

BECKHOFF

PCcontrol

The New Automation Technology Magazine

No. 3 | September 2025

www.beckhoff.com.cn/pc-control

版
文
母

46 | 全球应用案例

自动化技术确保烟火特效与现场音乐保持精准同步



6 | 产品

模块化设计已成为机器人技术的未来发展趋势



38 | 全球应用案例

基于 PC 的注塑机控制解决方案：高精度且能灵活适配最新的物联网趋势

新闻



4 | Hans Beckhoff 荣获鲁道夫·迪塞尔奖章“最成功创新成就奖”

产品

6 | 机器人自动化技术(ATRO):模块化设计已成为机器人技术的未来发展趋势

全球应用案例



12 | Carl Benzinger, 德国:
基于视觉识别与 AI 技术的戒指抛光系统

16 | Chiron, Germany: TwinCAT CNC
赋能五轴数控机床升级革新



20 | Vetex, 德国:
高算力与集成式步进电机驱动器合力提升品质与设备利用率

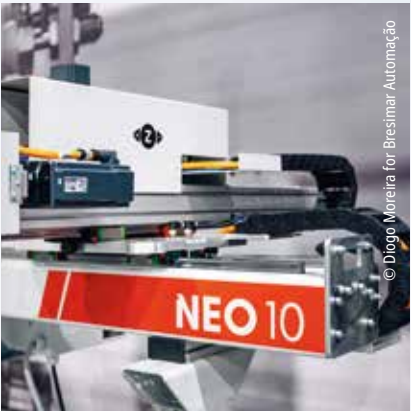
24 | Synhelion, 德国和瑞士:
基于 PC 的过程控制技术解锁太阳能生态燃料可靠生产新密码

28 | Hebetec und Elpex, 丹麦和瑞士:
基于 EtherCAT 的控制技术助力巨型隧道管节运输

32 | Siemens Gamesa Renewable Energy, 丹麦:
新一代风力发电机组变流器自动化测试解决方案

36 | ruhlamat Huarui, 中国:
基于 PC 的控制技术助力提升电动汽车扁线电机生产效率

38 | Nissei Plastic, 日本:
基于 PC 的注塑机控制解决方案:高精度且能灵活适配最新的物联网趋势



42 | INAUTOM Robótica, 葡萄牙:
解锁直角坐标机器人高精度动态控制新方案

46 | Image Engineering, 美国:
先进的自动化技术确保烟火特效与现场音乐保持精准同步



50 | OTI Lumionics, 加拿大:
OLED 材料研发进程以纳米级精准沉积速率实现产能三倍提升

54 | Additive Industries, 新西兰:
开放式控制解决方案实现精密控制与图形化编程的完美交融

58 | Reelables, 英国:
基于 PC 的控制技术助力追踪标签规模化生产

ETG

62 | 半导体技术工作组:势头强劲、新规迭出、展望未来

热力全开!EtherCAT 技术交流会圆满举办

63 | ETG迎来第8000家会员:Norwalt自动化集团



© Dominik Wagner, Eichmeister Kreativagentur

久负盛名的奖项旨在表彰发明创造力与企业家精神

Hans Beckhoff 荣获鲁道夫·迪塞尔奖章“最成功创新成就奖”

总部位于德国威尔的倍福自动化公司创始人兼全球总裁 Hans Beckhoff 斩获备受推崇的 2025 年度鲁道夫·迪塞尔奖章。7 月 10 日，他在奥格斯堡曼恩博物馆举行的颁奖典礼上，荣获该奖项“最成功创新成就奖”类别的大奖。该奖项表彰了他在自动化技术领域的卓越成就和远见卓识。

鲁道夫·迪塞尔奖是欧洲最具声望且历史最为悠久，旨在表彰开创性成就奖项之一。它充分肯定了德国创新文化的重要意义，并对卓越的创新精神和企业家精神予以表彰。该奖项由德国发明协会 (Deutsche Institut für Erfindungswesen, D.I.E.e.V.) 颁发，旨在表彰那些通过提高生活质量、促进经济繁荣以及延续德国创新文化，从而为社会做出卓越贡献的个人与企业，借此激励下一代工程师和企业家。

Hans Beckhoff: 推动行业发展的创新先锋
由约 60 位中型全球市场领军企业的技术总监及董事总经理组成的鲁道夫·迪塞尔奖理事会认可 Hans Beckhoff 作为一位具有远见卓识的行业先驱，其凭借企业经营理念与强烈的社会责任感生动诠释了鲁道夫·迪塞尔奖所承载的价值。评审团授予 Hans Beckhoff “最成功创新成就奖”。该奖项类别着重考察企业的创新实力及其对经济发展的整体贡献。

鲁道夫·迪塞尔奖章旨在表彰发明创造精神，以及实现创新成果商业化所需的卓越能力。2025 年 7 月 10 日，在奥格斯堡曼恩博物馆举行的颁奖典礼上，Hans Beckhoff 被授予了这一崇高荣誉。Hans Beckhoff 凭借其在自动化技术领域的发明家与企业家双重身份，荣获本届“最成功创新成就奖”类类别章。(从左至右)依次为：德国发明协会理事会成员 Alexander J. Wurzer 教授，鲁道夫·迪塞尔奖章得主 — 倍福自动化公司全球总裁 Hans Beckhoff，颁奖嘉宾 Gunther Herr 教授 (柏林斯泰恩拜斯大学综合商业创新战略教授，同时担任迪塞尔奖章理事会科学顾问)。

自 1980 年公司成立以来，Beckhoff 的企业家精神始终贯穿于技术创新与变革之中，其中多项技术已发展成为自动化领域的全球行业标准，进而对整个行业产生深远影响。

Hans Beckhoff 于 1985 年开创性地提出了基于 PC 的控制技术理念，在自动化领域掀起了一场范式变革，并于 1986 年将该技术成功推向市场。这项技术彻底革新了行业传统准则，更让这家家族企业跻身中小企业领域的领军力量。凭借其对创新的矢志不渝及将前瞻理念转化为商业成果的能力，倍福公司已跃升为自动化技术领域的领军制造商。他持续以创新解决方案引领行业变革，并通过确立推动 IT 技术与自动化技术深度融合的新标准，不断重塑行业格局。截至目前，倍福在全球范围内设立了 41 家子公司和代表处，拥有员工约 5300 名，2024 年实现销售额 11.7 亿欧元。

柏林斯泰恩拜斯大学综合商业创新战略教授、迪塞尔奖理事会科学顾问 Gunther Herr 教授将认为，倍福公司在过去 45 年里所取得的成就，应归功于其技术前瞻性、商业洞察力、创新开拓思维与源源不绝的创造力。他成功缔造了一家由业主自主经营的企业，公司始终秉持以人为本的价值观，尤为值得称道的是，它以信任为基石，在创新的道路上勇往直前。凭借基于 PC 的控制技术，倍福公司已将自动化打造为覆盖社会众多领域产品的基础技术，并持续推动整个行业不断突破性能极限。

倍福技术的主要特征包括：基于软件而非硬件实现控制、IT 技术与自动化技术的深度融合、超高速且可靠的通信技术、高度优化的驱动系统以及 AI 功能的深度集成。全球已有众多客户成功应用倍福技术，在最新制造机械、各类建筑物、工艺流程、前沿科学实验及大型舞台表演等众多领域实现了精准控制，应用案例不胜枚举。

Beckhoff 传给下一代的企业家箴言：“发明创造其乐无穷”
Hans Beckhoff 表示：“获此殊荣，我倍感荣幸，谨向理事会致以诚挚的谢意。”他进而阐述道，“自 1980 年公司创立以来，我们一直致力于每年都推出新技术，每五到七年就为市场带来一次真正的技术变革。45 年来，我一直坚守这一指导原则。”随后，他分享了自己关于创新者的感

悟：“世界是一个广阔而多样化的地方，蕴藏着无限机遇。作为一名企业家，必须要做的一件知易行难的事情就是把握机遇，洞悉前沿技术与趋势，并通过自己的发明创造推动科技和社会进步。我为我们的创新精神以及由此孕育而生的先进技术深感自豪。”Hans Beckhoff 在颁奖典礼上发表获奖感言时说道：“今天我很荣幸能够获得鲁道夫·迪塞尔奖，这份荣誉不仅是对我个人的肯定，更是对公司所有员工的褒奖。在公司的日常运营中，每天都有 600 多名开发人员和产品经理投身于研发工作，致力于打造新一代先进的自动化产品。全球 2000 多名员工与客户密切合作，为用户提供支持，并倾听他们的愿望和要求。因此，我们的客户也通过反馈产品意见以及提出他们自己的创意，为作为创新型企业的我们取得成功做出了贡献。这种合作共赢的关系让我们脱颖而出，也为我们带来了莫大的喜悦。”Hans Beckhoff 及其公司目前正在研发“自动化大脑”，旨在赋予机械设备类人的智能与独特个性，使其运行机制近似于人脑。“自动化领域仍蕴藏着巨大的创新潜力。”他强调道。

他寄语新一代工程师：“发明创造其乐无穷。当某个想法逐渐成形变得清晰，或者首次试验成功之时，那种灵光乍现的顿悟时刻，是最妙不可言的美妙体验。不要放弃，持续钻研你的发明创造，仅为了那一刻，一切就都是值得的！”

更多信息：
www.rudolf-diesel-medaille.de
www.beckhoff.com.cn/technological-milestones

ATRO 模块化工业机器人能够实现无缝集成至 TwinCAT 平台的专用机器人解决方案

ATRO®

ATRO: 机器人自动化技术

模块化设计已成为机器人技术的未来发展趋势

BECKHOFF BECKHOFF

XPlanar®

您是否曾设想过, 能为每台设备的搬运任务配备恰到好处的即用型机器人? 小型设备可能需要搭载短臂展机器人来插入重量较大的新部件。而在另一类设备中, 您或许需要长臂展机器人将产品码垛到托盘上。若是涉及从固定进料口到移动传送带的快速简单拾放作业, 又需使用不同类型的机器人。面对如此多样的应用场景, 很难时刻备齐所有适配的机器人。但若像倍福的 ATRO 模块化机器人系统那样, 能根据每项任务需求从现有的标准模块中自由组装定制化机器人, 您便能以极简方式实现所需的灵活性。

倍福 ATRO 系统的模块化架构为用户带来了实实在在的优势。毕竟，六轴关节型机器人并非在所有应用场景中都是最优选择。在很多拾放应用中，三到四个自由度即可实现所需功能，从而带来轴数减少、成本降低及重量减轻等多方面优势。而重量减轻所节省的负载余量可被用于提升有效载荷。采用相同的 ATRO 电机模块和连接模块减少了库存并提高了灵活性，打造出多样化的创新运动学设计方案。

模块化设计助力提高灵活性

ATRO 模块化工业机器人系统支持个性化的灵活配置，可针对各类装配与搬运应用需求打造最优的机器人解决方案。集成驱动功能的标准电机模块，与各种形状设计和长度的连接模块配合使用，可以实现近乎无限的机械组合。更重要的是，通过与倍福 TwinCAT 控制平台的全面集成，用户还能够直接使用大量成熟的自动化功能。这个基于 PC 的一体化平台集成了设备控制、机器人控制、功能安全、机器视觉、状态监测，以及连接到边缘控制设备或云系统等所有功能。

如果能够省去通往末端执行器的外部管线，岂不是也大有裨益？这样一来，这些管线就不会再会碍手碍脚，也无需因扭转应力而频繁更换。去除这些线缆后，机器人的所有轴都能够实现双向无限旋转。所有 ATRO 模块都集成了数据和动力介质传输接口，并额外配备了两条专门用于流体的介质传输接口。所需介质可从机器人底座注入，通过电机和连接模块输送至末端执行器。主动式电机模块经过特殊设计，确保所有轴始终能够保持双向无限旋转。

ATRO 系统提供多种电机和连接模块，可自由组合构建专用的运动学结构



ATRO 集模块化与灵活性于一体，集成介质传输接口，所有轴都能够双向无限旋转，并且可无缝集成到基于 PC 的设备控制系统中。它支持在不同配置中（重新）使用相同的模块类型，可显著降低仓储成本，并减少备件需求。

通用要求与特性

机器人被视为半成品机械，因其通常需配备工具、传感器或安全装置等附加组件才能实现特定功能。只有将机器人安装到机械设备中并配备必要组件后，它才成为一台完整的设备。根据同样适用于半成品机械产品的欧盟机械法规 EU 2023/1230，制造商需确保其机械产品满足健康与安全要求。工业机器人在安全性方面需满足欧洲协调标准 DIN EN ISO 10218-1 和 DIN EN ISO 10218-2 的要求。相关新标准版本已于 2025 年初正式发布，协调标准制定流程全部完成后，这些标准将强制执行。待过渡期结束（预计为 2027 年），所有新投放市场的工业机器人都需满足这些标准规定。

当设备制造商将定制化的 ATRO 运动学系统集成至其设备中时，该设备中机器人应用部分必须符合 ISO 10218-2 标准的相关要求。ATRO 系统除提供用于运动学的硬件模块外，还配备软件模块，这些软件模块可与预先审核的安全模板相结合，精准满足上述合规要求。

通用且易于安装的机械系统

每个 ATRO 电机模块都是一个完整的驱动系统，可以驱动机器人的一个轴或关节。系统集成了一个配备制动器、减速机及 Safe Motion 功能的分布式 48 V EtherCAT 驱动器。这意味着需要使用的外部组件只有一个电源和一个控制器，显著减少了控制柜中占用的空间。除了主动式电机模块之外，系统还提供被动式机械模块，用于构建机器人构型。只需将各个模块简单拧紧，即可轻松完成组装。ATRO 接口不仅能够提供稳固的机械连接，还能同步实现内部介质传输接口的无缝对接与畅通。这种设计意味着单人即可完成组装，并可轻松更换单个模块，例如进行维护作业时。

底座模块支持将机器人安装在底板、墙壁，或天花板上。与内部传输介质连接的连接层可以安装在侧面，也可以安装在底部。采用经过验证的混合型连接器可同时提供电力传输与 EtherCAT 或以太网通信，支持便捷的即插即用连接。机器人 48 V 电源通过带制动电阻的制动斩波器在底座中实现稳压控制。

连接模块有多种形状和长度规格可选，用于构建机器人的“机械臂”与所有 ATRO 模块相同，这些模块均配备 EtherCAT 接口，并搭载包含机械数据的电子铭牌，控制器可通过扫描配置信息，自动选择对应的运动控制计算规则。

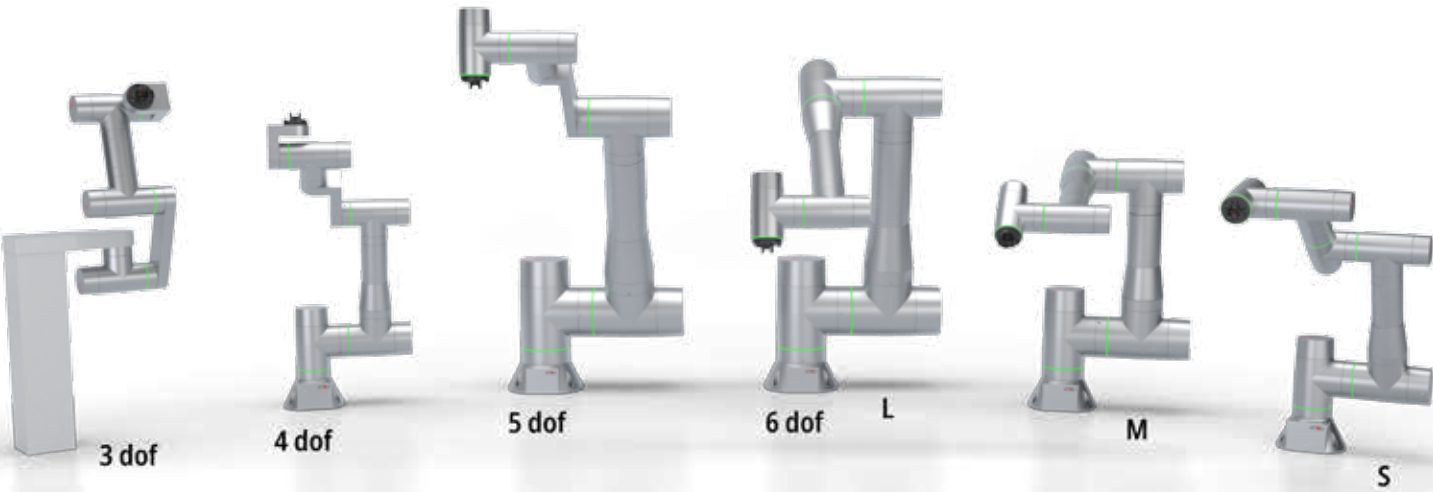
ATRO 接口同时兼具末端执行器工具的接口功能。为适配采用 ISO 接口的夹爪，系统提供法兰模块，可将内部介质导引至可插拔触点。对于希望完全集成专用工具的制造商，另备有配备 ATRO 接口的法兰套件。

设备与机器人控制融为一体

迄今为止，将机器人集成至设备或系统中的主要挑战在于成功管理系统间接口：需将机器人控制器连接至设备控制系统，且二者均需扩展视觉识别或协同运动等自动化功能。对于高动态应用场景，此类系统的集成必须基于具备实时性能的接口，由此实现设备轴运动与机器人末端执行器工具的协同控制，并与相机的产品检测信号保持同步。

TwinCAT 自动化平台将所有这些功能整合在基于 PC 的控制系统中。这意味着每台设备都可同步获取所有功能的最新信息进行处理。该平台还集成了涉及设备与机器人功能安全的信息及状态，此类安全数据以往常需通过安全 I/O 信号与系统耦合传输。

