评论

04|2021 中文版

物流

08 – 57 物流
58 – 73 效率与生产力
74 – 79 Azipod® 30 年

System pro M compact® InSite

Azipod

矿山电气化

ACOPOS 6D

05 编者按

研究奖

06 Hubertus von Grünberg 研究奖

物流

10 ACOPOS 6D
16 带防摇功能的 ACS880
26 mySpareParts 小组件
32 操作员审计追踪
38 矿山电气化
44 海洋排放监测
48 氢燃料电池研究
50 优化堆场运作
54 堆场管理系统

效率与生产力

60 ABB Ability™
62 家居自动化系统
66 System pro M compact® InSite

永无止境的开拓

74 Azipod® 推进器

专业术语解释

80 自主航运

81 订阅
81 出版信息

82 2021 年各期索引

—

物流

物流是指对物品从原产地到目的地、从来源到使用过程的管理。物流的范围还包括通过改进系统可视性、灵活性和生产力，以可持续的方式让地球变得更美好。因此，它不再只关乎如何把物品送到目的地，还关乎我们如何生存。请登录网站abb.review@ch.abb.com，与我们分享您的想法。

编者按

物流

亲爱的读者：

无论是从生产线末端下线的一辆汽车，还是一家首次启动的加工厂，在完成一个项目时总会有一种满足感。然而，当中的大部分功劳都归功于将材料、零件、工具、技能和数据汇集在一起的后台活动。

调度依赖于准确的数据。操作员必须随时知道有哪些资源可用，以及多快能够完成补充。管理人员需要知道如何获取和转移资源，并降低所需的成本和能源。

在接下来的几页中，将介绍一种通过视觉分析来估算库存的工具，以及一种通过预测振荡来优化堆垛机运动的软件。我们会带您了解可应对海洋排放问题和实现能源存储的传感器、可支持操作员决策的人工智能，以及备件管理的转型。正如您将看到的，对于物流来说，这正是一个激动人心的时刻。

祝您开卷有益！

Björn Rosengren
ABB 集团首席执行官

HUBERTUS VON GRÜNBERG
该研究奖项旨在向 Hubertus von Grünberg 致敬，他在 2007 年至 2015 年期间担任 ABB 董事长。

Hubertus von Grünberg 是一位理论物理学家， 他于 1970 年撰写了关于爱因斯坦相对论的博士论文，帮助 ABB 走上了可持续发展的道路。支持大学和公司内部的研究是他留下的传统，如今已成为 ABB 的一项战略任务。现在，集团每年在研发上投资约 13 亿美元，并在世界各地运营着多个研究中心，这彰显了 ABB 要成为全球推动工业数字化转型的一家最具创新力公司的决心。

01

研究奖

Hubertus von Grünberg 研究奖

致所有有才华的研究人员：Hubertus von Grünberg 研究奖现已开放申请。这是一个享负盛誉的奖项，每三年颁发一次，旨在表彰自动化或电气化领域的杰出研究。该奖项拨款 30 万美元支持博士后研究。

图 02 来源：Publik.Agentur für Kommunikation

—
01 Hubertus von Grünberg。

—
02 历届研究奖获奖者。

—
有关该奖项的更多信息，请访问
new.abb.com/hvg-award

历届获奖者

2019 年
2019 年，该奖项被授予给瑞典乌普萨拉大学 (Uppsala University) 的 Ambuj Varshney，以表彰他在可持续网络化嵌入式系统 (NES) 方面的研究成果。Varshney 开发了一种用于无电池传感器的超低功耗远程通信系统 (LoRea)，这种传感器仅需从周围环境中获取少量能量。- Varshney 展示了如何在长达数公里的距离进行通信，而仅消耗数十微瓦的功率。

2016 年
2016 年，该奖项被授予给比利时鲁汶大学 (University of Leuven) 的 Jef Beerten，以表彰他在直流电网建模和控制方面的研究成果。

02

Andreas Moglestue
《ABB 评论》
瑞士苏黎世

andreas.moglestue@ch.abb.com

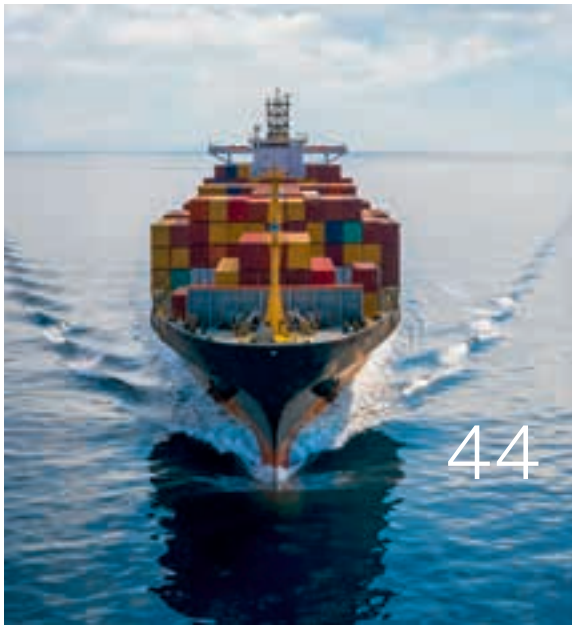
ABB 设立了一项研究奖，以向其前任董事长 Hubertus von Grünberg 致敬→01。迄今为止，该奖项共颁发了两次，分别是在 2016 年和 2019 年→02。

该奖项包括 30 万美元的博士后研究补助金，向所有大学的电气化或自动化专业博士毕业生开放。该奖项将于 2022 年第三次颁发。

评委团由著名大学的教授、ABB 的高级研究人员以及 Hubertus von Grünberg 本人组成。

申请提交截止日期为 2022 年 1 月 29 日。
new.abb.com/hvg-award •

物流



44

从理论到可靠的应用，要从中开发出新的解决方案可能是一项棘手的物流挑战。为此，ABB 建立起客户与应用适宜技术的最新研究之间的联系，让他们可以反复看到运作方面的改善，实现盈利和可持续发展。

10 ACOPOS 6D 开启生产力新时代
16 再创新高
26 使用 mySpareParts 小组件为客户提供更清晰的视图
32 操作员审计追踪的工作流挖掘
38 矿山电气化: 绘制增强可持续性的路线图
44 海洋排放精确监测
48 微调氢燃料电池研究
50 优化堆场运作
54 采矿: 信息如何改变物料输送处理

物流

ACOPOS 6D 开启生产力新时代

传统的工业生产工厂通常只考虑单一用例，适应性不可多得。贝加莱 (B&R) 的 ACOPOS 6D 可改变这一切，它借助磁悬浮穿梭板在整个生产过程中自由输送零件。对于设计和尺寸变化频繁的小批量生产，ACOPOS 6D 是理想之选。

Dario Rovelli
贝加莱工业自动化有限责任公司
奥地利埃格尔斯贝格

dario.rovelli@br-automation.com

当今的生产机器占用空间极大，却只有一小部分直接用于生产过程。大部分厂房用于经输送带、转台、转盘等将产品从一个地方输送到另一个地方。制造业的这一看似不变

轨道系统有助于生产步骤的动态适应，但如果生产工序不断变化怎么办？

01

特征还存在另一个缺点：缺乏灵活性。为了满足更小批量、更短生命周期和日益个性化的需求，必须摆脱严格按序生产的束缚，即便这曾经是高效大规模生产的支柱。我们需要一种全新的产品运输方法。

利用轨道系统提高灵活性

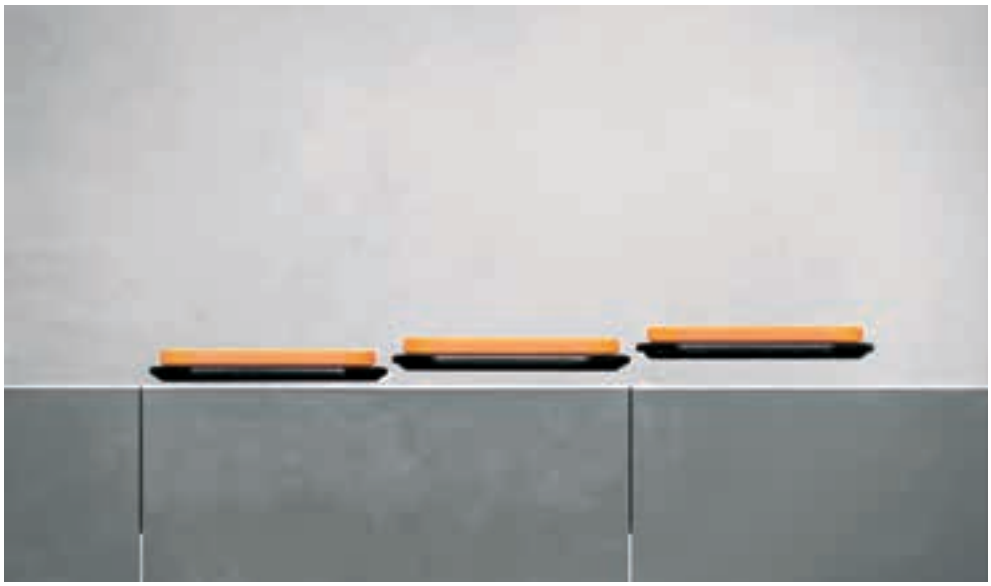
新技术，尤其是贝加莱（ABB 于 2017 年收购的一家公司）的 SuperTrak 和 ACOPOStrak [1] 等轨道系统，使生产变得更加灵活，并赋予大规模定制经济上的可行性。轨道系统可单独移动每个产品，并可在加工工位提供运动控制轴。 不仅如此，轨道系统还允许产品流以全速分流和合流。通过添加多个较慢工位的实例，可消除生产力瓶颈。

大规模定制

轨道系统有助于定制零件特定生产步骤的动态适应。但是，如果各步骤顺序本身不断变化，那怎么办？如何将产品运输的线性模式完全打破，从而创建一个多维生产空间，其中每个产品可单独从一个工位移动到另一个工位，而无需受严格按序生产流程的约束？B&R 的 ACOPOS 6D 可提供解决方案。

—
01 B&R 的模块化 ACOPOS 6D 利用磁悬浮技术为生产线带来前所未有的灵活性。（B&R 是一家奥地利自动化公司，于 2017 年成为 ABB 集团的一个业务部门。）

—
02 磁悬浮技术使得以六个自由度移动和操控产品成为可能。



02

03

04

05

—
03 与正常情况相反，ACOPOS 6D 穿梭板可移动工件进行精密加工，从而允许固定安装 CNC 机床。

—
04 穿梭板还可用作高精度称重工位。

—
05 ACOPOS 6D 能够以微秒精度与 B&R 视觉系统和所有其他 B&R 组件同步。

ACOPOS 6D：制造业的未来
ACOPOS 6D 基于磁悬浮原理：带有集成永磁体的穿梭板可平稳无声地在电磁电机分段表面上方飘移，在 0.5 至 4.0 mm 的高度输送生产零件→01–02。模块化电机分段的尺寸为 240 x 240 mm，可以任何构型排列。穿梭板有十种尺寸，可承载 0.6 至 14 kg 的有效负载，并以 20 m/s² 的速度加速至 2 m/s。这一性能使 ACOPOS 6D 无论是在范围还是粒度上，所覆盖的应用范围都比同类系统更为广泛。穿梭板可在二维空间自由移动，沿三个轴旋转和倾斜，并允许精确控制悬浮高度。综合起来，这使穿梭板具备六个运动控制自由度（因此，产品以“6D”命名）。

ACOPOS 6D 的结构简单 – 只有三个工作组件：
- 6D 控制器
- 电机分段
- 穿梭板

ACOPOS 6D 是与 Planar Motors Inc. (PMI) 合作开发的，该公司在工业制造磁悬浮技术方面拥有超过 15 年的研发经验。PMI（ABB 是其股东）在磁悬浮领域拥有丰富的知识产权组合。计划 PMI 将继续推动研发，而 B&R 将贡献其在工业化、销售和服务领域的专业知识。

简易设置和操作
ACOPOS 6D 可为机器设计提供几乎无限的可能性，而且非常易于设置。

与同类系统不同，每块 ACOPOS 6D 穿梭板都分配有一个全局唯一 ID。启动后，控制器会立即知道每块穿梭板在电机分段上的位置，因此在无需耗时的复位序列或操作员手动输入的情况下，便可开始生产。

据了解，穿梭板的位置始终保持在 ±5 µm 范围内，这使得 ACOPOS 6D 非常适合定位要求严格的应用。这种位置感知功能还允许在无需任何附加传感器的情况下计算每块穿梭板的无碰撞路径。选择路径也可最大程度地降低能耗。ACOPOS 6D 还具有分散式智能。

—
ACOPOS 6D 采用磁悬浮技术平稳无声地在电机分段表面上方输送生产零件。

所有这些规划都由一台专用控制器（通过 POWERLINK（标准以太网实时协议）连接到机器网络）进行，这意味着它不会影响网络或机器控制系统的性能。而其他系统采用的是集中式系统架构，需要昂贵且复杂的基础设施，通常难以扩展。

穿梭板还可用作加工工位中的轴，换言之，可固定安装 CNC 机床，而穿梭板则按需移动零件→03。

节省空间
在每个 ACOPOS 6D 分段上，最多可同时控制四块穿梭板，这是同类系统无法匹敌的，而且机器占地面积更小，处理密度可高达四倍。此外，紧密无间隙的穿梭板排列可进一步提高空间利用率，使多组穿梭板能够协作输送更大或更重的产品。

由于每块穿梭板还可用作高精度秤（精度达±1 g），因此可以取消称重工位，进一步节省空间。

可扩展性
由于 ACOPOS 6D 是模块化和分散式的，因此对一条生产线上可使用的穿梭板或分段数量几乎没有限制：一台 ACOPOS 6D 控制器可处理多达 200 个电机分段和

50 块穿梭板，对于较大的系统，还可同步使用多台 ACOPOS 6D 控制器→04。此外，由于 ACOPOS 6D 完全集成到 B&R 生态系统中，因此穿梭板能够与伺服轴、机器人、轨道系统和机器视觉相机以微秒精度同步→05。

电力和冷却

与类似产品需要 110 V AC 或更高电压不同的是， ACOPOS 6D 使用 48 至 60 V DC 供电。根据加速度、速度和有效负载，穿梭板的功耗约为 15 至 50 W。

ACOPOS 6D 有可能使集群生产从概念变为现实。

这种能效通常让主动冷却变得不必要。在需要大量穿梭板和高加速度的高动态应用中，则可通过主动冷却来提高性能。如有需要，可通过预装管道轻松实现电机液冷→06。

ACOPOS 6D 在现场

ACOPOS 6D 适用于广泛应用，尤其是以下情况：

- 严格要求高精度。
- 生产步骤的顺序可变。
- 品项以小批量生产。

ACOPOS 6D 非常适用于对污染敏感的过程或环境， 例如洁净室或食品饮料厂，这是因为磁悬浮技术避免了接触，从而消除磨蚀和相关颗粒脱落。穿梭板和电机分段符合 IP67 防护等级标准。另还可提供不锈钢穿梭板，通过在电机分段上放置不锈钢护盖，ACOPOS 6D 的 IP 级别可以提高到 IP69K。

目前，电池生产、食品饮料、印刷和制药领域的试点客户正在使用 ACOPOS 6D。而诸如控制加速、减速和曲线倾斜的防抖动算法等功能尤其受到青睐。

ACOPOS 6D 与 ACOPOStrak 和 Super-Trak 等轨道系统相辅相成，将在许多应用中联合使用。在需要一个或多个独特功能（例如六自由度、高精度或洁净室适用性）的应用中，ACOPOS 6D 特别有用。如果与轨道系统结合即能满足应用要求，则更为经济。

滑向制造业的未来

ACOPOS 6D 有可能使集群生产从概念变为现实。集群生产是一种概念：各个产品在整个制造系统中沿其自有路径导航。没有严格的预编程生产步骤序列；每个产品都可独立移动到所需工位→07。这种方法使小批量和混合批量生产的实现变得更加容易。不同的产品可以在同一台机器上同时生产。

因此，ACOPOS 6D 的无接触、无噪音、灵活和精确的性能预示着从严格线性生产到开放自适应制造空间的转变，这无异于在产品制造、组装和包装方式中掀起一场革命。

目前，采用 ACOPOS 6D 的试点应用正在运行，计划在 2021 年底推出系列产品并完成所有认证。•

—
06 配备集成水冷系统的分段，可采用菊花链方式连接。

—
07 打破传统线性产品运输模式，创造多维生产空间。

—
参考文献

[1] C. Klingler-Deiseroth, “Intelligent transport for production lines,” *ABB Review* 2/2018, pp. 68–73.

06

07

物流

再创新高

ABB 与行业和学术合作伙伴共同努力，超越了理论研究结果，面向堆垛起重机客户推出了首款具有防摇功能的限量版 ACS880 驱动控制程序。这一新功能可最大限度地减少立柱振荡并提高稳定性，帮助客户缩短物料循环时间。

Janne Jurvanen
ABB 运动驱动产品部
芬兰赫尔辛基

janne.jurvanen@
fi.abb.com

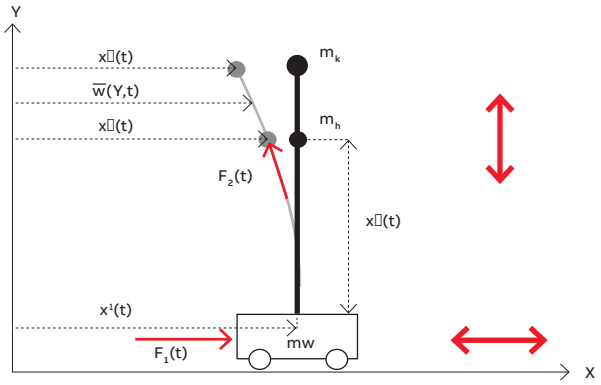
物料输送处理行业通常使用堆垛机来存储和检索货物。该行业在实现经济和可持续发展目标方面所面临的压力越来越大。面对缩短物料输送处理周期以及降低成本和能耗的需求，要求使用更高且更轻（用铁更少）的起重机。这些结构刚度较低的起重机应该能够快速准确地定位负载，同时保持负载的稳定和安全。然而，此类起重

Arne Wahrburg
ABB 集团研究中心
过程自动化事业部
德国拉登堡

arne.wahrburg@
de.abb.com

面对缩短物料输送处理周期等压力，要求使用更高且更轻的起重机。

机框架结构在本质上是有弹性的；起重机运动会导致有害的立柱振荡。加速或制动运动的惯性力会降低稳定性和脱轨定位精度，因而带来安全风险，并可能损坏移动中的物料。此外，这些机器的动态取决于提升的负载，随负载大小和位置变化。



$$pA\ddot{w} = -EI\frac{\partial^4}{\partial Y^4}w,$$

$$m_w\ddot{x}^1 = F_1 - EI\frac{\partial^3}{\partial Y^3}w\Big|_0,$$

$$m_h\ddot{x}^2 = F_2 - m_h g - m_h x^3\frac{\partial}{\partial Y}w\Big|_{x^2},$$

$$m_h\ddot{x}^3 = EI\left(\frac{\partial^3}{\partial Y^3}w\Big|_{x^2_-} - \frac{\partial^3}{\partial Y^3}w\Big|_{x^2_+}\right)$$

01

为了避免振荡造成破坏性后果，起重机的操作系统需要几秒钟时间稳定，待摆动停止后，才能继续移动。此过程非常耗时，因此会降低作业量和绩效。

那么，驱动控制应用程序是如何在最大限度地减少堆垛起重机立柱振荡的同时，以最低成本实现快速、准确而稳健的控制并提高作业量的呢？基于 ABB ACS880 位置控制程序集成防摇功能选项，是 ABB 应对这一问题的答案。

可靠的合作伙伴

堆垛起重机制造商极其注重可持续性和性能，他们确信可以依靠 ABB 来制定控制策略，以满足其物流需求，从而实现环境和经济目标。ABB 于 2007 年推出了 ACSM1 运动控制驱动器。这些灵活多样的驱动器可提供通用的速度和扭矩，以及多种运动控制功能。堆垛起重机客户使用这些驱动器来控制感应、同步和异步伺服，以及带有各种反馈装置的高转矩电机。2018 年，ABB 在创新的基础上面向堆垛起重机客户推出了 ACS880 位置控制程序，作为经典运动控制驱动器 ACSM1 的后继产品，它具有绝对和相对定位、轮廓定位、位置同步和快速位置锁定等功能。尽管如此，小型起重机制造商却未开发出防摇功能。这促使 ABB 为这些客户提供防摇解决方案，以准确快速并最大限度地减少立柱振荡。

这一切是如何开始的，道路是如何铺就的

ABB 明白，要充分发挥其驱动控制解决方案的潜力，协作与创新之间的联系至关重要，因此 ABB 与其商业和学术合作伙伴一直保持密切合作。2017 年初，ABB 开始了一项协作调查，以确定在适用于堆垛起重机的 ACS880 位置控制程序中纳入防摇功能和功能安全（以及其他基本控制功能）是否可行。ABB 的一位客户一直依赖 ACSM1 运动控制驱动器进行堆垛起重机控制，经过十多年后，该客户希望寻求解决方案来应对不断扩大的挑战：在高度不断

—

堆垛起重机制造商确信 ABB 可提供控制策略，以满足其物流需求。

增加的仓库中，以经济且可持续的方式来实现更大的作业量，同时避免堆垛起重机（重 68 吨，高 32 米）的立柱振荡，该堆垛起重机必须提升并移动 6 吨负载。

为了研究这种防摇解决方案，ABB 与林茨大学 (JKU) 进行了合作。

—
01 JKU 开发的堆垛起重机数学模型。作用在起重机上的力 F、提升单元的质量 mh、尖端的质量 mk（用于 JKU TB）和驱动单元的质量 mω。

—
02 轨迹生成和运动曲线示意图，是构成 ABB 设计的基础。

02a 驱动单元控制法则示意图：P-PI 级联。图中所示为轨迹生成，用于将 ABB SC 提升单元从初始静止位置转移到目标位置。

02b 高级轨迹生成的 SC 防摇控制运动曲线模拟结果。标准运动控制（左）和动态模型高级控制（右）的结果。提议的轨迹生成几乎可完全消除立柱振荡。

2017 年，ABB 开始探索适用于ACS880 位置控制程序的防摇功能。

理论、测试和设计阶段至关重要，每个合作伙伴都发挥所长，从而逐渐形成一种紧密的合作关系。而由于理论可行性和实际可行性之间通常存在差距，因此 ABB 通过测试和设计迭代扩展了初步结果，将其转化为实际优势，这体现在新型 ACS880 程序控制防摇功能中。

