低能加速器辐射防护系统综合了计算机技术、控制技术、网络与通信技术、显示技术、探测与数据处理技术、自动门技术及设备自诊断与自恢复技术等，可达到对放射性工作场所作业过程进行集中监测、管理和控制的目的，主要包括但不限于辐射监测子系统及辐射安全联锁子系统。该系统由客户端层、服务器数据中心层、主站控制层及子站控制层组成，形成典型的四层结构。

辐射监测子系统包括但不限于固定式辐射监测设备及便携式辐射监测设备，固定式辐射监测设备用来检测在加速器运行期间及停机期间加速器大厅、有束流供应的实验厅内的中子和光子的剂量率。便携式辐射监测设备主要对临时场所或特定对象进行 x/γ 辐射实时监测，也可作为便携式的巡检设备由工作人员随身携带，监测工作人员所在现场的 x/γ 辐射剂量。具体针对本项目，需要对低能区辐射工作场所控制区、监督区的固定式剂量监测系统进行布点设计，根据各区域剂量率水平选定合适的固定式辐射剂量监测探测器，监测布点应设置在区域内具有代表性辐射场的位置，同时安装时应考虑以后检修方便，留适当的空间。应确定辐射监测设备的测量粒子种类、能量响应范围、测量量程、灵敏度要求及工作温湿度要求，中子探测器还应给定伽马响应的指标。

通过辐射监测设备所获取的信号进入到二次仪表进行处理，二次仪表根据探测剂量值输出的开关量送入辐射安全联锁子系统安全PLC内，同时子站层/现场层的人员出入信号、门厅联锁信号、加速器工作状态信号、清场/急停信号等均会传输到辐射安全联锁子系统安全PLC中，由主站控制层执行预先设定好的安全逻辑，推动报警装置发出声光等警报，或者在紧急停机情况发生时，关闭加速器关键设备，同时也将这些信号和事件发送给服务器数据管理中心层及客户端层，计算机记录从现场来的数据，实现剂量监测在线信号采集、监测点及人员的实时剂量值集中显示以及监测位置的实时显示等功能，并以图表的方式直观地显示给操作人员，或者送入数据库中，存储起来供离线分析，这些数据是开放的，可提供给中央监控系统以及其他的远程请求。

针对本项目，辐射安全联锁子系统需对低能区所包括的串列加速器大厅、器件微束终端、生物微束终端、10Mev电子辐照终端、材料质子/电子综合辐照舱、系统级综合辐照舱、月尘舱、原子氧辐射综合环境舱共8个放射性工作场所进行分区管理，要求各分区间相互独立，应对PLC控制系统进行软硬件设计及抗干扰设计，冗余可靠地对每个独立分区内设计清场功能、急停功能、对每个独立分区进出口设置门机联锁功能、各独立分区的剂量联锁功能以及各独立分区进出口的声光报警功能等，同时辐射安全联锁子系统独立于中央监控系统及各设备/系统安全控制系统。

3.1.2 辐射监测系统

辐射监测系统包括但不限于区域固定式辐射监测设备（γ及中子探测器及其测量单元）、便携式辐射监测设备（γ及中子探测器及其测量单元）、个人剂量监测及管理系统、设备辐射监测主机及其配套部分等。辐射监测系统应实现如下功能：

（1） 区域辐射监测子系统应能准确测量区域剂量率水平，在区域剂量率超过设定阈值时能及时触发报警信号并提供给辐射安全联锁系统，实施安全联锁保护。

（2） 个人剂量管理子系统应能准确测量工作人员受照剂量率和记录累计剂量，当剂量率、单次累计剂量或总累计剂量超过设定阈值时能发出声光警报，当总累计剂量超过设定阈值时对工作人员进入辐射控制区的权限进行锁定，建立个人剂量数据库。

3.1.2.1固定式辐射监测设备

（1）固定式中子辐射探测器

本项目固定式中子辐射探测仪除具备准确地测量场所中子剂量率的同时还应有较宽的测量范围以体现射线装置的不同工作状态、并具备低伽马响应以及较强的抗电磁干扰能力。对应的上位软件须具备数据存储、查询、报表统计、实时显示、报警等功能。

* ★探测类型：中子；
* ★探测器类型：3He正比计数器；
* ★能量范围：热中子0.025eV～400MeV；
* ★测量范围：0.01μSv/h～100 mSv/h；
* ★灵敏度： <1cps/(μSv/h)，252Cf
* ★γ灵敏度：1 ~ 5μSv（662keV，100mSv）
* ★能量响应：≤20％；
* ★响应时间：≤3s；
* ★线性：≤20％；
* ★角响应：±20% 全方向；
* 工作温度：-30 oC~50 oC；
* 工作湿度：≤90%（40 oC）；
* ★数量不得少于12个；
* 安装支架和固定件由投标人提供，采用壁挂式安装，要求颜色一致。

