

航空个人防护装备

南京航空学院
北京航空学院 等 编



国防工业出版社

V244
1001

航空个人防护装备

南京航空学院
北京航空学院
等编



国防工业出版社

427558

内 容 简 介

本书共分七章。第一章介绍了防护救生设备的生理学基础知识；第二至第四章介绍了全套供氧系统的结构、工作原理及主要设计参数的计算；第五、六章介绍了抗荷及其它防护救生设备；第七章是航天员防护装备的简介。

本书可供飞机设计专业教学使用，也可供从事飞行员防护设备方面工作的工程技术人员参考。



航空个人防护装备

南京航空学院 等编
北京航空学院

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 18¹/₂ 473 千字

1982年1月第一版 1982年1月第一次印刷 印数：001—700册

统一书号：15034·2340 定价：2.30元

前 言

航空个人防护装备,作为航空人员生命保障系统的一个重要组成部分,是保证现代空勤人员正常工作效能以及应急安全救生所必需的装备。

随着航空技术的发展,现代航空个人防护装备的功能已从单纯的缺氧防护扩大到下列各个方面:

- (1) 防护应急离机时高速气流的侵袭;
- (2) 防护高温和低温环境的影响;
- (3) 防护大机动飞行或强迫着陆时头颅的碰撞;
- (4) 提高机动飞行时,飞行员对过载的耐力;
- (5) 防护各种高空太阳辐射和宇宙粒子辐射的危害;
- (6) 防护各种噪声的影响;
- (7) 保证在应急落水时的浮力和体温的保持等。

随着机载设备的发展,个人防护装备还有更多样的功能。例如:与瞄准具相结合形成的头盔瞄准具,使飞行员头盔与火控系统有了直接联系;又如为使座舱环境控制系统的功能分配更为合理,发展了多种调温服、液冷头盔等。

本书主要介绍现代航空个人防护装备的技术现状和发展,各种防护装备的原理和结构。对航空医学的生理学基础知识和主要供氧附件的计算方法有较详尽的论述,并以丰富的科研生产实践的数据为基础。同时,还对航天员防护装备作了简介。因此,本书可作为有关厂、所、院校、部队从事本专业研究、设计、生产、使用维护等方面的科技人员和航医人员参考。亦可用作航空院校专业教学的教材。

参加本书编写的人员主要有张立藩、李瑞乾、周至善、孙国

目 录

第一章 航空生理学基础知识	1
第一节 呼吸生理简介	1
一、呼吸器官的结构特点	2
二、肺的通气功能	7
三、肺的气体交换功能	19
四、血液的氧运输功能	24
第二节 高空生理	29
一、低气压与气压剧变的物理性影响	29
二、高空缺氧对人体的影响	37
第三节 持续性正加速度对人体的影响及其防护原理	56
一、循环生理简介	56
二、加速度的生理学分类	61
三、正加速度对人体的影响	63
四、人对正加速度的耐力	68
五、提高对正加速度耐力的措施	69
第四节 异常环境温度	70
一、环境温度特点	71
二、温度对人体的作用	74
三、人体对不同温度的耐受限度	80
四、异常环境温度的防护	90
第二章 飞机供氧系统	94
第一节 概述	94
第二节 供氧系统性能设计	97
一、连续供氧	97
二、肺式供氧	105
三、加压供氧	119
四、爆炸减压的安全防护	144
五、工作条件的改善	154

六、跳伞供氧	158
七、调节器的安放位置及其对系统性能的影响	163
第三节 氧源及管路设计	166
一、氧源	166
二、导管	178
三、氧源管路的布置	187
第四节 机上产氧	194
一、固态氧源	194
二、碱金属超氧化物产氧源	196
三、氟矿物吸附法产氧	197
四、电化学产氧法制氧	199
五、分子筛变压吸附法制氧	202
六、闭式呼吸回路供氧	205
第三章 供氧系统的主要附件	210
第一节 连续式供氧调节器	210
一、工作原理	210
二、主要性能指标	214
三、性能指标的保证	218
第二节 肺式供氧调节器	231
一、一般原理及功用	231
二、典型调节器的工作原理	233
三、主要性能指标	245
第三节 肺式供氧调节器主要性能指标的保证	258
一、肺式机构和流量特性	259
二、安全余压机构及安全余压特性	268
三、含氧浓度调节机构及其特性	276
四、加压机构和余压特性	281
五、压力比机构和压力比特性	289
六、加压顺序控制	293
第四节 氧气减压器和开关	301
一、氧气减压器	301
二、氧气开关	313