TwinCAT 中的机器人集成涵盖两大核心：模块化运动学配置与运动控制编程功能。通过 3D 可视化工具支持模块化运动学配置。用户可从中选取所有类型的 ATRO 模块构建目标组合，并借助 STEP 文件导入功能实现设备环境中机器人嵌入的可视化呈现。配置完成后可直接载入 TwinCAT 开发环境，系统将自动创建所有必要的准备与链接，用户即可立即开始运动控制编程。

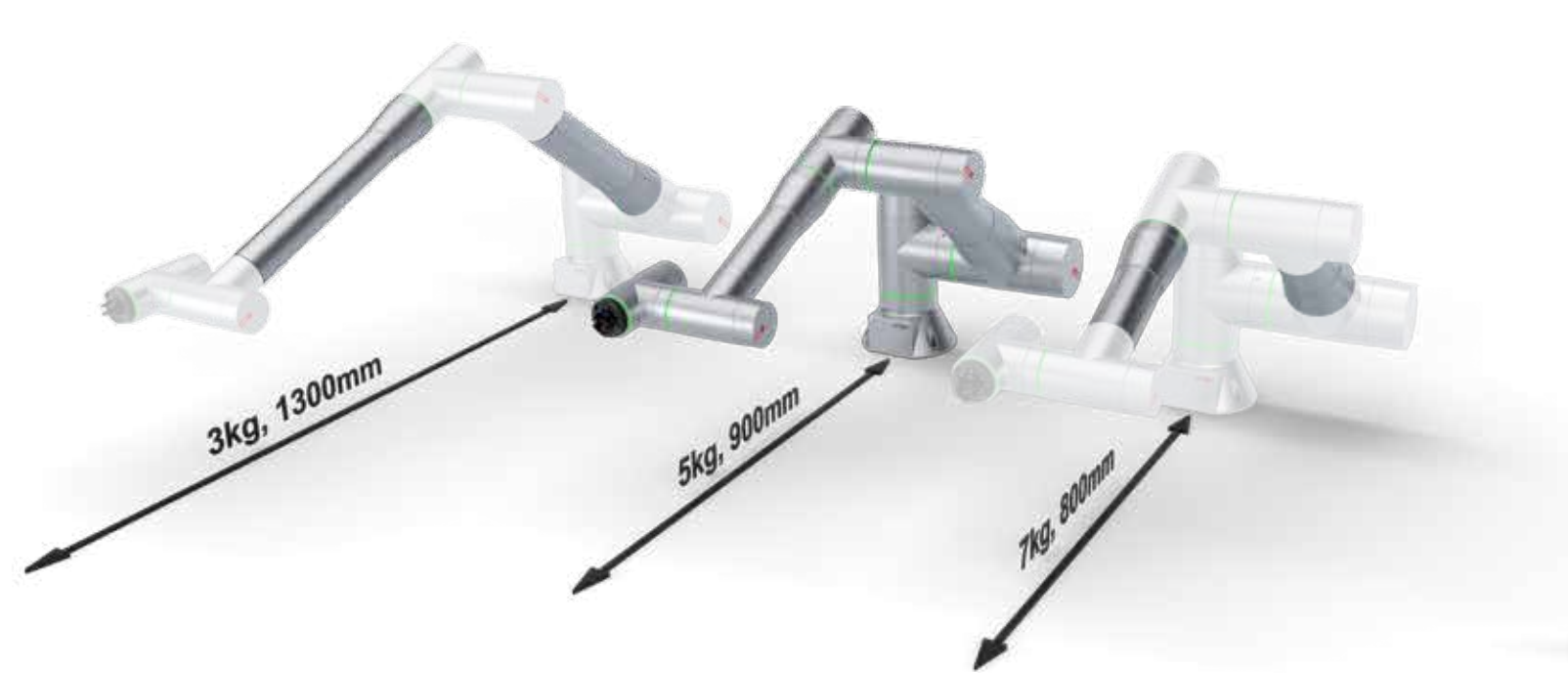


ATRO 运动学结构的若干可能构型示例

倍福 ATRO 与 EtherCAT 产品经理 Dr. Guido Beckmann



若与真实控制器建立在线连接，该 3D 模型可实时显示机器人当前位姿与运动状态，或用作仿真视图。



机器人配置的有效负载能力直接取决于选定的臂长参数,即机器人的可达工作范围

系统提供功能丰富的机器人库,以简化编程流程。该库将各个模块抽象化为机器人实例,用户可在该实例中设置长度、质量惯量、动力学模型及变换方程式等所需参数。通过简单的运动指令即可操作该机器人实例。

我们专为机器人的调试与操作开发了直观的用户界面,该界面基于 TwinCAT HMI 可视化元件实现标准合规操作,支持单轴点动与笛卡尔坐标系运动等功能。

配置阶段使用的 3D 可视化界面在此作为实时视图呈现,并可嵌入视觉控件或示波器控件(用于显示连续信号曲线)。

通过应用 APP 方案可个性化显示任务专属功能:提供机器人移动、路径点保存与编辑等功能;另一应用支持将运动/夹爪指令与等待状态组合,实现简易序列编程。复杂运动编程既可在编程计算机上以类似方式完成,也可直接集成至熟悉的 PLC 环境,即直接融入机器编程体系。

采用基于 HTML5 的 Web 显示技术,该界面可通过浏览器灵活呈现于设备作面板、平板电脑或示教器等多种终端。

ISO 10218-1:2025 标准要求的安全功能包括多种安全停止功能,以及对工具中心点 (TCP) 的笛卡尔速度与机器人暴露区域(如肘部)的安全监控。倍福采用 TwinCAT Safety PLC 实现这些功能,该软件可在标准工业 PC 上提供 SIL3 级安全逻辑。基于此平台提供的功能块,可通过 ATRO 电机模块的安全单轴位置监测 TCP 及其它暴露轴的安全笛卡尔速度。经过公告机构认证的这些功能块应用示例还可帮助用户轻松达成应用所需的安全等级。

倍福 ATRO 与 EtherCAT 产品经理 Thomas Rettig



ATRO 系统已完全集成至 TwinCAT 中

结论

ATRO 系统的端到端模块化 — 涵盖硬件模块及配置、编程、操作与安全监控的软件模块 — 为用户应用开创了全新维度的灵活性。除经典的串联机器人运动学结构外,通过简单添加被动式连接模块即可组合出创新构型:借助第一个轴的无限旋转功能,机械臂能够以最优路径规划高效抵达各个工位。在第一个轴后加装 T 型模块可构建双臂机器人,使生产效率翻倍;若采用 X 型模块则可实现四臂机器人构型。然而,大多数应用场景并不需要五或六自由度。采用相同模块组装的三轴搬运机械臂或四轴拾放构型更具成本效益。由此可见,具体应用需求始终是左右解决方案选择的决定性因素。

用于戒指坯料视觉与 AI 质量检测的倍福 VCS2000 面阵扫描相机与 VOS3000 镜头

PC 控制技术“牵手”钟表珠宝行业带锯床, 开启高效加工新征程

基于视觉识别与 AI 技术的戒指抛光系统

Carl Benzinger 推出的 mySaw 全自动化带锯床证明,即便是用于生产超微小尺寸产品的小型设备,也能满载高科技元素。倍福的端到端控制系统不仅满足了珠宝行业对系统灵活性的高要求,更通过无缝集成的机器视觉与机器学习解决方案,打造了强大的质量检测系统。

钟表与珠宝行业对工业生产提出了极为特殊的要求

Carl Benzinger 有限公司专注于研发与生产高精度自动化数控车床和铣床,所有机床全部都在其德国普福尔茨海姆总部制造。公司生产的机床主要应用于汽车制造、精密机械加工、光学仪器生产、钟表珠宝制作及航空航天等领域。珠宝加工设备应用技术与销售负责人 Sascha Jentner 解释道:“工业设备通常为生产特定零部件而设计,具有高度复杂性与自动化特点。而在珠宝行业,其关注重点更多地聚焦于特定产品。以戒指为例,这类产品需依据戒指的尺寸、宽度、材质以及合金类型,打造出极为丰富多样的款式。这种多样性使得珠宝加工设备必须具备高度定制化与精密化特性。”

据 Sascha Jentner 介绍,目前市场上尚无能与 mySaw 媲美的戒指加工设备:该系统的管材库最多可存储 54 根铂金、黄金或白银材质的管材作为原料。系统会从管材库中选取一根在材料和边角料方面最契合订单需求的管材,随后将戒指锯切至所需宽度,再根据每个戒指的尺寸或内圈周长进行扩圈处理,最后通过卸料杆将加工好的戒指传送到后续加工设备。这种全自动坯料制备工艺显著减少了所需时间、成本以及材料损耗,因为锯切切口非常薄,且产生的碎屑会被收集起来。Carl Benzinger 公司电气设计与软件部门主管 Christian Spieler 也证实了设备功能的全面集成性:“mySaw 在初始设计阶段,仅仅被定位

为一台纯粹的锯床,为了最大程度地契合客户多样化的需求,在后续的研发与改进过程中,集成了戒指扩圈装置。戒指尺寸标定系统以及基于 AI 和视觉技术的质量检测模块,为设备的高性能与高效运行提供了决定性的支撑。”

精准实现大量运动任务

锯床内众多精密运动功能对于保障高效加工流程至关重要。首先,旋转分管材库会根据订单所选原料移动至正确位置。夹爪随后取出管材,使其经过光栅传感器以检测夹爪位置与尺寸,而后抵达锯切单元,按所需宽度切割戒指坯料。完成锯切后,坯料落至卸料芯轴,同时夹爪将余料送回管材库,并取出下一根管材。与此同时,锯切完成的坯料通过直接传输或集成式戒指扩圈装置输送至出料单元。



mySaw 带锯床的控制柜配置：顶部为 CX5240 嵌入式控制器及所连接的 EtherCAT 和 TwinSAFE 端子模块，底部为 AX8000 多轴伺服系统

© Beckhoff

产品搬运与锯切单元的运动功能通过倍福的 AX8000 多轴伺服系统和 AM8000 伺服电机实现。此外，戒指扩圈装置采用 AA8033 电动缸作为直驱驱动器，并通过 EtherCAT 伺服电机端子模块 EL7211-9014 控制 AM8112 伺服电机，以驱动作为戒指尺寸标定平台的小型工作台。软件层面采用安装在结构超紧凑的 CX5240 嵌入式控制器上的 TwinCAT PLC/NC PTP 10。Carl Benzinger 公司软件开发工程师 Mike Gutekunst 解释道：“所有工程软件都安装在嵌入式控制器上，我们仅需少量培训与工程适配工作。另一个显著优势是 TwinCAT 具备全面的仿真功能，便于我们逐步搭建项目。这极大地简化了我们的工作，尤其是通过 TwinCAT Drive Manager 2 工具，我们能够在一套软件中实现从紧凑型驱动技术到电动缸，乃至 AX8000 的所有运动控制系统。”

Christian Spieler 列举了倍福驱动技术的更多优势：“我们之所以选择 AX8000 多轴伺服系统，关键因素是它采用了紧凑型设计。此外还有单电缆技术 (OCT) 带来的空间与材料节省优势，以及电子铭牌功能。例如，系统可通过各伺服电机的电子铭牌识别不同的管材库，并自动匹配对应的物料数据库。”凭借可自动识别所有网络节点的 EtherCAT 工业以太网系统，项目实施也变得更加简便。EtherCAT 的开放性还支持各种第三方组件，并能轻松集成至控制系统中。

基于 PC 控制技术的系统开放性与 IT 技术集成

不仅是 EtherCAT 凭借其开放性简化了项目实施，倍福基于 PC 控制技术的整体控制解决方案同样如此。Mike Gutekunst 补充道：“TwinCAT 为开发与 Runtime 提供直通 TwinCAT HMI 可视化的端到端平台，这是一个巨大优势。而且，由于工程软件也安装在 mySaw 目标系统

中，借助远程维护手段，能够极为便捷地在全球范围内实现对机床的访问，并在必要时开展诊断与故障排除工作。但对我们而言，开放性更意味着 TwinCAT 具备模块化和可扩展性。凭借这一优势，集成新功能以及开发像戒指扩圈装置这类新设备的工作变得极为简单。对于我这样的软件开发人员来说，与 Visual Studio 的集成无疑是一个额外的优势。”

对 Christian Spieler 而言，与上层 IT 系统便捷建立连接的能力同样体现了开放性：“这对 mySaw 至关重要，尤其是考虑到全自动化生产。本质上只需一条数据传输线路连接设备。终端客户通过配置器订购所需戒指后，会触发客户 ERP 或 MES 系统中的订单，订单以数据集成形式传输至 mySaw。因此，基于 PC 控制技术的简易 IT 集成尤为关键。通过 TwinCAT Connectivity，我们还能充分满足将来客户提出的诸如通过 OPC UA 通信等需求 — 其核心优势正是可扩展性。”

AI 和视觉技术无缝集成至控制系统

除配备扩圈装置外，mySaw 锯床还具备对成品戒指进行 AI 质量检测的功能。Sascha Jentner 阐释了这一功能的重要性：“通过集成扩圈装置，即便最终产品的规格存在极大差异，我们仍能最大限度减少原材料管材用量。由于影响扩圈过程的参数众多，包括材料特性、质量、戒指宽度与厚度，以及加工过程中的戒指旋转，因此无法精确预测戒指的扩圈程度或材料何时会断裂。如果没有 AI 或机器学习技术，机床将无法判断戒指坯料是否存在裂纹，尤其是不同材料会呈现不同的缺陷模式，且切屑或冷却液残留物会加大裂纹检测的难度。最糟糕的情况是，存在缺陷的戒指坯料会进入下游设备的完整加工流程，这将导致不必要的时间与成本浪费。”

然而，在工业化戒指生产过程中，确保有缺陷的产品不会流入终端客户手中，是实现生产成功的关键所在。因此，必须探寻到一种可靠且高效的在线质量检测解决方案。Mike Gutekunst 解释道：“倍福控制技术的高性能与高度集成化让我们拥有了多种可选方案。起初，我们研究了能否通过监测扩圈装置电动缸的电流消耗进行质量检测，不过，鉴于 TwinCAT 能够无缝集成机器学习和视觉技术，我们最后选择了最终光学检测方案。为此，我们开发了一个 AI 模型，尽管存在大量潜在误差源，但在 TwinCAT 产品经理 Nicolas Camargo Torres 的支持下，我们仅使用约 200 张良品/次品图片，就通过 TwinCAT Machine Learning Creator 完成了模型训练。总体而言，这种自动化训练方式极大提升了我们的效率，尤其是在开发资源有限且原本需要额外配备数据科学专家的情况下显得尤为重要。”

TwinCAT Machine Learning Creator 凭借其丰富的分析功能，为 AI 模型的开发提供了全面支持。Mike Gutekunst 指出，该功能对于判断错误检测的可靠性是否满足强化训练要求，或是否需要在上游流程中进行调整至关重要。训练好的 AI 模型可以通过 TwinCAT Vision Neural Network 直接在控制器中实时运行，其操作便捷性与任何其他 TwinCAT 功能无异，且无需具备专业的 AI 知识。

Carl Benzinger 同样受益于机器视觉方面的无缝集成、开放性与可扩展性优势，其机器视觉系统与 AI 扩展组件一同运行在 C6025 超紧凑型工业 PC 上，实现了始终如一的模块化机械设计。该工业 PC 通

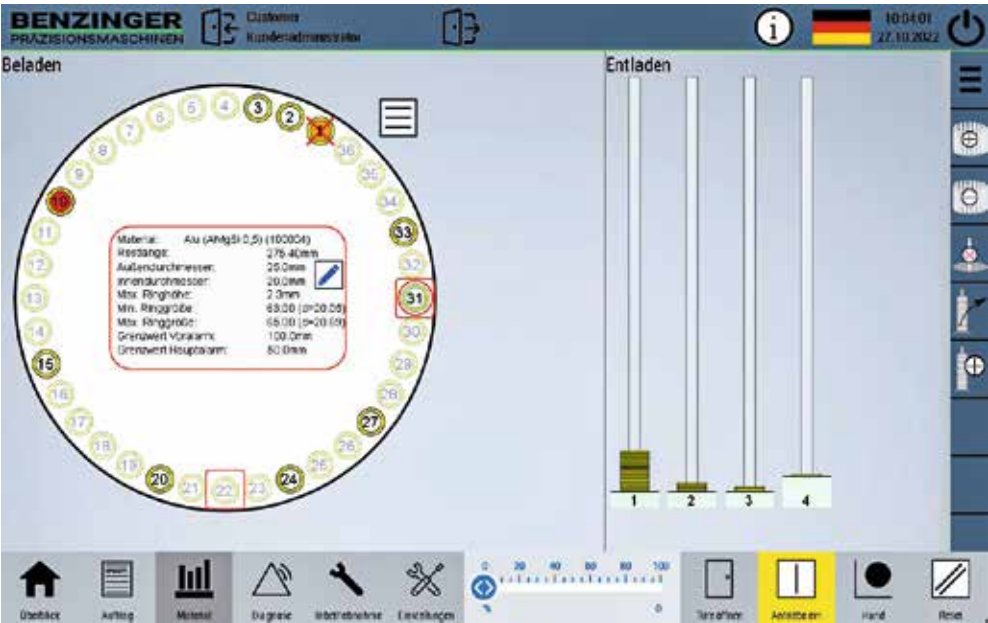


Carl Benzinger 公司的专家们，从左至右依次为：软件开发工程师 Mike Gutekunst，电气设计与软件部门主管 Christian Spieler，珠宝机械应用技术与销售工程师 Sascha Jentner，以及来自倍福普福尔茨海姆销售办事处的 Benedikt Schwaninger，站立于 mySaw 管材库后面

