

# 极光及其观测

中央气象局编译室

科学出版社

P427.33

# 极光及其观测

中央气象局編譯室編

科学出版社

# 极 光 及 其 观 测

中央气象局編譯室編

※

科学出版社出版 (北京朝和門大街 117 号)

北京市書刊出版业營業許可証出字第 051 号

中国科学院印刷厂印刷 新华書店总經售

※

1958 年 8 月第一版

書号: 1250 字数: 33,000

1958 年 8 月第一次印刷

开本: 830×1168 1/32

(京) 0001-1,205

印张: 1 1/4 插图: 12

定价: (10) 0.65 元

## 前 言

极光为高緯度地带晴夜天空常見的一种輝煌閃爍的光弧或光带。这种电的現象在中低緯度地带一般是不常見的。因为极光的出現与太阳活动有密切关系,故每届太阳黑子数接近最大值的时候,极光的出現就特別頻繁,它的观测范围也可延伸至較低的緯度。这次国际地球物理年(1957年7月至1958年12月底)即正值这样的时期。

观测极光是饶有趣味的事情,因为极光是一种瑰丽的天空現象。而科学上它又是亟待探討研究的一种重要的大气現象。本書一共蒐集了四篇文章,較通俗地向讀者介紹了极光形成的原理及观测方法。書中挪威学者司篤梅等所著“极光类型图例和目測綱要”一文,可用来識別极光的类型。

## 內 容 提 要

极光是一种辉煌閃爍的光弧,天空中值得研究的一种大气現象.本書較通俗地敘述了极光的形成原因和极光的观测方法,并附有极光类型图例 48 幅.

本書可供气象工作者和研究工作者参考,亦可供气象专业师生在教学上参考.

---

## 目 录

|                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| 极光的形成.....       | 王鵬飞著 (1)                 |
| 中低緯度的极光.....     | 雪特奈·賈普曼 著; 卢志强 摘譯 (18)   |
| 极光观测(目測)方法.....  | 中央气象科学研究所編 (22)          |
| 极光类型图例和目測綱要..... | 司篤梅等著; 刘庆齡 譯; 朱崙崑 校 (31) |

# 极 光 的 “ 形 成

王 鵬 飞

## 一、前 言

瑰丽的极光是天空的奇观。

由于地磁北极偏于西半球加拿大北部，所以在一般的年月里在我国纬度上，极光就比较罕见。可是我们知道，极光现象是与太阳活动有着密切的关系的，每当太阳活动较强的年份，极光就可以在较低的纬度上看见。自1957年7月到1958年12月这第三届国际地球物理年的时期中，正当太阳活动较大的峯期，极光在我国境内被看见的机会，自然会相应地增多。例如1956年9月7日在新疆北部阿尔泰地方、10月27日在黑龙江的呼玛均出现了极光，1957年1月22日在呼玛又出现了极光，3月2日在我国黑龙江北部漠河地区，也观测到极光，这可能是极光在较低纬度上出现频率增多的先声。

今将王致德同志报告的1956年9月7日在我国新疆阿尔泰所发现的极光情况抄录如下：

那天日落后，天色很黑，天空被薄薄的卷云笼罩着，只有几颗较亮的星星隐约可辨。就在这种情况下看到了极光现象。极光出现之初，只是在正北方山丛上有一较暗的绯红色光幕，由暗而显，无闪烁现象；仔细观察，可见光幕是由直立平行的明暗相间（差异不大）的光束所组成，很象剧院开幕前大厅熄了灯以后，很少几个水银灯照着的紫红色舞台絨幕一样。光幕最高约为仰角10度左右，宽度约为45度左右。突然在光幕之中出现了两条白色明亮的光柱，与光幕中的光束平行，而其高度却超过了光幕，很象两道垂直向上射出的探照灯光，不久即逝。这种光柱在20时35分到20时54分间出现了好几次。它出现的时间、位置和数量都不是有规律的，形状也各不相同。

