 当有两个以上的刺激需要从听觉通道分时输入的情况下，最好将有用的刺激信号加以恰当安排，使之不同时发生；或者将无用的刺激信号“过滤”掉。若不可能“滤”掉无用的刺激，则应尽可能扩大有用刺激与无用刺激间的差别，或使它们具有明显不同的频谱特性。

(8) 训练操作人员对某项手工操作的熟练程度，有可能降低该项信息输入与处理的负荷程度。

(四) 剩余感觉通道的利用

两个或两个以上感觉通道同时用于接受同一个刺激，就是所谓具有剩余感觉通道的信息输入方式。适当利用剩余感觉通道，可提高信息接受的概率。E.T.Klemmer曾对单有视觉输入、单有听觉输入及同时具有视觉、听觉输入三种情况进行比较试验，结果测得正确响应的百分率如下：

单独利用视觉通道时	89%
单独利用听觉通道时	91%
同时利用视觉与听觉通道时	95%

(五) 刺激与响应之间的协调性

刺激与响应之间在空间、运动和概念上相互关系的协调程度，称为协调性。空间协调性指的是物理特征或空间布置上的协调关系，特别是显示器与操纵器之间的空间协调关系。运动协调性主要指的是显示器、操纵器及系统响应的运动方向的协调关系。概念协调性主要指的是人们对于具体刺激与响应之间早已形成的固有概念或习惯定型（例如红灯指示停车，绿灯指示通行）。刺激与响应之间的协调性越好，信息接受与处理的效率就越高。有些协调关系是客观情况所固有的或人们的传统文化观念所决定的，因而是清楚的；有些协调关系则需通过试验才能查明和确定。

(六) 感觉通道的选择

人的感觉器官各有自身的特性、优点和适应能力。对于一定的刺激，选择合适的感觉通道，能获得最佳的信息处理效果。常用的是视觉通道和听觉通道；在特定条件下，触觉和嗅觉通道也有其特殊用处，尤其在视觉和听觉通道都超载的情况下，专门的触觉传感器贴在皮

肤上可作为一种有价值的报警装置。视觉、听觉和触觉通道的适用场合如表2-2所示。

表2-2 不同感觉通道的适用场合

感觉通道	适 用 的 场 合	
视觉通道	1. 传递比较复杂的或抽象的信息 2. 传递比较长的或需要延迟的信息 3. 传递的信息以后还要引用 4. 传递的信息与空间方位、空间位置有关	5. 传递不要求立即作出快速响应的信息 6. 所处环境不适合使用听觉通道的场合 7. 虽适合听觉传递,但听觉通道已过载的场合 8. 作业情况允许操作者固定保持在一个位置上
听觉通道	1. 传递比较简单的信息 2. 传递比较短的或无需延迟的信息 3. 传递的信息以后不再需要引用 4. 传递的信息与时间有关	5. 传递要求立即作出快速响应的信息 6. 所处环境不适合使用视觉通道的场合 7. 虽适合视觉传递,但视觉通道已过载的场合 8. 作业情况要求操作者不断走动的场合
触觉通道	1. 传递非常简明的、要求快速传递的信息 2. 经常要用手接触机器或其装置的场合	3. 其它感觉通道已过载的场合 4. 使用其它感觉通道有困难的场合

(七) 刺激的维数

感觉的“维”指的是每一种不同的感觉性质(如视、听、嗅、味、触觉,各算作一个“维”)或同一种感觉内的每一种不同的特征(如视觉中的形状、颜色、大小、明度等,也各算作一个“维”)。而刺激的维数则是指一个刺激物所包含或发出的感觉“维”数。例如,一个声音刺激,若只取频率或响度一个特征传递信息,就是一维刺激;若取频率和响度两个特征传递信息,就是二维刺激。研究表明,多维刺激通常比一维刺激的信息传递效率更高,在6~8维刺激下的信息传递效率约为一维刺激下的2~3倍。人的辨认能力最多能接受9维或10维刺激。

(八) 人的生理和心理状态

由于环境条件的影响及其它主、客观因素的干扰,人的生理和心理状态会发生各种不同的变化,从而影响到对信息的接受和处理能力。

(九) 人的技术熟练程度

通过训练提高操作人员的技术熟练程度,能显著提高信息接受和处理的速率与精度。

§2-3 人体感觉器官的功能和特性

一、人的感知反应过程

人的感知反应系统由感觉器官、传入神经、大脑皮层、传出神经和运动器官组成。人通过各种感觉器官接受外部刺激,经传入神经传给大脑皮层进行信息处理,神经中枢作出的决定经传出神经下达给运动器官而作出反应,这就是人的感知反应过程。

(一) 人体感觉器官的共同特性

(1) 各种感觉器官都有各自最敏感的刺激形式,这种刺激形式被称为适宜刺激。人体感觉器官的适宜刺激和识别外界的特征如表2-3所示。

(2) 刺激必须达到一定强度方能对感觉器官发生作用;同时,刺激强度又不许超过某一最高限,否则不但无效,而且还会引起痛觉。这个能被感觉器官所感受的刺激强度范围,称为感觉阈值或识别阈值。人体主要感觉的感觉阈值如表2-4所示。

(3) 感觉器官经持续刺激一段时间后,将产生适应现象,从而使其敏感性降低。如嗅