

BECKHOFF 自动化新技术

高端测量技术： 应用于试验台和机械制造领域



非常精确、快速及坚固耐用： 系统集成测量技术



机械制造



试验台



直接集成入下列设备及设施的控制系统中：

- 用于优化生产、节省资源及预测性维护的机械设备和系统
- 用于实现超高精度测量结果的试验台
- 用于可靠采集测量数据并全天候运行的实验室和科研设施

▶ www.beckhoff.com.cn/measurement

实验室和科研设施

提高系统效率： 为机械制造业带来巨大优势

降低生产成本：

高精度测量技术减少原材料消耗并降低生产能耗。

提高设备可靠性：

可靠的测量技术奠定了先进的预测性维护解决方案的基础。

提高产品质量：

高精度测量技术提高制造过程质量。



高速测量技术

采样速率超过 10 ksp/s 的更快速测量可以扫描高度动态制造过程，并为后续分析提供有价值的信息。

测量技术提供洞察力

精度大于 100 ppm 和分辨率为 24 位的精确测量技术可以创造真正的附加值，因为它可以检测甚至最小的偏差，并能够采取纠正措施。低温漂可确保即使在较长的机器运行期间也能够预测故障限值，从而提高产品质量并减少生产差异。

测量技术提供完整的概览

同步测量技术同时采集多个通道，即使是多台机器也可以同时采集。这种全面的同步过程数据概览可以帮助您在各种系统中部署高质量的测量基础架构。

加快产品开发速度:

持续测量得出的生产数据可以帮助开发人员改进他们的产品。

改进生产流程:

高速测量技术可缩短周期时间, 加快生产节拍, 同时大大降低废品率。

非常适合用于工业 4.0 应用:

系统集成的测量技术可以提供电力和状态监测数据。



测量技术可以创造附加值

可靠的测量系统检查其自身功能和线缆连接状态, 以便在长时间无人值守的运行过程中生成可靠的数据。这样可以提高您的生产过程的整体质量和可用性, 并且能够帮助您做出更明智的决策, 因为您可以接收到每个生产的工件的有效且可追溯的质量数据。

测量技术可节省成本

针对自动化应用的测量技术能够很快为投资者创造可观的回报。它可以实现严格的故障公差, 并且由于能够立即识别不良的工件, 它们不会对下游生产产生负面影响。

测量技术将数据发送给云端

模拟量和数字量输入采集所有数据和状态信息, 这些数据可以通过 TwinCAT Connectivity 功能在本地或云中进行处理和存储。这也提高了由倍福测量技术产生的数据挖掘能力。

系统集成的测量技术提高竞争能力

- 提高生产效率
- 通过预测性维护措施提高设备可靠性
- 降低原材料消耗
- 提高生产过程质量
- 提高产品质量
- 直接连接能够实现工业 4.0 解决方案

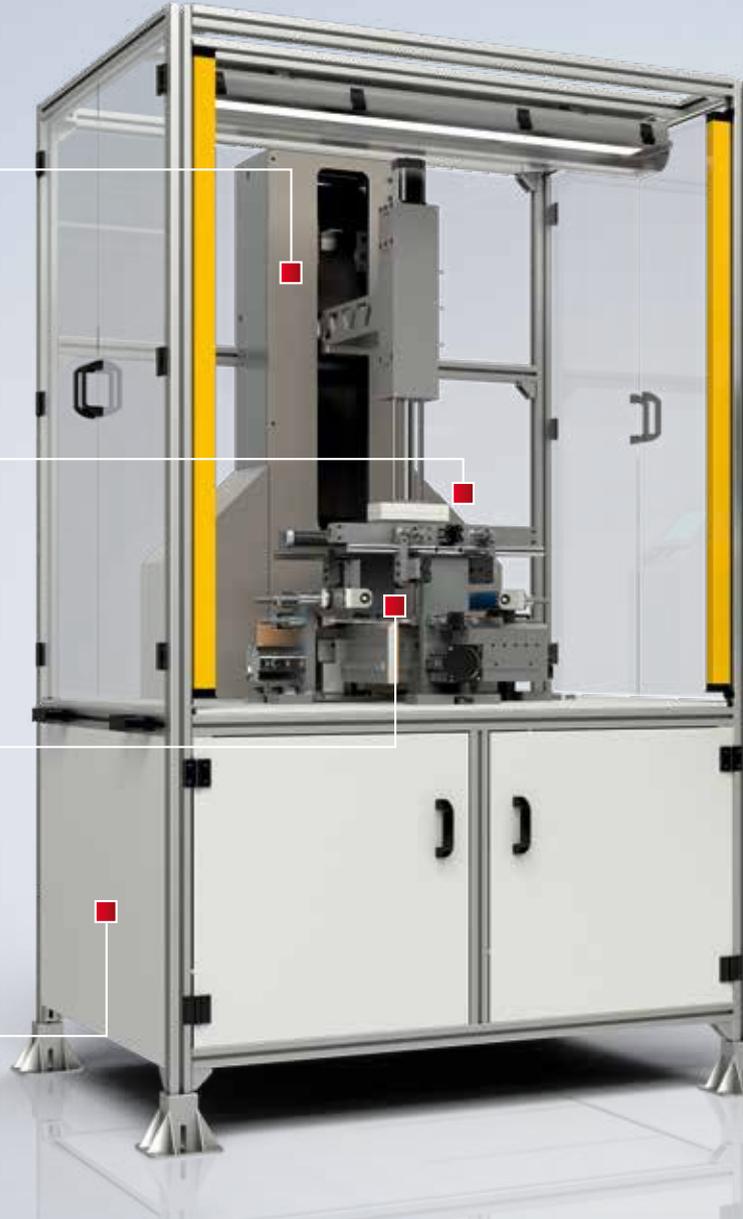
更可靠的结果：为科研、测试和实验室中使用的试验台带来好处

借助自动化工具箱：
驱动技术、
机器视觉、
机器学习/人工智能、
机器人技术

降低复杂性：
集成的 EtherCAT 通信系统无缝连接传感器、执行器和控制系统

精确测量，立即采取行动：
工业测量技术可以减少不确定性并缩短测试时间

降低成本：
可以使用市场上比较常见且价格实惠的组件和具有高可扩展性的产品系列



倍福测量技术在汽车零部件试验台中的应用

成熟的工业化批量生产技术

倍福致力于研发和生产工业自动化产品已有 40 多年。倍福组件专为安装在控制柜内部或外部全天候运行而设计，具有长期可用性，非常适合用于测量测试应用领域。除了精密的模拟技术之外，我们的产品系列还具有数字量、模拟量和反馈输入，可以以极低的每通道成本采集重要的信号。由于 TwinCAT 最多可同时支持 255 根轴，因此可以轻松监测试验台内的模拟量输出和执行机构。而千兆 EtherCAT 可以确保实现与传感器和执行机构之间最快速的实时通信。

© Integrated DNA Technologies, Inc.



轻松集成任何软件:

TwinCAT 使用各项技术与其它软件进行通信

利用 TwinCAT 实现通用连接:

云、物联网、OPC UA、EtherCAT、现场总线 and 数据库系统

利用设备多样性:

EtherCAT 组件来自 EtherCAT 技术协会 ETG 的 6900 多家成员

深耕汽车领域:

符合标准的解决方案适用于 SENT、LIN、CAN、RAW CAN、SAE J1939 和 dbc

确保长期高精度、高动态性及高稳定性

倍福测量技术的优点不胜枚举: 测量不确定度最低只有 25 ppm; 动态信号检测速率最高可达 1 Msps; 时间同步测量及控制的时间误差 $\ll 1 \mu\text{s}$; 可以与任何外部时间源同步; 可以进行长期稳定的测量, 而且重新校准的成本也会很低, 并且可以在日后进行扩展。

硬件和软件具有通用性

将 TwinCAT 用作试验台的软件平台可以带来许多好处。凭借其出色的灵活性, 它可以轻松适应现有或客户定制功能的所有需求。无论是否与 TwinCAT 实时控制器实时集成, 它都可以提供最快 $50 \mu\text{s}$ 的循环时间 (每秒 20,000 个控制周期), 并且具有数据存储和分析功能, 甚至可以支持要求非常高的 HiL 应用和闭环控制电路。它可以轻松连接 LabView 等专用控制软件。它最多可以容纳 65,535 个订阅者, 在硬件方面也没有限制。

工业测量技术与集成式自动化技术的完美融合:

- 简化试验台设计
- 精简工程流程
- 减少通信复杂度
- 支持诸如云、物联网、OPC UA、机器学习等先进技术
- 大幅降低成本

完善您的控制系统： 通过简单集成测量技术



将测量技术集成到您的整个控制系统中：
TwinCAT 将 PLC、运动控制、测量技术以及 I/O 和云连接集成到一个通用的软件平台中

针对自动化应用的高精度测量技术

倍福通过其最新的 ELM 系列 EtherCAT 设备，将高精度和高速技术添加到其测量技术设备系列中。这些功能强大的 EtherCAT 模块在测量精度、时间和数值精度、同步性，尤其在长期保证测量精度方面打开了一扇全新的大门，而这些在以前只有在集成式自动化系统中使用成本高昂的专用设备才能实现。因此，倍福为现有的基于 PC 和 EtherCAT 的控制应用提供了一个跨平台的测量解决方案，因而在平台或系统断开时不会造成性能损失。

自动化技术领域中的里程碑

最新的 ELM 系列测量设备是自动化领域的一个里程碑。这一系列的高性能测量模块具有功能强大、坚固耐用及使用简单等特点，专为安装时间短的工业应用及标准控制柜安装而设计。包括各种自诊断功能在内的其它功能确保即使在无人值守的环境中也能够可靠地长期运行，无需频繁进行定期维护。例如，EtherCAT 测量模块能够立即自动检测到任何测量错误，否则这些测量错误可能会长期被误认为是有效数据。这一功能通过各种连接诊断、自检和



高端测量技术通过批量生产以诱人的价格无缝集成到自动化系统中



倍福测量技术将成熟的 I/O 技术标准与高精度测量技术的最新进展完美结合在一起：

1. 标准的 12/16 位模拟量信号测量
2. 电网电力监测
3. 状态监测（振动测量技术）
4. 24 位高精度测量技术

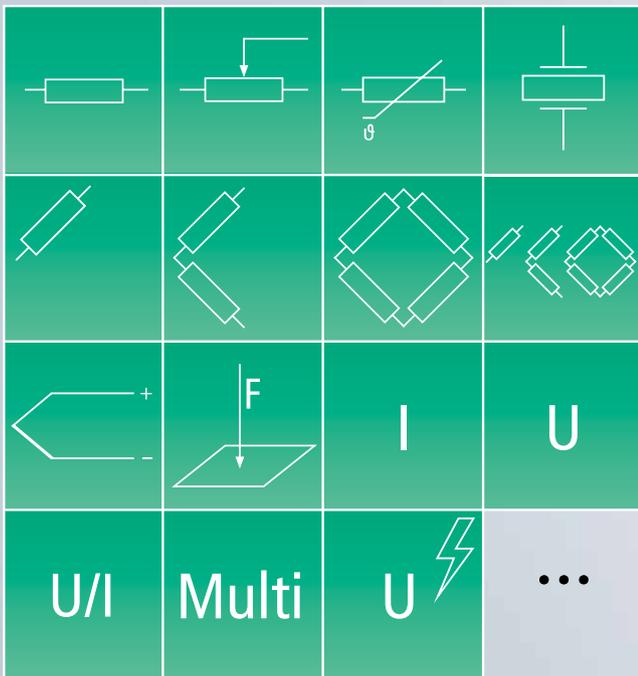
连续的内部检查以及持续的温度和输入监控来实现过载识别。倍福将诸如高分辨率、高测量精度和高采样率等长期用于实验室测量环境中的功能融入到传统工业自动化应用中。而这一切都是通过利用倍福多年来在自动化组件批量生产中积累的经验实现的。高精度测量技术和工业自动化标准的结合为传统的生产机械、检测系统和测试设备制造商创造新技术发展机遇。

