

角度换算器及其使用方法

中国科学院长沙大地构造研究所 胡火炎

在日常地质工作中，常需进行一些角度换算方面的工作，如岩（矿）层真、视倾角的换算，斜层理、砾石扁平面、地层不整合面下伏岩层面、滑坡型卷层褶轴面等其原始产状的校正，岩（矿）层面与断层面交迹产状的确定，旋转断层旋角的求得，地质剖面上或钻孔中岩（矿）层真厚度的计算，以及勘探线剖面图上钻孔孔斜的校正，等等。这些问题，过去虽可通过查阅各有关图表或采用作图、计算等方法加以解决，但仍感到有诸多不便之处。从比较其各种方法的优缺点来看，应用赤平极射投影法是比较简便的，它具有用途广、效率高特点。但在实际工作中，尤其是在野外工作条件下，常因缺乏合乎精度要求的赤平极射投影网（吴氏网），或操作条件上有时感到有些麻烦，故一般还是在其他方法难以代替的情况下才采用。为了充分发挥这一方法的优越性，改进过去操作使用上的一些不便之处，使之成为能在室内外条件下皆可应用的一种工具，提高工作效率，故有必要将这一方法工具化，这一工具就叫“角度换算器”。

通过近年来对这一工具的试用情况来看，它具有如下一些优点：1)和过去常用的一些方法比较，能显著地提高工作效率；2)适应性较广，不但能起到过去常用的各有关图表的作用，还可在室内外条件下使用；3)精度上能满足日常地质工作的要求；4)携带方便，成本低廉，一定条件下还可以自己动手制造。现将本工具的制作和使用方法介绍给同志们参考，并希得到指正。

一 角度换算器的构造

角度换算器由度盘、网盘和标尺构成（图1），三者均用0.5~1毫米厚的无色透明有机玻璃板制作。

度盘：为一直径等于12厘米的圆盘，周边刻有0~360°的刻度线和读数，并以一种颜色（如红色）表示。度盘背面的周边，喷（涂）上一层1厘米宽的白色油漆圈，使刻度线和读数更加醒目。

网盘：为一大小与度盘完全一致的圆盘，盘内用普通绘图分规和划线圆规（工厂用于金属板上划圆的圆规）刻绘一个直径等于10厘米的赤平极射投影网，网的经纬线间

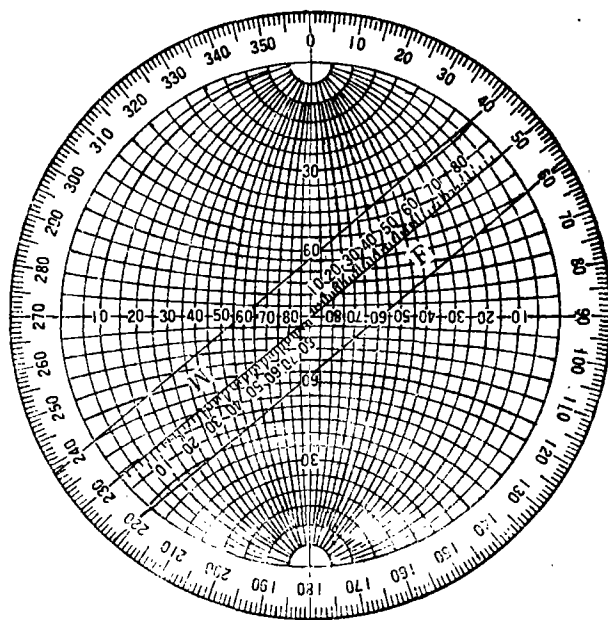


图1 角度换算器

距为 5° ，赤道线和南北线（中央经线）则需超出投影网外而延至盘边，赤道线上每 10° 标以读数，南北线上每 30° 标以读数。凡读数和 10° 、 20° …… 90° 的经纬线都用一种颜色（如黑色）表示；凡 5° 、 15° …… 85° 的经纬线则以另一种颜色（如红色）表示。网盘内的全部读数皆刻成反面字体，即在网盘背面视为正面字体。

