

大众科学识丛

大气圈

(苏联) 别里亚科夫

131272/2



2

科学普及出版社

大众科学译丛之 9

大 气 圈

〔苏联〕别里亚科夫著

丁

禾译

科学普及出版社

1958 年·北京

本書提要

大气圈是發生一切天气現象的源泉。風、雨、雷、电以及气温的升降等等，都与大气圈的狀況有連帶关系。所以我們的農業生产、工矿生产以及航空、航海等，都与大气圈有关。

本書以通俗的笔法談到大气圈的結構和性質，大气現象以及其他一般知識。



大气圈

АТМОСФЕРА

原著者：М. В. БЕЛЯКОВ

原出版者：ГОСТЕХИЗДАТ, 1955

譯者：丁

出版者：科学普及出版

(北京市西便門外那家灣)

北京市書刊出版營業許可証出字第 091 号

發行者：新华書

印刷者：北京市印刷一

(北京市西便門南大道乙1号)

开本：787 × 1092 毫米

1958年6月第1版

1958年6月第1次印刷

印张：1张

字数：33,500

印数：4,900

統一書号：13051·85

定 价：(9)2角1分

目 次

緒 言	1
空气有多重	3
地球的大气是由什么东西組成的	7
空气的溫度	13
大气中的水	21
空气的流动	38
大气圈的四層	48
大气圈的边界	53
結束語	54

緒 言

这本小册子要談一談地球的空氣壳——大氣圈。

假如沒有空氣，我們的地球就會變得到處生靈絕跡，寂靜無聲，成為荒瘠不毛的土地。

每一種生物都需要呼吸。每個人一晝夜所呼吸的空氣約有13立方公尺。氧從充滿於人或動物肺里的空氣中進到血液里，而二氧化碳則從血液里排到空氣中。這種氣體交換是一種最重要的生活過程。

植物也在呼吸。白天在陽光下，植物吸取二氧化碳，排出氧氣。在黑夜，見不到光，它們就相反地吸收氧而排出二氧化碳。

海洋和河流中的生物所呼吸的是溶解在水中的空氣里的氧。

無論人或其他動物，那怕只是幾分鐘，都不可能在沒有空氣的環境中生存。

假若地球沒有大氣圈，大地將是一片寂靜，因為聲音實際上就是空氣顆粒的波狀振動。

那時，天空也不再是淡藍色的，而將是黑色的。天空所以呈現淡藍色，是因為太陽光被空氣顆粒所散射，其中尤其是淡藍色的光和青色的光被散射得最厲害的緣故。

那時，將只有太陽光直接照射到的地方才是光亮的。只要從陽光照射到的地方跨出一步，就將是一片黑暗。

如果沒有空氣，在炎熱的太陽光下，地球上被照射部分的

溫度將達到水的沸點以上，而到夜晚，卻又變為酷寒。大氣圈好比是地球的衣裳：白天，它可以保護我們不致被太陽光灼傷；晚上，又能將白天吸收的熱量保存下來。

在人类的实际活动中，地球的大氣圈也起着很重要的作用。在很早以前，人們就已經開始利用空氣運動的能量——風力了。風能使帆船行駛，能使風車轉動。乘上飛機、滑翔機或氣球，可以在大氣中飛行。在技術方面也廣泛地利用着空氣和它所含的各種氣體。

大氣圈是發生一切天氣現象的源泉，而天氣現象是具有極其重要的意義的。可以說，人类的任何一個活動領域，在某種程度上都是和氣候條件、也就是大氣圈的狀況有連帶關係的。所以在古時，人們就已經力求了解大氣圈中所發生的各種現象了。早在兩千多年以前，古希臘的著名學者亞里斯多德就寫了一本關於大氣圈的書，書名叫做“氣象學”。現在，人們就把研究地球空氣殼和它內部發生的物理變化的科學，叫做氣象學。

