

# 航空供氧防护装备生理学

Physiology of Aviation Oxygen Protective Equipment

肖华军 编著



军事医学科学出版社

# 航空供氧防护装备生理学

Physiology of Aviation Oxygen Protective Equipment

肖华军 编著

军事医学科学出版社

Military Medicine Science Press

## 内 容 提 要

简要介绍了航空供氧防护装备生理学的发展史,分析了高空环境和供氧装备对人体影响的因素,探讨了人体对航空低压环境因素生理效应的规律,重点阐述了近 20 年航空供氧装备的研究与发展、航空氧气装备原理,以及高空低压缺氧防护生理学要求和实验评价设备与方法。

本书可供从事航空航天环境防护医学和人机环境系统工程的研究人员、教学人员、专业设计人员、大学生、研究生、航空机务保障和设备管理人员参考。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

航空供氧防护装备生理学/肖华军编著.

—北京:军事医学科学出版社,2003

ISBN 7-80121-548-6

I. 航… II. 肖… III. ①缺氧—航空航天生理影响 ②航空器—供氧系统—研究

IV. ①R852.11 ②V245.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 090570 号

---

出 版:军事医学科学出版社

地 址:北京市海淀区太平路 27 号

邮 编:100850

联系电话:发行部:(010)66931034

66931048

编辑部:(010)66931050

传 真:(010)68186077

网 址:<http://mmssp.nease.net>

印 刷:潮河印装厂

装 订:潮河印装厂

发 行:新华书店总店北京发行所

---

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:30.5

字 数:746 千字

版 次:2005 年 1 月第 1 版

印 次:2005 年 1 月第 1 次

定 价:75.00 元

---

购买本社图书凡缺、损、倒、脱页者,本社发行部负责调换

## 作者简介



肖华军,男,1954年5月生于山东荣成市。先后毕业于第四军医大学航空航天医学系和北京航空航天大学人机环境工程系博士研究生,博士学位。现任空军航空医学研究所第四研究室主任、研究员。

主要兼职:北京航空航天大学兼职教授、博士研究生导师,第四军医大学兼职教授、博士研究生导师;中国航空学会人机·航医·救生分会委员会副主任委员;中国航空学会环控专业委员会常务委员;军事航空医学专业委员会委员;空军医学科学技术委员会委员;空军高级专业技术职务评委;空军科技进步奖评委会、继续教育指导委员会、装备论证委员会委员;全军航空军医主任培训中心航空生理教研室主任;全军重点医学实验室副主任;航空环境生理研究室主任。

先后负责重点科研课题和重要项目20余项。共获科学技术进步奖20多项,其中,国家科技进步二、三等奖2项(第1、4名)、军队科技进步一等奖1项(第1名)、二等奖3项(第2、3、4名)、三等奖10余项、航空航天部科技进步一等奖1项(第4名),空军重大科技贡献奖1项。先后被评为“空军科技拔尖人才”、“空军级专家”、“全军优秀博士”。先后荣立二等功2次、三等功1次,享受全军一类优秀人才岗位津贴。

在国内外刊物和会议上发表论文120多篇,“航空分子筛供氧防护生理理论的研究与应用”被评为优秀博士学位论文。任主编、副主编出版《航空生理与防护装备》、《飞行人员健康教育》等著作3部,编写丛书、辞典等多部。

# 序

航空供氧装备是保证飞行员在正常飞行中免遭高空低压与缺氧的危害,并能在应急飞行中确保飞行员生命安全的防护手段。世界各航空大国先后研制成功多种类型行之有效的防护装备。我国在该领域也取得了长足进展。该书在简述了国内外相关成就的基础上,阐述了我国空军航空医学研究所近 20 年来在航空供氧防护装备生理学研究方面取得的成就与进展。

