

“十二五”国家重点图书出版规划项目



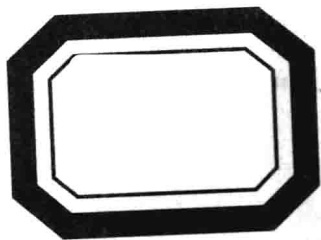
Army Aviation
Medicine

陆军航空医学

主 编 孙喜庆 肖海峰



第四军医大学出版社



“二五”国家重点图书出版规划项目

陆军航空医学

主 编 孙喜庆 肖海峰
副主编 郑 军 曹新生 马 进 陈同欣 谭清华 杨长斌
编 者 (按姓氏笔画排序)

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 丁江舟 | 卫 杰 | 卫晓阳 | 马 进 | 王 轩 |
| 王永春 | 王健康 | 王善祥 | 巴特金 | 石 菲 |
| 田 青 | 朱 霞 | 朱克顺 | 乔宗林 | 任 杰 |
| 刘 敏 | 刘 晶 | 孙喜庆 | 李建业 | 李爱民 |
| 杨长斌 | 肖晓光 | 肖海峰 | 吴建兵 | 宋新亮 |
| 张 舒 | 张华峰 | 张延亮 | 张建杰 | 张建国 |
| 张荣健 | 陈立君 | 陈同欣 | 郑 军 | 查 清 |
| 侯 刚 | 耿喜臣 | 贾宏博 | 徐蜀宣 | 高 原 |
| 郭 琳 | 郭和清 | 黄其林 | 曹新生 | 崔 丽 |
| 董 燕 | 董晓莉 | 谭清华 | 熊 巍 | 潘 建 |

图书在版编目(CIP)数据

陆军航空医学/孙喜庆,肖海峰主编.—西安:第四军医大学出版社,2012.5

ISBN 978-7-5662-0243-7

I. ①陆… II. ①孙… ②肖… III. ①陆军航空兵-航空航天医学 IV. ①R85

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第204368号

Lujun Hangkong Yixue

陆军航空医学

主 编 孙喜庆 肖海峰

责任编辑 土丽艳 杨耀锦

出版发行 第四军医大学出版社

地 址 西安市长乐西路17号(邮编:710032)

电 话 029-84776765

传 真 029-84776764

网 址 <http://press.fmmu.sn.cn>

印 刷 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2012年5月第1版 2012年5月第1次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 24.5

字 数 350千字

书 号 ISBN 978-7-5662-0243-7/R·1112

定 价 68.00元

版权所有 盗版必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

前言

陆军航空兵是陆军编制序列中的一个兵种，是用以支援地面部队作战的现代陆军高技术兵种。现代陆军航空兵的主要武器装备是直升机，根据直升机的性能特点，通常分为攻击直升机、运输直升机和各种类型的勤务直升机等。陆军航空兵因其灵活机动、快速打击的特性而在中东战争、越南战争和海湾战争中备受关注，被称为“空中轻骑兵”。陆军航空兵作为一个新兴兵种加入现代战争，深刻地改变着战争的面貌。高技术条件下的非线性作战、机动作战、立体作战、联合作战等已经成为现代战争的主要作战样式。中国陆军航空兵自1986年组建以来，已发展成为一支拥有多种机型、具备相当规模和作战能力的现代化空中突击力量，并在抗洪抢险、护林防火和紧急救援中发挥了不可替代的作用，初步形成了以武装直升机为主体的陆军航空兵战法训法体系。

随着陆军航空兵装备的机种不断增加，执行任务的复杂性不断提升，其卫生保障要求也越来越高。陆军航空医学作为一门新兴的综合性学科受到国内外航空医学工作者的高度关注，已成为航空医学今后的重要发展方向之一。陆空航空兵在飞行过程中面临的振动、噪声及温度环境非常突出，飞行疲劳等问题也很普遍。如何针对直升机的特殊飞行环境建立行之有效的卫生保障措施，是摆在航空医学工作者面前的重要课题。

多年来，国内外航空医学专家针对直升机航空医学问题，进行了大量卓有成效的研究工作，获得了很多权威性的研究成果。广大陆军航空兵航空医务人员结合工作实际，也不断总结提炼了带有普遍性的保障经验和方法。但是，目前尚未建立系统的陆军航空医学理论体系，缺乏针对陆军航空兵的医学选拔鉴定原则与

