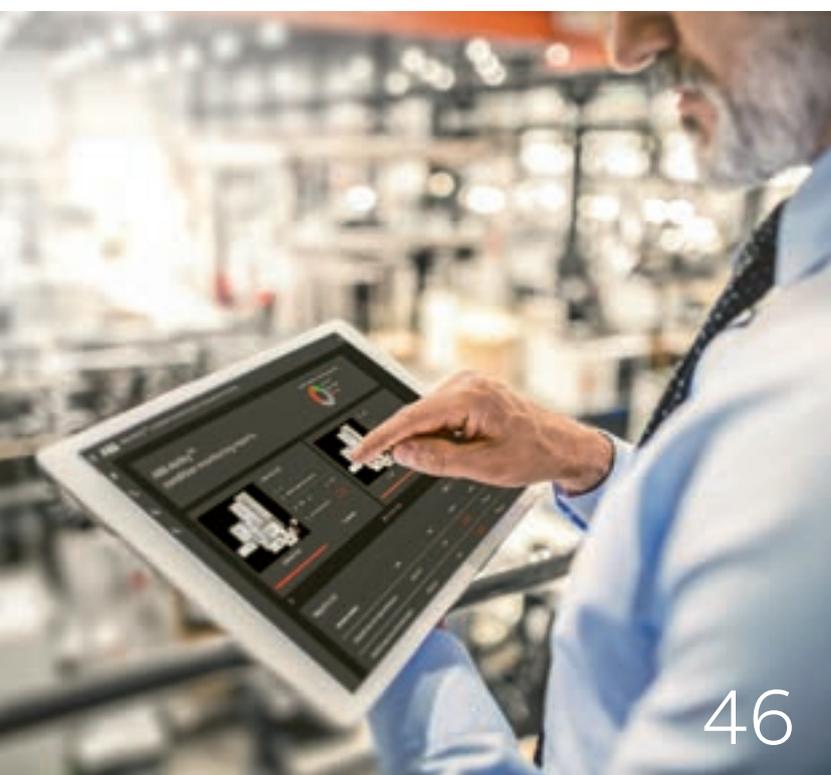


评论

02|2021 中文版

智能机器



46

- 06-37 智能机器
- 38-49 传感器和分析
- 50-81 能源行动



52



Tmax XT 数字断路器

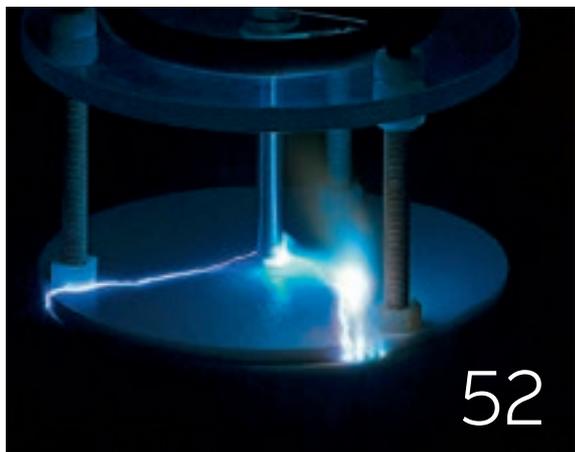
压气式负荷开关





31

黄金批次分析



52

基于计算机的介电测试

05 编者按

智能机器

- 08 数字化灯塔计划
- 14 自主异常检测
- 18 机器与机器人
- 22 可解释人工智能
- 24 一站式解决方案
- 31 黄金批次分析
- 36 人性化技术

传感器和分析

- 40 从传感器到深度洞察
- 46 气体分析仪数字化服务

能源行动

- 52 基于计算机的介电测试
- 58 EV 充电
- 62 Tmax XT 数字断路器
- 68 ReliaGear® neXT 和
ReliaGear® SB
- 72 压气式负荷开关
- 78 罗氏传感器

专业术语解释

- 82 智能材料

83 订阅

83 出版信息

— 智能机器

智能机器很像拥有智慧的人类：他们并非无所不知，但具备学习能力，能够运用洞察而不仅仅是提供答案。这些机器也并非“生来”就是智能的，但它们具备理解和适应能力。本期《ABB评论》将重点探讨当拥有智慧的人类与智能机器协同工作时，这些技术可如何改变制造业和商业。

编者按

智能机器



亲爱的读者：

在理论可能性与实践可行性之间，通常存在着差距。工程学的目的就是缩小这种差距，并将研究成果转化为切实利益，在保护自然环境的同时，为人类和工业服务。

本期《ABB 评论》将聚焦于不断发展的人工智能（AI）在工业过程中的应用。AI 不仅可改善信息的收集、连接和交换，而且为提高整个制造过程的效率、生产力和可持续性提供可能。

本期探讨的问题包括：我们是否可以和如何能够信任 AI；如何改进 AI 系统的学习方式；以及如何使用 AI 引导现有系统和设计更好的系统。
祝您开卷有益！

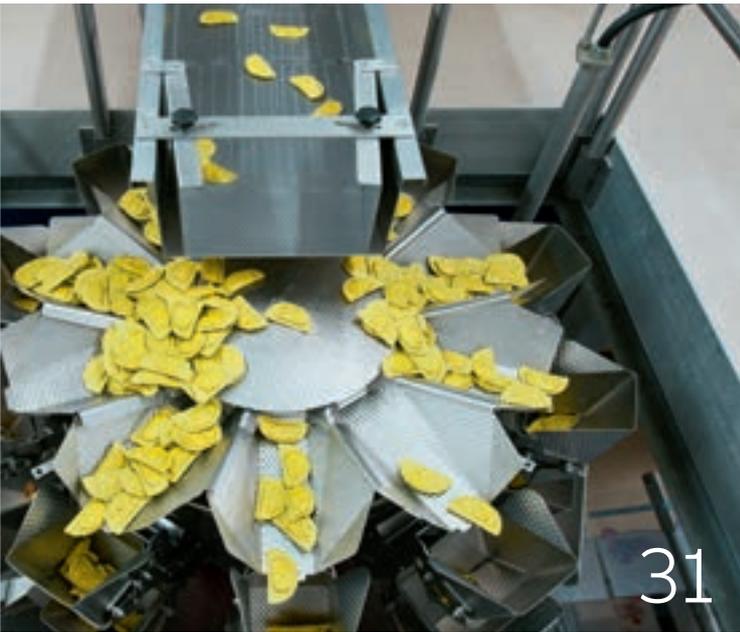
A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Björn Rosengren'. The signature is stylized and fluid.

Björn Rosengren
ABB 集团首席执行官



智能机器





智能机器之所以被称为“智能”，是因为其具有可靠性、可信性、可交互性和可学习性等特性。ABB正发挥引领作用，助力智能机器的开发，并使其能够与客户协同工作。

- 08 数字化灯塔计划：点亮转型之光
- 14 自主异常检测加速方案
- 18 当机器与机器人合二为一
- 22 机器自动化和机器人一站式解决方案
- 24 可解释人工智能：可信赖机器的关键
- 31 黄金批次分析协助保持高品质
- 36 人性化技术



智能机器

数字化灯塔计划： 点亮转型之光

2017 年，ABB 启动了“数字化灯塔计划”，在该举措中与客户一起甄选并部分资助了创新数字化解决方案的开发。此计划已使 30 种新产品实现了商业化。

01 “数字化灯塔计划”可加快创新数字化解决方案的上市。

在一个拥有 130 年历史的跨行业全球性企业中，要实行数字化创新并非易事。尽管如此，对于想要成为数字化时代领导者的组织来说，创新势在必行。创新的关键推动力之一是有能力试验新的想法，从结果中学习，然后对有前景的想法进行迭代。

2017 年，ABB 接受了推动数字化创新的挑战。为此，公司启动了“数字化灯塔计划”，与客户合作甄选创新数字化解决方案开发项目，并给予部分资助。ABB 相信，“灯塔计划”可以将好的内部想法与必要的资金、资源和客户联合创新结合起来，以大大缩短产品上市时间 → 01。



Franziska Bossart
ABB 技术风险投资部
美国加利福尼亚州门洛帕克

franziska.bossart@
us.abb.com

两年半后，在计划结束时，已与客户一起部署了 66 款最小化可行产品（MVP），并发布了 40 多份客户推荐。迄今为止，在“灯塔计划”下开发的 30 种产品已商业发售。但该计划最重要的作用是在





ABB 内部营造出数字化创新文化，这意味着，将来很少会有数字化创新未经试验和测试就上架。

数字化转型

数字化创新和转型对于 ABB 的成长及其提供高阶客户价值的的能力至关重要，同时也可确保公司产品避免承受降价竞争的

—
“灯塔计划”邀请有不错想法的人在商业框架内支持和捍卫这些想法。

压力。如果 ABB 能够将其集成数字化解决方案产品组合进行数字化并扩展，以满足公司庞大忠实客户群的需求和期望，则公司将可保持蓬勃发展的势头。

但数字化转型说易行难。

大公司的数字化转型存在困难，主要有两个原因。首先，传统组织将大部分研发预算用于产品的增量改进，这可以缓慢但

稳定地提高在明确市场中的份额。相比之下，数字化创新计划均关乎未来。为此，研发资源被投入到新产品、新兴或尚不存在的市场中→02，这使得敏捷性、上市速度和风险接受至关重要。有些项目会失败，但那些成功的项目可能会改变游戏规则。

其次，数字化创新的成功与否并非简单地以推出日期来衡量。市场营销或产品管理团队必须将数字产品视作刚刚起步的业务，通过广泛的实验加以扶持。对于表现出最大潜力的模型，应该迅速扩大。而对于那些潜力不大的模型，则应果断放弃。

ABB 点火开关

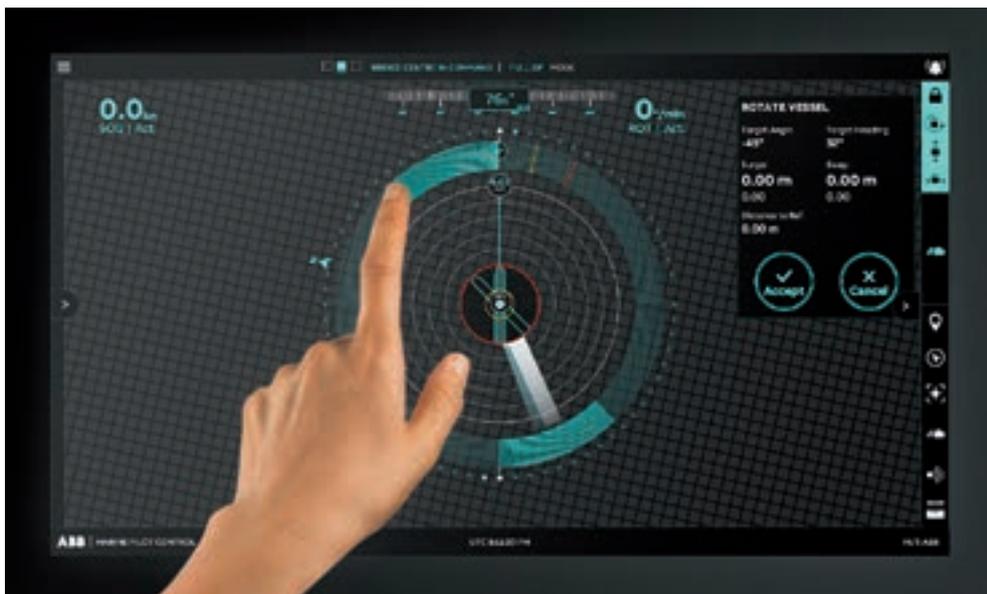
“灯塔计划”于 2017 年 4 月启动，一直持续到 2019 年底。该计划的主要目标包括：

- 加快开发和部署基于 ABB Ability™ 工业物联网（IIoT）平台的创新数字化解决方案。
- 鼓励与客户共同开发解决方案，让他们在早期就参与进来。
- 加快 ABB 采用先进数字化技术的步伐，例如人工智能（AI）、增强和虚拟现实、数字双胞胎和区块链。



— 02 许多研发支出都是用于改进明确市场中的现有产品，而数字化创新计划则均关乎未来。

— 03 智能航运概念是“灯塔计划”的成果之一。



03

计划的早期客户协作方面广受青睐。

“灯塔计划”每六个月甄选、资助和启动一批（约 12 个）数字化创新项目。甄选项目时遵循两个主要标准：

- 每个获批项目都应具有高风险和高创新性，即如果没有“灯塔计划”，这些项目就无法获得资助。
- 相关 ABB 实体应已做好提供资源的准备。

该计划为每个项目提供 50% 的资金，其余部分由提出项目的 ABB 实体支付。这种联合资助模式还带来了一项意料之外的好处，即激励提出类似项目的 ABB 实体群策群力，争取更多资金。这种方法不仅更高效，而且还意味着客户可以访问与众多 ABB 产品协同工作的应用程序。

“灯塔计划”邀请有不错想法的人在商业框架内支持和捍卫这些想法。申请人识别愿意共同开发新数字化产品的客户，解释产

品将解决哪些客户痛点，概述 阻挡成功的障碍以及该计划的支持资金将如何克服这些障碍，并重点介绍近期和长期的收入潜力。

每个数字化解决方案都应努力满足两个最终要求才能被视为成功：

- 在项目启动后的九个月内与客户一起部署 MVP。
- 在部署后的两个月内发布公开的客户推荐。

第一个目标大大缩短了 ABB 研发团队习惯的开发时间。部署一个足够好的 MVP 来取代 ABB 在技术上接近完美的常用标准这一目标成为强大的催化剂。正如一位参与者所指出的，“‘灯塔计划’引入了客户共创。以往，ABB 自己开发产品，然后提供给客户。在该计划下，ABB 和客户从一开始就合作开发可直接解决客户难题的解决方案。”

如果项目提案能够证明以下几点，则会受到加倍关注：

- 该项目为跨业务协作，可确保未来可持续的联网优势和最佳实践共享。
- 该项目与 ABB Ability™ 工业物联网（IIoT）平台集成和增强的程度。
- 该项目将如何整合和发展新兴数字技术，例如 AI、机器学习和数字双胞胎。



每个受资助项目通过“灯塔计划”团队组织的虚拟会议正式启动，以确保团队已准备

—
ABB 员工总共为计划提议了 170 个项目, 其中 73 个得到了资助。

好开始工作。早期的教训告诉我们，过早强制启动反而会导致延误、失去动力和造成挫败。实际上，在接受和启动之间有两个月的准备时间，以确保有足够的人员配备和资源协调。在许多项目中，全球团队分布在多个洲和多个时区。

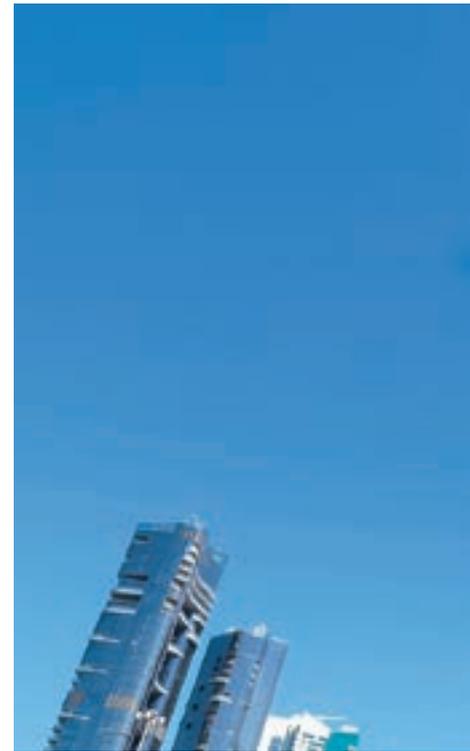
“灯塔计划”团队每两个月对每个工作团队的进度进行一次审查。该时间表允许他们在整个项目组合中交叉传播最佳实践。每两周，团队会在冲刺报告中总结成果和即将实现的目标，这些报告被汇总到广泛传播的“灯塔计划”项目组合仪表板中。

有趣的是，“灯塔计划”的早期客户协作方面成为其最受青睐的特性之一。最初，开发团队参与该计划主要是为了获得内部资助。但很快，他们在产品生命周期的早期就开始同样重视与合作，这使产品更受关注，并缩短了上市时间。

数字化灯塔计划的成果

ABB 员工总共为该计划提议了 170 个项目，其中 73 个得到了资助。项目涵盖了 ABB 的全部共 19 个业务领域，这是公司范围内一次难得的同步变革行动。

在获得资助的项目中，成功与客户联合开发和部署了 66 个 MVP，其中有 40 个发布了公开的客户推荐。超过 60% 的项目试用了新的商业模式，如认购定价。有两个项目是



04

在线 ABB Ability™ 市场上的首批产品，客户可以在此购买基于云的数字化解决方案。其中 17 个项目有多个 ABB 实体参与，19 个项目利用了新兴数字化技术。到目前为止，已有 30 个 MVP 进一步产品化，并向客户全面发售。

两个成功示例

在“灯塔计划”下设计的智能航运概念引入了两种远程智能客运渡轮解决方案，这两种解决方案使用 LiDAR、雷达、GPS 和云连接，几乎可以安装到任何船只上 → 03。软件可预测渡轮在 30 秒后将到达何处，然后将执行操作的最佳方式叠加到实际环境条件中，从而使岸上控制器能够对船只进行远程控制。该解决方案可实现一个完全自动化的“感知-分析-行为”循环，这是迈向自主操作的重要一步，在需要人工干预的情况下，工作人员可以远程待命。该项目是与客户 Suomenlinnan Liikenne Oy 共同开发的，同时得到了赫尔辛基城市运输公司（Helsinki City Transport）和芬兰交通安全局（Finnish Transport Safety Agency, TRAFI）的支持。



—
04 与客户 ULC Robotics 联合开发的 ABB Ability™ 移动式气体泄漏检测系统使用无人机检查管道是否泄漏。

一直以来，检测管道中的有害甲烷、乙烷和其他泄漏物都是一项充满挑战且成本高昂的任务，这是因为这些管道通常横越偏僻或荒凉地带。ABB Ability™ 与客户 ULC Robotics 联合开发的移动式气体泄漏检测系统使用沿管道快速飞行的无人机来检测泄漏，其灵敏度比传统方法高 1,000 倍 → 04。这不仅保护环境、基础设施和人员，同时保障管道所有者的收入。云连接允许在全球任何地方安全、快速、高效地进行数据分配。获授权用户可以实时监察无人机的飞行进度，查看泄漏报告并采取行动。

指引通往未来之路

“灯塔计划”成功吗？洛桑 IMD 创新与战略教授兼全球数字化业务转型中心主管 Michael Wade 密切关注了“灯塔计划”。他评价道：“‘灯塔计划’为 ABB 带来了一股新鲜空气，在这个行业中，需要数年才能见成效，而非数月之功，当然更不可能是几周。数字化转型是艰难的，而如今令人悲哀的现实是，这一方面的大多数努力均以失败告终。因此，ABB 在两年内部署了 66 个 MVP，更重要的是，到目前为止，其中

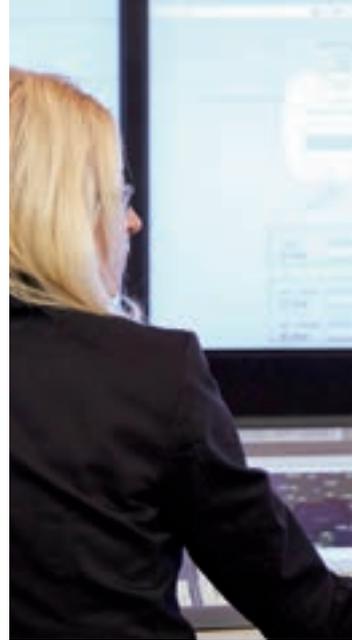
30 个产品实现了商业化，这是一项极其罕见且前景广阔的成就。”

“灯塔计划”在几个方面取得了成功：它引发了数字化转型，为与客户的早期联合创新创建了操作模板，并彰显了 ABB 致力于帮助客户实行数字化转型的承诺。

在大机构内部实现真正的协作是一项挑战。“灯塔计划”成功地鼓励了来自 ABB 不同部门的各个团队以一种强有力的新方式团结起来。目前，所有 ABB 业务部都拥有或正在创建类似于“灯塔计划”的自有举

—
“灯塔计划”成功地鼓励了来自 ABB 不同部门的各个团队以一种强有力的新方式团结起来。

措、加速器或孵化器。重要的是，ABB 管理层正积极推动这些工作，从而使变革得以随时间推移以一定规模持续。•



智能机器

自主异常检测加速方案

机器学习在识别异常方面变得越来越重要，它日渐提高了过程工业中质量控制的自主度[1,2]。但是，由于缺乏实际示例，训练此类系统以识别与正常数据之间的有用偏差通常具有挑战性。

—
Marcel Dix
Benjamin Kloepper
ABB 集团研究中心
德国拉登堡

marcel.dix@de.abb.com
benjamin.kloepper@
de.abb.com

Jean-Christophe
Blanchon
Corys
法国格勒诺布尔

Elise Thorud
ABB 能源产业部
挪威奥斯陆
elise.thorud@no.abb.
com

为了克服这一缺点，Corys 和 ABB 将两种模拟技术结合起来，创建了一个可生成数据的环境，这些数据与实际工业工厂中特定过程生成的数据非常相似。更上一层的模拟精度使可定制、有针对性和加速的异常检测能力成为可能。

工业设施需要尽可能平稳地运行。为此，需要尽早检测、识别、分析和潜在问题的迹象，例如异常振动、温度、压力和声音。异常检测是机器学习的一种重要形式，能够为工厂操作员监测工业系统的健康状况提供有效支持，从而在这方面发挥重要作用。

然而，机器学习模型通常是使用工厂历史数据进行训练的。但是，由于工业系统非常稳健，数据中往往没有足够的实际故障事件来训练可靠的模型。此外，即使确实发生过一些故障事件，但通常很难在数据中发现，因为操作员没有将其标记为故障事件，或者在发生故障时没有注意到。此外，这种状况可能会导致错误地将异常情况视为正常情况。

创建机器学习研究的基础设施

为了克服这些缺点，数据科学家正使用高保真过程模拟器，例如 Corys 的 Indiss Plus 模拟器[1]，针对特定的正常和异常设备情况（例如阀门故障）训练机器学习模型，以正确标记此类事件。

例如，Corys 和 ABB 为机器学习创建了一种基础设施，旨在探索现实环境中不同算法的潜力以及数据需求。→01 显示了 Corys 和 ABB 为机器学习研究创建的实验基础设施。该基础设施的

—
模拟系统组合生成的数据与工业工厂生成的数据非常相似。

核心是两家公司的模拟工具：Corys 的过程模拟平台 Indiss Plus 和 ABB 的控制系统模拟器 800xA Simulator[3]。单独来说，这两种工具在多个操作员培训项目中均被证明是高度准确的。如今，在组合配置中，这两种工具可以生成过程及其相关自动化系统行为的模拟，例如真实工厂的控制逻辑，包括警报和安全逻辑。



动从 800xA 模拟器接收数据的数据收集，从而使 ABB 800xA 能够成为模拟器中的模拟控制系统，并具有与工厂相同的操作员布局、

模拟数据集被用来训练异常检测模型, 以使其能够检测模拟设备故障。

在此设置中, Indiss Plus 的一大优势是, 它还打开了模拟各种工厂设备故障的大门, 如 →02。中所示的阀门泄漏。由此产生的故障数据可以克服那些缺乏足够故障案例来支持机器学习的问题。

为了创建适用于训练和验证机器学习模型的模拟数据集, 必须自动执行模拟实验。在本案例中, 开发了一种实验控制器, 如 →01。所示。该实验控制器采用一个实验计划, 描述何时执行各种操作员操作 (如更改设定值), 以及何时触发 Indiss Plus 过程模拟中的故障。其还执行批量实验, 从不同的初始过程状态启动和停止过程模拟, 并且自动执行操作员操作。它还可启

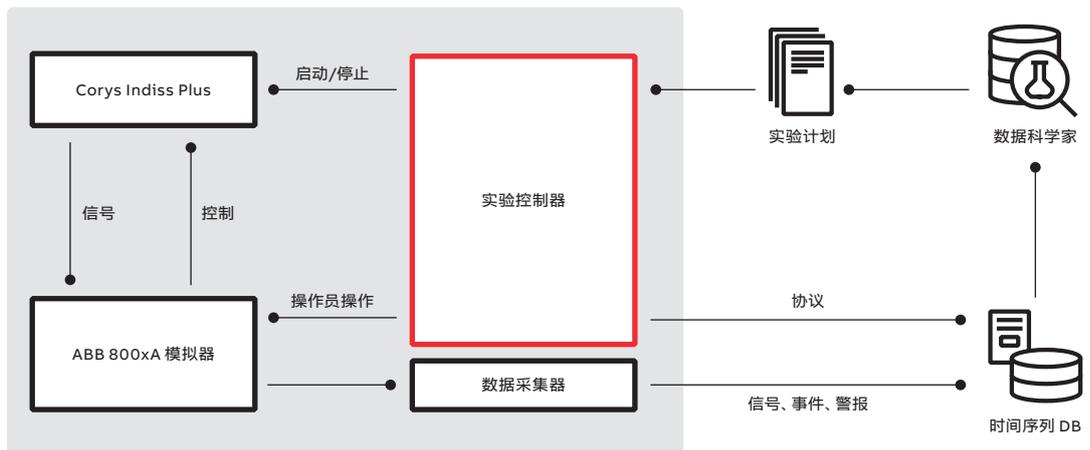
视图和控制逻辑。实验控制器所执行操作的数据和协议存储在时间序列数据库中, 可供数据科学家用于机器学习模型的训练。