（2）固定式χ/γ辐射探测器

本项目固定式χ/γ辐射探测器除具备准确地测量场所χ\γ剂量率的同时还应有较宽的测量范围以体现射线装置的不同工作状态、并具备低中子响应以及较强的抗电磁干扰能力。对应的上位软件须具备数据存储、查询、报表统计、实时显示、报警及对各个探测器远程参数设置等功能。

* ★探测类型：x/γ；
* ★探测器类型：电离室；
* ★测量范围：0.1μSv/h～1Sv/h；
* ★能量范围：35keV～7MeV；
* ★相对误差：≤10％；
* 角度响应：-45°~90°；
* 响应时间：≤3s；
* 灵敏度：250 fA/μSv-1；
* 工作温度：-30 oC~50 oC；
* 工作湿度：≤90%（40 oC）；
* ★数量不得少于26个；
* 安装支架和固定件由投标人提供，采用壁挂式安装，要求颜色一致。

3.1.2.2便携式辐射监测设备

针对本项目人员工作模式，低能区加速器辐射防护系统的便携式辐射监测设备拟与高能区的一致。具体指标如下：

（1）便携式 x/γ 监测设备

便携式监测设备主要对临时场所或特定对象进行γ辐射实时监测，也可作为便携式的巡检设备由工作人员随身携带，监测工作人员所在现场的γ辐射剂量，便携式 x/γ 剂量仪选 300cc择高气压电离室，具有量程范围宽、响应时间短等特点，其主要参数为：

* ★探测类型：x/γ；
* ★探测器类型：电离室；
* ★测量范围：0-5 mSv/h；
* ★能量响应：x/γ射线>25 keV；
* ★总不确定度：<10%；
* 温度范围：-20℃～50℃；
* 相对湿度：≤100%;
* ★手持一体式，可单手便捷测量；
* ★就地数据的实时显示，就地实现声光报警，可同时显示瞬时剂量率值与累积剂量值；
* 菜单式按键操作，可设置蜂鸣器状态、实时与累积报警阈值、累积清零、单位切换等基本参数；
* 在满量程范围内可任意设置报警阈值，内置声音报警装置；
* ★数据就地存储，可与计算机直接连接进行数据导出；
* ★数量不得少于3个。
* ★1个长杆探测器，监测操作者剂量和剂量率，模块化设计，可快速更换各部件，长杆使用高强度玻璃纤维材料，配有平衡杆，方便长时间工作，可延长至 4m；探测器：正比计数管；测量范围：10nSv/h~100mSv/h；能量范围：36keV~1.3MeV；显示：自动量程切换、外部探测器独立显示；报警：在测量范围内剂量和剂量率报警连续可调，电池电量低报警；储存：内置256位数据存储器，对应内外部探测器各有一个时间记录。

（2）便携式中子剂量仪

便携式中子剂量仪是工作人员在监督区内及控制区内进行巡检及维护作业时使用，便携式中子剂量仪采用宽能谱中子探测器，其主要参数为：

* ★探测类型：中子；
* ★探测器类型：3He正比计数器；
* ★能量范围：0.025 eV～400MeV，依照 ICRP74(1996)；
* ★测量范围：0.01uSv/h～ 100mSv/h（Cf-252）；
* ★灵敏度：＜1cps/(μSv/h)（Cf-252）；
* ★γ 灵敏度：1μSv/h～5 μSv/h 对于100 mSv/h 137Cs（662 keV）；
* ★角度依赖性：所有方向±20%；
* ★线性：±20%；
* 直径：≤230mm，高度：≤320mm；
* 压力：500～1500 hpa；
* 重量：不超过13.5kg，湿度：<90%；
* 推车式；
* ★数量不得少于2个。

3.1.2.3个人剂量系统

个人剂量系统用于工作人员进入辐射工作区进行作业前，人员刷卡读取个人信息后，配发个人剂量报警仪，工作人员在作业期间佩带个人剂量报警仪，直至作业完成从辐射工作区出来后，刷卡并归还剂量报警仪，个人剂量系统自动统计、记录人员本次的剂量信息，并记录到服务器，该系统是工作人员的人身辐射安全的保障及个人剂量管理的重要依据，需考虑系统的扩展性，个人剂量报警系统应具有抗电磁干扰能力强等特点，其主要参数为：

