



北京市高等教育精品教材立项项目

人机工程 计算机仿真

袁修干 庄达民 张兴娟 编著



RENJI GONGCHENG
JISUANJI FANGZHEN



北京航空航天大学出版社



北京市高等教育精品教材立项项目

人机工程计算机仿真

袁修干 庄达民 张兴娟 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书为理工科学生特别是研究生学习人机工程基本知识的教材,旨在培养学生运用人机工程的基本思想、理论和方法去处理人、机、环境三大要素间的关系,最终能有效地运用所学知识并结合计算机仿真及实验,对特定的人机系统进行综合设计和评价。

本书对生产、研究部门的科技人员及高等学校有关专业人员有应用或参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

人机工程计算机仿真/袁修干等编著. —北京:北京
航空航天大学出版社,2005.4
ISBN 7-81077-607-X

I. 人… II. 袁… III. 人一机系统—计算机仿真—
高等学校—教材 IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 139232 号

人 机 工 程 计 算 机 仿 真

袁修干 庄达民 张兴娟 编著

责任编辑 刘晓明

责任校对 陈 坤

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:19.75 字数:442千字

2005年4月第1版 2005年4月第1次印刷 印数:3000册

ISBN 7-81077-607-X 定价:27.00元

前言

人机工程是一门运用系统科学理论和系统科学方法,正确处理人、机、环境三大要素间的关系,研究人、机、环境系统最优组合的工程技术科学。人机工程既是一种设计思想和理论,同时也是一种有效的系统综合设计和评价技术;对后者面向工程应用的研究已经成为工业界普遍关注的问题。

人机工程有关课题必须有心理学、生理学、医学工程和工程技术等多学科的专家协同研究,而直接设计工作往往是由工程技术人员完成。因此,发展具有一定通用性的计算机仿真软件是使该学科的研究发展走向工程应用的关键。人机工程计算机仿真试图将人-机-环境系统工程的思想、理论以及工程应用的研究成果,用现代计算机仿真技术综合集成起来,使其成为一种可用于工程问题定量分析、设计及评价的现代技术。这将起到提高工程中人机工程问题的设计效率、及时发现并纠正错误、缩短设计周期和降低研制费用等作用,并且将成为复杂系统人机工程设计的一种必不可少的手段。目前大型复杂人机系统的设计,比如人机界面设计、人机系统功能分配、人机系统仿真、人体模型和作业环境预测等,都离不开计算机仿真。2001年陈信、袁修干主编出版了《人-机-环境系统工程计算机仿真》一书,这是一本反映我国研究飞行器人-机-环境系统工程系列进展的专著。本书编写中参考了该书的内容和体系。为适应研究生用“人机工程”教材的需要,并强调其计算机仿真的重要性,本书定名为《人机工程计算机仿真》,以体现与其他相关教材的区别。另外,本书将着重点放在航空航天领域并兼顾人机工程的一般性领域。这除了有应用对象的考虑外,是想指出在第二次世界大战期间为提高飞机性能、减少操作失误等,促进了人机工程的飞跃发展。当前,人类社会已进入太空时代,航空航天事业的发展必将对人机工程提出新的要求并促进其进步。如对认知工程的研究已引起国内外高度重视,而研究结果极大地提高了飞机、原子能发电站等大型重要人机系统界面设计的科学性。

本书的结构及主要章节内容如下:

第1章是人机工程概述。论述了人机工程学科的形成和发展,人机工程学研究的内容及取例,人机与环境工程的相关学科等。

第2章是人的特性。论述了人体特性,其内容主要包括人体尺寸和形状以及人体生物力学、知觉与运动等;人的生理特性,其内容主要包括人的神经系统和生理指标、视觉特性、人体的生理指标、脑机能的生理指标与脑负荷、生理指标综合化等;人的认知特性,其内容主要包括界面模型(人处理器模型、人行为七阶段模型、人行为三层次控制模型)、注意力和注意分配、人

失误等。

第3章是作业域设计与评价。论述了人体模型,其内容主要包括工效研究用人体模型、人体几何模型等;人体运动仿真,其内容主要包括人体运动仿真的数理基础、人体运动学求解实例;人体动力学,介绍了采用拉格朗日法进行动能和位能的计算等;失重状态下人体运动仿真,其内容主要包括失重环境下人体运动仿真研究现状、失重环境下人体运动仿真方法、航天员运动仿真过程中的人体模型和航天员舱内外活动仿真等;人机界面模型,其内容主要包括传统的人机界面模型、相互适应型人机界面模型、智能化的人机界面模型、显示/控制器布局与工效设计、座椅设计的人机工程学要求以及视觉与眼动系统等。

