

# 电气自动化现场总线通信与网络诊断

庞桂亮

江苏省宿迁市泗洪县车门乡马公农场 江苏 宿迁 223902

**摘要：**电气自动化现场总线通信依赖通信协议、硬件架构、抗干扰设计三大要素，有线、无线、混合通信技术各具优势与应用场景。网络诊断涵盖故障检测、定位与分析等关键技术，遵循特定流程，借助诊断工具与系统实施。当前存在协议兼容、抗干扰、诊断及运维等问题，需从通信技术、诊断与运维方面优化，以保障系统稳定运行。

**关键词：**电气自动化；现场总线；通信技术；网络诊断；故障排查

引言：在电气自动化蓬勃发展的当下，现场总线通信作为系统运行的关键支撑，其重要性不言而喻。它涵盖通信协议、硬件架构、抗干扰设计等核心要素，衍生出有线、无线及混合等多种通信技术类型。然而，现场总线通信与网络诊断在实际应用中面临协议兼容、抗干扰、诊断技术局限及运维能力不足等诸多问题。深入剖析这些问题并提出优化策略，对推动电气自动化行业稳定发展意义重大。

## 1 电气自动化现场总线通信的核心要素

在电气自动化领域，现场总线通信系统的高效稳定运行，高度依赖于通信协议、硬件架构以及抗干扰设计这三大核心要素的紧密协同与相互配合。（1）通信协议堪称现场总线通信的“语言中枢”。它精确地定义了数据传输的格式、速率、寻址方式以及错误处理机制等关键参数。不同的通信协议具有鲜明的特性，适用于多样化的应用场景。例如，针对设备级实时控制场景，部分协议的传输速率最高可达12Mbps，能够满足对实时性要求极高的控制需求；一些结构简单且兼容性强的串行通信协议，凭借其易于实现和集成的优势，在中小型自动化系统中得到了广泛应用；而采用“逻辑环”通信方式的实时以太网协议，以其卓越的实时性，成为高速同步控制场景下的理想选择。（2）硬件架构作为通信的“物理载体”，由多个关键组件构成。现场总线控制器负责数据的收发与处理，是整个通信系统的核心控制单元；总线接口模块则承担着不同设备之间协议转换的重任，确保各类设备能够实现无缝对接与通信；传输介质的选择至关重要，常见的如双绞线、光纤、无线射频等，需根据实际的传输距离、抗干扰要求等因素进行合理抉择。例如，在长距离传输场景中，光纤凭借其低损耗、高带宽的优势成为首选；而在工业强干扰环境下，屏蔽双绞线则能有效抵御外界干扰。此外，终端匹配器可减少信号反射，提高信号传输质量。（3）抗干扰设计是通

信的“安全保障”。现场总线通信在工业环境中极易受到电磁辐射、接地不良、电源波动等多种干扰因素的影响。为降低这些干扰对通信的负面影响，需采取一系列有效措施，如合理规划布线，实现强弱电分离、避免平行布线；加装浪涌保护器，防止雷击等过电压对设备造成损害；采用屏蔽接地技术，增强设备的抗电磁干扰能力等<sup>[1]</sup>。

## 2 电气自动化现场总线通信技术类型及应用

### 2.1 有线现场总线通信技术

在电气自动化通信领域，有线现场总线通信技术凭借其以物理线路作为传输介质这一特性，展现出传输稳定、抗干扰能力强的显著优势，从而成为当前电气自动化系统的主流通信方式。（1）常见的有线总线类型多样。其中一类可细分为设备级实时控制、过程自动化（具备支持本质安全特性）以及车间级监控三种类型。这种总线在汽车生产线、冶金设备的分布式控制等场景中应用广泛，能够满足不同层级对数据传输和控制的需求。（2）另一种常见的有线总线存在串行通信与以太网通信两种模式。串行通信借助RS485接口实现设备间的通信，因其成本较低、实现简单，在中小型泵站、水处理系统等规模相对较小、对数据传输速率要求不高的场景中得到应用。以太网通信基于成熟的以太网技术，具备传输速率高的特点，适用于需要远程监控的场景，可实现数据的快速、远距离传输。（3）还有一种实时以太网总线，采用“飞读飞写”技术，数据传输延迟低于1微秒，能支持数千个节点同步控制，主要应用于机器人、数控机床等对控制精度要求极高的运动控制领域。

### 2.2 无线现场总线通信技术

无线现场总线通信技术突破了传统布线的束缚，凭借其灵活便捷的特性，在移动设备、恶劣环境或布线难度大的场景中展现出独特优势。（1）无线总线是基于传统过程控制协议开发而来，它采用跳频扩频技术，能有

