

# 安全人机工程学

ANQUAN  
RENJI  
GONGCHENGXUE

全国高校安全工程专业本科规划教材

高等学校安全工程学科教学指导委员会组织编写

TB18/41

2007

全国高校安全工程专业本科规划教材

# 安全人机工程学

高等学校安全工程学科教学指导委员会组织编写

主 编 张 力 廖可兵

主 审 王保国

中国劳动社会保障出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

安全人机工程学/张力, 廖可兵主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007  
全国高校安全工程专业本科规划教材  
ISBN 978-7-5045-6546-4

I. 安… II. ①张…②廖… III. 安全工程-人—机系统-高等学校-教材 IV. X912.9  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 107716 号

**中国劳动社会保障出版社出版发行**

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

\*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销  
787 毫米×960 毫米 16 开本 18.75 印张 327 千字

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

定价: 36.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

## 高等学校安全工程学科教学指导委员会

主任委员	孙华山				
副主任委员	黄玉治	范维澄	周世宁	宋振琪	谢和平
	沈忠厚	冯长根	王继仁	宋守信	
委	张平远	王 生	钮英建	张来斌	林柏泉
员	刘泽功	蔡嗣经	傅 贵	吴 超	吴 穹
	杨庚宇	许开立	程卫民	张殿业	景国勋
	蒋军成	赵云胜	姜德义	黄卫星	刘玉存
	李树刚	吴宗之	伊 烈	崔慕晶	李永红
	李生盛	杨书宏			
秘	书	杨书宏 (兼)			

## 内 容 简 介

本书系统阐述了人类生产、生活领域中的安全人机工程学的思想、原理及方法。全书共七章，主要内容有：人机工程学与安全人机工程学的定义、名称、学科体系，人机工程学与安全人机工程学的研究内容、目的、方法及其在国内外的的发展简史，人体的人机学参数，人的生理、心理及生物力学特性，安全人机功能匹配，人机系统的安全设计与评价，人因事故分析与预防，安全人机工程学的实践运用。

本书是“全国高校安全工程专业本科规划教材”之一，也可作为安全监察人员及安全工程技术人员、企业管理人员、环境保护工程技术人员、装饰工程设计人员以及显示器、控制器的设计和制造等工程技术人员的参考用书。

# 序 言

党的十六届五中全会确立了“安全发展”的指导原则，极大地促进了我国安全科学事业的发展，同时为安全工程学科提供了良好的发展机遇。据初步统计，到目前为止，全国开设安全工程专业的高校已达百余所，安全工程专业已成为我国高等教育中重要的新兴专业之一。

加强教材建设，是促进我国安全工程专业健康发展的重要基础工作。本届（2004—2008年）高等学校安全工程学科教学指导委员会在充分吸收现有教材成果和借鉴上届教指委安全工程专业教材成功编写经验的基础上，于2006年启动了“全国高校安全工程专业本科规划教材”的组织编写和出版工作。第一批安全工程专业本科规划教材包括《安全学原理》《安全管理学》《安全人机工程学》《安全系统工程》《职业卫生概论》《工业通风与除尘》《化工过程安全》《工业防毒技术》《机械安全工程》《电气安全工程》《防火防爆技术》《锅炉压力容器安全》《安全经济学》《安全心理学》《风险管理与保险》等15种。

本套规划教材的编写力求满足安全工程专业课程体系和课程教学的新发展，立足现实，反映前沿，力求创新，既包括已经成熟并被公认的理论与学术思想，又反映安全工程学科领域具有前瞻性与代表性的最新理论、技术和方法，并借鉴吸收世界上发达国家的先进理论、理念与方法。

在本套教材开发过程中，全国30余所高等学校、科研院所的近百名专家和学者积极参与了教材的编写和审订工作，教指委秘书处、教材开发分委会和

中国劳动社会保障出版社做了大量的组织工作，在此向他们表示衷心的感谢！

本套教材的编写和出版，是我国安全工程学科在教材建设方面又迈出的重要一步。虽然我们尽了最大努力，但仍有不足，恳请安全工程领域的专家学者和广大师生提出宝贵意见。

**高等学校安全工程学科教学指导委员会**

2007年7月

# 前 言

安全人机工程学是从安全的角度和着眼点,运用人机工程学的原理和方法去解决系统中人机结合面的安全问题的一门新兴学科。作为人机工程学的一个应用学科的分支,安全人机工程学成为安全工程学的一个重要分支学科,已被全国高等学校安全工程学科教学指导委员会确定为安全工程专业的必修专业基础课之一。

