



## 工程心理学作用、地位和进展\*

文 / 孙向红 吴昌旭 张亮 瞿炜娜  
中国科学院心理研究所 北京 100101

**【摘要】** 工程心理学研究人机系统中人的心理特征、行为规律以及人与机器和环境的相互作用。作为一门较新的心理学分支学科,正随着当今社会信息化程度的提高而逐渐被人们所重视。本文概括性地介绍了工程心理学的研究对象、核心科学问题及其在国内外的发展历程。从作业者的认知操作与工作绩效,情境意识、心理负荷与自动化,以及人机交互这三个工程心理学研究的主要领域对其研究内容与进展进行了介绍,并对学科研究方法的进展及其在工业产品设计与军事领域的应用进行了总结。最后,本文从理论和应用两方面对未来工程心理学的发展提出了建议和展望。

**【关键词】** 工程心理学,人机系统,核心问题,研究方法

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3045.2012.Z1.013

### 1 工程心理学及其核心科学问题

#### 1.1 引言

工程心理学是20世纪40年代开始发展起来的一门新的心理学分支学科。它以人-机-环境系统为对象,研究系统中人的心理特征、行为规律以及人与机器和环境的相互作用。20世纪40年代以前,各种机械系统相对简单,对使用者的操作要求也比较低。因此当时人机关系研究的基本特点是:“使人适应机器”。工程师设计机器时,往往只着眼于机械效率的提高,很少考虑使用者的要求;而心理学家的工作也局限于选拔和训练操作人员

使之适应现成的机器。但在第二次世界大战期间,各种武器装备的性能和复杂性大大提高,例如各种新式飞机、舰艇和雷达的出现,使得经过选拔和训练的操作人员也很难适应,由此产生了很多操作失误甚至导致了严重的安全事故。这迫使人们去重新审查武器装备的设计,并促使人们认识到机器和操作者是一个整体,武器只有与使用者的身心特点匹配时才能安全而有效地发挥作用。由此,人们从主要研究如何由人适应机器转向如何使机器适应人,从而形成了工程心理学这门学科。这也决定了工程心理学的根本目的是使工程技术设计与人的生理、心理特点相匹配,从而提高系统效率、保障人机安全并使人在系统中能够有

\* 修改稿收到日期:2011年11月7日

效而舒适地工作。

## 1.2 工程心理学的发展

工程心理学的发展经历了萌芽、兴起与成熟三个阶段。萌芽时期研究的显著特点是最大限度地挖掘人的操作效率。在对待人机关系上,认为人要适应机器;在兴起阶段,技术的发展与系统的复杂化使人们认识到机器适应人的必要性与重要性,提出以人为本的设计理念;在发展和成熟阶段,系统设计中的人机匹配问题,人和机器的相互作用过程,以及伴随人机交互过程中的心理加工过程的分析成为研究的主题。同时,由于计算机的广泛应用和生产过程自动化程度的提高,使人机结合方式和人在系统中的地位与作用发生了深刻变化。在系统中人由操作者转变为监控者,体力负荷降低、心理负荷增大;人机间的信息交换方式由机械式转为对话式等。认知因素而非生理因素成为现代人机系统的核心问题,认知实验心理学成为现代工程心理学的理论基础。

工程心理学研究在中国起步较晚。20世纪50年代主要开展操作合理化和技工培训方面的工作。60年代开始结合航天、航空、铁路和电站建设的要求开展研究。根据国家建设需要先后开展有关铁路信号、水电站监控室信息显示,飞机驾驶舱照明、信号、仪表显示等方面的人机匹配问题的研究,取得一批研究成果。70年代后期,中科院心理所和杭州大学分别建立以工程心理学研究为主要方向的研究机构。这个时期我国工程心理学主要开展有关照明工效、航空工程心理学、环境噪声心理学的研究,取得了显著成绩。与此同时,中科院心理所和杭州大学的心理学家开始招收工程心理学硕士和博士研究生,杭州大学创设了我国第一个工业心理学本科,培养了第一批工程心理学学者。

