

评论

ABB

世界上历史
最悠久的技术期刊之一

04|2024 zh

机器人 50 年发展史

继续订阅

即刻行动
第 226 页



228

228–251 机器人 50 年发展史

252–267 能源效率

268–283 自动化与控制

284–294 永无止境的开拓



264



加工精度堪比头发丝



电机功率

高精度气体测量



225 **编者按**

226 **敬请续订**

期待您继续订阅我刊!

机器人 50 年发展史

228 **ABB 工业机器人 50 年发展史**

融贯创新之旅

236 **机器人和 AI 应用新疆域**

访谈 Marc Segura

238 **加工精度堪比头发丝**

机器人无与伦比的路径精度和绝对精度

246 **OmniCore™ 赋予无限可能**

OmniCore——下一代机器人控制平台

能源效率

252 **机器环保前瞻**

人工智能模型的可持续性

259 **MV Titanium**

MW 级电机的颠覆性能源效率

260 **电机功率**

实现超前能源效率的 SynRM 电机

264 **强强联合**

节能电机-逆变器组合

自动化与控制

268 **利用数据管道**

支持以太网 APL 标准的流量计

272 **自动化工程设计**

使用资产管理壳实现工程设计自动化

278 **高精度气体测量**

通过回注实现灵敏检测

永无止境的开拓

284 **确保完美压力**

Pressductor 迎来 70 周年纪念

290 **缔造百年辉煌**

微型断路器的百年发展史

索引

295 **2024 年关键词索引**

298 **2024 年索引**

300 **STEM 中的女性力量**

《ABB 评论》专题报告

专业术语解释

302 **协作机器人**

303 **订阅**

303 **出版信息**

—
即刻行动。继续订阅。

当前版期刊发行后,《ABB 评论》印刷版和电子邮件通知的现有订阅列表均将停止。未能重新订阅意味着这可能是您收到的最后一期《ABB 评论》。如后续欲继续接收期刊,敬请广大读者订阅《创新与技术时事通讯》。请参阅第 226 页了解详情。

编者按

机器人 50 年发展史

继续订阅

即刻行动
第 226 页



亲爱的读者:

50 年前, 我们推出了一款机器人 IRB 6, 这款机器人彻底改变了制造业, 进而永久改变了工业格局。其中蕴含的改变游戏规则的创新精神至今任对 ABB 有着隽永流长的影响。

设想一下, 机器人的路径误差居然比人类头发丝的宽度更为精细——ABB 的全新款 GoFa™ 即可实现这一功能。或者想象这样一个编程环境, 不仅能充分发挥机器人的运动能力, 还可无缝集成 AI 和视觉系统。ABB 全新推出的 Omnicore™ 控制架构可将机器人的周期时间缩短高达 25%, 同时支持简单直观地进行机器人编程操作, 降低能耗。想想这些创新将如何助力行业超越——实现更精简、更清洁的目标。

敬请翻阅本期《ABB 评论》, 了解创新详情。

祝您开卷有益!

A handwritten signature in black ink that reads "M. Wierod". The signature is written in a cursive, flowing style.

Morten Wierod
ABB 集团首席执行官



—
期待您继续订阅我刊!

敬请续订

如果您不即刻行动, 这可能将是您收到的最后一期《ABB 评论》。无论您正阅读的是印刷版还是数字版, 都需要重新注册才能继续接收期刊。

《ABB 评论》即将以新格式呈现。作为此次变更的一环, 我们正着手审查我们的发行机制。我们敬请所有于 2024 年 8 月 1 日前注册的订阅者立即重新订阅 (无论其目前接收的是印刷版还是电子邮件提醒)。

如果您更喜欢收到《ABB 评论》的印刷版, 请订阅此时事通讯。稍后我们将发给您一份在线调查, 邀请您表达对印刷版订阅的偏好。如果您尚未订阅《ABB 评论》, 我们也诚邀您注册订阅该时事通讯。

如果您未能重新订阅, 我们只能遗憾地认为您不再同意订阅。现有订阅列表将停用。

对于此次变更给您带来的不便, 我们深表歉意。如您能继续订阅《ABB 评论》, 我们将不甚感激。

如欲重新订阅, 最简单的方法是点击右侧的按钮, 按说明进行操作。如果您无法使用按钮, 也可以访问 innovationnews.abb.com/registration。此操作将为您订阅新的《创新与技术时事通讯》, 该通讯将通知您新一期的《ABB 评论》(以及来自 ABB 的其他创新与技术新闻)。

Andreas Moglestue
主编



Andreas
Moglestue
《ABB 评论》
瑞士苏黎世

andreas.
moglestue@
ch.abb.com

常见问题解答

为什么要订阅《创新与技术时事通讯》，而不直接订阅《ABB 评论》？

填写左侧链接的订阅表格进行注册，确保您将接收 ABB 新的《创新与技术时事通讯》。自 2025 年起，新版《ABB 评论》将在本时事通讯中公布，并在创新与技术中心发布。

创新与技术中心是什么？

创新与技术中心是一个网络中心，介绍 ABB 的创新、技术和研发活动。该中心将大约每两周更新一次新素材，新内容也将在时事通讯中公布。内容涵盖：

- 《ABB 评论》（一年两版）。
- 技术与创新相关的网页故事（约每两周更新一个故事）。与《ABB 评论》相比，网络中心的文章通常较短，且更通俗易懂。
- 访谈。
- 案例研究。
- 精选白皮书和科学出版内容。

《ABB 评论》后续将如何呈现？

《ABB 评论》将作为独立出版物保留，保持其 111 年出版以来的标志性水平、质量、深度和风格。内容仍将由《ABB 评论》编委会精心挑选，其中不乏 ABB 的多名高级技术领导者。不过，出版频率、语言和文章数将有所减少。从 2025 年起，每期将包含约六篇文章，每年两期。刊物将仅

以英文出版。本期将是《ABB 评论》最后一期以旧格式出版。

《ABB 评论》是否仍将提供印刷版？

是的，我司将继续提供印刷版供您选择。读者注册订阅《创新与技术时事通讯》后，将收到一份调查邀请，表明自己是否有意愿接收印刷版。但请注意，印刷版数量有限，可能无法满足所有读者的要求。

《ABB 评论》德文版和中文版将有何变化？

截至目前，《ABB 评论》出版英文、德文和中文版本。但自第 01/2025 期开始，将仅提供英文版期刊。

我已订阅《ABB 评论》。是否需要再次订阅？

对于在 2024 年 8 月 1 日之前订阅《ABB 评论》（无论是印刷版还是电子邮件提醒）的读者，其订阅将在本期发行后取消，需重新注册。

对于在 2024 年 8 月 1 日或之后订阅《创新与技术时事通讯》、曾填写左侧链接的表格并成功回复确认电子邮件的读者，目前无需采取其它行动。

如何注册订阅《创新与技术时事通讯》？

如欲订阅，最简单的方法是点击左侧按钮，按说明进行操作。无法点击按钮的读者亦

可访问 innovationnews.abb.com/registration。填写此表格进行订阅的订阅者将收到一封确认邮件。请按照此电子邮件中的指示操作，完成注册。

为何需要重新注册？

ABB 正在推出创新与技术中心，并将《ABB 评论》嵌入其中。因此，需要重新订阅以确保读者订阅的内容透明。

谁可以订阅《创新与技术时事通讯》？

任何人都可以免费订阅。

《ABB 评论》简介？

《ABB 评论》自 1914 年以来连续出版，是世界上历史最悠久的技术期刊之一。本期是第 907 期。该期刊以其准确性和客观性为傲，是“同行与同行”之间的对话与分享。

《ABB 评论》免费提供给对 ABB 技术及其目标感兴趣的人士。

《ABB 评论》旨在以客观、长久、可靠且精准的方式向 ABB 的客户展示 ABB 每年逾 10 亿美元的研发投资所带来的最新研究成果、创新解决方案与成就。

继续订阅
即刻行动



1974 年, ABB 生产出全球首台全电动工业机器人。

自此, 踏上了其 50 年的工业机器人硬件和软件创新征程。



ABB 的机器人创新有助于解决全球挑战。



融贯创新之旅

ABB 工业机器人 50 年发展史



50

YEARS OF
ROBOTIC
INNOVATION



1974 年, ABB (当时名为 ASEA) 安装了全球首台电动工业机器人。在随后半个世纪里, 该公司始终矗立在机器人行业前沿, 不断推陈出新, 从根本上改变了工业格局。

2024 年年中, ABB 推出了其最新的工业机器人创新平台——新版 OmniCore™ 控制器平台。这款新产品能耗低, 具有一流的运

—
IRB 6 占地面积小、运动速度快、定位精度高, 给行业树立了标准。

动控制能力, 且内置数字连接能力, 可从容应对未来, 从而帮助客户跨入由人工智能 (AI) 驱动的高效制造新时代。

但自 ABB 50 年前首次推出首款全电动工业机器人 IRB 6 → 01 以来, 一直在工业机

BJÖRN WEICHBRODT—— 电动机器人之父

1971 年, ASEA (即后来 ABB 中的“ A”) 聘请了瑞典工程师 Björn Weichbrodt, 他对使用微处理器驱动机器人这一想法非常感兴趣。 Weichbrodt 率领其团队开发了一款带有微处理器控制和电力驱动能力的工业机器人——举世闻名的 IRB 6。近十年来, 经济面临严峻挑战, 需要实现自动化并提高制造流程效率, 这款机器人就发挥了突破性的作用。



01a

紧凑型 IRB 6 的特点在于拥有五个轴, 可执行复杂运动, 并处理焊接、材料处理和喷漆等各种任务。使用微型计算机来控制机器人在当时是一项重大创新, 可更精确灵活地实施控制。 IRB 6 的成功标志着 ABB 开启了长期致力于推进机器人技术的生涯, 且 IRB 6 设计优雅, 其基本造型在当今 ABB 机器人的设计中仍有所影见。

与 IRB 6 的成功故事密切相关的是其第一位客户和用户: Magnusson, 一家位于瑞典的不锈钢管制造商。 1974 年, Magnusson 将第一台 IRB 6 投入运行。到 1976 年, 又投入三台机器人, 这四台机器人持续服务了 30 多年。这家工厂是全球首批实现全天候不间断运营的工厂之一。

定位精度高, 给行业树立了标准。这款新一代电动机器人开辟了全新应用领域, 例如, 当时并不适合采用笨重液压机器的电弧焊领域。

尽管 IRB 6 处理精细任务的能力初显端倪, 但点焊等更复杂应用仍由液压机器人完成, 直到 1975 年, ASEA 推出了 IRB 60, 其设计负载高达 60kg。第一台 IRB 60 由瑞典汽车制造商萨博用于点焊车身。 1982

—
1982 年, ASEA 推出了 IRB 90, 使得液压点焊机器人自此走向终结。

年, ASEA 推出了 IRB 90, 使得液压点焊机器人自此走向终结。 IRB 90 拥有 6 个轴, 水、气、电供应管线均集成在机器人手臂中。

01

—
01 Björn Weichbrodt——电动机器人之父。

01a Björn Weichbrodt 和 IRB6。

器人领域奋力耕耘, OmniCore 只是其最新章节。这款设备负载容量为崛起, 传统经济强国面临诸多压力, 而数字技术开始 6kg, 不仅驱动系统非常独特, 而且在其拟人化配置和使用基于微处理器的控制系统方面也独一无二。 IRB 6 占地面积小、运动速度快、

求新立异

20 世纪 80 年代迎来了两大改变全球的趋势：数字化和全球化。随着注重效率和质量

多年来，ABB 机器人家族蓬勃发展，衍生出数十种变体和型号，可从容应对所有情况。

面临诸多压力，而数字技术开始彻底改变机器人和自动化技术，为发达国家提供了控制成本、恢复竞争力的途径。

这些因素推动了工业机器人的发展，在汽车喷涂机器人方面体现得尤为明显，而此前，电动机器人在这一领域频频触礁。因此，ASEA 于 1988 年在市场上推出了 TR 5000。最初，喷涂机器人仅使用本安型液

压驱动装置，但 TR 5000 不仅满足了所有安全要求，而且速度和精度更高，能实现更精细的电子控制。ABB 在喷涂机器人领域的成功一直延续至今。

IRB 2000——第二代机器人诞生

IRB 2000 于 1986 年推出，代表了机器人力学的进一步重大发展 →02。这款第二代机器人负载容量达 10kg，采用无后坐力齿轮，改善了空间运动学和交流电机。交流电机扭矩更高，布局更紧凑，无刷且使用寿命更长，因此所需维护更少。

加速创新：速度更上一层楼

第一批工业机器人模仿人类手臂的运动，当需要高速运转时，例如在包装或处理小部件时，会面临转动惯量带来的挑战。因此，ASEA 推出了悬臂式设计款机器人 IRB 300 和 IRB 1000。然而，这些机器人的加速度仅能达到 2G，对于某些应用来说实在太慢。因此，1998 年，ABB 推出了 IRB 340 FlexPicker，其加速度达到 10G，操作速度达到惊人的每分钟 150 次 →03。当前的 FlexPacker™ IRB 390 是 Delta Robot 技术的突破性创新。

—
02 瑞典韦斯特罗斯 ASEA 历史收藏中的展品。从左至右：IRB 6、IRB 60、IRB 2000、IRB 3000、S3 控制柜（适用于 IRB 2000 和 IRB 3000）。



举重若轻

工业机器人用户对灵活性和适应性的要求永无上限, 1991 年, ABB 迎难而上, 推出重型 (150kg 容量) IRB 6000 满足了这些需求。IRB 6000 采用模块化概念, 配备一系列底座、手臂和腕部模块, 主要用于点焊和大型部件处理, 可满足所有用户的需求。IRB 6000 采用精益设计, 零件数量比 IRB 90 减少 60%, 极具成本竞争力。其是 ABB 最成功的点焊机器人, 斩获了多家领先汽车制造商的大型多机器人订单。

多年来, ABB 机器人家族蓬勃发展, 衍生出数十种变体和型号, 可从容应对所有情况——洁净室、生物实验室、尘土飞扬的工厂等。最近, 该家族衍生出新分支, 其中包含 ABB 协作机器人——更多信息敬请期待 →04。

演变、扩展和 RobotStudio®

IRB 6 配备单个 8 位 Intel 8008 微处理器, 支持编程、接口和控制。曾经, 需要经过专门培训的专家才能编程和操作机器人。毫不夸张地说, 自那以后, 情况迅速发生了极

大变化。ABB 机器人技术快速发展, 包含如下示例: 示教器, 其配有一根操纵杆, 可直接、直观地控制和定位机器人轴; 工具中心点 (TCP) 概念, 其有助于提高动力学精度; 以及 ASEA 机器人编程语言, 不管是经验丰富的用户还是新手用户都能更轻松快速地进行编程和设置。然而, ABB 不满足于现状, 进一步推出了带来重大突破的 RobotStudio →05。

RobotStudio 是一款功能强大的仿真和离线编程软件, 允许用户在虚拟环境中创建、模拟和优化机器人应用程序, 然后再在现实世界中予以部署。凭借新款 RobotStudio Cloud, 个人和团队能够在全球任意角落使用任何设备, 实时协作进行机器人单元设计。

协作机器人问世: GoFa™ 和 SWIFTI™

近年来, 机器人行业见证了协作机器人的问世。协作机器人旨在在不受保护的共享工作空间中与人类一起工作。ABB 凭借其 2019 年推出的 YuMi 协作机器人给这次转型添上了浓墨重彩的一笔。紧随 YuMi 之后, GoFa 和 SWIFTI 等协作机器人接连问世。这两款机器人结合了先进的安全功能、直观

—
03 IRB 390
FlexPacker 荣获
2022 年红点设计概念
大奖。



—
2021 年, GoFa 的突破性设计赢得了红点设计“最佳之选”奖。YuMi 十年前曾斩获同一殊荣。

的编程和高性能功能, 实现了安全高效的人机协作。GoFa 和 SWIFTI 用于医疗保健和生命科学实验室, 可执行样品处理、分析和药物研发等任务, 提高吞吐量和准确性, 同时减少人为错误。

GoFa 专为涉及高有效载荷和长距离的任务而设计。至关重要, 其界面简洁, 易于



04

—
04 ABB 协作机器人
系列。

设置, 让企业能够快速高效地集成自动化, 即便并无机器人领域经验亦如此。GoFa 最新型号 GoFa 10 和 12 可分别处理最高达 10kg 和 12kg 的有效载荷, TCP 速度最高

—
新款机器人由 OmniCore
提供支持, 实现了一流的运
动控制能力, 路径精度达
0.6mm。

达 2m/s, 偏差仅 0.02mm。GoFa 10 的伸展范围达 1.62m, 使其成为码垛的理想选择。2021 年, GoFa 的突破性设计赢得了红点设计“最佳之选”奖。该奖项专为在美观性、实用性、智能或创新方面的翘楚设计而设。YuMi 十年前曾斩获同一殊荣。

SWIFTI 专为需要精确和灵活移动的高速操作而设计。其无需防护屏障即可与人类一起安全工作, 为在空间和灵活性至关重要的环境中实现自动化开辟了全新可能性。

此外, ABB 还推出了 ABB 机器人生态系统计划, 以应对自动化应用日趋多样化的趋势。该计划汇集了第三方配件, 如夹具、摄像头和与 ABB 产品组合兼容的定制软件, 包括新款 GoFa 协作机器人, 让用户可轻松利用快速发展的 ABB 机器人生态系统中的创新。

ABB 扩展模块化大型机器人产品组合

ABB 机器人事业部继续扩展其模块化大型机器人产品组合, 推出新款 IRB 7710 和 IRB 7720 →06。这些新机器人与最近推出的 IRB 5710 至 IRB 5720、IRB 6710 至 IRB 6740 系列相结合, 共提供 46 种不同的变体产品, 有效载荷从 70kg 至 620kg 不等, 为客户提供更高水平的灵活性、更多选择和更高的运营性能。

新款机器人由 OmniCore 提供支持, 实现了一流的运动控制能力, 即使多个机器人以高达 1,600mm/s 的速度运行, 亦可达到 0.6mm 的路径精度, 移动有效载荷高达 620kg。此外, 周期时间缩短高达 25%, 可进一步提高生产力和质量, 于客户大有裨益。在汽车行业, 配备最新 OmniCore 控制器的全新 IRB 7710 将机器人冲压线的产量

ROBOTSTUDIO

RobotStudio 是 ABB 机器人技术中最重要创新之一。

RobotStudio 使用自动化项目数字副本彻底改变了机器人系统的设计和测试方式。凭借此功能，工程师无需中断生产即可完善其流程，从而显著减少停机时间并提高生产率。RobotStudio 界面直观，工具全面，不论用户技能水平如何，均可轻松使用，实现了高级机器人编程和仿真技术的普及。其采用虚拟和增强现实技术，让系统集成商和终端制造商能直观地看到机器人在工厂车间的工作情况，而无需停止生产。RobotStudio 为全球数千名机器人用户所使用。

RobotStudio 背后的主要推动者因其在该领域的远见和领导力而备受认可，在 2022 年德国慕尼黑国际机器人博览会上，一举斩获“恩格尔伯格机器人奖”。该奖项以工业机器人创始人 Joseph F. Engelberger 的名字命名。



05

—
05 RobotStudio.

从每分钟 12 次冲程提高至 15 次冲程，每小时可生产 900 个零件。此外，在建筑行业，新机器人将支持模块化建筑的发展，能够建造钢架结构并进行表面处理，速度和质量均有所提升。

和可扩展性，可帮助企业适应不断变化的市场需求并优化其供应链运营。



—
更多信息

有关更多信息，请访问 <https://campaign-ra.abb.com/l/961042/2024-07-05/5sf33j>

更多信息



变革物流和建筑业

物流行业从 ABB 的机器人解决方案中受益匪浅，在电子商务需求不断增长和劳动力短缺的情况下体现尤其明显。仓库使用机器人

视觉 SLAM 和自然语言编程 (NLP)

ABB 将视觉 SLAM 和 NLP 等 AI 技术集成到其机器人系统中，体现了其对创新的承诺。

视觉 SLAM 技术使机器人能够使用来自摄像头和传感器的视觉数据实时导航和绘制其环境。这一能力让机器人能够在非结构化的动态环境中自主运行。ABB 通过收购瑞士初创公司 Sevensense 而获得了视觉 SLAM 技术。Sevensense 曾参加 ABB 机器人创新挑战赛，这突出了超越公司界限寻找最佳技术合作伙伴的重要性。

机器人技术正帮助建筑行业克服重大挑战。

拣选、包装、分类和码垛货物，确保更快速准确地完成订单。ABB 机器人兼具灵活性

NLP 代表着机器人技术在更易于使用和用户友好方面迈出了重大一步。ABB 允许用户使用自然语言命令对机器人进行编程，简



06

—
06 IRB 7710 和 IRB
7720 将周期时间缩
短了 25%。

化了人机交互，减少了对专业编程技能的需求。机器人技术的普及为采用自动化开辟了全新可能性，对于中小型企业更是益处良多。

塑造未来工厂

在过去 50 年间，ABB 始终致力于不断突破工业机器人技术的极限。从具有突破性意义的 IRB 6 到 GoFa 和 SWIFTI 等先进的协作机器人，ABB 的创新改变了各行各业，并全面提高了运营效率。集成视觉 SLAM 和 NLP 等先进技术持续推动机器人技术向适应性强、访问性高且经济高效迈进。

ABB 工业机器人有望发挥更重要的作用，助力应对以下全球挑战，例如劳动力短缺、可持续性以及医疗保健和物流等关键行业对高精度自动化的需求。ABB 机器人发展历程见证了其对创新、卓越和全球工业流程持续改进的坚定承诺。•

访谈 MARC SEGURA

机器人和 AI 应用新疆域

人工智能 (AI) 让更多人和企业都能更容易使用机器人。AI 转型将使机器人更易于普及, 且受众更广, 带来新的就业前景, 同时有助于缓解劳动力和技能短缺问题。Marc Segura 解释道。



AR 《ABB 评论》(AR): Marc, AI 似乎正在多个技术领域开拓新的疆域。这会对 ABB 的机器人技术产生影响吗?

MS Marc Segura (MS): 当然。明年, 人们将越来越意识到 AI 在我们机器人业务中起到的关键作用。从移动机器人和协作机器人到在新领域实现新的机器人应用, 以及其为人们创造新的学习和发展机会, 这些新兴的 AI 应用疆域正在重新定义工业机器人的未来。

AR 那 AI 是否会推动机器人应用的自主性达到新的水平?

MS 一言以蔽之, “是的”。从机器人的抓握、拾取和放置能力, 到它们绘制和导航动态环境的能力, AI 可以增强一切。AI 让我们的自主移动机器人 (称为 AMR) 实现了前所未有的速度、准确性和有效载荷能力, 使它们能够在灵活的工厂、仓库、物流中心和实验室等环境中承担更多任务。

AI 赋能的移动机器人可以改变离散制造、物流和实验室等行业。例如, 集成了 ABB 新型视觉同步定位和地图绘制技术的机器人拥有先进的地图绘制和导航技能, 可显著减少所需基础设施, 同时赋予机器人全新的自主性。这为从线性生产线向动态网络的转变铺平了道路, 可显著提升效率, 并承担枯燥、肮脏和危险的任务, 让工人能够从事更有价值的工作。

AR 这么说 AI 将推动机器人进入全新领域?

MS AI 赋能机器人的潜力正在影响制造业以外的领域, 并有望让医疗保健、生命科学和零售等更具活力的环境实现显著的效率提升。例如, 我们在美国有一个专门的医疗保健研究团队, 致力于与医院和实验室合作开发

随着 AI 让编程变得更容易, 教育可以转向让机器人如何更有效地帮助人类。

非手术医疗技术。我们正努力在实验室中引入工业级效率, 让研究人员能够专注于处理更关键的任务。此外, 我们还创建了一个机器人中和抗体测试系统, 它比手动测试更快、更安全。

另一个示例体现在建筑行业, AI 驱动式机器人可以切实做出实质性贡献, 提高生产力、增强安全性和可持续的建筑实践, 与此同时还能促进增长。建筑行业面临工人短



机器人需要完成的任务日趋复杂。

AI 可以增强机器人的导航、抓握、拾取和放置能力。



ABB 的 AI 驱动式机器人可提高生产力并促进增长。

缺、安全担忧、生产力停滞不前等问题。AI 提供的增强识别和决策能力，加上协作机器人的进步，让机器人与工人一起安全部署成为可能。这些进步还使机器人能够以更高的精度和速度执行砌砖、模块化组装和 3D 打印等关键任务，同时降低排放（例如现场搅拌混凝土），为更可持续的建筑做出贡献。现场组装减少了必须交付的材料量。ABB 还与几所顶尖大学合作，共同开发新的自动化建筑技术，其中就有苏黎世联邦理工学院。我们支持学院开展研究，并帮助建立了全球首个建筑领域协作机器人数字制造实验室。

AR AI 会给教育和机器人工作带来新的机遇吗？

MS 当然。我们正在缩小自动化技能差距，让更多人和企业都能更容易使用机器人。随着 AI 通过引导甚至自然语言来帮助人们轻松编程，教育重点可以转向关注机器人如何更有效地协助人类，而不仅仅局限于教授编程技能。这一转型将使机器人更易于普及，且受众更广，带来新的就业前景，同时有助于缓解劳动力和技能短缺问题。ABB 推出了一套面向学生的完整机器人培训包，其中包括一



Marc Segura

ABB 机器人事业部总裁

个易于使用的 GoFa 协作机器人单元、56 小时教学材料和全球认可的 STEM 认证，以进一步提供帮助。

长期以来，缺乏具备编程和支持机器人所需技能的人才一直是机器人自动化普及面临的障碍，这一点尤其让中小型制造公司头痛不已。生成式 AI 的进步降低了自动化门槛，这一问题将逐步得到缓解。自然语言编程的发展由 AI 驱动，工人可以口头指示机器人完成任务，这将为人机交互注入全新活力。

AR Marc，感谢您围绕机器人技术最新发展给我们带来的精彩见解。•

机器人无与伦比的路径精度和绝对精度

加工精度堪比头发丝



运动性能是机器人应用中的一个关键差异化因素。ABB 推出的 GoFa™ Ultra Accuracy 突破了现有路径精度和绝对定位精度极限。机器人自动化解决方案蕴含着巨大潜力，使得之前无法实现的高精度应用成为可能。



工业流程需要机器人
和控制器来实现更高的
精度。

GoFa Ultra Accuracy
可提升整个工作空间的
性能。



绝对路径误差减少 **50 %**，
即 **< 0.1 mm**。

—
Arne Wahrburg
ABB 集团研究中心
德国曼海姆

arne.wahrburg@
de.abb.com

Stig Moberg
Henrik Nilsson
Tomas Groth
Mikael Norrlöf
Sven Hanssen
ABB 机器人与离散自
动化事业部
瑞典韦斯特罗斯

stig.moberg@
se.abb.com
henrik.x.nilsson@
se.abb.com
tomas.groth@
se.abb.com
mikael.norrlof@
se.abb.com
sven.hanssen@
se.abb.com

Richard Roberts
Anton Sodja
Minda Xia
ABB 机器人与离散自
动化事业部
德国吉尔兴

richard.roberts@
de.abb.com
anton.sodja@
de.abb.com
minda.xia@
de.abb.com

Silke Klose
ABB 前员工

产品小型化趋势、离线编程但在实际场景中部署的能力以及满足机器人自动化日益严苛的应用要求对于各种要求高精度的工业流程至关重要。在电子制造中，元器件密度高、层次繁复且尺寸较小，需要小心组装。例如，在粘合应用中，机器人通常需要处理与智能手机、平板电脑或笔记本电脑一般大小的工件。粘合喷嘴的内径通常为 0.6mm；胶水轮廓呈半圆形（高度为 0.5~1mm，宽度为 0.8~1.8mm）。因此，粘合以及切割、密封、增材制造、表面检查和计量等任务都需要机器人和机器人控制器实现更高的精度，在绝对定位和路径跟踪方面均不外如是。

GoFa Ultra Accuracy 以两大概念为基础：一是 ABB 的 TrueMove® 概念，其自 20 世纪 90 年代以来一直为机器人提供高路径精度控制；二是 ABB 校准选项 Absolute Accuracy，其可实现高绝对定位精度。实验结果表明，GoFa Ultra Accuracy 的路径误差小于 0.1mm，相当于人类头发的平均宽度。目前，ABB 正致力于将此功能集成到 GoFa™ 协作机器人系列中，以将机器人精度极限推向前所未有的高度。

