

# DCS 系统的电缆布设和接地

## Installation and Earthing of Cable in DCS

钟国庆 黄文君

(浙江中控技术股份有限公司, 杭州市 310053)

Zhong Guoqing Huang Wenjun

(Zhejiang SUPCON Technology Co. Ltd., Hangzhou 310053)

**【摘要】**结合集散控制系统(DCS)的技术特点和现场信号分类,对控制系统关联的各种信号电缆布设、工业通信电缆布设和接地等问题进行了详细阐述。

**【关键词】**控制系统 电缆布设 接地 干扰

**Abstract:** According to the technical characteristic and the field signal classifications in DCS, the paper elaborated the following problems in detail: installation of kinds of signal cable in DCS, installation and earthing of industrial communications cable, etc.

**Key words:** Control System Installation of Cable Earthing Disturbance

### 引言

集散控制系统通过I/O信号电缆与工业现场的变送器、执行机构相连接,通过工业通信网络实现与分散在现场的控制设备之间的数据通信。合理有序的布设现场各种电缆,并有效的实施接地技术将有利于提高DCS系统的抗干扰能力,减小系统对外界的影响,提高系统运行的安全性和可靠性。而在电缆布设和安装中,正确的接地既能保障人身安全和设备(DCS部件)安全,又能抑制外来干扰,同时也抑制设备对外界产生的干扰,保证DCS系统工业网络通信畅通,保证系统安全、可靠、稳定的运行。因此电缆布设和相关的接地问题不仅在系统设计时要周密考虑,在工程安装试车时也必须以最合理的方式加以实现。

本文将讨论电缆布设及其相关的接地问题,在总结多年来DCS系统的现场应用经验的基础上,以浙大中控的JX-300X型集散控制系统为例,对控制系统相关的电缆布设和接地方法进行详细的阐述。

### 1 信号分类

为了便于阐述问题,我们首先根据信号类型和信号抗干扰能力强弱,对现场信号进行分类。工业过程检测和控制的信号分类如下:

(1) **类信号**:热电阻信号、热电偶信号、毫伏

信号、应变信号等低电平信号。

(2) **类信号**:0~5V、1~5V、4~20mA、0~10mA模拟量输入信号;4~20mA、0~10mA模拟量输出信号;电平型开关量输入信号;触点型开关量输入信号;脉冲量输入信号;24V DC工作电流小于50mA的阻性负载开关量输出信号。

(3) **类信号**:24V~48V DC感性负载或者工作电流大于50mA的阻性负载的开关量输出信号。

(4) **类信号**:110V AC或220V AC开关量输出信号,处理此类信号的布线问题时,可将馈线视作电源线。

其中,类信号很容易被干扰,类信号容易被干扰,而类信号在开关动作瞬间会成为强烈的干扰源,通过空间环境干扰附近的信号线。

### 2 信号电缆布设总体原则

对于模拟量输入信号而言,系统I/O卡件将对输入信号进行必要的调理(滤波、保护、信号放大等),然后完成高精度的模/数转换,而这些模拟量信号都是通过信号电缆与安装在现场的变送器相连接;现场设备的数字量信号也同样通过电缆与I/O卡件连接,数字量I/O卡件完成信号的采样或输出。上述这些电缆往往被统一敷设在现场的同一个桥架内,这些信号不仅会受到工业现场电磁干扰,而且电缆之间不同类型的信号还存在相互干扰的问题。由于外界干扰的引入,将可能引起I/O信号工作异常和测量精度大大降低,严重时会起元器件损伤。控制系统因信号引入干扰造成I/O模块损坏的情况在我国工业企业相当普遍,由此引起系统故障的情况也很多。在选择控制系统时,首先要选择有较高抗干扰能力的产品,其包括了电磁兼容性,尤其是抗外部干扰

