

# 边缘物联网技术在工业互联网中的应用

王冰 张志亮 赵凯 张晨 刘军涛

河南省信息咨询设计研究有限公司 河南 郑州 450008

**摘要:** 工业互联网的迅速发展推动了边缘物联网技术在各个领域的广泛应用。本文旨在探讨边缘物联网技术在工业互联网中的应用及其未来发展前景。首先介绍了边缘物联网技术的基本概念和当前研究现状, 强调其通过在设备附近进行数据处理和分析, 实现低延迟、高效率的优势。随后, 结合边缘计算、通信协议和安全性措施等关键要素, 详细分析了边缘物联网技术在工业生产中的实际应用场景, 包括制造业、能源行业和交通领域等。最后, 论文提出了几点推广和发展边缘物联网技术的建议, 包括标准化和技术集成, 以增强其在工业生产中的推广作用, 提升工业互联网系统的效率和智能化水平。

**关键词:** 工业互联网; 边缘计算; 物联网; 智能制造

## 引言

近年来, 数字经济浪潮席卷全球, 新一轮经济产业发生巨大变革, 以5G、人工智能、大数据、区块链等新兴技术和工业深度融合, 逐渐改变了工业生产和商业模式<sup>[1]</sup>。随着信息技术的快速发展和工业生产方式的不断升级, 工业互联网边缘物联网技术将成为推动制造业转型升级的关键技术之一。本文将从工业互联网边缘物联网技术的定义、发展历程以及关键技术等方面进行综述, 旨在为相关领域的研究和应用提供参考。

### 1 工业互联网边缘物联网技术概述

工业互联网边缘物联网技术是工业互联网与物联网技术在边缘计算领域的深度融合, 它侧重于在网络的边缘, 即数据的产生点附近, 进行数据的采集、处理、分析和决策。工业互联网边缘物联网技术的核心在于将计算能力推向网络边缘, 实现数据的就近处理, 从而提高数据处理的速度和效率, 减少网络传输的延迟和成本, 增强系统的安全性和隐私保护, 最终推动工业生产过程的智能化、自动化。

### 2 研究现状

工业互联网边缘物联网技术在国内外都取得了显著进展, 这些进展得益于人工智能、物联网和云计算等先进技术的广泛应用。国外许多知名企业和研究机构在边缘计算、物联网协议以及大数据分析方面的深入研究, 为技术的发展提供了重要推动力。同时, 国内政府的政策支持 and 产业需求的推动, 也促进了工业互联网边缘物联网技术的迅速发展, 促使许多创新企业和团队崛起。随着AI、云计算、大数据、边缘计算等信息技术的发展应用, 新兴产业链由“工业软件+工业自动化+装备产品”朝着“工业互联网平台+边缘计算+智能装备产品”这一

新型产业格局转变<sup>[2]</sup>。

然而, 这些技术在实际应用中面临一些挑战。边缘计算涉及到数据传输和处理, 可能受到带宽和延迟等因素的限制。此外, 设备和系统之间的互联互通需要技术积累和标准化支持, 这在推广过程中可能会遇到一定的困难。尽管如此, 工业互联网和边缘计算在制造业、物流、医疗等领域的应用已经初见成效, 为未来的发展奠定了坚实基础。

总体而言, 工业互联网边缘物联网技术在技术和应用上都展现出了巨大潜力, 需要继续加强国际合作与技术创新, 解决当前面临的技术挑战, 推动其在各个行业中的广泛应用和发展。

### 3 关键要素

边缘物联网技术(Edge IoT)是物联网(IoT)发展的重要分支, 其核心理念是将数据处理和分析功能移到网络边缘, 即数据产生的地方附近, 以实现低延迟、高带宽和更好的隐私保护。以下是几个边缘物联网技术的关键要素:

#### 3.1 边缘计算

边缘计算是边缘物联网技术的核心技术之一。它通过在接近数据源的边缘设备(如智能传感器、边缘网关等)上进行数据处理和分析, 避免将大量数据传输到中心数据中心或云端进行处理。这种方式减少了数据传输延迟, 能够实现更快的系统响应速度, 特别适用于需要即时反馈的应用场景, 如工业自动化、智能城市等。工业物联网中, 利用边缘计算技术, 将数据处理和智能分析功能下沉至网络边缘, 即靠近生产现场的传感器、设备和网关等硬件设施上, 使得边缘节点具备数据预处理、实时分析、本地控制等功能, 减少数据传输延迟,

