

航空医学

(内部读物)

中国人民解放军总后勤部卫生部
军事医学编译出版社

1961年2月·北京

航 空 医 学

(内部读物)

译 者

朱增强

黄普英

正 形

李晋玉

审 校 者

于 平

于国丰

陈祖蔡

梁建岭

廖德三

中国人民解放军总后勤部卫生部
军事医学编译出版社

1961年2月·北京

航 空 医 学

中国人民解放军总后勤部卫生部
军事医学编译出版社出版

北京五三五工厂印刷

总参谋部出版部发行

1961年2月 第1版

1961年2月 第1次印刷

字数: 360,000字

(原书1959年莫斯科版)

目 录

第一章 飞行中影响人体的主要物理因素及其特性	3
在高層大气中飞行时电离輻射对机体的影响	18
第二章 缺氧症及其分类	28
缺氧症时的呼吸	30
缺氧症时的血液循环	46
缺氧症时的血液呼吸机能	59
缺氧症时的物質代謝	73
缺氧症时的消化	82
缺氧症对中枢神經系统及高級神經活动的影响	84
缺氧型氧气飢餓的病理形态学	95
航空中的航空病和高空病	105
第三章 飞行中加速度的影响	109
第四章 压力剧降对机体的影响	140
第五章 在巨大高度上加压呼吸氧气	185
第六章 飞行中飞行員的視觉	221
第七章 空中紧急情况下脱离飞机	234
第八章 航空心理学	271
飞行活动的条件	271
飞行的心理特点	275
飞行中的知觉过程	279
閱讀航空仪表示数	301
注意	307

错觉.....	315
飞行熟练和技巧.....	326
复杂气象条件飞行.....	337
第九章 在炎热及寒冷气候中保证飞 行时卫生措施的特点.....	352
第十章 空勤人员的营养.....	365
第十一章 空、地勤人员特种服装卫生.....	379
第十二章 航空性噪音及振动.....	392
第十三章 机上氧气呼吸装置的生理卫生特点.....	410
高空密闭飞行服.....	431
第十四章 飞机座舱卫生.....	436
第十五章 航空兵技术部队和独立分队 专业人员的劳动卫生.....	462
第十六章 飞行安全医学监督的原则.....	486

第一章 飞行中影响人体的主要 物理因素及其特性

大气，大气的构造及組成 在运用科学技术最新发明的基础上，现代喷气式飞机能以超音速的速度在同温层高层上空作数万公里不着陆飞行。这对了解和取得各不同高度上大气的构造及組成的确切資料提出了愈来愈高的要求。

目前国内外学者运用直接与間接的方法研究大气构造已获得大量資料。这些研究方法，如观察曙暮光的光度测定法，夜天光，臭氧层、极光的研究法，把测定仪装在飞机上上升到同温层进行研究的方法，以及用探空气球和无綫电高空探测仪，特别是观测火箭探测大气等方法都获得了不同程度的效果。

但是直到现在尚有許多未完全解决的問題。例如，在巨大高度上测定压力及計算温度問題（由于缺乏欲测层气体組成的确实材料，故未能解决），电离层問題，气体万有引力划分水准的探討，即低于此水准，大气是混合的，高于此水准，气体組成随高度而有規律地分布（部分輕气体随高度变化而相对增多），宇宙空間中大气的散射（氮的問題）及其他問題（B. A. Миртов 1957年）。

只要有装载各种测定仪器的科学实验舱，能够在地球以外人造卫星上建立实試舱，才能开辟解决上述問題及其它問題的新天地。尽人皆知，1957年10月4日苏联發射的第一顆人造地球卫星及1957年11月3日的第二顆卫星和第三顆苏联地球卫

星破天荒地第一次实现了这种可能性。第二颗地球卫星上，装有能将飞行中的测定材料传递到地面的无线电遥测装置，而第三颗卫星上还装有现代的复杂研究仪器。在科学史上第一次发射的装有研究仪器的苏联宇宙火箭具有特别重大的意义。

