

总部

德国倍福自动化有限公司
Eiserstraße 5
33415 Verl
Germany
Phone: +49(0)5246/963-0
Fax: +49(0)5246/963-198
info@beckhoff.de
www.beckhoff.de

欧洲

德国
Office Balingen
Beckhoff Automation GmbH
Karlstraße 19
72336 Balingen
Germany
Phone: +49(0)7433/26024-0
Fax: +49(0)7433/26024-22
balingen@beckhoff.de

Office Berlin
Beckhoff Automation GmbH
Fasanstraße 81
10623 Berlin
Germany
Phone: +49(0)30/887116-0
Fax: +49(0)30/887116-19
berlin@beckhoff.de

Office Frankfurt
Beckhoff Automation GmbH
Torhaus Westhafen
Speicherstraße 59
60327 Frankfurt am Main
Germany
Phone: +49(0)69/680988-0
Fax: +49(0)69/680988-11
frankfurt@beckhoff.de

Office Hannover
Beckhoff Automation GmbH
Würzburger Straße 13
30880 Laatzen
Germany
Phone: +49(0)511/875758-0
Fax: +49(0)511/875758-20
hannover@beckhoff.de

Office Lübeck
Beckhoff Automation GmbH
Wahmstraße 56
23552 Lübeck
Germany
Phone: +49(0)451/203988-0
Fax: +49(0)451/203988-20
luebeck@beckhoff.de

Office Munich
Beckhoff Automation GmbH
Industriestraße 31
82194 Gröbenzell/Munich
Germany
Phone: +49(0)8142/41059-0
Fax: +49(0)8142/41059-13
muenchen@beckhoff.de

Office Nuremberg
Beckhoff Automation GmbH
Ostendstraße 196
90482 Nuremberg
Germany
Phone: +49(0)911/54056-0
Fax: +49(0)911/54056-29
nuremberg@beckhoff.de

Technical Office Ravensburg
Beckhoff Automation GmbH
Zwingerstraße 15
88214 Ravensburg
Germany
Phone: +49(0)751/3541550
Fax: +49(0)751/3541552
ravensburg@beckhoff.de

Office Rhein/Ruhr
Beckhoff Automation GmbH
Eurotec-Ring 40
47445 Moers
Germany
Phone: +49(0)2841/90816-6
Fax: +49(0)2841/90816-88
rhein-ruhr@beckhoff.de

奥地利
Headquarters
Beckhoff Automation GmbH
Hauptstraße 4
6706 Burs
Austria
Phone: +43(0)5552/68813-0
Fax: +43(0)5552/68813-18
info@beckhoff.at
www.beckhoff.at

Sales Office Oberösterreich
Beckhoff Automation GmbH
Softwarepark 35
4232 Hagenberg
Austria
Phone: +43(0)7236/20925-0
Fax: +43(0)7236/20926
oberoesterreich@beckhoff.at

Sales Office Niederösterreich
Beckhoff Automation GmbH
Leobersdorferstraße 42
2560 Berndorf
Austria
Phone: +43(0)2672/81975-980
Fax: +43(0)2672/81975-915
niederoesterreich@beckhoff.at

Sales Office Tirol
Beckhoff Automation GmbH
Klammstraße 66/39
6020 Innsbruck
Austria
Phone: +43(0)512/236 043
Fax: +43(0)512/236 045
tirol@beckhoff.at

比利时
Beckhoff Automation BVBA
Kempische Steenweg 305 bus 202
3500 Hasselt
Belgium
Phone: +32(0)11/240800
Fax: +32(0)11/240801
info@beckhoff.be
www.beckhoff.be

Multiprox N.V.
Lion d'Örweg 12
Pb. 71
9300 Aalst
Belgium
Phone: +32(0)53/766566
Fax: +32(0)53/783977
info@multiprox.be
www.multiprox.be

保加利亚
Kastiva GmbH
68-72 Ami Bue Str., 4. Floor
1612 Sofia
Bulgaria
Phone: +359(2)9504431
Fax: +359(2)9515980
office@kastiva.com
www.kastiva.com

克罗地亚
Geneza d.o.o.
Bosiljevska 18
10000 Zagreb
Croatia
Phone: +385 13 647849
Fax: +385 1 363 6662
geneza@geneza.hr
www.geneza.hr

捷克与斯洛伐克
Dyger s.r.o.
Vystaviste 1
648 59 Brno
Czech Republic
Phone: +4205/41321004
Fax: +4205/41249208
info@dyger.cz
www.dyger.cz

丹麦
Headquarters
Beckhoff Automation ApS
Naverland 2
2600 Glostrup
Denmark
Phone: +45 43/467620
Fax: +45 43/466335
info@beckhoff.dk
www.beckhoff.dk

Sales Office
Beckhoff Automation ApS
Centervej 2
6000 Kolding
Denmark
Phone: +45 76/312072
Fax: +45 76/312013
info@beckhoff.dk

芬兰, 爱沙尼亚
Headquarters
Beckhoff Automation Oy
P.O. Box 23
Kankurinkatu 4-6
05801 Hyvinkää
Finland
Phone: +358(0)20/7423800
Fax: +358(0)20/7423801
info@beckhoff.fi
www.beckhoff.fi

Sales Office Seinäjoki
Beckhoff Automation Oy
Kampusranta 9
60320 Seinäjoki
Finland
Phone: +358(0)20/7423850
Fax: +358(0)20/7423851
info@beckhoff.fi

Sales Office Tampere
Beckhoff Automation Oy
Hatantäppän valtatie 24
33100 Tampere
Finland
Phone: +358(0)20/7423870
Fax: +358(0)20/7423871
info@beckhoff.fi

法国
Beckhoff Automation Sarl
Immeuble "Le Montréal"
ZA de Courtabouef
19 bis, avenue du Québec
91951 Courtabouef Cedex
France
Phone: +33(0)169298370
Fax: +33(0)169284055
info@beckhoff.fr
www.beckhoff.fr

英国, 爱尔兰
Hayes Control Systems
The Boathouse
Station Road
Henley-on-Thames
OX9 6N9 1AZ
Great Britain
Phone: +441491/410539
Fax: +441491/572762
sales@hayescontrols.co.uk
www.hayescontrols.co.uk

希腊, 塞浦路斯
L. J. Skourigialos
Industrial Automation Systems
241 EL Venizelou
176 73 Kallithea/Athens
Greece
Phone: +30/2109510260
Fax: +30/2109510148
ias@otenet.gr

匈牙利
Controreg Kft.
Pajta u. 14
8200 Veszprem
Hungary
Phone: +36/88424075
Fax: +36/88425601
info@controreg.hu
www.controreg.hu

意大利
Headquarters
Beckhoff Automation S.r.l.
Via E. Majorana, 1
20054 Nova Milanese (MI)
Italy
Phone: +39 0362/365164
Fax: +39 0362/40990
info@beckhoff.it
www.beckhoff.it

Sales Office Bologna
Beckhoff Automation S.r.l.
Via Mazzini, 12
40053 Bazzano (BO)
Italy
Phone: +39 051/834006
Fax: +39 051/6729014
bologna@beckhoff.it

立陶宛, 拉托维亚, 加里宁格勒, 白俄罗斯
Beckhoff Automatika UAB
Taikos 149
51129 Kaunas
Lithuania
Phone: +37037/451645
Fax: +37037/451645
info@beckhoff.lt
www.beckhoff.lt

荷兰
Industrial Automation Link
Küppersweg 71
2031 EB Haarlem
Netherlands
Phone: +3123/5185140
Fax: +3123/5185141
sales@ial.nl
www.ial.nl

波兰
Beckhoff Automation Sp. z o.o.
Stara Iwiczna, ul. Sloneczna 116A
05-500 Piaseczno
Poland
Phone: +4822/7572610
Fax: +4822/7572607
info@beckhoff.pl
www.beckhoff.pl

葡萄牙
Bresimar – Sociedade de Equipamentos Eléctricos, Lda.
Quinta do Simão – EN109 – Esgueira
Apartado 3080
3801-101 Aveiro
Portugal
Phone: +351 234/303320
Fax: +351 234/303328
bresimar@bresimar.pt
www.bresimar.pt

罗马尼亚
Kreatron Automation S.R.L.
str. Bucuresti nr. 51, ap. 57
400148 Cluj-Napoca
jud. Cluj
Romania
Phone: +40264/484708
Fax: +40264/484708
office@kreatron.ro
www.kreatron.ro

俄罗斯
Headquarters
Representation of Beckhoff Automation GmbH
Ul. Nizhnaya Krasnoselskaya 40/12
kor. 20A, office 501
105066 Moscow
Russia
Phone: +7495/4118882
Fax: +7495/4118883
Support: +7495/4118884
info@beckhoff.ru
www.beckhoff.ru