内容广泛深入,整体性好。在简述了国内外相关的基础性、理论包括学术以及飞行资料的基础上,除了对高空供氧(包括普通供氧与加压供氧)和增压座舱防低压和缺氧生理学进行了阐述之外,重点阐述了体现我国特色的低总压供氧制度、侧管式代偿服研制和机载分子筛制氧技术与装备国产化有关的生理学关键技术研究成就,并运用这些成就制定的装备配套方案和新型氧调器研制的生理学设计要求,以及对这些装备的系统性能进行联合(人体与装备,即医学与工程)评定建立的方法与建造的大型地面模拟设备等一系列的创新性成就。

全书共分上、中、下三个篇章。在上篇阐述了做为基本防护对象的高空低压和缺氧(包括防护装备)对人体的影响或危害的特征与规律,即高空低压与缺氧生理学理论研究成就。在中篇进而扩展了防护生理学基础和成就的应用,即制定了各种类型装备所需的防护方案与生理学设计要求,并简述了这些防护装备的基本组成、作用原理、主要结构与功能。在下篇阐述了用模拟飞行环境设备进行的生理学联合考验与评定方法。包括为此而建立的评定、训练方法与相关设备,为了体现医学与工程相结合的系统性,在附录里还列举了国内有关航空供氧装备与个体防护装备。

系统性强。航空供氧装备属于国内外广泛运用的人机系统工程。按程序,内涵如下几个阶段的工作,即:在阐述高空低压缺氧对人体影响或危害的基础上,制定防护方案和生理学设计要求;以此为依据,工程部门进行研制;达到定型状态时,进行生理学联合考验与评定;合格后,转入飞行考验;然后转入实用,装备部队。从该书的整体上看,除了工程研制未提及(限于医学与工程的分工)外,在飞行考验前的各阶段工作,都按系统程序进行了阐述。系统性是人机系统工程的基本属性之一,研究与研制高空供氧装备必须有所体现。但在国内外可见到的著作,多限于理论包括学术阐述,或对医学与工程成就与资料分别阐述。即使有少

数的著作提及,也不如本书体现出完整的系统性。

医学与工程结合好。航空供氧装备是供飞行员使用的,只有充分运用长期医学与工程双方协作取得的成就,并互相渗透,紧密合作,才能走捷径、进展快,研制成功既先进,又能保证飞行员生命安全与符合使用要求的装备。医学与工程相结合是我国在研究与研制飞行员和航天员的环境控制(飞机和飞船座舱人造环境)和生命保证系统(防低压、供氧等)中创建的先进有效的合作方式。该书作者虽然是医学专家,但在阐述的整个内容方面,均继承并发展了医学与工程结合这个先进的合作方式。连同上述系统性强一起,使该书成为独具风格的代表性著作。

可读性好。深入浅出,通俗易懂。基于具有国内外著作所不及的上述优势,不仅是从事航空供氧医学与工程专业人员必读的知识来源,也适用于航天与航海等领域从事大气压力环境防护专业者们参考运用。

人机·航医·救生分会名誉主任

航天医学工程研究所研究员

北京航空航天大学兼职教授

国际宇航科学院院士

贾司光

2003年11月3日

# 前 言

航空供氧装备的防护作用对飞行安全及医学保障至关重要,是飞行员飞行活动中“首当其冲,全程使用”、性命悠关的生命保障系统。

航空供氧防护装备研究由来已久。自人类早期升空探索以来,创造和发展了高空用氧、增压座舱、加压供氧和机上分子筛制氧四大技术。这些技术为人类的飞行、飞机性能的提高,尤其是高空防护性能的提高起到了不可估量的作用。可以说这四大技术的进步是航空供氧防护发展史上的四个里程碑。

航空供氧装备技术是飞机性能发展的具体体现。20 世纪末随着航空科学技术的发展,第 3 代战斗机的问世,航空供氧与个体防护装备发展了四大高新技术,即:高空低总压供氧、简化防护装备、正压呼吸抗 G 和机载分子筛制氧。这四大新技术成为 20 世纪末和 21 世纪第 3、4 代战斗机先进氧气防护装备的重要标志。

