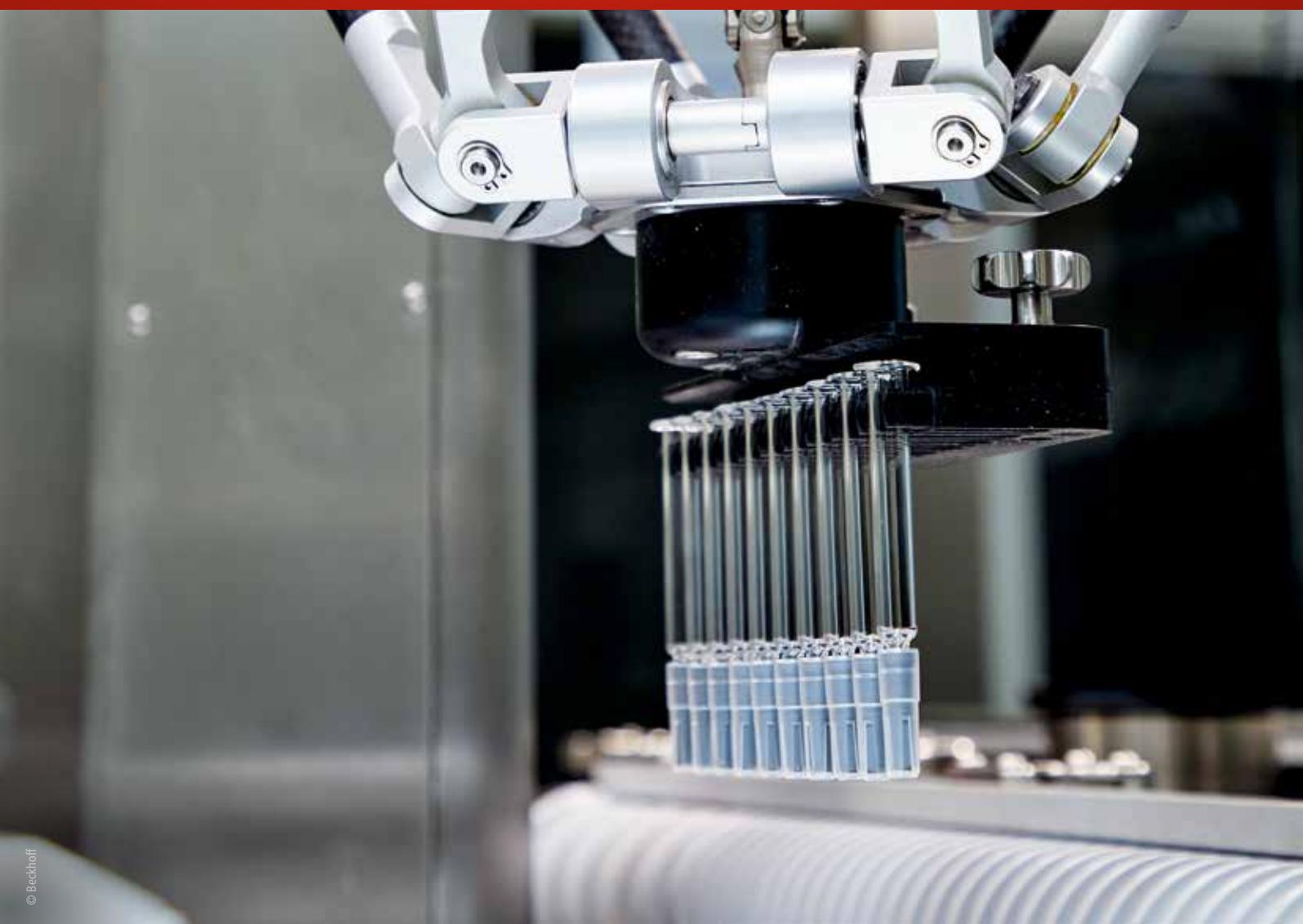


**BECKHOFF** 自动化新技术

# 基于 PC 的工业机器人控制解决方案



# 基于PC的控制 系统将所有控制 功能集成在 同一个平台中

倍福基于 PC 和 EtherCAT 的控制解决方案非常适用于进料、装配、测试和搬运等领域的所有自动化应用场景。倍福的软件一体化平台由一台工业 PC、带分布式 I/O 的高速 EtherCAT 现场总线系统、全面的驱动产品系列以及用于实现开发、顺序控制、仿真和诊断功能的 TwinCAT 软件平台组成。在多核和众核处理器的高性能基础上，可以通过 TwinCAT 软件在中央 IPC 硬件平台上执行 PLC、HMI、运动控制、安全技术、机器人技术以及测量功能。

开放式硬件和软件接口支持所有常用的现场总线系统和软件协议，并集成有 IoT 连接能力，因此能够实现现场层与云服务器之间的持续通信。TwinCAT 负责处理所有控制任务：从简单的 PLC 功能到测量分析或机器人运动中用到的复杂的数学算法的计算。将图像处理和机器人技术无缝集成到设备控制系统中不仅可以实现高动态性和重复精度，同时还能降低硬件成本，减少开发、布线和库存管理等方面的工作量。通过测量端子模块可以集成满足 ISO 50001 标准的状态监

测和电能数据管理功能。数据通过 EtherCAT 端子模块系统采集，并在中央控制系统中进行处理。大数据量可以通过 TwinCAT IoT 和 TwinCAT Analytics 在边缘控制设备层或云端存储、管理和分析。

► [www.beckhoff.com.cn/robotics](http://www.beckhoff.com.cn/robotics)



进料, 请见第 6 页



装配, 请见第 7 页



检测, 请见第 8 页



搬运, 请见第 9 页

# 一体化系统方案:从单台设备到整条生产线

**AMP8000:**  
用于实现无控制柜机械设计方案的分布式伺服驱动系统



**TwinCAT Vision:**  
用于实时控制输送货物质量的集成式图像处理解决方案



**C7015:**  
可以直接安装在机器设备上的 IP65 级超紧凑型工业 PC



**ATRO (机器人自动化技术):**  
模块化工业机器系统



**XTS:**  
实现创新机械设计方案的磁驱柔性输送系统



**工业 PC:**  
控制柜式 PC 和面板型 PC 可满足所有控制需求



**MX-System:**  
致力于打造无控制柜自动化方案的可插拔式系统解决方案



**XPlanar:**  
平面磁悬浮输送系统可以显著提升产品输送的灵活性



# 进料过程 配置实例

多根耦合轴的同步运动是倍福基于 PC 和 EtherCAT 的控制技术的亮点之一。点对点运动的驱动控制通过 TwinCAT NC PTP 软件实现。防护等级高达 IP65 的 C7015 超紧凑型工业 PC 可以直接安装在机器设备上，可以最大限度地节省安装空间。通过 CP-Link 4，控制面板和 PC 之间的距离最远可以达到 100 米，在单电缆解决方案中，视频信号、USB 2.0 和电源通过一根

标准的 Cat.6A 电缆传输。AX8000 多轴伺服系统能够实现节省空间的驱动解决方案，例如，可用于控制三轴龙门式机器人。

我们的 I/O 系统支持多种接口，因此可以集成其它现场总线系统。TwinSAFE 集成式安全解决方案在规划、安装、操作、维护和诊断方面具有显著优势，同时还能有效降低成本。

