

# 借助单对以太网实现二氧化碳净零排放

Meghan Kaiserman, 战略市场营销总监

## 摘要

为了实现CO<sub>2</sub>净零排放目标，建筑行业需要对其通信基础设施进行现代化改造。本文将介绍如何利用单对以太网（特别是10BASE-T1L）对使用RS-485等传统链路的楼宇轻松实现改造，以提升数字化程度、实现自动化、提高安全性并大幅降低能耗，从而实现更高的可持续性。

## 简介

为了应对气候变化和实现可持续发展，90多个国家/地区正在积极制定CO<sub>2</sub>净零排放政策。简言之，当人类的CO<sub>2</sub>排放量可以通过其他活动减少和抵消时，就可以实现净零排放。

实现净零排放的一个基本要素是减少所有行业的CO<sub>2</sub>排放量。然而，根据国际能源协会(IEA)的数据，建筑行业实现2050年全球CO<sub>2</sub>净零排放目标的进展依然不尽人意。具体而言，2030年的目标是与2021年相比每平方米的能耗减少35%。<sup>1</sup>目前，建筑能耗占全球能耗的30%，为此人们担心，除非建筑行业采取具体行动实现系统数字化转型和自动化，否则排放目标将无法实现。为了实现有效的自动化，需要进行更多的实时数据采集，这超出了基于RS-485的传统基础设施的当前吞吐量和响应能力，面临的挑战难度进一步升级。此外，将设备和楼宇系统与网络相连会带来遭受网络攻击的风险，因此需要具备超越这些传统网络当前水平的高级安全功能。

本文将探讨单对以太网如何帮助建筑行业实现净零目标，同时以安全且经济高效的方式支持基于AI的自动化。单对以太网可为新设施和改造设施提供到边缘的长距离连接，使其成为在IT和OT领域之间无缝传输数据的重要工具。

## 通过数字化转型实现节能

IEA 2030净零计划<sup>3</sup>要求通过行为改变和数字化等技术减少需求，从而减少约15%的排放量。尽管教导人们如何节约能源可能有效，但IEA案例研究<sup>4</sup>指出，自动化（而非行为改变）更有可能减少能耗。

随着商业楼宇数字化程度的不断提高，运营商不仅能够衡量运营绩效提升情况，还为运营自动化奠定了基础。借助传感器数据和控制功能，可以优化楼宇运行，降低能耗，同时让楼宇内的人员获得更好的服务。

例如，改善室内空气质量为楼宇运营提出了额外的要求。ANSI/ASHRAE 62.1等新法规要求吸入更多的室外空气，并且可能需要增加通风量<sup>2</sup>以确保符合健康和卫生标准要求。这些通风标准将导致能耗增加，这意味着必须进一步降低能源需求。为了优化运行，楼宇内的许多HVAC系统必须能够协同工作，避免系统之间相互冲突。

为了让不同的HVAC、照明、消防和门禁系统融合操作，需要获取正确的数据并访问控制功能。通过融合操作可优化AI和机器学习(ML)，以根据人们当前和计划的活动确定理想的照明、供暖或制冷设置。通过融合操作还可以控制气流，帮助确保适当的室内空气质量，同时平衡能耗。

然而，由于不同的供应商维护不同的数据库，很难融合来自多个系统的数据，从而导致数据孤岛。根据负责楼宇和HVAC系统数据共享指南<sup>5</sup>的IEA小组的说法，接下来的挑战是如何将不同的数据源整合到一个控制台中，以便比较趋势并应用分析，从而产生新见解，如图1所示。

## 实现通信基础设施现代化

要将楼宇内的许多不同数据源整合，关键在于所用的测量和连接基础设施。以前，商业楼宇中的传感器和控制功能通过有线串行通信链路，借助RS-485收发器和协议（如BACnet™、Modbus和LonWorks）进行连接。<sup>6</sup>

