上海天文台在地球自转变化与液核磁流体波起源的物理机制研究方面取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/22350.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！

上海天文台在地球
自转变化与液核磁流体波起源的物理
机制研究方面取得进展
。近期，中国科学院上海天文台研究人员通过对经典的液核磁流体动力学理论的深入研究，首次给出了核幔边界电磁力(Magnetic force)-浮力(Archimedes force)-科里奥利力(Coriolis force)相互作用下的赤道受限流体波(称为eMAC波)的分析解模型，并推导出描述该波物理性质的系列解析表达式。该工作对于剖析低纬度液核磁流体波的起源、地球自转年际变化的激发机制、液核顶部分层等方面具有重要意义。相关研究成果发表在《地球物理学研究杂志：固体地球》(Journal of Geophysical Research: Solid Earth)上。

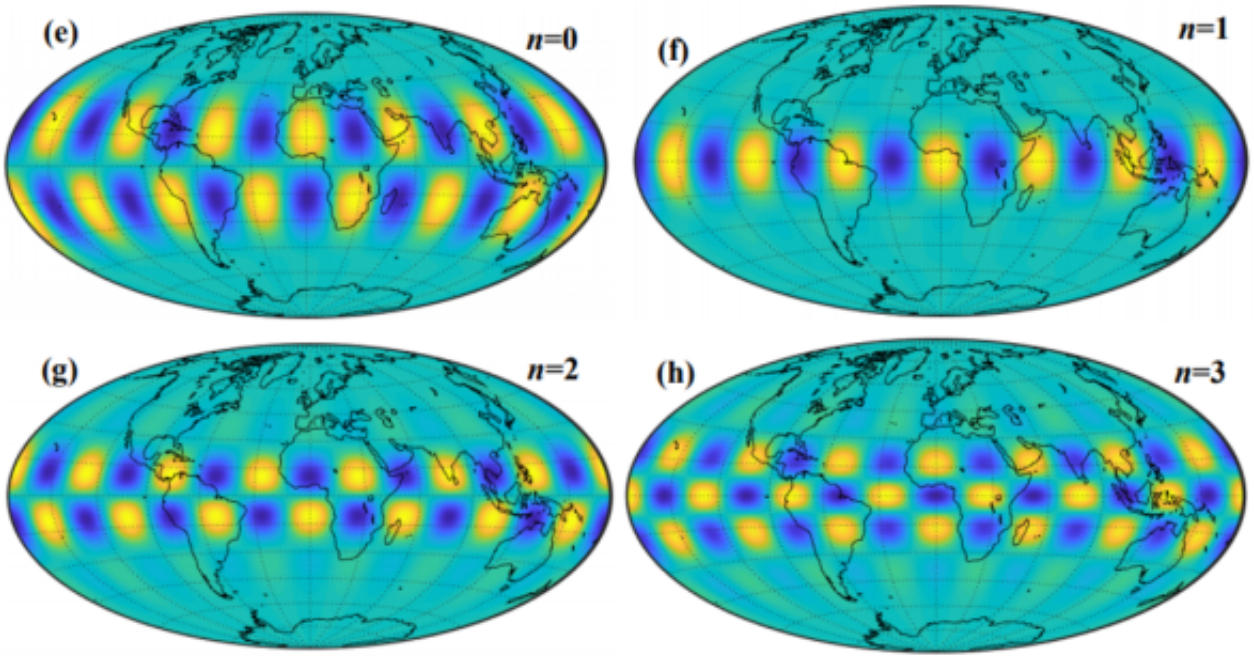
现代地磁卫星和地面台站地磁场观测数据表明，地球低纬度(低于15度)区域存在亚年代(即5~10年周期)尺度上的地磁加速和液核流体波快速传播现象，例如，该区域存在显著的非带状方位向液核流(具有~8.6年周期分量)以及地磁加速脉冲信号(其可引起地磁场的快速变化，即地磁急变)。上述现象可能与发生在液核顶部的年际磁流体波有关，其中，电磁力(洛伦兹力)、浮力和科里奥利力之间的相互作用是该波产生的潜在机制。此外，地球自转速率(日长)变化也存在8.6年周期信号。该信号与地磁急变(jerks)事件存在密切联系，提示日长8.6年信号与地磁急变的起源可能均来自于赤道区域液核磁流体波，而该波的本质可能正是eMAC波。因此，解析eMAC波及其物理性质对探讨赤道区域液核波的起源具有重要价值，并对探索亚年代尺度日长变化和地磁急变起源的本质具有重要的理论意义。

然而，前人工作在研究eMAC波理论时主要依赖数值模拟技术，未能给出定量描述该波自身性质(包括赤道受限和纬度分布律、波的阻尼率、本征周期、传播速度以及磁场摄动等)的解析表达式，导致决定这些性质的精确物理因素依旧不清楚。此外，前人也未阐明eMAC波模型能够可靠描述液核波所需要的特定纬度范围。因此，eMAC波自身性质与传播特性以及该波是否能够激发地球自转变化等相关问题需要进一步的理论研究。

结合液核磁流体动力学方程和磁感应方程，研究人员采用数学解析的方式分析了目前的磁流体波理论及其缺陷，通过理论推导首次得到了定量描述eMAC波的分析解模型，系统地给出了表征该波物理性质的系列解析表达式，并利用摄动分析的方法讨论了eMAC波分析解模型的精度随纬度的分布特征。研究人员表示，该研究给出的eMAC波分析解模型在定量描述纬度低于25度区域液核波的相对误差小于5%，该模型对于理解目前已发现的液核赤道磁流体波的起源具有重要的理论价值。相关工作揭示了决定eMAC波性质的具体物理因素

该研究不仅能够在理论上严格证明磁流体波的赤道受限和纬度分布律在本质上由具有n阶的经典厄密多项式的特定解形式决定，而且理论预言的1阶方位向摄动磁场分析解(图1)与基于地磁观测得到的液核表面方位流结果(图2)较好地吻合，同时eMAC波的阻尼率可由一条简洁的物理公式表达，即波的能量耗散与磁扩散率成正比、而与液核顶部分层厚度参数的平方成反比。

eMAC波作为一种核幔边界液核波动现象，其传播过程会引起局部液核流速的变化，进而引起局部磁场的变化(表现为地磁急变现象)。而在磁力、浮力和科里奥利力作用下产生的eMAC波具有向一个方向(自西向东)传播的特性，区别于普通机械波可向多个方向传播的特征。由于实际地球的液核动力学系统非常复杂，eMAC波的激发源(液核内部对流被认为是一种潜在的激发源)也是复杂的，导致实际的eMAC波引起的液核流速在全球范围内的积分可能不为0，这意味着液核整体角动量在全球范围内不会抵消，在核幔系统角动量守恒的条件下，eMAC波很可能引起日长的变化。同时，eMAC波引起的液核流速还具有其他轴向分量，也具有引起地球自转轴相对于地球表面移动(即极移)发生变化的可能。
论文链接



该研究建立的eMAC波分析解模型可以较好解释目前观测到的向东传播(具有~8.6年周期)的快速赤道磁流体波现象，这为进一步开展eMAC波激发地球自转变化(如日长8.6年信号)的定量研究指明了方向。 相关研究工作得到中科院青年创新促进会、中科院战略性先导科技专项(B类)、国家自然科学基金面上项目和重点项目的支持。 图1
理论结果：由eMAC波分析解模型得到的方位向摄动磁场 图2
观测结果：基于地磁观测给出的核幔边界方位向液核流加速场

研究团队单位：上海天文台

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转发