# 第四章　野外磁测工作方法





## 磁力勘探工作分四个阶段:

1. 设计阶段--收集资料、现场踏勘、编写野外工作设计
2. 施工阶段--仪器性能、测区测网、基点（网）敷设、磁异常观测、质量检查、标本采集测定、室内整理计算、绘制野外成果图件等
3. 数据处理阶段
4. 综合解释分析阶段—编写成果报告

## 本章内容

§1　野外磁测工作设计

§2　野外施工（重点为地面磁测）

§3　数据整理与磁异常计算（重点）

§4　岩石标本的物性测定

## §1、野外磁测工作设计

编写工作设计书(要依据勘查任务而定):

1、任务目的和要求

2、地质—地球物理特点

3、工作方法与技术（技术环节）

4、技术指标与生产管理（技术环节）

5、拟提交的成果资料

## §1、野外磁测工作设计

### 一、测区、测网和比例尺的确定
(要依据勘查任务而定)

## 勘查任务：

**1.普查性磁测**

1)在小比例尺地质填图中,磁测用于探测结晶基底的起伏及构造,研究沉积盖层形态,追索大断裂。

2)中、大比例尺填图中，磁测用于确定接触带，圈定岩体。

**2. 详查与勘探性磁测**

研究磁异常形态特征来寻找和评价矿产。

## §1、野外磁测工作设计

1、测区范围的选择:

磁测结果轮廓完整、包含背景场、包含以往工作区段

2、测网

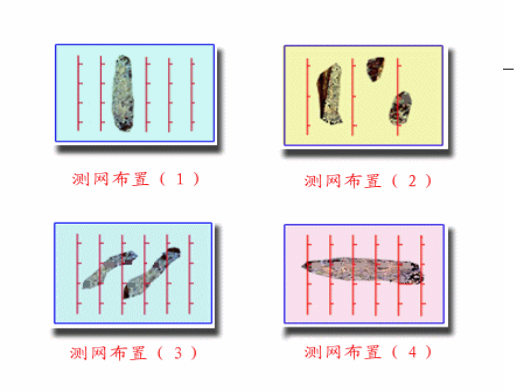
1）普查性磁测：线距不大于最小探测对象的长度，点距应保证至少三个点反映有意义的最小异常。

2）详查或勘探磁测：

•五条测线通过磁异常或勘探对象,应垂直于测区总走向或地质体走向；

•点距要反映异常细节。

测网布置对比图




## §1、野外磁测工作设计

3、比例尺的确定：

地面磁测：1：500至1：5万

航空磁测：1：1万—1：5万（专属磁测）、1：5万-1：10万（油气勘查）、1：20万—1：100万（区域磁测）

比例尺的确定还与飞行高度、与地形有关

高度>250m—不宜1：5万

高差>600m,不宜1：20万

海洋磁测：1：2.5万—1：100万

## §1、野外磁测工作设计

| 地质工作阶段 | 比例尺 | 线距 | 点距 | 测量方法 |
|---|---|---|---|---|
| 区测填图 | 1：1 000 000 | 10 000 | | 航空磁测和海洋磁测 |
| | 1：500 000 | 5 000 | | |
| | 1：200 000 | 2 000 | 200～1 000 | |
| | 1：100 000 | 1 000 | 100～500 | |
| | 1：50 000 | 500 | 50～250 | 航空、海洋和地面磁测 |
| | 1：25 000 | 250 | 25～100 | |
| 找矿 | 1：10 000 | 100 | 10～50 | 地面磁测 |
| | 1：5 000 | 50 | 5～20 | |
| 勘探 | 1：2 000 | 20 | 4～10 | |
| | 1：1 000 | 10 | 2～5 | |
| | 1：500 | 5 | 1～2 | |

附表：磁测任务及相应的比例尺及测网

## §1、野外磁测工作设计

### 二、磁测精度—极为重要的环节

- 确定野外工作方法技术的依据
- 衡量野外观测质量的标志

误差理论：

真值是未知的，等精度重复观测⟹真值

## §1、野外磁测工作设计

### 二、磁测精度

误差理论：

真值是未知的，等精度重复观测⟹真值

1、均方误差 $m=\pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(B_{i1}-B_{i2})^2}{2N}}$

