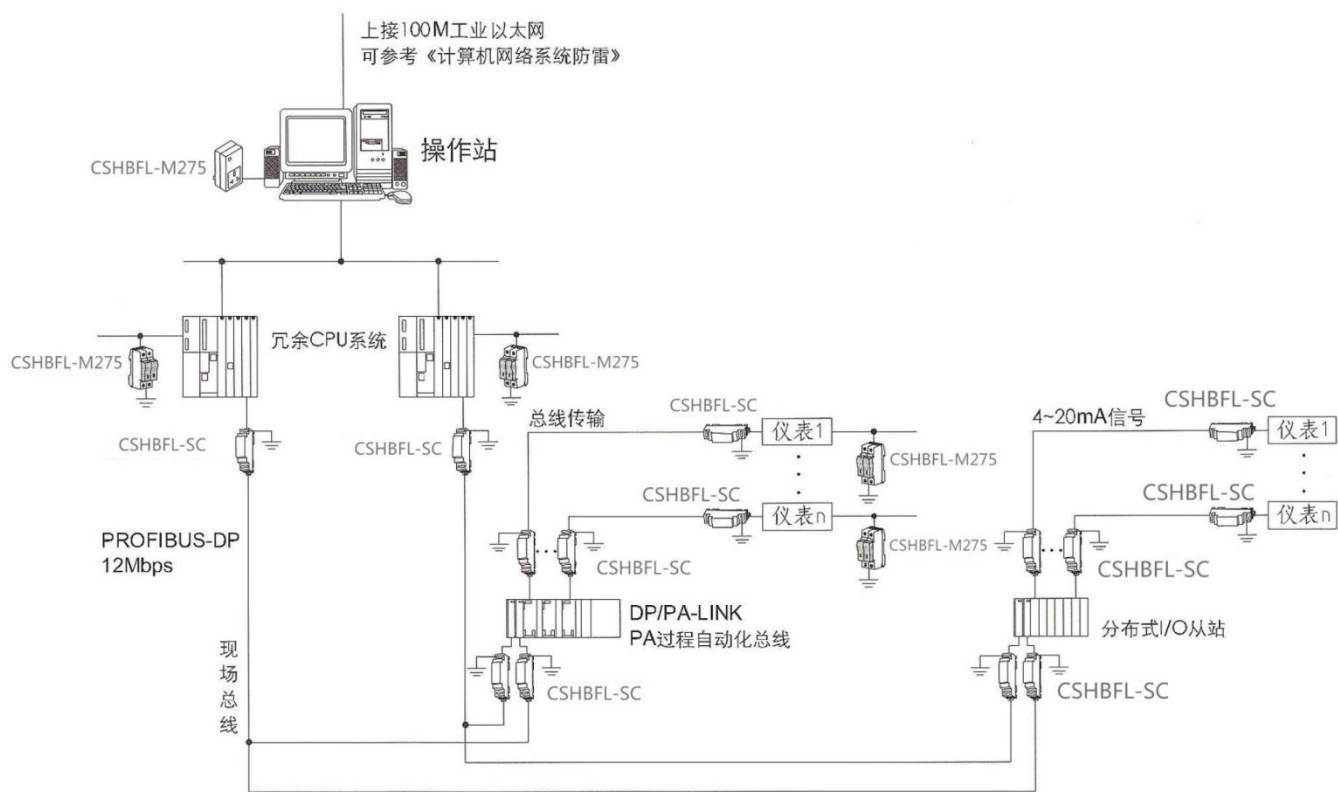


工业控制总线系统防雷设计(第 190-192 页)： 包括网络总线(RJ45)、控制总线(RS485/RS232)、工业以太网 (PROFINET) 、CAN 总线等设备。



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

3.1RS485 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 $\leq 1ns$ 。

通信端口串联 120 Ω 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

3.3CAN 总线

多重防护电路

采用三级防护：GDT（40V）→TVS（18V）→安规电容（0.1 μF ），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， $I_{max} \geq 20kA$ ，插入损耗 $\leq 0.3dB$ 。

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 $\leq 0.5m$ ，截面积 $\geq 4mm^2$ 。

室外设备防护等级需 $\geq IP65$

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 ≥ 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%。