

BECKHOFF 自动化新技术

EtherCAT — 超高速通信标准



EtherCAT: 从现场层到 I/O 层的实时以太网全球标准

2003 年，倍福向市场引入了其最新的 EtherCAT 技术。同年，EtherCAT 技术协会（ETG）宣布成立，最初有 33 家创始会员。ETG 旨在将 EtherCAT 进行标准化及维持该技术发展。协会目前已发展成为全球最大的现场总线组织，拥有 5000 多家会员单位（截止 2019 年）。2005 年，ETG 发布了基于 EtherCAT 的功能安全标准 Safety over EtherCAT 协议，拓展了 EtherCAT 规范，以实现安全相关控制数据的安全传输。精简的协议采用一种被称作黑色通道的方式，使得安全数据的传输完全独立于通信系统。

2007 年，EtherCAT 成为 IEC 国际标准，强调了该技术的开放性。目前，EtherCAT 协议仍然保持稳定不变；但是该技术仍在不断扩展并保持兼容性。因此，即使是在 2003 年开发的 EtherCAT 设备，仍然可与今天最新开发的 EtherCAT 设备兼容，并运行在同一个网络中。

2016 年发布的 EtherCAT P 技术是 EtherCAT 发展历程中的又一个里程碑，采用 EtherCAT P 可以将供电（2 x 24V）和 EtherCAT 通信集成在一根标准的 Cat. 5 电缆中。该技术为不需要设备控制柜的机器应用提供了可能。

运行机制

EtherCAT 的关键工作原理在于其节点对以太网数据帧的处理：在数据帧向下游传输的过程中，每个节点读取寻址到该节点的数据，并将它写入数据帧。

灵活的拓扑

EtherCAT 网络最多可支持 65,535 个设备，而不受在拓扑结构中放置位置的限制：线型、总线型、树型、星型或任意组合。

网络性能

EtherCAT 处理帧的独特方式使得它成为最快的工业以太网技术。

使用简单

EtherCAT 比传统的现场总线系统更为简单：集成的诊断信息可精确定位错误，节点地址可被自动设置，无需网络调试。

2018 年发布的 EtherCAT G 可提供更高的数据传输速率。与现有的百兆 EtherCAT 技术兼容是首要要求，因此需要采取措施实现集成，包括引入分支控制模型。



多功能型

全厂级通信：EtherCAT 适用于集中式和分散式的系统结构。

成本低廉

EtherCAT 以现场总线的成本提供工业以太网的全部优势：无需有源基础设施组件，主站无需特殊硬件。

功能性安全

Safety over EtherCAT 如同 EtherCAT 本身 — 精简而高速。功能性安全直接建立在总线中，可以选择集中式或分散式的安全逻辑。由于使用黑色通道（Black Channel）的方法，它同样适用于其他总线系统。

开放的技术

EtherCAT 是一项国际化的开放技术，这意味着任何人都能以兼容方式免费使用该技术。当前，EtherCAT 技术协会是全球最大的现场总线协会。

工程师的选择： EtherCAT 的五大核心优势

EtherCAT 独特的运行方式使得它成为“工程师的最佳选择”。例如，应用于：

- 机器人
- 机床
- 包装机械
- 印刷机械
- 塑料生产设备
- 冲压机
- 试验台
- 拾放设备
- 测量系统发电厂
- 变电站
- 物料搬运应用

- 行李处理系统
- 舞台控制系统
- 隧道控制系统
- 海上应用
- 楼宇自动化系统
- 风力发电机组
- 自动引导车
- 医疗器械
- 木工机械
- 等等...

► www.beckhoff.com/ethercat

卓越的性能

1

总的来说，EtherCAT 是最快的工业以太网技术，同时它提供纳秒级精度的同步。

目标系统由总线系统控制或监测的所有应用都将从此大大获益。快速反应时间减少了处理步骤中的状态转换等待时间，从而显著提高了应用的效率。

最后，相对于设定了相同循环时间的其他总线系统，EtherCAT 系统结构通常能减少 25%-30% 的 CPU 负载。而最好的情况下，EtherCAT 性能可以提高精度，提升数据吞吐量，并降低成本。

灵活的拓扑

2

在 EtherCAT 应用中，机器结构决定网络拓扑结构，而不是网络拓扑结构决定机器结构。在传统的工业以太网系统中，可安装的交换机和集线器的级联数量是有限的，这限制了整个网络拓扑结构。而 EtherCAT 无需交换机或集线器，因此不受这方面的限制。简而言之，EtherCAT 在网络拓扑方面没有任何限制。几乎无限数量的节点可以组成线型、树型、星型拓扑及任何拓扑的组合。由于具备自动链接检测

功能，节点和网段可以在运行中断开及重新连接——甚至连接到其他地方。线型拓扑可以拓展为环形拓扑，从而实现线缆冗余。主站设备仅需要第二个以太网口即可实现这种冗余功能，而从站设备已经具备了支持冗余功能的条件。因此可在机器运行期间断开设备。

简单且耐用

3

配置、检测、维护都与系统的成本息息相关。以太网现场总线使得所有这些任务变得异常简单：EtherCAT 可以自动配置地址，而无需手动配置。低总线负载和点对点的物理层增强了抗电磁干扰的能力。网络可以准确地定位潜在的干扰，从而大大缩短了故障排除时间。在启动时，网络会对目标拓扑与现实拓扑进行对比以检测差异。EtherCAT 出色的性能消除了系统配置时的网络调试需求。高带宽可以将其他的 TCP/IP 与控制