本人有幸在步入航空医学研究专业的 20 年期间,我国正处于改革开放、科技迅猛发展的年代,经历了我国航空工程技术和航空供氧装备快速发展的历史阶段。这 20 年当中在前辈的关心和激励下一直从事航空供氧生理学研究,本人与同事们从事了 20 多项课题和型号科研任务的研究,先后负责了 YX-4、YX-5、YX-6、YX-7、YX-8、YX-9、YX-10、YX-11、YX-12 共 9 套氧气系统装备的定型生理鉴定实验,以及特大号 TK-4 密闭头盔、TK-2A、TK-10、TK-11、TK-12 飞行头盔、DC-4、DC-6、DC-7 高空代偿服、DB-1、DB-2、DB-3 代偿背心、KH-5 代偿抗荷两用裤、YM-6、YM-7、YM-8、YM-10、YM-6512、YM-9915、YM-Z1 飞行员供氧面罩研制的生理实验,为我国第 2、3 代战斗机供氧装备的研制和装机应用提供了重要的实验依据,为国家重点型号飞机供氧装备的研制贡献了力量。从中掌握了高空环境防护的原理和知识,获得和积累了较为丰富的第一手资料和工作经验。

在高空供氧低总压、简化装备和机载分子筛防护生理学方面进行了较为系统和深入地研究与探讨。研究提出的机载分子筛高空应急供氧理论观点,摆脱了经典理论的束缚;研制新型氧源与防护装备配套方案,确立了我国独特的防护装备体系,为我国航空供氧事业出了微薄之力。为了航空医学专业的发展,本人愿意将自己多年的经验与资料的积累,编写成册,以此作为后人学习与工作的一个小

小阶梯。如果此书能为航空供氧工程与医学专业的研究与应用提供一定的参考作用,本人将甚感欣慰和自豪。

在自己工作和学习的 20 多年当中,得到研究所历任领导的关心和培养,使我更加热爱航空医学事业;众多专家教授给予我专业的启蒙,航空供氧专业的发展给了我实践和提高的机会,使我得以成长和进步。感谢袁修干、贾司光、贺登焰、张玉明、俞梦孙、张立藩、马瑞山、张汉滨、赵迎春、钱国诚、王庆田、于立身、黄绍华等德高望重的老专家多年多方面的赐教。在这里我由衷地感谢他们,以此作为答谢各位老专家的回报;以此作为献给空军航空医学研究所 50 年华诞的礼物;以此感谢空军领导的培育。

在自己着手撰写本书的过程中汲取了前辈和同事们的知识营养,参阅了他们的论文和著作,得到了他们的指点和启示,没有他们的鼓励和支持,本书难以成稿。在此还应感谢空军提供的科技拔尖人才基金和军事医学科学出版社的支持与运筹。

必须承认,本人才学不高,水平有限,治学还不够严谨,书中难免有错误和不足之处,十分诚挚、热切地期待来自各方的指教和更正意见。

21 世纪空天军的出现,超高空飞机和跨大气层飞行器的飞行,军民用运输机的高空防护还有许多问题有待解决。21 世纪乘“空天飞机”到太空畅游的低压缺氧防护仍然是难度较大的未来技术。因此说,高空低压缺氧生理防护是一个经久不衰的研究领域。

