



国防特色教材·航空宇航科学与技术

现代人—机—环境系统工程

XIANDAI REN-JI-HUANJING XITONG GONGCHENG

——○ 刘卫华 冯诗愚 编著 ○——

北京航空航天大学出版社

北京理工大学出版社 哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨工程大学出版社 西北工业大学出版社



国防特色教材·航空宇航科学与技术

现代人-机-环境系统工程

刘卫华 冯诗愚 编著

北京航空航天大学出版社

北京理工大学出版社 西北工业大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 哈尔滨工程大学出版社

内容简介

本书从航空宇航科学与技术领域工程应用的角度出发,系统阐述有关现代人-机-环境系统工程的思想、理论和方法,突出介绍航空航天系统设计中有关人的因素及航空航天领域特殊作业环境对人体的影响。主要内容包括:人-机-环境系统工程概论;人体测量与数据应用;人的信息处理能力 & 心理特征;人的作业特征;人-机关系及人-机界面的设计;作业环境及其防护;人-机-环境系统分析与评价。

本书可作为高等院校飞行器环境控制与生命保障工程本科及研究生教材;也可作为高等院校工业工程、工业设计、企业管理、安全工程和人力资源等专业的教学参考书;还可供航空航天业工程技术人员及管理人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

现代人-机-环境系统工程/刘卫华,冯诗愚编著. —北京:
北京航空航天大学出版社,2009.3

ISBN 978-7-81124-567-7

I. 现… II. ①刘…②冯… III. 人-机-环境工程学 IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 020102 号

现代人-机-环境系统工程

刘卫华 冯诗愚 编著

责任编辑 王 实

*

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(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

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

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:16.5 字数:370 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷 印数:2 500 册

ISBN 978-7-81124-567-7 定价:29.00 元

前言

本书作为国家国防科技工业局(原国防科学技术工业委员会)组织编写的“十一·五”国防系统特色教材之一,主要面向航空宇航科学与技术领域的本科生、研究生及工程技术和管理人员。按照教材编写大纲的要求,结合航空宇航科学与技术的学科特点和应用领域,本书以航空航天系统设计为对象,以系统中的人(飞行员、宇航员)及航空航天领域特殊的作业环境(低气压、冲击、过载及微重力等)为着眼点,围绕人、机、环境三者之间的关系,系统地介绍了现代人-机-环境系统工程的有关思想、理论和方法。

在本书的章节安排上,主要遵循了概论—人的物理特征—人的生理、心理特征—人的作业特征—人与机关系—人与环境关系—人-机-环境系统分析与评价的编排思路。为此,全书共分7章。第1章在简要介绍现代人-机-环境系统工程的形成与发展,以及研究内容、方法、理论和程序的基础上,着重介绍了航空航天领域中现代人-机-环境系统工程主要面临的研究问题。第2章简单介绍人体测量学的基本术语、要求及常用的人体测量数据,重点则放在人体测量数据在产品设计及航空航天领域中的应用。第3章主要介绍人的信息处理能力及心理特征,包括人的信息接收能力、信息处理能力及信息执行能力等具体内容,事实上,它是人的生理特征及心理特征的反映。第4章从体力、脑力作业负荷两方面介绍人的作业特征,重点放在作业负荷测定、作业疲劳的消除等方面。第5章介绍人、机之间的关系,包括人-机功能关系、人-机信息关系、人-机空间关系等内容,重点放在人-机界面的设计上。第6章简要介绍照明、色彩、噪声、振动及温度等一般作业环境,重点论述航空航天领域中低气压、冲击、过载及微重力等特殊作业环境对人体的影响及防护措施。第7章简要介绍人-机-环境系统的分析评价方法和手段,包括连接分析法、操作顺序图法、作业分析法、校核表评价法及故障树分析评价法等具体内容。

本书的第5、7章由冯诗愚编写,其余各章由刘卫华编写,并负责统编定稿。

在本书的编写过程中汇集了有关学校的教学资料,引用和参考了许多中外专家学者的著作、教材和科研成果,特别是有关航空航天领域中人-机-环境系统工

程的科研成果和文献资料。在此,谨对原作者和研究者表示最诚挚的谢意!

