



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

信息化与工业化 两化融合
研究与应用

先进人机工程与设计

——从人机工程走向人机融合

孙守迁 徐 江 著
曾宪伟 高增桂



科学出版社



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

信息化与工业化两化融合研究与应用

先进人机工程与设计 ——从人机工程走向人机融合

孙守迁 徐 江 曾宪伟 高增桂 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书详细介绍了人机工程学的相关理论与研究,并通过实际案例阐述了人机工程学理论在设计实践中的应用。主要内容包括人机工程概论,人体解剖学、人体测量学和生物力学,姿势与行为评价,生理负荷评价方法,计算机辅助人机工程基础,以及腰垫、舒适度评价、老年人辅助站立座椅和外骨骼系统4个典型研究案例。

本书可作为设计学相关课程的研究生和本科生教材,也可作为从事相关课题研究的教师、学生和科研人员提供有价值的指导和参考。

图书在版编目(CIP)数据

先进人机工程与设计:从人机工程走向人机融合/孙守迁等著. —北京:科学出版社,2016

(信息化与工业化两化融合研究与应用)

ISBN 978-7-03-048800-8

I. ①先… II. ①孙… III. ①人-机系统 IV. ①TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 132866 号

责任编辑:朱英彪 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:张 伟 / 封面设计:黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年6月第一版 开本:720×1000 1/16

2016年6月第一次印刷 印张:11 1/2

字数:231 000

定价:80.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“信息化与工业化两化融合研究与应用”丛书编委会

顾问委员会 戴汝为 孙优贤 李衍达 吴启迪 郑南宁 王天然
吴宏鑫 席裕庚 郭雷 周康 王常力 王飞跃

编委会主任 吴澄 孙优贤

编委会副主任 柴天佑 吴宏鑫 席裕庚 王飞跃 王成红

编委会秘书 张纪峰 卢建刚 姚庆爽

编委会委员 (按姓氏笔画排序)

于海斌 (中国科学院沈阳自动化研究所)	张纪峰 (中科院数学与系统科学研究院)
王 龙 (北京大学)	陈 杰 (北京理工大学)
王化祥 (天津大学)	陈 虹 (吉林大学)
王红卫 (华中科技大学)	范 铠 (上海工业自动化仪表研究院)
王耀南 (湖南大学)	周东华 (清华大学)
卢建刚 (浙江大学)	荣 冈 (浙江大学)
朱群雄 (北京化工大学)	段广仁 (哈尔滨工业大学)
乔 非 (同济大学)	俞 立 (浙江工业大学)
刘 飞 (江南大学)	胥布工 (华南理工大学)
刘德荣 (中国科学院自动化研究所)	桂卫华 (中南大学)
关新平 (上海交通大学)	贾 磊 (山东大学)
许晓鸣 (上海理工大学)	贾英民 (北京航空航天大学)
孙长银 (北京科技大学)	钱 锋 (华东理工大学)
孙彦广 (冶金自动化研究设计院)	徐 昕 (国防科学技术大学)
李少远 (上海交通大学)	唐 涛 (北京交通大学)
吴 敏 (中南大学)	曹建福 (西安交通大学)
邹 云 (南京理工大学)	彭 瑜 (上海工业自动化仪表研究院)
张化光 (东北大学)	薛安克 (杭州电子科技大学)

“信息化与工业化两化融合研究与应用”丛书序

传统的工业化道路,在发展生产力的同时付出了过量消耗资源的代价:产业革命 200 多年以来,占全球人口不到 15% 的英国、德国、美国等 40 多个国家相继完成了工业化,在此进程中消耗了全球已探明能源的 70% 和其他矿产资源的 60%。

发达国家是在完成工业化以后实行信息化的,而我国则是在工业化过程中就出现了信息化问题。回顾我国工业化和信息化的发展历程,从中国共产党的十五大提出“改造和提高传统产业,发展新兴产业和高技术产业,推进国民经济信息化”,到党的十六大提出“以信息化带动工业化,以工业化促进信息化”,再到党的十七大明确提出“坚持走中国特色新型工业化道路,大力推进信息化与工业化融合”,充分体现了我国对信息化与工业化关系的认识在不断深化。

工业信息化是“两化融合”的主要内容,它主要包括生产设备、过程、装置、企业的信息化,产品的信息化和产品设计、制造、管理、销售等过程的信息化。其目的是建立起资源节约型产业技术和生产体系,大幅度降低资源消耗;在保持经济高速增长和社会发展过程中,有效地解决发展与生态环境之间的矛盾,积极发展循环经济。这对我国科学技术的发展提出了十分迫切的战略需求,特别是对控制科学与工程学科提出了十分急需的殷切期望。