© Beckhoff

过 ADS 与作为主控制器的 CX5240 进行双向通信，借助 TwinCAT PLC 视觉与 AI 应用程序完成两台控制器之间的数据传输与握手交互。借助 TwinCAT Vision，无论是倍福机器视觉硬件还是第三方供应商的 GigE 视觉相机，都能轻松集成到控制系统中。Christian

Spierler 总结了倍福机器视觉解决方案采用软硬件集成设计所带来的优势：“EtherCAT 技术使我们能够轻松集成相机，并可靠、精准地传输触发信号。即插即用功能、最小化的布线工作以及工业级硬件设计都是额外优势。此外，倍福解决方案整体上具有非常出色的性价比。”



© Carl Benzinger

基于 TwinCAT HMI 开发的 mySaw 用户界面中的物料管理信息

更多信息：

- www.benzinger.de
- www.beckhoff.com.cn/ai
- www.beckhoff.com.cn/vision

TwinCAT CNC 赋能五轴数控机床升级革新

工作空间扩容

— 动态性能与精度保持如初

不只是制表制造业需要像德国巨浪集团的 Micro5 这样紧凑且动态性能出色的机床, 医疗技术和模具制造领域同样需要这样的机床, 才能以高精度和高速度加工零部件。然而, 这些行业的工件尺寸往往更大。基于此, 机床制造商采用倍福基于 PC 的控制技术, 对其原有设计方案实施了升级与扩展, 从而能够加工边长最大达 120 毫米的零部件。

“市场分析与研讨结果显示, 相较于广受欢迎的 Micro5 系列, 市场对于一款尺寸更大铣削中心、能够加工边长最大达 50 毫米零部件的高动态五轴数控机床, 确实存在切实的需求。”位于图特林根的德国巨浪集团全球营销副总裁 Matthias Rapp 表示。基于这一需求, 巨浪决定在现有机床方案的基础上开发 Micro5 XL 机型, 旨在开拓更多类似制表制造业的新市场, 这些市场同样需要以极高的动态性能、精度和短周期时间, 生产具有复杂几何形状和多种材质的零部件。“Micro5 XL 的典型目标市场包括医疗行业和模具制造业。”巨浪集团高级产品经理 Michael Wurster 补充道。

系列名称中的“5”代表巨浪集团认定的铣削中心与工件尺寸的最佳比例 5:1, “XL”则意表示轴结构从 250 毫米扩展至 600 毫米, 且可加工

AX8000 多轴伺服系统与搭载 TwinCAT CNC 软件的 C6030 超紧凑型工业 PC 共同构成 Micro5 XL 五轴 CNC 机床的控制核心

边长最大达 120 毫米的工件。“该机型还具备更高的切削性能和最大灵活性。”Mathias Rapp 表示。这一显著优势得益于配置了可容纳 100 个刀位的塔式刀库, 以及可按需选配的自动化装卸系统。凭借倍福基于 PC 的开放式控制平台, 这些扩展功能可在软件和硬件层面以模块化方式实现。

借助柔性模块化驱动系统轻松实现升级
原则上, 机床方案无法任意扩展升级: 当工件侧与刀具侧的移动质量比达到某个临界点时, 系统平衡将会被打破。“Micro5 的刀具和工件移动质量为 10 公斤, 而 Micro5 XL 则可达到 80 公斤。”Michael Wurster 在阐述开发项目面临的挑战时说道。尽管如此, 巨浪集团借助基于 PC 的控制技术, 在保持占地面积小、能耗低、高刚性及高动态性能的原有规格优势的前提下, 显著扩大了加工区域和工件尺寸。“在资源利用效率方面, Micro5 XL 实现了最优配置, 同时确保精度与速度高度适配。”Matthias Rapp 满意地表示。

丰富多样的驱动组件, 如 AX8000 多轴伺服系统、AM8000 同步伺服电机, 以及采用 EtherCAT I/O 架构的紧凑型驱动模块, 为升级过程提供了坚实的支撑与高效便捷的实现途径。以塔式刀库为例, 其驱动采用 AM8100 伺服电机和 EtherCAT 伺服电机端子模块 ELM7212。这些适用于最高 48 V 直流低压范围的伺服电机和 EtherCAT 端子模块, 在极为紧凑型的设计下仍能提供卓越高性能。”Dieter Völkle 解释道。这些组件直接集成在 EtherCAT 端子模块段中, 既可动态应用于 CNC 通道, 也能用作 PTP 轴, 并能与其它轴精确同步。

紧凑型控制技术助力减小系统占地面积
整台机床, 包括冷却系统和屑料管理等外围设备, 占地面积仅为 1.7 平方米, 留给控制系统的空间十分有限巨浪集团采用单电缆技术 (OCT) 作为连接方案, 从而节省了宝贵的空间资源。Michael Wurster 评价



在扩大 Micro5 XL 的工作范围以适配边长高达 120 毫米的工件时, 巨浪集团成功借助倍福丰富的标准自动化组件产品系列, 并采用现有的 TwinCAT 3 CNC 和 TwinCAT 3 HMI 编程架构

道：“结合 AX8000 多轴伺服系统和 EtherCAT 伺服电机端子模块，这项技术不仅简化了紧凑型布局，还显著缩短了安装时间。”若需更换电机电缆，OCT 技术相比铺设独立的电机电缆与反馈系统双线方案，能大幅提升更换效率。

由于在开发 Micro5 XL 过程中高度重视质量比平衡，此次升级并未对控制性能产生任何不良影响。“我们通过 TwinCAT 3 Motion Designer 项目规划工具成功设计了驱动轴和控制器，并基于指定的伯德图与负载谱，获得了倍福专家团队的精准调优支持。”Michael Wurster 确认道。

速度更快、精度更高、成品更精细

最终，与市场上加工这种立方体工件的标准机床相比，巨浪集团的 Micro5 XL 在周期时间、表面质量和尺寸精度方面都实现了进一步突破。Matthias Rapp 指出：“这得益于刀具与工件侧的质量均衡分布，当然也离不开 TwinCAT 3 CNC 的精准控制。”Dieter Völkle 阐述了对于巨浪集团这样的系列机床制造商而言的另一个重要方面：“从长远来看，无需特殊解决方案且能够全部采用标准组件实现各项功能，这无疑是一种优势。”

倍福巴林根分公司销售工程师 Dieter Völkle 与来自巨浪集团的 Micro5 XL 系统工程师 Tobias Widinger、高级产品经理 Michael Wurster 以及开发工程师 Jan Steppacher 在五轴数控机床前合影 (从左至右)



巨浪集团采用 C6030 超紧凑型工业 PC 作为五轴数控机床的控制平台，该平台上安装的 TwinCAT 3 CNC (TC1270) 集成了多个功能块，如 TwinCAT 3 CNC Spline Interpolation (TF5260)，CNC Channel Pack (TF5230)，CNC High-Speed-Cutting (TF1250)，CNC Axes Pack (TC5220) 以及 CNC Transformation (TF5240) 五轴与丝杠的运动通过软 CNC 的单通道实现插补与同步，而换刀装置的伺服驱动器则通过第二个通道进行同步。Micro5 XL 的用户界面基于 TwinCAT 3

HMI (TF2000) 以及用 C# 编程的 CNC 可视化系统。“我们持续收到客户反馈，称赞倍福的 TwinCAT HMI 使得机床操作如此简便。”Matthias Rapp 表示。“一位瑞士腕表设计师通过自学编程，现已能使用 Micro5 独立铣削加工自己的设计作品。”

实现高效生产的数字化记录

巨浪集团采用 TwinCAT 3 Analytics Logger (TF3500) 模块控制加工过程。“我们通过驱动电流来测定切削力，从而有效防止丝杠过载。”Michael Wurster 解释道。此外，机床还配备振动传感器

器进行实时监测。巨浪集团通过 EL34xx EtherCAT 电力测量端子模块实时记录电流消耗并将能源需求直观显示在人机界面上。“相较于其



AM8000 和 AM8100 伺服电机采用的单电缆技术 (OCT) 节省了安装时间和空间



用于控制塔式刀库中 AM8100 伺服电机的 EtherCAT 双通道伺服电机端子模块 ELM7212 可集成至任意 EtherCAT 端子模块段中，以优化空间利用率

它加工类似工件的机床，我们实现了约 50% 的节能效果，这一数据可通过倍福的能源测量解决方案验证。”Matthias Rapp 着重强调了这一优势。如果用户想要计算产品的碳足迹，他们可将能耗数据分配到特定的生产批次中。随着多个工业化国家纷纷推动工业生产领域的能效提升措施，这一功能已成为赢得客户的关键要素。很多企业还制定了超越法定要求的自身能效提升计划，并要求供应商提供每个零部件的能耗或碳排放信息。“借助倍福的电力测量技术，这些数据可通过 OPC UA 无缝传输至能源管理系统或 MES 系统。”Dieter Völkle 补充道。

巨浪集团的产品组合涵盖各类机床和加工中心。“我们将逐步探索倍福基于 PC 的控制技术为我们带来的各种可能性。”Matthias Rapp 补充道。

换刀装置通过第二个 TwinCAT CNC 通道由 AM8100 伺服电机控制

更多信息：
www.chiron-group.com
www.beckhoff.com.cn/machine-tools

地毯簇绒机全面升级改造

高算力与集成式步进电机驱动器合力提升品质与设备利用率



搭载八核处理器的 C6032 超紧凑型工业 PC 负责控制整个系统;为维持所需的 1 ms 周期时间,通过 5 个 EtherCAT 网段集成驱动器和 I/O 级

在簇绒机升级改造过程中,所有控制与驱动技术都被更换,原有的纱线送料辊被替换为 424 个 ASI8114 驱控一体步进电机

当电子设备故障越来越频繁时,总部位于黑尔策布罗克的 Vetex 公司意识到,是时候对簇绒机进行改造升级,并转向基于 PC 的控制技术。倍福的紧凑型驱动技术帮助他们实现了全新的纱线送料方式:424 个 ASI8114 驱控一体步进电机取代了传统的纱线送料辊,为系统输送约 1700 根纱线,不仅可对每根纱线的长度进行独立快速控制,还能对纱线张力进行实时监测。

总部位于黑尔策布罗克的地毯专制造商 Vetex 提供各式图案、色彩与尺寸的地毯产品。其旗下 Infloor-Girloom 品牌在全球市场推广的产品种类极为丰富,涵盖多种质量等级的标准产品,绒毛重量从 500 克/平米到 2000 克/平米不等。“我们的其它明星产品包括定制印花图案地毯,以及自粘式方块地毯,这种地毯可直接铺装在无尘、平整的地板上,并能随时拆除且不留残胶。”Vetex 公司生产与产品管理部门负责人 Josef Röttgers 介绍道。

全球最常用的地毯制造工艺是簇绒法,它是一种介于缝纫与刺绣之间的技术。穿好绒毛纱(簇绒纱)的机针穿过底布,而底布则通过送料辊和牵引辊与机器运行周期同步移动。机针垂直放置在簇绒机的宽度方向,以 Vetex 设备为例,4.29 米宽的工作幅面上精确排列着 1696 根簇绒针。“这相当于每英寸地毯宽度上分布了十根机针。”Vetex 簇绒与织造部门生产经理 Ralf Bosch 解释道。钩针在穿过底布后,在底布背面形成绒纱线圈并固定其高度,如果这些针钩同步配备刀片,便能将线圈割开,使簇绒织物成功转变为割绒地毯。

对于 Infloor-Girloon 的目标市场:连锁酒店、办公场所、保险公司、专业零售商及建筑行业而言,产品质量与耐用性至关重要,能够根据色彩、质地和图案定制设计地毯的能力也不可或缺。“生产过程必须尽可能顺畅、精准,而旧有的控制系统已无法满足这一要求。”Ralf Bosch 说道,他强调了倍福与位于雷达一维登布吕克的机械制造商 Gierecker & Brökelmann 共同实施升级改造的必要性。因此,这台簇绒机上原本故障频发的电子设备全部更换为高性能且灵活的控制与驱动技术 — 基于 PC 的控制解决方案。“我们采用倍福基于 PC 的控制技术已有七年时间,正逐步用它对设备进行现代化改造。”Josef Röttgers 表示。

上图:在采用 TwinCAT 3 PLC HMI 创建的可视化界面中,纱线张力通过驱控一体步进电机的扭矩,以与系统周期同步的方式显示;在纱线送料装置上方的点阵图中,每一个点对应 424 个驱控一体步进电机驱动器中的某一个

下图:结构紧凑的 ASI8114 驱控一体步进电机(法兰尺寸 42 毫米)及其采用约 1000 根预制电缆的节省空间的连接方案,实现了 1696 根纱线的独立送料与控制



配备 400 余个驱控一体步进电机的纱线送料装置

在簇绒机改造过程中,原有的驱动技术被替换为多个 AM8000 系列同步伺服电机和 AX5000 紧凑型伺服驱动器,用于控制机针行程、簇绒织物送料、压脚以及升降工作台等。“在此次升级改造中,精确的纱线送料与纱线张力控制是重中之重。Vetex公司采用了一套全新方案,而唯有借助结构紧凑的 ASI8114 驱控一体步进电机,该方案才能得以顺利落地实施。”倍福公司负责此次升级改造项目的项目经理兼编程工程师 Jens Hülsebusch 解释道。总计 424 驱控一体步进电机,通过相应的轴从纱架牵出四根纱线,再经混纱箱与牵引辊输送至设备。这些纱线驱动装置的速度每秒每秒可变化多达十次。

“由于这些驱控一体步进电机尺寸紧凑,法兰尺寸仅为 42 毫米,并且具有功耗低的特点,因此可以实现高密度安装。”倍福驱动技术高级产品经理 Christian Mische 补充道。“与其它解决方案相比,这种设计方案显著降低了 1696 根独立纱线送入系统的结构复杂度,同时实现了更高精度的控制。”Ralf Bosch 证实道。

采用 48V 直流供电的紧凑型驱动技术不仅节省了宝贵的安装空间,更带来多重优势。其内置的反馈系统将步进电机转变为采用矢量控制的精密伺服驱动器。与传统步进电机相比,这意味着能耗与发热量大幅降低,改造后设备的功耗从传统设备的近 8 千瓦降至约 4 千瓦。“对于两班制运行且拥有多台设备的情况,这种节能效果对降低能耗和减少碳排放具有显著的意义。”Ralf Bosch 表示。这些驱控一体步进电机由 19 个 PS3000 电源模块供电。

基于PC的控制系统通过电机电流或产生的扭矩来调节纱线张力,并能够检测张力过高或断线情况。“这两者都会直接影响地毯品质。”Josef Röttgers 说道。纱线张力通过点阵图在 CP2918 控制面板上显示给设备操作人员。“操作人员可通过颜色变化立即定位纱线送料卡顿位置,并在必要时及时进行干预。”Jens Hülsebusch 说道。为确保显示与设备运行周期同步,可视化界面由 TwinCAT 3 PLC HMI (TF1800) 创建。

八个处理器核助力缩短周期时间

TwinCAT 以 1 毫秒的周期时间精确计算实现所需纱线张力所需的电机电流或扭矩。“为确保实现如此短的控制周期,我们将数量庞大的步进电机以及其它任务分配至 C6032 超紧凑型工业 PC 的八个处理器核心和多个 EtherCAT 网段。”Jens Hülsebusch 解释道。每个以太网接口分别将 100 个驱控一体步进电机连接至工业 PC。第五个分接点连接其余的 EtherCAT 端子模块、EP 端子盒以及用于控制簇绒机其它驱动单元的 AX5000 紧凑型伺服驱动器。数控部分、可视化界面及快慢速工艺进程分别分配给另外的 CPU 核心。“在此应用中,我们充分发挥了基于 PC 的控制技术的灵活性和工业 PC 的性能优势。”Jens Hülsebusch 总结道。

Josef Röttgers 对此予以证实:“这是 Vetex 迄今实施过的最为复杂的设备改造项目,但得益于倍福系统工程技术团队的精心筹备与专业实力,整个过程进展得十分顺利。”改造过程中面临着诸多挑战,其中就包括要根据地毯设计对大量驱动器进行独立控制,以及在控制系统中解析和处理图案的位图数据。“不同长度的纱线缝入底布,便形成了



项目专家(从左至右):Jens Hülsebusch (倍福系统工程师),Ralf Bosch 和 Josef Röttgers (二人均来自 Vetex 公司),以及 Tim-Louis Rüther 和 Christian Mische (二人均来自倍福)在纱架(右侧)与采用基于 PC 的控制技术成功完成了现代化改造的簇绒机前合影

各种各样的图案。”Ralf Bosch 解释道。为实现这一效果,TwinCAT 必须将图形设计师设计的图案逐像素转换为 424 个驱控一体步进电机的位置设定值和纱线长度,并生成运动轨迹。在这方面,基于 PC 的控制技术能够充分发挥其优势,因为 C6032 超紧凑型工业 PC 可以与 TwinCAT 3 配合使用,提供充足的实时内存来读取和处理约 10 MB 的文件。控制器与设计部门或订单规划部门之间通过 TwinCAT 3 XML Server (TF6421) 建立连接。而复杂的运动序列则通过 TwinCAT 3 PLC/NC PT-P (TC1250) 和 NC Camming (TF5050) 实现。

基于此次极其成功的改造经验,Vetex 正着手推进更多的现代化升级改造项目:除改造自粘方块地毯切割系统外,Josef Röttgers 已经开始规划明年对另一台簇绒机进行升级改造。

来自 Vetex 公司的 Josef Röttgers

“这是 Vetex 迄今实施过的最为复杂的设备改造项目,但得益于倍福系统工程技术团队的精心筹备与专业实力,整个过程进展得十分顺利。”

