

BEPCII人身安全联锁系统 运行总结

中科院高能所 李俊刚

2016年9月23日



系统介绍

- ◆ 定位
- ◆ 设计原则
- ◆ 实现

改进与完善

- ◆ 二期改造
- ◆ 三期改造

运行总结

- ◆ 问题
- ◆ 经验

未来发展规划



系统介绍-定位

粒子加速器人身安全联锁系统用于**保障人员的人身辐射安全**，即要**确保联锁区域内有人时无瞬发辐射源项，存在瞬发辐射源项时无人员滞留**；同时**不因自身故障影响加速器运行**。

系统**以门禁控制管理为主，PLC监测为辅**。

系统主要联锁设备有：联锁钥匙、门磁检测开关、急停/巡更装置、紧急开门按钮、声光警示装置、LED显示屏、磁力锁、摄像监控装置等，通过**完善的联锁逻辑设置**实现对人员人身辐射安全的**多重保护**。



系统介绍-设计原则

失效安全：系统关键设备出现故障或失效时能**避免出现失控性后果**，自动导向**预定的安全状态**。

纵深防御：充分考虑并合理设置联锁设施，实现对人身辐射安全的**多重冗余保护**；且**各重保护措施之间具有相互独立性**。

最优切断：把人身安全放在第一位，系统联锁逻辑**在加速器控制系统中具有最高的优先级切断束流**。

硬件最可靠：**关键联锁信号尽量由硬件设备给出**，最大限度的保证系统的高可靠性。



系统介绍-实现

1987年：BEPC人身安全联锁系统——**继电器为主**的分立元件进行组合的联锁方式。

1995年：BEPC新人身安全联锁系统——引入PLC、计算机技术、门禁控制技术，**基于PLC的分布式联锁控制系统**。

- **目的**：**保障人身及设备安全**。
- **实现目标**：1) 建立中央安全联锁系统；2) 完善人身安全联锁系统；3) 在各工作区的主要出入口设置运行状态显示设施（TV）；3) 完善各分系统及设备的安全联锁功能。
- **联锁设施**：钥匙联锁、门联锁、加速器状态显示、广播系统、紧急停机按钮、声光报警器、束流偏转磁铁联锁、安全出口指示、严格的管理制度...
- **联锁区域划分**：1) **直线**——直线加速器隧道、核物理实验厅、输运线电源厅；2) **储存环**——输运线、储存环、谱仪大厅、同步辐射大厅；两个区域的分界线设在输运线中央，用铁栅栏分开并设立明显标识。

