

## 日全食: 天赐的惊喜

Bhaskar Kundu\*, Batakrushna Senapati 和 Bhishma Tyagi

鲁尔克拉国立理工学院, 地球与大气科学系 (印度, 鲁尔克拉)

### 少年审稿人



CONRAD

年龄: 12



POYA

年龄: 15

日食是一种独特又让人惊喜的天文现象, 它涉及地球、月球和太阳。在日食期间, 月球会完全或部分覆盖太阳。因而, 暂时地遮挡了太阳射向地球的光。日食还通过影响名为电子的微小粒子之间的距离来改变地球的大气。这些电子密度的变化可以通过一组名为全球导航卫星系统 (GNSS) 的卫星在全球各个地区进行测量。在本文中, 我们将告知最近两次日食期间观察到的电子密度变化。这具有重要意义, 因为这些变化会影响基于卫星的导航 (如手机上的 GPS) 和通信。

### 日食期间会发生什么?

无论孩子还是大人, 许多人得知他们所在的地方将能看到日食时, 都会非常兴奋 (图 1)。在日食期间, 每个人都会成为几分钟的天文学家。对于研究地球大气层的科学家来说, 日食也是令人兴奋的, 因为在日食期间, 上层大气中的粒子会发生变化。在深入讨论这个话题之前, 我们必须先解释一下日食期间到底会发生什么。

太阳系中的每个物体在挡住入射太阳光线的同时都会产生阴影。当我们的天然卫星——月球, 从太阳和地球中间经过时, 地球上就会发生日食现象, 最终将太阳遮挡在我们的视线之外。虽然太阳的直径约为月球的 400 倍, 但太阳距离地球也约为月球距离地球的 400 倍。因此,

图 1

2017年8月21日,密苏里州堪萨斯城克拉迪小学的孩子们观看日食窗体顶端,学生们正在练习如何正确使用日食眼镜,这种眼镜可以保护他们的眼睛不受太阳光线的伤害。

### 日全食 (Total solar eclipse)

当月球处于太阳和地球中间时,完全遮盖住太阳。

### 日偏食 (Partial solar eclipse)

当月球处于太阳和地球中间时,部分遮盖住太阳。

### 日环食 (Annular solar eclipse)

当月球距离地球最远时发生的日食。因此,在日食期间太阳不会被完全遮挡,只能看到一圈光环。

图 2

(A) 日食有三种主要类型。当月球位于太阳和地球中间时,它可能完全遮住太阳(日全食)或部分遮住太阳(环形和日偏食)(<https://www.clearias.com/eclipse/>)。 (B) 导航和长距离通信的信号必须通过大气层的一层称为电离层。(C) 2017年8月21日(日全食)和2019年12月26日(环形日食)的日食位置和路径(红色曲线)。最大日食点由黄色星星标记。

### 电离层 (Ionosphere)

大气层的一层,从地球表面向上延伸80至600公里。它含有大量的离子和自由电子,对通信和导航至关重要。

### 离子 (Ions)

电荷带有电的(正电或负电)原子或分子。



图 1

从地球上观察太阳和月亮,它们看起来大小几乎相同。当月球完美地挡住太阳时,只能看到太阳的一个微弱的外环。这壮观的景象被称为日全食。此外,还有其他类型的日食。

日偏食现象发生在月球只挡住太阳的一部分时。环形日食类似于日全食,但它发生在月球距离地球最远的时候,因此月球看起来较小。在环形日食中,月球的边缘会出现一个火红的发光环。图 2A 显示了各种类型的日食之间的区别。