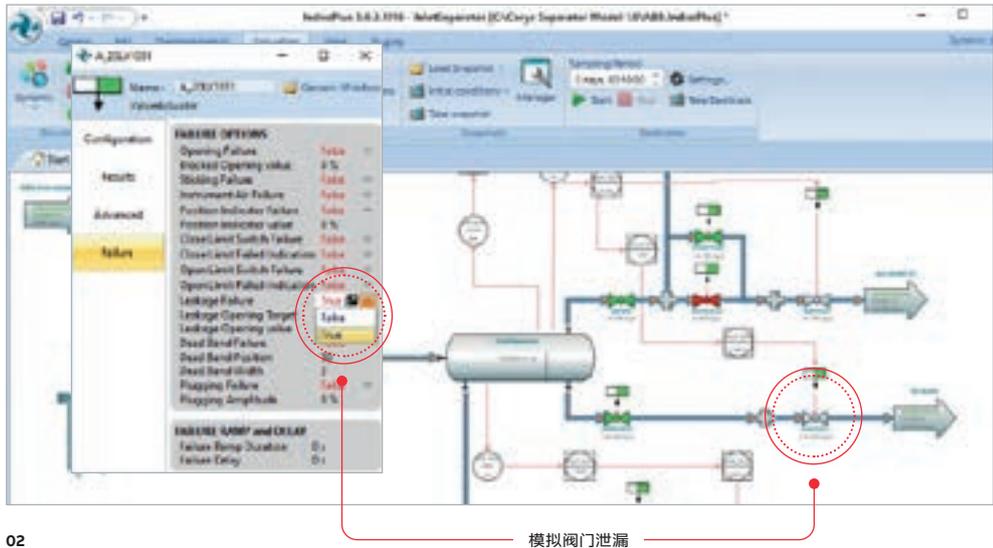
案例研究: 开发用于异常检测的机器学习模型

在本文介绍的研究中, 模拟数据集被用来训练异常检测模型, 以使其能够检测模拟设备故障。

在机器学习中, 使用所谓的自动编码器是检测信号时间序列异常的一种可行方法[4]。自动编码器由两个人工神经网络组成, 一个用于学习压缩数据 (编码器), 另一个用于学习如何重构压缩数据 (解码器)。为了进行异常检测, 重构数据所指示的误差程度被用来衡量数据的异常程度。

01 数据生成和收集基础设施。





02

模拟阀门泄漏

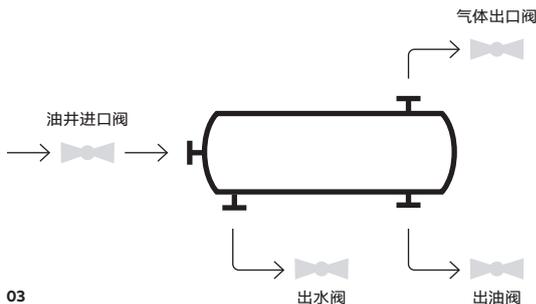
出于当前研究的目的，使用了 Corys 的高保真过程模拟 Indiss Plus。在此情况下，Corys 实施了一个三相分离器过程的高保真模拟模型，该过程通常用于石油生产。其核心组件是一个分离器容器，它将油井中的流体分离成三个输出：油、气和废水。为了使分离器正常工作，必须保持油、水和气的平衡。这由控制系统通过调整多个阀门自动执行→03。如果其中一个水平的设定值发生变化，系统将自动调整其他阀门，以保持整个分离器的平衡。

上述模拟器被用来训练自动编码器，以检测阀门物理故障，例如阀门阻塞或泄漏。操作员通常很难检测到此类故障，特别是当它们没有直接显示在 HMI 上时，例如，如果检测

这些故障的传感器丢失，就会发生这种情况。研究想法是要训练一种自动编码器，在正常运行期间（即没有故障时）从三相分离器过程中学习信号趋势。然后，使用经训练的自动编码器尝试重构各种模拟设备故障的趋势。

在当前评估中，自动编码器能够将设备故障检测为异常，因为在模型训练过程中，表示这些故障的信号趋势以前从未被自动编码器发现。这导致了相对较高的重构误差。当错误高于预定义的阈值时，自动编码器将此情况分类为

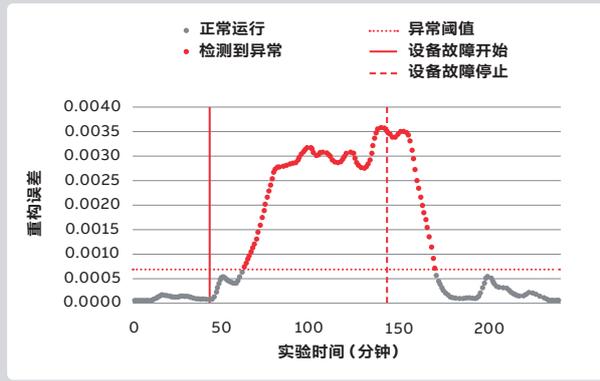
—
一种模拟器被用来训练自动编码器，以检测阀门物理故障，例如阀门阻塞或泄漏。



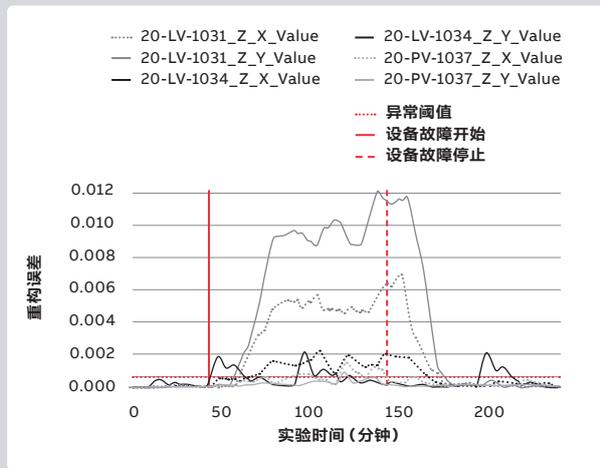
03

异常，并向用户报告。如 →04 所示，在设备发生故障时正好超过了该异常阈值；但当故障从 Indiss Plus 中移除后，自动编码器的重构误差又恢复到正常。当检测到异常时，下一步是找出其潜在的根本原因。在 →04 中，发现根本原因在于油阀。

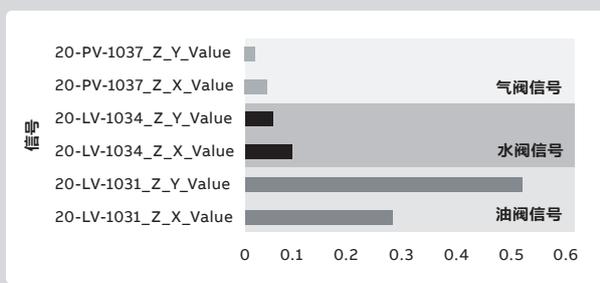
重构误差



基于信号的重构误差



不同信号对异常的总影响



找出异常的根本原因

找出异常的根本原因

迈向混合数字双胞胎

本文所述的研究概述了 ABB 和 Corys 如何携手 为可再现机器学习研究创建基础设施。Corys Indiss Plus 和 ABB 800xA 模拟器工具创建了一个生成数据的环境，这些数据与实际工业工厂生成的数据非常相似。主要区别在于，机器学习科学家可以完全控制数据的生成，并且能够以一种有效且全面的方式来测试和评估其方法。将基于第一性原理模型

混合数字双胞胎有望成为未来自主工业工厂的关键驱动因素。

的高保真模拟与机器学习相结合，可创建由不同类型模型组成的工厂数字双胞胎，根据数字双胞胎应向各工厂利益相关者（从操作员到工厂管理人员）提供的不同类型功能利用这些模型。此类混合数字双胞胎有望成为未来自主工业工厂的关键驱动因素。

本研究的下一个合理步骤是在实际客户工厂的模拟中测试本文中所述的机器学习基础设施。这将使研究机器学习模型的潜在好处成为可能，但要先使用实际应用的模拟模型对该等模型进行预训练。

04

02 使用 Indiss Plus 模拟实际工厂设备故障（图中所示为选定阀门的泄漏）
 03 三相分离器过程中的分离器容器。
 04 借助以模拟过程数据训练的自动编码器模型检测设备故障（图中所示为阀门泄漏）。

参考文献

[1] T. Gamer and A. Isaksson, "Autonomous systems," *ABB Review*, vol. 2018, no. 4, 2018.

[2] T. Gamer, M. Hoernicke, B. Klöpper, R. Bauer and A. Isaksson, "The autonomous industrial plant – future of process engineering, operations and maintenance," *Journal of Process Control*, vol. 88, pp. 101–110, 2020.

[3] Corys, "Indiss Plus – Dynamic simulation platform," Corys, 03 6 2020. [网络].来源: <https://www.corys.com/en/indiss-plusr>. [访问日期: 2021 年 4 月 20 号].

[4] M. a. Y. T. Sakurada, "Anomaly detection using autoencoders with nonlinear dimensionality reduction," in *Proceedings of the MLSDA 2014 2nd* Workshop on Machine Learning for Sensory Data Analysis, 2014.

[5] Z. S. S. X. D. B. H. ZHIQIANG GE, "Data Mining and Analytics in the Process Industry: The Role of Machine Learning," *IEEE Access*, vol. 2017, no. 5, pp. 20590–20616, 2017.

[6] L. H. C. S. Joe Qin, "Advances and opportunities in machine learning for process data analytics," *Computers and Chemical Engineering*, no. 126, pp. 465–473, 2019.

[7] R. G. A. M. K. D. P. S. S. a. G. S. I. Amihai, "An industrial case study using vibration data and machine learning to predict asset health," in *2018 20th IEEE International Conference on Business Informatics*, Wien, 2018.

[8] D. W. C. I. K.-D. T. Thorsten Wuest, "Machine learning in manufacturing: advantages, challenges, and applications," *Production & Manufacturing Research*, vol. 4, no. 1, pp. 23–45, 2016.

智能机器

当机器与机器人合二为一

B & R 是 ABB 集团的一个分部，也是工业自动化领域的全球领导者，开发了以机器为中心的机器人技术，这种解决方案使工厂车间的机器能够与相关的机器人进行实时通信。



01



Sebastian Brandstetter
B&R 工业自动化
奥地利埃格尔斯贝格

sebastian.brandstetter@br-automation.com

以机器为中心的机器人技术将使机器操作变得更加容易，因为机器与机器人共用一个用户界面。所以，ABB 将有史以来首次能够从单一来源向客户提供成套机器控制装置，包括驱动器、安全系统、HMI、视觉系统和机器人，这是其他公司无法匹敌的。

机器人在不断发展。它们越来越多地与人类协同工作，从经验中学习，变得网络化、移动化甚至自主化。这些特征的需求量很大，其原因有多种：社会老龄化、技术工人短缺，以及当地生产的个性化产品面临的压力（尽管这些产品价格合理且质量上乘）[1]。

随着工作环境因新冠肺炎相关的健康与安全考虑而改变，各制造商争相布局以满足相应要求，在此趋势下，B & R 与 ABB 其他部门合作，联合开发了一种解决方案，使工厂车间的机器能够与相关机器人进行实时通信 → 01。

即时移除

迄今为止，已实现的一个实际用例是使用 B & R 视觉摄像头检测缺陷。在此应用中，有关缺陷的数据在不到一毫秒的时间内被转换成相关 ABB 机器人的控制命令，

有关缺陷的数据在不到一毫秒的时间内被转换成 ABB 机器人的控制命令。

缺陷工件从生产线上移除，无需任何人工干预，也不影响制程速度。

该解决方案将 ABB 机器人集成到 B & R 控制系统中，其基于单一架构，将这两个之前相互独立的系统所需的信息融合在一起。这样一来，不再需要专用机器人控制器、单独控制柜和精通特定机器人语言的专业人员。



MAPP 技术

正为工业机械和设备软件的开发带来革命性变化。模块化预编程 (mapp) 软件组件与智能手机应用程序一样易于使用。机器软件开发人员无需编写一行又一行的代码就可以从头开始构建用户管理系统、警报系统或运动控制序列, 他们只需点击几下鼠标即可配置现成的 mapp, 轻松管理复杂算法。程序员可以完全专注于机器过程。

02

— 01 以机器为中心的机器人技术使工厂车间的机器人能够与相关机器人进行实时通信。

— 02 模块化预编程 (mapp) 软件组件与智能手机应用程序一样易于使用。

ABB 机器人与机器自动化解决方案的集成由 B&R 的预配置软件模块提供支持。这些模块旨在使机器制造商能够极其轻

—
ABB 机器人与机器自动化解决方案的集成由 B&R 的预配置软件模块提供支持。

松地创建机器人应用程序。例如, B&R 的 mapp → 02 机器人软件包括标准控制和调试功能, 以及前馈控制、压缩机和工作空间监控等高级功能。这允许用户在无需编写新代码的情况下实现复杂且高度动态的应用程序, 从而大大缩短开发时间。

单一来源

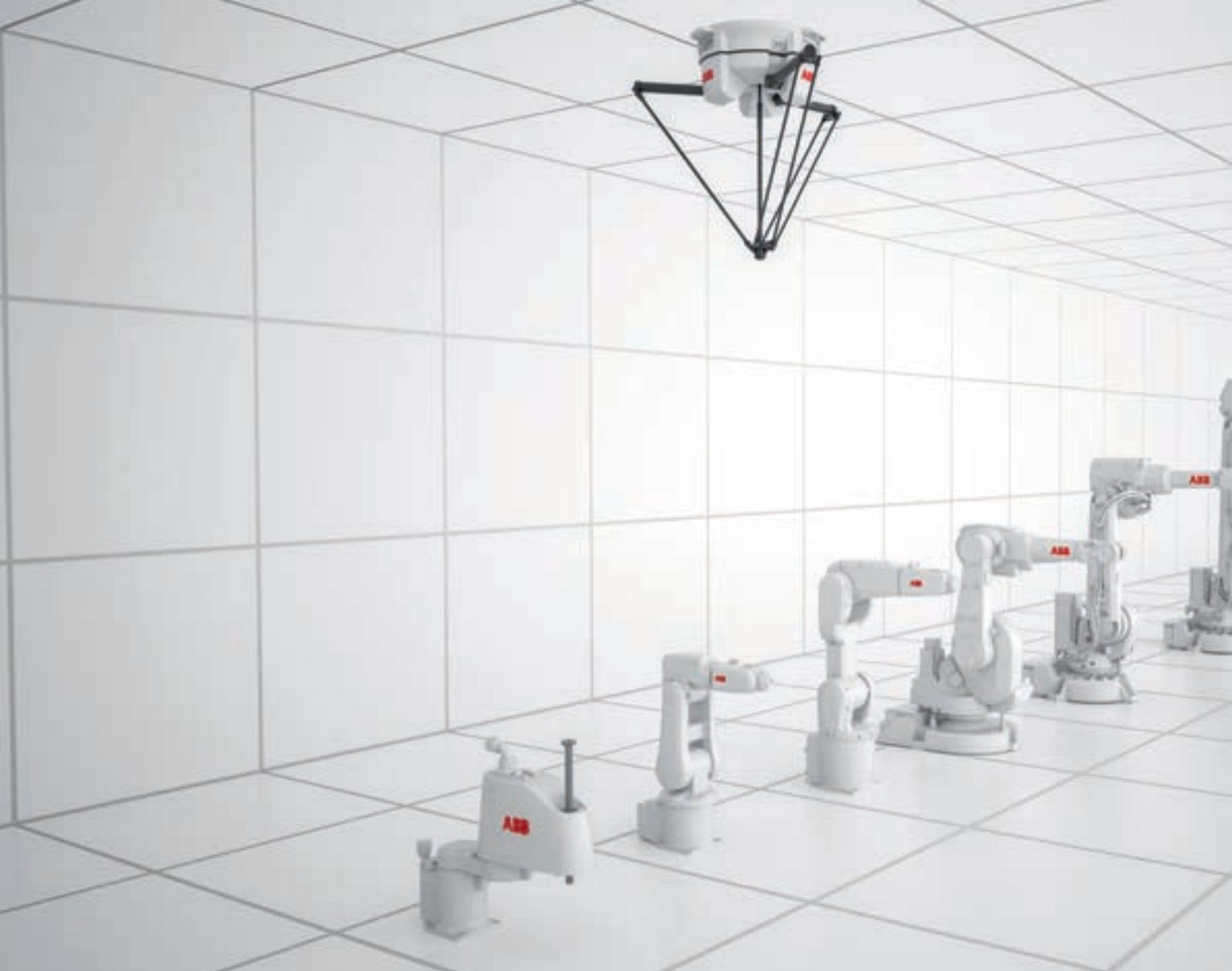
对于 B&R 的客户 (主要是大规模生产机器的客户), 这些开发正是他们所需要的。其主要原因显而易见: 通常情况下, 对机

器人进行集成和编程属于资源密集型任务, 特别是对于中小型 OEM 而言, 因为许多机器都依赖于极其快速且精确定时的过程。与外部设备实时协调这些过程即使不是不可能, 但也是一项艰巨的挑战。

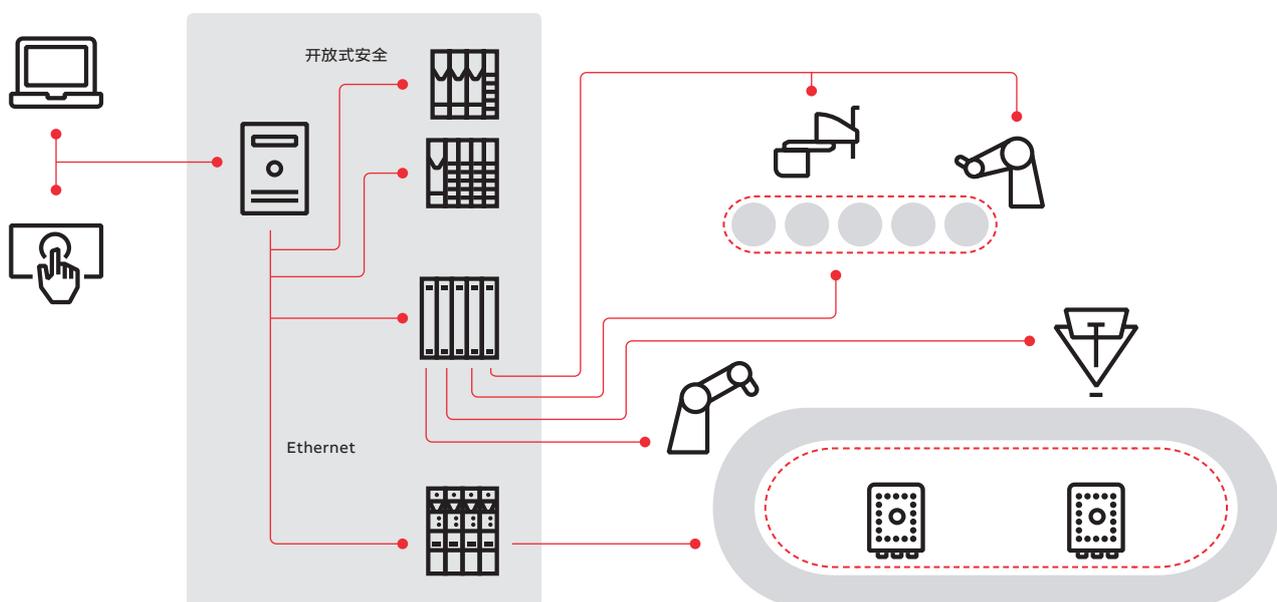
第二个原因是一般的 PLC 程序员不熟悉用于开发机器人应用程序的工具和编程语言。第三, 与更多供应商打交道会耗费时间和资源。

另外, 尽管这种新解决方案可为 OEM 提供他们寻求的单一来源来执行机器人和机器控制, 但 ABB 的经典机器人产品仍然保持不变。这意味着, 以机器人为中心的应用, 如汽车焊接, 仍将由 ABB 的其他机器人部门负责。

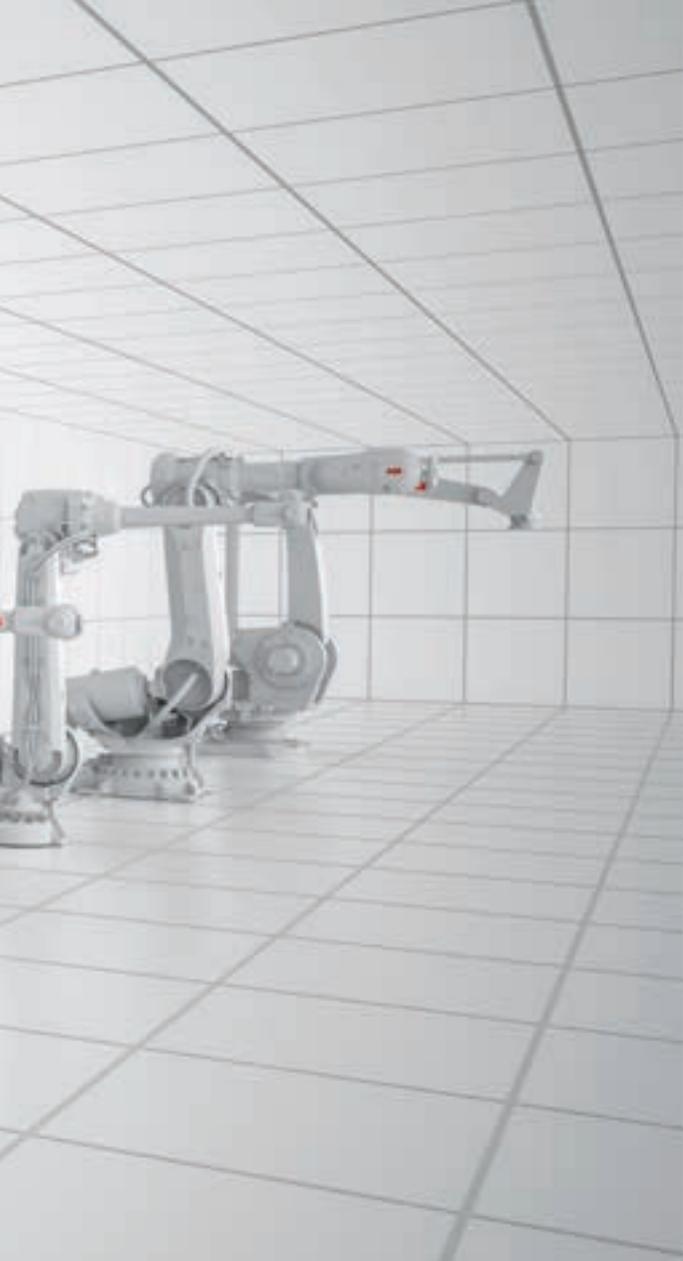
这两个领域之间的区别非常明显。如果整个过程以机器人为中心, 就像焊接一样, 那么这显然是机器人技术的应用。但若机器人只起到支持作用, 例如在全速生产的



03



04



关节臂、SCARA¹、Delta 码垛机器人，这些特征对于需要与其他部件高度同步的机器应用尤其重要，如本例所示的拾取解决

—
目前，试运行正在进行中，第一批机器人将于 2021 年年中推出。

方案。他们还将受益于直接、全面的机器人技术和机器控制系统咨询与支持服务。另一方面，对于正在寻求机器人解决方案的机器制造商而言，B&R 将成为其首选销售渠道。

简而言之，B&R 和 ABB 工程团队的任务就是优化 B&R 伺服驱动器与 ABB 机器人电机之间的通信 → 04。随着这一过程接近完成，团队将进入一个密集测试阶段。

每个机器人都将经历为期六个月的疲劳测试训练营。这一阶段旨在确保客户的机器人、控制器和驱动系统能够完美地协同工作。试运行正在进行中，第一批机器人将于 2021 年年中推出。•

情况下找出缺陷，那就是 B&R 以机器为中心的机器人技术所涵盖的范围。

机器人训练营

显然，相关客户和这些应用程序一样各不相同。以机器为中心的机器人技术面向 B&R 的传统客户：机器制造商。而以机器人为中心的解决方案则一般面向系统集成商和最终用户，简言之，即典型的 ABB 客户。综上所述，很明显，B&R 和 ABB 团队现在都能够满足各自团队客户的独特需求。

而这两个团队都将从协同工作中受益。机器制造商将能够从各种 ABB 机器人 → 03，中进行选择，包括尺寸和有效载荷不一的

—
03 B&R 客户可以从尺寸和有效载荷不一的关节臂、SCARA、Delta 码垛机器人中进行选择。

—
04 机器人被完全集成到 B&R 系统中。

参考文献

[1] T. Okuma, "Editorial," 2018. 来源: https://ifr.org/downloads/press2018/Editorial_WR_2019_Industrial_Robots.pdf

脚注

1) SCARA (选择顺应性关节型机械臂) 是一种第三维度刚性机器人。

智能机器

机器自动化和机器人 一站式解决方案

B&R 机器人专家 Sebastian Brandstetter 解释了当机器人与机器控制之间的同步达到前所未有的精度时，客户可如何从中获益。

AR Brandstetter 先生，OEM 将机器人集成到其机器中能获得什么样的附加值呢？

SB 我认为有三大优势。首先，机器人使机器变得更加灵活。其次，机器人通常是完成某些任务的最简单方法。第三，机器人可以执行那些对人工来说过于危险、繁重或单调的工作。

AR 是否仍然有很多过程需要人工干预？

SB 在过去三十年，制造业的自动化程度明显大大提升。然而，仍有许多机器和工厂需要人工完成过程中的某些步骤。以钣金折弯机为例。我们依然可以看到有些工厂通过人工将板材插入制动器，然后根据需要转动，直到完成所有折弯。这是一项要求很高的工作，而且越来越难找到合格的工人。

