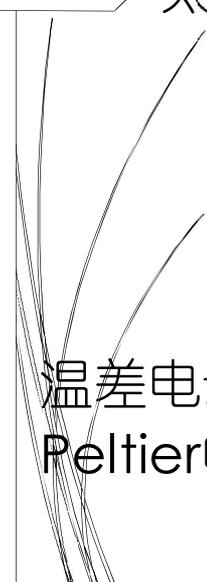


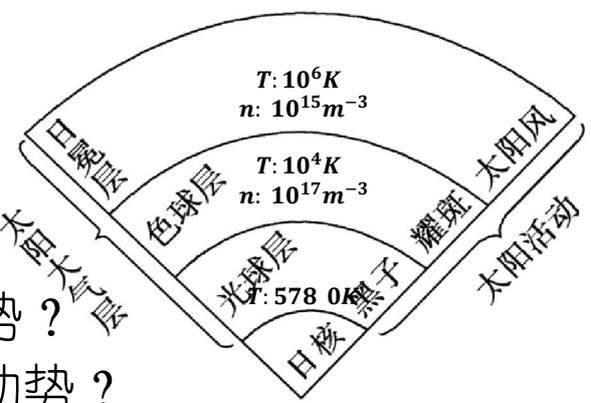
太阳活动与地磁场成因的电流模型

大胆猜想，模型简化，计算验证，分析问题

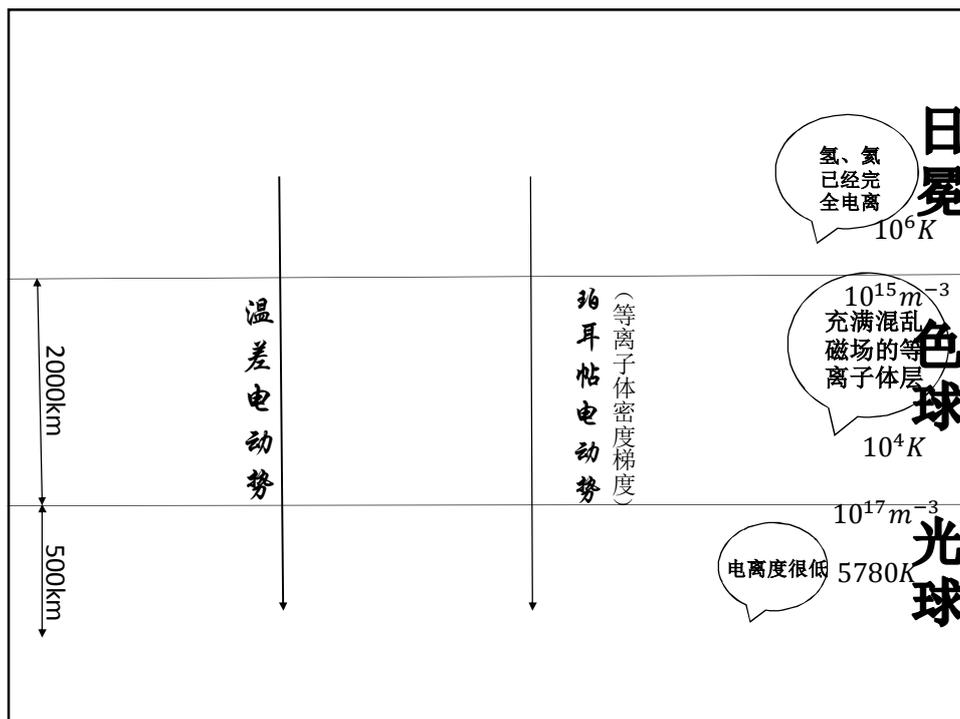
By 吴蓓 黄镇 夏志豪



太阳的结构



温差电动势？
Peltier电动势？



简单的计算验证

约为 $20 \Omega \cdot m^{-1}$ (摘自Huaning Wang的文章)

电子热压力梯度驱动产生电流 (即两个电动势)

电流密度 $j = -\frac{\sigma}{en} \frac{dp_e}{dh}$

$p_e = nkT$ 则 $\frac{dp_e}{dh} = k \left(\frac{dn}{dh} T + \frac{dT}{dh} n \right)$