数据同时传输。然而，EtherCAT 并不是基于 TCP/IP 的，因此无需使用 MAC 地址或 IP 地址，更不需要 IT 专家配置交换机或路由器。



集成安全

4

将功能性安全作为网络结构的一个不可或缺的部分？这对于 FSoE (Functional Safety over EtherCAT) 来说不是问题。FSoE 是经使用验证的，自 2005 年就有了通过 TÜV 认证的 FSoE 设备。协议满足 SIL 3 系统要求，且适用于集中控制和分散控制系统。由于采用了黑色通道的方式及特别精简的安全容器 (Safety

Container)，FSoE 也可以应用于其他总线系统。该集成方案及精简的协议可降低系统成本。此外，一个对安全等级要求不高的控制器也可以接收并处理安全数据。

低成本易实现

5

EtherCAT 以相当于甚至低于传统现场总线系统的价格水平提供工业以太网的特性。对于主站设备，硬件仅需要一个以太网端口 — 而无需昂贵的接口卡或协处理器。不同形式的 EtherCAT 从站控制器可以从很多供应商那里获得：作为 ASIC 芯片、基于 FPGA，或作为标准微处理器的可选总线接口。由于这些便宜的控制器可以承担所有对时间要求苛刻的任务，EtherCAT 自身并不向从站设备 CPU 提出任何性

能要求，从而降低了设备成本。因为 EtherCAT 不需要交换机或其他有源基础组件，从而节省了此类组件及其安装、配置和维护的成本。

EtherCAT® 

EtherCAT 技术协会： 国际标准和全球市场活动

EtherCAT 技术协会确保 EtherCAT 技术对所有潜在用户开放。协会将 EtherCAT 设备制造商、技术提供商及用户聚集在一起，以进一步研发和完善该技术。他们旨在实现一个共同目标：保持 EtherCAT 的稳定性和互操作性。ETG 每年都会在欧洲、亚洲和美国组织多场互操作性测试活动（Plug Fest）。该活动聚集 EtherCAT 设备开发者进行测试，以保证设备的互操作性。每个制造商在产品发布前，应使用官方的 EtherCAT 一致性测试工具进行相关 EtherCAT 设备的一致性测试。若其

通过了授权测试实验室的一致性测试，ETG 将为制造商颁发官方一致性认证证书。

ETG 是全球拥有会员数量最多的现场总线组织。会员列表可以在 ETG 网站主页查看。然而，最重要的并不是会员数量，而是这些会员的活跃度。无论从会员数量、设备多样



性，以及在欧洲、亚洲、美国的采用率方面来看，EtherCAT 无疑都是非常出色的。

发展历程

2003 年 EtherCAT 技术亮相汉诺威工业博览会

2003 年 在 SPS IPC Drives 展会上，EtherCAT 技术协会正式成立

2005 年 Safety over EtherCAT 引入市场

2007 年 EtherCAT 成为 IEC 标准

2016 年 EtherCAT P: 超高速通信和供电集成在一根电缆中

2018 年 EtherCAT G: 数据传输速率达 1 Gbit/s 的顶级性能

► www.ethercat.org



EtherCAT[®]
Technology Group

工业自动化的 通信标准

所有 EtherCAT 技术的共同特性

- 直达 I/O 层的实时以太网
- 灵活的拓扑结构
- 卓越的诊断
- 同步精度小于 100 ns
- 极其简单的配置
- 低廉的系统成本
- 最高性能
- 整合功能性安全
- 符合 IEEE-802.3 标准

EtherCAT®



EtherCAT: 超高速通信标准





EtherCAT: 更为快速的 XFC

EtherCAT® P

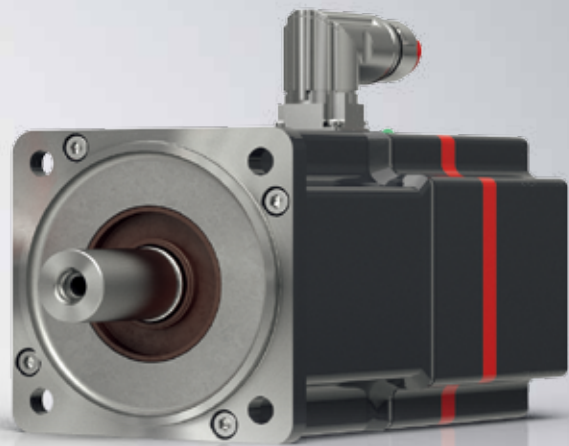


EtherCAT P: 超高速通信和供电集成在一根电缆中

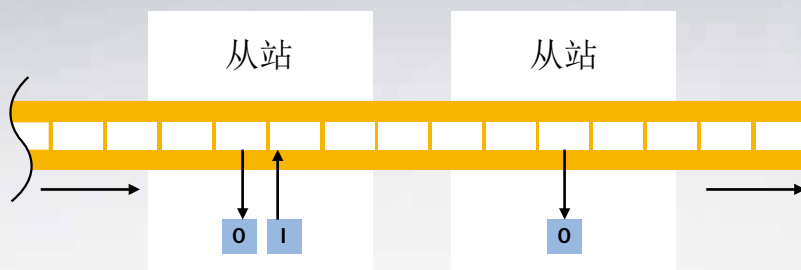
EtherCAT® G



EtherCAT G: 从 100 Mbit/s 到 10,000 Mbit/s 的可扩展 I/O 性能



EtherCAT: 技术详解



动态数据处理

基于以太网

EtherCAT 是工业以太网，采用标准的以太网数据帧和符合以太网标准 IEEE 802.3 的物理层。EtherCAT 还可以满足工业自动化领域的各项具体需求：

