
瞬间能量相当100万座核电站！史上最大电流来了

作者：writer 来源：科学网

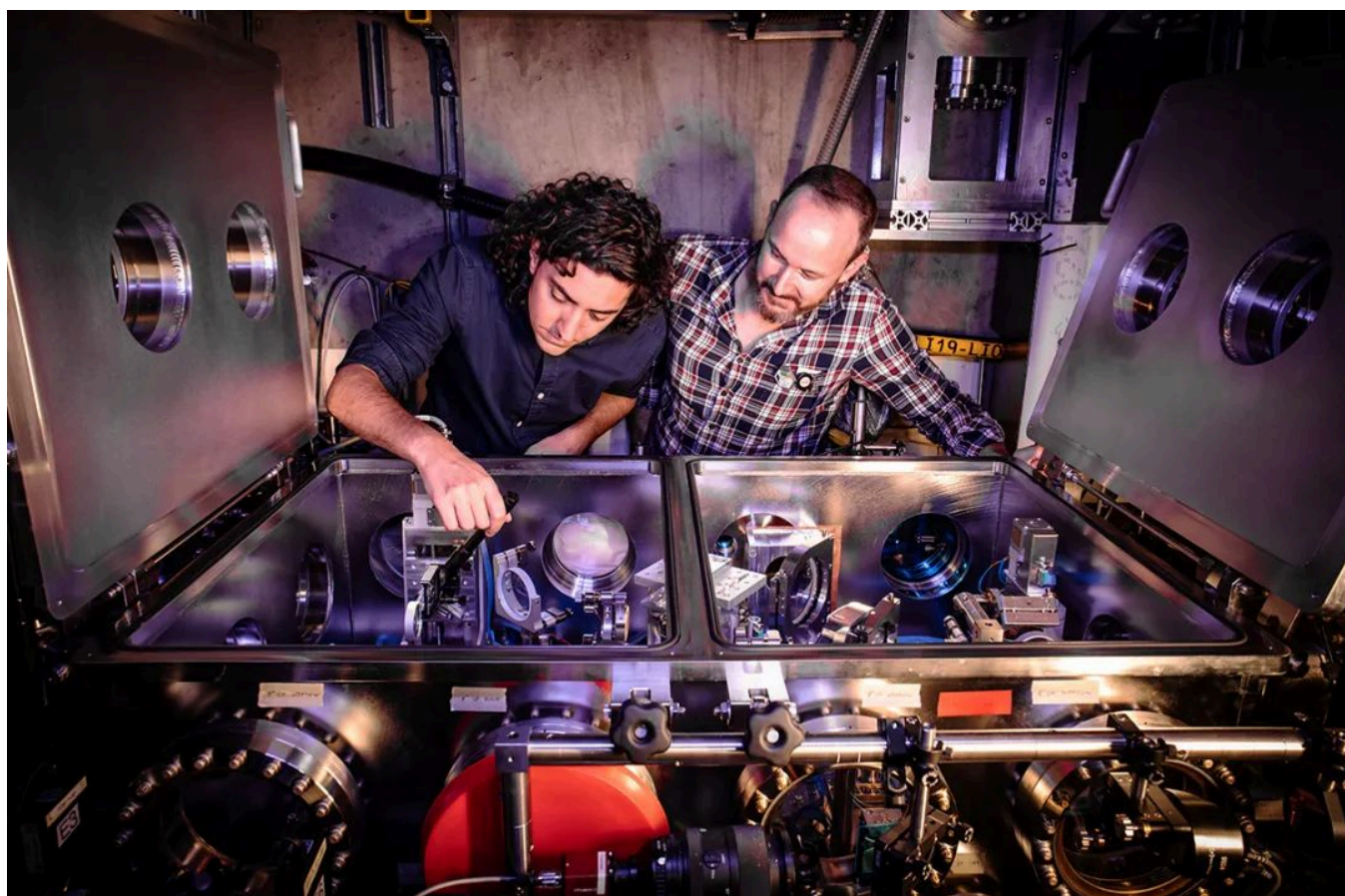
本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/32133.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

