

# 评论

03|2021 中文版

## 资产与连通性



46



52

- 06-39 数字资产
- 40-65 生产力
- 66-77 连通性



ABB Ability™ Genix



未来更清洁的船舶和港口

炼钢车间





26

产品数字孪生

05 编者按

## 数字资产

- 08 ABB Ability™ Genix
- 14 加快数字化工具的交付
- 20 数字孪生
- 26 产品数字孪生
- 32 混合预测性维护

## 生产力

- 42 IE5 同步磁阻电机
- 46 新一类工友
- 52 炼钢车间

## 连通性

- 60 带 OPC UA 的 Ethernet-APL
- 68 新型断路器
- 74 船舶和港口的更清洁未来

## 专业术语解释

78 多体仿真

79 订阅

79 出版信息



52

—

**数字化正在创建一个新的市场, 企业可以在此基础上建立和增长资产、开发和运营流程, 并找到新的销售和服务机会方法, 而这些机会已经在现实世界中产生了生产力和利润效益。本期 ABB 评论对建立这种连接的最佳案例进行了调查和讨论。**



编者按

# 资产与连通性



亲爱的读者：

我们生活在一个信息时代，所拥有的数据和信息已经多到我们不知该如何利用的程度。我们需要的是知识，也就是如何利用数据和信息来创造价值。对于人类认知和机器来说都是如此。工厂中的传感器能够生成大量的数据，但只有通过基于背景来解读数据，才能做出明智的决定、优化流程并解决问题。

数字孪生是一种虚拟化的展示，能够预测或帮助我们理解某个对象、某项流程或某个系统是如何在特定条件下运行的。它在项目生命周期的每一个阶段，从规划到配置到运行，都能够在诊断和维护方面发挥有益作用。

在本期 ABB 评论中，我们将关注数字孪生如何通过充分利用数据带来的价值，消除数字化转型中的障碍，以及如何帮助我们让生产更具可自定义性和灵活性，提高可持续性。

希望您阅读愉快！

A handwritten signature in black ink, which appears to be 'Björn Rosengren'.

Björn Rosengren  
ABB 集团首席执行官



# 数字 资产





我们在现实世界中所能做到或想象到的几乎任何事情，都可以以数字化形式呈现出来并加以研究，这可以给我们带来洞察力和多种能力，也即资产，以帮助我们更好、更快、更可靠地进行工作，并随着时间的推移实现价值增长。从数字孪生到预测性维护，使用日益更加智能的智能技术，是一个正在付诸实践的智慧想法。

- 08 ABB Ability™ Genix 简化运营和资产优化
- 14 携手初创企业，加快数字化工具的交付
- 20 数字孪生：从炒作到现实
- 26 产品拥有数字孪生，您也可以找到它！
- 32 混合策略支持预测性维护



数字资产

# ABB Ability™ Genix 简化运营和资产优化

ABB 全面集成的企业级数字化转型解决方案可帮助客户提高生产力、过程性能、产品质量、效率和安全性。如今，客户可以更轻松地驾驭数字化，创造更美好的未来。



**Rajesh Ramachandran**  
过程自动化及 ABB Ability  
印度班加罗尔

rajesh.ramachandran@  
in.abb.com



**Sohrab Bhot**  
过程自动化及数字化  
印度孟买

sohrab.bhot@  
in.abb.com

我们的世界真的已经准备好迎接数字革命了吗？从需求的角度来看，答案是肯定的。如今的工业企业，无论是过程、能源还是混合行业，都是资产密集型的生产企业，其过程运行快速且投入点众多，非常复杂；所有这些因素都具有高度的相互依存性。

在当今竞争激烈的商业环境中，各行业都在寻找各种可能的运营优势，以创造卓越运营→01，从而能够以最快的速度生产出最优质的产品，同时以成本高效的方式发挥最佳且最可靠的资产性能。在生产设备产能已经发挥到最大限度之后，可以用最先进的工业自动化来提高生产过程的效率。通过从现有运营技术 (OT)、工程技术 (ET) 和信息技术 (IT) 系统生成并存储的大量数据中提取价值，各行业可实现生产力的巨大提升，并做出更好的业务决策。在

—  
在当今竞争激烈的商业环境中，各行业都在寻找各种可能的运营优势，以创造卓越运营。

此情景下，工业企业管理团队和运营商都认识到数字化的力量：有助于在当今复杂的运营和商业环境中实现具有挑战性的成果目标。然而，许多公司仍在挣扎，不知道从何处开始他们的数字化之旅[1]。

作为数字创新先锋，ABB 拥有丰富的工业和自动化经验，我们致力于将这些经验与开发或利用创新数字技术的能力结合起来，帮助各行业踏上数字化之旅。2020 年 7 月，ABB 推出了 ABB Ability™ Genix



分析及人工智能套件；这一全面集成的企业级数字化转型解决方案由一系列软件、应用程序和服务组成，可帮助客户提高生产力、过程性能、产品质量、效率和安全性。通过这种方式，ABB 必将助力客户成功驾驭数字化。

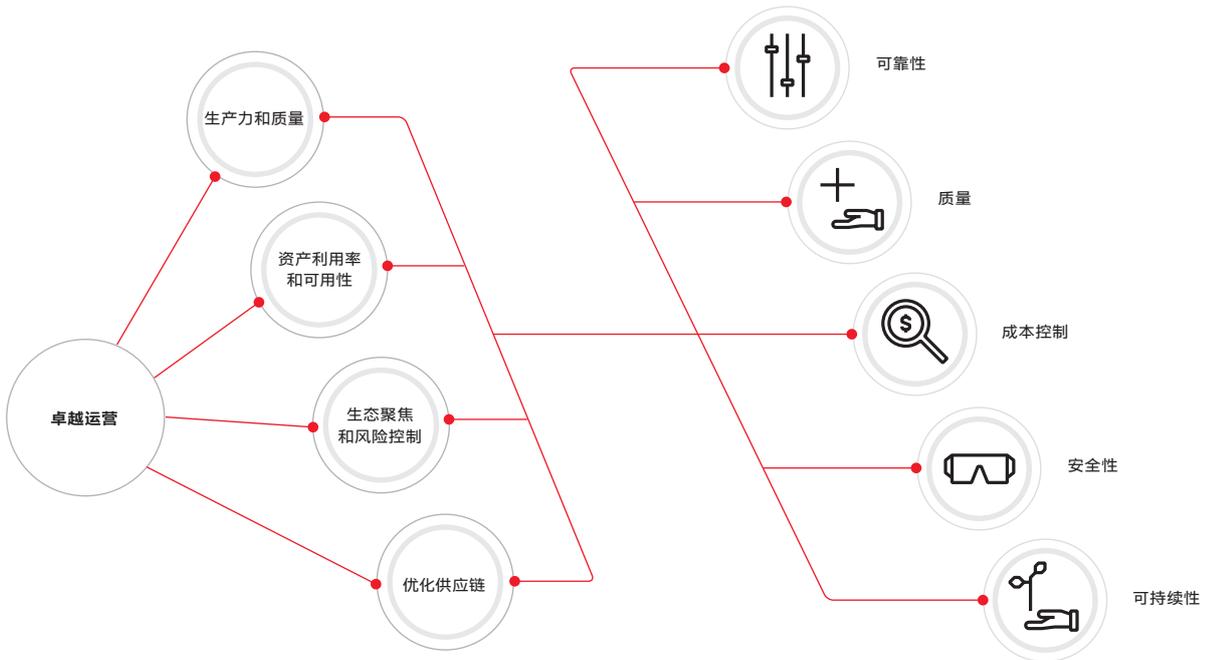
### 了解挑战

虽然采用数字技术可实现高效（例如，生产率提高 40%），但令人惊讶的是，企业在数字化方面却进展缓慢。目前，多数企业只利用了其生成的数据的 30%。这种停滞不前限制了他们以有意义的方式应用数据分析的能力，也限制了他们利用潜在业务价值的潜力[2,3]。显然，在承认使用数字技术的有效性，与能够或愿意利用数字化带来的难以想象的价值之间，存在着差距[4]。ABB 通过分析可获取的趋势，对此

困境进行了研究，结果发现根本原因并非企业缺乏数字化的意愿，而是不知道从何处开始。这种情况是由于易于实施的可行市场解决方案稀缺造成的。例如，要求管理变更最小化；直接的结果；可根据需要和偏好定制，并与如何产生影响完全相关。

— **ABB 拥有丰富的工业和自动化经验以及创新的数字技术，可帮助各行业驾驭数字化。**

如同穿越不确定和未知领域的旅程一样，洞察能带来明了和透彻的理解。显然，工业世界需要快速、可配置、中肯的解决方案，该等解决方案须具有强大的影响力，并且与



01

战略业务目标相一致。ABB 的数字化概念正是从这一洞察中形成的。这一概念建立在 ABB 的共同商业理念之上，即解决和减轻客户对采用数字技术以确保生产力提高的疑虑。该概念化命题体现为五个“S”：

- 速度 (Speed) - 快速实施；在尽可能短的时间内产生价值
- 智能 (Smartness) - 固有的智能性，由工业领域知识驱动，具有多种预构建的功能
- 安全 (Security) - 以最高的网络安全标准为特点，确保客户免受网络攻击和数据隐私泄露的影响
- 可扩展 (Scalability) - 从边缘到企业的实现能力；以及可根据情景、需求或偏好进行配置
- 简易 (Simplicity) - 充分的数据集成简易性、高度的互操作性、开箱即用的集成，以及易于理解的可视化和应用程序

### 数字化 - 从理念到实现

ABB Ability™ Genix 于 2020 年 6 月推出，是一款基于企业级开放架构的平台和套件，它可以利用工业分析和工业 AI 的力

在 ABB 过程自动化资产及数字产品组合中, 有一个解决方案适用于客户选择的每一步。

量，将跨职能数据转换为可操作的洞察。其关键在于收集、组合和情景化不同系统、多种来源的数据，包括 OT（运营技术的实时数据）、IT（信息技术的功能数据）和 ET（工程的设计信息）系统。

例如，源自重要资产（如涡轮机）的 OT 数据，体现涡轮机的性能；ET 数据，根据完整性和操作安全方面的合规规范，体现涡轮机的性能有多好或有多差；

— 01 数据的价值可用于实现卓越运营;改善可靠性、成本控制、安全性、产品质量和可持续性。

— 02 将集成方法与 AI 和领域专业知识相结合,可改进工业优化。

IT 数据, 体现如何通过正确的维护策略、备件库存、风险与投资规划等, 使资产保持在预期的状态。

ABB Ability™ Genix 已经发展成为一个强大的平台, 从工厂的资产层面扩展到资产生态系统, 并最终扩展到整个企业, 涵盖所有利益相关者, 而至关重要的是, 其基本单元仍然是资产。当然, 这包括对每个资产所生成大量数据的整理。

## ABB Ability™ Genix 分析及人工智能套件是一种全面集成的企业级数字化转型解决方案

有鉴于客户对 ABB 自动事业部所设计和交付的资产 (如分析仪、仪器、驱动器、电机、发电机、开关设备、推进系统和涡轮增压器) 的依赖, ABB 完全有能力了解如何以最佳方式提取、汇集、情景化和利用这些数据, 以预测可能性、标记改进潜力和培育商机。

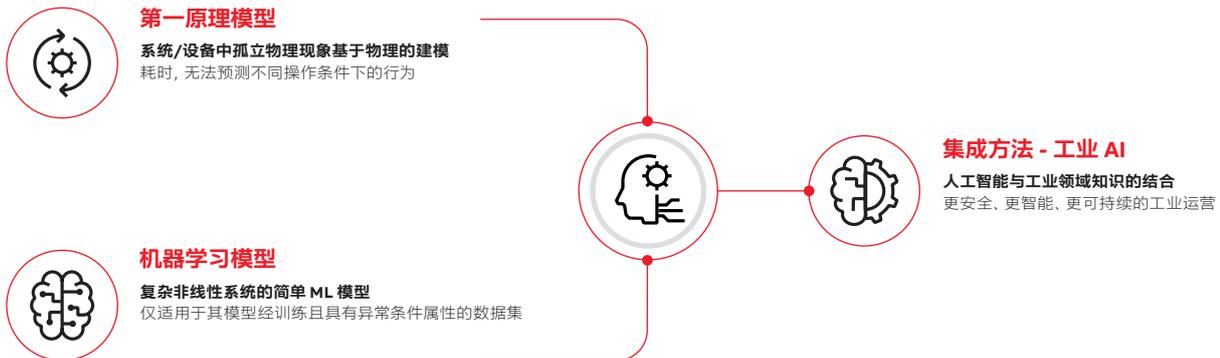
然而, 这需要一个基于领域知识和 AI 的新统一分析模型。从以往来看, 原始设备制造商 (OEM) 提供的设备模型均基于物理和/或第一原理, 通常被称为“数字孪生”。尽管如此, 工业制造依赖于设备或资产系统, 所有这些协同工作才能完成一个过程。

针对如此复杂的资产系统, 创建基于第一原理的模型所需的努力令人望而却步 → 02。由纯数据驱动的机器学习 (ML) 模型的应用虽然很有前景, 但对工业而言却存在弊端。这些模型只可提供对经训练数据集的状况和异常的见解。由于该等情况尚未发生, ML 模型在工业情景中存在固有的局限性。因此, ABB 将工业领域知识与由数据驱动的 AI/ML 模型结合起来, 从而使优化算法最大化。

### 释放数据的力量

直到三十年前, 人们对自主生产工厂的向往还只是存在于科幻小说中, 而这一直是许多人的梦想。最近, 自报告和自执行设备的迅速出现再次激发了人们的想象力, 随着工业 4.0 的到来, 这种兴奋感开始在全球各地的制造企业中弥漫。

初看上去, 工业 4.0 完全由自动化驱动。这种看法毫无不妥之处。智能传感器和物联网 (IoT) 是这次工业转型的最明显先兆之一。而以 ABB 为代表的自动化在将优质、准确度和精密度引入工业过程方面, 有着悠久的历史。但是, 自动化并不能推动数字化, 其规模化和广泛性才是数字化的推动力。此外, 数据起着最具决定性的作用, 包括来自 IT、OT、ET 和地理空间等来源的数据。重点在于如何捕获、集成、情景化、存储和分析数据; 以及如何从跨职能和跨系统的数据中生成见解 → 03。



管理数据价值链是实现“速度、智能、安全、可扩展和简易”（即五个“S”）的关键，而每个“S”都依赖于数据的有效捕获和处理。管理智能数据价值链的力量是显而易见的：通常情况下，在解决方案提供商的实施工作中，了解工业过程和数据源以及设计捕获数据的方法占了 80% 以上。然而，这些涉及复杂的变更管理，并意味着投资回报 (ROI) 的延迟，这些因素必然会导致公司决定仅部署有限的数字点的解决方案，而这些解决方案永远无法与企业级数字化转型的影响相匹配。

如要实现企业级的结果，无缝且安全的边缘计算集成则具有优势。因此，ABB 在强大的工业分析和 AI 平台 ABB Ability™ Genix 与 Ability™ Edgenius — 一款 ABB 的运营数据管理工具之间建立了联系。通过这一全面集成的解决方案，ABB 为工业企业将数字化转型能力扩展到整条价值链提供了强有力的论据，从而在卓越运营、资产完整性和绩效、安全性、供应链优化、能效和可持续性等相关指标上取得优异成果。

以数据作为价值链中每个元素的起点，ABB Ability™ Genix 和 ABB Ability™ Edgenius 以独特的方式将 ABB 的固有优势结合起来，这包括所服务行业的领域知识、技术专长和数字化能力。对于 ABB 而言，真正让工业分析和工业物联网 (IIoT) 与众不同的是“工业”一词。

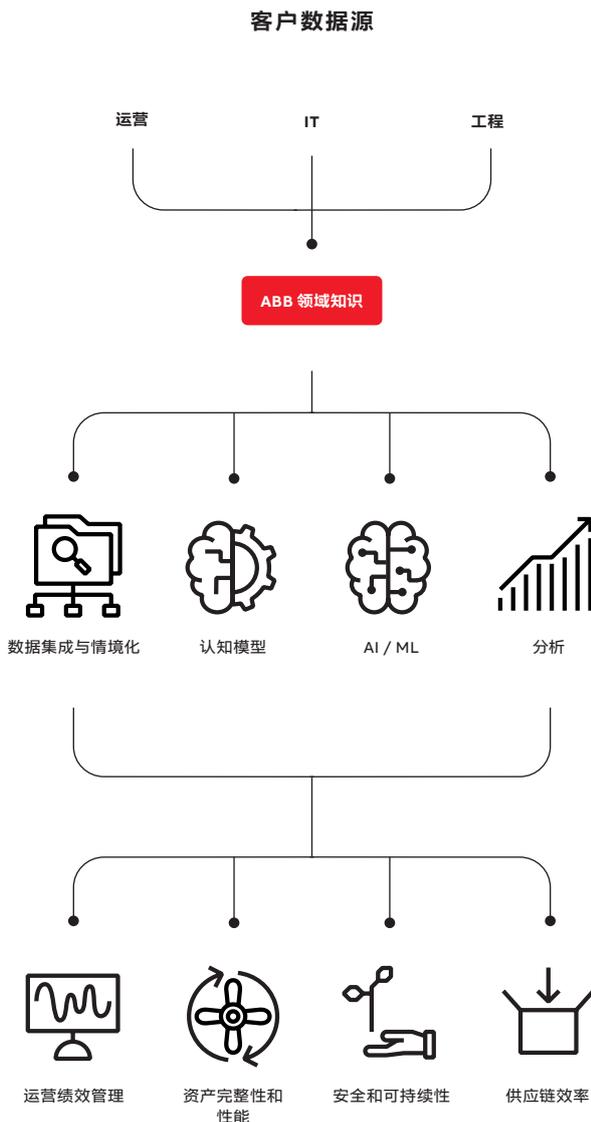
除非数字技术与操作流程深度融合，否则我们在实现工业 4.0 的道路上将停滞不前，获得的价值也相当有限。因此在 ABB，除了转型之外，所有专业知识和行业特定实践知识都被用来创建相关性 → 04。

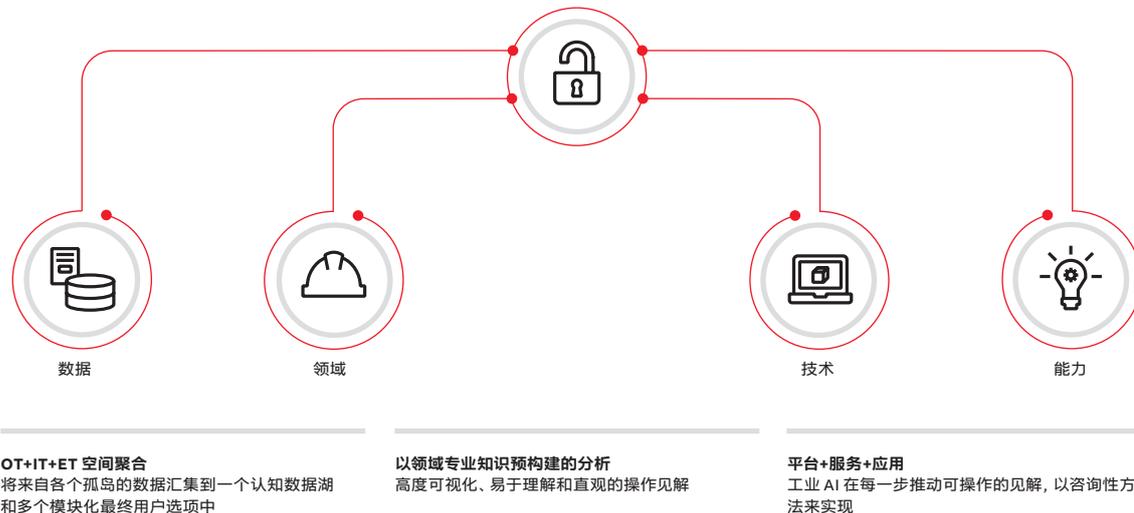
重点在于如何捕获、集成、情景化、存储和分析数据；以及如何生成洞察。

**实现卓越价值 - 最终结果**

在数字化过程完成后，客户可以从全面的解决方案中获益；实现从边缘到企业的扩展；获得在云端、本地或混合模型中部署的简易性。在 ABB 过程自动化资产及数字产品组合中，有一个解决方案适用于客户在数字化转型过程中选择的每一步。

第一步是引进智能设备，即创建数字足迹和数据点的资产。这一步有助于各行业通过实时或接近实时的数据，监控资产健康状况和性能，以及过程 and 安全性。只有这样，才能实现由价值驱动的数字解决方案。





04

—  
03 ABB Ability™ Genix 和 ABB Ability™ Edgenius 可将客户的数据源与数据集成和情境化、认知模型、基于 ML/AI 的模型、分析和 ABB 的卓越领域知识结合起来，在整个企业中创造价值。

—  
04 ABB Genix 设计为模块化体系结构，可为最终用户提供选择。利用领域专业知识预构建的分析可提供高度可视化、易于理解和直观的操作见解。

尽管对数字化转型的好处有所了解，但项目通常要运行多年，这可能会令人望而生畏。为了减轻这种忧虑，ABB 创建了小型

## ABB 正预示着数字技术、工业 4.0、工业分析和 AI 塑造未来的方式。

的预构建分析应用程序，这些应用程序具有实现增量效益的明确价值驱动因素。ABB 的数字产品组合结合了数据和领域专业知识，作为应用背后的力量，可解决五大价值驱动因素：运营绩效管理、资产完整性和绩效管理、安全性、可持续性和供应链优化 → 04。尽管如此，为了充分获得长期优势，这些分析应用程序必须 建立在一个可靠、可扩展的模块化平台上，如 ABB Ability™ Genix。预构建分析应用的示例包

括：系统异常检测、机会损失管理器和热交换器结垢。

此外，ABB Ability™ Genix 平台可用于快速开发特定的分析解决方案。例如，针对 ABB Azipod® 无齿轮可转向推进系统合作开发的智能预测性维护解决方案，可识别潜在异常，并为维护团队生成预警信号，其基于 AI/ML 的模型可防止故障。用于异常状态检测和预警的发动机以从内部协作获取的实时数据的整合为基础，这些数据包括绕组温度、转速、转矩、功率以及出入口冷却空气温度。在此情况下，试点实施研究表明，提前期增加了一个多小时；这使得问题在可能导致灾难性故障之前得到解决。

ABB Ability™ Genix、ABB Ability™ Edgenius 与基于行业价值驱动因素的成套分析应用程序一起，预示着数字技术、工业 4.0 原理、工业分析和 AI 塑造工业未来的方式。•

### 参考文献

[1] McKinsey & Company, "Unlocking Success in Digital Transformations", in *McKinsey & Company*, Oct. 29, 2018, Available online: <https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/unlocking-success-in-digital-transformations> 访问于 2021 年 6 月 7 日。

[2] Accenture, "Artificial Intelligence", in Applied Intelligence website, in *Accenture*, Available online: <https://www.accenture.com/in-en/insight-artificial-intelligence-future-growth>

[3] M. Gualtieri, "Hadoop is Data's Darling for a Reason", in *Forrester*, Jan. 21, 2016, Available online: <https://go.forrester.com/blogs/hadoop-is-datas-darling-for-a-reason/> 访问于 2021 年 6 月 7 日。

[4] E. Charalambous, et al., "AI in production: A game changer for manufacturers with heavy assets", in *McKinsey & Company*, March 7, 2019, Available online: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/ai-in-production-a-game-changer-for-manufacturers-with-heavy-assets> 访问于 2021 年 6 月 7 日。

数字资产

# 携手初创企业，加快数字化工具的交付

与外部技术领导者合作使 ABB 能够更快地向客户提供解决方案。RE'FLEKT 是一家总部位于慕尼黑的增强现实 (AR) 公司，ABB 与其合作，通过大数据、分析和可视化，将 ABB 的专业知识直接用于客户最需要的时间和地点。



