

无线通信技术在自动化仪表数据传输中的应用与挑战

杨俊超

江西诚科工程咨询管理有限公司 江西 南昌 330025

摘 要：自动化仪表数据传输对工业生产至关重要，传统有线传输存在诸多局限，无线通信技术凭借无需布线、部署灵活等优势成为重要手段。本文介绍了适配自动化仪表数据传输的短距离、中长距离及低功耗无线通信技术类型，分析了工业现场、远程、多仪表协同及特殊环境等应用场景，指出面临传输距离、外部环境、低功耗平衡、数据安全及兼容性等挑战，并提出了相应应对策略，以推动无线通信技术在自动化仪表数据传输中的更好应用。

关键词：无线通信技术；自动化仪表；数据传输；应用场景；应对策略

引言：自动化仪表作为工业生产中获取数据的关键设备，其数据传输的及时性与准确性至关重要。传统有线传输方式存在布线复杂、成本高、灵活性差等问题，难以满足现代工业多样化需求。无线通信技术凭借其无需布线、部署灵活、成本较低等优势，逐渐成为自动化仪表数据传输的重要手段。然而，在实际应用中，无线通信技术也面临诸多挑战，研究其应用与挑战，对推动工业自动化发展具有重要意义。

1 适配自动化仪表数据传输的无线通信技术类型

1.1 短距离无线通信技术

短距离无线通信技术是自动化仪表数据传输中应用广泛的类别，服务于仪表间距较近、数据传输量适中的场景，依托国际通用通信标准研发，实现数据高效传递^[1]。传输距离通常控制在100米以内，具备传输延迟低、部署便捷、成本可控等优势，可满足近距离多仪表组网传输需求。信号传输稳定性经过严格测试，适配自动化仪表低速率、高可靠性的数据传输需求，无需复杂布线施工，能快速完成仪表与传输节点的连接，降低现场部署工作量。频段选择符合工业无线通信规范，抗干扰能力较强，可适应工业现场复杂电磁环境，保障仪表数据传输的准确性。

1.2 中长距离无线通信技术

中长距离无线通信技术用于自动化仪表分布范围较广、传输距离较远的场景，可突破短距离传输局限，实现跨区域仪表数据远距离传递。传输距离可覆盖几公里至几十公里，依托基站中继或卫星通信技术拓展传输范围，适配大型工业园区、长距离管线等场景需求。采用高效信号调制解调技术，在保证传输速率的同时，降低信号衰减影响，确保远距离传输中数据的完整性。支持大规模仪表组网，可实现数百个自动化仪表的数据集中传输，便于对分散部署的仪表进行统一管控，抗干扰设

计可有效抵御工业设备电磁干扰，减少数据丢包率。

1.3 低功耗无线通信技术

低功耗无线通信技术专为低功耗需求的自动化仪表设计，应用于电池供电、不便布线或偏远区域部署的仪表设备。通过优化通信协议、降低发射功率，最大限度减少能耗，延长仪表续航时间，减少电池更换或充电频率，降低运维成本。传输速率适配仪表数据传输需求，可实现监测数据的周期性传输，无需持续保持通信连接，进一步降低能耗。采用低功耗芯片设计，结合休眠唤醒机制，无数据传输时使通信模块休眠，需传输时快速唤醒，提升能源利用效率。通信协议经过针对性优化，抗干扰能力和传输可靠性较强，可在低功耗运行基础上，保障数据传输准确性。

2 无线通信技术在自动化仪表数据传输中的应用场景

2.1 工业现场仪表数据实时传输

工业现场仪表数据实时传输是无线通信技术在自动化仪表领域的核心应用场景之一，覆盖各类工业生产流程中的仪表数据交互需求。工业现场部署的自动化仪表需实时反馈生产过程中的各类参数，无线通信技术可实现这类数据的实时传递，支撑生产流程的动态管控。无线通信技术凭借低延迟的传输特性，可快速传递仪表采集的温度、压力、流量等关键参数，确保管控终端及时获取生产现场的实时状态。这类传输场景下，无线通信技术需适配工业现场的电磁环境，通过优化频段选择和信号调制方式，减少工业设备运行产生的干扰，保障数据传输的实时性与准确性。

2.2 远程仪表数据采集与传输

远程仪表数据采集与传输主要针对分散部署或偏远区域的自动化仪表，解决传统有线传输难以覆盖的场景痛点^[2]。部分自动化仪表需部署在远离管控中心的区域，有线传输布线成本高、维护难度大，无线通信技术可实

