

合肥光源储存环温度监测系统

李川¹⁾ 鲍循 王季刚 宣科 蒋思远 曹书礼 李为民

(中国科学技术大学国家同步辐射实验室 合肥 230029)

摘要 温度是影响电子束轨道稳定的重要因素之一,大多数加速器都需要为其建立完备的冷却恒温系统及相应的监测系统.描述了合肥光源基于EPICS(Experimental Physics and Industrial Control System)分布式控制系统开发的温度监测系统的硬件结构、软件设计、测试结果及其历史数据库.经实际运行表明,该系统能很好满足与温度相关的机器研究和运行的需要.

关键词 温度监测 分布式控制系统 EPICS 历史数据库

1 引言

同步辐射光源装置的正常运行与许多部件的温度控制有很密切的关系,例如直线加速器和储存环高频腔就对其尺寸的稳定有很高的精度要求,因此需要对它们的温度进行精确控制以消除热胀冷缩对其尺寸的影响.在合肥同步辐射光源装置(Hefei Light Source, HLS)中,通过对冷却水的温度进行PID控制以实现上述目标,习惯上将其称为恒温系统^[1].另一方面,最初对于磁铁的冷却水温度却没有严格的要求,只需要其带走励磁电流所产生的热负载以避免温度超过某个上限即可,对于这一部分冷却装置,习惯上我们相应地称为非恒温系统.

但是,束流轨道的稳定性也是同步辐射光源地重要性能指标,HLS二期工程改造完成后,要求束流轨道变化小于5%—10%束流尺寸,以免影响实验线站光通量的稳定性,即要求束流轨道垂直方向的漂移小于30 μm .而在影响束流轨道稳定性的众多因素中,环境温度的变化和磁铁温度的变化扮演了重要的角色.我们在前期的局部测试中,发现束流轨道的位置变化趋势与环境温度的变化趋势基本一致,在不进行轨道慢反馈的情况下,环境温度每变化1 $^{\circ}\text{C}$,束流轨道垂直方向的漂移约为10—20 μm (如图1).理论估算表明,环境温度的变化对磁场变化的影响较小,其对束流轨道的影响主要是由于磁铁的热胀冷缩造成磁铁中心高度的变化,其中对束流轨道影响最大的是四极磁铁的中心高度的变化^[2].

鉴于上述原因,HLS计划对储存环大厅的空调系统和磁铁的水冷系统进行改造,将磁铁温度的波动控

制在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 内,以减少它们对束流轨道稳定性的影响,即所谓的非恒温系统也将进行恒温控制.因此,建立一套可以长期稳定运行的、针对整个储存环大厅和所有四极磁铁的温度监测系统就是十分有必要的.

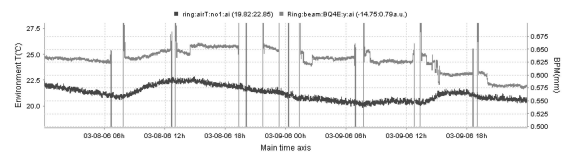


图1 环境温度与束流位置对照图

2 基于EPICS的分布式系统

合肥光源控制系统采用EPICS作为系统开发工具,其硬件结构是基于网络的分布式体系结构,图2是

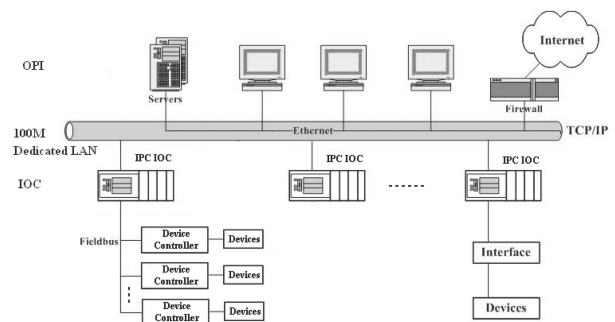


图2 合肥光源控制系统硬件结构图

合肥光源控制系统的硬件结构图;软件上则采用Client/Server模式按CA(Channel Access)网络协

议进行计算机间的通讯, 按照 OPI (Operator Interface), IOC (Input/Output Controller), DC (Device Controller) 的三层结构 (如图 3) 实现在任一台 OPI 上对任一测点的监测^[3].

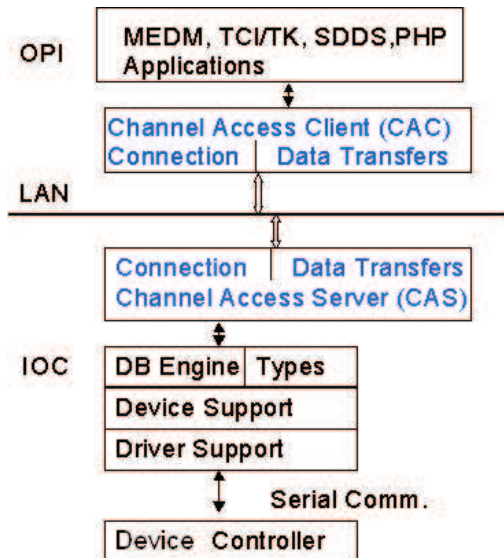


图 3 合肥光源控制系统硬件结构图

具体到储存环温度监测系统, 我们共布置了 64 个四极磁铁温度测点和 10 个温度测点, 测点采用 Pt100 铂电阻探头, 标称精度为 0.01°C 。设备控制器采用三台 Agilent 公司的 34970A 数据采集 / 开关单元。该单元通过一台内置的 $6\frac{1}{2}$ 位数字万用表和可灵活选配的继电器多路转换器模块, 可以实现对多种信号的测量。其中对于热电阻信号, 采用四线制测量方法可以自动消除导线电阻所引入的误差, 并按照 ITS-90 分度标准直接转换成温度值^[4]。