氣候學是氣象學的主要分科之一。氣候學研究的是地球上某個地方由地理條件決定的多年間的天气狀況。氣候學的具体任務是說明人類所賴以進行活動的經常的天气條件的特徵。氣象學的第二个主要分科是天气學，它研究大氣的一般變化，這種變化在廣大的空間里發展着，並且影響着天气。天气學也研究天气預報的方法。至於研究大氣上層的則是高空氣象學。高空氣象學是近年來大氣高層的研究技術經過改進之後才開始發展的。

大氣中的各種變化並不是孤立地進行的，譬如大氣和地面之間不斷地進行着熱量和水分的交流，某些天氣現象和太陽的活動有連帶關係，諸如此類。所以氣象學和其他自然科學是密切相關的。

那么目前我們对于大气圈，究竟知道了些什么呢？現在且来談談它的結構和性質吧。

空气有多重

現在也許大家都知道空气是有重量的。

最初确定这一点的是17世紀偉大的意大利学者伽利略。当时伽利略决定观察裝滿空气的瓶子在加热后重量是否有所改变。作了这个簡單的实验之后，这位学者發現加热后的瓶子比冷的瓶子輕一点。

伽利略对这一現象作了正确的解釋。他認為，显然空气是有重量的。把瓶子加热，瓶里的空气就膨脹，并向外逸出了一部分，因此加热后瓶子的重量也就減小了。

这样也就推翻了過去認為空气沒有重量的錯誤見解。

但是，既然空气是有重量的，它就應該給地球上所有的物体以压力。那么，这究竟是一种什么样的压力呢？它等于多少呢？

伽利略的学生托里折里研究了这个问题。他作了这样一个实验：他把一根一端封閉、長約一公尺的玻璃管裝滿了水銀，倒轉过来，把开口的一端插在盛有水銀的槽子里（圖1）。这时，少量的水銀从玻璃管中流到槽子里，而大部分仍保留在管中，高約76厘米。

托里折里認為总有什么东西阻擋全部水銀从玻璃管流到槽子里面。他正确地假定这是由于槽中的水銀面上受了空气的压力的緣故，这压力和

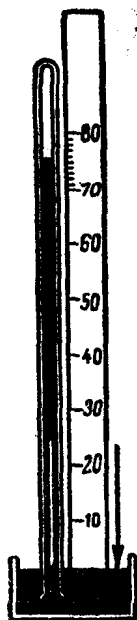


圖1 托里折里的实验

保持在管子里的水銀柱的重量相等。

托里折里的發現，后来又被新的實驗所証实，这个新的實驗是著名的法国科学家巴斯喀請他的亲戚皮里耶作的。

皮里耶住的城市靠近一座山。当时皮里耶决定在山上不同高度的地方檢查空气的压力。實驗表明，玻璃管中水銀柱的高度在山頂上比在山脚下小。

因此，這兩位科学家認識到这一現象是和气压有关的。在山脚下靠近地面的地方，空气的压力要比山頂上大；在山頂，对物体施加压力的整个空气層的厚度要比山脚下小。

皮里耶的實驗充分地証明了空气是有重量的，它对我們周圍的一切物体都施加压力。

現在我們知道，在靠近地面的地方，一立方公尺空气的重量是1.293 公斤。在12 公里高的地方，它的重量减少为319克，而在高40 公里的地方，一立方公尺空气的重量就只有4 克了。

高 度 (公厘)	气 压 (毫巴*)
0	1,000
10	260
20	55
30	12
50	1.3
80	0.03
100	0.004
200	0.0000009
300	0.000000003
*关于毫巴可參看下頁	

左表說明空气的压力随高度的增加而遞減的情况。

用一个極簡單的實驗，就可以明显地看出空气是有压力的。在一个邊緣平整的杯子里盛滿水，杯口上盖一張紙，用手按住紙，急速地將杯子倒轉过来。这时，你可以將手从紙上移开，而水并不从杯子里流出，這張紙好像粘在杯口上一样。这是因为空气对紙發生了压力作用，使它紧紧地貼在杯口上；杯

子里的水对紙的压力比外面的空气对紙的压力小。

空气的压力是用專門的仪器——气压表来測量的。第一种

这样的仪器其实就是一根托里折里管。如果在托里折里管的背后加上一个用毫米划分刻度的标尺，那么空气的压力就可以根据管中水銀柱的高度而测出，水銀柱高称为“毫米水銀柱”。这样的仪器叫做水銀气压表。