研究项目：简介

ABB 和 JKU 建立协作关系后，平行研究项目的重点主要集中在：

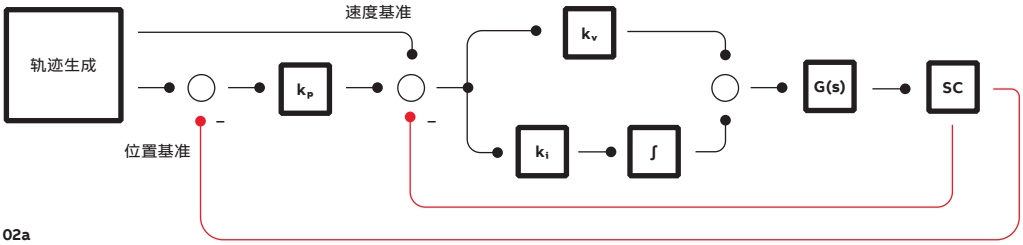
- 开发数学模型，以捕捉单立柱堆垛起重机的动态：JKU 试验台 (TB)、小型演示模型和 ABB堆垛起重机 (ABB SC)。
- 通过识别相关特定起重机的参数来校准通用模型。
- 创建控制方案，以生成起重机的位置和基准速度，使其在运动过程中不会摆动。
- 确定反馈系统，以消除由于模型缺陷或外部干扰引起的残留振荡。

理论基础：数学模型

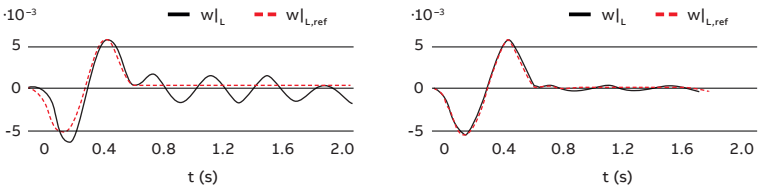
为了确定开发防摇控制功能的可行性，将基于平坦度的轨迹生成方法应用于 ABB 堆垛起重机[1、2、3]。将ABB SC 和 JKU TB 的测试起重机动态建模为一个混合维系统，其中包括偏微分方程 (PDE)、常微分方程 (ODE) 和对边界条件的考虑。

在每个案例中，采用瑞利-里兹法对 PDE 进行离散， 从而得出一个纯 ODE 系统，以便后期进行系统分析和控制器设计。

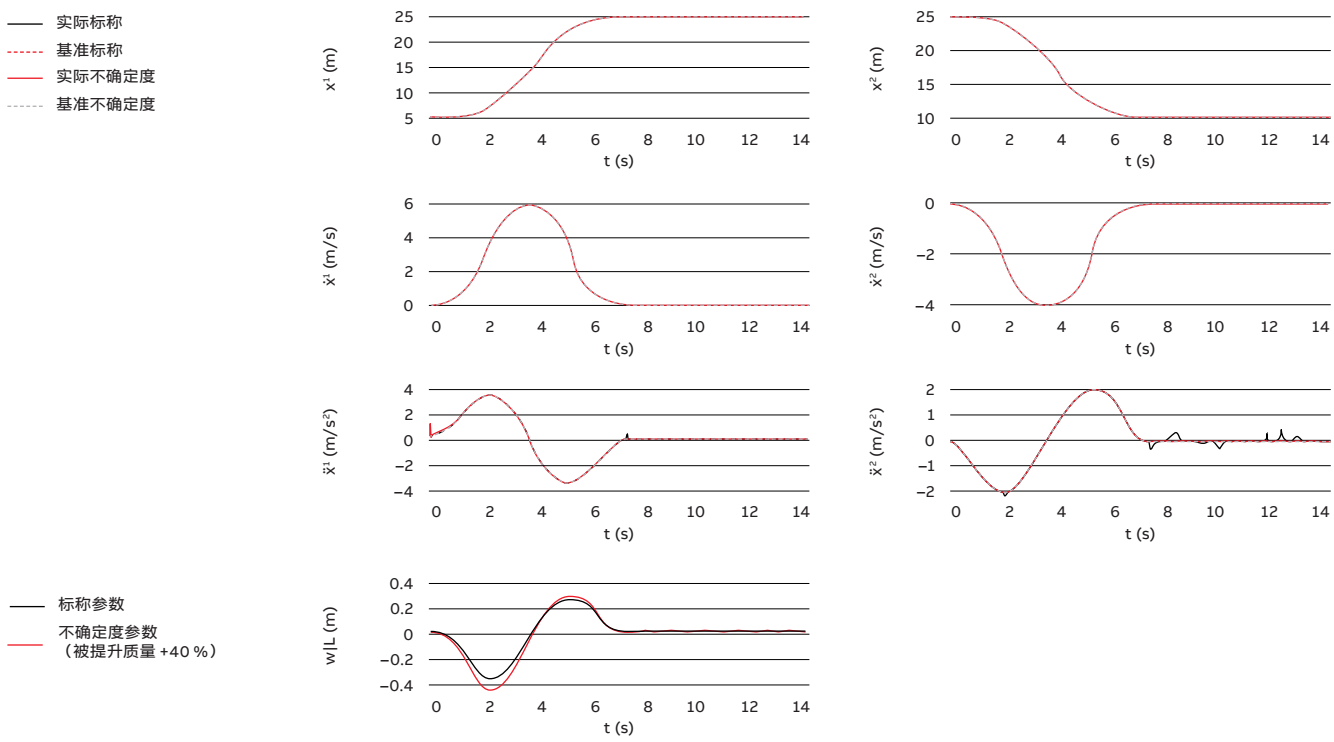
然而，采用瑞利-里兹法进行离散化需要选择一个 ansatz 函数；其结构至关重要。



02a



02b



03

选定函数后，根据边界条件确定未知的系统参数。具体来说，将哈密顿原理扩展到拉格朗日作用泛函，推导出运动方程，从而产生一个混合维系统。

值得注意的是，为了获得有限维特征的方程，专家们应用了瑞利-里兹法（离散化）：$\overline{w} = x^1 + \Phi_1(Y) \cdot \overline{q}^1(t)$ 式中，$\overline{w}(Y, t)$ 是梁的绝对位置，作为高度 Y 和时间 t 的函数；x^1 是驱动单元的水平位置；$\phi_1(Y)$ 是 ansatz 函数（仅作为高度Y 的函数）；$\overline{q}^1(t)$ 是广义坐标（仅作为时间的函数）。其中，要注意的是，$\overline{w}$ 是（空间）高度和时间的函数；单个分量 ϕ_1 和 $\overline{q}$ 只是一维的函数。

所有重要的 ansatz 函数都是根据以下公式确定的：

$$\Phi_1(Y) = A_1 \cdot \sin(\gamma Y) + B_1 \cdot \cos(\gamma Y) + C_1 \cdot \sinh(\gamma Y) + D_1 \cdot \cosh(\gamma Y)$$

将此方程以及之前推导出的 ansatz 函数代入边界条件，并通过求解得出的非线性方程组推导出参数 *A, B, C, D, γ,* ABB 和 JKU 可获得 ABB SC 的合理模型→01。

模型校准：确定参数

合理的理论模型可作为描述堆垛起重机动态的蓝图。然而，为了将其实际应用于特定的堆垛起重机模型，必须先确定参数。

ABB 与 JKU合作开发了多个数学模型，以捕捉单立柱堆垛起重机的动态。

校准了以下未知参数：抗弯刚度 *EI*、立柱密度 *ρA* 和立柱阻尼系数 *dm*。

使用源自配备 ACSM1 运动控制驱动器的真实堆垛起重机的测量数据，ABB 可推导出系统参数。加速驱动单元，使起重机以恒速行驶而不发生摆动；

—
03 ABB 轨迹结果，是鲁棒性调查的一部分。ABB 轨迹被应用于依赖测量数据的 JKU TB。其中，添加了阻尼注入控制法则以抑制振荡。鲁棒性模拟结果：mh，不确定度 = 1.4 mh。

—
04 图表显示了用于曲线生成的输入整形及其基础。

04a 为曲线生成设计的 3 步输入整形器框图。请注意，曲线生成由公式 v(t) 指定的速度基准给出，或在此用作 1D 查找表。使用三个速度基准分支，它们随时间移动并按系数缩放。位置基准由所用速度基准的积分得出。

04b 为说明输入整形工作原理的示意图，在时间上使用初始和延迟输出到振荡系统。由于两个输入的幅度相同（假设没有有效阻尼），第二个输入将消除第一个信号引起的振荡，系统将在无振荡的情况下正向移动。

然后突然停止系统，导致立柱振荡。将提升单元移动到两个不同位置（高度）。在确定主振荡频率及其指数衰减后，就可以求解将振荡频率和阻尼比与参数 *EI*、*ρA* 和 *dm* 相关联的非线性方程组。接着，将参数应用于第三个高度作为对照。

在确定 ABB SC 的立柱和驱动参数后，将生成的经校准动态模型直接用于驱动控制开发。

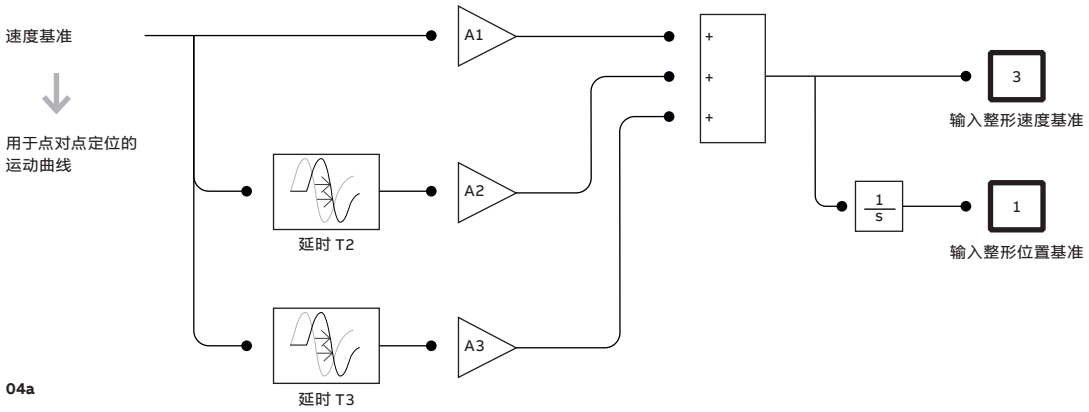
轨迹跟踪与鲁棒性研究

为了确保将起重机运动期间的振荡减至最小，ABB 开发了多个控制方案，以生成起重机的位置和基准速度。

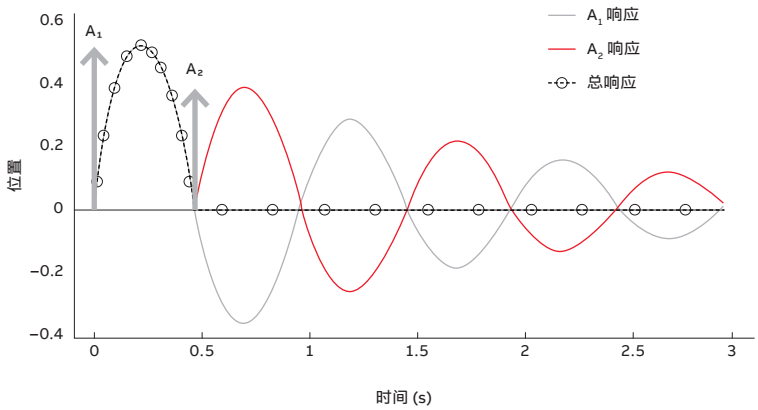
ABB 的控制系统可出色稳健地定位堆垛起重机，将残留振荡减至最低。

通过平坦输出和导数，使用多项式对所有系统变量进行参数化，ABB 得出类似于 [3] 的方程。这些方程取决于平坦输出及其时间导数，都是在轨迹生成器中实现的 →02a.

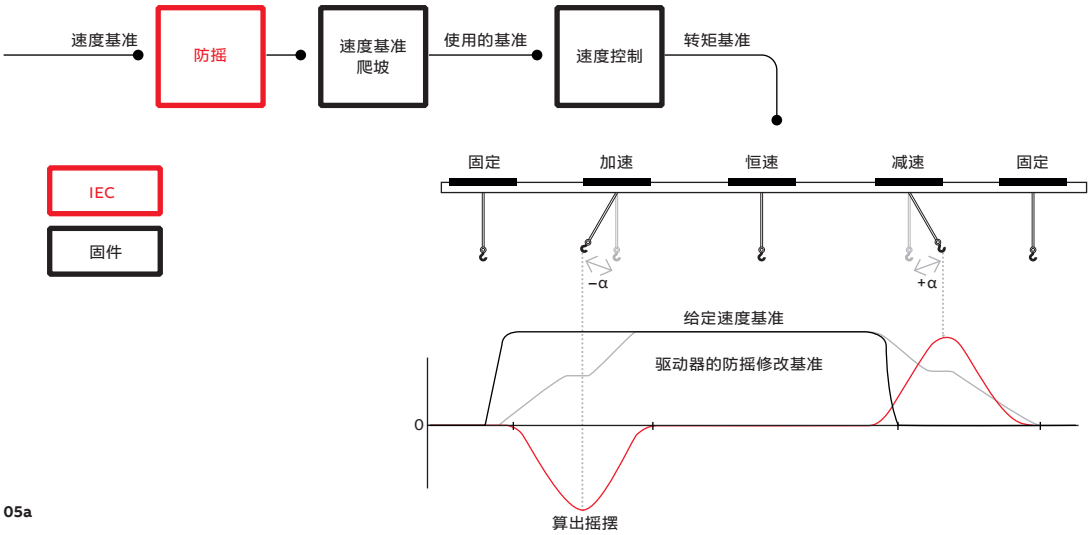
其中，如果没有外部干扰，经过良好调节的 P-PI 级联可正常工作，跟踪基于平面度的轨迹规划器生成的基准 →02b。如果出现



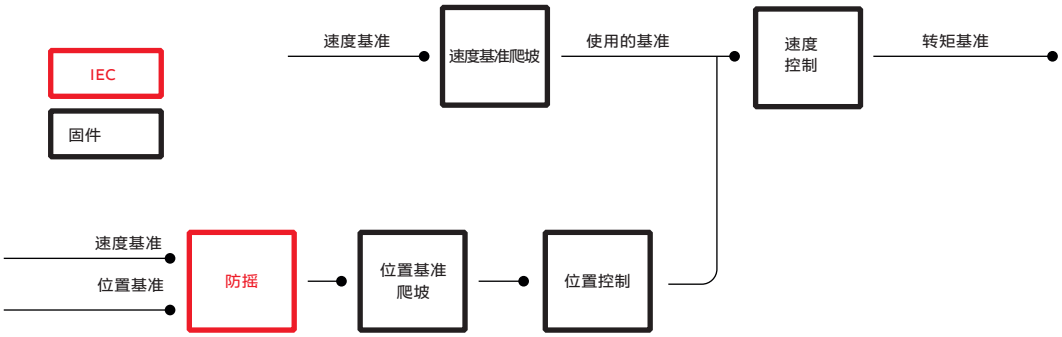
04a



04b



05a



05b

此类干扰，为了减轻立柱振荡，通过阻尼注入控制法则，在驱动单元中使用集成反馈扩展级联[5、6]。

通过将提升单元质量和梁参数视为不确定量（尽管已知），确定鲁棒性。结果，在 JKU TB 和 ABB SC 案例中，系统都非常稳健→03。重要的是，只有主要系统参数偏差对 JKU TB 中的梁振荡造成了影响，提升质量的细微差异 (+/- 10%) 对 ABB SC 几乎没有影响；这样的结果令人非常满意。

将理论转化为设计

ABB 致力于为其客户提供性能最佳且经济的控制系统；这意味着使用最有前景的结果。因此，ABB 以经过验证的建模→01 和运动控制结果 →03 作为基础，开发出一种易于进行工程设计但且具备卓越性能和可靠性的防摇控制功能。

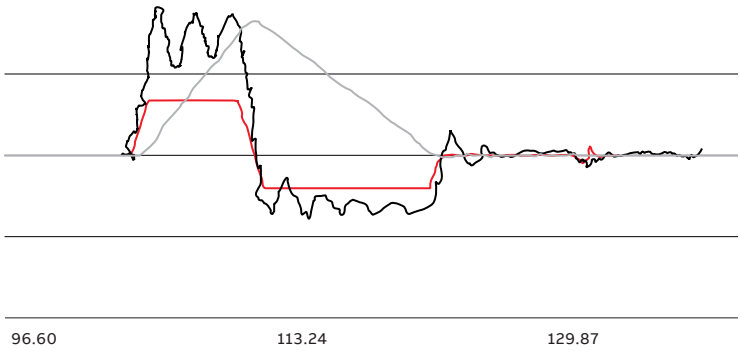
—

现在，客户可以在最高的仓库中快速、经济、准确地移动货物。

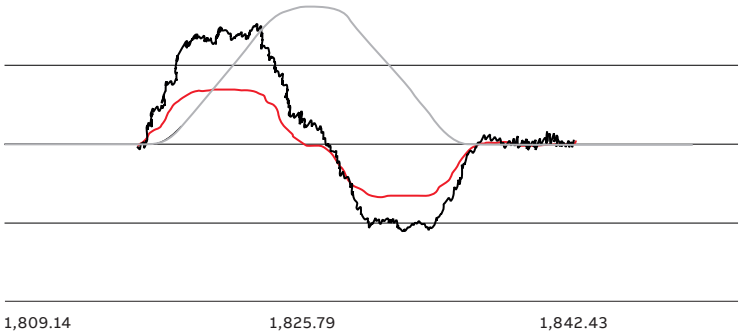
ABB 用于堆垛起重机点对点定位的新控制方法包括输入整形器 →04a、轨迹规划，以及 ACS880 位置控制程序的现有控制链（运动曲线生成器、位置控制器和速度控制器）[7, 8]。

输入整形器的设计使生成的指令信号往往能够抵消其自身的振动，从而减少结构的残留摆动→05a [7]。

为了实现这一点，必须知道提升单元各个高度（根据主共振频率确定）的阻尼比和系统振荡。其中，当调试 ACS880 驱动器时，可以在系统识别过程中获得新的系统参数，这对客户有直接好处。



06a



06b

05 说明了控制方案。

05a 说明了 ACS 880 防摇起重机控制程序（用于 EOT 起重机）+ N5050 方案，其中基准输入变化分为两段，第二段相对于振荡周期时间延迟。

05b 用于堆垛起重机机的 ACS 880 防摇位置控制方案与起重机控制方案类似，不同之处在于其划分为三个分段，而非两段。这对振荡时间误差更具鲁棒性。

—

06 生成的运动曲线，说明了启用防摇功能的影响。黑线：01.10 电机转矩，灰线：86.03 实际速度，红线：88.07 是估计加速度。

06a 由基本加速度限制运动生成的运动曲线（无防摇功能）。

06b 启用三步消振模式生成的运动曲线（带防摇功能）。

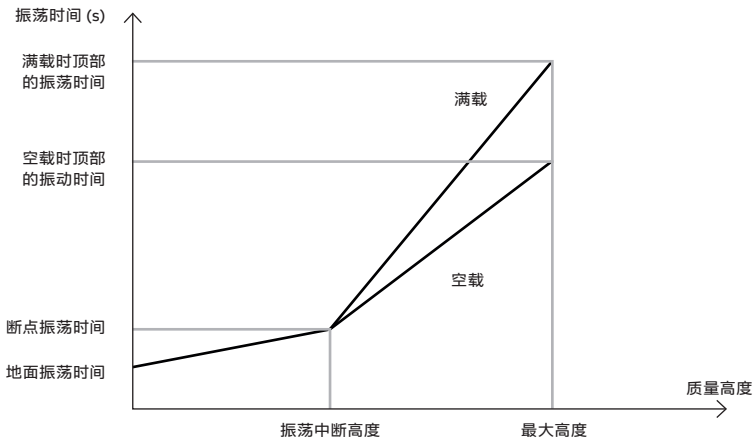
—

07 基于起重机目标高度的空载和满载振荡摆动时间曲线。低于振荡中断高度的，不考虑负载质量对振荡摆动时间的影响；高于振荡中断高度的，负载质量将对振荡摆动时间产生成比例的影响。

由于输入整形和阻尼注入（一旦起重机到达其目标位置，就可以抑制现有的残留摆动）产生的结果令人满意，所以即使仅启用一项功能也足以表现出卓越的性能[7]，因此 ABB 专家只将输入整形（通过三步输入整形器）纳入到最终的防摇控制功能中，目前可供使用→04–05[8]。

一旦选择并修改了运动曲线发生器，ABB 就可以设计并成功实施系统识别程序， 用于存储和获取所需的系统参数，即阻尼比和摆动时间。

通过这种方式，ABB 设计的控制系统能够以所需动态和极低残留振荡出色稳健地定位堆垛起重机。



07

ACS880 位置控制防摇功能

从一开始，ABB 的目标就是要开发出实用、经济、性能优异的防摇功能。通过使用堆垛起重机的精确动态模型设计出的控制功能，如今让运动的精确计算成为可能→05b; ABB 开发出带防摇功能的特别版 ACS880 位置控制程序固件 (+N5700)，完美实现了这些目标[8]。现在，只需 0.25 s 就可实现系统稳定。

将稳定结构所需的时间从大约 3.0 s 减少到 0.25 s, 可以显著缩短物料循环时间。

其中，对标准位置基准曲线进行了修改，以抑制由运动曲线本身对负载（作为振荡质量）引起的振荡→06。防摇性能取决于计算出的系统振荡摆动时间、衰减振动的两个连续峰值之间的时间，由系统基于（每个负载质量和高度）曲线→07、用户必须设置的附加参数以及阻尼比（用户给定的常数）针对每个工作点计算得出。使用对数衰减计算阻尼比 ζ:

$$\zeta = \frac{In\frac{A1}{A2}}{2\pi}$$

式中，*A1* 和 *A2* 是衰减振动的两个连续峰值处的振幅，其他参数易于获得或应用。现在，ABB 堆垛起重机客户能够将遇到的每个堆存地面和负载的不必要振荡降至最低。

交付可行产品

2019 年春，首个堆垛起重机 ACS880 位置控制程序调试完成后，ABB 实施了防摇功能的原型。2020 年夏在最终客户现场成功进行现场测试后，2021 年初，对首个带防摇功能的产品级限量版 ACS880 驱动控制程序连同为堆垛起重机客户定制的软件一起进行了调试，并予以发布。目前，正针对 ABB 一般堆垛起重机客户开发新版本，计划于 2022 年发布。

得益于与工业界和学术界的密切合作，ABB 已能够为堆垛起重机客户提供符合其需求的带防摆功能的 ACS880 位置控制程序。现在，堆垛起重机系统可以更快速、更经济地准确移动货物，即使在最高的仓库中作业也无需担心振荡问题→08。将稳定结构所需的时间从大约 3.0 s 减少到 0.25 s，可以显著缩短物料循环时间。

ABB 超越理论结果，进行测试和设计迭代，将想法转化为有形的创新产品。这是 ABB 帮助客户处理高要求物流活动的一种方式，以更好地应对经济和可持续性目标挑战，这在当今竞争激烈的商业环境中至关重要。•

致谢

如果没有大家作出的奉献和先前研究，这项工作是不可能完成的。特此向 Tobias Malzer、Markus Schöberl、Martin Staudecker、Matias Niemalä 和 Stefan Baum 表示感谢。

09

—
08 仓库高度不断增加，在此趋势下，面对缩短物料输送处理周期的压力，堆垛机客户认为，他们可以借助 ABB 提供创新的可行解决方案（如防摇功能），以满足其苛刻的物流需求。

—
参考文献

[1] M. Bachmayer, et la., “Flatness-based control of a horizontally moving erected beam with a point mass”, Math. Comput. Model. Dyn. Syst., vol. 17, no. 1, 2011, pp. 49–69.

