

目 录

第一章 总论	1
第一节 安全人机工程学概述	1
第二节 人机系统	9
第三节 人机功能分配	18
第二章 人的生理特性与心理特性	25
第一节 人体神经活动机理与感觉特性	25
第二节 人体的能量代谢	37
第三节 劳动中的真耗	47
第四节 劳动中的心率与劳动强度的分级	57
第五节 人体运动系统	71
第六节 人体尺度	80
第七节 作业姿势	92
第八节 人的心理特性	101
第三章 人的操作可靠性分析	110
第一节 可靠性的基本概念	110
第二节 人的操作可靠度	120
第三节 人机系统的可靠度	129
第四节 人为失误及其控制	134
第五节 人机系统安全分析	142
第四章 作业疲劳	151
第一节 作业疲劳的基本概念	151
第二节 现代工业疲劳的新特点	159

第三节	作业疲劳的判断	161
第四节	疲劳对安全生产的影响	166
第五章	人机界面	169
第一节	人机界面	169
第二节	显示——控制系统	176
第三节	座椅	214
第六章	作业空间	227
第一节	作业空间设计的基本原则	227
第二节	作业空间设计中的人体因素	229
第三节	工作场所的性质对作业空间的要求	254
第四节	作业姿势与作业空间布局设计	266
第五节	安全防护空间距离	286
第七章	作业环境	298
第一节	照明	298
第二节	颜色	309
第三节	噪声环境	318
第四节	温度环境	328
第五节	气体环境	337

第一章 总 论

第一节 安全人机工程学概述

一、安全人机工程学的名称和定义

(一) 学科的名称

安全人机工程学是新兴的边缘学科，是人机工程学的重要组成部分。人机工程学的名称，在国内外尚未统一。在国内的名称有：人类工效学（简称工效学），人类工程学，人一机—环境系统工程学、人机工程学（简称人机学）、人体工程学等；在国外，西欧各国多称“Ergonomics”，这是两个希腊词的词根所组成的专用词，“Ergo”可译为“工作”、“出力”、“做功”“功”等之意，而“nomics”可译为“规律”、“正常化”、“法规”、“习惯”等意思。原苏联等国均采用这个词的译音，作为这一学科名称。在日本则称为：人間工学，在美国则称为“Human Factors”、“Human Engineering”等。

(二) 学科的定义

安全人机工程学，是运用人机工程学的理论、观点和方
法，来研究人机系统中的安全问题，立足于对在劳动过程
中的保护，确保安全生产。

人机工程学是研究人机系统，在宜人的条件下，使
系统达到安全、可靠、高效和经济的最佳状态的学科。它
是介于基础科学和工程技术之间的一门技术科学，它强调理

论与实践的结合，重视科学与技术的全面发展。

人机工程学是优化人机系统效能的系统工程学，追求的目标是使系统达到“安全、高效、经济”，高效是目的，安全是前提。而安全和高效往往是相辅相成的，这正体现了人机工程学的学科特点，即从人的特性出发来研究人机系统的规划与设计，只有这样才能发挥人的功能，提高人机系统的效率，也只有满足人的特性的系统才是安全的系统。在人机工程学中不存在只追求效率而忽视或违背安全的人机工程设计原则，如果出现了效率与安全相互矛盾的情况，这恰是人机工程学要研究的课题。

在人机工程学的研究中，将侧重于解决安全问题的分支命名为“安全人机工程学”，以强调学科研究的目的性。

安全人机工程学，主要在人机系统中，从人的生理、心理、生物力学、劳动科学诸方面去研究。由于使用机器而提高劳动生产率的同时，产生了劳动者伤亡、病害等不安全不卫生等因素，为保障劳动者的安全与健康就必须研究这些不利因素发生的机理及其预防，从而创造更安全、更卫生、更文明的劳动条件和劳动方式，造福于广大的劳动者。

二、安全人机工程学的任务与研究范围

（一）安全人机工程学的任务

安全人机工程学的主要任务是建立合理而可行的人机系统，更好地实施人机的功能分配，更有效地发挥人的主体作用，并为劳动者创造安全、舒适的环境，实现人机系统“安全、高效、经济”的综合效能。