第4章是驾驶员-飞机系统计算机仿真。对人机系统进行了概述,论述了驾驶员模型建模理论基础、驾驶员传递函数模型、驾驶员最佳控制模型、驾驶员模糊控制模型及应用等。

第5章是作业环境。论述了照明和颜色的一般原理及设计原则;噪声及振动;温热环境及温热指标和热舒适性;室内空气污染、振动等。

第6章是航空航天特殊作业环境。讨论了航空航天低气压环境及防护,其内容主要包括含气空腔器官的气压性损伤及防护、高空减压病、体液沸腾、爆炸减压、高空缺氧及防护、防护措施;航空航天重力环境及防护,其内容主要包括长时间过载对人体的生理影响及防护、+G_z过载对人体的影响及防护、短时间过载对人体的生理影响及防护、着陆冲击过载对人体的影响与耐力及防护、失重对人体的影响及防护、航空航天救生等。

本书由袁修干、庄达民和张兴娟编著。人机与环境工程学科的博士后、博士研究生和硕士研究生王黎静、杨锋、柳忠起、王睿、李瑞和唐宇参与了资料收集及部分编写工作。另外,本书在数学物理方程推导中引用了许多国内外专家、学者的研究成果,在此一并表示感谢。

本书适于作为研究生教材或大学本科教材,对生产、研究部门的科技人员及高等院校有关专业人员有应用或参考价值。

作者

2004年3月

目 录

第 1 章 人机工程概述

1.1 人机工程学科形成和发展	1
1.2 人机工程学研究内容	2
习题与思考题	13
参考文献	13

第 2 章 人的特性

2.1 人体尺寸和测量	15
2.2 人体生物力学	27
2.3 感觉-知觉-运动与反应时间	31
2.4 生理特性	36
2.5 认知特性	51
2.6 人失误	60
习题与思考题	63
参考文献	64

第 3 章 作业域设计与评价

3.1 人体模型	65
3.2 人体运动仿真	71
3.3 失重状态下人体运动仿真	101
3.4 人机界面模型	127
3.5 显示/控制器布局与工效设计	130
3.6 座椅设计的人机工效学要求	138
3.7 视觉与眼动系统	148
习题与思考题	160
参考文献	160

第 4 章 驾驶员-飞机系统计算机仿真

4.1 人机系统概述	162
------------------	-----

4.2 驾驶员模型建模理论基础	167
4.3 驾驶员传递函数模型及人机系统特性分析	191
4.4 驾驶员最佳控制模型及应用	196
4.5 驾驶员模糊控制模型及应用	199
习题与思考题	203
参考文献	203

第5章 作业环境

5.1 照 明	204
5.2 色彩环境	214
5.3 噪 声	220
5.4 温热环境及舒适性	232
5.5 室内空气污染及控制	245
5.6 振 动	252
习题与思考题	258
参考文献	258

第6章 航空航天特殊作业环境

6.1 航空航天低气压环境及防护	259
6.2 航空航天重力环境及防护	279
6.3 航空航天救生	294
习题与思考题	308
参考文献	308

附 录 飞行品质等级

第 1 章 人机工程概述

1.1 人机工程学科形成和发展

人机工程学科的形成可追溯到人类的早期活动,它的形成和发展经历了漫长的历史阶段。

人类使用简单劳动工具时,客观上就存在人、机、环境三者的最优组合问题。在我国两千多年前的“冬官考工记”中,就有按人体尺寸设计工具和车辆的论述。这就是当今人机工程中人、工具、机器设计中的“机器适应人”(machine to human)的思想。

第一次产业革命(1750—1890年)和第二次产业革命(1870—1945年)时期,人类的劳动进入了机器时代,人的劳动作业在复杂程度及负荷量上均有了很大变化,人、机、环境三者也相应形成了更复杂的关系。人们可用近代科学研究手段,研究人机工程问题。20世纪初,美国学者 F. W. Taylor 用近代科学技术方法,对生产领域中工作能力和效率进行了研究。他的研究成果在美国和西欧得到了推广应用,成为可提高劳动生产率的“泰勒制”。F. W. Taylor 为用科学方法研究人机工程作出了开拓性贡献。后来,人们开始对人、机、环境三者之间关系进行较系统的实验研究,并积累了大量数据。

