



闪电是大气中的放电。慢动作视频可帮助科学家研究这种放电电荷的积累、释放和消散。

闪电来袭时： 佛罗里达理工学院使用高速图像来观察闪电

当您还是个孩子的时候，您妈妈可能在暴风雨的时候（尤其是在有闪电的时候）会催您进屋。每年，地球在大约 100,000 次雷暴中平均遭受 2500 万次雷击。这相当于每秒有 100 多个闪电！典型的雷击以每秒 60 英里的速度行进，单个闪电的平均长度在 2-3 英里之间，并且通常可以延伸至 60 英里。闪电可以达到大约 30,000 开尔文（或华氏 53,540 度）的温度 – 比太阳表面更热。这使闪电成为我们星球上最有趣、最危险的自然事件之一。难怪您妈妈在雷雨天不让您出去。

简单来说，闪电是一种“大气中明亮的电火花放电，发生在雷云中、云之间或云与地之间。”数十年来，全球科学家为了了解天气模式一直在研究闪电

现象。最近，佛罗里达州墨尔本佛罗里达理工学院物理与空间科学系的 Ningyu Liu 博士、Hamid Rassoul 博士和一群博士生通过使用 Vision Research 的高速摄像机研究了闪电现象。

刘博士、Rassoul 博士及其学生借助 Vision Research 的 Phantom v1210 数字超高速摄像机通过观察和记录雷击对大气电学进行了研究。Phantom v1210 非常适合这类项目，因为它能够捕捉人眼无法察觉的事件。因此，它为该研究小组提供了他们原本无法获得的大量关键数据。在摄像机的最大分辨率下，它可以以每秒高达 12,600 帧的速度捕捉图像，这使闪电“肉眼可见”，使他们可以正确评估和分析数据。

简单来说，闪电是一种“大气中明亮的电火花放电，发生在雷云中、云之间或云与地之间。”数十年来，全球科学家为了了解天气模式一直在研究闪电现象。

闪电、喷流和精灵



Phantom v1210 数字超高速摄像机。

佛罗里达理工学院的这个项目是美国国家科学基金会资助项目的一部分。副教授 Ningyu Liu 博士撰写了拨款申请，他不仅想要研究闪电，还想要研究被称为喷流和精灵的巨大高空放电。喷流和精灵是属于大气放电中的一个更大的子类，这种放电被称为瞬态发光事件 (TLE)。与闪电相比，这些放电更加微弱，通常比典型闪电发生的时间要短。事实上，精灵非常难以捉摸，以至于直到 20 世纪 80 年代后期才被确认为一种现象。

例如，巨大的电射流从雷暴的顶部向上喷出，水母形状的射流在高层大气中一跃而起，以响应云层下方的闪电。TLE 以一种独特的方式建立了对流层（我们居住的地方）和下层电离层（离地面 37 到 56 英里的带电区域）之间的物理（电气）连接。电离层是带电的，因为这个区域的原子被入射的太阳风所电离（它们的电子被移除）。由于释放的离子会影响无线电通信，因此研究带电电离层非常重要。例如，如果我们遇到一场大型太阳风暴，我们的 GPS 系统可能会停止工作，因为信号在到达地球的过程中会被扰乱。

使用 Phantom v1210

研究小组主要从地球空间物理实验室的内部和大学建筑物的顶部拍摄了雷击。Phantom v1210（特别是其专有的宽屏 CMOS 传感器）是捕捉动作的关键。研究小组成员 Julia Tilles 博士生解释说，在每秒高达 12G 像素每秒的吞吐量下进行拍摄时，v1210 的帧速率不能太高，因为我们想要获得闪电的大视野。

“我们将帧速率限制在大约 100,000 fps，因为增加到更高的帧速率会使我们的视野变小。在更高的帧速率和更低的分辨率下，闪路进出帧的速度太快，以至于我们无法获取大量信息，在视野中捕捉到内容的几率也非常小。摄像机的最大 FPS 可高达 570,000 FPS，但让摄像机以此速率下运行并不能为我们提供良好的空间分辨率和时间分辨率。不过，我们正在尝试以略高的帧速率拍摄，”她说。

摄像机捕获的数据使研究团队能够研究电场测量值并推导出相应的通道方向和电流方向。“v1210 是一款非常精密的摄像机。当我们在 7,000 fps 到 12,000 fps 之间进行拍摄时，我们能够看到一些闪电的细节，例如分岔和先导传播。这个分辨率足以让我们看到云下发生的许多难以捉摸的过程，它给我们提供了一个很好的、完整的画面。我们还可以使用其他数据库，例如国家电荷矩变化网络 (CMCN) 来量化雷击过程中到达地面的电荷，” Tilles 说。

除 v1210 外，研究团队还使用了其他尖端技术，如 LMA 数据、NEXRAD 雷达数据、X 射线数据、电场数据、电荷矩变化数据和 NLDN 数据，以进一步评估他们捕获的视频。“这些技术的组合使我们可以完成一些事情，例如将不同类型的放电（巨大喷流）与风暴动力学和风暴中的电荷分布联系起来，以及将传播过程与 X 射线生成联系起来。值得一提的是，来自摄像机的高速视频也可作为数据库，供我们用于未来的研究，”她描述道。

研究小组以前从未使用过这种级别的高速数字摄像机，Phantom 的简单操作和直观功能给他们留下了深刻的印象。“摄像机的表现非常出色，操作起来也很简单。如果非要说我们面临了什么挑战，那就是我们经常需要在近乎漆黑的夜晚中捕捉图像，但摄像机的低光功能给了我们莫大的帮助，”她解释道。



Julia Tilles 和研究生研究小组在校园建筑屋顶监控天气情况。

“v1210 是一款非常精密的摄像机。当我们在 7,000 fps 到 12,000 fps 之间进行拍摄时，我们能够看到一些闪电的细节，例如分岔和先导传播。这个分辨率足以让我们看到云下发生的许多难以捉摸的过程，它给我们提供了一个很好的、完整的画面。我们还可以使用其他数据集，例如国家电荷矩变化网络 (CMCN) 来量化雷击过程中到达地面的电荷。”

低光功能是 Phantom v1210 的独特功能之一。摄像机的特制传感器包含 28 微米像素，可确保卓越的光敏性，这对超高速成像至关重要。此外，v1210 标准的每像素 12 位深度可产生高动态范围，并提供出色的图像质量。

Tilles 很荣幸能够与刘博士及其博士生同学一起从事这样一个充满意义和创新的项目，她对未来的实验感到非常兴奋。“如果没有高速摄像机，这个项目是绝对不可能实现的。我很感激我们生活在这样一个时代，使我们能够使用这种先进的技术。它打破了我们的困境，在我们的研究中发挥了重要作用。”

关于物理与空间科学系：

佛罗里达理工大学物理与空间科学系培养学生使他们具备扎实的物理学基础知识，我们 16 名全职教师还为每一位学生提供个性化的支持。该院系是美国第一个提供空间科学学位的院系，目前仍是美国少数提供这一学位的院系之一。我们的毕业生现在在美国宇航局、私营企业和学术部门工作。该系为学生提供了研究不同领域生活中现象的独特机会，这些领域包括：天文学和天体物理学、高能粒子物理学、空间物理学和空间天气学、闪电研究、天体生物学和行星科学。

这项研究的视频可在 YouTube 上查看：

www.bit.ly/PhantomScience



某些 Phantom 摄像机符合出口许可标准。有关更多信息，请访问 www.phantomcameras.cn/export。