

# 石化企业自动控制系统的抗干扰技术

刘立忠

(中国石化股份有限公司广州分公司仪控中心, 广东 广州 510700)

**摘要:** 主要介绍了石化企业工业自动化控制系统常见的干扰问题及系统的抗干扰技术, 包括隔离、屏蔽、接地及电源干扰的抑制, 同时介绍了软件抗干扰技术。

**关键词:** 自动控制系统; 抗干扰; 隔离; 电磁兼容性

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2004)S2-0208-04

## Anti-interference technique used in automatic control system in petrochemical enterprises

LIU Li-zhong

(Metre Control Centre, SINOPEC Guangzhou Company, Guangzhou 510700, China)

**Abstract:** The familiar problems, the hardware technology of anti-interference, including isolation, shielding, ground, balance and power distribution, and the software technology of anti-interference in the industry automatic control system of petrochemical enterprises are introduced respectively.

**Key words:** automatic control system; anti-interference; insulation; electromagnetic compatibility

随着社会的发展、技术的进步, 自动化、数字化、网络化的自动控制技术越来越深入地应用于工业控制系统中, 使工业控制领域发生了巨大变化, 劳动强度大大降低, 生产效率大大提高。正常的工业生产对自动控制系统的依赖性越来越迫切。但同时也带来了许多新的问题和技术难题需要不断解决, 表现最为明显的是随着越来越多的自动控制设备的引入, 电磁环境越来越恶劣, 与之相应的干扰因素也随之成倍增加。因而对整个自动控制系统的性能产生极大影响。自动控制系统的可靠性直接影响工业企业的安全生产和经济运行, 而系统的抗干扰能力是关系到整个系统可靠运行的关键。笔者通过对石油化工工业现场环境下集散控制系统(DCS)及可编程控制器(PLC)可能存在的干扰源和干扰传递途径进行分析和阐述, 同时提出相应的抗干扰技术。

### 1 干扰源分析

这里所说的干扰是指区别于正常信号的, 来自自控系统内部或外部的, 所有影响系统正常工作的其他电磁信号。

形成干扰的基本要素有 3 个: ①干扰源。指产生干扰的元件、设备或信号, 如雷电、继电器、可控硅、电机、高频时钟、对讲机、手机等都可能成为干扰源。②传播路径。指干扰从干扰源传播到敏感器件

的通路或媒介, 典型的干扰传播路径是通过导线的传导和空间的辐射。③敏感器件。指容易被干扰的对象, 如模拟-数字(A/D)、数字-模拟(D/A)转换器、单片机系统、热电偶等小信号、现场仪表、计算机控制系统、小信号放大器(前置器)等。

石油化工装置现场的主要干扰源有空间电磁干扰、动力设备供电线路的电磁干扰、静电干扰及不良接地造成的共阻干扰。其干扰方式可以归纳为电、磁及共阻抗耦合 3 种形式。

#### 1.1 来自空间的辐射干扰

电场干扰是石油化工装置现场普遍存在的干扰, 任何 2 个电极之间都存在着不同的电容分布, 电极之间的分布电容的耦合作用造成的干扰成为电场干扰; 磁场干扰在石油化工现场同样到处都有, 有交变的电流存在就有交变的磁场存在, 同时宇宙空间也存在有各种变化的电磁波, 调制的无线电信号就是典型的电磁波。空间的辐射电磁场(EMI)主要是由电力网络、电气设备的暂态过程、雷电、无线电广播、电视、雷达、高频感应加热设备等产生的, 通常称为辐射干扰, 其分布极为复杂。若 DCS 和 PLC 系统置于所射频频场内, 就会受到辐射干扰, 其影响主要通过 2 条路径: 一是直接对 DCS、PLC 内部的辐射, 由电路感应产生干扰; 二是对 DCS 和 PLC 通信内网络的辐射, 由通信线路的感应引入干扰。辐射干扰与