* ★剂量率范围：0.1μSv/h ～ >4 Sv/h；
* ★剂量范围：1μSv～10Sv；
* ★γ能量响应： 16 keV～10 MeV；
* ★精确度：< ±10% (Cs-137)；
* ★可在测量范围内预设累积剂量、剂量率报警阈值，并具有累积剂量记录功能；
* ★报警：1m 处，>80dB(A)，具有振动报警功能，超亮LED红灯闪烁功能；
* 温度范围：-20°C～+50°C；
* 相对湿度：<90%；
* ★数量不得少于40个。

3.1.2.4 测量单元（就地二次仪表）的功能要求

（1）★本地数据显示：探测器本地至少实时显示剂量率值（含单位），探头和测量单元一体式设计。

（2）数据采集单元采用标准化插头，并有防错插设计。

（3）★本地报警：监测仪本地能够实现剂量率超阈值时的声音报警功能（音量可调）、 自检或运行中设备出现错误时有故障指示。

（4） ★独立输出和接口：实现测量单元与上位机之间监测数据的传输，配置的接口类型有至少 1 个 RJ-45（Ethernet 10/100Mb/s）及至少1个RS485。

（5）★参数设置功能：具备设置参数功能（主要是能实现日期时间、 报警阈值等参数的设置）。

（6）自检功能：具备关键硬件（如电源、内存、设备高压、低压等）完好性和通讯状态的自检功能。

（7）数据处理：对较低周围剂量当量率测量时，允许监测仪采用积分计算。

（8）★数据存储：测量单元至少能够存储一个月的历史监测数据（至多每 10s 存储一个数据）， 而且保证断电后数据不丢失。

（9）通讯方式及协议：上位机系统与测量单元采用以太网（Ethernet）方式进行数据通讯；上位机可以通过指令采集储存数据；测量单元具备自动与上位机对时的程序功能。

3.1.2.5 其他要求

（1）★投标人需承诺供货时伽玛探测器、中子探测器提供有标定资质的剂量检定部门出具的检定证书，能量范围、角响应等证明文件，所有剂量设备检定费用由乙方承担。

（2）★投标人需提供针对于上述产品的售后服务承诺书，并保证可提供备品备件10年。

（3）投标人应提供伽玛探测器对β/n 辐射的响应、中子探测器对光子辐射的响应的具体说明。

（4）投标人需提供监测设备的详细技术规格书及其认证标准等证明资料。

（5）投标人针对于上述产品代理，应提供制造商出具的授权书和售后服务承诺书。

（6）区域辐射监测点位置依据每个控制区保守计算的辐射场分布进行设置，原则上每个控制区内迷宫入口处必须设置一个监测点，其他设置点投标人需依据地方环保部门的要求、辐射场强弱及辐射区大小等综合起来确定。

（7）高速粉尘舱处设置一个X/γ监测仪，将该监测仪接入安全联锁系统，位置放在高速粉尘加速引出处，具体位置如图4所示。

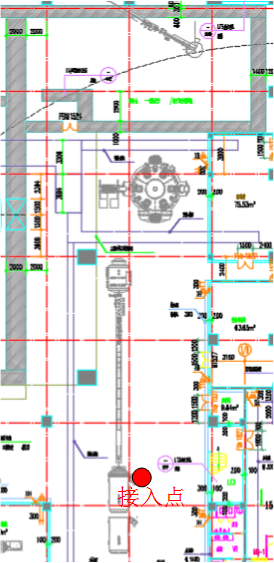


图4 高速粉尘舱监测点位置

3.1.3 辐射安全联锁系统

人身辐射安全联锁系统包括但不限于主控制服务器、客户端、PLC控制系统、人员出入管理系统、区域辐射监测系统、网络交换机等。

3.1.3.1辐射安全联锁系统应实现如下功能：

（1）安全联锁系统的设计和实施应保证各独立分区内有人时，射线装置不能开机，开机时进不了人（也闯入不了），以确保人身安全。

（2）安全联锁系统的硬件（包括但不限于监测、控制执行、报警）与加速器主控制系统相对独立；

（3）安全联锁系统应该能明确不同条件下（加速器运行、调试、维修）的控制区域和非控制区域。

（4）安全联锁系统的子系统（各厅内系统）相对独立，对于关键条件，如紧急停机等，至少执行安全功能的关键核心硬件/模块是双冗余的。

（5）加速器开机后加速器厅/实验靶厅防护门不能从外部打开，一旦防护门被强行打开，安全联锁系统应通过加速器主控系统立即采取多重冗余措施保证束流被切断在安全位置，并给出报警信号。