第五节 跳伞供氧器和断接器	320
一、跳伞供氧器	320
二、断接器	331
第六节 指示仪表	338
一、机械式氧气压力表	338
二、磁同步器式压力传感器和指示器	344
三、氧气余压表	344
四、液氧贮量表	345
五、氧气示流器	347
六、氧分压传感器	350
第七节 供氧附件常用的气动元件	352
一、限流孔	352
二、毛细管	358
三、活门	364
四、引射器	368
第八节 供氧附件常用的弹性元件	374
一、非金属膜片	374
二、金属膜片和膜盒	379
三、波纹盒	383
四、碟形弹簧	391
第四章 面罩、头盔和加压服	396
第一节 氧气面罩	396
一、功用和工作原理	396
二、设计要求	401
三、氧气面罩的机构设计	403
四、闭式回路供氧面罩	416
第二节 保护头盔	418
一、一般构造和功用	418
二、主要技术要求	421
三、防护外壳和减震垫的设计	423
四、面板和滤光镜设计	428
五、耳罩受话装置的设计	430
六、几种保护头盔简介	431

七、试验及试验设备	434
第三节 加压头盔	442
一、分类及技术要求	442
二、典型加压头盔	444
三、机构设计	448
第四节 加压服	452
一、概述	452
二、全压服	454
三、分压服	457
四、侧管式分压服（高空代偿服）	457
五、囊式分压服	470
第五章 抗荷设备	476
第一节 飞行中的过载和人体对正过 载（ $+G_z$ ）的耐受限度	476
第二节 抗荷系统	478
一、几种抗荷措施	479
二、抗荷服系统	481
第三节 抗荷调压器	486
一、直接作用式抗荷调压器	487
二、间接作用式抗荷调压器	489
三、预充压大流量抗荷调压器	490
四、抗荷调压器的技术要求和设计计算	492
第四节 抗荷服	496
一、囊式抗荷服	496
二、侧管式抗荷服	498
第六章 其它防护救生装备	501
第一节 特殊环境对人体的影响	501
一、海上环境特点及其对人体的影响	501
二、沙漠环境对人体的影响	502
三、寒区环境对人体的影响	502
第二节 海上救生物品	503
一、救生船	503

二、救生背心	504
三、腋下救生器	504
四、救生颈套	505
五、抗浸防寒服(抗暴露服)	506
六、通讯工具——救生电台	517
七、联络工具	518
八、生活用品	521
九、防护急救用品	522
十、辨别方向用品	522
第三节 沙漠、寒区的救生物品	524
一、沙漠救生物品	524
二、寒区救生物品	525
第七章 航天员防护装备简介	526
第一节 宇宙空间环境因素对人体的危害	526
一、近似真空环境	526
二、高温与低温环境	529
三、辐射与宇宙线	530
四、流星与微流尘	533
五、失重	533
第二节 飞船密闭座舱	536
一、概述	536
二、生命保障系统	537
三、供氧回路	542
四、空气净化回路	548
五、制冷剂回路	551
六、供水回路	556
七、控制和显示仪表	560
第三节 航天服	560
一、外罩	562
二、真空隔热屏蔽层	563
三、气密限制层	564
四、通风结构与水冷服	573