基于 PC 控制的规模化太阳能燃料合成系统

基于 PC 的过程控制技术解锁 太阳能生态燃料可靠生产新 密码

EtherCAT 灵活的拓扑结构选项, 结合 EK1122 双网口 EtherCAT 拓扑扩展模块以及 EK1521 单端口 EtherCAT 光纤拓扑扩展模块(右图), 实现了分布在六个层级



瑞士公司 Synhelion 利用太阳能生产可持续合成燃料。2024 年夏, 首个工业示范工厂 DAWN 在于利希正式投产。该工厂采用倍福基于 PC 的控制技术作为过程控制技术, 实现自动化运行与监控, 标志着 Synhelion 在迈向大型工业工厂的道路上迈出了重要的里程碑式一步。

Synhelion 在 DAWN 工业示范工厂中采用了“sun-to-liquid (太阳能燃油)”工艺, 利用聚光太阳能热光热 (CST) 技术生产太阳能燃料。该工厂由四个核心组件构成: 定日镜 (反射镜)、热输出功率达 600 kW 的太阳能接收器、热化学反应器以及热能存储系统。

200 余面定日镜将太阳辐射集中到接收器上, 即太阳能塔顶部的燃烧室, 其内部传热介质可被持续加热至 1500°C 以上。工艺热能被输送至热化学反应器, 通过经 RED 认证的碳源 ($\text{CO}_2 + \text{CH}_4$) 与水反应生成合成气, 然后将其通过标准工业流程, 从而合成为液体燃料。“我们重点生产煤油、柴油和汽油, 以便为交通领域提供可持续燃料。”Synhelion 过程自动化总工程师 Adrian González 表示。这些燃料的优势在于可沿用现有基础设施 (储油罐、运输车、加油机)。在这种情况下, 其中一个油罐将包含生态燃料, 而非普通煤油, 并按照规定添加。“相较于将整个飞机机队全面改装为氢动力系统, 这种方案在操作上更为简便, 在效率上也更具优势。”Adrian González 强调道。

接收器产生的多余能量会被导入由 Synhelion 自主研发的热能存储单元, 并可随时反馈至工艺流程。“用于存储工艺热能的陶瓷储罐分布在太阳能塔的其中两层, 它还具有一项重要功能: 确保生产流程在无太阳辐射情况下持续运行。”Adrian González 在介绍工厂规模时表示。除了定日镜外, 还可采用电加热系统, 其能量可来自光伏系统或风力发电机等可再生能源。“当配电网中可再生能源供应过剩时, 这种方式尤其适用。”负责该工厂的程序员 Iesse Schneider 在解释这种灵活的能源供应方式时说道。

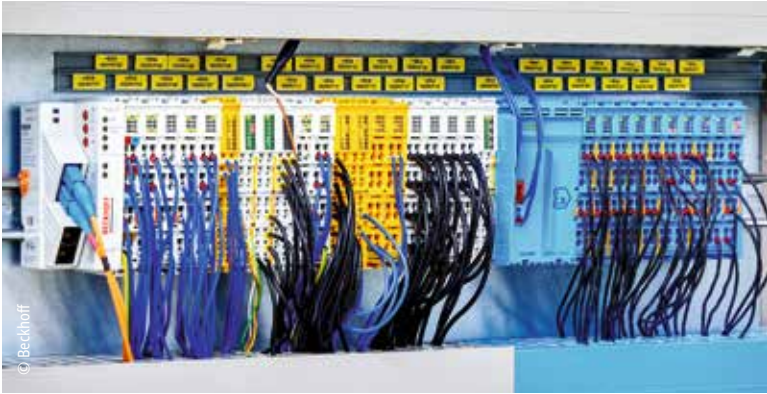
合成原油需要精密控制技术

自 2024 年秋季起, Synhelion 工厂开始生产与化石原油几乎完全相同的合成原油 (syncrude)。整个制造过程由约 1000 个通过 EtherCAT 联网的传感器和执行器进行精准控制和实时监测, 同时选用 TwinCAT 作为过程控制系统, 并搭配 C6030 超紧凑型工业 PC 协同作业。“尽管传感器数量庞大, 且数据点更为密集, 但 TwinCAT runtime 的周期时间仍远低于 10 毫秒, 为测试和扩展提供了充足的灵活性。”Adrian González 表示。位于利希的工厂是工业规模的测试系统, 借此在更大设备上测试、验证并优化各种最终产品的过程控制。因此, 过程控制技术需要具备灵活性与易扩展性。“基于 PC 的控制技术和可扩展硬件使得控制技术和 I/O 级能够灵活适配实际需求, 并且可以随时增配额外的测量点。”倍福蒙海姆分公司经理 Wilm Schadach 补充道。

在 DAWN 工业示范工厂中, Synhelion 采用基于 PC 的控制技术作为过程控制系统, 利用太阳能生产可持续燃料

尽管该工艺对性能并未提出严苛要求,然而,在规划初期,种类繁多且数量庞大的传感器和执行器便已被认定为关键挑战。“EtherCAT 端子模块具备丰富多样的产品类型,同时 EtherCAT 拓扑结构提供了灵活多变的选型方案,这使得我们能够轻松采集分布在太阳能塔四个层级中的 I/O 信号,将其集成至控制器,进而在 HMI 中进行映射。”通过 ELX 端子模块直接将防爆区 (ATEX) 的传感器和执行器接入 EtherCAT 通信系统的能力也是一大优势。“该项目中使用了大量 ELX 系列 EtherCAT 端子模块。”倍福流程行业部门 Sebastian Böse 补充道。总计近 600 个端子模块分布在太阳能塔的六个层级中的 27 个控制柜中。这些端子模块涵盖 37 种不同类型,其中包括支持 Modbus TCP、Profinet® 和 HART 通信接口的各类 EtherCAT 端子模块。

此外,还通过 TwinSAFE SC 和 TwinSAFE 端子模块实现了多项安全功能。“总计约 40 项安全功能 (其中部分符合 SIL2 安全等级) 基于 IEC 61511 标准实施。”Iesse Schneider 表示。EtherCAT 和 Safety over EtherCAT 在此发挥了重要作用。初始方案是采用一个配备 TwinSAFE 逻辑的 TwinSAFE 端子模块 EL1918 作为安全控制器。但由于该端子模块最多支持 512 个功能块,无法覆盖工厂全部安全需求,最终将超过 700 个的功能块分配至四个 EL1918 端子模块。这些端子模块通过 FSoE 接收传感器和执行器信息,并实现相互通信。



除用于防爆区 2 区过程信号的 EtherCAT 端子模块外,安全相关功能还通过 TwinSAFE 端子模块 EL1918 和 EL2912,以及 EL3174、EL3214 和 TwinSAFE SC 端子模块 ELX3152-0090 实现

开放式控制助力实现可靠数据记录

在过程控制并行运行的同时,数据记录通过 EtherCAT 以不同时间间隔进行。“可在 TwinCAT 中为每个数据点便捷配置存储策略,此外, EtherCAT 还能为每个过程值提供精确的时间戳。”Sebastian Böse 解释道。例如,智能记录策略可确保仅保存发生变化的过程值。该工厂共有约 50,000 个数据点,TwinCAT 通过 OPC UA 服务器提供这些数据。“基于 PC 的控制技术和 OPC UA 的开放性在此也彰显了优势。”Adrian González 补充道。这使得 Synhelion 能够在 C6030 超紧凑型工业 PC 上安装第三方数据记录仪,实现现场数据采集。其优势在于,即使通信连接中断,数据仍能持续记录不会丢失。“对于测试设施而言,这一点至关重要。”Adrian González 强调。

EtherCAT 丰富的诊断功能也显著简化了工作流程,能够快速识别此类大型工厂调试过程中的典型故障。借助全面的诊断工具, Synhelion 得以快速排除通信故障,专注于设备配置工作。“EtherCAT 是值得信赖的骨干网络。”Wilm Schadach 总结道。

TwinCAT HMI Server (TF2000) 通过 ADS 协议与工业 PC 通信,并在主工作站、四台小型监视器以及一台大型工艺流程总览监视器上同步显示控制室信息。可根据需求增配额外的监视器用于数据可视化。TwinCAT HMI 绝非仅是一个理想的全厂控制平台,更突破了传统简易 HMI 解决方案的功能边界。其工艺库未来将能够承担原本需由独立 SCADA 系统处理的任务。

MTP 和 NOA 等技术为系统扩展提供了便利,这些技术使得单个模块的过程控制能够灵活集成到现有的工厂架构中。Sebastian Böse 评论道:“倍福已提供大量符合 MTP 标准的 HMI 和 PLC 功能块,显著减少了模块开发工作。此外,通过自动代码生成功能,所需开发投入大幅降低。”对于未来项目,Adrian González 认为 MTP 技术极具前景:“中期而言,我们将公司定位为技术授权商,向其他燃料供应商提供解决方案。总承包商可基于我们的 P&ID 图纸和控制解决方案,通过 MTP 和 NOA 将 Synhelion 模块添加到其工厂中,并将自动化功能集成至其控制系统中。”



左图:通过大量热电偶监测热输出达 600 kW 的接收器与陶瓷储罐 (前景)

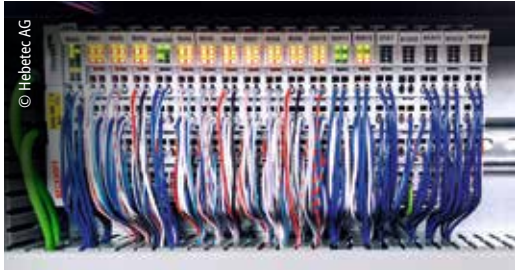
右图:Adrian González、Felix Zimmermann、Iesse Schneider (均来自 Synhelion) 与 Sebastian Böse 和 Wilm Schadach (来自倍福) 在太阳能塔第四层接收器前合影

更多信息:

www.synhelion.com
www.beckhoff.com.cn/processindustry
www.beckhoff.com.cn/twinsafe



连通丹麦洛兰岛罗德比港与德国费马恩岛普特加登的费马恩海峡隧道全长 18 公里, 预计将于 2029 年竣工, 建成后, 它将成为世界最长的沉管式隧道。为此, 在罗德比港附近 150 公顷的施工现场, 正在预制 79 个长约 220 米的标准隧道管节以及 10 个特殊管节。瑞士 Hebetec Engineering 公司与 Elpex 公司采用倍福的 EtherCAT 端子模块和基于 PC 的控制技术, 为这些重逾 7.3 万吨的管节运输过程提供自动化控制与安全护航。



分布在 100 多个控制柜中的 1000 多个 EtherCAT 端子模块持续监测千斤顶、蓄能器及液压单元上的作用力与压力数据

基于 EtherCAT 的控制技术助力巨型隧道管节运输

倍福 PC 控制技术赋能北欧最大建筑工地

2029 年, 全球最长的沉管隧道将采用倍福基于 PC 的控制技术连接德国和丹麦两国



在丹麦洛兰岛的罗德比港, 五条生产线正同步浇筑 79 个巨型标准隧道管节。每个管节长约 220 米、宽 43 米, 重量超过 7.3 万吨



软件团队负责人 Benjamin Schwab、副总经理 Urs Krähenbühl (均来自 Elpex) 与倍福利萨赫办事处负责人 Andreas Iseli (从左至右)

费马恩海底隧道采用与丹麦和瑞典之间厄勒海峡大桥相同的沉管隧道技术进行建造。该项目需要使用 79 个标准管节和 10 个特殊管节建设隧道基础设施。制作管节时，首先将钢筋连接成笼状结构，并推入预制模板中。随后在浇筑车间内进行混凝土浇筑。待混凝土充分硬化后，部分拆除模板，将首段 24 米长的管节移出，为下一个钢筋笼腾出空间。

此过程循环重复，直至隧道管节的所有九个区段全部完成混凝土浇筑，并依次移出车间，进入干船坞。在那里，217 米长的隧道管节通过密封隔舱完成密封。尽管每个管节重约 73,500 吨，但当船坞注水时仍可漂浮，并能被拖曳至港池。为确保项目能按计划于 2029 年竣工，目前有五条生产线正同步进行标准管节的混凝土浇筑作业。

精准快速移动巨型管节

在整个流程中，巨型隧道管节通过液压支架调平后，由液压千斤顶向前推移数百米。该方案由瑞士欣德尔班克的 Hebetec 公司研发，并与位于基尔希贝格的倍福解决方案供应商 Elpex 公司合作实现自动化。“将最终长达 200 余米、宽 43 米的管节安全、精确地从混凝土浇筑车间移运至港池，是一项真正的挑战。”Hebetec 公司运营总监 Olivier Briguët 强调道。每条生产线由六个行程达 1.8 米的双液压缸驱动，这些液压缸安装在可移动框架上，通过夹爪紧贴于滑移梁侧面。六个液压千斤顶均匀地向前推进管节，随后松开夹紧装置并回缩，在此过程中被向前牵引，继而开启新一轮循环作业。

“滑移梁长约 400 米，当然并非完全笔直。”Olivier Briguët 指出另一个复杂因素。为消除混凝土内部应力，需使用数十个举升油缸持续调整各管节的水平度。仅单个管节的调平作业就需要控制 36 台千斤顶，它们分为三组液压系统协同工作。这样不仅能够补偿 ±5 毫米的公差，



在连续生产过程中，六台配备双油缸的顶推装置将隧道管节平稳推送数百米，使其通过狭窄的闸门进入干船坞

还能通过减小接触面积将摩擦阻力降至最低。“实际顶推所需的推力仅为液压动力的 1.2%，显著低于最初计算的 5%。这为隧道管节制造商 Femern Link Contractors 节省了大量能源成本。”Elpex 公司副总经理 Urs Krähenbühl 表示。

此外，管节的重力分布并不均匀。在顶推过程中必须考虑这一因素，以防止隧道管节倾斜，举升油缸的不同摩擦阻力也同样需要纳入考量。只有当所有顶推装置（千斤顶）施加相同的作用力时，隧道管节才不会偏离轨道。“为此，我们通过在每个调平油缸上安装压力传感器来监测重量，并利用 TwinCAT 软件控制液压泵转速以调节顶推力。”Elpex 公司软件团队负责人 Benjamin Schwab 解释道。此外，随行于管节控制室内的操作人员可以通过溢流阀进行干预，单独调节各加压油缸的压力。为更好地辅助操作人员作业，还专门配备了一套用于检测并显示方向的导向系统。在建造车间的尽头，43 米宽的管节必须尽可能笔直地通过相对狭窄的出口。

监测与控制站随行作业

该项目采用大量 240 吨至 390 吨级千斤顶及液压蓄能器，以满足操作员对管节连续生产速率达 10 米/小时的要求。通过 CP2924 多点触控控制面板，操作人员可全程监控加压、调平及导向操作。控制站设于小型集装箱内，它与液压蓄能器共同安置在隧道管节上随之同步移动。

考虑到项目相当庞大，与之相匹配的控制组件在数量配置方面也极为可观，分布在总负载达 820 kW 的多个控制柜中，安装了大量模拟量 EtherCAT 端子模块 (EL3024) 和数字量输入/输出端子模块，用于采集所有信号并精确控制电机及液压阀；系统还配备了多款电源端子模块、集成标准与安全 I/O 的 EtherCAT 耦合器 EK1914；以及配备 TwinSAFE

逻辑的 EtherCAT 端子模块 EL6910。控制器采用的是 C6030 超紧凑型工业 PC。“粗略估算，我们铺设了约 4.5 公里供电电缆、3.5 公里 EtherCAT 通信电缆及 67 公里控制电缆。”Urs Krähenbühl 在概述项目规模时说道。“EtherCAT 灵活的拓扑选择为布线工作提供了极大便利。”软件团队负责人 Benjamin Schwab 补充道。这使得分布在隧道管节上的蓄能器可采用线型拓扑连接，而生产线上的顶推装置则通过 8 端口 EtherCAT 拓扑扩展模块 CU1128 实现星型拓扑连接。”

EtherCAT 的灵活性 with 热连接功能

“我们针对每条生产线都进行了双重规划部署，因为当一个管节还在移出车间时，就必须同步启动下一个管节的制作。”Olivier Briguët 解释道。系统还必须能够快速便捷地更换故障组件。“EtherCAT 热连接功能为 Hebetec 和 Elpex 提供了所需的灵活性。”倍福利萨赫办事处负责人 Andreas Iseli 证实道。基于此需求，Elpex 对油缸与蓄能器的多种差异化组合进行了配置。这使得安装人员能够从仓库取出所需组件，在开始新管节作业或出现故障时，将这些组件安装到产线上，并通过连接器完成连接。