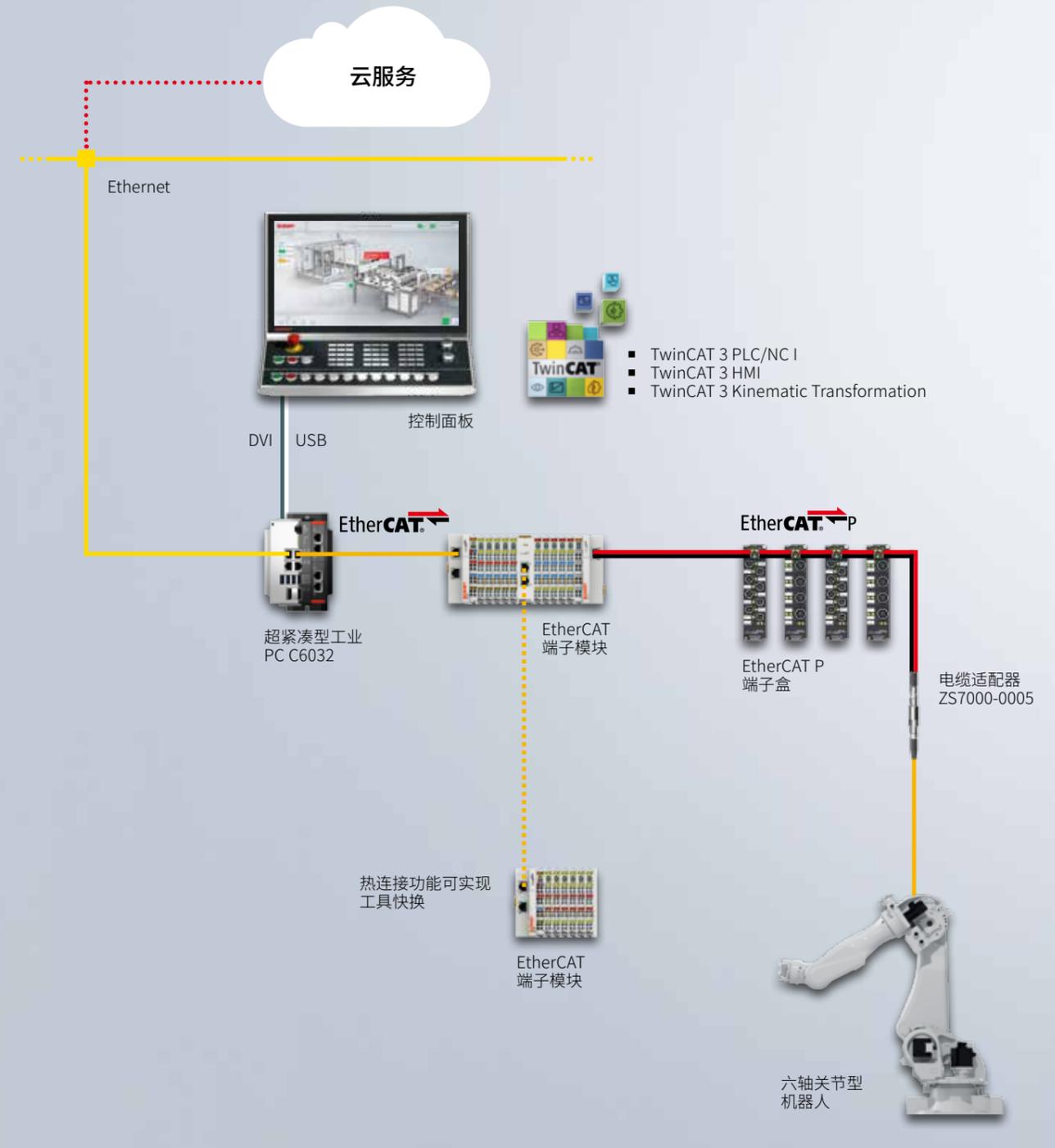
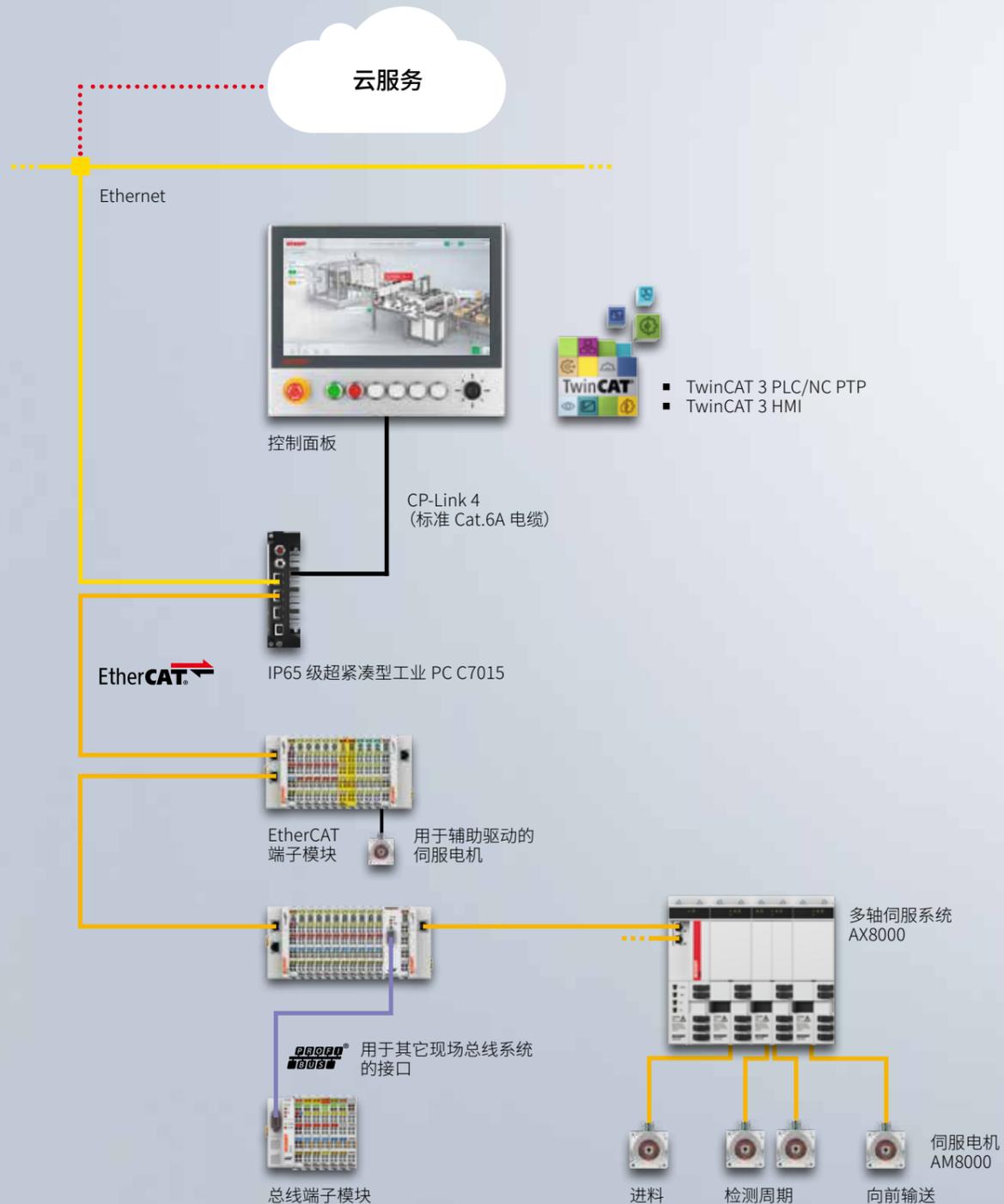
# 装配过程 配置实例

龙门式机器人或关节型机器人通常用于装配工序，如封接、粘合、拧紧、焊接等等。信号处理中的确定性和等距计时等因素会对生产过程质量和最终产品的质量产生较大影响。而这正是 EtherCAT 高速通信系统的用武之地：EtherCAT 系统中的分布式时钟和超采样功能可以极大地提高控制精度和重复精度。此外，EtherCAT 热连接功能可以实现工具快换。

适合用于实现具有高复杂度的自动化和可视化任务。同时，也可以在相同的硬件上实现视觉和机器人应用，以及大数据处理和物联网等应用。

通过与单电缆解决方案相连接，坚固耐用的 EtherCAT P 端子盒可以直接安装在机器设备中，节省控制柜中的安装空间，同时减少布线工作。专用的 TwinCAT 软件模块支持通过诸如 uniVAL PLC (Stäubli) 或 KRC4 (KUKA) 接口直接通信。