表示偶然误差大小

N－检查的点数；

$B_{i1},B_{i2}$－i点上两次读数（不同时间）

## §1、野外磁测工作设计

### 二、磁测精度

如果一观测点检查观测次数多于两次：

均方误差 $m=\pm\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{N}(B_{ij}-\overline{B}_i)^2}{M-N}}$

M－(N*k)总的检查点数,k为重复观测次数；

$B_j,B_i$－i点第j次观测值与i点上k次观测的平均值

## §1、野外磁测工作设计

### 二、磁测精度

2、平均相对误差--用于磁异常检查：

$$\overline{\eta}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|B_{i1}-B_{i2}|}{|Bi1+B_{i2}|}\times 100\%$$

n－总的检查点数

$B_{i1},B_{i2}$－i点原始观测值与检查观测值

## §1、野外磁测工作设计

### 二、磁测精度

| | |
|---|---|
| 特高精度 | 均方误差 ≤ 2nT |
| 高精度 | 均方误差 ≤ 5nT |
| 中精度 | 均方误差 6～15nT |
| 低精度 | 均方误差 ＞15nT |

## §1、野外磁测工作设计

### 二、磁测精度

如何根据地质任务确定磁测精度?

## 如何根据地质任务确定磁测精度?

- 首先要考虑磁测的地质任务，探测对象的最小有意义的磁异常强度（$B_{max低}$）,根据误差理论知道，大于三倍均方误差的异常是可信的;
- 而根据物探图件要求，能正确刻划某地质体异常形态至少要有2条非零等值线，等值线的间距不得小于3倍均方误差。

因此，通常确定磁测精度为：

$$m < (1/5 \sim 1/6) B_{max低}$$

- 此外，在不影响完成磁测约定的主要任务下，照顾到将来磁测资料的综合利用可适当提高磁测精度。

## §1、野外磁测工作设计

### 二、磁测精度

磁测精度(误差)的分配:

1.仪器误差m1;
2.基点网误差m2 ;
3.测量误差m3;
4.改正误差m4;
5.整理计算误差m5,等

# §1、野外磁测工作设计

## 二、磁测精度

磁测总精度(误差)m:必须满足误差分配理论

# §2、野外施工

## §2、野外施工

一、地面磁测
1、基点、基点网建立
2、日变观测
3、测线观测
4、质量检查



## §2、野外施工

### 1、基点、基点网建立

•基点的作用

总基点与主基点，作为观测磁场的起算点。

分基点，测线观测时控制观测过程中仪器的变化，提高观测精度。

•基点联测

高精度仪器进行联测，在早晚实现短时间闭合观测

•联测误差

联测计算均方误差要小于总均方差的一半

## §2、野外施工

### 2、日变观测

•作用：消除地磁场周日变化和短周期扰动的影响，提高磁测质量。

•日变站设立

如果不设分基点网进行混合改正，必须设日变站；
设在正常场内温差小、干扰小、地基稳固的地方；
日变站的作用范围

•日变观测

要覆盖整个观测时间，其作用范围与精度有关（低精度半径50-100km、高精度为25km）

## §2、野外施工

### 3、测线观测

•要始于基点，并终于基点。

•质子磁力仪观测时，必须同类型的仪器观测日变；

•对操作人员有严格的要求；

•根据地质、地形和干扰情况随时做好记录，合理加密或追索异常

## §2、野外施工

### 4、质量检查

•要做到“一同三不同”
同一位置、不同时间、不同仪器、不同人员

•检查量的要求：平稳场检查点数大于总点数据的3%，异常场为5-30%

•检查的误差分析：平稳场检查采用均方差来评价，异常场采用平均相对误差来评价

## 二、航空磁测

- 在测线观测前要对磁测仪器、导航定位系统、飞机磁场补偿、地面日变监测系统进行设计与检验
- 基线、测线、切割线测量飞行
- 导航定位
- 磁日变观测
- 总精度评价