具体地说，安全人机工程学的任务是为工程技术设计者提供人体的理论参数和要求，诸如：

（1）人体作业的舒适范围（最佳状态）；

- (2) 人体的允许范围(保证工作效率);
- (3) 人体的安全范围(不致伤害的最低限度和环境要求);
- (4) 一切安全防护设施如何适应人的各种使用要求等。

(二) 安全人机工程学的研究范围

安全人机工程学的研究范围和内容、主要有以下几个方面:

1. 研究人机系统中人的各种特性

人机系统中人的特性是指人的生理特性和心理特性。生理特性有: 人体的形态机能, 静态及动态人体尺度, 人体生物力学参数, 人的信息输入、处理、输出的机制和能力, 人的操作可靠性的生理因素等。心理特性有: 人的心理过程与个性心理特征, 人在劳动时的心理状态, 安全生产的心理因素, 事故的心理因素分析等。这些特性是安全人机工程学的基础理论部分, 是解决安全工程技术问题的主要依据。

2. 研究人机功能合理分配

这方面的主要研究内容有: 人和机各自的功能特性参数、适应能力和发挥其功能的条件、各种人机系统人机功能分配的方法等。

3. 各种人机界面的研究

对控制类人机界面主要研究: 机器显示装置与人的信息通道特性的匹配, 机器操纵器与人体运动特性的匹配, 显示器与操纵器性能的匹配等, 从而针对不同的系统研究最优的显示—控制方式。

对生活和生产领域中数量最多的工具类人机界面, 主要研究其适用性和舒适性, 即如何使其与人体的形态功能、尺

寸范围、手感和体感等相匹配

对环境，主要研究作业的物理环境、化学环境、生物环境和美学环境等对人的影响程度、阈值范围和控制手段。对特殊的理境，还必须研究人的生命保障系统等。

4. 作业方法与作业负荷研究

作业方法研究包括作业的姿势、体位、用力、作业顺序、合理的工位器具和工卡量具等的研究，目的是消除不必要的劳动消耗。

作业负荷研究主要侧重于体力负荷的测定、建模（用模拟技术建立各种作业时的生物力学模型）、分析，以确定合适的作业量、作业速率作息安排，以及研究作业疲劳及其与安全生产的关系等。

5. 作业空间的分析研究

主要研究为保证安全高效作业所需的范围，包括人的最佳视区、最佳作业域、最小的装配作业空间以及最低限度的安全防护范围等。

6. 事故及其预防的研究

据国内外大量的统计表明，有近80%的事故是由于人为失误而发生的。因此，事故及其预防的研究，既是安全人机工程学的立足点，也是根本的目的。应研究产生事故的各种人的因素、人的操作失误分析与预防措施等。

三、安全人机工程学的学科特点及研究方法

（一）学科特点

安全人机工程学是一门综合性学科，它处于许多学科的边缘接合部上，既有人体科学与工程技术，又有社会科学与自然科学等学科的交叉和渗透，诸学科之间的关系如图1-1所示。

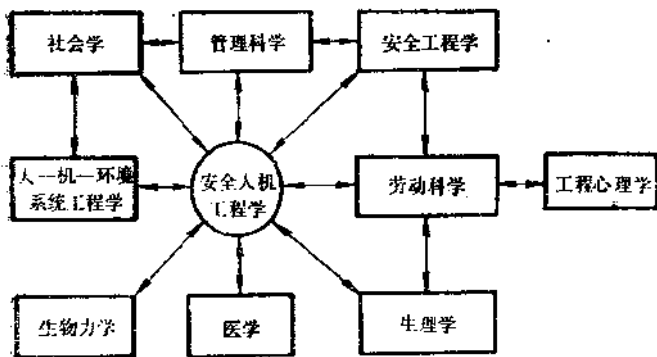


图 1-1 安全人机工程学与其相关学科

安全人机工程学与人-机-环境系统工程学有密切关系。构成系统的要素是机械、设备、环境、信息和人等。系统工程学是研究复杂系统的最佳设计和最佳运用的科学。而系统论则是实现安全生产的科学方法论。

