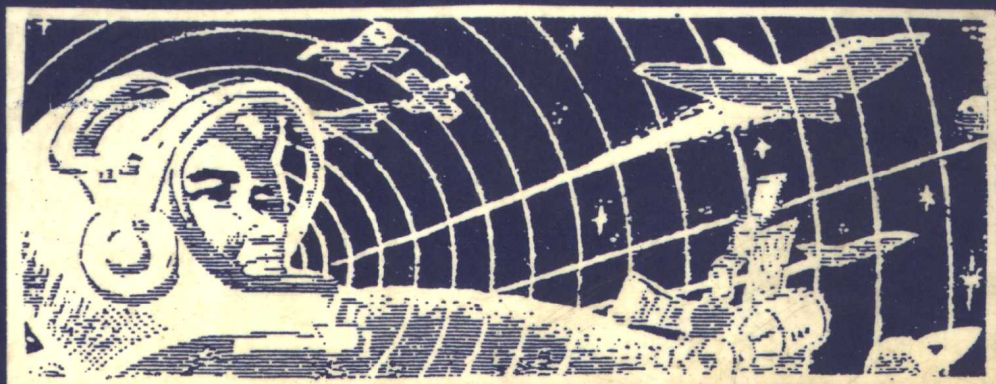


飞行器-机-环境系统工程系列专著

人-机-环境系统工程 生理学基础

主编 陈 信 袁修干

北京航空航天大学出版社



人-机-环境系统工程 生理学基础

主编 陈 信 袁修干

北京航空航天大学出版社

本书是飞行器-机-环境系统...
著者们在多年研究成就与实践经验的基础上,..
容与最新成就。全书共分 11 章,分别为:大气环境因素(压力、
力学环境因素(超重、失重、冲击负荷、振动、噪声与宇宙辐射)以及照明、
广泛,学术性与实用性强,并体现了航空与航天两大领域、人体与工程两大学科。
合,具有特色。

本书适用于航空、航天医学与工程的技术研究人员、教学人员、研究生以及感兴趣的读者。

图书在版编目(CIP)数据

人一机-环境系统工程生理学基础/陈信等编著. —北
京:北京航空航天大学出版社,1995

ISBN 7-81012-611-3

I. 人… II. 陈… III. 飞行-环境因素-影响-人一机系
统 IV. V328.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 16693 号

●书名:人-机-环境系统工程生理学基础

REN-JI-HUANJING XITONG

GONGCHENG SHENGLIXUE JICHU

- 主编:陈 信 袁修干
- 责编:赵延永 杨学棋
- 责校:李宝田
- 出版:北京航空航天大学出版社
- 地址:北京市学院路 37 号(100083)
- 印刷:朝阳科普印刷厂
- 发行:新华书店总店总店北京发行所
- 经售:全国各地书店
- 开本:787×1092 1/16
- 印张:35.25
- 字数:902 千字
- 印数:1 000 册
- 版次:1995 年 10 月第 1 版
- 印次:1995 年 10 月第 1 次印刷
- 书号:ISBN 7-81012-611-3/V·042
- 定价:54.00 元

F852
CX

101555

飞行器人-机-环境系统工程系列专著
编 委 会

主编 陈 信 袁修干

编委 (按姓氏笔画排序)

于志深	王玉兰	方振平	龙升照
孙长祝	孙洪元	庄祥昌	刘建中
吴文灿	吴国兴	陈延航	陈 信
余和琤	杨春信	沙 斌	庞 诚
周笃强	贾司光	袁修干	钱维权
顾鼎良	谢宝生	滕育英	