现这类仪表数据的远程采集与传输。通过搭建远程无线传输链路,自动化仪表采集的监测数据可跨越地理距离,精准传递至管控终端,实现对远程仪表的远程监控与数据管理。无线通信技术可根据远程传输距离,灵活选择中长距离或低功耗传输方案,适配不同远程场景的仪表部署需求。远程传输过程中,技术通过加密传输与信号优化,减少数据丢包与失真,确保远程采集的数据能够真实反映仪表监测状态,为偏远区域或分散部署仪表的管控提供技术支撑。

2.3 多仪表数据协同传输

多仪表数据协同传输适用于工业生产中多台自动化仪表协同工作的场景,需实现多台仪表数据的统一采集、传输与汇总。无线通信技术可搭建多设备组网传输体系,实现多台自动化仪表的数据协同传递,打破单台仪表独立传输的局限。不同类型、不同功能的自动化仪表可通过同一无线传输网络,将采集的数据传递至管控终端,实现数据的集中汇总与协同分析。无线通信技术可优化组网架构,合理分配传输资源,避免多仪表数据传输过程中的信号冲突,保障各类仪表数据传输的有序性与稳定性。通过多仪表数据协同传输,管控终端可全面获取生产流程中的各类参数,实现对生产过程的全面管控,提升生产流程的协同效率。

2.4 特殊环境下仪表数据传输

特殊环境下仪表数据传输聚焦于高温、高压、高湿度、强电磁干扰等极端工业环境,这类环境对自动化仪表数据传输的稳定性与可靠性提出更高要求。无线通信技术通过特殊防护设计与协议优化,可适配各类特殊环境的传输需求,确保自动化仪表数据的正常传输。针对高温、高压环境,无线通信模块采用耐高温、耐高压的防护材质,避免环境因素对传输模块的损坏;针对强电磁干扰环境,通过信号屏蔽与抗干扰优化,减少干扰对数据传输的影响。特殊环境下的无线传输方案需结合环境特性进行针对性设计,适配不同特殊环境的传输需求,确保自动化仪表在极端条件下仍能稳定传输数据,为特殊环境下的生产管控提供可靠的数据支撑。

3 无线通信技术在自动化仪表数据传输中面临的挑战

3.1 传输距离与信号覆盖局限

传输距离与信号覆盖局限是无线通信技术应用于自动化仪表数据传输的主要挑战,受自身传输特性与环境因素制约。无线通信信号传输中会随距离增加出现衰减,距离越远信号强度越低,易导致数据传输中断或失真。复杂工业场景中,高大设备、墙体等障碍物会阻碍信号传播,形成信号盲区,无法实现仪表数据有效传输。远

距离传输时需依赖中继设备拓展覆盖范围,增加部署成本与维护难度,且中继设备部署受现场布局限制,难以实现全场景无死角覆盖,限制技术在大范围、分散式仪表部署场景中的应用。

3.2 外部环境对传输稳定性的影响

外部环境直接影响无线通信传输稳定性,工业现场各类干扰源与环境条件会破坏数据传输连续性^[3]。工业生产中,大型设备运行产生的电磁辐射会干扰无线通信信号,导致信号杂波增多、传输误码率上升。高温、高湿度、粉尘等环境会侵蚀无线通信模块,降低模块运行稳定性,缩短使用寿命,间接影响数据传输效果。户外场景中,雨雪、雷电等天气会加剧信号衰减,甚至损坏通信设备,导致仪表数据传输中断,难以满足自动化仪表全天候稳定传输需求。

3.3 低功耗与传输性能的平衡难题

低功耗与传输性能的平衡是适配低功耗自动化仪表的核心难题。多数自动化仪表采用电池供电,对无线通信模块功耗有严格要求,需通过降低发射功率、简化通信协议减少能耗。但降低发射功率会影响传输距离与信号强度,导致传输速率下降、抗干扰能力减弱;简化通信协议则会降低数据传输完整性与可靠性,无法满足高精度仪表传输需求,成为技术应用于低功耗仪表的重要瓶颈。

3.4 数据传输安全性隐患

数据传输安全性隐患源于无线通信开放性传输特性,自动化仪表采集的数据多涉及工业生产核心参数,泄露或被篡改会影响生产管控准确性,甚至引发安全问题。无线通信信号传输中易被截获、窃取,缺乏有效加密保护时,数据完整性与保密性无法保障。部分通信协议未设置完善身份验证机制,非法设备可轻易接入传输网络,伪造或篡改仪表数据,干扰生产管控决策,开放式组网进一步增加安全风险。

3.5 不同通信技术兼容性问题

不同通信技术兼容性问题制约多类型仪表协同组网与数据传输。自动化仪表种类繁多,不同厂家、型号仪表可能采用不同无线通信技术,各类技术的通信协议、频段、传输速率存在差异,无法无缝对接。现有技术缺乏统一适配标准,不同技术间信号交互存在障碍,导致多台不同类型仪表无法接入同一传输网络,难以实现数据集中汇总与协同管控,同时增加设备更换与网络升级成本,限制技术规模化应用。

