

BECKHOFF

PCcontrol

The New Automation Technology Magazine

2026 内部物流特刊

www.beckhoff.com.cn/pc-control

40 | 全球应用

Dexterity 依托物理 AI 引领机器人行业变革

6 | 技术

电动辊筒控制器的创新突破助力推动输送机的迭代升级

46 | 全球应用

EuroSort 携手 Mouser Electronics, 以 EtherCAT 赋能的自动化技术, 强势突破高速分拣的边界

技术

- 4 | 新一轮自动化投资浪潮已然来临 — 但投资蓝图已截然不同
- 6 | 输送机技术的演进在现代化物流配送与运营应用中永不止步



- 10 | 可编程安全:移动机器人进化的核心引擎

- 16 | 赋能维护团队, 解锁运营新潜能
- 20 | 医药物流运营的未来在于全面集成的自动化与机电一体化技术
- 24 | 入门级控制器:以高性价比精确匹配基础控制需求
- 28 | 倍福新一代多点触控控制面板:设计精巧, 智能交互
- 30 | 无控制柜解决方案开启内部物流未来新格局



全球应用



- 36 | RO-BER, 德国:无控制柜解决方案解锁空间利用新极限
- 40 | Dexterity, 美国:AI 赋能:Dexterity 重塑现代仓储机器人技术新格局

- 46 | EuroSort 与 Mouser Electronics, 美国:强强联合:共筑大型分拣系统, 实现效率与精度双重提升



- 52 | Ocado, 英国:高效自动化:全程护航使命必达



- 62 | E80 Group, 意大利:历久弥坚的合作伙伴关系:记 E80 集团与倍福的长期合作
- 66 | Layer Seven Automation, 澳大利亚:开放式控制系统助力降低维护成本, 增强未来扩展能力
- 70 | CMD 公司, 美国:薄膜秒变快递袋, 生产效率破纪录!
- 74 | Arvato SE and Budde Systems, 德国:通过输送技术升级改造实现节能降噪

ETG



- 78 | 内部物流中的 EtherCAT 与网络安全:完整性、可用性及基于风险的安全方案

基于 PC 的控制技术与 EtherCAT 双轮驱动智能仓储
物流业根本变革

新一轮自动化投资浪潮已然来临 — 但投资蓝图截然不同

在新冠疫情引发的动荡以及随后的全球供应链危机之后,包括智能仓储物流业在内的众多行业的运营状况已基本稳定。因此,大型零售商和包裹承运商重拾信心,正在恢复资本支出计划。其中很大一部分投资正被投入仓储配送自动化领域。

这一转变反映出结构性劳动力挑战因疫情而进一步加剧。在新冠疫情期间,劳动力供给急剧收缩,而随后的供应链中断以及后来需求放缓,实际上导致某些领域出现了劳动力过剩的情况。与此同时,配送和履约中心人工物料搬运作业的高体能消耗特性,持续导致员工流失率上升、工伤频发以及效率低下等问题。随着资本支出的复苏,自动化正日益被视为一种战略性机制,用以提升劳动力韧性、确保运营统一性、实现长期成本效益,同时保障最高水平的员工工作安全。

这一波自动化投资浪潮正发生在行业控制系统技术标准经历根本性转变的关键时刻。随着人工智能(AI)在新一代自动化设备中占据核心地位,全球众多智能仓储物流业与物料搬运行业的领军企业正逐渐摆脱传统 PLC 架构,转而采用基于 PC 的现代化控制平台。这些架构专为充分运用机器学习(ML)及其它 AI 赋能技术而设计,以支持高级系统优化,以及预测性和规范性维护策略。

尽管现代 PLC 通常采用与工业 PC 相似的硬件架构,但它们仍保留了真正的 PC 控制平台所不具备的固有限制。相比之下,倍福的工业级 IPC 可以充分利用多核和众核处理器的所有核心。借助倍福 TwinCAT 3 自动化软件平台的多线程能力,工作负载可以分布在多个核心上,或分配给专用核心以执行独立但同步的任务,例如机械臂运动控制。TwinCAT 3 通过 TwinCAT Core Boost 等最新技术进一步拓展了这一优势,可将单个实时内核或用户模式内核的计算能力提升 50%,从而能够最大化地利用系统性能。因此,无需为了 AI 驱动的数据采集和分析而添加额外的边缘计算设备 — 那会增加成本、复杂性以及生命周期限制。取而代之的是,PLC 执行任务和 AI 工作负载可以共存于同一台工业 PC 上。

AI 驱动的自动化的第二个关键赋能技术是 EtherCAT。若要让单台工业 PC 既能够处理实时 PLC 执行任务,又能够进行海量数据分析,并实现系统的即时响应,底层通信网络必须同时支持确定性实时通信和大规模数据采集。EtherCAT 独特的功能原理使其能够在提供极高数据传输带宽的同时,丝毫不影响实时性能。

正因如此,EtherCAT 取得了显著的里程碑式成就,并在全球范围内快速普及。EtherCAT 的增长时机与当前大型零



Doug Schuchart,
倍福全球物料搬运和内部物流行业经理

售商和包裹处理公司正在进行的大规模自动化资本投资高度契合。据全球最大的现场总线和工业以太网组织 — EtherCAT 技术协会(ETG)报告,该协会目前拥有超过 8500 家会员单位,截至去年,全球部署的 EtherCAT 节点数量已达到 8800 万个。此外,Grand View Research 预测其将继续保持强劲增长,预计从 2025 年至 2033 年,EtherCAT 的复合年增长率(CAGR)将达到 9.8%。

全球多家大型零售商已率先采用 EtherCAT 技术,推动其在内部物流领域的应用持续加速。包裹处理公司同样正借助 EtherCAT 提升性能、简化布线并增强系统诊断功能。EtherCAT 的全球扩展 — 尤其是在内部物流领域 — 恰逢其时,正值大型零售和包裹企业为自 2026 年起的大规模自动化投资做准备之际。

另一项变革性技术也恰逢其时地到来:倍福的 MX-System 无控制柜解决方案。这一完整、分布式且无控制柜的自动化平台构建于倍福生态系统中同样强大的 TwinCAT 3 自动化软件和 EtherCAT 通信架构之上。现已面市的 MX-System 代表了新一代自动化技术,它摒弃了传统控制柜,将控制组件直接集成到自动化设备上。其结果是提升了灵活性与模块化程度,大幅缩短了安装和调试时间,并通过 EtherCAT 的联合诊断功能以及 MX-System 的先进诊断能力,延长了系统的正常运行时间。

在今年倍福《PC Control》杂志的内部物流特刊中,您将看到行业内的企业如何借助倍福基于 PC 的 TwinCAT 3 和 EtherCAT 控制平台锁定竞争优势。这些优势几乎涵盖了配送和履约作业中所有类型的设备,包括分拣系统、单件分离系统、全自动存储和检索系统、输送机以及移动机器人。TwinCAT 3 和 EtherCAT 能够突破传统 PLC 和现场总线技术固有的局限性,因此,无论设备规模大小或复杂程度如何 — 从紧凑型设备到大型分拣和输送机 — 都能借此获得上述竞争优势。

我们诚邀您探索今年内部物流特刊中介绍的众多精彩的应用案例。欢迎扫描每篇文章末尾的二维码,观看设备的实际运行情况,并聆听倍福用户的心得体会。零售商和包裹承运商的投资正在加速,如果您已准备好加入新一轮自动化浪潮,请立即联系当地倍福代表,从今天开始行动。



电动辊筒 (MDR) 控制技术持续取得飞速突破

输送机技术的演进在现代化物流 配送与履约应用中永不止步

随着本就蓬勃发展的电商行业持续扩张,对配送和履约作业的要求也随之水涨船高。激增的订单量、日益多样化的SKU以及人们对快速送达的期望,都让物流系统不堪重负。与此同时,特别是在旺季时段,合格劳动力的供给状况依旧是运营中难以摆脱的困境。

EtherCAT 依然是全球最快的开放式现场总线,为下一代仓库自动化奠定了理想的基础。

然而，随着配送和履约中心对更模块化、紧凑、灵活且高效的系统的需求日益增长，新一代输送技术 — 即电动辊筒 (MDR) 输送机应运而生。

电动辊筒 (MDR) 输送机的兴起

现代 MDR 输送机采用集成了 24 V 或 48 V 无刷直流 (BLDC) 电机的辊筒。每个动力辊筒驱动一小段无动力辊筒，形成一个可独立运行的区段。这些区段通过沿输送机分布的本地 MDR 控制器联网控制，根据货物的位置启动、停止和调速。

连接至 MDR 控制器或其它网络化 I/O 设备的接近传感器检测货物进入区段后，会按需启动该区段。当没有货物时，电动辊筒不会被激活。相比连续运行的输送机，这种方式可降低 50% 至 70% 的能耗。通过与条码扫描器、转向器及路由逻辑的集成，系统的整体精度得以提升。此外，采用零压力积放 (ZPA) 功能可最大限度减少纸箱损坏，避免输送机堵塞，并实现吞吐量最大化。

由于每个输送区段均独立运行，MDR 系统具备与生俱来的模块化和可扩展性，其采用更安全的低压直流电机，尤其在用于间歇性负载时，能效远高于传统交流电机。通过独立区段模块构建输送线，简化了为适应不断变化的仓库布局而进行的重新配置。这些特性使 MDR 技术成为高速、高精度配送环境的理想选择。

从历史上看，MDR 控制器曾是专有产品，仅由电动辊筒制造商提供，且只能与该供应商的电机配合使用。由于电机反馈类型和电气规格的差异，同一个设施内往往需要配备多种控制器型号，这给工程设计、维护和备件管理带来了挑战。这种标准化的缺失也使得供应链和系统可扩展性变得复杂。

EtherCAT 登场:输送机自动化的理想网络

输送机本质上是线性系统，这使得线型拓扑成为理想的网络架构。然而，传统的工业以太网现场总线，如 EtherNet/IP 和 PROFINET，依赖于基于交换机的通信，当每个数据帧依次通过各个设备时会产生延迟。在线型拓扑中，这些累积的延迟会破坏通信时序，并导致操作错误，例如货物错分或路由故障。

而 EtherCAT 不是一个基于 IP 的协议，它在 IP 层之下运行，无需交换机和 IP 地址，同时仍支持灵活的网络拓扑。这种设计避免了累积延迟，使 EtherCAT 非常适合输送机和分拣机等线性物料搬运系统。

EtherCAT 每个网段支持连接超过 65,000 个设备，且刷新时间低于 1 毫秒，从而消除了对输送机长度的限制，也无需像传统基于交换机的现场总线那样采用专有的子总线架构。EtherCAT 依然是全球最快的开放式现场总线，为下一代仓库自动化奠定了理想的基础。

基于 EtherCAT 的 MDR 控制方案

首款基于 EtherCAT MDR 控制方案成功基础上，倍福全新 EP741x-9071 系列 EtherCAT 端子盒引入了增强功能与行业领先的安全功能。与成熟的 EP7402 EtherCAT MDR 控制器一样，EP741x-9071 能够高精度控制任何 24-48 V 无刷直流电机，且不受电机制造商限制，从而简化工程设计、采购及备件管理工作。

新系列延续了倍福全插接式、IP54+ 防护等级的设计，杜绝接线错误并减少安装工时。控制器有两通道和四通道两种型号 (EP7412-9071 和 EP7414-9071) 可供选择，支持灵活的区段配置和高成本效益的运营。独特的四通道 MDR 控制器凭借更高的集成度进一步节省成本。

自动化在显著提升生产效率和可靠性的同时，也带来了新的安全风险。倍福深耕功能安全领域，并将 Safety over EtherCAT (FSoE) 集成至众多符合 IEC 61784-3-12 标准的产品中，为客户解锁更多功能与更高性能。

终端用户一直要求更小、更精细化的安全区段，但使用传统 MDR 控制器会增加成本和复杂性。EP741x-9071 MDR 控制器通过将 FSoE 安全协议与安全转矩关断 (STO) 及安全停止 1 (SS1) 功能直接集成于设备内，解决了这些难题 — 这在 MDR 系统中尚属行业首创。该功能确保输送机在不切断控制电源的情况下进入安全状态。具体来说，驱动器的内部电路会切断电机输出功率，在诊断通信保持活跃的同时安全禁用电机转矩。这使得操作人员和维护系统在急停状态下仍能全面查看设备。此外，可实现小至两个 MDR 区段长度的独立控制安全区，无需额外电源、布线或安全组件，从而解锁了以往无法实现或不切实际的灵活性。

2006 年，NFPA 79 标准针对动力输送系统的急停引入了新规范，要求在急停时必须安全切断电机电源。许多传统 MDR 控制器存在一个显著缺陷，即无法将电机电源与逻辑电源有效分离，这使得在设备停机期间，操作人员完全无法获取系统状态信息。EP7402 采用电机与控制电子器件独立供电的双电路设计，而全新的 EP741x-9071 通过集成 STO/SS1 功能，在完全满足该要求的同时，保持了系统通信的连续性。

倍福新型 EP741x-9071 EtherCAT MDR 控制器为自动化物料搬运环境中的输送机安全、效率和模块化树立了全新标杆。

倍福通过 Safety over EtherCAT 集成 STO 与 SS1 的技术，不仅增强了诊断透明度，还简化了安全布线，并降低了供电的复杂性。由此打造出更安全、更高效、更易维护的输送机控制平台。

分布式安全, 模块化设计灵活配置

包括全新 EP741x-9071 系列 MDR 控制器在内的众多倍福设备，均集成了 FSoE 和本地安全逻辑，能够在单个 EtherCAT 网络中实现分布式安全分区。这种灵活的架构允许对单个区段进行独立的安全操作，便于维护或重新配置。

其它改进，例如减小安装深度以便集成输送机侧轨，以及配备采用标准化 M8/M12 连接器的集成式电缆组件，进一步简化了安装与维护，同时最大限度滴降低了成本和备件库存。

倍福新型 EP741x-9071 EtherCAT MDR 控制器为自动化物料搬运环境中的输送机安全、效率和模块化树立了全新标杆。通过结合高性能 EtherCAT 通信、集成式 FSoE 安全功能以及通用的 MDR 兼容性，倍福提供的控制平台完美契合了现代配送与履约中心对不断演进的安全标准、灵活性及性能的期望。



Doug Schuchart,
倍福全球物料搬运和内部物流行业经理

更多信息:
www.beckhoff.com.cn/ep7402
www.beckhoff.com.cn/intralogistics

TwinSAFE 技术为人机协同的物料搬运与配送作业的安全护航

可编程安全：移动机器人进化的核心引擎

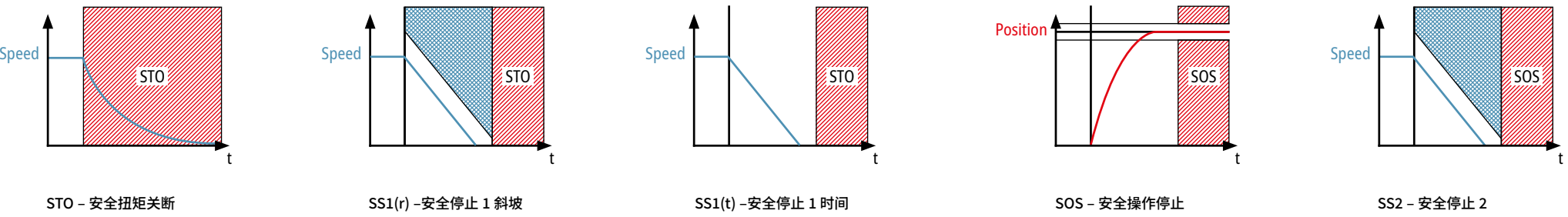
倍福为移动机器人 OEM 厂商、集成商和终端用户提供了必要的工程框架,使其能够在完成物料搬运和物流任务的同时,保障人员与资产安全

沃伦·本尼斯在其 1989 年出版的著作《成为领导者》中引用了一个广为人知的经典工业笑话。“未来的工厂将只有两名员工,一个人和一条狗。人负责在工厂喂狗,而狗则负责阻止人接触机器。”在这一天到来之前,工程化的安全解决方案仍将是工业系统中至关重要的一环。

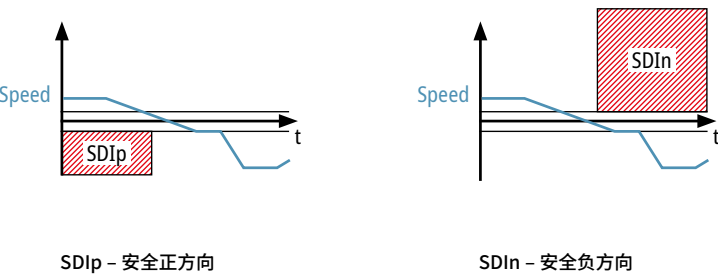
TwinSAFE 逻辑本身已完全集成到几乎所有倍福的支持安全功能的设备中。这意味着无论采用集中式还是分布式逻辑,都可以根据具体应用需求灵活配置



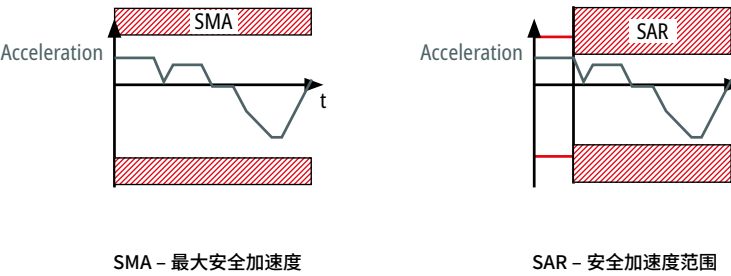
安全停止功能



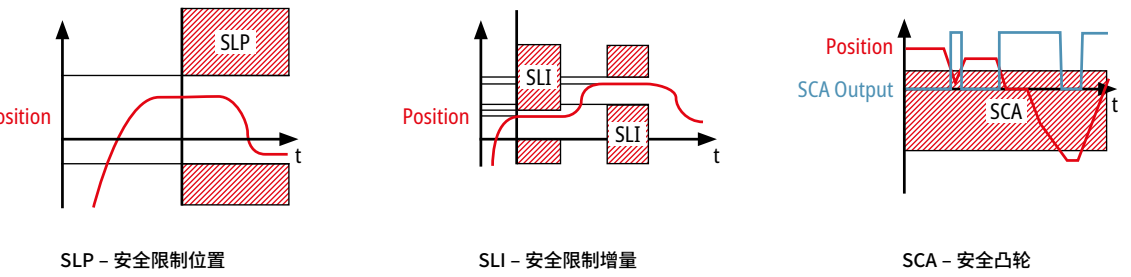
旋转方向功能



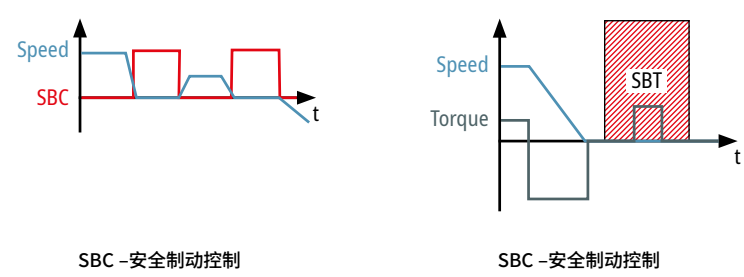
安全加速度功能



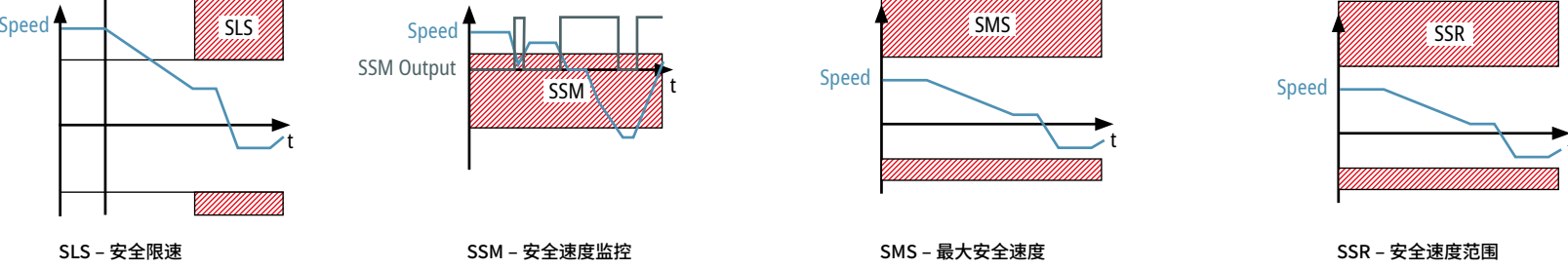
安全位置功能



安全制动功能



安全速度功能



TwinSAFE 逻辑现已应用于倍福驱动器和电机中,这些设备内置了 17 种不同的安全运动功能,并且还在定期推出更多特性

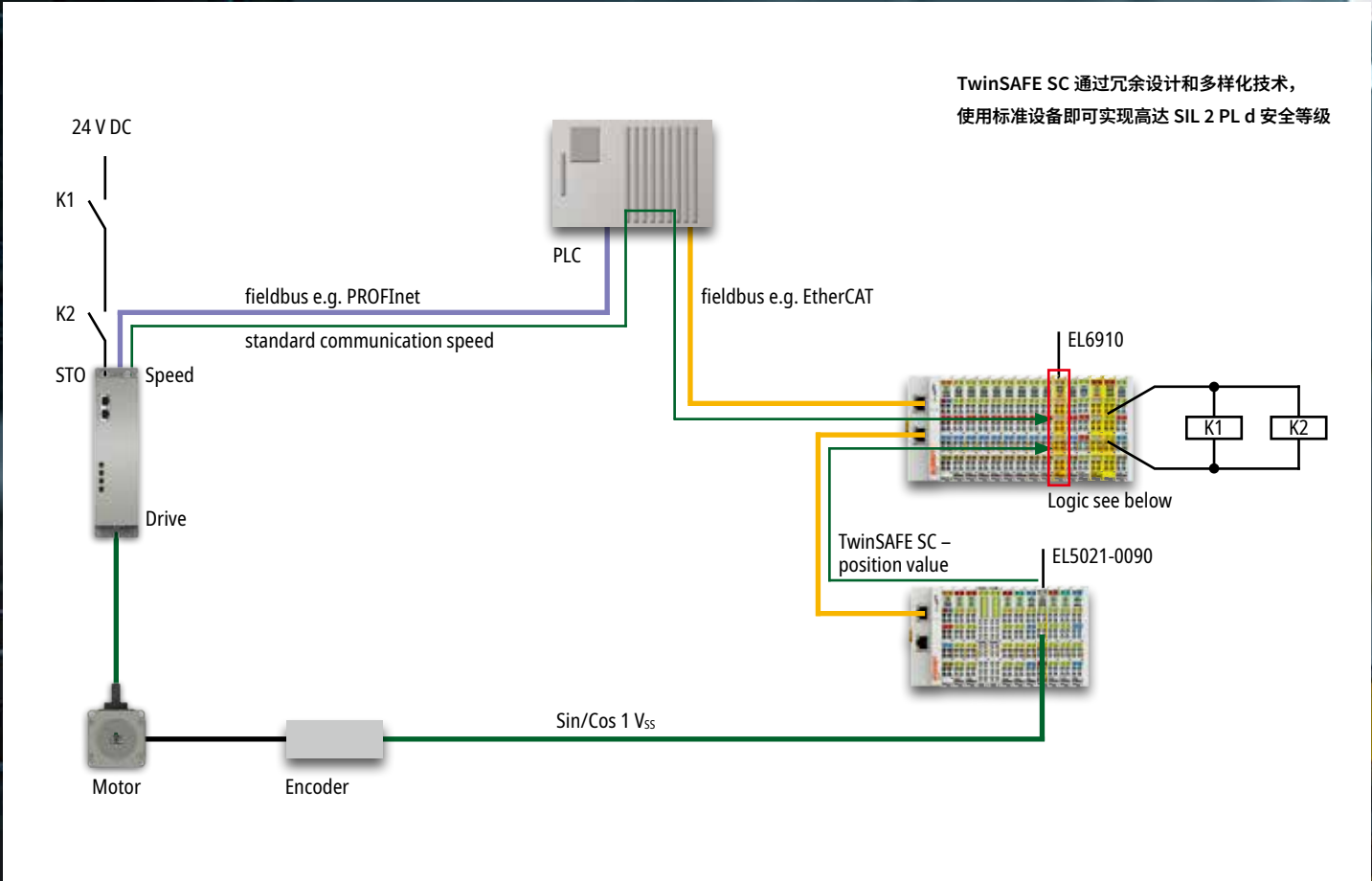
如今,一些规模最大、最复杂的自动化系统便存在于内部物流行业的配送中心。曾经有数英里长的输送线、转向器、分拣机和叉车装卸点定义的场景,正在大步迈向移动机器人的领域。这些自由移动的自主机器人所带来的风险,存在于人与机器有意无意的交互瞬间。倍福的 TwinSAFE 可编程安全技术为移动机器人 OEM 厂商、集成商和终端用户提供了必要的工程框架,使其能够在完成物料搬运和物流任务的同时,保障人员与资产安全。

