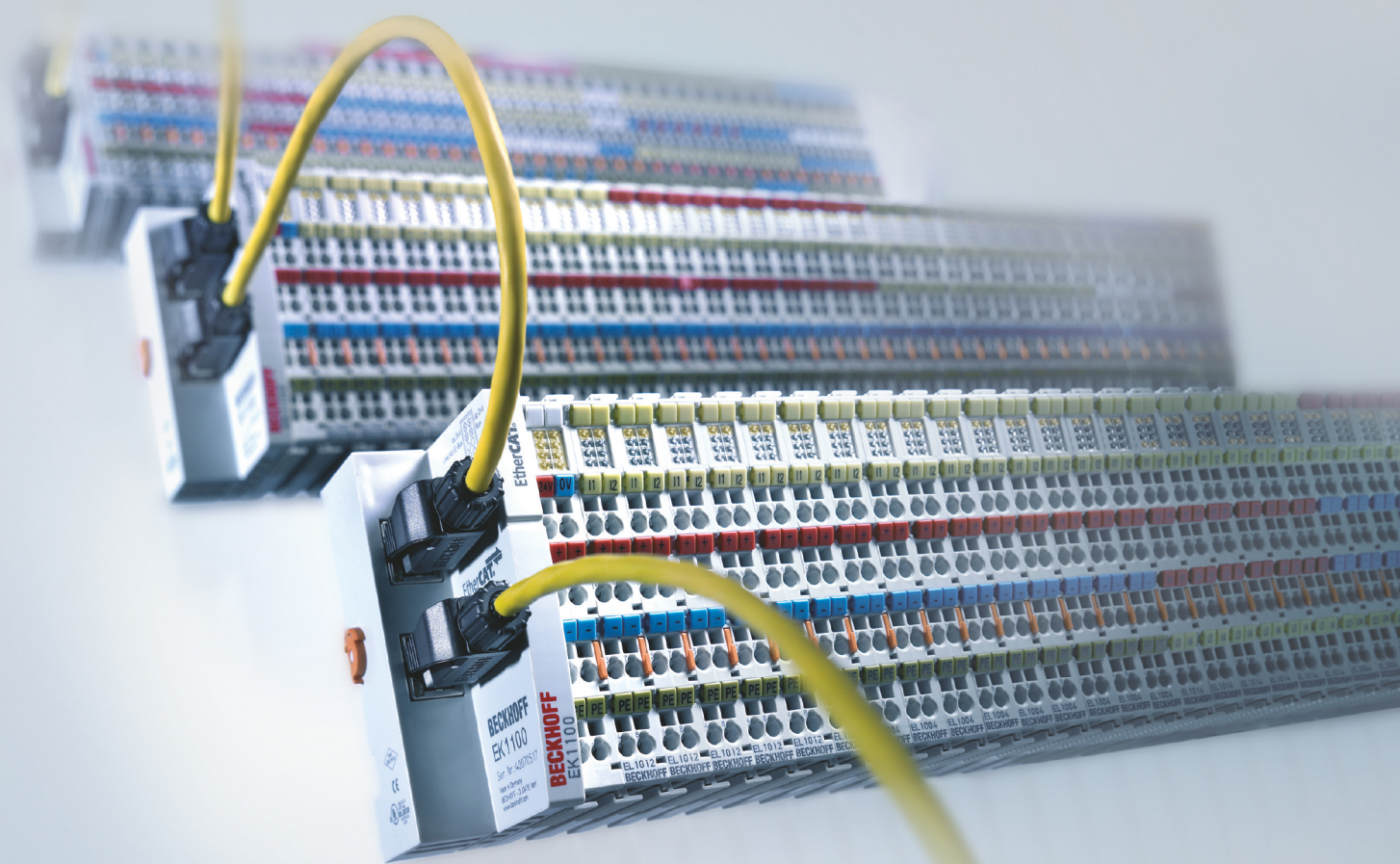


BECKHOFF New Automation Technology

文件资料 | ZH

EK1110, EK1110-0008

EtherCAT 扩展模块



目录

1 前言	5
1.1 文档说明	5
1.2 安全说明	6
1.3 文档指南	7
1.4 文档发行状态	8
1.5 EtherCAT 设备的版本标识	9
1.5.1 关于标识的一般说明	9
1.5.2 EK 耦合器的版本识别	10
1.5.3 倍福识别码 (BIC)	11
1.5.4 BIC 电子读取 (eBIC)	13
2 产品描述	15
2.1 简介	15
2.2 技术数据	16
2.3 开始	17
3 通信基础知识	18
3.1 系统属性	18
3.2 EtherCAT 基础知识	21
3.3 EtherCAT 布线 - 线缆连接	22
3.4 EtherCAT 状态机	23
3.5 CoE - 接口: 说明	25
3.6 分布时钟 (Distributed Clock)	26
4 安装和布线	27
4.1 静电防护的说明	27
4.2 防爆	28
4.2.1 ATEX - 特殊条件 (标准温度范围)	28
4.2.2 ATEX - 特殊条件 (扩展温度范围)	29
4.2.3 IECEx - 特殊条件	30
4.2.4 ATEX 和 IECEx 的持续性文件	31
4.3 UL 声明	32
4.4 安装在导轨上	33
4.5 增强抗振模块的安装说明	36
4.6 安装位置	37
4.7 M8 连接器布线	39
4.8 连接器的螺母扭矩	40
4.9 无通讯模块的安装位置	41
4.10 处理	42
5 调试	43
5.1 EK1110 - 使用 TwinCAT 系统管理器进行配置	43
6 错误处理和诊断	45
6.1 诊断 LED	45
7 附录	46
7.1 EtherCAT AL 状态代码	46
7.2 固件兼容性	46

7.3	固件更新 EL/ES/EM/ELM/EPxxxx	47
7.3.1	设备描述 ESI 文件/XML.....	48
7.3.2	Firmware (固件) 说明.....	51
7.3.3	更新从站处理器的固件 *.efw.....	51
7.3.4	FPGA 固件 *.rbf.....	53
7.3.5	同时更新多个 EtherCAT 设备.....	57
7.4	技术支持和服务	58

1 前言

1.1 文档说明

目标受众

本说明仅适用于熟悉国家标准且经过培训的控制和自动化工程专家。
在安装和调试组件时，必须遵循文档和以下说明及解释。
操作人员应具备相关资质，并始终使用最新的生效文档。

相关负责人员必须确保所述产品的应用或使用符合所有安全要求，包括所有相关法律、法规、准则和标准。

免责声明

本文档经过精心准备。然而，所述产品正在不断开发中。

我们保留随时修改和更改本文档的权利，恕不另行通知。

不得依据本文档中的数据、图表和说明对已供货产品的修改提出赔偿。

商标

Beckhoff®、TwinCAT®、TwinCAT/BSD®、TC/BSD®、EtherCAT®、EtherCAT G®、EtherCAT G10®、EtherCAT P®、Safety over EtherCAT®、TwinSAFE®、XFC®、XTS® 和 XPlanar® 是倍福自动化有限公司的注册商标并得到授权。本出版物中使用的其他名称可能是商标，第三方出于自身目的使用它们可能侵犯商标所有者的权利。

正在申请的专利

涵盖 EtherCAT 技术，包括但不限于以下专利申请和专利：EP1590927、EP1789857、EP1456722、EP2137893、DE102015105702，并在多个其他国家进行了相应的专利申请或注册。



EtherCAT® 是注册商标和专利技术，由德国倍福自动化有限公司授权使用。

版权所有

© 德国倍福自动化有限公司。

未经明确授权，禁止复制、分发和使用本文件以及将其内容传达给他人。
违者将被追究赔偿责任。在专利授权、工具型号或设计方面保留所有权利。

1.2 安全说明

安全规范

请注意以下安全说明和解释！
可在以下页面或安装、接线、调试等区域找到产品相关的安全说明。

责任免除

所有组件在供货时都配有适合应用的特定硬件和软件配置。禁止未按文档所述修改硬件或软件配置，德国倍福自动化有限公司不对此承担责任。

人员资格

本说明仅供熟悉适用国家标准的控制、自动化和驱动工程专家使用。

警示性词语

文档中使用的警示信号词分类如下。为避免人身伤害和财产损失，请阅读并遵守安全和警告注意事项。

人身伤害警告

危险

存在死亡或重伤的高度风险。

警告

存在死亡或重伤的中度风险。

谨慎

存在可能导致中度或轻度伤害的低度风险。

财产或环境损害警告

注意

可能会损坏环境、设备或数据。

操作产品的信息



这些信息包括：
有关产品的操作、帮助或进一步信息的建议。

1.3 文档指南

注意



文件的其它组成部分

本文档介绍特定设备的内容。它是倍福 I/O 组件模块化文档体系的一部分。为了使用和安全操作本文档中描述的设备/装置，还需要阅读其它跨产品说明，请参见下表。

标题	描述
EtherCAT 系统文档 (PDF)	<ul style="list-style-type: none"> • 系统概览 • EtherCAT 基础知识 • 电缆冗余 • 热连接 • EtherCAT 设备配置
端子模块系统的防爆保护 (PDF)	根据 ATEX 和 IECEx 标准，在防爆区使用倍福端子模块系统的注意事项
EtherCAT/Ethernet 基础设施 (PDF)	关于设计、实施和测试的技术建议和注意事项
I/O 软件声明 (PDF)	倍福 I/O 组件的开源软件声明

可以在倍福公司网站 (www.beckhoff.com) 上通过以下版块查看或下载相关文档：

- 在相应产品页面的“文档和下载”区域，
- [下载中心](#)，
- [Beckhoff Information System](#)。

如果您对我们的文档有任何建议或意见，请发送电子邮件至documentation@beckhoff.com，并注明文档标题和版本号。

1.4 文档发行状态

版本	修改
2.7.0	<ul style="list-style-type: none"> “技术数据”章节已更新 文件结构已更新
2.6	<ul style="list-style-type: none"> “技术数据”章节已更新 文件结构已更新
2.5	<ul style="list-style-type: none"> “技术数据”章节已更新 “ESD 保护说明”章节已更新 已增加“废弃处理”章节 新标题页 修订状态已更新
2.4	<ul style="list-style-type: none"> 更新“UL 通知”章节 更新结构
2.3	<ul style="list-style-type: none"> 增加技术数据 更新结构
2.2	<ul style="list-style-type: none"> 增加技术数据 更新结构
2.1	<ul style="list-style-type: none"> EK1110-0008 附录
2.0	<ul style="list-style-type: none"> 迁移
1.4	<ul style="list-style-type: none"> 增加技术数据 增编章节“增强机械负载能力的安装说明”
1.3	<ul style="list-style-type: none"> 增加技术数据 更新结构
1.2	<ul style="list-style-type: none"> 增加技术数据
1.1	<ul style="list-style-type: none"> 调整“技术数据”
1.0	<ul style="list-style-type: none"> 增加技术数据
0.1	<ul style="list-style-type: none"> 初始版本

1.5 EtherCAT 设备的版本标识

1.5.1 关于标识的一般说明

名称

一个倍福 EtherCAT 设备有一个 14 位字符编号，由以下部分组成

- 系列号
- 型号
- 版本号
- 修订版本号

示例	系列号	型号	版本	修订版本号
EL3314-0000-0016	EL 端子模块 (12 mm, 不可插拔式前连接件)	3314 (4 通道热电偶端子模块)	0000 (基本型号)	0016
ES3602-0010-0017	ES 端子模块 (12 mm, 可插拔式前连接件)	3602 (2 通道电压测量模块)	0010 (高精度版本)	0017
CU2008-0000-0000	CU 设备	2008 (8 端口高速以太网交换机)	0000 (基本型号)	0000

注意

- 上述要素构成了**技术编号**。下面使用 EL3314-0000-0016来举例说明。
- EL3314-0000 是订货号，在“-0000”的情况下，通常简写为 EL3314。“-0016”是 EtherCAT 版本号。
- **订货号**由
 - 系列号 (EL、EP、CU、ES、KL、CX 等)
 - 型号 (3314)
 - 版本号 (-0000) 组成
- **修订版本号** -0016 显示技术改进的版本，例如 EtherCAT 通讯方面的功能扩展，并由倍福公司管理。原则上除非文档中另有规定，较高修订版的设备可以替换装有较低修订版的设备。每个版本通常都有一个XML文件形式的描述(ESI, EtherCAT Slave Information)，可从倍福公司网站下载。
从 2014 年 01 月起，修订版本号显示在 IP20 端子模块的外壳上，见图“EL5021 EL 端子模块，标准 IP20 IO 设备，带有批号和修订版 ID (从 2014 年 01 月起)”。
- 型号、版本号和修订版本号在读取时当作十进制数字，但它们在存储时按十六进制数字。

1.5.2 EK 耦合器的版本识别

倍福 I0 设备的序列号/数字代码通常是一个印在设备或标签上的 8 位数字。序列号表示交付状态下的配置，因此指的是整个生产批次，不区分批次中的各个模块。

序列号的结构：**KK YY FF HH**

KK - 生产周数 (CW, 日历周)

YY - 生产年份

FF - 固件版本号

HH - 硬件版本号

示例：序列号 12 06 3A 02：

12 - 生产周次为 12 周

06 - 生产年份为 2006 年

3A - 固件版本为 3A

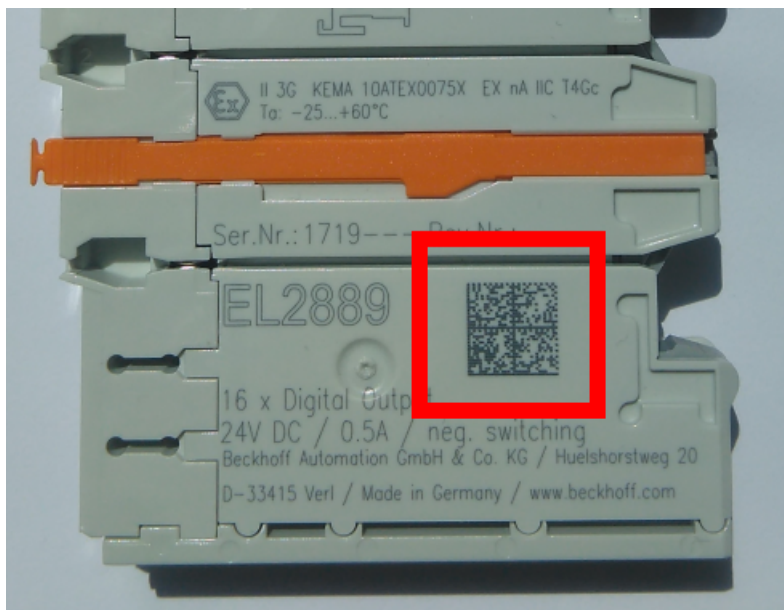
02 - 硬件版本为 02



附图 1: EK1101 EtherCAT 耦合器, 修订版 0815, 序列号 41130206

1.5.3 倍福识别码 (BIC)

倍福唯一识别码 Beckhoff Identification Code (BIC) 越来越多地应用于识别倍福产品。BIC 表示为二维码 (DMC, 编码格式 ECC200), 内容基于 ANSI 标准 MH10.8.2-2016。



附图 2: BIC 为二维码 (DMC, 编码格式 ECC200)

BIC 将在所有产品组中逐步引入。

根据不同的产品, 可以在以下地方找到:

- 在包装单元上
- 直接在产品上 (如果空间足够)
- 在包装单元和产品上

BIC 可供机器读取, 其中包含的信息客户可以用于产品管理。

每条信息都可以使用数据唯一标识符 (ANSI MH10.8.2-2016) 进行识别。数据标识符后面紧接着是一个字符串。两者加起来的最大长度如下表所示。如果信息较短, 则会以空格填充。

可能出现的信息如下, 位置 1 到 4 总是存在, 其他信息则根据生产的需要而定:

位置	信息类型	说明	数据标识符	包括数据标识符的数字位数	示例
1	倍福订单号	倍福订单号	1P	8	1P072222
2	倍福可追溯性编号 (BTN)	独特的序列号, 见以下说明	SBTN	12	SBTNk4p562d7
3	产品型号	倍福产品型号, 例如 EL1008	1K	32	1KEL1809
4	数量	包装单位的数量, 例如 1、10 等	Q	6	Q1
5	批次号	可选: 生产年份和第几周	2P	14	2P401503180016
6	ID/序列号	可选: 当前的序列号系统, 例如安全产品的序列号系统	51S	12	51S678294
7	型号扩展代码	可选: 基于标准产品的型号扩展代码	30P	12	30PF971, 2*K183
...					