标尺：为一长度与度盘、网盘的直径相等的尺度，尺宽为 $1.6\sim 1.8$ 厘米，尺的中心线需延至尺的两端，在尺的两半边的不同侧刻绘5厘米半径的赤平极射投影网的尺度和读数，刻度间距为 2° ，两半尺所标读数的顺序相反，一边以圆心为 90° 、圆边为 0° 的尺，为直接量度面，线本身倾角大小的尺，称“面线尺”，以“M”（汉语拼音首位字母）表示，以下简称“M尺”，此尺以一种颜色（如黑色）表示；另一边以圆心为 0° 、圆边为 90° 的尺，为量度以法线表示的平面倾角大小的尺，称“法线尺”，以“F”（汉语拼音首位字母）表示，以下简称“F尺”，此尺以另一种颜色（如红色）表示。标尺上的全部读数皆刻成反面字体，即标尺背面视为正面字体。

将上述度盘刻划了的一面向上，上叠网盘（刻划了的一面向下），再在网盘之上叠放标尺（刻划了的一面向下），在三者的中心点用对铆式铆钉铆合（以便日后拆洗），并让网盘、标尺均能分别随意转动。

各构件上的刻度线、读数和弧线的颜色，是用红、黑油漆填入刻槽内显出的。着色后需将刻划了的一面擦洗光滑。刻划线和读数均不宜刻得过深（影响精度和工具寿命）或过浅（不易着上油漆）。

二 使用方法

赤平极射投影在构造地质学上的应用是非常广泛的，除有些需通过作各种小圆的方法才能解决的问题外，日常一般的借助于吴氏网可以解决的问题，均可在角度换算器上进行解决。但使用方法上，根据角度换算器的特点，则一律采用极点法。上极点的方法有两种：一是用钢笔直接点（称“笔点”）于度盘背面所需要的位置上（相当于过去点

于透明纸上）；二是用钢笔事先在操作者左手手指端上点一小红点（称“指点”），用时则将指点按于度盘背面所需要的位置上。一般情况下，凡需作移动的极点，多采用指点定点，不需作移动的极点，则用笔点定点。为了让极点定位准确，还需注意由有机玻璃的厚度而引起的斜视误差。

现就角度换算器的使用方法问题，举数例说明如下：

（一）岩（矿）层或断层真、视倾角的换算

在测绘地质剖面过程中，常由于剖面线不垂直于某些岩（矿）层或断层的走向，故需将其野外测得的真倾角换算成为视倾角表示于剖面图上。

例1 测得岩层产状为 $N312W\angle 40^\circ$ ，求其在 $N85E$ 方向剖面上的视倾角？

操作方法和步骤（图2）：

- 1) 将网盘赤道对度盘 312° 位置，不再转动网盘；
- 2) 将M尺对度盘 85° 位置*，也不再移动标尺；
- 3) 找到网盘 40° 经线与M尺的交点，从M尺中读得该点所代表的岩层视倾角为 30° 。

（二）断层错动方位角的确定

在较大比例尺的地质图或构造图上，断层的表示，除需标明其性质外，还应尽可能标出其两盘（一般指上盘）相对错动的实际方位角，这对构造的分析是很重要的。断层错动的实际方位角，一般是根据断层面产状和擦痕的倾侧角求得。岩浆岩地区岩体流线构造的研究，当露头面不便直接测量流线的产状时，也可根据露头面产状和流线的倾侧角求得其产状。