- 需要确定的响应时间的硬实时性
- 系统由多个节点构成，且每个节点只有少量的周期性过程数据
- 相对于 IT 和办公应用中的硬件成本而言，工业自动化的硬件成本更加重要

标准以太网网络几乎无法满足以上需求的现场级应用。如果每个节点使用一个独立的以太网报文传输几个字节的周期性过程数据，那么有效数据利用率会明显下降：因为以

以太网报文的最短长度为 84 字节（包括帧间距），其中的 46 个字节可以用于过程数据。

例如，一个驱动器发送 4 字节的实际位置和状态信息过程数据，同时接收 4 字节的目标位置和控制字信息数据，则发送/接收报文的有效数据利用率下降到 4.8% (4/84)。另外，驱动器通常在接收到目标值后，触发传输实际值需要一定的响应时间。最终，100 Mbit/s 的带宽会所剩无几。

而在 IT 领域通常使用的路由 (IP) 和连接 (TCP) 协议栈需要为每个节点使用附加的协议头，会产生进一步的延时。

EtherCAT 运行原理

一个 EtherCAT 数据帧足以完成所有节点控制数据的发送和接收，这种高性能的运行模式克服了前面章节描述的各种问题。

EtherCAT 主站发送一个报文，报文经过所有节点。EtherCAT 从站设备高速动态地 (on the fly) 读取寻址到该节点的数据，并在数据帧继续传输的同时插入数据。这样，数据帧的传输延时只取决于硬件传输延时。当某一网段或分支上的最后一个节点检测到开放端口（无下一个从站）时，利用以太网技术的全双工特性，将报文返回给主站。

EtherCAT 报文的最大有效数据利用率高达 90% 以上，而由于采用全双工特性，有效数据利用率理论上高于 100 Mbit/s。

EtherCAT 主站是网段内唯一能够主动发送 EtherCAT 数据帧的节点，其他节点仅传送数据帧。这一设想是为了避免不可预知的延时，从而保证 EtherCAT 的实时性能。

EtherCAT 主站采用标准的以太网介质访问控制器 (MAC)，无需额外的通信处理器。因此，任何集成了以太网接口的硬件平台都可以实现 EtherCAT 主站，而与所使用的实时操作系统或应用软件无关。

EtherCAT 从站设备使用 EtherCAT 从站控制器 (ESC) 在硬件中高速动态地 (on the fly) 处理 EtherCAT 数据帧，不仅使网络性能可预测，而且其性能独立于具体的从站设备实施方式。

| Ethernet header | | | ECAT | EtherCAT telegram | | | | Ethernet | |
|------------------|-----|-------|-----------|-------------------|------------|-----|------------|----------|-----|
| DA | SA | Type | Frame HDR | Datagram 1 | Datagram 2 | ... | Datagram n | Pad. | FCS |
| (6) | (6) | (2/4) | (2) | (10+n+2) | (10+m+2) | | (10+k+2) | (0...32) | (4) |
| EtherType 0x88A4 | | | | | | | | | |

EtherCAT: 符合 IEEE 802.3 标准的以太网帧

EtherCAT 协议

EtherCAT 将其报文嵌入到标准的以太网数据帧中（形成 EtherCAT 数据帧）。由于 EtherCAT 协议被优化为适用于短周期性的过程数据，因此无需庞大的协议堆栈，例如 TCP/IP 或 UDP/IP。

EtherCAT 数据帧包含一个或多个 EtherCAT 子报文，子报文的头标明了主站设备的访问方式：

- 读，写，或读-写
- 通过直接寻址访问指定的从站设备，或通过隐式寻址访问多个从站设备

隐式寻址方式主要用于周期性交换的过程数据。每个报文定位到 EtherCAT 网段中过程映像的具体位置，可以为过程映像提供 4 GB 的地址空间。网络启动阶段，在全局地址空间中，为每个从站分配一个或多个地址。如果多个从站设备被分配到了相同的地址域，那么可通过单个报文对其进行寻址。

由于报文中包含了所有的数据访问相关信息，因此主站可决定何时对哪些数据进行访问。例如，主站设备可以使用短循环周期刷新驱动器中的数据，长循环周期采样 I/O 端口，固定的过程数据结构不是必要的。这使得 EtherCAT 主站设备相较于传统的现场总线系统减轻了负担，在传统现场总线系统中，主站需要单独读取每个节点的数据，并在

通信控制器的协助下对数据进行分类后复制到内存中。而 EtherCAT 主站设备仅需要将新的输出数据填入单个 EtherCAT 数据帧，并通过自动的直接存储访问（DMA）将该数据帧发送给 MAC 控制器即可。

