评论

创新之旅

世界上历史最悠久的商业期刊之一

01|2023 zh

第900期

09
立足巨人之肩

44
完美循环

BORDLINE® ESS
62

04 **专刊编者按**
05 **编者按**

第 900 期

06 **董事长致辞**
07 **明信片**
09 **立足巨人之肩**
《ABB 评论》出版了其第 900 期

最佳创新

16 **精选创新故事**

数字化

34 **摆脱有线限制**
5G 助力过程自动化
40 **安全载入**
OPC UA 保障工业通信安全
44 **完美循环**
数字化与可持续性
50 **数字化未来**
ABB 下一代驱动控制平台

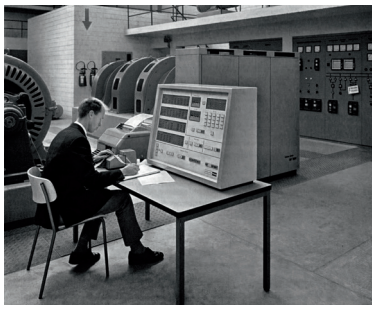
交通运输与效率

56 **循环未来**
电机寿命的可持续性
62 **BORDLINE® ESS**
铁路车辆用高性能锂离子电池
66 **电网支持**
同步调相机确保电网稳定运行
72 **突破局限**
船载直流配电的固态保护

专业术语解释

80 **OPC UA**

81 **订阅**
81 **法语和西班牙语译本**
81 **出版信息**



封面图片

左侧图片显示的是 DP200 计算机。该计算机由 Brown Boveri 创建，用于执行过程控制中的高级任务。其可存储 4,096 个（可扩展至 32,768 个）20 位的字，且架构可中断，带并行输入和输出通道。前景中可见操作员控制台和电传打字机。后景中可见带有中央处理器、存储器和输入/输出系统的机柜。《Brown Boveri 评论》第 5-6/1965 期的几篇文章对该计算机及其应用进行了描述。可扫描下面的二维码阅读相关文章。

右侧对比图片显示的是一个现代化控制室。另请参见本期《ABB 评论》第 40 页。

专刊编者按

潜心向学

诺贝尔传媒 (Nobel Prize Outreach) 通过开展各项倡议活动，致力于传播诺贝尔奖获奖者在基础研究方面的前沿获奖成果，而与之相应的是，ABB 致力于积极将这些前沿成果与应用研究联系起来。

作为诺贝尔奖国际合作伙伴，ABB 致力于创新、教育和科研，支持诺贝尔传媒开展全球推广计划，将诺贝尔奖的影响扩大到全球数百万学生、决策者和求知者。作为一位发明家、企业家、科学家和实业家，Alfred Nobel 决心支持创新，“为人类谋取最大利益”。人类的创新能力来自于学习他人的做法，从现有知识中汲取养分，同时结合基础科学的重要新进展来创造新事物。值此《ABB 评论》第 900 期出版之际，我们的合作伙伴关系再次印证了创造性思维对于开创资源高效的可持续未来的重要性。

Laura Sprechmann,
诺贝尔传媒首席执行官

«创造力就是将以前从未有人关联过的事实结合起来»

Christiane Nüsslein-Volhard，1995 年诺贝尔生理学或医学奖获得者

第 04 页图片来源：nobelprize.org

编者按

创新之旅

亲爱的读者：

很高兴与大家分享本期《ABB 评论》，这是本刊自创刊以来的第 900 期。作为世界上历史最悠久的企业技术期刊之一，《ABB 评论》体现了我司历来崇尚的创新精神。

正是我们对研究的热情，促使 ABB 成为世界工业以及致力于推动创新的组织（如诺贝尔奖委员会）的重要合作伙伴。

值此我们庆祝 ABB 传承的重要支柱企业 — 瑞典阿西亚公司 (ASEA) 成立 140 周年之际，正如我们在本期中所说，我们可以自豪地宣称我们是“立足巨人之肩”。我们在本期中展示的创新，包括电动采矿车充电、下一代驱动控制平台、航运船队的协作操作等，无一不是 ABB 努力将不可能变为可能的最新示例。

