

## 同步辐射光束线运动控制硬件系统的集成

郑丽芳, 刘平, 张招红, 胡纯, 吴盈锋, 米清茹, 贾文红  
(中国科学院上海应用物理研究所, 上海 201204)

**摘要:** 本文介绍了上海同步辐射光束线运动控制系统的标准硬件集成体系, 该硬件体系与基于标准的 EPICS 环境下开发的控制软件一道圆满完成七条光束线的工程建设, 顺利完成调束, 达到验收指标, 目前已投入正常运行。

**关键词:** 同步辐射光束线; 运动控制; 硬件集成

**文章分类:** 计算机技术及其应用的研究成果

同步辐射光束线控制系统的任务是实时监测光束线各设备的运行状态, 为实验站用户提供能量、光斑尺寸、光通量满足要求的同步光。通过控制光束线上的单色器、压弯机构、白光狭缝和单色光狭缝等光学设备的运动机构, 可以调节同步光的能量、光斑尺寸和光通量。在上海光源首批七条光束线中, 运动控制设备数量众多、种类复杂、涉及国内外十几个加工厂家, 由于每个厂家通常有自己独特的设计方案, 因此每种设备甚至同一种设备的不同运动机构也不尽相同。为了便于与国际上同领域专家技术交流以及建成后光束线的运行维护、升级改造和后期光束线的建设, 光束线站控制系统选用国际上流行的标准软硬件体系结构。在充分调研、考察、访问国际上几大实验室如美国 APS、瑞士 SLS、英国 Diamond 的光束线控制系统, 经建立样机系统评估测试, 确定光束线控制系统软件在 EPICS(Experimental Physics and Industrial Control System)<sup>[1]</sup>环境下开发; 硬件基于 VME 总线, 其中 VME/CPU 应用 MVME5500, 运动控制器应用 MAXv-8000, 驱动器应用瑞士光源的 SLS 2001 SMD<sup>[2]</sup>。关于 VME/CPU 及运动控制器 MAXv-8000

的性能与使用方法已在相关文章<sup>[3]</sup>中讲过, 本文重点介绍底层驱动器、电缆、接插件及硬件集成。

### 1. 驱动器

运动控制器 MAXv-8000 向驱动器发送的两个关键信号: 脉冲频率 Step 与电机运动方向 Dir, 与被控设备上应用的步进电机没有关系。直接与步进电机运动相关的是驱动器, 驱动器性能参数包括驱动电流范围、驱动电压、保持电流、细分等。选择步进电机驱动器, 不仅要考虑步进电机本身的参数指标, 而且还要考虑被控参量物理要求、机械运动机构等因素。七条光束线中应用了以下四类驱动器:

#### 1.1 SLS 2001 SMD

这是瑞士光源驱动器, 具有多种型号支持两相六线或八线、四相四线、五相五线或十线等步进电机。优点是用一专门 19" 标准机箱, 最多可安装八个驱动器模块, 通过接口模块 SLS 2017 与 MAXv-8000 连接, 电气工艺简单可靠。每个驱动器面板上配置了 Busy、上限位、下限位开关、Home 开关状态指示灯, 对驱动器的工作状态一目了然。

**作者简介:** 郑丽芳 (1966- ), 女, 浙江龙游人, 2006 年获博士学位, 从事上海光源光束线控制系统的设计、建设、运行与维护。

面板上有专门的拨码开关用于调节保持电压、驱动电流、全步/半步模式等。当控制器发送命令给驱动器时, busy 灯亮; 当电机寻零时遇到参考点, Home 开关指示灯亮。

该系列驱动器应用在白光狭缝、压弯机构、丝扫描、荧光靶等光束线大部分设备上, 但两相、四相驱动器没有保持电流功能, 不能满足一些特殊要求的场合。

## 1.2 SME 驱动器

四条插入件光束线的液氮冷却单色器中, 第一晶体滚角、第二晶体滚角和投角运动机构上应用真空小电机, 工作电流 250mA。为确保单步运动时不丢步, 要求为电机提供一定的保持电流。考虑到电机在真空环境下不易散热, 该保持电流要求尽可能小, 只需 10mA, 为此厂家特制了驱动器 sme145\_700。