设 n, T 均随 h 线性变化 (T, n 均取日冕层的值)

中国科学家谭宝林在《太阳大气等离子体的电流研究》中提到, 电子热压力驱动产生的电流约为总电流的44.6%, 而总电流约为 $8.3 \times 10^{-3} A \cdot m^{-2}$ (Moreton发表在《Solar Physics》上)

$\frac{dn}{dh} = \frac{n_{\square} - 0}{h}, \frac{dT}{dh} = \frac{T_{\square} - 0}{h} (\because n_{\square} \gg n_{\text{光}}, T_{\square} \gg T_{\text{光}})$

$n_{\square} = 10^{15} m^{-3}, T_{\square} = 10^6 K, h = 2.5 \times 10^6 m$

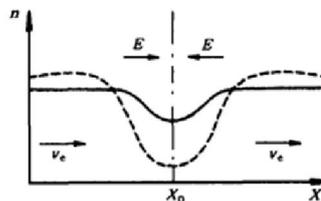
得, $\frac{dp_e}{dh} = 1.4 \times 10^{-23} \times \left(\frac{10^{15}}{2.5 \times 10^6} \times 10^6 + \frac{10^6}{2.5 \times 10^6} \times 10^{15} \right) \approx 5.6 \times 10^{-9} N \cdot m^{-3}$

$j = -\frac{\sigma}{en} \frac{dp_e}{dh} = 7 \times 10^{-4} A \cdot m^{-2}$

用模型解释耀斑现象

电流密度 $j = -nev_e$ 得 $v_e = -\frac{j}{ne}$

当 x_0 点附近发生密度扰动, 使 x_0 点附近密度比周围略低
而由电流连续性, j 应处处相等, 故 v_e 将增大, 引起电场



$$-eE_x = m_e \frac{dv_e}{dt} \quad \text{即} \quad E_x = -\frac{m_e}{e} \frac{dv_e}{dt} = -\frac{m_e}{e} \frac{\partial v_e}{\partial n} \frac{\partial n}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial t} \approx -\frac{m_e v_e}{n^2 e^2} j \frac{\partial n}{\partial x}$$

x_0 左侧, $\partial n / \partial x < 0, E_x > 0$ 电子减速进入; 右侧, 电子加速离开

电子低速进入 x_0 而高速离开 从而导致低密度区 x_0 密度进一步减

利用临界电场 $E_D = \frac{kT_e}{ne} \frac{\partial n}{\partial x}$

得爆发的临界电流密度 $j = \frac{nekT_e}{m_e v_e}$

$j \geq j_c$
色球层先爆发! 会导致爆发

存在的问题

1. 忽略了磁场产生电流的问题, 并且这是一个很重要的因素
2. 缺乏对于爆发原因的进一步解释
3. 没有考虑带电粒子在磁场中的运动以及由此导致的电流非稳恒非直流效应

地核的基本状况

$$\rho = 12\text{g/cm}^3$$

$$T \geq 6000\text{K}$$

离子态!

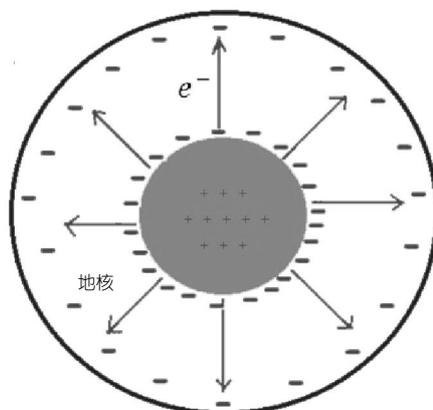
传统理论:地球的内核向液态外核放热的过程中逐渐冷却和膨胀,由内向外,温度逐渐减小,密度降低