01



**Kim Fenrich**  
ABB 工业自动化事业部  
瑞士苏黎世

kim.fenrich@us.abb.com

对于 ABB 而言，未来在于开放式创新，其重点是与大学、研究机构、初创企业等外部合作伙伴进行协作。因此，公司通过 ABB Technology Ventures (ATV) 和 Syn-

动。SynerLeap/ATV 的建立增加了 ABB 对全球初创企业社区的吸引力。

通过合作伙伴关系，ABB 还可以更多地了解新兴技术及其最适合的应用场景（例如，高价值用例），以及如何利用这些技术解决客户问题 →01。

—  
合作伙伴关系使 ABB 还可以更多地了解新兴技术。

RE'FLEKT 是一家位于旧金山和慕尼黑的增强显示技术公司，是 SynerLeap 的一家主要合作伙伴，我们已在与该公司的合作中取得了非常成功的技术进展。RE'FLEKT 的世界领先技术使任何企业或行业都能够创建自己的内部增强现实或混合现实应用程序。ABB 正与 RE'FLEKT 合作，从可视远程支持、服务、维护和培训开始，将增强现实引入广泛的应用领域。



**Dirk Schart**  
RE'FLEKT  
德国慕尼黑

erLeap 等 ABB 渠道，以结构化方式推动外部合作。SynerLeap 可提供技术资源和专业知识，以激发跨行业的创新与增长，而 ATV 则可提供财务和商业模式支持。这两个机构相辅相成：ATV 已对 SynerLeap 伙伴进行了投资，随后还会有更多行



— 01 与本领域其他的专业公司合作可缩短上市时间。

### 数据聚合

从历史上看，工业自动化数据存在于单独的孤立系统和网络中，如果操作员要评估特定设备或过程的状态，就必须查看多个屏幕或仪表板。随着工业开始进入数字化生命周期，这些独立的系统被连接起来，以便对数据进行聚合和关联。当时

—  
**AR 已经可以在维护、培训和服务方面实现价值。**

的挑战是将所有该等数据放在一个可发挥其积极意义和作用的情景中。此类情景可由 AR 提供。如今，用户可以使用 AR 查

看设备、精确识别设备、可视化与设备相关的所有可用数据、应用高级分析、连接物联网 (IoT) 数据，并最终对设备应用人工智能 (AI) 算法以获得更多信息。这意味着 AR 可用于设备或工厂生命周期的每个阶段。

### 扩阔视野

AR 已经可以在维护、培训和服务方面实现价值，特别是通过协作运营中心→02。下一步是将这一技术引入组合数据潜在价值较高的领域，例如设计、组装和操作。

在这些领域，收集的数据越多，聚合的意义就越大。利用这些数据，可以做出更智能化、更知情的决策。例如，将设计数据连接到运行数据，以便对当前运行条件

## ABB ABILITY™ 协作运营中心

在当今这个数字化新时代，生产商和供应商之间必须密切协作，才能充分利用大数据、分析和虚拟化带来的全面优势。ABB 可通过 ABB Ability™ 协作运营中心提供这种协作，其远程运营和维护结构有助于工业生产商充分利用数字化的潜力。

协作运营中心允许 ABB 专家通过数据分析提供见解，从而使客户信息变得可操作和有意义，同时推动决策以优化企业绩效。该中心确保了可以 24/7 远程访问利用 ABB 在数字化技术、数据分析和域等方面的专业经验。ABB 全球协作运营中心网络配备先进的应用程序，允许客户和 ABB 专家进行远程协作，并快速调整操作以适应不断变化的需求。

该中心充分利用 ABB Ability™ 平台和云端设施。该平台赋能客户安全集成和聚合数据、进行预测性分析，并产生能够推动利润的洞察。

在一个典型应用中，ABB 为客户设计了远程监控中心，并将其集成到协作运营中心。在现场中安装各种现场设备来收集数据，并迅速进行数据分析以识别、

分类和优先排定各种事项。在客户现场、ABB 技术中心以及客户总部之间，建立通用通信协议，以便进行进一步的财务分析和决策。

ABB 和 RE'FLEKT AR 解决方案提供的加速支持通过实时环境中显示的分步指令，将大大提高协作运营中心降低维护、入职和培训成本的能力。AR 引导维护程序 (GMP) 将通过更快的准备维修时间，确保生产不间断运行。

ABB 仿真产品经理 Kim Fenrich 在总结 AR 策略时说到：“我们利用转型数字化技术，例如增强显示等，来构建新的业务模式，改善客户的绩效。这些技术正在改变我们与客户的合作方式，可以更快地完成专业经验交付。” •

ABB Ability™ 平台和云端设施让客户能够安全集成和聚合数据、进行预测性分析，并产生洞察。





03

—  
03 RE'FLEKT 的 AR 解决方案可通过实时环境中显示的逐步说明，降低维护、入职和培训成本。

与预期性能进行比较。有可能运行正在按设计进行，但设计数据却是错误的。遇到这种情况时，可以将运行数据回滚到原始竣工图，修改其中的设计，并确保未来的迭代基于正确的真实数据。

—  
**通常情况下，使用 RE'FLEKT 的 AR 技术可大大提高数字孪生的性能。**

从设计到运行和维护再到优化，整个生命周期均由单一的精确数据源支撑，同时将 3D 或实时数据与 AR 支持叠加，以提供更易于访问的培训，以及更好更快的工厂支持。此外，可以简化远程支持，减少向现场派遣服务工程师的需要。

### 数字孪生

数字孪生是对一个物体或一个系统的虚拟表示，具有操作意识。一家工厂将由许多相互连接的数字孪生来表示，允许操作员放大某个特定位置，以获取全面的实时状态信息，从而能够更快地解决问题。

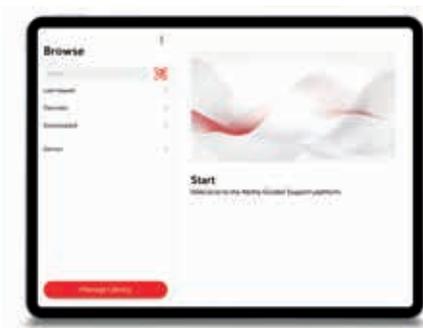
从设计阶段开始，提供给数字孪生的数据越多，客户在提高性能、延长设备寿命、应对变更和减少停机时间方面的改善就越大。例如，如果电机出现故障，并且由于规格变更或过时而无法获得完全同规格设备，那么 AR、数字孪生和一些仿真软件可以让用户进行评估，如果使用不同规格的电机将会怎样。

在许多应用中，使用 RE'FLEKT 的 AR 技术可大大提高数字孪生的性能 → 03。

### 从小应用起步

ABB Ability™ AR 引导测量设备支持是一种流量计应用，明确了以上讨论的一些概念，并作为一个具体的例子，说明了与 RE'FLEKT 的合作如何促成概念的发展，从而使客户直接受益。

分布在整个工业界中的 ABB 流量计有几十万个。这些仪表通过不同的渠道到达目的地，包括直接来自 ABB、由系统集成商安装、由第三方经销商销售等等。这使 ABB 难以控制整体质量或了解安装基础。当仪表出现故障时，用户有时候甚至不知道与谁联系。



04a



04b



04c

ABB 拥有 3D 内容和专业知识，可为这些仪表构建 AR 引导支持程序。而 RE'FLEKT 拥有 AR 专业技术，可以将这些程序提升到实用且简单的新水平。RE'FLEKT 不仅仅是将数据聚合在一起：该公司还利用其丰富的知识产权基础，来充实整个 AR 环境 → 04 - 07。

流量计是 ABB 与 RE'FLEKT 深化合作的一个极佳用例支持，尤其是提供了一个机会来证明 ABB 的假设：可将简单设备用于高价值用例。相反，如果以一个庞大而复杂的目

## 流量计是 ABB 与 RE'FLEKT 深化合作的一个极佳用例支持

标（比如无齿轮磨机驱动或造纸机）起步，则意味着长时期的高风险开发工作。

在明确定义可交付成果、运行概念验证项目、完成开发和试验阶段后，便向渠道合作伙伴和客户推荐了一个预览应用程序，其中包含少量指导性支持程序，用于收集市场反馈。此外，ABB 还推出了一种新的



05a



05b



05c



05d



06



07

—  
04 ABB 查看器。

04a 主屏幕。

04b 菜单。

04c 设备选择。

—  
05 仪表屏幕显示示例。

05a 显示安全说明。

05b 拆卸说明。

05c 详细说明。

05d 呈现真实环境有助于定位。

—  
06 图片也可包含在显示内容之内。

—  
07 详细操作说明, 可提高安全性。

可视化远程支持工具, 即 ABB Ability™ 服务远程洞察, 利用 AR 加速解决问题。此工具基于 RE'FLEKT 的平台, 是一个符合全球标准的解决方案, 允许 ABB 支持中心的专家查看客户在现场看到的情况。

### 市场导入

ABB 通过为工厂操作人员提供创新工具来进一步支持自维护、展示价值验证和提高性能, 以增强客户信心。

通过分阶段的市场导入, ABB 从概念验证开始, 致力于展示指导性支持程序在解决实际问题方面所提供的价值。一旦这种价值得到证实, 客户和管理层就会接受我们的产品。这将推动其他指导性支持程序的开发和引入。随着程序范围的扩大, 它们会迅速成为许多可交付成果的预期部分。

RE'FLEKT 的 AR 生态系统将大大简化这些增强功能的开发、引入和使用。

### 通过合作加快数字化工具的交付

ABB 的协作运营中心和 RE'FLEKT 的 AR 生态系统会将持续监控和数据洞察与实时可视化和即时获取知识结合到一起。这一先

—  
随着时间的推移, 许多 ABB 系统和设备都将采用基于 AR 的方法来实现价值。。

进技术将数据和分析转化为易于使用的、带有实时远程支持的分步说明, 使任何服务技术人员都能够高效地执行所需任务以解决问题。

RE'FLEKT 的 AR 生态系统将使 ABB 不仅能够提供即时的客户支持, 而且能够在内部创建 AR 驱动的手册和支持, 以及在客户现场直接部署替换程序。该设施可改善工作流程, 增强技术人员的能力, 并提高客户满意度。

随着时间的推移, 许多 ABB 系统和设备都将采用基于 AR 的方法来实现价值。当实现与客户数据的完全集成时, 就可以充分发挥潜力, 尽管目前与这个目标还有一段距离。

RE'FLEKT 以人为本的开创性平台使 AR 和 MR 变得可负担且可扩展, 使 ABB 能够将其行业知识注入到定制的 AR 和 MR 解决方案中。•



# SYSTEM

- Part 01  
98%  
8N20R64B
- Part 02  
96%  
LW234567
- Part 03  
98%  
CT846540
- Part 04  
97%  
AA31524H

## 数字资产

# 数字孪生： 从炒作到现实

随着对数字化和工业物联网 (IIoT) 需求的日益增长，数字孪生成为数字产业的关键推动力。数字孪生可如何改进数字技术、推动体系结构的发展和标准化，以及创造新的用例和业务模型？

— 01 数字孪生是众多工业部门实现数字化的关键推动力。它们通常由使用环境定义。

多年以来，数字化呈现技术一直被用于对生命周期中与资产相关的信息进行建模。直到 2003 年，“数字孪生”这一术语才在大学课程中首次出现，用以描述这些模型。随着时间的推移，出现了许多关于数字孪生的不同定义。这些定义一般都聚焦在数字孪生的特定使用案例上。→01。最近，各个联盟，如 ABB 为其提供支持的工业互联网联盟 (IIC)，都在尝试超越特定用例的界限来定义数字孪生世界。例如，IIC 将数字孪生本身定义为可满足一组特定用例需求的实体（例如，设备、生产单元或工厂）的数字化表现 [1,2]。这一定义有两重含义：

- 尽管许多人会将数字孪生与 IIoT 相关联，但由于数字孪生概念的出现（虽然并非术语）要早于 IIoT，因此该定义并未强调 IIoT 特性。
- 对数字孪生的讨论应在用例实现方面展开，用例决定要提供的数据、模型、计算和服务。

工业系统中的数字孪生工业设备的使用寿命数据可分为工程技术 (ET) 数据、信息技术 (IT) 数据和运营技术 (OT) 数据。由于功能要求、不同用户需求、公司合并等原因，这种生命周期数据通常以不同格式存储在不同位置。

— 数字孪生可提供一个公共信息模型，来定义其他不兼容的 ET、IO 和 OT 数据。

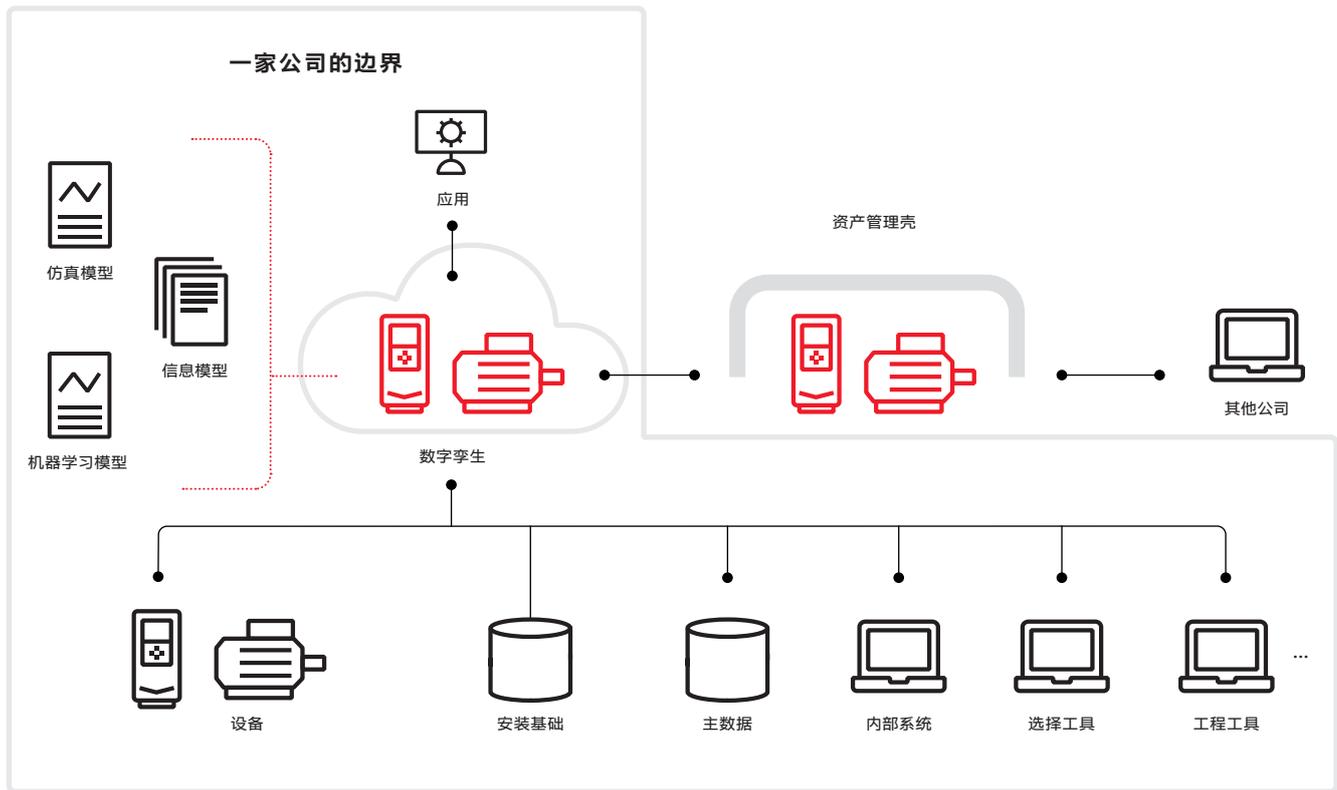
→02。这些数据孤岛导致在多个数据访问级别上缺乏互操作性，需要进行手动数据交换，不仅容易出错而且耗时。合并数据供分析应用程序来利用也很困难。

这些问题可以通过部署在本地或云端的数字孪生来解决。在此情况下，数字孪生可提供一个公共信息模型，来定义原本不兼容



**Somayeh Malakuti**  
ABB 集团研究中心，  
德国拉登堡

somayeh.malakuti@  
de.abb.com



02

的 ET、IO 和 OT 数据。该模型可作为应用程序编程接口（API）的基础，实现数据访问，以及定义数据集（通常为分散性）之间的语义相关性。数字孪生可提供统一的 API 来查询各种类型的生命周期数据，不管这些数据是存储在云端还是存储在外部数据源中 [4]。

通过表达数字孪生中所包含各个模型之间的相关性，并从这些信息中得出更多推理，可进一步提高数字孪生的成熟度→03。借助机器学习和仿真模型，可进一步扩展数字孪生的内容。此类增强可提升数字孪生的智能水平，并更好地推理有关物理孪生的状态。它还可实时仿真模型提供支持。将多个模型结合起来，可以实现更高级的用例，例如，使用智能仿真模型来预测设备的状态。

在 IIoT 时代，通过促进数字技术的进步、体系结构的发展和标准化、系统或用户之间创新交互的创建，以及商业模式的建立，云、边缘计算、5G 连接和增强现实等技术将数字孪生概念推向一个新的高度→04。

数字孪生可借助这些技术和交互实现新的用例，例如，跨价值流的综合信息管理、基于云的综合工程设计、现场设备的即接入即生产，以及在线现场支持。将数字孪生集成到自动化过程中有助于减少调试时间和工作量，并缩短投产时间。

以下两个用例（基于云的综合工程设计和现场设备的即接入即用生产）体现了数字孪生带来的优势：

### 数字孪生可减少调试时间和工作量，并缩短投产时间。

#### 基于云的综合工程设计

与其考虑→02 中所示的广泛范围，不如将重点仅放在使用数字孪生实现工具间的综合数据交换这一方面。例如，早期使用的设备参数可作为专用模型存储在云端的数字孪生中，这样，工程工具之后便可选择这些参数，对相应的工程参数进行正确初

—  
02 数字孪生可解决数据孤岛问题。

—  
03 数字孪生的成熟度。

始化。数字孪生还可实现基于云的工程数据的备份和恢复。

### 现场设备的即接入即用生产

如今，现场设备的配置或更换往往耗时费力，因为必须对不同来源、不同格式的潜在非标准化信息进行整理。但是，现场设备数字孪生可实现即接入即用生产的场景，从而加快现场设备的调试。将设备自动发现和云计算与标准化信息格式（如 AutomationML 和 OPC UA）结合起来，可用于自动发现连接到网络的设备、工程和操作参数的相互映射，以及从云端下载相应的参数到设备。虽然物理替换仍然需要经过培训的工作人员来执行，但数字孪生允许在无需设备专家或流程专家的情况下，即时进行重新配置。

### 数字孪生标准化与倡议

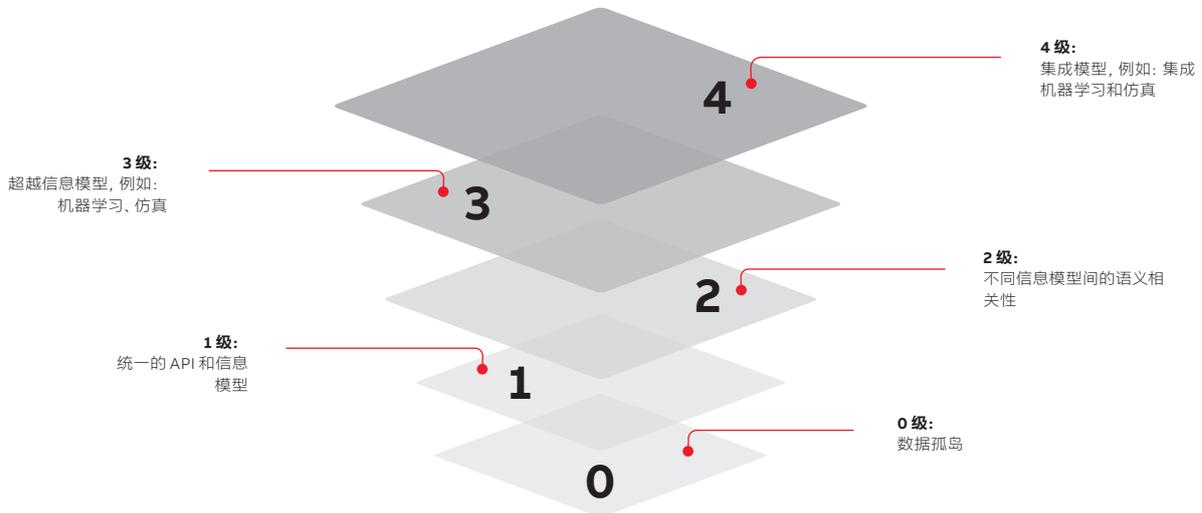
与数字孪生有关的各种标准化活动正在进行中。例如，属性目标技术（在 IEC-81346 中标准化），定义了构建与工业系统各种视图（如产品、功能或位置）相关信息所需的属性。IEC 62832 则定义了一个以工厂资产为中心表示的数字工厂框架，尽管这种表示不叫“数字孪生”。

## 资产管理壳可促进数字孪生的互操作性。

在过去几年中，出现了更多倡议：IEEE P2806 旨在定义工厂环境中物理对象数字化表示的系统架构，重点在于连通性需求和工业人工智能数据属性。类似地，ISO/AWI 23247 通过定义一个参考体系结构，来推动数字孪生技术在制造业中的应用。

虽然各家公司通常将数字孪生作为独立的解决方案提供，但许多用例可以从不同供应商提供的数字孪生之间的交互中受益。德国平台 Plattform Industrie 4.0 推出了资产管理壳 [3]，作为智能制造业的工业数字孪生，以促进跨价值流的互操作性。

除了 IIC 和 Plattform Industrie 4.0 之外，还存在其他组织，例如：工业数字孪生协会 (Industrial Digital Twin Association, IDTA) - Industrie 4.0 平台的一家用户组织，希望实现源代码开放；数字孪生体联盟 (Digital Twin Consortium, DTC)[5] - 旨在推动词汇、体系结构、安全性和互操作



基于各种数字技术，例如……



数字孪生属性，例如……



实现新用例，例如……



性的一致；开放制造平台 (Open Manufacturing Platform)[6] - 旨在提供与平台无关的解决方案；以及 GAIA-X 项目[7] - 以信息模型和数字孪生层面的互操作性作为其愿景的基石。

数字孪生与数字商业模式及其未来

数字孪生为新型数字化服务和合作奠定了基础，有助于提高现有服务的可及性和效率。此外，由于许多生产误差均由错误或过时的数据导致，因此拥有广泛认可的设备相关数据访问和交换方法，可以简化整个生命周期中的协作工程[8]→05。

与物理设备不同的是，数字孪生及其所有特性都可以通过相应的网络安全措施广泛提供，允许使用基于云的“X 即服务”应用程序。此外，通过数字孪生 API 综合接入到

广泛认可的设备相关数据访问和交换方法可简化协作工程。

ET、IT 和 OT，可以在数字孪生级别制定数据访问和使用规则。这种受管理的数据访问可避免针对每个数据源分别定义此类规则的需要，并有助于针对数字孪生数据的外部使用者制定使用政策。

毫无疑问，数字孪生将在持续而快速的工业数字化演进中发挥关键作用。通过各种项目和合作，以及对 IIC 和 Plattform Industrie 4.0 等联盟的支持，ABB 正在帮助推动确立数字孪生的通用定义和标准。•

— 04 与数字孪生相关的主题概览。

— 05 数字孪生可提供对设备相关数据的广泛接入，并有助于消除由错误或过时数据导致的生产误差。



05

#### 参考文献

[1] Industrial Internet Consortium, "Digital twins for Industrial Applications." 来源: [https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC\\_Digital\\_Twins\\_Industrial\\_Apps\\_White\\_Paper\\_2020-02-18.pdf](https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC_Digital_Twins_Industrial_Apps_White_Paper_2020-02-18.pdf). [访问日期: 2021年2月10日]。

[2] Industrial Internet Consortium and Plattform Industrie 4.0, "The digital twin and Asset

Administration Shell Concepts and Application in the Industrial Internet and Industrie 4.0." 来源: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Digital-Twin-and-Asset-Administration-Shell-Concepts.pdf>. [访问日期: 2021年2月10日]。

[3] Plattform Industrie 4.0, "Details of the Asset Administration Shell – Part 1: The exchange of information between partners in the value chain of Industrie 4.0." 来源: [https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Details\\_of\\_the\\_Asset\\_Administration\\_Shell\\_Part1\\_V3.html](https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Details_of_the_Asset_Administration_Shell_Part1_V3.html). [访问日期: 2021年2月10日]。

[4] S. Malakuti et al., "A Four-Layer Architecture Pattern for Constructing and Managing Digital Twins," *Software Architecture*, Springer International Publishing, pp. 231–246, 2019.