祝您开卷有益！

Björn Rosengren
ABB 集团首席执行官

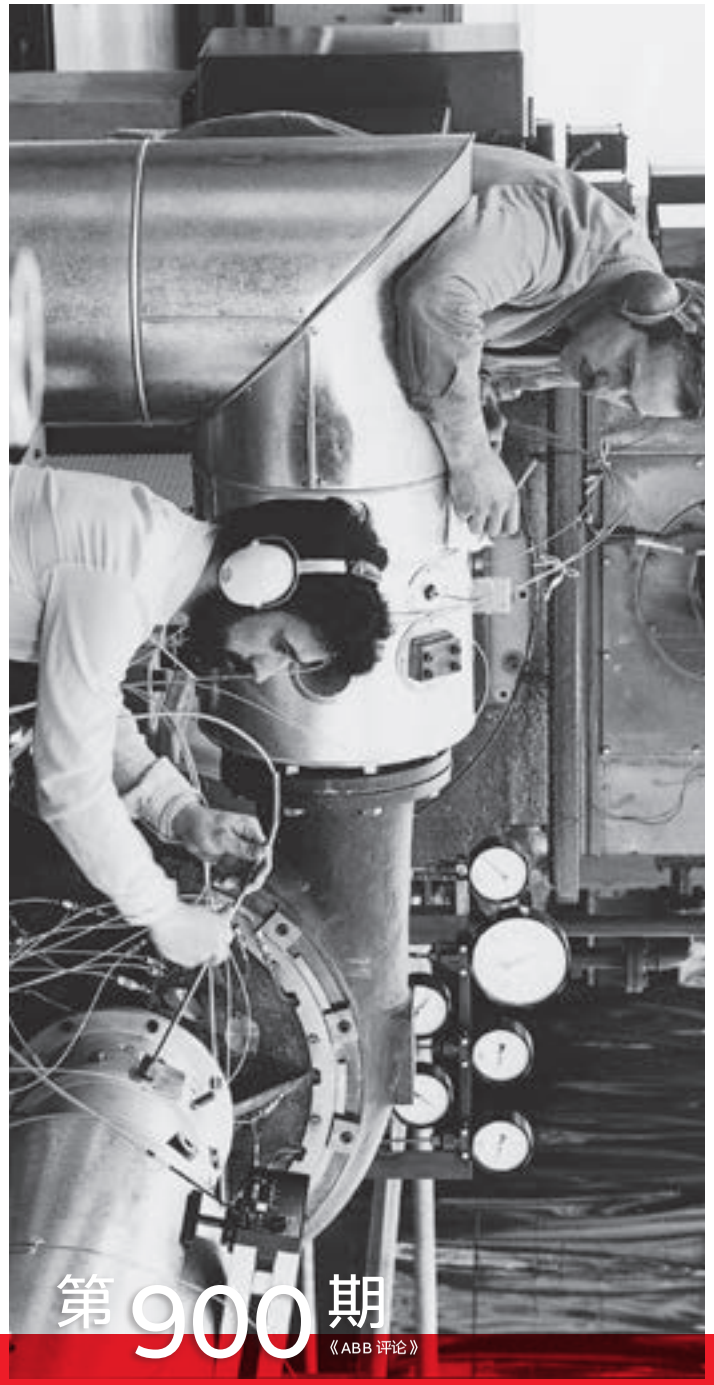
董事长致辞

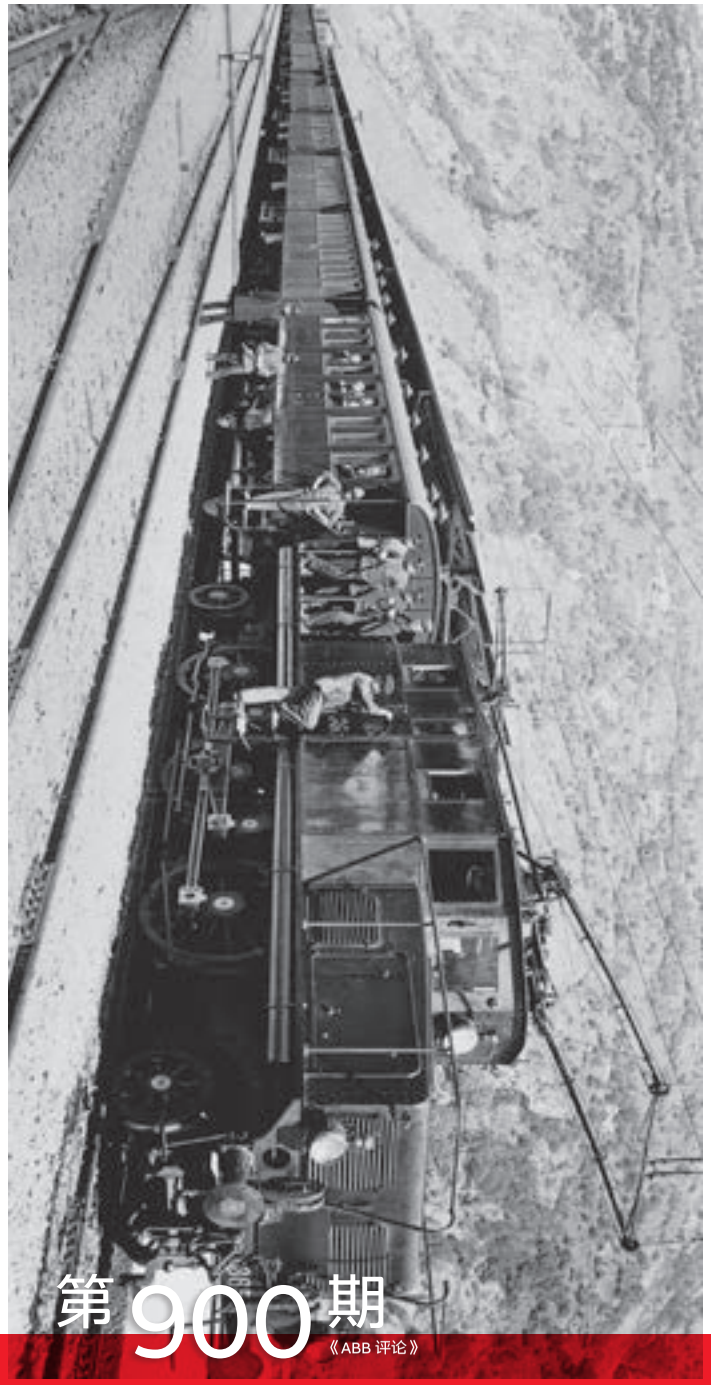
具有里程碑意义的成就

Peter Voser
ABB 有限公司董事长

作为 ABB 董事长，我很高兴看到具有里程碑意义的第 900 期《ABB 评论》出版。本刊彰显了我司的客户驱动型创新文化，以及我们致力于推动在制造业、运输业、公用事业和建筑业等领域不断突破技术边界的持续承诺。祝贺《ABB 评论》，并感谢历史上为这一里程碑做出贡献的所有人。我已经迫不及待想要一睹为快了！

以下三张明信片可供您发送留言或问候。我们希望您享受分享这段时光倒流。


第900期
《ABB 评论》


第900期
《ABB 评论》

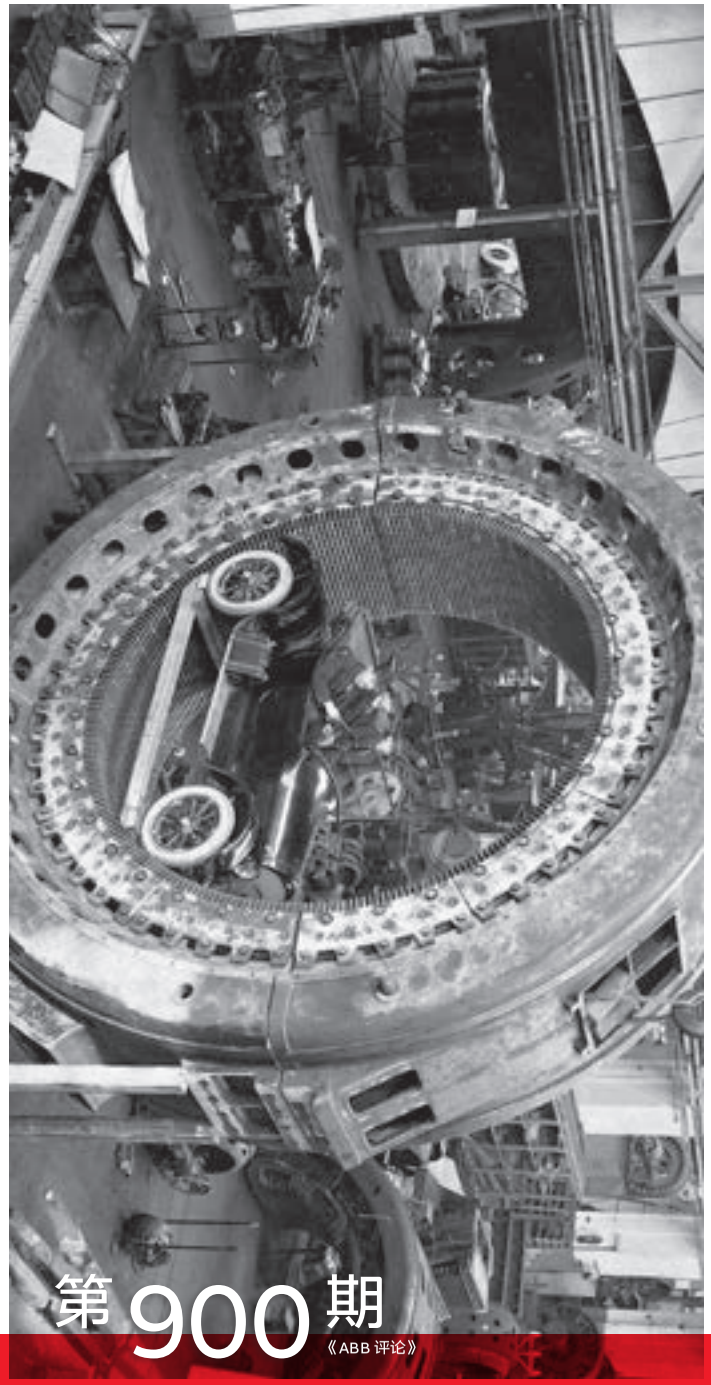

第900期
《ABB 评论》

ABB 企业技术期刊《ABB 评论》自 1914 年问世以来一直在持续出版。
为庆祝第 900 期出版，本明信片特描绘了 ASEA 于 1919 年为挪威格洛姆菲尤尔提供的 22 MVA 发电机的定子（图片来源：《ABB 评论》03/2016）。

贴邮票处

《ABB 评论》免费提供给对 ABB 技术及其目标感兴趣的人士。
请访问 **www.abb.com/abbreview** 进行订阅

ABB 企业技术期刊《ABB 评论》自 1914 年问世以来一直在持续出版。
为庆祝第 900 期出版，本明信片特描绘了在位于瑞士和意大利之间的辛普朗隧道中运行的三相电气化机车，从画面中可看到其于 1914 年停泊于瑞士 Brig 车站(图片来源：Historisches Archiv ABB Schweiz, N.1.1.271450).

贴邮票处

《ABB 评论》免费提供给对 ABB 技术及其目标感兴趣的人士。
请访问 **www.abb.com/abbreview** 进行订阅

ABB 企业技术期刊《ABB 评论》自 1914 年问世以来一直在持续出版。
为庆祝第 900 期出版，本明信片描绘了 20 世纪 70 年代涡轮增压器的试验设置(图片来源：IndustrieWelt - Historische Werkfotos der BBC 1890-1980, Norbert Lang and Tobias Wildi.Schwabe Verlagsgruppe AG, 2006)

贴邮票处

《ABB 评论》免费提供给对 ABB 技术及其目标感兴趣的人士。
请访问 **www.abb.com/abbreview** 进行订阅

第 09 页标题图片来源：© Andrea Izzotti/stock.adobe.com 和 © Hayati Kayhan/stock.adobe.com 由 Publik. Agentur für Kommunikation GmbH 制作

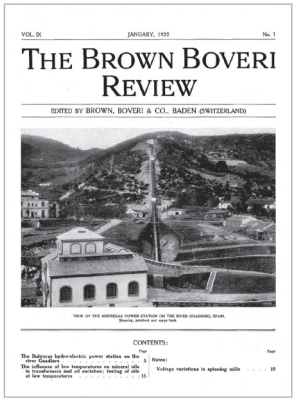
《ABB 评论》出版了其第 900 期

立足巨人之肩

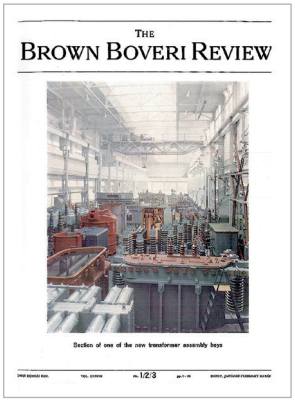
Andreas Moglestue
《ABB 评论》
瑞士苏黎世

andreas.moglestue@ch.abb.com

《ABB 评论》是世界上历史最悠久的企业出版物之一。本刊于 1914 年首次出版，比《时代》杂志还要早九年。《ABB 评论》现已出版第 900 期，彰显了其辉煌的历史。