（6）供束过程中，用束靶室和实验厅安全联锁条件被破坏时，安全联锁系统本身能够立即采取措施使加速器自动停止供束，由束流监测系统提供的束流损失联锁信号到达时，安全联锁系统能够停止供束。

（7）辐射安全联锁系统及其子系统的工作状态包括但不限于停止态、自检态、报警态、监视态、活动态和失效态，其中报警态和失效态均会导致加速器停机。就地与远控端可以提供完整的辐射安全联锁系统状态和信息，且显示清晰，操作方便。

（8）辐射安全联锁系统与中央监控系统是相对独立的，是冗余和失效安全的。

（9）安全联锁系统中，各级设备和信号均以硬连线方式连接，以确保系统的可靠性。

3.1.3.2辐射安全联锁系统主要技术参数及指标：

（1）主控制服务器

主控制服务器及其软件是辐射安全联锁系统的核心, 其将各子系统有机联系起来，组成整个系统的数据处理中心，应配置服务器、数据备份设备、网络通信设备、网络安全设备、打印机和UPS，与各现场监测子站的通信采用有线通信方式，构成系统的信息交换平台与权限管理平台，通过对各子系统相关信息的采集和分析来完成系统信息管理工作、实现平台的核心功能，并据此完成对加速器辐射安全做出评价。主控制系统接收各子系统提供的信息，进行控制层的通信，需优化通信网络架构，主要要求如下：

* ★采用冗余的环形网络结构，以尽量降低系统的通讯故障率，提高可靠性；
* 数据传输速率应在2400b/s以上，误码率为10-6 以下；
* 网络布线需满足电磁兼容，防止场所各种信号的干扰，有安全防火墙，防止病毒攻击，安全可靠。

服务器硬件不得低于以下要求：

* 采用防尘埃和防电磁辐射的具有高可靠性的工业计算机；
* 服务器及软件应具有足够的计算能力和容量，以保证系统在异常或者应急情况下，不会丢失实时信息、报警信息及其历史记录等数据：
* ★服务器内、外部存贮器须留有不低于50％余量，支持热插拔，对各类辐射监测数据及辐射安全联锁信息及数据提供长期保存功能；
* 服务器及其软件须具备与其他子系统相互通信的接口；
* 服务器及其软件须留有扩展接口，方便将来系统的升级和改造；
* 结构方式：机架式；
* CPU处理能力须至少留有50％以上余量；
* 网络控制器：双端口千兆网卡。

（2）安全PLC控制设备

PLC作为整个系统的控制中心，须冗余配置，冗余PLC安装在中控室控制机柜内，在实验终端区域和加速器区域各安装一台分布式I/O站，各个区域的状态都通过PLC的DI模块输入至PLC的CPU模块，完成现场辐射剂量信号、声光报警灯状态、离子源高压的运行状态、防护门位置及状态信号、束流阻挡装置位置及状态信号、钥匙面板使用状态信号、紧急停机按钮等信号的收集，进行逻辑运算与判断，并根据预先定义的安全策略执行相应的动作，一旦出现与安全逻辑相冲突的事件，安全PLC控制系统会控制一系列加速器束流控制关键设备，触发一系列保护动作，比如：阻止束流注入到加速器中；阻止束流在加速器中被加速；阻止束流被引出至输运线；有效阻止束流供给某个区域；避免束流“直接”进入某区域。

安全PLC系统应具备以下技术要求：

* 安全PLC应经过TÜV认证；
* ★PLC控制系统须是冗余配置的容错自动化控制系统，采用分布式系统结构来完成现场设备的控制与状态信息的采集，其PLC处理器模块、输入输出模块、同步模块、存储模块、通信及其接口模块、电源及总线网络等均应提供足够的冗余和可靠性。运行时，冗余系统间应独立工作，互相监督，主备PLC之间数据应实时同步，故障无扰切换，实现系统最高的可用性。
* 机柜内须有良好的模拟接地、保护接地和数字接地；
* 系统内所有卡件须为固态元件，标准化、模件化和插入式结构；
* 机柜内的每个端子排和端子都有清晰的标志，并与图纸和接线表相符；
* 机柜内的每种类型I/O端口及接线端子须预留有10～15％的备用量；
* PLC系统的CPU支持在线编程，其处理能力须留有50％以上余量；
* 确保安全PLC控制系统中运行的程序不被中央监控系统及其他任何第三方客户端计算机修改；
* ★具有就地系统自诊断功能、直观的状态显示功能和故障指示灯。