C6032 工业 PC 是一款高性能的超紧凑型控制器，它搭载的是 Intel® Core™ i 处理器，



# 检测过程 配置实例

确保生产质量稳定的关键是将合适的检测系统整合到生产过程中。倍福的 XFC 极速控制技术能够实现速度极快且时间确定性极高的响应，而这正是实施测试和检测系统的基本条件。

接口端子模块能够将相机及称重装置等外围设备集成到控制系统中。全面的测量端子模块产品系列加上 TwinCAT Vision 集成式图像处理解决方案可以实现稳定的质量检测。

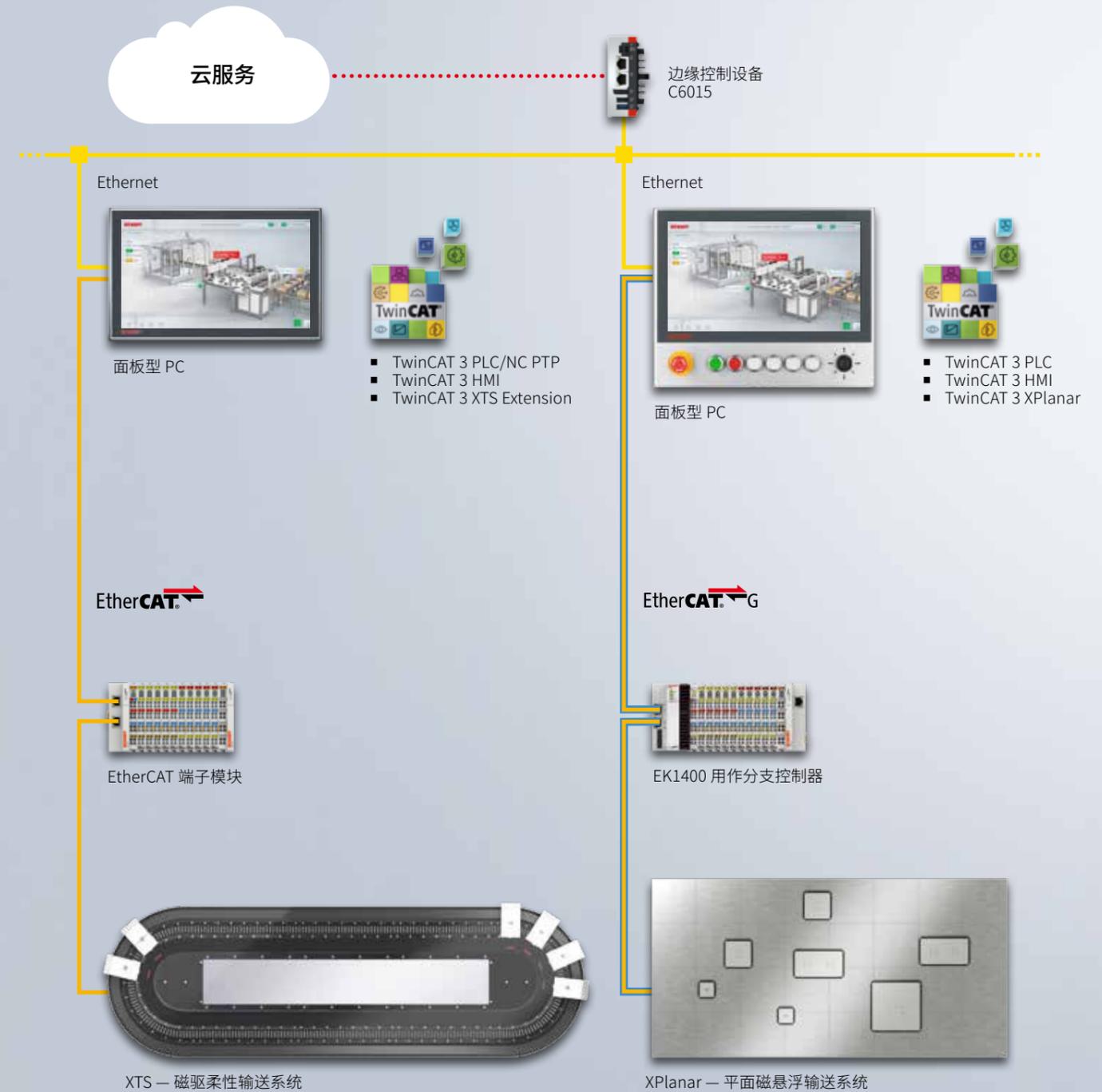
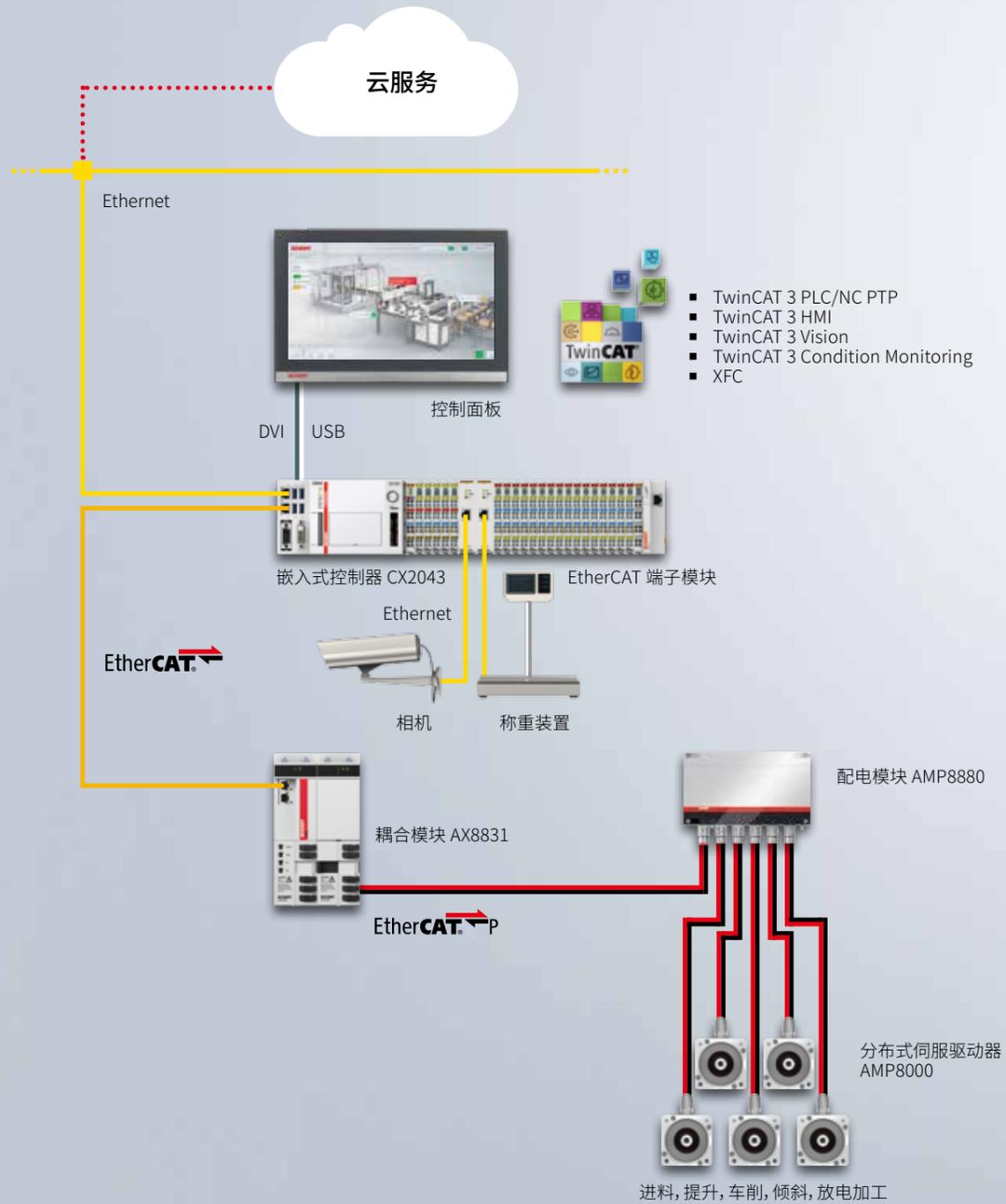
AMP8000 分布式驱动系统将伺服驱动器直接集成到伺服电机中，能够实现结构紧凑的产品送料、提升、旋转、倾斜和卸料运动控制解决方案。控制柜内所需的空间可以减小到只要够装一个耦合模块 (AX883x) 即可，通过一个配电模块 (AMP8800) 即可使用一根电缆为多个伺服驱动器供电，从而减少系统占地面积，为实现模块化设备方案开辟新的可能性。