“两化融合”将是今后一个历史时期里,实现经济发展方式转变和产业结构优化升级的必由之路,也是中国特色新型工业化道路的一个基本特征。为此,中国自动化学会与科学出版社共同策划出版“信息化与工业化两化融合研究与应用”丛书,旨在展示两化融合领域的最新研究成果,促进多学科多领域的交叉融合,推动国际间的学术交流与合作,提升控制科学与工程学科的学术水平。丛书内容既可以是新的研究方向,也可以是至今仍然活跃的传统方向;既注意横向的共性技术的应用研究,又注意纵向的行业技术的应用研究;既重视“两化融

合”的软件技术,也关注相关的硬件技术;特别强调那些有助于将科学技术转化为生产力以及对国民经济建设有重大作用和应用前景的著作。

我们相信,有广大专家、学者的积极参与和大力支持,以及丛书编委会的共同努力,本丛书将为繁荣我国“两化融合”的科学技术事业、增强自主创新能力、建设创新型国家做出应有的贡献。

最后,衷心感谢所有关心本丛书并为其出版提供帮助的专家,感谢科学出版社及有关学术机构的大力支持和资助,感谢广大读者对本丛书的厚爱。

A large, stylized handwritten signature in black ink, reading '孙佑芳' (Sun Yufang). The signature is written in a cursive style with a long, sweeping horizontal stroke at the top.

中国工程院院士

2010年11月

前 言

人机工程学作为一门独立的交叉学科,主要是根据人的心理、生理和身体结构等因素,研究人-机器-环境相互间的合理关系,以保证人们能够安全、健康、舒适地开展工作,并取得较高的工作效率。

从科学性和技术性方面来看,人机工程学是研究“人-机器-环境”系统中人、机器、环境三大要素之间的关系,为解决系统中人的效能、健康问题提供理论与方法的科学。其涉及生理学、心理学、人体解剖学、管理科学、工程学、系统科学、劳动科学、安全科学、环境科学和设计学等众多学科,所以相关的基础理论和研究方法非常丰富,理论性要求很高;同时,还要求从业人员具有丰富的实践经历和一定的应用能力。本书撰写秉承科研反哺教学的理念,在作者多年人机工程学研究工作上编写而成,具有理论与实践并重之特色,希望不辜负读者的期望。

第1章讲述了人机工程学的发展历程和基本概念,以及人机工程学的研究对象及范畴,并对先进人机工程进行简单的介绍。

第2章介绍人体解剖学、人体测量学和生物力学等基础知识,以及这些学科在人机工程学中的应用。了解这部分内容,人机工程从业人员可加深对人体作业机制的理解,从而在工程设计中更加自如、准确地加以运用。

第3章对常见姿势与行为评价方法进行了介绍。姿势与行为评价作为最常用的人机工程评价方法之一,可为劳动危险保护管理获取提供重要的观察数据。

第4章重点介绍生理负荷定量评价方法,如主观量表评价和生理信号测量等,从主观、客观及主客观联合评价三方面分别介绍各自的概念、意义和实施方法。

第5章介绍了计算机辅助人机工程的基础知识,重点介绍了交互式人机工程设计与评价系统的相关技术,以及虚拟人体技术在系统中的作用。

第6~9章从腰垫、舒适度评价、老年人辅助站立座椅、外骨骼系统4个典型研究案例出发,详细阐述人机工程与设计技术的实际应用。

本书是作者研究组多年来集体工作的结晶。第1章、第5章由浙江大学高增桂撰写,第3章、第4章由同济大学徐江撰写,第2章、第7章由浙江大学曾宪伟撰写,第6章、第8章由浙江大学孙守迁撰写,第9章由浙江大学唐智川撰写,孙守迁全面指导了本书的撰写工作。同时,研究组的博士、硕士研究生为本书提

供了丰富的素材以及必要的协助,其中第1章由徐孟、杨钟亮和邹宁提供素材,第2章由邹焯、董占勋、邹宁和高增桂提供素材,第3章由董占勋提供素材,第4章由李芳宇、杨钟亮提供素材,第5章由徐孟、徐爱国和楼程辉提供素材,第6章由邹焯提供素材,第7章由杨钟亮、曾宪伟提供素材,第8章由王建光提供素材,第9章由唐智川提供素材。本书出版得到浙江大学计算机科学与技术学院和现代工业设计研究所的大力支持,以及科学出版社朱英彪编辑的积极鼓励和详细指导。在此,向所有支持本书撰写和出版工作的人员表示衷心感谢。

