

《国防科研试验工程技术系列教材》

航天医学工程系统

航天环境医学基础

中国人民解放军总装备部军事训练教材编辑工作委员会

国防工业出版社

《中国空间医学杂志》(增刊) 2006年第1期

航天医学与生物工程

航天环境医学基础

中国航天员中心航天员医学保障部航天员医学保障处编

国防工业出版社

《国防科研试验工程技术系列教材》

航天医学工程系

航天环境医学基础

中国人民解放军总装备部
军事训练教材编辑工作委员会

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

航天环境医学基础/中国人民解放军总装备部军事训练教材编辑工作委员会编. —北京:国防工业出版社, 2001.1

国防科研试验工程技术系列教材·航天医学工程系统
ISBN 7-118-02454-6

I. 航… II. 中… III. 航空航天医学:环境医学—教材
IV. R85-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 81217 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 15% 401 千字

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—1000 册 定价:38.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

《国防科研试验工程技术系列教材· 航天医学工程系统》

编号	教材名称
8-1	航天医学工程概论
8-2	航天环境医学基础
8-3	航天重力生理学与医学
8-4	航天员选拔与训练
8-5	航天心理学
8-6	航天工效学
8-7	航天服工程
8-8	航天营养与食品工程
8-9	航天环境控制与生命保障工程基础 上册
8-10	航天环境控制与生命保障工程基础 下册
8-11	航天生物医学电子工程
8-12	航天员医学监督与医学保障
8-13	载人航天环境模拟技术
8-14	航天飞行训练模拟技术

ISBN 7-118-02454-6/R·13

定价:38.00 元

《国防科研试验工程技术系列教材》

总编审委员会

名誉主任委员 程开甲 李元正

主任委员 胡世祥

副主任委员 段双泉 尚学琨 褚恭信 马国惠

委 员 (以下按姓氏笔划排列)

王国玉 刘 强 刘晶儒 张忠华

李济生 邵发声 周铁民 姚炳洪

姜世忠 徐克俊 钱卫平 常显奇

萧泰顺 穆 山

办公室主任 任万德

办公室成员 王文宝 冯许平 左振平 朱承进

余德泉 李 钢 李长海 杨德洲

邱学臣 郑时运 聂 皞 陶有勤

钱玉民

《国防科研试验工程技术系列教材· 航天医学工程系统》编审委员会

主任委员 沈力平

副主任委员 陈善广 宿双宁 刘新民

委 员 柳玉昌 祁章年 王普秀 马治家

沈美云 陈士贵 陈景山 黄晓慧

黄伟芬 薛 亮 许 铮

主 编 沈力平

副 主 编 陈善广 魏金河 黄端生 姜世忠

秘 书 高青蓝

航天环境医学基础

主 编 祁章年

副 主 编 杨天德

编著人员 第 1 章 祁章年

第 2 章 杨天德

第 3 章 顾鼎良

第 4 章 余秉良

第 5 章 李盈忠 王玉兰

第 6 章 周笃强

第 7 章 祁章年

第 8 章 蒲京遂

第 9 章 杨天德

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,知识经济迅速兴起,国力竞争越来越取决于各类高技术、高层次人才的质量与数量,因此,作为人才培养的基础工作——教材建设,就显得格外重要和紧迫。为总结、巩固国防科研试验的经验和成果,促进国防科研试验事业的发展,加快人才培养,我们组织了近千名专家、学者编著了这套系列教材。

建国以来,我国国防科研试验战线上的广大科技人员,发扬“自力更生、艰苦奋斗、科学求实、大力协同、无私奉献”的精神,经过几十年的努力,建立起了具有相当规模和水平的科研试验体系,创立了一系列科研试验理论,造就了一支既有较高科学理论知识、又有实践经验,勇于攻关、能打硬仗的优秀科技队伍,取得了举世瞩目的成就。这些成就对增强国防实力,带动国家经济发展,促进科技进步,提高国家和民族威望,都发挥了重要作用。

