

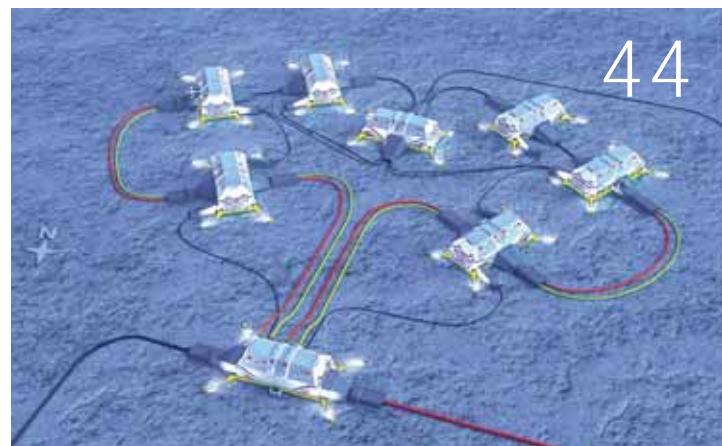
评论

01|2020 中文版

启迪未来



-
- 06 - 17 创新亮点
 - 18 - 41 数字化未来
 - 42 - 60 极端性能





36

联合创新为自动化增值



A200-H
单级涡轮增压器

56

—

本创新特刊的主题是“启迪未来”，因为创新不仅仅是指提出新的或好的理念；它还需要以下方面的支持：愿景、灵活性、弹性、后续跟进、不断迭代以及可能最重要的一环——目标明确地专注于解决实际问题并创造真实机遇。ABB客户和研究经验提供了众多相关细节，让您可从中受到启迪。我们一如既往地欢迎您提出宝贵意见。

abb.com/abbreview

创新亮点

2020



13



AI 和机器人：灵活工厂的适用方案

将人工智能 (AI) 与机器人组合，以学习能力代替僵化的应用程序，可大大提高工厂自动化的灵活性。这种强大的技术组合可以扩展机器人的功能，从而改进生产力，让工作更安全、更高效。ABB 在此领域的应用范围包括利用 AI 让机器人感知和应对环境、检查并分析缺陷，以及自主优化流程。

例如，配有视觉传感器的机器人可以使用 AI 识别物体（无论物体位置如何），而机器学习算法则让机器人可以确定抓取物体的最佳路径和夹爪位置。

AI 还可以让机器人检查并分析各种物体——例如焊缝（图形），从而检测缺陷和质量问题。这一切通过将视觉传感器与监督学习（主要是实例训练）相结合实现。

提及自主流程优化，ABB Ability™ 互联雾化器绝对遥遥领先，作为全球首款配有传感器的互联机器人喷涂雾化器，可实现实时智能诊断和油漆质量优化。通过监控加速度、压力、振动和温度等关键变量状态，雾化器可将换色造成的内部浪费减少 75%，同时降低 20% 的压缩空气消耗。

ABB 还将 AI 算法用于冲压生产线内的压机和机器人行为分析，从而将设备等待时间缩至最短。控制算法采用整体分析法，可识别瓶颈现象，并管理机器人和压机的启停时间，因此让生产线更稳定且更可预测。•

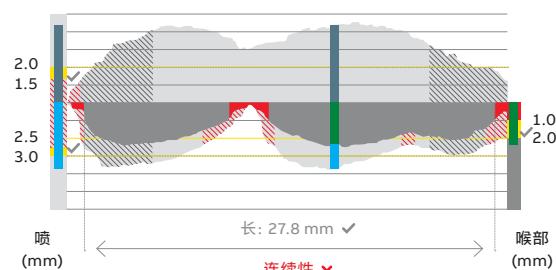


ABB 为渡轮和客滚船扩增 AZIPOD® 功率范围

自 1990 年面市以来，Azipod 电力推进系统就成为从小艇到大型破冰船等各种船型的行业标配。为积极响应客户诉求，ABB 专门推出了 7.5-14.5 MW 的全新系列产品，填补了该推进系统在低功率与高功率范围之间的空白。除了渡轮和客滚（客运滚装）船之外，这一功率段也适用于大型海工船、中型邮轮和穿梭油轮。此次扩容后，Azipod 推进系统家族现已灵活覆盖 1-22 MW 功率段。

新型中功率系列的核心是 ABB 最新的第四代永磁电机，它在成熟的 Azipod 推进技术的基础上经过特别优化，提高了功率并实现最大能效。推进系统设计简约，有利于提高稳定性和可靠性，同时方便维护。

此外，Azipod M 系列推进系统还具备特定技术，专为渡轮和客滚船船东和运营商量身定制，以提高运营优势。例如，此新系列针对低甲板高度进行了特别设计，允许将 Azipod 推进系统放置于客滚船的汽车甲板下，这样既确保车辆的顺利装卸，又充分利用了甲板空间。

近三十年来，Azipod 电力推进系统秉承“直观稳固、易于维护”的设计宗旨，广泛运用于多达 25 种船型。本次新型中功率系列的问世，正值渡轮和客滚船船东增效减排压力加剧之际。•



海底电气化系统让油气行业实现深水开发

2013 年, ABB 与其联合工业项目合作伙伴 Equinor、Total 和 Chevron 启动了一项扩展项目, 为油气行业设计并测试一套海底电气化解决方案。为了在超深水域实现远程操作, ABB 开发了整合各种部件和组件的模块化设备, 构成一套海底电气化系统。¹ 该系统包括变速传动 (VSD) 开关设备以及一套保护和控制系统, 用于最大 3,000 米水深下的海底泵机和气体压缩机电力传输、配送和转换, 峰值容量达 100 MW, 传输距离最远可达 600 km, 并满足最长 30 年的使用寿命要求。这节省了水上区域, 并减少了电源需求和温室气体排放。

在设备设计过程中, ABB 采取务实步进式方法, 成功开展模拟测试、实验室测试和现场测试, 以确保每个部件、子组件和组件都满足 DNV RP-A203 和 API 17F 海底生产控制系统标准中规定的“技术就绪指数 (TRL) 阶段资质要求”。

在单项设备测试结果合格的基础上开展了浅水测试 (SWT): 在受保护港口测试场地对中压 VSD 原型执行 1,000 多个小时² 测试, 结果无懈可击。

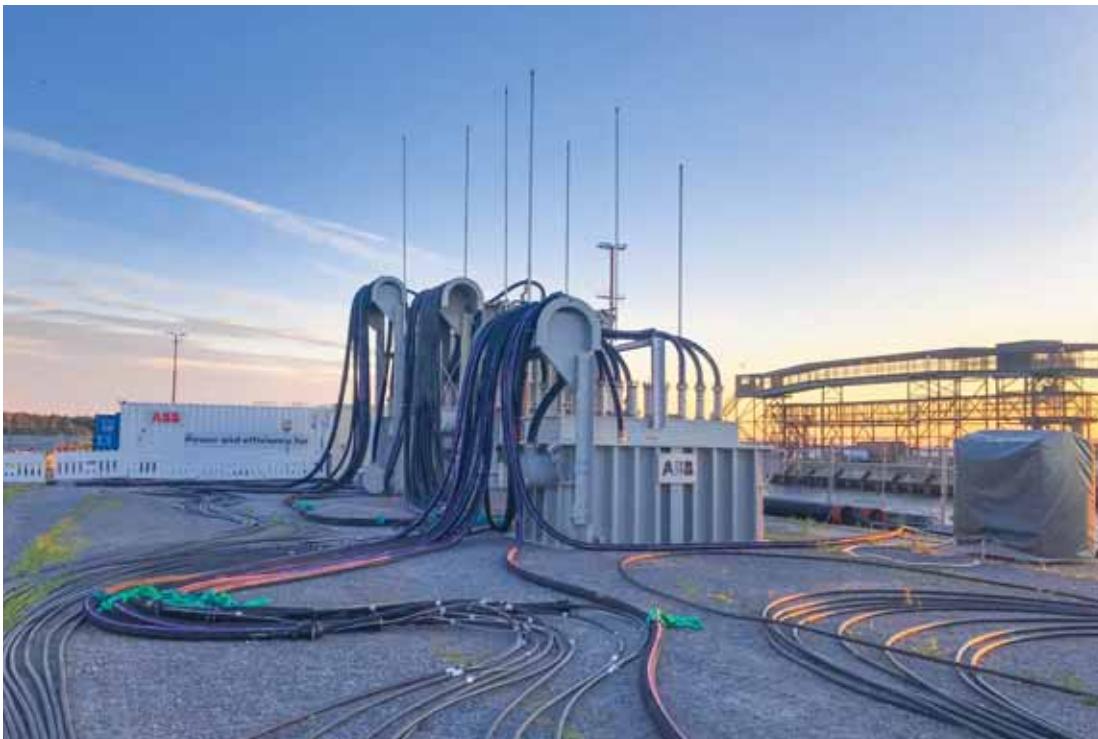
2019 年 6 月执行了为期 3,000 小时的第二次浅水测试, 这次测试覆盖整个电气化系统原型: 包括两台并行配置、带有开关设备和控制装置的 VSD。此次测试结果以及之前所有质量鉴定结果将保证系统在恶劣海底条件下的可靠性。此次 SWT 测试于 2019 年 11 月完成, 其成功让油气行业明白电气化解决方案已发展成熟, 可应用于远程海底环境。 •