本书的编写工作得到了国家自然科学基金(51205059)、浙江省公益技术应用研究计划项目(2015C31051)、高等学校博士学科点专项科研基金(20130101110148)、国家科技支撑计划子课题(2009BAG12A01-E08-2)、国家科技支撑计划子课题(2009BAG12A01-E09-2)和国家863/CIMS项目(2002AA411110)的支持,在此表示感谢。

由于作者水平有限,书中存在的不妥和错误,恳请读者批评指正。

作者

2016年4月于浙江大学

目 录

“信息化与工业化两化融合研究与应用”丛书序

前言

第 1 章 人机工程概论 ·····	1
1.1 人机工程学概述·····	1
1.2 研究对象及范畴·····	3
1.3 先进人机工程·····	6
1.4 本章小结·····	7
参考文献·····	7
第 2 章 人体解剖学、人体测量学和生物力学 ·····	9
2.1 人体解剖学·····	9
2.1.1 脊柱·····	9
2.1.2 上肢·····	12
2.1.3 下肢·····	14
2.2 人体测量学·····	15
2.2.1 人体测量学基础·····	15
2.2.2 常见人体测量数据·····	18
2.2.3 人体测量学应用·····	18
2.3 生物力学·····	23
2.3.1 坐姿生物力学·····	23
2.3.2 手动搬运和下背损伤·····	25
2.3.3 手部累积性伤害·····	27
2.4 本章小结·····	28
参考文献·····	28
第 3 章 姿势与行为评价 ·····	30
3.1 常用评价方法·····	30
3.1.1 自述调查法·····	30
3.1.2 工作姿势靶向法·····	31
3.1.3 力与疲劳测量·····	31

3.1.4 防止急性损伤	32
3.2 中国人人体特征优化的评价	32
3.2.1 快速上肢评估	33
3.2.2 快速全身评估	38
3.2.3 NIOSH 抬举公式	43
3.3 可及度与视域	46
3.3.1 可及度评价	46
3.3.2 视域算法	51
3.4 本章小结	53
参考文献	53
第4章 生理负荷评价方法	55
4.1 基于等级量表的主观评价	55
4.2 基于生理信号的客观评价	58
4.2.1 肌电信号	58
4.2.2 心电信号	64
4.2.3 生化信息	68
4.2.4 人机接触面与体压分布	69
4.3 主客观联合评价模型	73
4.4 本章小结	75
参考文献	76
第5章 计算机辅助人机工程基础	81
5.1 计算机辅助人机工程关键技术	82
5.1.1 人体模型	82
5.1.2 虚拟人体的数据结构	82
5.1.3 虚拟人体的运动骨架	84
5.1.4 虚拟人体的运动模型	85
5.2 交互式人机工程设计与评价系统	92
5.2.1 概述	92
5.2.2 系统功能与结构	94
5.2.3 系统界面和使用	96
5.3 本章小结	102
参考文献	102
第6章 研究案例:腰垫	103

6.1 概述	103
6.1.1 人机接触面的生理性能指标	103
6.1.2 人机接触面的分散度	103
6.1.3 人机交互接触点集合	106
6.1.4 人机交互接触面的生成	106
6.1.5 建立人机接触面点集	107
6.2 研究方法	108
6.2.1 腰垫设计参数确立	108
6.2.2 脊柱形态对比实验	109
6.2.3 腰垫人机接触面的压力分布实验	114
6.3 本章小结	116
参考文献	116
第7章 研究案例:舒适度评价	118
7.1 概述	118
7.1.1 高速列车的舒适度	118
7.1.2 心理因素结构模型	118
7.2 研究方法	120
7.2.1 广义舒适度主观评价	120
7.2.2 影响舒适度的生理因素	124
7.2.3 实验方法	126
7.2.4 结果分析	129
7.2.5 物理、生理、心理因素间的映射关系	131
7.3 本章小结	133
参考文献	134
第8章 研究案例:老年人辅助站立座椅	135
8.1 概述	135
8.2 研究方法	136
8.2.1 站立生物力学实验研究	136
8.2.2 老年人辅助站立座椅设计原则	140
8.2.3 实验验证分析	143
8.3 本章小结	149
参考文献	149
第9章 研究案例:外骨骼系统	150