倍福还使用更多类型的信息和数据标识符, 用于内部流程。

BIC 结构

下面是包含位置 1 - 4及6 的复合信息示例。数据标识符以黑体字突出显示：

1P072222**SBTN**k4p562d7**1KEL**1809 **Q1** **51S**678294

对应的DMC如下：



附图 3: 示例 DMC 1P072222**SBTN**k4p562d7**1KEL**1809 **Q1** **51S**678294

BTN

BIC 的一个重要组成部分是倍福的可追溯性编号 (BTN, 位置 2)。BTN 是由八个字符组成的唯一序列号, 从长远来看, 它将取代倍福的所有其他序列号系统 (例如, IO 组件上的批号、安全产品之前的系列序列号等)。BTN 也将被逐步引入, 所以可能会出现 BTN 还没有在 BIC 中编码的情况。

注意

这些资料经过精心准备, 但是所述流程还在不断优化, 我们保留随时修改流程和文档的权利, 恕不另行通知。不能依据本资料中的信息、插图和描述的修改提出任何要求。

1.5.4 BIC 电子读取 (eBIC)

电子 BIC (eBIC)

倍福识别码 (BIC) 贴在倍福产品外壳上明显可见的位置。如果可能，其应该也可以通过电子设备读出。对产品进行电子化处理的接口对于电子读出至关重要。

K-bus 设备 (IP20、IP67)

目前，没有计划对这些设备的信息进行电子存储和读取。

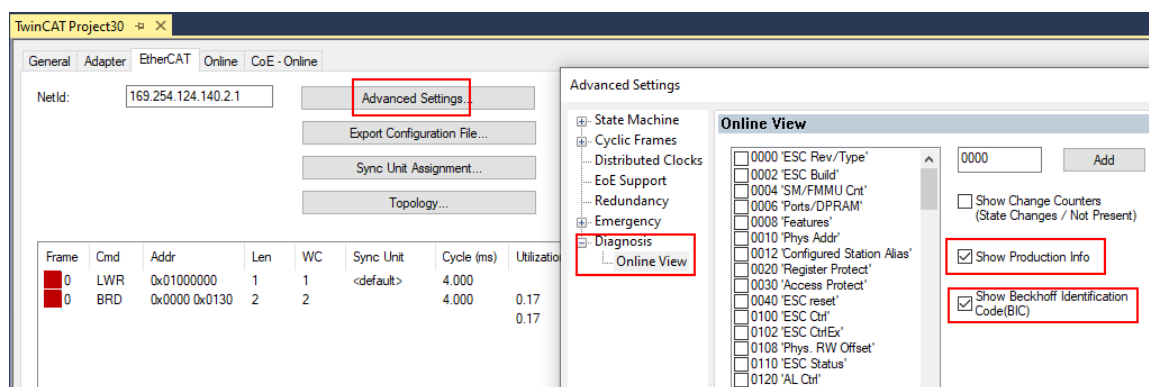
EtherCAT 设备 (IP20、IP67)

倍福的所有 EtherCAT 设备都有一个 ESI-EEPROM，其中包含 EtherCAT 标识和修订版本号。EtherCAT 从站信息，一般也被称为 EtherCAT 主站的 ESI/XML 配置文件，储存在其中。具体关系请参见 EtherCAT 系统手册中的相应章节（[链接](#)）。

倍福还将 eBIC 存储在 ESI-EEPROM 中。eBIC 于 2020 年引入倍福 IO 生产（端子模块、盒式模块）；截至 2023 年，实施工作已基本完成。

用户可以通过电子方式访问 eBIC（如果存在），具体如下：

- 对于所有 EtherCAT 设备，EtherCAT 主站 (TwinCAT) 可以从 ESI-EEPROM 读出 eBIC
 - TwinCAT 3.1 build 4024.11 及以上版本，在线视图中可以显示 eBIC。
 - 为此，在 EtherCAT → Advanced Settings → Diagnostics 中勾选“Show Beckhoff Identification Code (BIC)”复选框：



- 然后显示 BTN 及其内容：

No	Addr	Name	State	CRC	Fw	Hw	Production Data	ItemNo	BTN	Description	Quantity	BatchNo	SerialNo
1	1001	Term 1 (EK1100)	OP	0.0	0	0	---						
2	1002	Term 2 (EL1018)	OP	0.0	0	0	2020 KW36 Fr	072222	k4p562d7	EL1809	1		678294
3	1003	Term 3 (EL3204)	OP	0.0	7	6	2012 KW24 Sa						
4	1004	Term 4 (EL2004)	OP	0.0	0	0	---	072223	k4p562d7	EL2004	1		678295
5	1005	Term 5 (EL1008)	OP	0.0	0	0	---						
6	1006	Term 6 (EL2008)	OP	0.0	0	12	2014 KW14 Mo						
7	1007	Term 7 (EK1110)	OP	0	1	8	2012 KW25 Mo						

- 注意：从图中可以看出，从 2012 年开始，生产数据包括软件版本、硬件版本和生产日期，也可以用“Show Production Info”来显示。
- 从 PLC 访问：TwinCAT 3.1. build 4024.24 及以上版本起，通过 Tc2 EtherCAT 库的 v3.3.19.0 及以上版本提供功能块 `FB_EcReadBIC` 和 `FB_EcReadBTN` 用于读取数据到 PLC。
- 带有 CoE 目录的 EtherCAT 设备还可以通过对象 0x10E2:01 显示自己的 eBIC，PLC 也可以轻松访问这些 eBIC：

- 设备必须处于 PREOP/SAFEOP/OP 状态下才能访问：

Index	Name	Flags	Value
1000	Device type	RO	0x015E1389 (22942601)
1008	Device name	RO	ELM3704-0000
1009	Hardware version	RO	00
100A	Software version	RO	01
100B	Bootloader version	RO	J0.1.27.0
1011:0	Restore default parameters	RO	> 1 <
1018:0	Identity	RO	> 4 <
10E2:0	Manufacturer-specific Identification C...	RO	> 1 <
10E2:01	Subindex 001	RO	1P158442SBTN0008jckp1KELM3704 Q1 2P482001000016
10F0:0	Backup parameter handling	RO	> 1 <
10F3:0	Diagnosis History	RO	> 21 <
10F8	Actual Time Stamp	RO	0x170fb277e

- 对象 0x10E2 将在批量产品的必要固件修订过程中youxian优先引入。
- 此 TwinCAT 3.1. build 4024.24 及以上版本，通过 Tc2_EtherCAT 库的 v3.3.19.0 及以上版本提供功能块 *FB_EcCoEReadBIC* 和 *FB_EcCoEReadBTN* 用于读取数据到 PLC
- 为了在 PLC 中处理 BIC/BTN 数据，截至 TwinCAT 3.1 build 4024.24 版本，*Tc2_Uutilities* 中提供了以下辅助功能
 - *F_SplitBIC*：该函数使用已知的标识符将倍福识别代码 (BIC) *sBICValue* 分割成不同的部分，并将识别出的子字符串作为返回值存储在 *ST_SplitBIC* 结构中
 - *BIC_TO_BTN*：该函数从 BIC 中提取 BTN 并将其作为返回值返回
- 注意：如果进行进一步电子处理，BTN 应作为一个字符串 (8) 来处理；标识符“SBTN”不是 BTN 的一部分。
- 技术背景
在设备生产过程中，新的 BIC 信息被作为一个附加的类别写入 ESI-EEPROM 中。ESI 内容的结构主要由 ETG 规范决定，因此，供应商附加的特定内容是按照 ETG.2010 规定的类别存储的。ID 03 的信息表明，所有 EtherCAT 主站在 ESI 更新时，不得覆盖这些数据，也不得在 ESI 更新后恢复这些数据。该数据的结构依照 BIC 的内容，参见此处。因此，EEPROM 需要大约 50...200 字节的内存。
- 特殊情况
 - 如果一个设备中安装了多个分层排列的 ESC，则只有最上层的 ESC 携带 eBIC 信息。
 - 如果一个设备中安装了多个非分层排列的 ESC，所有 ESC 都携带 eBIC 信息。
 - 如果设备由几个具有自己身份的子设备组成，但只有最上层设备可以通过 EtherCAT 访问，则最上层设备的 eBIC 位于 CoE 对象目录 0x10E2:01，子设备的 eBIC 位于 0x10E2:nn。

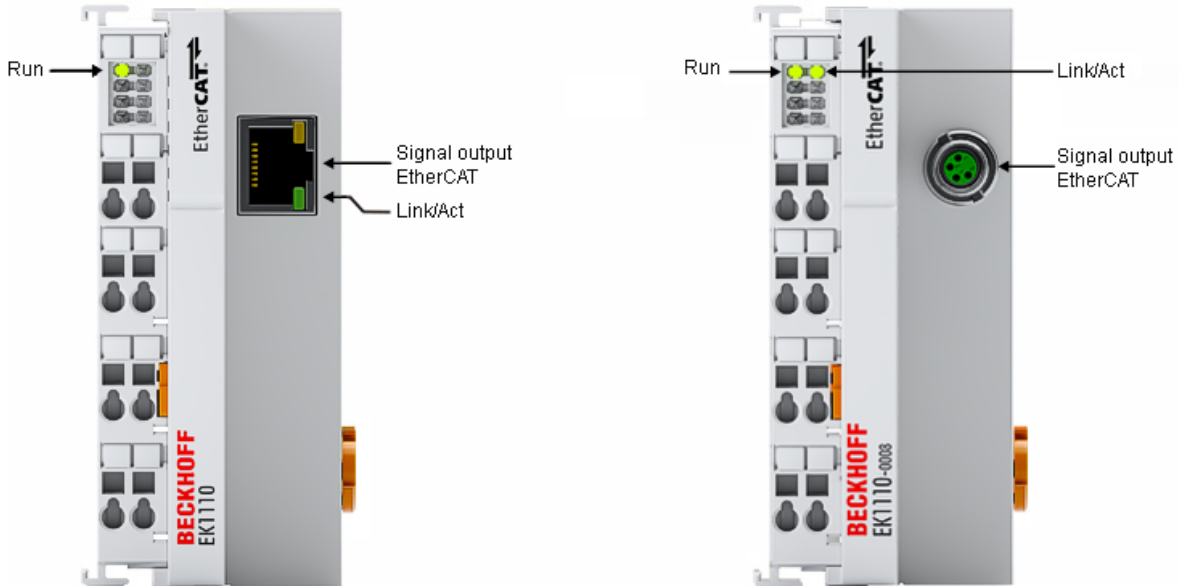
PROFIBUS; PROFINET、和 DeviceNet 设备

目前，没有计划对这些设备的信息进行电子存储和读取。

2 产品描述

2.1 简介

EK1110 / EK1110-0008 EtherCAT 扩展模块



附图 4: EK1110 / EK1110-0008

与 E-bus 终端模块一样，EK1110 以及 EK1110-0008 EtherCAT 扩展模块安装在 EtherCAT 端子模块的末端。该端子模块可以通过与 RJ 45 或 M8 接头连接以太网电缆，从而以电气隔离方式将 EtherCAT 线路延长 100m。通过 EK1110 (EK1110-0008) 端子模块，E-bus 信号会被即时转换为 100BASE-TX 以太网信号。这两个端子模块的供电通过 E-bus 提供的。无需参数设置或配置。

EK1110-0008 的 M8 接口与 EtherCAT 端子盒相匹配。如果以太网电缆具有足够的性能，例如，Zk1090-3131-1xxx，使用的 M8 接口电缆长度可以达到 100m。

连接

接口名称	描述	类型	
		EK1110	EK1110-0008
X1	用于连接 EtherCAT 网络 (100BASE-TX 以太网信号)	RJ45	M8

2.2 技术数据

技术数据	EK1110	EK1110-0008
EtherCAT 系统中的任务	将 E-bus 信号转换为 100BASE-TX 以太网信号，以扩展 EtherCAT 网络	
传输介质	5类网线（屏蔽）	
两个总线耦合器之间的电缆长度	最长 100 米（100BASE-TX）	
协议/波特率	任意 EtherCAT 协议 / 100 Mbaud	
延迟	约 1 μs	
配置	无需地址或配置	
总线接口	1 x RJ45	1 x M8，屏蔽，螺旋式
电源	来自 E-bus	
电流消耗	典型值 130 mA	
电气隔离	500 V（供电电压/EtherCAT）	
尺寸（宽 x 高 x 深）	约 44 mm x 100 mm x 68 mm	
重量	约 50 g	
运行期间允许的环境温度范围	-25° C ... +60° C （扩展温度范围）	
存储期间允许的环境温度范围	-40° C ... + 85° C	
允许的相对湿度	95%，无冷凝	
安装 [▶ 33]	35 毫米安装轨道，符合 EN 60715 标准	
增强的机械负载能力	是的，也可参见安装说明 [▶ 36]，以增强机械负荷能力	
抗振性/耐冲击性	符合 EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27 标准	
电磁兼容抗扰性/辐射	符合 EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4 标准	
防护等级	IP20	
安装位置	可调整	
认证 / 标识*)	CE, EAC, UKCA, ATEX [▶ 29], IECEx [▶ 30] cULus [▶ 32]	

*) 真正适用的认证/标志见侧面的型号牌（产品标志）。

其他标志

标准	标志
ATEX	II 3 G Ex nA IIC T4 Gc
IECEX	Ex nA IIC T4 Gc

2.3 开始

如需调试：

- 按照章节[安装和布线 \[▶ 27\]](#)所述安装 EK1110
- 在 TwinCAT 中配置 EK1110，参见章节[参数化和调试 \[▶ 43\]](#)。

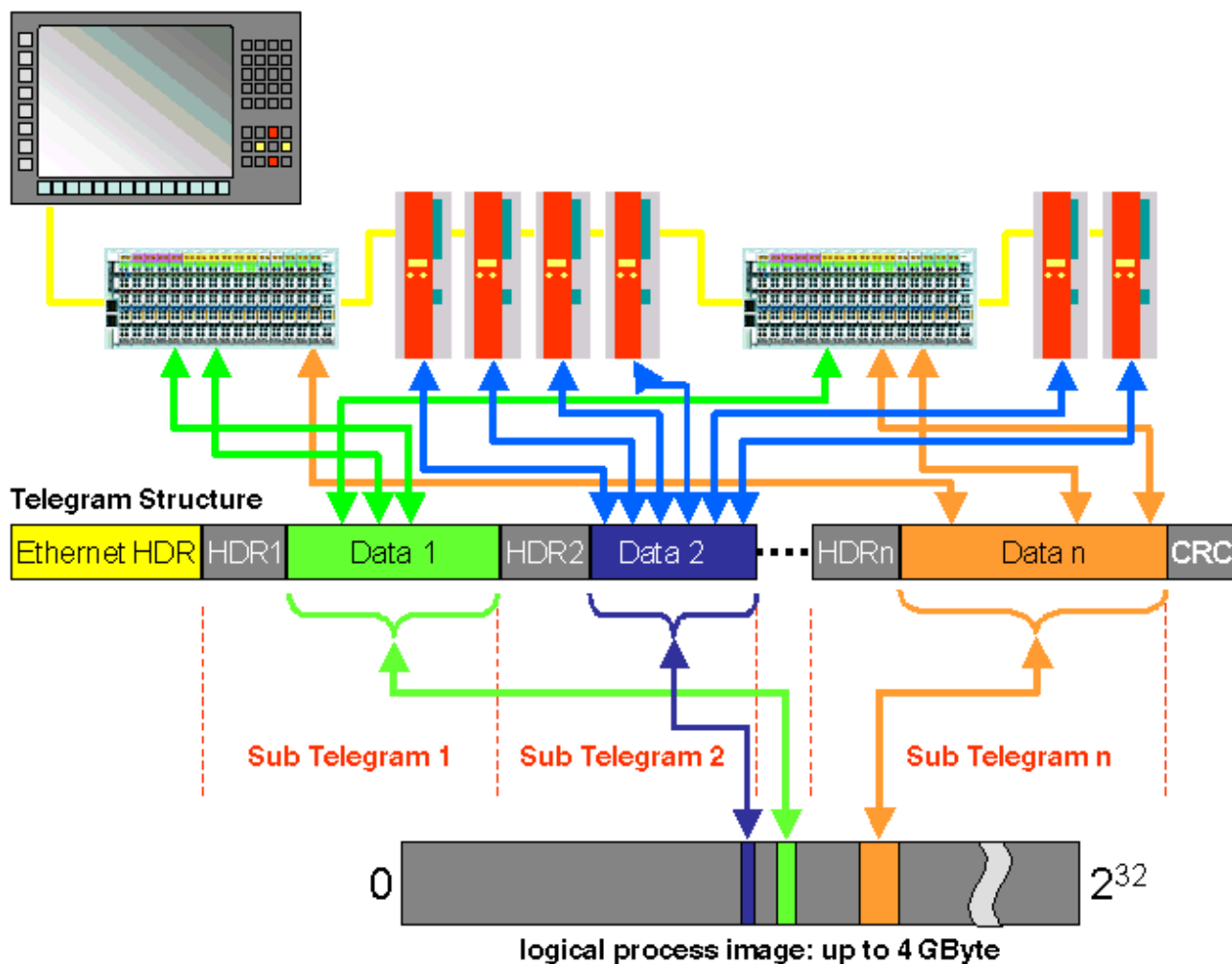
3 通信基础知识

3.1 系统属性

协议

EtherCAT 协议针对过程数据进行了优化，由于采用了特殊的以太网类型，它可以直接在以太网帧内传输。它可以由多个子报文组成，每个子报文服务于逻辑过程映像的一个特定内存区，该区域最大可达 4 GB。数据顺序不依赖于网络中模块的物理顺序，可任意编址。从站之间可进行广播、多播和通讯。直接在以太网帧中传输用于 EtherCAT 组件与控制计算机在同一子网中运行的情况。

然而，EtherCAT 应用并不局限于一个子网：通过 EtherCAT UDP 将 EtherCAT 协议打包成 UDP/IP 数据报文。这使得任何带有以太网协议栈的控制都可以编址到 EtherCAT 系统中。甚至通信也可以通过路由跨接到其他子网。显然，在这种变体结构中，系统性能取决于控制的实时特性以及以太网协议的实现方式。EtherCAT 网络本身的响应时间基本不受影响：UDP 数据报文仅在第一个站完成解包。