[5] The Digital Twin Consortium, <https://www.digitaltwinconsortium.org/>

[6] Open Manufacturing Platform, <https://open-manufacturing.org/>

[7] GAIA-X, <https://www.data-infrastructure.eu/GAIAX/Navigation/EN/Home/home.html>

[8] S. Malakuti et al., "The digital twin: An Enabler for New Business Models," *Automation 2019 conference*, 2019.



01

数字资产

# 产品拥有数字孪生，您 也可以找到它！

工厂中可能有数以千计的各种设备装置，每一种都有相关技术文档。借助工业 4.0 技术，ABB 演示器可展示如何管理行政间接费用，以确保文档在产品的整个生命周期中保持全面且更新。

—  
01 工业 4.0 可提供工具，以帮助管理典型工业工厂中成千上万台设备的文档。

—  
02 温度变送器及其 AutoID 网端链接二维码示例。

各种信息，例如文档、手册、技术数据、图纸、标注和证书等，都伴随设备的整个生命周期，从设计、安装、运行和维护，到最终停运和回收。对于用户来说，找到设备的相关和最新的文档，通常都是一件头痛的事，不逊于创建、归档并手动更新的难度。即便是一座中等规模的工厂，也会用到数以千计文档 → 01。对此类海量数据的管理，面临着诸多障碍，例如，如何精准辨识设备

## 数字孪生有助于在客户工具、ABB 数据存储库和其他系统之间进行信息交换。

装置，提供机器可读的文件，确保信息含义清晰明了，以及如何对元数据进行标准化，以及适当的更新机制等。

幸运的是，针对可互操作工业数字孪生的工业 4.0 规范有所进步，这有助于克服这些障碍。数字孪生可针对设备信息创建数字化、可互操作的端到端解决方案，从产品设计和认证开始，经过生产、物流、运输和分销，到客户的设施、操作和维护组织。

本文将介绍，数字孪生可如何提供支持，实现客户工具、ABB 数据存储库和其他系统之间的信息交换。

### AutoID – 精准识别设备和设备型号

2018 年，ABB 受邀支持一项欧洲过程工业倡议，为设备（从大容量传感器到大型定制机器）创建全球规模的智能识别系统。设备的可靠和安全识别对于提供资产相关信息至关重要。

ABB 与超过 50 家合作伙伴、供应商和客户合作，将一套识别系统（“AutoID”）标准

化，带来了 DIN SPEC 91406 标准。ABB 正在支持该工作组将 DIN 规范纳入 IEC 标准，从而加速其在全球范围内的实施。

这种策略既简单又有效，使用一种机器可读标签形式的唯一识别密钥信息，便足以：

- 区分和指向任何贴有这种代码标签的设备。
- 创建、处理、存储和交换关于实体物品的任何类型信息。

确定了一个基本原则，以消除对中央协调机构保证代码唯一性的需要：此代码中应包含一项用于识别供应商的元素，以及一项处于供应商域中受其管控的元素。采用网址（网端链接）来解决这一编码挑战。

我们选择了二维码作为一种载体，让 AutoID 可以利用光学扫描装置和智能手机来读取。AutoID 也可以使用射频识别 (RFID) 或近场通讯 (NFC) 技术，来覆盖无法使用光学扫描的一些场景。

ABB 利用 AutoID 二维码的网端链接来将用户引导至该产品的网页 → 02。



<https://id.abb/9AAC129110?SN=3K65000054982>

02

—  
**Sten Grüner**  
**Marie Platenius-Mohr**  
ABB 集团研究中心  
德国拉登堡

sten.gruener@  
de.abb.com  
marie.platenius-mohr@  
de.abb.com

—  
**Tilo Merlin**  
ABB 过程自动化事业部 -  
测量与分析  
德国法兰克福

tilo.merlin@de.abb.com

—  
**Kai Garrels,**  
ABB 电气事业部  
德国海德堡

kai.garrels@de.abb.com

—  
**Michael Klippahn**  
ABB 移动服务智能解决方案 - 全球研发部  
德国拉登堡

michael.klippahn@  
de.abb.com



03

### ABB 的机器可读数字产品信息来源

ABB 广泛且多样的产品组合的产品型号相关信息可在如下 ABB 的多种机器可读来源中找到:

- ABB 资源库, 由 ABB 开发和维护, 包含有各种营销和技术文档、软件、视频和与 ABB 产品和服务相关的其它文件。
- 产品信息管理 (PIM) 系统 - ABB 的一个主数据存储库, 针对语言翻译、面向客户的 ABB 产品树、产品和零件数据。
- PIM 应用程序 - 该应用程序用于提供例如网端服务、产品数据的 XML 导出以及分类树导出到下游应用程序。
- 产品信息服务 (PIS)- 一个主数据应用程序, 可提供有关 ABB 产品的一致导航、搜索、选择和展示。PIS 作为一项服务部署到了多个内部使用和面向外部的下游应用程序。

ABB 产品信息交换演示器会运用这些资源, 本文将对此进行进一步描述。

### 标准化信息格式

数字信息的可用性无法独立确保实现组织间的充分信息交换。幸好, 还有另外一些标准化概念可用于修复这一问题。

向客户提供设备技术特点的方式需确保不留下任何歧义。这一挑战的解决, 利用到了一些预定义的语义词典, 例如 ECLASS [1] 或 IEC 常见数据词典 [2]。这些词典定义了设备分类 (如“温度传感器”) 和属

— 需要以清晰无歧义的方式向客户提供设备的技术特点。

性 (如重量或高度) 及其值 → 03。该定义自身基于 IEC 61360 标准, 包含有人类可读的描述, 一种数据格式和一种唯一概念识别符, 以及一种‘语义识别符’。



04

— 03 ECLASS 中定义的入口保护代码 (IP 代码) 属性示例, 以及部分允许值 (来源: [1])。

— 04 产品信息交换演示器概览

— 05 数字孪生技术可为客户工具间的产品信息交换提供极大支持。

在文件方面, 德国标准 VDI 2770 规定了一种信息模型, 用于打包电子文件, 并使用元信息予以拓展。这种信息所提供的不仅仅是任何设备的结构化多语言文档, 更是一种对信息有效进行搜索、分类和审核的方法。

### 工业数字孪生

工业 4.0 的核心思想之一是要在整个生命周期中, 以跨组织边界的方式, 实现可互操作的、独立于供应商的开放信息交换。

该想法在技术上是由所谓的资产管理壳 (AAS) 概念解决的, 这是工业领域中数字孪生可互操作性的实现。AAS 等工业数字孪生系统的开发均受“Plattform Industrie 4.0”管理, 这是一个由工业公司、IT 公司、行业协会、学术界、政治机构和工业数字孪生协会组成的德国联盟。正在进行中的工作之一是子模型的标准化, 以确保再利用和网络安全, 从而提供访问控制。此外, 一个 IEC 工作组 (TC65 WG24) 已经正在着手将 AAS 概念转化为一项国际标准。

在工业 4.0 的背景下, 资产可以是对一个机构而言具有价值的任何物理或虚拟实体。

在本文的语境中, 资产是指设备及其类型。数字孪生始终链接到资产, 为特定用例添加资产信息的数字化表示, 例如: 用于产品信息交换。一个相关资产特定用例的信息集合称为子模型。

— 正在进行的工作之一是子模型的标准化, 以便实现再利用。

工业数字孪生由一个独立于技术的信息模型组成, 映射到适用于所考虑生命周期阶段的技术实现。例

### 数字孪生基础设施 - 找到产品的数字孪生

产品 AAS 的管理, 将由产品的制造商来进行。为了能够找到 AAS, 寄存库允许按照指定资产 ID 来搜索 AAS, 就像使用电话本那样。如果没有 ID 可用, 那么也可按照 AAS 的内容或者某些属性来进行搜索。

05



### 在产品信息交换演示器中将构建块放在一起

ABB 产品信息交换演示器会用到前面章节中提到的所有工具 → 04-05。

第一步，演示器从 AutoID 获取产品 ID 用于输入。演示器使用此 ID 查询上述 ABB 信息系统中的产品信息、文档和图像。提取的信息被分配到各个数字孪生子模型，必

—

### 演示器可展示各种工业 4.0 工具是如何协同工作, 以及如何应对所述挑战的。

要时映射到内部的数字孪生格式上。采用 ECLASS 标识符形式的语义参考也纳入了考虑之中。最后，数字孪生被翻译并打包为 AAS，作为文件返回给用户。

→ 06 所示为 AASX 包装浏览器工具 [3] 的截屏示例，该工具基于 Plattform Industrie 4.0 所发布的各项规范。该浏览器可以显示 AAS 文件的内容：截图中，左侧显示的是产品的图像。中间部分显示的是子型号以及各自内容，采用树形结构展

示。右侧则显示的是所选元素的详细信息，在该截屏示例中，此处为子型号文档的各个文件。

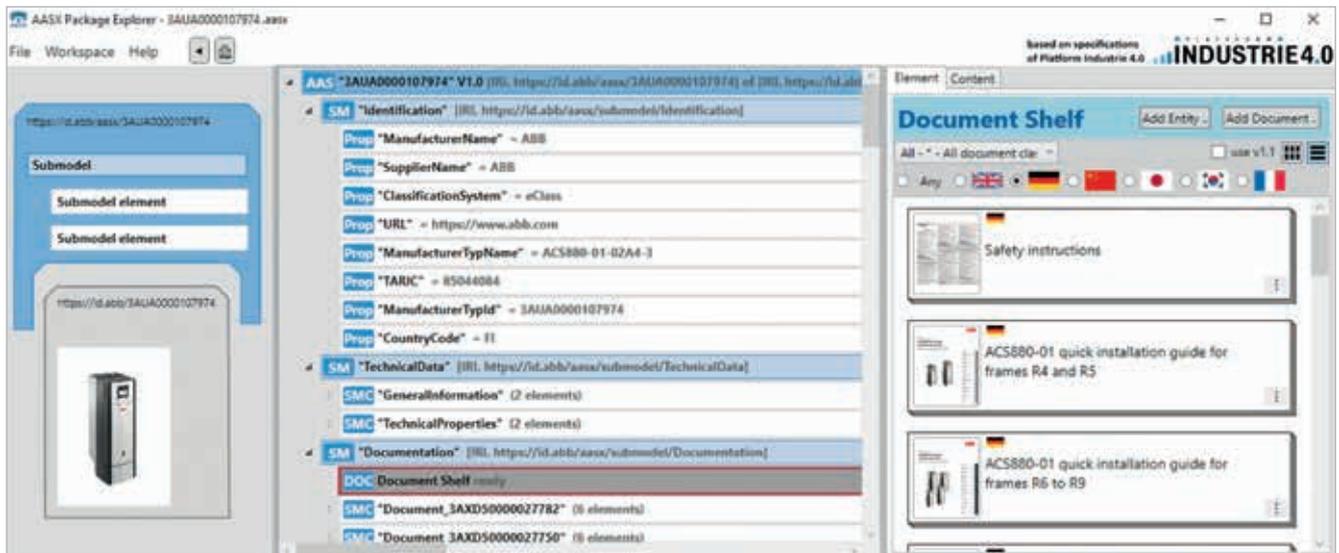
演示器可展示各种工业 4.0 工具是如何协同工作，以及如何解决本文开头所述挑战的。

- 设备的产品型号可利用 AutoID 来唯一标识。
- 产品信息可采用数字和机器可读的格式，从 ABB 信息系统获得。
- 将信息转换为标准格式（即 ECLASS，IEC 常用数据词典和 VDI 2770）。
- 信息以工业数字孪生的形式打包和作为 AAS 实现。
- 工业数字孪生具有可识别性，其内容可通过 AutoID 下载。

### ABB 对工业数字孪生标准化和应用的贡献

从早期关于网络物理系统和 AAS 的论文开始 [4]，ABB 对数字孪生概念的发展做出了重大贡献 [5]。自 2017 年以来，ABB 一直领导着 Plattform Industrie 4.0 工作组的“参考架构和标准化”工作，并于 2019 年敲定了第一项 AAS 规范。

自 2016 年以来，ABB 一直在参与 BaSys 4.0 和 BaSys 4.2 [6] 项目，在一个工业和研究联盟内定义并实施了首个 AAS。



—  
06 产品数字孪生视图，包括标识、技术数据和文档。

—  
07 新兴的混合系统，是客户工具、ABB 数据资源库以及其它系统之间的信息交换的又一大挑战。但是，完整的数据整合才是最终目标。



07

## — ABB 一直致力于从标准化和实施两个方面实现工业数字孪生的愿景。

在 2019 年的汉诺威展会上，ABB 展示了首款端到端演示器，该演示器可提供动力传动系（电机和变频器驱动）的信息，将技术产品数据库、工程和配置工具以及在线监测的信息聚合到基于云的 AAS 中。在

2019 年的 SPS Fair 展会上，在一个由多家工业供应商和研究机构组成的联盟内，ABB 提出了“数字标牌”的可互操作实施方案。

ABB 一直致力于从标准化和实施两个方面实现工业数字孪生的愿景。当前的工作包括将工业 4.0 概念与过程自动化领域联系起来的步骤，例如，定义流程模块接口的子模型，即所谓的模块类型包[7]。这一工作对于新兴混合系统来说尤为重要，例如生产系统中的混合离散设备和工艺设备、工艺流程和领域标准等 → 07。 •

### — 参考文献

[1] <https://www.eclasscontent.com/>

[2] <http://cdd.iec.ch/>

[3] <https://github.com/admin-shell-io/aasx-package-explorer>

[4] C. Wagner et al., “The role of the Industry 4.0

asset administration shell and the digital twin during the life cycle of a plant,” 22<sup>nd</sup> IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2017. 来源: <https://doi.org/10.1109/ETFA.2017.8247583>

[访问日期: 2021 年 2 月 2 日]

[5] Industrial Internet Consortium and Plattform Industrie 4.0, “Digital Twin and Asset Administration Shell Concepts and Application in the Industrial Internet and

Industrie 4.0,” 2020. 来源: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Digital-Twin-and-Asset-Administration-Shell-Concepts>. [访问日期: 2021 年 2 月 2 日].

[6] <http://www.basys40.de>

[7] K. Stark et al., “Process module engineering,” *ABB Review* 2/2019, pp. 72–77.

数字资产

# 混合策略支持预测性维护

我们是如何利用人工智能加强工业关键资产的预测性维护的？ABB 将领域知识和机器学习算法结合起来，提供一种独特而实用的方法来实现这一点。

—  
**Jinendra Gugaliya**  
ABB 前员工

**Will Leonard**  
ABB 能源行业, 英国剑桥

will.leonard@  
gb.abb.com

**Peter Damer**  
ABB 能源行业,  
英国圣尼茨

peter.damer@  
gb.abb.com

**Maurizio Barabino**  
ABB 能源行业,  
意大利热那亚

maurizio.barabino@  
it.abb.com

炼油厂、水泥厂和发电厂等过程工业依靠大量的关键设备，如电机、泵、风扇、压缩机、涡轮机等，这些设备全天候运转以确保生产顺利进行。机器磨损虽不可避免，但机器故障可以避免，因此保持机器处于最高健康状态至关重要。如何做到？一般通过计划维护，按照计划更换某些备件，对旋转部件涂抹润滑剂等实现这一点。或者也利用被动维护或计划外维护，

—  
**数字技术正蓬勃发展，资产健康维护新范式正在形成，在这方面 ABB 敢为人先。**

但这一般都是机器故障的情况下才进行维护，如此一来成本就高了许多 [1,2]。例如，ARC 最近的一份调查发现，大多数公司都会因计划外的停机而导致损失 3% 到 5% 的生产时间 [2]。即便是资产利用率仅提高 1 个百分点，也可轻松带来数百万美元的额外营收 [2]。此外，对于能源行业来

的资产 [2]。计划维护与被动维护相比有众多优势，原因是如果将机器用到出现故障方休，只会导致出现计划外停机问题，同时还会严重危害人员、设备和环境的安全 [3,4]。

随着工业 4.0 的到来，数字技术、机器学习 (ML) 以及云计算和边缘计算的发展，一种资产健康维护新范式正在兴起，而 ABB 正是这一创举的先锋。如今，资产的数字化程度已经很高，因此关键的传感器测量会产生大量的数据。如此前提下，便可利用高级分析来发现何时需要对资产进行维





—  
实践经验显示 ML 策略通常会导致多种类型的假阳性和假阴性。

护。预测性维护是一种以数据驱动的明智资产维护方法，它基于真实的实时资产健康状况，具有成本效率。行业企业无需再从运行至故障方体和部件仍完好便替换之间艰难抉择，维护可以是预测性的，也可以是优化性的。

#### **预测性维护：来龙去脉**

预测性维护可以通过提高效率以及降低对计划外维护和冗余的需求，来增加生产过程的价值，从而降低成本[1]。在过程工业中，运用这种方法可以将停机时间减少 30%-50%，并将设备寿命延长约 20%-40% [1]。

要成功实施预测性维护策略，早期检测和初期故障识别是先决条件。这就需要用到各种检测和早期预警设备，来调查可能发展的故障的潜在原因。

故障	机壳温度	室温	经销商地点	涡轮机机壳振动
转子不平衡	5	7	5	3
低压压缩机积垢	5	7	5	3
高压涡轮高温受损	5	7	5	3
过热	5	7	5	3
无输出电压	5	7	5	3
转子不平衡	5	7	5	3
风险	5	7	5	3

01

真正地预测维护不是一件简单的事。如要有效计划安排维护工作，必须能够预测检测到的异常状况会如何继续发展。只有这样，才能获得对未来后果的有价值洞察 [1]。因此，成功的预测性维护需要从以下三个长期过程入手：

- 工况监测，实现故障早期检测
- 对故障检测相关的特定故障迹象的识别
- 定量分析故障程度，以支持维护计划

尽管有多种常见的 ML 策略可用于开发资产状况监测模型，例如主要组件分析 (PCA)、K-最近邻 (KNN)、局部离群因子 (LOF)、一类支持向量机器 (OCSVM) 等等。[5]，各种 ML 策略仍然是黑匣子式的策略，且完全依赖于资产数据；它们不会对资产状况或其故障模式做任何假定。从实际的行业经验来看，这类策略并不总是成功，反而经常会导致出现多种类型，或多次相同类型的假阳性迹象和假阴性迹象。比例在资产状况完全正常的情况下却发出警报，或有问题时却未能发出警报；同样会增加计划外且不必要的成本，降低了这类策略的可行性 [6]。

为了避免这种不希望发生的后果，ABB 建议使用一种强大的混合策略；运用资产的 ML 模型以及失效模式与影响分析 (FMEA)，来提供有关实际资产健康状况的准确信息。

## ABB 的创新混合策略

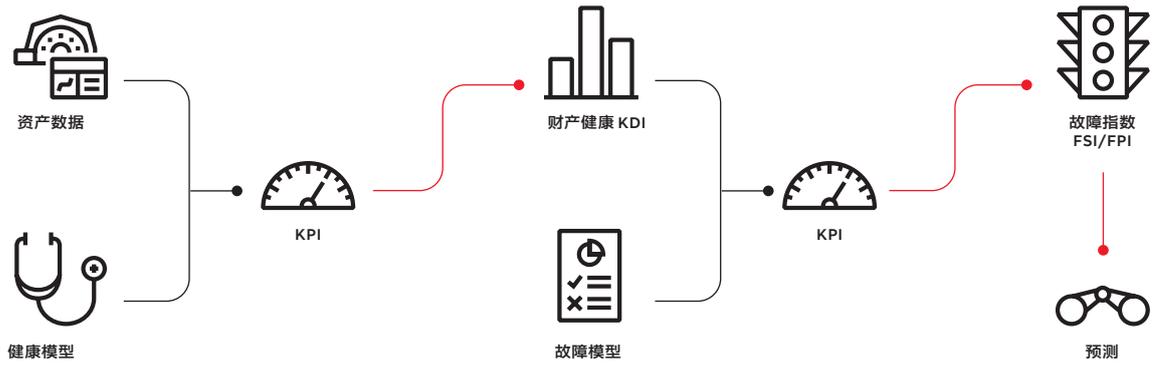
ABB 的混合策略依赖于资产的历史数据和工程模型，旨在实现预测性维护。其中，结合数据科学的在线工况监测会用到以下两种技术之一：

- 在线测量值偏离正常运行行为时的异常检测
- 在线测量值接近‘故障迹象’值时的已知故障特征识别

这两种技术均采用了数据模型：前者指示“健康良好”，而后者则发现故障条件下的“数据迹象”。可以看出，这两种技术在本质上是批次的必然结果，因此我们可以得出结论：它们可能同样有用。但实际上，前者在更多时候是最佳策略，原因是我们总会有足够的代表健康良好的历史数据可用。这些健康数据，非常有利于对该模型进行训练。相反，在故障方面，一般都是可用

## ABB 提出了一种强大的混合策略；运用资产的 ML 模型和 FEMA 来确定健康状况。

数据不足或根本没有数据来代表所有可能的故障状况，如此也就缺乏对其模型进行训练的能力。此外，后一种模型还有赖于从数据中观察总结的设备特性，而特性恰恰又依赖于安装和工作条件。因此，单台特定设备的相关数据，通常不足以训练出一个精准的故障模型。



02

01 资产健康配置流程第一步的示例，展示了加权形式的故障度量相互关系。每项所贡献的权重均按照占总数的比例来计算。

02 显示了提出的混合模型方法，说明如何使用数据和故障分析模型来生成预测性维护的指标。

03 显示了关键诊断指标 (KDI) 和故障。左下表格所示为某项资产得分最低的三项 KDI 的信息汇总。右下表格所示则是对故障信息的汇总。

在混合策略中，使用工程模型来量化在线测量与健康模型的偏差程度。采用了一种故障模式分析模型。这种技术通常称为故障模式和效果分析，缩写为 FMEA，是可靠性中心维护 (RCM) 计划的核心组成部分。由于适用于大多数常用设备和系统的模型都已存在，因此这一技术有着很大优势。FMEA，整合了多种能够（通过观察）定义潜在故障检测和故障识别的方式。在利用在线传感器测量实现此类检测的情况下，便可对故障问题进行预测。