TwinSAFE 简化安全方案实施

我们先从机器人本身来看。在传统设计中,导航、控制和安全处理器是相互独立的设备,不仅占用宝贵空间,还需集成才能在不同供应商平台之间共享数据。而我们的 TwinCAT 自动化软件将这三者完全整合到一个紧凑的解决方案中,非常适合在移动机器人狭小的空间内使用。TwinSAFE 逻辑本身已完全集成到几乎所有倍福的支持安全功能的设备中,这意味着无论采用集中式还是分布式逻辑,都可以根据具体应用需求灵活配置。

TwinSAFE 逻辑甚至集成在我们的驱动器和电机中!如今,我们在这些设备中内置了 17 种不同的安全运动功能,并且还在不断推出更多特性。根据所选的驱动器/编码器组合,图示的每种功能最高可达到 SIL 3、PL e 安全等级。无论是在机器人移动过程中,还是机械臂抓取货物时,在快节奏的配送中心里,都能实现人员与移动机器人安全并肩作业的多种可能。

在移动机器人安全功能中使用标准元件会如何? TwinSAFE SC (单通道) 技术将标准 I/O 硬件与特殊固件相结合,为通信通道直接提供直达 TwinSAFE 逻辑设备的安全保护。通过采用冗余设计和多样化技术,配合完善的故障模式影响分析 (FMEA),安全功能可



使用成本较低的标准传感器、编码器及“标准”I/O 实现高达 SIL 2 安全等级。TwinSAFE 应用指南是绝佳的参考资料，提供分步操作指导。

EtherCAT、FSoE 与 EAP 的重要性

TwinSAFE 的通信核心是 Safety over EtherCAT，即 FSoE。EtherCAT 安全技术依据 IEC 61508 标准开发，已通过 TÜV 南德意志集团认证，并纳入 IEC 61784-3 国际标准。该协议适用于安全完整性等级高达 SIL 3 的安全应用。FSoE 采用“隐式通道”方法，将安全相关数据从 TwinSAFE 逻辑设备传输至 I/O 模块及其它设备。这意味着安全数据容器既不依赖于底层通信技术，也不受限于 EtherCAT 网络。

安全容器可经由现场总线系统、以太网或类似技术传输，并可使用铜缆、光纤甚至无线连接。这为选择扫描仪、雷达及其它设备时提供了重要灵活性。与 TwinSAFE 的连接可通过 I/O 模块实现，也可将传感器完全集成到 Safety over EtherCAT 网络中。驱动器等执行机构同样可接入

安全网络。尽管 EtherCAT 和 FSoE 由倍福发明，但截至本文发布时已有超过 60 家 FSoE 设备制造商。欲了解更多关于这些供应商及 Safety over EtherCAT 的信息，请务必访问 EtherCAT 技术协会 (ETG) 官网。

拥有如此灵活的通信方式，我们能否将视野从移动机器人扩展至配送中心环境本身？如果机器人不再局限于单个车间会怎样？如果它们能在设施内自由移动，导致每个空间内的机器人组合动态变化又会怎样？基于 EAP 的 FSoE 技术应运而生。EtherCAT Automation Protocol (EAP) 支持通过以太网连接的 PC 之间进行高度确定性的循环变量交换。EAP 设备间的通信遵循发布者/订阅者原则，该规范由 ETG 制定。作为基于 IP 的协议，标准以太网和无线设备都能加以应用。每个逻辑设备最多支持 212 个安全连接并支持级联，使得急停等简单安全指令能够准确路由至相应的移动机器人。展望未来，基于 EL6910 TwinSAFE 逻辑端子模块的新一代 TwinSAFE 逻辑 Runtime 将实现超过 2000 台设备的安全连接！

全方位的机器安全工具解决方案

最后，配套工具助力 TwinSAFE 项目快速应用于新场景。TwinSAFE 编辑器支持导入/导出 XML 在编辑器环境外创建或修改的 XML 配置文件。TwinSAFE Loader 可快速高效地下载安全程序或定制程序组设置。用户管理可通过 TwinSAFE User 实现，这是一款命令行工具，无需 TwinCAT 即可对安全控制器进行用户权限管理。所有这些工具均可集成到您的定制化部署工具包中，它们共同提供最大灵活性，全面提升设备和设施的整体安全性。



Christopher Woller,
倍福美国分公司安全产品经理

更多信息：
www.beckhoff.com.cn/twinsafe
www.ethercat.org.cn
www.youtube.com.cn/@TwinSAFE

内置诊断功能与思维模式的转变助力内部物流运营达到最佳运行效率

赋能维护团队，解锁运营新潜能

维护理念重构

既然每分钟停机都会直接转化为生产力的损失和收入的减少，为什么物料搬运作业仍然依赖于似乎停留在过去时的维护方法？为什么技术人员仍然在寻找笔记本电脑、解读晦涩难懂的故障代码，并将宝贵的时间花在那些本该一目了然的故障上？

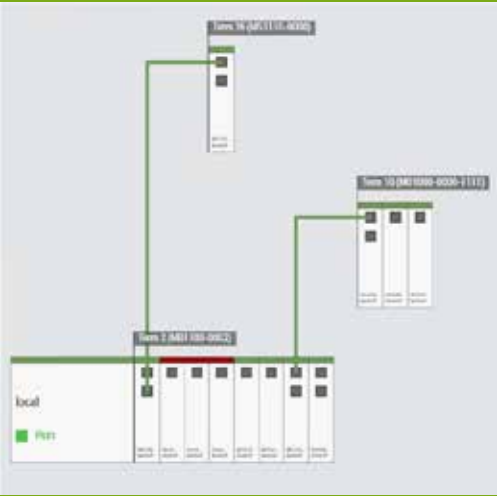
维护团队应被视作专业的核心力量，而非问题出现时才临时拼凑的应急队伍。当盈利能力面临考验时，他们是至关重要的第一道防线，理应获得应有的尊重。

这里的基本问题是：为什么维护技术人员需要成为 PLC 编程和以太网网络专家才能诊断常见的设备故障？领先的设备制造商正在接受一种不同的理念：将全面的诊断功能直接集成到 HMI 中，让关键信息触手可及，从而无需专用工具或深厚的平台专业知识即可更快地解决问题。TwinCAT 自动化软件平台，配合各种 EtherCAT 诊断分析工具，为更现代化的设备维护理念提供了坚实基础。

电力与网络监测：成功的基石

要提高故障诊断效率，必须先打好基础。现代 HMI 能够实时显示输入电源及电源健康状态，以直观的格式呈现电压电平、过流/欠流情况以及温度数据。内置的工业 PC 诊断功能则能够监测 CPU 负载、内存与硬盘利用率、内部温度读数和风扇状态。历史数据还能帮助技术人员识别规律，例如系统在特定班次过热、某些操作期间内存突增，或由于工厂供电不稳定导致的随机设备故障。所有这些数据都可以开放给维护团队及其他技术人员，通过 TwinCAT HMI 进行访问。

与许多其它行业一样，内部物流运营对意外事件容错余地极小，尤其是在旺季期间。当分拣机、穿梭车或输送线发生故障时，订单履约就会延误，劳动力会出现错配，本就紧张的发货窗口期将迅速关闭。特别是在电子商务领域，客户决定点击“下单”按钮的重要因素之一就是配送速度。当设备故障导致发货延迟时，客户对该在线零售商的信任度也会随之动摇 — 即便是知名品牌也不例外。



TwinCAT 内置的 EtherCAT 诊断功能，通过一个拖拽功能，即可在 TwinCAT HMI 软件中实现实时可视化，从而强化所有倍福系统的维护工作，这一过程无需额外工程投入，也无需专用工具



TwinCAT 自动化软件平台，配合各种 EtherCAT 诊断分析工具，为更现代化的设备维护理念提供了坚实基础



EtherCAT 电力测量设备能够为影响自动化系统的输入电源及电源健康状况、电压电平以及过流/欠流状况提供了亟需的可见性

EtherCAT 已成为现代自动化的神经系统，在内部物流行业尤其如此。使用传统的以太网现场总线时，通信故障意味着要借助 Wireshark 等专业工具和软件进行耗时的故障排查。EtherCAT 内置的诊断数据在 TwinCAT 中完全可用，结合 TwinCAT HMI 的图形化 EtherCAT 网络拓扑视图，只需轻触按钮，即可实时查看每台设备的健康状态。简单的颜色编码视觉指示器能识别通信路径的健康状况：绿色表示网络运行正常，橙色或红色则精确定位布线问题、电源故障或 CRC 通信故障，整个过程无需笔记本电脑，也无需深入的工程培训。借助倍福控制面板直观的多点触控功能，即使是大型网络的诊断，也可以通过滑动屏幕、捏合缩放来轻松查看并锁定网络中的故障区域。

无需面对模糊的“网络错误”提示，现在每台 EtherCAT 设备都可以在 HMI 上直接被深入探查，并能识别出存在通信问题的具体设备端口，从而立即将根源缩小到该确切位置的线缆问题、电源故障或信号干扰。得益于 EtherCAT 的自愈功能，问题修复后网络会自动恢复，HMI 上的状态也会随之更新。

事件视频回放：还原真实情况

最令人沮丧的场景之一，莫过于回到设备停机前，却对故障原因一无所知，尤其是深知时间紧迫，必须争分夺秒恢复订单流转。传统的报警日志虽能提供时间戳和故障代码，却只能让技术人员猜测实际的事件发生顺序。

而结合 TwinCAT 的两项功能，则能巧妙地解决这一难题。首先，TwinCAT Vision 软件直接集成在 PLC 中，能够在事件触发时采集图像并创建视频文件。最佳的解决方案是利用 TwinCAT HMI 中通过 TwinCAT 事件查看器控件集成的视频回放功能。技术人员只需双击报警，就能立即观看事件发生的真实情况：是产品堵塞、意外触发安全装置，还是操作流程错误，全部一目了然。

这在高速内部物流应用中尤为宝贵。维护团队不再需要分析事故现场，而是能直接看到事件发生的真实过程。是包装箱损坏？下游发生堵塞？

还是操作失误？有了视频证据，根本原因一目了然，从而能更快、更有信心地做出决策，不仅解决当前问题，还能优化系统，防止未来再次发生类似错误。

从晦涩难懂的报警到通俗易懂的指导

如今仍有太多系统会抛出诸如“驱动故障”、“区域堵塞”、“故障 4312”这类模糊不清的报警，让使技术人员不得不翻查手册或致电设备制造 商来解开谜团。

而现代 AI 驱动的方法则不同，它能通过通用现场总线从驱动器、电动辊筒 (MDR) 区域、安全装置和传感器中获取详细状态信息，并将其转化为易于理解的诊断提示：“右侧转向器 MDR 过流，可能是料箱卡住”或“14 号积放区传感器堵塞，请清理路径并按下复位键”。这是缩短停机时间的最快途径，无需将每位技术人员都培养成 PLC 专家，而是让设备成为更好的信息传达者。借助 AI，我们的目标应是打造出不仅能自我诊断，还能与操作人员和维护人员进行清晰沟通、提供可操作指令以便快速解决问题的设备。通过开发工具或使用 TwinCAT CoAgent 操作界面访问的 AI 智能体可以实现这一目标。

嵌入式维护资源

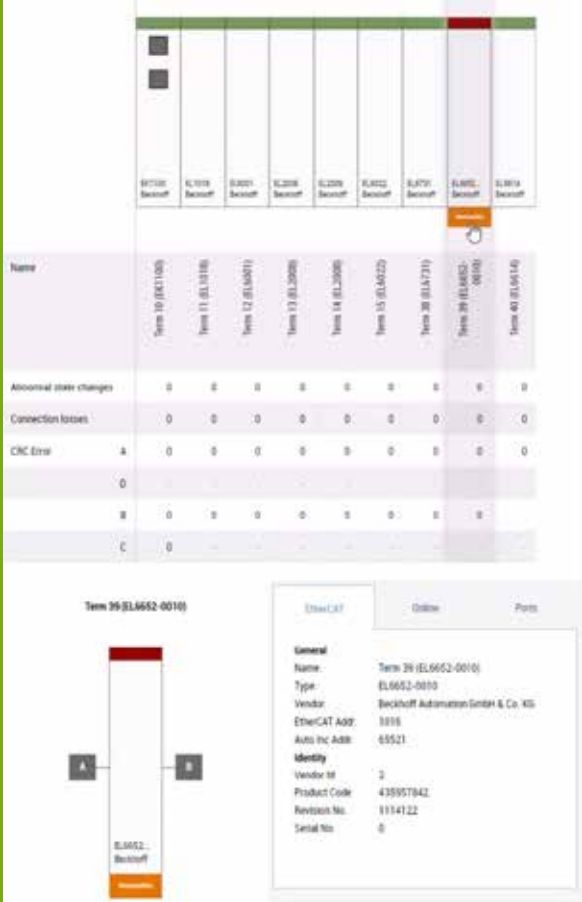
先进的设备制造商将维护视频、接线图和配置信息直接集成到 HMI 中。需要更换磨损的输送辊吗？调出维护页面，播放一个分步视频教程即可。同一界面还提供不同辊筒类型的连接器标识、接线配色方案和特定 PLC 参数。

这种方法认识到维护文档不仅仅是在某处提供信息，更关键在于，要在技术人员需要的那一刻，以用户友好的形式，将正确的信息呈现在他们面前。

设备的飞行记录仪

在诊断现代高速物料搬运系统时，传统的每秒采样一次的数据记录方法显得力不从心，因为这些系统的 PLC 运行周期已达到毫秒甚至微秒级别。TwinCAT Analytics Logger 充当了设备真正的“黑匣子”（或叫做飞行记录仪），它可在必要时以每个 PLC 执行周期为单位持续采集数据，全面记录设备运行期间发生的一切事件。

这种高保真数据可利用可配置的环形缓冲区存储在控制器本地或基于网络的存储设备上，或许保留最近 24 小时或 48 小时的运行记录，从而确保当间歇性故障发生或设备出现异常行为时，相关证据已获取并存档，随时可供分析。当问题出现时，维护团队或远程支持工程师可以检索这些记录数据，并使用 TwinCAT Analytics Service Tool 进行分析。该工具提供强大的算法，用于识别模式、关联事件并精准定位根本原因，而这些在传统的低分辨率日志中通常是不可见的。不管是排查难以捉摸的随机故障、研究周期时间不一致的问题，还是优化设备性能，能够获取微秒级的历史数据，都将促使维护工作从被动的猜测推断转变为全新的数据驱动故障解决模式。



HMI 上集成的 EtherCAT 诊断功能，能以可视化方式精确定位布线问题、电源故障或 CRC 通信故障，整个过程无需笔记本电脑，无需 Wireshark 软件，无需仪表，也无需深入的工程培训



TwinCAT 中集成的示波器工具，可用于提供对 EtherCAT 网络性能和诊断数据更深入的洞察

TwinCAT Analytics Service Tool 中的各类工具与通过 Analytics Storage Provider 记录的设备数据相结合，使得终端用户和 OEM 的技术人员能够识别设备的异常行为并分析设备时序。尤为关键的是，达成这一目标无需技术人员具备深厚的编程专业知识，也无需他们对设备的 PLC 代码有深入的了解。

现代控制架构支持轻松安全的远程访问，使技术人员能够随时随地检查设备健康状况，也让 OEM 无需亲临现场即可提供远程支持。通过网页浏览器或移动设备访问的同一 HMI 框架，还可实现非工作时间监控、预测性维护计划制定以及更快速的故障响应。

维护时间的关键点

采用全面内置诊断系统的设备制造商，不仅是为产品规格添加功能，更是在从根本上改变最终用户的维护体验。支持更快速度故障排查的系统能够降低停机成本，最大限度减少对专业技能的需求，并在熟练劳动力日益短期的情况下，助力企业运营保持高效。

这项技术已然成熟。对于设备制造商而言，问题在于：是要继续让维护技术人员像过去那样进行不必要的辛苦劳作，还是拥抱这样的理念——将诊断智能融入设备本身，并通过直观的界面让每一位技术人员都能更得心应手地使用。倍福的 TwinCAT 自动化软件，包括其直观的 HMI、通过 TwinCAT Vision 实现的事件视频回放、通过 TwinCAT Analytics 实现的设备“飞行记录仪”，以及 EtherCAT 丰富的诊断功能，使得从整体上彻底改变传统的设备诊断与维护模式成为可能。



**Daymon Thompson，
倍福美国分公司产品管理总监**

更多信息：
www.beckhoff.com.cn/twincat
www.beckhoff.com.cn/ethercat
www.beckhoff.com.cn/ai
www.beckhoff.com.cn/analytics

绘制药品流通新蓝图

医药物流的未来在于全面集成的自动化与机电一体化技术

医药物流正进入快速转型期。新冠疫情加速了几乎所有零售品类向电商和送货上门的转变，处方药也不例外。如今，消费者期望药品能像日用品一样便捷快速送到家门口。与此同时，零售药店越来越依赖集中式配送中心，以高效处理日益增长的处方量，减轻门店内员工不堪重负的压力，并让药剂师能够更专注于患者护理。

与此同时，该行业正承受着多方面的巨大压力：长期劳动力短缺、订单复杂程度不断上升、监管要求愈发严格，以及对差错的近乎零容忍。仅仅是数错一瓶药或贴错一张标签这类看似微小的失误，都极有可能引发严重的财务损失，更为关键的是，会给患者带来危及生命的风险。由于药品无法退回库存或重新包装，出错的成本极高。因此，履约运营机构正积极探寻一种能够同时提升吞吐量以及实现更高准确性、可追溯性及适应性的技术，而这些要求是传统设备难以企及的。

鉴于这些挑战的存在，倍福的 XPlanar 和 XTS 智能输送系统等新一代自动化技术凭借其自身优势，展现出了极大的吸引力。尤其当下，越来越多的医药物流履约运营机构正在寻求可扩展的解决方案，其应用场景广泛，涵盖医院内部的微型履约中心，以及支持集成质量检测、具备强大追溯能力与新型个性化包装功能的大型中央配药中心和直接面向

消费者的配送枢纽。这种转变已然确立了灵活且由软件定义的自动化作为行业新标准，而倍福在机电一体化、控制技术以及集成软件方面的丰富产品线，正被证明是这一制药新世界的理想基石。

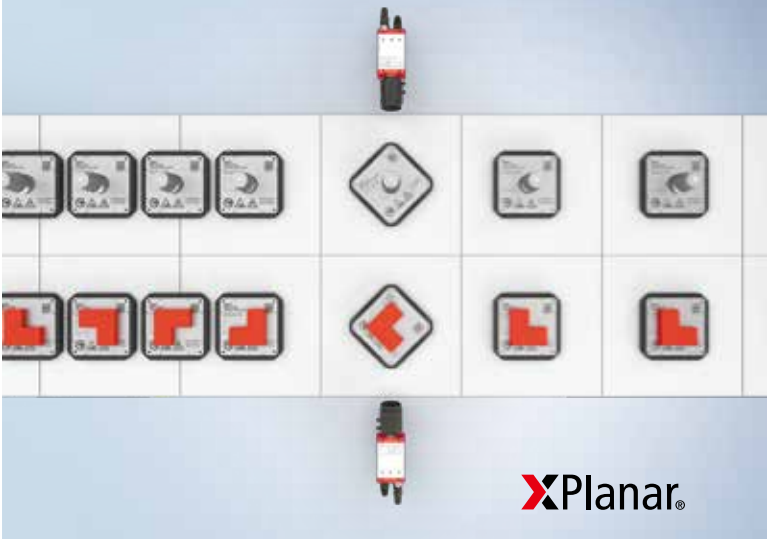
推进医药物流履约领域自动化的重构

传统的输送机和固定自动化系统最初并非为现代医药物流履约订单结构的多变性和复杂性而设计。过去，这类系统往往遵循顺序线性流程来输送单一类型的包装，不仅占用大量地面空间，还会形成错综复杂的输送机网络，宛如一个迷宫，进而给系统的日常维护带来巨大挑战。任何一个故障点都可能导致上游所有流程陷入代价高昂的停滞状态。而如今，单个客户订单可能同时包含一瓶处方药、一盒预包装的“单位剂量”药品，甚至还有一卷定制的多剂量条状药袋，这种药袋将患者一个月的每日处方药和补充剂预先分装成独立小袋。