本书在成稿过程中得到了南京航空航天大学应用英语系文格老师、人-机-环境工程系方贤德教授和夏文庆副教授,以及南京理工大学建筑环境与设备工程系张少凡教授及本人所指导的研究生邓谨志和江娜等人的帮助,编者在此向这些同志表示感谢。同时,向为本书出版提供了大力支持和帮助的北京航空航天大学出版社表示衷心的感谢。

由于编者的理论与实践水平有限,虽经反复修改,仍有各种不足存在,在此热忱欢迎读者批判指正。

编者

2008年10月27日于南京航空航天大学

目 录

目 录	
第 1 章 概 论	1
1.1 人-机-环境系统工程的形成和发展	1
1.2 人-机-环境系统工程的理论基础、研究内容及研究程序	3
1.2.1 人-机-环境系统工程研究的理论基础	3
1.2.2 人-机-环境系统工程的主要研究内容	5
1.2.3 人-机-环境系统工程的研究程序	6
1.2.4 在研究人-机-环境系统工程中应注意的问题	6
1.3 人-机-环境系统工程的研究方法	7
1.4 人-机-环境系统工程与相关学科之间的关系	11
1.5 航空航天领域中的人-机-环境系统工程	13
1.5.1 航空中人-机-环境系统工程	13
1.5.2 航天中人-机-环境系统工程	15
复习思考题	19
第 2 章 人体测量与数据应用	20
2.1 概 述	20
2.2 人体测量学术语及要求	22
2.3 常用的人体测量数据	25
2.4 人体测量数据的统计指标及影响因素	31
2.5 人体测量数据的应用	34
2.5.1 人体测量数据的运用准则	34
2.5.2 一般应用示例	36
2.5.3 利用人体数据建立人体模型	39
2.5.4 在航空航天领域中的应用示例	42
复习思考题	48
第 3 章 人的信息处理能力及心理特征	49
3.1 信息接收	49
3.1.1 视觉分析器	50

3.1.2 听觉分析器	59
3.1.3 前庭分析器	65
3.1.4 皮肤感受器	66
3.1.5 嗅觉与味觉感受器	67
3.1.6 运动觉分析器	68
3.2 信息处理	69
3.3 执行器	71
3.3.1 肌肉和骨骼	71
3.3.2 语言器官	76
3.3.3 眼 动	76
3.4 人的心理特征	76
复习思考题	81
第4章 人的作业特征	83
4.1 人的体力作业负荷	83
4.1.1 体力作业负荷及其测定	83
4.1.2 人体作业时的能量代谢	85
4.1.3 劳动强度分级	91
4.1.4 作业能力的动态分析	94
4.1.5 体力疲劳及其消除措施	96
4.2 人的脑力作业负荷	105
4.2.1 脑力负荷定义及影响因素	105
4.2.2 脑力负荷的预测方法	107
4.2.3 脑力负荷的测量方法	111
4.2.4 脑力疲劳及其消除措施	119
4.3 应 激	120
复习思考题	122
第5章 人-机关系及人-机界面设计	123
5.1 人-机功能关系	123
5.1.1 静态人-机功能分配原则与方法	123
5.1.2 动态人-机功能分配方法	129
5.1.3 人-机功能分配效能的综合评价方法	130
5.2 人-机信息关系	133
5.2.1 人-机信息交互	133

