



工业和信息化部“十二五”规划教材

飞机人因设计

Feiji Renyin Sheji

王黎静 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

策划编辑：蔡 喆
封面设计：runsign 视觉设计

飞机人因设计

Feiji Renyin Sheji

上架建议：航空

ISBN 978-7-5124-1897-4



9 787512 418974 >

定价：35.00元



工业和信息化部“十二五”规划教材

飞机人因设计

王黎静 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

飞机设计涵盖了多个学科,其中人因设计占据了非常重要的地位。随着飞机设计技术的发展,飞机人因设计越发受到设计者们的关注。本书采用循序渐进的方式,对飞机人因设计的基础、飞机人因设计的内容及人因在飞机适航中的体现进行了介绍。本书共8章,分为三部分:第一部分为基础篇,对人因设计的基础进行简介;第二部分为设计篇,具体介绍了驾驶舱人因设计、客舱人因设计和维修性人因设计;第三部分为适航篇,对飞机适航及其与人因相关的内容进行了介绍。

本书内容翔实,体系合理,逻辑性强,通俗易懂,可作为高等航空航天院校飞行器专业课教材,也可供飞行器专业研究生和相关专业教师阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

飞机人因设计 / 王黎静编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2015.9

ISBN 978-7-5124-1897-4

I. ①飞… II. ①王… III. ①飞机—设计—高等学校—教材 IV. ①V22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 232249 号

版权所有,侵权必究。

飞机人因设计

王黎静 编著

责任编辑 董 瑞

*

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(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京兴华昌盛印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:14.75 字数:378千字

2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷 印数:2000册

ISBN 978-7-5124-1897-4 定价:35.00元

前 言

飞机是高度复杂的大型系统,它与飞机的使用人群(乘客、飞行员、维修人员)共同构成了一个复杂的人机系统。在系统使用的过程中,使用人员和飞机之间进行着大量的交互活动,例如飞行员在驾驶舱内操纵飞机,乘客在客舱内操作客舱娱乐系统,维修人员对飞机进行维修等。在飞机设计中考虑人因,针对飞机系统中的人机交互进行设计,使这些交互更加舒适、安全、高效,这便是飞机人因设计。航空事故分析表明,引发事故的本质原因是在复杂的运行环境中,由于特定原因使得驾驶舱中的人机交互失效,从而引发飞行事故。因此,飞机驾驶舱人因设计是飞机人因设计的首要关注重点。通常设计人员会以安全、高效为出发点考虑驾驶舱的人因设计。同时,针对旅客对客舱舒适性越来越高的要求,设计人员会以安全、舒适为出发点考虑客舱的人因设计。飞机人因设计关注的另一个重点是飞机维修性人因设计。由于各大航空公司都是从成本与维修便捷性方面对飞机维修性进行考虑,因此,高效经济是飞机维修性人因设计的出发点。

目前,世界主要飞机制造商都对飞机人因设计进行了深入的研究。例如,波音和空客都确定了其飞机驾驶舱“以人为中心”的设计理念。尽管两者对“以人为中心”的原则解释有所不同,但是都把“以人为中心”的设计理念作为其人机交互设计的出发点,同时也把“以人为中心”作为其占领市场的根本。两者在客舱设计上对人因的关注就更容易感受。不久前问世的 A380 和 B777 客机都在客舱布局、舒适性、客舱照明和服务功能性等方面做出努力,以满足乘客和客户不断提高的要求。自 2008 年国内启动大型民机研制工作以来,为满足适航对飞机人因的需求,以中国商飞上海飞机设计研究院为组长单位的国内相关研究单位承接了相关的研究项目,并在飞机人因设计方面取得了很大的进展。然而,目前国内针对飞机人因设计的研究距离国际先进水平还有一定差距,国内针对飞机人因设计进行系统性介绍的教材或论著还较为稀少。