**迈向成功的三步：混合策略流程**

ABB 的科学家们针对资产健康配置提出了一种三步走的流程：

- 1) 通过定义故障模式和相关测量来定义工程模型。
- 2) 用历史数据对模型进行训练。
- 3) 部署模型。

在第 1 步中，对于故障模式和相关测量之间的关联，以一组权重的方式来捕获。非

零权重表示在测量的异常值中可观察到故障，权重的大小反映了该观察值相对于其他测量的观察值的相对强度 → 01。

**ABB 的科学家们针对资产健康配置提出了一种三步走的流程：定义、训练和部署。**

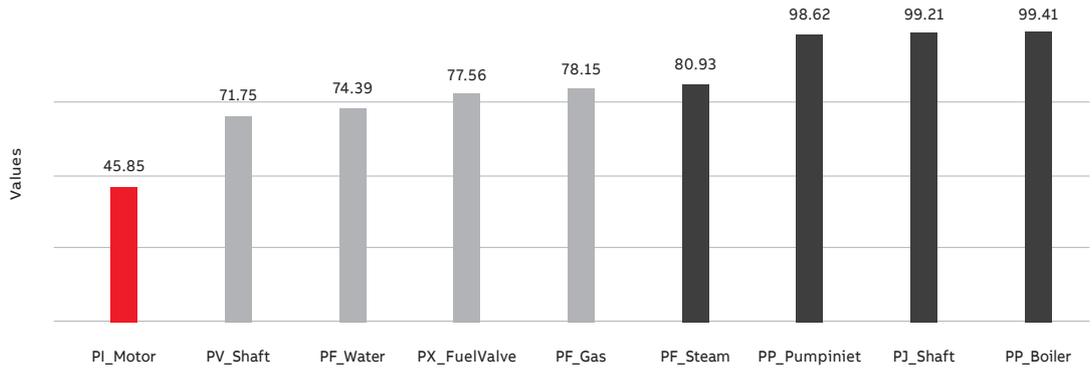
在第 2 步中，使用历史数据来训练健康数据模型。所选数据需能够反映出设备在健康条件下的运行状况，且需覆盖所有运行条件。这种训练利用多项统计方法和 ML 方法来得出一个适合用于实时计算的压缩模型。

在第 3 步中，便可对已完成训练的模型进行部署。这类模型会定时从资产中获取数据，例如每隔一分钟，并对外提供有关资产健康的信息，例如，目前状况有多大可能会导致故障模式。

属性	图形	关键诊断指标	工艺值	给定值	到临界条件的时间
PI_Motor		● 45.85 %	52.48 A	50.46	--
PV_Shaft		● 71.75 %	162.94 rpm	157.42	--
PF_Water		● 74.39 %	45.91 t/hr	47.01	--

故障	严重程度	可能性	到临界条件的时间
泵故障	● 39.11 %	● 98.82 %	--
气阀故障	● 22.15 %	● 95.61 %	--
锅炉蒸汽损耗	● 22.1 %	● 95.43 %	--

03 参数(P) 缩写根据ISA 55.1标准符号表示法来提供。



HI 值	45.85	71.75	74.39	77.56	78.15	80.93	98.62	99.21	99.41
PV 值	52.48	162.94	45.91	32.73	11.59	46.06	0.5	2129.22	32
给定值	50.46	157.42	47.01	44.13	11.85	47.05	0.5	2128.52	32
标准偏差值	0.66	2.75	0.59	6.62	0.16	0.64	0	6.5	0.03

04 参数(P) 缩写根据ISA S5.1标准符号表示法来提供。

### 电机故障

属性名称	关键诊断指标	工艺值	给定值	标准差
PI_Motor	● 46%	52.48 A	50.46	0.66
PV_Shaft	● 72%	162.94 rpm	157.42	2.75
PJ_Shaft	● 99%	2129.22 Nm	2128.52	6.5

05 参数(P) 缩写根据ISA S5.1标准符号表示法来提供。

### 混合模型的工作原理是什么？

混合策略基于数据和故障分析模型，生成预测性维护的指标：关键诊断指标 (KDI) →02 和故障指标。首先，通过比较测量值与“预期”参考值的偏差来计算每个模型中每个测量值的 KDI。并通过在整个数据中搜索最接近当前条件的拟合得出给定值。采用 KNN 等 ML 算法可有效计算最近邻。

所有 KDI 均以百分比表示，这使用户可轻松对值进行解释，无需考虑模型、测得数量或范围。值得注意的是，尽管 KDI 计算值是奇异值，但它使用的是多元技术，因此最接近的拟合会将针对模型定义的所有测量值考虑在内 →02 - 03。

其次，故障指标 →02：针对每一项故障计算得出故障可能性指标 (FPI) 和故障严重性指标 (FSI) →03。这种计算代表了所有加权测量偏差的聚合。聚合计算并未是要基于所有测量结果的偏差相对分布来提供一种严重性和可能性之间的区别 →03。

KDI 以百分比表示，这使用户可轻松对值进行解释，无需考虑模型、数量或范围。

除了可以查看到 KDI 和故障的汇总信息之外，用户还可以查看按照得分排序 →04 的全部指标，用户可访问查看每一项故障的内在 KDI 信息 →05。使用 KNN 算法，计算从数据模型中提取的值的标准偏差。这个值用于计算 KDI 评分，并为有经验的用户提供有关基础计算的见解。

上述与设备当前状况相关的指标，提供了预防性维护的基础，→06 但这样就还需要对未来状况进行预测。首先，将历史趋势提供给用户，以便进行手动分析 →07；此外还会提供每一项关键指标的历史趋势。

—  
04 显示了具有相应参考值的健康指标示例。

—  
05 电机示例结果, 显示了潜在的 KDI 值。

—  
06 由于许多过程工业使用可支持 PROFINET 和/或 Ethernet/IP 协议的 DCS 系统, 它们将能够轻松采用 Ethernet-APL。

其次, 针对那些可能达到某些未来水平的指标提供一份预测概况。这是使用回归技术自回归综合移动平均模型 (ARIMA) 进行计算和可视化的。

故障模型可以提供与原因分析和纠正所示相关的一些额外信息, 而且非常便于查看 →08。将故障指示值和故障信息与计算机化维修管理系统 (CMMS) 集成起来, 从而实现完全自动化的工作流程。此类系统通常会根据优先级和资源可用性来排定各项维护活动。

### 所提议混合策略的架构

ABB 已经制定了一套典型架构来用于混合模型策略 →09。在其中, 用历史记录中存储的资产历史数据来训练模型。用于所建议应用程序的历史数据和计算引擎便是

ABB 专有的 CPM 平台。采用 MS SQL 数据库来存储应用程序数据, 采用开源 R 平台

## 混合策略基于数据和故障分析模型, 生成关键诊断指标和故障指标。

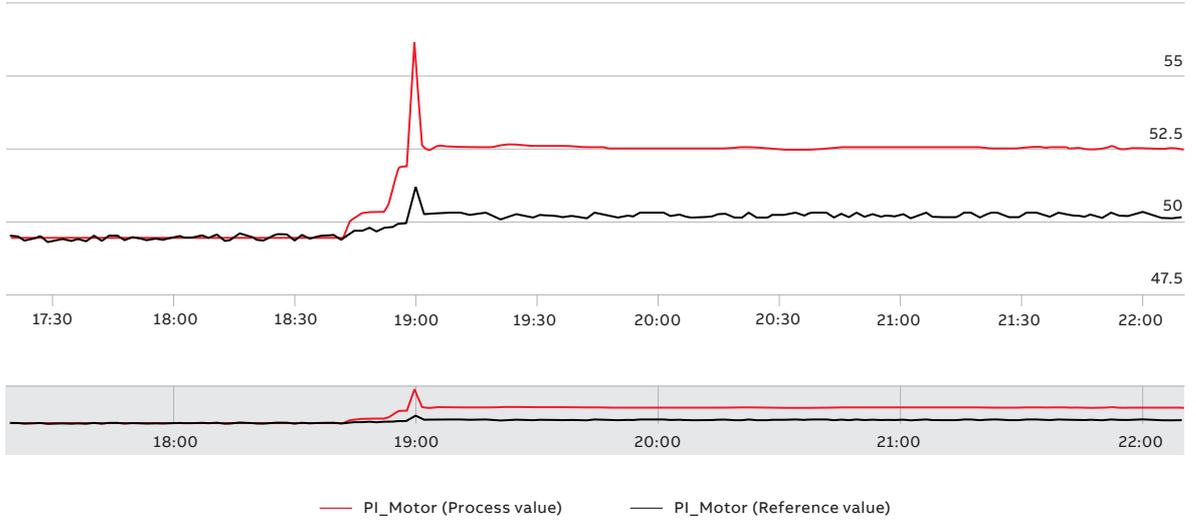
来训练和开发各种模型。采用网端服务器来呈现各种结果, 采用内网客户端来访问和查看结果。

### 水力发电厂测试

所带来的这款软件在 2020 年中期已由 Enel Green 成功部署到了 33 家水力发电厂中。目前, 正在监测各种资产 (如水轮



自 10/12/2020 17:04 至 10/12/2020 22:10



07

故障	严重性 %	可能性 %	到临界条件的时间	描述	建议
泵故障	39.11	98.82	--	泵故障	检查叶轮、蜗壳和仪表
气阀功能故障	22.15	95.61	--	阀门开度与预期不符	--
锅炉蒸汽损失	22.1	95.43	--	蒸汽损失	检查汽包
电机故障	10.66	83.97	--	效率损失	检查铜线、铁芯和机械损耗

08

机、水泵、电机、发电机等) 的实时状态, 预计项目将于 2022 年完工。整体上, 各种结果均以层级视图呈现出来, 即具有组合性, 也十分便于用户查看, 而这显然可以说是一个重大优势。最开始时, 各项资产是按照逻辑关系组合成为工厂的分系统的; 而这些分系统则进一步按照逻辑关系组合, 最终呈现出整个电厂。可以查看全厂有多少资产分别处于何种健康状态: 良好(绿色)、临界(黄色)或不佳(红色)。用户也可以在层级结构中深挖, 可以访问工厂的各个部分, 甚至某项特定资产, 籍此来查看所需的特定信息。

在初步试点项目取得成功的基础上, ABB 计划将这种预测性维护混合策略扩展到不同的行业垂直领域, 如传统发电厂、炼油

**ABB 的混合策略软件已在 2020 年中期开始成功进行了部署, 且十分易于使用。**

厂、水泥厂和油气行业。这是有可能实现的, 因为有别于需要准确了解特定行业设



09

- 07 健康指标未来趋势预测示例。
- 08 显示了不同故障及其发生概率。
- 09 展示了所提议混合策略的架构。

备和过程的第一原理建模，MLA 和 FMA 建模本质上是完全通用的，因此不是某个行业特有的转型策略。

ABB 始终把行业需求置于首位，我们正在开发一种方法，通过利用大量生成的数据流和先进的分析技术，使预测性维护真正具有预测性；从而确保过程工业可从生产改进中获得价值，使设备投资的回报最大化。 •

— 预计 2022 年完成的项目，目前正在实时监控各种资产的状态。

— 参考文献

<p>[1] V. Dilda et al., "Manufacturing: Analytics unleashes productivity and profitability", in <i>McKinsey &amp; Company</i>, Aug. 14, 2017, [Online]. [Available]: <a href="https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturing-analytics-unleashes-productivity-and-profitability">https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturing-analytics-unleashes-productivity-and-profitability</a> 访问于 2021 年 6 月 7 日。</p>	<p>[2] ARC Advisory Group, "Asset Performance Management Defined", Website available [Online]. <a href="https://www.arcweb.com/technologies/asset-performance-management">https://www.arcweb.com/technologies/asset-performance-management</a> 访问于 2021 年 6 月 7 日。</p> <p>[3] Z. Petrovic, "Catastrophes caused by corrosion" in <i>Military Technical Courier</i>, Vol. 64, No. 4, 2016, pp. 1048 – 1068. 来源: <a href="https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0042-8469/2016/0042-84691604048p.pdf">https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0042-8469/2016/0042-84691604048p.pdf</a></p>	<p>[4] Accruent, 2019, March 29, "5 Consequences of Reactive Maintenance Strategies", [Online]. 来源: <a href="https://www.accruent.com/resources/blog-posts/5-consequences-reactive-maintenance-strategies">https://www.accruent.com/resources/blog-posts/5-consequences-reactive-maintenance-strategies</a></p>	<p>[5] M. Munir, et al., "DeepAnT: A Deep Learning Approach for Unsupervised Anomaly Detection in Time Series". <i>IEEE Access</i>, Jan. 2019, pp. 1991 – 2004.</p> <p>[6] H. Ringberg, et al., "Sensitivity of PCA for Traffic Anomaly Detection" in <i>Performance Evaluation Review in SIGMETRICS</i>, International Conference on Measurement and Modeling of Computer Systems, Vol. 35, Issue 1, 2007, pp. 109 – 120.</p>
--	--	---	--



# 生产力





简单来讲，生产力是对每单位输入所带来产出的衡量。提高生产力通常意味着会面对成本、时间、甚至基本物理意义上的复杂障碍。ABB 正在与客户合作利用数字技术来绕过或跨过这些障碍。

- 42 IE5 同步磁阻电机
- 46 新一类工友
- 52 炼钢车间数字化转型



生产力

# IE5 同步磁阻电机



01



**Tero Helpio**  
运动业务区  
ABB IEC 低压电机部  
芬兰赫尔辛基

tero.helpio@fi.abb.com

ABB IE5 同步磁阻电机 (SynRMs) 可提供超高能效，达到国际电工委员会 (IEC) 定义的新能效标准，是满足全球对能效提升不断增长需求的首选。

总共有 1/3 的电力是由电机转化为动力的，预计到 2040 年，这类电机的数量将翻一番，相当于在全球电力需求中增加一个中国规模的电力市场。电能使用量的这种大幅增长迫在眉睫，正推动着对更高效电机的需求。

传统感应电机 (IM) 虽然是工业上最常见的电动机，但这种电机因其异步转速而存在固有缺陷，例如转子发热损耗会降低效率，并缩短部件和轴承寿命。而 ABB 新

推出的 IE5 同步磁阻 (SynRM) 电机可提供超高能效，达到 IEC 定义的新能效标准。SynRM 不仅可提供高能效，而且具有高可靠性和低维护性 → 01 - 02。

## 什么是 SynRM?

SynRM 的工作原理非常优雅，这一点早已为人所知，但直到最近，在复杂的变速驱动 (VSD) 控制兴起后，充分利用这些超高能效电机才成为可能。



**Jouni Ikäheimo**  
运动业务区  
ABB IEC 低压电机部  
芬兰赫尔辛基

jouni.ikaheimo@fi.abb.com

—  
01 ABB 新推出的 IE5 SynRM 非常适合水泵等应用。

—  
02 IE5 SynRM 代表着可持续电机技术在效率、可靠性和功率密度方面的重大进步。

—  
03 IE5 SynRM 可提高竖井操作等应用的性能。

在 SynRM 中，转子在设计上朝一个方向产生尽可能小的磁阻（对磁场流的阻力），而朝垂直方向产生尽可能大的磁阻。VSD 控制定子磁场，使其绕电机“旋转”。转子的磁阻特性在方向上不相等，导致转子随磁场以相同的频率旋转。

—  
**转子既没有磁铁也没有绕组，几乎不产生功率损耗。**

由于 SynRM 不带永磁体等稀土基部件，因而 SynRM 技术可将永磁电机的性能与感应电机的简易性和服务友好性结合起来。转子既没有磁铁也没有绕组，几乎不产生功率损耗。此外，由于转子中没有磁力，所以维护与感应电动机一样简单。

ABB SynRM 于 2011 年推出，其能效等级为 IE4，最初仅用于水泵和风机，现在可用于所有应用。ABB 于 2019 年推出 IE5 SynRM 超高效电机。SynRM 有两个版本可供选择：

03



02

- 高输出 SynRM，输出功率：1.1-350 kW，机架尺寸：IEC 90-315。
- IE5 SynRM，输出功率：5.5-315 kW，机架尺寸：IEC 132-315。

在驱动器方面，VSD 应用的数量正在增加，这有助于提高 SynRM 驱动器技术的商业化程度。

SynRM 客户可以升级到 ABB IE5 超高效 SynRM，以提高能效、改善可持续性和增强可靠性 - 与 IE2 电机相比，可降低能量损失达 50%；与常用的 IE2 IM 相比，可大大降低能耗和 CO<sub>2</sub> 排放 → 03。

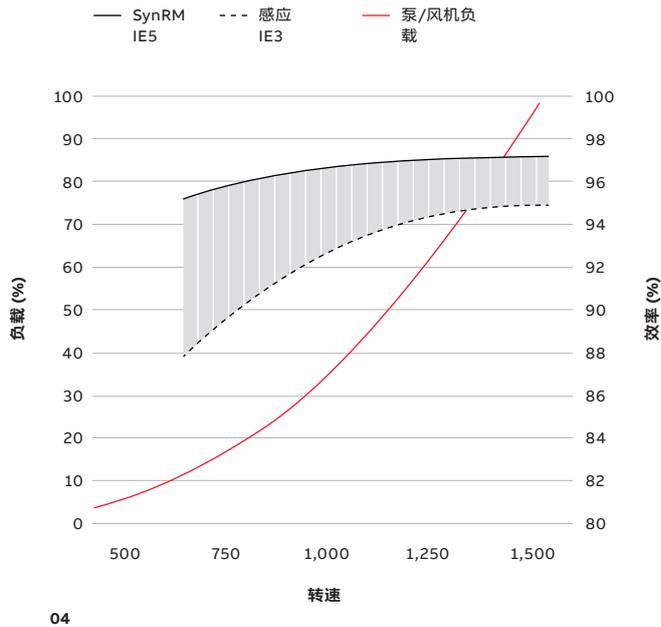
### 更低的温度和机械兼容性

SynRM 技术使绕组温度可低至 30 °C，轴承温度可低至 15 °C。更低的工作温度有诸多优势，包括更长的绝缘材料寿命和更长的轴承润滑间隔等。降低轴承温度是一个重要方面，因为轴承故障导致的计划外电机停机高达 70% 左右。

IE5 SynRM 与 IE2 感应电机尺寸相同，升级时无需进行机械改造，从而简化了传统感应电机的更换。兼容性也简化了备件的供应和维护问题。

### 符合 IEC TS 60034-30-2 的 IE5

IE 效率分类的 IEC 60034-30-1 技术标准现已被 IEC 60034-30-2:2016 取代，该标



准定义了变速交流电机的新效率等级，首次涵盖 ABB IE5 SynRM。用于描述 ABB SynRM 的“超高效 - UPE”分类正是源于这一标准。

—  
无论采用何种技术或 IEC 标准, IE5 电机的损耗都比 IE4 电机低 20%。

新标准允许在 IE 级水平上直接比较变速应用中的传统感应电动机与仅为 VSD (如 SynRM) 设计的先进技术电动机。根据 IEC 60034-30-1 的直接在线 (DOL) 电源还是根据 IEC TS 60034-30-2 的 VSD 电源标准进行 IE 分类并不重要, 因为给定的 IE 等级仍然可表征 VSD 操作中任一解决方案的效率性能, 即相同 IE 等级的电机具有相同效率性能。

为了进行有效的比较, 可通过增加驱动引起的 DOL 电机组额外谐波损耗, 来降低 IEC 60034-30-2 的 IE 等级限值: DOL 电机功能高达 90 kW 时的进一步损耗为 15%, 功率超过 90 kW 时的进一步损耗为 25%。例如, 额定效率为 92.1% 的 15kW IE3 DOL 电机与

VSD 一起工作时, 实际效率为 91.0% (即损耗 15%)。这个值必须与等效 SynRM 94.8% 的效率进行比较。极限值应在 90% 转速和 100% 扭矩下达到。在 ABB IE5 SynRM 的目录中, 包含带 VSD 的典型 IE3 电机效率的预计算, 以便于比较。

实际上, 无论采用何种技术或 IEC 标准, IE5 电机的损耗都比 IE4 电机低 20%。

### 部分负载效率

根据更新法规 EU 2019/1781 (该法规规定了电机和 VSD 的生态设计要求), 制造商需要标明电机在指定负载点的损耗。该等数据可用于在 VSD 负载的部分负载条件下, 进行电机之间的比较。传统上, 由于缺乏 IM 和 VSD 负载的损耗信息, 因此无法进行比较。IE5 SynRM 在部分负载下表现极佳。

### VSD 负载下 IE5 SynRM 与 IE3 感应电机的比较

ABB 实验室测量表明, SynRM IE5 电机比 IE3 电机更具优势, 包括在部分负载条件下, 其优势甚至比在标称点更显著。→04 根据 ABB 实验室测量结果, 显示了 IE5 SynRM 与 IE3 感应电动机相比, 在泵/风机负载下的典型效率性能。

### 更低的能耗带来了更低的总体拥有成本

使用 SynRM 和 VSD 组合来降低能耗, 意味着过程运行的成本和总体拥有成本也将降低。而且, 尽管由于前期投资成本的原因, 各公司可能不愿意更换电机, 或不愿意在生产过程中增加驱动装置, 但电机的成本只是运营中所用能源成本的一小部分

### 终身节能回报

对于以 1,500 rpm 运行的 110 kW 电机, 与每年节省的能源成本相比, IE5 SynRM 电机和 IE3 电机之间的初始成本价格差异可以忽略不计。与 IE3 机组相比, IE5 机组一旦投入运行就可以节省能源和成本, 在大约 13 个月后便能填补成本差异。此外 IE5 SynRM 成套设备将继续在其工作寿命期内, 也就是 10 到 15 年内, 每年都实现一

— 04 不同泵或风机负载下 IE3 IM 和 IE5 SynRM 效率的比较 (实验室测量)。

— 05 ABB IE5 SynRM 可从零速提供全扭矩, 并提供出色的部分负载效率, 这对船舶系泊等应用至关重要。

定节约。在大约 10 年内, 通过降低能耗而实现的节约, 将确保收回 IE5 成套设备的初始成本。

## 高效率且稳定的二次扭矩能够带来更快速、更精准的控制。

### 电机的未来

因为 IE5 SynRM 比其他电机耗电少, 所以 CO<sub>2</sub> 排放减少。高效率且稳定的二次扭矩能够带来更快速、更精准的控制。ABB IE5 SynRM 可从零速提供全扭矩, 并提供出色的部分负载效率→05。由于电机具备同步特性, 因此速度控制非常精确; 另外, 由于转子惯性小, 电机几乎具备与伺服一样的性能。这种电机噪声极低, 非常适合用于任何工业应用中的驱动泵、风机、压缩机等。许

多客户安装均配备 ABB IE5 SynRM 运行, 以降低成本并提高生产率。例如, 一家食品加工公司改用 ABB SynRM 后, 其风机系统的能耗减少近一半。

在电机方面, 令 ABB 引以为豪的是, 我们拥有可满足任何工业需要的正确解决方案, 并能响应市场对更多产、更高效、更长维护间隔和更少占地面积的需求。IE5 SynRM 技术远远超过所有主要工业化地区制定的最低能效标准 (MEPS), ABB 认为它可为未来低压电机的可持续效率奠定基础。

效率正成为电机和电机系统制造商面临的一个关键问题: 在欧盟、美国和亚洲, 其趋势正朝着进一步立法的方向发展, 不仅只针对电机, 还针对电机所嵌入的系统。这就是为什么 ABB 要做长远考虑, 采用 IE5 SynRM 技术。•



生产力

# 新一类工友

机器人与人的协作正在日益普及。随着这一趋势逐渐明朗，这些一只手臂和两只手臂的助手们正在变得更加小巧、智能、快速且易于训练，最重要的是，也更加安全了。简而言之，它们正在进化成新的一类工友，我们称之为“协作机器人”。

机器人已势不可挡。以往的机器人都必须围起来，与人隔开，但现在它们在逐渐进军更加开放的作业空间，→01-02接管了那些小到中等规模的制造环境，与人在物料运送、机器养护以及部件装配等作业任务中开展协作，在实验室→03、物流中心、仓库和车间等场所大受欢迎。

那些在设计上无需围栏等安全设施以便与人隔开，而是可与工人同空间内协作的机器人，成为了新一类的帮手，我们称之为“协作机器人”，它们解决了工厂难于招工留人的窘境，能够承担各种单调、脏污、重复、危险或对人不太友好的各种作业任务。事实确实如此，根据一份关于未来劳动力



**Marc Mustard**  
内容和机器人，英国曼彻斯特

marc.mustard@gb.abb.com



— 01 得益于对安全的重视，最新一代的机器人可以与工人近距离并肩协作。

— 02 示范性编程过程让用户能够控制机器人的机械臂移动到任何位置，实现动作自定义。

的 2020 McKinsey 报告 [1]，欧洲将在新冠疫情结束后的经济恢复期内面临劳动力短缺问题：到 2030 年，欧洲会因老龄化加剧而导致工作年龄人口缩水 1350 万人（或 4%），”该报告提到。