本书作者

贾司光	庞 诚	顾鼎良
于志深	庄祥昌	谢宝生
王玉兰	滕育英	刘建中
钱维权	周笃强	吴文灿
吴国兴		

代 序^①

人-机-环境系统工程是很重要的一项工作。这个问题之所以重要,是因为过去我们对于精神与物质、主观与客观、人与武器这些问题,只能在哲学的高度来论述,要具体应用到某个问题,如国防科技问题,就没有什么办法了,不能定量,也不能进行严格的科学分析。这么一个状态,在最近十年已开始有变化,一个是由于自然科学技术的发展,对于人,在人的生理、功能、心理,以至于脑科学方面,最近十几年的发展是很大的,幸而在这些方面发展的同时还有另一方面的发展,即系统科学的发展,现在有机会将各个领域里的发展综合起来,这一综合就由量变到质变,有一个飞跃,以至于我们所今天可以提出人-机-环境系统工程,把人、机器与整个客观环境联在一起来考虑。联系在一起考虑就跟单个地考虑人、单个地考虑机器、单个地考虑环境不一样,这就是辩证法,总体辩证法。因此,我们提出的这个观点,对于我国的国防科学技术有深远的意义,这包括两个方面:一是从武器系统来讲,人与机器结合起来,而这种结合是越来越深入了。因为现在已经由于人工智能、专家系统这些方面的发展,将很复杂的武器系统里人操作这个系统中忙不过来或来不及解决的很多问题让电子计算机来解决,也就是说,人的操作已经分了工,一部分操作即控制武器的功能已经让机器去做了,人要腾出手来作更高级的判断或决策,所以人-机-环境这个系统里人与机器的分工跟过去不一样,这是一个大的问题。举例来讲,里根提出的SDI,那个东西差不多全是人工智能机器、计算机在操作的,因为不可能由人来操作,要在两三分钟之内打掉几万个目标,那是不可能由人来操作的,这是个极端的例子。当然他做得成做不成还是个问题,但他想那么做,朝那个方向走了。实际上他朝那个方向走是有基础的,就是现在的更简单一点的系统,最简单的如飞机的操作,大概在十几年前,曾经争论得很厉害,是否把驾驶舱里的仪器的信息综合起来,经过电子计算机的处理,然后显示给驾驶员。这是条理很清楚的一种显示,而不是像过去,驾驶员得一个个地读仪表。实际上有这个需要,因为驾驶员实在忙不过来读好几百个仪表。刚提出这个问题,也有人反对,说机器靠不住,计算机不如人靠得住。经过十几年的争论,实际上飞机的驾驶舱里已经完全用计算机处理了。

就这一个问题来看,人与机器的关系有了很大的变化,在复杂的武器系统里完全靠人去操作,不大可能,人没有这个本事,所谓更高级的自动化,甚至叫自主化,即对一些简单的操作,不需要人去参与,它就可以执行。这在武器系统里已经开始。将来一定是朝这个方向发展。因为武器系统越来越复杂,比现在还要复杂,

^① 本文是根据钱学森在航天医学工程研究所 1985 年的讲话整理的。

不得不这样做,所以人-机-环境系统工程已提到日程上来了。另一个问题,是更高级的,到了指挥系统,就是我们所说的C³I这些系统,一个指挥员当然是指挥战斗的,但指挥员要是离开了C³I,他也没法子工作。这是更高一级的指挥作战。无论从哪方面来看这个问题,我们都应意识到,在今天20世纪80年代要预见到21世纪国防科学技术的发展,不能再忽视人-机-环境系统工程了。

人-机-环境系统工程对于我们首先是用于国防建设,当然还有其他的应用。这么一个方向,现在已经得到领导的同意,定下来了。这个事大家虽然做了多少年了,但这方面的研究工作份量要加重,因为在这方面国外在发展,我们自己做的工作,也是不少的。国外的发展运用到国防技术方面和民用方面的量都很大,特别是他们最近的发展道路是:人和武器的中间还得再加一个,即人加电子计算机加武器加环境这样一个系统。我们也是这样想的,虽然我们没有说人-电子计算机-武器-环境系统,但我们的人-机-环境系统是包括这个内容的。这方面的发展看来已提到日程上来,我们要注意了。今后的国防技术的发展恐怕必然要走这条路。人、机要结合起来,这中间要有电子计算机。人、电子计算机和武器装备要结合起来。这个问题已经很重要了,光是人加武器装备已经不行了,还要加一个电子计算机,这个电子计算机要能尽量代替人的一部分工作,也就是采用专家系统、人工智能机这类东西。国外在这些方面的发展也是很多的,你们一定看过了,我最近拿到一本《人-机系统研究的最近发展》,这是1984年的,恐怕每年一本。其中内容就是我们说的这些。这样,我们的讨论会恐怕得把这个内容加进去,因为人-机-环境系统是我们自己讲的,现在这个任务已经不是我们自己讲的,是领导给我们的任务,而且认为这是国防科学技术发展的一个重要方面。