5.2.2 人-机界面设计	134
5.3 人-机空间关系	163
5.3.1 人的作业活动空间	164
5.3.2 工作/作业场所布局设计	165
5.3.3 人-机空间关系的计算机模拟	167
复习思考题	168
第6章 作业环境及其防护	169
6.1 一般作业环境	169
6.1.1 照明环境	169
6.1.2 色彩环境	183
6.1.3 噪声环境	189
6.1.4 振动环境	195
6.1.5 温热环境及舒适性	200
6.2 航空航天特殊作业环境及其防护	210
6.2.1 航空航天低气压环境及其防护	210
6.2.2 航空航天重力环境及其防护	224
复习思考题	232
第7章 人-机-环境系统分析与评价	233
7.1 人-机-环境系统分析	233
7.1.1 连接分析法	233
7.1.2 操作顺序图法	238
7.1.3 作业分析法	241
7.2 人-机-环境系统评价	243
7.2.1 校核表评价法	243
7.2.2 工作环境指数评价法	243
7.2.3 海洛德分析评价法	246
7.3 人-机-环境系统安全性设计	249
7.4 人-机-环境系统的故障树分析评价法	252
复习思考题	255
参考文献	256

第1章 概论

1.1 人-机-环境系统工程的形成和发展

人-机-环境系统工程作为一种理论、一门学科的出现,是20世纪80年代初的事,但其根源可以追溯到人类的早期活动。

从远古时代起,人类就不断地改进劳动工具,直至大规模使用机器,从而提高了人类战胜自然、改造世界的能力。当人类最初使用简单工具进行大量的笨重体力劳动时,客观上就提出了人-机-环境系统的最优结合问题。例如,在2000多年前我国的《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-环境工程中“机器适应人”(machine to human)的设计思想。18至19世纪的第一次工业革命及随后的能源革命使人类进入了机器时代。人们所从事的劳动在复杂程度和负荷量上都有了很大变化,开始形成人、机、环境的复杂关系。20世纪初,英国的泰勒(F. W. Taylor)提出要研究人的操作方法,并从管理的角度制定了相应的操作制度,人们把它称为“泰勒制”。此后,人们开始有组织地对人、机、环境三者之间的关系进行实验研究,并积累了大量数据资料。

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、特种人员的选拔和训练人的问题,这就是“人适应机器”(human to machine)的设计思想。20世纪40年代,特别是第二次世界大战期间,各种新式武器不断出现,性能日趋复杂;50年代,电子计算机的应用迅速发展;60年代,载人航天活动的突破性进展,等等。这一切,都使得人、机、环境相互关系的研究显得更为突出。为此,先后出现了人的因素(human factors)、人体工程学(human engineering)、工程心理学(engineering psychology)、工效学(ergonomics)、人的因素工程(human factor engineering)和人-机系统(man-machine system)等学科,从不同的侧面、不同的角度积累了人、机、环境的实验数据和经验,并为人-机-环境工程系的形成创造了条件。但是,在这个时期,研究工作的重点还是让人如何适应机器、适应环境;而对于机器设计如何适应人的特点和需要,以及如何改造和控制环境等问题虽然有所认识,但还缺乏用系统的整体观点来全面解决人、机、环境的相互关系问题。虽然积累了关于人、机、环境的各种数据,但如何运用这些数据,仍然是凭经验进行,因而难以取得最佳效果。

1980年末,美国科学院应美国陆、海、空三军的要求,组成了一个专门委员会,着重分析和研究该领域的研究现状,并于1983年1月提出了题为《人的因素研究需要》的专题报告。该报告承认,70年代由于单纯依靠过去20年的数据而放松基础研究,导致若干设计和研制的重大失误。于是,对科研部署作了一些调整,但仍未摆脱传统框框的束缚。

1981年,在著名科学家钱学森的指导下,我国科研人员根据载人航天预先研究的实践及对国内外情况进行的调查分析,概括性地提出了人-机-环境系统工程的科学概念。这标志着一门新兴科学的形成。

现代人-机-环境系统工程就是运用系统科学理论和系统工程方法,正确处理人、机、环境三大要素的关系,深入研究人-机-环境系统最优组合的一门科学。其研究对象为人-机-环境系统。在这里,系统中的“人”是指作为工作主体的人(如操作人员或决策人员);“机”是指人所控制的一切对象(如飞机、汽车、轮船、生产过程……)的总称;“环境”是指人、机共处的特定工作条件(如温度、噪声、振动、有害气体……)。

