

超灵敏小型回旋加速器质谱计 控制系统改进—分布式控制系统

邵雨禾

(中国科学院上海原子核研究所 上海 201800)

摘要 介绍应用于SMCAMS上的分布式控制系统的组成、体系结构、软硬件设计、系统的功能以及主控机和数据采集/控制模块之间通信的方法与实现。对通过光纤地面站控制高压浮置设备等具体问题也作了介绍。

关键词 分布式控制系统, RS-485, 通信网络, 光纤, 面向对象

中图分类号 TL 542

A

上海超灵敏小型回旋加速器质谱计(SMCAMS)于1993年完成了第一期研制任务,并成功地测量了 ^{14}C 谱峰。1994年,我们又建立了基于STD总线的集中式计算机控制系统及相应的交替加速软件ALTER,实现了秒级交替加速和测量几种不同的离子($^{12}\text{C}^-$ 、 $^{13}\text{C}^-$ 、 $^{14}\text{C}^-$ 等),为加速器质谱学的建成和后续的应用研究工作奠定了基础。为了进一步提高控制精度、可靠性和灵活性,1998年秋,我们着手在SMCAMS上建立一套具有90年代中后期水平的分布式控制系统(DCS)。同时,把以前手动控制的一些设备(真空系统、多样品设备等)也纳入了新的控制系统之中。新系统将实现更高精度的多样品(空白、标准、待测样品)自动交替加速和测量,进一步完善SMCAMS的自动化控制。目前,该系统已进入硬件调试阶段。

分布式控制系统充分采用了4C(Controllor, Computer, CRT, Communication)技术,构成横向分散、纵向分层的体系结构。特别是现代数字通信网络的应用,将分散的设备有机地连在一起,使整个系统的信息有效地沟通起来,实现了信息和操作管理的集中化以及逻辑和控制的分散化。与传统的控制系统比较,分布式控制系统具有较高的可靠性和安全性,系统设计更加灵活。

1 系统的组成和体系结构

1.1 系统的组成

SMCAMS分布式控制系统主要由一台主控机和若干远端数据采集/控制模块组成。其中,主控机由研华工业控制计算机IPC-610P和串行通信卡PCL-846组成。IPC-610P采用了PC总线技术,并在PC机的基础上作了改进,大幅提高了其抗干扰能力、抗冲击能力、防尘能力。它不但能可靠地工作于恶劣环境(如电磁干扰较强的加速器实验室),而且与IBM-PC机完全兼容。根据需要,它可以放置在实验室或其它办公室内。

数据采集 / 控制模块采用研华的 ADAM-4000 和 ADAM-5000 系列模块。ADAM 系列模块是便携的、多功能的传感器和执行器以及计算机接口单元的集成, 专为恶劣环境下的可靠操作而设计, 具有内置的处理器、严格的工业级塑料外壳, 可以独立提供智能信号调理、模拟量 I/O、数字量 I/O、数据显示和 RS-485 通信等功能。ADAM-4000 系列模块与 ADAM-5000 系列模块完成类似的功能。区别在于, ADAM-4000 系列的每一个模块都是独立封装的, 而 ADAM-5000 系列模块插在 ADAM-5000 机箱中 (每个 ADAM-5000 机箱可插 4 个模块)。所以, ADAM-4000 系列模块适用于比较分散的控制对象, ADAM-5000 系列模块则更适用于集中在一起的几个控制对象。ADAM-4000 系列模块和 ADAM-5000 系列模块相辅相成, 可使系统的设计更加灵活。

1.2 系统的通信方式

由于 SMCAMS 系统的设备比较分散, 而且实验室中电磁干扰较强, 因此 SMCAMS 分布式控制系统采用 RS-485 通信方式以满足系统数据传送的要求。RS-485 协议是在工业界被广泛应用的平衡双向传送、一点对多点通信的标准。采用 RS-485 通信网络系统, 具有安装简单、成本低、传输距离远、可靠性高、易于扩充等特点。本系统中采用了二线制连接方式, 如图 1 所示。

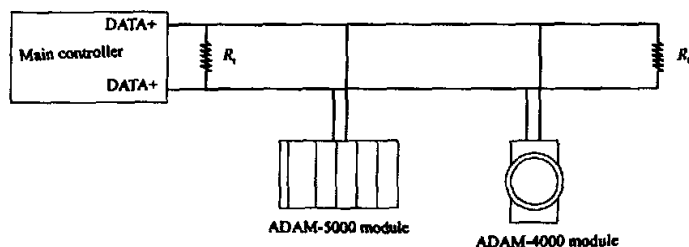


图 1 RS-485 通信网络二线制连线方式

Fig. 1 Two-wire connection of the RS-485 network

在 SMCAMS 分布式控制系统中, 主控机与 ADAM 模块之间的通信采用命令 / 响应协议, 所有的通信过程都由主控机主动发起, 而 ADAM 模块只是被动地响应。当通信网络中没有信号传送时, 系统处于侦听状态。每次通信过程均先由主控机发送包含地址码的命令信号字符串, ADAM 模块接收到命令信号后, 检查命令信号的地址与本模块的地址是否相符。若相符, 即向主控机发送响应信号字符串; 否则, 不发送信号。如果超过一定的时间主控机仍没有接收到响应信号, 则产生超时错误, 此次通信过程被放弃, 系统进入侦听状态。采用这种通信方式, 可以有效地避免通信冲突, 无需专门的总线仲裁。