现场设备布置及设备所产生的电磁场大小与频率有关,一般通过设置屏蔽电缆和 DCS、PLC 局部屏蔽及高压泄放元件进行保护。

### 1.2 来自系统外引线的干扰

这类干扰主要通过电源和信号线引入,通常称为传导干扰,在我国工业自动化现场较严重。所谓传导干扰是指通过导线传播到敏感器件的干扰,这种干扰是沿着导体传播的,诸如导线、传输线、电感元件和电容元件等均是传导干扰的传输通道。从干扰源观察,它有不带任何信息的噪声及带有信息的无用信号,如电源开关接通的瞬间所产生的火花对一个敏感电路可能会产生干扰。一个带信息的信号在其对应通道是有用的信号,如果它进入别的通道,虽带信息都是无用信号,可对其它仪器造成干扰。所以说,任何一台电子设备都可能成为一个干扰信号源。与 DCS、PLC 控制系统连接的各类信号传输线,除了传输有效的各类信息之外,总会有外部干扰信号侵入。此干扰主要有 2 种途径:一是通过变送器供电电源或共用信号仪表的供电电源串入的电网干扰,这往往被忽视;二是信号线受空间电磁辐射感应的干扰,即信号线上的外部感应干扰,这是很严重的。由信号引入干扰会引起输入/输出(I/O)信号工作异常和测量精度大大降低,严重时将引起元器件损伤。对于隔离性能差的系统,还将导致信号间互相干扰,引起共地系统总线回流,造成逻辑数据变化、误动作和死机。DCS、PLC 控制系统因信号引入干扰造成 I/O 模块损坏数相当严重,由此引起系统故障的情况也很多。

### 1.3 来自电源的干扰

实践证明,因电源引入的干扰造成 DCS 和 PLC 控制系统故障的情况很多。如同一个用电系统其他用电设备通断时产生的尖峰,会通过变压器的电容耦合到计算机直流电源而产生干扰,控制系统附近的断路器动作时产生的浪涌电压由电源线经变压器级间电容耦合而产生的干扰,供电系统持续时间大于 1 s 以上的过压、欠压及断电而产生的干扰等。

DCS 和 PLC 系统的正常供电电源均由电网供电。由于电网覆盖范围广,它将受到所有空间电磁干扰而在线路上感应电压和电流。尤其是电网内部的变化,如输入开关操作浪涌、大型电力设备起停、交直流传动装置引起的谐波、电网短路暂态冲击等,都通过输电线路传到电源原边。DCS、PLC 电源通常采用隔离电源,但由于其机构及制造工艺等原因使其隔离性并不理想。实际上,由于分布参数特别是

分布电容的存在,绝对隔离是不可能的。在聚丙烯装置的开车调试中,就发现不间断电源(UPS 电源)隔离性能不好,更换隔离性能更高的 UPS 电源后,问题才得到解决。

### 1.4 来自接地系统混乱时引起的干扰

接地是提高电子设备电磁兼容性(EMC)的有效手段之一。正确的接地既能抑制电磁干扰的影响,又能抑制设备向外发出干扰;错误的接地会引入严重的干扰信号,使 DCS、PLC 系统无法正常工作。

DCS、PLC 控制系统的地线包括系统地、屏蔽地、交流地和保护地等。接地系统混乱对 DCS、PLC 系统的干扰主要是各个接地点电位分布不均,不同接地点间存在地电位差,引起地环路电流,影响系统正常工作。例如电缆屏蔽层必须一点接地,如果电缆屏蔽层两端都接地,就存在地电位差,有电流流过屏蔽层,当发生异常状态如雷击时,地线电流将更大。

此外,屏蔽层、接地线和大地有可能构成闭合环路,在变化磁场的作用下,屏蔽层内部会出现感应电流,通过屏蔽层与芯线之间的耦合,形成干扰信号回路。若系统地与其他接地处理混乱,所产生的地环流就可能在导线上产生不等电位分布,影响 DCS、PLC 内逻辑电路和模拟电路的正常工作。DCS、PLC 工作的逻辑电压干扰容限较低,逻辑地电位的分布干扰容易影响 DCS、PLC 的逻辑运算和数据存储,造成数据混乱、程序跑飞或死机。模拟地电位的分布将导致测量精度下降,引起对信号测控的严重失真和误动作。

### 1.5 来自 DCS、PLC 系统内部的干扰

主要由系统内部元器件及电路间的相互电磁辐射产生,如逻辑电路相互辐射及其对模拟电路的影响、模拟地与逻辑地的相互影响及元器件间的相互不匹配使用等。这都属于 DCS、PLC 制造厂对系统内部进行电磁兼容设计的内容,比较复杂,作为应用部门是无法改变的,可不必过多考虑,但要选择具有较多应用实绩或经过考验的系统。

## 2 自动控制系统的抗干扰措施

根据形成干扰的 3 个基本要素可知,抗干扰的基本原则是:抑制干扰源,切断干扰传播路径,提高敏感器件的抗干扰性能。因此,探讨抗干扰的方法必须从以上 3 个方面着手,根据现场经验,笔者总结出以下几种常见的方法。

### 2.1 采用合理接地方法保护的抗干扰措施

在自动控制系统中,接地是抑制噪声和防止干

扰的主要方法。一般的自动控制系统中同时有强电和弱电部分,同时存在自动控制系统机组的内部电路和外部控制接口,以便产生内部地和外部地。因此,为了保证自动控制系统可靠地运行,必须采取合理的保护接地,确保自动控制系统安全、可靠地运行。