9.1 概述	150
9.2 研究方法	152
9.2.1 外骨骼系统机械结构设计	152
9.2.2 气动肌肉结构模型	154
9.2.3 上肢外骨骼系统实验	157
9.3 本章小结	169
参考文献	169
索引	171

第 1 章 人机工程概论

1.1 人机工程学概述

人机工程学诞生于 20 世纪 50 年代左右,至今已有 60 多年的发展历史。作为一门独立的交叉学科,其内涵是根据人的心理、生理和身体结构等因素,研究人-机器-环境相互间的合理关系,以保证人们安全、健康、舒适地开展工作,并取得较高的工作效率。人机工程学涉及生理学、心理学、人体解剖学、管理科学、工程学、系统科学、劳动科学、安全科学、环境科学和设计学等众多学科,在其形成和发展过程中,众多学者从不同角度给出了该学科的定义和名称,反映各自不同的研究重点和应用范围,至今仍未统一^[1,2]。常见的命名有工效学(ergonomics)、人因工程学(human factors engineering)或人的因素学(human factors)、人机工程学(ergonomics 或 man-machine engineering)或人机学、人-机器-环境系统工程学(man-machine-environment systems engineering)等。在我国,人机工程学经历了几十年的发展,各学科领域也形成了各自的习惯称谓,例如,工业工程和物流管理等学科常称之为“人因工程学或工效学”,工业设计专业习惯使用“人机工程学”这个名称,而在服装设计、建筑设计等领域一般称之为“人体工程学”。

1958 年国际人机工程学会(International Ergonomics Association, IEA)在法国巴黎正式成立,对人机工程学进行定义: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各种因素;研究人、机器及环境的相互作用;研究在工作、家庭生活和闲暇时怎样统一考虑工作效率、健康、安全和舒适等问题的学科^[3]。1979 年,我国将人机工程学定义为运用人体测量学、生理学、心理学、生物力学和工程学等学科的研究方法和手段,综合地进行人体结构、功能、心理和力学等问题研究的学科^[1]。2000 年 IEA 发布新的定义,即人机工程学是研究系统中人与其他组成部分的交互关系的一门学科,运用其理论、原理、数据和方法进行设计,以优化系统的工效与人的健康幸福之间的关系^[4]。

Wilson^[3]将人机工程学定义为“在有目的的社会-科技(social-technical)交互系统对人的行为与效能在理论和基础上的理解,并应用这种理解对真实环境中的交互方式进行设计”。Dempsey 等^[5]指出人机工程学是以增强人体效能(human performance)为目的,对人机系统进行设计与工程化。2005 年, Kar-

wowski^[6]提出人机工程学是根据人机系统兼容性的需求,对人机系统交互作用进行设计、测试、评价与管理的学科;Lee^[7]指出人机工程学涉及提升人与系统的兼容性,从而增强执行工作和其他活动的效率,并增加某些合理的人文价值。这些新提出的人机工程学定义突出了效能和交互作用,超越了对人、任务、设备和环境之间的交互关系,将工作、家庭、出行和休闲等所有行为视做一个更大的系统的一部分,而这个系统本身就成为了人机工程学的焦点。以人为中心,根据交互对象的不同,Wilson^[3]将人机工程学的研究分为8个领域,如图1.1所示。

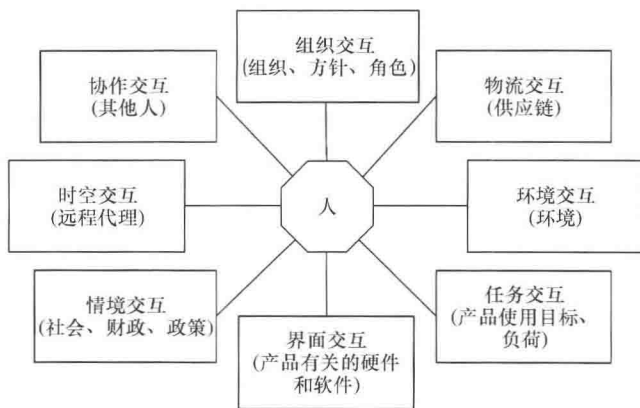


图 1.1 人机工程学交互系统模型

其中,组织交互、协作交互、时空交互和情境交互属于宏观人机工程学(macro ergonomics)的研究范畴。宏观人机工程学针对社会技术系统,以优化人机工程学的兼容性为目标^[8],研究人的行为和安全有效的组织结构^[9],是一种强调全局观设计,检查组织环境、文化、历史和工作目标的人机工程学方法,具有更广泛的定义^[10],对此本书不作赘述。