精度到底是什么？

大多数人会将“精度”一词与准确性和确定性混为一谈。而具有讽刺意味的是，尽管 DIN EN ISO 9283[1] 对其进行了明确定义，但在许多技术情况下，精度这一术语往往显

得有点模糊不清。在本文中，区分重复性、绝对精度和路径精度至关重要，因为这三个概念往往被混淆。重复性可以理解为重复击中同一点或同一目标的能力，而精度则是指击中给定目标的精确度。这种差异易于理解，且能直观化处理 →01。

关于机器人应用，工业机器人通常具有极高的重复性，重复性范围在 0.01mm 到 0.1mm 之间，具体取决于型号，这是其在自动化生产过程中取得成功的关键。例如，GoFa 的重复性达到 0.02mm，是协作机器人中的翘楚。然而，若不借助本文将详细介绍的特殊能力，这种机器人手臂的精度将难以与重复性相媲美。

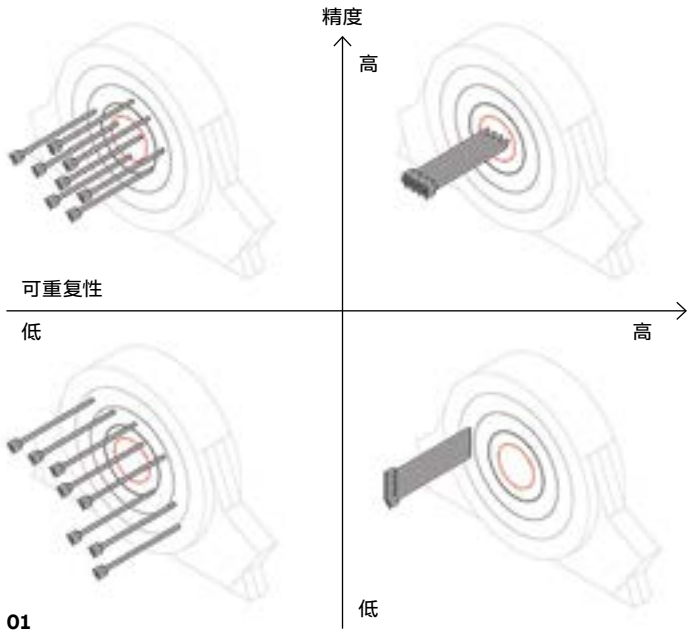
进一步研究需要区分绝对精度和路径精度。如 →02 所示，绝对精度是指准确到达空间中所编程目标的能力。在执行必须遵循路径而不接触工件的机器人任务（如点焊）

—
在电子制造中，元器件密度高、层次繁复且尺寸较小，需要小心组装。

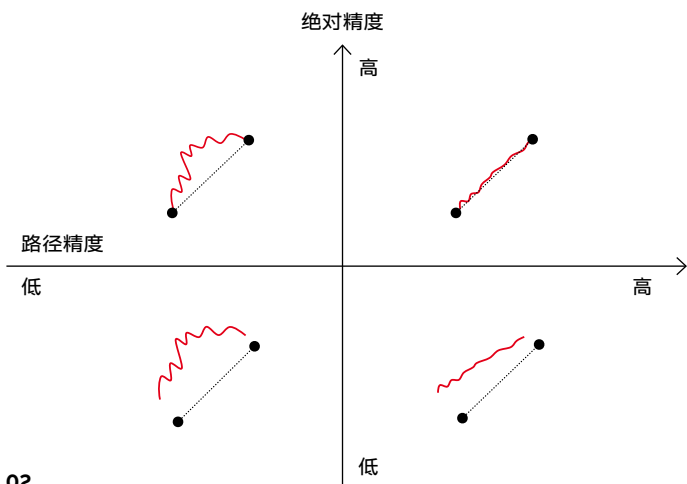
时，绝对精度起到关键性作用。相比之下，路径精度是指跟踪连接两个目标（即路径）的规定几何形状的精度——这是粘合、密封或 3D 打印等连续性机器人任务的关键属性。实际上，工业机器人需要以较高的绝对精度和路径精度完成自动化任务。

一流精度和挑战

如今，得益于在变速箱输入侧应用高分辨率位置传感，以及基于模型的先进控制功



01



02

01 图示说明了精度和重复性之间的区别。串联链式机械手通常重复性极高，但若采取特殊措施，其精度会受到限制。

02 此可视化图示一目了然地展示了绝对精度和路径精度的区别。绝对精度描述了空间中单个编辑点的定位精度，而路径精度则关注于执行机构沿预设几何轨迹移动的跟踪精度。

能，关节型机器人的重复性达到了极高水平（例如，ABB IRB 1100-4/0.58 的重复性为 $\pm 0.01\text{mm}$ ）。然而，就绝对定位精度而言，虚拟或理想机器人与真实机器人之间的差异可能在 8 到 15mm 之间（具体取决于机器人型号）。这种差异源于在建立位置传感器的零位时产生的误差。这些误差可能是由于连杆长度和机械装配的运动学公差，以及由于负载引起机器人结构变形所造成[2,3]。

负载引起的变形导致变速箱、轴承和连杆内的结构能具备相应的顺应性。值得庆幸的是，如今已经出现了识别此类建模误差的算法，即所谓的绝对精度校准。ABB 目前提供的解决方案配备绝对精度选项，不仅可识别单个机器人的建模误差，还可采用校准后的

模型来补偿上述负面影响。因此，最大绝对定位误差通常可以减小到 $< 1\text{mm}$ ，但确切的误差值视单个机器人而异[4]。

机械结构内的顺应性对路径精度提出了重大挑战。顺应性不仅会引发柔性模式，一旦被激发就会产生振动和振荡，而且由此产生的振荡通常不能追溯到单个机器人关节，却会由于惯性耦合而影响整个手臂的运动[5]。此外，每个关节中使用的减速齿轮将

GoFa Ultra Accuracy 将臂侧信息应用于伺服控制回路中，并使用传统测量方法进行测量。

电动马达的高速、低扭矩输出转换成适合机器人操作的合理范围，但这一转换也会带来额外挑战。这些具体影响包括周期性传输误差、非线性刚度特性、滞后[6,7]和摩擦[8,9]。为应对这些挑战，ABB 于 20 世纪 90 年代开发出了 TrueMove 概念：这款 ABB 标志性产品通过先进的运动控制功能，确保实现高路径精度[10]。

GoFa Ultra Accuracy 功能简介

借助绝对精度选项和 TrueMove 技术，提高绝对精度和路径精度的方法很简单：扩大可用的信息范围，利用更多信息来消除干扰并减少错误。但如何实现这一点呢？

要实现上述两个精度目标，必须认识到变速箱是导致产生建模误差和不准确性的主要原因之一。建模不确定性直接影响精度，类似于传统的机器人控制系统，其中仅测量和使用电机的位置（即变速箱输入侧）来进行反馈控制[11]。GoFa Ultra Accuracy 背后的想法虽较为基础却体现了创新，不仅使用传统测量方法进行测量，还将臂侧信息应用于伺服控制回路中，从而提高系统精度 \rightarrow 03。这一附加功能提高了控制器抵御

变速箱引入的干扰和不确定性以及外部干扰（例如来自过程力）的能力。乍一看，与使用传统电机侧仪表相比，在变速箱输出端进行测量（即，在主要不确定性来源之一“之后”测量）似乎自然而然就能提高精度。尽管如此，应用这种概念会导致在物理分布驱动和感应时，其间分布有动态和/或顺应元件。然而，这种非共置问题对一般控制系统和机器人控制提出了重大挑战 →04，且一直十分棘手，直到最近才见到了希望的曙光[11,12,13]。学术界取得的新进展有望提出解决方案[14,15,16]。通过加深对变速箱和测量系统的了解，并将这种能力与 ABB 先进的基于模型的控件相结合，ABB 推出了 GoFa Ultra Accuracy，其在整个工作空间内均能稳定高效地运行，覆盖了其全部有效载荷和速度范围，但仍面临着非共置带来的挑战 →04。

绝对精度结果

校准机器人以实现高绝对精度的过程依赖于移动机器人到达数个编程好的校准目标。将机器人工具中心点（TCP）的标称位置与适当的 3D 测量系统（通常是激光跟踪仪）测量的实际位置进行对比。然后，实际校准步骤旨在最大限度缩小测量的 TCP 位置与校准模型的 TCP 位置之间的差异。获得校准模型后，将该模型用于计算补偿参数，然后将这些参数应用于用户编程的各个笛卡尔位置。为了验证校准和补偿参数，单个机器人被移动至一组已激活补偿的 50 个额外目标上。使用常规电机侧位置感应进行运动控制时，ABB GoFa™ 5 机器人可实现平均 0.23mm、最大 0.47mm 的绝对定

位误差。但当激活 GoFa Ultra Accuracy 功能时，在同样的 GoFa™ 5 机器人上进行校准，可实现更优秀的绝对定位精度 →05：在后一用例中，绝对定位误差减少了 50%，达到 0.10mm，与人的头发丝宽度相差无几，最大误差仅为 0.23mm，结果可谓惊人 →05。

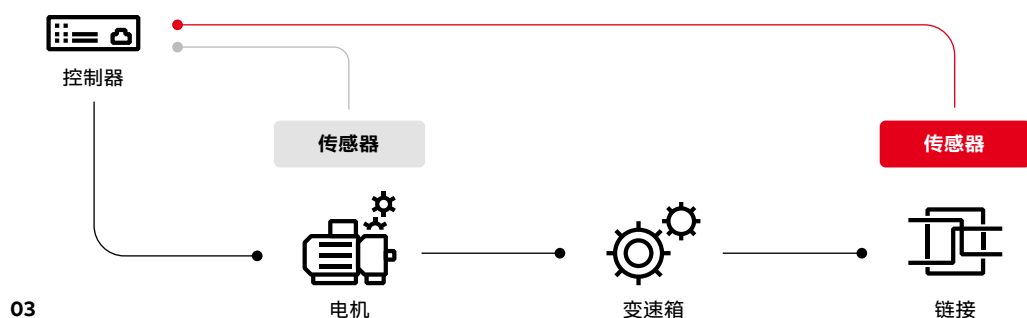
路径精度结果

为了量化路径精度，ABB 专注于一项重要任务，即将绝对定位误差与路径误差分离开来。为了进行分离，我们沿小型编程形状进行运动，其中通过高性能激光跟踪系统（Leica AT 960）获得的 TCP 位置测量值相对于相应形状的中心进行表示。因此，可最大限度地减少绝对定位误差的影响，并对路径误差进行评估。

GoFa 协作机器人的二维（2D）路径精度评估结果将 Ultra Accuracy 与传统仪器（即仅电机侧位置）进行了对比 →06。其中，在执行圆周运动时，仅 1mm 宽的极小半径对串联链式机械手构成了巨大挑战：换句话说，在路径精度方面，它们的能力已经达到极限。添加 GoFa Ultra Accuracy 功能可显著改善路径精度。

在第二个实验中，为检查二维（2D）和三维（3D）中的路径精度，执行了一个小的矩形路径（10mm x 2mm）。如 →07 所示，通过在 3D 中实施 GoFa Ultra Accuracy 后，可显著改善路径精度：在速度高达 80 mm/s 时，路径误差可达到 0.1 mm 以下。2D 路径误差更小。

—
03 GoFa Ultra Accuracy 概念概述显示，对于机器人的每个关节，在传统方案中，从变速箱输入侧到控制器的反馈信息（灰色）通过来自变速箱输出侧（红色）的信息进行增强。



机器人关节动力学建模

机器人关节的基本动力学可以建模为一个由两个转动惯量（代表电机和反射输出惯量）组成的系统，其由代表有限刚度变速箱的扭转弹簧耦合 [11]。控制微分方程可以推导为

$$\begin{aligned} J_{out}\ddot{q}_{out} &= k_T \left(\frac{q_{in}}{i_g} - q_{out} \right) + d_T \left(\frac{\dot{q}_{in}}{i_g} - \dot{q}_{out} \right) + \tau_{d,out}, \\ J_{in}\ddot{q}_{in} + d_{in}\dot{q}_{in} &= \tau_{mot} - \frac{k_T}{i_g} \left(\frac{q_{in}}{i_g} - q_{out} \right) - \frac{d_T}{i_g} \left(\frac{\dot{q}_{in}}{i_g} - \dot{q}_{out} \right). \end{aligned} \quad (1)$$

其中， q_{in} 和 q_{out} 分别是变速箱输入侧和输出侧的位置。相应的速度用 \dot{q}_{in} 和 \dot{q}_{out} 表示，而 J_{in} 和 J_{out} 表示惯性。变速箱的特征参数是减速比 i_g 、扭转刚度 k_T 和扭转阻尼 d_T 。电机侧动力学由电机扭矩 τ_{mot} 驱动，摩擦建模为 $d_{in}\dot{q}_{in}$ ，其中 d_{in} 是粘性摩擦系数。在输出侧动力学中，包含外部扰动 $\tau_{(d,out)}$ ，例如，其可描述作用于机器人 TCP 的过程力。请注意，在一个具有多自由度的系统中，关节之间一般存在动态耦合，而 (1) 中所示的简化模型中忽略了这些耦合。最先进的运动控制系统通常使用级联反馈控制结构 [11]。内环速度控制系统采用比例积分控制器，该控制器根据以下公式产生与速度误差相关的电机扭矩 τ_{mot} ：

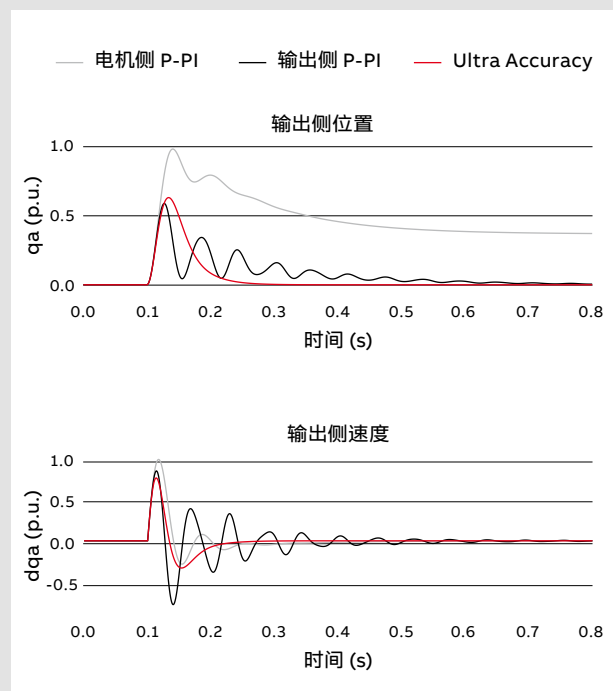
$$\tau_{mot} = K_v(\dot{q}_{in,ref} - \dot{q}_{in}) + K_i \int \dot{q}_{in,ref} - \dot{q}_{in}. \quad (2)$$

其中， $\dot{q}_{in,ref}$ 是输入侧速度的参考值，同时也是外环位置控制器的输出。外环通常采用比例控制器，即：

$$\dot{q}_{in,ref} = K_p(q_{in,ref} - q_{in}). \quad (3)$$

通过适当调整控制器参数 K_p 、 K_v 和 K_i ，传统的电机侧反馈控制级联可实现良好的抗干扰效果 → **04a**：当输出侧发生扰动时，控制器能够抑制由此产生的振荡并在 0.5 秒内收敛至稳定状态。这

一方法的缺点在于反馈回路仅基于电机侧信息进行闭合。因此，在输出侧扰动下，稳态误差仍然存在，进而对准确性产生负面影响。由于存在非共置问题 [11,12,13]，重新使用由 (2) 和 (3) 组成的相同级联控制结构，但用输出侧位置 q_{out} 和 \dot{q}_{out} 供给的直观想法未能奏效。虽然此过程可消除稳态误差，从而实现卓越的静态精度，但输出侧 P-PI 级联的振荡阻尼明显较差，且往往极易出现不稳定现象。要注意的是，这是一个结构性问题，无法通过控制器调整来解决。将 ABB 的 GoFa Ultra Accuracy 解决方案应用于示例案例可实现出色的振动阻尼、更快达到稳态状态，并能够实现零稳态误差。

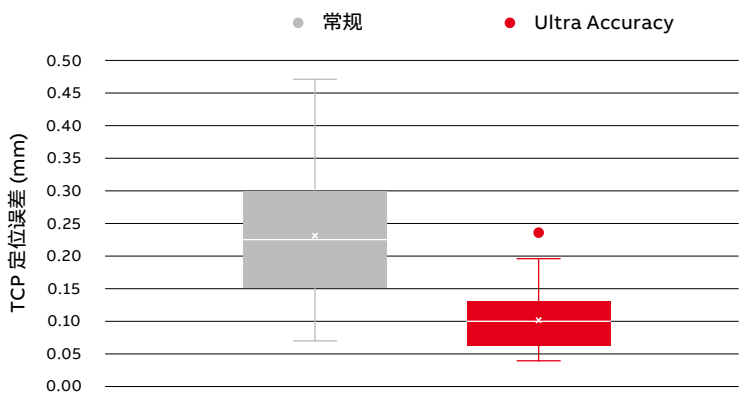


04a

应用示例结果

如上所述，在实际应用中，绝对定位误差和路径误差相互叠加。但最终，重要的是确保按要求的质量规范完成任务。就机器人运动精度而言，这归结为沿物理工件上指定

的路径移动 TCP。此过程需要对工具（以精确确定 TCP 相对于机器人法兰的位置）和工作对象（以精确确定工件相对于机器人底座的位置）进行额外校准。这两个应用相关校准步骤可通过 ABB RobotStudio®



05

—
04 机器人关节动力学建模。

04a 单个机器人关节的输出侧扰动阶跃响应对比了传统电机侧 P-PI 级联 (灰色)、输出侧 P-PI 级联控制 (黑色) 以及实现零稳态误差的 GoFa Ultra Accuracy 解决方案 (红色) 的不同控制方法。

—
05 绝对精度验证表明, 与单独使用传统控制相比, 激活 GoFa Ultra Accuracy 可减少误差 50%。请注意, 值仅针对于单个机器人, 对于同一类型的其他机器人可能略有不同。

—
06 2D 路径精度结果表明, 配备传统电机侧控制的串联链式机械手在路径精度方面已达极限 (灰色图), 而 GoFa Ultra Accuracy 可减少路径误差 (红色图)。

Machining PowerPac [17]中提供的易用功能实现自动化。通过使用经过绝对精度校准的机器人, 运行 GoFa Ultra Accuracy 来突破绝对定位和路径精度的极限, 并按上述方式校准工具和工件, 可以大幅提升离线编程水平: 可在 ABB RobotStudio® 中进行复杂路径编程, 并在与物理工件公差极小的真实机器人上执行。

ABB 于 2024 年 6 月推出 OmniCore 挑战, 利用 OmniCore™ 自动化平台, 借 MultiMove® 之力, 让多台机器人 (IRB1300) 在最高速度 1600mm/s 的情况下实现 0.6mm 的精度。这项新挑战以 ABB 卓越的运动控制性能为基础, 该性

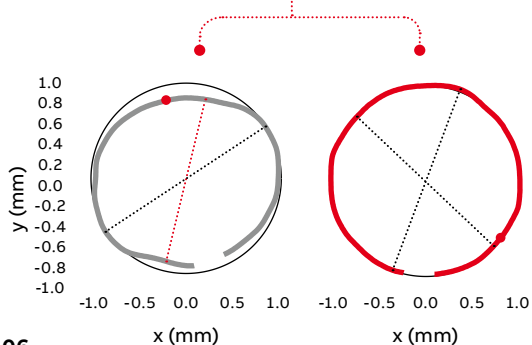
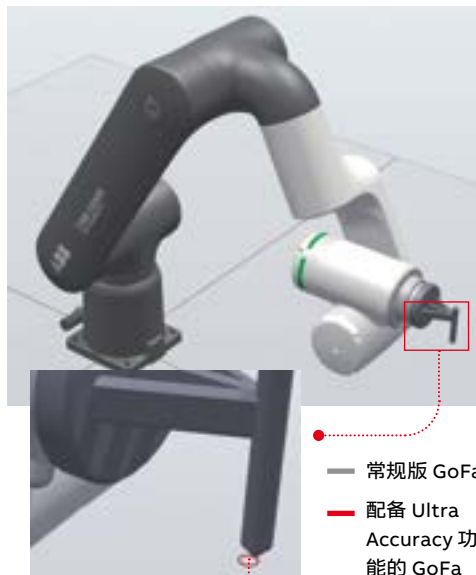
—
GoFa Ultra Accuracy 将绝对定位误差降低了50%, 达到0.10mm, 与人的头发丝宽度相差无几。

能通过 QuickMove® 实现, 可缩短周期时间, 并借 TrueMove® 实现路径精度。值得注意的是, ABB 研发部门借助 GoFa Ultra Accuracy →08 功能, 在微观尺度上重新研究了运动控制性能。“金属罐”间距已减小到 2.2mm, 而沿路径移动的接触式探针的直径为 2.0mm——两侧仅留有 0.1mm 的

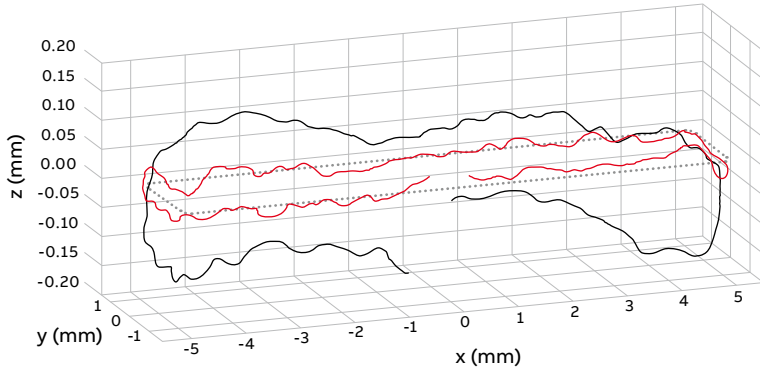
富余空间 →08。激光跟踪仪 →09 获得的测量结果表明, 使用传统运动控制的路径误差超出了可用的公差范围。结果所示为探针头到任意金属罐的符号距离 →09。理想情况下 (即 TCP 完全遵循预编程路径), 距离应始终为 0.1mm, 如 →09 中的黑色虚线所示。使用传统控制时, 会出现符号距离小于 0mm 的情况——探针接触其中某个金属罐。相比之下, 使用 GoFa Ultra Accuracy 时, 路径两侧的误差始终控制在 0.1mm 以内。这一结果非常出色, 意味着探针可在金属罐之间移动而不与其接触, 因为 →09 中所示符号距离永远不会变成负数。此外, 即使 TCP 在运动过程中重新定向, 情况也不会发生丝毫变化。

机器人精度有望进一步突破

基于出色的实际测试结果, ABB 正致力于开发令人兴奋的新功能 GoFa Ultra



06



07

—
07 小矩形 (10mm x 2mm) 的 3D 路径精度结果显示, 与传统控制 (黑色) 相比, 启用 Ultra Accuracy (红色) 后精度有所改善。

Accuracy, 以应用到 ABB 协作机器人生产线中。通过提升机器人运动性能, ABB 可向市场提供高精度机器人, 从而为需要更高精度的应用场景打开大门。如此, ABB 可帮助制造商实现卓越的运营性能、提高生产效率并根据精确规范高效生产产品。•

—
应用相关校准可通过 ABB RobotStudio® Machining Power Pac 中的功能实现自动化。

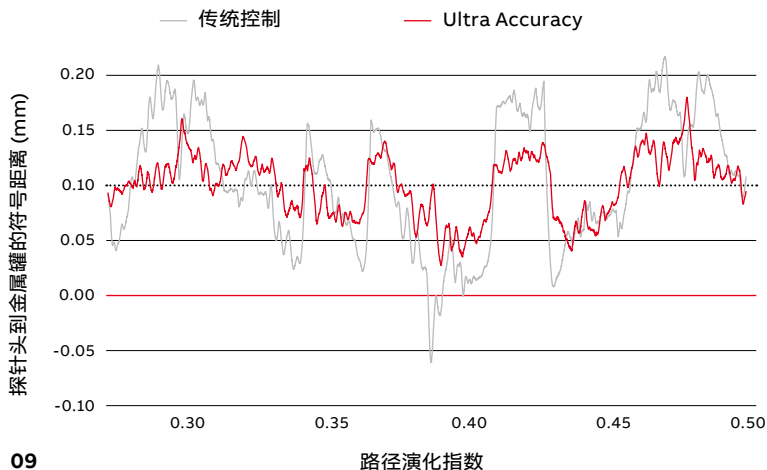
—
08 ABB 的标志性挑战已进入微量级。在“金属罐”间距为 2.2mm 的情况下, GoFa Ultra Accuracy 使得直径为 2.0mm 的灵敏接触式探针在“金属罐”之间可以沿复杂路径 (包括 TCP 重新定位) 灵活移动。



—
观看 OmniCore 挑战——重新定义机器人功能的未来。

08

09 测量探针头到金属罐的符号距离，精确至微量级。使用传统控制（灰色），符号距离变为负值——探针与金属罐发生碰撞。相比之下，配备 GoFa Ultra Accuracy（红色）功能后，探针在金属罐间隙中移动却不会发生碰撞。



09

参考文献

[1] DIN EN ISO 9283:1999-05 – Manipulating industrial robots – Performance criteria and related test methods; (ISO 9283:1998); German version EN ISO 9283:1998, [Online]. 来源: <https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-iso-9283/4534078> [访问日期: 2024 年 5 月 16 日.]

[2] A. Nubiola and I. A. Bonev, “Absolute calibration of an ABB IRB 1600 robot using a laser tracker”, In: *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 29, no. 1, 2013, pp. 236–245.

[3] Z. Li, et al., “An Overview of Calibration Technology of Industrial Robots”, In: *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, vol. 8, no. 1, 2021, pp. 23–36.

[4] ABB Absolute Accuracy datasheet, [Online]. 来源: https://library.abb.com/d/PR10072EN_R6, 2011 [访问日期: 2024 年 5 月 16 日.]

[5] S. Moberg, “Modeling and control of flexible manipulators”. Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Linköping Uni., Linköping, SE, 2010.

[6] T. D. Tuttle and W. P. Seering: “Nonlinear Model of a Harmonic Drive Gear Transmission”, In: *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 12, no. 3, 1996, pp. 368–374.

[7] P. Mesmer, et al., “Modeling and Identification of Hysteresis in Robot Joints with Cycloidal Drives”, in *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Motion Control*, 2022, pp. 358–363.

[8] A. Wahrburg, et al., “Modeling Speed-, Load-, and Position-Dependent Friction Effects in Strain Wave Gears”, in *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2018, pp. 2,095–2,102.

[9] M. Iskandar and S. Wolf, “Dynamic friction model with thermal and load dependency: modeling, compensation, and external force estimation”, in *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2019, pp. 7,367–7,373.

[10] M. Björkman, et al., “A new concept for motion control of industrial robots”, in *Proceedings of the IFAC World Congress*, 2008, pp. 15,714–15,715.

[11] A. De Luca and W. Book, “Robots with Flexible Elements”, in *Springer Handbook of Robotics*, B. Siciliano and O. Khathib, Eds. Berlin, Germany: Springer, 2008, ch. 13, pp. 243–282.

[12] P. A. Chodavardapu and M. W. Spong, “On noncollocated single control of a flexible link”, in *Proceedings of the IEEE Conference on Robotics and Automation*, 1996, pp. 1,101–1,106.

[13] J.-H. Ryu, et al., “Control of a Flexible Manipulator with Noncollocated Feedback: Time-Domain Passivity Approach”, in *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 20, no. 4, 2004, pp. 776–780.

[14] S. Klose and A. Wahrburg: “A feedback control scheme for improving path accuracy of industrial manipulators based on gearbox output sensing”, in *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Motion Control*, 2022, pp. 364–369.

[15] P. Mesmer, et al., “Robust design of independent joint control of industrial robots with secondary encoders”, in *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 73, 2022.

[16] M. Keppler, et al., “From underactuation to quasi-full actuation: Aiming at a unifying control framework for articulated soft robots”, in *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, vol. 32, no. 9, 2022, pp. 5,453–5,484.