对未来,我深信:机遇只垂青那些懂得怎样追求她的人,那些有素养的人,那些善于独立思考的人,那些具有锲而不舍精神的人,而不会给予懒汉。我要做有锲而不舍追求的那种人。

作 者

2004 年 5 月 9 日

# 目 录

## 上篇 航空供氧防护生理学

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 第一章 总 论               | (3)  |
| 第一节 航空供氧防护装备生理学       | (3)  |
| 第二节 人类航空供氧防护装备生理学的发展史 | (4)  |
| 一、航空供氧防护装备生理学的发展      | (4)  |
| 二、中国航空供氧防护装备生理学的发展    | (10) |
| 第三节 航空供氧防护装备生理研究的发展趋势 | (14) |
| 一、高空供氧防护的地位           | (14) |
| 二、高空防护装备发展趋势          | (15) |
| 三、供氧与个体防护装备的展望        | (18) |
| 第二章 大气及其气体特性          | (23) |
| 第一节 大气层的概况            | (23) |
| 一、对流层                 | (24) |
| 二、平流层                 | (24) |
| 三、电离层                 | (26) |
| 第二节 大气的组成             | (27) |
| 第三节 大气压力及其作用          | (28) |
| 一、大气压力                | (28) |
| 二、气压的单位               | (28) |
| 三、气压与高度               | (29) |
| 第四节 气压高度与大气的功能        | (31) |
| 第五节 气体的特性             | (33) |
| 一、气体的实验定律             | (33) |
| 二、气体的密度               | (35) |
| 三、气体在液体中的溶解           | (36) |
| 四、气体的弥散               | (39) |
| 五、惰性气体                | (39) |
| 第六节 氧气的性质             | (40) |
| 一、氧气的产生               | (41) |
| 二、氧气的特性               | (41) |
| 三、纳米氧                 | (42) |
| 第三章 高空生理学基础           | (43) |

|                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| 第一节 氧的生物代谢机理 .....                  | (43)        |
| 一、氧在细胞代谢中的作用 .....                  | (43)        |
| 二、氧在体内的运输 .....                     | (45)        |
| 三、氧在血液中的运输 .....                    | (46)        |
| 第二节 高空呼吸生理 .....                    | (49)        |
| 一、肺通气 .....                         | (49)        |
| 二、肺换气 .....                         | (56)        |
| 第三节 高空脑功能 .....                     | (60)        |
| 一、大脑组织氧代谢特点 .....                   | (60)        |
| 二、高空环境中脑功能改变 .....                  | (61)        |
| 第四节 高空循环生理 .....                    | (61)        |
| 一、心脏功能 .....                        | (62)        |
| 二、血管功能 .....                        | (64)        |
| <b>第四章 高空缺氧对人体的生理影响及其防护原则 .....</b> | <b>(66)</b> |
| 第一节 爆发性高空缺氧 .....                   | (66)        |
| 一、爆发性高空缺氧的发生原因 .....                | (66)        |
| 二、爆发性高空缺氧对人体的生理影响 .....             | (66)        |
| 三、爆发性高空缺氧的防护原则 .....                | (69)        |
| 第二节 急性高空缺氧 .....                    | (70)        |
| 一、缺氧高度划分 .....                      | (70)        |
| 二、急性高空缺氧的发生原因 .....                 | (71)        |
| 三、人体对急性高空缺氧的生理反应 .....              | (72)        |
| 四、主要功能障碍表现 .....                    | (73)        |
| 五、急性高空缺氧的防护原则 .....                 | (84)        |
| 第三节 飞行中的过度换气及其预防 .....              | (86)        |
| 一、过度换气的原因 .....                     | (86)        |
| 二、影响机理 .....                        | (87)        |
| 三、症状和体征 .....                       | (87)        |
| 四、预防措施 .....                        | (88)        |
| <b>第五章 高空低气压对人体的生理影响 .....</b>      | <b>(89)</b> |
| 第一节 高空减压病与防护 .....                  | (89)        |
| 一、发病原因 .....                        | (89)        |
| 二、发病机理 .....                        | (92)        |
| 三、临床表现 .....                        | (96)        |
| 四、防治原则 .....                        | (97)        |
| 第二节 体液沸腾 .....                      | (105)       |
| 一、体液沸腾的发生原因 .....                   | (105)       |
| 二、体液沸腾的生理影响 .....                   | (105)       |
| 三、体液沸腾的防护原则 .....                   | (105)       |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 第三节 高空胃肠胀气 .....          | (106) |
| 第六章 高空气压剧变对人体的影响 .....    | (107) |
| 第一节 飞机座舱迅速减压 .....        | (107) |
| 一、定 义 .....               | (107) |
| 二、座舱减压的原因 .....           | (108) |
| 三、座舱减压的发生率 .....          | (108) |
| 四、迅速减压对人体的影响 .....        | (109) |
| 第二节 迅速减压与气压损伤 .....       | (109) |
| 一、肺内压瞬间升高的机理 .....        | (109) |
| 二、影响肺内压升高的因素 .....        | (111) |
| 三、肺脏气压性损伤的病理 .....        | (117) |
| 四、人体对迅速减压的耐受限度 .....      | (118) |
| 五、迅速减压的防护原则 .....         | (120) |
| 第三节 快速增压与气压损伤 .....       | (120) |
| 一、中耳的气压性损伤 .....          | (120) |
| 二、鼻窦的气压性损伤 .....          | (124) |
| 三、航空性牙痛 .....             | (124) |
| 第七章 航空环境热负荷 .....         | (126) |
| 第一节 航空环境热负荷 .....         | (126) |
| 一、飞机自身 .....              | (126) |
| 二、飞行员个体防护装备 .....         | (127) |
| 三、飞行员代谢产热 .....           | (129) |
| 四、气候因素 .....              | (129) |
| 第二节 人体与环境间的热交换方式 .....    | (131) |
| 一、传导与对流 .....             | (131) |
| 二、热辐射 .....               | (131) |
| 三、蒸 发 .....               | (131) |
| 第三节 高温对人体的生理影响 .....      | (132) |
| 一、体温变化 .....              | (132) |
| 二、体温调节 .....              | (133) |
| 三、热应激 .....               | (134) |
| 四、热习服 .....               | (135) |
| 五、高温对飞行员抗荷耐力的影响 .....     | (136) |
| 第四节 航空热负荷的防护原则 .....      | (136) |
| 一、座舱环境控制系统 .....          | (136) |
| 二、个体防护装备热学性能和通风调节要求 ..... | (137) |
| 三、合理的作息制度 .....           | (137) |
| 第八章 航空供氧装备防护原理 .....      | (139) |
| 第一节 氧气系统的组成 .....         | (139) |

