

4.1 引言

磁力线与L参数

$$\frac{dR}{R} = -\frac{2\sin\lambda d\lambda}{\cos\lambda} = \frac{2d(\cos\lambda)}{\cos\lambda}$$

r 为磁力线上某点到原点的距离。通常以 L （以地球半径归一化的距离）和磁纬度 λ 表示，即

$$r = L \cos^2 \lambda$$

令 $r=1$,可定义不变纬度

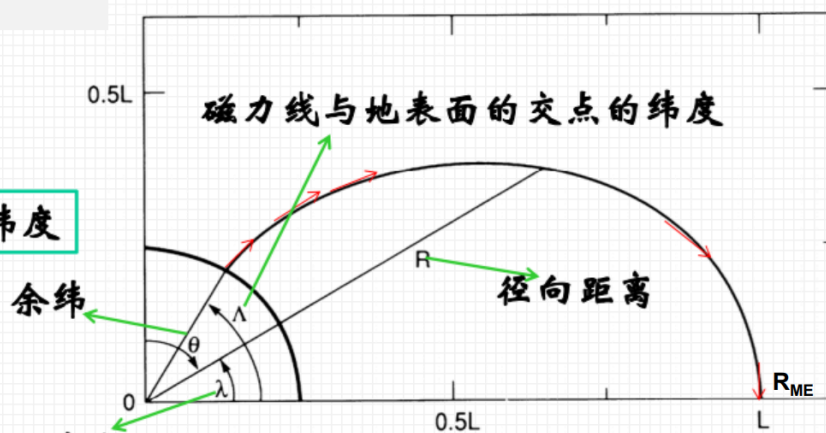
$$\Lambda = \cos^{-1}(1/L)^{1/2}$$

磁力线和L参数

积分

$$L = \frac{R_{ME}}{R_E}$$

$$R = R_{ME} \cos^2 \lambda$$



磁力线上某点的纬度

偶极子磁力线

第9页

λ - 磁力线上某点的纬度

L - 以地球半径归一化的距离

$$L = \frac{R_{ME}}{R_E}$$

$$R = R_{ME} \cos^2 \lambda$$

r - 磁力线上某点到原点的距离，通常以 L 和磁纬度 λ 表示，
即

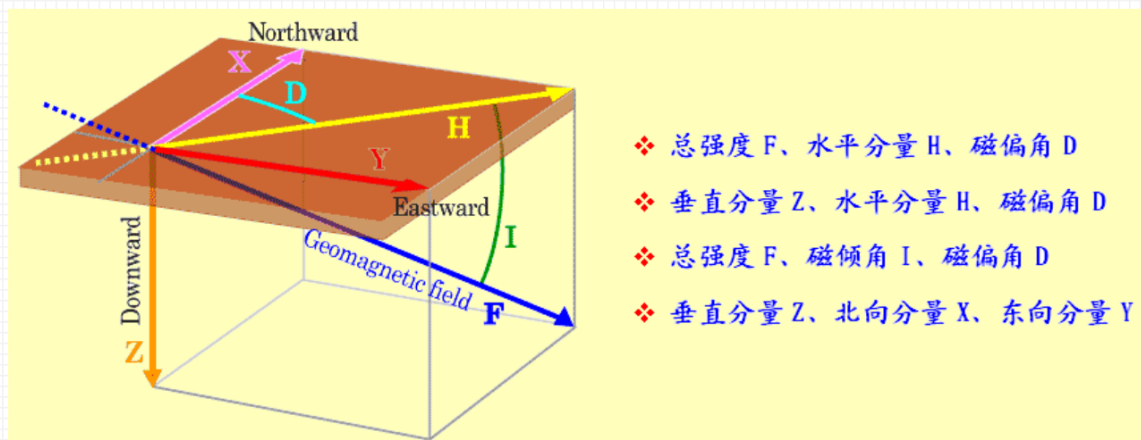
$$r = L \cos^2 \lambda$$

描述地磁场的参量共有7个：

总强度、水平分量、垂直分量、倾角、偏角、东向分量、北向分量。

地磁要素：

地球空间磁场是一个矢量场，确定空间任一点P的磁场所需要的3个独立分量。



描述地磁场的参数共有7个：

1. 总强度 : F
2. 水平分量 : H
3. 垂直分量 : Z
4. 倾角 : I

5. 偏角:D

6. 东向分量:Y

7. 北向分量:X

地磁要素:

地球空间磁场是一个矢量场, 确定空间任一点 P 的磁场需要3个独立分量

各地磁要素之间的关系如下:

$$\begin{aligned}F^2 &= X^2 + Y^2 + Z^2 \\H^2 &= X^2 + Y^2 \\Y &= H \sin D \\Z &= H \tan I \\\tan I &= Z / H \quad \tan D = Y / X\end{aligned}$$

国际通用的磁通量密度单位是nT, 有时也用高斯作单位。
单位间的关系是:

$$1 \text{ 高斯} = 10^5 \text{ nT}$$

地表上地磁场大小:

- 在磁赤道处, 约为 $3 \times 10^4 \text{ nT}$ 的量级;
- 在磁极处, 约为 $6 \times 10^4 \text{ nT}$ 的量级。

各地磁要素之间的关系:

$$F^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$$

$$H^2 = X^2 + Y^2$$

$$Y = H \sin D$$

$$Z = H \tan I$$

$$\tan I = Z/H, \tan D = Y/X$$

常用坐标系

1. 地理坐标系
2. 偶极坐标系
3. 地心-太阳黄道坐标系
4. 地心太阳磁层坐标系

地磁场的构成

地球空间磁场由两部分构成，包括：

1. 源于地球内部的内源场
2. 源于地球上空电流体系的外源场

内源场

内源场是地球空间磁场的主要部分，称为主磁场，习惯上称基本磁场，这部分磁场很稳定，只有缓慢的长期变化，地球基本磁场起源于地球内部，内源场主要由地球内部熔化了了的 **金属核流动** 引起的

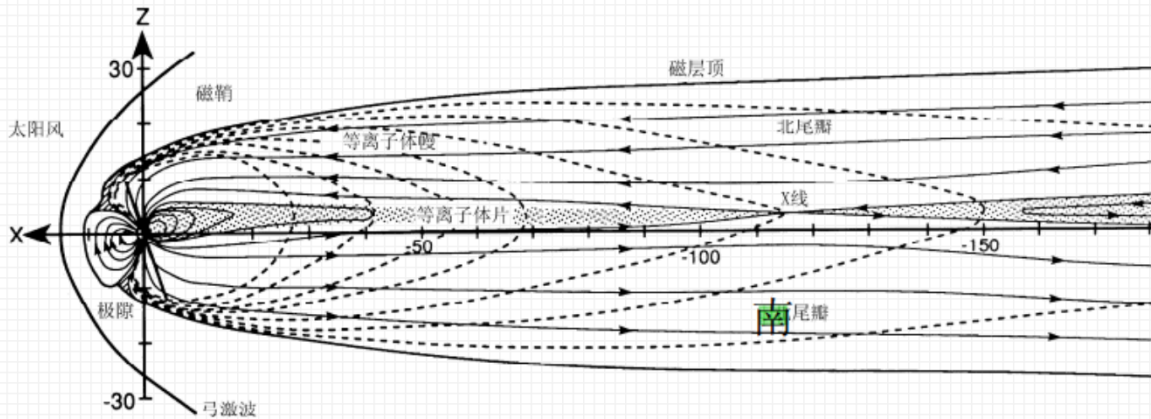
外源场

外源场主要是变化磁场，包括宁静变化场核扰动变化场

按照电磁场理论， $\nabla \times \vec{H} = \vec{j}$ ，电流可以产生磁场，地球空间的某些区域存在空间电流系，地球外源场主要由这些空间电流系产生，空间电流系包括磁层电流和电离层电流，它引起地磁场的短期扰动变化

4.2 地球磁场

因为太阳风是一种等离子体，所以它也有磁场，太阳风磁场对地球磁场施加作用，好像要把地球磁场从地球上吹走似的。尽管如此，地球磁场仍有效地阻止了太阳风长驱直入。在地球磁场的反抗下，太阳风绕过地球磁场，继续向前运动，于是形成了一个被太阳风包围的、彗星状的地球磁场区域，这就是磁层。