大气的划分 地球周围有一层空气，叫做大气（来自希腊文 *atmos*——气及 *sphaira*——球体）；它分成许多层。

虽然大气各层之间的界限不甚明显，但是现代气象学仍将地球大气分成以下几个主要气层或圈：（1）对流层，（2）同温层，（3）电离层，（4）外层（散射层）。

地球大气最低层为对流层（来自希腊文 *tropos*——转变，*sphaira*——球体），在中纬度上伸展到海拔10—12公里的高度，在赤道上达16—18公里，在两极为7—10公里。

对流层的特点是气温随高度的上升而逐渐降低。

在温度停止下降的海拔高度就是对流层与同温层的假定分界，称为亚同温层或对流终止层；其垂直高度为1—2公里，与对流层的区别是温度相对恒定（等温）。

对流层的高度是不固定的，随纬度的不同而变化。它取决于太阳辐射强度，在近赤道的纬度上及在炎热季节辐射较强。正由于这个原因，对流层与同温层（亚同温层）之间的分界在赤道上空比在两极高，夏季又比冬季稍高。

同温层（拉丁文 *stratus*——成层的）在中等纬度上从12公里的高度开始，伸展到80—90公里。同温层的特点是温度极小，除在20—25公里高度上偶尔出现由冰晶构成的微薄贝母云外，几乎完全无云；这里空气甚为稀薄，太阳辐射的紫外线很强。臭氧层（三原子氧—— O_3 ）大力吸收紫外线，因而从25—30公里高度开始气温逐渐升高（逆温）。

假使对流层的气温在11公里高度降到 $-56^{\circ}C$ （年平均温），

并在 25—30 公里以内同温层下层保持这一温度值，则从这个高度开始气温逐渐上升，在 40 公里高度左右（臭氧量最大的层）可达 $+30^{\circ}\text{C}$ 、 $+50^{\circ}\text{C}$ ，在 50—60 公里高度上为 $+75^{\circ}\text{C}$ ，以后在同温层上界（80—90 公里）温度又降低，而后在电离层下界再次上升（Г. Н. Раутман, 1948 年；В. А. Белинский 及 С. П. Хромов, 1951 年）。

同温层中仍有空气乱流，但不如对流层明显；无尘埃。

电离层伸展到 800 公里左右的高度，可根据无线电波的反射显示出来。电离层对无线电信号围绕地球传播起重大作用。

电离层的基本特征是其呈带电状态。大气空气的巨大导电性，所含离子及游离电子增多。电离层的高度电离是由于太阳紫外綫、X 射綫及其微粒輻射，以及来自星际空間的宇宙射綫的作用所致。无线电波、紅外綫及可見光綫也落到电离层，隕石亦通过这里。电离层共分四个主要层次，以 D, E, F₁ 及 F₂ 表示。

低层 D 仅在昼間出現，是电离逐渐增强的区域，它只对最长的无线电波（公里的）起作用。

E 层的最明显的电离作用其高度为 100 公里左右。

F₁ 及 F₂ 层的高度为 200 和 275 公里高度，其电离作用最大，与太阳輻射的最大值吻合，并随阳光强度的增加而增大。

由于电离作用的结果，这些大气层中的氧及氮分子离解。电离层中有夜光云及极光现象。这是由于大气极度稀薄层的辉光现象与电流通过有稀薄气体的放电管时出现的现象类似。极光的下界最常在 100 公里左右的高度，上界约达 400 公里，而太阳照射的极光则在巨大高度上产生。目前，关于极光的产生问题已公认一种假说：极光的性质与太阳紫外綫以及微粒輻射对稀薄高层大气的作用有关（Е. К. Федоров, В. И. Красовский）。

外层（散逸层——散射层）。

大气随高度增加而逐渐稀薄；一般说来，在地球上空大气元素仍随地球旋转，而在赤道上地心引力等于离心力的高度，可以作为大气的界限；高于此层，大气元素与位置较高的微粒子互撞机会稀少，因而大气不能存在，这就造成大气分子向星际空间游离，也就是产生大气的散射、散逸过程。

