

# 合肥储存环高频系统的调整\*

徐宏亮<sup>1)</sup> 王琳 安宜宾 蒋思远 孙葆根  
李为民 刘祖平 何多慧

(中国科学技术大学国家同步辐射实验室 合肥 230029)

**摘要** 讨论了合肥光源高频系统参数对束流流强的影响. 在合肥储存环闭轨校正实验中, 发现束流轨道有较大的变化, 为此对高频系统的频率、腔温等参数进行了必要的调整. 此项工作对二期工程高频系统改造也具有指导意义.

**关键词** 调节范围 腔压 谐振频率

合肥光源储存环的注入模式显示高频系统始终处于大失谐状态, 即注入过程中, 调谐杆位置距谐振点较远, 所谓大失谐情况下注入<sup>[1]</sup>. 闭轨校正前高频频率为 204.055MHz, 经过 BBA<sup>[2]</sup> 测量和闭轨校正实验<sup>[3,4]</sup>, 发现束流的运行轨道相对于理想轨道明显向环内收缩, 将高频频率降低至 204.015MHz, 束流轨道回到理想轨道上. 由于高频频率的降低使高频腔的谐振点发生变化, 结果减少了高频腔调谐杆的调节范围, 因此调整高频系统的部分参数是必须的; 同时储存环 LATTICE 也做了相应的调整.

## 1 高频腔的调谐和反射功率

储存环的高频系统一般由高频信号源、高频腔、

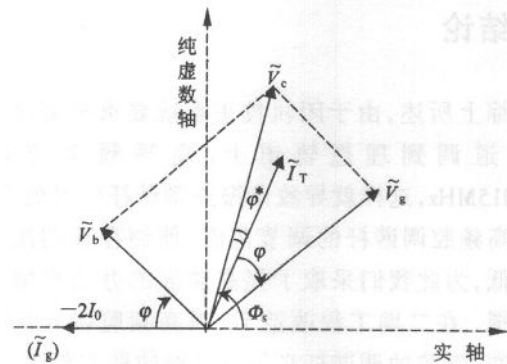


图 1 高频系统各物理量的矢量关系图

传输线及相应的控制电路构成, 根据等效电路原理作出的各物理量矢量关系如图 1 所示.

如上矢量图所示, 其中  $I_0$  是流强直流分量即 DCCT 测量值,  $\Phi_s$  为同步相角,  $\varphi$  为失谐角,  $\tilde{V}_b$  为束流产生的腔压,  $V_c$  发射机产生的腔压, 视在失谐角  $\varphi^*$  是总腔压  $\tilde{V}_c$  与传输线电流  $\tilde{I}_T$  间的幅角差<sup>[5]</sup>,

$$\varphi^* = \arg\left(\frac{\tilde{V}_c}{\tilde{I}_T}\right) = -\text{tg}^{-1}\left(\frac{Y_I}{Y_R}\right), \quad (1)$$

其中  $Y_I = 2\left(\frac{Q_0}{R_s}\delta - \frac{I_0}{V_c}\sin\Phi_s\right)$ ,  $Y_R = \frac{1}{R_s} + \frac{2I_0}{V_c}\cos\Phi_s$ ,

$\delta = \frac{k}{f}\Delta x$ ,  $k = \frac{\partial f_0}{\partial x}$  是调谐系数,  $\Delta x$  是调谐活塞位置相对于谐振点的距离.

反射功率大小可用下式<sup>[5]</sup>进行计算,

$$P_{\text{反}} = \frac{\beta V_c^2}{8R_s} \left[ \left(1 - \frac{R_s}{\beta} Y_R\right)^2 + \left(\frac{R_s}{\beta} Y_I\right)^2 \right]. \quad (2)$$

欲使反射功率尽量小, 必须使  $Y_I \rightarrow 0$ , 即  $\varphi^* \rightarrow 0$ , 高频系统趋于最理想的工作状态, 这里,  $\beta = R_s$ ,  $Y_R = 1 + \frac{2I_0 R_s}{V_c} \cos\Phi_s = 1 + \frac{P_b}{P_c}$ , 其中  $P_b$  为束流消耗的功率,  $P_c$  为腔消耗的功率.  $Y_I = 0$  的条件为:

$$\delta = \frac{I_0 R_s}{V_c Q_0} \sin\Phi_s, \quad \frac{I_0 R_s}{V_c Q_1} \sin\Phi_s, \quad \frac{k}{f} \Delta x, \quad (3)$$

由上式可知,  $\Delta x$  随  $I_0$  增加而增加 (即调谐杆上提), 随  $V_c$  增加而减少, 随束流消耗能量增加 (即  $\Phi_s$  减

2002-06-10 收稿

\* 国家计委重大科学项目“国家同步辐射实验室二期工程”资助

1) E-mail: hlxu@ustc.edu.cn

少)而减少. 因此在注入时, 必须把调谐杆向上提, 增加失谐量, 有利于注入高流强; 但是当流强增加时, 束流消耗的功率增加, 调谐杆又必须下移; 所以在频控环路没有投入前, 在注入时应选择一个合适的调谐杆位置以达到注入高流强的目的.

