

电离层的秘密

苏联Ф.И.切斯特诺夫著 熊秉真译



人民邮电出版社

電 離 層 的 祕 密

蘇聯 Ф·И·切斯特諾夫著

熊 秉 蔭 譯

人 民 郵 電 出 版 社

2P100/18

Ф. И. ЧЕСТНОВ

ЗАГАДКА ИОНОСФЕРЫ

ГОСТЕХИЗДАТ 1954

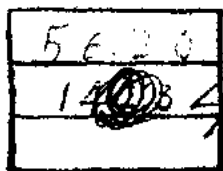
内 容 提 要

長時期來，上層的大氣——電離層一向認為是充滿神秘的領域，是不可認識的。本書揭露了電離層的祕密，說明了它的形成和變化過程、它的結構和特性以及在電離層中所發生的極光、磁暴、無線電波的反射等現象。無線電短波的遠距離傳播主要是靠電離層的反射，因此掌握電離層的變化規律就能建立可靠的遠距離無線電通信。此外，研究電離層還能間接地找出地球磁場的變化原因，太陽上所產生的某些過程的規律，從而科學地論證了世界的可知性；世界上沒有不可認識的事物和現象，祇有還沒有認識的事物和現象。

電 離 層 的 祕 密

著 者:	蘇聯 Ф. И. 切斯特諾夫
譯 者:	熊 秉 慈
出 版 者:	人 民 郵 電 出 版 社 北京東四區6條胡同13號
印 刷 者:	郵電部器材供應管理局南京印刷廠 南京太平路月部街15號
發 行 者:	新 華 書 店

書號：無89 1956年6月南京第一版第一次印刷1—10,000冊
787×1092 1/32 33頁 印張2 $\frac{3}{4}$ 字數38,000字 定價(9)0.26元
★北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號★



目 錄

前言.....	(2)
離子的產生.....	(3)
電離層的四層.....	(9)
黃昏時為什麼會明亮.....	(11)
夜間天空的光綫說明些什麼?	(13)
極光.....	(18)
電離層暴.....	(26)
太陽上發生些什麼現象.....	(29)
看不見的反射器.....	(33)
在無線電波的途徑上.....	(38)
電離層的變化過程與短波.....	(43)
探測電離層的無線電回波.....	(45)
明天的電離層的情況是怎樣的.....	(51)
日蝕的時候.....	(53)
隕星的痕跡.....	(56)
星球的無線電聲音.....	(58)
飛行的實驗室.....	(62)
結語.....	(63)



前 言

地球被叫做大氣的空氣海洋包圍着。空氣是人、動物和植物生活所必需的。無怪乎俗語說：「像需要空氣一樣」。

空氣在白天能保護地面免受太陽的灼熱光綫的照射，在夜間則使地面不致於過度冷卻。在大氣中時常會發生風、雨、雷雨這樣的天氣現象；在空氣中產生聲音。自然界中的許多其他現象都與空氣有關。

人們很久以前就渴望着研究大氣。關於大氣及其中所發生的現象的科學——氣象學已有許多世紀的歷史。

研究地球低層的空氣層比研究高空的空氣層容易一些。要測量地面附近的，甚至某一高度的空氣的溫度及濕度、風力和風向並不困難。這種測量現在是有系統地來進行的，一天中在好幾個地方測量若干次。天氣預報就是根據這種測量作出來的。

但現在科學家們並不僅僅限於研究空氣海洋底部所發生的

現象。他們還努力探求目前人類還不能到達的高空上所發生的大氣現象的原因。

離開地面70—80公里的一層大氣叫做電離層。研究證明，高空空氣的性質與地面附近空氣的性質並不一樣。美麗的極光、威力強大的磁暴、無線電波的反射——這一切現象都產生在電離層中。研究電離層，可以闡明太陽上所產生的某些過程的規律性，可以瞭解地球磁場變化的原因，可以利用這一地球的上層空氣層（即電離層）來進行遠距離的無線電通信。

這本小冊子就是爲了敘述電離層和電離層中所產生的一些現象而寫的。

離子的產生

大家知道，高度越高，空氣就越稀薄，其密度就變得越小。人登得越高，他的呼吸就越困難，《空氣就越不夠用》。因此在高空飛行的飛行員都使用專門的氧氣瓶。但這並不是說大氣在離地面不高的地方就沒有了。曾經證實：空氣層延伸到一千公里以上的高度；然後大氣層才逐漸轉變爲沒有空氣的空間。

