

长度有限、截面稳定、均匀磁化体 Z、H 量板

(简称似二度量板)

桂林冶金地质研究所磁法组

河南省地质局物探队四分队

我国钢铁工业的发展,要求地质工作提供更多的铁矿资源,以满足矿山建设的需要。物探磁法由于对寻找磁铁矿有较好的效果,已经获得了广泛的应用。目前,我们在矿区磁异常推断解释过程中的主要任务是:研究是否存在剩余异常,并指出与剩余异常相应的矿体空间位置和规模。这时,最常见的是三度体,或者要计算非中心横剖面上的磁异常。如果仍采用计算二度体磁异常的米可夫量板,显然是不合适的,甚至会造成错误。针对生产实际中存在的问题,遵照伟大领袖毛主席关于“独立自主、自力更生”的教导,1967年地研所提出了走向稳定、走向长度有限、均匀磁化体的中心横剖面 Z、H 量板。1971年,在解决矿区磁异常解释问题的过程中,制作了计算非中心剖面,旁侧横剖面的量板。现将这种计算方法的基本原理与应用情况介绍如下。

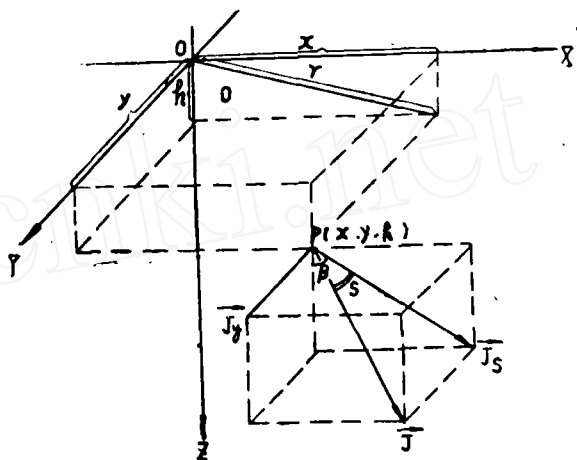


图 1

一、基本原理

如图 1 所示,位于 $P(x, y, h)$ 点的小体积元 ΔV 受均匀磁化后,相当于一均匀磁化球体,其在坐标原点 O 所产生的磁场强度垂直分量为:

$$\Delta Z = \frac{J_s \{ (2h^2 - x^2 - y^2) \cos \beta + 3xh \sin \beta \} + J_y \cdot 3yh}{(x^2 + y^2 + h^2)^{5/2}} \Delta V \quad (1)$$

式中 J_s 为磁化强度向量 $\vec{J}$ 在 XOZ 面上的投影值。

J_y 为磁化强度向量 $\vec{J}$ 在 Y 轴上的分量。

$\angle \beta$ 为 $\vec{J}_s$ 与 Z 轴的夹角 (由 Z 轴起算,逆时针旋转为正)。

$J_y = J_s \sin \theta$, $\angle \theta$ 为 $\vec{J}$ 与 $\vec{J}_s$ 之间的夹角。引入柱坐标 $y = y$, $x = r \sin \theta$, $h = r \cos \theta$ 。

当磁化体走向平行于 Y 轴,且走向长度处处皆为从 0 到 nL 时,磁性体在原点 O 所产生的磁场强度垂直分量为:

$$\begin{aligned} Z &= \iint_s dS \int_0^{nL} \Delta Z dy \\ &= \iint_s J_s \left\{ \frac{\cos(2\theta - \beta)}{2r^2} \left[\frac{3nLr^2}{(r^2 + n^2L^2)^{3/2}} + \frac{2n^3L^3}{(r^2 + n^2L^2)^{5/2}} \right] + \frac{\cos \beta}{2} \right. \\ &\quad \left. \left[\frac{nL}{(r^2 + n^2L^2)^{3/2}} \right] \right\} dS + \iint_s J_y \frac{\cos \theta}{r^2} \left[1 - \frac{r^2}{(r^2 + n^2L^2)^{3/2}} \right] dS \quad (2) \end{aligned}$$

令

$$Z^{(1)} = J_s \iint_S \frac{\cos(2\theta - \beta)}{2r^2} \left[\frac{3nLr^2}{(r^2 + n^2L^2)^{3/2}} + \frac{2n^3L^3}{(r^2 + n^2L^2)^{5/2}} \right] dS \quad (3.1)$$

$$Z^{(2)} = J_s \iint_S \frac{\cos\beta}{2} \left[\frac{nL}{(r^2 + n^2L^2)^{3/2}} \right] dS \quad (3.2)$$

$$Z^{(3)} = J_y \iint_S \frac{\cos\theta}{r^2} \left[1 - \frac{r^2}{(r^2 + n^2L^2)^{3/2}} \right] dS \quad (3.3)$$

$$\text{则 } Z = Z^{(1)} + Z^{(2)} + Z^{(3)}$$

根据公式(3.1)、(3.2)、(3.3)可以制作三个量板,如图2所示,将磁性体截面S分为许多小扇形 ΔS_i ,每个小扇形在原点O所产生的 ΔZ_i 为下列三个积分之和:

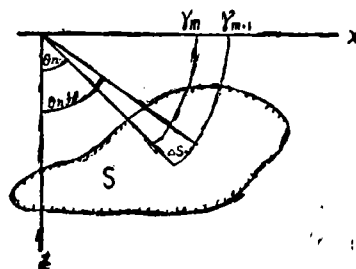


图2

$$\begin{aligned} \Delta Z_i^{(1)} &= J_s \int_{\theta_n^{(1)}}^{\theta_{n+1}^{(1)}} \frac{\cos(2\theta - \beta)}{2} d(2\theta - \beta) \int_{r_m^{(1)}}^{r_{m+1}^{(1)}} \frac{3}{r^2} \left\{ \frac{nLr^2}{(r^2 + n^2L^2)^{3/2}} + \frac{2n^3L^3}{3(r^2 + n^2L^2)^{5/2}} \right\} r dr \\ &= \left[\sin(2\theta - \beta) \right]_{\theta_n^{(1)}}^{\theta_{n+1}^{(1)}} \frac{J_s}{4} \left[\frac{-nL}{(r^2 + n^2L^2)^{1/2}} + \ln \frac{(r^2 + n^2L^2)^{1/2} - nL}{(r^2 + n^2L^2)^{1/2} + nL} \right]_{r_m^{(1)}}^{r_{m+1}^{(1)}} \quad (4.1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z_i^{(2)} &= J_s \frac{\cos\beta}{2} \int_{\theta_n^{(2)}}^{\theta_{n+1}^{(2)}} d\theta \int_{r_m^{(2)}}^{r_{m+1}^{(2)}} \frac{nLr^2}{(r^2 + n^2L^2)^{3/2}} r dr \\ &= \cos\beta \left[\theta \right]_{\theta_n^{(2)}}^{\theta_{n+1}^{(2)}} \frac{J_s}{2} \left[\frac{-nL}{(r^2 + n^2L^2)^{1/2}} \right]_{r_m^{(2)}}^{r_{m+1}^{(2)}} \quad (4.2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z_i^{(3)} &= J_y \int_{\theta_n^{(3)}}^{\theta_{n+1}^{(3)}} \cos\theta d\theta \int_{r_m^{(3)}}^{r_{m+1}^{(3)}} \left[\frac{1}{r} - \frac{r^2}{(r^2 + n^2L^2)^{3/2}} \right] dr \\ &= J_y \left[\sin\theta \right]_{\theta_n^{(3)}}^{\theta_{n+1}^{(3)}} \left[\frac{r}{(r^2 + n^2L^2)^{1/2}} + \ln \frac{r}{r + (r^2 + n^2L^2)^{1/2}} \right]_{r_m^{(3)}}^{r_{m+1}^{(3)}} \quad (4.3) \end{aligned}$$