1.3 系统的体系结构

SMCAMS 分布式控制系统的体系结构如图 2 所示。该系统是一个多点的 RS-485 网络, 网络的干线是一对带屏蔽的双绞线, 每个 ADAM 模块作为一个节点通过支线连接到干线上。因而, 网络中所有节点之间的关系都是并行的, 增加或减少一个节点不会影响网络的其它部分。整个网络中最多可以存在 256 个可寻址的 ADAM 模块, 这是由于 ADAM 系列采用两位 16 进制数编址。如果网络中使用了较多的 ADAM 模块, 可以把干线分为多段, 相邻的两段之间

用中继器连接。中继器的作用只是对于线上传送的 RS-485 信号进行整形和放大,并不影响网络的体系结构。网络的每一段中最多可以存在 32 个可寻址的 ADAM 模块,这一限制是由 IC 电路的驱动能力决定的。

根据逻辑功能和在现场的具体位置,我们把高压电源、束流积分仪、频率合成器、微机多道系统、多样品设备现场控制系统等 30 多台设备分为 11 组。每组以一个 ADAM-5000 模块或一至两个 ADAM-4000 模块为核心,它们直接连接该组内的各个设备。通过这些 ADAM 模块和 RS-485 网络,主控机可以对现场设备进行监视和控制。ADAM 模块安置在离它所控制的设备(组)尽可能近的地方,最大限度地缩短模拟信号线的长度。

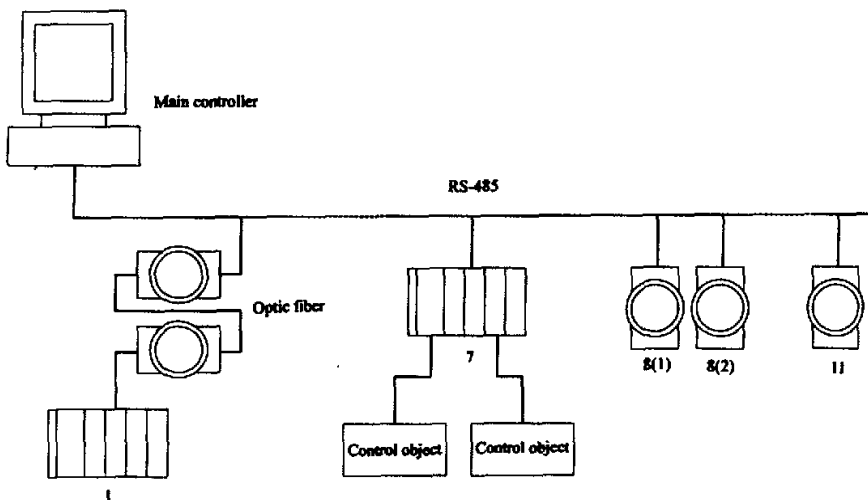


图 2 SMCAMS 分布式控制系统的体系结构

Fig.2 The architecture of the distributed control system of SMCAMS

2 系统的工作原理和功能

2.1 系统的工作原理

SMCAMS 分布式控制系统由主控机统一调度和管理。当系统处于运行状态时,主控机定时地读取 ADAM 模块采集来的数据。主控机接收到的模拟量、开关量经过数据处理、变换后被保存在相应的变量中,以备查询。系统操作员通过键盘或鼠标操作可以显示每一台设备的状态。如果需要改变某台设备的状态,则通过相应的操作经相应的模拟量、数字量 I/O 模块作相应的输出,然后在屏幕上显示操作的结果(成功与否、设备的当前状态等)。

2.2 系统的功能

(1) 激励磁场: SMCAMS 系统启动前,通过运行励磁程序控制励磁电流源激励磁场。

(2) 实时监视: 当控制系统处于运行状态时,主控机定时地读取 ADAM 模块采集来的数据,对主要的设备进行实时监视和数据刷新,使屏幕显示具有实时性。

(3) 单台设备的控制: 执行相应的操作,可以单独改变任何一台设备的状态或输出值并显示操作的结果(成功与否、设备的当前状态等)。

(4) 通过统一地调度和控制各种设备, 交替加速和测量多个样品(空白样品、标出样品、待测样品)以及几种不同的离子($^{12}\text{C}^-$ 、 $^{13}\text{C}^-$ 、 $^{14}\text{C}^-$ 等)。