专项训练方法，成为制约进一步提升直升机航空卫生保障水平的主要因素。为此，我们邀请了经验丰富的国内航空医学专家，结合陆军航空兵航卫保障的实际经验，通过充分调研及对国内外现有相关资料的全面汇总与梳理，历时三年，精心编写了《陆军航空医学》一书，力求思想性、科学性、启发性、先进性和实用性的统一，全面反映陆军航空医学的新知识、新成就，以适应陆军航空兵发展的需要。

全书共分为 15 章，系统介绍了国内外陆军航空医学的发展概况及进展，详细论述了直升机飞行环境因素对人体的影响及航空卫生保障措施，探讨了陆军航空兵飞行人员的医学选拔及鉴定原则等问题。本书首次提出了陆军航空医学的理论体系，全面总结了陆军航空卫生保障的实践经验，内容涵盖面广，知识体系新，理论性与实用性并重。本书作为我国首部陆军航空医学的专著，不仅可作为广大陆军航空医学工作者的工具书，还可作为航空医学研究人员、医学工作者及生物医学工程专业人员的参考书，对广大航空爱好者也具有重要参考价值。

本书是集体智慧的结晶。编写人员怀着崇高的使命感和责任感参与本书的编写，表现出高度的敬业精神和严谨的工作态度，付出了大量心血。在此谨向参加本书编写的各位专家表示衷心的感谢！但由于本书章节较多，涉及作者较多，疏漏之处在所难免，恳请各位读者给予批评指正，以利于今后进一步改进和提高。

孙喜庆

目 录

Contents

| | | |
|------------|----------------------------------|--------|
| 第一章 | 陆军航空医学发展简史 | (1) |
| 第一节 | 陆军航空兵发展历程 | (1) |
| 第二节 | 陆军航空医学的地位与作用 | (2) |
| 第三节 | 陆军航空医学现状 | (3) |
| 第四节 | 我国陆军航空医学展望 | (5) |
| 第二章 | 直升机飞行环境 | (7) |
| 第一节 | 低气压 | (7) |
| 第二节 | 缺氧 | (8) |
| 第三节 | 温度 | (9) |
| 第四节 | 噪声 | (11) |
| 第五节 | 振动 | (13) |
| 第六节 | 加速度 | (14) |
| 第七节 | 辐射 | (15) |
| 第八节 | 有害气体 | (18) |
| 第三章 | 低气压、高空缺氧及温度负荷的效应与防护 | (20) |
| 第一节 | 低气压的物理性影响与防护 | (20) |
| 第二节 | 急性高空缺氧的影响与防护 | (28) |
| 第三节 | 温度负荷的影响与防护 | (33) |
| 第四章 | 直升机噪声的效应与防护 | (41) |
| 第一节 | 声的计量与频谱 | (41) |
| 第二节 | 直升机噪声环境 | (44) |
| 第三节 | 噪声对人体的危害 | (45) |
| 第四节 | 直升机噪声的容许标准和防护措施 | (49) |

| | | |
|------------|---------------------------|---------|
| 第五章 | 直升机振动的效应与防护 | (51) |
| 第一节 | 振动生物效应的影响因素 | (51) |
| 第二节 | 直升机振动环境 | (54) |
| 第三节 | 直升机振动对人体的影响 | (54) |
| 第四节 | 振动的防护措施 | (59) |
| 第六章 | 直升机加速度的效应与防护 | (60) |
| 第一节 | 持续性正加速度对人体的影响 | (60) |
| 第二节 | 持续性正加速度的耐力与防护 | (67) |
| 第三节 | 持续性负加速度 | (69) |
| 第四节 | 推拉效应 | (71) |
| 第七章 | 陆军航空卫生及卫生保障 | (73) |
| 第一节 | 直升机飞行疲劳 | (73) |
| 第二节 | 空间定向障碍 | (84) |
| 第三节 | 飞行劳动卫生制度 | (98) |
| 第四节 | 视觉功能的要求与维护 | (103) |
| 第五节 | 营养与食品卫生 | (115) |
| 第六节 | 体能训练 | (130) |
| 第八章 | 陆军航空生理心理训练 | (138) |
| 第一节 | 缺氧训练 | (138) |
| 第二节 | 前庭功能训练 | (145) |
| 第三节 | 夜间视觉训练 | (150) |
| 第四节 | 抗荷训练 | (153) |
| 第五节 | 生存训练 | (157) |
| 第六节 | 地面弹射训练 | (160) |
| 第七节 | 跳伞训练 | (162) |
| 第八节 | 心理训练 | (165) |
| 第九章 | 直升机空运后送医疗处置 | (175) |
| 第一节 | 空运前的医务准备 | (175) |
| 第二节 | 伤病员在机上的体位 | (179) |

