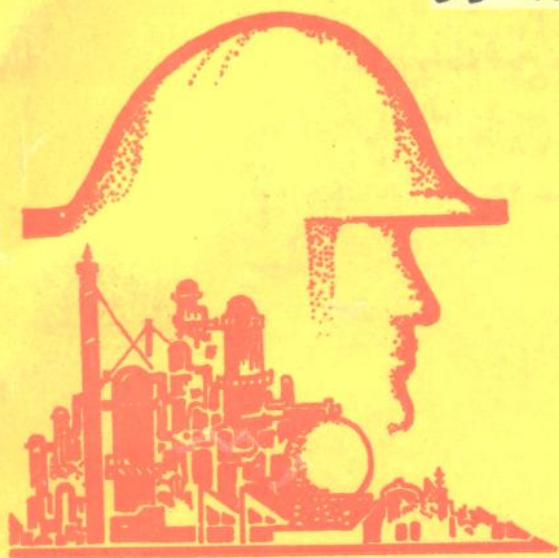


劳动保护丛书



# 安全人机 工程学

臧吉昌 编著

化学工业出版社

71.219  
735

劳动保护丛书

# 安全人机工程学

臧吉昌 编著

三 35/1

化学工业出版社

京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

安全人机工程学/臧吉昌编著. —北京:化学工业出版社,1995

(劳动保护丛书)

ISBN 7-5025-1568-2

I. 安… II. 臧… III. 安全学-人-机系统 IV. X 914

中国版本图书馆(CIP)数据核字(95)第 12511 号

出版发行:化学工业出版社(北京市朝阳区惠新里 13 号)

社长:佟培宗 总编辑:蔡剑秋

经 销:新华书店北京发行所  
印 刷:北京通州京华印刷厂  
装 订:北京通州京华印刷厂  
版 次:1996 年 1 月第 1 版  
印 次:1996 年 1 月第 1 次印刷  
开 本:787×1092 1/32  
印 张:6 1/8  
字 数:137 千字  
印 数:1 3000  
定 价:9.30 元



## 第二版说明

《劳动保护丛书》出版十年来，受到了广大读者的热烈欢迎。为适应当前改革开放的需要，我们对原套丛书做了修订和扩充，进行再版。再版的这套丛书包括：色彩·标志·信号、压力容器安全技术、工业锅炉安全技术、起重搬运安全技术、建筑安全技术、化工安全技术、机械安全技术、安全人机工程学、实用噪声与振动控制、劳动保护管理与监察、可靠性与安全生产等。

本《丛书》可作为各类劳动保护专业的培训教材，也可供安全工程专业师生和劳动保护监察人员阅读。

43208

## 前 言

安全人机工程学是一门新兴的边缘学科。它是随着科学技术的进步和人类社会的发展,为了适应安全生产的客观需要,在人类工效学(人体工程学、人机工程学)和安全科学的基础上,综合运用多种学科而形成的相对独立的科学知识体系。它以人的生理特性、心理特性和机械运动及环境变化本质特征为基础。从系统安全分析和预防事故及职业病的观点出发,研究人与机械(及环境)系统的合理关系。也就是既要使工作方面(包括诸如生产、操作、环境、设备、设施、工具、方法等)适合人的特性,同时,又要使人的素质和能力适应工作方面的要求,最终达到使人类有目的的活动,能够获得安全、舒适(卫生)和高效率工作的最佳结果。

安全人机工程学虽然兴起较晚,但在一些国家中却是发展迅速的新学科。1974年日本人间工学会设立了安全人间工学部会。其后,日本许多学者对安全人间工学的理论与应用进行了广泛研究,并于1984年出版了橋本邦衛博士的遗著《安全人间工学》,次年再版。这进一步引起了我国有关部门和学者对安全人机工程学的重视和研究。1985年以来,我本人先后在北京经济学院等高等学校对安全工程专业和劳动经济专业的本科生与研究生,在一些部、委和省市自治区举办的“现代安全管理研修班”上,以及在全国总工会、国际劳工组织和丹麦国际开发署多边合作联合举办的工会劳动保护监督检查员高级岗位培训班上讲授《安全人机工程学》。根据不同的需要和相关学科的新

