

表2 常用含氮化合物中 ^{14}N 的 NQR 频率

频段 (MHz)	核 试 样	文献报道的 NQR 频率 (MHz)	本文谱仪测试的 S/N
2—2.5	尿素 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	2.292(21°C)	
2.5—3	对氯苯胺	2.7694(19°C)	40
3—3.5	对氯苯胺 乌洛托品 $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$	3.2645(19°C) 3.3062(26.6°C)	50 100
3.5—4	亚硝酸钠 NaNO_2	$\nu_- = 3.757(77\text{K})$	65 (室温时)
4—5	亚硝酸钠 NaNO_2	$\nu_+ = 4.929(77\text{K})$	40 (室温时)

量其共振频率(即振荡器的频率)。首先由于超再生振荡器工作于间歇振荡状态,要准确测定其振荡频率,必须配置特殊的测频设备;其次超再生法对某一频率的 NQR 信号会检出一系列除主峰以外的侧峰,在一系列谱峰中确定主峰后,才能测量其频率。

零拍法测量 NQR 频率及判断主峰在超再生振荡器中是这样运用的。选定一 NQR 信号峰为主峰,与高频发生器的信号差拍对齐后,改变一下猝灭频率 f_0 ,再扫频检测此信号,该信号峰在改变 f_0 前后不应移动位置。若移动,则该信号峰不是主峰,再另选主峰。因主峰是中心线,不依赖于猝灭频率 f_0 的改变而移动位置的。

由于超再生谱仪固定主峰的困难,以及超再生振荡器的中心频率和猝灭频率有关,所以其 NQR 频率测量精度较低,一般不优于 $\Delta\nu/5$, $\Delta\nu$ 为谱线宽度。

参 考 文 献

[1] H. G. Dehmelt, H., Kruger *Naturwissenschaft-*

ten, **37** (1950), 111.
 [2] T. P. Das, E. L. Saha, *Nuclear Quadrupole Resonance Spectroscopy, Solid State in Research and Application, Supplement I*, Academic press, (1958).
 [3] E. A. C. Lucken, *Nuclear Quadrupole Coupling Constants*, Academic Press, (1969).
 [4] *Advance in Nuclear Quadrupole Resonance, Vol. 1—4 (1974—1980)*, Edited by J. A. S. Smith, Heyden.
 [5] J. A. S. Smith, D. A. Tong, *J. Phys. E.*, **1**(1968), 8—14.
 [6] V. H. Subramanian et al., *J. Phys. E*, **14** (1981), 870—874.
 [7] J. C. Harding et al., *J. Mag. Res.*, **36**(1) (1979), 21—33.
 [8] V. Harihara Subramanian et al., *J. Phys. E*, **14** (1981), 870.
 [9] 邬学文, *华东师范大学学报(自然科学版)*, **1** (1965), 39.
 [10] 潘麟章、俞永勤, *仪器仪表学报*, **4-2**(1983), 206—212.
 [11] R. J. Carpenter, et al., *J. Phys. E*, **3-11** (1970), 922.
 [12] 潘麟章、俞永勤, *物理学报*, **28**(1979), 447.
 [13] C. T. O. Kanski, et al., *J. Chem. Phys.*, **51** (1969), 461.
 [14] Lucien Guide, *Ann. Phys.*, **7**(1962), 177.

一种辐射的正弦调制器设计

李学全 张绍举 李建林

(昆明物理研究所)

红外探测器 D^* 参数^[1]测量装置中,黑体辐射调制为正弦调制,而常用的圆光栏和扇形齿调制盘构成的调制器为非正弦调制。本文介绍一种正弦调制器的设计方法。

辐射调制器由光栏和调制盘组成,正弦调制器设计可归结为正弦光栏设计。因通过光栏的辐射强度与光栏面积的大小成正比,只要设计制造一面积按正弦规律变化的正弦光栏,调

制齿扫过这一光栏，就能将通过光栏的辐射调制成正弦波。

一、设计公式

设计正弦调制器，光栏须和调制齿配对设计。下面介绍两个设计式：配矩形齿正弦光栏设计式和配扇形齿正弦光栏设计式。前者简单，将作详细推导；后者繁杂，只列出结果。

1. 配矩形齿正弦光栏设计式

如图 1(a) 所示，和矩形齿 $MNPQ$ 相配的正弦光栏为 $ABCD$ ，该正弦光栏上下左右形状对称，对称部分面积相等，因此只谈半个光栏设计即可。我们讨论左半正弦光栏设计。