EAP 与交叉通信助力实现安全方案

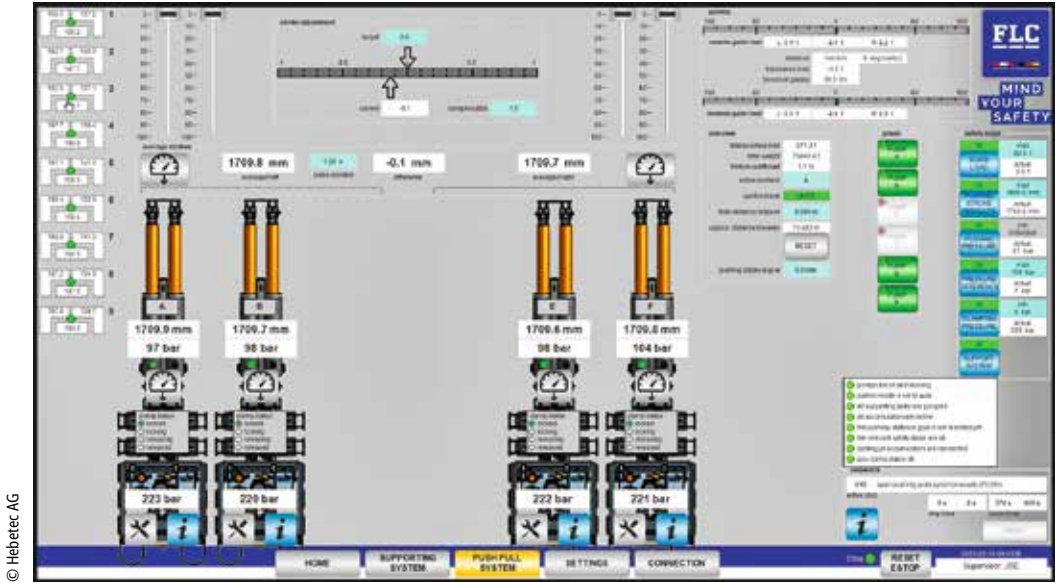
“鉴于设备非永久固定安装，且几乎可以任意组合连接，因此我们还需要一种通用的安全应用解决方案。”Benjamin Schwab 指出这一项目的特殊之处：典型的安全控制系统通常需要明确指定的配置。而此项目中使用的安全控制必须在启动时自动识别设备组合，并与 HMI 上的预设配置进行比对。“通过热连接功能，我们在安全部分同样实现了这种灵活性。”Benjamin Schwab 表示。然而由于设备组合数量庞大，需要配置的 TwinSAFE 组数超出了单个 EtherCAT 端子模块 EL6910 支持的范围。Elpex 通过增配第二个 EL6910 端子模块轻松解决了这一问题，该端子模块通过 EtherCAT Automation Protocol (EAP) 与另一个 TwinSAFE 端子模块通信。“倍福公司应用工程师 Hans Baum-



TwinCAT 软件与 C6030 超紧凑型工业 PC 协同控制多台千斤顶，实现对隧道管节的精确调平、匀速加压和精准对齐

berger 在实现交叉通信的过程中为我们提供了大力支持。”Benjamin Schwab 回忆道。

尽管控制组件数量极为庞大，Elpex 公司仅耗费了 1800 个工时就完成了基于 TwinCAT 的开发与编程工作。EtherCAT 在配置、测试及调试海量液压阀与其它组件过程中同样表现出色，使设备调试时间缩短至约 300 工时。“基于 PC 的控制技术和倍福公司无疑是这一独特项目的完美技术方案与理想合作伙伴。”Urs Krähenbühl 总结道。



操作人员通过 TwinCAT HMI 实现的可视化界面，全程监控并调节隧道管节的加压、调平与对齐过程

更多信息：

- www.hebetec.com
- www.elpex.ch
- www.femern.com
- www.beckhoff.com.cn/ethercat



新一代风力发电机组变流器自动化测试解决方案

驱动能源变革:先进测试技术助力 破解欧洲能源转型困局



正在使用中的倍福工业 PC:一台 C6030 超紧凑型工业 PC(左上)及两台 CX2043 嵌入式控制器(中间和底部)

随着可再生能源普及率的提高,欧洲电网正经历根本性变革,尤其体现在电力电子并网变流器系统的应用日益广泛。这对现代测试平台提出了全新要求,西门子歌美飒可再生能源公司(SGRE)通过采用倍福基于 PC 和 EtherCAT 的控制技术打造的电网-变流器试验台(G-CTR)成功满足了这些要求。

现代电力电子技术为电网支撑提供了广泛的可控性。然而,相较于传统同步发电机,其提供短路电流的能力较弱,这限制了在电网故障时提供的支撑能力。就系统稳定性而言,在系统层面控制发电单元之间的次同步及谐波稳定性交互作用正变得愈发重要。

在此背景下,风电整机厂商正开展原型机测试验证,以确定电网特性并构建电力系统分析所需的电气行为验证模型,因为这些模型是进行系统级进一步分析的必要基础。传统风力发电机组测试验证技术虽已相当成熟,且已成功通过多年现场考核。但现代电网日益增长的挑战要求采用补充性验证方法,以突破传统技术边界。为此,西门子歌美飒在现有的现场测试基础上,创新性地引入先进的试验台验证技术,通过将可编程电网模拟系统与多年现场经验的深度融合,以有针对性且高效的方式扩大验证范围。

先进的试验台助力拓展验证维度

电网-变流器试验台是针对风力发电机组变流系统的柔性可复现测试平台,该关键组件对电网特性具有显著影响。现场测试与验证是在实际工况下对整个发电机组进行的。然而,现场电网条件仅能有限地调整,因此试验台上的可编程电网仿真器提供了更广泛的验证可能性,既适用于静态与暂态电网特性,也适用于谐波行为。由于试验台具备可调供电电压,可在整个工作范围内灵活调节电压、有功功率和无功功率。这使得能够基于测量数据验证风力发电机变流系统的电网服务性能,而这种验证方式在现场条件下无法实现。此外,电网短路功率与 X/R 比值的可调性,使试验台能够真实模拟海上风电场特有的电网场景,包括正常运行与故障工况。通过定向注入电压谐波,可测定频率依赖性阻抗特性,该特性是验证整个电力系统谐波模型的基础依据。

西门子歌美飒在丹麦布兰德建造了 G-CTR 功率硬件在环(PHiL)试验台,采用基于 PC 的控制技术并依托倍福的技术支持,满足自动化、快速动态控制及高频信号/电压/电流采集记录等方面的严苛要求。

在 G-CTR 试验台中,被测变流器 — 即待测设备(DUT) — 被置于两台电网模拟器之间,这两台 ABB ACS6080 中压变流器凭借其精准的电网条件模拟能力和高度灵活性,为 PHiL 测试提供显著优势。通过模拟多种电网场景及故障条件,该系统可对风力发电机组等能源设备进行真实工况测试与认证。其中一台中压变流器模拟电网侧特性,另一台则模拟发电机侧特性。电网模拟器能够高动态地设定三相电压与电流,生成电网故障,并模拟阻抗与谐波特性。

这些电网模拟器通过 EtherCAT 总线与上级测试控制器连接,该控制器负责定义测试场景并监控系统状态,包括冷却与安全等其它子系统。系统采用倍福 C6030 超紧凑型工业 PC,通过 CU2508 实时以太网端口倍增器整合多个 EtherCAT 网络。

两台倍福 CX2043 嵌入式控制器通过 EtherCAT 桥接端子模块 EL6695 实现对电网和发电机模拟器的高动态控制,并集成 HiL 测试流程所需的仿真模型等功能。

嵌入式控制器从测试控制器接收测试场景参数,并运行基于 MATLAB®/Simulink® 开发并通过 TwinCAT 3 Target for Simulink®(TE1400)导入至 TwinCAT 的模型。这些仿真模型可精确模拟电压/电流原始值,包括相位信息及其它所需效果。变流器的电压/电流信号通过 EtherCAT I/O 模块进行测量,并集成到仿真模型中实现控制与校正。电网侧直接采用 EL3783 电网监测端子模块测量 690 V 电压,发电机侧则使用 ELM3002-0205 高压测量端子模块实现最高 1200 V 的电压测量。

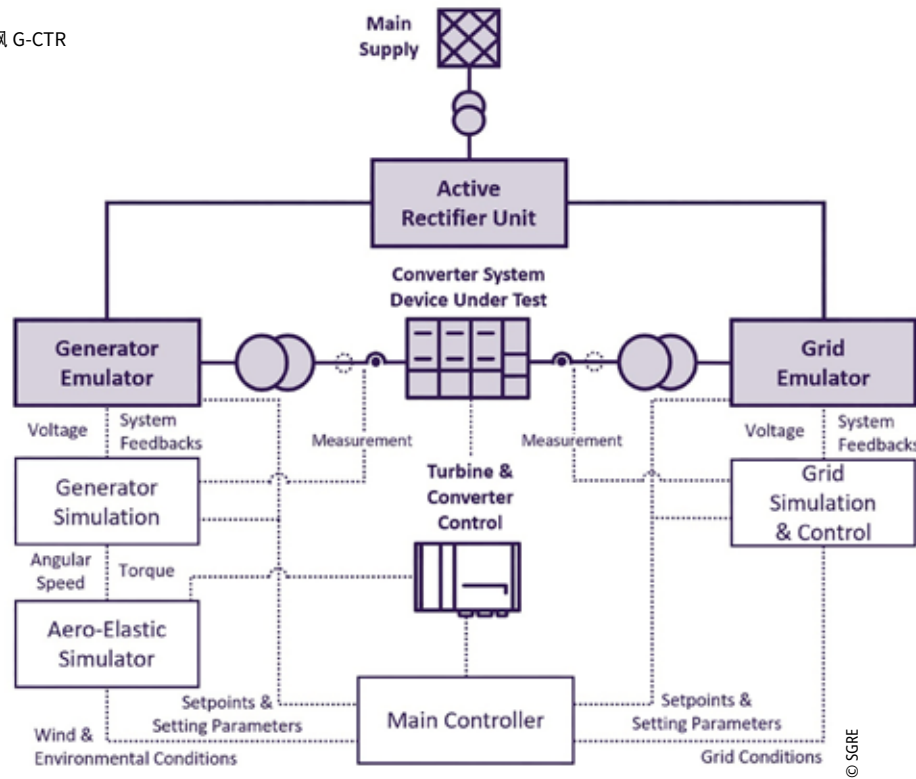
采用倍福的 EtherCAT 和基于 PC 的控制技术,可构建一个高性能且灵活的测试环境,能够精准映射高度复杂且高动态的应用场景





倍福 TwinCAT 软件在西门子歌美飒试验台中发挥关键作用：TwinCAT 3 Scope View 用于数据分析（上方两个屏幕），TwinCAT 3 Target for Embedded Coder®（左下），以及 TwinCAT 3 HMI（右下）提供便捷的系统操作界面

西门子歌美飒 G-CTR 系统外观



电网-变流器试验台系统结构

西门子歌美飒通过 BHawC 仿真系统实时映射整个风力发电机，该仿真系统与风机控制器交互，而风机控制器又与变流器控制器进行通信控制。西门子歌美飒专有的系统控制接口使用 TwinCAT C++ 开发，与 TwinCAT 3 TCP/UDP Realtime (TF6311) 功能一起集成至测试控制器中。

自动化测试管理，全面可视化呈现

测试控制器通过集成测试配置文件，能够实现大量测试场景的全自动执行。这些配置文件定义了测试前必须达到的状态作为前提条件、测试过程中需要按时间顺序传递的状态与信号，以及测试完成后需再次满足的状态（后置条件）。系统定义了数百个配置文件，操作人员只需在可视化界面中选择配置，即可自动按顺序执行测试。操作人员只需通过可视化界面观察测试序列，并在出现错误时视情况介入干预即可。这不仅简化了测试场景的执行流程，还显著提升了测试速度，确保了测试结果的可重现性。无需人工干预的可重复性尤为关键，可用于还原现场场景或提交认证申请。

整个可视化系统基于 TwinCAT 3 HMI (TF2000) 实现。它能够轻松实现系统启停、测试配置文件的管理与执行，还能对各个子系统、仿真器及变流器的所有状态和信号进行诊断与可视化。此外，系统广泛使用了 TwinCAT 3 Scope View (TE1300)，可根据需求以图表形式记录并显示高分辨率原始数据的单个信号曲线。对于通过冗余测量系统进行的独立测量，相关数据通过 TwinCAT 3 OPC UA (TF6100) 提供给外部工具使用。这使得外部测量系统能够自动触发开始和停止记录，同时也能自动执行并记录测试。

CPU 优化与基于 EtherCAT 的高速采样

ACS6080 变流器可通过 EtherCAT 接口实现控制和参数设置，并接收幅值和相位等设定值。通过 ABB 专用通信接口，可向电力电子器件提供采样时间最快达 25 微秒的电压瞬时值。为充分利用该接口，西门子歌美飒加入 EtherCAT 技术协会 (ETG)，并基于 FPGA 和 EtherCAT IP 内核自主开发了用作 EtherCAT 从站的通信接口。

CPU 优化旨在确保仿真模型能够以最快速度提供电压瞬时值。搭载 AMD Ryzen™ 处理器的 CX2043 嵌入式控制器凭借其强大的多核架构以及采用可实现精确快速数据处理的专用 CPU 指令集，非常适合此类高确定性应用场景。该处理器提供 AVX2 等指令集，通过向量化加速并行计算。MathWorks® 公司的 Embedded Coder® 通过适配目标硬件并利用这些特殊指令集，专门针对高性能实时系统优化 C/C++ 代码，从而提高运行效率，降低存储需求。借助 TwinCAT 3 Target for Embedded Coder® (TE1402)，可将优化后的代码发布为 TwinCAT 模型并实时执行。

自动化带来的优势

从西门子歌美飒的角度来看，该自动化解决方案具有多重优势：采用倍福的 EtherCAT 和基 PC 的控制技术，可构建一个高性能且灵活的测试环境，能够精准映射高度复杂且高动态的应用场景。通过将 MATLAB® 和 Simulink® 模型集成至 TwinCAT 平台，可实现控制与仿真需求的无缝对接，而 TwinCAT 3 HMI 与 TwinCAT 3 Scope View 提供的全面诊断和可视化功能，则确保了测试过程的精细化监测与分析。

总而言之，西门子歌美飒在倍福自动化技术的支持下打造的创新测试环境为风力发电机组的多兆瓦级变流器测试与验证提供了高效、可靠且具备高度可重现性的解决方案。这不仅有助于加速新产品的上市速度，更能确保其满足电网运营商与监管机构提出的严苛要求。



正在使用中的 ELM 3002-0205 高压测量端子模块（中间）



儒拉玛特华锐自动化技术(常州)有限公司新生产线制造基地

基于 PC 的控制技术助力提升电动汽车扁线电机生产效率

柔性制造:开启灵活高效大规模量产的新篇章

2024 年, 专用机械设备制造商儒拉玛特华锐自动化技术(常州)推出了第二代高柔性扁线(电机)定子(PIN 针)量产线。该产线依托倍福基于 PC 和 EtherCAT 的控制技术的全方位支持, 实现了极短的生产节拍和产线换型时间。

儒拉玛特华锐自动化技术(常州)有限公司成立于 2021 年, 是一家致力于为全球扁线定子生产制造商提供智能制造解决方案和服务的中德合资企业。公司始终秉持“全球化、多元化、产品化、数字化、平台化、创新力”五化一力战略为指令, 以创新产品和解决方案助力行业发展和转型升级。

第二代扁线电机定子产线具备高柔性化特征, 采用模块化设计。儒拉玛特华锐(常州)电气与软件设计部总监杨前峰介绍, 该产线 50% 的工艺站可快速自动换型, 整线换型时间少于 45 分钟。同时, 对 PIN 针成型、去漆皮、自动编篮、自动插 PIN、焊接等工艺站进行升级迭代, 从

而实现整线 OEE 和系统自动化率的大幅提升, 生产节拍最快可达 30 秒, 满足客户对高效率和高质量的双重需求。与此同时, 在电动汽车行业蓬勃发展、高速增长强劲推动下, 扁线电机定子生产技术不断推陈出新, 持续获得创新突破。从早期的 I-pin、Hair-pin 技术, 一路发展到如今的 X-pin、S-winding, 技术革新的步伐从未停歇。

自动化技术成为关键驱动力

先进的高性能自动化技术对此类高柔性产线至关重要。唯有通过该技术, 才能提升生产效率、降低资源浪费和满足多样化产品需求。为此, 儒拉玛特华锐(常州)采用了倍福基于 PC 和 EtherCAT 的控制

系统技术, 包括 AX5000 伺服驱动器、AM8000 系列电机、TwinCAT HMI、C6030 超紧凑型工业 PC、多点触控控制面板, 以及各类 EtherCAT I/O 模块, 倍福开发的 EtherCAT 通信系统所具备的高效性与灵活性也完美适配该自动化生产线。

据杨前峰介绍, 倍福全面的产品线助力电动汽车扁线电机定子产线的落地, 为整个电动汽车行业贡献了一份力量。C6030 超紧凑型工业 PC 为产线中的复杂逻辑控制、NC 加工以及人机交互提供了高度的系统稳定性和可靠性。EtherCAT 与相应的 I/O 模块实现了高速数据传输和高性能实时控制, 不仅提高了系统的响应速度, 还简化了布线 and 安装过程。

电气与软件设计部总监杨前峰

“倍福全面的产品线助力电动汽车扁线定子量产线的落地, 为整个电动汽车行业贡献了一份力量。”

据儒拉玛特专家介绍, AM8000 系列电机具备高动态响应和高效率特点, 可以与 AX5000 伺服驱动器的快速响应时间和先进控制算法完美互补, 确保整个系统能够在复杂的生产环境中稳定运行。此外, TwinCAT 软件平台将 HMI、PLC、运动控制和 I/O 等所有所需的功能整合在同一个系统中, 统一了开发环境, 简化了开发流程, 提高了效率。总体而言, 这一方案有效减少了兼容性问题、统一了通信协议、降低了维护成本、增强了系统灵活性, 并为未来设备的升级改造提供了便利。



配备多台倍福 AX5000 伺服驱动器的控制柜(图下方)



机械设备布局

更多信息:

www.ruhlamat.com.cn

www.beckhoff.com.cn/automotive



日精树脂已将其全系列注塑机统一转换为采用倍福基于 PC 和 EtherCAT 的控制技术

基于 PC 的控制技术在塑料加工行业的应用

基于 PC 的注塑机控制解决方案：高精度且能灵活适配最新的物联网趋势

长期以来，塑料机械制造商普遍采用自主研发控制设备的方式，在先进控制技术与成本效益之间寻求平衡。然而，这一做法在不久前已遭遇瓶颈。劳动力短缺、资金压力以及适应最新技术的需求等因素，共同推动了行业转向采用经验丰富的专业厂商提供的开放式自动化系统。日本长野县的注塑机制造商日精树脂工业株式会社 (Nissei Plastic) 正采用倍福基于 PC 和 EtherCAT 的控制技术践行这一转型。