截面S内所有小扇形在O点产生的垂直磁场强度为

$$Z = \sum \Delta Z_i^{(1)} + \sum \Delta Z_i^{(2)} + \sum \Delta Z_i^{(3)}$$

当 $n=1$,即积分区间取 $(0, L)$ 时,由公式(4.1)、(4.2)、(4.3)得:

$$\Delta Z_j^{(1)} = \left[\sin(2\theta - \beta) \right]_{\theta_n^{(1)}}^{\theta_{n+1}^{(1)}} \frac{J_s}{4} \left[\frac{-L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} + \ln \frac{(r^2 + L^2)^{1/2} - L}{(r^2 + L^2)^{1/2} + L} \right]_{r_m^{(1)}}^{r_{m+1}^{(1)}} \quad (5.1)$$

$$\Delta Z_j^{(2)} = \cos \beta \left[\theta \right]_{\theta_n^{(2)}}^{\theta_{n+1}^{(2)}} \frac{J_s}{2} \left[\frac{-L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} \right]_{r_m^{(2)}}^{r_{m+1}^{(2)}} \dots (5 \cdot 2)$$

$$\Delta Z_j^{(3)} = J_y \left[\sin \theta \right]_{\theta_n^{(3)}}^{\theta_{n+1}^{(3)}} \left[\frac{r}{(r^2 + L^2)^{1/2}} + \ln \frac{r}{r + (r^2 + L^2)^{1/2}} \right]_{r_m^{(3)}}^{r_{m+1}^{(3)}} \dots (5 \cdot 3)$$

$$Z = \sum \Delta Z_j^{(1)} + \sum \Delta Z_j^{(2)} + \sum \Delta Z_j^{(3)}$$

当 $n = -1$, 即积分区间取 $(-L, 0)$ 时, 由公式(4.1)、(4.2)、(4.3)得:

$$\Delta Z_k^{(1)} = \left[\sin(2\theta - \beta) \right]_{\theta_n^{(1)}}^{\theta_{n+1}^{(1)}} \frac{J_s}{4} \left[\frac{-L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} + \ln \frac{(r^2 + L^2)^{1/2} - L}{(r^2 + L^2)^{1/2} + L} \right]_{r_m^{(1)}}^{r_{m+1}^{(1)}} \dots (6 \cdot 1)$$

$$\Delta Z_k^{(2)} = \cos \beta \left[\theta \right]_{\theta_n^{(2)}}^{\theta_{n+1}^{(2)}} \frac{J_s}{2} \left[\frac{-L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} \right]_{r_m^{(2)}}^{r_{m+1}^{(2)}} \dots (6 \cdot 2)$$

$$\Delta Z_k^{(3)} = J_y \left[\sin \theta \right]_{\theta_n^{(3)}}^{\theta_{n+1}^{(3)}} \left[\frac{-r}{(r^2 + L^2)^{1/2}} - \ln \frac{r}{r + (r^2 + L^2)^{1/2}} \right]_{r_m^{(3)}}^{r_{m+1}^{(3)}} \dots (6 \cdot 3)$$

$$Z = \sum \Delta Z_k^{(1)} + \sum \Delta Z_k^{(2)} + \sum \Delta Z_k^{(3)}$$

中心剖面, 积分区间取 $(-L, L)$, 这等于积分区间 $(-L, 0)$ 与 $(0, L)$ 之和, 即

$$\Delta Z_{jk}^{(1)} = \Delta Z_j^{(1)} + \Delta Z_k^{(1)} = \left[\sin(2\theta - \beta) \right]_{\theta_n^{(1)}}^{\theta_{n+1}^{(1)}} \frac{J_s}{2} \left[\frac{-L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} + \ln \frac{(r^2 + L^2)^{1/2} - L}{(r^2 + L^2)^{1/2} + L} \right]_{r_m^{(1)}}^{r_{m+1}^{(1)}} \dots (7 \cdot 1)$$

$$\Delta Z_{jk}^{(2)} = \Delta Z_j^{(2)} + \Delta Z_k^{(2)} = \cos \beta \left[\theta \right]_{\theta_n^{(2)}}^{\theta_{n+1}^{(2)}} J_s \left[\frac{-L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} \right]_{r_m^{(2)}}^{r_{m+1}^{(2)}} \dots (7 \cdot 2)$$

$$\Delta Z_{jk}^{(3)} = \Delta Z_j^{(3)} + \Delta Z_k^{(3)} = 0 \dots (7 \cdot 3)$$

$$Z = \sum \Delta Z_{jk}^{(1)} + \sum \Delta Z_{jk}^{(2)}$$

非中心剖面, 即计算剖面是位于磁性体走向两端面之间的横剖面时, 积分区间为 $(-L, nL)$, 这等于积分区间 $(-L, 0)$ 与 $[0, nL]$ 之和, 得:

$$\begin{aligned} \Delta Z_{ik}^{(1)} = \Delta Z_i^{(1)} + \Delta Z_k^{(1)} = & \left[\sin(2\theta - \beta) \right]_{\theta_n^{(1)}}^{\theta_{n+1}^{(1)}} \frac{J_s}{4} \left\{ - \left[\frac{L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} + \frac{nL}{(r^2 + n^2 L^2)^{1/2}} \right] \right. \\ & \left. + \ln \frac{\left[(r^2 + n^2 L^2)^{1/2} - nL \right] \left[(r^2 + L^2)^{1/2} - L \right]}{\left[(r^2 + n^2 L^2)^{1/2} + nL \right] \left[(r^2 + L^2)^{1/2} + L \right]} \right\} \Bigg|_{r_m^{(1)}}^{r_{m+1}^{(1)}} \dots (8 \cdot 1) \end{aligned}$$

$$\Delta Z_{ik}^{(2)} = \Delta Z_i^{(2)} + \Delta Z_k^{(2)} = \cos \beta \left[\theta \right]_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} \frac{J_s}{2} \left\{ - \left[\frac{L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} + \frac{nL}{(r^2 + n^2 L^2)^{1/2}} \right] \right\} \frac{r_{m+1}^{(2)}}{r_m^{(2)}} \dots\dots\dots (8.2)$$

$$\Delta Z_{ik}^{(3)} = \Delta Z_i^{(3)} + \Delta Z_k^{(3)}$$

$$= J_y \cdot \left[\sin \theta \right]_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} \cdot \left\{ \frac{r}{(r^2 + n^2 L^2)^{1/2}} - \frac{r}{(r^2 + L^2)^{1/2}} + \ln \left[\frac{r + (r^2 + L^2)^{1/2}}{r + (r^2 + n^2 L^2)^{1/2}} \right] \right\} \frac{r_{m+1}^{(3)}}{r_m^{(3)}} \dots\dots\dots (8.3)$$

$$Z = \Sigma \Delta Z_{ik}^{(1)} + \Sigma \Delta Z_{ik}^{(2)} + \Sigma \Delta Z_{ik}^{(3)}$$

旁侧横剖面, 即计算剖面是位于磁性体走向两端面之外的横剖面时, 积分区间为 \$(L, nL)\$ 这等于 \$(0, nL)\$ 与 \$(0, L)\$ 两积分区间之差。得:

$$\Delta Z_{ij}^{(1)} = \Delta Z_i^{(1)} - \Delta Z_j^{(1)} = \left[\sin (2\theta - \beta) \right]_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} \cdot \frac{J_s}{4} \left\{ \frac{L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} - \frac{nL}{(r^2 + n^2 L^2)^{1/2}} \right.$$

$$\left. + \ln \left[\frac{(r^2 + n^2 L^2)^{1/2} - nL}{(r^2 + n^2 L^2)^{1/2} + nL} \right] \left[\frac{(r^2 + L^2)^{1/2} + L}{(r^2 + L^2)^{1/2} - L} \right] \right\} \frac{r_{m+1}^{(1)}}{r_m^{(1)}} \dots\dots\dots (9.1)$$

$$\Delta Z_{ij}^{(2)} = \Delta Z_i^{(2)} - \Delta Z_j^{(2)} = \cos \beta \left[\theta \right]_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} \cdot \frac{J_s}{2} \left[\frac{L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} - \frac{nL}{(r^2 + n^2 L^2)^{1/2}} \right] \frac{r_{m+1}^{(2)}}{r_m^{(2)}} \dots\dots\dots (9.2)$$

$$\Delta Z_{ij}^{(3)} = \Delta Z_i^{(3)} - \Delta Z_j^{(3)}$$

$$= J_y \cdot \left[\sin \theta \right]_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} \left[\frac{r}{(r^2 + n^2 L^2)^{1/2}} - \frac{r}{(r^2 + L^2)^{1/2}} + \ln \frac{r + (r^2 + L^2)^{1/2}}{r + (r^2 + n^2 L^2)^{1/2}} \right] \frac{r_{m+1}^{(3)}}{r_m^{(3)}} \dots\dots\dots (9.3)$$

$$Z = \Sigma \Delta Z_{ij}^{(1)} + \Sigma \Delta Z_{ij}^{(2)} + \Sigma \Delta Z_{ij}^{(3)}$$