—

脚注

1) 您是否对此感兴趣? 本期还有更多关于此系统及其设计和质量鉴定的内容, 请参见第 44 页的“ABB 海底技术助力开发未来海底新能源”。

2) 有关海底变速传动 (VSD) 技术、设计和功能的深度介绍, 请参见第 50 页“为海底电力转换开辟新方向”一文。





异常检测应用程序帮助缩短机器人停机时间

我们都明白什么是异常。比如你的衬衣上有一颗纽扣格格不入，这就是异常。但是，说到区分工厂真实警报和机器人误报，事情可能就棘手得多。

异常检测是机器学习的一个分支，以检测和识别差异为重点，这些差异表现为与大型数据集或数据流中的其他主要观测结果严重相悖。如果反复检测和识别到此类差异，则可以作为故障预警，或确认可能需要人工干预的事件。

基于对大量数据的历史研究，ABB 软件工程师开发了一条统计学路径，可帮助了解工厂环境中各机器人的事件分布情况，以及在各机器人运行中实时获取机器人状态信息。

该方法设计用于在机器人机群控制面板中显示异常分数，自动生成事件警报，在执行维护活动时保持主动性和预测性，缩短停机时间，避免短时停机，以及最终使设备综合效率 (OEE) 最大化。

其理念是创造一种工具，让客户可全面管理物理参数数据以及机器人生成的警报和事件，从而掌握机器人最新状态和分数趋势图，分数趋势图不仅指示未来可能出现的问题，而且揭示出用于快速识别问题根源的方法。

该工具将由 ABB 基于机器学习型应用程序予以提供，并作为最新一代 ABB Ability™ 互联服务的一部分。•

第三代分拣打包软件将调试时间从数天缩短为数小时

制造商如何就大规模定制和产品生命周期缩短做出有效回应？答案越来越倾向于数字双胞胎技术，该技术让客户可以在改装或建造实际生产线之前先在虚拟生产线上实施全面配置测试。

鉴于此，ABB Robotics 推出了第三代 PickMaster® 软件，用于机器人分拣和打包应用。

该软件是复杂机器人操作简易配置的市场领导者，18年来，该软件设立了简化机器人集成视觉导引随机流分拣、打包和物料搬运方面的行业标准。

该软件首次配备数字双胞胎技术，将调试时间从数天缩短至数小时，并将换模时间从数小时缩短至数分钟。其提高了多机器人协作的灵活性和可视性，为流动包装、托盘装载、箱盒打包和搬运等应用优化生产流，避免产品损失或残缺包装。

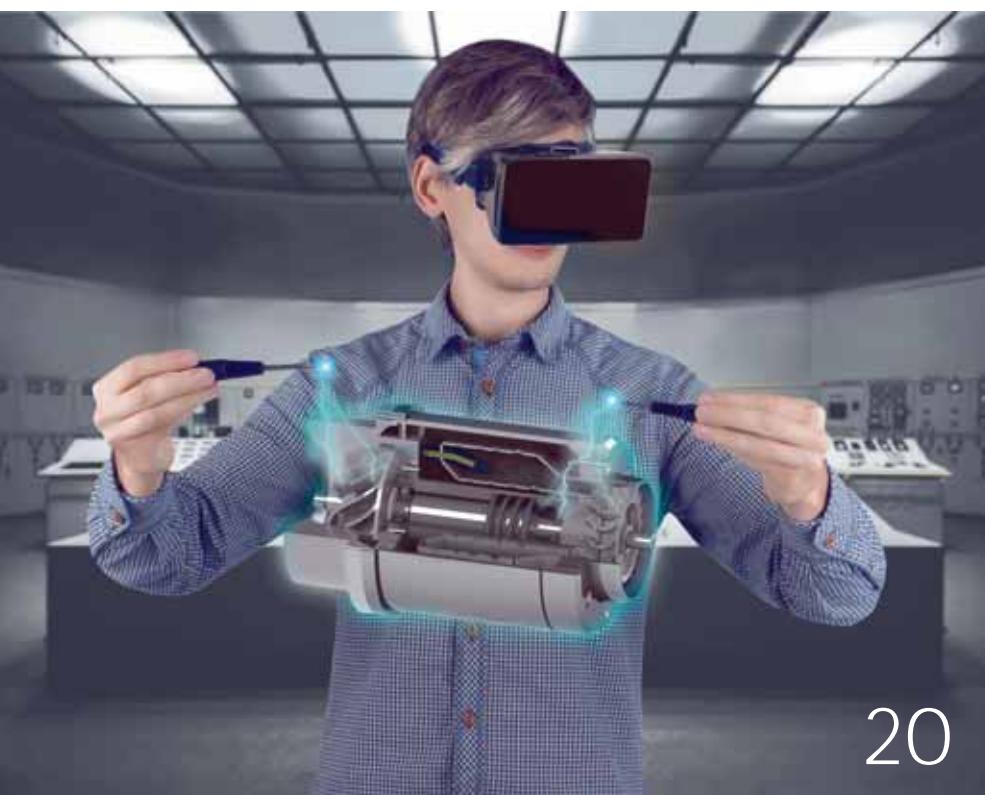
该软件还允许离线设置分拣和打包任务，让用户可以在虚拟环境中创建、模拟和测试完整机器人安装作业，避免干扰实际生产线。借助数字双胞胎技术，分拣流程可在虚拟环境中实时优化，而实际流程则相应应对。这不仅帮助客户节省时间和成本，而且缩短新产品上市时间，因为产品线得以更快安装，在调试阶段内就可稳健爬升至最高生产速度。

PickMaster® 还为工厂车间提供了现代化操作界面，让操作员和车间经理可以全面掌控生产结果。其符合 PackML 行业标准，可以与其他打包机械以及生产和工厂规划系统无缝集成。

PickMaster® 有多种配置可供选择，并能与所有 ABB 机器人以及各种虚拟和实体机器完美组合。对于要求高产量、响应快以及快速换模的工厂和生产线而言，PickMaster® 绝对是理想之选。 •



数字化 未来



20



24





01

成功使用数字双胞胎技术的前提条件是在资产的整个生命周期内保证数据的一致性。资产本身可以是产品、系统或工厂。数字双胞胎可用于改进产品细节，或优化价值链上的特定领域。

数据完整性和网络安全措施确保在价值链上处理的数据保持完整且未经篡改。这是从数据中收集所需流程优化信息的唯一方式。

其目的是简化当前操作中的人工作业，而不是使其变得繁琐。相对地，自治系统则负责执行枯燥、危险或吃力的任务，并在无需人工干预的领域做出自主决策。只有当这些系统能够在未经教导（编程）的情况下做出正确决策时，决策才是真正自主的→02。

自动化可为人类创造高质量工作。但是，为了针对未来工作做好更充分的准备，即使是装备精良的国家也必须根据 ABB 委托开展的一项研究重新思考其教育和培训理念。ABB 已经通过创造“数字化工作场所”和为员工提供数字自动化工具强化培训课程开始着手为未来做好准备。

ABB 还积极投身于大学教育。例如，公司在 2007 年成立了“杜曼工程教育基金”。该基金为全球学术拔尖但需要财务资助以继续完成学业的优秀电气工程专业学生提供奖学金。在 2016 年，为纪念 Hubertus von Grünberg 设立了 ABB 研究奖。其为获奖者提供 \$300,000 的研究补助金，每三年颁发一次。

数字双胞胎帮助各行业大幅缩短开发、生产和测试耗时。

除了各种元素之间的互操作性和日益提升的自主性之外，数字化转型还寻求实现更高程度的可持续性。数字化技术有助于减轻气候变化带来的负担。为了宣传气候保护，ABB 提出“零排放使命”口号，并且已经卓有成效。ABB 目前一半的收入都源于其环保产品和系统，且该趋势仍在不断上升。在私人和商业领域构建自动化产品有助于优化能源和轻松控制电气设备。