在電離層中，空氣的電的特性與大氣低層——運流層和同溫層^①中空氣的電的性質完全不同，電離層中的空氣是導電

①：運流層是大氣最低的一層，延伸在離地面9—17公里的高空上，同溫層在運流層的上面，延伸在離地面70—80公里的高空上。

的。

怎樣解釋這種現象呢？

組成空氣的各種氣體，就和我們周圍的一切物質一樣，是由許多極細小的叫做分子的質點組成的。物質不同，其分子也不同。但各種物質的分子都非常微小，甚至連它們的大小也很難設想。例如，一滴水中所含的分子並不少於黑海中沒有的水滴。在1立方公分空氣中包含着27,000,000,000,000,000個各種氣體的分子（氮氧等）。

分子本身又由更小的叫做原子的質點所組成。例如，氮的分子由兩個氮的原子組成，氧的分子由兩個氧的原子組成；水的分子由兩個氫原子和一個氧原子組成；食鹽的分子由一個鈉原子和一個氯原子組成。

很久以來人們一直把原子看成不能再分的質點。原子一詞在希臘文中就是“不能再分割”的意思。

然而現在已經證明，原子是可以再分的，因為原子是由更小的質點——電子、質子和中子（圖1）所組成的。電子帶負

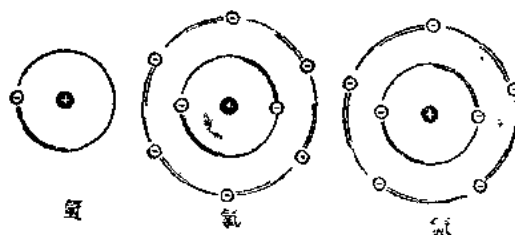


圖 1. 原子構造簡圖

電（用《-》號表示），質子帶正電（用《+》號表示），中子則不帶任何電荷。在原子中心有一個體積非常小，但很重的核心（原子核），此核心由質子和中子組成。在離原子核一定距離的地方有許多電子圍繞着原子核旋轉，這些電子就形成原子的電子層。

原子是非常穩定的，因為電子和原子核間有電的引力互相吸引着。原子核帶正電，而電子層則帶負電。

雖然原子的各個組成部分都帶有電荷，但整個原子在正常狀況下却是中和的；原子不具電荷，因為原子核的正電荷為所有電子（原子的組成部分）的同等數量的負電荷抵消掉了。原子不同，其原子核的電荷的數量也不相同。設氫原子中的電荷為1，則氧原子中的電荷為8，等等。

關於分子也可以這樣說。分子和原子一樣，在正常狀況下也是不帶電的。

然而中性原子或分子可能會失去一個或幾個電子；這時它們就成為帶正電的。反之，如在中性的原子或分子上加入多餘的電子，則這些質點就成為帶負電的。

具有電荷的原子或分子叫做離子。

如果氣體中有自由電子和離子，則氣體就能導電；如果沒有自由電子和離子，則氣體就不導電。我們周圍的空氣之所以是很好的絕緣體，就因為其中幾乎沒有自由電子和離子。

在高空中則是完全另外一種情景。在高空，這種喪失掉一

個或幾個電子的原子和分子是相當多的。在空氣質點間運動着的自由電子可能被一個中性原子或分子所捉住。

由於在大氣的上層中具有自由電子、正離子和負離子，因此電離層中的空氣是導電的。電子脫離中性原子或分子的過程叫做電離。

對電離過程的研究是具有重大的科學意義的，這種研究常能獲得重要的結論。實際上，任何一個原子或分子都是由許多極微小的物質質點組成的異常穩定的集團。每一個原子的電子都被電引力牢固地束縛在帶正電的原子核的周圍；在正常狀態下，電子是不可能離開原子核的。

到底是什麼東西迫使電子離開它所緊緊依附着的原子或分子呢？

在電離層中，電子是在太陽輻射的作用下脫離原子或分子的。

在太陽的強烈射綫流中具有一種看不見的射綫，在它的作用下我們的皮膚變成了黑褐色。這就是紫外綫。大量的紫外綫能殺死生物的有機體，但大氣能保護我們免受紫外綫的這種有害的作用。大氣幾乎不阻止看得見的光綫，但它却只讓少量的紫外綫照射到地面上來。大部分紫外綫是達不到地面的，因為它們被大氣上層的氣體質點吸收掉了。紫外綫的能量則消耗在電離層中氣體分子和原子的電離上。在大氣上層中的帶電質點——電子和離子，就是這樣產生的。