对于计算磁场强度沿剖面的水平分量, 公式推导也是类似的。以计算剖面与走向的某端面重合的情况为例, 三个相应的公式如下:

$$\Delta H_j^{(1)} = \left[\sin (2\theta - \beta - 90^\circ) \right]_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} \cdot \frac{J_s}{4} \left[\frac{-L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} + \ln \frac{(r^2 + L^2)^{1/2} - L}{(r^2 + L^2)^{1/2} + L} \right] \frac{r_{m+1}^{(1)}}{r_m^{(1)}} \dots\dots\dots (5.4)$$

$$\Delta H_j^{(2)} = \sin \beta \left[\theta \right]_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} \cdot \frac{J_s}{2} \left[\frac{-L}{(r^2 + L^2)^{1/2}} \right] \frac{r_{m+1}^{(2)}}{r_m^{(2)}} \dots\dots\dots (5.5)$$

$$\Delta H_j^{(3)} = \left[\sin (\theta - 90^\circ) \right]_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} \cdot J_y \cdot \left[\frac{r}{(r^2 + L^2)^{1/2}} + \ln \frac{r}{r + (r^2 + L^2)^{1/2}} \right] \frac{r_{m+1}^{(3)}}{r_m^{(3)}} \dots\dots\dots (5.6)$$

将式 (5.4)、(5.5)、(5.6) 与式 (5.1)、(5.2)、(5.3) 进行对比后表明, 只要转动座标轴和改变所乘参数, 就可以用计算 Z 的量板计算沿剖面的水平分量 H 。

二、量板的制作和使用

$$\text{令 } r=kL \text{ 则 } k_m^{(1)} = \frac{r_m^{(1)}}{L}, \quad k_{m+1}^{(1)} = \frac{r_{m+1}^{(1)}}{L};$$

$$k_m^{(2)} = \frac{r_m^{(2)}}{L}, \quad k_{m+1}^{(2)} = \frac{r_{m+1}^{(2)}}{L}; \quad k_m^{(3)} = \frac{r_m^{(3)}}{L}, \quad k_{m+1}^{(3)} = \frac{r_{m+1}^{(3)}}{L}.$$

公式 (5.1)、(5.2)、(5.3) 相应地变为

$$\Delta Z_j^{(1)} = J_s \left[\sin(2\theta - \beta) \right]_{\theta_n^{(1)}}^{\theta_{n+1}^{(1)}} \cdot \frac{1}{4} \left[\frac{-1}{\sqrt{k^2+1}} + \ln \frac{\sqrt{k^2+1}-1}{\sqrt{k^2+1}+1} \right]_{k_m^{(1)}}^{k_{m+1}^{(1)}} \quad (10.1)$$

$$\Delta Z_j^{(2)} = J_s \cdot \cos \beta \left[\theta \right]_{\theta_n^{(2)}}^{\theta_{n+1}^{(2)}} \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{-1}{\sqrt{k^2+1}} \right]_{k_m^{(2)}}^{k_{m+1}^{(2)}} \quad (10.2)$$

$$\Delta Z_j^{(3)} = J_y \cdot \left[\sin \theta \right]_{\theta_n^{(3)}}^{\theta_{n+1}^{(3)}} \cdot \left[\frac{k}{\sqrt{k^2+1}} + \ln \frac{k}{k+\sqrt{k^2+1}} \right]_{k_m^{(3)}}^{k_{m+1}^{(3)}} \quad (10.3)$$

这就是计算剖面与走向某端面重合时, 制作三个量板的基本公式。

第 I 量板由公式(10.1), 我们取

$$J_s = 100 \times 10^{-5} \text{ CGSM}, \quad \left[\sin(2\theta - \beta) \right]_{\theta_n^{(1)}}^{\theta_{n+1}^{(1)}} = 0.125,$$

$$\frac{1}{4} \left[\frac{-1}{\sqrt{k^2+1}} + \ln \frac{\sqrt{k^2+1}-1}{\sqrt{k^2+1}+1} \right]_{k_m^{(1)}}^{k_{m+1}^{(1)}} = 0.08 \quad \text{则 } \Delta Z_j^{(1)} = 1\gamma$$

第 II 量板由公式(10.2), 取

$$J_s = 100 \times 10^{-5} \text{ CGSM}, \quad \left[\theta \right]_{\theta_n^{(2)}}^{\theta_{n+1}^{(2)}} = \frac{\pi}{16},$$

$$\frac{1}{2} \left[\frac{-1}{\sqrt{k^2+1}} \right]_{k_m^{(2)}}^{k_{m+1}^{(2)}} = 0.05093, \quad \text{则 } \frac{\Delta Z_j^{(2)}}{\cos \beta} = 1\gamma$$

第 III 量板由公式(10.3), 取

$$J_y = 100 \times 10^{-5} \text{ CGSM}, \quad \left[\sin \theta \right]_{\theta_n^{(3)}}^{\theta_{n+1}^{(3)}} = 0.125,$$

$$\left[\frac{k}{\sqrt{k^2+1}} + \ln \frac{k}{k+\sqrt{k^2+1}} \right]_{k_m^{(3)}}^{k_{m+1}^{(3)}} = 0.08 \quad \text{则 } \Delta Z_j^{(3)} = 1\gamma$$

同理, 根据(8.1)、(8.2)、(8.3)可以制作计算剖面是磁性体走向两端面之间的横剖面所用的三个量板。根据公式(9.1)、(9.2)、(9.3)、可以制作计算剖面是磁性体走向两端面之外所用的三个量板。当计算剖面是中心横剖面时, 由于 $\Delta Z_{jk}^{(3)} = 0$, 故只用

I、II两个量板。公式(8.1)与(8.2)可以看作是两部分积分之和, 故又称为和值量板I、II。公式(9.1)与(9.2)可以看作是两部分积分之差, 又称作差值量板I、II。公式(8.3)与(9.3)是一样的, 且仅与 J_y 有关, 为矿体沿走向两端面引起的异常, 无论是计算两端面之间或是两端面之外的剖面都要用到它, 称为和差量板III。

我们的量板就是由满足上列各式的一系列射线和同心圆构成的。

所有第I量板一系列射线的角度值都与米可夫量板相同。即与X轴与Y轴的夹角分别为:

0°0', 3°36', 7°12', 11°0', 15°0', 19°18', 44°18', 30°30', 45°。

所有第II量板的角度值都等于11°15'。

所有第III量板的角度值由Z轴起算, 分别为:

0°0', 7°11', 14°29', 22°02', 30°0', 38°41', 28°36', 61°03', 90°。

由于量板用得较多, 主要是半径经常变化, 故可按上述角度值描绘、晒成兰图, 在兰图上绘半径制作量板。关于量板的半径值的确定等分述如下:

(1) 中心横剖面。不论矿体是垂直磁化还是斜磁化, 只用I、II两个量板。量板的半径值, 须根据矿体沿走向实际长度、作图比例尺两个因素来确定。第I量板的半径值

$r_{\text{I}}^{(1)} = L k_{\text{I}}^{(1)}$; 第II量板的半径值 $r_{\text{II}}^{(2)} = L k_{\text{II}}^{(2)}$ 。 $L = L' M$, L' 为矿体实际半走向长度, M 为作图比例尺。设矿体沿走向实际长度(2L)为100米, 作图比例尺为 $\frac{1}{1000}$, 则 $L = 5(\text{cm})$, 即用5通乘 $k_{\text{I}}^{(1)}$ 系列作第I量板, 用5通乘 $k_{\text{II}}^{(2)}$ 系列绘制第II量板。

中心剖面时的 $k_{\text{I}}^{(1)}$ 系列如下:

0.00958, 0.0104, 0.0112, 0.0122, 0.0132,
0.0143, 0.0155, 0.0168, 0.0182, 0.0197,
0.0213, 0.0231, 0.0250, 0.0271, 0.0294,
0.0318, 0.0345, 0.0373, 0.0404, 0.0438,
0.0474, 0.0514, 0.0557, 0.0603, 0.0653,
0.0708, 0.0768, 0.0832, 0.0901, 0.0976,
0.106, 0.115, 0.124, 0.134, 0.146,
0.158, 0.171, 0.185, 0.201, 0.217,
0.235, 0.255, 0.276, 0.299, 0.324,

0.351, 0.381, 0.413, 0.448, 0.486,
0.527, 0.572, 0.620, 0.674, 0.733,
0.798, 0.870, 0.948, 1.04, 1.15,
1.26, 1.39, 1.55, 1.73, 1.93,
2.23, 2.58, 3.03, 3.68, 4.63,
6.29, 9.37, 18.7, ∞ 。在18.7与 ∞ 之间加半圈为(37.7)。

中心剖面时的 $k_{\text{II}}^{(2)}$ 系列如下:

0, 0.332, 0.489, 0.627, 0.760, 0.895,
1.04, 1.19, 1.36, 1.55, 1.78, 2.04,
2.37, 2.79, 3.34, 4.12, 5.31, 7.39,
12.0, 30.9。在0与0.332之间加半圈为(0.230)。

第I量板的用法与米可夫量板相同。 $\beta \neq 0$ 时, 须转 $\frac{1}{2}\beta$ 角, 读数有正、负之分。

第II量板只要使原点与计算点重合, 读数全部为正值。计算公式为:

$$Z = (n_1 + n_2 \cos \beta) \frac{J_s}{100}$$

J_s 以 10^{-5}CGSM 为单位, n_1 、 n_2 分别为中心剖面时I、II量板的读数值。

(2) 端部剖面。即计算剖面与矿体走向某一端面重合时。

若 $J_y = 0$, 只用中心剖面的I、II两个量板, 但计算结果应除2。

若 $J_y \neq 0$, 除用中心剖面I、II量板外, 还要用第III量板。第III量板半径值 $r_{\text{III}}^{(3)} = L k_{\text{III}}^{(3)}$ (端部剖面时的L系指矿体走向长), 端部剖面第III量板的 $k_{\text{III}}^{(3)}$ 系列如下:

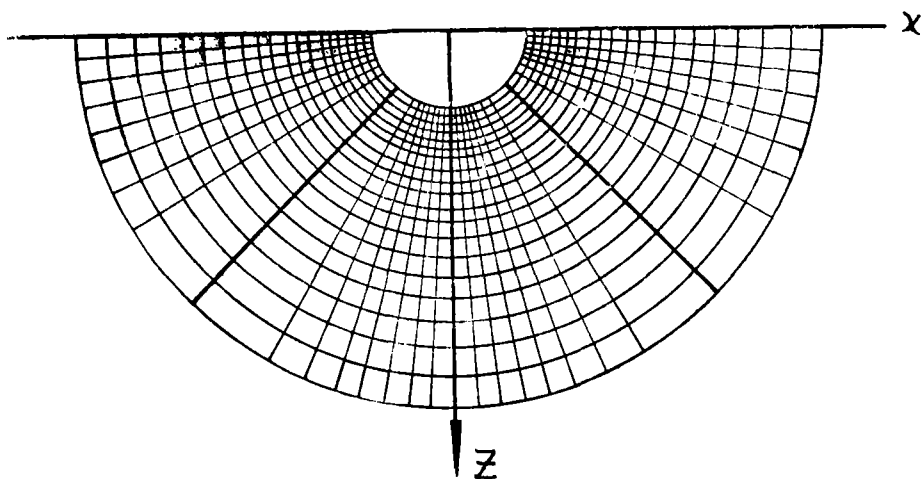
0.0400, 0.0440, 0.0480, 0.0520, 0.0560,
0.0610, 0.0670, 0.0730, 0.0790, 0.0863,
0.0940, 0.102, 0.112, 0.122, 0.132,
0.142, 0.155, 0.169, 0.183, 0.198,
0.216, 0.236, 0.255, 0.278, 0.300,
0.328, 0.358, 0.386, 0.420, 0.458,
0.498, 0.543, 0.595, 0.658, 0.725,
0.799, 0.885, 1.002, 1.145, 1.330,
1.605, 2.010, 2.960, ∞ 。在2.96与 ∞ 之间加半圈为(4.280)。

计算时, 使量板原点与计算点重合, 并使量板垂直轴与所计算的分量的方向一致。

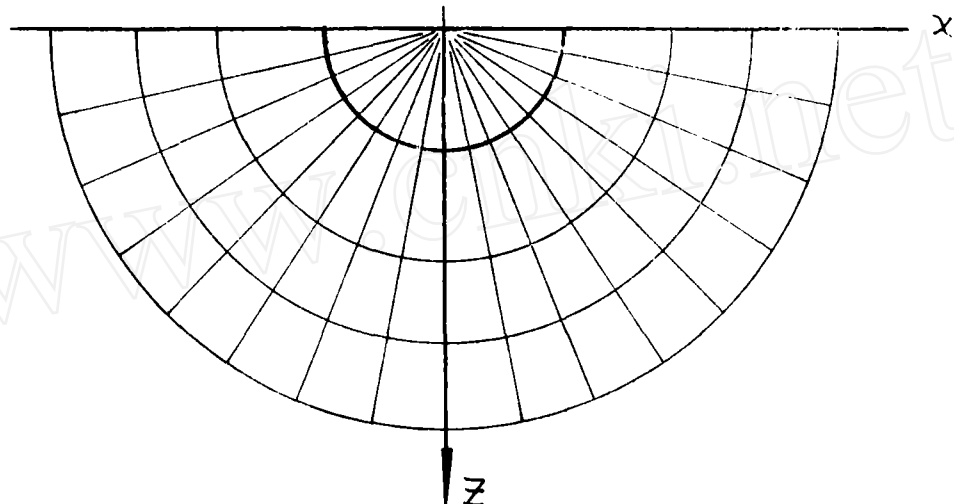
计算结果用公式

$$Z = \frac{1}{2} (n_1 + n_2 \cos \beta) \frac{J_s}{100} \pm n_3 \frac{J_y}{100}$$