有时在中間突然出現一个白色的光斑，有时却緩慢地在不規則的位置上出現两三条浅紅色的光帶。它的特点是刚开始后和将消失前光的強度較弱，在其出現的中段時間強度較大，在光幕的衬托下它显得独特和異样。与此同时，光幕向各方向上扩展，而在东西的方向上，向西扩展多于向东的扩展，明亮程度由較暗而漸轉亮。它的最大范围約为仰角 15—20 度，方位角 80—90 度。以后极光亮度漸暗，到 20 时 54 分已不再在光幕中出現光柱了，在 21 时 35 分极光完全消逝，这时大部分天空已被高层云所佔据。

## 二、极光的形成理論

极光的形成問題，用簡單的一句話似乎就可以解决了，那就是：“它是太阳的带电微粒发射到地球磁場的势力范围，受到地球磁場的影响，从高緯度进入地球的高空大气，激发了高层空气質粒而造成的发光現象”。可是事实上，在这个問題上遺留下許多疑問需要人們去解答。

曾有人\*認為极光不是太阳的带电微粒所造成的。他們認為在高空 300—400 千米高处，空气分子受到其下空气的热碰撞約每秒  $10^{14}$  次，因此每秒中产生了  $10^8$  个高速空气分子，它們以大于 10 千米/秒的高速在 2—3 小时內进入 30,000 到 50,000 千米的高空。在那里，如果正好碰到太阳紫外綫的突然增強(假定由于某种原因，移去太阳表层万分之一的面积，露出温度高达三万度的內层，太阳輻射就会大增。但这种增加大部集中在紫外綫譜区，即波长为 500 埃\*\*到 1000 埃之区，在这部分譜区的能量可因而增加到十万倍，但太阳常数則只增加 1% 左右。太阳紫外綫的突然增強就是这样造成的)，就能在 3 小时左右电离开来成为离子对。这些离子对在該高度上沿地球磁力綫的方向移向两极，并在两极附近的高层大气中激发空气而发生极光。但是根据米特拉(Mitra)、賈普曼(Chapman)和吳大猷

\* 指 Paulsen, Hulburt 及 Maris，他們在 1930 年以前提出的理論。

\*\* 埃是輻射波长的单位，1 个埃等于  $10^{-8}$  厘米长。

等的研究，这种理論是有很大缺点的。第一，300—400千米处的空气在分子热碰撞的作用下，最多只能升到9500—14000千米的高空，如离子对在該高度上沿磁力綫运动，是不可能在現在产生极光的地区形成极光的。第二，由于地磁場并不能使此項离子加速，所以离子如仅以約10千米/秒的速度飞行，是不可能进入产生极光的較密气层中的。第三，紫外綫使上升空气电离所需時間不是三小时而是三千小时以上，电离过程的需时較多，自然不利于离子沿磁力綫的移行。因此，对这种极光形成的理論，还存在着很多問題，不能为人們所公認。

貝凱蘭(Birkeland)曾在一個鉄球上涂上发光材料，然后繞以綫圈，放在阴极管中；先使綫圈通电，造成磁場，然后再使阴极射綫射向鉄球，发现当磁場強度合适，且阴极射綫中电子速度合宜时，在鉄球之两极就可能发光。这个实验提供了带电質点造成极光的想法。司篤梅(Störmer)从理論上加以发展，創造了形成极光之太阳負电微粒說。可是这种学說是有其缺点存在的。因为假如造成极光的質粒是来自太阳的純負电微粒，則当此微粒流未到达地球以前在太空伸展时，由于同性电相斥的效应，此微粒流就不可能始終維持，各負电質粒必互相排斥而向太空弥散。微粒流由此就难以到达地球大气范围。这样，极光的形成就有了困难。