第一章 航空生理学基础知识

第一节 呼吸生理简介

进行正常生理活动所需的能量是由体内的氧化代谢过程所释放的，所以人体必须不断从外界摄入氧并及时排出多余的二氧化碳。人体组织在同一时间内的二氧化碳产生量与氧消耗量之比称“呼吸商”。根据所消耗食物性质的不同，此比值介于0.7~1.0之间。经肺所排出的二氧化碳量与同一时间从外界摄入的氧量之比则称“呼吸交换率”。在呼吸功能处于相对稳定状态时，上述两个比值是相等的。一个成年人在安静条件下，每分钟由外界摄入的氧量约为250毫升(STPD)●，同时排出的二氧化碳量约为200毫升(STPD)；但在进行最大强度的体力活动时，氧耗量可超过安静时的水平20倍以上，达5500毫升/分之多。

以上气体代谢过程主要是由呼吸及循环系统完成。呼吸系统好比一个“空气泵”，不断将外界空气吸入肺泡内进行更换。而循环系统的心脏则好象是一个“血液泵”的组合。心脏的右心室将含氧量较低、二氧化碳量较多的静脉血经过肺动脉不断泵入肺毛细血管床与肺泡内的气体进行气体交换；已经动脉化的新鲜血液又经肺静脉汇集进入左心房及左心室，后者是与右心室串联排列的另一个更为有力的血液泵，将动脉血液不断泵出，经动脉系统

- ATP—外界环境温度、压力及湿度条件下；
- ATPS—外界环境温度、压力及饱和水气条件下；
- ATPD—外界环境温度、压力及干燥气体条件下；
- BTPS—体内温度、压力及饱和水气条件下；
- STPD—标准状况，即0°C、760毫米汞柱、干燥气体条件下；
- NTPD—正常状态，即20°C、760毫米汞柱、干燥气体条件下。

分布灌流全身组织，完成血液与细胞间的气体交换过程。

在肺部进行的呼吸过程称为“外呼吸”；循环血液与组织细胞之间的气体交换过程称“内呼吸”；在组织细胞内进行的呼吸过程则称“组织呼吸”。下面我们重点介绍有关外呼吸的基础知识。

一、呼吸器官的结构特点

肺位于胸腔内，经气管和口、鼻与外界相通。肺是按照“负压力泵”的原理进行工作的。胸腔好比一个风箱，每当吸气肌收缩时，即可推动胸壁及膈运动使其容积扩大，于是，肺的容积亦随着扩张，在肺内形成负压，外界空气乃得以进入。当吸气肌停止收缩，胸壁、膈、肺恢复至原先位置时，肺内部分气体即被压迫而呼出。

1. 胸壁

主要由骨骼及肌肉等软组织构成，它不仅对于胸腔内重要器官起到保护作用，还参与完成呼吸运动。

骨骼包括12个胸椎、12对肋骨及1块胸骨。12个胸椎相叠形成人体纵轴主柱的一部分，位于背部正中央。胸骨则位于胸部正中。肋骨成细长弓形，其后部的椎骨端与胸椎骨之间形成两个关节；肋骨的胸骨端则与胸骨直接相连。以每对肋骨与椎骨之间的关节为支点，肋骨可以作上下升降及内外旋转的运动。

胸壁的固有肌肉包括肋间外肌和肋间内肌等。肋间外肌位于各肋骨间隙，肌肉纤维起自肋骨的下缘，向前下方斜行，止于下一肋骨的上缘。肋间内肌在肋间外肌的深面，纤维走行方向恰与肋间外肌相反，为由前上斜向后下方。每当肋间外肌收缩时，即可使肋骨的胸骨端连同胸骨一并向上升起，使胸腔的前后径增大，而同时发生的肋骨向外旋转运动又可造成左右径增大。反之，当肋间内肌收缩时，胸骨向前下方愈加倾斜，肋骨内旋，造成胸腔前后及左右径缩小。

胸壁的内表面覆盖有一层很薄的胸膜，这即是“壁层胸膜”。

2. 膈

由向上膨隆的扁平薄肌构成，将胸腔与腹腔分开。膈的中心为腱膜，称中心腱，薄而坚，为各肌的汇合点；周围为肌肉。膈松弛时象一个顶部朝上的钟罩；当收缩时，其位置下降，使胸腔的上下径加大，乃引起肺吸气。当膈肌停止收缩，借自身弹性回到原来位置时，即引起被动的呼气；若腹肌也同时加强收缩，则可将已放松的膈肌进一步压向胸腔，形成主动的深呼气。胸廓与膈呼吸时位置变化见图 1-1。