如此多样化的需求要求物料搬运系统不再是刚性的机械设备，而更像是协同运作的独立智能载具“车队”。设施所需的输送平台必须具备动态调度产品输送路线的能力，能够借助软件手段而非机械改造的方式灵活变更工作流程，同时还能以精准的定时控制，将不同类型的产品整合至同一个发货包装内。

倍福的 XPlanar 和 XTS 机电一体化输送系统，结合 TwinCAT Vision 软件、机器学习、集成式机器人控制以及安全的企业级连接，将这一愿景变为现实。工程师无需再受限于机械方面的约束来规划流程，相反，他们能够以理想的工作流程进行设计，并借助自动化平台迅速适应产品种类的多样性、订单的优先级差异以及新型包装格式的变化。



XPlanar 动子通过电磁推进技术实现自由滑动,速度最高可达 3 米/秒,并支持六自由度运动,包括平移、旋转和倾斜

集成机器视觉与 AI

在医药物流履约领域,准确性始终是重中之重,而自动化检测是实现这一目标的基础。倍福的 TwinCAT Vision 将相机控制、图像处理及决策逻辑直接集成到标准 PLC 环境中。这种原生集成方式有效消除了外部视觉系统所带来的复杂性,同时能够确保与运行于同一平台上的运动控制和机器人系统实现高速协同。

一个典型的应用场景是药瓶检测。当分装机将药品计数并装入瓶中后,XPlanar 动子可将药瓶精准移动到配备液态镜头的 TwinCAT Vision 相机单元下方。该镜头能自动对焦,无论瓶内药品填充量如何,均可清晰捕捉瓶内图像。随后,机器学习算法能够依据药片的形状和颜色,将其与中央数据库进行比对,以确认其身份,在某些情况下,该算法甚至可以跳过人工药剂师核验环节,这在一定程度上能够缓解当前日益严峻的熟练劳动力短缺问题。过去那些依赖人眼完成且需投入大量人力的工作,如今已能够实现自动化操作,不仅确保验证结果可靠,还附带完整可追溯的数据记录。

除药片验证外,同一视觉平台还具备处理条码读取、标签与瓶盖质量检测等多项任务的能力。这一特性使得质量控制能够集中整合到一个与输送系统完全同步的统一软件环境中。

监管合规与安全操作规范内置于控制层

制药运营必须满足严格的法规要求,尤其是在数据完整性、用户访问权限和可追溯性方面。倍福的 TwinCAT 3 HMI Audit Trail module (TF2400) 提供了符合 FDA 21 CFR Part 11 标准的电子记录与电子签名功能。从分装计数、视觉检测、标签打印到 HMI 用户输入,每一个关键操作都会被精准记录,详细附带时间戳及用户身份信息。通过集成轻量级目录访问协议 (LDAP),系统可实现用户角色与权限的集中管理,从而简化大型履约中心的合规工作。

网络安全同样至关重要。倍福的 EtherCAT 现场总线技术作为 XPlanar 和 XTS 系统的核心通信协议,提供了无与伦比的网络安全韧性。今日发布的公告进一步证明了这一点:EtherCAT 已满足欧盟新出台的《网络韧性法案》(CRA) 对数字设备的要求,且无需进行任何修改。我们的 TwinCAT 软件中原生集成了多种现代加密协议,用于保障与企业系统的安全通信。

集成式机器人技术:与智能输送系统完美同步

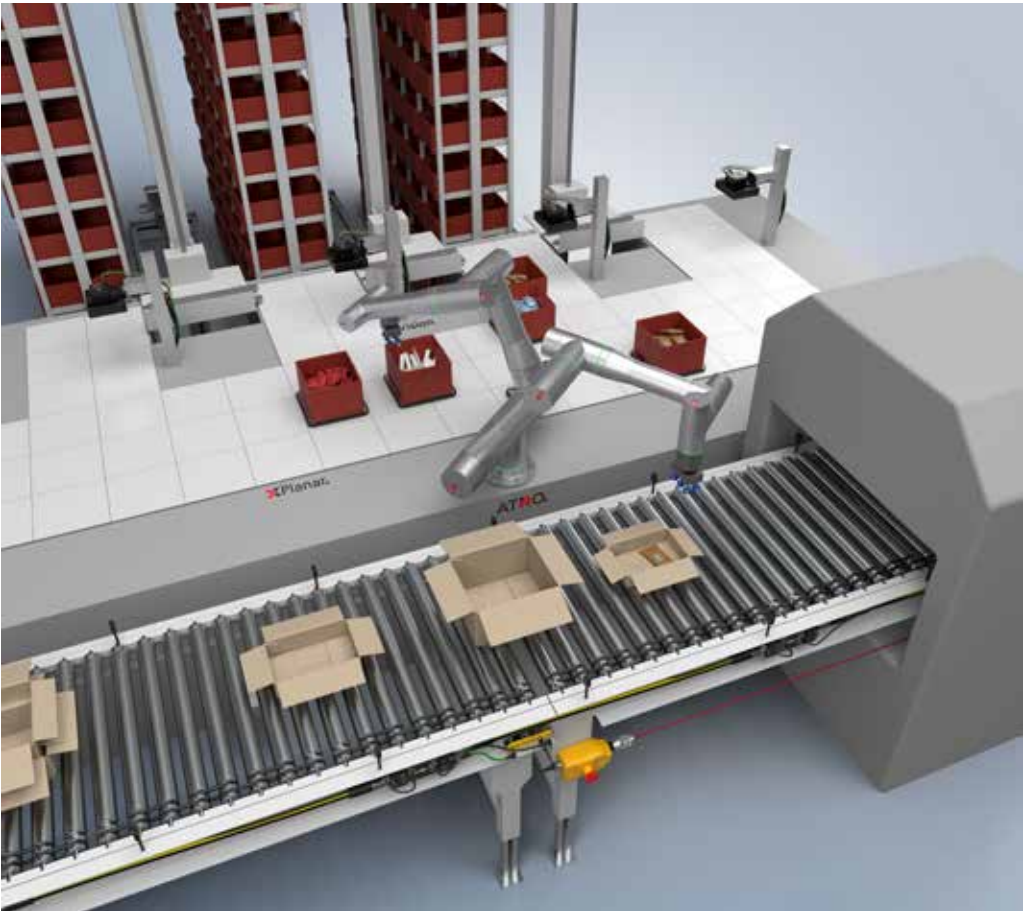
机器人在现代履约中扮演着核心角色,无论是执行高精度拣选、贴标,还是最终的卸料与集料。倍福的通用自动化平台支持将所有机器人运动学直接在用于控制 XPlanar、XTS、标准输送机以及视觉系统的同一环境中运行。这消除了对大型专用机器人控制器的依赖,从而降低了成本与系统复杂性。

由于所有设备均通过统一的控制平台实现同步,机器人能够以微米级精度从 XPlanar 和 XTS 动子上进行抓取,或将药瓶、盒装药品和药袋卷等物品放入出库容器中,并实现智能缓存。这种紧密集成确保了更顺畅的产品流动、更小的设备占地面积以及显著更高的吞吐量。

灵活、可扩展、软件定义的自动化

当前,医药物流履约领域正面临着愈发复杂的局面,不仅业务流程的复杂性持续攀升,而且监管要求也日益严格,与此同时,该领域熟练劳动力的短缺问题却愈发严峻。面对这些挑战,自动化系统不仅要达成高速高精度的运行标准,还需具备出色的可扩展性,能够灵活适应产品规格、订单结构以及监管要求的不断变化。

在医药物流履约等对物料搬运要求极为严苛的复杂场景中,XPlanar 所具备的飞行运动特性,使其成为机器人与输送系统协同作业的理想搭档



Nathan Hibbs,
倍福美国分公司物料搬运与内部物流业务拓展经理

更多信息:
www.beckhoff.com.cn/xts
www.beckhoff.com.cn/xplanar

XPlanar“飞行运动”将自动化提升至新高度

推动这一变革的最具变革性技术之一,便是倍福的 XPlanar 平面磁悬浮输送系统。XPlanar 动子在由模块化平面模块拼接而成的平面上方,以高达 3 米/秒的速度自由滑动,通过非接触式电磁驱动实现推进。每个独立动子都具有六自由度,涵盖平移、旋转,乃至倾斜等运动形式。这种独特的“飞行”能力不仅消除了所有机械磨损问题以及相应的维护需求,同时实现了精确定位且运行噪音极低,在洁净程度要求极高、监管极为严格的制药环境中,这两大特性显得尤为珍贵。

在医药物流履约领域,XPlanar 所展现出的灵活性尤为显著。由于每个动子都能独立运行,不仅能承载种类繁多的物料,还能实现多个动子的协同配合,如同一个紧密协作的整体,高效搬运尺寸较大的物品或料箱。例如,置于托盘中的药瓶可先完成贴标,然后行进至灌装工站进行分装,再前往视觉检测工站。之后,药瓶可直接进入旋盖工序;若发现问题,则可将其分流至人工药剂师核验工站,而丝毫不影响其它物料的流转。此外,XPlanar 具备强大的并行处理能力。它能够针对生产流程中那些节拍较慢的工站灵活增设并行工站,使整个系统摆脱了传统顺序线性作业模式的束缚,不再受制于其中最慢工位的吞吐量限制。同时,系统还能够智能绕过因维护或补充耗材而临时停用的单个工站,无需为此停止或减缓整个系统的运行。在同一网格布局中,另一个动子或许正载运着一卷定制的多剂量条状药袋,与此同时,第三个动子可能载有一盒从自动存取系统中取出、并已贴好患者订单信息的预包装单位剂量药品。

这种同时处理不同包装格式的能力,使设计人员能够将多个履约流程整合到一个紧凑、高效的空间内。过去需要多条独立产线及专用设备才能完成的订单,现在可以汇聚到一个 XPlanar 系统中:动子将所有组件输送至集料工站,经分拣后最终完成出库发货。XPlanar 可选配 ID 识别缓冲框可确保每个动子即便在意外断电的情况下也能被追踪,从而最大程度减少物料浪费、缩短恢复时间,并建立起连续的数字监管链——这正是药品可追溯性的一项关键要求。

采用无电缆技术(NCT)的 XTS 系统:线性输送领域的机器人革命

在那些对高速线性吞吐有着严苛要求的应用场景中,XTS 为 XPlanar 提供了有力补充,它采用线性轨道系统,通过磁力驱动动子,能够以高达 4 米/秒的速度实现连续、精准的产品输送。结合无电缆技术(NCT),每个 XTS 动子都可驱动一个带电的末端执行器。这实际上是将动子转变为无线机器人,其自带电源与通信能力,可控制复杂的执行机构。在医药物流履约应用中,这一特性使动子能够执行本地化功能,例如使用气动夹爪完成取放操作,而无需考虑真空管线问题,还可驱动电磁或电动执行器,甚至通过将称重传感器直接集成在动子上实现称重功能。

结合 XTS 换轨功能,XTS 动子可实现不同轨道之间动态分流,极大地简化系统架构。在传统生产模式下,产品需在各个顺序排列的工站之间以恒定且缓慢的速度进行输送,并依赖动作迟缓的气动转向器和道闸对物料流动进行管理控制;而现在,XTS 动子能够快速、智能地以异步方式抵达目的地,同时对每个独立产品进行精细而精准的控制,有效避免了因托盘与药瓶相互碰撞而导致的药品倾洒问题。这些功能能够切实帮助医药物流履约中心在现有的厂房空间内实现更高产出,在当前终端用户明确提出要在更小的占地面积基础上实现更高吞吐量的严格要求下,这一优势显得尤为关键。



针对实时 Linux® 系统的 TwinCAT Runtime 的推出让倍福为实时控制开辟了新的应用可能性

倍福可扩展的控制器产品线助力履约运营既能满足当下需求又能把握未来机遇

入门级控制器： 以高性价比精确 匹配基础控制需求

并非所有应用都需要倍福享誉业界的超高性能控制器。基于我们广泛的嵌入式控制器与工业 PC 产品线的可扩展性，尤其是在中低性能领域，我们现推出两款新品：CX82x0 和 CX9240 系列嵌入式控制器，二者均搭载时钟频率为 1.2 GHz 的 ARM® Cortex®-A53 处理器。



借助 TwinCAT 自动化软件充分利用所有可用内核的能力，多核处理器的重要性愈发凸显。CX82xx 配备 2 个 CPU 内核，适用于紧凑型控制任务；CX9240 则配备 4 个内核，可应对要求更高的应用，其性能远超上一代 CX9020。这两款设备都配备 1 Gbit 以太网接口，可实现更高的数据传输速率，并内置 1 秒 UPS。内存方面也有大幅提升：CX82x0 配备 1 GB LPDDR4 内存，而 CX9240 的内存则翻倍至 2 GB，容量是 CX82x0 和 CX9020 的两倍。

CX82x0 填补了 CX7000 (搭载 Arm® Cortex® -M7) 与 CX9240 之间的性能空白，为用户提供了一种成本优化的紧凑型控制方案，非常适合要求较低的应用场景。TwinCAT 自动化软件可以将这两款设备转换为高性能的 PLC 和运动控制系统。CX9240 可选择是否配备可视化功能，并带有一个 Display-Port 接口，用于连接倍福新推出的高性价比 CP49xx 和 CP59xx 新一代多点触控面板。

对于内部物流领域的仓储物流系统集成商、设备制造商和终端用户而言，可扩展性可确保每项应用都能以合理的价格提供与之精准匹配的性能。无缝集成至倍福生态系统也保障了生命周期保护：所有嵌入式控制器和工业 PC 均使用 TwinCAT 进行编程，现有项目无需修改即可在这些新一代设备上运行。性能通过集成在设备中的 EtherCAT (E-bus) 得到进一步扩展，该总线支持与倍福 EtherCAT I/O 产品线实现无限连接。

CX82x0 和 CX9240 均搭载全新的倍福实时 Linux® 操作系统，可保障设备具备现代化性能，且能长期稳定使用。

基于 Linux® 的实时控制器开辟了新的应用可能性

针对实时 Linux® 系统的 TwinCAT Runtime 的推出让倍福为实时控制开辟了新的应用可能性。现在，用户可以在单台工业 PC 上运行多个 TwinCAT Runtime，从而将系统组件整合到一个高性能平台上，简化编程与诊断工作。此外，对 GPU 的实时访问能力为机器视觉等高性能应用提供了硬件加速支持。

TwinCAT Runtime for Linux® 基于倍福自己的 Linux® 发行版，提供了除 Windows 和 TwinCAT/BSD 之外更多的操作系统选择。该发行版基于开源的 Debian 操作系统开发，标配包含一个 Linux® 实时内核，用于实时执行 TwinCAT Runtime。通过 Debian 软件包管理系统还可以在同一台设备上方便地安装其它软件。



搭载 NVIDIA® GPU 的 C6043 工业 PC 适用于对 3D 图形或深度集成的机器视觉和 AI 程序块有较高要求且周期时间极短的应用场景

所有功能结合在一起，为在 Linux® 平台上实现稳定的实时控制提供了 TwinCAT Runtime。使用 Docker®、Podman 以及 LXC 等容器技术，可以在单台工业 PC 上执行多个 TwinCAT Runtime，实现设备控制和其它自动化应用的模块化。在单台工业 PC 上单独执行多个 TwinCAT Runtime 有助于实现硬件整合，从而提高现有算力资源的利用率，带来相应的成本优势。

Linux® 用户可以利用自动化技术带来的更多的可能性，并同时保持 TwinCAT 熟悉的应用编程环境。其优势包括可在单个 CPU 上优化执行多个实时应用程序、通过模块化控制代码提高用户灵活性、简化的应用模块的添加或替换操作，以及针对单个应用程序执行更新。此外，它还能够整体减少在工程设计方面投入的时间和金钱成本。

搭载新一代 ARM 处理器的 CX82x0 和 CX9240 嵌入式控制器会率先搭载针对实时 Linux® 系统的 TwinCAT Runtime。倍福 Linux® 发行版随后会在其它所有工业 PC 和嵌入式控制器上陆续发布。

针对高性能控制应用

倍福还在不断扩展中高性能的工业 PC 与嵌入式控制器产品阵容。可扩展的超紧凑型 C60xx 系列工业 PC 在极致小巧的机身中融合了强大的计算能力，搭载 Intel Atom®、Celeron®、Pentium® 处理器，并提供从第 11 代/第 12 代/第 13 代 Intel® Core™ 处理器的丰富选择，最高支持 24 核。这代表了广泛的性能范围选择，能够满足各类配送中心的需求。

C6043 | 搭载 NVIDIA® GPU 的超紧凑型工业 PC 智能配送与履约中心正积极采用机器人技术、视觉系统及人工智能等前沿技术，借助先进的自动化解决方案来保持竞争力并优化运营。

搭载 NVIDIA® GPU 的 C6043 工业 PC 适用于对 3D 图形或深度集成的机器视觉和 AI 程序块有较高要求且周期时间极短的应用场景。改产品内置了用于插入高性能显卡的插槽，它的推出进一步完善了超紧凑型工业 PC 产品线。通过搭载新一代 Intel® Core™ 处理器和 NVIDIA® 并行计算显卡芯片，该款 PC 成为适用于超复杂应用的中央控制单元。倍福 TwinCAT 3 控制软件能够将其映射为一个全集成的解决方案，无需任何额外的软件或接口。通过增加可自由分配的 PCIe® 紧凑型模块插槽，C6043 可以通过添加功能的方式灵活扩展。

第 12 代和 13 代 Intel® Core™ 处理器的应用为 C6043 带来了强大的计算能力。其中，Intel® Celeron® i5、i7 和 i9 处理器首次采用了大小核混合架构设计。与前几代产品一样，Intel® Celeron®、Pentium® 和 Core™ i3 都仅配备了传统的性能核。Core™ i5 处理器增加了 4 个能效核，Core™ i7 增加了 8 个，Core™ i9 增加了 16 个。这种性能核 (P 核) 和能效核 (E 核) 共存的混合设计让应用程序可以在总共 24 个真核上实施。

性能核主要负责单线程的高负载任务，而能效核擅长于实时处理或通过用户模式处理多线程任务。每个核的时钟频率都是独立的，这一点与第 11 代 Intel® Core™ 处理器相同。电源和散热系统提供了足够的性能储备，可以充分利用处理器的可用计算能力。系统会根据不同的显卡性能自动调配可用的 CPU 性能，以便能够始终最大限度地发挥应用程序

的性能。C6043 尽管性能非常强大，但尺寸仅为 132 x 202 x 127 mm (W x H x D)，结构非常紧凑，在功率密度方面树立了新的标杆。

C6043 解锁了内部物流设备的性能潜力。例如，运行先进算法的高速单件分离系统可实现更高的吞吐量，同时该设备还能为高速分拣机提供动力。通过在独立的 Linux® 容器中运行多个 TwinCAT Runtime，多台设备可在单台工业 PC 上实现模块化集成。借助可选配的 NVIDIA® GPU 扩展，该设备还能够为那些依赖先进视觉技术来处理不同形状与尺寸物品的机器人应用提供支持。通过将多核计算、GPU 加速、Linux® 容器与 TwinCAT Linux® Runtime 相结合，C6043 提供了应对最复杂仓储运作所需的可扩展性与性能保障。

按需扩展 — 适配各类应用场景

依托强大的 TwinCAT 自动化平台与覆盖全场景的硬件产品矩阵 — 从紧凑型嵌入式控制器、中端与超紧凑型系统，到超高性能工业 PC — 倍福助力客户从容应对当前最严峻的内部物流挑战，并为未来发展做好充分准备。TwinCAT 平台功能强大且全面，集成了 PLC、运动控制、机器视觉、机器人技术、HMI、语音交互、通信、机器学习及数据分析等诸多功能，在人工智能持续赋能仓储与配送中心运营，助力运营商打造差异化竞争优势的时代背景下，TwinCAT 凭借其卓越的性能和丰富的功能，为仓储与配送领域的成功应用筑牢了坚实根基。

搭载新一代 ARM 处理器的 CX82x0 和 CX9240 嵌入式控制器会率先搭载针对实时 Linux® 系统的 TwinCAT Runtime



Doug Schuchart, 倍福全球物料搬运和内部物流行业经理

更多信息：
www.beckhoff.com.cn/embedded-pc
www.beckhoff.com.cn/ipc

先进的成本优化型多点触控工业显示屏系列助力打造更高效的操作员界面方案

倍福新一代多点触控控制面板： 设计、性能交互

倍福凭借其超过 25 年自主生产控制面板与面板型 PC 的成功经验积累和 12 年的多点触控设计专业知识储备，推出了全新设计的智能面板：新一代多点触控面板。该系列采用了革新升级的电子架构和标准化的连接方案，进一步巩固了其在多点触控人机界面领域的技术领先地位，倍福控制面板与面板型 PC 在保持了一贯的高品质的同时，价格也很亲民。



Doug Schuchart,
倍福全球物料搬运和内部物流行业经理

成本优化的新一代面板系列极大地丰富了倍福在工业显示硬件领域的产品矩阵。这一代的操作面板和面板型 PC 延续了倍福的一贯优势，将先进的多点触控技术、高品质设计以及丰富的格式和选项融合于一体，为用户带来高效便捷的操作体验。这些设备集智能电子架构、极简工业设计、一键启用的 EtherCAT 通信 (FSoE) 以及配备多指触控功能的工业级高清显示屏于一身。全新的设计也契合了内部物流市场不断攀升的需求态势，在提升安全标准方面发挥着积极作用，同时有效应对了长期存在的成本压力挑战。

过去几年，即便在全球经济面临挑战的时期，EtherCAT 在全球范围内依然保持着强劲的增长势头。这得益于 EtherCAT 在内部物流领域日益受到认可和应用：在该领域，EtherCAT 与 FSoE 相比其它现场总线和安全系统展现出显著优势。在此期间，一些影响内部物流行业走向的大型终端用户已相继采用 EtherCAT 和 FSoE 技术。这意味着，将 EtherCAT 集成到配备 FSoE 急停按钮的控制面板中，不仅可以简化安全架构，而且进一步提升了这些成本优化的设备的附加价值。

新一代多点触控面板提供 IP20 或 IP65 防护等级选择，兼具高品质和长期供货保障，可以满足严苛工业环境下的各类应用需求。与倍福生态系统中的其它产品一样，该系列面板可长期稳定供货，并能与 TwinCAT HMI 软件平台等所有倍福技术无缝集成。产品提供从 7 英寸到 24 英寸的多种显示尺寸和多样化的规格型号，并提供适合控制柜安装和安装臂安装两种不同的版本，包括各种附件和机械扩展。该控制平台全面集成最新技术标准，可以灵活适配未来应用需求，无需调整现有系统设计即可轻松优化成本，同时搭载成熟的兼具防眩光与防误触功能的触摸屏技术。