80年代中期开始,我国工程心理学进入新的发展时期,国际学术交流进一步展开,有关人机关系问题研究的重要意义逐渐被国家有关部门和社会有识之士所认识。这为工程心理学与其他学科的交叉渗透和协作研究创造了有利的条件,推动了人机关系问题的研究向广度和深度发展。中国心理学会、中国航空学会、中国机械工程学会、人工智能学会、人类工效学会等全国一级学会先后建立以研究人机关系为主要内容的专业委员会。国家为了加快制定有关人机关系内容的技术标准,分别在国家标准局(国家技术监督局前身)和国防科工委下设立全国人类工效学标准化技术委员会和国家军用 机 环境系统工程标准化技术委员会。在这两个标准化技术委员会的推动下,全国有关学科的学者、专家协作研究,制定了大量有关人机系统或工作环境内容的国家标准,为国内研究人机关系问题的不同学科学者联合建立全国统一的学术团体创造了条件。1989年,中国人类工效学会成立,并在该学会内组建了认知工效学专业委员会。该时期我国工程心理学者除了继续航空航天工程心理学、照明工程心理学、环境噪声控制和铁道信号等研究外,还在有关工程人体测量、体力工作与心理工作负荷、道路交通安全与效率、色彩环境、计算机视觉显示终端、人-计算机界面、人工智能、事故与安全、国防等方面开展心理与行为实验研究和数学及仿真模型研究,建立系统的人-机-环境理论体系,基于人的神经和心理机制认识并预测人在复杂和应激条件下的行为特征,设计新型的以人为中心的智能系统,取得了许多新的研究成果,发表了大量有关工程心理学的论文和研究报告。我国还出版了多种有关工程心理学或人类工效学的论著与教材。全国有几十所高等院校



中国科学院

开设了工程心理学或工效学课程。我国工程心理学取得了很大的进步。

### 1.3 核心科学问题

围绕人机系统效能与效率的发挥,工程心理学的核心问题可以分为以下4类:

(1)人体生理心理特点和人的工作能力限度相适应的问题。在人机系统中,人机关系主要表现为两个方面:一是人机功能分配,二是人机特性匹配。工程心理学侧重于从工程设计的角度对身心因素进行研究。

(2)人机过程和人机界面设计要求的相关问题。人机信息交换的效率,在很大程度上取决于显示器与控制器同人的感觉器官和运动器官的匹配程度。工程心理学为各类显示装置与控制装置的设计提供心理学的原则和人机匹配的参数。

(3)工作空间设计要求的相关问题。在人机系统中,工作空间的大小、显示器与控制器的位置、工作台的高低、座位的尺寸、机具和加工件的排列、工作间的距离等,都会对操作人员的工作效率与安全产生影响。

(4)人的绩效和工作负荷的计算建模研究。通过计算机等技术和数学模型对人的各种活动进行模拟和预测,将是未来工程心理学发展的重要方向。

其中,揭示人在操作过程中的心理特点与心理机制是回答以上问题的关键。而人的操作信息加工机制、认知操作与工作绩效的关系、心理负荷与意识的监测以及心理规律在人机交互设计中的应用是近年来的主要研究方向。

## 2 作业者的认知操作与工作绩效

在人机关系中,人的工作绩效或作业绩效是人机系统效能发挥的体现。与人的作业相关的知觉与运动是研究的关键,其中涉及刺激输入、中枢加工(刺激识别与反应决策)、控制反应几个阶段。各个阶段都存在工程心理学特有的基础研究课题。如,刺激反应相容性(Stimulus-Response

Compatibility)、警觉(Vigilance)、多任务绩效和运动控制(Aimed movements and fitts' s law)。

当刺激的空间位置与动作反应的空间模式相一致时,可获得最佳的反应结果,即反应时间最短,错误率最低,这就是刺激反应相容性。这一原则不仅适用于空间领域,刺激与反应在概念/语义上的一致性也符合这一原则。研究表明,肢体动作的方向和位置并不是相容性的关键,动作的目标位置(即工具的指向和位置)才是关键。也就是说,设计者应尽量使工具的方向与手(或脚)动作的方向一致。刺激反应相容性为工业设计提供了一条重要的指导原则。

警觉是指在相对较长时间内个体对某种或某些试图检测到的特定刺激保持注意。自动化系统的应用,使作业者承担了很多监控任务(如监视异常信号的出现),且在现代作业中越来越普遍。如何提高作业者对低概率目标刺激的警觉水平?传统观点认为,警觉与作业者的唤醒程度有关。但最近研究表明,警觉水平与工作负荷有关。对血流速度的测量发现,速度越快警觉水平越高。认知神经技术的应用将为警觉研究提供新的证据。

作业者运动操作过程中的运动特征、时间、范围和准确性也是工程心理学关注的问题。Fitts定律表明,动作所用时间是动作难度的指数函数,当前位置与目标位置的距离越长,所用时间越长;目标越大,所需时间越短。在操作台的设计,甚至软件设计中都广泛应用了Fitts定律等工程心理学的研究成果。

## 3 情境意识,心理负荷与自动化

在作业过程中,作业者常常需要同时完成两个或多个任务。当两个刺激在短时间内相继出现时,作业者对于后面刺激的反应存在一个短暂的不应期,即心理不应期(psychological refractory period, PRP)。两个任务在处理阶段、感觉通路、编码和通道上越相似,双任务的绩效就越差。PRP效应和很多注意现象表明了人加工容量的有限