不能等人体科学都解决了问题再搞人-机-环境系统工程,现在摆着这些问题,不得不用简单、简化的理论和简单、简化的模型去做,但要用得合适,就解决问题,用得合适,就解决不了问题,就会失败。这里重要的是经验因素,可能要有好多模型,什么样的模型在什么场合用起来合适,这恐怕要你们使出看家老本了。

老人有个缺点,反应慢,我想假如仅仅是反应慢这么一个问题,这是可以解决的。就是在一个系统即机器和人之间加一个智能机,现在称人工智能。智能机可以解决反应慢的问题,因为反应慢是有规律的,就可以用机器,这个问题很重要。实际上年轻人也会遇到很紧张很复杂的情况,如果他们的反应还跟不上,中间也可加智能机。现在光是人操作武器不行,人操作武器时要有智能机的帮助。所以将来人-机-环境系统工程上还要加一个,要考虑的不能光是人、环境、机器;人、环境、机器中间还要加一个智能机,即人工智能,作为人的辅助的手段,帮助人做工作。我们现在考虑人-机-环境系统工程似乎应该有这么一个因素。人-机-环境系统工程现在的内容更复杂了,加了一个智能机,人工智能这些东西。

人工智能,或叫专家系统,就是中间加上有智能的电子计算机。国外考虑的新

式武器大概都包括这个内容,没有什么人直接操纵武器,人操纵武器之间还有一个环节——智能机。这个智能也不是很高的智能,只是将有经验的人或者用武器打仗的这套经验形成电子计算机能够使用的一些规律,在实际操作中电子计算机就可以显示出该怎么打。这样就使一般的人因两个缘故:经验不够出错和情况复杂引起紧张出错的情况得以避免,并提高其作战操作能力,这是很重要的。现在美国已经在考虑这个问题,它的战斗机已有这种功能,不完全靠驾驶员自己,还靠机器,机器总结了以前所有使用这种飞机的最好的经验。对这个问题,我们是应该考虑的。我们完全有这个条件,我们不是有很多搞计算机和电子的人吗,也有搞心理的人,这是个好机会。这也是人-机-环境系统工程这个总题目里需要的。

人-机-环境系统工程要想得更远一些,想到2000年,想到21世纪。我们想的这个人-机-环境系统工程也是国防科学技术方面的问题。现在有一些迹象或苗头给我们一些启示,就是说到了21世纪,好像作战的系统决不是我们现在熟悉的作战系统。打仗,当然要靠人,但人跟机器,跟人-机使用的环境关系更错综复杂,或者说人跟机器更紧密。这个机器包括计算机。这样一个问题恐怕要考虑,譬如说机器人也会出现在我们这个人-机-环境系统工程里面,而且一个美国人在考虑空间站的进一步发展所说的机器人不是现在的这种机器人,现在的机器人大概只有一个胳膊,单臂的,做一件事情。比如生产线上用来喷漆的机器人,再有搞装配的机器人,大概就是一个胳膊一只手。但将来要考虑的机器人,要好多个胳膊,实际上是好多个机器人协同工作的。这个问题就复杂得多了。两个胳膊都在那儿工作别打架呀!何况多臂多个机器人在那儿工作,这是一个新问题。再说计算机,计算机现在最热的一个热门是让计算机有智慧,或者有一部分人的智慧,叫智能机。这是最热门的一个事情。现在像美国、日本、西德、欧洲都在搞这个事情,搞竞赛。我认为这个问题可以这样说,现在的计算机可以说是最笨的机器。就是这么一个笨的机器已经对我们技术的发展起了这么大的作用,这是在计算机早年包括我这样的人所从来没有想到的。那个时候认为计算机么,无非是计算计算了,但现在很清楚,计算机是影响了整个科学技术,影响了社会发展。假定它有智能了,那简直是不得了的事情。可见是热门了。各国都在做这个事情,也就是说把计算机变成高度并行的运算机。人的神经系统是高度并行的。所谓人的创造性——智能,最主要的恐怕就是这个。我们常常说一个人想问题简单,就是单线的想问题。如果这个人聪明,他就不是单线的,是好多线的想问题。这就是说人的智能是高度并行的。现在国外研究的就是高度并行的计算机。比我们的银河I号还要快。

