



九五

★★★★★

普通高等教育“九五”教育部重点教材



工程心理学教程

主 编 朱祖祥

人民教育出版社

普通高等教育“九五”教育部重点教材

GONGCHENG XINLIXUE JIAOCHENG

工程心理学教程

主 编 朱祖祥

副主编 葛列众

人民教育出版社

·北京·

313 43 14

图书在版编目 (CIP) 数据

工程心理学教程/朱祖祥主编. —北京: 人民教育出版社, 2002
ISBN 7-107-15427-3

- I. 工...
- II. 朱...
- III. 工程心理学—高等教育—教材
- IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 030439 号

人民教育出版社出版发行

(北京沙滩后街 55 号 邮编: 100009)

网址: <http://www.pep.com.cn>

人民教育出版社印刷厂印装 全国新华书店经销

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 3 月第 2 次印刷

开本: 787 毫米×1 092 毫米 1/16 印张: 34.25

字数: 736 千字 印数: 601~3 600

定价: 37.00 元

前 言

本书是根据教育部高等学校“九五”重点教材编选计划进行编写的，是一本供高校心理学专业和其他相关专业学生学习工程心理学和人类工效学课程用的教科书或教学参考书。

工程心理学主要研究人的生理、心理和行为特点及其对工程技术设计的匹配关系。实验心理学、认知心理学是它的基础，它的研究内容不仅涉及人体生理学、人体测量学等人体科学，而且还涉及机械、电子、计算机等工程技术及信息等科学。因此它是一门综合性的学科。研究人的身心行为特点与技术设备匹配关系的学科，除了心理学外，还有生理学、医学、工程技术及其他学科。具有不同学科背景的研究者，偏爱使用不同的学科名称。除了工程心理学这个名称之外，常见的还有人类工程学、人机工程学、人类工效学、人类因素学、人类因素工程学、人机环境系统工程等。这些不同的学科名称，有着相通的研究内容和相似的研究方法。它们的目的是为了优化工程技术设计，为了使工程技术设计成与使用者的身心行为特点相适应，使人在人机环境系统中能安全、高效、健康和舒适地工作。自然，由于持不同学科名称的学者具有不同的学科背景，因而所研究的内容和使用的方法也有不同的偏重。一般说，人类工效学、人机工程学、人类因素工程学等侧重于研究如何把人的数据具体应用于工程技术的设计，而工程心理学则着力于研究在一定环境条件下人的身心能力限度和行为表现特点，为工程技术的人性化设计提供科学的依据。也就是说，工程心理学不仅要让人了解人机匹配的原则是什么，而且要使人懂得人机匹配的原理和缘由。因而工程心理学是一门兼顾基础研究与应用研究的学科。本书内容力求体现基础研究与应用研究相结合的思路。

全书分五篇，共22章。第一篇导论，主要讨论工程心理学的研究对象和方法，并简要介绍了人体活动与人脑信息加工过程的基础知识。第二篇讨论人机系统及人机界面设计的心理学原理与原则，其中包括人机系统的设计与评价，视觉、听觉显示器与语言通讯系统设计的人机匹配原则以及控制器设计的人机匹配要求。第三篇讨论了人一计算机界面设计的心理学问题，其中包括计算机键盘、鼠标等硬件界面与菜单、图符等软件界面设计的人机匹配要求。在这一篇中还介绍了人一计算机界面的最新发展趋势。第四篇主要讨论有关人的作业活动的特点及作业设计的基本原则，其中包括手控与监控、作业分析与测量、体力工作负荷与心理工作负荷、事故与人的差错等方面的内容。第五篇讨论工作空间设计与工作环境设计问题，其中包括工作场所与工位设计，照明、噪声、振动与微气候等工作环境界面设计中的人因素问题。本书由四人分工撰写，朱祖祥教授（第一、二、三、四、五、六章），葛列众教授（第十、十一、十二、十三、二十、二十一、二十二章），张智君