性。最典型的例子就是边开车边打电话,即便是在免提状态下也会影响司机的驾驶。

人的信息加工不可避免地受到有限心理资源的限制。工程心理学围绕着这一问题,针对认知加工负荷的监测,超负荷对工作绩效的影响,以及如何降低负荷展开了系列研究。心理负荷的研究在90年代得到长足发展,主要体现在心理负荷的结构组成及其测量方法上。最近几年主要在各种特殊工作领域,如交通安全、界面设计、工作安排、医疗卫生等得到大量应用。

情境意识(Situation Awareness, SA)的概念最早用来描述飞行员对作战飞行任务状态的理解,之后引起广泛关注。目前大家普遍接受的定义是1995年由Endsley给出的:在一定的时间和空间条件下,操作者对周围环境中与任务相关的信息的感知、理解以及对未来一段时间内系统状态的预测。从定义可以看出,心理负荷是单位时间内人的信息加工的量,而情境意识是指人的心理加工的内容。Durso等人(2007)曾经对此质疑,因为情境意识应该不仅包含对信息的外显加工,应该还包括对信息的内隐加工。

根据Endsley的定义,情境意识被分为三个阶段,涉及不同的认知加工过程。这种阶段的划分为情境意识的测量和情境意识原则在界面设计中的应用指明了方向。尤其是在自动化水平较高的系统中应用得更好。主要原因可能是由于自动化系统中绝大部分操作都是监控与判断任务。因此情境意识应该是一个结构化的认知加工过程。

最新的研究已突破只讨论个体的情境意识的范畴,引入了团队情境意识的概念。研究表明,团队情境意识不仅取决于团队每个成员的意识水平,同时更依赖于成员之间共享的情境意识水平。但目前团队情境意识的测量仍未解决。

## 4 人机交互研究

人机交互技术目前在社会、经济和国家安全等领域中越来越重要,自然高效的人机交互成为人们追求的目标。该领域的研究围绕计算机使用者的认知加工过程和行为特点,探讨自然和谐的人机交互理论和技术,发展和应用以用户为中心的设计方法,从而保证以信息技术为核心支持的复杂系统具有良好的用户体验,从而大幅度减少训练开销,进而提高系统效率。

人机交互的研究在经历了早期的手工作业阶段、作业控制语言及交互命令语言阶段、图形用户界面(GUI)阶段和网络用户界面的引入阶段之后,正在步入多通道、多媒体的智能人机交互阶段,人们希望实现自然人机交互来提高效率,这一问题的解决,涉及计算机科学、认知心理学、人类工效学、人工智能等多个学科领域。目前人机交互成为研究热点,2007年美国自然科学基金会在信息与智能系统方向列出的三个核心技术之一是以人为本的计算;欧盟第七框架项目中也包含了自然人机交互。近两年研究热点主要集中在自然、高效的多通道交互(MMI),脑机接口(Brain-Computer Interaction),社会计算(Social Computing)。

自然交互是指用户和机器设备的交互已经不再依赖传统的输入设备和输出设备,界面的操作就像日常生活中的动作一样,用户无需学习即可使用自如。目前自然交互包括手势识别、3D沉浸式界面(3D Immersive Interface)和体感识别等。除此之外,认知神经科学和脑成像技术提供了与脑的活动直接交互的新能力,人可以通过脑机接口这种脑和外部设备直接交流的方式,来提高人的认知或感知功能,或者为基于认知状态的界面设计提供实现的手段(Desney, 2010)。



中国科学院

社会计算关心的是社会行为和计算机系统间的交互。社会计算通常是指通过社会软件来支持的社会交互行为。关于社会计算的研究包括用户是如何在网络上进行自我展示;如何在线建立不同的社交关系,并且在线建立的社会关系对线下的关系有怎样的影响,在社交网站上的交友行为是怎样的等诸多问题。

随着计算机的普及,信息安全和隐私问题越来越受到人们的关注,成为电子商务和基于网络的人机交互重点考虑的问题。工程心理学在信息安全领域关注在各种环境中如何提高安全检测,如何设计容易检测出违反安全措施接口以及如何降低安全口令的遗忘率(Proctor et al., 2009)。近年来“通用获取(Universal access)”的概念也被引入界面设计,其含义是所有人无论何时何地都可以从信息设备中获取信息、产品和服务(Stephanidis & Akoumianakis, 2005)。这需要对不同文化、特殊人群的特点进行研究。