我们说到了2000年,同志们如果觉得有道理,就在人-机-环境系统工程的题目下有一个远期的设想,就要作预先研究。

前 言

本书是国家教委“八五”期间重点图书飞行器人-机-环境系统工程系列专著(共三本)之一。按航空航天环境人体工程在飞行器(航空器与航天器)人-机-环境系统工程中的作用与地位,共分11章,分别阐述该专业的基本内容与最新成就。

航空航天环境因素在广度上、危害性上(特别是空间自然环境)远远胜过地面上的任一领域。该环境的人体工程是在阐明诸种环境因素人体效应的基础上,通过工程技术和医学保障实现对环境因素的防护,从而保证飞行员与航天员能够健康地生存和高效地执行任务。因此,环境人体工程在航空航天中具有重要作用,并占有重要地位。但在国内外尚缺乏系统的专著。基于飞行器人-机-环境系统工程生理学的研究历史久,资料分散,但多有记载,本书仅在体现航空航天两大领域相关性(连续性、继承性,在成就上相辅相成)的基础上,侧重有关航天器(飞船、航天飞机、空间站)的内容。

第一章是本书的总论。从整体和系统高度阐述在各章(各论)中难以提及的、各种航空航天环境因素作用于人体产生的反应特征与规律(包括共性与特性),俾使在各论的基础上将人-环关系提到更高层次的认识。

第二、三章是阐述大气环境(舱内人工环境与舱外高空及宇宙空间的自然环境),包括压力、生理气体、惰性气体、有害物质、温湿度的人体效应及其防护。压力与温度应急是航空器与航天器备受关注的意外事件,在这两章里得到充分讨论。

第六、七、八、九、十章分别阐述力学环境的人体效应与防护。重力环境中的失重(微重力)是载人航天中唯一独特存在的力学因素,对其认识尚鲜为人知;人体效应更欠深入探讨,故占主要篇幅。航天飞机升空以来,在上升段与返回段存在的强大超重问题,已得到解决。在飞船上存在的超重问题,已得到缓解。挑战者号航天飞机空中爆炸,促进了对航天救生的关注。振动、噪声、照明是飞行器经常存在的环境因素。航天器舱壁对宇宙辐射具有一定的屏蔽作用,在一般情况下人在舱内接受到的剂量不超过安全限。对这些在地球上、航空中已存在的环境因素,文中仅侧重载人航天的特点与需要,分别立章简述。

第十一章专题论述航空航天中上述各种环境因素对人体作用的复合效应和其在工程与医学上的防护。人生存于多种环境因素,经常受到多种因素的同时或相继作用。通过本章与上述各章的阐述,可以对人-环境关系得到全面认识。

第四(水)与第五(营养)两章是阐述人与生存环境之间的物质与能量相关问题,这在航天领域具有不同于在地球上与航空中的独特意义,是在长期航天中生态密闭环境系统中的关键组成环节。

本书的内容,除了具有学术与理论(环境生理学、人体工程学)意义外,也是飞行器(主要是航天器)人-机-环境系统工程中生命保障、环境控制与安全救生三大系统的工程设计、使用与评价的理论基础与人的因素的依据;还可用于航天工效学与医学保障(选拔、训练和飞行中监督)的方案设计,具有广泛的应用价值。

