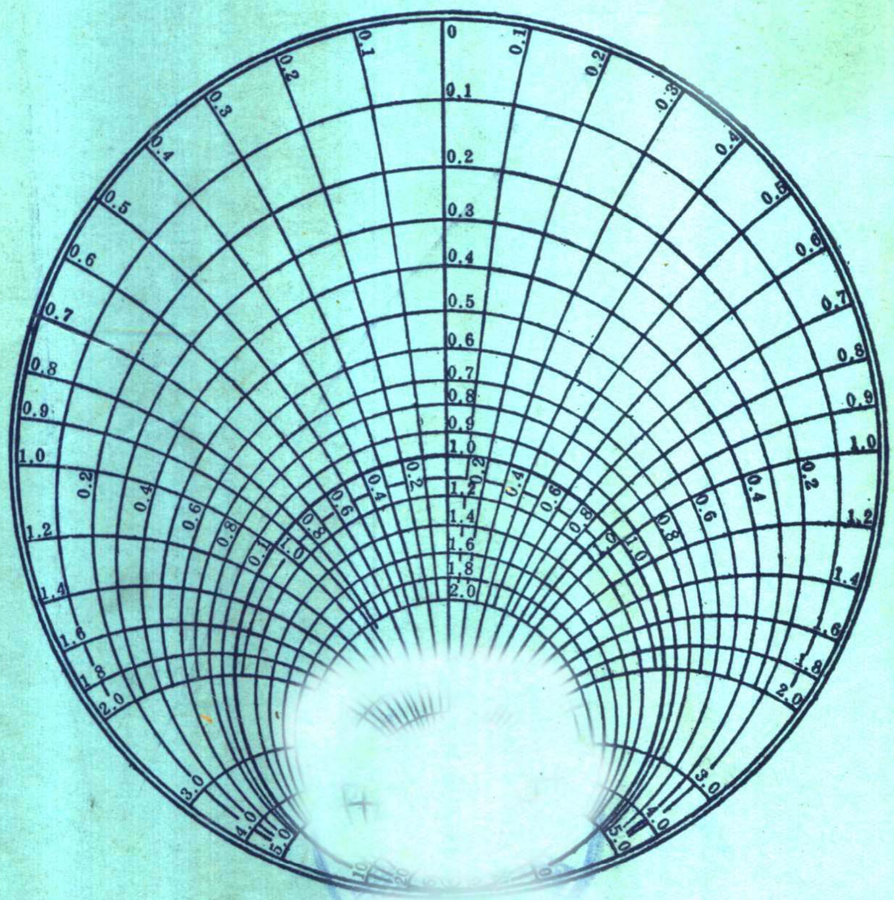
超高频传输线和天线计算图表集



电子技术动态编辑组

内容简介

这本计算图表包括说明书和计算图表104张，基本上能用来求解大部分常见的超高频天线和传输线方面的计算问题。

说明书分成绪论和四章。绪论中扼要地介绍了计算图表的构成原理，绘制技术及使用方法等基础知识。第一章辅助计算图表；第二章超高频传输线计算图表；第三章超高频天线计算图表；第四章传输线与天线的测量技术计算图表。说明书除给出每张计算图表的计算例题外，还介绍了绘制该图表所依据的公式，所以，该说明书尚可作为一本查找超高频传输线和天线的基本计算公式的简明手册。

由于编译水平有限错误之处在所难免，请读者阅后批评指正。

本图表集中除了个别注明的地方外，均采用国际单位制。

说明书的绪论系参考〔苏〕M. B. Пентковский 著“Считающие чертежи (Номограммы)”一书译写，其余各章和全部图表均按照〔苏〕B. M. Родионов 编著的“Линии передачи и антенны СВЧ—Сборник Номограмм”一书译出。

编译　吴大伟

目　录

绪　论

计算图表是一种只需用直尺在图上作置尺手续，而不必通过数字演算就能求出算式答数的计算工具。其作用与常用的计算尺类似。使用计算图表，可以代替复杂的数学运算，节省人力和时间。这种图表用法简单，易于掌握。在计算图表上直接显示了一个方程中各变数间的关系，可以由几个已知变数立即从图表上查出未知数。

计算图表又名列线图，简称算图。这个名词起源于希腊字 $\nu\grave{o}\mu o\zeta$（读音“诺模斯”，意为规律）和 $\gamma\rho\alpha\varphi\omega$（读音“格拉夫”，意即描绘）。总的意思是“有规律的数字图案”，音意结合译为“诺模图”。

为了帮助读者掌握本书所附大量超高频传输线和天线计算图表的使用方法，并培养自己独立绘制计算图表的能力，以下简略地介绍一下有关计算图表的构成原理、使用方法和绘制技巧等方面的基本知识。

0.1 计算图表的构成

计算图表的主要组成部分是图尺。最常见的图尺大多数是直线，但也有少数图尺是曲线。每根图尺对应于一个变数。在每根图尺旁边通常标注有这个变数的数值，我们把这些数值称为标值。图尺上标值的分划，有的是均匀的，称为均等图尺。有的则是不均匀的，称为不均等图尺。当某一变数在计算过程中不需要连续地变化而只需几个固定数值时，那么，对应于这个变数的图尺就可以用某些离散的点来代替，这些离散点称为标值点。

计算图表上往往还有些直线或曲线，它们不带标值，或仅带有均等刻度。这类图尺称为辅助图尺，它们也是进行运算以求得答数所必不可少的。

此外，计算图表上还有一种平时看不到，而往往不需要事先绘出的直线。这种直线一般只是在计算过程中才用直尺临时在图上画出。上述为了求答数而临时作的直线叫做贯线。用贯线与图尺相交的三点求解答数的计算图表一般就称为贯线图。贯线图是计算图表中结构最简单清晰，而使用最为方便的一种。为了便于绘制与使用计算图表，通常尽量采用平行图尺的贯线图。在微波传输线和天线领域内经常遇到的计算与设计问题中，绝大多数计算公式都可以绘制成相应的平行图尺贯线图。

应该指出，每一张计算图表只能用来求解一个方程式。反之，对应每一个新的方程式，必须另行画一张新的计算图表。

对应于相同类型的方程式的计算图表可以是相类似的，而另一方面，类型相同，甚至完全相同的方程式也可以绘制成不同的计算图表。但是，按用同一个方程式画的不同形式的计

算图表来求解，其结果应是一致的。

0.2 常用计算图表的绘制

大多数超高频传输线和天线技术中的计算公式都可以绘成平行图尺的贯线图。这种计算图表结构简单，使用方便，绘制也格外容易。

绘制平行图尺贯线图的主要工作是绘制有关的几根图尺和确定这几根图尺之间的距离。本节将扼要地介绍一下超高频技术中常用的各种贯线图的绘制方法。作为本节的基础知识，我们首先来研究均等直线图尺和对数直线图尺的画法。

1. 均等直线图尺

均等直线图尺在计算图表中是很常见的。这种图尺的方程的普遍形式为：

$$y=mx+a=f(x) \tag{0.1}$$

现在先研究m和a这两个系数的几何意义。当$a=0$时，

$$y=mx.$$

这时，如果以$x=0,1,2\cdots\cdots$分别代入上式，则可以求出$y=0,m,2m\cdots\cdots$等数值。于是可见 $y=mx$ 这一条图尺自坐标原点0开始，而且刻度是均匀的。不难看出，m就是当标值x之差为1时，两相邻标值点之间的距离，详见图1,a。系数m称为图尺系数。加大或减少m会使整个图尺伸长或缩短。

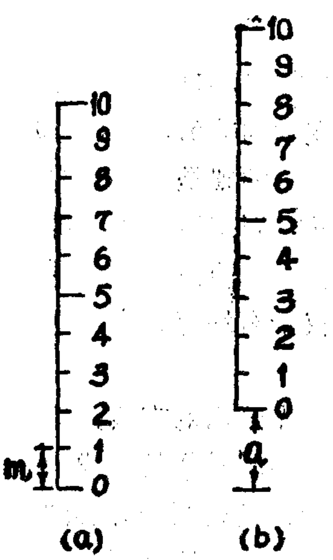


图 1

以上讨论了绘制 $a=0$ 时的均等直线图尺的方法，有了这条图尺再来绘制$a\neq0$时的图尺就甚为容易了。事实上，如果前一图尺的坐标已算出，则求后一图尺中标值相同的各点坐标时，只需把前一图尺各点的坐标加上同一数量a就行了。从几何上看，这就意味着，前一图尺的每一点都应该向上移动一段距离a，换句话说，即整个图尺向上移动了一段距离a，见图1，b。显然，一条图尺相对于$a=0$的图尺位置所移动的距离取决于常数a。

习惯上，标值总是从下往上或从左往右标注，并以这个方向为“正”。反过来为“负”。

如果方程式具有 $y=-mx$ 的形式，那么，它的图尺的标值就应该自上而下地标注。如果a是负数，则图尺应整个向下移动距离a。

图尺系数 m 常常受 x 的变化范围和图尺长度的限制而不为一个整数。这时用普通的直尺或比例尺来绘制均等直线图尺就会十分困难。比较简捷实用的办法是先作一个均等图尺的三角形（见图2），再从这样一个均等图尺三角形上得到比例任意缩小为不同长度的“标准图尺”。图尺三角形的具体使用方法将在下面仔细讲述。