倍福一站式提供自动化和测量技术：

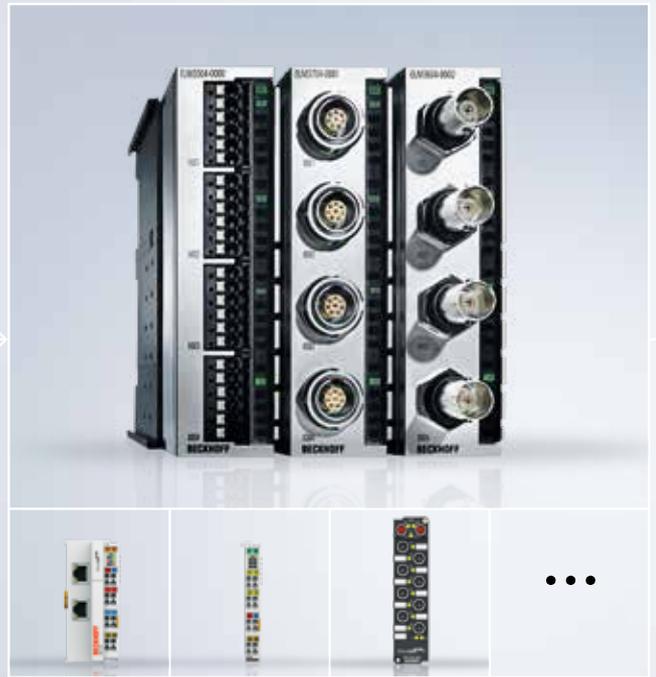
- 由工业 PC、I/O、运动控制和自动化软件构成的完整的自动化工具箱
- 全面的工具箱，用于实现集中式和分布式测量方案
- 所有产品都基于标准组件
- 轻松集成入现有的控制环境中
- 创新、成熟的供应商，具有国际市场开拓能力

从数据采集到分析的无缝集成： 倍福测量链

传感器



测量端子模块



测量模块

倍福 I/O 模块可以连接最常用的传感器：

- 力
- 压力
- 温度
- 速度 (rpm)
- 频率
- 转矩
- 测量电桥
- 振动
- 电流
- 电压
- ...

测量硬件

倍福可为常用的传感器提供各种防护等级的 I/O 模块：

- 可安装在 DIN 导轨上的 IP20 端子模块
 - 总线端子模块
 - EtherCAT 端子模块
 - EtherCAT 测量端子模块采用金属外壳和通用连接器
- 安装灵活的 IP67 模块
 - 现场总线端子盒
 - EtherCAT 端子盒，也有采用不锈钢外壳或者铝合金压铸外壳的型号可提供

- 提供校准选项

- 工厂校准
- ISO 17025
- DAkkS (德国国家认证机构)

测量总线

EtherCAT 性能出色，这也是为什么它能够成为专业的测量总线

总线：

- EtherCAT 的可用数据速率为 100 Mbit，可容纳数百个 24 位分辨率的采集通道，支持超采样、同步采样、线缆冗余和纳秒级分辨率的时间戳，而 EtherCAT G 完全兼容 EtherCAT，并具有 1 Gbit/s 的数据速率，可以支持高数据密集型应用

云端测量软件

测量总线



测量软件“本地部署”



- PROFIBUS、PROFINET、EtherNet/IP 等：所有测量数据的采集也可通过许多其它倍福支持的现场总线系统实现

测量软件“本地部署”

“本地部署”描述了 TwinCAT 3 在一个将开发环境、PLC、运动控制、安全技术、可视化和测量技术集成在一个软件平台上的工业 PC 上的使用：

- TwinCAT Analytics 用于生产期间及后期处理分析
- TwinCAT Power Monitoring 用于电网分析
- TwinCAT Condition Monitoring 用于信号分析

- TwinCAT MATLAB®/Simulink®：将 MATLAB®/Simulink® 模型和算法集成入标准自动化应用中
- TwinCAT Connectivity 用于实现云计算、数据存储和第三方测量软件，如基于 TwinCAT 中开放式接口的 LabView

云端测量软件

很多 TwinCAT 功能不仅可以在设备控制器本地使用，也可以在云端使用：

- TwinCAT IoT：可以通过诸如 OPC UA Pub/Sub、AMQP 或 MQTT 等协议实现与各个云系统的通信

- TwinCAT Analytics：分析中央系统中多台机器的完整过程映像，以实现完美的数据聚合
- TwinCAT Analytics Cloud Storage Provider：轻松连接到各个公有云平台上的存储服务中

EtherCAT 测量模块： 非常精确、快速及坚固耐用



您的数据有多宝贵？

您知道您的设备和系统（仍然）是否在生成正确的测量数据？或者您是否相信成功的调试流程？是否需要最终的测试结果来确认一切正常？无论是在新的生产线、配电系统、包装生产线或实验室中，可靠的测量值可为您的投资保驾护航。只有信任您系统的客户才会下给您新的订单。集成式高端测量技术凭借其精简的架构和准确可靠的数据成为万众瞩目的焦点。倍福公司生产设施中的全面初步测试和校准可确保实现可靠和精确的测量功能。

快速：	基本型号，采样率高达每秒采样 50,000 次，24 位分辨率
高时间精度：	EtherCAT 分布式时钟同步精度 < 1 μ s，可与内部时钟以及外部时钟同步
高精度测量值：	测量精度 100 ppm 或者更高，高温度稳定性
可靠：	集成式连接和功能诊断保证系统长时间可靠运行

采用金属外壳的高端测量技术

长期可靠性、现场可调性、自诊断和高温度稳定性是任何工业测量设备的核心要求。因此，倍福的 ELM 系列高端测量设备采用金属外壳。它在成熟的 EL 系列基础上改进了散热和屏蔽功能。倍福测量模块将复杂精密的测量技术封装在金属外壳中，坚固耐用且具有较高的防护等级，适合安装在 DIN 导轨上。倍福测量技术通常用于无人值守的环境中，在这里，没有人会每天检查接线情况或者检查测量结果的合理性。因此行业用户希望测

量技术能够在技术上可行的情况下有效地进行自我检查和验证。EtherCAT 测量模块中集成的连接诊断功能可以检测电缆是否断裂和短路，内置的自检功能可以提高操作和测量的可靠性。这两个功能都是防止测量质量不确定性的新方法。

可靠的测量技术满足各种工业需求：

- 每秒钟最多采样 50,000 次
- 23 °C 时的测量精度为 25 ppm
- 金属外壳，散热性能佳
- 非常坚固耐，适合用于苛刻的环境
- 灵活连接器前端：LEMO、BNC、直插式接线
- 经过工厂预处理，可以获得高质量的测量结果
- 集成了接线和功能自诊断
- 可选的工厂校准证书，ISO17025 或 DAkkS

高灵活性，高过程稳定性： 倍福测量硬件



新测量方案

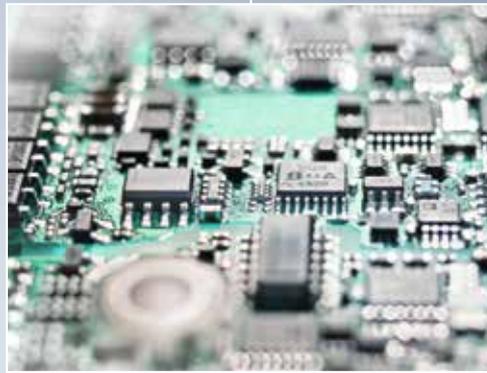
ELM 系列 EtherCAT 测量端子模块反映成熟的精密测量技术和机械设计与工程的成功结合，并考虑长期稳定的使用。该方案还通过提供具有吸引力的不同版本的工业测量技术来满足具有挑战性的要求，从而有助于实现测试台和实验室应用。它提供集成许多在线可切换测量范围的多功能通道以及针对不同通道数量的价格优惠的型号。

采用金属外壳的 DIN 导轨安装式模块

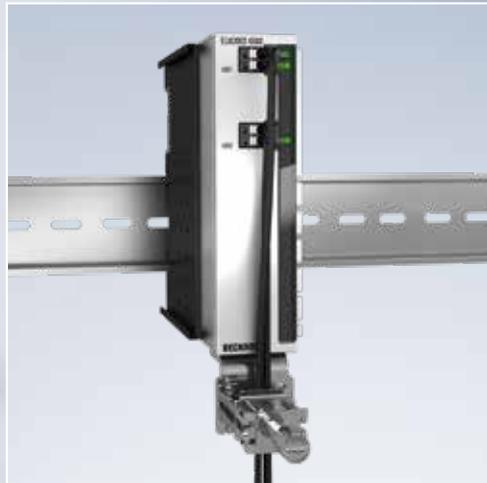
- 与为人们所熟知的 EtherCAT 端子模块一起使用
- 可以接受电缆屏蔽层并将接地线 (PE) 用作导线，并以机械方式紧固
- 为模拟量电子设备提供有效散热，并将热量散发到控制柜后壁
- 适用于要求严格且低维护的环境
- 在高品质电子元件四周提供防护隔离
- 减少电磁干扰 (EMI) 影响

灵活连接器前端

- 可拆卸的插入式连接器，满足典型要求的标准解决方案。易于组装，带或不带线端套，可长期使用
- 用于振动分析的 BNC 接头，快速简单的卡口连接，通过同轴电缆进行良好屏蔽，快速接线更改
- 高品质 LEMO 连接器用于高端应用。具有一致的屏蔽性，并可用作电源插头；在进行维护或者其它操作时可以轻松拆卸
- 高品质界面外观与高端测量精度相匹配



受益于测试测量技术丰富的内部专业知识，倍福不仅拥有开发相关的知识，还确保生产的可靠质量



可选的集成屏蔽连接器可干净地连接每根模拟量电缆。最终，高质量的测量技术总是从线缆连接开始 高质量的模拟量测量技术是从电缆连接开始的

高过程稳定性

在大多数无人值守的安装及无需经常维护的环境中，生产过程稳定性特别重要。设备必须独立地确定它们是否仍能进行正确测量，因为测试工程师无法每天检查它是否运行异常：

- 连接诊断可以立即检测短路、断路和可能的分流
- 综合全面的自检和重复内部检查
- 连续监测温度和输入，以检测过载并防止出现严重故障
- 通过 EtherCAT 不断提供诊断报告

可追溯性和重新校准

每个倍福的测量端子模块都有其自己唯一的 ID，可以为这个 ID 提供一个工厂证书。此外，通过倍福的重新校准服务，可以在德国威尔的工厂检查、校准和重新校准 ELM 设备。

倍福提供广泛的测量技术专业知识：

- 自主开发的深厚的测量技术知识
- 开发、设计和生产过程紧密结合
- 卓越的制造能力
- 具有全面的测量模块校准专业知识
- 精密的模块整定提高了测量精度

高端测量技术需要高端技术： 信号处理在 EtherCAT 测量模块中完成



最新开发，满足最高要求

EtherCAT 测量模块的“内在价值”为在自动化以及测试和检测应用中使用测量技术开辟了全新的机遇。整个数据采集过程已经由倍福重新开发和重建：从模拟量电气信号切换到数字化值，所有这些都通过能够提高可靠性和时间分辨率的数据得到提升，以满足对测量技术提出的更严格的要求。倍福将其 20 多年来积累的集成电子元件到 I/O 端子模块外壳中的成功经验整合到 ELM 系列的开发、测试和生产中。

以通道为导向的思维

- 每个通道的参数都可以单独设置
- 单独的 CoE 字典和过程数据
- 连续或同步采集取决于模块系列

高品质输入电子元件

- 结合了精心挑选的具有高稳定性的组件、坚固耐用的 EMC 保护电路以及端子模块的成熟设计，从而可以提供可靠的输入，确保满足高质量要求
- 支持功能切换的多功能型号可以单独升级每个功能。例如，ELM360x 系列 IEPE 模块具有不同的电源电流，而 ELM350x 测量电桥模块具有更宽的电压范围

- 由于这些装置在校准之前由倍福进行预老化，因此它们从一开始就具有很高的应用稳定性

先进的模数转换器

- 24 位分辨率可实现高信号细节
- 通过 EtherCAT 分布式时钟使多个通过或者模块同时进行 Delta-Sigma 转换
- 标准端子模块可达 10 ksps 采样速率；2 通道型号中超过 20 ksps；ELM360x 能用 24 位分辨率达到最快 50 ksps 的 IEPE 信号采集