Representation North-West
Federal District
Beckhoff Automation GmbH
V.O., 7-ya Liniya, 76, office 620
199178 Saint-Petersburg
Russia
Phone: +7812/3326205
Fax: +7812/3326205
north-westfo@beckhoff.ru

Representation Ural Federal District
Uliza Pervomayskaya 104,
Office 108
620219 Ekaterinburg
Russia
Phone: +7343/3799873
Fax: +7343/3799873
uralfo@beckhoff.ru

Representation Volga Federal District
Beckhoff Automation GmbH
Krasnoarmyskaya ul.1,
Office 312
443010 Samara
Russia
Phone: +7846/2698067
Fax: +7846/2698067
volgafo@beckhoff.ru

斯洛文尼亚
Genera d.o.o.
Podmilščakova 18
1000 Ljubljana
Slovenia
Phone: +3861/4393050
Fax: +3861/4393090
genera@genera.si
www.genera.si

西班牙
Headquarters
Beckhoff Automation S.A.
Edificio Testa Sant Cugat
Avenida Alcalde Barnils, 64-68
08174 Sant Cugat (Barcelona)
Spain
Phone: +3493/5844997
Fax: +3493/5844084
info@beckhoff.es
www.beckhoff.es

Sales Office Madrid
Beckhoff Automation S.A.
Edificio Cimaga
Sierra de Cazorla, 1
Planta Baja, Oficina E
28290 Las Matas (Madrid)
Spain
Phone: +3491/6364357
Fax: +3491/6364365
madrid@beckhoff.es

瑞典, 挪威
Headquarters
Beckhoff Automation AB
Stenåldersgatan 2B
21376 Malmö
Sweden
Phone: +46(0)40/6808160
Fax: +46(0)40/6808161
info@beckhoff.se
www.beckhoff.se

Sales Office
Beckhoff Automation AB
Enebybergsvägen 10B
18236 Danderyd
Sweden
Phone: +46(0)8/4463000
info@beckhoff.se

瑞士
Headquarters
Beckhoff Automation AG
Rheinweg 9
8200 Schaffhausen
Switzerland
Phone: +41(0)52/6334040
Fax: +41(0)52/6334055
info@beckhoff.ch
www.beckhoff.ch

Sales + Support Center Suisse Romande
Beckhoff Automation AG
En Chamard 35
1442 Montagny-près-Yverdon
Switzerland
Phone: +41(0)24/44727-00
Fax: +41(0)24/44727-01
yverdon@beckhoff.ch

土耳其
Siskon Endüstriyel Otomasyon Sistemleri
153. Sok. 23/A Nokta
35280 Izmir
Turkey
Phone: +90232/2450075
Fax: +90232/2449456
mail@siskon.com.tr
www.siskon.com.tr

Southeast Sales
Beckhoff Automation LLC
713 Brittley Way
Apex, NC 27502
USA
Phone: +1919/3670349
Fax: +1919/3670346
southeast.usa@beckhoff.com

北美

美国
Headquarters
Beckhoff Automation LLC
12150 Nicollet Avenue South
Burnsville, MN 55337
USA
Phone: +1952/8900000
Fax: +1952/8902888
beckhoff.usa@beckhoff.com
www.beckhoff.com

North Sales
Beckhoff Automation LLC
12150 Nicollet Avenue South
Burnsville, MN 55337
USA
Phone: +1952/8086513
Fax: +1952/8902888
north.usa@beckhoff.com

Beckhoff Automation LLC
N6256 Schraven Circle
North Fond du Lac, WI 54937
USA
Phone: +1920/9290655
Fax: +1952/8902888
wisconsin@beckhoff.com

Northeast Sales
Beckhoff Automation LLC
6003 Candlestick Drive
Harrisburg, PA 17112
USA
Phone: +1717/6510591
Fax: +1717/6510592
northeast.usa@beckhoff.com

Northeast/East
Application Development
Beckhoff Automation LLC
2660 Elaine Drive
Lower Burrell, PA 15068
USA
Phone: +1724/3394525
Fax: +1724/3394575
east.application@beckhoff.com

Northwest Sales and Application Development
Beckhoff Automation LLC
2122 112th Ave NE
Suite B-200
Bellevue, WA 98004
USA
Phone: +1425/4514444
Fax: +1425/4514453
northwest.sales@beckhoff.com

Midwest Sales
Beckhoff Automation LLC
4757 Ledgewood 7B
Medina, OH 44256
USA
Phone: +1330/7252403
Fax: +1330/7254319
ohio@beckhoff.com

Beckhoff Automation LLC
2289 Amsterdam Ave
Canton, MI 48188
USA
Phone: +1248/2308835
Fax: +1952/8902888
michigan@beckhoff.com

Midwest Sales
Beckhoff Automation LLC
12966 Fairway Drive
Lemont, IL 60439
USA
Phone: +1630/6318467
Fax: +1952/8902888
midwest.usa@beckhoff.com

Midwest
Application Development
Beckhoff Automation LLC
23041 Arbor Creek Drive
Plainfield, IL 60544
USA
Phone: +1815/6099984
Fax: +1815/6094483
midwest.application@beckhoff.com

South Sales
Beckhoff Automation LLC
4713 Martin Road
Flowers Branch, GA 30542
USA
Phone: +1770/9653637
Fax: +1770/9653537
south.usa@beckhoff.com

South
Application Development
Beckhoff Automation LLC
3305 Breckinridge Blvd.
Suite 116
Duluth, GA 30094
USA
Phone: +1770/9217550
Fax: +1770/9217577
south.application@beckhoff.com

Southeast Sales
Beckhoff Automation LLC
713 Brittley Way
Apex, NC 27502
USA
Phone: +1919/3670349
Fax: +1919/3670346
southeast.usa@beckhoff.com

Southwest Sales and Application Development
Beckhoff Automation LLC
8108 Beaugard Drive
Volente, TX 78641
USA
Phone: +1512/6531831
Fax: +1512/8286230
southwest.application@beckhoff.com

West Coast Technical Center
Beckhoff Automation LLC
5820 Oberlin Drive
Suite 111
San Diego, CA 92121
USA
Phone: +1858/5461111
Fax: +1858/5461112
west.application@beckhoff.com

West Sales
Beckhoff Automation LLC
8175-A Sheridan Blvd #141
Arvada, CO 80003-1928
Phone: +1303/4290758
Fax: +1303/4290758
colorado@beckhoff.com

加拿大
Headquarters
Application Development
Beckhoff Automation
Canada Ltd.
130 Research Lane, Unit 11
Guelph, ON N1G 5G3
Canada
Phone: +1905/8521534
Fax: +1905/8521535
canada@beckhoff.com
www.beckhoff.com

Sales
Beckhoff Automation
Canada Ltd.
35 Joliet Street
London, ON N4V 4V9
Canada
Phone: +1519/4518572
Fax: +1905/8521535
canada@beckhoff.com

墨西哥
Mexico Sales and Application Development
Integra Automation, SA de CV
Av. Industrias 325-A
78399 Fracc. Talpales
San Luis Potosi, S.L.P.
Mexico
Phone: +52444/8222615 at 17
Fax: +52444/8222616
mexico@beckhoff.com

南美
阿根廷
eFALCOM
Alcorta 2411
CPA B1744HFM
Moreno/Buenos Aires
Argentina
Phone: +54237/4631151
Fax: +54237/4631150
info@efalcom.com
www.efalcom.com

巴西
Beckhoff Automação Industrial Ltda.
Rua Continental, 146 – Jd. do Mar
São Bernardo do Campo
São Paulo 09750-060
Brazil
Phone: +55(11)4126-3232
Fax: +55(11)4330-3701
info@beckhoff.com.br
www.beckhoff.com.br

智利
Rolec S.A.
Panamericana Norte Km 15 1/2,
Post Code: 12 Santiago
Santiago
Chile
Phone: +562/6408000
Fax: +562/7471320
info@rolec.cl
www.rolec.cl

非洲
埃及
Industrial Control Systems ICS
29 Dr. Mohamed El Harouny
Street
Nass City, Cairo 11371
Egypt
Phone: +202/7255031
Fax: +202/2635731
info@ics-me.com
www.ics-me.com

南非
Beckhoff Automation (Pty) Ltd
Unit 8, Boskruin Business Park,
Randpark Ridge
Sandburg 2188
South Africa
Phone: +27(0)117923374
Fax: +27(0)117925453
info@beckhoff.co.za
www.beckhoff.co.za