根据理论计算在赤道上空大气的极限高度距地面达数万公里。微粒子根据其在低层中最后一次互撞所产生的运动速度，沿各种轨迹（椭圆形、抛物线形及双曲线形）运动，并有一部分离开地球。

此层称为散逸层（В.Г.Фессонков 及 И.С.Шкловский，1951年）或外层。

大气的组成 大气就其本身成分来说，是一种物理性气体混合物。这些气体含量的容积百分比及其某些物理特性列于下表。

大 气 的 组 成

气体名称	含量的容积百分比	与空气的比重	1立方米的重量 (公斤)
氮 (N ₂)	78.0	0.967	1.2542
氧 (O ₂)	20.93	1.1058	1.4292
二氧化碳 (CO ₂)	0.03	1.524	1.83
氩 (Ar)	0.937	1.379	1.732
氖 (Ne)	0.0015	0.674	0.893
氪 (Kr)	0.0001	2.818	3.654
氙 (Xe)	0.000005	4.422	5.717
氢 (H)	0.01	0.0096	0.09
氦 (He)	0.00015	0.1382	0.1787

由于空气流使下层大气不断混合，上述空气成分在地球表面任何地区及在对流层范围内的一切高度上都保持不变。在大

气中水汽具有重大作用，其量不固定，平均为0.5—1.5%；随高度而减少，在7公里以上，空气实际上是干燥的。

在闪电及大量水分从天然池沼中较迅速地蒸发时，在空气低层出现少量臭氧 (O_3)，容积为0.000001%。

同温层中的臭氧含量比对流层高得多。在太阳的短波紫外线辐射作用下，氧分子离解成臭氧。

大气臭氧的总量很少，如果用正常压力将所有臭氧压缩，则可得3毫米厚的薄层（在赤道上空臭氧层为2毫米，两极地区为4毫米）。然而，由于构成臭氧分子 (O_3) 的氧原子的活动性，臭氧在大气热平衡中的作用很大。

臭氧在垂直方向的分布列于下表 (H. B. Колобков 1948年)。

臭氧在各高度上的分布

层 (公里)	平均高度 (公里)	占全部臭氧量的百分比	臭氧/空气(容积)
0—8.5	3.1	4	$0.08 \cdot 10^{-6}$
8.5—16.2	11.3	15	$0.25 \cdot 10^{-6}$
16.2—23.7	18.8	21	$1.05 \cdot 10^{-6}$
23.7—31.2	26.3	28	$4.4 \cdot 10^{-6}$
31.2—39.2	34.1	18	$7.5 \cdot 10^{-6}$
39.2—50.5	43.3	3	$3.9 \cdot 10^{-6}$

巨大的吸收能力是臭氧的特性之一；臭氧吸收太阳辐射以后，本身变得很热，因而成为同温层高层中气温显著增高的原因。

大气臭氧吸收具有高度生物学作用活动性的太阳短波紫外线的主要部分。

大气中常有一些有机或无机灰尘。它们能减低大气的透明度，吸收太阳辐射的紫外线，并且成为水蒸汽凝集的核心。

有机灰尘包括细菌、霉菌、霉菌芽胞等。无机灰尘主要来自地面，其组成为地面土壤的粉末，岩石碎屑，火山暴发产生的极微小灰尘粒子形式的火山尘埃，烟粒由风从海洋面带到大气中的盐，最后还有宇宙尘——隕石燒毀后的产物。

大气灰尘的量随高度的增加而减少，在6—7公里以上的高度，几乎没有一点来自地面的灰尘。

在19公里以下，空气中主要气体的含量百分比与海平面空气中的含量几乎相同，在29公里的高度，氧化减少百分之零点左右。

根据用探测火箭将玻璃瓶送至65—95公里的高度上所取得的空气试样作光谱微量分析时所获得的新材料，可以作出如下结论。

(1) 直到95公里的高度氧与氮之间还没有明显地分开。

(2) 在85—95公里高度上，最重气体（氩Ar）的量比地面少；例如，如果在75—80公里高度上取得的空气样品中，气体含量的容积百分比 $O_2=21.0$ ； $N_2=78.0$ ； $Ar=0.93$ ，则在95公里高度上的样品 $O_2=21.5$ ； $N_2=77.0$ ； $Ar=0.76$ 。