AR 这使机器人成为理想选择。

SB 正是这样。但不仅如此。除了插入板材，机器人还可以作为折弯过程中的附加运动控制轴，更不用说可以 24 小时运转的全自动折弯机。

—
我确实认为，投资机器人技术得到的回报比人们预期的要多，包括操作员安全。

AR 不能用传统的机器人解决方案来建造这样的机器吗？

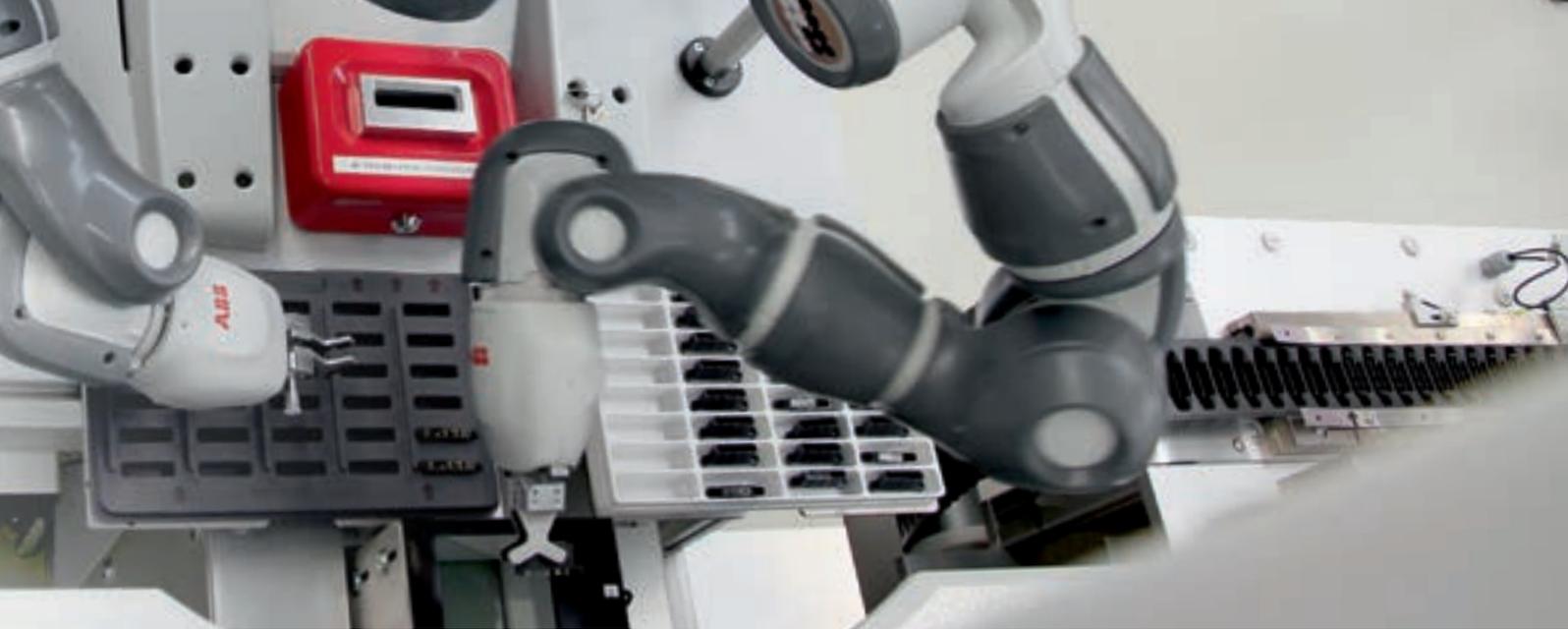
SB 这说起来有点复杂。折弯机的运动和机器人的运动紧密交织在一起。为了获得优质折弯效果，各轴需要不断地交换数据。真正能够做到这一点的唯一方法是使机器人应用程序成为机器的一个组成部分，如此一来，就只需要一个控制器和一个控制应用程序。

AR 您刚才提到机器人使机器变得更加灵活。可以解释一下这是怎么做到的吗？

SB 一台典型的生产机器专门用于制造一种特定产品，甚至是一种特定产品的一个特定型号。有时会使用复杂的机械系统来执行一些操作，比如将产品从机器的某一层移至下一层。如果产品出现任何变化，如大小、形状或重量，那么这些系统都需要调整、更换甚至完全重新设计。但机器人就无需理会这些。它只需快速重新计算路径并做好准备即可。

AR 听起来机器人似乎可以提高任何机器的生产力。





SB 我对此无法断言。但我确实认为，投资机器人技术得到的回报比人们预期的要多。这包括危及操作员安全的情况。

AR 为什么这么说呢？

SB 以灌装线为例，在运转期间有很多快速移动的部件。任何有缺陷或倾倒的瓶子都需要快速从生产线上移除。如果通过人工移除，则必须将生产线放慢到安全速度，这样才能打开安全门。但如果让机器人来执行，机器就可以继续不间断地以全速运行。

—

机器制造商可以为其客户提供一种新型机器：一种能够自动适应新产品的机器。

AR 如果添加机器人，机器是否需要更多空间？

SB 事实上，恰恰相反。集成机器人可以执行本来需要大型复杂机械系统执行的操作，实际上减少了机器的占地面积。此外，机器人可以卧式或倒置安装，从而节省空间。而对于将机器人技术与智能轨道系统相结合的机器制造商来说，进行优化的潜力更大。



**Sebastian
Brandstetter**

B&R 集成机器人产品经理
奥地利埃格尔斯贝格

AR 您能举例说明吗？

SB 轨道系统上的穿梭车均可独立控制，并以微秒级精度与机器人的运动同步。处理步骤可以在穿梭车运动期间执行，并且可以适应不同的产品，无需对硬件进行任何更改。机器占用空间更少，但产量更高。

AR 这对机器制造商意味着什么？

SB 他们可以为其客户提供一种全新的机器：这种机器能够自动适应新产品，甚至是在机器建造之初尚不存在的產品。他们可以滿足消費者最迫切的一个期望：以批量生产的价格提供个性化的产品。•

智能机器

可解释人工智能： 可信赖机器的关键

我们怎样才能学会信任机器？其关键在于推进可解释人工智能（XAI）的发展。ABB 回顾了 Leviathan 旗下公司进行的开创性研究，并探讨了这一业务关键领域的最新研究。



Jinendra Gugaliya
ABB 集团研究中心
过程自动化事业部
印度班加罗尔

jinendra.gugaliya@
in.abb.com



K. Eric Harper
ABB 前员工

人工智能（AI）模型已渗透到我们的日常生活中，但我们往往意识不到。例如，Netflix 使用推荐引擎向用户推荐电影。这一看似简单的过程运用机器学习（ML）来帮助相关算法根据用户活动自动作出数百万个决定[1]。Facebook 使用其专利技术“计算机视觉接触检测系统”来识别物体，它可以对用户账户上的标志和品牌图像进行分类，以便广告商在赞助的故事帖子中向用户定向投放广告[2]。除了娱乐和广告外，大数据技术和 ML 也正渗透到任务关键型应

—
即使是数据科学家也难以解释 AI 模型，因此妨碍其接受。

用中，例如疾病检测和诊断、贷款申请决策和自动驾驶汽车。这些应用可能会对我们的生活产生至关重要的影响。观看哪部电影可能无关痛痒，但抵押贷款是否发放却与我们密切相关。问题的症结在于：即使是数据科学家也难以解释这些 AI 模型，

因此妨碍其接受。如果不能解释这些模型或不具有“可解释性”，这些模型很可能不会被接受或使用。此外，《通用数据保护条例》（GDPR）要求数据处理须更加透明，且 AI 流程须更加清晰，因此模型解释至关重要[3]。

无论涉及人还是机器，决策原理都可以促进对模型背后动机的理解，并产生紧迫感；这将增加最终建议被接受和实施的可能性。没有这种理解，就不可能信任我们所制造的机器。因此，ABB 研究人员深入探究了可解释 AI 的历史，以阐明既往经验教训可如何促进未来 AI 的扩展。





早期工业 AI 的原理

这一研究领域目前非常活跃，它始于对诊断应具备可辩证性的要求。20 世纪 80 年代，Westinghouse 与卡内基梅隆大学共同发明了首个以操作为中心的知识型决策支持系统，并将其商业化[4]。本文中提到的成就的贡献者之一 Eric Harper 直接参与了 GenAID、Turbin AID 和 ChemAID（人工智能诊断）项目，并基于一项关键专利促进了知识产权和软件技术升级，该专利的重点是一个操作系统[5]，可提供证据和最佳实践来处理异常情况。Westinghouse 的后续专利描述了一种方法和系统，可通过充分练习知识库确认预期结果来自己知的异常数据输入[6]。Harper 创建了

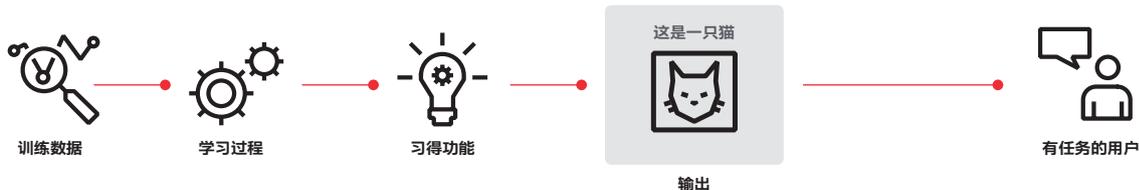
—
ABB 研究人员深入探究了可解释 AI 的历史，以阐明既往经验教训可如何促进未来 AI 的扩展。

用于探索知识和跟踪支持的工具和技术，以证明基于诊断的具体行动是合理的。这一关键知识产权现已公开，而这些发现至今仍具有现实意义[7]。

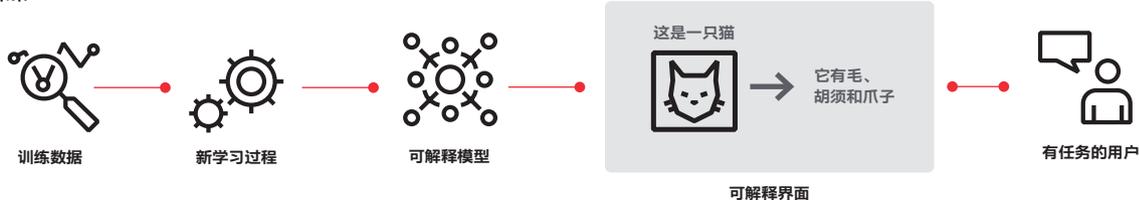
AI 结果解释方面的创新

最近，一家著名的软件咨询公司采纳了基于知识表示生成模型的想法。其在一项美国专利

现在



未来



01

申请中提出，通过将 k 均值聚类、主成分分析、正向或反向链接以及模糊逻辑相结合，可解决在解释 AI 结果方面实际面临的一般问题[8]。利用其他方法，管理信用风险的信用评级机构可使用不同输入来充分运行模型，有效地向客户展示各种输入如何导致不同输出，从而帮助客户理解所做出的信用决策[9]。在一项美国专利申请中，英特尔提出了一种技术，该技术可识别在机器学习训练阶段观察到的结果与在操作过程中获得的结果之间的差异[10]。在英特尔的另一项专利申请中，描述了神经网络对可解释 AI 的影响：这一过程可全面跟踪较低与较高神经网络层之间的依赖关系和支持力度，并以一种看似令人惊讶的方式追溯到其输入特征，如同前向链接专家系统一样[11]。谷歌将这些想法与其工具和框架相结合[12]；IBM 也建立了一个类似平台[13]。

可解释 AI 的趋势

在 XAI 中，这种重新兴起的研究重点可根据透明度分为不同的类别：从全黑盒（低透明度）到白盒（高透明度）特征分级[14]：

- 不透明系统
- 可理解系统
- 可解释系统

尽管这为 XAI 模型设计和开发带来诸多好处，但会大幅增加成本。因此，需要在可

解释性和准确性之间进行权衡。这种平衡和透明度将取决于业务需求，以及相关应用的实际采用方式。

ML 模型决策背后的逻辑复杂且不明显。在未经治理的情况下，信任由此作出的关键决策是有问题的。这种担忧从一开始就令人却步：神经网络在 20 世纪 80 年代已经可供用于机器诊断，但并没有付诸实施。因此，在特定领域中提供 XAI 变得越来越重要。这样，就可以对 XAI 模型进行形式验证，而这种能力对于医疗应用尤为重要，因为医疗建议关乎生死。

—
XAI 开发将取决于业务需求，以及模型的实际采用方式。

在 ML 模型可以被轻易接受之前，还需要解决另一挑战：如果训练数据无法覆盖整个解决方案空间，会出现偏差[15]。如果在各种条件下进行测试来衡量解决方案的优缺点，就有可能发现这种偏差缺陷。

尽管如此，XAI 模型仍能带来令人赞叹不已的新洞察。如今的 ML 系统通过数百万个例子加以训练，因此可以识别出人类难以发现的数据模式。Westinghouse 的早

— 01 示意图说明了在现在和将来如何使用可解释 AI 打开“黑盒”。此模型由 FICO 开发[9]。

— 02 显示了对决策的实际支持, 根据 Bellows 等人的文章[23]重新绘制。决策依赖于计算置信度 (CF)、严重程度 (SEV) 和重要性 (IMP)。

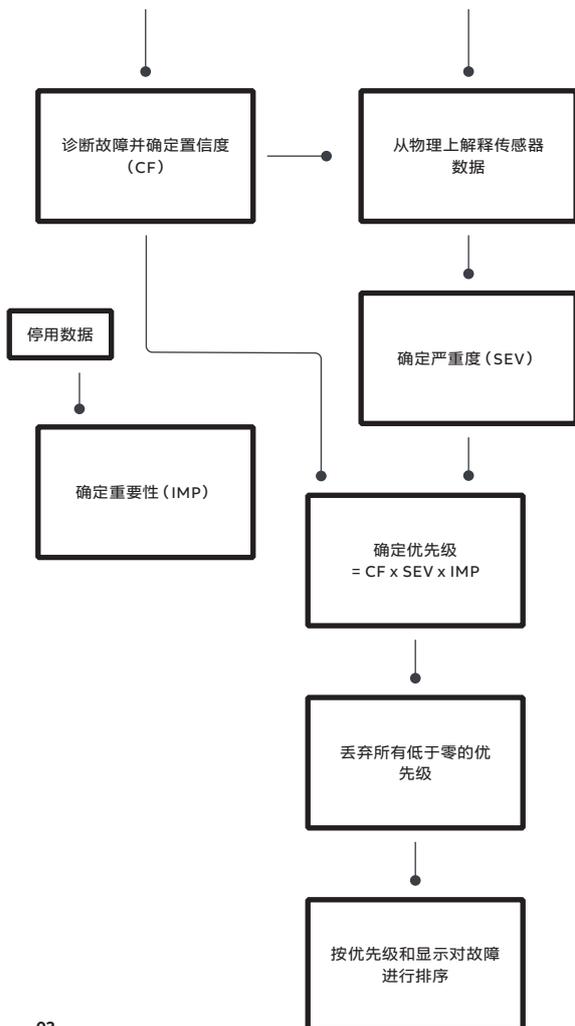
— 脚注

1) Go 是一款双人抽象策略棋盘游戏。

期梦想是, 希望工程师们有朝一日可将从 GenAID 等模型收集的数据导出、应用数据科学方法以及探索新创新, 这一梦想已基本实现。使用 XAI 系统促进了新洞察的出现: 人们可以从机器学习中提取提炼出的知识来获得新的感知, 例如围棋游戏 Go¹ 的新策略是用 ML 开发的, 而现在人类玩家也在使用。

尽管如此, 不透明的决策支持对企业并没有吸引力。显然, 银行必须说明拒绝信贷申请的原因。而且, AI 模型必须符合法律要求, 为所生成的决定提供证据。

这些问题的普遍化导致欧盟调整了实施“解释权”的新规定, 从而使用户有权要求获得相关算法决策的原理。人们希望, XAI 能够在训练和运行模式中提供 ML 模型所需的信心、信任、公平和安全, 以赢得业务机会[16]。



ML 系统通过数百万个例子加以训练, 因此可以识别出人类难以发现的数据模式。

解释 AI 模型: 现状

目前, 有两种方法被用于提高 AI 模型的可解释性。第一, 鉴于解释目标从本质上选择模型结构。第二, 对复杂的 AI 模型进行逆向工程, 使其可理解。然而, 用易于理解的原理设计模型会影响准确性, 反之亦然, 例如: 复杂的深度神经网络 (DNN) 尽管准确, 但缺乏可解释性。诸如线性回归或基于决策树的模型等算法更易于解释, 但准确度较低。在 AI 模型的准确性与可解释性之间取得平衡是当前的研究热点[17]。

在有关 XAI 的另一研究领域中, 探讨了局部与全局可解释性之间的差异[18] → 03。局部视角基于敏感性分析 (SA) 原则确定模型输出如何随输入或调参扰动而变化。虽然不产生函数值本身的解释, 但 SA 可确定解释模型结果的因素和配置。全局视角则使用两种技术。逐层相关性传播 (LRP) 可反向重新分配预测函数, 从神经网络的输出层开始, 然后反向传播到输入层。LRP 通过分解来解释分类器的决策, 可以用热图来表示[19]。而数据驱动型入侵检测系统 (IDS) 是一种对抗性方法, 用于查找所需的 (输入特征的) 最小修正, 以正确分类一组指定的错误分类样本。修正量可将解释错误分类原因的最相关特征可视化。研究人员曾将 LRP 和 IDS 组合用于参与由深度强化学习 (DRL) 驱动的 Atari 游戏[20]。

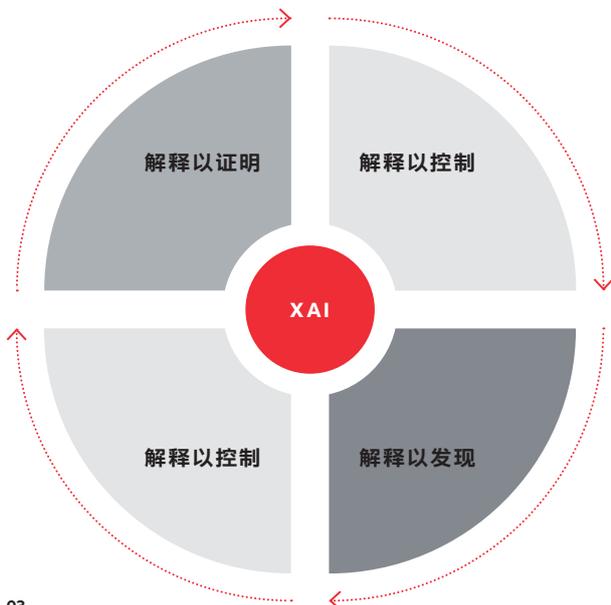
XAI 领域的研究已经扩展到可以进行数据集比较。在设计一种可以对各种数据集[21]进行数值比较的系统时, 同时使用语言原型摘要和模糊规则, 并使用自然语言解释差异。所谓的人机协同是 XAI 研究中的一个关键因素, 其中可用性是模型设计和使

用的重要考虑因素之一。因此，ML 模型应该允许用户基于迭代学习以交互方式调整模型[22]。

—
ABB 整合 AI 先进技术来改善预测性维护、优化和性能，从而为客户创造价值。

实用的决策支持方法

工程学告诉我们，任何复杂的问题都可以通过以下步骤解决：将工作分解成多个部分，分别进行构建和验证，然后再重新组合到一起，如此形成一套完整的解决方案。20 世纪 80 年代，一种用于解释性决策支持和资产管理的 Westinghouse 系统发明了一些技术[23]，可先后通过验证测量值和将当前条件融合到系统诊断和建议中来确定工厂设备维修的优先顺序。一家大型电气



设备制造商持续使用该系统对发电厂和涡轮发电机进行现场监控，并在其电力诊断中心运行该服务[24]。基本上，潜在问题可以根据以下三个维度进行排序：

- CF——诊断置信度
- SEV——失效倒计时
- IMP——故障和修复最严重损坏产生的成本

这些维度是针对导致故障或停运的每个设备传感器、部件和系统计算的：使用这一组合来确定针对每种可能故障的行动优先级。排序原理是可向客户解释的：通过部件和传感器读数来追溯三大维度和诊断细节。如此，客户便可以直接接受排序，而无需深入了解细节。

与 ABB 的相关性

在 20 世纪 80 年代，由于计算能力非常弱，因此对自动化服务解决方案进行了调整，以利用有限的资源提取出最佳性能。如今，即使对于部件的最细小颗粒，这些最初解释特征中的每一个都可以计算出来，然后根据它们之间的关系和依赖性进行组装。ABB 擅长利用从早期工作中积累的知识 and 流程建立其自动化服务解决方案。如今，ABB 依赖大量状态监测解



05

—
 03 可解释 AI 让用户能够理解并接受决策。发现、控制和证明的能力都是相互关联的。

—
 04 在 ABB, AI 具有巨大潜力, 因此被用于众多工业领域。例如, 在工厂的工业分析过程中, 工程师可以标记感兴趣的模式, 然后用来训练基于 RNN 的分类器。

—
 05 通过在 ABB 传感器诊断中设计可解释 AI, 使工厂操作和管理人员能够理解并接受需要执行的工作。

—
 06 客户得益于可解释 AI, 无需理解用于决策的所有计算。



06

决方案，无论何时，只要有问题的设备产生麻烦，这些解决方案就会指示置信度 →04-06。ABB Ability™ 高级数字化服务解决方案包含解决失效前时间这一关键问题的功能。因为拥有优秀的工程师和

通过在应用程序中设计 XAI, ABB 在市场上脱颖而出: 这可以促进信任 – 其重要性更胜以往。

信息科学家，所以 ABB 能够为计算如下重要维度制定数据科学解决方案: CF、SEV 和 IMP (如适用)。对故障后维修总成本

的深刻理解使 ABB 能够根据数据对问题进行诊断; 这催生了诸如 ABB Ability™ 等新服务。

作为工业自动化领域的先行者，ABB 通过整合 AI 先进技术 来改善预测性维护、优化和性能，从而为客户创造价值。尽管如此，工厂操作员和管理人员在实施成本可能高昂的行动之前，必须了解由运营和服务应用程序推荐的 AI 模型所生成决策背后的理由和原理 →05。通过在应用程序中设计可解释 AI，ABB 在市场上脱颖而出: 这可以促进信任 – 其重要性更胜以往。当模型可解释时，专家和最终用户便可以确信结果是无偏见、安全、合法、道德且适当的。 •

参考文献

[1] Code Academy, "Netflix Recommendation Engine", 来源: <https://www.codecademy.com/> [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[2] A. Razaq, "Facebook's New Image Recognition Algorithm Can Scan your Picture for Advertising Opportunities" in *B2C Business to Community*, May 19, 2019, Available: <https://www.business-2community.com/> [访问日期: 2020 年 5 月 5 日]

[3] A. Woodie, "Opening up Black Boxes with Explainable AI" in *Datanami*, May 30, 2018, 来源: <https://www.datanami.com/> [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[4] E.D. Thompson, et al., "Process Diagnosis System (PDS) – A 30 Year History" in *Proc. 27th Conf. on Innovative Applications of AI*, Jan. 2015, 来源: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2888116.2888260>. [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[5] Thompson, et al., "Methods and apparatus for system fault diagnosis and control", US Patent no. 4,649,515, March 10, 1987.

[6] K.E. Harper, et al., "Expert system tester", US Patent no. 5,164,912, November 17, 1992.

[7] Y. Lizar, et al., "Implementation of Computer Damage Diagnosis by Expert System Based Using Forward Chaining and Certainty Factor Methods" in *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol. 8 issue 6, June 2019, pp. 141–144. 来源: <http://www.ijstr.org/> [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[8] L. Chung-Sheng, et al., "Explainable Artificial Intelligence", US Patent Application no. 20190244122, August 8, 2019.

[9] FICO, "How to Make Artificial Intelligence Explainable: A new Analytic Workbench", in *FICO/blog*, Sept. 13, 2018, 来源: <https://www.fico.com/blogs/>.

[10] J. Glen, et al., "Misuse Index for Explainable Artificial Intelligence in Computing Environments", US Patent Application no. 20190197357, June 27, 2019.

[11] K. Doshi, "Mapping and Quantification of Influence of Neural Network Features for Explainable Artificial Intelligence" US Patent Application no. 20190164057, May 30, 2019.

[12] GoogleCloud, "Understand AI Output and Build Trust", 来源: Google Cloud: <https://cloud.google.com/> [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[13] A. Mojsilovic, "Introducing AI Explainability 360", August 8, 2019, 来源: IBM Research Blogs: <https://www.ibm.com/blogs/>. [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[14] D. Doran, et al., "What does explainable AI really mean? A new Conceptualization of Perspectives", in *AriXiv*, October 2, 2017, 来源: <https://arxiv.org/abs/1710.00794>. [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[15] N. Mehrabi, et al., "A Survey on Bias and Fairness in Machine Learning" pre-print based on work supported by DARPA, in *arXiv*, September 17, 2019, 来源: <https://arxiv.org/abs/1908.09635>. [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[16] M. Miron, "Interpretability in AI and its relation to fairness, transparency, reliability and trust" in *European Commission WITH HUMAINT*, September 4, 2018, 来源: <https://ec.europa.eu/jrc/communities/en/community/humaint>. [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[17] W.J. Murdoch, et al., "Definitions, methods, and applications in interpretable machine learning", in *Proc. of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 116, issue 44, 22071 October 29, 2019, 来源: <https://www.pnas.org/> [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[18] A. Adadi and M. Berrada, "Peeking Inside the Black-Box: A Survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI)" in *IEEE Access*, September 17, 2018, 来源: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8466590>. [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[19] W. Samek, et al., "Evaluating the Visualization of What a Deep Neural Network Has Learned" in *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, Nov. 2017. [Abstract]. 来源: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7552539>. [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[20] H. Jo, and K. Kim, "Visualization of Deep Reinforcement Learning using Grad-CAM: How AI Plays Atari Games?" in *IEEE Conf. on Games*, August 23, 2019, 来源: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8847950>

[21] A. Jain, et al., "Explainable AI for Dataset Comparison" in *IEEE Int. Conf. on Fuzzy Systems*, June 26, 2019, 来源: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8858911>. [访问日期: 2020 年 5 月 5 日].