亚洲

中国
总部
德国倍福自动化有限公司
中国上海市南汇区江场三路
(市北工业园)163号五楼
邮政编码: 200436
电话: +8621/66312666
传真: +8621/66315696
info@beckhoff.com.cn
www.beckhoff.com.cn

北京代表处
德国倍福自动化有限公司
北京市西城区金融街27号
裕泰广场B座1608室
邮政编码: 100032
电话: +8610/66210991
传真: +8610/66210992
beijing@beckhoff.com.cn

广州代表处
德国倍福自动化有限公司
广州市天河区北路27号
中信广场B座1418室
邮政编码: 510620
电话: +8620/38773571
传真: +8620/38773573
guangzhou@beckhoff.com.cn

台湾
JI-DIEN Co., Ltd.
9F., No. 22, Sec. 1, Jhongshan Rd.
Sinhjuang City
Taipei County 24250
Taiwan (R.O.C.)
Phone: +886(2)85223237
Fax: +886(2)85223168
jdielen@chgroup.com.tw
www.chgroup.com.tw

印度
Inteltek Automation Pvt. Ltd.
Srno.100/5, Ambegaon Rd.
Pune 411 046
Maharashtra
India
Phone: +9120/24318121
Fax: +9120/24318124
info@inteltekindia.com
www.inteltekindia.com

日本
K.MCCS Co., Ltd.
Yusen Iwamotocho Bldg. 3F
2-3-3 Iwamotocho, Chiyoda-City,
Tokyo 101-0032
Japan
Phone: +81358255333
Fax: +81358258550
info@kmccs.co.jp
www.kmccs.com

新加坡, 马来西亚, 泰国, 菲律宾, 越南, 印度尼西亚
TDS Technology (S) Pte Ltd.
64 Sungei Kadut Loop
(Hocem Building)
Singapore 729493
Singapore
Phone: +65/63661661
Fax: +65/63661661
sales@tdstech.com
www.tdstech.com

南韩
Tri-TEK Corp.
717 Daeryung TechnoTown III
448 KasanDong Kumcheongu
Seoul 153-803
Korea
Phone: +822/2107-3242
Fax: +822/2107-3969
tritek@tritek.co.kr
www.tritek.co.kr

澳洲
澳大利亞
Beckhoff Automation Pty. Ltd.
Level 16, 10 Queens Road
Melbourne, Victoria, 3004
Australia
Phone: +61(3)99125430
Fax: +61(3)83204730
info@beckhoff.com.au
www.beckhoff.com.au

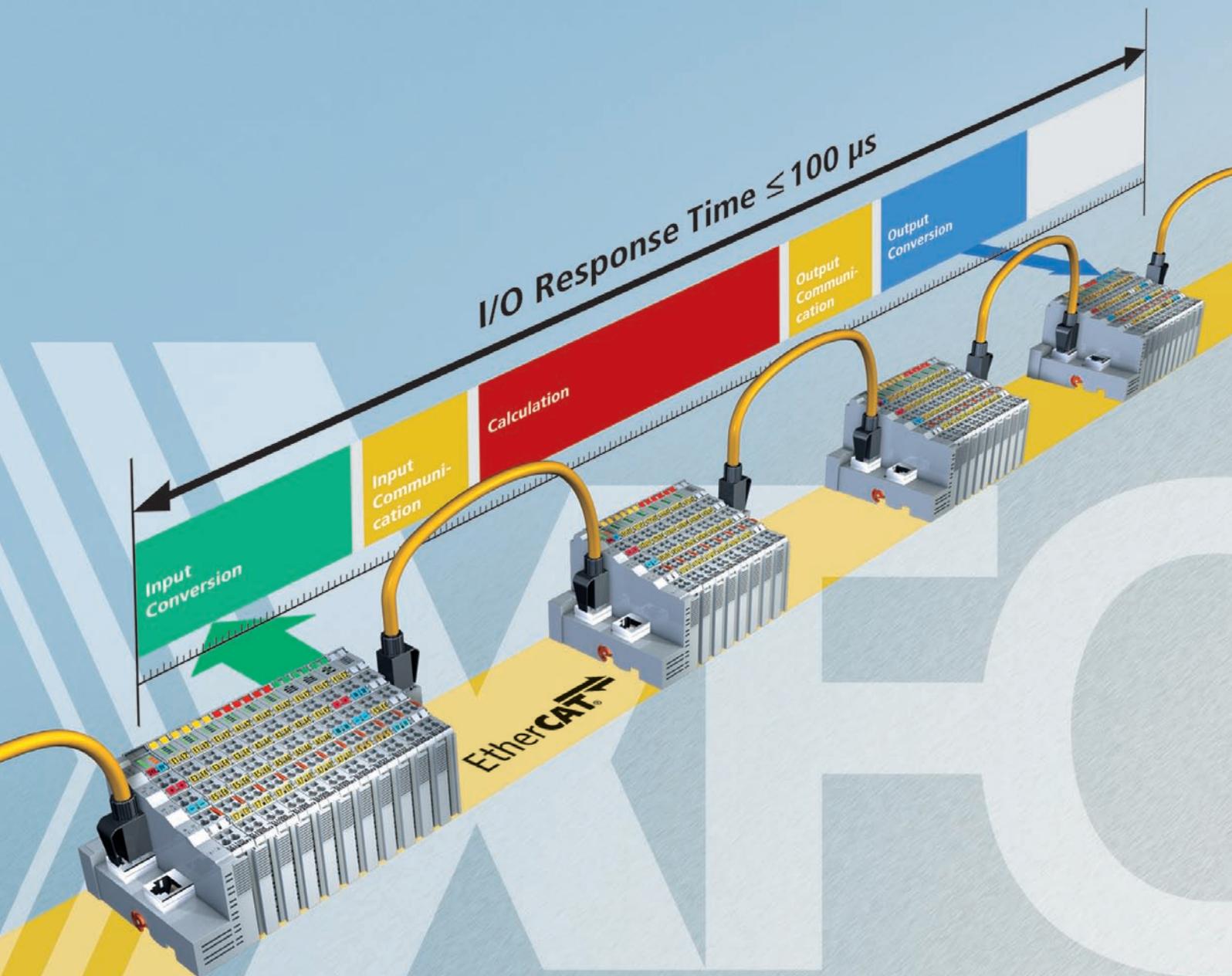
新西兰
W. Arthur Fisher
P.O. Box 12747
Penrose
Auckland
New Zealand
Phone: +649/2700100
Fax: +649/2700900
waf@waf.co.nz
www.waf.co.nz

BECKHOFF 自动化新技术

XFC – 控制技术新理念



XFC – 全方位提升控制性能



I/O响应时间包括所有硬件的处理时间(工业PC, EtherCAT和I/O系统), 涵盖了从物理输入触发到输出响应的整个过程。XFC技术能实现小于 $100 \mu\text{s}$ 抖动的I/O响应时间, 因此, PLC编程人员可以轻松实现以前只有伺服控制器在配备数字信号处理器的条件下才有可能达到的控制性能。

由于采用了先进的XFC技术，Beckhoff可为您提供一套全新理念的高速控制解决方案：XFC基于高效的控制和通讯架构，包括高性能工业PC，带有实时特性的超高速I/O端子模块，EtherCAT高速工业以太网系统和TwinCAT自动化软件。采用XFC技术，可以实现I/O响应时间 $\leq 100 \mu\text{s}$ 。因此，该技术为以前由于受技术限制而无法达到性能要求的用户提供了一种全方位提升控制性能的新理念。

XFC代表着一种速度极快且时间确定性极高的控制技术。它包括控制领域所涉及的所有硬件和软件组件：优化的输入输出组件，可高精度检测信号或使任务初始化；超高速EtherCAT通讯网络；高性能工业PC；整合所有系统组件的TwinCAT自动化软件。

过去，控制周期时间一般都在10-20 ms左右，但通讯接口无约束地运行，其确定性误差会影响与之相关联的过程信号响应。随着高性能工业PC控制器的实用性技术迅猛发展，周期时间可降至1-2 ms，几乎缩减了10倍。因此，很多特殊的控制回路被转移到中央设备控制器中处理，既节省了成本，同时也极大地提高了智能化算法应用的灵活性。

XFC则可以使响应时间再缩减10倍，即周期时间达到 $100 \mu\text{s}$ ，而不会对中央智能化和相关的高性能算法产生任何影响。此外，XFC技术不仅可以缩短周期时间，而且还可以提高时间精度和分辨率。

用户完全可以从提高设备品质及缩小响应时间的全新选择中获益。例如，预防性维护测试任务，空闲时间监视或部件质量文件归档等功能都可被轻松地集成到设备控制中去，而无需再附加昂贵的专用设备。