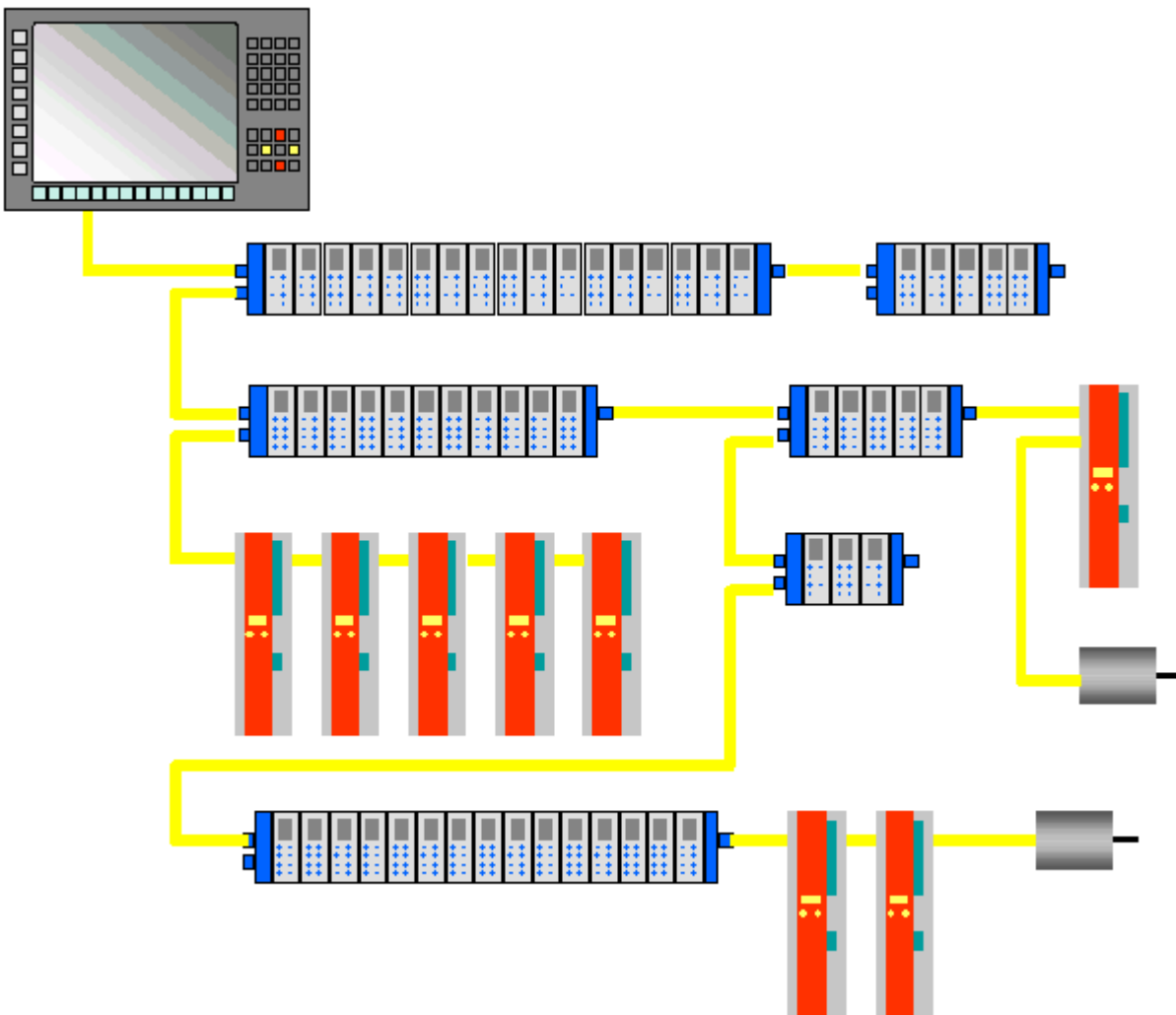


附图 5: EtherCAT 报文结构

协议结构：过程映像分配可自由组态。数据在 I/O 端子模块中被直接复制到过程映像内的所需位置：无需额外进行映射。可用的逻辑地址空间非常大（4 GB）。

拓扑结构

EtherCAT 支持几乎任何类型的拓扑结构：线型、树型或星型。因此，由于现场总线而得名的总线结构或线型结构也可用于以太网。将总线和分支结构相结合特别有助于系统布线。因为所需接口在耦合器中已存在，所以无需附加交换机。当然，也可以使用传统的基于交换机的星型以太网拓扑结构。



附图 6: EtherCAT 拓扑结构

在布线上具有极大的灵活性：
是否使用交换机，采用线型拓或者树型拓扑结构，均可任意选配组合。

选用不同的电缆可以地发挥布线的灵活性。灵活而经济的标准以太网跳线以以太网模式（100Base-TX）传输信号。结合交换机或者介质转换器可以更好地使用（不同的光缆或者铜缆）的带宽。

分布式时钟

精确的同步在需要同步动作的分布式场合中总是特别重要。例如，几个伺服轴在同时执行协调运动时便是如此。

最有效的同步方法是分布式时钟的准确对齐，如 IEEE 1588 标准所述。与完全同步通讯中通讯出现故障会立刻影响同步品质的情况相反，分布排列的时钟对于通讯系统中可能存在的相关故障延迟具有极好的容错性。

采用 EtherCAT 后，数据交换就完全基于纯硬件设备。由于通讯采用了逻辑（借助于全双工快速以太网的物理层）环网结构，主站时钟可以简单、精确地确定各个从站时钟传播的运行时间偏移，反之亦然。分布式时钟基于该值进行调整，这意味着可以在网络范围内使用非常精确的、信号抖动小于 $1\ \mu\text{s}$ 的时间基。

此外，高分辨率的分布式时钟不仅可以用于同步，还可以为数据采集提供的精确本地时间信息。例如，控制装置从连续测量的位置计算出速度。特别是在采样时间很短的情况下，即使是位移测量中很小的时间抖动也会导致速度的大幅度变化。新的 EtherCAT 扩展数据类型（时间戳和超采样数据类型）作为逻辑扩展引入。本地时间与测量值关联，分辨率高达 $10\ \text{ns}$ ，这是由以太网提供的大带宽实现的。这样，速度计算的准确性就不再取决于通信系统的抖动。它比基于无抖动通信的测量技术的准确性高出数个数量级。

性能

EtherCAT 在网络性能方面达到了新的高度。协议处理完全基于终端中的 FMMU 芯片和主站网卡的 DMA 技术。因此，它独立于协议堆栈运行时间、CPU 性能和软件实现。1000 个 I/O 的更新时间只需 30 μs ，包括端子的循环时间。单个以太网帧最多可以交换 1486 字节的过程数据，几乎相当于 12000 个数字量输入和输出。这些数据的传输仅需 300 μs 。

100 个伺服轴的通讯只需 100 μs 。在此期间，所有轴获取设置值和控制数据，并报告他们的实际位置和状态。分布式时钟使这些轴之间的同步时间偏差小于 1 μs 。

超高性能的 EtherCAT 技术可以实现传统的现场总线系统无法实现的控制理念。例如，以太网系统如今不仅可以处理速度控制，还可以处理分布式驱动器的电流控制。巨大的带宽资源使得状态数据能够与任何数据并行传输。EtherCAT 技术使得通讯技术与现代高性能的工业 PC 相匹配。总线系统不再是控制理念的瓶颈。分布式 I/O 的数据传递可能比大多数本地 I/O 接口的传输速度更快。EtherCAT 技术原理具有扩展性，并且不受 100M 波特率的限制，可以扩展到千兆以太网。

诊断功能

现场总线系统的经验表明，可用性和调试时间很大程度上取决于系统的诊断能力。只有准确、快速地检测到故障并精确定位后才能及时解决故障。因此，在 EtherCAT 的研发过程中，特别注重强化诊断功能。

调试期间，I/O 端子模块的实际配置需要与指定的配置进行匹配性检查。拓扑结构也需要与保存的配置相匹配。由于内置的拓扑识别功能可以识别到每个终端，因此，这种检查不仅可以在系统启动期间进行，也可以在网络自动读取时进行（配置上传）。

通过评估 CRC 校验和，可以可靠地检测出传输过程中的位故障。32 位 CRC 多项式的最小汉明距离为 4。除了断线检测和定位外，EtherCAT 系统的协议、物理层传输和拓扑结构还可以对各个传输段进行单独质量监视。与错误计数器关联的自动评估还可以对关键的网络段进行精确定位。可检测并定位 EMC 干扰、有缺陷的连接器和损坏的电缆等一些渐变或突变的错误源，即便它们尚未超出网络的自我修复能力范围。

集成倍福标准总线端子模块

除带有 E-bus 接口的新总线端子模块之外（ELxxxx），也可通过 BK1120 或 BK1250 总线耦合器来连接带有 K-bus 接口的标准总线端子模块（KLxxxx）。这确保了与现有倍福总线端子系统的兼容性和连续性。为您的现有投资提供保障。

3.2 EtherCAT 基础知识

关于 EtherCAT 现场总线的基础知识，请参考 [EtherCAT 系统文档](#)。

3.3 EtherCAT 布线 - 线缆连接

两个 EtherCAT 设备之间的电缆长度不得超过 100 米。这源于快速以太网 (FastEthernet) 技术, 首要的原因是电缆长度增加导致信号衰减。如果使用规范的电缆, 则允许的最大连接长度为 5 + 90 + 5 米。另请参见关于 EtherCAT/Ethernet 基础设施的设计建议。

电缆和连接器

在连接 EtherCAT 设备时, 只能使用符合 EN50173 或 ISO/IEC11801 标准的 5 类 (CAT5) 及以上以太网连接件 (电缆 + 接头)。EtherCAT 使用 4 条线路进行信号传输。

例如, EtherCAT 使用 RJ45 插拔连接器。引脚分配与以太网标准 (ISO/IEC 8802-3) 兼容。

引脚	导线颜色	信号	描述
1	黄色	TD +	发送数据 +
2	橙色	TD -	发送数据 -
3	白色	RD +	接收数据 +
6	蓝色	RD -	接收数据 -

由于采用了自动电缆检测 (交叉直连自适应) 技术, 在倍福的 EtherCAT 设备之间可以使用直连 (1:1) 或交叉的电缆。

● 推荐的电缆



建议使用适当的倍福组件, 例如

- 电缆组件 ZK1090-9191-xxxx

相应的 RJ45 连接器、现场组件 ZS1090-0005

- EtherCAT 电缆、现场组件 ZB9010、ZB9020

用于连接 EtherCAT 设备的合适电缆可参见倍福公司网站!

E-bus 供电

总线耦合器可以用 5 V 的 E-bus 系统电压为添加在它上面的 EL 端子模块供电; 一个耦合器通常可以提供达到 2 A 的 E-Bus 电流 (详见各自的设备文件)。

关于每个 EL 端子模块需要消耗多少 E-bus 电流的信息, 可参见倍福公司网站和产品目录。如果连接的端子模块需要的电流超过了耦合器可以提供的电流, 则必须在整组端子模块的适当位置插入 E-Bus 电源模块 (例如 EL9410)。

在 TwinCAT System Manager 中可以显示预计的理论上最大的 E-Bus 消耗电流。如果预计 E-Bus 供电不足, 剩余电流总额就会是负数, 并以感叹号 (!) 标记; 在这种位置前面需要插入一个 E-Bus 电源模块。

Number	Box Name	Add...	Type	In Si...	Out ...	E-Bus (mA)
1	Term 1 (EK1100)	1001	EK1100			
2	Term 2 (EL2008)	1002	EL2008		1.0	1890
3	Term 3 (EL2008)	1003	EL2008		1.0	1780
4	Term 4 (EL2008)	1004	EL2008		1.0	1670
5	Term 5 (EL6740...)	1005	EL6740-0010	2.0	2.0	1220
6	Term 6 (EL6740...)	1006	EL6740-0010	2.0	2.0	770
7	Term 7 (EL6740...)	1007	EL6740-0010	2.0	2.0	320
8	Term 8 (EL6740...)	1008	EL6740-0010	2.0	2.0	-130 !
9	Term 9 (EL6740...)	1009	EL6740-0010	2.0	2.0	-580 !

附图 7: System Manager 中的电流计算

注意

可能发生故障!

一个 I/O 站里面所有 EtherCAT 端子模块的 E-Bus 电源必须使用相同的接地电位!

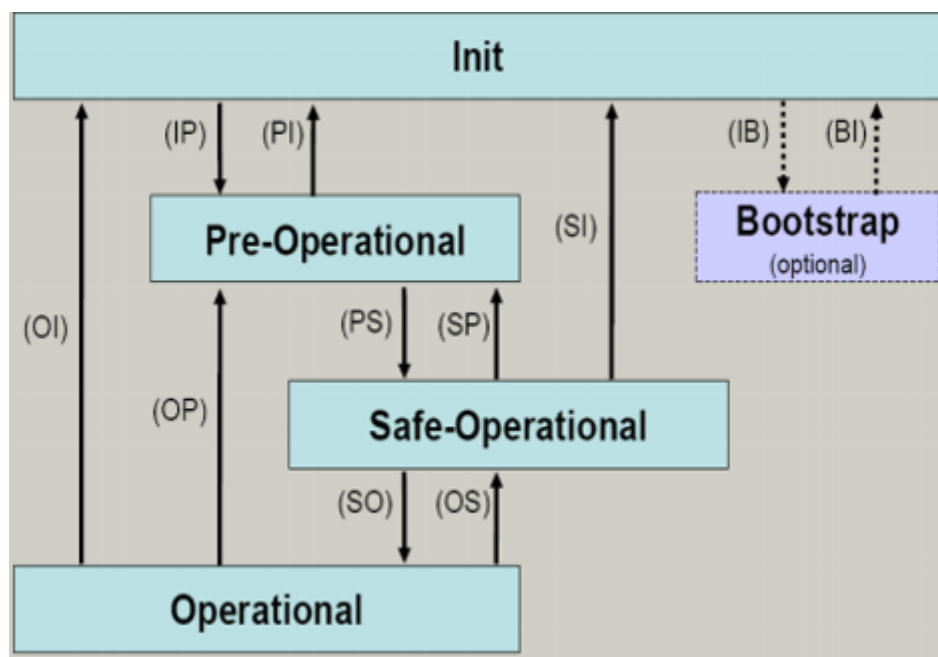
3.4 EtherCAT 状态机

EtherCAT从站的状态是通过EtherCAT状态机（ESM）控制的。根据具体的状态，EtherCAT 从站可以访问或执行不同的功能。EtherCAT 主站必须在从站的不同状态下向其发送特定的命令，特别是在从站的启动期间。

以下状态之间有所区别：

- Init（初始化）
- Pre-Operational（预备运行）
- Safe-Operational（安全运行）
- Operational（运行）
- Boot（引导）

每个 EtherCAT 从站启动后的正常状态是 Operational（运行）状态。



附图 8: EtherCAT 状态机的状态

Init

开机后，EtherCAT 从站处于 *Init* 状态。邮箱或过程数据通信无法进行。EtherCAT 主站初始化同步管理器（Sync Manager）通道 0 和 1，用于邮箱通信。

预备运行（Pre-Op）

从 *Init* 切换到 *Pre-Op* 的过程中，EtherCAT 从站检查邮箱是否已正确初始化。

在 *Pre-Op* 状态下，可以进行邮箱通信，但不能进行过程数据通信。EtherCAT 主站对过程数据的同步管理器（Sync Manager）通道（来自 Sync Manager 通道 2）以及 FMMU 通道进行初始化。如果从站支持可配置的映射，主站也会对 PDO 映射或同步管理器 PDO 分配进行初始化。在这个状态下，还会传输过程数据的传输设置以及不同于默认值的模块特定参数。

安全运行（Safe-Op）

从 *Pre-Op* 切换到 *Safe-Op* 的过程中，EtherCAT 从站检查用于过程数据通信的同步管理器（Sync Manager）是否正确，必要时还会检查分布时钟（Distributed Clock）的设置是否正确。在确认状态变化之前，EtherCAT 从站将当前的输入数据复制到 EtherCAT 从站控制器（ECSC）的相关 DP-RAM 区域。

在 *Safe-Op* 状态下，可以进行邮箱和过程数据通信，但从站输出保持在安全状态，而输入数据被周期性刷新。

● SAFEOP 状态下的输出



默认的看门狗 (Watchdog) 监视装置, 将模块的输出设置为 SAFEOP 和 OP 中指定的安全状态 (例如关闭状态)。如果通过停用模块中的看门狗监测来防止这种情况的发生, 那么输出也可以在 SAFEOP 状态下被切换或设置。

运行 (Op)

在 EtherCAT 主站将 EtherCAT 从站从 *Safe-Op* 切换到 *Op* 之前, 必须传输有效的输出数据。

在 *Op* 状态下, 从站将主站的输出数据复制到它的输出, 过程数据和邮箱通信都可以进行。

引导 (Boot)

在 *Boot* 状态下, 可以更新从站固件。*Boot* 状态只能通过 *Init* 状态达到。

在 *Boot* 状态下, 可以通过 *file access over EtherCAT* (FoE) 协议进行邮箱通信, 但不能进行其他邮箱通信或者过程数据通信。

3.5 CoE – 接口：说明

该设备没有 CoE。

关于 CoE 接口的详细信息，可参见倍福网站的 [EtherCAT 系统文档](#)。

3.6 分布时钟 (Distributed Clock)