1/1922 (第一期英文版)

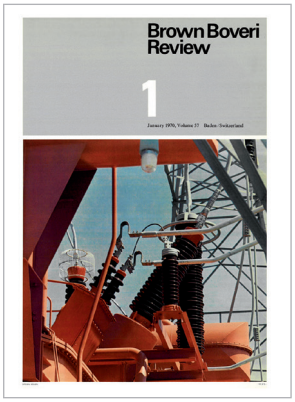


1/1951 (第一个彩色封面)

12/1954

1-2/1959

6-7/1966

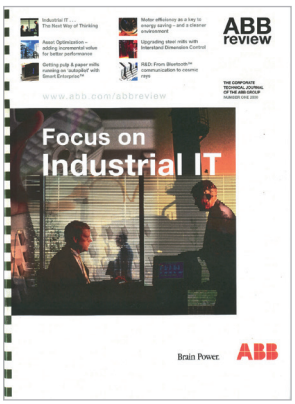


1/1970

1/1985

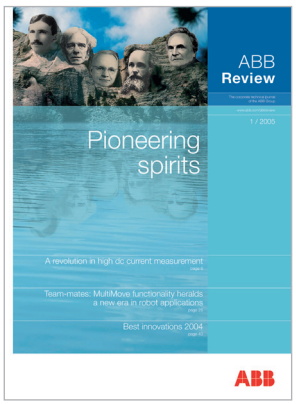
1/1988 (合并后的第一期)

1/1994



1/2000

1/2004

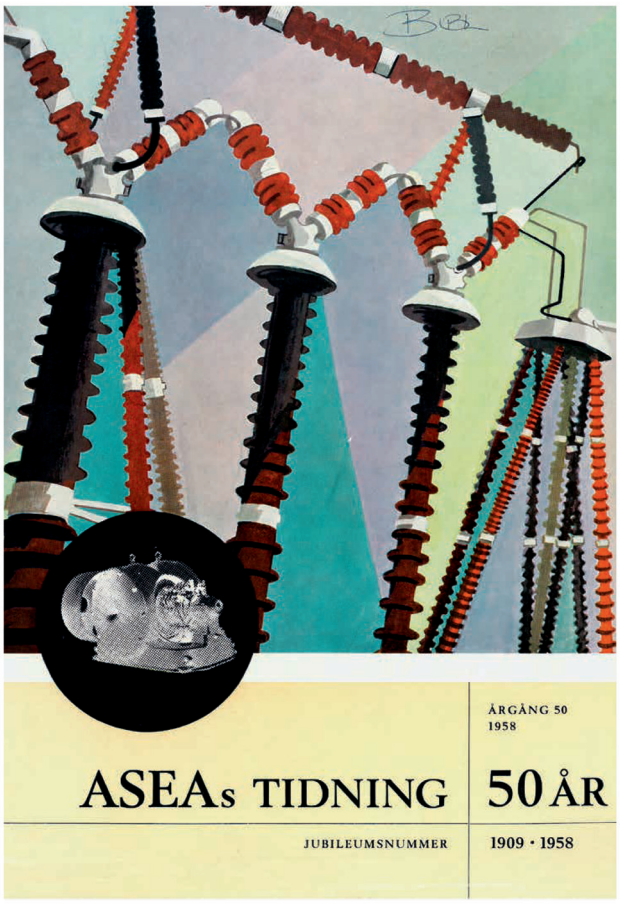


1/2005

1/2010

1/2017

01



02

—
01《ABB 评论》定期更新其设计和版式。此处列出了每种新设计的第一版。

—
02《ASEA 评论》于 1924 年首次出版，并于 1988 年与《Brown Boveri 评论》合并。然而，它不是 ASEA 的唯一出版物。它早于 ASEA Egen Tidning（后更名为 ASEA Tidning），后者于 1909 年首次出版，并以技术文章和更广泛的文章为特色。这是五十周年纪念版的封面。

ABB（及其前身公司）过去曾参与（如果不是主导的话）了多个超越公司核心活动领域的突破性开发工作。这种开拓和探索精神

《ABB 评论》以“行业专家撰写”为傲。

在各项成就中体现得淋漓尽致，比如创造了第一颗合成钻石[1]、开创移动通信先河[2]或推动高级液晶显示器发展[3]。

尽管对这些源于公司广泛思考和探索的突出成就有所涉猎，但《ABB 评论》上发表的大部分文章涵盖的是更接近公司核心业务利益的研究和成就领域。本刊记录了多年来连续创新和突破如何实现 ABB 技术和产品转型与重塑。《ABB 评论》档案提供了记录这些旅程的独特窗口。为了更好地保存记录，并使其更容易访问，本刊的大部分往期期刊均已扫描成件，采用完全可搜索的格式，方便网上查阅 (abb.com/abbreview)。编辑人员希望能尽快提供剩下的几期。

109 年持续出版

《ABB 评论》由 ABB 的前身之一Brown, Boveri & Cie (BBC) 于 1914 年首次出版。本刊最初出版名为“BBC Mitteilungen”（德语版）和“Revue BBC”（法语版）。1922 年，开始提供第三种语言版本：英语版，最初被命名为“The Brown Boveri Review”。这后来被简化为“Brown Boveri Review”→01。

初期的期刊主要分发给全球各地的销售代表，向他们分享新产品和正在进行的研发工作。到 20 世纪 20 年代初，随着公众对技术进步的兴趣日益浓厚，已经开始有外部读者阅读本刊。每期文章的范围和风格为迎合公众兴趣而进行了调整，以研究和技术性内容取代了纯粹的产品公告。

JAHRG. 1
HEFT 1

JULI
1914

BBC
MITTEILUNGEN

Herausgegeben von der Aktiengesellschaft BROWN, BOVERI & Cie., BADEN (Schweiz)

Die BBC-Felder in der Maschinenhalle der Schweizerischen Landesausstellung Bern.

INHALT:

BBC auf der Schweizerischen Landesausstellung Bern, Mai–Oktober 1914 3
Verwendung von Einanker-Umformern in Gleichstrom-Dreileiter-Netzen 17
Neue Propagandaschriften 15
Die wichtigste Zeitschriften-Literatur im ersten Quartal 1914 15

第 1 期，1/1914

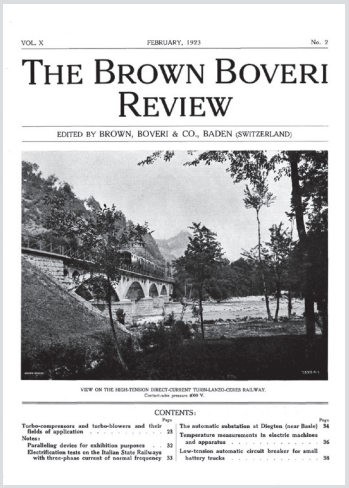
布朗-博韦里参加伯尔尼瑞士国家展览会，1914 年 5 月至 10 月

单枢整流机在三导线直流系统中的应用

新广告宣传册

1914 年第一季度最重要的出版期刊列表

（本期期刊仅出版了德语版和法语版。）


VOL. X FEBRUARY, 1923 No. 2

THE BROWN BOVERI REVIEW

EDITED BY BROWN, BOVERI & CO., BADEN (SWITZERLAND)

VIEW ON THE HIGH-TENSION DIRECT-CURRENT TURIN-LANZO-CERES RAILWAY.

CONTENTS:

Turbo-compressors and turbo-blowers and their fields of application 25
Notes:
Paralleling device for exhibition purposes . . . 32
Electrification tests on the Italian State Railways with three-phase current of normal frequency . . . 33
The automatic substation at Dietzen (near Basle) 34
Temperature measurements in electric machines and apparatus 36
Low-tension automatic circuit breaker for small battery trucks 38

第 100 期，2/1923

涡轮压缩机和涡轮鼓风机及其应用领域

展览用并车装置

意大利国家铁路常频三相电流通电试验

迪格滕（靠近巴塞尔）自动变电站

电机电器中的温度测量

小型电动卡车用低压自动断路器

VOL. XVIII JUNE, 1931 No. 6

THE BROWN BOVERI REVIEW

EDITED BY BROWN, BOVERI & COMPANY, LIMITED, BADEN (SWITZERLAND)

NEW GENERAL POST OFFICE (HEADQUARTERS) IN ZÜRICH.