## 1.3 CCD93-70 Mini 驱动器

为满足单色器上 Bragg 角高精度和高速度的转动要求, 选用德国 Phytron 公司的 CCD 93-70 Mini 驱动器, 它具有 72V 驱动电压、最大 3.5A 的驱动电流和最多 20 细分功能。

## 1.4 基于串口通信的驱动控制器

有些专用的运动机构, 厂家在购买零部件时直接配置驱动器控制器, 如液氮冷却单色器中用于精调第二晶体滚角和投角的压电陶瓷控制器 E-621、变含包含角单色器中控制光栅和平面镜的伺服电机控制 C-862、水冷弧矢聚焦单色器中 Huber 转动台控制器 9011、Kohzu 滑台控制器 SC-400, 它们均带有串口 RS232 通信接口。

## 2. 电缆

步进电机与驱动器之间的信号很多: 电机每一相的驱动电流信号, 正、负限位开关信号, 参考点

信号, +5V 电源与接地信号。步进电机位于棚屋内的光束线设备上, 驱动器安放在棚屋外的控制机柜内, 因此步进电机与驱动器之间不仅信号多, 而且电缆较长, 大约 25m。

电缆的技术要求: 电阻小, 以尽量减小电缆对驱动器提供给电机的驱动电流的影响; 具有防电磁干扰的屏蔽层, 以减小电机运动时对限位开关及其它信号的影响; 外面的护套层具有低烟低卤阻燃特性。

采用定制电缆, 包含两种规格: 截面积为 0.75mm<sup>2</sup> 的八芯四组对绞绝缘线芯用于驱动步进电机和截面积为 0.25mm<sup>2</sup> 的六根绝缘线芯用于开关信号。

## 3. 连接器

光束线精密设备, 控制精度高, 电缆长, 因而对驱动器输出端与步进电机引出端的连接器要求很高, 插拔方便、连接可靠、接触点电阻小。

驱动器输出端采用法国 FCI 公司的 UTG01619 连接器, 在接触件、绝缘体、壳体和附件等方面具有非常好的质量。

各设备加工厂家都在步进电机引出端采用电缆连接器与外部电缆连接, 因厂家多, 很难对厂家提出应用统一型号的接插头, 我们要求厂家尽可能应用 FCI 产品的电缆连接器, 至少应用金属制圆形电缆插头插座。

仅以两相八线步进电机为例, 表 1 列出了驱动器输出端、电缆、步进电机引出端的电气接线定义。

## 4. 硬件集成

由于七条光束线的设备类型、数量各异, 应用的步进电机和驱动器的型号、数量也不相同。以生物大分子光束线为例, 被控设备共 8 种, 步进电机数量 25 个。图 1 是控制硬件的体系结构, VME/IOC1 内的一块运动控制器 MAXv-8000 控制 XBPM 和白

表 1 驱动器与两相八线步进电机的电气接线定义

驱动器连接器插针号	电机引出线	线芯颜色	驱动器连接器插针号	电机引出线	线芯颜色
3	Phase1	红	Shield	Shield	shield
4	Return1	蓝	19	Limit+	棕
10	Phase2	白	8	Limit+ Return	白
11	Return2	黑	18	Limit-	灰
12	Phase3	黄	17	Limit- Return	白
13	Return3	灰	6	Home	黄
14	Phase4	棕	7	Home Return	白
15	Return4	绿	1	+5V Supply	黄