第二次世界大战期间,由于各种新武器不断出现,相关的人机工程问题的研究及解决显得更为迫切。第一次世界大战中,各参战国几乎都有心理学家去解决战时兵种分工、特种人员的选拔训练及军工生产中的疲劳等问题。其研究特点是选拔和训练人,是使“人适应机器”(human to machine)的设计思想。在第二次世界大战期间,武器装备的性能大大提高,但由于其设计没有充分考虑人机工程问题,使武器装备的效能得不到充分发挥,甚至常有差错和事故发生。这迫使人们认识到,人机工程是武器装备设计不可忽视的重要问题。到了20世纪50年代,电子计算机的应用迅速发展;60年代,载人航天活动取得了突破性进展。这一切使得人、机、环境相互关系的研究显得更为重要。

在欧美工业发达国家,都建立了专门机构研究人机工程问题。先后出现了工效学(ergonomics)、人的因素(human factors)、人体工程学(human engineering)等人机工程的不同命名,不过它们的研究工作都在“人适应机器”、“机器适应人”以及“环境适应人”(environment to human)三个领域中进行。当今,欧洲对人机工程习惯称作 Ergonomics,美国则习惯称作 Human Factors。英国1950年成立 Ergonomics 研究会,1957年发行了会刊“Ergonomics”;美国于1957年成立 Human Factors 协会,出版了不少书刊。从20世纪60年代始,俄罗斯(前苏联)、德国、日本、法国、荷兰、瑞士、丹麦、瑞典、芬兰等国也都成立了相应名称的学会或研究机

构。1960年正式成立国际人机工程学会 IEA(International Ergonomics Association)。

由于人机工程学在工业界的广泛应用,人机工程标准化问题也日益变得重要。所以,国际标准化组织(ISO)于1957年设立了人机工程学术委员会(TC—159),负责有关标准化的制定工作。

我国的人机工程研究,在20世纪50年代发展航空航天工业中就已兴起,在航空航天生理与心理学、飞行器驾驶舱人机工程设计、飞行器作业环境对人体影响及防护等方面,做了大量的研究工作。在20世纪50~80年代中,当时的人机工程研究框架仍是由“人适应机器”、“机器适应人”以及“环境适应人”三个领域构成。在1981年,在著名科学家钱学森指导下,陈信、龙升照等发表了《人-机-环境系统工程概论》一文,概括性提出了“人-机-环境系统工程”的科学概念。人-机-环境系统工程是运用人体科学和现代科学的理论和方法,正确处理人、机、环境三大要素的关系,研究人-机-环境系统最优组合的一门科学。“人”是指作为工作主体的人,指参与系统工程的作业者(如操作人员、决策人员、维护人员等);“机”是指人所控制的一切对象,是指与人处于同一系统中与人交换信息、能量和物质,并为人借以实现系统目标的物(如汽车、飞机、轮船、生产过程、具体系统和计算机等)的总称;“环境”是指人、机共处的外部条件(如外部作业空间、物理环境、生化环境和社会环境)或特定工作条件(如温度、噪声、振动、有害气体、缺氧、低气压、超重及失重等)。研究中,把人、机、环境三者视为相互关联的复杂巨系统,运用现代科学技术的理论和方法进行研究,使系统具有“安全、高效、经济”等综合效能。

我国人-机-环境系统工程的学术研究团体及机构重大事件如下:

- ◇ 1980年我国成立了“中国航空学会人机工程、航医、救生专业分会”;
- ◇ 1984年10月,国防科工委成立了“人-机-环境系统工程标准化技术委员会”;
- ◇ 1987年4月,国防科工委成立了“人-机-环境系统工程专业组”;
- ◇ 1988年,北京航空航天大学成立了“人-机-环境系统工程研究所”;
- ◇ 1990年,国务院学位委员会批准了我国第一个人机环境工程博士学位授权点——北京航空航天大学人机环境工程博士学位授权点;
- ◇ 1993年10月,“中国系统工程学会人-机-环境系统工程专业委员会”成立。

综上所述,20世纪40年代前,是人机工程发展的萌芽期;40~70年代是准备期;80年代进入发展期。它的研究和应用范围,已浸入到航空航天、航海、兵器、交通、电子、能源、煤炭、冶金、管理等广泛的领域。随着它的不断发展和完善,必将在科学技术的发展中发挥更积极的作用。

1.2 人机工程学研究内容

人-机-环境系统工程的研究内容按承担工作的部门不同,可以划分为两大部分。第一部分是以前工业部门为主承担的研究内容,如人的工作和耐受能力研究、人员选拔和训练等,属

于人适应人、人适应机器的研究内容。第二部分是以工业部门为主承担的研究内容,包括人-机-环境系统工程中除去以上第一部分研究内容后留下的全部内容,这就是人机工程学的研究内容。不过要指出的是,以上这种划分只是为了从人-机-环境系统工程中区别出人机工程的研究内容,实际上两类业务部门的研究工作并不是独立分割,而是相互渗透、协同攻关的,所以才会有人-机-环境系统工程学科今天的蓬勃发展。

