

矢量旋轉台

西北冶金地质勘探公司物探三分队

为了解决某些地质问题，常常需要测定大量的定向标本。通常是测定一块标本互相垂直的三个余磁分量，然后通过计算求出余磁的方向及强度，每块标本至少要测6次以上，或者12次。计算复杂，生产效率不高，容易出错。对此，我们革新了通常的方法，采用矢量旋转台来测量定向标本。

一、基本道理

新方法的道理很简单，就是通过二个轴的旋转，把余磁转到固定的方向，直接测定总的余磁强度，而不测它的分量。并且在这一过程中，得到余磁相对于标本坐标系的方位角 A_{02} 及倾角 I_{02} ，见图1。任意方向的余磁方向都可用 A_{02} 及 I_{02} 二个角表示，这两个角的数值范围分别为 $0-360^\circ$ 及 $-90^\circ-90^\circ$ 。知道这两个角，加上野外采集标本记下的方位角 A_{01} 及倾角 I_{01} （图1坐标系XYZ，为标本在野外的方位角及倾角），经过简单的换算，即可得到余磁 \vec{I}_r 在野外的方位角 A_0 及倾角 I_0 。矢量旋转台的作用在于使标本先绕Z轴转动，把 \vec{I}_{rXY} 转到固定的方向上，然后再绕与Z轴及 \vec{I}_{rXY} 垂直的轴旋转，把 \vec{I}_r 转到固定的方向上。

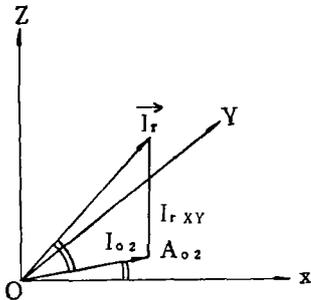


图 1

二、仪器和旋转台

无定向磁力仪与旋转台结合使用。无定向的镜筒和磁针摆到东西方向上，旋转台放到仪器的南边，使标本中心在距上下磁针等远的南北线上。这样只有标本的垂直分量能引起仪器的偏转，其他分量都不起作用，所说的固定方向就是这个垂直方向。

矢量旋转台的简单构造如图2（示意）。基架是主要的部份，此外，还有支架，装标本的圆筒。圆筒放到基架的圆环内，能自由转动，是第一个转动轴。基架放到支架座上，为水平东西向，是第二个转动轴。基架圆环内有 360° 等分的刻度线，用来读 A_{02} 角，支架上有倾角刻度板，读 I_{02} 角。

矢量旋转台的简单构造如图2（示意）。基架是主要的部份，此外，还有支架，装标本的圆筒。圆筒放到基架的圆环内，能自由转动，是第一个转动轴。基架放到支架座上，为水平东西向，是第二个转动轴。基架圆环内有 360° 等分的刻度线，用来读 A_{02} 角，支架上有倾角刻度板，读 I_{02} 角。

三、测量方法

测定之前先要确定标本座标轴。在野外采集标本时，我们取一个面作为基准面，量它的走向 A_{01} 及倾角 I_{01} ，这个面就作为XY面。量走向的线为X轴，顺时针转 90° 量倾角的线为Y轴，垂直此面并指向标本内部的方向为Z