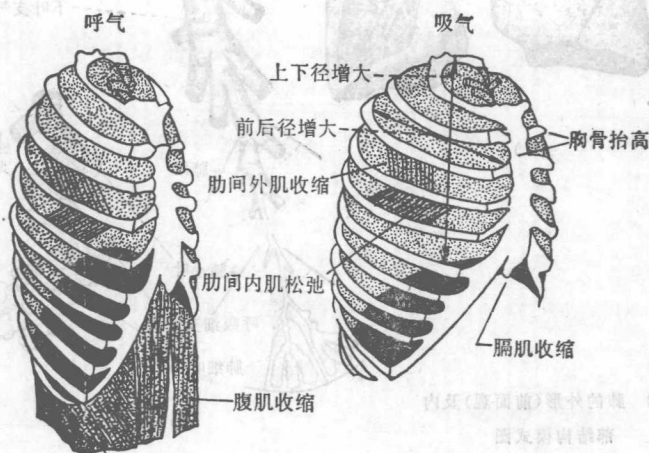


图1-1 呼气及吸气时，胸廓与膈位置的变化

3. 肺的结构

肺位于胸腔内，左右各一。肺外形呈圆锥状（见图 1-2(a)），上为肺尖，下为肺底（又称膈面）。外侧为肋面，内侧为纵隔面。在纵隔面的中央为肺门，支气管、血管、淋巴管和神经即由此进入肺。左肺由斜的叶间裂分为上下二叶，右肺则分为上、中、下三叶。

肺表面被覆有一层胸膜，即“脏层胸膜”，故平滑、湿润而有光泽。肺包括自支气管以下的管道系统、肺泡以及血管、淋巴管、

神经等组织，结构相当复杂。这里，我们即以气管系统在肺内的分枝为线索，简要说明肺的结构。

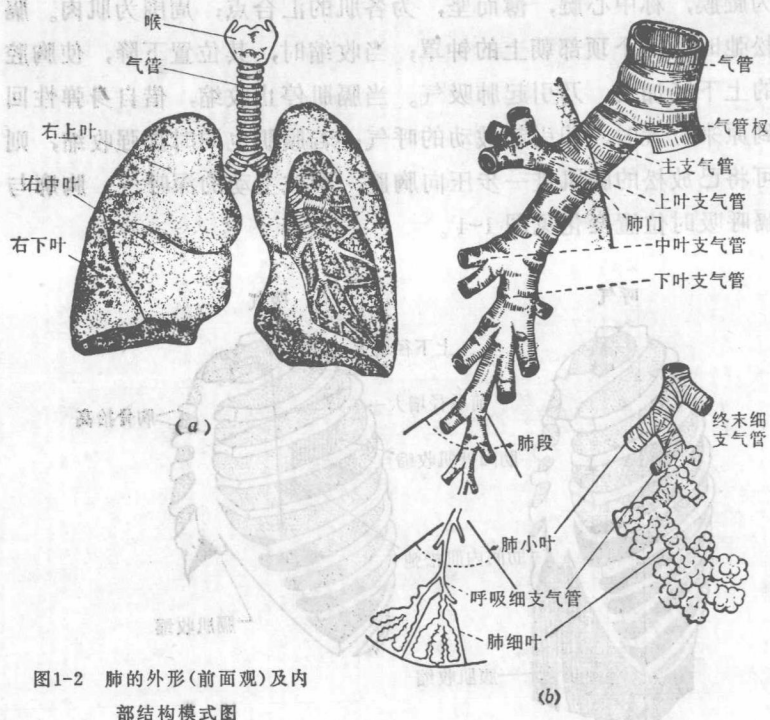


图1-2 肺的外形(前面观)及内部结构模式图

(1) 肺的分枝管道系统 气管始于颈部环状软骨，下行至胸骨角平面即分为左、右支气管，这是它的第一级分枝（见图 1-2 (b)）。支气管进入肺后即呈连续多级分枝，数量繁多，颇似树枝，故也称“支气管树”。在最细小的分枝末端布满了肺泡。气管以下管道系统分枝概况见表 1-1。