目 录

第一章 绪论

一、航空航天中的环境因素	(1)
(一) 环境因素的存在环境与条件	(1)
(二) 人体效应	(3)
二、环境因素在人-机-环境系统中的作用与地位	(6)
(一) 不安全因素分析	(7)
(二) 不同功能状态的确立	(9)
(三) NASA 三种量级水平	(10)
(四) 原苏联的两种安全水平	(10)
(五) 代谢平衡	(10)
参考文献	(12)

第二章 大气压力与气体

第一节 大气压力	(14)
一、含气空腔器官气压性损伤	(14)
(一) 中耳与鼻窦	(14)
(二) 胃肠道	(17)
(三) 肺脏	(18)
二、高空减压病	(21)
(一) 类型	(21)
(二) 产生高度与影响因素	(22)
(三) 防治对策	(25)
三、体液沸腾	(31)
第二节 生理气体	(32)
一、氧与二氧化碳的生理功能	(32)
(一) 参与物质代谢的氧化过程	(32)
(二) 氧与二氧化碳的调节功能	(34)
(三) 参与能量代谢的测定	(35)
二、氧和二氧化碳在血液里运输	(38)
(一) 氧气在血液里运输	(38)
(二) 血氧饱和度	(39)
(三) 二氧化碳在血液里运输	(39)
三、缺二氧化碳效应	(40)
(一) 对物质代谢的作用	(40)
(二) 对脑循环的影响	(40)

(三) 对功效的影响	(40)
(四) 症状与体征	(41)
四、高二氧化碳效应	(41)
五、缺氧	(43)
(一) 高空急性缺氧的发生条件与根本原因	(44)
(二) 缺氧氧化过程	(45)
(三) 呼吸循环功能的改变	(48)
(四) 缺氧症状	(59)
(五) 功效的改变	(60)
(六) 运动协调功能障碍	(65)
(七) 视觉功能障碍	(66)
(八) 意识障碍	(68)
(九) 吸氧反常效应	(71)
六、高氧效应	(72)
七、氧与二氧化碳的复合效应	(75)
第三节 惰性气体	(77)
一、低压效应	(77)
(一) 对高空减压病的影响	(77)
(二) 对减压时间的影响	(78)
(三) 对爆炸减压气压性损伤的影响	(79)
二、代谢效应	(80)
三、温度效应	(80)
(一) 快感温度(快感带)问题	(80)
(二) 热交换	(80)
四、声音效应	(81)
五、工程技术上的考虑	(81)
六、人对稀释气体要求的设计依据	(82)
(一) 作为稀释气体时的功能	(82)
(二) 设计依据	(83)
第四节 有害物质	(83)
一、污染物来源	(83)
(一) 人体排出污染物	(83)
(二) 非金属材料等排出污染物	(85)
(三) 微生物	(88)
(四) 粒子与气溶胶	(88)
(五) 仪器设备	(89)
二、航天飞机人舱污染	(89)
三、对人体的作用与途径	(90)
(一) 毒性物质的体内路径	(91)