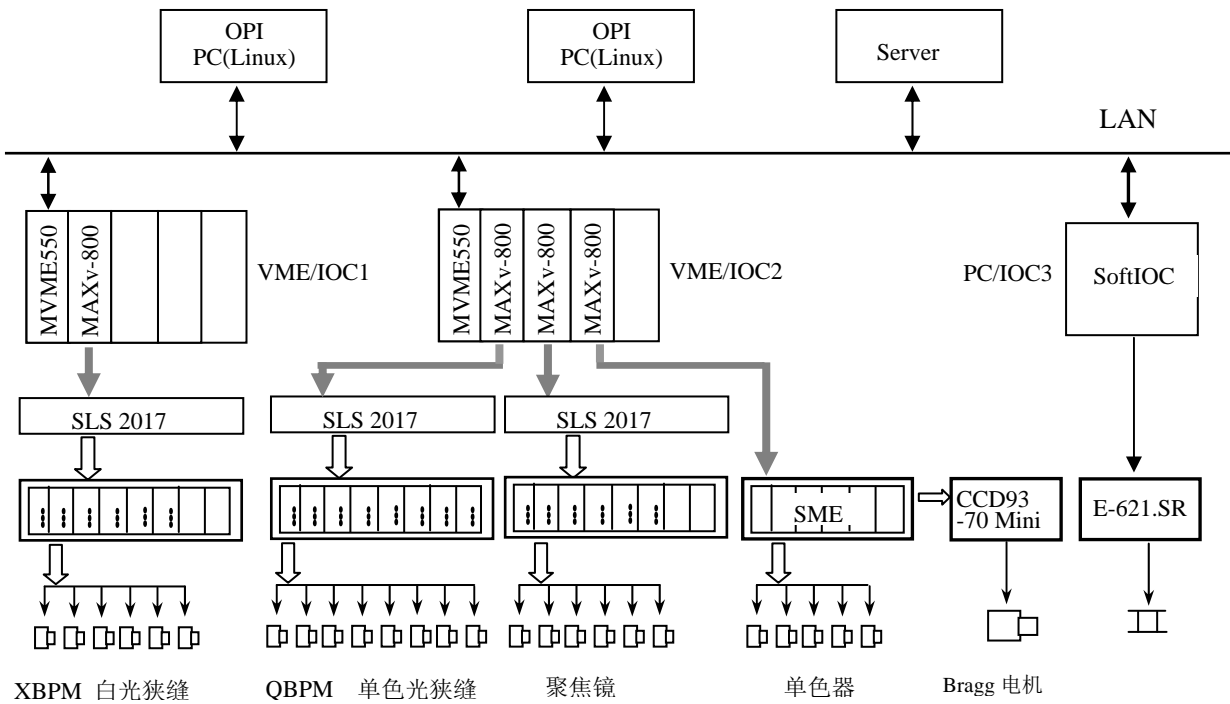


图 1 生物大分子光束线运动控制硬件结构

光狭缝的六个电机，IOC2 内有三块运动控制器，前两块通过 SLS 驱动器控制单色光狭缝、聚焦镜等设备，第三块通过 SME 驱动器控制单色器。单色器内的 Piezo 控制器 E-621.SR 具有 RS232 接口，应用 PC/SoftIOC 进行控制。图 2 为控制机柜内的硬件布局图。

安装硬件的总原则是利于 VME 机箱、驱动器



图 2 控制硬件布局图

的通风、散热，机箱接地，各种信号之间防止相互干扰。系统硬件与基于 EPICS 的控制软件相结合，于 2009 年 3 月 6 日顺利投入光束线调束中，并于 4 月 20 日协助光束线圆满完成由国内专家参加的验收指标测试，能量分辨率、光斑尺寸和光通量等所有指标均优于验收指标。

#### 参考文献:

- [1] 郑丽芳, 李纪堂, 胡勇, 刘松强, SSRF 光束线控制系统初步设计, 中国科学院上海应用物理研究所, 2006
- [2] 胡勇, 郑丽芳, 李纪堂, 刘松强, 基于 EPICS 的运动控制系统, 核电子学与探测技术, 第 26 卷, 第 6 期, 2007 年 11 月

## The Integrated Hardware of the Motion Control System in SSRF eamlines

ZHENG Li-fang, LIU Ping, ZHANG Zhao-hong Hu Chun Mi Qingru Jia Wenhong  
(Shanghai Institute of Applied Physics, CAS , Shanghai 201204, China)

**Abstract** This paper describes the hardware architecture of the motion control in SSRF. The whole control system was used to finish the commissioning of seven beamlines and all of them reached their specifications. Currently it is being operated normally in the beamlines.

**Key words:** synchrotron radiation beamline; motion control; integrated hardware