管理科学中的安全管理工程学，是研究实现安全生产的组织手段的科学，它包涵有社会科学的内容，例如，安全政策、安全法规、安全教育、安全管理等理论，这些都将直接应用安全人机工程学的研究成果。而且它们之间，存在着互相联系、互相促进的关系。

劳动科学是研究最佳的作业方法、作业量、作业环境等从而创造安全、舒适的劳动条件的科学。与此相关的还有劳动医学、劳动生理卫生学、劳动心理学等学科。

为了更好地理解和掌握系统和人的特性，还需要将生物力学、统计学、信息论、控制论等学科知识，灵活运用于安全人机工程学的研究。

安全工程学是研究生产过程中事故发生的原因和过程、安全技术和安全管理的系统科学。而安全人机工程学是实现安全工程学的基础理论和科学依据，两者之间的关系更加密切。

综上所述，安全人机工程学是通过不同专业工作者应用各种学科共同研究而发展起来的新兴学科，它保留着多学科的特点，它跨越了不同学科领域。不言而喻，安全人机工程学必将随着生产和科技的发展，伴随相邻学科横向和纵向的拓宽和深化而不断地得到发展。

(二) 安全人机工程学的研究方法

1. 测量法

这是借助器具、设备而进行实际测量的方法，如对人的生理特征方面（人体尺度与体型、人体活动范围、作业空间等）的测量。也可进行人体知觉反应、疲劳程度、出力大小等的测量。

2. 测试法

(1) 个体或小组测试法

依据特定的研究内容，设计好调查表，对典型生产环境中的作业者个体或小组进行书面或问询调查，以及必要的客观测试（生理、心理指标等），收集作业者的反应和表现。

(2) 抽样测试法

被测试者是通过对人群的随机抽样或分层抽样而选取的样本。所以分层原则，各层的样本的数目，将直接影响测试和分析结果。

3. 实验法

实验法是在人为设计的环境中，测试实验对象的行为或反应。根据试验时可控变量的多少，实验可分为单变量和多

变量实验,各种实验数据要经数学手段或计算机进行处理。

4. 观察分析法

观察分析法是通过观察、记录被观察者的行为表现、活动规律等,然后进行分析的方法。观察可以采用多种形式,它取决于调查的内容和目的,如可用公开或秘密的方式(但不应干扰被调查人的行为),也可借助摄影或录相等手段。

5. 系统分析评价法

对人机系统的分析评价应包括作业者的能力、生理素质、心理状态,机械设备的结构、性能以及作业环境等诸多方面因素。

人机系统的安全性分析评价,必须贯彻“安全第一、预防为主”的方针,而事故的预测预防是实现安全管理现代化的必要手段。安全评价则是事故预测预防的高级阶段,是现代安全管理的重要工作,安全人机工程学将提供安全评价定性和定量分析的某些理论和方法。

四、安全人机工程学的现状与展望

立足于安全生产的安全人机工程学,必将随着安全工程等学科的发展而发展;作为人机工程学的分支的安全人机工程学,也必将伴随工程心理学、系统工程学、劳动科学等学科的充实和完善,以及新技术革命的推进,而得到广泛的推广和应用。

不安全因素伴随劳动而来,安全问题与整个社会、个人、家庭、民族、国家息息相关,安全也是人类永恒的课题。然而,研究安全问题的科学—安全工程学并得到迅速发展,却是从第二次世界大战之后才开始的。自本世纪60年代以来,各种工业以及核能等的迅猛发展,促使工业生产向大规模、自动化、复杂化方向发展。生产设备越发具有高能、高压、