分布时钟表示 EtherCAT 从站控制器 (ESC) 中的一个本地时钟，具有以下特点：

- 单位 1 ns
- 零点 $1.1.2000\ 00:00$
- 大小 64 位 (足够未来 584 年使用；但是，一些 EtherCAT 从站只提供 32 位支持，即变量在大约 4.2 秒后溢出)
- EtherCAT 主站自动将本地时钟与 EtherCAT 总线中的主站时钟同步，精度 $<100\text{ ns}$ 。

详细信息请参见 [EtherCAT 系统描述](#)。

4 安装和布线

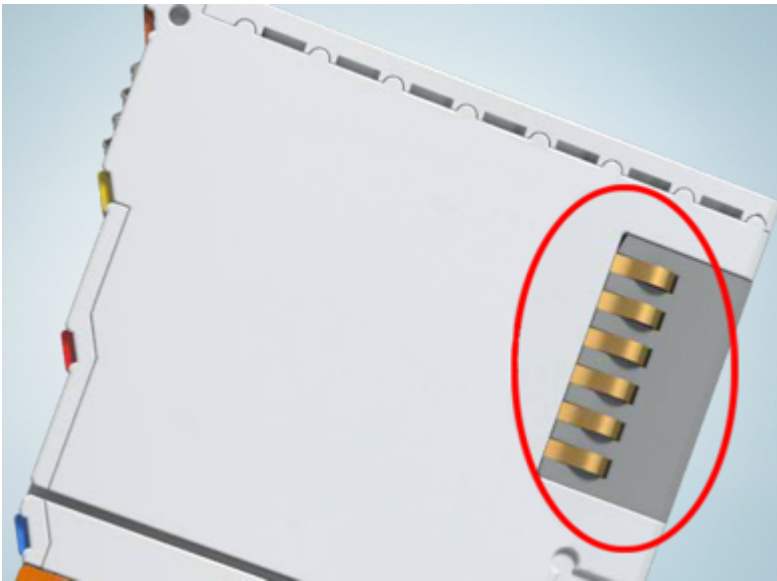
4.1 静电防护的说明

注意

静电放电可能会破坏设备！

这些设备含有因处理不当而导致静电放电风险的部件。

- 请确保已进行静电放电，避免直接接触设备的触点。
- 避免与高度绝缘的材料（合成纤维、塑料薄膜等）接触。
- 在处理该设备时，周围环境（工作场所、包装和人员）应恰当接地。
- 每个 I/O 站必须在最末端使用 [EL9011](#) 或 [EL9012](#) 端子盖板，以确保达到保护等级和 ESD 静电保护。



附图 9: 倍福 I/O 组件的弹簧触点

4.2 防爆

4.2.1 ATEX – 特殊条件（标准温度范围）

⚠ 警告

在潜在爆炸性区域使用具有标准温度范围的 Beckhoff 现场总线组件，请遵守防爆 ATEX 指令 (2014/34/EU) 的特别规定！

- 经认证的组件应当安装在一个合适的外壳中，保证按照 EN 60079-15 标准至少达到 IP54 的防护等级！应当按此标准考虑使用过程中的环境条件！
- 关于防尘（仅指证书编号为 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版的现场总线组件）：考虑到设备使用的环境条件，设备应安装在一个合适的外壳中，对于 IIIA 组或 IIIB 组提供符合 EN 60079-31 标准的 IP54 防护等级，对于 IIIC 组则提供 IP6X 的防护等级！
- 如果在额定运行期间，电缆、线路或管道的进线点的温度高于 70° C，或电线分支点的温度高于 80° C，那么必须选择耐受温度数据满足实际测量温度值的线缆！
- 在潜在爆炸性区域使用具有标准温度范围的 Beckhoff 现场总线组件，请遵守相关标准允许的环境温度范围 0 至 55° C！
- 必须采取措施，防止因瞬时干扰电压而超过额定工作电压的 40% 以上！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以从总线端子模块系统中拔出或拆除单个模块！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以连接或断开经认证部件的接线！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以更换 KL92xx/EL92xx 馈电端子模块的保险丝！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才能调整地址拨码和 ID 开关！

标准

符合下列标准规定，满足基本健康和安全要求：

- EN 60079-0:2012+A11:2013
- EN 60079-15:2010
- EN 60079-31:2013（仅适用于证书编号 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版）

标志

经过 ATEX 指令认证适用于潜在爆炸性区域的标准温度范围 Beckhoff 现场总线组件带有以下标记之一：



II 3G KEMA 10ATEX0075 X Ex nA IIC T4 Gc Ta: 0 ... +55° C

II 3D KEMA 10ATEX0075 X Ex tc IIIC T135° C Dc Ta: 0 ... +55° C
(仅适用于证书编号 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版的现场总线组件)

或



II 3G KEMA 10ATEX0075 X Ex nA nC IIC T4 Gc Ta: 0 ... +55° C

II 3D KEMA 10ATEX0075 X Ex tc IIIC T135° C Dc Ta: 0 ... +55° C
(仅适用于证书编号 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版的现场总线组件)

4.2.2 ATEX – 特殊条件（扩展温度范围）

⚠ 警告

在潜在爆炸性区域使用具有扩展温度范围（ET）的 Beckhoff 现场总线组件，请遵守防爆 ATEX 指令（2014/34/EU）的特别规定！

- 经认证的组件应当安装在一个合适的外壳中，保证按照 EN 60079-15 标准至少达到 IP54 的防护等级！应当按此标准考虑使用过程中的环境条件！
- 关于防尘（仅指证书编号为 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版的现场总线组件）：考虑到设备使用的环境条件，设备应安装在一个合适的外壳中，对于 IIIA 组或 IIIB 组提供符合 EN 60079-31 标准的 IP54 防护等级，对于 IIIC 组则提供 IP6X 的防护等级！
- 如果在额定运行期间，电缆、线路或管道的进线点的温度高于 70° C，或电线分支点的温度高于 80° C，那么必须选择耐受温度数据满足实际测量温度值的线缆！
- 在潜在的爆炸性区域使用具有扩展温度范围（ET）的 Beckhoff 现场总线组件时，请遵守相关标准允许的环境温度范围 -25 至 60° C ！
- 必须采取措施，防止因瞬时干扰电压而超过额定工作电压的 40% 以上！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以从总线端子模块系统中拔出或拆除单个模块！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以连接或断开经认证部件的接线！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以更换 KL92xx/EL92xx 馈电端子模块的保险丝！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才能调整地址拨码和 ID 开关！

标准

符合下列标准规定，满足基本健康和国家安全要求：

- EN 60079-0:2012+A11:2013
- EN 60079-15:2010
- EN 60079-31:2013（仅适用于证书编号 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版）

标志

经过 ATEX 指令认证的适用于潜在爆炸性区域的扩展温度范围（ET）Beckhoff 现场总线组件带有以下标记：



II 3G KEMA 10ATEX0075 X Ex nA IIC T4 Gc Ta: -25 ... +60° C
 II 3D KEMA 10ATEX0075 X Ex tc IIIC T135° C Dc Ta: -25 ... +60° C
 (仅适用于证书编号 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版的现场总线组件)

或



II 3G KEMA 10ATEX0075 X Ex nA nC IIC T4 Gc Ta: -25 ... +60° C
 II 3D KEMA 10ATEX0075 X Ex tc IIIC T135° C Dc Ta: -25 ... +60° C
 (仅适用于证书编号 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版的现场总线组件)

4.2.3 IECEX – 特殊条件

⚠ 警告

在潜在爆炸性区域使用 Beckhoff 现场总线组件，请遵守相关标准的特别规定！

- 关于气体：考虑到设备使用的环境条件，设备应安装在合适的外壳中，保证按照 EN 60079-15 标准至少达到 IP54 的防护等级！
- 关于防尘（仅指证书编号为 IECEX DEK 16.0078X，第 3 版的现场总线组件）：考虑到设备使用的环境条件，设备应安装在一个合适的外壳中，对于 IIIA 组 或 IIIB 组提供符合 EN 60079-31 标准的 IP54 防护等级，对于 IIIC 组则提供 IP6X 的防护等级！
- 本设备只能在 IEC 60664-1 规定的污染等级不超过 2 级的区域（Zone 2）内使用！
- 应作出规定，防止因瞬时干扰造成超过额定电压 119V！
- 如果在额定运行期间，电缆、线路或管道的进线点的温度高于 70° C，或电线分支点的温度高于 80° C，那么必须选择耐受温度数据满足实际测量温度值的线缆！
- 在潜在的爆炸性区域内使用 Beckhoff 现场总线组件时，请遵守相关标准允许的环境温度范围！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以从总线端子模块系统中拔出或拆除单个模块！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以连接或断开经认证部件的接线！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才能调整地址拔码和 ID 开关！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才能打开经认证的设备的前盖！

标准

符合下列标准规定，满足基本健康和 safety 要求：

- EN 60079-0:2011
- EN 60079-15:2010
- EN 60079-31:2013（仅适用于证书编号 IECEX DEK 16.0078X，第 3 版）

标志

经过 IECEX 认证可在有爆炸危险区域使用的 Beckhoff 现场总线组件带有以下标记：

现场总线组件的标记，证书编号为 IECEX DEK 16.0078X，第 3 版：

IECEX DEK 16.0078 X
Ex nA IIC T4 Gc
Ex tc IIIC T135° C Dc

具有新版本证书的现场总线组件的标记：

IECEX DEK 16.0078 X
Ex nA IIC T4 Gc

4.2.4 ATEX 和 IECEx 的持续性文件

注意



符合 ATEX 和 IECEx 的关于防爆的持续性文件




请注意持续性文件

防爆 端子模块系统的防护

根据 ATEX 和 IECEx 标准，在危险区域使用倍福端子模块系统的注意事项

可以在倍福公司主页 www.beckhoff.com 的产品下载区下载！

4.3 UL 声明

⚠ 谨慎	
	<p>应用</p> <p>倍福 EtherCAT 模块只适用于与具备 UL 认证的倍福 EtherCAT 系统一起使用。</p>
⚠ 谨慎	
	<p>检查</p> <p>关于 cULus 检查，仅对倍福 I/O 系统的火灾和电击风险进行了调查（符合 UL508 和 CSA C22.2 No.142 标准）。</p>
⚠ 谨慎	
	<p>带有以太网连接器的设备</p> <p>不可用于连接通信电路（telecommunication circuits）。</p>

基本原则

符合 UL508 的 UL 认证。有这种认证的设备带有此标志：



4.4 安装在导轨上

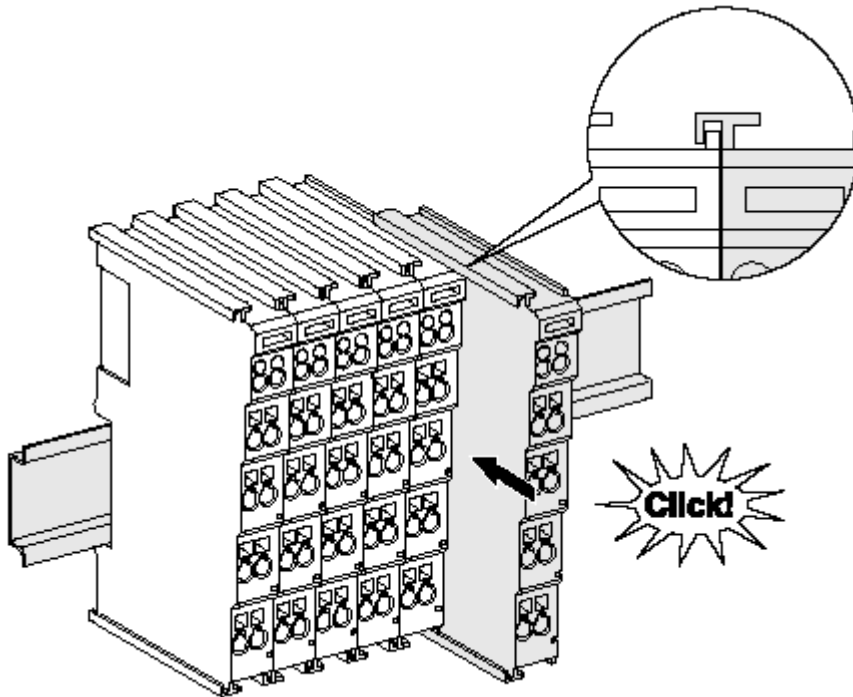
⚠ 警告

有触电和损坏设备的危险！

在开始安装、拆卸或连接总线端子模块之前，请将总线端子模块系统带入一个安全的、断电的状态！

总线端子模块系统设计用于安装在控制柜或接线盒中。

组装



附图 10: 安装在安装轨道上

总线耦合器和总线端子模块通过施加轻微压力安装到市售 35 毫米安装导轨（符合 EN 60715 标准的 DIN 导轨）上：

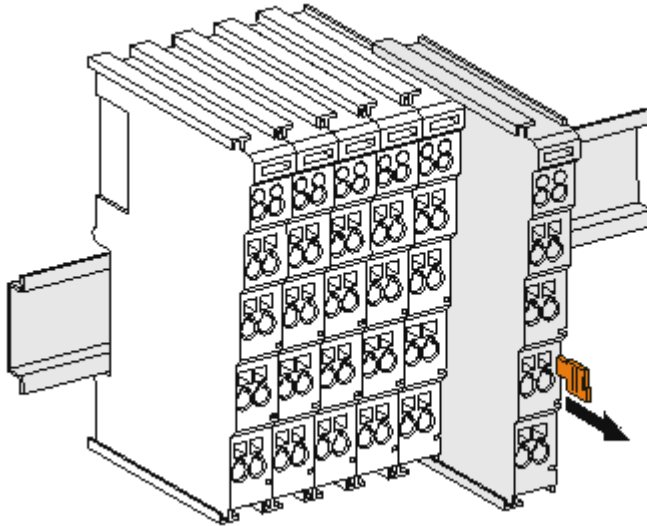
1. 首先将现场总线耦合器安装在安装导轨上。
2. 现在，总线端子模块安装在现场总线耦合器的右侧。用榫卯连接组件，将端子模块推到安装轨道上，直到锁扣卡在安装轨道上。
如果端子模块先卡在安装轨道上，然后在没有榫头的情况下推到一起，那么连接将无法运行！正确组装后，外壳之间不应看到明显的间隙。

● 安装导轨的固定



端子模块和耦合器的锁定机制延伸至安装轨道的轮廓。在安装时，组件的锁定机制不能与安装轨道的固定螺栓发生冲突。为了在端子模块和耦合器下面安装高度为 7.5 毫米的安装导轨，应该使用平坦的安装连接（如沉头螺钉或盲铆钉）。

拆卸



附图 11: 端子模块的拆卸

每个端子模块都由安装轨道上的锁扣固定，拆卸时必须松开锁扣：

1. 用橙色的接线柱拉动端子模块，使其离开安装轨道约 1 厘米。在这样做的时候，该端子模块的安装导轨锁扣会自动松开，您可以轻松地将该端子模块从总线端子排中拉出来，而不需要过度用力。
2. 用拇指和食指同时抓住松开的端子模块的上、下凹槽外壳表面，将端子模块从总线端子排中拉出。

一个总线端子 I/O 站内的连接

总线耦合器和总线端子模块之间的电气连接通过连接部件自动实现：

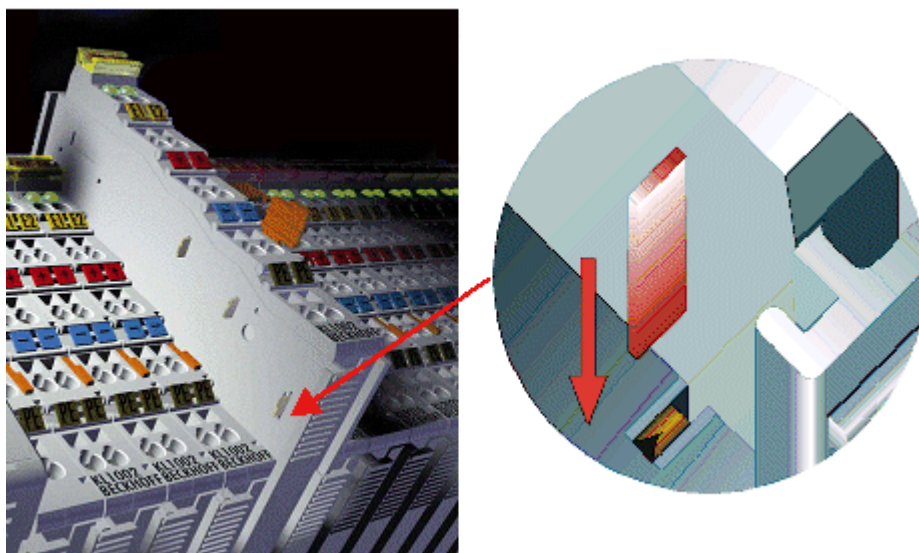
- 通过 K-Bus/E-Bus 的六个弹簧触点实现数据的传输和总线端子模块供电。
- 电源触点给现场电子设备供电，因此形成了总线端子 I/O 站内的一个电源母线。电源触点通过总线耦合器上的端子供电（最高 24V），或者对于更高的电压则通过电源馈电端子模块供电。

