

文章编号: 1000-6931(2001)04-0375-04

## ns 脉冲中子发生器切割板电容值测量

李胜利<sup>1</sup>, 牛 铭<sup>2</sup>

(1. 信息产业部电子第五十四研究所, 河北 石家庄 050081;  
2. 石家庄职业技术学院, 河北 石家庄 050081)

**摘要:**给出了利用扫频谐振法测量 ns 脉冲中子发生器切割板电容值的方法,并给出了切割板在静态情况下以及不同束流的动态情况下电容值的大小。

**关键词:**扫频并联谐振法; 切割板电容; 分布电容

**中图分类号:** TL51      **文献标识码:** A

切割板是 ns 脉冲中子发生器脉冲化装置中的关键部件之一,是切割器电源的负载,且是一容性负载。切割器电源的输出是并联谐振回路,切割板是并联谐振回路电容的一部分。因此,只有准确测量切割板的电容值,尤其是动态情况下切割板电容值的变化情况才能正确设计切割器电源的输出谐振电路,以及应有的输出功率,这对于 ns 脉冲中子发生器的稳定运行至关重要。

### 1 切割板电容值分析

切割板处于真空金属圆筒的几何中心,简单地用电容测试表去测量切割板两电极间的电容,得到的测量结果不仅包含切割板两金属板之间的电容,也包含了切割板两金属板与金属圆筒之间的分布电容。因此,必须选择合适的测量方法才能测出切割板电容值的大小。

切割板在金属圆筒中的位置示于图 1。 $C_x$  为切割板两金属板之间的电容; $C_0$  为切割板与金属圆筒间的分布电容,金属圆筒接地良好。切割板两板间的电容及与金属圆筒间的分布电容可表示为图 2 所示形式。 $a$ 、 $b$  两电极间的总电容为分布电容  $C_0$  与  $C_x$  并联后的电容值。

### 2 扫频并联谐振测量方法

扫频并联谐振法是指在扫频信号源与网络分析仪(有的网络分析仪带有扫频信号源)之间

收稿日期:2000-06-05;修回日期:2000-08-21

作者简介:李胜利(1964—),男,河北栾城人,工程师,卫星通信专业

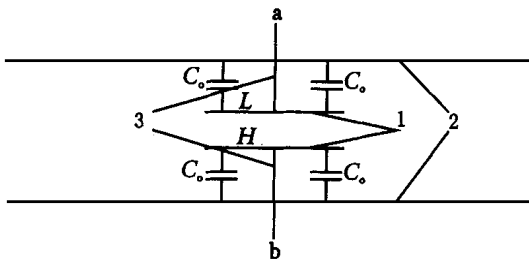


图1 金属圆筒中的切割板

Fig.1 The cutter in the metal tube

1——切割板;2——金属圆筒;3——切割板电极引线

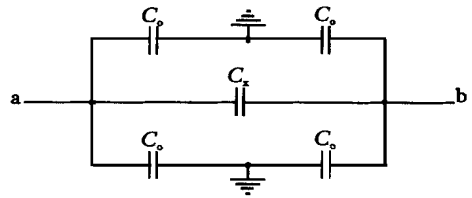


图2 切割板电容  $C_x$  及分布电容  $C_0$

Fig.2  $C_x$  of the cutter and distributed  $C_0$

插入  $L$ 、 $C$  并联电路。信号源在一定频率范围内送扫频信号,由于  $L$ 、 $C$  并联电路对不同频率的信号衰减不同,在网络分析仪的屏幕上就能看到带一下峰的频率响应曲线。下峰峰值处的频率  $f_0$  即为插入  $L$ 、 $C$  并联电路的并联谐振频率。因此,有:

$$f_0 = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$$

$L$ 、 $C$  两者之一为已知,则另一个可由上式求出。

### 2.1 用可调电容测量静态时切割板电容值 $C_x$

测量原理示于图3,其等效电路示于图4。 $C_0 = 2C_0$ ;  $L$  为电感;  $C$  为可调电容。其测量原理为:首先测出  $L$ 、 $C$  并联电路的谐振频率  $f_1$ ,当  $L$ 、 $C$  并联电路与切割板两极并联后,谐振频率由  $f_1$  变为  $f_2$ ,调节  $C$  使  $f_2$  重回  $f_1$ ,则  $C$  的变化量  $C$  即为切割板的电容  $C_x$ 。从图4的等效电路很容易看出分布电容  $C_0$  对 a、b 间的并联电路的谐振频率并无影响。