# 输送系统 配置实例

倍福推出的 XPlanar 平面磁悬浮输送系统和 XTS 磁驱柔性输送系统这两款智能输送系统可以很好地取代灵活性较差的产品输送系统，实现全新、高效的机械设计。它们凭借在速度和灵活性方面的出色表现在全球市场上获得了独特的竞争优势。此外，得益于节省空间的设计，这两款输送系统可以显著减小设备尺寸。它们还可以助力设备和产品设计的创新，应用前景几乎是无限的。

XPlanar 平面磁悬浮输送系统开辟了新的技术领域，其动子可以自由悬浮。例如，可以用于实现卫生要求严苛的产品输送任务：可以平稳输送液体而不会出现任何溢出，并且也不会产生由于摩擦造成的机械磨损和污染颗粒产生。XPlanar 具有六自由度，能够灵活定位产品或工具。

定子驱动控制系统需要使用 EtherCAT G 进行通信，并在控制器中执行机器学习算法。

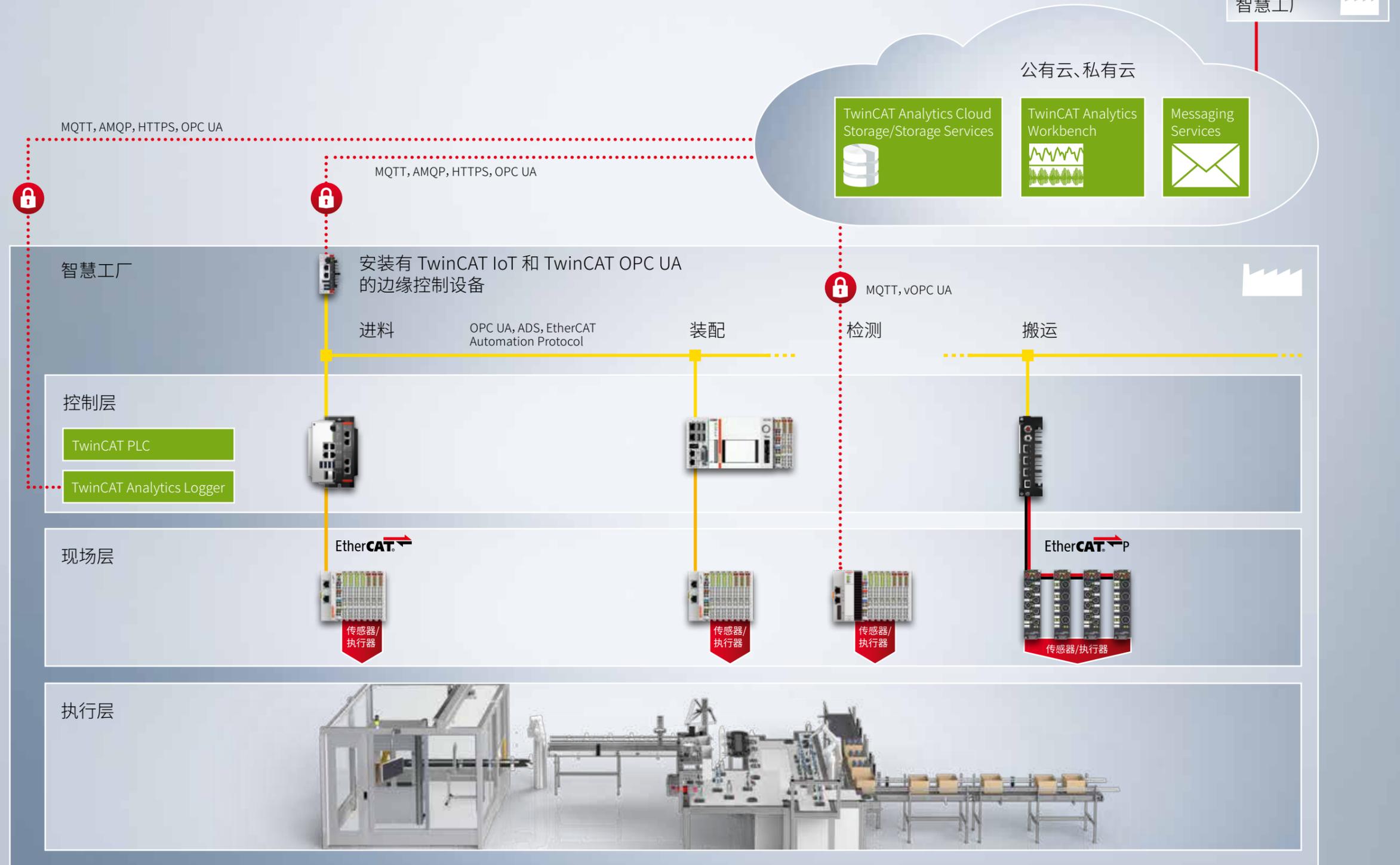


# 从传感器到云端

我们开发的 TwinCAT IoT Connectivity 产品系列确保设备控制器及云服务之间的安全通信。它支持 OPC UA、AMQP、MQTT 及 HTTPS 等标准化协议，用于与如 Microsoft Azure™、Amazon Web Services 等常用公有云系统以及公司内网上的私有云系统通信。TwinCAT IoT 设置快速，使用简单，与作为 IoT 控制器的工业 PC 或嵌入式控制器配合使用，可在物联网和互联网服务之间创建无缝链接。内置安全机制可以防止未经授权的访问造成数据滥用，保护用户的知识产权。

TwinCAT Analytics 软件库可以周期性地同步记录和分析过程数据，以便用于预测性维护和设备优化等应用。使用适当的分析工具，可以从存储的数据中得出所有所需的信息，优化设备能效或工艺流程。事后分析、偶发性故障的诊断、质量缺陷和生产瓶颈的早期检测有助于提高设备的可靠性和可用性。数据分析还可以让您全面了解设备的运行性能，可用于未来的设计和生产过程，从而降低成本并实现理想的机械布局。

倍福技术也支持对现有的设备和系统进行升级改造。倍福有各种硬件和软件产品可以用于实现改造，如带 OPC UA 接口的 C6015 超紧凑型工业 PC，可以安装到现有的控制柜中，实现云连接。视具体的应用，该解决方案还可以用作边缘设备进行数据的预处理、压缩和传输。物联网耦合器 EK9160 可用于直接采集数字量或模拟量过程值。它特别适用于改造设备，并能够通过预先配置的网络接入，通过 MQTT 或 OPC UA 简单地将数据传输给上位系统。