[22] A. Kirsch, "Explain to whom? Putting the User in the Center of Explainable AI" in *Proc. 1st Int. Workshop on Comprehensibility and Explanation in AI and ML*, October 21, 2018, 来源: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01845135/> [访问日期: May 5, 2020].

[23] Bellows, et al., "Automated system to prioritize repair of plant equipment", US Patent no. 5,132,920, July 21, 1992.

[24] I. Becerra-Fernandez and R. Sabherwa, "Knowledge Application Systems: Systems that Utilize Knowledge" in *Knowledge Management: Systems and Processes*, 2nd ed. New York: Routledge, 2015, pp. 3–105.



智能机器

黄金批次分析协助保持高品质

批处理虽然敏捷，但也是复杂、动态和非线性的。ABB Ability™ BatchInsight 可快速检测此类过程中不断变化的异常点，并隔离相关过程变量，以使操作员能够减少不合格品、降低能耗和提高生产率。

—
01 可以利用大数据来提高过程工业的生产率和能效。

—
Martin Hollender
Benedikt Schmidt
ABB 集团研究中心
德国拉登堡

martin.hollender@de.abb.com
benedikt.schmidt@de.abb.com

Chaojun Xu
ABB 能源产业部
工业自动化
德国曼海姆

Chaojun.xu@de.abb.com

Moncef Chioua
蒙特利尔综合理工学院
化学工程系
加拿大蒙特利尔

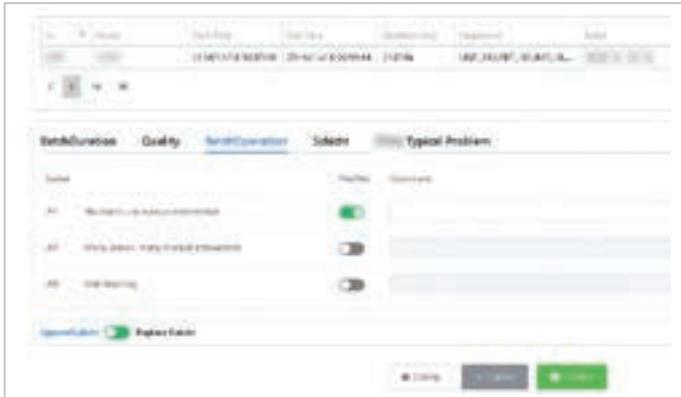
诸如 Hadoop 或 Spark 等大数据处理架构为分析和利用过程设备生成的历史数据提供了新的可能性[1,2]。预测性维护、操作支持、用于监控的软测量以及控制和企业资源计划（ERP）层的集成只是此类技术在过程工业领域中的一些预期应用。

批处理行业是一个特别适合利用大数据进行重大改进的领域 →01。因此，ABB 在一位试点客户处与经验丰富的最终用户合作开发了 ABB Ability™ BatchInsight，这是一种操作员支持系统，能够实时检测和排除批次中的异常。该在线系统可以帮助操作员平稳无故障地运行设备，及早发现新出现的过程问题，并在批处理运行期间采取纠正措施。

所采用的方法运用历史数据来学习标称条件下批处理的预期行为，然后建立一个“黄金批次”统计模型，作为当前在生产批次的参考。一旦偏离此黄金批次模型，便会向操作员发出警告。

应用场景批次分析

在两年多的时间里，从试验工厂获得了 300 多个批次运行数据，用于生成反映所有可能良好批次行为的黄金批次统计模型 →02。



02

This screenshot shows a table of batch data with columns for 'Batch ID', 'Start Time', 'End Time', 'Timezone', and 'Deviation Percentage'. Red arrows point to specific rows with labels: 'Good batch for modeling', 'Good batch for verification', and 'Bad batch for verification'. The table lists several batches with their respective deviation percentages.

Batch ID	Start Time	End Time	Timezone	Deviation Percentage
0001	2019/01/01 00:00:00	2019/01/01 00:00:00	UTC+8	+12.47%
0002	2019/01/01 00:00:00	2019/01/01 00:00:00	UTC+8	0.00%
0003	2019/01/01 00:00:00	2019/01/01 00:00:00	UTC+8	0.00%
0004	2019/01/01 00:00:00	2019/01/01 00:00:00	UTC+8	0.00%
0005	2019/01/01 00:00:00	2019/01/01 00:00:00	UTC+8	0.00%
0006	2019/01/01 00:00:00	2019/01/01 00:00:00	UTC+8	0.00%
0007	2019/01/01 00:00:00	2019/01/01 00:00:00	UTC+8	0.00%
0008	2019/01/01 00:00:00	2019/01/01 00:00:00	UTC+8	0.00%
0009	2019/01/01 00:00:00	2019/01/01 00:00:00	UTC+8	0.00%
0010	2019/01/01 00:00:00	2019/01/01 00:00:00	UTC+8	0.00%

03



随时间变化的偏差 (深绿色: 所有变量; 浅绿色: 选定变量)。

04

每个变量的贡献度。

一个选定变量随时间变化的贡献度: 当前研究批次 (蓝色) 与参考批次 (灰色) 对比。

—
02 ABB Ability™
BatchInsight 批次标签
对话框。

—
03 ABB Ability™
BatchInsight 模型编
辑器。

—
04 对每个变量随时间变
化偏差的贡献度。

第一步，这些批次被贴上“合格”或“不良”的标签，此操作往往不像最初看起来那么简单。例如，某一批次可能已开始偏离正确方向，但随后操作员介入并确保了该批次顺利生产，即适时生产且质量良好。从工厂的角度来看，这是一个合格批次，但从机器学习的角度来看，这是一个不良批次，因为如果没有操作员的干预，生产就会出现质量问题。使事情复杂化的是，操作员也可能会出于与潜在意外行为无关

ABB Ability™ BatchInsight 包含一个如 ISA88 中所定义 的详细批处理模型。

的原因进行干预。在生产过程中，操作员通常对情况了如指掌，但过后，有时会不太清楚趋势曲线的走向为何如此；重要的操作环境可能丢失。现代大数据分析工具依赖于此类环境信息。关键是要开发一种系统来记录这些信息，并培训和激励操作员正确使用该系统。

→02 显示了 ABB Ability™ BatchInsight 批次标签对话框的示例。它可以通过添加标签组轻松扩展。在本示例中，显示了四组：BatchDuration（批次持续时间）、Quality（质量）、BatchOperation（批次操作）和 Shift（班次）以及各个标签。当前选定的标签组标记为蓝色，其包含的标签如下所示。可以从相关批次的所有位置打开批次标签对话框。还可以通过脚本自动分配标签。随后，当分析人员需要确定使用哪个批次来构建模型时，这些标签可提供关键帮助。

可以使用模型编辑器为黄金批次模型选择适当的历史批次运行 →03。另外，还可以使用已知的合格批次和

不良批次进行验证，以确保模型具有足够的质量水平。

批次对齐

ABB Ability™ BatchInsight 包含一个如 ISA88（有关批处理控制的标准）中所定义的详细批处理模型。该模型包括每个批处理操作和阶段的开始及结束时间戳。批次持续时间因批次而异。动态时间规整（DTW）是一种时间对齐技术，用于拉伸或压缩数据集，使其具有可比性，且不会丢失或更改数据的动态特性。

或者，可以使用批次之间的相似度计算来生成可与参考值比较的相似度指数。这种方法可以实现更精细有效的分析：由于一个批次组（或“批次群”）可能表现出同类型的异常，因此只需要对这些批次中的一部分进行诊断。理想情况下，可将此类批次群分为合格批次和不良批次。

降维

虽然聚类可以分离出与参考（标称/正常）批次相似的批次，但要对不良批次进行诊断，则需要更多详细信息。因此，采用多线性主成分分析（MPCA）[3]来分析造成不良批次的原因。这种方法侧重于从统计学上解释所检测到的批次可变性的过程变量。该技术的在线实施可以及早检测到运行中批次的异常演化。

批次质量评估

分批操作的关键目标之一是要确保产品达到目标质量。目前的工业实践是在批次演化过程中抽取样品，并将其送至实验室进行分析。过程操作员会根据分析结果相应调整批处理变量和批处理持续时间。

偏最小二乘 (PLS) 回归是一种线性降维方法, 允许对高度相关的大型多变量数据集进行统计分析。批处理质量监控依赖于 PLS 的一种变体——多向偏最小二乘 (MPLS)。

MPLS 模型是一种将批次质量与批处理变量相关联的回归模型, 因此作为推理 (软) 传感器, 它能够解决过程工业中的一个关键问题: 缺乏可靠的在线质量测量。此外, MPLS 能够在实验室得出质量测量数据前数小时预测到这些数据。在某些情况下, 这可以缩短等待时间并提高资产利用率。

诊断详细情况

一旦 ABB Ability™ BatchInsight 检测到与黄金批次模型的重大偏差, 操作员显示屏就会显示差异 →04。与单变量分析相比, 多变量分析技术能够将变量之间的相关性考虑在内。

ABB Ability™ BatchInsight 允许动态校正偏离轨迹的批次。

为专家提供支持

批处理可能很复杂, 即使对于领域专家而言亦如此: 必须做出合格/不良批次决策, 确认统计上相关的过程变量, 最后还需要进行微调。因此, ABB Ability™ BatchInsight 的分析技术来研究核心问题 →05。



05

在线批次监测

ABB Ability™ BatchInsight 的在线对齐算法允许对偏离轨迹的批次进行动态校正, 并且可以显示之前黄金批次派生走廊内的关键过程变量 →06。此外, 通过多变量分析计算出的统计关键绩效指标可用于生成警报。但在线监测面临一个问题, 即通常不清楚该过程已进行多长时间。

应用程序合作伙伴的反馈

测试使用历史批次数据模拟在线方法 (意味着当前批次的的数据仅在当前步骤之前可用), 与最终用户 (批处理化工厂) 一起执行。采用 MPCA 模型检测部分批次中出现的起泡问题。仅使用未出现起泡情况的批次对该模型进行训练。在 83% 的案例中, 系统能够在起泡



06

— 05 由于 ABB Ability™ BatchInsight 执行了大量过程分析工作，所以专家可以腾出精力来处理核心问题。

— 06 ABB Ability™ BatchInsight 通过动态校正偏离预期过程窗口的批次来改进过程。

— 参考文献

[1] W. Otten, "Industrie 4.0 und Digitalisierung," *atp Magazin*, volume 58, number 1–2, pp. 28–32, 2016.

[2] I. Nimmo, "Operator effectiveness and the human side of error," *CreateSpace Independent Publishing Platform*, 2015.

[3] M. Atzmueller et al., "Big data analytics for proactive industrial decision support," *atp Magazin*, volume 58, number 9, pp. 62–74, 2016.

— 在 83% 的案例中，系统能够在起泡发生前至少 5 分钟预测到发泡事件。

发生前至少 5 分钟预测到起泡事件。通常会在几个小时前预测到起泡事件。尽管有 17% 的起泡事件被错误预测，但预测非常有用，使操作员可以将注意力集中在可疑批次上。

保持批次正常

ABB Ability™ BatchInsight 在线操作员助理是我们与应用程序合作伙伴合力开发的成果，经验证可以及早发现过程异常，并隔离解释异常的过程变量。一位操作员可能要负责在多条平行生产线中运行的

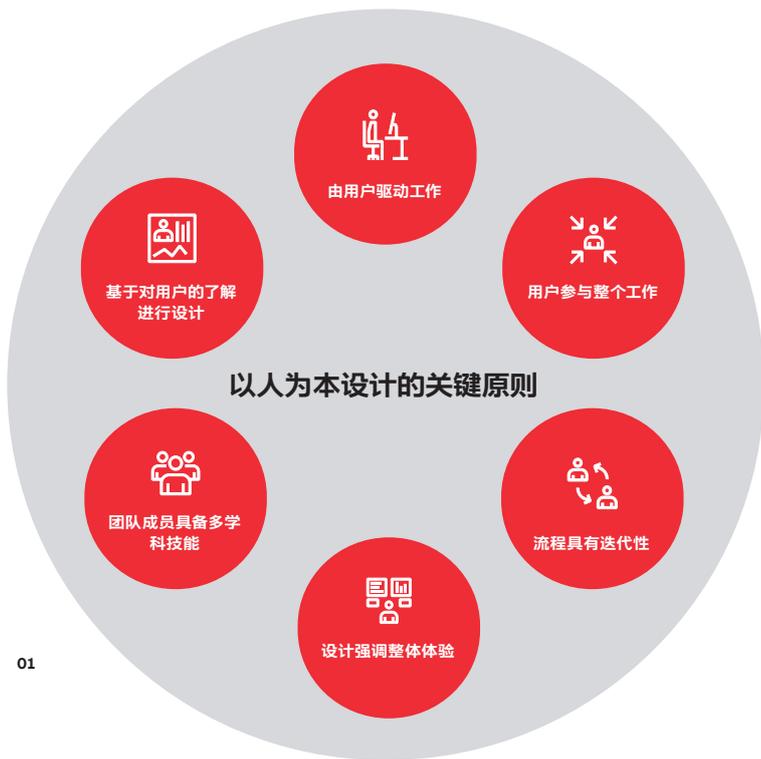
数个批次，甚至还要承担工厂内的其他任务。在此情况下，ABB Ability™ BatchInsight 可提供一种备受欢迎的工具，通过调整正确的过程变量，提醒操作员并使他们能够及时对异常情况（此处为起泡事件）作出反应。这种及时干预措施可减少不良品、能耗以及浪费的生产时间。•

智能机器

人性化技术

技术、连接性和数据处理能力正在以惊人速度发展且不断突破。即便如此，实现原始性能也只是成功的一半。如果我们无法发挥其潜力，哪怕是最伟大的突破也几乎没有任何价值。对 ABB 而言，用户体验（UX）和客户体验（CX）是设计周期中不可或缺的组成部分。





01

以人为本设计的关键原则



Marjukka Mäkelä
ABB 数字化部
UX 设计主管
芬兰赫尔辛基

marjukka.makela@
fi.abb.com

计算机是人脑的延伸。在传输想法、信息和命令时，必须尽可能做到无缝对接且轻松自如。换言之，界面必须直观易用，让用户能够通过尽可能少的学习曲线访问并掌握新工具和新功能。

在过去几年，ABB 增加了公司各事业部的 UX 专家人数，以支持和革新数字产品设计流程。

优秀的 UX 设计不仅是一种方法或一门学科，也是一种理念。其重点是“由外而内”的思考，这意味着设计师须从客户的角度感知需求。这种方式通常被称为“设计思维”[1]，涉及一种整体的、具有高度创造性的迭代方法 →01。ABB 将以人为本设计的专业知识与其对所服务行业的长期认知相结合。通过这种方式

提高自动化能力，应对可持续发展方面的挑战。在数字化转型的大环境中，这些领域对于确保客户效率和盈利能力至关重要。

优质 UX 通常被视作一种竞争优势，并将继续发展为一门跨职能学科。2020 年，谷歌宣布 UX 将成为所有网站的重要排名因素¹，而最近 LinkedIn 的一份报告[2]显示，UX 设计是需求最大的五项技能之一。在创建产品和服务时，有用功能和用户友好型界面将成为关注焦点。其目标是使 ABB 向客户和用户提供的技术实现人性化。

— 重点是“由外而内”的思考，这意味着设计师须从客户的角度感知需求。

在接下来的几期《ABB 评论》中，我们将进一步阐释公司 UX 方法和理念的各个方面。•

01 以人为本的设计是一个 ISO 标准化流程。其本质是以高度协作、整体和迭代的方式工作，在所有活动中以客户为中心，以及应用多学科技能。

参考文献
[1] Brown, T. (2011). "Change by Design". *Journal of Product Innovation Management*, 28(3), 381–383.

[2] Evaluating page experience for a better web. <http://developers.google.com/search/blog/2020/05/evaluating-page-experience> [访问日期: March 9, 2021].

扩展阅读
Johansson Sköldberg, U., & Woodilla, J. (2013). "Design Thinking: Past, Present and Possible Futures". *Creativity and Innovation Management*, 22(2), 121–146. <https://doi.org/10.1111/caim.12023>

Kolko, J. (2015). "Design Thinking Comes of Age". *Harvard Business Review* (September).

脚注
1) 排名因素是指某一搜索引擎在进行网页评估时所采用的标准，以便编辑搜索结果排名的排名。



传感器和 分析





俗话说：如果你唯一的工具是一把锤子，你往往会把一切问题都看成钉子。如今，数字化工具的分析和预测能力只会随着数据的增多而提高，但要求更加准确和多样化。ABB正在与客户合作，以提供超越锤子的工具。

40 从传感器到深度洞察

46 气体分析仪高级数字化服务

传感器和分析

从传感器到深度洞察

ABB Ability™ 智能传感器和远程监控系统可提高安全性，延长设备使用寿命，并显著甚至完全消除停机时间。此外，他们正在打开通向“未来工厂”的大门。在“未来工厂”概念中，结合从电机、带座轴承、传动装置、变速驱动器和泵等设备收集的数据，并可对这些数据进行远程访问和分析，从而深入了解整个过程的运行状况。

01



—
01 基于 IoT 的无线传感器允许对各种设备和过程进行永久监测。

—
02 ABB Ability™ 机械产品智能传感器。

—
03 ABB 的智能传感器使各公司能够从 IoT 中获益。

更小、更智能、更安全。这些词汇描述了过去十年传感器发展的一些关键特征。然而最近，传感器的价值通过三项独立发展变得更加突出：云计算的可用性、数据分析和移动数据传输[1]。这些发展为基于 IoT 的无线传感器的出现打开了大门，此类传感器允许对各种设备和过程进行永久监测，而成本仅为传统状态监测系统的几分之一 →01。



Artur Rdzanek
ABB 传感器产品
Dodge® 动力传动装置
美国南卡罗来纳州格林
威尔市

artur.rdzanek@
us.abb.com

—
数字化传感可产生连续、一致、优质的信息，从而为可靠的操作和优化提供支持。

事实上，基于智能传感器的状态监测正为用户提供数据工具，以便在设备的整个生命周期内进行跟踪，并准确捕捉 该等设备对用户特定条件和过程的反应。用户可以跟踪、量化并最终预测维护间隔、预期寿命以及更换时间表。

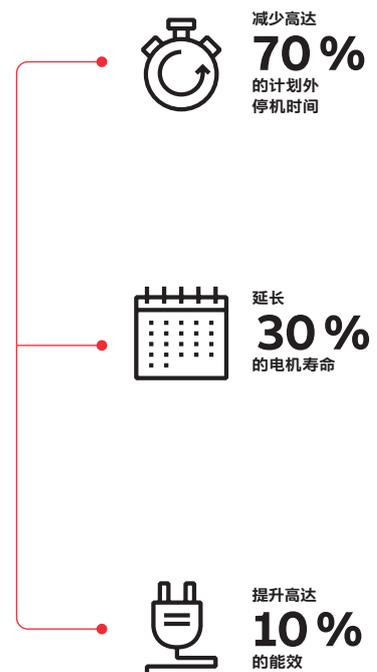
传统的振动测量方法需要物理连接离散点传感器来收集数据，测量间隔时间长，维护人员需承受潜在的安全风险。而数字化传感的世界代表着与这种方法不同的量子位移，可产生连续、一致、优质的信息，从而为可靠的操作和优化提供支持，同时捕获标准中的任何偏差，因此确保实时质量控制。

一款智能传感器的诞生

ABB Ability™ 机械产品智能传感器就是这些趋势和能力相融合的一个例子 →02



02



03

。传感器本质上是一种监测解决方案，可提供有关设备总体健康状况的指示，显示其是否需要维护。在此过程中，它会发出警告，让用户能够在问题出现之前安排维护，从而避免停机 →03。

此外，由于该传感器具有远程监控设备的能力，因此维护团队可通过安全的方式检查设备的健康状况，从而避免物理接触的

保持历史性校园的运作



04a

ABB Ability™ 智能传感器已经在弗吉尼亚州弗吉尼亚大学的夏洛茨维尔分校发挥作用 → 04a [3]。当 2020 年初爆发的新冠肺炎大流行迫使该校封闭时，负责麦考密克校区的维护团队借助 65 个以上的 ABB Ability™ 机械产品智能传感器保持关键实验室环境的稳定和设备性能。他们可以在不亲自到达现场的情况下知晓何时出现了问题，这也使得维护团队能够安全地运作。

该维护团队负责确保校区内约 10 栋建筑保持令师生舒适的温度，并确保校区内每个研究实验室保持受控实验所需的稳定环境。过去的维护惯例要求几乎每天调整空气处理设备，而很多设备在不关闭的情况下是不可能接近的 → 04b。

2019 年末，该团队了解到 ABB Ability™ 机械产品智能传感器，并决定在轴承上进行一些测试。这些传感器立即开始提供有关设备状态的实时信息，由于其工作效率非常高，因此不久就在整个设施的关键空气处理装置轴承上添加了更多传感器。这继而



04b

导致在之前似乎不需要维护或更换的设备中发现一些不明问题。每次校正后，团队都会添加一个传感器，同时比较修复前后的结果，最终确定修复后的振动水平接近完美，并证明修复工作执行妥当。借助生成的优质信息，维护团队的时间表和备件库存管理的可预测性变得越来越高。如今，团队知道每天真正需要关注的是什么，而不仅仅是依赖于一个既定的维护时间表，并且能够最大限度地减少和优化停机时间。

—
 04 在弗吉尼亚大学, 使用了 65 个以上的 ABB Ability™ 机械产品智能传感器来保持关键实验室环境的稳定和设备性能。

04a 弗吉尼亚大学于 1819 年成立。

04b HVAC 应用中的智能传感器, 与弗吉尼亚大学的类似。

—
 05 ABB 新型即插即用网关允许客户使用 AT&T 或 Verizon 蜂窝网络供应商无缝连接到大多数偏远位置的 ABB Ability™ 智能传感器。

风险。这是一项重要的功能, 使技术人员在进行日常维护时无需为了接近设备而拆卸安全防护装置。

维护团队和操作员获得的另一大好处是, 传感器数据使他们能够将精力重点放在那些实际需要关注的设备上, 并试图查明某一水平或类型的振动或温度是否可能会导致故障, 而无需检查每一台机器该智能传感器可为维护人员提供数据, 让他们不必咨询专家就能作出决策并避免故障 →04。

无线选项

操作员可以根据过程动态来选择数据收集频率, 例如: 每 15 分钟一次, 或每 12 小时一次。技术人员访问和收集产生的数据时, 可在几个无线选项中进行选择: ABB 网关、新型即插即用网关 →05 或智能手机应用程序, 这样便可以在现场或从远程位置对情况进行监测。

例如, 用户可以随时通过 ABB Ability™ 智能传感器应用程序用智能手机查看设备状态 →06。界面包括一个红色、黄色和绿色“信号灯”显示屏, 可提供对每个受监控资产状况的快速概览。

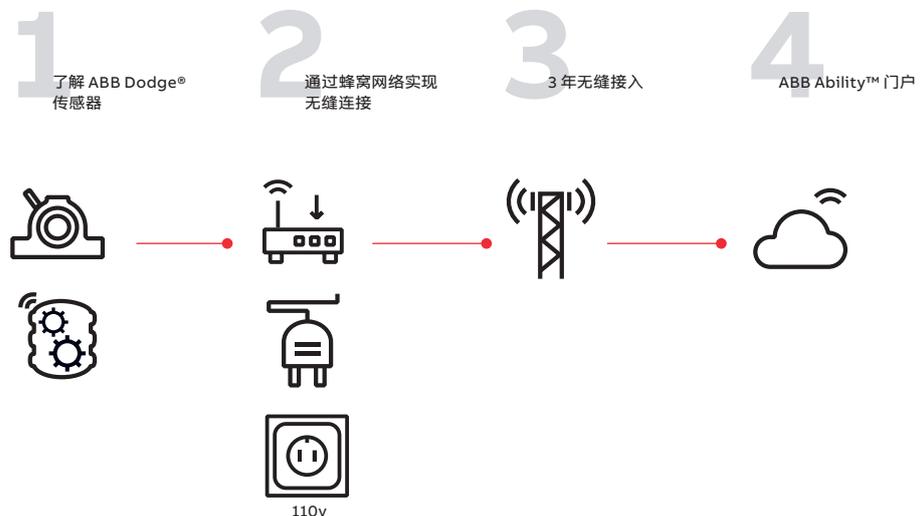
未来工厂

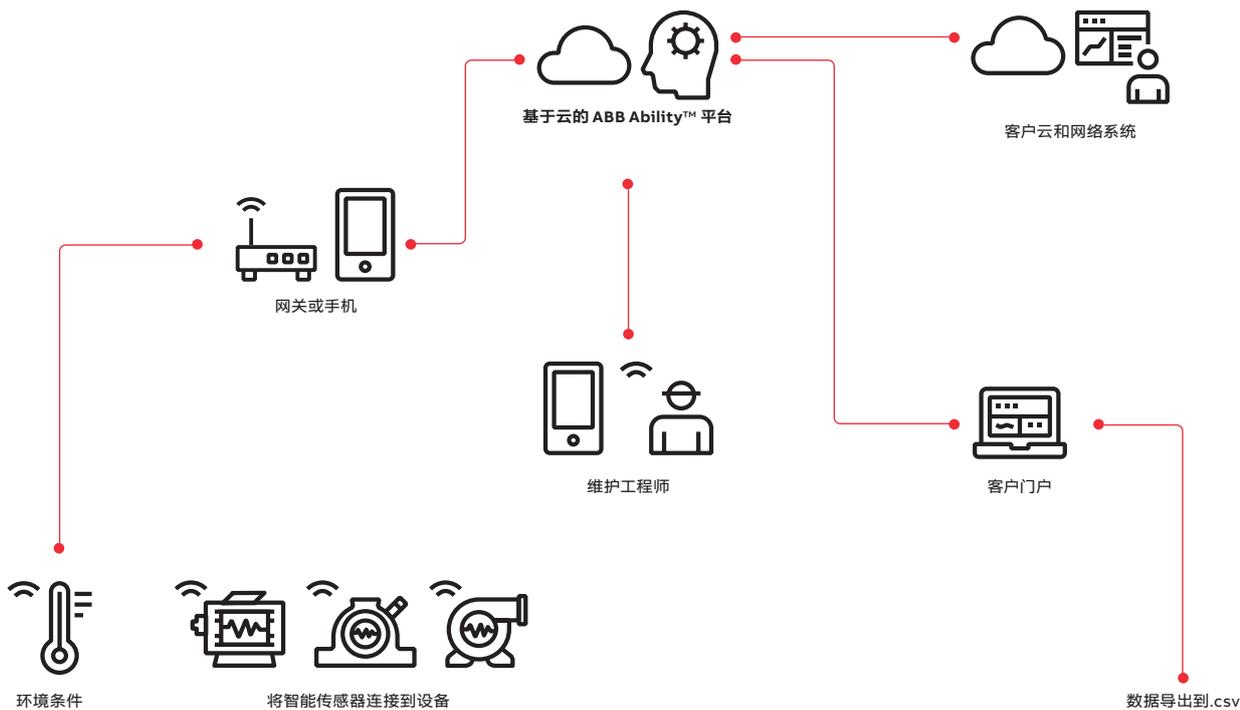
智能互联工厂是制造业的未来。ABB Ability™ 通过整合从诸如 电机、带座轴承、传动装置、变速驱动器和泵等设备收集的数据, 将用户连接到工业物联网 (IIoT) 的作用范围。可以对这些数据进行远程访问和分析, 从而深入了解整个过程的运行状况。

