

(II) 磁通门磁力仪

一、原理

- 材料——一个环状或杆状高磁导率软磁材料
- 缠绕在磁芯两边上的激励线圈高度对称，通入交变电流后其产生磁场在任一点等大反向。
- 长轴尺寸远大于短轴尺寸，忽略短轴磁化的影响，仅测量沿长轴方向的磁场分量。



实物图

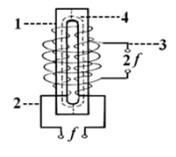


图3. 一种长轴状跑道形磁芯结构示意图

二、理论分析和具体计算

中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

软磁性材料 H_c 小，只有0.0001T左右，可把软磁性材料磁滞回线加以近似化、理想化如图4所示。

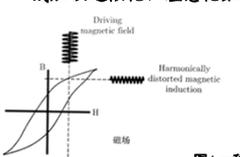
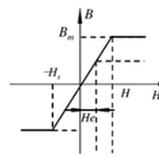



图4. 一种近似化处理

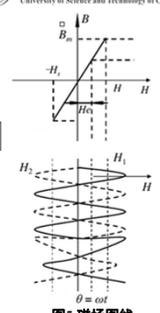
软磁性材料 H_c 小， H 有微弱变化 B 就会有较大变化（如坡莫合金），使得磁通门磁力仪分辨率相当高，一般可以达到1—10nT，甚至0.001nT，这也是磁通门能测量微弱地磁场的原因。

二、理论分析和具体计算

中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

- 输入电流 $I = I_m \sin \omega t$
- 两激励线圈产生磁场分别为
 $H_1 \sim H_m \sin \omega t$
 $H_2 \sim -H_m \sin \omega t$

地磁场沿长轴向分量为 H_e



- $H_1 = H_e + H_1 \sim H_e + 2H_m \sin \omega t$
 $H_2 = H_e + H_2 \sim H_e - 2H_m \sin \omega t$
- 长边1与长边2中的磁感应强度在饱和和段分别为：
 $B_1 = \mu_s H_e + 2\mu' H_m \sin \omega t$
 $B_2 = \mu_s H_e - 2\mu' H_m \sin \omega t$

图5. 磁场图线

二、理论分析和具体计算

中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

$$B_1 = \begin{cases} -B_s & -\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq -\theta_1 \\ \mu_s H_e + 2\mu' H_m \sin \theta & -\theta_1 \leq \theta \leq \theta_1 \\ B_s & \theta_1 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

$$B_2 = \begin{cases} B_s & -\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq -\theta_2 \\ \mu_s H_e - 2\mu' H_m \sin \theta & -\theta_2 \leq \theta \leq \theta_2 \\ -B_s & \theta_2 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

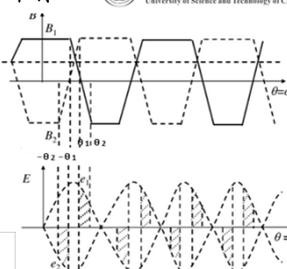


图6. 电磁场图线

θ_1 、 θ_2 由下式确定
 $\mu_s H_e \pm 2\mu' H_m \sin \theta = B_s = \mu' H_c$
 得： $\sin \theta_1 = (\mu' H_c - \mu_s H_e) / (2\mu' H_m)$
 $\sin \theta_2 = (\mu' H_c + \mu_s H_e) / (2\mu' H_m)$

二、理论分析和具体计算

中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

设信号匝数为 n ，由电磁感应定律，则信号线圈产生电动势 E_s 的两个分量 E_1 、 E_2

$$E_1 = \begin{cases} 0 & -\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq -\theta_2 \\ -2\mu' H_m n S \omega \cos \theta & -\theta_2 \leq \theta \leq \theta_1 \\ 0 & \theta_1 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

$$E_2 = \begin{cases} 0 & -\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq -\theta_1 \\ 2\mu' H_m n S \omega \cos \theta & -\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2 \\ 0 & \theta_2 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow E_s = \begin{cases} 0 & -\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq -\theta_2 \\ -2\mu' H_m n S \omega \cos \theta & -\theta_2 \leq \theta \leq -\theta_1 \\ 0 & -\theta_1 \leq \theta \leq \theta_1 \\ 2\mu' H_m n S \omega \cos \theta & \theta_1 \leq \theta \leq \theta_2 \\ 0 & \theta_2 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