编著这套系列教材是国防科研试验事业继往开来的大事,它是国防科研试验工程技术建设的一个重要方面,是国防科技成果的一个重要组成部分,也是体现国防科研试验技术水平的一个重要标志。它承担着记载与弘扬科技成就、积累和传播科技知识的使命,是众多科技工作者用心血和汗水凝成的科技成果。编著该套系列教材,旨在从总体的系统性、完整性、实用性角度出发,把丰富的实践经验进一步理论化、科学化,形成具有我国特色的国防科研试验理论与实践相结合的知识体系。一是总结整理国防科研试验事业创业 40 年来的重要成果及宝贵经验;二是优化专业技术教材体系,为国防科研试验专业技术人员提供一套系统、全面的教科书,满足人才培养对教材的急需;三是为国防科研试验提供有力的

技术保障;四是将许多老专家、老教授、老学者广博的学识见解和丰富的实践经验总结继承下来。

这套系列教材按国防科研试验主要工程技术范畴分为:导弹航天测试发射系统、导弹航天测量控制系统、试验通信系统、试验气象系统、常规兵器试验系统、核试验系统、空气动力系统、航天医学工程系统、国防科技情报系统、电子对抗试验系统等。各系统分别重点论述各自的系统总体、设备总体知识,各专业及相关学科的基础理论与专业知识,主要设备的基本组成、原理与应用,主要试验方法与工作程序,本学科专业的主要科技成果,国内外的最新研究动态及未来发展方向等。

这套系列教材的使用对象主要是:具有大专以上学历的科技与管理干部,从事试验技术总体、技术管理工作的人员及院校有关专业的师生。

期望这套系列教材能够有益于高技术领域里人才的培养,有益于国防科研试验事业的发展,有益于科学技术的进步。

《国防科研试验工程技术系列教材》

总编审委员会

1999年10月

序

航天医学工程是以载人航天任务为背景,为适应我国载人航天领域研究和研制的实际需要而形成、发展起来的一门医工结合的综合性的技术学科。它以系统论为指导,利用现代科学技术理论与方法,研究载人航天活动对人体的影响规律及其防护方法,研究与研制可靠的工程防护措施,设计和创造合理的人工环境,寻求载人航天系统中人(航天员)、机(载人航天器/运载器)与环境(航天环境/飞行器内环境)之间的优化组合,确保航天活动中航天员的安全、健康和高效工作。

在我国载人航天事业发展的 30 多年历程中,我国从事航天医学工程的专家和广大科技工作者,紧紧围绕航天员和航天器环境控制与生命保障工程这两项最具载人航天特征的研究任务,经过几代人的不懈努力,在关键技术预先研究、系统方案概念论证与可行性论证、工程型号研究和国外先进技术跟踪研究的实践中,逐步建立了以航天医学、航天环境控制与生命保障工程为主线的多学科综合性航天医学工程学科体系。

本套教材对航天医学工程研究的前期工作进行了系统的总结,其目的:一是为本专业人才培养提供一套基础教材,并为本学科的发展起承前启后的作用;二是促进相关专业的技术及管理人員之间的交流,以推动我国国防科技与载人航天事业的发展。本套教材既可作为大专以上从事航天医学工程研究、研制和管理人員的基础教材,也可作为相关领域的技术人員、管理人員以及院校師生的参考用書。

本套教材共分 14 卷。包括:《航天医学工程概论》、《航天环境医学基础》、《航天重力生理学与医学》、《航天员选拔与训练》、《航

天心理学》、《航天工效学》、《航天服工程》、《航天营养与食品工程》、《航天环境控制与生命保障工程基础》(上、下册)、《航天生物医学电子工程》、《航天员医学监督与医学保障》、《载人航天环境模拟技术》和《航天飞行训练模拟技术》。

在本套教材的编写过程中,得到了总装首长、领导机关和兄弟单位的热情支持与帮助,本学科的一些老专家也提出了许多宝贵的意见与建议,在此一并表示衷心的感谢。由于本套教材涉及面广,学科也还在发展之中,加上编者的水平有限,书中难免有疏漏和不当之处,诚请读者予以指正。

《国防科研试验工程技术系列教材·
航天医学工程系统》编审委员会
2000年10月

前 言

航天环境医学是航天医学的重要组成部分,是为适应载人航天事业的需要而建立和发展起来的,并已为人类探索和利用宇宙空间作出重要贡献。航天环境医学主要研究人类在空间生活和工作所需创建的人工环境和质量评价;各种有害环境因素作用于机体所产生的效应和机制;航天有害环境因素的防护和监测方法;为载人航天器工程设计提供医学数据和要求并进行医学、卫生学评价。航天环境医学具有应用和应用基础研究、医学与工程相结合以及多学科专业相结合的特点。为了适应我国载人航天事业的发展,促进航天环境医学的进步,我们编写了这部教材,向读者全面、系统地介绍航天环境医学基础知识,供航天环境医学工作者、载人航天器工程设计人员以及其他有关人员参考。