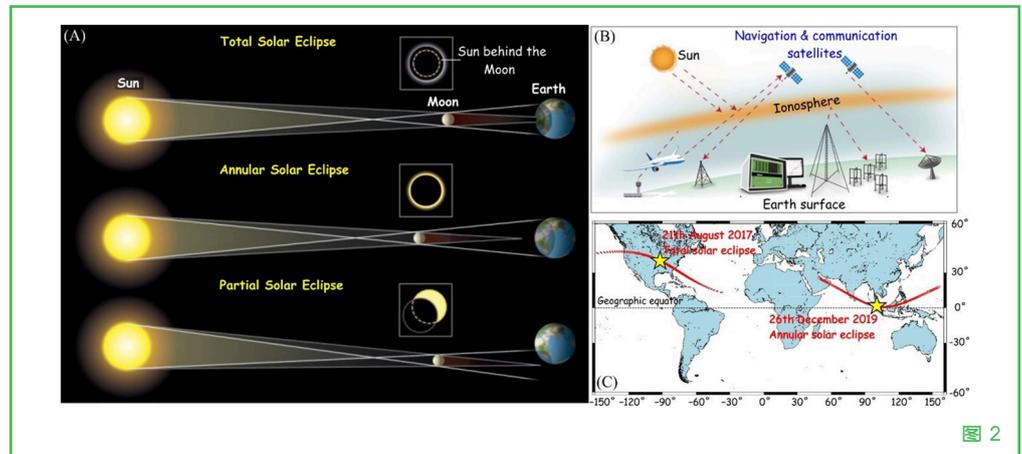


图 2

## 日食改变地球大气层

除了看起来壮观之外,日食可以让我们了解电离层的一些有趣现象。电离层是地球上空的一个层,位于地表以上约80至600公里处[1]。电离层中的原子和分子通常会分解成为带电粒子——离子。当它们吸收来自太阳的能量时,电离层中的离子可以呈正、负或中性电荷。电离层还含有许多自由电子,它们会影响无线电波和卫星信号。换句话说,电离层是大气的重要组成部分,因为它反射和改变了用于导航和远距离通

### 电子 (Electrons)

原子的小粒子，带有负电荷。电子是固体中电流的主要载体。

### 阴影区 (Shadow zone)

在日食期间，地球上的阳光暂时无法到达的地方。

### 全球导航卫星系统 (GNSS) (Global navigation satellite systems (GNSS))

一组卫星，提供全球或区域范围的定位、导航和定时服务。例如，你手机使用的GPS就是由24颗卫星组成的。

### 电子密度 (Electron density)

电离层单位面积内存在的电子数量。

图 3

电离层在两次最近的日食期间电子密度的变化。深蓝色代表最大日食位置的电子密度下降。在南美洲和南极洲尖端(2017年8月21日日食)以及日本北部附近(2019年12月26日日食)的黄色斑块被红圈圈起，表示电子密度增加的区域。

信的无线电波和卫星信号(见图 2B)。如果没有电离层，GPS 等导航形式和远距离卫星通信将无法实现。

由于阳光的能量创造了电离层中的离子和电子，你可能会预测，在太阳食期间阳光突然消失可能会引起电离层的变化，而你的预测是正确的！在太阳食期间，当月球暂时阻挡了来自太阳的入射阳光到达地球时，电离层内阴影区域的电子密度会下降。

## 研究电离层和日食的影响

科学家如何检测和测量电离层的变化？一种方法涉及使用卫星，特别是全球导航卫星系统(GNSS)网络。这是一组在全球范围内提供定位、导航和定时服务的卫星(图 2B)。GNSS 卫星持续环绕地球运行，让科学家能够捕捉日食期间发生的电离层变化 [2]。

图 2C 显示了两次最近的日食的路径。其中一次是 2017 年 8 月 21 日穿过美国中部的日全食。另一次是 2019 年 12 月 26 日在东南亚发生的环形日食。当这两次日食达到最完整状态时，密集的 GNSS 网络捕获到电子密度在电离层阴影区的显著下降 [3, 4]。电子密度的下降是因为进入的阳光暂时被阻挡无法到达地球，阻止了电离层中的原子和分子分解成离子，从而导致在日食发生时电子密度下降。这至关重要，因为它影响到无线电信号向地球偏远地方传播，也会影响通过大气层这一层的 GNSS 信号的传输。

## 电离层中更有意思

科学家们发现，在日食期间，电离层中的电子数量减少是相当有意思的。然而，穿越天际的 GNSS 卫星的发现更有趣。在上述两次日食期间，电离层中还观察到了电子密度的轻微增加。电子密度增加的位置如图 3 所示。为什么这些区域在日食期间经历了电子密度的增加？科学家们提出，电离层与地球磁场之间的相互作用是造成了电离层中这种“兴奋状态”的主要原因 [5]。