反思创新，应对第四次工业革命

如何进行创新转型，以充分发挥第四次工业革命的潜力？公司如何确认可能在各场所或领域反复出现的领域或技术性问题，以革新整个行业？一本关于未来技术和经营策略的新著作的作者给出了说明。



Wilhelm Wiese
ABB 集团印度研究中心
ABB 全球工业和服务私人有限公司
印度班加罗尔

wilhelm.wiese@
in.abb.com

随着第四次工业革命的兴起，以及产品和整个市场变化速度的加快，对所有组织来说，卓越运营的重要性已上升至一个前所未有的新高度。在需要持续不断的开发和部署的大环境下，以月甚或年为更新-维护循环的开发模型和实践操作已经无法满足需求。因此，第四次工业革命要求转变新产品、技术和解决方案上市范式，从而让它们得以符合预期。

公司需要确认可能在各场所或领域反复出现的领域或技术性问题。

在此情况下，解决方案开发成为核心术语。许多企业领导充满热情地宣布他们计划将其设备数字化，或将公司从产品型公司转型为解决方案供应商。

但为何要如此炒作呢？这难道不是工程学的考虑范畴吗？当要符合甚至超越预期曲线时，真正的挑战其实并不是开发解决方案，而是明确问题。简而言之，企业必须在提出解决方案之前先确定问题。在第四次工业革命的背景下，这意味着认清新技术如何以竞争优势压倒传统技术→01。这是为设备运营商确定价值以及为工业产品和服务供应商确定新收入流的必经之路。

但说易行难。在董事会上宣布的新生产力模拟数字化策略听起来令人兴奋，但要落到实处时却很容易流为俗套。最终实际交付的只是一套标准解决方案，在数字化解决方案大旗下，为现有产品和服务提供聊胜于无的些许助力。此外，许多此类工作最后只能应用于非常狭窄的领域，且无法扩展。

棘手问题的巨大潜力

这一整套流程应该从何处开始？良好的起点是现在备受推崇的设计思维流程的核心。Plattner、Meinel 和 Leifer 将此流程的五个阶段描述为：“（重新）定义问题、明确需求与基准化分析、构思、组建、测试。”[1] 也可以将该流程视为一个空间相互堆叠的系统，而非一系列按部就班的步骤：在团队完善想法、探索新方向的过程中，启发、构思和项目执行可能多次往复循环。

在解决 Horst Rittel 和 Melvin Webber 所指的“棘手问题”——即尚未明确或难以应对的问题时，设计思维尤为有用 [2]。面对此类问题，我们不应避如蛇蝎，因为他们可能蕴藏着巨大潜力。事实上，真正的危险在于将思维局限在已经明确的问题上，因为这往往会使我们基于标准规则或现有技术知识按图索骥地提出解决方案。

在第四次工业革命的背景下，要就决策过程明确棘手问题，可以应用“乔哈瑞窗口”→03a [3]。

“乔哈瑞窗口”由心理学家率先提出，用于支持自助团体。它可帮助引导使用者确定迄今隐藏的问题，并利用这些问题确认新解决方案。如 →03b 所示，“乔哈瑞窗口”可被细分为四个关键解决方案领域，其中第一个是增量解决方案。例如，当你与业内其他同行都已知某个问题的存在时，那么该问题可能很快就会通过现有技术或一些增量变化得到解决。

—

作为第四次工业革命的潜在动力， 棘手问题解决方案最有可能带来巨大成功。

第二个解决方案领域是可轻松实现的目标。此领域中的问题对行业专家（如设备运营商）而言已是轻车熟路，并且他们也知晓改进机会，但解决方案供应商却一无所知。该领域问题可在客户车间（通常被称为联合创造车间）解决，而解决方案供应商也可以在此开始了解设备运营商所面对的挑战，并召集其技术专家提出解决方案。由此而带来的信息交换可具体化为明确的问题陈述，从而很可能带来解决方案，并在之后复制、推广这些解决方案。

第三个解决方案领域是假设问题陈述。此领域的风险较高，因为解决方案供应商可能不得不在开发过程中投入大量资金，却不一定能够获得成功。这是因为该解决方案并非关键解决方案，或无法带来足够价值。

最后是第四个解决方案领域：棘手问题。这些问题就是第四次工业革命的潜在动力。此领域的风险明显偏高，因为创新流程十分复杂，而且一些创意注定要面临失败；但棘手问题的解决是颠覆性的，这意味着取得的解决方案最有可能获得巨大成功。



03a



03b

具体说来，这个例子告诉了我们什么呢？很显然，它证明解决方案开发带来的颠覆性变化打开了推行第四次工业革命新技术的大门，并在识别尚未确定的棘手问题时能发挥巨大作用。之后，可以通过基于人工智能的根源分析法对此流程进行跟进，从而得出前所未有的解决方案。要开始深挖数据和技术，你所需要的只是预感！

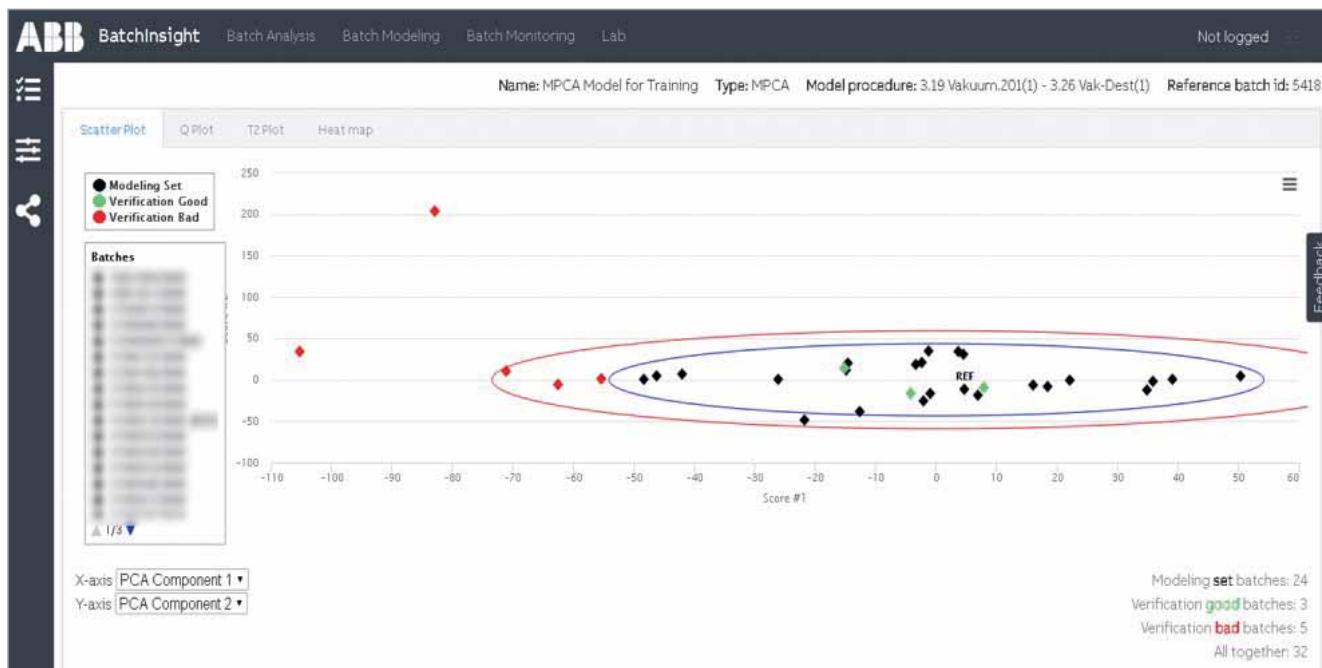
但即使是预感也需要有触发因素。因此，良好的起点是参观设备并询问是否有管理者无法解释的产量或质量问题。在这里，你能遇到众多预感触发因素。以此为起点，运用各种询问技巧，例如用石川图 [5] 来探索因果关系。应用这种重复询问技巧分析棘手问题的关键在于，不要去探寻根源。这项技巧被用于定义所需的数据范围，以收集和确定应采取哪种技术来寻找因果关系，该因果关系无法通过数据和数据相关知识发现。整个过程可归结为三步 → 06 法。

第一步是调查，该步的目标是找到可能有关联、但在这之前没有被列入考虑的数据。在第二步中，诸如机器学习或人工智能等最新技术将被应用于数据，以获得关于潜在根源的新洞察。第三步是关于解决方案的开发，也是真正开始令人激动的部分。棘手问题的解