德国工业 4.0 倡议强调了制造业标准化与互联互通的重要性，为开放式控制架构的成功奠定了坚实的基础。在包括注塑机领域在内的多个行业中，具体实践正加速推进。尤其值得注意的是，OPC 统一架构 (OPC UA) 已成为工业 4.0 标准化的核心通信框架。在此背景下，日精树脂迈出了其称之为开创性的一步：基于搭载了 TwinCAT 软件及 EtherCAT 开放式通信技术的倍福工业 PC，开发出一套先进的控制系统。更值得一提的是，日精树脂已成为全球首批符合 OPC UA 标准要求的制造商之一。

为何选择开放式架构

塑料是生产智能手机、电视、个人计算机以及汽车零部件等产品不可或缺的材料。根据最终产品的尺寸与类型，生产所需的注塑机涵盖从紧凑型到锁模力超过 7000 吨的超大型注塑机。日精树脂作为全球领先的注塑机制造商之一，将其控制平台向开放式架构的转型视为关键战略决策。



CX5140 嵌入式控制器构成注塑机的高性能控制核心

和其他很多制造商一样，日精树脂最初采用自主研发的微控制器实现定制化控制系统。然而，这种方式要求企业完全自主管理所有硬件组件，带来了巨大的挑战。他们不得不对诸如元器件停产、版本变更，以及与注塑技术核心领域无关的技术难题。此外，同步最新 CPU 技术更新所带来的压力也加剧了企业负担，迫使他们持续投入硬件开发。因此，日精树脂决定将资源集中在软件开发上，并采用可扩展的标准控制硬件。

选择基于 PC 和 EtherCAT 的控制技术作为核心解决方案

经过全面的基准测试，日精树脂发现倍福基于 PC 的控制技术结合开放高速的 EtherCAT 通信系统，最能满足其当前及未来需求。主要决策依据包括：

– 高性能：要生产出具有极高重复精度和高质量的注塑件，需要一套周期时间低至 125 微秒的高确定性控制系统。日精树脂的专家认为，倍福基于 PC 的控制技术提供了所需的性能，这尤其得益于其深厚的研发与生产专业知识。倍福不仅自主研发生产 IPC 主板，开发用于实时控制的 TwinCAT 自动化软件，并凭借其作为 EtherCAT 发明者所拥有的无与伦比的现场总线通信专业知识。这种全面且长期积累的技术底蕴至关重要

– EtherCAT：特别是在日本，EtherCAT 经过多年发展，已成为事实标准。这为日精树脂在选择最适合其注塑机的供应商和组件时提供了极大的灵活性。与倍福合作可确保日精在遇到任何与 EtherCAT 相关的问题时都能获得一流的支持，并能提前接触到未来可节约成

本的 EtherCAT 技术，如 EtherCAT P。EtherCAT 是唯一一项 能够在保持高度灵活性和广泛现场总线覆盖的同时，提供所需速度和精度的技术。此外，EtherCAT 的可扩展性为未来系统升级预留空间，增强了企业的投资保障。

日精树脂认为，要在塑料行业保持竞争优势，关键在于打造出在工程、生产及维护方面极具成本效益的机械设备。除了依靠标准自动化硬件实现规模经济效益外，倍福基于 PC 的控制技术还提供了多种降低总体成本的方案：

– 集中式且可扩展的控制硬件：倍福控制系统基于集中式且可精确扩展的计算机平台，因此可从丰富的 CPU 产品线中选择契合特定应用需求的型号。如果新增机器学习等功能，这些附加功能可以用包括 IEC 61131-3、C++ 或 MATLAB®/Simulink® 在内的多种编程语言在 TwinCAT 中编程，然后作为软件模块实时运行。如果需要更高的算力，只需迁移到新的工业 PC 或 CPU 版本即可轻松实现，无需更改现有的 TwinCAT 项目或既定的自动化架构。

– EtherCAT 插拔式模块：EJ 系列 EtherCAT 插拔式模块将多个 I/O 功能集成到一块紧凑的电路板，即信号分配板上。标准化的信号分配板可用于实现不同类型设备的扩展型号，且只需一个基础版本，因此能够显著缩短研发周期和上市时间。这种方案不仅消除了布线成本与错误，还可通过插接新模块的方式实现灵活定制，无需重新开发电路板，为企业带来显著效益。

标准化机型向基于 PC 的控制解决方案转型

日精树脂于 2016 年启动了针对配备倍福技术且兼容 EtherCAT 的注塑机的研发工作。次年，日精树脂在日本率先推出新机型 FNX-IV (液压版)，并于 2018 年宣布与倍福建立合作伙伴关系。这标志着倍福技术首次成功集成至其设备，成为首个重要的里程碑。随后，电动 NEX-V 系列的问世意味着日精树脂所有量产机型如今均采用了倍福技术。



安装在客户定制信号分配板上的 EJ 系列 EtherCAT 插拔式模块
能够实现高度紧凑、标准化且灵活的 I/O 层

日精树脂总裁依田穗积 (左) 展示配备 EJ 系列 EtherCAT 插拔式模块的客户定制信号分配板。
倍福自动化公司总经理 Hans Beckhoff (右) 正在介绍用作控制核心的 CX5140 嵌入控制器



更多信息：
www.nisseiplastic.com/en
www.beckhoff.com.cn/plastic

基于 PC 的控制技术助力提升塑料机械上的工件搬运效率

解锁直角坐标机器人高精度动态控制新方案

NEO 是由葡萄牙 INAUTOM Robótica 公司完全自主研发的一款直角坐标机器人, 专为塑料加工机械的零件取出工序量身打造, 旨在提升系统生产效率。公司采用了 AM8000 系列同步伺服电机、AX8000 多轴伺服系统以及 TwinCAT 3 控制平台, 并依托倍福长期合作伙伴 Bresimar Automação 公司的专业技术, 最终成功打造出这款机器人。

NEO 10 直角坐标机器人
借助 AM8000 同步伺服电机、AX8000 多轴伺服系统以及 TwinCAT 3 控制平台, 显著提升了取放应用的动态性能与定位精度

NEO 10



得益于 C6015 超紧凑型工业 PC (左) 与 EtherCAT 端子模块 (右) 的紧凑设计, 系统无需额外配置独立控制器



AX8000 多轴伺服系统通过硬件内置的电流控制器与位置控制器的 16 kHz 时钟频率, 实现了直角坐标机器人各个轴的高精度动态定位控制

塑料行业面临着持续提升设备与工艺效率及灵活性的挑战。“这使得自动化成为维持设备供应商和生产商竞争力的关键因素。”INAUTOM Robótica 开发工程师 Fábio Roleiro 在强调该项目的重要性时表示。基于此背景, 作为葡萄牙唯一一家专注于直角坐标机器人及其它类型机器人解决方案在注塑机集成应用的企业, INAUTOM Robótica 与倍福自动化在葡萄牙的代理商 Bresimar Automação 公司达成战略合作。此次合作的目的是借助倍福先进的运动控制解决方案, 提升直角坐标机器人的工作速度。“由此我们为全系列直角坐标机器人打造了一套全面、具有前瞻性的自动化解决方案。”Fábio Roleiro 补充道。

开放式自动化系统助力提升灵活性

NEO 系列直角坐标机器人经过专门优化, 能够快速精准地取出注塑件, 从而有效提升设备生产效率。高取放精度以及高速度等关键性能指标, 是缩短周期的关键。直角坐标机器人的所有部件均经过精心设计, 确保系统具备足够的机械强度, 能够无缝集成至塑料加工机械中。

INAUTOM Robótica 公司采用的核心组件包括: C6015 超紧凑型工业 PC 作为控制器、AM8000 同步伺服电机搭配 AX8000 多轴伺服系统, 以及 EL 系列 EtherCAT 端子模块和 EP 系列 EtherCAT 端子盒。“通过使用这些组件, 并将 TwinCAT 3 用作为自动化平台, INAUTOM Robótica 的工程师们得以成功应对所有技术挑战。”Bresimar Automação 公司倍福品牌经理 Gervásio Monteiro 说道。

NEO 系列开发过程中的一个重要考量是实现最大灵活性, 以便搬运解决方案能适应客户的布局与工艺流程。“该直角坐标机器人负载能力可达 70 公斤, 因此也非常适用于塑料行业外的其它应用场景。”Fábio Roleiro 在强调该系列应用范围广泛时说道。电机与驱动器的精细化分级配置能够灵活适配不同的负载需求。在软件层面, TwinCAT 实现了全尺寸规格的标准化配置。为同时满足高速和加速度的严苛要求并实现精准运动控制, 龙门轴 (X/Y/Z 轴) 均配备了 AM8000 同步伺服电机。这些伺服电机凭借其出色的动态特性和高保持扭矩, 成为高精度与高效率应用场景的理想选择。集成于伺服电机的编码器用作反馈系统, 提供精确的位置数据, 这些数据通过 EtherCAT 总线及节省空间、轻重量单电缆技术 (OCT) 连接方案, 以 62.5 μ s 的通信周期实时传输至 AX8000 多轴伺服系统。

灵活适配的硬件与软件

C6015 超紧凑型工业 PC 尺寸仅为 82 x 82 x 40 mm, 是倍福该系列中最小巧的机型, 同时支持多样化的安装方式。“INAUTOM Robótica 借助这款工业 PC, 有效利用了有限的安装空间。”Gervásio Monteiro 表示。尽管体积小巧, 但其搭载的 Intel Atom® 四核处理器提供充足算力, 可与 TwinCAT 搭配使用, 实时同步计算直角坐标机器人的轴运动轨迹。“它支持 Windows 10 IoT 和 TwinCAT/BSD 操作系统, 未来还将兼容 Linux® 系统, 可全面适配客户的软件需求及运行环境。”Fábio Roleiro 着重强调了 NEO 系列的灵活性。



为满足机器人无线通信要求, INAUTOM Robótica 采用了倍福 CU8210-M001 机柜防护罩, 用于保护工业 WLAN 和移动通信组件

INAUTOM Robótica 采用 TwinCAT 3 PLC/NC PTP 10 (Tc1250) 与 TwinCAT 3 HMI 服务器 (TF2000) 实现机器人自动化控制及可视化功能。基于 HTML5 开的用户界面为机器人系统的管理与操作提供了完整解决方案, HTML5 技术既支持与移动操作设备联动, 又能无缝集成至塑料机械现有的基于浏览器的人机界面中, 从而节省机器人调试所需的额外设备成本。“此外, 基于 HTML5 的可视化界面显著简化了人机交互流程, 其直观的操作方式降低了操作人员的学习门槛, 从而有助于提升整体运行效率。”Gervásio Monteiro 说道。基于 PC 的开放式控制平台为 INAUTOM Robótica 提供了技术保障, 确保其能够持续满足客户未来的升级需求。

符合 IEC 61508 与 Euromap 67 标准的安全设计

INAUTOM Robótica 采用 TwinSAFE 安全技术, 依据 IEC 61508 (SIL3 安全完整性等级) 实现安全功能。系统配置了 EL1918 TwinSAFE 端子模块 (4 通道数字量输入) 和 EL2904 端子模块 (4 通道数字量输出), 确保机器人能够按照 Euromap 67 标准 (注塑机与搬运设备/机器人之间的电气接口规范) 安全集成至塑料加工设备中。“该标准对机器人操作的安全电气化与编码规范具有重要意义。”Fábio Roleiro 强调道。



AM8000 同步伺服电机次采用的单电缆技术 (OCT) 节省了宝贵的安装空间

“基于倍福驱动控制技术打造的解决方案不仅超越了我们的性能要求, 更完全符合 IEC 61508 (SIL3) 和 Euromap 67 标准所规定的高安全等级。”Fábio Roleiro 总结道。通过将倍福控制与驱动技术集成至 INAUTOM Robótica 直角坐标机器人中, 成功实现了取放操作速度与精度的显著提升。INAUTOM Robótica 客户客户因此受益, 设备周期时间大幅缩短, 注塑机生产效率得到显著提升。这得益于 NEO 系列机器人的模块化设计, 可根据客户具体布局和工艺需求, 在负载能力与尺寸规格方面进行定制化配置。“我们的项目印证了卓越技术对满足特定市场需求的重要性。”Fábio Roleiro 阐释道, “同时彰显了战略合作伙伴关系与创新在推动工业自动化持续发展进程中的决定性作用。”

EtherCAT 与基于 PC 的控制技术为巡回演唱会“火蛇”保驾护航

先进的自动化技术确保烟火特效与现场音乐保持精准同步

线性燃烧系统“火蛇”能够打造出一面 3.35 米高的火墙，并且能独立控制火焰形态与高度；同时，配备绞盘的桁架结构可灵活地将各个单元调节至不同角度，进而打造出极具视觉冲击力与动态美感的舞台设计效果

位于马里兰州柯蒂斯湾的 Image Engineering 公司为顶级乐队设计出了令人叹为观止的烟火特效。音乐、灯光、激光与火焰交织融合，为观众营造沉浸式演唱会体验。为实现特效的实时同步控制并确保随时一键中止，该公司采用了倍福的集成式控制与安全技术。

Image Engineering 公司近年来持续为多场顶级演唱会提供幕后核心技术支持，其中最引人注目的当属 2023 年重金属摇滚乐队 Disturbed 的“Take Back Your Life”巡回演唱会以及 2024 年跨西伯利亚乐团“The Lost Christmas Eve”冬季巡演。Image Engineering 公司的专业团队指出，他们通过将先进的自动化控制技术融入项目中，不断突破特效技术的边界。以工程创新为核心的发展理念推动了公司自身的成长。“公司所有者均为工程师出身，自创立之初，工程创新就是我们的立身之本。”Image Engineering 公司运营副总裁 Ian

Bottiglieri 强调道，“这正是我们在现场演出活动领域脱颖而出的核心优势所在。”

“火蛇”这一创意概念的诞生，源于顶级乐队 Disturbed 对前所未见、令人惊叹的烟火特效的强烈需求。除常规灯光外，火焰特效将成为舞台上唯一能提供关键视觉效果的设备。“记得当时在会议室与乐队磋商时，我们询问‘视频屏幕要放在哪里呢？’”Image Engineering 公司

研发与集成总监 Nick Hock 回忆道，“他们的回答是：‘不需要视频屏幕，火焰将是这场演出唯一的视觉呈现。’”

Image Engineering 与 Disturbed 的制作团队携手，共同为巡演打造独特的视觉体验，但他们必须确保“火蛇”装置能够在各类复杂环境、不同温度条件以及多样化方位设定的情况下始终安全可靠地运行，而该项目的完成期限只有不到四个月。

© Steve Jennings



在为期四个月的限定时间内,Image Engineering 必须确保“火蛇”装置能够在各类复杂环境、不同温度条件以及多样化方位设定的情况下始终安全可靠地运行

工程师们的“烈火淬炼”

Image Engineering 团队在“火蛇”的各个方面投入了大量研发精力。这其中包括研究如何在高达 22 psi 的压力下安全地输送适量丙烷,并且无论“火蛇”处于何种方位,都能保持指示灯的稳定。“火蛇”的设计需要将传统的燃烧条替换为先进、灵敏的燃烧器,以呈现更具动感的火焰效果。由此研发而成的线性燃烧系统能够营造出一面 3.35 米高的火墙,并能按比例控制火焰高度与形态(1.2 至 1.8 米)。此外,两个大型爆破阀还能产生翻滚的火球。

“火蛇”装置必须具备紧凑且模块化的特点,以便在各场演出中能够轻松运输、组装,并与现有的舞台结构无缝集成。自动化与安全系统对于操控复杂的火焰特效、并向当地安全监管部门提供安全保证而言至关重要。在与倍福娱乐行业团队进行多次商讨后,Image Engineering 决定与自动化专家携手合作,将“火蛇”设想变为现实。他们计划采用先进的基于 PC 的控制技术,并搭配由 EtherCAT 工业以太网支持的 TwinSAFE 集成式安全解决方案,这是因为,相较于传统控制技术,该方案具有更为突出的灵活性优势。

“火蛇”惊艳亮相

在 Disturbed 乐队的巡演中,“火蛇”必须根据演出曲目动态变换形态。乐队刚开始演奏时,“火蛇”会慢慢苏醒,逐渐呈现出更具动感的动态效果。为实现预期效果,五个分段式的“火蛇”单元被固定在一个定制的桁架结构上,该桁架结构配备了五个绞盘,能够精准调整每个单元的角度。各单元之间保留一厘米(半英寸)的间隙,这一设计既确保了每个都单元能够自由移动,又能让线性火焰效果呈现出连贯且无间断的视觉观感。

Image Engineering 公司设计的巡演蓄能系统(TAS)负责将丙烷从液态转化为气态,并将其输送到特效喷头。当“火蛇”被调整至 45 或 50 度的倾斜角度时,燃料和火焰的表现会发生显著变化,在此情形下,控制系统必须精准控制特效效果,同时全方位确保运行安全。“倍福系统极具灵活性,不仅能够满足火焰特效系统的基础标准,例如美国国家消防协会(NFPA)160 标准中的各项规定,还能在美国众多地方辖区达到更为严苛的标准要求。”Nick Hock 强调道。

“火蛇”装置配备了众多安全措施,以确保演出万无一失,这些安全措施通过 TwinSAFE I/O 端子模块无缝集成至控制平台。只需按下急停按钮,便可让整个装置停止运行,操作人员只需扫一眼控制台,就能实时掌控所有安全相关的状态信息。“当地消防部门观看了安全系统演示,并亲眼见证,只需按下按钮,整个‘火蛇’装置就能平稳受控地停止运行,这让他们感到极为安心。”Hock 解释道。

