

高等教育“十三五”规划教材  
新编安全科学与工程专业系列教材

# 安全人机工程学

Anquan Renji Gongchengxue

主 编 / 李 辉 程 磊

副主编 / 景国勋

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

“三五”规划教材  
新编安全科学与工程专业系列教材

# 安全人机工程学

主 编 李 辉 程 磊  
主 审 景国勋

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书以人、机、环境三要素为研究对象,系统阐述了安全人机工程学的基础理论、方法原理与应用分析。全书共9章,第1章为绪论;第2章至第5章分别为人体的人机学参数、人的生理特性、人的心理特性、人体运动和能量代谢系统及疲劳损伤特性;第6章至第9章分别为安全人机功能匹配、人机系统的安全设计、作业环境与安全人机系统的关系、“安全人机工程学”课程设计概述;还提供了一个完整的附录。

本书作为高等教育“十三五”规划教材,适用于安全科学与工程专业,也可作为其他相关专业的教学用书,还可供相关专业的研究生、安全领域的研究人员、教师和其他工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

安全人机工程学 / 李辉,程磊主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2018.10

ISBN 978-7-5646-3595-4

I. ①安… II. ①李… ②程… III. ①安全人机学—高等学校—教材 IV. ①X912.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第159324号

书 名 安全人机工程学  
主 编 李 辉 程 磊  
责任编辑 陈红梅  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83885307 83884995  
出版服务 (0516)83885767 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司  
开 本 787×1092 1/16 印张 16.75 字数 418 千字  
版次印次 2018年10月第1版 2018年10月第1次印刷  
定 价 34.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

# 《新编安全科学与工程专业系列教材》 编审委员会

顾    问	周世宁				
主    任	袁  亮				
副  主  任	景国勋	蒋军成	刘泽功	张  麟	
	李树刚	程卫民	林柏泉	施式亮	
执行副主任	王新泉	杨胜强			
委    员	(排名不分先后)				
	柴建设	陈开岩	陈网桦	陈先锋	高建良
	贾进章	蒋承林	蒋曙光	李树清	廖可兵
	刘  剑	刘章现	吕  品	罗  云	马尚权
	门玉明	倪文耀	宁掌玄	撒占友	沈斐敏
	孙建华	孙金华	孙  峰	石必明	唐敏康
	田水承	王佰顺	王宏图	王洪德	王  凯
	王秋衡	吴  强	解立峰	辛  嵩	徐凯宏
	徐龙君	许满贵	叶建农	叶经方	易  俊
	易赛莉	张国华	张巨伟	周  延	朱  锴
秘  书  长	马跃龙	陈红梅			

---

# 前 言

安全人机工程学是从安全的角度出发,以生产、生活、生存领域中的人为中心,以安全科学、系统科学、人体科学为基础理论,运用人机工程学的原理和方法研究人机结合面安全问题的一门新兴学科。它既是人机工程学的应用学科,也是安全工程学的重要分支学科。同时,“安全人机工程学”也是安全工程类专业以及人机与环境工程类专业的重要专业基础课程之一,现已列为安全工程专业的必修专业基础课程。

安全人机工程学把人—机—环境系统作为研究对象,中心问题是从系统安全、预防事故及职业病的观点来研究和解决人与环境系统的合理关系。主要侧重于人们在生产劳动中的保护,重点从人的生理、心理、生物力学、安全科学、劳动科学等几个方面研究生产过程,以期更好地实现人、机、环境3个方面因素的协调。

本书是为满足“安全人机工程”课程教学需要而编写的。在编写过程中,编者始终以安全科学、系统科学和人体科学为核心,十分重视基本概念、基础原理、基本方法的阐述,着重强调教材的科学性、系统性、新颖性和整体构思的完整性;同时广泛收集有关专家、学者的研究成果和成熟的理论知识,力求兼顾知识性、普遍性和实用性等几个方面,并结合文中与附录中的案例分析,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相配合来编排课程体系。

全书共分9章,第1章、第2章、第3章、第7章由李辉(河南理工大学)编写,第4章、第6章、第8章由程磊(河南理工大学)编写,第5章由王振江(河南工程学院)编写,第9章由胡国忠(中国矿业大学)编写,附录由李辉和程磊共同编写。本书由李辉、程磊担任主编,并负责全书的统稿、定稿工作。