随着科学技术的发展和社会的进步,安全人机工程学科也得到了快速发展,对其需求和研究领域不断扩大。2002年,原高等学校安全工程专业教学指导委员会曾组织编写出版了一本安全人机工程学教材。为了充分反映安全人机工程学的最新发展和最新研究成果,适应当前安全工程专业本科教学的需求,2006年高等学校安全工程学科教学指导委员会决定将《安全人机工程学》纳入“全国高校安全工程专业本科规划教材”体系重新编写,并向全国高校公开招标组成教材编写组。

本教材在编写过程中强调了科学性、知识性、系统性、前沿性和实用性相结合,理论与实践相结合,按照从感性到理性、从具体到抽象、由浅入深的认识规律,并考虑到理论课与实践课配合来编排课程体系。同时力求做到:从安全的角度和着眼点,本着少而精的原则,选取有关的概念、原理和方法;注重理论基础和专业技术知识,有整体的系统观,反映学科发展和本科教育的最新动态;反映本学科的前沿学术动态和新技术、新成果,以体现出先进性。

本教材编审工作是在高等学校安全工程学科教学指导委员会直接组织和指导下进行的,从大纲编制、审定及相关内容的划定,均由教学指导委员会组织专家反复讨论完成。全书分为七章,包括:概论,人体的人机学参数,人的生理心理因素及生物力学特性,安全人机功能分配,人机系统的安全设计与评价,人因事故分析与预防,安全人机工程的实践与应用。

本教材编写组由湖南工学院张力教授、廖可兵副教授、刘爱群讲师,河南理工大学景



国勋教授和首都经贸大学王勇毅副教授组成，张力和廖可兵担任主编。第一章由张力、廖可兵编写；第二章由景国勋编写；第三章由王勇毅编写；第四、五章由廖可兵编写；第六章由张力编写；第七章第一节由刘爱群编写，第二节由张力编写，第三、五节由景国勋编写，第四节由王勇毅编写。全书由张力统稿，北京理工大学王保国教授任主审。

本书编写过程中参考和引用了许多国内外专家、学者的研究成果和宝贵资料。在此，谨对原作者和研究者表示最诚挚的谢意！在编写过程中，王保国教授对本书的编写大纲和书稿提出了宝贵意见，使本书增色不少，在此表示衷心感谢。同时向本书的编写组织者和出版社致谢。

由于本学科所涉及的知识面极为广泛，加之编著者的水平所限，虽然经过反复修改，仍难免有各种不足甚至错误，敬请读者批评指正。

**编 者**

2007年7月

# 目 录

第一章 概论	( 1 )
第一节 人机工程学	( 1 )
一、人机工程学的定义	( 2 )
二、人机工程学研究的目的、内容和方法	( 3 )
三、人机工程学的发展简史	( 4 )
第二节 安全人机工程学	( 7 )
一、安全人机工程学的定义	( 8 )
二、安全人机工程学研究科学对象	( 9 )
三、安全人机工程学研究的内容	( 10 )
四、安全人机工程学研究的方法	( 11 )
五、安全人机工程学研究的目的与任务	( 11 )
第三节 安全人机工程学与相关学科的关系	( 12 )
一、与安全心理学的关系	( 12 )
二、与人体测量学及生物力学的关系	( 12 )
三、与安全工程学的关系	( 13 )
四、与人体生理学的关系	( 15 )
五、与环境科学的关系	( 15 )
六、与其他工程技术科学的关系	( 15 )
本章小结	( 16 )
复习思考题	( 16 )
第二章 人体的人机学参数	( 17 )
第一节 人体有关参数的测量	( 17 )
一、人体测量的基本知识	( 17 )