教授（第十五、十六、十七、十八、十九章），张彤副研究员（第七、八、九、十四章）。全书最后由朱祖祥统稿。

在本书编写过程中我们参考了国内外出版的大量有关文献，并引用了其中的部分资料。本书的部分内容还取自作者参与编写并于1990年和1994年分别出版的《工程心理学》与《人类工效学》两部教材。我们谨向这些文献的作者致以诚挚的感谢。

限于作者水平，书中难免有错漏之处，敬希读者指正。

朱祖祥

2002年7月

目 录

导 论

第一章 工程心理学的对象和作用	3
第一节 什么是工程心理学.....	3
第二节 工程心理学研究的内容.....	4
第三节 工程心理学的目的和作用.....	7
第四节 工程心理学与其他学科的关系.....	9
第五节 工程心理学的发展	10
第二章 工程心理学的科学基础	13
第一节 工程人体测量	13
第二节 人体活动能量供应与输送	27
第三节 人体活动执行系统	40
第四节 人体活动的支配和调节系统	46
第三章 人的信息加工	56
第一节 人的信息加工过程模型	56
第二节 人的信息接收与传递	57
第三节 人的信息中枢加工	64
第四节 人的信息输出	69
第四章 工程心理学的研究方法	84
第一节 心理学研究的基本要求	84
第二节 访谈法和问卷法	86
第三节 观察法	91
第四节 心理测量与测验	94
第五节 心理实验方法.....	100
第六节 模拟研究.....	108
第七节 研究方法评价.....	110

人机系统与人机界面的设计与评价

第五章 人机系统	115
第一节 人机系统的一般概念.....	115
第二节 人机交互过程.....	118
第三节 人机配合.....	120
第四节 人机系统分析.....	122
第五节 人机系统评价.....	127
第六章 视觉特性及视觉显示器设计中的人因素	130
第一节 视觉基本特征.....	130
第二节 视觉显示器的分类和一般设计要求.....	143
第三节 视觉显示器的信息编码.....	146
第四节 表盘—指针式仪表设计中的人因素.....	154
第五节 电光显示器设计中的人因素.....	160
第六节 灯光信号显示.....	167
第七节 字符标志设计中的人因素.....	171
第七章 听觉特性及听觉显示器设计中的人因素	179
第一节 听觉基本特性.....	179
第二节 听觉显示器的使用和设计.....	186
第三节 听觉告警信号的设计.....	188
第四节 话音信号的设计.....	191
第八章 言语通讯	198
第一节 言语概述.....	198
第二节 言语可懂度.....	203
第三节 言语通讯系统的设计.....	216
第九章 控制器设计中的人因素	226
第一节 控制器概述.....	226
第二节 控制器的一般设计要求.....	228
第三节 控制器的位置与排列.....	233
第四节 通用控制器与特殊控制器.....	238
第五节 控制器与显示器的综合设计.....	256

人一计算机界面设计与评价

第十章 人一计算机交互作用	265
第一节 人一计算机界面概述.....	265
第二节 程序软件开发中的人因素.....	270
第三节 联机帮助和出错处理.....	271
第四节 人一计算机界面的评价和测试.....	276
第十一章 计算机输入输出设备设计中的人因素	279
第一节 键盘.....	279
第二节 其他输入装置.....	282
第三节 计算机输出装置.....	287
第十二章 计算机软件界面设计中的人因素	293
第一节 菜单、填空和问答式人一计算机界面.....	293
第二节 命令语言、功能键和自然语言人一计算机界面.....	299
第三节 直接操作界面.....	301
第四节 计算机图符界面.....	305
第十三章 新兴计算机界面中的人因素	310
第一节 自适应人一计算机界面.....	310
第二节 虚拟现实.....	314
第三节 计算机支持的协同工作.....	316
第四节 网络用户界面.....	320

人的作业设计与评价

第十四章 手工控制与监控	327
第一节 手工控制概述.....	327
第二节 手工控制的绩效测量与人的能力限度.....	335
第三节 手工控制中的人因素.....	337
第四节 人的描述函数.....	345
第五节 监控与自动化.....	348
第十五章 作业研究与测量	357
第一节 作业研究与测量概述.....	357