导气部分 自气管起到终末细支气管止，为导气部分。较粗的气管管壁结构中有软骨（防止管壁塌陷）和腺体，但随分枝级数增加，这些组织越来越稀疏，至终末细支气管，管壁仅由粘膜、平滑肌束及结缔组织构成。终末细支气管的内径虽很小（ <1 毫

表1-1 肺的分支管道系统

气 管	分枝级数	每级的条数	平均直径 (毫米)	总横截面积 (厘米 ²)	软 骨	肌 肉	所嗜肺组织	血液供应
气管	0	1	18	2.5	U-形	连接软骨环开口 处两端	两 肺	由支气管循环
支气管	1	2	13	2.3			一 肺	
肺叶支气管	2 ↓ 3	4 ↓ 8	7 ↓ 5	2.1 2.0	不规则及螺旋状软骨板	螺旋状肌束	肺 叶	由支气管循环
肺段支气管	4	16	4	2.4			肺 段	
小支气管	5 ↓ 11	32 ↓ 2000	3 ↓ 1	3.1 ↓ 19.6	无	密集螺旋状肌束	次级肺小叶	由肺循环
细支气管终末细支气管	12 ↓ 16	4000 ↓ 65000	1 ↓ 0.5	23.8 ↓ 180.0			初级肺小叶	
呼吸细支气管	17 ↓ 19	130000 500000	0.5	300.0 ↓ 944.0	无	肺泡间有肌束	肺 泡	由肺循环
肺泡管	20 ↓ 22	1000000 ↓ 4000000	0.3	1600.0 ↓ 5880.0			肺 泡	
肺泡囊	23	8000000	0.3	11800.0		肺泡间隔有薄肌束	肺 泡	

米),但由于条数众多,故其总的管径横截面积却增大为支气管的90倍。因此终末细支气管对于气流的阻力并不太大,仅占总气管阻力的 $1/10$ 。这一部分管道系统并无气体交换功能,只是呼吸气体进出肺泡所必经的分配和汇集管道系统;此外,它还有对吸入气进行加温、饱和水气以及滤除一定粉尘颗粒的作用。

呼吸部分 呼吸细支气管的管壁上开始出现肺泡:自第一级(17级)至第三级(19级),管壁上出现的肺泡数目越来越多(见图1-3)。自第三级呼吸细支气管再分枝即为肺泡管(20~22级);

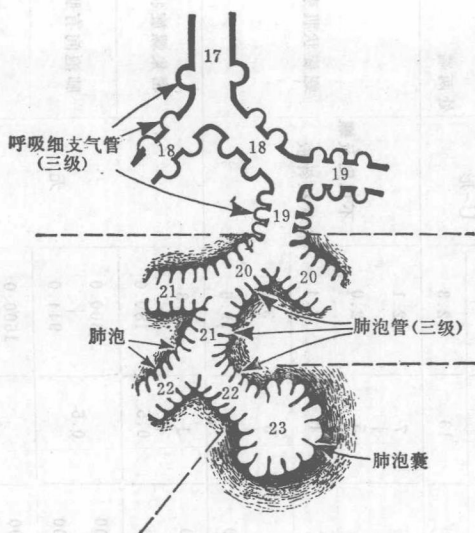


图1-3 初级肺小叶部分管道系统模式图

最后一级肺泡管联有1~3个肺泡囊(23级)。肺泡管与肺泡囊不同于呼吸细支气管,已没有粘膜组织,管壁和囊壁上都布满了终末肺泡。第一级呼吸细支气管所属的肺组织即为肺细叶或称初级肺小叶,两肺共有约130000个,这即是与血液进行气体交换的呼吸部分。

(2) 肺泡 呈盲囊状(如图1-3),大小不等,直径平均150微米(75~300微米)。囊壁很薄,仅有一层扁平上皮细胞。肺泡