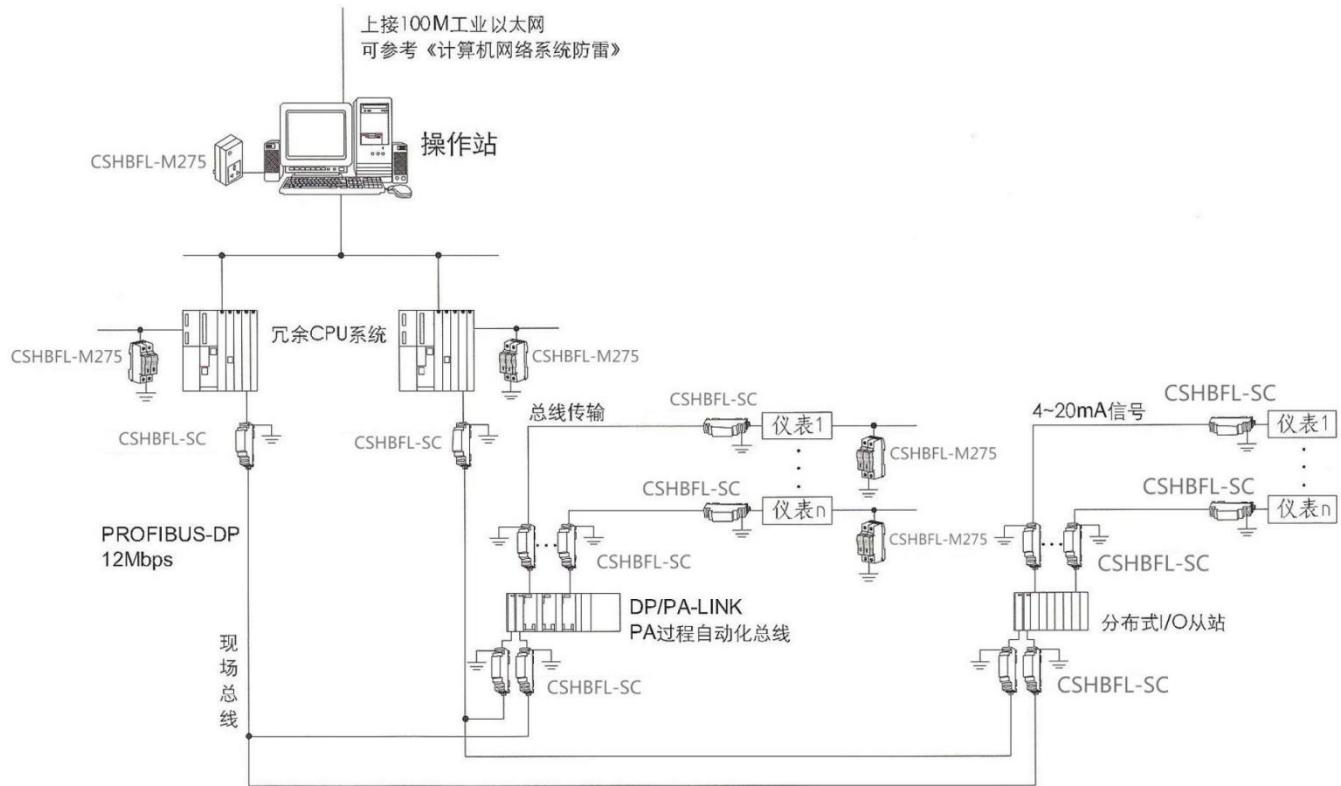


**工业控制总线系统防雷设计(第 190-192 页):** 包括网络总线(RJ45)、控制总线(RS485/RS232)、工业以太网 (PROFINET) 、 CAN 总线等设备。



## 一、总体设计原则

### 1.1 分层防护

采用分级保护策略，结合外部防雷（接闪、引下）与内部防雷（屏蔽、接地、SPD），形成多级防护体系。

### 1.2 等电位连接

通过均压等电位连接减少电位差，避免反击雷对设备的损害。

### 1.3 信号与电源隔离

对总线信号线路与电源线路分别设计防护，防止浪涌通过电源耦合干扰信号。

## 二、核心防雷措施

### 2.1 信号线路防护

#### SPD 选型与安装

**网络总线 (RJ45) :** 选择插入损耗 $\leq 0.5\text{dB}$ 、带宽 $\geq 100\text{MHz}$  的 SPD，额定放电电流 $\geq 5\text{kA}$ 。

**控制总线 (RS485/RS232) :** 采用双向 TVS 管 (如 P6KE 系列)，响应时间 $\leq 1\text{ns}$ ，残压低于设备耐压值。

**工业总线 (PROFIBUS/CAN) :** 优先使用光纤传输替代铜缆，通过光耦隔离阻断雷电流传导路径。

## 2.2 多级防护电路设计

**第一级:** 气体放电管 (GDT) 泄放高能量浪涌，限制共模电压。

**第二级:** TVS 管快速钳位差模电压，保护后端芯片。

**第三级:** 安规电容+限流电阻进一步抑制残压。

## 2.3 接地与屏蔽

### 接地系统

接地电阻 $\leq 4\Omega$ ，采用独立防雷接地网，与电力接地保持 $\geq 20\text{m}$  距离。

总线设备外壳与信号地通过铜排短接，形成等电位。

### 屏蔽措施

信号线采用双层屏蔽双绞线，外层屏蔽层多点接地，内层屏蔽层单点接地。

光纤布线时，铠装层接地并远离强电磁干扰源。

## 2.4 电缆与布线优化

### 电缆选型

控制总线选用截面积 $\geq 1.0\text{mm}^2$ 的屏蔽双绞线，传输距离超过 1000m 时采用铠装电缆

### 布线规范

信号线与电源线间距 $\geq 30\text{cm}$ ，避免平行敷设。

进出建筑物的线缆穿金属管埋地敷设，埋深 $\geq 0.7\text{m}$

## 三、典型总线防雷方案

### 3.1 RS485 总线

## **硬件防护**

总线两端加装 TVS 管（如 SMBJ 系列），钳位电压 $\leq 6V$ ，响应时间 $\leq 1\text{ns}$ 。

通信端口串联  $120\Omega$  匹配电阻，抑制信号反射。

## **3.2 软件容错**

增加同步字校验和 CRC 校验，提升通信可靠性

## **3.3 CAN 总线**

### **多重防护电路**

采用三级防护：GDT (40V) → TVS (18V) → 安规电容 ( $0.1\mu\text{F}$ )，残压降至 200V 以下。

差分线间并联 TVS 管，抑制共模干扰。

## **3.4 工业以太网 (PROFINET)**

### **SPD 配置**

交换机端口安装 10/100Mbps 网络 SPD， $I_{max} \geq 20\text{kA}$ ，插入损耗 $\leq 0.3\text{dB}$ 。

光纤端口加装光电转换器，隔离雷电电磁脉冲。

## **四、实施与维护要点**

### **4.1 施工规范**

SPD 安装位置靠近被保护设备，接地线长度 $\leq 0.5\text{m}$ ，截面积 $\geq 4\text{mm}^2$ 。

室外设备防护等级需 $\geq \text{IP65}$

### **4.2 检测与维护**

每季度测试接地电阻，每年雷雨季前检查 SPD 状态（如失效指示灯）。

记录浪涌事件次数，累计 $\geq 3$  次后强制更换 SPD。

## **五、典型案例参考**

**污水处理厂改造：**将 PROFIBUS 总线改为光纤传输，SPD 防护后雷击故障率下降 90%。

**自动化生产线：**采用 RS485 三级防护+光耦隔离，通信稳定性提升至 99.9%。