(3) 氩含量随高度减少得不多，因而作出最后结论，认为在100公里左右的高度上各种气体弥散性（重力性）分开尚嫌过早。但是由于飞行器（人造卫星，火箭等）要在相当长的时间内以巨大的速度在稀薄层内飞行，所以上述问题，也就是究竟在何种气体中，在重气体中，还是轻气体中进行这种运动的问题已远不是无关紧要的了（B. A. Миртов 1957年）。

至于谈到电离层的空气组成，则与对流层，同温层的空气组成有着本质区别；在波长为230毫微米（ $m\mu$ ）以下的紫外线影响下，电离层的氧分子离解为氧原子；在60公里高度上当氮气仍保持分子状态时，氧气即开始产生这种现象。在更巨大

的高度上（100—120公里）氮气也开始离解。极光光谱的研究证明，在200公里高度以上只有处于强度电离的原子状态的氧和氮。

夜天光的光谱研究说明，在同温层高层和电离层中有钠及其他金属原子，这是由于陨石不断进入大气所致。

在巨大高度上应有相当强的，具有极高穿透性的宇宙辐射。

大气的压力 计算得出，在海平面1平方厘米表面上的空气压力为1.033公斤；在纬度45°，温度为0°C的情况下，底面积1平方厘米，高度自海平面至大气上界的空气柱等于相同底面积，高度760毫米的水银柱的重量。大气压力值一般用毫米水银柱表示。除这种相对值外，还应用绝对单位测定大气压力。大气压力的绝对单位叫做巴，千分之1巴叫做毫巴（mB）。巴等于1平方厘米表面上1百万达因的压力，相当于750.18毫米水银柱；1毫米水银柱相当1.333毫巴。当以毫巴表示大气压力值时，应将气压表上以毫米水银柱表示的度数乘1.333。因此，760毫米水银柱的压力可用1013.2毫巴来表示。

地表面的大气压力是不固定的。由于地表面各部和空气的加温不均，气压会发生变化，但这种变化并不显著。大气压力的不固定，使空气沿垂直和水平方向运动。

为此，气象部门在地图上用特殊的假定符号标出（通常一昼夜标四次）风、云量、温度、湿度、大气压力的观察材料；这种图叫做天气图。然后再用线将地图上压力相同的点联接起来，这种线叫做等压线；一般每隔5毫巴划一等压线。

地图上的等压线愈密，从一处到另一处的压力变化就愈快，即气压增减率愈大。所谓气压增减率就是单位距离的压力差；用一经度的长（111公里）作为距离单位。

气旋在天气图上用许多等压线表示，其中心压力最低，愈

靠外圍压力愈高；反气旋在图上則恰恰相反，中心压力增高，愈到外圍压力愈低。

大气压力随高度的上升而减低；在任一高度上压力等于位于其上面的空气团的重量。

在1000米以下，每升高10.5米，大气压力降低1毫米水銀柱。此数值称为气压递减率，它可以有某些波动。以后空气变得更加稀薄，大气压力降低得更慢。由于这个原因，在高温下压力随高度的降低比在低温下緩慢。

一 上升时随高度的增高空气密度减小，气温亦发生变化。

太阳辐射和大气温度 太阳放射出复合的射綫光能流，它是由长波紅外綫，各色可見光綫，短波紫外綫及X射綫組成；太阳辐射的光譜有2300—0.006毫微米的波长（紅外綫为2300—800毫微米，各色可見光綫为800—400毫微米，紫外綫为400—2.0毫微米，X射綫为2.0—0.006毫微米）。