和值量板(I), $L=50\text{m}, n=3$



和值量板(II), $L=50\text{m}, n=3$



和-差量板(III), $L=50\text{m}, n=3$

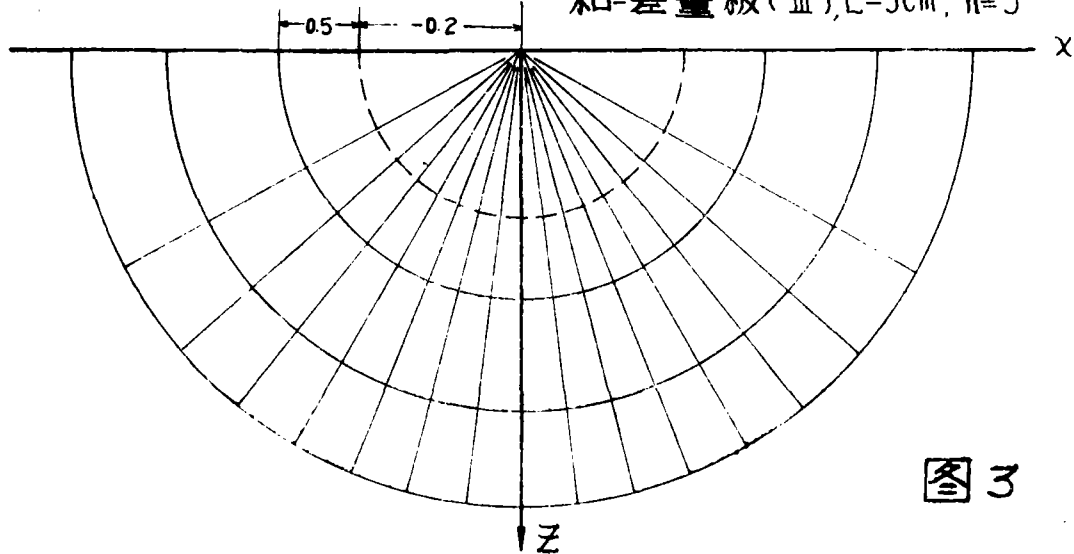


图 3

第Ⅱ量板下半平面读数为负, 上半平面读数为正。当近端面带正磁荷时, 上式中的符号取正号, 反之取负号。

(3) 非中心剖面。即计算剖面位于矿体走向两端面之间时。

若 $J_y = 0$ 只用Ⅰ、Ⅱ两个和值量板, 用法与中心剖面同。

若 $J_y \neq 0$, 除用Ⅰ、Ⅱ两个和值量板外, 还要用和差量板Ⅲ。

这时三个量板的半径值的确定, 除考虑上述两个因素外, 还决定于计算剖面距近端面的水平距 L , 距远端面的水平距 nL , (注意, 这时 L 已不是矿体半走向长了), $n = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ 时的和值量板Ⅰ、Ⅱ的 k 系列与和差量板Ⅲ的 k 系列见附表的表1与表2和表5。

计算结果用公式

$$Z = (n_{+1} + n_{+2} \cos \beta) \frac{J_s}{100} \pm n_s \frac{J_y}{100}$$

n_{+1} 、 n_{+2} 、 n_s 分别为和值量板Ⅰ、Ⅱ与和差量板Ⅲ的读数, J_y 以 10^{-5} CGSM 为单位。

(4) 旁侧横剖面。即计算剖面位于矿体走向两端面之外时。

若 $J_y = 0$, 只用Ⅰ、Ⅱ两个差值量板。但这时的差值量板Ⅱ的读数有正、负之分。表4中顺序号为正的读数为正, 反之读数为负。应注意。

若 $J_y \neq 0$, 除用Ⅰ、Ⅱ两个差值量板外, 还要用和差量板Ⅲ, $n = 2, 3, 4, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ 时的差值量板的 k 系列见附表的表3与表4。

计算公式为

$$Z = \frac{1}{2} (n_{-1} + n_{-2} \cos \beta) \frac{J_s}{100} \pm \frac{J_y}{100} n_s$$

n_{-1} 、 n_{-2} 为差值量板Ⅰ、Ⅱ的读数, 如果附表的差值量板半径值放稀到原来的一半, 则计算结果不用除2。

图3是 $L = 5 \text{ cm}$ 、 $n = 3$ 的和值量板Ⅰ、Ⅱ与和差量板Ⅲ的示意图。

三、计算结果对比与实例

当①中心横剖面时、②磁性体走向两端面之间的非中心横剖面时、③磁性体走向两端面之外的横剖面时, 公式计算与量板计算对比曲线见图4、图5、图6, 其结果是基本一致的。

实例: (1) 甲矿区。矿体为砂卡岩型磁铁矿, 产于中奥陶纪石灰岩与燕山期间长岩的接触带上, 矿体形态复杂, 呈多层状产出。

从磁异常平面图上看(见图7)该异常是一正负磁

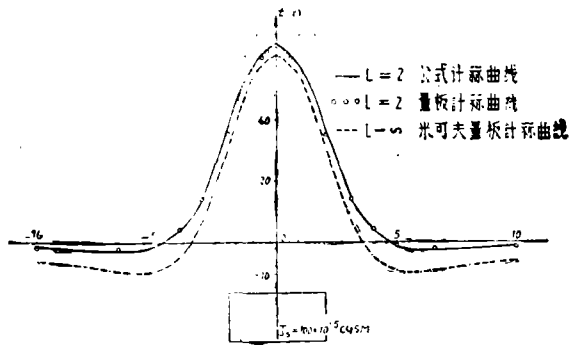


图4

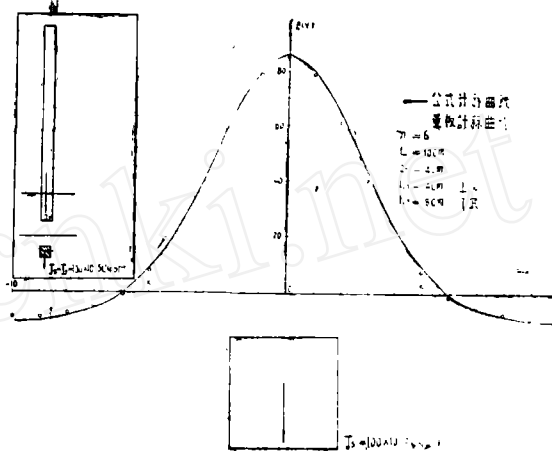


图5

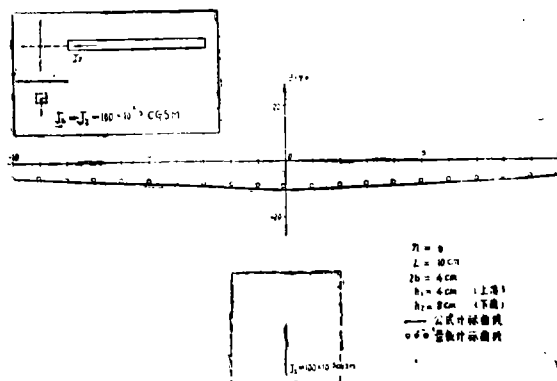


图6

异常伴随出现的似等轴状的低值磁异常, 其极大值为 380 Y , 异常规整, 有北陡南缓的特点, 仔细分析可以看出有不太明显的北东——南西走向, 不完全是一个等轴状异常, 但可以看出矿体走向不大, 延深也不大, 具有一定的埋深。有倾斜磁化球体异常的特征。

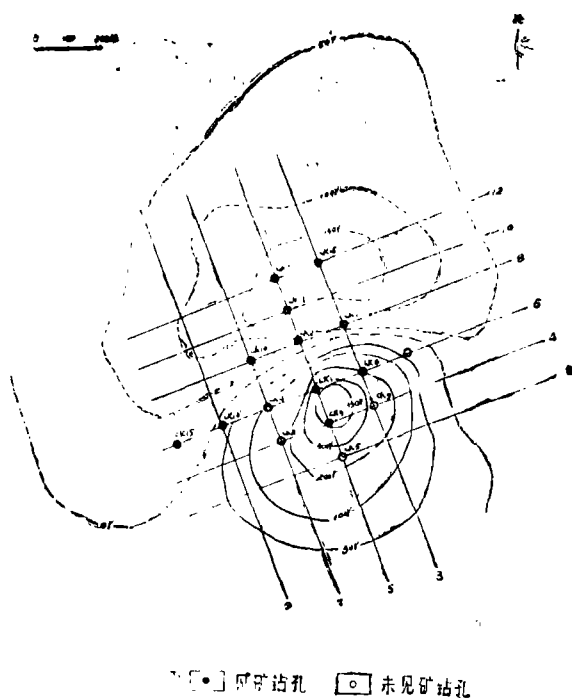


图7

对于这样的磁异常进行定量计算时,如果用二度体量板计算,使理论 Z_a 曲线与实测 Z_a 曲线吻合,就必然要缩小矿体,这样就造成了错误,如果用似二度量板计算, Z_a 曲线则与实测曲线吻合的很好,反映了实际情况(见图8)。

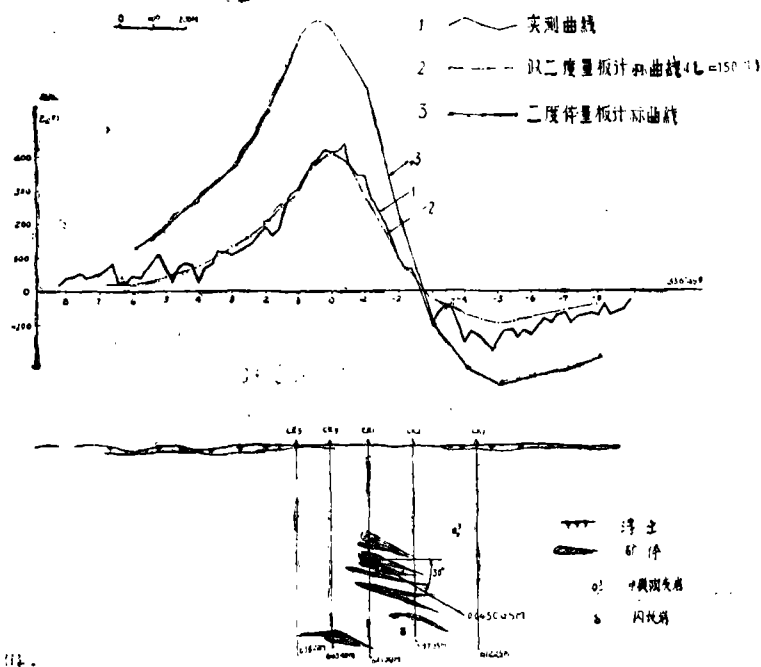


图8

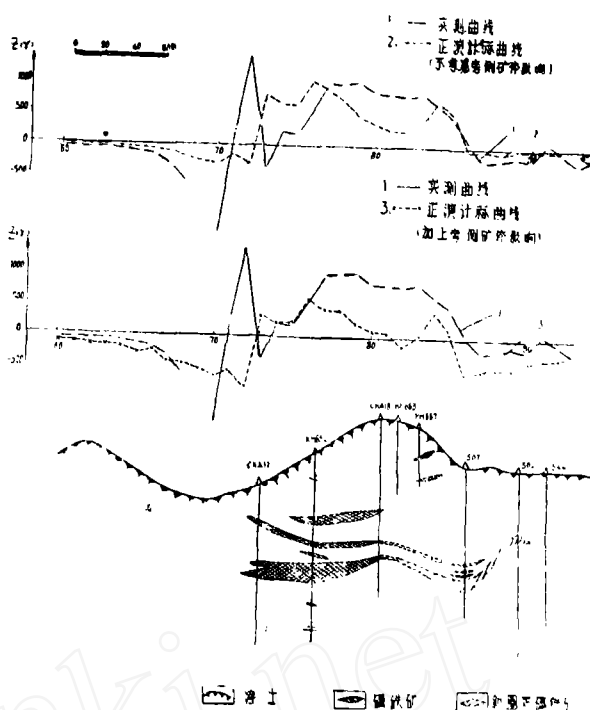


图9

(2)图9是乙矿区11线的推断解释剖面图,该地区矿床属矽卡岩型,由许多小透镜体,板状矿体、呈多层、大致平行分布于奥陶纪灰岩中,沿走向方向延长由25—150m,矿厚2—10m,根据地面与坑道61块磁铁矿标本之参数测定结果,总磁化强度方位角 $\Phi_j = 180^\circ$,磁倾角 $i = 59^\circ$,可见矿体向南磁化,矿体磁化强度 $J_x = 0.0041\text{CGSM}$ (指向SW 250°), $J_y = 0.0111\text{CGSM}$ (指向SE 160°), $J_z = 0.020\text{CGSM}$ (垂直向下)。

侧矿体有四个,产状都近于水平,相对计算剖面位置如图10所示。

理论计算结果表明,当不考虑旁侧矿体的影响时,该剖面东部正演计算曲线与实测曲线基本吻合(见图9的曲线1与2),但考虑旁侧矿体的影响后,出现了明显的剩余异常(见图9的曲线1与3),我们认为这一明显的剩余异常,说明了该剖面东部仍有矿体存在,为此,

第11剖面 剖面外矿体的设计

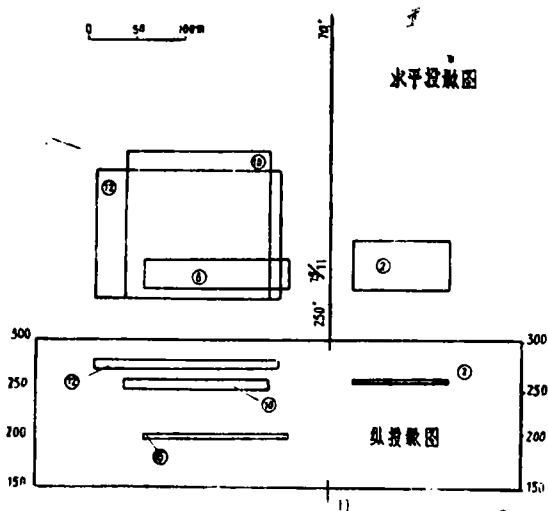


图10

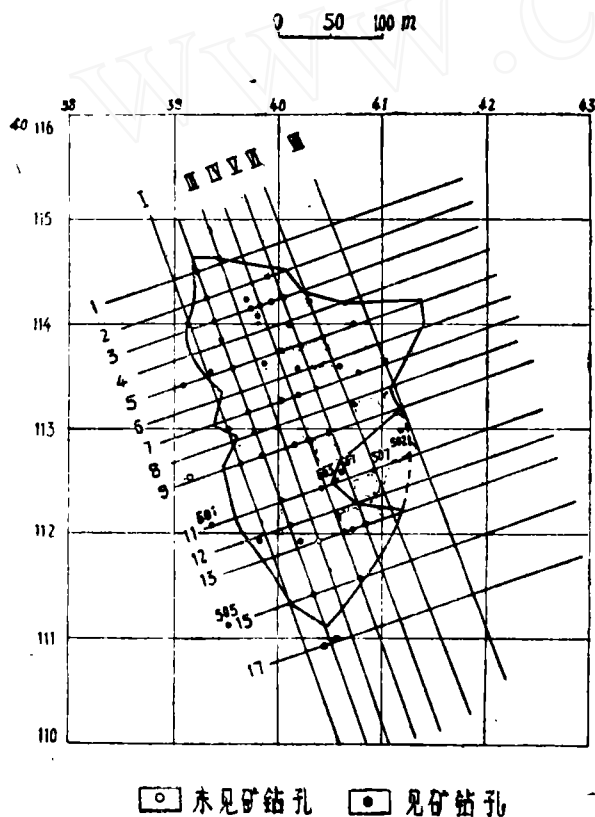


图11

提出用占探进行验证,结果经807孔占探证实,在埋深50—75m范围内,见到了累计厚度为12.95m的磁铁矿,最厚一层为8.52m,图11为该地区的储量计算平面图,实线所圈范围为原计算储量的矿体在地面的投影位置,由于11线东部807孔、802孔见矿,计算储量的矿体在地面的投影位置应扩大到虚线所示的范围。

综上所述可见,采用似二度量板进行磁异常的推断解释工作,不仅更加接近于野外实际情况,也不需要任何特殊的装备,一般物探队都可以采用。且通过对截面稳定、均匀磁化三度体中心、非中心和旁侧横剖面的定量计算,能绘制矿体磁异常平面等值线图。有助于我们更全面地分析评价磁异常。但是也存在一些问题,如用量板较多,计算工作量较大等,都有待改进。我们希望同志们在应用似二度量板的过程中,不断总结经验,提出改进意见,使之逐渐完善。