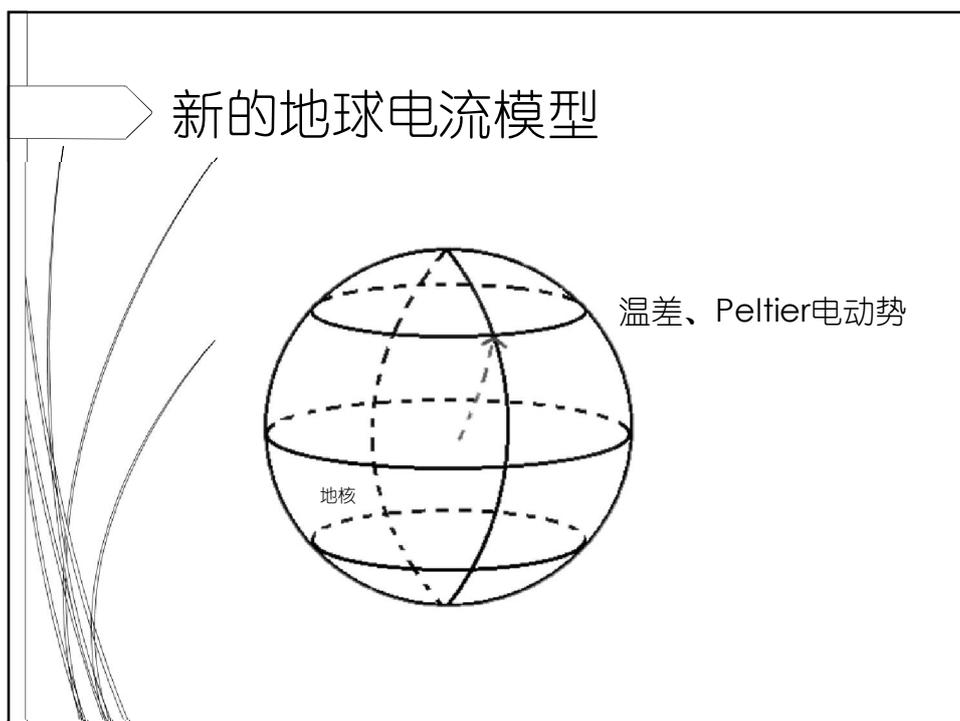
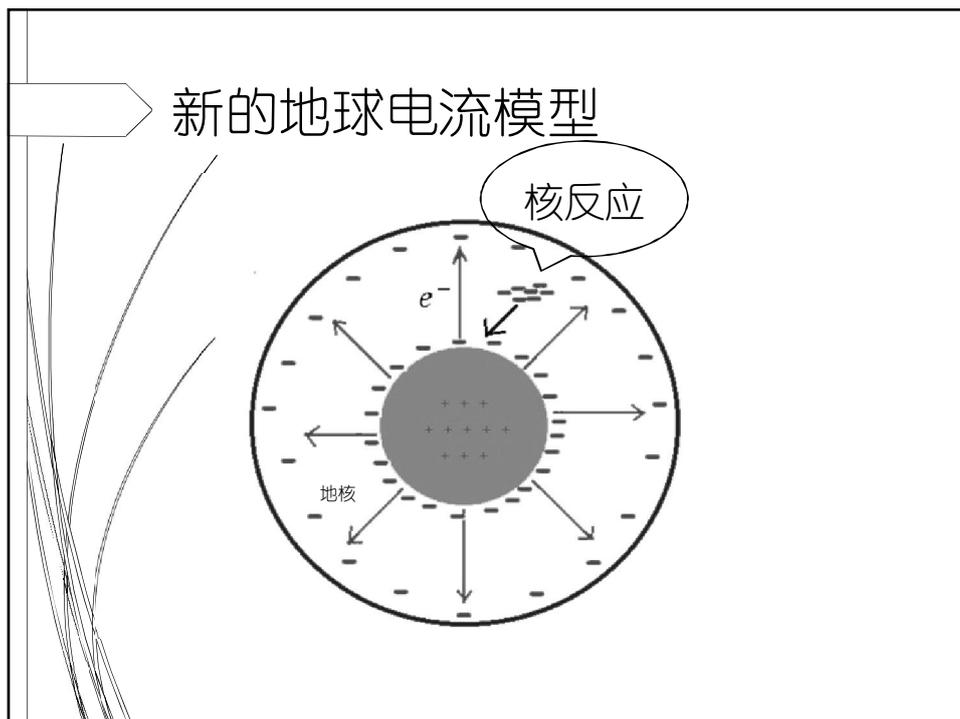
玛文·亨顿 (J. Marvin Herndon):在地核处进行着分布上不均匀的核变反应,使得在地核的不同位置,能量密度和电子密度都有所不同。