本书图文并茂,内容丰富。书中列举了多篇参考文献,供感兴趣的读者进一步阅读和学习。另外,编者通过多年教学实践与长期科学研究成果的提炼、升华,认真编写了附录,作为安全人机工程学的典型案例,使读者加深理解书中所讲授的基本内容,密切联系现代科研方向,提高解决工程实践问题的能力。

本书力求简明扼要、重点突出,在编写过程中参考了诸多相关文献,为提高本书的质量起到了很好的帮助作用;初稿完成后,承蒙安阳工学院景国勋教授给予认真审阅,并提出许

多宝贵意见；在编写出版过程中，得到了中国矿业大学出版社陈红梅编辑的支持和大力帮助。在此，编者向本书的审阅者、文献作者和专家学者们以及中国矿业大学的相关编辑表示衷心的感谢。

本书可作为安全科学与工程、人机与环境工程、系统工程、消防工程、工业工程等专业的本科教材和教学参考用书，也可供有关教师、科技人员、管理人员以及相关专业的研究生参考学习。

由于编者水平有限，书中难免存在不足与欠妥之处，敬请各位专家及广大读者批评指教。

编 者

2018年10月

---

# 目 录

1	绪论	1
1.1	人机工程学	1
1.2	安全人机工程学的概念与内涵	5
1.3	安全人机工程学与相关学科的关系	9
1.4	安全人机工程学的发展与展望	12
	思考与练习	16
2	人体的人机学参数	17
2.1	人体尺寸的测量	17
2.2	人体测量的基本术语	18
2.3	人体测量的主要仪器	19
2.4	人体测量中常用的统计函数	20
2.5	常用的人体测量数据	22
	思考与练习	50
3	人的生理特性	51
3.1	人的感知特性	51
3.2	人的视觉及其特性	53
3.3	听觉、触觉和嗅觉	58
3.4	人的反应时间	62
3.5	人体活动过程的生理变化与适应	64
	思考与练习	69
4	人的心理特性	70
4.1	心理学概述	70
4.2	心理特性与安全	71
4.3	颜色对心理作用	83
4.4	声音对心理的作用	87
	思考与练习	88
5	人体运动和能量代谢系统及疲劳损伤特性	89
5.1	人体运动系统	89

5.2	能量代谢系统	93
5.3	肌肉疲劳与精神疲劳	98
	思考与练习	106
6	安全人机功能匹配	107
6.1	人机系统中人的传递函数	107
6.2	人机功能匹配	113
6.3	人机系统的安全可靠性	118
	思考与练习	133
7	人机系统的安全设计	134
7.1	工作设计	134
7.2	作业空间设计	136
7.3	工作台及座椅设计	143
7.4	显示器设计	149
7.5	控制器设计	160
7.6	安全防护装置设计	173
	思考与练习	179
8	作业环境与安全人机系统的关系	180
8.1	作业环境	180
8.2	作业环境的照明与安全	181
8.3	作业环境的色彩与安全	184
8.4	作业环境的噪声、振动与安全	190
8.5	作业环境的微气候条件与安全	195
	思考与练习	201
9	“安全人机工程学”课程设计概述	202
9.1	课程设计目的	202
9.2	课程设计条件和任务	203
9.3	设计要求	203
9.4	参考题目	206
	思考与练习	207
附录		208
	附录1 安全人机工程应用实例	208
	附录2 综采工作面员工不安全行为影响因素分析	242
参考文献		260



## 1.1 人机工程学

人机工程学(man-machine engineering)是一门专门研究人、机及其工作环境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,并有机地融合了相关学科理论,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,从而形成了一门研究和应用都极为广泛的综合性边缘学科。它起源于欧洲,形成于美国,发展于日本,作为一门独立学科已有 60 余年的历史。

### 1.1.1 人机工程学的命名与定义

#### 1) 人机工程学的命名

英国学者莫瑞尔于 1949 年首次正式提出 ergonomics 一词,该词由希腊词根“ergon”(工作、劳动)和“nomoi”(自然法则)复合而成,其含义是“人的工作规律”。也就是说,这门学科是研究人们在生产、生活和操作过程中合理地、适度地劳动和用力的规律问题。在 1950 年 2 月召开的学术会议上,大会通过了使用“ergonomics”这一术语。由于该词能够较为全面地反映本学科的本质,又源于希腊文,为便于各国语言翻译上统一且保持词义中立性,同时不会对各组成学科亲密或间疏,因此目前大多数国家采用“ergonomics”一词作为该学科名称。

