

# 仪表自控系统干扰防护措施探析

张峻铭

中国石化海南炼化化工有限公司 海南 儋州 578001

**摘要：**本文深入分析了仪表自控系统面临的多种干扰源，包括环境、机械、电磁和化学干扰，并详细探讨了相应的防护措施。通过滤波防护、浮空接地、电磁屏蔽和隔离防护等多种技术手段，旨在提升仪表自控系统的抗干扰能力，确保测量精度和系统稳定运行。滤波技术有效滤除干扰信号；浮空接地策略隔离外部电磁干扰；电磁屏蔽措施保护内部电路免受外部辐射；隔离防护则通过电气和物理隔离手段切断干扰路径。本文为仪表自控系统的干扰防护提供了全面而深入的解决方案。

**关键词：**仪表自控系统；干扰因素；防护措施

## 引言

随着工业自动化程度的不断提升，仪表自控系统作为关键组成部分，其稳定运行和测量精度直接关系到生产效率和产品质量。然而，在实际应用中，仪表自控系统常受到来自环境、机械、电磁和化学等多方面的干扰，导致测量误差和系统故障。为确保系统稳定运行，提高测量精度，本文将对仪表自控系统的干扰源进行深入剖析，并探讨一系列有效的防护措施。通过综合运用滤波、接地、屏蔽和隔离等技术手段，旨在构建一套完善的抗干扰体系，为仪表自控系统的可靠运行提供有力保障。

## 1 干扰源对仪表自控系统的干扰因素

### 1.1 环境干扰

环境干扰作为仪表自控系统面临的重要挑战之一，其影响深远且复杂多变。具体而言，温度作为最基础的环境因素，对仪表内部元器件的工作状态有着直接影响。极端高温或低温可能导致电阻值变化、电容器失效、半导体器件性能下降等问题，进而引发测量误差和系统不稳定。而湿度的变化同样不容忽视，高湿度环境不仅可能促进电路板上金属部件的氧化腐蚀，还可能因水汽凝结导致电路短路，严重威胁系统安全运行。此外，压力变化在某些特殊工业环境中也极为常见，如化工、石油等行业。压力波动可能对仪表的外壳及内部结构产生挤压效应，导致形变或密封失效，进而影响仪表的测量准确性。至于振动干扰，它往往源于机械设备运转、运输过程中的颠簸等，长期暴露于振动环境会加速仪表内部元件的磨损和疲劳，甚至造成连接松动、焊点断裂等严重后果，最终影响系统的稳定性和可靠性。

### 1.2 机械干扰

机械干扰作为仪表自控系统不可忽视的外部影响因素，其复杂性和多样性对系统性能构成了显著挑战。在

工业生产环境中，重型机械设备的运转、物料处理过程中的碰撞与摩擦，以及设备启停时的瞬间冲击力，都是机械干扰的主要来源。这些机械振动和冲击不仅直接作用于仪表的外部结构，还可能通过支撑结构、紧固螺丝等细微连接点，以共振或传导的方式深入仪表内部，干扰精密的测量机构。具体而言，振动可能导致仪表内部的指针、传感器等部件发生微小位移或颤动，从而影响其读数准确性；冲击则可能使内部元件受损，如断裂、变形或松动，直接降低仪表的测量精度和稳定性。此外，机械部件间的摩擦不仅会产生物理磨损，还可能激发电磁噪声，这些噪声以电磁波的形式传播，对仪表内部的电子元件和信号传输线路造成干扰，进一步加剧系统性能的不稳定。

### 1.3 电磁干扰

电磁干扰作为仪表自控系统中最为普遍且难以完全避免的干扰源，其复杂性和潜在危害不容小觑。在复杂的工业环境中，电力系统中的交变电流如同一条无形的纽带，将各种电气设备紧密相连，同时也编织出一张错综复杂的电磁场网络。这些电气设备，包括电动机的频繁启停、变压器的电压变换、以及输电线路的电流波动，都是电磁干扰的主要源头。传导干扰，作为电磁干扰的一种直接传递方式，其路径明确且难以预测<sup>[1]</sup>。当这些干扰信号通过导线或金属构件侵入仪表内部时，它们会干扰正常的测量信号，导致信号失真、波形畸变，甚至引发系统误判和误动作。而辐射干扰，则以其无形无相的特性，在空间中以电磁波的形式自由传播，对周围所有电子设备构成潜在威胁。仪表自控系统，作为高度依赖电子元件和精密传感器的系统，其内部电路和传感器极易受到辐射干扰的影响，产生感应电势或感应电流，进而干扰系统的正常运行。