CONTENTS:

Three-phase commutator motors for outputs up to 16.5 kW 187
A portable rectifier substation for the Italian State Railways 196
Overspeed tests on the pole-wheel of the first alternator for Ryburg-Schwörstadt Power Station 202
Notes: Motor generators for the French State Railways of Algeria 205
Radiator batteries for large transformers 206

第 200 期 6/1931

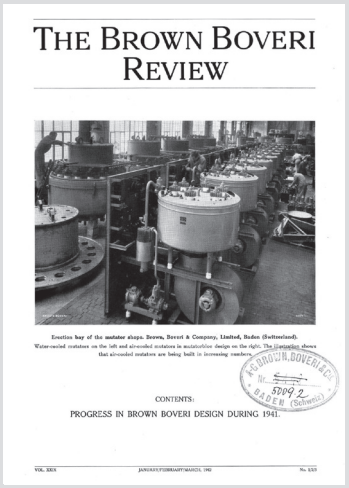
输出功率最大达 16.5 kW 的三相换向电机

意大利国家铁路便携式整流变电站

Ryburg-Schwörstadt 发电站首台交流发电机极轮超速试验

阿尔及利亚法国国家铁路电动发电机

大型变压器用散热器电池


THE BROWN BOVERI REVIEW

Erection bay of the sectator shops. Brown, Boveri & Company, Limited, Baden (Switzerland).

CONTENTS:

PROGRESS IN BROWN BOVERI DESIGN DURING 1941

A.G. BROWN, BOVERI & Cie. Nr. 5009 BADEN (Schweiz)

第 300 期 1/1942

电力生产

输电、配电和电源转换

我们产品在工业、贸易和农业中的应用

牵引

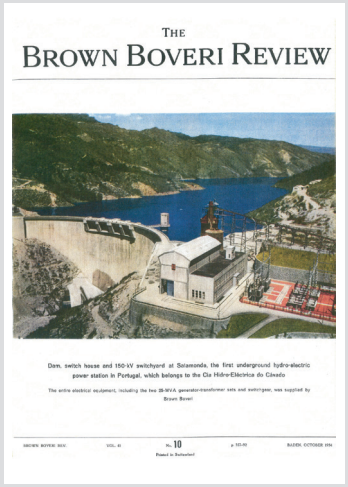
高频技术

船用设备

实验工作

实验工作

当今的一些原材料问题


THE BROWN BOVERI REVIEW

Dam, switch house and 150-kV switchyard at Salamonde, the first underground hydro-electric power station in Portugal, which belongs to the Cia Hidro-Eléctrica do Cávado

第 400 期 10/1954

葡萄牙的萨拉蒙德水电站

金属铠装户外型开关设备

阿姆斯特丹史基浦机场进近灯的电子调光

一些新的 Betatron 装置

简短而有趣：Brown Boveri 空气断路器在芬兰 E.H.V.网络中进行了测试

Brown Boveri 对瑞士最大的 Mauvoisin 水电开发项目的贡献

加拿大第一台燃气轮机运抵目的地

BROWN BOVERI REVIEW

The Factory at Birr – 1966

The road through the factory is bounded on the left by the canteen and office blocks and on the right by the factory extension.

1891 75 Years Brown Boveri 1966

第 500 期 6-7/1966

扩建 Birr 工厂，提升中型电机产能

Birr 工厂二期规划

行政和设计办公室规划

二期建筑方面

工厂屋顶部分

机器基座

新生产方法和工厂

带晶闸管控制装置的立式车床

计量实验室

中型机专用新测试架

全新声学研究实验室

办公大楼客梯

Birr 工厂新建屋宇

—
03 从第 1 期到第 500 期的每整百期。扫描二维码可以阅读 ABB 资料库中的完整期刊。

—
«如果我比别人看得更远，那是因为我站在巨人的肩膀上。»
艾萨克·牛顿爵士

1988 年，ASEA 和 BBC 合并形成 ABB。ASEA 拥有自己的技术期刊《ASEA 评论》，于 1924 年开始出版[4]→02。两个期刊合并成了《ABB 评论》。

《ABB 评论》业已连续出版 110 年，据其员工证实，其是世界上现存历史最悠久的企业出版物。还有其他企业出版物的发布时间更早，但据我们所知，这些出版物均已停止发行。即便其在新闻纸领域远未跻身历史最悠久之列，但《ABB 评论》的发行时间仍早于许多知名杂志。例如，在《时代》杂志发行时，其就已有九年历史，并且早于《读者文摘》八年。

《ABB 评论》以“行业专家撰写”为傲。作者大多是活跃在研究前沿的工程师和科学家。读者涵盖企业客户的工作人员、新闻界和学术界的从业人员，以及对技术感兴趣的广大公众。许多目前就职于 ABB 的工程师最初正是在学生时代阅读了本刊，才开始了解 ABB 或对公司产生了兴趣。多篇文章经专业报刊转载，甚至被用作大学的课程素材。

顺应美学和印刷术的发展趋势，本刊多年来经历了数次视觉改版→01。《ABB 评论》还是最早开始采用彩色印刷的期刊之一，于 1951 年首次推出彩色封面，后续逐渐推出彩色内页。

纵观其历史，尽管《ABB 评论》明显是服务于企业利益，但其风格和语气之客观，所提供信息之翔实，是其主要吸引力之所在。本刊始终将科学诚信和满足读者的求知欲放在直接营销利益之前。这一政策之恰当与成功从读者的兴趣和拥趸中可见一斑。编辑团队最常收到读者询问：“什么时候能收到下一期？”，这无疑是对本刊吸引力的一种肯定。

《ABB 评论》所提供的语言版本多年来一直在变动。有时还会推出法语、西班牙语、俄语和瑞典语版本。如今，本刊提供英、德和中三种版本（中文版目前仅分发电子版，而英文和德文版同时提供印刷版和电子版）。

历年来出版频率亦有所变化。在最初数十年间，每年会出版 12 期。后来，每年出版 3 至 12 期不等。自 2000 年以来，始终保持一年 4 期的出版频率。在每年出版 12 期时，仅 8 年多时间就出版到了第 100 期→03-04。最近一项读者调查[5]证实，绝大部分读者对每年四版感到满意，如果这种情况持续下去，第 1,000 版将在 2048 年出版。

服务于研究
科学好奇心几乎始终立足于研究先驱者的辛勤工作和成就之上。艾萨克·牛顿爵士可以说是有史以来最伟大的科学家之一，他却谦逊地表示:“如果我比别人看得更远，那是因为我站在巨人的肩膀上”[1]。

—
脚注
[1] 1675 年牛顿的这句话可能引用了法国哲学家 Bernard de Chartres 所说的“我们就像坐在巨人肩膀上的侏儒”。据 John of Salisbury 所说，Chartres 早在 1159 年就已发表过类似言论。另请参阅《站在巨人的肩膀上：含义与由来》。Available: www.phrases.org.uk/meanings/268025.html [Accessed October 27, 2022]

第 13 页图片来源：伦敦威康图书馆。Wellcome Images images@wellcome.ac.uk; http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

—
04 从第 600 期到第 900 期的每整百期。扫描二维码可以阅读 ABB 资料库中的完整期刊。

要站在巨人的肩膀上，我们必须能够了解他们用自己的语言撰写的内容 — 无论从科学角度来看是对或错，亦无论其贡献是否仍然有效，或是否已被掩盖或否定。在工程学和应用科学中如此，在纯理论研究中同样如此。与大众媒体不时宣扬的说法相反，科学并非盲目信任专业知识。科学

—

《ABB 评论》所载文章常被科技文献引用。

是符合逻辑的论述、质疑，以及对自己和他人的工作发起客观挑战。对之前的文稿进行书面且不可更改的记录，对于建立有助于启发该等论述的框架至关重要。根据后续研究和解释，科学结果可能随时被驳倒，理论可能会受到质疑或改编，但如果理论所依据的主张和结果未被后人记录，则任何评论、观察或衍生研究均无据可依，在很多情况下可谓毫无意义。