现代人-机-环境系统工程的最大特点是,把人、机、环境看做系统的三大要素,在深入研究三者各自性能的基础上,强调从全系统的整体性能出发,通过三者间的信息传递、加工和控制,形成一个相互关联的复杂巨系统,并运用系统工程方法,使系统具有“安全、高效、经济”等综合效能。这里,“安全”是指不出现人体的生理危害或伤害,并尽量减少事故;“高效”是指全系统具有最好的工作性能或最高的工作效率;“经济”是指在满足系统技术要求的前提下,使系统的建立、运行费用最少,亦即保证系统的经济性。此外,现代人-机-环境系统工程还摒弃了以往把环境作为干扰因素的消极观点,积极主张把环境作为系统的一个环节,并按系统的总体要求对其进行全面的规划和控制。这样,现代人-机-环境系统工程不仅把人的因素、人体工程学、工程心理学、工效学、人的因素工程及人-机系统等学科纳入一个统一的科学框架,避免了概念和术语的混乱,而且从系统的总体高度研究人-机-环境各种组合方案的优劣,改变了以往分散、孤立的研究局面,把人们设计和研制人-机-环境系统的实践活动推向一个崭新阶段。在这里,特别值得强调的是,人-机-环境系统工程的提出,并不是对上述各学科的否定或取代,而是把这些大致相近或相辅相成的研究范畴提到一个更高的层次、更广的视野去分析和综合,从而把该领域的研究工作推进到一个新水平。

人-机-环境系统工程的理论和方法提出后,先后在我国军工及其他有关部门得到了应用和发展,并逐渐为广大科技界所熟悉。1993年6月出版的《中国军事百科全书》已将“人机环境系统工程”作为该书的一个条目。

我国人-机-环境系统工程发展中的几个重大事件如下:

1981年,陈信、龙升照撰写的论文《人机环境系统工程(学)概论》发表,标志着这门新学科的形成。

1984年10月,国防科学技术工业委员会成立了“人机环境系统工程标准化技术委员会”。

1986年5月,国防科学技术工业委员会将“武器装备人机环境系统工程研究”列入国防科技应用和基础研究的重点项目。

1987年4月,国防科学技术工业委员会成立了“人机环境系统工程专业组”。

1993年10月,中国系统学会“人机环境系统工程专业委员会”成立,并定期召开了全国人-机-环境系统工程学术会议。

人-机-环境系统工程问世后,在国际上也引起了很好的反响。1984年10月,关于人-机-环境系统理论的论文在第32届国际航空、航天医学会议上发表后,得到了各国学者们的热情关注和好评。学者们认为,用人-机-环境系统工程理论来指导研究工作,很有创造性;同时还认为,把人、机、环境作为一个系统来研究可为航空航天实践提供新的模式。

综上所述,可以这样认为,20世纪40年代之前,是人-机-环境系统工程的萌芽期;40年代至70年代是准备期;80年代初,人-机-环境工程开始进入真正发展期。目前,人-机-环境系统工程虽然还处于发展初期,但其踪迹已深入到人类生活的各个领域,它的不断发展和日趋完善,必将在科学技术的发展中发挥积极作用。

1.2 人-机-环境系统工程的理论基础、研究内容及研究程序

1.2.1 人-机-环境系统工程研究的理论基础

人-机-环境系统工程是一门综合性边缘技术科学,它从一系列基础学科中吸取丰富营养,奠定了自身的理论基础。总体而言,人-机-环境系统工程的理论基础为控制论、模型论和优化论。

1. 控制论

控制论是研究系统共同控制规律的一门科学理论。

控制论的根本贡献在于它用系统、信息、反馈等一般概念和术语,打破了有生命与无生命的界限,使人们能用统一的观点和尺度来研究人、机、环境这三个物质属性截然不同、互不相关的对象,使其成为一个密不可分的有机整体。通常认为,控制论的基本假设有两个,即:一切有生命和无生命系统都是信息系统;一切有生命和无生命系统都是反馈系统。控制论的第一个假设使人们对周围世界的成分有了新的看法;世界由物质和能量两种成分组成的古典概念已经让位于世界由物质、能量和信息三种成分组成的新概念。如果没有信息,世界上任何有组织的系统都不可能实现。控制论的第二个假设为人们提供了一个实现控制的手段。所谓反馈,是指当系统将控制信息传送出去后,有关控制结果的信息沿着反馈通道又送回系统,并对控制信息的再输出产生影响,从而实现控制的目的。

