

# HI-13 串列加速器辐射防护联锁系统改造<sup>\*</sup>

李明龙<sup>1)</sup> 王晓飞<sup>2)</sup> 胡任威

(中国原子能科学研究院核物理所 北京 102413)

**摘要** 新建 HI-13 串列加速器辐射防护联锁系统采用 PLC 自动化控制, 增加与优化了原系统的联锁控制逻辑, 在充分保证人员辐射安全的同时, 使系统状态显示更直观, 操作更方便.

**关键词** 辐射防护联锁 PLC 控制 联锁控制逻辑

## 1 引言

HI-13 串列加速器在引进运行之初就设计安装了剂量监测、联锁控制、故障报警等系统. 但因此套辐射防护系统已运行近 20 年, 设备老化, 技术落后, 辐射防护的安全隐患越来越大; 且原来的辐射防护联锁系统由于经验的不足及设备的限制, 在操作上存在不合理性. 串列在 2006 年新建了具有 300kV 台架的注入器系统, 串列升级工程中的管道设备也将与现有的设备相连, 这些都要求改造辐射防护联锁系统以适应目前的需求. 新建辐射防护联锁系统将用 PLC 控制代替原继电器控制, 增加新的联锁关系, 优化系统状态显示与操作方式, 并充分实现系统的高可靠性和可拓展性.

## 2 辐射防护联锁系统要求

HI-13 串列加速器实验室主要由加速器大厅与三个实验厅组成. 加速器大厅在注入器系统升级后, 实际上从辐射安全角度有可分为两个部分, 即注入器区域与串列加速器区域. 注入器区域具有 300kV 的最大预加速电压, 在今后串列二期与串列连通后, 这里会有很高的辐射场; 加速器区域除要进行高压防护外, 辐射防护也必须考虑; 实验厅主要考虑辐射防护. 根据这些特点辐射防护系统应包括以下几个方面: 1) 加速器开机与供束有相应的联锁条件, 以使人员不能随意进入这些区域; 2) 当加速器开机或实验厅供束时, 任意区域被迫必需进入其中时, 需要手动解锁辐射防护联锁系统, 同时主厅低能端法拉第筒与分析磁铁像点法拉第筒及就地报警设备应该能根据指令做出相应

的动作, 从而迅速切断束流, 给出报警提示, 确保人员的辐射安全. 3) 当工作人员请求超剂量进入工作区操作时, 必须得到高级授权. 4) 在任何防护屏蔽被强行打开时, 联锁系统应保证束流被切断在安全位置, 并给出报警信号. 5) 就地与远控端可以提供完整的辐射防护系统状态和信息, 显示清晰, 操作方便<sup>[1]</sup>.

## 3 辐射防护联锁系统控制逻辑

### 3.1 加速器开机并正常运行条件

投入串列加速器剂量联锁系统后, 在以下三种条件下可以开启输电梯: 1) 关闭与主厅相连的防护门及迷宫门, 并满足开启输电梯的其他条件(加速管真空、钢筒压力等). 2) 主厅联锁开关置于高压解锁位置, 主厅相关门可处于打开状态<sup>[1]</sup>. 3) 在输电梯处于运转状态时, 无论是正常模式还解锁模式(含高压解锁、供束解锁、超剂量解锁), 有人操作主厅防护门紧急按钮, 提供报警并给出相应位置, 但输电梯不跳闸.

#### 1) 高压解锁的含义

(1) 主厅联锁处于高压解锁状态时, 无需关主厅防护门即可开输电梯. (2) 如果关好门后再启动输电梯, 则能够从厅外打开防护门和迷宫门而输电梯的马达不会跳闸, 低能端法拉第筒始终处于放下状态并不能提起.

#### 2) 供束解锁含义

(1) 供束解锁时可以在不关防护门和迷宫门号门的情况下开启输电梯. (2) 门关好后, 如果选择供束解锁, 此后打开与主厅相关的门, 输电梯不会跳闸. (3) 可以提起低能端法拉第筒供束, 当出束质量数小于 12

2008 - 01 - 07 收稿

\* 中国散裂中子源工程预研项目资助

1) E-mail: liminglong2008@163.com

2) E-mail: wxf@ciae.ac.cn

时, 给出语音、音响或信号提示, 提醒操作人员注意.