在实际的自动化解决方案中，并不是所有的任务都必须达到超高速或者高

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技术不仅完全兼容已有的解决方案，而且还可以在相同的硬件和软件中与已有的解决方案同时使用。

XFC：优化的控制和通讯架构实现最佳性能

TwinCAT – 品质超群的实时控制软件

- Microsoft Windows环境下实现实时性，周期时间最小 $50 \mu\text{s}$
- 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

EtherCAT – 极快的控制通讯技术

- $30 \mu\text{s}$ 内可处理1000个分布式数字量I/O
- 基于分布时钟的高级实时特性
 - 同步性
 - 时间戳
 - 超采样
- EtherCAT通讯直达每一个I/O端子模块，无需子网支持
- 优化标准以太网控制器，如Intel® PC芯片架构

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(10 ns)

工业PC – 极快的主控CPU

- 基于高性能实时主板的工业PC
- 结构紧凑是优化控制应用的要素

www.beckhoff.com/XFC

www.beckhoff.com/EtherCAT

XFC 技术

分布时钟—使I/O实现精确同步

在一个普通的离散式控制环中，输入组件在某个特定的时间获取实际数据，并通过通讯组件将结果传输到控制系统。控制组件计算响应，输出组件将结果发送给设置值输出模块，并发布给被控系统处理。

控制过程的关键要素是：响应时间最小，实际数据获取的时间确定(即，必须尽可能地精确计算时间)，以及相应时间确定的设定值输出。从时域上看，通讯和计算同时发生，互不相关。只要结果在输出单元中有效，并可以持续到下一次输出即可，即要求I/O组件具备时间精确度，而不是要求通讯或者运算单元具备时间精确度。

因此，EtherCAT分布时钟代表基本的XFC技术，同时也是EtherCAT通讯的一个通用组件。所有的EtherCAT设备都配备自身的本地时钟，并通过EtherCAT通讯自动连续地与其他所有的时钟保持同步。通讯运行时间偏差可以得到补偿，因此，通常情况下，所有时钟之间的最大偏差都小于100 ns。而且，分布时钟的当前时间也被作为系统时间，因为它可以始终跨越整个系统而被使用。

时间戳数据类型

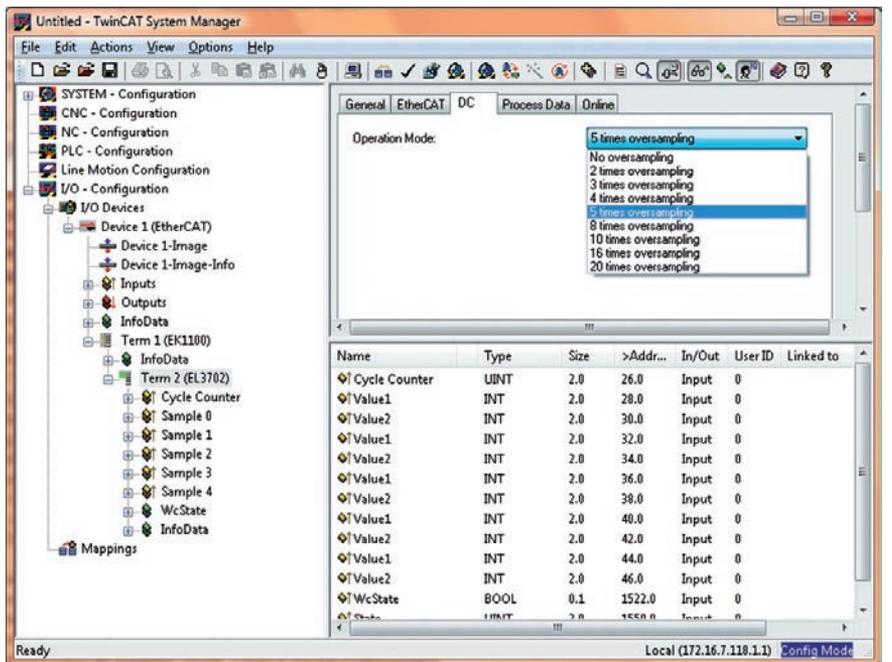
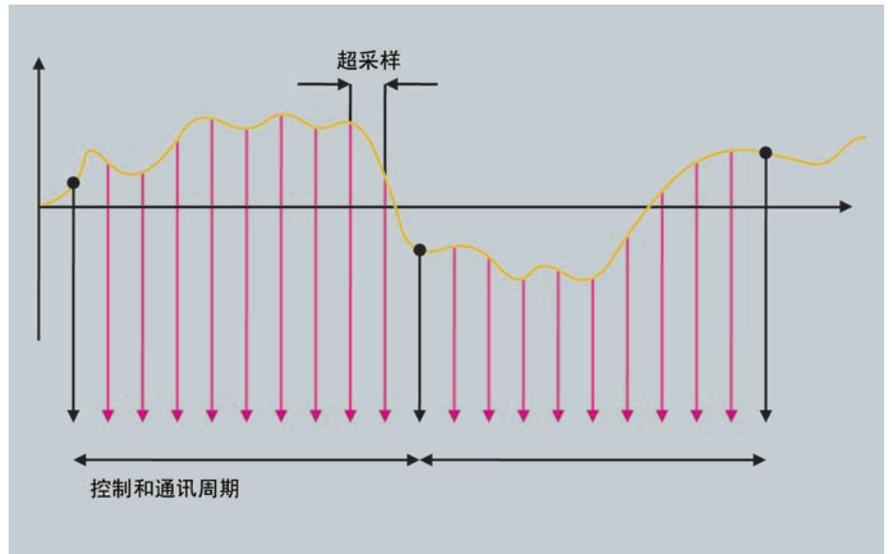
通常，过程数据以其各自的数据格式传输(例如，一个数字量值用一个位表示，一个模拟量值用一个字表示)。因此，当记录被传输时，过程记录的时间相关性在通讯周期中是固定的。它表明时间分辨率和精度也会受通讯周期的限制。

时间戳数据类型除用户数据之外还包含一个时间戳。该时间戳一般采用普遍存在的系统时间表示—能够为过程

记录提供值得关注的高精度时间信息。时间戳可以用于输入(例如，识别一个已发生事件的时间)和输出(例如，计时一个响应)。

超采样数据类型

通常，过程数据在每一个通讯周期中被准确地传递一次。与此相反，一个过程记录的时间分辨率直接取决于通讯周期时间。只有通过缩短周期时间，才有可能获得更高的时间分辨率，但周期时间又往往受到相关的实际条件限制。



TwinCAT系统管理器中超采样设置窗口

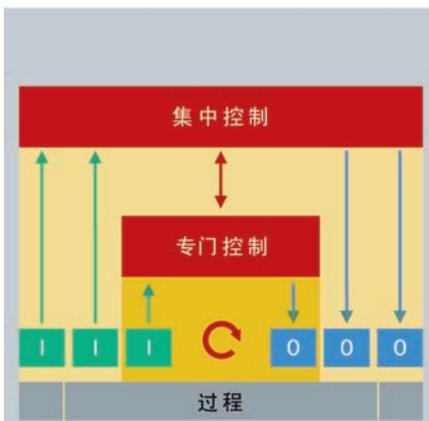
超采样数据类型能够在在一个通讯周期内对一个过程记录以及对包含在一个数组中随后产生的(输入)或之前已产生的(输出)的所有传输的数据进行多次采样,超采样系数描述了在一个通讯周期中采样的次数,因此是1的倍数。即使是在一般的通讯周期时间条件下,也可以轻松地达到200 kHz的采样率。

I/O组件中的采样触发受本地时钟控制(或受全局系统时钟控制),因此,它可以使跨越整个网络的分布信号之间的时间关系得以关联。

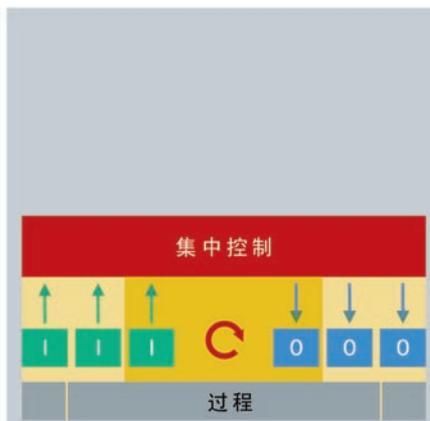
极短的周期时间—优化的I/O通讯

快速的物理响应要求相关联的控制系统具备相应的较短控制周期。只有当控制系统已经检测并处理一个事件时,才会产生一个响应。

传统的方法要达到100 μs的周期时间,需要依赖专用的、独立的控制器,这些控制器必须拥有直接控制的I/O。这种方法有明显的缺陷,因为这些独立的控制器对系统总体而言只包含了极其有限的信息,而且也不能制定更高层次的决策。此外,参数重整定(例如加工新工件)也受到限制。另一个明显的缺陷是固定的I/O配置,一般情况下,不能对其进行扩展。