应该指出,理论本身不会对许多应用问题直接解答。为了解决实际问题,必须在理论概念和实用方法之间架起一座桥梁,并对某些种类控制系统的特殊性质进行认真考虑。显然,人-机-环境系统作为一般系统的一种特例,控制论的理论价值是不言而喻的,但作为实际应用仍需人们作出不懈的努力。

2. 模型论

模型论是研究描述客观事物相似性的一门科学理论。模型论的最基本概念是模型、对象和相似性。模型与某一对象(或客观事物)之间,存在某种相似性。这里应对“相似性”和“对象”两个词作广义的理解。首先,对象与模型在外表上也许毫无相似之处,但它们的内部结构却相似;其次,对象与模型在形状和结构上毫无共同之处,但它们的行爲特征却相似。相似性概念适用于自然界非常广泛的一类物质对象,其中包括有生命与无生命对象。如果在两个对象之间可以建立某种相似性,那么在这两个对象之间就存在着原型与模型的关系。

模型论能提供一套完整的数学分析工具。显然,人-机-环境系统工程不仅要求定性而且要求定量地描述全系统的运动规律。为此,就必须针对不同客观对象,引入适当模型,并通过建模、参数辨识、模拟和检测等步骤,用数学语言阐明真实世界的客观规律。

对人-机-环境系统工程研究来说,在每个特定的人-机-环境系统建成之前,为了拟定与验证系统的总体方案,估计系统各要素之间的相互适应性,考察系统在实际运行时的各种行为,按照系统工程的方法,总是要把与系统有关的各个要素归纳成反映系统性能与机制的模型,以便于计算机进行全系统的数学模拟。因此,模型论在人-机-环境系统工程研究中处于非常重要的地位。

3. 优化论

优化论是研究系统具有最佳功能的一门科学理论。

优化论是一门较新的数学分支,也称为“运筹学”。优化论一般要对一个系统的众多方案进行分析,首先确定一个判别方案优劣的标准,然后在技术允许的范围内寻找一个或几个最好的方案,这就是优化论的研究内容。

优化论的基本出发点是:在系统的最优组合中,一般总有多种互不相同的方法和途径,而其中必有一种或几种是最好或较好的,这样一种寻求最优途径的观点和思路是系统工程的精髓。优化论正是体现这一精髓的数学手段。

在人-机-环境系统工程研究中,人们在设计和建立系统时,总是希望在安全、高效、经济等方面达到最优化。事实上,要同时满足这些要求是不可能的,必须从总体上对这三个目标进行权衡,使目标函数的总和达到最优化。

总而言之,根据上述三个基础理论,再结合一些具体的学科内容,如生理学、心理学、环境医学、人体科学和工程技术、电子技术等,就能在人-机-环境系统建立之前,从理论的角度来探索该系统的运行规律。如:根据控制论,就可确立人-机-环境系统的结构组合方式;根据模型论,就能恰当描述人-机-环境系统的模型形式;根据优化论,就能选择人-机-环境系统的最优组合方案。因此,有了这三个基础理论就可在理论研究与现实应用之间架起一座坚实的桥梁。

1.2.2 人-机-环境系统工程的主要研究内容

人-机-环境系统工程的研究内容可用图 1-1 来形象地描述,它包括:人的特性研究、机器特性研究、环境特性研究、人-机关系研究、人-环境关系研究、机-环境关系研究和人-机-环境系统总体性能研究七个方面。