[2] G. Kostin, et al., “Optimal real-time control of flexible rack feeders using the method of integrodifferential relations”, Proc. 7th Vienna Int. Conf. Math. Modeling, 2012, pp. 1147–1153.

[3] D. Schindele and H. Aschemann, “Adaptive LQR-control design and friction compensation for flexible high-speed rack feeders”, *J. Comput. Nonlinear Dyn*, vol. 9, no. 1, 2013, pp. 1–9.

[4] H. Rams et al., “Optimal Motion Planning and Energy-based Control of a Single Mast Stacker Crane”, in *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2017, pp. 1449–1457.

[5] M. Staudecker, et al., “Passivity based control and time optimal trajectory planning of a single mast stacker crane”, Proc. 17th IFAC World Congr., July 2008, 年 7 月, pp. 875 – 880.

[6] M. Staudecker, “Regelung einer elastischen mechanischen Struktur am Beispiel eines Regalbediengeräts für Hochregellager”, *PhD thesis*, University of Linz, 2010.

[7] M. Niemelä and S. Baum, “Stacker crane control design” *ABB internal report*, March 19, 2021, pp. 1–26.

[8] J. Jurvanen, “ACS880 Position control, anti-pendulum”, *ABB internal report*, March 19, 2021, pp. 1–8.

物流

使用 mySpareParts 小组件为客户提供更清晰的视图

ABB 的创新小组件和主动过程可为客户提供了解零件数据的窗口；这能够促进高级规划和决策，以减少过多的停工时间、系统性能损失和计划外成本，甚至可防止故障的发生。

在零件服务领域，太多的公司仍然依赖于放任零件磨损直至最终失效的反应式零件管理策略，这可能比使用主动式方法的成本高出五倍[1]。ABB 认识到，数字化可以培养客户主动控制其备件管理的能力，从而降低与敷衍了事的反应式备件管理相关的计划外成本、性能不佳和停工风险[2]。毕竟，为什么要等到关键零件失效时才更换呢？而且，为何不利用数字化带来的技术能力，让客户能够控制其零件管理呢？

现在，通过 myABB 业务门户上的系统特定应用程序和小组件，客户可访问一套自助数字工具，用于控制系统、机器人、驱动器和其他 ABB 产品。2020 年，ABB 通过引入 mySpareParts 小组件为该产品系列添加了零件。这种自助服务流程使客户能够通过 mySpareParts 分析器仔细检查现场库存，并与 mySpareParts 管理器中的安装基数以及 ABB 全球供应链中的可供应产品进行比较。

Greg Parsons
ABB 过程工业过程自动化事业部
美国加利福尼亚州圣地亚哥

greg.parsons@us.abb.com

认识挑战

通常，公司会错误地将零件与其运行系统分开考虑[1]。但实际上，随着技术的不断发展变化，零件管理既需要系统方法，也需要系统理解。只有这样，公司才能充分评估系统中各零件的重要性。而且，并非所有零件的重要性都是一样的，有些零件比其他零件更重要。某些零件出现故障可能会带来安全风险并导致停工，而其他零件故障可能只会降低生产速度，还有一些零件故障会对系统性能产生不利影响。因此，必须定义内在风险[1]。为了使关键备件的可用性达到最佳水平，客户需要对其资产和备件生态系统有一个概括认识。通过了解系统中装有哪些零件，客户可以全面评估并认识系统中每个零件的重要性和相互依赖性，以及单个零件失效对系统及其性能的影响。然而，这种零件管理策略是平衡之举；确定零件的相对重要性，对故障或中断可能性进行分析，这些都具有挑战性。

现状

由于决策主要是根据零件成本或历史使用情况做出的，许多公司对关键备件库存的低估高达 60%[3]。资产失效、生产停工或因“正常服务”中断造成声誉损害带来的潜在成本或财务影响未考虑在内。由于潜在的供应链不可预测性，这种反应式零件管理方法也可能会产生意想不到的后果。通常情况下，当本文作者询问客户有关备件的问题时，得到的回答往往是，“我们在零件方面做得很好”，而作者的反应是，“你怎么知道？”许多人觉得回答此问题极具挑战性，因为必须有一些过程证明文档才能得出结论。在实践中，我们发现 ABB 可以解决一些缺陷。甚至在某些情况下，客户确实拥有他们所需要的一切，这本身就验证了他们今天在做的所有事情都是正确的。

—

2020 年，ABB 将 mySpareParts 小组件引入其 myABB 业务门户上的数字化工具中。

然而，这不是一个静态过程，生命周期和支持结构会发生变化。所以，需要定期评估的。

计划失败会造成人力、物料和机器时间的浪费；从而增加制造商成本，并最终提高产品价格。

ABB mySpareParts 管理解决方案

应对此类问题的解决方案在于，采用一种全面、主动、定制的数字化零件管理方法。通过捕获的现场安装基数详细清单，公司可以更好地确定并实施零件管理策略。如果客户承诺无法兑现，客户还可以根据潜在停工时间、次优性能和声誉损失的成本来衡量备件储备价值，从而获益。在正常运行条件下对系统进行评估，使客户可以在代价高昂的问题发生之前了解供应链。很明显，整体零件管理计划必须在零件失效之前了解零件失效带来的影响。

零件管理既需要系统方法，也需要系统理解。

ABB mySpareParts 管理器是一个专有软件平台，旨在生成定制的建议零件、缺口和供应链信息，以及用于识别风险的报告。这是通过检查重要信息来实现的，包括：

- 当前安装基数
- 品项到零件关联
- 现场库存
- 产品生命周期
- 现场零件产品和位置信息
- 零件风险等级

mySpareParts 小组件

使用此小组件，客户可“鸟瞰”所需数据以做出主动决策，从而确保生产可用性，并防止或减少与库存相关的中断。小组件 mySpareParts 是一个集中式平台，目前有三个视图：mySpareParts 分析器、建议备件和缺口分析→01。

mySpareParts 分析器是一种自助服务工具， 允许客户上传其现有备件库存，然后 ABB 进行分析并向客户报告→02。客户可以根据所在国家/地区的库存、可更换性以及可维修性，深入了解风险因素→03、生命周期状态和更换选项。风险分析的核心要素是评估失效风险→03。该产品将客户安装中每个品项的“内在风险”都考虑在内。为了实现这一目标，ABB 使用内部开发的专有贝叶斯模型，为 150 多万个零件建立了一个风险库。

因此，ABB mySpareParts 分析器可帮助各公司识别备件库存缺口，以避免停工、优化生产并促进围绕其现有备件库存的战略思考。

源自 mySpareParts 分析器工具和 ABB ServIS 安装基数管理工具的输入在 mySpareParts 管理器中合并。为客户提供了两个附加视图：建议备件和缺口分析→01。通过“建议备件”视图，客户可以看到 ABB 根据客户场地安装基数建议的库存品项列表，其中包括重要数据，例如零件库存对过程和生命周期的风险。缺口分析将建议备件信息与分析器备件信息结合起来，并主动搜索遗漏和多余的库存品项。用户可以随意过滤信息。例如，客户可仅过滤那些生命周期状态处于后期的高风险品项。客户还可以查看 ABB 建议库存的零件的数量。这些报告以名为“零件指纹”的文档提供。

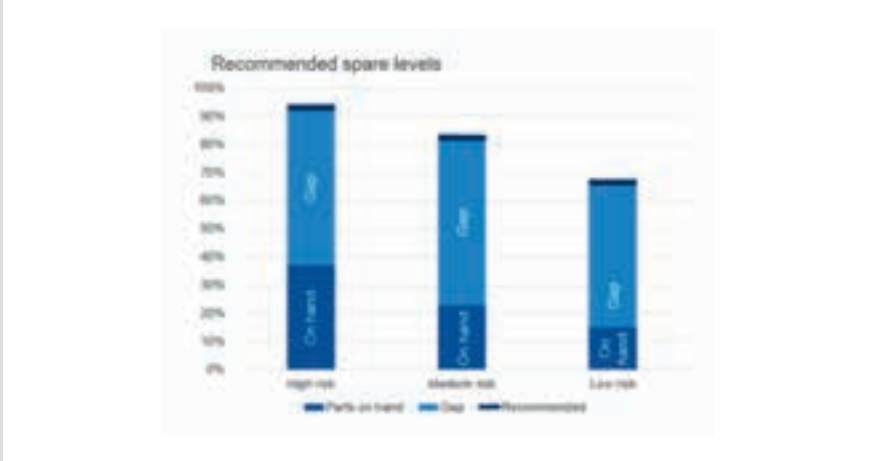
协作定制解决方案

ABB 与客户合作，使用 ABB mySpareParts 管理器工具编辑所有现场信息，以确定后续方向。一旦确定了最佳备件储存后，围绕备件的复杂性就不会停止。必须要有一个稳健有效的库存管理解决方案来保护这些资产。ABB 可以定制备件库存管理解决方案，以满足客户的特定目标、维护策略和运作需求；这可确保关键的操作备件在需要时随时可用。虽然始终直接向客户提供备件是 ABB 的主要选择，但有时在 ABB 服务维护协议中，也可能会包含由供应商管理的备件库存系统。

01

02

03



04

—
01 myABB 业务门户的初始显示视图。客户可以在此输入三个选项卡中的任意一个：分析器、建议备件和缺口分析。

—
02 mySpareParts 分析器的初始页面显示屏，客户可以在此轻松验证零件号，快捷高效地将零件号和数量剪切粘贴到 Excel 中，接收有关数据问题的警报，通过 4 个简单问题确认信息，提交数据以供上传，以及接收确认书。

—
03 mySpareParts 建议备件显示屏示例；根据严重性以视觉和数字方式向客户显示其零件库存风险。客户可以轻松查看其他显示屏，如生命周期状态、国家/地区库存状态、可更换性和可维修性。

—
04 美国路易斯安那州一家化工公司的零件指纹分析显示屏，从中可以看到库存水平有潜在缺口，这可能会增加控制系统（和生产）停工的风险。

05

进一步分析

ABB 零件指纹解决方案是一个深入的系统过程，旨在为客户提供备件储存建议，以达成一致的最佳备件储存。该解决方案根据客户安装基数、单个零件级零件失效风险、零件运行环境以及供应链等信息定义，使 ABB 可以共享有关客户备件的信息，从而使客户能够控制其备件策略和管理。

凭借对自有零件和设备的专业知识和了解，ABB 依靠一个迭代三阶段过程来解决不断变化的生命周期和过时问题：评估、实施和维持。输出包括建议备件、备件缺口分析和供应链分析报告。该过程可捕获从设备配置到零件号级别的详细信息。这包括对客户储存的现有零件的审计，以及捕获数量和质量信息，以促进改进建议的形成。它还有助于对供应链的分析，以及对零件问题的主动识别 →04.

ABB mySpareParts 管理器可生成定制的建议零件、缺口和供应链信息。

零件指纹案例研究

美国路易斯安那州一家化工公司的管理者认识到，为了确保最大产能，他们需要获得现有控制系统的最佳可用性。他们需要知道可能需要的关键高风险备件与其实际现场可用性之间是否存在缺口→03。根据源自 ABB ServicePro 服务管理系统的零件指纹，ABB 可帮助该客户了解零件状况，并决定是否升级控制系统来确保获得高产。作为 IAEN 服务账户管理计划的一部分，ABB 马来西亚公司于 2020 年为客户实施了端到端零件指纹识别过程→05。

从 ABB 800xA 电源管理系统的 SPDC 扫描收集到的数据开始，将其与客户通过零件分析仪共享的信息相结合。零件指纹报告显示了已安装组件和建议备件数量，将建议与从零件分析器收集到的客户库存相匹配，突出显示建议零件与实际库存之间的缺口。在对零件指纹识别报告进行共同评估后，客户接着会以已确定的代表潜在操作风险的商定品项来补充现有库存。

展望未来

另一个供应分析报告视图计划于 2021 年发布。其中，将确定的缺口与供应链（针对本地、区域和主要库存中心）进行比较，以制定定制的库存计划。另外，可以对客户的订单历史记录、最近的故障等进行更深入分析。

—
05 美国路易斯安那州的一家化工厂，生产用于农业、化妆品、食品和制药的产品。通过零件指纹分析，客户可以就升级控制系统做出明智决定。

借助 mySpareParts 管理解决方案，客户可获得他们所需的数据-包括内在风险、主要区域和本地库存计划、 对产品和零件的生命周期影响等要素，将所有这些数据与工厂和产品的整个生命周期中满足其需求的产品和服务进行比较。此外，客户可了解建议内容，并结合其当前情况，形成行动计划，从而促进决策。借助 ABB 数字化工具集的分析能力，客户可以通过这种主动的系统和零件管理方法来降低风险。•

—
通过 mySpareParts 管理解决方案，客户可了解建议内容，从而促进决策。

—
参考文献

[1] Marshall Institute 网站: [网络] 来源: https://www. marshallinstitute.com/ [访问日期: 2021 年 7 月 6 日].

[2] J. Bughin et al., “Why Digital Strategies Fail” in McKinsey Quarterly, Jan. 25 2018, 来源: https://www.mckinsey. com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/why-digital-strategies-fail [访问日期: 2021 年 7 月 5 日].

[3] GrowthPoint Marketing 网站: [网络] https://growthpoint-inc.com/ [访问日期: 2021年7月5日].

物流

操作员审计追踪的工作流挖掘

尽管工业过程实现了广泛的自动化，但操作员通常仍必须进行手动干预。这些干预措施被记录在不同的存储位置，如历史数据库。如何利用这些目前鲜少被重用的数据来创建操作知识以供将来重用？

—
Benedikt Schmidt
Marco Gärtler
Arzam Kotriwala
Sylvia Maczey
Reuben Borrison
ABB 集团研究中心
德国拉登堡

benedikt.schmidt@de.abb.com
marco.gaertler@de.abb.com
arzam.kotriwala@de.abb.com
sylvia.maczey@de.abb.com
reuben.borrison@de.abb.com

尽管典型的现代过程工厂实现了高度自动化，但人工干预仍然很普遍，即人工操作员需持续监控工厂状态，通过切换到手动模式并采取适当措施，来应对危及安全、环境足迹、质量和运作效率的异常情况。维修/维护程序或定期启动/关闭也需要人工干预。干预可能需要几分钟或几小时，操作员通常可能在数周、数月或数年内进行相同或非常类似的干预，并且每次都采取类似的行动。

—
诸如历史数据库之类的系统代表着丰富的、尚未开发的、有潜在价值的数据来源。

出于合规原因，大多数过程工厂都有一个集中式历史数据库，用于存储控制系统运行数据。该历史数据库涵盖控制器、执行器和传感器生成的事件数据和信号数据。人工干预通常也作为审计追踪存储在历史数据库中，即记录与控制系统每次交互的事件日志，如设定点变化、阀门开合以及设备开关。

虽然每次干预都会存储到历史数据库中，但部分数据由于大小（和格式不同）而通常不会得到进一步处理。即使是小型工厂，历史数据库每天也能够存储来自数千个传感器的数十万个事件和信号，数据量通常在 TB 范围内。

01

图片来源：©Kalyakan/stock.adobe.com

—
01 对其他未充分利用的工厂历史数据进行工作流挖掘有助于改善运作。

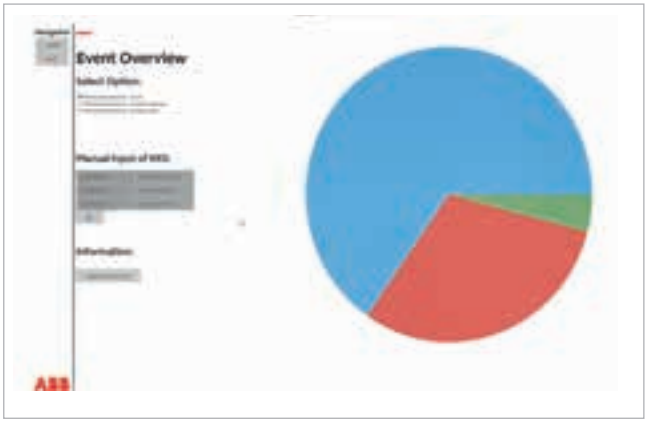
对存储在历史数据库中的人工干预进行工作流挖掘，可以更好地了解工厂的行为。

诸如历史数据库之类的系统代表着丰富的、尚未开发的、有潜在价值的数据来源。

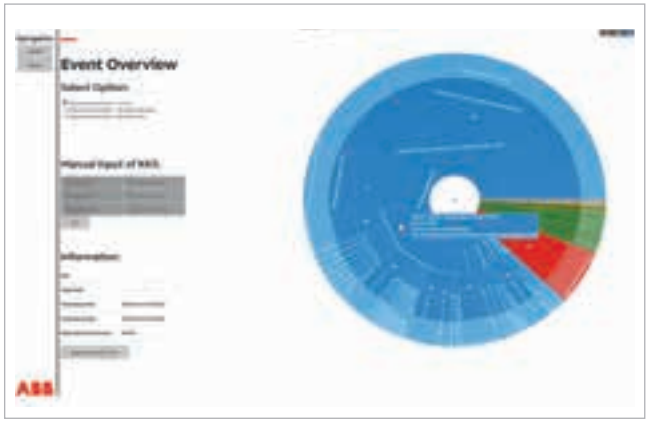
那么要解决的问题是：能否使用这些数据来保存操作知识以供将来重用？答案是肯定的。工作流挖掘是关键所在。

工作流挖掘

对存储在历史数据库中的人工干预进行工作流挖掘，可以更好地了解工厂的行为，提供对解决方案战略的洞察，并对这些战略的质量进行评估。工作流挖掘还可生成标准化的最佳实践。由于与人工干预相关的信息是分散的，并且不一定清楚哪些案例原因数据可以分组或与手头的案例相关，因此从过程历史数据库中提取人工干预案例本身就是一个挑战。



02



03

本文对工厂历史数据库的工作流挖掘进行了讨论，其中特别关注：

- 识别人工干预案例。
- 识别触发人工干预案例的工厂状态。
- 提取案例类别，将其放入工作流挖掘管道，最终生成操作员指引。

人工干预分析

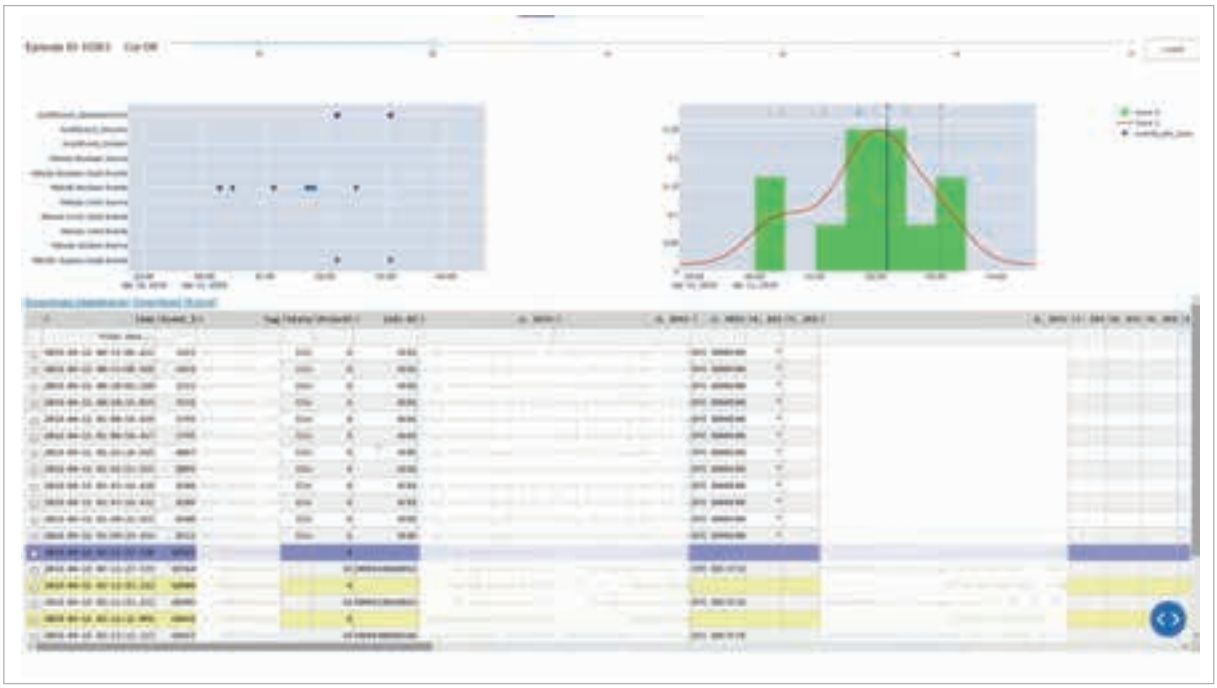
第一步是创建一个工具，以识别和显示人工干预的实例及其频率和持续时间。该工具可查询工厂的审计追踪和事件数据库，以提供干预数据列表。必须从这些数据中提取一个“案例”，即列表中的一个事件子集 →02-03。种子事件包含在子集中，第一个和最后一个事件前后指定时间内发生的事件也包括在子集中。换句话说，案例提取建立在时间隔离的概念上。

案例原因提取

假设每个案例都是由工厂状态触发的，由传感器值、其他过程相关信息以及活动警报或事件表示。这样， 将对案例发生前整个系统状态的分析（“指纹”）与“正常”情况进行对比，以提取案例发生的原因。这种指纹识别活动很大程度上依赖于调查中的系统。对于与此处所述作业相关的过程工厂，决定将重点放在作为案例一部分的信号状态上。

