

实验室中“扭曲”时空，能让超光速旅行成真吗

□ 陈思进



时空穿越旅行是科幻作品中经常出现的场景。从《星际迷航》的曲速飞船到《回到未来》的时光车，但在科学上实现时空穿越，还需要面对现实。

近期出版的《欧洲工程技术研究》杂志刊登了一项震撼实验：Glenn博士团队在实验室用40万伏高压电火花制造出微弱的引力波——类似黑洞碰撞的“时空涟漪”。这是否意味着人类首次“扭动”了时空，迈向时间旅行的第一步？

时间旅行的最大障碍

为何实现超光速如此之难？爱因斯坦的相对论指出，物体越接近光速，质量越大，所需能量越趋于无穷，普通飞船根本无法突破这堵“光速墙”。这也让逆转时间、回到过去变得不可能。科幻中常提到的“时间膨胀”——在强引力场或高速运动下时间变慢，仅能实现“单向未来旅行”，如《星际穿越》中主角经历的“一年等于地球70年”。但要回到过去，还需打破“时间箭头”。

而更现实的路径，是借助宇宙自身的结构。例如，我们知道宇宙正在膨胀，并且某些遥远星系的“视速度”因空间拉伸可超过光速，但那是空间本身在扩展，不违反相对论。这一机制启发了



科学家：或许通过主动扭曲空间几何，也能绕开光速限制。

为何时间只向前

时间为单向流动？热力学第二定律给出答案：在一个封闭系统里，混乱度总是增加。比如，杯子摔碎后不会自动复原，这决定了时间只会“向前”。然而，微观粒子的运动是“时间对称”的，理论上可逆。这种矛盾让科学家好奇：能否通过操控时空来逆转时间呢？

这实际上反映了宏观物理与量子尺度的深层张力。在微观层面，“纠缠态”似乎能瞬时传递信息；在宏观世界，却受制于光速极限和熵(shāng)增法则（在一个封闭且没有任何外力影响的系统环境当中，混乱程度只会增加，以至

于趋向混沌、无序）。这道看似是不可逾越的裂隙，或许正是时空科技突破的切入口。

火花中的时空涟漪

Glenn团队的实验令人振奋。他们用高压电火花在毫米级空间内释放每立方米 10^{11} 焦耳的能量，这相当于小型炸弹释放的能量密度！激光干涉仪捕捉到微弱的条纹变化，排除干扰后，确认这是引力波——时空的微小“褶皱”。引力波是爱因斯坦预言的时空振动，类似黑洞合并时的“涟漪”。这是人类首次在实验室内制造并测量它，意味着我们能“扭动”时空。

更激动人心的是，Glenn团队基于“曲速驱动”理论提出了“空间泡泡”说

法：压缩飞船前方空间，扩展其后方空间，让飞船像冲浪般“滑”过光速墙，理论上实现超光速旅行，而飞船内部仍符合相对论。这就像科幻片中的曲速引擎雏形。

我们能回到过去吗

超光速旅行能逆转时间吗？答案并不那么简单。曲速驱动改变的是空间几何，而非时间本身。你可能瞬间抵达遥远的星系，但仍是“主观未来”。而且，曲速泡泡需“负能量”维持，目前物理学尚未发现这种奇异物质，实验能量也远低于实际需求，差距高达12个数量级。此外，“祖母悖论”（回到过去、改变历史导致逻辑闭环矛盾）仍是未解难题，逆转“时间箭头”还需突破热力学壁垒。

目前，在低推力、长航时方向上，离子推进器、电磁推进器已让太空船速度接近常规极限，倘若曲速引擎可行，它将把跨星际旅行从几百年压缩至数小时。

尽管时间旅行尚远，但这项实验仍是里程碑。Glenn团队操控引力波、设计时空结构，让我们离科幻更近一步。作为科幻作者，我为这一突破而雀跃：它不仅点燃创作灵感，更让我们窥见“可塑时间”的未来。

或许某天，“祖母悖论”将在实验室解开，现实与幻想将交汇于星辰大海。

（作者系科幻作家）

国际首次发现凝聚态中涌现的引力子

□ 杜灵杰



提到凝聚态，我们或许了解不深，但生活中大部分物质都是凝聚态。在微观上解释，就是凝聚态中大量的电子、分子等单体的集体行为，会导致系统呈现出区别于单体的特征。单体聚集而成的复杂系统可以看成是“新粒子”组成的简单系统，这种“新粒子”被称为准粒子。

