



利用岩心轴角求地层产状问题之探讨

刘德正(执笔) 曹显煌 肖雷同

近年来,利用钻孔岩心轴角换算地层(岩、矿层)产状的问题,引起国内外地质工作者普遍关注。按照笔者的理解,所谓岩心轴角系岩心轴(即钻孔轴)与地层面所构成角度之总称。如所周知,它既可用岩心(钻孔)轴与层面本身所夹之锐角表示,亦可用该轴与层面法线所夹之锐角表示(图1)。对此二角曾被赋予不同的名称(表1)。笔者以为,将层面法线与岩心(钻孔)轴所夹之锐角称为法轴角,既立意确切,又简单易记^[4]。与其对应,层面本身与岩心(钻孔)轴所夹之锐角,可称为面轴角。另外,当岩心竖直放置时层面的倾角和顶角,分别与法轴角和面轴角相当,因此可作为它们的同义语。

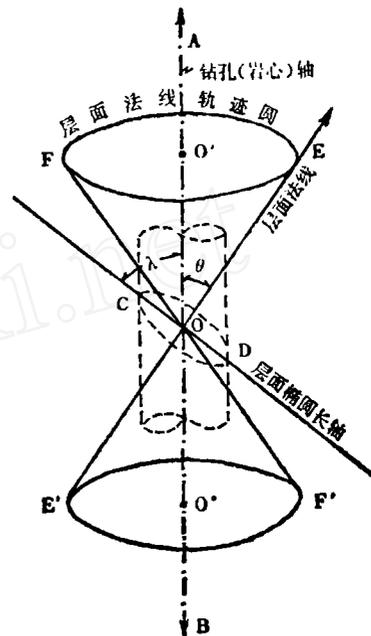


图1 表示钻孔与地层面之间关系的立体示意图

理论与实践一再证明:在产状稳定的地层上,根据两个不平行钻孔或单钻孔中两个不平行测段所获得的两个岩心轴角数据(面轴角或法轴角),即可用计算或图解法求出

岩心轴角名称沿革表

表1

命名者	朱显芝 (1964)	刘德正 (1975)	杨本锦等 (1976)	钱祥麟 (1976)	胡火炎 (1978)	本文 (1980)
层面与孔轴所夹之锐角	岩心倾角之余角	相遇角(轴心角、岩心顶角)	岩心轴夹角、中轴夹角		“轴心角”	岩心轴角 面轴角(层面顶角)
层面法线与孔轴所夹之锐角	岩心倾角	岩心倾角		层面中轴夹角	法轴角(层面倾角)	法轴角(层面倾角)

该层之真实产状,而无需“三点高程法”必不可少的“不在一直线上的三个钻孔切穿同一层面”的苛刻条件,因而实用价值更大。与“三点高程法”相对应,笔者建议将此种换算地层产状的方法,称为“两岩心轴角法”。

近年发表的数篇文章^{[2]~[6]},对本法的推广与发展,起了积极作用。但在已有文献中,对不同条件下的计算求解方法,尤其是解的数目及其取舍问题,多未深入讨论,运用颇感不便;有的图解方法尚有不足;笔者认为有必要进一步探讨和补充,并与有关同志商榷。

关于计算法

(一)计算地层产状的通式 根据钻孔与地层组合情况的差别及其对计算公式的影响,首先应区分两孔或孔段由地层同一侧切穿(同向穿层)和由不同侧穿过(异向穿层)这两种情况。

1.同向穿层计算式 用钻孔岩心轴角有换算地层产状公式的推导,实质上是求分别代表二孔的钻孔倾角 β —岩心轴角 λ 或 θ —方位夹角 ϕ 数据组联立方程的解。基于计算目的(求地

层倾向方位角和倾角)的要求,将方位夹角 ϕ 规定为钻孔方位与地层倾向线方位之夹角,并采用法轴角 θ ,其联立方程为:

$$\begin{cases} \sin\beta_A \cos\alpha' - \cos\beta_A \sin\alpha' \cos\phi'_A = \cos\theta_A \\ \sin\beta_B \cos\alpha' - \cos\beta_B \sin\alpha' \cos(\phi'_A + \Delta\phi) = \cos\theta_B \end{cases} \quad (1')$$