例2 断层面产状为 $N70E\angle 60^\circ$ ，面上擦痕的倾侧角为 35° ，属左行正断层，求断面上盘错动的方位角？

操作方法和步骤（图3）：

- 1) 将网盘赤道对度盘 70° 位置，不再转动网盘；
- 2) 根据 35° 倾侧角的擦痕及其滑向，找到 35° 纬线与 60° 经线的交点；

* 本文所用赤平极射投影，概用上半球投影法。

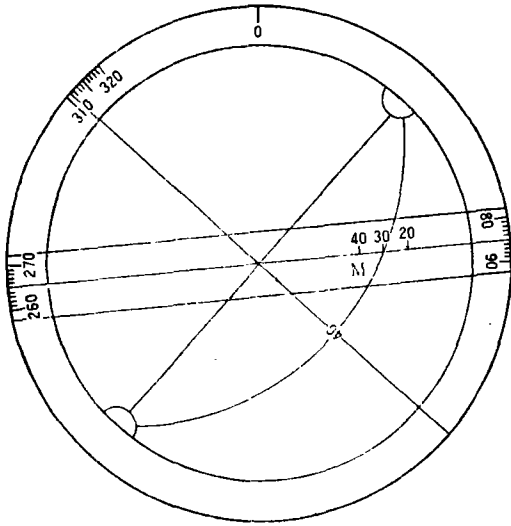


图 2

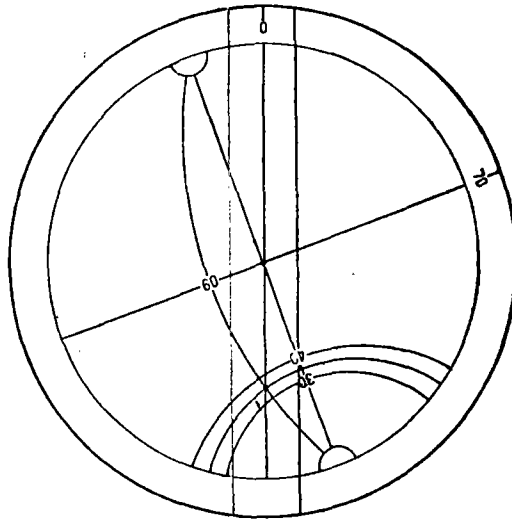


图 3

3) 将标尺转至该交点上, 读得断层上盘错动的方位角为 $N0^\circ$ 。

如果是求岩浆岩的流线产状, 则需用 M 尺转至该交点上, 并据 M 尺读出其倾角。

(三) 两相交的断层面、岩层面或断层面与岩层面, 其交迹产状的确定

确定断层面交迹产状, 是勘探某些受两组断裂所控制的筒状矿体所必需的。求褶曲两翼岩层的交线, 是确定褶曲枢纽产状的方法之一。确定岩(矿)层与断层相交的交迹产状, 是利用作图法求断层总断距所必需的。

例 3 已知两相交断层的产状分别为 $N290W \angle 74^\circ$ 和 $S210W \angle 62^\circ$, 求其交迹的产状?

操作方法和步骤(图 4):

1) 将 F 尺对度盘 290° 位置, 在其 74° 位置的度盘背面定一笔点 A;

2) 将 F 尺对度盘 210° 位置, 在其 62° 位置的度盘背面又定一笔点 B;

3) 转动网盘, 让 A、B 两点同落在一条经线上, 此经线所代表的斜面产状为 $N50E \angle 30^\circ$;

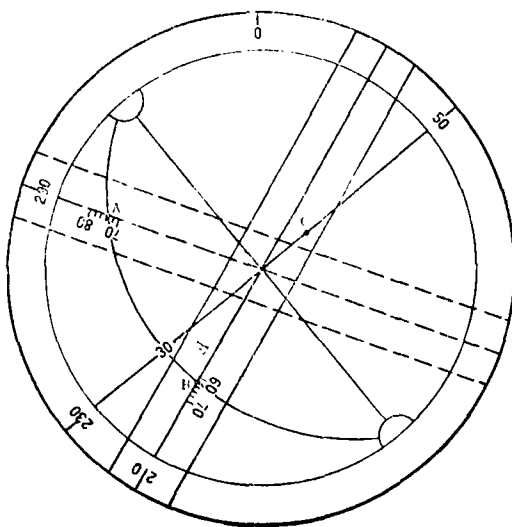


图 4

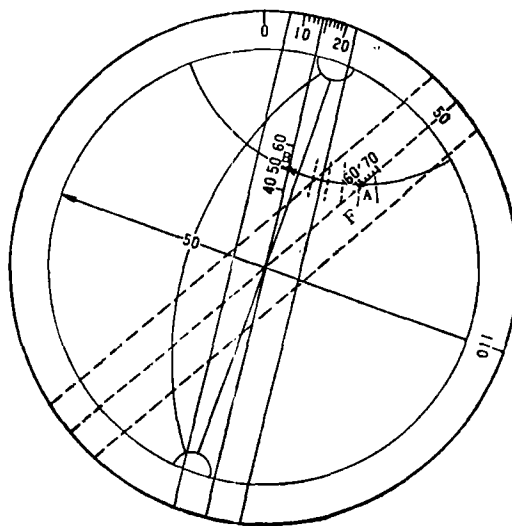


图 5

4)从圆心往赤道另一边数 30° 角距,即为该斜面极点C的位置,极点C所代表的交迹产状显然是 $S230W\angle 60^\circ$ (也可用M尺量读C点所代表的交迹产状)。