目前在气象学中，空气压力的大小，通常不用水銀柱高来表示，却用特殊的压力單位——毫巴 来表示。1 毫巴 約等于 0.75 毫米水銀柱。

通常，大气的压力多用所謂空盒气压表——一种抽掉空气的中空的金属盒——来测量。由于外面空气压力的大小不同，作用到盒壁上的压力也就有时大些，有时小些。压力的这种变化由一杠杆傳到指針上，于是指針就在刻度盤上指明大气压力的数值。

还有这样一种仪器，它能自动地將气压的变化連續不断地記錄在紙帶上；这种仪器叫做自記气压表。

大气压力的大小不仅决定于高度，并且和温度以及緯度有关。

在物理学中，气压的單位是物理大气压。这种气压單位是温度为攝氏 0 度时在緯度为 45 度的海面上的气压。这样的气压，等于截面积为 1 平方厘米、高度为 760 毫米的水銀柱的重量。

由此，我們也就可以求得地球上每一平方厘米面积所受的大气压力的数值。每一平方厘米地面上所受的空气压力的数值，等于截面积为 1 平方厘米、高 760 毫米的水銀柱的重量。这一重量等于 1.033 公斤。

在技术方面，我們采用另一种压力單位——工程大气压；它相当于在 1 平方厘米面积上 1 公斤的压力。

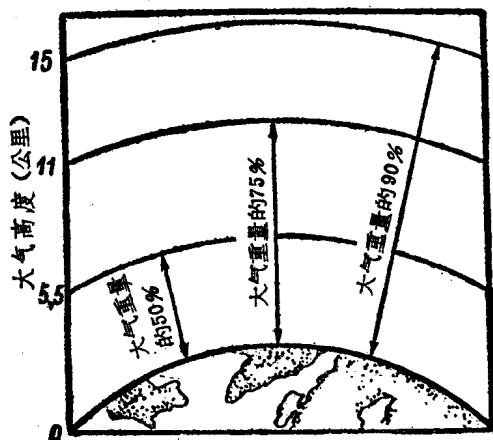
現在，如果讓我們来計算一下人的身体表面承受的空气压

力有多少，所得出的数字将会大得使人难以相信。

一个中等身材的人，身体表面的面积约等于 15,000 平方厘米。那么，他所承受的压力当为 15,500 公斤，也就是 15 吨多。实际上也的确是如此。我们所以感觉不到有这样大的压力，是因为空气压力不单单从外面，而且也从里面作用到我们的身体上的缘故；人和动物的身体是能够适应这样大的空气压力的。

假若外界的气压减少了一大半，人或动物身体内部的空气就要膨胀。这样一来，就会使皮肤破裂而流血，人就会感觉到眩晕并且往往失去知觉。这也就是现代高空飞机的驾驶员和乘客的座舱必须不透空气的原因；在座舱里面用人工方法保持着和地面相近的气压。

在高度为 15 公里处，座舱外部和内部的气压差的最大值可达每平方厘米 0.91 公斤。这就是说，假如座舱小门高 1.5 公尺，



宽 60 厘米，其面积为 9,000 平方厘米，它承受的压力将是 $0.91 \times 9,000 = 8,190$ 公斤，也就是 8 吨多。在这样大的负荷之下，座舱的小门及窗户，必须用特别坚固的材料制造才行。

我们也可以计算一下地球大气圈的全部重量。地球表面为 510,000,000 平方公里。每平方公里

承受的压力为 10,130,000 吨。这样，整个大气圈的重 量就在 500,000,000,000 万吨以上。

順便提一句，这个数 字和地 球的全 部質量比 起来并 不算大，也不过是地球質量的百万分之一而已。

因为大气圈下層的空气比上層的密得多（上面的压着下面的），所以大气圈質量的主要部分都集中在下面靠近地面的那一部分。从地面起到高达 5 公里的地方，占整个大气圈質量的一半；而高于 15 公里的地方，只占整个大气圈質量的 10%（圖 2）。