—
 用户可以随时通过 ABB Ability™ 智能传感器应用程序用智能手机查看设备状态。

具体而言, 数据可以传输到 ABB Ability™ 数字动力传动系统监控平台。该产品是一套数字化解决方案, 包括设备、软件和服务, 它将连接性和数据分析功能结合起来, 使客户操作高效、可预测且安全。

用户可以通过智能手机或网关将来自多个传感器的数据传输到一个基于云的安全服务器, 然后在那里运用高级算法进行分析, 以识别故障。数据存储在 ABB Ability™





06

数字门户中，可从这里访问并以图形方式显示数据，以供进一步分析。

用户可以通过智能手机或网关将来自多个传感器的数据传输到一个基于云的安全服务器。

当然，所有这些都是基于最高级别的网络安全。用户可以选择为每个传感器设置个人标识号，且所有通信都基于最新的传输层安全（TLS）协议。

新型即插即用网关解决方案依赖于美国两个最受欢迎的蜂窝网络提供商，可提供从传感器到 ABB Ability™ 数字门户的无缝连接。

总的来说，ABB Ability™ 智能传感器将传统的电机、泵、带座轴承和传动装置转换

为智能无线连接设备。它可以测量关键参数，如设备表面的振动和温度相关条件，用于获取有关条件和性能的有效信息。这使得用户能够识别其系统中的低效情况，降低与操作和维护相关的风险 → 07。

此外，该智能传感器可以借助新型固件进行更新，升级后还能显示速度 RMS 等特性、更改测量间隔、调整加速计范围，以及启动/停止检测。这些功能都是对客户反馈的响应，使智能传感器的现有能力大大增强。

—
06 ABB 电机状态监测解决方案。

—
07 ABB Ability™ 智能传感器使 GrainCorp 能够主动监测其设备轴承。

07a GrainCorp 与 ABB 和 A1 Electric Motors 合作开发了基于 ABB Ability™ 智能传感器技术的定制解决方案。

07b ABB Ability™ 智能传感器技术正在为 GrainCorp 提供支持, 提醒其注意炉灶轴承的温度峰值。



07a

提高油籽产业的精炼效率

ABB Ability™ 智能传感器正帮助澳大利亚油籽产业提高效率和减少成本。GrainCorp Oilseeds → 07a 是一家地区性澳大利亚芥花籽破碎与油脂精炼商, 在面向国内外市场生产芥花籽油以及一系列食用油和食品方面拥有 20 年的经验[4]。

为应对主炉灶轴承的对准问题和相关过热问题, GrainCorp 与 ABB 及其渠道合作伙伴 A1 Electric Motors 合作开发了基于 ABB Ability™ 智能传感器技术的定制解决方案。这个专为 GrainCorp 设计的系统具有轴承传感器、电机传感器和网关, 使 GrainCorp 能够主动监测设备

轴承, 并对其状况进行评估, 以防止故障。事实上, 实施非常成功, 因此 GrainCorp 正在洽谈将传感器集成到 ABB Ability™ 数字动力传动系统监控平台中。该集成可增强 A1 Electric Motors 代表 GrainCorp 远程监测其资产的能力, 这一点尤其重要, 因为现场访问受到严格限制, 而传统的状态监测活动仅限于有限的时间。总而言之, 通过使 GrainCorp 能够主动监测其主炉灶轴承和电机, 并为这些操作提供专家服务支持, 不仅为提高了过程效率, 而且实际消除了系统故障发生的可能性 → 07b。

— 参考文献

[1] Eros. L., *World Cement, Progress in Real-Time*, May, 2020. 来源: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AK-K107680A6860&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

[2] Eros. L., *World Coal*, September/October, 2020. 来源: <https://www.worldcoal.com/magazine/world-coal/september-2020/>

[3] ABB, University of Virginia maintenance team relies on ABB to keep campus running, May 5, 2020. 来源: <https://new.abb.com/news/detail/61748/university-of-virginia-maintenance-team-relies-on-abb-to-keep-campus-running>

[4] ABB, Digital trends: Smart sensors in oil refineries, July 16, 2020. 来源: <https://new.abb.com/news/detail/65329/digital-trends-smart-sensors-in-oil-refineries>



07b

传感器和分析

气体分析仪高级数字化服务

随着环保法规的收紧，排放监测设备必须保持一流水平。ABB Ability™ 气体分析仪数字化服务可增强预防性维护的优势，并有助于从预防性维护向预测性维护转变。



—
Vinay Kariwala
 ABB Ability™ 创新中心
 印度班加罗尔

vinay.kariwala@
 in.abb.com

Chakravarthy Suhas
Daniele Angelosante
 ABB 前员工

许多国家/地区的大气污染监管越来越严格，其重点在于对排放进行持续验证的测量。如今，许多国家/地区要求对氮氧化物、一氧化碳、二氧化碳、硫氧化物、盐酸和氟化氢进行全天候监测。通常还必须监测灰尘、汞和二恶英。不出所料，监管力度的加大增加了运营商的法规遵从性开销：例如在欧洲，必须每小时对测量进行一次验证。三个小时无测量值会使整个监测日的数据失效，年度监测停机时间不得超过 11 天（可用性达 97.5%）。

—
气体分析仪数字化服务可帮助从预防性维护向预测性维护转变。

ABB Ability™ 气体分析仪数字化服务

不幸的是，随着监管越来越严格，内部分析专业知识也越来越不足。知识库的减少会导致排气分析仪故障排除的延迟，从而

影响排放合规性。稳健的维护方法有助于抵消这种风险。

到目前为止，ABB 气体分析仪通常要采用预防性维护策略，定期进行检查和维护干预，以减少故障并延长设备寿命 → 01。这种方法能够保证可用性，并减轻客户支持人员的知识负担。

现在，气体分析仪数字化服务可帮助增强预防性维护的优势，并有助于从预防性维护向预测性维护转变。该 ABB Ability™ 产品包括：

- ABB Ability™ 测量设备远程协助
- ABB Ability™ 测量设备状态监测

ABB Ability™ 测量设备远程协助

ABB Ability™ 测量设备远程协助是一项旨在改善技术支持期间客户体验的服务。该服务使获授权 ABB 维护工程师能够在客户向呼叫中心请求干预后登录到现场工业级网关，并与被调查设备连接，以收集故障排除所需的所有数据。工程师可以执行故

—

对于在过程控制或环境排放监测中起着关键作用的气体分析仪, 先发制人的干预措施至关重要。

障排除, 而不是通过电话让客户自己逐步执行设备诊断。客户通过邮件或电话接收有关进度的清晰概览, 以及解决方案或解决方案建议。

ABB 远程协助工业级网关在设计上满足严格的网络安全要求。其定义并实施网关使用政策以防止恶意访问。只有经培训且获授权的 ABB 维修人员才能访问网关和设备数据, 并且还必须征得客户同意。网关访问通过 4G 网络或以太网实现。这些网络均采用严格的安全措施, 包括防火墙限制, 以确保网络安全。

ABB 的分析仪动态二维码协助是一种 ABB 服务产品, 可提供分析系统的全面诊断和实时运行状况检查, 无需任何培训或远程连接[1], 它与 ABB Ability™ 测量设备远程协助一起代表了为此类产品提供的数字化服务产品的第一层级。

—

01 预防性维护通常用于使此处所示的 ABB 气体分析仪保持最佳工作状态。现在, ABB Ability™ 气体分析仪数字化服务可提高预防性维护的有效性, 并使预测性维护得到更广泛的应用。

ABB Ability™ 测量设备状态监测

ABB Ability™ 测量设备状态监测解决方案是第二种专门提供状态数据的数字化服务产品。与 ABB Ability™ 测量设备远程协助一样, 此服务产品通过工业级网关提供。网关连接至现场分析仪, 且定期监测反映其健康状况的关键标记。检索到的数据存储于数据库中并进行处理, 以揭示性能下降的早期预警迹象及其可能来源。数据和调查结果收集在运行状况报告中, 供 ABB 维护工程师或客户访问查看, 并可以通过电子邮件发送给获授权人员 →02。

健康状况检查可以按预定的时间间隔(每天、每周或每月)执行, 以收集实时测量和诊断数据。ABB 专家会根据既定的性能基准评估这些参数, 以提供维护建议。调查结果可能导致必须执行特定维护活动, 以避免因关键部件过度劣化而导致意外停机。在实际故障发生之前, 可以在定期维护访问或工厂停产期间解决问题。

对于在过程控制或环境排放监测中发挥关键作用的气体分析仪, 以及在海洋、近海或采矿应用等不可达位置的分析仪, 这种先发制人的干预措施至关重要。

最终, ABB Ability™ 测量设备状态监测的目标是要避免计划外停机, 并优化总拥有成本。

独立解决方案

ABB Ability™ 测量设备状态监测可作为一个独立的本地解决方案工作, 无需外部 ABB 干预, 并且允许客户的维护人员对运行状况检查报告进行分析。客户可随时与 ABB 联系, 讨论维护策略。这种方法非常适合自我维护, 客户维护人员可以借助其





02

内部专家资源，利用 ABB Ability™ 测量设备状态监测提供的数据进行维护。

ABB Ability™ 测量设备状态监测是 ABB AbilityABBvoice 测量设备远程协助的有力补充，旨在提供完整的 ABB 连接远程服务。

—
该解决方案包含一个完善的管理系统，符合 ABB 的网络安全规范。

商业智能引擎

ABB Ability™ 测量设备状态监测本质上是一个商业智能引擎，它从分析仪捕获数据，对其进行分析，然后生成有关分析仪运行状况的指示。引擎以 Web 服务的形式提供，可轻松适应设备配置的更改。该服务基于云的版本即将推出，将进一步提高灵活性。

这一解决方案被视为提供基本服务的平台，例如：报告生成器、数据分析引擎等。其架构可简化添加新分析仪的操作。特定类型分析仪的数据定义和相关分析软

件位于平台之外，即所谓的验证定义文件中，这可以加快新分析仪的投用，并简化软件组件的维护。

数据库机密性

数据是解决方案的关键部分，ABB 的定制数据库可用于存储这些数据。该数据库与软件其余部分保持松散耦合，以确保数据机密性和访问受控性。分析仪数据与每个数据点的时间戳一起存储在数据库中，以确保可检索到正确的数据集来创建历史报告。

该解决方案包含一个完善的用户管理系统，符合 ABB 的网络安全规范。此外，其还强调网络安全的其他关键要素，如系统强化、数据加密和安全数据传输。对重要数据点进行加密和存储。完整的解决方案以及硬件都经过设备安全保证中心的测试，该中心是 ABB 内部的一个高级安全实验室。

不仅限于气体分析仪

目前，ABB Ability™ 测量设备远程协助和 ABB Ability™ 测量设备状态监测为 ABB 的连续气体分析仪产品线（CGA）提供支持。对其他产品线的支持现正处于开发阶段，包括气相色谱仪和光谱仪。这两种数字化服务将会得到扩展，以涵括 ABB 的高级数字化服务，如数据分析和预测性维护。

更佳视觉

为了完善服务产品组合和提升客户体验，ABB 利用相关的新技术，例如增强现实（AR），将叠加在现实世界上的虚拟数据可视化。例如，ABB Ability™ 服务远程洞察是一个协作应用程序，通过 AR 实现可覆盖在实时视频上的实时教学和指导，以此改善远程专家与现场人员之间的交互。

工业设备的故障排除主要基于经验和离线手册。后者的缺点在于，工程师必须不断地交替查看手册和所调查的设备。为了改变这种情况，开发了两种基于 AR 的方法：第一种方法是将设备的三维计算机辅助设计（CAD）

- 02 状态监测仪表盘。
- 03 工程师的 AR 视图。
- 04 灵活的远程协助选项允许专家为客户提供支持。

模型叠加到真实设备上，并提供故障排除的分步说明。第二种方法是通过视频电话，将远程专家与本地工程师的 AR 设备连接起来。因此，专家可以完全看到维护工程师看到的内容，并提供远程指导 → 03-04。专家可以对维护工程师的视图进行注释，并发送伪影（如图像和视频），以便于故障排除。这种方法使专家的时间得到充分利用，与专家必须亲自前往每个站点相比，其覆盖的站点更多。

AR 有望为一个应用领域带来重大效益，即海洋船舶排放监测设备的维修。目前，在出现问题时，船上的维护工程师必须致电 ABB 服务部。如果问题无法通过电话解决，那么 ABB 的服务技术员会在下一个港口等候，或在非常紧急的情况下，直接飞抵船上。有了更多数据和/或甚至对故障通过使用 AR，维护工程师可以在三维 CAD 模型或专家的帮助下解决问题，只要将专家连接到工程师的 AR 设备即可。

参考文献

[1] D. Lincoln et al., "Dynamic QR Code speeds service response," *ABB Review*, 1/2018, pp. 40-45.

专业知识和技术

随着排放法规的收紧，对排放违规行为的经济处罚日益加重，有经验的内部分析专家越来越少，至关重要的是，公司需要引入最有力的外部专业知识和技术来帮助其保持气体分析设备正常工作。ABB Ability™ 测量设备远程协助和 ABB Ability™ 测量设备状态监测是两种新的气体分析仪数字化服务，可提供此类具针对性的专业知

— 这些产品使 ABB 专家能够进行快速果断的远程干预。

识和技术。有了这两种产品，定期预防性检查将得到加强，这为实现简化的预测性维护开辟了道路。这两种产品使 ABB 专家能够进行迅速果断的远程干预，从而确保在保持排放监测设备处于最佳状态方面采用最先进的技术，省时又省心。•

03



04

能源行动





62

电力无疑已成为所有产业和地区中渗透率最高的能源形式，而在交通运输等领域的推动下，其主导地位将进一步增强。一个多世纪以来，ABB 一直是电力赋能方面的领导者。公司不断开辟新方向，为后来者铺路。



68

- 52 虚拟高压实验室
- 58 为私家车、公共交通系统和港口提供能源
- 62 Tmax XT: 数字时代的数字断路器
- 68 配电盘电气连接新方式
- 72 适用于无 SF₆ 应用的压气式负荷开关
- 78 电弧闪光检测用罗氏线圈电流传感器



52

能源行动

虚拟高压实验室

利用静电场计算和实验来预测电气设备的介电性能会导致结果不准确。ABB 的模拟工具“虚拟高压实验室”（VHVLab）基于 ABB 的专有知识构建，可提高介电耐受强度的可预测性。

—
Andreas Blaszczyk
Thomas Christen
Patrik Kaufmann
ABB 前员工

Christoph Winkelmann
ABB 集团研究中心
瑞士巴登

christoph.winkelmann@
ch.abb.com

Pouria Homayonifar
ABB 电气化事业部
挪威斯基恩

pouria.homayonifar@
no.abb.com

Atle Pedersen
SINTEF 能源研究中心
挪威特隆赫姆

介电强度测量是中高压设备（如开关设备、电缆附件和变压器）开发的重要一环。在向市场推出新设备时，制造商必须通过执行技术标准规定的一系列介电型式试验对产品进行认证。如果设备的电气绝缘能够承受 AC 和雷电冲击（LI）电场应力而不发生故障，则表明成功通过测试。测试结果的预测一般通过静电场计算加以验证，将计算值与针对给定材料（例如，气体、液体和固体）和材料之间接口规定的临界值相比较。然而，在许多情况下，这

—
VHVLab 模拟工具可提供一个软件框架，关注介电测试结果的预测。

种明显的方法并不足够，因为介电故障与场强没有简单对应的关系。VhVlab 模拟工具提供了一个软件框架，关注介电测试结果的预测，旨在弥补数值计算与实验之间的缺口 →01-02。VHVLab 通过将工程模拟与从实验和微观模型第一性原理模拟中获得的经验知识相结合来实现预测。由于

集成到 VHVLab 的模拟程序源于 ABB 从真实高压实验室获得的试验经验，因此此类软件未商业发售。这种定制平台比现有商业模拟软件更具竞争优势，而且其设计周期更快。VHVLab 的开发由专业学术合作伙伴支持的工业研究推动。

本文先简要介绍 VHVLab 架构，然后再列举一些案例研究，这些案例来自一种环保型中压负荷开关的开发项目[1]。每项研究都涉及不同的模拟程序，关注流注起始、锐边、三相点和表面充电等特性。

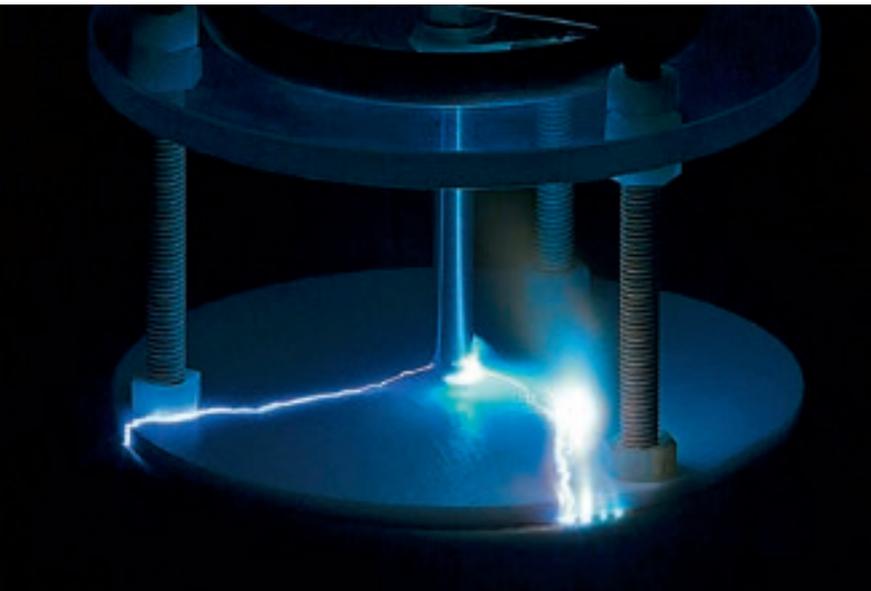
VHVLab 架构

VHVLab 的核心组件包括放电模型，通过预定义接口连接两个外部组件：可视化工具和背景场求解器 →03。这种开放式结构允许集成任意外部软件组件。这里首选内部静电边界元法（BEM）求解器和自定义 ParaView，前者自 20 世纪 90 年代起便被 ABB 用于介电模拟[2]，而后者是一个成熟的、可自由访问的科学可视化工具。

VHVLab 核心模块作为一个 Java 应用程序实现，其中包括一个图形用户界面，用于指引 ABB 工程师完成放电评估。

—
01 VHVLab 是 ABB 的新型模拟工具，可帮助预测介电测试结果。图中所示为挪威特隆赫姆独立研究机构 SINTEF 测试实验室的一部分，ABB 与 SINTEF 在介电性能方面开展了密切合作。





7. 沿计算出的放电流线启用带电场特征图形的可视化。
8. 定义表面电荷边界条件，用表面电荷计算背景场。然后返回步骤 3，直到评估符合要求。

结果会在下面的案例研究中说明。

—
起始在第一个自由电子出现时开始, 由此引发汤森雪崩效应。

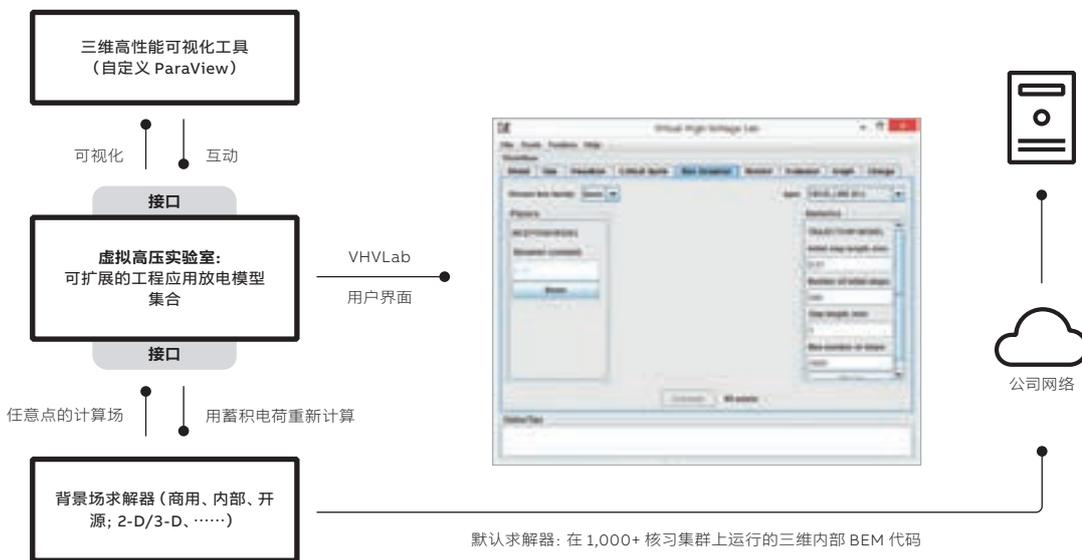
其工作流程如下:

1. 加载在 VHVLab 会话之前算出的初始背景场解。
2. 指定表面粗糙度和气体特性: 压力、温度、气体类型、混合物成分等。VHVLab 将根据指定数据评估可触发放电的临界应力。
3. 计算放电起始可能发生的临界点, 选择多点作进一步评估。
4. 指定用于计算起始和放电路径的参数。
5. 开始计算并进行监测。
6. 评估所有选定点和计算点的起始结果

流注起始

在电场中, 气体放电起始在第一个自由电子出现时开始, 由此引发汤森雪崩效应。如果产生临界量的电子, 就会形成一个自蔓延流注头部。这种流注起始标准取决于电场相关的有效电离系数, 将碰撞电离以及电子附着和脱离考虑在内。通过改变外加电压和沿放电路径缩放电场值进行起始电压值的迭代计算, 直到符合起始标准。

在 VHVLab 框架内实施的流注起始模型的首批应用之一是在新型 12 kV 空气绝缘开关设备上的应用。用压缩空气代替 SF₆, 同时保持相同的隔室尺寸和绝缘完整性, 这是设计上的一大挑战, 只有通过形状优化



— 02 介电性能是电气设备的一个重要特性。

— 03 VHVLab 模拟框架的架构。

— 04 环网柜隔离开关的流注起始电压和测试结果评估。

04a 125 kV LI 下的电场强度和计算出的临界点电场线（较浅的颜色/点表示更容易放电的区域）。

04b LI 测试后刀罩表面的放电痕迹。

模拟的大力支持才能解决。有趣的是，通过使用 ABB AirPlus（空气与氟化酮混合）作为绝缘气体，所形成的设计也可以满足 24 kV 开关设备的要求。对于这两个额定值，VHVLab 均能预测通过 LI 测试的起始电压。→04 显示了环网柜隔离开关的流注起始电压和测试结果评估。实测耐受电压与模拟起始电压之间约有 10% 的差异，这是 LI 测试结果预测的普遍情况，工程师会将其作为安全裕度。

锐边

众所周知，锐边周围的电场增强是中压开

在高电场下, 锐边和三相点是最可能发射电子的位置。

关设备 LI 测试失败的原因，而减少设备尺寸的最新趋势加剧了这种情况。设备尺寸减少会造成间隙，即通过两个受力电极之间的气体的最短距离。有一个 ABB 研究项目采用了 VHVLab，旨在探讨电极的锐度如何影响耐受电压[3]。其中一个结果清楚显示了锐边圆角半径与实验耐受电压之间的关系，耐受电压随边缘锐度的增加而减小 →05。击穿是一个随机过程，通过多次测试得出概率分布，可以据此估算击穿概率为 2% 或 50% 时的电压。此外，

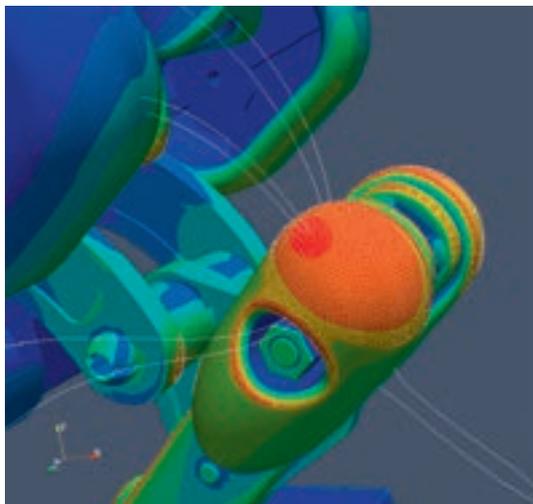
经证实，基于起始标准的模拟与实验非常吻合。该研究的范围仅限于锐边的一个方面：短距离（即减小间隙），其是紧凑型开关设备设计中的典型特征；对于在空气中的长距离，锐度并不重要。