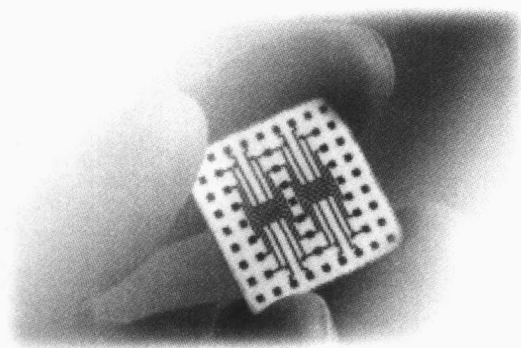
第二节	作业程序分析	361
第三节	动作分析与动作经济原则	367
第四节	工时分析测定	373
第五节	预定动作时间标准研究	382
第六节	工作抽查分析	385
第十六章	应激、工作负荷与疲劳	389
第一节	应激	389
第二节	工作负荷	396
第三节	疲劳	403
第四节	提举作业负荷的设计	409
第十七章	注意、心理工作负荷与警戒	415
第一节	注意模型	415
第二节	注意类型与心理工作负荷	419
第三节	心理工作负荷测量	424
第四节	警戒	432
第十八章	安全、事故与人为差错	437
第一节	安全、事故与人为差错概述	437
第二节	诱发和影响事故的因素	442
第三节	危险度评价与危险控制方法	449
第四节	产品和设备的安全分析	452
第五节	安全管理程序与事故研究	457

工作空间和工作环境的设计与评价

第十九章	工作空间	469
第一节	工作空间设计概述	469
第二节	工作空间设计的基本原则	473
第三节	工作场所设计	478
第四节	作业区域设计	485
第五节	工作坐椅设计	490

第二十章 照明环境	496
第一节 照明环境的度量和评价.....	496
第二节 照明对视觉作业的影响.....	501
第三节 眩光效应.....	506
第四节 适宜的照明环境.....	508
第二十一章 噪声和振动环境	510
第一节 噪声.....	510
第二节 振动.....	516
第二十二章 微气候环境	525
第一节 微气候环境的度量.....	525
第二节 人体的热平衡和温度调节.....	528
第三节 冷热环境对人体及工作绩效的影响.....	531
第四节 至适温度和衣着效应.....	534

第一编



●
导 论

第一章

工程心理学的对象和作用

任何一门学科，读者初接触它时，都会很自然地先想知道这门学科是研究什么的，为什么要研究它和学习它。本章作为全书的开始，将首先讨论这几个问题。

第一节 什么是工程心理学

一、工程心理学研究的对象

制造工具和使用工具是人类劳动区别于动物活动的最重要标志。人的劳动收益取决于劳动效率。效率高，收益就多，效率低，收益就小。而劳动效率又取决于劳动者的素质、工具质量和环境条件三方面的因素。只有劳动者的素质高、工具质量好、环境条件优，才能产生最高的劳动效率。这里讲的劳动者素质，主要包括身心两个方面，如体质、身材、体力等是身体方面的素质，认知能力、意志品质、性格特征、工作责任心等是心理方面的素质。这里讲的工具不仅指以人力为动力源的钳子、榔头等简单的手工劳动工具，而且也指机床、汽车、飞机、船舶、计算机等以燃料、电为动力的各种机器。这里讲的环境，不仅指劳动者周围的噪声、照明、振动、气候和工作场地、工作空间等物理环境，而且也包括劳动组织、工作制度、同事关系等社会环境。

在生产劳动过程中，劳动者、工具、环境三个方面是互相联系和相互制约的，三者组合成一个劳动所赖以实现的系统，称为人一机一环系统。任何一个人一机一环系统的效率高低，不仅依赖于人、机、环三者各自的性能和特点，而且取决于三者之间相互匹配的程度。众所周知，在机械装配中使用紧固件时，必须选用螺纹及孔径尺寸相匹配的螺栓和螺母，不然就起不到紧固的作用。人一机一环系统的情形也是为此。让儿童去使用成人使用的榔头，或成人使用儿童用的榔头，其劳动效率都不可能高。一台为人操纵的机器，它的性能指标可能很先进，但是它与人的身心能力特点不相适应，那么，机器性能越先进，人就越驾驭不了，它不仅不能提高工作效率，而且还容易引发事故。同样，环境因素若超过