收稿日期:2005-04-28

作者简介:钟国庆(1967-),毕业于湖南大学计算机应用专业,现任浙江中控技术股份有限公司高级工程师,长期从事集散控制系统的应用研究和产品推广。

黄文君(1972-),毕业于浙江大学控制系工业自动化专业,现任浙江中控技术股份有限公司高级工程师,长期从事集散控制系统、现场总线控制系统的研究、开发。

能力,应了解生产厂家给出的抗干扰指标,如共模抑制比、差模抑制比、耐压能力等。同时,在工程实施过程中,电缆的合理布设可以有效地减少外部环境对信号的干扰以及各种电缆之间的相互干扰,提高DCS信号采样的准确性和系统整体运行的稳定性。

(1)对于Ⅰ类信号电缆,必须采用屏蔽电缆,有条件时最好采用屏蔽双绞电缆,电缆屏蔽层必须单端接地。多个测点信号的屏蔽双绞线与多芯对绞总屏蔽电缆连接时,各屏蔽层应相互连接好,选择适当的接地点,实现单点接地。

(2)对于Ⅱ类信号,尽可能采用屏蔽电缆,其中类信号中用于控制、联锁的模入模出信号、开入信号,必须采用屏蔽电缆,有条件时最好采用屏蔽双绞电缆。

(3)对于Ⅲ类信号严禁与Ⅰ、Ⅱ类信号捆在一起走线,应作为220V电源线处理,与电源电缆一起走线,有条件时建议采用屏蔽双绞电缆。

(4)对于Ⅲ类信号,允许与220V电源线一起走线(即与Ⅱ类信号相同),也可以与Ⅰ、Ⅱ类信号一起走线。但在后者情况下Ⅲ类信号必须采用屏蔽电缆,最好为屏蔽双绞电缆,且与Ⅰ、Ⅱ类信号电缆相距15cm以上。

为保证系统稳定、可靠、安全地运行,与DCS系统相连的信号电缆还必须保证:

(1)Ⅰ类信号中的毫伏信号、应变信号应采用屏蔽双绞电缆,这样,可以大大减小电磁干扰和静电干扰。

(2)条件允许的情况下,~Ⅱ类信号尽可能采用屏蔽电缆(或屏蔽双绞电缆),还应保证屏蔽层只有一点接地,且要接地良好。

(3)绝对禁止大功率的开关量输出信号线、电源线、动力线等电缆与直接进入DCS系统的Ⅰ、Ⅱ类信号电缆并行捆绑。

(4)绝对禁止采用一根多芯电缆中的部份芯线用于传输Ⅰ类或Ⅱ类的信号,另外部分芯线用于传输Ⅲ类或Ⅳ类信号。

(5)严禁同一信号的几芯线分布在不同的几条电缆中(如三线制的热电阻)。

因此,在现场电缆敷设中,我们必须有效地分离Ⅰ、Ⅱ类信号电缆、电源线等易产生干扰的电缆,使其与现场布设的Ⅲ、Ⅳ类信号的电缆保持在一定的安全距离(如15cm)以上。

### 3 现场电缆布设方法

为了叙述方便,在本节中我们把Ⅰ、Ⅱ类信号电缆统称为信号电缆,把Ⅲ、Ⅳ类信号电缆和现场电源电缆统称为电源电缆。在有条件的情况下,信号电缆和电源电缆应采用不同走线槽走线,在进入DCS机房(或机柜)时,也应尽可能相互远离。当这两类电缆

无法满足分开走线要求时,它们必须都采用屏蔽电缆(或屏蔽双绞电缆),且满足以下要求:

(1)如果信号电缆和电源电缆之间的间距小于15cm时,必须在信号电缆和电源电缆之间设置屏蔽用的金属隔板,并将隔板接地,参见图1。

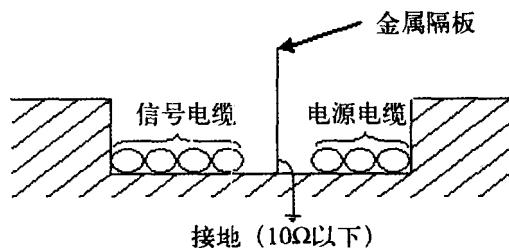


图1 信号电缆和电源电缆之间架设金属隔板

(2)当信号电缆和电源电缆垂直方向或水平方向分离安装时,信号电缆和电源电缆之间的间距应大于15cm,参见图2、图3。

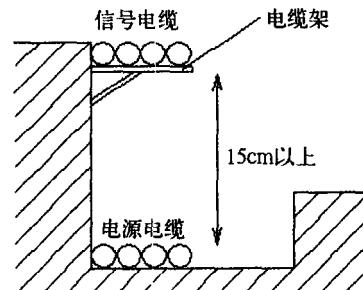


图2 垂直分离安装的电缆间隔

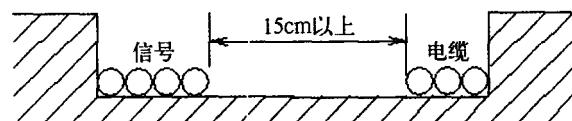


图3 水平分离安装的电缆间隔

对于某些干扰特别大的应用场合,如电源电缆上挂接电压为220V AC以上,工作电流在10A以上的感性负载,建议采用铜带铠装屏蔽电力电缆,降低了大功率负载电源电缆产生的电磁干扰;如果电源电缆不带屏蔽层时,那么要求它与信号电缆的垂直方向间隔距离在60cm以上。

(3)在两组电缆垂直相交时,若电源电缆不带屏蔽层如图中虚线所示,最好用厚度在1.6mm以上的铁板覆盖交叉部分。详见图4。

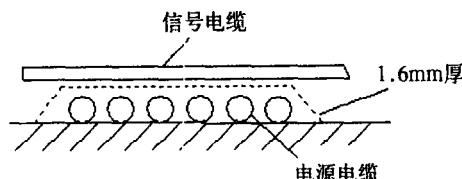


图4 电缆的垂直相交安装方式

### 4 DCS通信电缆的布设和接地

随着工业网络通信和现场总线技术的不断发展,

中、大型控制系统的安装更趋于网络化和现场化，往往通过高速过程控制网络互联分布于各个工艺车间的各种系统功能站点(控制站、操作站、工程师站)，同时通过远程 I/O 总线连接分布于工艺现场的远程 I/O 单元(RIO)，以节省安装电缆、方便维护。在 JX-300X DCS 中，采用 1+1 备份的工业以太网 SCnet 作为高速过程控制网络；采用基于现场总线技术的 SBUS 总线作为远程 I/O。安装于工业现场的 SCnet 网络或 SBUS 通信总线是系统信息传输的通道，必须优先保证其安全性和可靠性。对于这些敷设于工业现场通信电缆同样也可能会受到现场电磁干扰、雷击、静电等方面的影响。因此，通信电缆的安装和远端控制设备的合理接地对系统良好的运行也是至关重要的。通信电缆可以按照上述一类信号电缆的布线方式，不可与大功率信号电缆和动力电缆一起平行走线。

#### 4.1 远程通信电缆的敷设

当 SCnet 或 SBUS 通信电缆独立于信号电缆并沿着建筑物内部或建筑物之间架设(或电缆沟敷设)时，为防护通信介质不受外界物理损伤，同时提高通讯电缆的抗干扰能力，请参考图5敷设。特别是SCnet 所采用的 50Ω 同轴电缆、10BaseT 双绞线或 SBUS 电缆安装时必须严格符合上述敷设条件。

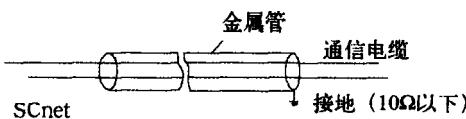


图 5 通信电缆穿金属管敷设

#### 4.2 冗余通信电缆的架设

在架设远程的双重化通信电缆(SCnet 或 SBUS)时，为保证电缆和通信的安全性，防止双重化的通信介质在意外情况下同时受外界机械损伤(如挖掘、空中作业等)而造成通信网络失效，建议在远程安装双重化通信电缆时，满足下述条件：两根冗余电缆之间平行空间距离 5m；分别采用架设和地下埋设两种安装方法。