(4) 主厅如果超剂量而主厅相连的门处于打开状态, 低能端法拉第筒将自动落下并提示.

### 3) 超剂量解锁含义

(1) 当位于超剂量连锁状态时, 可以在不关主厅相关门的情况下开启输电梯. (2) 在关好门后, 如果选择超剂量解锁, 此后打开和主厅相关的门, 输电梯不会跳闸但会给出相关提示, 如: 出束质量, 能量, 剂量水平等. (3) 使用超剂量解锁必须得到高级授权.

需要说明的是, 无任何解锁的情况下, 应关好大厅相关的门后开机. 当门被用紧急开门按钮强行打开时, 低能端法拉第筒被瞬时放下, 之后尽快投入高压解锁或超剂量解锁其中的一个, 或者尽快关好大厅相关的门, 否则法拉第筒不能被提起, 且当时间超过一定限度, 将引起加速器停机.

## 3.2 实验厅供束条件

当选择供束管道后, 管道所在的实验厅应关好防护门, 如果希望在不关上门的情况下传输束流至实验厅, 则应选择解除连锁. 实验厅有供束解锁与超剂量解锁两种除辐射防护解锁的方式.

### 1) 供束解锁含义

使用供束解锁时, 可以从该实验厅外打开相关防护门, 像点法拉第筒不会被自动放下, 但当实验厅的剂量超过允许值时, 像点法拉第筒将自动落下.  $A < 12$  时, 采用供束解锁将有语音、音响或信号指示.

### 2) 超剂量解锁

供束实验厅使用超剂量需要得到高级授权, 此时测量厅内中子剂量和  $\gamma$  剂量超过安全水平仍允许从测量厅外打开防护门, 像点法拉第筒不会被放下.

## 3.3 加速器开机与供束连通过程中的辐射防护连锁

当加速器满足供束条件后, 将束流传至实验厅时, 首先应该选择至少一个供束管道. 该供束管道被选择后, 其所在厅则必须符合实验厅辐射防护连锁的条件之一, 否则, 束流会被挡在分析磁铁像点法拉第筒前而无法进入该测量厅.

## 3.4 低能端法拉第筒控制条件

低能端法拉第筒的作用是将束流挡在注入器与串列加速器相连接处. 此时束流未经加速器高压加速, 能量较低. 为了满足辐射防护的要求, 它的控制条件设置是: 1) 在输电梯不启动条件下, 低能端法拉第筒可随意操作. 2) 输电梯启动后, 正常模式时, 当主厅相关门关好, 低能端法拉第筒可随意操作. 3) 主厅连锁控制处于高压解锁时, 低能端法拉第筒自动放下并不能被提起. 4) 主厅处于供束解锁而厅内的剂量在安全水平时可以被提起. 5) 关好大厅门后, 如果有人从大

厅内按紧急按钮开关, 低能端法拉第筒会自动放下并锁定, 关好门后, 手动控制功能自动恢复.

## 3.5 像点法拉第筒控制条件

分析磁铁像点法拉第筒的作用是将束流挡在主厅内而不能进入实验厅. 因此它的控制条件是: 1) 在输电梯不启动的条件下, 像点法拉第筒可随意操作. 2) 在输电梯启动时相关实验厅的门处于关好状态可提起该法拉第筒. 3) 在供束实验厅没有任何解锁的情况下, 如果有人强行从厅外打开防护门, 像点法拉第筒自动落下. 4) 在输电梯启动的条件下, 相关实验厅的门处于打开状态、实验厅供束解锁时, 可提起该法拉第筒, 如果此时该实验厅的辐射水平超过允许值, 该法拉第筒将自动落下, 提醒操作人员此解锁应取消, 给出报警信号. 5) 超剂量解锁时, 可提起该法拉第筒; 若有人按实验厅的紧急按钮, 像点法拉第筒将自动落下, 并给出报警信号.