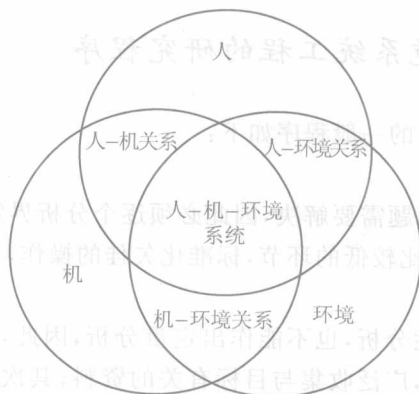


图 1-1 人-机-环境系统工程研究范畴示意图

1. 人的特性研究

主要包括人的信息处理能力研究,人的基本素质测试与评价,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,以及人员的选拔和训练研究等。

2. 机器特性研究

主要包括被控对象动力学建模技术、机器防错设计及机器特性对系统性能影响的研究等。

3. 环境特性研究

主要包括环境检测技术、环境控制技术及环境建模技术的研究等。

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-机关系中的应用三个方面。其中:静态人-机关系研究主要有作业域的布局与设计;动态人-机关系主要研究人-机动能分配(人-机功能比较研究、人-机功能分配方法研究和人工智能研究)及人-机界面(显示和控制技术研究、人-机界面设计及评价技术研究等)。

5. 人-环境关系研究

主要包括环境因素对人的影响、个体防护措施及救生方案的研究等。

6. 机-环境关系研究

主要包括环境因素对机器性能的影响及机器对环境的影响的研究等。

7. 人-机-环境系统总体性能研究

主要包括人-机-环境系统总体数学模型研究,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,虚拟技术(virtual reality)在人-机-环境系统总体性能研究中的应用等。

1.2.3 人-机-环境系统工程的研究程序

人-机-环境系统工程研究的一般程序如下:

1. 确定目标

人-机-环境系统有许多问题需要解决,因此必须逐个分析界定,选择系统中的主要问题作为研究目标。比如,长期效率比较低的环节,标准化欠佳的操作,事故频发的作业等。

2. 收集资料

没有资料既不能作出定性分析,也不能作出定量分析,因此,必须拥有必要的资料。收集资料时,首先应针对研究目标,广泛收集与目标有关的资料;其次对于数据资料还应具有连续性和准确性;最后要对所收集的资料进行科学整理,以反映出事物的相关性和规律性。

3. 制订方案

在收集资料的基础上,应拟订多种备选方案,且各方案应满足整体详尽性、相互排斥性和可比性要求。

4. 综合评价

通过对备选方案的实验、费用和效果等分析比较,进行可行性论证,选出优化满意的方案,供决策者决策参考。

1.2.4 在研究人-机-环境系统工程中应注意的问题

1. 测试方法的可靠性与有效性问题

在人-机-环境系统中,人的行为受多种因素影响,很不容易测试。要准确地揭示人-机-环境系统的规律性,必须使采用的测试方法具有可靠性和有效性。

测试方法的可靠性是指同样的测试内容在同一受试者上反复时,其结果是一致的,即具有可验证性。一般来说,测试人体的生理指标,可靠性比较容易满足,但测试人的心理指标就比较难实现。

有效性是指测试的结果能真实地反映所评价的内容。一般为了保证测试内容的有效性,常常安排对照组的测试,以排除偶然因素对测试结果的影响。

测试结果可能是既可靠又有效的,也可能是可靠而无效的,还可能是不可靠而有效的,或者是既不可靠又无效的。例如,考查飞行员职业选择指标时,若测试受试者的体力指标,虽然该指标可靠,但是并不一定有效;而敏感的决断力可以有效,却不一定可靠。显然,单凭一个或几个指标判断职业适应性是不可能的,必须有一系列的指标。为了保证指标体系的可靠性和有效性,需要选择优秀职业者和不良职业者作对照组,事先对这些指标进行测试,检验其可靠性和有效性。

2. 统计学的差异与实际意义的差异问题

由于人-机-环境系统的复杂性,研究结果会受到大量的、各种各样因素的影响,以致虽然在统计学上具有差异,却可能不具有实际意义上的差异。例如,在设计汽车驾驶室时,需要了解不同国家汽车驾驶员身高的差异。通过对两个国家的汽车驾驶员的身高进行抽样测量,并对测量结果进行统计分析,驾驶员平均身高确实存在着统计学意义上的差异。但若这种差异只有 10~20 mm,则对汽车驾驶室的设计没有什么实际意义。