### 机器人带来的好处

对于公司来说，实现作业流程的自动化，而且无需将机器人隔离起来，不仅可以降低机器人设备安装的整体成本，更能够节约空间，便于创造更多的开放工作环境。这将允许人们更自由地执行工作任务，并且可以将因需使用机器人而必须反复停止和重启生产而造成的中断问题减少到最小程度。

采用机器人还有助于企业降低运营成本、提高产品质量和一致性、增强生产能力和制造灵活性，以及改善对设备设施的利用率。此外还可以协助管理人员来缓解劳动力短缺问题。由于机器人可以协助工人完成重物搬运和重复性较强的作业任务，因此自动化对工作场所的健康和安全方面也是大有裨益。

在一项流程或一条生产线上增加自动化也被证明可以提高工作满意度，同时员工能够提升自身技能，并专注于更具增值性和收益性的任务。

ABB 看到了这一类趋势，因此最近一直在重点拓展其协作机器人产品，推出了 GoFa™ 和 SWIFTI™ 这两个系列的产品，对已有的 YuMi® 和单臂 YuMi® 等行业领先的协作机器人产品系列形成了有力补充。

### GoFa™ – 无处不可去的协作机器人

GoFa 的承载能力最高可达 5 kg，运行速度也达到了比同类协作机器人要快得多的每秒 2.2 米→04，与竞品协作机器人相比，它能够在相同时间内完成更多的任务。这些能力让这款机器人成为了装配任务或捡

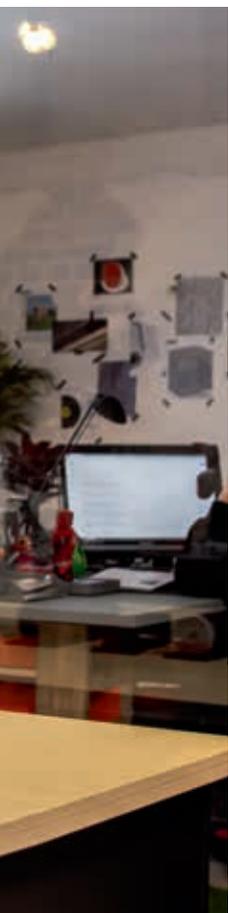
— 到 2030 年，欧洲会因老龄化加剧而导致工作年龄人口缩水 1350 万人(或 4%)。

取并包装任务等需要快速准确将工件从一处转移到另一处的作业任务的理想之选。GoFa 的位置重复精度也非常优异，这进一步增强了其性能，能够每次都精准如一地捡起、转移并放置工件。

此外，GoFa 的伸展覆盖范围达到了 950 mm，超出其它 5 kg 级协作机器人达 12%。而且与 ABB 的 YuMi 单臂机器人相比，伸展覆盖范围更是超过 70%，显然能够大幅减少单一空间内所需的协作机器人数量。

GoFa 配备有一套被动式安全系统，无需安全屏障，可与工人近距离开展协作。在六个关节中，每一个都集成了扭矩和位置传感器，这使 GoFa 在与人类接触时，可以在几毫秒内完全停止。

而且 GoFa 能够去到任何需要的位置。它的重量仅有 27 kg — 非常便于管理，占地面积也仅有 165 mm<sup>2</sup>，而且还能够以任何方向安装，GoFa 就像 ABB 的 YuMi 和单臂 YuMi 机器人一样，使用上非常灵活、随时可用、随处可用，既可以支援短期的流程变动，也



## 实验室技术人员的好朋友协作机器人

在瑞典卡洛琳斯卡大学医院，一台 ABB 协作机器人加入实验室团队，接管了实验室的多项手动任务，改善了技术人员们的工作环境，提高了工作效率 [1]。

机器人解决方案在医疗领域并不新鲜。随着医疗行业在疫苗研发和病患护理测试方面所面对的压力与日俱增，该行业对于寻找新方法利用机器人以弥补生产能力和员工可用性方面缺口的需求也日益增加。

瑞典的卡洛琳斯卡大学医院有自己的创新中心，也一直在寻求各种方式来通过自动化提高工作绩效。

该医院与包括 ABB 在内的多家组织开展了合作，共同探索在外科手术、儿科护理、器械运输、衣物洗涤以及食品领域充分利用机器人技术的方法。其中一个已经部署了自动化的地方是卡洛琳斯卡大学的实验室。该实验室每年要处理数以百万级的医学样本，尽管之前的固定式分拣自动化技术对大批量物品的搬运输送非常有帮

助，我们仍可以很清楚地看到实验室中众多重复性很强的手动步骤，如果能够获得机器人技术的协助，将非常有用。其中的一项作业内容便是扫描试管和取下试管的

随着填补人员不足这一压力的日益增加，实验室已采用 ABB 机器人来执行扫描试管和取下管塞等作业任务。

运输保护套盖。今天，得益于 ABB 的协作机器人已经接管了这一任务，实验室技术人员无需再亲自完成这项单调且累人的任务，既解放了手腕，又改善了工作流程，提高了效率。•

在医院的实验室中，许多繁重且重复的手工作业均可受益于机器人助手的到来。



### 参考文献

[1] ABB, ABB's collaborative robot at Karolinska University Laboratory, November 12, 2020. 来源: <https://new.abb.com/news/detail/70465/abbs-collaborativerobot-at-karolinskau-niversity-laboratory>. 访问日期: 2021年5月19日。



—  
03 ABB 正在探索利用机器人来支持医院和医护人员的方式。。

—  
04 GoFa 重量仅有 27 kg，可以去到任何需要的位置。

**SWIFTI 的速度能力最高可以超过五米每秒，是大多数同类产品的五倍之多。**

可以随时随地根据需要补充生产线上的设备不足。它的这些能力，给了用户很大的灵活性，可以迅速适配变化的环境或客户需求。

GoFa 设计应搭配 ABB 的 OmniCore 系列机器人控制器。OmniCore 在使用灵活性、连通性和性能方面都非常出色，与之前的机器人控制器相比，占地面积减少了 50%，再加上同类产品最佳的动作控制和路径精度。OmniCore 可轻松与最先进的数字生产技术集成，包括各种现场总线、先进的视觉系统和力控件。

**SWIFTI: 高速度伙伴**

与 GoFa 相比速度要快出许多的 SWIFTI →05 是一款目标瞄准了装配和抛光等作业任务的工业协作机器人。它的速度最高可以超过五米每秒，是大多数同类产品的五倍之多，SWIFTI 设计用于与工人进行间歇协作，同时处理最高 4 kg 有效负荷。

SWIFTI 配备有一套主动式安全系统，该系统基于激光扫描器。如果有工人靠近，例如进行装载、卸载或工件重新定位等，SWIFTI 便会减速并停止，然后会在工人离开机器人的感应安全区之后重新恢复运行，以最快速度恢复生产任务。

SWIFTI 设计用于弥补协作机器人和工业机器人之间的空白，有了它，企业在充分利用



速度媲美标准工业机器人  
**5 m/s**



控制盒上配有简单易用的安全配置器

互动指示灯



负载能力  
**4 kg**  
最大伸展覆盖范围  
**580 mm**

用于手持式编程的可拆卸装置



**SWIFTI**

协作且安全工作 - 即便高速也轻松应对

机器人自动化潜力方面所面临的障碍都将迎刃而解。通过将协作机器人的安全、使用方便、安装方面等优势与 ABB 的 IRB 1100 工

**SWIFTI 带来了可媲美工业机器人的协作安全性、速度和精确性。**

业机器人的高速、精准、高性能和紧凑设计等优势相结合，SWIFTI 带来了这两个领域的最佳产品。有了可媲美工业机器人的协作安全性、速度和精确性，该款机器人将通过实现众多作业任务中机器人和工人之间的更好协作来助力企业实现生产力转型。

成套设备具备四个集成的供气系统，可用于通过抽吸同时拾取多个物件。通常用在 ABB 的 IRB 1100 工业机器人上的这一套真空套件，也可安装在 SWIFTI 之上，无需任何改造变动，便可实现相同的功能。

此外，由于 SWIFTI 使用的是与 IRB 1100 相同的平台，因此它可以为诸如装卸、装配等应用提供理想的解决方案，工人须间歇性地与机器人在同一工作空间中执行操作以及装配、物料搬运、拧螺丝、插入和抛光任务。

**轻松编程**

尽管 GoFa 和 SWIFTI 都是复杂程度非常高的设备，但操作员无需学习任何复杂编程语言，便可完成对机器人的训练。该协作

—  
05 SWIFTI 设计用于弥补协作机器人和工业机器人之间的空白。

—  
06 在 ABB 控制盒上通过拖放程序模块即可完成编程。

机器人机械臂的任何位置均可进行示范式编程，这使得用户可将机器人置于任何姿态之下，利用 ABB 的向导式编程软件，拖

## — 生成自定义编程模块来控制机械爪，或针对特定应用创建特定操作动作。

放编程，自定义各种动作程序。利用编程向导，仅需在 ABB FlexPendant 图形屏幕上拖放图形模块即可完成编程→06。这使得用户可以立即看到各种结果，并根据需要调整协作机器人的操作动作。只需点击这些程序模块，便可构建完整程序，用于多种多样的应用。

对于有个性化编程需求的公司来说，也可创建新的程序模块，来执行特定任务。这可以使用 ABB 的 Skill Creator 软件来实现，该软件可将标准的 RAPID 编程例程转换为引导模块，将它们准备就绪，供非专业编程人员使用。可以创建这种被称为“技能”的自定义模块，用于控制机械手，或创建操作动作来用于特定应用，例如实验室自动化应用等。

用户也可以使用 ABB 的模拟和离线编程软件 RobotStudio® 来进行编程。这是业界领先的基于 PC 的解决方案，用于安装前的编程、配置和虚拟调试。此外，我们还正在准备将 SWIFTI 投入使用，用户可以使用 SafeMove Visualizer 可视化工具来划定安全工作区域，该工具可以将各种安全配置直接传送至 ABB FlexPendant 控制盒上。•

### — 参考文献

[1] McKinsey, *The Future of Work in Europe*, 2020, page iv.来源: [https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured Insights/Future of Organizations/The future of work in Europe/MGI-The future of work in Europe-discussion-paper.pdf](https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/The%20future%20of%20work%20in%20Europe/MGI-The%20future%20of%20work%20in%20Europe-discussion-paper.pdf) [访问日期: 2021 年 5 月 19 日]。访问于 2021 年 5 月 22 日。



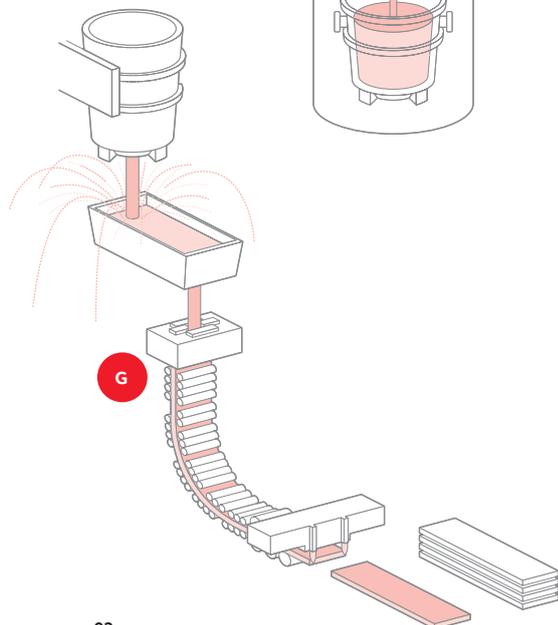
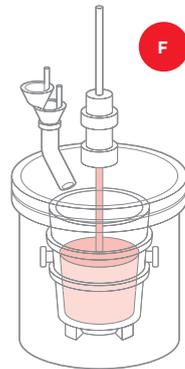
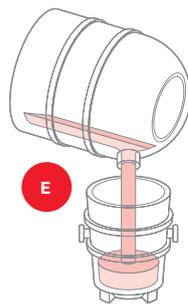
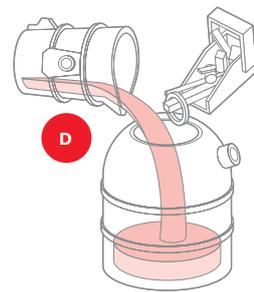
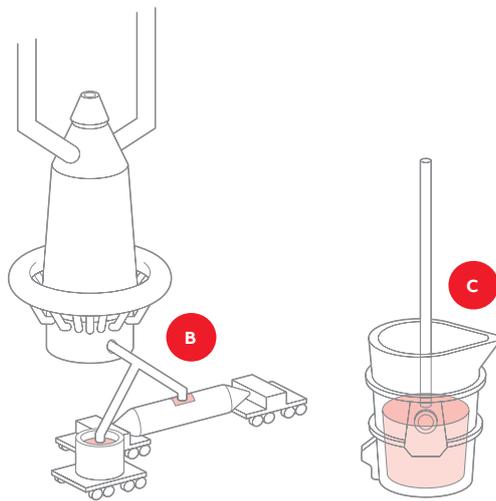
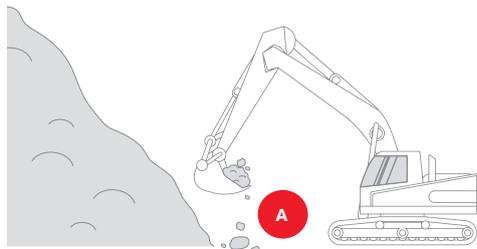


01

—  
生产力

# 炼钢车间数字化转型

很少有工业场景像炼钢车间那样，存在多个关键环节：设备的使用、调度、安全和能耗都必须做到完美，才能避免重大负面影响。ABB 智能炼钢车间解决方案方案可促进节能、安全和高效的熔炼车间操作。



— 01 通过跟踪设备、调度操作和热成型行为, ABB 的智能炼钢车间数字解决方案可提高能源效率和生产力。

— 02 综合钢铁厂的装置和工艺流程。

- A 原材料输送
- B 高炉
- C 钢包运输
- D 吹氧转炉
- E 钢包运输
- F 二次加工
- G 连续浇铸

炼钢的历史已有数个世纪, 是持续至今的最悠久行业之一。技术极大地改变了并且仍在改变炼钢工艺, 但其基本原理保持不变。在现代炼钢体系中, 熔炼车间是炼钢过程的核心。在此情况下, 进料在熔炉中

这种体量的熔融金属的生产和输送如果执行不当, 将非常危险。

— 进行处理, 生成熔融金属 (通常重量约为 200 吨, 温度约为 1600°C) 后倒入空的耐火容器 (“钢包”) 中, 以便转移到炼钢过程的下一个步骤 → 01。这种体量的熔融金属的生产和输送不仅能耗密度高, 而且一旦出错, 也将造成极大的危险。

钢包盛满熔融金属后, 通过轨道式转运车或桥式起重机, 被转移到所谓的钢包炉 (LF) 中。在 LF 中, 熔化金属的成分和温度达到了预期的均匀化程度。LF 处理完成后, 桥式起重机将钢包输送至连铸机, 熔体在连铸机中形成固态板坯、钢坯等。这种转变通过将钢包的液态熔体注入固定在连铸机结晶器顶部的缓冲容器 (“中间包”) 来实现。然后中间包将液态熔体倒入模具之中, 进行连铸 → 02。在将所有液态熔体倒入给定连铸机的中间包后, 在倾倒场进行除渣, 接着桥式起重机将空钢包移至维护站。维护完成后, 钢包准备好接收下一批熔融金属。

— **Anurag Nandwana**  
**Gautham Madenoor**  
**Ramapriya Ulaganathan**  
**Nallasivam**  
 ABB 集团研究中心  
 印度班加罗尔

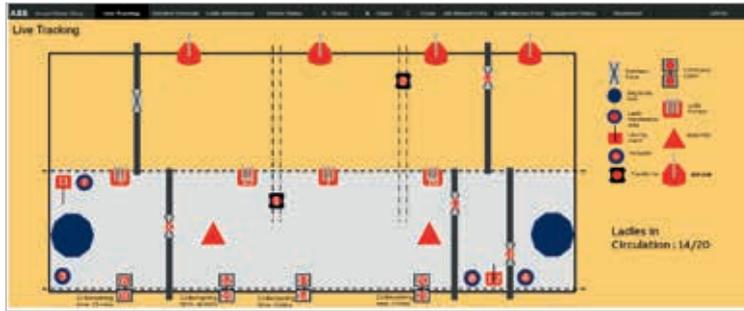
anurag.n@in.abb.com  
 gautham.madenoor-  
 ramapriya@in.abb.com  
 ulaganathan.  
 nallasivam@in.abb.com

— **Tarun Mathur**  
 ABB 金属, 德国曼海姆

tarun.mathur@  
 in.abb.com

— **Thota Phanindra Suraj**  
**Kotian Praveen KC**  
**Amitkumar Chakraborty**  
 ABB 技术, 印度班加罗尔

venkata.phanindra@  
 in.abb.com  
 suraj.s.kotian@  
 in.abb.com  
 praveen.kc@in.abb.com  
 amitkumar.chakraborty@  
 in.abb.com



03



04



05

### 熔炼车间的数字化机遇

典型的熔炼车间具备数量有限的电弧炉/转炉、LF、连铸机、起重机、转运车，某些工厂还配有脱气及其它设备和另外一些生产清洁钢和特殊钢的装置。因此，予以有效利用非常重要。在大多数熔炼车间，设备操作由操作团队指导，该团队负责跟踪起重机位置、装置可用性，以及正在进行和即将进行的作业。考虑到熔炼车间的事故可能致命，因此起重机、钢包等的实时跟踪由地面上的主管或专职人员完成，这会带来重大安全风险。

主管必须确保所有的连铸机均必须有连续的熔融金属供应可用，连铸过程中断是我们非常不希望出现的情况。但是，连铸工序的上游工序是 LF 批次工序。批次式工序和连续式工序碰到一起，进一步提高了主管人员人工决策任务的复杂程度。

ABB 从中看到了数字化解决方案的机会，可帮助主管人员运行一个安全高效的熔炼车间。

---

## ABB Ability™ 智能炼钢车间解决了安全、生产力和能效方面的关切。

虽然生产力的提高对于产生营收具有重要意义，但从成本角度看，高能效的运营也同样重要。特别令人感兴趣的是能源密集型 LF 操作，其中钢包的液态熔体温度升到非常高。在后续向连铸机的转移过程中，熔体可能会冷却并降低到允许温度范围以下，这样的话便需返工重新升温，导致出现能源浪费、生产效率降低甚至设备受损问题。预先过升温至要求温度范围以上，将提供更长的处理时间，但也会提高能耗。

ABB Ability™ 智能炼钢车间是一项熔炼车间综合数字解决方案，通过以下要素的组合解决上述安全、生产率和能效问题：

- 钢包跟踪系统，使熔炼车间完全可视化。
- 调度模块用于吊车和处理设备的高效作业安排，提高生产效率。
- 热能模块，用于提高能效和生产率

### 可视化 - 钢包跟踪系统

在熔炼车间，随时了解钢包和起重机的位置及状态非常重要。虽然可以轻松对起重机进行视觉定位，但钢包的精确位置却很难确定。各种钢包定位技术都已经尝试过，包括

—  
03 钢包跟踪系统。同一时间可能会有十多种设备处于运行状态。

—  
04 显示议定调度。

—  
05 起重机操作员的屏幕。

—  
06 连铸过程。

使用射频识别 (RFID) 标签。所有尝试的技术均有其局限性, 举例来说, 射频识别标签只有在靠近基站时才能识别, 而且尽管有冷却外壳, 这种标签还是有很大可能失效。

通过精确跟踪熔炼车间中每个钢包运送工具, ABB Ability 智能炼钢车间可绕过这些限制。该方法的原理是, 钢包只能由起重机或转运车移动。使用摄像机, 通过钢包编号来识别进入熔炼车间活跃区的钢包。随着钢包的移动, 其位置在运行时数据库中不断更新, 并且相同的详细信息会显示在中央监控显示屏中→03, 直到另一个转运工具(如起重机)到达相同位置进行提取。在实际监测点之间, 钢包位置根据其运送工具的预期运动推断。

### 调度模块

ABB 智能炼钢车间的调度模块利用钢包跟踪系统中的实时信息, 以最高效的方式帮助规划特定时间范围内的未来活动。如果

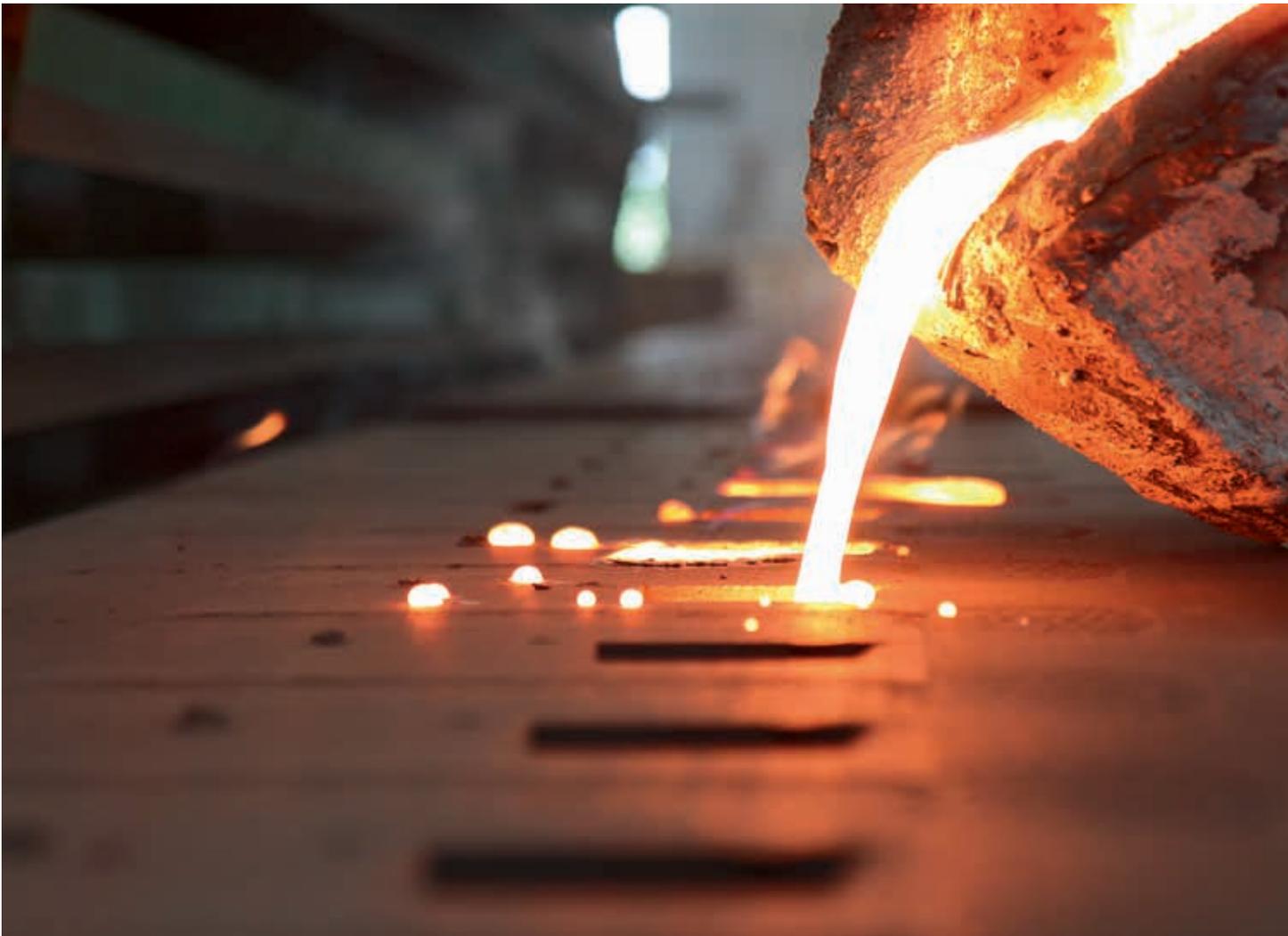
## 调度模块利用实时钢包跟踪数据, 以最高效的方式计划活动。

某项作业调度接近完成, 调度程序便会计算下一作业工序。在为每项作业生成调度的过程中, 调度模块会:

- 收集来自各个工艺设备的信息。
- 确定经识别要提取的钢包应在哪里放下。
- 确定负责钢包转运的起重机。
- 计算起重机在各设备上提取和放下钢包的精确时间。

在进行这些计算时, 必须确保遵守熔炼车间操作固有的某些约束条件。例如, 每个钢包必须在一个循环中遵循特定的操作顺序, 并且每个钢包必须在一个设备上停留一段指定的时间, 然后才能提取。有了这些, 再加上一些额外的限制条件, 该模块便可生成一份总调度, 集中显示供监督→04。

06





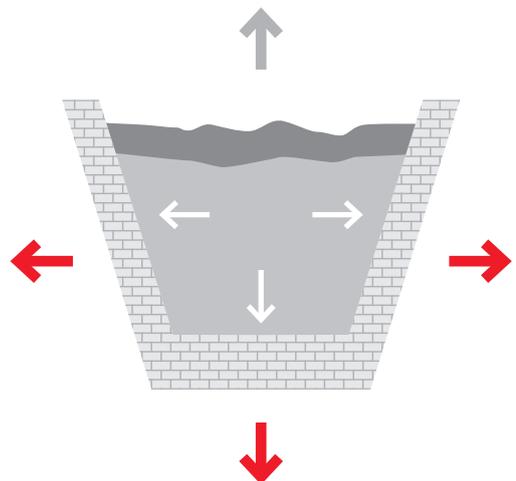
除了集中显示之外，还为各起重机的操作人员在驾驶舱内提供一个单独的显示屏幕，显示有该起重机的后续任务调度安排。来自

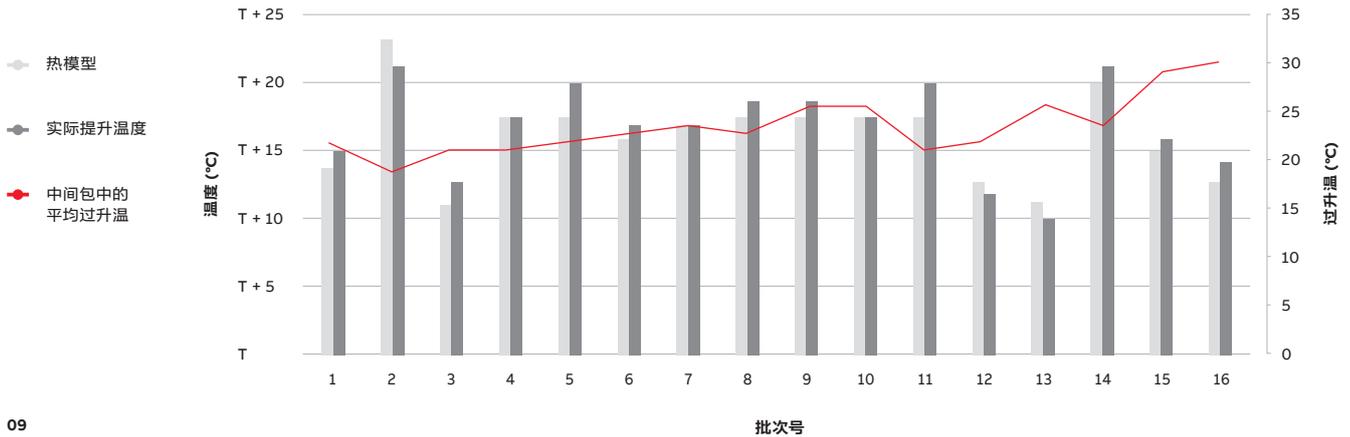
来自总调度中的特定起重机的调度信息用作对起重机的指令，确保起重机及时执行任务操作。

总调度中的特定起重机的调度信息用作对起重机的指令，确保起重机及时执行任务操作。→05。最后，除将其用作生产运行的指导工具外，调度模块的信息输出也能够为热能模块的运行提供许多有用信息。

**热能模块**

如前所述，当熔体到达连铸机时，其温度值应保持在一个狭窄的范围内。但是，热量会在等待、转移和浇入（将熔体倒入以进行铸造）过程中出现损失→06 - 08。





09

07 过程中会有热损失。

08 钢包中钢水的热损失。

09 热模型预测温度以及连铸机中的温度。过升温要求在 20 到 30 °C 之间。

ABB Ability 智能炼钢车间采用了一种热模型来估计这种动态热损失行为，并对铸造成功所需的 LF 最终温度进行预测。该模型采用离散化方法，求解钢包壁及其它各种熔体热损失取决于过程变量（如熔体性

## ABB Ability 智能炼钢车间能够提高生产力、能效和运营安全。

质、保温时间、熔体温度、渣层特征和浇铸类型）以及钢包性质（如钢包壁组成、钢包内衬侵蚀状态、钢包热历史等）。由于这些特征必然随钢包转移的每次熔体负荷而变化，因此热损失和 LF 操作结束时要求的温度也将有所不同。LF 的最佳温度随批次而变化。在首次实施该模型的工厂（见下一节），这种变化超过 40°C。

ABB Ability 智能炼钢车间采用了一种热模型来估计这种动态热损失行为，并对铸造成功所需的 LF 最终温度进行预测。该模型采用离散化方法，求解钢包壁及其它各种界面的传热。基于热损失进行计算，得出所需温度设定点并提供给 LF 操作人员。

## ABB Ability 智能炼钢车间

针对熔炼车间的性能优化解决方案已在印度一家大型炼钢厂实施，使熔炼车间的加工设备平稳高效地运行。→09 展示了热模型的能力。将所有批次加热至热模型规定温度值的  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。16 个批次中，除了一个批次（批次 2），其余所有批次在连铸机处的温度均处于目标温度范围之内。通过采用该模型，估计在年产能为 400 万吨的熔炼车间中，每年可节能 4,500 MWh。附带的好处是电极消耗量降低，以及每批钢的钢包衬里成本减少。同时，将温度恰到好处的熔体送入连铸机，也会带来更高的铸造速度和更好的生产力。

## 熔炼车间自主里程碑

ABB Ability 智能炼钢车间生动展示了数字化技术如何能够在一些最严苛、最危险的制造工艺设备中带来根本性的变化。利用数字化运营实现的熔炼车间性能优化能够提高生产力、能效以及运行安全性。由于目前许多熔炼车间都是人工操作，因此有很大的改进和自动化空间。ABB Ability 智能炼钢车间，是通往生产设备自主高效运行征途中的一座里程碑。•

---

# 连通性





**数据和电力，是未来连通世界运行所依赖的两大资源。而建立这方面的网络面临着非常大的困难。对其进行管理和保护则更是难上加难。而 ABB 在这两方面都有着深厚的经验。**

- 60 ABB 将带 OPC UA 的 Ethernet-APL 引入现场
- 68 新型断路器将引发分布式发电需求
- 74 将船舶和港口连向更清洁未来



—  
生产力

# ABB 将带 OPC UA 的 Ethernet-APL 引入现场

ABB 联同其他市场领导者和标准组织，开发出用于过程工业危险区域的现场级以太网连接。通过将其应用拓展到基于 OPC UA 的融合网络，ABB 将帮助行业跨越 IT 和 OT 之间界限。





**Stefan Bollmeyer**  
ABB 测量和分析部,  
德国明登  
stefan.bollmeyer@  
de.abb.com



**Francisco Mendoza**  
ABB 过程自动化事业部  
德国拉登堡  
francisco.mendoza@  
de.abb.com

在过去的十年中，基于以太网的网络技术越来越多地被应用于工业自动化领域。尽管如此，其在过程自动化中的应用仍然受到限制[1]，主要是由于在危险场所应用中的局限性。由于依赖于 4–20 mA 模拟信号、4–20 mA + HART 或现场总线技术，该重要领域不得不牺牲高带宽和通讯能力来确保安全。

很大程度上，从现场传感器搜集到的海量数据，也会因此受限，或通常无法用于从内部系统到云端的对整个企业范围内信息的访问。由于数据及其传输是工业 4.0 和工业物联网 (IIoT) 的推动力，因此任何数据网络通信障碍都会为过程工业中的企业带来挑战，使其难以实现数据可用和传输所固有的全部价值潜力。

为此，ABB 加入了一个由其他 11 家市场领导者和 3 家通信标准制定组织组成的联盟，以确立高级物理层 (APL) 标准，在过程自动化行业（包括危险区域）中实现现场级以太网[1]。开发的 Ethernet-APL 技术简单、实用、兼容、易用，可将带宽和通信速度提高到一个水平，即允许过程工业获得与资产管理和状态监测应用程序等数字化相关的回报。同时，ABB 通过对 IIoT 设备的研究，借助 Ethernet-APL 努力扩大潜在优势。现有原型显示，将现代

协议（如 OPC-UA）引入网络安全和信息建模功能是可能的，适用于将 IT/OT 边界桥接到资源受限的小型现场设备中[2]。凭借 2021 年 6 月推出的技术，这些产品可与

## — 尽管以太网在多个行业和商业应用中得到认可，但其在过程工业中的应用却相对有限。

Ethernet-APL 结合使用，这样过程工业很快便能够利用整条价值链上的数据，包括从现场级设备到控制系统、云以及其间的任何位置[2]。

### 将以太网扩展到过程工业

通信和网络技术在过去数十年中迅速发展 → 01。如今，以太网已成为大多数行业和商业应用中 被广泛认可的有线数字技术标准，具备一整套庞大的安装、故障排除和诊断标准化工具，并且其带宽高、通信速度快。然而，它在过程工业中的应用却相对有限[1,3]。原因何在？有两个很突出的原因：所安装传统通信技术的简单性和成本效益（占主导地位）；以及许多过程工业环境中存在的危险性[3]。成本、适用性和实用性为以太网级技术的扩展带来挑战。

	过去		现在		
	气动	电子 + 现场总线	以太网		
技术	气动	4-20 mA	4-20 mA + HART	现场总线	以太网
媒介	空气	模拟	模拟+ 串行	串行数字	网络
测量	1 个值	1 个值	1+n 个值	n 个值	n 个值
本地数据访问		需要网关		集成	集成
远程数据访问		需要网关		需要网关	集成

参数	属性
电源输出 (Ethernet-APL 电源开关)	高达 92 W
交换网络	是
电缆参考类型	IEC 61158-2, A 类
树型最大长度	长达 1,000 m, 进入 1 区/分区 2
星型最大长度	长达 200 m, 进入 0 区/分区 1
速度	10 Mbit/s, 全双工
受现场总线激发的危险区域保护	所有区域和分区均为 2-WISE, 设备上有可选的本质安全
标准	IEEE 802.3cg-2019 (10BASE-T1L), IEC TS 60079-47 ED1 (2-WISE)

02

### 数据传输技术的发展历史

早期, 测量过程值的主要方式是将现场仪表连接到分布式控制系统 (DCS), 这依赖于简单布线将模拟测量转换为 4-20 mA 模拟信号[3]。后来, HART 技术在模拟信号的基础上引入数字通信, 从而保持了传统布线的简易性优势。虽然如此, 尽管已经数字化, 但带宽和通信速度却仍然极低 (1200 Bps) → 01 – 02。并不意外的是, 该技术在安装基础和绿地厂区设计和建设方面, 仍然占据着最大份额 [3]。

另一项技术, 也就是于 1990 年代引入的全数字串行现场总线技术, 在二十一世纪早期几年便已成为技术上的首选。由于带宽提高 (31.25 Kbps) → 02, 这项技术需要网关, 而且在工程、操作和维护方面过于复杂, 无法真正满足过程工业供应商的要求。要实现完全数字化的未来, 过程工业需要的是一种具有以太网级带宽和通信速度的技术, 如 2 线、4-20 mA 解决方案一样易于设计、操作和维护, 同时还可扩展到现场设备, 并可在危险区域运行。

### 协作: 以太网级解决方案的关键

构建一种可满足上述要求的以太网型通信技术是一项艰巨的任务。困难重重: 电缆距离短 (100 m); 布线复杂 (以太网双绞线电缆); 以及在危险区域的使用缺乏安全性。严谨的研发工作, 以及过程自动化领导者与标准化组织之间的大力合作, 是解决这些困难的根本。认识到需要建立完全数字化的工厂, 并在 2010 年为过程工业的未来启用工业 4.0 应用程序, 主要行业领导者均认为将以以太网连接扩展到现场级具有至关重要的意义[3]。2015 年, 由多家领先过程自动化供应商 (包括 ABB、艾默

### 许多过程工业环境中存在的危险性成为以太网级技术向现场扩展的障碍。

生、Endress+Hauser、科隆、Pepperl+Fuchs、Phoenix Contact、R. Stahl、罗克韦尔自动化、Samson、西门子、Vega 和 Yokogawa) 组成的团体, 在多个领先标准开发组织 (SDO) (FieldComm Group、ODVA 和 PROFIBUS & PROFINET

— 02 列出了适用于 Ethernet-APL 的技术属性。

— 03 Ethernet-APL 可增加危险和非危险环境中现场设备的带宽。

International) 的支持下, 启动了高级物理层 (APL) 项目 (APL)[3]。他们在 2018 年确定, 任何可持续的解决方案都应完全兼容, 应达到 IEEE 802.3 以太网标准, 并满足特定标准 [3]:

- 双线电缆
- 长电缆线路
- 同一电缆上的电源和通信
- 支持所有防爆技术, 包括本质安全
- 简易安装技术
- 重复使用现有的“A”型现场总线电缆, 可降低成本, 并提供从现场总线到 Ethernet-APL 的轻松迁移策略
- 抗电磁干扰能力
- 浪涌保护支持

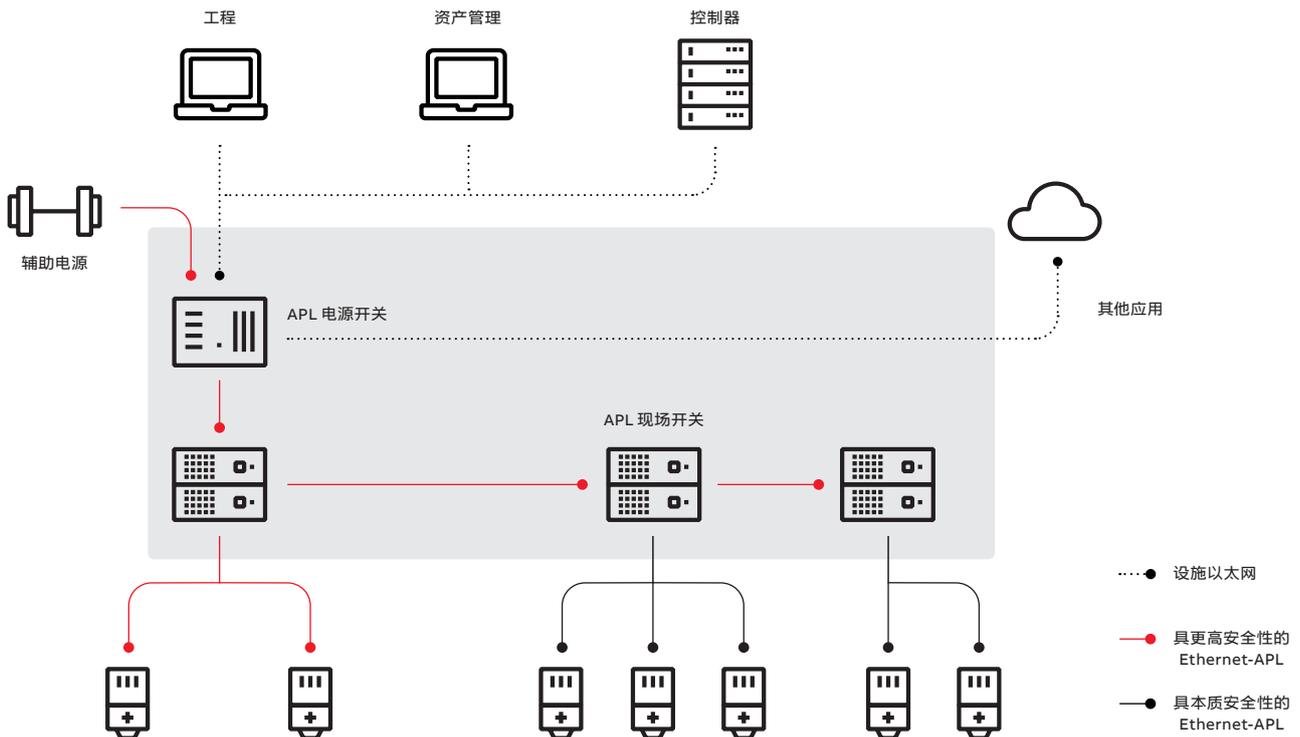
**Ethernet-APL**

Ethernet-APL 是将以太网扩展到现场的近十年历程的成果, 它是最初的 802.3 以太网标准和最近发布的 IEEE 802.3cg-2019 标准的一个分支[4]。本标准的 10BASE-T1L

变体可简化网络体系结构, 大大增加数字仪器通信的可用带宽 (比 FOUNDATION Fieldbus H1 或 PROFIBUS PA 快 300 倍, 比早期的 HART 协议快 8,000 倍以上) →02, 从而达到 APL 项目发布的上

**Ethernet-APL 是一个增强的物理层, 可支持在 1,000 m 的距离上进行 SPE 通信。**

述标准[1]。Ethernet-APL 是一个增强的物理层, 可支持在 1,000 m 距离上的单对以太网 (SPE) 通信, 并可选择向设备供电 [3]→02。通过定义与不同防爆等级相匹配的端口配置文件, APL 使 10BASE-T1L 能够扩展到危险区域使用, 这是过程工业的一项重要技术成就。此外, 即将发布的 IEC 技术规范, 以及双线本质安全型以太网





04



05



06

— 04 以太网原型 (最底层), 使 ABB Coriolis 质量流量计 (最上层) 能够通过 OPC UA 进行通信。

— 05 以太网原型, 使 ABB LLT100 激光液位变送器能够通过 OPC UA 进行通信。

— 06 Ethernet-APL 网络, 包括 ABB 压力 (左) 和液位 (右) 变送器原型, 采用 OPC UA, 并与 Ethernet-APL 交换机原型 (上) 互连。

(2-WISE), 为 0 区、1 区和 2 区/1 分区和 2 分区危险区域内的回路供电和单独供电仪表的本质安全 (无需计算) 树立了准则 → 03, [4]。基于现场总线本质安全概念 (FISCO) 的 2-WISE 预计于 2021 年发布, 将简化该技术的工程和验证[4]。

### 支持拓扑

Ethernet-APL 的设计可支持各种安装拓扑, 具有可选的冗余或弹性概念, 以及树型和星型。树型可为长达 1,000 米的长电缆提供高功率和高信号电平。但在最多 200 米的长度内, 星型可承载较低的功率, 具备可选的本质安全。Ethernet APL 仅通过构成一个网段的通信伙伴之间的每个连接, 明确指定点对点连接。因此, Ethernet-APL 交换机可隔离网段之间的通信。

### Ethernet-APL 的成功源于协议兼容性

尽管有成功的希望, 但采用 Ethernet-APL 技术仍需要时间[3]。由于模拟 4-20mA+HART 技术仍然占主导地位, 过程工业需要具说服力的理由来改造其工程和系统以采用 APL。只有明确了采用 APL 技术的价值主张, 才能让人们愿意放弃传统技术。

由于 Ethernet-APL 可支持 EtherNet/IP、HART-IP、OPC UA、PROFINET 和其他更高级别的协议, 所以这种业务转变是现实的。如今, 许多过程工业使用可支持 PROFINET 和/或 Ethernet/IP 协议的 DCS 系统, 因而将能够轻松采用 Ethernet-APL[1]。而且, 由于 APL 不需要网关或其他协议转换, 各行业应迅速认识到, 与传统现场总线系统或模拟 4-20mA+HART 系统相比, 其可通过降低复杂性、减少拥有成本、提高可用性和鲁棒性来实现附加价值。

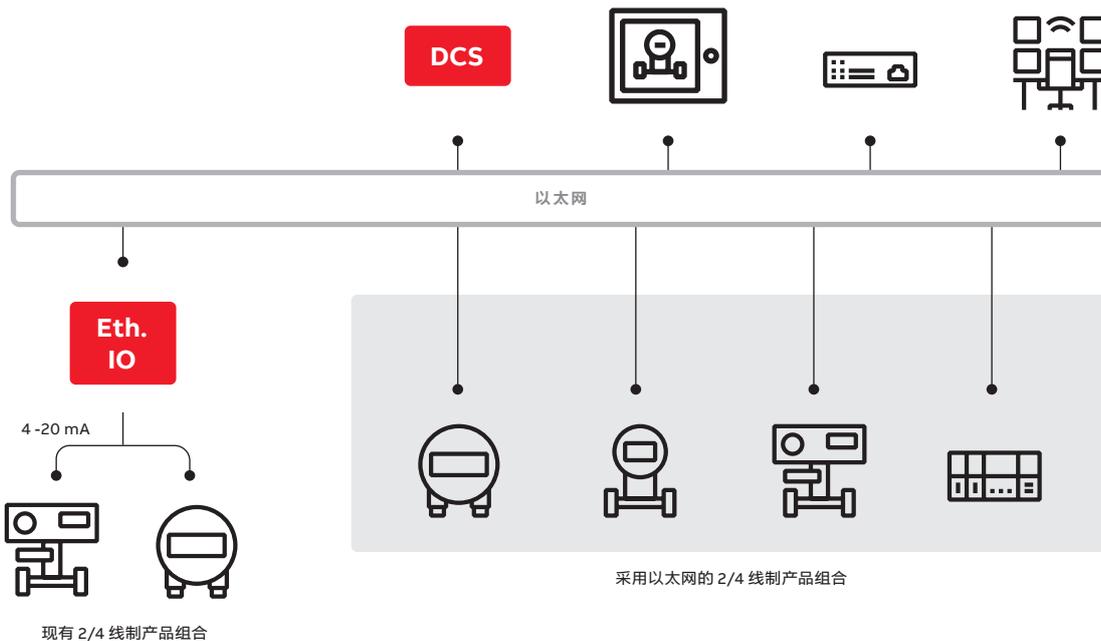
值得注意的是, 现代协议也可以在 APL 上运行 [1]。ABB 一直在研究一种特别的协议, 即开放平台通信统一架构 (OPC UA)。Ethernet-APL 允许将 OPC UA 直接部署在现场设备中, 以便与工业 4.0 的 IT 和 OT 应用程序集成。

### 用 OPC UA 集成设备将 Ethernet-APL 扩展到现场级

2016 年前后, 客户机构化学工业测量和控制标准化协会 (NAMUR) 发布了一份立场文件 (最终制定 2018 年的 NAMUR 推荐性规范 NE 168[5,6]), 指出任何用于设备的以太网解决方案都必须克服现场总线系统的局限性。换句话说, 供应商应避免犯下前几代现场总线固有的错误[5,6]。ABB 看到了这一点, 因此将重点放在了消除信