—

第一步是创建一个工具，以识别和显示人工干预的实例、频率和持续时间。



04

—
02 在工厂不同区域的干预次数和持续时间。

—
03 可以选择工厂的一个区域，查看大多数人工干预发生的位置。

—
04 挖掘出的片段示例。

—
05 工厂信号和工作流程的关系示例。

对于这些信号，关键绩效指标 (KPI) 是基于移动平均计算生成的。换言之，就是将人工干预前工厂传感器值的指纹与平均“正常”传感器值进行比较。与长期 KPI 相比，差异超过某个阈值的信号有可能会是案例原因。将案例原因信息添加到案例信息中。

—

下一步是生成分步说明，以便日后纠正异常情况。

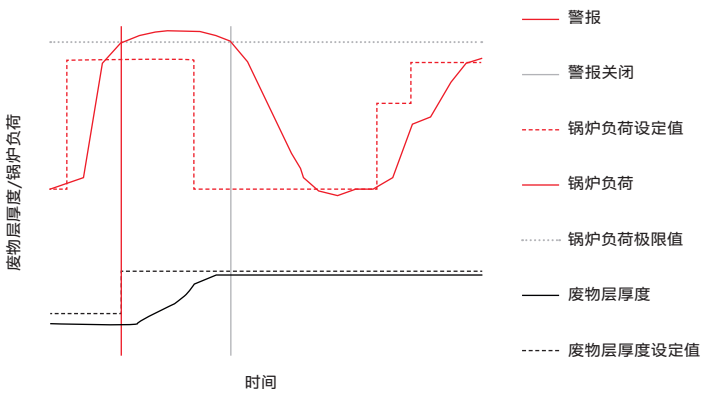
案例聚类

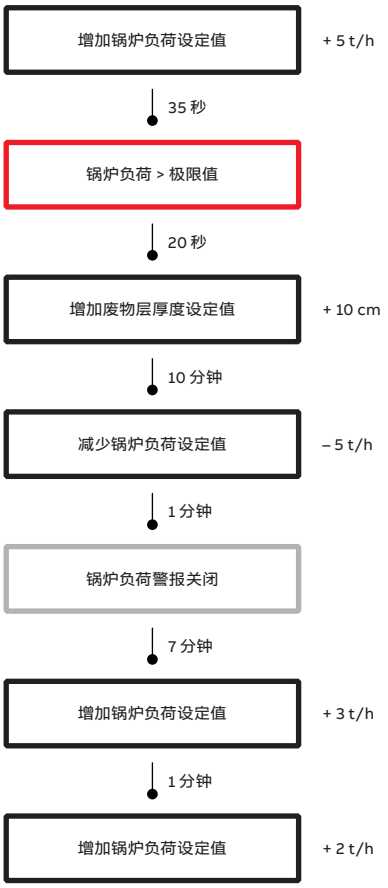
每个提取的案例都可能提供不同的人工干预，通过遵循特定策略来解决特定情境问题。要为工作流挖掘做准备，可应用代表相似策略的案例聚类。

寻找解决方案

如上所述，一旦从审计追踪和事件数据库中获得了对手动干预的大致了解，就可以查看解决方案程序，即所谓的片段。→04 显示了 ABB 为此任务开发的工具中所示典型片段的四个屏幕元素。顶部是滑动条，用于定义两个干预需要多接近才属于同一片段。扩展此窗口可捕获更多事件，从而导致求解过程更长。此事件窗口长度的优化正在进行中。→04 中左上角的元素显示了随时间变化的事件类型；右上角是随时间变化的事件密度图；屏幕的下半部分显示了与片段相关的工厂事件。

在工具定义了合适的片段后，下一步是生成工作流，这包括分步说明，供操作员在未来纠正异常情况时使用。将代表同一问题解决方案的类似片段导入到外部工具，以生成工作流 →05。此工作流可显示为解决同一问题而采取的各种不同措施，此处显示的是废物焚化炉中燃烧器的处理。





05

05 中包括一些很少执行的步骤，可以将这些步骤过滤掉，以提供包含最常执行步骤的分步指南→06。还可以生成定时指南→07。在工作流正式上线之前，应经过专家检查。

操作员使用

当现场出现异常情况时，如果有可用的工作流，操作员将收到相关建议。建议得到接受后，分步工作流将显示在侧栏上。

08 总结了上文所述的整个过程，包括干预类型选择、案例提取、案例原因提取、案例聚类和工作流挖掘。

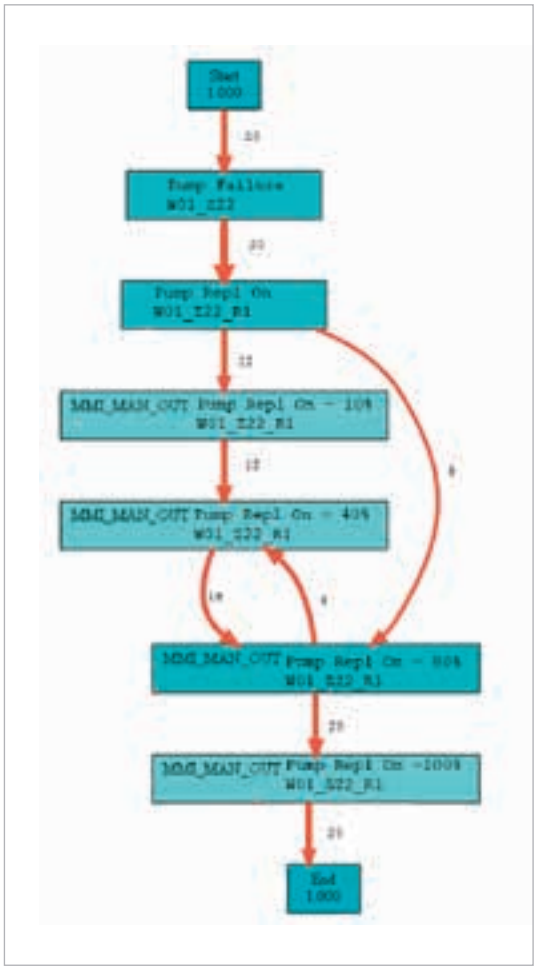
源自中型工厂的洞察

在开发过程中，团队使用了源自一家中型发电厂的历史数据库副本。该工厂在历史数据库中存储了 8,000 个信号，每年生成大约 8,000 万个事件。这些事件包括操作员审计追踪。将来自历史数据库的六个月数据集用于测试不同的方法。与专家的讨论则进一步促进开发过程。

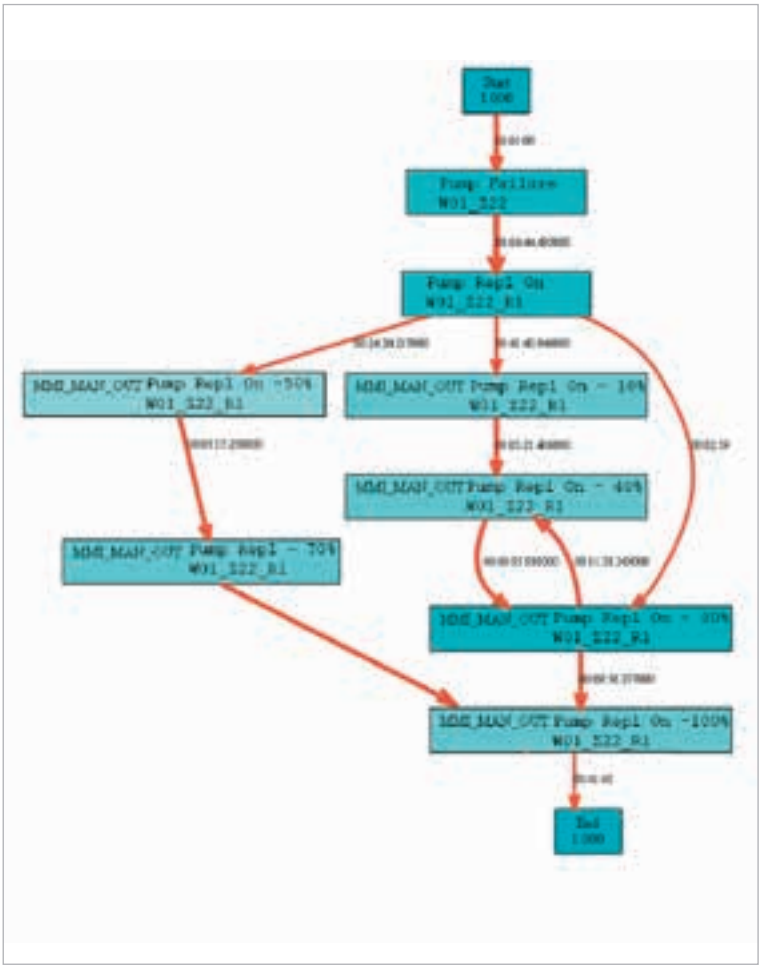
—

当出现异常情况时，如果有可用的工作流，操作员将收到相关建议。

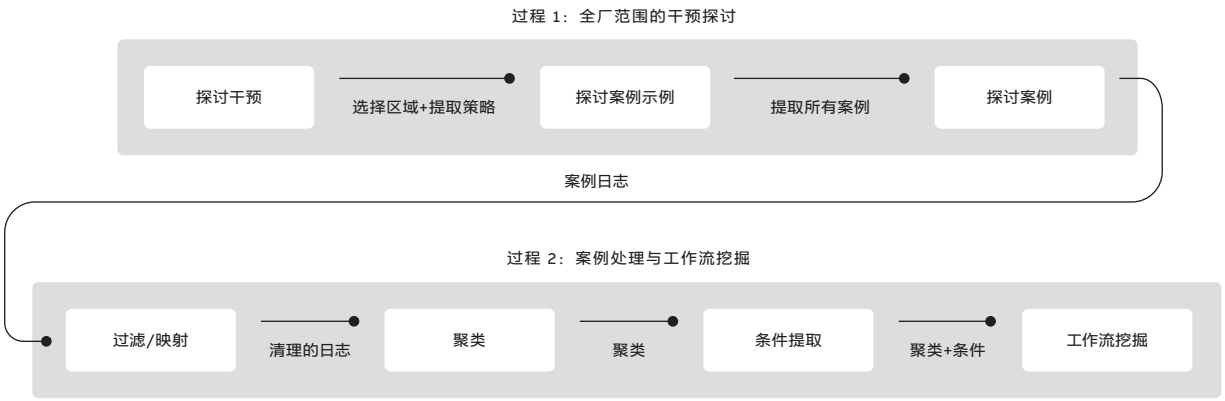
09 显示了在工厂中触发的大量警报（警报数量多是典型情况）。 操作员非常了解这些警报及其与工厂状态的关系。



06



07



08

—
06 可以过滤出不常用的步骤。

—
07 还可以显示步骤所用的时间。

—
08 案例和工作流挖掘的应用过程。

—
09 事件类型计数。这些数字可提供分析和挖掘活动所预期尺寸的粗略概念。

强化过程工厂运作

许多有价值的数据可以从独立的工厂历史数据库中找到。工作流挖掘技术可利用这些数据使过程工厂运作得益。可以创建在线系统，在操作员面对异常情况时提供帮助，并且通过机器学习方法和工作流挖掘过程的完全自动化，使未来工作实现强化。

—

未来的强化可能体现在机器学习方法或工作流挖掘过程的完全自动化上。

一些相关主题需要更多研究，例如，如果工厂标注方案未提供事件本地化，那么应如何实现。或当操作员执行的操作可能不符合一般指南（例如，忽略建议的设备启停序列）时，如何评估挖掘工作流的合规性和效率。

成功解决这些和其他问题，将使工厂操作员能够更多地利用已拥有的数据，进一步提高资产绩效，并改善财务业绩。•

事件类型	总数
审计事件_确认	70,000
审计事件_操作员行动	60,000
警报	几十万
审计事件	几十万
布尔事件	1,500 万
极限警报	几十万
极限审计事件	几十万
极限事件	几十万
系统警报	几十万

09

物流

矿山电气化：绘制增强可持续性的路线图

技术、环境和社会趋势正在改变世界。采矿业虽然传统上处于工业 4.0 曲线的低位，但正在快速迎头赶上，这主要通过矿山电气化来实现。ABB 的 eMine™ 和相关小车系统以及其无齿轮输送机驱动器和在输送机系统自动化方面的专业知识正助力采矿业客户，通过适用的解决方案为客户设备实现从矿坑到港口的电气化。

—
01 ABB's eMine™ 小车系统使车辆能够在电动小车辅助线路上行驶。

Mehrzad Ashnagaran
矿山电气化与复合材料厂
瑞士苏黎世

mehrzad.ashnagaran@ch.abb.com

在为采矿和矿产客户提供大型集成电气和控制解决方案方面，ABB 拥有丰富的全球经验。此外，ABB 正促进矿工向全电力矿山过渡。公司致力于与客户和供应商合作，将其每年的二氧化碳排放量至少减少 100 兆吨，相当于 3,000 万辆内燃机汽车的年排放量，并在 2030 年之前在自身运营中实现碳中和。目前，在全球温室气体 (GHG) 总排放量中，采矿业占 4% 至 7%，必须迅速改变该领域的当前操作方法才能符合目标、国家法规以及《巴黎协定》的要求。

本文探讨了两个示例，其中的矿山均已踏上通往全电力的旅程。首先来看看加拿大铜山矿业公司 (Copper Mountain Mining)，ABB 正在那里安装电动拖车小车辅助基础设施。第二份报告介绍了位于智利丘基卡马塔铜矿的全球最强劲无齿轮输送机系统。

加拿大电力转型

没有新开采的材料，就不会有手机、电脑、电池或风电场。全电力矿山可实现在对环境影响最小情况下的矿石开采，而向全电力矿山转型需要新思维，ABB 最近推出的 eMine™ 概念就是其中一个例子，其正在帮助采矿业客户通过适用解决方案为其设备实现从矿坑到港口的电气化，以满足运作需求。在矿用设备和作业的电气化、自动化及数字化连接方面，ABB 拥有数十年的实际经验，基于这些经验不断改善能源使用和整体性能。

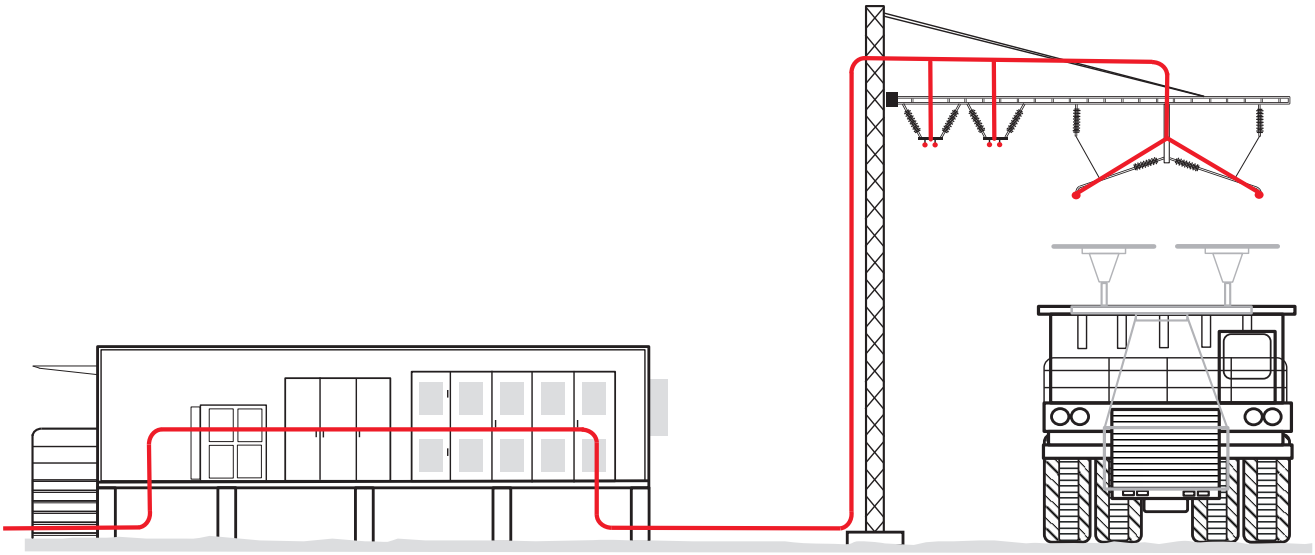
—
在全球温室气体 (GHG) 排放量中，采矿业占 4% 至 7%。

全面的小车辅助解决方案

ABB Ability™ eMine 小车系统是 eMine 的关键解决方案之一→01[1]，已在多个国家/地区实施。该解决方案使车辆能够在电动小车辅助线路上行驶，而无需使用柴油。最近，eMine 在加拿大不列颠哥伦比亚省实施，那里是 ABB 与铜山矿业公司 (Copper Mountain) 合作项目的所在地→02[2]。

图片来源：Boliden

114



03

—
02 铜山矿业公司 (Copper Mountain Mining)，位于加拿大不列颠哥伦比亚省。

—
03 ABB eMine™ 解决方案，可显着降低拖车的柴油消耗和排放量。

在那里，传统露天采场作业每年可生产约 45,000 公吨的铜当量，ABB 为其提供全面的小车辅助解决方案→03。ABB 负责所有非卡车小车辅助基础设施，包括架空接触网系统 (OCS) 设计和提供 12 MW 以上直流电源的整流变电站，以及工程、项目和施工管理、设备供应和系统调试。

—
小车控制系统可为无缝集成以及对小车操作和能耗监控提供支持。

小车控制系统可提供与现有 ABB Ability™ 800xA 分布式控制系统 (DCS) 平台的连接，从而实现无缝集成以及小车操作和能耗监控。ABB 还提供为采矿应用定制的 OCS 组件。

铜山矿业公司 (Copper Mountain) 预期，在项目第一阶段，最初可减少 7% 的排放量，并设定在五到七年内实现二氧化碳减少 50% 的目标。新的小车运作方式也有望提高效率；例如，卡车将配备一个受电弓来接收外部电力，从而使其在连接到小车系统时运行得更快，同时降低油耗，并减少所需维护。作为 eMine™ 概念的一部分，ABB 确定了对全电力运作至关重要的六大要素：

- 互操作性：能够跨越各纯电动汽车 (BEV) 原始设备制造商和车辆类型，应用多功能充电基础设施
- 机动性/灵活性：能够实施充电点基础设施，使矿山可以在开发过程中进行调整
- 能源管理：能够将电力与过程控制相结合，最大限度地减少负载峰值，并实现平衡运行
- 连接接口：由于使用的矿用自动化连接设备坚固耐用，因此能够在高电流下安全运行
- 小车和充电器技术：能够将充电和小车基础设施与 BEV 电池容量相匹配，以应对要求严苛的运作
- 有利的过程和矿山开发：能够使用另外的矿山开发方法，例如下坡运输和/或输送机、卡车和起重机组合。

上述要素由 ABB Ability™ MineOptimize[3] 提供，旨在通过能源和资源的平衡利用来实现最佳设计和运作。

—
参考文献

[1] ABB, Trolley-assist solution for Copper Mountain Mining sustainable development – Canada | ABB [访问日期：2021 年 6 月 11 日].

[2] Copper Mountain Mining.The Copper Mountain mine, British Columbia, Canada. 来源：https:// www.mining-technology.com/projects/copper-montain/ [访问日期：2021 年 6 月 11 日].

[3] ABB, ABB Ability™ MineOptimize. 来源：https://new.abb.com/mining/mineoptimize [访问日期：2021 年 6 月 11 日].

—
在智利推动效率革命

Ulf Richter
ABB 带式输送机系统部
德国科特布斯

ulf.richter@de.abb.com

在偏远的智利北部，ABB 一直与德国工业公司 TAKRAF 在智利国家铜业公司 (Codelco) 的丘基卡马塔铜矿项目上合作，该铜矿是全球最大的露天铜矿。在这里，随处可见作为最强劲带式输送机系统一部分的无齿轮输送机驱动器 (GCD)。GCD 也是全球许多采矿项目的首选解决方案。

从工程设计到用于电力供应和能源分配的电气设备，ABB 的技术和整合这些要素所需的专业知识体现在丘基卡马塔铜矿现场的每一处→04。但是，ABB 的 GCD→05 优势在新地下和陆上输送系统自动化中尤为突出[4、5、6]。

矿山的带式输送机系统必须在海拔 2,850 米的安托法加斯塔地区高地沙漠中以高容量运行。该输送系统长 13 公里，将地下作业直接连接到现场选矿厂。有两台 20 MW TAKRAF 输送机，每台以 11,000 吨/小时 (tph) 的速度将矿石从地下矿井经过 600 多米运送到地表。总提升距离约为 1.2 公里，之后矿石被送入 15 MW 的地面输送机。

GCD 适用于需要高驱动功率的采矿项目。它们有助于提高较高容量输送带系统的效率，从而增加可能的矿石产量、节省能源、减少设备停工时间，并最大限度地降低维护成本→06。这是唯一经济可行的方式，为丘基卡马塔铜矿中 20 MW 输送机的运行提供足够电力。输送机上输入小齿轮箱的限值为 3-4 MW， 因此矿山的输送带系统需要八台电机驱动到一个带输出轴的齿轮箱中，或者使用多台额定功率较低且具有多个转运站的输送机。这两种情况都需要更大量的物料、空间、洞穴和基础设施来提供所需的电力。因此，GCD 是满足客户生产输出期望的最简单方法，其还带来额外好处，即减少维护并显著提高效率。

考虑到这些因素，ABB 和 TAKRAF 对全球最强劲 GCD 系统进行了调试。该系统包括 11 个驱动器，同步电机以 50-60 rpm 的转速运行，每个驱动器的额定功率为 5 MW，产生大约 900 kNm 的电机轴转矩。整个系统（包括多个给料机输送机）的总安装驱动功率为 58 MW。

使用配备 ABB GCD 的 TAKRAF 输送机，将露天矿、车铲作业转至地下，每年可帮助矿主 Codelco 节省约 1.3 亿升汽油→07。这一目标将通过减少 120 辆大型拖运卡车的需求来实现，将矿山的二氧化碳排放量从每年 340,000 吨减少到 100,000 吨，估计减少约 70%。

—
参考文献

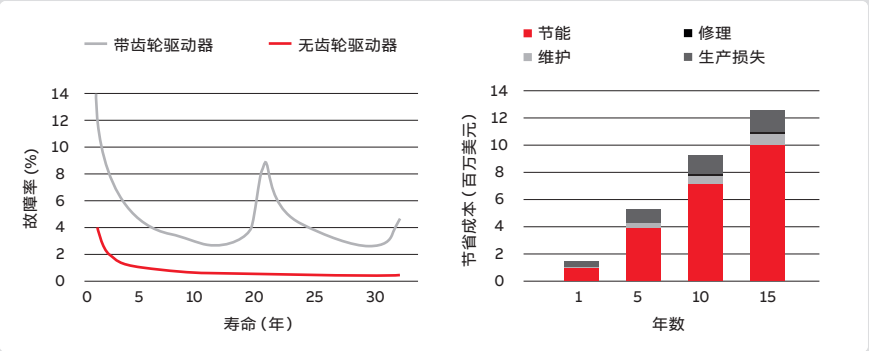
[4] ABB.ABB completes commissioning of the world's most powerful conveyor system.来源：https://new.abb.com/news/detail/68172/abb-completescom-missioning-of-the-worlds-most-powerful-conveyor-system [访问日期：2021 年 10 月 8 日].