由于个体差异的存在,人-机-环境系统工程学的结论,只表征正常情况下多数人的特性,而且结论也不是绝对的。

1.3 人-机-环境系统工程的研究方法

人-机-环境系统工程的研究不仅广泛采用了人体科学、生物科学、环境科学和工程科学等相关学科的研究方法及手段,而且也采取了系统工程、控制理论和统计学等其他学科的一些研究方法;同时,本学科的研究也建立了一些独特的新方法,以探讨人、机、环境要素间复杂的关系问题。这些方法包括:测量人体各部分静态和动态数据;调查、询问或直接观察人在工作时的行为和反应特征;对时间和动作的分析研究;测量人在工作前后以及作业过程中的心理状态和各种生理指标的动态变化;观察和分析作业过程和工艺流程中存在的问题;分析差错和意外事故的原因;进行模型实验或用电子计算机进行模拟实验;运用数学和统计学的方法找出各变数之间的相互关系,以便从中得出正确的结论或发展成有关理论等手段。

目前常用的研究方法有以下几种:

1. 观察法

为了研究系统中人、机的工作状态,常采用各种各样的观察方法,如工人操作动作的分析、功能分析和工艺流程分析等大多数采用观察法。

2. 实测法

这是一种借助于仪器设备进行测量的方法。例如,对人体静态与动态参数的测量,对人体生理参数的测量或者对系统参数、作业环境参数的测量等。图 1-2 所示为用实测法研究宇航员的生理、心理学能力测量装置框图。

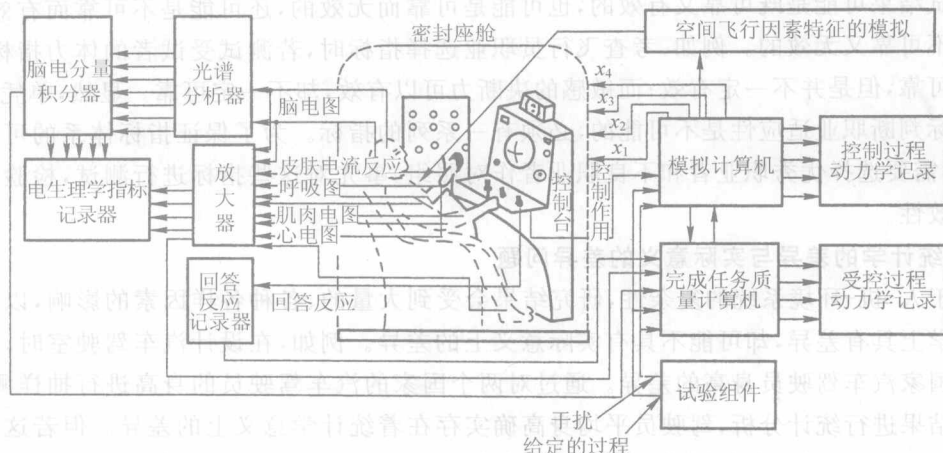


图 1-2 研究宇航员生理、心理能力测量装置框图

3. 实验法

它是当实测法受到限制时采用的一种研究方法,一般是在实验室中进行,但也可以在作业现场进行。例如,要获得人对各种不同显示仪表的认读速度和差错率的数据,一般在实验室中进行;如需了解色彩环境对人的心理、生理和工作效率的影响,由于需要进行长时间和多人次的观测,才能获得比较真实的数据,因此通常是在作业现场进行实验。图 1-3 所示为研究驾驶员眼动规律的实验装置。