IOC 采用运行 VxWorks 嵌入式操作系统的工控机, 通过多通道串口卡与所有 34970A 实现点对点通讯, 按照 SCPI (可编程仪器的标准命令) 协议实现远程控制设备控制器巡检各温度测点, 并将采集到的数据生成为对应于各测点的 EPICS Record, 通过 CA Server 发布给控制局域网供 OPI 实时监测以及历史数据库的采集。

3 基于 Channel Archiver 的历史数据库和 Web 检索界面

Channel Archiver 是 EPICS 自带的数据库工具集, 它作为一个 CA (Channel Access) 客户端端可以通过 CA 获得的数据存档。Channel Archiver 采用二进制文件存储数据, 具有很好的数据库性能和检索性能, 易于管理和维护, 并提供灵活的使用 XML-RPC 协议数据检索方法^[5]。我们使用该工具对束流大小、磁铁电流、磁铁温度、BPM (Beam Position Moni-

tor) 数据、真空度等多种表征光源运行质量的历史数据进行了存档。

考虑到访问数据库的用户并不一定知道某个数据所对应的 EPICS 记录名, 我们建立了界面友好的 Web 检索界面, 用户只需通过交互的网页访问浏览, 即可实现对历史数据库的访问。其具体实现过程是, 在 Web 服务器端, 使用 Perl 脚本语言编写的 CGI (Common Gateway Interface) 程序, 根据用户请求检索的记录名, 通过调用 Channel Archiver 的 ArchiveExport 接口工具来检索数据, 并将结果用图形和数据表的形式生成动态网页供用户访问。该程序可以任意设置检索的时间域、记录名、绘图颜色和方式, 其检索结果既可以曲线图形式显示和打印, 也可以图片文件或文本表单的方式导出。

图 4 即为一个星期内的储存环大厅气温和四极磁铁温度变化曲线。从图中可以看出, 储存环大厅空调系统已经正常工作, 储存环大厅温度基本上控制在 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; 而由于磁铁水冷系统的恒温控制改造尚为完成, 四极磁铁的温度实际上仍然处于不受控状态, 因而有较大的波动。可见, 我们建立的历史数据库和 Web 检索界面可以方便而直观地显示机器运行状况, 当磁铁水冷温控系统完成后, 也将是对其效果进行对比评估的有效手段。

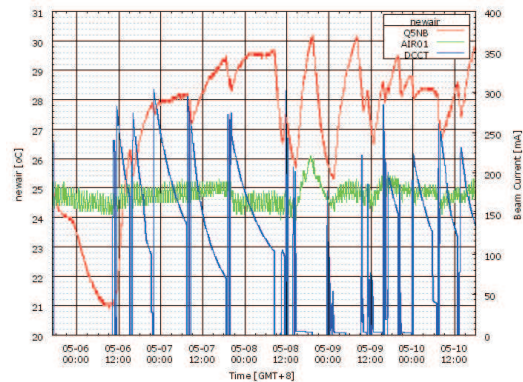


图 4 储存环大厅气温和四极磁铁温度变化曲线

4 结论

合肥光源储存环温度监测系统采用分布式控制系统, 从源头上即实现数字信号传输, 具有精度及长期稳定度高、可靠性和抗干扰能力强的特点。探头和测量设备的标准化程度高, 互换性强, 维护方便。

该系统所基于的 EPICS 控制系统框架、Channel Archiver 历史数据库和 Web 检索方式, 层次分明、接口统一、扩展方便, 为今后类似的温度巡检系统建立了标准化的模型, 使其在仅需很小工作量的情况下即可扩展完成, 同时对其它的测量和控制系统也有一定的参考价值。

参考文献(References)

- 1 WU Han-Sheng, ZHOU Wei-Wei, HU Shao-Ji et al. Journal of University of Science and Technology of China, 1999, **29**(2): 213—218 (in Chinese)
(吴汉生, 周伟伟, 胡绍济等. 中国科学技术大学学报, 1999, **29**(2): 213—218)
- 2 GUO Wei-Qun, LIU Gong-Fa, XUAN Ke et al. High Power Laser And Particle Beams, 2006, **18**(12): 2074—2077 (in Chinese)
(郭卫群, 刘功发, 宣科等. 强激光与粒子束, 2006, **18**(12): 2074—2077)
- 3 LIU Gong-Fa, LI Jing-Yi, LI Wei-Min et al. Nuclear Techniques, 2004, **27**(7): 501—505 (in Chinese)
(刘功发, 李京祎, 李为民等. 核技术, 2004, **27**(7): 501—505)
- 4 Agilent 34970A data Acquisition/Switch Unit Service Guide. Agilent Technologies, Inc.
- 5 <http://www.aps.anl.gov/epics/>

Temperature Monitor System of HLS Storage Ring

LI Chuan¹⁾ BAO Xun WANG Ji-Gang XUAN Ke
JIANG Si-Yuan CAO Shu-Li LI Wei-Min

(National Synchrotron Radiation Laboratory, University of Science and Technology of China, Hefei 230029, China)

Abstract The temperature is an important factor affecting the stability of electron beam orbits. For almost all accelerators, a well-working cooling system and the monitoring system are needed to keep the temperature constant. In this paper, the temperature monitor system for HLS based on EPICS, including its hardware, software and history database, is briefly introduced. It has been indicated that the system satisfies the requirement of machine study and operation.

Key words temperature monitor, distributed control system, EPICS, history database