（3）安全联锁设备

安全联锁设备包括但不限于人员出入管理设备、清场/急停按钮、声光报警装置、控制区状态指示/显示装置、束流阻挡装置及联锁门等。

A、人员出入管理设备

人员出入管理设备包括联锁区域控制箱及人员出入管理箱。

联锁区域控制箱设置在中控室内，是人身安全联锁控制的重要部分，也是最后控制出束的重要设备，需要配备相关机柜、服务器、显示屏等管理设备，还需要配置发卡器等辅助设备，通过刷卡并在数据库验证其权限，只有经过授权的人员刷卡后才能够分配开门权限，在授权人员按下按钮后开门指令会发送至PLC，再由PLC控制各区域联锁门打开。对联锁区域控制箱要求如下：

* ★采用液晶显示，可以实时显示联锁状态信息，当用户刷卡后显示卡号、姓名、权限等信息。
* ★具有10/100M自适应网口，可以实现与服务器的实时网络通信，并实时更新状态信息显示。
* ★可设置卡片授权与管理，设置高级操作的控制级别。
* 模块化设计，可观性强，安装方便。

人员出入管理箱设置在各联锁区迷宫通道入口处，通过人员出入管理箱及迷宫通道联锁门实现对进出辐射区的人员管理和统计，并与服务器和PLC相互通信，主要要求如下：

* ★人员权限识别功能：配有刷卡器和个人剂量读出器、读取用户卡（或个人剂量计）中的数据，并与服务器通信判断用户权限。
* ★分配及归还功能：根据识别的用户权限，为刷卡人员分发钥匙，人员离开时，刷卡实现钥匙归还，并通过分配指示灯对钥匙分配及归还状态进行指示。
* ★人员信息记录及上传功能：用户取钥匙成功后，记录用户信息，统计人数，与服务器通讯，将当前内部工作的人员情况全部上传。
* ★系统设置功能：当用户具有设置权限时，可进入设置界面进行操作。
* ★液晶显示功能：可以显示实时联锁状态信息，当用户刷卡后显示卡号、姓名、权限等信息。
* ★按钮状态管理：当用户离开后忘记刷卡归还钥匙，管理员可通过管理员卡进入系统，设置钥匙状态为归还。
* ★具有 10/100M 自适应网口，可以实现与服务器的实时网络通信，并实时更新状态信息显示。
* 系统连续长时间运行稳定不死机。

安全联锁系统通过PLC监控人员出入管理设备状态，人员出入管理箱自身的状态分为“全部归位”与“未全部归位”两种，只有人员出入管理箱上的开关钥匙按钮全部归位时，状态才为开，任何一个开关钥匙按钮未归位时，状态均为关，人员出入管理设备的位置及功能见表5。

表5人员出入管理设备的位置和功能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 位置 | 开关状态 | 作用 |
| 中控室 | 关 | 在停机状态下加速器无法启动。  在运行状态下切断束流并进行停机。 |
| 开 | 在停机状态下，加速器允许启动。 |
| 区域控制入口处 | 关 | 在束流进入各控制区状态下，切断束流。  在各控制区处于无束流状态下，无法请求束流。 |
| 开 | 各控制区需要执行搜索清场才能请求束流。  束流允许进入各控制区。 |

B、清场/急停按钮

紧急停机按钮及“清场”确认按钮均匀分布于加速器大厅及所有辐射工作区内, 主要功能为在加速器开机准备期间进行声光警示, 提醒加速器联锁区域内未离开人员迅速撤离。同时，加速器开机前，必须对相关联锁区域进行清场搜索，确认没有工作人员滞留并依次按下“清场”确认按钮。若来不及离开或者在加速器开机之后仍有工作人员在大厅内, 可按下大厅内设置的紧急停机按钮，并传送给安全联锁PLC系统来切断加速器运行, 触发联锁门打开，使滞留人员及时撤出。

急停按钮的设计要求如下：

* ★急停按钮需要至少 2 组常开触点，按钮加装包含壳，同时装有紧急标识，防止误操作；
* 急停按钮上有灯光显示，使其位置醒目，按下后有报警灯闪烁；
* ★安装方式：壁挂安装；
* ★急停按钮有明确的操纵位置和可动复位功能，在未经手动复位时，在其他地方无法复位此处被按下的按钮，也不能在控制室复位。只有当引发急停事件的按钮被复位后，才有可能使加速器运行；
* 人员通常滞留且视频监控死角的易达区域应设置急停按钮。