人机工程学科的研究内容有两种表述方法:第一种是国家军用标准 GJB—90“人-机-环境系统工程术语”中的表述方法;第二种是与欧美国家类同的系统工效(system ergonomics)表述方法。

1.2.1 研究内容第一种表述方法

第一种表述方法的研究内容可用图 1.1 来形象描述。它包括 7 个方面:人的特性研究、机器的特性研究、环境的特性研究、人-机关系的研究、人-环关系的研究、机-环关系的研究、人-机-环系统总体性能的研究。

(1) 人的特性研究

主要包括人的工作能力研究,人的基本素质的测试与评价,人的体力负荷、智力负荷和心理负荷研究,人的可靠性研究,人的数学模型(控制模型和决策模型)研究,人体测量技术研究,人员的选拔和训练研究。

(2) 机器特性研究

研究人机工程相关的机器特性及其建模技术。

(3) 环境特性研究

研究人机工程相关的环境特性及环境建模技术。

(4) 人-机关系研究

主要包括静态人-机关系研究、动态人-机关系研究和多媒体技术在人-机关系中的应用等 3 个方面。静态人-机关系研究主要有作业域的布局与设计;动态人-机关系研究主要有功能分配研究(人机功能比较研究、人机功能分配方法研究、人工智能研究)和人-机界面研究(显示和控制的人-机界面设计及评价技术研究)。

(5) 人-环关系研究

主要包括环境因素对人的影响、个体防护及救生方案的研究。

(6) 机-环关系研究

研究人机工程相关的机-环关系及特性。

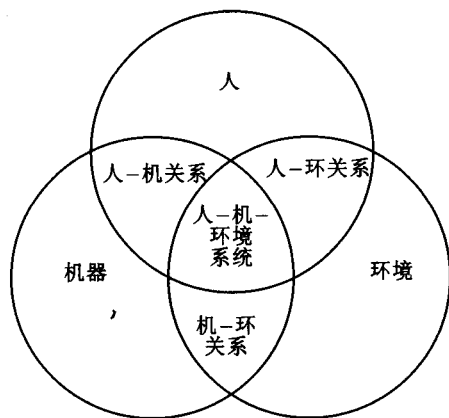


图 1.1 人-机-环境系统研究内容示意图

(7) 人-机-环境系统总体性能的研究

主要包括人-机-环境系统总体数学模型的研究,人-机-环境系统全数学模拟、半物理模拟和全物理模拟技术的研究,人-机-环境系统总体性能(安全、高效、经济)的分析、设计和评价,虚拟现实(virtual reality)技术在人-机-环境系统总体性能研究中的作用。

1.2.2 研究内容第二种表述方法

第二种表述方法的研究内容如图 1.2 所示。其研究内容包括 4 个方面:人的工效、人体工程、环境工效和系统工效。

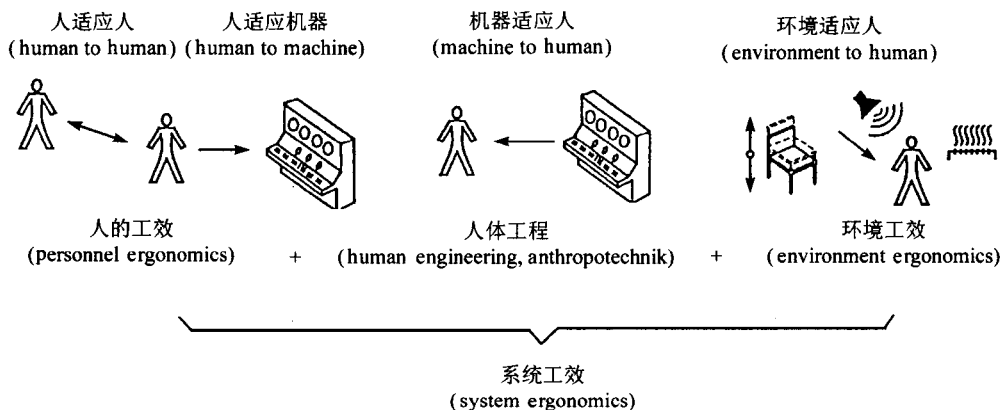


图 1.2 系统工效研究内容示意图

(1) 人的工效

主要研究人员选拔与训练,使其在生理、心理上与职业工作和机器相适应。

(2) 人体工程

研究机器设备与人的适应性,使其共同工作效率、安全性、经济性及舒适性达到最佳效果。主要研究内容包括:① 机器适应人的硬件工效(hardware ergonomics)问题,主要研究人体测量学、工作域(人的工作姿态、座椅、显示/控制器、环境)工效设计等;② 机器适应人的软件工效(software ergonomics)问题,主要研究人-计算机-显示系统最佳匹配的工效规律及设计方法;③ 机器适应人的认知工效(cognition ergonomics)问题,研究人与信息系统之间信息交互、决断的工效规律及系统设计,使信息系统与人的认知过程相适应。

