

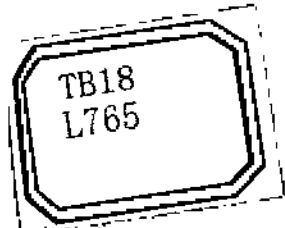
龙升照 主编

人-机-环境系统工程 研究进展

(第七卷)



海洋出版社



人-机-环境系统工程研究进展

(第七卷)

龙升照 主编

海洋出版社

2005年·北京

内 容 简 介

人-机-环境系统工程是在著名科学家钱学森的亲自倡导下,于1981年在我国诞生的一门综合性边缘技术科学。本书全面反映了人-机-环境系统工程理论及应用的最新研究成果,共收集论文97篇,主要包括总论、人的特性的研究、机器特性的研究、环境特性的研究、人-机关系的研究、人-环关系的研究、机-环关系的研究、人-机-环境系统总体性能的研究和应用研究等九个部分,内容涉及航空、航天、航海、兵器、交通、冶金、管理等众多领域。本书对从事人-机-环境系统工程理论及应用研究的广大科技工作者、科技管理干部及大专院校师生都有很好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

人-机-环境系统工程研究进展. 第7卷/龙升照主
编. —北京:海洋出版社,2005.7
ISBN 7-5027-6373-2

I. 人... II. 龙... III. 人-机-环境系统工程—
研究 IV. TB18

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第075383号

责任编辑:万小冬
责任印制:严国晋

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京海淀区大慧寺路8号)

北京市红星黄佳印刷厂印刷 新华书店发行所经销

2005年7月第1版 2005年7月北京第1次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:32.5

字数:832千字 印数:1~1000册

定价:80.00元

海洋版图书印、装错误可随时退换

钱学森院士

致人-机-环境系统工程创立 20 周年纪念大会的贺信

(代 序)

龙升照同志:

你的来信已收到。欣悉人-机-环境系统工程创立 20 周年纪念大会暨第五届全国人-机-环境系统工程学术会议即将召开,我向你们表示最热烈的祝贺!

20 年来,你们在人-机-环境系统工程这一新兴科学领域进行了积极的开拓和探索,并取得了非常可喜的成绩,我感到由衷的高兴。

希望你们今后再接再厉,大力推动人-机-环境系统工程理论及应用的蓬勃发展,为中国乃至世界科学技术的进步作出积极贡献!

祝

工作顺利!

钱学森

2001年6月26日

钱学森院士

对《人-机-环境系统工程研究进展(第一卷)》
的评语

龙升照同志:

我收到您主编的《人机环境系统工程研究进展(第一卷)》,翻看了之后,感到非常高兴,1985年秋提出的一个想法,现在8年之后已赫然成书,500多页的巨卷!而且研究范围已大大超出原来航天,内容涉及航空、航天、航渡、兵器、电子、能源、交通、电力、煤炭、冶金、体育、康复、管理……等领域!你们是在社会主义中国开创了这门重要现代科学技术!

此致

敬礼!

钱学森

1993.10.22

目 录

钱学森院士致人-机-环境系统工程创立20周年纪念大会的贺信(代序)

钱学森院士对《人-机-环境系统工程研究进展(第一卷)》的评语

前 言

第一部分 总论

人-机-环境系统工程在当代社会中的作用与地位 龙升照(1)