除了逻辑寻址外，EtherCAT 主站还可以通过设备在网络中的位置寻址从站设备。该方法是在网络启动期间检测网络的拓扑结构，并将其与预期的拓扑结构进行比较。在检查完网络配置后，EtherCAT 主站为每个节点分配一个配置好的节点地址，并通过该固定的地址与节点进行通信。这使得主站可以有针对性地访问某个从站设备，即使网络拓扑结构在运行期间发生改变，例如对于热插拔组。

有两种方法可以实现从-从式通信：一种方法是从站直接发送数据给与其相连接的位于网络下游的从站设备，由于 EtherCAT 数据帧只能在向前传输的过程中被处理，因此这种直接通信方式取决于网络的拓扑结构，尤其适用于一些设备架构不变的机械中的从-从式通信（如印刷机、包装机械等）；另一种方法则完全不同，可自由配置的从-从式通信经由主站设备运行，这种通信方式需要两个总线周期（而不必两个控制周期）。EtherCAT 的卓越性能使这种从-从式通信相对于其他通信技术来说仍是最快的。

EtherCAT: 技术详解

PROFINET[®]
BUS

CANopen

LIGHTBUS

PROFINET[®]
NET

DeviceNet

Ethernet



EtherNet/IP[™]

IO-Link

IEEE1588

通过 EtherCAT 网关轻松集成作为底层系统的其他总线系统

灵活的拓扑结构

EtherCAT 几乎支持所有的拓扑结构：线型、树型、星型、菊花链型。EtherCAT 使得带有成百上千个节点的纯总线型或线型拓扑结构成为可能，而不受限于级联交换机或集线器。最有效的系统连线方法是对线型、分支或树叉结构进行拓扑组合：用于创建分支的端口被直接集成到 I/O 模块中，无需专用的交换机或其他有源设备。另外，还可以使用以太网中常用的星型拓扑结构。

模块化、复杂的机器往往需要在运行过程中连接或断开一个网段或独立的节点。EtherCAT 从站控制器已经具备了这种热插拔特性的基础。当移除一个相邻站点时，该站点对应的端口会自动关闭，网络的剩余部分继续正常运行。整个检测时间 < 15 μs，从而保证了平稳切换。

有多种灵活的电缆类型可供选择：成本低廉的工业以太网电缆可采用 100BASE-TX 模式（传输信号）连接两个间距长

达 100 米的节点。对于节点间距大于 100 米的应用，还可使用光纤（如 100BASE-FX）。可以说，以太网的任何线缆类型都适用于 EtherCAT。

EtherCAT 有充足的带宽资源，因此可以通过 EtherCAT 网关集成作为底层总线的传统现场总线系统。这种用法特别有助于从传统网络移植到 EtherCAT 系统的应用，使系统逐步升级到 EtherCAT，并可以继续使用尚不支持 EtherCAT 接口的自动化组件。

EtherCAT 网络可连接多达 65535 个设备，网络容量几乎没有限制。由于实际上节点数量没有限制，可以将模块化设备设计为每个 I/O 片都是一个独立的 EtherCAT 从站。因此无需本地扩展总线，高性能的 EtherCAT 能直达每个模块。因为在总线耦合器上无需网关，所以没有任何延时。

诊断和错误定位

传统现场总线的应用经验表明，诊断能力对于机器的可用性和调试时间起着决定性的作用。在故障排除过程中，错误检测和错误定位非常重要。EtherCAT 可以在启动过程中扫描网络拓扑结构，并将其与预期的拓扑结构进行对比。另外，EtherCAT 还在其系统具有许多额外的诊断能力。

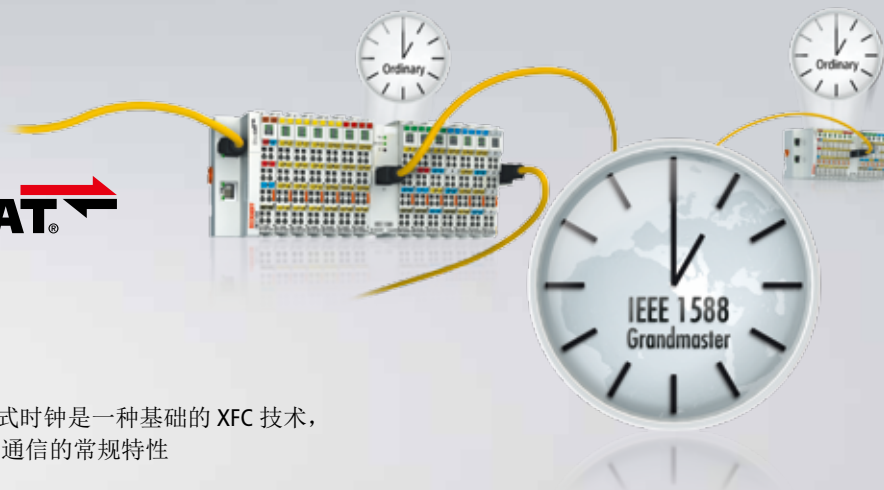
每个节点中的 EtherCAT 从站控制器利用校验码对传输的数据帧进行错误检测，只有在数据帧被正确接收之后，从站应用才会得到相关信息。而一旦发现位错误，错误计数器就会自动加 1，后面的节点则会被通知数据帧中包含错误。主站也会检测到数据帧包含错误，并摒弃其中的信息。主站通过分析节点的错误计数器，能够检测到系统中发生错误的最初位置。这相对于传统的现场总线系统而言有很大优势，在传统现场总线中，错误一旦发生就会沿着