清场按钮的设计要求如下：

* 加速器开机前需进行人员清场，清场人员需沿着设计的路线巡视现场，并依次按下清场按钮，相邻两个按钮的按下时间超过设定值时，清场失败，需重新清场，当所有清场按钮按下后，清场人员退出，完成清场程序；
* ★安装方式：壁挂安装；
* ★在清场按钮旁要同时安装报警灯和报警扬声器，当按下清场按钮时，相应按钮旁的报警灯亮起，警报也响起，提示滞留人员撤离；
* 清场按钮为带灯按钮，按下后，指示灯点亮，表示该次按钮操作有效。
* 人员通常滞留且视频监控死角的易达区域应设置清场按钮。

C、声光报警装置

* ★工作指示灯根据不同的工况或危险程度可发出红色、绿色及黄色灯光；
* 发光方式：根据不同的工况或危险程度，可控制三种发光形式，分别为常亮、低频闪烁及高频闪烁；
* 蜂鸣报警器可根据工况及危险程度发出低频和高频的鸣叫；
* 环境温度：-25℃～55℃；
* 相对湿度：≤98%RH；
* 抗振动及抗干扰。

D、控制区状态指示/显示装置

控制区状态指示/显示装置用于提供整个系统的重要指示信号，时刻显示当前区域束流的情况，包括：准备出束、正在出束、停机检修等，提示操作人员是否可进入当前区域。主要技术参数为：

➢ ★采用TFT液晶显示屏，显示分辨率可达到1280\*480，显示屏外形尺寸可达到长≥73cm、宽≥16cm；

➢ 具有10/100M自适应网口，具有一路485通信接口，可以通过485总线通信实时更新状态信息显示。

E、束流阻挡装置（束流塞子）

* 根据“硬件最可靠”原则，串列加速器大厅（C-1）中输运到器件微束终端（C-2）及材料质子/电子舱（C-5）的两条束流配送线上均设置有束流阻挡设备，其主要作用是闭合时阻挡6MV串列束流进入器件微束终端及材料质子/电子综合辐照舱，防止工作人员误操作，保证各辐射分区之间的独立运行，保证有人区域为绝对的封闭区间，如图5所示。每个阻挡束流设备的电气关键执行部件必须与辐射安全联锁系统连接，通过联锁逻辑控制开关和获取位置信息及状态信息。其中图5中的束流塞子由招标人加速器系统完成，本项目投标人仅需向招标人加速器系统提供束流塞子的接口需求，完成束流塞子的状态及位置信号提取及其联锁调试。
* 正常运行工况下，由于C-2及C-5两个分区通过C-1串列加速器关联在一起，当不需要使用C-1束流时，束流塞子处于关闭状态，保证C-2及C-5两个分区均与C-1互相独立运行，当需要使用C-1束流时，束流塞子处于打开状态，实现C-1与C-2或C-1与C-5的联合工作模式。
* 正常运行工况下，确保其他分区加速器相互间独立运行。
* 事故工况下，确保事故相关分区加速器均被可靠安全地切断。

1. **

图5 束流塞子位置

F、联锁门

低能加速器辐射防护系统的迷宫通道屏蔽门是进入低能试验区各实验室的唯一出入口，通过参与联锁区域的联锁功能实现人员的进出控制和管理，其联锁主要要求包括但不限于：控制区联锁门被打开时加速器无法开启；如果加速器被打开时，联锁门遭到强行开启，则切断加速器。主要技术参数及指标如下：