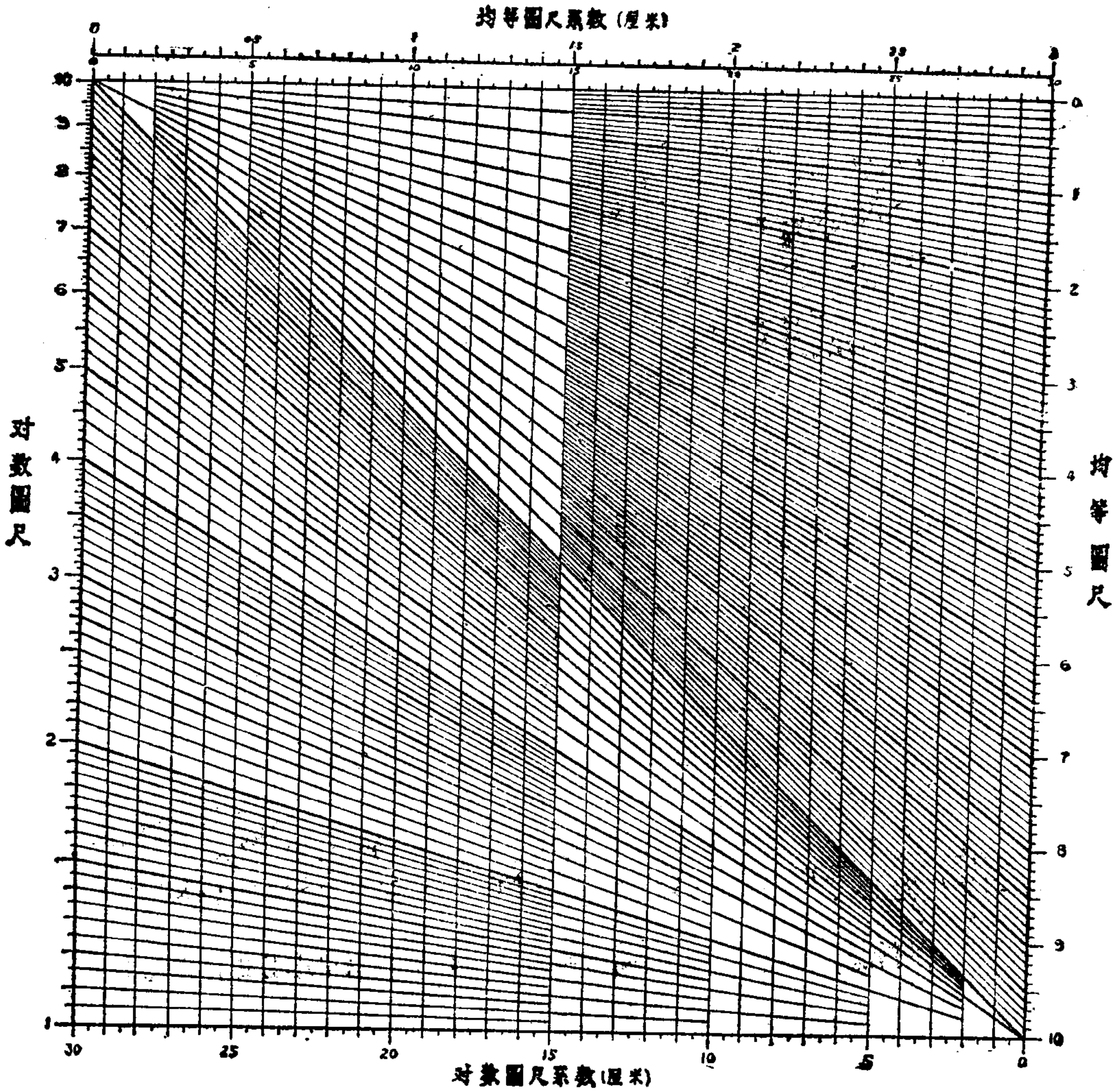


图2 均等图尺三角形和对数图尺三角形

2．对数直线图尺

现在再介绍对数直线图尺。这种图尺方程的普遍形式为：

$$y = m\lg x + a. \tag{0.2}$$

如果以 $x=1,10,10^2,10^3\cdots\cdots$ 代入上式，则可求出 $y=a,(m+a),(2m+a),(3m+a)\cdots\cdots$。由此可见，对于对数直线图尺来说，图尺系数 m 就是图上标值相差 10 倍的两点之间的距离，因为 $(m+a)-a=(2m+a)-(m+a)=(3m+a)-(2m+a)=\cdots\cdots=m$。加大或缩小 m，也会使整个图尺伸长或缩短。在图尺长度已加以规定，且知道 x 的变化范围后，求 m 的方法和均等直线图尺一样。例如，设 x 的变化范围为 1 到 100，要求图尺的长度为 10 厘米，则

$$\begin{aligned} 10\text{ 厘米} &= y_{(x=100)} - y_{(x=1)} = (m\lg 100 + a) - (m\lg 1 + a) \\ &= (2m+a) - (0+a) = 2m \end{aligned}$$

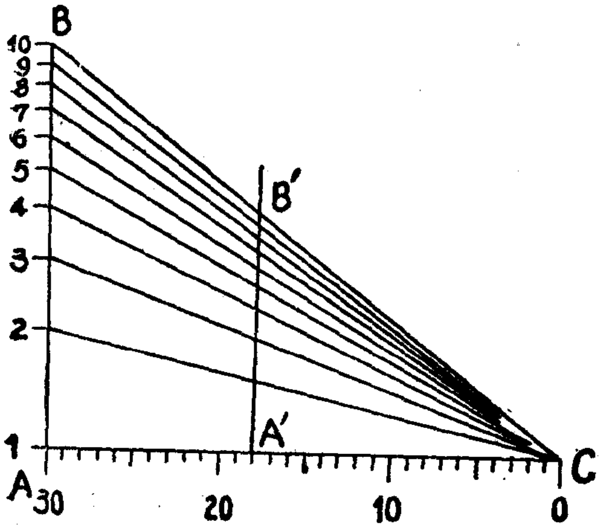


图3　对数图尺三角形示意图

∴　　　$m=5$ 厘米。

常数 a 的几何意义也与它在均等直线图尺方程中时一样，只是使 $y=m\lg x$ 图尺整个向上或向下（视 a 的符号为正还是为负而定）移动一段距离 a 罢了。

死板的绘制对数图尺的方法是把不同的 x 值代入(0.2)式，然后逐点绘出。但是，仿照前面讲过的均等图尺三角形，我们也可以利用所谓对数图尺三角形（图3）来简捷地画出对数直线图尺。

令，$m=30$ 厘米，以 $x=1, 2, 3, 4 \cdots\cdots 10$ 分别代入 $y=m\lg x$，可求出相应的 y 值如下表：

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y,厘米	0	9.03	14.31	18.06	20.8	23.3	25.3	27.0	28.6	30

按上表中 y 的坐标，在 AB 线段上找出各点，分别依次注上1,2,3……10等标值，这样便画成了一根长30厘米，图尺系数为30厘米，x 的变化范围为1到10的对数直线图尺。线段 AC 的长度也是30厘米，但均分为30格。将各标值点与 C 点连成直线，再在线段 AC 上任选一点 A' 引垂线向上，就能得到一条比例缩小了的对数直线图尺 $A'B'$，它的图尺系数就是 AC 线段上所标明的数值 A'。

图2示出了均等图尺三角形和对数图尺三角形，其上画出了小分划，二者且合并为一个图，可供读者自己绘制计算图表的图尺时使用。

前面讲述了利用图尺三角形来快速绘制均等直线图尺和对数直线图尺的方法。对于不均等直线图尺或曲线图尺，则只能根据计算出来的坐标逐点绘制，就象我们前面绘制对数直线图尺三角形（图3）中的 AB 图尺时一样。

按照方程式类型的不同，常用的平行图尺贯线图可以分为单线计算图、平行图尺加法计算图表、平行图尺乘法计算图表、三条直线图尺交于一点的计算图表和“И”型计算图表等几类。下面，我们就来分别讨论这几种计算图表的绘制方法。