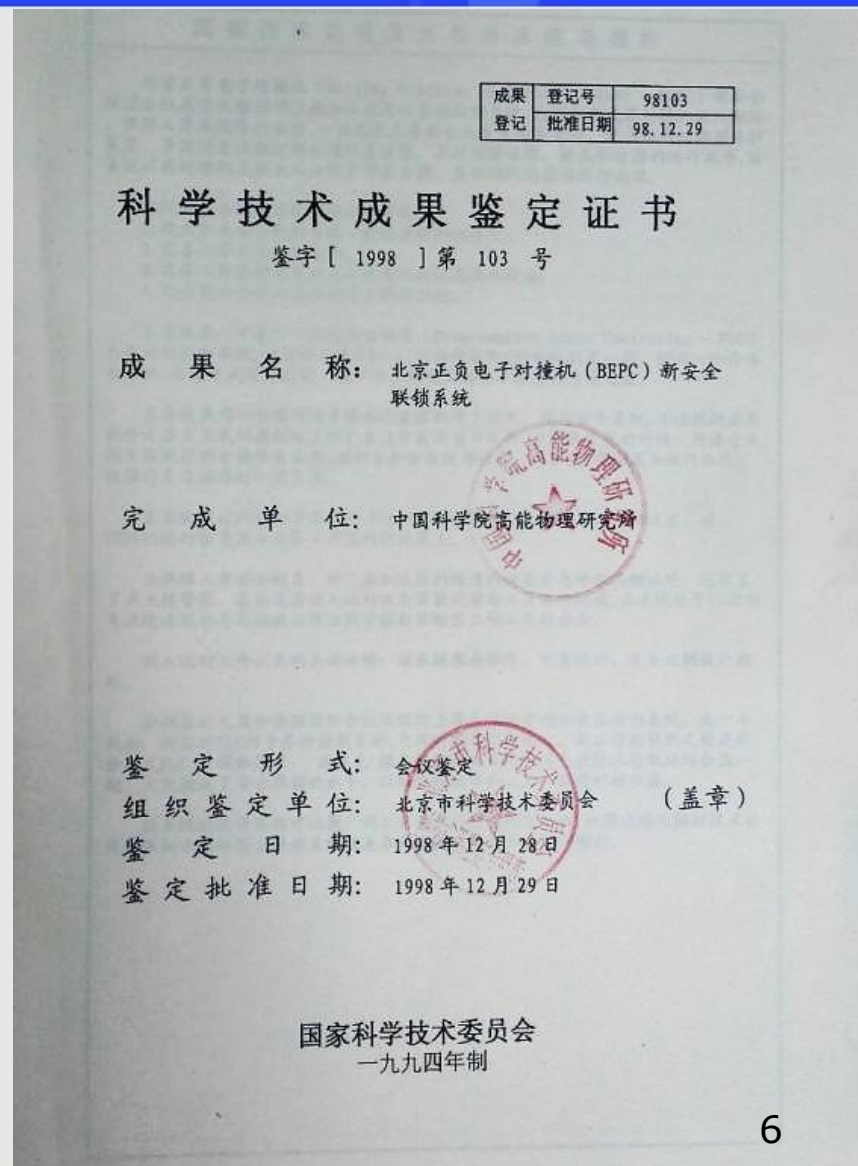


“BEPC新安全联锁系统”获1998年度 北京市科技进步二等奖。

不足之处：

- 1) 无法对出入人员进行统计；
- 2) 直线和储存环为两个独立联锁区域，没有统一的管理控制；
- 3) 两个联锁区域之间无严密的隔离措施，存在人身辐射安全隐患；
- 4) 紧急停机按钮和警示装置设置不合理；
- 5) 联锁区域内无加速器运行状态显示装置；
- 6) 设备门未联锁，存在人身辐射安全隐患。

2000年：增加了东、西输运线安全联锁门，取代直线与储存环两个联锁区域之间的隔离铁栅栏，消除了人员可从储存环随意进入直线的人身辐射安全隐患。



改进与完善-二期改造

2002年：BEPCII人身安全联锁系统——全面采用门禁控制技术，采用**集散式控制体系**，可根据管理需要实现对加速器的联锁控制，具备强大的扩展功能，可最大限度的改善与提高人身安全保护措施。

- 利用**门禁卡**和监控探头实现对出入人员的统计管理；
- 采用**“零计数”联锁、巡更清场、语音灯光提示**等新技术；
- 完善了谱仪大厅防护门的联锁设施；
- 建立了核物理实验厅人身安全联锁系统。