全书共分九章。第1章是绪论,简要论述航天环境医学在载人航天中的作用、任务和特点以及有害环境因素的效应与防护,使读者有一个整体概念。第2章至第8章是全书重点,分别介绍航天器乘员舱大气压力环境、大气温度环境、有害气体环境、振动环境、噪声环境、电离辐射环境、非电离辐射环境的医学和卫生学问题。第9章简要介绍航天各环境因素的复合作用。航天中的微重力和加速度环境另行成书《航天重力生理学与医学》,有关内容本书不再论述。

本书由多位作者共同撰写,力求深入浅出,理论与实践相结合,科学性、系统性和可读性并重。由于本书专业覆盖广,观念更新快,书中难免有疏漏和错误之处,敬请读者批评指正。

本书蒙张汝果教授担当主审,在此表示衷心感谢。

编 者

1999年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 载人航天与航天环境医学	1
1.2 航天有害环境因素的人体效应	5
1.3 航天有害环境因素的防护与监测.....	10
1.4 我国航天环境医学的发展概况和展望.....	13
参考文献	16
第 2 章 乘员舱大气环境医学基础	17
2.1 概述.....	17
2.2 乘员舱人工大气环境及其压力制度.....	23
2.3 低压对人体的影响及其医学防护.....	27
2.4 乘员舱压力波动与人体耳气压功能.....	34
2.5 低氧高氧对人体的影响及其防护.....	38
2.6 乘员舱压力应急对人体的危害及其防护.....	47
2.7 舱内航天服的医学生理学问题.....	50
2.8 舱外活动医学问题及舱外活动装备.....	58
参考文献	69
第 3 章 乘员舱温度环境医学基础	71
3.1 概述.....	71
3.2 体温调节及其机制.....	86
3.3 高温环境对人体的影响	101
3.4 低温环境对人体的影响	118
3.5 乘员舱的温度环境	134
参考文献.....	151
第 4 章 航天毒理学基础	152

4.1	概述	152
4.2	毒理学的基本概念	153
4.3	乘员舱化学污染的来源与特征	160
4.4	乘员舱化学污染物的危害	180
4.5	乘员舱空气主要污染物的毒性效应	183
4.6	乘员舱化学污染的防护	192
4.7	乘员舱化学污染的监测	200
	参考文献	203
第5章	航天振动和冲击环境医学及防护	205
5.1	概述	205
5.2	航天中的振动问题	206
5.3	人体振动效应	217
5.4	航天人体振动医学要求的考虑	232
5.5	航天人体振动的防护	241
5.6	航天中的冲击问题	243
5.7	冲击生物效应及耐受性	249
5.8	人体冲击防护措施	273
	参考文献	277
第6章	航天声环境医学及防护	279
6.1	概述	279
6.2	噪声的物理特性	280
6.3	噪声的心理描述	288
6.4	航天声环境	298
6.5	噪声的生理、心理效应	306
6.6	噪声对语言通信的影响	318
6.7	声环境设计标准	331
6.8	噪声控制和防护	338
	参考文献	345
第7章	航天电离辐射环境医学及防护	347
7.1	概述	347

7.2 空间电离辐射环境	350
7.3 空间辐射剂量学基础	365
7.4 空间电离辐射的医学生物学效应	381
7.5 空间电离辐射的防护	397
7.6 载人航天的辐射剂量测量	411
参考文献	429
第8章 航天非电离辐射环境医学及防护	430
8.1 概述	430
8.2 非电离辐射的医学、生物学效应	432
8.3 航天非电离辐射的防护	450
参考文献	457
第9章 航天环境因素的复合作用	459
9.1 概述	459
9.2 失重与其他航天环境因素的复合作用	465
9.3 电离辐射与其他航天环境因素的复合作用	468
9.4 低氧与其他航天环境因素的复合作用	469
9.5 其他航天环境因素间的复合作用	471
9.6 航天主要环境因素复合作用总结	472
参考文献	475