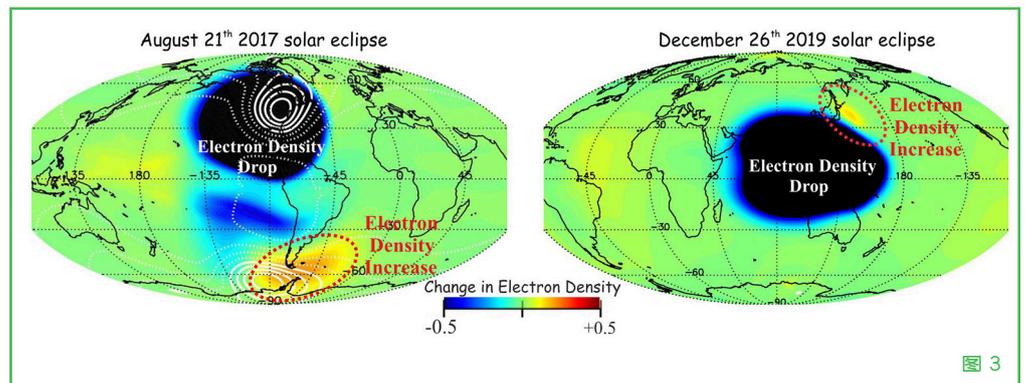


图 3

## 惊喜仍在继续

在本文中，您已经了解了日食及其对电离层的影响。在日食期间，电离层的电子密度显著下降，但在一些地区，电子密度神秘地略微增加。这些电离层的变化影响着无线电波和穿过大气层这一层的 GNSS 信号。这些发现令人兴奋，并且对于试图了解电离层特征以及它们如何在日食期间影响通信、导航和信息传输的科学家来说可能很重要。还有很多工作要做，还有许多重要问题有待解答。

## 致谢

感谢墨子沙龙公益科普平台对本文中中文翻译的贡献。

## 参考文献

1. Strahler, A. N. 1963. The earth sciences. *Science* 142:1287–8. doi: 10.1126/science.142.3597.1287-a
2. Heki, K. 2021. Ionospheric disturbances related to earthquakes. *Ionosphere Dyn. Appl.* 511–26. doi: 10.1002/9781119815617.ch21
3. Kundu, B., Panda, D., Gahalaut, V. K., and Catherine, J. K. 2018. The August 21, 2017 American total solar eclipse through the eyes of GPS. *Geophys. J. Int.* 214:651–5. doi: 10.1093/gji/ggy149
4. Senapati, B., Huba, J. D., Kundu, B., Gahalaut, V. K., Panda, D., Mondal, S. K., et al. 2020. Change in total electron content during the 26 December 2019 solar eclipse: constraints from GNSS observations and comparison with SAMI3 model results. *J. Geophys. Res. Space Phys.* 125:e2020JA028230. doi: 10.1029/2020JA028230
5. Huba, J. D., and Drob, D. 2017. SAMI3 prediction of the impact of the total solar eclipse on the ionosphere/plasmasphere system. *Geophys. Res. Lett.* 44, 5928–35. doi: 10.1002/2017GL073549

线上发布: 2024 年 9 月 30 日

编辑: [Ameé Jeanette Hennig](#)

科学导师: [Kalee Tock](#) 和 [Jonas Raschidie](#)

引用: Kundu B, Senapati B 和 Tyagi B (2024) 日全食: 天赐的惊喜. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2023.937851-zh

英文原文: Kundu B, Senapati B and Tyagi B (2023) A Solar Eclipse: Excitement Is in the Air. *Front. Young Minds* 11:937851. doi: 10.3389/frym.2023.937851

**利益冲突声明:** 作者声明, 该研究是在没有任何可能被解释为潜在利益冲突的商业或财务关系的情况下进行的。

版权 © 2023 © 2024 Kundu, Senapati 和 Tyagi. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例, 在注明原作者和版权所有者, 及在标明本刊为原始出处的前提下, 允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款, 则不得使用、传播或复制文章内容。

## 少年审稿人



CONRAD, 年龄:12

我喜欢珊瑚礁。我会弹大提琴。我觉得神经科学很酷, 但我喜欢所有的科学, 还喜欢竞技数学和学习新语言。



POYA, 年龄:15

嘿, 我是波亚·拉希迪, 15岁, 住在伊朗。我在沙希德·贝赫什蒂高中读十年级。

## 作者



BHASKAR KUNDU

我是一名地震学家, 目前在印度鲁尔克拉国立理工学院地球与大气科学系担任助理教授。我利用野外观测、大地测量、实验室实验和遥感等各种方法来更好地理解地球复杂的系统。我也很喜欢望远镜和夜空, 喜欢与我儿子艾蒙一起好奇地探索星星、行星和月亮的奥秘! \*[rilbhaskar@gmail.com](mailto:rilbhaskar@gmail.com)



BATAKRUSHNA SENAPATI

我是来自印度国家技术研究所鲁尔克拉分校 (National Institute of Technology, Rourkela) 地壳测量实验室 (Tectonic Geodesy Lab) 研究员。我的研究主要集中在理解气候因素 (例如降雨、降雪等) 对地震发生过程的影响以及对电离层的研究。



BHISHMA TYAGI

我是一名气象学家, 就职于印度鲁尔克拉国立技术研究所 (National Institute of Technology) 的地球与大气科学系。我的工作主要集中在空气质量评估、气溶胶-云相互作用和气候变化研究方面。

中文翻译由下列单位提供  
Chinese version provided by