3．单线计算图

这是一种最简单易作的计算图表，它适用的方程式具有如下形式：

$$f(x)=KF(y), \qquad (0.3)$$

式中，K 是比例常数；

x、y 是两个变数。

由此可见，只需绘出两根图尺。首先，将式(0.3)两边取对数，则得

$$\lg f(x)=\lg K+\lg F(y).$$

显然，x 图尺和 y 图尺都是对数图尺。等号左边是前面讲过的 $y=m\lg x$ 的形式，等号右边则是 $y=m\lg x+a$ 的形式。

作为例子，我们来绘制频率和波长相互换算用的计算图表。该计算图所依据的公式为

$$f=\frac{C}{\lambda}, \qquad (0.4)$$

式中，f——频率(千赫)，标值范围 100～1000 千赫；

λ——波长(米)；

C——光速，等于 3×10^5 千米/秒。

将式(0.4)取对数得

$$\begin{aligned}\lg f&=\lg3\times10^5-\lg\lambda\\&=5.4771-\lg\lambda。\end{aligned} \qquad (0.5)$$

我们先求 f 尺的图尺系数 m_f。由于式(0.5)左边是 $y=m\lg x$ 的形式，设图尺长度为 16 厘米，则

$$\begin{aligned}16\text{ 厘米}&=m_f\lg1000-m_f\lg100\\&=m_f(3-2)=m_f。\end{aligned}$$

由此，我们应找到对数图尺三角形（图2）AC 边上 16 这一点，由此点引垂线向上即得出 $m=16$ 厘米的图尺，并把它摹绘下来就成 f 图尺 (4, a)。

在绘制 λ 图尺之前，应先推算出对应于 f 标值范围的 λ 的标值范围。分别以 f 的最大值和最小值代入式 (0.4)，即可求得 λ 的最小值为 300 米，最大值为 3000 米。假设图尺长度仍为 16 厘米，同理可得 λ 图尺的图尺系数 $m_\lambda=16$ 厘米。即 λ 图尺与 f 图尺二者的图尺系数相等 $m_\lambda=m_f$。但是式(0.5)中等号右边 $\lg\lambda$ 一项是负号，可见 λ 图尺与 f 图尺的标值方向正好相反。这样，我们可把 $m=16$ 厘米的标准图尺倒着摹绘下来，便得 λ 图尺(图 4, b)。

那么，f 图尺与 λ 图尺的相对位置怎么确定呢？两图尺之间的距离可以是任意的，但必须相互平行。在垂直方面，如果以 f 图尺为基准，则 λ 图尺应向上位移 ($\lg3\times10^5$)。一般，我们当然可以把这一个位移值(5.4771)计算出来，然后把 λ 图尺上移这么