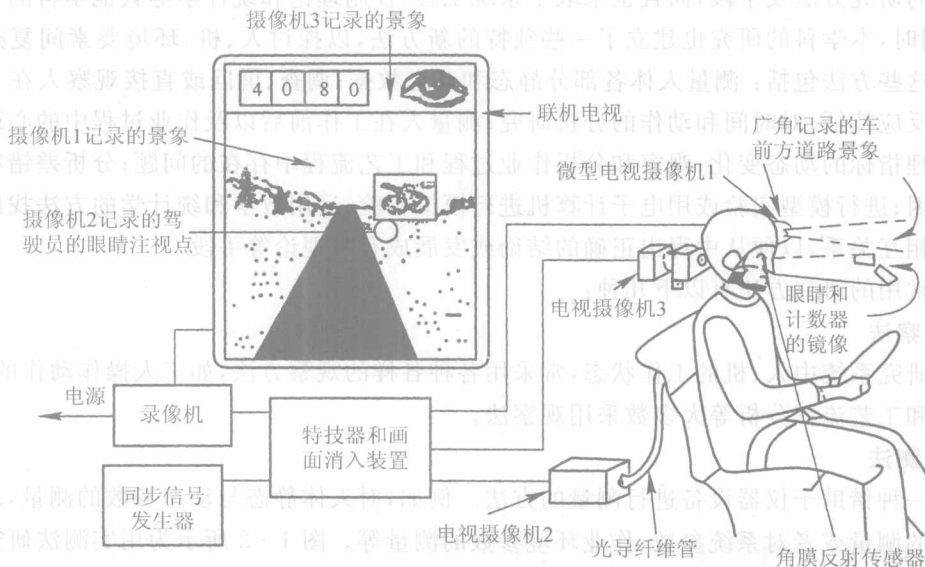


图 1-3 驾驶员眼动规律实验装置

4. 模拟和模型试验法

由于机器系统一般比较复杂,因而在进行人-机-环境系统研究时常采用模拟的方法。模拟方法包括各种技术和装置的模拟,如操作训练模拟器、机械的模型以及各种人体模型等。通过这类模拟方法可以对某些操作系统进行逼真的试验,可以得到从实验室研究外推所需的更符合实际的数据。图 1-4 所示为应用模拟和模型试验法研究人-机系统特性的典型实例。因为模拟器或模型通常比它所模拟的真实系统价格便宜得多,且又可以进行符合实际的研究,所以获得较多的应用。

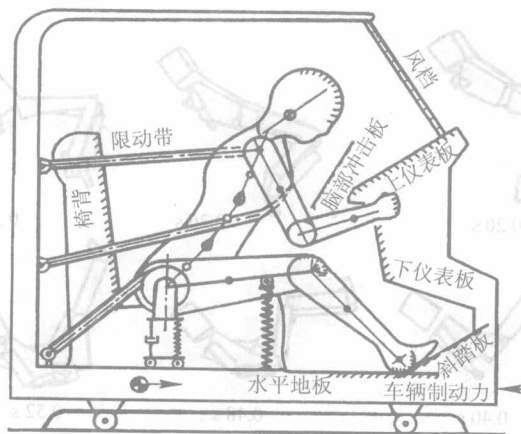


图 1-4 研究车辆碰撞的人-机系统的模拟与模型

5. 计算机数值仿真法

由于人-机-环境工程系统中的操作者是具有主观意志的生命体,用传统的物理模拟和模型研究人-机-环境系统,往往不能完全反映系统中生命体的特征,其结果与实际相比必有一定误差。另外,随着现代人-机-环境系统越来越复杂,采用物理模拟和模型方法研究复杂的人-机-环境系统,不仅成本高、周期长,而且模拟和模型装置一经定型,就很难作修改变动。为此,一些更为理想而且有效的方法逐渐被研究创建并得以推广,其中的计算机数值仿真法已成为人-机-环境系统工程研究中一种较为现代的方法。

数值仿真是在计算机上利用系统的数学模型进行仿真性实验研究。研究者可对尚处于设计阶段的未来系统进行仿真,并就系统中的人、机、环境三要素的功能特点及其相互间的协调性进行分析,从而预知所设计产品的性能,并进行改进设计。应用数值仿真研究,能大大缩短设计周期,降低成本。图 1-5 所示是人体动作分析仿真图形输出。

6. 分析法

分析法是在上述各种方法中获得了一定的资料和数据后采用的一种研究方法。人-机-环境系统工程研究中常采用的分析法如下: