

图算学

TUSUANXUE



图 算 学

梁世熙 编著

山西人民出版社

图 算 学

梁世熙 编著

山西人民出版社出版 (太原井州路七号)
山西省新华书店发行 山西新华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 3.375 字数: 69千字

1982年4月第1版 1982年4月太原第1次印刷

印数: 1—4,800册

书号: 15088·142 定价: 0.30元

目 录

概述	(1)
§ 1 平行图尺计算图	(2)
§ 2 Z形图尺计算图	(18)
§ 3 汇交图尺计算图	(23)
§ 4 有曲线图尺的计算图	(29)
§ 5 有圆形图尺的计算图	(39)
§ 6 有网线图尺的计算图	(51)
§ 7 比例图尺计算图	(59)
§ 8 平行指示线计算图	(63)
§ 9 垂直指示线计算图	(70)
§ 10 圆弧指示线计算图	(73)
计算图的具体应用	(77)

概 述

图算学是研究根据数学原理，绘制由各变量的图尺组成的计算图，用以解决重复应用的方程式各答案的学科。按照方程式各变量的函数关系，图尺刻有分度标值，相互间并有一定的几何位置。各图尺可以是直线、圆或曲线。

例如，在力学中常见的，矩形的截面特性有，轴 x 的抗弯惯性矩 $I_x = \frac{bh^3}{12} (cm^4)$ ，这只要绘出计算图，如图 1，任

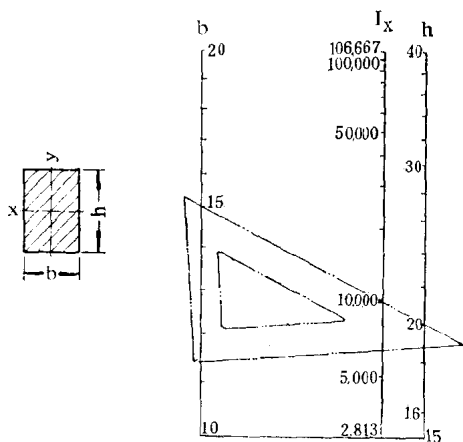


图 1

意给出一个 b 值、一个 h 值，用直尺一量，就立即得出 I_x 的数值。这样，计算图是以简单的动作，代替了复杂的计算。对一般工程计算，其精确度可以满足要求。在工程设计中，经常要变更已知数值，以适合设计要求；这样，利用计算图是很方便的。例如，对于轴 x 的抗弯惯性矩，用一根直尺，就可以选择合宜的 b 、 h 值，得出所需要的 I_x 值。

计算图又叫诺谟图，是由外文音译而成，希腊文是由 Νομος （规律）和 Γραφω （描绘）两个字合成，英文为 Nomograph 或 Nomogram ，法文为 Nomographe 或 Nomogramme 。

计算图广泛应用于工程技术、自然科学各个领域。图算学是应用数学的一个分支，也是工程图学的一个内容。在我国现代化建设中，设计部门、工矿企业、科研机关，都有大量计算工作，若广泛应用计算图，可以大量节省时间和人力。图算有其优点与特点，在计算机发展的今天，实用价值依然很大。

§ 1 平行图尺计算图

若方程为 $F_1(u) = F_2(v) + F_3(w)$ ，可以画成由三个平行图尺组成的计算图（图 2）。在这样的计算图上，设在图尺 $F_2(v)$ 、 $F_3(w)$ 上任取 v_1 、 w_1 ，连 v_1w_1 直线，在 $F_1(u)$ 图尺上得 u_1 ，则 $F_1(u_1)$ 即等于 $F_2(v_1) + F_3(w_1)$ ；其原理如下：

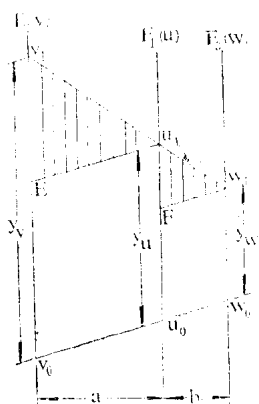


图 2

在 $F_2(v)$ 图尺和 $F_3(w)$ 图尺上取 v_0 、 w_0 为标值起点，连 v_0w_0 ，在 $F_1(u)$ 图尺上得 u_0 ，则 $v_0u_0w_0$ 为标值基线， $F_1(u_0) = F_2(v_0) + F_3(w_0)$ 。设 y_v 为函数 $F_2(v)$ 图尺绘制时 v_0 至 v_1 的实际长度， $F_2(v_1) - F_2(v_0)$ 为 v_1 与 v_0 处函数的差值；令 $y_v = m_v[F_2(v_1) - F_2(v_0)]$ ， m_v 即为 $F_2(v)$ 函数每一单位值在图尺绘制时的实际长度，称图尺系数或尺度模数。

同理： $y_w = m_w[F_3(w_1) - F_3(w_0)]$

$y_u = m_u[F_1(u_1) - F_1(u_0)]$

若标值起点的函数值均为 0，则

$$y_v = m_v F_2(v_1)$$

$$y_w = m_w F_3(w_1)$$

$$y_u = m_u F_1(u_1)$$

自 u_1 、 w_1 作线平行标值基线，得两三角形 v_1u_1E 与 u_1w_1F ，

$$\Delta v_1 u_1 E \sim \Delta u_1 w_1 F$$

$$\frac{v_1 E}{u_1 F} = \frac{E u_1}{F w_1} = \frac{a}{b}$$

$$\frac{y_v - y_u}{y_u - y_w} = \frac{a}{b}$$

$$b(y_v - y_u) = a(y_u - y_w)$$

$$(a+b)y_v = by_u + ay_w$$

$$\frac{\frac{y_u}{ab}}{\frac{a+b}{ab}} = \frac{y_v}{a} + \frac{y_w}{b}$$

$$\frac{m_u F_1(u_1)}{\frac{ab}{a+b}} = \frac{m_v F_2(v_1)}{a} + \frac{m_w F_3(w_1)}{b}$$

此式应与 $F_1(u_1) = F_2(v_1) + F_3(w_1)$ 一致,

可使 $m_v = ku \quad m_w = kb \quad m_u = k \frac{ab}{a+b}$

则 $\frac{a}{b} = \frac{m_v}{m_w}$

$$m_u = \frac{m_v m_w}{m_v + m_w}$$

即 $F_2(v)$ 与 $F_3(w)$ 两函数的图尺系数 m_v 、 m_w 可根据标值范围、需要的精确度和图幅大小来选定, 而 $F_1(u)$ 的图尺系数就不能任意选择, 要按公式 $\frac{m_v m_w}{m_v + m_w}$ 算出。

标值基线是任取的, 它可以是图上的一条水平线, 也可

以是任意位置的斜线，可根据具体情况安排合宜的基线位置。

例. 作 $x = 2y + 3z$ 方程式的计算图，设 y 值由 1 到 10， z 值由 1 到 11。

其步骤如下：

(1) 决定图幅及计算图大小

设用 16 开纸，其大小为 $197\text{mm} \times 273\text{mm}$ 。（普通纸的大小是 $31\text{吋} \times 43\text{吋}$ ，合公制 $787\text{mm} \times 1092\text{mm}$ ；宽、长各被 4 除，即得 16 开纸大小。）

假设让计算图左右宽 120mm ，上下高 180mm 。

(2) 计算图尺系数

由上述 $y_v = m_v [F_2(v_1) - F_2(v_0)]$

$$180 = m_v [2 \cdot 10 - 2 \cdot 1]$$

$$m_v = \frac{180}{2(10-1)} = 10$$

同理： $m_z = \frac{180}{3(11-1)} = 6$

$$m_x = \frac{m_v m_z}{m_v + m_z} = \frac{10 \times 6}{10 + 6} = 3.75$$

(3) 计算 a 、 b

$$a + b = 120 \quad \frac{a}{b} = \frac{m_v}{m_z} = \frac{10}{6}$$

$$a = 75 \quad b = 45$$

(4) 列表计算

y	$F(y)$ $= 2y$	$m_y \times$ $(2y - 2)$
10	20	180
9	18	160
8	16	140
7	14	120
6	12	100
5	10	80
4	8	60
3	6	40
2	4	20
1	2	0

x	$F(x)$ $= x$	$m_x \times$ $(x - 5)$
53	53	180
50	50	168.75
45	45	150
40	40	131.25
35	35	112.5
30	30	93.75
25	25	75
20	20	56.25
15	15	37.5
10	10	18.75
5	5	0

z	$F(z)$ $= 3z$	$m_z \times$ $(3z - 3)$
11	33	180
10	30	162
9	27	144
8	24	126
7	21	108
6	18	90
5	15	72
4	12	54
3	9	36
2	6	18
1	3	0

$$y = 1 \quad z = 1$$

$$x = 2y + 3z = 5$$

$$y = 10 \quad z = 11$$

$$x = 53$$

(5) 作出计算图 (见图 3)

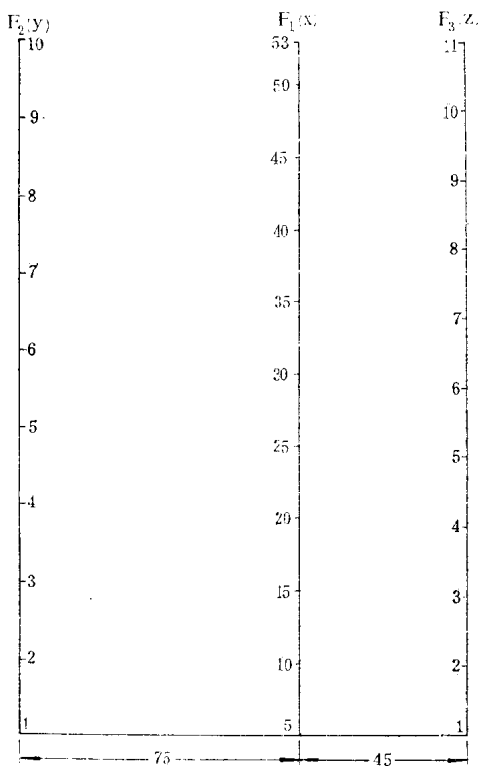


图 3

(6) 举例核对

设 $y = 3$, $z = 8$, 从计算图得 $x = 30$

$$x = 2y + 3z = 2 \times 3 + 3 \times 8 = 30$$

上题是根据需要, 指定 y 值在 1 ~ 10 之间, z 值在 1 ~ 11 之间而绘出的计算图; 此外, 每个图尺还可依同样的分

度，向上或向下延长进行标值。

图 4 是基线位置变更后（基线成倾斜位置） $x = 2y + 3z$ 的计算图（设 y 值在 $1 \sim 10$ ， z 值在 $1 \sim -9$ ）。此图也可视为 $x = 2y - 3z$ 的计算图（ y 值在 $1 \sim 10$ ， z 值在 $-1 \sim 9$ ）。

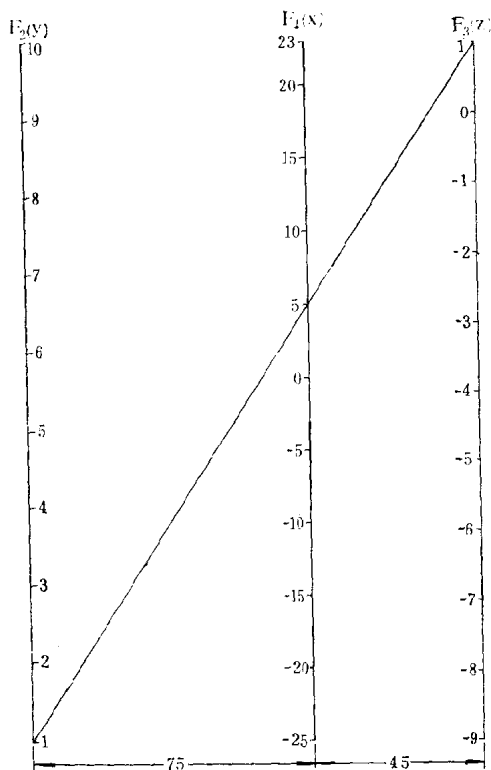


图 4

对于 $F_1(u) = F_2(v) \cdot F_3(w)$ 的方程式，可以通过对数，变成两函数相加的方程而绘出平行图尺计算图。

例.
$$I_x = \frac{bh^3}{12}$$

b 之值由10cm~20cm

h 之值由15cm~40cm

$$I_x = \frac{b}{12} h^3 \quad \lg I_x = (\lg b - \lg 12) + 3 \lg h$$

则 $F_1(I_x) = \lg I_x \quad F_2(b) = \lg b - \lg 12$

$$F_3(h) = 3 \lg h$$

假设让计算图宽120mm, 高200mm,

$$\begin{aligned} m_b &= \frac{200}{F_2(20) - F_2(10)} \\ &= \frac{200}{(\lg 20 - \lg 12) - (\lg 10 - \lg 12)} \\ &= \frac{200}{\lg 20 - \lg 10} = 664.38 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_h &= \frac{200}{F_3(40) - F_3(15)} = \frac{200}{3 \lg 40 - 3 \lg 15} \\ &= 156.51 \end{aligned}$$

设图尺的间距为 d_1 、 d_2 , 如图 5,

$$d_1 + d_2 = 120$$

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{m_b}{m_h} = \frac{664.38}{156.51}$$

得 $d_1 = 97.12 \quad d_2 = 22.88$



图 5

$$m_{I_X} = \frac{m_b \cdot m_h}{m_b + m_h} = 126.67$$

令 b 、 h 、 I_X 各图尺上任意一点 b 、 h 、 I_X 距标值起点的高度为 y_b 、 y_h 、 y_{I_X} ,

$$\begin{aligned} y_b &= m_b [F_2(b) - F_2(10)] \\ &= 664.38[(\lg b - \lg 10) - (\lg 10 - \lg 12)] \\ &= 664.38[\lg b - 1] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_h &= m_h [F_3(h) - F_3(15)] \\ &= m_h (3 \lg h - 3 \lg 15) \\ &= 156.61(3 \lg h - 3.52827) \end{aligned}$$

在 $I_X = \frac{bh^3}{12}$ 中, $b=10$ $h=15$

算得 $I_X = 2813$

$$\begin{aligned}
 y_{I_X} &= m_{I_X}(F_1(I_X) - F_1(2813)) \\
 &= 126.67(\lg I_X - \lg 2813) \\
 &= 126.67(\lg I_X - 3.449095)
 \end{aligned}$$

根据上列 y_b 、 y_h 、 y_{I_X} 三式，列表计算如下：

b	y_b
20	200
19	185.2
18	169.6
17	153.1
16	135.6
15	117.0
14	97.1
13	75.7
12	52.6
11	27.5
10	0

I_X	y_{I_X}
106,667	200
100,000	196.5
90,000	190.7
80,000	184.2
70,000	176.8
60,000	168.4
50,000	158.3
40,000	146
30,000	130.2
20,000	107.9
10,000	69.8
5,000	31.7
2,813	0

h	y_h
40	200
38	189.5
36	178.5
34	166.9
32	154.5
30	141.3
28	127.3
26	112.2
24	95.8
22	78.1
20	58.7
18	37.2
16	13.2
15	0

I_X 的计算图如图 6。

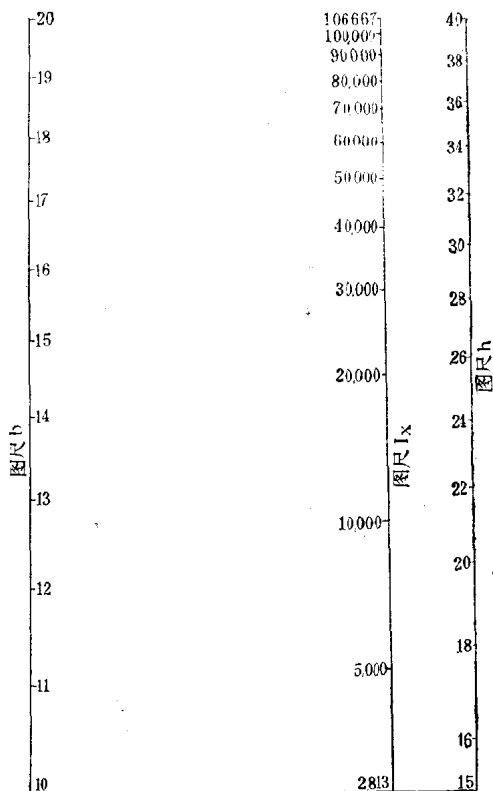


图 6

例. 作 $A = 0.0015lb$ 方程式的计算图, A 为土地面积, 以亩为单位, l 、 b 为土地长度、宽度, 以米为单位, l 值由 10 到 100 米, b 值由 10 到 100 米。

假设让计算图高 100mm, 宽 80mm,

$$\lg A = \lg l + \lg b + \lg 0.0015$$

$$F_1(A) = A$$

$$F_2(l) = l$$

$$F_3(b) = \lg b + \lg 0.0015$$

$$m_l = \frac{100}{F_2(100) - F_2(10)} = \frac{100}{\lg 100 - \lg 10}$$

$$= \frac{100}{2-1} = 100$$

$$m_b = \frac{100}{F_3(100) - F_3(10)}$$

$$= \frac{100}{(\lg 100 + \lg 0.0015) - (\lg 10 + \lg 0.0015)}$$

$$= \frac{100}{\lg 100 - \lg 10} = \frac{100}{2-1} = 100$$

图尺间距 $d_1 = d_2 = 40$

$$m_A = \frac{m_l \cdot m_b}{m_l + m_b} = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50$$

$$y_l = 100(\lg l - \lg 10) = 100(\lg l - 1)$$

$$y_b = 100[(\lg b + \lg 0.0015)$$

$$- (\lg 10 + \lg 0.0015)]$$

$$= 100(\lg b - 1)$$

当 $l=10$ $b=10$ 时 $A=0.15$

当 $l=100$ $b=100$ 时 $A=15$

$$y_A = 50(\lg A - \lg 0.15) = 50(\lg A - \overline{1.17609})$$

其计算图如图 7。