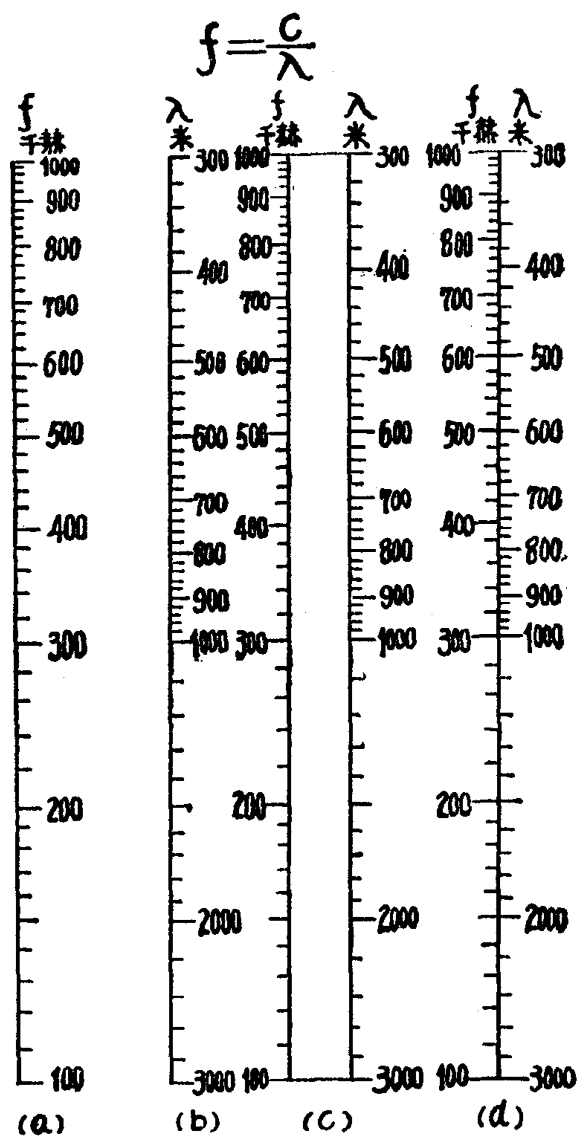


图4 频率与波长换算计算图

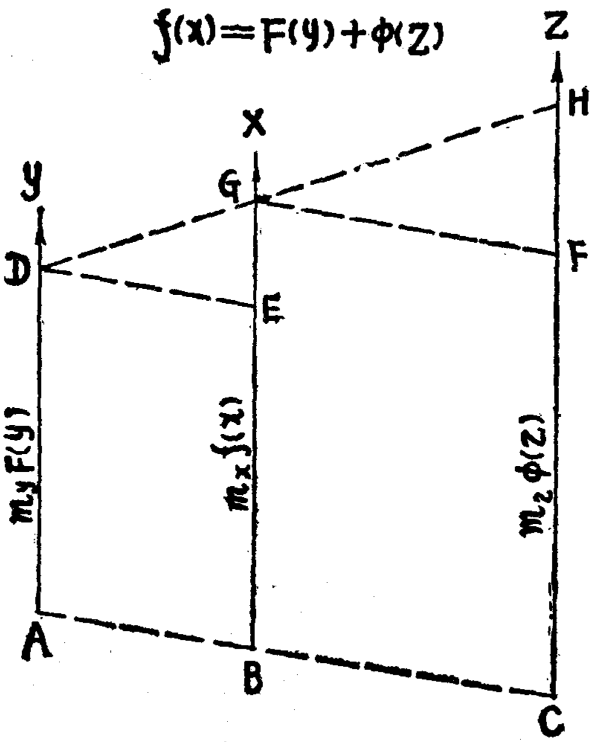


图 5

一个距离来绘出计算图。但是，我们可以用一个更为简捷地办法，即用一个所谓“边界条件”来定出它们的位置。例如，我们将 f 的最大值 1000 千赫（或最小值 100 千赫亦可）代入原式（0.4），于是可求得对应的 λ 应等于 300 米。这时，将 λ 图尺上 300 米一点对准 f 图尺上 1000 千赫一点，那么整个图尺位置就定下来了。绘成的计算图表如图（4, c）所示。为了节省位置和便于使用，在一般情况下，可以将 f 图尺和入图尺共同画在一条直线上，标值则分别注在两侧（4, d）。

4. 平行图尺加法计算图表

这种计算图表对应的方程式具有如下形式：

$$f(x)=F(y)+\phi(z). \qquad (0.6)$$

平行图尺加法计算图表是一种贯线图，它的绘制方法很简单（见图 5）：首先，根据整个计算图表预计的长短和函数 $F(y)$ 中变数 y 的变化范围计算出 $F(y)$ 图尺的图尺系数 m_y，并按此作出 $F(y)$ 图尺。其次，仿上述过程求出 $\phi(z)$ 图尺的图尺系数 m_z，并根据计算图表的宽窄，在适当的位置上作出 $\phi(z)$ 图尺，使它与 $F(y)$ 图尺平行。最后在 $F(y)$ 与 $\phi(z)$ 两图尺之间再画一平行的 $f(x)$ 图尺就行了。$f(x)$ 图尺的水平位置应满足以下条件：

$$n=\frac{AB}{BC}=\frac{m_y}{m_z}, \qquad (0.7)$$

式中，n 叫做位置系数。

$f(x)$ 图尺的图尺系数则由下式算出：

$$m_x=\frac{m_y \cdot m_z}{m_y+m_z}. \qquad (0.8)$$

图尺的垂直位置则与前节所述相似，由边界条件确定。

下面，我们从简单的几何关系上来证明按照上述方法绘成的平行图尺加法计算图能进行加法运算。

在图 5 上画任意一条基线 ABC 和任意一条贯线 DGH。

已知：

$$AD=m_y F(y), \qquad (0.9)$$

$$CH=m_z \phi(z), \qquad (0.10)$$

$$BG=m_x f(x)。 \qquad (0.11)$$

证明：引线段 DE 和 GF，并使 $DE \parallel GF \parallel AC$，则 $\triangle DEG \sim \triangle GFH$

$$\therefore \quad \frac{DE}{GF}=\frac{AB}{BC}=\frac{m_y}{m_z},$$

并且，

$$\frac{EG}{FH}=\frac{BG-AD}{CH-BG}=\frac{DE}{GF},$$

$$\therefore \quad \frac{BG-AD}{CH-BG}=\frac{m_y}{m_z}。$$

整理后得

$$BG(m_y+m_z)=ADm_z+CHm_y.$$

上式除以 $m_y m_z$ 得

$$BG\frac{m_y+m_z}{m_y m_z}=\frac{AD}{m_y}+\frac{CH}{m_z}。 \qquad (0.12)$$

将式 (0.8)—(0.11) 代入式(0.12)即可得

$$f(x)=F(y)+\phi(z)。$$

由此可见，平行图尺可以进行加法运算。

如果方程式中还有一个常数项K，那么，可以把 $\phi(z)$ 与K合起来看成一项，即令 $\phi(z)=\phi(z)+K$。这时，式(0.6)就变为 $f(x)=F(y)+\phi(z)$了。由此另外可知，常数K只不过代表 y 与 z 两个变数的图尺相互之间的一个位移而已。

作为例子，我们来绘制 $x=y+z$ 的计算图表。设 y 值的变化范围为 0—10；z 值的变化范围也是 0—10；要求计算图的尺寸为 120×80 毫米。

显而易见，这里 $f(x)=x$; $F(y)=y$; $\phi(z)=z$；所以三条图尺都是均等直线图尺。

首先，求 y 和 z 两图尺的图尺系数 m_y 和 m_z。由于图尺长度要求为 120 毫米，所以

$$120\text{ 毫米}=m_y(10)-m_y(0)=10m_y$$

$$120\text{ 毫米}=m_z(10)-m_z(0)=10m_y$$

$$\therefore \quad m_y=m_z=12\text{ 毫米}。$$

现在，我们引两根相距 80 毫米的平行线。左边一根绘成 y 图尺，右边一根绘成 z 图尺(图 6)。x 图尺在 y 图尺与 z 图尺之间。根据公式(0.7)确定 x 图尺的位置系数：