## 2 调谐杆位置对高频腔谐振频率的影响

高频腔的谐振频率是腔的一个很重要参数, 它对清楚地了解储存环运行时高频系统的工作状态是必不可少的. 通过给腔馈入小功率信号, 测出不同调谐杆位置时高频腔的谐振频率, 测量结果如图 2 所示. 谐振频率的变化和调谐杆位置的移动基本呈线性关系, 调谐杆移动 1mm, 谐振频率变化 4.2kHz 左右.

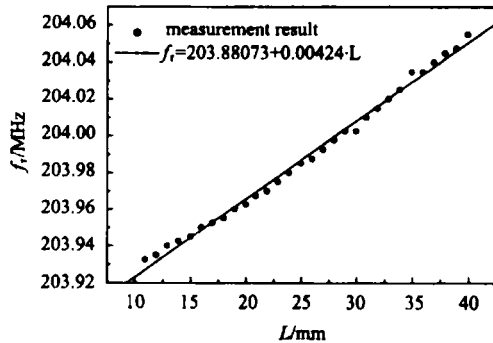


图 2 调谐杆位置与谐振频率的关系

高频腔调谐杆最高位置在 12mm 处. 高频频率为 204.055MHz 时, 腔谐振点的调谐杆位置在 38mm 处; 高频频率调到 204.015MHz 后, 腔谐振点的调谐杆位置在 28mm 处. 因此调谐杆调节范围由原来的 26mm 减少为 16mm, 调谐杆调节范围变小对注入高流强非常不利.

## 3 高频腔温与腔谐振点调谐杆位置的关系

高频腔的谐振频率与高频腔的腔温(冷却水的温度)密切相关, 这一点从高频腔谐振点调谐杆位置  $L_R$  随腔温变化可以看出(测量结果如图 3 所示), 腔

温升高一度, 谐振点的调谐杆位置  $L_R$  降低 2.1mm; 相当于调谐杆不动时, 腔的谐振频率降低约 8kHz. 因此, 可以通过增加腔温, 可以使谐振点的调谐杆位置降低, 增加调谐杆的调节范围. 为此我们把高频腔的温度上升 2℃(由 42℃调到 44℃), 从而使谐振点的调谐杆位置下降近 4mm. 对应于高频腔的频率调节范围增加 16kHz 以上, 这对提高注入流强有好处.

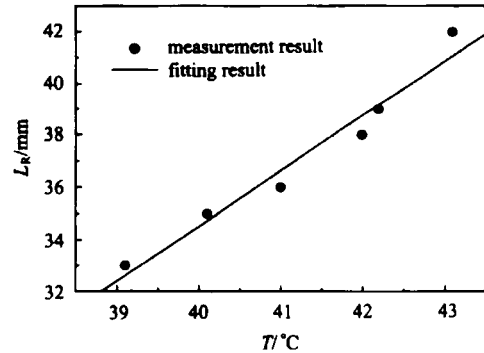


图 3 腔温与谐振点杆位置的关系

当束流强度变化时, 调节范围可以用(3)式进行计算, 腔的真实品质因子估计为计算值的 80%<sup>[6]</sup>, 即

$$Q_1 = Q_{cal} \times 80\% = 22400. \quad (4)$$

假如注入最高流强  $I_0 = 300\text{mA}$ , 注入时腔压  $V_C = 100\text{kV}$ , 那么算出的  $\Delta f = 87.4\text{kHz}$ , 在注入时腔压一般都远比 100kV 小,  $\Delta f$  会更大; 而现在升温后的调节范围仅为 80kHz, 因此想要注入更高的流强, 可以增加输入到腔里的功率, 以提高腔压来实现.

## 4 结论

综上所述, 由于闭轨校正系统要求把束流的现在轨道调到理想轨道上, 高频频率应调至 204.015MHz, 这样就导致谐振点调谐杆位置提高, 减小了高频腔调谐杆的调节范围, 使储存环的注入流强降低, 为此我们采取了提高腔温的办法来增加调节范围. 在二期工程改造后, 新高频腔将取代现有高频腔, 新腔的调谐杆必须有足够的调节范围, 以实现合肥光源储存环 300mA 稳定运行的目标.

## 参考文献 (References)

1 DAI Jian-Ping. Thesis for Ph. D Degree. Hefei: Published by Universi-

ty of Science and Technology of China, 1997 (in Chinese)

(戴建坪. 博士论文. 中国科学技术大学出版社, 1997)

SUN Bao-Gen, HE Duo-Hui et al. HEP & NP, 2002, 26(4): 416-

## The Adjustment of RF System for Hefei Storage Ring \*

XU Hong-Liang<sup>1)</sup> WANG Lin AN Yi-Bin JIANG Si-Yuan SUN Bao-Gen

LI Wei-Min LIU Zu-Ping HE Duo-Hui

(University of Science & Technology of China, Hefei 230029, China)

**Abstract** The effects of the parameters of RF system to electron beam intensity in Hefei storage ring are discussed in this paper. There appeared significant deviation respect to beam ideal orbit in the closed orbit distortion correction experiment, and therefore, necessary adjustments have been carried out for RF system parameters, such as frequency, cavity temperature, etc., to meet the requirement of intense beam injection. And the work have guidance effect to reconstruction of RF system in Phase II project of Hefei storage ring.

**Key words** tuning range, cavity voltage, resonance frequency

---

Received 10 June 2002

\* Supported by National Important Project on Science-Phase II of National Synchrotron Radiation Laboratory

1) E-mail: hlxu@ustc.edu.cn