

# 利用工业以太网连接技术加速向工业4.0过渡

Fiona Treacy, 战略营销经理

第四次工业革命正在改变我们制造产品的方式，这要归功于制造和加工设备的数字化。过去几十年，我们已经见证了自动化技术带来的好处，现在随着数据处理、机器学习和人工智能的进步，进一步促进了自动化系统的发展。如今，自动化系统的互联水平日益提高，可以实现数据通信、分析和解译，并在工厂区域实现辅助智能决策和操作。智能工厂计划则通过提高产量、资产利用率和整体生产力来创造新的商业价值。它们利用新数据流来实现灵活性和优化质量，同时降低能耗并减少废物残留。此外，云端连接智能系统通过支持大规模定制，使制造环境更加高效。

工业4.0的优势就是能够充分利用不断增加的数据做出更好的决策。在整个自动化系统中，能否及时获取和传输数据取决于连

接网络。为应对日益增长的数据量，网络技术以及制造工艺流程和方法都必须不断改进。智能、互联的自动化环境需要数字连接系统、机器、机器人等，以创建和共享信息。这些机器采用的通信方式以及部署的工厂通信网络是企业的核心，也是推动实现工业4.0的关键。

整个厂区的所有（甚至远程位置）传感器和驱动器都需要无缝连接，但使用现有的基础设施无法实现。如果未来需要通过企业层级的数据来提供可行的见解，我们面临的挑战就是找到一种方法，使这些前所未有的海量数据能够在不破坏通信网络的情况下传输。这就提出了一个问题：如何设计、构建和部署能够满足当今自动化环境和未来虚拟工厂需求的工业通信网络。

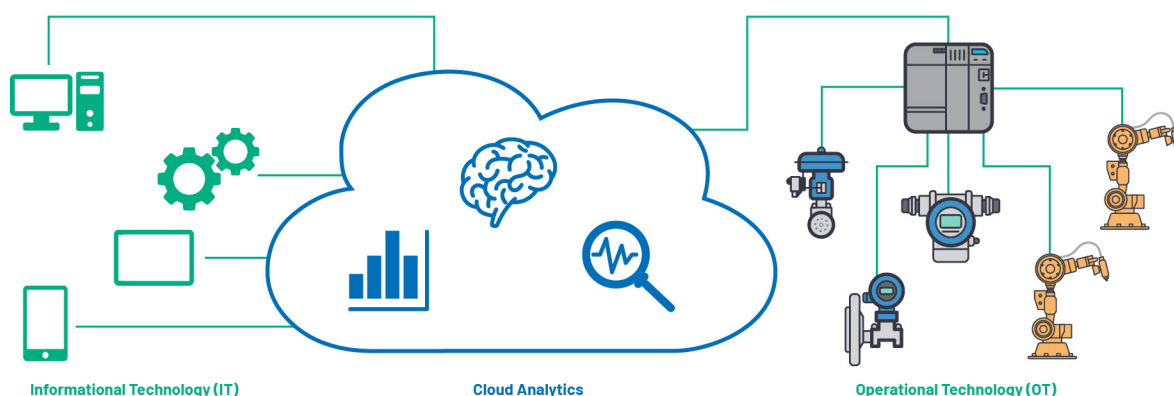


图1. 云基础设施。

## 为何选择工业以太网？

由于互联是实现工业4.0愿景的核心，因此企业要真正实现互联，必须满足三个条件。第一，更高水平的信息技术(IT)或企业基础设施必须与厂区的控制网络融合。第二，厂区中现有的各种网络或生产单位必须协同共存，支持交互操作。第三，我们需要在整个工艺环境中实现无缝、安全的连接，从工艺终端一直到企业云。

为了应对这些挑战，我们需要采用支持实现互操作性、可扩展性和覆盖范围目标的基础网络技术。部署广泛的以太网技术就是理想的解决方案。它提供高带宽，支持快速调试，还可以广泛部署在所有制造环境的IT基础设施中。