$$n=\frac{AB}{BC}=\frac{m_y}{m_z}=\frac{12}{12}=1 \ 。$$

可见 x 图尺恰巧应画在 y、z 两图尺的正中

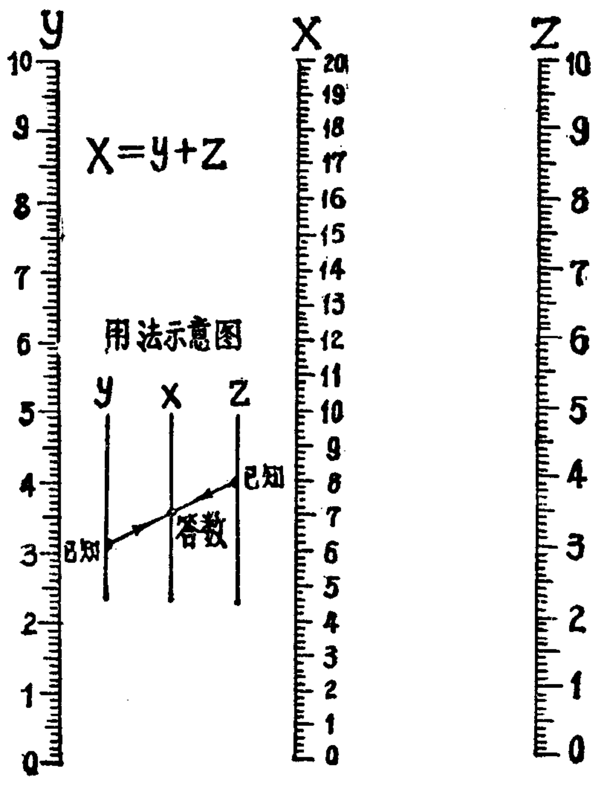


图6 加法计算图

间，即与 y 图尺和 z 图尺的间距相等。而 x 图尺的图尺系数为

$$m_x=\frac{m_y\cdot m_z}{m_y+m_z}=\frac{12\times12}{12+12}=6\text{ 毫米。}$$

当 $y=0$, $z=0$ 时，有 $x=0$。于是，我们可以在 y 尺与 z 尺中央画一根平行线作为 x 图尺。过 y 尺和 z 尺两 0 点连一直线，并将 $m_x=6$ 的标准图尺的 0 点放在这条连线与 x 图尺的交点上，然后向上摹绘出 x 图尺的各个标值。这样就绘成了代表 $x=y+z$ 这个方程式的平行图尺加法计算图表。

5. 平行图尺乘法计算图表

乘法计算图适用的方程式为：

$$f(x)=F(y)\cdot\phi(z).\tag{0.13}$$

上式两边取对数得

$$\lg f(x)=\lg F(y)+\lg\phi(z).\tag{0.14}$$

上式与式(0.6)具有相同的形式，所以，式(0.14)也是一个由三根平行图尺构成的计算图，只不过每根图尺都不再是均等图尺而是对数图尺罢了。当然，不言而喻，确定 x 图尺位置的图尺系数的式(0.7)和(0.8)的关系这里仍成立。

下面我们来绘制一个最简单的乘法计算图表：

$$x=y\cdot z.\tag{0.15}$$

设 y 的标值范围为 1—10； z 的标值范围为 1—100；计算图的大小也是 120×80 毫米。

首先，把 y 和 z 的最小值和最大值分别代入式(0.15)求得 x 的变化范围为 1—1000。其次，令 y 图尺与 z 图尺的长度均为 120 毫米，则

$$120\text{ 毫米}=m_y(\lg10-\lg1)=m_y(1-0)=m_y;$$

$$120\text{ 毫米}=m_z(\lg100-\lg1)=m_z(2-0)=2m_z;$$

$$\therefore\quad m_z=60\text{ 毫米。}$$

$$m_x=\frac{m_ym_z}{m_y+m_z}=\frac{120\times60}{120+60}=\frac{7200}{180}=40,$$

$$n=\frac{AB}{BC}=\frac{m_y}{m_z}=\frac{120}{60}=2,$$

$$x\text{ 图尺距 }y\text{ 图尺的距离}=AC\,\frac{AB}{AB+BC}=AC\,\frac{\frac{AB}{BC}}{\frac{AB}{BC}+1}=AC\,\frac{n}{n+1}=\frac{2}{2+1}\times80\text{毫米}$$

$$=53.3\text{毫米。}$$

根据以上几个数值，我们先画两条相距 80 毫米，长度为 120 毫米的平行线。再从对数图尺三角形(图 2)上找到图尺系数为 120 毫米的标准图尺，并将它描在左边一根图尺上便成 y 图尺。另外从对数图尺三角形上找到图尺系数为 60 毫米的标准图尺，并把它描在右边的一根图尺上(需把标准图尺沿线移动一次)，并注以 1—100 标值便成 z 图尺。然后，在离左边的 y

图尺 53.3 毫米处引一条平行线，以它与 y、 z 两图尺标值为 1 的两点连线的交点为 1，把图尺系数为 40 毫米的标准图尺描下来（需要移动标准图尺两次）并注以 0—1000标值，便为 x 图尺。这样，整个计算图表(图 7)就绘制完成了。

