



飞行疲劳研究

The Research on Flight Fatigue

詹皓 陈勇胜 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

V231.9
1004



NUAA2011053321

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

飞行疲劳研究

The Research on Flight Fatigue

詹皓 陈勇胜 编著

V231.9
1004-1



国防工业出版社

· 北京 ·

2011053321

图书在版编目(CIP)数据

飞行疲劳研究 / 詹皓, 陈勇胜编著. —北京: 国防工业出版社, 2011. 6

ISBN 978-7-118-07347-8

I. ①飞... II. ①詹... ②陈... III. ①飞行疲劳-研究 IV. ①V231.95

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 071044 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 100048)

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 8 $\frac{3}{4}$ 字数 218 千字

2011 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

此书同时获得

总装备部国防科技图书出版基金资助

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定

资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金

评审委员会

国防科技图书出版基金

第六届评审委员会组成人员

主任委员 王 峰

副主任委员 宋家树 蔡 镭 程洪彬

秘 书 长 程洪彬

副 秘 书 长 邢海鹰 贺 明

委 员 于景元 才鸿年 马伟明 王小谟
(按姓氏笔画排序)

甘茂治 甘晓华 卢秉恒 邬江兴

刘世参 芮筱亭 李言荣 李德仁

李德毅 杨 伟 肖志力 吴有生

吴宏鑫 何新贵 张信威 陈良惠

陈冀胜 周一宇 赵万生 赵凤起

崔尔杰 韩祖南 傅惠民 魏炳波

前言

现代航空武器装备的迅猛发展及作战训练模式的转变,特别是执行多样化军事任务的需要,对飞行人员的身心机能提出了新的更高要求,而飞行人员是人机系统中的薄弱环节。业已证实,24h 以上的睡眠剥夺即对人的工效产生不良影响,更为常见的较轻度的睡眠不足或睡眠节律紊乱的累积效应亦对工作能力产生损害。因飞行任务(特别是军事飞行任务)的特殊性,飞行人员必须具备在高负荷条件下的持续工作和在一段时间内的连续工作能力,这些能力的保持有赖于良好的中枢觉醒状态,而后者受到任务前觉醒持续时间、昼夜节律和睡眠需要的影响,其中睡眠是维持高水平警觉和有效工作的基础。高性能战斗机具有很高的机动性能和远程飞行能力,并可全天候、全天时飞行,因此现代高技术局部战争和执行多样化非战争军事行动将使军事飞行人员的持续紧张操作任务加重,睡眠障碍的问题更加突出,飞行疲劳更加明显。在民用航空领域,高速喷气客机的跨时区飞行和重复飞行,亦导致飞行人员出现明显的睡眠节律紊乱和飞行疲劳。

当前,飞行疲劳的防治对策主要包括:①常规方法,如工作安排和睡眠卫生、运动休息、营养膳食等,其中预防性和恢复性睡眠及伺机安排小睡对保持和提高觉醒功能非常重要;②合理用药,近代高技术局部战争的战例已充分证实,在战时或某些特殊情况下,因持续军事飞行任务导致睡眠剥夺或睡眠不足、睡眠节律紊乱等应急保障的需求,适时、适量地使用催眠与兴奋药物以促进飞行人员的睡眠和疲劳恢复、保持和提高中枢觉醒功能,是非常重要乃至

关键的航空卫生保障措施;③疲劳相关病症的综合防治,采用肌肉锻炼、物理治疗和生物反馈放松训练等措施可降低疲劳相关病症的发生率及其严重程度。

我国目前尚未出版有关飞行疲劳研究方面的学术专著。笔者结合自己的科研工作,将有关的研究进展介绍给我国航空医学界同行,尤其是一线工作的航空医师和飞行人员,具有较强的针对性与实用性。本书第1~5、7~10章由詹皓编写,第6章由陈勇胜编写。编写过程中,得到了中国航天员科研训练中心杨唐斌研究员、第四军医大学航空航天医学系主任常耀明教授、空军航空医学研究所副所长丁立研究员和有关航空卫生保障专家的指导;写作过程中,得到了家人的支持和帮助;书稿整理得到了王若永、赵安东等同志的协助。国家科学技术学术著作出版基金和国防科技图书出版基金对本书出版给予了资助。在此一并致谢!