人能耐受的限度，自然也会对工作与安全产生不利的影晌。因此，一个优化的人—机—环系统，在人、机、环三者之间必定具有优化的匹配关系。为了正确设计各种人—机—环系统，就需要研究系统中的人、机、环之间的匹配关系。工程心理学就是以人—机—环系统中的人、机、环三者匹配关系作为研究对象的学科。

二、人是人—机—环系统的中心环节

在人—机—环系统中能否处理好人、机、环三者的关系，关键在于是否能正确地对待人在系统中的位置。对如何看待人在人—机—环系统中的地位和作用问题，有两种截然不同的观点。一种观点认为在人—机—环系统中机器是起主导作用的，人是为机器服务的，因而人应该围着机器转。在这种观点主导下，设计系统时往往只考虑如何提高机器的性能而不考虑或很少考虑人的要求和特点，即所谓“见物不见人”。可把这种观点称为“机器中心论”。另一种观点与此相反，认为在人—机—环系统中起主导作用的是人，机器是为人的服务的，而且是由人驾驭和控制的，因此机器的设计和环境设计一样，都要考虑并服从于使用者的利益与要求。随着社会的进步，人的价值越来越受到重视，机器中心论越来越不易为人们接受。工程心理学所强调的人在人—机—环系统中的中心地位的思想正日益深入人心。

为什么在人—机—环系统的设计中必须突出人的因素呢？理由主要有三点。（1）由于人是生产活动的组织者和劳动的主体，机器只是人为了实现自己目的所使用的工具。（2）在人—机—环系统中，人的因素是最脆弱的，它容易受不利环境因素的损害，也不像机器那样可以长时间不疲劳地工作。因此不仅人的工作效率容易受多方面因素的影响而发生变化，而且还容易由于人的因素发生变化而发生事故。迄今为止，人—机—环系统中所发生的许多重大事故大多是由于人的原因引起的。因此要提高人—机—环系统的效率和可靠性，就首先要从提高人的工作效率和提高人的可靠性上多下功夫。（3）人的结构和特性是在种族长期进化和个体成长过程中形成的，因而稳定性高，变异性小，在情境变化时很难用改变人体结构与机能特性去适应变化的情境。而机器是由人设计制造的，人可以根据需要不断地改造机器和创造机器。人也可以改变和创造各种环境条件。这表明在人、机、环匹配关系上，改变人去适应机器、环境难，而改变机器、环境去适应人的特点易。要想在人、机、环之间建立良好的匹配关系，以人为中心加以考虑，无疑能取得事半功倍之效。

第二节 工程心理学研究的内容

工程心理学主要研究人—机—环系统中的人、机、环之间的关系。系统中的人、机、环都是自成系统的，它们都包含着这样或那样的子系统。人是一个高度复杂的系统，它由

许多子系统组成。机器也是由不同部分组成的。复杂的机器也包括着许多子系统。在人—机—环系统中，人、机、环之间往往只是其中的某种子系统或子系统某些部件之间发生相互作用。这种直接发生相互作用的部分称为界面，或者叫做接口。

一、人—机—环界面模型

人—机—环系统中有各种不同的界面。工程心理学主要着眼于系统中直接同人发生相互作用的界面。图 1-1 是从工程心理学观点所构建的人—机—环系统的界面关系示意模型。这个模型表示：(1) 人—机—环系统的组成包含人、硬件、软件和环境四部分；(2) 人是系统的主宰者，它处于系统的中心，硬件、软件和环境的设计与控制都要考虑人的因素，要服从人的要求；(3) 系统中包含着三类界面关系。第一类是