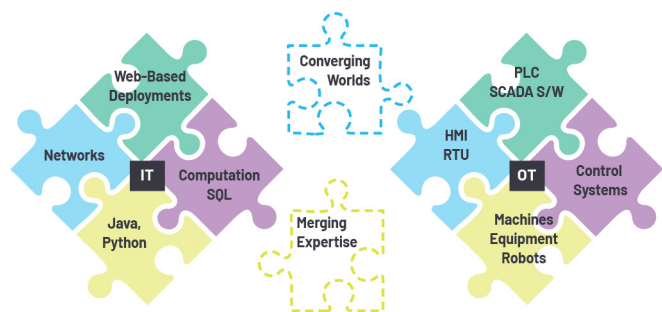


图2. 两大领域的融合：信息技术(IT)和操作技术(OT)。

然而，考虑到实时操作的需要，标准以太网并不能作为工业控制基础设施的可行解决方案。操作技术(OT)控制网络需要确保将通信消息准时送达既定位置。以确保手头的任务或流程操作无误。用于路由流量的TCP/IP协议并不能从本质上保证确定性性能达到这种水平。与标准以太网支持文件共享或访问网络设备（如打印机）的方式一样，工业以太网允许控制器访问数据，并将来自PLC的指令发送给厂区各处的传感器、驱动器和机器人。关键的区别在于延迟或未送达消息造成的影响。在

非实时应用中，网页更新缓慢带来的影响很小，但在制造环境中，则可能导致从浪费材料到造成意外人身伤害等很大影响。为了使控制系统正常工作，消息必须每次都可靠、准时地送达目标位置。

因此，工业以太网已成为控制级操作技术的首选技术。不仅是IT和高层级OT网络之间，工厂OT网络的各层级和终端节点传感器之间都要实现无缝连接，如图3所示。如今，在低层级OT网络中实现连接需要使用复杂的高功耗网关，在更高层级的以太网中，则需要使用融合IT/OT网络。拥有覆盖整个厂区，基于以太网、可互操作的自动化网络之后，则无需再使用这些网关，因此可以简化网络本身。事实上，用于转换和支持OT网络上层连接的协议网关不能直接寻址，并且会在网络中造成隔离。这种数据隔离会限制整个工厂共享信息的能力。这与之前描述的工业4.0愿景背道而驰，制造商原本希望从OT端收集遥测数据来驱动IT端的分析和业务流程。