针对以上现状,笔者编写了本书。本书着重介绍民机的人因设计,初衷是结合对飞机人因设计的原则、分析技术和设计方法的介绍,让读者了解从人因分析到飞机设计最终通过适航投入应用的全过程。本书的内容涉及了飞机设计中所需要考虑的主要人因问题,分为三部分。第一部分为基础篇,这一部分与飞机人因设计的关系不大,但是学习飞机人因设计的基础。基础篇主要介绍了人的基本特性和相关分析、设计评估方法,包括第 1~3 章。第二部分为设计篇,也是本书的重点部分,介绍了人的基本特性对飞机设计的影响和约束,对如何将第一篇中讲解的分析评估技术应用于工程实践中进行了详细讲解。设计篇主要从驾驶舱



设计、客舱设计和维修性设计三个方面展开,包括第4~6章。第三部分为适航篇,主要介绍了飞机设计阶段适航对飞机的要求、其中所涉及的人的因素及适航符合性验证中涉及的人因,包括第7章8章。各章节的具体内容与学习建议可查阅绪论第3部分,在此不再详述。

在本书的编写过程中,笔者参考了国内外广泛使用的资料,也与相关科研院所的科研和设计人员进行了讨论并听取了他们的建议,他们来自上海飞机设计研究院、中航工业成都飞机设计研究所、中航工业第一飞机设计研究院、中航工业沈阳飞机设计研究院、中航通飞研究院等。同时,笔者课题组的学生们也帮助笔者完成本书的编写工作,他们是(排名不分先后):曹琪琰、郭玮、何雪丽、莫兴智、王彦龙、王晓丽、王郁琿、张旭东。

由于作者水平有限,本书的错误及不妥之处,恳请广大读者批评指正!

编 者

2015年6月

目 录

绪 论	1
-----	---

第一篇 基础篇

第 1 章 人的特性	5
1.1 人的尺寸特性	5
1.1.1 人体尺寸数据及测量	5
1.1.2 人体尺寸标准	7
1.1.3 人体尺寸数据应用	8
1.2 人体感知特性	10
1.2.1 视 觉	10
1.2.2 听 觉	16
1.2.3 本体感觉	17
1.2.4 其他感觉	18
1.3 人的心理特性	19
1.3.1 人的认知过程	19
1.3.2 个性差异	22
1.4 人体力学特性	23
1.4.1 运动系统	23
1.4.2 施力特性	24
1.4.3 姿势与施力	27
1.5 人的负荷特性	29
1.5.1 体力负荷	29
1.5.2 脑力负荷	30
思考题	30
第 2 章 系统人因分析	32
2.1 人因分析	32
2.1.1 人因分析相关定义	32
2.1.2 人因分析流程	33
2.1.3 人因分析与系统设计的关系	34
2.2 任务分析	36
2.2.1 基本介绍	36



2.2.2 任务剖面绘制	37
2.3 功能分析	40
2.3.1 基本介绍	40
2.3.2 功能流程图	42
2.4 功能分配	44
2.4.1 基本介绍	44
2.4.2 功能分配评估矩阵	46
2.5 操作任务分析	48
2.5.1 基本介绍	48
2.5.2 时间线	50
2.6 绩效预测	52
2.6.1 基本介绍	52
2.6.2 工作负荷分析	54
思考题	56
第3章 人因测试与评估	59
3.1 人因测评介绍	59
3.1.1 人因测评及其分类	59
3.1.2 被试选择	61
3.1.3 被测系统的表现形式	62
3.1.4 测量仪器	63
3.1.5 资料和数据需求	64
3.1.6 数据收集、记录与分析	65
3.2 人因测评计划	66
3.2.1 项目介绍	66
3.2.2 评估参与者	67
3.2.3 环境条件	67
3.2.4 测评目标	68
3.2.5 性能度量	68
3.2.6 成功标准与评估标准	68
3.2.7 测评方法	68
3.2.8 结果、结论和建议	69
3.3 人因测试与评估方法	69
3.3.1 人因设计检查单	69
3.3.2 环境与工程测量	72
3.3.3 主观评价法	74
3.3.4 生理测量法	77
3.3.5 虚拟评估方法	79
3.3.6 辅任务监测法	82



