

# BEPC II 束流损失探测系统及其初步应用

赵晓岩<sup>1)</sup> 曹建社 汪林 岳军会 叶强 随艳峰

赵颖 麻惠州 赵静霞 张国庆 赵政 张磊

(中国科学院高能物理研究所 北京 100049)

**摘要** 束流寿命是衡量储存环性能的重要参数,它直接影响到储存环能否正常运行.采用束流损失探测系统通过探测束流损失的地点,可以为分析束损原因、优化机器参数和提高束流寿命提供依据.介绍了北京正负电子对撞机重大改造工程(BEPC II)束流损失探测系统的基本情况:前端束流损失探测器输出的脉冲信号送到下位机进行处理,通过CAN总线将所有的下位机连接到位于本地站的前端PC机,此PC机再通过以太网与中控室的PC机或工作站进行数据通讯,最终实现对束流损失的实时监控、数据存储,并能对历史数据进行处理,达到实时显示全环束损分布的目的.文章最后还简要介绍了整个系统在BEPC II 调束过程中的初步应用.

**关键词** 束流损失 束流寿命 CAN总线

## 1 引言

BEPC II 是北京正负电子对撞机(BEPC)的二期改造工程,它是在老环的基础上再增加一个新的内环,从而成为一个“工厂”型的正负电子对撞机. BEPC II 建成后,它将能够提供质心能量从1.0 GeV $\times$ 2到2.1GeV $\times$ 2的对撞束流以供高能物理实验之用,同时也能提供2.5GeV的同步辐射专用束流.对于对撞束流,其亮度(Luminosity)优化在1.89GeV,相应的亮度为 $1 \times 10^{33} \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,是BEPC亮度的100倍.

在储存环里,储存束流的强度通常随时间按指数规律减小.当流强下降到一定程度时,就需要重新注入.束流的寿命越长,储存环有效工作的时间就越长,工作因子就越高.储存环里的束流寿命受到诸多因素的影响,但通常由三个主要因素决定,即量子效应(储存环中的电子由于发射光量子,电子的横向位移就会发生变化,当位移超过真空室的尺寸时将会与真空管壁碰撞而损失.此外,量子发射也会引起能量振荡而造成电子越出相稳定区而丢失)、托歇克效应(由束团内部电子间的相互碰撞产生,激发横向振荡和纵向振荡导致电子越出相稳定区进而束流丢失)、气体散射效应(电子与俘获的离子或残余气体相互作用,包括卢瑟福散射或弹性散射、韧致辐射以及壳层电子对束流电子的非弹性碰撞)<sup>[1]</sup>.在BEPC II 中束-束韧致

辐射是影响束流寿命的主导因素,以下依次为托歇克效应和束流与残余气体相互作用,而量子寿命的因素则可忽略不计.

BEPC II 束流损失探测系统<sup>[2-4]</sup>是一套探测BEPC II 束流损失发生的设备,从而可以为分析束流寿命下降的原因、优化机器参数和提高束流寿命提供依据.

## 2 束流损失系统介绍

BEPC II 束流损失探测系统结构如图1所示,前端束流损失探测器输出的脉冲信号送到下位机进行处理,通过现场总线将所有的下位机连接到位于本地站

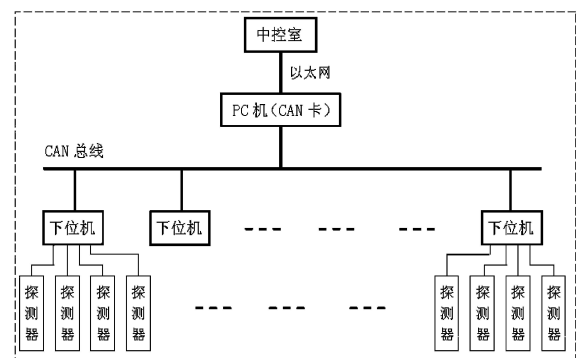


图1 BEPC II 束流损失系统框图

2008 - 01 - 07 收稿

1) E-mail: zhaoxy@mail.ihep.ac.cn

的前端PC机, PC机再通过以太网与中控室的PC或工作站进行数据通讯. 位于本地站的前端PC机实现对束流损失的实时监测、数据存储, 并能对历史数据进行处理, 最终与中控室通讯, 达到实时显示全环束损分布的目的.

## 2.1 探测器

前端束流损失探测器采用Bergoz公司的PIN二极管型束损探测器, 主要由一对面对面放置的PIN二极管组成, 其中两个二极管之间嵌入一定厚度的铜作为隔离层, 采用符合技术读出. 它具有灵敏度高、体积小、对同步光不灵敏等优点.

由储存环物理可知, 储存环的磁聚焦结构决定了束流在储存环中的运动轨迹, 正常的闭轨取决于色散函数、 $\beta$ 函数和能量损失 $\Delta E$ , 能量损失为 $\Delta E$ 的电子可能丢失在下一个色散函数或 $\beta$ 函数较大处, 因此, 此处应是探测束流损失最灵敏的位置. 另外考虑到现场的安装条件, 我们最终将探测器置于储存环Q铁后的束流管线的内外两侧, 整个BEPC II 双环我们共安装了113对、226个探测器(其中外环75对, 内环38对).

## 2.2 现场总线

现场总线采用的是CAN总线, 它具有较高的可靠性、实时性、性价比, 最远可达10km通信距离, 最高可达1Mbps通信速率等特点. 我们采用的CAN总线由束测本地站开始, 沿周长240m的BEPC II 储存环布置, 全环共有75个节点, 即共使用了75套下位机, 基本沿储存环均匀分布. 位于本地站的前端PC机拥有CAN卡, 可实时获取下位机数据.