# TwinCAT: 用于开发环境 和 Runtime 的 统一软件平台

TwinCAT 是用于开发设计、控制、测量技术、机器视觉、诊断及分析功能（如机器学习）的集成式平台。它支持所有常用的现场总线系统和软件协议，确保从 IT 层到现场层的连续通信。TwinCAT 支持 IEC61131-3、C/C++ 和连接至 MATLAB®/Simulink® 的开放式接口，可以为每项任务提供合适的编程语言。大量符合 PLCopen 运动控制标准的 PLC 功能库使得编程更加方便。TwinCAT 3 的多核和众核控制能力也显著提高了性能，能够实施大数据分析、图像处理和机器人应用，不会给控制性能带来负面影响。

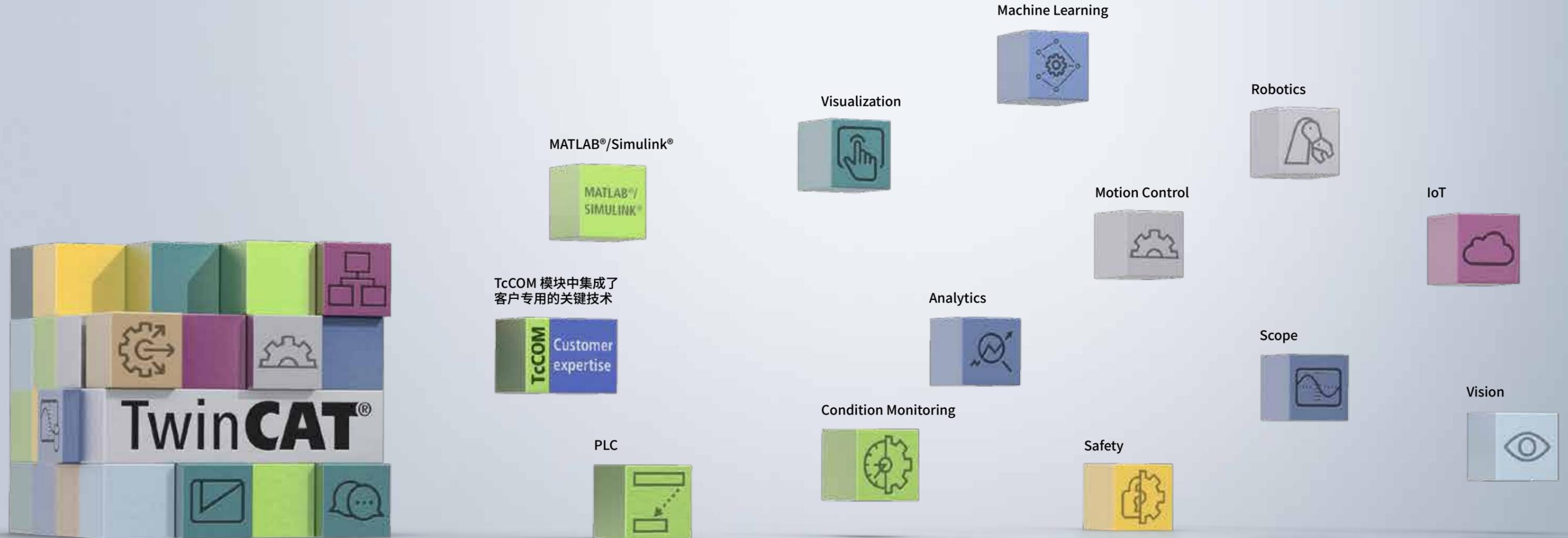
作为一款标准化的软件工具，TwinCAT 能够显著缩短开发时间，降低成本。机器人和运动控制功能可以使用 TwinCAT NC PTP（点到点轴定位）或 NC I（三维轴插补）在同一个平台上同步。有了 TwinCAT 软件，就可以用标准 PLC 编程语言编写几乎所有机器人运动，从而显著减少单独的机器人控制编程工作和成本。由于能够将 C 和 C++ 代码集成到 TwinCAT 中，因此可以确保用户自主开发自有的机器人运动学功能并轻松集成到整个系统中。同时，由于支持 MATLAB®/Simulink® 可以在控制器中方便地使用现有的模型。

成熟的 TwinSAFE 安全技术可以简化安全相关的复杂系统的实施工作；变量可以在软件中轻松复制。这样就可以逐个模块地开发和调试生产单元。基于 Web 的集成式 TwinCAT HMI 可视化解决方案可以方便地开发和维护可视化对象和用户界面。信息既可在设备和系统上显示，也可以在 Web 浏览器上显示，以便于用户可以从任何地方进行远程访问。

TwinCAT Vision 软件将图像处理解决方案无缝集成到控制平台中。因为这类组件让用户能够在熟悉的环境中进行配置和编程，从而显著简化开发工作。同时，所有基于图像处

理得出的控制功能，都能实时地精确同步执行。所有的延迟都被消除，因为图像处理算法是实时执行的。

TwinCAT IoT 支持用于云应用程序的标准化通信协议，让您能够在云端或生产设备本地整合数据。采集到的数据可以借助 TwinCAT Analytics 软件进行分析。TwinCAT 云端开发平台支持直接在云端实例化和使用大家所熟悉的 TwinCAT 项目软件和 Runtime 产品。TwinCAT 与机器学习算法连接的接口允许在传统控制环境中使用 AI 方法。



# TwinCAT 运动学变换功能库助力提高精度

TwinCAT 运动学变换功能库将完整的机器人控制功能集成到自动化软件中，因此 PLC、运动控制、机器人技术都能够在一台工业 PC 上执行。除了直角坐标运动、二维串联运动、二维并联运动和 3D Delta 运动之外，也可以轻松实现六轴运动。所需的运动学功能可在 TwinCAT Engineering (XAE) 中方便地选择和设定参数。运动学通道用来设定机器人类型（例如 Delta 或 SCARA）以及对应的特征参数（臂长和偏移量）。可为动态预控制指定质量和质量惯量。除此之外，这

个软件库还包含用于同步机器人与运动物体的跟踪功能，从而让它能够，例如从传输带或倾斜转盘上拾取工件。

使用 TwinCAT 运动学变换功能库可以轻松实现各种并联和串联运动，如用于拾放任务。无缝集成机器人运动至控制器不仅能够省去使用额外的机器人 CPU，还能实现与 PLC 之间的最佳交互与同步。插补算法可以与 TwinCAT 3 Motion Pick-and-Place (TF5420) 结合使用，以缩短周期时间。由于所有功能

都在同一个控制器上运行，无缝的接口代替了不同系统之间的通信开销，从而提高性能和精度。

TwinCAT 的软件功能与性能强大的工业 PC 和采用单电缆技术 (OCT) 的驱动器相结合，让设备制造商能够实施自己的机器人解决方案，以满足特定的市场需求，并为满足未来需求做好准备。



TwinCAT 运动学变换功能需要 TwinCAT NC I，并可细分为四个等级：

<p>等级 4：包含等级 3 以及五维和六维串联运动、六维并联运动或卫生型设计的六维运动</p>	 六维关节型机器人	 六维 Stewart 平台	 五维运动
<p>等级 3：包含等级 2 以及三维和四维串联运动、六维并联运动或卫生型设计的六维运动等较为复杂的运动</p>	 三维串联运动	 四维 SCARA 运动	 三维 Delta 运动
<p>等级 2：包含等级 1 以及其它比较简单的运动学变换：二维串联运动和二维并联运动</p>	 二维剪切运动	 二维滚轴运动 (H-Bot)	 二维并联运动
<p>等级 1：静态变换(位移 &amp; 旋转)和各种补偿</p>	 直角坐标运动		

# 灵活地将机器人技术集成到 TwinCAT 中

## 控制机器人运动

结合使用 TwinCAT 运动学变换功能库 (TF511x), 各种机器人运动可以通过 TwinCAT 直接控制。例如, 轨迹规划和运动学变换直接在 TwinCAT 中进行。各种运动学系统已经存在, 因此可以轻松集成客户专用的组件。

拾放动作也可以直接用 TwinCAT PLC 编程, 有各种功能库用于实现此目的。轨迹规划 (机器人运动轨迹的描述) 可以基于 DIN66025 标准通过 TwinCAT NC I 实现。

