
空间中心等回旋异性电子分布函数的形成机制研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/13216.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！

电子的速度分布函数（electron velocity distribution function）被用来刻画电子在速度空间内的分布，是认识电子尺度动力学过程的关键物理量。一般情况下，电子的速度分布函数为回旋各向同性；但在电子尺度界面附近，由于电子的有限回转半径效应，分布函数可呈现回旋各向异性的特征，如在磁场重联的电子扩散区内。深入研究回旋异性电子分布函数，有助于揭示空间等离子体电子尺度的物理过程。中国科学院国家空间科学中心空间天气学国家重点实验室研究员王赤团队的高传慧、唐斌斌、李文亚及国内外合作者对回旋异性电子分布函数的一般形成机制进行了研究，发现局地强电场的加速效应可以直接形成回旋异性电子，并对以后的空间电子探测精度提出建议。相关研究成果发表在Geophysical Research Letters上。

在电子尺度边界上，较强的密度梯度可引发电子的有限回转半径效应，进而在密度较低的一侧产生回旋异性电子分布，有研究已深入探讨过该机制。该研究中，研究人员在磁层多尺度卫星任务（Magnetospheric Multiscale mission, MMS）的观测结果中发现了一种局地强电场加速电子实现回旋各向异性分布的新机制。在观测到的事例中，一个较强的电场（~100 mV/m）给予部分电子充分的加速，使其远离原本的低能核心区域，从而形成回旋各向异性分布。研究人员借由测试粒子（test particle）的方法对上述两种机制进行了验证，证实了电场加速引发回旋各向异性分布的可行性（图1）。利用测试粒子，进一步研究发现，当电场太小时，无法有效加速电子；当电场空间尺度过大时，电子分布函数则会整体漂移。因此，只有当电场强度足够且是局地时，才能够产生各向异性分布。

此外，研究人员在观测中还发现了手指状分布（“finger”）的存在，该分布是受限于电子载荷探测精度而产生的“缺陷”观测结果。具体来说，MMS的30毫秒电子分布函数探测结果由四个连续的7.5毫秒探测单元的数据拼接而成，当空间中存在快速变化时，这四个单元就会产生彼此之间存在较大差别的探测结果，从而形成手指状分布。研究人员借由测试粒子重现了手指状分布，而且发现如果将探测的时间分辨率提高（比如从30毫秒提高到6毫秒），这四个连续的探测单元之间的差别会减小，进而减弱乃至消除手指状分布（图2）。

局地强电场在空间湍动环境中普遍存在，研究人员提出的局地强电场加速直接形成回旋各向异性电子分布的新机制表明，该类分布可能在更广泛的空间区域内存在，而高精度的电子测量将有助于分辨出这些电子分布。同时，这种电子分布可能是不稳定的，它通过等离子体不稳定性释放自由能的过程对未来理解包括磁场重联在内的磁层能量耗散具有深远意义。

[论文链接](#)

图1.回旋各向异性分布的测试粒子计算结果。a1为设置的初始条件。三个红色圆圈表示a2-a4在a1中的位置。b1-b4、c1-c4、d1-d4和e1-e4与a1-a4相似，但初始条件不同。初始电场、电子密度、磁场和电势在a1-e1中分别用蓝色、红色、绿色和黑色表示

图2.对手指状分布的观测和测试粒子计算结果，其中，a1是由a2-a5四个连续的7.5毫秒探测单元的数据拼接而成，而b2-b4是在三种不同采样率下的测试粒子计算结果

研究团队单位：国家空间科学中心

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