#### 1.4 化学干扰

化学干扰,作为仪表自控系统面临的一种特殊且潜在危害较大的干扰源,虽然在多数工业环境中不常见,但在特定条件下却可能对系统造成严重影响。在涉及腐蚀性气体或液体的工业场合,如化工、石油炼制、制药等领域,仪表设备长期处于恶劣的化学环境中,其金属外壳和内部精密元件极易受到侵蚀。腐蚀作用不仅会导致仪表外壳变薄、变形,还可能引起内部连接线的断裂、接触不良,进而影响信号的传输和测量的准确性。更为严重的是,当腐蚀性物质渗透到仪表内部时,它们可能与电路板上的金属线路、电子元器件等发生化学反应,生成新的化合物或改变原有材料的性质,从而产生干扰信号或直接破坏仪表的结构和功能。

### 2 仪表自控系统干扰防护措施

#### 2.1 滤波防护措施

滤波防护措施在仪表自控系统中占据着举足轻重的地位,它是确保系统信号纯净、测量准确的关键技术之一。滤波技术的核心在于通过特定的电路或算法,对输入信号进行选择性的处理,以消除或减弱那些对系统性能产生不利影响的干扰成分,同时保留并增强有用的测量信号。在仪表自控系统中,模拟滤波器因其直接作用于连续时间信号而具有广泛的应用。这类滤波器通过电阻、电容、电感等元件的组合,形成特定的频率响应特性,从而实现对信号中不同频率成分的衰减或增强。例如,低通滤波器允许低频信号通过而抑制高频信号,适用于滤除高频噪声;高通滤波器则相反,适用于去除低频干扰。此外,还有带通滤波器和带阻滤波器,它们分别允许特定频带内的信号通过或阻止特定频带内的信号,以满足更为复杂的滤波需求。随着数字技术的飞速发展,数字滤波器在仪表自控系统中的应用也日益广泛。与模拟滤波器不同,数字滤波器作用于离散时间信号,通过数学算法对信号进行处理。其优势在于设计灵活、精度高、稳定性好,且易于与数字控制系统集成。数字滤波器可以根据需要精确设计其频率响应特性,包括线性相位、非线性相位等多种类型,以适应不同的滤波需求。在实际应用中,选择合适的滤波器类型及其参数至关重要。这需要根据仪表自控系统的具体工作环境、测量对象、干扰源特性以及系统性能要求等多方面因素进行综合考虑。例如,在电磁环境复杂、高频噪声严重的场合,可能需要采用多级滤波或复合滤波技术,以提高滤波效果;而在对测量精度要求极高的应用中,则需选用高精度、低噪声的滤波器,以确保测量结果的准确性。此外,滤波防护措施的实施还需注意滤波器的安装位

置、连接方式以及与其他电路或系统的兼容性问题。合理的布局 and 连接可以最大限度地发挥滤波器的性能,同时避免引入新的干扰源或影响系统的整体性能<sup>[2]</sup>。

#### 2.2 浮空接地措施

浮空接地措施作为仪表自控系统干扰防护的一种高级策略,其设计初衷在于通过创造一种独特的电气环境,最大限度地隔绝外部电磁场对仪表内部电路的直接影响。在深入探讨这一措施时,我们不仅要理解其基本原理,还需全面评估其在实际应用中的效果与潜在风险。浮空接地系统通过将仪表的接地线与大地物理断开,并巧妙地利用电容或电感等元件作为电气连接的桥梁,实现了既隔离又缓冲的效果。这种设计有效地削弱了外部电磁干扰(如雷电、电网波动、无线电波等)通过接地系统直接侵入仪表内部的可能性,从而保护了仪表的敏感元件和精密电路免受损害。然而,正如前文所述,浮空接地系统并非毫无瑕疵。其中最为显著的问题便是静电积累。由于接地线与大地断开,仪表及其周围环境中的静电电荷无法及时泄放,可能随着时间的推移逐渐累积至危险水平。这不仅会影响仪表的正常工作,甚至可能引发静电放电现象,对操作人员和设备安全构成威胁。因此,在采用浮空接地措施时,必须充分考虑静电防护问题。这通常包括在系统中设置合适的静电泄放装置,如静电接地棒、静电消除器等,以定期或实时地将积累的静电电荷安全地导入大地。同时,还需对操作人员进行专业的静电防护培训,提高其对静电危害的认识和应对能力。此外,浮空接地系统的设计和实施还需考虑其他多种因素。例如,系统的稳定性、可靠性、维护性以及整个仪表自控系统的兼容性等。在实际应用中,可能需要结合具体情况进行定制化设计,以确保浮空接地系统能够充分发挥其优势并避免潜在风险。