| | | |
|-------------|----------------------------|----------------|
| 第三节 | 空中医疗护理 | (181) |
| 第四节 | 伤病员离机与交接 | (196) |
| 第五节 | 飞机的清洁与消毒 | (196) |
| 第十章 | 直升机飞行事故与救生 | (197) |
| 第一节 | 直升机救生装备与技术 | (197) |
| 第二节 | 直升机飞行人员救生装备 | (202) |
| 第三节 | 生存训练 | (206) |
| 第十一章 | 飞行人员医学选拔 | (209) |
| 第一节 | 内科体格检查 | (209) |
| 第二节 | 外科体格检查 | (214) |
| 第三节 | 神经精神科体格检查 | (218) |
| 第四节 | 眼科体格检查 | (221) |
| 第五节 | 耳鼻咽喉科、口腔科体格检查 | (231) |
| 第十二章 | 飞行人员常见病的诊治与鉴定 | (242) |
| 第一节 | 颈椎病 | (242) |
| 第二节 | 腰椎间盘突出症 | (249) |
| 第三节 | 膝、踝关节损伤 | (254) |
| 第四节 | 噪声性耳聋 | (257) |
| 第五节 | 高血压病 | (261) |
| 第六节 | 心律失常 | (268) |
| 第七节 | 冠心病 | (273) |
| 第八节 | 头痛 | (280) |
| 第九节 | 晕厥 | (283) |
| 第十节 | 阻塞性睡眠呼吸暂停综合征 | (289) |
| 第十一节 | 慢性胃炎 | (292) |
| 第十二节 | 胃和十二指肠溃疡 | (293) |
| 第十三节 | 屈光不正 | (294) |
| 第十四节 | 青光眼 | (298) |
| 第十五节 | 泌尿系统结石 | (303) |
| 第十六节 | 恶性肿瘤 | (308) |

| | | |
|-------------|------------------------------|----------------|
| 第十七节 | 飞行错觉 | (312) |
| 第十八节 | 耳气压伤 | (315) |
| 第十九节 | 空晕病 | (319) |
| 第十三章 | 飞行人员常见心理障碍诊治与鉴定 | (322) |
| 第一节 | 适应性障碍 | (323) |
| 第二节 | 情感障碍 | (324) |
| 第三节 | 创伤后应激障碍 | (329) |
| 第四节 | 神经症 | (332) |
| 第十四章 | 飞行人员用药安全 | (340) |
| 第一节 | 飞行人员用药分类及管理 | (340) |
| 第二节 | 飞行人员心血管药物合理使用 | (346) |
| 第三节 | 飞行人员抗抑郁药物合理使用 | (351) |
| 第四节 | 药物干预的睡眠调节在军事航空医学中的应用 | (354) |
| 第十五章 | 飞行人员健康疗养 | (358) |
| 第一节 | 体格检查与健康鉴定 | (359) |
| 第二节 | 疾病矫治 | (362) |
| 第三节 | 飞行人员体能训练 | (362) |
| 第四节 | 航空生理训练 | (367) |
| 第五节 | 营养膳食 | (370) |
| 第六节 | 心理训练 | (371) |
| 第七节 | 健康教育 | (373) |
| 第八节 | 疗养效果评定 | (376) |
| 参考文献 | | (378) |
| 索引 | | (380) |

航空兵的重大决策。1986年开始筹建，1988年成立第一个陆军直升机大队，1999年在全军院校体制编制压缩调整的情况下新成立陆军航空兵学院。经过二十多年的建设，目前已发展成为一支拥有多种机型、具备相当规模和作战能力的现代化空中突击力量。

第二节 陆军航空医学的地位与作用

陆军航空医学是军事航空医学的一个重要分支，是研究陆军飞行器、航空环境对飞行人员健康的影响和促进飞行能力的理论体系。建立与完善陆军航空医学具有重要的现实意义。

一、开展陆军航空医学系统研究对陆军航空兵航空卫生保障实践具有针对性

陆军航空兵的主要装备是直升机，直升机与固定翼飞机的航空卫生保障上虽有共性，但由于直升机结构和陆军航空兵任务的特点，两者的航空卫生保障也不尽相同。近几年，国内航空医学专家学者围绕陆军航空医学进行了大量的研究，取得了一定的研究成果，出版了一些论著，发表了大量学术文章，研究了与陆军航空兵航空医学相关的理论和装备课题，已对陆军航空兵航空卫生保障工作实践起到了指导和促进作用。