## 三、海洋磁测

- 使用质子磁力仪安装在拖曳式船上进行测量
- 船体影响试验
- 探头沉放深度试验
- 导航定位系统
- 磁日变观测



## §3、观测结果的整理及图示

一、磁场观测结果的整理计算

•与野外选用的仪器与方法有关

•实测磁场值的叠加特性及各种因素影响

•磁异常、校正场

•校正场分为：两大类、六项校正

## 一、观测结果的整理计算

1、正常场（背景场）校正（$T_0$）
2、正常梯度校正（$T_1$）
3、日变校正（$T_2$）
4、温度校正（$T_3$）
5、零点校正（$T_4$）
6、扭鼓校正（$T_5$）
} 混合校正
7、飞行方向校正与磁场调平

## 实测数据需要哪些校正获得磁异常？

$$\Delta T = T - T_0 - T_1 - T_2 - T_3 - T_4 - T_5$$

T — 观测值、
T0 — 正常场校正值
T1 —正常梯度校正值
T2 —日变校正值

T3 —温度校正、 T4--零点校正、 T5--扭鼓校正

## 一、观测结果的整理计算

1.如何进行正常场校正?

2.如何进行日变校正?

3.什么是正常梯度校正?

## 1.如何进行正常场改正?

正常场（背景场）校正值:

所选基点观测值

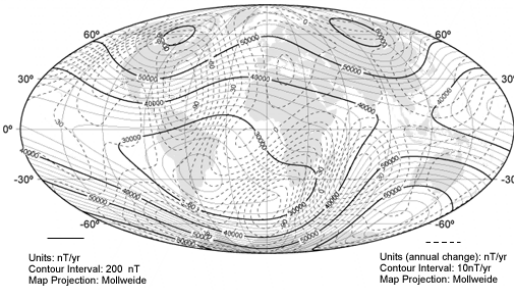
## 2.如何进行日变校正?

•消除地磁场静日变化和扰动等短期变化对观测结果的影响称为日变校正。
•其幅值一般为0.01～5nT,有时可达10～20nT。
•日变改正的一种做法是设立日变站，如用质子磁力仪自动记录，读数时间间隔为 5～30S 。MP4等质子磁力仪可以不用外加微机进行自动日变校正。

## 3.如何进行正常梯度校正?

- 地磁场的正常梯度(对于地心偶极子场)：地磁场梯度值随经纬度、高度变化而变化
- 水平梯度校正：
  利用国际地磁参考场提供高斯系数，计算1km* 1km节点的地磁场（$T_0$或Z）值，以1nT的间隔绘等值线。设基点处等值线为零线，向北过一条线减小1nT，向南则相反。

## 地磁场总强度－T



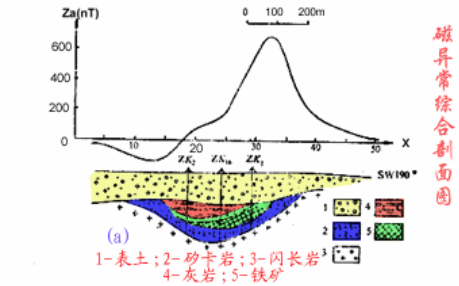

## 3.如何进行正常梯度校正?

垂向梯度校正： $\frac{\partial T_0}{\partial R} = -\frac{3T_0}{R}$

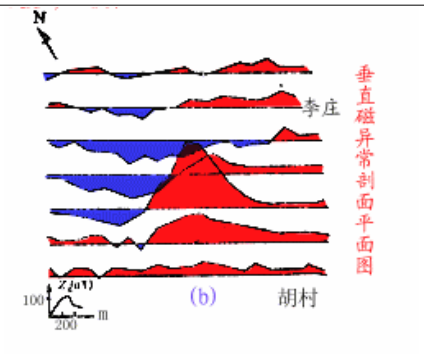
•式中$T_0$是当地正常地磁场强度，R为地球半径。如$T_0$=50000nT时，地磁场垂直梯度为-0.024nT/m。
•在山区进行磁测时，必须消除由于高度变化所造成的影响。
•高度改正从总基点高程起算，以$T_0$=50000nT为例，沿每42m高差改正1nT,比总基点高42m时加1nT,比总基点低42m时减1nT。