高速等并伴有易燃易爆易漏等特点，生产中的危险因素越大，发生的事故也越来越多，造成的人员伤亡和经济损失也越来越严重。正是在这种严峻的情况下，安全工程学、安全人机工程学等学科应运而生。由于科学技术日新月异，西方发达国家进入了大规模的经济发展时期，特别是国防科技和尖端科技的需要，促使这些学科得到长足的发展。英国是研究人机工程学最早的国家，1950年就成立了英国人机工程学研究协会，1957年发行了会刊《Ergonomics》，现已成为国际性刊物。德国也很重视人机工程学的研究，在基础理论研究方面，在推广应用及标准化方面都走在世界的前列。美国是研究人机工程学最发达的国家，1957年成立了美国人机工程学协会，发行了会刊，是拥有人机工程学方面的专利、专著和书刊最多的国家。原苏联也很重视这一学科的研究，在人机工程学标准化方面进展很快。日本是60年代前后从英美等国引进的，并经改造和完善形成本国的“人間工学”，现已广泛应用于各个方面，取得令人瞩目的成效。此外，法国、瑞典、丹麦、芬兰以及发展中国家也都相继成立了学术研究机构，在高等学校相应设立了有关专业和课程。

1961年成立了国际人机工程学会，简称IEA（The International Ergonomics Association的缩写）。我国于1989年成立了中国人类工效学会，秘书处设在上海同济大学。1990年7月成立了人机工程专业委员会，秘书处设在成都西南交通大学。

安全人机工程学在我国起步虽晚，但发展很快，尤其是自1984年国家教委把“安全工程”列入高校试办专业以来，全国已有几十所院校开设了“安全工程”系和专业。安全人机工程学为主干课程之一，各院校都在不断充实教学内容，完善

实验设备,提高教学质量,并结合生产实际开展了科学研究,成果可喜。更令人可喜的是,我国已涌现一批培养安全人机工程学研究方面的博士生、硕士生的单位,如中国矿业大学、西南交通大学、东北工学院中国航空航天大学、南京航空学院、航天医学工程研究所等。有的研究生已完成学业走上了教学、科研的第一线,成为该学科的生力军。我国还有许多科研机构、厂矿企业,已选中这方面的课题进行科研攻关。完全可以相信,不久的将来,安全人机工程学,教学、科研体系会日趋完善,为我国的“四化”建设作出应有的贡献。

第二节 人机系统

一、人机关系

人类在历史进程中,通过长期的劳动,不断地改造自然和人类本身,推动着人类社会由低级向高级发展,人类也不断提高文明程度和改造客观世界的能力。

人在劳动中要和劳动工具和劳动对象发生联系,可以把这种联系广义地称为人机关系。在远古时代,人类使用石器从事狩猎及耕作。那时的劳动工具十分简单,只要人能控制它完成最基本的功能就可以了。人类为了求生存,不断地改进生产工具,发展生产力,从而提高了人类适应自然和改造自然的能力。劳动工具由石器、青铜、铁器直到复杂的现代机器。人类社会进入机器时代之后,原来必须由人执行的许多操作逐步为机器所代替,构成了更为复杂的人机关系。

影响人机关系的因素是多方面的,主要的是随着科学技术的进步,劳动条件、形式和内容等的变化,如手动为主的劳动形式,这种人机关系要求工具得心应手,要求操作者有一

定的体力和较高的技能，以达到机宜人和人适机，而机械化形式的劳动，则要求人机共动，密切协调，共同完成劳动任务。因此，要求机宜人和人适机更加苛刻。综观各种人机关系，有表1—1所列的一些特点，由这些特点，可以把人从手

表 1—1 各种人机关系的特点

形 式	人 机 关 系	人 的 作 用	能 源
手动为主	人为主体	发挥技能	人的体力
机械化	人机共动	控制和监督	人与外部动力
半自动化	机为主体	强制性作业	外部动力
自动化	机为主体	监控管理为主	外部动力

工劳动到自动化生产，人机关系的巨大变化概括为：

- (1) 体力消耗减轻，心理负担加重；
- (2) 人将远离机器，管理方式多是间接的；
- (3) 信息时空的密集化，要求人的作业速度更快，作业准确性更高；
- (4) 系统越来越复杂，对人的要求越来越高，小的失误能造成严重的后果。

二、人机关系中，人的主体地位和机宜人和人适机的关系

人类在生产活动中，始终追求高的劳动生产率和自身安全。为此，人类不断地创造各种各样的机械来替代人的劳动，这是必然的趋势。然而，任何机器，生产系统的设计、制造、调试、控制和维修都是由人来完成的。因此要求人与