然而，RS-485是一种传统接口，在吞吐量和安全性方面都受到限制。例如，在RS-485物理层上运行的BACnet MS/TP（一种常见的楼宇自动化协议）的最大波特率为115.2 kbps。<sup>10</sup>此外，传统的通信协议（如BACnet和Modbus）是为封闭网络设计的，缺乏内置的加密和身份验证功能。由于这些设备通过IT基础设施网关连接到互联网，因此面临极大的网络安全威胁。

单对以太网（特别是10BASE-T1L）是一种令人欣喜的新通信方法，已于2019年11月获得IEEE 802.3cg批准，现已部署到楼宇中。<sup>9</sup>支持RS-485的有线串行链路电缆可以重复使用，并通过这些电缆传输10BASE-T1L以太网数据。因此，现有的基础设施可适用于单对以太网。这具有很多优势：

- ▶ 节点现在可以支持更高的带宽（高达10 Mbps）。
- ▶ 节点可通过IP寻址，从而简化设备管理。
- ▶ 可延伸至1公里，足以支持现有RS-485布线的最大长度。与标准10 Mbps/100 Mbps以太网的限制（仅100米）相比，这有了显著的改进。<sup>11</sup>

▶ IEEE 802.3cg规定了15类相关要求，允许通过单根双绞线电缆传输高达52 W的功率以及10BASE-T1L数据。利用最近推出的LTC4296-1以太网供电(PoE)控制器，系统可以为各类终端设备供电。请注意，由于电缆质量存在差异，建议仅对新设施进行供电。

数字化转型之旅的第一步，应在部署了采用标准10 Mbps/100 Mbps以太网的楼宇控制器的情况下，通过这些传统协议基于以太网的版本（称为BACnet/IP和Modbus TCP/IP）进行通信。<sup>8</sup>BACnet/IP设备使用与BACnet MS/TP传统设备相同的数据对象，因此很容易实现具有这两种设备的系统。采用BACnet/IP和Modbus TCP/IP等支持现代网络安全措施的基于IP协议的以太网连接设施日益增加。<sup>12</sup>BACnet在全球拥有约60%的市场份额<sup>7</sup>，约80%的新设施使用基于RS-485的有线串行通信。据建筑服务研究和信息协会(BSRIA)估计，2019年5%的HVAC传感器是无线传感器，其连接可靠性较低，而且需要配备电池，这些因素限制了其应用范围。<sup>8</sup>

## 改善通信

供暖和制冷系统有多个组件（包括恒温器、控制器、空气处理装置和可变风量装置）需要交换信息以达到温度设定点。将通信频率从常见的串行波特率9.6 kbps至115.2 kbps提升到以太网带宽10 Mbps，意味着系统的数据吞吐量会大幅增加。这种基于IP的高速通信有几大优势。