发展，不断地修改、补充或删减教学内容。此次化学工业出版社决定在修订原来的《劳动保护丛书》时增加这门新的学科选题《安全人机工程学》，并邀我来编著这本书。我作为一个从事劳动保护教育工作 34 年的教师，十分感谢化工出版社给了我这样一次为劳动保护工作微尽薄力的机会。

在修订这本书的时候，我希望能体现如下的思想。首先，在安全人机工程学中所综合运用的理论和知识，都是从一些比较稳定的学科，特别是物理学、解剖学、生理学和心理学等学科引伸而来，并且根据系统安全分析和预防事故及职业病的要求，对人的生理特性、心理特性、作业负担与疲劳、大脑生理活动规律、人体差错等基础知识，进行了简明而系统的阐述。其次，为适应国内生产管理和安全作业的需要，增设关于职业适应性的篇章。其中着重介绍职务分析、职业适应性检查和职业培训等内容，为科学地选择和合理使用称职的作业者，有效组织培训，优化劳动组合和帮助人们正确自主择业提供科学依据和必要资料，也是从人要适应工作要求方面来解决人-机-环境的合理关系的必要基础。另外，这也是近年来国外安全人机工程学中颇受重视和发展较快的课题。再次，在本书有关章节和最后两章中，着重介绍化学工业生产中的人机系统安全，人机系统可靠性分析与设计，人机系统安全性设计、分析与评价等应用性较强的理论知识和生产事例，可作为实用参考资料。第四，为读者介绍一些国外安全人机工程学的新成果和新资料，以便读者结合我国安全生产中的实际问题，开展更广泛的应用性研究，为此，书后列出较多的国内外参考文献。

本书可作为各级管理人员、职业安全与卫生工作者以及设计人员的参考书，也可作为现代安全管理研修班或职业培训教育的参考书，亦可作为安全工程、安全管理、工业工程劳动人

事管理等专业的教材或参考书。

虽然 1978 年以来，本人对人机工程（尤其是安全人机工程学）做了一些研讨，也收集了不少资料，但是由于本人水平有限，书中错误和不当之处在所难免，所以，恳切希望得到读者的批评指正，并在此致谢。

本人在从事安全人机工程学的教育和研修过程中，曾得到黄元平教授、隋鹏程教授、朱祖祥教授、孙桂林教授、孙连捷高级工程师等诸位先生的指教、支持和帮助，在此深表谢意。

臧吉昌

1994 年 2 月 22 日

于北京经济学院

# 目 录

<b>第一章 概论</b> .....	1
<b>第一节 什么叫安全人机工程学</b> .....	1
一、人与机械的关系 .....	1
二、什么叫人机工程学 .....	2
三、什么叫安全人机工程学 .....	6
<b>第二节 安全人机工程学研究领域</b> .....	8
一、安全人机工程学的主要研究领域 .....	8
二、安全人机工程学的研究课题 .....	10
三、相关学科 .....	11
<b>第三节 人机工程学的产生、发展及现状</b> .....	11
一、人机工程学的产生与发展 .....	11
二、世界主要国家的发展概况 .....	12
<b>第二章 人的特性</b> .....	15
<b>第一节 感觉器官和运动器官的特性</b> .....	15
一、感觉器官及其特性 .....	15
二、运动器官及其特性 .....	21
<b>第二节 人体生物节律</b> .....	24
一、人体生理节奏及其分类 .....	24
二、人体生物节律的主要特征 .....	29
<b>第三节 人体形态特性</b> .....	29
一、人体测量 .....	30
二、姿势 .....	31
三、动作 .....	33
四、作业域 .....	36



五、作业场所 .....	36
第四节 人体疲劳 .....	37
一、什么叫疲劳 .....	37
二、影响疲劳的因素 .....	39
三、疲劳的测定方法 .....	40
四、减少疲劳的方法 .....	47
第五节 影响安全作业的心理因素 .....	49
一、心理的实质 .....	49
二、心理的发展条件及动力 .....	51
三、感觉、知觉和观察 .....	51
四、注意 .....	52
五、需要及其发展 .....	55
六、动机、态度、情感、意志、性格 .....	56
<b>第三章 人机系统</b> .....	57
第一节 人机系统的功能 .....	57
一、信息接受 .....	57
二、信息储存 .....	63
三、信息加工（处理与决定） .....	64
四、执行动作功能 .....	65
五、输入、输出和信息反馈 .....	66
六、人机系统安全传递信息的基本原则 .....	66
第二节 人机系统安全性评价指标与标准 .....	67
一、使用标准的意义 .....	67
二、标准的类型 .....	68
第三节 化工生产中的人机系统安全 .....	72
一、化工生产中人机系统的主要问题 .....	72
二、人和自动控制系统 .....	73
三、化工生产过程和化工设备的安全人机工程学 .....	74
<b>第四章 人体差错及其预防对策</b> .....	79
第一节 什么是人体差错 .....	79