决方案开发通常从基于建筑模型或数字双胞胎的若干种概念验证研究开始。由于机器学习算法的结果与既定可能性程度相关联，而后者需要在开始推行真实工业流程之前进行验证，因此这些研究显得尤为关键。

棘手问题的解决方案开发通常从基于建筑模型或数字双胞胎的概念验证研究开始。

设备运营商、系统供应商或设备制造商能单独完成这一切吗？恐怕不能。但真正优秀的问题解决模型将此流程细分为三个步骤：原因-内容-方法 → 07，通过后者区分以传统方式解决问题和以颠覆性合作方式解决问题。

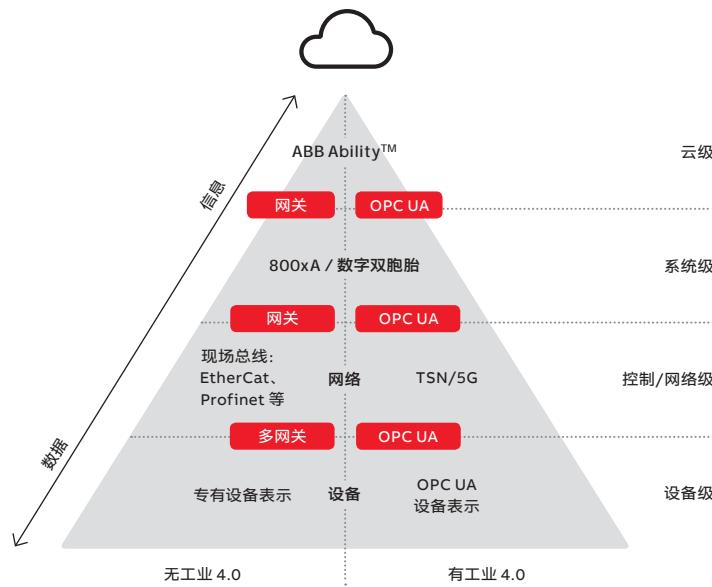




数字化未来

OPC UA 和 TSN： 为终端设备实现工业 4.0 升级

PC UA 和 IEEE TSN 是工业 4.0 的颠覆性基本要素，可彻底改变工业自动化能力，将其从现场设备升级到企业层面。在当前自动化领域中普适且有时资源受限的设备如何适应这些新技术呢？



01

OPC UA 和 TSN 的另一个有利方面是将专有和定制化环境转变为统一标准环境。

除了供应商特定接口和协议外，生产线层级可能面临其他挑战。例如要求苛刻的应用，如运动控制任务，需要确保设备之间高性能和确定性数据传输。现场总线技术是数十年前的设计，在面对今天的各项要求时往往力不从心。TSN 的表现则远超 [1] 现有的现场总线技术，并兼顾了未来高性能数据传输的增长。

概而言之，不仅要求统一增强信息模型，还要求提供确定性数据传输，这对于现有系统架构而言是非常棘手的挑战。工业 4.0 建议通过 OPC UA 和 IEEE TSN 等 IoT 机制来应对此类挑战。TSN 在提供低层级数据传输的同时，OPC UA 可作为高级应用的 IoT 推动者。这两种技术的组合可以为未来工业自动化提供两项关键功能：快速稳健的数据传输和用于阐述设备语义的客户端-服务器组合→02。

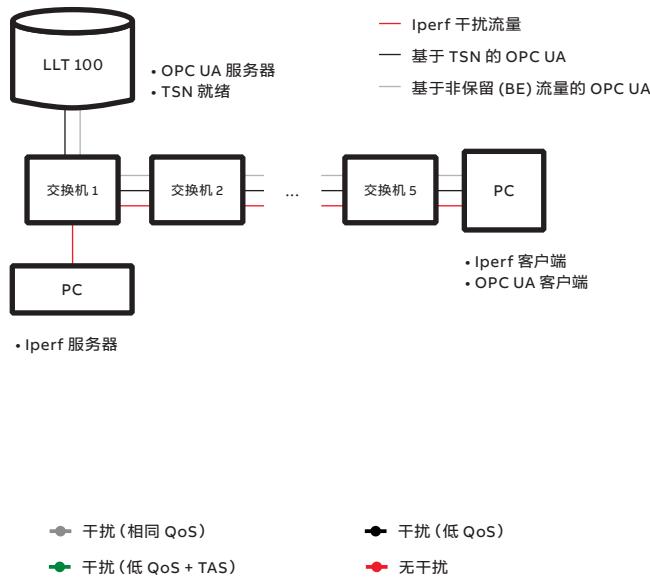


图片: ©iStockphoto.com/AleksandarGeorgiev

02

吞吐量被干扰流量消耗，尤其是就服务质量 (QoS) 而言。这表示即使存在高吞吐量干扰流量，引入 QoS 仍可降低延迟。TSN 交换机中的 QoS 可根据八种优先级区分消息，以确保先发送重要消息。通过诸如时间感知整形等 TSN 机制，OPC UA 延迟得以进一步缩短并更趋稳定。显而易见，即使是终端设备软件上的基本 TSN 支持，也能通过 TSN 就绪基础设施提高数据访问的确定性。

TSN 评估显示，OPC UA 数据交换的延迟可大幅缩短。



03

在该项目中开发的软件概念将在 TSN 应用的第二阶段进一步发展，届时将重点关注 TSN 应用系统中的自动化终端设备集成。

IIoT 设备项目为新设备原型机启用了 OPC UA。实际上，已经开始针对一些目标设备进行产品开发。另一个好处是该研究项目为 OPC UA 应用带来了可用工具和最佳实践。例如，一种自动代码生成器将开发构件（如设备说明文件）转译为 C 语言代码，以备编译和加载到设备上，从而与 OPC UA 服务器组合使用。还比如帮助不同领域的开发者以标准、可行的方式展示设备业务逻辑的设备集成 (DI) 模型指南。

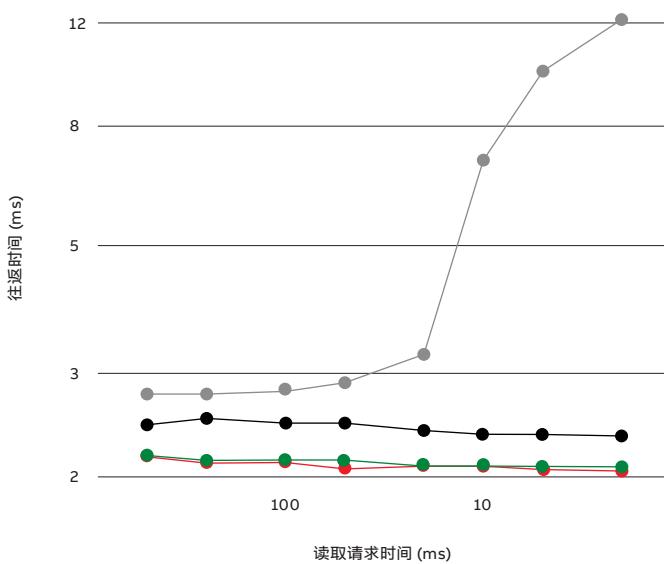
工业自动化的颠覆者

能够提供预期网络连接确定性的 TSN 就绪交换机现已面市。也可提供能够即时集成的 OPC UA 客户端-服务器软件产品。更适用于高性能应用的 OPC UA PubSub 扩展系统也即将面世。根据 OPC 基金会 [2] 报告，“PubSub 实现了 OPC UA 在车间的最深级别应用，该应用环境下的控制器、传感器和嵌入式设备一般要求本地网络上的优化、低功率和低延迟通信。”

目前，ABB 终端设备已经能够通过基本 TSN 支持启用。完整 TSN 支持，包括硬件支持，可在不远的将来实现。TSN 的全面系统集成在很大程度上仍是一个未解决问题：交换机供应商的目的并不是提供全面系统集成解决方案，而是为网络配置提供附加模块。自动化供应商和系统集成商（如 ABB）拥有自动化系统方面的专有技术、自有工程工具以及相关专长，从而可决定 TSN 应用和集成规模。→05因此，自动化供应商、网络设备制造商和系统集成商将继续合作创建针对 TSN 的标准集成机制，使其可应用于整个行业。

ABB 代表正积极推动 OPC UA 和 TSN 的相关标准化工作。

要发展成为广泛适用的技术范式，需要协调和规范工业 4.0 的基本要素。ABB 代表正积极推动 OPC UA 和 TSN 的相关标准化工作。标准化社区正吸引着越来越多的参与者，这些参与者有其新考量，继而带来了需要与之前定义功能相协调的新功能。此规模下的统一需要付出相当大的努力。但是，进展是显而易见的，而且越来越突出。•