第二部分 人的特性的研究

- 载人航天环境应激与人的可靠性 黄端生(7)
- 武器系统中人的可靠性分析 阮仲皋 任郑兵等(13)
- 空中交通管制中人的可靠性 何云中 郭 定(19)
- 两种操作动作作业绩效分析比较 庞志兵 齐根华等(25)
- 试析军人的情绪情感与人的可靠性 阮伟伟 庞志兵等(31)
- 自行高炮舱内噪声对人操作可靠性的影响及对策 庞志兵 何 健等(35)
- 防空武器装备设计中的心理学问题 牛 坤 庞志兵等(41)
- 精密机械加工作业中工作负荷的评价 王 凡(46)
- 再论人体系统的稳态和暂稳态 卢容德 杨三青等(49)
- 士兵行进能耗模型 丁松涛 袁晓华等(54)
- 负荷量对行进能耗的影响 袁晓华 丁松涛等(59)
- 群体特征对群体决策绩效影响的研究综述 刘树林 刘学军等(64)
- 个体决策过程中的不可靠现象分析及研究策略 朱 涛 刘树林等(68)
- 飞行人员人体测量学研究与应用进展 王兴伟 刘宝善等(73)
- 航天员人体测量参数在载人航天中的应用 王 丽 徐永忠(78)
- 人的可靠性研究中的定量分析方法及其评价 姜黎黎 王保国等(82)
- 乘员工效评估中尿液生化指标的初步筛选 何耀锋 吴圣钰等(87)
- 装甲车辆驾驶员静态人体尺寸变化趋势 牛海燕 白雅娟等(91)
- 机车乘务员职业素质测评研究 叶 龙 沈 梅等(96)

第三部分 机器特性的研究

- 人-机-环境系统中机的本质可靠性分析与设计 龙升照(101)
- 武器装备的可靠性研究 庞志兵 彭 巍等(107)
- 仪器设备研制过程中的可靠性分析与对策 王云景(111)
- 装甲机械化步兵防护装备携行具研制的设想 罗玉萍 吴圣钰等(116)
- 载人航天器安全防火设计与验证研究 俞 进(122)

第四部分 环境特性的研究

抗眩晕模拟船舱训练系统的科学应用研究·····	慕 帅 庞志兵等(125)
吸附技术与人-机-环境系统过程——CO ₂ 清除的可再生技术·····	郭坤敏 朱春野等(129)
探讨亚高原地区弹射救生问题·····	周 方 周复根等(134)
弹射救生系统发展思路·····	周复根 周 方等(140)
城市建设中点声源噪声预测方法研究·····	程乃伟(145)
舰艇磁场环境的模拟方法和装置及其应用·····	柯文棋 李振杰等(149)
飞机座舱空气分配系统参数设计和舱内环境数值模拟·····	马 励 赵竞全等(153)
中长期载人航天任务中二氧化碳浓度控制方法的研究·····	韩 莹 林贵平等(159)
飞机环境控制系统仿真及分析软件包的开发·····	邹 冰 赵竞全等(164)
载人车室内人体热舒适问题的数值模拟·····	靳艳梅 王保国等(170)
特殊有限密闭空间的空气净化技术研究·····	侯立安 左 莉等(175)
坦克装甲车辆的空调系统研究·····	王湘卿 李中华(183)
装甲车辆车内通风要求与评价初探·····	吴圣钰 黄官升等(189)
装甲车辆车内照明的若干问题探讨·····	吴圣钰 罗玉萍等(195)
抗眩晕模拟船舱的应用实验及改进建议·····	庞志兵 慕 帅等(200)
抗眩晕模拟船舱综合实验研究·····	张树德 何志敏等(204)

第五部分 人-机关系的研究

人-机交互技术中的可靠性影响因素·····	张 磊(213)
防空兵 C ³ I 系统人-机界面分析及对策·····	庞志兵 胡海龙等(217)
高性能战斗机座舱通用显示信息工效学研究·····	郭小朝 刘宝善等(222)
航空夜视镜工效学问题及技术策略概述·····	熊端琴 郭小朝(227)
车辆驾驶座人-机界面定性分级评价方法的研究·····	金晓萍 毛恩荣等(232)

第六部分 人-环关系的研究

模拟扫雷艇二水平磁场复合噪声、温度对机体联合作用实验研究·····	柯文棋 乐秀鸿等(237)
舰船烧冲复合伤对兔损伤作用的实验研究·····	李政年 柯文模等(245)
模拟舰船烧冲复合伤对兔血浆内皮素和心钠素含量的影响·····	李政年 柯文棋等(251)
冲击力作用下的人体动态响应的研究·····	白士红 李晓雷等(254)
协调好人与环境的关系 维护人类自身健康发展·····	郭坤敏 郭 智(258)
磁场对眼影响的实验研究·····	李政年 柯文模等(262)
汽车车室内影响人体热舒适性的几个主要因素·····	闫 巍 王保国等(265)
抗眩晕训练人的心率变化规律的实验研究·····	吴 欣 庞志兵等(271)
抗眩晕训练对军人智能影响的研究·····	叶兴旺 庞志兵等(275)
《装甲车辆乘载员通风需要量限值》标准的制定·····	郝向阳 杨邵勃等(278)

第七部分 机-环关系的研究

飞行员水上救生装备环境试验与选择性分析.....李洪刚 戴述银等(283)

第八部分 人-机-环境系统总体性能的研究

- 人-机系统性能的可靠性预测与分配周诗华 周前样等(289)
- 信息网络系统的可靠性研究.....王险峰 张如彪等(295)
- 一种新的编码故障树事故分析法高 佳 何旭洪等(302)
- 影响车辆人-机-环境系统可靠性的主要因素分析.....王保国 王 宇(308)
- 多功能前庭试验台对前庭试验危险性的预先分析刘慧敏(313)
- “抗眩晕模拟船舱”训练系统可靠性的研究.....何志敏 庞志兵等(318)
- 防空雷达的人-机操作可靠性研究戴才彬 庞志兵等(323)
- 用四元联系数模型评判人-机-环境系统.....白煜超 赵一彪等(327)
- 人工智能中的智慧、融合、和谐在人-机-环境系统工程中的应用.....肖 竹 包极峰等(332)
- 人-机-环境系统中的智能控制与统一集控制.....包极峰 肖 竹等(339)
- 智能群决策支持系统在人-机-环境系统研究中的应用.....李 森 周星宇等(343)
- 生态界面设计与人-机-环境系统生态相容性的评估.....酆 骏 朱旭程等(348)
- 界壳论、可拓方法在人-机-环境系统中的应用.....周星宇 赵 阳等(353)
- VGES-DSS 在人-机-环境系统工程中的应用.....张 然 谢砚青等(358)
- 兵器操作规程的科学性研究.....徐静良 刘 军等(364)
- AECM 理论在人-机-环境系统工程中的应用叶广辉 林 华等(369)
- 人-机-环境系统中的可拓力与潜可拓力.....赵 阳 周星宇等(374)
- 统一集智能方法在人-机-环境系统工程研究中应用.....张 锐 赵 阳等(382)
- 军用车辆随时间价值的劣化费用模型分析研究.....袁健康 王国荣(387)
- 人-机-环境系统中的智能信息分析.....高 峰 贺仲雄(394)
- 人-机-环境系统中突发事件的智能分析.....赵一彪 贺仲雄(397)
- 软计算在人-机-环境中的应用周泽南(403)
- 人、机、环境最佳智能匹配探讨.....丁文波 贺仲雄(410)
- 可拓力学在人-机-环境系统中的应用.....翁扬菲 袁钟晓等(414)
- 多 Agent 系统 MAS 在人-机-环境系统中的应用袁钟晓 翁扬菲等(419)
- 新型歼击机人-机系统中人的可靠性影响因素及对策研究郭 定 何云中等(424)
- 人-机-环境系统中的集对分析.....林道文 贺仲雄(431)
- 人-机-环境系统中的可拓信息分析.....张 珏 张 珏等(437)
- 一种BPNN分类器的设计及应用.....刘皓挺 姜国华等(443)
- 汽车人-机-环境系统可靠性分析.....王 宇 王保国(449)
- 武器装备人-机-环境系统工程参数指标论证研究.....曹 辉 孙祥一(454)
- 装甲车辆人-机-环境系统指标体系研究.....白雅娟 吴圣钰等(461)
- 装甲车辆人-机-环境系统性能试验研究.....黄官升 吴圣钰等(467)
- 交通事故人体损伤的分类及研究进展.....袁 泉 李一兵等(472)

第九部分 应用研究

军事系统工程在武器装备发展中的重要地位	刘宝善 (477)
步兵人-机-环境系统工程总体研究	刘葆利 高照先等 (480)
加强武器装备人-机-环境系统工程指标论证研究	山春荣 曹 辉等 (484)
社区人居环境的“人本化”设计探讨	杨新武 (491)
人本体交通时空的组团导向——铜陵城市交通规划与管理创新理念	章红兵 方瑞祥 (499)
工业城市交通管理与淮南的科学精神	李 群 方瑞祥 (504)

附录

第五届全国人的可靠性和人-机-环境系统可靠性专题研讨会征集论文通知	(509)
1993~2003年度“人-机-环境系统工程研究突出贡献奖”获奖名单	(510)
人-机-环境系统工程网站“ http://www.mmese.com ”简介	(510)

第一部分 总 论

人-机-环境系统工程在当代社会中的作用与地位

龙升照

(北京航天医学工程研究所)

一、引 言

20 多年来,人-机-环境系统工程这一新兴科学,正在吸引着各个领域的专家、学者和工程技术人员对其进行开拓和探索,从而也就造就了越来越多的人-机-环境系统工程专家和工程师(为了简化,以后可将他们简称为“MMESE(迈新)专家”和“MMESE(迈新)工程师”)。

本文从人-机-环境系统工程师的基本任务、要求、作用和培育方法等方面,较全面地阐述了人-机-环境系统工程师在当代社会中的作用与地位。

二、人-机-环境系统工程师的基本任务

人-机-环境系统工程师的基本任务主要为 3 个方面:一是推动人类社会健康发展;二是避免人类社会走入误区;三是促进社会生产力蓬勃发展。

1. 推动人类社会健康发展

人类社会发展的历史,就是一部人、机(包括工具、机器、计算机、系统及技术)、环境三大要素相互关联、相互制约、相互促进的历史(见图 1)。由于环境的影响,高级灵长目动物演变成为人类;人类的诞生导致了机的出现;机的出现又产生了新的环境;新的环境又在影响人类的生活、工作和生存,其情况如图 1 所示。当然,人、机、环境三大要素的相互作用并不是一个简单的循环重复,而是遵循一个螺旋式上升的发展过程,从而推动人类社会的不断发展和进步。环顾一下我们周围的一切,不但机器的使用比比皆是,而且计算机的应用也十分普遍。人们为了达到某种预定目标(如航天探索、军

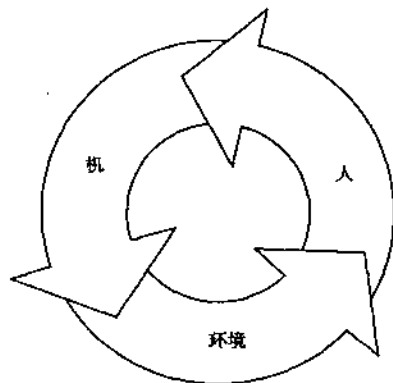


图 1 人、机、环境相互作用示意图

事对抗、发展生产……),总是针对某些特定环境,试图利用已经掌握的科学技术,组成一个既有人,又有机,还有环境的复杂系统,我们将它称之为“人-机-环境系统”。例如,司机驾驶汽车在地面上奔驰,飞行员驾驶飞机在空中飞行,航天员驾驶飞行器在宇宙中航行,舵手驾驶船舶在海洋中航行等,这些都是典型的人-机-环境系统;同样,工厂的工人在特定环境中操作各种机器进行工作,也是典型的人-机-环境系统……很显然,人-机-环境系统广泛存在于从民用到军事、从地上到地下、从陆地到海洋的各个领域。当然,随着科学技术的不断发展,各种工作的自动化程度会愈来愈高,人的劳动(体力劳动或脑力劳动)将会更多地被机器所取代。但是,人的高级智能活动是任何机器也无法代替的。所以,在任何情况下,也都会有人参与工作,人要完成诸如监视、控制、决策、管理等各种功能,故人-机-环境系统总是普遍存在。

然而,它的存在只是问题的一个方面,而能不能从理论的高度来认识它、驾驭它,并使之处于最优工作状态,这才是问题的真正关键。因此,人-机-环境系统工程的首要任务,就是运用人-机-环境系统工程理论探索人、机、环境三大要素的运行规律及其最优组合的科学方法,从而推动人类社会健康发展。

2. 避免人类社会走入误区

时至今日,当人们沉浸在享受高科技带来的社会繁荣之际,却也不自觉地闯入了两大误区:第一,在机器设计时,由于漠视了人的特点和要求,致使工作系统效率降低、事故增加,对社会发展造成严重影响;第二,在机器设计时,由于漠视了环境的特点和要求,不但影响了机器本身性能的发挥,而且带来了严重的环境恶化,对人类的生活、工作和生存造成重大威胁。今以汽车为例,它的出现,一方面极大地推动了社会的进步,另一方面却也给社会带来了灾难。据统计,全世界每年死于道路交通事故的人数约有 25 万。在我国,跨入 21 世纪的前 3 年(2001~2003 年),每年的死亡人数都突破 10 万。与此同时,汽车也是造成城市环境污染的主要因素之一。其他类似的例子也很多。因此,当务之急,就是要求人-机-环境系统工程师根据人-机-环境系统工程原理,全面协调人、机、环境的健康发展,避免和阻止人类社会走入误区。

3. 促进社会生产力蓬勃发展

通常,哲学上是将生产力定义为:“从事物质资料生产的人同以生产工具为主的被用于生产的劳动资料相结合,就构成社会生产力。”很显然,生产力应该是人(从事物质资料生产的人)、机(生产工具和机器)、环境(生产场所的有关劳动条件)三大要素的有机结合。因此,人-机-环境系统工程师的重要职责,就是运用人-机-环境系统工程方法,全面优化人、机、环境三者之间的关系,采取一切有效手段,实现“安全、高效、经济”三大目标,从而促进社会生产力的蓬勃发展。

三、人-机-环境系统工程师的基本要求

人-机-环境系统工程师一般都必须满足三个最基本的要求:

第一,他们应该是一些知识广博的人。由于人-机-环境系统工程的研讨内容包括 7 个方面的内容(见图 2)。为了充分运用人-机-环境系统工程理论,他们不只是单独对人、对机、

对环境的相关专业具有足够的造诣，而且要对人、机、环境及其相互关系都有相当全面、深刻的理解，并掌握其发展动向。因此，他们不仅是“专家”，而且是“博家”、“杂家”。

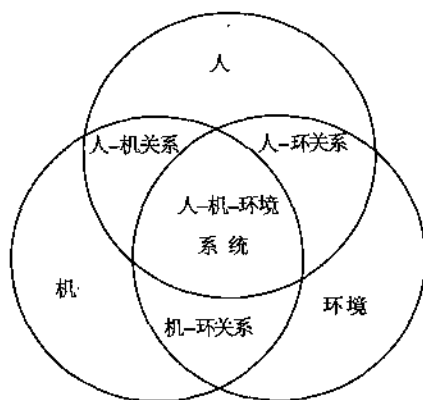


图2 人-机-环境系统工程研究范畴示意图

第二，他们应该是一些能够站在系统总体高度，高瞻远瞩、通观全局的人。钱学森曾经强调指出：“人-机-环境系统工程，把人、机器跟整个客观环境连在一起考虑，这就跟单个考虑人、考虑环境不一样，这就是辩证法，综合了，辩证统一了”。因此，人-机-环境系统工程师不仅要把各种专业知识融入各项具体任务之中，而且要把系统的整体意识贯穿于工作的全过程，并始终朝着总体目标的提高而开展全方位的努力。

第三，他们应该是一些具有极强创造性思维的人。美国贝尔研究所所长曾说，“系统的研制、设计是一种组织化的创造技术，它和绘

画、雕刻、建筑设计等等是一脉相承的，都是创造的产物。从这个意义上看，科学和艺术正是一根藤上的两个瓜，它们的根基就是创造性思维。”对人-机-环境系统工程理论及应用而言，它所强调的人、机、环境三大要素的协调发展，正如绘画艺术中“三色原理”一样，可以构建出千姿百态、神态各异的人-机-环境系统。因此，这就要求他们必须善于发现问题、提出新问题，并有足够的想象力和创造力来解决问题。正如一个文学家，如果他只拥有华丽的词汇，而缺乏对文学素材整体布局的能力，就不能写出好的文学作品；但是，如果他具有高度驾驭文学素材整体布局的能力，即使运用一些普通词汇，也能写出动人心弦的伟大篇章。

四、人-机-环境系统工程师的作用

由于人-机-环境系统工程师既具有人、机、环境各个方面的全面知识，又具有站在系统总体高度的整体协调能力，因此，他们应该成为当代科学技术的战略家和活动家。而在各种任务和工程项目中，他们往往将成为总工程师或总设计师之类的高层人才。他们的作用主要表现为：

1. 认识世界和改造世界的生力军

众所周知，凡是有人参与的系统，都是一个典型的人-机-环境系统。人-机-环境系统工程的诞生，使人们在设计 and 研制任何一个人-机-环境系统时，会产生三个方面的飞跃：第一，从经验走向科学；第二，从不自觉走向自觉；第三，从定性走向定量。尽管在目前，人-机-环境系统工程理论还不是那么完整，那么成熟，但它的应用范围已涉及到人类社会的方方面面。1993年10月23日，钱学森院士在给龙升照同志的信中强调指出：“我收到您主编的《人-机-环境系统工程研究进展（第一卷）》，翻看了之后，感到非常高兴，1985年秋提出的一个想法，现在8年之后已赫然成书，500多页的巨卷！而且研究范围已大大

超出原来航天,内容涉及航空、航天、兵器、电子、能源、交通,电力、煤炭、冶金、体育、康复、管理……等领域!你们是在社会主义中国开创了这门重要现代科学技术。”钱学森院士这段饱含深情的话语,不仅为人-机-环境系统工程理论的普遍应用描绘了一幅光辉无比的宏伟蓝图,而且也为人-机-环境系统工程师奋斗目标指明了前进的方向。不论你工作在哪个行业、哪个领域,只要你认真思考你天天接触的与处理的是一个什么样的人-机-环境系统,怎样根据人-机-环境系统工程原理去处理各种问题,那么你就在人类认识世界和改造世界的历史长河中留下了你的辛勤汗水,为人类社会的进步贡献了你的一份力量,这正是人-机-环境系统工程师义不容辞的责任。

2. 协调各类专业人员朝着“安全、高效、经济”总体目标奋进的最佳人才

过去,当人类的知识还是非常有限的时候,所有人对世界的理解都是相似的,而且也是全面的(相对总体知识而言)。知识的日益专门化使得人类的总体知识越来越丰富,而个人已不再能够掌握所有的知识。

当前,不同专业学科的人员只有进行跨学科的合作,才能提出和解决更为全面的问题。由于知识的高度专门化,项目合作参与人员所持有的观点往往会受到某种局限性的影响。其结果将导致处理综合性任务时,有关任务和解决方法的各项具体任务往往不再与总目标保持一致。这将产生许多不必要的费用,采用一些不合理的解决办法,有时甚至会陷入无休止的争论之中。

形势变得越来越明朗:由于对具体细节的要求越来越高,而对总体的理解却越来越不全面。问题的根源并不是在于缺乏具体的专业知识,而是缺乏面向总体目标的集中考虑。为了解决这一问题,目前必须有人能将各种知识潜力和才干更好地融入各项任务的总体意图之中,同时也必须使面向目标的协调能力得到提高,人-机-环境系统工程师正是充当这一角色的最佳人选。

五、培养人-机-环境系统工程师的方法

为了造就更多的 MMESE 专家和 MMESE 工程师,应该认真做好两个方面的工作:

第一,对正在从事人-机-环境系统工程理论及应用研究的科技工作者,通过专业培训和学术交流的方式,并结合他们应用领域实践经验的积累,使他们朝着 MMESE 专家或 MMESE 工程师方向发展;

第二,从高等院校培养一批业务骨干,使他们一进入专业课程的学习,就对人-机-环境系统工程的基本原理有所了解。当他们走上工作岗位后,能在人-机-环境系统工程领域继续进行开拓和探索,从而为人才队伍的形成奠定基础。目前,国家教委已经设立“人机与环境工程”二级学科的学士、硕士和博士点,在一些高等院校和科研单位不但能培养人-机-环境系统工程的学士、硕士人才,而且在北京理工大学、西北工业大学、北京航空航天大学、南京航空航天大学 and 国防科技大学等,还能培养博士研究生,从而为人-机-环境系统工程高层次人才的培养创造了十分有利的条件。

参考文献

1. 钱学森同志关于人-机-环境系统工程的重要论述. 龙升照主编: 人-机-环境系统工程研究进展(第五卷). 北京: 海洋出版社, 2001
2. 侯静. 钱学森关注“人机关系”——访人-机-环境系统工程专家龙升照. 科技日报, 2001-12-14
3. 龙升照. 人-机-环境系统工程理论及应用基础. 北京: 科学出版社, 2004
4. 德[U. Rieger, 孙介铭译. 系统工程师是整体解决问题的关键人物. 工业工程与管理, (4), 1998
5. 方水绥, 徐永超编. 系统工程基础——概念、目的和方法. 上海: 上海科学技术出版社, 1980
6. 徐江善. 中国, 车祸之痛. 北京文学, 2004
7. 马百胜. 我每年调查 2000 起空中事故——访原美国国家交通安全委员会主席吉姆·豪. 北京青年报, 2001-01-10
8. 李大庆. 制约我国汽车发展的三大因素——环境、能源和交通事故与拥堵. 科技日报, 2001-10-11

【作者简介】龙升照, 男, 汉. 1942 年 11 月 5 日生. 江西吉安人. 1965 年上海科学技术大学自动化系毕业. 航天医学工程研究所工效学研究室原主任、研究员、博士生导师, 中国系统工程学会人-机-环境系统工程专业委员会主任, 北京市海淀区人-机-环境系统工程研究会理事长. 1981 年, 在著名科学家钱学森的亲自指导下, 与陈信研究员共同创立了人-机-环境系统工程理论. 1982 年, 根据人的思维特点, 用模糊逻辑方法, 创建了人的模糊控制模型. 1986 年 8 月至 1987 年 8 月, 赴美国 Tufts 大学进行研究和进修. 1993 年 1 月被国务院授予享受政府特殊津贴证书. 1993 年 10 月, 筹备组建了中国系统工程学会人-机-环境系统工程专业委员会, 并于 1993, 1995, 1997, 1999, 2001 和 2003 年分别主持召开了第一、第二、第三、第四、第五和第六届全国人-机-环境系统工程学术会议; 与此同时, 还于 1998, 2000, 2002, 2004 年分别主持召开了第一、第二、第三和第四届全国人的可靠性和人-机-环境系统可靠性专题研讨会.

作为项目负责人, 已获国家科技进步三等奖 1 项、部门科技进步一等奖 1 项、部门科技进步二等奖 2 项、部门科技进步三等奖 6 项. 代表性著作有《人-机-环境系统工程学》、《人-机-环境系统工程理论及应用基础》, 并主编出版了《人-机-环境系统工程研究进展》第一、二、三、四、五、六卷. 国内外公开发表论文 60 余篇.

第二部分 人的特性的研究

载人航天环境应激与人的可靠性

黄端生

(北京航天医学工程研究所)

一、引言

2003年10月,中国航天员杨利伟乘坐“神舟”5号飞船遨游太空并顺利返回地面,使我国成为继前苏联和美国之后依靠本国航天技术将人送上太空的第三个国家,为我国载人航天的可持续发展实现了第一步的突破。目前,由美国、俄罗斯等16个国家联合研制的国际空间站已初步建成并投入运行。不久前,美国总统又宣布了一项包括重新登月在内的更庞大的载人航天计划。因此,可以预料在今后数十年内,世界载人航天将出现一个新的发展时期。

