
研究发现辐射主导磁重联中的自旋凝聚等离子体

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/34652.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！

研究发现辐射主导磁重联中的自旋凝聚等离子体。

磁重联是等离子体中磁能快速释放和粒子加热加速的关键过程，广泛存在于太阳耀斑、地球磁尾、黑洞喷流、伽马暴乃至聚变装置等多种等离子体环境中。当磁场强度达到极端水平时，电子在重联过程中将进入辐射主导区域，此时辐射阻尼、光子辐射及粒子自旋动力学等因素成为重要机制。然而，在这类极端磁重联环境中，等离子体将如何演化、自旋如何响应、辐射信号呈现出怎样的观测特征，仍是等离子体物理与高能天体物理交叉研究中的前沿科学问题。

近日，中国科学院理论物理研究所副研究员弓正与德国马克斯-普朗克核物理研究所科研人员合作，在极端强场磁重联研究方面取得进展。该研究基于包含辐射反作用、自旋动力学及量子辐射偏振效应的粒子模拟系统，在辐射主导的磁重联中发现了一种新结构——自旋极化凝聚等离子体。研究发现，在这一过程中，电子在相空间中迅速收缩至一个由辐射阻尼诱导形成的“螺旋吸引子”不动点，形成多个微小且高密度的等离子体团粒，并实现了自旋方向与局域磁场方向平行的准同步极化。

这一凝聚结构表现出高于传统等离子体团粒的密度压缩率，同时，电子辐射出的高能伽马光子呈现出一种异常的线性偏振状态，其偏振方向垂直于电子的运动平面。这一现象偏离了经典同步辐射模型预期，表明自旋翻转在辐射过程中对角动量转换具有关键作用，进而引发了辐射偏振方向的重新分布。这一发现为解释磁星、蟹状星云等高能天体观测中出现的异常伽马射线偏振信号提供了新的理论支撑。

上述研究将辐射反作用与自旋动力学系统性地引入强辐射磁重联的建模框架，突破了传统等离子体模型中“忽略自旋辐射效应”的近似假设，为高能等离子体辐射过程建模提供了新的理论工具。研究揭示的“自旋极化-辐射偏振”关联机制，为多信使天体物理中关于高能偏振的观测研究打开了新窗口，有望成为未来解析宇宙磁场结构、粒子加速机制与局域等离子体状态的物理手段之一。

相关研究成果在线发表在《物理评论快报》（Physical Review Letters）上。研究工作得到国家自然科学基金的支持。

[论文链接](#)

磁场和等离子体的空间分布：a、b描绘磁场，c、d展示电子密度。

研究团队单位：理论物理研究所

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](http://www.iikx.com)转发