二、有关参数的测量与计算 .....	( 20 )
三、人体测量的数据处理 .....	( 30 )
<b>第二节 人体测量数据的应用</b> .....	( 34 )
一、人体测量数据的运用准则 .....	( 35 )
二、人体尺寸在工程设计中的应用 .....	( 40 )
三、人体数据应用举例 .....	( 42 )
<b>本章小结</b> .....	( 46 )
<b>复习思考题</b> .....	( 47 )
<b>第三章 人的生理心理因素及生物力学特性</b> .....	( 48 )
<b>第一节 人的生理因素与安全</b> .....	( 48 )
一、人的感知特性 .....	( 49 )
二、人的反应时间 .....	( 58 )
三、大脑的觉醒水平 .....	( 60 )
<b>第二节 人的心理因素与安全</b> .....	( 63 )
一、人的心理特性对安全产生的影响 .....	( 64 )
二、颜色的心理作用 .....	( 75 )
<b>第三节 人体生物力学特性</b> .....	( 79 )
一、人体各部分的操纵力 .....	( 79 )
二、人体运动的速度与准确度 .....	( 86 )
三、影响人体作用力的因素 .....	( 89 )
<b>第四节 疲劳与恢复</b> .....	( 91 )
一、疲劳的概念 .....	( 91 )
二、疲劳的分类和产生机理 .....	( 92 )
三、影响疲劳程度的因素 .....	( 92 )
四、疲劳症状调查和测量 .....	( 93 )
五、疲劳的改善与消除 .....	( 94 )
<b>本章小结</b> .....	( 96 )
<b>复习思考题</b> .....	( 96 )
<b>第四章 安全人机功能分配</b> .....	( 98 )
<b>第一节 人机系统的基本概念</b> .....	( 98 )

---

一、人机系统的类型	( 98 )
二、人机系统的功能	(101)
第二节 机械的安全特性	(101)
一、机械的组成及在各状态的安全问题	(101)
二、机械危险的主要伤害形式和机理	(103)
三、机械安全设计的要求	(105)
第三节 人机功能分配	(108)
一、人的主要功能	(109)
二、机的主要功能	(110)
三、人机特性比较	(110)
四、人机功能分配	(112)
本章小结	(116)
复习思考题	(116)
第五章 人机系统的安全设计与评价	(117)
第一节 人机界面的安全设计	(118)
一、显示器的设计	(118)
二、控制器的设计	(132)
三、可维修性设计	(148)
第二节 作业环境的设计	(153)
一、温度环境	(154)
二、光环境	(157)
三、色彩环境	(159)
四、尘、毒环境	(162)
五、噪声与振动环境	(163)
六、其他环境	(167)
第三节 安全防护装置人机学设计	(172)
一、安全防护装置的作用与分类	(172)
二、安全防护装置的设计原则	(173)
三、典型安全防护装置的设计	(174)
第四节 人机系统安全与可靠性	(180)
一、可靠性的定义及其度量	(180)

二、人的可靠性 .....	(185)
三、机械的可靠性 .....	(186)
四、人机系统总体安全可靠度分析与评价 .....	(189)
五、提高人机系统安全可靠性的途径 .....	(193)
<b>本章小结</b> .....	(194)
<b>复习思考题</b> .....	(194)
<b>第六章 人因事故分析与预防</b> .....	(196)
<b>第一节 人因对系统安全的作用与影响</b> .....	(196)
一、人因事故的危害性和严重性 .....	(196)
二、大规模复杂系统中人因事故产生的主要原因 .....	(198)
三、人因对系统安全的正面作用 .....	(200)
<b>第二节 人因事故分析的基本方法</b> .....	(200)
一、基本概念 .....	(200)
二、大规模复杂人一机系统运行控制特征及人因失误分类与产生机制 分析 .....	(204)
三、诱发人因事故的主要因素 .....	(208)
四、人因失误结构与成因模型 .....	(210)
五、人因事故根原因分析方法 .....	(211)
六、人因事故定量评价方法 .....	(217)
七、组织管理因素对人因事故的作用和影响 .....	(220)
<b>第三节 人因事故的预防</b> .....	(222)
一、人因事故纵深防御系统 .....	(222)
二、人因事故预防与减少基础体系 .....	(224)
<b>第四节 人因事故分析面临的新问题与发展趋势</b> .....	(225)
一、人因事故分析面临的问题 .....	(225)
二、人因事故分析研究的发展趋势 .....	(229)
<b>本章小结</b> .....	(230)
<b>复习思考题</b> .....	(231)
<b>第七章 安全人机工程的实践与应用</b> .....	(232)
<b>第一节 工作空间设计</b> .....	(232)