下属专门控制
(有限的过程映像)



快速中央控制
(完整的过程映像)

XFC 性能指标

极短的控制周期时间

- 100 μs (最小50 μs)
- 全方位提升PLC应用的性能: 100 μs级的控制环

极快的I/O响应时间

- 85 μs (最小约50 μs)
- 时间确定的同步输入和输出信号转换, 仅有细小的处理时间抖动
- 处理时间抖动独立于通讯和CPU抖动
- 全方位提升PLC应用的性能: 100 μs级的控制环

超采样信号

- 单控制周期实现多次信号转换
- 通过分布时钟实现硬实时同步
- 适用于数字量输入/输出信号
- 适用于模拟量输入/输出信号
- 支持EtherCAT模拟量I/O端子模块
 - 信号转换频率最高可达200 kHz
 - 最高分辨率可达5 μs
- 应用
 - 快速信号监视
 - 快速函数发生器输出
 - 信号采样与周期时间无关
 - 快速回路控制

时间戳信号(分辨率10 ns)

- 数字信号单次事件触发的瞬时测量: 分辨率10 ns, 精度<100 ns
- 分布式数字输入信号上、下沿的高精度检测
 - 分布式输出信号的高精度计时, 与控制周期无关
 - 时间戳数据: 分辨率10 ns, 精度<100 ns

分布时钟

- CPU、I/O和驱动设备的分布式绝对系统时间同步
- 分辨率: 10 ns
- 精度: <100 ns

XFC 组件

为了实现上文阐述的XFC技术，必须要求相关的控制系统全面支持所有的硬件和软件组件，包括高速、时间确定的通讯和I/O，以及控制硬件。XFC的一个重要组成部分是软件组件，它负责控制算法的快速处理和整个系统的优化配置。

Beckhoff提供的专业XFC产品主要包括4个部分：EtherCAT现场总线，由EtherCAT端子模块组成的I/O系统，硬件平台IPC，和TwinCAT高级开发软件。所有的组件都基于开放的标准，它表明任何一位工程师或程序员都可以开发基于标准组件的、高性能的快速控制解决方案（即，无需特殊硬件支持）。

I/O组件 – 集成XFC技术的EtherCAT端子模块

标准的EtherCAT端子模块全方位地支持XFC技术。所有的端子模块都支持I/O转换同步通讯，以及已成为EtherCAT技术标准的、精度更高的分布时钟功能。

最新开发的XFC端子模块还提供了额外的特殊功能，尤其适合高速或高精度的应用场合：

- 数字量EtherCAT端子模块具有极短的开通/关断时间特性；或模拟量端子模块具有非常短的转换时间。
- 带有时间戳功能的EtherCAT端子模块可以精确锁定某个数字量或者模拟量事件发生时的系统时间。数字量或者模拟量的值也可以在预定义的时间精确输出。
- 带有超采样功能的端子模块可以使实际值获取或设定值输出的分辨率大大高于通讯周期时间。

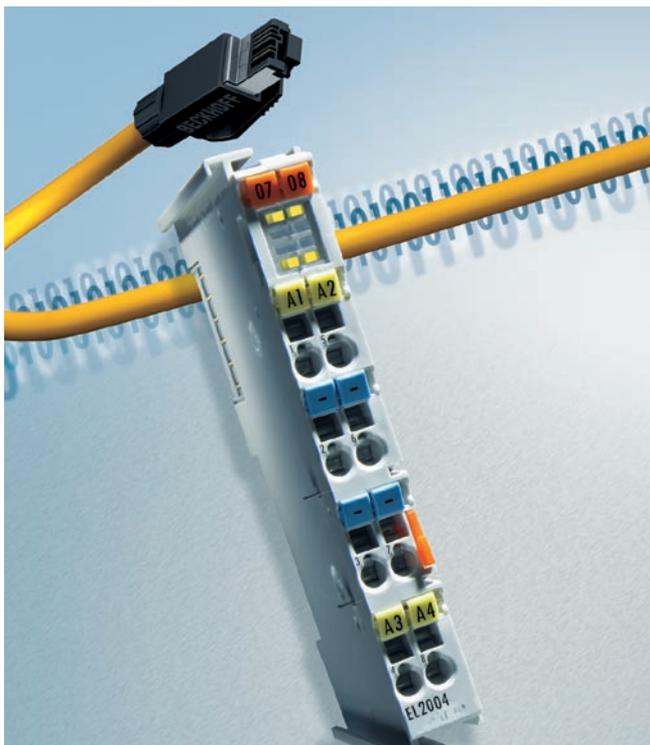
通讯组件 – 充分利用EtherCAT

由于其拥有高速通讯和高数据利用率，EtherCAT为实现XFC提供了基本的前提条件。然而，网络通讯速度并不能代表一切。作为一种选择，可以使用总线方式交换几个独立排列的过程映像，并结合控制应用类型的特点，同时应用XFC和标准的控制技术。中央控制系统可以从复制和映射任务所耗费的时间中解脱出来，从而将一切可以利用的计算能力用于控制算法。

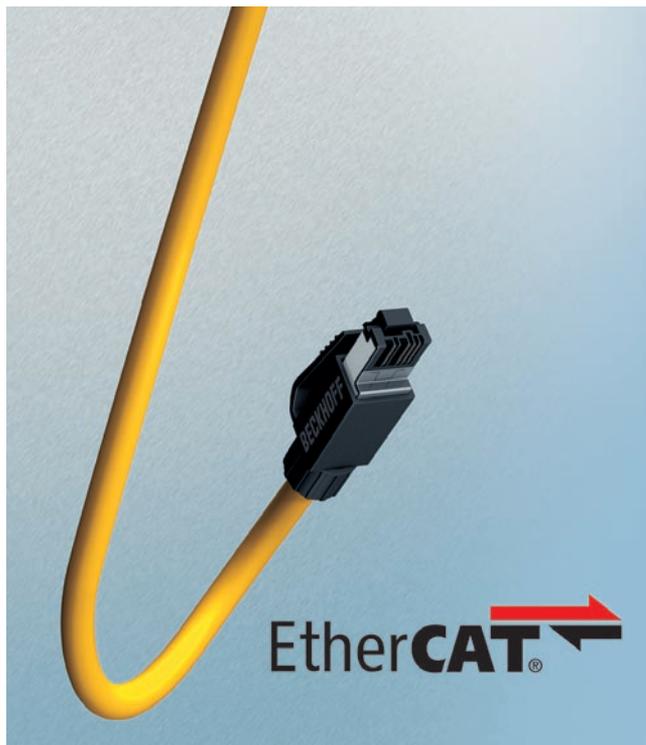
EtherCAT分布时钟构成了XFC技术的高速时间链路，并已集成到所有的通讯设备中。

XFC技术至关重要的特点是可以选择性地所有的I/O组件都直接集成到EtherCAT通讯中，因此，无需任何下级总线系统（子网）。在很多XFC端子模块内部，数/模、模/数转换器都是直接与EtherCAT芯片相连，因此避免了信号延迟。

I/O组件 – 集成XFC技术的EtherCAT端子模块



通讯组件 – 充分利用EtherCAT



控制组件 – 高性能工业PC

在要求运行速度更快、控制算法更强的条件下，中央控制技术相对多个分布式的小型控制器而言具有明显的优势。现代工业PC所提供的计算和存储能力远远高于多个小型控制器之和，而前者的价格却要便宜得多。

新一代创新技术的工业PC可以非常好地应用于控制领域。快速的双核处理器可以十分理想地同时用于控制任务和设备的人机操作。而新一代CPU所具备的超大容量高速缓存对于XFC技术而言也是非常有利的，因为快速算法正是在此缓存中运行，从而使处理的速度更加快捷。

另外一个缩短XFC周期时间的重要因素是，CPU不再被复杂的过程数据复制任务所束缚，而该复制任务是基于DPRAM机制的传统现场总线所不可缺少的。EtherCAT过程数据通讯完全由集成的以太网控制器(带有DMA总线主站的网络接口卡)处理。