式中的 α' 和 ϕ'_A (ϕ'_B 以 $\phi'_A + \Delta\phi$ 表示)即所求之未知数。运用消元法做简单运算即得 $\cos\alpha'$ 为所求项的二次方程:

$$A' \cos^2 \alpha' - B' \cos \alpha' + C' = 0 \quad (2')$$

其中,二次项系数

$$A' = \cos^2 \beta_A (1 - \cos^2 \beta_B \cos^2 \Delta\phi) + \sin^2 \beta_A \cos^2 \beta_B - 2 \sin \beta_A \cos \beta_B \sin \beta_B \cos \beta_B \cos \Delta\phi \quad (3')$$

一次项系数

$$B' = 2 [\cos \beta_A \cos \theta_B (\cos \beta_A \sin \beta_B - \sin \beta_A \cos \beta_B \cos \Delta\phi) - \cos \beta_B \cos \theta_A (\cos \beta_A \sin \beta_B \cos \Delta\phi - \sin \beta_A \cos \beta_B)] \quad (4')$$

常数项

$$C' = [\cos^2 \beta_A \cos^2 \theta_B - \cos^2 \beta_B (\cos^2 \beta_A \sin^2 \Delta\phi - \cos^2 \theta_A)] - 2 \cos \beta_A \cos \beta_B \cos \theta_A \cos \theta_B \cos \Delta\phi \quad (5')$$

显而易见,地层倾角 α' 的计算式为:

$$\alpha' = \arccos \frac{-B' \pm \sqrt{B'^2 - 4A'C'}}{2A'} \quad (6')$$

钻孔方位与地层倾向方位之夹角 ϕ'_A 和 ϕ'_B ,以 α' 回代(1')式求出,即:

$$\phi'_A = \arccos \frac{\sin \beta_A \cos \alpha' - \cos \theta_A}{\cos \beta_A \sin \alpha'} \quad (7')$$

$$\phi'_B = \arccos \frac{\sin \beta_B \cos \alpha' - \cos \theta_B}{\cos \beta_B \sin \alpha'} \quad (8')$$

需着重指出:

第一,由于地层倾向方位是未知数,上列诸式中的 $\Delta\phi$ 在理论上也是不知道的。所知者只是二孔之方位角(以 γ_A 、 γ_B 表示)及其差值 $\Delta\gamma = \gamma_B - \gamma_A$ (假定按顺钟向 $\gamma_B > \gamma_A$)。由于每一具体条件下 $\Delta\phi$ 与 $\Delta\gamma$ 的数值相等,所以用 $\Delta\gamma$ 代替 $\Delta\phi$ 参与计算其结果不变。

第二,对 $\cos\alpha'$ 的二次方程来说,当 $B'^2 \geq 4A'C'$ 时有实数根,求出一或两个地层倾角值。方位夹角 ϕ'_A 或 ϕ'_B ,也有一或两个。地层倾角出现两个可能解时,实际解应根据具体情况判定。

第三, $\cos\phi'_A$ 和 $\cos\phi'_B$ 的结果,可以出现不同的符号,或正或负;它们又都可分别用于相应孔之两侧,或加或减。它们的符号及其用于钻孔方位两侧后所得结果的重复性,是判定可能地层倾向方位的依据。其原则是:① $\cos\phi'_A$ 或 $\cos\phi'_B$ 为正值时,以该孔真方位为起算方位,加减各自的方位夹角,反之以其反方位起算;②采用各孔加减各自方位夹角后互相重叠的方位为所求地层的可能倾向方位(γ')。

先如表2例1,用已知数代入式(3')、(4')、(5')求得: $A' = 0.5868$, $B' = 0.8990$, $C' = 0.3443$ 。因 $B'^2 = 4A'C' = 0.8082$,地层倾角仅一解($\alpha' = 40^\circ$)。以 α' 代入(7')、(8')得: $\cos\phi'_A = -1.0000$, $\cos\phi'_B = -1.0000$ 。根据其符号和数值,地层倾向方位与B孔的真方位和A孔的反方位一致,故求得地层产状为 $210^\circ \angle 40^\circ$ 。

例 序		1	2		3	4			
已 知 数	γ_A	30°	100°		0°	90°			
	γ_B	210°	205°		140°	240°			
	$\Delta\gamma(\Delta\phi)$	180°	105°		140°	150°			
	β_A	60°	75°		20°	75°			
	β_B	70°	62°		20°	75°			
	θ_A	10°	40°		40°	80°			
	θ_B	60°	52°		20°	72°			
所 求 数	同 向 穿 层	α'	40°	29°43'	52°51'				
		ϕ_A'	(-) 0°	(+)55°26'	(-)27°43'	(+)58°26'	(+)89°01'		
		ϕ_B'	(+) 0°	(+)49°34'	(-)77°17'	(-)88°26'	(-)59°01'		
		γ'	210°	155°26'	307°43'	148°26'	0°59'		
	异 向 穿 层	α''				75°	89°23'	85°01'	86°59'
		ϕ_A''				(+)19°42'	(+)35°	(+)1°36'	(+)28°24'
		ϕ_B''				(-)20°18'	(-)5°	(+)28°24'	(-)1°36'
γ''				339°42'	325°	88°24'	61°36'		
备 注	同向单解	同向双解		异向双解		四 解			