## 5 研究方法进展

工程心理学是一门建立在实验心理学理论和方法基础上的学科。实验研究或者准实验研究在工业心理学的萌芽阶段就成为最中心的研究方法。比如 Frederick W. Taylor 早在 1898 年就用实验方法系统研究了铲子的各种设计和每一铲不同东西的最适宜的重量对工作效率的影响。而 Frank B. Gilbreth 的砌砖实验(1909)更是现代工业心理学中动作和时间分析方法的鼻祖,为工业心理学的发展奠定了基础。在工业心理学得到长足发展的 20 世纪四五十年代,工程心理学家仍然以实验方法为主来研究指针式仪表和开关按钮设计中的人机匹配问题,因此有人把这一时期称为工程心理学发展中的“开关和表盘”时代。

之后,由于控制论和信息论的影响,工程心理学开始采用信息接收、传输、加工、反馈、信道容量、系统控制等概念分析人和机器的相互作用过程。同时,随着设备自动化程度的提高,人作为监

控者,体力负荷降低、心理负荷增大;人机间的信息交换方式由机械式转为对话式等。认知因素而非生理因素成为现代人机系统的核心问题,因此认知实验心理学成为现代工程心理学的理论基础。以上种种变化虽给工程心理学提出了新的研究方向和课题,但是却没有改变实验研究方法的中心地位。随着计算机技术和各种监控测量技术的快速发展,研究者可以将严格控制的实验情景搬到模拟器或者工作现场中去以提高实验研究的外部效度(在真实情景下的可应用性)。特别值得关注的是,认知神经科学近来的飞速发展促使工程心理学家开始采用各种脑成像技术(EEG、ERP 和 FMRI)研究人机交互过程中人的信息加工的神经机制。这方面的研究催生了一些新型人机交互界面的诞生,比如可以通过读取被试的脑电指标来让人玩一些简单的电子游戏。

脑电信号已经被证明是一个对神经活动改变敏感的指标,且被广泛应用于神经认知研究,近来也被应用于工程心理学的研究。比如,研究表明,EEG 信号的改变反应了认知负荷的增加和心理努力的分配的改变。研究还表明,EEG 信号的波谱成分显示了响应心理要求或警戒状态变化的特有改变。高时间分辨率的 EEG 信号与便携式信号采集设备结合,就能够实现自然被试在真实的环境中行为与脑电信号的同步记录。

将与特定事件时间锁定的 EEG 分段平均,可得到事件相关电位(Event-related potentials, ERPs)。ERP 反映了脑对特定的感觉、运动与认知事件的神经反应,工程心理学用该指标对心理负荷进行评估,对人在操作过程中的警戒水平进行监测,对人-机系统中操作者疲劳程度进行监控,还将其用于考察应激源、自动化以及在线自适应辅助对操作人员绩效的影响等。ERP 成分如 P300、N1、P1、ERN 与 LRP 可以为揭示作业过程中的重要功能的神经基础提供信息,包括心理负荷评估,注意资源分配,双任务绩效,错误检测与预测以及运动控制等。

功能性磁共振成像(fMRI)也是一种工程心理学研究的新方法。尽管因为实验软件设计和分析方法的局限性,使fMRI在工程心理学研究中的应用受到制约,但目前,已有将fMRI应用于模拟驾驶的实验范式。比如,研究者采用事件相关(event-related) fMRI设计来检验模拟驾驶的fMRI数据。这种实验范式能获得每个独立事件引起的脑活动的时间及其变化。该手段加上高级的分析方法,如独立成分分析等,使脑成像技术得以应用于自然行为的研究,并使对其产生的复杂数据进行分析和解释成为可能。

此外,正电子发射断层扫描(positron emission tomography, PET),经颅多普勒超声(transcranial Doppler sonography, TCD),脑磁图(magnetoencephalography, MEG)等神经认知研究方法也正在逐渐成为工程心理学的研究手段。这不仅为研究提供了有力的支持,也从根本上拓展了工程心理学的研究领域。

除了实验和准实验方法,工业心理学家还从其他的相关学科的方法中吸取养分,引入了多种描述性的研究方法。一种常用的方法就是观测法,即在现场记录任务相关的各种行为,比如,在一段路上安放多个摄像机拍摄这段路上的驾驶员使用手机的情况以及车辆行驶情况(速度、是否直线行驶、是否出事故),经过对记录的分析处理,就可以判断手机的使用是否会影响驾驶安全和绩效。观测法区别于实验法的地方在于观测法中研究者并不试图去控制环境条件和驾驶人员的行为,能获得自然状态下的结果。另外,经常采用的方法还包括调查法和问卷法、事故分析法、文献资料的元分析等。