二、开展陆军航空医学研究能够进一步完善军事航空医学的理论体系

事实上，对于直升机等旋翼飞行器的航空医学研究在历史上没有受到足够重视，研究成果与旋翼飞行器发展不相适应。没有理清旋翼飞行器、固定翼飞机在影响飞行人员健康和飞行能力等方面的区别，以及旋翼飞行器复杂航空环境对飞行人员耐力极限的挑战，存在许多问题和空白领域。

三、开展陆军航空医学系统研究具有十分紧迫的现实意义

随着陆军航空兵部队的建设发展，直升机武器装备逐步更新换代，训练难度、强度的不断增大，对陆军航空医学研究、航空卫生保障、飞行人员选拔、航空医学训练等方面提出了新的要求，许多陆军航空医学问题逐渐显现，有些越来越突出。比如直升机飞行产生的噪声、振动、温度负荷、有害气体和电磁辐射等环境因素的防护研究还不成体系；直升机座舱资源管理、飞行安全控制、夜视镜模拟训练、空间定向障碍模拟训练等还需要从理论和技术上进行创新；针对直升机在高原、丛林、沙漠、水上等多种环境下执行多样化军事任务特点的航空卫生保障工作需要系统规范。此外，开展直升机飞行人员心理选拔和医学选拔标准体系的研究工作，对于选拔优秀直升机飞行人员和试飞员具有重要意义。

因此，有必要结合陆军航空兵直升机武器装备系统、战法训法和飞行人员身心素质特点，通过系统回顾陆军航空医学研究成果，分析提出有关需求，不断开展直升机作业环境、人机工效等航空医学基础研究，开展飞行人员医学选拔和健康鉴定、航空医学训练、飞行安全控制和日常航空卫生保障理论技术研究，用来指导陆军航空兵部

队航空卫生保障实践。这些研究对提升航空卫生保障水平，维护飞行人员身心健康，提高飞行耐力和能力，确保安全高效地完成飞行训练和作战任务，具有十分重要的作用。

第三节 陆军航空医学现状

一、国外陆军航空医学发展状况

美国陆军航空医学的发展也走过崎岖坎坷的道路，人们对它的认识经历了随美国陆军航空兵的发展壮大而不断深化的过程。1942年，陆军在野战炮兵建制内成立航空兵时，并没有考虑到专业的航空医学保障。当时，美国空军还未独立成军，对通信联络机飞行人员的航空医学保障是由陆军航空队完成的。1947年，陆军航空队从陆军中独立出去，成为现在的美国空军，大批经过专业训练的陆军航空医生也调至空军。直到1950年，陆军才有了唯一一名经过航空医学训练的医官。1951年，“朝鲜战争”期间，部署在前沿地区的航空兵部队发现航空医学保障力量严重不足，陆军开始依托空军航空医学保障体系分批次培养自己的航空医生。陆军航空兵重要性的提高催生了陆军卫生部航空医学处的建立，并于1952年颁布了第一部《陆军飞行人员医学标准》。1954年，陆军航空兵迁至阿拉巴马州拉克堡新建立的陆军航空学校。1955年，开始大批量培训陆军的航空医生，出版了《陆军航空医学》。1962年，在拉克堡成立了美国陆军航空医学研究实验室，1964年，成立了航空医学教育与训练系，后发展为现在的美国陆军航空医学学校。1970年，美国陆军首次出版《航空医生手册》，对旋翼机航空医学问题进行了详尽论述。1983年，陆军航空兵成为真正的独立兵种，陆军的航空医学训练计划也得以继续贯彻执行。直到现在，陆军每年约有100名航空医生接受航空医学基础训练，毕业后参加航空医学高级训练计划的医生占到当年毕业生的3%~5%。这种趋势必将最先进的航空医学理念传播到陆航飞行部队。截至目前，美军陆军航空医学学科研究更加完善，涵盖了陆军航空医学史，旋翼机飞行有关的定向障碍、夜间视觉、飞行疲劳、环境控制、噪声、振动、旋翼机的事故、民用直升机等航空医学问题，陆军航空医学计划，陆军航空医生训练，陆军飞行人员的医学选拔，旋翼机航空医学的发展等内容。

俄罗斯陆军航空兵组建时间长，其航空医学研究已逐渐形成体系。飞行人员的医疗保障由陆军医务部门领导组织，航空兵医务部门指导陆军航空兵部队和分队医务部门的工作，并对分管后勤的陆军航空兵副司令负责。除完成一般的医疗保障任务以外，陆军航空兵的医务部门还采取一系列有特色的措施。最主要的有：组织并对飞行人员的身体状况和工作能力进行检查；为飞行人员做好准备以接受飞行医疗委员会的额外身体检查；参与制订飞行人员飞行、饮食和疗养计划，并检查计划完成情况；对飞行人员进行高空试验和专门训练；参与在机场（着陆场）以外迫降直升机机组人员的搜索和救治工作；参与飞行事故的分析工作并根据警告制定医疗措施；就航空医疗的若干问题培训飞行人员；研究作战行动条件对飞行人员身体和工作能力的影响。俄罗斯