[5] ABB.ABB gearless drives for TAKRAF's most powerful mining conveyors in Chile. 来源：https://new.abb. com/mining/reference-stories/underground-stories/takraf-under-ground-mining-con-veyors-withabb-gear-less-drivesprogress-ing-in-chile [访问日期：2021 年 10 月 8 日].

[6] ABB.Video of the world's most powerful Gearless Conveyor Drive system: https://youtu.be/ tYHsqwo4TJU [访问日期：2021 年 6 月 19 日].

04

05



06

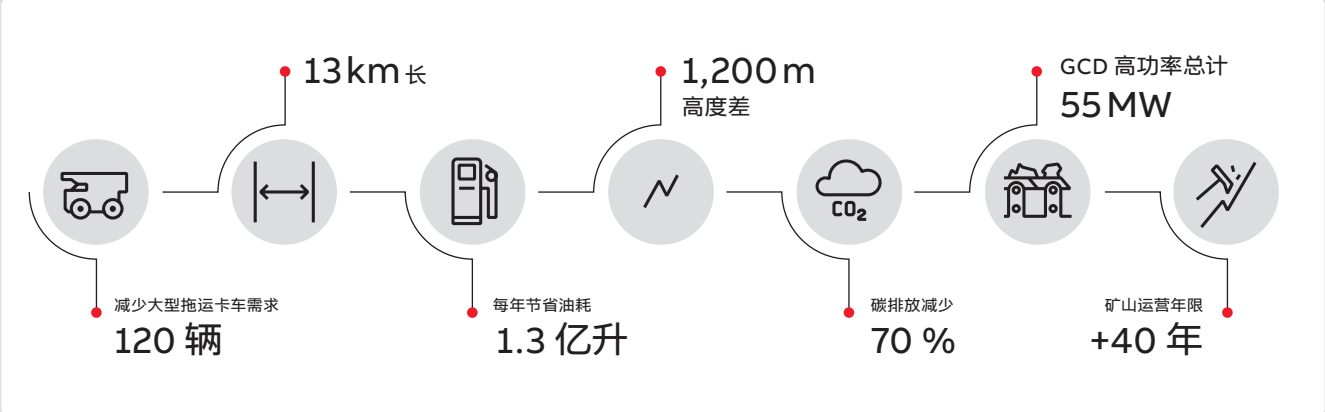
—
04 智利丘基卡马塔铜矿。该款全球最强劲无齿轮输送机驱动系统仅耗时四个月就完成了调试。
—
05 无齿轮输送机驱动器的制造。
—
06 无齿轮输送机驱动器比带齿轮版本的故障率低50%。而且，使用寿命更长，能源需求更低。
—
07 全球最强劲地下采矿带式输送机系统统计概览。

在丘基卡马塔铜矿，ABB/TAKRAF 解决方案连接到 ABB Ability™ 800xA 控制系统，以实现高效数据采集、设备评估和过程优化。系统800xA 可监控并收集嵌入在电机驱动系统中的多个传感器的数据，搜索异常情况并确定维护需求。该项目的运营期有望延长 40 年。

预计在未来几年，对 1-10 MW（总输送功率）范围内中等功率 GCD 的效率要求将会提高。有鉴于此，ABB 正采用旨在降低每吨生产成本的技术来应对，从而帮助客户保持竞争力。与齿轮箱驱动型解决方案相比，GCD 具有节能、噪音低的优势。另一方面，包含带多个运动件的齿轮箱的驱动器以 1,000 rpm 或更高的转速转动时，会发出巨大噪音，甚至存在超过欧盟 85 dB(A)（A 加权分贝）噪音排放限值的风险。

为了避免此类问题，在捷克共和国进行的一个升级改造项目中，ABB 使用了其最新中功率 GCD。通过更新现有输送机系统（配备由同步永磁电机驱动的 GCD）上的轴装带齿轮驱动器，矿主将能够满足欧盟噪声排放限值要求，并防止现有驱动器因振动问题频繁发生故障。使用转速约为 50 rpm 的 GCD 和低噪声冷却器，可将驱动单元的噪声排放限制在 75 dBA 以下，使矿山获得无齿轮驱动器带来的所有优势，同时无需沿输送机系统安装隔音罩（包裹整个带齿轮驱动单元）或隔音墙。与齿轮箱驱动型解决方案相比，此类 GCD 的能效高出 5-8%，并且二氧化碳排放量更低。GCD 还可提高安全性，因为不需要用到易燃物或齿轮箱油等危险液体，而是以水基冷却液代替。

GCD 正被部署到情况复杂且往往是世界级的项目当中。它们可以帮助提高效率，并减少能源使用、设备停工时间、维护成本和噪音，从而为矿工带来众多好处。借助增强/混合现实协作应用程序、高级数据分析、人工智能工具和机器学习等解决方案，无论位置多么遥远或多么具有挑战性，矿业公司及其技术合作伙伴都能进一步提高运作效率。•



07

01

物流

海洋排放精确监测

监管航运业燃油效率、温室气体排放和压载水处理的法规越来越严格。ABB 可提供基于可靠、高精度和耐用传感器的稳健解决方案。

—
01 ABB 可为航运业提供从集成动力和推进系统、燃料和燃烧管理到排放监测和压载水处理的解决方案。

—
02 与体积流量信息相比，质量流量信息更佳，因为它与不受物理影响。

每年大约有 110 亿吨货物通过船舶进行运输，按目前全球人口计算，约人均 1.5 吨[1]。然而，尽管与其他运输方式相比，船运每吨货物每公里的温室气体 (GHG) 排放量较少，但船舶的温室气体排放量占全球总二氧化碳排放量的 2.9%[2]，随着越来越多的货物通过船舶进行运输，这一比例还在稳步增长.

鉴于这些趋势，负责监管航运的联合国机构国际海事组织制定了一个全球目标，即到 2050 年，实现年排放量比 2008 年减少至少 50%[3]。此外，航运业本身有充分的理由要提高效率，因为燃料成本约占船舶总运营成本的 50%[4]。考虑到环境、经济和法律因素，为了以负责任的方式管理油耗，需要基于可靠、高精度和耐用传感器的创新燃料管理和排放监测系统→01[5]。

科氏质量流量计

当今大型集装箱船的推进需要大量燃料。这些燃料产生的能量与燃料的质量直接相关。因此，当涉及到高精度能量管理时，必须直接测量质量燃料流量。

—
ABB 的质量流量计使用科氏力，以最高精度测量任何类型流体的质量流量。

ABB 的科氏质量流量计是最先进的仪器，可利用科氏力→02 以最高精度测量任何类型流体的质量流量。

其中，指定流体流经振动管，产生科氏力，在入口和出口之间产生振动相移。由于流体中没有运动部件，因此不会发生磨损，并可将维护减至最少。

科氏测量原理

当涉及到成本和物料平衡计算时，质量流量信息在工艺过程中是首选，因为与体积流量信息相比，质量流量信息不受物理影响。压力、密度、温度和粘度不会改变质量。因此，质量流量是首选测量变量。质量只能间接测量，例如借助牛顿第二运动定律，该定律指出作用在质量上的力会产生加速度 (f=ma)。如何使用这种关系确定液体的质量呢？可以在旋转（或振荡）系统中使液体加速，然后测量惯性效应。这种物理效应是由法国数学家 Gaspard-Gustave Coriolis 于 1835 年发现的。

02

过去，船载流量计存在与振动相关的问题。而新型 CoriolisMaster 采用高工作频率，不受船上任何可能的振动噪声影响。得益于这一发展，即使仪表安装在恶劣的海洋环境中，也有可能获得 DNV 认证。

此外，船上安装可能产生的机械应力不会对流量计坚固的外壳造成影响→03，该外壳设计可消除高达 40 吨的外部安装力。除了传统的电流或脉冲输出，还可提供快速 Modbus 通信输出，确保与任何类型的 ABB 燃油效率系统无缝集成。通过该数据链路，可直接访问各种测量值，如流量、密度、温度和浓度，以及诊断信息和远程访问。

—
Frank Frenzel
ABB 流量计、测量和分析
德国哥廷根

frank.w.frenzel@de.abb.com

Stephen Gibbons
ABB 连续气体分析仪、测量和分析
德国法兰克福

stephen.gibbons@de.abb.com

Uwe Mecke
ABB 电磁流量计、测量和分析
德国哥廷根

uwe.mecke@de.abb.com

03

实现更严格的脱碳目标

2020 年 1 月，国际海事组织提出的硫和氧化亚氮新排放限值在全球生效，仅一年后，ABB 就推出了连续排放监测解决方案。该解决方案被称为 CEMcaptain[6、7]，旨在帮助航运业满足新法规要求， 从而提高可持续性并实现新脱碳目标 →04。这一步骤使海上空气污染的排放监测与针对发电厂、水泥厂和炼油厂的岸上法规更加接近，而 CEMS 在上述领域已服务数十年。

—

CEMcaptain 是一个多组分分析仪系统，可提供连续实时排放测量。

CEMcaptain 是一个多组分分析仪系统，可连续提供实时数据，进行可靠、高度稳定的排放测量。即使在最恶劣的条件下运行，它也可将分析仪模块和样品输送处理组件集成到一个独立机柜中，以简化安装。

CEMcaptain 专为海洋环境而设计，适用于温度高达 55°C 的环境，具备高度抗振性。它采用创新过滤器解决方案防止烟尘进入，并具有反吹选项，便于与洗涤器操作程序集成和保持一致。

CEMcaptain 配备 ABB 著名的 Uras26 非分散红外气体分析仪，可同时连续测量二氧化硫 (SO_2) 和二氧化碳 (CO_2) 是否符合法规要求。每个分析仪都有两条独立气路，供不同的测量流单独通过，每个分析仪模块最多可配备四个不同的组件。

CEMcaptain 的测量和数字功能可提高船上安全性、优化过程，并大幅降低拥有成本。通过持续将正常运行时间保持在 98% 或以上，不仅可将新系统所需的维护减至最少，而且可节省处理不合规问题的时间。得益于现场和远程数字服务的创新，该系统为行业提供了一个数字化工具箱，能够提高法规遵从性和运作效率。

通过 CEMcaptain 的现场和远程数字服务，实现快速故障报告、诊断和维修，这有助于操作员获得接近 100% 的气体分析仪可用性。系统显示面板中集成有动态二维码，所有相关诊断信息都可通过扫描代码，从分析仪收集并传输到 ABB 支持部门。这意味着海事仪器技术人员可以向 ABB 维修专家发送实时信息，以获得有关维护的即时指引。

ABB Ability™ 远程协助与 ABB 支持部门直接建立安全连接，还可针对各种问题提供实时解决方案。这些功能可减少培训新船员的需求；还可减少船上所需专家的人数，并通过减少船员暴露于排放物的机会来提高船上安全性。

ABB 已在 100 多个国家/地区安装了 60,000 多个连续排放监测系统 (CEMS)，充分运用了 60 年的排放监测经验。

压载水处理

除了就船舶燃油效率以及硫和一氧化二氮排放提出更严格新标准外，新法规还推动了对压载水处理和测量的需求。压载水用于在未满载的情况下稳定船舶。但是，如果在一个港口取水而在另一个港口排水，

—
03 ABB 科氏质量流量计的应用优势。

—
04 CEMcaptain 旨在帮助航运业满足新的排放法规要求。

04

可能会导致非本土生物进入生态系统。因此，未经处理的压载水如今受到严格监管，这意味着所有船舶都必须安装压载水处理系统。

然而，以往的该类系统均为机械系统，因此压载水中的贝类、沙子和其他颗粒会对其造成影响。这会限制仪表的使用寿命，并导致维护和更换成本增加。

—

ABB 已在 100 多个国家/地区安装了 60,000 多个连续排放监测系统 (CEMS)。

ABB 的解决方案是 ProcessMaster 电磁流量计[8]，该流量计未伸入管道中会导致磨损和压力损失的旋转部件。此外，传感器衬里材料高度耐磨，这使 ProcessMaster 成为压载水处理的理想之选。•

—
参考文献

[1] International Chamber of Shipping. Shipping and world trade: driving prosperity.来源：https://www.ics-shipping.org/shipping-fact/shipping-and-world-trade-driving-prosperity/

[2] International Maritime Organization. Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020, page 19.来源：https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20Executive-Summary.pdf

[3] International Maritime Organization. Reducing Greenhouse Gas Emissions from Ships.来源：https://www.imo. org/en/MediaCentre/ HotTopics/Pages/ Reducing-greenhousegas-emissions-fromships.aspx

[4] ABB.CoriolisMaster for marine fuel consumption and energy management.
来源：Leaflet – CoriolisMaster for marine fuel consumption and energy management (abb.com)

[5] ABB.Marine Instrumentation and Analytical Solutions.
来源：https://new.abb.com/products/measurement-products/marine-solutions

[6] ABB.New ABB emission monitoring solution helps the maritime industry achieve decarbonization targets.来源：https://new.abb.com/ news/detail/73608/new-abb-emission-monitoring-solution-helps-the-maritime-industry-achieve-decarbonization-targets

[7] ABB.CEMcaptain Emissions Monitoring on Your Wavelength.
来源：https:// search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=PB-CEMcaptain-EN&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[8] ABB.Trusted solutions for ballast water treatment applications.
来源：Ballast Water Brochure AD_FEP500_102-EN_B.pdf

[所有链接访问日期：2021 年 7 月 1 日].

物流

微调氢燃料电池研究

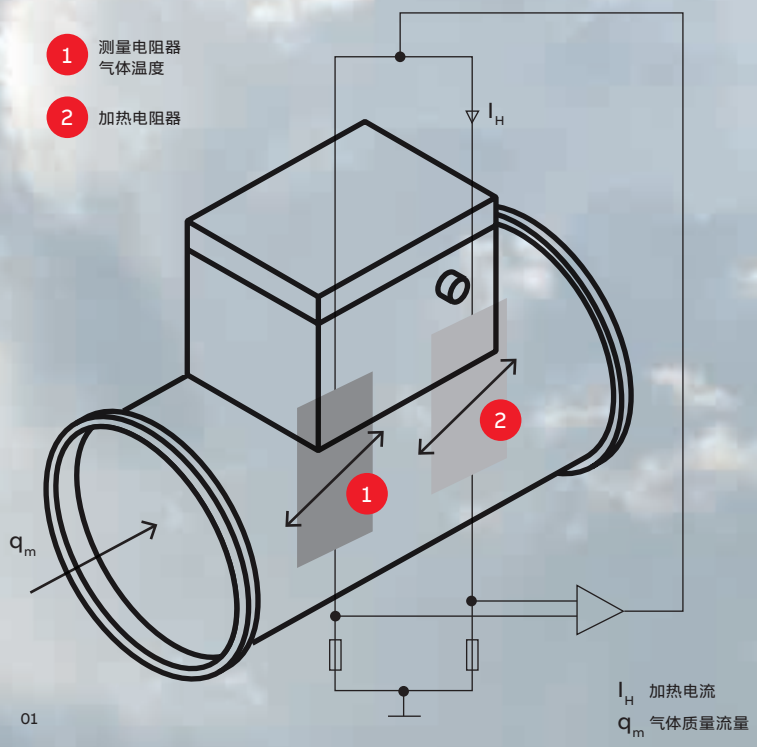
世界各国政府都在寻求交通脱碳的新方法，面对这一趋势，ABB 开发了一种产品，可帮助汽车行业优化氢的使用，为电力传动系统提供动力。

—

测量原理

热式质量流量计可将加热电阻器的流量相关冷却作为测量信号进行评估。待测气体会流经两个温度敏感电阻器，即测量电阻器和加热电阻器，这两个电阻器是电桥电路的构成部分。由于选定电阻比，加热电阻器通过加热电流 I_H 加热。测量电阻器则假设气体温度。加热电流 I_H 由电子控制电路预设，以便在加热电阻器和气体温度之间建立恒定温差。

加热电阻器中产生的电能可精确补偿其对流体的热损失。由于这种热损失取决于撞击加热电阻器表面的颗粒数量，因此加热电流 I_H 表示质量流量的直接测量值。不需要额外的压力和温度补偿。



01

图片来源：iStock/Jurkos

—
01 在消除卡车和公共汽车等重型交通工具的碳排放方面，氢可提供一种最有前景的方法。

—
02 ABB 的新款流量计，可测量进入燃料电池与氢气结合的空气量。

02

Gerrit Weppner
ABB 热式质量流量计
德国哥廷根

gerrit.weppner@
de.abb.com

Sensyflow FMT700-P 紧凑型热式质量流量计是产品系列的新增产品，已被证明可用于在测试台上测量发动机进气[1]。在可扩展和可调节的测量范围内，这种新型流量计可精确到读数的 0.8%，非常适合对燃料电池效率进行微调。燃料电池将氢气和空气结合起来产生电能，在此过程中只排放水。

P-Compact 流量计最初开发用于测试传统涡轮增压器和组件（如节流阀、进气风扇和空气过滤器），它可以分析氢燃料电池的性能，因此极受汽车行业青睐，这是因为氢可提供一种最有前景的方法来消除重型运输（如卡车和公共汽车）的碳排放→01。

该流量计可直接测量流动气体的质量（单位：kg/h），这意味着可立即比较结果，因为无需进行补偿。对于直径为 200 mm 的设备，在 80 至 5000 kg/h 的宽测量范围内也可保持高精度。在氢燃料电池测试中，它可测量进入燃料电池与氢结合的空气量→02，并且响应时间不超过 25 毫秒，这使得它非常适合检测快速负载变化。

P-Compact 流量计可与 Sensyflow 系列的其他产品兼容，既适用于传统发动机研究，也适用于分析氢燃料电池性能。该设备的紧凑型设计集成供电和评估功能，只需一根电缆即可轻松安装。凭借其无与伦比的响应时间，该设备被全球领先汽车制造商用于在质量保证、测试台应用和研发中测量进气[2]。•

—
流量计可测量流动气体的质量，并且精确度极高。

—
参考文献

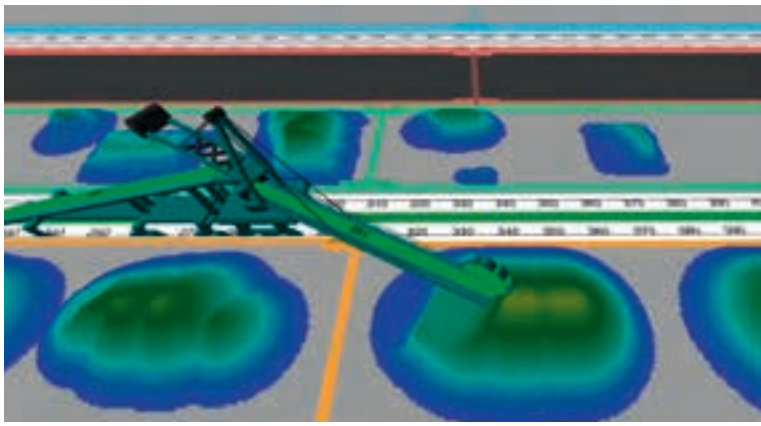
[1] ABB.New ABB flowmeter will aid hydrogen fuel cell research in automotive sector.来源：https://new.abb.com/news/detail/63902/new-abb-flowmeter-will-aid-hydrogen-fuel-cell-research-inautomotive-sector. [访问日期：2021年7月2日].

[2] ABB.Thermal mass flowmeter Sensyflow FMT700-P and FMT700-P Compact. 来源：https://new.abb.com/products/measurement-products/flow/thermal-mass-flowmeters/sensyflow-fmt700-p. [访问日期：2021年7月2日].

