

## 利用极射赤平投影在岩心上制取古地磁标本的原理与方法

董士尤

(浙江大学地质系)



钻探技术

古地磁学的研究有力地促进了地球物理和地质科学的发展,尤其是它成为近代大地构造学中板块构造学说的有力支柱之后,更愈来愈被人们所重视。但是至今古地磁定向标本的采集仍局限在基岩出露的地表。为此,有许多人探讨用钻探岩心来确定岩层产状。但是,在赤平投影法中,当投影小圆跨出赤平大圆周时,作图比较麻烦,而当钻孔天顶角很小、两个相邻孔段弯曲量也很小时,投影小圆往往不相交,成为同心圆,无法定出地下岩层产状。另一些作者介绍的算法,则存在多解性的缺点。本文介绍的极射赤平投影法,可以获得单解。只要测斜数据及岩心轴法角的测量数据可靠,则计算结果也准确。

### 原理与方法

在地表采集古地磁标本,首先是测出采集点的地层产状,然后,测定标本的方位,并用箭头标明。而在钻孔岩心上采集古地磁标本,第一步是要确定钻穿地层的产状;第二步是恢复岩心的原始位置,在岩心上标明方位。现分步介绍如下:

#### 一、根据钻孔资料确定地下岩层产状

1. 从钻孔测斜资料中可取得各个钻进孔段上的孔斜值,即钻孔弯曲的水平方位角 $\beta$ 和天顶角 $\alpha$ ,以及该孔段岩心上的轴法角 $\theta$ ( $\theta$ 为岩心上的岩层椭圆面法线与孔的中轴线 $L L'$ 所夹的

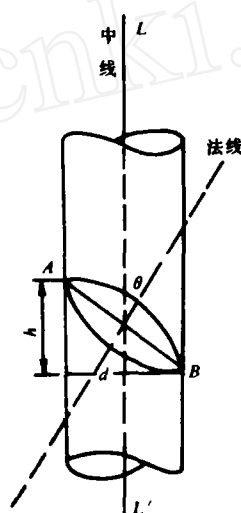


图1 岩层轴法角

角函数关系中得到:

$$x_1 = \sin \alpha_1 \cdot \cos \beta_1,$$

$$y_1 = \sin \alpha_1 \cdot \sin \beta_1,$$

$$z_1 = \cos \alpha_1,$$

$$\therefore \vec{op} = (\sin \alpha_1 \cdot \cos \beta_1,$$

$$\sin \alpha_1 \cdot \sin \beta_1, \cos \alpha_1).$$

3. 设岩层的法线单位矢量 $\vec{oq} = (x, y, z)$ , 由于 $|\vec{oq}| = 1$ , 据两矢量间夹角余弦公式,

$$\vec{oq} \cdot \vec{op} = |\vec{oq}| \cdot |\vec{op}| \cos \theta$$

$$\vec{oq} \cdot \vec{op} = x x_1 + y y_1 + z z_1$$

$$= \cos \theta$$

$$\therefore x \sin \alpha_1 \cdot \cos \beta_1 + y \sin \alpha_1 \cdot \sin \beta_1 +$$

$$+ z \cos \alpha_1 = \cos \theta \quad (1)$$

4. 设地下为单斜岩层, 则 $\vec{oq}$ 保持不变, 当

角, 见图1)。

2. 在三维空间坐标系中, 设:  $X$ 轴指向正北,  $Y$ 轴指向正东,  $Z$ 轴指向下(图2),  $op$ 为钻孔方向(图中 $\alpha_1$ 为天顶角,  $\beta_1$ 为孔的水平方位角),  $\vec{op} = (x_1, y_1, z_1)$ , 取单位矢量, 则有 $|\vec{op}| = 1$ , 从直角三角形 $op'p$ 和 $ox_1p'$ 三

$$\left\{ \begin{array}{l} x \sin a_1 \cos \beta_1 + y \sin a_1 \sin \beta_1 + z \cos a_1 = \cos \theta_1 \\ x \sin a_2 \cos \beta_2 + y \sin a_2 \sin \beta_2 + z \cos a_2 = \cos \theta_2 \\ x \sin a_3 \cos \beta_3 + y \sin a_3 \sin \beta_3 + z \cos a_3 = \cos \theta_3 \end{array} \right\} \quad (2)$$
$$x = \frac{\Delta x}{\Delta}, \quad y = \frac{\Delta y}{\Delta}, \quad z = \frac{\Delta z}{\Delta}。$$
$$\text{倾向 } (\phi) = \begin{cases} \arccos \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} & (y > 0) \\ 360^\circ - \arccos \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} & (y < 0) \end{cases}$$

The diagram shows a cube centered at the origin of a 3D coordinate system. The vertical axis is labeled  $(-Z)$  at the top and  $(Z)$  at the bottom. The horizontal axis pointing right is labeled  $E(Y)$ , and the axis pointing left is labeled  $(-Y)W$ . A diagonal axis pointing down-left is labeled  $S(-x)$ . The cube's vertices are labeled  $q'_1$  (top-right-front),  $q'_2$  (top-left-back),  $q_1$  (bottom-right-back), and  $q_2$  (bottom-left-front). Edges are labeled  $x_1$  (vertical),  $x_2$  (diagonal along  $S(-x)$ ),  $y_1$  (horizontal along  $E(Y)$ ), and  $y_2$  (horizontal along  $(-Y)W$ ). Faces are indicated by labels  $r_1$  and  $r_2$  near the center.