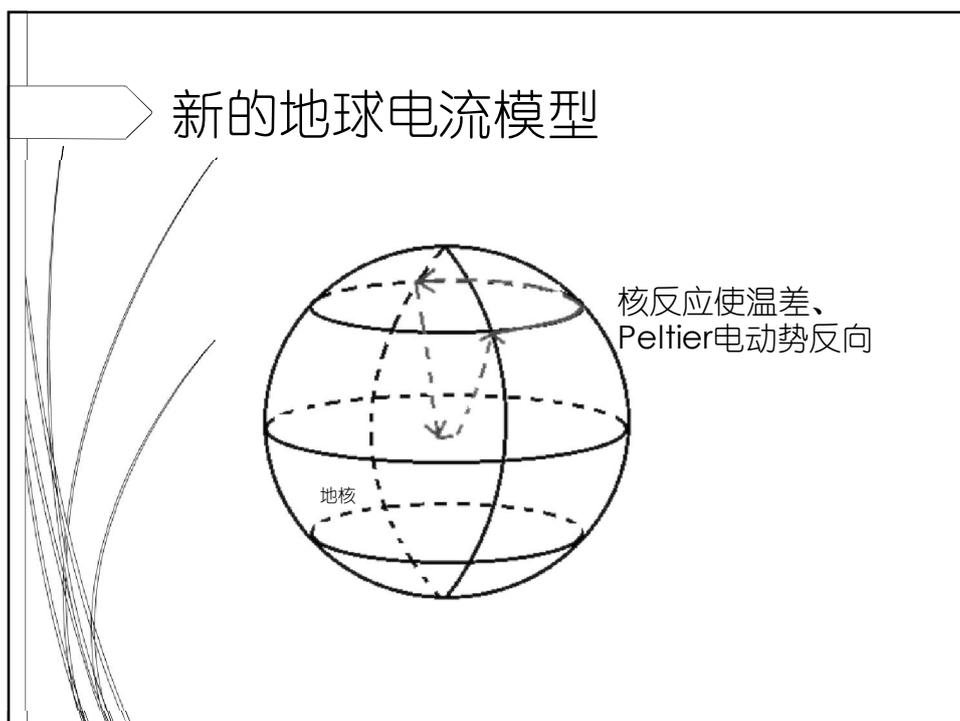
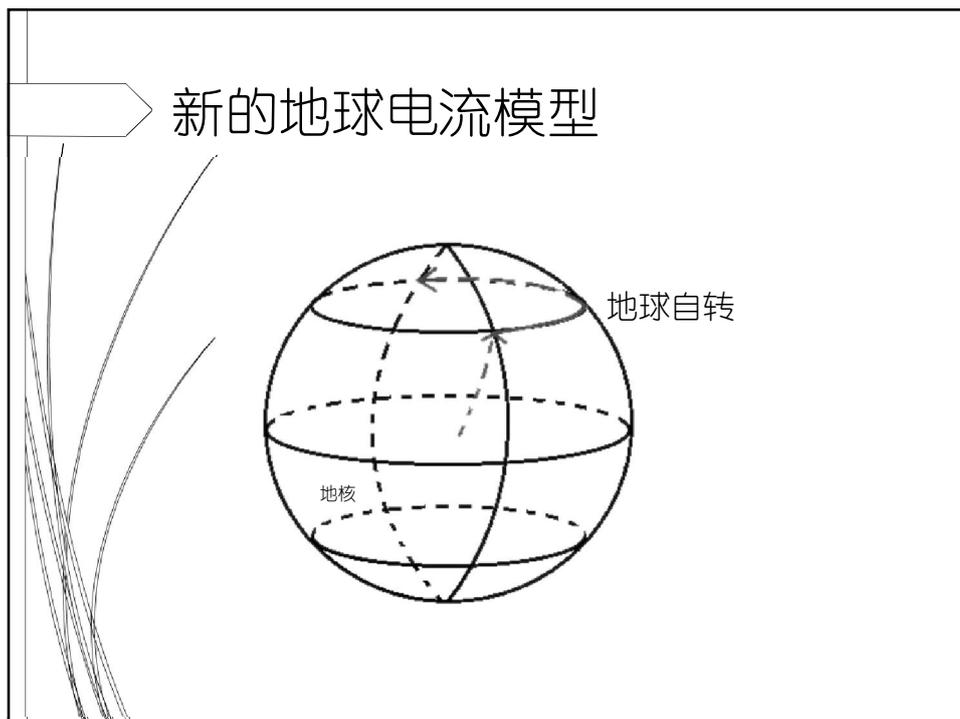
温差电动势?