物流

优化堆场运作

堆场中的智能组件和最先进软件正在收集有关机器及过程的状态、运行状况和位置数据。由此产生的“数字孪生体”（机器、过程和整个设施的虚拟副本）正在实现对堆场的实时监督、规划、自动报告和模拟，从而开启全自动和自主运作的大门。



01

—
01 借助 IIoT，数字孪生体可访问深不可测的大数据集。

堆场将矿山、铁路货运站、港口和工厂的物料运输链中的连续步骤连接起来→01。这些设施在全球运输和物流链的各个步骤之间提供物料缓冲。堆场还用于混合和混炼不同类型或质量的物料，以达到要求的规格。

为了从中央控制室管理此类设施和过程，操作员必须不间断地实时了解在任何给定位置有多少给定类型和质量的物料，无论是在缓冲仓中、输送带上还是在料堆上。

为了实现以上概述任务，堆场中的物理系统、过程和服务必须配备智能组件和最先进的监控软件。这些组件和软件可收集有关机器和过程的实时状态、工作条件和位置数据，并将所得数据与机器及其设施的虚拟版本相结合。这使存储在不同地方的数据可以通过一个通用数字孪生体目录访问，从而为实时优化、 工作报告、减少停工时间和使用模拟来规划未来打开了大门。

Andre Herzog
ABB 过程工业/采矿业数字物料输送处理部
德国科特布斯

andre.herzog@de.abb.com

虽然使用模拟并不新鲜，但在进行预测时，他们历来都依赖于相对较小的数据集或关于条件的假设。而借助工业物联网 (IIoT)，数字孪生体可访问深不可测的大数据集。

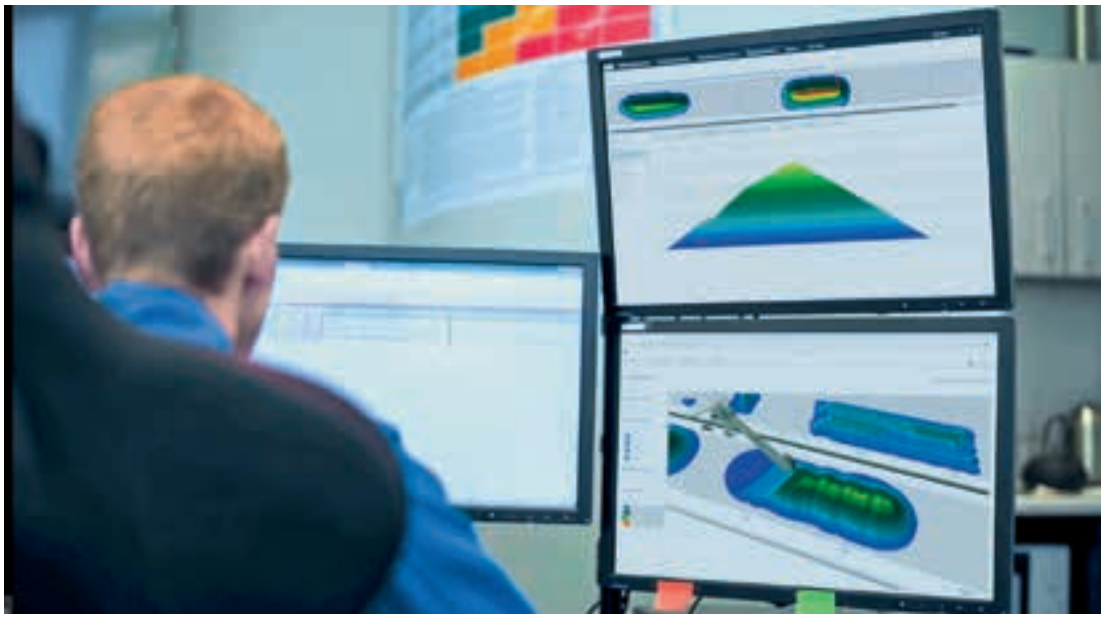
ABB Ability™ 堆场管理系统 (SYMS) 可提供有关已搬运/处理物料的实时信息、数据的实时验证，以及行业领先的支持，以帮助操作员提高整体绩效→02。

—

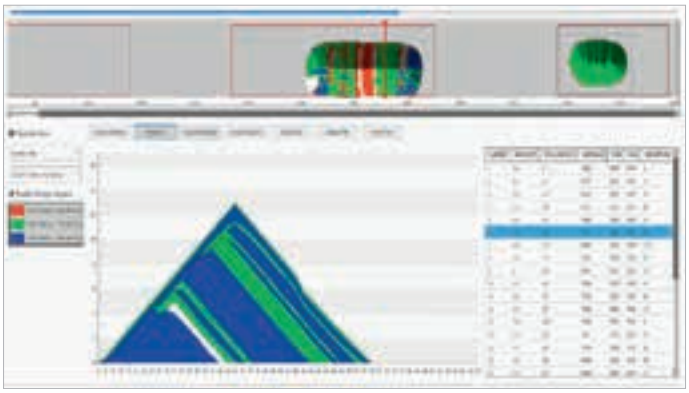
ABB Ability™ 堆场管理系统可提供有关已搬运/处理物料的实时信息。

其是一个可配置系统，能够为设施的完整物料输送处理链提供一个数字孪生体，包括所有联网机器及其物料运输基础设施的状态。

SYMS 允许跨带式输送机和运输设备对不同物料的流动进行建模，并通过自动化数据接口将物料属性和质量信息结合起来。此外，所有生成的数据都可用于优化运作，



02



03

例如更有效地利用堆场空间，改善规划和调度，以及提高混合和混炼准确度。其他优势包括加速装卸、提高安全性和准确性，以及减少能耗和劳动力成本。

SYMS 生成的数据可用于优化运作，例如提高空间利用率和规划。

从 NASA 到数字孪生体

T自从 NASA 将这一想法应用于研究如何营救太空任务以来，在虚拟世界中创建真实物体的相同副本的概念就一直存在→04。但借助物联网，在物理世界和数字世界之间架设一座新型桥梁变得经济高效。

数字孪生体是物理对象或过程的历史及当前行为不断演变的数字档案，有助于优化业务绩效。数字孪生体基于大量、累积、实时、真实的数据测量，跨越多个维度。

当物料输送处理链的数字孪生体应用于管理采矿作业、港口或钢铁厂时，可为操作员提供实时库存信息。通过对设施控制器或中央控制系统的所有可用过程数据进行评估，来实现物料跟踪。根据输送机的速度，在物料分段中按吨位或体积跟踪物料。

然后，所有可用物料属性和质量信息都可以通过自动数据接口与物料相关联。在此操作发生时，会基于履带式运输带分段建

—
02 SYMS 是一个可配置系统，能够用于将设施的完整物料输送处理链数字化。

—
03 SYMS 的“切片视图”功能，允许查看料堆内部，以检查其物料组合和质量。

—
04 数字孪生体定义的演变。

立计算出的堆垛模型，在数据库中作为堆场的数字孪生体。此数字孪生体可随时为操作员提供库存概览，无需进行额外调查。

跟踪物料和预测流量

为了实现堆场利用率优化、规划、调度，以及最终实现堆场机器运行完全自主化等目标，SYMS 可提供堆场概览和直观的多功能 3D 客户端。例如，SYMS 的“切片视图”功能→03 允许查看料堆内部， 以检查其物料组合和质量。如果由于储存时间过长，物料属性看似出现了变化，则会显示警告。

—

SYMS 生成自动化报告，从而实现简化的且完全适于客户的轮班和绩效评估。

准时制生产和准时化顺序供应等理念推动汽车行业的效率稳步提升，随着 ABB Ability™ 堆场管理系统的不断发展完善，这些理念也可应用于散装物料输送物流。

总而言之，SYMS 允许用户通过跟踪物料和预测其流量来优化操作。这使得对物料处理进行规划成为可能，包括输送带上的混合和混炼。

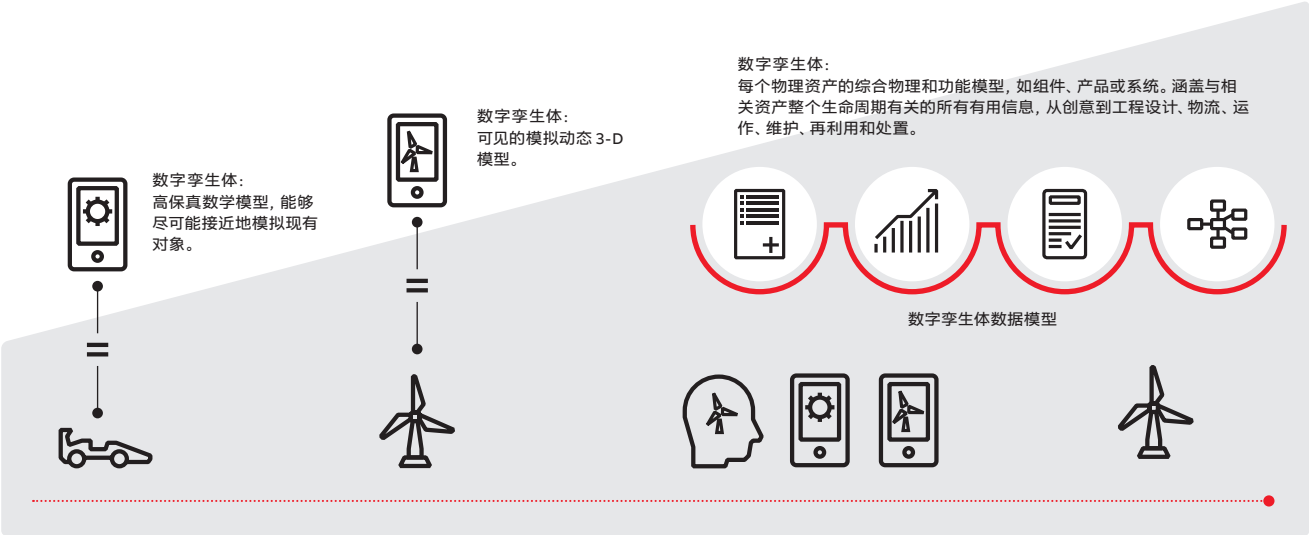
该系统可生成自动化报告，从而实现简化的且完全适于客户的轮班和绩效评估。它会提供一种分布式服务架构，支持部分标准化的接口、完全可配置的功能特性以及用户自定义。用户管理可与现有工厂基础设施集成，从而实现所有用户及其权限的无缝同步。

最后，如果某些操作没有按预期进行，标准化的计划处理工具可以让用户接收计划、检查相关详情、将替代计划放入队列中，并在必要时进行切换。•

—
参考文献

[1] ABB, ABB Ability Stockyard Management System.来源：https://new.abb.com/mining/mineoptimize/digital-applications/operations/abb-ability-stockyard-management-system [访问日期：2021 年 6 月 9 日].

[2] ABB, Digital twin of material handling chain.来源：https://new.abb.com/mining/mineoptimize/digital-applications/operations/abb-ability-stockyard-management-system/digital-twin-of-material-handling-chain [访问日期：2021 年 6 月 9 日].



物流

采矿：信息如何改变物料输送处理

尽管模拟技术并不新鲜，但在进行预测时，历来都依赖于相对较小的数据集。ABB Ability™ 堆场管理系统 (SYMS) 本质上是设施的一个数字孪生体，操作员可通过它来访问超大数据集，使客户能够将处理的每立方米物料与有关物料质量、位置以及实时能耗信息结合起来，结果造就物料输送处理和过程行业中必不可少的技术，与同类“精品”软件应用程序相比，是一项巨大的进步。

AR ABB Ability™ 堆场管理系统可如何补充公司的其他客户解决方案？

AH ABB 大约从 2000 年开始涉足堆场管理，当时开发了一个用于混合不同类型煤炭的定制解决方案。从一开始，我们的想法就是要拥有一个可实现自动化和电气化的软件系统，补充我们在管理大型机器、挖掘机和堆取料机方面的专业知识。

多年来，ABB 通过其堆场管理系统 (SYMS) 将这项技术提升到一个全新水平。现在，公司可提供很多功能，远远超出为发电厂混合产品的范围。ABB 现在不仅服务于采矿业，还服务于钢铁铸造厂、水泥生产商、化肥生产商，甚至港口运营商。许多客户将 SYMS 与其制造执行系统 (MES) 结合使用。这使 ABB 不仅能够提供自动化专业知识，还能够提供运作管理和仪表方面的专业知识。

ABB 不仅服务于采矿业，还服务于钢铁铸造厂、水泥生产商、化肥生产商，甚至港口运营商。

AR 与同类系统相比，ABB Ability™ 堆场管理系统在客户利益方面有何优势？

AH ABB 的独特卖点在于，可提供整个散货堆场运作的数字孪生体，而非着眼于单台机器的运转，即使对于拥有多个场地的客户也是如此。我们的观点主要是为那些计划优化散货堆场利用率和物料质量的客户而定制的。我们还为投资全自动和/或远程操作堆场的客户提供服务。

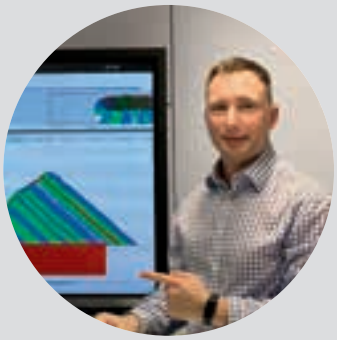
这类客户有两种选择。他们可以选择“精品”软件，只监控自动化系统正在执行的操作，并估算手头原材料的数量；他们也可以选择 ABB，获得其整个工厂的最准确有效的数字孪生体，在此顺便提一下，该数字孪生体可以升级到机器自主操作。

SYMS 可使用长方体模型计算每立方米的所有数据，并将其与联网仪器（例如高度定制的激光扫描仪）生成的数据连接起来。

—

客户可以实时将每立方米与物料质量和能源使用等信息结合起来。

将这两个数据集进行比较， 从而获得较高精度。这是制衡系统和模糊估计之间的区别。此外，借助 ABB 的解决方案，客户可以实时将每立方米与物料质量和能源使用等信息结合起来。



Andre Herzog
ABB 过程工业/采矿业数字物料输送处理部
德国科特布斯

Andre Herzog 拥有电气工程学高级学位。在 2009 年加入 ABB 之前，他曾在 GE 和 KSB 从事高级项目管理和业务开发。如今，Andre 担任 ABB 的数字物料输送处理产品经理，负责优化主要用于堆场操作的物料处理数字应用程序。

AR 量化能源需求（以吨或立方米为单位表示）必须涉及对多台机器单独和集体运行效率的实时跟踪。SYMS 可以实现此目标吗？

AH 该软件可跟踪在堆场周围移动物料所需的能源。此外，ABB 的性能分析仪可评估现场所有机器的效率。如果机器开始以低于其规格的方式运行，则会发出维护提醒。该软件具有自主操作功能，这意味着如果用户决定自主运行机器，则只需要一些插件，而不需要新软件。这是一个巨大优势，将在今年实现。新的站点从一开始就可以选择完全自主。较旧的站点将可升级到由计算机系统代替人运行机器的级别。

随着历史信息越来越多，运营商将能够做出可支持未来规划的预测。

AR 随着堆场自主程度的提高，运营商是否可以期望降低维护成本？

AH ABB 的自主系统可以很好地管理机器及其运动。请记住，操作员可能正在输送处理一台价值 2,000 万美元的机器，如果其工作不顺，那么公司及其所有者可能一整年都不好过。SYMS 使机器运动更加顺畅，一旦识别到危险，整个运动序列都将停止。此外，借助之前提到的 ABB Ability™ 性能优化，我们可以从历史角度跟踪和评估每台机器的运行情况。根据由此产生的数据，操作员可识别出无法正常工作的机器。这可以为堆场提供巨大优势，如同让医生不间断地跟踪患者的生命体征。在堆场管理系统环境中设置 KPI 并进行跟踪。此外，随着越来越多的历史信息被开发，运营商将能够从不同角度做出可支持未来规划的预测。

AR 说到规划，ABB 的“数字孪生体”适用于哪些方面？

AH ABB 的堆场管理系统本质上是堆场的一个数字孪生体。它是设施及其过程的历史和当前行为不断演变的数字档案，基于跨多个维度的大量、累积、实时且真实的数据测量，所有这些都旨在优化业务绩效。

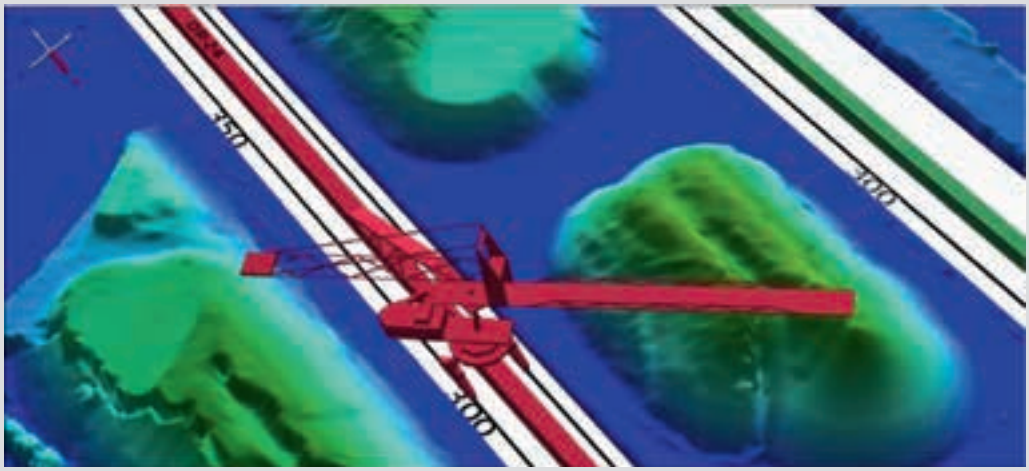
存储在不同地方的数据可以从一个通用的数字孪生体目录中引用，以执行实时优化、避免停工，以及通过使用模拟来规划未来。虽然模拟技术并不新鲜，但在进行预测时，历来都依赖于相对较小的数据集或假设。而借助工业物联网 (IIoT)，数字孪生体可访问深不可测的大数据集。它们已成为物料输送处理和过程行业（包括采矿和金属行业）中必不可少的业务技术。

AR 您是否计划将 SYMS 与上游或下游合作伙伴集成？

AH 是的。我们开发接口，例如，如果一家铁路公司需要移交数据，SYMS 可以提供接口，将这些信息与任何供应商连接起来。这取决于项目，但我们能够获取这些信

—
01 3D 料堆轮廓和可视化、堆垛过程。

—
02 物料跟踪，显示了三条传送带的实时工作量，包括质量等级。绿色=正常；蓝色=超过预期；红色=不合要求。



01

02

—
在仪表板和报告方面，可以对所有因素进行配置，以满足客户的特定需求。

息，并将其集成到 SYMS 数据库中。我们最近与一家欧洲客户进行了交谈，该客户运营着多个堆场，并接收各种来源（卡车、火车和轮船）的数据。借助 SYMS，我们可通过一个专门的菜单来协调这些数据，该菜单可将源自多个数字物流解决方案的数据相互连接。

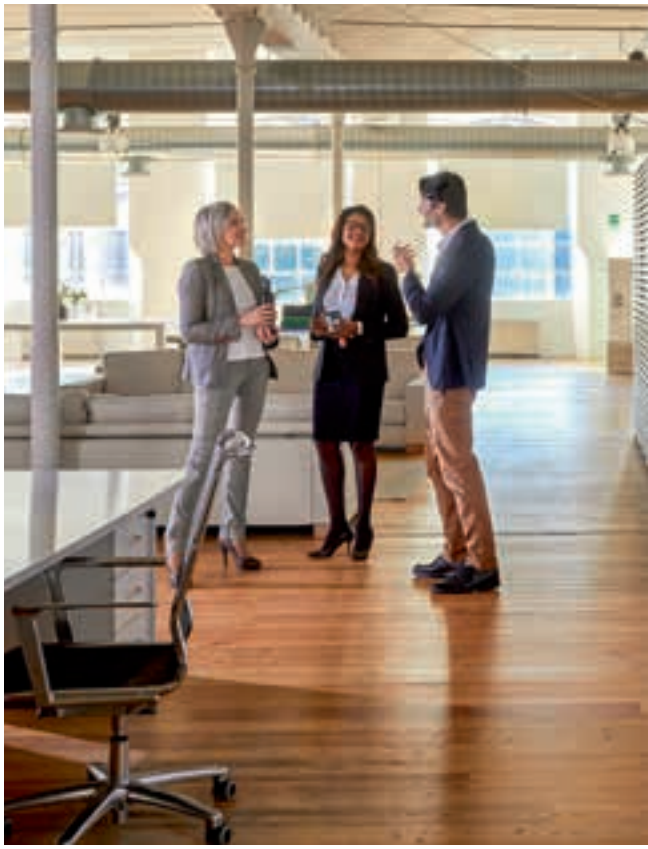
AR 请您谈谈用户体验和数字化。ABB 正采取哪些措施来简化操作员的工作？

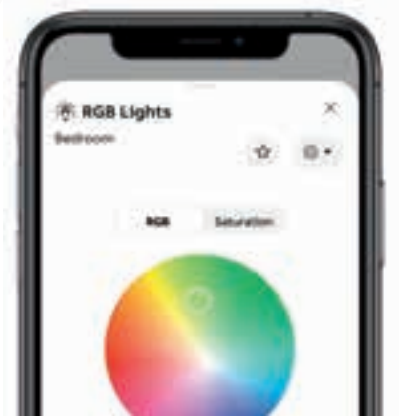
AH 例如，在亚洲，我们有一位客户直到最近还在为每艘卸货船填写近 2,000 页的表格。现在，他们几乎可以通过数字化方式来完成所有工作。我们对他们日常操作程序的数字化产生了巨大影响。在仪表板和报告方面，我们正在进行全方位的改进，以期提升用户友好体验度。我们为客户改善了整个报告系统。一切都可以进行配置和定制，以满足客户组织的特定需求。

AR 我们离采矿和金属领域的完全自主运作还有多远？

AH 我们有一个试点堆场，可能会在今年年底前进入完全自主运作。•

效率与生产力





62

自主控制越来越多地嵌入到日常工业和商业运营中。ABB 将拥有的深厚领域知识与其在这些快速发展的数字解决方案中积累的丰富经验相结合，开发出一种精密而灵活的工具箱，可助力客户提高效率和生产力。

60 ABB Ability™：突破性技术迎来五周年纪念

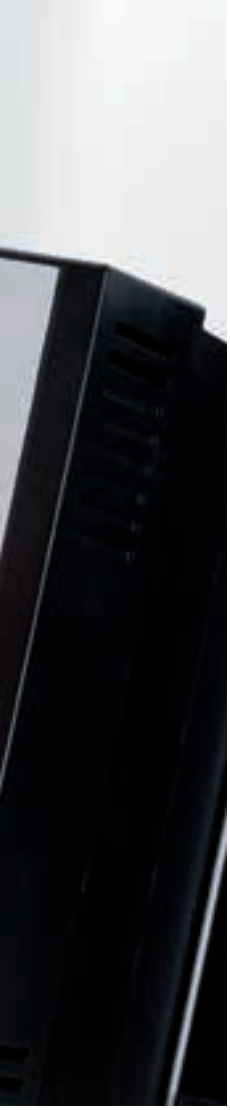
62 化繁为简的家居自动化系统

66 面向可扩展能源和资产管理的 System pro M compact® InSite

效率与生产力

ABB Ability™：突破性技术迎来五周年纪念

2021 年 10 月，ABB 迎来其创新之旅中的一个重要里程碑：公司数字化解决方案旗舰产品组合 ABB Ability™ 诞生五周年纪念。



2016 年 10 月 4 日，在其“资本市场日”活动上，公司以 ABB Ability™ 为名推出了其数字化解决方案产品组合。数十年来，ABB 一直与数字领域的客户保持合作，公司的联网设备安装基数已超过 7,000 万台。ABB Ability 将所有这些数字化工作整合到一个平台上，它的问世被誉为公司及其数字化工作的“重大突破”。在物理学中，量子飞跃涉及从一种状态到另一种状态的根本变化，这正是 ABB 内部及其客户在通过工业物联网 (IIoT) 创造价值方面的一个恰当类比。

2017 年 3 月，在休斯顿举行的“ABB 客户世界”活动上，进行了 ABB Ability 及其初始预选解决方案的商业发布。在该活动中，公司还宣布与微软建立新的战略合作伙伴关系，基于 Microsoft Azure 为产品组合构建通用云方法。ABB Ability 解决方案将 Microsoft Azure 的技术和平台即服务 (PaaS) 功能与 ABB 在工商业环境方面的独特领域知识相结合，以赋予新的洞察并释放 IIoT 的价值。将操作从设备连接到边缘，再连接到云端，意味着客户可以利用系统级智能，并提高运作的灵活性和可持续性。