除新一代多点触控面板显示器外，倍福推出了采用 Arm® 处理器的新型多核面板型 PC，其中包括控制柜安装的型号，以及适用于悬臂或支撑臂安装的型号。全新的 CP4xxx 与 CP5xxx 系列面板型 PC 为基于 Linux® 的精简应用提供了集成 HMI 的完整实时控制解决方案，非常适合用作瘦客户端、边缘设备或纯粹的 HMI。高性能 Arm® 处理器采用六核架构，包含两个 2.0 GHz Arm Cortex®-A78 核心和四个 2.0 GHz Arm

Cortex®-A55 核心，在性能与能效之间达成了近乎完美的平衡，为履约作业场景下各类自动化设备提供了极具性价比的创新解决方案。

随着仓储、配送中心及履约中心在劳动力紧缺的背景下日益采用自动化技术来应对更快的交货需求，操作人员能够以熟悉、直观的方式与设备进行交互变得至关重要。多点触控操作界面通过提供人们在智能手机和平板电脑上日常使用的交互方式，满足了这一需求。在大型设施中，要将整台设备（如分拣机）或全局作业状态以单一视图呈现出来往往颇具挑战。多点触控显示屏则通过突出显示出现报警或瓶颈的问题区域来解决这一难题，使操作人员能够快速捏合缩放、精准定位问题并采取纠正措施。

新一代多点触控面板首期推出防护等级为 IP20 的 CP49xx 控制面板和防护等级为 IP65 并支持安装臂安装的 CP59xx 控制面板。后者支持客户直接安装在 VESA 显示器支架上，同时可选配带 48 mm 圆管的安装臂。

依托倍福新一代多点触控操作面板的接口通用性、长期稳定供应与成本效益优势，您的履约中心将迈向更高自动化水平，从而实现更长的正常运行时间与更强的安全集成能力。

更多信息：
www.beckhoff.com.cn/next-panel-generation
www.beckhoff.com.cn/cp49xx
www.beckhoff.com.cn/cp59xx



创新的 MX-System 如何为设备与系统工程自动化带来颠覆性变革

无控制柜解决方案 开启内部物流未来 新格局

内部物流与物料搬运设备 OEM 厂商制造商正面临着与日俱增的创新压力。若想在激烈的市场竞争中脱颖而出,您不仅需要快速、全面地推进产品自动化进程,还需要提供更为丰富多元的定制化解决方案,同时凭借环保与经济完美融合的可持续系统设计,赢得全球客户的广泛认可与青睐。

1895 年

英国费兰蒂电气公司研发出油开关,以最大程度降低因电气开关设备产生火花而引发的火灾与事故风险。



MX-System 完全集成于设备：直接敞开式安装在底架上，简化了布线，提高了可维护性，并取代了控制柜 — 这是一款尤其在设计方面更为卓越的解决方案

鉴于当前所面临的一系列挑战，数十年来几乎一成不变的控制柜方案正逐渐成为制约行业进一步发展的瓶颈。这是因为面对大幅提升的设备性能要求，传统控制柜在灵活性与模块化程度方面存在明显局限。此外，控制柜项目的工程设计与生产流程复杂繁琐，自动化程度极低，不仅如此，其维护与服务工作均需依赖专业人员，而这类人才不仅成本高，更难以招募。我们必须重新审视控制柜方案，并以创新方式将其付诸实践，才能避免发展进程受阻。倍福通过开发 MX-System 无控制柜解决方案，成功实现了这一突破。

设备制造商与系统集成商直面顶级趋势与挑战

无论贵司生产的是 AS/RS 仓储系统、分拣系统还是创新的输送系统，都有一系列关键趋势¹在根本上决定着贵公司国际市场的运营框架与条件。以下是我们总结的五大趋势概览：

1. 数字化转型带来的创新压力

设备与系统工程领域的自动化进程正不断加速。随着工业物联网 (IIoT) 的普及推动网络化进程提速，数字化发展已迎来新的里程碑，当前焦点集中于机器人与 AI 技术。人工智能算法需要庞大的数据库支撑。因此，工程领域的挑战在于如何采集和处理过程数据，包括电压、电

流、温度等物理变量。另一重挑战在于如何构建用于生产过程仿真与建模的数字孪生系统。简而言之，数字化创新压力与日俱增，市场亟需灵活且高度定制化的解决方案。

2. 技术人才短缺

某国际人力资源服务商的最新研究²证实，全球 75% 的企业正面临严峻的技术人才短缺问题，其主要驱动因素是人口结构的变化。继日本之后，德国受此影响尤为显著。根据德国经济研究所 (Iw)³预测，到 2034 年，仅退休一项就导致德国机械制造行业流失 29.6 万名技术人才，然而，同期预计仅能吸纳 11.8 万名新从业者。这意味着该行业最终将面临 17.8 万名技术人才的缺口。

3. 全球化

全球化进程持续深化，不仅在市场层面，在生产领域也日益显现。越来越多的制造商将生产环节布局到潜在客户所在地区，或是劳动力与能源成本更具优势的地方，而不再仅以本土市场为主要生产基地。若想有效实现降本目标，企业需要的是符合全球高标准、且无需因监管要求进行重大技术调整即可在世界各地投入使用的设备与物料搬运解决方案。

4. 可持续性 & 足迹最小化 (ESG)

在机械设备和系统领域，可持续性已成为决定性的竞争要素，这不仅体现在运行过程中的能耗和排放上，也体现在材料和空间占用方面。正因如此，机械设备和系统的足迹早已成为合规要求，同时，由于 ESG (环境、社会和治理) 要求的推动，这也成为制造企业日益重要的考虑因素。在评估企业的价值和吸引力时，投资者和评级机构如今不仅关注经济效益，还将 ESG 标准纳入考量。这背后是新的政策目标，例如《欧洲绿色协议》所设定的目标，使得这些标准愈发重要。

5. 定制化与快速上市

在机械设备及系统工程市场中，现货产品如今几乎都面临着滞销困境。用户现在需要的是能够精准满足其需求，并适配现场空间与操作条件的解决方案。对于作为设备制造商或系统工程公司的您而言，这意味着产品必须能够快速调整以应对个性化需求。实现这一目标的方法之一是采用模块化、分布式的设计理念。此外，新的基本需求正以越来越快的速度不断涌现。那些能够以短上市时间推出满足这些需求的新产品的公司，将赢得宝贵的竞争优势。

控制柜可能成为应对主流趋势时的制约因素

迄今为止，对于任何想要开发解决方案以应对机械设备与系统工程重大挑战的企业来说，控制柜都是一道绕不开的坎 — 而穿过它的路径正变得越来越窄。这是因为汇聚在控制柜内的设备、继电器和电缆数量多年来一直动态增长，长期以来，控制柜已成为自动化和技术进步的瓶颈。

以下回顾将展示在应对关键挑战时，控制柜如何以及为何正阻碍着技术进步。

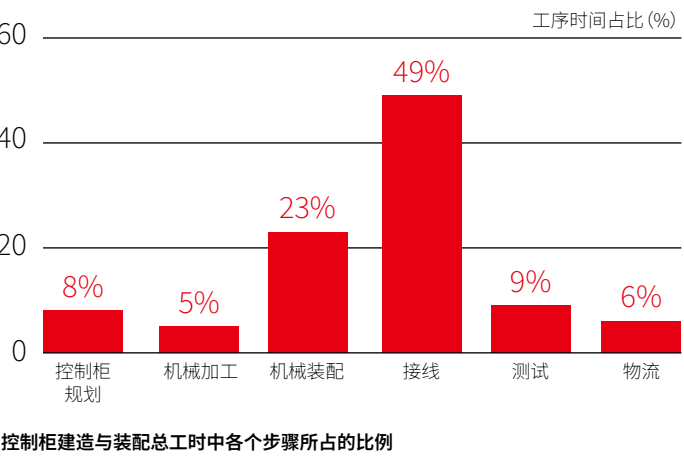
数字化发展与自动化要求控制柜的尺寸更大

控制柜内安装的组件数量持续增长。这些新增的部件不仅包括新设备，还有必要的风扇和冷却单元，以及额外的测量测试组件。在使用传统控制柜时，后者需要单独规划和安装，这不仅耗费人力，而且成本高昂。更重要的是，每增加一个安装件就需要更多空间，尤其是各部件间必须保持根据散热和温度敏感性要求规定的最小间距。其结果是控制柜变得日益庞大、复杂且昂贵。

控制柜复杂度攀升导致工作量激增

日益增长的复杂性使得控制柜的建造更加耗时费力。对于设备制造企业而言，这意味着要么接受更长的生产周期和更低的产能，要么招聘更多的熟练工人。然而，在熟练工人短缺的时代，要按所需规模招聘几乎不可能，工作必须依靠现有资源来完成。

以布线为例：它约占控制柜总工时的 50% (参见第 33 页图表)。利用机器人提高布线效率的尝试仍处于起步阶段。此外，这些方案资金投入巨大，且最终只是治标不治本。机器人并未改变控制柜建造成本持续攀升这一现实。



1903 年

布里斯托的一家工厂发生重大火灾，起因是油开关存在缺陷。这种开关外部装有充油壳体，通过油来熄灭开关过程中产生的电弧。如果壳体发生泄漏，气体可能逸出并引发燃烧。

1908 年

英国工程师 Henry Clothier 开发出金属封闭式开关柜，旨在预防类似布里斯托的事故。不过这项新成果起初并未得到专家们的认可。

20 世纪
30 年代

尽管金属外壳控制柜的应用日益广泛，但油开关直到 30 年代中后期仍是行业标准。

20 世纪
60 年代

定制化控制柜的时代宣告终结，新的供应商携标准化控制柜进入市场。

20 世纪
80 年代

除电气系统外，控制柜中集成了越来越多的设备用于系统和设备控制，以及必要的数据接口。

21 世纪

随着电气化与数字化进程的推进，控制柜面临温度控制与空间布局的挑战。系统变得愈发庞大、复杂且成本更高，布线需求也日益繁复。

¹ Cf. 例如: <https://www.eit.edu.au/power-ahead-with-mechanical-engineering-trends/> or <https://www.mittelstand-heute.com/maschinenbau-2024-4-top-trends-und-herausforderungen>
² Man Power Group, 2024 年全球人才短缺调查
³ Cf.: <https://www.elektroniknet.de/karriere/arbeitswelt/iw-studie-maschinenbau-droht-bis-2034-massiver-personalmangel.221781.html>

缺乏国际标准致使全球营销困难

控制柜中的设备与组件缺乏全球统一适用的标准，整个控制柜结构也是如此。因此，制造商需要根据目标市场的不同，不断调整控制柜设计，并逐一核查所有安装组件的产品信息与数据表，例如电气安全、功能安全以及电磁兼容性与抗干扰能力等方面。即使是标准化品，如今同一款控制柜也通常提供多种版本，例如分别符合 UL、CSA 或 IEC 标准。这一过程既耗时又成本高昂。

控制柜设计的发展与 ESG 及可持续性目标相冲突

在机械设备与系统工程领域，ESG 与可持续性目标正变得愈发重要。而这一切都始于供应链。由于控制柜包含大量来自不同制作商的组件，其供应链极为复杂，以至于要确保符合所有 ESG 标准，需要付出大量不创造价值的努力。而这种复杂性还在不断增加。

这台用于全自动加工 PVC 窗框型材、长达 14 米的 Schirmer 设备，首次采用 MX-System 替代了此前所需的所有控制柜



21 世纪
10 年代

控制柜制造商越来越多地将功能集成到系统中：设备实现数字化互联，组件则朝着更紧凑、更节能的方向发展。智能化的按需冷却系统正在取代传统空调设备，但在空间、能耗和成本方面通常仅能实现有限的节约。

2021 年

倍福工程师开发并提出了一种全新方案，全面取代了控制柜系统。该方案在随后几年通过与试点客户的合作得以验证。

2025 年

倍福正式推出 MX-System，这是一个用于实现无控制柜自动化的革命性硬件平台。

固定的安装空间和缺乏模块化成为限制因素

对于配备传统控制柜的机械设备和系统而言，实现定制化功能极其耗时。这是因为，所有未在系列化控制柜中作为标准件预装和安装的组件，都必须针对具体应用进行复杂的专门规划、安装和接线。这无论在研发还是生产环节，都既耗费时间又需要投入大量人力。

此外，即使控制柜通常预留了空间余量而比实际所需更大，其可扩展的安装空间仍然有限。另一个障碍在于设计理念。控制柜并非作为模块化元件来规划，而是被设计为中心元件，即便在采用模块化机械设计理念的设备中也是如此。尽管这类情况下常会使用多个控制柜，但始终无法实现控制柜与设备模块之间的一对一对模块化，其结果仅仅是增加了控制柜的数量，进而使上述所有挑战成倍放大。

结论：控制柜已无未来可言

面对当前的种种挑战，控制柜早已达到其设计极限。经过一百多年的持续发展，限制亟需一种根本性的、颠覆性的全新方案。

概览：
MX-System 价值链优势概览

- 组件数量大幅减少 (平均仅需 10 个，而非 100 个)
- 电路图与部件清单减少 80%
- 设计与项目规划工作量显著降低
- 100% 集成 EtherCAT。系统完全数字化，无任何无源元件
- 无需额外购买控制柜壳体，无需设计规划工作，无需外包
- 符合全球各项标准与安全要求 (IP67、EMC、IEC、UL、CSA)
- 无需额外空间，可安装于设备内部或设备之上
- 无需手动进行机械作业或装配作业
- 无需手动布线 — 杜绝布线错误
- 即插即用安装大幅缩短设置时间，节省时间与成本
- 设备和组件通过混合电缆连接
- 模块的插入与螺丝固定无需专业知识
- 安装过程无需专业电工
- 100% 集成 EtherCAT：用户可随时对所有模块进行系统诊断
- LED 状态指示灯直观显示每个模块的运行状态
- 通过专用智能手机 APP 读取模块的 DataMatrix 码，即可获取所有相关诊断数据。这意味着操作人员可自行识别并排除故障，无需专业电工
- 可重复使用：模块易于拆卸，并可在其它 MX-System 中重复使用，即使在国际范围或迁移后也同样适用，因为它们完全符合标准要求
- 单个功能模块可替代多个传统组件。从而减少备件仓库中需要采购和存储的组件数量



更多信息：
www.beckhoff.com.cn/mx-system



RO-BER 的线性机器人可
全自动搬运沉重的料箱，
确保 Bürkert 物流人员
的安全

基于 MX-System 的拆垛单元解决了内部物流领域由来已久的占地面积问题

无控制柜解决方案解锁 空间利用新极限

德国 Bürkert 流体控制系统公司坐落于 Criesbach 的工厂正面临着一个颇具代表性的生产物流难题：将沉重的料箱手动送入自动化小件仓库，不仅整个流程效率极为低下，还给操作人员带来了沉重的负担。然而，传统自动化解决方案所要求的占地面积，在当前条件下根本无法满足。因此，Bürkert 委托龙门机器人与物料搬运设备制造商 RO-BER 设计了一款极为紧凑的拆垛单元，该单元可接收由自动导引车 (AGV) 运送来的托盘。尽管采用了上述解决方案，但用户仍有进一步节省空间的需求，以满足其严苛的标准：最终，倍福的 MX-System 发挥了关键作用，它让系统能够在完全无需控制柜的情况下稳定运行，成功攻克空间受限这一棘手难题。

在内部物流领域，占地面积是最宝贵的资源之一。通常情况下，每一平方厘米的空间都至关重要，而 Bürkert 公司的情况正是如此。这家流体测量、控制和调节系统供应商正处于稳步增长的轨道上，这意味着其内部物料处理及物流环节必须进行持续的优化与改进。Bürkert 不销售标准产品，而是专注于为每位客户量身定制独一无二的阀门设计与材料方案，实现精准匹配。因此，该公司的产品范围包含 14 万种可供销售的单品。负责统筹 Bürkert 整体物流流程的 Frank Landgraf 讲述了当时决策的出发点：“要妥善应对生产环节与内部物流中所呈现出的这种多样性，确实是一项极具挑战性的任务。过去，自动化工作的重点聚焦于装配领域，而时至今日，内部物流领域则蕴含着最大的发展潜力。”他进一步强调，充分考虑人机工程学具有至关重要的意义：“如今，人工搬运重达 20 公斤甚至更重的箱子已不再符合我们当下的操作规范——况且，鉴于当前劳动力短缺的现状，我们也无力再维持这种操作方式。”在 Criesbac 工厂，向拥有约 27,000 个货位的自动化小件仓库供料这个环节，已经成为制约整体运营效率的瓶颈。该公司一直不遗余力地探寻自动化解决方案，然而受现场环境条件的限制，实际可操作的空间微乎其微。新系统必须安装在现有的狭小空间内，而传统机器人单元和庞大的控制柜对于该空间显得过于局促拥挤，难以适配。



搭载 NVIDIA® GPU 的 C6043 工业 PC 适用于对 3D 图形或深度集成的机器视觉和 AI 程序块有较高要求且周期时间极短的应用场景。



操作人员可通过定制的倍福控制面板访问联网系统的所有功能和过程数据

更少工作量, 更小空间

带着这一目标, Bürkert 找到了位于德国卡门的 RO-BER 工业机器人公司。RO-BER 长期专注于复杂龙门机器人系统的研发与生产, 其团队依据 Criesbach 工厂的具体需求, 开发了一套定制化的拆垛单元, 该单元能够高效地完成从地面滚轮托盘上拆垛欧标料箱的任务。一台配备多功能夹具的线性机器人取下料箱, 随后以严丝合缝的精准度将其对齐放置在自动化小件仓库的输送系统上。尽管在机械和机器人技术方面, RO-BER 能够沿用其成熟的解决方案, 但在自动化控制方面, 他们

RO-BER 拆垛单元可无缝集成到 Bürkert 德国 Criesbach 工厂的自动化小件仓库旁的有限空间中



探索出了新的路径。为确保系统达到所需的紧凑程度, RO-BER 经过审慎考量, 最终选定了倍福的 MX-System 作为解决方案。

“作为一种可插拔的模块化无控制柜解决方案, 它很快就引起了我们的注意。”RO-BER 总经理 Elmar Stöve 解释道。MX-System 是一种模块化自动化系统, 包含了从控制组件和驱动产品到 I/O、电源和熔断器等所以控制柜功能。其功能模块防护等级高达 IP67, 具有坚固耐用的特点, 凭借这一优势, 在众多应用场景中能够完全摒弃传统控制柜的使用。所有需要的模块都插接在设备安装底板上。对于 RO-BER 而言, 这意味着无需再为安装控制柜单独规划空间, 而是将自动化系统直接集成到设备上部结构中, 从而显著减少了所需空间和布线工作量, 同时简化了整个单元的设计。

更快的组装与调试

“MX-System 的优势贯穿设备的整个生命周期, 从设计、规划到维护都包含在内。”倍福销售工程师 Antonia Kuhn 解释道, “在组装过程中, 底板的标准化接口设计省去了手动接线和复杂线缆路径的需求。功能模块只需插入并拧紧即可, 电气连接会自动建立。所有现场设备均通过可插拔的连接电缆与 MX-System 模块连接, 进一步消除了所有潜在的接线错误。”这为设备制造商带来了巨大的效率提升。“一套完整的 MX-System, 包括工业 PC、伺服驱动器、主开关、馈电模块、48 伏电源和 I/O 模块, 只需几分钟就能安装在设备上。”Elmar Stöve 证实道, “与传统控制柜所需的安装时间 (可能长达数小时甚至数天) 相比, 这是个巨大的差异。”单电缆自动化 (OCA) 技术减少了电机的布线工作量, 因为动力、数据和反馈信号都通过一根电缆传输, 这也降低了出错的可能性。此外, MX-System 产品线中的每个组件都能被诊断, 从维护角度来看, 这是一大优势。



MX-System 功能模块只需插接到底板上即可, 将组装时间从数小时缩短至几分钟

无缝集成与网络化

“对我们而言, 自动拆垛不仅仅是新设备带来的功能 — 它还必须能够无缝集成到更高层级的架构中, 并与我们的自动导引车 (AGV) 实现互联。”Bürkert 公司负责流程优化的 Marius Mazugo 表示。这正是倍福基于 PC 的开放式控制技术与 EtherCAT 通信技术的优势所在, 因为它兼容所有常见的 IT 和通信标准, 使用户能够在物流控制、生产控制系统和企业数据库中实现无缝追溯。当 AGV 小车进入工厂时, 系统会自动识别订单, 拆垛欧标料箱, 将其送至自动化小件仓库, 并堆叠空置的地面滚轮托盘, 再由 AGV 小车取走。这一全自动循环过程消除了人工干预的需要, 并避免了停机时间。

项目规划简单, 可扩展性强

除 MX-System 外, 该拆垛系统还配备了倍福 CP39xx 系列定制化控制面板, 安装在一个带紧凑按钮扩展件的安装臂上。支持 HTML5 的显示屏搭载 TwinCAT 3 HMI, 专为直观操作而设计, 可提供设备及其流程的详细图示, 以及对 EtherCAT 网络的动态实时图形监测, 从而实现系统的快速诊断。该系统除了使用 AM8000 系列伺服电机外, 还使用了多个 IP67 级 EtherCAT 端子盒。整个应用都在 TwinCAT 3 自动化软件中进行配置。“对于 RO-BER 这家倍福技术的资深用户而言, 使用 MX-System 无需改变任何编程习惯。”Elmar Stöve 说道。凭借软件的灵活性以及工业 PC 的高计算能力, 该系统能够处理和管理极其复杂的自动化任务。原则上, RO-BER 的系统甚至能够处理混合托盘或不同类型的包装。



跳出控制柜的思维: 来自 Bürkert 的 Frank Landgraf, 来自 RO-BER 的 Elmar Stöve, 来自倍福的 Antonia Kuhn, 以及来自 Bürkert 的 Stefan Keilbach 和 Marius Mazugo (从左至右)

出色的人体工程学设计与工艺稳定性

对 Bürkert 而言, 投资新的拆垛系统已获得丰厚回报。“RO-BER 在系统功能实现和运行上, 真正将我们的设想变成了现实: 运行流畅且无故障。”Bürkert 厂区仓库与物流部门团队负责人 Stefan Keilbach 总结道, “该系统外观设计先进, 视觉融合度也非常出色。”该项目凸显了模块化、紧凑型物流单元的发展趋势, 这类单元可灵活集成到现有的物流流中。MX-System 在这一进程中起到了技术催化剂的作用: 设备制造商无需再以控制柜为核心来设计系统, 而是能够将自动化功能直接集成到机械系统中。由此打造的结构紧凑、外观简洁, 且更易于维护。