对环境交互的研究形成了人机工程学的重要分支,即环境人机工程学(environmental ergonomics)。人与所在环境持续、动态的交互作用会对人体产生心理与生理上的应变,导致不舒适、烦恼、敏感并直接影响效能、健康与安全。目前,环境人机工程学评估人对环境的反应尚处于起步阶段,仍有大量的基础知识需要获得^[11]。

界面交互和任务交互是微观人机工程学(micro ergonomics)研究的热点。微观人机工程学以人机系统的观点集中研究如何优化人机交互关系^[12],研究与外在因素相对的人机界面,改善工作空间和界面设计,确保人机系统的正常运作,依赖于人体测量学、生理学和认知心理学方法的支持^[10]。

综合以上观点,人机工程学是研究“人-机-环境”系统中人、机、环境三大要

素之间的关系,为解决系统中人的效能、健康问题提供理论与方法的科学。这里,人是作业者或使用者;机就是机器,包括人操作和使用的一切产品和工程系统;环境指人们工作和生活的环境、噪声、照明和气温等因素对人的工作和生活的影响;系统是由相互作用和相互依赖的若干部分结合成的功能有机体,而该“系统”又是它所从属的一个更大系统的组成部分。怎样设计满足人的要求、符合人的特点的产品及系统,是人机工程学探讨的重要课题。

人机工程学的特点是从系统的高度,将其看成一个相互作用、相互依赖的系统。实际上,该学科是人体科学、环境科学不断向工程科学渗透和交叉的产物。它以人体科学中的人类学、生物学、心理学、卫生学、解剖学、生物力学和人体测量学等为一“肢”,以环境科学中的环境保护学、环境医学、环境卫生学、环境心理学和环境监测技术等学科为另一“肢”,而以技术科学中的工业技术、工业经济、系统工程、交通工程和企业管理等学科为“躯干”,有机地构成了该学科的体系。由于社会分工不同,人机工程学的研究领域可分为职业性和非职业性两类。职业类指对工具、设备和环境进行设计和加工的专业活动,运用人机工程学创造符合人的生理需求的高效、优化的“人-机-环境”系统;非职业范畴指自我服务性范畴,如家务活动、休息及娱乐活动等,创造健康、舒适的高品质生活。总而言之,人机工程学将人体科学与工程技术紧密结合,不仅具有明显提高生产效率的实践意义,而且具有理论研究上的开拓意义。

1.2 研究对象及范畴

从人机工程学的定义而言,其研究对象是人-机-环境系统的整体状态和过程。在人机系统中,不论机器达到何种高度的自动化水平,机器始终处于为人服务且为人所控制、监视、利用的地位,而人处于主导地位。因此,人机工程学研究的任务就在于使机器和环境条件的设计适应于人,以保证人的操作简便省力、迅速准确、安全舒适,充分发挥人机效能,使整个系统能够获得最佳的经济效益和社会效益。

根据 IEA 在 2000 年发布的资料,人机工程学的研究范畴分为以下三方面:

(1) 体力人机工程(physical ergonomics)。研究人体解剖、人体测量、生理和生物力学等与身体活动相关的特征。相关课题包括工作姿势、物资搬运、重复运动、肌肉骨骼疾病、工作空间布局、安全和健康等方面的研究^[6,13]。

(2) 认知人机工程(cognitive ergonomics)。研究心理过程(如知觉、记忆、推理和运动反应等)对系统中人与其他因素的交互作用的影响。相关课题包括脑力负荷、决策、技术效能、人机交互、人的可靠性、工作压力以及培训等与人机

系统设计有关的研究^[6,13]。

(3) 组织人机工程(organizational ergonomics)。研究如何优化社会技术系统,包括组织结构、政策和过程。相关课题包括参与式设计、团队工效、组织文化、虚拟组织、沟通与协作、任务设计、新工作范式、工作时间设计、远程工作、质量管理和资源管理等方面的研究^[6,13]。

具体来说,人机工程学的研究内容主要包括 28 类:

(1) 工作事故、健康与安全。主要包括事故与安全、事故调查、事故改造、健康与安全、健康人机工程、危险分析、健康与安全规则的制定及应用、职业工作压力、机器防护、安全文化与安全管理、安全文化评价与改进、警示与提醒技术、安全概率分析等。