软件组件 – TwinCAT自动化软件包

TwinCAT是一款高性能的自动化控制软件，它在全面支持XFC技术的同时，还保留了所有的常用功能。TwinCAT实时核以不同的周期时间支持不同的任务。现代工业PC可以轻而易举地使周期时间达到100 μ s，甚至更低，而不会出现任何问题。多个(不同的)现场总线可以被集成在一个主干网络里混合使用，相关的配置和通讯周期也可以根据现场总线的性能得到优化。在TwinCAT软件环境中，EtherCAT可以充分利用通讯系统，并可以在应用中使用多个独立的时间等级，即分布时钟。不同的时间等级可以使XFC和普通控制任务共存于同一个系统之中，决不会因满足XFC的需求而出现“瓶颈效应”。

TwinCAT专为XFC技术提供了一个新选项，即在各个通讯调用期间读取输入，并且在计算后直接输出。由于EtherCAT具备极快的通讯速度，输入可以“正好”在控制任务开始之前读取，并紧随其后立刻分发输出。某些情况下，其最

终响应时间比现场总线的周期时间还要快。

TwinCAT所具备的特殊扩展功能可以很好地支持XFC新的数据类型(时间戳和超采样)。PLC功能块可以对时间戳进行简单的分析和计算。TwinCAT示波器软件可以按照设置的超采样率监视通过超采样方式捕获的数据，并可以进行更加精细的数据分析。

控制组件 – 高性能工业PC



软件组件 – TwinCAT自动化软件包



EtherCAT 端子模块: 动态以太网, 电子端子模块



- EtherCAT协议直接集成在端子模块内
- 通讯协议在传输的同时进行处理
- 30 μ s内可处理1000个数字量I/O
- 线型、树型或星型等灵活的拓扑结构
- 为所有信号类型提供全线I/O产品
- 高速数字量和模拟量I/O
- 时间戳和超采样特性确保高精度时间分辨率



完全兼容以太网，最大化地利用以太网的带宽资源，出色的实时特性且成本低廉——这就是Beckhoff提供的EtherCAT I/O系统的显著特征。

端子模块是专门针对EtherCAT协议的高性能和灵活的拓扑结构而设计的。硬件上，IP 20防护等级的模块化EtherCAT端子模块采用与可靠的总线端子系统相同的外形。但与总线端子不同的是，EtherCAT协议完全集成于每一个独立的端子模块中，而现场总线信号通过总线耦合器转换到内部的、独立于现场总线的端子总线(K-bus)中。

每一个独立的EtherCAT端子模块都配备有一个用于处理EtherCAT协议的从站控制器。为了达到超越其它以太网解决方案的高速处理能力，EtherCAT直接在传输过程中同时处理信号。以太网包不再被接收并解包，也不再将过程数据复制到每一个连接，而是在EtherCAT帧传输经过EtherCAT从站设备时，该从站直接读取带有相应寻址地址的相关数据(见下图)。同样，当报文通过时，从站把输入数据插入其中，因此，报文仅有几纳秒的延迟。由于以太网帧包含许多设备间双向收发的数据，用户数据利用率超过90%。这样，100BASE-TX全双工的特性得到充分利用，可获得>100 Mbit/s (>2x100 Mbit/s的90%)的有效数据利用率。遵循IEEE 802.3标准的以太网协议与各个端子模块完美融合。只有物理传输信号通过双绞线转换为耦合器中的E-bus信号。E-bus技术基于LVDS(低压差分信号)传输技术，它可以满足电子端子块的需求。LVDS是一种快速且经济的以太网物理层替换技术，并且可以将其用于10 G以太网(IEEE 802.3ae)。在模块化设备的终端，系统被简单地转换并返回100BASE-TX信号标准。

通讯系统的高速特性也反映在EtherCAT的I/O端子模块上。例如，新型的16位模拟量端子模块的转换速度提高了40倍，因此，该设备可应用于高速控制器。1 μ s快速开通/关断的数字量输入输出端子模块的响应时间仅为100 μ s。

内部开放性及灵活性

EtherCAT协议内部的开放性和灵活性使其可以在同一物理层传输其它基于以太网的协议和服务——通常只有极小的性能损失。任何以太网设备都可以通

过交换机端口接入EtherCAT网段，且不影响周期时间。带现场总线接口的设备可以通过EtherCAT现场总线主站端子模块集成。UDP协议变体则可以通过每个插接口实现。

EtherCAT的网段热插拔功能为实际应用提供了极大灵活性。很多系统(例如大量安装传感器的加工处理中心系统)需要在操作过程中修改I/O配置，因此，EtherCAT总线网段灵活的系统热插拔功能对于实际应用而言帮助极大。EtherCAT协议结构满足了这些需求，热连接特性允许部分网络在运行过程中被设置为有效/无效或重新配置，所以系统可以灵活地响应各种不同的配置。

XFC EtherCAT 端子模块

系统提供了200种以上各种不同的信号端子模块。标准的EtherCAT端子模块全面支持XFC技术。通过程中的I/O同步转换，或精度更高的分布时钟已成为EtherCAT的标准功能，因此，所有端子模块都支持该项技术。最新研发的XFC端子模块，其新增的专有特性非常适用于快速和高精度的应用场合：

XFC EtherCAT 端子模块：超采样

EL1262:

- 2通道24 V DC数字量输入
- 通过跨越系统的分布时钟同步时间
- 抖动 $<1 \mu\text{s}$
- 最大转换时间 $5 \mu\text{s}$

EL2262:

- 2通道24 V DC数字量输出
- 通过跨越系统的分布时钟同步时间
- 抖动 $<1 \mu\text{s}$
- 最大转换时间 $5 \mu\text{s}$

EL3742:

- 2通道0...20 mA模拟量输入
- 通过跨越系统的分布时钟同步时间
- 抖动 $<1 \mu\text{s}$
- 最大转换时间 $5 \mu\text{s}$ 或200 kHz

EL3702:

- 2通道-10 V...+10 V模拟量输入
- 通过跨越系统的分布时钟同步时间
- 抖动 $<1 \mu\text{s}$
- 最大转换时间 $5 \mu\text{s}$ 或200 kHz

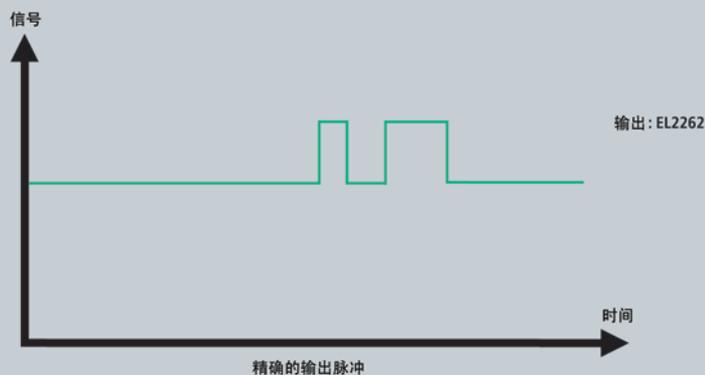
EL4732:

- 2通道-10 V...+10 V模拟量输出
- 通过跨越系统的分布时钟同步时间
- 抖动 $<1 \mu\text{s}$
- 最大转换时间 $5 \mu\text{s}$ 或200 kHz

EL4712:

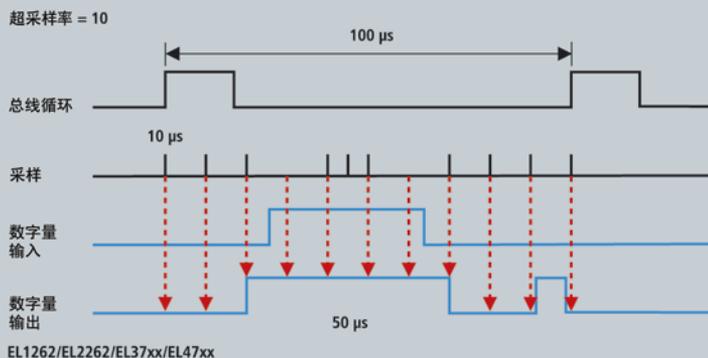
- 2通道0...20 mA模拟量输出
- 通过跨越系统的分布时钟同步时间
- 抖动 $<1 \mu\text{s}$
- 最大转换时间 $5 \mu\text{s}$ 或200 kHz

超采样端子模块



使用EL2262超采样数字量输出端子模块，输出可以在 $10 \mu\text{s}$ 时间帧内进行开通与关断切换，非常适合高精度应用场合。

超采样端子模块



EL1262超采样数字量输入端子模块可提供仅相当于总线周期时间十分之一的采样率，因此，即使是很短暂的信号也能被精确记录、测量或计数。

XFC EtherCAT 端子模块：时间戳

EL1252:

- 2通道24 V DC数字量输入
- 高精度边沿信号采集
- 系统精度1 μs
- 与EL2252配合使用，绝对同步响应

EL2252:

- 2通道24 V DC数字量输出
- 高精度边沿信号采集
- 系统精度1 μs
- 与EL1252配合使用，绝对同步响应

XFC EtherCAT 端子模块：快速I/O

EL1202:

- 2通道24 V DC数字量输入
- 开通/关断输入延迟1 μs
- 最小响应时间几乎无延迟

EL2202:

- 2通道24 V DC数字量输出
- 开通/关断输入延迟1 μs
- 最小响应时间几乎无延迟

XFC 性能指标

100 μs 典型应用性能指标

系统性能

- 周期时间: 100 μs (最小50 μs)
- I/O响应时间: 85 μs (185 μs)

分布时钟

- 分辨率: 10 ns
- 精度: <100 ns

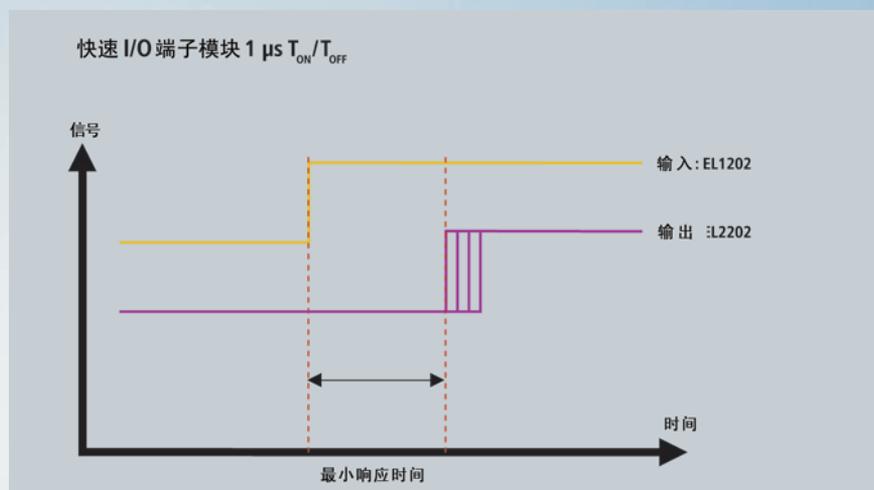
超采样信号

- 采样率: 200 kHz (500 kHz)
- 时间分辨率: 5 μs (2 μs)

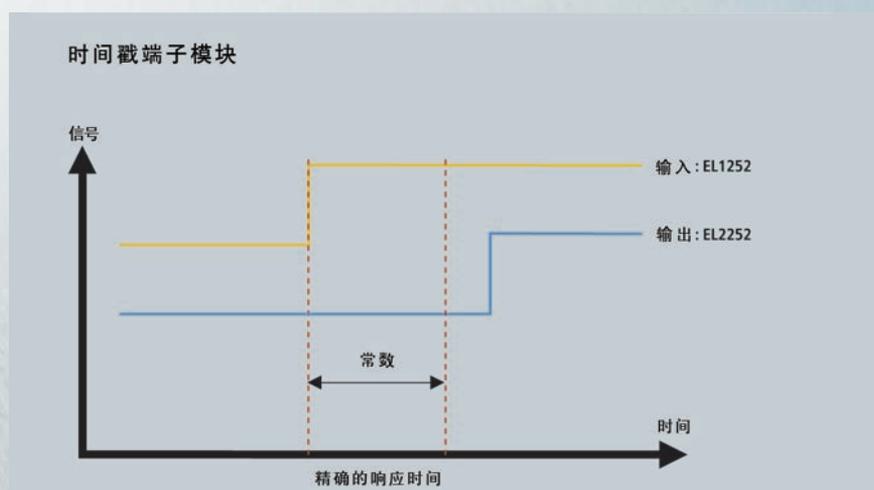
- 精度: <100 ns

时间戳分辨率:

- 分辨率: 10 ns
- 精度: <100 ns



采用EL1202和EL2202 XFC端子模块，端子模块的硬件延迟缩减至<1 μs ，因此可以忽略不计。输入输出数据以最大速度向前传输。



同步响应通过时间戳输入端子模块和时间戳输出端子模块来实现；而在过去，总线系统很难实现小于1 μs 的同步精度。全新的XFC技术取代了传统的硬件连线方式。

XFC 技术经试验证实!

不同的XFC数字量端子的示波器测试结果如下图所示。控制和通讯的测试周期时间设置为100 μs。输入和输出都是在不同的EtherCAT报文中交换数据，以便使响应时间达到最小。（示波器记录水平标尺的时间单位设置为100 μs。）

通过带有时间戳的数字量输入端子(EL1252, 黄色曲线)获取外部的异步输入信号。示波器的触发信号采用该输入信号。因此,示波器记录与外部事件同步,但是和系统控制却是异步的。图中,多个记录被叠加在一起。

控制系统采用高速的数字量输出端子(EL2202, 红色曲线)来显示所记录的输入信号的快速响应。在最好的情况下,输出端的控制响应时间是85 μs。由于输入信号是异步的,在最坏的情况下,系统要经过一个周期时间之后才能记录到一个边沿触发信号,即,如果输入事件恰好在本次周期时间之后发生,则系

统不会在本次周期时间内传输该信号,直到下一个周期时间系统才能记录到这个信号。其结果是,输出信号出现的时刻是抖动的,范围是一个周期时间,即85 μs到185 μs之间。

由于记录输入事件时带有时间戳,控制系统能够发出一个带有时间常数偏移的输出响应,该过程与通讯周期无关。为此,PLC控制的带有时间戳的数字量输出端子(EL2252, 蓝色曲线)的输出响应延时了200 μs。尽管与控制周期异步,系统响应仍然可以采用这种方法进行精确确定。此外,示波器能够测量、分析输入信号与EL2252输出响应之间经过多个周期(本例为40个周期)后的时间差。其结果是,最小的时间差是200.254 μs,最大是200.349 μs。也就是说,最大和最小之间的差值小于100 μs。事实上,200 μs时间常数偏移量并没有精确考虑端子的开通与关断时间的影响(虽然很小,但是确实存在),尽管这些时间是

常数,也应当将其考虑在内。

图中绿色曲线是EL2262数字量输出端子模块的超采样曲线。超采样系数是10,在100 μs的周期时间内,输出状态每10 μs产生一次。下面举例说明,为响应输入信号,PLC通过端子输出2个脉冲,即一个短脉冲,然后跟随一个稍长的脉冲。同样,由于输入信号是异步的,此时也可以看到所预料的时间抖动,尽管抖动很小(10 μs而不是100 μs)。至于系统响应,PLC能够根据超采样系数进行精确的处理。

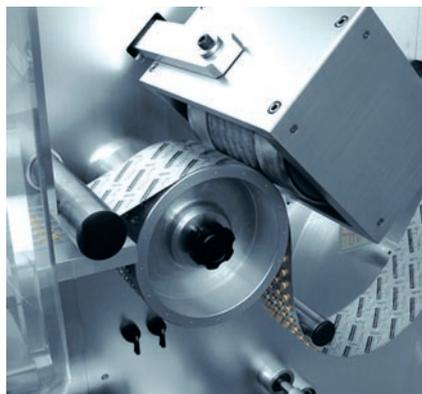


XFC 应用实例



印刷机定位控

对于印刷机械，打印标记是通过带时间戳的EtherCAT数字量输入端子EL1215来记录，时间戳则引用系统级的高精度分布时钟。通过与带有分布时钟的编码器端子的联合使用，可以确定识别打印标记时的精确位置。无需任何硬件接线，例如编码器输入锁存，而且，所有信息都可以通过控制系统获取。



粘合应用

EtherCAT EL2212端子可用来实现高精度定位，以及高精度控制“点滴”量。粘胶喷嘴打开的定时精度可以达到纳秒级。电压过冲可以确保喷嘴快速而安全地打开，而通过施加反向24 V电压则可以使其加速关闭。其中，“打开”、“电压过冲长度”和“关闭”动作可以通过高精度的定时(<math>< 1 \mu\text{s}</math>)分别进行设置。



线性路径控制

按照传统，线性路径控制通常都是在硬件里实现，并根据编码器的值设置参数化输出的响应时间。而使用带分布时钟和时间戳的XFC组件，就可以使线性路径控制通过EtherCAT和工业PC实现。特殊硬件的固定功能被灵活的软件所取代，输入和输出可以根据空间进行分布。系统级的开关时间重复精度小于 $1 \mu\text{s}$ 。