为此，就有人創了极光形成的太阳中性微粒流学說。当然，如果微粒流中的微粒純系中性，也是不能在地球上适当的地方形成极光的，因为中性微粒不可能沿地球的磁場磁力綫而偏轉到地球的磁南北极附近去。因此賈普曼、費拉洛(Ferraro)、阿尔芬(Alfvén)等認為这种中性微粒流中包含的并不是中性的微粒，而是分別帶有正負电的微粒。但因帶正負电的微粒的电量是大体相等的，所以微粒流就显得中性，而且又由于正負电的互相吸引，所以微粒流中的帶同性电荷的微粒就不致迅速弥散。这种中性微粒流在未到达地球磁場的影响范围时，是能維持一个整体的，但一到地球磁場的影响范围内，微粒流中正負带电微粒就在地磁場影响下而分离，从而造成极光。关于阿尔芬的理論这里不再介紹，因为就目前看来，它的理論在符合事实

方面还不及賈普曼及費拉洛等的理論为佳。因此我們这里单介紹賈普曼及費拉洛等的理論。

在介紹他們的理論以前，首先应研究太阳表面是怎样发射出中性微粒流的問題。

### 1. 太阳上怎样产生微粒流

人們最初認為日珥\*的噴射，就是产生极光的太阳微粒的噴流。可是觀測了日珥的运动后，发觉将日珥本身作为太阳微粒噴流是不合适的。因为产生极光的微粒噴射速度，至少須在每秒 1000 千米以上，而日珥噴展速度却只在每秒 500 千米以下。因此日珥本身就不可能等于太阳微粒噴流。但是将日珥作为产生太阳微粒噴射流的最初动力，当然还是可以的。

由于太阳質量的巨大，一般物質如无其他向外的推动力，則自太阳表面被噴发出去后，不久就不得不回返太阳表面。有些日珥的上端，在太阳上空很远的地方重新弯回太阳，就是这个原故。因此微粒要脫离开太阳表面而到达地球上，必須具有脫离太阳的加速度。这种加速度从何而来是值得研究的。根据密令 (Milne) 的研究，推动微粒脫离太阳的乃是光子冲量。

假定在太阳的色球层中，有一些原子存在。此类原子曝露于其下的光球表面所发射的各种波长的輻射之上。但由于此类原子具有选择性吸收的性質，所以并不是一切从下面来的輻射均能被它們吸收。假定只有波长为  $\lambda$  的輻射能被此类原子所吸收，則当此类原子吸收了波长为  $\lambda$  的輻射时，一方面就处于激发状态\*\*，一方面当然也就接收了这种波长的光子的向上冲量。在吸收后，原子約在  $10^{-9}$  秒內即將放出輻射，以恢复到它們原始的正常状态。当然在恢复正常状态

\* 这是指天文上的日珥，它是从太阳周围色球层中噴射出来的长条火鍊似的突出物，这种现象在日蝕时方能看見，它可以伸展到距太阳表面几十万千米的地方。因此和气象学上所稱的日珥名称虽然相同，事实上是完全不同的二种现象。在气象上的日珥是日暈的一种，只不过是大气中的光学现象之一而已。

\*\* 激发状态是指質粒中的电子受到外能的激发，自低能位激发到高能位后的状态，一种質粒可能具有二种以上的激发状态，但是为簡單計，这里只假定一种激发状态，当然，如果有好几种激发状态，上述理論仍是能合用的。

的同时,原子也必然会发生反座的动量,可是这种反座动量的方向是任意的,不象吸收辐射时所获得的冲量那样总是向上的。因此一切原子的反座动量之和将为零。而原子则似乎只受到波长为 $\lambda$ 之光子的冲量而加速向上(原子在处于激发状态时,不再吸收辐射,因而并不获得新的冲量,只有当它本身发生辐射而回复到正常情况时,才能重新吸收辐射,并获得新的冲量)。这种加速与原子的太阳重力加速度(指向太阳中心)方向相反,当太阳重力加速度大时,原子将重新返落日面;当光子冲量加速度大时,原子将脱离日面,飞向太空。当这两种加速度相等时,原子将浮悬于色球层中,既不上升也不下落。