安装在“火蛇”装置便携式控制箱内的 CX5140 和 CX8190 嵌入式控制器分别用作主控制器和备用控制器,直接连接 EtherCAT I/O 模块。EtherCAT 及 Safety over EtherCAT (FSoE)用于实现整个系统的实时通信与同步,包括安全设备、照明设备及其它舞台特效装备。“对我们而言,实时性能至关重要,因为我们必须要与乐队的音乐节奏以及灯光效果保持完美同步。”Nick Hock 说道,“哪怕只是相差几毫秒的不同步,观众都会察觉到。而 EtherCAT 这样成熟的技术能够确保‘火蛇’与音乐保持完美同步。”

因此,“火蛇”装置利用由 TwinCAT 软件支持的各类 EtherCAT I/O 模块灵活连接 DMX、OSC 等其它网络中的设备。例如,Image Engineering 使用 EL6851 单通道 DMX 接口端子模块触发火蛇”装置的火焰特效。

演出必须照常进行

自“火蛇”装置完工以来,它便满足了 Disturbed 乐队和跨西伯利亚乐团多次巡演期间快速搭建与拆除的要求。例如,Image Engineering 公司负责同时将多台“火蛇”装置运往美国东海岸和西海岸,在短短 40 天内助力跨西伯利亚交响乐团完成了 56 场演出。

倍福系统能够在极端高温的环境温度下可靠运行,这成为了其在巡演中的另一大关键优势,尤其是在夏季举办的音乐会中。“嵌入式控制器硬件的耐热性能令人惊叹。”Image Engineering 公司工程副总监 Claire Bowman 表示,“我们之前在拉斯维加斯使用过其它嵌入式系统,当屋顶温度高达 49°C (120°F) 时,这些系统会出现性能问题,倍福系统始终能稳定可靠地运行,从未掉过链子。”



丙烷燃烧器既能产生持续火焰,火焰高度可调节,最高可达 1.80 米,还能借助爆破阀制造出翻滚的火球

除了极端气候条件外,不同城市的供电稳定性差异也是 Image Engineering 公司关切的重点。“在巡演的不同站点,我们的设备遭遇了严重的电源质量问题。”Bowman 指出,“这些状况总会在最关键时刻导致严重的性能故障。不过,在倍福团队的故障排除协助下,以及配备 EtherCAT 接口的 PS2001 电源,我们成功解决了这一问题,无论输入电源质量如何,都能确保可靠的供电。此外,我们还安装了一个 CU8110 大容量电容式不间断电源(UPS),确保我们的配电系统万稳定可靠。”

“如今,借助 EtherCAT 技术,我们具备了卓越的故障排查能力。”Nick Hock 说道,“我们只需查看‘火蛇’装置的 HMI,就能知道哪些节点连接正常,哪些节点需要排查故障。EtherCAT 能够精准定位系统中任何故障的确切源头。以往需要数小时才能解决的问题,现在通过 EtherCAT 与 TwinCAT 仅需几分钟就能轻松搞定。”

TwinCAT 3 集成了与 Microsoft Visual Studio® 兼容的用户友好型编程环境,大幅缩短了 Image Engineering 公司的软件开发时间。“我们能够构建性能稳健且易于编程的系统,尤其是我们无需再从头编写基础功能模块。”Claire Bowman 指出,“TwinCAT 软件库中已经提供了这些现成的模块。”

相较于以往高度依赖自主开发嵌入式电路板的模式,基于标准 PC 的控制硬件大幅缩短了其硬件开发时间。“我们能让 90% 的产品立即投入使用,几乎无需返工。”Ian Bottiglieri 表示,“加之编程与配置的简易性,开发调试时间缩短了近 50%。”

“火蛇”再掀热潮

“火蛇”装置赢得了观众、演员以及业内专家的一致赞誉。“Disturbed 乐队成员们对它爱不释手,观众反响也极为热烈。”Nick Hock 高兴地说道,“所有人都对它一见倾心。”2024 年,这一认可达到了顶峰:Image Engineering 的姐妹公司 Image SFX 荣获年度烟火特效企业帕内利奖。帕内利奖是现场活动公司在业内能够获得的最高荣誉。

与倍福的合作让 Image Engineering 得以不断突破烟火特效领域原有的技术边界。如今,“火蛇”装置既可做为标准解决方案进行部署,也能根据不同的演出需求进行高度定制化配置。此外,它还能轻松与娱乐设备行业广泛使用的其它舞台控制系统无缝集成。

倍福与 Image Engineering 团队成语(从左至右):区域销售工程师 Jay McNeil(倍福美国分公司);运营副总裁 Ian Bottiglieri、工程副总监 Claire Bowman、研发与集成总监 Nick Hock(均来自 Image Engineering);系统应用工程师 Arthur Peterson 与娱乐设备行业专家 Jason Toon(均来自倍福美国分公司)



安装在“火蛇”装置便携式控制箱内的紧凑型 CX5140 和 CX8190 嵌入式控制器(图示为 CX5140)直接连接 EtherCAT I/O 模块

更多信息:

www.imageengineering.com
www.beckhoff.com.cn/entertainment-industry

基于 PC 的控制技术和 EtherCAT 加速 OLED 材料研发进程

以纳米级精准沉积速率实现产能三倍提升

采用虚拟方法完成开发后，OLED 材料会在显示样品生产环节接受严格测试，以确保其完全符合客户的具体要求

在新一代显示技术的研发竞赛中，创造和验证新材料是企业面临的巨大挑战之一。来自加拿大的 OTI Lumionics 公司正运用倍福的自动化技术全力加速这一原本耗时冗长的研发进程。通过提高试产效率，该公司现在能够更快地完成其高端 OLED 材料的验证过程。

“我们采用在试生产阶段综合运用量子模拟、机器学习以及实际测试等手段来完成材料设计的方式，以开发出具有革命性意义的材料。”总部位于安大略省密西沙加的 OTI Lumionics 公司 CEO 兼总裁 Michael Helander 表示。这些材料将在消费电子领域掀起一场突破性创新的浪潮，应用范围涵盖打造屏下摄像头的智能手机，以及前沿的车载显示技术。“我们与苹果、三星、LG 等合作伙伴紧密合作，正为消费电子和车载应用领域的新一代 OLED 显示屏研发关键材料。”Helander 补充道。

测试过程接受严格审查

为取得这样的成功，OTI 公司开发了 EPOC-auto 这一创新的材料测试平台，用于试生产。“在开发 EPOC-auto 之前，我们一直困扰于不同操作人员得出的测试结果存在差异。”OTI Lumionics 工程副总裁 Terry Xu 说道，“要重复制作出相同的 OLED 结构十分困难，因此也就难以对一些关键参数进行精细调整。由于设备结构必须在白天一次性完成构建，这些系统大多时候都处于闲置状态。这不仅造成工具运营成本极高，OLED 样品的良率却很低。”

实现该流程的自动化需要攻克一系列复杂技术难关。系统需自动处理 20 种层型结构完全不同的基板，同时确保基板与掩模板对准时的移动精度达到 0.1 毫米。然而这种材料沉积控制精度即便在单次操作中也难以实现，更不用说要在连续测试周期中始终保持。此外，系统还需同步控制多个材料源，每个材料源都需配备独立的精密控制器，以实现纳米级的沉积速率的精准调控。为确保结果的一致性，数百个传感器和运动部件必须完美协同工作。

此外，系统还需应对不断变化的实验需求，这进一步增加了其复杂性。“由于我们的业务具有实验性质，目标可能每天都在变化。”高级机电工程师 Terry Yang 解释道，“这意味着我们需要一个能够快速调整和升级的系统。”

工业自动化在科学环境中的应用

为应对这些挑战，OTI 决定标准化部署倍福通用的基于 PC 的控制平台。该解决方案的核心是 CX2020 嵌入式控制器，它负责管理整个自动测试流程，同时为纳米级材料沉积提供高精度、确定性的控制。实时 EtherCAT 工业以太网系统可实现传感器、执行器和科学仪器的无缝集成，为该方案提供了有力补充。

EtherCAT 端子模块种类繁多，能够与第三方设备通信，有助于弥合科学仪器与自动化之间的差距。鉴于半导体研发的特殊需求，这些接口所提供的集成灵活性显得至关重要。

EtherCAT 助力集成科学仪器

OTI 采用 EL6021 串口端子模块, 通过高达 115.2 kbaud 的 RS422/RS485 通信, 实现了与石英晶体微天平、真空控制器等专业设备的高速数据交换。EL3024 4 通道模拟量输入端子模块具备 12 位分辨率及电气隔离功能, 既能精准同步地监测多个沉积参数, 又能为灵敏度较高的测量设备提供可靠保护。EL3318 8 通道热电偶输入端子模块内置线性化与冷端补偿功能, 支持对多个温区进行精确的温度监控。

这种组合构建了一个性能稳健的测量与控制基础设施, 能够满足 OLED 材料开发所需的纳米级精度要求。端子模块的紧凑设计以及在

整个系统中直接部署 EtherCAT 架构, 不仅简化了控制柜的设计, 还能随着测试需求的演变, 灵活地为新增测量点添加接口。

基于这一精简架构, 运动控制系统集成了用于高精度定位控制的端子模块与 AM8122 伺服电机。“紧凑型伺服电机采用单电缆技术, 使布线更加整洁。同时, 串口通信库支持轻松集成第三方组件。” Terry Yang 解释道。

在项目实施过程中, OTI 与倍福加拿大系统应用工程师兼驱动技术产品专家、专业工程师 Rui Zhang 紧密合作, 尤其是在 AM8122 伺服电

机的集成和软件配置方面得到了他的鼎力相助。该运动控制系统还集成了五台 AX5201 伺服驱动器, 它们与电机共同构成机械系统与控制系统之间的关键接口。凭借快至 62.5 微秒的电流控制周期, 它们能够为高动态定位任务提供所需的性能。

OTI 充分利用了 AX5000 系列灵活的反馈接口优势, 该接口支持连接包括旋转变压器与高分辨率编码器在内的多种反馈系统。这种灵活性, 加上驱动器可调节的电流及速度滤波器参数设置能力, 使得工程团队能够针对纳米级精度要求对运动控制进行精细调教。

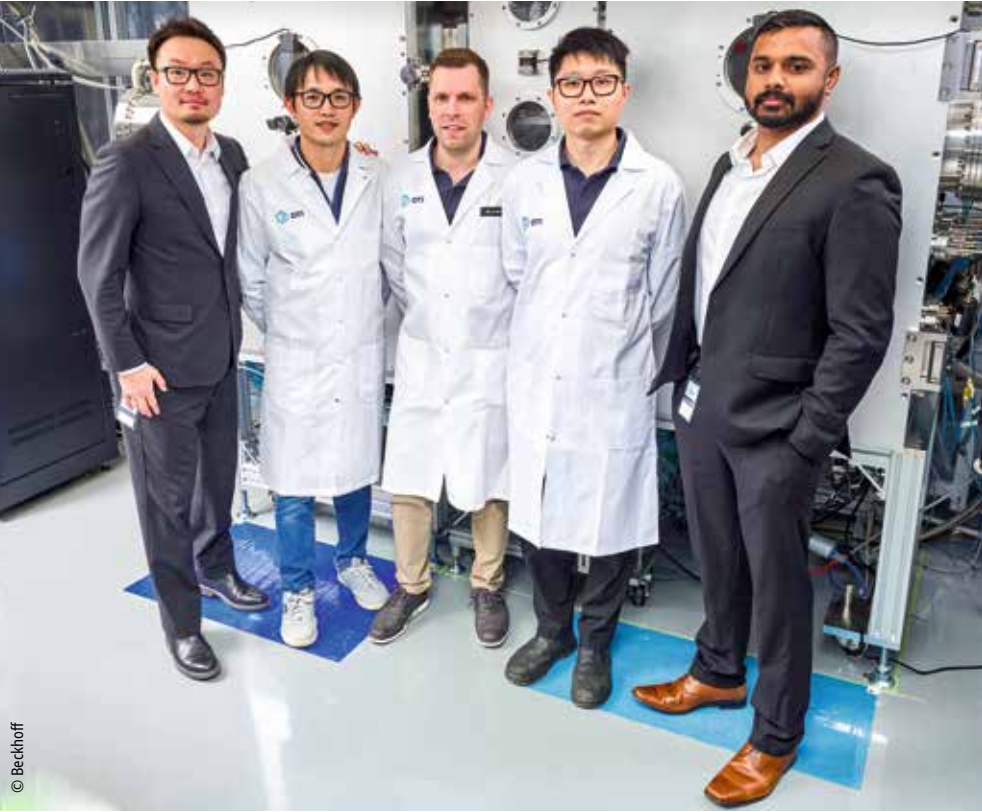
“OTI 深厚的技术底蕴以及在面向对象编程方面的丰富经验, 让整个集成过程异常顺利。” Rui Zhang 表示。系统采用了 TwinCAT 自动化软件, 该软件在一个软件包里集成了带 PLC、NC 和 CNC 功能的实时控制系统。这款软件的开发环境支持对所有连接的自动化设备进行配置、编程、调试和诊断。“我们只使用结构化文本, 因为它与面向对象编程非常相似。” Terry Yang 指出, “这种简洁的编程风格让我们的软件易于阅读和调试。”

化繁为简

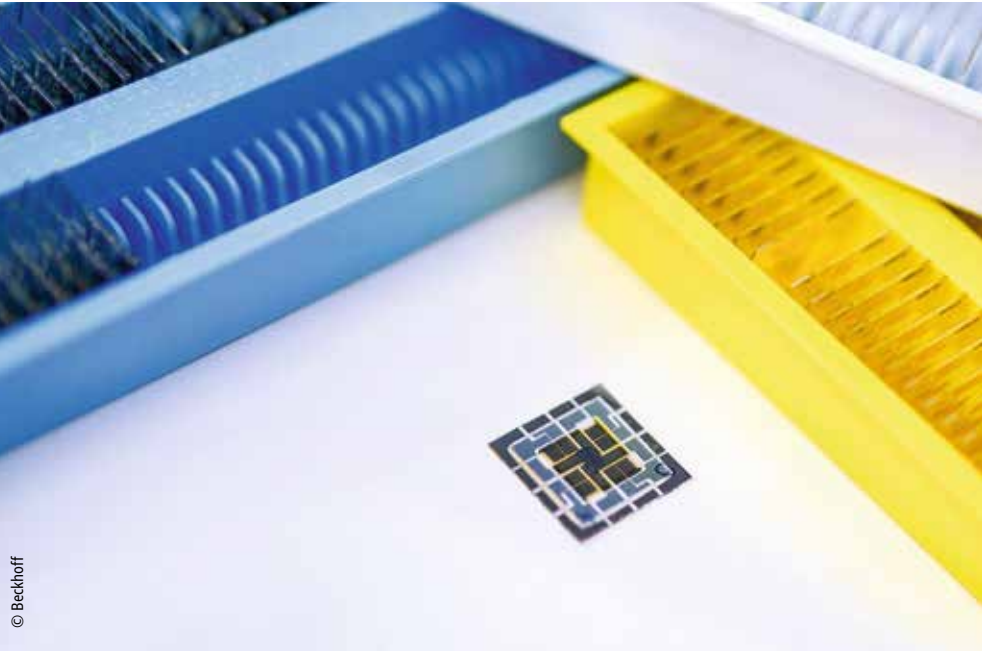
“EPOC-auto 可全天候不间断运行, 且几乎无需操作人员干预。Terry Xu 介绍道。他解释称, 该系统的吞吐量是半自动化或人工系统的三倍有余。“截至目前, 它已实现连续稳定运行, 未出现任何故障。此外, 其测试重复性较我们之前的系统提升了一倍。”增强的数据采集与分析能力在优化测试流程方面展现出了尤为突出的价值。

“这一自动化测试平台从根本上改变了我们的创新模式。” Xu 表示。“当您既能将测试吞吐量提高至原来的三倍, 又能提升测试精度时, 您解决的就不只是当下的难题, 您还在加速推动显示技术的未来发展。”

试产中的运动控制平台还采用了结构紧凑的 AM8122 驱控一体伺服电机, 它将伺服电机、输出段和现场总线接口结合于一体



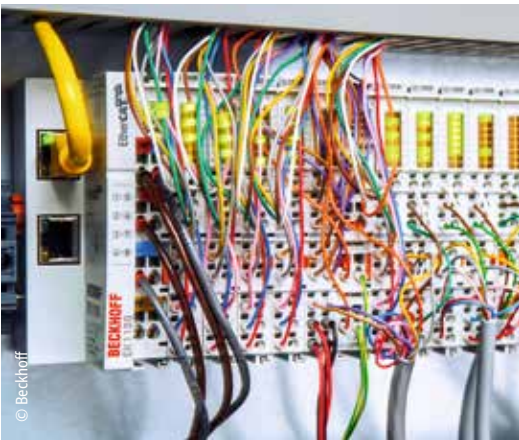
安大略省密西沙加基工厂内的 OTI Lumionics 团队与倍福成员: (左起) Rui Zhang (倍福)、Terry Xu、Michael Helander、Terry Yang (均来自 OTI) 以及 Gleeson Kathir (倍福)



为确保材料品质达到顶尖水平, 需制造并评估大量 OLED 显示样品



倍福 AX5201 伺服驱动器支持实现材料测试所需的高速、高动态定位任务



在与专业科学设备进行高速数据交换时, OTI Lumionics 公司在材料测试平台上使用了多种不同类型的 EtherCAT 端子模块

更多信息:

www.otilumionics.com

www.beckhoff.com.cn/ethercat



(从左至右) Jan-Willem van den Broek (倍福荷兰分公司销售工程师)、Stefan van Amerongen (Additive Industries 公司产品生命周期架构师) 与 Stijn de Bruin (倍福荷兰分公司销售工程师) 在 MetalFAB 3D 打印机前合影