一个调制齿从开始遮挡至完全释放光栏产生一个调制波，因此齿遮半个光栏产生 $1/4$ 个调制波。矩形齿 $MNPQ$ 从左向右运动遮完正弦光栏左半产生的 $1/4$ 个正弦波如图 1(b) 所示。现要解决的问题是，如何根据这 $1/4$ 个正弦波去求左半光栏图形。具体地说，求光栏轮廓 \widehat{AB} 和 \widehat{BC} 。若左半正弦光栏上下也对称，

则最终是求轮廓 \widehat{AB} 。

与圆光栏不同，正弦光栏有两个直径，竖径 AC 和横径 BD 。为求轮廓 \widehat{AB} ，将横半径 BO 等分 N 段，每段长为 a ，过各分点 F 作 BO 的垂线如 A_1F_1, A_2F_2, A_3F_3 等，这些线长分别用 Y_1, Y_2, Y_3 等表示，只要求出这些 Y 值，就可描出轮廓 \widehat{AB} 。为此，将 $1/4$ 个正弦波 ωt 的 90° 等分成 N 个 α 角；幅度坐标用面积 S 表示，波幅变化即表示齿遮光栏面积变化。半波最大幅值 S_m 即光栏之半的面积，某 α 角的正弦波下降幅值即相应时刻的齿遮光栏面积。正弦波任意时刻幅值一定，相应时刻齿遮光栏面积可求，从而求得光栏轮廓 \widehat{AB} 各点高度 Y_1, Y_2, Y_3 等值。现对 \widehat{AB} 轮廓的求解式作推导。

(1) 求 Y_1 ：此时调制齿进入光栏，始边 MN 位于 BO 于 F_1 ，齿遮光栏面积为等腰三角形 A_1BC_1 。三角形 $A_1BC_1 = BF_1 \cdot A_1F_1 = aY_1$ 。因三角形 A_1BC_1 就是图 1(b) 正弦波在 $\omega t = \alpha$ 时的下降幅值，该值在图 1(b) 所取坐标中为 $S_m(1 - \cos \alpha)$ ，故得

$$aY_1 = S_m(1 - \cos \alpha),$$

$$\therefore Y_1 = \frac{S_m}{a}(1 - \cos \alpha). \quad (1)$$

(2) 求 Y_2 ：此时 MN 位于 BO 于 F_2 ，齿遮光栏面积为等腰三角形 A_1BC_1 加等腰梯形 $A_1C_1C_2A_2$ 。此值等于正弦波在 $\omega t = 2\alpha$ 时的下降幅值 $S_m(1 - \cos 2\alpha)$ ，得

$$Y_2 = \frac{S_m}{a}(1 - \cos 2\alpha) - 2Y_1. \quad (2)$$

(3) 同理，可求 Y_3 ：

$$Y_3 = \frac{S_m}{a}(1 - \cos 3\alpha) - 2(Y_1 + Y_2). \quad (3)$$

于是，轮廓 \widehat{AB} 的一般求解式可写为

$$Y_n = \frac{S_m}{a}(1 - \cos n\alpha) - 2(Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{n-1}), \quad (4)$$

式中 $n = 1, 2, 3, \dots, N$ 。设计时， N 可取 45, 90, 甚至 180。

2. 配扇形齿正弦光栏设计式

和扇形齿相配的正弦光栏——图 2 所示的

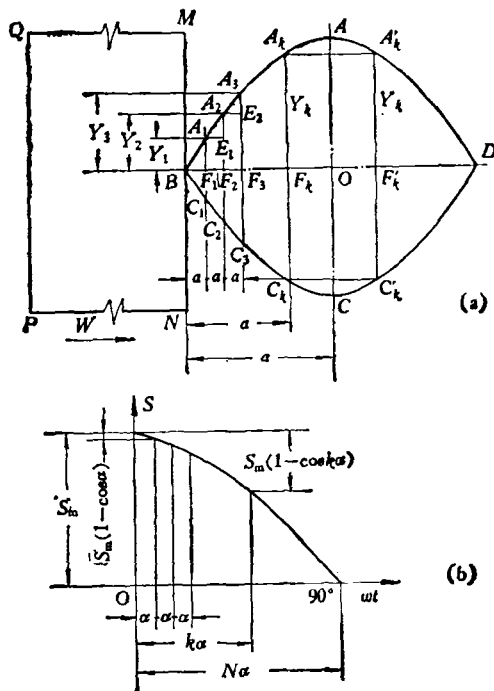


图 1 正弦光栏设计图

\widehat{ABCD} 设计式为

$$Y_n = \frac{180^\circ S_m (1 - \cos n\alpha)}{\pi \varphi R_w \left[1 - \left(\frac{Y_{n-1}}{R_w} \right)^2 \right]} - \left[2(Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{n-1}) - Y_{n-2} \left(\frac{Y_{n-1}}{R_w} \right)^2 \right] / \left[1 - \left(\frac{Y_{n-1}}{R_w} \right)^2 \right], \quad (5)$$

其中, φ 是调制盘圆心 O_w 对光栏之半张角的等分角; R_w 是调制盘分度圆半径, 亦即调制盘中心到光栏中心的距离. 图 2 中光栏横径为弧, 即弧 \widehat{BD} . 该弧和调制盘分度圆重合, 并等于调制齿或槽宽. \widehat{BD} 为弧是配扇形齿设计正弦光栏的必然结果, 它不带任何不切实际的假设. 因此严格来说, 实用正弦光栏应用 (5) 式设计, 因常用的调制盘总是圆形, 齿为扇形.