地球的大气是由什么东西組成的

究竟什么是空气，它是由什么东西組成的呢？

古时，認為空气是一种元素，也就是構成我們周圍所有物体的那些簡單的物質。甚至古希腊学者阿那克西門也教导說，整个宇宙是由空气組成的。直到 18 世紀才确定，大气中的空气是由各种簡單气态物質組成的相当复杂的混合物。

空气主要是由氮、氧和氫組成的。空气中最多的是氮，它的含量（按体积計算）为 78.08%，其次是氧（20.95%）和氫（0.93%）。这三种气体就占整个空气体积的 99.9% 以上。其余的部分則为碳酸气、氫、氦、氖、臭氧、氙和氡。此外，空气中經常含有水蒸汽。水蒸汽的含量是不固定的，按体积来說，常在 0—4% 左右。因此，当空气中的水蒸汽有所增減时，其他气体的百分比也就随着發生一些改变。

除上述外，空气中还常含有呈固态及液态顆粒狀的各种混合物。

起初，空气成分的測定，只是在地面上和距地面不太高的地方进行的。科学家当时不知道距地面很高处空气成分究竟如何，但是他們認為气体在大气中的分布是和它本身的重量或密

度有关的。他們認為較重的氮和氧在低处，而較輕的氦和氫位于高处。

最早对高空空气成分的研究，是苏联于1933年9月30日用“苏联1号”平流層气球进行的。平流層气球是一个下面挂有密閉座艙的大气球。座艙中有三位飛行員，他們是普罗柯菲耶夫、高都諾夫和畢倫报姆。平流層气球升到了19公里的高空，这是当时的最高記錄。飞行中，他們在不同高度的地方采集了空气試样。后来，分析所采集的空气試样，获得了意想不到的結果。原来，在高达18公里的地方，空气中所含气体的百分比还是没有發生变化；它还是保持着地面附近的那个样子。

后来在世界各地，科学家又不止一次地从不同高度的地方采取了空气試样，都証明空气的成分是保持不变的。

关于更高各層大气成分的可靠的資料是用火箭^①获得的。气象学家們往大气中放出帶有采取空气試样（及供其他觀測）裝置的火箭。現在，火箭上升的高度，已达到离地面几百公里以上。1949年發射的多級火箭已經能升到400公里的高度^②。

利用火箭的研究說明，在很高的地方，空气的成分几乎还是没有什么改变。只是从高20—30公里的地方开始，氧的相对含量有些减少，氮的含量有些增多；此外，重的气体——氬和碳酸气的含量显著地减少。

我們也可以利用其他的間接方法，例如利用特別的研究方法——光譜分析，来了解極高的地方空气的成分。

① 关于火箭及噴气飞行，請參看巴叶夫和密尔庫洛夫共著“噴气式飞机”，1958年，科学普及出版社出版。

② 1958年2月21日苏联發射了一个一級的高空探測火箭，达到473公里的前高度。——譯者

17世紀，英國偉大的學者牛頓發現白色光是一種複雜的光。使太陽光通過玻璃三稜鏡，他看到了異常的現象：經過稜鏡的白光束分成了幾個色帶，靠兩邊的是紅色和紫色光。

這種和虹極相似的多色光帶叫做光譜。

牛頓發現的只是光譜的一部分。後來，在靠紫色和紅色的地方，又找到了另外的、為肉眼所不能見的光。在紫色光外面的叫做紫外綫，在紅色光外面的叫做紅外綫。

科學家對光譜作進一步的研究後，獲得了更有趣而重要的發現。原來，由白熱固體發出的光所得到的光譜，和由白熱氣體或水汽發出的光所得到的光譜是不相同的。白熱固體的光譜和虹相像，是連續的。而白熱氣體（蒸汽）的光譜却是由黑底上一條一條的細的色綫組成的，而且對不同的氣體物質來說，這些色綫的位置是不相同的。例如，鈉蒸汽的光譜是一條黃綫，而氫是4條綫，其中一條是紅色，一條是藍色，其他兩條是紫色。這樣的光譜彼此並不相混淆。