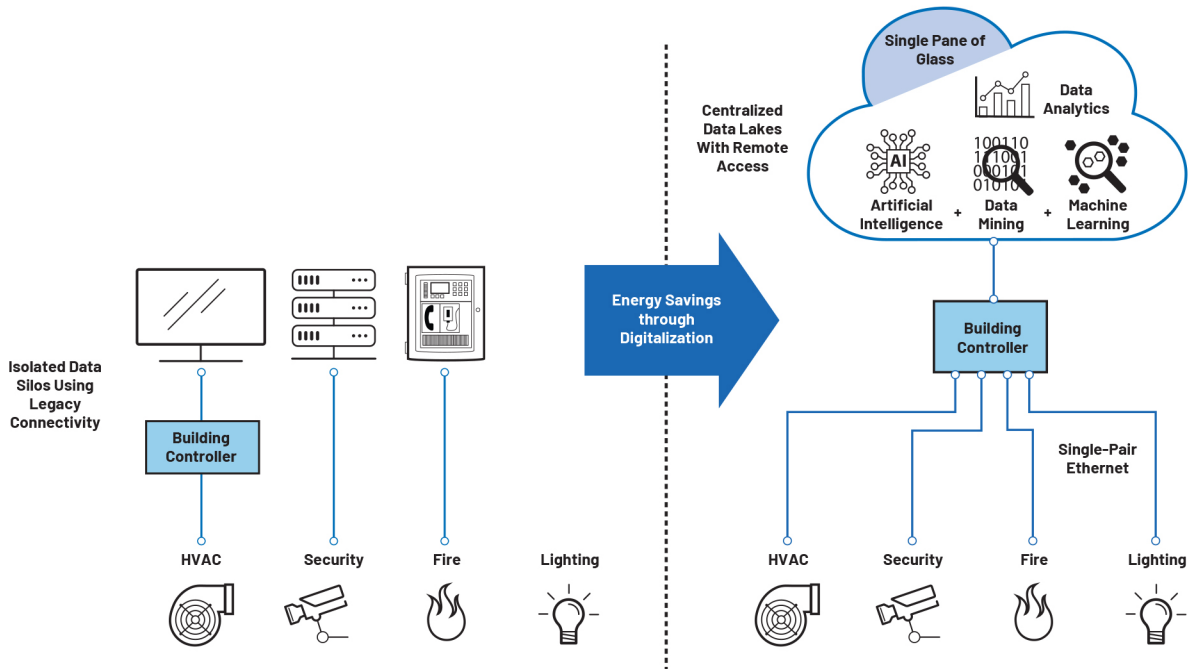


图1. 多个系统融合可通过单个控制台实现数据可视化，与自动化和AI/ML配合使用时可节约能源。

分析，而不是采样；传统通信的数据传输速率较慢，因此楼宇管理者必须对收集的数据进行优先排序，然后对收集的数据进行采样。借助单对以太网，管理者不必担心串行通信采样率，现在可专注于开发各种高级分析功能，利用从系统收集的更多数据来执行这些分析。<sup>14</sup>

节约能源：利用这些额外数据，可以通过更快的控制环路或借助模型和实时传感器输入信息实现计算密集型能源优化，从而提高节能效率。

融合数据/消除数据孤岛：传统的有线串行通信需要网关将来自边缘设备的数据转换为基于以太网的数据包，然后将这些数据包传输到云端。如果将有线串行通信链路升级为单对以太网10BASE-T1L，则可以重用现有布线，同时消除这些网关。这可以避免出现数据孤岛、减少故障点、消除网关成本并缩短总体延迟时间。

实时响应能力：在网关上运行的通信协议和软件会将响应时间减慢到几秒级，而楼宇自动化应用（如IO监控）可能需要100毫秒或更短的延迟时间。<sup>15</sup>单对以太网具有更高吞吐量，同时无需网关，吞吐速度会更快，因此系统可以实时做出响应。

## 安全通信

智能楼宇研究领域的领导者Memoori<sup>12</sup>指出，缺乏有效的网络覆盖正在迅速成为智能楼宇应用向前发展的主要障碍。

实现数字化转型面临的挑战之一是IT和OT领域的融合。通过升级到BACnet/SC等协议，可以对基于RS-485的传统现场总线OT网络进行安全改造，但这样做成本高昂、耗时很长，并且很容易遗漏现有系统中的漏洞。Kaspersky 2020年的一项研究显示，在所有工业控制系统中，楼宇自动化系统受到的网络攻击最多，超过石油和天然气、能源和汽车制造行业，因此有效的安全防护至关重要。<sup>15</sup>

为了确保通信安全，传统的有线串行通信协议BACnet已改为BACnet/SC12，后者通过有线串行链路实现安全通信并允许加密。然而，网络上的所有BACnet设备必须同时升级才能充分利用这些新功能。为了添加BACnet/SC所需的额外加密功能，需要重新设计和维护那些使用传统BACnet的现有设备。通过单对以太网（特别是10BASE-T1L），可以使用BACnet/IP协议（可实现基于以太网的安全性）升级和连接借助于不安全的有线串行通信（如BACnet）进行连接的边缘节点。重要的是，无需在现有信号路径上布设昂贵的新电缆即可实现这种经过改进的新型安全状态。