再如例 2，原始数据引自文献^[3]，求出三个系数为： $A' = 0.3253$ ， $B' = 0.4790$ ， $C' = 0.1706$ 。解方程(2)得两个倾角值(29°43'、52°51')。以第一个倾角回代求出： $\cos\phi_A^a = +0.5673$ ， $\phi_A^a = 55°26'$ ； $\cos\phi_B^a = +0.6485$ ， $\phi_B^a = 49°34'$ 。依照上述规则，A 孔真方位加 ϕ_A^a 与 B 孔真方位减 ϕ_B^a 的结果恰相重合，故判定与倾角 29°43' 相应的地层倾向方位为 155°26'。以第二个倾角求出： $\cos\phi_A^b = -0.8853$ ， $\phi_A^b = 27°43'$ ； $\cos\phi_B^b = -0.2201$ ， $\phi_B^b = 77°17'$ 。同理，A 孔反方位加 ϕ_A^b 与 B 孔反方位减 ϕ_B^b 之方位相重叠，故与倾角 52°51' 相应的地层倾向方位为 307°43'。至于此二可能解中哪一个是该地层的真正产状，单靠上述数据难以确定，要看实际情况如何了。

最后还应说明的是：假如方位夹角 ϕ 规定为钻孔与地层仰向(或反倾向)线方位之夹角，尽管联立方程左边两项之间改变了符号，但因运算过程中正负号的对应变换，计算 α' 的公式不变，只是将 ϕ_A 、 ϕ_B 的计算式变为：

$$\phi_A^{\diamond} = \arccos \frac{\cos\theta_A - \sin\beta_A \cos\alpha'}{\cos\beta_A \sin\alpha'} \dots\dots\dots (7'')$$

$$\phi_B^{\diamond} = \arccos \frac{\cos\theta_B - \sin\beta_B \cos\alpha'}{\cos\beta_B \sin\alpha'} \dots\dots\dots (8'')$$

这时，根据 $\cos\phi_A^{\diamond}$ 和 $\cos\phi_B^{\diamond}$ 的符号和数值，照同样规则判定地层的仰向线方位，其反方位才是所求之地层倾向方位角；如果岩心轴角采用面轴角 λ 表达，因它与法轴角互为余角，只需 $\sin\lambda$ 代替上列算式中的 $\cos\theta$ ，即得以面轴角为依据换算地层产状的一组公式；如果钻孔产状以天顶角 δ 表示，同样由于它与钻孔倾角 β 互为余角，略加变换(以 $\sin\delta$ 代替 $\cos\beta$ ， $\cos\delta$

代替 $\sin\beta$), 即得以天顶角表达的一套计算式。因篇幅有限, 恕不罗列, 有用者可自行导出。

2. 异向穿层计算式 尽管同向穿层是比较常见的情况, 但在实际计算分析过程中, 不能排除两岩心轴角数据来自地层面的不同一侧, 即两孔自不同一侧切穿地层的可能性。反复实践证明: 当用同向穿层公式计算得到“虚根”($B'^2 < 4A'C'$), 正是遇到了异向穿层的缘故。值此, 据以推导的联立方程变为:

$$\begin{cases} \sin\beta_A \cos\alpha'' - \cos\beta_A \sin\alpha'' \cos\phi_A = \cos\theta_A & \dots\dots\dots (1'') \\ \sin\beta_B \cos\alpha'' - \cos\beta_B \sin\alpha'' \cos(\phi_A + \Delta\phi) = -\cos\theta_B & \dots\dots\dots (1'') \end{cases}$$

或

$$\begin{cases} \sin\beta_A \cos\alpha'' - \cos\beta_A \sin\alpha'' \cos\phi_A = -\cos\theta_A & \dots\dots\dots (1'') \\ \sin\beta_B \cos\alpha'' - \cos\beta_B \sin\alpha'' \cos(\phi_A + \Delta\phi) = \cos\theta_B & \dots\dots\dots (1'') \end{cases}$$