## APL 允许在危险区域使用 10BASE-T1L 扩展, 这是一项重要的技术成就。

息通信所面临的阻碍上, 例如传统现场总线所需的大量转换和数据描述等, 才能使得数据可用于相关工艺设备, 例如进行控制、监控、优化和维护等。尤其需说明的是, OPC UA 技术所提供的数据带有语义信息, 而且根据 ABB 的说法, 如果正确部署, 还能够消除现场总线之间由于类型障碍所造成的不便。自 2017 年开始, ABB 便开发了一系列的原型产品, 以期展示 OPC UA 技术适用于设备数据的安全传输, 且性能充分, 内存占用低, 尤其适用于数字资源有限的各种设备。在此之前, OPC UA 仅被用于较为强大的设备之间的信息交换, 例如 PC 服务器或控制器等。



07

最初，ABB 曾评估过 OPC UA 技术在 4-线制流量计（分别提供供电线和信号线）上的适用性。ABB 借助以太网适配器，将 HART 协议从设备转换为 OPC UA 服务器，实现了足够的性能；因此，可以通过 OPC

—

### ABB OPC UA 技术与 Ethernet-APL 相结合，从而使这种通信协议可用于现场设备。

UA 轻松访问数百项设备参数，无需额外的设备描述→04。此外，ABB 还研究了 OPC UA 技术在紧凑型设备上的适用性，例如料位变送器这种需满足低功耗要求的设备→05。通过选择一个以嵌入式设备（高性能和低内存占用）为目标的新型 OPC UA 通信栈，ABB 可使用一个以太网平台，将 OPC UA 与完整的设备功能集成到这个原型中。因此，可以在维持更新率的同时，进一步降低功耗和内存占用。

了解到结果符合性能和功率预算，并可过 Ethernet-APL 提供后，ABB 实现了一个本地 OPC UA 设备，使用 Ethernet-APL 进行供电和通信。在此情况下，液位变送器应用程序被成功移植到 Ethernet APL 联盟开发的评估板上→06。接下来，ABB 团队成功评估出 OPC UA 移植并集成到压力变送器原型上的能力，这要求过程仪表具备最快的更新率 (2 ms)。

目前，这些 ABB 设备原型用于选定客户的首个 Ethernet-APL 试验台上，它们在多供应商 Ethernet-APL 网络上展示出充分的互操作性。因此，ABB 不仅在努力实现 Ethernet-APL 设备，还与 OPC 基金会和 FieldComm Group 标准组织一起，推动基于 OPC UA 设备的标准化。

基于这些测试个案，客户可以确信，OPC UA 现场设备一旦商业化后，以太网带宽和速度将支持双线功耗和通信，快速更新率也不成问题→07。由于设备中嵌入的信息模型将语义结合到所传输的信息中，所以这些设备不需要额外的描述，并且可以轻松与不同的应用程序集成。

— 07 图中显示了未来过程工业中的融合以太网，包括基于 Ethernet-APL 和多协议功能的 4-20mA 标地设备和 I/O 现场设备。

— 08 以太网具备一整套庞大的安装、故障排除和诊断标准化工具，并且其带宽高、通信速度快，是绝大多数行业有线数字技术的最终标准。

## 现场到企业的价值创造

Ethernet-APL 的网络结构简单，无需协议转换，具有高度的兼容性和易用性。

Ethernet-APL 的速度达 10 Mbp，显示出

— 2021 年 6 月，ABB 和其他公司在 AACHEMA Pulse 线上贸易展中推出了第一款 Ethernet-APL 产品。

4-20 mA 通信协议的简单性，但却具有适合仪器通信和多协议支持的以太网级带宽。通过在危险区域实现与广泛分布的双线回路供电现场仪表的连接，Ethernet-APL 可在不削弱安全性的情况下提高通信性能 → 08。ABB

将 OPC UA 技术与 Ethernet-APL 相结合，从而使这种普遍适用的现代通信协议可用于现场设备。其所带来的语义和信息模型使得不再需要描述文字，有助于弥合运行技术 (OT) 和信息技术 (IT) 之间的鸿沟。

在 2021 年第三季度推出以 Ethernet-APL 之前，ABB 联同其他自动化供应商在 6 月份的 AACHEMA Pulse 线上贸易展中，成功推出了第一款 Ethernet-APL 产品。因此，针对过程自动化工厂将以太网扩展到现场级通信的十年旅程已经结束；从而开启了从现场到整个企业和云端的安全、可靠和实用的通信。•

### 特别鸣谢

如果没有 ABB 众多同仁的想法、成果和贡献，这篇文章是无法写就的。在这里我也特别致谢：Roland Braun、Philipp Bauer、Alexander Gogolev、Alexander Nahrwold、Peter Ude 以及 Tilo Merlin。

### 参考文献

[1] K. Larson, "The Last Mile-APL Standard to Make Field-level Ethernet a Practical Reality", *Control*, June 2020, pp. 24 – 28.

[2] A. Gogolev, "OPC UA and TSN: enabling Industry 4.0 for end devices", *ABB Review* 4/2020, pp. 30 – 35.

[3] APL Project Group, "Ethernet to the Field", White paper, internal report, 2020, pp. 1 – 17.

[4] ProfineWS, "Moving Forward: Advanced Physical Layer for Industrial Ethernet", *ProfineWS*, November 30, 2019, [Online]. 来源: <https://profineWS.com/2019/11/moving-forward-advanced-physical-layer-for-industrial-ethernet> 访问于 2021 年 7 月 1 日。

[5] Plauky, Ether-net-Kommunikation, Position Paper NAMUR Hauptsitzung, 2016.

[6] NAMUR Arbeitskreis, Anforderungen an ein Ethernet-Kommunikation fuer die Feldebene, NAMUR Arbeitskreis AK 2.6 Digital Prozesskommunikation, Nov. 22, 2018, pp. 1 – 9.





01

—  
连通性

# 分布式发电将引发对新型断路器需求

去中心化发电系统，例如热电联产 (CHP)，在大城市地区的 CO<sub>2</sub> 减排方面有着非常大的潜力。



Networks), 最近在伦敦东部 Tower Hamlets 的一个变电站中安装了 FLCB, 这是世界首例→01。新型断路器经过专门设计, 旨在确保诸如 CHP 这类的净零排放发电技术设备系统入网可以更简单、更经济 [1]。

### 更快、更小、更经济

新推出的超快断路器系列与代表竞品技术的限制器产品相比, 尺寸仅有四分之一, 价格仅有一半, 预计能够进一步完成该城市电网内另外的 460 MW 分布式发电能

**ABB 的故障电流限制断路器比任何现有断路器产品都要快 20 倍。**

01 故障电力限制断路器已安装在了东伦敦的 Tower Hamlets 试点项目中。

Thomas Eriksson  
Jesper Magnusson  
Johan Nohlert  
开关和系统, 瑞典韦斯特罗斯

thomas.r.eriksson@se.abb.com  
jesper.magnusson@se.abb.com  
johan.nohlert@se.abb.com

Bjoern Gottschlich  
Peter Jost  
控制与保护解决方案  
德国拉廷根

bjoern.gottschlich@de.abb.com  
peter.jost@de.abb.com

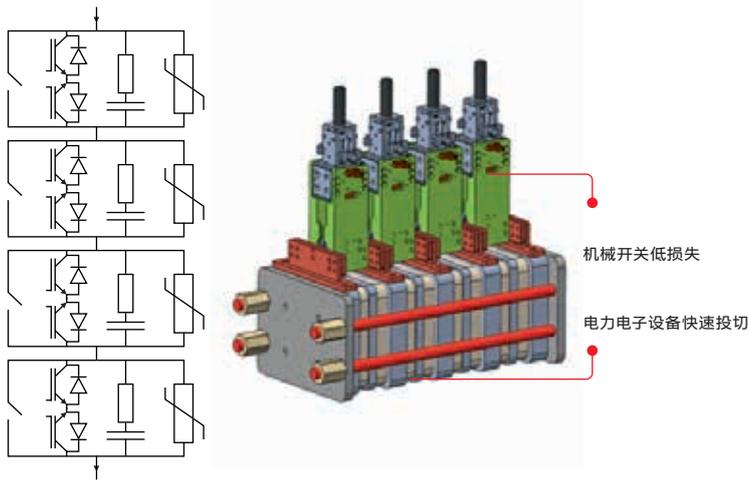
如何确保去中心化发电设备系统安全入网, 而不带来高昂的额外成本, 是一项重大长期挑战。现在, 得益于对 CHP 设备所带来的节能潜力的最新重视, 伦敦当局部门正在对 ABB 设计的故障电流限制断路器 (FLCB) 进行测试, 这种断路器很有希望将成为打通以安全且成本可承担的方式充分利用热电联产这种低碳技术这条道路的关键所在。

ABB 设计的 FLCB 将最尖端的半导体技术与极快的机械开关结合, 可在几毫秒内完成故障电流的检测和限制, 这要比任何现有的断路器产品要快上 20 倍。

有鉴于此, 覆盖伦敦、英格兰东南部和东部的配电网运营商英国电网 (UK Power

力。该系列断路器与传统断路器通过断开机械接触点并消除电弧来中断电流的方式相比, 优势非常明显。在这种断路器中, 完整故障电流于 50-100 ms 内断开断路器和网络的其余部分。如果所有下游变电站和网络组件都是针对这种电流设计的, 则可以安全清除故障。但是, 如果要向网络中添加新的分布式发电, 则有可能超过此设计限制, 在这种情况下, 需要采取其他措施。其中一种可能性是, 引入将故障电流限制在电网临界设计值以下的装置, 故障电流限制器 (FCL)。

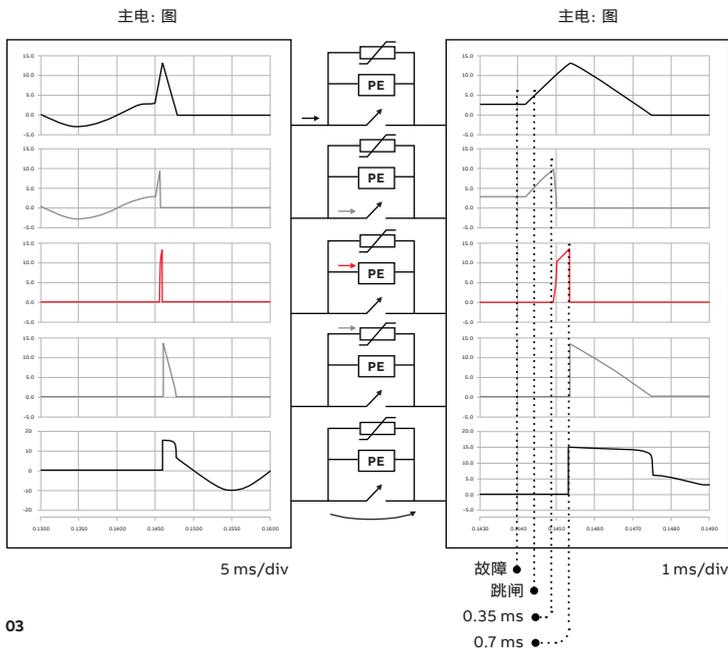
FCL 需要反应非常迅速, 确保能在几毫秒、而不是几十毫秒内便完成对电流的限制。在这方面, 有两个已经存在已久的基本概念: 动态阻抗和快速中断。



02

多数可靠的故障模式都会导致因失效而进入高阻抗状态，过电流受到限制。

第二个概念，快速中断，作用是通过在故障电流达到设计临界限值之前予以切断的方式来限制故障电流。这一过程应在几毫秒内完成。采用这一概念的常见设备有面市已久的电流限制器，[3]。电流限制器包含有一个快速检测装置和一个与熔断器并联的快速整流开关。当检测到故障时，一个发热装置便会把整流开关断开，导致电流通过熔断器。进而导致熔断器熔断，从而中断电流。



03

动态阻抗设备在电网正常运行时所具有的影响很小，但出现故障时其阻抗会迅速变大，进而限制最大电流峰值。此类设备包括了电磁体和超导故障电流限制器 [2]。它们的主要特点是，能够限制最大峰值电流，但又不会完全中断电流。故障清除后，阻抗便会恢复，正常运行也将恢复。但这类设备的一个常见劣势是大部分情况下它们都又大又重，如果是基于超导技术的话，还需要低温冷却。该技术的优势在于解决方案本质上是故障安全的，因为大

实现快速中断的另一种方法是引入功率半导体元件。这种元件有能力在微秒级的时间内中断电流，且很方便在故障清除后远程操作重新接通，这与熔断器技术相比是一大优势，无需在操作后人工前往更换任何元

### ABB 研制的 FLCB 与动态阻抗装置和快速中断装置相比有着明显的优势。

件。但是，功率半导体元件一般都价格较高，且需要额外冷却，尤其是额定电流较高时。

#### 混合解决方案

ABB 研制的 FLCB 与上述技术产品相比有着明显的优势。电流限制器每中断一次电流（单次式装置），便需更换发热装置和熔断器，混合 FLCB 则不同，设计能够在有电流和无电流情况重复执行多次中断操作。为了实现这一目标，已经部署了一套混合解决方案，该解决方案结合了功率半导体的快速开关和机械开关的低损耗。

结果是开发出一个比无源动态阻抗设备更紧凑的解决方案，这使其有可能在伦敦

— 02 FLCB 的模块化概念构建。

— 03 仿真测试 FLCB 的流经电流和电压以及动作时间。

— 04 采用混合 FLCB 实现故障电流限制。

— 05 FLCB 的验证测试。

以及其他人口稠密的城市区域（在这些区域，难以采用其他技术）实现。

混合 FLCB 有三大主要结构：一个快速机械开关、一个功率电子元件、一个电涌放电器 → 02。在正常运行中，电流会流经机械开关，此时的电流损失非常小。检测到故障时，机械开关断开，电弧电压导致电流转移至/流经功率电子元件 (PE)。在第二步中，功率电子元件停止工作，电流转而流经电涌放电器。电涌放电器设计上可生成一个比系统电压更大的反电压，进而迫使电流归零。电涌放电器的第二个重要设计参数是其对故障中断期间积蓄的感应能量进行消散的能力 → 03。将中断能力与全预期故障电流对比的演示概念图请见 → 04。

### 快速整流开关

要实现中断时间低于 1ms 的混合概念（这对于 25kA 预期故障电流是必要的），必须配备一个超快机械开关。观察图 → 04 中的中断序列，我们可以发现触点的断开需在检测到故障后或当前电流被判定存在故障后约 0.35 ms 内完成。这一目标是通过将一套定制的轻量化触点系统和一套电磁驱动动作系统结合到一起的方式实现的。如此组合可提供所需的反应时间和操作动作加速能力。

## FLCB 的主要目的是限制电网或变电站中的最大故障电流。

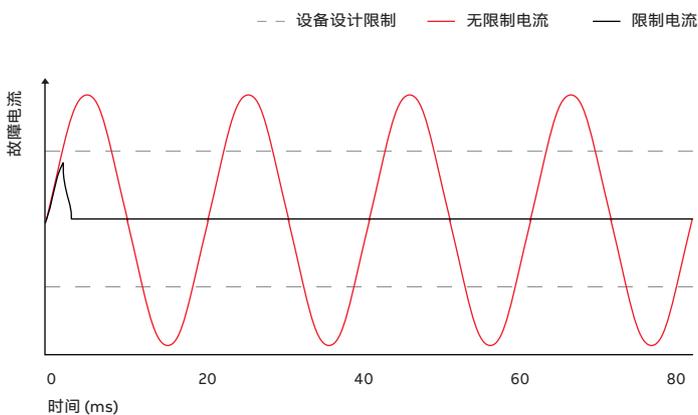
### 性能

在英国电网 (UK Power Networks) 的 Tower Hamlets 电厂的试点项目是 ABB 与英国电网的一个合作试点项目，该项目名为 Powerful CB，其中对 FLCB 的基本要求如下：

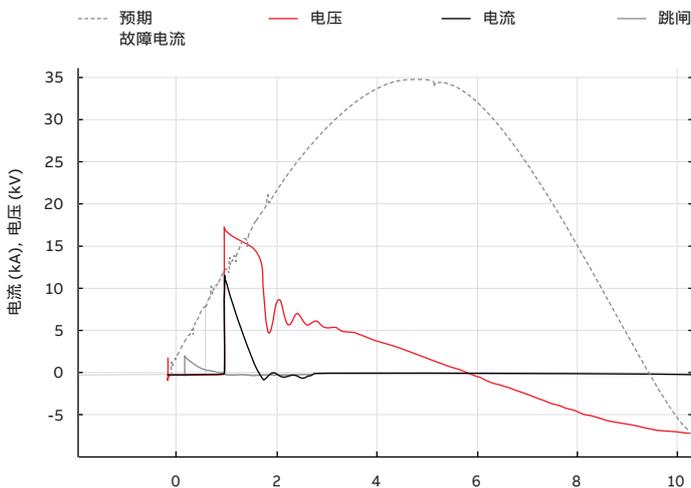
- 额定电压：12 kV
- 额定电流：2000 A
- 预期故障电流：25 kA (RMS)
- 限制电流：13 kA (峰值)
- 检测到故障后 1 ms 以内完成电流限制

在更早的一个项目，[4] 之中，已经可以看出上文所述的建议混合概念完全能够满足这些要求。该项目执行期间，曾进行过多次测试来验证产品的性能。其中的一次全预期故障电流中断测试示例请见 → 05。

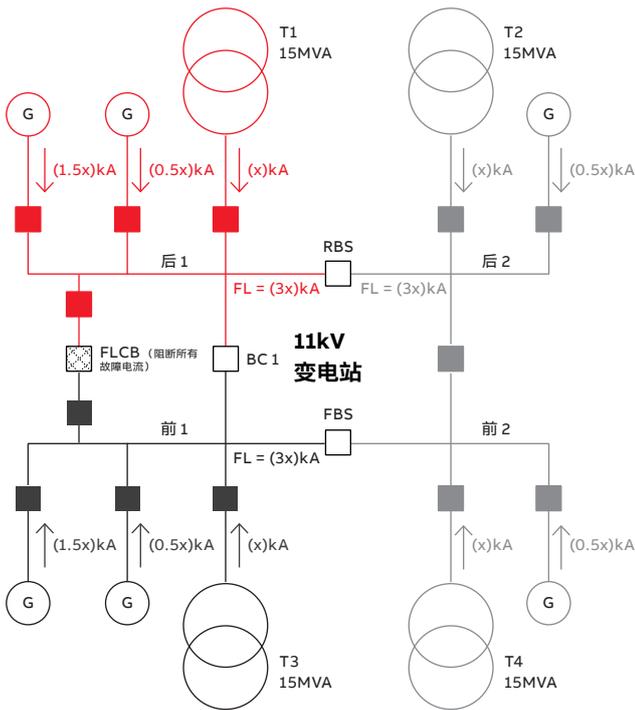
为确保永不超出电网的最大允许故障电流，同时考虑到 25 kA 预期故障电流的最大电流导数 di/dt 为约 11 kA/ms，FLCB 需能够在检测到故障后 1 ms 之内对电流进行限制。这对于该设备的检测系统以及操作速度来说都提出了非常高的要求。为了满足这些要求，该设备中采用了一个电流限制器控制单元。在此应用情景中，该装置可连续测量电流的瞬时值，当超过预设值时，可在几微秒内向 FLCB 的控制系统发



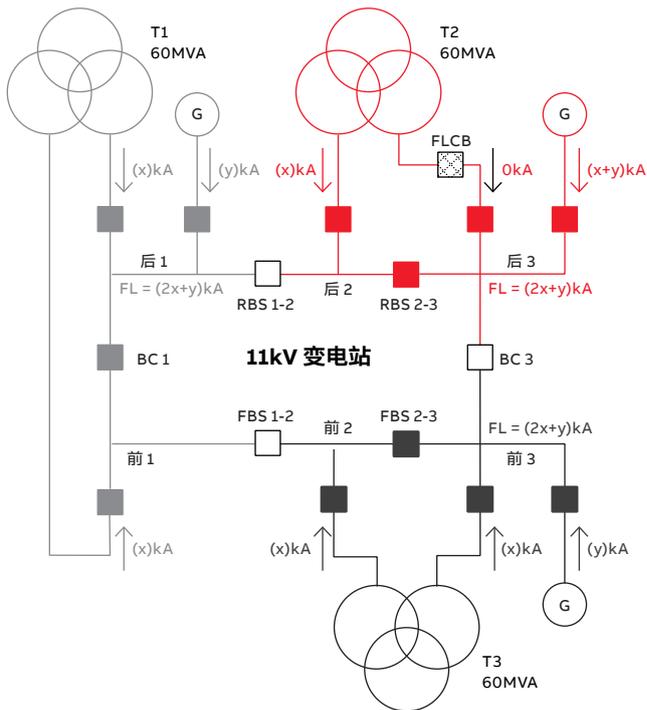
04



05



06



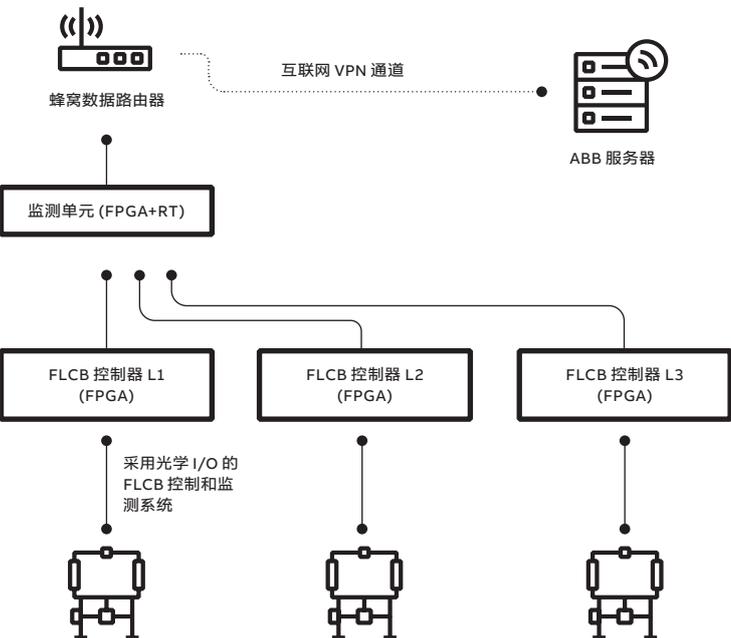
07

送跳闸信号。由于 FLCB 由多个有源设备组成，因此针对操作顺序实现了快速准确的控制系统。控制系统的时间分辨率在微秒范围内。

### 在电网中的实施

FLCB 的主要目的是限制电网或变电站中的最大故障电流。为达成这一功能要求，有多种不同方式来连入电网。其中一些示例请见 →06 和 →07。在 →06 所示的配

置中，当某台变压器因故障或计划维护而下线后，便会连接母线部分以实现稳健运行，在不导致剩余变压器过载的情况下，支持这部分负载。但是，这可能会导致故障水平提高至或超过设计限值，所以通常要求与发电系统断开连接。然而，如果使用 FLCB 而非标准断路器作为母线连接器的话，便可以将一个母线对另一个母线带来的故障水平压力降低，进而确保能够在非常规运行布置的情况下依然保持发电



08

### 自动收集各组件的健康状态信息并发送至 ABB 以供分析。

设备与变电站连接。原因在于如果遇到故障，FLCB 能够在不到 1 ms 的时间内将各母线分隔，使得从一个母线部分到另一个母线部分的故障电流保持在有限水平。这可以在最大程度上提高操作灵活性，同时最大限度地降低变电站压力过大的风险，并允许发电机保持连接。



09

—  
06 将 FLCB 用作母线连接器。

—  
07 将 FLCB 安装到其中一条输入馈线中。

—  
08 对 FLCB 试点安装进行远程监测。

—  
09 伦敦相关部分正在测试 ABB 的新 FLCB 设备。

在另一种备选配置之中，可将 FLCB 安装在一个或多个输入馈线中 →07。在这种布置中，便可在故障时将利用 FLCB 实现连接的输入馈线断开，从而倚仗 FLCB 的高性能来有效限制所传递的故障压力。这种配置带来了额外的故障水平冗余储备，使得可以连接更多的分布式发电设备而不超过故障水平设计限制。

另一种选择是将 FLCB 直接连接到来自发电设备的输入馈线，例如来自新安装的 CHP 系统的输入馈线。这种情况下，即便发生了故障，来自发电设备的电流依然可在 1 ms 之内完成限制操作，从而确保能够在不突破可用故障电流冗余储备的情况下，将新的分布式发电设备接入。

#### 参考文献

[1] Network, "UK Power Networks pioneers new super-fast circuit breakers," February 7, 2020.来源: <https://networks.online/heat/uk-power-networks-pioneers-new-super-fast-circuit-breakers/> 访问日期: 2021 年 1 月 24 日。

[2] Y. Zhang, R.A.Dougal, 2012, "State of the art of Fault Current Limiters and their applications in smart grid," 2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting, 1 – 6.