例如，牛顿力学早已被爱因斯坦力学所取代。正如牛顿谦逊地表示他的成就是站在前人的肩膀上一样，爱因斯坦所取得的成就也不可否认的立足于牛顿的肩膀上。尽管如此，牛顿理论时至今日仍然适用，若没有牛顿理论，理解爱因斯坦理论就会困难得多。

数字化思维

在数字化世界，传播和查找信息的便利程度远甚以往。通过互联网搜索引擎，几分之一秒内即可找出以前可能需要在图书馆中搜索数年才能找到的文件。互联网驱动知识以前所未有的速度实现大众化。《ABB 评论》现已成为数字化世界的重要组成部分，从 2001 起便可在线阅读。

尽管如此，在线记录缺乏书面记录可提供的持久性。20 年甚至 10 年前的网页链接有多少时至今日仍然有效？其中一些来源可能已经转移到其他地址，只要足够耐心，多加搜索总能找到。但另一方面托管网页的站点被孤立或删除，许多网页可能已永远消失。

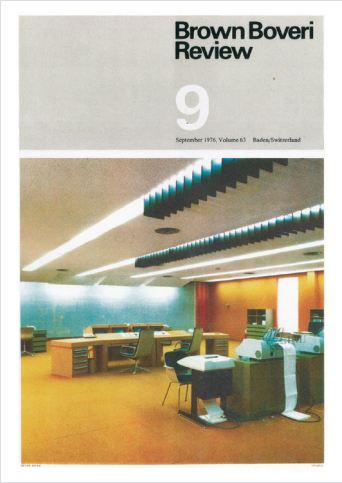
《ABB 评论》所载文章常被科技文献引用。数字和图表也经常在书籍和其他出版物中重复出现。ABB 始终非常乐于批准此类请求，因其可巩固期刊的权威性。

为方便进行此类引用，《ABB 评论》在线 PDF 版的内容、页码和页面版式均与印刷版相同。因此，引用无需区分印刷版和 PDF 版。

尽管《ABB 评论》推崇权威的印刷版（和 PDF 版），但同样致力于充分利用数字通信带来的机遇与无限可能。最近的读者调查[5]证实，绝大部分读者对期刊的内容和质量表示满意。但调查结果同样表明，对更多数字化资源的需求也在上升。对此，《ABB 评论》积极回应，将在后续几期期刊中尝试各种数字化功能和格式。

变革与发展

即将进行的修改并非《ABB 评论》悠久历史上进行的首次调整。公司曾数次调整发展方向、投资组合和发展重心。ABB 经历了四次工业革命中的三次 — 第二次的电气化革命，第三次的数字化革命，以及目前正在进行的第四次革命：互联网和人工智能革命，并在其中发挥了重要作用。每一次革命都从根本上改变了工业的运作方式。《ABB 评论》陪伴并跟随这些变革一同发展并期待在未来许多年继续支持研究人员、行业和所有对技术感兴趣的人。•

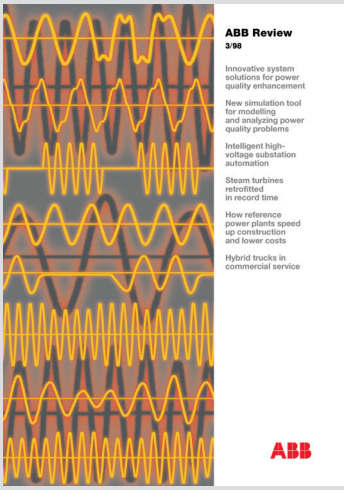


第 600 期 9/1976

ED 1000 模块系列用于解决工业数据系统的问题
用于供电网控制室的人机界面
电力系统负荷调度
外站自动化
丹麦 SEAS 电力系统的远程控制
苏黎世市公共给水系统的自动化
露天褐煤开采自动化
用于连续列车控制系统控制站的设备
远洋船舶自动化
微型计算机控制滚齿机
瑞士集团公司在电子领域的活动

第 700 期 7/1986

新型示波器几秒钟内即可打印出曲线图
我们的监控网络控制系统如何管理能源
发电厂管道包装规划
区域供暖发电厂何时真正实现成本效益？



第 800 期 3/1998

利用创新系统解决方案提高电能质量
使用全新模拟工具建模和分析电能质量问题
智能高压变电站自动化
蒸汽轮机改装速度打破记录
参考发电厂如何加快建设和降低成本
商用混合动力卡车

第 900 期 1/2023

第 900 期
最佳创新
数字化
交通运输与效率

参考文献

[1] A. Johnson, “Brainforce one, 100 years of ABB’s first Corporate Research Center”, *ABB Review* 3/2016, pp. 13–15.

[2] D. Dzung, A. Moglestue, “Wireless but connected”, *ABB Review* 4/2017, pp. 64–65.

[3] A. Moglestue, “The wristwatch connection, BBC’s contribution to the LCD”, *ABB Review* 2/2014, p. 12.

[4] A. Moglestue, “From the ASEA archives, Looking back on more than a century in print”, *ABB Review* 1/2015, pp. 62–66.

[5] A. Moglestue, “Readership trends, Results of the 2022 readership survey”, *ABB Review* 4/2022, pp. 66–67.

最佳创新

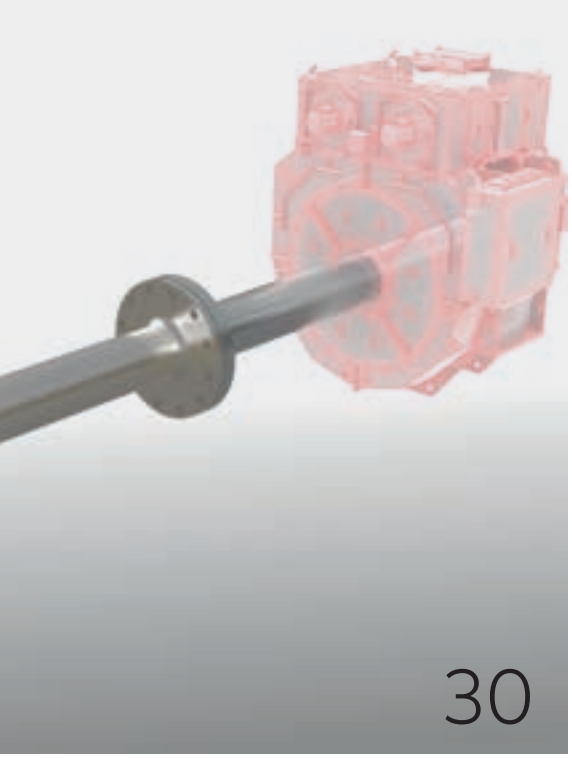


ABB 四大业务领域的首席技术官精心挑选了最新的研发突破，此类突破今年和之后可能会对客户的业务产生巨大影响。这些解决方案佐证了将奇思妙想付诸实践的非凡魅力。

18 即时访问产品数据
19 快速精准地监测天然气质量
20 挖掘电动汽车自动充电的益处
21 ABB Ability™ Cyber Security Workplace
22 全新驱动控制平台赋能数字化未来
23 通过高速对位软件实现更快捷、更轻松、更可靠的操作
24 自动生成无碰撞程序
24 两大全新的大型机器人系列
25 凭借 Oversea 支持航运业发展
26 ABB Ability™ Smart Master 可针对 ABB 测量设备提供更好的服务决策
27 ABB 在南京成立伺服驱动研发中心
28 Bordline® ESS 模块化储能
29 自主解决方案研究
30 永磁技术：轴带发电机的节能创新
31 同步调相机确保电网稳定运行

即时访问产品数据

响应欧盟生态设计要求，ABB 引入了一个基于二维码的数字化平台，以便用户获取 ABB 产品相关信息。

得益于此新平台，技术人员、调试工程师、客户和分销合作伙伴现在使用手机等手持设备扫描设备二维码，即可访问 ABB 驱动器、电机和 PLC 相关信息。此平台的关键在于 ABB Access，这是一款响应式 Web 应用程序，可将用户链接至产品特定信息，如手册、安装指南以及有关调试和故障排除的分步说明。该响应式 Web 应用程序还允许用户快速轻松地获取 ABB 专家支持，报告和解决现场问题。

因此，能够更快速地排除故障，从而提高正常运行时间，缩短停机时间，并能跨 ABB 的一系列产品提供一致的用户体验。利用该 Web 应用程序可方便开展自助服务，因此，任何具有基本知识的用户都可以进行故障排除，从而预留出更多带宽，以便专家处理具有挑战性的问题。