這個發現是非常重要的。科學家研究了不同物質的光譜以後，就可以知道該物質的化學成分。

對太陽的光譜作了精密的研究後，知道其中除了色帶以外，還有很多細的暗綫。科學家知道這些暗綫的出現並不是偶然的，是有什么東西阻擋了一部分有色的光，沒有讓它們穿過。

比方說，要是我們在光譜的紅色部分找到很多暗綫，那麼失去的一些紅色光綫又到哪里去了呢？

原來，如果紅光在它經過的路上，遇着本身也發出這種紅光的物質，那麼原來的紅光就被這種物質阻擋和吸收掉，於是，我們在光譜上看到的就是暗綫。

這樣的光譜，叫做吸收光譜，而這種暗綫就叫做吸收

綫^①。

研究吸收光譜，可以確定太陽和各恒星的化學成分；吸收暗綫可以告訴科學家，在光綫經過的道路上，即在太陽和各恒星的外殼中，究竟存在着些什麼樣的化學元素。

大氣高層的成分，也就是用這樣的方法來研究的。

這種新的研究方法，叫做光譜分析。它的創始人是德國科學家克希荷夫和本尊。

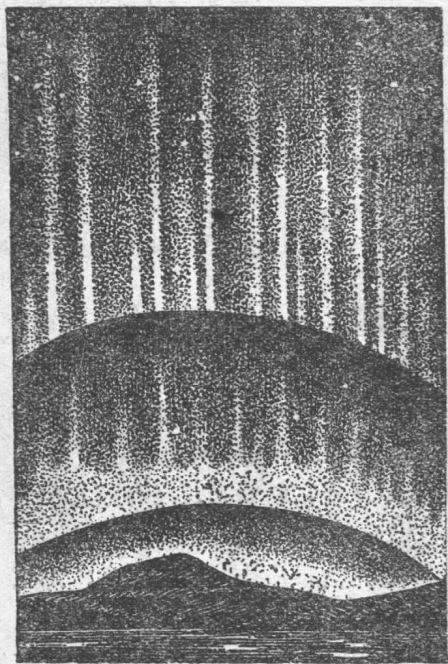


圖 3 極光

有時在大氣高層——離地面100—1,100公里以上——可以看到有趣的自然現象——極光（圖3）。極光是稀薄的空氣所發的光。這種發光現象是由太陽飛來的帶電微粒所激起的。來自太陽核心的帶電微粒流以極大的速度飛入地球大氣圈，結果就激起極光。研究極光的光譜，可以知道，就在產生這種有趣的自然現象的那個高度，空氣的成分主要還是氮和氧。

究竟如何來解釋大

① 關於光譜和光譜分析的詳情，請參看蘇伏洛夫著“光綫告訴我們些什麼”，1953年，中國青年出版社出版。

气成分的不变性呢？

应该认为，它的解释只有一个，那就是空气随时都在流动着，搅和着。空气的海洋永远没有个静止。

即使在很高的地方，也有钠存在，它是由海水蒸发而进入大气中的，这就可以作为大气中气体搅动的证明。这种高空的钠，是1936年苏联科学家在高82公里的地方发现的。

水蒸汽是空气成分中很重要的一部分。它们是靠海洋、湖沼、河流等水面上以及湿土和植物中的水分蒸发而进入大气中的。

水蒸汽和空气中其他成分不同的是，它在大气中可以转化为固态或者液态。关于水在大气中的转化，我们以后再谈。现在只是指出，水蒸汽的含量随着高度的增加而很快地减少。差不多全部水分都集中在大气的下层。研究结果证明，在大气圈最上层是没有水蒸汽的。

特别有趣的气体是臭氧。顾名思义，臭氧是有臭味的。当暴风雨中打雷闪电时，在地面上可以闻到臭氧的特殊气味。臭氧是大气中氧的一种变态。通常，大气中氧的分子含有两个原子，而臭氧的分子则由三个氧原子构成。臭氧是由于太阳的紫外线的作用而形成的（主要是在高5—60公里的地方）。这时氧分子(O_2)分解为原子(O)，然后单个的氧原子又和氧分子(O_2)结合并形成三个原子的臭氧分子(O_3)。在大气低层，也会形成极少量的臭氧；在暴风雨中打雷闪电时，低空的氧分子也发生分解及合成作用；不过在这里，臭氧的数量不是固定的，而且是很少的。而在高空，因为不断地受到太阳紫外线的作用而产生臭氧，所以它的数量也就增加。在高20—25公里的地方，臭氧最多；而在高50—60公里的地方，就几乎觉察不到它了。