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 一、氧 源 .....                | (139) |
| 二、调节装备 .....               | (139) |
| 三、个体防护装备 .....             | (139) |
| 第二节 飞机氧源装备原理 .....         | (140) |
| 一、机载分子筛制氧 .....            | (140) |
| 二、高压气氧 .....               | (146) |
| 三、液氧 .....                 | (147) |
| 四、化学(氯酸盐)制氧 .....          | (148) |
| 五、电化学机载制氧 .....            | (151) |
| 第三节 高空供氧调节装备 .....         | (155) |
| 一、航空供氧装备的种类 .....          | (155) |
| 二、高空供氧装备的防护功能 .....        | (158) |
| 三、高空供氧装备参数的调节 .....        | (159) |
| 四、航空供氧装备的调节原理 .....        | (170) |
| 第四节 弹射跳伞供氧装备 .....         | (179) |
| 一、跳伞供氧器的防护要求 .....         | (179) |
| 二、跳伞供氧工作原理 .....           | (180) |
| 第五节 呼吸防护装备原理 .....         | (181) |
| 一、呼吸防护装备分类 .....           | (182) |
| 二、供氧呼吸原理 .....             | (185) |
| 第六节 高空代偿服装防护原理 .....       | (186) |
| 一、防护原理 .....               | (187) |
| 二、代偿方式 .....               | (187) |
| 第七节 飞机增压座舱 .....           | (189) |
| 一、增压座舱组成 .....             | (189) |
| 二、增压座舱类型 .....             | (190) |
| 三、增压座舱压力制度 .....           | (191) |
| 第九章 航空供氧装备对人体生理的影响 .....   | (199) |
| 第一节 供氧装备对人体生理的影响 .....     | (199) |
| 一、供氧装备阻力对生理的影响 .....       | (199) |
| 二、供氧装备流量对人体的影响 .....       | (200) |
| 三、气体温度对生理的影响 .....         | (200) |
| 第二节 装备空间、重量、体积的影响 .....    | (201) |
| 一、装备重量、重心对生理的影响 .....      | (201) |
| 二、防护装备材料性能对生理的影响 .....     | (203) |
| 三、装备空间容腔对生理的影响 .....       | (204) |
| 四、个体装备对视野的影响 .....         | (205) |
| 第三节 高空加压供氧方式对人体的生理影响 ..... | (207) |
| 一、加压供氧对呼吸系统的影响 .....       | (207) |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 二、加压供氧对循环系统的影响 .....            | (208) |
| 三、加压供氧对头颈部的影响 .....             | (210) |
| 四、影响加压供氧耐力的因素 .....             | (211) |
| 第四节 高空低总压供氧制度对人体的影响 .....       | (211) |
| 一、高空加压供氧总压值 .....               | (211) |
| 二、高空加压供氧持续(停留)时间 .....          | (213) |
| 三、高空应急加压供氧速度 .....              | (214) |
| 第五节 简化代偿装备(代偿背心-抗G服)的防护效果 ..... | (216) |
| 一、代偿部位与面积 .....                 | (217) |
| 二、体表代偿压力 .....                  | (220) |
| 第六节 机载分子筛氧源对人体生理的影响 .....       | (222) |
| 一、机载分子筛制氧的供与求 .....             | (222) |
| 二、机载分子筛制氧的质与量 .....             | (223) |
| 三、机载分子筛制氧的氩与氮 .....             | (224) |
| 四、机载分子筛制氧的纯与净 .....             | (225) |