太阳辐射中还包括太阳的微粒辐射（来自拉丁文 *Corpusculum*——微粒），它是由迅速运动着的粒子：电子、质子、中子、 α -粒子等构成。

太阳射綫通过地球大气时，一部分被分散，另一部分被吸收。被空气中各种气体分子所分散的主要是太阳光譜的紫外綫部分；因此，太阳射綫在大气中所經的路程愈远，太阳紫外辐射消失得愈多，到达地面的在生物学上有作用的紫外綫也就愈少。

太阳的紅外辐射主要被大气中的水蒸气所吸收；因此，大气中所含水蒸气愈多，到达該地区地面的太阳紅外辐射就愈少。

在40公里左右的高度上，大气中的臭氧将太阳的X射綫及紫外射綫完全吸收，只有与可見光綫光譜的紫光部分紧密相接

的紫外射綫可以通过臭氧。

地球大气的这种特性能使有生命的机体免受太阳短波輻射的有害影响，同时在地面上不能充分研究这种輻射，而只有在气层以外才能进行。

太阳輻射强度以一分鐘內一平方厘米表面上的小卡測量；在大气边界这种太阳能即所謂“太阳恒值”为1.94小卡。

地面輻射的最大量不超过1.52小卡。

太阳輻射随高度的增加而增强。无論是光譜的紫外綫部分或紅外綫部分都有增加。紫外綫部分每上升100米平均增加3—4%。这是由于單位容积的稀薄大气內气体分子数量减少，其分散作用也随之减低。由于能很好地吸收紅外綫的水蒸气量随高度的增加而减少，所以离地面愈远則紅外綫愈多。

温度 太阳射綫能到达地面以后大部分被土壤吸收，变为热能，而小部分經土壤反射到空气中。太阳光綫对大气空气的直接加温极少；空气加温几乎全靠土壤；接近地面的低层空气的温度首先升高。空气加温主要靠热傳导，热輻射及对流，也就是通过气流将热从热气团傳至冷气团。被加热的低层空气，变得密度較小，較輕，因而上升；当它进入压力較低的环境后，空气膨脹。这时消耗一定的热量，温度也就降低。

較冷的新空气团下降到地面热空气的位置。

空气的这种垂直移动不断进行，使愈来愈高的气层得到加温，因輻射量改变而引起接近地面的气温昼夜波动，夏季可傳至1000米，冬季傳至500米的高度。

在地面还可观察到水平方向的气温变化。这是由于土壤的物理特性和太阳对土壤的加温程度不同，以及空气中的灰尘和水蒸气的含量不同所致。

上述原因引起的地面空气水平方向的温度不同，气温的昼

夜波动及四季的变化又使地面上大气压力分布不均，同时也是产生风的原因。

离地面愈远，气温愈低。在苏联中部纬度上，每上升 100 米气温平均下降 0.6°C 。

高度每增加 100 米所引起的气温下降叫做大气温度直降率，其值在温暖季节较寒冷季节为大。

研究结果证明，气温随高度而降低的数值是不一致的；在 8 公里以内温度直降率逐渐增大，而后开始减小，到 11—12 公里高度的对流中止层时达到零。

根据极光光谱的研究，在 250 公里的高度温度上升到 $+1200^{\circ}\text{C}$ (И.А.Хвостиков 1949 年)，而在 300 公里高度上，温度达 $+3000^{\circ}\text{C}$ ，在更高的高空中温度又重新下降，与星际空间的温度取得平衡 (С.К.Митра, 1952 年)。

根据其他材料 (В.И.Красовский, Я.Л.Альперт 1955 年)，由于太阳紫外线的辐射，太阳系的气体能有数千度的温度。

对此应作补充说明：气温的一般概念不适用于极稀薄的高层大气温度的概念，因为进入电离层高层以上的物体，当与周围物质接触时并不变热。这是由于与该物体撞击并将本身的能量传给物体的气体粒子数量不多的缘故。