3.3.7 交互仿真·····	83
3.4 人因测评方法分类·····	86
3.4.1 设计类项目测评·····	86
3.4.2 系统类项目测评·····	87
思考题·····	87

第二篇 设计篇

第4章 驾驶舱人因设计·····	91
4.1 飞机驾驶舱·····	91
4.1.1 驾驶舱子系统·····	91
4.1.2 驾驶舱分区·····	92
4.2 飞机驾驶舱设计·····	93
4.2.1 驾驶舱需求分析·····	93
4.2.2 驾驶舱方案设计·····	94
4.2.3 驾驶舱详细设计·····	96
4.3 驾驶舱人因设计·····	96
4.3.1 驾驶舱人因设计内容·····	96
4.3.2 驾驶舱人因设计原则·····	100
4.4 驾驶舱人因设计示例·····	101
4.4.1 驾驶舱风挡设计·····	101
4.4.2 驾驶舱布置设计·····	104
4.4.3 驾驶舱功能集成·····	115
思考题·····	121
第5章 客舱人因设计·····	123
5.1 飞机客舱·····	123
5.2 客舱设计的主要流程·····	126
5.2.1 构型设计·····	126
5.2.2 详细设计·····	127
5.3 客舱人因设计·····	128
5.3.1 客舱人因设计内容·····	129
5.3.2 客舱人因设计要求·····	131
5.3.3 客舱人因设计评估·····	133
5.4 座椅设计与布置·····	133
5.4.1 座椅安全性设计·····	134
5.4.2 座椅舒适性设计·····	135
5.4.3 座椅布置·····	138
5.5 应急救生系统·····	140



5.5.1 应急出口及撤离通道设计	140
5.5.2 应急照明	143
5.5.3 应急撤离设备	143
5.5.4 应急撤离评估与试验	144
思考题	147
第6章 维修性人因设计	149
6.1 基本概念	149
6.1.1 飞机维修和维修性	150
6.1.2 飞机维修性要求	150
6.2 飞机的维修性设计基本流程	153
6.3 飞机维修性人因设计	157
6.3.1 维修性人因设计内容	157
6.3.2 维修性人因设计准则	160
6.3.3 飞机维修性人因分析方法	165
6.3.4 国外飞机维修性人因设计介绍	165
6.4 计算机辅助维修性人因设计	168
6.4.1 计算机辅助维修性人因设计介绍	169
6.4.2 设计示例	169
思考题	172

第三篇 适航篇

第7章 适航与人因	175
7.1 适航	175
7.1.1 适航的概念	175
7.1.2 适航发展历史及研究现状	176
7.1.3 适航管理	178
7.1.4 适航管理中的人因	181
7.2 适航管理组织机构	181
7.2.1 国外适航管理组织机构	181
7.2.2 中国适航管理组织机构	184
7.2.3 人因相关的适航组织	188
7.3 适航规章	190
7.3.1 国外适航规章	190
7.3.2 中国的适航规章	193
7.3.3 适航规章中的人因	195
7.3.4 与人因相关的适航条款	196
思考题	200



第 8 章 适航取证中的人因	201
8.1 适航取证	201
8.1.1 民机研发流程中的适航型号合格审定	201
8.1.2 飞机型号合格证取证流程	202
8.1.3 飞机生产许可证取证流程	206
8.2 适航人因认证计划	207
8.2.1 飞机型号合格证取证详细流程	207
8.2.2 适航人因认证项目和认证计划	208
8.3 适航人因认证计划示例	213
8.3.1 项目介绍	214
8.3.2 系统描述	214
8.3.3 相关人因适航条例及验证方法	216
8.3.4 系统安全评估	219
8.3.5 操作注意事项	219
8.3.6 认证文件	220
8.3.7 认证计划	220
8.3.8 人员安排	221
思考题	221
附录:常用人因分析方法	222

绪 论

1. 人的因素(人因)概述

人的因素(人因)研究是一门新兴的交叉学科,它起源于欧美等发达国家。在美国,它被称为 Human Factors(人的因素(人因));在欧洲,它被称为 Ergonomics(工效学)。它还有一些其他的表述方式,如 Human Factors Engineering、Human Engineering 等。这些词汇没有太大差异,Ergonomics 与 Human Factors Engineering、Human Factors in Design 表述了类似的含义。现在国内并没对这些词进行更为详细地界定,从其使用的情况上看也没有进行细分。本书所采用的“人的因素”这个名称就来自于对“Human Factors”的直译。在我国,针对人的因素的研究还处于初级阶段,所用的名称也不一致。除了本书所用的人的因素这个词汇,也使用人因工程、人类工效学、工效学、人机工程等其他名称,同样地,这些词汇所表达的意思也没有太大差异,只是对国外词汇翻译上的不同。书中的部分章节也使用了人机工程、人因、人机工效等词汇。

国际工效协会(International Ergonomics Association)对人因工程的定义是目前所公认的最权威、最全面的定义:“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,研究人和机器及环境的相互作用,研究在工作、生活和休息时怎么样统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒适等问题的学科。”我国的《中国企业管理百科全书》将人因工程定义为“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、健康和舒适为目的的学科”。总的来讲,人的因素就是从人的因素角度出发,通过研究人与机器以及工作环境的相互关系来达到三者间的最佳匹配。

对人因的研究始于 19 世纪晚期和 20 世纪初,其主要代表人物是 F. Taylor 和 F. Gilbrith。从提高工作效率的角度出发,Taylor 对装卸工使用的铁锹展开研究,而 Gilbrith 则针对建筑工人砖砌进行了研究。这就是人因研究的雏形。1945 年第二次世界大战期间,一些国家大力发展各种新式武器装备,片面注重工程技术方面的研究,而忽视了使用者操作能力的研究和训练,因此导致工作效率降低,甚至出现了危害操作者安全的事故。这些问题让工程师们认识到人的因素在设计中的重要性,于是,第二次世界大战之后,人因研究作为一门新兴的综学科正式形成了。第二次世界大战之后,美国空军和海军共同建立了工程心理实验室;1949 年,英国也成立了工效学研究协会。之后,人的因素研究迅速发展和壮大,其研究领域由最初的复杂的军事工业领域向其他领域扩展,人因在工作和产品设计方面的重要性,也逐步得到了工业界的共识。

现在,人因研究已经应用到各个领域,包括人们的衣食住行各个方面,如计算机界面、汽车、消费品等领域。以人为中心的设计理念也越来越受到人们的认可,越来越多的设计师也将人因作为必须考虑的因素之一。

2. 飞机人因设计发展

1903 年莱特兄弟设计并试飞成功了第一架飞机,自此人类迈入了航空时代。早期飞行时,飞行员必须仔细选择飞机起降的地点,并保证周围不能有环境干扰,同时还需要控制飞机的飞行速度、高度等一系列问题,才能保证飞机的正常飞行和起降。而这样往往就导致飞行员



要考虑过多问题,会超出飞行员处理情境的极限。飞机的设计者也逐渐意识到了这样的问题,为了保证飞行员对飞机的操纵性能,必须要增加他们对于飞机高度、速度、飞行状态的认知。首飞两年以后,莱特兄弟就在飞机上增加了辅助飞行员感知速度和角度的仪器。虽然这些仪器很简单,但是正是出于对人因的考虑才有了这些仪器的出现。

第一次世界大战爆发大大促进了飞机的应用,并在军事领域崭露头角。第一次世界大战期间,飞机在军事上的应用包括侦查、对地攻击、空空作战等。战争期间,人们发现因为空中作战导致的死亡人数大大低于飞行事故导致的死亡人数。在飞机相关的活动中,飞行事故所导致的死亡人数占到了总死亡人数的三分之二。这种情况让工程师意识到人的能力是一定的,也逐渐开始关注人因问题。这个时期的人因更关注的人员的选拔和分类、飞行员的生理压力等。这个时期为了保证飞行员能在寒冷环境下工作,飞行员穿上厚的皮飞行外套、皮手套、皮靴等防寒衣物。战争结束之后,飞机逐渐演变成了封闭的客舱和封闭的驾驶舱,这使得飞机可以飞得更高更远,最初的客机和货机的概念也是从这个时候开始的。

飞机真正的迅速发展则开始于第二次世界大战。此时,各个战争参与国都在争夺空中优势,这种时代背景大大促进了飞机性能的提升。随着技术的飞速发展,飞机的速度比一战时提升了4倍,其飞行高度也上升到了30 000英尺,同时,飞行的导航问题、飞机间的通信等问题也都有了新技术的支持。随着飞机使用量的不断增多也让更多人注意到了飞机设计中存在的不良人因设计,比如:由于驾驶舱以及仪表的显示位置设计不当,经常造成飞行员阅读仪表失误或者操作控件失误,而这种失误往往会导致飞行中事故的发生。这时,人们才开始真正关注飞机设计中的人因问题。

第二次世界大战期间,飞机速度和高度等性能不断提升,但是驾驶飞机的人群并没有发生太大的变化,其能力极限也没有发生很大变化。这时,针对飞行员筛选的问题被提出,美国军方也提出了关于人的能力、机能、极限等的数据研究(U. S. Army Air Force Aviation Psychology Program)。在这个阶段也展开了关于飞机舱内噪声、对人的影响问题的研究,也开始使用模拟器来培训飞行员。

第二次世界大战结束之后,军用飞机失去了作战作用,转而用于民用领域,因此,针对民用飞机人因问题的研究逐渐增多。第二次世界大战中培养了许多有飞行经验的飞行员,但是战争结束之后,由于民用航空要达到乘客乘坐舒适、飞行安全、良好服务的目的,这和作战飞机有很大差异,所以对于如何筛选合适的飞行员驾驶民用飞机成了一个很大的问题。随后,McFarland和Gordon分别针对这个问题提供了一些筛选、训练、评估等的指导。军用向民用的转型同时也引发了空管控制等一系列的人因问题。从这个时期开始,针对航空领域的人因研究也如雨后春笋般蓬勃发展起来。随着喷气式飞机的诞生,新的人因问题也开始产生。喷气式飞机的仪表更少,操纵器也更少,系统功能也更加简化,只在加速时间上有差异,但是由于飞行员已经熟悉了老式飞机,所以在转向喷气式飞机的过程中,出现了一些速度的不适应问题。当然,现在速度的适应问题已经被高性能模拟器弥补了。

随着计算机技术和平板显示器的应用,飞机进一步发展,大屏显示器取代了传统驾驶舱中杂乱的仪表系统,这就是所谓的“玻璃驾驶舱”。随着新的驾驶舱的出现,也伴随着新的人因问题的产生。比如:很多人因专家开始关注飞行员驾驶时的情景意识,分析情景意识对于飞行员决策等活动的影响;自动驾驶舱功能的应用让飞行员成了自动驾驶时系统的一个被动观察者,这时,人因专家们开始关注自动驾驶过程中飞行员的人因问题等。

近年来,触摸屏技术已经广泛应用于人们的日常生活中,飞机设计师也将触摸屏技术引入



了飞机驾驶舱的显示控制界面、客舱的娱乐设备及机载设备上。在驾驶舱中引入触摸屏解决了驾驶舱的复杂性带给飞行员的高负荷、易疲劳等问题,也可以缩短飞行员飞行培训的时间。现在,美国和欧洲都已经就触摸屏驾驶舱展开了研究,并设计出了基于触摸屏的驾驶舱,如美国的 F-35 战斗机、法国 Thales 公司研发的 ODICIS 等。触摸屏驾驶舱预计将会在 2020 年投入市场。但是,触摸屏的引入也带了新的人因问题,比如:在驾驶舱内,飞行员难以激活触摸屏区域,并会出现误操作问题;缺少了触感和听觉上的反馈,飞行员很难判断自己是不是完成了操作等。

从飞机人因设计的发展来看,每当有新的人机交互技术应用于飞机设计,总会引发新一轮飞机人机交互研究热潮。我们有理由相信未来仍会保持这样的发展趋势。正是技术的发展为飞机人因设计带来了无穷的研究热点。

3. 本书的主要内容及学习建议

飞机设计中的各个方面只要和人相关、涉及人的参与,都会涉及人因设计问题。本书将带领大家了解和学习飞机设计中的人因相关内容,下面对本书的基本框架和内容做一个简单的介绍,引导大家展开本书的学习。

本书的内容涉及了飞机设计中所需要考虑的主要人因问题,分为三部分。第一部分为基础篇,介绍了人的基本特性和相关分析、设计、评估方法,包括第 1~3 章。第二部分为设计篇,也是本书的重点部分,介绍了人的基本特性对飞机设计的影响和约束,主要从驾驶舱设计、客舱设计和维修性设计三个方面展开,包括第 4~6 章。第三部分为适航篇,主要介绍了飞机设计阶段适航对飞机的要求以及其中所涉及的人的因素,包括第 7 章和第 8 章。

第 1 章介绍了人的特性的相关内容,是整本书的基础,从人体的尺寸特性、人体感官特性、人体运动特性、人体心理特性、人的负荷五个方面展开了介绍。在学习这一章的时候,希望同学们可以展开人体测量、视力测量等相关实验,了解自身的人体特性。同时,也希望同学们可以结合身边的人机系统,考虑人体特性的一些实际应用。

第 2 章和第 3 章分别介绍了人因分析、测评与评估的方法和技术。这两个章节的内容是人因设计的理论基础,通过这两章的学习同学们可以掌握人的因素是如何通过分析、设计与研制、测试与评估三个阶段参与到系统设计中的。在进行这两章的学习时,建议针对书中所介绍的方法开设相关的实验课程,同学们分组设计实验,使用相关的方法分析、测评一个人机系统,更好地掌握这两章所讲的方法和技术。

第 4~6 章从设计的角度出发,分别介绍了飞机设计中的驾驶舱设计、客舱设计、维修性设计三个方面,涉及了三者的设计流程、需要注意的人因问题以及如何将人的因素融入系统设计中。这三章是和飞机设计结合的最紧密的章节,也是本书学习的重点。每一个章节都介绍了设计的相关案例,希望同学们可以结合书中所讲的案例,阅读相关的参考文献,开展与飞机设计与评估相关的实践实验。

第 7 章和第 8 章从适航的角度出发,对适航进行了介绍,并讲解了飞机适航中与人因相关的问题。第 7 章介绍了适航的基本内容、各国的适航机构及适航规章,并针对相关的人因内容进行了分析。在学习本章时,建议同学们进一步查阅相关适航规章,并分析其中和人因有关系的条例,讨论应该从哪些方面展开飞机设计工作以满足适航的要求。第 8 章介绍了适航取证的几个阶段以及适航取证中的人因。本章最后一节以飞机安装电子导航图系统为例,讲解了适航认证计划的全过程,建议同学参考该内容,并结合相关文献,分组对飞机其他系统的适航认证计划进行演练。