04

通过联合创新为 AI 工业项目 增值

ABB 为分析和人工智能项目开发了一种四步联合创新法。该方法利用工程领域知识和数据科学专业知识，让 ABB 及其合作伙伴和客户可以联合创建高级分析和人工智能解决方案。



第 2 步：高级分析和 AI 开发项目的成功离不开优质、适宜数据访问。数据检查和收集确保能够满足这方面的要求。

首先，由领域和数据科学家通过全天研讨会或面谈确认解决工业 AI 问题所需的数据，从而推动知识分享。

接着，评估可用数据的适用性。识别缺失数据。专家还将考虑融合不同来源的异构数据（例如信号数据、警报与事件数据、业务数据）也能如何支持价值主张的实现。

如果数据质量或数量不足，可规划数据收集活动、安装额外传感器，或使用来历不明的数据代替缺失的数据 [6]。

第 3 步：在此阶段，ABB 的 AI 建模专家开始探索数据并准备建模。同时，检测和处理剩余数据质量问题 [7]、确认关联性、设计功能并生成假设。在此阶段习得的教训用于工业 AI 问题的微调。

之后启动“训练 - 验证 - 调试测试循环”。此时，数据科学家基于验证数据集（或在交叉验证中）设计和训练数据驱动模型，然后根据需要微调模型超参数或重新设置各项功能。操作方法从纯数据驱动模型（如神经网络）到主要基于物理定律的模型不等，且包含介于这两种模型之间的所有模型。另外，还开发混合型方法，以针对各种单一模型取长补短

通过结合领域和数据科学专长来指导模型设计：从适当定义的模型输入、输出和结构，到选择适当的建模方法和定义能够精确量化模型性能的成本函数。

完成验证后，在新数据集上对模型进行测试，该数据集的相关算法尚未经过优化。此外，还将使用模型解读工具对黑盒模型（如随机森林或人工神经网络）内的推理进行调查。

基于真实数据和预测提前创建用户界面模型，从而加快建模和工作流评估。而且，ABB 在此阶段持续与利益相关方和客户分享结果和知识，从中获得关键反馈，继而改进模型。

第 4 步：在部署阶段，来自 AI 建模阶段的数据管道和机器学习工作流开始运行。需要原位系统对机器学习模型进行再训练（例如按需、按计划或基于事件进行再训练）。另外，使用软件系统给机器学习模型打分，并将输出结果提供给用户。

ABB 与各行各业（如化学、汽车和公共设施）的客户协作推行四步法。

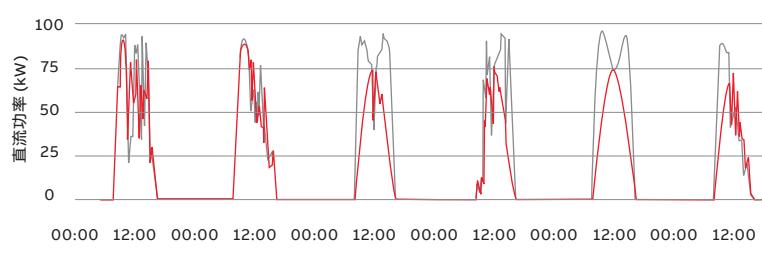
ABB 与客户一起决定如何部署 AI 解决方案，例如通过 Web 仪表盘部署、与现场既有软件集成，或作为虚拟助手的方式部署。

使用案例：太阳能发电设备性能监控

ABB 已成功部署其四步研发方法，为公共设施和制造加工等行业的工业自动化创建出一种高级分析解决方案。

例如，ABB 的联合创新法帮助电网和电气化企业的领域和数据科学专家以及来自波兰、中国、瑞典、瑞士和德国的研发团队顺利交付用于监控光伏发电性能的创新型高级分析解决方案。适用于太阳能发电设备的四步解决方案如下所述。

第 1 步：状态监控系统可以延长正常运行时间并提高产量，最终降低太阳能发电设备的生命周期成本。但是，太阳能发电设备的分散化和模块化性质也意味着挑战。而且，发电设备地处偏远位置，且一般采取无人操作设置，无疑加剧挑战。因此，运营商需要非常精准且具有成本效益的监控系统，该系统既要能维持设备当前性能和良好状态，还要能确定可能诱发任何潜在问题的根源。



—
ABB 与客户利益相关方联合开发出一种用于执行加工厂内旋转设备预测性维护的解决方案。

第 2 步：数据检查结果显示，用于分析的数据收集不足。仅在大型、高价值泵机上部署了状态监控系统。而低成本设备也可能对维护成本产生重大影响。

但是却没有对这些设备进行相同程度的监控。在 ABB 的支持下，客户确定试装 ABB 无线传感技术，以生成所需的数据。ABB 设置了适当的数据收集基础设施，让 ABB 数据科学家也可以访问数据。

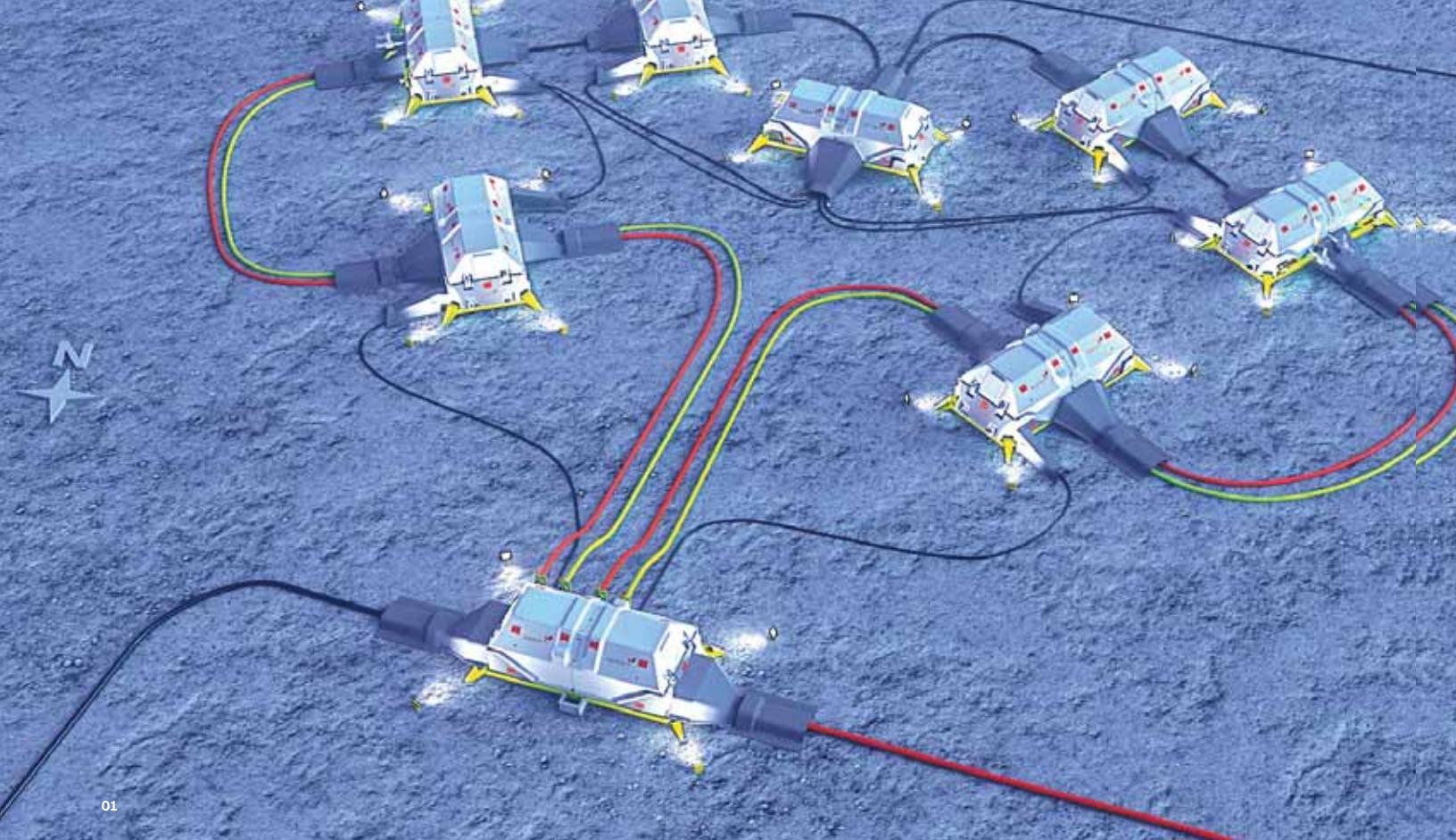
—
数据科学家和领域专家、客户以及利益相关方通力合作，分享知识，为自动化过程增值。