[17] ABB RobotStudio Machining PowerPac datasheet, ABB Robotics, 2015, [Online]. 来源: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106354A3615&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>



更多信息

与 ABB 共同学习: 精度、精密度和重复性是一回事吗? “测量一点通”博客, 2023 年 4 月 26 日



OMNICORE——下一代机器人控制平台

OMNICORE™

赋予无限可能

01

ABB OmniCore 是一个全新机器人控制架构，集成了 ABB 全套机器人硬件和软件 →01。这一自动化平台与现有解决方案相比，速度更快、精度更高且更具可持续性，将赋能、提升和保障企业的未来发展。



Peter Fixell
ABB 机器人事业部
瑞典韦斯特罗斯

peter.fixell@
se.abb.com

值此工业机器人业务 50 周年之际，ABB 宣布推出全新平台 OmniCore，这是工业机器人技术的重大变革。OmniCore 平台为 ABB 广泛的机器人产品组合赋能。其可适用于未来，支持扩展，能够利用业界最广泛的机器人产品，为几乎所有可以想象的应用提供自动化解决方案。

什么是 OmniCore? 它是如何诞生的?

ABB 基于其在工业机器人领域的长期经验

打造了 OmniCore 平台。1974 年，该公司（当时为 ASEA，后来与布朗-博韦里合并成立 ABB，即 ABB 中的“A”）率先推出了 IRB 6 工业机器人（请参阅第 228 页文章“ABB 工业机器人 50 年发展史”）。这款产品大获成功，随后几十年都是多项机器人设计的模板。

之后，机器人产品组合逐步扩大，以满足多个行业的需求，并衍生出涵盖整个价值链需



 该平台可提高企业生产力，赋予灵活性。

OmniCore 是一个统一、模块化且适用于未来的控制架构。 

 OmniCore 可赋能、提升和保障企业的未来发展。



02

— 01 OmniCore 系列产品。

— 02 RobotStudio。

求的产品组合——包括自主移动机器人、协作机器人、工业机器人和机器自动化解决方案。

支持 ABB 机器人的软件随硬件不断发展。其中一款重要的产品是 1998 年推出的 RobotStudio®，其彻底改变了编程方式，大开方便之门，让用户无需专业编程技能即可与 ABB 机器人互动。RobotStudio 是一款功能强大的仿真和离线编程软件，允许用户在虚拟环境中创建、模拟和优化机器人应用程序，再予以实际部署 →02。现在，凭借 RobotStudio Cloud，全球个人和团队能够实时协作进行机器人单元设计。

软件方面的最新进展包括可利用最新人工智能 (AI) 技术构建满足更多行业需求的综

合机电一体化产品。ABB 将 AI 融入软件已有十多年的历史，目前 ABB 正积极开发 100 多种支持 AI 的解决方案。

当今大多数应用程序都使用分析型人工智能，包括机器学习。结合视觉系统，这一人

— 软件方面的最新进展包括人工智能技术，可为更多行业构建综合机电一体化产品。

工智能可自动进行质量检查（速度比人类快 20 倍），或者例如赋予 ABB 拣选解决方案



03

—
03 OmniCore 简化了多个机器人的集成和管理。

Item Picker 识别新物品并学习如何处理物品的能力（现在每小时可拣选最多达 1,400 件未分类的物品）。

OmniCore 化繁为简

经过 50 年的不断创新，ABB 机器人变得更易于使用、更强大、更灵活且机动性更高，能力远超以往。其能够与人类一起工作，在更多场所承担更多任务，处理人类爱莫能助的工作，并让工人能够承担更有价值的角色。

—
04 ABB 机器人价值架构。

人工智能正在增强机器人的一切能力，从抓取、拣选和放置能力，到绘制和导航动态环境的能力，可提高速度、精度和有效载荷承载能力，从而使机器人能够在多种环境中承担更多任务。

然而，更多技术会导致操作员操作变得更加复杂，这一现实不可避免。这就是为什么

最全面的机电一体化平台



领先的软件和技术堆栈



面向未来的智能控制器平台



04



OmniCore 带来的简化功能可以说是 ABB 迈向智能化新时代的重要里程碑。

简而言之, OmniCore 是一款智能化平台, 依托硬件和软件实现, 比同类解决方案更快速、更精确且更具可持续性。这些属性可赋能、提升和保障企业的未来发展。该平台是向模块化和面向未来的控制架构的一次重大变革, 其将完全集成人工智能、传感器以及云计算和边缘计算系统, 进而创建先进且自主的机器人应用程序。OmniCore 可助力轻松实现在自动化系统中集成和管理多个机器人, 从而为客户提供了更大的简便性和灵活性 →03。

后面这些方面至关重要, 因为对于 ABB 的客户来说, 自动化是一项战略要求, 因为他们始终在寻求更高的灵活性、简便性和效率, 以应对全球劳动力短缺、供应链不确定和以更可持续的方式运营的需求等大趋势。例如, 对劳动力短缺的担忧是有据可依的。目前 75% 的欧洲公司难以找到具备必要技能的专业人员——从焊接等传统制造技能到物流和订单履行等劳动密集型作业, 莫不如是[1]。此外, 预测表明, 到 2030 年, 美国将有 210 万个制造岗空缺[2]。

OmniCore 通过 ABB 开发的先进机电一体化、人工智能和视觉系统帮助解决这些问题, 使得机器人变得更易于使用、更强大、更灵活且机动性更高, 能力远超以往。但日益重要的是, 它们还必须与人们无缝协作, 在更多场所承担更多任务。这就是 ABB 开发 OmniCore 的原因, 它是 ABB 50 年机器人技术发展史上的一个全新里程碑。OmniCore 是一种独特的单一控制架构——是一个平台, 一种语言, 集成了 ABB 全系列领先硬件和软件。

至关重要的是, OmniCore 易于使用, 降低了自动化门槛, 为各种规模的企业开辟了全新可能性。

ABB 价值架构

OmniCore 位于 ABB 所谓的价值架构的顶端。该架构中的一个构建块是 RobotWare。它是一个机器人操作系统, 提供多种价值创造途径, 包括使用 RAPID 语言、直观的 Wizard Easy Programming 或利用人工智能技术构建的技能 →04。上文所述的 RobotStudio 是一款系统仿真工具, 也是另一个重要模块。

灵活运动控制

OmniCore 具备一流的运动控制能力, 在多个机器人的运行速度高达每秒 1,600mm 的情况下, 能确保机器人路径精度低于 0.6mm (一粒砂子的宽度)。这种性能为弧焊、手机显示屏组装、粘合和激光切割等精

OmniCore 具备一流的运动控制能力, 能确保机器人路径精度低于 0.6mm——相当于一粒砂子的宽度。

密领域创造了全新的自动化机会。总体而言, 与之前的 IRC5 控制器相比, OmniCore 可使机器人的运行速度提高 25%, 精度翻倍 →05。这在汽车行业的冲压上下料操作中非常实用, 其性能已从每分钟 12 次提高至 15 次冲程, 每小时可生产多达 900 个零件。运动控制可与力和传感器控制结合使用, 从而实现一些需要物理接触的应用, 并且能够进行跟踪和定位——例如, 允许在车身沿装配线移动时放置车门。

OmniCore 开放支持所有主要的机器人通信协议, 允许简单集成外围设备, 例如传感器、摄像头或传送带。



05

—
05 OmniCore 能大幅提升机器人的工作速度。

—
06 通过在线和课堂培训, 让工程师做好在现场使用 OmniCore 的准备。

—
07 OmniCore 使机器人能够协作完成重复性工作, 让技术工人腾出时间完成其他任务。



06



07

OmniCore 管理界面单一, 非专家亦能直观控制系统中机器人的相互作用, 从而赋予其新技能。其中, 重点关注难以招募技术工人的关键领域, 例如焊接。

可持续性可及度

当今企业除了面临供应链中断和不确定性挑战外, 其还面临着日益沉重的更可持续生产压力。

与使用 ABB 的 IRC5 控制器相比, OmniCore 可使机器人的能耗降低高达 20%。此外, 再生制动亦可节省能源: 收集机器人制动产生的动能并回馈给工厂电网。无需任

何外部设备, 因为基础设计即包括所需的一切。这样, 无需使用外部储能设备即可轻松节省金钱、空间和时间。

OmniCore 采用最新技术, 可将交流电转换为直流电, 这意味着通过热量损失的能量更少。这一优势不仅可减少一次能耗, 还意味着冷却所需的能源需求也有所减少。此外, 自动路径规划可识别最节能的机器人运动, 额外节省最长达 30% 的运营能耗。

所有这些措施都有助于企业实现其可持续发展目标。

—
观看 OmniCore 挑战——重新定义机器人功能的未来。



— 更多信息

在 LinkedIn、X、Facebook 和 Instagram 上了解有关 ABB 机器人 50 年发展史的更多信息，或前往 登录页面，了解所有最新新闻和更新。

— 参考文献

[1] Euronews, “EU jobs crisis as employers say applicants don’t have the right skills.” 来源: <https://www.euronews.com/business/2024/04/08/eu-jobs-crisis-as-employers-say-applicants-dont-have-the-right-skills>. [访问日期: 2024 年 6 月 4 日.]

[2] The National Association of Manufacturers, “2.1 Million Manufacturing Jobs Could Go Unfilled by 2030.” 来源: <https://nam.org/2-1-million-manufacturing-jobs-could-go-unfilled-by-2030-13743/>. [访问日期: 2024 年 6 月 4 日.]

工程设计支持与培训

OmniCore 率先推出易于在单个机器人上使用的软件——从向导编程到最新的人工智能学习——大开方便之门，让用户无需专业编程技能即可使用 ABB 机器人。

该平台配备了 15 款预先设计的应用程序，涵盖从点焊到高速对准、加工和集成视觉等所有内容，将调试时间从数周缩短至数天。其还支持 100 多种安全配置，满足不同用例的需求，同时确保实施安全配置的轻松程度远超以往。

ABB 提供免费在线培训，帮助从 IRC5 过渡到 OmniCore 平台，并普及 OmniCore 的一般操作。此外，ABB 在全球 40 个培训中心提供更为详尽的课堂培训，为想要更深入了解相关知识的受众提供支持 →06。

虽然 IRC5 控制器将于 2026 年 6 月逐步淘汰，但在机器人剩余使用期限内，ABB 将继续为 IRC5 客户提供备件和服务支持。ABB 提供升级和翻新计划，可无限期地支持客户保持生产正常运行。

机器人视觉

OmniCore 建立在可扩展的模块化控制架构上，其提供广泛的功能，支持创建几乎任何可以想象到的应用程序，非常适合在现有领域和新领域采用自动化的企业，例如生物技术和建筑等。借助 1,000 多种硬件和软件功能，客户可轻松设计、操作、维护和优化运营。这需要使用 ABB 的 Absolute Accuracy、PickMaster® Twin 和硬件选项（如视觉系统和现场总线）等软件功能来实现。

OmniCore 提供单一控制平台，允许用户以任何组合方式使用 ABB 的机器人硬件和软件产品，为客户提供无限可能，并为创造价值提供更多途径。这个平台不仅具备运动控制和安全功能，还融合了最先进的网络安全、连接性、传感器集成和人工智能处理功能，比其他任何机器人控制器都能提供更多价值。

ABB 的愿景是打造一个这样的工作场所，其中由集成式人工智能驱动型自主机器人承担重复、枯燥和危险任务，弥补技能差距，让工人从事更有成就感的工作 →07。生

—
值此 ABB 庆祝其在机器人技术领域耕耘 50 周年之际，OmniCore 为更多行业突破提供了跳板。

成式人工智能旨在根据大型学习模型创建或生成新内容，打破技术壁垒。用户只需口头指示机器人，引导机器人提问，进而完成所需任务，这一天指日可待。

值此 ABB 庆祝其在机器人技术领域耕耘 50 周年之际，OmniCore 为更多行业突破提供了跳板，助力各行各业的客户从容应对未来的挑战。•

人工智能模型的可持续性

机器环保前瞻

了解影响计算碳足迹的因素可帮助过程工业决策者减少二氧化碳排放。ABB 采用理论和实验方法探索这一主题, 并提供相关建议, 助力打造更环保的 AI 模型。

—
Ralf Gitzel
Marie
Platenius-Mohr
ABB 集团研究中心
德国曼海姆

ralf.gitzel@
de.abb.com
marie.plate-
nius-mohr@
de.abb.com

Andreas Burger
ABB 前员工

人工智能 (AI) 已经渗透到日常生活的方方面面, 其中尤以机器学习 (ML) 为甚。神经网络 (NN) 是一种多层深度学习模型, 可提供面部识别功能, 以增强手机安全性, 或将人类语音转换为智能家居应用程序的命令。这一快速发展对过程工业越来越重要, 其应用范围从解读机器红外图像[1]到分析生产相关数据等不一而足[2]。显然, 这种潜力的前景引发了性能之争, 从而衍生出更大的人工智能模型, 训练时间更长, 从而产生了令人担忧的副作用: 消耗更多能源, 排放更多二氧化碳[3,4,5]——考虑到当前的气候危机, 这些后果不容乐观。

困境和目标

要提升人工智能模型的性能, 似乎必须牺牲碳足迹目标。但是, 必然如此吗? 粗略一看, 评估这一原则的研究主要集中在高性能语言或图像处理模型方面, 例如 GPT-3, 这是一种深度神经网络模型, 具有 175B 个参数, 可提供类人类文本。训练这一大型语言模型(LLM) 需要 1,287MWh, 相当于排放 552 吨二氧化碳——276 辆中型汽车的年排放量[4]。虽然尚未披露, 但 GPT-4 的足迹可能有过之而无不及。不过, 其他高性能人工智能模型的碳足迹较小; 一些研究人员甚至认为问题范围言过其实[6]。这种差异使得人工智能提供商并不确定其特定

模型的碳足迹, 对于如何减少也束手无策。过程工业决策者面临着额外挑战: 模型规模通常比文献中讨论的高性能模型要小得多。在这些情况下, 排放是否相关? 在本文中, ABB 旨在为工程师、管理者和其他人提供指导, 以便其理解各人工智能模型对环境

—
人工智能模型越来越大, 训练时间越来越长, 会产生令人担忧的副作用, 例如能耗更高。

的影响。具体而言, ABB 研究了相关文献, 创建了一个全面的框架来解释整个 AI 模型生命周期中的各种碳驱动因素, 并提出了减少这些驱动因素的建议[7]。基于实验数





人工智能的计算需求对环境有何影响？

ABB 的框架解释了模型的碳驱动因素。



我们发现，过程自动化模型的碳足迹可忽略不计。

据，ABB 还测试了文献建议的有效性，并提供相应指导，减少 AI 模型的碳足迹和能耗，例如使用迁移学习模型。此外，还计算并讨论了与过程工业相关的 AI 模型的碳足迹。

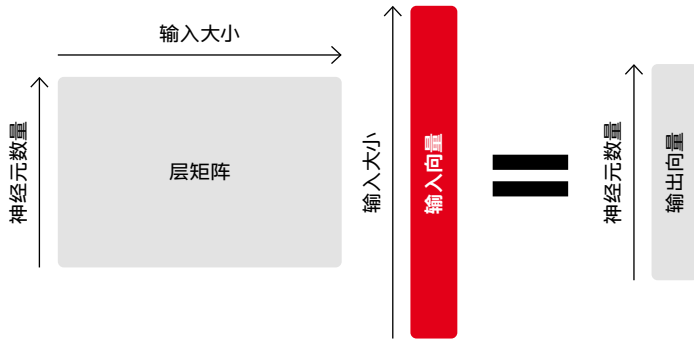
最先进的 AI 碳足迹

虽然文献中的理论模型可根据架构（层类型和大小）、训练和使用情况来估算新 AI 模型的碳影响[4,5,8,9]，但很难确定哪个指标对碳足迹的影响最大[5,10]。相比之下，ML 模型的碳足迹可通过软件工具轻松测量，以通过碳核算记录开发或使用的情况。一些工具使用指标，如训练时间、能源结构和硬件信息[8,11]，而其他工具（如 energyusage 或 CodeCarbon）则直接与 ML 代码集成[6,12,13,14]。其他工具计算中央处理器（CPU）的功耗情况，估计图形处理单元（GPU）的运行情况，对比硬件类型[12,15,16]并确定图像识别模型的碳影响[17]。

尽管这项研究意义重大，但仍存在两处研究空白：首先，研究要么过于笼统，要么侧重于特定的不相关领域，例如图像[17,16]或 LLM[3,4,5]，因行业模型乃特定且使用小型

ABB 研究了相关文献，以创建一个框架来解释整个 AI 模型生命周期内的碳驱动因素。

数据集，因此与过程行业数据的相关性未知。其次，碳计算模型未实现标准化，且经常省略特定的生命周期步骤[18]。为了弥补上述空白，ABB 对碳足迹进行了实证评估，并创建了一个适用于所有 AI 生命周期阶段的模型。



01

—
01 以矩阵乘法表示的单层推理——简单示例。对于一个层，应用了矩阵乘法和简单的激活函数，例如 (ReLU)。为清楚起见，省略了激活函数。

—
02 迁移学习 MNIST 模型结果与专用 MNIST 模型结果在能耗情况方面的实验对比。

深度模型的碳足迹

NN 的碳足迹 (CO₂eq) 取决于能耗 (以 kWh 为单位) 以及能源的碳强度 (以 lbs/kWh 为单位)。Chat GTP-3 (1,214,400 lbs CO₂eq)[4]、Gopher (851,200 lbs CO₂eq) [18] 和 NAS (626,155 lbs CO₂eq)[9] 的碳强度高得惊人。相比之下，其他高性能模型的碳足迹则低得多，例如 BERTbase (1,438 lbs CO₂eq)[9]。差异表明，需要更严格地对影响高性能模型碳足迹的因素进行审查。

检查人工智能生命周期阶段——推理

为了解释人工智能模型对碳足迹的影响，ABB 针对所有生命周期阶段均进行了整体建模[4,5]:

- 模型架构搜索 (MAS)——设计阶段
- 模型训练——使用数据训练模型阶段
- 推理——使用阶段

由于在所有阶段都需要执行推理操作，因此本文首先对其进行描述。本质上，推理 (估计占模型总能耗的 80% 到 90% [4]) 可定义为计算一系列已学习的参数表达的数学公式，其将输入向量转换为正确的输出向量，例如图像、时间序列、预测值等。

标准 NN 密集层的数学运算包括矩阵乘法，再对结果应用简单的激活函数 → 01。层输出作为下一层的输入，这导致要进行一系列矩阵乘法，从而消耗能量。推理能耗取决于：模型架构 (M)，即层的类型、顺序和大小；处理单元 (PT) 的类型和数量，例如 CPU、GPU 和张量处理单元 (TPU)。由数据中心电源使用效率 (PUE) 引发的开销也会产生影响[19]。因此，推理的能耗成本 I 可被描述为：

$$I = F(M, PT) \cdot PUE \tag{1}$$

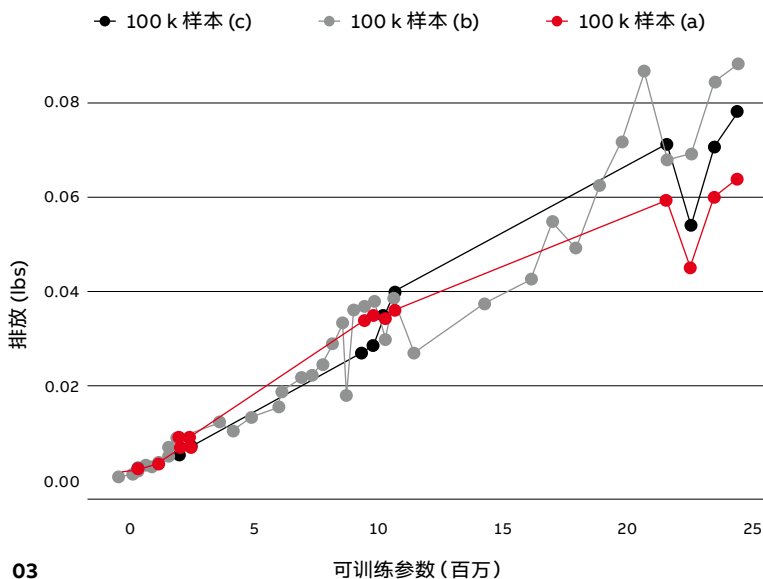
近似值 f 具有挑战性，主要是因为硬件实现和内存访问[13,9,21]的差异，且需要使用专用层。因此，M 的简单替代品 (例如可训练参数的数量[20]) 存在问题[10]。尽管如此，仍可使用基于测量的 I 估计值计算模型的总生命周期碳足迹。通过选择高效的数

我们在每个生命周期阶段都根据 AI 对碳足迹的影响进行了建模：包括模型架构搜索、训练和使用。

据中心和/或硬件，可以优化 PT 和 PUE。例如，GPU 的效率是 CPU 的 10 倍；TPU 的效率是 GPU 的 4 到 8 倍[8]。尽管数据中心的 PUE 可能不可用，但位于较冷地区的数据中心通常比位于较温暖地区的数据中心消耗的能源更少[22]。选择低碳 M 也可以在不牺牲性能的情况下减少能耗[20,12,14]。建议使用剪枝、增加稀疏性、量化或知识提炼等技术[4,23,24] 来减小模型大小。对于 DNN [6]，计算工作量可以减少 5-10 倍[4]；对于卷积神经网络 (CNN) (特征工程神经网络)，则可减少 40 倍[20]。

实验	能耗
MNIST 异常迁移学习	0.451 kWh
专用 MNIST 模型	0.005 kWh

02



03

可训练参数 (百万)

03 其中, 层大小在 25 到 100 个节点之间波动, 层数在 10 到 170 之间不等。模型经过 10 次迭代训练, 样本数量为 100,000 个。除了末尾出现一次奇怪的回落后, 增长几乎呈线性。

训练阶段

模型训练阶段的能耗取决于训练持续时间及所用处理器数量[4]。三个因素起到驱动作用: 单次推理 (I) 的能量成本、训练数据集 (D) 的大小, 以及用于优化模型权重的迭代次数 (E)。

开销¹表示为常数 θ 。

$$T \propto E \cdot D \cdot I \cdot \theta \quad (2)$$

其中, PUE 以及处理器的数量和类型都被视为在 I 的值范围内。因此, 理论上可通过迁移学习 (重复使用预先训练的模型来处理新问题) 来减少训练能耗, 因其可以减少 E 和 D [4,5,8]。

MAS 阶段

值得注意的是, 用于同一任务的不同模型架构的准确性可能有所不同。因此, 在 MAS 期间会对许多架构进行训练, 以选出最适用于最终训练阶段的架构。虽然性能是选择的优化标准, 但能耗可作为附加标准。

此阶段的成本 (CT) 与两个因素成正比[5]: 训练成本 T 和调整超参数的次数 (H)。 T 的某些组成部分 (即 I 、 E 和 D) 可能会因每次调整步骤而变化, 从而导致每次调整步骤的 T 值都不相同。

ABB 的实验结果证实, 小模型比大模型消耗的能源更少, 在模型属性相似的情况下更是如此。

$$CT \propto \sum_{n=1}^H T_h \quad (3)$$

MAS 的选择至关重要, 因为 H 调整越频繁, 能耗就越大。有趣的是, 在能耗方面, 随机搜索优于系统网格搜索, 后者会对许多类似架构进行对比[8]。从公式 (3) 可知, 迁移学习可减少甚至消除 MAS[4]。

生命周期能耗和碳足迹

整个生命周期内的能耗取决于所有生命周期阶段的能源成本: CT 、 T 、 I ; 以及预期的推理调用次数 (e):

$$E_{life} = CT + T + I \cdot e \quad (4)$$

CO_2eq 通过将 (4) 与碳排放因子 (EF) 相乘予以确定:

$$CO_2eq = E_{life} \cdot EF \quad (5)$$

EF 因所用能源来源的不同而存在极大差异。例如, 2019 年, 魁北克的 EF 仅 20g CO_2eq/kWh , 而爱荷华州却高达 736.6g CO_2eq/kWh [8]。显然, 减少 CO_2eq 最简单的方法是恰当选择地点[4]。

综合考虑前面几节中确定的各 ML 生命周期阶段的碳足迹, 由此得出的综合框架可合理估计 DNN 模型的碳足迹²。

实验条件

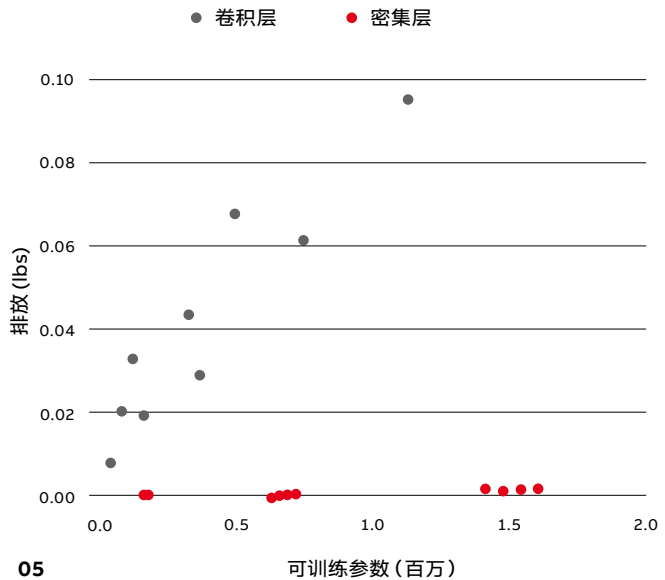
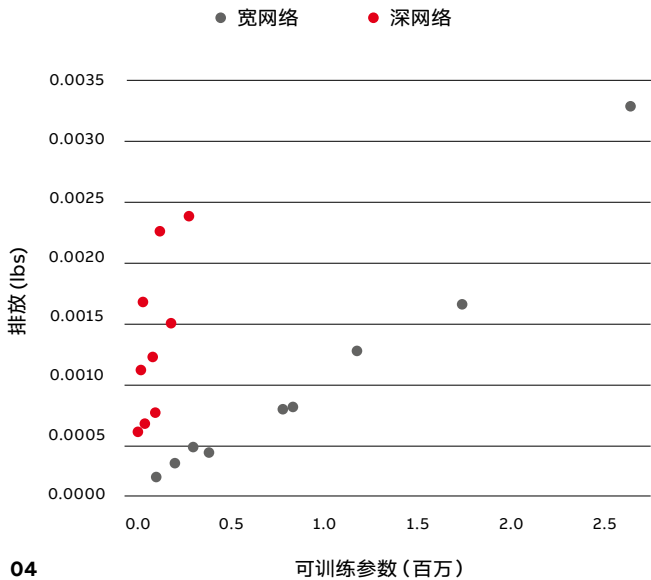
为了实证检验框架对具有不同属性的模型进行的碳足迹假设, ABB 进行了一系列实验³。在配备 GeForce RTX 2080 Ti GPU 和 32 GB RAM 的 PC 上对代码 (Keras/Python) 进行了测试。ABB 对德国能源结

脚注

1 损失函数和反向传播步骤的开销很大, 且这一开销的用途已在实验中得到了验证, 因此被包含在计算中。

2 该框架忽略了静态能耗和原始硬件生产[13], 且与一些研究不同, 其选择牺牲准确性来提高易用性。

3 实验中未考虑模型性能。碳优化和性能优化彼此干扰, 但两者并非非此即彼的关系。



04

05

— 04 图示为不同形状的能量足迹——10 次迭代, 100k 个样本, 100 个值。

— 05 图示为与不同层类型——即卷积层和密集层 (最简单的类型) 的可训练参数相关的能耗。

构进行了假设, 采用 CodeCarbon 工具基于 365.5 g/kWh 的碳强度进行了计算。

测试集大小、迭代次数和预训练模型的使用

为了测试集大小和迭代次数是否会增加能耗, ABB 进行了以下两项实验:

- 1 固定其中一个模型的 H , 同时增加训练样本的数量。
- 2 针对以下两种不同大小的模型增加迭代次数: 100 层和 50 层, 每层大小为 25。

结果证实, 随着训练样本数量的增加, 能耗呈线性增加。同样, 随着迭代次数的增加, 排放量也呈线性增长, 从而证明了这两个因素的重要性。虽然这些结果似乎证实了预训练模型在降低能耗方面的价值[4,5,8],