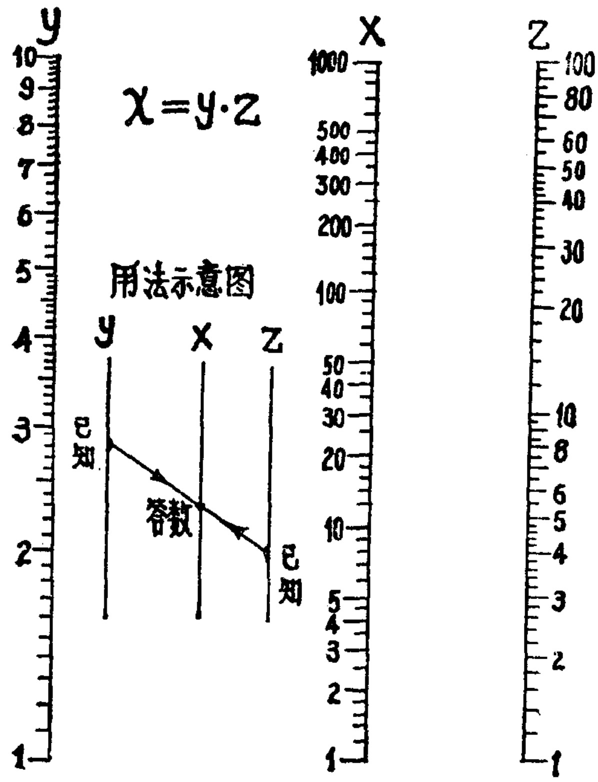


图7　乘法计算图

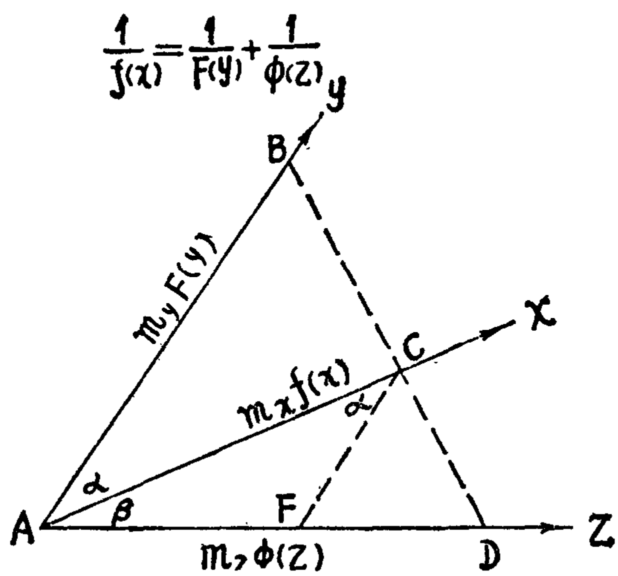


图 8

平行图尺乘法计算图表在超高频输线和天线技术领域中遇到的机会最多。

6. 三条直线图尺交于一点的计算图表

这类计算图表适用的方程式的普遍形式为

$$\frac{1}{f(x)}=\frac{1}{F(y)}+\frac{1}{\phi(z)}。\tag{0.16}$$

这种贯线图是这样绘成的(参见图 8)：先根据计算图表的大小算出 $F(y)$及 $\phi(z)$两条图尺的图尺系数 m_y 和 m_z。作两条相交的直线 AY 与 AZ，自 A 向 Y 注上 $F(y)$ 标值，自 A 向 Z 注以 $\phi(z)$标值。然后通过 A 点再引一条直线 AX，它把 $\angle YAZ$ 分为 $\angle\alpha$ 和 $\angle\beta$ 两部分，$\angle\alpha$ 和 $\angle\beta$ 应满足如下关系：

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{m_z}{m_y}\tag{0.17}$$

最后，在直线 AX 上自 A 向 X 注上 $f(x)$的标值。$f(x)$ 图尺的图尺系数由下式算出：

$$m_x=m_z\frac{\sin(180^\circ-\alpha-\beta)}{\sin\alpha}\tag{0.18}$$

这个计算图就能用来求解式(0.16)了。下面来证明一下：

如果在 $F(y)$和$\phi(z)$图尺上分别任选一点 B 和 D，引贯线 BD，与 $f(x)$图尺相交于 C 点，

于是可得

$$AB=m_yF(y);$$
$$AD=m_z\phi(z);$$
$$AC=m_xf(x).$$

引 $CF \parallel BA$，则 $\triangle FDC \sim \triangle ADB$.

$$\therefore\quad \frac{FC}{AB}=\frac{FD}{AD}=\frac{AD-AF}{AD}。\tag{0.19}$$

根据三角学中的正弦定理，在$\triangle ACF$ 中有：

$$\frac{FC}{AF}=\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}=\frac{m_y}{m_z};\tag{0.20}$$

$$\frac{AF}{AC}=\frac{\sin\alpha}{\sin\angle CFA}=\frac{\sin\alpha}{\sin(180^\circ-\alpha-\beta)}。$$

$$\therefore\ AF=\frac{\sin\alpha}{\sin(180^\circ-\alpha-\beta)}\cdot AC=\frac{\sin\alpha}{\sin(180^\circ-\alpha-\beta)}\cdot m_xf(x)。$$

将式(0.18)代入上式，即得

$$AF=\frac{\sin\alpha}{\sin(180^\circ-\alpha-\beta)}\cdot f(x)\,m_z\cdot\frac{\sin(180^\circ-\alpha-\beta)}{\sin\alpha}$$

$$AF=m_zf(x).\tag{0.21}$$

把上式代入式(0.20)，得

$$FC=\frac{m_y}{m_z}\cdot AF=m_yf(x)。\tag{0.22}$$

把式(0.21)和(0.22)分别代入式(0.19)，得

$$\frac{m_yf(x)}{m_yF(y)}=\frac{m_z\phi(z)-m_zf(x)}{m_z\phi(z)}$$

$$\frac{f(x)}{F(y)}=\frac{\phi(z)-f(x)}{\phi(z)}$$

$$\frac{1}{F(y)}=\frac{\phi(z)-f(x)}{\phi(z)f(x)}=\frac{1}{f(x)}-\frac{1}{\phi(z)}$$

亦即
$$\frac{1}{f(x)}=\frac{1}{F(y)}-\frac{1}{\phi(z)}。$$

下面作一个例题：

$$\frac{1}{x}=\frac{1}{y}-\frac{1}{z}。\tag{0.23}$$

设 y 值的变化范围为 0—15；z 的变化范围为 0—10；计算图表的大小不超过 150×100 毫米。由式(0.23)可见，$f(x)=x$；$F(y)=y$；$\phi(z)=z$，故三根图尺都是直线均等图尺。设 z 图尺长为 80 毫米，可算出 $m_z=8$ 毫米；为了绘制方便，我们令 $m_y=8$ 毫米。y 的变化范围已给