真正的竞争优势

Bürkert、RO-BER 与倍福三方的合作表明, 打破常规思维 — 就本例而言, 是跳出控制柜的局限 — 能够催生创新解决方案, 从而显著提升效率并创造价值。“我们看到了 MX-System 的巨大潜力, 并且对更多的自动化项目有很多构想。”Elmar Stöve 展望未来时说道, “例如, 在今年的 LogiMAT 展会上, 我们展示了一款体现这一设备设计理念的新型紧凑型码垛单元。”这再次印证了无控制柜设备制造已不再是遥远的愿景, 而是当今工业生产中的现实, 并正在切实转化为真正的竞争优势。

观看 RO-BER 采用 MX-System 的无控制柜拆零拣选单元的演示



更多信息:
www.buerkert.de/en
www.ro-ber.de/en
www.beckhoff.com.cn/mx-system



借助物理 AI, 搭载倍福 EtherCAT 和基于 PC 的控制技术的 Mech 超级人形机器人在复杂多变的仓库环境中表现卓越

AI 赋能:Dexterity 重塑现代仓储机器人 技术新格局

Mech 超级人形机器人拥有两条具有独特触觉感知能力的机械臂,通过物理 AI 注入类人的灵巧手

机器人在过去的几十年里一直是制造业的中流砥柱,而如今,内部物流行业也迎来了属于自己的运动学时刻。一批新技术供应商正在崭露头角,他们推出的机器人专门面向包裹和快递配送中常见的高度多变、难以预测的任务。总部位于加利福尼亚州 Redwood 的 Dexterity 公司,正通过物理 AI 为机器人赋予类人的推理能力和敏捷性,以此革新内部物流领域的机器人技术。

物流行业巨头 FedEx (联邦快递) 已与 Dexterity 达成合作,此次合作重点是优化拖车装卸流程,将员工从繁琐的装卸工作中解放出来,使其投身于其他关键任务,同时进一步提升作业安全性,巩固其本就处于行业领先水平的服务质量。凭借由机器学习驱动的打包算法以及实现精准纸箱摆放的“触觉感知”等能力,Dexterity 的解决方案充分展现了机器人技术如何在快速变化的市场中,同步实现运营韧性与客户满意度的双重提升。

Dexterity 公司最新重磅推出的突破性产品,即名为 Mech 的机器人,是全球首款专为助力各企业实现物流转型而精心设计的工业超级人形机器人。面对现代仓库在现实运营场景中呈现出的诸多挑战与高度复杂性,Dexterity 经过审慎考量,最终决定采用倍福的自动化技术,该技术具备卓越性能,能够满足传统基于 PLC 的控制系统难以企及的多样化要求。

“如果你走进世界上任何一间仓库,问他们‘你们最想要把哪项工作外包给机器人?’,那里的每个员工都会告诉你卡车装/卸。”Dexterity 公司市场营销与业务拓展副总裁 Michael Perry 说道。这项任务对工人们提出了极高要求,不仅需要身体灵活、动作敏捷,还要求他们掌握专业技能并做好周全规划。这是由于工人们所处的作业环境高度可变,且会随季节更替以及一天中不同时段的推移而发生剧烈变化。在此情形下,他们必须尽可能提高货物的堆放密度,同时确保货物装载的稳定性。再加上时间限制、拖车内部温度变化、重型货物以及快速移动设备的存在,不难理解为何这种环境往好了说是令人不适,往坏了说是极易导致工伤。

为了保护员工安全,Mech 需要能够在动态的、以人为本的环境中安全运行,同时不牺牲吞吐量、可靠性或性能。Mech 配备了两条安装于移动底座的机械臂,能够在工业场所自如地漫游并开展作业,高效执行那些原本依赖繁重体力劳动的高强度重复性任务,让员工能够将精力聚焦于更安全且更具高层次认知需求的工作。每条机械臂均可独立操作,以大幅提升吞吐量,也可协同作业,处理通常需要独立自动化系统或人工系统才能完成的重型和大尺寸货物。

Mech 不仅提高了仓储自动化水平,更重新定义了未来人与机器人协作的方式。

从拼凑到强大:技术之路

对 Dexterity 而言,开发 Mech 的最大挑战之一在于克服系统碎片化问题。许多传统自动化解决方案所依赖的系统,是由硬件组件、网络以及软件平台拼凑而成,这种拼凑式系统面临着集成难度大的问题,不仅导致开发进度被严重拖慢,还使得大规模部署工作变得极为复杂。“我们需要是一套既能简化集成,又不会牺牲性能、安全性或可靠性的解决方案。”Dexterity 硬件产品工程副总裁 Gil Matzliach 解释道,“倍福为我们提供了一个全集成的安全与运动控制生态系统,满足了我们的所有需求,甚至在许多方面超出了预期。”

2025 年初,Dexterity 加速推进了与倍福的工程合作,携手倍福美国特别项目团队 (SPT) 完成了该应用所需的软件开发。这种合作模式使 Dexterity 能够简化从初始调试到车队级软件更新及远程调试的各个环节。倍福通用且开放的控制架构取代了以往需要管理多个难以相互通信的孤立系统,为跨设备互操作性和实现规模化所需的模块化奠定了坚实的基础。Dexterity 的工程团队还参加了倍福的培训课程,从而缩短了学习周期,加快了调试进度。



Mech 超紧凑的移动底座配备四个可转向轮,能够移动、旋转和爬坡

EtherCAT 的应用同样至关重要,这主要归功于它所具备的高确定性、低延迟、近乎可以忽略不计的抖动以及开放式通信架构等特性。倍福通过优化设计,有效降低了硬件复杂性与布线要求,帮助 Dexterity 延长了系统正常运行时间,同时将潜在故障点的数量降至最低。“自项目启动的第一天,Dexterity 在 EtherCAT 技术上进行了大量投资。”Dexterity 供应链副总裁 Avinash Verma 表示。凭借倍福提供的硬件、软件和网络支持,Mech 整个系统架构实现了无缝集成。EtherCAT 还提供内置的系统诊断功能,同时集成了设备安全功能,该功能可通过“隐式通道”在主网络上实现通信,甚至支持无线通信方式。此外,它还允许与非安全相关设备安装在同一条线路中。

虽然 EtherCAT 在设计中占据重要地位,但倍福丰富的通信产品线,尤其是集成其它网络的能力,同样在 Mech 的成功实现中发挥了重要作用。Dexterity 将 CAN 总线与 EtherCAT 结合使用,成功克服了传统系统与下一代系统之间的典型障碍。综上所述,基于 PC 的控制技术、EtherCAT 通信、TwinSAFE 安全功能和 I/O 模块的组合,为 Dexterity 提供了将物理 AI 驱动的机器人引入生产环境所需的性能、安全性与可扩展性。

(从左至右):来自倍福的 Shawn Lange;来自倍福的 Doug Schuchart;来自 Dexterity 的 Robert Sun;来自 Dexterity 的 Gil Matzliach;来自 Dexterity 的 David Turney;来自 Dexterity 的 Michael Perry;来自倍福的 Nathan Hibbs;来自倍福的 Peng Chen



内在奥秘:嵌入式控制器大脑、单电缆技术魔法等

在这个分秒必争、每个动作都至关重要的行业里,Mech 旨在应对最艰巨的物流挑战,同时让仓库工作更安全、更可持续。凭借倍福自动化技术加持的 Dexterity 物理 AI 平台,这款超级人形机器人能够在传统机器人无法胜任的环境中,精准地感知、思考与行动。

Dexterity 的 Mech 依托一个高度集成的倍福控制系统生态,该系统负责从整体自动化流程管控,到运动精准执行,再到安全关键功能保障等各个环节的事务。借助倍福丰富的产品线,包括工业控制器、I/O 硬件、安全产品及软件框架,Dexterity 成功搭建起一个性能卓越且具备模块化特性、便于维护且可扩展的机器人平台,能够为大规模部署提供有力支持。

Mech 控制架构的核心组件是倍福 CX5240 嵌入式控制器,其搭载了 Intel Atom® x5-E3940 处理器和 Windows 10 IoT Enterprise 操作系统。这些节省空间的 DIN 导轨安装式控制器负责处理下层设备控制层的运动控制和安全逻辑,与 Dexterity 的 AI 驱动决策“大脑”形成互补。选择 DIN 导轨安装形式,是因为该安装方式能够以简洁高效的方式集成到机器人的紧凑设计中,同时极大地提升了现场维护工作的便利性。

Dexterity 用倍福的 EJ 系列 PCB 插接式 EtherCAT I/O 端子模块替代了传统的接线式 I/O 端子模块,随着生产规模的持续扩大以及更多超级人形机器人投入生产,进一步降低了人力成本。这些端子模块具备即插即用的特性,安装过程极为简便,能够最大限度地减少 Mech 的布线需求,并大幅提升批量生产效率。

可直接安装在设备上的 EtherCAT 端子盒对于最小化 Mech 的布线工作并保持其尺寸可控也至关重要。除了通过多个网络进行通用数据采集

上图:Dexterity 使用 EJ 系列 PCB 插接式 EtherCAT I/O 端子模块替代了传统的接线式 I/O 端子模块,最大限度地减少 Mech 的布线需求 and 提升批量生产效率

下图:Mech 的臂展超过 5 米,可处理高达 60 公斤的有效载荷,使系统能够操控数百万种不同类型的包裹和货物

外, 这些防护等级达 IP67 的 I/O 模块还集成了特殊功能。“我们使用 IMU (惯性测量单元) 跟踪最大位置并相应地调整运动控制。”Matzliach 说道。为此, Dexterity 采用了倍福的 EP3751-0260 EtherCAT 端子盒, 它将加速度计和陀螺仪 (IMU) 集成在一个 IP67 级单元中。“这一高度无缝衔接的流程成功消除了我们以往使用其它设备时所面临的额外挑战, 并加速提升了我们开发成熟、可量产产品的能力。”

这种全栈式方案对于达成将物理 AI 驱动的机器人引入现实生产环境所需的性能、安全和灵活性标准起着关键作用, 同时能够确保 Mech 在未来多年的现场应用中始终保持最佳性能状态。

更高效、更快捷、更强大的仓储解决方案

Dexterity 推出的支持 EtherCAT 的 Mech 为承担超级人形机器人集成工作的团队带来了显著的提升。除了提高工人安全性、降低受伤风险外, Mech 还达成了更高的吞吐量和作业效率, 同时在调试时间和设备成本方面实现了可观的节省。通过先进的诊断和远程支持功能, 预计能够有效缩减停机时间, 进一步强化上述提及的各项优势。为提升可持续性, 各企业正积极采取措施, 致力于消除卡车内部空间浪费现象。Mech

所搭载的物理 AI 能够优化包裹摆放方式, 充分利用每一寸可用存储空间。

依托 Mech 所具备的强大能力, Dexterity 展望了这样一幅未来图景: 超级人形机器人将成为仓库处理卡车装卸、码垛/卸垛等繁重工作的标配。不久的将来, 仓库团队将迎来一类专业人员 — Mech“导航员” — 专门负责管理和优化机器人的使用。这些导航员将确保 Mech 被精准部署到合适的任务场景中, 并重新规划工作流程, 保障机器人能够以最高效率运行。与此同时, 车队主管将监督仓库的整体运营绩效, 识别利用率不足的机器人,

及时将它们重新调配至需求更为迫切的区域。他们还将积极探寻扩大自动化应用的机会, 以提升所在场地的生产力, 同时确保不会给工人增添额外的安全风险或工作压力。

真正的突破并非局限于单个仓库范畴, 而是体现在网络层面。鉴于 Mech 能够生成高质量的数据流, 涵盖吞吐量指标以及运营瓶颈等关键数据, 企业将能够动态地推行持续改进举措, 并在各个配送中心之间灵活调配运力。例如, 当某一设施因货物延迟而出现延误状况时, 企业

倍福全球内部物流行业经理 Doug Schuchart

“Dexterity 的策略 — 从可适配多种应用的标准移动基座入手 — 为终端用户提供了一种高度灵活且极具优势的解决方案。”

操作人员可利用 Mech 达到超乎常人的工作效能, 进而显著提高整体生产效率。一名操作人员可管理十台甚至更多 Mech, 而车队主管则可监督整个站点或网络

可迅速将额外运力调配至附近的站点, 从而确保整个物流网络保持弹性和高效运转。简言之, Mech 将通过解锁新能力, 全面提升整个供应链生态系统的效能, 进而重塑物流行业的格局。

可扩展的机器人技术: Mech 走出仓库, 迈向更广阔的天地

随着 Dexterity 不断对 Mech 进行迭代升级, 以最契合的方式满足内部物流行业日新月异的需求, 倍福的技术确保了他们在无需重新设计的情况下, 能够灵活地将解决方案扩展到新的应用领域。

“在很多场景中, 人工操作的需求极为旺盛, 然而人力供应却难以满足实际需求, 又或者某些流程若不引入人员参与反而能取得更好的效果。”Perry 解释道。制药生产正是这样一个典型领域。在该领域中, 最大程度减少对药品的人工接触至关重要; 此举不仅有助于提升药品质量、强化安全性与保障性, 更能在最终层面推动健康水平的显著提高。“制药行业自始至终都离不开人的参与。” Perry 补充道, “然而, 当涉及药品的操作、拣选、包装, 以及在不同洁净区之间的转移等环节时, 引入机器人来完成这些任务, 对于保障供应链的安全稳定运行而言至关重要。”

随着 Mech 及其物理 AI 不断适配各行业需求, 倍福的可扩展自动化技术为 Dexterity 部署机器人提供了有力支撑, 通过在关键且高风险的流程环节中减少人工直接接触, 显著提升了整体作业的安全性及效率。这种创新方法不仅切实保障了人员与产品的安全, 也为在那些对精度和安全有着严苛要求的场景中拓展自动化应用范围奠定了坚实基础。

Dexterity 与 FedEx、Sagawa Express (佐川急便) 和 UPS 等全球物流行业巨头的合作充分证明了其物理 AI 平台的卓越效能。该平台借助类人推理和 AI 驱动的机器人技术, 成功攻克了当今物流领域最普遍的挑战之一。如今, Dexterity 借助 Mech 将其发展愿景从仓库内部拓展至仓库外的全场景, 提供了一种具备高可扩展性的解决方案。该方案在保障工人安全的同时, 还能在要求严苛的应用场景中确保始终如一的稳定性能和强大韧性。在配送与履约中心, 机器人通常被视作为应对劳动力短缺问题以及承担危险任务的有效解决方案。“Dexterity 的策略是从可适配多种应用的标准移动基座入手, 为终端用户提供了一种高度灵活且极具优势的解决方案。”倍福全球内部物流行业经理 Doug Schuchart 说道, “Mech 在卡车装卸作业中所展现出的成效已然十分显著, 而从长远来看, 它在未来发展中所蕴含的可能性更是不可估量。”

Dexterity 通过深度融合其自身在机器人领域的专业知识与倍福的集成自动化技术, 正以前所未有的态势重新勾勒物流领域的可能性边界: 由 AI 驱动的更智能的运营模式, 更安全的工作场所, 以及一个人与机器人紧密协作、共同保障供应链全速运转的未来。



上图: Mech 超紧凑的移动底座配备四个可转向轮, 能够移动、旋转和爬坡

下图: Dexterity 的 Mech 运用了倍福基于 PC 的控制技术和 EtherCAT, 凭借类人般的灵活操作和推理思维能力, 在充满不确定性的仓库环境中实现了高效自如的运行

观看 Dexterity 如何通过 Mech 超级人形机器人挖掘并释放物理 AI 的卓越性能



更多信息:
www.dexterity.ai
www.beckhoff.com.cn/intralogistics

倍福全球内部物流行业经理
Doug Schuchart;EuroSort
公司区域销售经理兼市场营销
主管 Scott Eisenberg;贸泽电
子出库运营副总裁 Matt Bell

EuroSort 沿分拣线分布着
数百个可直接安装在设备上的
EtherCAT 端子盒(如图)
以及 DIN 导轨安装式高密度
EtherCAT 端子模块

© Beckhoff



每小时处理 3 万 SKU 的背后:全球电子元件分销商部署支持 EtherCAT 的分拣系统,轨道总长超半英里

EuroSort 与贸泽电子强强联合： 共筑大型分拣系统，实现效率与 精度双重提升

人们常说，人生就像一场旅行，重要的不是目的地，而是沿途的风景 — 产品分销与履约亦是如此。将一件产品从入库拣选到送货上门，犹如踏上未知的旅程，沿途经历万千工序，有些如顺水行舟般畅行无阻，有些则如暗礁触碰般意外横生。作为半导体与电子元器件业的全球分销巨头，贸泽电子 (Mouser Electronics) 在应对 B2B 订单履约的复杂性及管理客户供应链方面，可谓独树一帜。

“贸泽电子分销来自 1200 多家不同制造商的产品，专注于快速引入新产品和新技术，并为研发设计工程师以及制造供应链提供强有力的支持。” 贸泽电子出库运营副总裁 Matt Bell 表示，“我们的使命是确保超过 65 万名客户能够以最高的订单准确率和准时交货率放心下单。” 这家总部设立于德克萨斯州曼斯菲尔德的伯克希尔哈撒韦旗下子公司，在 Supply Chain Connect 发布的 2025 年全球电子分销商 50 强榜单中排名第五。该公司拥有极为丰富的产品库存，活跃 SKU 数量超过 120 万个，且产品尺寸与包装形式呈现出多样化的显著特征。要对数百万件物品进行分拣和发货，同时保持超过 99% 的准确率，并在最晚至晚上 8:00 的截单时间前实现当日发货，这无疑是一项极具挑战性的任务。

“贸泽电子分销来自 1200 多家不同制造商的产品，专注于快速引入新产品和新技术，并为研发设计工程师以及制造供应链提供强有力的支持。” 贸泽电子出库运营副总裁 Matt Bell 表示，“我们的使命是确保超过 65 万名客户能够以最高的订单准确率和准时交货率放心下单。” 这家总部设立于德克萨斯州曼斯菲尔德的伯克希尔哈撒韦旗下子公司，在 Supply Chain Connect 发布的 2025 年全球电子分销商 50 强榜单中排名第五。该公司拥有极为丰富的产品库存，活跃 SKU 数量超过 120 万个，且产品尺寸与包装形式呈现出多样化的显著特征。要对数百万件

这些分拣机依托搭载 Intel® Core™ i5 处理器并运行 TwinCAT 软件的倍福 C6030 工业 PC 实现自动化控制,能够在一台设备上同时高效处理所有实时控制任务、兼容多种现场总线协议,还能完美运行 HMI 软件



贸泽电子拥有极为丰富的产品库存,活跃 SKU 数量超过 120 万个,且产品尺寸与包装形式呈现出多样化的显著特征



贸泽电子在 Supply Chain Connect 发布的 2025 年全球电子分销商 50 强榜单中排名第五



物品进行分拣和发货,同时保持超过 99% 的准确率,并在最晚至晚上 8:00 的截单时间前实现当日发货,这无疑是一项极具挑战性的任务。

在漫长曲折的输送线上实现高速精准分拣

贸泽拥有极为丰富的产品线,呈现出高度的多样化特征。该公司所分销的产品种类极为广泛,涵盖了从大型变压器、半导体卷盘,到封装在小塑料袋中的单个元件等各类产品,几乎无所不包。在 EuroSort 介入之前,贸泽原有的分拣设备的性能已达极限。当处理那些更小巧轻便的物品时,高速运行尤为困难,这是由于在不同的环境条件下,这些物品极有可能从设备上飘离。“设备无法再提速,而且在针对最小尺寸物品进行分拣作业时,其分拣精度上也达不到要求。”EuroSort 区域销售经理兼市场营销主管 Scott Eisenberg 回忆道,“这一瓶颈限制了系统的吞吐量,也给贸泽在运营规模的扩张方面带来了极大阻碍。”

更为不利的是,贸泽的设施存在显著的空间限制。“事实上,最大的分拣机被安置于三层高的夹层区域,该区域净高仅有 14 英尺。”Eisenberg 表

示,“我们必须精心设计一套系统,把数千个分拣目的地高效集成到如此紧凑的垂直空间之中,且不能以牺牲分拣速度和系统可靠性为代价。”

另一个关键要求是确保贸泽现有大楼的运营不中断。EuroSort 必须在不不停机的情况下完成其中一台新分拣机的安装与调试工作。这要求在原有系统保持全速运转的状态下,在其上方建造新系统,然后无缝切换到新的分拣系统。

为有效应对上述多方面挑战,EuroSort 在贸泽精心部署了四种不同类型的分拣机,每种分拣机都依据特定的运营阶段需求进行量身定制。在订单整合环节,与现有的货到人(GTP)系统完美融合的单层落袋式托盘分拣机迎来了重大升级,如今可以处理贸泽全系列产品。“依托 EuroSort 的先进技术,我们还对现有设备进行了显著改进。”Bell 补充道,“以现有的货到人系统为例,我们成功将其性能提升了 100%。”

同样值得关注的是双层落袋式托盘分拣机,它是专门针对空间受限的夹层区域而精心设计。“它是分拣机中的巨无霸 — 在净高极为有限的

情况下,成功集成了数千个分拣目的地。”Eisenberg 评价道,“仅这一台分拣机每小时就能处理约 3 万件物品,它无疑将成为提升该站点整体拣选效率的关键设备。”

在入库作业环节,EuroSort 的 Cross Tray XL 分拣机与标准 Cross Tray 分拣机展现出出色的通用性,可在同一台分拣机上处理从重型入库箱到箱内小型单个物品等各类货物。“鉴于贸泽处理的包裹尺寸范围极为广泛,因此具备这样的灵活性显得尤为关键。”Eisenberg 指出。

最后,贸泽引入了尖端技术,包括并行感应技术、定制设计的滑槽,以及一个名为 E-Sort 的创新型多目的地滑槽式分拣系统,该系统目前正在贸泽内接受现场测试。“并行感应技术属全球首创,而贸泽的应用正是我们的试点项目。”Eisenberg 补充道,“这款新型多目的地滑槽式分拣系统具备独特的分流能力,能够从一个落点将货物精准分配至 10 个不同的分拣目的地,从而显著提升了拣机的整体运行效率。”

EtherCAT:理所当然的选择

倍福所采用的先进控制架构为 EuroSort 迷宫般错综复杂的分拣设备筑牢了底层支撑,凭借这一架构所赋予的自动化、运动控制、网络通信、安全及诊断等全方位功能,成功满足了这一庞大项目的严苛要求。在谈及倍福配备高性能 Intel® Core™ i5 处理器的 C6030 工业 PC 的卓越性能时,EuroSort 控制开发工程师 Blake Waybright 这样描述道:“这套依