物体仅靠吸收或放散辐射来加温或冷却。因此，当太阳照射时物体变得很热，没有太阳射线时即变冷，而且可达到接近绝对零度的极低温度。电离层高层中的空气“温度”只不过是电离层气体粒子运动的平均速度的尺度 (В.А.Белицкий, С.П.Хромов 1951 年)。

大气电 由于各种电离化物质的影响，大气中产生阳电荷及阴电荷 (离子)。

在 5—6 公里以下对流层低层大气中的电离化物质是地球

矿层的放射性辐射，尤其是铀的气态分解产物——氡（这使人受到将近0.001/年剂量的辐射，A.В.Льбединский 1957年）。在较高的大气层中电离化物质是紫外线、X射线，微粒辐射形式的太阳辐射及宇宙辐射等。甚至在接近地面的大气层中，带正电荷或负电荷的离子数仍达800/立方厘米。

大气电包括有波段最广的电磁波，从电离层的长波无线电波开始，至波长为千分之几毫米的X射线及γ射线为止；大气电中微粒辐射及宇宙辐射的存在证明，大气电不仅有波动性（电磁波的振荡频率），而且有微粒性，直至表现有个别光子（作为最小的元素粒子）的能，但后者已属量子力学的范畴。

在雷雨云中能形成大量阳电荷及阴电荷，并以闪电的形式放电。闪电处雷雨电荷聚积电压为1亿5千万伏特的电能，并于千分之几秒钟内放出数公里的火花。这对在附近飞行的飞机来说是极大的威胁。

大气的气象因素（空气湿度、雾、云、降水）决定空气湿度大小的水蒸气是大气中最活动和最不稳定的部分。

空气湿度有绝对湿度及相对湿度之分。

在当时条件下，一立方米空气中所含的水蒸气量叫做空气的绝对湿度。绝对湿度以水蒸气的重量（克）计量，或以毫米水银柱表示的张力计量。

空气中水蒸气的量和在该温度下饱和空气中水蒸气量的比叫做相对湿度。

空气的相对湿度以百分比表示。

如果在当时温度下大气中所含的水分达到空气的饱和状态，水蒸气就会凝结，变成水滴，当温度在零度以下时，便凝成冰晶。

水蒸气的凝结一般是气温降低所引起的。当空气中含有各

种灰尘时，水蒸气较易凝結。灰尘是水蒸气凝結的核心，許多水蒸气形成水微粒附着在灰尘的周圍。

当空气从高压下降到低压时，一面膨脹，一面冷却。在某高度上，这种冷却可使空气中所含的水蒸气超过饱和程度，而多余的水蒸气变为水滴状态并形成云。上升气流上升得越快，力量越大，其中所含水分越多，云的形成就越强烈。

如果最小的水滴在接近地面凝結，就形成雾。

有时雾能伸展到数百米的高度，并复盖大块地表面。这自然会限制飞行員的视觉定向，使飞行条件恶化。

云量是表示当时天空中云的多少，它說明空气的湿度。

云量用十分制或百分比表示；满天云用云量10个或100%表示。云量零或0%表示无云。

根据云形成的高度将云分为三层。高的云族在6000米以上的高度形成，該高度上的水蒸气量不多。这种云叫做卷云，因为它们很像白色纖維、鬚髮或羽毛的形态。中云族的云是指2—6公里高度上的云。这一层云比較密，叫做高层云或高积云。低云族是在2公里以下的高度形成的。这是大片互相堆积的最密最暗的云，叫做层积云或积雨云。研究証明，在1立方米密积云中含5克水，而雾则根据其濃度含4.5—1克或更少（Н.Н. Калвин）。

云能够防碍定向，并迫使飞行員改为仪表飞行。

此外，云中飞行很复杂，云中具有不同方向和不同强度的乱流，使飞机难以保持水平状态；当气温在零度以下时又有結冰的危險；結冰会使飞机加重，并减少其安定性及速度。

降水使飞行中的能见度变坏，并可能增加飞机結冰的机会。尤其在有过度冷却的雨的空中飞行时，結冰的可能性更大。

風 風速随高度的增加而变大，这是由于减少了与地面的