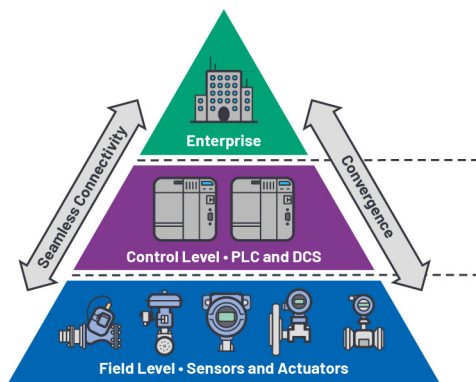


图3. 自动化系统金字塔。

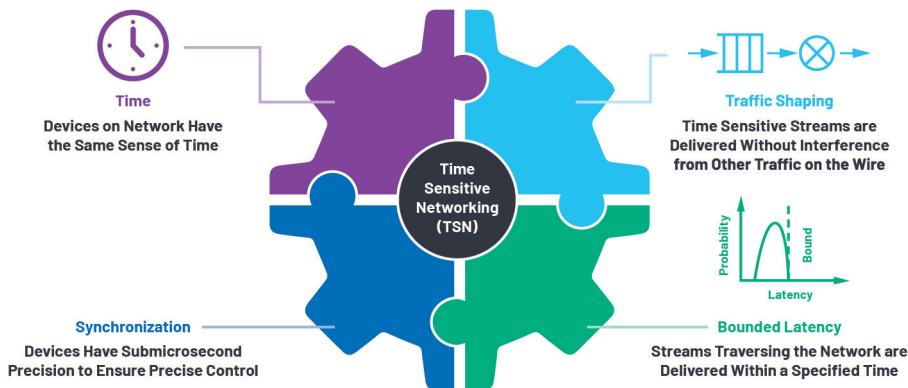


图4. 时间敏感型网络特性。

由于数据包交付和时序的确定性可确保控制应用满足强制要求，所以许多供应商开始提供适合OT网络的实时协议。这导致解决方案虽然是确定性的，但依赖于各供应商的协议。因此出现了大量不兼容的解决方案，每种解决方案采用不同类型的通信协议在不同制造单元内运行，且彼此之间不能互操作。由此导致长期存在数据隔离或数据孤岛问题。所以需要一种解决方案，使采用不同协议的不同制造部门能够共存，且能够在不降低控制流量的情况下共享网络。这种解决方案就是时间敏感型网络(TSN)——一种基于IEEE 802.1规范、与供应商无关的实时以太网标准。顾名思义，TSN关注时间。它将标准以太网通信转换为任务关键型应用提供时序保证的通信。该标准旨在确保信息可以在固定的可预测时间内从一个点移动到另一个点。TSN通过这种方式保证及时交付。为了使通信可预测，网络上的设备必须使用同一个时间概念。该标准定义了一种方法，可以按照计划传输特定的TSN以太网帧，同时允许尽最大努力传输非TSN帧（参见图4）。通过这种方式，TSN支持实时和非实时流量在同一网络上共存。因为所有设备采用相同的时间，所以能够在高达千兆的速度下以低延迟和低抖动传输重要数据。

其目标是构建融合网络，其中每个协议都能采用确定性的可靠方法共享线路。TSN是提供所需确定性的标准工具箱。它代表向可靠的标准化连接体系架构的过渡，通过专用现场总线消除数据隔离。这种网络融合反过来又通过提高网络本身的可扩展性，在10 Mbps至1 Gbps甚至更大的带宽范围内推动生成更多数据。

可能的情况是，新设施中会全面采用TSN，但在现有工厂部分单位中则逐步采用。对于现场设备的制造商来说，这意味着在不久的将来，需要同时支持传统的工业以太网解决方案以及TSN。

## 扩展到过程终端

我们最终（也许最具影响力）的变化是能够在过程控制应用中支持从终端节点到企业云的无缝连接，如图5所示。迄今为止，与终端的连接一直受到现有4 mA至20 mA或可用现场总线技术的限制。在许多实施方案中，这些都是硬连线的点对点连接，限制了网络随时间发展和扩增的灵活性。这些并非基于以太网的现场通信面临几个挑战。首先，非常有限的带宽（例如，HART®采用4 mA至20 mA的带宽为1.2 kbps）限制了信息流的数量和速度。其次，仪器仪表本身的功率输入有限，限制了仪器仪表的功能。最后，控制和IT级别的网关开销不可持续。另外，在0区的本质安全环境内运行，并尝试利用现有线缆网络来支持更快速、更低廉的调试也是一项挑战。

这些都推动10BASE-T1L全双工通信的IEEE 802.3cg-2019™标准不断发展。这项标准最近已获得批准，定义了通过长达1 km的单对双绞线供电实现10 Mbps全双工通信的相关规范。现在，数据将作为以太网数据包在传感器中使用，并通过以太网数据包的形式在OT和IT基础设施中传输。无需进行转换（会导致延迟，消耗功率和产生成本开销）。现有的网络架构将发生变化（如图5所示），远程I/O单元将转换为以太网现场交换机。现在通过10BASE-T1L多端口现场交换机，可以在控制器与现场仪器仪表之间进行以太网指令传输。在现场节点获得的见解信息则可以作为以太网数据包（具备更高带宽）通过现场交换网络传输给PLC/DCS，最终传输到云。