是, 使用专用 (较小) 架构解决问题可能更为节能。例如, 在 MNIST 分类实验中, 微调专用模型的成本要远低于微调性能相当的 Xception 模型的成本 →02。

测试模型大小带来的影响

通常, 大模型比小模型需要更多能量, 在模型属性相似的情况下更是如此。ABB 的实验结果证实了这一说法 →03。他们还支持相关文献中的观点, 即“可训练参数的数量”并不是导致碳排放增加的驱动因素。

在一项测试中, ABB 比较了可训练参数数量相同的宽模型和窄模型, 并观察到能耗方面存在巨大差异 →04。在深度学习中, 值得注意的是, 具有许多小层的网络 (“深网络”) 的能耗远高于同等大小的“宽”网络 (层数更少但每层节点更多)。然而, 在提高神经网络的表达能力方面, 增加深度远比增加宽度有效 [27]。

ABB 经过测试的过程自动化相关模型的碳足迹几乎可忽略不计, 但性能良好。

但 ABB 的实验表明, 存在这样一个风险, 即使用的预训练模型往往过大而导致效率低下。微调预训练模型的成本要远低于从头开始训练相同架构所需要的成本 [26]。但

为了评估层类型的影响[20], ABB 比较了两组模型: 一系列层较为密集的宽模型, 以及一系列形状相似的卷积层 (其中“宽度”由过滤器的数量表示)。结果表明, 纯卷积模型消耗的能量明显高于密集模型 →05。因此, 可训练参数是基本能耗指标, 但前提是所对比的模型具有许多共同的属性, 如层的形状和类型。



— 本文是“评估人工智能模型的可持续性: 基于理论模型和实验数据”的精简版和编辑版, 该文章载于《ATP 杂志》, 第 66 卷, 2024 年 3 月第 3 期。

	ECOD [28]	DeepSVDD [29]	BLOOM (基准) [18]
可训练参数	不适用	3,202,048	1.79×10^9
训练数据	60 MB	60 MB	1.6 TB
训练时间	< 1分钟	11分钟	1×10^6 小时
训练碳足迹	0.000027 lbs	0.00012 lbs	661,387 lbs

06

—
06 典型工业模型概述。添加了强度较低的相关数据以供对比。表明性能水平良好。文献中所示工业模型都具有相似的规模。

对过程工业中人工智能模型的影响

虽然提出的综合框架和实验结果有助于用户和决策者减少模型碳足迹，但问题也随之而来：这些发现结果是否适用于过程工业相关模型？当然，由于分布式控制系统 (DCS) 产生了大量工业数据，利用神经网络模型可能会带来一定好处。遗憾的是，因大多数数据都未加以标记，可用于训练的数据明显减少。可用数据越少，意味着训练时间越短，能源成本越低。但是，这具有积极意义还是消极意义？至关重要，这种情况意味着性能较低，但具有特定用例和良好功能工程设计的小型 AI 模型确实表现良好，表明可能并不需要牺牲性能。

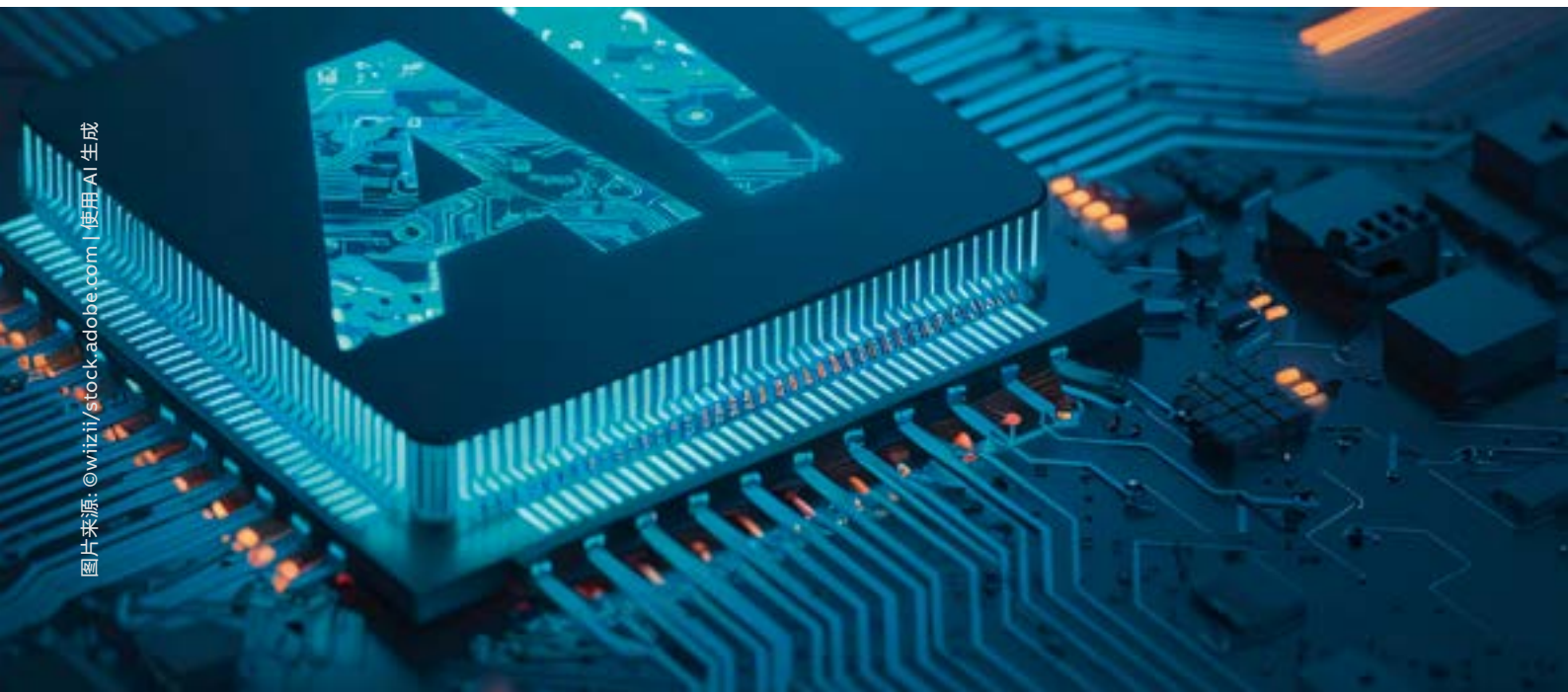
为了评估小型模型的碳足迹，ABB 选择评估两个文献示例 →06：非深度异常检测算法 (ECOD) [28]和深度异常检测模型，深度

支持向量数据描述 (DeepSVDD) [29]。两款模型均使用来自用于状态监测的角度传感器的数据进行训练。这两款模型不仅在测试中表现良好，而且即便与 BLOOM 等高效 LLM →06 相比，碳足迹也显得可以忽略不计。

这些结果表明，目前没有必要采取进一步行动来减少此类过程自动化相关模型的碳足迹。尽管如此，LLM (如 GPT 4.0) 的爆炸式增长有力地表明大型深度模型进入工业领

—
随着大型深度模型进入工业领域，ABB 的结果将帮助工程师和管理人员做出更明智的决策。

域指日可待。届时，本文所讨论的综合框架和实验结果将帮助工程师和管理人员就模型的设计、部署和使用做出更明智的决策，从而减少碳足迹。



参考文献

- [1] R. Gitzel, et al., "Maps of Infrared Images to Detect Equipment Faults", *IEEE Eighth International Conference on Big Data Computing Service and Applications (BigDataService)*, 2022, pp. 167–172.
- [2] M. Gaertler, et al., 2021, "The machine learning life cycle in chemical operations—status and open challenges", *Chemie Ingenieur Technik*, vol.93, no.12, 2021, pp. 2,063–2,080.
- [3] O.Y. Al-Jarrah, et al., "Efficient machine learning for big data: A review", *Big Data Research*, vol. no.3, 2015, pp. 87–93.
- [4] D. Patterson, et al., "Carbon emissions and large neural network training" *arXiv preprint arXiv:2104.10,350*, 2021.
- [5] R. Schwartz, et al., "Green ai" *Communications of the ACM*, vol.63, no. 12, 2020, pp. 54–63.
- [6] D. Patterson, et al., "The carbon footprint of machine learning training will plateau, then shrink". *Computer*, vol.55 no.7, 2022, pp. 18–28.
- [7] D.H. Fisher, "Recent advances in AI for computational sustainability" *IEEE Intelligent Systems*, 31(04), 2016, pp.56–61.
- [8] A. Lacoste, et al., "Quantifying the carbon emissions of machine learning", *arXiv preprint arXiv:1910.09700*, 线上来源: doi:10.48550/ARXIV.1910.09700, 2019.
- [9] E. Strubell, et al., "Energy and policy considerations for deep learning in NLP" *arXiv preprint arXiv:1906.02243*. 线上来源: doi:10.48550/ARXIV.1906.02243, 2019.
- [10] L. Lai, et al., "Not all ops are created equal!", *arXiv preprint arXiv:1801.04326*, 2018.
- [11] L. Lanne-longue, et al., "Green Algorithms: Quantifying the Carbon Footprint of Computation". *Advanced science*, vol. 12 no.8, 2021, pp. 1–10.
- [12] K. Lottick, K., et al., "Energy Usage Reports: Environmental awareness as part of algorithmic accountability", *arXiv preprint arXiv:1911.08354*, 2019.
- [13] P. Henderson, et al., "Towards the systematic reporting of the energy and carbon footprints of machine learning", *The Journal of Machine Learning Research*, vol.21 no.1, 2020, pp. 10,039–10,081.
- [14] M. Kumar, et al., "Energy-efficient machine learning on the edges", in *IEEE international parallel and distributed processing symposium Workshops*, 2020, pp. 912–921.
- [15] Y. Wang, et al., "Benchmarking the performance and energy efficiency of AI accelerators for AI training", in *20th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing*, 2020, pp. 744–751.
- [16] R. Selvan, et al., "Carbon footprint of selecting and training deep learning models for medical image analysis" in *International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*, Cham, CH, Springer Nature 2022, pp. 506–516.
- [17] L. Heguerte, et al., "How to estimate carbon footprint when training deep learning models? A guide and review". *arXiv preprint arXiv:2306.08323*, 2023.
- [18] A. S. Luccioni, et al., "Estimating the carbon footprint of bloom, a 176b parameter language model" *Journal of Machine Learning Research*, vol.24 no.253, 2023, pp. 1–15.
- [19] E. Jauregui-alzo, "PUE: The Green Grid metric for evaluating the energy efficiency in DC (Data Center). Measurement method using the power demand", *IEEE 33rd International Telecommunications Energy Conference 2011*, pp. 1–8.
- [20] E. Cai, et al., "Neuralpower: Predict and deploy energy-efficient convolutional neural networks", in *Asian Conference on Machine Learning*, 2017, pp. 622–637.
- [21] M. Horowitz, "1.1 computing's energy problem (and what we can do about it)", in *IEEE international solid-state circuits conference digest of technical papers*, 2014, pp. 10–14.
- [22] M. Sharma, et al., "Analyzing the data center efficiency by using PUE to make data centers more energy efficient by reducing the electrical consumption and exploring new strategies" *Procedia Computer Science*, 48, 2015, pp. 142–148.
- [23] D. Blalock, et al., "What is the state of neural network pruning?", *Proceedings of machine learning and systems*, 2, 2020, pp. 129–146.
- [24] G. Hinton, et al., "Distilling the knowledge in a neural network", *arXiv preprint arXiv:1503.02531*, 2015.
- [25] L. Heim, et al., "Measuring what really matters: Optimizing neural networks for tiny ml", *arXiv preprint arXiv:2104.10645*, 2021.
- [26] P. Walsh, et al., "Sustainable AI in the Cloud: Exploring machine learning energy use in the cloud", in *36th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering Workshops*, 2021 pp. 265–266 doi:10.1109/ASEW52652.2021.00058
- [27] Z. Lu, et al., "The expressive power of neural networks: A view from the width", *Advances in neural information processing systems*, 30, 2017.
- [28] Z. Li, et al., "Ecod: Unsupervised outlier detection using empirical cumulative distribution functions", *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2022.
- [29] L. Ruff, et al., "Deep One-Class Classification" *Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning*, 80, 2018, pp. 4,393–4,402.

MW 级电机的颠覆性能源效率

MV TITANIUM

开创性的 MV Titanium 概念优化了整个机电动动力系统, 将其打造成一个无缝单元, 可帮助能源密集型行业大幅节约能源, 最高达 40%。



大型中压 (MV) 电机驱动组件 (如泵、风扇和压缩机) 所消耗的电力约占全球电力消耗的 10%。这一统计数据表明, 在发电、可再生能源、化学加工、采矿或水泥生产等重工业向低碳或零碳运营转型的过程中, 能源效率是其关键目标。

使用变速驱动器 (VSD) 的高效调速电机在小型低压应用以及速度控制至关重要的大型中压系统 (例如, 推进电机应用) 中颇受青睐。然而, 通常用于泵、风扇和压缩机的大型电机 (特别是功率在 1 至 5MW 范围内的电机) 则鲜少采用 VSD 控制, 目前只占 10% 到 15%。这可能源于初始成本高, 且操作较为复杂。

ABB 推出颠覆性的整体概念 MV Titanium, 助力从容应对这一挑战。MV Titanium 是全球首台 1 至 5MW 可调速中压电机, 采用单一封装, 易于定制和安装。

MV Titanium 概念旨在应对安装大功率电机时面临的主要挑战: 不仅仅是购买单独驱动装置的前期成本, 还包括相关电气设备 (e-house)、变压器、开关设备和电缆的成本、复杂性和调试过程。这些因素导致资金成本增加, 安装复杂性上升, 在现有场地空间有限的情况下更是难以应对。



John Shibutani
ABB 大型电机和发电
机事业部
芬兰埃斯波

john.shibutani@
fi.abb.com

只有

10 到 15%

的大型电机采用 VSD 控制。

MV Titanium 将整个动力系统整合至一个速度可控的单元之中。



MV Titanium 可帮助能源密集型用户节约最高达 40% 的能源。

该概念采用最先进的多相感应电机和堆叠多相桥 (SPB) 多级控制, 并将两者作为单一机电系统进行设计。这一方法经济高效, 还可增强控制、监测和连接能力。为了简化部署, 设置和调试将在工厂测试期间完成。这样即可将电机作为单个预配置解决方案进行交付。

MV Titanium 是新装或改造现有直接在线 (DOL) 电机的理想之选。其可节省高达 40% 的能源, 因此在降低能源成本和二氧化碳排放方面潜力无限。从这一角度来看, 升级全球约一百万台大型电机将节省相当于 1,000 个燃煤发电站输出的能源。

除了技术创新之外, 这一大型电机概念还标志着朝更可持续未来迈进了一大步。MV Titanium 坚定地引导行业踏上从大量安装大型定速电机向高效全电气控制转变的道路。•



实现超前能源效率的 SYNRM 电机

电机功率

ABB 是全球首家在无磁铁同步磁阻电机 (SynRM) 达到 IE6 超高效率的制造商。



Robert Chin
ABB IEC 低压电机业务单元
瑞典韦斯特罗斯

robert.chin@
se.abb.com

由于电机往往在幕后运转，日常生活中不被人所见，因此人们常常忽视社会运转所需的电机数量及其消耗的能源。事实上，电机运动占全球电力消耗总量的三分之一。低压工业电机是主要能耗设备，在化工、空气分离、

电机运动占全球电力消耗总量的三分之一。

石油和天然气、能源行业，以及水和废水处理、金属和采矿、纸浆和造纸领域体现尤其明显。全球电机的电能消耗主要集中在以下四大电机应用方面：压缩机 (32%)、机械运动 (30%)、泵 (19%) 和风扇 (19%)[1]。

2019 年，ABB 推出 IE5 同步磁阻 (SynRM) 电机 →01，提高了能效标准。该电机提供超高级 IE5 能效，这是目前国际电工委员会 (IEC) 定义的最高能效。SynRM 电机的特点是能效高、可靠性高、维护需求低。

ABB 目前是全球首家在无磁设计中达到 IE6 超高效率的制造商。这一进步标志着朝解决上述各个工业领域的能耗挑战迈出了重要一步，为提高能源效率带来更富希望的前景。



电机消耗全部发电量的三分之一左右。

ABB 的 SynRM 是首款达到 IE6 超高效率的电机。



简单、不含稀土金属，减

20%

能量损失（与 IE5 相比）。

ABB 于 2011 年率先推出的 SynRM 技术始终处于快速发展状态，而 IE6 SynRM 的推出正是最新证明。这项技术发展迅猛，远超官方行业标准或定义的演变速度。然而，到目前为止，IE 效率每高一个等级，能量损失都比前一等级降低了 20%，而 ABB 在这一方法的基础上继续精进，开发出 IE6 SynRM，重申了其在行业中的技术领导地位。

降低能源成本，提高生产效率

对于希望通过采用市面上能效最高的电机，确保其车队能从容面向未来的创新客户，这些电机将极具吸引力。IE6 超高效电机有助于降低能源成本和提高生产效率，同时助力实现当前的可持续发展目标，早用早获益。

工业设施中的电机驱动系统是耗电大户，因此，最大限度地提高其效率可谓潜力无限，有助于减少排放并帮助实现气候变化目标。全新无磁铁 SynRM 电机达到未来 IE6 定义的预期效率水平，借助该款电机，节能表

现也将更上层楼。由于 IE6 SynRM 与等效 IE3 感应电机尺寸相同，因此可轻易取代传统电机。这样，客户能够升级至现代、高效的产品，在能源成本波动的环境下确保未来顺利开展运营。这一兼容性还可简化备件供应和维护。

ABB 推出的一系列 SynRM 电机为无磁铁设计树立了标杆。其效率一开始只有 IE4，于 2019 年推出了 IE5 版本。IE6 是必然趋势，其展示了 SynRM 技术的能力和技术优势。

性能和简便性

SynRM 将永磁 (PM) 电机的性能与感应电机的简便性和维护友好性相结合，实现了最高的能效水平，从而可确保缩短投资回报时间。转子既无磁铁也无绕组，几乎不存在功率损耗。而且，该设计无需使用稀土金属，并可广泛使用合适的 VSD 来提供所需的控制能力，具有高度易用性。

IE6 SynRM 的能量损失比同类 IE5 电机低 20%，因此二氧化碳排放量也相应减少。其提供恒定的二次扭矩，且效率极高，能够实现快速且精确的控制。ABB IE6 SynRM 从零速开始即可提供全扭矩，且部分负载效率

ABB 推出了达到预期超高效率水平的电机 IE6 SynRM，为行业树立了新的标杆。

极佳。电机具有同步特性，其低转子惯性可实现精确运动和非常准确的速度控制。这款静音电机是驱动任何工业应用中的泵、风扇、压缩机等的理想之选 →02。

SynRM 技术相较于传统电机绕组和轴承温度更低。更低工作温度具有多种好处——包括延长绝缘寿命、轴承润滑间隔和使用

—
01 什么是 SynRM?

01a 空载。

01b 负载。

寿命。轴承故障会导致出现许多计划外的电机停机，因此轴承保持较低温度十分重要。

ABB EcoSolutions™ 产品组合

ABB SynRM 电机是 ABB EcoSolutions 产品组合的一部分，让每种产品的循环价值和环境影响变得公开透明，帮助客户和合作伙伴做出更可持续的选择。全面收集相关信息可确保做出明智和负责任的决策。ABB

—
SynRM 的能量损失比同类 IE5 电机低 20%，因此二氧化碳排放量也相应减少。

EcoSolutions 产品组合中的产品符合 ABB 循环框架中定义的一组关键绩效指标，并获得了经外部第三方验证的环境产品声明——ISO 14025 Type III[2]。

继续推进

在电机领域，ABB 致力于面向各工业需求提供合适的解决方案，以满足市场对更高产量、更高效率、更长维护间隔和减少碳足迹的需求。ABB 认为，IE6 SynRM 技术远超所有主要工业化地区制定的最低效率性能标准，为未来低压电机的可持续效率奠定了基础 →03。

ABB 推出了全面的高性能电机产品组合，融合其 140 多年的领域专业知识，以确保最

什么是 SynRM?

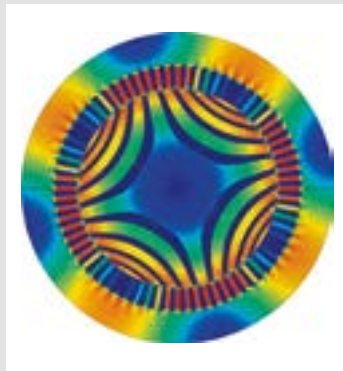
SynRM 的工作原理众所周知，且相当精妙。但在最近新出现的精密变速驱动 (VSD) 控制技术之前，超高效电机的潜力都并未得到充分挖掘。

在 SynRM 中，将转子设计为尽可能减小某一方向上的磁阻，而尽可能增大与此方向垂直的方向上的磁阻。VSD 控制定子磁场，使其绕电机“旋转”。转子磁阻特性的方向分布并不均匀，这导致其随磁场以相同频率旋转 →02a-b。

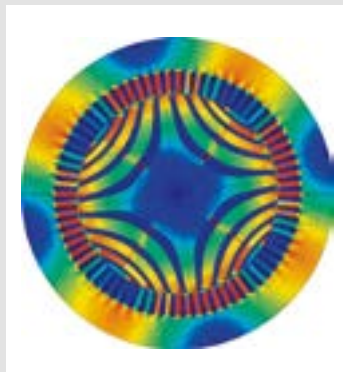
SynRM 技术将永磁电机的性能与感应电机的简便性和易维护性相结合。SynRM 未配

备永磁体等稀土基组件。转子既无磁铁也无绕组，几乎不存在功率损耗。因为转子中不存在磁力，其维护与感应电机一样简单。

ABB 于 2011 年率先推出了 SynRM 技术，效率等级为 IE4。2019 年，ABB 推出了效率等级为 IE5 的 SynRM 超高效电机，最近又扩展了其产品线，增加了适用于危险行业的增强安全版电机，并开发出液冷设计版，适用于恶劣环境下的苛刻应用（如食品和饮料、橡胶和塑料生产以及海洋行业）。现在，ABB 已成功推出超高效 IE6 模型，使 SynRM 技术更上一层楼。



01a



01b

—
02 泵送只是可采用 IE6 SynRM 改善其性能的众多应用之一。

—
03 IE6 SynRM 可助力用户提高可持续性。



02



03

参考文献

[1] Stoffel, B. 2015. Science Direct, "The role of pumps for energy consumption and energy saving." 来源: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/electric-energy-consumption>. [访问日期: 2024 年 6 月 9 日.]

[2] ISO, "ISO 14025:2006. Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures." 来源: <https://www.iso.org/standard/38131.html>. [访问日期: 2024 年 6 月 9 日.]

大限度提高可靠性并致力于可持续发展，而无磁铁 SynRM 电机只是其中之一。ABB 认识到，单一技术无法满足所有客户的需求，因此致力于尽可能掌握所有电机技术。因此，除 SynRM 外，ABB 还可以通过永磁 (PM) 和永磁辅助 SynRM 技术 (PMA-SynRM) 来实现未来 IE6 定义的预期效率水平。PMA-SynRM 是一种混合技术，可将 SynRM 设计与永磁“增强”相结合。此扩展以全面的超高效技术构建模块为基础，提供恰当的解决方案，以满足各细分市场和应用领域的特定需求。•

—
ABB 认为，IE6 SynRM 技术是未来低压电机可持续效率的基础。



节能电机-逆变器组合

强强联合

ABB 推出的一款新套件采用首款适用于电动公交车的三电平逆变器,可延长使用寿命并显著提高效率。




David Segbers
ABB 牵引事业部
瑞士图尔吉

david.segbers@
ch.abb.com



 电动公交车市场正迅速增长，并且将持续发展。

新型逆变器/电机组合产品采用首款适用于电动公交车的三电平逆变器。


电机谐波损耗降低
 **75%,**
可节省能源并减少热量。

公交车一直在发展。随着城市地区的居住人口日益增多、环境问题日益严峻以及越来越多的政府承诺实现零排放目标，全球电动公交车市场的复合年增长率 (CAGR) 达到 14.5%，预计到 2030 年其市场价值超过 480 亿美元[1]，这一点应该不足为奇。

鉴于上述趋势，ABB 开发并推出了用于电动公交车的节能逆变器和电机 →01-02 套件，其中包括首款上市的三电平逆变器[2]。

该套件中的电机和逆变器可完美协同运行，与之前的两电平逆变器相比，在典型驱动循环中，电机损耗可减少最多达 12%，从而延长使用寿命并显著提高效率。该套件标志着向更清洁、更可持续交通运输方案的重大飞跃。

与传统两电平逆变器相比，HES580 三电平逆变器可大幅降低电机谐波损耗，最高达 75%，从而显著减少散热并最大程度地节约

—
参考文献

[1] marketsand-markets. Electric bus market. 来源: <https://www.marketsand-markets.com/Market-Reports/electric-bus-market-38730372.html>. 访问日期: 2024 年 10 月 18 日

[2] ABB. ABB launches energy-efficient motor and inverter package for electric buses. 来源: <https://new.abb.com/news/detail/116119/abb-launches-energy-efficient-motor-and-inverter-package-for-electric-buses>. 访问日期: 2024 年 7 月 3 日

[3] truckandbus-builder.com/article/2024/01/use-of-3-level-topology-inverter-to-boost-electric-motor-efficiency-in-buses-says-abb. 访问日期: 2024 年 10 月 18 日

能源。实现这一卓越性能的关键在于其创新型三电平架构 →03。通过减轻谐波效应并最大限度地减少电机绕组应力, 这项先进技术可让整个电动传动系统持续稳定地运行, 并延长其使用寿命。

此外, AMXE250 电机是一款专为高效推进而设计的紧凑型永磁同步动力装置, 从竞争对手中脱颖而出。电机还提供高扭矩密度,

—
三电平结构可减少谐波效应, 并最大限度地减轻电机绕组应力, 从而提高性能。

从而提升了动态性能, 同时运行更安静, 可提高乘坐舒适度。逆变器和电机设计灵活, 允许彼此远离, 从而为客车制造商提供空间优化选项。该套件的参数设置、调试和启动功能均十分简单, 支持快速安装。•



01



02

—
01 与传统两电平逆变器相比, HES580 可大幅降低电机谐波损耗, 最高达 75%。

—
02 AMXE250 是一款专为实现高效推进而设计的紧凑型永磁同步电机。

首创逆变器架构

与在两个电压电平 (DC+ 和 DC-) 之间切换的两电平逆变器不同, HES580 引入了第三个电压阶跃——中性点 →03a。此举有效地将每次切换操作期间的电压阶跃减半 →03b, 从而降低电流纹波, 进而降低谐波损耗。因此, AMXE250 电机运行效率更高, 在不同行驶条件下均可提供更高的性能 →03c 和 →03d。

