

# 图像调频处理探讨

朱元泓 金卫红 张良培

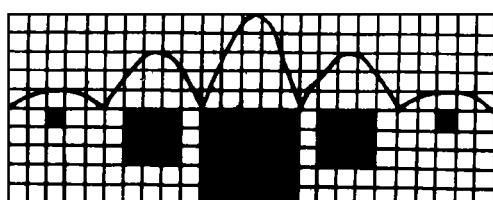
(武汉测绘科技大学印刷工程学院,武汉市珞喻路 39号,430070)

**摘要** 提出了为调频加网的 3种基本网格,并以像区网格为基础对图像进行调频处理。为了改善图像复制质量,使图像真正达到频率调制效果,又提出了与像区网格相应的调值矩阵和细节位置矩阵,通过它们的逻辑运算而获得调频图像。

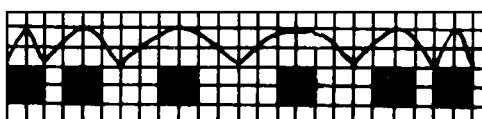
**关键词** 像区网格;调值矩阵;细节位置矩阵;细节检索

**分类号** P28& TS823

“幅度”和“频率”这两个概念原本于通讯技术中表示电磁波的特性,频率定义为单位时间内波长数,幅度定义为波的高度。如果保持波的幅度恒定而改变频率,则称为频率调制;如果保持相同频率而幅度变化,则称为幅度调制。在图像加网时则把网点视为“波”,频率为单位长度内网点数,幅度表示网点大小。若一幅图像上网点大小相同,而网点之间的距离变化,则称为频率调制结构;若保持网点之间距离相同而改变网点大小,则称此图像为幅度调制结构(图 1)



(a)幅度调制: 网点面积变化,点距相等



(b)频率调制: 网点距离变化,面积相等

图 1 幅度调制与频率调制的涵义

传统的网点的幅度调制具有不少缺点。虽然网点的幅度调制能使印刷图像在一定意义上还原为连续调制图像,但是精细的网点在复制过程中不能稳定转移,当网点开始封闭时会导致中间调值断裂。

幅度调制图像结构不仅密度范围受到限制,而且它的分辨力也受到限制,不可能达到照相图像的分辨力(照相图像一般达到 200l p/cm)。

在多色叠印中,由于分色网目图像的叠印,常常会出现比网点大得多的图形结构——“莫尔纹”。这种现象只有当网目线数很高(约高于 200l p/cm),并且以最佳网目角度叠合时才不会被视觉察觉。

由于以上 3个缺陷,决定了网点的幅度调制只能较近似地模拟照相原稿。为了使复制品能与相片质量媲美,我们从理论上和实践上对调频图像结构进行了探索。

## 1 调频图像网格的考虑

在印刷过程中,网点越大,印刷过程越稳定,精细的网点会导致各种转印问题。因此在印刷中不应该出现小于最小可印点(光洁纸张上直径为 $11\mu\text{m}$ ,较粗糙纸张上直径为 $20\mu\text{m}$ )的微型结构。

低于最小可印点也无必要,因为照片图像的“色粒”也能达到这个尺寸。银盐图像上亮调部位有较小的“正色粒”,而在暗调部位由于色粒扩展,实质上也具有较小的“负色粒”。所以在印刷中,阳点和阴点都应具有相同的最小直径。整个图像在记录时都应划分为相同的面积元,每个面积元或者被着墨(阳点)或者不被着墨(阴点)。面积元只能比最小可印点大几倍,因为它们一方面要大于最小可印点,另一方面又要达到尽可能高的记录线数。我们把这种经过选择的最小可印点称为记录网格。

在照相图像上,不同的阶调以频率调制方式达到。在亮调部位一个较小的像区包含着较少的银粒,在暗调部位相同大小的像区有较多银粒。同样,在印刷图像中越亮的部位被着墨的记录网格越少,越暗的部位被着墨的记录网格越多。所以照相阶调调制原理也可用于印刷图像。

为了获得照相图像的阶调,我们将它划分为相同大小的像区。把每个像区的银粒数作为阶调值,密度范围与像区大小无关。在最低密度时,这种像区内无银粒出现;在最高密度时,像区完全变黑。在印刷图像中同样存在这种极端情况,使调频图像结构的密度范围只受实地密度与未被着墨的白纸密度的限制。

记录网格的精细度根据转印过程的最小可印点而定,而像区的大小与阶调级有密切关系。在极端情况时,像区仅由一个记录网格组成,这个网格或者被着墨或者不被着墨,因此记录时只有两个阶调级。我们可以让像区包含任意数目的记录网格。如果一个像区由 $K$ 个记录网格组成,那么该像区的阶调级数 $Z$ 为:

$$Z = K + 1$$

阶调级数目至少应使印刷图像在视觉上不能有可分辨的级差,从而显示连续效果。肉眼一般能区分70个阶调,因此印刷图像要求至少100个阶调级才不致出现阶调跃变。

我们可以不改变一幅图像中像区的大小,亦即按像区大小将图像划分为像区网格。如果将像区网格与记录网格叠置,图像在记录时就进行了两次格网划分,即首先进行像区网格划分,然后以记录网格将像区进一步细分(图2)。

如果记录网格宽度为 $25\mu\text{m}$ ,相应像区

网格宽度至少应为 $250\mu\text{m}$ (因为至少要求100个阶调级)。

乍一看来,调频图像结构的像区网格与调幅网目图像结构相似。然而,我们可以选择像区网格线数(例如 $40\text{lp/cm}$ )比调幅网目印刷线数(约 $50\sim 80\text{lp/cm}$ )低得多。

当然调频结构的分辨力也不会因此而降低。因为从本文的考虑出发,调频图像结构的分辨力与像区大小无关,因此也与像区网格精细度无关。可把像区网格理解为一种从属的为阶调级复制所需要的网格,因此不能与调幅图像结构的网目相比较。

调频图像结构的分辨力主要取决于用何种分辨力扫描原稿。扫描时与调幅结构扫描一样,

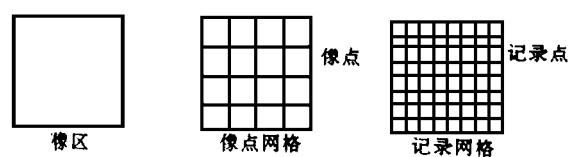


图2 3种网格及其关系

需将原稿分割为细小像点,从而将图像划分为像点网格(见图2),但是调频与调幅结构的扫描分辨力有明显区别。照相图像的分辨力一般超过200lp/cm,要使调频图像达到这个分辨力,就必须使用精细的扫描像点网格扫描。因此,调频图像结构的像点网格明显高于调幅结构的像点网格。

从上述知道,像区可以用记录网格细分,同样,一个像区网格也可细分为扫描像点网格。因此,我们把调频图像的调频加工建立在像区加工的基础上(见本文后部分“不同细节的像区叠置”。

扫描像点网格可以达到记录网格的精细度,这时每个像点可以两个阶调级记录,它或者是着墨点或者是非着墨点。我们可使扫描像点网格宽度大1倍,这时每个像点网格包含4个记录网格,使每个像点的阶调级达到5个(在图7中每个像点包含9个记录网格)。这样,一方面与照相图像按其分辨力划分的像点网格内的阶调级数相近,另一方面可适当降低扫描分辨力。

## 2 阶调复制与分辨力的关系

扫描获得的图像数据是原稿的亮度值。借助计算机处理(见实验部分),可将输入的亮度值转换为印刷记录点输出。扫描像点网格将原稿划分为像元,记录网格用以还原各像元的亮度值。在调幅图像中,扫描像点网格的精细度 $L_s$ 必须与记录网格的精细度 $L_r$ 和阶调级数 $n$ 相匹配,即 $L_s = L_r / \sqrt{n}$ 。

在调频图像结构中,不仅阶调级数要超过人眼的临界分辨力(100级以上),也要使分辨力达到照相图像的分辨力。这就要求扫描像点网格精细度要达到200lp/cm以上(例如为250lp/cm),记录网格精细度达到500lp/cm。此时可复制的阶调级只有5个。不过我们可在调频图像结构中通过对像区的处理而达到必要的阶调级数量。像区的大小,亦即像区包含的扫描像点网格数量可以任意选取。例如(见图6),一个像区包含有 $6 \times 6$ 个扫描像点网格,每个扫描像点网格只含9个记录网格,只能复制10个阶调级,而每个像区含有324个记录网格。如果把像区作为加工单元,则324个记录网格可复制325个阶调级。当然,我们也可设计像区只复制100个阶调级。

## 3 图像细节还原的考虑

一幅图像上有许多细节。我们可以根据亮度差和细节轮廓来辨别和评价一个图像细节。在使用频率调制时辨别图像细节十分重要,因为每个细节在记录时都具有与阶调相应的频率。

原稿经光学扫描后贮存的图像数据中,一个图像细节可以这样表示:具有相同阶调值或相同密度值的 $n$ 个相邻的像点属于同一图像细节。例如考虑一个 $8 \times 8$ 像点组成的像区,在图像数据库中它是一个包含 $8 \times 8$ 个亮度值的矩阵。根据每个像点的亮度值可区分各个图像细节(图3)。每个图像

33	35	31	81	76	80	82	79
30	32	34	36	79	51	52	50
7	5	7	30	51	50	49	42
18	15	7	33	7	48	43	41
16	17	19	41	5	41	39	42
19	16	29	43	6	8	22	25
15	28	31	9	7	9	23	24
5	8	6	6	8	6	7	22

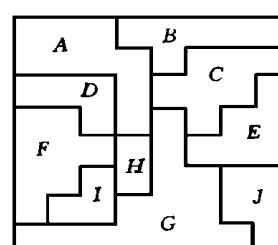


图3 图像细节按亮度级划分

细节包含的像点的亮度值大致相同,彼此相邻。一个细节的范围就是它包含的各像点在矩阵中的位置分布,一个细节的阶调值就是它包含的各像点的亮度平均值。

原稿进行光电扫描时,不会完全消除噪声,扫描获得的同一细节的各像点的亮度值互有偏差。这时,细节的轮廓这样辨别:属于某一细节的像点的亮度与其中值亮度之差远远小于其它像点亮度与该中值亮度之差。因此,只要噪声很小,就能给定细节的中值亮度与属于该细节的像点亮度之间的最大差值。

#### 4 在调频图像中避免“莫尔纹”的考虑

在调频图像结构中印刷点的排列取决于阶调值,使印刷点之间的距离与阶调值相匹配。然而,当阶调值恒定时可能出现印刷点的规则排列,导致多色印刷时的“莫尔纹”。为了避免这种情况,我们将频率调制网格与一个随机网格相互叠置,用以模拟照相原稿的图像结构。

在照相连续调图像上银粒就是随机分布的。印刷点的随机分布理论上可以借助随机辅助矩阵达到。例如,一个  $4 \times 4$  矩阵,在 16 个网格中随机分布 1, 2, …, 16 等 16 个数字,形成一个随机矩阵(图 4)。

9	16	12	6
14	7	3	5
4	11	15	1
8	2	10	13

临界值比较,例如  
临界值 = 3

			×
			×
×			

图 4 印刷点随机分布原理

图 4 中的随机矩阵相当于由 4 个像点构成的一个细节。通过随机矩阵中的随机元素和阶调值的比较找到一个临界值,小于临界值的随机数即为印刷点,构成印刷矩阵。本例与阶调值相应从随机矩阵中选取 1, 2, 3 作为印刷矩阵中印刷点位置,其余点不着色。

这种方法以随机数与阶调信号比较为基础,被用于喷墨打印机中。它的缺点是印刷点的分布完全由随机数的分布决定,所以可能由于随机程度不高,出现印刷点堆积;或者由于随机数分布位置的变化不大,出现难看的结构。

为了避免这种情况,我们尽可能地使用频率调制原理。根据一个细节的面积百分比,将细节划分为若干分块。设在一个细节内印刷点数量为  $n_p$ ,记录点数量为  $n_r$ ,分块的数量为  $n_i$ ,则有:

$$n_i = n_r / n_p$$

然后,在每个分块中只需取一个随机数作为印刷点。例如,细节调值  $F = 25\%$ ,  $n_r = 16$ ,  $n_p = F \cdot n_r = 25\% \times 16 = 4$ (4 个印刷点),  $n_i = n_r / n_p = 16 / 4 = 4$ ,把图像细节分为 4 个分块,每个分块包含 4 个记录点,在每个分块中选取一个记录点(随机数)作为印刷点(图 5)。

9	16	12	6
14	7	3	5
4	11	15	1
8	2	10	13

图 5 细节分块和印刷点选取

如果某个细节的面积百分比小,可以让分块中少数记录点产生随机数,而其它元素(如分块的边缘点)不给予随机数,这样可使印刷点的分布较均匀。

#### 5 不同细节的像区叠置

在根据一个细节的阶调值计算了印刷点分布之后,还必须用一个附加信号表示像区内这

个细节的位置分布。我们使用了一个辅助矩阵,它的大小与像区大小相应。对每个细节都产生一个相应的辅助矩阵,每个辅助矩阵中包含的记录点范围不同,这种辅助矩阵我们称为“细节位置”矩阵  $DTM_i$ 。在矩阵  $DTM$  中属于第  $i$  个细节的记录点用  $\blacksquare$  表示(图 6),不属于第  $i$  个细节的用  $\square$  表示。前节中所产生的印刷点按阶调值分布,也是一个辅助矩阵,把它叫作“阶调矩阵”  $TNM_i$ 。将两个辅助矩阵叠置,即用逻辑与“ $\&\&$ ”将  $TNM$  和  $DTM$  结合可得到第  $i$  个“分印刷矩阵”  $PPM_i$ ,这样,如果像区内有  $k$  个细节,便要生成  $k$  个分印刷矩阵:

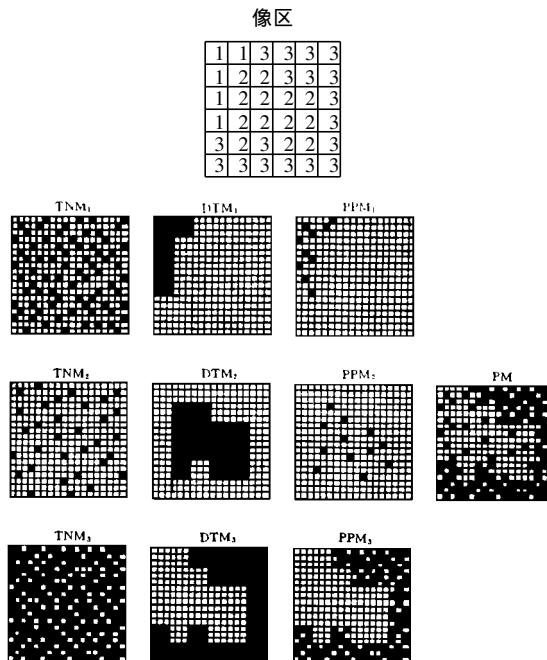


图 6 不同细节的像区叠置

$$PPM_1 = TNM_1 \&\& DTM_1$$

$$PPM_2 = TNM_2 \&\& DTM_2$$

.....

$$PPM_k = TNM_k \&\& DTM_k$$

分印刷矩阵  $PPM_i$  也是具有像区大小的一个逻辑矩阵。在分印刷矩阵中,所有位于细节以外的记录点都为  $\square$ ,所以在一个像区内可通过逻辑或“ $\parallel$ ”将  $k$  个分印刷矩阵叠置,从而,得到了一个像区的印刷矩阵  $PM$ :

$$PM = PPM_1 \parallel PPM_2 \parallel PPM_3 \parallel \dots \parallel PPM_k$$

## 6 实验

根据以上原理,我们用 C 语言编制调频图像处理程序。调频加网实验是在一幅幅面为 500  $\times$  500 的武汉地区遥感数字图像上进行的。所设计的调频网点系统的主要结构如图 7

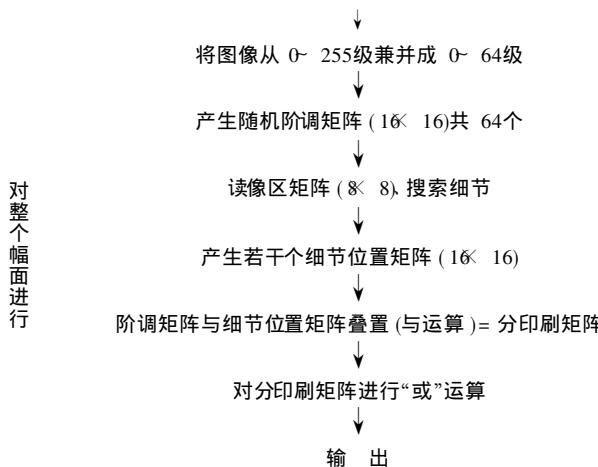


图 7 图像随机加网系统主要结构

该系统算法较为复杂。上述幅面在普通 386微机上运行时间为 4 min,作者正致力于改善某些关键算法,以加快处理速度。本文以理论探讨为主,系统运行后的图像复制质量从理论上是可行的,但是,由于条件限制尚未得到硬拷贝。

## 参 考 文 献

- 1 Wolfgang G. Raumbezogene Informationssysteme. Wichmann, 1987.
- 2 高鸿飞.彩色印刷质量管理的测试方法及工具.北京:印刷工业出版社, 1988.
- 3 王 选.调频网与高保真度彩色印刷.今日印刷, 1995(4)

# Research On Frequency Modulation of Images

Zhu Yuanhong Jin Weihong Zhang Liangpei

(School of Printing Engineering, W TU SM , 39 Luoyu Road, Wuhan, Chian, 430070)

**Abstract** This paper puts forward three basic nets for the frequency screen. Based on the picture field pattern, images have been modulated frequently. In order to improve reproduction quality and to gain real frequency effect, tone value matrix and detail position matrix responding to field patterns were advanced. The frequency images will be produced by means of their logic calculations.

**Key words** picture field pattern; tone value matrix; detail position matrix; detail detection