→06 显示了锐边模拟在最近设计的无 SF₆ 负荷开关中的应用。计算出的临界点 A 和 B 的起始值分别为 75 kV 和 68 kV，这通过空气中的 75 kV LI 测试得到证实：对于该初始设计变体，在 A 点没有击穿，但在 B 点发生了故障。

三相点

三相点是开关设备中金属、固体电介质和气体的连接点，也是高电场下最可能发射电子的位置。此外，三相点还是引发闪络或击穿的主要位置。在 →04 中所示 12 kV 开关设备的开发过程中，对机械衬套进行 AC 介电测试时，三相点出现问题。机械衬套由绝缘轴组成，该绝缘轴将接地驱动器与在高压下运行的旋转隔离开关以机械方式连接起来 →07a。

为了协助 ABB 研究这种结构在空气中的介电性能，SINTEF 研究人员建造了一个实验装置，可以灵活选择三相点结构[4] →07b。

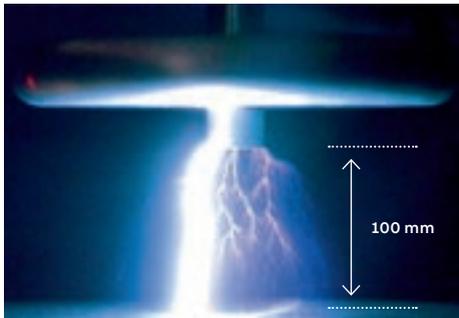


04a

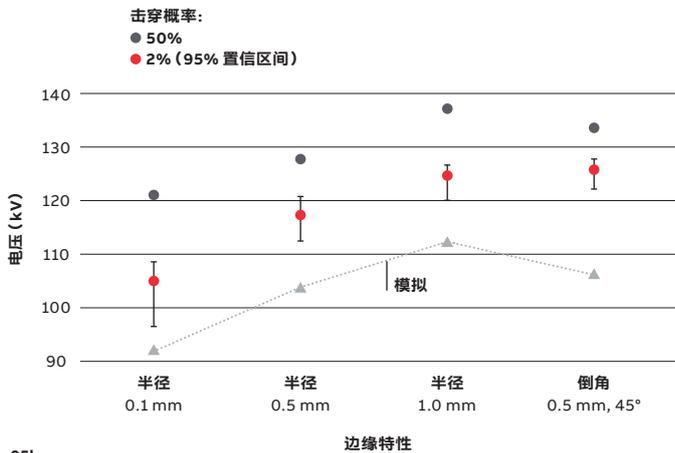
电压 (kV)	Air	AirPlus
实测	86.7	133.7
模拟	77.8	120.0



04b



05a



05b

实测 AC 耐受电压（统计上估算为平均击穿电压降低两个标准偏差）与电极间距之间的关系如 →07c, 所示，这是安装在绝缘轴周围的选定形状接地电极的一个实验结果示例。

由于固体电介质与电极之间的狭窄空间中存在非常特殊的电场分布，因此在三相点进行起始模拟并不简单。流注起始标准的评估可以针对几种不同的放电路径进行，

并使用不同的场强分量来确定电离系数 →07d。虽然这种模拟方法可以很好地再现实验中观察到的趋势，但起始电压的模拟值与实测值不同。根据当前的 VHVLab 指南，工程师可以选择任何建议的评估形式。这些形式均可确保保守预测，但安全裕度并未得到很好的定义。这种情况表明，需要对三相点引发的击穿作进一步研究，不仅要关注起始模型，还要关注其他影响，如表面充电、极性变化、粗糙度和

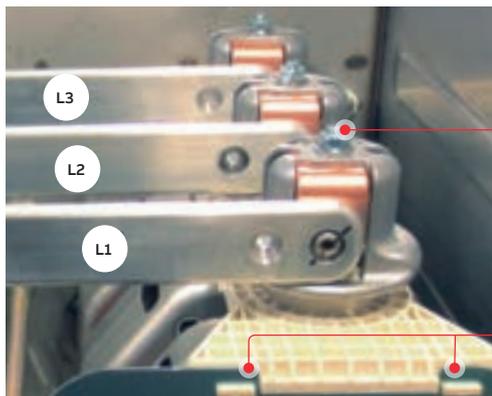
由于电介质与电极之间的电场分布非常特殊，因此很难在三相点进行起始模拟。

俘获粒子。

绝缘子表面和充电

放电与电介质表面的相互作用对于实际应用具有重大意义，这些相互作用包括：无电极流注起始、沿面放电蠕变和表面电荷积聚等。在过去十年间，ABB 在这些领域与多个学术合作伙伴进行了协作[5,6]。

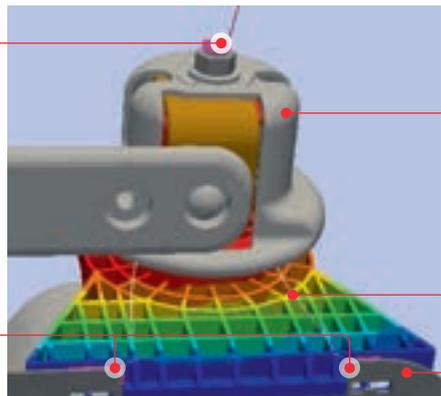
其中有一个适用于集成到 VHVLab 的工程模拟的放电相互作用示例，涉及饱和电荷，可以将其视作静电场计算中规定的边界条件。饱和电荷被理解为通过放电在电介质表面上积聚的最大可能表面电荷。实验和第一性原理模拟证实了



06a

A 点：
螺钉边缘；起始值 = 75 kV

B 点：
托板边缘；起始值 = 68 kV



06b

有源电极

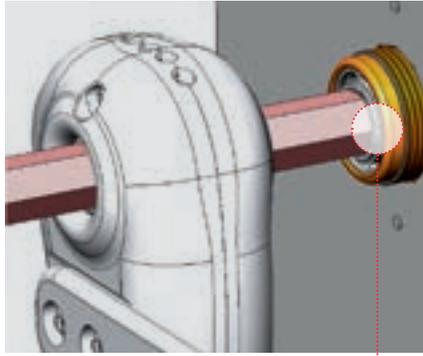
放电路径长度 = 60 mm

接地电极

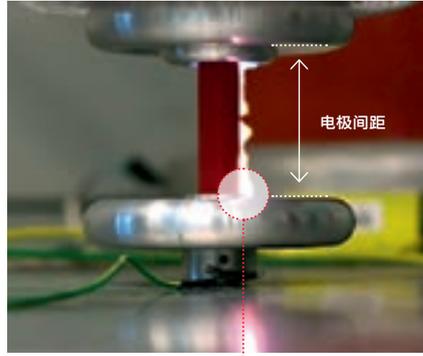
— 05 大气中的锐边实验和模拟结果[5]。

05a 在施加正雷脉冲后进行击穿试验。暴露的电极是一个带圆边或倒角边的圆柱体。

05b 实测击穿/耐受电压与模拟起始值的比较。



07a



07b

— 06 12 kV 气体绝缘开关柜 (空气, 1.3 bar) 隔室中的锐边评估示例。

06a 在 A 点没有发生击穿, 但在此初始设计的 B 点确实发生了击穿。

06b 为了确保模拟的精确性, 锐边以 0.1 mm 的半径磨圆, 以准确反映被测零件的锐度。

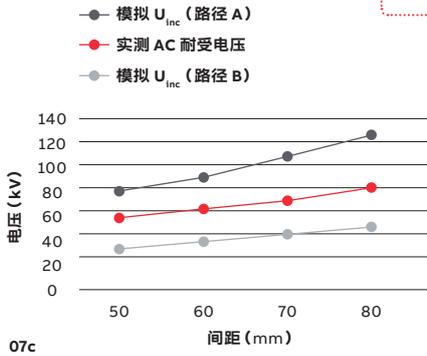
— 07 三相点分析。

07a 12 kV 开关设备的六角机械衬套, 临界三相点位于右边的接地驱动侧。

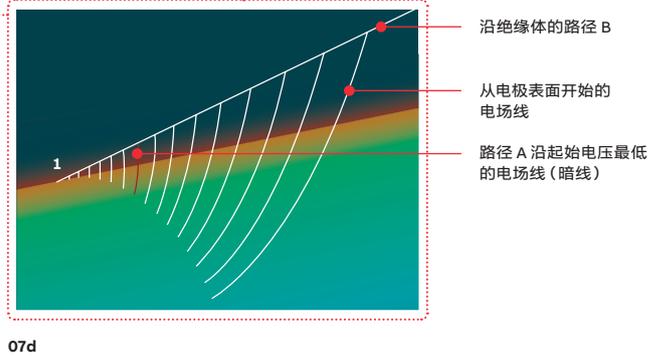
07b 在 SINTEF 建造的用于测量大气中 AC 击穿的实验装置中的放电快照。

07c AC 实验耐受电压 (峰值) 与模拟起始电压 U_{inc} (电极间距离的函数) 两个变量的比较。注: 为了安全预测, 必须将为路径 A 估算的 U_{inc} 值减少 0.5 的经验系数。

07d 电场强度的三维彩色图和放电路径的两个变体, 在电场值最大的临界三相点“1”附近进行评估。沿绝缘体和所有电场线的路径在同一平面上, 垂直于绝缘体和电极表面。三维模型中沿绝缘体的路径垂直于“三相线”, 在本图中, 三相线以高 (红色) 应力值标记。



07c



07d

饱和电荷的概念和性质, 特别是其抑制后续流注起始和防止 LI 测试发生击穿的能力 [6]。VHVLab 框架中包含一种实现方式, 允许通过简单的方法计算高度复杂的三位几何体设备的表面电荷效应。尽管忽略表面充电的计算可预测击穿, 但表面电荷分析可提供一个有吸引力的功能, 即定量解释为何某些设备可以通过 LI 测试[7]。

VHVLab 的未来发展

VHVLab 是一个实用的中压开关设备模拟框架, 可供非专家使用。快速的结构化设计迭代可以作为开发工作流程的固有部分来实现, 并且能够减少

对实验室和物理测试变型可用性的依赖。虽然 VHVLab 并没有提供全自动的虚拟测试, 即只需按下按钮便可模拟和可视化放电, 但该工具在此方向上迈出了第一步, 可提供一系列数值程序和经验规则, 使工程师能够评估、可视化和了解放电现象。就这一点而论, VHVLab 不仅是一种工程工具, 而且是一个汇集研究人员和开发人员经验的知识数据库, 为未来数字测试提供基础。•

鸣谢
笔者特此鸣谢 ABB 集团研究中心、ABB 电气化技术中心、慕尼黑工业大学、苏黎世联邦理工学院、埃因霍芬理工大学、阿姆斯特丹 CWI、爱沙尼亚塔尔图大学、瑞士拉珀斯维尔技术学院以及特隆赫姆 NTNU 和 SINTEF 的同事, 感谢他们为 VHVLab 发展所作的贡献。

— 参考文献

[1] E. Attar, et al., "SF₆-Free Puffer Type Load Break Switch for Medium Voltage Applications," *ABB Review*, 2/2021, pp. 72–77.

[2] A. Blaszczyk et al., "Net value! Low cost, high-performance computing via the Intranet," *ABB Review*, 1/2002, pp. 35–42.

[3] P. Simka et al., "Air breakdown at sharp edges," *IEEE 2nd International Conference on Dielectrics (ICD)*, IEEEExplore, Budapest 2018, pp. 885–888.

[4] N. S. Stoa-Aanensen, "Initial testing of breakdown voltage, 50 Hz stresses on triple junction setup," *Report AN 15.14.64 SINTEF Energy Research*, Trondheim, 2015.

[5] A. Chvyreva et al., "Raether-Meek criterion for prediction of electrodeless discharge inception on a dielectric surface in different gases," *Journal of Physics D: Applied Physics* 51, pp. 1–11, 2018.

[6] H. K. Meyer et al., "Surface charging of dielectric barriers in short rod-plane air gaps. Experiments and simulations," *IEEE Conference on High-voltage Engineering and Application, ICHVE 2018*, Greece.

[7] A. Blaszczyk et al., "Surface Charging Models for Prediction of Withstand Voltage in Medium Voltage Range," *Proceedings of 19th Conference on Electromagnetic Field Computations (CEFC)*, Pisa, November 2020.



能源行动

—
Alessandro Di Nicco
ABB 电动汽车基础设施部
意大利泰拉诺瓦布拉乔利尼

alessandro.dinicco@
it.abb.com

Diego Pareschi
ABB 电动汽车基础设施部
荷兰代尔夫特

diego.pareschi@
nl.abb.com

Kumail Rashid
ABB 电动汽车基础设施部
新加坡

kumail.rashid@
sg.abb.com

为私家车、公共交通系统和港口提供能源

对各种形式电动汽车的需求正在激增，而推动这一趋势的是寻求改变的愿望：消除城市空气污染、减少噪音、改善生活质量，最重要的是要尽量缓解全球气候变化。

正在形成这种趋势的最明显领域是个人交通。例如，根据彭博新能源财经（BloombergNEF）发布的《电动汽车展望 2020》[1,2]，到 2030 年，电动乘用车的年销量将达到 2,600 万辆，而到 2020 年代末，电动公交车将完全主导公共汽车行业。

但轿车和公共汽车（以及卡车）并不是向电动汽车过渡的唯一几种车辆。电动汽车也非常适合多种应用，例如那些由自动导引车（AGV）实现的应用。

AGV 可带来一系列优势，包括：不需要司机，因此可以将人员重新分配到更高效的任务中；可预测性能和成本；车辆可全天候运行；在其运行的自动化环境中，整体安全性得到提高。

随着多种 EV 车型进入市场，建设充电站的热潮正在兴起，ABB 也参与其中。ABB 在开发、安装、调试和维护充电基础设施方面拥有多年经验。事实上，公司现已成为全球最大电动汽车 OEM 和全国 EV 充电网络运营商的首选合作伙伴。

—
ABB 是全球最大电动汽车 OEM 和全国 EV 充电网络运营商的首选合作伙伴。

这些经验坚定了各大公司和公共实体选择与 ABB 合作部署公共汽车、私家车和 AVG 充电的决定，以下三个示例体现了这一点。

参考文献

[1] BloombergNEF, *Electric vehicle outlook 2020*. 来源: <http://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/#toc-download> [访问日期: 2020 年 11 月 11 日]

[2] Energypost.eu, "EVs to make up third of market in 2040, e-buses to dominate end 2020s," May 28, 2018. 来源 <https://energypost.eu/evs-to-make-up-third-of-market-in-2040-e-buses-to-dominate-end-2020s/> [访问日期: 2020 年 11 月 11 日]

米兰：通往更清洁未来的车票

米兰是一座位于意大利北部的工业大都市，已规划了通往绿色未来的路线图。它拥有 300 多万人口，计划到 2030 年将 1,200 辆柴油公交车全部换成全新的全电动公交车。

—
01 米兰的新型全电动公交车可以在 ABB 充电站于 5 小时内进行过夜充电。该市预计，到 2030 年，将有 1,200 辆这样的公交车投入使用。

届时，米兰的所有公共交通服务（包括电车和地铁）将百分之百实现电动化。该市的公共交通服务公司（Azienda Trasporti Milanesi 或 ATM）运营着 158 条公交线路，覆盖 1,550 公里。据估计，公交车转型一旦全面实施，将使每年的柴油需求减少 3,000 万升，每年的 CO₂ 排放减少 75,000 吨。

此外，ATM 还规定，必须保证为电气系统供应的所有能源均来自经认证的可再生资源，排放足迹必须为零。该市在巴黎气候峰会上承诺，预计耗资 15 亿欧元将柴油公交车换成电动公交车，并建设相关的充电基础设施。

初步计划要求，将该市五个公交场站中的三个改造成公交车和大型服务车队的充电中枢。此外，还将新建 4 个公交场站。其中一个中枢正在配备 ABB 的 100 kW 充电站→01，以及 ABB 模块化变电站和插入式充电桩，这些全部都将由专用于优化充电

过程并将能源需求降至最低的算法进行管理。一旦对进出站公交车实施优化的自动停车系统，还将大大节约能源。

到 2021 年底，该市预计将运营 167 辆全电动公交车，以及 8 个配备 200 kW 受电弓的终点站，每个均能够在 8 到 10 分钟内提供 35 kWh 的电力，这足以确保在任何采暖和制冷要求下轻松返回场站。

公交车本身将由镍锰钴（NMC）240 kWh 电池供电，能够在最大负载下完成 180 公里的零排放路线。公交车将每晚在 5 小时内于各自场站充满电。

在一份题为《成功要素：全球 24 个城市的交通系统》的报告[1]中，麦肯锡公司将米兰列为全球交通系统质量排名前十的城市之一。该报告根据出行前、出行中和出行后的可用性、可及性、效率、便利性和可持续性，结合客户意见对交通进行了分析。



参考文献

[1] McKinsey & Company, "Elements of success: Urban transportation systems of 24 global cities." 来源: https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Elements%20of%20success%20Urban%20transportation%20systems%20of%2024%20global%20cities/Urban-transportation-systems_e-versions.ashx [Accessed on 16.04.2021]

— 随时随地为 EV 快速充电

日本希望实现电动汽车基础设施的现代化，并加快向可持续交通转型的步伐。更具体地说，其打算到 2030 年将电动汽车和插电式混合动力汽车的市场占有率从 2018 年的 1% 增加到 20% 至 30%[2]。

—
02 Terra 184 充电器具有可定制特性，如用于电缆管理系统、屏幕和信用卡支付终端。

为了实现这一目标，日本两大公用事业公司——东京电力公司（TEPCO）和日本中部电力公司（Chubu Electric Power）——的合资企业 e-Mobility Power Co., Inc（eMP）选择了 ABB 新推出的 Terra 184 电动汽车充电器。这种大功率紧凑型充电器将安装在全国各地的路边零售点和其他公共场所，随时随地为用户提供快速便捷的充电选择。在 2020 年末，eMP 开始用 250 多个 Terra 184 装置替换过时的充电器。

Terra 184 能够同时为两辆电动汽车充电，是 ABB DC 快速充电器产品线中的其中一款。此款充电器的设计可为一个插座提供 180kW 的充电功率，或同时为两个独立插座提供 90kW 的充电功率，适用于配备高压电池系统的未来 EV 车型，并可在充电不足 8 分钟的情况下快速续航 60 英里。

Terra 184 充电器基于 CHAdeMO 充电标准，由 eMP 的主要股东——东京电力公司

（TEPCO）——主导开发。此外，此款充电器基于国际标准协议 OCPP，允许进行远程控制和维护。

由于符合这些标准，Terra 184 可以通过 ABB Ability™（ABB 从设备到边缘计算到云服务的跨行业、一体化数字化产品）进行连接，为软件更新和维护提供集中控制和快速全球服务，这些特性对于快速部署 EV 充电基础设施至关重要。这使得 EV 充电网络运营商能够深入洞察并统计充电器、现场和网络级别的能源使用情况[3]。

Terra 184 具有高度可定制特性，如用于电缆管理系统、屏幕和信用卡支付终端，能够为广大 EV 用户提供最高的充电便利性 → 02。Terra 184 可直接从 ABB 欧洲和北美分部购得，能够提供一个安全、智能和可持续的充电解决方案，为 ABB 的零排放电气化使命提供支持，助力全球实现零排放的愿景。

— 参考文献

[2] ABB, "Terra 184 chargers to support modernization of Japan's EV charging infrastructure," 来源: <https://new.abb.com/news/detail/66110/abbs-terra-184-chargers-to-support-modernization-of-japans-ev-charging-infrastructure> [访问日期: 2020 年 11 月 24 日]

[3] ABB, "ABB chargers to boost modernization of Japan's EV charging," 来源: <https://eepower.com/news/abb-chargers-to-boost-modernization-of-japans-ev-charging/> [访问日期: 2020 年 11 月 24 日]





03a



03b

—
03 新加坡大士港自动化集装箱码头项目。

03a 码头的 162 辆 AGV 将通过 ABB 充电基础设施实现通电和供电。

03b 每个充电站将被集成到一个“预装式电气间 (eHouse)”，连同配套电气基础设施形成一个完整的电动汽车解决方案。

新加坡自动化集装箱码头的充电基础设施

电动汽车的推出和自动驾驶汽车的兴起是推动各种交通方式发展的两大趋势。

在新加坡，这些趋势将集中在大士港，到 2040 年，大士港将成为全球最大的全自动化集装箱码头。该码头的年吞吐量达 6,500 万个标准箱（20 英尺当量单位），将成为新加坡发展的一个重要里程碑[4]。

码头 → 03a 将于 2021 年底投入初步运营，在两年内逐步启用由 162 辆自动导引车（AGV）组成的车队处理重型集装箱的配送。这些车辆将通过港口的 DC 充电基础设施（由 ABB 提供）实现通电和供电。此外，公司还与 ST Engineering 的土地系统部门密切合作，争取与港口运营商 PSA Singapore 签订合同，为其 AGV 车队提供并调试集成智能充电站。

该合同涉及 18 个智能快速充电站，均具有内置容错和自诊断功能。每个充电站都将被集成到预制撬上的“eHouse”中，配备中低压开关设备、变压器和 450 kW 大功率充电器，以及相关的监测设备[5]。这种配置将 EV 充电与其配套电气基础设施结合在一起，形成一个完整的电动汽车解决方案 → 03b。

尽管 ABB 可提供一系列重型商用电动汽车受电弓的连接选择，但在大士，该等解决方案会因 AGV 上集装箱的存在而受到阻碍。因此，将会使用 Stäubli 专门设计和定制的侧接插针式连接器。联合充电系统（CCS）是基于国际标准的开放式通用充电协议，将确保每辆电动汽车与充电基础设施之间的通信。

PSA 的车队管理系统将集中监测港口充电站的状态和 AGV 电池电量，并相应地安排 AGV 进行充电。AGV 到达其指定充电站后，将发出信号，表示已准备好开始充电会话。

新加坡港口项目是 ABB 的一个突破，标志着公司充电器将首次用于为商业运营自主车队提供动力。•

— 参考文献

[4] ABB, “Smart charging infrastructure for Singapore port’s automated guided vehicles,” 来源: <https://new.abb.com/news/detail/63868/smart-charging-infrastructure-for-singapore-ports-automated-guided-vehicles> [访问日期: 2020 年 11 月 24 日]

[5] ABB, “ABB to electrify autonomous vehicles for new port in Singapore,” 来源: <https://new.abb.com/news/detail/35893/abb-to-electrify-autonomous-vehicles-for-new-port-in-singapore> [访问日期: 2020 年 11 月 24 日]

能源行动

Tmax XT: 数字时代的数字断路器

新型 ABB SACE Tmax XT 塑壳断路器 (MCCB) 专为实现极高性能、易用性和连接性而设计, 不仅可提供智能的全面电路保护, 还可改善能源管理、安装和检修。



Eumir Rizzi
ABB 电气化事业部
意大利贝加莫

eumir.rizzi@it.abb.com

早期的断路器由一个简单的热磁脱扣器组成, 可以感应电流水平, 并在过热或短路的情况下操作开关。20 世纪 80 年代末, 出现了基于电流互感器的电子脱扣器, 它可以测量电流, 而不仅仅是感应电流。后来又引入了控制元素, 例如: 延时跳闸。

近年来, 在日益互联的世界背景下, 监测需求的变化和复杂控制需求的出现推动了断路器的发展步伐。例如, 空芯电流传感器现已取代旧式铁芯电流互感器, 带来诸多优势, 包括: 提高了脱扣器在整个工作范围内的精度, 在很多情况下, 脱扣器的额定电流可达 12 倍。现代电子技术还使得将电压测量集成到断路器中成为可能, 无需额外电压互感器, 从而节省空间和安装时间。



01

功能集成持续快速发展, 消除了复杂性, 并去掉了许多争夺配电盘中有限空间的变压器、仪表、电缆、接线盒和导管。

现代电子技术使得将电压测量集成到断路器中成为可能。

从保护装置到数据源

上一代脱扣器具备集成计量功能, 提供了建立广泛计量架构的机会, 而又不会增加配电系统的尺寸或复杂性。这一进展使更多变量可以在更多地方以 kHz 采样率进行测量。然后, 数据可以立即在装置上数字化并进行处理。如果脱扣器配备数据记录器, 则可以对电流、电压和其他参数值进行存储、分析、可视化或以不同格式下载到其他设备中。



—
01 Tmax XT MCCB 系列
产品。

尽管这些设备具有一定的复杂性，但新型 ABB SACE Tmax XT MCCB 所提供的功能和易用性大大改变了断路器的游戏规则 →01。

ABB SACE Tmax XT MCCB

与同等装置相比，Tmax XT 系列断路器的性能更高、保护更佳、计量更精确，涵盖 160 至 1600 A 电流。Tmax XT 配备 ABB 的 Ekip Touch 保护脱扣器，可提供预配置或自定义数字和模拟接口。Tmax XT 和 Ekip Touch 组合可提供万用表或网络分析仪领域的传统性能：电压、能量、功率和谐波测量精度高于 1%；谐波最多可计算到第 50 次；检测阈值低于标称电流的 0.4%。

Tmax XT 具有任其支配的插入式模块，用来检测温度（通过热电偶）、不同电源线的电压、振动和压力。事实上，任何 4–20 mA 传感器都可以连接到 Tmax XT。脱扣器可以立即处理这些传感器获得的信息，以生成警报、输出命令或使断路器跳闸，而不是发送到通信总线上的监控系统进行

远程处理。所有这些传感器均可通过安装在 Tmax XT 中的 Ekip Touch 脱扣器进行连接 →02。

—
与同等装置相比，Tmax XT 系列产品的性能更高、保护更佳、计量更精确。

系列产品的共性

Tmax XT 系列产品将全球最精确的电子脱扣器集成到最小框架中，是基于业界首款智能低压空气断路器 Emax 2 建造的。事实上，Tmax XT 系列产品具有与 Emax 2 相同的逻辑、功能和接口。这种共性只有 ABB 才能在整个断路器系列内提供，可大大节省时间，并提高安装质量。