一、人体差错及事例 .....	79
二、人体差错分类 .....	82
第二节 人体差错的原因 .....	84
一、发生人体差错的生理方面原因 .....	84
二、发生人体差错的心理方面原因 .....	87
三、发生人体差错的管理方面原因 .....	89
第三节 防止人体差错的安全人机工程学对策 .....	92
一、防止人体差错的基本方针 .....	92
二、防止人体差错的安全人机工程学对策 .....	95
<b>第五章 职业适应性</b> .....	101
第一节 职业适应性概述 .....	101
一、什么叫职业适应性 .....	101
二、心理、精神方面职业适应性标准的确定方法 .....	103
三、事务类职业及其适应性 .....	105
四、技术和技能类职业及其适应性 .....	107
第二节 职务分析 .....	112
一、职务分析的意义及作用 .....	112
二、职务分析项目的组成 .....	115
三、职务分析表举例 .....	119
第三节 职业适应性检查 .....	130
一、职业适应性检查方法 .....	130
二、基本心理检查和运动机能检查 .....	134
三、性格检查和兴趣检查 .....	136
四、体格、体力和感觉生理特性检查 .....	140
五、职业适应性检查示例 .....	142
第四节 职业培训 .....	150
一、培训工作基本问题和培训内容 .....	150
二、培训方法 .....	151
三、培训者(培训教师)应具备的条件 .....	154
<b>第六章 人机系统可靠性</b> .....	155

第一节 概述 .....	155
一、可靠性的有关概念 .....	155
二、系统中人的可靠性 .....	157
第二节 人机系统可靠性计算 .....	158
一、系统中人的可靠度计算 .....	158
二、人机系统的可靠度计算 .....	160
第三节 系统可靠性设计基本方针 .....	165
<b>第七章 人机系统安全性设计、分析与评价</b> .....	<b>168</b>
第一节 概述 .....	168
一、人机系统设计的主题 .....	168
二、人与机械的任务分配 .....	168
三、人与机械的配置原则 .....	169
第二节 人机系统安全性设计 .....	170
一、人机系统安全性设计基本方针 .....	170
二、人机系统安全性设计细则 .....	173
第三节 人机系统安全性分析与评价 .....	176
一、人机系统安全性分析与评价任务 .....	176
二、人机系统安全性分析与评价方法 .....	177
三、人机系统安全性分析与评价举例 .....	178
<b>参考文献</b> .....	<b>183</b>

# 第一章 概 论

## 第一节 什么叫安全人机工程学

安全人机工程学是人机工程学的一个分支，它是从安全工程学的观点出发，为进行系统安全分析和预防伤亡事故和职业病提供人机工程学方面知识的科学体系。

人机工程学是一门新兴的边缘学科，其主要内容是研究如何使所设计的机械设备系统，或人-机系统，或人-机-环境系统等，能最适合人类的生理特性和心理特性，达到安全、舒适、高效率的要求。

人机工程学早年起源于欧洲，但直到第二次世界大战以后才迅速发展起来。目前，美国是人机工程学最发达的国家。

### 一、人与机械的关系

人与机械是密切不可分的，主要表现在：

(1) 机械是人设计的，是为了实现人类的某种目的，满足人类的某些需要。

(2) 机械始终受到人的制约和影响，从设计、制造到使用、监视和维修。

无论是如何高度发达的机械，仍要受到人的控制和掌握，都要实行人-机相互配合的形式。尤其在现代生产活动中，人与机器被组合在一个互相联系、彼此作用的体系中，也就是组成一个人-机系统。