● 电源触点

i 在设计总线端子 I/O 站时，必须考虑到各个总线端子模块的引脚分配，因为有些类型（如模拟量总线端子模块或数字量 4 通道总线端子模块）没有或没有完整的通过电源触点的回路。电源馈电端子模块（KL91xx、KL92xx 或 EL91xx、EL92xx）中断了前面电源触点形成的母线，而提供了一个新的电源母线的起点。

PE 电源触点

标有 PE 的电源触点可作为安全接地使用。出于安全考虑，在两个相邻模块插接时 PE 触点会首先对连接通。PE 触点可以将高达 125 A 的短路电流导入大地。



附图 12: 左侧的电源触点

注意

设备可能的损坏

请注意，出于电磁兼容性的考虑，PE 触点与安装导轨是电容耦合的。这可能会导致在绝缘测试中出现错误的结果，或者导致端子模块损坏（例如，在对额定电压为 230V 的用电设备进行绝缘测试时，对 PE 线进行破坏性放电）。在进行绝缘测试时，请在总线耦合器或电源馈电端子模块处断开 PE 电源线！为了使关联的馈电点都脱离后再进行测试，这些电源馈电端子模块可以松开，并从端子组中拉出至少 10 mm。

警告

有触电的危险！

PE 电源接点不得用于其他电位！

4.5 增强抗振模块的安装说明

⚠ 警告

有触电和损坏设备的危险！

在开始安装、拆卸或连接总线端子模块之前，应将总线端子模块系统置于安全、断电的状态！

额外检查

这些端子模块经过了以下额外测试：

验证	说明
振动	在 3 个坐标轴方向上各 10 次
	6 Hz < f < 60 Hz, 位移 0.35 mm, 恒定振幅
	60.1 Hz < f < 500 Hz, 加速度 5 g, 恒定振幅
冲击	在 3 个坐标轴的每个方向上各 1000 次冲击
	25 g, 6 ms

附加安装说明

对于增强抗振模块，适用以下附加的安装说明：

- 增强抗振能力适用于所有允许的安装位置
- 使用符合 EN 60715 TH35-15 标准的安装导轨
- 用机械固定装置将一组端子模块从安装导轨的两端固定住，例如接地端子或加固的端部堵头
- 一个端子模块 I/O 站的最大模块数量（不含耦合器）是：
64 个端子模块（12 mm）或 32 个端子（24 mm）
- 在安装导轨的加工和安装的过程中，应避免变形、扭曲、受挤压和弯曲
- 安装导轨的固定点必须以 5 厘米的间隔设置
- 使用沉头螺钉固定安装导轨
- 电缆的固定环和连接导线之间的自由长度应保持尽可能短。与线槽应保持约 10 厘米的距离。

4.6 安装位置

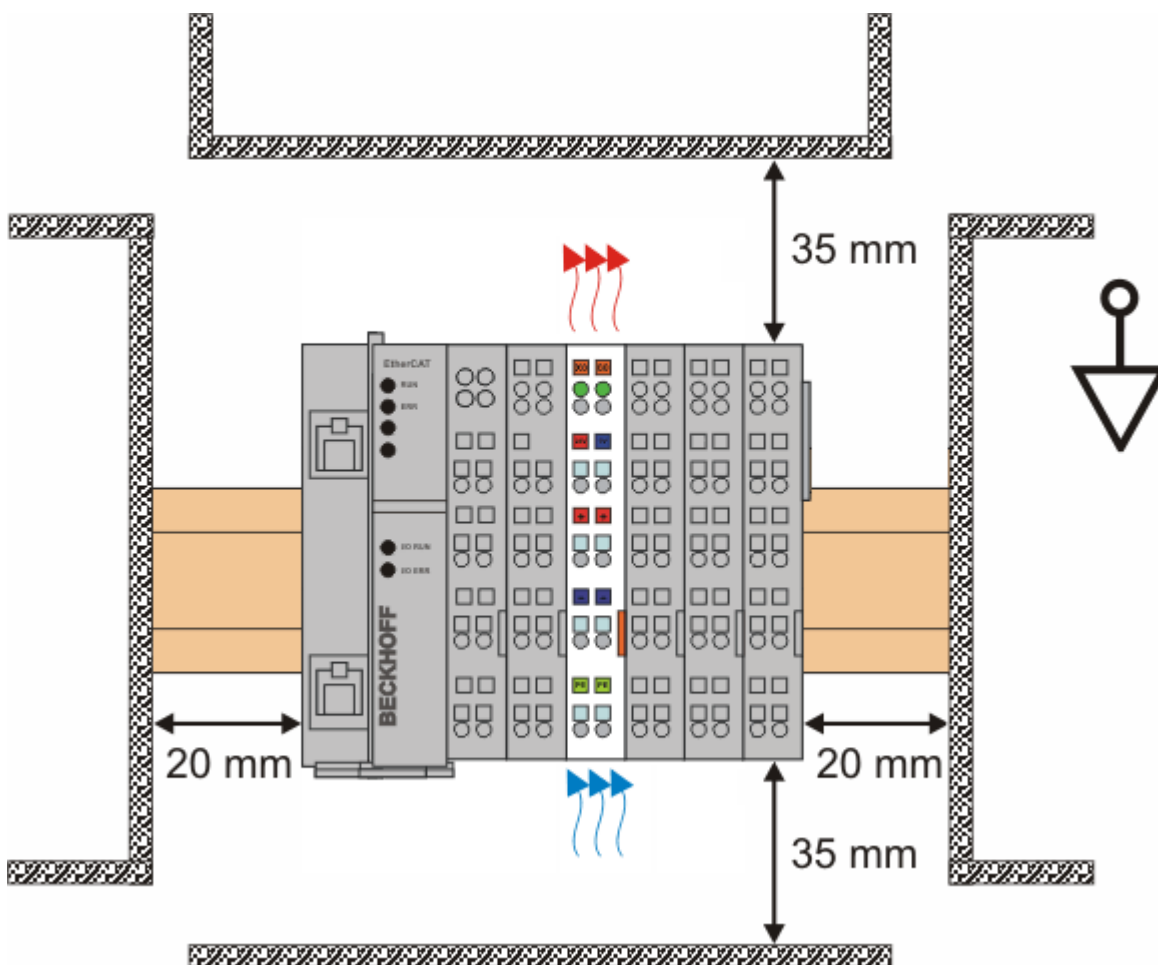
注意

关于安装位置和工作温度范围的限制

请参考端子模块的技术数据，以确定是否规定了关于安装位置和/或工作温度范围的任何限制。在安装高功率耗散的端子模块时，确保在端子模块上方和下方的其他部件之间保持足够的间距，以保证充分的通风！

最佳安装位置（标准）

最佳的安装位置是安装导轨水平安装，EL/KL 端子模块接线的一面朝前（见图标准安装位置的推荐距离）。从端子模块的下面通风，通过对流实现电子元件的最佳冷却。“从下面”是指相对于重力方向而言。



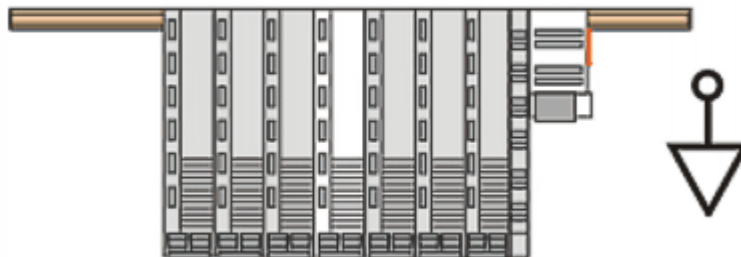
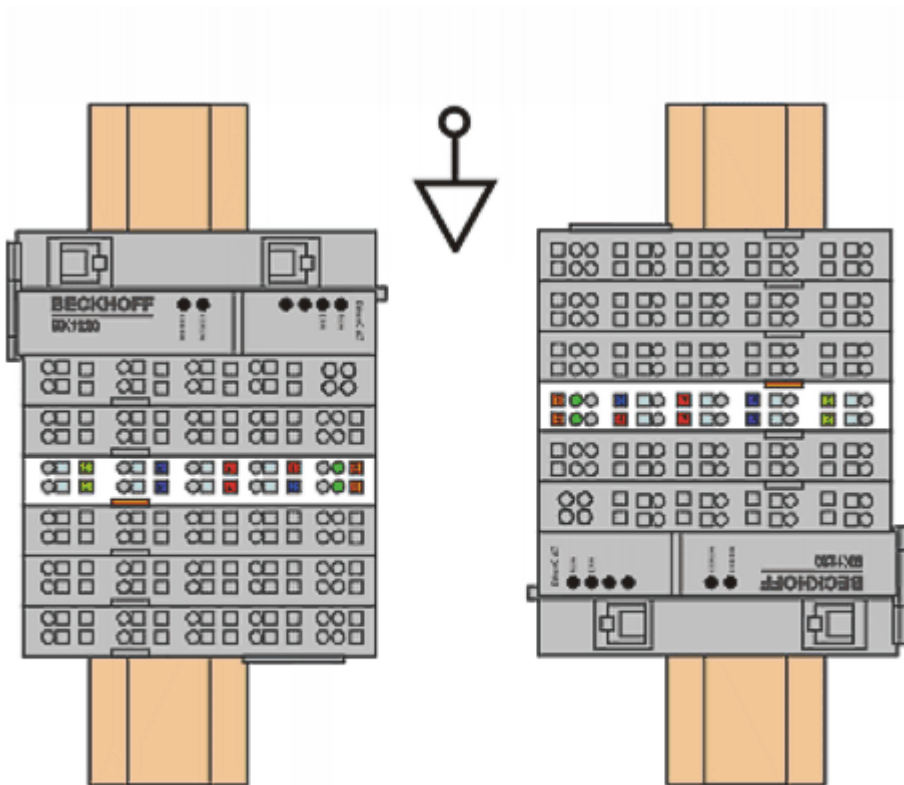
附图 13: 标准安装位置的推荐距离

建议遵守图 标准安装位置的推荐距离 中所示的距离。

其他安装位置

所有其他安装位置的特点是安装导轨的空间布局不同，参见图 其他安装位置。

上面规定的与其它部件的最小距离也适用于这些安装位置。



附图 14: 其他安装位置

4.7 M8 连接器布线

关于 EtherCAT 电缆、电源电缆、传感器电缆、以太网/EtherCAT 连接器和现场组装的连接器的清单，可以在以下链接中找到：<https://www.beckhoff.com/en-us/products/i-o/accessories/>

关于相应的数据表，可以查看以下链接：<https://www.beckhoff.com/en-us/support/download-finder/data-sheets/>

EtherCAT 电缆



附图 15: ZK1090-3131-0xxx

在连接 EtherCAT 设备时，仅可使用至少符合 EN50173 或 ISO/IEC11801 的 category 5 (CAT5) 规定的带屏蔽以太网电缆。

● 关于布线的建议

i 关于 EtherCAT 布线的详细建议，可以查看“EtherCAT/Ethernet 基础设施设计建议”文件。文件可在 www.Beckhoff.com 下载。

EtherCAT 使用四线进行信号传输。

由于自动电缆检测（自动交叉），在 Beckhoff 的 EtherCAT 设备之间可以使用对称（1:1）或交叉的电缆。

M8 连接器针脚分配



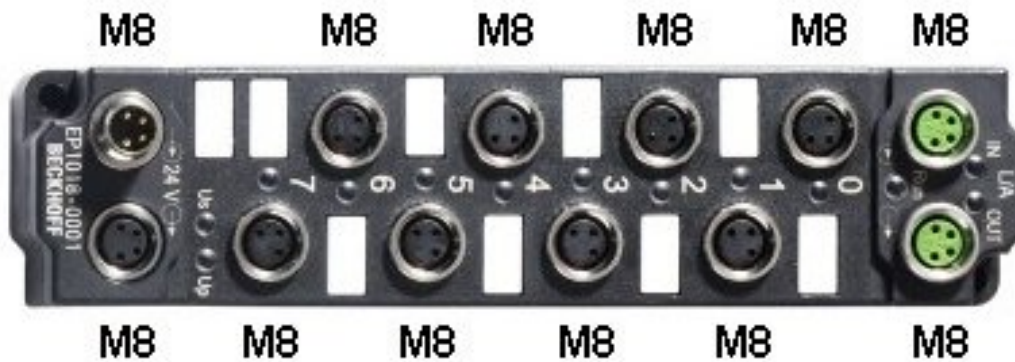
信号	描述	针脚 (M8)
Tx+	发送数据+	1
Tx-	发送数据-	4
Rx+	接收数据+	2
Rx-	接收数据-	3
屏蔽	屏蔽	外壳

4.8 连接器的螺母扭矩

在使用 EK1110-0008 的 EtherCAT M8 连接器时，必须注意以下几点：

M8 连接器

建议使以螺母扭矩**0.4 Nm**将 M8 连接器拉紧。当使用扭矩控制螺丝刀ZB8800时，最大允许扭矩为**0.5 Nm**。



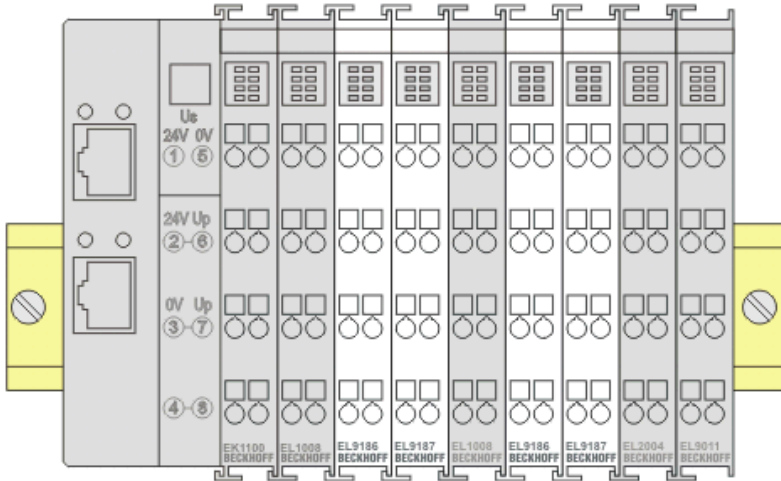
附图 16: 带 M8 连接器的 EtherCAT 端子盒

4.9 无通讯模块的安装位置

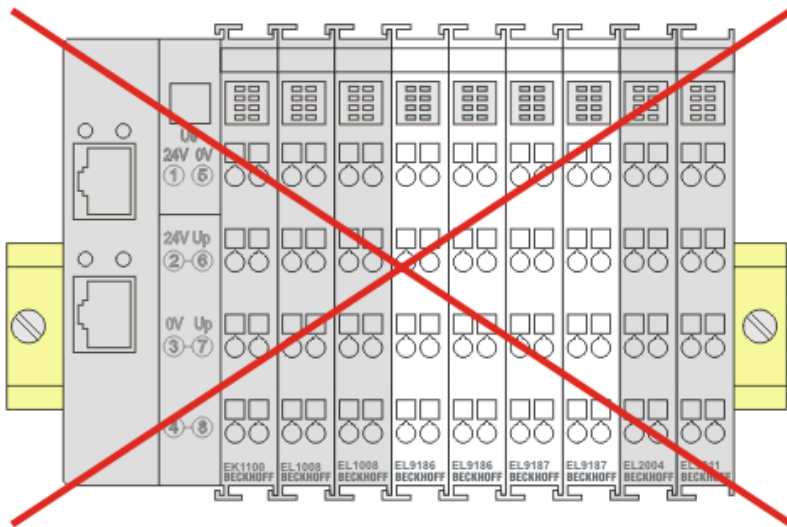
i 关于总线端子 I/O 站中无通讯模块安装位置的提示

那些在总线端子 I/O 站中不参与数据传输的 EtherCAT 端子模块 (ELxxxx / ESxxxx)，即所谓的无通讯模块。无通讯模块不消耗 E-Bus 的电流。为了确保最佳的数据传输，不能直接把超过两个的无通讯模块连续并列装在一起！

无通讯模块安装位置示例（高亮显示）



附图 17: 正确的安装位置



附图 18: 错误的安装位置

4.10 处理



标有带叉轮式垃圾桶的产品不得与普通垃圾一起丢弃。该设备被认为是废弃的电气和电子设备。必须遵守国家废弃电气和电子设备的处理规定。

5 调试

5.1 EK1110 – 使用 TwinCAT 系统管理器进行配置

TwinCAT 树

在 TwinCAT 系统管理器配置模式的“设备”下，输入 EK1110/EK1110-0008 作为 EtherCAT (Direct mode) 设备。所有已经连接到网络的端子也可以被读取。这样就能加载所有带有总线端子模块的总线耦合器及其配置。然后，可以调整这些内容以满足要求。