[3] Is-limiter.来源: <https://new.abb.com/medium-voltage/apparatus/fault-current-limiters/current-limiter>.访问日期: 2021 年 5 月 19 日。

[4] L. Liljestrang, L. Jonsson, M. Backman, M. Riva, 2016, "A new hybrid medium voltage breaker for DC interruption or AC fault current limitation", 18th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'16 ECCE Europe), 1 – 10.

[5] For further information regarding ABB's fault current limiting solution, please contact: DE-FCL@abb.com

## 试点安装的结果

ABB 和英国电网目前正在对伦敦一级变电站的 FLCB 进行试点评估。选择此处进行试点的原因是，该设施以往故障相对较多，且有安装空间可用，此外，其故障水平冗余储备也距设计限制不远。在该处设施中，我们将 FLCB 安装到了三个标准重要面板中，每相安装了一个。在这次试点过程中，将会对 FLCB 作为变压器和母线之间的母线连接器以及作为输入馈线断路器进行评估。

进行试点的该 FLCB 产品将由 ABB 全过程远程监测。整个期间的各组件的健康状态汇总以及系统瞬态记录均将自动收集并传输至 ABB 供进行分析 →08。这将使得我们能够对该设备的长期行为进行研究，并分析

—  
**尽管 FLCB 已部署就绪，随时可以作出响应，但自该设备安装激活以来，尚未遇到故障问题。**

保护操作的详细结果。此外，这些步骤还可允许专业人员根据详细诊断对任何可能的运行故障快速进行响应，以支持客户。

迄今为止，尽管持续监测已部署到位，且 FLCB 已准备就绪应对任何故障，但自安装后，尚未遇到任何故障 →09 [5]。•

连通性

# 将船舶和港口连向更清洁未来

港口在促进航运减排方面发挥着至关重要的作用。ABB 提供有多项可扩展且使用灵活的变频技术，能够实现船舶用电从船电到岸电以及岸电到船电的无缝、自动化电力切换，满足船主和港口的相关需求。其结果是燃料使用、污染、振动和噪音的显著降低。



**Alana Tapp**  
产品营销部，新西兰内皮尔

alana.tapp@nz.abb.com



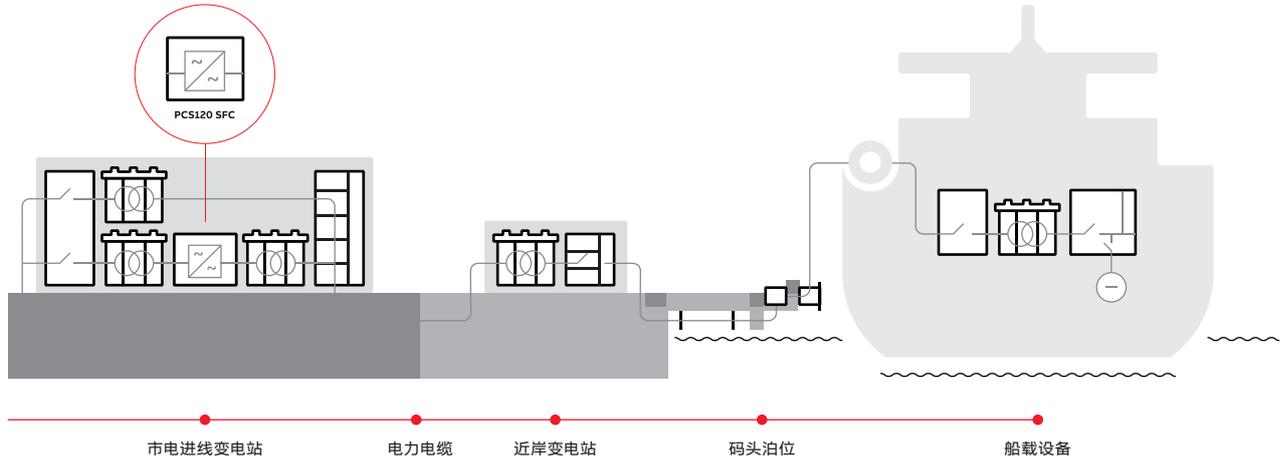
**Josh Egbers**  
销售部，澳大利亚维多利亚

josh.egbers@  
au.abb.com

根据经合组织 (OECD) 的数据，90% 的贸易货物通过海运方式运输 [1]。此外，随着全球货运需求的增加，预计到 2050 年，海运贸易量将增加两倍。虽然海运提供了一种具成本效益的远距离货物运输方式，并因此而繁荣，但它也是主要的污染源，NOx 排放占全球总量的 30% 左右，温室气体排放则占全球总量的 2.6%。

国际运输论坛 (International Transport Forum) 是一个在行政上与经合组织 (OECD) 实现一体化的机构，其于 2018 年发表的一份报告 [2] 显示，港口在促进航运减排方面发挥着至关重要的作用 → 01。原因是在大多数的港口中，靠泊的船舶均使用其柴油发电机来运行某些生活设施，例如供暖、通风、制冷等，以及船上厨房设





02

— 01 港口在促进航运减排方面发挥着至关重要的作用。

— 02 岸到船供电连接概览。

— 03 岸电配置概览。

备。所有这些不仅对环境不利，还会因船舶产生的噪音和振动而损害当地社区的生活质量。

减少全球船队产生污染的压力越来越大，迫使船东采取积极主动的方法来测量和监控燃烧情况，这反映在船舶燃油管理 (MFM) 等项目中。但是，走向环保并满足 IMO/MARPOL 和 EU 等监管机构的严格要求，均需要采取果决的步骤。而这就是先进技术可以大展身手的地方。

### 岸电上船

ABB 的新静态变频器 (SFC) 技术是港口和船舶转向绿色电力的最合理和最经济的选择。该解决方案使船舶能够在停泊期间，关闭柴油发电机并接通陆上电源。但是，大多数船舶的发电设备工作频率均为 60 Hz，而世界上大多数地区的本地电网频率则为 50 Hz。这意味着如果要岸电上船，岸上必须做出相应的供电配置 →02 - 03。[3]。

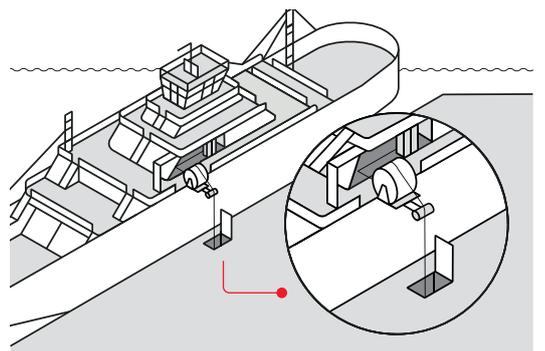
针对这一点，ABB 开发了能够可靠且高效地将电网电力转换为用电设备所需正确频率电力的静态变频器产品。该公司先进的变频技术能够保证船上用电设备从船电到岸电以及从岸电到船电的无缝自动切换。带来的结果是显著降低了燃油、润滑油的消耗，意味着减少了污染，改善了财务收益。岸电上船对于在特定航线航行的船舶，以及在港时需消耗大量电力的船舶来

## ABB 的解决方案使船舶能够在停泊期间，关闭柴油发电机并接通陆上电源。

说尤其适用。这对于例如每天会将渡轮停泊在泊位上一定时间的码头运营商来说好处尤为切实。

### 模块化且可扩展

ABB 的 SFC 系统是一种可扩展的模块化电力转换系统，包含多个成对的独立整流器和逆变器，均由系统控制器管理，可提供具备稳定可靠电压和频率的电力来源，且在与例如船上发电系统其它电力来源并行工作时实现电力的同步和调整。这些特点为系统在调节方面带来了最大化的灵活性，确保满足客户的各种需求。ABB 的 SFC 产品组合中包括了 PCS100（电力转换系统）和即将推出的 PCS120 →04，适用于各种低功耗应用。



03





04

04 ABB 的 PCS120 SFC。

05 越来越多的港口正在允许船舶接入岸电，以此来降低其环境影响。

05a Pipavav Shipyard Limited 是印度最大的造船厂。

05b 爱尔兰西北海岸多尼格尔的 Killybegs 渔业港口中心。

05c 巴林港。

这些系统的模块化和可扩展性使多个装置可并行运行，这使得该解决方案能够适应不同船舶和各种港口基础设施的电力需求 →05。如果需要将设备单元安装在室外，也可根据要求作为成套设备的一部分提供适用的机柜。这可在规划和实施电力变换器系统的物理和空间布局方面，为客户提供灵活性，从而使其与周围环境和谐融合。

### 对运营影响低

这些系统的另一个优势是具备卓越的可用性，这得益于其高可靠性、高鲁棒性和低维护性 (PCS100 MTTR < 30min / PCS120 SFC < 10min)，这些因素可降低运营成本。如果将风电、水电、太阳能或燃料电池等可再生能源用作主要电力来源，拥有成本还将进一步下降。 •

### 参考文献

[1] OECD, "Ocean Shipping and Ship Building."来源: <https://www.oecd.org/ocean/topics/ocean-shipping/> 访问日期: 2021年5月19日。

[2] International Transport Forum, "Reducing Shipping Greenhouse Gas Emissions." 来源: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/reducing-shipping-green-house-gas-emissions.pdf> 访问日期: 2021年5月19日。

[3] ABB, "ABB's innovative power electronics solutions for the shipping industry."来源: [https://library.e.abb.com/public/81fd11c3dbe14d829003b7f8fc2107e2/2UCD401148-P\\_b%20Shipping%20Industry.pdf](https://library.e.abb.com/public/81fd11c3dbe14d829003b7f8fc2107e2/2UCD401148-P_b%20Shipping%20Industry.pdf) 访问日期: 2021年5月19日。

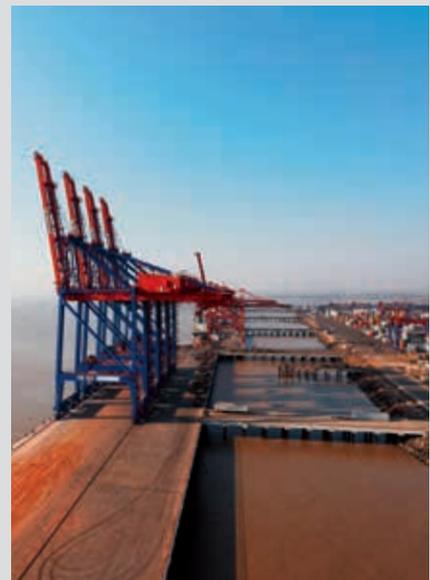
[4] ABB, Shore-to-ship power cuts emissions for Ireland's Atlantic fishing fleet. "来源: <https://new.abb.com/news/detail/73144/shore-to-ship-power-cuts-emissions-forirelands-atlantic-fishing-fleet> 访问日期: 2021年5月19日。

[5] ABB, "ABB innovation saves costs and reduces pollution at a shipyard in Bahrain."来源: [https://library.e.abb.com/public/b9389d30685746109d7a4568215e0c87/2UCD401158-P\\_b\\_PCS100\\_SFC\\_ASRY\\_shipyard.pdf](https://library.e.abb.com/public/b9389d30685746109d7a4568215e0c87/2UCD401158-P_b_PCS100_SFC_ASRY_shipyard.pdf) 访问日期: 2021年5月19日。

## 印度的第一个绿色造船厂

Pipavav Shipyard Limited (PSL) 位于印度西海岸，是古吉拉特邦以及印度的最大造船厂。不仅如此，它还是世界上最大的干船坞，具有一整套的船舶建造、船舶整修和离岸建造综合设施。该造船厂安装有某些目前最为现代化的船舶建造设施。

得益于其配备了来自 ABB 的四台 250 kVA PCS100 静态变频器 (SFC)，该造船厂成为了印度的第一个“绿色造船厂” →05a。ABB 领先的解决方案可帮助造船厂减少排放、污染和噪声水平，同时允许船舶使用电网电源而无需使用柴油发电机，从而大大节约成本。PSL 同样也因采用该设备而与采用旋转式变频器的船厂相比 具有更高的设备系统可用率和可靠性而受益颇多。



05a

图 05b 来源: ©wilitilroe-otte/stock.adobe.com; 图 05c 来源: ©thauwald-pictures/stock.adobe.com



05b

## 爱尔兰的大西洋捕鱼船队：大幅减排

在爱尔兰的农业、食品和渔业中心，来自 ABB 的 PCS100 岸到船静态变频器每年可贡献 96,000 升的柴油节约和 2,000 吨的 CO<sub>2</sub> 减排，它们在位于爱尔兰西北海岸多尼格尔的 Killybegs 渔港中心→05b 为停靠的渔船提供岸电供应 [4]。作为爱尔兰的第一批此类变频器，它们正在为该港口的 12 个泊位带来更高的可持续性。

Killybegs 是北欧的约 100 个港口之一，十分适宜捕捞鲱鱼和鲑鱼等远洋鱼类。该港口目前服务当地大约 25 艘大型拖网渔船。一直到最近，这些拖网渔船在靠港时，依然需要依靠 70 kVA 的船载柴油发电机来提供驾驶舱内照明、供暖和电子导航系统及控制设备所需的电力，以及主发动机启动前预热所需的电力。

现在，由于港口已经配备了新的静态变频器，这些渔船便可以关掉船载发电机，转而使用岸电，如此带来的每年减排效果，相当于路上行驶的汽车减少了将近 500 辆。ABB 变频器同时还改善了该港口的生活条件，减少了噪音排放，也降低了拖网渔船因发电机而带来的火灾风险和维护需求。

该变频器满足国际海事组织的各项立法要求，可达到国际海事组织提出的到 2050 年船舶排放与 2008 年相比减少 50% 的目标，确保该港在未来也不会在这方面受到影响。

该变频器从标准的 400 V 市电网络取电，需与开关设备和安全系统一同安装在室内机房之中。拖网渔船通过工业电力插头连接到码头，进而获取由港口主机控制的电力。每台变频器都具有远程监测功能，以便进行电力计量，而且可隔离，可在 50 和 60 Hz 之间切换，使用非常灵活。

## 巴林：降低成本，减少污染

抵达巴林港 →05c 的船舶现已完全可以将它们的柴油发电机完全关闭，转而接入更清洁的岸电，而这也感谢 ABB 的电网连接技术 [5]。该港所安装的三台 PCS100 静态变频器 (SFC)，在大型船舶 10 小时的停靠时间内，可使其燃油消耗量降低 20 公吨，CO<sub>2</sub> 减排 60 公吨。ABB 的电网连接技术，让岸电（通常为 50 Hz）接入船载发电系统（通常为 60Hz）成为了现实。

该港口的阿拉伯造修船厂 (ASRY) 是中东首屈一指的造船和维修公司。多年以来，该公司都依赖于旋转式变频器来进行电力转换。但是，这种变频器一直饱受污染、可靠性以及设备可用率之苦，更糟糕的是，其效率也仅有约 75%。今天的情况不同了，该港口安装了 PCS100 SFC，它不含任何旋转部件，因此无需任何机械维护，且效率高达 95%。该变频器带来的结果是，运营成本和维修成本距大幅下降，设备可用率大幅提高，噪音和振动相关污染问题也不复存在。

ASRY 是世界上第一批通过 ISO 质量、管理、环境以及健康和安全管理认证的造船厂之一，而且也满足了 ISPS 章程在港口安全方面的要求。



05c



01

—  
专业术语解释

# 多体仿真

多体仿真工具用于支持和加速复杂机械系统的开发。

—  
**Ondrej Frantisek**  
**Sebastian Breisch**  
ABB 集团研究中心过程  
自动化  
德国拉登堡

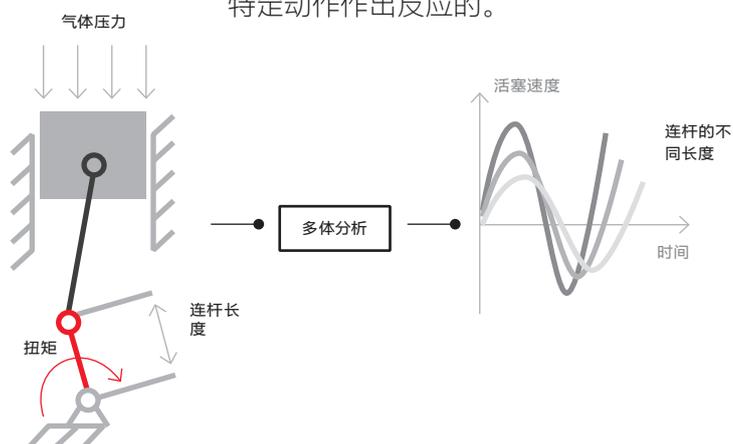
sebastian.breisch@  
de.abb.com  
ondrej.frantisek@  
de.abb.com

**Alessandro Stucchi**  
ABB SpA  
意大利达尔米内

alessandro.stucchi@  
it.abb.com

多体仿真是一款用于对机械系统中的动作和力进行分析的工具 →01。多体仿真经常与有限元分析 (FEM) 混淆，二者不同之处在于多体仿真可提供关于动作和力的信息，而 FEM 则主要处理变形和强度。

基本曲柄滑块机构（如内燃机中的曲柄滑块机构）可将电机曲柄的旋转转换为活塞的垂直运动，从而实现一个多体系统的简单用例。针对给定负荷，多体仿真可以评估该系统的动作和连接处的所有作用力。反过来，仿真也可以反映出负载是如何对特定动作作出反应的。

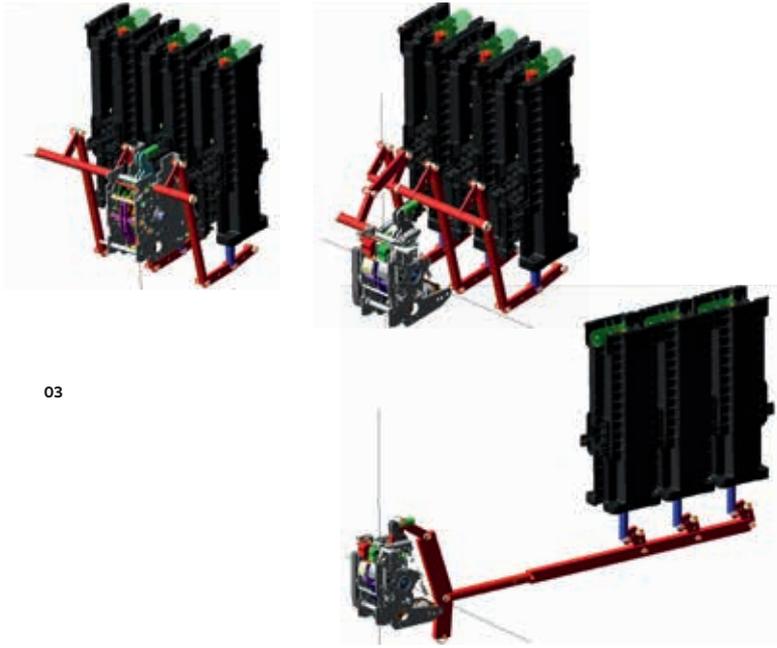


02

此外，其机构模型也可以从参数角度构建，且可以针对这些参数对于系统的影响进行调查研究 →02。这一特点在产品开发的第一阶段中至关重要，在此阶段，需要对不同尺寸的机构进行仿真，直至获得要求的性能。在开发的稍后阶段，利用参数分析来定义生产和装配公差的影响，并回答关键问题：“如果生产过程中出现不完美之处，该机构是否仍能发挥出要求的性能？”

利用多体仿真进行研究的一项非常重要、且通常无法避开的机械参数便是连接处的游隙。游隙通常对产品性能有着较大的影响，而且由于其具有非线性特点，所以无法仅凭单一分析便完成对其建模。

迄今为止，我们仍然预设机构的连接结构具有刚性，也就是不会变形。那么，关于机械连接结构的变形和强度方面，仿真效果如何？目前，多体仿真工具能够较为出色地描述出带有柔性部件的不同机构，但前提是这些部件必须足够简单。部件越复杂，结果就越不精确，所以如要寻求研究



03

—  
01 多体分析是可确保快速可靠完成复杂机械结构产品设计的宝贵工具，诚如本段所述。

—  
02 对机械结构的参数分析。

—  
03 中压断路器不同拓扑结构的模型。

精准变形或强度方面的信息，则必须部署 FEM 工具。FEM 工具的准备和仿真的进行可能会非常昂贵且耗时，但其实还有一个更聪明、更快速的做法：在多体仿真工具中对机构进行仿真，然后利用来自多体仿真获得的信息，输入到 FEM 工具中，仅针对关键部件进行仿真。

断路器的设计，是 ABB 充分利用多体仿真的一个领域。断路器是一种复杂度很高的机械结构系统，仅能够利用分析方程以有限方式进行描述。如果需要对此复杂的机械结构进行分析，那么多体仿真工具将是必不可少的一种工具 →03。利用多体仿真工具，便可在两个月内完成三种断路器拓扑结构的对比。如果没有这个工具，则必须打造三个演示器，这是一个昂贵且费时的过程。

多体仿真工具能够为复杂机械系统的开发带来宝贵的支持。该工具可以大幅加快开发过程，且可通过对生产公差的影响进行特点归纳，协助避免任何意外问题。•

—  
订阅

—  
订阅方法

欲免费预订《ABB 评论》，请与您最近的 ABB 办事处联系，或者上网订阅：  
[www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview)

《ABB 评论》每年出版四期，以英文、法文、德文、西班牙语和中文出版。《ABB 评论》免费提供给对 ABB 技术及其目标感兴趣的人士。

—  
邮件提醒……

不想错过任何一期《ABB 评论》？登录 [abb.com/abbreview](http://abb.com/abbreview) 注册电子邮件提醒服务。



您将收到一封包含确认链接的电子邮件，请完成注册确认。

—  
出版信息

—  
编委会

**Theodor Swedjemark**  
企业传播负责人

**Adrienne Williams**  
可持续发展高级顾问

**Reiner Schoenrock**  
技术与创新传播

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

**Amina Hamidi**  
ABB 电气化事业部  
首席技术官

**Andreas Moglestue**  
《ABB 评论》主编  
[andreas.moglestue@ch.abb.com](mailto:andreas.moglestue@ch.abb.com)

—  
排版

Publik. Agentur für  
Kommunikation GmbH  
Ludwigshafen/Germany

—  
插图

Indicia Worldwide  
营销服务部，英国伦敦

—  
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。在此我们声明，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。

ISSN: 1013-3119

[abb.com/abbreview](http://abb.com/abbreview)

—  
出版方

《ABB 评论》由 ABB 集团出版。

ABB Ltd.  
ABB Review  
Affolternstrasse 44  
CH-8050 Zürich  
Switzerland  
[abb.review@ch.abb.com](mailto: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。

出版方与版权 © 2021  
ABB Ltd.  
瑞士苏黎世

—  
印刷方

Vorarlberger  
Verlagsanstalt GmbH  
6850 Dornbirn/Austria



## — 下期预告 04/2021 物流

**物流是一种让商业计划接受运营结果  
考验的活动，最新的数字化技术有助于  
以更快、更有利可图且更可持续的方式  
实现这些结果。下一期《ABB 评论》将  
揭示企业如何利用数字化流程和工具，  
将考验转化为机遇。**