ABB Access 架构基于表述性状态传递应用程序编程接口 (REST API) 和微服务架构策略，其中数据使用前端、后端和服务层进行通信。平台从经 ABB 批准的数据服务提供商处提取数据，但遵循标准安全策略和原则，不存储任何数据。相反，ABB Access 使用自动 ID 重定向功能，扫描二维码即可访问不同产品的内容。

Web 应用程序的后续改进将涵盖 ABB 的其他产品，并将为特殊访问用户提供更广泛的信息，包括产品维护历史、保修信息和其他信息。

ABB Access 符合 DIN SPEC 标准 91406:2019-12，以便原始设备制造商和最终用户能使用商购硬件和软件轻松读取二维码。•

快速精准地监测天然气质量

天然气生产商和配气管网运营商始终密切关注其气流中污染物含量超标的情况。监测到的物质包括水 (H_2O)、硫化氢 (H_2S) 和二氧化碳 (CO_2)。此类物质含

即便对于偏远和/或危险场所的最苛刻应用，OA-ICOS 也仍是理想之选。

量升高会导致基础设施加速恶化，甚至导致出现严重故障。考虑到此类风险，ABB 开发出 GLA533-NG Sensi+™。该仪器采用名为离轴积分腔输出光谱技术 (OA-ICOS) 的独特激光吸收技术，能够同时监测天然气中的三种污染物。

ABB 荣获专利的 OA-ICOS 技术代表了可调谐半导体激光吸收光谱领域的最新进展，具有卓越的性能和可靠性，而且，与其他方法相比，其对组件内部对位以及局部温度和压力变化的敏感度要低几个数量级。因此，即便对于偏远和/或危险场所的最苛刻应用，OA-ICOS 也仍是工业仪器的理想之选。

ABB 的 GLA533-NG Sensi+ 仪器集成于定制防爆外壳中，虽结构紧凑，却易于装配和维修。仪器采用模块化气体集管，消除了所有内部管道，从而无需使用特殊工具或经过高级培训即可快速更换关键组件。该仪器还受益于一个新的 ICOS 电子平台，该平台准确、精密且稳定，在降低操作成本的同时，可提供卓越的测量性能。

Sensi+ 提供众多优势，用户将体验到最新的网络安全性能、出色的用户界面、数据可导出性和软件易升级性。该仪器旨在最大限度提高响应速度，同时降低拥有成本。•

挖掘电动汽车自动充电的益处

一提到采矿环境，人们往往会认为其崎岖、恶劣或非常艰苦。这些地方还必须最大限度地提高安全性，减少人类接触。考虑到这一点，ABB 开发出一种试用版自动充电系统，可供任何电动拖运卡车使用，无需人工干预。该款解决方案快速、灵活且完全实现了自动化，提供当今市面上可用的最大功 率，因此可最大限度地缩短移动资产停机时间。该系统被称为 eMine™ FastCharge，可实现远程监测和控制，实时优化充电过程和能源使用，能在提高生产效率的同时，减少作业对环境的影响。

ABB 开发出一种试用版自动充电系统，可供任何电动拖运卡车使用。

eMine™ FastCharge 基于公认且开放的汽车行业标准，这些标准具有可互操作性且独立于 BEV OEM， 因此无需复杂的安装，从而降低基础设施成本，并且优化资本支出/运营支出。事实上，整个充电站及其模块可以分开放置，使得解决方案可无缝适应矿区配置和需求的变化。

一旦启动并运行，解决方案的充电过程将通过车辆识别摄像头系统得到强化，该系统旨在最大限度地提高整个运营过程的安全性。eMine™ FastCharge 采用模块化设计，其构件配置使其能够轻松适应矿区的运营和基础设施需求，同时为未来充电功率增大做好准备。

该解决方案配备专门用于防止灰尘和污垢进入的外壳，可在采矿中普遍存在的恶劣环境状况下使用。•

ABB ABILITY™ CYBER SECURITY WORKPLACE

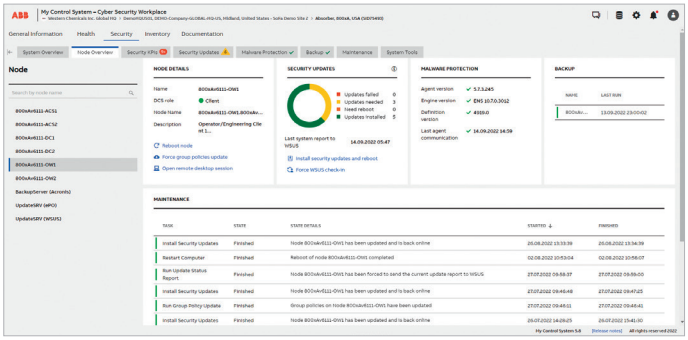
工业工厂配备复杂的 IT 基础设施和运营技术 (OT) 基础设施，可能带来重大的网络安全挑战。

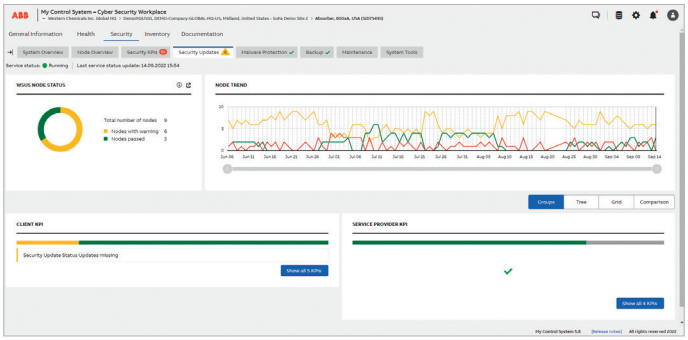
但工厂运营商十分清楚网络攻击的风险，通常会为工厂的各个系统配备网络安全软件解决方案。然而，此类解决方案往往来自不同的供应商，因此，维护起来并不容易，任何失误都可能为网络攻击者打开大门。

真正需要的是一种能够整合工具、自动检测风险并尽早补救风险的方法，从而简化安全。而这正是 ABB Ability Cyber Security Workplace 的用武之地。

ABB Ability Cyber Security Workplace 收集来自 ABB 和第三方网络安全解决方案的数据，并将其转发至一个整合的本地应用程序。该应用程序将通过简单的用户界面显示数据。运营商随后可监控所有安全控件的状态，执行维护活动以提高弹性，并且接收具有可操作洞察的警报，以消除威胁和降低风险。

内置风险根本原因分析和补救程序，可对任何问题进行评估，并建议应采取哪些步骤解决问题。这种内置智能使得操作人员无需太多专业知识即可维护网络控制系统。此外，分步指南可缩短修复时间，从而降低运营成本，缩短工厂中问题的持续时间。





另外，ABB Ability Cyber Security Workplace 会在能够防御已知漏洞的补丁可用时尽快予以安装。还包括备份管理，即隔离特定 OT 和 IT 环境，保护其免受外部入侵的能力。此外还配置了网络资产库存设施，实时监测网络所有流量，根据流量分析列出所有资产，并在有新加资产时通知用户。•

有关更多信息，请参阅
www.abb.com/cybersecurity/workplace

全新驱动控制平台赋能数字化未来

电力驱动最初的唯一目的是将电力从源头输送至消费者，但现在早已不可同日而语。例如，当今驱动器中处理单元的计算性能不断提升，可用于收集和分析源自与之相连的系统的稳步增长的信息量。这包括从更为准确的负载扭矩估计，到相关电网的详细信息。

平台旨在支持验证和固件加密等关键安全功能。

但随着越来越多的界面开放以启用连接功能，网络安全逐渐成为了一个关键因素。考虑到这一点，ABB 即将针对其所有高端驱动器推出下一代控制平台。该平台完全从零开始设计，旨在支持固件、文件和应用程序的验证和加密等关键安全功能。

新平台可向后兼容 ABB 现有驱动器，因此引入十分简单且容易上手。要进一步增强安全性和性能，驱动器现在还可配备边缘网关。该网关能与云后端建立安全连接，并根据从驱动器或周围传感器收集的数据执行本地分析或流程优化。

ABB 新控制平台的安全功能和高性能也可以为合作伙伴和客户所用。例如，现在允许通过软件开发工具包直接扩展驱动器固件，这在历史上可谓首次。通过该工具包，可使用熟悉的技术（如 Matlab Simulink 或 C++ 编程）在驱动器中直接开发无延迟应用程序。这些应用程序通过身份验证和加密获得保护，并利用最新硬件技术与核心固件隔离开来。•