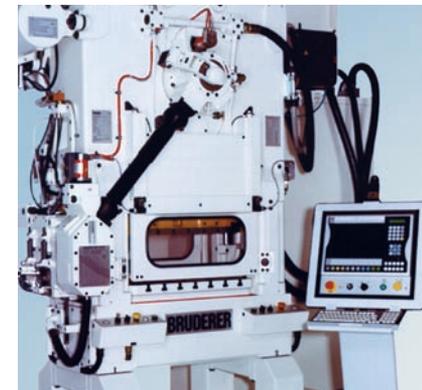
部件跟踪

EtherCAT极短的响应时间和精确的开关定位全面提升了物料处理和分拣设备的性能，从而可以大大缩短被处理物件之间的距离。其结果是提高了相同物件尺寸的吞吐量，而整个控制系统所需的工作量和成本却降低了。EtherCAT灵活的拓扑结构足以胜任典型物料尺寸的处理系统需求。系统组件可以在操作过程中任意进行连接或断开，而该特性不会影响系统功能。



闭环控制

控制品质的优劣取决于时间等距、采样频率、实际值和设定值的输出以及控制器的性能。借助于高速I/O组件所具备的高频采样以及分布时钟的同步特性，XFC技术提供了理想的基础条件。通过与TwinCAT软件和作为控制软件运行平台的高性能工业PC相融合，完全可以满足高性能、高精度的控制要求。



数字凸轮

EtherCAT可以明显降低凸轮盘应用中的难度和工作量。伺服驱动器、位置编码器和触发器可以简单地通过总线电缆相连，控制系统借助系统级的时间基接受所有相关的数据，并通过分布时钟实施制动器的启停控制。使用Beckhoff的标准系统组件，高速压机可实现每分钟2000次击打动作，所有数据、参数和控制程序组件均汇集于处理中心，易于管理和存档。

XFC 应用实例

高端注塑机设备对控制系统的性能要求非常苛刻。I/O组件、通讯系统、工业PC和控制软件都将直接影响到整个控制过程的品质和重复一致性，所以高端注塑机设备是XFC技术应用的理想场所。

世界上最大的注塑机制造商，赫斯基注塑系统有限公司 (Husky Injection Molding Systems Ltd.)，正是因为看到了XFC技术的应用潜力，率先将这项技术应用到设备的控制系统中。在注模生产过程中，控制系统的任务首先是控制融胶被压入模腔的速度，开始注射以后，模腔会产生一定的反压力，此时要求控制系统快速切换压力控制，并将其精确控制在一个定义值范围之内。为了确保注模效果的重复一致性，切换过程中压力的波动必须做到最小。为了完全注满模腔，必须在一定时间内保持压力恒定，然后按预置的压力曲线减小。为了避免产品出

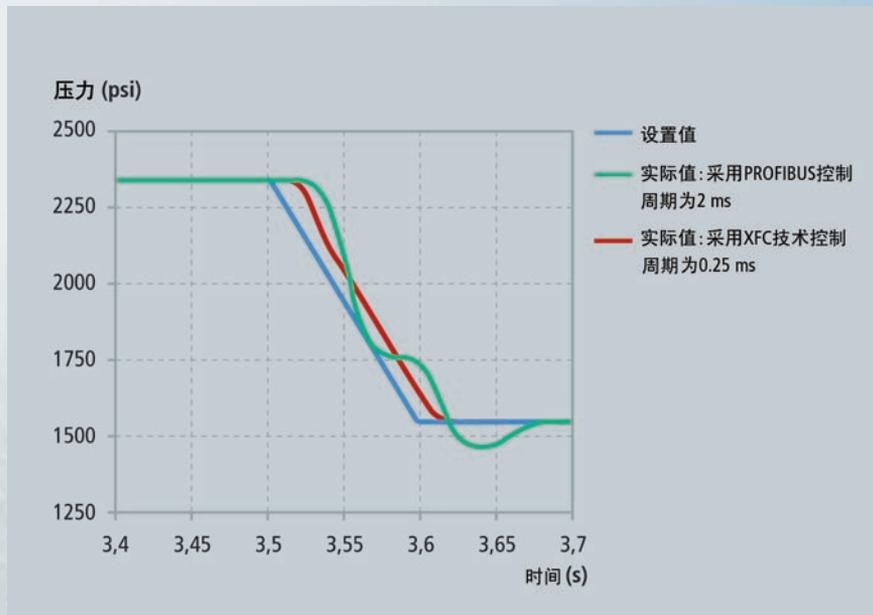
现裂痕，压力不宜过大，而压力过小又会导致壁厚不均匀或者产生气泡。

对注塑机来说，注模过程的控制越精确，产品的壁厚就能做到越薄。采用XFC技术以后，传统的注塑机上为了避免气泡而使用的“原料储藏”就不再需要了。产品重量的波动范围体现了控制水平的高低：波动范围越小表明控制水平越高。

XFC 能带来什么好处？

通过最小化响应时间和死区时间来达到优化控制的过程本身是没有止境的。除提高产品质量之外，其目的是通过减小壁厚，从而节省原材料。在下面的实例中，单件产品重量仅仅减轻2克，就可使最终用户显著降低成本：

单件产品目前重量 (g):	22
单件产品目标重量 (g):	20
年产量 (件):	54,568,421
每年节省原材料 (kg):	125,507
每年节约成本(\$ US):	182,651



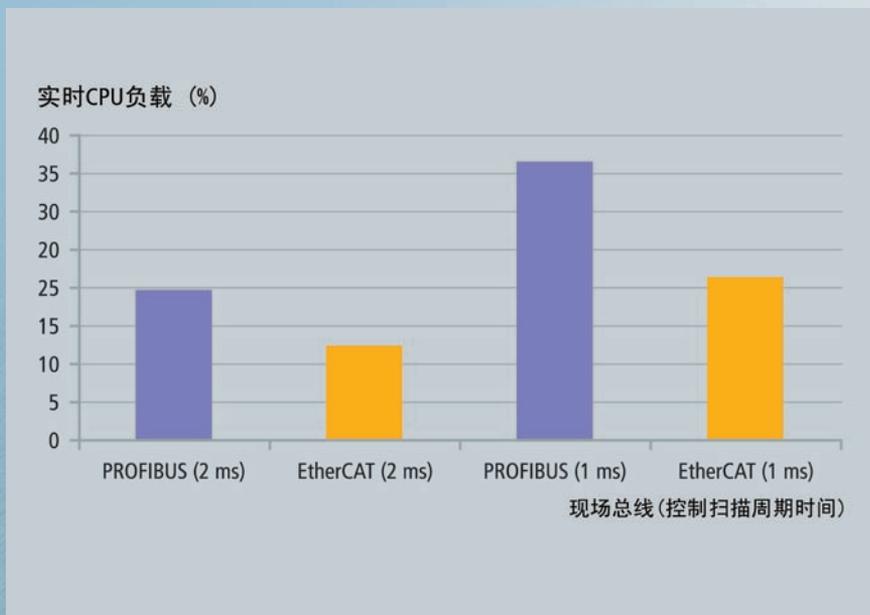
XFC技术改善控制质量

如何利用XFC技术优化控制系统?

优化前的控制系统包括一台Beckhoff高性能工业PC，C6140，还有控制软件TwinCAT。使用XFC技术来优化控制系统，只需将有关运动控制的信号连接到高速EtherCAT端子，通过EtherCAT传送到控制PC，这样就可以将周期时间缩减至1ms以下，响应时间的抖动也非常小。在实际应用中，比如原来使用12MB的Profibus系统，控制系统的周期时间为2ms，使用XFC技术以后，周期时间缩减至250μs。XFC和EtherCAT技术不仅缩短了周期时间，而且还减轻了PC的负载，因为在原有的PROFIBUS系统中，由计算机CPU完成的过程数据映射任务现在集成到了EtherCAT的硬件芯片中，并将其预处理成可由控制PC直接访问的分类格式，这样，先前用于映象处理的计算能力得以释放，并可用于其它的控制任务。从另一方面看，由于缩短了周期时

间—控制系统完全可以采用更为经济的、CPU速度较慢的工业PC。

XFC技术为控制应用提供了一个理想的选择。除了节省原料、降低成本之外，还减少了控制系统的维护工作。注模时段是一个高能量处理过程，对其准确控制可以减少振动或者机械共振，因而也降低了设备的噪声。此外，由于整个技术是基于标准的XFC组件，XFC技术同时还确保了客户极高的投资安全性。Beckhoff控制系统的模块化硬件和软件使进一步的优化措施可以无缝集成到现有系统中。所以，HUSKY利用XFC技术实现了控制系统的优化，显著提高了设备性能，也使最终用户受益良多。



对PC负载的测量 (Husky公司提供)