第 3 步：ABB 数据科学家和资产专家分析了输入数据，可以确定潜在故障的指征 → 05。对于已确认存在故障症状的，立即将该情况与客户分享，让客户能够调查并确认检测到的问题。根据正常系统和已确认故障状况的数据样本，ABB 数据科学家能够训练深度学习模型，使其可靠预测泵机是否会在接下来的两周内出现故障。



极端性能





极端性能

ABB 海底技术助力开发未来 海底新能源

ABB 独特电气化系统采用全新且极度可靠的模块化设计，经过严格测试验证，这意味着超深水域生产比以往更可行。完备的实地测试结果显示，该系统能够进入深海，而且完整的海底生产工厂也初具雏形。



02a



02b

鉴于上述需求，ABB 实施了一套严谨的质量鉴定方法，并遵循 DNV RP-A203 中针对海上油气勘探部件、设备和组件的建议和技术就绪等级 (TRL) 阶段。部署了对水上系统和设备的要求、有关海底生产控制系统的 API 17F 标准（包括热学、振动和压力测试以及加速寿命测试）和 Equinor 自身要求：TR3025（例如系统设计余量和设备抗扰度）。这种系统性项目设计方法，加上与 JIP 合作伙伴现场专家的深度互动，实现了尽早确认设计变更和改进，因此在成功风险管理规定限值内确保可靠性。这样一来，油气行业就有信心认为技术是完全成熟的，可随时用于最具挑战的深海环境。

—
ABB 系统跨 600 km 为水下 3,000 m 海底的海床用电设备输电。

性能为王：海底电子模块

海底控制和保护系统是整套海底电力解决方案的中枢系统，由负责电力配送、转换、辅助电源供应与控制的主要组件构成。此新系统必须跨最远 600 km 为水下 3,000 m 海底的海床用电设备输电，这是之前从未有过的创举。

为了应对这一巨大挑战，所有设备和系统（包括控制系统）的设计全程（即从概念阶段到系统测试阶段）采用了务实、渐进方法→02-03。制定了各项程序，以了解材料、零件、部件、设备、子组件和组件的性质和限值。开展了模拟、实验室实验和现场测试，从而根据测试和重新测试结果不断改进设计→02。例如，在难以接近的环境中测试控制装置，以复制深海海底的条件。有时，在最严苛环境测试条件下出现间歇性测试偏差，而当这些严苛条件消失时，此类偏差也会随之消失。为确认导致这种扰动的条件，专家们在测试期间收集了装置数据，并在之后开展了根源分析。依靠这种设计/测试迭代学习能力，ABB 甚至可以纠正难以捉摸的设计问题，并满足对部件、子组件和组件的所有性能要求。此流程的目的是在近真实现场测试之前对组装的海底电子模块 (SEM) 进行质量鉴定→03。

04



05



基于广泛应用的 ABB 真空断路器技术，油浸式部件通过了循环和静态压力测试，并完成了 IEC/IEEE 测试项目。断路器的质量鉴定还包含了额定短路电流和最大非对称电流下 $16\frac{2}{3}$ Hz 电源的通断测试。所生产的若干种断路器模块连同相关电气和光学控制接口一起接受了各种测试，包括运行和运输过程中的电气测试、机械耐久性测试和振动测试等。

在初始阶段，我们对 1 个标准大气压断路器极数的四种不同设计（采用不同结构材料和设计）进行了全面调研。之后，ABB 在德国拉丁根对成功的四馈线断路器模块设计进行了原型机生产和测试。

浅水测试说明一切

在实验室测试获得成功的基础上，ABB 与其 JIP 合作伙伴实施了关键的现场测试，即所谓的浅水测试 (SWT)。2017 年 12 月，ABB 在其位于芬兰瓦萨的试验场成功实施了全尺寸 MV VSD 原型机的首次 SWT 测试，实现重大里程碑。在与电网背靠背配置中执行“在环功率”测试时，传动装置运行时间超过 1,000 小时。这样一来，电网只需弥补几百千瓦的损耗即可。值得注意的是，在遭遇到的所有环境压力条件下，电子和电力部件都表现出卓越的热学性能。

整个电气化解决方案的 3,000 小时 SWT 和 TRL 4 评估为商业应用打好了基础。

2019 年 6 月，ABB 启动了整个电气化解决方案原型机的关键 3,000 小时 SWT → 06，该原型机包括并行配置的两台 VSD → 06a、b 以及开关设备 → 06c,d 和控制装置。此测试的圆满完成连同 ABB 与其 JIP 合作伙伴的 TRL 4 评估为在不久的将来实现这套卓越模块化电气系统的商业应用奠定了基础。

从有防护港到全面推行

凭借能够驱动最大 9 MVA 负载并支持最大 18 MVA 负载的并行配置 VSD，这套超可靠、灵活且可扩展的解决方案足以涵盖该行业可能提出的大多数海底电力需求。另外，电源现在可来自任何水上设施甚至更重要的岸上设施。

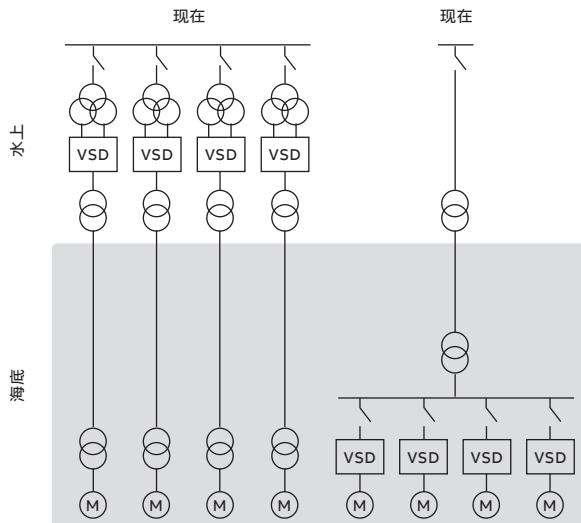
一开创性解决方案让 ABB 不仅满足油气行业严苛的测试要求和质量鉴定需求，而且能够做得更多。ABB 的新设计与测试流程以及与 JIP 合作伙伴的合作一直是达成此成就的关键所在，并让人相信 ABB 电气化解决方案准备好开始这一深海冒险。●

—
极端性能

为海底电力转换开辟新方向

01





02

突破性技术

ABB 变速传动装置是海底项目的核心。这些 50 吨位巨型装置可驱动附近泵机和气体压缩机的电机。VSD 采用模块化设计，能够操作各种海底电机，功率范围从 0.5 至 18 MVA，电压从 2.0 kV 至 7.2 kV，能够以额定频率 50-120 Hz 驱动常规速度泵机和湿气压缩机，而且在几千米到 600 多千米的步出距离时，

海底 VSD 系统可控制附近多台压缩机和泵机，使用单根步出电力电缆以固定频率连接电站。

所有 VSD 模块均设计用于在 10,000 ft / 3,000 m 或更深水下运行，并已根据 API17F 和 SEPS 1002 经过质量鉴定。此类质量鉴定测试包含了电源模块的运行，所有电子部件和电源部件在 345 bar 的压力容器下均可正常运行。在此高压环境中，整个单元持续 3,000 小时转换了高达 1,000 A 的电力。这是达到技术成熟度 (TRL) 4 的关键步骤之一——也是让油气运营商实现在生产场地直接部署设备的里程碑。

整个 VSD 罐体采用压力补偿设计，可有效消除水下部署所造成的限制。通过将传动硬件（包括传动变压器）浸没于同时作为冷却液的介电液体中来提供压力补偿。传动装置的电气部件，包括电容器、半导体和控制电子装置，在设计带有增强安全裕度、冗余硬件和抗压性能，而且其材料的选择也考虑了与介电液体的兼容性，从而保证整体设计高度可靠。指导此系统开发的设计理念基于 ABB 海底变压器技术，但在该技术基础上进一步扩展。自 1999 年起，ABB 就一直成功部署此类耐用、免维护且极为可靠的变压器。最终，ABB 推出的全新 VSD 配备了控制器和与水上设施的通信接口。这两种装置都包含在海底可更换电子模块中。