* 1）提供屏蔽从迷宫通道辐射出的较高放射性水平的γ射线和（或）中子功能的联锁门有：

① 串列大厅屏蔽门：12cm聚乙烯+1.2cm Pb，门洞尺寸：宽1m，高2.4m；

② 器件微束辐照终端：8cm聚乙烯+0.8cm Pb，门洞尺寸：宽1.5m，高2.4m；

③ 10MeV电子辐照终端：3.2cm Pb，门洞尺寸：宽2m，高2.4m；

④ 系统级综合辐照舱一楼：2cm Pb，门洞尺寸：宽1.5m，高2.4m；

⑤ 材料质子/电子辐照舱：16cm聚乙烯+3cmPb，门洞尺寸：宽1.5m，高2.4m。

⑥ 月尘舱铅房屏蔽门：4 mm Pb，门洞尺寸：宽3.5m，高3.5m，大门对开，不能有固定门槛，大门上留小门，示意图见图13所示。

2）不提供屏蔽功能只提供联锁功能的联锁门有：

① 系统级综合辐照舱二楼：门洞尺寸：宽1.5m，高2.4m；

② 生物微束辐照终端：门洞尺寸：宽1.5m，高2.4m。

3）仅需要将本地控制信号接入安全联锁系统的联锁门有（不负责门体的加工、安装和调试，安全联锁系统只需取得门体的最高控制权限）：

①系统级综合辐照舱南边辐射防护大门；

②原子氧舱加速器屏蔽门。

* 投标人应对防护门门体材料及厚度的防辐射功能进行复核，要求所有防护门外剂量率目标值不超过2.5 μSv/h，投标人在满足招标人需求的条件下若有充分的数据支撑，可对防护门尺寸进行调整；
* 防护门的设计及制造工艺应保证门体永久性的平整度、不空鼓、不变形、防护材料不开裂变形、门体受力均匀、门扇不下坠、有防火防潮功能；
* 门体表面处理工艺应保证美观大方，使门体与整体装修融为一体；
* ★采用自动防护门，其打开、关闭分为手动控制和PLC自动控制两种控制方式。电动门既可通过门内开门按钮控制开启，也可通过PLC控制启闭，停电时可手动开启；
* ★在各控制区迷宫通道入口处设置屏蔽门位置开关，采用至少2个位置开关的冗余设计，任何一个为门开状态都会触发联锁，当两个位置开关全部到位时，才能确认门的位置，并反馈门的位置信息，位置信息包括3种：打开、关闭、未知，并接入PLC，当未处于“关闭”状态时，各联锁高压和束流阻挡装置将不允许被打开；
* 通道门通过PLC预留的控制接口与人员出入管理箱联锁；
* 通道门如有故障，应能发出警灯作为提示信号；
* ★门上应设置安全防夹传感装置、门机联锁、射线警示灯、辐射警示标志等；
* 应做防腐处理，保证其在设计寿期内具有较强的防腐蚀能力，涂层应根据特种门所在区域和环境条件满足 NB/T 20133.1 的相关要求；
* 每扇门组装完成后，应进行不少于 5 次的启闭操作，检查特种门启闭的灵活性和可靠性；
* 门框、门扇对角线尺寸、门框槽口尺寸允许偏差为±3 mm；
* 门扇平面度应不大于 3.0 mm/m2，门扇表面任意点均不应较门扇表面任意三点构成的理论平面高出或低于 3 mm；
* 门边和门框的直线度：相对于一条通过任意直边总长的理论直线公差为±2 mm。

（4）安全辅助设备

A、视频监控系统

在C-1~C-8联锁门外均设置监控摄像机，主要监视对象为门点的设备使用和人员出入情况，组成视频监控系统，做到提前发现隐患和故障，及时处理突发事件。具体要求如下：

* ★总控室大屏及各操作客户端可实时调阅任何一台摄像机视频图像及历史图像；
* 视频监控软件可进行分屏显示，可对每一个摄像头进行显示具有视频录像回放功能；
* ★要求视频监控与门禁、报警事件进行可靠的通讯，支持门禁、报警事件相关联的视频抓拍，抓拍的视频为事件点前后若干连续时间内容的视频流，门禁处抓拍摄像应用于人脸识别功能；
* 所有抓拍的视频流或者图像均由后台集中存储，抓拍的数据不随前端硬盘录像覆盖而丢失；
* 系统支持通过事件（如刷卡事件、门开超时事件）快速调阅历史视频数据，支持通过电子地图快速调阅实时视频；
* 当所监控区域有人员活动时才进行数据储存和抓拍，没有人员时系统只是监控不进行数据储存，视频图像存储周期不少于3个月，并要求24小时不间断录像；
* ★采用网络型高清摄像机，最大分辨率至少 1920x1080；
* ★支持高清视频输出；
* 支持自动光圈、自动聚焦、自动白平衡、背光补偿、宽动态功能；
* 支持超低照度(0.02Lux/F1.6(彩色)，0.002Lux/F1.6(黑白))，支持电子防抖、强光抑制、透雾功能。

B、语音广播系统

* 在C-1~C-8内配置音响以实现紧急广播功能；
* 自动语音播放：系统根据当前的运行模式，自动同步播放预制语音，如清场撤退、出束警示等；
* 在主控室通过麦克风，可向区域广播临时指令；
* 扩音不小于 80 分贝。

（5）软件系统

软件系统包括客户端软件、安全联锁系统 PLC 控制软件、区域辐射监测管理软件、个人剂量与人员管理软件、放射性废物管理软件等，要求尽量将各软件的界面统一到一起，软件界面设计须满足操作习惯。

