

智能化仪器仪表实用抗干扰技术

苏义思 黄益昌 黄书成 卢智颖
天信仪表集团有限公司 浙江 温州 325800

摘要: 智能化仪器仪表在复杂环境中易受干扰,影响测量精度与系统稳定性。本文聚焦智能化仪器仪表实用抗干扰技术。首先阐述其抗干扰技术的理论基础,为后续研究提供理论支撑。接着详细介绍实用抗干扰的关键技术,涵盖硬件、软件、隔离、滤波、接地等多方面技术手段。最后探讨该技术的发展趋势,包括智能化与自适应、多功能集成化、高精度与高可靠性以及绿色环保等方向。旨在为提升智能化仪器仪表的抗干扰能力提供全面且实用的参考,助力其在复杂环境下稳定运行,满足各领域对高精度测量的需求。

关键词: 智能化仪器仪表;抗干扰技术;发展趋势

引言:在科技飞速发展的当下,智能化仪器仪表在工业生产、科研监测、日常生活等众多领域发挥着关键作用。然而,实际应用中,智能化仪器仪表常面临各种干扰,如电磁干扰、噪声干扰等,这些干扰严重影响其测量精度、稳定性和可靠性,甚至导致系统故障,造成重大损失。因此,研究实用有效的抗干扰技术迫在眉睫。文章将深入剖析智能化仪器仪表抗干扰技术的理论基础,系统介绍关键抗干扰技术,并对其未来发展趋势进行展望,以期推动该领域技术不断进步。

1 智能化仪器仪表抗干扰技术的理论基础

智能化仪器仪表在复杂环境中运行时,会受到各类干扰影响,其抗干扰技术有着坚实的理论基础。(1)从干扰的产生根源来看,自然界中存在众多电磁辐射源,如雷电、太阳黑子活动等,这些自然现象会产生宽频段的电磁干扰,对仪器仪表的电子元件和信号传输造成影响。同时,人为因素也是干扰的重要来源,像大型电气设备运行、无线电通信设备发射等,都会在周围空间形成电磁场,干扰仪器仪表的正常工作。(2)干扰的传播途径是抗干扰理论的重要部分。干扰主要通过传导和辐射两种方式传播。传导干扰是干扰源通过导线、金属体等导电介质,将干扰信号耦合到仪器仪表的电路中,影响其正常信号。辐射干扰则是干扰源以电磁波的形式在空间传播,当仪器仪表的天线、电路等接收到这些电磁波时,就会引入干扰信号,干扰其测量和控制功能。(3)干扰与信号的相互作用关系是抗干扰技术的核心。干扰信号与有用信号在频率、幅度、相位等方面存在差异,当干扰信号进入仪器仪表后,会与有用信号叠加,改变有用信号的特征,导致测量误差增大、控制失灵等问题。了解这种相互作用关系,就能有针对性地设计抗干扰措施,如通过滤波技术抑制特定频率的干扰信号,利用屏

蔽技术阻挡辐射干扰的进入等,从而保障仪器仪表的稳定运行和准确测量^[1]。

2 智能化仪器仪表实用抗干扰的关键技术

2.1 硬件抗干扰技术

智能化仪器仪表的硬件抗干扰技术是保障其在复杂电磁环境中稳定运行的关键,主要涵盖以下方面:(1)屏蔽技术通过金属材料对电磁波的反射、吸收和抵消作用,有效隔离静电、电磁和低频磁干扰。静电屏蔽采用接地金属壳体包裹电路,消除分布电容引起的电场耦合;电磁屏蔽利用高导电材料(如铜、铝)构建闭合回路,抑制高频电磁辐射;低频磁屏蔽则选用高导磁材料(如坡莫合金)构建磁通路,分流干扰磁场。(2)隔离技术通过切断干扰传输路径实现抗干扰。光电耦合器利用光信号传输实现电气隔离,适用于数字信号传输;变压器隔离则通过电磁感应原理阻断共模干扰,常用于电源和模拟信号隔离。例如,在工业现场中,采用光电耦合器隔离传感器信号与控制电路,可有效防止电磁干扰窜入系统。(3)滤波技术通过电容、电感等元件组成的滤波器,抑制特定频段的干扰信号。电源滤波器可消除电源线上的高频噪声,信号滤波器则用于抑制信号线上的差模和共模干扰。例如,在数据采集系统中,采用RC低通滤波器可滤除高频噪声,提高信号信噪比。

2.2 软件抗干扰技术

在智能化仪器仪表的运行中,软件抗干扰技术凭借灵活性与可编程性,成为保障系统稳定可靠的关键手段,主要体现在以下方面:(1)数字滤波技术是抑制信号噪声的常用方法。不同于硬件滤波需额外增加元件,软件数字滤波通过算法对采集的数据进行处理。例如,滑动平均滤波法,它按顺序采集一系列数据,存储后计算其平均值作为当前有效值,随着新数据不断加入,旧数