## 2.3 下位机

下位机主要完成数据采集及通讯功能, 其硬件电路由输入电路、计数电路、单片机、CAN接口及电源五部分组成: 输入电路对探测器信号进行调理; 计数电路分别对四路探测器输出的脉冲进行连续计数, 完成10 MHz脉冲计数; 单片机定时读取计数电路数据, 然后将数据发送前端PC机; CAN接口完成通讯功能, 接收PC机命令并向其发送数据; 电源用于给探测器、计数电路、单片机等提供工作电压.

## 2.4 软件

下位机软件用汇编编写, 主要包括: CAN总线通讯程序, 完成与上位机的数据交换、命令接收, 处理通讯出错; 自检程序, 检查本身硬件状态, 给出出错代码; RS-232接口命令解释程序, 接收单机调试命令, 设置下位机物理地址; 计数数据读取程序, 定时从FPGA读取计数数据, 并把数据存储于Flash ROM中; 命令处理, 解释执行上位机传来的各种命令.

前端PC机软件采用VC++6.0编写, 在Win2000系统下开发设计, 使用SQL SERVER2000数据库存储数据; 运用RS232串口进行下位机的参数设置, 通过NI公司的双口CAN通讯卡进行与CAN总线的通讯采集数据. 可完成系统参数设置; 显示各下位机四路探测器计数值; 调用历史数据; 网络通讯等功能.

中控程序通过ODBC数据源从前端PC机数据库中读取数据, 同样完成显示各下位机计数值、调用历史数据等功能.

## 3 系统初步使用情况

整个探测系统已经被安装到BEPC II 储存环上, 在调束过程中起到了很大作用, 下面介绍一下应用情况.

BEPC II 储存环于2006年11月12日下午开始调束, 16:30束流到达输运线末端. 11月14日凌晨, 束流一直无法闭环, 我们根据束损信号和BPM信号, 判断出储存环1W2附近存在硬件故障. 在解决硬件故障后, 束流在储存环可以走完一圈. 图2为硬件故障解决前后全环束损情况, 其中a)为解决硬件故障前, 下位机2~13为深色且数值较少, 基本是本底值; b)为解决硬件问题后, 这几处下位机变为浅色, 有了一定损失, 束流已经通过.

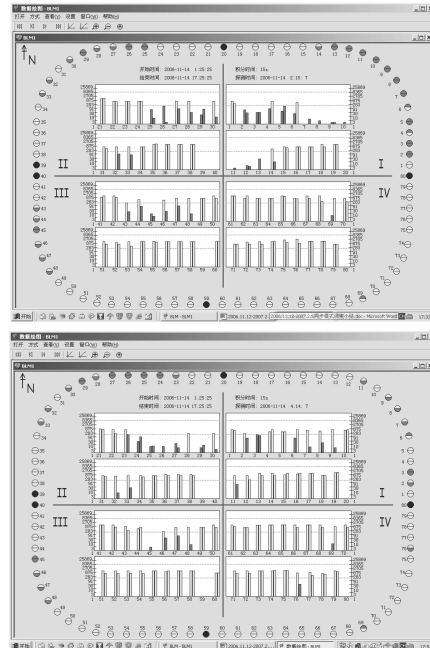


图2 BEPC II 束流损失系统框图

a) 解决故障前; b) 解决故障后.

## 4 结论

作为BEPC II 束测系统子项目的束流损失探测系统已经被安装到储存环上, 通过最初的运行调试, 目

前系统工作正常, 在 BEPC II 调束的最初阶段起到了重要作用, 并将为以后储存环的参数优化和寿命提高提供重要依据.

感谢组内同志的帮助, 感谢北京泰德森科技开发有限公司的制造及安装工作.

### 参考文献(References)

- 1 LIU Nai-Quan. Accelerator Theory. Beijing: Tsinghua University Press, 2004. 152—168 (in Chinese)  
(刘乃泉. 加速器理论. 北京: 清华大学出版社, 2004. 152—168)
- 2 Kay Wittenburg. The PIN-Diode Beam Loss Monitor System At HERA. In: AIP Conference Proceedings (Beam Instrumentation Workshop 2000: Ninth Workshop), Volume 546. 2000. 3—17
- 3 LI Yu-Xiong, CUI Yong-Gang, LI Wei-Min et al. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2001, **467-468**: 80—83
- 4 CUI Yong-Gang, SHAO Bei-Bei, CHENG Jian-Ping et al. Nuclear Electronics & Detection Technology, 2002, **22**(1): 74—77 (in Chinese)  
(崔永刚, 邵贝贝, 程建平等. 核电子学与探测技术, 2002, **22**(1): 74—77)

## Beam Loss Monitoring System of BEPC II and Its First Application

ZHAO Xiao-Yan<sup>1)</sup> CAO Jian-She WANG Lin YUE Jun-Hui YE Qiang SUI Yan-Feng  
ZHAO Ying MA Hui-Zhou ZHAO Jing-Xia ZHANG Guo-Qing ZHAO Zheng Zhang Lei

(Institute of High Energy Physics, Beijing 100049, China)

**Abstract** The beam lifetime is an important parameter and it can affect the operation of the storage ring. By using the beam loss monitoring system, it can provide some explanation for the beam loss, to optimize the machine parameters and to further increase the beam lifetime. In this article, a beam loss detecting system for BEPC II is introduced. The system is composed of the front-end electronics, the CAN bus and DAQ. Finally, the first application of the beam loss detection system for BEPC II is presented too.

**Key words** beam loss, beam lifetime, CAN bus