由于该学科研究和应用范围极其广泛,它所涉及的各学科、各领域的专家、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。例如,这门学科的名称在美国被称为“human engineering”(人类工程学)或“human factors engineering”(人的因素工程学),西欧国家多用“ergonomics”,日本和俄罗斯都用西欧名称,日语为“人间工学”,俄语为“эргономика”,其他国家大都是沿用英、美两国名称。在我国,由于看问题的角度和着眼点不同而采用的名称不同,其称呼大致有“人体工程学”、“人因工程学”、“工效学”、“人机工程学”等。

#### 2) 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,它广泛运用人体测量学、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,研

究人、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能高工效和安全地工作。这门学科目前在国内外尚无统一的定义,而且随着学科的发展,其定义也在不断地发生变化。

国际人类工效学会(International Ergonomics Association, IEA)将人机工程学定义为:研究人在某种工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的特点、功能,研究人和机器及环境的相互作用,研究在工作中、生活中和休息时怎样统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒适等问题的学科。2000年8月,IEA理事会又对定义进行了修改:研究系统中人和系统中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。

《中国企业管理百科全书(合订本)》(企业管理出版社,1990年版)将人机工程学定义为研究人和机器、环境的相互作用及其合理结合,使设计的机器和环境系统适合人的生理、心理等特点,达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的目的的学科。有些学者通过对于各种定义的归结,认为人机工程学可定义为:按照人的特性设计和改善人一机—环境系统的科学。

综上所述,尽管学科名称多样,定义存在不同程度的分歧,但本学科的研究对象、研究方法、理论体系等方面并不存在根本的区别。这正是人机工程学作为一门独立学科存在的理由,同时也充分体现了该学科边界模糊、内容综合性强、涉及面广等特点。

### 1.1.2 人机工程学的产生与发展

从广义上说,从原始社会人们借助工具劳作开始,就产生了人和机的关系。这是一种最原始,也是最简单的“人机关系”,即人与工具和器具之间的关系,它们相互依存、相互制约。英国是世界上最早开展人机工程学研究的国家,但本学科奠基性工作实际上是在美国完成的,而此后对学科的进一步发展和应用起推动作用的却是日本。所以,人机工程学有“起源于欧洲、形成于美国、发展于日本”之说。在本学科的形成与发展过程中,主要经历了3个阶段,即经验人机工程学、科学人机工程学和现代人机工程学。

#### 1) 经验人机工程学

自人类社会形成以来,人类在求生存、求发展的搏斗中,开始创造各种各样的简单器具。人类利用这些器具进行狩猎、耕种,从而有了人与器具的关系——原始人机关系。在古老的人类社会中尽管没有系统的人机工程学的研究方法,但人类通过实践的启发所创造的各种简单工具,以其形状的发展变化来看是符合人机学原理的。例如:旧石器时代的石刀、石枪、石斧、骨针等工具大部分呈直线形状,有利于使用;到新石器时代,人类所用的锄头及石磨等的形状,就更适合人的使用。那时的人类用这些工具进行笨重的体力劳动时,就自发地存在保护自己和提高劳动效率两方面需要解决的问题。随着人类社会的发展,人类所创造的工具更是大大向前发展,这些工具由于人的使用经验、体会促使人机关系由简单到复杂,由低级到高级,由自发到自觉,逐渐科学化。但这个时期的人机关系及其发展只是建立在人类不断积累的经验 and 自发的基础上,因此称为经验人机关系或自发人机关系。

工业革命是资本主义发展史上的一个重要阶段,是以大规模工厂化生产取代个体工厂

手工生产的一场生产与科技革命。工业革命之后,人们所从事的劳动在复杂程度和负荷量上都有了很大的变化。这段时期对劳动功效的苛刻追求促进了人机工程学的孕育,世界上一些工业发达国家就在客观需要的条件下提出了“操作方法”课题,如进行过“肌肉疲劳试验”、“铁锹作业试验研究”及“砌砖作业试验”等,以便于耗费最少的体力,获得较多的效益。

① 肌肉疲劳试验。1884年,德国学者莫索(A. Mosso)对人体劳动疲劳现象进行试验研究。对作业的人体通以微电流,随着人体疲劳程度的变化,电流也随之变化,这样可以采用不同的电信号来反映人的疲劳程度。这一试验研究为以后的“劳动科学”奠定了基础。