在接下来的五年中，随着该产品组合及其使能技术的不断扩展，ABB Ability™ 成为了公司内部数字化创新的引擎。如今，ABB 在其四个业务领域及其包含的 21 个部门中，销售 200 多种 ABB Ability™ 数字化解决方案。在 ABB，有 60% 的研发支出和 4,000 多名软件开发人员致力于数字化解决方案，现在这些数字化解决方案共占据 ABB 新订单的一半左右。

借助 ABB Ability™，公司扩展了数字合作伙伴的范围，与一些 IT 行业巨头建立了合作关系，包括爱立信、惠普、华为和 IBM，这使 ABB 不仅能够接触到新的数字功能和能力，如 5G、基于边缘的数据中心、云分析和人工智能（仅列举几例），而且能够接触到新的创新途径，形成运作洞察并提供给全球成千上万个使用 ABB Ability™ 解决方案的企业客户。

—

到目前为止，这是一段很棒的旅程，未来还将迎来更多开拓性创新。

该产品组合背后是一组通用使能技术，为 ABB 开发人员提供支持，包括通用应用程序编程接口 (API)、容器和通用网络安全标准，以及一个集成工具箱，可促进协同效应，并加快客户价值的实现。开放、模块化的体系结构可避免“锁定”，并将消费模式的灵活性作为优先考虑因素，这使客户及其 IT 供应商能够轻松将应用程序安全连接到 ABB Ability™ 解决方案，并创建符合组织独特业务过程需求的定制功能。

借助仪表板和增强技术，ABB 客户能够理解大量来自操作技术的遥测和存储在企业系统中的数据，并采取行动。

到目前为止，这是一段很棒的旅程，未来还将迎来更多开拓性创新。2022 年第 1 期《ABB 评论》将介绍一些振奋人心的 ABB Ability 解决方案，以及客户如何在实际应用中部署这些解决方案，从而为各业务环节推动更佳决策提供支持，并实现更高的敏捷性、弹性和能效。该期《ABB 评论》还将展示一些探索工业决策状态的重要新研究。2022 年第 2 期将专门介绍 ABB Ability™ 以及公司正努力实现的一些新飞跃。•

James Macaulay
ABB 企业传播部
加拿大温哥华

james.macaulay@ca.abb.com

效率与生产力

化繁为简的家居自动化系统

对家居自动化系统的需求正飞速增长。然而，随着功能的不断增加，这些系统也变得越来越复杂。为了提供最简单且最易于管理的用户界面，ABB 推出了家居自动化系统，该系统凭借其用户界面设计获得了国际红点设计大奖。

Alexander Grams
ABB 美学与用户体验设计、智能建筑、电气化
德国吕登沙伊德

alexander.grams@de.abb.com

Til Martensmeier
ABB 用户体验/用户界面设计、智能建筑、电气化
德国吕登沙伊德

til.martensmeier@de.abb.com

01

—
01 ABB 增强用户体验功能开发的背后是一个简单的命题：化繁为简。

从豪宅到“旧房特卖”，人们在建造和升级房屋时都会考虑到家居自动化系统。事实上，全球家居自动化市场预计将从 2020 年的 408 亿美元增长到 2025 年的 632 亿美元[1]。此类系统不仅可提供便利，而且还可节省能源，并增强安全性。而且，根据系统的不同，它们还可能降低保险成本和改善通信。此外，在不断城市化和财富增长的推动下，家居自动化的趋势正在向众多发展中国家蔓延。

而随着此类系统的激增，消费者要求界面简单易用，这是不言而喻的→01。

有鉴于此，ABB 于近期推出了最新家居自动化产品 ABB-free@home® 应用程序 Next →02，允许快速直观地控制 ABB-free@home® 系统。

该应用程序是根据 ABB 全新公司级用户体验 (UX) 指南推出的第一款产品，用于数字品牌体验设计。该指南集合用户访谈和反馈，广泛定义了信息呈现、架构和导航等品牌体验功能。增强 UX 功能开发的背后是一个简单的命题：化繁为简。因此，该指南旨在向用户传达一种授权和控制感。这些目标由一套标准化软件组件和象形图提供支持，在整个应用程序中一致且重复地使用，以创建一个可预测且易于理解的用户环境。

在设计 ABB-free@home 界面时，设计师面临一项独特挑战：产品外观必须符合 ABB 的数字品牌体验要素，而在产品设计和实施方面，还必须符合 Busch-Jaeger 标准，这是因为 ABB 家居自动化产品在德国、奥地利和荷兰以 Busch-Jaeger 品牌销售。在所有其他国家/地区，该产品以 ABB 品牌销售。

—
全球家居自动化市场预计将从 2020 年的 408 亿美元增长到 2025 年的 632 亿美元。

ABB-free@home 移动应用程序使用户能够控制其家居自动化和配件，如电器、百叶窗、灯光、灯光颜色、音乐、暖气、空调和日程安排。该应用程序通过 ABB MyBuildings 软件连接到互联网，用户只需点击“房屋状态 (house status)”即可随时随地查看并管理其房屋，非常方便。

配备支持所有主要语音控制设备的功能，进一步增强了用户体验。

此外，用户可以通过检查“状态”确切看到有多少灯亮着，有多少百叶窗打开，窗户是否打开，以及警报系统是否已激活。只需点击图标即可打开或关闭设备。点击天气图标，会显示来自 ABB-free@home 气象站的信息；点击“下一次切换时间 (Next switching times)”图标，会显示即将自动开启或关闭的功能。可以使用滑块暂停或重新安排所有这些事件。

—

迄今为止，在全球范围内已有 500 多万户家庭安装了 ABBfree@home 组件。

应用程序的导航非常直观。用户可以自行配置应用程序，从而轻松地根据房间对百叶窗、灯光和音乐等设备进行分类和整理，并访问状态消息和即将执行的系统操作。所有设备都根据类别进行分类，例如灯、 百叶窗等。还可根据安装位置显示设备。

该应用程序于 2020 年 5 月推出，荣获红点奖[2、3]、UX 设计奖提名、2021 年德国设计奖特别表彰奖，还凭借其出色的用户界面入围了 2021 年 IF 设计奖。

红点设计奖旨在表彰在产品和通信设计方面的杰出成就。今年，红点奖评委团的国际设计专家小组特别强调了革命性的设计，突出最能体现渐进式交互性的设计作品。

迄今为止，在全球范围内已有 500 多万户家庭安装了 ABB-free@home® 组件，传统家居正向与物联网集成的智能建筑转变。•

reddot winner 2020

02

—
02 ABB 的新应用程序荣获红点奖，该奖项旨在表彰在产品和通信设计方面的杰出成就。

—
参考文献

[1] MarketsandMarkets, “Home Automation System Market worth $63.2 billion by 2025.” 来源：https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/home-automation-control-systems. asp.[访问日期：2021 年 7 月 1 日].

[2] Red Dot.来源：https://www.red-dot.org/.[访问日期：2021 年 7 月 1 日].

[3] ABB, “ABB’s smart home app wins Red Dot Design Award.” 来源：https://new.abb.com/ news/detail/65893/abbs-smart-home-appwins-red-dot-designaward.[访问日期：2021 年 7 月 1 日].

效率与生产力

面向可扩展能源和资产管理的 System pro M compact® InSite

ABB 完全集成的次级配电系统使客户能够将资源利用与可持续发展目标保持一致，从而随时随地实现无缝数字交互、信息收集和安全控制。

—
01 System pro M compact® InSite 解决方案具备可扩展性、灵活性和透明度，可为从小商店到摩天大楼的公共及商业建筑提供优势，如此处所述。

数字化正在改变能源分配领域，使其变得更安全、更智能、更可持续。由于现在收集和分析数据很容易，所以基于连接性的解决方案可以提高资源意识和过程行为。通过监控运作和成本来优化资产管理，可以更加有意识地利用资源并提高能效。ABB System pro M compact® InSite 系列能源和资产管理解决方案适用于配电应用，通过智能化、可扩展性、节能性以及实现连续运行来达到这一目标。

该网络安全系统具可扩展性、灵活性和透明度，且符合能源标准，可从电能表/功率表等设备收集数据并进行分析，然后以多种方式提供数据；最后，还允许在现场进行优化分析和自动化控制。

通过监控运作和成本来优化资产管理，从而提高能效。

任何规模的公共、商业或工业建筑都可以轻松连接到云端 →01；InSite Web 服务器和现有装置可以快速进行改造，无需更换现有组件。安装和配置时间大大缩短，从而最大限度地减少停工时间和成本。

借助诊断和实时通知，可确保系统性能的完全透明性。此外，遵守能效标准和控制设施能耗可减少高达 20%，这对于追求最高可持续性目标的客户来说是一个福音。

—
Paweł Ludowski, Grzegorz Moliński Jerzy Wąsacz
ABB 电气化/智能建筑部
波兰克拉科夫

pawel.ludowski@pl.abb.com
grzegorz.molinski@pl.abb.com
jerzy.wasacz@pl.abb.com

Luciano Di Maio, Sebastiano Paganini, Gabriele Bressan,
ABB 电气化/智能建筑部
意大利维托内

luciano.di_maio@it.abb.com
sebastiano.paganini@it.abb.com
gabriele.bressan@it.abb.com

01

SYSTEM PRO M COMPACT® INSITE

System pro M compact® InSite 可为任何规模的建筑提供能源管理功能。小型商业建筑（如商店、酒店、办公室和餐厅）的现有装置中，面板数量很少，可以通过即插即用组件轻松进行升级。通过提供整个能源分配系统和公用事业消耗（例如天然气和水）的完全透明度，可以改进能源管理，并显著降低运营成本。

此外，可以更有效地管理大型商业建筑，如办公楼、商业综合体、机场、购物中心、医院或大型酒店。可以使用管理整个站点的本地 Web 服务器或云平台来监控不同用户（如购物中心内的单个商店）的分项计量和能源成本分配，以优化能源使用或维护过程。

工业建筑和关键电力应用（如医院、数据中心）需确保服务连续性和预测性维护，尤其是在减少或防止计划外停工和降低或消除相关成本非常重要的应用中。System pro M compact® InSite 解决方案可无缝集成到整个设施的监控系统中，例如数据采集与监视控制 (SC ADA) 或建筑管理系统 (BMS)。

System pro M compact® InSite

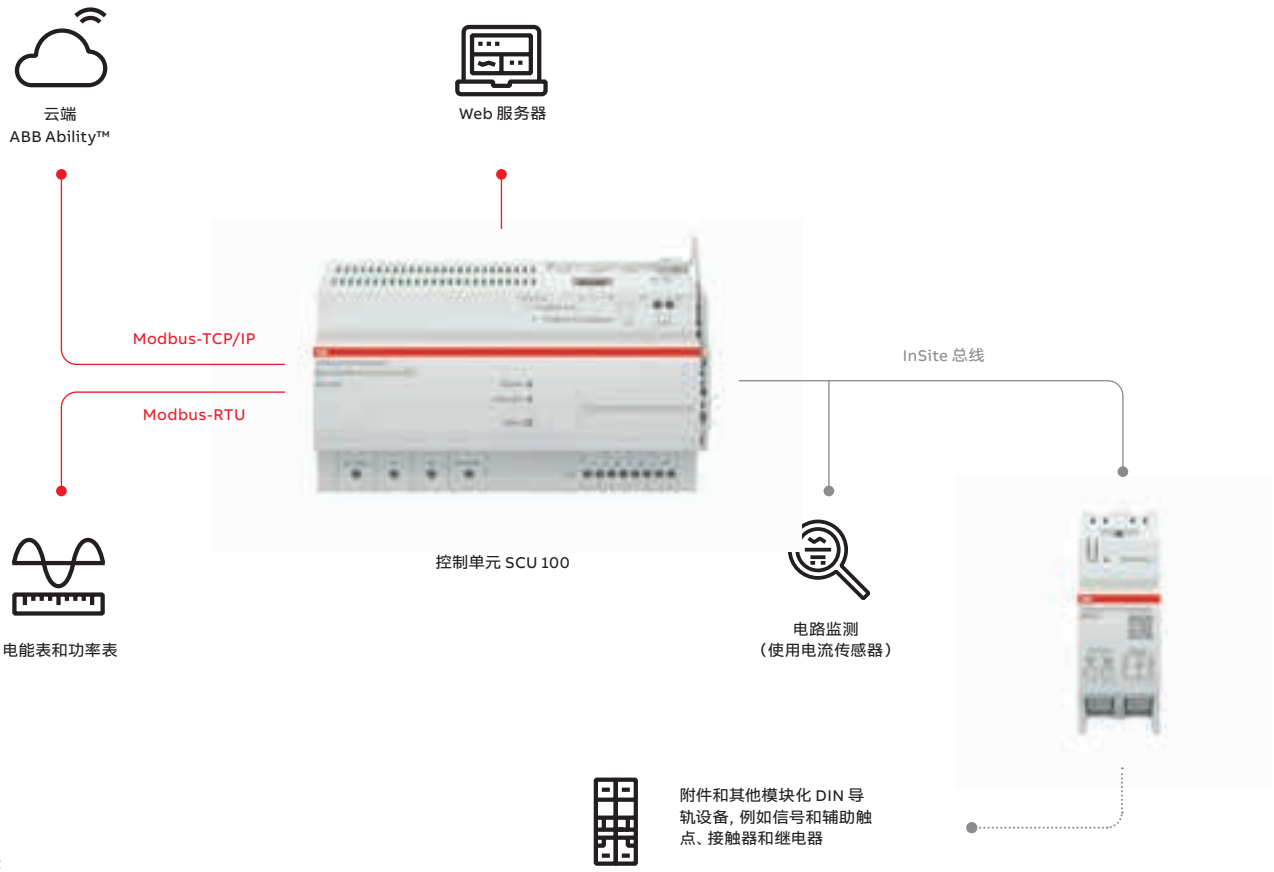
System pro M compact® InSite 配备一系列连接设备，为配电中的能源和资产管理提供支持 →02，这使其可以作为独立解决方案安装，也可以集成到任何 IT 基础设施中，例如基于云的 ABB Ability® 平台，更易于达到能效标准。

系统 SCU100 控制单元是关键部件→03，它通过在次级配电板中进行更好的能源和资产管理来提高配电消耗意识（可从多达 16 个电能表/功率表中收集数据）。该系统可连接多达 96 个电流传感器进行支路测量，而 SCU100 可通过各数字输入和输出 (I/O) 模块（DIN 导轨一次设备、保护装置和 SCU100 控制单元→02）之间的接口控制整个配电系统，并轻松连接经典配件（MCB 和 RCD）和其他 DIN 导轨产品。还可对输入模块进行配置以读取脉冲表 →02。

借助支持调试、监测和控制的直观图形用户界面 (GUI)， 可以在任何个人计算机或移动设备上显示 SCU100 收集到的数据，使

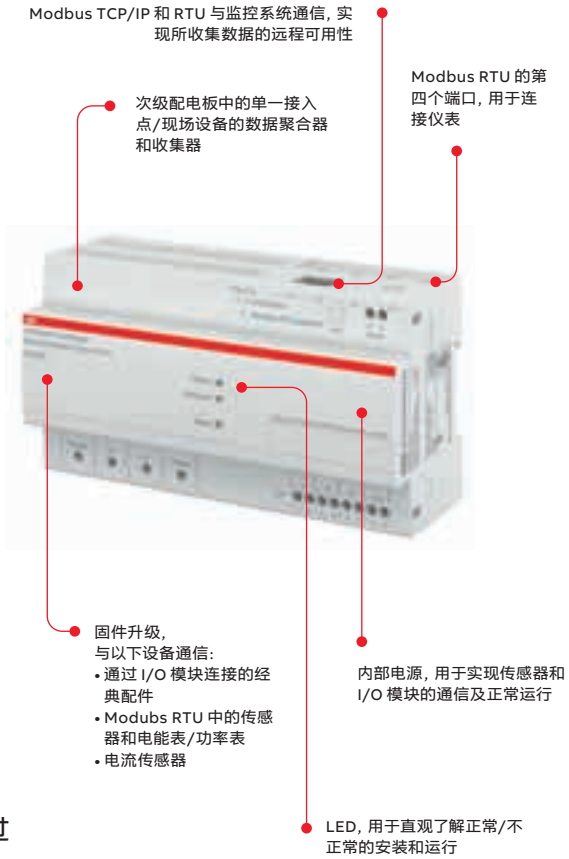
模块化软件架构可实现有效的过程间通信，提高性能和可靠性。

降低能耗和识别潜在风险变得更加简单。用户可以自定义警报并配置自动操作，以优化能源和资产管理。



02

03



04

—
02 System pro M compact® InSite 架构示意图。

—
03 详细介绍了示例系统安装，包括：控制单元、数字 I/O 模块、电流传感器和扁平电缆。

—
04 SCU100 控制单元（如图所示）是监测和控制能力的关键所在，使客户能够实施能源战略并实现目标。

使用 SCU100 控制单元轻松监控

SCU100 控制单元→04 是 System pro M compact® InSite 系列的核心，它基于经过验证的 CMS-700 控制单元硬件，具有四个适用于 InSite 总线/仪表的端口以及较高的 CPU 频率。新系统配备增强功能，可直观地对配电系统进行全面深入监控。

—

系统 SCU100 控制单元是关键部件，可提高配电能耗意识。

此外，通过简单的 Modbus RTU 通信协议，SCU100 引入了对 InSite PRO-M 数字 I/O 模块的支持和完整的预配置数据接口，适用于全系列 ABB 电能表（A、B 和 C 系列）和功率计（M4M、M2M、M-1M、IM300、DTDME 系列）。

得益于模块化软件架构，可以进行有效的过程间通信，并提高性能和可靠性。例如，添加软件包不会影响设备上已存在的模块，因此可提高更新过程的效率，从而减少停工时间，因为只有新的更新组件才会随更新映像一起分发，其余则保持不变。

该操作系统基于 Linux 内核，使用 Yocto Project 构建：这是一个开源协作项目，允许创建基于 Linux 的自定义系统，无需考虑硬件架构。其中，操作系统、InSite 软件和其他开源组件使用配方统一构建，配方内容包括每个组件的配置、编译和部署。内部 Python 代码会准备配方并生成输出图像。所构建软件跟踪软件组件版本，与基准支持版本相比，仅向客户图像添加新的或更新的图像。

ABB 依赖用户体验方法和可用性启发式分析来设计软件 WUI 界面[1] →05。通过应用由 Jakob Nielsen 定义的规则来确定界面可用性、识别问题和可能的解决方案，ABB 确保了卓越的用户体验。

由于软件构建和测试阶段根据持续集成在专用平台上完全自动化完成，因此可以及早识别缺陷，同时不断提高软件开发过程

质量和产品稳定性。该平台使用 Docker 容器构造，用于软件构建、部署和测试。软件工件通过以 Python 和 py.test 框架编写的自动化测试进行验证。此外，系统功能（测量、通信协议和 WUI 行为）经过迭代测试，从而确保在每个中间软件发布阶段的完全回归，直至最终产品的部署。这有助于加快上市时间，满足不断变化的需求。

借助输入/输出模块变得更智能

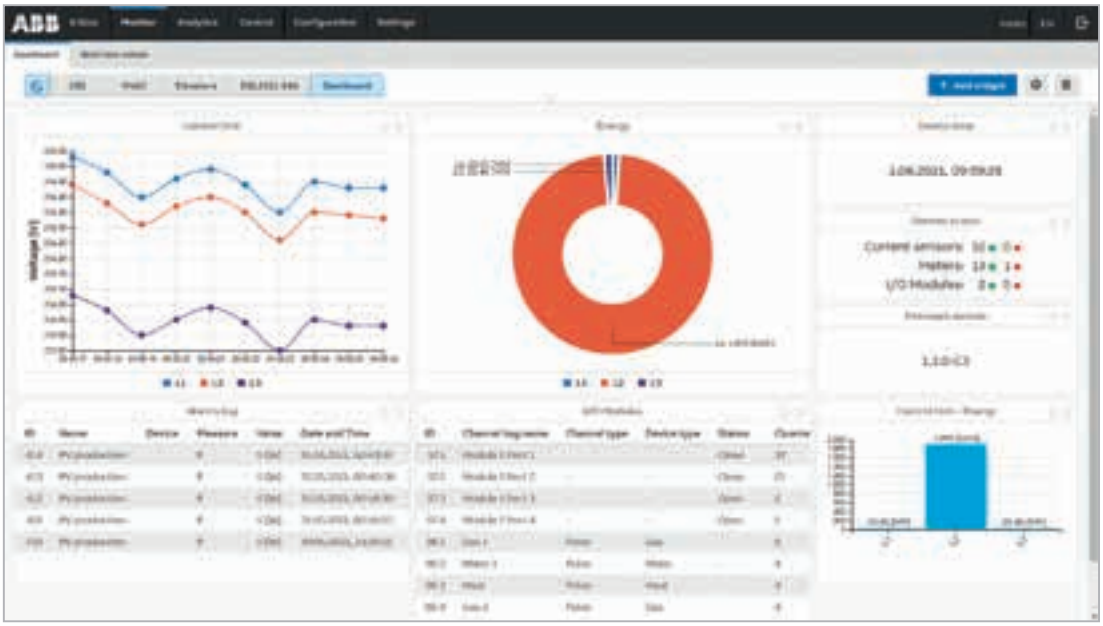
除了 CMS 电流传感器，ABB 还推出了新的外围设备，用于处理流量、热量或电能表的数字输入/输出 (I/O) 信号和脉冲输出。这可扩大系统获取更多信息的能力，以便完全控制次级和末级配电柜以及所连接公用事业的能耗。

SCU100 提供四个端口，最多可连接 24 个数字 IO，每个端口有四个通道。数字 IO 模块有三种变体可供选择：4 I、4 O 以及 2 I/2 O 组合。

—

如今，借助新的系统功能，可以获取更多信息以进行全面控制。

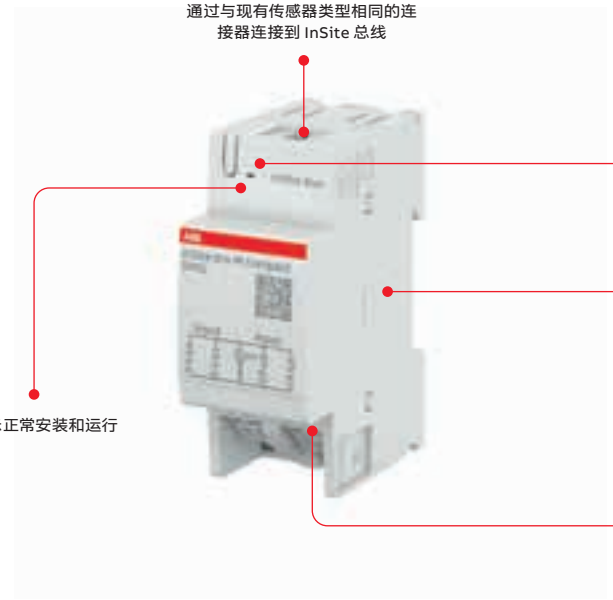
I/O 模块架构基于具有成本效益和低功耗的 ARM cortex M 微控制器，可实现快速可靠的操作 →06。可以将输入通道配置 为两种模式：数字输入或脉冲输入。每个有源输