滤波器

- 在端子模块中进行强大、高效的本地计算
- CoE 可选的 Butterworth 滤波器或使用系数自定义的滤波器
- 消除混叠现象，并为可在运行时更改的选择性滤波器或带阻滤波器创造空间

抽样单元

- 通道采样速率可在运行时更改
- 使用超采样以通过 EtherCAT 传输测得数据

特殊功能

- 可以选择性地激活特殊功能
- 真有效值算法相应地转换数据流
- 可选的 2 阶微分/积分单元

自由缩放

- 在改变至适合电气测量范围（例如 0 ... +10 V）后可以转换测量值
- 传统的 $y = mx + b$ 增益/偏移，带内部校正表或完全自由的支持点表，直至线性化

EtherCAT — 测量现场总线

- 最小 100 μ s 的 EtherCAT 周期
- 超采样用于实现每个周期内信号的多次采集
- 通过分布式时钟同步，以确保相互间的偏差 $< 1 \mu$ s

高速、开放、理想的测量现场 总线：EtherCAT 和 EtherCAT G

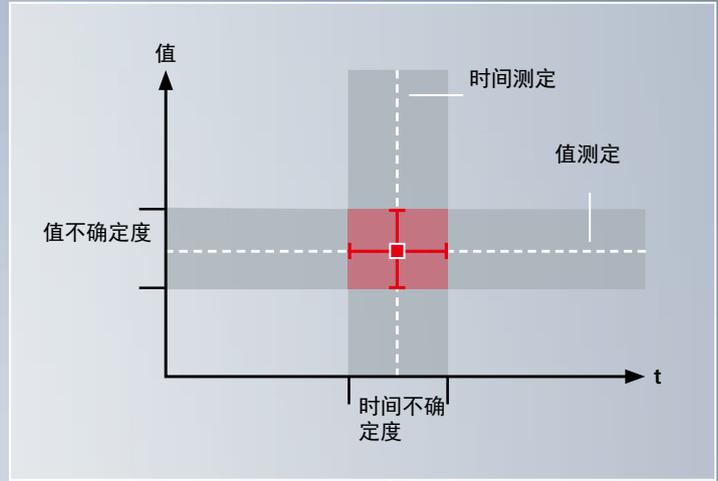
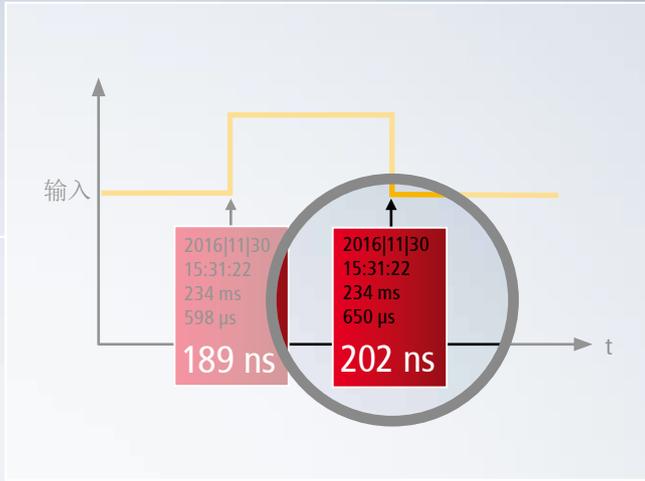


牢固树立行业地位：倍福 EtherCAT 技术
作为 EtherCAT 发明者，倍福在推进协议和开发 EtherCAT 创新产品方面继续发挥主导作用，特别是模块化 EtherCAT 端子模块 I/O 系统。目前，EtherCAT 已经牢固地确立了自己在测量技术领域的地位。EtherCAT 具有 100 Mbit/s 的高数据传输率，满足实验室和生产环境中的大量测量技术要求。尤其是对于数据密集型应用，EtherCAT G 可以提供高达 10 Gbit/s 的通信带宽。还有一个好处是，设备制造商可以轻松

地将 EtherCAT 集成到他们自己的产品中。ETG 组织在成立 20 多年之后的今天，成员单位已有 6900 多家，其中 100 家是主站设备制造商。此外，几乎每种类型的传感器现在都有一个 EtherCAT 接口。倍福通过其基于 EtherCAT 的模块化 I/O 端子模块系统和基于 PC 的 TwinCAT 控制软件，为很多设备提供了自动化基础架构，现在又以 DIN 导轨安装形式将高精度测量技术引入该系统。它精简了控制柜设计，节省了空间并简化了采购流程，因为所有的自动

最快 $\ll 1 \mu\text{s}$, 时间戳
功能的分辨率在纳秒范围内

EtherCAT 通过最大化时间和数值精度来提高数据价值



化、控制和测量技术都可以从一家设备制造商处一站式配齐。优化后的精度: 最快 $\ll 1 \mu\text{s}$, 时间戳功能的分辨率在纳秒范围内 EtherCAT 通过最大化时间和数值精度来提高数据价值通过 EtherCAT 将高精度测量技术直接集成到控制平台中, 可简化系统架构并降低复杂性。它还具有现场总线技术能力, 例如可基于 EtherCAT 标准简单配置参数, 通过分布式时钟同步采样 (包括基于 GNSS、PTP/IEEE 1588 的时间源或其它时间源的外部同步) 以及从控制器到 I/O 级别的整体诊断。

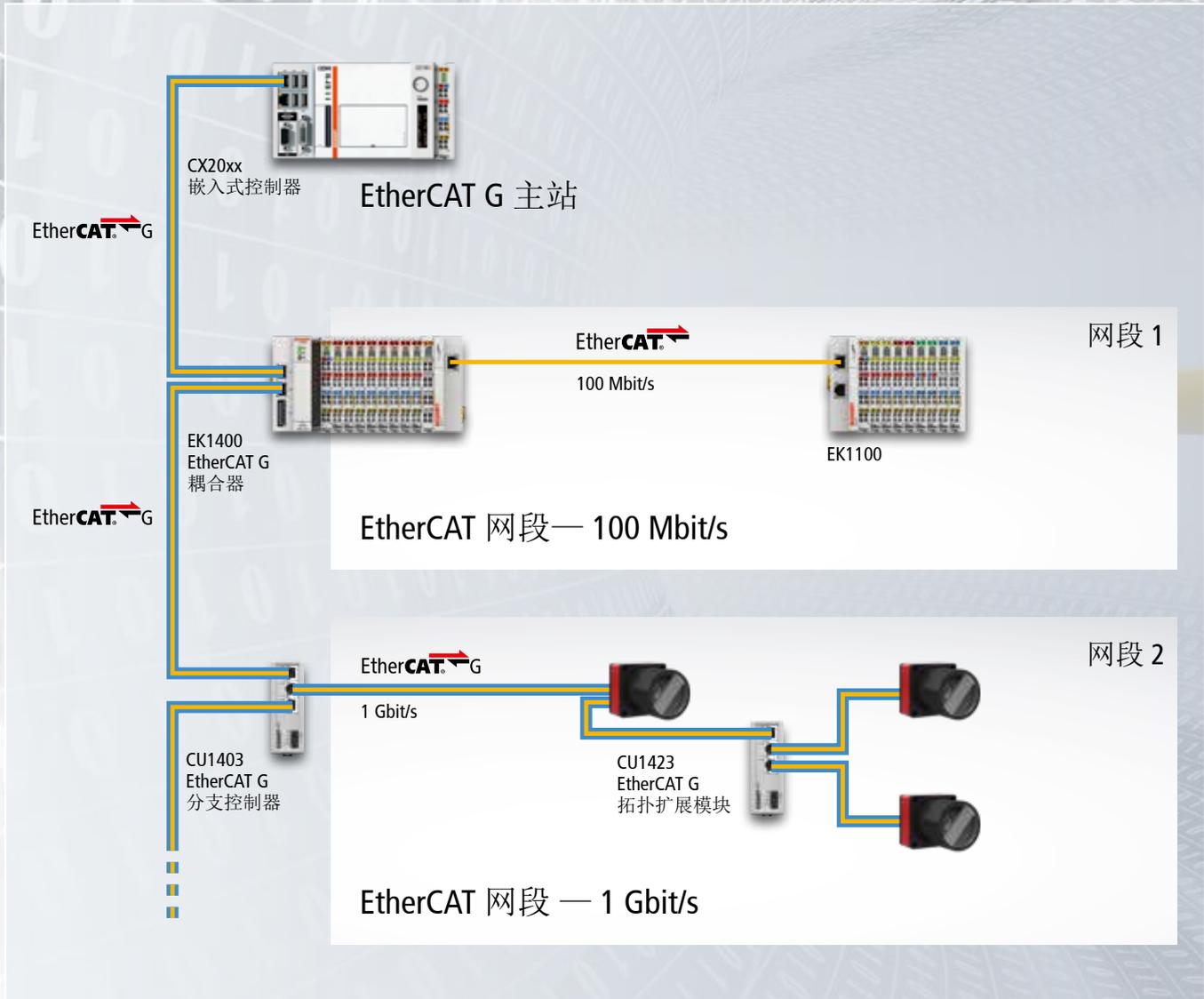
高精度时间同步

测量值由两个基本特征定义: 测量值不确定性 (数值) 以及花费的确切时间 (测量时间)。EtherCAT 能够基于分布式时钟高精度同步所有输入和输出, 通常时间不确定性显著小于 $1 \mu\text{s}$, 这个不确定性包括网络中各个设备之间的相对时间, 和更高级别的绝对的全局参考时间。另一方面, EtherCAT 测量模块显著提高了高精度测量值的测定。总体来说, 使用这种方法可以更准确地确定时间和值。

EtherCAT 优化了测量技术架构:

- 一项通信技术即可满足设备控制和测量需要
- 优化协调产品和技术
- 世界上最快的以太网现场总线
- 500 个可兼容的 EtherCAT I/O 端子模块
- 开放的协议, 用于轻松集成第三方产品
- 时间戳, 用于提升测量质量
- 投资保护: 无版本控制

EtherCAT G: 系统规模可从百兆扩展到万兆



EtherCAT G 基于成功的 EtherCAT 技术运行原理，同时将数据速率提升到 1 Gbit/s 或 10 Gbit/s，EtherCAT 协议本身保持不变。和以前一样，网络中的所有设备都会收到由 EtherCAT 主站发送的报文。每个 EtherCAT 从站都会以“on the fly”的方式读取寻址到该设备的数据，并将其需要交换的数据插入到继续向下游传送的帧中；现在，所有这一切都以 1 Gbit/s 或 10 Gbit/s 的速率进行。硬件产生的延迟是造成报文处理延迟的唯一因素。在子网段中的最后一个设备或者末端分支识别到开放端口时，利用以太网物理层的全双工特性将报文传回主站。



10 Gbit/s
1 Gbit/s
100 Mbit/s

EtherCAT G 和 EtherCAT G10 仍然保持 EtherCAT 的所有特性。带有三个或者四个端口的设备（拓扑扩展模块）方便用户灵活配置网络拓扑，并完全满足设备结构的需求。可选的机器模块可通过热连接功能接入系统或者从系统中移除。网络诊断功能可以最小化设备的停机时间并提高可靠性。内置的分布式时钟仍可确保设备小于 100 ns 的高精确同步性能。