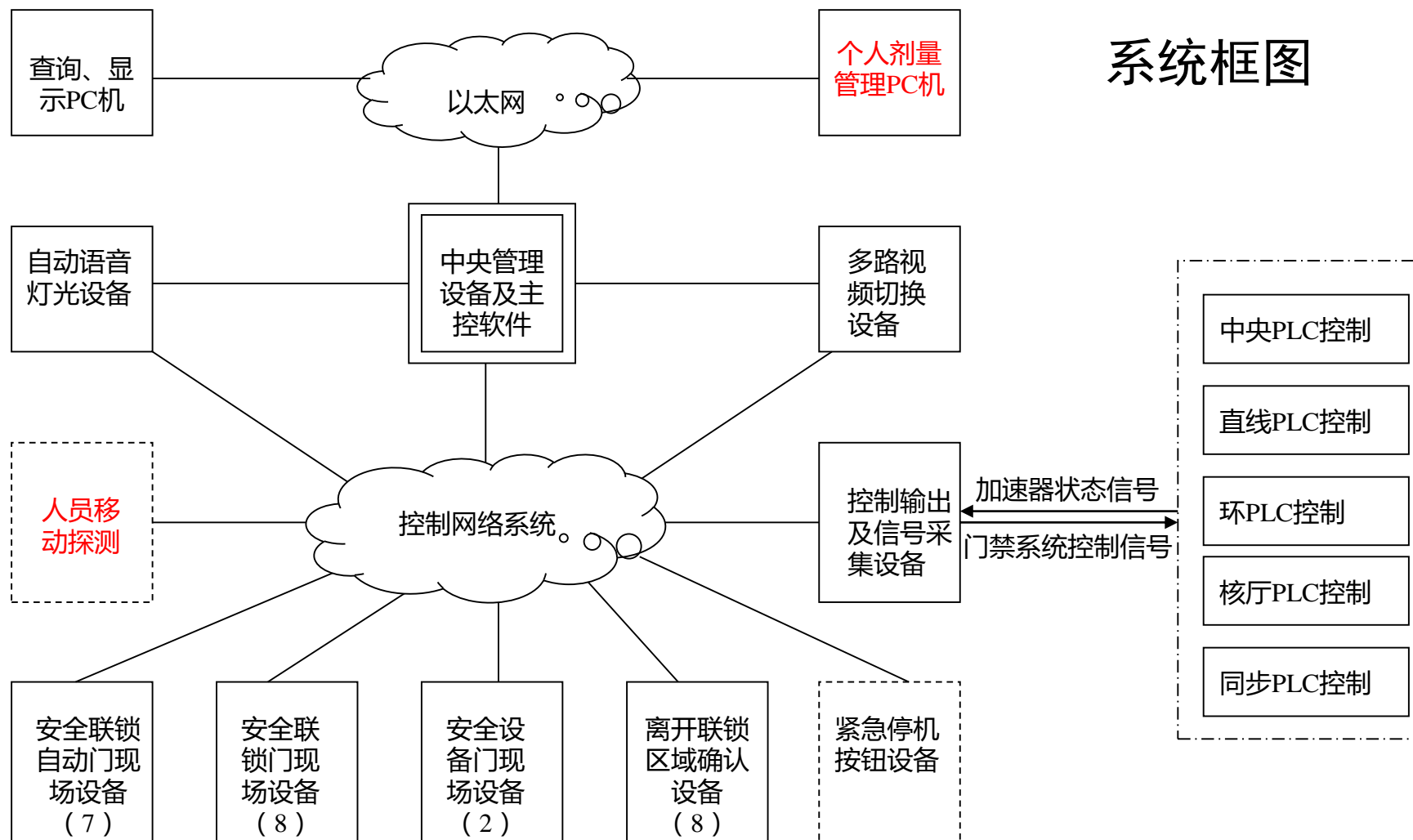
2003年：防护门改造。

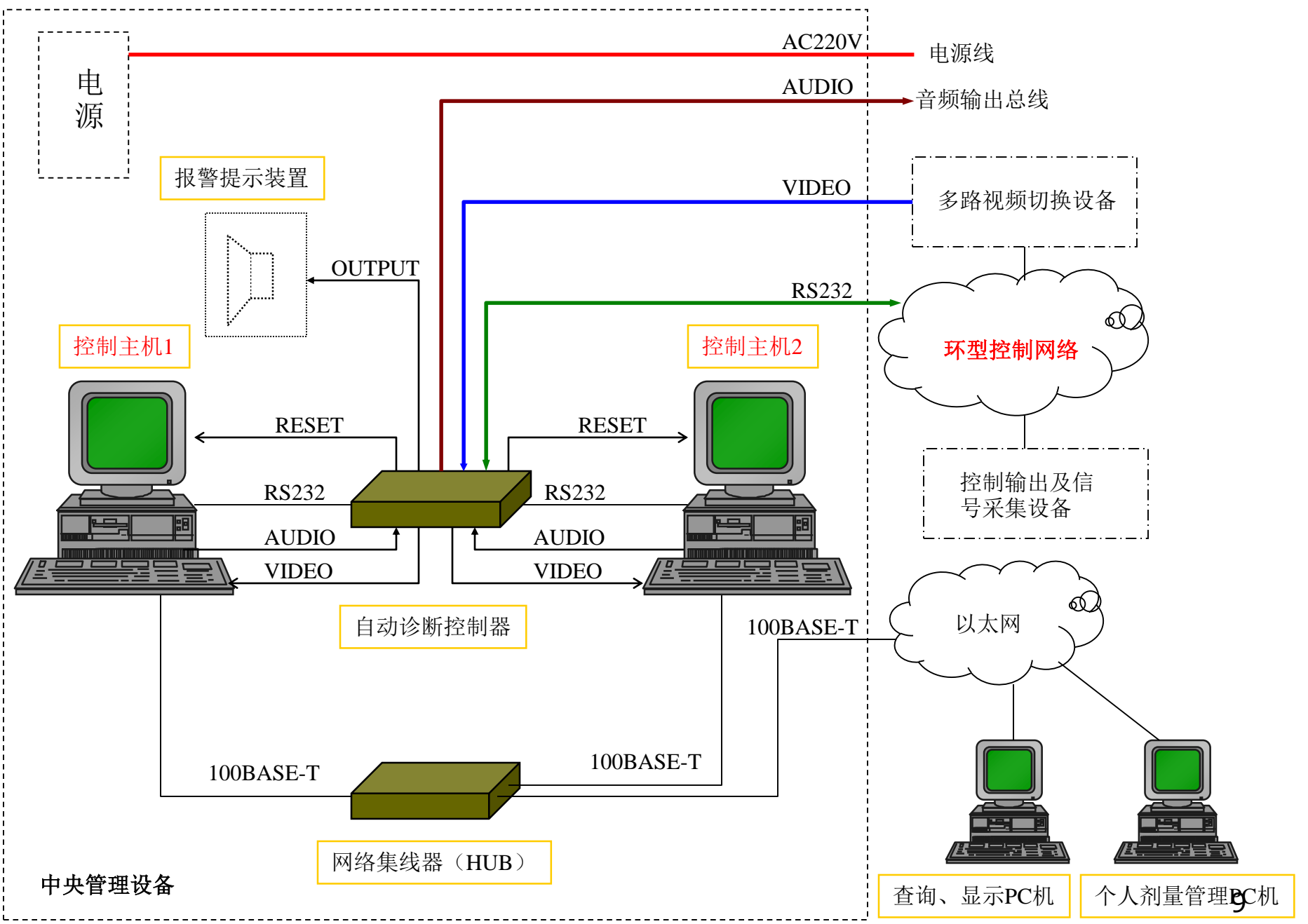
2006年：储存环紧急停机按钮系统升级改造。

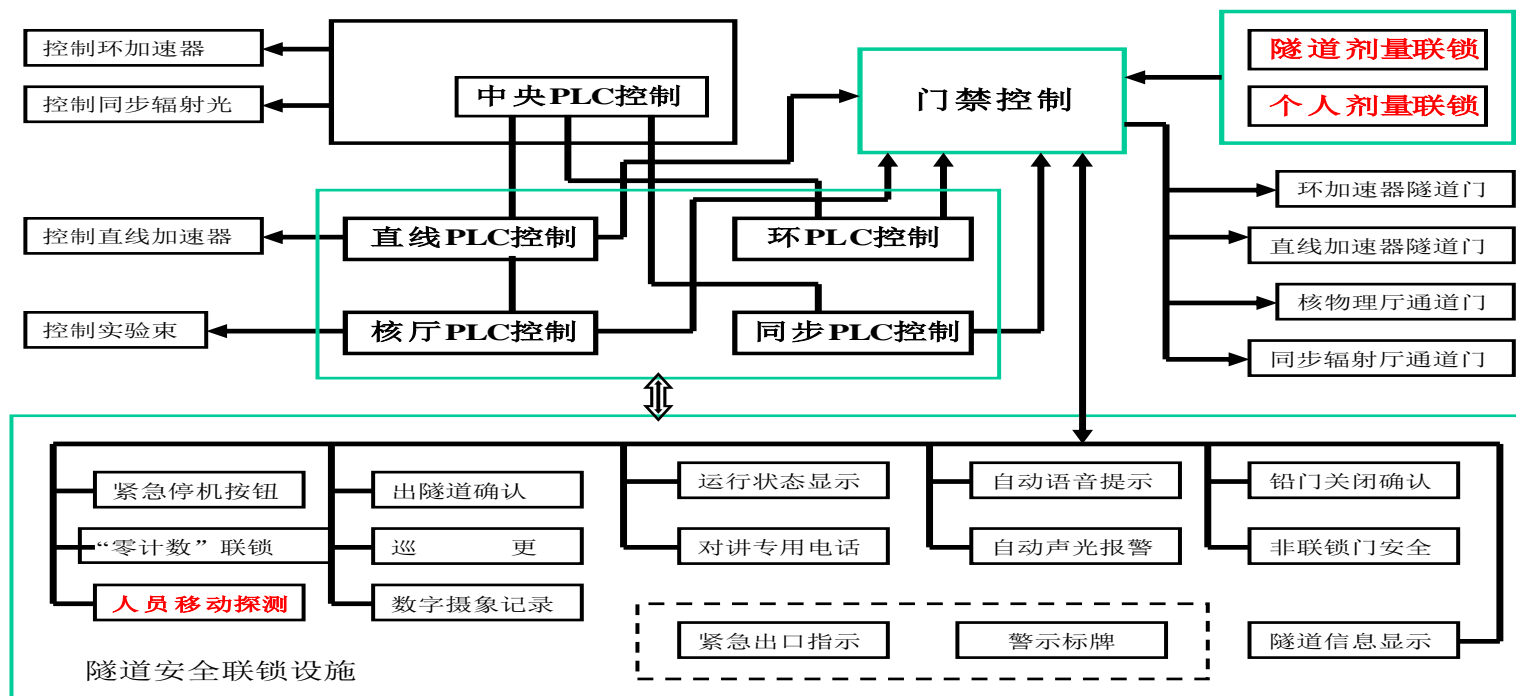
2007年：增加东、西输运线南安全联锁门，第二对撞点设备门、同步辐射15#厅防护门、西高频厅测试间防护门纳入联锁，增加完善了LED显示设备和摄像监控设备。



系统框图







系统PLC控制、门禁控制、剂量控制及安全联锁设施示意图

不足之处:

- 采用**环形网络**，发生故障时不利于快速定位，且随着**联锁设备的不断增加**系统轮询速度越来越慢；
- 管理控制**过度依赖于上位机**，随着运行时间的增加系统不断变慢，故障率高；
- 预留的扩展功能和接口多，导致**联锁逻辑复杂**，后续运行中发生不明原因的问题较多。

改进与完善-三期改造

2008年：BEPCII人身安全联锁系统

- 新增运输线联锁区域，进入该区域的前提是直线和储存环均为停机状态；
- 将之前新增的设备全部纳入联锁；
- 将门禁系统改为由中央和本地两级分布式控制，各子系统可独立运行；
- 增加门禁系统主服务器双机热备份功能。

BEPCII 人身安全联锁门禁系统 (北京艾克赛斯公司设计)

系统(S) 操作员(O) 群组管理(G) 设备管理(D) 巡逻管理(P) 区域联动设置(E) 卡片管理(C) 地图管理 工具(T) 帮助(H)

设备信号收发指示 联动信号收发指示 报警指示 清除报警

当前联动主机IP: 192.163.163.201 主机

请选择设备: 西环门-08 打开 关闭

2009年10月10日 星期六 10:27:19

区域状态: 储存环 运输线 直线 靶室1 核物理厅

运行 运行 运行 运行 运行

禁止进入 禁止进入 禁止进入 允许进入 允许进入

解除 解除 解除 解除 解除

与二级联动核对人数 区域内人员

未离开确认人员

姓名: 李家才

卡号: FF59424

内部编号: 004409C

性别: 男

生日: 1960-12

部门: 实验物理

职务: 副研究员

家庭住址:

固定电话: 6052

手机号码:

东运输线门 LED显示

直线区域: 运行

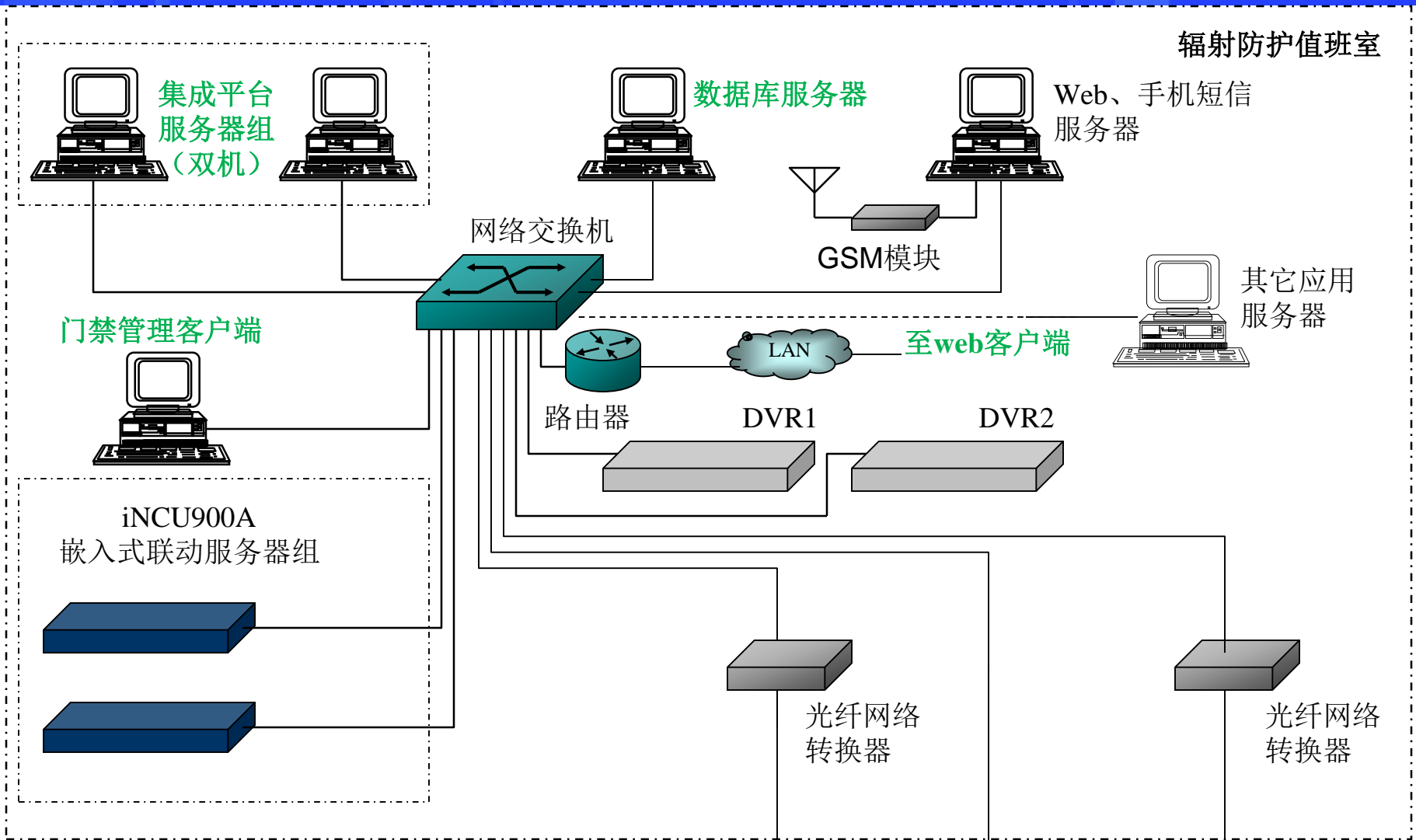
地址	延迟	安装地点	位置	锁定
203		诺仪离开确认	门外	No
214		诺仪大厅门	门外	No
206		东环门	门外	No
215		3号厅离开确认	门外	No
233		运输线电源厅隧道门	门外	No
235		直线中门	门内	No
213		直线中门	门外	No
212		直线中门	门外	No
232		核物理厅隧道门	门内	No
217		核物理厅隧道门	门外	No