## 6 工程心理学在工业产品设计与军事领域的应用

工程心理学在工业设计、公共安全以及

军事领域有广泛的应用。在工业设计中,应用最为普遍的就是人机交互领域。如今“所见即所得”,“即插即用”等理念已体现在所有的电子产品设计中。在功能完备、性能良好的基础,人们更加追求易学易用,追求自然交互,追求包含社交功能和情绪识别等维度的舒适体验。这里限于篇幅,只介绍关乎国家安全与公共安全方面的应用。

### 6.1 在公共安全领域的应用

近年来,我国交通、煤矿、化工/核电企业的安全事故居高不下,高铁撞车、危险化学品泄漏、场馆拥挤造成恶性踩踏事故等,损失重大。不仅每年因交通事故造成的伤亡达十万之众,甚至乘坐公用电梯也具有一定的安全风险。分析事故原因,大多是由于系统的显示界面和操作界面的人机交互设计不当,导致了人误(Human Error)。例如1979年美国核泄漏事故,工程心理学家对其主控室设计进行评估,发现控制板的设置不一致:相同功能的开关具有不同的特征;许多重要的控制器难以够到,而许多显示器难以看到;显示器布局与控制器的对应关系违反了刺激-反应相容性原则;仪表盘的组织和功能混淆,没有把一组控制器和显示器划分成有意义的组群等。当人处于正常状态时,操作员尚能正确操作;一旦处于紧急状态,不良的设计必然使误操作大幅增加。杜绝或减少人误的根本途径在于,分析任务操作中各个环节的心理加工机制,揭示产生人误的根本原因,从而有针对性地改进和优化界面设计,减少人误发生的可能性。

驾驶安全。人-车-路是驾驶安全的三个重要环节。以人为中心,围绕着人的驾驶绩效,道路的设计,包括交通标识、信号灯以及路况信息的显示需要最大限度满足人的感知觉能力限制;车的设计也是一样。随着信息技术的发展,车载导航、车载电话日益普及。高技术带来的安全隐患若想降至最



中国科学院

小,需要研制对司机的驾驶状况进行实时准确判断的智能系统。因此,对疲劳驾驶、酒驾、驾驶负荷以及驾驶情境意识的监测成为近十几年研究的热点。监测手段大多是通过记录眨眼次数、体动指标或是驾驶者对车辆的控制操作,如方向盘转角、油门力度等来判断驾驶状态。心理学提出的关键指标是对心理负荷与驾驶情境意识的测量。该测量一般将生理指标和驾驶绩效整合,提出一个复合指标。我国这方面研究尚处于起步阶段。中科院心理所从20世纪90年代末开始探讨驾驶行为状态的监测。开发出的生理指标和心理测验相结合的驾驶员心理负荷监测系统,以及驾驶员情境意识监测系统已获得国家专利。利用无创监测脑电技术开发出的实时监测疲劳驾驶的脑电监测装置,目前正处于寻找关键测量指标阶段。

对于驾驶行为的认知模型的研究主要集中在驾驶过程中情境意识模型和基于ACT-R的驾驶行为模型的建立。基于ACT-R的驾驶行为模型是以情境意识的预测和验证为目的的。近期关于驾驶行为的研究还包括言语交流对汽车驾驶行为的影响、道路交通标志的量化评价方法、驾驶员驾驶行为状态监测研究等,上述驾驶相关的研究工作为驾驶认知模型的建立打下了良好的基础。基于排队网络的计算模型(QN-MHP)可以较好地计算模拟驾驶员的工作负荷,任务反应时间以及速度控制等绩效,为设计智能驾驶系统提供了人类绩效预测。

飞行安全。我国从20世纪50年代就开始航空心理学的研究。主要是制定包括直升机座舱照明的工效学设计等多项军用标准,以及开展载人航天的预研,如以动物为实验对象,探讨模拟失重条件下的感知觉变化规律。90年代心理所主要承担了“航天员选拔心理会谈的方法和评价标准研究”与“空军招飞心理选拔测评系统”的研制。目前该成果已经分别应用于我国航天员和空军飞行员心理选拔,取得很好的效果。该成果分别于1999年和2001年获中国人民解放军军队科技进步

奖二等奖。2010年核心技术——心理选拔与测评技术参与获得国家科技进步奖一等奖。21世纪初,在民航基金和自然科学基金的支持下,国内开展了飞行员和航空管制员的情境意识的研究,以及X-光行李检测效率与视觉搜索机制的研究,旨在针对特定任务从认知成分中揭示空管人员情境意识的构成,以及提高空港安检效率的方法。研究提出了一个空中交通管制任务的认知模型,该模型表明,一些认知成分,如知觉速度与准确性、空间工作记忆与言语工作记忆、前瞻记忆,与情境意识的获取与保持具有相关性。因此,这些认知成分可能在某种程度上能够预测管制员的情境意识。