(2) 人体工作行为、解剖学和人体测量。主要包括解剖学、人体测量、工作空间设计、生物力学、残障辅助设计、姿势和生物力学负荷研究、工作中的误判和失衡研究、背部疼痛、听觉障碍研究等。

(3) 认知人机工程学和复杂任务。主要包括认知技能和决策研究、团队工作和过程研究等。

(4) 人机工程相关的计算机软件。主要包括软件设计、软件开发、软件的可执行性和可用性等。

(5) 计算机终端:设计与布局。主要包括计算机产品和外设的设计与布局、计算机终端工作站、显示屏设备与规则、显示屏健康与安全、显示屏设备和手动操作、顺从测量、显示屏设备人机评价、视频显示设备(visual display unit, VDU)和办公环境人机工程研究等。

(6) 显示与控制布局设计。主要包括显示与控制信息的选择和设计。

(7) 控制室设计。主要包括控制台和控制室的布局设计、控制室人机工程等。

(8) 环境人机工程。主要包括环境状况和因素分析、振动与噪声测量、工作中的听力损失、热环境、可视性与照明、工作环境人机工程等。

(9) 专家论证:多工作环境。主要包括专家论证调查研究、人机工程与法律、工业赔偿申诉、伤害诉讼、伤害原因和诉讼支持等。

(10) 人机界面设计与评价。主要包括人机界面的设计与发展、知识系统、人机界面形式、人机接口(human computer interface/man machine interface, HCI/MMI)原型和图形用户界面(graphical user interface, GUI)原型等。

(11) 人的可靠性。主要包括人的失误和可靠性研究、人的失误分析、人因审查、人因整合和人的可靠性评价等。

(12) 工业设计应用。主要包括信息设计、市场/用户研究、医疗设备、人体

姿态的设计与舒适性研究、家具分类与选择等。

(13) 工业/商业工作空间设计。主要包括工业工作空间设计、工业人机工程、工作设计与组织、人体测量学与工作空间设计、工作空间设计与工作站设计、标识与说明、工作负荷分析等。

(14) 管理与人机工程。主要包括变化管理、成本-利益分析、突发事故应变研究、人机战略实施、操作效能、操作负荷分析、标准化研究、人力资源管理、工作程序、人机规则和实践、劳动定额等。

(15) 手工操作负荷:安全与培训。主要包括手工操作评价与培训、手工操作与举力、手工操作负荷和动作分析等。

(16) 办公室人机工程与设计。主要包括办公自动化、办公室和办公设备设计、办公室设计人机工程、显示屏设备人机工程和办公室工作效率等。

(17) 生理学和医学人机工程。主要包括生理学、生理能力、医学人机工程、医学设备、心理生理学、行为期望和行为标准等。

(18) 产品设计与顾客。主要包括人机工程的销售与市场、产品设计与测试、产品中的人机工程、产品发展、产品可靠性与安全性、产品缺陷、产品材质和服装人机工程等。

(19) 风险评估:多种工作状况。主要包括风险与成本-利益分析、风险评估与风险管理、风险预测、人体骨骼与肌肉风险研究等。

(20) 社会技术系统与人机工程。主要包括组织行为、组织变化、组织心理学、人机工程战略、社会技术系统、暴力评估与动机等。

(21) 系统分析。主要包括系统分析与设计、系统整合、系统需求、电信系统与产品、人机系统、MANPRINT(manpower and personnel intergration, 人力资源与人事管理一体化)、人员配备研究、三维人体模型、实验设计、系统设计标准与类别、通信分析等。

(22) 任务分析。主要包括任务分析与工作设计、任务分析与综合、团队协作等。

(23) 管理培训与人员培训。主要包括人机工程培训、整体培训、认知技能/决策分析、工程师培训、工作室中的训练、训练模型和培训需求分析等。

(24) 可用性评估。主要包括可用性评估与测试、可用性审核、可用性评估、可用性培训、试验与验证、仿真与试验、仿真研究、仿真与原型等。

(25) 用户需求与用户指导。主要包括用户文档、用户指导、用户手册与说明、用户界面设计与原型、用户需求分析与类别、用户实验管理等。

(26) 车辆与交通人机工程。主要包括直升机人机工程、头盔显示、乘客环境、铁路车辆与系统、交通设计、车辆设计、车辆人机工程和车辆安全性等。