日期	时间	事件源	事件发生地点	事件具体描述
2009-10-09	22:07:09	直线区域	输入	直线区域01000100状态运行
2009-10-10	00:25:33	运输线区域	输出	运输线区域状态就绪
2009-10-10	00:25:33	运输线区域	区域状态	运输线区域禁止进入
2009-10-10	00:25:33	运输线区域	输出	运输线区域状态就绪
2009-10-10	00:25:34	储存环区域	区域状态	储存环区域禁止进入
2009-10-10	00:25:34	储存环区域	输入	储存环区域01100100状态运行
2009-10-10	00:30:42	adminbec, adminbec	BEPCACS2	对二级联动自动校时
2009-10-10	10:15:43	adminbec, adminbec	BEPCACS2	进入巡逻管理
2009-10-10	10:15:46	adminbec, adminbec	BEPCACS2	退出巡逻管理
2009-10-10	10:21:04	李家才, 004409076	核物理厅大门-08, 门外	读卡开门从外部区域到核物理厅区域
2009-10-10	10:26:47	李家才, 004409076	核物理厅大门-08, 门内	读卡开门离开核物理厅区域到外部区域

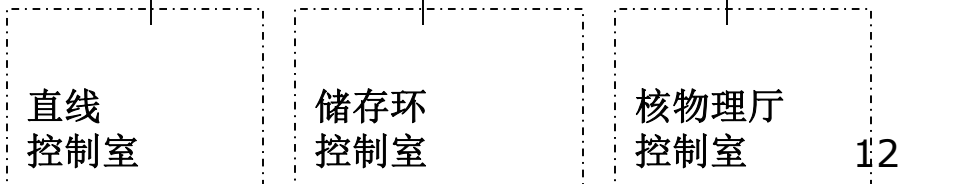
图例: 关闭门 开启门

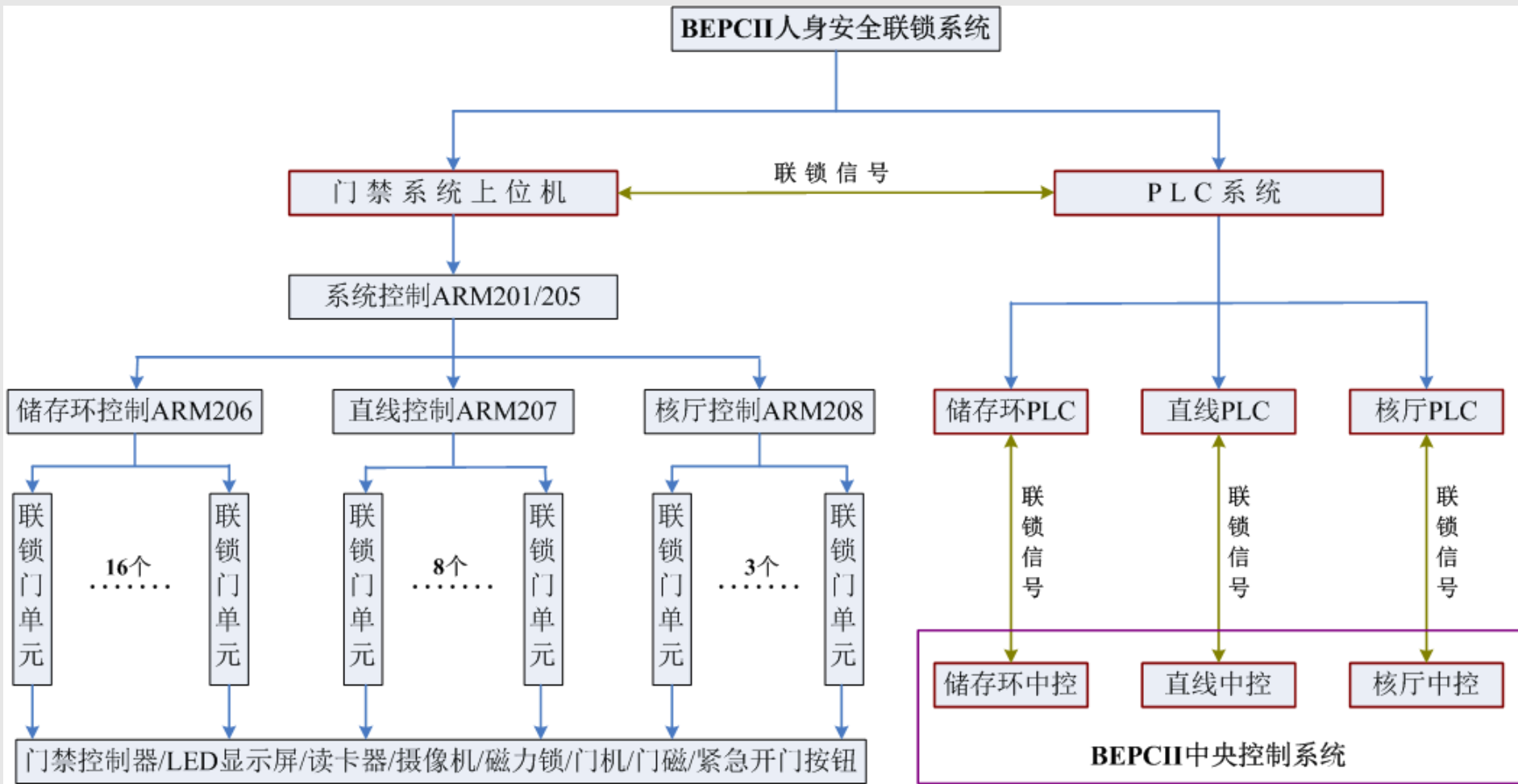
报警指示灯 (灭) 报警指示灯 (亮) 通讯指示灯 (灭) 通讯指示灯 (亮) 辐射防护值班室 控制室