## 3.6 状态指示灯

在各厅内墙上及各厅外防护门口都装有指示灯, 分为绿黄红三种颜色. 不同颜色指示灯亮代表意义如下: 1) 绿灯亮指示该厅不工作, 厅内辐射水平处于安全水平. 2) 黄灯指示该厅准备进入工作状态. 3) 红灯亮表明该厅正在工作, 人员不能进入该厅, 红灯闪烁则表明此时该厅的辐射剂量超过安全水平.

# 4 辐射防护连锁系统计算机控制

## 4.1 PLC与上位机软件

辐射防护连锁系统计划采用西门子PLCS7-300系统. 预计数字输入量约40个, 包括门状态、法拉第筒状态、加速器状态、紧急报警信号等. 数字输出量50个, 包括法拉第筒操作、阀门控制、指示灯控制、解锁、供束选择等. 模拟信号15个, 采用带有标准R485接口的西门子CP340-1C模块, 采集剂量监测仪表探头给出的模拟量信号<sup>[2]</sup>. 上位机软件采用WINCC, 以更好地实现上位机软件与PLC的兼容.

## 4.2 用户主界面

用户主界面上所要显示的设备有: 1) 串列工号内注入器区域、主厅、1厅、2厅、3厅及伽玛厅的墙体范围; 控制室测量室计算机室的墙体范围. 2) 与辐射防护连锁相关的所有设备, 包括注入器与二期接口部份, 注入器, 串列加速器, 分析磁铁, 开关磁铁以及所有相连的管道. 3) 各厅防护门. 4) 剂量监测仪表的位置. 5) 全部区域的辐射水平. 辐射水平在安全值以下, 区域显示为绿色; 辐射水平大于安全值, 区域显示为红色. 在辐射防护连锁系统开机后, 主界面上应显示

当前日期时间、加速器状态、出束种类、操作权、当前出束实验厅及厅联锁状态、各区域辐射水平、低能端法拉第筒与像点状态等信息.

#### 4.3 操作界面

操作界面用来进行出束管道的选择、厅联锁与解锁控制, 同时有相关的指示灯, 使信息显示更清晰.

#### 4.4 警告与提示

辐射防护联锁系统的一个重要功能就是实时检测系统状态, 当发现时能够给出文字或语音提示, 并提

示故障原因或发生位置, 使运行人员能及时处理, 保证人员安全. 警告的内容主要包括: 低能端法拉第筒与像点法拉第筒自动放下警告, 非正常状态下开启防护门警告, 辐射水平超过安全值警告等.

#### 4.5 操作权限

在辐射防护联锁系统中, 像点法拉第筒的操作权限可以是运行人员, 也可以是实验人员. 在主界面上有操作权限开关, 由运行人员将操作权限打到实验人员位置. 当处于该位置时, 实验人员控制像点法拉第筒的操作界面打开并可以进行提起放下操作.

#### 参考文献(References)

- 1 Operation Ragulations For HI-13 Tandem Accelerator (in Chinese)
- 2 LI Zong-Qiang, FU Ming-Deng et al. Nuclear Electronic Detection, 2004, **24**(3) (in Chinese)  
(李宗强, 伏明灯等. 核电子学与探测技术, 2004, **24**(3))

## HI-13 Tandem Accelerator Radioactivity Protection Interlock System

LI Ming-Long<sup>1)</sup> WANG Xiao-Fei<sup>2)</sup> HU Ren-Wei  
(China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China)

**Abstract** The upgrading of HI-13 tandem accelerator radioactivity protection interlock system will extend and optimize the original protection logical as well as the involved PLC control technology. A new reasonable displayed interface and convenient operation system will be designed.

**Key words** radioactivity protection interlock system, protection logical, PLC control technology

Received 7 January 2008

1) E-mail: liminglong2008@163.cn

2) E-mail: wxf@ciae.ac.cn