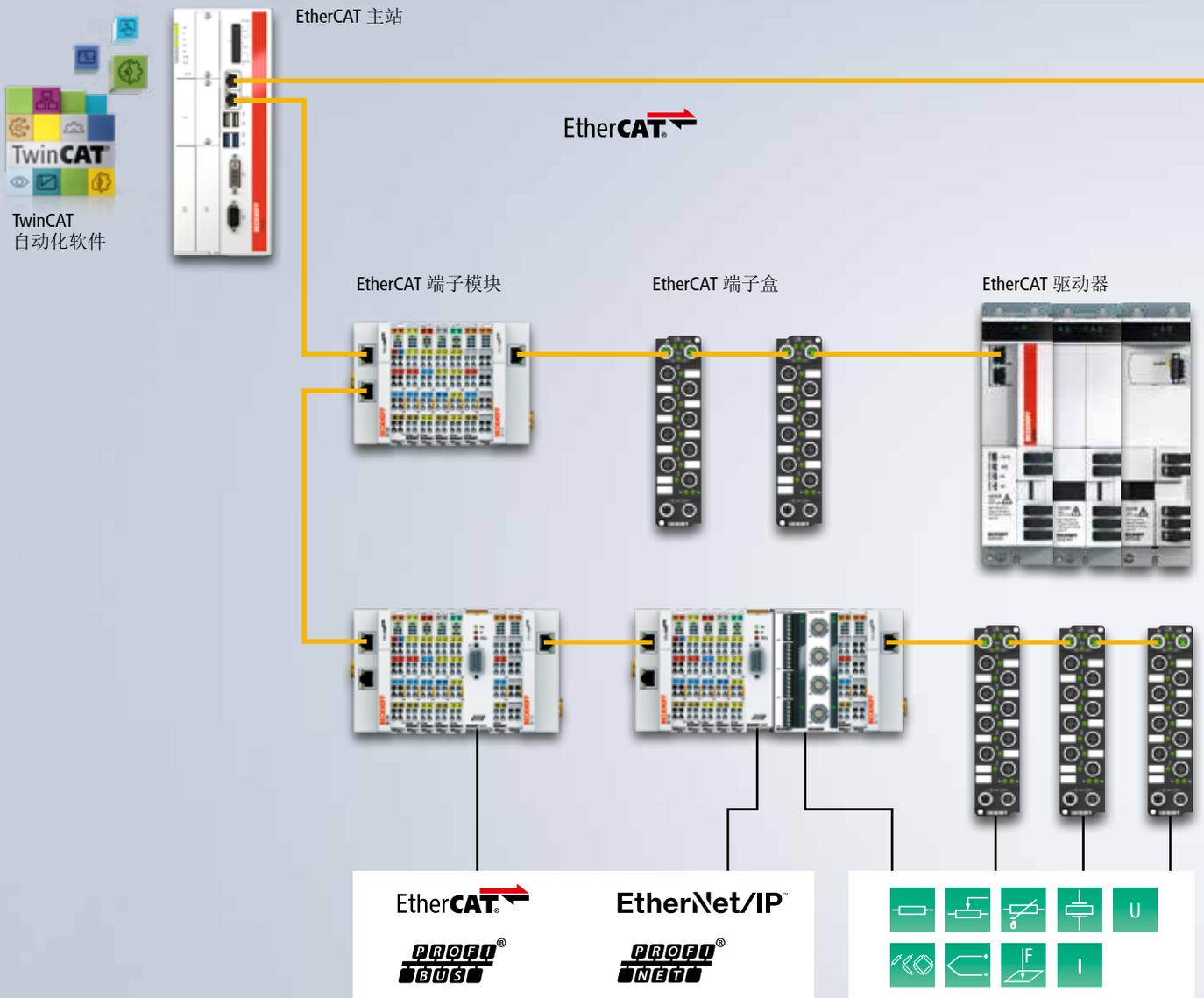
EtherCAT G/G10 的性能更强，这一点对测量应用来说特别有益，因为现在可以轻松对超过 100 个通道实现大于 100 ksps 的高采样率和 24 位分辨率。

具有所有 EtherCAT 的功能优势

- 直达 I/O 层的实时以太网
- 灵活的拓扑结构
- 出色的诊断功能
- 小于 100 ns 的同步精度
- 非常简单的组态
- 低系统成本
- 性能卓越
- 集成功能安全特性
- 符合 IEEE-802.3 标准

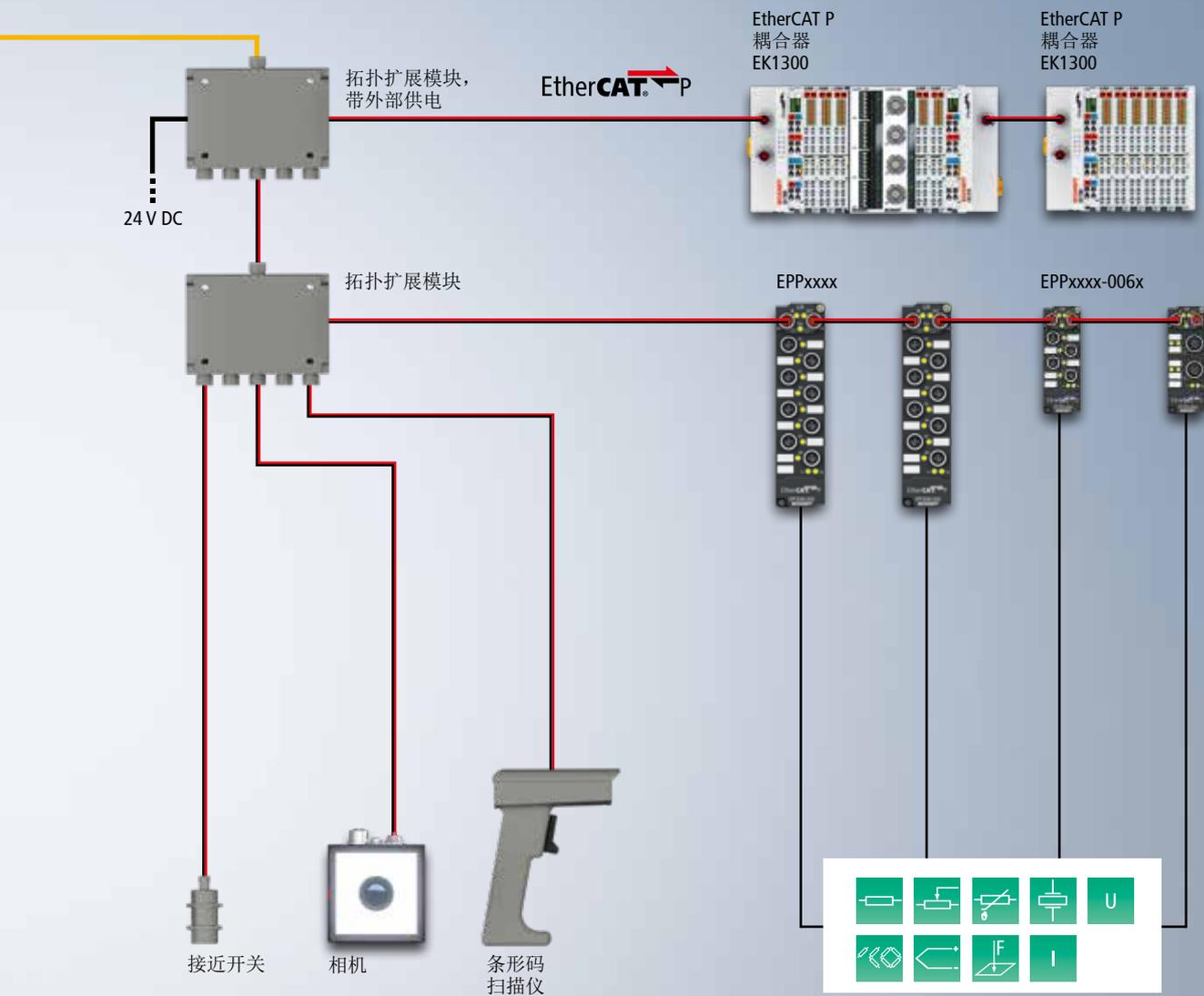
► www.beckhoff.com.cn/ethercat-g

EtherCAT P: 传感器、执行机构和测量总线



单电缆自动化现场总线

倍福通过 EtherCAT P 在一根标准的四芯以太网电缆中整合了通信和动力系统。集成了 EtherCAT P 从站和所连接的传感器和执行器的 24 V DC 电源: U_s (系统和传感器电源) 和 U_p (执行器的外围电压) 相互电气隔离, 并可分别为所连接的组件提供最大 3A 的电流。同时, EtherCAT 的所有优点都保留了下来, 如: 网络拓扑结构的自由选择、高速度、高带宽利用率、即时处理报文、高精度同步和范围广泛的诊断功能, 等等。



U_s 和 U_p 的电流直接注入 100 Mbit/s 电缆的导线中, 从而能够实现非常经济且紧凑的连接。EtherCAT P 具有将小型、远程 I/O 站点连接到端子盒以及将本地 I/O 组件实现分布式处理的优点。倍福为 EtherCAT P 专门开发了一系列连接器, 从而避免出现由于与标准 EtherCAT 从站连接器混淆带来的潜在危险。它可以满足所有应用: 从 24 V I/O 层到 400 V AC 或 600 V DC 且电流最大为 64 A 的驱动器。

将 EtherCAT P 与分布式测量技术相结合可在每台机器上创造全新的协同效应。现在从每段线路采集高质量的测量信号, 从而相对减少接线工作量。该方案还适用于临时, 甚至便携式测量站, 它们可以放置在任何需要它们的地方。对于控制柜安装, 必须使用 EtherCAT P 耦合器 EK1300 来连接 EtherCAT 测量端子模块。由于 ETG 已经公布了 EtherCAT P 规范, 任何设备制造商都可以实施这一规范。EtherCAT P 将工业测量技术和非机柜安装式 IP67 环境结合在一起。

具有“单电缆优势的”高速现场总线:

- 已针对在现场直接连接 EtherCAT P 设备而优化
- 减少布线工作量, 节省时间
- 减少出错可能
- 无需单独的电源电缆, 传感器和执行机构体积更小
- 轻松连接组件

► www.beckhoff.com.cn/ethercat-p

倍福测量技术：适用于任何应用的设备类型

ELM3x0x 基本系列
24 位
每通道 10 ksps
同步
23 °C 时的测量精度为
25 ppm

ELM3x4x 经济型系列
24 位
每通道 1 ksps
多路复用
0...50 °C 时的测量精度为
100 ppm



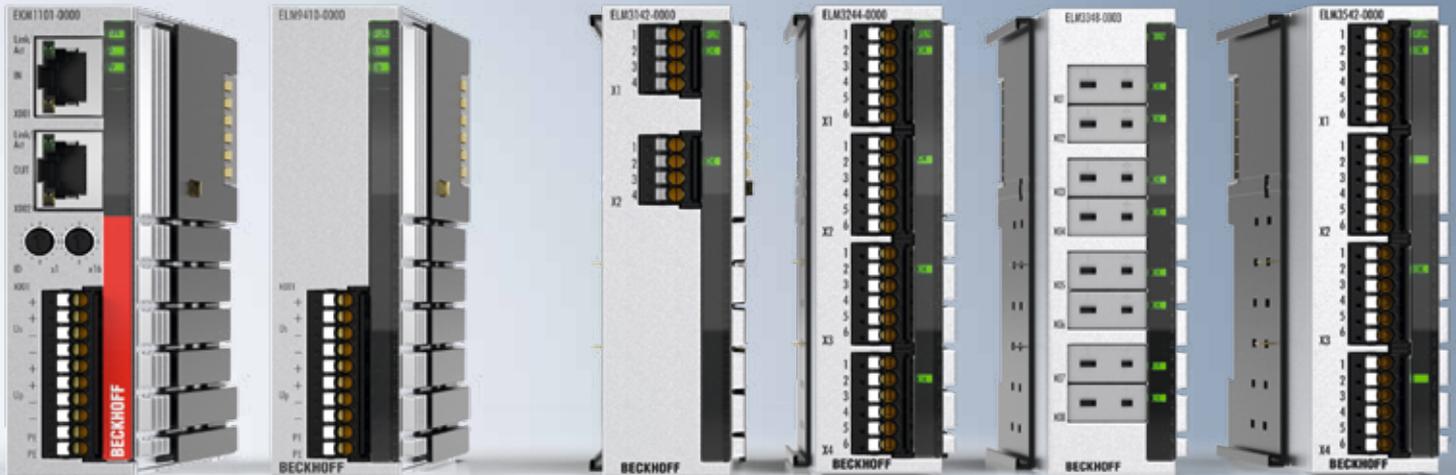
倍福的测量技术组件系列是不断扩展的，可以全方位满足各种工业测量需求：从每秒测量一次到每秒测量数千次，从电压和电流测量到振动和力测量。IP20 组件用于读取控制柜内的传感器数据。

通过无缝集成到 EtherCAT I/O 系统中，基本系列中的高端测量组件甚至可以读取标准型 EL/KL 模拟量端子模块无法读取的过程关键测量通道数据。基本系列设计用于以高测量精度采集所有通道和模块上的高动态过程的信号，而经济型系列则设计用于动态性较差的过