托 TwinCAT 软件和 EtherCAT 通信构建的全集成自动化平台,让我们不仅能够高效处理实时控制任务,还能在同一台设备上无缝运行各类应用程序、兼容多种现场总线协议并支持 HMI 软件运行。”

TwinCAT 3 工开发境支持多核任务分配,助力 EuroSort 将快速实时任务与运行较慢的后台进程依据不同核心进行分离,从而最大限度地提升整体 CPU 带宽的利用率。“我们成功实现了低于 300 微秒的扫描周期,这一成果对于检测高速运行状态下间距不到 2 厘米的物品而言,起着至关重要的作用。”Waybright 表示,TwinCAT 的集成式开发环境以及基于 TFS 和 Git 的版本控制功能,使得我们能够轻松管理复杂项目并快速推进软件改进工作。此外,它还集编程、调试、仿真以及可视化功能于一体,让我们的工作效率得到了显著提升。”

在网络通信方面,EtherCAT 多年来一直是 EuroSort 的通信标准。“在正式确立 EtherCAT 为通信标准之前,我们秉持开放态度,在行业内开展了深入调研。期间,我们与合作伙伴的供应商、集成商,乃至终端客户进行了细致访谈。而每一次调研的最终结论都指向同一个答案:EtherCAT 是当之无愧的最优之选。”EuroSort 顾问控制工程师 Jeff Zerr 回忆道。“其它各类通信协议,无论是在节点数量、传输速度、扫描周期还是带宽方面,都不可避免地存在这样或那样的局限性。追根溯源,正是 EtherCAT 凭借其卓越性能引领我们选择了倍福。”

EuroSort 区域销售经理兼市场营销主管 Scott Eisenberg

“并行感应技术属全球首创,而贸泽电子的应用正是我们的试点项目。”

EuroSort 为贸泽电子规划的下一阶段项目部署计划将于 2026 年上线，目标是处理贸泽电子全部分销量的 100%



如今，EtherCAT 分布式 I/O 硬件在贸泽电子的实际应用中也占据着举足轻重的地位。由于这些分拣机体积庞大且配备 I/O 节点数量众多，EuroSort 采用了数百个可直接安装在设备上的 EtherCAT 端子盒和高密度 EtherCAT 端子模块，以最大限度地减小 I/O 控制柜的空间需求。“这种分布式方案有效降低了布线的复杂性，让我们能够依据机械滑槽的实际布局情况规划控制系统，而非被动地让布局去适配控制系统。”Waybright 解释道。

在设备安全方面，EuroSort 同样借助倍福的 Safety over EtherCAT (FSoE) 与 TwinSAFE I/O 系统，以一种简洁高效且高度集成的方式加以处理。EuroSort 将长达 100 米的急停拉线开关等安全设备直接集成到 EtherCAT 网络中。“TwinSAFE 让我们能够远程排查安全故障，并能精准地向操作员指示问题出现的具体位置，从而迅速让设备恢复至安全运行状态。”Waybright 表示。

倍福平台的开放性也极大地推动了其与各类协议的集成。“我们通过 OPC UA 协议与贸泽的仓储管理系统 (WMS) 通信，实时上报包裹尺寸数据和条码信息。”Waybright 详细介绍道，“我们还采用 EtherNet/IP 协议实现了与机器视觉相机以及上游传统 PLC 的无缝对接。”EtherCAT 还能直接与 IO-Link 集成，通过 EP6228-0022 EtherCAT 端子盒，可以高效地与现场输送机上的各类编码器通信。

尤为关键的是，倍福的 EtherCAT 网络拓扑采用了多冗余环形设计架构，并且以无分支的方式直接与滑槽相连，从而有力保障了系统的可靠性与运行速度。“在规模最大的那台分拣机上，我们将要处理多达 40,000 余个 EtherCAT I/O 节点。”EuroSort 工程经理 Pete Diamonti 表示，

“将网络划分成同步组与环形结构，让我们能够采用模块化的方式对系统进行调试和故障排除，这对于如此大规模的项目能够按时完工而言至关重要。”

先进的 EtherCAT 诊断功能同样为维护团队的工作开展提供了极大便利。“倘若没有倍福提供的详尽诊断功能，我们根本无法判断一个极其微小的物品究竟是偏离了既定路径，还是设备自身出现了故障。”Eisenberg 指出，“我们的日志系统会对每个物品长达 30 天的流转轨迹进行详细记录，即便问题发生在许久之前，我们依旧能够依据这些记录开展有效的故障排查工作。”

加倍投入，提升拣选率，节约能源

贸泽电子、EuroSort 与倍福三方合作的成果令人瞩目。如今，全新的 EuroSort 系统展现出强大的处理能力，每台分拣机每小时能处理多达 30,000 件物品，其目标是处理贸泽电子全部分销量的 100%。此外，全新分拣系统的投入使用，为贸泽电子位于曼斯菲尔德的全球分销中心物流运作带来了更具可预测性、也更便于拓展的流程。

“现有货到人系统的投放率几乎是此前系统的两倍，在高峰时段，操作人员每小时处理的物品数量多达 600 件。”Bell 报告称。这一显著的性能提升，正是货到人系统与 EuroSort 单层落袋式托盘分拣机实现无缝集成所带来的直接成效，它让贸泽电子产品丰富多样的产品组合能够以更快的速度和更高的精度完成处理流程。其最终成果是构建起一个响应更为敏捷的订单履行体系，它能够在确保准确性的同时，灵活适应需求的波动变化。



EuroSort 的单层落袋式托盘分拣机与贸泽电子现有的货到人系统无缝集成



新分拣系统的节能效果也十分显著。“我们的分拣机通常所采用的电机额定功率为 1 马力。”Eisenberg 解释道，“对于一台半英里长的设备，其所需的总功率还不到 30 马力。相较于滑靴式分拣机或 AGV 小车等这些在更小的区域就可能消耗数百安培的电流的技术，我们的设备在 10 至 20 年的生命周期内，节省的能源成本能够超过 100 万美元。”

从各个方面来看，这段持续的合作之旅可谓硕果累累。凭借 EuroSort 量身定制的分拣解决方案，再加上倍福高性能 EtherCAT 架构与灵活的 TwinCAT 软件平台所提供的强力支撑，贸泽电子成功实现了效率提升、能源节约与运营灵活性方面的重大突破，在电子元件分销领域树立了新的标杆。正如 Waybright 总结的那样：“倍福不仅让我们的解决方案成为可能，更助力我们取得了成功。”

更高的吞吐量、实时的 EtherCAT 通信以及对物品目的地更精准的控制，三者协同发力，有效减少了关键交接环节的瓶颈，为业务的持续增长开拓出全新的潜力空间。因此，贸泽电子与 EuroSort 正积极规划曼斯菲尔德分销中心的未来蓝图。“EuroSort 位于荷兰的团队正全力投入设计一种新型高密度集货方案，该方案一旦落地，将为我们开辟出数万个集货位置，进而再度引领我们的订单履行模式实现重大变革。”Bell 总结道。

观看贸泽电子如何部署 EuroSort 基于 EtherCAT 的分拣机，达成每小时处理超过 3 万 SKU 的惊人效率



更多信息：
www.eurosort.com
www.mouser.com
www.beckhoff.com.cn/intralogistics

倍福技术赋能, 解锁 Ocado 自动化框架装载机的卓越性能

高效自动化: 全程护航使 命必达

作为全球领先的在线杂货零售商和技术解决方案提供商, Ocado 始终屹立于杂货自动化发展的前沿, 凭借其精心打造的先进自动化系统、机器人技术和软件, 为全球范围内最高效、响应速度最快的履约运营注入强劲动力。

Ocado 在 AFL 中采用了倍福多种集成式自动化与控制技术, 包括运行了 TwinCAT 自动化软件的 C6017 工业 PC, 以及多种 EtherCAT 和 TwinSAFE I/O 端子模块

作为助力 Ocado、英国 Morrisons、美国 Kroger、加拿大 Sobeys 等全球领先零售商实现快速客户履约的幕后关键力量，Ocado 的平台深度融合尖端工程技术与智能数据系统，全力以赴推动杂货配送朝着更快速、更精准、更可持续的方向迈进。

其客户履约中心 (CFC) 的构建紧密围绕着一个核心理念：在短短一小时的时间窗口内，确保每一笔订单都能顺利完成配送。为了维持 99% 的准点发货率以及 99% 的订单准确率这一严苛标准，从商品精准拣选到货车高效装载的每一个环节，都必须如同精密的时钟一般，分毫不差地协同运转。

在长达 20 年的时间里，这一流程里始终存在一个依赖人工操作的环节：需将装满各类杂货的重型料箱，费力地抬入货车框架之中，以此为后续的配送工作做好准备。每个料箱的重量都高达 20 公斤，并且每个货车框架需要堆叠放置四摞这样的料箱。如今，这项体力消耗巨大且对时效有着严苛要求的作业已成功实现自动化，这一变革性成果，得益于 Ocado 引入了基于倍福控制技术的自动化框架装载机 (AFL)。

“过去，将那些沉重的料箱抬升并放入框架内的多个指定位置，是一项体力消耗巨大且要求极高的工作，并非人人都能胜任。”Ocado 智能自动化部门新业务拓展总监 Cliff Bailey 解释道，“这意味着，在履约中心很难找到愿意主动承担这一岗位工作的人员。此外，框架在长期使用后，受磨损影响，其形状可能不再完全规整，因此，面临的挑战在于设计出一款能够识别框架、精准判断每个料箱的放置位置并将其精确放置其中的设备，既要达到与人工操作相当的效果，又要在速度和精度上更胜一筹。”

更智能的装载方式
AFL 实现了杂货配送最后环节的自动化，每小时可向货车框架装载多

达 350 个料箱，全程无需人工接触。这一创新不仅成功消除了仓库中体力消耗最大、人员受伤风险最高的岗位之一，还保障了作业过程中始终如一的准确性和速度，这对于 Ocado 履行准时交付的承诺而言，起着至关重要的支撑作用。

该设备可连续运行长达 20 小时，并能根据订单量动态调整吞吐量。“AFL 成为我们持续推动站点生产力提升进程的有力支撑。”Bailey 补充道，“它是一套具备可扩展性与高灵活性的解决方案，能够实时响应运营需求。”

Ocado 经过精挑细选，最终决定采用倍福的集成式自动化与控制平台作为驱动 AFL 的核心动力。每台 AFL 都配备一台倍福 C6017 工业 PC。这款结构紧凑的高性能工业 PC 负责协调 AFL 的所有运动，并将控制与功能安全集成在一个系统中。

C6017 直接安装在控制柜内的 DIN 导轨上，通过倍福 TwinSAFE I/O 端子模块进行通信 — 这些安全组件集中管理 AFL 上多个传感器和设备的安全控制信号，确保每一次动作都具备极高的精度与可靠性。

“Ocado 需要一套紧凑且高性能的控制系统，能够将运动控制、安全功能和通信融合于一体。”倍福英国业务拓展经理 Bradley McEwan 解释道，“C6017 工业 PC 与 TwinSAFE I/O 的搭配完美契合了 Ocado 的这一需求 — 不仅集成了先进的功能安全机制，具备高确定性的控制能力，且当业务发展需要增加新功能时，能够轻松实现系统扩展。”

该工业 PC 与基于 EtherCAT 的 I/O 架构能够无缝集成视觉系统，帮助识别不规则框架上料箱的放置位置。这种高精度特性确保即使框架出现轻微偏移，AFL 依旧能够精准无误地将料箱放置到指定位置，进而确保每一次装载作业都具备高度的可靠性。



将装满各类杂货的重型料箱精准装入货车这项原本需要耗费大量体力且对时效要求极高的工作，如今已通过 Ocado 基于倍福控制技术的 AFL 实现了自动化操作

在设计 AFL 时，Ocado 全面评估了多个自动化平台，经过多轮细致比对与综合考量，最终选择了倍福平台，高度认可其系统架构所具备的灵活性、可扩展性以及开放性。“该应用要求我们在有限的空间和成本条件下，精确控制多个电机并集成视觉系统。”Ocado 工程经理 Aquiles Calderon Santana 表示，“倍福平台为我们达成这一目标提供了有力支撑。EtherCAT 为运动控制提供了所需的速度，而 TwinCAT 则赋予了系统在软件层面的灵活性。此外，此方案还具备显著的成本效益优势 — 我

Ocado 工程经理 Aquiles Calderon Santana

“该应用要求我们在有限的空间和成本条件下，精确控制多个电机并集成视觉系统。”

们能够扩展、增加 I/O 模块，并支持在全球各站点进行远程软件部署。”“倍福实现了与几乎所有开放的现场总线或 IT 协议的无缝对接，为供应链构筑了强大的韧性屏障。”倍福全球内部物流行业经理 Doug Schuchart 表示，“这种开放性贯穿于整个系统生命周期，极大地降低了工程投入成本，同时，当设施处于持续发展阶段时，能够便捷地进行系统扩展。”

远程部署是一大关键优势。Ocado 的业务覆盖多个洲，其工程团队必须能够在不频繁出差的情况下，对分布于全球各地的设备进行及时更新与维护。

“远程软件部署对于我们而言，具有极其重要的战略意义。”Calderon Santana 继续说道，“依托倍福先进的技术，我们突破了地域限制，从英国远程向日本或美国的站点推送软件更新并依据实际需求进行调整。这种强大的远程操作能力对于减少停机时间并保障全球范围内所有设施运行状态的一致性发挥着重要作用。”

TwinCAT 软件平台支持集成至 CI/CD 流水线，并可对经过验证的操作系统更新、PLC 代码和以及全逻辑的更改进行集中化管理，然后自动将其推送到全球范围内已部署的设备上。

协作与集成
双方的合作始于 Ocado 工程师团队前往倍福英国技术中心进行实地参观，现场观摩实际应用并测试样品。Ocado 随后在公司内部对倍福的软硬件进行了全面且严谨的测试评估，最终将其作为 AFL 的标准化平台。

“自合作伊始，倍福团队便展现出了高度的积极主动性。”Calderon Santana 说道，“他们投入大量时间和精力，深入了解我们期望达成的目标，并为我们提供了极具针对性的专业指导，助力我们充分利用倍福技术的优势。随着我们逐步规划在其它设备中推广倍福技术，这种紧密的合作关系得以持续深化与拓展。”



每个料箱的重量都高达 20 公斤，并且每个货车框架需要堆叠放置四摞这样的料箱



AFL 设备可连续运行长达 20 小时,并能根据订
单量动态调整吞吐量



Ocado 的客户履约中心(CFC)是按照在一小时配送窗口内完成每一笔订单的目标来设计的

倍福工程师曾专程前往 Ocado 现场进行实地考察,观察 AFL 的实际运行状况,对相关配置进行精准调试,以确保达到最优性能状态。值得一提的是,在项目实施过程中,大部分工作均由 Ocado 内部工程团队直接完成,这充分体现了倍福平台易于集成的特点。

“该平台上手非常快。”Calderon Santana 补充道,“尽管对于我们而言,这是一个全新的技术平台,但其系统架构设计得清晰直观、一目了然,无需进行复杂繁琐的协同集成操作。倍福所提供的专业支持让整个过渡过程十分顺畅。”

大规模部署下的安全与可靠性

在每日需处理数以万计订单的高吞吐量设施中,安全性与运行稳定性是保障业务顺利开展的核心要素。倍福的 TwinSAFE 系统将各类安全功能 — 从急停开关到互锁装置 — 全面整合至与标准 I/O 相同的 EtherCAT 网络中,极大地简化了系统接线流程,并降低了信号传输延迟。

“TwinSAFE 突破了传统安全设计的局限,将安全性从单纯的附加功能升级为全集成的核心要素。”McEwan 解释道,“TwinSAFE 逻辑作为 TwinCAT 开发环境的不可或缺的组成部分,使得功能安全能够无缝融入设备之中。这不仅大幅缩短了编程与集成所需的时间,而且显著增强了设备在调试阶段以及正常运行期间的诊断能力。”

对于 Ocado 而言,设备可靠性是业务顺畅运行的重要保障。AFL 一旦出现故障,便极有可能货车发车延误,进而影响整体配送进度。倍福的软硬件凭借其卓越的品质与性能,为 Ocado 的设备提供了坚实的可靠的运行保障,确保设备能够全天候稳定运转,最大程度减少人工干预需求。再结合 Ocado 自有分析工具实现的预测性监测,最终打造出一套具有弹性且可自我优化的系统。EtherCAT 凭借其出色的带宽利用率,成为采集海量数据以支撑预测性维护策略的理想之选。

由于网络上的所有 EtherCAT 设备通常能够在一个数据帧内完成更新,因此现场总线上始终保留充足的带宽,可满足持续不断的数据采集需求。倍福控制器凭借其大容量内存以及大容量移动存储介质的强大配置,进一步强化了这一能力,使得数据能够在边缘端进行本地存储与深度分析。

网络安全与连接性

鉴于 Ocado 自动化网络具备庞大的规模以及广泛的全球覆盖范围,在引入任何一项新技术时,网络安全都必然成为至关重要的核心考量因素。“

网络安全于我们而言,其重要性不言而喻。”Calderon Santana 说道,“每一项进入我们系统的技术都必须达到极高的安全标准。倍福平台与我们内部的模块化网络安全框架实现了无缝且高效的集成,该框架是我们为全面管理所有控制系统风险而量身打造的坚实防线。”

尽管 Ocado 的网络安全工具均由内部团队自主开发,但倍福所采用的开放式架构展现出了卓越的兼容性与扩展性,能够无缝对接 Ocado 的监控与追溯系统,从而实现 AFL 与更广泛的仓储管理网络之间的安全数据交换。

赋能于人

AFL 的成功意味着倍福与 Ocado 已在着手推进公司自主开发的新一代 Ocado 设备。“我们的策略是在每一个所设计的控制系统中融入灵活性要素。”Calderon Santana 表示,“倍福成为我们实现这一战略目标的关键支撑。目前,在我们针对每一款新设备展开的研发进程中,都会将采用倍福技术纳入重点评估范畴,因为它能提供我们所需的可扩展性。”

Bailey 补充说,倍福的参与深度与广度远超硬件范畴:“这个团队真心实意地全力支持着我们不断前行。他们带来的远不止是先进的技术,更助力我们与众多优质的合作伙伴成功对接,探索新的思路。这是一种真正意义上的伙伴关系。”

展望未来,Ocado 计划将其在杂货零售领域已取得显著成效的自动化技术进一步拓展至杂货之外的多元领域,将这一创新举措应用于药品、服装等不同产品类别。基于倍福技术的 AFL 为这些新兴业务搭建起了坚实的模块化基础。Ocado 也正在对倍福的多项新技术展开全面测试与深入评估,其中包括 PLC++ 以及 TwinCAT for Linux 等前沿技术。这些技术进展将助力系统更深度地融入 Ocado 的自动化构建与验证流水线中,提升编程效率并加快设备执行速度。此外,TwinCAT 对容器化技术的支持,也使得设备设计能够朝着更加模块化、高效的方向迈进。

在英格兰卢顿的一处站点,Ocado 迄今最为先进的客户履约中心里,自动化技术已彻底重塑了杂货零售履约流程。该设施每周能够处理多达 65,000 份订单,且准点发运率高达 99%,其先进的自动化系统使得订单拣选速度相较于传统门店拣货快了近一个小时。

以倍福控制技术作为 AFL 的核心驱动力,Ocado 成功实现了履约流程最后关键环节的自动化升级,构建出一条从下单伊始,直至货物送到家门口的无缝衔接、全自动化路径。

“倍福技术助力我们达成对客户的核心承诺:订单交付的准确性、可靠性以及及时性。”Bailey 补充道,“它不仅帮助我们实现了便捷且高性价比的在线杂货配送,更为这一模式的长期可持续发展奠定了基础,是我们取得成功的关键所在。”



依托于在全球范围内精心布局的 100 家工厂，全新投入使用的 Enzo AMR 车队将成为 CTDI 强化全企业流程与成本管控的有力支撑

以倍福技术为基石，Enzo 铸就自主移动机器人精度、安全及全球应用新标杆

60 天完成原型到量产跨越：CTDI 旗下 Enzo 重新定义 AMR 创新高度



Enzo 配备了安全技术（黄色端子模块），并通过倍福的 ELM7222-9018 伺服电机 I/O 模块（右）实现精准的运动控制。这些模块结构极为紧凑，可轻松嵌入 AMR 机身内部

衡量物流企业的标准，在于其能否以更快的速度响应以及以更智能的方式运营。而真正卓越的企业，总能运用新技术化繁为简，将复杂流程转化为流畅的运转。自主移动机器人（AMR）可以带来双重优势：既能立竿见影地提升生产效率与安全，又为打造全新的运营模式奠定基础。这项曾被视为锦上添花的“面子技术”，如今已成为企业参与竞争的必然选择，当下全面拥抱 AMR 的企业，正在这场竞速中实现弯道超车。

总部位于宾夕法尼亚州西切斯特的 CTDI 深知 AMR 技术的发展速度之快，以及它如何彻底改变物料搬运和物流运营。作为快速发展的通信、移动终端及消费电子设备服务行业的领导者，CTDI 专注于正向与逆向物流，并辅以行业领先的测试技术及维修/翻新服务能力。

公司由 Don Parsons、Jerry Parsons 和 Richard Parsons 于 1975 年在家中的车库创立，如今已加速发展至在全球 20 个国家设有分支机构。随着公司业务版图的扩张，CTDI 也需要增强自身自动化能力以保持竞争力。基于对物料搬运自动化领域更高自主性与精准控制力的不懈追求，CTDI 决定于 2024 年开展自主移动机器人的设计、制造及后续支持工作。聚焦于“货到人”系统，CTDI 借助倍福的先进自动化与控制技术，在企业内部正式启动了 Enzo 自主移动机器人项目。

全速推进 AMR 创新

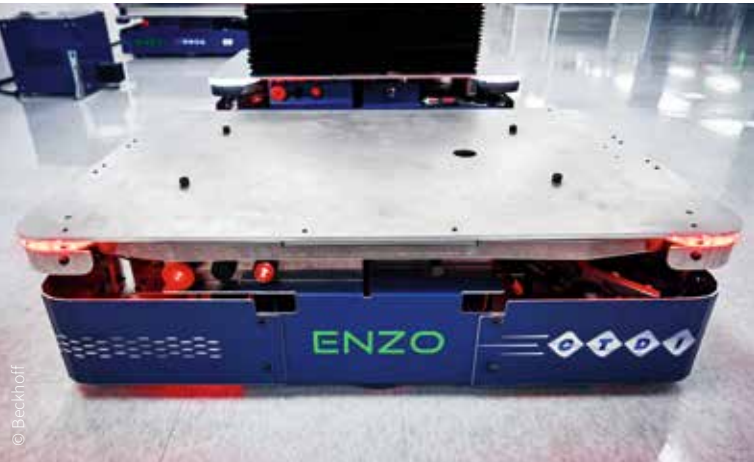
在 2024 年至 2025 年期间，CTDI 在其 Enzo AMR 项目所依托的自动化技术方面取得了显著进展。仅耗时两周便成功打造出可投入运行的原型机；紧接着，又仅用两个月时间，功能完备的版本便在现场顺利部署。这个最初作为“版本 0”的试验性项目，在短时间内迅速蜕变，进化为如今具备完全自主能力且高度集成的 Enzo AMR 2.2 版本。

