

当前位置: 首页 > 新闻动态 > 科研动态

空间中心科研人员在日冕物质抛射磁绳模型及日冕太阳风模拟方面连续取得进展

文章来源: | 发布时间: 2021-08-10 | 【打印】 【关闭】

日冕物质抛射(CME)是灾害性空间天气的主要驱动源,如何针对特定的CME/太阳风暴事件,了解其日冕/行星际传播及演化过程,预报是否以及何时到达地球轨道,预测近地空间太阳风状态的变化,是空间天气科学界一直关注的重要课题之一。

空间中心空间天气学国家重点实验室沈芳研究员和博士生刘佑生、博士后杨易以渐变圆柱壳(GCS)模型为基础,建立了一种新的三维CME磁绳模型,在三维MHD背景下对新的CME磁绳模型的初始几何参数和物理设定对于不同位置处行星际空间模拟结果的影响进行了细致的参数研究。第一个模拟工作主要针对初始CME传播方向沿着日地连线的情况下展开,讨论了CME初始参数,包括密度、几何大小、质量以及磁场对地球和火星位置处数值模拟结果的影响,结果表明,改变初始磁场会影响CME到达地球时的地磁效应,但几乎不会影响CME在行星际空间传播的动力学过程;改变初始密度或几何尺寸会影响CME的传播过程,包括CME激波到达地球和火星的时间以及CME在行星际空间的传播速度;若同时改变初始密度和几何尺寸但保持初始质量不变,CME的传播过程则没有明显改变,上述工作发表在The Astrophysical Journal Supplement Series上。

随后,在第一个模拟工作的基础之上,沈芳等人进一步研究了CME磁绳模型的初始参数对相同日心距、不同经纬度位置的模拟结果的影响,本研究共选取了不同相同质量但不同尺寸、密度及磁场的5个Case展开模拟,分别比较了位于地球附近、南北纬10度、20度、30度;东西经10度、20度和30度位置处的激波到达时间、速度、密度和磁场的峰值。模拟结果表明(图1和图2),与第一个模拟结果不同的是,在CME初始质量保持不变的情况下,在远离CME传播的方向上,其初始大小和密度会对CME在行星际空间的传播过

程有着显著影响，并且CME模型的初始大小对不同经纬度位置的影响并不是对称的，如，初始CME大小对CME在行星际空间传播过程中纬度方向的影响要远远比经度方向显著。另外，由于CME在行星际空间传播过程中收到背景太阳风结构的影响，其偏转在经度和纬度方向均有发生，具体来说在5个Case中的所有的CME都发生了向南和向东的偏转，这个偏转的过程是由于快速CME与背景太阳风中的CIR（共转相互作用区）发生相互作用产生的。在未来的工作中，将结合Parker Solar Probe, Solar Orbiter, ASOS等卫星的观测数据，对更为丰富的初始参数，不同CME速度，不同太阳风背景，以及对不同的行星际位置处的影响将展开进一步的参数研究，希望对行星际空间的空间天气数值预报等方面做出新的贡献。相关工作发表在The Astrophysical Journal上。

日冕区连接太阳表面和行星际空间，三维日冕太阳风模拟是太阳风三维磁流体模拟中的重要组成部分，其中日冕太阳风加速加热是日冕三维太阳风模拟中亟待解决的难题之一，而磁场散度处理也是磁流体力学模拟中需要解决的关键问题。近日，沈芳研究员和硕士生刘畅等人在太阳风日冕数值建模中磁场散度保持和加热加速处理方面取得新进展。本研究利用近年来发展的三维日冕行星际COIN-TVD MHD模型对日冕区三维太阳风进行模拟研究，首先采用体积加热法对日冕加速加热过程进行模拟，通过调节体积加热项的参数，生成符合日冕区太阳风高温高速特点的稳态结构；进而探讨不同的磁场散度处理方法对日冕太阳风结构的影响，分别采用Powell法、扩散法、扩散-Powell组合法处理磁场散度问题，模拟结果表明（如图3所示），将Powell法和扩散法组合起来处理磁场散度可将相对磁场散度误差控制在 10^{-9} - 10^{-6} ，扩散-Powell组合法与COIN-TVD模型结合能充分发挥其控制磁场离散的能力，它不仅可以有效减小磁场散度误差，而且可以确保MHD方程的守恒性。相关工作发表在Frontiers in Physics上。

Citation:

(1)Shen, F.*, Liu, Y. and Yang, Y., 2021. Numerical Research on the Effect of the Initial Parameters of a CME Flux-rope Model on Simulation Results. The Astrophysical Journal Supplement Series, 253,12. <https://doi.org/10.3847/1538-4365/abd4d2>

(2)Shen, F.*, Liu, Y. and Yang, Y., 2021. Numerical Research on the Effect of the Initial Parameters of a CME Flux-rope Model on Simulation Results. II. Different Locations of Observers. Astrophys. J., 915,30. <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac004e>

(3)Liu C., Shen F.*, Liu Y., Zhang M. and Liu X. (2021) Numerical Study of Divergence Cleaning and Coronal Heating/Acceleration Methods in the 3D COIN-TVD MHD Model. Front. Phys. 9:705744. doi: 10.3389/fphy.2021.705744