设探测器 D^* 参数测试所用黑体辐射调制频率为 f_1 , 驱动调制盘旋转的电机频率为 f_2 , 调制盘齿槽数为 Z , 调制盘与电机间的传动比为 i , 则 $f_1 = iZf_2$. 因 $4NZ\varphi = 360^\circ$, 故

$$\varphi = \frac{90^\circ}{NZ} = \frac{if_2}{Nf_1} 90^\circ,$$

将 φ 代入 (5) 式, 得

$$Y_n = \frac{2NZS_m(1 - \cos n\alpha)}{\pi R_w \left[1 - \left(\frac{Y_{n-1}}{R_w} \right)^2 \right]} - \left[2(Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{n-1}) - Y_{n-2} \left(\frac{Y_{n-1}}{R_w} \right)^2 \right] / \left[1 - \left(\frac{Y_{n-1}}{R_w} \right)^2 \right], \quad (6)$$

或

$$Y_n = \frac{2Nf_1 S_m (1 - \cos n\alpha)}{\pi i f_2 R_w \left[1 - \left(\frac{Y_{n-1}}{R_w} \right)^2 \right]} - \left[2(Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{n-1}) - Y_{n-2} \left(\frac{Y_{n-1}}{R_w} \right)^2 \right] / \left[1 - \left(\frac{Y_{n-1}}{R_w} \right)^2 \right], \quad (7)$$

这就全面地表达了探测器 D^* 参数测试所用正弦调制器的设计.

设 φ 所对应调制盘分度圆弧长为 a , 则 (6) 式右边第一项中

$$\frac{2NZ}{\pi R_w} = \frac{1}{a},$$

又当 $R_w = \infty$ 时, $(Y_{n-1}/R_w)^2 = 0$, 则 (6) 式就变成了 (4) 式. 换言之, (4) 式是调制盘分度圆半径 $R_w = \infty$ 时的一种特殊情况.

上述设计式均为正弦光栏对称设计式, 求出的 N 个 Y 值中, 一个 Y 值可描 4 个正弦光栏轮廓点, 如图 1、图 2 中的轮廓点 A_k, A'_k, C_k 和 C'_k . 若 N 取 90, 共得一个光栏的 $4N = 360$ 个轮廓点. 实用光栏尺寸不大, 由 360 个点组成的几何图形, 精度已够高.

二、设计实例

在一个自制 D^* 参数测量装置结构中, 选定电机和满足 PbS 探测器在 800 赫调制的情况下, 我们设计了一正弦调制器, 其正弦光栏实物见图 3. 它是用数控线切割机床加工的. 该光栏设定参数为 $S_m = 9$ 毫米²; $BO = 2.7$ 毫米; $N = 90$; $i = 1$; $R_w = 50$ 毫米; $Z = 30$. 用 (4) 式或 (6) 式算得 Y 最大值为 $Y_{90} = AO = 2.62$ 毫米.