(二) 暴露量-反应相关	(91)
(三) 混合物的复合毒性	(91)
四、卫生学标准的制订	(92)
五、乘员舱大气污染控制及净化措施	(93)
(一) 控制人体代谢产物	(93)
(二) 选择非金属材料的方法	(93)
(三) 降低非金属材料脱气产物的浓度	(93)
(四) 安全利用非金属材料	(94)
(五) 净化乘员舱大气	(94)
六、乘员舱大气卫生监测	(95)
七、模型预测	(95)
第五节 设计参量与防护方案	(96)
一、急性高空缺氧生理界限值	(96)
(一) 最佳值	(97)
(二) 夜航安全值	(97)
(三) 功效保证值	(98)
(四) 功效容许值	(99)
(五) 缺氧耐限值	(99)
(六) 缺氧极限值	(100)
二、普通供氧生理要求	(101)
(一) 供氧量	(101)
(二) 呼吸气阻力	(101)
(三) 夜航供氧高度	(102)
(四) 飞行人员供氧要求	(102)
(五) 安全余压要求	(103)
(六) 稀释供氧要求	(104)
(七) 巡航飞行供氧要求	(106)
(八) 作战飞行供氧要求	(107)
(九) 被运输人员的供氧要求	(107)
(十) 被运输人员的应急供氧要求	(107)
三、高空加压供氧	(108)
(一) 供氧方式	(108)
(二) 加压呼吸效应	(109)
(三) 加压供氧生理界限值	(111)
(四) 生理等效高度	(112)
(五) 缺氧与加压供氧的复合效应	(113)
(六) 高空加压供氧系统的生理要求	(113)
(七) 分子筛供氧	(120)
(八) 高空加压供氧装备的防护性能	(120)

四、飞机座舱压力制度	(124)
(一) 等压调控的压力制度	(124)
(二) 差压调控的压力制度	(124)
五、航天器乘员舱(人舱)压力制度	(125)
(一) 人体要求	(125)
(二) 低压对环境因素的影响	(127)
(三) 工程技术要求	(128)
(四) 火灾	(129)
(五) 同航天服的压力制度的匹配问题	(130)
(六) 三种典型增压舱压力制度的分析	(131)
六、航天服压力制度	(132)
(一) 设计要求	(133)
(二) 已采用的航天服压力制度	(137)
(三) 高性能航天服	(138)
(四) 设想方案	(139)
(五) 制定压力制度的要点	(140)
(六) 压力制度的系统验证	(142)
(七) 模型预测	(142)
七、压力应急	(143)
(一) 爆炸减压	(144)
(二) 舱内压力应急防护	(146)
(三) 主动段与返回段航天服回路生理要求	(147)
参考文献	(149)
第三章 温度医学工程	
第一节 人体与环境间的热交换	(151)
一、人体与环境间热交换的途径	(152)
(一) 辐射热交换	(152)
(二) 传导热交换	(153)
(三) 对流热交换	(153)
(四) 蒸发热交换	(155)
二、热交换中的物理变量	(156)
(一) 单个变量	(157)
(二) 综合变量	(157)
三、热交换中的生理变量	(160)
四、航空航天活动中影响热交换的因素	(160)
(一) 压力因素	(161)
(二) 微重力环境	(163)
(三) 服装因素	(163)
(四) 振动因素	(163)

第二节 高、低温条件下体温调节的特点	(163)
一、体温的调节与控制	(163)
(一) 体温的生理性调节	(164)
(二) 体温的行为性调节	(165)
(三) 体温调节的基本特点	(166)
二、高、低温应激时的人体生理反应	(167)
(一) 温度应急反应的过程特点	(168)
(二) 人体温度状态的定性-定量分区	(170)
(三) 局部性温度反应	(172)
三、人体高、低温耐受潜力的发挥与提高	(172)
(一) 水分热量补充	(173)
(二) 习服与训练	(173)
(三) 工作/休息时间比	(173)
(四) 调温服及其他措施	(174)
四、体温调节数学模型	(174)
第三节 高温条件下的人-机工效问题	(175)
一、高温环境对不同性质作业的影响	(175)
(一) 高温对体力作业的影响	(175)
(二) 高温对技巧作业的影响	(176)
(三) 高温对智力作业的影响	(178)
二、高温下工作效率变化与生理机能改变的关系	(180)
三、从高温生理耐限推导工效耐限的问题	(182)
四、延缓高温工效下降的生理学措施	(183)
(一) 作业熟练程度	(184)
(二) 高温习服与体质训练	(185)
(三) 合理的饮水和作息制度	(185)
第四节 低温环境下的人-机工效问题	(188)
一、低温环境对不同性质作业的影响规律	(188)
(一) 手动作业	(188)
(二) 协调作业	(190)
(三) 智力作业	(191)
(四) 体力作业	(192)
二、影响低温工效因素的分析	(193)
(一) 人体冷却部位	(193)
(二) 冷却速率、冷却程度和冷却持续时间	(194)
(三) 作业类型、难度与负荷度	(195)
(四) 人体的能力与状态	(196)
三、维持低温工效的原则性措施	(196)
(一) 手部保暖	(196)

