



请输入关键字

当前位置: 首页 > 新闻动态 > 科研动态

空间中心科研人员在回旋异性电子分布函数的形成机制研究中取得进展

文章来源: | 发布时间: 2021-03-17 | 【打印】 【关闭】

电子的速度分布函数(electron velocity distribution function)用于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。一般情形下，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，例如在磁场重联的电子扩散区内。对回旋异性电子分布函数的深入研究，有助于揭示空间等离子体电子尺度的物理过程。空间天气学国家重点实验室王赤研究员团队的高传慧博士研究生、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详细的研究，发现局地强电场的加速效应可以直接形成回旋异性电子，并对将来的空间电子探测精度提出建议。该研究成果已于近日发表于地球物理领域国际知名期刊*Geophysical Research Letters*。

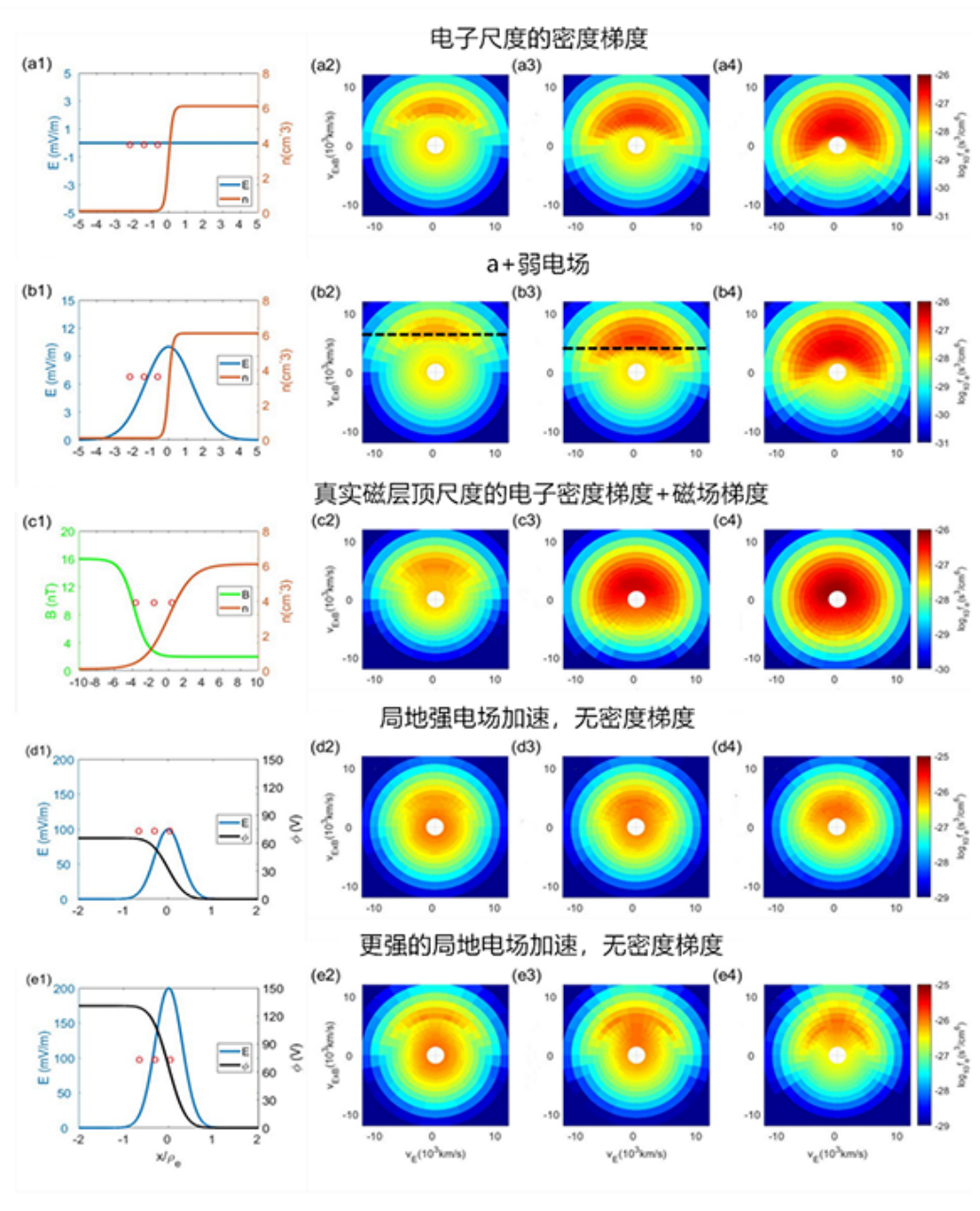
在电子尺度边界上，较强的密度梯度可引发电子的有限回转半径效应，进而在密度较低的一侧产生回旋异性电子分布，这一机制在以往研究中已深入探讨。该研究团组在磁层多尺度卫星任务(Magnetospheric Multiscale mission, MMS)的观测结果中发现了一种局地强电场加速电子实现回旋各向异性分布的新机制。在观测到的事例中，一个较强的电场 (~100 mV/m) 给予部分电子充分的加速，使得其远离原本的低能核心区域，从而形成回旋各向异性分布。研究团队借由测试粒子 (test particle) 的方法对以上两种机制进行了验证，证实了电场加速引发回旋各向异性分布的可行性 (图一)。利用测试粒子进一步研究，研究团队发现，当电场太小