机器适当配合，以提高工效，减少事故确保安全。即使在高度机械化自动化的将来，人机关系中人的作用也还是重要的。首先是由于自动化程度的提高，人的手和眼的直接配合关系完全丧失，操作员所作的仅是操纵按钮、控制器等，他所控制的对象是在目不能及的远处，他的行动效果仅能间接地从显示器上看出，缺乏直接的信息反馈，容易产生单调、无聊和厌烦。而且一旦系统出现故障，必须由操作员去应急处置，他必须从有限的、间接的、抽象的线索和信息中，迅速判断和决策，这种心理压力非常强烈。而减轻这种心理压力则需对操作人员进行职业培训，使其具有一定的技术水平和稳定的心理素质，充分发挥人的主导作用。

以人为主体，和以机械为劳动工具的人机关系中，主要体现在“机宜人”和“人适机”的关系上。

(一) 机宜人

供人使用的机械，应尽量满足人的生理、心理特征，符合人的审美观和价值观，尤其要满足人的安全需要，让人能最大限度地发挥其功能。

机械的发展日新月异，而人的生理特性却变化不大，如人的身材尺寸、姿势动作、作业范围、施力大小以及信息处理能力等，有些甚至出现退化现象。而现代化的机械趋向于高速化、精密化和复杂化，对人的注意力、判断力和技术水平提出更高的要求。这就是人机关系矛盾的焦点。因此设计机械者，必须明确操纵机械的人是人机关系的主体，而不是机械的奴隶。总之，机械设备的设计，必须考虑人的身心特性，并尽量使操作者的作业条件和环境对人无害且安全舒适。

(二) 人适机

机械的功能、结构和对作业环境的影响等受众多因素的

制约，如经济条件、技术水平以及国家的有关政策等，不可能也不应该要求机械设备完全适宜人的所有特性，如某些飞机驾驶舱的空间设计就不宜高大体型的人；单调的作业线上的操作，就不太宜于性格外向的人；复杂机械的操纵，就不宜于文化水平低的人……。为了安全和高效的作业，就必须对作业者进行人适机的选拔和培养。

（三）机宜人和人适机的关系

机宜人是有限制条件的、不能盲目、不顾条件、不切实际地去追求。因为人的要求多种多样而且变化很大，机械只能满足人的某些主要特性要求。

人适机是有条件制约的，因为人的能力、精力等都有一定的限度，而且人在作业中还要留有余地，不能过度疲劳，否则，会发生事故。

机宜人和人适机的关系，是相互影响，相互促进、相互制约的，只有在科学技术高度发达的情况下，才能使人机关系逐步达到协调和完善，这也是本门学科的宗旨。

三、人机系统

（一）人一机—环境系统（简称为人机系统）由定义

1. 系统

“系统”一词早已为人们所熟知和应用。例如，人的消化系统、交通系统、工业系统、自动控制系统等等。那么究竟什么是系统呢，简单地说，系统是由具有相互联系，相互制约的若干事物以某种形式结合在一起并且具有特定功能的有机整体。这些组成部分通常称为子系统、子系统本身可看作它所从属的那个更大系统的组成部分。这就是说，系统与子系统之间既有相对性，也有统一性。

根据系统的不同性质和特点，可以将系统加以分类。系

统通常可分为自然系统和人工系统（也称人造系统）。前者是指本来就存在着的，由自然组成的系统，它是自然的产物。如自然生态系统、海洋系统等。后者是指经过人的有意识的实践活动创造而出现或组成的系统，如电子系统、通讯系统、人机系统等。

人工系统是为特定目的由人工方法建立起来的系统，是人为地产生出来的。人机系统是人工系统的一种，它由人和机两个子系统组成。在人机系统中，人与机相互作用，相互联系，构成一个整体，如图1—2所示。人机系统中的人是指作业者或使用者。机是指机器，这里的机器是指人操作使用的一切产品和工业系统。