现在假定此类原子随着日珥的喷射而具有原始的向上速度,则由于其运动方向与光球的辐射方向一致,根据多普勒(Doppler)效应\*,此原子所吸收的辐射将不是波长为 $\lambda$ 的光子,而将是波长比 $\lambda$ 为短的光子(此类光子的波长虽短于 $\lambda$ ,但相对于运动中的原子来说,波长仍为 $\lambda$ )。我们知道波长愈短的光子,其能量愈大,可见有原始向上速度的原子所接受到的光子冲量将大于无原始向上速度的。原子接受光子的冲量愈大,上升就愈快,上升愈快,所吸收的光子的波长就愈短,换言之其接受到的光子冲量就愈大,因而加速也就愈大。这样一来,原子的上升速度就大大地增加了。当然这种增加也不是永无止境的,因为太阳辐射强度是受与距离平方成反比的定律所制约的,当原子升达某一高度时,由于光子冲量而造成的加速就会减少到几近于零(当然,太阳重力加速度也是受与距离平方成反比的定律所制约的,所以在原子距太阳很远时,就不易回返太阳)。原子就能以末速而逸出太阳进入太空。这种末速,根据计算可以达到每秒1,600千米左右,太阳微粒流就是这样形成的。这种微粒流中的微粒,原先可能呈中性,但在离开太阳的过程中就能因太阳的辐射作用而电离开来,这样,就形成了我们所希望的包含有正负带电微粒的中性微粒流了。当然,太阳上的核子反应,也能造成高速度的微粒流的。

---

\* 多普勒效应是指波源与接收器间有相对运动时,相对波长(或频率)与绝对波长(或频率)间所产生的关系。可参阅普通物理学教科书中有关声波的多普勒效应。

## 2. 微粒流在太空的传送

現在研究一下这些微粒流在太空中传送的情况。

我們知道,如果太阳不发生自轉,这些微粒流伸展时应当自太阳表面上呈扇形向外展开。可是事实上太阳在自轉,因而这个扇形应当有些弯曲,如图 1 之 ABC。根据賈普曼的研究,造成极光的微粒流多自太阳的赤道南北緯度  $15^{\circ}$  内发出,这种微粒流当刚自日面伸出时并不很寬,可是当伸展到地球的公轉軌道上时,其沿軌道的寬度就已达 5,000 个地球半径那样寬。在微粒流中,微粒离开太阳的速度虽然是在每秒 1,600 千米左右,可是微粒流整体在地球軌道的方向上相对于地球的运动,則只有每秒 350 千米左右(如以地球的半径为距离单位,則速度約等于每秒 0.056 个地球半径)。假定地球磁場的势力范围是以地球为中心的半径約等于 50 个地球半径的球体,則从微粒流的 B 側(見图 1)与此地球磁場所形成的假想球相遇时起,到微粒流的 C 側离开地球磁場假想球时为止,就需要約一天的時間。

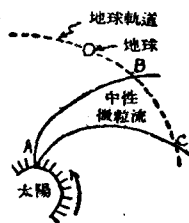


图 1

## 3. 地球磁場使微粒偏向而造成极光

設微粒流为圓柱形,則其截面为圓,而当其側面向地球磁場移近时,地球磁場就有改变微粒流中正負电微粒运动方向的趋势。但因正負电微粒本身有互相吸引之力,所以它們受地球磁場的影响而偏向得并不厉害,仅有少許带电微粒脫离开微粒流而逸入太空,受地球磁場上的磁力綫的引导而移向地球高緯地区,并进入