## §3、观测结果的整理及图示

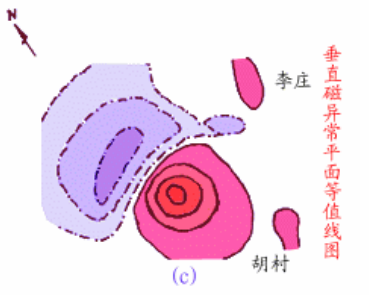
二、磁测图件




## §3、观测结果的计划整理及图示




## §3、观测结果的计划整理及图示




## §4、岩石标本采集与物性测定

一、采集

•采集标本要选基岩露头或钻井岩芯；
•标本数量不少于30，采集点要均匀分布；
•形状等轴状，标本尺寸10cm见方；
•定向采集

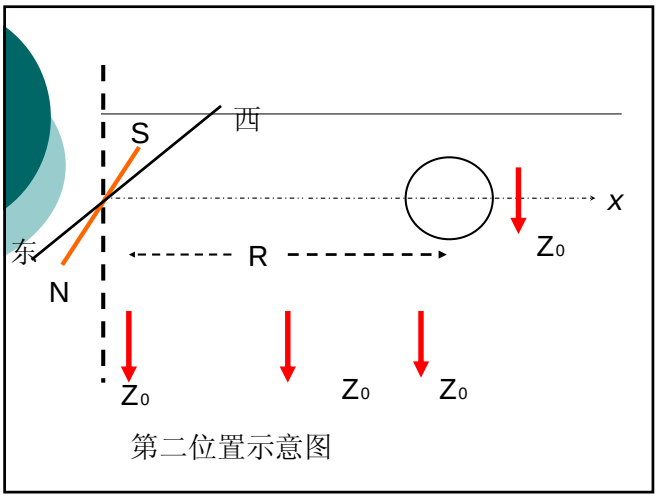
## §4、岩石标本采集与物性测定

二、磁性的测定

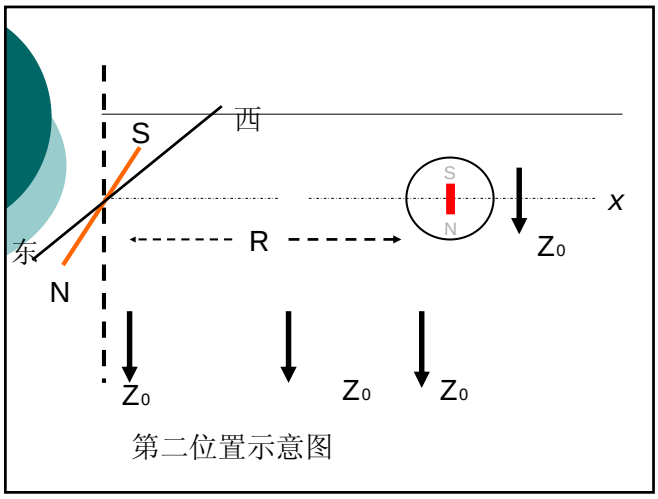
磁称法

根据标本放置位置不同分为第二、第三位置法

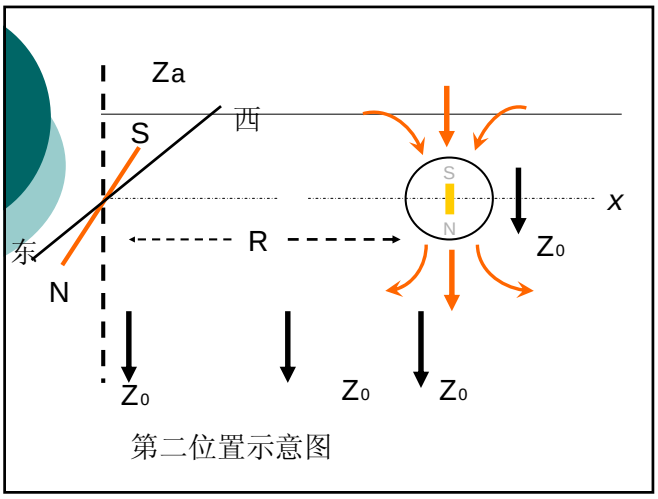
1、第二位置法



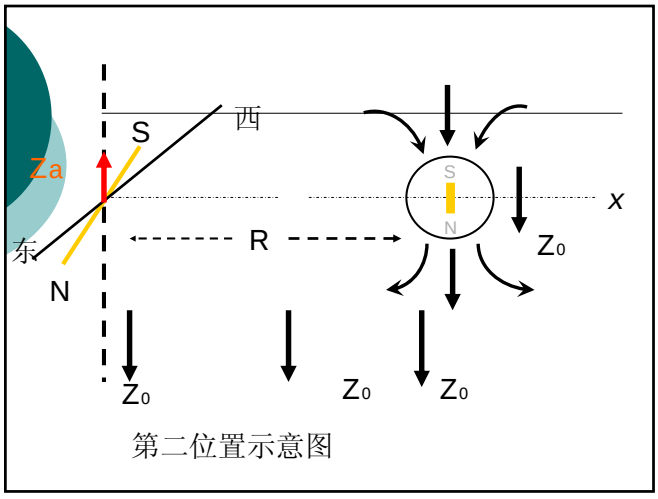
第二位置示意图



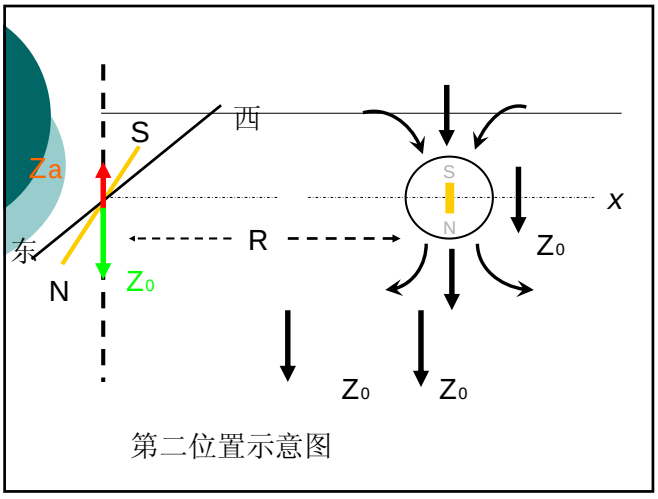
第二位置示意图



第二位置示意图



第二位置示意图



第二位置示意图

## §4、岩石标本采集与物性测定

$\vec{Z}_0 + \vec{Z}_a \quad Z_a = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{m_z}{R^3}$ $Za$ 单位：T

$m_z$-标本总磁矩在Z轴方向投影分量；

$m$ -标本总磁矩；

## §4、岩石标本采集与物性测定

$m_z$ -标本总磁矩在Z轴方向投影分量；

$M_z$ =磁化强度Z轴分量；

## §4、岩石标本采集与物性测定

- **磁化强度M:**
  **均匀无限磁介质，受外部磁场 H作用，衡量物质被磁化程度的物理量。**

$$\vec{M} = \kappa \vec{H}$$

- **磁化强度M的另外定义：**
  **单位体积的磁矩**

$$\vec{M} = \frac{d\vec{m}}{dv} = \frac{\vec{m}}{V}$$

$$\vec{m} = \vec{M} \bullet V$$

## §4、岩石标本采集与物性测定

$\vec{Z}_0 + \vec{Z}_a \quad Z_a = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{m_z}{R^3}$ $Za$ 单位：T

$m_z$ -标本总磁矩在Z轴方向投影分量；

$M_z$=磁化强度Z轴分量；

$$m_z = (M_{iz} + M_{rz}) \bullet V$$

## §4、岩石标本采集与物性测定

未放标本前仪器读数 $n_0$，放入标本后，一次读数 $n_5$，反向（180）读数 $n_6$，则：

$$\begin{cases} \varepsilon(n_0 - n_5) \bullet 10^{-9} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{(M_{iz} + M_{rz}) \bullet V}{R^3} \\ \varepsilon(n_0 - n_6) \bullet 10^{-9} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{(M_{iz} - M_{rz}) \bullet V}{R^3} \end{cases}$$