(二) 全身性保暖	(197)
(三) 工程设计考虑	(197)
(四) 低温习服	(197)
(五) 作业训练	(197)
(六) 合理的作业制度	(197)
第五节 飞行器座舱温度环境的医学要求	(198)
一、温度环境及其主要参数	(198)
(一) 飞行器座舱的温度环境	(198)
(二) 温度应激的复合特性	(199)
(三) 温度环境的基本参数及其对人体的影响	(202)
二、舱室温度环境的医学要求及其分级	(207)
(一) 舱室温度环境医学要求的分级	(207)
(二) 各级医学要求的参数设计及其适用范围	(208)
三、舱室温度环境的测量与评价	(211)
(一) 温度环境应激指数及其分类	(211)
(二) 舱室温度环境的评价	(212)
第六节 高低温条件下防护服装调温功能的医学工程基础	(218)
一、服装的热传递特性	(218)
(一) 服装显性热传递问题	(219)
(二) 服装蒸发热传递问题	(223)
二、调温装备的最佳设计	(226)
(一) 一般要求	(226)
(二) 低温防护装备设计的生理学要求	(227)
(三) 高温防护装备设计的生理学要求	(229)
三、两种常用的个体调温服	(230)
(一) 通风服	(230)
(二) 液冷服	(236)
四、关于头颈部致冷的特殊考虑	(243)
(一) 头部热交换问题	(244)
(二) 头部温度的恒定对全身热应激反应的影响	(245)
(三) 头部致冷的效能	(246)
(四) 头部致冷在航空活动中的特殊意义	(249)
(五) 头部选择性致冷的特殊生理机制	(249)
五、调温装备的评价	(251)
(一) 评价程序	(251)
(二) 评价内容	(252)
第七节 温度环境影响某些特因对人体的反应性	(252)
一、高温对缺氧耐力影响及其发生原因的分析	(252)
(一) 高温对缺氧耐力影响的客观表现	(252)

(二) 高温降低机体对缺氧耐力的原因分析	(254)
(三) 根据高温下组织缺氧的原因, 在实践中应采取的对策	(257)
二、高温对正向超重($+G_z$)耐力的影响	(258)
(一) 高温作用对正向超重($+G_z$)耐力的影响	(259)
(二) 抗荷装置对防止因高温降低 $+G_z$ 耐力的作用	(260)
(三) 高温条件下 $+G_z$ 耐力降低的原因分析	(260)
三、低温与缺氧	(263)
(一) 缺氧对机体在低温环境下体温调节的影响	(263)
(二) 低温对机体缺氧耐力的影响	(265)
(三) 缺氧与低温对机体水交换的影响	(266)
参考文献	(270)
第四章 飞行活动中的失水和供水	
第一节 水的生理作用与水平衡的调节	(276)
一、水的生理作用及其有关特性	(276)
二、水平衡的调节	(277)
(一) 水进出体内的途径	(277)
(二) 水在体内的分布	(277)
(三) 身体水平衡的调节	(278)
第二节 失水对身体生理与工效的影响	(279)
一、对温度调节的影响	(279)
二、对循环功能的影响	(281)
三、对工效的影响	(281)
第三节 航空航天活动中影响机体维持水平衡因素的分析	(283)
一、高温环境	(283)
二、作业强度	(285)
三、高温环境与体力负荷相结合	(288)
四、低温与缺氧	(289)
五、失重(微重力)	(289)
第四节 关于补水的原则	(290)
一、补水的数量	(290)
(一) 地面作业时补水数量的依据	(290)
(二) 影响补水量的因素	(291)
二、补水的质量	(293)
(一) 电解质的补充	(293)
(二) 糖类的补充	(294)
第五节 生保系统装备设计中供水量的医学问题	(295)
一、航天活动中饮用水的来源	(295)
二、航天乘员饮用的水量	(295)
参考文献	(298)