基于 PC 控制技术的增材制造解决方案

开放式控制解决方案实现精密控制与图形化编程的完美交融

作为开放式控制平台，基于 PC 的控制技术支持多种工程方法，包括使用 Cordis SUITE 等框架进行低代码编程。设备制造商 Additive Industries 运用该技术为其 MetalFAB 3D 打印机的 TwinCAT Runtime 编写代码。在自动化技术方面，该公司完全采用倍福的控制组件、I/O 模块以及驱动技术。



Additive Industries 与 Cordis 采用搭载 TwinCAT 的 CX5230 嵌入式控制器作为控制系统核心

低代码编程是一种在图形化环境中基于模型进行软件开发的方法，在 IT 领域是一种非常成熟的编程方式。Cordis 在其 OT 系统的 Cordis SUITE 平台中应用了这种方法，通过状态机和活动图自动生成 TwinCAT Runtime 代码。

基于 PC 的控制技术 — 自始便具开放性

“低代码编程在 OT 领域的应用远晚于 IT 领域，因为传统制造商长期以来对其硬件进行了封闭式保护。”Cordis 首席运营官 Jan Peter Meeuwse 解释道。而倍福基于 PC 的控制技术自诞生之初便具备开放性、灵活性和可扩展性，且至今依然如此。“尽管使用 Cordis SUITE 开发的模型也可移植到其它平台上，但我们的客户仍选择倍福，因为基于 PC 的控制技术具有独特优势。”Additive Industries 公司产品生命周期架构师 Stefan van Amerongen 强调道。

总部位于埃因霍温的 Additive Industries 公司使用 Cordis SUITE 为其 MetalFAB 工业级金属 3D 打印机开发软件。该公司采用倍福的高性能硬件与软件作为其自动化平台，选用 CX5230 嵌入式控制器作为控制平台，用 AX5000 伺服驱动器控制 AM8000 伺服电机，并大量使用了 EtherCAT 端子模块和 TwinSAFE 端子模块。“我

们选择倍福作为系统供应商，是因为其组件可靠且灵活。倍福全面的产品组合覆盖范围广泛，完美契合我们设备方案的模块化架构。”Additive Industries 公司产品生命周期架构师 Stefan van Amerongen 表示。

紧凑且精密的驱动技术

据 Additive Industries 公司介绍，MetalFAB 系列是该领域最先进的金属 3D 打印机，凭借高度自动化实现了同类产品中的最高生产效率。“倍福的驱动技术和运动控制解决方案在此发挥了不可或缺的作用，其卓越的可靠性和耐久性确保了打印机的高生产效率。”Stefan van Amerongen 表示。为实现 3D 打印的卓越表面质量标准，打印过程中需要精准且动态的驱动技术来移动基板。AM8000 伺服电机还负责金属粉末的分配，这一过程对于形成精确轮廓至关重要。此外，伺服电机还应用于机器人自动搬运基板的环节。平均每台 3D 打印机配备 14 台伺服电机。

这款 3D 打印机的代码库有约 100 万行代码，其中超过一半由 Cordis SUITE 自动生成。这部分 PLC 代码仅需两到三人维护，而其余的 PC 代码则需要一个十人团队来负责。“这充分体现了建模的强大优势 — 不仅减少了所需人力，还提升

Additive Industries 公司产品生命周期架构师
Stefan van Amerongen 表示

“倍福全面的产品组合覆盖范围广泛，完美契合我们设备方案的模块化架构。”



3D 打印需要精确的运动序列，Additive Industries 公司通过 AX5000 伺服驱动器与 AM8000 伺服电机实现这一需求

了代码质量与适应性。”Stefan van Amerongen 强调道。控制程序的质量和适应性也同步提升，这是因为设备的行为与架构均通过模型描述，工程师能够快速定位需要调整的程序模块。工艺专家无需具备深厚的编程知识，便可对设备功能进行建模和配置。“他们只需学会解读状态模型即可。”Stefan van Amerongen 解释道。工艺专家还可通过仪表盘自定义软件的全部功能和参数。

集成于 TwinCAT 中的低代码开发

Cordis SUITE 的一键部署方案支持软件的简易发布，并能将应用程序无缝集成至 TwinCAT 系统。TwinCAT Runtime 集成了 PLC、HMI、运动控制以及图像处理功能。“这省去了对额外系统的需求。”倍福荷兰分公司销售工程师 Stijn de Bruin 解释道。此外，Additive Industries 还受益于开放式 PC 的技术优势，可以选用 Windows 或 Linux® 等操作系统，并通过熟悉的接口与设备及信息系统进行交互。

Jan Peter Meeuwse 解释道：“我们的低代码开发层额外配置了一个通用服务器应用程序，它充当了 IT 与 OT 系统之间的桥梁，例如，它能够高效实现 TwinCAT 应用程序与终端用户 IT 系统的整合，并大幅简化全面数据记录工作流程。”对于 Additive Industries 公司而言，将数据轻松集成到 IT 系统中至关重要，因为大多数客户都希望对 3D 打印机进行监控。“以航空航天和汽车行业为例，他们需要这些数据对产品进行认证和追溯。”Stijn de Bruin 表示。传统工具可以从工艺流程中提取传感器数据并生成图表，而在此情况下，Cordis SUITE



3D 打印机的轴数量最多可达 14 个，这些轴由 AM8000 伺服电机进行精确且高动态的运动控制

更进一步，它还能显示所有组件的历史状态，或创建全面的日志来展示软件的 Runtime 行为。“这让我们能够更深入地了解软件内部运行机制，将系统转化一个能提供大量额外设备数据的智能传感器。”Jan Peter Meeuwse 补充道。

紧密协作，加速下一代产品落地

Additive Industries 公司目前正致力于研发新一代 MetalFAB 设备。由于这一代产品需要對控制程序进行全面扩展，在此过程中，公司得以复用大量现有模型，同时基于 TwinCAT Runtime 程序代码进行开发。Stefan van Amerongen 评价道：“我们尤为赞赏的是 EtherCAT 诊断功能与集成式安全通信技术，以及倍福荷兰分公司员工提供的快速、专业的技术支持。”

基于 PC 的控制技术助力追踪标签规模化生产

智能标签, 智造未来



搭载 TwinCAT 软件的
C6930 控制柜式工业
PC 构成生产系统的高
性能控制核心

据统计,全球货运行业,每天约有 170 万个包裹丢失或被盗。传统追踪方式依赖条形码或二维码,仅能在特定节点进行扫描,但在运输途中的各站点间几乎无法实现有效追踪。英国初创公司 Reelables 凭借其蓝牙与 5G 智能标签,实现了从仓库到客户家门口的全程实时包裹追踪。面对持续攀升且日益旺盛的市场需求,Reelables 迫切需要提升生产速度,这正是倍福基于 PC 和 EtherCAT 的控制技术的用武之地。

Reelables 公司创始人 Brian Krejcarek 的创业灵感源于一个特别的时刻:他在爬山时突然发现自己忘了带润唇膏。这一想法逐渐演变成了一个更宏大的愿景:要是能有一种方法可以主动追踪物品,让你在出门前就知道自己遗漏了什么,那该多好?Reelables 最初设想的企业对消费者(B2C)模式最终转向了企业对企业(B2B)模式,因为他们认识到,在货运代理、物流和仓储等领域蕴藏着更大的商机。

该公司的目标是打造一款成本极低且可规模化生产的追踪标签,这种标签可以附着在几乎任何物品上,最终用持续广播位置信息的主动追踪器取代传统的条形码或二维码。目

Reelables 公司的追踪标签成卷供应,可直接集成到自动化贴标流程中



前 Reelables 生产两种类型的智能标签：

- 蓝牙追踪标签：适用于各行业的资产追踪，尤其适用于延误成本高昂的高价值物流场景
- 热敏标签：精度可达 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，应用于海鲜运输等冷链应用场景

据 Reelables 公司介绍，物流企业与终端客户都能从实时追踪技术中获益。这些标签形状和尺寸与信用卡相仿，做成卷筒形式，可直接集成到自动化贴标流程中，从而完全取代传统的纸质或塑料标签。

与自动化专家的合作

Oliver Boswall-Perks 于 2019 年加入 Reelables 公司，担任机电一体化工程师，负责提升公司的生产能力：“Reelables 是唯一一家生产印刷电池标签的企业。这带来了诸多优势：首先，我们的智能标签被归类为包装材料，因此无需海关申报；其次，这些标签可通过标准废弃物处理流程进行处理，符合我们客户的可持续发展目标。”

Oliver Boswall-Perks 曾在之前的工作中与倍福有过合作，因此他联系了倍福英国分公司的业务拓展经理 Bradley McEwan。“Reelables 公司带着一个极具说服力的验证成果找到我们 — 一款在业内逐渐风靡的智能蓝牙标签，但他们早期的生产设备并不具备规模化生产的能力。”McEwan 解释道，“他们需要 will 使用非工业硬件的手动生产流程转变为全自动的高速产线。”

在与倍福合作之前，Reelables 团队在十小时的班次内仅能生产数千枚标签。随着需求不断增长，团队对生产系统进行逐步升级，层层优化，始终致力于提高生产速度、产量以及产品质量。“这就像是一个先有鸡还是先有蛋的经典难题。”Bradley McEwan 补充道，“你得有产品推向市场，但在有市场需求之前，又无法在生产基础设施上投入大量资金。随着公司标签开始热销，他们迫切需要一套能够契合公司业

务发展节奏的全自动化系统。”

双方的合作始于在 Reelables 位于伦敦的场地举行的一次面对面会议。倍福实地考察了该公司的现有生产配置，并与 Oliver Boswall-Perks 及其团队深入交流，了解他们期望达成的目标。基于此，倍福利用一系列离散制造模块构建了一个新系统，并将自身的 TwinCAT 自动化软件集成其中。

技术实施

新的生产系统基于倍福自动化平台构建，该平台与 TwinCAT 和 EtherCAT 实现了全面集成。除 TwinCAT 软件外，该系统还配备了工业 PC、驱动技术、EtherCAT 端子模块、实时视觉系统以及用作 HMI 的多点触控控制面板。Reelables 公司还因率先采用 TwinCAT Vision 与 Motion 集成技术而获益匪浅。其系统运行于倍福的 SPT 应用框架之上，这是该框架在英国的首次应用。该架构支持未来设备的轻松扩展与集成，具有极高的可扩展性。该框架为设备序列控制提供了一种结构化、模块化的方法，且完全符合 PackML 标准。“真正关键的是倍福不仅仅提供硬件。”Oliver Boswall-Perks 补充道，“其专家团队还协助我们打造了机器视觉、运动与逻辑控制协同工作的完整系统。这种程度的支持非常难得，尤其是对于我们这种规模的公司而言。”

Reelables 公司还引入了倍福的专业开发服务。倍福产品工程师 Chris Knight 牵头开展编程工作，与 Reelables 团队驻场协作数月，共同开发设备代码、逻辑控制以及序列控制。“我们团队规模很小，只有十个人，Chris Knight 的专业见解对我们而言无比珍贵。”Oliver Boswall-Perks 补充道，“他带来了丰富的专业知识，推动我们加快了项目进度，还帮助团队迅速熟悉了这套系统。他在指导我们开展工作，以及为我们对接倍福更广泛的运动与视觉专家网络方面发挥了关键作用，极大地加快了整个进程。”



项目专家：倍福产品工程师 Chris Knight 与机电一体化工程师 Oliver Boswall-Perks (从左至右)



双通道 AX5206 伺服驱动器确保实现高精度、高动态的运动控制

通过光学质量控制实现性能提升

TwinCAT Vision 系统在质量控制环节发挥着至关重要的作用。当每个标签在生产线上移动时，该系统会捕捉其高分辨率图像，精确计算标签的旋转角度和位置偏差，检测是否存在缺陷，并确保实现微米级的点胶精度。尤为关键的是，该系统还能识别并跳过后续工序中可能不合格的标签。

如今，该系统能够同时捕捉多个标签的图像，实现更快的处理速度和更高的产品一致性。这使得 Reelables 公司能够在高速生产的同时保证产品质量，目前每个班次可生产数万枚标签，与之前的系统相比，产量提升了 150%。“改用 TwinCAT 意味着我们能够将实时视觉检测集成到生产流程中，而以往这部分工作只能依赖人工完成。”Oliver Boswall-Perks 表示，“现在，不仅生产速度更快了，而且产品质量丝毫没有下降，实际上，产品一致性还更高了。”

展望未来

Reelables 公司正在为每一枚标签构建完整的数字记录，在生产线的多个检测点采集数据。这些数据将被输入到一个 AI 驱动的分析系统中，该系统旨在根据点胶质量、芯片贴装精度、基材状态、环境因素等参数预测故障风险。系统能够实时采取纠正措施，例如跳过芯片贴装或点胶步骤，以节约资源并提高良率与生产效率。



新型 Reelables 标签生产系统结构极为紧凑，且可通过倍福多点触控控制面板便捷操作

半导体技术工作组：势头强劲、新规迭出、展望未来



由 ETG 技术团队负责人弗洛里安·埃斯勒领导的 TWG 半导体工作组 (图为其 25 周年会议现场) 是 ETG 内部最活跃的工作组之一

EtherCAT 技术协会半导体技术工作组 (TWG Semi) 的最新会议,再次彰显了 EtherCAT 生态圈在半导体行业的蓬勃活力、专注热忱与前瞻视野。在深入研讨、实操及开放问答等环节中,各方聚焦设备行规的推进,未来数月的发展前景备受期许。

会议伊始,现场便洋溢着高涨热情:讨论早已超越 EtherCAT 基础原理,深入聚焦半导体应用中的实施细节与特定挑战。值得特别关注的是,与会者对同步性等 EtherCAT 高级特性表现出浓厚兴趣,并在问答环节引发了广泛关注。

行规加速推进中

在聚焦新设备行规的任务组中 —— 尤其是针对远程现场控制器 (RFC)、光学设备系统 (OES) 与洗涤塔 (SCR) 三类设备 —— 各会员单位凝心聚力,开展深度跨厂商协作,推动相关行规的逐步完善,即将正式发布。

目标十分明确:为半导体行业打造稳定可靠、高性能且适应未来的设备行规。首批与行业相关的新标准有望最早在明年推出。

与此同时,现有行规也在动态更新中:在历经近十年的广泛应用后,多个工作组正计划重新发布部分行规,并集成 EtherCAT 新功能,并适配性能更强大的硬件平台。这一清晰的信号表明,EtherCAT 生态圈已做好携手迈向新阶段的准备。

迭代前行、薪火相传

工作组也正经历代际更迭:部分自 2011 年工作组成立之初便投身其中的资深工程师已光荣退休,与此同时,一批新会员踊跃加入,他们带来了全新的视角、浓厚的技术探索欲与强烈的学习意愿。这种持续的经验交流与知识传承,不仅令人瞩目,更为设备行规的可持续发展及与行业的适配性提供了坚实保障。

开放包容、技术深耕、相互尊重的协作精神,让半导体技术工作组 (TWG Semi) 成为行业合作的典范标杆。在此,推动开放标准的发展绝非一句口号,而是我们积极践行、始终坚守的行动准则。

热力全开！EtherCAT 技术交流会圆满举办



今年, EtherCAT 专题技术交流会分别在杭州、南昌、沈阳、北京成功举办! 众多国内的技术工程师们带着对前沿技术的探索热情齐聚一堂,共同解锁 EtherCAT 技术的创新应用与行业未来。该系列活动由 EtherCAT 技术协会主办,倍福中国的赞助支持。

ETG 的专家在会上深度解析了技术核心优势,以及面向未来的工厂级解决方案。德国倍福公司作为技术发明者与赞助方,带来了基于 EtherCAT 的 PC 控制架构实战案例,生动展现了技术如何赋能产业升级。

在南昌的活动上,协办方北航江西研究院的专家还带领参会者实地参观探访了研究院的实验室基地和展厅,分享了产学研合作视角下 EtherCAT 技术的创新应用场景,为技术落地提供了多元化思路。



ETG 迎来第 8000 家会员：Norwalt 自动化集团

2024 年年底, EtherCAT 技术协会 (ETG) 会员发展达到了一个新的里程碑,随着美国 Norwalt 自动化集团的加入,ETG 目前已拥有 8000 家会员单位。

Norwalt 作为一家机器制造商加入 ETG, 希望在未来利用 EtherCAT 技术的众多优势来助力其客户。与我们 ETG 一样, Norwalt 的技术运营经理 Kyle Seitel 也很高兴加入 ETG: “如果没有 EtherCAT, 我们的新机器就不会那么成功: EtherCAT 的性能和同步精度使带有多轴的系统具有出色的准确性和高吞吐量。EtherCAT 能帮助我们满足客户的高需求, 未来我们将继续使用该技术。”

EtherCAT 技术协会成立 20 多年来, 会员数量持续增长, 在过去的十年里, 每年都有 400 多家新会员加入 ETG。尽管 EtherCAT 源于德国, 但 ETG 会员遍布全球: 近日, 亚洲会员单位数量已超过欧洲。这意味着 ETG 中有 43% 的会员来自亚洲, 42% 来自欧洲, 14% 来自美国, 1% 来自世界其他地区。根据协会的入会准则, 仅公司或大学等法人单位能加入 ETG 成为会员, 个人无法申请。

ETG 持续提升其作为全球最大现场总线用户组织的地位, 约 8000 万个 EtherCAT 节点也再次验证了该技术的成功和市场渗透。

更多倍福相关信息



公司信息



全球业务



市场活动及日期



职位招聘



产品信息



行业信息



技术支持