由于水平所限,书中不当之处恳请读者指正。

作者

目 录

第1章 睡眠与觉醒	1
1.1 生物节律简介	1
1.1.1 生物节律的基础知识	1
1.1.2 睡眠—觉醒节律	6
1.2 睡眠概述	8
1.2.1 睡眠的时相	9
1.2.2 睡眠的发生机制	11
1.2.3 睡眠的功能	12
1.3 睡眠与觉醒的评价方法	13
1.3.1 睡眠与觉醒的主观评价方法	13
1.3.2 睡眠与觉醒的客观评价方法	17
参考文献	20
第2章 飞行工作负荷	23
2.1 飞行工作负荷的定义与分类	23
2.1.1 工作负荷的基本概念和特征	23
2.1.2 飞行工作负荷的定义和分类	25
2.2 飞行工作负荷的评价方法	26
2.2.1 体力工作负荷评价	26
2.2.2 心理负荷评价	28
2.2.3 模拟与实际飞行条件下的工作负荷评价	33
2.2.4 利用生理指标评价不同特点的飞行任务 负荷	40
2.2.5 飞行工作负荷评价的发展趋势	42

参考文献	43
第3章 飞行疲劳的评价方法	46
3.1 疲劳的定义与分类	46
3.1.1 疲劳的定义	46
3.1.2 疲劳的分类	46
3.1.3 疲劳的发生机理	48
3.2 飞行疲劳的分类和评价方法	50
3.2.1 飞行疲劳的分类	50
3.2.2 飞行疲劳的评价方法	52
3.2.3 飞行疲劳评价方法的展望	58
3.3 飞行疲劳的发生机理	60
3.3.1 持续军事飞行任务时睡眠与工作负荷的 基本特点	60
3.3.2 影响飞行疲劳的因素	62
3.3.3 飞行疲劳的发生机理	64
参考文献	67
第4章 飞行疲劳的现状和危害	70
4.1 飞行疲劳的症状和体征	70
4.1.1 军事飞行人员的疲劳状况	70
4.1.2 民航飞行人员的疲劳状况	79
4.1.3 飞行疲劳的症状和体征	84
4.1.4 飞行疲劳时工作能力下降的主要表现	87
4.1.5 关于飞行疲劳的常见错误认识	88
4.2 疲劳导致的典型飞行事故分析	89
4.2.1 飞行事故的概念与分类	89
4.2.2 疲劳导致的典型飞行事故分析	89
参考文献	93
第5章 睡眠剥夺对飞行工作能力的影响	95
5.1 睡眠剥夺对认知操作能力和情感状态的影响	96
5.1.1 睡眠剥夺对行为和情感状态的影响	96

5.1.2	睡眠剥夺对认知操作能力的影响	97
5.1.3	睡眠剥夺条件下影响工作绩效的其他因素	99
5.2	睡眠剥夺对飞行工作能力的影响	102
5.2.1	睡眠剥夺对飞行操作能力的影响	102
5.2.2	睡眠剥夺对飞行员生理心理储备功能的影响	107
5.3	睡眠剥夺对视前庭功能与空间定向能力的影响	108
5.3.1	睡眠剥夺对视前庭功能的影响	108
5.3.2	睡眠剥夺对空间定向能力的影响	112
	参考文献	114
第6章	持续认知操作任务对人体有关生理、心理功能的影响	118
6.1	两种不同难度单任务持续操作时脑功能的变化特点	118
6.1.1	两种不同难度的单任务操作测试评价系统简介	118
6.1.2	两种不同难度的单任务持续操作对人体有关生理心理功能的影响	119
6.1.3	两种不同难度的单任务持续操作时有关心脑功能指标的生物节律变化	127
6.2	持续双重认知操作任务对人体有关生理、心理功能的影响	130
6.2.1	双重认知操作任务的特征	130
6.2.2	持续双重认知操作任务时有关脑功能指标的变化	131
6.2.3	模拟飞行双重认知操作任务系统的航空医学应用	134
	参考文献	135
第7章	预防飞行疲劳的常规方法	139
7.1	作息安排	139

7.1.1	飞行人员的睡眠需要量	139
7.1.2	睡眠卫生	140
7.1.3	睡眠与工作安排	142
7.2	小睡	145
7.2.1	小睡的效果	145
7.2.2	睡眠惰性	147
7.3	运动与休息	149
7.3.1	运动	149
7.3.2	休息和疗养	150
7.4	营养膳食	151
7.4.1	特殊氨基酸对睡眠觉醒功能的影响	152
7.4.2	不同营养素比例膳食对睡眠的影响	153
7.4.3	非药物的助眠促醒物质	154
7.5	急性时区转移的对策	155
7.5.1	一般性措施	155
7.5.2	合理使用褪黑素	157
	参考文献	164
第8章	常用催眠与兴奋药物的航空工效评价	168
8.1	常用短效催眠药的基本特征和对作业能力的 影响	168
8.1.1	替马西泮和三唑仑	168
8.1.2	唑吡坦	173
8.1.3	佐匹克隆	175
8.1.4	扎来普隆	177
8.1.5	国内的相关研究	181
8.2	常用中枢兴奋药的基本特征和对作业能力的 影响	183
8.2.1	苯丙胺	183
8.2.2	咖啡因	185
8.2.3	莫达非尼	188