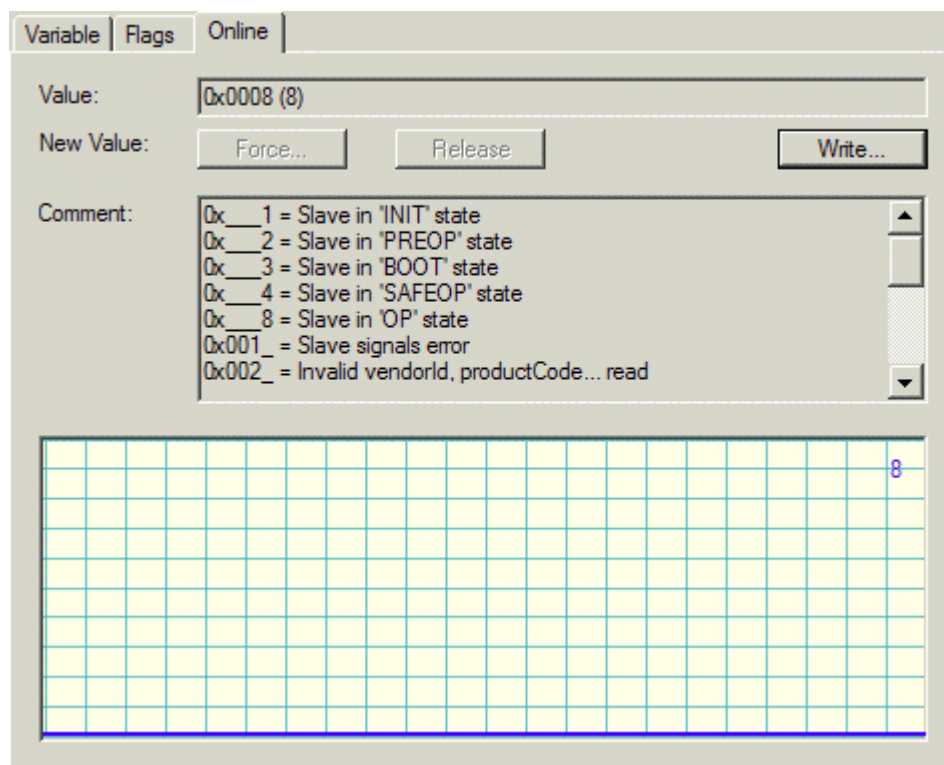


附图 19: TwinCAT 树 EK1110 / EK1110-0008

在线状态（信息数据）

状态，“在线”选项卡

表示端子模块的在线状态。

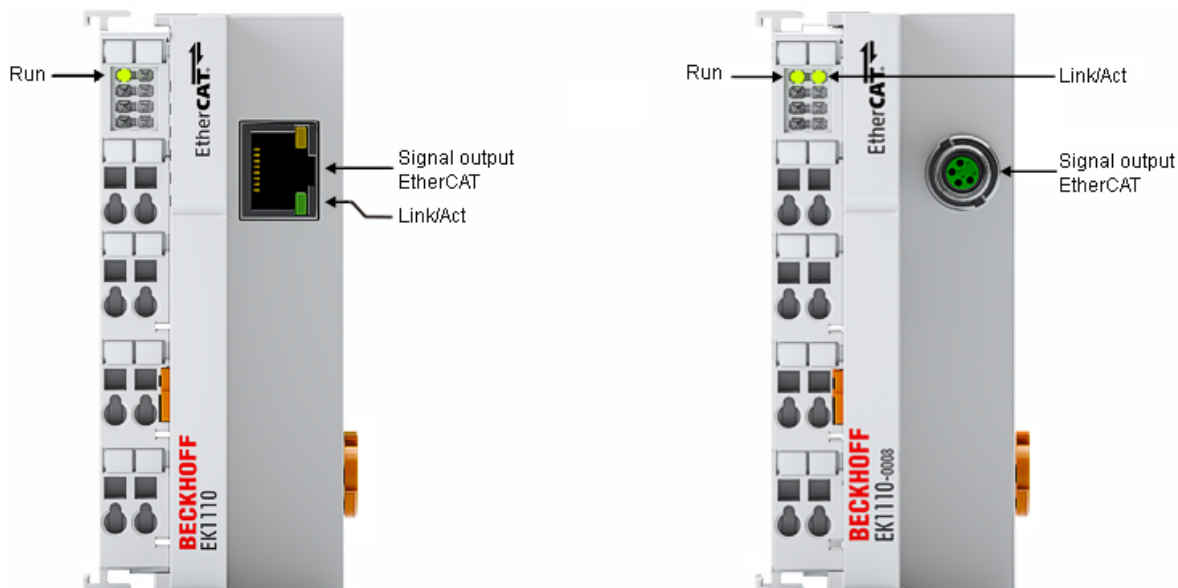


附图 20: 状态，“在线”选项卡

数值	描述
0x__1	从站处于“INIT”状态
0x__2	从站处于“PREOP”状态
0x__3	从站处于“BOOT”状态
0x__4	从站处于“SAFEOP”状态
0x__8	从站处于“OP”状态
0x001_	从站信号错误
0x002_	读取到无效 vendorId, productCode...
0x004_	发生初始化错误
0x010_	从站不存在
0x020_	从站信号链接错误
0x040_	从站缺失链接
0x080_	从站发生意外链接
0x100_	通信端口 A
0x200_	通信端口 B
0x400_	通信端口 C
0x800_	通信端口 D

6 错误处理和诊断

6.1 诊断 LED



附图 21: EK1110 / EK1110-0008

用于现场总线诊断的 LED

LED	显示	状态	描述
LINK / ACT (X1)	绿色 灭	-	没有 EtherCAT 连接
	绿色 常亮	已链接	已连接 EtherCAT 设备
	绿色 闪烁	启用	与 EtherCAT 设备通讯中

LED 诊断 EtherCAT 状态机

LED	颜色	含义	
运行	绿色	该 LED 指示端子模块的工作状态:	
		灭	EtherCAT 状态机的状态: INIT = 端子的初始化
		均匀闪烁	EtherCAT 状态机的状态: PREOP = 邮箱通信的功能和不同的标准设置
		缓慢闪烁	EtherCAT 状态机的状态: SAFEOP = 验证同步管理器通道和分布式时钟。输出保持在安全状态
		常亮	EtherCAT 状态机的状态: OP = 正常工作状态; 可以进行邮箱和过程数据通信
	快速闪烁	EtherCAT 状态机的状态: BOOTSTRAP = 用于端子模块固件更新	

7 附录

7.1 EtherCAT AL 状态代码

详细信息请参见 [EtherCAT系统描述](#)。

7.2 固件兼容性

EK1110 没有固件。

7.3 固件更新 EL/ES/EM/ELM/EPxxxx

本节介绍了倍福 EL/ES、ELM、EM、EK 和 EP 系列 EtherCAT 从站设备的更新情况。只有在与倍福支持部门协商后才能进行固件更新。

注意

仅使用 TwinCAT 3 软件!

必须在安装了 TwinCAT 3 之后才能进行倍福 IO 设备的固件更新。建议尽可能使用最新的固件，可在倍福公司网站上免费下载 <https://www.beckhoff.com/en-us/>。

为了更新固件，TwinCAT 可以在 FreeRun 模式下运行，不需要付费许可。

待更新的设备通常可以保留在安装位置，但 TwinCAT 必须在 FreeRun 模式下运行。请确保 EtherCAT 通讯良好（没有丢失帧等）。

不应使用其他 EtherCAT 主站软件，例如 EtherCAT Configurator，因为它们可能不支持复杂的更新固件、EEPROM 和其他设备组件。

储存地点

一个 EtherCAT 从站最多可以在三个位置上存储运行数据：

- 每个 EtherCAT 从站都有一个设备描述文件，包括标识（名称、产品代码）、时序定义、通信设置等。该设备描述文件（ESI: EtherCAT Slave Information）可以从 Beckhoff 网站下载区的 [zip 文件](#) 中下载，并在 EtherCAT 主站中用于离线组态，例如在 TwinCAT 中。最重要的是，每个 EtherCAT 从站都将其可供电子读取的设备描述文件（ESI）存放在其本地存储芯片，即 **ESI EEPROM** 中。从站上电以后，该描述文件将加载到从站本地，并告知其通信配置；另一方面，EtherCAT 主站可以通过这种方式识别从站，并相应地设置 EtherCAT 通信。

注意

用项目定义的 ESI-EEPROM 写入

ESI 文件是设备制造商根据 ETG 标准为相应产品开发和发布的。

- ESI 文件的含义：禁止从使用侧（比如用户）进行修改。

- ESI EEPROM 的含义：即使技术上允许写入，EEPROM 中的 ESI 部分和可能存在的空闲存储区域也不得在正常更新过程之外进行更改。特别是对于周期性的内存写入（运行时间计数器等），必须使用专门的存储器产品，例如 EL6080 或 IPC 自己的 NOVRAM（掉电保持存储器选项）。

- 根据功能和性能的不同，EtherCAT 从站有一个或几个本地处理器来处理 I/O 数据。相应的程序就称作 Firmware **固件**，文件格式为 *.efw。
- 在一些 EtherCAT 从站中，EtherCAT 通讯也可能集成在这些本地处理器中。此时，本地处理器通常是一个 **FPGA** 芯片，带有 *.rbf 固件。

客户可以通过 EtherCAT 现场总线及其通讯机制来访问 Firmware（固件）。Firmware 的更新或读取是通过非周期性邮箱通信（mailbox）或对 ESC 的寄存器访问实现的。

如果要更新从站的固件，TwinCAT System Manager 提供使用新固件刷新上述三处运行数据的机制。从站通常不会检查新的固件是否合适，也就是说，如果下载了错误的固件，从站可能就无法再运行。

通过 bundle firmware（捆绑固件）简化更新

使用所谓的 **bundle firmware（捆绑固件）** 进行更新更为方便：此时从站处理器的固件和 ESI 描述组合在一个 *.efw 文件中；固件更新期间，在端子模块中的 Firmware 和 ESI 都会改变。要实现这种功能，要求以下几点：

- 固件为打包格式：可通过文件名识别，其中还包含修订版本号，例如 ELxxxx-xxxx_REV0016_SW01.efw
- 在下载对话框中输入密码=1 时，使用捆绑固件更新。如果密码=0（默认设置），则只进行固件更新，不进行 ESI 更新。
- 只用于支持此功能的设备。打包文件的内容通常不能再修改；这个功能是自 2016 年以来诸多新开发功能的一部分。

更新之后，应确认是否成功

- ESI/Revision: 例如，通过 TwinCAT ConfigMode/FreeRun 中的在线扫描，这是确定固件修订版本的简便方法

- Firmware: 例如, 通过查看设备的 CoE Online 数据

注意

设备损坏风险!

✓ 下载新设备文件时注意以下几点

- EtherCAT 设备的固件下载不能中断
- 必须确保通畅的 EtherCAT 通讯。必须避免 CRC 错误或丢帧。
- 供电必须稳定。信号电平必须符合规范。

⇒ 如果在更新过程中出现故障, EtherCAT 设备可能无法使用, 只能返回制造商重新调试。

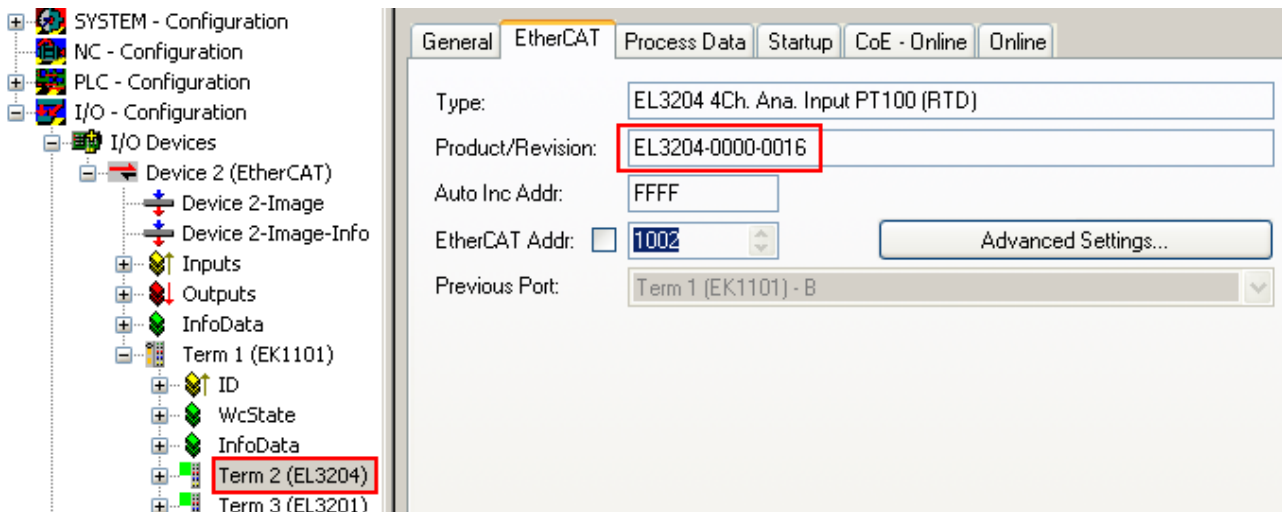
7.3.1 设备描述 ESI 文件/XML

注意

关于更新 ESI 描述文件/EEPROM 的注意事项

一些从站在 EEPROM 中存储了用于生产的校准和配置数据。在更新过程中, 这些信息会被覆盖, 无法恢复。

ESI 设备描述存储在从站上, 并在启动时加载。每个设备描述都有一个唯一标识符, 包括从站名称 (9 个字符/9 位数) 和修订版本号 (4 位数)。在 System Manager 中配置的每个从站都在 EtherCAT 选项卡中显示其标识符:



附图 22: 由名称 EL3204-0000 和修订版本号 0016 组成的设备标识符

配置的标识符必须与作为硬件使用的实际设备描述兼容, 即从站在启动时加载的描述 (本例中为 EL3204)。通常情况下, 配置的版本必须与端子模块网络中实际存在的版本相同或更低。

有关这方面的进一步信息, 请参考 [EtherCAT 系统文件](#)。

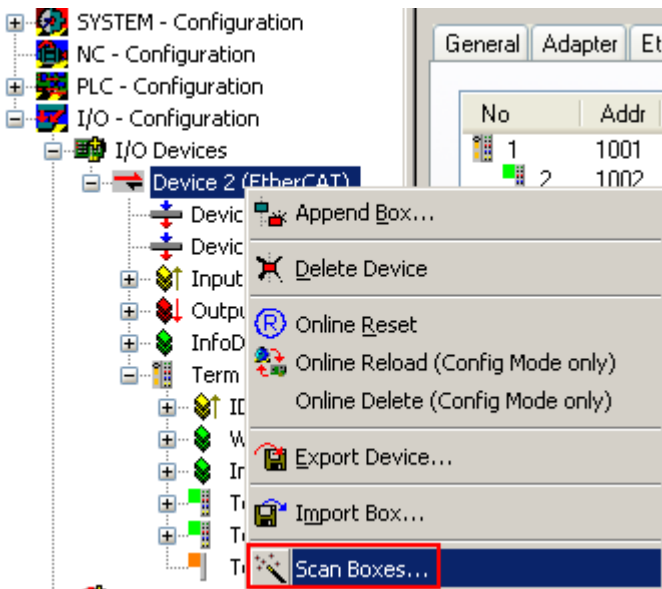
● XML/ESI 描述的更新



设备的修订版本与所使用的 Firmware (固件) 和 Hardware (硬件) 密切相关。不兼容的组合会导致故障, 甚至使设备最终关闭。只有在与倍福支持 (售后) 部门协商后才能进行相应的更新。

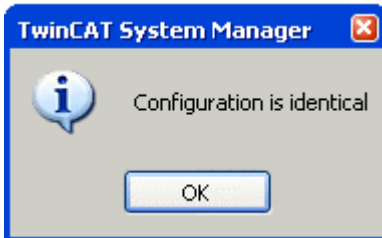
ESI 从站标识符的显示

确定所配置的设备描述和实际设备是否相符的最简单方法是在 TwinCAT Config Mode/FreeRun 模式下扫描 EtherCAT 从站:



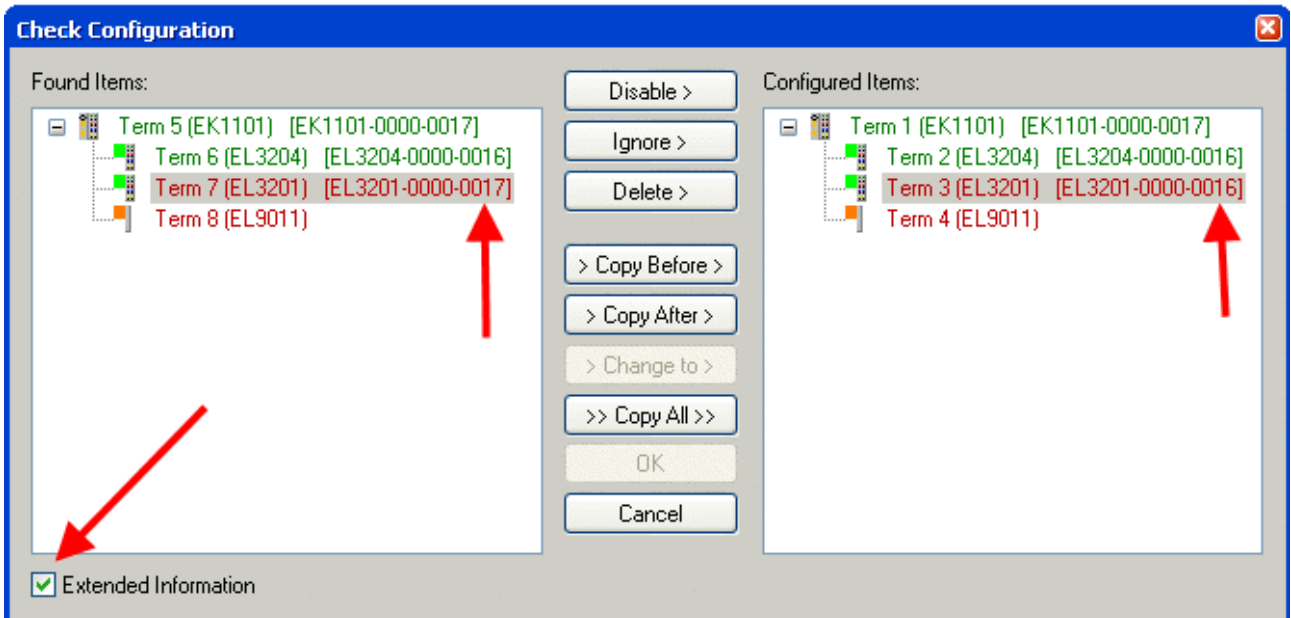
附图 23: 右键单击 EtherCAT Device 扫描下级从站

如果找到的内容与配置的内容相符，则显示



附图 24: 配置是相同的

否则就会出现一个更改对话框，用于选择实际配置。



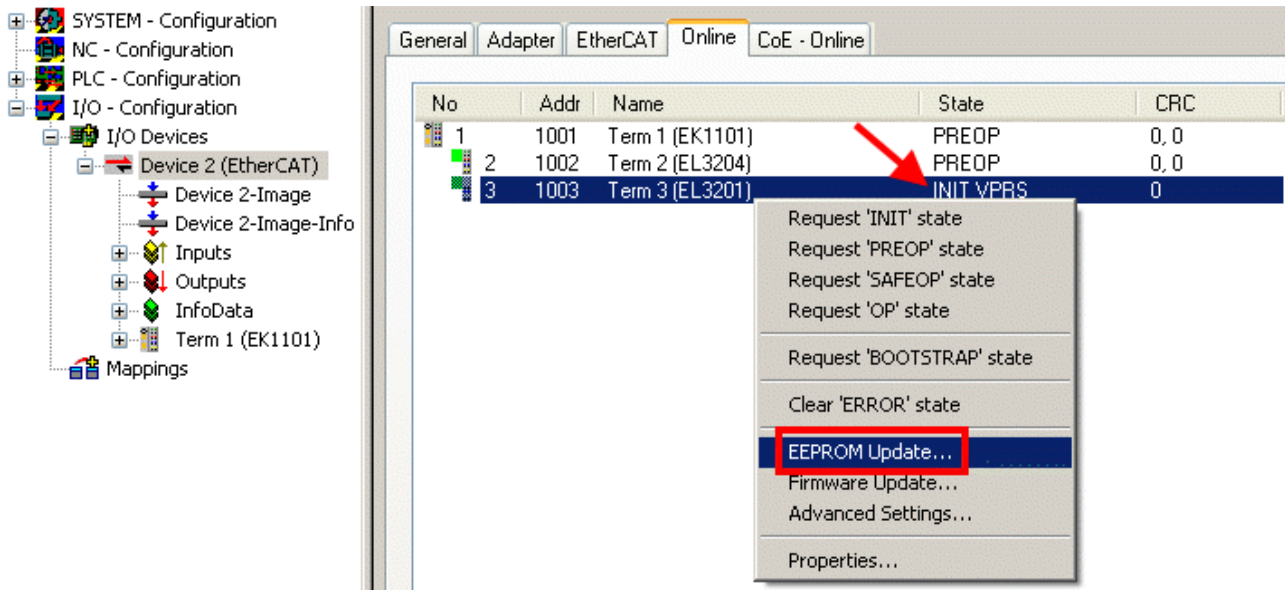
附图 25: 更改对话框

在图更改对话框的示例中，发现了一个 EL3201-0000-0017，而原配置中是 EL3201-0000-0016。此时可以通过 Copy Before 按钮来调整配置。必须选中 Extended Information 复选框，以显示修订版本。

更改 ESI 从站标识符

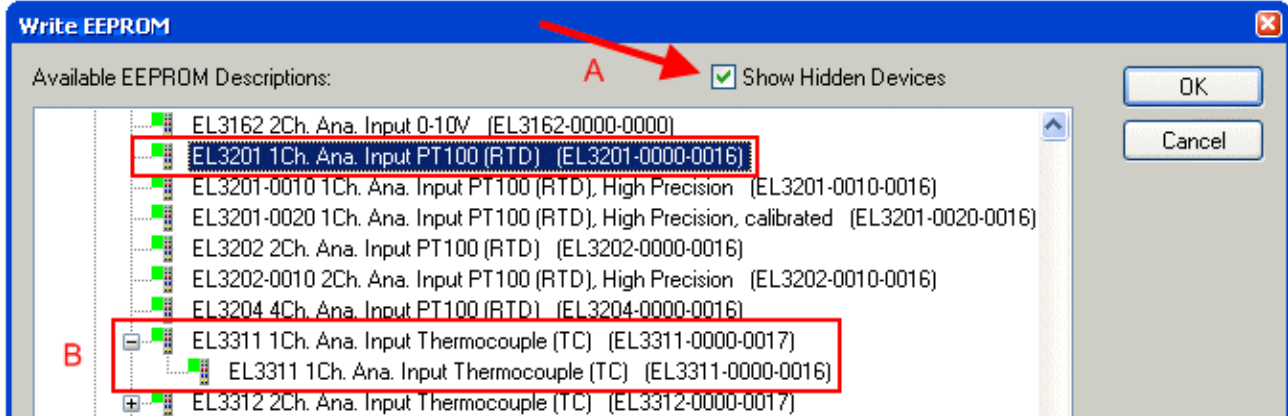
ESI/EEPROM 标识符可以在 TwinCAT 下按如下方式更新：

- 必须与从站建立正确无误的 EtherCAT 通讯。
- 从站的状态无关紧要。
- 右键单击 Online 中显示的从站，打开 *EEPROM Update* 对话框，参见图 *EEPROM 更新*



附图 26: EEPROM 更新

在以下对话框中选择新的 ESI 描述，参见图 *选择新的 ESI*。通过复选框 *Show Hidden Devices* 还能显示旧的、通常隐藏的从站版本。



附图 27: 选择新的 ESI

System Manager 弹出一个进度条，显示 EEPROM 写入的进度。首先写入数据，然后进行验证。

● 只有在设备重新启动后，以上更改才会生效。

i 大多数 EtherCAT 设备会立即或从 INIT 启动后读取修改后的 ESI 描述。一些通信设置（例如：分布时钟）只在开机时读取。因此，EtherCAT 从站必须短暂地关机，以使更改生效。

7.3.2 Firmware (固件) 说明

确定固件版本

通过 TwinCAT System Manager 确定版本

如果主站可以在线访问从站，TwinCAT System Manager 会显示从站处理器的固件版本。点击需要检查其处理器固件的 E-Bus 端子模块（在此例中为端子模块 2 (EL3204)），并选择选项卡 *CoE Online* (CAN over EtherCAT)。

● CoE Online 和 Offline CoE (在线 CoE 和离线 CoE)

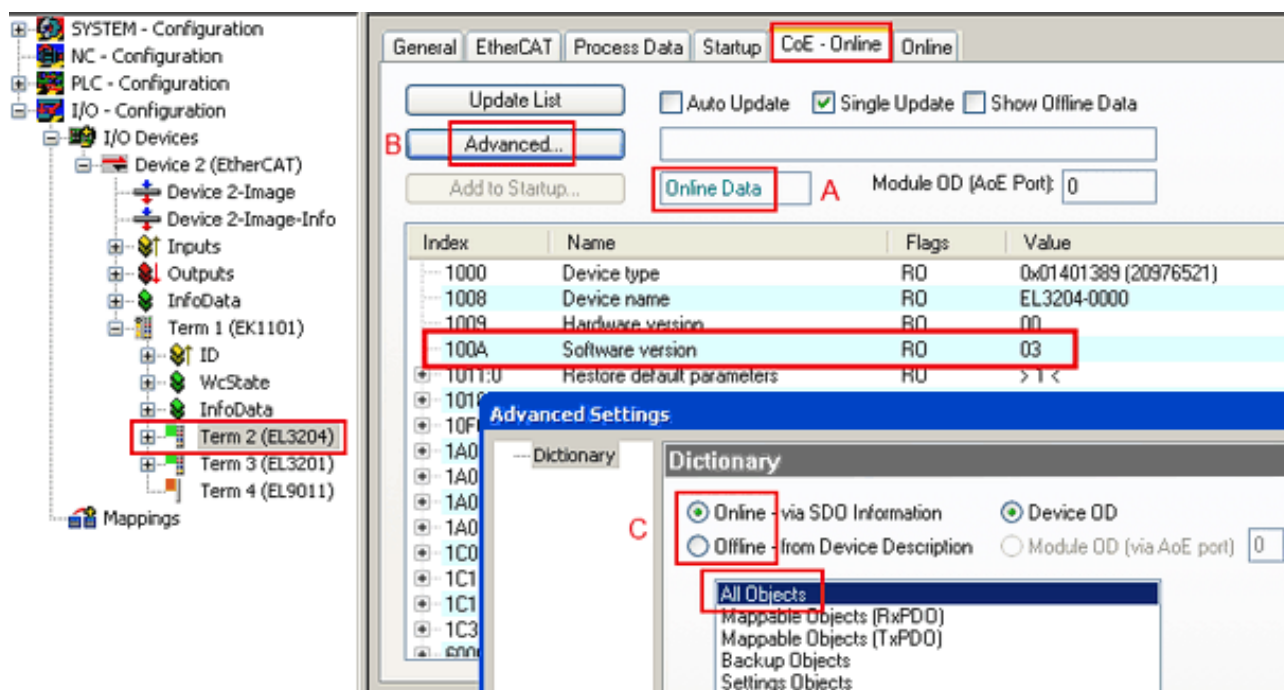
i 可用的 CoE 目录有两套：

online: 如果 EtherCAT 从站支持，从站处理器会提供该功能。该 CoE 目录只有在从站连接并运行时才能显示。

Offline: EtherCAT 从站信息文件 ESI/XML 包含的 CoE 默认内容。只有在 ESI 中包含了 CoE 目录才能显示（例如“倍福 EL5xxx.xml”）。

要在两个视图之间切换，必须使用按钮“Advanced”。

在图 *EL3204 固件版本的显示* 中，所选 EL3204 的固件版本在 CoE 条目 0x100A 中显示为 03。



附图 28: EL3204 固件版本的显示

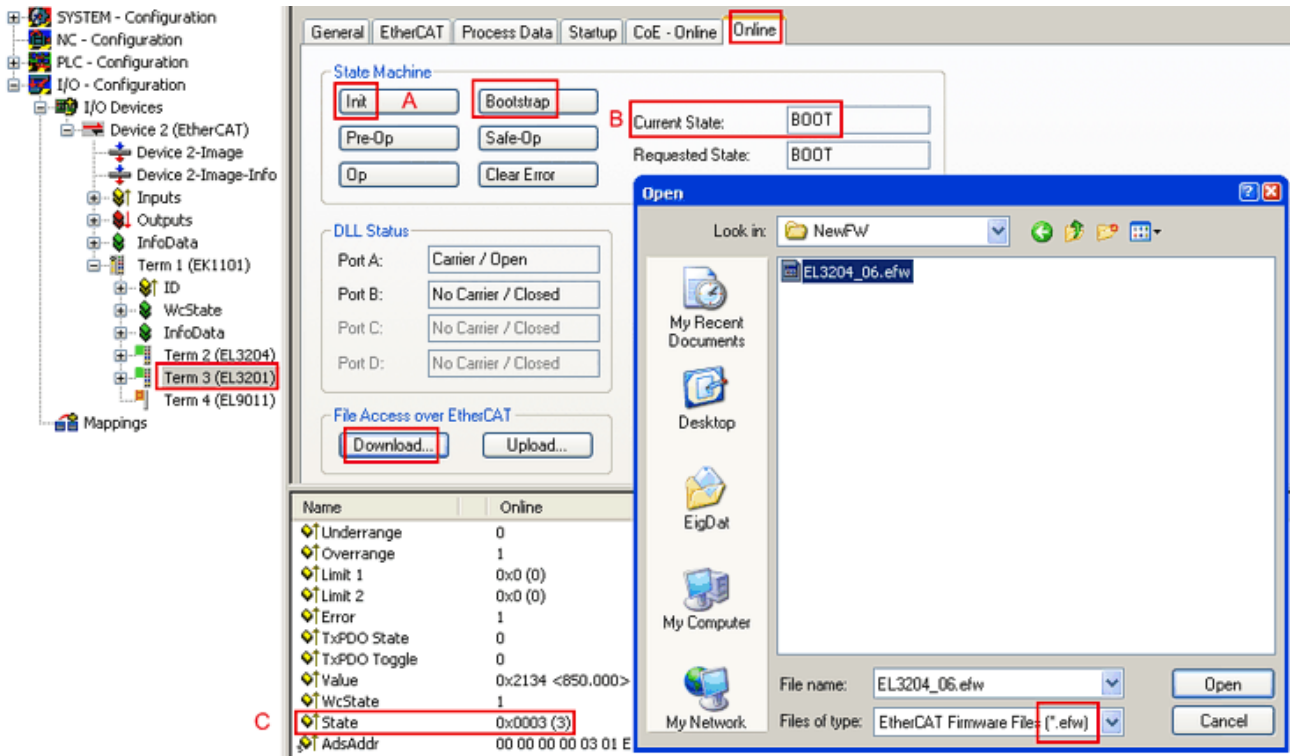
在 (A) 处，TwinCAT 2.11 表明当前显示的是“Online CoE”目录。如果不是，可以通过 Advanced Settings 中 (B) 处的 *Online* 选项和双击 *All Objects* 来加载 Online 目录。

7.3.3 更新从站处理器的固件 *.efw

● CoE 目录

i Online CoE 目录由从站处理器管理，并存储在专用的 EEPROM 中，在固件更新期间一般不会改变。

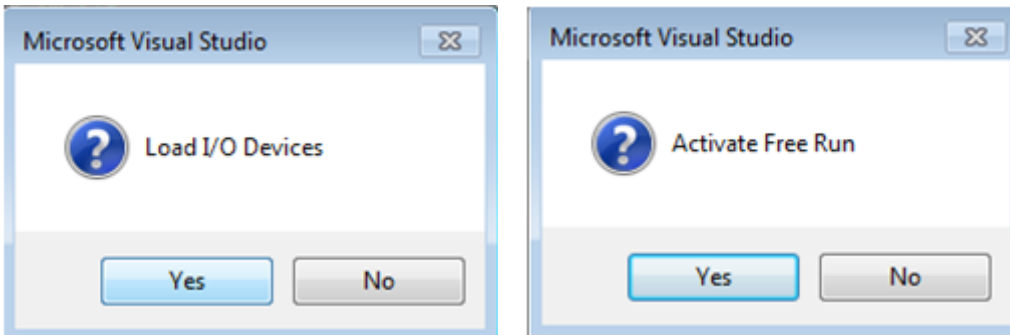
切换到 *Online* 选项卡，更新从站处理器的固件，参见图 *固件更新*。



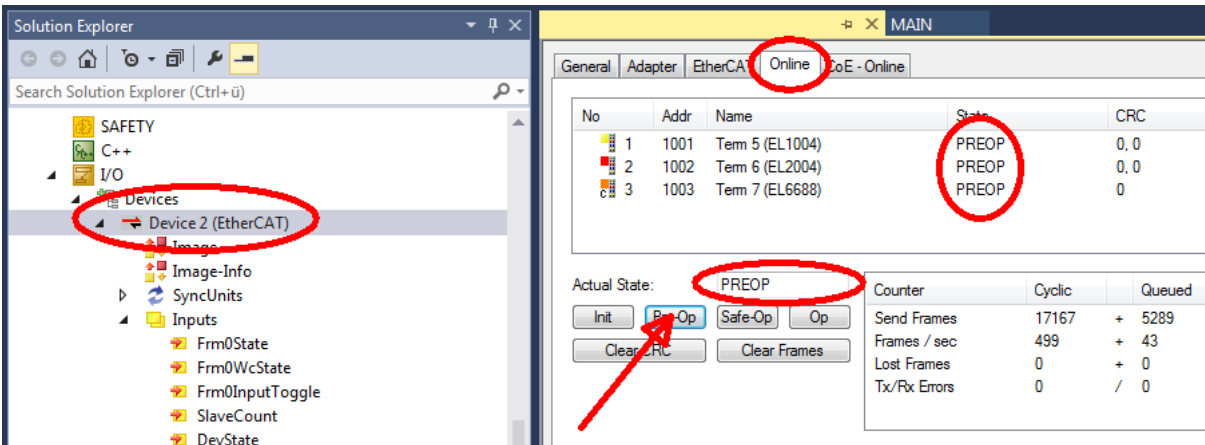
附图 29: 固件更新

除非倍福的支持（售后）部门另有说明，否则请按以下步骤进行。适用于 TwinCAT 2 和 TwinCAT 3 作为 EtherCAT 主站的情况。

- 将 TwinCAT 系统切换到 Config Mode/FreeRun，周期时间 ≥ 1 ms（配置模式下默认为 4 ms）。不建议在实时核运行时（Running 模式）进行固件更新。

