

用陶瓷真空电容降低D电路共振频率

高文照 江全奇 刘秀兰

(中国科学院上海原子核研究所)

为了适应质子X荧光分析实验的要求,在1.2米回旋加速器工作磁场 $H_0=16.0\text{ kGs}$ 条件下加速 H_3^+ (经铅箔介离)来提供3.5MeV的质子束。为此要求D电路的共振频率从原来的8.5MHz最低值降低到8MHz。众所周知,降频的方法较多,但归根结底是要求增加D电路的电感或电容,我们对几种降频的方法进行过分析比较,认为在D电路中并联真空电容的方法,比较简便,易于实现。

我们根据现有的产品,选择了两只型号为CKT150pF/40kV/170A的陶瓷真空电容器作为降频元件,安装在同轴线的第一耦合孔处。做一个环将电容器的高压端夹紧在同轴线的内杆上,另一端与同轴线的罩筒相连,要求有良好的电接触。这样做,相当于将这个电容与D电路并联,从而可使D电路的共振频率降低。

在同轴线上加了陶瓷真空电容后的D电路等效电路见图1。

图1中 C_1 、 C_2 为D盒对真空室盖板的总电容, C_{11} 、 C_{12} 为同轴线对罩筒的分布电容, L_1 、 L_2 为同轴线电感($L_1=L_A+L_S$, $L_2=L_B+L_S$), C_{12} 为两D盒之间的耦合电容, C_S 为外接陶瓷真空电容器的电容。

由于D电路左右基本对称, $C_1=C_2=C$, $C_{11}=C_{12}=C_I$, $L_1=L_2=L$, $L_A=L_B=L'$ 故等效电路可进一步简化为图2。图2中 $C_0=2C_{12}+C+C_I$ 为D电路的总电容, L 为同轴线的电感, C_S' 为 C_S 折合到D盒上的电容,它等于

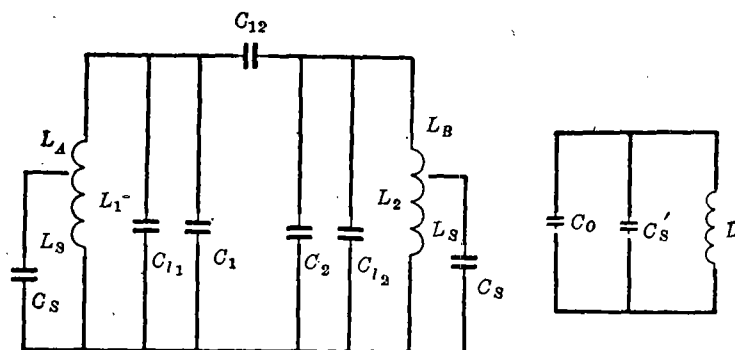


图1 加陶瓷真空电容后D电路等效电路

图2 D电路等效电路简化图

$$C_S' = C_S P^2 / (1 - \omega^2 L' C_S P) \quad (1)$$

在 $L' C_S$ 较小的情况下,不等式 $\omega^2 L' C_S P \ll 1$ 成立,(1)式可简化为:

$$C_S' = P^2 C_S \quad (2)$$

式中 $P=L_S/L$ 为折合系数, L_S 为短路片到电容接入处的电感量。在这种情况下,经估算折合系数约为 $P=0.7$ 左右,D电路总电容用 $C_0=480\text{ pF}$ 计算。因此,在接入陶瓷真空电容器以后的D电路共振频率为:

$$f = \sqrt{C_0 / (C_0 + P^2 C_S)} \cdot f_0 \quad (3)$$

式中 f_0 为没有加电容时,D电路的共振频率。

在 C_S 处的峰值电压为:

$$U_C = P^2 U_D \quad (4)$$

式中 U_D 为D盒的峰值电压。

通过真空电容器上的高频电流为:

$$I_C = P^2 U_D \omega C_S \quad (5)$$

我们用上面的几个式子所作的计算结果见表1。

表1表明,在8MHz,D电压为40kV运行时,外接电容量为124pF,电容器的耐压应大于28.3kV。在300Hz 1ms的脉冲状态下,流过电容器的平均电流为53.5A,我们所选CKT型陶瓷真空电容器的额定

表1

共振频率 $f(\text{MHz})$	D盒电压 $U_D(\text{kV})$	外接电容要求的耐压 $U_c(\text{kV})$	要求外接电容量 $C_s(\text{pF})$	连续工作状态下 $I_c(\text{A})$	300Hz 1ms 脉冲状态 $I_c(\text{A})$
8	40	28.3	124	176.4	53.5
7.5	40	28.3	273	364	110
7	40	28.3	455	566	171.6
6.5	40	28.3	681	787	238.5
6	40	28.3	967	1031.7	312.6

参数为:

容量: 150pF; 工作电压: 40kV; 电流: 170A。

它均满足D电路的运行条件对外接电容提出的要求。但是,使用这种电容器降频主要受到电容器本身的额定电流的限制,因为它随着电容量和使用电压的增加而增加。目前国产适合我们用的陶瓷真空电容的最大额定电流是 170A,这意味着,运用这种方法,可以降低D电路的共振频率在 1MHz 左右。

我们于 1978 年 8 月开始,用这种陶瓷真空电容并接到同轴线内杆上,按照预期的要求把D电路共振系统的频率从原有的 8.5MHz 降低到 8MHz,调出了 3.5MeV 的质子束 (H_3^+ 解离得到),外靶束流为 $0.5 \times 100\mu\text{A}$,满足了质子 X 荧光分析实验的要求。在 300Hz、1ms 脉冲, D 电压为 40kV+40kV 的工作状态下,前后共运行了近 1000 小时,情况良好。但当高频锻炼到 $U_D=55\text{kV}+55\text{kV}$ 时,电容器表面有辉光出现,局部地方呈现出暗红色,估计这时由于电压过高,因此准备对陶瓷真空电容器采取某些改进措施,以提高陶瓷真空电容器的耐压及通过高频电流的极限值,这样有可能采用更大电容量,把D电路的共振频率降得更低。

根据运行实践证明,采用这种方法降频,比较简便,不需要改动共振系统的设备,也不需要冷却,同时又能利用现有的耦合孔,即可改变不同的接入系数,易于满足实验的要求。当然,由于没有加冷却水,同时流过电流较大,可能引起电容变形,使电容量发生变化,影响D电路D电压的稳定性。若对束流质量要求较高时,如同其它高质量加速器一样,必须加D电路谐振频率自动微调,或D电压稳定装置。

(1979年8月17日收到)

A method for reducing the resonant frequency of the R. F. system with a ceramic vacuum capacitor

Gao Wenzhao Jiang Quanqi Liu Xiulan

(Shanghai Institute of Nuclear Research, Academia Sinica)

Abstract

We developed a method for reducing the resonant frequency of the R. F. system on the H-120 cyclotron with a ceramic vacuum capacitor. The capacitance, voltage and current in the capacitor were calculated and the operation performance of the capacitor was reported.