信息访问新方式

Tmax XT 脱扣器配备彩色触摸屏显示器，其内置电池使该显示器即使在断路器断电



02a



02b

的情况下也可以开启。这种可用性意味着，在跳闸后可以通过菜单导航，找到了解跳闸原因所需的数据，然后再重新闭合断路器。

触摸屏采用直观图标，就像平板电脑或手机一样。复杂功能的处理非常简单——直接使用触摸屏或利用脱扣器的蓝牙通信功能：手机与 Tmax XT →03 中的 Ekip Touch 脱扣器配对成功后，所有读取和设置活动都可以通过免费的 Epic 手机应用程序完成 →04。

连接到 Tmax XT

Tmax XT 断路器收集的数据具有重要价值，尤其是当可以将来自不同位置的多个断路器的数据作为一个整体进行收集、汇总、比较和分析时。为此，必须提供

数据传输方式。安装在 Tmax XT 中的 Ekip Touch 脱扣器可以发挥 ABB Ability™ 配电控制系统 (EDCS) 的潜力，提供 10 多种通信协议。（ABB EDCS 是一个基于云的平台，使用户可以通过智能手机、平板电脑或计算机实时监测和管理设施的配电，以优化能源使用和成本。）可以将专用模块卡接在断路器上，以启用这些通信功能——例如，用于现场总线的 Modbus RTU、Profibus DP 和 DeviceNet 等。

— **Modbus 模块可确保新产品能够快速集成到现有系统中。**

Modbus 模块可确保新产品能够快速集成到现有系统中。如果需要高速的数据交换率，那么 12 Mbps 的 Profibus DP 是自动化配电盘的最佳选择。另外，还可提供将断路器连接到以太网的解决方案：Modbus TCP/IP 通信模块的运行速度高达 100 Mbps，可作为 Web 服务器，允许浏览器访问存储在脱扣器内的数据。



— 02 Ekip 附件, 可增强 Tmax XT 的功能。

02a Ekip Cartridge, 一种可安装在标准 35 mm DIN 导轨上的外部附件, 使其其他外部附件能够连接到 Ekip Touch 和 Tmax XT。

02b Ekip Signalling 3T, 一种通过 Ekip Cartridge 连接的附件, 可为温度传感器提供三个模拟输入, 为 4–20 mA 电流回路提供一个模拟输入。

— 03 Tmax XT2 - XT4 可以用 Ekip Touch 脱扣器系列进行配置。图中所示为 Tmax XT5 三级脱扣器 Ekip Touch。

— 04 Epic 应用程序屏幕示例。该应用程序可在大多数手机操作系统上运行。

— 05 连接到 Tmax-XT 的 Ekip Com 模块的架构。

与外界的连接

IEC 61850 标准作为发电厂中保护和控制系统的通信协议, 正得到广泛应用。断路器需要非常快速地处理故障情况, 因此, 在 Tmax XT 上实现了 IEC 61850 规定的两种低延迟通信服务: MMS (制造报文规范), 适用于纵向通信; GOOSE (面向通用对象的变电站事件), 适用于横向通信。

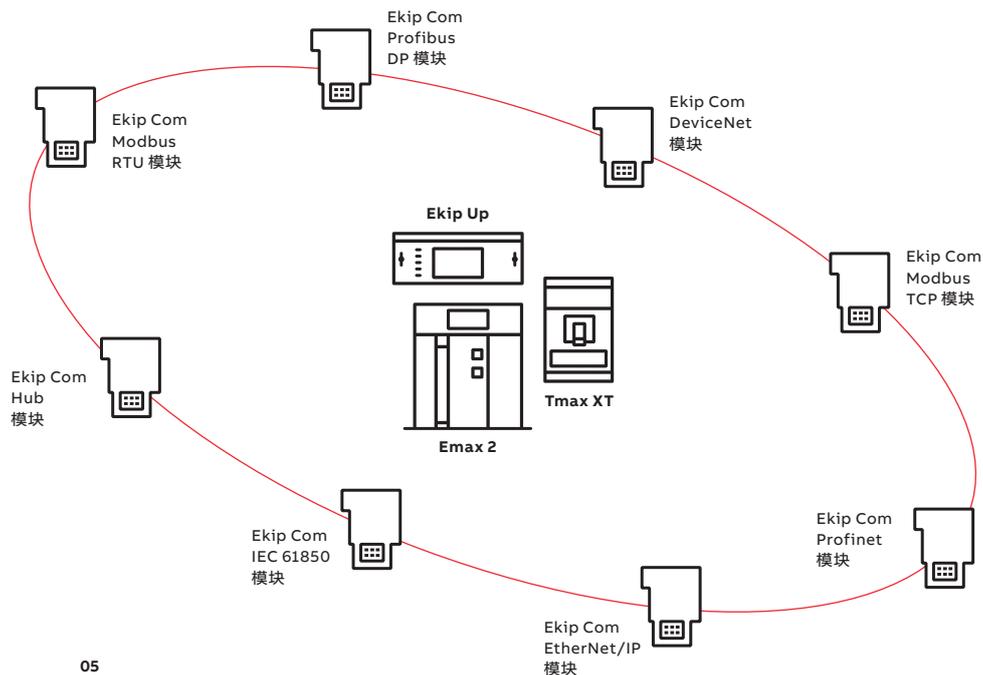
Tmax XT 的连接性为从被动维护或维修方法过渡到预测性方法铺平了道路。分析来自断路器或断路器网络的数据, 而不是让断路器在第一时间跳闸, 这有助于防止故障在第一时间发生。

断路器的连接性还允许通过远程监控对工厂进行实时控制。如果 Ekip 脱扣器配备特定模块 →05, 则可以实现控制逻辑、重新配置网络或控制发电机, 这里仅列举几个与智能电网相关的示例。最后, 将 Ekip Com Hub 模块



04

添加到脱扣器可以集中来自多个断路器的数据, 并将网络连接到 ABB 管理的云空间。



05



06

Tmax XT 打造更环保的世界

控制工厂各级用电是优化能效、节省电费和避免超额用电罚款的前提。此外，对不同地点的类似设施进行比较，这有助于确定适用于整个公司的最佳做法。

谨慎控制用电的另一个动力来自绿色建筑认证。在许多国家/地区，绿色建筑认证对于新住宅建设和医院、购物中心和数据中心等基础设施来说越来越重要。“绿色建筑标志白金奖”（Green Mark Platinum）代表着建筑节能的最高水平，正在成为建筑规范中的一般要求。

Tmax XT 非常适合这种广泛的电力监控。断路器的内置连接将智能手机、平板电脑和 PC 与 ABB Ability™ EDACS 云计算平台上的数据分析工具连接起来，以监测、优化、控制和预测电力系统的状况 →06。测得数据的精确性极高，意味着用户可以随时获得准确信息，从而更方便对资源进行监测，并发现节约成本的机会。使用嵌入式智能电力控制器有助于降低能耗，实

云操作有三种不同模式，每种模式都有其自身需特别注意的安全事项。

现以“绿色建筑标志白金奖”（Green Mark Platinum）为目标的有效评估，并成功降低外部审计成本。

网络安全

云技术可显著提高架构的可扩展性，改善与新一代和上一代设备的互联灵活性，并有助于保护投资。然而，现代分布式系统暴露于有意和无意网络威胁的范围大大增加。ABB Ability™ 云架构是与微软共同开发的，旨在提高性能并保证最高可靠性和安全性 →07。云操作有三种不同模式，每种模式都有其自身需特别注意的安全事项：

- 设备到云场景。在此情况下，需建立用于唯一标识的“白名单”，并且仅允许本地委托。需使用加密通信信道，其协议与银行系统相同。命令无法从云发送到工厂。
- “在云端”，即数据中心之间的通信。将 ABB/客户端数据专门存储在符合最先进网络安全标准的认证数据中心，依赖于 Microsoft Azure 云平台安全策略。
- 浏览器到云场景。在此情况下，访问数据首先需要通过 ABB 单点登录（SSO）进行身份验证，并获得特定授权。通信通过加密通道运行，命令无法从云发送到工厂。

所有这些安全措施都是根据潜在威胁分析设计的，并且根据安全指南和定期代码检查开发。此外，需持续对网络安全进行评估，并通过渗透测试验证其鲁棒性。

面向未来的智能断路器

Tmax XT 系列产品在电气保护领域面临并克服了日益复杂且广泛的挑战。断路器具有丰富的功能选择，这使其成为一个多功

—
06 显示了典型的 ABB Ability™ EDCS 云计算平台。

—
07 Tmax XT 不仅具有出色的连接特性，而且还可提供最高可靠性和安全性。

能模块化智能平台，大大超越 20 世纪 80 年代简陋的断路器技术。如果一个产品系列的目标是要创造电气系统的未来，并为客户提供机会，使其电气装置更为先进，那么精确的测量、全面的数据采集、广泛的通信、云能力和网络安全仅仅是其应具有的部分优点。•

—
断路器具有丰富的功能选择，这使其成为一个多功能模块化智能平台。



能源行动

配电盘电气连接新方式



01

ABB ReliaGear® neXT 电源板和 ReliaGear® SB 从根本上改变了配电盘的电气连接方式。结合模块化配电盘结构和 ABB SACE® Tmax® XT，使动力装置速度更快、可靠性更高、质量更佳。

Bhavya Kapadia
Kiran Bhattar
Harshada Nagare
ABB 智能电源
印度海得拉巴

bhavya.kapadia@
in.abb.com
kiran.bhattar@
in.abb.com
harshada.nagare@
in.abb.com

Tim Ford
ABB 智能电源
美国北卡罗来纳州卡里

tim.ford@us.abb.com

Steven Greenwald
ABB 智能电源
美国康涅狄格州普莱恩维尔

steven.greenwald@
us.abb.com

大多数工业电气连接都是由插入式或螺栓式连接器实现的，这两种连接器都有各自的问题。例如，螺栓连接容易随时间推移而松动，这不仅会导致发热等高电阻效应，还会导致燃弧和短路。由于装置中电气连接的状态对其安全性、效率、可靠性和寿命起着独特的关键作用，ABB 推出了新型 ReliaGear 插入式设计，以确保最佳连接性能 →01。

ReliaGear neXT 和 ReliaGear SB 插入式连接

ABB 的 ReliaGear 插入式设计是对传统设备安装和连接采用的螺栓连接法的重大改进。ReliaGear neXT 和 ReliaGear SB 设计的主要新特征是固定（垂直）面板总线及其包含的插槽 →02。相应地，

相关断路器上的连接器（即线侧连接器）有一个卡夹，该卡夹具有匹配的几何结构，可与垂直总线组件中的插槽接合 →03。而且，虽然故障电流期间产生的力会使传统接头松动，但 ReliaGear 可巧妙地利用这些力来紧固接头。

ABB 推出了新型 ReliaGear 插入式设计，以确保最佳连接性能。

ReliaGear 插入式断路器组件可将断路器和线侧连接器组件合并到单一工厂组件中。没有带多根导线的束带套件，也没有硬件

— 01 ABB 的 ReliaGear 插入式设计可简化需要电气连接的安装作业。图中所示为 ReliaGear neXT 前面板，处于关闭位置。

— 02 ReliaGear neXT 接头。

— 03 装置的安装非常简单，如图中所示断路器。

套件，并且线侧连接器已预装在单一装置中。无需现场 组装，也无需复杂的连接零件套件，安装直接简单。

安装

ReliaGear neXT 面板的模块化设计是加快安装速度的关键。钢制安装支架固定在断路器上，提供一个支点，断路器在该支点上被撬动到位，使插入式指形件与垂直总线接合。然后，断路器通过易于接近的安装螺钉固定到位，通过钢制安装支架连接。无需检查电气连接的扭矩，也无需任何专用工具。线侧连接器的设计有助于确保正确对齐，并在安装和拆卸过程中支撑卡夹。



02

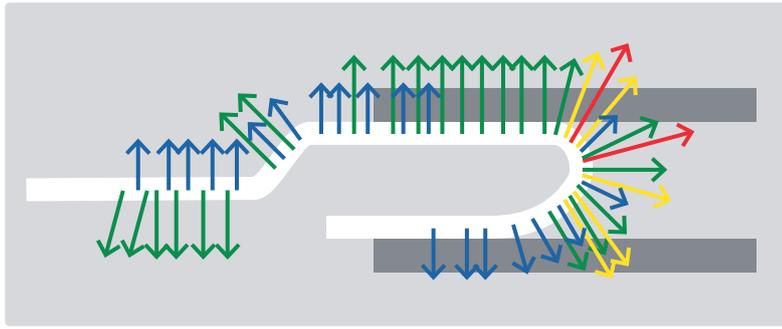
由于 neXT 轨道系统具有等间距插槽，因此可以简单直接地安装各种宽度和长度的装置。任何带有后支架插槽的装置，如要装入轨道开口后再装进总线堆栈中，都可以放置在那里。相反，根据设计，对于最大型设备，如果面板不能容纳，则无法与插槽或垂直总线接合。

— ReliaGear neXT 面板的模块化设计是加快安装速度的关键。

插槽的设计使“X”间距（可用安装位置数）能够适应各种断路器宽度。每个断路器框架和总线堆栈安装附件对 X 空间均有特定要求。框架还可容纳空白垫片以填充间隙。



03



04

将设备安装到轨道系统中时，底层框架孔应与后支架上的螺栓孔对齐，以便安装螺钉。这种高效的设计可确保安装中的设备正确定位并完全接合。

ReliaGear neXT 和 SB 系统经过精心设计，使插入尽可能简易，同时有助于实现接触完整性。考虑到该设计的插入性质，插入力应与所安装设备的载流量成比例。对于低载流量断路器，插入是一个简单操作，所需的手力和支撑力极小。对于较大的框架断路器，ReliaGear neXT 电源板的设计可以支撑断路器的重量，直到最终插入。

调查显示，平均而言，如果由熟练技术人员执行断路器和束带套件的安装，可能需要 10 分钟或更长时间才能完成，并且需要合适的扭矩扳手来确保适当连接。在 ReliaGear neXT 面板上添加一个类似断路器耗时不到 30 秒，且不影响相邻设备，只需要基本的手动工具。

额定负载下的性能

断路器线侧接头包括一个压缩弹簧，位于卡夹内，通过卡夹本身的功能固定，在典型操作条件下达到所需的接触压力。作为弹簧加载连接，该接头不会随时间推移而松动；没有需要检查或维护的螺纹连接；而且接触压力由弹簧保持。ReliaGear 卡夹组件是一项获得专利的解决方案，可为连接提供可靠的、可重复作用力，有助于确保连接安全可靠。

在考虑电气连接的接触面积时，重要的是要考虑表观接触面积与实际接触面积之比。虽然常识可能表明，使用完美表面时的比率高于使用线接触时的比率，但实验和计算表明，事实恰恰相反：ReliaGear neXT 卡夹组件由嵌入式压缩弹簧固定，可将该比率从传统方法的 20% 左右增加到 40% 以上 →04。要使用经典的螺栓式连接获得等效的接触面积，需要高扭矩、高强度紧固件，这在现场特别难以布置。

—
在 ReliaGear neXT 面板上添加一个类似断路器耗时不到 30 秒，只需要基本的手动工具

短路条件下的性能

故障电流期间产生的电磁力会影响螺栓连接上的接头电阻，从而影响热性能。在这种情况下，ReliaGear 插入式卡夹的设计可扭转局面，并利用这种力达到相反效果。借助 ReliaGear，卡夹与面板总线之间的排斥力会被卡夹本身臂中产生的斥力克服 →04。利用可被描述为“吹灭”的力，将其转化为“吹着”的力量。通过这种布置，接触力与电流的大小成比例增强，使卡夹组件在故障和短路期间能够保持在位。

— 04 力矢量图，显示了在大电流/短路事件期间，ReliaGear neXT 和 SB 卡夹内的斥力撞击在垂直总线上并产生压缩力。所示力的大小从蓝色到绿色，再到红色。产生的压缩力形成比正常运行时更牢固的连接。

— 05 使用经校准的探头进行测试，以此确定符合 IP20 级“指触安全型”垂直总线堆栈组件。

振动测试

振动是现场连接器失效的一大原因，因此通过全面的振动测试对 ReliaGear neXT 组件系统的结构和功能完整性进行了验证。进行测试时，将 XT 组件牢固安装在振动台上，并使组件达到或超过相关法规要求的值：国际法规委员会——评估服务验收标准（156ICC-ES AC156）。

侵入防护（IP）

根据 IEC 60529 标准，侵入防护（IP）代码定义了机械外壳对灰尘、意外接触和水侵入的防护等级。获得专利的 IP20 ReliaGear neXT 设计采用模制机械密封，可保护垂直总线堆栈的某些配置，防止意外接触到大小超过 12.5 mm 的固体。这符合 IP20 防护等级标准，通常被称为“指触安全型”。该设计还可将异物接触总线系统的风险降至最低 →05。

安全可靠的连接

安全性和可靠性是电气连接方案最重要的方面。ReliaGear neXT 面板的设计和测试旨在提高安全性和保证长期可靠性。Reli-

— 通过全面的振动测试对 ReliaGear neXT 组件系统的结构和功能完整性进行了验证。

aGear 的插入式连接可改进长久以来用于配电和控制设备的插入式连接，在额定电流下提供比螺栓等效物更佳的实际接触/表面接触比。设计甚至利用了故障条件下产生的电磁力来改善电气连接。简而言之，ReliaGear 的设计使安装更安全、更简单、更快捷，同时可确保长期优质性能。•







能源行动

适用于无 SF₆ 应用的压气式负 荷开关

真空技术负荷开关（LBS）用于填充有代替 SF₆ 绝缘气体的环保替代品的开关设备中。这些开关存在一些局限。完善的压气式灭弧装置技术保障了 LBS 替代方案的可靠性、经济性和易用性。

—
Elham Attar
Magne Saxegaard
ABB 电气化事业部
挪威斯基恩

elham.attar@
no.abb.com
magne.saxegaard@
no.abb.com

Nitesh Ranjan
Jan Carstensen
ABB 前员工

SF₆ 可能导致全球变暖，与此相关的环境问题正推动着基于环保绝缘气体的新一代气体绝缘开关设备（GIS）的发展。在该开关设备中，将真空开关技术用于 LBS，许多研究工作都集中在这种技术带来的介电和耐热挑战[1,2]上。此外，真空开关成本高，需要一个额外的隔离开关，其中包括复杂的驱动机制。

完善的压气式灭弧装置技术保障了 LBS 替代方案的可靠性、经济性和易用性 →01。

针对环保型绝缘气体的压气式灭弧装置技术压气式灭弧装置由一个压缩室和一个灭弧室组成 →02。其工作原理是利用活塞压缩气体产生的超压来“吹出”电弧。压缩气体



01

被释放到燃弧区，在此冷却触头之间点燃的电弧。如果触头距离和冷却效果足以承受瞬态恢复电压（TRV），则在第一个零电流（CZ）交叉处，电弧熄灭。TRV 产生于被困在断路器负载侧电感中的磁能，在那里产生电容和电感之间循环的电流。这种电流会产生瞬态过电压。断路器上游的电势与这些瞬态过电压之间的差即为 TRV。

由于 SF₆ 具有冷却电弧和在切换事件后迅速恢复绝缘水平的固有特性，因此非常适合作为开关中的绝缘气体。在压气式灭弧装置中以环保型替代品取代了 SF₆，由于替代气体的熄弧性能较差，且介电强度较低，因此热相和介电相的分断性能下降（见以下两节）。

ABB 设计了一种压气式灭弧装置，可克服环保气体带来的这些问题。通过在燃弧区周围形成所谓的气体驻点流型，SF₆ 替代方案的分断性能显著提高。此外，由于 LBS 中冷区和热区的弱介电强度可能会导致重燃，因此实施了创新解决方案来调整热气流型，以防止电弧重燃。虽然中断能力是主要挑战，但新型 LBS 的功能还具备优化

介电和耐热的设计。在这些方面取得的进展使打造紧凑型 LBS 成为可能，该 LBS 使用环保型绝缘气体替代品，同时保持 SF₆ GIS 的既定等级和占地面积。

热分断

在灭弧装置燃弧区周围的流型的不同拓扑如 →03 所示。SF₆ 中压（MV）压气式灭弧装置中常用的流型称为“简单流型”。在此，气体直接通过动触头和喷嘴系统流向静触头。在不同气体压力和负荷下对简单流型压气式灭弧装置进行的实验表明，其分断性能对于无 SF₆ 的中压应用并不足够[3]。

工作原理是利用活塞压缩气体产生的超压来“吹出”电弧。

因此，探讨了两种替代设计：单流型和双流型设计，这两种设计均具有“驻点”，与简单流型设计相比，都能够提高空气的分断性能 →03。驻点是流场中的一个点，在这个点上，流体的局部速度变为零，所有动能都转化为压力能。驻点流型通常用于高压断路器，但在商用 MV LBS 中尚无已知的应用。

在驻点式设计的开启操作中，与动触头相连的活塞压缩气体，导致压缩室超压。同时，将梅花形弧触头从弧销上拔出，导致电弧产生 →04。引弧加热气体，使喷嘴的临界截面部分“堵塞”，导致

— 01 与用于开关设备（如此处所示的 SafePlus Air CCV（即，2 × VCB + 1 × 隔离开关）GIS）中的真空断路器（VCB）相比，新型压气式灭弧装置的优势更明显。

— 02 压气式灭弧装置示意图。

— 03 简单流型和双驻点流型——单流型与双流型。

— 04 基于双流型几何体的压气式开关的打开操作。

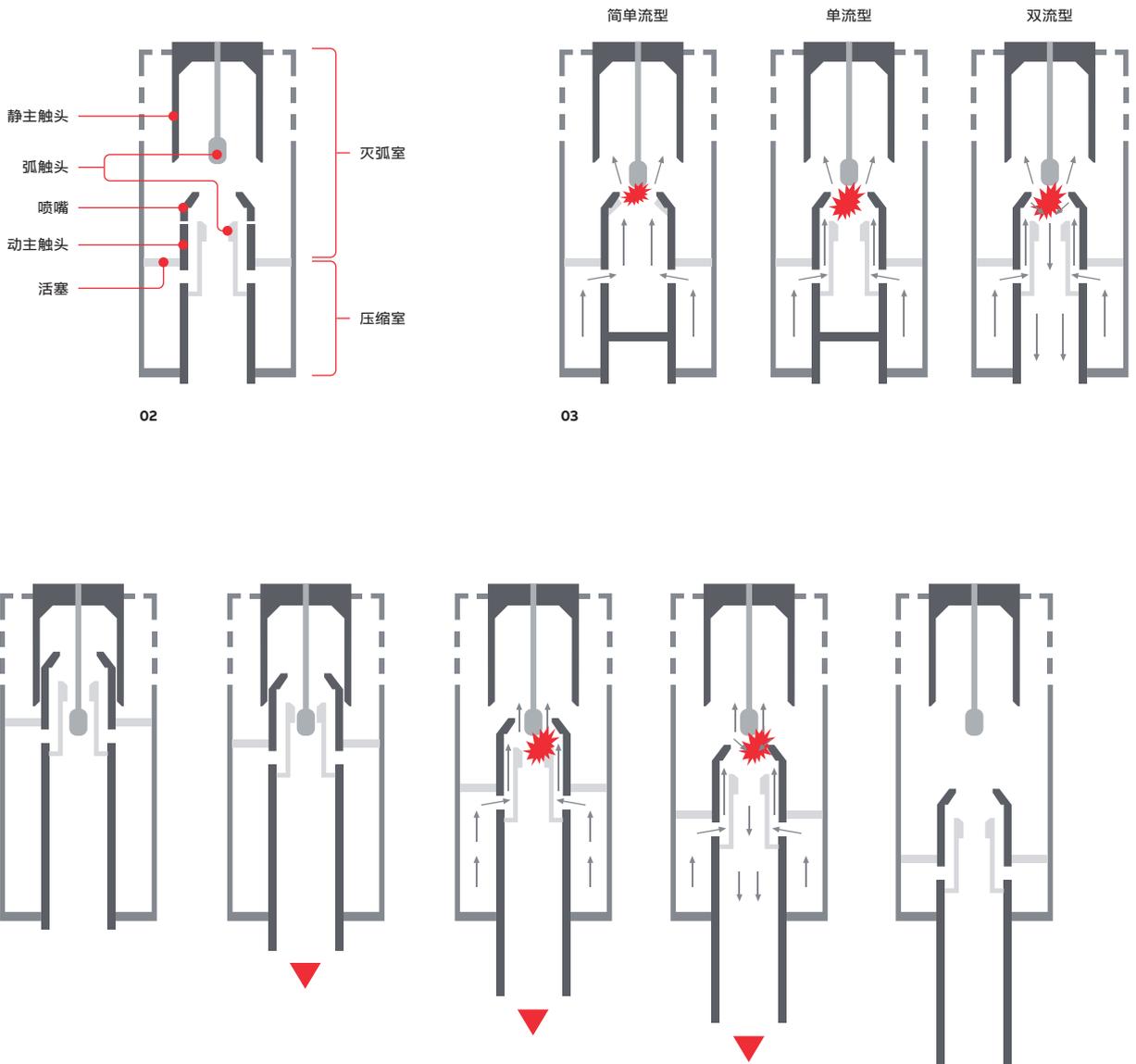
所选流型的具体布置可显著提高分断性能。

压缩空间中的压力进一步上升。最终，来自压缩空间的加压气体冲入燃弧区，帮助熄灭电弧。消弧最好发生在第一个 CZ 交叉点，因此，需要足够的气体压力在该点吹出电弧。作为新设计的一部分，在燃弧区周围设有定制端口。新鲜气体可以通过这些端口进入，以快速替换喷出的热气。