陆军航空医学被定义为一门综合性学科，由预防医学、医学生物学和临床医学三个分支组成，发展趋势更趋向于综合、系统、科学预测的航空人体生态学。这种转变适应了航空医学问题增加而非减少的趋势，如职业环境危害增加，机组人员与航空设备和设施相互作用的心理复杂性增加，以及人的价值观和社会形势恶化等。

二、我国陆航航空医学发展状况

1994年成立陆军航空兵卫生机关；是全军陆航部队航空卫生工作的业务指导机关，主要负责陆航卫生工作规划、航空卫生工作建设与管理、飞行人员的飞行和日常卫生保障管理、飞行人员医疗和疗养、飞行事故医学调查、航空卫生人员专业训练、卫生科研等，以及飞行人员医学和心理检查、选拔和健康鉴定工作在联勤机构的实施。陆军航空兵学院、陆航研究所分别设有卫生机关和航空医学研究人员，陆军航空兵部队设有卫生机构和航卫保障人员，从事陆军航空兵航空医学研究和保障工作，航空医学专业人员主要通过第四军医大学航空航天医学系补充和培训，并接受各类航空医学短训班的提高训练。

随着直升机的快速发展和广泛应用，陆军航空医学问题越来越受到大家的重视。最早关注和开展直升机医学问题研究的是海军医学研究所曾宪英教授，他在1991年编辑出版了《直升机医学》。第四军医大学、空军航空医学研究所、海军医学研究所、空军总医院等专业机构的专家学者和陆航航空医学一线人员，也始终没有停止过直升机医学研究的脚步，先后开展了直升机作业环境、人机工效、直升机事故的救护和原因分析、直升机飞行人员常见病和医学停飞等系列科研工作，在国内外杂志上发表了大量学术论文，承担了多项与陆军航空医学有关的科研课题。吴兴裕、常耀明主编了《航空卫生学》，孙喜庆等主编了《机场救护手册》、《飞行人员救生手册》，石海明、杨海平主编了《直升机医学救护与救援》等论著和教材。陆军航空兵举办了三届陆军航空兵航空医学学术交流会，组织了四次陆航航空卫生保障新技术、新理论培训和陆航航卫骨干培训班，第四军医大学等单位还组织了多期直升机医学专题培训班，这些学术活动编辑的论文集和教材，为陆军航空医学积累了大量宝贵素材。陆军航空兵还制定了陆军航空兵航空卫生工作规范、高性能武装直升机飞行人员医学选拔标准、航医室用药标准、营养卫生工作规定等标准制度，这些对于陆军航空医学具有重要的借鉴作用。

我们认为陆军航空医学在概念上是预防医学，在性质上是环境医学，在方向上是军事医学，航空医学专业人员必须精心地综合运用多种医学方法和手段，最大限度地扩展飞行人员的能力。由于陆军航空兵部队组建时间短，以往各方面在陆军航空医学研究上投入少，短时间还难以构成一个系统规范的学科。随着直升机武器装备和陆军航空的不断发展，需要航空医学界专家同仁高度关注，深入研究和积累，破解难题，填补空白，按照学科建设的标准，逐步将陆军航空医学积累成理论性和应用性很强的一门学科。

第四节 我国陆军航空医学展望

随着陆军航空兵的建设和发展,部队飞行强度和难度不断增大,对航空卫生保障的方式、方法和手段提出了更高的要求。同时,随着高性能武装直升机列装部队和未来的广泛应用,必将带来航空卫生保障模式和内容的变革。陆军航空医学必须遵循突出军事航空医学特色、注重科技成果应用、加强应用基础研究、适度拓展研发领域的原则,紧密联系陆航部队卫勤保障实际需求,大力加强陆军航空医学应用理论及重大现实问题研究,着重在航空工效学、飞行人员医学选拔和健康鉴定、航空医学训练、飞行安全控制和日常航空卫生保障等方面加强研究,维护和提高飞行人员的身心健康水平,提高飞行耐力和能力,为保证飞行安全和作战训练任务的顺利完成提供有力的理论和技术支撑。