② 铁锹作业试验研究。1898年美国学者泰勒(F. W. Taylor)从人机学角度出发,对铁锹的作业效率进行了研究。他用形状相同而铲量分别为5 kg、10 kg、17 kg和30 kg的4种铁锹交给工人,去铲同一堆煤,进行铲煤作业试验,比较他们在每个班次8 h的工作效率。结果表明工效有明显差距,虽然17 kg和30 kg的铁锹每次铲的量较大,但事实上铲煤量为10 kg的铁锹作业效率最高。他做了许多次试验,找出了铁锹的最佳设计和搬运煤屑、铁屑、沙子、铁矿石等松散粒状材料每一铲的最适当的质量。该试验是关于体能合理利用的最早科学试验。泰勒还进行了对比各种不同的操作方法、操作动作的工作效率的研究,这是关于合理作业姿势的最早科学研究。

③ 砌砖作业试验。吉尔伯勒斯(F. B. Gilreth)是泰勒的亲密合作者,科学管理运动的主要代表之一。他指出,“世界上最大的浪费,莫过于不必要的、错误的、无效的动作所造成的浪费”。1911年,吉尔伯勒斯对建筑工人砌砖作业进行了试验研究。他用高速摄影机把工人的砌砖动作拍摄下来,通过对所拍摄的砌砖动作进行分析研究,去掉多余无效动作,最终提高了工作效率,使工人砌砖速度由当时的120块/h提高到350块/h。

泰勒和吉尔伯勒斯的这些试验影响很大,后来成为人机工程学的重要分支“时间与动作的研究”中的主要内容。特别是泰勒的研究成果,他在传统管理方法的基础上,首创了新的管理方法和理论,并据此制定了一整套以提高工作效率为目的的操作方法。20世纪初,美国和欧洲一些国家为了提高劳动生产率而推行的“泰勒制”。

经验人机工程学研究阶段一直持续到第二次世界大战之前。它主要研究每一种职业的要求,利用测试来选择工人和安排工作;如何挖掘和利用人力的方法;制订培训方案,使人力得到最有效的发挥;研究最优良的工作条件;研究最好的组织管理形式;研究工作动机,促进工人和管理者之间的通力合作。参与研究的人员大都是心理学家,研究偏向心理学方向。学科发展的主要特点是:机械设计的主要着眼点在于力学、电学、热力学等工程技术方面的优选上,在人机关系上以选择和培训操作者为主,使人适应于机械设备的运行。

## 2) 科学人机工程学

第二次世界大战期间,由于战争的需要,许多国家大力发展高效能、威力大的新式武器和装备。但由于片面注重新式武器和装备的功能研究,而忽视了其中“人的因素”,因而由于操作失误导致失败的教训屡见不鲜。例如,由于战斗机中座舱及仪表位置设计不当而造成飞行员误读仪表和误用操作器而导致意外事故,或由于操作复杂、不灵活和不符合人的生理尺寸而出现战斗中率低等现象。失败的教训引起了决策者和设计者的高度重视。通过分

析研究,逐步认识到,在人和武器的关系中主要的限制因素不是武器而是人,并深深感到“人的因素”在设计中是不能忽视的一个重要条件;同时还认识到,要设计好一个高效能的装备,只有工程技术知识是不够的,还必须有生理学、心理学、人体测量学、生物力学等学科的知识。因此,在第二次世界大战期间,人们在军事领域中开展了与设计相关学科的综合研究与应用。例如,为了使所设计的武器能够符合战士的生理特点,武器设计工程师不得不把解剖学家、生理学家和心理学家请去为设计操纵合理的武器而出谋献策,结果取得了良好的效果。最终,军事领域中对“人的因素”的研究应用使人机工程学应运而生。

科学人机工程学一直持续到 20 世纪 50 年代末。在其发展的后一阶段,由于战争的结束,本学科的综合研究与应用逐渐从军事领域向非军事领域发展,并逐步应用军事领域中的研究成果来解决工业与工业设计中的问题,如飞机、汽车、机械设备、建筑设施及生活用品等。人们还提出在设计工业机械设备时也应集中运用工程技术人员、医学家、心理学家等相关学科专家的共同智慧。因此,在这一发展阶段中,学科的研究课题已超出了心理学的研究范畴,使许多生理学家、工程技术专家涉身到该学科中来共同研究,从而使学科命名也有所变化,大多称为“工程心理学”。这一阶段学科发展主要特点是重视工业与工程设计中“人的因素”,力求使机器适应于人。