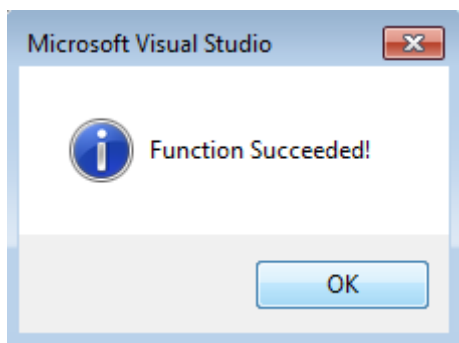


- 将 EtherCAT 主站切换到 PreOP



- 将从站切换到 INIT (A)
- 将从站切换到 BOOTSTRAP

- 检查当前状态（B、C）
- 下载新的 *.efw文件（一直等待，直到下载结束）。通常不需要密码。



- 下载完成后，切换到 INIT，再到 PreOP
- 短时切断从站电源（不要拉低电压！）
- 在 CoE 0x100A 内检查固件状态（FW版本）是否被正确替换。

7.3.4 FPGA 固件 *.rbf

如果是用 FPGA 芯片处理 EtherCAT 通信，固件更新则通过 *.rbf 文件完成。

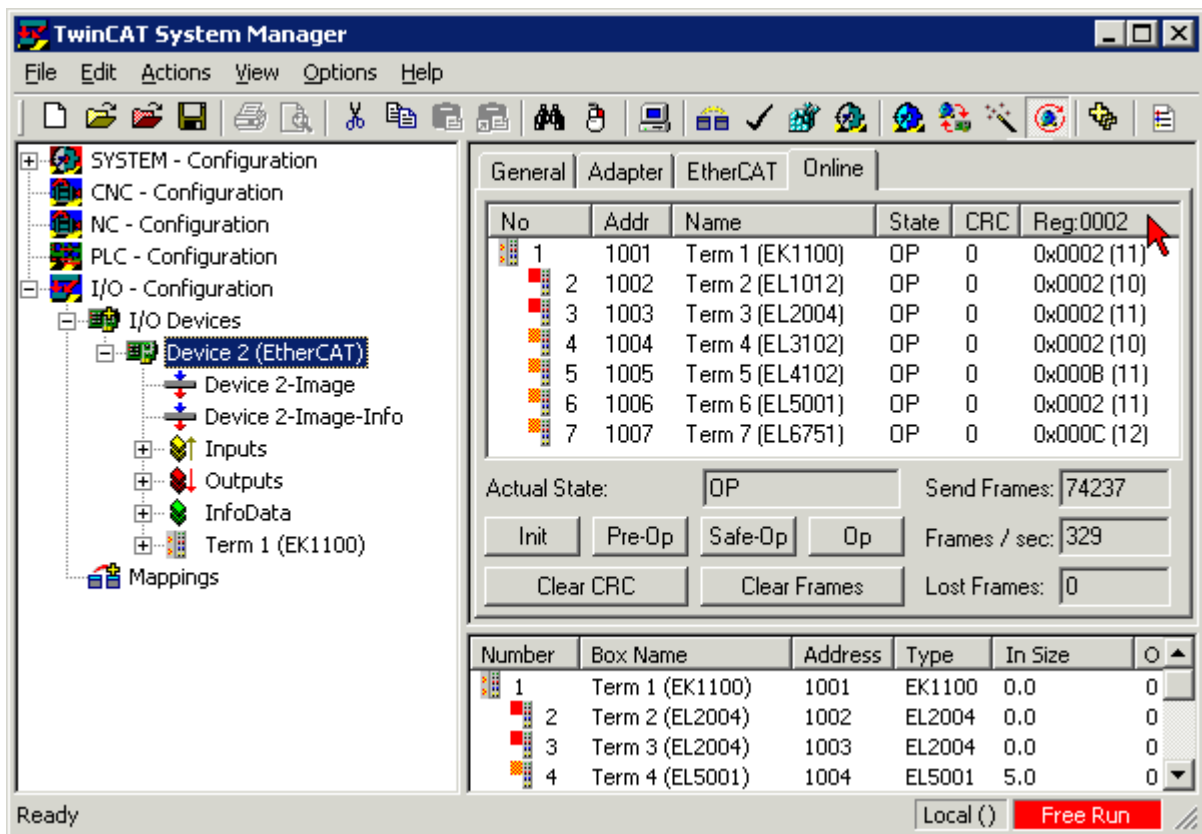
- 用于处理 I/O 信号的从站处理器固件
- 用于 EtherCAT 通讯的 FPGA 固件（仅适用于带 FPGA 的端子模块）

端子模块序列号中包含的固件版本号包含这两个固件成分。如果修改了其中任何一个，固件版本号都会更新。

通过 TwinCAT System Manager 确定版本

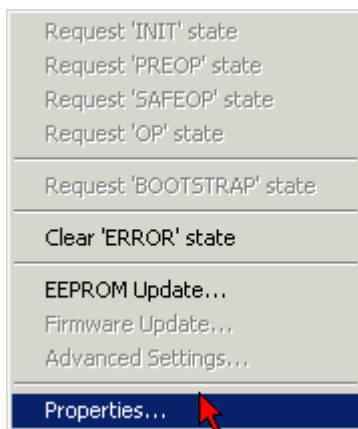
TwinCAT System Manager 显示 FPGA 固件版本。点击 EtherCAT 总线的以太网卡（例中的 Device 2），选择 *Online*选项卡。

Reg:0002 栏表示各个 EtherCAT 设备的固件版本，以十六进制和十进制表示。

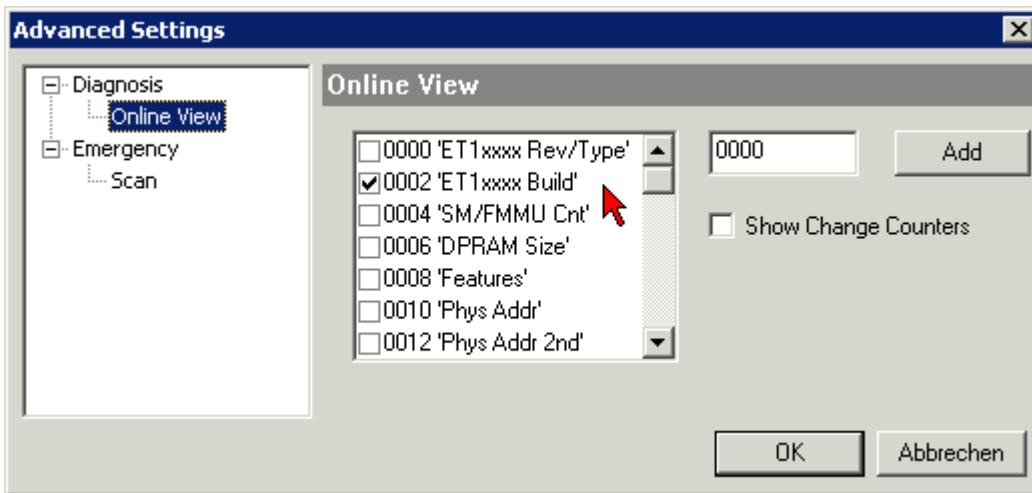


附图 30: FPGA 固件版本定义

如果没有显示 *Reg:0002* 列，请右击表头，在右键菜单中选择 *Properties* 。

附图 31: 右键菜单 *Properties*

出现 *Advanced Settings* 对话框，可以选择要显示的列。在 *Diagnosis/Online View* 下，选择 '*0002 ETxxx Build*' 复选框，以便激活 FPGA 固件版本显示。



附图 32: 对话框 *Advanced Settings*

更新

要更新以下 FPGA 固件

- EtherCAT 耦合器的 FPGA 固件：耦合器必须具有 FPGA 固件版本 11 或更高版本；
- E-Bus 端子模块的 FPGA 固件：端子模块必须有 FPGA 固件版本 10 或更高版本。

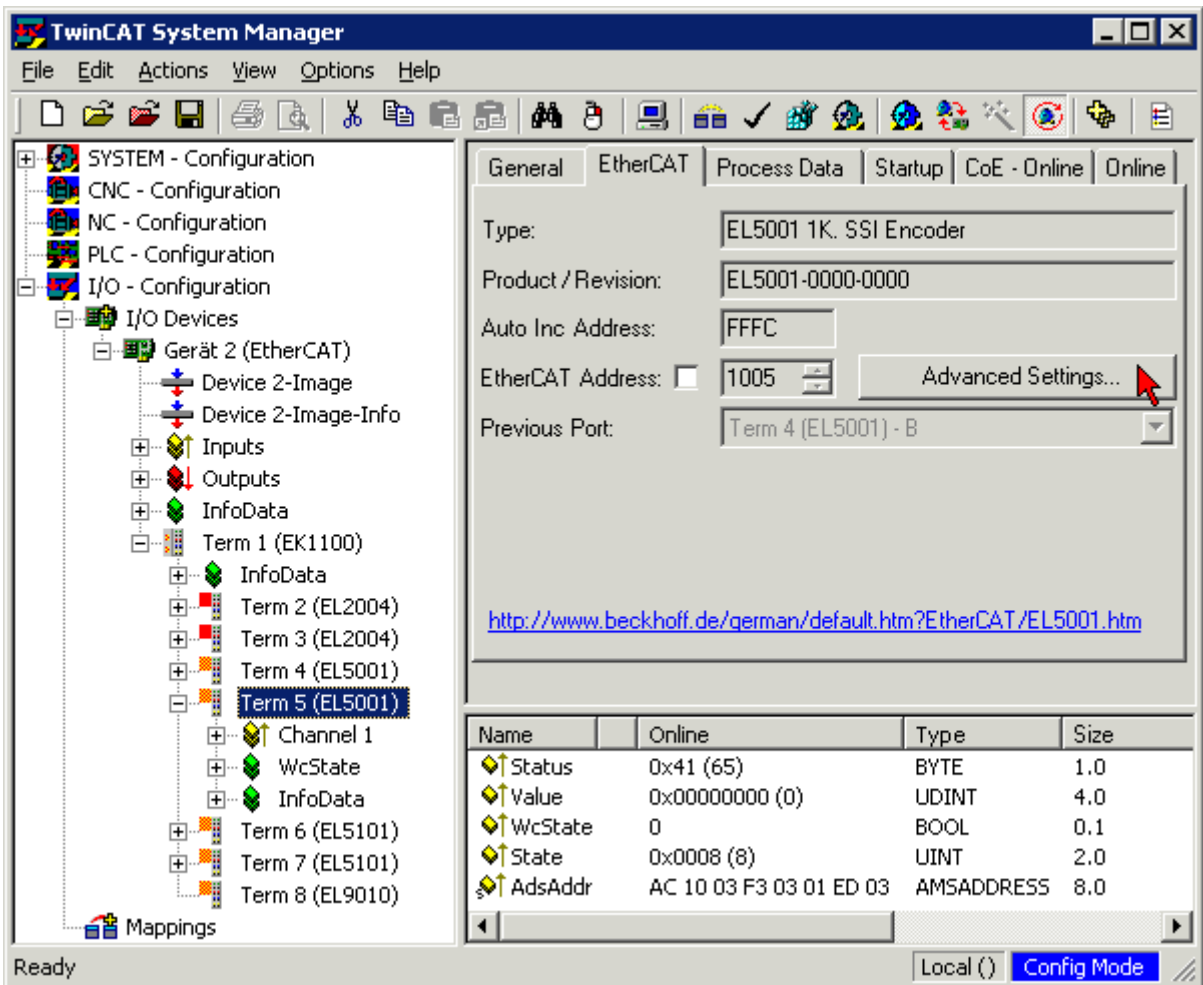
旧的固件版本只能由制造商进行更新！

更新一个 EtherCAT 设备

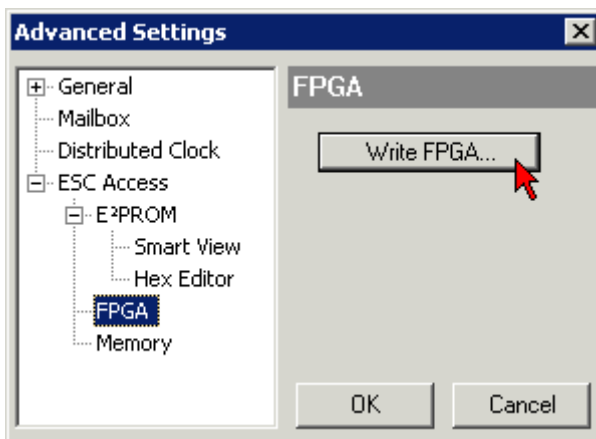
如果没有给出其他规定（例如来自倍福支持部门），则必须满足以下顺序：

- 将 TwinCAT 系统切换到 Config Mode/FreeRun，周期时间 ≥ 1 ms（配置模式下默认为 4 ms）。不建议在实时核运行时（Running 模式）进行固件更新。

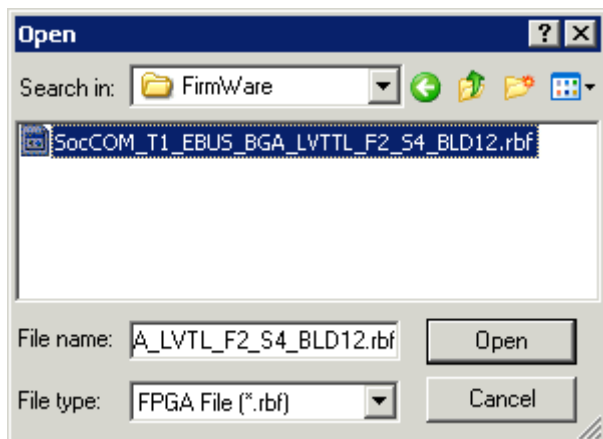
在 TwinCAT System Manager 中，选择需要更新 FPGA 固件的端子模块（例如：端子模块 5：EL5001），并在 *EtherCAT* 选项卡中点击 *Advanced Settings* 按钮：



出现 *Advanced Settings* 对话框。在 *ESC Access/E²PROM/FPGA* 下，点击 *Write FPGA...* 按钮：



- 选择带有新 FPGA 固件的文件 (*.rbf)，并将其传输到 EtherCAT 设备上：



- 一直等待，直到下载结束
- 短时切断从站电源（不要拉低电压！）。为了激活新的 FPGA 固件，需要重新启动 EtherCAT 设备（断电重启）。
- 检查新的 FPGA 状态

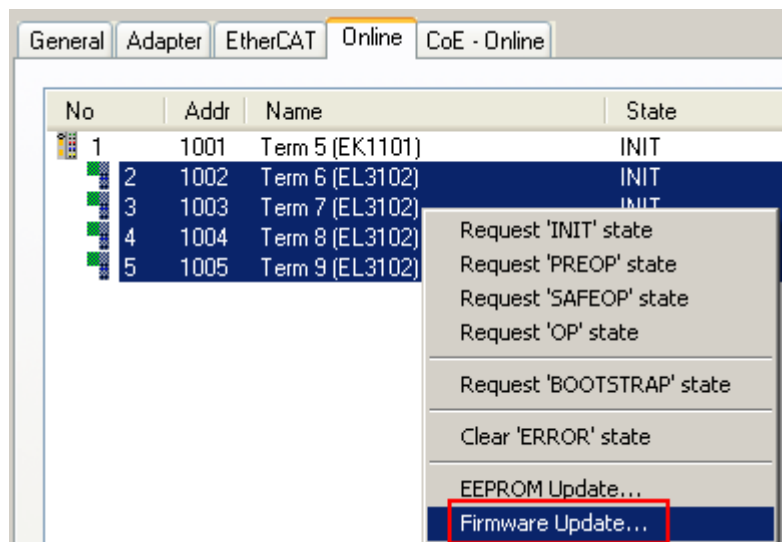
注意

设备损坏风险！

在任何情况下，都不能中断 EtherCAT 设备下载固件的过程！如果下载固件的过程中发生了断电或者断网，EtherCAT 设备只能返回制造商重新调试！

7.3.5 同时更新多个 EtherCAT 设备

如果几个设备有相同的固件文件/ESI，这些设备的固件和 ESI 描述可以同时更新。



附图 33：多重选择和固件更新

选择所需的从站，如上所述在 BOOTSTRAP 模式下进行固件更新。

7.4 技术支持和服务

倍福公司及其合作伙伴在世界各地提供全面的技术支持和服务，对与倍福产品和系统解决方案相关的所有问题提供快速有效的帮助。

倍福分公司和代表处

有关倍福产品本地支持和服务方面的信息，请联系倍福分公司或代表处！

世界各地倍福分公司和代表处的地址可参见以下网页：<http://www.beckhoff.com>

该网页还提供更多倍福产品组件的文档。

支持

倍福支持部门提供全面的技术援助，不仅帮助使用各种倍福产品，还提供其他广泛的服务：

- 技术支持
- 复杂自动化系统的设计、编程和调试
- 以及倍福系统组件的各种培训课程

热线电话： +49 5246 963 157
电子邮箱： support@beckhoff.com
网址： www.beckhoff.com/support

服务

倍福服务中心提供所有售后服务：

- 现场服务
- 维修服务
- 备件服务
- 热线服务

热线电话： +49 5246 963 460
电子邮箱： service@beckhoff.com
网址： www.beckhoff.com/service

德国总部

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20
33415 Verl
Germany

电话： +49 5246 963 0
电子邮箱： info@beckhoff.com
网址： www.beckhoff.com

更多信息:

www.beckhoff.com/EK1xxx

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Hülshorstweg 20
33415 Verl
Germany
电话号码: +49 5246 9630
info@beckhoff.com
www.beckhoff.com