高空大气,产生了极光。

## 4. 地球磁場使微粒流发生注潭而造成极光

当微粒流繼續側向地更移近地球时,由于微粒流而产生的磁場(微粒流系带电微粒移动而組成,而带电微粒之运动即形成电流并产生磁場),就影响了地球的磁場,同时在微粒流与地球磁場之間就产生了一种机械力。当微粒流的 B 側移到距地球約 10 个地球半径处时,此机械力明显地減弱了微粒流側面向地球移动的速度,从而就使微粒流的在接近地球的一部分的側面发生了变形,弯成了一个注潭,

如图2所示。

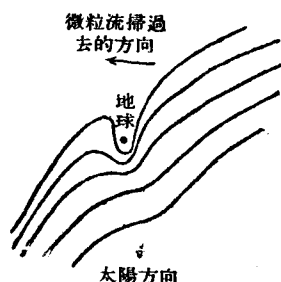


图 2

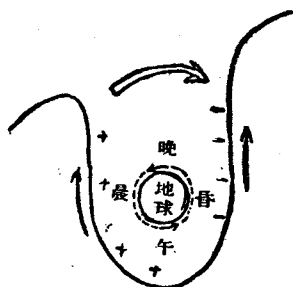


图 3

以后,微粒流愈来愈趋近地球,洼潭也愈来愈发展,同时微粒流表面上的正离子与电子就愈来愈明显地受到地球磁場的影响,而偏向于相反的方向,等到微粒流移到距地球約为 5 个地球半径时,在洼潭壁上就发生如图3所表示的那样的电荷分极现象(此图和图2一样,都是重合于黄道平面的)。图中假定地磁北极在紙面上空,地磁南极在紙背方向,如洼潭的底部是指向太阳所在的方向,則按照地球自西向东旋轉的規律(見圖3中之虛矢),洼潭的左边必是早晨,洼潭的右边必是傍晚。由于此微粒流是按图3的单矢方向相对于地球运动的\*,則根据左手定則\*\*,在洼潭右边的微粒流中的正离子,必有趋集于指向地球方向的侧面之趋向;而在洼潭左边的微粒流中的电子(負电微粒),也必有趋集于指向地球方向的侧面之趋向,从而在面對地球清晨的洼潭壁上就集中有正离子,在面對地球傍晚的洼潭壁上,就集中有电子。图3中电荷分极现象,就是这样产生的。

洼潭壁上既然形成了分极现象,正离子就有窜越洼潭(按图3

\* 微粒流中的微粒在移动时,一方面具有离开太阳的速度,另一方面还具有象微粒流一样沿地球轨道的速度。在图3中单矢的方向,是指微粒在沿地球轨道方向上的速度。因此在洼潭两侧的单矢方向,相当于图2中微粒流扫过去的方向,它只說明微粒有这一方向的分速,并不代表微粒实际的移动方向。

\*\* 如将左手四指与大指在同一平面上成直角分开,則当手心迎着磁力綫的来向,四指指向电流的去向时,大指就指向导体移动的方向,这就是左手定則。在本文中导线的移动实际就是指带不同性質的电荷的微粒在微粒流中分布位置之改变。

的双矢方向)趋向带有负电荷的洼潭壁上去的趋势。在穿越时,就有一部分带电微粒未能越过洼潭,它们就在地球磁场的作用下飞入高纬的大气中,并造成极光。

#### 5. 地球磁场使微粒流中出现“禁入空间”而造成极光

馬尔丁(Martyn)发展了上述理论,他认为微粒流在侧向扫近地球后,不久当漫过地球并包围地球。但因地球磁场的影响,微粒流的接近地球的表面具有感生电流。此感生电流与地球磁场之相互影响就产生一种机械力,使此微粒流在地球赤道附近平面上不能直接与地球表面相接触,只能在地球半径 5.5 倍处围绕地球。这样,在微粒流与地球表面之间,似乎就形成了一个“禁入空间”(Forbidden Space),微粒流只能在“禁入空间”壁以外流动。