8.2.4 国内的相关研究	191
参考文献	196
第9章 飞行任务的实用疲劳对策	202
9.1 常见飞行任务模式的睡眠觉醒管理方案	202
9.1.1 任务前飞行人员的睡眠觉醒管理	202
9.1.2 常见飞行任务模式的睡眠觉醒管理方案	203
9.2 实际任务中飞行人员的疲劳对策	205
9.2.1 座舱中的一般疲劳对策	205
9.2.2 飞行任务中觉醒管理方案的实施效果评价	207
9.2.3 飞行任务中飞行人员的催眠与兴奋用药 对策	212
参考文献	222
第10章 飞行疲劳相关病症的现状和综合防治	225
10.1 飞行疲劳相关病症的现状	225
10.1.1 颈部疼痛不适与颈椎病症	225
10.1.2 腰背部疼痛不适与腰椎病症	227
10.1.3 神经衰弱与头痛	230
10.2 飞行疲劳相关病症的综合防治	231
10.2.1 一般航空卫生保障与有关装备改进措施	231
10.2.2 预防与缓解飞行疲劳的综合措施	233
参考文献	246
附录 主要名词中英文对照	251

Contents

Chapter 1 Sleep and Wake	1
1.1 Brief introduction of biological rhythm	1
1.1.1 Fundamental knowledge of biological rhythm	1
1.1.2 Sleep and wake rhythm	6
1.2 An outline of sleep	8
1.2.1 Sleep phase	9
1.2.2 The mechanisms of sleep	11
1.2.3 The functions of sleep	12
1.3 Evaluation methods of sleep and wake	13
1.3.1 Subjective evaluation methods of sleep and wake	13
1.3.2 Objective evaluation methods of sleep and wake	17
References	20
Chapter 2 Flight Workload	23
2.1 Definition and classification of flight workload	23
2.1.1 Basic concept and features of workload	23
2.1.2 Definition and classification of flight workload	25
2.2 Evaluation methods of flight workload	26
2.2.1 Evaluation of physical workload	26

2. 2. 2	Evaluation of mental workload	28
2. 2. 3	The features of workload during simulated and actual flight	33
2. 2. 4	Evaluation of workload of various flight tasks by using physiological parameters	40
2. 2. 5	The trends of evaluation of flight workload ...	42
	References	43
Chapter 3	Evaluation Methods of Flight Fatigue	46
3. 1	General definition and classification of fatigue	46
3. 1. 1	Definition of fatigue	46
3. 1. 2	Classification of fatigue	46
3. 1. 3	The mechanisms of fatigue	48
3. 2	Classification and evaluation methods of flight fatigue	50
3. 2. 1	Definition of flight fatigue	50
3. 2. 2	Evaluation methods of flight fatigue	52
3. 2. 3	Prospects for the evaluation methods of flight fatigue	58
3. 3	The mechanisms of flight fatigue	60
3. 3. 1	Basic features of sleep and workload during sustained military flight tasks	60
3. 3. 2	Factors related to flight fatigue	62
3. 3. 3	The mechanisms of flight fatigue	64
	References	67
Chapter 4	Present Conditions and Harmfulness of Flight Fatigue	70
4. 1	Symptoms and signs of flight fatigue	70

4. 1. 1	Present conditions of flight fatigue in military aircrew	70
4. 1. 2	Present conditions of flight fatigue in civil aircrew	79
4. 1. 3	Symptoms and signs of flight fatigue	84
4. 1. 4	The main manifestations of performance decline during flight fatigue	87
4. 1. 5	The wrong views about flight fatigue	88
4. 2	Typical case analysis of fatigue induced flight accidents	89
4. 2. 1	The concept and classification of flight accidents	89
4. 2. 2	Typical case analysis of fatigue induced flight accidents	89
	References	93

Chapter 5 Effects of Sleep Deprivation on Flight

	Performance	95
5. 1	Effects of sleep deprivation on cognitive performance and moods	96
5. 1. 1	Effects of sleep deprivation on behavior and moods	96
5. 1. 2	Effects of sleep deprivation on cognitive performance	97
5. 1. 3	Other factors of influencing performance under sleep deprivation	99
5. 2	Effects of sleep deprivation on flight performance ...	102
5. 2. 1	Effects of sleep deprivation on flight	