#### 4.3 远程 I/O 总线布线和接地

JX-300X 型 DCS 的 SBUS 总线在就地化应用时，为提高传输速率信号没有采用电气隔离，因此传输距离受到一定限制，而且必须保证良好的一点接地要求。当需要远程化连接远程 I/O 单元时，必须采用具有电气隔离功能的电气中继或者采用基于光纤传输的光中继。

(1) 在不使用电气中继或光中继的情况下，SBUS 传输距离会受到一定的限制。为此，对通讯电缆的布设和系统接地处理应满足较高的要求，详见图 6。

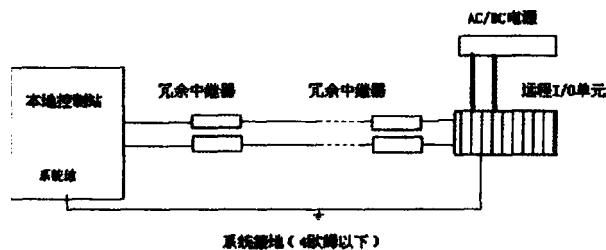


图 6 未使用中继器的短程 I/O 单元同地处理

(2) 在使用电气中继(具有电气隔离功能)或光中继的情况下，根据传输介质、中继方式的不同，SBUS 的传输距离，可以得到不同程度的延伸。由于 SBUS 的电气中继和光中继同时起到电气隔离的功能，所以远程 I/O 单元与本地控制站没有同地处理的要求，I/O 单元可独立接地，如图 7 所示。

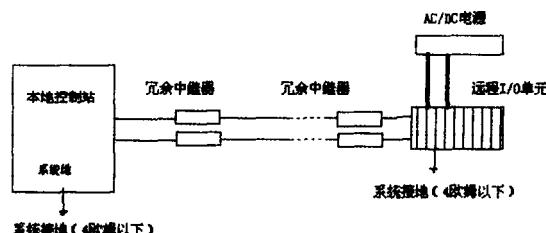


图 7 使用中继器的远程 I/O 单元接地处理

#### 4.4 过程控制网络布线中的接地问题

对于系统网络上各个功能站点(控制站、操作站、工程师站、远程 I/O 站)的接地，一般要求“一点接地”，特别是电气特性非隔离型的网络。如果控制系统的过过程控制网络的接口没有电气隔离(非隔离型)，那么在系统网络布线中，各控制站、操作站以及其他功能站点应符合各站点“共地”，并实施“一点接地”，该要求对设备分布较为分散的控制系统而言安装较为复杂，如图 8 所示。而在 JX-300X DCS 系统的 SCnet 网络中，由于网络接口本身已具有电气隔离的特性，所以在各站点距离较远的情况下可以采用的远程设备独立接地的接地方法，如图 7 所示。

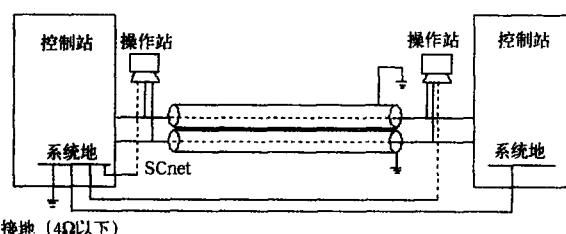


图 8 非隔离型网络中各站点的一点接地要求

在现场控制系统安装和调试过程中，必须保证在 DCS 各网络功能站点都已按规范接地的前提下，系统才可以安全的上电并投入运行，否则有可能损坏网络上的通讯设备(如网卡、控制器等)，情况严重时还会危及人身安全。