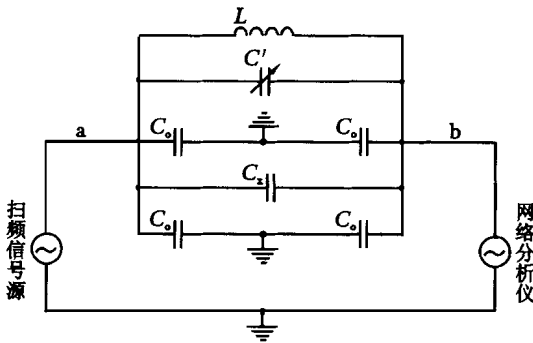


图3  $C_x$  测量原理图

Fig.3 Testing principle drawing of  $C_x$

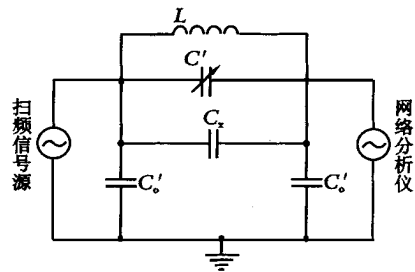


图4 等效电路

Fig.4 Equivalence circuit

### 2.2 用已知电感测量静态时切割板电容值 $C_x$

由于  $C_x$  非常小,  $L$ 、 $C$  并联电路在并联  $C_x$  前后谐振频率  $f_1$  与  $f_2$  相差很小,在网络分析仪上  $f_1$  与  $f_2$  靠得很近,不易分辨清楚。为了更准确地测量  $C_x$ ,就应使  $C_x$  对  $L$ 、 $C$  并联电路谐振频率影响加大。为此,将  $C$  去掉。

测量方法为:首先测出电感  $L$  的固有谐振频率  $f_1$ ,将  $L$  与切割板两电板 a、b 并联,测出并

联后谐振频率  $f_2$ , 则  $C_x$  为:

$$C_x = \frac{1}{4 L^2} \left( \frac{1}{f_2^2} - \frac{1}{f_1^2} \right)$$

### 2.3 动态情况下切割板电容值 $C_x$ 的测量

给切割板加束流, 但不加切割电源, 用上述电感法测量一实际切割板在不同束流下的  $C_x$ 。经测量,  $L = 220 \mu\text{H}$ 、 $f_1 = 2.604 \text{ MHz}$  时,  $C_x$  的测量结果列于表 1。

表 1 不同束流下的  $C_x$  值(有聚焦电压)

Table 1  $C_x$  value at different bunch current (existing focusing voltage)

束流/ mA	$f_2$ / MHz	$C_x$ / pF	束流/ mA	$f_2$ / MHz	$C_x$ / pF
0.0	2.446	2.263	2.0	2.411	2.827
0.5	2.407	2.893	2.5	2.422	2.647
1.0	2.399	3.025	3.0	2.429	2.534
1.5	2.408	2.876			

从表 1 可以看出:  $C_x$  最大为 3.025 pF, 最小为 2.263 pF。最大电容量与无束流下的电容量相比, 其相对变化量为 34%, 其绝对变化量为 0.762 pF。由于束流不影响切割板与金属筒之间的分布电容, 所以, a、b 之间的总电容的相对变化量是很小的, 约为 4%。