通过高速对位软件实现更快捷、更轻松、更可靠的操作

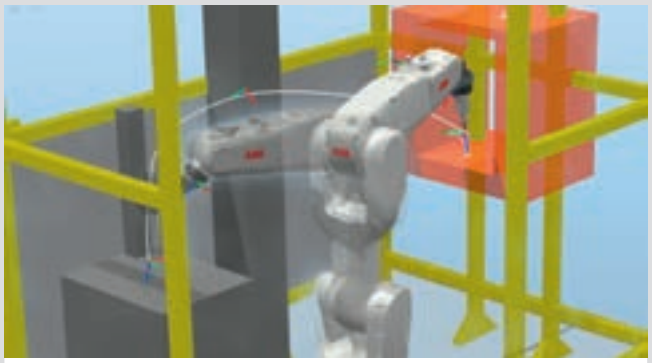
随着工业机器人有望执行更高级的任务，和与日益多样化的环境交互时的性能，提高它们的性能以及实现快速部署和周期时间至关重要：换言之，机器人的速度和准确度至关重要。在对高精度装配线所面临的挑战进行调查后，ABB 通过提供其高速对位软件做出回应。

与传统的“先看后动”方法不同，高速对位软件依靠传感器实现自适应视觉方法，能在实现高准确性的同时缩短周期时间。得益于传感器和先进的运动控制算法，该系统可实时控制机器人设备或工具与工件的相对位置。高速对位软件不仅将平均周期时间缩短了 70%，从 ~5.6s 缩短至 ~1.7s，还将准确性提升了 50%，从 20µ 提升至 10µ。

ABB 将技术准备原型机和内部客户案例的开发与通过实际试点研究进行的验证相结合，可迅速在市场上推广。对位软件是市场上首款适用于 6 轴和 4 轴机器人并搭载视觉伺服技术的软件包。

该软件包配备自调节功能，可以自动计算传感器的延时、滤波器缓冲长度、控制增益、机器人延时和盲区等，让专家和新手用户都可以轻松操作系统，实现对位目标。自动校准和调节功能确保可轻松进行调试：部署时间从持续整个班次缩短至一小时。

高速对位软件专为使用机器人对位功能进行组件高精度装配、取放的电子行业细分市场而设计，具有更多应用潜力，例如消费者细分市场和服务机器人 (CSSR)、汽车行业/一级供应商等。在这些情况下，可确保循环时间快，准确度惊人，性能更佳。•



自动生成无碰撞程序

箱子堆积如山，空间十分狭窄。时间又极为紧迫。如果有一款机器人能够毫无条件和意外地根据指令精准行动，岂不美哉？考虑到机器人的集成和编程是任何公司自动化投资的重要组成部分，ABB 引入了一项创新，允许 RobotStudio 工具能自动生成程序，确保工作空间中机器人运动时不会发生碰撞。

与普通用户所能实现的相比，自动生成的程序可确保运动更加平稳快速，且编程所需的时间要少几个数量级。此外，由此产生的运动路径会确保运动时间更短，通常能减少能耗。

在一项初步内部研究中，一名中级程序员花了 20 分钟时间才编写出机器人在杂乱环境中无碰撞运动的程序，而自动生成只需要几秒钟。

RobotStudio 的创新是开源和内部软件以及工具本身的虚拟世界相结合的产物。总而言之，通过这项创新，非专业人士亦可轻松操作系统，从而为机器人技术的变革打开了一扇大门。•

两大全新的大型机器人系列

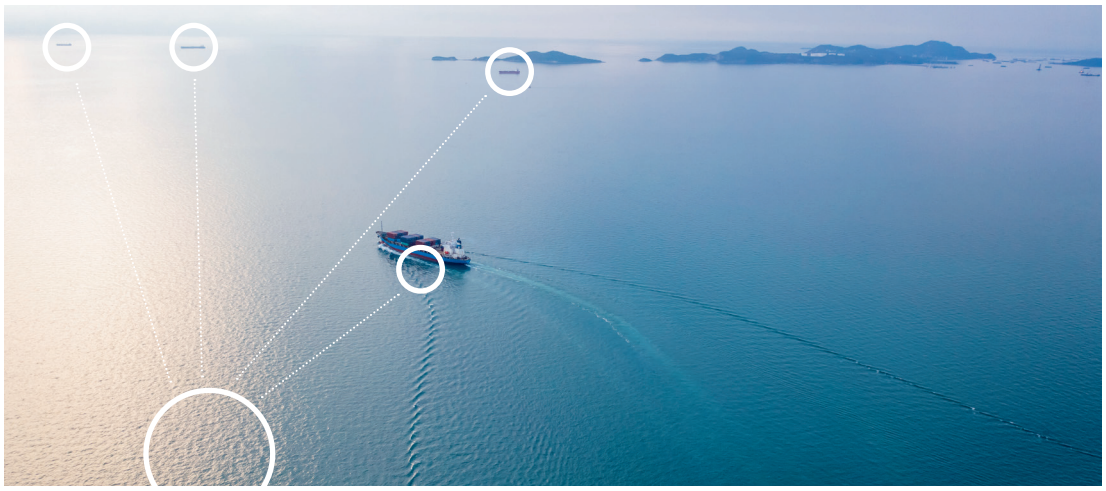
ABB 在其大型机器人产品组合中新增了两个机器人系列。以全新的模块化平台设计为基础，IRB 5710 和 5720 的速度与其他大型机器人相比提升了 25%。机器人更为紧凑稳固，提供集成工艺布线，延长了运行时间，可用于电动汽车制造等多种应用。

这两个系列适用于执行多种生产任务，包括物料和零件装卸、机器维修和装配，以及高精度装配。所有型号均提供多个安装选项，可以倒挂操作。有效负载选项范围从 70 kg 到 180 kg，长度从 2.3 m 到 3 m。

机器人平台配备新一代电机和紧凑变速箱。前者与智能制动释放技术结合使用，可降低能耗。

两个机器人系列均由 ABB 新款 OmniCore™ 控制器 V250XT 提供动力。OmniCore V250XT 控制器采用 ABB 的 TrueMove 和 QuickMove 运动控制技术，赋予 IRB 5710 和 IRB 5720 一流的速度、出色的位置控制（≤ 0.05 mm）和路径可重复性。•

凭借 OVERSEA 支持航运业发展



Oversea 以 ABB 工业软件平台 ABB Ability™ Genix 为基础，由 ABB 和 Wallenius Marine 共同开发。该解决方案正为航运业量身定制，可提高船舶的运营可持续性、效率和安全性。这一点通过向船舶运营商提供可扩展系统和集中支持服务来实现，作为其中一项服务，提供船队支持中心。

这一开创性综合数字化解决方案由船长、首席工程师和远程支持专家设计，重点关注影响运营性能的三个领域：技术性能、环境性能和航行性能。Oversea 数字化解决方案收集、转换、汇总并与情境相结合，以切实可行的方式可视化处理数据。得益于 Oversea 支持中心，数据可被转化为洞察，进而转化为行动，可应用于单艘船只或整个船队。

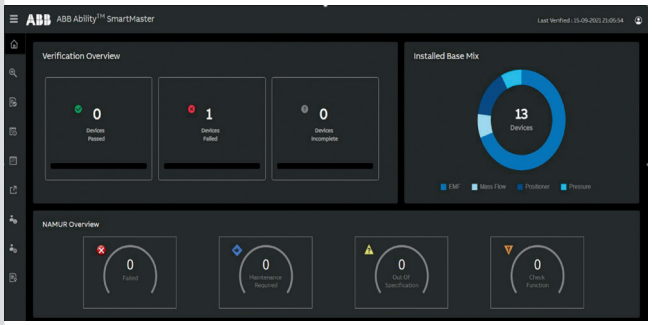
ABB 与 Wallenius Marine 携手，成功完成了 Oversea 单艘船只试点研究，目前正在现实世界环境中使用三艘船只进行扩展研究操作。用户将测试可优化技术性能的功能，使用基本和高级分析功能识别改进领域，并测试船岸通信和工作流程。正在开发的全面 Oversea 解决方案将包括环境性能和航行性能能力[1)]。

Oversea 的基础性能分析能够将总体环境性能分解为技术性能和航行性能因素，从而允许识别性能不足的问题并采取适当的纠正措施。尖端模型结合了机器学习方法和基于物理的方法，在所有领域均可确保结果精确。

最终，Oversea 数字化解决方案会将船只、客户办公室和船队支持中心相连，实现协作，提供洞察和实时建议，并将洞察转化为行动。如此一来，ABB 携手 Wallenius Marine 正为航运业赋能，让其得以实现最佳运营性能，同时减少排放，开创更具成本效益的可持续未来。•