## 将外部机器人控制器集成在 TwinCAT 中

TwinCAT 功能组件 TF5120 和 TF5130 是标准 TwinCAT PLC (TC1200) 功能的扩展, 为控制关节臂或 SCARA 机器人提供基础。机器人的运动指令通过 PLC 直接发送给机器人控制器。它支持为 KUKA 机器人 (TF5120 mxAutomation) 和史陶比尔机器人 (TF5130 uniVAL PLC) 定义的接口, 能够直接由 TwinCAT 控制机器人。可为您带来的好处: 因为机器人应用的运动曲线可以在使用 TwinCAT PLC 功能库时编程, 不再需要复杂、专用的机器人编程。

## 控制器通信通过 EtherCAT Automation Protocol (EAP) 实现

EtherCAT Automation Protocol (EAP) 能够高效地实现机器人和机器之间的横向通信或与中央主计算机的连接。EAP 能够实现毫秒级实时通信。该协议基于传统的以太网架构, 且可以通过任何以太网介质 (包括无线) 传输。

EAP (EtherCAT Automation Protocol)

### 直接控制机器人运动

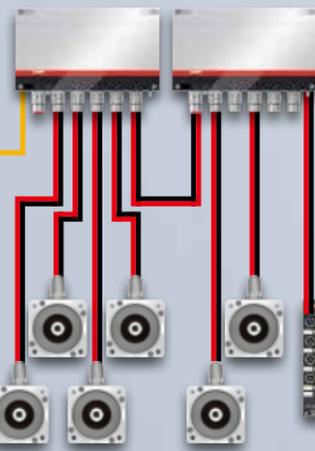


工业 PC (EtherCAT 主站)

- TwinCAT 3 PLC/NC I
- TwinCAT 3 Kinematic Transformation

EtherCAT

- 电源模块 AMP8620



EtherCAT P

分布式伺服驱动器 AMP8000

EtherCAT P 端子盒



六轴关节型机器人

### 直接控制机器人运动



工业 PC (EtherCAT 主站)

- TwinCAT 3 PLC/NC I
- TwinCAT 3 Kinematic Transformation

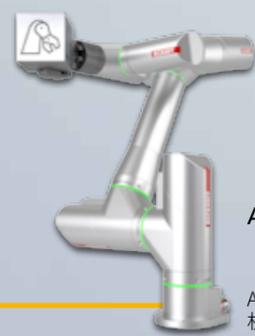
EtherCAT



EtherCAT 端子模块



驱控一体伺服电机 AMI8100



ATRO

ATRO: 机器人自动化技术

### 外部机器人控制器集成在 TwinCAT 中



嵌入式控制器 (EtherCAT 主站)

- TwinCAT 3 PLC

EtherCAT



EtherCAT 端子模块

#### 主站/从站通信

外部机器人控制器/驱动器 (EtherCAT 从站/FSoE), 例如 TF5130 TwinCAT Robotics uniVAL PLC 用于与史陶比尔机器人通信



六轴关节型机器人

EtherCAT



EtherCAT 端子模块

#### 主站/主站通信

外部机器人控制器/驱动器 (EtherCAT 从站/FSoE), 例如 TF5120 TwinCAT Robotics mxAutomation 用于与 KUKA 机器人通信



# 可扩展的驱动技术

倍福的可扩展驱动解决方案的应用范围覆盖范围非常广泛：从直流电机或步进电机以及紧凑型伺服电机端子模块，到 AX 系列高性能伺服驱动器。它们在设计 and 性能上具有精确的可扩展性，能够为旋转应用实施最优的驱动解决方案。

XTS 磁驱柔性输送系统和 XPlanar 平面磁悬浮输送系统为驱动技术领域树立了新标杆，开辟出了全新的、更广阔的应用场景。

EtherCAT 出色的性能使其能够与基于 PC 的控制技术整合于一体，并支持与其它通信系统之间的连接。运动学和定位任务都可以通过 TwinCAT Motion 功能块实现。

在机器人应用和搬运设备中，各个轴必须能够相互独立地运行或彼此之间做相对运动，并以高动态方式移动。AX8000 系列多轴伺服系统中集成的高速控制技术专为实现这些复杂的控制任务而设计。灵活的单通道或双

通道轴模块设计以及可变的电机功率分配可为实现各种驱动技术应用提供一个成本优化的解决方案。AM8000 系列伺服电机配备的单电缆技术将动力和传感器线缆整合在一根标准的电机电缆中，可以显著减少布线工作和调试成本。