三、实验

实验在探测器 D^* 参数测量装置上进行,

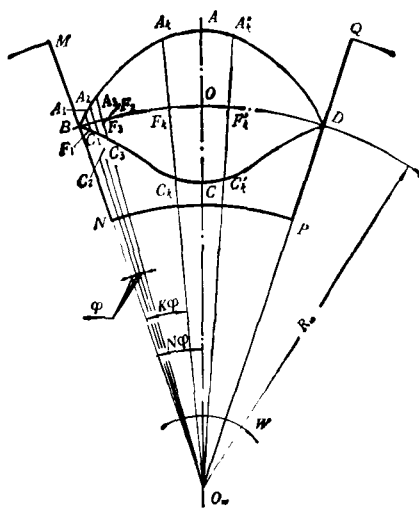


图 2 配扇形齿正弦光栏

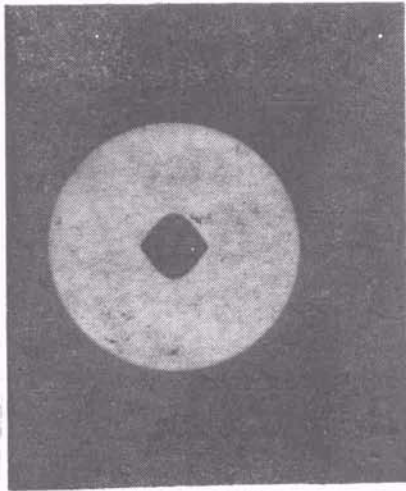


图3 正弦光栏实物

黑体辐射经正弦、非正弦调制器调制,用 PbS 探测元件接收,并进行光电转换和放大。

非正弦调制器为常用圆光栏调制器。设圆光栏直径为 d , 调制齿宽为 b , 取 $d = 0.87b$ 的调制器作比较。R. B. Mcquistan 认为该调制器最接近正弦调制^[2]。

信号放大器需备有宽窄带放大器。这里用丹麦 2112 型波形分析仪作宽带放大器, 英制 TF455E 型波形分析仪作窄带放大器。

(1) 波形比较。本文所述正弦调制器的调制波如图 4(a) 所示, $d = 0.87b$ 的圆光栏调制波如图 4(b) 所示。前者无削波, 后者波峰波谷被削。图 4(b) 中调制波被削不严重, 图 4(c) 为 $d = 0.5b$ 的圆光栏调制波, 削波明显。

图 4(b), (c) 中调制波被削, 是因 $d < b$ 。光栏保持最大孔径要在齿或槽间定行 $b - d$ 一段距离, 反映在调制波上必呈削波状态。对于 $d = 0.87b$ 的调制波波峰或波谷被削宽度为 $180^\circ(b-d)/b = 180^\circ(1-0.87) = 23^\circ 24'$ 。所以, $d = 0.87b$ 调制实为梯形波调制。可以证明, 这个梯形波的腰边也同振幅和它相等的正弦波重合, 而只能相交, 交点离波峰波谷为 32° 。图 4(b), (c) 中调制波被削部分跌落, 是因放大器低频响应欠差所致。三个调制波上的“毛刺”为探测器的噪声电压。

(2) 电压比较。正弦调制波通过宽、窄带放大器, 输出电压相等, 实测值为 9 毫伏; 而

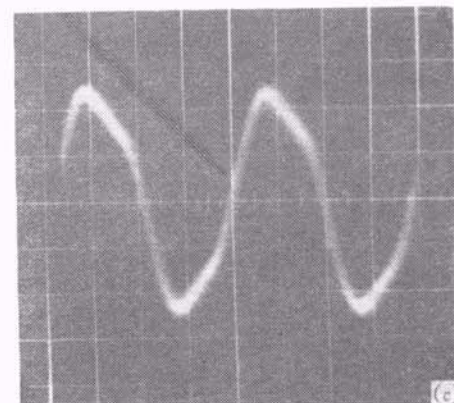
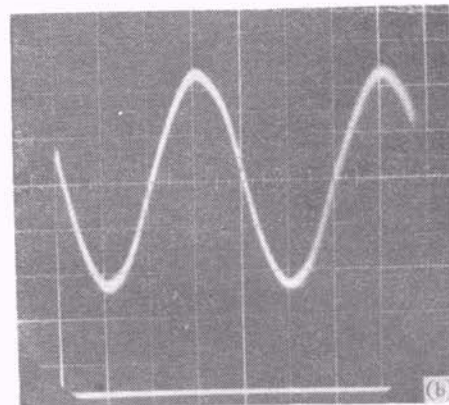
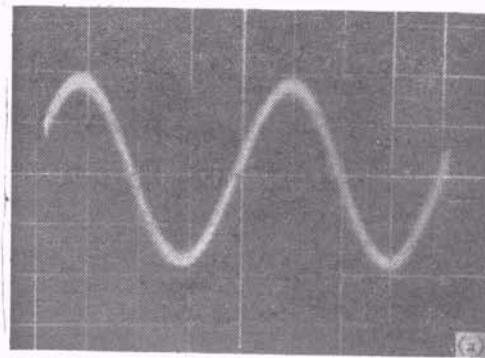


图4 正弦和非正弦调制波比较

- (a) 正弦调制波;
- (b) $d = 0.87b$ 的圆光栏调制波;
- (c) $d = 0.5b$ 的圆光栏调制波

$d = 0.87b$ 调制波, 宽带为 9 毫伏, 窄带为 8 毫伏, 窄带比宽带输出约下降 10%。

上述实验, 调制频率为 800 赫。实验结果表明, 正弦调制波不受放大器带宽和调制频率高低的影响, 而非正弦调制波却要受到限制。

参加实验的还有栗炳华、王泽秀、赵云生。

(下转第 489 页)