在前面介绍空气分子受“热碰撞”而上升到高空,并在太阳紫外线的的作用下电离成为离子,从而造成极光的理论时,曾谈到当离子在 30,000—50,000 千米高空沿地球磁力线移动时,能在两极附近产生极光。现在此微粒流距地球赤道约 5.5 个地球半径,由于地球半径约为 6,400 千米,故微粒流靠近地球的一侧,(即“禁入空间”壁)距赤道地面正好在 30,000—50,000 千米之间(约 35,000 千米)。根据馬尔丁的计算,在地球赤道平面上距地面等于此一距离处的磁力线,是在距地球磁极约 25 个纬度距离处与地球表面相截的\*。而在地球赤道平面上“禁入空间”壁上的带电微粒,是会在地球磁场的影响下沿通过该处的地球磁力线,而向地球两极方向移动的。当然它们在移动时将在距地球磁极约 25 个纬度距离(即磁纬  $65^{\circ}$  左右)处产生极光。事实上,地球上极光出现频率最多的地点,也的确在这些地方,这些地方称为极光区。馬尔丁并计算出极光区的宽度约为  $6^{\circ}$ , 此值也与事实约略相符。根据馬尔丁的研究,按这种方式沿地球磁力线移动的带电微粒是具有足够的能量深入大气层中,并在出现极光的高度上有足够的能量造成极光的。

---

\* 注意,地球的磁场若假定是由一个藏在地球内的磁棒所造成的,则此磁棒的两极并不正好在地面上,而却是在地面以下。因而地球上空的磁力线并不是都汇集于地球表面的磁极处,而是在各不同地点与地球表面相截的。

### 三、极光的分佈

H. 弗里茲 (Fritz) 于 1873 年发表了他所制的北半球极光等頻綫图 (图 4)。这个图的資料包括了自紀元前 503 年到紀元后 1872 年的材料。以后魏斯汀 (Vestine) 补充了自 1872 年到 1942 年的資料, 重新作出北半球的极光等頻綫图来 (图 4)。此外, 魏斯汀和斯內特 (Snyder) 又将南半球的极光等頻綫图, 也繪了出来 (图 5)。这些图表示了极光的分佈情况, 从这两张图中, 可以看出南北半球极光分佈的共同特点如下:

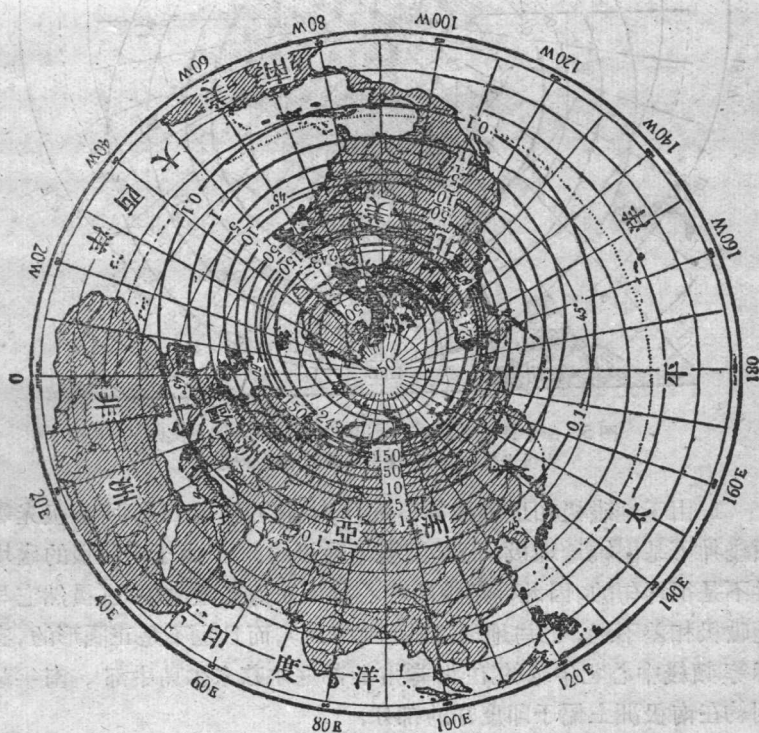


图 4 北半球年极光出現平均日数的分布图。根据 503 年 (BC) 到 1942 年 (AD) 的資料統計, 实綫为极光等頻綫, 断綫为地理緯度綫。

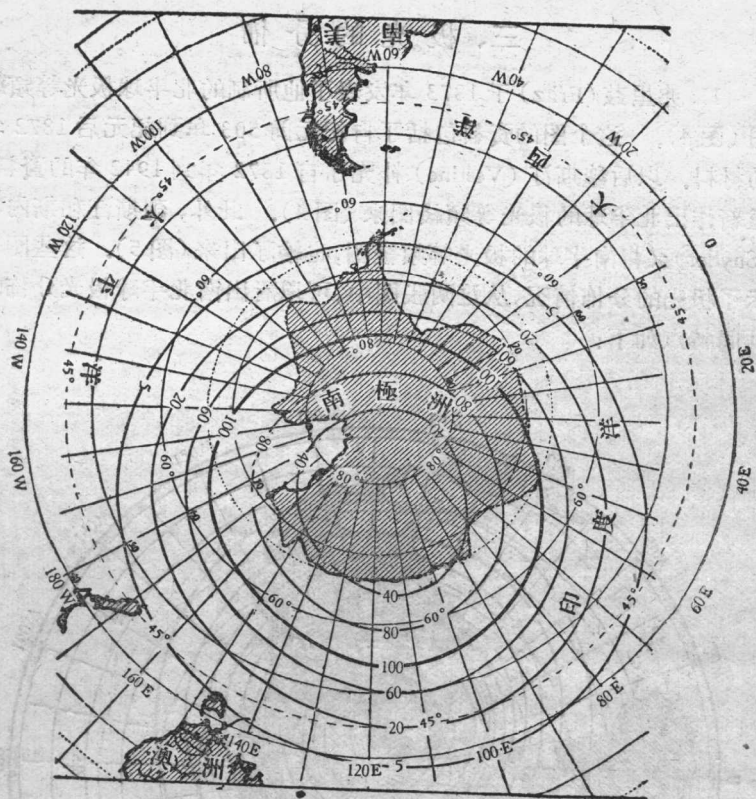


图5 南半球极光每年平均出现日数的频率图。实线为极光等频线，断线为地球的地理纬度线。

1. 由于地磁极和地理极并不重合，它们约相差  $11^\circ$ ，所以极光等频线并不是围绕地理极，而是围绕地磁极的。但由于南北极的磁场并不是很均匀的，因此等频线的中心并不正好在地磁极处（虽然它与地磁极相差不远，也与地理极约相差  $11^\circ$ ），而且也不是正圆形的，实际等频线中心北半球约在北美洲北部厄尔兹米尔岛中部，南半球则约在南极洲上偏于印度洋的部分。

2. 最大值的等频线均不在地磁极处，而却是在距地磁极约  $22-27^\circ$  的地方这是与禁入空间的极光形成理论符合的。在最大值的等

頻綫以南或以北，等頻綫值均有減小，即极光出現的机会均有減少。在北半球，地理極為数值等于 50 的等頻綫所通过。在南半球，則地理極為数值等于 40 的等頻綫所通过，