这一求交线的方法,其原理是:当一平面垂直两相交平面时,此平面的法线即为该两相交平面的交线。

(四)斜层理面、砾石扁平面、滑坡型卷层褶轴面、以及角度不整合面下伏岩层面等,其原始产状的校正

构造倾斜岩层中的斜层理面、砾石扁平面、滑坡型卷层褶轴面其原始产状的校正,是沉积占地理研究的重要手段之一;角度不整合面下伏岩层原始产状(前期构造变动后的产状)的恢复,是研究古构造的方法之一。

例4 已知砾岩层产状为 $S110E\angle 50^\circ$,其中有一砾石的现有产状为 $N50E\angle 62^\circ$,求该砾石的原始产状?

操作方法和步骤(图5):

1)将网盘赤道对度盘 110° 位置,记住代表砾岩产状的径线为 50° 线,不再转动网盘;

2)将F尺对度盘 50° 位置,在该尺 62° 位置的度盘背面定一指点A,且不再移动标尺;

3)设想将砾岩层恢复水平状态,即 50° 经线必朝箭头方向移至基圆,移动的角度

距为 50° 。将指点A沿其所在纬线按经线移动的同向同角距移至B点;

4)用F尺量度B点所代表的砾石极点的原始产状为 $N14E\angle 50^\circ$ 。

同层(同产状)所有砾石原始产状的校正,均可在不转动网盘的情况下,通过移动二次F尺和一次指点,则完成了一颗砾石的校正工作。

(五)岩(矿)层真厚度的计算

测量地质剖面时,常需根据剖面上的岩(矿)层产状、剖面方向、地形坡角、以及岩(矿)层视厚度等参数来计算其真厚度。在所有计算真厚度的方法中,最为简便的是用剖面导线长度(岩层视厚度)乘以其“导法角”(导线与岩层法线的夹角)的余弦所得其真厚度的方法。同理可用于计算钻孔中的岩(矿)层真厚度,即以钻孔所见的视厚度乘以其“轴法角”(钻孔轴与岩层法线的夹角)的余弦。因此,确定导(轴)法角是这种计算方法的关键,而用赤平极射投影法便可很快地确定这一角度。

例5 地质剖面方位 55° ,岩层视厚度18米,地形坡角 15° ,坡向与岩层倾向同侧,岩层产状 $S98E\angle 50^\circ$,求该段岩层真厚度?

操作方法和步骤(图6):