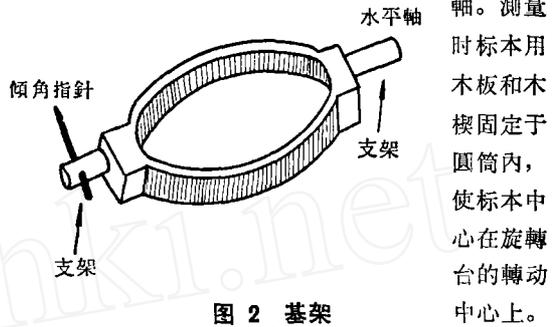


图 2 基架

轴。测量时标本用木板和木楔固定于圆筒内，使标本中心在旋转台的转动中心上。基架圆环面直立，XY面平行此面，Z轴指南，转动圆筒，当仪器里偏转最小时即是 \vec{I}_{rXY} 朝下（偏转最大时 \vec{I}_{rXY} 朝上）。因为转动时Z轴的余磁分量不变，而且在水平方向，不引起仪器偏转。引起偏转的只是 I_{rXY} 的垂向分量，当 \vec{I}_{rXY} 朝下时，这分量达到最大。这时，从朝下方向到X轴方向之间的夹角为 A_{02} 角（从南面按顺时针方向计算角度值）。完成这一步骤后， \vec{I}_r 在子午面内，转动基架的水平轴，当仪器里出现最小值时 \vec{I}_r 朝下，这时水平轴（从基架圆环面直立的位置开始）转过的角度即为 I_{02} 角，从西面看过去，顺时针转的为正角、反时针的为负角。读出这时仪器的偏转值 n_1 ，为了区分余磁及感磁，再使 \vec{I}_r 朝上，仪器中偏转最大，读出 n_2 值。求 A_{02} 角时，为了准确起见，除了从仪器里找极小值读 A_{02} 外，还可找极大值读 A_{02} ，取二次的平均作为 A_{02} 角。

有时余磁不强，偏转小，极小或极大不明显， A_{02} 及 I_{02} 测不准，这时可采取找中值的方法，转动标本，读出极大值 n'_1 ，极小值 n'_2 ，然后找偏转为 $1/2(n'_1 + n'_2)$ 值的标本位置，从这位置转过 90° ，即是余磁朝下，出现极小值的位置，用这方法可把测角的准确度提高几倍。缺点是操作较麻烦，易受零点变化的影响。

四、数据整理

1. 求余磁 I_r 及感磁 I_i

$$\text{由 } n_1 \text{ 及 } n_2 \text{ 得 } 2\Delta n_r = \Delta n_1 - \Delta n_2$$

$$2\Delta n_i = \Delta n_1 + \Delta n_2$$

$$\text{其中 } \Delta n_1 = n_1 - n_{01}, \Delta n_2 = n_2 - n_{02},$$

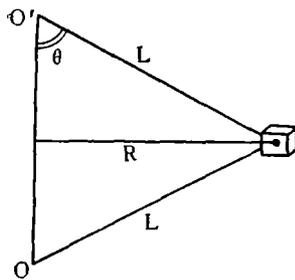
$$n_{01}, n_{02} \text{ 是零点读数}$$

$$I_r = \frac{2\Delta n_r \cdot C}{V} \quad I_i = \frac{2\Delta n_i \cdot C}{V}$$

根据无定向磁力仪的理论可以算出C值

$$C = -5\epsilon \frac{2L^3}{6 \sin 2\theta}$$

其中 ϵ 为格值、 L 及 θ 如图三所示。图中 O 及 O' 为



二根磁针的中心， R 为标本中心到磁针系统的距离。单位分别为： L 厘米， V 厘米³， ϵ 伽玛/格， I_r 及 I_i 的单位为 10^{-6} CGSM。

图 3

2. 求 A_0 及 I_0
 A_{02} 及 I_{02} 是相

对于标本坐标系的角度，利用 A_{01} 及 I_{01} ，作座标变换，即可得地球坐标系中的角度 A_0 及 I_0 ：

$$\sin I_0 = \cos I_{02} \sin A_{02} \sin I_{01} + \sin I_{02} \cos I_{01}$$

$$\tan A_0 = \frac{\cos I_{02} \cdot \cos A_{02} \cdot \sin A_{01} + I'_1 \cos A_{01}}{\cos I_{02} \cos A_{02} \cdot \cos A_{01} - I'_1 \sin A_{01}}$$

其中 $I'_1 = \cos I_{02} \sin A_{02} \cdot \cos I_{01} - \sin I_{02} \cdot \sin I_{01}$

实际使用时不必作具体的计算，可以用量板或数值表直接查出来。目前我们使用量板法，量板如图四所示。是半径为 1.0 的圆，为便于查找，取实际长度为 20 厘米。横坐标表示 Z_1 及 X_1 ，纵坐标表示 Y_1 及 I_1 ，这直角坐标轴分别作十进位等分。圆按反时针方向作 360° 等分， X 作起始线， X_1, Y_1, Z_1 为 A_{02} 及 I_{02} 角所对应的单位矢量的直角座标分量， I_1 的意义见下。量板法使用过程如下：