(3) 环境工效

研究环境适应人的生活和工作防护及控制方法,即在人与环境或人机系统与环境的共处作用中,研究环境(气候、照明、噪声等)适应人的生活和工作要求的措施。

(4) 系统工效

研究提高人-机系统效率的途径及系统优化设计方法。研究和设计的依据为:人、机的特

点及能力;工效及系统任务要求等。

以上人-机-环境系统工程研究内容的两种表述方法虽然有所不同,但都强调要从系统角度去研究人、机、环境三大要素所构成系统的最优设计问题。

人对飞行器的驾驶和操纵,是通过人与操纵多种技术系统的界面(或称接口)来实现的。所以,航空航天人机工程中的机器适应人,主要是作业技术系统的人机界面(接口)适应人的问题。正常情况下,飞行员和乘员的生活、工作都在气密座舱微环境中;在应急离机情况下,飞行员借助防护救生设备而处于一种特殊的微环境中。所以,航空航天环境适应人主要是研究微环境适应人的问题。

1.2.3 人机工程的研究内容取例

图 1.3 表示航空航天方面的人机工程研究内容。研究内容可划分为以下 3 个领域:界面(接口)人机工程、环境人机工程和系统人机工程。它们都是以适应人为主题,以高效、安全、舒适、经济为目标进行研究,使人、机器、环境与设备之间达到合理或最佳匹配关系。

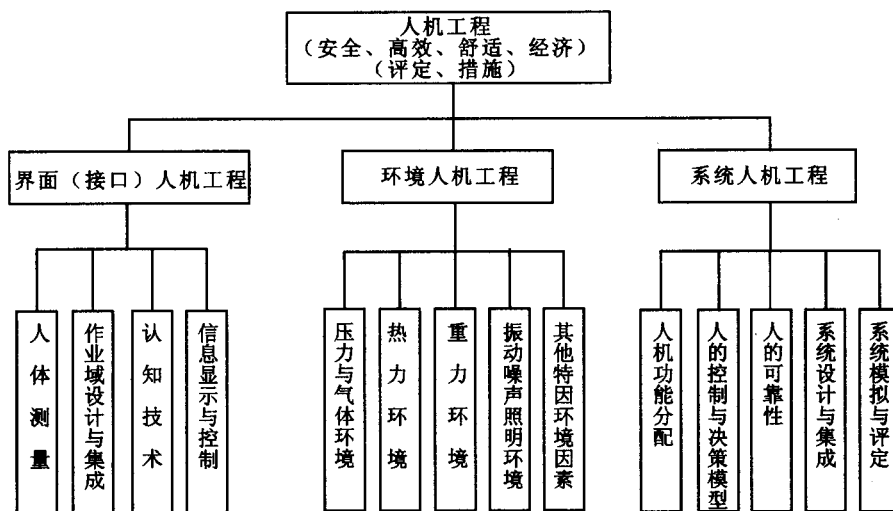


图 1.3 人机工程研究内容示意图

1. 界面(接口)人机工程

界面(接口)是指人(飞行员、乘员)与机(装备、设备、系统)间信息交互、作业交互的连接部。界面(接口)形式有硬件和软件两种。如作业域的开关、按钮、驾驶操纵杆、脚蹬等为硬件人机界面(接口);通过计算机软件和显示器实现的视觉信息交互为软件人机界面(接口)。信息交互界面(接口)包括视觉、听觉、语音等人机交互接合部。作业交互界面(接口)包括手脚体能作业的操纵器和控制器等人机交互接合部。此外,尚有作业交互界面(接口)的延伸,包括与飞行员、乘员及航天员的休息和生活设备使用有关的接合部。

界面(接口)人机工程研究内容包括以下 4 个方面。

(1) 人体测量

主要研究作业中人体的几何及力学特性参数测量,包括静态及动态参数测量。影响作业效率及作业域设计的主要人体测量参数有:静态和动态体形参数;视域;四肢作业的位置角、力、力矩及可达域;身体及其节段质心等。图 1.4 为中国飞行员人体测量侧面样板示意图。我国飞行员人体静态尺寸测量共有 97 个数据。