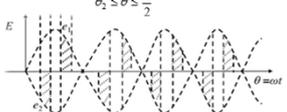


图7. 电场图线

二、理论分析和具体计算

中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

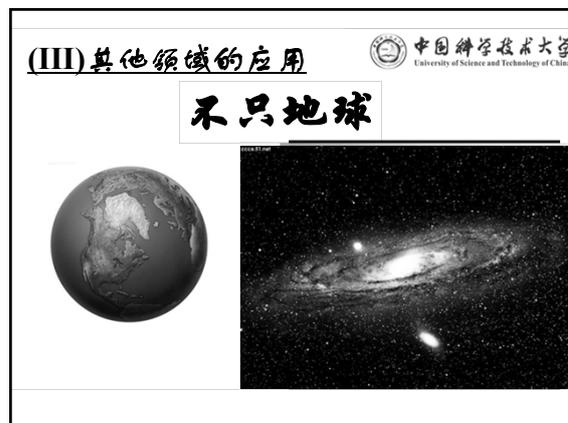
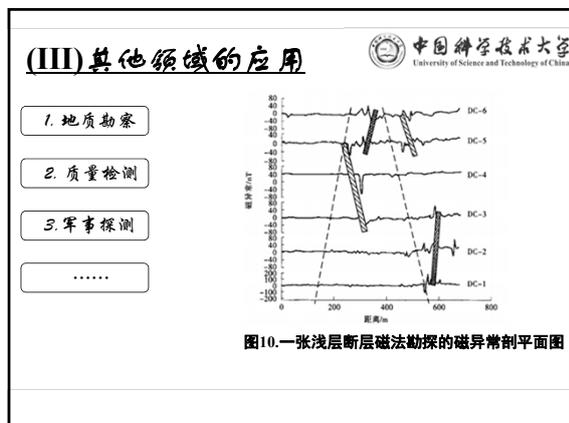
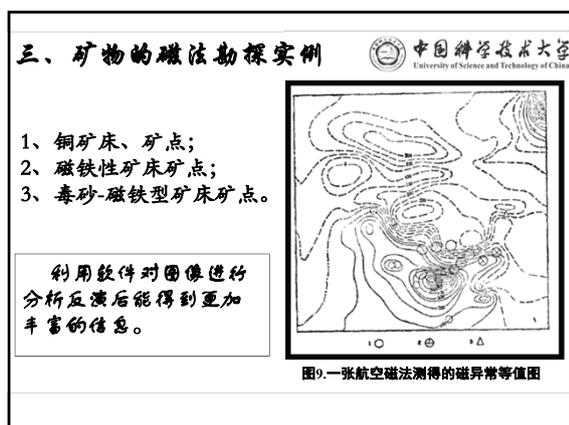
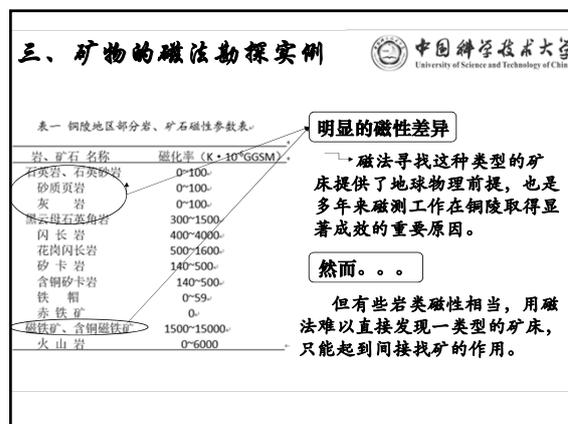
将奇函数 $E_s(\theta)$ 傅里叶展开，二次谐波系数 b_2 为

$$b_2 = 16 \mu' n f S \frac{H_m}{H_e} H_e$$

则电动势二次谐波

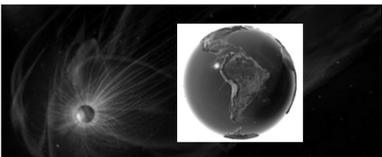
$$E_s = 16 \mu' n f S \frac{H_m}{H_e} H_e \sin 2\omega t$$

加上一个带通滤波器和选频放大器等电路，采样得二次谐波，根据峰值即可得到地磁场强度 H_e 。



(IV) 结束语  **中国科学技术大学**
University of Science and Technology of China

将磁物理方法应用于地球科学中，这是
物理和地球科学完美交融的一个范例！



相信磁法勘探将有着更加广阔的应用前景！

(V) 参考文献和致谢  **中国科学技术大学**
University of Science and Technology of China

参考文献：

- [1] (美)Michael S. Zhdanov著,李貅、底青云、薛国强译.地球物理电磁理论与方法. [M].北京:科学出版社,2015第二版.
- [2] 傅容珊,刘斌.固体地球物理学概论 [M].合肥:中国科学技术大学出版社,2009.
- [3] 磁通门磁力仪工作原理、结构与使用. 百度文库.
- [4] 韦志洪.铜陵—南陵地区航磁异常特征及找矿标志探讨 [J].矿产与地质, 1985, (01).

感谢卢荣德老师的指导和帮助！

基于磁物理方法的地球物理勘探研究  **中国科学技术大学**
University of Science and Technology of China

谢谢！
Thank you!



LOGO里输入公司名
0 标

2016/6/19