### 2.2 增加传输线间距离

增加传输线间距离是消除干扰非常有效的方法。在现场设备安装时一定要使信号线远离动力电缆,有可能的话最好将强、弱信号及脉冲信号线电缆分开铺设,以便尽量减小线间的分布电容,从而消除电场对信号的干扰,信号线与动力线之间的平行距离越长,其线间分布电容也越大,要求线间距离越大。除此之外,一定要保持控制室(机柜间)的良好接地,控制室本身的接地不良同样会造成一定的干扰,通常情况下天体干扰及其他强电场的干扰会在控制室上产生一定的感应电动势,如果控制室屏蔽网接地不良,那么屏蔽网上的感应电动势就会通过屏蔽网与信号线之间的分布电容放电,从而干扰正常的传感器信号,严重时还会损坏接口电路及 DCS、PLC 计算机,干扰信号越强,这种可能性越强,尤其是极强的雷电干扰。

### 2.3 采用屏蔽电缆

磁场干扰一般都是由交变电流产生,一般情况下动力电缆除通过线间电容影响信号传输质量外,还会通过其周围变化的磁场影响信号的传输。金属屏蔽网对消除磁场干扰非常有效,因此,信号线应尽量采用带屏蔽网的电缆,如果是普通双胶线则应将其扭合起来,其节距越短,抗磁场耦合的效果也越好,还可将其穿过金属管进一步增加其抗磁场耦合的能力,信号线集中的地方(如控制室)可将信号线铺设在汇线槽内,不要将槽内全部放满电缆,应保持其充填系数在 40% 左右,不同类型的电缆应分开铺设,中间用金属隔板隔开,零散信号线应放入金属管内,不要将不同类型的信号线放入同一金属管内。对于共阻抗干扰在仪表现场安装时最容易被忽视,通常情况下仪表都采用屏蔽电缆,然而并不是屏蔽电缆本身就能防止干扰进入,它必须通过正确的接地才能使信号免于外部干扰的影响。使用电缆时一定要注意以下事项:

(1)不要将信号线屏蔽网两端分别接地。如果在安装设备时将信号线的远端屏蔽网接至传感器外壳,然后将传感器外壳接到栏杆上,通过栏杆接入大地,同时将信号线的另一端在仪器房内接至地线,则

会破坏屏蔽网的抗干扰能力。这种接法是不正确的,其原因是:由于信号线屏蔽网的两端分别接至不同的接地点,2 个接地点之间会形成一定的电压差,因此这条屏蔽网本身就成为了干扰源,不但不能抵抗外部干扰,反而造成了自身干扰,正确的接法是将信号线的屏蔽网在仪器房内部接地,另一端浮空就可以了,单点接地是防止干扰形成的有效手段。

(2)及时更换破损的信号电缆。由于受各种因素的影响,信号电缆在现场使用中经常会出现破损的地方,使用中一定要注意不要将破损的地方放在地面上,否则外部屏蔽网与大地相接,就会造成信号屏蔽网多点接地,而使其失去抗干扰的能力,如果一时无法更换破损的电缆,则应将其通过防爆盒接好,一方面接点在防爆盒内线头外,不易进水短路或接地,另一方面提高了接头的防爆性能。

中石化股份公司广州分公司乙烯裂解装置控制室的安全栅在 2001 年经常出现故障或误动作,严重影响正常生产,经过认真细致的检查,发现现场的电缆由于使用时间较长,造成磨损破皮,外部屏蔽网与大地相接,影响了抗干扰能力,造成安全栅烧毁或误动作,经过包扎处理及部分更换,系统恢复正常,故障消失。

(3)正确连接外部传感器壳体。一般情况下,可将传感器壳体连接至远端屏蔽网,但一定要将壳体与大地隔绝开来,否则壳体绝缘性变差时,就会对地产生一定的漏电流,同样会造成屏蔽网的多点接地。

(4)选用合适的安装位置及连接电缆。开关量信号(如按钮、限位开关、接近开关等提供的信号)一般对信号电缆无严格的要求,可选用一般的电缆,信号传输距离较远时,可选用屏蔽电缆。模拟信号和高速信号线(如脉冲传感器、计数码盘等提供的信号)应选择屏蔽电缆。通信电缆要求可靠性高,有的通信电缆的信号频率很高,一般应选用 DCS 或 PLC 生产厂家提供的专用电缆,在要求不高或信号频率较低时,也可以选用带屏蔽的双绞线电缆。

(5)控制回路的抗干扰措施。自动控制系统中有大量的模拟量信号,这些信号有时是大电流、高电压,有时是毫伏或微伏级的微弱信号。采用隔离安全栅/放大器不仅能将这些信号放大或缩小,而且能实现现场输入信号与控制系统的共模隔离,能很好地抑制自动控制系统的共模干扰。