紧急状态下的人员疏散安全。应急疏散中人的行为的研究大多集中在火灾逃生领域。国内从1996年开始进行疏散行为的相关研究(张培红,2001),目前国内的主要科研机构和一些高校的安全工程学科都逐渐涉足人员应急疏散和疏散心理行为研究,但以工程研究机构为主,心理学研究机构参与的项目较少。以往国内的研究仅仅是引用、汇总和分析国外已有研究成果(李嘉华,1998,2004;童庆杰,2004),现在逐渐转向结合国外研究成果进行一些实证性研究,如调查火灾亲历者(肖国清,2002;张树平,2002),但目前公开发表的针对我国人群疏散心理行为特点的实证性研究结果很少。由于近年来我国的大城市,特别是北京市,人口密度激增,大型公共场所、体育场馆的应急疏散及性能评价成为十分重要而迫切的研究问题。针对我国人群的安全心理行为特点,以及影响应急疏散过程的机理和程度进行深入系统的研究,将为国内相关科技和工程应用提供适合中国人特点的疏散行为参数。

## 6.2 在军事领域的应用

无论是以人力为主的传统战争还是以科技力量为主的现代战争,人始终是战争的核心,是制胜的关键。作战人员的身体状态、精神状态、心理状态决定了武器装备的发挥。越是先进的设备,往

往越需要复杂的控制系统,其一方面要求坚持人性化设计,另一方面要求使用者具有良好的心理素质,如对于飞行员而言,良好的眼手协调能力、注意集中与分配能力、空间认知能力以及推理和编码能力是其必备的心理品质。

关于特殊兵种的心理品质结构及其选拔技术的研究,除前文介绍的在飞行员、航天员选拔的应用外,还有舰艇人员的心品选拔。但选拔与训练仅只是提高武器系统效率的一种途径,从信息加工过程的分析角度,改进武器装备的设计才会产生事半功倍的效果。

现代战争的最大特点就是信息技术的大量应用。在军事对抗中能否取胜,不仅仅取决于队伍的强大和武器的精良,很大程度上取决于对战场信息快速而准确的感知、判断和决策。随着遥感、通讯、无线传感器网络等信息技术的迅猛发展,人们对信息感知的范围日益扩大。对海量信息的快速而有效的感知和整合成为我军信息化建设的当务之急。军事对抗的双方谁能够更为全面地获取信息,快速感知战场态势,谁就能掌握先机,稳操胜券。对信息的感知是认知的重要组成部分,因此美国国防计划 DARPA 中,已明确将认知计算作为 8 个重点研究领域之一。该领域的研究旨在解决军事思维和军事决策对信息数量、质量和时效的要求与信息的感知传输手段之间的矛盾。

国内在与军事对抗相关的认知过程领域的研究积累并不多见,主要集中在工程心理学、航空心理学、计算机科学、自动化领域。中科院心理所在视觉搜索领域对视觉搜索的记忆机制以及视觉搜索的记忆容量进行了探讨,发现视觉搜索不仅有记忆过程的参与,而且容量为 4(王治国,2007),还有研究涉及空港安检中的视觉搜索效率,从人

的认知加工特点入手,揭示目前空港行李安检的无限品漏报率居高不下的关键原因,并提出改进的措施(王治国,2008)。

国内利用沉浸式虚拟现实技术研究空间认知是中科院心理所率先展开的。研究集中在空间表征与空间更新的特性上。在已发表的论文中,使用的是小尺度(桌面尺度)的真实场景或利用虚拟现实技术构造的虚拟场景。其中有 8 篇文章发表在美国心理协会主办的《实验心理学》杂志上,3 篇发表在 *Cognition* 杂志上,文章具有较高的理论意义,尤其是在揭示注意在空间记忆中的作用,探讨自我参照系与环境参照系之间的关系等问题上,其研究结论获得国际同行高度评价。但对于大场景中的空间认知特性却研究的很少,能否将小尺度场景中的空间认知特性推广到大场景也是需要验证的问题。

## 7 学科未来发展方向

综上所述,工程心理学是一门与社会经济发展密切相关的应用基础学科,以操作者的信息加工过程及其心理机制为核心研究内容,揭示人机交互过程中人的信息加工局限,为人机系统提供设计和优化原则。经历了几十年的发展,在工业设计、公共安全、国防、人机交互等领域发挥着重要的作用。随着信息时代的进步,工程心理学将融入社会生活的各个方面,在以下领域有望取得较大突破。

