

关于行星际磁场扇形结构

范岳华

人们越来越多地注意到：中短期天气系统的变化和行星际磁场扇形结构的边界扫过地球有关。观测表明当“扇形边界”扫过地球时，常引起300毫巴、500毫巴气压场，涡度场…等高空形势的变化。

什么是“扇形边界”，它怎样影响天气系统变化呢？以下简单说明。

行星际磁场基本上由太阳磁场而形成并随太阳活动变化。1962年美国卫星水手2号上的探测证实了太阳风的存在。太阳风是从太阳高层大气（日冕）“膨胀”出来的等离子流。它不断地吹向行星际空间，带着日冕磁场形成星际磁场。

日冕等离子体和其磁场“冻结”在一起与太阳一起自转，而太阳风中的等离子体和磁场并不随太阳自转，仅仅保持角动量守恒：

$$\omega_{\text{日}} r^2 = \omega_{\text{日}} R_{\text{日}}^2$$

其中 r ， ω ，分别是太阳风等离子体到日心的距离和角速度， $\omega_{\text{日}}$ ， $R_{\text{日}}$ 分别是太阳的自转角速度和太阳半径。

当 r 增大时角速度 ω 就很快减小。由于行星际磁力线一端随着太阳自转，而远离太阳的部分差不多是径向向外的，从而磁力线呈螺旋状，它就象人拿着喷水的管子旋转时向外喷出的水滴一样。如图1。

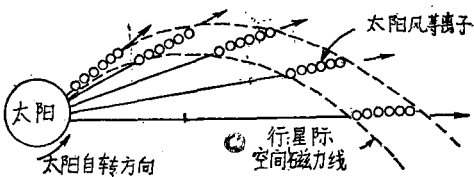


图1

太阳磁场由两个中性片磁场和一个近似为磁偶极子的磁场组成，如图2。

所谓中性片，指磁场强度为零的一个平面，在平面两侧磁场大小相等，方向相反。

太阳自转轴和中性片平面及黄道平面都斜交，如图3。太阳的自转周期大约为27天。在随太阳一起转动的坐标系中看来，地球绕太阳每27天转一圈，而太阳磁中性片固定在空间不动。黄道面被中性片分隔成上下两半。地球在上（下）半平面上运行时看到的太阳磁场朝一个方向，而每当穿过黄道面和中性片之交线时磁场方向就变化180°。当地球位于两个平面交

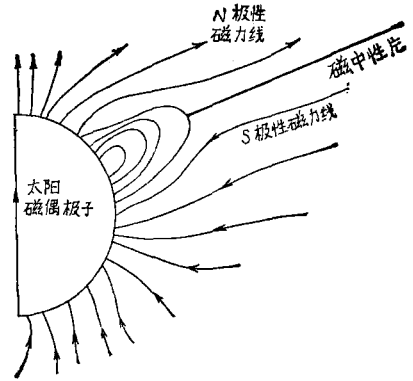


图2

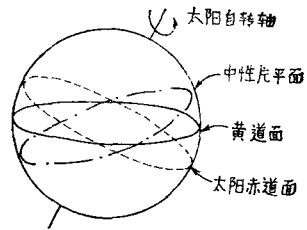


图3

线附近时，观测到行星际磁场强度为零。

太阳表面的磁场分布并不是南北对称的，如图4。一般把它分为正、负场区域和混合场区域。混合场区域可以近似的用两个中性片磁场代表，因而每个太阳自转周中有2—4个不等的扇形瓣。其扇形边界之间一般相隔3—9天，如图5。

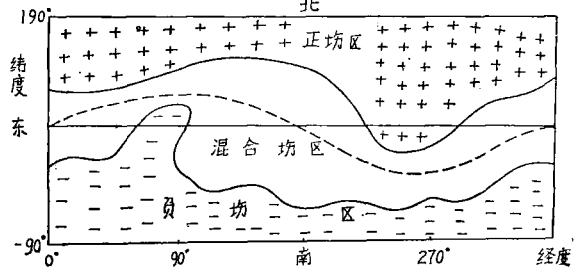


图4

综上所述行星际磁场的扇形结构是由于下述几个原因形成的：

1. 太阳自转，黄道面与中性片平面斜交。
2. 太阳磁场的分布在纬向和经向都不对称。

(下转第25页)

(上接第22页)

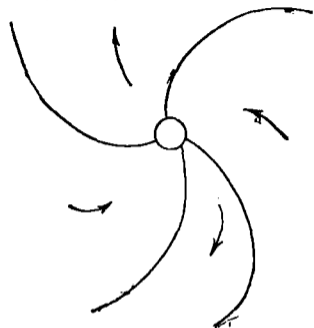


图 5

3. 太阳风等离子体要保持角动量守恒等。

行星际磁场的结构在不断变化着，总的说可分为两部分：一部分是大尺度缓慢变化的背景结构；另一部分是叠加在背景上的小尺度涨落。背景结构变化的

时间尺度为 10 至 10^3 小时，扇形结构的平均寿命为 2 至 3 个太阳自转周，平均寿命和背景结构的时间尺度相当。在太阳活动宁静时期扇形结构稳定些，在太阳活动峰期扇形结构变化也快。小尺度涨落的时间尺度从不到一分钟至一小时左右，在同一个扇形瓣内的磁场分布也随时有起伏涨落。

扇形边界扫过地球为什么能影响天气过程？

这个问题还没有得到解决，不过我们知道高、低层大气之间相互耦合，通过辐射转移和热传导等过程，从高层向低层传输部分能量。太阳的恒定辐射供给地球以光和热，是万物生长的主要条件，而太阳的异常辐射（如太阳活动）直接影响着地球高层大气的物理状态。高层大气加热主要是由太阳的远紫外辐射和粒子流发射，而扇形结构和太阳发射的粒子流到达地球有关系。从而影响对流层天气过程的某些统计规律。