一、强化人机工效研究,优化座舱资源管理

人犯错误是不可避免的。造成军事飞行事故的原因可分为人的因素、机械故障和环境因素三大类,其中人的因素约占80%。据国际民航组织统计,75%的飞行事故是由于人为因素造成的;对国内1965—1999年所发生的85起三等以上直升机事故进行统计和分析,结果显示人为因素占62.4%。由于飞机工效学设计不够科学,存在飞行人员错误操作的可能性,导致了部分飞行事故的发生。因此必须着力研究“人-机-环境-任务”相互适应的问题,对新机操作流程、座舱布置、操纵系统等进行工效学检查,着重将使用过程中发现的问题及时进行总结并反馈给飞机设计制造和监管部门,针对发现的问题进行容错和防错设计,降低事故发生率。在新形势下,直升机航空技术飞速发展,为适应未来战场环境和多样化军事任务的要求,高性能直升机成为陆军武器装备的发展重点,需要多人多机协同完成训练和作战任务,必须重视提高机组人员的协作能力,合理分配工作负荷。应用航空工效学的方法和手段,做好座舱资源管理,研究和优化飞行作业程序,将有利于提高飞行人员作业和协作能力,保证飞行安全。

二、深化基础应用研究,完善对抗防护措施

直升机飞行对机体产生不良影响的主要因素有噪声、振动、温度负荷、缺氧等,比如直升机座舱内噪声可达到110dB以上,振动以横向和纵向2~250Hz低频振动为主,直升机座舱温度在-30℃~50℃,并且高原高空飞行存在持续性缺氧问题。这些环境因素加重了飞行人员飞行疲劳,容易造成颈肩腰背痛综合征等疾病的发生,导致飞行作业能力下降,影响飞行安全。在现阶段,陆军航空医学基础应用研究内容零散、不成体系、缺乏深度,缺少直升机噪声、振动、温度负荷等危害因素的有效防护措施和装备,疲劳快速恢复、专项体能、飞行事故医学调查研究、营养卫生、高原航空医学防护等综合医学手段的研究也不深入,直升机飞行人员选拔、训练、个体防护装备的改进研制及生理鉴定缺乏科学依据。因此,必须针对陆航武器装备发展趋势、陆航部队作战训练特点,特别是新的战场环境、作战手段和作战形式对飞行人员身心健康和飞行安全的影响等航空医学突出问题,深化陆军航空医学基础应用研究,完善防护措施。

三、完善医学选拔鉴定研究，提高飞行人员整体身心素质

航空医学选拔鉴定研究是陆军航空医学的重要组成部分，主要是进行飞行人员选拔，对飞行人员进行体格检查、飞行合格程度的评定、健康等级的划分，实施因身体原因改换机种、停飞（停学）及特许飞行等研究工作。目前，我军经过多年研究，制定了多项国家和军队标准，但现行的招收飞行学员心理选拔和医学选拔方法、标准、体系，是以歼（强）击机飞行人员为研究样本，没有考虑到直升机飞行人员的职业特点和规律，与直升机飞行人员的要求不完全相符。外军（如俄军、美军等）对直升机、歼（强）击机和运输机飞行人员的心理选拔和医学选拔设立了不同方法和标准。迄今为止，国内还没有研究形成系统的直升机飞行人员心理选拔和医学选拔标准体系。因此，必须要加强对优秀直升机飞行人员生理心理评价模型的研究，制定符合直升机飞行学员特点的心理选拔、医学选拔方法、手段和标准。另外，有研究表明，直升机飞行人员常见病、多发病与固定翼飞行人员有一定差异，需要加强相关航空临床医学研究，提出有针对性的临床诊断、治疗、预防等措施。

四、优化航空医学训练研究，保持和提高飞行作业能力

航空医学训练是保持和提高飞行人员飞行作业能力的重要手段，主要方法是利用体能和模拟训练设备，对飞行人员专项身体素质、生理功能和心理素质进行训练，以增强飞行人员空间定向、夜间视觉等航空环境适应能力，培养良好的心理素质，提高飞行耐力和技能，促进安全高效地完成飞行任务。美军和其他北约国家十分重视直升机航空医学训练，已大规模开展了针对直升机飞行人员的航空医学训练，分为初训和复训，训练周期为3~5年，主要训练内容是空间定向障碍训练、夜间视觉训练、救生训练、缺氧耐力训练等，并建立了系统化、标准化、规范化的训练体系，通过航空医学训练提高了飞行人员身心素质和飞行能力，确保了安全高效地完成飞行任务。而我军目前还没有针对直升机飞行人员的航空医学训练方法、手段和标准，仍缺乏相关研究。因此，要汲取国内外的先进经验和做法，加强直升机飞行人员航空医学训练研究，完善航空医学训练体系。