現在对于北半球的极光等頻綫图，再仔細分析一下，至于南半球的情况，由于和我国的关系不大，所以就不再討論了。

在北半球，极光最大值的等頻綫值为 243。这条綫大体通过阿拉斯加北部、加拿大北部、哈德遜灣中部、冰島南部、挪威北岸、巴倫支海、新地島南部、台麦尔半島、新西伯利亚羣島南部。在这些地方，一年中見极光的日子約佔全年总日数的  $\frac{2}{3}$ 。由此最大值的等頻綫向南，极光出現的頻数就迅速減少。例如等頻綫值为 1 的綫通过西班牙北部、法国南部、意大利北部、羅馬尼亚北部、苏联的烏克蘭、吉尔吉斯草原、蒙古人民共和国的西北角、貝加尔湖、我国的黑龙江北部、庫頁島北部、堪察加半島南端、美国南部与墨西哥北部。在这些地方，一年的 365 天中只有一天才有机会看到极光。再向南，等頻綫值为 0.1 的綫通过直布罗陀海峡、西西里島、希腊、黑海、里海、咸海、巴尔喀什湖、我国的北疆准噶尔盆地、蒙古人民共和国南部、我国的內蒙古自治区东部、吉林省北部、黑龙江省南部、日本北海道北部、墨西哥中部、古巴、海地等地。在这些地方，十年才有一次可看見极光。

如果就同一緯度的各地来看，东半球看見极光的机会，少于西半球。这是由于等頻綫中心偏于西半球的原故。例如以北緯  $45^{\circ}$  的地方为例，在亚洲該緯度每十年才能見一次极光，而在北美洲，該緯度每年却可有 10—20 次的机会看見极光，即在該緯度上，亚洲見极光的机会只有北美的百分之一或二百分之一。

現在应当談一下带电微粒怎样在大气中造成极光的問題。

#### 四、極光亮度分佈

一般极光(主要是指弧狀、垂幕狀、幕弧狀的极光)的亮度，以在距其下限約 5—10 千米处最強，自此向上或向下，极光強度均迅速減弱，但在距下限約 15 千米以上，亮度随高度而減弱的程度就变得和緩些。其所以如此是由于下列原因所形成的。

当正电微粒进入大气时，与高空稀薄的大气分子或原子相碰使它们电离，并激动它们发光。发光的强度约与电离的程度成正比。当正电微粒初入大气时，由于大气密度过小，被电离的空气不多，故极光亮度不很强。以后当正电微粒继续向下行进时，所遇的空气质粒加多，被电离的空气也加多，因而极光亮度就渐渐加强。到了距极光下限约7—10千米处，极光最亮，再向下，由于带电微粒的速度已有相当一部分减弱到小于临界的最大电离速度，因而就不易使空气电离，被电离的空气分子也大为减少，极光亮度就又大为减弱了。但是侵入大气造成极光的带电微粒不单是正电微粒，还可能是负电微粒，例如电子。在这种情况下，极光强度就不是正比于电离强度，而却是正比于电子在其行径中被大气吸收的程度了。在很高的高空，由于电子速度很大，空气又很稀薄，所以电子被吸收得不多，极光就不很强，以后电子继续向下走，速度变慢，所遇到的空气密度渐大，电子被空气吸收得也渐多，所以极光渐强，约在距地110—140千米处（也即约在距极光下限向上约10—40千米处）极光最强；再向下，由于电子已大部被空气吸收了，所余的电子已不很多，能被空气再行吸收的电子甚少，因此极光的亮度又大为减弱。

有的极光（如射线状极光），其强度几乎不随高度而变，人们认为这是由于当时在带电微粒碰击区的空气，因碰击而升温，从而使空气密度在垂直方向的分佈变得均匀些所致。

## 五、极光的大体形状

极光表现有各式各样的形式，就外形看：有的如光幕（图6j）、有的如光冕（见图6f）、有的如光弧（图6b,g）、有的如光斑、有的如光带（图6c,d,h,i）、有的如光柱、有的如光束（图6e）。就结构来说：有的是均匀片状结构的（图6a）、有的是下部明显上部模糊、有的是由线条构成（图6e—j）、有的是由斑点构成。就轮廓来说：有的下面有轮廓上面没有轮廓、有的则全部没有轮廓，只在夜空中呈薄透明的一片（图6a）。就运动的情况来说：有的静，有的动。动的情况也是各式各样的：有的呈脉动状、有的如布幕因被风吹而呈现的晃动的样子。