第一篇 基础篇

本篇介绍了人机工程所涉及的基础知识,围绕人的特性、系统人因分析、系统人因测试与评估三个部分展开。在系统的设计过程中,人因工作主要从分析、设计与研制、测试与评估三个方面参与系统的设计。人机工程在人的特性和设计实现之间搭建了一个桥梁,将人的特性融合到设计中去,也使系统设计满足人的要求。而人因测试与评估是为了验证这些人因需求是否得到贯彻落实。

人的特性是进行人机工程分析、设计和评估的依据,只有将人的特性纳入考虑的范围,才能获得安全、高效的系统性能。系统人因分析是飞机人因设计的第一步,通过分析系统的设计概念,介入设计流程,支持系统设计中的入因工程活动,是最早介入系统设计过程的人因工程活动。系统人因分析可以确定飞机设计中的人因需求,介入并指导后续的详细设计,本书第二篇所介绍的工作,即是在系统人因分析的基础上进一步细化进行的。人因需求在飞机设计中的贯彻落实,需要通过人因测试与评估来验证,以发现设计中存在的缺陷,然后修改方案,不断对设计方案进行改进和优化,直至设计出符合设计使用需求的系统。如此就完成了系统的整个设计流程。此外,人因测试与评估也是主要的人因相关适航符合性验证方法。

本篇共分为三章。第1章是人的特性,介绍进行系统设计时需要考虑的人的特性,包括人体尺寸、感官特性、心理特性、运动特性和负荷特性的相关内容。第2章是系统人因分析,介绍人因工程分析是如何进行系统设计概念的分析,如何介入系统设计流程,使用什么方法进行这些活动的。第3章是人因测试与评估,从基本概念、分类、测评方法和测评计划几个方面对人因测试与评估工作进行了介绍。

第1章 人的特性

在人-机-环系统中,人和产品总是相互作用、相互配合,共同承担系统的任务与功能。为使人在系统中顺利地进行工作,设计人员在系统设计中引入了“人的特性”这一概念。人的特性包括人体尺寸、心理特性、感官特性、运动特性和负荷特性五个方面,其中尺寸特性指人体的尺寸和活动空间大小的特性;感知特性指人接受外界信息时视听等感官特性;心理特性是指人的认知心理特点和个性差异;力学特性指人的运动系统和施力特点;负荷特性是人在工作时候承受的心理和生理负荷。

在系统设计中,必须要对人的特性进行研究,充分考虑人的特性,才能使人在系统中安全、健康、舒适和高效地工作。充分地考虑人的特性的设计往往能使人-机-环系统相互协调配合,充分地发挥人和设备的作用,达到物尽其用的理想效果;相反,如果不考虑或者未充分考虑设计中的人的特性,设计出来的产品往往不但不能达到预期的效果,同时也可能对人的身体健康造成不良影响。

本章将从人体尺寸、感官特性、心理特性、运动特性和负荷特性五个方面介绍人机设计中人的特性,让大家了解在设计的过程中应该考虑的人的特性。

1.1 人的尺寸特性

人的尺寸特性主要由人的身高、体宽、腿长、臂长等几何数据。在设计人机系统时,人体的各种尺寸是不能忽略的要素。如果设计时没有充分考虑人的尺寸,就不能保证设计出的产品满足人的特性,更不能保证使用者使用时的舒适性和安全性。人的尺寸数据是通过人体测量来获取的。人体测量指使用专业仪器在规定情况下对人体各部位尺寸进行测量,以确定个体之间、群体之间在人体尺寸上的差别,从而为各种工业设计和工程实际提供人体测量数据。

1.1.1 人体尺寸数据及测量

在对人体尺寸数据进行应用前,首先需要了解人体尺寸及其测量的基础知识。本书将相关的基础知识分为人体尺寸的百分位数、人体尺寸的分类、人体测量要求及测点和测量项目等四部分内容,前两项为人体尺寸数据的必要组成部分,后两项为人体测量的基础。

