

低能强流离子束输运实验台控制系统的研制*

赵捷¹⁾ 彭士香 陆元荣 郭之虞

(北京大学重离子物理研究所核物理与核技术国家重点实验室 北京 100871)

摘要 介绍了一种基于 Siemens S7-300 PLC 的计算机控制系统, 用于对北京大学重离子物理研究所低能强流离子束实验台设备的自动控制和束流监测. 该系统通过 PROFIBUS-DP 过程现场总线完成主站和从站的数据交换和分布控制, 上位机采用 Siemens WinCC 软件集中监控, 实现可视化过程控制、数据记录和保存、报警和自动保护、远程控制和数据通信等功能. 本文着重阐述在离子束输运装置对控制系统基本要求的基础上, 如何选择系统结构并确定系统方案, 以及对现有设备的自动化改造、软硬件的合理配置、可视化人机操作界面的设计.

关键词 PLC 控制系统 WinCC

1 引言

随着北京大学重离子所 RFQ 加速器升级和改造的顺利进行, 对于设备的自动控制和束流的自动监控要求逐渐突出. 为了相对独立的进行系统调试, 以及在短期内积累足够的经验, 我们在 RFQ 加速器用低能强流离子束输运实验台 (见图 1) 上研制了一套自动控制和束流监测系统, 并且在研制过程中充分考虑了系统的可移植性和可扩展性, 以后可以方便地升级成控制整个 RFQ 加速器的智能系统.

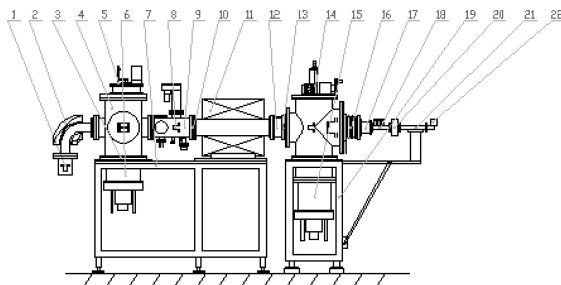


图 1 离子束输运实验台结构图

1. 法拉第杯; 2. 偏转磁铁; 3. 过渡法兰; 4. 六通; 5. 发射度仪; 6. F250 分子泵; 7. 支架; 8. 法拉第杯; 9. ACCP 管道; 10. 抑制电极; 11. 螺线管透镜; 12. 软连接; 13. 限束光阑; 14. 发射度仪; 15. F250 分子泵; 16. 引出系统; 17. 离子源; 18. 三销钉调谐; 19. 分子泵支架; 20. 隔离波导; 21. 波导管; 22. 磁控管.

对于控制系统的要求有: (1) 系统自动启动、停

止, 实现现场无人化操作, 或者尽可能减少起停过程中的人工操作; (2) 各设备运行状态的设定、监视和记录, 定期生成运行状况统计报表; (3) 连锁控制与保护; (4) 束流监测与记录; (5) 系统故障的响应和记录; (6) 界面易于操作; (7) 开放式系统, 扩展能力强. 本文重点介绍设备改造、软硬件选型、连锁保护等方面设计思路和实现情况.

2 系统方案

2.1 待控制设备

低能强流离子束输运实验台包含的设备可分为真空、冷却、ECR 离子源、低能输运、束流测量等几

表 1 系统设备控制量表

设备名称	模拟量 入(AI)	模拟量 出(AO)	开关量 入(DI)	开关量 出(DO)
机械泵				2
分子泵电源			4	4
真空阀				2
真空计	2			2
冷却系统	2	1	3	5
进气系统			1	1
微波功率源	2	2		3
抑制电源		1		1
高压引出电源	2	1		1
螺线管电源		1		1
法拉第杯电机			2	2
法拉第杯	3			
总计	11	6	10	24

2008-01-07 收稿

* 国家自然科学基金(10455001, 10605003)资助

1) E-mail: zj@pku.edu.cn

部分^[1],各部分又由不同的仪器构成,具体的待控制量见表1.

2.2 老设备的可控性改造

在控制系统设计和实施的过程中,为了降低系统的成本,充分利用仍有应用价值的设备,对那些不具备远程控制功能的老设备还要进行可控性改造,增加用于开关量控制的继电器、远程控制的接口电路,以及相应设备的保护电路等.

2.3 软硬件选型

控制系统主要采用Siemens SIMATIC S7-300系列PLC,CPU选用315-2DP^[2].S7-300是一种通用型PLC,适合自动化控制中的各种应用场合,具有许多方便功能的I/O扩展模块供用户自由组合,且具有非常强大的可扩展性,给以后的升级带来了便利^[3].

现场总线将选用西门子Profibus-DP总线,Profibus-DP是业界用于现场级总线,符合IEC61158国际标准.

系统采用上位/下位机工作方式,上位机通过CP5611接口卡与下位机的CPU315-2DP交换数据,同时提供远程监控功能,系统组态结构如图2所示.