通过可选的集成式安全解决方案，我们的驱动产品系列不仅能够满足设备安全相关的严格要求，还能够简化不同应用中的控制配置。



伺服端子模块  
ELM7211

分布式伺服驱动器  
AMI8000

多轴伺服系统  
AX8000

同步伺服电机  
AM8000

XTS、XPlanar

XTS®

XPlanar®

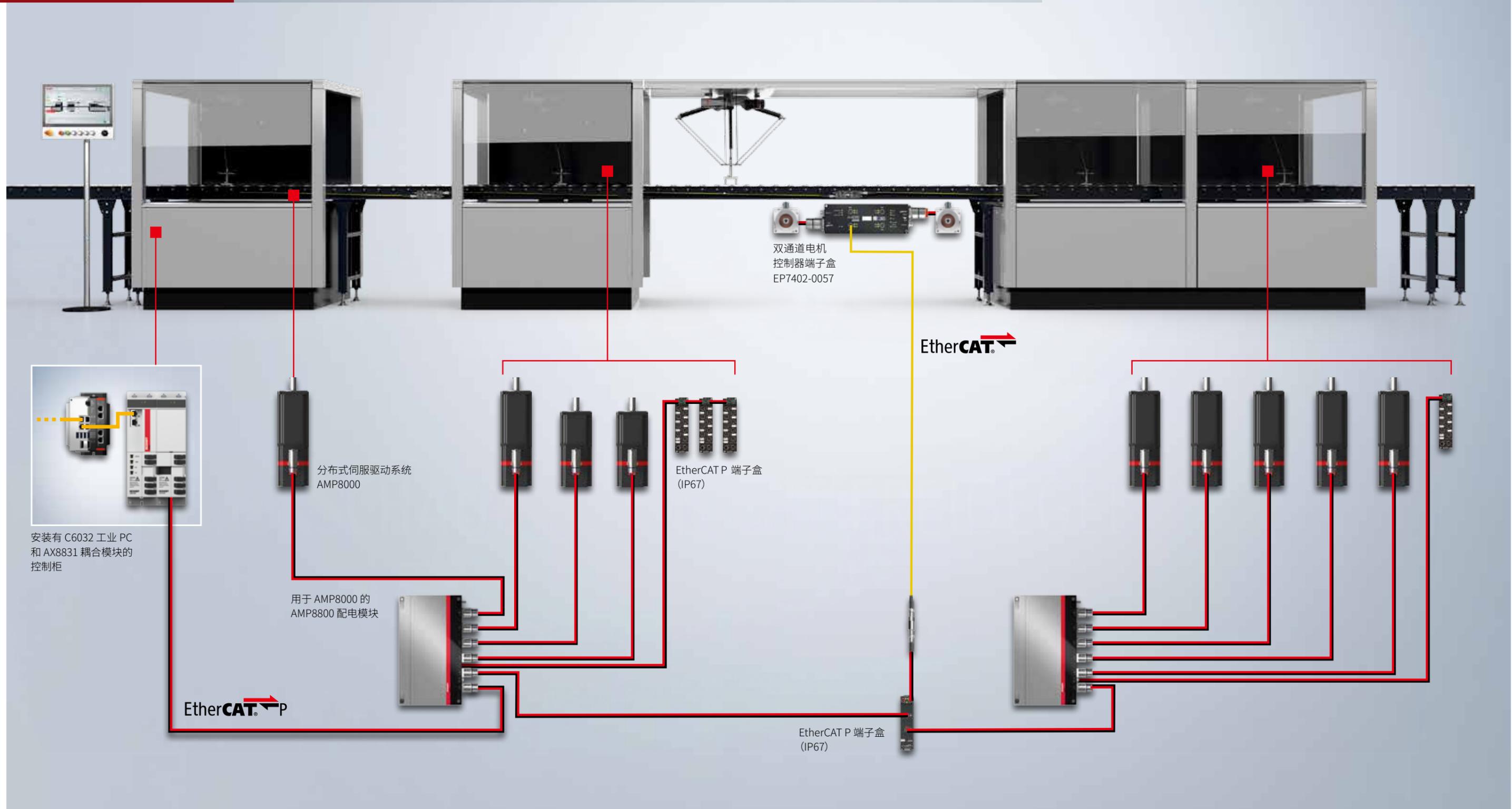
# 分布式自动化

用于连接电机等设备的单电缆技术（OCT）是倍福多年来形成的标准，可以降低一半的材料和调试成本。倍福又继续深入开发，推出了 EtherCAT P，即针对现场级的单电缆技术。EtherCAT P 将 EtherCAT 通信技术和所连接设备的电源整合在一根 4 芯标准以太网电缆中。保留了 EtherCAT 的所有优点，尤其是网络拓扑结构的自由选择。通过使用多功能混合电缆，单电缆自动化（OCA）显著简化了机械设计方面的系统布线工作，因为组件、端子盒及机器模块只需一根电缆即可连接。

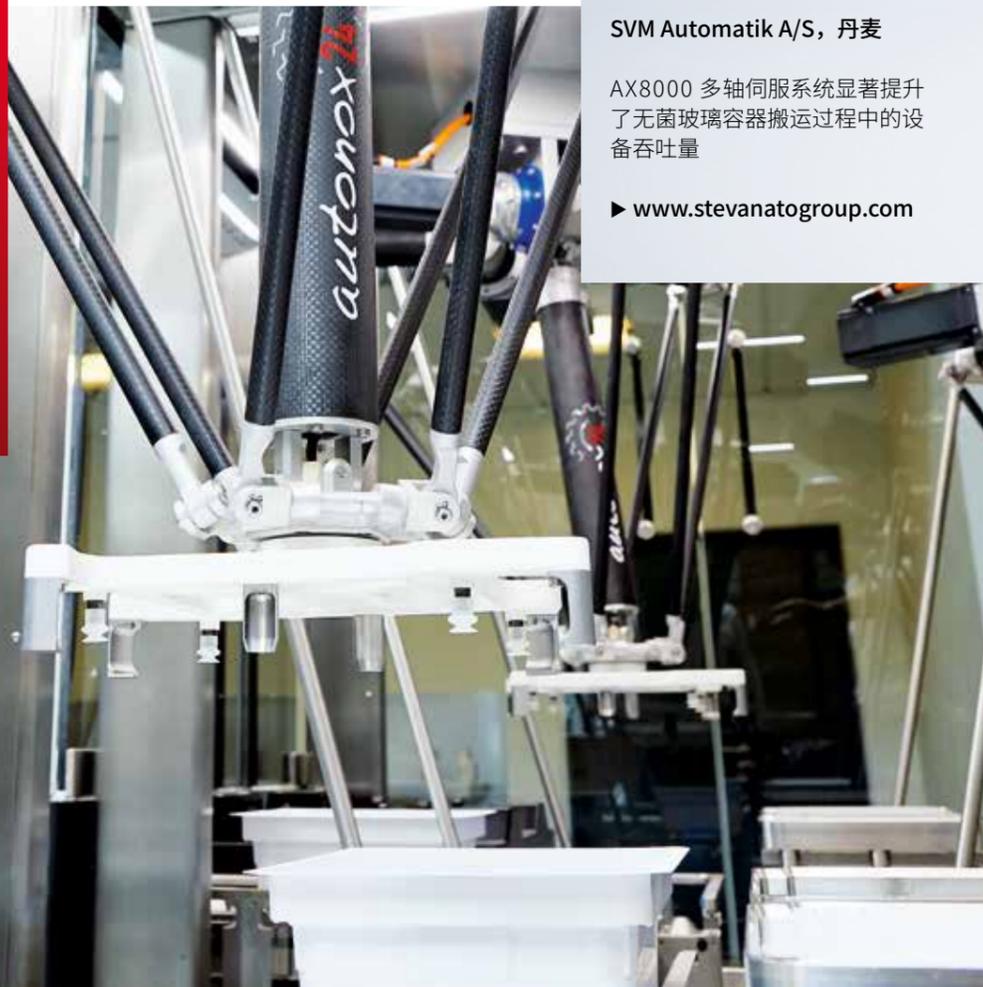
倍福最新推出的 AMP8000 分布式伺服驱动系统为实现模块化设备设计开辟了新天地，它将伺服驱动直接集成到伺服电机中，结构非常紧凑。由于电力电子器件被直接重新放置到机器中，控制柜内只需要安置一个耦合模块。该模块使用 AMP8805 配电模块（同样也通过 EtherCAT P 连接）最多可控制 5 台 AMP8000 伺服驱动器。由于整个系统是可以级联的，因此可以用简单的拓扑结构来实现复杂的运动系统。

除了上面提到的能够降低成本的优势之外，分布式伺服驱动系统还能够减少规划和安装过程中的出错风险，同时通过系统相关的诊断功能提高利用率。

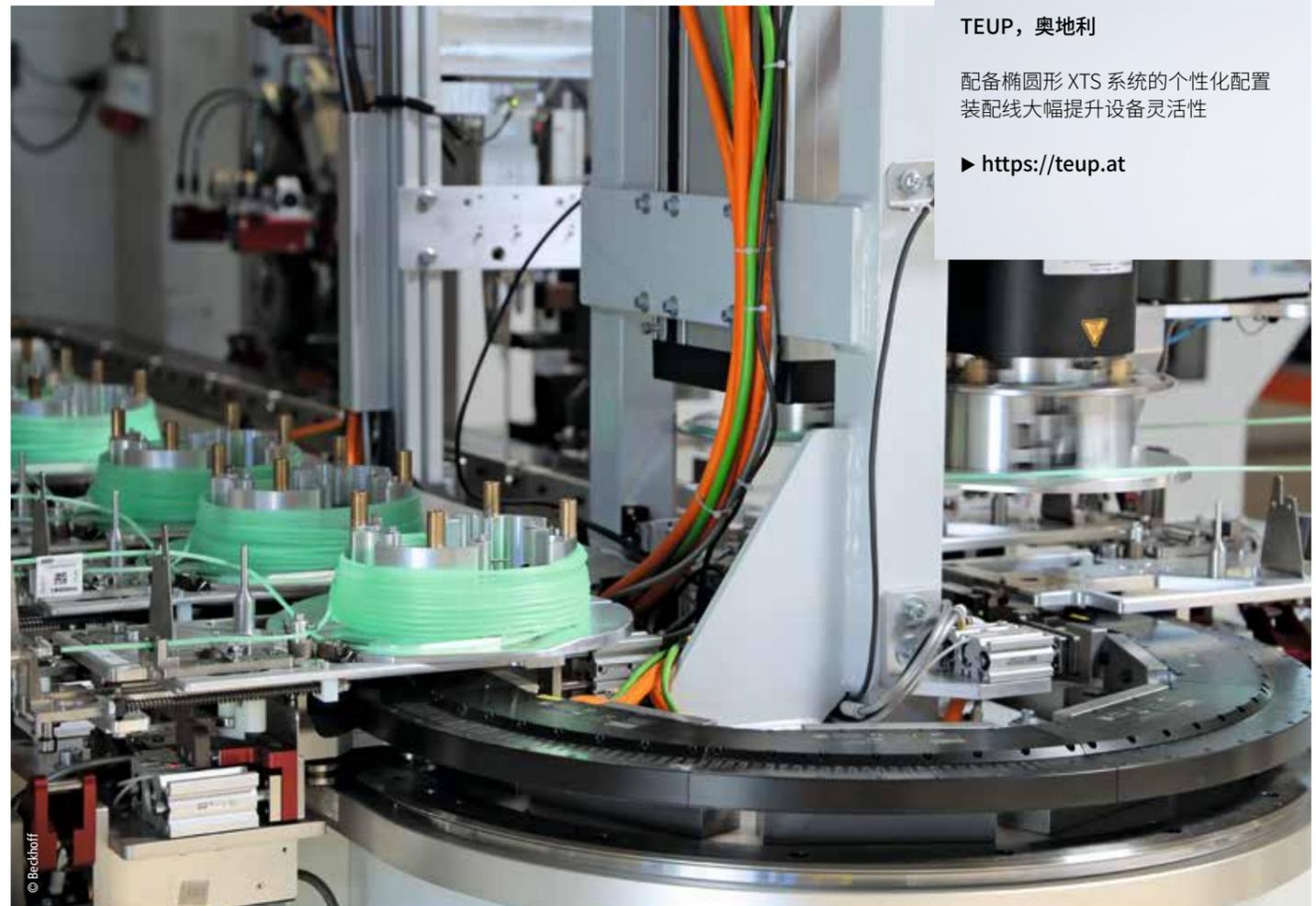
而现在有了 AMP8620 电源模块后，则完全不再需要控制柜，在这种情况下，可以完全取消与控制柜的连接。EtherCAT 端子盒 EP7402 有两个输出，集成有一个控制器，用于直接连接 24 V 直流辊筒电机或其它 BLDC 电机，并实现独立于输送机或电机制造商的完全控制。