---

一、有关概念 .....	(232)
二、工作空间人体尺寸 .....	(234)
三、工作空间的设计 .....	(235)
<b>第二节 控制室的安全人机工程 .....</b>	<b>(247)</b>
一、控制室的平面布置 .....	(247)
二、控制中心室的设计 .....	(248)
三、控制室的其他要求 .....	(249)
四、核电厂主控室安全人机工程设计实例 .....	(250)
<b>第三节 办公室的安全人机工程 .....</b>	<b>(255)</b>
一、现代办公室的特点 .....	(255)
二、理想的办公场所——智能建筑 .....	(256)
<b>第四节 道路交通安全安全人机工程 .....</b>	<b>(263)</b>
一、道路交通安全系统与驾驶人员的作业研究 .....	(263)
二、汽车的人机系统设计 .....	(266)
三、车辆安全设计与交通安全设施 .....	(269)
<b>第五节 煤矿矿井安全人机工程 .....</b>	<b>(271)</b>
一、煤矿井下人一机—环境系统的特点 .....	(271)
二、安全人机工程在煤矿中的应用 .....	(272)
<b>本章小结 .....</b>	<b>(282)</b>
<b>复习思考题 .....</b>	<b>(283)</b>
<b>主要参考文献 .....</b>	<b>(284)</b>

# 第一章 概 论

## 本章学习目标

1. 掌握人机工程学和安全人机工程学的定义。
2. 理解“人机系统”的含义。
3. 掌握安全人机工程学研究对象及其含义（人、机和人机结合面）。
4. 了解人机工程学的起源与发展。
5. 了解安全人机工程学的研究目的及范围。

## 第一节 人机工程学

人机工程学（Man-Machine Engineering）是一门专门研究人与系统其他元素之间相互作用的技术科学。该学科在其自身的发展过程中，逐步打破各学科之间的界限，并有机地融合各相关学科理论，不断地完善自身的基本概念、基础理论、研究方法、技术标准和操作规范。它起源于欧洲，形成于美国，发展于日本，作为一门独立学科的历史已有 50 余年。

英国学者莫瑞尔于 1949 年首次正式提出 Ergonomics 一词，该词是由希腊词根“ergon”（工作、劳动）+“nomos”（规律、规则）+词尾“mics”复合而成，其含义是“人工作的规律”“工作的学问”。也就是说，这门学科是研究人在工作过程中如何做到省力、省事、安全、正确。由于该词能够较全面反应本学科的本质，又源于希腊文，便于各国语言翻译上的统一，而且词义保持中立性，不显露它对各组成学科的亲密和间疏，因此目前较多的国家采用“Ergonomics”一词作为该学科名称。

但由于该学科研究和应用范围极其广泛，它所涉及的学科、领域的专家、学者

都试图从各自研究领域的角度和解决问题的着眼点来给本学科命名，因而到目前为止在国内外仍没有确定统一的学科名称。如这门学科在美国被称为“Human Factors Engineering”（人因工程），西欧国家多称“Ergonomics”，日本和俄罗斯都用西欧名称，日语称：“人间工学”，俄语为“эргономика”，其他国家大都是沿用英、美两种名称。在我国，也由于看问题的角度和着眼点不同而采用不同的名称，其称呼大致有“人体工程学”“人因工程学”“人类工效学”“工效学”“人机工程学”“人一机一环境系统工程学”等。本书从该学科基础理论交叉、要求“机宜人”和“人适机”的通用角度以及应用领域极为广泛的着眼点，采用“人机工程学”的名称。