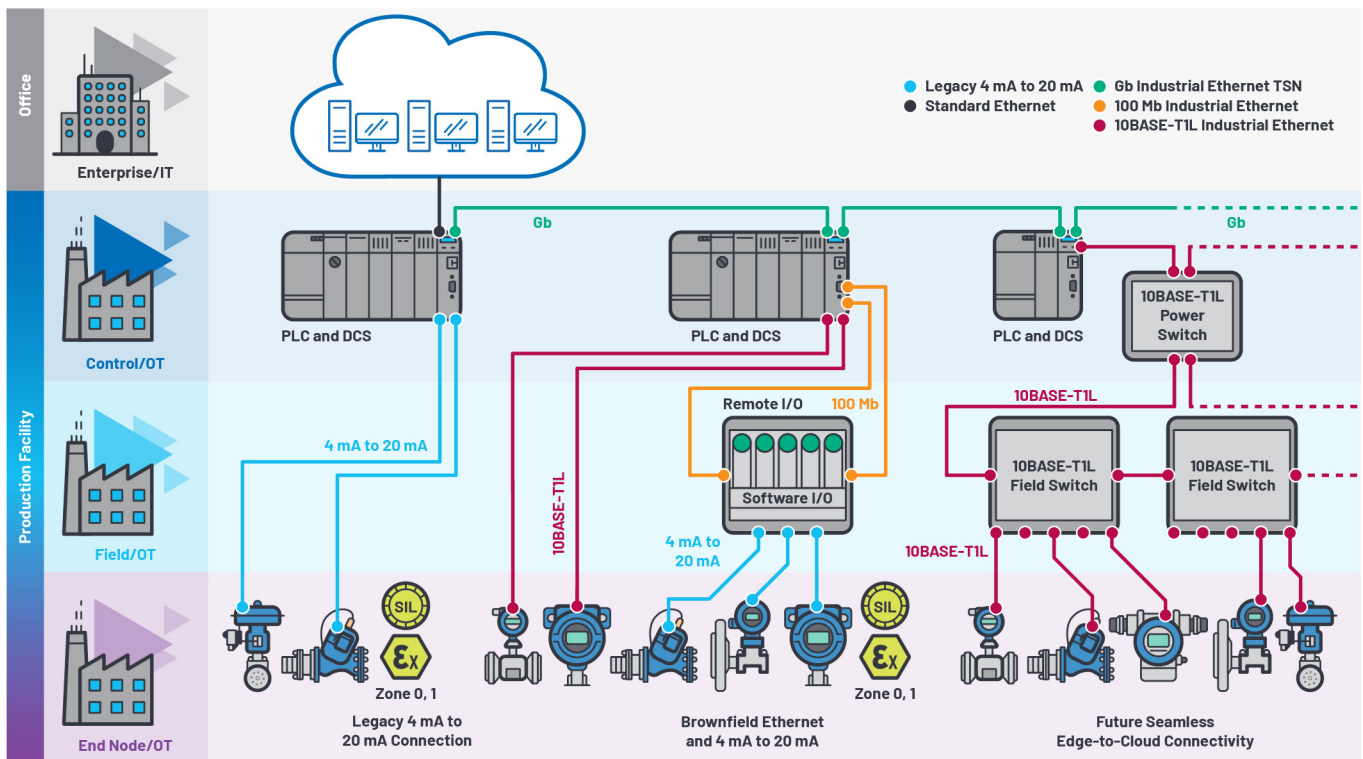


图5. 终端到云的无缝连接。



有几大独特优势，可以推动从传统现场总线向工业以太网转变。首先，可重复利用现有的布线基础设施（长达1km），从而简化部署并降低改造成本。其次，通过电缆传输到仪器仪表本身的可用功率以前限制在36 mW（采用4 mA至20 mA部署时的最佳值），目前在0区（本质安全应用）中可以达到60 W（取决于电缆）或500 mW。额外的可用功率现在可支持具备终端智能和更多功能的仪器仪表。配合目前可用的10 Mbit上行链路速度，预期可以提供更多的洞察信息，从而实现工业4.0的投资回报效率。