(本文的五个附表均见下页之插页)

新书预告

《地质力学参考资料》(第一、第二集)

为普及和推广地质力学,满足生产、科研、教学工作需要,桂林冶金地质研究所最近汇编翻印了《地质力学参考资料》(两集)。

第一集载有李四光同志1928—1970年有关地质学方面的著作、讲话和报告共十七篇,16开本151页,约23万字。

第二集载有江西909、908队,山东地质局7队、吉林冶金804队应用地质力学指导找矿勘探经验五篇,16开本67页,约10万字。

另外还翻印了地质力学研究所编制的“中国主要构造体系与强震震中分布关系图(1:600万)”一张。以上资料均为内部发行,单位和个人均可预订,但需单位统一办理。需书单位请事先将预订份数函告:桂林冶金地质研究所资料室,收费办法另行通知。初步估价:第一集0.55元,第二集0.40元,图0.15元。

表1, 和值量板I的K系列

k \ n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,050	0,051	0,056	0,064	0,065	0,071	0,080	0,083	0,089
2	0,054	0,055	0,060	0,063	0,070	0,078	0,086	0,089	0,095
3	0,058	0,059	0,065	0,071	0,076	0,086	0,092	0,096	0,101
4	0,063	0,063	0,071	0,080	0,082	0,094	0,098	0,104	0,111
5	0,069	0,067	0,077	0,086	0,088	0,102	0,107	0,114	0,123
6	0,075	0,073	0,083	0,092	0,094	0,110	0,118	0,124	0,135
7	0,081	0,081	0,089	0,098	0,100	0,120	0,130	0,135	0,147
8	0,087	0,089	0,095	0,107	0,110	0,131	0,142	0,147	0,159
9	0,095	0,097	0,103	0,117	0,121	0,143	0,154	0,159	0,171
10	0,105	0,105	0,113	0,129	0,133	0,155	0,166	0,171	0,183
11	0,115	0,115	0,125	0,141	0,145	0,167	0,178	0,183	0,195
12	0,125	0,126	0,137	0,153	0,157	0,179	0,190	0,195	0,207
13	0,136	0,138	0,149	0,165	0,171	0,191	0,202	0,215	0,225
14	0,148	0,150	0,161	0,177	0,185	0,207	0,220	0,235	0,245
15	0,160	0,162	0,173	0,189	0,200	0,228	0,240	0,255	0,265
16	0,173	0,174	0,185	0,201	0,210	0,250	0,260	0,275	0,285
17	0,187	0,186	0,197	0,221	0,240	0,272	0,280	0,295	0,309
18	0,201	0,198	0,210	0,241	0,260	0,295	0,301	0,319	0,337
19	0,215	0,215	0,230	0,261	0,280	0,319	0,325	0,347	0,366
20	0,235	0,235	0,250	0,281	0,304	0,343	0,353	0,375	0,396
21	0,255	0,253	0,270	0,302	0,329	0,367	0,381	0,403	0,426
22	0,275	0,275	0,294	0,329	0,355	0,390	0,414	0,440	0,462
23	0,296	0,297	0,318	0,357	0,385	0,420	0,450	0,478	0,500
24	0,322	0,323	0,344	0,385	0,416	0,456	0,485	0,518	0,543
25	0,348	0,350	0,372	0,414	0,451	0,492	0,526	0,560	0,590
26	0,376	0,379	0,401	0,449	0,490	0,535	0,570	0,606	0,640
27	0,407	0,408	0,437	0,485	0,532	0,581	0,617	0,659	0,695
28	0,441	0,442	0,471	0,527	0,577	0,628	0,670	0,711	0,755
29	0,477	0,480	0,509	0,573	0,625	0,678	0,728	0,772	0,815
30	0,519	0,520	0,553	0,620	0,680	0,736	0,790	0,844	0,885
31	0,563	0,565	0,600	0,673	0,735	0,800	0,860	0,918	0,965
32	0,610	0,615	0,649	0,730	0,800	0,870	0,933	0,994	1,050
33	0,662	0,665	0,704	0,790	0,872	0,947	1,016	1,085	1,145
34	0,720	0,720	0,763	0,860	0,950	1,032	1,110	1,179	1,252
35	0,780	0,783	0,832	0,940	1,035	1,125	1,204	1,289	1,370
36	0,847	0,850	0,900	1,020	1,130	1,225	1,320	1,401	1,499
37	0,925	0,925	0,965	1,115	1,230	1,340	1,444	1,540	1,640
38	1,005	1,005	1,075	1,215	1,345	1,463	1,580	1,695	1,801
39	1,100	1,097	1,175	1,320	1,470	1,602	1,740	1,865	1,987
40	1,195	1,195	1,282	1,450	1,610	1,765	1,915	2,055	2,192
41	1,315	1,305	1,399	1,590	1,770	1,945	2,110	2,275	2,435
42	1,440	1,430	1,535	1,750	1,955	2,145	2,335	2,520	2,700
43	1,580	1,565	1,690	1,925	2,155	2,370	2,590	2,800	3,005
44	1,740	1,725	1,860	2,130	2,390	2,635	2,885	3,130	3,377
45	1,925	1,905	2,050	2,350	2,670	2,940	3,235	3,499	3,785
46	2,135	2,105	2,265	2,615	2,965	3,300	3,620	3,935	4,260
47	2,395	2,330	2,510	2,910	3,325	3,695	4,065	4,445	4,805
48	2,700	2,600	2,800	3,270	3,725	4,160	4,590	4,990	5,460
49	3,085	2,915	3,155	3,680	4,215	4,710	5,215	5,730	6,225
50	3,550	3,305	3,540	4,155	4,780	5,355	5,940	6,530	7,110
51	4,165	3,755	4,010	4,735	5,440	6,125	6,815	7,500	8,195
52	4,960	4,315	4,585	5,395	6,250	7,060	7,870	8,695	9,497
53	6,120	5,050	5,300	6,265	7,245	8,230	9,180	10,14	11,04
54	7,960	5,955	6,215	7,375	8,520	9,880	10,84	12,00	13,16
55	11,17	7,240	7,375	8,840	10,19	11,57	12,99	14,43	15,84
56	18,80	9,200	9,000	10,76	12,50	14,22	16,00	17,75	19,49
57	—	12,33	11,40	13,59	15,68	18,14	20,35	22,77	24,82
58	—	18,78	15,43	18,35	22,65	24,62	27,62	30,92	33,87
59	—	37,50	23,33	27,98	32,55	37,50	42,17	46,95	—
60	—	—	46,87	—	—	—	—	—	—
61	—	—	—	—	—	—	—	—	—

註：.....表示有很多K值没有算出。

—表示有一个K值没有算出。

表 2, 和值量板 II 的 K 系列

序号	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,420	0,450	0,470	0,480	0,480	0,485	0,485	0,485	0,485
2	0,630	0,690	0,710	0,730	0,730	0,745	0,745	0,750	0,750
3	0,825	0,915	0,950	0,990	0,990	1,010	1,010	1,020	1,025
4	1,012	1,140	1,220	1,260	1,285	1,300	1,315	1,320	1,330
5	1,215	1,390	1,495	1,565	1,620	1,658	1,680	1,695	1,710
6	1,440	1,630	1,830	1,950	2,010	2,090	2,130	2,175	2,201
7	1,650	1,965	2,210	2,395	2,520	2,640	2,750	2,815	2,865
8	1,920	2,320	2,660	2,925	3,160	3,370	3,530	3,700	3,830
9	2,200	2,720	3,170	3,585	3,925	4,240	4,530	4,815	5,070
10	2,555	3,200	3,600	4,330	4,850	5,320	5,780	6,190	6,615
11	2,960	3,770	4,490	5,220	5,860	6,555	7,210	7,830	8,470
12	3,460	4,445	5,370	6,280	7,180	8,050	8,900	9,790	10,60
13	4,070	5,320	6,450	7,610	8,760	9,920	11,04	12,12	13,29
14	4,945	6,445	7,900	9,400	10,79	12,32	13,75	15,16	16,57
15	6,100	8,070	9,910	11,85	13,64	15,58	17,48	19,30	21,25
16	7,880	10,46	13,00	15,50	18,13	20,82	23,13	25,65	28,02
17	10,97	14,58	18,10	21,70	25,23	29,02	32,50	35,85	39,60
18	17,80	23,80	29,50	35,00	41,25	46,58	—	—	—
19	44,70	—	—	—	—	—	—	—	—
20	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