五、开展安全控制体系研究，有效预防和降低飞行事故

飞行安全管理是航空部队建设和发展的重要保障，是一项涉及面广、关键环节多的系统工程，安全控制体系建设的好坏直接关系着训练与作战等中心工作。与传统的管理方法相比，安全管理体系的理念有了很大变化，主要体现在以下几个方面：将被动事后管理转变为主动风险管理，将粗放型管理转变为驱动型管理，将结果管理转变为过程管理，将规章制度管理转变为绩效管理。目前，美国及北约其他国家已建立起较为成熟的飞行安全控制体系；国际民航组织自2000年就开展了疲劳风险管理等安全体系建设，并于2009年制定了相关国际标准和配套措施。随着陆航部队直升机装备的升级换代，训练强度、难度不断增加，飞行人员工作负荷越来越大，必须从陆军航空医学角度有针对性地开展飞行安全管理。

（肖海峰）

第二章

直升机飞行环境

第一节 低气压

包围地球的空气层称为“大气”，它是生物生存不可缺少的条件。人类所有的飞行器，除部分火箭发动机推进的飞行器外，都航行在大气环境中。因此，直升机飞行过程中，机组人员及乘员都会受到大气的影晌。

地球大气是由干结空气和少量的水汽、微尘等混合组成的，其自身具有一定的质量。而由大气的重量所产生的压强，我们称之为“大气压”，简称“气压”。实际上，气压是气体分子运动与地球重力场两者综合作用的结果。在这种作用下，大量运动着的空气分子连续不断地撞击着物体表面，其撞击力即为大气对该物体表面所施加的压力。空气分子密度越大，或者空气分子平均动能越大，其撞击力就越大，大气压力也就越高。气压的单位，过去常用汞柱的高度（毫米汞柱，mmHg）来表示，现在的国际单位为帕斯卡（Pa）。

大气压是单位横截面上垂直空气柱的重量，高度越高，其垂直横截面上的空气柱就越短，气压也就越低，即气压随高度的变化是：高度升高，气压呈近似指数函数式降低（图2-1）。在不同高度范围，气压降低的幅度不同。例如，0~1000m，气压降低的幅度是

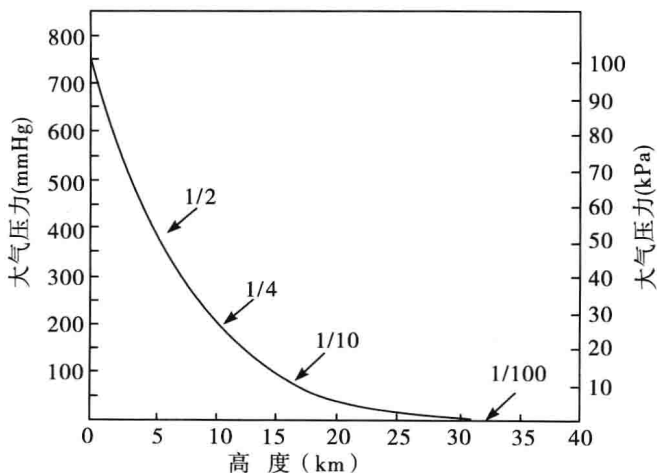


图 2-1 大气压力与高度的关系

85.9mmHg; 1000~2000m, 气压降低的幅度是77.9mmHg; 2000~3000m, 气压降低的幅度是70.4mmHg。表现出气压在低层降低较多, 在高层降低较少的特点。大气压随高度升高而降低的规律是: 高度每增加5000m, 大气压力约降低为原来数值的一半。例如, 在5500m的高度, 气压约为海平面值(101.3kPa或760mmHg)的一半(50.4kPa或378.7mmHg); 在10000m的高度约为5000m处的一半(26.4kPa或198.3mmHg), 即海平面值的1/4; 在15000m处约为10000m处的一半, 即海平面值的1/8, 依此类推。

气压随高度变化的上述特点, 是由于地球引力场对大气中气体分子的作用远比太阳热辐射对气体加温的作用大, 使绝大多数空气分子被密集在地球表面附近。因此, 低层空气稠密, 高层空气稀薄, 以致不同高度范围同样长度的一段空气柱, 其重量并不相同, 位于低层的比高层的要重, 表现出高度越高, 空气就越稀薄的现象。仅在32km以下大约就集中了大气质量的99%, 在32~5000km范围内的广泛空间只包含大气质量的1%。