由此导出 $\cos\alpha''$ 的二次方程 $A''\cos^2\alpha'' - B''\cos\alpha'' + C = 0$ 的各项系数分别是:

$$A'' = \cos^2\beta_A(1 - \cos^2\beta_B \cos^2\Delta\phi) + \sin^2\beta_A \cos^2\beta_B - 2\sin\beta_A \cos\beta_A \sin\beta_B \cos\beta_B \cos\Delta\phi \dots\dots\dots (3'')$$

$$B'' = 2[\cos\beta_A \cos\theta_B(\cos\beta_A \sin\beta_B - \sin\beta_A \cos\beta_B \cos\Delta\phi) + \cos\beta_B \cos\theta_A(\cos\beta_A \sin\beta_B \cos\Delta\phi - \sin\beta_A \cos\beta_B)] \dots\dots\dots (4'')$$

$$C = [\cos^2\beta_A \cos^2\theta_B - \cos^2\beta_B(\cos^2\beta_A \sin^2\Delta\phi - \cos^2\theta_A)] + 2\cos\beta_A \cos\beta_B \cos\theta_A \cos\theta_B \cos\Delta\phi \dots\dots\dots (5'')$$

同理, 地层倾角

$$\alpha'' = \arccos \frac{-B'' \pm \sqrt{B''^2 - 4A''C''}}{2A''} \dots\dots\dots (6'')$$

钻孔与地层倾向之方位夹角

$$\phi_A'' = \arccos \frac{\sin\beta_A \cos\alpha'' \mp \cos\theta_A}{\cos\beta_A \sin\alpha''} \dots\dots\dots (7'')$$

$$\phi_B'' = \arccos \frac{\sin\beta_B \cos\alpha'' \pm \cos\theta_B}{\cos\beta_B \sin\alpha''} \dots\dots\dots (8'')$$

关于解的数目及其取舍判定原则, 与同向穿层时基本相同。这里遇到的主要问题, 是如何判断其中哪一个孔由地层上层穿进(由上至下), 哪一个由地层下层穿进(由下至上)。对比公式(1'')和(7'')、(8'')不难发现, 对于由上层穿进地层的钻孔来说, 计算 ϕ'' 公式的“ \pm ”运算时, 只能取“-”的计算形式, 即: $\sin\beta \cos\alpha'' + \cos\theta > \cos\beta \sin\alpha''$ 的钻孔就是由上层穿进地层之钻孔。另一孔则与其相反, 必须用“+”来计算。

例如表2例3, 用同向穿层公式计算出现虚根($B'^2 = 3.3102$, $4A'C' = 5.3573$)故无解。再用异向穿层公式计算求出二倾角($75^\circ 00'$ 和 $89^\circ 23'$)。因 $\sin\beta_B \cos\alpha'' + \cos\theta_B > \cos\beta_B \sin\alpha''$, 故B孔为正向穿层孔。对 ϕ_B 用“-”计算得: $\cos\phi_B'' = -0.9379$, $\phi_B'' = 20^\circ 18'$,

$\cos\phi_B'' = -0.9962$, $\phi_B'' = 5^\circ$ 。A孔方位夹角用相反符号(+)计算: $\cos\phi_A'' = +0.9415$,

$\phi_A'' = 19^\circ 42'$; $\cos\phi_A'' = +0.8192$, $\phi_A'' = 35^\circ$ 。结果求得该例的两个产状解为 $339^\circ 42' \angle 75^\circ$ 、 $325^\circ \angle 89^\circ 23'$ 。

3. 通式 综合以上两种情况, 两岩心轴角法求地层产状的通式为:

$$\alpha = \arccos \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \dots\dots\dots (6)$$

其中: $A = \cos^2\beta_A(1 - \cos^2\beta_B \cos^2\Delta\phi) + \sin^2\beta_A \cos^2\beta_B - 2\sin\beta_A \cos\beta_A \sin\beta_B \cos\beta_B \cos\Delta\phi \dots\dots\dots (3)$

$$B = 2[\cos\beta_A \cos\theta_B(\cos\beta_A \sin\beta_B - \sin\beta_A \cos\beta_B \cos\Delta\phi) \mp \cos\beta_B \cos\theta_A(\cos\beta_A \sin\beta_B \cos\Delta\phi - \sin\beta_A \cos\beta_B)] \dots\dots\dots (4)$$

$$C = [\cos^2\beta_A \cos^2\theta_B - \cos^2\beta_B(\cos^2\beta_A \sin^2\Delta\phi - \cos^2\theta_A)]$$

$$\mp 2 \cos\beta_A \cos\beta_B \cos\theta_A \cos\theta_B \cos\Delta\phi \dots\dots\dots (5)$$

$$\phi_A = \arccos \frac{\sin\beta_A \cos\alpha \mp \cos\theta_A}{\cos\beta_A \sin\alpha} \dots\dots\dots (7)$$

$$\phi_B = \arccos \frac{\sin\beta_B \cos\alpha \mp \cos\theta_B}{\cos\beta_B \sin\alpha} \dots\dots\dots (8)$$