软件上选用Siemens Step7 V5.3+WinCC V6.0的组合.下位机用Step7 V5.3编程,完成对基层设备的直接操作,包括设备的起停和状态设置、设备运行状况的数据采集、束流的监测以及各设备见的连锁与保护^[4,5].上位机采用WinCC软件,WinCC是一个真正开放的HMI监控级应用软件,可在任何标准的PC上运行,它完全支持分布式系统结构,适合于广泛的工业应用.它不仅支持远程数据交换,还捆绑了SQL Server 2000数据库,拥有强大的数据处理功能^[6].

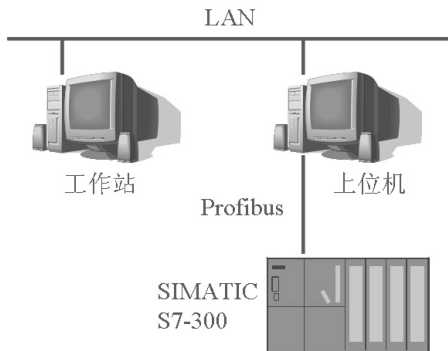


图2 控制系统结构原理图

2.4 开机流程与连锁保护

自动开关机是整个RFQ加速器控制系统的设计

目标之一,在本系统中也得到了体现,其中自动开机的流程如图3所示.

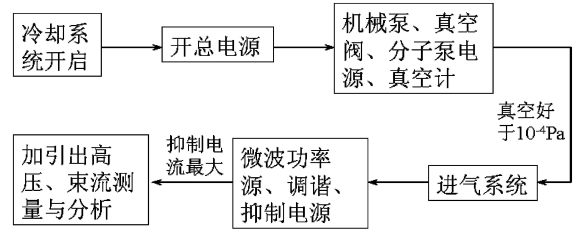


图3 控制系统自动开机流程图

为保护实验台系统的安全运行,除了在各级设备出现故障时及时报警提示外,还设计了硬件级的连锁控制与保护功能,其连锁制约框图见图4.

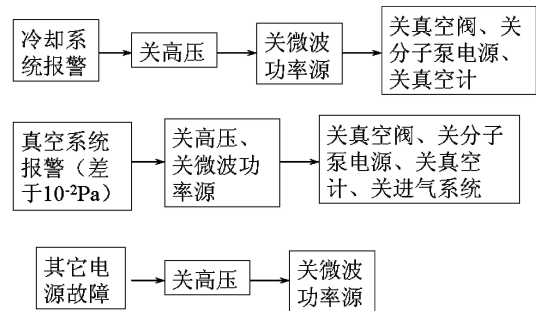


图4 连锁控制与保护框图

一旦冷却系统或真空系统出现故障报警,立即关高压、关微波功率源、关真空阀、关真空系统,如果其它电源出现故障,也要关高压、关微波功率源.

2.5 界面设计

控制界面实现双模式监控,即可以按照分系统(冷却、真空、微波、束流)模式了解各系统的工作状态,也可以按照分阶段(离子源段、低能输运段)模式监视加速器各部分的运行情况.借助SQL Server的数据库,还具有数据管理和定期报表的功能.

3 结束语

实验台控制系统的安装和设备改造工作基本完成,目前在进行分系统的调试工作,系统调试和在线实验即将展开.本系统综合了冷却、真空、微波、高压等各系统的智能控制和连锁保护,在取得满意的在线实验结果后,就可以移植、升级成整个RFQ加速器的控制系统了.

参考文献(References)

- 1 HONG I S et al. EPICS Based Control System of the PEPF Ion Source, ICIS2007
- 2 SIEMENS A G. S7-300 Automation System, Hardware and Installation: CPU 312IFM - 318-2 DP Installation Manual, SIEMENS AG, 2003
- 3 SIEMENS A G. S7-300 Automation System Module Data Manual, SIEMENS AG, 2006
- 4 SIEMENS A G. Programming with Step7 V5.2 manual, SIEMENS AG, 2003
- 5 SIEMENS A G. Ladder Logic(LAD) for s7-300 and s7-400 Programming Reference Manual, SIEMENS AG, 2003
- 6 SIEMENS A G. SIEMENS HMI. WinCC Handbook for version 6.0, SIEMENS AG, 2004

Control System of a Low-Energy High-Current Ion Beam Transport Test Bench^{*}

ZHAO Jie¹⁾ PENG Shi-Xiang LU Yuan-Rong GUO Zhi-Yu

(State Key Laboratory of Nuclear Physics and Technology (Peking University), Beijing 100871, China)

Abstract A remote control system for the ECR ion source and LEBT device based on Siemens S7-300 PLC is introduced in the paper. A PROFIBUS-DP is used to exchange message between the host-computer and PLC. Human Machine Interface (HMI) is developed by Siemens WinCC software, with the functions of interlock, control, and data acquisition. Some detail problems such as structure, reconstructing uncontrollable equipment, hardware and software designing are presented.

Key words PLC, control system, WinCC

Received 7 January 2008

* Supported by NSFC (10455001, 10605003)

1) E-mail: zj@pku.edu.cn