## 中篇 航空供氧防护装备生理学要求

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 第十章 供氧装备生理防护要求 .....   | (230) |
| 第一节 正常飞行供氧调节参数要求 ..... | (230) |
| 一、生理阈限高度要求 .....       | (230) |
| 二、供氧浓度调节要求 .....       | (234) |
| 三、呼吸流量要求 .....         | (237) |
| 四、吸气阻力要求 .....         | (244) |
| 五、小余压接通高度 .....        | (245) |
| 六、防窒息要求 .....          | (247) |
| 第二节 高空应急加压供氧生理要求 ..... | (248) |
| 一、高空加压供氧总压制度 .....     | (248) |
| 二、高空加压供氧断通高度 .....     | (249) |
| 三、高空加压供氧接通时间 .....     | (249) |
| 四、高空加压供氧顺序 .....       | (249) |
| 五、高空加压供氧压力比值 .....     | (249) |
| 六、高空应急加压供氧参数 .....     | (250) |
| 七、氧气装备的工效要求 .....      | (251) |
| 八、跳伞供氧防护要求 .....       | (251) |
| 九、氧气装备防化要求 .....       | (251) |
| 第十一章 呼吸代偿装备生理学要求 ..... | (253) |
| 第一节 供氧面罩生理要求 .....     | (253) |
| 一、供氧面罩气密性要求 .....      | (253) |
| 二、供氧面罩呼吸性能要求 .....     | (257) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 三、供氧面罩配套设计要求 .....        | (260) |
| 四、其他要求 .....              | (262) |
| 第二节 高空代偿服装生理要求 .....      | (267) |
| 一、设计尺寸要求 .....            | (267) |
| 二、代偿部位与面积要求 .....         | (268) |
| 三、充压速度与建压流量要求 .....       | (269) |
| 四、代偿压力分布要求 .....          | (270) |
| 五、服装布面材料要求 .....          | (271) |
| 六、配套使用要求 .....            | (274) |
| 第三节 通风、降温要求 .....         | (274) |
| 一、通风服 .....               | (275) |
| 二、液冷服 .....               | (278) |
| 第十二章 飞机氧源生理卫生学要求 .....    | (283) |
| 第一节 分子筛机载制氧生理卫生学要求 .....  | (283) |
| 一、低供给压力与呼吸调节代偿需求 .....    | (283) |
| 二、肺泡氧的高空反向弥散与等效生理效应 ..... | (285) |
| 三、呼吸分子筛富氧气体与预防高空减压病 ..... | (290) |
| 四、产氧气体卫生学要求 .....         | (294) |
| 第二节 高压气氧生理卫生学要求 .....     | (294) |
| 一、气体卫生学要求 .....           | (294) |
| 二、飞机载氧量计算依据 .....         | (295) |
| 三、应急跳伞储氧量要求 .....         | (297) |
| 第三节 液氧生理卫生学要求 .....       | (298) |
| 第四节 化学制氧生理卫生学要求 .....     | (299) |
| 一、氧气纯度要求 .....            | (299) |
| 二、化学氧气装置温度要求 .....        | (300) |
| 三、化学氧气装置压力要求 .....        | (300) |
| 四、泄漏试验时装置密封和抗湿要求 .....    | (300) |
| 五、拉力实验要求 .....            | (300) |
| 六、使用寿命 .....              | (300) |
| 第十三章 飞机增压座舱生理学要求 .....    | (301) |
| 第一节 飞机增压座舱压力调节要求 .....    | (301) |
| 一、座舱气压高度 .....            | (301) |
| 二、座舱环境空气的总压 .....         | (302) |
| 三、飞机座舱压差 .....            | (304) |
| 四、座舱压力变化速率 .....          | (305) |
| 五、座舱调压起始高度 .....          | (306) |
| 六、座舱应急卸压要求 .....          | (307) |
| 第二节 座舱气密性要求 .....         | (307) |