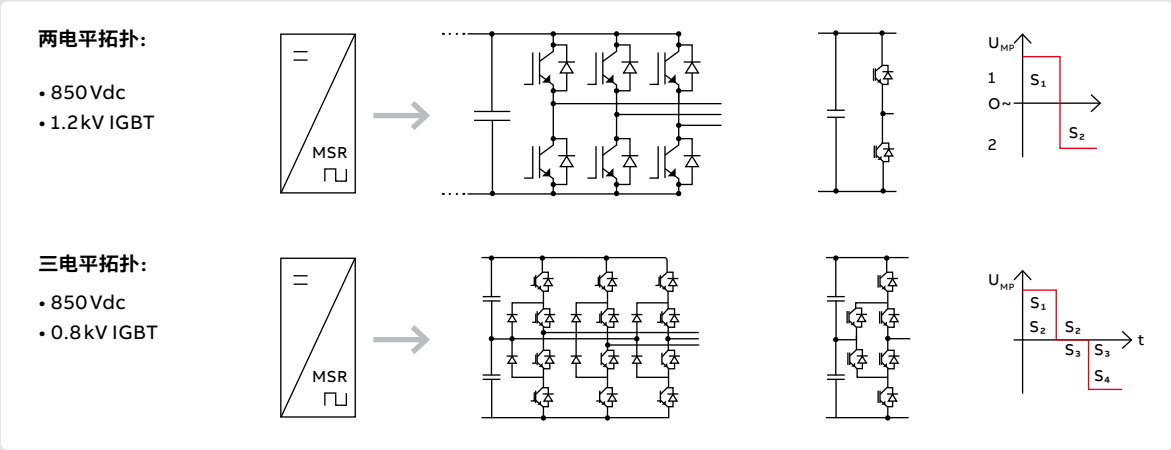
—
03 首创逆变器架构。

03a HES580 引入了在两电平逆变器中不曾有过的第三电压电平——中性点。

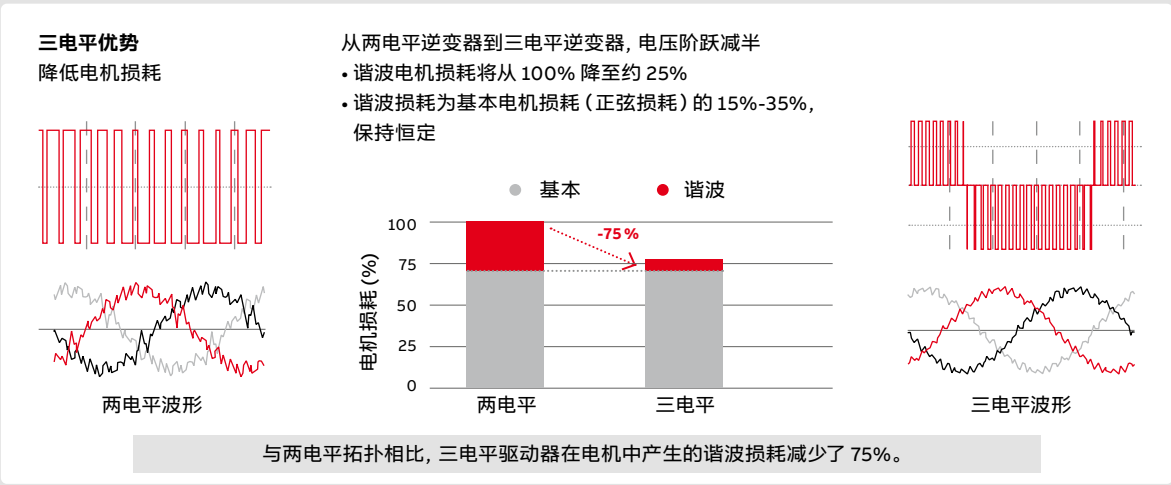
03b 与两电平逆变器相比, HES580 将电压阶跃减半。

03c 由于具有上述优势, HES580 在同样电机条件下能够更有效率地产生更多电力。

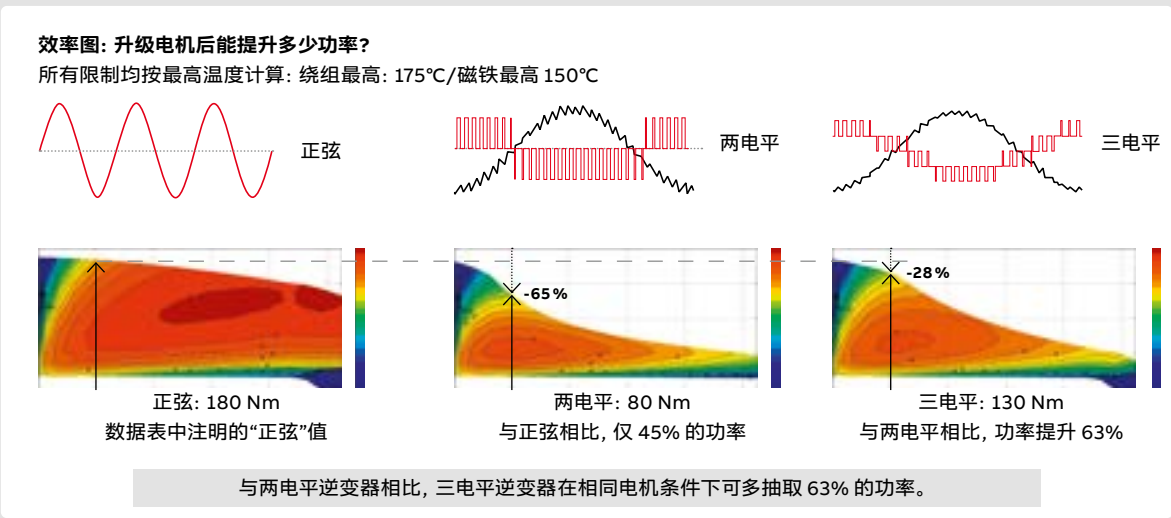
03d 对三电平拓扑优缺点进行评估后表明, 其在同类产品中整体效率最佳。



03a



03b



03c

三电平拓扑

优势

- 在相同电机条件下抽取更多功率
- 因电机谐波损耗减少而提高效率
- 减轻电机绝缘上的电压应力
- 通过降低共模电压来降低电机轴承电流风险
- 固有容错能力

劣势

- 电路更加复杂
- 电路的物理尺寸更大
- 半导体中的传导损耗更多

但将通过减少半导体的开关损耗和电机中的谐波损耗来过度补偿

三电平拓扑是最友好的电机驱动器……且在同类驱动器中整体效率最佳。

03d

支持以太网 APL 标准的流量计

深挖数据价值管道

由于 ABB 在其业界领先的 SwirlMaster 和 VortexMaster 流量计中引入了以太网 APL, 对化学、石油和天然气以及氢气加工行业的数据进行数字收集和分析的新可能性已初现端倪。以太网 APL 是一种创新通信技术, 不仅消除了危险环境中有可能产生火花的风险, 而且还提供了一款易于扩展的解决方案, 可将大量现场设备连接至控制系统。



Tilo Merlin
BL 仪表测量与分析
事业部德国法兰克福

tilo.merlin@
de.abb.com

只要是使用过计算机的人, 几乎都熟悉以太网电缆。其为局域网、城域网和广域网提供高速有线连接。然而, 以太网电缆一直不能在具有潜在危险条件的工厂现场使用, 直到最近才迎来转机。为了克服这一障碍, ABB 与一群领先的过程工业供应商和国际标准组织携手, 开发出一款完全集成本质安全的解决方案, 包括限制电源电压和电流的配置文件, 以消除有可能产生火花的风险。

提高运营效率

该解决方案被称为以太网高级物理层 (APL), 其特点如下: 支持最高达 10 Mbps 的增强数据传输速率; 使用屏蔽双线连接来同时传输电力和数据, 以确保安全; 支持





ABB 最新的涡街和涡流流量计可收集大量数据。

这些数据需要高性能的现场通信。





以太网 APL 可满足通信需求, 即便在危险环境中亦表现出色。

— ABB 与供应商合作开发了一款解决方案, 可限制电源电压和电流, 从而消除火花风险。

最长 1,000 米的电缆长度。因此, 该技术为数字化收集和分析化学、石油和天然气以及氢气工业过程中的数据开辟了新可能性 →01-03。

以太网 APL 采用创新通信技术, 可为过程数据以及配置和诊断信息提供高速通道, 进而帮助制造企业提高运营效率。此外, 其



工业以太网

以太网和传输控制协议/互联网协议 (TCP/IP) 是当今通用的主要通信标准[1 & 2]。该标准背后的基本理念在于多台计算机可以访问网络并随时发送数据。以太网广泛应用于家庭和商业环境,目前在工业测量应用中的使用愈发广泛,将信息技术与运营技术两大领域紧密相连。

以太网是一种“即插即用”技术,易于设置。与其他协议相比,其允许使用更常见的市售电气元件,可确保系统适应未来发展,并支持访问多个供应源,有助于降低成本。此外还提供了其他几个好处。多种协议和应用程序共享相同的基础设施。消除网关和协议转换器可实现无缝通信,从而降低将数据从生成位置传输至所需位置的成本和复杂性,同时还能保持稳定性、减少信号衰减,并且能够快速高效地工作。

—
01 以太网日益将信息技术与运营技术两大领域紧密相连。

还提供了一款易于扩展的解决方案,可将现场设备连接至控制系统,并简化了与工厂中所有仪器的网络连接,同时利用之前被封锁的宝贵数据为过程优化开辟了新机会。

考虑到上述优势,ABB 将这一创新添加到其知名的 FSS450 SwirlMaster 和 FSV450 VortexMaster 流量计 →04 中,为其提供以太网 APL 连接,并赋予高速现场数据传

—
以太网 APL 为过程数据以及配置和诊断信息提供高速通道。

广泛优势

与以太网供电 (PoE) [1]类似, 以太网 APL 具有广泛优势。基本上, 其无需单独配备直流电源基础设施, 而是通过同一根电缆提供电源和通信。其使用标准现场总线电缆, 因此无需特殊工具。由于集中供电可通过不间断电源系统实现备用解决方案, 因此安装可靠性也有所增强。此外, 使用率较低的时段或出于安全考虑时, 可通过 APL 交换机远程关闭设备。另外, 无需配备额外电源插座或铺设不同电缆。

02

— 02 以太网 APL 的广泛优势。

输的所有优势, 而不会造成任何安全缺陷。在过去, 技术对电缆长度通常有所限制, 导致在大型工业设施中建立通信网络极为困难, 而以太网 APL 则消除了这一限制, 节约了成本, 降低了复杂性。ABB 的涡街和涡流流量计是首批获得 FieldComm Group 颁

ABB 的涡街和涡流流量计是首批获得 FieldComm Group 颁发的以太网 APL 认证的仪器。

发的以太网 APL 认证的仪器。该认证确保过程仪表具备卓越的产品质量, 且整个工业通信网络的互操作性极为可靠。

涡街和涡流流量计是业内使用最广泛的两种流量计, 其通过跟踪压力等关键输入数据来测量体积流量和温度、以及质量流量和能量流量。此外, 通过这些设备, 工业公司能轻松远程访问设备健康状况和维护数据, 从而获得有价值的诊断信息。

预测性维护的新机遇

ABB 独特的旋流技术还具有安装要求低、测量精度高的优点。除了支持广泛采用的 FDI 配置标准外, 这些设备还可通过集成 Web 界面轻松配置——无需任何工具、驱动程序或专用软件。屏幕布局响应迅速, 可自动适应计算机、平板电脑和智能手机的屏幕尺寸。

配备以太网 APL 的涡街和涡流流量计能够测量体积、质量和能量流量以及过程温度, 让操作员有可能根据实时数据做出运营决策和进行预测性维护, 从而显著减少潜在错误和停机时间。

以太网 APL 与 ABB 的 Ability™ Smart-Master 套件结合使用, 支持快速访问广泛的过程和设备数据, 还可为需要从数百甚至数千台设备收集数据的工厂操作员排忧解难。SmartMaster 是一个资产绩效管理平台, 其结合运营数据、工程数据和 IT 服务, 实现快速故障排除、远程诊断、非侵入式过程分析以及诸多其他可能性。ABB 计划将以以太网 APL 技术集成到所有仪器中, 且目前正在着手部署。•



03

—
03 ABB 的高级物理层 (APL) 将以太网的优势引入过程工业。

—
04 ABB 的涡街和涡流流量计配备以太网 APL, 可安全、轻松地远程提供有关过程健康状况的实时数据。

参考文献

[1] ABB. Merlin, Tilo. How the Ethernet is going to change operations in the field. 来源: <https://new.abb.com/products/measurement-products/measurement-products-blog/how-the-ethernet-is-going-to-change-operations-in-the-field> 访问日期: 2024 年 6 月 7 日

[2] ABB. ABB transforms flow measurement in the field with Ethernet-APL connectivity. 来源: <https://new.abb.com/news/detail/116352/abb-transforms-flow-measurement-in-the-field-with-ethernet-apl-connectivity> 访问日期: 2024 年 6 月 7 日



04

使用资产管理壳实现工程设计自动化

自动化工程设计

设计石油、天然气或能源工厂是一个牵涉多学科和多组织的复杂过程，涉及许多文档和大量数据。与 Equinor 的合作研究揭示了工业 4.0，尤其是资产管理壳 (AAS) 将如何帮助加快和简化设计工作。

—
Sten Grüner
Katharina Stark
Mario Hoernicke
Nafise Eskandani
ABB 集团研究中心
德国曼海姆

sten.gruener@
de.abb.com
katharina.stark@
de.abb.com
mario.hoernicke@
de.abb.com
nafise.eskandani@
de.abb.com


John Pretlove
Frank Biringer
Sverre Frøystein
ABB AS 能源产业部
挪威奥斯陆

john.pretlove@
no.abb.com
frank.bringer@
no.abb.com
sverre.froystein@
no.abb.com

Daniele Seimonte
Anders Bjørsvik
Equinor ASA
挪威奥斯陆



 设计石油和天然气或能源工厂涉及大量数据。

资产管理壳可加快和简化设计工作。 

 实现无缝端到端工程设计和调试工作流程。

Photo: © ianakorn/stock.adobe.com

01 AAS 如何实现数字孪生体。

石油、天然气和能源行业工厂牵涉多个学科和多家组织，性质复杂，给工程设计带来了独特挑战。其中，协调诸多图纸和图表、表格、文本式控制叙事和其他文档可能导致情况极为复杂。幸运的是，工业 4.0——以及模块化和基于模型的自动化工程设计概念——可简化跨组织信息交换、数据格式和语义互操作性。Equinor（总部位于挪威的能源巨头）和 ABB 于 2023 年携手开展了一项合作研究，揭示这些方法如何在上述领域实现持续工程 workflow。该研究的主要目标如下：

- 了解相关组织之间需要交换哪些工程数据。
- 概述如何将这数据表示为工业 4.0 AAS。

AAS 是将数字孪生体（即物理产品、系统或流程的数字模型）应用于工业应用的重要概念 →01。AAS 是一种通用信息模型，在工业资产的整个生命周期内均可访问。

自动化工程设计和模块化自动化

除了工业 4.0 技术，模块化生产工厂也是工厂工程设计的额外效率驱动因素。其中，标准化接口是成功的关键要素：基于流程模块接口的标准化描述，特定类型的模块类型包 (MTP)、特定实例的智能模块和工艺设

AAS 是实现工业应用数字孪生体的重要概念。

备组装 (PEA) 均可集成到监控系统——流程编排层 (POL) 中，其可作为分布式控制系统 (DCS) 的一部分予以实现。这些项目构成了模块化自动化的基础。例如，MTP 可实现无缝 PEA 集成，并减少工程设计工作量，缩短调试时间。

此外，大型传统工厂逐步开始采用场外预制模块，推动了功能模块 (FM) [1] 的模块化自

AAS 如何实现数字孪生体

AAS 概念是工业 4.0 的基石，由工业数字孪生体协会 (IDTA) 工作组管理，并作为国际标准 IEC 63278 以及一组 IDTA 规范予以提供。AAS 指定了一种技术中立型信息模型，该模型可映射至不同的 IT 协议和技术，并通过不同的 IT 协议和技术进行访问。简而言之，AAS 可附加至物理或虚拟资产，并将资产相关信息构造成所谓的子模型，例如，以表示与设备相关的技术数据。这些子模型作为独立的、特定于用例的容器，容纳 AAS 的实际“有效负载”——例如属性或文件。IDTA 规范了不同工业垂直领域的子模型模板（目前超过 80 个）的创建过程，范围从设备采购到工厂设计期间的描述，再到工厂运营阶段的服务和生命周期事件，不一而足。

从技术层面来看，AAS 可以作为文件或使用请求-响应接口（具有 JSON 有效负载的所谓 RESTful API）进行访问和交换。

01

自动化概念的发展。与标准化 MTP 相比，FM 为传统工厂提供了多项优势，例如，在一个物理控制器中即可部署多个逻辑模块的控制逻辑。

这些主题构成了 Equinor 和 ABB 合作研究的基础，旨在探索工厂工程设计过程中 MTP/FM 和 AAS 在自动化 workflow 和 AAS 基础设施使用方面的协同作用 [2]。

工作流程步骤和信息模型

对为研究目的而设计的跨组织 workflow 的概述显示了需要交换哪些信息以及如何将这些信息表示为 AAS 内容——例如，作为潜在子模型或是子模型模板 →02。

“作为我们的长期战略合作伙伴, ABB 能够交付最先进的演示系统, 展示工业 4.0 技术在能源领域的应用。很荣幸有这样一个公开又独特的合作机会, 这有助于提高工程效率和交付项目的质量。”

Anders Bjørsvik
Equinor ASA 自动化高级顾问

工作流程的 AAS 解决方案策略是在设计过程中尽早(即在步骤 1 中)生成 AAS(及连接资产), 并在后续步骤中向其中添加子模型和子模型元素[3]。以下讨论概述了 AAS 和资产创建的最重要步骤。

需求交换(第 1 步)

工作流程之初, 需要将工厂需求从工厂运营商移交至集成商。这些需求通常表示为抽象图, 例如工艺流程图(PFD), 并辅以用

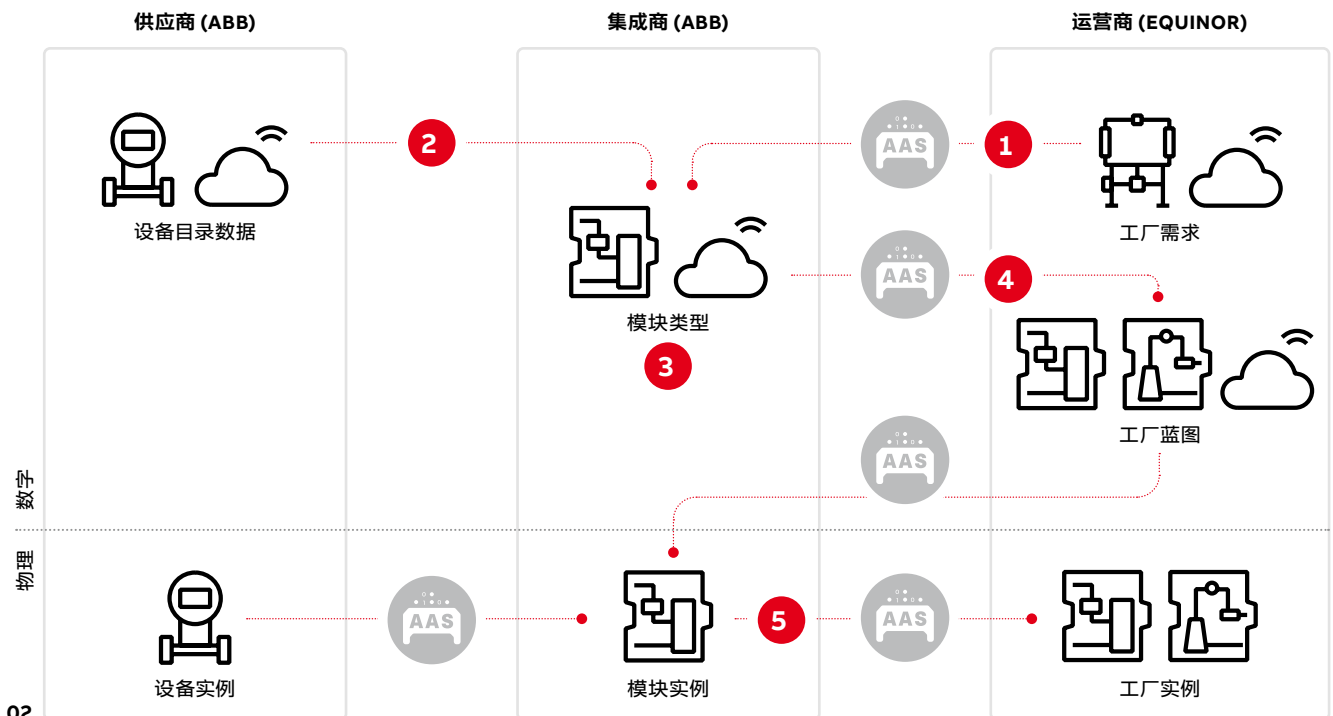
人类可读语言编写的详细流程描述。就研究范围而言, 在 Equinor 的 PFD 建模工具 MIMIR 中建模了一个由加热器、气体处理和分离系统组成的过程段。过程段大致基于 Equinor 的真实资产, 无论是工厂拓扑还是标签名称均如此。

PFD 设计基础对于处理模块化自动化方法所需的高级服务抽象特别有用。定义明确的高级服务(例如加热或过滤)是模块化工程设计工作流程演示的基础。

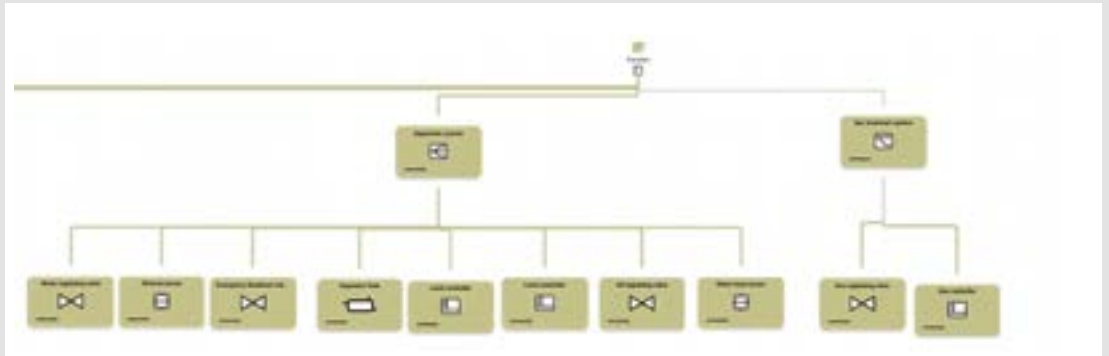
PFD 建模工具中的容器包含指定系统的不同方面——例如物理工厂元素的功能和位置等方面。每个方面均按层次结构进行构建, 以将系统分解为子部分 →03-04。

要针对工程系统各个方面建立连续数字线程, 一个关键部分在于创建和保存系统及其各个元素的标识符。对于 Equinor 的 PFD 建模工具中的图表, 将为图表元素创建唯一的国际化资源标识符(IRI), 并用 AAS 域中使用的资产标识进行表示。

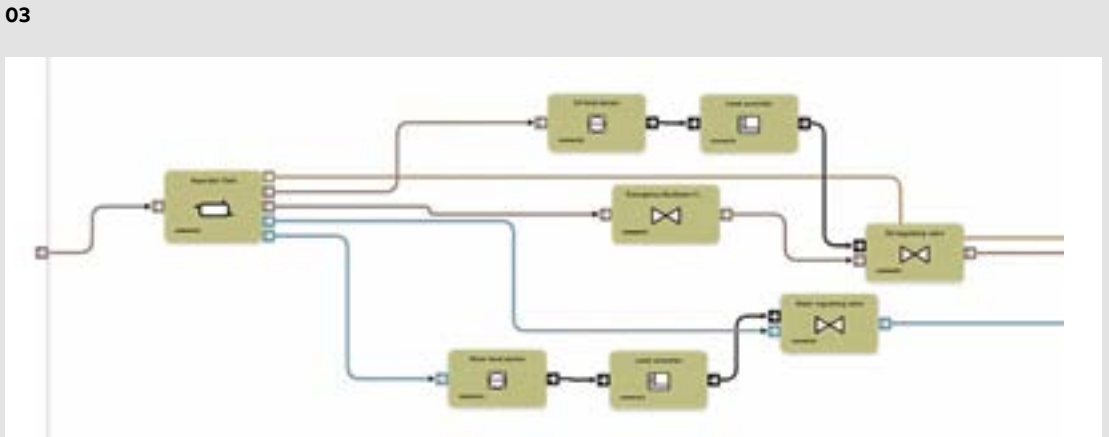
02 工程设计工作流程示例。



—
 03 MIMIR 示意图，显示了包含分离和气体处理系统以及其他子组件的工厂的功能分解。



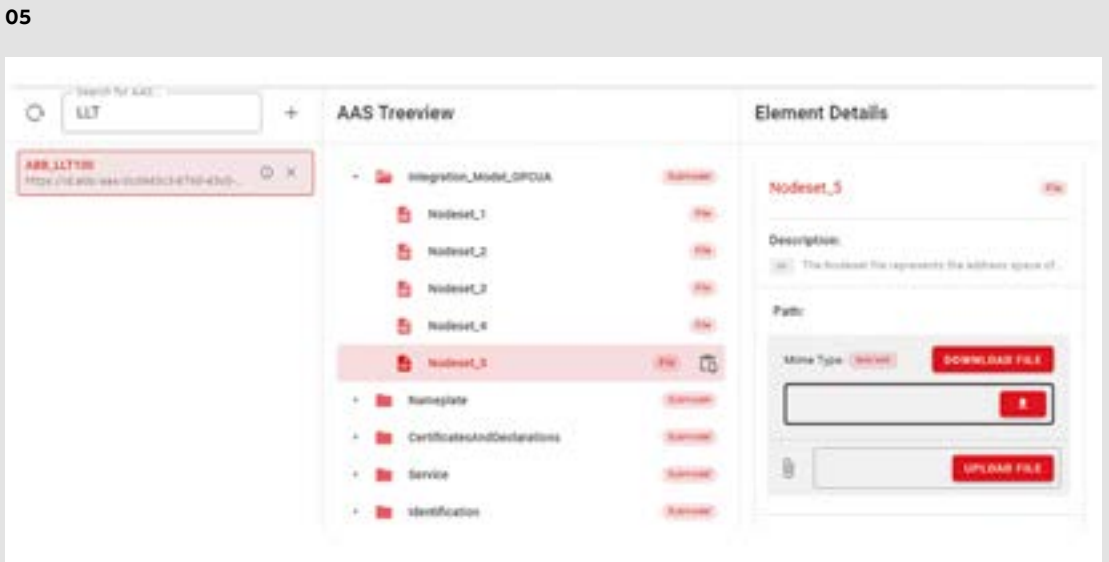
—
 04 分离系统子组件之间的跨元素连接，显示质量流量、电气连接等信息。



—
 05 代表了 MIMIR 项目实例的分层元素的三个 AAS (使用 Eclipse BaSyx™ 的 AAS-GUI 工具进行表示)。

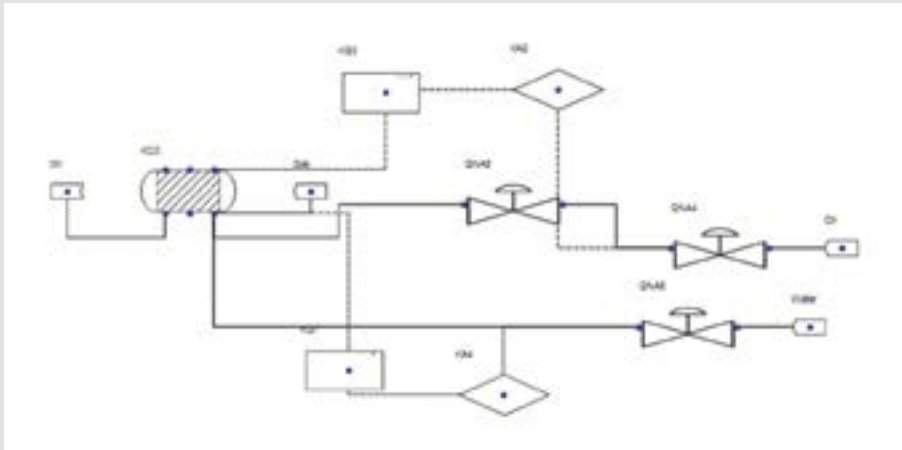


—
 06 设备类型 AAS 的高层次表示，其中包含与设备实例的 OPC UA 信息模型相对应的 OPC UA 节点集文件。



—
07 从 MIMIR 模板生
成的分离系统的初步
模块 HMI。

—
08 从 AAS 子模
型获得的 OPC UA
PA-DIM 变量到
MTP/FM 块抽象的
映射示意图。



07

Device Type	MTP Equipment Type
LLT100	AraMin

MTP Equipment Type Property	Device Variable
WHEn	
WHLim	LVL_IDX_T_Ram_Ob_UOM_FF_UOM_FF_value_3
WHAct	
VWHEn	
VWHLim	LVL_IDX_T_Ram_Ob_UOM_FF_UOM_FF_value_2
VWHAct	
VTHEn	
VTHLim	
VTHAct	
VTLEn	
VTLLim	
VTLAct	
WWLEn	
WWLLim	LVL_IDX_T_Ram_Ob_UOM_FF_UOM_FF_value_1
WWLAct	
WALEn	
WALLim	LVL_IDX_T_Ram_Ob_UOM_FF_UOM_FF_value_0
WALAct	
OSLevel	
VScMin	LVL_IDX_Investigation_Range_Level_Ob_UOM_FF_UOM_FF_value_1
VScMax	LVL_IDX_Investigation_Range_Level_Ob_UOM_FF_UOM_FF_value_0
VUnit	LVL_IDX_volume_UnitCode_TABENOMS_0
V	LVL_IDX_InLevel_LevelOb_UOM_FF_UOM_FF_value_0
WOC	
TagDescription	