## 一、人机工程学的定义

人机工程学是 20 世纪中期发展起来的交叉科学，它运用人体测量学、生理学、卫生学、医学、心理学、系统科学、社会学、管理学及技术科学和工程技术等学科的理论 and 知识，主要研究系统中人、机及其工作环境特别是人、机与环境结合面之间的关系，通过恰当的设计，使人机系统获得高工效和安全。这门学科目前在国内外尚无公认的定义。国际人类工效学协会（International Ergonomics Association，简称 IEA），对人机工程学所下的定义：研究人在工作环境中的生理学、解剖学、心理学等方面的特点、功能，以进行最适合于人类的机械装置的设计制造，工作场所布置的合理化，工作环境条件最佳化的实践科学。2000 年 8 月，IEA 理事会又将 Ergonomics 的定义修改为：研究系统中人和系统其他元素之间的相互作用的一门科学，其目的是使人在系统中工作、生活的舒适性与系统总的绩效达到最优。

国内学者一般认为：人机工程学是根据人的心理、生理和身体结构等因素，研究系统中人、机械、环境相互间的合理关系，以保证人们安全、健康、舒适地工作，并取得满意的工作效果的一门科学。

总之，由于这门学科至今仍处于迅速发展之中，因而仍具有新兴学科的某些共同特点，其中研究层次尚限于技术科学和工程技术（即人机工程学、人机工程）两个层次，而基础科学（即人机学）层次尚缺，存在学科名称多样、学科边界模糊、学科内容综合性强、学科定义尚不统一等现象。尽管如此，本学科在研究对象，研究方法，理论体系等方面并不存在根本上的差异，这正是人机工程学能作为一门独立的学科存在的缘由。

## 二、人机工程学研究的目的、内容和方法

人机工程学的主要研究对象是人机系统，人机系统是由人和机两部分形成的集



合体。人机系统中的人和机有其自身的独立性，有独自的功能。但它们不是简单的机械混合物，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，不仅要研究它们各自的特性和功能，更重要的是要研究它们之间相互作用和相互配合形成的总体功能。由于人与机器构成的任何系统都处于一定的环境中，因此，在研究人一机器构成的系统时应当把环境当作一个重要因素来考虑。正因为如此，形成了“人一机（机器）一环（环境）”的概念。人机系统作为狭义的概念来理解，形成“人一机一环”概念，而将人机系统作广义理解时，就会将人以外的一切都当作机（含机器和人与机器所处的环境）。这是因为在解决具体问题时，把人和机都狭义化，才出现“环”的概念。在人机工程学基础理论上不宜使用“人一机一环”的概念，而宜采用人一机（即物）及其所产生的人与人、物与物和人与物关系的表现形式以及其内在联系（即人机系统）的泛指概念来解释，这里的“机”也即是 IEA 定义中的“系统的其他元素”。事实上，人机工程学已从早期主要研究生产系统中人、机以及环境之间的关系发展成为研究所有包含人存在的系统中人与系统其他元素之间的关系，如社会技术系统中的组织结构、组织策略、组织过程等。因此，可以这样认为，人机工程学的研究对象已经大大扩展，对于传统意义上的工作、生产等物理系统，它仍主要是研究人、机以及环境之间的关系，这一类研究仍可称为人机工程学，而对于主要研究宏观的组织、社会层面中有关人的因素时或许将其称为人因工程学更为恰当。由于本书是作为安全工程专业本科教材，因此以工作、生产等物理系统为主要研究对象，沿用了人机工程学的术语及概念。

### 1. 人机工程学的研究目的

(1) 设计机器和设备及工艺流程、工具以及信息传递装置与信息控制设备时，必须考虑人的各种因素——生理的和心理的及人体测量参数、生物力学的需要与可能。

(2) 要使人操作简便、省力、快速而准确。

(3) 要使人工作条件和工作环境安全、卫生、舒适。

(4) 最终目的是为了使人机系统协调，保障安全健康和提高工作效率。

### 2. 人机工程学的研究内容

(1) 人的因素方面。主要包括人体生理、心理、人体测量及生物力学、人的可靠性。

(2) 机的因素方面。主要包括显示器和控制器等物的设计。

(3) 环境因素方面。主要包括采光、照明、尘毒、噪声等对人身心产生影响的