公用线缆一路传播，而不可能对错误进行定位。EtherCAT 能够检测并定位偶发的干扰，避免对机器运行造成影响。

得益于其独特的运行原理，EtherCAT 具有出色的带宽利用率。采用此种传输方式，EtherCAT 比传统以太网那样每个节点用一个独立帧的传输方式的效率高出数倍。如果使用同一循环周期，在一个 EtherCAT 帧内由于位错误引发干扰的可能性很低。而且，在典型的 EtherCAT 方式中，由于循环周期更短，恢复错误所需要的时间也将明显缩短。因此，在应用中对于主站出现这样的问题也会更为简单。



EtherCAT®



EtherCAT 分布式时钟是一种基础的 XFC 技术，也是 EtherCAT 通信的常规特性

用于高精度同步的分布式时钟

精确同步对于同时动作的分布式过程而言尤为重要。例如，对于执行协同运动的多个伺服轴的应用便是如此。

对于完全同步的通信，通信错误会立即影响其同步品质，而与其相比，分布式同步时钟对于通信系统的抖动具有很好的容错性。因此，EtherCAT 采用分布式时钟（DC）的方式同步节点。

各个节点的时钟校准完全基于硬件。第一个具有分布时钟功能的从站设备的时间被周期性地发布给系统中的其他设备。采用这样的机制，其它从站时钟可以根据参考时钟精确地进行调整。整个系统的抖动远小于 $1 \mu\text{s}$ 。

由于参考时钟发送时间到其他从站设备时产生轻微的传输延时，因此必须能够测量该延时并补偿给每个从站设备，以确保通信的同步性和同时性。可在网络启动期间

测量该延时，如有需要，甚至在通信过程中还可以连续不断地进行测量，从而保证各个从时钟彼此之间时差不超过 $1 \mu\text{s}$ 。

如果所有节点都具有相同的时间信息，那么它们可以同时触发输出信号，也可以给输入信号附上一个精确的时间戳。对于运动控制而言，除了同步性和同时性外，精确的周期同样重要。在运动控制应用中，速度值通过检测到的位置值计算，因此位置的精确等距测量非常关键（例如，以精确的周期）。

高可用性

对于具备高可用性的机器或设备，当出现线缆损坏或节点故障时，不应影响对某个网段的访问或导致整个网络出现故障。EtherCAT 通过简单的措施实现线缆的冗余性。通过将网络中最后一个节点与主站设备中的以太网端口连接，可以将线型拓扑结构扩展为环型拓扑结构。在需要冗余的情况下，例如当线缆损坏或节点出现故障时，可被主站堆栈中的附加软件检测到。仅此而已，而各节点无需为此而改变，甚至不会“意识到”它们正在冗余线路中运行。

位于从站设备中的链路检测功能会自动地检测并解决冗余问题，且恢复时间不超过 $15 \mu\text{s}$ ，因此最多破坏一个通信周

期。这意味着即使是周期时间很短的运动控制应用，在线缆损坏时，也可以平稳地继续工作。

使用 EtherCAT 还可以通过热备份实现主站设备的冗余。对于比较脆弱的网络部件，例如通过拖链连接的部件，可以使用分支线缆连接，确保在线缆损坏时，机器的其他部分仍能继续运行。

EtherCAT: 更为快速的 XFC

XFC（极速控制技术）代表一种速度极快且时间确定性极高的技术。它包括控制应用中所有的硬件和软件组件：优化的输入输出组件，可高精度检测信号或初始化任务；高速通信网络；高性能工业 PC；整合所有系统组件的自动化软件。该技术为过去由于受技术限制而无法实现过程优化的用户带来了新的机遇。采用 XFC，可以实现 IO 响应时间 $< 100 \mu\text{s}$ 。

XFC 基于高效的控制和通信架构，包括高性能工业 PC、具有实时性的超高速 I/O 端子模块、EtherCAT 高速以太网系统和 TwinCAT 自动化软件。

工业PC — 极快的主控 CPU

- 基于高性能实时主板的工业 PC
- 专为控制应用而优化的紧凑结构

EtherCAT 端子模块 — 极快的 I/O 技术

- 为所有信号类型提供完整的 I/O 产品线
- 高速数字量、模拟量 I/O
- 时间戳和超采样特性实现极高的时间分辨率（低至 10 ns）

EtherCAT — 极快的控制通信技术

- 30 μs 内可处理 1000 个分布式数字量 I/O
- EtherCAT 通信直达每一个 I/O 端子模块，无需子网支持
- 优化使用标准的以太网控制器，如在 EtherCAT 主站中的 Intel® PC 芯片架构
- 基于分布式时钟的高级实时特性
 - 同步性
 - 时间戳
 - 超采样

TwinCAT — 极快的实时控制软件

- Microsoft Windows 环境下实现实时性，周期时间小于 12.5 μs
- XFC 实时任务支持标准的 IEC 61131-3 编程规范
- XFC 兼容 Windows 和 TwinCAT 的标准特性