深潜探底

2019 年，两台 VSD 在芬兰瓦萨港接受了浅水测试。作为整套海底电力系统的一部分，这两台转换装置并行运行，以提供最高性能表现。

在浅水测试过程中，传动装置在不同功率级下以 22 kV 输入电压和 6.9-7.2 kV 输出电压运行了 3,000 多个小时（约 125 天）。此测试证明该 VSD 系统的所有部件均可正常协同工作。此外，VSD 的内置冗余系统也证明了其预期容错能力，在水上设施发出命令故意断开（并在之后重连）部分内部模块连接后，其能够继续运行。

为何说海底转换奠定基础

如前文所述，海底电力概念相比传统水上解决方案具有诸多优势。如 →02 中所示，后者的每台电机都需要专用电缆，因此电缆长度可能大得惊人。此外，除了在水上部署 VDS 之外，此类解决方案还需要升压变压器和海底降压变压器，以控制电缆损耗 [1]。

这些问题的解决意味着相当了不起的成就，因为之前为实现海底 VSD 技术而研发的超重型钢制容器虽然能承受水压，却导致在冷却方面（尽管被低温海水包围）无法满足要求 [4]。

毋庸置疑，确保所有部件维持在规定温度参数内是实现系统可靠性和安全性的必要条件。为此，项目工程师提出了被动冷却概念，简单来说，就是利用罐壁与海水之间的界面来散热，因此完全依靠自然对流。总之，无需任何单一移动部件——因为此类部件始终是潜在故障原因。

由于没有一种 VSD 固定设计可以兼顾各个方面，基于模块化单元的传动拓扑结构便成了最优之选。

在浅水测试时，针对整个系统分析了被动冷却系统的表现。结果证明罐内系统温度分布符合设计预期，这意味着温度敏感型部件即使在较高功率级也可保持在低温环境中的最大可靠性。事实上，海底转换器将电子模块置于近理想热环境中。其通过油冷保持稳定低温。在确定了此类条件下海水的性质之后，经证明此方法非常有效，并且在任何海底温度、压力和盐度下均可保证完美可靠 [5]。

模块化设计满足电力需求

项目工程师面对的另一个重大工程难题是，VSD 必须满足极大功率和电压范围需求 → 04，主要涉及升压泵和喷射泵、干湿气体压缩机，以及小型电力应用，如潜水泵和清洗泵。

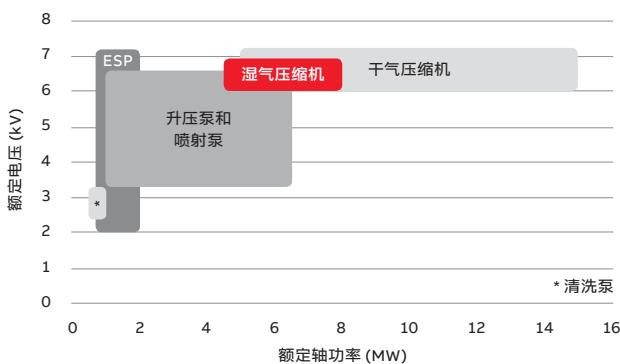
通过与关键行业合作伙伴协作，项目工程师确定了海底变速传动设备的设计依据，包括以下关键电气规格：

- 2.0-7.2 kV 输出电压
- 0.3-15 MW 电机轴功率
- 0-200 Hz 基本输出频率，对于 5 MVA 以下传动装置则不超过 300 Hz
- 11-33 kV 输入电压
- 30 年使用寿命
- 3,000 m 深海水环境，0-20°C 水温

鉴于这些规格的广度，很明显没有一种 VSD 固定设计可以兼顾所有要求，需要采用模块化系统，或更准确地说，基于单元的传动拓扑结构才是理想之选。为该项目选择的拓扑结构包括一个基本电源模块 (PM)，被称为一个单元。每个单元的电压以及所连接的单元数量决定 VSD 对电机的输出电压。而单元尺寸与其额定电流直接相关，同时也是转换器的额定电流。

在最初建成的两台装置中，单元被设计为 1,000 A 额定电流。为了优化其可靠性，需要根据规定的输出电压等级谨慎权衡在单元标称电压和单元数量；高单元电压将降低单元数量和复杂度，但同时也会降低配置冗余单元的能力。该权衡还考虑了传动变压器的复杂性。

单元本身包含绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 的两个半桥，以及一个直流链电容装置组件。IGBT 栅传动装置直接由直流链供电，从而消除了对高压绝缘控制电源的需求。与单元的通信通过罐体内的控制与测量装置光纤传输。

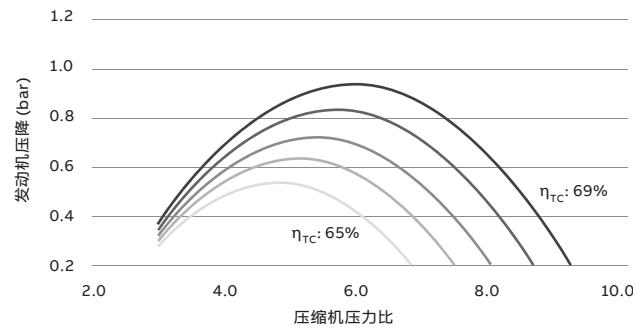




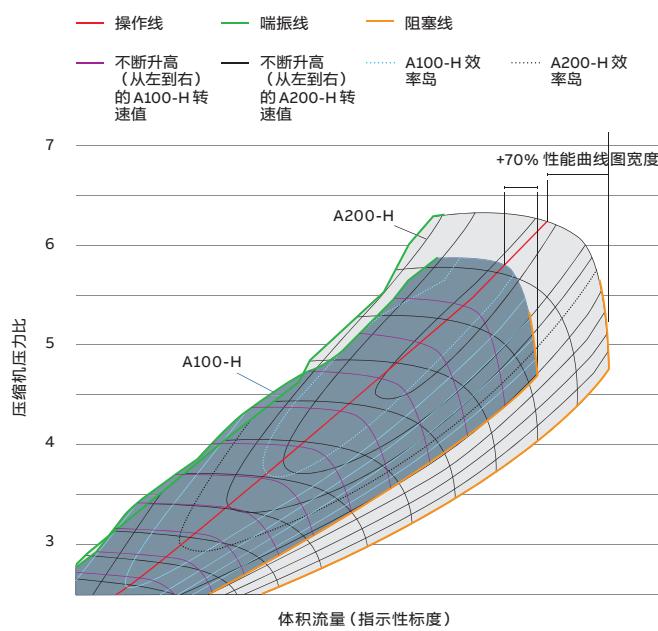
极端性能

A200-H - 单级涡轮增压的新标杆

为填补 ABB A100-H 单级涡轮增压器和 Power2® 双级涡轮增压器之间的空白，ABB 开发了 A200-H。压力比高达 6.5 且峰值效率超过 69% 的 A200-H 可在制动平均有效压力为 24 bar 的高速燃气发动机上实现单级涡轮增压。



03



04

充分利用达到高质量标准的高效生产流程。在热力学目标方面，铝合金叶轮更换周期应该可达到 40,000 运行小时（可采用数字化解决方案进一步延长，见下文）。

压缩机性能曲线图优化

→04 显示，在标称发动机运行条件下，A200-H 可实现远高于 6 的压力比。为了确保发动机稳定运行，要求压缩机操作线相对端振线具有充足裕度。因此，不仅优化了压缩机性能曲线图，从而满足效率要求，而且还优化了压缩机性能曲线图宽度。工作范围也受到特别关注，通过应用最新性能曲线拓宽技术，压力比最高达 6.5 [2]。与 A100-H 参考级相比，性能曲线图宽度可提高 70%。

通过多种压缩机叶轮罩实现所需体积流量的调整，这一点与 ABB 涡轮增压器久经认证的理念保持一致。

压缩机机械性能鉴定

压缩机级在机械设计上能够承受其工作范围内的固有励磁。ABB 结合有限元 (FE) 分析和其对叶片振动特性的深刻了解，采取了针对性设计措施，以降低潜在临界共振振幅，或消除励磁现象。这促成了可承受高周疲劳且仅需最少量性能鉴定工作的稳健设计。FE 分析还允许在性能鉴定过程中针对性设置应变仪 → 05。