11

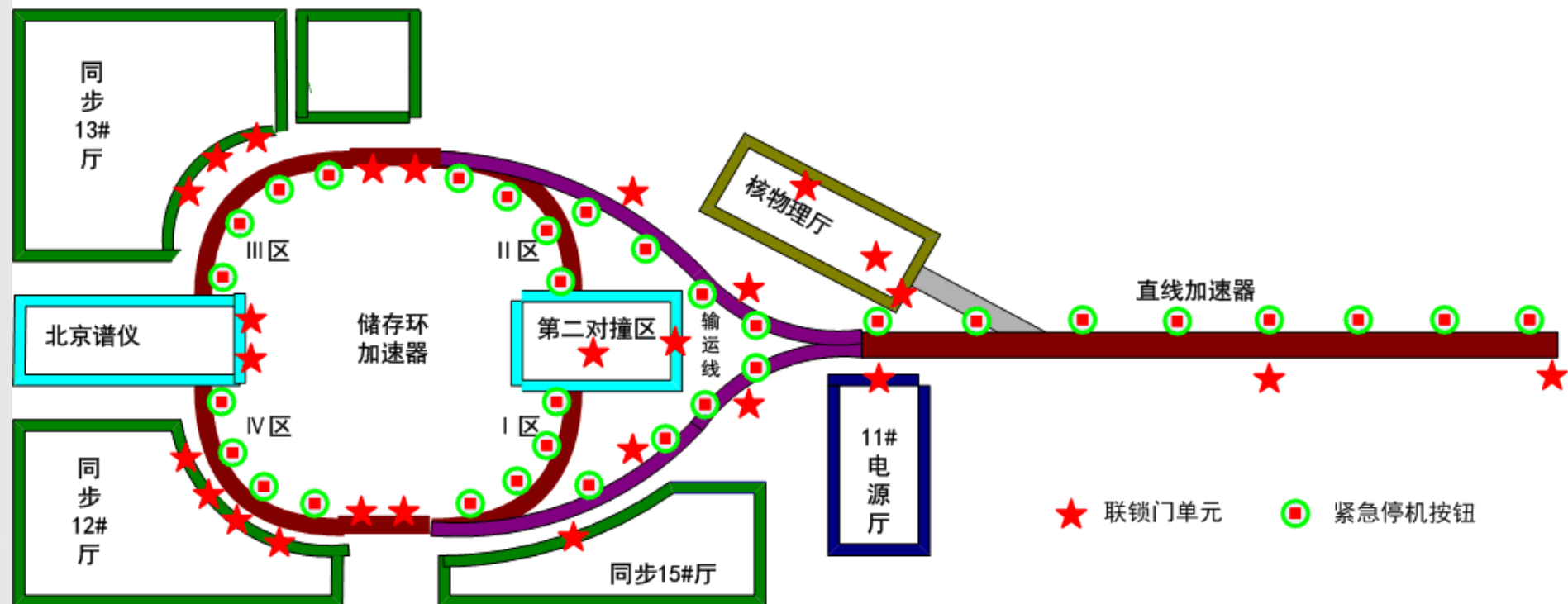


系统示意框图
(辐射防护值班室部分)





BEPCII人身安全联锁系统设备分布图



运行总结-问题

- 系统自2008年经三期改造后相比之前运行状况有明显改善，但由于是在**原架构基础上改进**，故**有些问题并未彻底解决**，运行过程中仍会偶尔出现各类小故障（**控制器时钟不同步**导致联锁门刷卡后不自动打开，LED信息显示不及时等），从而给系统的运行维护带来了一定的困扰；
- 系统**过于依赖软件**，并由此带来**对厂家依赖性大，彻底改造代价大**的问题；
- 系统自建立运行至今，**相当一部分设备已运行超过10年**，需考虑老化对可靠性的影响问题。

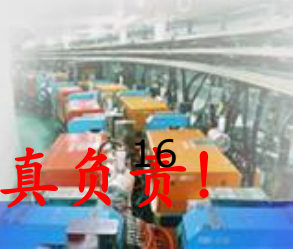


运行总结-经验

门禁技术的引入，对BEPCII人身安全联锁系统的发展有着里程碑式的积极推动作用。对于今后的大型粒子加速器人身安全联锁系统来说，其是必不可少的组成部分；但从可靠性方面考虑，将其作为硬件联锁控制的辅助管理更好。

- 根据实际需求准确定位系统功能，追求“高大全”与防护最优化的目标相背离；