3 系统设计中的一些具体问题

3.1 高电位浮置设备的控制

SMCAMS 系统中, 第1组和第2组中的电源等设备分别浮置于-17kV和-12kV的高电位, 不能直接连接到RS-485网络的干线上, 需要通过光纤地面站对它们进行控制。我们以前使用的多通道光纤传输设备基于 $V-f$ 、 $f-V$ 变换, 光纤数量多, 结构复杂, 可靠性低。在新的分布式控制系统中, 我们采用ADAM-4541模块(RS-485至光纤转换器)解决了这一问题。这样, 每组只需要两个ADAM-4541模块和两根约3m长的光纤构成光纤地面站, 不但结构简单, 可靠性也随之得到很大的提高。

3.2 RS-232设备的控制

微机多道系统、多样品设备现场控制系统和励磁电流源上都带有RS-232串口, 我们通过ADAM-4521模块(可寻址RS-422/485至RS-232转换器)把它们连接到控制系统的RS-485网络上, 实现了主控机与它们的通信。为了保持和原系统的兼容性, 我们暂时通过数字量I/O模块ADAM-4050对微机多道系统进行控制, 但这一方式已不能完全满足目前样品测量的需求。系统调试完毕之后, 我们将改用通信的方式解决这一问题。

4 SMCAMS交替加速软件的设计

ADAM系列产品采用基于ASCII码的命令集, 能够与任何使用ASCII码的计算机或终端通信。这就是说用户可以使用几乎任何通用的编程语言(如Visual BASIC、Visual C++和Delphi等)编写系统控制软件, 当然也可以使用组态语言(如LabView、Fix等)。SMCAMS交替加速软件以Windows98为运行环境, 采用Inprise Delphi5.0编程。Delphi5.0是高效的32位快速应用程序开发环境(RAD), 集面向对象的语言功能和可视化编程环境于一身, 有效地提高了软件的开发效率。

在SMCAMS交替加速软件的设计过程中, 我们采用了面向对象和面向组件的设计方法, 物理操作和逻辑操作分离, 从而软件的层次分明、结构清晰, 易于维护和升级。有关SMCAMS分布式控制系统的硬件配置等参数保存在smcams.ini文件中, 这使得该控制系统具有较大的灵活性。如果需要对控制系统进行一定的调整, 软件的层次结构如下所示:

第五层: 图形用户界面
第四层: SMCAMS应用层
第三层: 设备层
第二层: 逻辑I/O通道层
第一层: ADAM系列命令层

软件的第二层向上提供了与硬件无关的逻辑 I/O 通道, 所以软件的第三层及其上层是与硬件无关的。即便整个控制系统采用完全不同的硬件设备, 软件的上层也只需作少许修改即可使用。

参 考 文 献

- 1 陈茂柏, 李德明, 卢相顺, 等. 第六届全国加速器物理学术交流会议文集, 1997. 28-33
CHEN Maobai, LI Deming and LU Xiangshan, *et al.* Proceedings of 6th Symposium on Accelerator physics, 1997, 28 - 33
- 2 李德明, 等. 粒子加速器学会第六届全国学术交流大会会议集. 1996
LI Deming, CHEN Maobai, LU Xiangshan, *et al.* Proceedings of 6th Symposium on particle Accelerator. 1996
- 3 刘永好, 陈茂柏, 李德明, 等. 核技术, 1999, 22(9): 557-562
LIU Yonghao, CHEN Maobai, LI Deming, *et al.* Nucl. Tech, 1999, 22(9): 557-562
- 4 凌澄. PC 总线工业控制系统精粹. 北京: 清华大学出版社, 1998
- 5 武自芳, 虞鹤松. 微机控制系统及其应用. 西安: 西安交通大学出版社, 1998
- 6 Charlie Calvart 著, 潇湘工作室译. Delphi 4 编程技术内幕. 北京: 机械工业出版社, 1999.

The distributed control system of Shanghai Mini-cyclotron Accelerator Mass Spectrometer (SMCAMS)

SHAO Yuhe

(Shanghai Institute of Nuclear Research, the Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Abstract

It is mainly introduced in this article that the composition, structure, hardware and software designing, function, and the method of communication between the host computer and the ADAM modules of the distributed control system on Shanghai Mini-cyclotron Accelerator Mass Spectrometer (SMCAMS). Some detail problems such as controlling the devices staying on high voltage by ADAM-4541 (RS-485 to Fiber Optic Convertor) and optical fiber are also introduced.

Keywords Distributed control system, RS-485, Communication network, Optical fibre, Object oriented design

CLC TL 542