与双级涡轮增压解决方案相比，单级配置更简单且更紧凑。

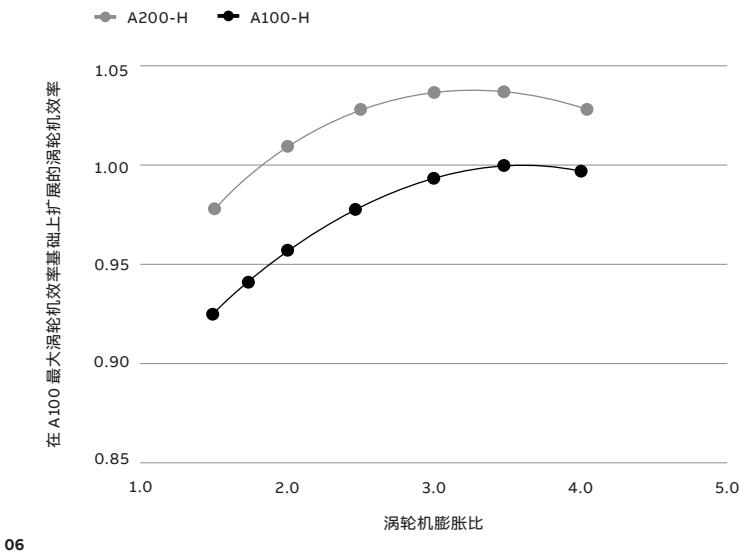
涡轮级

ABB 开发的新涡轮级可适应最高达 6.5 的高压缩机压力比，且涡轮机效率同样出色。该涡轮机已与压缩机适配，在获得最高可能涡轮增压效率的同时满足各项机械性能要求。所有涡轮机部件，包括进气口、喷嘴环、涡轮机叶轮和扩散器，均根据必要的流量范围和压力比而设计。3D 计算流体力学 (CFD) 被广泛用于确保涡轮机的高性能，而 FE 分析则用于确保与高速运行相关的机械完整性。即使在高速运行时，也能满足对燃气发动机应用的必要部件使用寿命和推荐更换周期要求。

在与高压压缩机组合使用时，在技术验证机可实现超过 69% 的涡轮增压效率 → 06。

外壳设计

为了专注于达到高性能要求，空气和燃气接头弃用了普适型设计。在此新设计自由度的基础上，重新布置并扩展了空气和燃气接头。这种重新配置的一个优点是让涡轮增压器接头更易接近，从而极大简化组装和维修操作。



06

A200-H 的数字化功能提高了涡轮增压器维护需求评估的灵活性。

两种轴承都设计为直接与标准发动机油路相连。滚珠轴承选项无需采取任何额外措施，但油耗与散发到机油中的热量与平面轴承相比都减少了一半。单模块滚珠轴承设计更易实现平面轴承升级。

凭借数字化功能降低生命周期成本

转子使用寿命取决于涡轮增压器的转速、温度以及负载循环次数。在过去，往往假设特定环境条件（带有规定偏差）和运行剖面，并根据允许的运行参数值采取保守方法估算转子使用寿命。但是，如今循环操作（如调峰）不断增加。这一变化导致发动机和涡轮增压器执行的启停循环次数大大增加。不仅是机械负载循环，而且严重的温度波动也带来重大磨损影响。

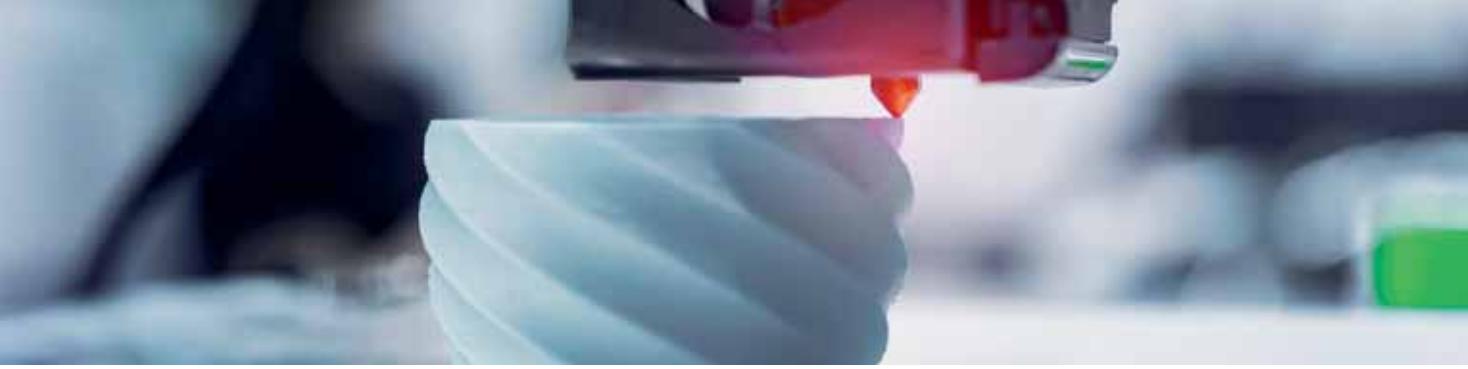
现在，全新 A200-H 系列的数字化功能带来更高的灵活性，不仅可评估涡轮增压器的维护需求，而且在当前推荐值的基础上进一步拓宽了运行限值。另外，通过采用与涡轮增压器集成的传感器或访问发电机组系统数据来监控涡轮增压器速度和温度、启停循环、环境条件以及其他参数。通过访问特定设施运行数据，可评估外露部件寿命，即根据运行记录查看转子部件寿命消耗情况，以及检查高温固定件。

而对收集数据的在线分析则让我们可以根据每次检查评估轴和转子部件的状态，例如在天然气应用情况下，每完成 20,000 运行小时执行一次检查。如果运行数据分析结果显示一切正常，客户可以在下次检查周期之前继续“放心”使用。在 40,000 小时检查时，客户可以根据严格的常规方法所示，选择将建议的更换周期延长至 40,000 小时以上，但此方法不提供持续数字支持。假设一台发动机的完整使用寿命为 120,000 小时，在此期间经过一次大修，延长转子更换周期的潜力将允许操作员在该发动机使用寿命内仅用两台转子运行涡轮增压器，也就是说，只需更换一次转子，从而节约成本。

对于循环热机械疲劳 (TMF) 负载下的高温固定件，通过采集运行数据以及与零件磨损特性之间的关系，可以提供新洞察，并极大扩充现有经验库。设计流程中的新分析算法和最新优化工具将允许进一步优化易面临严重热机械负载的外壳和其他零件的 TMF 设计。新数字化功能有利于未来调峰应用，可以进一步拓宽应用限值，并大幅减少生命周期成本。



07



专业术语解释

增材制造

将数据转变为三维实体，以生产批量定制产品和提供定制特性。



Chau Hon Ho
ABB 集团研究中心
瑞士巴登

chau-hon.ho@
ch.abb.com

增材制造，也称为 3D 打印，是通过打印机软件将数字模型切分为数层 2 维平面，然后转换为一套机器语言指令，让打印机可以理解执行，最后通过每次添加一层材料的方式完成数据向三维实体转变的过程。与传统减量式（钻孔或机加工）或成型式（注塑成型）制造技术相比，3D 打印是一种全新的零件生产方式。

3D 打印可轻松制造复杂造型，而许多此类造型是无法用其他任何制造方法生产的。该技术还可以设计定制产品特性，如优化导热性或耐热性、提高强度或硬度，甚至是实现生物相容性。此外，还可以在材料中添加金属、陶瓷、木材或石墨颗粒，或添加碳纤维予以强化。这让零件具有符合特定用途的独特性能。

低成本，高增速

3D 打印零件的成本取决于所使用材料的数量和类型（塑料、陶瓷、金属）、打印过程（聚合、物理粘合、融合）、打印时间以及后处理所需时间→01。除上述因素外，修改既有设计的唯一成本就只有更改其 3D 模型所需的时间。因此，每种商品均可以通过定制方式满足客户特定要求，而不会对该商品的生产成本造成任何影响。

另一方面，由于产量增加并不会导致单价明显下降，在大规模生产时，3D 打印无法与传统制造流程竞争→02。因此，它并不适用于规模经济。然而，鉴于 3D 打印自动化的最新发展，以及一些材料正在逐渐商品化，损益平衡点正在稳步向大规模生产偏移。

技术			
	聚合	物理粘合	融合
金属		BJ	SL EB LM
陶瓷			
塑料	SL PJ		FD M

SL: 立体平版印刷

PJ: 高分子喷射

BJ: 喷胶粘粉成型

SLM: 选择性激光熔化

EBM: 电子束熔化

LMD: 激光金属沉积

FDM: 熔融沉积成型

印刷技术的选择取决于具体应用



订阅 和邮件提醒

不想错过任何一期《ABB评论》？您可以注册电子邮件提醒服务，在线上发布新一期时提醒您，或直接将纸质版邮寄给您。

您可以在《ABB评论》门户网站找到这些选项，也可访问最新文章选集以及当前和过去（最早到1996年）文章的全文检索文库（甚至可追溯至本杂志1914年创刊时的文章选集）。



www.abb.com/abbreview

ABB