- 采用高可靠性的成熟产品和技术，以保证系统的稳定运行；
- 日常运行维护中发现问题及时处理，不留隐患——定期巡查，作好记录；
- 定期对工作人员进行培训，增强主动安全意识，使单位形成良好的安全文化氛围，严格遵守操作规程，杜绝人因安全隐患。

领导重视、相关部门配合、工作人员主动、运行人员认真负责！



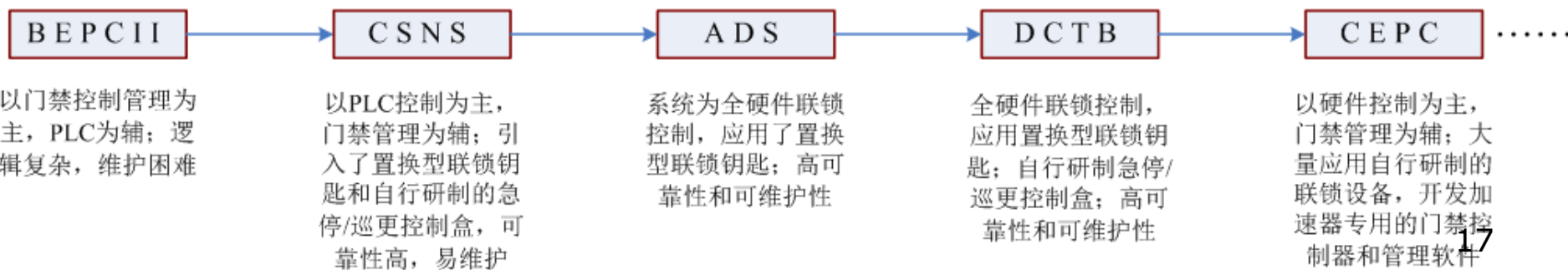
未来发展规划

系统的发展离不开技术的进步，更与粒子加速器的发展规划息息相关。结合已有的运行实践经验及未来粒子加速器的规划目标，人身安全联锁系统的发展呈现出如下趋势：

- **硬件联锁控制为主、软件管理为辅**：硬件保证可靠性，软件保证可操作性；
- **平台化、模块化、自主化**：易于维护管理，便于扩展应用。

为适应未来发展需求，目前已初步搭建了粒子加速器人身安全联锁技术研究调试平台，用于联锁设备的研制及调试、系统联锁逻辑验证调试等。

粒子加速器人身安全联锁系统发展总结规划



谢 谢

感谢为系统建立、维护改进及稳定运行做出不懈努力的历任负责人，
感谢为系统建立、维护改进及稳定运行提供关心、支持和帮助的各位领导同事。

期待各位专家交流指导！