目前有哪些可用技术？

需要将强大的低延迟、低功耗物理层新技术与可扩展交换机架构相结合，以支持自动化网络的发展。ADI一直处在工业以太网发展的前沿，我们利用丰富的自动化领域专业知识和先进技术不断开发广泛的解决方案产品组合，旨在确保在工业应用中可靠交付时间关键型数据，实现无缝连接和高效运行。ADI的Chronous™可扩展以太网解决方案产品组合包括物理层设备(PHY)、嵌入式交换机，以及采用多协议软件的完整平台解决方案。这些都经过充分测试和验证，可加快产品上市速度。



图6. ADI Chronous——先进的工业以太网解决方案。

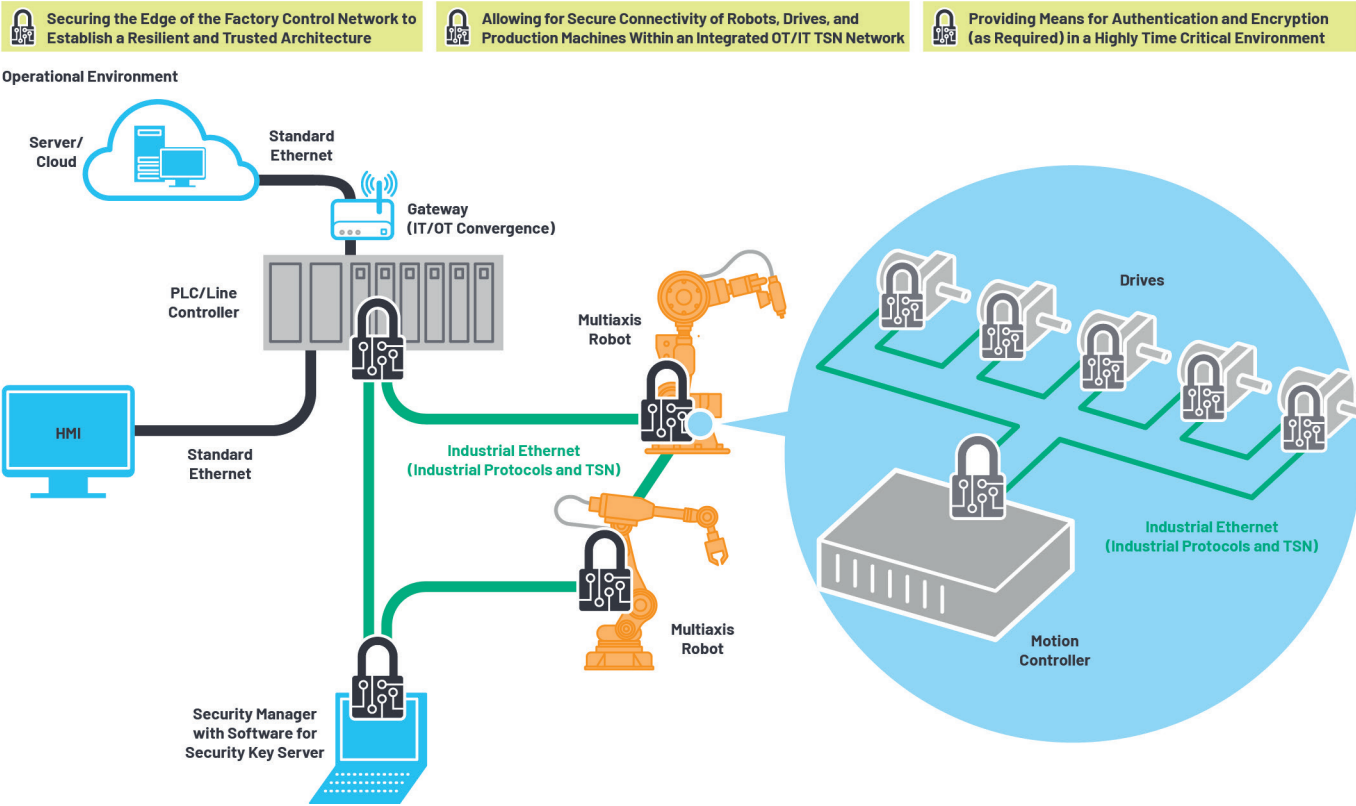


图7. 提供可信数据，确保网络安全。

主要解决方案包括:

- ▶ **ADIN1200**, 先进的10 Mbps/100 Mbps工业以太网物理层设备, 具备增强型功能集, 可靠性通过验证。
- ▶ **ADIN1300**, 先进的低延迟、低功耗千兆物理层设备, 可靠性通过验证, 适合严苛的应用环境。
- ▶ **fido5200/fido5100**, 实时嵌入式双端口多协议交换芯片, 支持多种可用的TSN功能。新TSN功能可以通过可用的固件更新来实现。还支持多协议软件更新, 可通过ADI Chronous开发人员门户获取。

可靠性通过验证、可扩展且完整的以太网解决方案可以简化系统设计并缩短开发时间, ADI Chronous就是针对客户需求专门设计的这样一款解决方案。它是日臻完善的可扩展以太网方案。

为了支持这种过渡, 为传统的现场设备提供网络连接, ADI开发了一种称为软件可配置I/O的新技术(**AD74413R**)。这将有助于开发现场可配置远程I/O单元, 以实现传统仪器仪表与高层级以太网网络的融合。

## 安全性如何?

以太网存在安全漏洞, 而安全性是影响工业4.0技术普及的关键问题之一。如果在OT和IT之间以及从终端到云的整个企业范围内创建开放的信息流, 安全漏洞可能造成毁灭性影响。

在规划工业4.0战略时, 安全性应该是一个基本风险管理考虑因素。但是, 在当今日益复杂的网络中构建安全性并不容易; 需要采用多层方法确保系统本身是安全的——无论是终端设备、控制器还是网关和堆栈。ADI Chronous产品系列能够在系统的每个节点都提供安全性, 同时最大限度地减少功耗、性能和延迟方面的权衡。

## 部署规划

虽然工业以太网在近些年取得了长足发展, 但人们仍在使用现场总线和其他传统网络技术。我们都认可基于工业以太网的融合网络带来了诸多好处。包括: 简化网络架构、通过移除网关降低成本、消除硬连线连接、系统改进优化、增加正常运行时间等。新标准的批准实施将加速实现这种期待已久的过渡。对于更高性能连接网络的需求, 以及OT和IT系统之间更高层次的集成都在推动这一进程。TSN是加速实施融合网络的基础, 与10BASE-T1L结合使用可实现无缝终端-云连接。这种迁移一蹴而就, 但其潜在的好处非常诱人, 因此其普及速度可能会超过标准行业规范。

工业4.0愿景的核心是使用具有收集、发送和接收信息能力的连接设备实现流程自动化。ADI Chronous为我们带来了以前通过许多终端节点设备无法获得的数据和洞察力, 从而开辟了新的数据分析和操作洞察领域。工业以太网连接通过将现有和未来的数据流从自动化网络无缝传输至云, 开拓出这一全新的应用领域。

如今, 我们无法访问的信息和洞察数据孤岛还仍然存在, 但随着工业以太网部署日益普及, 工业4.0面临的挑战将转向安全性, 以及如何利用这些数据来充分提升商业价值。与拥有数十年经验积累、值得信赖的工业市场产品伙伴合作将是明智的选择。ADI公司拥有深厚的领域专业知识、技术经验和广泛的解决方案, 可以帮助您加速向未来的智能工厂过渡。

## 作者简介

Fiona Treacy是ADI公司的过程控制和工厂自动化战略营销经理, 专注于工业连接技术。在此之前, Fiona负责MeasureWare™和其他精密仪器计划的市场推广工作。她还担任过应用工程和测试开发方面的职务。Fiona拥有利默里克大学的应用物理学学士学位和工商管理硕士学位。联系方式: [fiona.treacy@analog.com](mailto:fiona.treacy@analog.com)。

## 在线支持社区



访问ADI在线支持社区, 中文技术论坛  
与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答, 或参与讨论。

请访问[ez.analog.com/cn](http://ez.analog.com/cn)