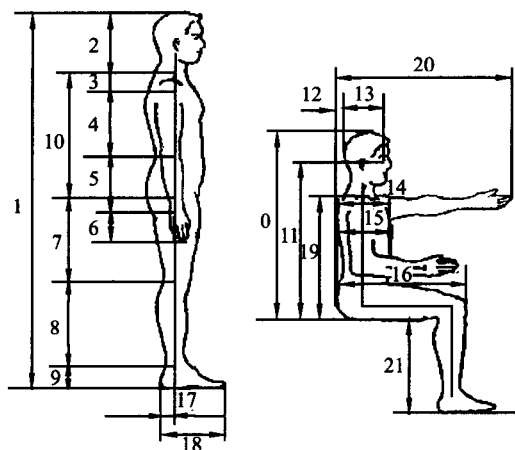


图 1.4 中国飞行员人体测量侧面样板示意图

(2) 作业域设计与集成

由操作者、座椅、操纵台、显示仪表台及有关工作设备等构成操作者的作业域,又称为工作空间、作业空间等。作业域设计主要研究作业空间、作业相关的器件及设备与操作者相适应的设计和评价方法,以达到作业的高效、安全、舒适等要求。作业域布局的人机工程设计及评价,对保证作业效率、安全性、舒适性有决定性作用。所以,它是顶层设计和总体设计中重要的设计任务之一。作业域设计与集成可采用 CAD 技术。作业域的评定方法可采用电子物理混合式仿真技术、VR 技术以及全尺寸样机评价等。前两种评定技术主要用于方案设计阶段及研究发展阶段。电子物理混合式作业域评定为当前应用的主要方式,全尺寸样机作业域评定用于设计实施阶段。