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 第三节 座舱环境控制的生理要求 ..... | (308) |
| 一、飞行中座舱温度控制要求 .....   | (308) |
| 二、座舱气流方向 .....        | (309) |
| 三、座舱内风速 .....         | (309) |
| 四、座舱内温差 .....         | (309) |
| 五、座舱湿度要求 .....        | (309) |
| 第四节 座舱环境气体卫生问题 .....  | (310) |
| 一、座舱有害气体的来源与影响 .....  | (310) |
| 二、座舱气体卫生要求 .....      | (311) |
| 三、控制座舱气体污染措施 .....    | (313) |

## 下篇 航空生理实验与评定方法

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 第十四章 航空供氧装备与生理研究实验设备 ..... | (318) |
| 第一节 低压舱 .....              | (318) |
| 一、舱 体 .....                | (318) |
| 二、真空动力设备 .....             | (320) |
| 三、输送管道和操纵台 .....           | (320) |
| 四、指示仪表和氧气系统 .....          | (321) |
| 五、信号传递线路 .....             | (321) |
| 六、通讯系统 .....               | (321) |
| 第二节 迅速减压舱 .....            | (321) |
| 一、主要结构 .....               | (321) |
| 二、主要功能 .....               | (323) |
| 三、高空模拟低压设备舱的用途 .....       | (324) |
| 四、低压舱操纵系统操作规程 .....        | (324) |
| 第三节 分子筛氧源高空实验评定设备 .....    | (325) |
| 一、结构组成 .....               | (325) |
| 二、性能特点 .....               | (325) |
| 三、使用要求 .....               | (327) |
| 第四节 加压供氧训练器 .....          | (327) |
| 一、用 途 .....                | (327) |
| 二、结构组成 .....               | (327) |
| 三、工作原理 .....               | (327) |
| 四、加压供氧的卫生指导 .....          | (328) |
| 第五节 低氧混合器 .....            | (328) |
| 一、结构组成 .....               | (328) |
| 二、主要性能 .....               | (328) |
| 三、使用方法 .....               | (329) |
| 四、注意事项 .....               | (331) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 第六节 面罩气密性检测仪 .....            | (331) |
| 一、测试设备 .....                  | (331) |
| 二、测试方法 .....                  | (332) |
| 第七节 快速加压供氧训练器 .....           | (332) |
| 第十五章 高空低压生理实验与训练方法 .....      | (334) |
| 第一节 训练与耐力检查要求 .....           | (334) |
| 第二节 高空低压缺氧耐力检查方法 .....        | (335) |
| 一、5 000 m 缺氧耐力检查 .....        | (335) |
| 二、7 500 m 有效意识时间测定 .....      | (337) |
| 三、高空耐力检查 .....                | (337) |
| 第三节 耳气压功能检查 .....             | (338) |
| 一、检查目的 .....                  | (338) |
| 二、方法步骤 .....                  | (339) |
| 三、结果评定 .....                  | (339) |
| 第四节 高空生理训练方法与程序 .....         | (339) |
| 一、缺氧耐力训练 .....                | (339) |
| 二、地面加压供氧训练 .....              | (340) |
| 三、迅速减压训练 .....                | (342) |
| 四、快速加压供氧训练 .....              | (343) |