Details for: LVL_IDX_T_Ram_Ob_UOM_FF_UOM_FF_value_0

Name	Value
Display Name	Low Low
Browse Name	4.LVL_IDX_T_Ram_Ob_UOM_FF_UOM_FF_...
Data Type	uint
Symbolic Name	Device_ParameterGet_LVL_IDX_T_Ram_Ob_...
NodeId	ns=5:144

08

创建了代表整个 MIMIR 项目的 AAS, 其中包含以下子模型 (与 →05 的左列进行对比):

- MIMIR 子模型: 包含 MIMIR 文件作为文件子模型元素。
- 项目清单子模型: 包含与规范相关的项目元信息, 例如工厂项目代码。
- 物料清单子模型: 标准化 IDTA 子模型包含 MIMIR 项目内元素的层次结构细分。

交换设备类型信息 (第 2 步)

工作流程下一步涉及在设备供应商和工程公司之间交换设备类型信息 (实际上就是指目录信息)。在原型实施过程中, 使用了一种设备类型的 AAS, 其中包含来自 IDTA 的子模型, 描述了与特定设备类型相关的技术规格和联系信息[4]。

在前期研究的子模型集的基础上，提议新增一个子模型，其中包含 OPC UA Node-set 文件，表示未来将安装到物理工厂中的设备的 OPC UA 服务器的信息模型 →06。

系统各部分工程设计（第 3 步）

在跨组织工程设计工作流程的下一步中，MTP 模块工程设计被视为最终工厂各个部分的代理。此外，FM [1] 可用于对物理上单体化的工厂进行类模块化自动化。

新 FM 定义（及相应的 MTP 子模型）不会重复使用模块供应商提供的现有模块定义，而是根据运营商以 MIMIR 系统定义形式提供的需求重新生成。为实现这一目标，将原型模块化工程设计工具扩展为：

- 通过 RESTful API 从 AAS 2 类服务器导入 MIMIR 文件和相应资产。
- 使用自定义 MIMIR 文件解析器处理 MIMIR 文件，以将功能实体（例如分离系统）和 MIMIR 资产（例如阀门或容器）映射至相应的 MTP 库对象中。

标签名称源自 MIMIR 规范。元素放置会自动生成 FM →07 的初步人机界面（HMI）布局。元素的放置和连接拓扑与 →04 中的布局相对应。

在后续步骤中，现可将其他设备（激光水平仪或流量变送器）添加到模块类型定义中。其中，上一步中设备类型的 AAS 发挥了重要作用。

要在 MTP 模块或 FM 包中使用设备类型，需要在设备信息模型（例如 PA-DIM，一种独立于制造商的信息模型，具有结构化层次结构，用于实现设备数据访问标准化）和 MTP 的库元素之间建立映射关系。其中，我们利用了随设备类型 →08 提供的 OPC UA Nodeset 文件。映射关系（→08 的右侧）同样存储在 AAS 设备中，可跨多个项目重复使用。

设计审查和提交设计（第 4 步）

原型使用 MQTT 事件代理（消息协调器）和分布式 AAS 注册表来处理 and 同步组织之

间的变更事件。此外，分布式版本控制系统允许审查和签署整个系统的快照——即所有相关 AAS 和子模型。

工厂调试和运营准备（第 5 步）

在此步骤中，模块类型（FM 或 MTP）经过实例化处理并互连，以构建最终的工厂拓扑。该研究使用 ABB 编排设计器工具，根

——
这项研究创建了一个端到端工程设计和调试工作流程，期间不存在重大技术障碍。

据现有 MTP 或 FM（源自 FM 定义）创建实例。分离器实例是使用 FM 扩展（配置选项、警报过滤等）构建而成，而油加热器则使用符合标准的 MTP 定义构建而成。

流畅工作流程

这项研究在工程设计过程中实施了一个真实的跨公司信息工作流程。其展示了在工厂及其组件的生命周期内，如何将不同的标准化和专有信息模型相互关联并予以扩展。此外，跨标准接口的可行性得到了验证——例如从 AAS 子模型引用到 OPC UA 元素。这实现了“自带模型”的概念，允许在工业 4.0 工作流程中链接和重复使用不同的数字模型，从而确保数字化投资安全无虞。

应强调资产身份保存在工程设计生命周期中的重要性。虽然对于现有物理设备来说，这个问题显得微不足道，但识别工程实体（如管道和仪表图及其元素）却颇具挑战性。

Equinor 和 ABB 之间携手合作开展研究，最重要的成就莫过于创建了一个端到端工程设计和调试工作流程，期间不存在重大技术障碍。这项工作为自动化和工业 4.0 社区提供了宝贵见解，并可能会被用作其他行业领先的工业 4.0 应用实践评估的蓝图。•

参考文献

[1] S. Grüner et al., “Products have a digital twin and you can find it too!,” *ABB Review* 03/2021.

[2] M. Hoernicke et al., “Modularizing engineering,” *ABB Review* 02/2024.

[3] K. Stark et al., “AAS-enabled Engineering Using MTP: A Practical Approach,” *atp magazin*. Volume 65, number 11–12, pp. 64–70, 2023.

[4] S. Grüner et al., “Towards asset administration shell-based continuous engineering in process industries”, at *Automatisierungstechnik*. Volume 71, number 8. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/auto-2023-0012>

通过回注实现灵敏检测

高精度气体测量

ABB 研究项目成功采用光学回注技术构建了一台高精度分析仪，可同时测量甲烷和乙烷含量。该方法还显著的减少了测量误报率，提高了乙烷峰值检测率。

—
Hsiang-Yu Lo
Rozenn Diehl
 ABB 研究中心
 瑞士巴登

hsiang-yu.lo@
 ch.abb.com
 rozenn.diehl@
 ch.abb.com

Douglas S. Baer
Kyle Owen
Tharindu
Jayasinghe
Julio D. Lobo Neto
 ABB 测量与分析事业
 部美国圣荷西

doug.s.baer@
 us.abb.com
 kyle.owen@
 us.abb.com
 tharindu.jayas-
 inghe@us.abb.com
 julio.d.lobo-neto@
 us.abb.com

—
 01 ABB 推出了一系列可检测气体泄漏的产品，例如此处所示的 ABB Ability™ Mobile-Guard™。光学回注技术提高了甲烷和乙烷检测精度。

甲烷和乙烷都是温室气体，而石油和天然气基础设施是这两种气体的重要排放源。从开采到运输，整个石油和天然气生产过程中都会排放甲烷和乙烷，不管是无意泄漏还是有意排放。此类泄漏不仅加剧了气候变化——甲烷在 20 年内的全球增温潜

—
 甲烷的 GWP-20 是二氧化碳的 80 多倍，因此高效的甲烷和乙烷检漏必不可少。

势 (GWP-20) 比二氧化碳 (CO₂) 高出 80 多倍——而且还意味着大量损失宝贵的资源。综合考虑种种因素表明，高效的甲烷和乙烷检漏系统必不可少。





此类系统必须能够快速识别和定位泄漏，并为操作员提供高精度实时数据。满足这些要求，即可降低与天然气运输和储存相关的风险，保护环境和公共安全并确保遵守法规。

为何必须同时检测甲烷和乙烷

同时检测和量化甲烷和乙烷对于确定这些气体的来源至关重要。生物甲烷来自湿地等自然资源，而热解成因甲烷则来自化石燃

—
ABB 是第一家也是唯一一家可提供四种不同解决方案来检测、查找、量化和绘制泄漏图的公司

料。与之相对的是，乙烷只伴随热成因甲烷而产生，不存在于生物甲烷中。因此，乙烷与甲烷的比例高于预期可表明甲烷排放主要来自化石燃料来源，而非自然来源 →01。同时测量两种气体即可确定具体比例。

离轴但精准

ABB 提供多款采用独特专有离轴积分腔输出光谱 (Off-axis integrated cavity output spectroscopy, OA-ICOS) 技术的气体分析仪。OA-ICOS 代表第四代腔增强可调谐半导体激光吸收光谱 (TDLAS)。该技术彻底改变了气体检测和量化格局。更具体地说，对于天然气检漏，ABB 提供的激光分析仪支持快速部署，进而识别和量化现场气体泄漏。ABB 是第一家也是唯一一家提供四种不同解决方案的公司，用于在驾驶、行走、飞行或处于静止状态时检测、查找、量化和绘制天然气泄漏图 →02。

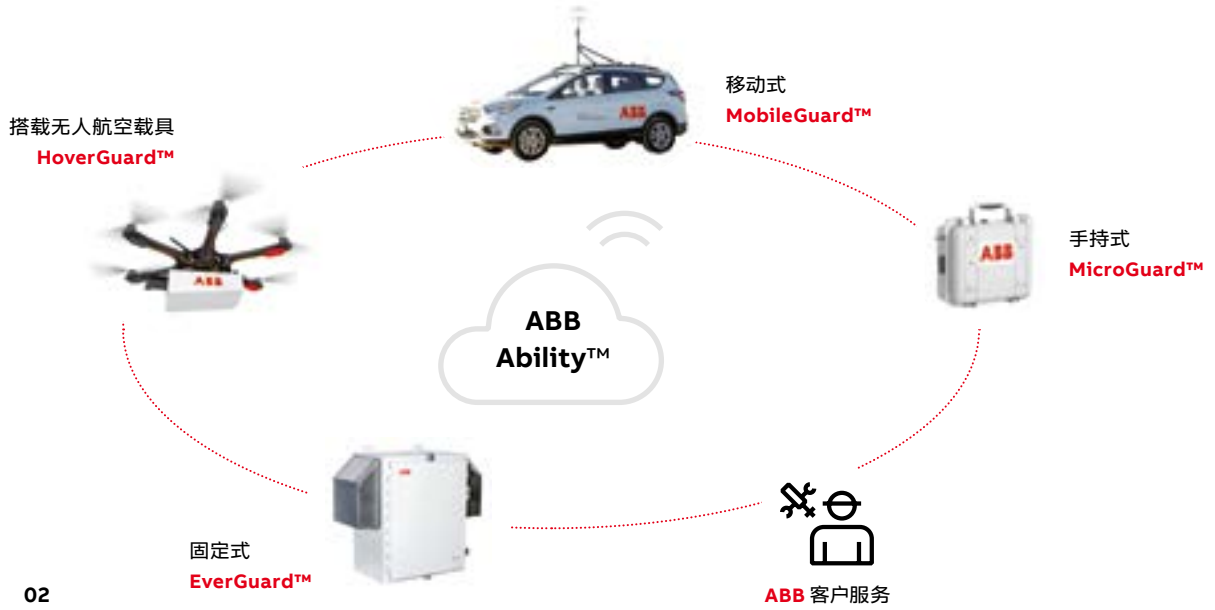


分析仪中激光和气体样品之间的相互作用可能极低。

光学回注可提高分析仪的性能。



提高精度，更好地区分热成因源/生物源。



02

— 02 ABB Ability™ 移动气体检漏系统系列。

— 03 ABB GLA231 系列分析仪。

这些 ABB 气体分析仪基于所谓的非模式匹配光学腔，其中仅允许极少量激光进入腔内与气体样品发生相互作用。此处描述的研究项目旨在通过使用光学回注技术来增加进入腔体的光量，从而实施测量。回注装置将：

- 昂贵的高功率激光可用经济效益高且较低功率之光源所取代
- 增强信噪比，提高仪器精度，扩大销售量和可用市场
- 使用反射率更高的腔镜，从而增加有效光路长度，进而提升测量灵敏度
- 可使用更大范围的镜面反射率值，因此可容忍较高的镜面制造时所产生的反射率误差值。

模拟、设计、构建与测试

OA-ICOS 分析仪中光学回注的开发和实现分几个步骤进行。首先，ABB 使用了一款光学仿真工具，进行光学模拟，以确定最佳且可行的配置。其次，团队设计并设置基于带间级联激光器 (ICL) 的 OA-ICOS 分析

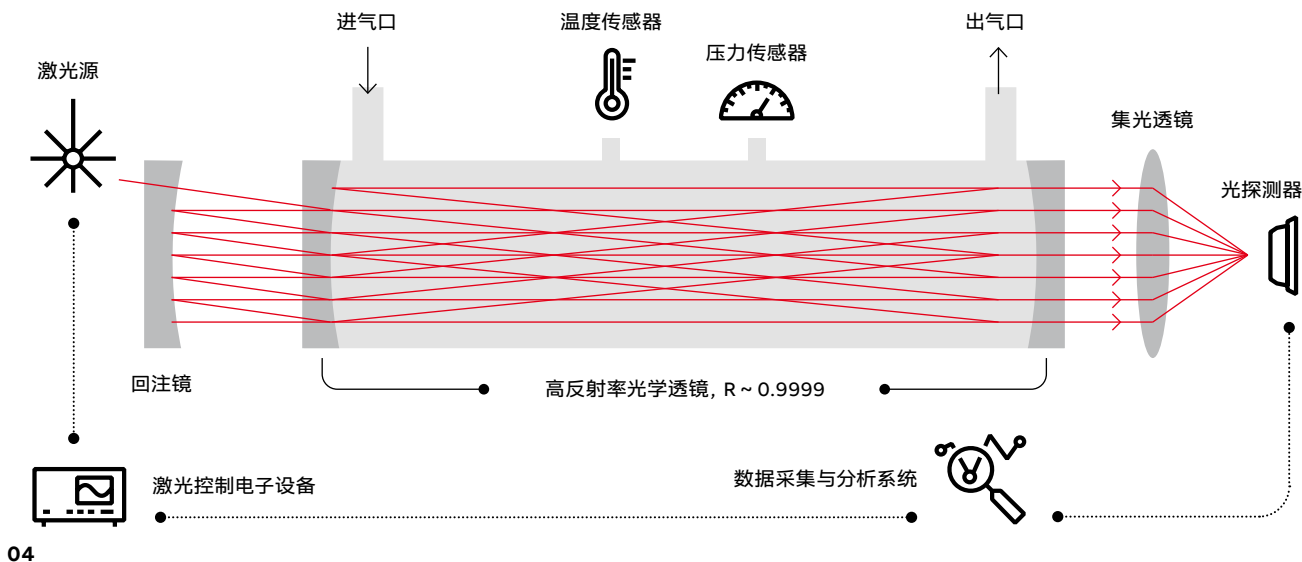
光学回注技术可应用于整个 ABB OA-ICOS 平台，适用于各种应用。

仪，演示光学回注效果。ICL 发射对特定气体进行光谱检查所需的特定波长。该演示系统基于市售的 ABB GLA231 系列分析仪 →03，其中激光源、光电探测器、腔镜、收集透镜和回注光学器件等关键元件均被替换为与项目目标相符的定制版本。

通过实验研究并验证了仿真提出的各种光学回注场景。分别在有无光学回注的情况下对甲烷、乙烷和水的精度、准确度、线性度和交叉干扰进行了测量。在本项目中，光学回注技术仅被使用于测量甲烷/乙烷的 OA-ICOS 气体分析仪，但实际上此光学回



03



04

— 04 OA-ICOS 分析仪示意图。

— 05 光学配置。

05a Zemax 中的 3D 布局。

05b 布局侧视图。仿真中已包含所有关键组件。

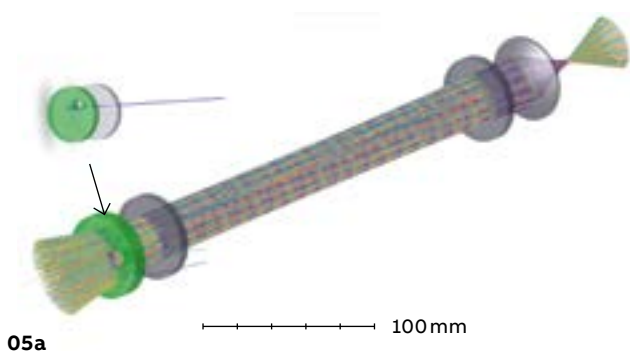
注技术可应用于整个 ABB OA-ICOS 产品平台, 适用于各种 ABB OA-ICOS 气体分析仪。

三镜一腔

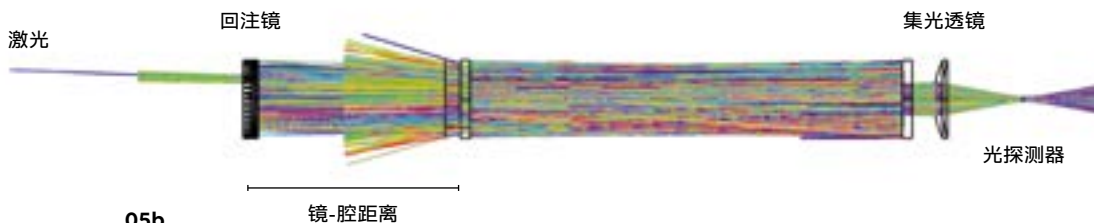
带有光学回注系统的 OA-ICOS 分析仪包含: 一台 ICL 激光源, 其出射光耦合于一个带有两片高反射率透镜的光学腔体、一个用于测量和监测信号的光探测器、激光控制电子设备、数据采集和处理系统以及一面回注镜组成 →04。

一开始, 激光束会穿过回注镜上的一个小孔, 进入第一个腔镜。该镜曲面一侧的反射率极高 (99.99%), 因此大部分光线会内部反射回回注镜, 然后反射回腔镜。这种三镜配置具有光学稳定性, 因此该过程将不断重复。每次通过时, 只有大约 0.01% 的可用

— 光学系统必须予以精心设计, 尤其是回注镜的设计更是不容马虎。



05a



05b

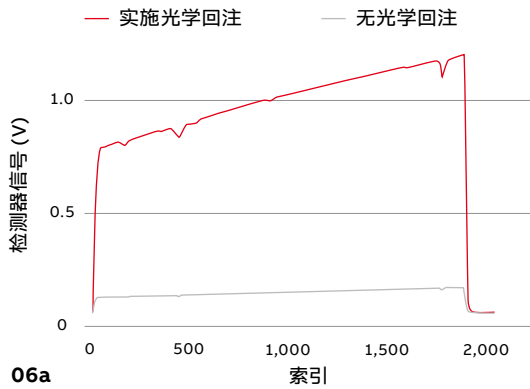
光线进入腔体。进入腔体的光线以离轴方式在腔镜之间“反弹”。一小部分光线通过后腔镜射出光学腔, 即为 ICOS 信号。其输出光经由集光透镜聚焦后进入光探测器, 然后进行数据分析, 得知单元中各种气体的浓度。在过程中, 使用真空泵将气体样品连续泵入腔体。同时测量腔体内的压力及温度, 用于数据分析之参数。

06 实验室环境空气测量。

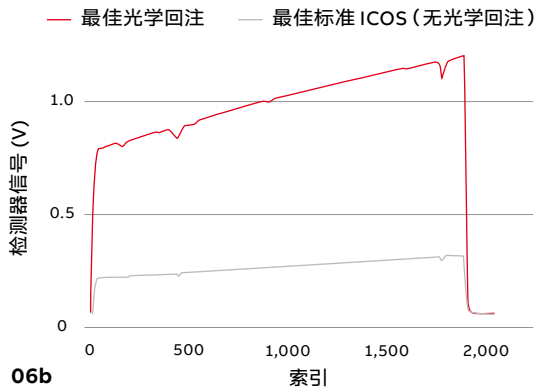
06a 有无光学回注的检测器信号对比。

06b 优化光学回注和优化标准 ICOS 的检测器信号对比。

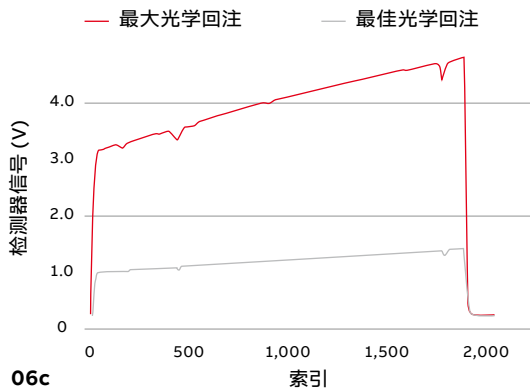
06c 优化光学回注和最大光学回注的检测器信号对比。



06a



06b



06c

光学系统必须予以精心设计, 尤其是回注镜的设计更是不容马虎。此外, 考虑到最终产品的空间限制, 回注装置的尺寸也至关重要。为了设计合适的光学回注装置, ABB 使用了名为 Zemax 的光学仿真软件, 该软件

光学回注可将信号幅度增强约四倍。

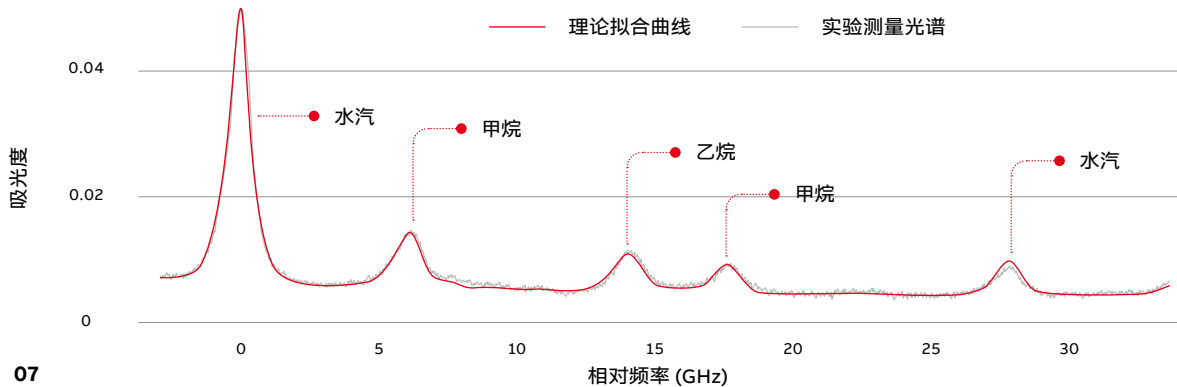
集成了概念化、设计、优化、分析和记录任何光学系统所需的全部功能。Zemax 是光学行业广泛使用的标准设计工具。

仿真和实验装置配置相同, 镜面曲率、通光孔径、回注镜孔径和偏移、光束直径和发散度、收集透镜表面和探测器尺寸均毫无二致 →05。光回注的效率与孔的位置、回注镜与腔之间的距离、回注镜的曲率以及激光束的入射角息息相关。最后, ABB 通过实验测试并验证了腔镜距离各异的六个回注镜的结果。

结果汇总

→06a 图示为有无光学回注 (仅移除回注镜, 并保持激光对准不变) 的信号对比。其中, 标准 ICOS 系统的对准在信号幅度和信噪比方面可能并不能达到最佳效果。通

07 在环境空气中测量的吸光度光谱。标出了三种气体的吸收峰值。吸收光谱充当光谱指纹, 对于每种气体都独一无二。



07

过调整激光束方向重新优化标准 ICOS (无回注镜) 后的对比结果图 →06b 所示。光回注可将信号幅度增强约四倍。然而, 如光学仿真所示, 进一步调整激光束的入射角 →06c 有望提高注入功率, 但会显著增加光学噪声。

拟合光谱即可获得给定时间段内的气体样品浓度和测量精度。首先, 必须将测得的时间依赖性透射光谱转换为频率依赖性吸光度光谱。然后使用来自 HITRAN 数据库(分

子光谱库) 的特定物种光谱数据作为输入, 将物理模型拟合至记录的光谱中。可根据拟合曲线形状的面积与直接测量的参数(即气体温度和压力)之间的比例直接推断出气体浓度。→07 图示为在环境空气中测得的吸光度光谱, 可从中观察到甲烷、乙烷和水蒸气的吸收谱线。在优化光学回注的情况下(图 →06b 中的上方曲线), 演示系统在一秒的测量时间内能够连续报告环境空气中的甲烷和乙烷浓度, 甲烷的精度为 10 亿分点(ppb), 乙烷的精度为 15 万亿分点(ppt)。

回注是否完美?