### 2.4 采用抗干扰能力强的仪表设备

由于干扰的种类较多,传播方式、干扰途径不尽相同,单从现场安装及采取部分抗干扰措施是不够

的,如果在产品设计及生产过程中,对仪表设备的元器件、电路、印制板、机箱、配线等的选用和设计都给予充分的考虑,在各个可能引入干扰的回路设置各种滤波、隔离措施,对干扰信号进行有效的衰减,从仪表自身方面增强抗干扰的能力并减少其自身的干扰能力,这样就可以更进一步地提高系统抗干扰能力。目前世界上各个国家颁布了相应的标准,要求厂家生产时仪表设备必须达到标准才允许使用。因此,在选用仪表设备时,尽量选用经过相关认证的仪表设备。

### 2.5 加装室内外闪电保护系统

加装室内外闪电保护系统(雷电浪涌保护器)在石化企业自动控制系统接地方式中经常应用,能很好地避免雷电、雷击干扰所带来的危害。

在广州石化的炼油区,部分装置没有安装闪电保护系统,经常受到雷电、雷击干扰,损毁仪器仪表等设备,造成生产中断,严重影响效益。而在茂名石化的乙烯区控制室机柜间基本都安装了闪电保护系统,抗干扰效果很好,一般不受雷电、雷击的干扰。

### 2.6 采用专用电源或隔离电源

电源在工业控制系统中非常重要,一方面给仪表设备提供能源,另一方面它又是电磁干扰传入设备的和传出设备的主要途径。电网上的干扰可以通过电源线传入设备,干扰设备的正常工作。同样,设备的干扰也可以通过电源线传到电网上,对其他设备造成干扰。为了防止这2种情况的发生,必须在设备的电源入口处安装1个低通滤波器,这个滤波器只允许设备的工作频率通过,而对较高频率的干扰有很大的损耗,由于这个滤波器专门用于设备电源线上,所以称为电源线滤波器。

另一种防止电源干扰的方法是采用UPS,利用

它专门为控制系统、现场仪表等单独供电。同时设置上述电源滤波器,不同设备供电回路相对独立。UPS能够在失电情况下维持一段时间的正常供电。有时还要求I/O站为现场的设备(如仪表)提供电源,这些设备直接控制生产,因此这一部分电源必须十分可靠,即使控制系统失效,电源仍能正常工作。在成熟的自动控制系统中都对此类电源作双冗余处理。一路为UPS(220V, 50Hz)供电,另一路为电厂保安电源。电源经机柜内部的切换开关进行自动切换,当主电源(UPS)电压降到额定电压的80%时,切换开关自动切换到副电源。

## 3 结论

消除信号干扰是提高自动控制系统运行可靠性非常重要的手段,同时抗干扰又是一门既有理论又有技术的综合性科学,它涉及电磁干扰计算方法、无线电系统干扰检测方法、电磁兼容的基本概念和原理、电磁干扰抑制技术等诸多方面的知识。尽管现场使用条件难以改变,但只要通过强有力的抗干扰措施,采用软件技术、硬件方法相结合的方法去解决系统的干扰问题,同样可以大幅度地提高控制系统的准确性和可靠性,使设备免于雷电及其他电磁场等信号的干扰,确保自动控制系统长周期稳定运行。实践证明这些措施是可行的而又可靠的。

### 参考文献

- [1] 中国石油化工总公司. 石油化工设备维护检修规程(第七册:仪表)[M]. 北京:中国石化出版社,1995.
- [2] 于海生,潘松峰,于培仁,等. 微型计算机控制技术[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [3] 王金全,黄彬业,王利明,等.[J]. 中国电力,1996,29(7):18-21.

## 《国家科技成果项目精选》(2003版)光盘征订启事

《国家科技成果项目精选》(2003版)光盘是独家从科技部建设的“国家科技成果库”中精选出的近2年来研制完成的1万项实用技术项目制作而成。“国家科技成果库”中所有项目均通过了全国省、直辖市和国务院部门科技成果管理机构组织的专家验收、鉴定,并进行正式登记,具有一定的权威性,项目研制单位囊括了全国主要的科研院所、大专院校和强势科研企业。

该光盘的技术项目分为三大类型:(1)近2年国家科技成果重点推广计划项目精选1600项;(2)近2年国家科技成果公报项目精选3600多项;(3)“国家科技成果库”中最新成果精选5800项。光盘收录的项目均具有详细的联系方式,并具有完备的查询系统,能满足灵活的模糊查询、组合查询,同时具有打印模块,能将查询结果打印。

该光盘定价280元(含邮寄费),订购者可来函来电索要订单,电话:010-64444090/4095 转839,837~842,电子信箱:husm@cheminfo.gov.cn,传真:010-64437104,联系人:胡世明。