程。集成的 24V 传感器电源和 24V 电源触点可以减少控制柜中的接线数量。在一般的控制柜条件下，经济型系列出色的 100 ppm 温度稳定性甚至超过基本系列。

这两款产品系列都支持成熟的 EtherCAT 功能，例如纳秒范围内的分布式时钟时间戳和总线诊断功能。这些模块可以由系统组件（如 EKM1101 耦合器）供电。集成式诊断功能能够确保可靠的测量操作。

经济型系列：安装在控制柜中的坚固耐用的高精度测量组件



系统组件

经济型系列

EKM1101 EtherCAT 耦合器，带诊断功能	ELM9410 供电端子模块，带诊断功能	ELM3142 ELM3144 ELM3146 ELM3148 电流/电压测量	ELM3244 ELM3246 热电阻 温度测量	ELM3344 ELM3344-0003 ELM3348 ELM3348-0003 TC 温度测量	ELM3542 ELM3544 测量电桥分析 (SG)	
耦合器和电源端子模块专为与测量端子模块一起使用而设计。它们给 E-bus 及链接模块提供高达 2 A 并经过滤波和电子隔离的电源，以保护测量端子模块免受电源和其它总线的使用带来的干扰。它们还可以为系统状态监测提供各种诊断值（温度，振动，电压）。		通道数	2/4/6/8	4/6	4/8	2/4
		分辨率	24 位	24 位	24 位	24 位
		每通道最大采样率	1 ksps	1 ksps	1 ksps	1 ksps
		连接技术	直插式接线	直插式接线	直插式接线	直插式接线
		U (0...10/30 V, ±10 V)	■			
		I (-10/0/+4...+10/+20 mA)	■			
		测量电桥 (SG)	☒			■
		IEPE	☒			
		电阻测量	☒	■		
		电位计	☒			
		温度 (RTD)	☒	■		
		温度 (热电偶)			■	

基本系列：高速、高端测量技术， 适用于工业环境中的 24/7 式全天候运行



基本系列

	ELM3002 ELM3004	ELM3002-0205	ELM3102 ELM3104	ELM3102-0100	ELM3502 ELM3504	EPP3504
	电压测量	高压测量	电流测量	电流/电压测量，电气隔离	测量电桥分析 (SG)	测量电桥分析 (SG)
通道数	2/4	2	2/4	2	2/4	4
分辨率	24 位	24 位	24 位	24 位	24 位	24 位
每通道最大采样率	20/10 ksp/s	50 ksp/s	20/10 ksp/s	20 ksp/s	20/10 ksp/s	10 ksp/s
连接技术	直插式接线	4 mm	直插式接线	直插式接线	直插式接线	直插式接线
U (1200 V)		■				
U (0...10/30/60 V, ±10 V)	■			■	■	■
I (-10/0/+4...+10/+20 mA)			■	■		
测量电桥 (SG)					■	■
IEPE						
电阻测量						
电位计					■	■
温度 (RTD)					■	■
温度 (热电偶)						



ELM3602 ELM3604	ELM3602-0002 ELM3604-0002	ELM3702 ELM3704	ELM3704-0001	ELM3702-0101	ELM2642 ELM2644	ELM2742 ELM2744
IEPE 输入	IEPE 输入	多功能输入	多功能输入	多功能输入， 隔离式	磁簧多路复用 模块 1:4	固态多路复用 模块 1:4
2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	<p>这些多路复用模块的推出进一步完善了 ELM3xxx 系列和 EL3xxx/EL4xxx 系列标准型模拟量输入和输出模块。现在可以将多个传感器或信号源同时连接到同一个模拟量输入通道。倍福还专为小型模拟量信号设计了开关元件。因此可以在没有外部连接转换开关的情况下轻松实现模拟量信号的多通道采集以及生产设施中集成的测试工位的各种测试状态的灵活切换。</p>	
24 位	24 位	24 位	24 位	24 位		
50/20 ksps	50/20 ksps	10 ksps	10 ksps	10 ksps		
直插式接线	BNC	直插式接线	LEMO	LEMO		
■	■	■	■	■		
		■	■	■		
		■	■	■		
■	■	■	■	■		
		■	■	■		
		■	■	■		

适用于任何应用的测量模块

性能等级

模拟量输入	高精度型	标准型
Multi 多功能	ELM370x 24 位, 10 kSps EL3751 24 位, 10 kSps	EL3681 数字万用表端子模块
U U (±5 mV...±60 V)	ELM300x 24 位, 20 kSps EL3602 24 位, 1 kSps EL3602-0002 24 位, ±200 mV EL3602-0010 24 位, ±75 mV	EL300x 12 位 EL306x 12 位 EL310x 16 位 EL316x 16 位 EL3174-0042 16 位, 电气隔离
I -10/0/4...10/20 mA	ELM310x 24 位, 20 kSps EL3612 24 位, 1 kSps	EL301x 12 位 EL302x 12 位 EL304x 12 位 EL305x 12 位
U/I -10/0...+10 V, -20/0/+4...+20 mA	ELM314x 24 位, 1 kSps	EL3072 12 位 EL3074 12 位
U/HV 230/690 V AC, 410 V DC, 1/5A	ELM3002-0205 24 位, 1200 V, 10 kSps, 电气隔离	电力管理 EL3483 三相电力监测端子模块 EL3483-0060 3 通道, 480 V AC/DC EL3423 三相, 480 V, 1 A, AC/DC, 经济型
 温度 (热电偶)	EL3314-0010 J、K、L... U 型, 24 位 EL3344 J、K、L... U 型, 24 位 EL3348 J、K、L... U 型, 24 位	EL331x J、K、L... U 型, 16 位 EL3314-0002 电气隔离
 温度 (RTD)	EL320x-0010 Pt100, 16 位 ELM3244 RTD, 24 位 ELM3246 RTD, 24 位	EL320x Pt100/1000, Ni100, 16 位
 电阻测量	ELM350x 24 位, 带电源, 20 kSps	EL3692 10 mΩ...10 MΩ, 24 位
 电位计	ELM350x 24 位, 带电源, 20 kSps	EL3255 16 位, 带传感器电源
 电阻桥 (SG)	ELM350x 24 位, 带电源, 20 kSps EPP3504-0023 24 位, 带电源, 10 kSps ELM354x 24 位, 带电源, 1 kSps EP3356 24 位, 带自校准功能 EL3356-0010 24 位, 带自校准功能	EL3356 16 位, 带自校准功能
 IEPE (ICP, CCLD, ...)	ELM360x 50 kSps, 24 位, 0/2/4 mA, AC/DC 耦合	EL3632 50 kSps, 16 位, 2/4/8 mA
 压力测量		EM3701 差压测量, -100...+100 hPa
 LVDT (感性测量电桥)		EL5072 电感式传感器接口

请注意: 倍福可为上述部分系列提供出厂校准证书或第三方检测机构出具的校准证书 (ISO 17025, DAkkS)。

倍福 — 测量技术专家

ELM 系列中的高精度测量端子模块不是倍福提供的第一款测量应用产品。倍福以前推出的用于特殊测量任务的设备包括: EL 系列 EtherCAT 端子模块以及 KL 系列总线端子模块以及 IP67 端子盒系列。它们借助技术上领先的自动化组件兑现了倍福在诸如称重技术或振动测量技术等特殊领域中的承诺。比如

KL3681 数字万用表端子模块		
	KL300x 12 位 KL306x 12 位 KL3468 12 位 KL310x 16 位 KL340x 12/16 位	EL3702 16 位, 100 ksps
EL311x 16 位 EL312x 16 位 EL314x 16 位 EL315x 16 位	KL301x 12 位 KL302x 12 位 EL315x 16 位 KL305x 12 位 KL344x 12 位 KL345x 12 位	EL3742 16 位, 100 ksps
EL3172 16 位 EL3174 16 位	EL3174-0002 16 位, 电气隔离	EP31xx 16 位 (也有 EPP、EQ 和 ER 系列)
电力测量		电力监测
KL3403 三相, 500 V, 1 A, AC/DC KL3453 三相, 690 V AC/DC, 1/5 A AC EL3443 三相, 480 V, 1 A, AC/DC	EL3446 6 通道电流测量端子模块, 1 A AC/DC EL3453 三相, 690 V AC/DC, 1/5 A AC EL3444 4 通道电流测量端子模块, 10 A AC/DC	EL3773 三相, 500 V, 1 A, AC/DC EL3783 三相, 690 V AC/DC, 1/5 A AC
	EP3314 J、K、L...U 型, 16 位 (也有 EPP、EQ 和 ER 系列)	KL331x J、K、L...U 型, 16 位
EP3204 Pt100/1000, Ni100, 16 位 (也有 EPP、EQ 和 ER 系列)	EL3204-0200 最高 240 k Ω , 16 位 KL32xx Pt100/1000, Ni100, 16 位	EL321x Pt100/1000, Ni100, 16 位, 三线制 KL3208-0010 NTC 1, 8...100 k Ω , 16 位
	KL3351 16 位	KL3356 16 位, 带自校准功能
EP3744-1041 差压/相对压力测量, 1...7 bar (也有 EPP、EQ 和 ER 系列) (LVDT、半桥、RVDT)	EM3702 相对压力测量, 0...7.500 hPa KM3701 差压测量, -100...+100 hPa	EM3712 相对压力测量, -1.000...+1.000 hPa KM3702 绝对压力测量, 7500 hPa

应用举例：
电力监测
(电能)

应用举例：
状态监测
(振动)

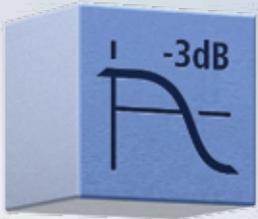
使用四线制模式进行测量的 EL3692 电阻测量端子模块, EP1816-3008 位置检测模块 (例如, 用于机械臂) 或用于 KL3403 三相电力测量端子模块。通过 BK/BC 或 EL67xx 系列总线耦合器, 测量端子模块和 IP67 端子盒不仅可以在 EtherCAT 系统上运行, 也可以在其它总线系统 (PROFIBUS, PROFINET, EtherNet/IP 等) 上运行。为了适应各种应用, 倍福提供从

12 位到 24 位分辨率的各种性能等级, 从每秒采样 100 次的低采样速率端子模块到采样速率为 100 ksps 的超采样端子模块, 测量精度等级为 0.5...0.01。这样一个应用示例就是状态监测, 其中, 不仅可以使用专用的 EL3632 端子模块用于测量振动, 还可以使用配备 10 V 或 20 mA 连接器的标准端口监测电流、功率和液压状态。

- 倍福可为每个应用提供合适的测量模块:
- 适用于所有行业, 从木材加工到金属加工, 再到风力发电机组
 - 适用于所有应用, 从工业和试验台测量技术到状态监测和电力监测