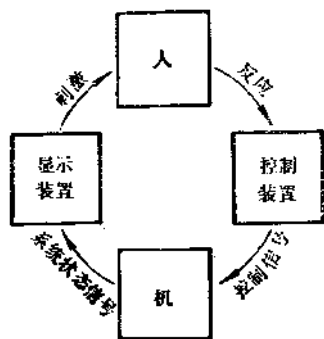


图 1—2 人机相互作用关系图

人机系统的人和机有它自身的独立性，有独自的功能。

但它们不是简单的机械混合体，而是相互作用，相互依赖、相互共存的有机整体。所以在研究人机系统时，不仅要研究各自的特性和功能，还要研究它们之间相互作用及相互配合形成的总体功能。

2. 人机系统

人机系统是由人和机两部分结合所形成的集合体。如果这个集合体以外的某些东西对这个人机系统的总体功能有作用和影响的话，那么考虑这个人机系统的时候，对它们就不能予以忽视。也就是说对系统还存在着外界因素的影响，这就是人机系统的环境。所以，在研究人机系统时应当把环境

当作一个重要的因素来考虑，即应当考虑“人—机—环境”系统中的人、机、环境三者之间是相互关系和相互作用的。这里所说的“环境”是指人们工作和生活的环境，如噪声、照明、气温、社会环境等等。人、机、环境三者间相互作用的关系如图1—3所示。

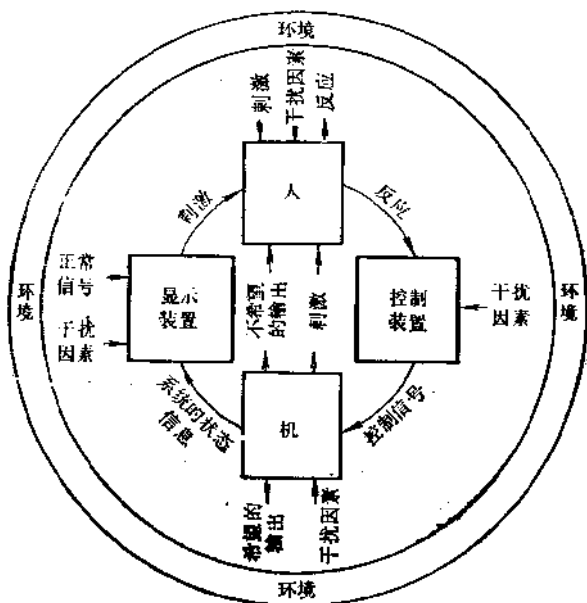


图 1—3 人—机—环境三者间的相互作用关系图

现代交通工具的运行，就是典型的人机系统，人（司机）是这个系统的主体，他通过各种控制器，依据各种环境因素，正确灵活地控制交通工具完成预定的运输任务。这一系统中的人、汽车、环境（路况、天候等）构成不可分割的有机整体，相互影响和作用。

(二) 人机系统的功能

人机系统功能的实施由四个基本部分组成，这就是，信息接受、信息储存、信息处理和决策、执行功能，如图1—4所示。

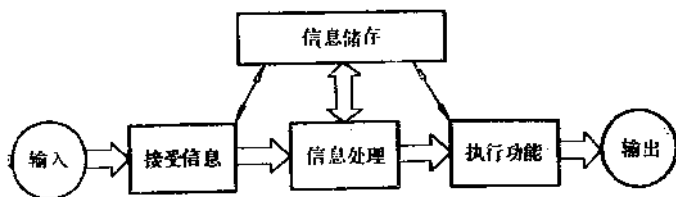


图 1—4 人机系统功能特性图

1. 信息接受

对人机系统来说，信息的接受是通过人的感觉器官和机器的感觉装置来完成的。信息可能来自系统外，也可能是系统内的反馈信息，或可能是储存在系统中的信息。

2. 信息储存

人机系统的信息储存是靠人的记忆、文字记录、磁带、录音、光盘等来完成的。

3. 信息处理和决策

信息处理和决策是通过大量已接受的信息和已储存的信息进行分析、比较、推理和运算来完成的。在人机系统中，人具有处理已知或未知情况信息的能力，而机器不具有处理未预见信息的能力。

4. 执行功能

执行功能实际上是一些动作过程。人机系统的执行功能有两种：一是由体力直接控制的动作或过程，如操纵控制器、移动或改变物体的位置或形状；另一种是借助语言，信