对各种光学回注配置进行模拟、设置、优化和表征后, 构建了中红外 OA-ICOS 分析仪, 用于同时测量痕量级甲烷和乙烷。与现有方法相比, 由于采用了光学回注、全新激光光源并优化了镜子和探测器, 乙烷测量精度提高了三个数量级。凭借这一高精度, 可显著提高现场区分热成因甲烷和生物甲烷的能力。根据气体扩散仿真, 在所有模拟

—
与现有方法相比, 乙烷测量精度提高了三个数量级。

泄漏率和条件下, 泄漏归因的准确度(leak attribution accuracy) 可提高到近 98%。这一改善减少了测量员调查生物甲烷排放所花费的时间, 让他们能够专注于实际的天然气排放, 从而提高天然气管网的安全性。此外, 光学回注可用于整个 ABB ICOS 产品平台, 以提高在需要高气体测量灵敏度的应用中的整体性能。•





Pressductor 迎来 70 周年纪念

确保完美压力

20 世纪 50 年代, Pressductor 传感器技术问世, 为将制造质量提升至新水平打开了大门。自此, 在一系列行业中均可对力、张力、压力和扭矩实施精确且稳定的测量, 开创了一个几乎完美无瑕的材料世界。今天, 这项技术带来了新的红利, 因其提供大量数据, 可从中提取更多的制造知识。



Pressductor 利用磁弹性来测量力。

1954 年,

第一台 Pressductor 轧制力测量计成功安装在冷轧机上。



Pressductor 广泛应用于金属和造纸行业。

无论是从汽车到机床，还是从纸制品到塑料制品，消费者和企业都希望采用钢或其他金属制成的金属带以及采用纸或塑料制成的柔性网能完美无暇、品质如一且厚度均匀。虽然这些特性在现在看来已经司空见惯，但满足这些期望从来都并非易事。多年来，工业应用中力、张力和扭矩的各项测

亦能精确稳定地测量力、张力、压力和扭矩。1954 年，第一台 Pressductor 轧制力测量计成功安装在冷轧机上，同年，Pressductor 技术在瑞典首次荣获专利批准。此后，ABB 推出了一系列新产品，涵盖各种应用，如带材/卷材张力测量、称重、扭矩测量以及板形测量与控制。

1960 年，通用电气订购了 12 个 Pressductor® 称重传感器（1,600 吨），安装在美国钢铁公司位于犹他州日内瓦的工厂（距盐湖城以南几英里）的 132 英寸精轧机上，标志着该技术迈出了重大一步。此后，Pressductor® 技术不断取得成功。多年来，ABB 已向全球各地的轧机交付了约 20,000 个轧制力称重传感器。

推出轧制力称重传感器后，又紧随其后开发了带钢张力测量系统，如用于冷轧机和加工线的大型 PillowBlock 系统。另一方面，卷材张力测量系统旨在帮助提高纸张、纸板、印刷、塑料、橡胶和纺织等行业的生产效率，以确保制造质量始终如一。

ABB 根据卷材张力测量的特殊要求，量身打造出一系列卷材张力称重传感器。值得注意的是，多年来，PillowBlock 称重传感器一直是客户用于造纸厂测量张力的首选解决方案。

与所有基于稳健的 Pressductor® 技术的 ABB 称重传感器一样，PillowBlock 称重传感器以其准确性、耐用性和长期可靠性闻名。到目前为止，该公司已交付逾 100,000 个 Pressductor® 称重传感器，其中 PillowBlock 称重传感器约占一半。

Stressometer®：板形测量和控制系统
20 世纪 60 年代，金属行业客户对能够改善轧制钢、铝和铜板板形控制的测量系统的需求稳步增长。自动厚度控制确实可以帮助轧机操作员减小厚度公差，但带材板

Pressductor® 技术的问世在力、张力、压力和扭矩测量领域掀起了一场浩大的革命。

量技术不断发展。但在 20 世纪 50 年代初，为了满足日益严格的工业要求，Asea（后来成为 Asea Brown Boveri (ABB) 的一部分）的研究员 Orvar Dahle 博士成功应用磁弹性效应，开发出了一种新型扭矩传感器 Torductor® 和一种力传感器 Pressductor® → 01[1]。

Pressductor® 技术基于磁弹性效应，其问世引发了一场革命，在重工业恶劣环境下

—
Marko Sydänlammi
板形测量系统事业部
瑞典韦斯特罗斯

marko.sydan-
lammi@
se.abb.com

Daniel Jonsson
轧机产品和
卷材张力测量事业部
瑞典韦斯特罗斯

daniel.jonsson@
se.abb.com

Lars O. Karlsson
尺度传感器和
Cylmate 产品事业部
瑞典韦斯特罗斯

lars.o.karlsson@
se.abb.com

形问题仍然存在。1967 年, 应加拿大安大略省 Alcan 公司的要求, ABB 在其场所安装了一套用于测量带材板形的原型系统, 称为 Stressometer®。经全面测试后发

—
Stressometer® 系统测量和控制板形, 分析和存储板形数据, 并呈现相关信息。

现, Stressometer 板形系统可频繁、准确且可靠地提供板形测量数据, 帮助 Alcan 大幅改善了冷轧铝带的板形。

Stressometer® 系统测量和控制板形, 分析和存储板形数据 →02a-c, 并以清晰、信息丰富的方式呈现数据。其特点包括可并行测量板形、从轧制过程开始就精确控制板形、最大限度降低维护成本、将生命周期成本降至最低。

除了具备控制和改善板材板形这一明显优势外, Stressometer® 系统还有助于提高生产率和产量 →03。如今, ABB 已安装系统逾 1,300 套, 共交付 1,700 根测量辊。

扭矩测量——Torductor®-S

ABB 的 Torductor® 扭矩计最初于 20 世纪 50 年代开发, 用于测量纸浆研磨机轴和大型船只的螺旋桨轴的扭矩。尽管交付了

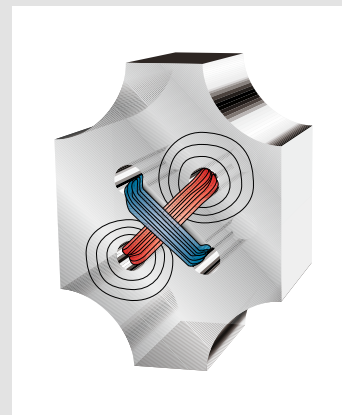
—
01 铁磁材料的磁性受到作用于其上的机械力的影响。

01a 在不施加负载的情况下, 传感器绕组之间不会存在耦合。

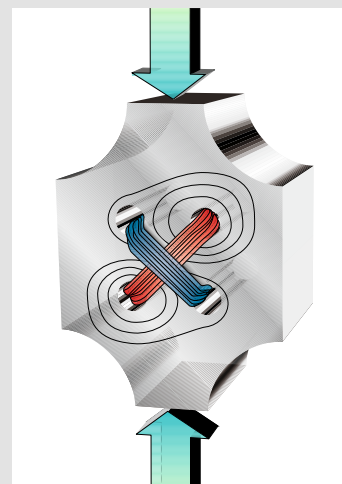
01b 如果对传感器施加机械力, 则会在次级绕组中产生电压。

内部磁弹性

根据磁弹性效应, 铁磁材料的磁性受到作用于其上的机械力的影响 [1]。ABB 的 Pressductor® 传感器最初由多层特制的电钢材料层压而成, 这些层压材料相互粘合在一起形成一个实心块。如今, 大多数传感器均由实心机加工块制成。典型的传感器有四个孔, 两个绕组以直角形状穿过这些孔。其中一个充当初级绕组, 另一个充当次级绕组。在不向传感器施加负载的情况下 (A), 两个绕组之间不会存在耦合。如果向传感器施加机械力 (B), 则材料的磁通量会发生变化, 从而在次级绕组中产生电压。感应电压与施加的力成比例, 最高可达给定值。例如, Millmate 轧制力称重传感器可能包含多达 1,500 个传感器元件。



01a



01b

内部 Stressometer

ABB 的 Stressometer 系列冷轧机实心板形测量辊最近推出了其最新成员——Stressometer 低力传感器[2]。基于电磁力测量原理, 该系统的创新型 Pressductor 传感器用于测量轧机轧制力、带钢张力和带钢板形。

基本上, 只要受到机械力, 传感器就会响应电磁场的变化而产生信号。与其他板形测量原理不同, 信号生成无需物理运动。

本质上, 两圈铜线缠绕在钢芯上, 共同提供测量信号。通过向其中一个绕组连续输送交流电, 即可产生电磁场。磁场位置恰当, 当传感器处于无应力状态时, 绕组之间没有磁耦合。但只要传感器一受力, 磁场模式就会发生变化。磁场的一部分在第二绕组中感应到交流电压, 电压大小与施加在传感器上的力成正比。该电压(相对较强的传感器信号)由系统转换为板形输出。

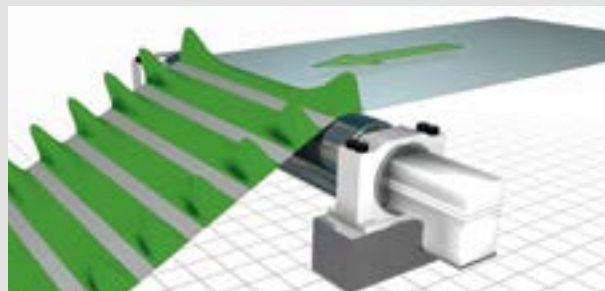
由于力扩散较低, 该系统具有无与伦比的并行处理效率, 且可靠性极高, 平均故障间隔时间超过 20 年。此外, 因其传感器不会随着时间的推移而失去灵敏度, 无需进行现场校准, 因此可长期稳定地运行。



02a



02b



02c

02

02 内部 Stressometer。

02a Pressductor 传感器原理。

02b 带有四排 Pressductor 传感器的辊。

02c Stressometer 测量辊上的力分布情况。使用带材张力(T)、宽度(w)和厚度(t), 即可计算带材中的应力分布情况。插入 E 模块(杨氏弹性模量)后, 即可在 1 单位层面上实现(un)板形分布。

Torductor®-S 为直接测量扭矩开辟了全新市场, 包括汽车和航空航天工业。

数千台设备, 但该解决方案仍有两个主要缺点: 仅可用于超大型轴, 且无法测量瞬时扭矩。

这两大缺点可通过真正非接触式且坚固耐用的扭矩传感器予以克服, 无需活动部件。这一传感器称为 Torductor®-S, 为直接测

量扭矩开辟了多元新市场, 包括汽车和航空航天工业、工业工具和机器以及自行车领域。传感器是承载轴的一部分, 其测量的扭矩是真实传递的扭矩, 且输出信号高, 可确保不受周围环境的电气或磁干扰。因此, 对于车辆发动机, 实际测量的扭矩可用于降低排放并提高发动机性能。

Cylmate®: 柴油发动机性能监测

20 世纪 70 年代初, ABB 推出了 Cylmet 传感器, 用于持续监测大型柴油发动机(例如船用发动机)的燃烧压力。2001 年, 公司发布了经过大幅改进的传感器版本以及新的测量系统。该系统被称为 Cylmate 柴

Stressometer 关键发展旅程

- 1967** 全球首个板形系统交付至位于加拿大金斯敦的 Alcan
- 1970** 提高了测量分辨率: 区域宽度从 84mm 细化至 52mm
- 1976** 第一款基于微处理器的系统 (Intel 8080)
- 1977** 全球第一款数字闭环板形控制系统 (日本神户制钢)
- 1980** 全球第一款用于多台轧机的板形控制系统 (Outo-kumpu)
- 1982** 进一步提升分辨率: 从 52mm 细化至 26mm
- 1989** 数字彩色图形人机界面 (HMI)
- 1989** 全球第一个基于执行机构模型的板形控制
- 1990** 测量带钢宽度和边缘位置的新技术——MSS (Millmate 带钢扫描仪)
- 1993** 在钢铁制造过程中对带钢温度进行测量与补偿
- 1994** 用于箔应用的新型传感器和辊
- 1998** 全球首款基于 Web 浏览器的工业应用 HMI
- 2002** 用于表面关键应用的无缝辊
- 2006** 预测板形控制
- 2007** 分辨率为 26mm 的箔辊
- 2011** 安装全球首台用于铝热轧的 Stressometer
- 2011** 具有自动过程识别的板形控制
- 2013** 通过 ESVD 对多辊轧机进行最佳协调控制
- 2014** 引入 HSS (高速钢) 环以取代复合环。
- 2014** 推出 DTU (数字传输单元) 以取代模拟 STU (信号传输单元)
- 2017** 推出全球首款用于热轧钢材的 Stressometer 并发布全数字 Stressometer 9.0 版
- 2024** 推出适用于低力应用的新型箔片传感器

油发动机性能监测系统, 专为低速运行的柴油发动机而设计, 例如船用柴油发动机 →04 [1]。数据质量可优化推进机械的可靠性、可用性和效率; 因此, 可助力船主显著降

—
Stressometer 长期以来一直是在全球冷轧机市场占主导地位

低燃油消耗和维护成本, 并遵守环保标准。如今的 Torductor (Torductor Marine) 同样如此, 其安装在船舶螺旋桨轴上, 可大幅提升船舶的燃油效率。

现状

基于磁弹性技术的 ABB 产品在金属行业大获成功, 其中尤以扁平轧机为最。

例如, Stressometer 长期以来一直是在全球冷轧机市场占主导地位的板形系统, 也是无数日常消费品和工业产品背后的“秘密武器” →05。如今, Stressometer 可用于测量厚度为 12mm 及以下的所有类型的金属——从碳钢和不锈钢到铜和铝等, 甚至可测量厚度为几千分之一毫米的箔材的板形。

Stressometer 历史上经历了几次重大转折, 其中之一是引入了于 2014 年推出的数字传输单元 (DTU)。该单元可以非接触式传输来自 Stressometer 辊的测量信号, 亦可非接触式为传感器供电。引入 DTU 意味着无需维护。

此外, Stressometer 速度很快。其最大速度为每分钟 4,000 转。根据最常见的辊直径, 这一速度相当于每分钟测量 4,000 米的带材。

—
03 Stressometer 关键发展旅程。

—
04.ABB Cylmate 柴油发动机性能监测系统生成的数据提升了船用推进系统的效率和可靠性。

—
05 隐于日常生活中的工业过程。



04

就尺寸而言，迄今为止交付的最宽 Stressometer 辊宽度为 9 米，于 2012 年安装于瑞典布罗湾的 Holmen Paper 工厂。这是 Stressometer 首次向造纸行业交付该解决方案，其测量技术经证明非常适合纸张应用。迄今为止最窄的轧辊安装在威尼斯郊外的 ILNOR SpA 工厂，用于轧制黄铜、青铜和铜带，交付给汽车和电子公司所用。

未来趋势

Stressometer 和其他 ABB 磁弹技术产品的未来前景如何？首先，对轧制产品的需求将继续强劲。生活水平不断提升，导致对汽

—
参考文献

[1] M. Ottosson, 50 years of Pressductor® : Force measurement technology. ABB Review 03/2004, pp. 45 – 49

[2] ABB. ABB Stressometer systems ver 9 FSA. 2019. 来源: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BSE025058R0401&LanguageCode=en&DocumentPartId=001&Action=Launch> 访问日期: 2024 年 9 月 5 日

Stressometer 的最大转速为每分钟 4,000 转。

车和白色家电等产品的需求增加，而所有这些无不依赖于轧制产品，因此需要测量和控制轧制力、带材厚度、张力和板形。

与此同时，许多旧轧机仍在运行。为了保持竞争力，需要对旧轧机进行现代化改造或重建，以满足日益严格的环境要求。另外，对更高效汽车的需求也将推动对铝材质的需求。

隐于日常生活中的工业过程

车辆

无论制造金属带时使用何种金属，都可使用 Stressometer 测量板形。如今，福特 F-150 是美国最畅销的车型。新款车型在制造过程中使用了铝带，比其前代车型更轻质、更省油。

手动刮胡刀和电动剃须刀

Stressometer 不区分电动剃须刀和手动刮胡刀——它们都要求钢材板形尽可能完美，公差为几分之一毫米。

印刷品

胶印技术需要完全平整的印版。否则，任何不平整之处在书封上就会显现出来。

各种白色家电

冰箱、冰柜、炉灶和微波炉都属于白色家电，其使用冷轧带材，板形正确至关重要。

无限潜力

冷轧金属板还用于建筑立面、屋顶、排水板、硬币、百叶窗、气缸盖垫圈、助听器、电缆、热交换器、冷却器、太阳能电池板和超导体——这只是 ABB 力测量技术 Pressductor 有助于打造完美表面的几个示例。

05

最后但同样重要的一点是，技术正在飞速发展，特别是电子和软件技术。云解决方案、学习系统和人工智能的重要性与日俱增。随着自动化日益普及，结合这些趋势，显而易见，各种制造业对精确测量数据并对数据进行分析的需求持续增长，而 Stressometer 技术已处于平面度测量过程优化的前沿，能够满足这些需求。•

微型断路器的百年发展史

缔造百年辉煌

自 Hugo Stotz 开发出第一台微型断路器 (MCB) 以来, 已走过百年历史。其公司历来是 ABB 的一部分, 且 MCB 从数十年的技术进步中受益匪浅。MCB 的演变之旅体现了创新与进步精神。

—
01 1904 年, Hugo Stotz 在曼海姆的商店里。



100

年前, Hugo Stotz 为第一台微型断路器申请了专利。

MCB 现可通过数字方式集成至智能电气系统。



ABB 的八家工厂目前每年生产逾

1 亿

根断路器极。



Christian Voelker
ABB
STOTZ-KONTAKT
GmbH
德国海德堡

christian.voelker@
de.abb.com

01

MCB 的历史始于 20 世纪初德国发明家和企业家 Hugo Stotz 的开创性工作 →01。Stotz 意识到一个日益严重的问题: 家用和工业电气系统的数量正迅速增加, 而这些系统需要一种可靠安全的新方法来保护电路。当时通常用于保护电路的保险丝

存在重大缺陷。例如, 保险丝熔断后需要更换, 这极不方便且成本高昂, 而且非专业人员操作起来也很不安全。

Stotz 意识到了这些局限性, 因此寻求开发一种更有效的解决方案。1924 年, 在其位于

MCB 的工作原理

MCB 设计用于在检测到异常情况（如过载或短路）时中断电路中的电流。其通过热机制和磁机制的组合作用来执行此功能。

热机制

MCB 配备一个条带，由两种具有不同热膨胀系数的金属组成。当电流流过该条带时，其会因电阻而升温。在正常情况下，产生的热量很少，条带形状保持不变。但是，当发生过载时，由于两种金属的膨胀率不同，增加的电流会导致条带升温更明显，进而弯曲。弯曲即会触发机械门锁，打开断路器触点并中断电流。

一旦电路冷却下来，且条带恢复至正常形状，即可手动重置 MCB。双金属机制具有相当明显的优势，即使经过数十年的运行，也仍能可靠跳闸。

磁机制

热机制速度相对较慢。当需要快速断电时（如发生短路时），磁机制会快速响应，从而降低出现火灾或其他危险的风险。该机制由螺线管或电磁线圈组成，在电流流过时会产生磁场。如果发生短路，电流陡增会产生强磁场，拉动柱塞或电枢。此运作会触发机械门锁，打开触点并立即断开电路。

—
02 MCB 的工作原理。

—
03 Stotz 于 1928 年获得专利，同年德国 Stotz 工厂开始批量生产 MCB。该设备可直接拧入现有的保险丝底座，大获成功。

02

新材料和制造技术提升了此类设备的耐用性和效率。

德国的公司成为 ABB 前身 Brown Boveri & Cie (BBC) 的子公司几年后，他为第一台 MCB 申请了专利 →02-03。

Stotz 的设计具有革命性意义，因其可在过载或短路时自动中断电路，非专业人员亦可轻松重置，且跳闸后仍可重复使用。这项发明大幅提升了电气系统的安全性和可靠性。

BBC Stotz 子公司迅速成为电气保护设备领域的翘楚，而 Stotz MCB 因产品坚固可靠而广受欢迎，为行业树立了新标准。这种早期设计为下个世纪的保护设备奠定了基础。

20 世纪 50 年代和 60 年代，BBC Stotz 专注于完善 MCB 的可靠性与性能。公司工程



03



04

—
04 ABB 每年生产数百万台 MCB。

—
05 ABB S300 P 分断能力高，跳闸特性先进。

—
06 模块化 Flexline® 系统可扩展，以最大限度提升灵活性。



05



06

师引入了新材料和制造技术，提升了此类设备的耐用性和效率。其中一项创新使用了热塑性材料，与早期设计相比，具有更好的绝缘性和耐热性。BBC 还扩大了 MCB 的应用范围，兼具住宅和工业用途。公司不懈追求质量和创新，成功将 MCB 打造成全球配电系统的标准组件。

电磁脱扣器

虽然 MCB 的热双金属片组件在过去百年间并未发生太多变化，但电磁脱扣器的发展却取得了长足进步。最初，电磁脱扣器仅用于解锁——释放开关机构中的储能，以便弹簧可以打开动触点。此动作发生速度相对较慢，而 20 世纪 50 年代，电气化程度日渐提高，速度不足的缺点在频发的短路事件中凸显出来。例如，在交流电网中，由于变压器的电感，短路电流在电压波形的前半周期内达到峰值，因此必须限制前半波中的短路

—
ABB 的 MCB 以其精确性、可靠性和易用性闻名于世。

电流并尽快将其关闭。为此，开发了第二代电磁脱扣器，其中可移动磁性柱塞不仅可以解锁，还可撞击可移动触点并以极快速度将其打开。因此，延迟时间从约 3ms 缩短至 0.5ms。BBC Stotz 受专利保护的电磁脱扣器名为“锤击脱扣器”，于 1958 年首次用于高性能断路器。这些高性能断路器的开关容量如下：220V AC 时为 10kA，250V DC 时为 8kA。

现代 MCB 将在 10ms 内切断电流——比眨眼时间还要快 10 倍 →04。在短路期间，MCB 的部件会暴露在 5,000°C 以上足以融化岩石的高温下，但尽管如此，业主只需扳动已跳闸的开关，电源就会恢复流动。

断路器的突破

MCB 技术的一项重大进步是引入了灭弧室。当 MCB 中断电路时，触点之间会形成电弧。电弧会产生热量，进而可能损坏

MCB 或周边组件。灭弧室旨在控制和消散电弧能量，从而减少其影响。这些灭弧室使用具有高热和介电性能的材料，可快速安全地熄灭电弧。

选择性协调是现代 MCB 的另一个重要功能，在复杂电气系统中尤为实用。此功能可确保只有最靠近故障的 MCB 跳闸，而其他 MCB 则保持正常运行。这种方法最大限度地减少了对整个系统的干扰，简化了故障隔离和修复。

随着数字技术的出现，MCB 现在可通过与控制单元相连的智能附件（如电流传感器）集成至智能电气系统。这一改进实现了远程监测和控制功能，可帮助用户远程跟踪 MCB 的状态、执行诊断并重置设备。在工业和商业环境中，快速响应电气故障对于维持运营至关重要，因此，这种能力显得尤为重要。

新产品和新性能水平

一个世纪以来，MCB 产品不断发展，性能持续跃升——例如，ABB S300P 系列 MCB。这些设备分断能力高，跳闸特性先进，可为

— MCB 现可通过智能附件（如电流传感器）集成至智能电气系统。

标准和敏感电气设备提供精确可靠的保护 →05。这些 MCB 具有免工具安装和端子易于访问等特点，可简化安装与维护。

ABB 的 FlexLine® →06 是现代保护技术的又一示例。设备采用模块化设计，允许用户在母线上灵活添加或移除保护装置。此外，

— 07 MCB 发展历史时间线。

100
100 YEARS OF MCBs

A giant legacy of electrical safety

solutions.abb/100YearsMCBs

1924
Patent for first resettable MCB by Hugo Stotz in Mannheim, Germany

1961
First MCBs with modular design

1970
DIN rails started to facilitate the installation of multiple devices in a single panel and products were standardized

1980
First high-performance circuit breaker (HPCB)

1982
First selective main circuit breaker to minimize downtime

1988
World's first plug-in socket system SMISSLINE TP

2015
1 billion MCBs produced at ABB's production site in Heidelberg, Germany

2016
Fully automated production line in Heidelberg, Germany with X-ray testing

2024
Introduction of FlexLine® protection devices, featuring push-in technology and flex terminals



08

—
08 海德堡工厂的
ABB MCB 生产线。

其仅提供一种母线类型，没有大量型号可供选择和使用。这一方法支持拓展，设备设计纤薄，且因使用推入式端子而缩短了安装时间，这些都是 FlexLine® 系统的主要优势。

所有这些保护装置都适用于 ABB 的 InSite 系统，该系统包括电流传感器、控制单元、用于远程控制和自动化的智能配件以及软件工具，所有组件协同工作，提供实时数

—
MCB 的故事见证了创新的力量以及人们对更安全、更可靠的电气系统的不懈追求。

据、能源消耗洞察和负载管理功能。可根据这些信息识别效率低下的领域、优化能耗并降低成本。该系统支持定制且高度可扩展，适用于各种规模的建筑。

微型设备的可持续性

MCB 中的“M”代表着实现百年前 MCB 首次出现在公众视线中时设立的一个当时不为人关注的目标：可持续性。通过小型化处理，ABB 可显著减少总体使用的材料数量，从而减轻环境影响。例如，新型单宽 ABB S200C 不仅大幅减少了制造保护装置所需的材料量，还释放了配电板空间。

S300P 是环保创新的又一示例。其是 ABB EcoSolutions™ 产品组合中的第一款 MCB。EcoSolutions 概念定义了 ABB 产品在产品生命周期各个阶段的循环性标准。S300P 可降低 25% 功率损耗，提高使用寿命结束时的可回收性，并在使用更少的材料显著提高技术性能，从容实现了这一标准。所有这些仍能提供性能保护装置。

进入第二个百年纪元

MCB 的百年历史见证了创新的力量以及人们对更安全、更可靠的电气系统的不懈追求 →07。从 20 世纪初 Hugo Stotz 的开创性发明到 ABB 在保护装置方面的最新创新，MCB 历经了一段非凡历程。如今，ABB 的 8 家工厂每年生产逾 1 亿根断路器极。仅海德堡工厂每年就生产 MCB 逾 4000 万台，型号达 6000 种 →08。

随着技术的不断发展，在对更高效率、安全性和与智能系统集成需求驱动下，MCB 无疑将得到持续改进。Hugo Stotz 的传承精神将继续塑造电气保护的未來，确保电气系统在日益复杂的世界中始终稳健可靠，乘风破浪。•

2024 年关键词索引

ABB Ability™

能源与资产管理仪表盘 20

援助之手: GOfA™ CRB 15000... S28 - S33

ABB 的电机异常检测功能利用机器学习自动执行 ABB 电机监控服务... 23

自主系统——过去五年情况一览: 2018 年制定的自主系统愿景是否已成功实现? 101 - 105

状态感知: 状态感知通道辅助功能优化连续生产流程 S16 - S21

突破传统局限: VD4 evo 断路器提供中压保护, 打造更智能、更环保的未来 54 - 61

数据驱动型洞察: PlantInsight: 人工智能如何引发工业过程变革... 94 - 99

扩展安全网: 凭借 SIEM 将网络安全引入 OT 域 S12 - S15

生成式人工智能: 专业术语解释... 154 - 155

细粒度可见性: 帮助客户加速实现净零排放 214 - 217

高精度气体测量: 通过回注实现灵敏检测 278 - 283

集成基础设施: 制定更明智的决策, 打造智慧城市 S72

机器学习解决方案实时识别过程状态 19

凭借集中式和虚拟化解决方案, 满足中压配电变电站的保护和控制需求 22

Megaflex: 高效弹性 UPS 助力打造大功率数据中心 S73 - S77

发挥团队力量: 造就 ABB Dynafin™ 的愿景、才干和执着 182 - 185

反映纸张湿度: 高性能在线纸张湿度测量 202 - 207

智能能源管理: ABB Ability™ 能源管理器, 助力制定更明智的能源管理决策 S78 - S81

虚拟化的优点: 中压变电站虚拟保护与控制 S22 - S27

拓扑计算机: 实现自动化工程设计之路 S34 - S39

统一通信: 借助以太网 APL, 减少工程设计工作量并降低成本 106 - 113

ABB-free@home®

提高家居生活便利性 16

平台生活: ABB-flexTronics® 智能家居控制平台打开节能之门 136 - 141

人工智能 (AI)

ABB 工业机器人 50 年发展史: 融贯创新之旅 228 - 235

AI 智听: 携手推动 AI 机器侦听技术 148 - 153

自主系统——过去五年情况一览: 2018 年制定的自主系统愿景是否已成功实现? 101 - 105

集中保护: 提高灵活性, 为变电站提供集中保护和控制 (CPC) 与虚拟化保护和控制 (VPC) 62 - 69

提高家居生活便利性 16

数据驱动型洞察: PlantInsight: 人工智能如何引发工业过程变革... 94 - 99

生成式人工智能: 专业术语解释... 154 - 155

机器环保前瞻人工智能模型的可持续性 252 - 258

寻找异常: 应用无监督建模方法检测早期电机故障 86 - 93

机器学习解决方案实时识别过程状态 19

熔体测量: 非侵入式实时熔体温度测量预测 208 - 213

OmniCore™ 赋予无限可能: OmniCore——下一代机器人控制平台 .. 246 - 251

优化能源管理: 监控、控制和优化能源消费者、发电机和存储 142 - 147

确保完美压力: Pressductor 迎来 70 周年纪念 284 - 289

平台生活: ABB-flexTronics® 智能家居控制平台打开节能之门 136 - 141

智能能源管理: ABB Ability™ 能源管理器, 助力制定更明智的能源管理决策 S78 - S81

平稳运行: Augmented Operator 提升效率与一致性 S40 - S45

示教与检测: 加速自主异常检测的公式 S52 - S55

增强现实 (AR)

增强型助手: Service Assist: 提供视情支持 130 - 135

专业知识一手掌握 15

电池

电气化运输: 采矿脱碳技术之对比 . 186 - 192

混合: 专业术语解释 S82 - S83

Megaflex: 高效弹性 UPS 助力打造大功率数据中心 S73 - S77

优化能源管理: 监控、控制和优化能源消费者、发电机和存储 142 - 147

建筑自动化

能源与资产管理仪表盘 80

紧凑型设计带来的影响: ABB 的新型 DS301C 紧凑型断路器引起轰动 70 - 75

集成基础设施: 制定更明智的决策, 打造智慧城市 S72

优化能源管理: 监控、控制和优化能源消费者、发电机和存储 142 - 147

平台生活: ABB-flexTronics® 智能家居控制平台打开节能之门 136 - 141

智能能源管理: ABB Ability™ 能源管理器, 助力制定更明智的能源管理决策 S78 - S81

专业术语解释

空化 218 - 219

协作机器人 302 - 303

电机驱动器 78 - 79

生成式人工智能 154 - 155

混合 S82 - S83

水泥

过滤器尖端: ProKiln 探针有效过滤窑炉样品气体 30 - 35

使用 ProKiln 进行窑炉气体取样 ... 17

循环性

循环未来: 电机寿命的可持续性 ... S56 - S61

电机功率: 实现超前能源效率的 SynRM 电机 260 - 263

网络安全

突破传统局限: VD4 evo 断路器提供中压保护, 打造更智能、更环保的未来 54 - 61

丰富您的知识: 产品拥有数字孪生体, 您也可以! S06 - S11

扩展安全网: 凭借 SIEM 将网络安全引入 OT 域 S12 - S15

平台生活: ABB-flexTronics® 智能家居控制平台打开节能之门 136 - 141

VD4 evo 真空断路器提供中压保护, 打造更智能、更环保的未来 ... 13

页面编号指南

ABB Review 01/2024, 创新 pp. 01 - 80

ABB Review 02/2024, 未来工厂 pp. 81 - 156

ABB Review 03/2024, 推动效率跃升 pp. 157 - 220

ABB Review 04/2024, 机器人 50 年发展史 pp. 221 - 304

《ABB 评论》专题报告, STEM 中的女性力量* pp. S01 - S84

*专题报告仅提供英文数字版。

数据中心

机器环保前瞻人工智能模型的可持续性 252 - 258
Megaflex: 高效弹性 UPS 助力打造大功率数据中心 S73 - S77

DC 系统

电机驱动器: 专业术语解释 78 - 79
电气化运输: 采矿脱碳技术之对比 . 186 - 192

数字孪生体

自动化工程设计: 使用资产管理壳实现工程设计自动化 272 - 277
丰富您的知识: 产品拥有数字孪生体, 您也可以! S06 - S11
混合技术: 搅拌机射流的计算流体动态建模 124 - 129
示教与检测: 加速自主异常检测的公式 S52 - S55
操作员如能及时预测其行动的影响会有什么作用? 09