#### 2.3 电磁屏蔽防护措施

电磁屏蔽防护措施在仪表自控系统中占据着举足轻重的地位,它是确保系统稳定运行、提高测量精度与可靠性的关键技术之一。随着现代工业环境的日益复杂,电磁干扰(EMI)已成为影响仪表自控系统性能的重要因素。因此,深入理解和有效实施电磁屏蔽防护措施显得尤为重要。电磁屏蔽的基本原理在于利用金属材料的导电性和磁导性,将电磁场限制在某一区域内,从而防止其对外扩散或对内部设备造成干扰。在仪表自控系统中,关键部件如传感器、控制器、执行器等往往容易受到外部环境中的电磁辐射影响,导致信号失真、测量误差甚至设备故障。因此,在这些部位安装金属屏蔽层或屏蔽罩,可以有效阻断或削弱外部电磁场的侵入,保护

内部电路免受干扰。金属屏蔽层或屏蔽罩的设计需考虑多个因素，包括材料选择、结构布局、接地方式等。首先，材料应具有良好的导电性和磁导性，以便有效吸收和反射电磁干扰信号。其次，结构布局应合理，确保屏蔽层能够全面覆盖并紧密贴合被保护部件，减少电磁波的泄漏。最后，接地方式至关重要，良好的接地性能可以确保屏蔽层上的电荷及时泄放，避免静电积累对系统造成损害。除了金属屏蔽层或屏蔽罩外，信号传输过程中的电磁屏蔽也是不可忽视的一环。采用屏蔽电缆可以有效防止信号在传输过程中受到外部电磁场的干扰。屏蔽电缆的结构通常包括内导体、绝缘层、屏蔽层和外护套等部分，其中屏蔽层由金属编织网或金属箔制成，具有良好的电磁屏蔽效果。在选择和使用屏蔽电缆时，还需注意其屏蔽效能、阻抗匹配以及与其他设备的兼容性问题。此外，电磁屏蔽防护措施的实施还需结合具体的应用场景和需求进行定制化设计。例如，在高频电磁辐射环境中，可能需要采用多层屏蔽结构或特殊材料来提高屏蔽效果；在空间受限的场合，则需要优化屏蔽层的布局 and 安装方式以确保其不影响设备的正常运行。

#### 2.4 隔离防护措施

在深入探讨仪表自控系统的隔离防护措施时，我们不得不强调其对于确保系统稳定运行、提高测量精度与数据可靠性的关键作用。隔离防护策略不仅局限于简单的物理或电气隔离，更是一个综合考量系统环境、信号特性及潜在干扰源的多维度解决方案。首先，电气隔离作为隔离防护的核心技术之一，通过光电隔离器、变压器等装置，在信号传输路径上构建起一道“防火墙”。光电隔离器利用光信号作为中间媒介，实现了输入与输出电路之间的完全电气隔离，有效阻断了共模干扰和差模干扰的传播路径。而变压器隔离则通过电磁感应原

理，将一次侧与二次侧的电路在电气上完全分开，进一步提升了系统的抗干扰能力。物理隔离方面，除了常见的橡胶垫、绝缘套等绝缘材料的应用外，还涉及到了更为精细的机械设计与安装工艺。例如，在振动较大的环境中，通过增加减震装置和固定支架，可以减少机械振动对仪表及线路的直接冲击，从而避免由此产生的干扰信号<sup>[1]</sup>。同时，合理的仪表布局和线路走向设计，如避免信号线与动力线平行铺设、减少线路间的交叉与耦合，也是物理隔离的重要实践。此外，随着现代科技的发展，智能化、数字化的隔离防护技术也在不断涌现。例如，数字信号处理器（DSP）技术可以在信号接收端对干扰信号进行识别与滤除，实现更加精准的隔离防护。而基于网络的隔离器则通过构建虚拟的隔离区域，将不同网络段之间的通信进行隔离，防止了网络攻击和数据泄露的风险。

#### 结束语

综上所述，仪表自控系统的干扰防护是一个复杂而重要的课题。通过滤波防护、浮空接地、电磁屏蔽和隔离防护等多种措施的综合应用，可以有效提升系统的抗干扰能力，确保测量精度和系统稳定运行。未来，随着科技的不断进步和工业环境的日益复杂，我们需要持续关注和研究新的干扰源及其防护策略，不断优化和完善防护措施，为工业自动化的发展提供坚实的技术支撑。

#### 参考文献

- [1]王毅,李江华.仪表自控系统的干扰及其防护措施[J].化工管理,2020,(20):171-172.
- [2]张正志.大型设备装置仪表自控系统的故障及应对措施[J].电子技术与软件工程,2020,(12):113-114.
- [3]王成.仪表自控系统的干扰及其防护措施[J].山西建筑,2019,45(04):227-228.