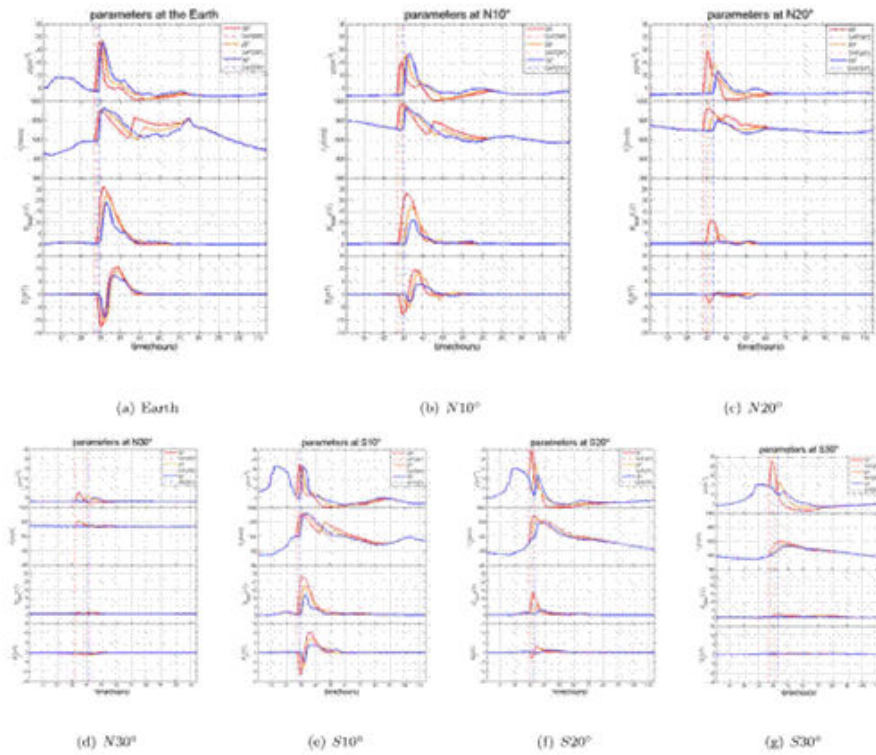


图 1 不同初始几何形状的 5 组 CME 事件 (不同颜色线条) 在不同纬度位置处 (a-g 分别表示地球、北纬 10、20、30 度和南纬 10、20、30 度) 的数值模拟结果对比 (从上到下依次为: 密度、速度、总磁场和 B_z)

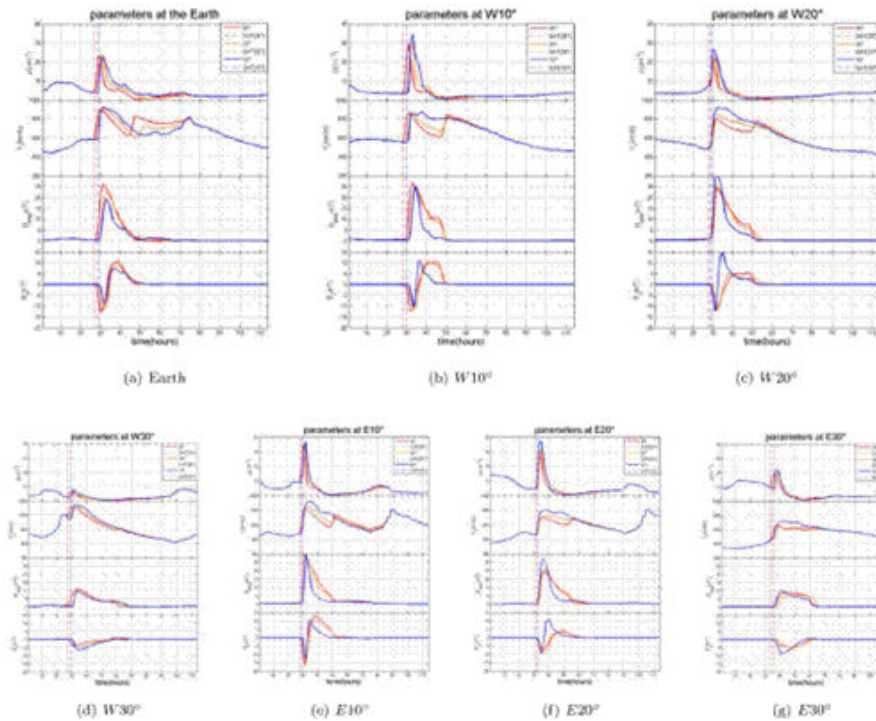


图 2 不同初始几何形状的5组CME事件(不同颜色线条)在不同纬度位置处 (a-g分别表示地球、西经10、20、30度和东经10、20、30度) 的数值模拟结果对比 (从上到下依次为: 密度、速度、总磁场和Bz)

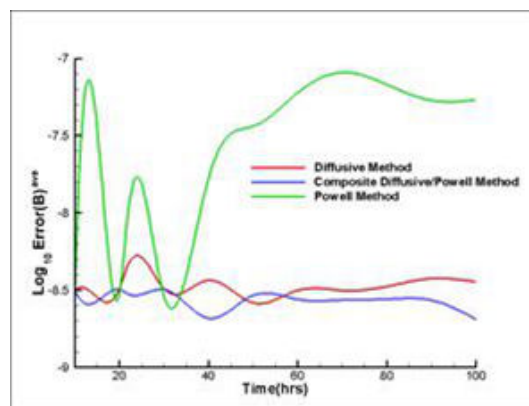


图3 三种磁场散度处理方法对日冕太阳风模拟过程中磁场散度误差消除作用的比较, 其中红线代表扩散法, 绿线表示Powell方法, 蓝线代表扩散-Powell组合法

(供稿：天气室)



版权所有 © 中国科学院国家空间科学中心 京ICP备05061203号-1 京公网安备110402500029号
地址：北京市海淀区中关村南二条一号 邮编：100190 邮箱：kjzx@nssc.ac.cn
技术支持：青云软件