目前，科学家已经发现凝聚态系统中的准粒子具有与基本粒子类似的物理性质，可被视作基本粒子在凝聚态中的对应。近年来，诺贝尔物理学奖得主Haldane等物理学家提出了一个新的观点：在分数量子霍尔液体（一种超越传统固体物理框架的强关联物质形态）中，引力子可能以准粒子的形式涌现。理论物理学家将这类准粒子称为分数量子霍尔引力子。这种引力子在实验上表现为低

能模式激发，所以也被称为引力子模或引力子激发。

引力子模不仅具有类似于引力子的性质，而且可以通过相应的量子引力方程来描述。但是，引力子模在实验上一直没有被观察到。

极限条件下引力子模的发现

2019年，我们团队在分数量子霍尔效应中发现了一种新的集体激发，被理论物理学家认为可能是分数量子霍尔引力子。为了证实这种引力子，完备实验证据是必须的。然而，当时国内外尚无实验设备和极限实验条件能够满足实验要求：一是极低的温度（约50mK），二是强磁场（约10T），三是极低能量测量（约50GHz）。因此，该实验一直被认为是极难完成的任务。

经过多年的努力，我们团队通过巧妙的设计满足了众多看似矛盾的严苛测

量要求，集成组装了一台极低温、强磁场共振非弹性偏振光散射系统。利用这套系统，我们团队测量到了分数量子霍尔效应中的引力子模。

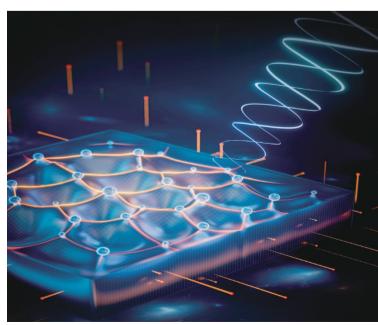
此次引力子模的发现被理论物理学家赋予重要的物理意义，将其解释为二维空间的有质量引力子。该实验工作是自引力子这一概念提出以来，首次在实验上观察到准粒子形态的引力子。

开辟研究新方向

以往人们在研究分数量子霍尔效应时，主要关心其“拓扑”性质，而忽视“量子几何”的重要性。2016年诺贝尔物理学奖告诉我们：甜甜圈和橡皮圈在“拓扑”上是相等的，因为他们都有一个洞；而如果我们把橡皮圈绷紧，用手拨动橡皮圈产生的振动则对应着“量子几何”效应。实际上，“量子几何”与“拓扑”有着相当的重要性，对理解物质的关联性质都是不可或缺的。引力子模的实验发现证实了分数量子霍尔效应的新量子几何理论。

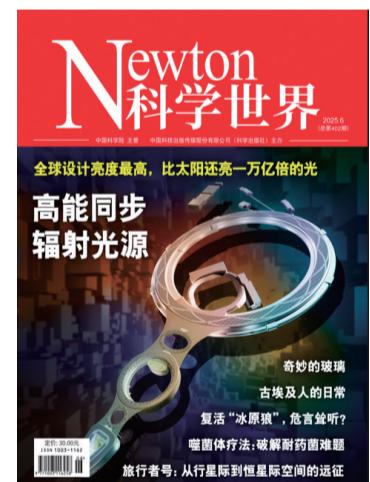
未来，引力子模的这一新研究方向，将有助于指引科学家更深入地理解凝聚态物质微观结构和相互作用机制。今后的新型电子器件和新型材料可能就得益于这种对物质微观结构的深入认识，推动相关应用的发展，带来信息处理速度的极大提升，网络通信、大数据分析、人工智能等领域将迎来新的发展机遇。

（作者系南京大学物理学院教授）



“凝聚态物质中引力子模的实验发现”成果，入选了由国家自然科学基金委员会公布的2024年度“中国科学十大进展”。

图为测量到的引力子模
(作者供图)



来看我国第一台高能同步辐射光源

位于北京市怀柔区雁栖湖畔的高能同步辐射光源（HEPS），是中国正在建设的重大科技基础设施。建成后，它将是中国第一台高能同步辐射光源，也是全球设计亮度最高的第4代同步辐射光源。

HEPS的独特外观充满了未来感，在周边湖光山影的衬托下，不断散发出令人难以抗拒的科技之美。现在让我们一起翻开2025年《科学世界》杂志的第6期吧。