TwinCAT 3: 基于 PC 的控制技术中 具有高度模块化的核心



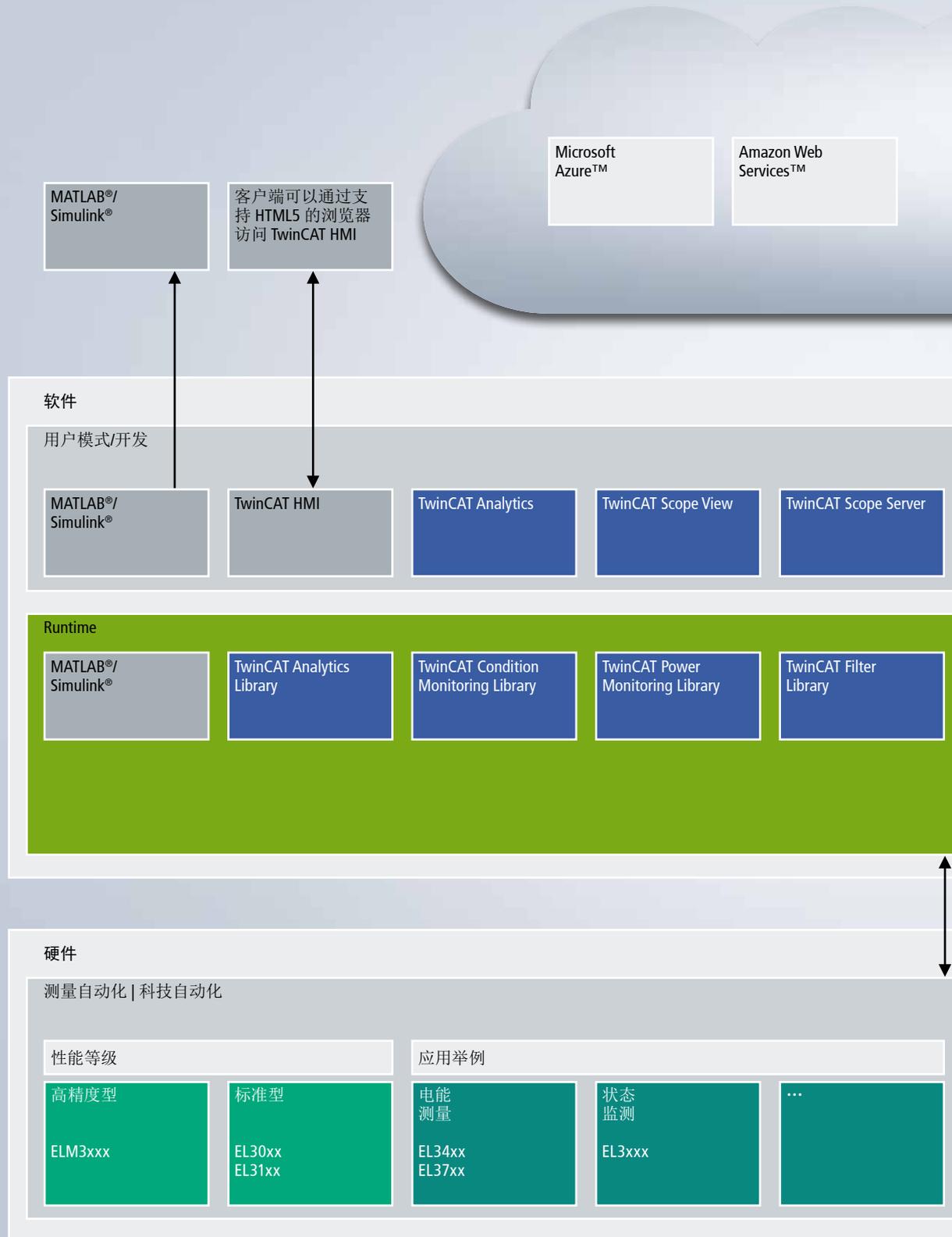


倍福可以为所有自动化领域提供各种性能等级的综合性系统解决方案。控制和驱动技术具有高可扩展性，因此非常适合用于不同的应用场景。TwinCAT 开发和控制软件将所有所需的设备功能（如 PLC、HMI、运动控制、机器人技术、测量技术、视觉）以及物联网和数据分析整合到一个软件包中。TwinCAT IoT 支持所有用于云通信的标准协议，并给智能设备推送消息。TwinCAT Analytics 为全面的过程数据存储和分析奠定了基础。

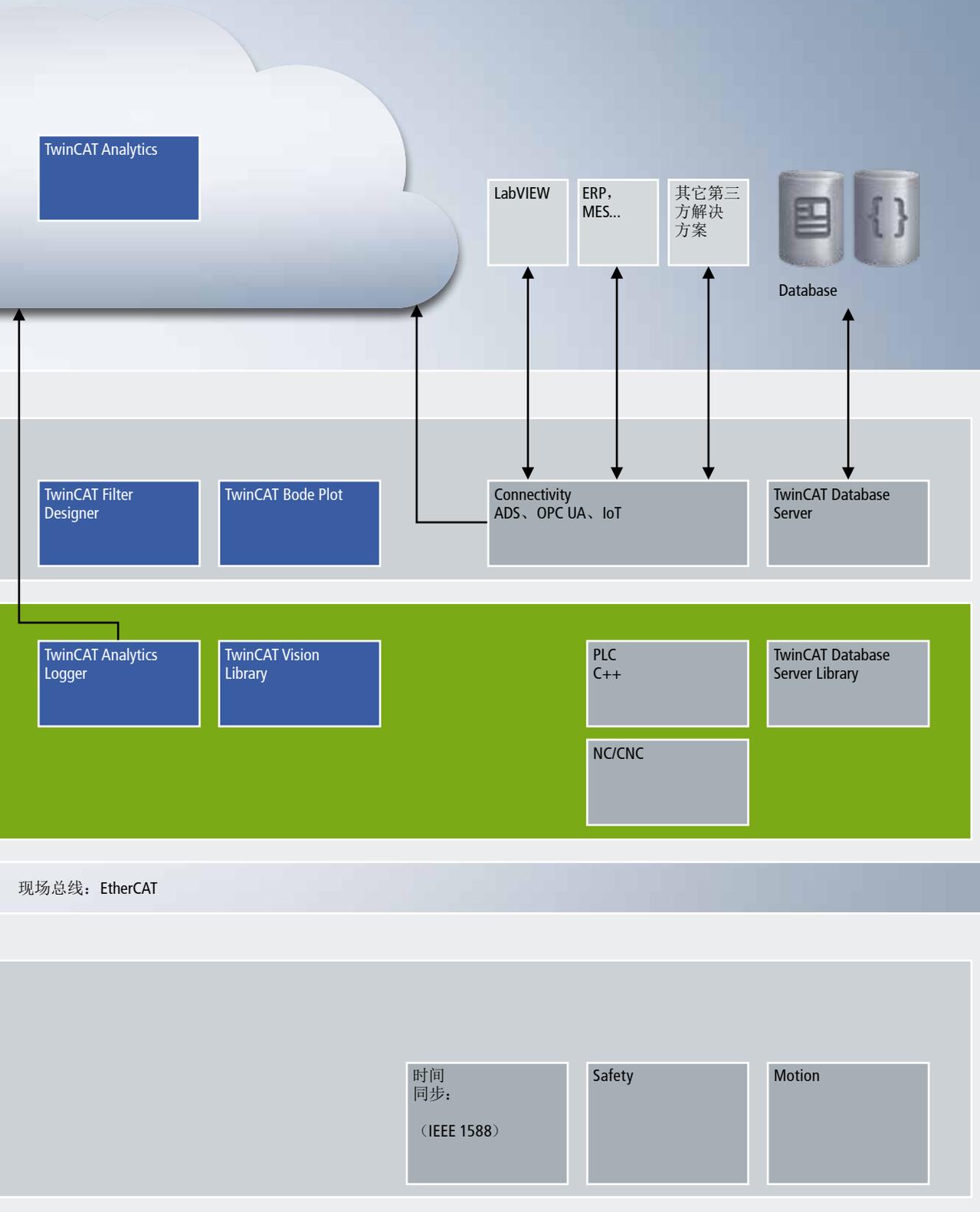
通过模块化实现灵活性

- 模块化解决方案可根据用户需求进行升级和扩展
- 具有高可扩展性的计算平台，可以满足所有性能等级要求
- 所有数据存储和分析选项：可以在本地设备、企业网络或云端进行
- 使用模板简化代码生成
- 针对批量生产轻松实现代码复制

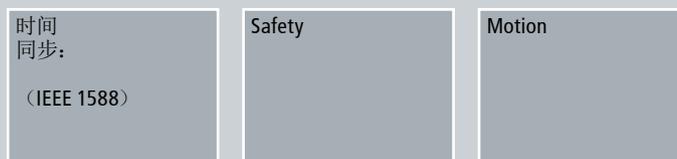
系统集成测量技术的所有模块都在一个通用平台上实施



倍福系统在所有级别的现代设备控制之间处理和传输数据：从最低的 I/O 级，直接或通过传感器总线，以及通过最常见的现场总线，到基于 PC 的控制系统。一旦使用各种可用的软件模块处理了数据，就将数据存储于数据库系统中，并传输给分析工作站。分析工作站可以位于设备内部，可以位于工厂内的中央服务器，也可以位于云端。倍福通用型控制技术的灵活性、可扩展性在测量技术和许多其它应用领域都可以为用户带来巨大收益。

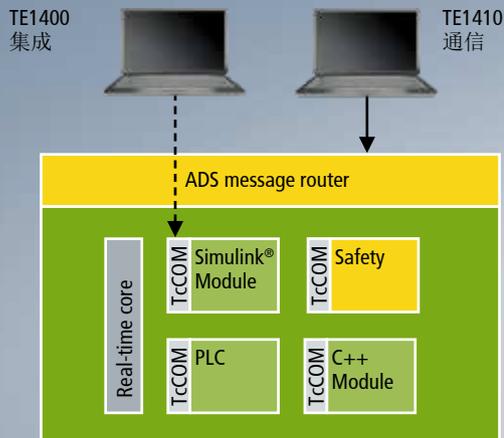
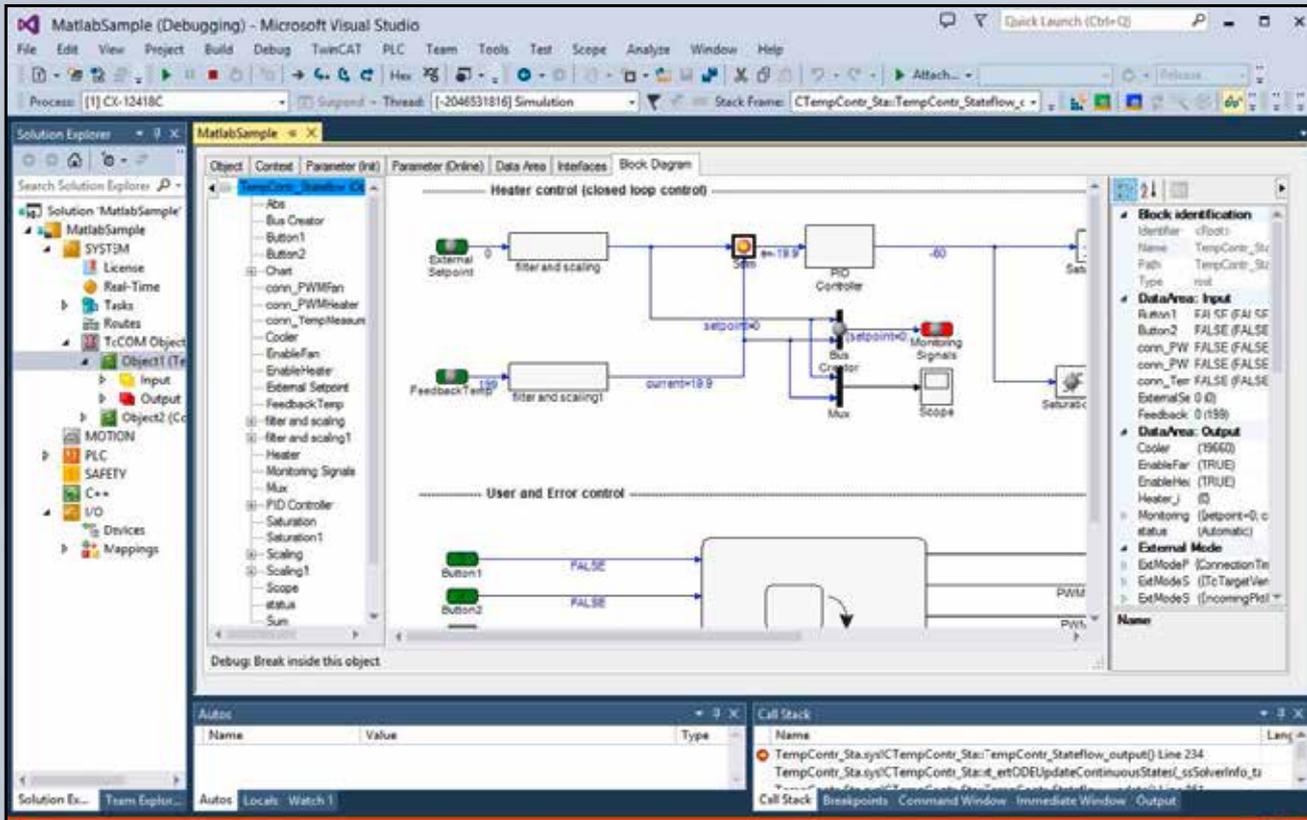