CTDI 决定自主研发 AMR，是基于其坚定不移推进纵向整合的战略布局，意在构建一套灵活、高效的自有自动化解决方案，从而为业务增长提供坚实支撑，并全方位满足客户在供应链层面的多样化需求。CTDI 自动化总监 Kirk Whittemore 表示：“我们在全球拥有 100 家工厂，对于这些遍布世界各地的站点，我们期望实现全方位、无死角的绝对掌控。通过自主研发 AMR，我们能够以最高效的方式精准把控自身生产流程并合理优化各项成本支出。”通过掌控开发流程，CTDI 能够更精准地调整 Enzo 以适配快速变化的工作流程，实现效率的持续优化，并摆脱对外部供应商在系统更新、功能重构以及重新部署等方面的依赖。

在为该项目寻找能够精准契合其独特需求的合作伙伴过程中，CTDI 经过审慎考量，最终选择了倍福，其自动化平台凭借其无与伦比的灵活性、高度集成的安全功能以及开放式架构，成功赢得了 CTDI 的青睐与信任。CTDI 亟需一套能将高性能运动控制与稳健的安全功能深度融合的系统，以确保在繁忙的测试与仓储环境中实现高效且安全的人机协作。倍福所推出的 TwinSAFE 可编程安全技术帮助 CTDI 简化了开发流程，同时，即便是在全新的产品类别领域，也能够坚定不移地秉持公司一贯的严苛标准。

模块化设计，智能化执行

CTDI 针对 Enzo 精心规划并设定了三大关键应用领域：货到人作业、动态路径规划，以及为未来创新而开展的新设备研发测试工作。



CTDI 推出的 Enzo 是一款高度统一且适应性极强的 AMR 平台，能够精准且高效地契合内部物流运营中不断快速变化的工作流程需求

基于上述需求考量，Enzo AMR 在设计时将灵活性作为重中之重。开发人员构建了一个多功能的基础单元，同时通过名为“顶部模块”的模块化附件，依据不同的应用场景进行定制化适配。这些附件包括货架、升降单元、旋转单元、牵引机、输送机等等。CTDI 通过打造一个具备高度统一性与强适应性的 AMR 平台，能够轻松实现 Enzo 的定制化开发，以满足不同业务流程与工作场景的特定需求，进而在企业的运营管理中实现效率的最大化提升以及可扩展性的显著增强。

这款通用型 AMR 专为仓库与生产环境量身打造，具备广泛的适用性。Enzo 单元能够依据订单数量的动态变化以及作业流程的实际需求，在仓库通道内精准实施动态路径规划，灵活完成中重型货物的搬运任务。它采用铰接式中心结构搭配双驱动轮设计，即便面对崎岖不平的路面，也能始终保持稳定与灵活的运行，确保 AMR 在仓库地面自如穿梭时，能够实现可靠且精准的运动控制。

与很多依赖第三方软件的商用 AMR 形成鲜明对比的是，CTDI 坚持自主创新，独立研发了 Enzo 的全部代码。其工程师团队选择倍福的 TwinCAT 自动化平台作为开发环境，在正式部署 Enzo 之前，便精心构建了其数字孪生系统，在无需实体机器人实际运行的情况下，高效完成仿真、测试与调试工作。此方法显著提升了开发效率，同时为最终产品的可靠性与响应速度提供了坚实保障。



倍福的 EtherCAT 端子盒 EP3751-0260 结构紧凑,防护等级高达 IP67,可直接安装在机器设备上。该端子盒创新性地集加速度计与陀螺仪于一体,可实现高精度的追踪与运动控制



Enzo 配备了安全技术(黄色端子模块),并通过倍福的 ELM7222-9018 伺服电机 I/O 模块(右)实现精准的运动控制。这些模块结构极为紧凑,可轻松嵌入 AMR 机 身内部



CTDI 工程师团队在正式部署 Enzo 之前,便精心构建了其数字孪生系统,以高效完成仿真、测试与调试工作



Enzo AMR 显著降低了仓库内人工搬运的工作强度,有效减轻了工作人员因重复性体力劳动而产生的身体疲劳,同时也大幅消除了仓库作业中潜在的安全事故隐患

Enzo 最初被投入用于 CTDI 的货到人作业中。这款 AMR 可将货架单元从库存区搬运至拣选站。它的使用不仅显著降低了仓库内人工搬运的工作强度,有效减轻了工作人员因重复性体力劳动而产生的身体疲劳,同时也大幅消除了仓库作业中潜在的安全事故隐患。此外,Enzo 还可与 CTDI 的工程师紧密协作,配合他们完成用于装卸电信设备的装置的测试工作。

精密工程,内外如一

Enzo 所展现出的先进能力,得益于倍福自动化技术的强力驱动,其核心硬件是搭载第 11 代 Intel® Core™ i5 处理器和千兆以太网 PCIe 卡并

运行有 TwinCAT 软件(包括 TwinCAT/BSD 操作系统)的 C6032-0080 工业 PC。“我们之所以选择 C6032,是因为它作为一款性能强劲的控制器,具备令人惊叹的灵活性。”CTDI 控制工程师 Shawn Sidelinger 表示。

C6032 工业 PC 与 TwinCAT 3 协同作用,为 CTDI 构建混合控制架构提供了坚实的技术支撑。借助先进的虚拟化技术,该架构能够同时运行 TwinCAT/BSD 与 Linux 两套操作系统。这一独特的平台成功实现了机器人操作系统(ROS2)与 TwinCAT 之间的无缝通信,让 CTDI 工程师能够依据二维码导航或基于即时定位与地图构建(SLAM)的导航等具体

应用场景,动态地将控制权分配给所选择的系统。CTDI 还引入了搭载 Intel® Atom™ x6 处理器、适合控制柜安装的 CP6706-0001-0070“经济型”面板型 PC,将它用做顶部模块的辅助控制器和人机界面,使操作人员能够直接与零件配送系统进行交互。

据 CTDI 介绍,Enzo 所具备的实时位置追踪能力,在 AMR 行业当中独树一帜,成功实现了此类系统中极为罕见的精度与适应性。其实现高精度运动控制的关键,在于采用了配备金属外壳的 ELM7222-9018 伺服电机 I/O 模块,以及搭配了单电缆技术(OCT)的 AM8122 紧凑型伺服电机。该技术将电机动力与反馈系统整合到一根电缆中,最大程度地降低了布线复杂性,有效减少了设备占用空间,并大幅缩短了装配所需时间,同时显著提升了系统的灵活性与运动精度。

该系统还集成了 EtherCAT 端子盒 EP3751-0260,该模块内置三轴加速度计与陀螺仪,能够实现对 Enzo 的高精度追踪和运动控制,确保 AMR 始终严格遵循规划路径稳定运行。此外,专为 AGV 小车量身打造的 WNGV64-25-0B1-F2 直角行星齿轮减速机增强了扭矩控制能力,使其在执行重型搬运任务时,能够展现出强大的高负载能力;而倍福丰富全面的电缆与连接器产品组合,有效简化了 CTDI 的布线流程。

倍福的 TwinSAFE 安全技术,以 EK1914 EtherCAT 耦合器和 EL1918 TwinSAFE 端子模块等组件为支撑,构建起一套经过认证的集成式安全方案。该方案在有效简化系统设计流程的同时,始终严格遵循并维持着高标准的性能要求。CTDI 借助这种集安全性、灵活性与开放性于一体的卓越特性实现了快速创新,将 Enzo 与其仓库 IT 系统及 WMS 系统进行深度整合,并成功在全球各地的工厂部署了数十台高度定制的机器人。

倍福的开放式平台还使得 CTDI 能够完整地保留软硬件设计的知识产权,进而实现对性能集成和未来扩展性的全面掌控。该系统出色的适应性在 Enzo 的模块化顶部模块设计中展现得淋漓尽致:具备热连接功能

的 EtherCAT I/O 与 TwinCAT 软件的变型管理工具相结合,形成了一套高效且灵活的解决方案。在此方案下,即便软件改动极小,也能够迅速完成不同顶部模块的更换与重新配置。

经久耐用的 AMR 平台

在成功完成项目推出后,CTDI 的 AMR 项目将步入持续演进阶段。在此过程中,CTDI 会不断对 Enzo 进行优化,旨在提升其灵活性、加快部署速度并扩展其能够支持的工作范围。该团队在项目推进过程中成果斐然,取得了多方面的显著成效,包括开发周期实现了大幅缩减、对第三方供应商的依赖程度显著降低、新项目的重新配置速度显著加快,以及各工厂在安全性与运动精度方面均实现了全面提升。来自 CTDI 内部物流机器人及自动化研发部门的 Soham Patwardhan 表示:“倍福产品所展现出的卓越灵活性让我们能够根据实际需求精准挑选适配的设备,无需受限于特定的技术或硬件。其 TwinCAT 平台不仅具备高实时性这一显著优势,还提供了 BSD、Linux 和 Windows 等多种操作系统选择,使我们能够轻松将其集成到现有的测试解决方案中,不仅极大地便利了工程开发工作,而且在后续的维护与运维环节也更为简便高效。”

展望未来,CTDI 正全力投入下一代 AMR 技术的研发工作。通过增加新功能以及有针对性地降低成本、缩短生产时间,为更大规模的全球推广筑牢根基。凭借 Enzo 的出色灵活性、速度以及高度智能特性,CTDI 将持续推动电信行业货到人作业模式的深刻变革。

观看 CTDI 的 Enzo 如何借助超紧凑型控制技术与 EtherCAT,为货到人物流领域带来一场颠覆性的革新



更多信息:
www.ctdi.com
www.beckhoff.com.cn/intralogistics

(从左至右):Doug Schuchart,倍福;Michael Parsons,CTDI;Shawn Sidelinger,CTDI;Andrew Elcock,CTDI;Skanda Akkihebbal Prasanna,CTDI;Soham Patwardhan,CTDI;Kirk Whittemore,CTDI;Jay McNeil,倍福



E80 集团在其多个 LGV 系列中,均选用 TwinCAT 3 以及搭载 Intel Atom® 处理器 (1.6 GHz, 四核) 的 CX5240 嵌入式控制器等作为控制平台



基于 PC 的高效内部物流控制解决方案

历久弥坚的合作 伙伴关系:记 E80 集团 与倍福的长期合作



自 21 世纪初叶起, E80 集团便始终将倍福基于 PC 的控制技术作为实施内部物流项目的核心依托

E80 集团是物流自动化系统领域的领军企业之一，已成功引入倍福基于 PC 的控制平台控制其激光导引车 (LGV)。这一明智的选择有效提升了其所提供解决方案的可靠性与运行效率。

在内部物流领域，全自动激光导引车 (LGV) 是提升生产力与灵活性的关键工具。E80 集团自创立之初，便凭借其独树一帜的创新方法在行业中崭露头角。1980 年，在意大利维亚诺这片充满创新基因的土地上，E80 集团如一颗新星冉冉升起。此后，它以稳健的步伐不断拓展国际市场版图。如今，E80 集团已经发展成为一家拥有超过 1500 名员工的国际化企业，旗下 16 家子公司遍布全球各地，在全球范围内建设了 450 多家智能工厂，安装了超过 2800 套机器人系统与 9000 多辆激光导引车。E80 集团的解决方案每天在全球范围内搬运的产品价值高达 10 亿欧元以上。

从 PLC 到倍福工业 PC 的转型

时光回溯到 21 世纪初，传统的 PLC 架构逐渐显露出其应用局限性，其电子部件及相关软件都是封闭的。2004 年，E80 集团成为首批在移动应用中使用工业 PC 的企业之一。“我们决定对能够灵活适配我们需求的替代方案进行全面评估。”E80 集团业务拓展经理 Gianluca Clementini 表示，“当时公司正处于蓬勃发展的上升阶段，客户需求不断增长。这便对于控制激光导引车全部功能的 PLC 或者车载 PC 提出了更高要求，其必须具备更强的集成能力以及更优的数据管理和处理能力。”

在性能表现方面，采用倍福等厂商提供的工业 PC 后，周期时间由原本的 100 毫秒缩短至 800 微秒。“选择转向一套此前从未落地实施过的高

性能新系统，无疑是一项极具挑战性的决策。然而，从长远的发展视角来看，随着时间的推移，这个决策为我们带来了前所未有的机遇。”Gianluca Clementini 继续说道。在此背景下，软件层面的革新以及向倍福借助其符合 IEC 61131 标准的 TwinCAT 自动化平台所提供的新型编程模式的转型，成为推动发展的核心要素。

倍福全球物料搬运和内部物流行业经理 Doug Schuchart 从另一个关键角度进行了阐述：“在传统的自动导引车应用场景中，往往需要构建三重独立控制体系，即由 PLC 负责车辆功能控制、PC 承担导航与定位算法运算，同时配备专用安全控制器。而倍福所采用的方法与之截然不同。TwinCAT 摒弃了这种复杂的系统架构，创新性地将所有功能集成在一台嵌入式控制器或工业 PC 之中。”

TwinCAT:编程领域的突破

TwinCAT 平台赋予了 E80 集团开发模块化功能的能力，简化了新特性的编程与集成流程。“依托 TwinCAT 平台，我们自项目起始阶段便能够着手开发复杂功能，其优势在于能使这些功能独立于单个系统运行，从而可根据功能块的逻辑，在在各类应用场景中自由调用。”Gianluca Clementini 表示。



EtherCAT 端子模块与嵌入式控制器体积小巧,使 LGV 的整体结构更为紧凑

从 TwinCAT 2 到 TwinCAT 3 的进一步迁移，使 E80 集团能够充分挖掘多核技术的潜力，将复杂功能的性能提升至极致水平，并确保预编译 C++ 库的有效运用以及环境导航与混合导航等高级功能的无缝集成。不仅如此，E80 集团在安全方面也实现了重大突破：以往需依赖专用 PLC 实现的安全功能管理，如今借助 TwinSAFE 技术，已完全集成在 TwinCAT 系统中。Doug Schuchart 指出：“Safety over EtherCAT (FSOE) 采用的隐式通道原理还使得安全通信不再局限于单一传输介质，而是可以通过 EtherCAT、以太网、标准化现场总线系统甚至 WLAN 等多种方式实现。当与福推出的支持模拟量安全的单通道安全技术相结合时，便能够根据移动机器人的不同安全需求，灵活调整安全策略，进而有效整体系统的复杂性。”

倍福解决方案的硬件可靠性

工业 PC 在集成至激光导引车等移动设备时，需具备承受典型机械应力与热应力的能力。对于 E80 集团而言，这是一个至关重要的方面。“倍福工业 PC 是专为应对高应力运行环境而精心设计并打造：在实际应用中，它们始终以卓越的表现，稳定且可靠地满足我们多样化的需求。”Gianluca Clementini 强调道。

以 CX5000 系列嵌入式控制器为例，这些无风扇设计的单元配备了 SSD 固态硬盘，并搭载采用超线程技术的 Intel Atom 处理器。其尺寸精巧，仅为 100 x 100 x 91 毫米，支持 DIN 导轨安装，不仅具备强大的处理能力，还拥有丰富的接口配置，其中包括用于串行通信模块的可选插槽，以及可直接连接倍福总线端子模块 (K-bus) 或 EtherCAT 端子模块 (E-bus) 的接口，有效简化了布线工作。倍福工业 PC 凭借单根 EtherCAT 电缆即



E80 集团业务拓展经理，
Gianluca Clementini

借助倍福基于 PC 的控制技术，我们可依托一个开放式控制平台，精确且高效地满足内部物流项目及无人驾驶运输系统日益多样化的需求。”

更多信息：
www.e80group.com
www.beckhoff.com.cn/intralogistics
www.beckhoff.com.cn/embedded-pc



© E80 Group



中央调度中心输送控制系统的全面改造与升级

开放式控制系统助力降低维护成本, 增强未来扩展能力

在澳大利亚办公设备供应商 Officeworks 的大型中央仓库中, Layer Seven Automation 用基于 PC 的控制技术取代了原有的已经过时的专用仓储物流控制系统

© Beckhoff

对于每一家网络零售商而言, 仓储物流是其运营架构中的核心基础设施组成部分: 一旦输送线陷入停滞状态, 往往意味着后续的包裹将无法继续顺利地被送出。为了有效预防此类情况的发生, 澳大利亚一家办公设备供应商对其中央仓库的仓储物流设备进行了全面的升级改造。作为项目的领航者, Layer Seven Automation 将输送线上原有的专用分布式控制器全面升级为倍福提供的、依托强大 EtherCAT 通信技术的 PC 控制系统。

该项目的最终用户是澳大利亚首屈一指的办公设备供应商, 其业务范围非常广泛, 涵盖了从日常办公用品、电脑设备到办公家具等全方位产品线。该公司在澳大利亚拥有超过百家的实体门店, 并精心打造了一个线上商城, 汇聚了超过 40,000 种琳琅满目的产品。在主配送中心, 货物被精确地从货架上取下并装箱, 随后沿着总长 700 米、设有 28 个配送站的复杂输送线缓缓前行, 每一环节都精准无误, 确保货物顺利抵达发货准备区。

这些输送线虽已可靠运行多年, 但随着时间的推移, 很明显, 这些系统的使用寿命已接近尾声。系统逐渐进入了老化阶段, 故障率呈逐年攀升, 所需备件的供应变得日益艰难, 且价格也随之水涨船高。因此, 这家办公设备供应商的管理层委托位于悉尼繁华市区贝拉维斯塔的 Layer Seven Automation 是一家在仓储物流项目开发领域拥有卓越专业能力企业, 开发一种能够全面升级改造其仓储系统的创新解决方案。

经过深入细致的评估, 我们得出结论: 主输送带的机械结构仍然可用, 但控制系统需要更新换代。Layer Seven Automation 公司联合创始人兼总工程师 Lucky Thommadura 说道: “输送系统的缺点之一在于其高度专有化的结构设计。每个部件都必须从制造商那里直接采购, 这无疑加大了系统扩展的难度。鉴于此, 公司决定配置一套基于现货产品的开放式系统。“通过此举将能够成功打造一个面向未来、具有前瞻性的解决方案, 并有效降低维护成本。”Thommadura 表示道。

原先部署于总共 28 个站点的分布式控制系统被一台 C6920 控制柜式工业 PC(左图)所取代, 它通过 EtherCAT 控制大型物流系统中的所有站点



© Beckhoff



带 EtherCAT 接口的条形码扫描仪通过其集成的 I/O 实时检测进入的包裹,并从中央控制计算机接收用于控制分拣开关的定位指令

的系统架构下,并通过总线型拓扑结构(菊花链)与 C6920 连接。Lucky Thommadura 评论道:“物流公司的技术专家和我本人都对解决方案的极致紧凑性赞不绝口,EtherCAT 网络所展现的闪电般高速更新能力以及控制器的整体性能更是让我们满意。”毕竟,纸箱上的条形码必须通过 EtherCAT 扫描并即时转发至工业 PC 进行处理。在此环节,应用程序会精准判断对应工位上的开关是否需要切换操作,这一决策信息通过 EtherCAT 反馈给条形码扫描仪。“倍福工业 PC 展现出了

令人惊叹的运算速度,能够在约 100 μ s 的时间内完成庞大的计算任务。”Thommadura 热情洋溢地说道,“更值得一提的是,我们还拥有充足的性能储备。”

尽管目前尚未出现网络故障,但我们必须警惕潜在的电缆断裂风险,因为一旦发生,可能会导致整个系统瘫痪。此类系统停机事件将对生产效率造成极其严重的影响,尤其是在庞大且复杂的物流设施中。因此,我们制定了详尽的电缆冗余实施方案,而借助 EtherCAT 技术,改造过程将变得尤为简便快捷。

采用 IT 方法进行开发

Layer Seven Automation 公司的开发团队在通用软件及计算机领域积累了丰富的经验,擅长构建数据库以及部署网络服务器。然而,在正式启动此项目之前,Lucky Thommadura 及其团队成员还从未接触

Layer Seven Automation 公司联合创始人兼总工程师 Lucky Thommadura 说道:“TwinCAT 的一大优势在于其高度集成性,能够轻松集成用户自己的软件,并将其整合到现有的 IT 设施中。”

过自动化环境:“我们深知,这一切对我们来说都是前所未有的全新挑战。然而,随着我深入探索 EtherCAT 的工作原理、工业 PC 的奥秘,以及如何将 Windows 与虚拟 PLC 无缝融合,一切都变得豁然开朗,充满了意义。尤其是虚拟机的运用,它给了我极大的灵活性,让我能够无论身处家中、公司还是现场,仅需一台笔记本电脑即可轻松进行程序测试。”TwinCAT 被无缝集成至 Visual Studio 中的这一卓越特性成为了总工程师选择倍福和 EtherCAT 解决方案的另一个重要考量因素。“我坚信,这就是自动化技术应当前行的方向 — 摒弃采用传统梯形图编程语言以及依赖过时的信号处理技术的封闭系统。为了确保我们的解决方案能够高效保质交付,我们必须将成熟的软件设计与架构实践作为基础,并与自动化测试相机机制紧密结合。”Thommadura 补充道。

基于 PC 的控制技术:安全、开放、灵活

Layer Seven Automation 公司指出,基于 PC 的控制技术的显著优势之一在于其控制架构能够轻松集成到现有的 IT 系统中。这对 Lucky Thommadura 而言无疑是另一个惊喜:“很多 IT 部门都有非常严格的安全要求,但依然能够轻松集成 Windows。防火墙的部署、安全设置以及全局用户管理策略的实施,极大地简化了我们的工作流程。”选择 Windows 作为开发平台还让 Layer Seven Automation 能够轻松地将自身程序与 TwinCAT 软件相结合:例如,Layer Seven Automation 公司通过 TwinCAT 3 Database Server (TF6420) 成功集成了一个 SQL 数



据库,从而在每次扫描操作后,都能即时归档存储纸箱的详细信息。这一操作不仅会被永久性存储,并通过 TwinCAT 3 EventLogger 进行记录。此外,公司还设计了一个专门的消息队列系统,该系统利用 ADS 协议提取关键数据,最后将其链接至 RabbitMQ 消息代理软件。“倍福的 ADS 技术提供了几乎无限的可能性。我们运用 ADS 技术收集记录的海量数据,实现数据的横向和纵向分配。它还可用于轻松集成几乎所有主流的 MES 或 ERP 系统。”Thommadura 最后补充道。

更多信息:

www.layerseven.com.au
www.beckhoff.com.cn/intralogistics

基于 PC 的控制技术与 EtherCAT 助力实现性能飞跃

薄膜秒变快递袋, 生产效率破纪录!

为确保网购商品能够完好无损地送达消费者手中, 在运输过程中, 必须保护包裹免受损坏。总部位于威斯康星州阿普尔顿市的 CMD 公司专为快节奏的电商行业研发出一套智能快递袋生产系统。该系统采用倍福控制技术, 无缝集成生产线上的所有工站: 无论是间歇式还是连续式运行模式, 最终形成高度优化的工作流程。

CMD 公司深知柔性自动化与结果可复现性对于包装行业的重要性。为此, 这家原始设备制造商持续探索创新技术, 并将这些技术应用于高度定制化的塑料转化解决方案中, 以精准满足行业需求, CMD 这一企业名称正是“Custom Machinery Design (定制化机械设备设计)”的精准诠释, 生动体现了其核心的定制化理念。

公司最近开始为一家电子商务领域的合同制造商设计一款新型快递袋包装机。CMD 间歇运动产品部产品线经理 Scott Fuller 表示, 高吞吐量 and 直观操作界面是其包装机设计的核心诉求。“这款新型包装机速度更快, 自动化程度更高, 解决了我们终端客户的痛点问题。”Fuller 说道。

终端客户将为线上零售商定制生产电商商品运输用塑料袋。客户的另一个需求是: 可适配自动化产品装载的包装袋。

新一代自动化包装解决方案

在全新优化的薄膜转换工艺中, 1400-GEC 机器展开两卷薄膜, 并在这两卷薄膜上进行套印, 并采用连续纵向热封。然后, 薄膜卷将通过一系列横向冲压成型和热封工序, 根据订单需求将材料切割成 1 至 5 条独立的包装袋通道, 并添加易撕口设计以方便分离。在将成品包装袋装箱前, 系统会根据客户指定的使用规范, 执行视觉检测程序: 在包装袋内注入空气, 并测量其形状轮廓。

CMD 新推出的 1400-GEC 快递袋包装机配备了全套倍福控制系统, 显著提升了设备的灵活性和性能



结构紧凑的 EtherCAT 端子模块和总线耦合器 (包括带 TwinSAFE 功能的 EK1914 耦合器) 将高速实时通信与功能安全完美结合于一体



倍福的 CX2033 嵌入式控制器是 1400-GEC 快递袋包装机中配备的唯一设备控制器，显著提升了扫描速度

“这台机器采用了全新的自动化工艺。它从连续运动切换为间歇运动，然后在出料阶段又回复为连续运动，且能够在每个转换阶段同步处理不同的工艺任务。”Scott Fuller 解释道，“这使它完全不同于我们以往设计的任何机型。”

要实时支持所有这些功能，需要配置具备强大运算能力的控制系统。此外，开发团队还面临着项目周期极为紧张的挑战。必须在保证项目如期交付的同时，确保最终方案能够顺畅运行，并具有可靠的品质保障。

功能强大的编程工具

TwinCAT 自动化软件是一个端到端的开发环境和 Runtime 平台，实现了从 PLC、运动控制到集成式安全以及物联网功能的全面整合。在开发新型操作界面时，TwinCAT HMI 使 CMD 能够利用 HTML5、JavaScript 和 CSS 等现代网页设计标准进行编程。由此生成的响应式界面通过更加直观的 HMI 设计提升了用户体验。

在基于 TwinCAT 进行设备控制编程的过程中，CMD 与倍福特别项目组 (SPT) 的软件专家们展开了密切合作，并从中获得了显著的技术优势。SPT 框架构建于 ISA-TR88 和 PackML 等行业标准以及 TwinCAT 中的相关功能库基础之上。该技术有效简化了生产线中各个设备之间的通信编程工作。对开发人员而言，其优势在于他们不需要为每个新项目重复造轮子，既能重复使用现有的代码，又可快速响应新需求进行定制化调整。

产线效能全面跃升

CX2033 嵌入式控制器是整条生产线配备的唯一设备控制器。双核 AMD Ryzen™ 处理器为倍福 DIN 导轨安装式控制器提供了强大的算力支撑，并为未来的升级和扩展预留了空间。“在资源受限的系统中运行时，HMI 会出现明显的触控延迟现象。通过将 HMI 服务器部署在提供丰富计算资源的 CX2033 上，我们成功实现了触控面板的极速响应操作。”CMD 公司软件工程师 Adam Benson 解释道。

EtherCAT 耦合器 EK1914 通过其数字量标准接口和安全 I/O，实现了整条产线的通信集成。除了用于标准信号的 EtherCAT 端子模块外，各站点的 I/O 网段还集成了 TwinSAFE 安全端子模块。这使得 CMD 能够便捷地为生产线中各个设备配置安全功能，例如为每个工具单独配置急停按钮。

在 CMD 公司高动态运动控制应用中，EtherCAT 凭借其出色的同步性能，进一步释放了倍福驱动解决方案的性能潜力。该设备配备 AX8000 多轴伺服系统和 AM8000 伺服电机，实现了十四轴联动控制。“AX8000 驱动器在输出功率与超紧凑设计之间实现了平衡。”CMD 电气工程师 Jason Plutz 说道。“通过采用集成式安全扭矩关断功能，我们成功省去了两个大体积的接触器，显著节省了面板空间。”

CMD 公司采用 TwinCAT 3 软件平台中的凸轮运动控制功能控制快递袋包装机上的两个轴。原先安装在间歇运动段的开袋器通过凸轮功能被重新定位到下游，效率得到了显著提升。通过薄膜卷连续成型工艺的外推法，开袋器可以采用精密凸轮机构实现动作时序的精准匹配，确保在最佳时刻完成目标运动。

为未来做好充分准备

通过采用倍福的软件框架，CMD 公司将代码复用率提升至 90%。采用 TwinCAT HMI 后，团队成功开发出了具有卓越定制化能力、更直观的操作界面。“新版操作界面与我们原有的 HMI 界面布局相似，但设计更加简洁、更加人性化。”软件工程师 Adam Benson 说道。

通过 EtherCAT 通信的 CX2033 嵌入式控制器用于控制整台设备，显著加快了 CMD 的设备生产节拍。“所有环节都能保持统一的高速扫描，这是一项巨大优势。不同速度的工序站点之间完全不需要担心通信问题，因为整个系统采用的是全局同步更新机制。”Jason Plutz 解释道。这使得 CMD 团队成功实现了每分钟处理 200 英尺 (约 60 米) 塑料薄膜的目标吞吐量。这意味着每条产线每分钟可产出 100 个包装袋，最终实现了每分钟 300 至 500 个包装袋的惊人总产量。

展望未来，CMD 团队计划升级至搭载四核 AMD Ryzen™ 处理器的 CX2043，以获得更强大的设备控制性能。倍福拥有丰富的工业 PC 产品线，具有高可扩展性，支持在不重新设计的情况下实现性能调整。

包括大型风冷电机在内的倍福 AM8000 伺服电机确保了连续和间歇运动轴的可靠运行



自动化与转换工艺专家在威斯康星州阿普尔顿的 CMD 技术中心强强联手 (从左到右) : Mark Lewis (倍福美国分公司特殊项目经理) 与 CMD 的 Doug Main (研发测试工程师)、Scott Fuller (间歇运动产品线经理)、Jason Plutz (电气工程师)、Nicole Onesti (企业市场部经理) 和 Adam Benson (软件工程师)

更多信息：
www.cmd-corp.com
www.beckhoff.com.cn/intralogistics

EtherCAT 端子盒 EP7402 在仓储物流配送系统中的应用

通过输送技术升级 改造实现节能降噪



Arvato SE 公司长约 250 米的中央环形输送线通过基于 PC 的控制技术、单电缆自动化 (OCA) 及约 200 个用于辊筒驱动装置的 EP 端子盒进行了全面现代化改造



Arvato SE 公司的环形输送线等内部物流系统,正是单电缆自动化 (OCA) 技术的典型受益者:通过预制的混合电缆,将电力和通信高效地分配给紧凑的 EP7402 MDR 控制器

输送系统作为物流企业的核心基础设施之一,其重要性不言而喻。为此,物流服务提供商 Arvato SE 对其哈瑟温克尔网点的中央输送线进行了全面升级改造。这条输送线连接着多个仓库与订单拣货区,通过采用倍福基于 PC 的控制技术、单电缆自动化以及约 200 个集成 MDR 控制器输出接口的 EtherCAT 端子盒 EP7402,实现了运行效率、静音性能和可靠性的全面提升。

作为全球领先的物流解决方案服务商,总部位于居特斯洛的 Arvato Se 为其客户处理所有 B2C (企业对消费者) 和 B2B (企业对企业) 物流流程,涵盖从订单接收、增值服务到退货管理的各个环节。Arvato 在全球设有 100 多个运营网点,仅在德国就拥有 28 个仓储中心,仓储面积接近 100 万平方米,其中包括位于居特斯洛附近的哈瑟温克尔网点的多个高架仓库。来自不同行业客户的订单从这里发出,需经历拣选、打包直至送达收货方的全流程作业。而连接高架仓库与拣货区的核心枢纽,是一条总长超过 250 米的环形中央输送线。

24 V 驱动技术助力提升运营效率

原有的环形输送线系统仍采用三相电机驱动的辊筒装置。“这些驱动装置运行噪音极大,还需全程保持持续运转状态,且在使用约 20 年后故障率显著上升。”Arvato 公司高级工程专家 Markus Wolharn 解释道。为此,该输送系统从机械和电气方面进行了全面革新:采用 24 V 辊筒电机全面替代所有旧的驱动装置。它们通过 186 个集成有 MDR 控制器 (MDR = 电机驱动辊筒) 的分布式 EtherCAT 端子盒 EP7402 控制。同时,原有的控制硬件替换为 C6030 超紧凑型工业 PC,软件从 TwinCAT 2 迁移至 TwinCAT 3,并对现有系统的可视化进行了相应调整。



C6030 超紧凑型工业 PC 通过 EtherCAT 和 EP7402 紧凑型端子盒控制环形输送线的所有辊筒驱动装置



27 个配备倍福 PS3031-2440 电源模块的控制柜为 EP 端子盒分布式供电



条形码扫描仪等专用组件通过 MDR 控制器集成的 EtherCAT 拓扑扩展模块接入

输送线机械结构的改造工程由位于施洛斯霍尔特-斯图肯布罗克的 Budde Systems 公司设计和实施。为加快现场改造进度，输送线被划分为 125 个独立的段，所有段都在 Budde Systems 工厂完成了整体预制和预布线。“这种模块化生产理念为 Arvato 在现场的最终装配阶段节省了大量布线工作和时间。”Budde Systems 公司总经理 Maximilian Budde 解释道。

单电缆自动化技术的核心优势

实现这种模块化方案的前提是采用 EtherCAT 端子盒连接技术，该技术使用 M8 连接器连接传感器和辊筒驱动装置，并使用 ENP 混合连接器 (B23) 连接电源和 EtherCAT 通信系统。“这种设计既能实现快速连接，又能提供安全保障。”倍福系统工程师 Stefan Maßmann 在阐释单电缆自动化 (OCA) 技术的优势时强调。Budde Systems 的工程团队在现场仅需完成两个步骤：在各段的 MDR 控制器之间铺设预制的混合电缆，然后将其接入供电控制柜。

为了缩短连接 EP 端子盒的电缆长度，整个系统部署了 27 个控制柜，用于为辊道驱动装置供电。“每个控制柜为多个分段供电，并位于中央，以保持较低的直流压降。”Stefan Maßmann 强调道。在调试期间对 EP 端子盒的输入电压进行了评估，结果表明该方案行之有效。仅有一例辊筒驱动装置需要微调其 PS3031 电源的输出电压。

每个环形输送段配备一到两个辊筒驱动装置及相应的传感器，用于驱动控制。切换装置配备条形码扫描仪，用于识别包裹。所有传感器信号都通过 EP 端子盒 I/O 接口采集。如需扩展，可以通过集成的 EtherCAT

拓扑扩展模块连接额外的 I/O 模块或其它 EtherCAT 设备。“例如，切换装置供应商的辊筒驱动装置和条形码扫描仪就采用了这种扩展方案。”Stefan Maßmann 解释道。

基于 PC 的控制和 OCA 技术带来的更高灵活性

“单电缆自动化 (OCA) 技术和防护等级高达 IP67 的端子盒为未来系统扩展提供了更高的灵活性。”Markus Wolharn 在阐述布线方案的另一个重要方面时强调道。当系统需要调整时，简单的连接技术和预制电缆使得控制技术方面的改造如同机械改装一样便捷。系统在维护方面同样优势显著。“人机界面能够准确地告诉故障检修员哪个段被阻塞，以及哪个组件需要更换。”Markus Wolharn 解释道。

在包裹运输过程中，各输送段会根据目的地及下一段占用情况自动启停。“当路径畅通时，系统总是会开启后续两个输送段，以确保平稳

高效的输送。”倍福系统工程师 Dimitri Kool 解释道。当包裹到达下一条输送线时，其速度已经达到目标速度，从而实现无延时、无抖动的包裹连续输送。在实际运行中，每个包裹都会在环形输送线上形成一个活动输送带区域。

通过变体管理实现高效工程

为了在为期十周的改造周期内快速恢复物流系统的运行，项目被分为两部分：首先通过搭载 C6030 超紧凑型工业 PC 与 TwinCAT 3 软件解决方案将现代化输送系统中对仓储物流至关重要的第一部分投入运行；与此同时，在旧的 PC 平台上完成了输送系统中规模更大的第二部分的自动化改造。

最终，两个软件项目在 C6030 超紧凑型工业 PC 上实现了整合。“借助 TwinCAT 3 的变体管理功能，我们不仅能高效达成目标，还能实现在 Git 版本库中对整个项目持续管理。”Stefan Maßmann 说道。

联网的仓库中仍在使用的 TwinCAT 2 控制器成为了系统升级的一项技术挑战。TwinCAT 3 虽已预设了可完整映射 EP 端子盒所有变量的数据结构，显著加快了配置速度，但为使其适配现代化系统部件在 TwinCAT 2 环境下的配置需求，该数据结构被配置为 TwinCAT 2 功能块，然后再迁移回 TwinCAT 3 中。“这种方案的核心优势在于实现了全局变量的统一命名，并能够在系统升级时按需在新旧控制器之间无缝迁移程序模块。”Stefan Maßmann 强调道。“这些适用于 TwinCAT 2 和 TwinCAT 3 的全局数据类型显著加速了项目规划，该项目涉及大约 200 个 MDR 控制器，每个控制器约有 50 个信号。”倍福系统工程师 Jürgen Bolte 说道。

包裹吞吐量与能效的双重突破

此次改造不仅提高了系统可靠性，还将每小时的吞吐量从 2000 个包裹或运输箱提升至 3000 个，同时显著降低了运行噪音与能耗。“如果出现堵塞需要手动干预，24 V 驱动技术的应用确保了更高的安全性。”Markus Wolharn 指出。作为标杆案例，该环形输送线改造项目凭借其卓越的能效表现和低运行噪音，引发了 Arvato 其他分部和网点的广泛关注。Markus Wolharn 认为，单电缆自动化技术与 EP 端子盒在输送系统改造和安装过程中展现的适配性优势，同样为极具说服力的技术决策提供了依据。



倍福系统工程师 Stefan Maßmann、Jürgen Bolte 和 Dimitri Kool，来自 Budde Systems 公司的 Maximilian Budde (坐着) 与 Tristan Rodewald，以及来自 Arvato SE 公司的 Markus Wolharn 在安装在天花板下方的环形输送线前，旁边是 27 个用于为 EP7402 供电的控制柜其中之一

更多信息：
www.arvato.com
www.budde-systems.com
www.beckhoff.com.cn/intralogistics
www.beckhoff.com.cn/ep7402



内部物流中的 EtherCAT 与网络安全：完整性、可用性及基于风险的安全方案

网络安全已成为工业自动化的热点关注问题，没有哪个行业比内部物流更能凸显这一点。输送系统、分拣设备、自动存取系统 (AS/RS) 与移动机器人共同构成了现代配送中心与生产供应链的核心支柱。这些系统自动化程度高、对性能要求严苛且联网程度日益提升。但其运行环境通常缺乏物理安全防护，操作人员、维护人员、承包商及服务人员往往可直接接触到设备、传感器、驱动器与控制柜。因此，网络安全并非空谈的理论问题，而是现实的切实需求。

与此同时，内部物流对网络安全有着极为特殊的要求。可用性和确定性是重中之重，而主要的保护目标通常是数据完整性——确保指令、设定值及反馈数据不被篡改，而非仅仅保证过程数据的严格保密性。因此，采用务实、基于风险的方案至关重要。

基于风险的网络安全是法规和实践的基础
现代法规与标准均体现了这一必要性。欧盟《网络弹性法案》(CRA) 以及针对工业自动化与控制系统的 IEC 62443 系列标准均建立在这一原则之上：即网络安全措施必须与风险程度相匹配。风险的定义为：攻击可能造成的潜在影响与在“合理可预见”条件下实际发生攻击的可能性，二者相结合的结果。

这种方案明确避免了夸大威胁场景与一刀切的要求。那种要求只会推高成本、增加复杂度，却无法提升实际的安全水平。在内部物流领域，过度设计的网络安全措施很容易适得其反：过多的验证步骤、复杂的证书管理，或是降低运行性能的加密算法都可能干扰设备调试、诊断、维护以及全天候运行。经验表明，在日常操作中不切实际的安全措施往往会被规避——最终不仅没有提升，反而会削弱安全性。

因此，IEC 62443 标准允许通过不同的方式来满足其基础要求。完整性、可用性乃至保密性均可通过架构设计、物理措施及协议特性来实现，而非仅仅依赖加密技术。

EtherCAT 在内部物流自动化中的应用
EtherCAT 凭借其高性能、精确同步、灵活的拓扑结构与可扩展性在内部物流领域得

到广泛应用。长距离输送线、大量驱动器与 I/O 模块，以及分布式运动控制应用均受益于 EtherCAT 的确定性与高效的带宽利用率。

除性能优势外，EtherCAT 的运行原理对网络安全也具有重要意义。EtherCAT 直接运行于以太网层，使用其专属的 EtherType 且不依赖互联网协议 (IP)。过程数据由专

用的 EtherCAT 从站控制器在硬件中实时处理 (on the fly)，无需经过交换机。这种设计不仅缩短了周期时间，实现了精确同步，还从根本上限制了攻击面。

设计的完整性：防止数据被篡改
在内部物流场景中，人员通常可直接接触设备，也无法默认所有人员都完全可信的，因此，防止控制数据被篡改往往是最重要的安全目标。EtherCAT 本身就能满足这一需求。

只有有效的 EtherCAT 帧才能被从站接收和处理。任何非 EtherCAT 流量 (无论其内容如何) 都会在硬件层面被识别并立即丢弃。恶意软件、勒索软件或其他基于 IP 的攻击流量无法在 EtherCAT 网络中传播，因为这类流量依赖 EtherCAT 并不使用的 IP 及高层协议。

通信遵循严格的层级模型：所有通信均由主站发起并控制，从站仅在帧内预定义的位置插入或提取数据。从站无法自主发送报文，不能侦听非定向给自己的流量，也不能修改为其分配的过程数据区之外的数据。即便从站固件被入侵或出现故障，也不能违反这些规则，因为它们由硬件强制执行。

对于内部物流系统而言，这意味着在现场层面未经授权篡改指令或反馈数据的操作，从根源上就被阻止了。在 EtherCAT 网络中，通过常规网络攻击手段注入或篡改过程数据的企图根本无法实现。

物理访问并不等同于网络漏洞
虽然物理访问在理论上扩大了攻击面，但这并不意味着能自动转化为有效的网络攻击。例如，在 EtherCAT 网络中添加未经授权的从站设备，并不会对通信产生任何影响，除非主站对其进行明确配置并启用。未使用的端口可在硬件层面禁用，从而进一步降低了威胁。

如果攻击者拥有充分的物理访问权限且存在恶意企图，相比在现场总线层面实施复杂的网络攻击，破坏内部物流系统通常更为简单。从风险角度来看，这更说明应聚焦现实威胁，而非极端场景。

系统架构仍然至关重要
网络安全不仅取决于协议特性，系统架构同样起着决定性作用。EtherCAT 支持将实时自动化网络与上层 IT 网络或工厂网络之间明确隔离。在典型的内部物流架构中，采用成熟的 IT 安全措施 (如防火墙、访问控制和安全远程访问等) 来对控制器及其北向接口进行防护，即可应对主要的攻击渠道。

相比之下，若采用每台现场设备均直接暴露于基于 IP 的网络架构中，则每个节点都必须部署复杂的安全机制，这会显著增加系统的复杂性、全生命周期成本与运营风险。行业正日益回归结构化、分区隔离化的架构，而这与 EtherCAT 的设计理念高度契合。

满足当今及未来的需求
从标准角度来看，EtherCAT 已满足 IEC 62443 安全等级 2 的典型要求，该等级涵盖对大多数蓄意攻击的防护，足以满足绝大多数内部物流应用的需求。重要的是，EtherCAT 协议无需进行任何更改或扩展即可实现。

对于安全要求更高的应用场景，EtherCAT 技术协会 (ETG) 正在制定向后兼容的补充安全措施。这些增强措施主要侧重于主站设备及可选扩展中的软件解决方案，避免技术断层并保护现有投资。EtherCAT 一贯严格保持向后兼容，这确保了多年前安装的系统仍可与新设备及未来的安全方案实现互操作。

实用主义作为安全策略
内部物流领域的网络安全并非要采用所有可能的防护措施，而是基于风险做出合理、审慎的决策。EtherCAT 证明，一种为确定性、

实时自动化设计的技术也能提供强大的内在防护能力，抵御网络威胁——尤其是针对数据篡改的防护，这正是许多内部物流应用中的核心关注点。

通过将 EtherCAT 固有特性与合理的系统架构、适度的安全措施相结合，设备制造商与运营方既能满足法规要求又能保持高可用性，并避免不必要的复杂性。在停机成本高昂、可靠性至关重要的行业中，这种务实方案不仅高效，更是必不可少的。



EtherCAT 技术协会 (ETG) 执行董事
Martin Rostan

更多信息：
www.ethercat.org.cn

更多倍福相关信息



公司简介



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