(1) 由 A_{02} 及 I_{02} ，查表得出 X_1, Y_1, Z_1 ；

- (2) 由 Z_1, Y_1 ，从量板上找 M 点；
- (3) 在圆周上找出等于 I_{01} 角度值的 A_1 点；
- (4) 由 M 到 OA_1 的垂线 MP 即为 I_1 ，投影 OP

为 $\sin I_0$ 。预先做好尺子，使 OP 的长度用对应的角度值来表示，能够直接读出 I_0 来，但要注意符号， P 与 A_1 在圆心的同侧得正 I_0 ，异侧得负 I_0 。把 A_1O 延长为直径， M 在此直径的顺时针一侧得正 I_1 ，逆时针一侧得负 I_1 ；

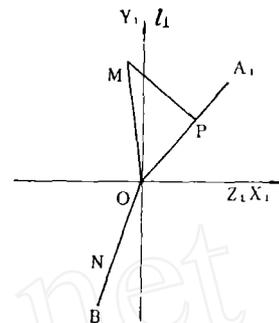


图 4

(5) 由 X_1 及 I_1 找 N 点， ON 正线与圆周交于 B ，读出 B 所在的角度 θ ，即得 $A_0 = A_{01} - \theta$ 。

作这量板的简单道理是这样的：把表示 $\sin I_0$ 及 $\tan A_0$ 的式子用适当的矢量来表示，把三角运算过程化为量板上的矢量操作过程。例如：

$$\vec{A}_1 = (\cos I_{01}, \sin I_{01})$$

$$\vec{A}_2 = (\sin I_{02}, \cos I_{02} \sin A_{02}) = (Z_1, Y_1)$$

这样就有：

$$\sin I_0 = \vec{A}_1 \cdot \vec{A}_2 = A_2 \cos \theta_a \quad \text{即} \quad \sin I_0 = OP$$

其中 A_1 的长度等于 1

五、方法的可靠性及优点

只要标本满足偶极近似条件，上述方法就是可靠的。我们把新方法所得结果（左边数据）与通常方法的结果（右边数据）作了比较，数据如表所示。

标本号	I_r		I_i		I_0		A_0	
1	5850	5850	264	136	-61°	-61°	208°	200°
2	4580	4550	1874	2098	13°45'	17°50'	281°	281°45'
3	1470	1680	124	63	37°40'	33°6'	343°	344°
4	1210	1221	1450	1385	78°	78°	222°	267°
5	6710	6820	47.5	212	-81°	-72°	174°40'	167°15'

从上列数据可以看出，二种方法所得结果很一致，按规范的一般要求， I_r, I_i 的允许误差是 30%，按我们自己提出的要求是 15—20%，角度误差是 $\pm 10^\circ$ ，上列数据都在允许误差范围之内。 I_i 的误差看起来大一点，但它是与 I_r 同时测出来的，当 I_r 大很多倍时， I_i 容易测不准，但总的误差仍是不大的。因此，我们认为这一方法是可用的。经数百块标本的测定，其中只有几块标本不能用此法，表现为仪器里出现二个极大值，或者极大值和极小值所对应的方位角之差偏离 180° 很多，一般是由于磁性很不均匀，不满足偶极子

近似条件所造成的。此方法优点如下：

- 1. 简化了测量方法，从过去 12 次读数改为 2 次；
- 2. 大大减少了计算工作量，简化了数据整理过程；
- 3. 减少了检查工作量，成倍地提高了生产效率；
- 4. 也适用于测不定向标本，其他单位也适用。

矢量旋转台要与仪器结合使用，标本相对于仪器的位置若不合适，标本磁矩的二个或三个分量都要引起仪器的偏转，使极值找不出来。除了上面介绍的标本放置位置以外，还可以把标本放到上、下磁针的正下方。