众所周知,载人航天是一个以人为核心的复杂人-机-环境系统工程,是一项具有高技术难度和高风险性特征的科学探索活动,对参与飞行任务的航天员有极高的可靠性要求。随着载人航天频度的增加,飞行时间的延长,活动范围的扩大,如何保证航天员安全和可靠地完成飞行任务,是航天医学工程和人-机-环境系统工程学科所共同面临并必须解决的大课题。本文就载人航天中的环境应激源及其对人可靠性的影响、作用机理和防护措施等问题,做扼要的分析和讨论,供人-机-环境系统工程和人可靠性研究有关专业工作者参考。

二、载人航天环境的应激源

航天员在飞行过程中经历的复杂和严峻的生存与工作环境可使人体产生应激反应^[1]。所谓应激即是环境条件的改变引起人体生理和心理紧张状态及其所导致的一系列变化。应激源则是指可以引起人体应激的各种环境因素。对于载人航天环境,应激源既有物理与化学因素,也有生物与精神因素,通常按其属性分为生理性应激源和心理性应激源两大类。

1. 载人航天环境生理性应激源

载人航天环境生理性应激源主要是指载人航天过程中航天员所面临的各种物理化学环境因素,包括大气环境、力学环境、辐射环境等^[2]。

在发射上升段,强大的火箭发动机噪声和气动噪声伴随着强烈的超重和振动过载;在轨道飞行段,始终存在微重力和空间辐射,舱载设备的连续运转也会产生持续的噪声;在返回再入段,再次出现强烈的噪声和超重、振动过载,同时在着陆过程中还将遭遇旋转和冲击。

在载人航天器中,航天员生活于密闭舱内的人工大气环境之中。当航天器出现故障时,航天员则可能遭遇低压、低氧、高温、低温、有害气体等异常环境。空间作业时,航天员还必须穿着舱外航天服,飘浮于真空、冷黑和强辐射的空间环境之中。载人航天器的应急返回着陆或溅落海洋,还可能遭遇非常极端的气候和地理环境。

2. 载人航天环境心理性应激源

载人航天中的心理应激源不仅是由于复杂严峻的物理环境,更主要是来自生活和工作等社会环境,其中最突出的是高风险性,孤立的狭小环境和单调、紧张的工作^[3]。

载人航天之所以风险高,是因为它的系统非常复杂,环境条件十分恶劣,因而可靠性有限,而一旦出现故障,便会引发严重的安全问题。航天过程中远离社会、家庭的孤立狭小的环境对航天员的心理影响是一种缓慢的应激过程。与地面的日常生活和工作相比,航天中的生活无疑是单调乏味的,工作又是刻板紧张的。所有这些因素构成了载人航天的主要心理性应激源。

三、航天环境应激对人的可靠性的影响

载人航天环境的应激源引起人体各种不同类型和不同程度的生理应激和心理应激,其后果必然造成对人可靠性的影响。航天环境应激对人可靠性的影响是多方面的。从系统的角度,航天环境应激对人操作者信息的接收、信息的处理和输出操作三个重要过程的可靠性均有一定的影响。

1. 航天环境应激对信息接受可靠性的影响

载人航天环境应激可引起人对信息感受灵敏度和正确性的降低,从而影响人对信息接受的可靠性。

载人航天过程中的诸多力学因素都能在不同程度上影响人体的视觉、听觉、触觉和其他感觉。例如,在航天活动的最初几天里,由于对失重的不适应,人体往往不能正确判断空间方向和自身的体位,出现类似于地面晕船、晕车症状的“空间运动病”^[4]。强烈的振动使观察目标与人眼之间产生了不规则的相对运动,使目标模糊不清,降低了视敏度。强大的噪声则引起听阈偏移和信号掩蔽,降低了人耳对听觉信号的辨别力^[2]。

载人航天中可能出现的低压、缺氧、高温、低温、有害气体等其他理化环境因素可引起循环系统、神经系统和内分泌系统的改变,而使外周感觉器官出现供血不足、代谢障碍和感觉功能减退^[2]。

2. 航天环境应激对信息处理可靠性的影响

载人航天环境应激可以引起人认知和情感等心理过程的变化,导致知觉、记忆、思维等能力的下降,造成情绪的降低或波动,从而影响人对信息处理的可靠性。