但是，另一方面的事实却是：世界上发展最快最早的是机

械，而进步最慢的是根据遗传法则产生和发展的人类。虽然由于教育会使得人类的智慧发展，但是人类的许多生理特性却没有多大变化，例如，人体形态特性方面的人身尺寸、姿势、动作、作业范围和作业力量等；又如人体接受信息和处理信息的能力等。而且，往往可能忽略了人类随着文明进步而出现的某些退化现象。同时，在现代化生产中机械向着高速化、精密化、复杂化方向发展，这对于操纵这些机械的作业者的判断力、注意力和熟练程度等方面提出了更高的要求。可是，与几十年前相比，人类几乎没有多大改变。这就使得人与机械之间的不平衡加大了。其结果是，一方面机械给人类的负担增加了，使人类受到很大影响；另一方面是人类也在左右和影响着的机械的性能。因此，如果所设计的机械设备忽略了作为操作者的人类的身心特性，那么，机械的性能既不能发挥，而且还很可能会造成事故。

综上所述，为了维护安全生产，就要求把人与机械结合起来考虑，即在设计机械时，要充分考虑人的生理特性和心理特性，把人-机作为一个整体，作为一个系统加以研究，使人类在使用所设计的机械时，达到安全、舒适（卫生）、高效率的结果。这样，就出现了一门新兴学科——人体工程学，或叫人类因素工程学，或叫人类工效学。而人-机系统设计又是其主要研究内容，因此，也称为人机工程学。

在现代人机工程学中，用图 1-1 所示的模式图来表示人-机系统中的人、机械、环境之间的关系。以人为中心的人-机系统或人-机-环境系统则是人机工程学的研究对象。

## 二、什么叫人机工程学

### 1. 人机工程学的定义

人机工程学在美国被叫做“Human Engineering”或“Hu-

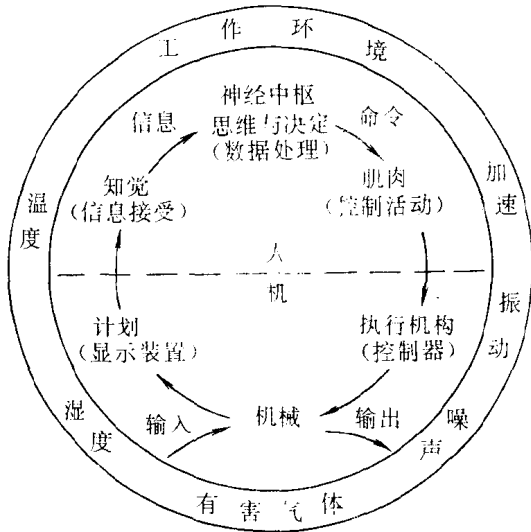


图 1-1 人-机系统模式图

man Factors Engineering”（通常译成“人类因素工程学”），主要是在工程心理学基础上由系统工程的要求发展起来的。而在欧洲，人机工程学的英文是“Ergonomics”，它是在劳动科学的基础上发展起来的。在日本，由于受到欧美的影响，日文的表示是“人间工学”，英文表示名称与欧洲相同。欧洲和美国对人机工程学称呼上的差别反映了它们在形成和发展过程中的社会历史条件与学科基础背景的不同影响，以及研究方向上曾经有过的不同侧重。但是，就其主要研究内容、范围、方法来看，却还是大同小异的。人机工程学在俄国采用的是欧洲叫法，俄译音为“Эргономика”。在我国，这门学科尚处于初期阶段，所用名称并不相同，例如可叫做“人体工程学”、“人类工程学”、“工

效学”、“人类工效学”、“人机工程学”等等。名称虽然不同，但主要内容皆是追求人与机械、环境合理化的关系。

人机工程学有许多定义方法。浅居喜代治认为：“所谓人机工程学，乃是根据人类的各种特性对于直接关系到人类的软系统和硬系统进行设计或加以改善的工程学”。所谓硬系统，就是人眼可见的实物，如衣服、住宅、家具、家用电器、食品、船舶、汽车、电子计算机、工具、机械、设备等等；所谓软系统，是包括从作业方法、机械使用方法、程序设计到交通、环境、医疗、管理等社会系统。所以，人机工程学的研究对象是非常广泛而多样的。从这个意义上说，把这个新学科叫做“人机工程学”就不大容易体现出它的研究对象的广泛多样性。但是，如果把重点放在从安全观点出发研究生产过程中人与机械（及环境）的合理关系，那么，叫“安全人机工程学”还是恰当的。