极速控制技术 提高生产效率

XFC 技术不仅可以缩短周期时间，而且还可以通过如下技术提高时间精度和分辨率：

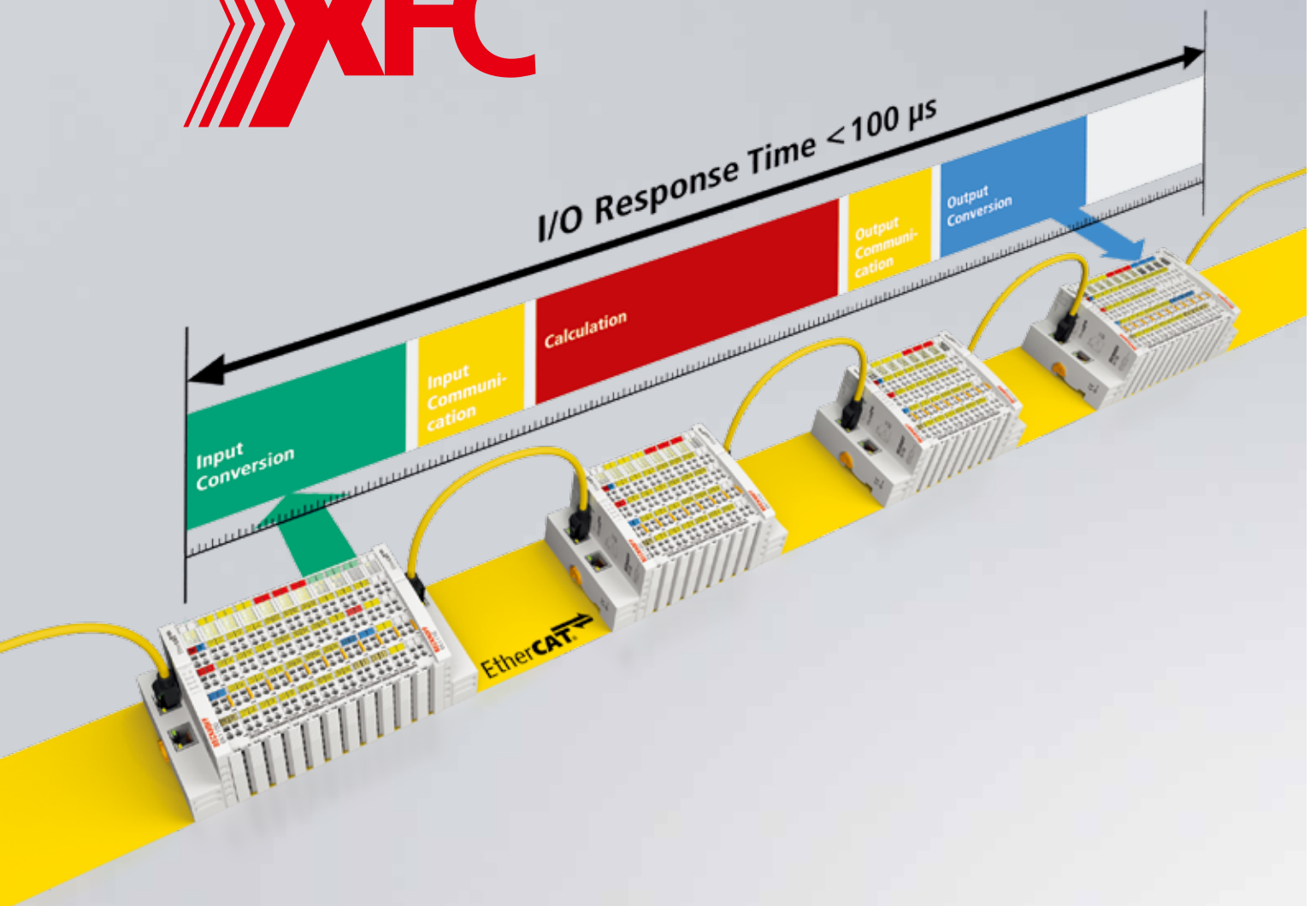
- 分布式时钟
- 时间戳/多时间戳
- 超采样
- 高速 I/O

并非所有的任务都必须达到超高速和高精度 — 很多任务仍然可以采用“普通的”解决方案进行处理。因此，XFC 技术不仅与现有的解决方案完全兼容，而且还可以与相同的硬件和软件在现有的解决方案中同时使用。

► www.beckhoff.com/xfc

用户将从提高机器品质及缩短响应时间中受益。例如，预防性维护测试任务、空闲时间监控或部件质量文件归档等功能都可被轻松地集成到机器控制系统中，而无需其他昂贵的专用设备。在实际的自动化解决方案中，

XFC



EtherCAT P: 超高速通信 和电源集成 在一根电缆 中

EtherCAT P (P = power, 电源) 是对 EtherCAT 协议标准的补充。它不仅传输通信数据, 而且通过单根、标准的四线以太网电缆传输外围电压。

EtherCAT 和 EtherCAT P 在协议技术层面是相同的, 该技术仅影响物理层。使用 EtherCAT P 时无需新的 EtherCAT 从站控制器。可以说 EtherCAT P 具有与 EtherCAT 相同的通信优势, 同时通过在通信电缆上增加电源供电为许多应用带来更具吸引力的好处和更强的优势。

两组电隔离的、可单独切换的 24V 电源为新的 EtherCAT P 设备供电:

- U_s 用于系统和传感器供电
- U_p 为外围设备和执行器供电

U_s 和 U_p 这两个外围电压直接耦合到 100 Mbit/s 的 EtherCAT 通信线路。有了这种电源传输, 用户仅需一根电缆即可级联多个 EtherCAT P 设备, 从而减少布线工作量, 使得布线更加紧凑和经济, 降低系统成本, 并减小设备和机器的占地面积。

EtherCAT P 提供了跟 EtherCAT 同样自由灵活的拓扑选择

降低材料和安装成本

出色的 EtherCAT 性能, 低连接成本

EtherCAT® P

简化系统布线

EtherCAT P 的基本思路是通过减少自动化组件和设备上的连接器数量来简化系统布线。单电缆解决方案可以根据对每个电源的要求进行非常灵活的扩展，并部署到整个现场层：24 V 范围内可以使用常规标准的以太网线缆。对于更高的电压和电流，可以将 EtherCAT P 集成到相应的电源线中。

采用 EtherCAT P，无需单独的电源电缆，从而降低了材料成本，减少了安装工作量，缩短了安装时间，并降低了出现安装错误的风险。此外，EtherCAT P 的使用还最小化了拖

链、控制柜以及机器本身所需的安装空间。电缆线路更加精简不混乱，传感器和执行器的尺寸也可以减小。总体而言，该技术大大提高了系统设计的自由度，同时最大程度地降低了材料或系统成本，而使用特殊的系统规划工具可以进一步降低成本。

灵活的拓扑结构

EtherCAT P 的拓扑结构与 EtherCAT 一样可以自由选择 and 自定义。每个 EtherCAT P 网段的载流能力为 3 A，因此能够使用各种传感器/执行器。IP 67 基础结构组件可直接用于现场所需的网络结构。EtherCAT P 可以与标准

的 EtherCAT 技术一起在同一网络中使用。在不影响以太网数据编码的情况下，通过适合的整流单元将 EtherCAT 物理层转换为 EtherCAT P 物理层。同样的方式，设备本身可以采用 EtherCAT P 供电，同时也能够传输标准的 EtherCAT 协议。

► www.beckhoff.com/ethercatp



EtherCAT G: 从 100 到 10,000 Mbit/s 的可扩展 I/O 性能

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 和 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。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（分支耦合器）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用性。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

- 100BASE-TX
- 广泛的组件选择

EtherCAT G

- 1000 BASE-T
- 集成高数据密集型设备
- 高带宽

EtherCAT G10

- 10G BASE-T
- 集成 EtherCAT G 网段
- 顶级带宽



Ether**CAT**[®] **G**

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

分支控制器理念

- 100 Mbit/s、1 Gbit/s 和 10 Gbit/s 可扩展的动态数据处理（on the fly）
- 配置简单
- 通用的诊断功能
- 将 EtherCAT 集成到 EtherCAT G/G10 网络中的分支控制器
- 缩短化传输延时时间
- 集成标准以太网网段

用于数据密集型应用的技术扩展

从机器视觉、状态监测和高度创新的输送系统（类似 XTS 及 XPlanar）都依赖于能够可靠地传输每个节点每个循环产生的数百字节的过程数据，而这要求周期时间 $\leq 1 \text{ ms}$ 及高数据带宽。采用 EtherCAT G，诸如上述系统和应用仅需一台 EtherCAT G 主站控制，并同时与其他自动化设备和驱动器进行协同。为 EtherCAT G 开发的最新分支控制器模式可以满足日益增长的对集成大量设备的扩展系统的更短循环周期的需求。在分支控制器上，每个分支代表单独的 EtherCAT 网

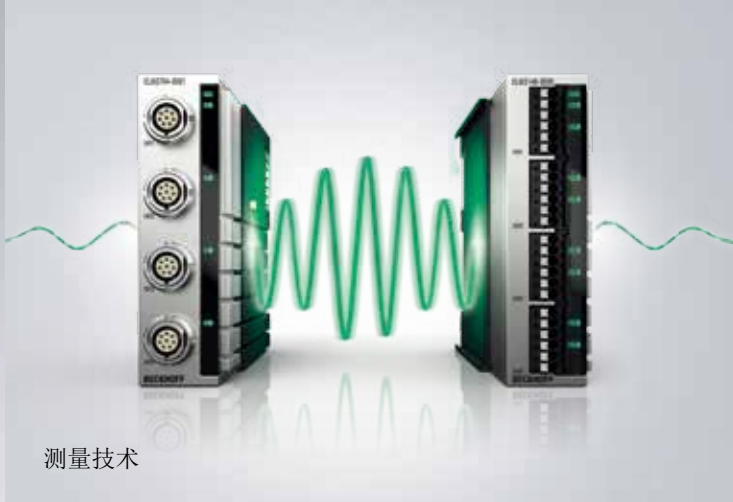
段。与 EtherCAT 一样，分支控制器可以通过 EtherCAT 主站进行配置，而无需使用其他配置工具。分支控制器支持诊断和分布式时钟同步功能，并将数据透明地传输给所连接的网段。在创建网络拓扑时，具有多路分支的分支控制器为用户提供了极大的灵活性。

EtherCAT G 的推出使得应用更加轻松

EtherCAT 是工业自动化行业中领先的通信标准，这意味着今天的设备制造商们可以从广泛的、不同层次的、成千上万的产品中选择互相兼容的设备。设备的兼容性是 EtherCAT G/

