

# 流体涡旋诱发磁场重联理论

空间科学与应用研究中心

(北京 100080)

中国科学院空间科学与应用研究中心刘振兴研究员冲破了 30 多年来经典磁场重联的传统观念,首次提出流体涡旋诱发磁场重联的新概念,创建了涡旋诱发重联理论,并与北京大学濮祖荫教授等合作,系统地发展了这一理论,为研究磁场重联开辟了新的途径。该项研究获中国科学院自然科学奖一等奖。

磁场重联是空间物理和空间等离子体物理中最重要的基本现象之一,对磁场位形的突变、能量的转化和释放、粒子的加速和加热、太阳风能量向磁层中的传输以及太阳耀斑和磁层亚暴的产生和发展等起关键作用。过去经典的磁场重联理论认为,磁场重联是由垂直流场驱动和撕裂模不稳定性产生的。实际上,在空间中许多区域,起主导作用的是平行流场和速度剪切而不是垂直流场。另外,引起撕裂模不稳定性的反常电阻,其大小和产生机理目前还很不清楚。因而,现有的重联理论遇到困难。

涡旋诱发重联(VIR)理论的主要论点是:在同时存在着速度剪切和磁场剪切的空间等离子体区,速度剪切引起的开尔文-亥姆霍兹(K-H)不稳定性产生流体涡旋,流体涡旋与磁场相互作用,使磁场扭曲和打结产生磁场重联。结果在流体涡旋区形成同心的磁涡旋,并在其两侧形成中性线。VIR 理论与目前国际上两种主要的瞬时重联模型——多 X 线重联(MXR)模型和爆发单 X 线重联(BSXM)模型相比,在重联的机制、物理过程、磁场和流场的拓扑性质等方面都明显不同。

VIR 是独立的新理论,其主要创新点是:发现 K-H 不稳定性和撕裂模不稳定性相耦合,产生一种引起快速磁场重联的新的不稳定性——涡旋撕裂模不稳定性,它不依赖于垂直流场驱动和局域反常电阻的突增;VIR 过程可形成一种新的磁流体结构,称为磁流体涡旋,三维情况下是磁流体涡旋管;VIR 是局域的发电机过程,是空间中局部区域产生场向电流和阿尔芬波的一种重要机制;发现流体涡旋、磁场重联与混沌和湍流现象有密切的联系,为研究磁场和等离子体中小尺度结构的演化过程提供了物理基础;VIR 理论成功地解释了通量传输事件(近年来卫星探测的重要发现之一,对太阳风、磁层和电离层的耦合起重要作用)的形成、结构、运动及磁场和等离子体的信号特性,理论与观测符合很好;VIR 理论克服了其他重联理论在应用上的局限,适用于除向阳侧目下点外的整个磁层顶区,并首次从理论上预言,在背阳侧高纬磁层顶区也存在着类似于向阳侧的通量传输事件。VIR 理论是磁场重联研究的重大发展,不但可用于地球磁层,还可用于其他行星磁层、行星际和星际空间,现已推广应用于太阳大气的某些活动区,目前这一研究处于国际领先水平。

据不完全统计,这项研究已在国内外刊物上被引用 50 多篇次,受到国内外同行学者们的

高度评价。例如,著名空间物理学家、通量传输事件的发现者美国加州大学的 C. T. Russell 教授指出:“我认为这一工作是当前最先进和最实用的瞬时重联模型,刘教授和濮教授研究了磁层物理中最重要和最有挑战性的问题,他们是这一领域的领先者”。著名空间物理和天文物理学家、美国 New Hampshire 大学的 T. G. Forber 教授评价:“我确信他们的理论是真正新的和独立的,我确信这一理论是非常好的,因为它建立在极其正确和合理的逻辑系统上,这一工作许多领域有潜在的重要性”。欧空局空间科学顾问、著名空间物理学家 D. J. Southwood 教授评价:“速度剪切效应和磁场重联相联系的太阳风和磁层相互作用的工作是独一无二的”。1994 年 3 月在美国圣地亚哥举行的磁层顶物理卡普曼专题讨论会(Chapman Conference on Physics of Magnetopause)上,著名空间物理学家美国 G. Siscoe 教授、Elphic 博士和德国 M. Scholer 博士等在他们的评论报告中均对涡旋诱发重联模型作了引用和评价。爆发单 X 线重联模型的提出者 Scholer 博士在关于“通量传输事件(FTES):理论和模型”的评论报告中,将涡旋诱发重联理论作为当今主要的 FIES 模型之一作了评论介绍。涡旋诱发重联理论受到欧空局科学家们的高度重视,他们认为这一理论与 Cluster 卫星(星簇卫星)的主要科学目标有密切关系。中国科学院空间科学与应用研究中心已与欧空局 Cluster 科学数据系统(CSDS)于 1993 年 11 月正式签了合作协议。这是我国第一次与欧空局建立空间科学方面的合作,对推动我国空间物理的发展将起重要作用。

---

\* 简讯 \*

## 中国科学院减灾中心成立

**本刊讯** 为了充分发挥我院在国家减灾工作中的作用,体现我院综合研究的整体实力,中国科学院减灾中心于 1995 年 9 月 14 日在北京正式成立。该中心由长期从事减灾工作的中国科学院大气物理所、遥感所、地理所、卫星地面站、南京湖泊地理所、成都山地所等 30 多个研究所联合组成。减灾中心主任由中国国际减灾十年委员会专家组组长、大气所王昂生研究员担任;中心学术委员会主任由陶诗言院士担任。减灾中心设在大气物理研究所。

(艾林)