关于人机工程学的其他定义方法还有：“设备设计必须适合人的各方面因素，以便在操作过程中可以付出最小的代价，并获得最高效率”（Charles, C. Wood）。“人类工程学，是使用人的工程学”（W. B. Woodson）。“所谓人类因素工程学，在一定意义上可以说是使用人的工程学。具有特定意义的是，人类因素工程学是要求使人们的作业和作业环境适合人的感觉、精神、身体以及其他人体特性”（E. J. McCormick）。“人类工程学是在机械设计中使人获得简单准确操作的一门学科”（A. G. Chapanis）。“人间工学是处理系统工程中人的因素的学科”（林喜男）。“人机工程是人体科学和机械科学、电子科学的结合”，“它是专门研究人和机器的配合，求得在使用机器时，整个人与机器效果达到最佳状态”（钱学森）。“人机工程学是运用生理学、心理学和其他有关科学知识，使机器与人相互适应，创造舒适和安全环境条件，从而提高工作效率的一门学科”（赖维铁）。国

际人类工效学会所下的定义是：“工效学是研究人在某种作业工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的各种因素；研究人和机器及环境的相互作用；研究工作中、家庭生活中和休假时如何统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒适等问题”。

综上所述，人机工程学的研究对象是“人-机-环境系统”这个综合性整体及其所涉及的诸多因素，其中心环节是人与机器及环境的合理关系。人机工程学是通过两个方面来解决这个合理关系，即一方面是要使机械和环境适合人的特性，这是基本问题；另一方面必须考虑使人所具备的素质和能力可以适应工作、机械和环境的要求，也就是人的职业适应性问题。

人机工程学具有三个明显的特征：一是其研究对象的复杂性；二是研究领域的综合性和边缘性；三是广泛的应用性。

## 2. 人机工程学的研究领域

人机工程学的研究领域极其广泛而多样性，通常可以概括如下三个方面：

(1) 用具的设计和改善。包括各式各样的机械、设备、设施、装置、器具，以及服装和个人防护用品等。

(2) 作业设计和改善。主要指作业姿势、作业动作、作业方法、作业用器配置及选择等。例如工厂操作、监督作业、运输作业、家务劳作、写作工作等。

(3) 环境的设计和改善。主要指温度、湿度、照明、音响（尤其是噪声，以及信息和信号声音）、振动、粉尘、有毒有害气体等，以及工厂车间、控制中心、办公室、驾驶室等。

实际上，由于研究课题的广泛性和多样性，40多年来，人机工程学已发展成为广泛专门领域的知识体系，涉及如下领域：

(1) 人机工程学的功能

(2) 人机工程学的基础



- (3) 人体机能分析
- (4) 职务和组织设计
- (5) 作业装置及作业空间的设计
- (6) 环境设计
- (7) 健康和安全设计
- (8) 选拔和训练系统设计
- (9) 特性模型
- (10) 系统评价
- (11) 电算化系统的设计和利用中的人机工程学
- (12) 电子计算机系统中人机工程学应用

### 三、什么叫安全人机工程学

#### 1. 安全人机工程学的产生及其定义

早在 1973 年,日本石油化工厂连续发生爆炸事故,经研究发现,其中有将近半数事故是由于操作者的操作错误造成的,因此提出了在预防事故的对策中采用人机工程学的重要性。为了解决这个问题,于 1974 年 4 月,日本人间工学会成立了安全人间工学部会(橋本邦衛为部部长)。1984 年发表了橋本邦衛的遗著《安全人間工学》,并于 1985 年由日本労働災害防止協会再版发表。与此同时,我国有关部门和一些学者也在研讨把人机工程学应用于劳动保护工作中和教育工作中。1985 年春天起北京经济学院首先对安全工程专业和劳动经济专业的本科生和研究生开出了《安全人机工程学》课程。20 年来,在日本和我国,《安全人机工程学》的学科知识体系有很大的发展,已有越来越多的人在重视和研究它。

安全人机工程学是一门新兴的边缘学科,目前仍在不断地发展之中,所以,至今尚无统一的公认的定义。由它的产生和发展过程可以看出,从人机工程学中分化、派生和发展出来的