据依次剔除并重新计算平均值。这种方式能有效滤除周期性干扰,提升信号平滑度;还有有限幅滤波法,根据经验预先设定数据变化范围,当采集数据超出此范围则判定为干扰并舍弃,可快速消除脉冲型干扰,保证数据准确性。(2)软件冗余设计可增强程序抗干扰能力。对于关键指令或程序段,采用重复执行或备份的方式。比如,在一些重要的控制指令后重复写入相同指令,即便其中一条因干扰出错,后续指令仍能确保系统按预期动作;同时,对重要程序段进行备份存储,当检测到程序运行异常时,可调用备份程序继续执行,避免系统崩溃。(3)软件陷阱与看门狗技术能应对程序跑飞问题。软件陷阱是在未使用的程序存储区设置拦截程序,当程序跑飞到该区域,会被引导至指定位置重新运行;看门狗定时监测程序运行状态,若程序超时未复位看门狗,便强制系统复位,使程序恢复正常流程。

2.3 隔离技术

隔离技术在智能化仪器仪表抗干扰中占据重要地位,它能有效切断干扰的传播路径,保障仪器仪表稳定运行,主要体现在以下方面:(1)光电隔离技术利用光电耦合器实现电气隔离。光电耦合器由发光二极管和光敏晶体管组成,输入信号驱动发光二极管发光,光信号被光敏晶体管接收并转换为电信号输出。由于光传输的特性,输入与输出在电气上完全隔离,能有效抑制共模干扰。例如在数据采集系统中,传感器信号通过光电耦合器传输到控制器,可避免因传感器与控制器地电位不同而产生的干扰,提高数据采集的准确性。(2)变压器隔离技术常用于电源和模拟信号的隔离。对于电源隔离,变压器可将输入电源与输出电源在电气上分开,防止电源线上的干扰窜入仪器仪表内部。在模拟信号隔离中,隔离变压器能阻断信号传输线路上的共模干扰,同时允许差模信号正常通过。比如在工业控制现场,使用隔离变压器为仪器仪表供电,可有效隔离来自电网的电磁干扰。(3)继电器隔离技术通过继电器的触点实现电气隔离。当输入信号达到一定阈值时,继电器吸合或断开,其触点控制外部电路的通断。由于继电器触点与输入电路之间没有电气连接,能避免强电信号对弱电信号的干扰,常用于控制大功率设备或需要电气隔离的场合^[2]。

2.4 滤波技术

滤波技术在智能化仪器仪表抗干扰中至关重要,它通过对信号中不同频率成分的筛选,有效抑制干扰,提升信号质量,保障仪器仪表稳定精准运行,具体体现在以下方面:(1)模拟滤波技术基于电阻、电容、电感等无源元件或运算放大器等有源元件构建滤波电路。无源滤

波电路如RC低通滤波器,结构简单,成本低廉,能允许低频信号顺利通过,同时对高频干扰信号进行衰减,常用于电源滤波,去除电源线上的高频噪声,为仪器仪表内部电路提供稳定干净的电源。有源滤波电路则借助运算放大器增强滤波性能,像有源带通滤波器,可精确选取特定频段的信号,在信号检测、频谱分析等场景中,能有效分离出有用信号,抑制其他频段的干扰。(2)数字滤波技术依靠软件算法实现滤波功能。它无需额外硬件,灵活性极高,可根据不同的干扰类型和测量要求,设计出多种滤波算法。例如,滑动平均滤波算法对连续采集的多个数据进行平均处理,能有效降低随机干扰的影响;中值滤波算法选取数据序列中的中值作为有效值,可快速消除脉冲型干扰。(3)自适应滤波技术能根据输入信号和干扰的实时变化自动调整滤波参数。在复杂多变的干扰环境下,它能始终保持良好的滤波效果,进一步提高仪器仪表的抗干扰能力和测量精度。

2.5 接地技术

接地技术是智能化仪器仪表抗干扰体系中的关键环节,合理应用能有效降低干扰影响,保障仪器仪表稳定运行,主要体现在以下方面:(1)安全接地是为了保障设备和人员安全。当仪器仪表的金属外壳因绝缘损坏而带电时,安全接地可将电流引入大地,避免人员触电事故发生。例如在一些工业现场,大型仪器设备的外壳通过接地线与大地相连,一旦设备内部出现漏电情况,电流会迅速通过接地线导入大地,降低触电风险,为设备和人员的安全提供基本保障。(2)工作接地是为仪器仪表的正常工作提供稳定的参考电位。在电子电路中,设置合适的工作接地点,能使电路各部分有一个统一的电位基准,确保信号的准确传输和处理。比如模拟电路中的信号地,为模拟信号提供一个稳定的零电位参考,保证模拟信号的精度和稳定性;数字电路中的数字地,则为数字信号提供清晰的电平判断基准,避免因电位不稳定导致信号误判。(3)屏蔽接地用于抑制电磁干扰。将屏蔽层接地,能使屏蔽层与大地形成等电位,将干扰信号引入大地,从而减少电磁场对仪器仪表内部电路的影响。例如,在传输弱信号的电缆外包裹金属屏蔽层,并将屏蔽层接地,可有效防止外界电磁干扰侵入信号传输线路,提高信号传输的质量和可靠性。