Peltier电动势?

新的地球电流模型

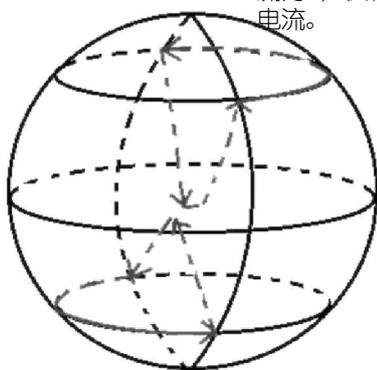






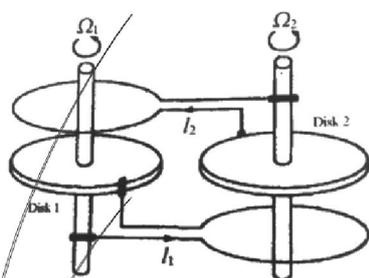
新的地球电流模型

随机的核反应，因此从整体来看，由地核内部向外部与外部向内部（即径向上）的总电流为0，仅有沿切线方向由于自转而形成的电流。



沿纬线的环流

我们现在把刚刚等效的宏观环形电流具现为一个圆心在地轴上的圆形线圈中通过的电流，将地球外核中导电液体流动形成的流体涡旋等效为一个与线圈同轴的圆盘。二者构成回路，线圈通电近似产生竖直向上的均匀磁场，圆盘转动切割磁感线产生感应电动势，驱动线圈电流。而我们又考虑到地球内部有很多这样类似的圆盘，所以取两个圆盘进行相互耦合来表征地磁的机理。如左图