不言而喻，地层产状的计算结果，可以是一个、两个或三个、四个。单解和双解都有同向穿层和异向穿层两种可能。三解则可能是同向双解加异向单解或同向单解加异向双解。四解由同向异向各二解组成。因此其结果可能出现同向单解、异向单解、同向双解、异向双解、同单异双三解、同双异单三解和四解这七种情况。两个以上解时真正地层产状解的确定，必须对已掌握资料做全面分析。而正确选择的必要前提是求出所有的可能解。尤其不要忽略异向穿层情况下的解。

为便于计算，我们有意将同向、异向穿层时不同的两个系数计算式(B、C)中的共同项加以合并(见前)。若令：

$$\begin{aligned} \cos\beta_A \cos\theta_B (\cos\beta_A \sin\beta_B - \sin\beta_A \cos\beta_B \cos\Delta\phi) &= B_1; \\ \cos\beta_B \cos\theta_A (\cos\beta_A \sin\beta_B \cos\Delta\phi - \sin\beta_A \cos\beta_B) &= B_2; \\ \cos^2\beta_A \cos^2\theta_B - \cos^2\beta_B (\cos^2\beta_A \sin^2\Delta\phi - \cos^2\theta_A) &= C_1; \\ 2 \cos\beta_A \cos\beta_B \cos\theta_A \cos\theta_B \cos\Delta\phi &= C_2; \end{aligned}$$

则同向穿层时： $B' = 2(B_1 - B_2)$ ， $C' = C_1 - C_2$ ；异向穿层时： $B'' = 2(B_1 + B_2)$ ， $C'' = C_1 + C_2$ 。

(二) 通式在特殊情况下的应用 由于垂直孔与水平孔都可视做倾斜钻孔的特例，因而满足不平行二孔(段)条件的斜孔与直孔、斜孔与水平孔、直孔与水平孔以及方位不同的二水平孔的组合，不仅都能根据其岩心轴角数据代入通式求解出地层产状，而且计算程序都有所简化。

例如，斜孔与直孔的组合，联立方程是：

$$\begin{cases} \cos\alpha = \cos\theta_{直} & \dots\dots\dots (1^a) \\ \sin\beta_{斜} \cos\alpha - \cos\beta_{斜} \sin\alpha \cos\phi_{斜} = \cos\theta_{斜} \end{cases}$$

由此方程导出：

$$\alpha = \theta_{直} \dots\dots\dots (6^a)$$

$$\phi_{斜} = \arccos \frac{\sin\beta_{斜} \cos\theta_{直} \mp \cos\theta_{斜}}{\cos\beta_{斜} \sin\theta_{直}} \dots\dots\dots (8^a)$$

对后一式而言，同向穿层时用“-”计算异向穿层时用“+”计算。

(三) 两个直孔时的求解方法 此种情况也是一种特例。虽然地层倾角很容易由岩心轴角求出($\alpha = \theta_{直} = 90^\circ - \lambda_{直}$)，但因它们在空间上表现为垂直地面的平行线，代表它们的方程式完全一样，因此仅用岩心轴角无法求出地层倾向方位角，需借助于两孔见同一层位的高差 ΔH 及其水平距 L 求之。其式为：

$$\phi = \phi_0 \pm \arccos \frac{\Delta H \cdot \cot\theta_{直}}{L} \dots\dots\dots (8b)$$

式中 ϕ_0 为二孔连线之方位角，若后项等于 0° ，地层倾向与钻孔连线方位一致，地层走向与钻孔连线相垂直。若后项等于 90° ，地层倾向与钻孔连线方位相差 90° ，地层走向与钻孔连线平行。

关于图解法

利用岩心轴角图解地层产状的方法，目前以假设平面投影和赤平极射投影最常用。无论何种方法，都是按照一定规则，绘出地层面或其法线绕孔轴旋转一周后形成的两个层面圆锥的公切面(即层面)或两个层面法线圆锥的交切线(即层面法线)。它们是计算方法的形象化，比较直观而简便。

(一) 假设平面投影法 依据采用岩心轴角数据的不同分为:

1. 面轴角假设平面投影 适用于钻孔倾角较面轴角数值大的情况。按照文献^[8]的规定,是把假定在空间某点相交的二不平行钻孔的以 2λ 为顶点的层面圆锥,投绘到距交点适当高度的假设平面上,两个投影椭圆的公切线,代表地层层面与假设平面的交线,即所求之地层走向线。再依交点与走向线的相对位置及它们的垂距,判断地层倾向并计算其倾角。

2. 法轴角假设平面投影 当面轴角大于钻孔倾角无法做出面轴角平面投影时采用。与面轴角假设平面投影的主要区别是,在假设平面上得到的是二钻孔层面法线圆锥的投影,而两个投影椭圆的交点或切点与二孔空间交点的连线,就是所求的层面法线^[9]。

实际运用结果证明这种方法是可取的。同时发现存在如下缺点:第一,层面圆锥及层面法线圆锥在假设平面上投影图形的不正确表示,降低了图解的精确度。画法几何告诉我们,圆锥被不垂直锥轴的平面相截的截迹呈卵圆形(图2),只有在平面垂直锥轴时才呈圆形,

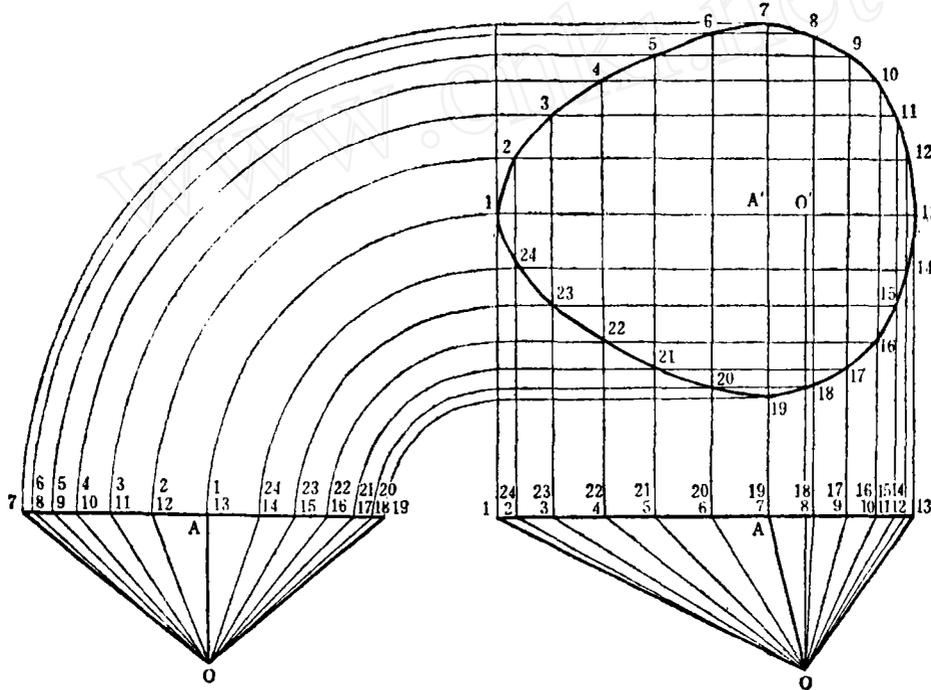


图2 示圆锥被斜交锥轴的截面相截构成的卵圆形截面

总不会形成椭圆的截迹。因此,将层面圆锥及层面法线圆锥在假设平面上的投影绘成椭圆,显然是不妥的。第二,无论层面圆锥及层面法线圆锥的投影是卵形还是椭圆形,或者可借助赤平投影将其中一孔的投影图形变成圆^[6],与直接采用赤平投影相比总要繁复一些。第三,此法难以在一张解析图上同时绘出联立方程的全部可能解,特别是异向穿层情况下的一个或两个解(相当于投影“椭圆”的交叉公切线)。凡此种种,使它的广泛应用受到了影响。

(二) 赤平极射投影法 与假设平面投影一样,采用面轴角和法轴角投影均可,因而分面轴角赤平投影和法轴角赤平投影两种。按照赤平极射投影的基本原理^[1],层面圆锥及层面法线圆锥在赤平投影面上的投影,都是一个小圆,给图解操作带来极大便利,乃此法得以广泛采用的明显优点之一。

将同一实例的面轴角赤平投影(图3、5)与法轴角赤平投影(图4、6)加以比较可以看出:后者比前者更为实用。主要是因为:第一,当根据二孔之产状和法轴角绘出其层面法线轨迹圆之后,即可直接由其切点或交点(代表层面法线的极点)求出地层之产状解。省却了在面轴角赤平投影图上根据层面轨迹圆绘制代表层面的投影大圆和求层面极点等步骤。