### 3) 现代人机工程学

20 世纪 60 年代,欧美各国进入大规模的经济发展时期,由于科学技术的进步,人机工程学获得了更多的应用和发展机会。宇航技术的发展、原子能的利用、电子计算机的应用以及各种自动装置的广泛使用,使人机关系更加复杂。同时,在科学领域中,由于控制论、信息论、系统论和人体科学等学科中新的理论建立,要求在研究人机关系时应用新理论来进行人机系统设计。这一切不仅给人机工程学提供了新的理论和新的实验场所,同时也给该学科的研究提出了新的要求和新的课题,从而使人机工程学进入了系统的研究阶段,也使人机工程学的发展走向成熟。

现代人机工程学研究的方向是把人一机—环境系统作为统一的整体来研究,以创造最适合于人操作的机械设备和作业环境,使人—机—环境系统相协调,从而获得最优的以及安全、高效、经济的系统组合方式。

由于人机工程学的迅速发展及其在各个领域中的作用越来越显著,引起了各学科专家学者的关注,1961 年在瑞士的斯德哥尔摩正式成立了国际人类工效学会,该学会每三年召开一次国际大会,为推动各国人机工程学的发展起了重大的作用。

本学科在国内起步虽晚,但是发展迅速。新中国成立前仅有少数人从事工程心理学的研究;到了 20 世纪 60 年代初,只有中国科学院、中国军事科学院等少数单位从事本学科中个别问题的研究,其研究范围仅局限于国防和军事领域,但这些研究为我国人机工程学的发展奠定了基础;70 年代末,人机工程学在我国进入了较快的发展时期;1989 年正式成立了本学科与 IEA 相应的国家一级学科组织——中国人类工效学学会(Chinese Ergonomics Society, CES)。

### 1.1.3 人机工程学的研究内容

人机工程学的研究对象是人机系统,即人机各自的特性、功能和其相互作用以及总体功能。

人机工程学的研究任务就是解决人与机的关系,改善机械设备发出的信号信息,使人易于识别,改善机械设备的控制装置,使人易于控制,排除不良环境对人机系统的影响,从而建立一个合理可行的方案使人—机—环境系统达到最优的配合,充分发挥人与机的作用,做到人尽其力,机尽其用,环境尽其效,使整个系统安全、可靠、高效,以保证操作者在健康、舒适的环境中工作和生活。围绕研究任务,其研究内容主要包括以下几个方面:

- ① 人的因素:人的人机学参数、生理因素、作业特征。
- ② 机的因素:显示装置、控制装置等机械设备的设计、安全防护装置。
- ③ 环境因素:光环境、噪声环境、振动环境、微气候等作业环境设计。
- ④ 人机系统综合研究:人机匹配、人机界面设计、作业空间设计。

## 1.2 安全人机工程学的概念与内涵

安全人机工程学是人机工程学的的一个分支,即运用人机工程学的原理及工程技术理论来研究和揭示人机系统中的安全问题、立足于对在作业过程中的保护、确保安全生产和生活的一门学科。安全人机工程学以系统论、控制论和信息论为理论基础,从人的生理、心理、生物力学等方面出发,研究在发挥机器、设备高效的同时如何使其与人达到和谐匹配,以及如何确保人的安全和健康等问题。随着科学技术的飞速发展,工业生产设备的自动化、复杂程度越来越高,作业过程中的危险、有害因素也越来越多,对本质安全化的追求促进了安全人机工程学的发展。

### 1.2.1 安全人机工程学的诞生

人类社会中最发展最快的是机械、电气、化工、交通运输及信息传递设备及控制装置。虽然人类接触到的环境变化也很迅速,但依据遗传法则产生和发展的人类自身进步却是最慢的。另外,教育和培训会使人进步,但是人类的生理、生物力学特性等却无多大变化,人类的判断力、注意力和操控水平对于飞速发展的机械设备来说,进步实在是太慢了,这就出现了人与机之间的不匹配、不协调,不但影响机的功能发挥,也给操作者带来负担,可能还会损害人的健康,甚至会出现安全生产事故。任何先进的机械设备都是人来设计和制造的,并为人类服务的,因而人机系统中人是主要因素,保证系统中人的安全是人机工程学的重要任务,也是保证人机系统功能和高效的前提条件。所以,研究工作和生产中如何保证人的安全成为人机工程学非常重要的研究和应用领域之一,这就产生了安全人机工程学。