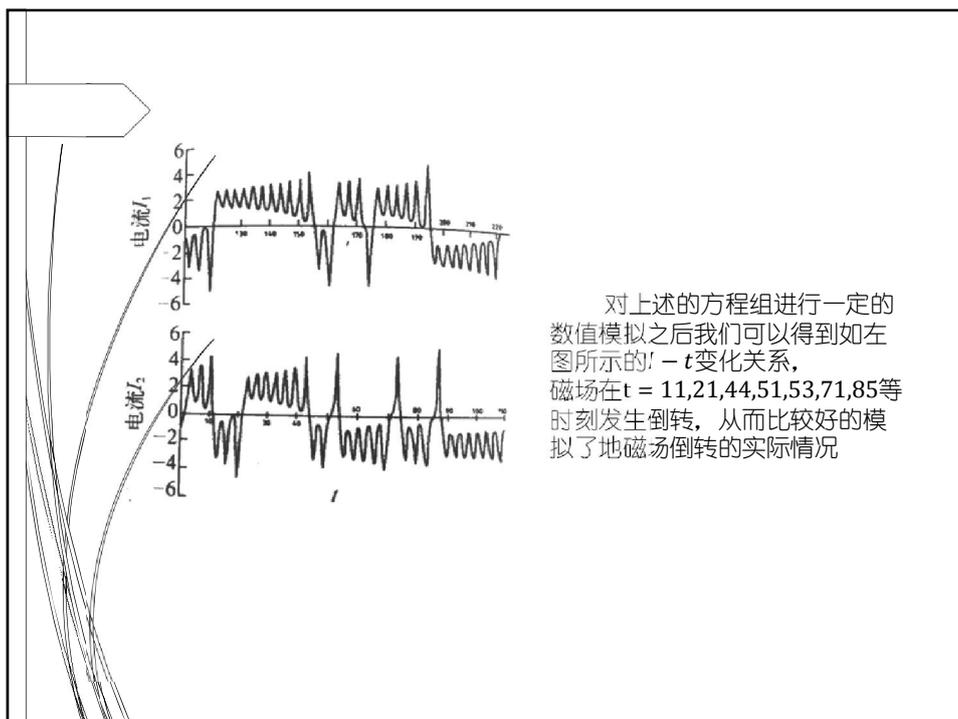
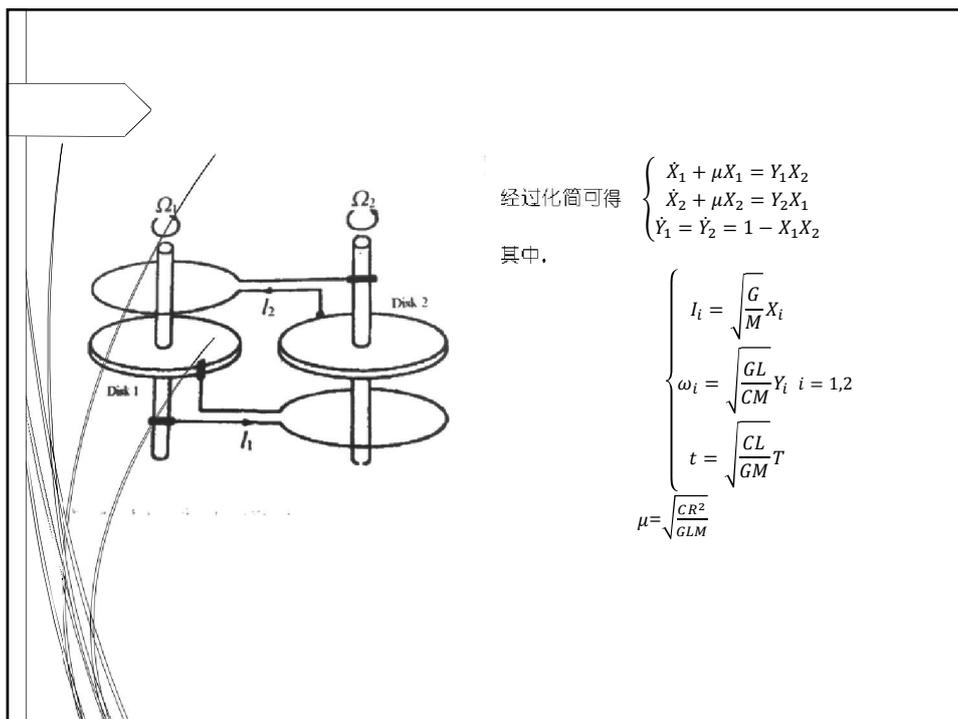


如左上图所示，我们可以列出方程组：

$$\begin{cases} C\dot{\omega}_1 = G - M I_1 I_2 \\ C\dot{\omega}_2 = G - M I_1 I_2 \\ L I_1 + R I_1 = M \omega_1 I_2 \\ L I_2 + R I_2 = M \omega_2 I_1 \end{cases}$$

其中， C 为圆盘的转动惯量，

$M I_1 I_2 = \frac{a^2 B_1}{2} I_2 = \frac{a^2 B_2}{2} I_1$ ，为安培力力矩



新电流模型在解释地磁场中的意义

传统圆盘模型

- 1.完全没考虑地球内部的实际地质情况，严重不合实际
- 2.纯自激模型，不符合能量守恒定律
- 3.违背了物理学家科林(Cowling)从理论上的证明：
轴对称磁场不可能由轴对称运动所维持，能够维持或增强磁场的流动必须具有充分的不对称性和足够复杂的流动图案，从而有利于自激发。

新电流模型

考虑了地球内部实际结构，分析中用到的地质结构是最新的研究结果

引入了非电磁感应产生的电动势，保证了能量守恒定律的成立

混乱、无序，电流的图案随机且足够复杂