符合实际比例的磁层和磁尾中午-子夜截面图

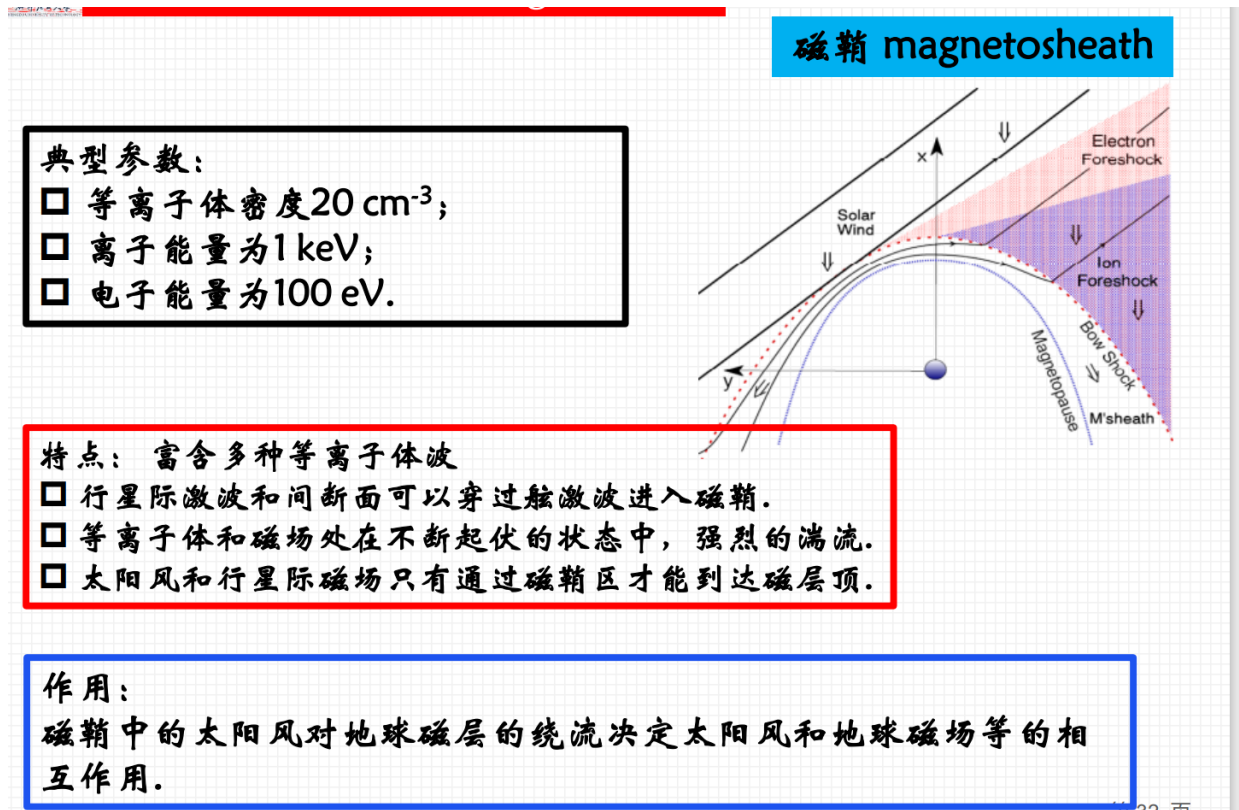
第 29 页

因为太阳风是一种等离子体，所以它也有磁场，太阳风磁场对地球施加作用，好像要把地球磁场从地球上吹走似地，尽管如此，地球磁场仍有效地阻止了太阳风长驱直入，在地球磁场的反抗下，太阳风绕过地球磁场，继续向前运动，于是形成了一个被太阳风包围的，彗星状的地球磁场区域，这就是磁层

地球磁场的结构

1. 弓激波 - (电子, 离子)激波前兆区

2. 磁鞘 - 位于弓激波和磁层顶之间

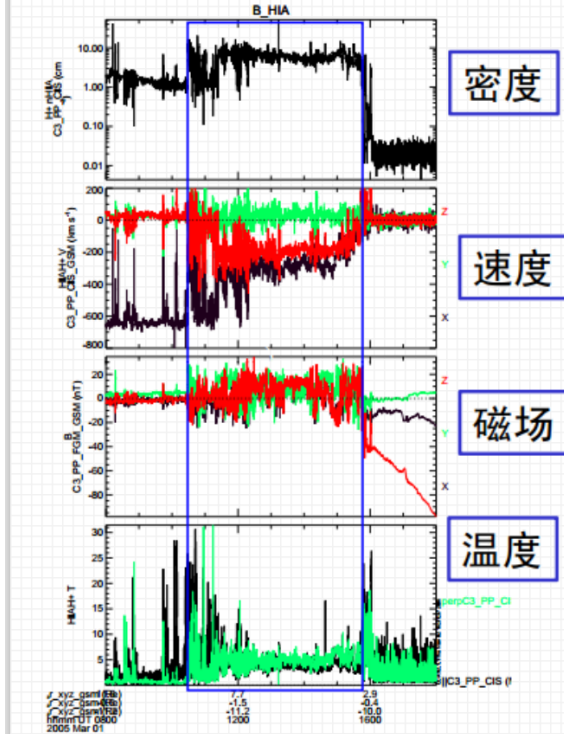


作用:

磁鞘中的太阳风对地球磁层的绕流决定太阳风和地球磁场等的相互作用

特点:

磁鞘 magnetosheath



$$C_s^2 = 5p/3\rho$$

- 密度比太阳风的高；
- 速度小于局地快磁声波速度；
- 磁场强度比太阳风的高；
- 温度各向异性增加 $T_{\perp} > T_{\parallel}$ ；
- 在准平行激波后端动状态加剧。

3. 极尖区

南北半球各一个漏斗形的结构，太阳风可直接由此进入到
滴高度地球空间

4. 极尖极隙区

5. 磁层顶 - 磁层上边界，把源于地球的等离子体和磁场与
太阳风等离子体分开来

6. 等离子体幔区

7. 磁尾瓣区(北尾瓣 南尾瓣)

8. 等离子体片

9. 电流片

10. 地球同步静止轨道

11. 地球辐射带

磁层顶

1. 磁层顶电流，平衡太阳风动量的变化率或使太阳风流改变方向
2. 磁层顶边界层

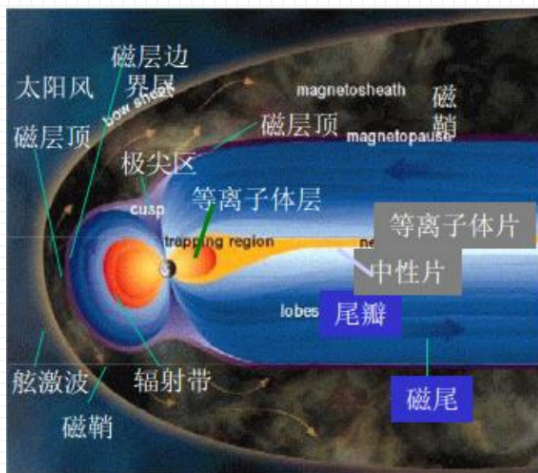
磁层顶边界层

- 在紧靠磁层顶电流片向地球的一侧；
- 有一混合着来源于磁鞘和磁层的离子和电子；
- 等离子体的平均密度介于磁鞘和磁层参数之间；
- 等离子体的平均温度介于磁鞘和磁层参数之间；
- 以低于磁鞘流的速度绕磁层运动。

- 遍布磁层顶各区域,不同位置差异很大,可分为:
低纬边界层
高纬边界层(进入层和等离子体慢)

研究磁层的意义

研究磁层的意义



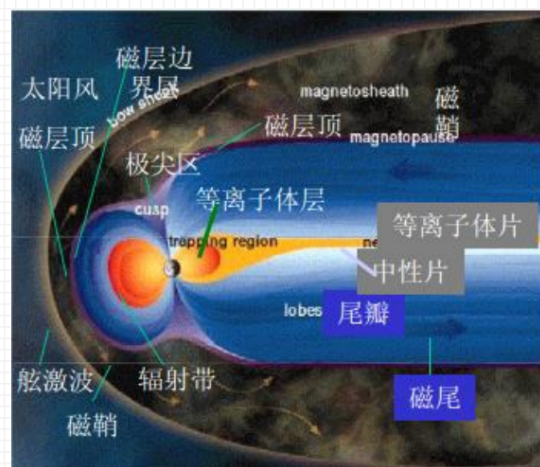
■ 磁层是太阳风和近地空间的过渡区。太阳风不停地向磁层输运能量，经过在磁层内的转换和传输，进而通过与电离层、大气层中的热层耦合，影响近地环境。

■ 磁层结构复杂，几乎每一个区域都处于**非平衡态**，因此磁层内存在非常丰富和活跃的等离子体**不稳定性**、**波动**、**湍流**、**粒子加速**和**辐射**现象。

由于磁层和太阳风之间以及磁层内各区域之间都存在小尺度的交界面，这就使得太阳风-磁层-电离层能量耦合过程具有高度的非线性，经常表现出突发性的特征，产生如**磁层亚暴**、**磁暴**、**磁层粒子暴**等爆发现象。这些现象在其他行星和天体上也都可能出现。

研究磁层的意义

- 地球磁层为人类研究宇宙等离子体提供了最好的天然实验室。
- 磁层是多种卫星的活动区域。
- 磁层粒子暴、磁暴和磁层亚暴时航天器经常出现故障，甚至被完全损坏。它们构成了最重要的灾害性太空天气现象。



研究这些爆发现象具有重大和深远的科学意义!!!