安全是人类最重要和最基本的需求,是人们生命和健康的基本保证。随着安全观念的

深入人心,人们的安全意识逐步增强,安全也由原先的生产安全扩展到人们生活和生存领域,即大安全观。安全人机工程学随着安全科学的发展其研究领域也不断扩大,已不仅仅局限于人机结合面的匹配问题,而是要求深入更广泛的应用研究领域,如人与生产工艺、人与操作技能、人与工程施工、人与生活服务、人与组织管理等要素的相互协调适应问题。由于人的生产领域、生活领域、生存领域涉及方方面面,而且每个人都息息相关,因此安全人机工程学发展非常迅速并且具有广阔的应用前景。从1991年开始,很多安全领域的专家、学者先后出版了不同版本的《安全人机工程》著作,使得安全人机工程学学科逐步完善。但是随着人类生活水平的不断提高,安全人机工程学的应用领域将会不断扩大和深入,如航空领域、自动控制领域等,同时对于人体尺寸的完善和标准的更新也是有待深入研究的。

### 1.2.2 安全人机工程学的定义

安全人机工程学(safety ergonomics)是从安全的角度和着眼点研究人与机的关系的一门学科,其立足于“安全”,以对活动过程中的人实行保护为目的,主要阐述人与机保持什么样的关系,才能保证人的安全。也就是说,在实现一定的生产效率的同时,如何最大限度地保障人的安全健康与舒适愉快。这主要是从活动者的生理、心理、生物力学的需要与可能等诸因素出发,着重研究人从事生产或其他活动过程中在实现一定活动效率的同时最大限度地免受外界因素的作用机理,为预防与消除危害的标准与方法提供科学依据,从而达到实现安全卫生的目的,确保人类能在安全健康、舒适愉快的条件与环境从事各项活动。

人类社会进步的重要标志就是创造一个适合人类生存与发展的优美舒适的劳动条件和生活、生存环境,即让人类劳动、生活、生存在一个安全卫生和谐的社会之中。所以,从安全的角度和着眼点出发,即以人的活动效率为条件和以人的身心安全为目标,将安全人机工程学从人机工程学中分解出来,并作为安全工程学的一个重要分支学科而自成体系,这是现代科学技术发展的必然趋势也是文明生产、生活、生存的象征。

安全人机工程学可定义为:安全人机工程学是从安全的角度和着眼点出发,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。它作为人机工程学的一个应用学科的分支,以安全为目标,以工效为条件,将与“以安全为前提,以工效为目标”的工效人机工程学并驾齐驱,并成为安全工程学的一个重要分支学科。

### 1.2.3 安全人机工程学的研究对象

在任何一个人类活动场所,总是包括人和机(此处的机是广义的,即物)两大部分。这两种性质截然不同的要素——人与机,彼此之间存在着物质、能量和信息不停交换(即输入、输出)和处理上的本质差异。而人机结合面起着人机之间沟通的作用,各自发挥功能,以提高系统效率,保证系统安全。因此,人机系统是一个有机的整体,如图1-1所示。

所谓的人,是指活动的人体,即安全主体,人应该始终是有意识有目的地操纵物(机器、物质)和控制环境的,同时又接受其反作用。不管机械化和自动化的成就有多大,不管人使用的能源是多么新颖和充裕,不管使用什么信息传递系统,不管是过去、现在还是



图 1-1 人机关系示意图

将来,人总该是人与复杂的外界之间相互作用链条上起决定作用的一环,人也应该是他所创造的并为他自己服务的任何系统的安全主导,其自身依靠的科学基础都需要借用生理学、心理学、人体生物力学、解剖学、卫生学、人类逻辑学、社会学等人体科学的研究成果。

所谓的机,它是广义的,包括劳动工具、机器(设备)、劳动手段和环境条件、原材料、工艺流程等所有与人相关的物质因素。机应是执行人的安全意志,服从于人,其基础需要由安全设备工程学的安全机电工程学、卫生设备工程学和环境工程学等学科去研究。