在航空飞行中, 飞行高度变化可带来相应的大气压力改变, 使人体发生胃肠胀气、肺内压升高致肺损伤、高空减压病、体液沸腾、航空性牙痛以及中耳和鼻窦的气压性损伤等。直升机的活动范围多在6000m以下, 除高原任务外, 大多数军事作业任务以1000m以下的低空飞行为主。因此, 在固定翼飞机中可能发生的肺内压升高致肺损伤、高空减压病和体液沸腾等低气压的物理性影响在直升机飞行中不易发生, 胃肠胀气也不常见, 即使偶发也仅为轻度的腹胀。而直升机机动飞行中的急速上升或下降以及气压的急剧变化可以诱发航空性鼻窦炎、航空性中耳炎和航空性牙痛, 对飞行人员有较大的影响, 甚至威胁飞行安全。

第二节 缺氧

缺氧是医学中最具有普遍意义的问题。在直升机的飞行中, 因暴露于高空低气压环境所致的缺氧, 属于“缺氧性缺氧”, 系高空吸入气氧分压降低所致, 故亦称“高空缺氧”。

随着飞行高度的升高, 空气密度降低, 大气压力随之降低, 空气中氧分压亦成比例下降, 如飞行高度在3000m、4000m、5000m处大气氧分压可较海平面分别下降约30.8%、39.2%、46.7%。由于直升机座舱为非密封座舱, 直升机上也缺乏专用的供氧系统, 而身体各部位之间都要维持一定的氧分压和二氧化碳分压梯度, 才能保证毛细血管内的氧分子穿过毛细血管壁、组织间隙、细胞膜到达细胞内。相反, 二氧化碳从组织细胞到肺泡之间也要维持一定的压力梯度, 才能保证二氧化碳的排出。因此当环境氧分压随飞行高度增高而降低时, 虽然吸入氧气浓度基本保持21%不变, 但飞行人员肺泡气氧分压下降, 动脉血氧分压及血氧饱和度降低, 继之引起组织氧分压降低(表2-1), 造成机体缺氧状态, 导致一系列生理和病理改变。

表 2-1 不同飞行高度的气压、吸入气和肺泡气氧分压、动脉血氧饱和度

| 高度 (km) | 气压 (mmHg) | 吸入气氧分压 (mmHg) | 肺泡气氧分压 (mmHg) | 动脉血氧饱和度 (以血红蛋白氧饱和%计) |
|------------|--------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 0 | 700 | 159 | 105 | 95 |
| 1 | 674 | 141 | 90 | 94 |
| 2 | 596 | 125 | 77 | 92 |
| 3 | 530 | 111 | 68 | 90 |
| 4 | 463 | 97 | 58 | 85 |
| 5 | 405 | 85 | 50 | 75 |
| 6 | 355 | 74 | 40 | 70 |
| 7 | 310 | 65 | 35 | 60 |
| 8 | 270 | 56 | 30 | 50 |
| 9 | 230 | 48 | <25 | 20~40 |

一般直升机活动范围多在 6000m 以下，巡航高度飞行时飞行人员即处于轻、中度急性缺氧状态，持续暴露时间越长，则缺氧程度越严重，易引发急性高空缺氧。缺氧可引起肺动脉高压和肺毛细血管通透性增加，在高原飞行和长时间停留时，易导致急性高原反应、高原肺水肿及高原昏迷；若停留在较低海拔高度时，则一般不会出现明显症状。但在执行作战任务时，由于受伤、寒冷、疲劳、精神紧张或体力透支，可在短时间内加重缺氧的影响甚至出现意识丧失。此外，缺氧还可以作用于视觉和中枢神经系统等，使飞行员的认知能力下降，反应迟缓，视觉暗适应能力降低，诱发夜间视觉障碍和空间视觉障碍，直接影响飞行安全。

第三节 温 度

任何飞行活动都与温度负荷密切相关，由于飞行任务的特殊性，有时即使是轻度的温度负荷问题也会影响飞行作业。而当前的直升机座舱一般不密封，其内部微小气候直接受外界环境的影响波动较大，会使机组人员遇到各种不同温度的冷热负荷，导致飞行疲劳，降低飞行耐力，甚至引起机体的不良反应，威胁飞行安全。

直升机座舱内不同温度的冷热负荷与多种来源因素有关，归纳起来主要有三方面因素，即环境因素、直升机因素和机组人员因素。

一、环境因素

(一) 气候

由于直升机座舱不密封，因此地区性气候可直接影响座舱内的环境温度。我国地处中纬度及低纬度地区，跨纬度广，南、北方气候相差悬殊。长江以南大部分地区具有炎热季节长、湿度大和太阳辐射强等特点，极端最高气温可达 41℃ 以上，沿海地区终年高温；东北、西北和华北地区具有气温低、寒潮多和寒期长的特点；西北和内蒙