提升响应速度，满足工业实时控制和决策需求。

### 3.2 物联网 (IoT) 协议

物联网 (IoT) 协议在整个物联网系统中扮演着至关重要的角色，它们定义了设备之间和设备与互联网之间的通信规则 and 标准，确保数据能够安全、高效地传输。以下是几种常见的物联网通信协议及其特点：

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) 是一种轻量级的发布/订阅消息协议，特别适用于低带宽、高延迟或不可靠的网络环境。它能够有效地管理设备之间的通信，支持可靠的消息传递，同时具备较低的网络开销，因此在物联网中被广泛应用于数据传输和设备控制。

CoAP (Constrained Application Protocol) 是一种针对资源受限设备的Web传输协议，类似于HTTP但更轻量级。它专门设计用于物联网设备间的通信，支持低功耗和低带宽的环境，同时具备RESTful风格的接口，使得设备可以直接与互联网上的资源进行通信和交互。

HTTP和HTTPS是用于Web通信的标准协议，提供了广泛的互操作性和安全性。虽然它们在物联网中的使用通常受限于较高的功耗和网络开销，但在需要安全数据传输的应用中仍然发挥着重要作用，如传感器数据的远程监控和设备的远程管理。

在实际部署中，物联网系统往往会根据不同的需求和环境选择合适的通信协议或者将多种协议结合使用。物联网协议的设计考虑到了低功耗、安全性、可靠性和可扩展性等因素，以满足不同物联网设备和网络的特殊需求。多层协议栈的设计可以确保物联网系统在各个层次和场景下都能高效地运行，从而支持物联网的广泛应用和发展

### 3.3 异构设备与协议的统一接入与转换技术

异构设备与协议的统一接入与转换技术在物联网和工业互联网领域中具有重要意义，主要解决了以下几个关键问题：

设备互操作性问题：不同制造商的设备通常采用不同的通信协议，这导致了设备之间难以互操作，形成了信息孤岛。统一接入与转换技术通过提供一个通用的接口或平台，使得各种设备能够在标准协议下相互通信。例如，通过网关或协议转换器，能够将不同协议的设备接入到统一的网络中，实现设备间的协同工作和数据交换。

系统集成与管理的简化：统一接入与转换技术简化了复杂系统的集成和管理过程。通常情况下，系统中涉及到多种类型的设备，需要使用专门的适配器或桥接设备来连接这些设备。统一接入技术使得系统管理员可以使用单一的管理界面来监控和控制不同类型的设备，减

少了操作复杂度和维护成本。

提升数据处理与分析能力：将不同设备的数据转换为统一的格式，有助于更有效地进行数据整合、清洗和分析。这对于从数据中挖掘价值、优化业务流程以及实现智能决策至关重要。通过统一格式，可以更轻松地应用数据分析和人工智能技术来处理设备生成的大量数据。

促进标准化与规范：统一接入与转换技术推动了行业标准和规范的制定和应用。例如，MQTT、CoAP等轻量级物联网协议和OPC-UA等工业通信标准，通过统一接入技术得到了广泛的应用和普及。这些标准和规范的普及有助于设备的标准化生产，降低了设备间的互操作门槛，促进了整个行业的发展和进步。

总体而言，异构设备与协议的统一接入与转换技术在促进物联网和工业互联网应用中起到了关键作用，通过提高设备的互操作性、简化系统集成和管理、增强数据处理能力以及推动行业标准化，有效地推动了智能化和数字化转型进程<sup>[3]</sup>。

### 3.4 数据采集与处理分析

数据采集与处理分析通过各类工业传感器、智能仪表和PLC等设备收集设备状态、生产过程参数等实时数据。在边缘层对原始数据进行清洗、筛选、聚合和初步分析，仅将重要信息或经过处理后的数据上传云端，节省网络带宽并降低中央服务器的压力部署在物理世界中的传感器能够收集各种类型的环境和设备数据，如温度、湿度、振动等。边缘网关作为数据的入口，负责接收、整合和预处理来自传感器的数据，有时也执行初步的数据清洗和格式转换。在边缘侧部署计算资源，如小型服务器或高性能处理器，用于实时分析和处理数据，减少对云资源的依赖，提供即时响应。在边缘设备上运行的算法和人工智能模型，能够进行模式识别、异常检测、预测分析等，以支持决策和自动化。

### 3.5 数据优化与安全保护

数据优化与安全保护在工业互联网边缘物联技术中，数据安全和隐私保护是至关重要的，需要采取有效的加密、认证和访问控制等手段，保障数据的安全性和隐私性。在边缘侧对数据进行压缩和筛选，减少传输的数据量，节省网络带宽；另外，为确保数据在边缘与云端之间的传输安全，使用加密和认证机制保护数据免受拦截和篡改。边缘计算有助于数据安全和隐私保护，敏感数据可以在本地处理，减少数据泄露的风险。