表 3, 差值量板 I 的 K 系列

序号	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(0,5)	余0.2格 (0,705)	余0.2格 (0,785)	(0,000)	余0.2格 (—)	余0.4格 (—)	余0.3格 (—)	余0.5格 (—)	(0,000)	余0.3格 (0,815)
1	1,140	1,150	0,901	0,600	0,890	0,845	1,280	0,955	1,155
2	1,770	1,680	1,470	1,350	1,435	1,455	1,767	1,520	1,665
3	2,415	2,165	1,930	1,805	1,930	1,905	2,198	1,970	2,095
4	3,190	2,665	2,380	2,350	2,375	2,335	2,620	2,395	2,525
5	4,210	3,230	2,630	2,675	2,620	2,770	3,065	2,820	2,975
6	5,900	3,075	3,370	3,150	3,275	3,220	3,525	3,275	3,420
7	9,100	4,655	3,930	3,670	3,770	3,700	4,020	3,745	3,895
8	18,66	5,670	4,550	4,205	4,275	4,210	4,550	4,255	4,410
9	∞	7,040	5,280	4,830	4,865	4,760	5,120	4,800	4,965
10		8,730	6,220	5,450	5,520	5,380	5,760	5,380	5,555
11		12,20	7,280	6,320	6,265	6,055	6,453	6,050	6,205
12		18,50	8,705	7,290	7,120	6,835	7,240	6,753	6,925
13		37,50	10,75	8,445	8,100	7,690	8,090	7,505	7,690
14		∞	13,47	9,925	9,295	8,675	9,090	8,400	8,570
15			18,60	11,82	10,69	9,845	10,26	9,370	9,545
16			27,45	14,38	12,56	11,11	11,58	10,50	10,66
17			—	18,30	14,86	12,91	13,21	11,83	11,91
18			∞	24,80	18,05	15,03	15,68	13,25	13,38
19				37,60	23,16	17,93	17,73	15,16	15,09
20				—	30,95	21,25	21,07	17,51	17,16
21				∞	46,88	27,70	25,46	20,22	19,65
22					—	37,17	32,40	24,00	22,88
23					∞	—	43,40	29,17	26,97
24					—	—	—	36,85	32,95
25					∞	—	—	47,00	42,00
26						∞	—	—	—
27						—	—	—	—
28						—	—	—	—
29						—	∞	—	∞

注: 括号内的数表示与下一个数之间为半圈 (0.5格)

表 4, 差值量板 II 的 K 系列

序号	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-15							余0.4格	余0.3格	余0.2格
-14							(0,205)	0,190	(0,145)
-13					余0.1格	余0.3格	0,305	0,390	0,290
-12				余0.3格	(0,105)	0,170	0,305	0,545	0,450
-11				(0,140)	0,260	0,390	0,480	0,680	0,598
-10			(0,000)	0,285	0,430	0,543	0,615	0,815	0,735
-9		余0.3格	0,240	0,460	0,585	0,680	0,750	0,815	0,865
-8		(0,170)	0,435	0,610	0,730	0,793	0,890	0,955	1,010
-7		0,340	0,590	0,755	0,875	0,965	1,045	1,110	1,165
-6	余0.1格	0,500	0,750	0,897	1,020	1,123	1,202	1,275	1,345
-5	0,115	0,660	0,900	1,050	1,205	1,302	1,380	1,470	1,550
-4	0,415	0,825	1,070	1,230	1,390	1,500	1,600	1,695	1,780
-3	0,630	1,010	1,265	1,440	1,625	1,750	1,880	1,975	2,075
-2	0,855	1,240	1,515	1,735	1,915	2,080	2,235	2,350	2,480
-1	1,150	1,525	1,865	2,160	2,380	2,570	2,770	2,930	3,110
0	2,027	2,531	2,978	3,387	3,769	4,129	4,472	4,801	5,117
1	3,900	4,275	4,840	5,420	6,050	6,650	7,220	7,770	8,450
2	5,750	5,620	6,200	6,930	7,530	8,295	9,000	9,710	10,44
3	8,860	7,245	7,650	8,470	9,300	10,01	10,77	11,65	12,50
4	17,90	9,710	9,600	10,27	11,05	11,90	12,72	13,74	14,69
5	—	13,27	12,05	12,53	13,36	14,10	15,25	16,10	17,20
6	余0.1格	21,60	16,02	16,62	16,69	17,13	18,03	19,11	20,10
7		50,00	22,70	20,30	20,20	20,92	21,65	22,97	24,03
8		余0.5格	39,00	29,10	26,20	26,10	27,01	27,80	29,03
9		—	—	46,80	37,90	34,90	34,80	33,00	34,00
10			余0.5格	—	—	—	47,20	46,40	46,10
11				余0.7格	—	—	—	—	—
12					余0.6格	—	—	—	—
13						余0.5格	余0.5格	—	—
14								余0.3格	余0.7格

表 5, 和差量板 III 的 K 系列

序号	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(0,5)	余0.2格 (0,350)	余0.2格 (0,420)	余0.3格 (—)	余0.1格 (—)	余0.4格 (—)	余0.3格 (—)	余0.5格 (0,520)	(0,00)	余0.3格 (0,440)
1	0,635	0,630	0,465	0,300	0,500	0,460	0,700	0,515	0,630
2	0,970	0,920	0,801	0,730	0,800	0,760	0,960	0,835	0,910
3	1,270	1,170	1,050	0,980	1,050	1,035	1,180	1,055	1,130
4	1,590	1,410	1,270	1,210	1,270	1,250	1,365	1,260	1,345
5	1,990	1,655	1,500	1,430	1,480	1,470	1,600	1,480	1,550
6	2,505	1,925	1,725	1,640	1,700	1,680	1,820	1,695	1,765
7	3,285	2,230	1,965	1,875	1,925	1,900	2,040	1,920	1,965
8	5,000	2,590	2,240	2,120	2,160	2,125	2,280	2,150	2,225
9	(7,270)	3,015	2,530	2,375	2,402	2,375	2,535	2,380	2,465
10	∞	3,585	2,860	2,650	2,690	2,640	2,801	2,645	2,730
11		4,350	3,255	2,975	3,025	2,915	3,075	2,920	3,002
12		5,595	3,690	3,340	3,325	3,235	3,410	3,225	3,315
13		8,280	4,290	3,740	3,685	3,570	3,770	3,550	3,635
14		(12,00)	4,980	4,205	4,105	3,950	4,150	3,925	3,985
15		∞	6,135	4,780	4,605	4,400	4,565	4,300	4,370
16			7,750	5,490	5,145	4,860	5,050	4,700	4,800
17			11,40	6,410	5,820	5,415	5,515	5,180	5,210
18			(16,40)	7,690	6,690	5,990	6,215	5,715	5,795
19			∞	9,900	7,750	6,865	6,990	6,310	6,390
20				14,50	9,350	7,830	7,895	7,055	7,060
21				(21,00)	11,41	9,120	9,000	7,870	7,840
22				∞	17,40	10,65	10,46	8,890	8,765
23					(25,00)	13,98	12,71	10,14	9,880
24					∞	20,67	16,00	11,84	11,33
25						(29,50)	23,50	14,22	13,16
26						∞	(34,76)	18,00	15,79
27							∞	27,57	20,01
28								(38,69)	31,34
29								∞	(42,78)
30									∞