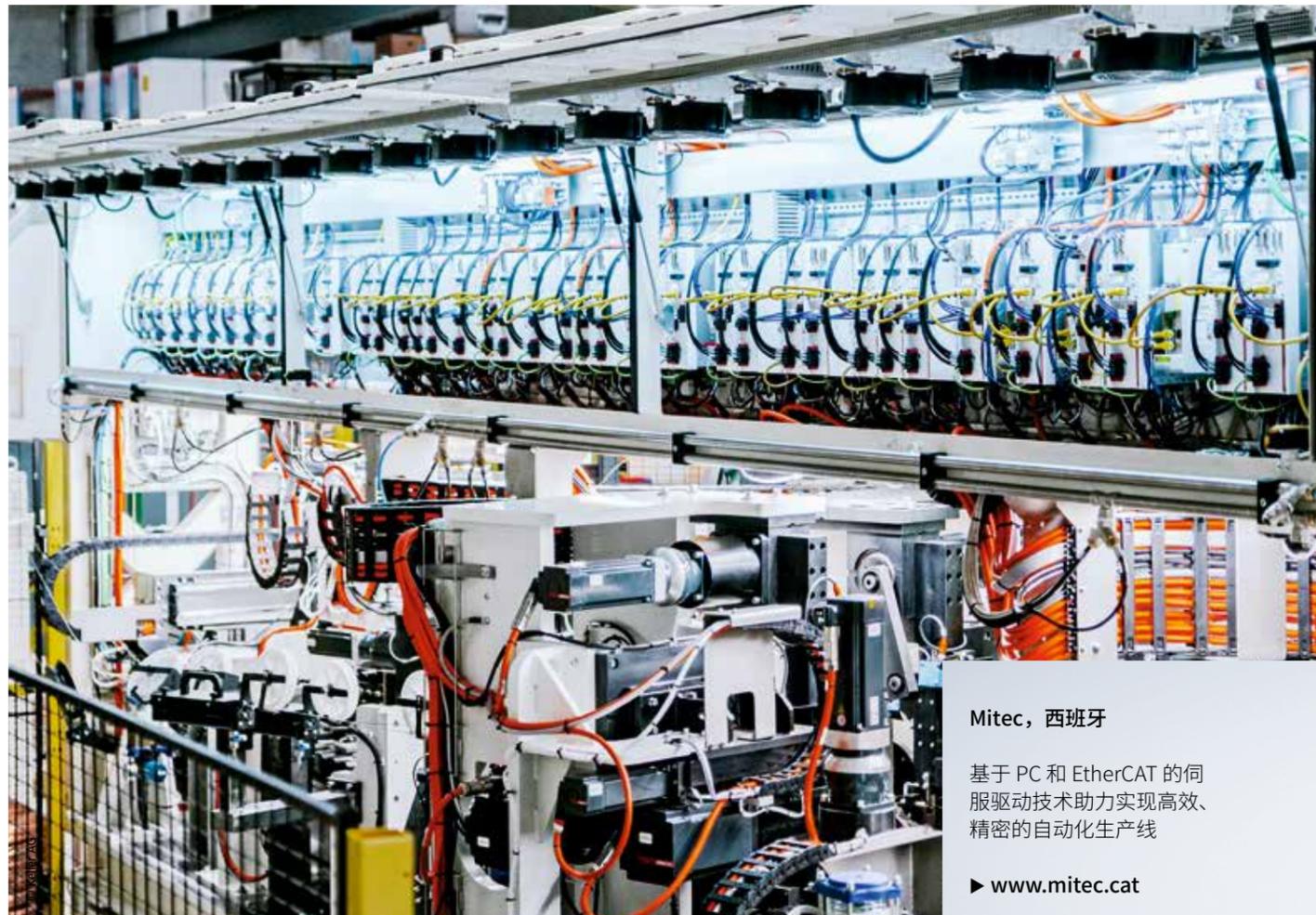
高效率、高灵活性：基于PC的控制技术在搬运和装配工作中的应用



SVM Automatik A/S, 丹麦  
AX8000 多轴伺服系统显著提升了无菌玻璃容器搬运过程中的设备吞吐量  
► [www.stevanatogroup.com](http://www.stevanatogroup.com)



TEUP, 奥地利  
配备椭圆形 XTS 系统的个性化配置装配线大幅提升设备灵活性  
► <https://teup.at>



Mitec, 西班牙  
基于 PC 和 EtherCAT 的伺服驱动技术助力实现高效、精密的自动化生产线  
► [www.mitec.cat](http://www.mitec.cat)



格劳博集团, 德国  
灵活的控制技术助力提升发卡电机定子生产线效率  
► [www.grobgroup.com](http://www.grobgroup.com)

## 更多倍福相关信息



公司信息



全球业务



市场活动及日期



职位招聘



产品信息



行业信息



技术支持

### 德国

#### 总部

Beckhoff Automation GmbH & Co.KG

Hülshorstweg 20

33415 Verl

Germany

电话: +49 52469630

info@beckhoff.com

www.beckhoff.com

#### 倍福中国

Beckhoff Automation Company Ltd.

德国倍福自动化有限公司

上海市静安区汶水路 299 弄 9-10 号

(市北智汇园 4 号楼) (200072)

电话: 021/ 66 31 26 66

info@beckhoff.com.cn

www.beckhoff.com.cn

Beckhoff®、TwinCAT®、TwinCAT/BSD®、TC/BSD®、EtherCAT®、EtherCAT G®、EtherCAT G10®、EtherCAT P®、Safety over EtherCAT®、TwinSAFE®、XFC®、XTS® 和 XPlanar® 是德国倍福自动化有限公司的注册商标。本手册中所使用的其它名称可能是商标名称，任何第三方为其自身目的而引用，都可能触犯商标所有者的权利。

© 德国倍福自动化有限公司 03 / 2024，版权所有。

本手册中所包含的信息仅是一般描述或性能特征简介，在实际应用中并不总是与所述完全一致或者可能由于产品的进一步开发而不完全适用。

仅在合同条款中明确约定情况下，才有义务提供相关特性信息。

技术规格若有变更，恕不另行通知。