05

—
05 SCU-100 控制单元 WUI 显示屏示例。客户从可用性中大大得益。

—
06 连接性和兼容性确保在带有 I/O 模块的情况下快速可靠地运行。



06

入在 24V 下提供 5mA 的电流，无需额外的外部电源即可与继电器型输出一起工作。每个输入都与通信总线电气隔离。可以对输出通道进行编程以控制设备， 如电机驱动设备（ABB 产品系列 S2C-CM、F2C-CM 和 DS2C-CM）或与 2 I/2 O 模块完美匹配的并联跳闸装置。基于干触点，输出需要外部电源来为连接的附件供电（24 V DC 至 230 V AC）。为确保可使用其他电源平稳运行，每个通道都与通信总线和其他通道实行电气隔离。

采用网络安全措施提高安全性

System pro M compact® InSite 系统经过全面而严格的网络安全评估：对攻击面和未经授权用户访问可能破坏的潜在载体进行外部审查。全系统网络安全测试由 ABB 网络防御评估中心 (CDEC) 和 ABB 设备安全保障中心 (DSAC) 执行。

测试证实了 SCU-100 网络安全功能应对以下问题的稳健性和弹性：不同层上的数据包风暴、开放系统互连 (OSI) 模型 - 拒绝服务 (DoS) 攻击，以及所支持通信协议的已知漏洞。

此外，以太网、ARP、ICMP、IP、TCP 和 UDP 协议经过压力测试，以评估软件堆栈中可能存在的隐藏漏洞。

而且，由于 SCU-100 控制单元可支持加密 HTTPS 和 SNMPv3 协议，因此可以确保安全通信。系统配备基于 nftables 网络数据包过滤器的内部防火墙，仅允许在为已启用通信协议激活的配置端口上的传入和传出流量，或仅允许属于控制单元所启动连接的流量，例如，当连接到网络时间协议

—

由 ABB CDEC 和 DSAC 执行的全面测试可确保系统的网络安全。

(NTP) 服务器以更新系统时间时。此外，由于规则包含速率限制器定义，因此可以保护设备免受 DoS 攻击。重要的是，在实现目标服务并导致故障之前，所有无效包都会被丢弃。

系统接入点

中央单元和数字 I/O 模块
System pro M compact® InSite 可从设备收集数据，例如电能表、网络分析仪和保护设备，这些设备配有电流传感器以及集成的附加数字输入和输出模块。

次级配电板
System pro E® energy 包括壁挂式和落地式钢板机柜，可提供高达 IP43 和 IP55 的防尘和防水保护等级，以及通用的内部配件和母线。

该系列易于规划、组装快捷，且应用安全。

它允许用户构建电流高达 800A 的配电盘。借助我们的数字平台 ABB Connect Partner Hub，可以更加快捷地对 System pro E® energy 进行配置，并掌握所有相关信息。

07

—
07 配备 System pro M compact® InSite 的次级配电板。

SCU-100 WUI 可支持三种访问角色的身份验证和授权。强化技术，例如限制失败的登录尝试或增加尝试之间的延时，可阻止潜在黑客通过强力攻击对 Web 应用程序进行未经授权的访问。而且，软件更新只能通过受密码保护的管理员账户执行，进一步加强防护。提交客户照片并附签名，于更新过程中在设备上进行验证。这可确保不会设置格式错误、被更改或感染病毒的照片。

与第三方云系统灵活集成

由于 SCU100 1.1.0 版软件支持 REST API 接口和 VPN，因此安全连接得到增强。现在，可以通过 VPN 将多个控制单元连接到具有客户端 VPN 服务器的单个接入点。安全的虚拟专用隧道可以在控制单元和位于不同位置的服务器之间传输信息。

InSite Pro M REST API 网关应用程序的作用在于简化系统与客户云的集成：包括通过将此应用程序部署到客户的云平台，以实现对现场控制单元的安全访问（可应要求作为 Docker 容器镜像提供）。该网关可以通过 RESTful 预编程查询来处理源自控制单元的数据检索，并以 JSON 格式显示结果。

ABB 已联同合作伙伴对该集成技术成功进行了测试，并将其部署在分计量应用中，以便从光伏电站和消费者社区收集数据，然后将数据聚合并存储到第三方区块链中。

增强与 ABB Ability™ 能源和资产管理器的集成

InSite pro M 系统现已集成到新 SaaS ABB Ability™ 能源和资产管理器中→07。进行连接时，可以使用新 E-Hub 2.0 物联网网关或 ABB Ability™ 边缘工业网关，以及调试工具 Ekip Connect 或 Ability™ 能源和资产管理器云配置工具。借助可显示从 InSite Pro M 系统收集到的测量数据的专用小组件，可以在能源和资产管理器云计算平台上将 InSite 数据可视化。云解决方案适用于中小型工厂、购物中心或数据中心，可为客户节省高达 30% 的能源费用和高达 40% 的维护成本[2]。

ABB System pro M compact® Insite 系统允许对整个次级配电系统进行能源和资产管理。

产品发布与市场机遇

System pro M compact® InSite 系列于 2020 年在全球推出，正推动着 ABB 的能源和资产管理产品朝着更数字化的次级和末级配电产品组合发展。通过引入一个能够进行无缝数字交互、信息收集以及安全控制配电系统中所有主要电气部件的完全集成系统，ABB 正率先实现利用率与可持续性目标的协调统一。

随着市场认可度的提高和成功的拓展，该系统被部署到多个创新应用和配置中，例如：住宅社区的区块链解决方案，用于管理太阳能发电厂自产电的测量和计费；多种配置的数据中心，用于监控电气性能并提高安全性；在电信领域用于监测和分析用电量。

ABB System pro M compact® InSite 系列可为客户提供可扩展性、灵活性和透明度，以及符合网络安全标准的能源与资产管理方式，用于其当前和未来的整个次级配电网，从而帮助客户更有意识地利用资源和提高能效。•

—
参考文献

[1] J. Nielson, “10 Usability Heuristics for User Interface Design”, in *NN/G Nielson Norman Group*, April 24, 1994, [网络] 来源：https://www.nngroup. com/articles/ten-usability-heuristics/

[2] ABB, “ABB offers innovative integrated energy and asset management as Software-as-a-Service”, *ABB Press release*, Oct. 19, 2020, [网络] 来源：https://new.abb.com/news/detail/68793/abb-offers-innovative-integrated-energy-and-asset-management-as-software-as-a-service/

01

永无止境的开拓

Azipod® 推进器：超过 2,000 万小时的水下动力

1991 年，一场海洋革命悄然发生。ABB 将 Azipod® 船用无齿轮转向推进技术引入了航运界。

Michelle Kiener
《ABB 评论》
瑞士苏黎世

michelle.kiener@ch.abb.com

由于依赖于电机，所以该系统被称为吊舱式推进系统，这种电机是所有电机中最简单的，安装在船体外的吊舱内，系统无需氧气即可运行，并且实现零排放。只要能够供电，该电机几乎可以放置在船上的任何地方，或者，如果使用 Azipod® 推进器，根本不放置在船上，而是在船底→01。

自 25 年前在第一艘游轮上安装以来，Azipod® 装置仅在游轮领域就已节省约 1,000,000 吨燃料，同时以 99.9% 的惊人可用率运行超过 2,000 万小时。

冰上巡航

1991 年，芬兰的一艘冰上航道支援船率先采用 Azipod® 推进器。早期试验表明，Azipod® 推进器具有卓越的冰上推进能力，配备 Azipod® 推进器的大型油轮在开阔水域“追逐浪尾”的画面震惊海事界，并激发了我们进军巡航以及众多其他类型船舶的动力。

—
01 ABB Azipod® 推进器，安装在破冰船“北极星号 (Polaris)”船底。

02

如今，Azipod® 推进器使船舶能够安全穿越厚达 2.1 米的冰层→02。为了在充满挑战性的条件下破冰，由 Azipod® 推进器驱动的船舶会先在船尾导航。螺旋桨可碾磨冰脊的水下部分，以打开通道；螺旋桨产生的水流则冲刷船体，使船舶轻松前进。

20 世纪 90 年代中期，嘉年华游轮公司 (Carnival Cruise Line) 旗下的“嘉年华欢欣号 (Carnival Elation)”成为第一艘安装 Azipod® 推进器的游轮。该系统赋予了这艘船舶前所未有的机动性，使其转弯半径减少了一半，同时让乘客享受到前所未遇的平稳旅程。

1997 年，皇家加勒比国际邮轮公司 (Royal Caribbean International) 订购了三台 Azipod® 装置，安装在当时的最大邮轮“海洋航行者号 (Voyager of the Seas)” 上。其他大型邮轮公司紧随其后选择了 Azipod® 推进器，以获取卓越性能和可靠性。将电机放置在船体外可节省空间，使设计更加灵活，为船舱、货物或其他功能腾出空间→03。

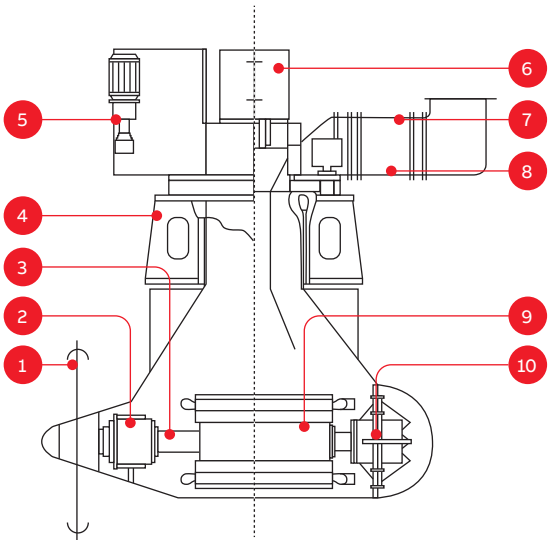
除了节省船上空间外，Azipod® 推进器还有助于降低船上的噪音和振动，这对乘客和船员的舒适度至关重要。乘客注意到密闭区域操作和港口操作期间的最大差异。由于多种因素影响，例如没有产生噪音的齿轮，以及吊舱电机完全位于船体外部，这种舒适度的提高是可能的。

Azipod® 系统可以 360 度旋转，这提高了机动性，即使是最大型的船舶也可以停靠在回转受限的港口。至关重要的是，与传统轴系布置相比，Azipod® 推进器还可提高运作效率，改善船舶的水动力性能，油耗减少高达 20%。

Azipod® 推进器可提高运行效率，改善船舶的水动力性能，并减少油耗。

凭借上述优势，Azipod® 推进器在新建邮轮市场上赢得了领先地位，为一些最大型水上船舶提供动力，其中包括全球最大游轮“海洋交响乐号 (Symphony of the Seas)”，该邮轮配备了三台 20 MW Azipod® 装置。

—
02 Azipod® 推进器使船舶能够安全穿越厚达 2.1 米的冰层。
—
03 Azipod® 推进装置主要部件。



AZIPOD® 推进装置主要部件

1 定螺距螺旋桨
2 轴承、轴封
3 轴系
4 安装块
5 液压转向单元
6 滑环单元（电源/数据传输）
7 通风单元
8 空气冷却
9 电动机
10 轴承

AZIPOD® 设想

要了解 Azipod® 推进器的巨大韧性，设想一下它要切割超过两米厚的冰层。而要了解该系统的精妙之处，请记住它是用来载人的，相对于货物，人的生命最为宝贵。

吊舱式推进系统依赖于交流电机（单绕组或双绕组），这是所有电机中最简单的，无需氧气即可运行，并且零排放。功率和推力来自一台永磁电机，该电机由 ABB 经验证的水冷型变频器驱动。ABB 的直接转矩控制 (DTC) 技术也是一大特色，它允许在没有来自电机轴的脉冲编码器反馈的情况下，精确控制电机转速和转矩。

只要能够供电，该电机几乎可以放置在船上的任何地方，或者，如果使用 Azipod® 推进器，根本不放置在船上，而是在船底。这样，螺旋桨可以直接连接到电机，而无需通过轴系或机械传动系统连接。

该电机由变频器控制，变频器可在整个速度范围内（包括静止）的任一方向产生全标称转矩。过转矩也可用于冰船等船舶。

这些功能相结合，使电机和螺旋桨可以 360 度旋转，向任何方向拖动船舶，提供革命性的机动性，使 Azipod® 推进器成为海运业的传奇。电力还可以最大限度地减少发动机噪音和振动，确保行驶更平稳、更安静。此外，该系统的静音电动机推进器符合关于水下辐射噪声的国际标准。

采用 Azipod® 推进器的船舶的安全性更高：与使用传统轴系系统的船舶不同，这些船舶可以在整个“碰撞停止”期间转向，完全停止所需的时间减少 50%。

03

2001 年，紧凑型 Azipod® 推出，这是专为钻井船以及渡轮等船舶开发的版本。其功率范围在 1 至 5 MW 之间，满足了市场对机动性和运行经济性的更高需求。

渡轮的理想之选

2020 年，ABB 为维京客轮 (Viking Line) 旗下新渡轮“维京荣耀号 (Viking Glory)”交付了 Azipod® 推进系统→04。维京客轮 (Viking Line) 总裁兼 CEO Jan Hanses 谈到这艘船时表示，维京客轮 (Viking Line) 的期望是将其打造为波罗的海地区（若非全球范围内）运行最高效的游轮。

—

在 Azipod® 装置生产所用到的材料中，有多达 95% 是可回收的。

04

ABB 为“维京荣耀号 (Viking Glory)”的虚拟模型配备了 Azipod® 推进器，邀请船长在模拟器上运行，并与传统动力渡轮进行比较，之后，维京客轮(Viking Line) 即决定选择 Azipod® 系统。由于港口机动性的提高，船长实现了节省 30 分钟的目标。这允许在开阔水域中降低速度，从而减少行驶中的油耗。

2020 年，中功率范围的 Azipod® 推进器被添加到产品组合中。中功率 Azipod® 推进器可提供 7.5 至 14.5 MW 范围的功率，专为渡轮、大型海上施工船、中型游轮和穿梭油轮的所有者和运营商提供运行优势。该系列针对低甲板高度进行了特别设计，使 Azipod® 装置可放置在车客渡船的汽车甲板下，这样既不会占用甲板空间，也不会阻碍车辆移动。

如今，采用 Azipod® 技术的船舶类型超过 25 种，包括邮轮、客轮、货船、破冰船和超级游艇。

从工厂到造船厂

Azipod® 装置的生产工厂有三家，其中位于芬兰赫尔辛基 (Helsinki) 和哈米纳 (Hamina) 的工厂分别提供 最大型号的推进和转向装置→05；另外，位于中国上海的工厂则建造紧凑型装置，该工厂于 2021 年迎来投产 10 周年纪念。

所有工厂都是清洁和安全的典范。在生产过程中，巨型机组被置于气垫推车上穿梭于各个工位之间。随着大型单元的塔台上升到几层楼的高度，吊舱给人的感觉就如同失重的潜艇在海底无声滑行一样。

Azipod® 装置送到造船厂时，已完全组装妥当并可随时安装，只需将其直接插入船体即可。大型客船的建造可能需要两年多的时间，但 Azipod® 推进系统的机械安装在几天内便可完成。装置安装快速，这意味着造船厂通常可在船舶下水前一两周安装 Azipod® 系统即可。

05

—
04 安装在“维京荣耀号(Viking Glory)”渡轮上的Azipod® 推进器。

—
05 位于芬兰赫尔辛基(Helsinki) 的 Azipod® 推进器工厂。

从泊位面向未来

在 Azipod® 装置生产所用到的材料中，有多达 95% 是可回收的，这证明了可持续生命周期的观点为这项卓越技术的开发和应用提供了指引。

最近一项独立研究表明，用于渡轮的 Azipod® 推进器每年可为每艘船舶节省近 200 万美元的燃料成本[1]。更低的燃料消耗也意味着每艘船每年减少约10,000 吨的二氧化碳排放量，这相当于每年约 2,200辆乘用车的排放量。

—

Azipod® 推进器可安装在现有船舶上，以取代传统的轴系系统。

Azipod® 推进器的故事由创新的信徒撰写，旨在为船舶推进提供更好的新解决方案。那么该系统的功能经得起未来考验，使所有者能够在今天放心投资于对未来电力解决方案的设想。Azipod® 系统可通过任何能源（包括电池和燃料电池）产生的电力提供动力，其设计甚至可适应尚未发现的能源。

Azipod® 推进器不仅适用于新船，还可安装在现有船舶上，以取代传统的轴系系统。这可延长现有船舶的使用寿命，同时提高效率，并使现有资源得到更有效和更长时间的利用。

Azipod® 推进器的功率范围在 1 至 22 MW 之间，至今已为海运业服务 30 年，在节省燃料和减少排放的同时，以平稳、精确和强大的性能获得船长和乘客的赞赏。随着航运业迈向可持续发展的未来， Azipod® 将有望凭借其应对新挑战的内置能力，在未来数十年获得同等青睐。Azipod® 推进器，无惧时间考验！ •

—
参考文献

[1] Deltamarin Ltd., Report for Project 7107: Marine Study on Azipod M® – Comparison of Azipod and diesel-mechanical shaftline propulsion systems, 5 June 2018.

专业术语解释

自主航运

随着航运业迎来日益自动化的智能船舶，《ABB 评论》特此探讨自主航运的内涵。

Capt. Eero Lehtovaara
ABB 船舶与港口事业部
监管事务主管
芬兰赫尔辛基

eero.lehtovaara@
fi.abb.com

自主解决方案有望在未来数十年改变国际航运，使船员无论身在何处，其日常操作都能变得更安全、更高效、更有成效。但是，“自主航运”一词到底意味着什么？

自主不代表无人驾驶

也许最重要的一点是，在未来短期内，船舶无人驾驶仍将是一个愿景，而不能成为现实，因为自主船舶并不意味着无人驾驶。

自主航运将彻底改变海运作业，但这并非要取代船员，而是要通过增强他们的认知能力来提高船舶操作员的潜力。

例如，值守船员要面临众多挑战，在负责确保船舶安全航行的同时，必须在驾驶台上进行监控。他们不仅要轮班应对疲劳和无聊，而且还要应付驾驶台上的考验，当夜幕、浓雾或恶劣天气来临时，视线会受到影响。在这些情况下，补充船舶雷达的自主系统（包括摄像头和传感器）可大大提高态势感知能力，减轻工作量、压力和负担，并提高安全性。

技术已备，尚缺监管

如今，几乎任何类型的船舶都可以使用自主航运技术。例如，ABB Ability™ 船舶领航控制是下一代智能操纵和控制系统，旨在优化船舶在整个运作过程中的响应性、效率和安全性。该系统允许部署操纵杆控制，以便随时进行操纵，包括在泊位周围。它通过减少自动化导航任务的工作量来简化船舶操纵，使驾驶台上的舵手能够专注于船舶的总体控制和定位。

然而，现在缺乏的是监管框架，在国际层面，由国际海事组织 (IMO) 建立；而对于本地应用，则由区域当局建立。ABB 正在与主要行业组织和政策制定者密切合作，以支持定义这些监管框架的工作。最重要的是，在行业内就定义达成一致，并制定坚实的监管框架，以支持技术发展的步伐。

逐步向自主航运迈进

创建自主航运意味着由简到难，逐步升级，验证每个技术层面的有效性，通过后再进入下一阶段。正如 ABB B0 白皮书中所

述，在开放水域中，若能实现有条件地间歇无人值守驾驶台，可以使船员能够以不同于现在的方式管理工作时间。

自主船舶并不意味着无人驾驶。

他们可以避免厌倦和疲劳，同时执行其他实际任务，而自主系统则负责使船舶保持航向，并监测潜在危险。

如果相关法规落实，则可以在沿海和深海贸易中采用载人自主系统。同时，可以在港口为拖船和服务船的运作提供远程支持，类似于空中交通管制。而完全自主船舶则可以为两个固定地点之间的短途货物移动或渡口行驶提供运输服务。

未来图景

随着行业向新能源和日益自主的船舶操作迈进，新一代船舶将实现电力化、数字化和联网化。最终，船上任务会发生变化，但船员和船长仍不可或缺，他们将借助新技术继续发挥关键作用。面向未来的船舶将在数字化基础上构建，有效地使行业转向真正的协作和自动化。•

订阅

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

《ABB 评论》每年出版四期，以英文、法文、德文、西班牙文和中文出版。《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

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

Adrienne Williams
可持续发展高级顾问

Reiner Schoenrock
技术与创新传播

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
Indicia Worldwide
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

01|2021
知识赋能

02|2021
智能机器

2021 创新亮点

08 精选创新故事

技术洞察

24 工业 AI 创新与速度
28 ABB 工业 AI 加速器
30 5G 数字产业
37 Ekip UP 资产与电能管理
42 量子计算：炒作与希望

生产力

50 状态监测
54 扩展测量极限
60 自动化工程之路
66 用于电气设备的 MP3C
74 汽车装配机器人

专业术语解释

78 黄金批次分析

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 一站式解决方案
24 可解释人工智能
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

03|2021
资产与连通性

数字资产

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

生产力

42 IE5 同步磁阻电机
46 新一类工友
52 炼钢车间

连通性

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

专业术语解释

78 多体仿真

04|2021
物流

研究奖

06 Hubertus von Grünberg 研究奖

物流

10 ACOPOS 6D
16 带防摇功能的 ACS880
26 mySpareParts 小组件
32 操作员审计追踪
38 矿山电气化
44 海洋排放监测
48 氢燃料电池研究
50 优化堆场运作
54 堆场管理系统

效率与生产力

60 ABB Ability™
62 家居自动化系统
66 System pro M compact® InSite

永无止境的开拓

74 Azipod® 推进器

专业术语解释

80 自主航运

—

下期预告 01/2022

科技给我们的启示

未来几年创新的主题将会是什么？能效？减少废物？哪些储能技术将产生最大影响？电池、氢气还是其他？能量将如何转换、连接和转化？下一期《ABB 评论》将探讨 ABB 研究中对此类问题的最新见解。

图片来源：©Marija Korneeva/stock.adobe.com