在大气中，臭氧的总含量并不很大。如果在标准大气压下，温度为摄氏0度时，把臭氧集中成一層的話，这一層的厚度只不过有2—3毫米。

尽管臭氧的数量是这样少，但它对大气中的温度的调节，以及对地球上的各种生物，却起着很大的作用，因为它能够大量地吸收太陽的紫外綫。正是因为有臭氧，所以从太陽到达地球表面的紫外綫的数量才很微小，而这些紫外綫对生物有很大的影响。适当数量的紫外綫能激起人皮膚的色素沉着(晒黑)，并能杀死某几种細菌；假若它們的数量过多，那么就要妨害植物的生長，并且对动物也是有危害的。

假若大气中一旦失去了臭氧，地球上現存的生命就不能再存在，因为一切生物都会被太陽的紫外綫杀死。

在大气中，除了我們上面提到的气体以外，經常有大量極小的固态及液态顆粒浮游着。这种顆粒通常是很小的，我們肉眼是看不見它們的。在从小孔射到暗室的陽光中，可以看到較大的顆粒。这些顆粒的成因是多种多样的。这些顆粒到处可以产生，例如，岩石和土壤剝蝕及風化，大片的塵埃被吹到天空里去。在辽阔的海面上，有数不清的海鹽微粒。在城市的大气中，經常有很多的細菌（在山間及海洋上，它們就少得多）。在工業区，如果是燒煤和石油的話，烟灰的微粒就使大气污濁。当火山噴發的时候，大量的火山灰甚至能遮天蔽日。如1883年印度尼西亞的克拉加道火山噴發的时候，就是这样。因为，火山把極大数量的灰塵和蒸汽，噴到了空中。

塵埃可以上升到高达20公里的上空，它們严重地弄污了大气。

塵埃也从星际空間和由于落到大气圈里的流星体的破坏而进到大气中。这样的塵埃叫做宇宙塵。

当然，大部分塵埃都在靠近地面的地方。越往高处，那里的塵埃就越少。計算証明，高度为 100—6,000 公尺的地方，每一立方公尺空气中塵埃的平均数量由 45,000 減到 20。

大气中有一些塵粒能够影响天气。它們起着核心的作用，水蒸汽分子就凝結到这些核上而形成云和霧。这种核叫做凝結核。水蒸汽分子通常总是凝結在燒煤时和有机物腐爛时进入空气中的微粒上的。

空气的温度

首先，我們解釋一下甚么是温度。大家都知道，我們周圍所有的物体都是由極小的物質顆粒——原子和分子構成的。这些顆粒总是在不停地运动着。不过，它們的运动特征在固体、液体和气体是不相同的。物体的温度就决定于原子和分子的运动速度。

在气体中，顆粒相互間是沒有联系的；它們各按不同的方向运动着，并且不断互相碰撞着，改变着它們自己的方向，一会儿分开，一会儿又碰撞。气体各个顆粒的运动速度可能有些不同；而气体的温度总是决定于气体顆粒运动的平均速度。顆粒运动的平均速度愈大，气体的温度也就愈高。

通常，測量温度是利用一种簡單的仪器——温度表。它是一个一端帶有不大的小球、里面裝有水銀或着色酒精的玻璃管。受热时，管中的液体的体积就膨脹，沿着管壁上升。如果將玻璃管裝到标有刻度的板上，就可以用度数来測出温度。通常把冰融化时的温度定为零度，把水沸騰时的温度定为 100 度。而这样的刻度（从 0 到 100 之間分为 100 格），叫做攝氏刻度。

圖 4 所画的是自記温度表的外觀。它是一种能自动將温度