3 智能化仪器仪表实用抗干扰技术的发展趋势

3.1 智能化与自适应抗干扰

智能化与自适应抗干扰是未来智能化仪器仪表抗干扰技术的重要发展方向。智能化体现在仪器仪表能够借助先进的算法和智能芯片,对所处的干扰环境进行实时

感知与分析。它不再依赖预先设定的固定抗干扰模式，而是根据干扰的强度、频率、类型等特征，自动调整抗干扰策略。自适应抗干扰则进一步强化了这种灵活性，仪器仪表可依据自身运行状态和外界干扰变化，动态优化抗干扰参数。例如，在面对复杂多变的电磁环境时，能快速切换滤波算法、调整屏蔽方式等，以实现最佳的抗干扰效果。这种智能化与自适应的结合，将极大提升仪器仪表在各种恶劣环境下的稳定性和可靠性，满足不同行业对高精度测量的需求^[3]。

3.2 多功能集成化抗干扰

多功能集成化抗干扰是顺应仪器仪表小型化、多功能化发展趋势的必然选择。未来的仪器仪表将把多种抗干扰功能集成于一体，通过统一的硬件平台和软件系统进行协同工作。一方面，将不同类型的滤波技术、隔离技术、接地技术等进行集成优化，减少硬件冗余，降低设备体积和成本；另一方面，实现多种抗干扰功能的智能联动，根据干扰情况自动选择最合适的抗干扰组合方式。例如，在同一仪器中，可同时具备电源滤波、信号隔离、电磁屏蔽等多种功能，并能根据实时监测到的干扰特征，自动调整各功能的参数，形成全方位、多层次的抗干扰体系，提高仪器仪表的综合抗干扰能力。

3.3 高精度与高可靠性抗干扰

随着工业自动化、航空航天、医疗等领域对测量精度和可靠性的要求不断提高，高精度与高可靠性抗干扰技术成为关键。高精度抗干扰要求仪器仪表在复杂干扰环境下，仍能实现微小信号的准确测量和传输。这需要研发更先进的滤波算法、更高性能的隔离器件以及更精准的接地技术，以最大程度降低干扰对信号的影响。高可靠性抗干扰则强调仪器仪表在长时间运行过程中，抗干扰性能的稳定性和一致性。通过采用冗余设计、故障诊断与容错技术等，确保在部分抗干扰模块出现故障时，仪器仪表仍能正常工作，且测量结果准确可靠。未来，高精度与高可靠性抗干扰技术将不断融合创新，为各行业提供更优质的测量解决方案。

3.4 绿色环保抗干扰

在全球倡导绿色发展的背景下，绿色环保抗干扰技术成为智能化仪器仪表抗干扰领域的新趋势。传统的抗干扰技术可能会使用一些对环境有害的材料或产生电磁辐射污染。而绿色环保抗干扰技术注重从材料选择、设计理念到生产工艺的全过程环保性。在材料方面，优先选用可回收、无污染的材料用于制造抗干扰器件；在设计上，采用低功耗、低辐射的设计方案，减少能源消耗和电磁污染；在生产工艺上，推行清洁生产，降低废弃物排放。同时，研发新型的绿色抗干扰技术，如基于生物技术的抗干扰方法等，既能有效抑制干扰，又符合环保要求。绿色环保抗干扰技术将推动智能化仪器仪表行业向可持续发展方向迈进^[4]。

结束语

智能化仪器仪表实用抗干扰技术是保障其在复杂环境下稳定、精准运行的核心支撑。从硬件层面的屏蔽、隔离、滤波与接地，到软件层面的数字滤波、冗余设计等，各项技术协同作用，构建起全面的抗干扰防线。随着科技发展，智能化与自适应、多功能集成化、高精度高可靠性以及绿色环保等抗干扰技术新趋势不断涌现。未来，我们需持续创新，深化对干扰机理的研究，优化现有技术，探索更先进的抗干扰方法，以推动智能化仪器仪表在更多领域发挥关键作用，为工业自动化、智能生活等发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]孟德义.仪器仪表的可靠性及抗干扰设计探究[J].科技传播, 2022(12): 156+169.
- [2]刘建勋, 潘仲明, 罗勇毅, 等.仪器的可靠性与抗干扰技术分析[J].自动化与仪器仪表, 2022(9): 160-161.
- [3]任淑娟.仪器仪表的可靠性分析及抗干扰设计[J].大科技, 2022(34): 325.
- [4]邵雷, 周怡, 方二喜.浅议智能仪器抗干扰设计的方法[J].科技资讯, 2022(3): 134-145