但太陽的紫外綫並不是使地球大氣上層電離的唯一原因。夜間我們在天上看見無數的星星。每一顆星都是一個太陽，常常它的體積甚至比我們的太陽還大。某些星的灼熱程度比太陽強得多，因此它們的射綫中含有更多的能引起電離的紫外綫。但這些巨大的發光體離開地球是這樣的遠，以至它們對地球大氣的電離作用要比我們的太陽的電離作用弱一千倍。雖然如此，但這些星的紫外綫的電離作用仍是不應當忽視的，尤其是在漫長的冬夜。

除紫外綫外，太陽還向空間發射出大量電子、離子和中性

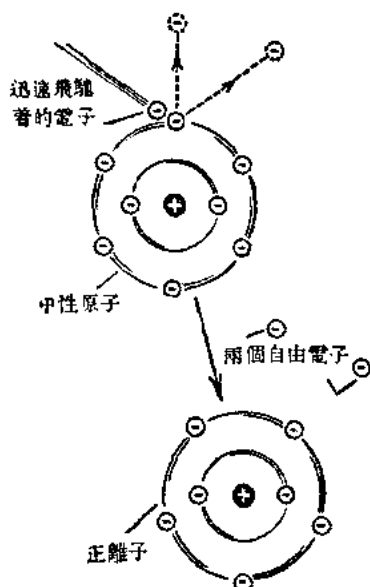


圖 2. 原子電離示意圖

原子。這些由極細小的質點形成的流也能使大氣的上層電離（圖2）。

那末電離層中形成的電子和離子又是怎樣的情形呢？

空氣的質點處於不斷運動的狀態中。它們迅速地向各個方向移動着，互相撞擊並向不同的方向飛開後，又繼續不停地運動，直到其中的每一個質點又重新碰上另一個也是同樣迅速地飛奔着的質點為止。當然囉，電離時所形成的質點——離子和電子也都參加這種撞擊過程。

很可能，某一徘徊着的自由電子出現在一個正離子的附近。於是兩質點互相吸引，電子就跑進了相遇的離子中，結果重新產生一個中性原子或分子。但是自由電子也可能碰上一個中性的質點，於是就“附”在這個質點上了。這時就得到一個帶負電的離子。這個負離子可能遇上帶正電的離子，於是它們彼此間就發生了電荷的交換。電子跑到另外一個離子上，結果得到兩個中性的質點。

由於上述的轉換，電離時所形成的自由電子的數量減少了。因此，在大氣的上層隨時都進行着與電離過程相反的過程——即離子與電子相結合的過程。

離子與電子相結合的過程在不同的高度上是不同的。在空氣密度比較大的大氣低層，質點撞擊的機會較多，因此結合得更為迅速。在較高的、稀薄的大氣層中，質點撞擊的機會較少，因此離子與電子結合為中性原子和分子的過程就進行得很慢。

電離層的四層

就像地球上的一切生命一樣，電離層的“生命”也和太陽的活動性有密切的關係。隨着四季的更迭，晝夜的交替，太陽對空氣層的輻射作用也發生改變：它有時減弱，有時則加強。這也反映在電離層的狀況上：電離層中電離的氣體質點的數量有時增加，有時減少。

當太陽照射的時候，在所有的空氣層中都會產生電離作用，只不過各層的電離程度不同而已。大氣最上層的空氣異常稀薄，離子的數量不可能很多；在地面附近，空氣的密度雖然最大，但紫外綫和能引起電離的其他質點幾乎不能到達那裏。電離過程進行得最劇烈的地方是大氣的中層，因為中層的空氣不太稀薄，而射到那裏的紫外綫也幾乎沒有被削弱。

許多年來的研究斷定，電離層中有四個主要的層（圖3），一般都用拉丁字母 D ， E ， F_1 及 F_2 來表示。

D 層僅在白天產生，離開地面70公里；但人們對它還研究得很不夠。

在 D 層的上面有一個電離程度較大的 E 層；它是四個電離層中最穩定的一層，離開地面約110公里。再上面是 F_1 層，離地約200公里；它僅在白天出現，並且主要是在夏季出現；在夏季的夜晚和冬季，它就和上面的電離層合併為一。