1)将M尺对度盘 235° 位置(地形高端方位),在 15° 位置的度盘背面定一笔点A

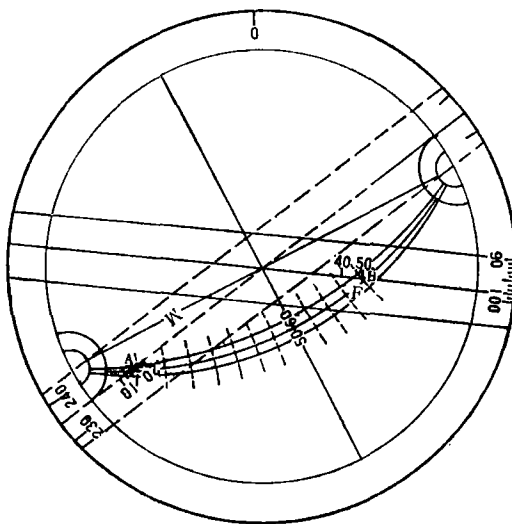


图6

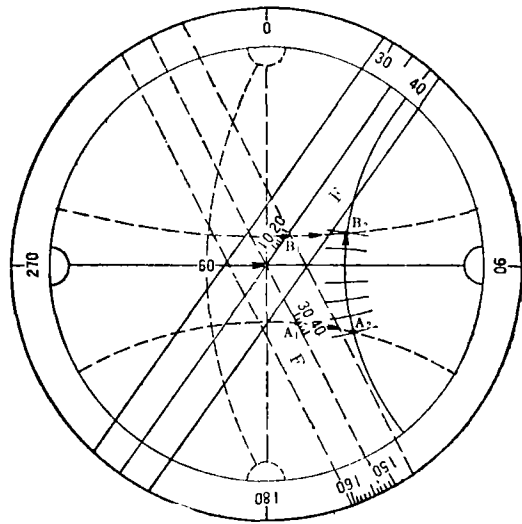


图7

(导线极点)；

2) 将F尺对度盘98°位置，在50°位置的度盘背面又定一笔点B(岩层极点)；

3) 转动网盘，让A、B两点同落在一条(内插57°的)经线上，且不再转动网盘；

4) 读出A、B两点的角距为112°(即导角)；

5) 计算岩层真厚度：

$$18(\text{米}) \times \cos 112^\circ = 6.8(\text{米})。$$

(六) 求旋转断层的旋角

以断面法线为旋转轴，两盘以相对旋转运动为主的断层，称旋转断层。旋角是衡量旋转断层旋动规模的参数，它一般是根据断面和两盘岩层的产状求得。

例6 旋转断层面产状为E90∠60°，上、下盘岩层产状分别为N35E∠19°和S153E∠34°，求上盘(相对于下盘)的旋转方向和旋角？

操作方法和步骤(图7)：

1) 将网盘赤道线对度盘90°位置，找到代表断层面产状的60°经线(记住则可，不必作标记)，不再转动网盘；

2) 将F尺对度盘153°位置，在34°位置的度盘背面定一笔点A₁(即下盘岩层极点)；

3) 又将F尺对度盘35°位置，在19°位置的度盘背面定一笔点B₁(即上盘岩层极点)；

4) 设想将断层面转至直立，即60°经线沿箭头方向移至与南北线重合(这一步记住则可，不必作标记)，将A₁点沿其所在纬线按60°经线移动的方向和角距(30°)移至A₂点，用笔点将A₂点定于度盘背面。同理将B₁点沿其所在纬线移至B₂点，也用笔点将其定于度盘背面；

5) 转动网盘，让赤道线对度盘0°位置(南北线对断层倾向)，这时A₂、B₂点必落在同一小圆线上(否则，断层面倾角不准确。并可按这一要求来改正断层面的倾角)；

6) 读出小圆上从A₂点旋至B₂点的旋角为60°，方向为顺时针方向。

(七) 剖面图上钻孔孔斜的校正

在有钻孔存在的地质(勘探线)剖面图上，当剖面方位与钻孔方位不一致时，则需按剖面方位将钻孔各段的孔斜和长度进行校正后再表示于图上。校正的方法，过去虽有作图法、计算法等，但均不如采用赤平极射投影法简便。

例7 勘探线剖面方位140°，线上某钻孔在475~525(米)一段的孔斜为N6°E/54°，求该段钻孔在剖面图上表示的倾角和长度？

操作方法和步骤(图8)：

1) 将网盘赤道对度盘140°位置，不再转动网盘；

2) 用M尺对度盘186°位置(即钻孔段向6°方向倾斜)，在M尺50°位置(钻孔段极点)的经线为60°线，即该段钻孔在剖面图上表示的倾角为60°(据斜面真、视倾角关系原理，钻孔实际倾角永远<其垂直投影于剖面图上的倾角)；