5. 地下岩层产状: 倾向 =  $\phi \pm 180^\circ$ ;  
倾角 =  $90^\circ - \gamma$

取古地磁标本。当然，由于钻孔测斜和测量 $\theta$ 角时误差的存在等因素影响，要使检验式完全等于1是有困难的，一般来说，与1的误差在1%以内就可算是准确的。

在确定岩层产状的基础上,需要恢复岩心的原始位置,然后在岩心上标明钻孔倾斜的方向线(即包含中轴的直立剖面所截岩心表面的直线),以及在岩心椭圆面上确定岩层的倾向线和走向线。利用极射赤平投影方法,可以在求算产状的



法线倾角  $\gamma = \arcsin z = 44.1^\circ$ 。

地下岩层产状:

倾向为  $\phi + 180^\circ = 332.7^\circ$ ,

倾角为  $90^\circ - \gamma = 45.9^\circ$ 。

经验证,  $x^2 + y^2 + z^2 = 0.990441311$ , 接近 1, 误差在 1% 之内, 确定所求的岩层产状真实。

2. 本例的产状也可用赤平投影法求出 (图 6)。  $A_1, A_2, A_3$  分别为三个钻进孔段的孔斜赤平投影点, 之后分别以  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  的角距为半径作出三个圆, 汇交于一点  $P$ , 这就说明了

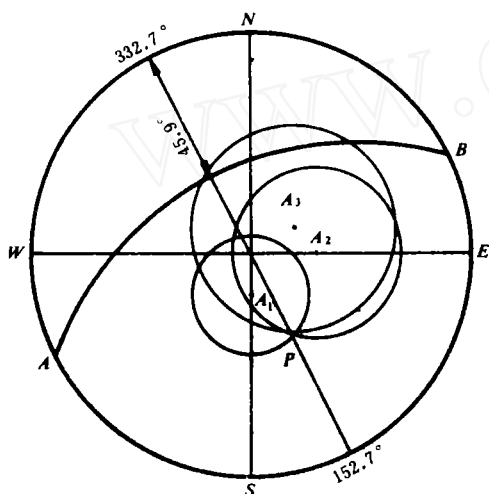


图 6 赤平投影法求解岩层产状

算式的  $x^2 + y^2 + z^2$  趋向于 1, 因此,  $P$  点就是岩层面的真实法线, 其对应的  $\widehat{AB}$  大圆弧为岩层面产状 ( $332.7^\circ \angle 45.9^\circ$ )。说明两种求解结果

一致。

## 二、岩心定向标本的制作

1. 据岩层产状 ( $332.7^\circ \angle 45.9^\circ$ ) 在吴氏网上投影大圆弧  $\widehat{AB}$  及其法线点  $P$  和三个孔斜点  $A_1, A_2, A_3$  (图 7)。

2. 过  $A_1, P$  点作径向大圆弧交  $\widehat{AB}$  于  $C_1$  点

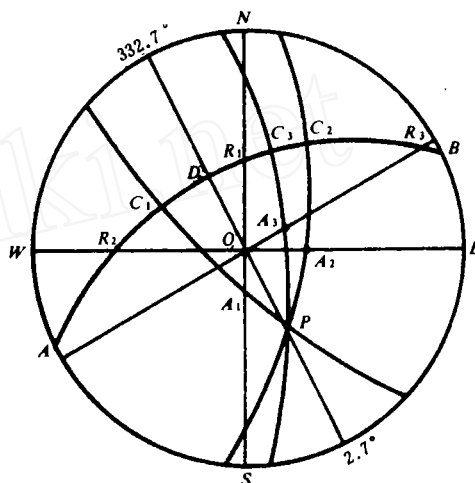


图 7 制取定向标本的赤平投影图

(即岩心椭圆面长轴的实际倾斜方向), 得  $\widehat{C_1D}$  角距,  $\omega_1 = 18^\circ$ 。

3. 过  $A_1$  和圆心  $O$  作直立面的赤平投影  $SN$  (因为  $A_1$  正好在南北径线上) 交  $\widehat{AB}$  于  $R_1$  点 (即钻孔的倾斜方位在岩层面上的投影)。得  $\widehat{C_1R_1}$  角距,  $\theta_1 = 38^\circ$ 。