现场总线：EtherCAT



MATLAB® 和 Simulink®— 测量测试领域中实力强大的合作伙伴

MATLAB®/Simulink®



MATLAB® 和 Simulink® 在测量数据分析以及系统建模和仿真领域设立了新标准。MathWorks 的这两个工具在很多行业中广受青睐。

倍福支持将这两种工具集成到 TwinCAT 3 开发系统中，并提供以下两款产品：Target for MATLAB®/Simulink® (TE1400) 和 Interface for MATLAB®/Simulink® (TE1410)。

使用 Simulink® 开发时，可以使用 TE1400 在 TwinCAT 3 中生成 TwinCAT 对象（TcCOM 模型）的实例。



在 TwinCAT 中，可以通过实时任务或其它 TcCOM 模型直接触发这些模块，作为嵌入在 TwinCAT Engineering 中的控件，该功能块图让您能够在 TwinCAT 中设置这类模型的参数并监控信号。您可以使用此产品开发，例如，可以实时执行的监视器或用于推断无法直接读取的测量值的虚拟传感器，或实时仿真不存在的组件的行为（硬件在环）。

TE1410 提供一个基于 ADS 的通信接口，用于在 TwinCAT 和 MATLAB®/Simulink® 之间交换数据。它支持同步和异步读/写过程以及模块调用（读/写）。您还可以使用此产品将基于 MATLAB® 的分析用作可以从 TwinCAT 内调用的函数。或者，您也可以将该产品与 Simulink® 结合起来使用，以便作为基于模型的软件开发的一部分，进行软件在环仿真。

TE1400

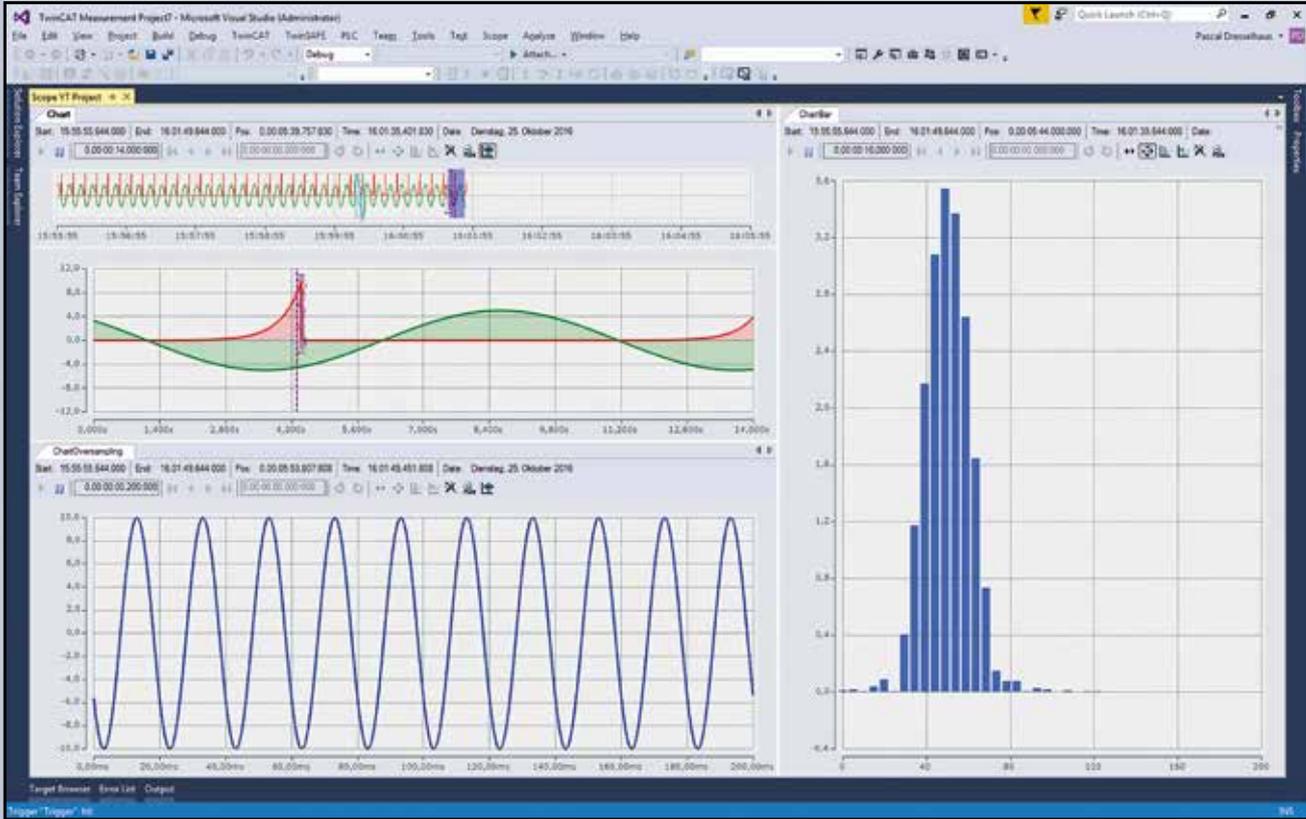
- 在 Simulink® 内一键生成 TcCOM
- 增加 TwinCAT 中可实例化的模块
- 功能块图用作 XAE 中的控件
- 参数设置和（内置）模型信号的图表
- 可以在 XAE 中调试

TE1410

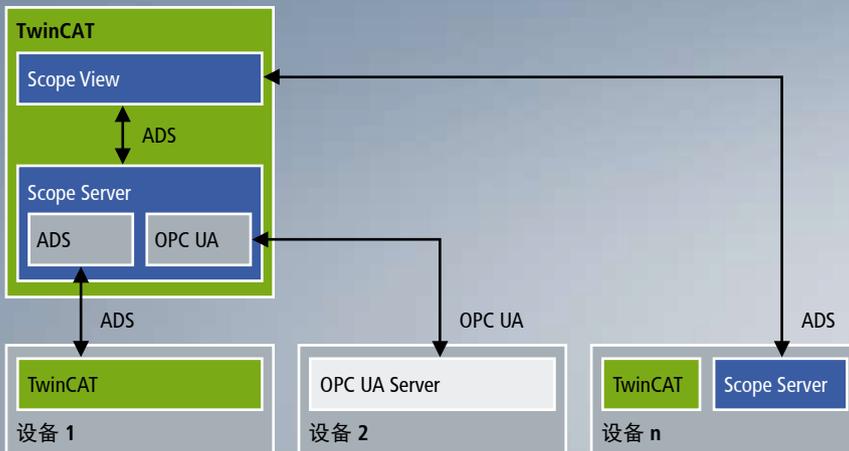
- Simulink® 中的 ADS 客户端
- 嵌入在 Simulink® 功能块中的目标浏览器
- MATLAB® 中的 ADS 客户端/服务器

针对高端测量技术的 多核示波器：TwinCAT Scope

TwinCAT Scope



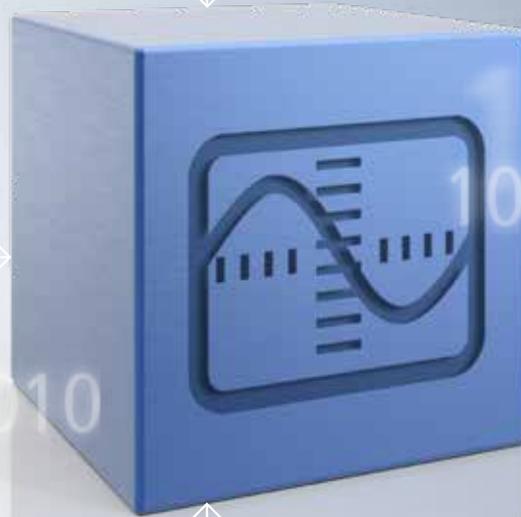
TwinCAT Scope 是一款先进的软件示波器工具，用于以图表形式显示 TwinCAT 系统中的信号状态。它能够记录高分辨率数据，并以直线或条形图的形式以出色的性能显示这些数据。重要结果可以标记，并可以使用概览图轻松检索。



这种性能非常强大的示波软件是 TwinCAT Measurement 系列的亮点。它被当作一个独立的项目集成到 Visual Studio® 中，能够在几微秒范围内显示测量信号。除了诸如触发、图表同步和光标等成熟功能之外，TwinCAT Scope View 还支持多核处理器，以充分利用每个硬件系统的计算能力来显示高频信号，即使是来自超采样值。

TwinCAT Filter Designer

Filter Designer 已经被设计并集成到 TwinCAT Engineering 中, 因此用户能够根据特定的测量任务调整滤波器。用户可以用图形方式编辑滤波器曲线, 并通过拖放功能将生成的滤波器系数下载到新的 ELM 测量模块中。也可以将系数复制到 TwinCAT Filter Designer PLC 库的功能块中, 这样用户可以轻松将 Butterworth 或 Chebyshev 等数字滤波器配置为低通滤波器、带通滤波器或高通滤波器。



TwinCAT Bode Plot

作为自动化系统重要的组成部分, 伺服驱动工作中会生成大量的过程和测量数据。但是, 在将这些数据用于状态监测和分析之前, 必须对其进行适当调整。Bode Plot 基于 TwinCAT Scope, 非常适合用于实现这一目标。用户可以用它将额定值传输给驱动器, 并以图形方式显示所产生的频率响应和相位, 以优化驱动参数设置。

它集成的多个向导简化了 TwinCAT Scope View 的直观操作。除了项目向导之外, 它还包含一个用于选择和转换物理单元的向导, 还有一个用于将数据转换为其它格式 (如 csv 或 tdms) 的向导。后者可以删除不需要的数据并指定导出的时间间隔。此外, 数据导入和导出可以通过 PLC 完全自动完成。

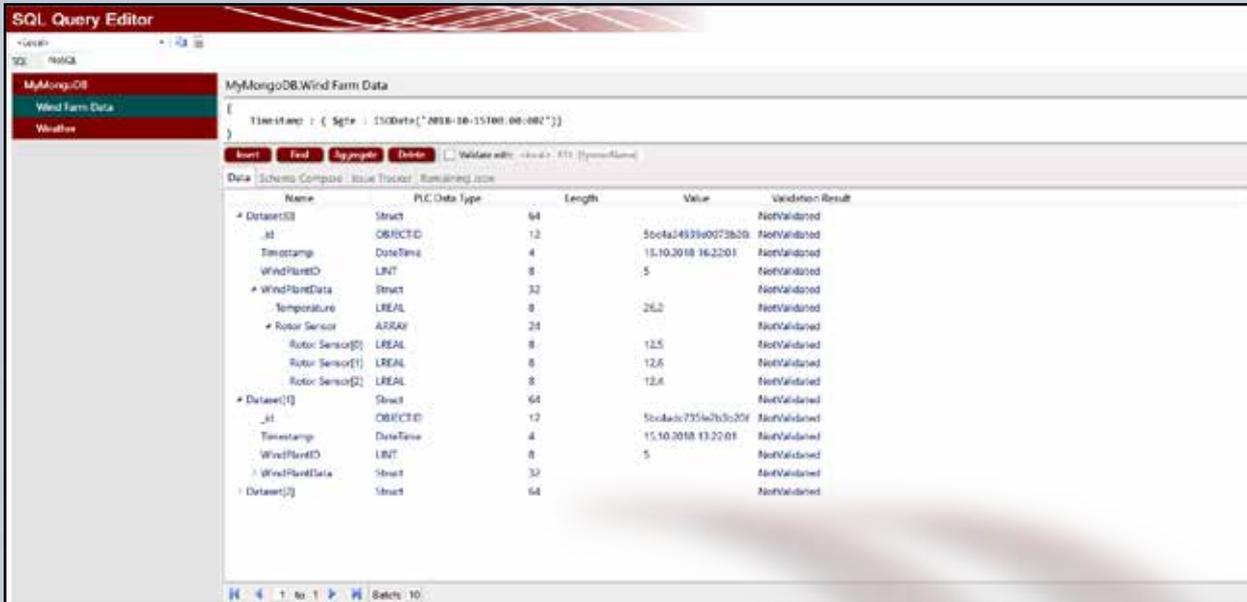
TwinCAT Scope 的开发人员特别关注它是否能够与其它 TwinCAT 产品无缝交互。例如, 除了针对运动应用的模板之外, 它还具有条形图, 这些条形图可以与 TwinCAT 状态监测功能库结合起来使用, 显示功率或幅度谱的频率曲线。甚至机器视觉系统产生的图像也可以通过时间戳集成到数据流中, 并在 Scope 中显示。通过所有这些功能, Scope 可以汇集测试和测量任务中的所有重要数据。