时，无法有效加速电子；而当电场空间尺度过大，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。

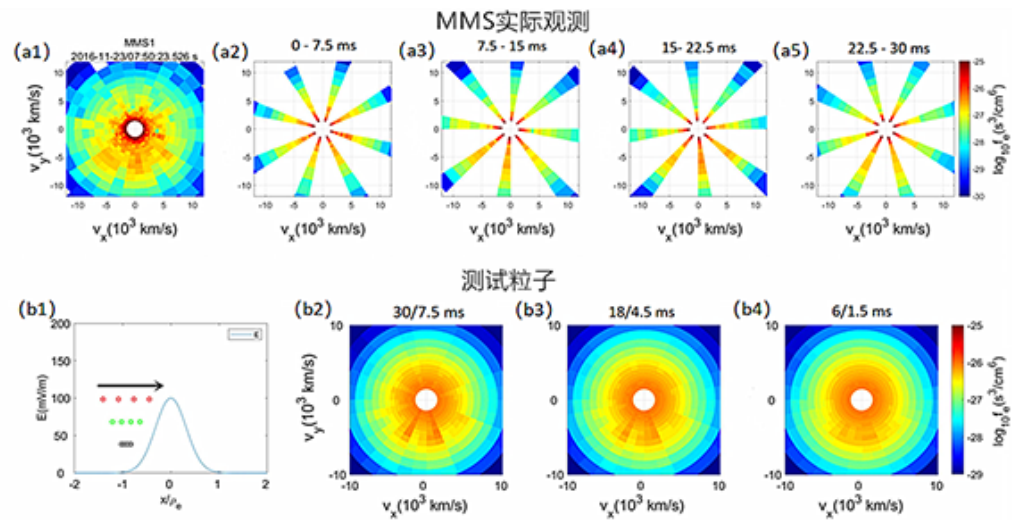
此外，在观测中还发现了手指状分布（“finger”）的存在，该分布是受限于电子载荷探测精度而产生的“缺陷”观测结果。具体而言，MMS的30毫秒电子分布函数探测结果是由四个连续的7.5毫秒探测单元的数据拼接而成，当空间中存在快速变化时，这四个单元就会产生彼此之间存在较大的差别的探测结果，从而形成手指状分布。团队借由测试粒子重现了手指状分布，而且发现如果将探测的时间分辨率提高（比如从30毫秒提高到6毫秒），这四个连续的探测单元之间的差别就会减小，进而就会减弱乃至消除手指状分布（图二）。

局地强电场在空间湍动环境中普遍存在，研究团队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更深远的意义。

[论文链接](#)



图一：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。



图二：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