图 1.5 为飞机驾驶舱作业域布局示意图。图 1.6 为飞行员作业域工效设计中要考虑的一些主要几何参数示意图。图 1.7 为作业域工效计算机辅助设计示意图。

(3) 认知技术

信息科学与人的特性和行为研究的结合,称为认知技术或认知工程。它主要研究人如何感知数据、如何将其转化成综合信息以及如何将综合信息作为决策依据。研究旨在揭示人为

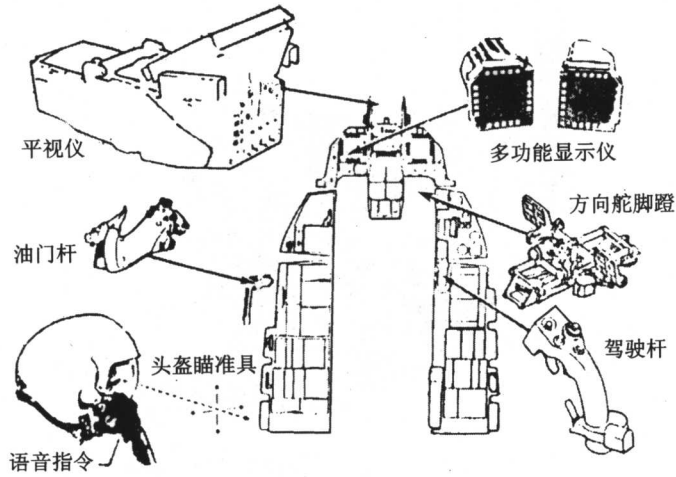


图 1.5 飞机驾驶舱作业域布局示意图

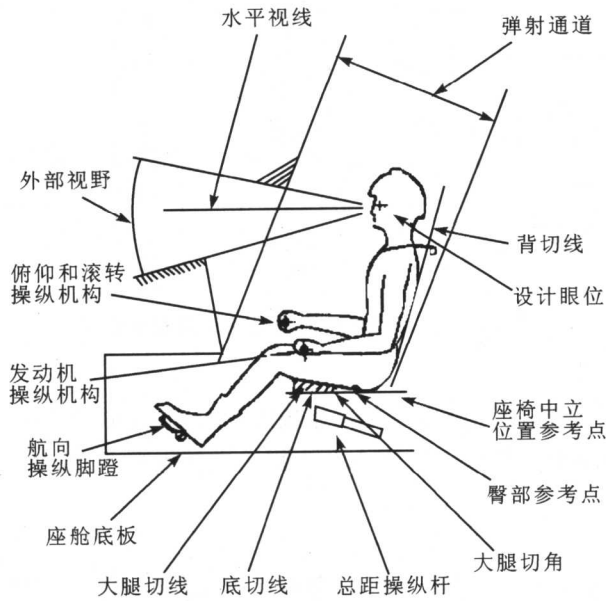


图 1.6 飞行员作业域工效设计几何参数示意图

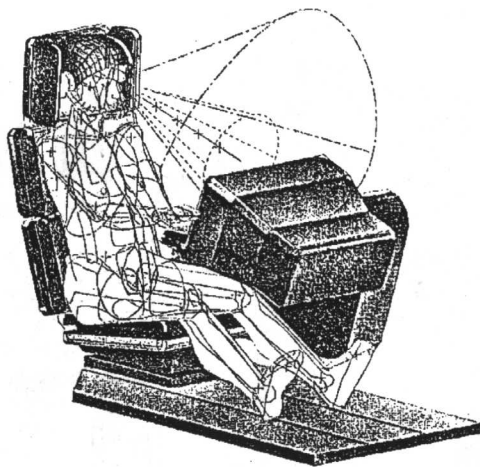


图 1.7 作业域工效计算机辅助设计示意图

错误的原因、错误本质以及减少错误的措施。图 1.8 为人与外部信息交互认识过程的示意图。

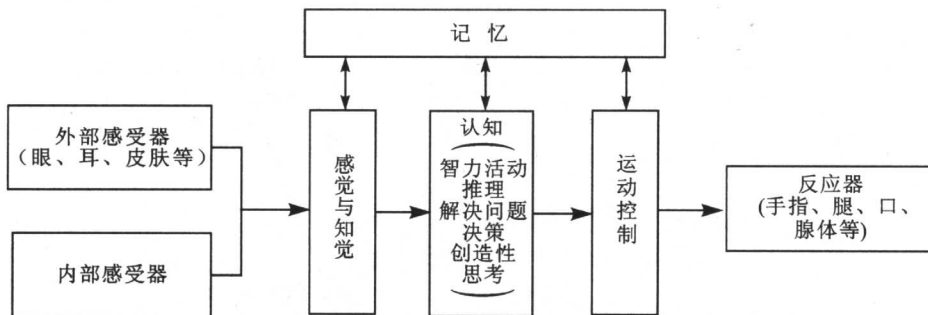


图 1.8 人与外部信息交互认识过程示意图

(4) 信息显示与控制

主要研究信息显示与控制符合操作者认知规律的原理、措施及评价方法,以减少工作中的人为错误,保证高效作业和飞行安全。图 1.9 为用于驾驶舱显示/控制工效评价发展研究的平台示意图。

2. 环境人机工程

环境人机工程包括与室内作业环境和航空航天作业环境相关的人机工程问题。室内作业环境的研究内容在很多人机工程书中已有叙述,而航空航天作业环境则是人类实现高空(太空)飞行而产生的一门新兴技术科学。

1903 年莱特兄弟制造第一架飞机后的一段时间内,由于飞机飞行高度低,使用的都是开

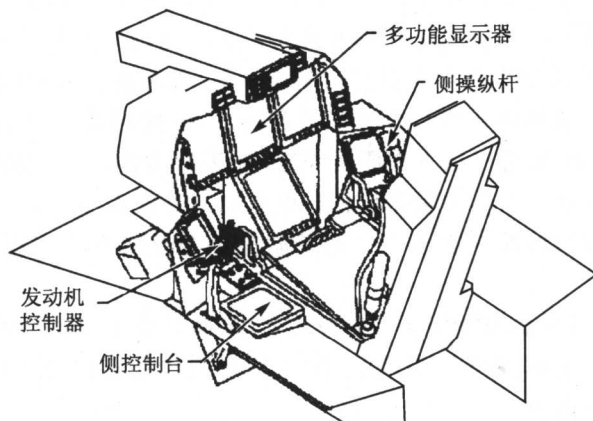


图 1.9 可用工效评价驾驶舱显示/控制发展研究平台

敞式座舱,舱内舱外气体参数相同,乘员所处的大气环境条件不会造成对人体的危害。但随着飞机性能的不断改进,飞行高度越来越高,伴随而来的是高空低温、低气压及缺氧等带来的对人体的伤害及生命危险。为保持人的工作能力及生存环境,要求将飞机的开敞式座舱改为气密座舱,气密座舱内形成满足人体生理要求的微气候。可以说,自那时起就出现了航空人机工程相关的微环境工程研究领域。在1934—1936年前苏联研制出飞机最初用的实验气密座舱,1938年英国的波音707客机上第一次使用了增压气密座舱。当今,气密座舱是人类实现大气层内及太空飞行的必要技术措施。载人航天的座舱气密性要求远高于飞机气密座舱,所以载人航天习惯将气密座舱称为密闭舱。气密座舱为人的工作和生存所需微环境调节提供了必要的有限空间条件,对该有限空间环境进行控制的技术装备,即为环境控制系统(environment control system)。环境控制系统将气密座舱内的空气压力、温度、湿度、气体成分及清洁度控制在生活和工作要求的水平。现代飞机,无论是军用机还是民用机,都广泛使用大气通风式气密座舱,即周围新鲜空气流入座舱,经使用后排出机外,其舱内空气清洁度由吸入周围大气新鲜空气通风交换来保证。习惯将这种具有一定气密性且新鲜空气不断交换的座舱称为大气通风式座舱。对于载人航天器,外界无空气,人与太空由全密闭舱隔离,舱内空气需再生循环使用,故要采用再生式密闭舱。1961年前苏联发射的世界第一艘“东方号”飞船和以后的太空飞船、空间站,都是采用再生式密闭舱。航空航天载人舱的环境控制技术,是有限空间的微环境工程问题,通过有限空间的气体参数调节,保证飞行中人的工作和生活条件。设备舱环境控制技术主要解决电子设备冷却问题,也是有限空间微环境工程的重要研究内容。