1. 人体尺寸的百分位数

百分位数是一个统计学术语,如果将一组数据从小到大排序,并计算相应的累计百分位,则某一百分位所对应数据的值就称为这一百分位的百分位数。它是一种位置指标,以符号 P_K 表示。一个百分位数将群体或样本的全部观测值分为两部分,有 $K\%$ 的观测值等于或小于它,有 $(100-K)\%$ 的观测值大于它。

人体尺寸用百分位数表示时,称人体尺寸百分位数。在国内,目前最常用的人体百分位数是 P_5 、 P_{50} 、 P_{95} ,其中, P_5 代表“小”身材的人群,指的是有 5% 的人身材尺寸等于或小于此值,而有 95% 的人身材尺寸大于此值; P_{50} 代表“中”身材的人群,指的是有 50% 的人身材尺寸小于此



值,另外 50% 的人身材尺寸大于此值; P_{95} 代表“大”身材的人群,指的是有 95% 的人身材尺寸等于或小于此值,而有 5% 的人身材尺寸大于此值。

2. 人体尺寸分类

人体尺寸主要分为静态尺寸和动态尺寸两类。静态尺寸,又称结构尺寸,是人体处于固定的标准状态下所测量的数据,包括人体主要尺寸、立姿人体尺寸、坐姿人体尺寸、人体水平尺寸以及人体头、手、足尺寸。人体动态尺寸,又称功能尺寸,是人体进行某种活动时肢体能达到的空间范围,是由肢体运动长度和运动角度相互协调产生的范围尺寸。动态尺寸包括以下几类:立姿的活动空间、坐姿的活动空间、单腿跪姿的活动空间、仰卧的活动空间。

GB/T 10000—1988《中国成年人人体尺寸》提供了人体静态尺寸测量和数据。GB/T 13547—1992《工作空间的人体尺寸》提供了我国成年人立、坐、跪、卧、爬等常取姿势功能尺寸数据。

3. 人体测量要求

进行人体测量时,需要使人按照一定的要求处于特定状态,这样的要求称为人体测量要求。人体测量要求包括人体基准面、测量方向、测量姿势及测量条件四部分,这些测量的具体要求可查阅 GB/T 5703—1999《用于技术设计的人体测量基础项目》。

(1) 人体测量基准面

人体测量基准面是进行人体测量的基准,对人体尺寸的测量都是在人体测量基准面的平行面上进行的。人体测量基准面是由三个相互垂直的轴(垂直轴、矢状轴和冠状轴)来决定的,包括矢状面、冠状面和横断面。人体测量中设定的轴线和基准面如图 1-1 所示。

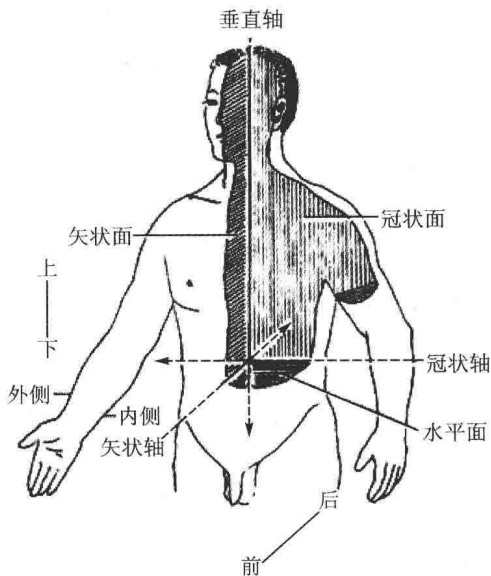


图 1-1 人体测量基准面和基准轴

① 矢状面:通过铅垂轴和矢状轴的平面及与其平行的所有平面都称为矢状面。

② 正中矢状面:在矢状面中,把通过人体正中线的矢状面称为正中矢状面。正中矢状面将人体分成左、右对称的两部分。

③ 冠状面:通过铅垂轴和冠状轴的平面及与其平行的所有平面都称为冠状面。冠状面将