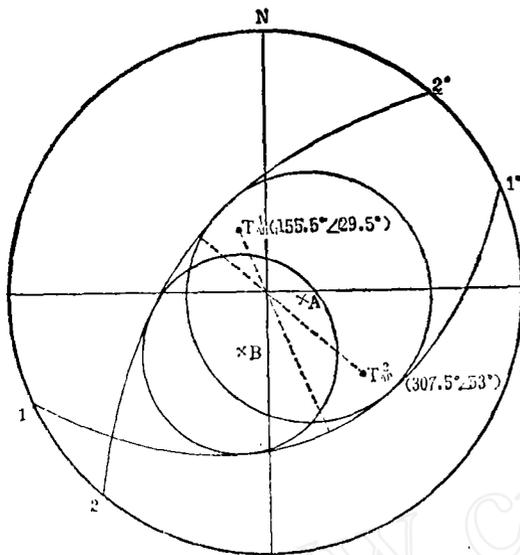


图3 例2的面轴角赤平极射投影

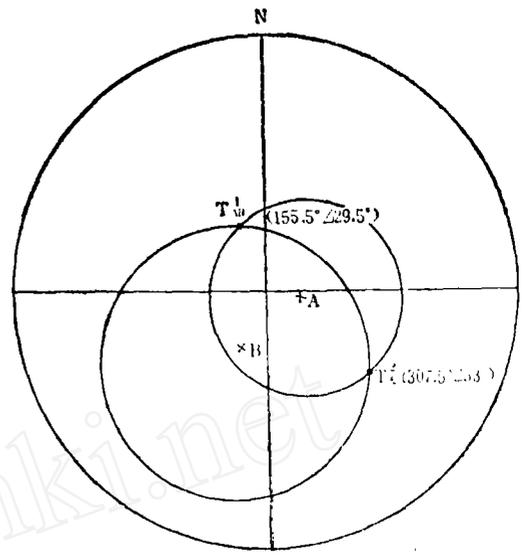


图4 例2的法轴角赤平极射投影

第二,在法轴角赤平投影图上,绘出层面法线圆锥的整个轨迹圆,包括小圆超出基圆之外的对蹠圆弧部分(具体方法见文献^[2],在本文附图中以虚线表示,以资区别),不仅可得到同向穿层的层面法线点(同名圆弧的交切点),而且能得到异向穿层的层面法线点(异名圆弧的交切点),即能清晰地给出全部的可能产状解。在同向无解而仅有异向解(表2例3)