4 无线通信技术在自动化仪表数据传输中的应对策略

4.1 信号覆盖与传输距离提升策略

针对传输距离与信号覆盖局限,需通过传输链路优化与组网架构升级实现系统性提升。采用高增益天线设计强化信号发射与接收效能,有效降低信号传输过程中的衰减损耗,显著延长传输距离。结合工业现场布局合理部署中继设备与信号放大器,依托分布式组网模式填补信号盲区,实现全场景无死角覆盖^[4]。优化无线通信频段选择,避开工业设备运行产生的干扰密集频段,提升信号传输稳定性,通过先进信号调制解调技术优化,增强信号抗衰减能力,适配大范围、分散式仪表部署场景的传输需求,降低设备部署与后期维护成本。

4.2 外部环境干扰应对方案

应对外部环境对传输稳定性的影响,需从设备防护与信号优化两方面构建协同防护体系。对无线通信模块进行特殊防护处理,选用耐高温、耐高压、防粉尘的专用防护材质,提升模块在极端工业环境中的运行稳定性与使用寿命。优化信号屏蔽技术,在通信模块外部增设专用屏蔽层,有效削弱工业电磁辐射带来的干扰,减少信号杂波与传输误码。针对户外部署场景,采用抗雨雪、防雷击的专用通信设备,同时优化信号自适应调节机制,根据环境变化动态调整信号强度与传输参数,保障自动化仪表全天候、不间断稳定传输。

4.3 低功耗与传输性能平衡策略

解决低功耗与传输性能的平衡难题,需依托通信协议优化与硬件技术升级实现协同突破。优化无线通信协议,采用轻量化协议设计,精简冗余传输环节,减少数据传输过程中的能耗消耗,完整保留核心传输功能,不影响数据传输的完整性与准确性。研发低功耗高性能通信芯片,在严格控制功耗输出的基础上,保障传输速率与抗干扰能力,适配电池供电类自动化仪表的长期运行需求。引入智能休眠唤醒机制,无数据传输时使通信模块进入低功耗休眠状态,数据传输触发时快速唤醒,实现能耗与传输性能的动态平衡,延长仪表续航周期。

4.4 数据传输安全防护措施

针对数据传输安全性隐患,需构建全方位、多层次的安全防护体系,契合工业生产数据安全需求。采用高强度加密算法对传输数据进行端到端加密处理,加密覆盖数据采集、传输、接收全流程,有效防止数据被截获、窃取与篡改,保障数据完整性与保密性。建立完善的身

份验证机制,对接入传输网络的设备进行严格身份核验,设置专属访问权限,杜绝非法设备接入网络干扰传输流程。优化无线传输网络架构,采用封闭式组网模式,减少网络暴露面,定期对通信协议进行安全升级,及时修补安全漏洞,全面提升数据传输的整体安全性。

4.5 通信技术兼容性优化策略

优化不同通信技术的兼容性,需推动统一适配标准建立与技术融合应用,破解多仪表协同传输瓶颈。结合工业自动化仪表行业需求,制定无线通信统一标准,规范通信协议、频段与传输参数,实现不同类型、不同厂家通信技术的无缝对接^[5]。研发兼容多协议的通信网关,实现不同通信技术之间的信号转换与数据交互,支持多类型、多型号仪表接入同一传输网络,实现数据集中汇总与协同管控。推动无线通信技术融合应用,整合不同技术优势,降低设备更换与网络升级成本,提升多仪表协同传输的整体效率,适配各类自动化仪表的组网与数据传输需求。

结束语

无线通信技术在自动化仪表数据传输中展现出巨大潜力,为工业生产带来诸多便利。尽管面临传输距离、外部环境、低功耗平衡、数据安全及兼容性等方面的挑战,但通过信号覆盖与传输距离提升、外部环境干扰应对、低功耗与传输性能平衡、数据传输安全防护以及通信技术兼容性优化等策略,可有效解决这些问题。随着技术的不断进步,无线通信技术将在自动化仪表数据传输领域发挥更重要的作用,助力工业生产实现更高效、稳定、安全的发展。

参考文献

- [1]丁杰.无线通信技术在化工生产过程中的应用研究[J].大众标准化,2021(4):177-179.
- [2]赵青.基于PLC技术的自动化液位仪表故障识别系统[J].能源与环保,2022,44(11):244-249.
- [3]沙云,王玲,徐中豪.基于LoRa无线通信远程监测系统的设计与应用[J].水泥工程,2023(5):59-64.
- [4]王磊,李强.智能电气仪表无线通信技术研究[J].电气技术,2021(05):77-83.
- [5]吴光速.无线通信技术在数字化中的应用研究[J].产业创新研究,2023(14):90-92.