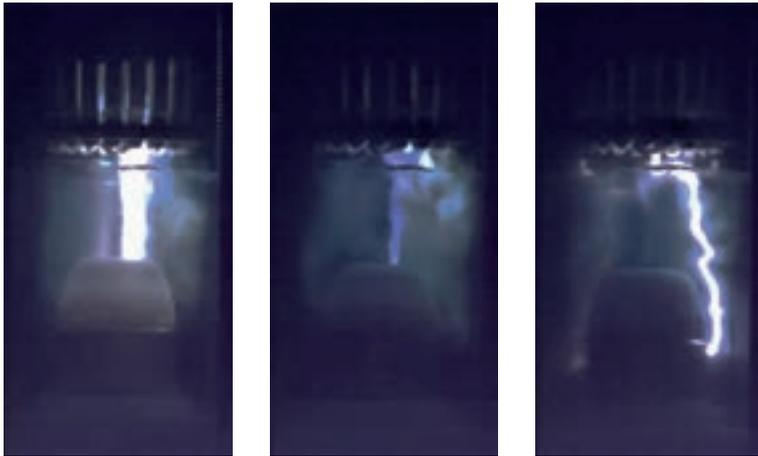
压气式设计的许多参数可影响系统中的气流和压力积聚，并导致不同的分断能力。在这里讨论的开关装置中，气体被用作灭弧介质和电介质。在燃弧区所选流型的具体布置可显著提高分断性能。

介电重燃

如果燃烧电弧产生的热气和金属蒸气混合物留在触头周围，则介电相（CZ 后约 10~100μs，其特征是残余电流接近零）可能会导致重燃。这种混合物的介电强度比



04



05

冷绝缘气体低，并且当 TRV 增大时，可能会在原始等离子体通道之内或在远离原始等离子体通道的地方发生重燃。为了量化新开关设计在这方面的鲁棒性，在不同开发阶段进行了实验 →05。

除了全尺寸实验之外，计算流体力学（CFD）建模是另一种主要调节工具，用于新开关设备设计的根本原因分析和敏感性分析。→06 说明了在两个不同燃弧时间内，双流型设计中触头周围所积聚热气的云的 CFD 建模。理想的情况是将这种热气推动主动触头，即必须调整分断事件期间所产生热气的流型，以防止介电相发生重燃。要控制流型，可以分开静弧触头（弧销），并为静主触头配备多个带有压力释放孔的触头部件。此外，气体出口应足够

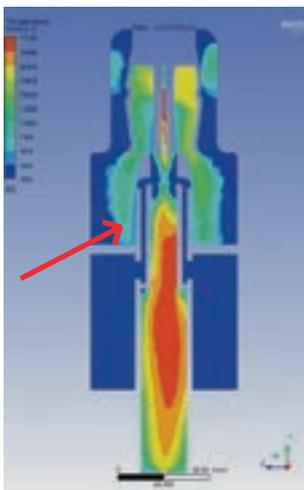
大，以避免热气流回主触头，触头中的任何更改都不应牺牲主电流路径所需的横截面 →07。

—
CFD 建模是另一种调节工具，用于新开关设备设计的根本原因分析和敏感性分析。

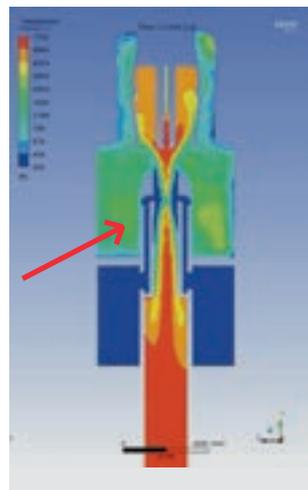
在灭弧室周围的现场控制器上设置一些开孔，可以把燃弧事件过程中产生的热气、蒸气和废气带离。

介电设计

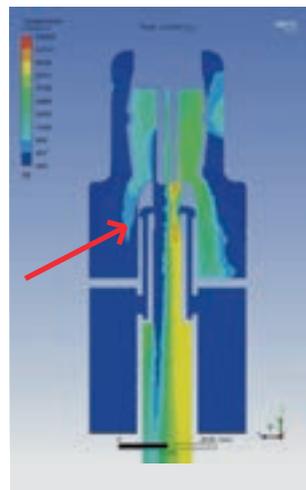
尽管在环网柜（RMU）应用中，空气的介电耐受强度几乎是 SF₆ 的三分之一[3]，但新型空气绝缘开关单元的占地面积不应加大。为了降低组件附近的电场应力，投入了大量努力[3]。这一操作产生了非常有益的效果，即电场屏蔽 →08。为消除导电固体、绝缘固体和绝缘气体在三相点处的高应力区，采用了新型设计[4]。最终，完善的压气式灭弧装置设计满足了 IEC 62271-1 等通用标准规定的所有介电要求[5]。



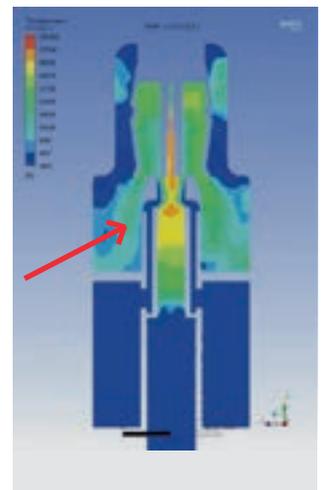
06a



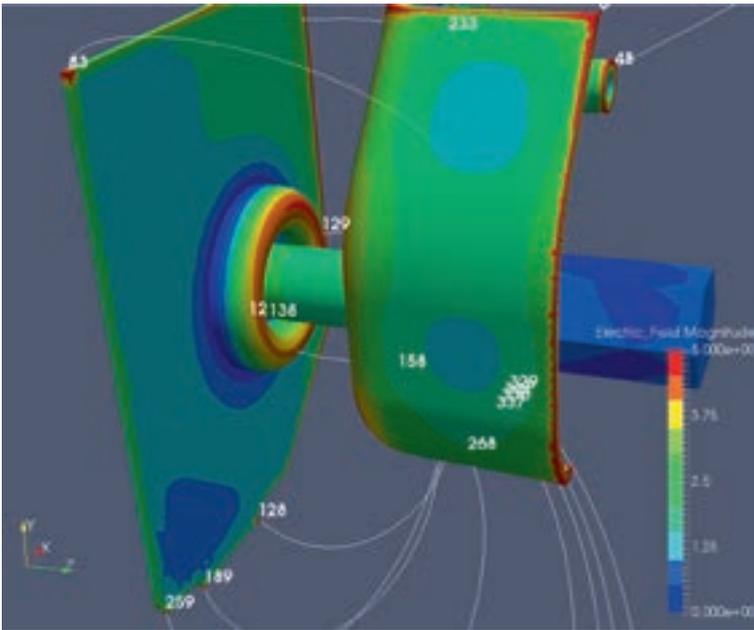
06b



07a



07b



08

几何体之间的相互作用。与非 SF₆ 气体中的简单流相比，驻点流可提高分断性能。

—
已采用新型设计来消除三相点处的高应力区。

此处所述新型灭弧装置设计的成功性能使其成为一种经济易用的替代方案，取代采用真空灭弧装置的 LBS，并为下一代环保型 RMU 铺平了道路。•

—
05 电弧产生的热云在动触头周围沉降，导致其重燃。设计上的改变可以将热气推离动触头，并防止介电重燃。

—
06 CZ 交叉点后的温度分布。箭头表示被推离的气体。

06a 燃弧时间 = 5.25 ms。

06b 燃弧时间 = 13.3 ms。

—
07 管端出口对 CZ 前主触头周围热气积聚的影响。双流型设计减少了主触头周围积聚的热气。

07a 双流型。

07b 单流型。

—
08 临界区的电场应力。数字表示用于提取数据的临界点，颜色表示电场强度。

全尺寸测试

根据 IEC 标准的“有源负载”试验负荷等级 E3、C2，在标称电流为 630 A，额定电压为 12 kV 的条件下，对市售 ABB SafeRing/SafePlus Air 装置进行了全尺寸分断型式试验[6]。

真空 LBS 的经济易用替代品

压气式灭弧装置利用动触头和静触头相对运动产生的气吹运作，由于其体积紧凑、结构简单、开断特性好而被广泛用于 SF₆ 开关柜中。在压气式开关中，分断能力取决于电弧、气体特性、流型、压力积聚和

参考文献

[1] T.R. Bjørntuft et al., "Dielectric and thermal challenges for next generation ring main units (RMU)," CIREN 2013, paper 0463, 2013.

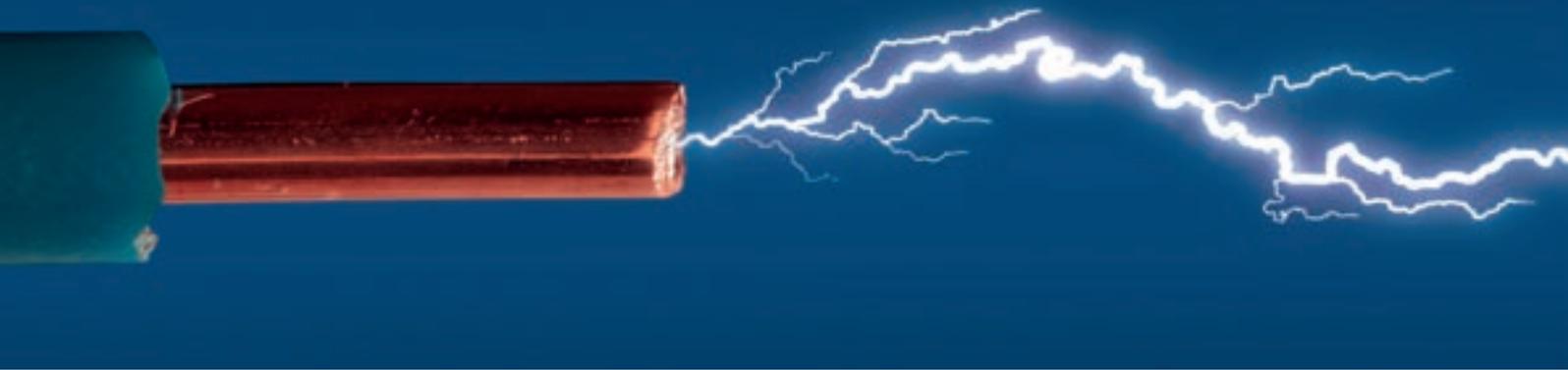
[2] M. Hyrenbach et al., "Alternative gas insulation in medium-voltage switchgear," CIREN 2015, paper 0587, 2015.

[3] M. Saxegaard et al., "Dielectric properties of gases suitable for secondary medium-voltage switchgear," CIREN 2015, paper 0926, 2015.

[4] A. Blaszczyk et al., "Virtual High-Voltage lab," *ABB Review*, 2/2021 pp. 52–57.

[5] IEC, "High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear," IEC 62271-1 ed. 2.0, 2017.

[6] IEC, "High-voltage switchgear and controlgear – Part 103: Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV," IEC 62271-103 ed. 1.0, 2011.



能源行动

电弧闪光检测用罗氏线圈电流传感器

ABB 的 TVOC-2 Arc Guard System™ 弧光监测系统是市场上反应时间最快的电弧闪光缓解装置之一。通过将 CSU-2 电流感测单元添加到 TVOC-2，可消除由非燃弧相关闪光引起的障碍跳闸 → 01。



01

Jemima Widforss
Jan-Peter Antin
ABB 电气化事业部
瑞典瓦斯特拉斯

jemima.widforss@
se.abb.com
jan-peter.antin@
se.abb.com

Michal Bures
ABB 电气化事业部
捷克布尔诺

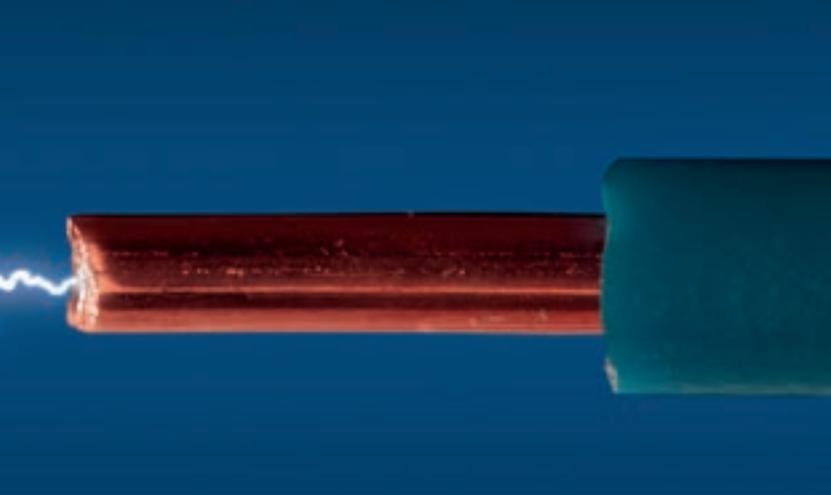
michal.bures@
cz.abb.com

在温度超过 10,000°C、电流密度高达 100 A/cm² 和存在剧烈压力波的情况下，电气外壳中的电弧闪光是极其危险的不良事件。

电气设备中的大多数燃弧事故都是由于人为失误（例如，在操作员操作设备时）、连接故障或动物误入造成的。在大多数情况下，事故发生在开关设备维护或安装期间打开柜门时。柜门打开后，防电弧开关设备设计的前线防御（坚固的柜门）就不存在了。

尽管事故很少发生，但一旦发生就很严重。可能会造成人员重伤甚至致命，并严重损害设备。更换和修理损坏的设备会导致长时间停机。

显然，电弧闪光是无论如何都要避免的事件。如果无法避免，则必须将影响降至最低。因此，电弧防护系统是现代开关设备设计的必要组成部分。



—
01 ABB CSU-2 电流感测装置。

—
02 ABB 的 TVOC-2 Arc Guard System™ 弧光保护系统

为了缓解电弧闪光的影响，ABB 做了大量工作，在数十年间向市场推出了多款有效应对产品。ABB 的 TVOC-2 Arc Guard System™ 弧光保护系统就是一种利用光学传感器检测电弧的设备，其是在一款成熟弧光保护系统基础上升级的新版本，该成熟系统保护人员和电气设备免受危险电弧侵害的历史已超过 35 年 →02。例如，TVOC-2 与 ABB Emax 2 断路器完美结合，提供一种快速响应的主动保护系统，该系统能够限制内部燃弧的破坏性影响。

ABB 的 TVOC-2 Arc Guard System™ 弧光监测系统使用光学传感器检测电弧。

TVOC-2 弧光保护系统

TVOC-2 弧光保护系统采用光学探测器，感测与电弧现象相关的光通量。当感测到异常光照水平时，TVOC-2 会向断路器发送跳闸信号。电流中断可阻止当地电网向电弧输送更多的电能。检测反应时间小于 1 ms。→03 显示了光学探测器的位置示例。探测器的战略性定位可消除检测区域之间的干扰。传感器经校准以具有相同的光敏感度，鱼镜头设计使其能够观察到较大的立体角，因此定向无关紧要。

电磁干扰（EMI）抗性通过使用光纤电缆来实现，不仅可避免必然伴随电弧故障发生的 EMI，而且还 可更快地传输信号；在燃弧事件中，每微秒时间都很重要。

为避免因摄像头闪烁、附近焊接活动、阳光等造成误跳闸，电弧缓解装置可与电流感测装置组合，并设置为仅在同时记录到过电流时激活。这正是罗氏传感器发挥作用之处。

ABB 罗氏线圈电流传感器

在过去数十年间，ABB 开发了罗氏线圈电流传感器，用于开关装置等电气设备。现在，该技术为用于 TVOC-2 的新型 ABB CSU-2 电流感测装置提供了基础。CSU-2 可检测到电弧闪光相关故障发生时伴随的快速电流上升。为了消除障碍跳闸，TVOC-2 只有在“发现”闪光且 CSU-2 电流感测装置同时检测到过电流的情况下才会触发断路器跳闸。

罗氏线圈置于导线周围。流过导线的电流在传感器绕组中产生磁场，从而在绕组中诱发电压。这一电压与一次电流的一阶导数成比例，并呈现为二次端子上的输出。该传感器响应在整个测量范围内（直到短路电流）都是线性的，这意味着与传统使用的电流互感器相比，该传感器覆盖的范围要广得多。



与传统方法相比，罗氏线圈电流传感器有
几大优势。

ABB 罗氏线圈电流传感器的优势

作为战略的一部分，基于替代原理的传感器（如罗氏传感器）正在取代开关设备和其他电气装置中的传统仪器，以大幅减小设备尺寸、提升安全性、加强评级标准化，并扩大功能范围。

用于新装置的可变夹紧系统和用于改造的开环分芯解决方案使罗氏线圈的安装快速、简单、安全和可靠。电流传感器通过 RJ45 连接器连接到 CSU-2。CSU-2 顶部指示灯为绿色时，表示此连接安全。CSU-2 电流感测装置可持续监控罗氏线圈的功能，以确保能够快速可靠地检测到过电流。

一个电流传感器可用于从 100 A 到 4 kA 的标称电流，并且还可以测量超过 150 kA 的峰值电流而不会饱和。由于测量范围广，因此可以将相同的电流传感器用于负载极不相同的应用中，例如，输入和输出馈线。传感器的这一特性还具有其他优势：面板制造商现在可以减少库存，并且零件

互换性得到增强。此外，如果变电站要升级以获得更大的一次电流，可以使用相同的传感器。

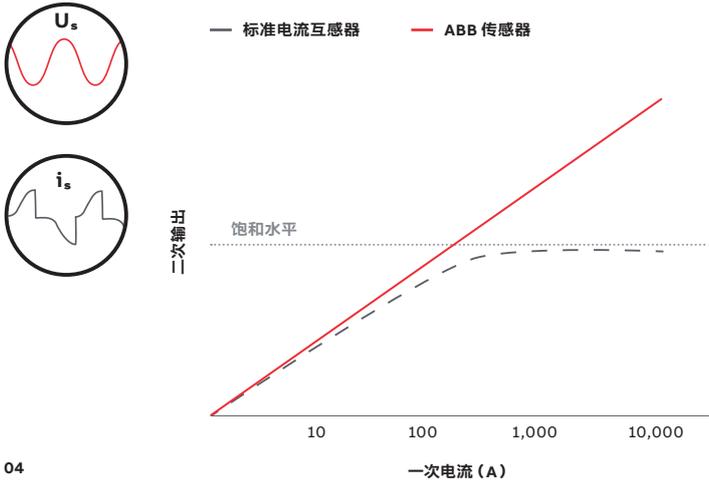
与标准电流互感器相比，罗氏线圈传感器

—
一个电流传感器可覆盖从 100 A 到 4 kA 的电流，并且还可以测量超过 150 kA 的峰值电流而不会饱和。

不仅可节省大量空间，而且由于重量轻，还便于搬运和储存。此外，由于没有铁磁芯，因此传统解决方案中存在的功率损耗问题被消除，传感器的能耗极低。能耗降低提高了解决方案的经济性和环保性。空芯不易饱和，这是带磁芯的电流互感器的一个主要问题 →04-05。

CSU-2 使用经工厂校准的专用罗氏线圈电流传感器，以确保在低电流和高电流水平下快速安全地触发跳闸。





04

— 03 战略性布置光学探测器以实现最佳覆盖范围。

— 04 传感器的线性意味着二次信号不会饱和失真。

— 05 罗氏线圈传感器元件。感测线圈环绕导体。

05a 带可打开线圈的中压版本。

05b 带固定线圈的中压版本。

05c 带小直径线圈的低压版本。

05d 带大直径线圈的低压版本。

守护电气装置的未来

A电弧防护系统日渐成为电气柜设计的一个基本要素。由于此类系统可减少损坏和停机成本，因此，一些保险公司通过降低系统安装现场的保险费用来鼓励使用这些系统。燃弧事件防护也被纳入立法。例如，欧盟低压指令规定，应采取措施防止电弧闪光等原因造成的过热损坏。

这种组合是最有效且最可靠的电弧缓解产品之一。

TVOC-2 Arc Guard System™ 弧光保护系统与 CSU-2 电流感测装置组合可确保电气装置能够充分应对与电弧闪光相关的所有方面问题。这二者组合可确保连续运行、安全和保护。罗氏电流传感器易于安装或改装，可提供电流测量功能，其使用寿命更长，维护要求更少。

TVOC-2 和 CSU-2 的设计基于 ABB 在电弧缓解领域数十年的经验，即使在柜门打开的情况下也能确保人员安全，并提供全面的弧光保护。这种组合是最有效且最可靠的电弧缓解产品之一。•



05a



05b



05c



05d



专业术语解释

智能材料

材料可以实现智能化吗？它们有记忆能力吗？答案是肯定的！



Sebastian Breisch
ABB 集团研究中心
德国拉登堡

sebastian.breisch@
de.abb.com

但研究这类材料及其应用的国际团体将其大概定义为：在不改变其本身性质的情况下，可以用于驱动、感测和能量收集的材料。“智能”材料在外界刺激（例如：温度或磁场）下可改变形状。有些智能材料甚至拥有“记忆”能力，可以记住经过训练的形状。这些材料可用于驱动、传感和能量收集，无需对材料本身进行改性。

智能材料可为众多应用提供广泛功能。

有四类智能材料即将或已经在工业应用中

- 压电材料
- 热致形状记忆合金（SMA）
- 磁致形状记忆合金（MSMA）
- 介电弹性体（DE）

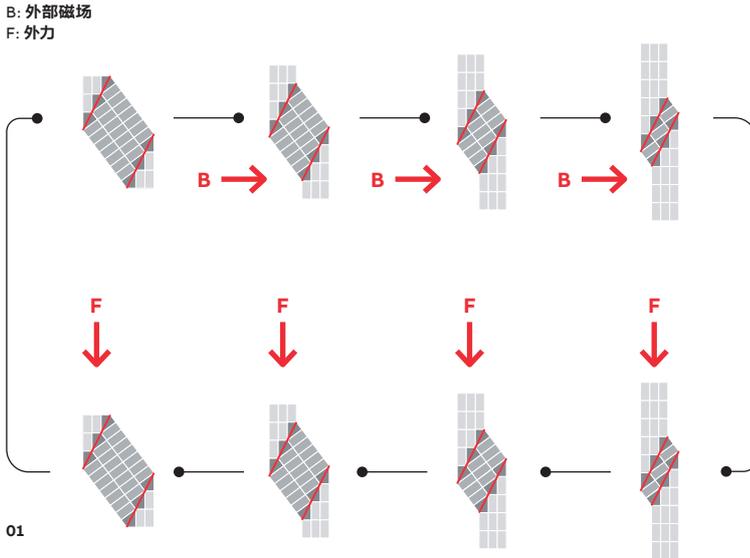
其中，压电材料最为成熟。它们已被用于工业应用，特别是汽车工业，这可能是其随处可见的原因之一。

典型的应用是用于共轨发动机的喷油器。而作为传感器，举例来说，它们可用于力传感器和称重传感器。

SMA 也是一项成熟的技术。这种材料最突出的应用在医学上（如支架）。最广为人知的 SMA 例子是镍钛合金回形针，可以大幅变形，当用蜡烛加热或放入热水时，会恢复初始形状。这种性能源于材料的两种不同晶体结构，与温度相关。在环境温度下，材料处于“冷”晶体结构状态。SMA 的“热”晶体结构必须经过数千次的温度循环训练。当随后发生机械变形，然后被加热到转变温度（即晶体重新定向其内部结构的温度）以上时，材料会“记住”其经过训练的形状，并恢复到该形状。标准材料的转变温度约为 60°C。

对于工业 SMA 执行器，标准设计是一根简单的导线，可以拉伸，然后在加热（例如通过电流）后恢复原状。如果使用大横截面，这种结构变化会产生很大的力。

与 SMA 类似的是 MSMA，它不仅对温度有反应，而且对磁场也有反应。MSMA 的



01 施加外部磁场 (B) 会导致折叠式晶体结构成比例偏转。在标准应用中, 通过外力恢复原始形状 (F)。

制造具有挑战性, 因为铸造所需的单晶锭是一个复杂的过程。在这种锭中, 凝固期间会形成磁极化折叠式磁晶体结构。以有利方向将 MSMA 元件 (“棒材”) 从锭上切下。如果施加外部磁场, 这些棒材内部的磁极化折叠式晶体结构会使其变形 → 01。

热效应和磁效应的结合使得 MSMA 非常适合于需要热响应和磁响应的应用, 例如家用微型断路器 (MCB)。

DE 构成了上述最后一类智能材料。橡胶状 DE 材料通常被夹在两块极性相反的电极板之间, 如标准电容器。施加的电压使电极板相互吸引, 挤压弹性体。这种基本变形使执行器设计具有广泛的通用性。在感测模式下, DE 的任何位移 (例如配置为薄膜) 都会改变电容, 从而可进行精确的变形测量。第一批采用这一原理的工业产品将很快推出。

智能材料可以提供广泛的传感和驱动应用与功能, 相较于替代解决方案, 都具有设计极其简单的特点, 且所需零件数量少, 名副其实地灵巧又智能。•

— 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, 或者上网订购: 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 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

— 出版人

《ABB 评论》由 ABB 集团出版。

ABB Ltd.
《ABB 评论》
Affolternstrasse 44
CH-8050 Zürich
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。

出版人和版权 © 2021
ABB Ltd.
瑞士苏黎世

— 印刷人

Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH
6850 Dornbirn/Austria

— 排版

Publik. Agentur für
Kommunikation GmbH
Ludwigshafen/Germany

— 插图

Konica Minolta
Marketing Services
London,
United Kingdom

— 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



— 下期预告 (2021 年 3 月) 资产与连接性

正如我们必须关爱身体健康才能取得最佳表现一样，一家公司必须妥善保护和呵护其资产才能确保其生产力。下一期《ABB 评论》将关注资产健康，探讨客户如何知晓他们能够放心依赖 ABB 设备状态。