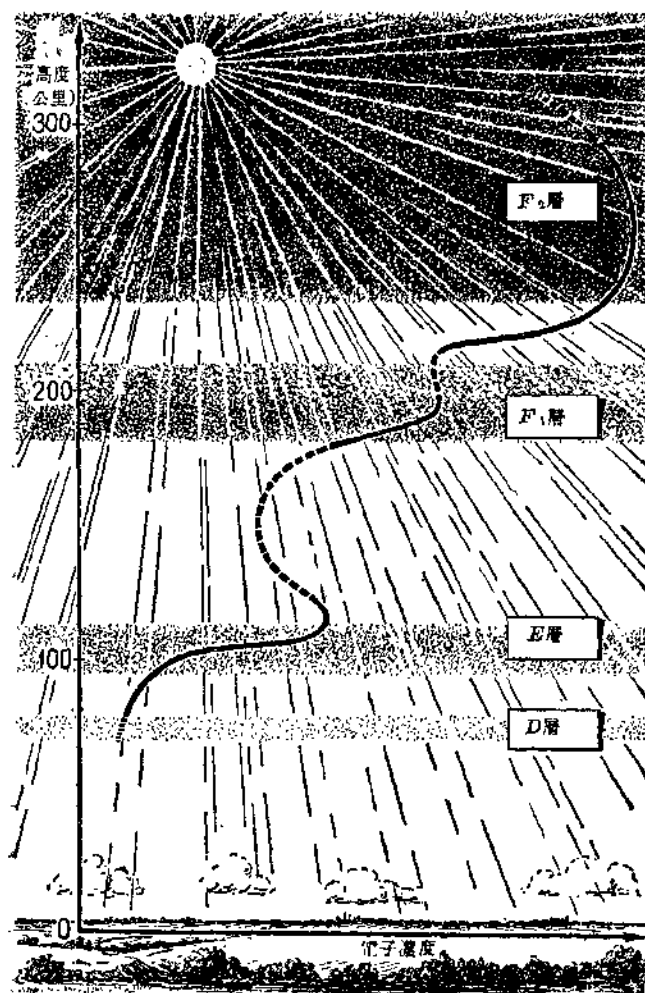


圖 3. 電離層的構造。曲綫大致地表示單位體積的空氣中含有的電子數是怎樣隨高度而變化的。

在離地面 250—400 公里的高度上有一個非常不穩定的 F_2 層。

大氣上層中空氣的成分及密度是怎樣的呢？它的溫度是不是很高？電離是怎樣進行的？那裏的風力有多大？為什麼那裏發生一些在下面觀察不到的現象呢？

氣象學的奠基者 $M \cdot B \cdot$ 羅蒙諾索夫第一個指出了研究大氣上層的必要性。蘇聯學者已經擬定了一系列研究離地球表面幾十公里和幾百公里的大氣層的方法。

科學院院士 $B \cdot P \cdot$ 費先柯夫創造並廣泛地應用了一種偵察大氣上層的方法。他建議人們研究薄暮光——即研究太陽落入地平綫時（傍晚）或太陽升起前（早晨）所照射到地面來的光綫。

黃昏時為什麼會明亮

你有沒有想過，太陽落山後，即太陽最後的光綫已經落下地平綫時，地面上為什麼仍然相當明亮呢？這是什麼光綫呢？

這是從天邊射來的光綫。雖然我們所居住的這部分地球已經進入陰影區域，但太陽仍繼續照射着空氣的上層。太陽光綫在它的途徑上碰到氣體質點時，就向各個方向散射，一部分光綫就向我們照來。這就是說，黃昏時繼續照射我們的仍然是同一個太陽，只不過它的光綫不是直接地、而是迂迴地以散射光

的形式向我們照來的。

散射光不僅在黃昏時產生，白天也會產生。當我們在陰暗處或在窗戶朝北的、直射的太陽光線不能照到的房間中時，我們仍然能夠清楚地看到一切，因為被空氣質點散射的光線幫助了我們。黃昏時散射光遲延着白天向夜間的過渡，因此黑暗不是一下子就降臨的。