效抵御外界干扰,确保数据传输的稳定性。同时,支持网状网络拓扑结构,可实现多节点间的灵活通信,非常适用于过程工业中的传感器数据采集工作,例如在石油化工装置里,可精准监测压力、温度等关键参数。(2)开放的无线通信标准,具备兼容多种协议的能力,传输速率高且支持大规模节点部署,在电力系统的远程终端单元通信中得到了广泛应用,可高效实现数据的远距离传输与交换。(3)基于IEEE 802.11标准的无线技术,传输速率极快,最高可达千兆级,且覆盖范围广泛,适用于智能工厂中视频监控与设备远程调试等对高速数据传输有较高要求的场景,不过在工业强干扰环境下,需借助增强型天线、工业级接入点设备来保障其稳定性<sup>[2]</sup>。

### 2.3 混合现场总线通信技术

混合现场总线通信技术巧妙融合了有线与无线通信的显著优势,借助协议转换与网关设备,达成不同总线类型间的无缝互联互通,精准契合复杂自动化系统的多样化通信需求。(1)常见的混合架构多采用“有线主干网+无线分支网”模式。主干网选用实时以太网、设备级控制总线等有线总线,凭借其高速稳定的特性,实现控制中心与主要设备之间的高效通信;分支网则运用无线过程控制总线、无线局域网等无线总线,灵活连接现场分散的传感器、执行器。以智能仓库为例,主干网通过实时以太网紧密连接堆垛机控制器,确保对核心设备的精准控制;分支网借助无线局域网连接移动货架上的位置传感器,实时获取货物位置信息。(2)混合通信技术还能实现不同协议总线的深度融合。通过协议转换网关,可让串行通信设备顺利接入设备级控制总线网络,有效解决不同厂商设备间的兼容性难题,大幅提升系统的灵活性与扩展性,为自动化系统的发展提供有力支撑。

## 3 电气自动化现场总线网络诊断技术与实施

### 3.1 网络诊断的关键技术方法

现场总线网络诊断技术旨在快速识别通信故障的位置与原因,主要包括故障检测、定位与分析三大环节。故障检测技术通过实时监测通信参数,判断网络是否正常运行,常用方法包括信号质量监测(如监测总线电压、电流波形,判断信号衰减或畸变)、数据传输状态监测(如统计数据包丢失率、传输延迟,当丢失率超过1%或延迟超过10毫秒时触发报警)、协议一致性检测(验证设备通信协议是否符合标准,避免协议不兼容导致的通信异常)。故障定位技术用于确定故障发生的具体节点或线路,采用“分层定位法”,先通过总线控制器判断故障是否发生在主干网;再通过接口模块定位故障分支网;最后通过终端设备诊断确定具体故障设备,

如采用总线诊断仪读取设备故障代码,定位故障传感器或执行器。故障分析技术通过收集故障数据,分析故障根源,常用方法包括历史数据对比(将当前故障参数与正常参数对比,识别异常变化)、干扰源分析(通过频谱分析仪检测电磁干扰频率与强度,定位干扰源位置)、线路检测(采用电缆测试仪检测线路短路、断路、绝缘不良等问题)。

### 3.2 网络诊断的实施流程

网络诊断的实施需遵循“预防为主、实时监测、快速处置”的原则,分为日常监测与故障诊断两个阶段。日常监测阶段,通过安装在总线控制器中的诊断软件,实时采集通信参数(如传输速率、数据包丢失率、设备在线状态),并通过可视化界面展示;定期(如每周)生成诊断报告,分析网络运行趋势,提前发现潜在隐患,如线路老化导致的信号衰减。故障诊断阶段,当系统出现通信故障时,首先启动紧急响应,切换至备用通信链路(如双总线冗余系统),保障关键设备运行;其次按照“先主干后分支、先硬件后软件”的顺序排查故障,先检查主干网线路连接、终端匹配器状态,再检查分支网接口模块;先排查硬件故障(如设备损坏、线路短路),再排查软件故障(如协议设置错误、程序冲突);最后通过替换法(更换疑似故障设备)验证故障原因,确定后进行维修或更换。故障排除后,需记录故障类型、排查过程及解决方案,更新诊断数据库,为后续诊断提供参考<sup>[3]</sup>。