$\Rightarrow M_{rz}, M_{iz}$ $\varepsilon$ 为格值：nT/格

## §4、岩石标本采集与物性测定

$$M_{rz} = \frac{\varepsilon(n_6 - n_5) \bullet 10^{-2}}{2V} \bullet R^3 = \frac{\varepsilon(n_6 - n_5) R^3 \bullet 10}{2V} \times 10^{-3} \quad \text{(A/m)}$$

$$M_{iz} = \frac{\varepsilon(n_0 - \frac{n_5 + n_6}{2}) \bullet 10^{-2} \bullet R^3}{V} \quad \text{(A/m)}$$

$$M_{iz} \overset{?}{\Rightarrow} \kappa'_z$$

## §4、岩石标本采集与物性测定

$$M_{rz}=\frac{\varepsilon(n_6-n_5)\bullet 10^{-2}}{2V}\bullet R^3=\frac{\varepsilon(n_6-n_5)R^3\bullet 10}{2V}\times 10^{-3}\,(\mathrm{A/m})$$

$$M_{iz}=\frac{\varepsilon(n_0-\frac{n_5+n_6}{2})\bullet 10^{-2}\bullet R^3}{V}(\mathrm{A/m})$$

$$M_{iz}\overset{?}{\Rightarrow}\kappa'_z$$

$$\vec{B}=\mu\vec{H}$$

## §4、岩石标本采集与物性测定

$Z_0$为地磁场垂直分量

由 $M_{iz}=\kappa'_z\bullet Z_0/\mu_0$ （SI）

$$\Rightarrow\ \kappa'_z=\frac{\varepsilon(n_0-\frac{n_5+n_6}{2})\bullet R^3\bullet 10}{Z_0V}\times 10^{-3}$$

## §4、岩石标本采集与物性测定

同理，得 $\kappa'_x,M_{rx},\kappa'_y,M_{ry}$

平均视磁化率 $\kappa'$:

$$\kappa'=\frac{1}{3}(\kappa'_x+\kappa'_y+\kappa'_z)$$

$$M_r=\sqrt{M_{rx}^2+\ldots}$$

$$\varphi=\cdots\qquad\theta=\cdots$$

## §4、岩石标本采集与物性测定

真磁化率$\kappa$ ：

$$\kappa=\frac{\kappa'}{1-\frac{1}{3}\kappa'}$$ （标本近似看成球体）

## §4、岩石标本采集与物性测定

磁秤法高斯第二位置测量标本磁性，满足:

$$\frac{n_1+n_2}{2}\le n_0,\quad\frac{n_3+n_4}{2}\le n_0,\quad\frac{n_5+n_6}{2}\le n_0$$

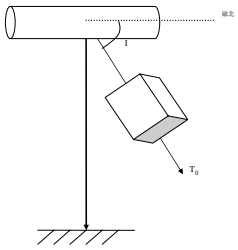
为什么？

## §4、岩石标本采集与物性测定

用质子磁力仪怎么测量标本磁化率？

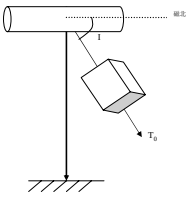
## §4、岩石标本采集与物性测定

采用质子磁力仪测定标本的磁性，同样可用高斯第一位置或高斯第二位置法。高斯第一位置法。



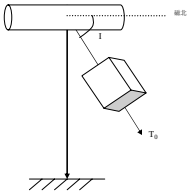

质子磁力仪测定岩石标本磁性示意图

## §4、岩石标本采集与物性测定




探头与标本的位置如图所示。探头轴线方向指向磁北，标本放在探头的北侧，标本与探头的连线与水平线的夹角等于地磁场地倾角I0，标本在磁场T0磁化下，相当于一个感应偶极子，其方向与地磁场T0方向一致。另外，剩磁也相当于一个偶极子，这个偶极子可以分解成三个相互垂直地分量偶极子，一个与地磁场T0方向一致，其剩磁强度记为，另外两个都垂直于T0，其剩磁为Mr1，Mr2。

## §4、岩石标本采集与物性测定




为了测量出，需消除Mr1、Mr2的影响，我们采用180o两次读数法消除这个影响，即读一次数T11，然后标本以地磁场T0为转轴翻转180o，再读一次T12，即T1=（T11+ T12）/2，作为标本的第一次读数（或称为正向读数）；再将面朝探头的标本面翻转180o成背向探头，同以上读数方法得到第二次读数（或称为反向读数），T2=（T21+ T22）/2。以此类推可以得到标准的六次读数。

## 小 结

- 磁测工作设计：测网、比例尺、磁测精度的确定与保证
- 野外施工：地面磁测（重点）、航空磁测、海洋磁测
- 磁测数据整理：各项校正内容及磁异常计算（重点）
- 标本的物性测定：磁称高斯第二位置
- 思考题