許多學者就利用這段時間來進行觀察。通過專門儀器的散射光，就能幫助我們查明大氣上層的物理狀態。

首先最重要的是確定黃昏時天空亮度的變化情形。太陽落山後，天空的亮度變得越來越弱（圖4）。觀察者所在的那部

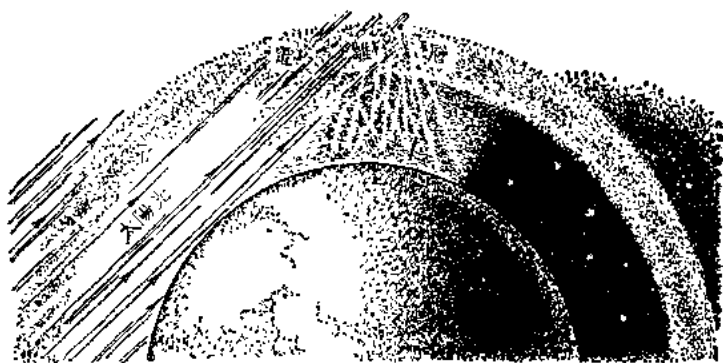


圖4. 太陽落山後，地球陰影逐漸遮住了觀察者上空的上層空氣層；暮色漸濃，接着黑夜就降臨了。

分地面逐漸進入更濃的陰影區域。由於地球繼續圍繞着自己的軸旋轉，所以高空的空氣層愈來愈暗，太陽光線所照射的觀察

者上空的大氣範圍越來越小。引起光綫散射的空氣質點的數量不斷的減小，因此照射到地面上來的光綫也就越來越少。

最後到來這樣一個時刻：太陽光綫甚至連大氣的最上層也照射不到了，於是黑夜就代替了黃昏。此時在直射的太陽光綫所穿過的高度上，氣體質點不是沒有就是數量非常少。此時如果能判定太陽落山的光綫的最下面一條的高度，則可以知道地球空氣層所延伸的高度。

根據準確的測量和計算得知，散射薄暮光主要部分的最高的空氣層位於離地面 280 公里的高度上。

學者們在觀察日落後天空亮度的變化情形時，也瞭解了不同高度上大氣構成的特點。根據黃昏時天空亮度的變化情形，可以判定不同高度上的空氣密度。知道了空氣的密度，學者們就能確定其壓力和溫度。例如，1946年格魯吉亞科學院阿巴斯圖曼天文台工作人員所進行的測量使科學家們能夠判定 250 公里以上高空的空氣密度。科學家並根據空氣密度算出了空氣的溫度。原來大氣上層中空氣的溫度非常高。計算指出，200 公里高度上的空氣的溫度達到 $+600^{\circ}$ 。

夜間天空的光綫說明些什麼？

在沒有月亮的夜間，星空的亮度似乎是很微弱的。然而準確的測量却得出了意想不到的結果。儀器測量表明，在沒有月

亮的夜間天空所具的亮度大約比所有的星星、行星和星雲所造成的亮度大一倍。

這多餘的光亮是從什麼地方得來的呢？結果查明了，這多餘的光亮是由地球大氣本身產生的。1946 B·P·費先柯夫院士年測定，大氣的輻射層位於離地面約 270 公里的高度上。

這樣一來，夜間天空的輝光就給電離層的研究打開了新的可能性。在這裏，光譜分析對我們有很大的幫助。研究電離層中所產生的光綫的光譜，可以判定電離層中的空氣的化學成分。甚至非常微弱的光綫也能詳細地“說明”產生光的介質的情況。

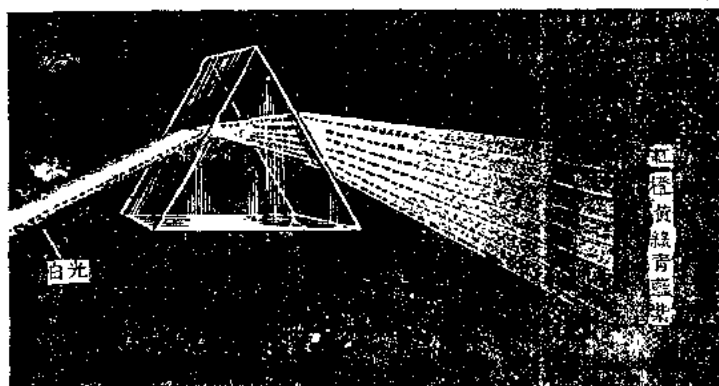


圖 5. 玻璃三稜鏡將太陽光分析成它的組成部分；獲得了一條彩虹的帶子——光譜。

那末光譜是什麼呢？