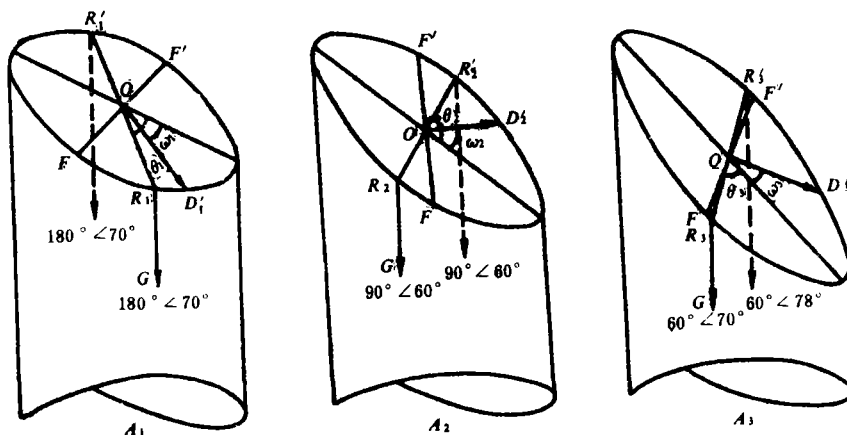


图 8 制取定向标本的岩心层面产状

4. 同上作法得到:

$A_2$  钻进段的  $\widehat{C_2D}$  角距  $\omega_2 = 43^\circ$ ,  $\widehat{C_2R_2}$  角距  $\theta_2 = 97^\circ$ ;

$A_3$  钻进段的  $\widehat{C_3D}$  角距  $\omega_3 = 27^\circ$ ,  $\widehat{C_3R_3}$  角距  $\theta_3 = 60^\circ$ 。

5. 在三个孔段的岩心椭圆上, 分别确定岩层面倾向线  $D$ , 走向线  $FF'$  及钻孔倾斜的方向线  $RG$  (图 8)。

应注意, 岩心椭圆面上  $\omega$  角与  $\theta$  角位于长轴的顺、逆时针方向问题。在一个钻进孔段中, 岩心椭圆面上的  $\omega$  角和  $\theta$  角一定要与图 7 大圆弧  $\widehat{AB}$  上的相对于  $C$  点的顺逆时针一致 (表 2)。

表 2 \*

| 角 度<br>类 型 | 角 距 方 向 |       |       |
|------------|---------|-------|-------|
|            | $A_1$   | $A_2$ | $A_3$ |
| $\omega$   | 顺 时 针   | 逆 时 针 | 逆 时 针 |
| $\theta$   | 顺 时 针   | 逆 时 针 | 顺 时 针 |

\*  $\omega$  为岩心椭圆面上长轴与岩层倾向线夹角;  $\theta$  为岩心椭圆面上长轴与钻孔倾斜线在岩层面上铅垂投影之夹角。

## 结 语

本文介绍的计算产状方法, 是建立在钻孔弯曲, 并有三个不同方位的钻进段以及钻孔在三个钻进段距离内所穿过的地层产状一致 (单斜) 的基础上。因此, 只要三个钻进段中测量孔斜的数

据及岩心轴法角  $\theta$  准确, 则计算的结果就可靠。应指出, 测量轴法角  $\theta$  的岩心愈靠近钻孔测斜点,  $\theta$  就愈符合计算要求。如钻孔不发生弯曲, 则  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$ ,  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3$ , 此时系数行列式  $\Delta = 0$ , 联立方程就无解, 地下岩层产状就求不出来。当然, 岩心上的层面不呈椭圆而是圆形, 此时钻孔倾斜方向就是地下岩层面的法线方向, 其对应的平面就是所求的地层产状。

在岩心椭圆上确定岩层倾向线及钻孔倾斜线的位置时, 首先要在椭圆面上确定中心点  $O_1$  及长轴的位置, 在制作定向标本时需半圆仪及三角板仔细确定, 否则会直接影响岩层倾向线及钻孔倾斜线的正确性。在定向标本上, 再根据古地磁测试要求制作不同类型测试样品, 本文就不作介绍了。另外, 在这次测试中得到了山东第一煤田勘探大队屈滢泉、黄太山、李春阳三位工程师的大力帮助, 特此致谢。

## 参 考 文 献

- [1] 胡火炎: 地质与勘探, 1978, 第 1 期, 第 39~54 页
- [2] 何绍勋: 《构造地质学中的赤平极射投影》, 北京, 地质出版社, 1979 年
- [3] 杨本锦等, 地质与勘探, 1980, 第 1 期, 第 37~39 页
- [4] 刘德正等: 地质与勘探, 1981, 第 6 期, 第 31~38 页
- [5] 黎超群: 地质与勘探, 1983, 第 6 期, 第 47~49 页

## 完善坑内岩心钻探设备的途径

沈 荣 元

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院)

从矿山坑道内直接对附近的矿体和构造进行钻探勘察, 要比远距离的地表钻探经济而迅速, 也比坑道探矿具有更多的优越性。但在我国的人造金刚石钻头尚未研究成功以前, 其发展受到了限制。近年来, 随着金刚石钻探工艺技术的推广

应用, 我国的坑道钻探工艺及设备也得到了快速发展。

六十年代, 我国曾进口过一些坑内钻机 (如苏联  $\Gamma\Pi-1$  型、瑞典  $X-4$  型、日本  $SA-I$  型等), 但均属四十年代的产品, 性能不理想。