具有多核处理器性能的软件示波器

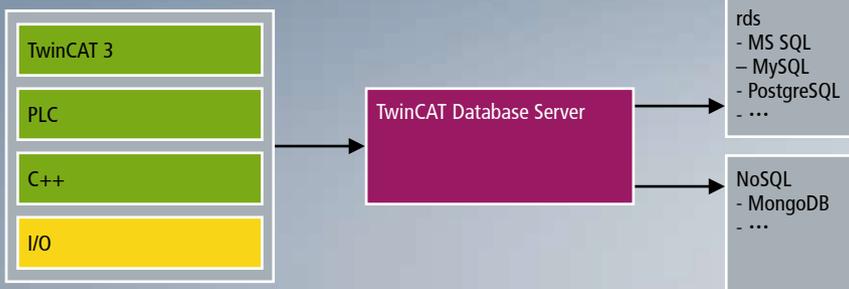
- 用于绘制高分辨率图形的高端绘图工具
- TwinCAT XAE 中集成有基础免费版
- 长期记录和触发记录
- 通信通过 ADS 或 OPC UA 标准实现
- Scope 控件, 用于集成到用户自己的基于.NET 的 HMI 中

简化数据库连接， 实现高效的测量应用

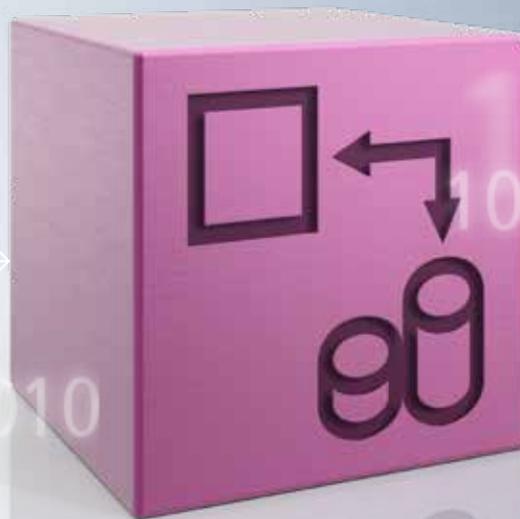
TwinCAT Database



只需点击几次按钮即可在 SQL Query Editor 中测试 SQL 或 NoSQL 数据库通信。该过程使用的是目标系统的 TwinCAT 数据库服务器。结合自动代码生成，由控制器生成的编程链接可以避免人为产生的错误。



如今，大数据时代已经来临，数据是一种宝贵的资产。来自设备、系统或试验台的数据亦是如此，这些数据具有宝贵的价值，必须受到保护。TwinCAT Database Server 通过处理 TwinCAT 和各种数据库系统之间的数据流量精确实现这一目标。它可以在执行此过程期间写入或读取值。



Database Server 提供四种功能模式。Configure 模式允许快速、简便地配置数据库连接，无需任何编程。PLC Expert 模式专为不想在 PLC 中创建自己的 SQL 命令的 PLC 程序员设计的；Database Server 自动执行此操作。SQL Expert 模式具有全方位灵活性，因为用户能够自行组合命令，甚至可以在数据库端触发存储过程。这个模式也适用于 C++。在频繁更改测量活动的环境中，关系型数据库中

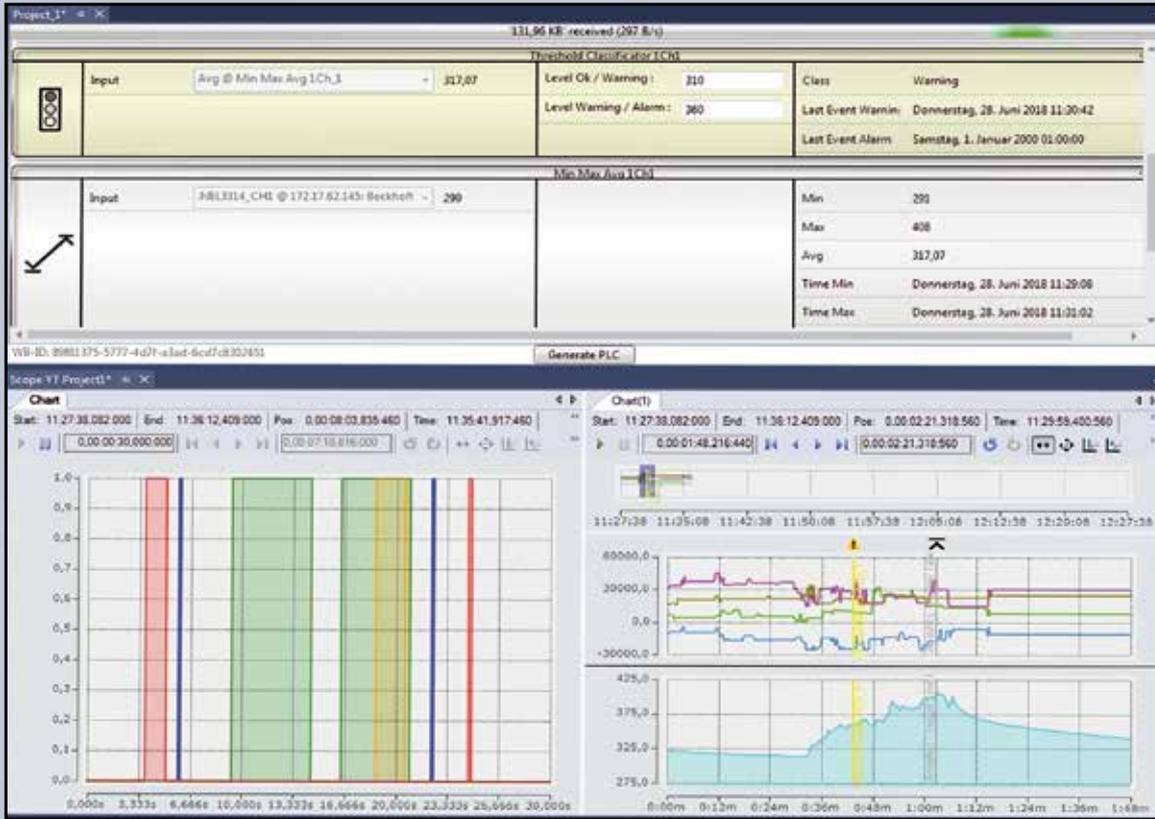
严格的表结构特别难以管理，因此 Database Server 会给传统关系数据库（如 Microsoft SQL, Oracle, MySQL 或 SQLite）提供支持，此外还有可以连接到所谓的 NoSQL 数据库（如 MongoDB）的 NoSQL Expert 模式。因此无需预定义方案，这显著提高了应用的灵活性。

无需编程即可方便地进行数据库集成

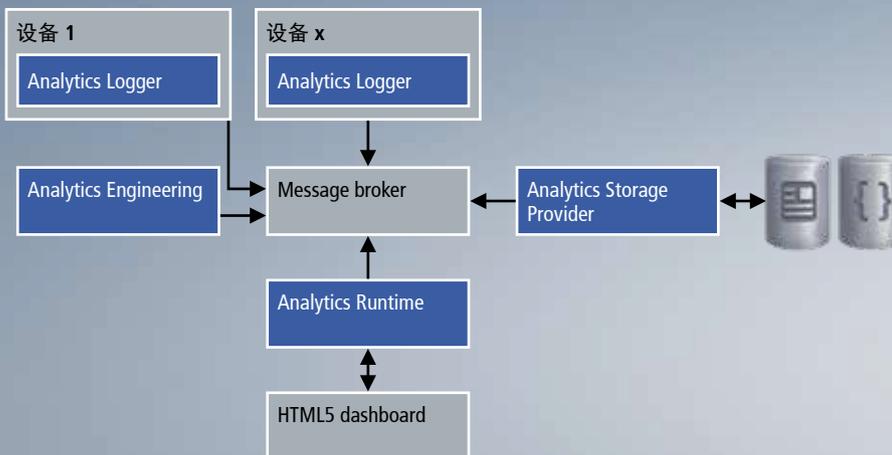
- 实时环境和数据库的直接链接
- 支持关系数据库和 NoSQL 数据库
- 在 TwinCAT Engineering 中轻松配置
- 生成便于在控制器中实施的 PLC 代码
- 可以为所有用户组提供 PLC 功能块

使用 TwinCAT Analytics 实现无缝且一致的数据分析

TwinCAT Analytics



Analytics 项目中的配置工具和 Scope View。数据通过数据库或 MQTT 从设备传输到分析软件中。可以将重要事件的分析数据拖放到绘图工具中，并在数据中标记。



由于采集和分析相关数据是赢得市场竞争优势的重要手段，因此市场上也涌现出越来越多的数据分析工具。但它们大多不了解设备制造商的需求，并且在概念上也只能受限于少数几种应用场景。而 TwinCAT Analytics 就是专为实现这一目标开发而成的。TwinCAT Analytics 开发工具可以无缝集成到设备应用程序所熟悉的 Microsoft Visual Studio® 环境中。这也意味着可以节省大量开发时间。此外，它还可以提供很多采用可以直接引用机械工程和相关应用程序的语言专门开发的

TwinCAT Condition Monitoring

若要实现基于状态的设备维护，就必须对测量值进行分析评估。TwinCAT Condition Monitoring PLC 软件库简化了测量值的评估工作：在本地控制计算机上运行的复杂但易于处理的数学算法可提供所需的分析结果。它可以与 TwinCAT Scope 完美结合，例如，用于以条形图的形式表示频谱，它也可以与 TwinCAT Analytics 结合使用，用于集中分析多个控制系统



算法。TwinCAT 产品领域中一些为人们所熟知的工具，如 TwinCAT Scope 绘图工具，可以简化 TwinCAT Analytics 及其提供的新功能的使用。TwinCAT Analytics 不仅能够在设备上进行分析故障排除，还可以永久监测网络中的一台或多台设备。实现 24/7 式全天候监测相对也比较简单；轻轻按下配置工具中进行的分析中的按钮即可生成可读的 PLC 代码。生成的代码可以在分析工业 PC 上运行，也可以在设备运行的同时在虚拟机上运行。代码生成后，还可以进一步自定义代码，以便用设备

制造商熟悉的编程语言创建个性化的分析。也可以一对一地传输现有的代码。最后可以基于 TwinCAT 3 HMI 设计出个性化的分析应用程序控制台，为最终用户带来高附加值。毋庸置疑，TwinCAT Analytics 不仅适用于实时数据，而且还适用于历史数据。可以通过 Analytics Storage Provider 访问数据库。最重要的是，TwinCAT Analytics 不仅仅是一个产品，更是一个完整的工作流程，它支持灵活使用诸如物联网工具等最新技术，并在此基础上让用户能够实现真正的工业 4.0 应用。

数据分析也为机械工程师带来高附加值

- 基于数据分析的新业务模型
- 快速、简便的故障分析
- 设备优化
- 轻松将开发环境集成到 TwinCAT XAE 中
- 通过自动生成 PLC 代码降低成本，实现 24/7 式全天候监测
- 数据管理几乎完全自动化
- 通过物联网技术实现最大灵活性

参考案例：倍福测量技术在全球范围内获得广泛应用



天津奥菱和中国海油, 中国

基于 PC 的控制技术在海洋石油钻井平台振动监测中的应用

► www.cnooc.com.cn



肯普滕应用技术大学和 ABT 公司, 德国

针对车辆电动化改装的快速、灵活的试验台技术

► www.abt-eline.com

► www.hs-kempten.de/en/research



Pensar Otra Vez, 美国

PC 控制技术和 EtherCAT 在汽车 PCB 板高温老化测试分选机中的应用

► <https://pensar2.com>

© Beckhoff



Romande Energie, 瑞士

集成式测量技术确保电力公司实现可靠的电网管理

► www.romande-energie.ch

© Beckhoff

更多倍福相关信息



公司简介



业务遍布全球



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 5246 963-0

info@beckhoff.de

www.beckhoff.de

倍福中国

Beckhoff Automation (Shanghai) Co., 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 11/2022，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。仅在书面认同情况下，才提供相关特性信息。

技术规格若有变更，恕不另行通知。



倍福官方微信