在理论研究方面,更加注重依靠认知神经科学的研究手段,深入揭示空间认知、视觉搜索、阈下知觉、心理负荷与情境意识、多任务操作等认知过程的心理机制,尤其是重点揭示在特殊工作环境和条件下的基本认知操作的心理机制,如航天员在轨作业与地面操作条件下的相关认知能力的变化



中国科学院



与心理负荷的测量,空港安检人员在事件率小于万分之一条件下的视觉搜索,以及消防指挥人员在紧急接警条件下的信息获取与决策等。

生活在自由通信网、互联网、传感网等相互融合的混合网络环境中的人类,留下的数字足迹汇聚成为一幅复杂的个体和群体行为图景。社会计算,特别是社会感知计算方法强调利用先进计算科学技术感知现实世界个体和群体行为,从而理解人类社会的活动模式,并为人类个体和群体的需求提供智能辅助和支持。在党的十七大报告明确强调要“加强心理疏导”和胡锦涛同志近期讲话中明确指出要“扎扎实实提高社会管理科学化水平”的国家重大需求面前,国民心理服务与群体行为管理研究成为当前心理学研究直接服务国家需求的热点问题,而心理学与社会感知计算等信息科学前沿技术的结合,为满足国家需求提供了切实可能,也为学科交叉创新创造了良好契机。社会感知计算等信息科学与心理学的交叉融合,极有可能在揭示人类社会内在活动规律这一领域得到重大原创性突破。

在设计和工程方面,研究将迅速地延伸到各种民用品领域,尤其是智能产品。工程心理学的学科思想将在继承中有新的发展。由于可持续发展理论的渗透,现今工程心理学的学科思想也正经历着又一次新的演进。可持续发展理论下的设计观有节能设计、再生设计(可回收利用)、生态设计等等。四维的和谐统一:总的说是要求保护生态环境、人与自然保持持久和谐,设计伦理回归到中国古代理想“天人合一”的理念。此前的观念是:要求人、机、环境三者和谐统一。吸取可持续发展理念以后,可以表述为:要求人、机、环境、未来四者和谐统一。即由原先的三维(人、机、环境)和谐统一,加上一维(时间、未来),演进为四维的和谐统一。

目前无论民用设备还是军事武器装备的人机界面研究仍存在很大空白。20世纪六七十年代,我国对舰艇、战机和坦克的人机界面进行了一些

非系统化的研究。随着技术的发展,武器装备也在日新月异地变化。但进入本世纪以来,我国的大多数研究转向国家军用标准的制定,如GJB2873等。计算机与各种自动装置的广泛使用给使用者提出了新的要求与挑战,如何根据我国军事人员的特点,对武器装备的界面进行评估和改进已经成为一个亟待解决的问题。在面对未来信息化战争方面,要加强信息感知与对抗中的认知机制的探讨。其中包括以研究人在复杂环境中的信息感知机理为切入点,揭示在战场环境下人类优于现代计算技术与信息技术的包括信息探查、信息搜索、目标识别等认知过程的心理机制,以无创脑电技术为依托,探讨对战场环境下操作人员(如飞行员)当前状态进行实时监测的脑电指标。在此基础上,对在战场环境下的认知操作建立数学模型,以期对未来战争中的信息感知与对抗提供理论基础。

#### 参考文献

- 1 Desney T. Applying our Minds to Human-Computer Interaction. London: Springer-Verlag, 2010.
- 2 Galea E R, Blake S. Client Report, Collection and Analysis of Emergency Services Data Relating to the Evacuation of the World Trade Centre. Fire Safety Engineering Group, University of Greenwich, UK, 2004.
- 3 Galea E R, Blake S. Client Report, Collection and Analysis of Human Behavior Data appearing in the mass media relating to the evacuation of The World Trade Centre Towers of 11 September 2001. Fire Safety Engineering Group, University of Greenwich, UK, 2004.
- 4 John L, Bryan A. Selected Historical Review of Human Behavior in Fire. Fire Protection Engineering, Fall, 2002: 16.
- 5 Lo S M. People in Fires - A Study of the Behavioral Reactions of People in a Fire Incident in Hong Kong, Fire Engineers Journal, July 1996: 21-25.
- 6 NIST. 2003 report to congress of the national construction safety team advisory committee. december 2003.
- 7 Proctor R W, Schultz E E, Vu K-PL. Human factors in information