G10 技术扩展的核心。

► www.beckhoff.com/ethercatg



测量技术



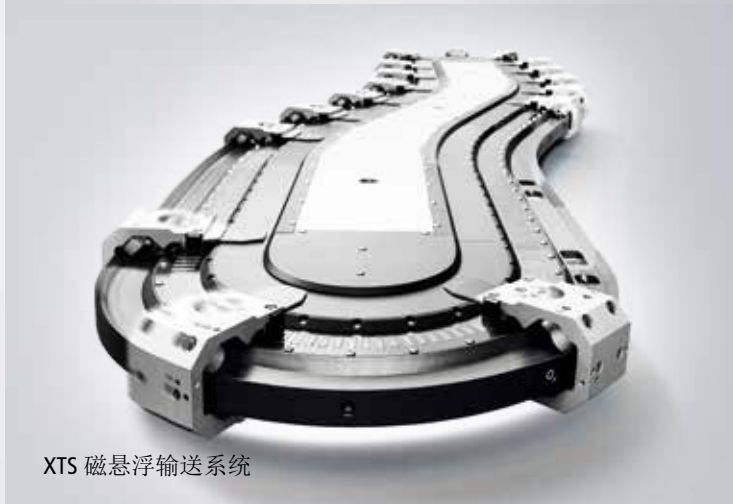
运动控制



XFC 极速控制技术



机器视觉



XTS 磁悬浮输送系统



XPlanar 平面磁悬浮输送系统

Beckhoff 产品系列中 EtherCAT 组件的发展历程

采用 Beckhoff 的 EtherCAT 组件，用户可以轻松集成面向未来的技术：EtherCAT G/G10 在 8 芯 Cat.6 电缆中结合了 EtherCAT 的优势，传输速度高达 10 Gbit/s。EtherCAT P 将通信和电源集成在标准的 4 芯以太网电缆中，而无需控制柜。混合电缆作为用于高电流和高电压的单电缆解决方案，可以最大程度地节省成本，并在机械设计中提供最大的灵活性。

► www.beckhoff.com/io-accessories

2003:

EtherCAT



EtherCAT®



2015:

EtherCAT P



EtherCAT[®] P

2018:

EtherCAT G



EtherCAT[®] G

2017 年:

用于高电流和高电压的
混合电缆



倍福全球

自动化新技术

倍福一直使用其基于 PC 的控制技术实施开放式自动化系统，倍福的产品范围主要包括：工业 PC、I/O 及现场总线组件、驱动技术和自动化软件。这些产品线既可作为独立的组件来使用，也可将它们集成到一个完整且相互兼容的控制系统中，适用于各种行业领域。倍福始终坚持“自动化新技术”的发展理念，其创新产品及开放式控制及自动化解决方案，从 CNC 机床控制到智能楼宇领域，已在世界各地得到广泛应用。

倍福机构遍布世界各大洲

倍福业务已遍及全球 75 个国家，确保为世界各地的客户用他们自己国家的语言提供快速、高效的现场服务和支持。此外，倍福认识到近距离地接触客户是深刻理解客户所面临的技术挑战的先决条件。



倍福公司概览

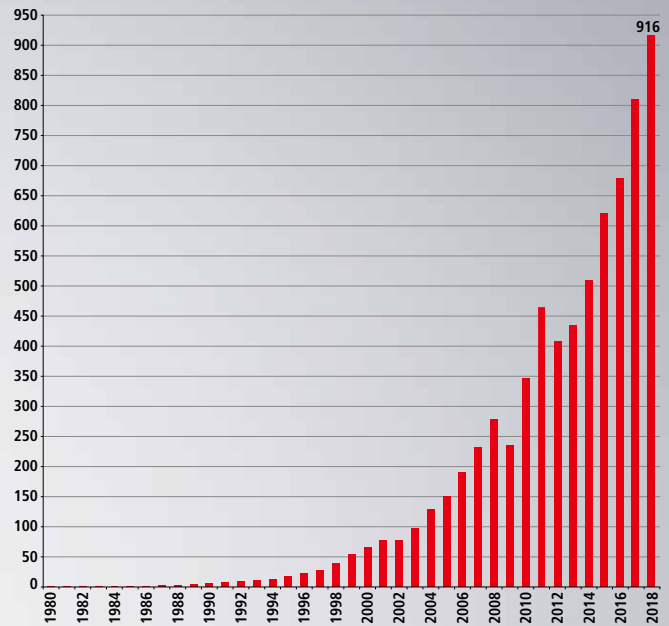
- 总部：威尔（Verl），德国
- 2018 年销售额：9.16 亿欧元
(增长 13%)
- 全球雇员总数：4300
- 在德办事处：22
- 全球子公司/代表处：38
- 全球分销商：遍布 75 个国家

(截止到 2019 年 04 月)

► www.beckhoff.com



Million €



Sales development

- 总部
- 分公司
- 分销商

快速，灵活，成本优化：倍福 EtherCAT 组件
▶ www.beckhoff.com/ethercat

德国

总部

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Huelshorstweg 20

33415 Verl

Germany

电话：+ 49 (0) 52 46 / 9 63 - 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

24小时技术服务热线：400-820-7388

Beckhoff®、TwinCAT®、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 10/2019，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。