①★ 安全联锁控制软件

* 采集现场包括但不限于人员出入控制箱、红外、门禁开关、清场/急停按钮、束流阻挡装置位置及状态信号、视频信号、辐射监测数据信号、个人信息等，并实时传输到数据库；
* 安全联锁控制软件通过预设的逻辑程序，调取数据库数据，获取信号数据等，判断逻辑条件，以实现整个系统的安全联锁功能；
* 依据开启门逻辑，判断人员进入权限，调取个人剂量历史数据判断准入条件，调取区域辐射监测数据判定准入条件，调取加速器运行状态及束流闸状态数据等，进行准入条件判断。发送结果指令，控制门开启或不开启；
* 依据出束逻辑，获取清场准启条件、钥匙箱状态条件、束流闸状态条件等，给予准许/不准许出束运行的结果输出；
* 获取门禁状态信息，依据红外触发信号，实施抓拍图片信息；
* 接受刷卡指令，分配钥匙，并判定钥匙归还状态；
* 统计并记录人员进入信息；
* 依据主控室指令以及逻辑判定条件，启动声光报警发出；
* 依据逻辑控制要求，进行语音播报；
* 依据运行状态、逻辑条件以及监测数据，控制显示屏的显示内容同步。

② ★ 辐射监测数据管理软件

* 辐射监测数据管理软件主要实现管理区域辐射监测系统设备及数据；
* 实时数据显示功能：实时显示各监测站辐射监测数据，并以图表、文字等方式直观地表示出来；
* 数据查询功能：对监测数据以时间区间可查询；
* 数据分析功能：对剂量率数据进行分析，如：对各通道的剂量监测数据进行时、日、周、月、季、年的累积剂量、平均剂量率、最大值、最小值等信息的统计分析，以报表、曲线等形式表示出来。
* 辐射监测站点管理功能：增加/删除站点，配置监测站点的基础属性；
* 放射性废物台账管理功能：对各辐射区放射性废物贮存点的放射性废物种类、剂量率水平、大小、贮存位置、贮存时间、处理/处置方式及时间、责任人等信息提供台账管理功能。
* 参数设置功能：可配置每个监测点的设备基本参数，如设备编号、通讯方式等，同时可进行高级参数配置，如灵敏度、刻度系数、高压等；可配置每个监测点的报警阈值；
* 系统日志：软件可自动记录与辐射监测系统相关的操作信息以及系统运行信息。根据系统日志可以更好地掌握整个系统的运行状态，对事后判断处理问题提供了依据；
* 数据统计、报表生成及打印：根据需要生成报表，报表可导出为多种格式如： EXCEL、WORD、PDF等，数据和报表可以自动打印输出。

③ ★ 个人剂量管理软件

* 个人剂量管理软件是个人剂量的查询终端，也是全区域个人剂量的数据分析中心；
* 可通过外设读取个人剂量计的数据；
* 具有与数据库服务器进行数据通讯的能力，能够随时查询个人的剂量数据；
* 以图形、图表等方式直观地展示所选人员的剂量水平及分布；
* 当工作人员的累积剂量超过国家标准及本项目环评规定的限值时，能进行警示；
* 创建辐射人员个人剂量健康档案：对本装置工作/科研人员的个人剂量进行统一管理和数据分析。个人剂量档案应当包括但不限于个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

④ ★ 服务器（客户端）软件

* 可对整个系统的运行状态、人员出入情况及各联锁部件之间的逻辑控制进行全天候、24小时的实时在线监控；
* 可实现新用户注册、审批及管理等用户管理功能，支持系统管理员对每个申请的用户进行用户权限设置；
* 以实况图的方式实时显示全部区域加速器供束状态、束流阻挡器状态、控制台状态、联锁门的位置信息及其状态、急停清场按钮状态、各控制区人员滞留人数、PLC状态、各监控区钥匙使用情况及授权情况等；
* 实时显示系统时间、网络连接状态等；
* 实时查看各区域辐射剂量监测数据；
* 实时显示加速器各区域联锁设备的状态及逻辑示意图；
* 统计和实时记录各加速器区域人员出入信息及人员基本信息，包括人脸识别功能；
* 实现显示所有监控区域的视频信息，可通过云台控制视频设备；
* 支持人工方式记录、抓拍各种特殊信息；
* 依据所分配的权限，查询历史运行记录、人员进出信息、辐射水平、人员剂量信息等数据；
* 以图表、曲线等方式显示各项历史数据，并支持报表生成、导出、打印；
* 各项数据及状态参数异常时，给出警示、警告或报警，对超过报警阈值的监测点在显示界面给出颜色提示。
* 软件设计界面必须符合操作习惯，界面内容必须和招标人沟通确认。