- security and privacy. In Handbook of Research on Information Security and Assurance, ed. JND Gupta, SK Sharma, Hershey, PA: Inform. Sci. Ref., 2009, 402-414.
- 8 Stephanidis C, Akoumianakis D. A design code of practice for universal access: methods and techniques. In Human Factors in Web Design, ed. RW Proctor, K-PL Vu, Mahwah, NJ: Erlbaum, 2005, 239-250.
- 9 陈立. 向四个现代化进军中的工程心理学. 心理学报, 1979, (2).
- 10 李嘉华, 王月明, 雷劲松. 火灾时人的避难心理行为及建筑疏散设计. 消防科学与技术, 2004, 23(1): 39-42.
- 11 李嘉华. 高层建筑火灾时人的避难心理及疏散设计. 西南工学院学报, 1998, 13(2): 53-58.
- 12 马莉莉. 建筑消防过程中人员安全疏散问题的计算. 机模拟研究, 武汉大学硕士学位论文, 2004.
- 13 蒙慧玲. 高层宾馆安全疏散的性能化设计研究. 西安建筑科技大学硕士学位论文, 2003.
- 14 石英. 人因工程学, 北京: 北京交通大学出版社.
- 15 童庆杰, 权高峰, 邵力. 火灾事故中人的心理及行为分析. 合肥工业大学学报(社会科学版), 2004, 18(3): 159-162.
- 16 威肯斯(美)等著, 张侃等译. 人因工程学导论(第2版), 上海: 华东师范大学出版社.
- 17 肖国清, 陈宝智, 王浩. 建筑物火灾中人的行为的研究. 人类工效学, 2002, 8(1): 46-50.
- 18 肖国清, 张培红, 陈宝智. 建筑物火灾疏散中人的行为研究的回顾与发展. 中国安全科学学报, 2001, 11(3): 50-54.
- 19 张培红, 陈宝智, 刘丽珍. 大型公共建筑物火灾时人员疏散行为规律研究. 中国安全科学学报, 2001, 11(2): 22-26.
- 20 张培红, 陈宝智. 火灾时人员疏散的行为规律. 东北大学学报(自然科学版), 2001, 22(1): 54-56.
- 21 张树平, 卢兆明, 史行君. 宝鸡市人民商场火灾逃生调查研究. 中国建筑学会建筑防火综合技术分会第三届理事会成立会论文集, 2002, 19-23.
- 22 朱祖祥. 建设本土化的工程心理学. 应用心理学, 1995, (1).
- 23 朱祖祥. 中国人类工效学的回顾与展望. 人类工效学, 1995, (1).

### The Role, Status, and Current Development of Engineering Psychology

Sun Xianghong Wu Changxu Zhang Liang Qu Weina

(Institute of psychology, CAS 100101 Beijing)

**Abstract** Engineering psychology is the science of human behavior and information processing capability, affecting the design and operation of systems and technology, with the intent of improving the relationships of people to machines. This may involve redesigning equipment, changing the way people use machines. As a new branch of psychology, engineering psychology is drawing more attention with the fast growing of information technologies. This paper reviewed research topics and Core scientific problems of engineering psychology, and current development process in the world, which included the research on performance of perceptual-motor tasks, situation awareness, mental workload, automation, and human-computer interaction. The advanced research methods and its application in industry and military field were summarized. The prospect of the future development of engineering psychology in theory and application was provided at the end of this paper.



中国科学院

**Keywords** engineering psychology/human factors, critical issues, research methods

**孙向红** 中科院心理所研究员, 博士生导师, 副所长。长期从事工程心理学研究, 主要集中在人机交互、驾驶行为、心理负荷与情境意识、公共安全等领域。承担了“影响X光行李检测漏检率的因素及提高检出率的方法”等国家自然科学基金项目和国防创新项目。发表学术论文30余篇, 专利1项, 软件著作权3项, 参加获得国家科技进步奖一等奖。兼任中国人类工效学会副秘书长, 中国心理学会副秘书长, 中国人工智能学会理事, 泛太职业工效理事会执委(PPCOE: Pan-Pacific Council on Occupational ergonomics), 《心理科学进展》编委。E-mail: sunxh@psych.ac.cn

---

接215页

cognitive science. CAT and CDT are applied at currently. Computational intelligence is becoming an important research technology. Psychometrics has broad application prospect in the areas of education, medicine, government, industry and military. However, it needs to strengthen the studies on modeling, parameter estimation, equating, difference of item function and standard setting. A good legal environment and high quality talents team are very important for the application of psychometrics.

**Keywords** psychometrics, classical test theory, item response theory, generability theory, computerized adaptive test, cognitive diagnosis theory

**余嘉元** 南京师范大学心理学院教授, 博士生导师, 中国心理学会心理测量分会副理事长。主要研究领域为心理测量, 出版著作4部, 发表学术论文200余篇。E-mail: yujiayuanwx@163.com