| 五、10 000 m 高空生理训练 .....       | (344) |
| 六、高空过度换气生理训练 .....            | (346) |
| 第五节 高空生理动物实验方法 .....          | (348) |
| 一、动物实验应用意义 .....              | (348) |
| 二、高空动物实验的选择与模型 .....          | (348) |
| 三、高空动物实验注意事项 .....            | (349) |
| 第十六章 航空供氧装备与个体防护装备评定方法 .....  | (350) |
| 第一节 航空供氧装备生理鉴定要求 .....        | (350) |
| 第二节 航空供氧装备生理鉴定实验方法 .....      | (351) |
| 一、实验目的 .....                  | (351) |
| 二、实验步骤 .....                  | (351) |
| 三、人体实验的安全措施 .....             | (353) |
| 第三节 机载分子筛制氧氧气系统生理实验评价方法 ..... | (354) |
| 一、实验目的 .....                  | (354) |
| 二、实验环境模拟与实验要求 .....           | (355) |
| 三、实验设备、计量与标准 .....            | (355) |
| 四、实验内容与方法 .....               | (356) |
| 五、判定依据 .....                  | (357) |
| 第四节 航空供氧个体服装热负荷评定方法 .....     | (358) |
| 一、隔热值的测定方法 .....              | (358) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 二、服装的透湿指数 .....           | (362) |
| 第五节 航空供氧个体装备适体性评定方法 ..... | (364) |
| 一、综合评价的数学表达 .....         | (364) |
| 二、适体性综合评价方法 .....         | (365) |
| 三、评价指标的权重系数 .....         | (367) |
| 四、装备适体性评价的数学模型 .....      | (369) |
| 五、适体性评语赋值及区间划分 .....      | (369) |
| 第六节 飞行员个体装备关联优势分析 .....   | (369) |
| 一、关联分析 .....              | (370) |
| 二、关联分析方法与步骤 .....         | (370) |
| 三、关联分析评价 .....            | (372) |
| 附录1 航空供氧与个体防护装备 .....     | (373) |
| 第一节 供氧调节装备 .....          | (373) |
| 一、YX-1 供氧系统 .....         | (373) |
| 二、YX-2 供氧系统 .....         | (377) |
| 三、YX-3 供氧系统 .....         | (378) |
| 四、YX-4 供氧系统 .....         | (379) |
| 五、YX-5 供氧系统 .....         | (379) |
| 六、YX-6 供氧系统 .....         | (381) |
| 七、YX-7 供氧系统 .....         | (382) |
| 八、YX-8 供氧系统 .....         | (382) |
| 九、YX-9 供氧系统 .....         | (383) |
| 十、YX-1A 供氧系统 .....        | (384) |
| 十一、YX-31 供氧系统 .....       | (385) |
| 十二、YX-32 供氧系统 .....       | (386) |
| 十三、YTQ-5 供氧装备 .....       | (387) |
| 十四、YTQ-11 供氧装备 .....      | (388) |
| 十五、YTQ-18 供氧装备 .....      | (388) |
| 十六、YTQ-21(21A)供氧装备 .....  | (389) |
| 十七、YTQ-8A 型跳伞氧气调节器 .....  | (389) |
| 十八、YG-2(YG-2A)跳伞供氧器 ..... | (392) |
| 十九、YG-3 型环形跳伞供氧器 .....    | (393) |
| 第二节 呼吸防护装备 .....          | (394) |
| 一、TK-4 密闭头盔 .....         | (394) |
| 二、YM-5 供氧面罩 .....         | (397) |
| 三、YM-6 加压供氧面罩 .....       | (397) |
| 四、YM-7 供氧面罩 .....         | (398) |
| 五、YM-6512 供氧面罩 .....      | (398) |
| 六、YM-9915 加压供氧面罩 .....    | (399) |