3) 读出钻孔实际轴线与其在剖面上的投影线之间的夹角为28°，因此，该段钻孔在剖面图上表示的长度为50米×cos28°≈44.2米。

通过各钻孔段的校正后，则可从自上至下依次绘于剖面图上，便得校正后的钻孔剖面图。

三 补充说明

1) 赤平极射投影在地质上的应用是相当广泛的，角度换算器就是这一方法应用的

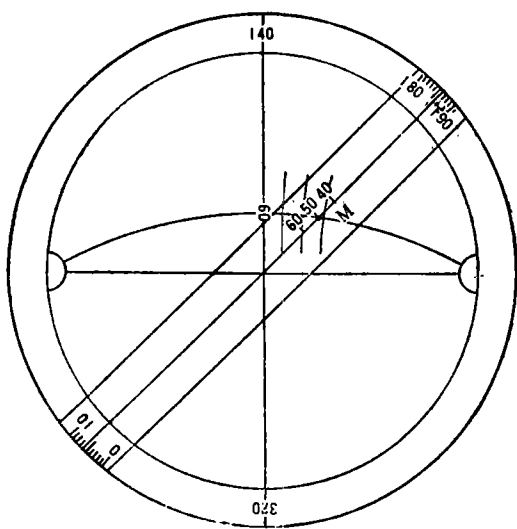


图8

GX—2 测 汞 仪

广西冶金地质勘探公司274队 陆宏津

为开展壤中汞气测量的地球化学探矿工作，我们对以往试制的GX—1测汞仪又作了改进，于去年试制成GX—2型仪器，并已小批量制作。

GX—2测汞仪是借助于原子吸收原理工作的，但在电路设计上，比一般原子吸收类型仪器具有操作简便、灵敏度和稳定性较高的优点。本文重点介绍仪器的电路原理。

一 整机方框图和主要技术指标

图1是整机方框图。汞灯由方波脉冲点燃，发出2537Å的紫外光，经反光镜通过吸收池投影到光电倍增管作光电转换，并产生一近似于方波的电压信号。该信号由阻抗变换、对数放大后，经全波同步检出的直流作电平转移进入跟随—保持器。跟随—保持器的工作状态由继电器J₁触点J₁₋₃控制，并与抽气马达联动。当开启仪器未作测量前，J₁₋₃闭合，成为一跟随电路。一旦往吸收池内抽入待测气体，J₁₋₃同时断开，于是电路便由跟随器转为保持抽气前的信号电压值，此值与抽气后由于吸收池中产生汞原子吸收效应而减少了的电压值一起进入差动放大器作比较放大，最后经峰值保持电路及倍率电阻直接在微安表上读出被测气体的含汞量。

仪器主要技术指标如下：

灵敏度：0.002ng汞（表头直读）

重现性：相对误差≤5%

零点：连续工作无零漂

二 各级电路原理（图2）

1. 汞灯电源及光电倍增管负高压 三级管BG₁₀、BG₂₀及脉冲变压器B₁组成振荡器，产生频率约1千赫的振荡并导致600V、900V的方波输出。其一经D₁₀半波整流，以正方波点燃汞灯；其二由D₁₄—D₁₇作桥式整流，以负高压供给光电倍增管。振荡器由两级稳压电源供电。

2. 阻抗变换 光电倍增管输出阻抗高，有内放大能力。内放大的优点是噪声低，应充分利用。本仪器由于设计光电倍增管输出交流信号V_{pp}≥5V，所以前置级需满足大的输入动态范围。由N沟道结型场效应管BG₁和PNP硅管BG₂组成两级负反馈电路，这种电路形式有深度的直流负反馈，工作点较稳定，且允许输入电压幅度不受BG₁夹断电压的限制。此电路的开环增益，一般可有：
 $K_o > 1000$

于是反馈系数： $\beta \approx \frac{R_o}{R_o + R_s}$

闭环电路电压增益：

工具化，而且仅仅是其常用部分内容的工具化。上述所举关于角度换算器应用的数例，也仅仅是工具本身应用中的部分内容。凡能在工具上解决的有关角度换算方面的问题，均可在纸网（透明纸和投影网）上得到解决，仅不过使用条件上不及在工具上应用方便。

2) 设计网盘直径为10厘米的角度换算器，目的是为了自制和野外携带的方便，因

为精度上也已可满足日常地质工作的要求。自制本工具时，各种线条是用钢针和圆规刻绘，读数一般是先在照相废底片上刻出0~9个数字的字模，然后逐个套于有机玻璃板上刻写。

本工具在制作和试用过程中，曾得到陈国达教授、何绍助教授以及何作霖教授（生前）的热情支持和指导，特此致谢。