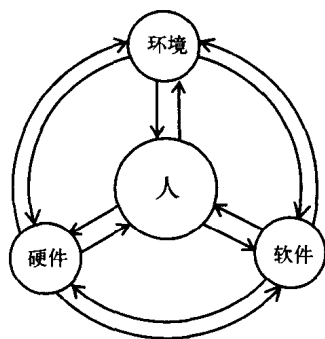


图 1-1 人—机—环系统界面模型

是直接与入构成的界面，即人—硬件界面、人—软件界面、人—环境界面。第二类是硬件、软件、环境三者之间的界面，即硬件—软件界面、硬件—环境界面、软件—环境界面。这一类界面关系间接对人发生作用，例如系统中的机器硬件运转时所产生的热量、发出的噪声或气味都会成为工作环境的组成因素而对操作者发生影响。第三类界面是系统组成部分内部的界面关系，即硬件—硬件界面、软件—软件界面、环境—环境界面、人—人界面。工程心理学主要研究第一类界面，即人与硬件、软件、环境间的界面关系。

二、人—硬件界面

这里说的硬件是指各种机器、手工工具、劳动防护用品、日常生活用具、文体体育设施、个体衣着服饰等。总之，硬件是人在工作、生活、休息中所使用的一切有形体的人造物体的总称。它们与使用者之间存在着这样或那样的界面关系。例如人的眼、手与机的显示器和控制器就是人机系统中的人—硬件界面。人机之间通过这种人—硬件界面进行信息交换。这种硬件界面必须设计得与人的身心特性相匹配。例如显示器的特性必须设计成与人接收信息的各种感受器官的特点相适应，不然，人机之间就不仅不能高效地进行信息交换，而且还容易发生错误，危害安全。许多人机系统的硬件设计者在硬件精度上竭尽全力，精益求精，而对用户在使用他设计的产品时会发生什么问题却很少考虑。这样设计的产品往往耗费大而收效小，较难达到设计者预期的结果。

三、人—软件界面

在人机系统中，人对机器的信息交换，除了必须依靠硬件界面外，还需要依靠一定的软件。计算机只有在编制并输入一定的程序时才能按人的要求进行运算。计算机的运算程

序就是软件。操作机器，必须按照操作规程，使用各种工具必须懂得使用方法。程序、方法、规则、守则、手册和管理制度等，都是不同形式的软件。软件的重要性，现在已为人们所认识。一台机器，光有好的硬件而没有好的软件，很难高效地发挥效能。设计得不好的软件，不仅会降低工效，还容易导致事故。例如，人在执行与惯例不同的操作规程时就容易产生错误。一种装置改型，若改型后的操作方法与改型前的操作不一致，就特别容易受到干扰而发生错误。因此软件设计也与硬件设计一样，有一个如何与使用者的特点相适应的问题。设计人所使用的软件界面时，应考虑到使用者的知识、经验、习惯、文化背景等各种因素。在产品营销中，软件设计上为用户考虑得多的产品就容易取得用户的支持。例如各国计算机公司都竞相研究具有与用户友善的软件界面的计算机，而且这已成为现代计算机发展的一个重要趋向。

四、人一环境界面

任何人机系统都处于一定的环境中，因此人机系统的功能不能不受环境因素的影响。人与机相比，人更容易受环境因素的影响。影响人机系统的环境因素可分为物理环境因素和社会环境因素两大类。社会环境因素包括家庭生活、同事关系、社会组织活动、工作制度、章程法规、社会习俗、国家政策等。物理环境因素包括个人工作空间和声、光、空气、温度、振动、压力、运动速度等。本书讨论的工作环境，主要限于物理环境因素。

在人机系统设计中对人—物理环境界面，主要有两种处理方式。一种是采取防御式界面，即采用防护器件或预防措施，以抵御有害物理环境因素的作用，例如用耳塞防噪声，戴头盔防撞击，戴风镜防气流吹袭，穿抗G服以防过大的加速度负荷等。设计这类界面，主要是为了使操作者能适应人暂时无法控制的环境因素。对待环境的另一种处理方式是改变或限制环境因素，使之适应人的要求，例如设计气密系统为人提供正常的气压和氧气，设计空调系统以控制工作环境的温度与湿度，采用消声、减振装置以改变噪声和振动环境等。随着环境控制技术的进步，今后人一环境界面的设计将会越来越向着创造与人的要求相适应的工作环境的方向发展。