边缘物联技术的关键在于将这些元素整合在一起，形成一个高效、安全、响应迅速的系统，以支持工业4.0、智慧城市、智能交通等各种应用场景。综上所述，

边缘计算、物联网协议以及异构设备与协议的统一接入与转换等,是实现物联网和工业互联网等系统全面互联、高效运行和持续创新的关键所在。

#### 4 应用场景

工业互联网边缘物联技术在各行业都有广泛的应用。以制造业为例,通过工业互联网边缘物联技术,企业可以实现设备的远程监控和管理,实现对生产线上设备状态的实时监控和预警,及时发现和解决生产异常,提高了生产效率和产品质量;通过将物联网(IoT)技术与边缘计算相结合,实现了制造过程的智能化、自动化和优化。在制造设备上安装传感器和边缘计算设备,实时监控设备的运行状态,如温度、振动、电流等参数。边缘计算单元分析这些数据,识别异常模式,预测设备故障,从而提前进行维护,避免非计划停机,减少生产中断。通过部署在工厂的传感器网络和边缘计算节点,实时监测车间环境参数,如温度、湿度、粉尘浓度等,以及能源消耗情况,优化环境控制和能源使用,实现绿色制造。

在能源行业,工业互联网边缘物联技术可以实现对能源设备的实时监测和调度,通过对生产数据的分析,实现对资源的合理配置和利用,提高生产效率和节约能源。在智能电网中,通过在电力设施部署边缘计算节点,可以实时监控电网状态,包括电压、电流、功率等参数。智能电表与边缘计算的结合,实现了用电数据的实时采集和分析,有助于优化能源分配,减少浪费,同时也为用户提供了个性化的能源管理服务。在油气开采现场,边缘物联技术通过智能传感器收集设备运行数据,进行边缘侧的实时分析,实现远程监控和故障预警,降低现场工作人员的风险,提高生产效率。在可再生能源中,如风电场或光伏电站,边缘计算单元实时监控气象条件、设备状态和电网需求,动态调整发电策略,提高能源转换效率和电网适应性。

在交通运输领域,工业互联网边缘物联技术可以实现对交通流量和车辆状态的实时监控,提高交通运输系统的运行效率和安全性。在智能交通管理系统中,边缘计算设备部署在城市交通灯、摄像头和传感器网络中,

实时分析交通流量,优化信号灯控制策略,减少拥堵,提高通行效率;通过边缘计算分析交通事故数据,实时调整交通指示,发布路况信息,帮助驾驶员规划最佳路线,避免拥堵区域。在自动驾驶系统中,边缘计算单元集成在自动驾驶车辆中,处理来自激光雷达、摄像头和传感器的海量数据,实现实时环境感知、决策和控制,提高自动驾驶的安全性和可靠性;边缘计算还支持车辆与车辆(V2V)、车辆与基础设施(V2I)之间的通信,实现交通协同,如自动车队行驶,减少碰撞风险。

#### 5 挑战与未来发展

工业互联网边缘物联技术在学习过程中面临着诸多挑战,如数据安全、设备兼容性、标准化等。首先,随着5G技术的普及和应用,工业互联网边缘物联技术将得到进一步推广和应用,实现更快速、更可靠的数据传输和处理。其次,随着人工智能技术的不断发展和成熟,工业互联网边缘物联技术将实现更智能化的应用,为企业的决策提供更精准、更及时的支持。此外,随着物联网标准的不断完善和制定,工业互联网边缘物联技术将实现更好的互操作性和兼容性,推动行业的规范化和标准化发展。未来,我们需要不断加强技术创新,加强产学研合作,推动工业互联网边缘物联技术的发展,实现工业领域的数字化转型和智能化升级。

#### 结论

工业互联网边缘物联技术作为连接物理世界与数字世界的关键技术,正在为工业生产和管理带来深刻变革。随着信息技术的不断发展和工业生产方式的转型升级,工业互联网边缘物联技术将迎来更广阔的应用前景和发展空间。

#### 参考文献

- [1]元晋,王微,陈孟玺,等.工业互联网的概念、体系架构及关键技术[J].物联网学报,2022,6(2):38-49.
- [2]陶永,蒋昕昊,刘默,刘继红,赵罡.智能制造和工业互联网融合发展初探[J].中国工程科学,2020,22(4):24-33.
- [3]张春娜,范江波,杨丽.异构边缘计算在物联网技术中的应用.2023.10.3969[j].issn.1672-6944.2023.17.033.