瞬间能量相当100万座核电站！史上最大电流来了。编译 | 李木子

将一束激光压缩至千万亿分之一秒，在一瞬间能产生超强脉冲，其功率相当于100万座核电站的能量。这种拍瓦级激光器使科学家能够以新的方式操控材料、模拟行星内部甚至分裂原子。如今，加速器物理学家实现了这一壮举，获得了具有惊人应用潜力的拍瓦级电子脉冲。

“我们将大量电荷压缩至极短的束持续时间中，从而获得了有史以来最大电流、最大峰值功率的电子束。”该研究负责人、美国SLAC国家加速器实验室的加速器物理学家Claudio Emma说，这种电子脉冲持续时间仅千万亿分之一秒，却能携带10万安培电流。2月27日，相关研究成果发表于《物理评论快报》。



加速器物理学家克Claudio Emma（左）与同事在调试关键激光系统。图片来源：JACQUELINE RAMSEYER ORRELL/SLAC NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY

?

“这是一项超酷的实验。”美国布鲁克海文国家实验室的加速器物理学家Sergei Nagaitsev说。“如果能够实现，比它更强大的光束或将完成一些创举，例如在真空中撕裂粒子。”英国牛津大学的等离子体加速器物理学家Richard DArcy补充说。

虽然高能电子与低能电子几乎以相同的速度运动（均接近光速的99.99%），但正如赛车通过弯道时会转向一样，电子在磁场中也会发生偏转。与一辆高速赛车在拐弯时必须走一条更直的路线一样，一个能量更高的电子在磁场中的运动轨迹也必然会更直。

Emma和同事巧妙结合了这两种效应。他们首先在SLAC已有62年历史的直线加速器中产生了1毫米长的电子束。电子在通过一个真空腔室内的无线电波时获得加速的能量：由于前面的电子比后面的电子所处的波峰要稍微陡一些，所以其获得的能量要低于后面的电子，即形成了所谓“啁啾”能量分布。

这种啁啾结构为压缩电子束提供了可能。为做到这一点，研究人员使用一种名为“减速弯”的标准工具，通过一系列磁铁将电子束发射出去。4组磁铁使电子束向左、右、右、左快速偏转，然后回到原来的轨迹。低能电子因偏转幅度更大、路径更长，使得后方高能电子能够迎头赶上，从而实现从前到后压缩电子束。

但一个标准的“减速弯”不能产生超短脉冲。Emma解释说，如果物理学家仅依赖加速器自然产生的相对温和的啁啾，那么旋转将会非常剧烈，以至于电子会辐射能量，而光束会变得模糊。

为此，SLAC的研究人员改变了方案。当一部分电子束从第一个加速器出来后，它通过了一个叫作波动器的特殊磁铁。在磁铁内部，研究人员用低能量激光脉冲使束重叠。这种波动迫使电子向侧面摆动，从而使它们能够与光交换能量。通过调制激光脉冲的形态，研究人员得以在电子束中间增加一个额外的、更有用的啁啾结构。

随后，电子束经过3段交错设置的加速器段，交替加速并再次压缩。当激光脉冲被精心调制以匹配随后的操作时，额外的啁啾最终在束流中部产生了一个仅0.3微米的超强电子脉冲。

意大利国家核物理研究所的加速器物理学家Massimo Ferrario指出，这种反复的加速-压缩循环是维持短脉冲的关键，“否则同性电荷的斥力会立即将其撕裂”。

Nagaitsev表示，采用更短、更强的电子束可显著提升亮度，将为探测化学过程开辟道路。此外，超强电子脉冲还能模拟天体物理中的等离子体现象，例如某些星体爆发产生的接近光速的喷流。

也许有一天，通过超强电子束可以探测到真空的本质。DArcy指出，它们会产生超强电场，如果其中一个电子束与超强激光脉冲碰撞，就会使空间暴露在极强的电极化中。如果这个电场足够强大，可能会在真空中撕裂粒子-反粒子对，这是量子物理学预测的但从未观察到的一种现象。

尽管实现这一目标尚需时日，但若将电子脉冲缩短至目前的1/10，研究人员或将接近该目标。Emma和同事计划用等离子体单元替代激光器，构建更复杂的啁啾调制方案。“我们已实现了10万

安培束流，下一步将冲击百万安培。”

相关论文信息：<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.085001>

《中国科学报》(2025-03-03第2版国际)

作者：李木子 来源：中国科学报

更多科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发