### 3.3 诊断工具与系统的应用

诊断工具与系统是网络诊断的重要支撑,分为便携式诊断工具与在线诊断系统两类。便携式诊断工具适用于现场巡检与故障排查,主要包括总线分析仪(用于监测总线信号与协议数据)、电缆测试仪(检测线路阻抗、绝缘电阻)、频谱分析仪(用于检测电磁干扰),这类工具操作灵活,可直接连接至总线节点,快速获取故障数据。在线诊断系统适用于大规模现场总线网络的实时监控,由诊断服务器、数据采集模块、人机交互界面组成,通过采集模块实时获取各节点通信数据,诊断服务器运行分析算法,识别故障并发出报警;人机交互界面展示网络拓扑、故障位置及处理建议,支持远程诊断与控制,如通过互联网访问诊断系统,远程排查异地工厂的通信故障,大幅提升运维效率。

## 4 现场总线通信与网络诊断现存问题与优化策略

### 4.1 现存问题分析

当前电气自动化现场总线通信与网络诊断中仍存在诸多问题。一是协议兼容性差,不同厂商的现场总线设

备采用自定义协议扩展,导致跨品牌设备通信困难,如某汽车生产线中,不同品牌的设备需通过多个网关转换,增加了通信延迟与故障风险。二是抗干扰能力不足,在工业强电磁干扰环境(如电弧炉、变频器附近),现场总线信号易受干扰,出现数据传输错误,部分系统因未采取有效的屏蔽接地措施,通信故障率高达15%以上。三是诊断技术局限性明显,传统诊断工具多针对单一总线类型,难以适应混合总线网络的诊断需求;且故障分析依赖人工经验,对复杂故障(如间歇性干扰导致的通信异常)识别能力不足,平均故障排查时间超过4小时。四是运维团队能力不足,部分运维人员仅熟悉单一总线技术,对新型无线总线、混合总线的诊断方法掌握不够,难以应对复杂的网络故障。

#### 4.2 通信技术优化策略

针对通信技术中的问题,需从协议融合与抗干扰设计两方面优化。在协议融合方面,推广采用以太网兼容的现场总线协议,这类协议基于TCP/IP协议,实现了现场总线与以太网的无缝连接,提升跨品牌设备的兼容性;同时,采用软件定义总线技术,通过可编程网关实现多协议自动转换,减少硬件网关数量,降低通信延迟。在抗干扰设计方面,制定标准化的布线规范,明确强弱电布线间距(不小于30厘米)、屏蔽层接地方式(单点接地);采用冗余总线设计,如双总线并行运行,当主总线故障时自动切换至备用总线;在高干扰区域,选用光纤传输介质替代双绞线,利用光纤抗电磁干扰的特性,提升通信稳定性。

#### 4.3 诊断与运维优化策略

完善诊断技术与提升运维能力是保障网络可靠运行的关键。在诊断技术方面,开发智能化诊断系统,集成人工智能算法(如机器学习、神经网络),通过分析历

史故障数据训练故障识别模型,实现复杂故障的自动诊断与预测,如预测线路老化导致的通信故障;同时,开发多总线兼容诊断工具,支持多种总线的统一诊断,提升混合总线网络的诊断效率。在运维能力方面,建立专业化运维团队,招聘具备跨总线技术知识的人才,定期组织技术培训,内容涵盖新型总线通信技术、智能化诊断工具应用等;建立运维知识库,收集典型故障案例与解决方案,实现知识共享;与设备厂商合作开展技术交流,及时掌握最新的诊断技术与设备特性,提升运维团队的整体水平<sup>[4]</sup>。

#### 结束语

电气自动化现场总线通信以通信协议、硬件架构、抗干扰设计为基石,有线、无线、混合通信技术各展所长,满足不同场景需求。网络诊断技术通过多种方法、流程及工具保障通信稳定。然而,当前在协议兼容、抗干扰、诊断及运维团队能力等方面仍存问题。为此,需从通信技术优化,如协议融合与抗干扰设计,以及诊断及运维优化,如开发智能化诊断系统、提升运维能力等方面着手改进,推动电气自动化现场总线通信与网络诊断技术持续发展,以更好地适应复杂多变的工业环境

#### 参考文献

- [1]胡宁.浅谈工业电气自动化控制技术[J].电子制作,2020(10):71-72+76.
- [2]王富亮.刍议电气自动化控制技术在电力系统中的应用[J].数字通信世界,2020(05):204-206.
- [3]李伟,张强.现场总线技术在电气自动化控制系统中的应用研究[J].自动化技术与应用,2023,42(3):55-62.
- [4]王磊,赵静.基于现场总线的智能设备管理系统架构研究[J].现代电力,2022,38(5):67-74.