定为 0—15，则 y 图尺的长度为 $15\times 8=120$ 毫米，不超过 150 毫米，合符要求。

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{m_z}{m_y}=1,$$

$$\therefore \qquad \alpha=\beta.$$

为了绘制方便，选择 $\alpha=\beta=45°$,则

$$m_x=m_z\frac{\sin(180°-\alpha-\beta)}{\sin\alpha}=8\cdot\frac{\sin 90°}{\sin 45°}$$

$$=8\sqrt{2}=11.15\ \text{毫米}。$$

根据以上算出的m_x、m_y、m_z、α 和 β 等数据，即可绘制出相应的计算图表，如图 9 所示。

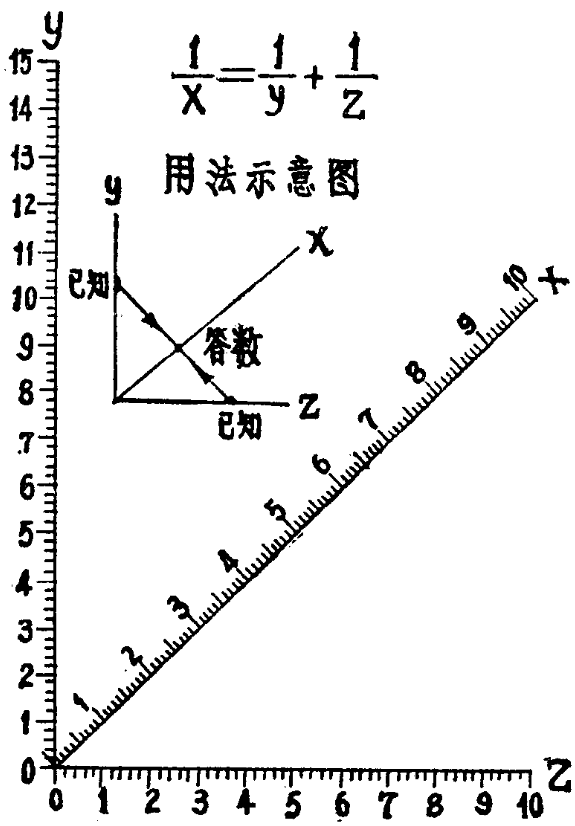


图 9

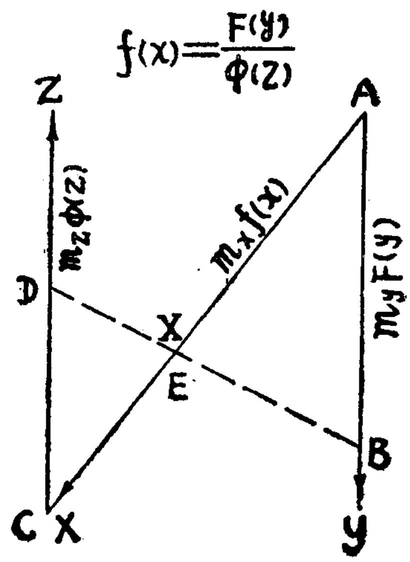


图 10

7. “И” 形计算图表

“И” 形计算图表所对应的方程式的一般形式为：

$$f(x)=\frac{F(y)}{\phi(z)}。\qquad (0.24)$$

绘制这类计算图表(见图 10)时，也是先根据给定的计算图的尺寸求出 $F(y)$和 $\phi(z)$两图尺的图尺系数 m_y 及 m_z。然后选择适当的距离画两条平行线。右边一条直线作$F(y)$图尺，自上向下注以标值；左边一条直线作 $\phi(z)$图尺，自下向上注以标值。通过此两图尺的零点 A 和 C 连接一条线段 AC，便是 $f(x)$图尺。任一标值点 x 与 A 点的距离 AX 由下式决定：

$$AX=\frac{ACm_yf(x)}{m_z+m_yf(x)} \tag{0.25}$$

下面将证明式 (0.24) 可绘制成"И"形计算图表。

在 $F(y)$ 和 $\phi(z)$ 两图尺上分别任选一点 B 和 D，连接贯线 BD，与 $f(x)$ 图尺相交于 E 点。已知，

$$AB=m_yF(y), \tag{0.26}$$

$$CD=m_z\phi(z), \tag{0.27}$$

$$\therefore \quad \triangle ABE\sim\triangle CDE,$$

$$\therefore \quad \frac{AB}{CD}=\frac{AE}{EC}=\frac{AE}{AC-AE}。 \tag{0.28}$$

根据式(0.25)，有

$$AE=AC\frac{m_yf(x)}{m_z+m_yf(x)}。 \tag{0.29}$$

将式(0.26)、(0.27)和(0.29)代入式(0.28)，得

$$\frac{m_yF(y)}{m_z\phi(z)}=\frac{\dfrac{ACm_yf(x)}{m_z+m_yf(x)}}{AC-\dfrac{ACm_yf(x)}{m_z+m_yf(x)}},$$

化简后，即得

$$\frac{F(y)}{\phi(z)}=f(x)。$$

这种计算图表中 $f(x)$ 图尺的位置是肯定的，无需另求，但其上各标值点的位置则需以不同的 $f(x)$ 值代入式 (0.25) 逐点求出。即使在 $x=\dfrac{y}{z}$，且两图尺系数相等(即 $m_y=m_z=m$)的最简单的情况下，$f(x)$ 图尺上各标值点的位置 $AX=AC\dfrac{x}{1-x}$ 也得逐点确定，因为 $f(x)$ 图尺既非均等直线图尺，也不是对数直线图尺，所以只好逐点求出。

"И" 形计算图表是具有两条平行均等图尺的除法计算图表。因为这种图表的形状与俄文字母"И" 的形状一样，所以通常被称为"И"形计算图表。

例：试绘制已知直角三角形两直角边 a 和 b，求锐角 α 的计算图表。要求图表的尺寸为 75×75 毫米。

a 和 b 与 α 之间有下列三角函数关系存在：

$$\mathrm{tg}\alpha=\frac{a}{b} \tag{0.30}$$

比较式(0.30)和(0.24)，有

$$f(x)=\mathrm{tg}\alpha; \qquad F(y)=a; \qquad \phi(z)=b.$$

由此可见，a 和 b 是两条直线均等图尺。