第五章 飞行特殊环境中的营养学

第一节 环境与人体营养的关系	(300)
一、人体的结构和功能, 饮食营养与人体的关系	(300)
(一) 人体是个开放的复杂巨系统	(300)
(二) 饮食营养与人体的关系	(300)
二、环境因素对人体的影响	(303)
(一) 环境因素对人体的作用途径	(303)
(二) 飞行环境对人体的影响	(303)
(三) 航天环境的特点及其对人体的影响	(305)
(四) 飞行环境多因素对人体的联合作用	(306)
三、人体对环境的反应、适应及耐受能力取决于机体的生理及营养状况	(308)
(一) 生命的特征与机体调节控制系统的作用	(308)
(二) 机体内环境稳定的维持和机体对外环境的反应能力取决于机体的生理 及营养状况	(309)
第二节 飞行环境的营养要求及保障措施	(312)
一、飞行环境的营养要求	(312)
(一) 平衡膳食的基本要求	(312)
(二) 航空、航天中人体的能量需要	(312)
(三) 能源物质的需要量及其配比	(312)
(四) 维生素及其他营养素的需要量	(313)
(五) 航空航天每日膳食营养素的供给量标准	(313)
二、飞行环境的营养保障措施	(314)
(一) 飞行前的营养保障措施	(315)
(二) 飞行中的营养保障措施	(315)
参考文献	(317)

第六章 重力与救生

第一节 航空航天中的重力环境	(319)
一、基本物理概念	(319)
(一) 重力	(319)
(二) 加速度	(320)
(三) 常用术语	(321)
二、持续性超重	(323)
(一) 航空航天中持续性超重的特点	(323)
(二) 决定超重效应的基本因素	(324)
(三) 持续性超重的研究方法	(326)
三、冲击性超重	(327)
(一) 弹射过载	(328)
(二) 气动减速过载	(328)
(三) 开伞动载	(329)

(四) 着陆冲击过载	(330)
四、失重	(332)
第二节 超重人体工程问题	(333)
一、持续性超重对机体的影响、耐力和防护措施	(333)
(一) 持续性+ G_x	(333)
(二) 持续性+ G_z	(347)
(三) 持续性侧向超重($\pm G_y$)	(354)
二、冲击性超重对人体影响、耐力和防护措施	(354)
(一) 弹射过载对人体的影响、耐力和防护措施	(354)
(二) 减速过载对人体的影响、耐力及防护措施	(360)
(三) 开伞冲击过载对人体影响、耐力和防护措施	(362)
(四) 着陆冲击对人体影响、耐力和防护措施	(363)
第三节 失重(微重力)的人体工程	(370)
一、研究失重(微重力)人体工程的意义	(370)
二、指导思想及方法论	(371)
三、失重(微重力)环境中人体生理变化的规律性	(373)
四、失重(微重力)环境中人体的主要生理反应	(373)
(一) 神经前庭系统	(374)
(二) 心血管系统	(375)
(三) 血液和电解质	(377)
(四) 骨骼-肌肉系统	(378)
五、返回地面后再适应问题	(381)
六、防治措施	(382)
(一) 体育锻炼	(382)
(二) 穿戴特种服装或装置	(383)
(三) 服用药物	(384)
(四) 中国传统医学的应用	(384)
(五) 电刺激法	(385)
(六) 服用盐水	(385)
(七) 严格选训航天员	(385)
(八) 人工重力	(386)
第四节 航空航天救生	(386)
一、各种飞行器的救生(逃生)	(386)
(一) 歼击机与轰炸机的救生	(386)
(二) 直升机救生	(388)
(三) 垂直起落飞机的救生	(390)
(四) 旅客机的救生	(391)
(五) 水上飞机的救生	(392)
(六) 载人航天器的救生	(392)