战斗机飞行中,人体可能受到超重过载作用,甚至气密座舱可能失效或因飞机其他事故而需要应急救生。在应急救生情况下,人可能离开飞机而暴露在高空大气环境中。这时,如无相应的防护营救措施,将危及人的生命安全。在飞行应急危险环境中,由个体防护装备和救

生装备对人提供安全保障。它是通过控制/限制直接施加人体的物理参数,或者控制/限制人体附近环境参数对人体伤害来实现的。航天员在太空出舱活动进行作业时,要穿着舱外航天服(space suit)。舱外航天服将人与太空密闭隔离,航天服可防止外界因素对人体的伤害。航天服与人体间有限狭小空间微气候参数的调节及再生,由便携式生命保障系统 PLSS(Portable Life Support System)实现。从工作原理而言,航天服类同再生式密闭舱。它是保证航天员在舱外活动中生命安全和工作的重要设备。航空航天器的人及作业/生活系统,共处于微环境(作业/生活舱)中。所以,航空航天个体防护救生装备是微环境工程技术在特殊条件下的延伸。

乘员,特别是航天员在舱内的生活设施技术,也是微环境工程的重要研究内容。航天员要在航天舱中长期生活和工作,像水和食物供给、人体排泄物处理以及休息等生活设施,都是微环境工程中的重要研究内容。

由于载人舱和设备舱环境控制技术、个体防护技术、救生技术、生活设施技术在航空航天中的广泛应用,特别是要求解决飞行员客机救生、航天员出舱活动的工作和安全保障,航天员在空间站长时间工作、生活和安全保障等问题,不但促使了微环境工程学科的迅速发展,并使其在航空航天技术中的地位显得更为重要。

环境人机工程为微环境工程技术装备研制提供生理技术依据和措施,而微环境工程为实现环境人机工程的要求和措施实现相应的具体技术装备。图 1.10 为环境人机工程研究内容示意图。

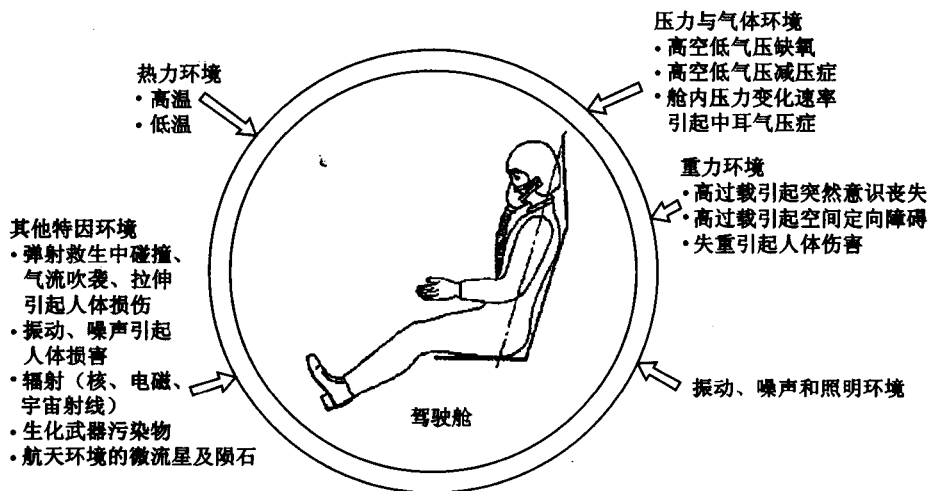


图 1.10 环境人机工程研究内容示意图

(1) 压力与气体环境

主要研究高空压力与气体环境对人体的影响,研究对抗高空缺氧、低气压的措施和评价