从上述  $C_x$  的测量结果可以看出: 有束流后,  $C_x$  增大很多。束流由无变到 0.5 mA 时,  $C_x$  的相对变化量为 28%; 而束流由 0.5 mA 增加到 2.0 mA 时,  $C_x$  变化则很小。在束流较小时, 束流增加,  $C_x$  亦增加, 而当束流增大到一定程度后,  $C_x$  随束流增大反而减小。 $C_x$  由小及大再由大及小的变化与束流截面大小的变化有关。束流由无增加到 1.5 mA 时, 束流截面由小变大; 束流由 1.5 mA 增大到 3.0 mA 的过程中, 吸极电压逐渐加强, 束流能量增加, 中子速度增大, 且随着聚焦电源的调节, 聚焦越来越好, 使得束流截面较 1.5 mA 时反而有所减少, 引起束流截面变化由小变大再变小。束流截面变大意味着切割板间距减小, 切割板间电容增大; 束流截面变小意味着切割板间距变大, 切割板电容减少。所以, 束流由小变大过程中, 束流截面由小变大再变小, 因此, 切割板电容亦由小变大再变小。这可以从两组数据的对比中得到证实。一组数据(表 1)是在有聚焦电压的情况下测得的切割板动态电容值, 另一组数据(表 2)是在无聚焦电压的情况下测得的切割板动态电容值。从表 1、2 可以看出: 在相同束流下, 有聚焦电压时的  $C_x$  普遍比无聚焦电压时  $C_x$  小。这是因为在相同束流下有聚焦时束流截面较无聚焦时束流截面小。

束流为 0.5 mA、有聚焦电压时的  $C_x$  比无聚焦电压时的大是因为此时束流还小, 束斑较小, 聚焦作用不明显; 无束流时,  $C_x$  不同说明不同次测量之间存在测量误差。束流为 0、无聚焦电压时的谐振频率为 2.466 MHz, 较有聚焦电压时的谐振频率 2.446 MHz 大 0.02 MHz。在无束流时,  $C_x$  本应相同, 谐振频率亦应相同, 但测量误差引起了 0.02 MHz 的频率差。考虑到这一误差, 在束流为 0.5 mA、无聚焦电压时, 谐振频率 2.428 MHz 减 0.02 MHz 恰好与有聚焦电压情况下束流为 0.5 mA 时的谐振频率 2.407 MHz 基本相同。所以, 在束流为 0.5 mA 或更小时, 有聚焦电压与无聚焦电压两种情况下的  $C_x$  基本相同。

表 2 不同束流下的  $C_x$  值(无聚焦电压)Table 2  $C_x$  value at different bunch current ( without focusing voltage)

束流/ mA	$f_2$ / MHz	$C_x$ / pF	束流/ mA	$f_2$ / MHz	$C_x$ / pF
0.0	2.466	1.954	1.5	2.341	4.030
0.5	2.428	2.551	2.0	3.356	3.762
1.0	2.361	3.675	2.3	3.375	3.432

### 3 结论

用扫频并联谐振法测量了静态与动态两种情况下的切割板电容值及其变化。测量结果表明:  $C_x$  绝对变化量虽较小,但动态和静态下的电容值之间有相对较大的变化;动态时若束斑较稳定,  $C_x$  则随束流的变化亦较小;a、b 两电极之间总电容值的相对变化量不大。

## The Testing of the Capacitance of the Cutter of ns Pules Neutron Generator

LI Sheng-li<sup>1</sup>, NIU Ming<sup>2</sup>

(1. NO.54 Research Institute ( Electronic) Ministry of Information Industry, Shijiazhuang 050081, China;

2. Shijiazhuang Vocational Technical College, Shijiazhuang 050081, China)

**Abstract :** The sweep resonance method is used to measure the capacitance of the cutter of the ns pulse neutron generator. The results of the static and dynamic capacitance at different bunch current are given and discussed.

**Key words :** sweep resonance method; the capacitance of the cutter; distributed capacitance