所谓人机结合面,就是人和机在信息交换和功能上接触或互相影响的领域(或称为“界面”)。此处所说人机结合面、信息交换、功能接触或互相影响,不仅是指人与机器的硬接触(即一般意义上的人机界面或人机接口),而且包括人与机的软接触,此结合面不仅包括点、线、面的直接接触,甚至还包括远距离的信息传递与控制的作用空间。人机结合面是人机系统中的中心环节,主要由安全工程学的分支学科即安全人机工程学去研究和提出解决的依据,并通过安全设备工程学、安全管理工程学以及安全系统工程学去研究具体的解决方法、手段、措施。

由以上分析可以看出,安全人机工程学主要是从安全的角度和以人机工程学中的安全为着眼点进行研究的,其研究对象是人、机和人机结合面 3 个安全因素。

#### 1.2.4 安全人机工程学的研究内容与方法

##### 1) 研究内容

安全人机工程学的研究内容与人机工程学的研究内容基本一致,只是研究的角度和着眼点不同,包括以下几个方面。

##### (1) 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: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: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和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,也是解决安全工程技术问题的主要依据。

##### (2) 人机功能合理分配

这方面的主要依据包括: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包括:机器显示装置与人的信息通道特征的匹配、机器操纵器与人体运动特性的匹配和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。

### (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、合理的工作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安全生产的关系等。

① 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。

② 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,也是其根本目的,即研究生产事故的各种人的因素、人的操作失误分析与预防措施等。

## 2) 研究方法

安全人机工程学从适合人的安全特性去研究人机界面,其主要研究方法如下。

### (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

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个体或小组进行书面或问卷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。

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,分层原则以及各层样本的数目,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。根据实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,也可借助摄影或录像等手段。

### (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、生理素质及心理状态,机械设备的结构、性能及作业环境等诸多因素。

### 1.2.5 安全人机工程学的研究目的与任务

#### 1) 研究目的

人的活动效率和人的安全是同一事物运动变化过程中两个不同侧面的要求。人们在工作或从事生产活动的时,往往既要求有效率又希望安全地,甚至是舒适、健康和愉悦地进行工作和生产。生产技术的发展产生了各种各样的机械设备,这些机械设备有的能够提供能源和动力,有的能够直接替代人类作业,将人类从劳动中解放出来,但机械设备只能按照预先设定的程序进行工作,需要有人来启动和监护才能完成既定的任务。相反,如果机械设备的设计不符合人的生理和心理特征,甚至超过人的正常能力,人们无法利用它们进行工作,或者会出现安全事故,就得不到应有的效应。因此,机械设备的效能不仅取决于机械设备本身的生产能力和安全可靠性能,还取决于它是否适合于人的操作;同时,人和机既相互作用又相互制约,是不可分割的统一整体,在设计阶段就应当考虑人的影响因素。

安全人机工程学的主要研究目的是:对人机系统建立合理可行的方案,根据人和机功能特点和需求,合理地分配功能,使人和机有机结合,有效地发挥人的作用,最大限度地为人提供安全卫生和舒适的环境,达到保障人的健康、舒适、愉快地活动的目的,同时提高活动效率。

#### 2) 研究任务

安全人机工程学研究的主要任务是:为人机系统设计者提供系统安全性设计,包括人体参与安全性设计、人的生理和心理因素与安全生产、作业疲劳与安全生产、安全标志和安全色在人机界面中的应用、作业空间安全布局、安全防护装置设计、作业环境优化等。

安全人机工程学的另外一个任务是:对已有系统进行安全人机分析和评价,查找系统中不符合安全人机设计原则和思想的地方,以提出设计改进意见。

## 1.3 安全人机工程学与相关学科的关系

安全人机工程学作为安全工程学的重要分支学科和人机工程学的-一个应用学科,其性质是一个跨门类、多学科的交叉科学,它处于许多学科和专业技术的接合部位上,除了是安全工程学学科的组成部分外,还与人体的生理学、心理学、生物力学、解剖学、测量学、管理学、色彩学、信息论、控制论、系统论、系统工程、环境科学、劳动科学等学科都有密切关系。因此,它属于自然科学与社会科学共同研究的综合科学课题。

### 1.3.1 安全人机工程学与安全工程学的关系

1985年5月,中国劳动保护科学技术学会召开全国劳动保护科学体系第二次学术研讨会(简称青岛会议),会上发表了刘潜、欧阳文昭的两篇论文,在我国首次阐述了安全科学学