驱动

循环未来: 电机寿命的可持续性 ... S56 - S61
高效散热: 性能集成式电机驱动器, 提供出色运行效率和散热效果. 42 - 47
命令和控制: 精准控制 ABB Dynafin™ 次摆线螺旋桨 174 - 179
丰富您的知识: 产品拥有数字孪生体, 您也可以! S06 - S11
电机驱动器: 专业术语解释 78 - 79
大功率集成电机驱动器 24
MV Titanium: MW 级电机的颠覆性能源效率 259

Dynafin™

ABB Dynafin™ 08
螺旋桨革命: 革命性 ABB Dynafin™ 推进器模仿鲸鱼尾部动态运动 26 - 29
揭秘空化现象: ABB Dynafin™ 次摆线螺旋桨空化分析 168 - 173
空化: 专业术语解释 218 - 219
命令和控制: 精准控制 ABB Dynafin™ 次摆线螺旋桨 174 - 179
发挥团队力量: 造就 ABB Dynafin™ 的愿景、才干和执着 182 - 185
变革推进技术: 革命性 ABB Dynafin™ 船用推进器 164 - 167
协作助强: ABB 与 VTT 就 ABB Dynafin™ 项目开展重要合作 180 - 181

以太网 APL

用于过程工业现场设备的以太网 APL 14
引领行业: 用于过程工业现场设备的以太网 APL 48 - 53
扩展以太网 APL, 以将 I/O 连接到 DCS 并通过同一链路为其供电 12
利用数据管道: 支持以太网 APL 标准的流量计 268 - 271
统一通信: 借助以太网 APL, 减少工程设计工作量并降低成本 106 - 113

电动汽车

电气化运输: 采矿脱碳技术之对比 . 186 - 192
混合: 专业术语解释 S82 - S83
强强联合: 节能电机-逆变器组合 ... 264 - 267
优化能源管理: 监控、控制和优化能源消费者、发电机和存储 142 - 147

电网运行

尺寸减半, 效率翻倍——DS301C 紧凑型断路器 21
缔造百年辉煌: 微型断路器的百年发展史 290 - 294
突破传统局限: VD4 evo 断路器提供中压保护, 打造更智能、更环保的未来 54 - 61
集中保护: 提高灵活性, 为变电站提供集中保护和控制 (CPC) 与虚拟化保护和控制 (VPC) 62 - 69
气候开关: 适用于无 SF6 应用的缓冲型负载断路器 S66 - S71
灵感闪现: 用于弧光检测的罗氏线圈电流传感器 S62 - S65
细粒度可见性: 帮助客户加速实现净零排放 214 - 217
绿色电网: 自动化电网设计和分析, 助力克服可持续性难题 193 - 197
集成基础设施: 制定更明智的决策, 打造智慧城市 S72
凭借集中式和虚拟化解决方案, 满足中压配电变电站的保护和控制需求 22
优化能源管理: 监控、控制和优化能源消费者、发电机和存储 142 - 147
SACE Infinitus: 用于直流电网的一体化固态保护 18
智能能源管理: ABB Ability™ 能源管理器, 助力制定更明智的能源管理决策 S78 - S81
虚拟化的优点: 中压变电站虚拟保护与控制 S22 - S27
VD4 evo 真空断路器提供中压保护, 打造更智能、更环保的未来 13

发展历程

ABB 工业机器人 50 年发展史: 融贯创新之旅 228 - 235
缔造百年辉煌: 微型断路器的百年发展史 290 - 294
确保完美压力: Pressductor 迎来 70 周年纪念 284 - 289

氢气

利用数据管道: 支持以太网 APL 标准的流量计 268 - 271

图像识别

机器环保前瞻人工智能模型的可持续性 252 - 258

仪器与分析

AI 智听: 携手推动 AI 机器侦听技术 148 - 153
集中保护: 提高灵活性, 为变电站提供集中保护和控制 (CPC) 与虚拟化保护和控制 (VPC) 62 - 69

过滤器尖端: ProKiln 探针有效过滤

窑炉样品气体 30 - 35
灵感闪现: 用于弧光检测的罗氏线圈电流传感器 S62 - S65
绿色电网: 自动化电网设计和分析, 助力克服可持续性难题 193 - 197
高精度气体测量: 通过回注实现灵敏检测 278 - 283
混合技术: 搅拌机射流的计算流体动态建模 124 - 129
使用 ProKiln 进行窑炉气体取样 ... 17
了解您的力量: 扩展测量极限 S46 - S51
引领行业: 用于过程工业现场设备的以太网 APL 48 - 53
熔体测量: 非侵入式实时熔体温度测量预测 208 - 213
模块化工程: 介绍了大型过程工业装置的模块化工程概念 114 - 123
确保完美压力: Pressductor 迎来 70 周年纪念 284 - 289
反映纸张湿度: 高性能在线纸张湿度测量 202 - 207
尽显真实色彩: 高性能在线纸张色彩测量 198 - 201
扩展以太网 APL, 以将 I/O 连接到 DCS 并通过同一链路为其供电 12
拓扑计算机: 实现自动化工程设计之路 S34 - S39
统一通信: 借助以太网 APL, 减少工程设计工作量并降低成本 106 - 113

访谈

机器人和 AI 应用新疆域: 访谈 Marc Segura 236 - 237

航运

ABB Dynafin™ 08
螺旋桨革命: 革命性 ABB Dynafin™ 推进器模仿鲸鱼尾部动态运动 26 - 29
增强型助手: Service Assist: 提供视情支持 130 - 135
自主系统——过去五年情况一览: 2018 年制定的自主系统愿景是否已成功实现? 100 - 105
揭秘空化现象: ABB Dynafin™ 次摆线螺旋桨空化分析 168 - 173
空化: 专业术语解释 218 - 219
命令和控制: 精准控制 ABB Dynafin™ 次摆线螺旋桨 174 - 179
发挥团队力量: 造就 ABB Dynafin™ 的愿景、才干和执着 182 - 185
确保完美压力: Pressductor 迎来 70 周年纪念 284 - 289
变革推进技术: 革命性 ABB Dynafin™ 船用推进器 164 - 167
SACE Infinitus: 用于直流电网的一体化固态保护 18
协作助强: ABB 与 VTT 就 ABB Dynafin™ 项目开展重要合作 180 - 181

金属

了解您的力量: 扩展测量极限 S46 - S51

熔体测量: 非侵入式实时熔体温度
测量预测 208 - 213

确保完美压力: Pressductor 迎来
70 周年纪念 284 - 289

采矿

AI 智听: 携手推动 AI 机器侦
听技术 148 - 153

自主系统——过去五年情况一
览: 2018 年制定的自主系统愿景是
否已成功实现? 101 - 105

电气化运输: 采矿脱碳技术
之对比 186 - 192

绿色电网: 自动化电网设计和分析,
助力克服可持续性难题 193 - 197

平稳运行: Augmented Operator
提升效率与一致性 S40 - S45

电机和发电机

循环未来: 电机寿命的可持续性 ... S56 - S61

ABB 的电机异常检测功能利用机器
学习自动执行 ABB 电机监控服务 .. 23

AI 智听: 携手推动 AI 机器侦听技术 148 - 153

高效散热: 性能集成式电机驱动器,
提供出色运行效率和散热效果 42 - 47

电机驱动器: 专业术语解释 78 - 79

大功率集成电机驱动器 24

高速电机 11

寻找异常: 应用无监督建模方法检
测早期电机故障 86 - 93

电机功率: 实现超前能源效率的
SynRM 电机 260 - 263

MV Titanium: MW 级电机的颠覆
性能源效率 259

强强联合: 节能电机-逆变器组合 ... 264 - 267

优化能源管理: 监控、控制和优化能
源消费者、发电机和存储 142 - 147

扩展散绕低压电机的功率范围 10

石油和天然气

自动化工程设计: 使用资产管理壳
实现工程设计自动化 272 - 277

自主系统——过去五年情况一
览: 2018 年制定的自主系统愿景是
否已成功实现? 101 - 105

状态感知: 状态感知通道辅助功能
优化连续生产流程 S16 - S21

高精度气体测量: 通过回注实现灵
敏检测 278 - 283

混合技术: 搅拌机射流的计算流体
动态建模 124 - 129

模块化工程: 介绍了大型过程工业
装置的模块化工程概念 114 - 123

平稳运行: Augmented Operator
提升效率与一致性 S40 - S45

利用数据管道: 支持以太网 APL 标
准的流量计 268 - 271

示教与检测: 加速自主异常检测的
公式 S52 - S55

拓扑计算机: 实现自动化工程设计
之路 S34 - S39

统一通信: 借助以太网 APL, 减少工
程设计工作量并降低成本 106 - 113

永无止境的开拓

ABB 工业机器人 50 年发展史:
融贯创新之旅 228 - 235

缔造百年辉煌: 微型断路器的百年
发展史 290 - 294

确保完美压力: Pressductor 迎来
70 周年纪念 284 - 289

PLC

生成式人工智能: 专业术语解释 ... 154 - 155

电力电子

高效散热: 性能集成式电机驱动器,
提供出色运行效率和散热效果 42 - 47

强强联合: 节能电机-逆变器组合 ... 264 - 267

SACE Infnitus: 用于直流电网的一
体化固态保护 18

纸浆与造纸

高速电机 11

确保完美压力: Pressductor 迎来
70 周年纪念 284 - 289

反映纸张湿度: 高性能在线纸张湿
度测量 202 - 207

尽显真实色彩: 高性能在线纸张色
彩测量 198 - 201

过程控制

自动化工程设计: 使用资产管理壳
实现工程设计自动化 272 - 277

自主系统——过去五年情况一览
2018 年制定的自主系统愿景是否已
成功实现? 101 - 105

状态感知: 状态感知通道辅助功能
优化连续生产流程 S16 - S21

数据驱动型洞察: PlantInsight:
人工智能如何引发工业过程变革 ... 94 - 99

扩展安全网: 凭借 SIEM 将网络安全
引入 OT 域 S12 - S15

了解您的力量: 扩展测量极限 S46 - S51

引领行业: 用于过程工业现场设备
的以太网 APL 48 - 53

模块化工程: 介绍了大型过程工业
装置的模块化工程概念 114 - 123

统一通信: 借助以太网 APL, 减少工
程设计工作量并降低成本 106 - 113

操作员如能及时预测其行动的影响
会有什么作用? 09

保护

尺寸减半, 效率翻倍——DS301C
紧凑型断路器 21

缔造百年辉煌: 微型断路器的百年
发展史 290 - 294

突破传统局限: VD4 evo 断路器提
供中压保护, 打造更智能、更环保的
未来 54 - 61

集中保护: 提高灵活性, 为变电站提
供集中保护和控制 (CPC) 与虚拟化
保护和控制 (VPC) 62 - 69

紧凑型设计带来的影响: ABB 的新
型 DS301C 紧凑型断路器引
起轰动 70 - 75

凭借集中式和虚拟化解方案, 满
足中压配电站的保护和控制
需求 22

SACE Infnitus: 用于直流电网的一
体化固态保护 18

VD4 evo 真空断路器提供中压保
护, 打造更智能、更环保的未来 13

读者与订阅

立即续订!《ABB 评论》期待您继
续订阅 162 - 263

2023 读者调查: 期待您的建言
献策 76 - 77

敬请续订: 期待您继续订阅我刊 ... 226 - 227

机器人

ABB 工业机器人 50 年发展史:
融贯创新之旅 228 - 236

援助之手: GOFATM CRB 15000 ... S28 - S33

AI 智听: 携手推动 AI 机器侦听
技术 148 - 153

自主系统——过去五年情况一
览: 2018 年制定的自主系统愿景是
否已成功实现? 101 - 105

点击即走: 工业机器人离线自动无
碰撞路径规划 36 - 41

协作机器人: 专业术语解释 302 - 303

加工精度堪比头发丝: 机器人无与
伦比的路径精度和绝对精度 238 - 245

OmniCore™ 赋予无限可能: Omni-
Core——下一代机器人控制平台 .. 246 - 251

机器人和 AI 应用新疆域: 访谈
Marc Segura 236 - 237

凭借辅助定位控制 (SPC) 实现无与
伦比的路径精度 25

仿真

螺旋桨革命: 革命性 ABB
Dynafin™ 推进器模仿鲸鱼尾部动
态运动 26 - 29

电气化运输: 采矿脱碳技术之对比 . 186 - 192

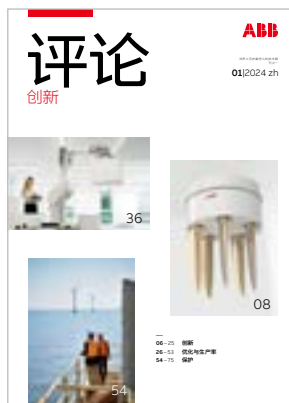
混合技术: 搅拌机射流的计算流体
动态建模 124 - 129

示教与检测: 加速自主异常检测的
公式 S52 - S55

虚拟化的优点: 中压变电站虚拟保
护与控制 S22 - S27

拓扑计算机: 实现自动化工程设计
之路 S34 - S39

操作员如能及时预测其行动的影响
会有什么作用? 09



01|2024 创新



02|2024 未来工厂

创新

06 精选创新故事

优化与生产率

- 26 **螺旋桨革命**
革命性 ABB Dynafin™ 推进器模仿鲸鱼尾部动态运动
- 30 **尖端过滤器**
ProKiln 探针有效过滤窑炉样品气体
- 36 **点击即走**
工业机器人离线编程——自动防撞路径规划
- 42 **高效散热**
性能集成式电机驱动器，提供出色运行效率和散热效果
- 48 **引领过程工业现场**
用于过程工业现场设备的以太网 APL

保护

- 54 **突破传统局限**
VD4 evo 断路器提供中压保护，打造更智能、更环保的未来
- 62 **集中保护**
提高灵活性，为变电站提供集中保护和控制 (CPC) 与虚拟化保护和控制 (VPC)
- 70 **紧凑型设计带来的影响**
ABB 的新型 DS301C 紧凑型断路器一石惊起千层浪

76 **2023 读者调查**
期待您的建言献策

专业术语解释

- 78 电机驱动器
- 79 订阅
- 79 《ABB 评论》简介
- 79 出版信息

未来工厂

- 86 **寻找异常**
应用无监督建模方法检测早期电机故障
- 94 **数据驱动型洞察**
PlantInsight: AI 如何引发工业过程变革
- 100 **自主系统——五年回顾**
2018 年制定的自主系统愿景是否已成功实现?
- 106 **统一通信**
借助以太网 APL 降低工程设计工作量和成本
- 114 **模块化工程设计**
面向大型过程工业装置的模块化工程设计概念

优化运营

- 124 **高效混合**
搅拌机射流的计算流体力学建模
- 130 **增强型助手**
Service Assist: 提供视情支持
- 136 **平台化生活**
ABB-flexTronics® 智能家居控制平台打开节能之门

AI 洞察

- 142 **优化能源管理**
监测、控制和优化耗能设备、发电机和储能
- 148 **AI 智听**
携手推动 AI 机器侦听技术

专业术语解释

- 154 生成式 AI
- 155 订阅
- 155 出版信息



03|2024
推动效率跃升



04|2024
机器人 50 年发展史

ABB Dynafin™

- 164 **变革推进技术**
革命性 ABB Dynafin™ 船用推进器
- 168 **揭秘空化现象**
ABB Dynafin™ 次摆线螺旋桨空化分析
- 174 **命令和控制**
精准控制 ABB Dynafin™ 次摆线螺旋桨
- 180 **协作助强**
ABB 与 VTT 就 ABB Dynafin™ 项目开展重要合作
- 182 **发挥团队力量**
造就 ABB Dynafin™ 的愿景、才干和执着

采矿电气化

- 186 **电气化运输**
采矿脱碳技术之对比
- 193 **绿色电网**
自动化电网设计和分析，助力克服可持续性难题

优化运营

- 198 **尽显真实色彩**
高性能在线纸张色彩测量
- 202 **反映纸张湿度**
高性能在线纸张湿度测量
- 208 **熔体测量**
非侵入式实时熔体温度测量预测
- 214 **细粒度可见性**
帮助客户加速实现净零排放

专业术语解释

- 218 **空化**
- 219 **订阅**
- 219 **出版信息**

机器人 50 年发展史

- 228 **ABB 工业机器人 50 年发展史**
融贯创新之旅
- 236 **机器人和 AI 应用新疆域**
访谈 Marc Segura
- 238 **加工精度堪比头发丝**
机器人无与伦比的路径精度和绝对精度
- 246 **OmniCore™ 赋予无限可能**
OmniCore——下一代机器人控制平台

能源效率

- 252 **机器环保前瞻**
人工智能模型的可持续性
- 259 **MV Titanium**
MW 级电机的颠覆性能源效率
- 260 **电机功率**
实现超前能源效率的 SynRM 电机
- 264 **强强联合**
节能电机-逆变器组合

自动化与控制

- 268 **利用数据管道**
支持以太网 APL 标准的流量计量
- 272 **自动化工程设计**
使用资产管理壳实现工程设计自动化
- 278 **高精度气体测量**
通过回注实现灵敏检测

永无止境的开拓

- 284 **确保完美压力**
Pressductor 迎来 70 周年纪念
- 290 **缔造百年辉煌**
微型断路器的百年发展史

索引

- 295 **2024 年关键词索引**
- 298 **2024 年索引**
- 300 **STEM 中的女性力量**
《ABB 评论》专题报告

专业术语解释

- 302 **协作机器人**
- 303 **订阅**
- 303 **出版信息**



专题报告

Women in STEM

(仅有英文版本)

Virtualization

- 06 **Double your knowledge**
Products have a digital twin and you can find it too!
- 12 **Extending the safety net**
Bringing cyber security into the OT domain with SIEM
- 16 **Beware of the state**
State-aware lane assistance enables better continuous processes
- 22 **The virtues of virtualization**
Virtual protection and control for medium-voltage substations

Processes and manufacturing

- 28 **A helping hand**
GoFa™ CRB 15000
- 34 **Topology machine**
The road to automated engineering
- 40 **Smooth Operation**
Augmented Operator for efficiency and consistency
- 46 **Know your strength**
Stretching the limits of measurement
- 52 **Teach and detect**
A formula for accelerating autonomous anomaly detection

Energy and resources

- 56 **A circular future**
Sustainability in the life of an electric motor
- 62 **Flash of inspiration**
Rogowski coil current sensors for arc flash detection
- 66 **Climate switch**
Puffer-type load break switch for SF₆-free applications
- 72 **Integrated infrastructures**
Better decisions for smart cities
- 73 **Megaflex**
An efficient and resilient UPS for high-power data centers
- 78 **Smart energy management**
Better decisions for energy management with ABB Ability™ energy manager

Buzzword demystifier

- 82 **Hybrid**
- 83 **Subscribe**
- 83 **Imprint**



STEM

Science (科学)
Technology (技术)
Engineering (工程)
Mathematics (数学)

突出榜样，实现平衡。



《ABB 评论》专题报告

STEM 中的女性力量

2004 年,《ABB 评论》发表了 56 篇文章,其中仅 3 篇出自女性工程师之手。一代人之后,女性作者平均每年发表的文章数量达到 8 篇。本专题报告赞扬了过去 20 年间女性在 STEM 领域取得的显著进步,同时也承认了不平衡现象持续存在。

《ABB 评论》非常荣幸能够推出这篇专题报告: STEM 中的女性力量。我们精心挑选了《ABB 评论》之前发表、由 ABB 仪器仪表业务线总经理 Amina Hamidi 担任客座编辑的 16 篇文章。

促使我们制订本专题报告的动机有多个。该报告在一年一度的国际妇女工程师日发布,旨在突出和赞扬 STEM 领域的一些女性力量。对于是否适宜出版这一专题报告,我们曾有一些合理的犹疑,因为文章共同点不是所讨论的主题(通常如此),而是作者的性别。最终促使我们做出这一决定的是一句真言:“心无灯塔,怎可抵达彼岸”。

虽然选择 STEM 职业的女性数量正在增加,但女性占比仍是少数,这是一个不争的

数字事实。为了让后代有信心选择 STEM 职业,必须让她们能够想象自己承担这些角色的场景。很多 STEM 工作需要在实验室或客户现场进行,并不为学生和公众所

本专题报告赞扬了过去 20 年间女性在 STEM 领域取得的显著进步

了解。走进黑暗需要莫大的勇气,形单影只更是令人胆怯,因此,我们必须投射光环(低能耗、由可再生能源供电、采用循环设计为佳)于榜样身上,彰显榜样力量。正如 Amina 所说:“愿这份专题报告能给予后代一点鼓励,让更多人有信心选择 STEM”。

从数字孪生体到协作机器人,从铝厚度测量到真空技术负荷开关,《ABB 评论》希望您能从优秀作者及其同事的作品中获得启发:团队合作和勇气,正是推动创新的能量源泉。



—
Michelle Kiener
《ABB 评论》
瑞士苏黎世

michelle.kiener@
ch.abb.com



专业术语解释

协作机器人

与您并肩作战的机器人真的存在吗？



Anthony Byatt
外部贡献者

在其大部分发展历程中，工业机器人都被置于安全屏障之后，旨在保护人类免受潜在危险。这些措施对机器人的使用场所和可采用机器人处理的任務类型施加了明显限制。

如果机器人可以自由与人类共处，共享工作空间，伸出援助之手，从而在许多行业开辟一个全新的应用世界，会如何？

协作机器人应运而生。

协作机器人代表着自动化技术的重大进步。与传统孤立式工业机器人不同，协作机器人的设计在本质上是安全、用户友好且适应性强的。因而，适合在各个行业的各种应用中与人类共享工作空间，并肩工作。例如，所有 ABB 协作机器人都配备了一流的安全功能，包括力和扭矩传感、速度监测和紧急停止功能。

协作机器人的概念出现于 20 世纪 90 年代中期。多年来，传感器、人工智能 (AI) 和机器学习 (ML) 持续发展，显著增强了协作机器人的能力和功能，使其能够精确可靠地执行复杂任务。ABB 为协作机器人的开发与

普及做出了巨大贡献。协作机器人现已成为 ABB 推动自动化未来发展的广泛战略不可或缺的一部分，利用尖端技术满足全球各行业不断变化的需求。

了解 ABB 协作机器人系列

ABB 的协作机器人系列包括 YuMi 系列以及 GoFa™ 和 SWIFTI™ 协作机器人系列。每种型号都可满足不同的工业需求和应用，功能丰富，适用于各个行业。

YuMi 源自英语单词 “you and me” (你和我)，体现了机器人的协作性。YuMi 于 2015 年推出，是全球第一台真正意义上

—
ABB 协作机器人的设计遵循严格的安全标准，无需大量安全屏障即可运行。

的协作式双臂机器人，旨在与人类和谐共事。YuMi 采用双臂设计，配备先进的控制算法，能够精确执行复杂的装配任务。其设

计紧凑,集成了视觉系统,是小部件装配的理想选择。

GoFa 于 2021 年推出,是一款单臂式协作机器人,与 YuMi 相比,有效载荷更高,工作范围更广。GoFa 最新型号 GoFa 10 和 12 可分别处理最高达 10kg 和 12kg 的有效载荷。2021 年同年还推出了 SWIFTI,可高速运行,并采用先进的传感器技术,可确保安全。

ABB 协作机器人的设计遵循严格的安全标准,无需大量安全屏障即可运行。

平等协作

ABB 协作机器人的一个基本特性是易于使用,它们通常配备图形用户界面,支持以拖拽的方式编程。例如,通过使用 ABB 的 Wizard Easy Programming 软件,用户无需大量编码知识即可对机器人进行编程并快速部署。

ABB 协作机器人适应性强,可轻松重新配置以执行不同任务,这对于跨行业应用至关重要。其采用模块化设计,可与其他系统和工具轻松集成,从而丰富了其多功能性。

协作机器人通常承担组装、包装和质量检查等任务。在执行过程中,它们提高了精度和一致性,同时降低了出错风险。例如, YuMi 广泛应用于电子行业,以高精度组装精密部件。GoFa 和 SWIFTI 协助完成分类、挑选和包装任务。

ABB 协作机器人也正在进军医疗保健领域。其用于执行实验室自动化、样品处理和药物制备等任务,让医疗保健专业人员可腾出时间来处理更有成效的任务。

人工智能、机器学习和传感器技术的进步不断丰富协作机器人的功能,ABB 协作机器人的未来必定前景光明。随着各行各业越来越多地采用智能制造实践,ABB 协作机器人必将发挥关键作用。•

《ABB 评论》简介

出版

《ABB 评论》自 1914 年以来连续出版,每年出版四次,包括英文、德文和中文版本。《ABB 评论》免费提供给对 ABB 技术及其目标感兴趣的人士。

期刊使命

《ABB 评论》旨在以客观、长久、可靠且精准的方式向 ABB 的客户展示 ABB 每年逾 10 亿美元的研发投资所带来的最新研究成果、创新解决方案与成就。

订阅方法

订阅分印刷版和数字版两种形式。如需订阅,请联系离您最近的 ABB 代表或通过 innovation-news.abb.com/registration 在线订阅《创新与技术时事通讯》,或亦可点击右侧按钮订阅。

订阅《创新与技术时事通讯》的用户将定期收到创新与技术新闻的更新,以及《ABB 评论》新版本期刊的出版通知。

订阅者将收到一份调查邀请,表明自己是否有意愿接收印

刷版。但请注意,印刷版数量有限,可能无法满足所有订阅者的要求。

请注意,如果您是在 2024 年 8 月 1 日之前订阅印刷出版物或电子邮件通知,且希望继续接收《ABB 评论》,则需要重新订阅。

继续订阅

即刻行动
第 226 页

出版信息

编委会

Bernhard Eschermann
ABB 过程自动化事业部
首席技术官

Paul Singer
ABB 电气化事业部
首席技术官

Niclas Sjostrand
ABB 机器人事业部
首席技术官

Panu Virolainen
ABB 运动控制事业部
首席技术官

Margarita Sjursen
ABB 过程自动化事业部
对外联络负责人

Mark Curtis
ABB 电气化事业部
全球内部内容和领导
沟通经理

Yasmine Voegelé
机器人与离散自动化事业部
产品传播
负责人

Tuija Elomaa-Maenpää
ABB 运动控制事业部
全球联络负责人

Amina Hamidi
ABB 过程自动化测量与分析产品部
全球产品组经理

Laura Villaescusa
内容和数字化通信
负责人

James Macaulay
传播和思想领导力
高级总监

Andreas Moglestue
《ABB 评论》
主编 andreas.moglestue@ch.abb.com

Michelle Kiener
《ABB 评论》执行
主编

出版人及版权
© 2024
《ABB 评论》由 ABB Switzerland Ltd Group Technology Management 出版
Bruggerstrasse 66
5400 Baden
Switzerland
abb.review@ch.abb.com

部分印刷或复印需经
认可。再版需经出版
人书面同意。

排版
Publik.Agentur für
Kommunikation
GmbH 德国曼海姆

免责声明
所载资料只反映了作者的看法,仅供参考。读者不应该在未征得专业意见的前提下照搬行事。提供出版物的前提是,作者不提供任何技术方面的咨询和建议,也不就具体的事实或问题承担任何责任。

对文中有关内容的准确性以及所表达的观点,ABB 不做任何担保、保证以及承诺。

04/2024 是《ABB 评论》的第 907 期。

ISSN: 1013-3119

abb.com/
abbreview

您已阅读完本期期刊。 请勿让其成为您订阅 的最后一期。



[如何重新订阅
《ABB 评论》?]

《ABB 评论》的当前发行列表（印刷版和电子邮件通知）即将停用。如果您不即刻行动，您将无法收到本期之后的期刊。要继续接收《ABB 评论》，请订阅新版《创新与技术时事通讯》（另见第 226 页）。请点击左侧按钮订阅，或访问 innovationnews.abb.com/registration，订阅或重新订阅。