通过升级OT网络上的设备以运行基于以太网的安全协议，可以减轻许多与网络攻击相关联的风险。单对以太网10BASE-T1L有望通过一代硬件升级，从不安全的传统通信过渡到基于以太网的安全通信，同时重用现有的布线基础设施。

单对以太网10BASE-T1L是一项重要技术，可将IP连接扩展到边缘、提高安全性、重用布线、融合IT和OT网络，甚至可以供电。单对以太网具有明显更高的吞吐量、无需网关而且具有高级安全功能，将有助于建筑行业实现IEA的2030年净零排放量目标，即减少15%的排放量。通过实现楼宇通信基础设施现代化，可以提供对楼宇内大量实时数据的访问，同时消除数据孤岛并支持单一控制台管理模式。除了为传统控制方案提供更快、更安全的控制环路并支持人工智能和ML优化外，管理人员还将能够产生可行性见解，从而节约大量能源。

ADI公司拥有一支[可持续楼宇](#)专业团队，作为市场先行者，在该技术领域持续创新，专注于支持数字化转型的技术（如单对以太网10BASE-T1L）、安全和智能IO，以及用于传统系统的隔离和有线RS-485收发器）。ADI公司已发布多款支持点对点的单对以太网产品（[ADIN1100](#)、[ADIN1110](#)），以及支持线环架构的单对以太网产品（[ADIN2111](#)）。<sup>16</sup>关于单对以太网供电产品，请参见[LTC4296-1](#)（电源端），以及[LTC9111](#)（设备端）。

## 参考资料

<sup>1</sup> “[楼宇建筑](#)”。国际能源协会。

<sup>2</sup> “[后COVID-19时代能源可持续性和室内空气质量的新通风设计标准](#)。”《[可再生和可持续能源审查](#)》，2023年第182卷。

<sup>3</sup> [到2050年实现净零排放—全球能源行业发展规划](#)。国际能源协会，2021年。

<sup>4</sup> [2021年能源效率](#)。国际能源协会，2021年。

<sup>5</sup> [IEA附件81活动A1—楼宇和HVAC系统数据共享指南](#)。国际能源协会，2023年。

<sup>6</sup> [楼宇自动化协议终极指南](#)。Smart Buildings Academy，2020年。

<sup>7</sup> “[研究表明BACnet的全球市场份额超过60%](#)。”BACnet International，2018年。

<sup>8</sup> “[发布了一项新的美国现场设备详细研究](#)。”BSRIA，2020年。

<sup>9</sup> “[单对以太网即将进入智能楼宇](#)。”Smart Buildings Technology，2020年。

- <sup>10</sup> 改进BACnet®。BACnet, 2020年。
- <sup>11</sup> “如何经济高效地为楼宇管理系统部署网络传感器。” DigiKey, 2023年。
- <sup>12</sup> “2022年至2027年智能商业楼宇的网络安全。” Memoori, 2022年。
- <sup>13</sup> “工业4.0提高能源生产率。” 畅想2030, 2021年。
- <sup>14</sup> “IP控制功能如何改变楼宇自动化控制。” ControlTrends, 2022年2月。
- <sup>15</sup> “工业自动化系统面临的威胁。” Kaspersky, 2021年3月。
- <sup>16</sup> “楼宇自动化控制器和网络。” ADI公司

## 作者简介

Meghan Kaiserman是ADI公司可持续楼宇战略市场营销总监，专注于数字化技术（包括智能I/O、单对以太网和安全性）。Meghan在ADI公司工作了18年以上，此前曾在应用和系统工程领域任职。她为工业市场开发从精密模拟到电能计量和工业以太网等各种产品。Meghan拥有纽约市库伯高等科学艺术联盟学院电子工程学士学位。

## 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](https://ez.analog.com/cn)