五、人—人界面

在人机系统中，人作为操作者不仅与机器、环境发生相互作用，而且还与处于其他角色地位的人发生相互作用。例如飞机驾驶员，他的驾驶行为和驾驶效绩不仅依赖于飞机硬、软件及气象等因素，而且还取决于乘务组中其他人员的活动，并且同地勤人员、地面指挥人员或空中交通调度人员的工作协调配合的情形有密切关系。任何大型人机系统的运转都在很大程度上取决于人—人界面关系的协调程度。在人—机—环界面关系中，人—人界面是最容易受系统内外因素影响的界面。动机、情绪、意志、性格等个性因素，以及上下、左右、内外各方面的人际关系和国家政策、群体组织、社会舆论等，都会对人的工作态度 and 积极性发生这样或那样的影响。因而，人—机—环系统中的人，不可能把它看成只

是物质的人和生物学的人，必须同时看到它是社会的人。从这个意义上说，工程心理学研究所涉及的不仅是人机关系和人环关系，而且也包括人际关系的问题。

第三节 工程心理学的目的和作用

工程心理学研究人、机、环之间的匹配关系，是为了优化人一机一环系统的设计，使系统能高效和安全地运转，使系统中的人能健康而愉快地工作。其目的和作用主要有如下三个方面。

一、提高效率

低效率必然低效益。设计任何人一机一环系统都必须首先考虑工作效率。人机系统的效率不仅取决于人和机的效率，同时也依赖于人、机、环三者的配合和协调。人机匹配程度对工作效率的影响是显而易见的。以简单的手工劳动为例，使用一把铁锹或一把榔头的工作效率，不能孤立地根据铁锹大小或榔头重量作出估计，必须同时看铁锹和榔头的大小和重量同使用者的体力是否匹配。成人使用儿童专用的铁锹和榔头进行劳动，正和儿童使用成人用的工具一样，都不可能高效率地工作。一条装配线的运动速度必须与装配工人的操作速度相匹配。装配线速度过慢，工人就会放慢工作节奏，不仅潜能得不到发挥，而且还会产生厌倦。但若装配线速度过快，工人操作跟不上，就会造成过度紧张，导致疲劳。只有装配线运动与工人操作在速度上配合得恰到好处，才能收到稳产高产的效果。环境因素显然也影响工作效率。例如，人在过亮或过暗的照明条件下工作都不能取得最好的效果。过大的噪声被称为城市公害，但若完全消除噪声的作用，人同样不能全神贯注地工作。

二、防止事故和保障安全

任何人一机一环系统的设计都必须十分重视安全问题。有人甚至主张把安全列为评价人一机一环系统的第一要求。有的企业虽然生产效率很高，但劳动强度很大、事故很多，这样的企业不能算是好企业。同样的道理，一台机器性能很好、运转速度很快，但若在使用过程中容易产生工伤事故，这样的机器自然也称不上是好机器。全国每天发生的各种事故何止万千。有些事故是由于客观的不可避免的原因造成的，但大部分事故都与人的因素有关。例如管理混乱、操作人员安全观念淡薄、违反操作规程、情绪波动、机具的设计和因素的控制不符合操作人员的身心特点、心理负荷过重、疲劳等，都可能成为引发事故的原因。众所周知，1979年美国三厘岛核电站事故，1986年前苏联切尔诺贝利核电站事故，1988年美舰文森斯号在海湾海域导弹误击伊朗A-300大型客机事故等，都是由于人的原因引起的。在复杂的人机系统中，操作人员要面对成百上千的信息显示装置和控制装置，例如现代战斗机的驾驶舱内就安装有五百多个显示器和控制器。在空中交战、特技