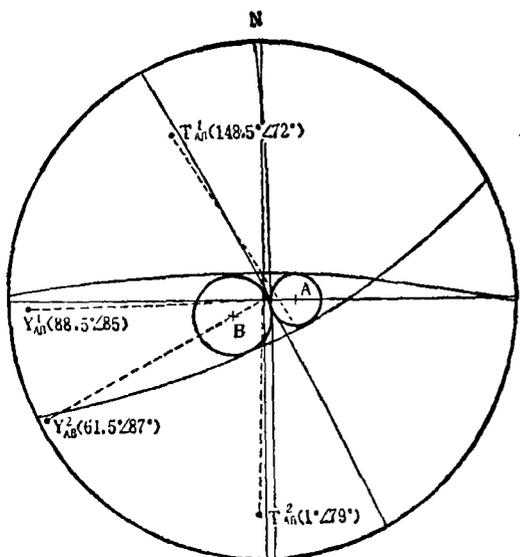


图5 例4的面轴角赤平极射投影

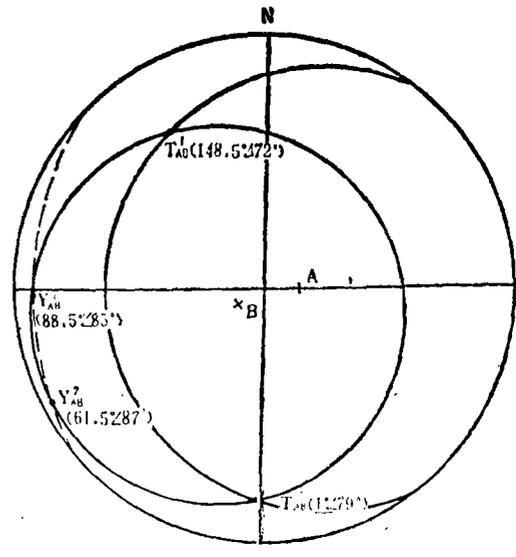


图6 例4的法轴角赤平极射投影

求解地层产状实例5 表8

钻孔号	钻孔方位角	钻孔倾角	法轴角
A	235°	25°	42°
B	150°	40°	70°
C	50°	24°	30°

时,更能显示其优越性。

为具体说明法轴角赤平投影可绘出全部产状解,援引文献^[6]例举的某含矿岩系三个钻孔及其法轴角(表3)。在笔者绘制的图7上,×A、×B、×C表示钻孔极点, $a_1a_2 - a_1' a_2'$ 、 $b_1b_2 - b_1' b_2'$ 和 $C_1C_2 -$

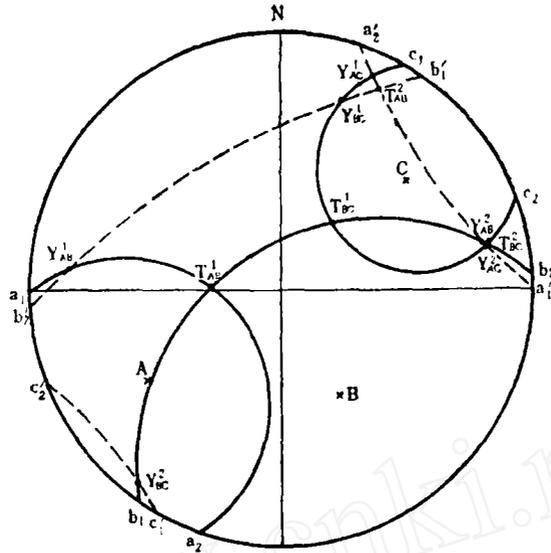


图7 例5的法轴角赤平极射投影

$C_1'C_2'$ ，分别是各孔层面法线圆锥面的投影小圆。由图可见，由A、B二孔得两个同向解 (T_{AB}^1 、 T_{AB}^2) 和两个异向解 (Y_{AB}^1 、 Y_{AB}^2)；由B、C二孔得两个同向解 (T_{BC}^1 、 T_{BC}^2) 和两个异向解 (Y_{BC}^1 、 Y_{BC}^2)；由A、C二孔得两个异向解 (Y_{AC}^1 、 Y_{AC}^2)。这十个解 (原书只

求出6解)中， T_{BC}^2 、 Y_{AB}^2 、 Y_{AC}^2 三解十分接近， T_{AB}^2 、 Y_{BC}^1 、 Y_{AC}^1 三解也相距不远 (其余四解较分散)。根据图解结果，把它们的平均位置做为该岩系的候选产状解是适宜的。此例还说明：对某一产状稳定的地层单位而言，两个不平行钻孔或孔段的岩心轴角数据，即可求出其产状各要素；但是，增加一个或两个数据将为我们提供更多的产状信息 (三孔时最多得12个解，四孔时最多得24个解等)，为真正产状解的分析，提供更充分的依据。同样，沿地层走向或倾斜方向上钻孔方位角—倾角—岩心轴角数据的两两组合求解，也将是地层产状空间变化的研究手段之一。

参 考 文 献

(1)何作霖, 1965, 《赤平极射投影在地质科学上的应用》, 科学出版社
 (2)钱祥麟, 1976, 根据单位钻孔资料确定地下岩层产状, 《地质科技》第6期
 (3)杨本锦等, 1977, 利用岩心轴角换算地层产状之方法, 《地质与勘探》第2期

(4)胡火炎, 1978, 赤平极射投影在单孔岩心钻探地质上的应用, 《地质与勘探》第1期
 (5)何绍勋, 1979, 《构造地质学中的赤平极射投影》, 地质出版社
 (6)杨本锦等, 1980, 再谈利用岩心轴角换算地层产状, 《地质与勘探》第1期

歪斜钻孔中岩矿点及断层点剖面投影的新方法

王 仁 农

歪斜钻孔中的岩矿点及断层点在剖面上的投影虽据不同的地质情况而采用不同的投影方法, 但当各种剖面 (走向剖面、倾向剖面、辅助剖面等) 相交地通过同一斜孔时, 其不同方向割切的剖面上的投影就较复

杂, 特别在各剖面交线上的岩矿点、断层点的吻合, 常给地质制图带来一定的困难。笔者在实践中探索出一种歪斜钻孔中的岩矿点及断层点向剖面投影的新方法一直孔表示法。这不但较好地解决了不同方向的剖面通过同