脚注：
[1)] 预计将于 2023 年推出另外两个版本的 Oversea 数字化解决方案。

ABB ABILITY™ SMART MASTER 可针对 ABB 测量设备提供更好的服务决策



全球范围内执行传感任务的现场设备（如流量计、液位计、温度传感器、压力传感器和阀门定位器）的装机量十分庞大。ABB 是这数十亿美元市场的主要供应商。

Smart Master 远程收集现场设备的数据，以进行状态监测。

测量精度、法规遵从性、运行状态、故障诊断和预测都是现场设备性能的关键方面。要管理如此庞大装机量的上述关键方面，需要一个综合资产性能管理平台。

ABB Ability Smart Master 正是这样一个平台，专门针对庞大的现场设备装机量而设计。

Smart Master 会根据规定的时间表远程收集现场设备的数据，监测其状态。验证设备运行状况并读取设备 NAMUR 状态[1]，以帮助客户了解装机量的总体情况。通过这些知识，需要 ABB 服务协助的客户和自助服务客户均能规划服务运营、备件订单和设备更换。如果存在设备故障模式，则可通过日历视图分析和分析报告了解有关故障场景的更多信息。

Smart Master 提供一种三层解决方案：

- 内部部署：支持远程监控。所收集的数据在客户网络中进行管理。
- 专用云：为每位客户提供的专用监测链接。所收集的数据在 ABB 为客户提供的专用基础设施中进行管理。
- 共享云：面向所有客户的全局监测链接。所收集的数据在 ABB 为所有客户提供的通用云基础设施中进行管理。

借助远程访问，远程专家可以进行预合规活动，且后续工程师亦可减少现场例行访问次数，因此可以降低成本。

通常，测量设备部署之处往往难以建立连接。在这种情况下，现场设备集成 (FDI) 技术可连接设备，无需额外布线，亦不会干扰运营。Smart Master 亦可通过 3G/4G 和 NB-IoT 进行连接。•

脚注

[1] NAMUR 是自动化技术和数字化领域的国际用户协会，也是相关标准的制定者。

ABB 在南京成立伺服驱动研发中心

ABB 伺服驱动产品提供广泛的运动和机器控制解决方案，可应用于各种工业应用，如包装、纺织、印刷、食品和饮料、电子和电气。此类解决方案有助于系统集成商、原始设备制造商和机器制造商降低能耗，延长设备正常运行时间，从而可在提高生产率的同时最大限度地降低维护成本。

为了向市场提供更先进的伺服驱动产品，以及全面且更有价值的运动控制系统解决方案，ABB 于 2020 年在中国南京成立了一个新的伺服驱动产品研发中心。

新研发中心是 ABB 成为中国不断增长的伺服驱动业务市场关键参与者道路上的一个重要里程碑。其对 ABB 及其客户的战略意义在于，凭借地理优势更方便与中国最大市场的当地客户开展伺服驱动业务，与以往相比，可以加快交付速度，缩短响应时间。

更重要的是，该中心将新伺服驱动产品线与研发结合起来，能迅速将客户意见付诸实施 — 这种能力在从当地大学和当地竞争对手处招募人才时将产生显著成效。

自成立以来，研发中心员工已从 14 名扩展到 40 名，已发展为能在硬件、固件、测试和产品管理等领域提供服务。中心预计将于 2022 年年底发布首批产品。•

BORDLINE® ESS 模块化储能

在铁路行业逐步向可持续交通转型的过程中，配备嵌入式车载储能系统 (ESS) 的低碳驱动系统是其中不可缺少的组成部分。

模块化设计确保易扩展性、高可用性和安全性，且不会影响设计灵活性。

提升此类系统的采用率不仅有助于实现交通脱碳，而且还能提供各种其他益处，如降低总拥有成本、提高运营灵活性及改善车辆性能。

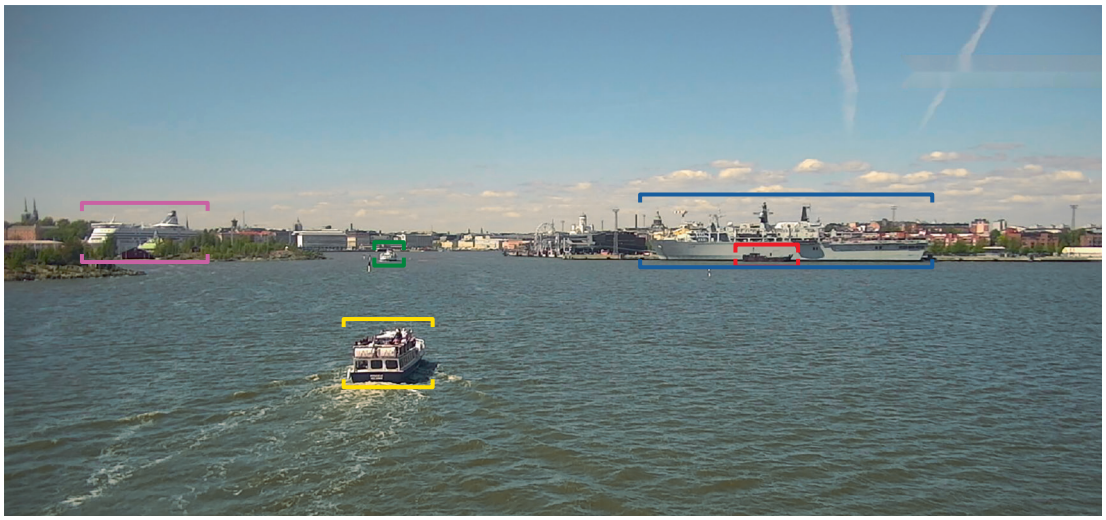
大众运输所用牵引电池必须能够提供所需性能，而且保证最高可靠性和长使用寿命。为满足这一市场需求，ABB 开发出了一系列名为 BORDLINE ESS 的高性能产品。

BORDLINE ESS 电池组采用模块化架构，允许在子系统层面实现标准化，而完全无损产品层面所需的灵活性。模块化设计确保在电压和装机能量方面可轻松扩展，且模块变体数量极少。

每个电池组的核心是配备了大功率棱柱状锂离子电池单元的模块，其中包含钛酸锂 (LTO) 阳极。Bordline ESS 具有固有安全性高（如耐受滥用）、循环寿命长、充电速度快等优势，即使在 35°C 高温下亦具有优异的寿命表现，而且低温性能同样优越。

ABB 已成功或即将在 700 多辆车辆上安装高性能牵引电池，其中包括铁路机车车辆、电动客车、无轨电车和采矿车辆。•

海上自主解决方案研究



新技术带来了用新视角来看待熟悉事物的机会。考虑船舶航行；航运的一个中心任务是瞭望，密切关注船舶周围环境，以便能够警告并避免任何潜在的障碍或危险。导航的另一项重要任务是确定与障碍物的距离。这被称为净水，这在港口或封闭水域航行时尤为重要。这些都是摄像头和自主系统可以非常成功地帮助桥楼工作人员完成的任务。那么 ABB 是如何着手开发这样一个系统的呢?

ABB 正在使用海洋应用视觉系统进行研究。具体来说，是为了从众多已安装的船载摄像头收集的信息中赋予额外价值。利用机器感知改变了我们观看事物的方式，让航运变得更加安全、高效且自主。摄像头和机器感知算法系统可以通过提供连续、不懈、准确的水净测量以及覆盖从桥上看不到的盲点来支持人类瞭望/桥梁人员。基于摄像头的系统还将能够探测到雷达可能不会注意到的小型非金属障碍物。

使机器能够处理图像流的关键技术是对象检测和语义分割。对象检测的目标是检测出一类或多类对象的所有实例。要成功做到这一点，机器必须将图像的每个像素解释为正确的类。这些技术中最先进的当属基于人工神经网络的模型。

ABB 的研究对于开发更多船用自主解决方案至关重要，例如 ABB Ability™ Marine Pilot Vision 解决方案就是 ABB 自主解决方案组合的一部分。

利用机器感知改变我们看待事物的方式。

这项研究显示了基于视觉的解决方案的潜力（在此案例中，是指单目视觉系统），及其集成到海洋安全系统套件时可带来的益处。

在即将出版的《ABB 评论》中，一篇完整的文章将深入研究这项技术的发展，解释基于视觉的系统如何理解周围环境，并最终支持海员更安全地航行。•

永磁技术：轴带发电机的节能创新

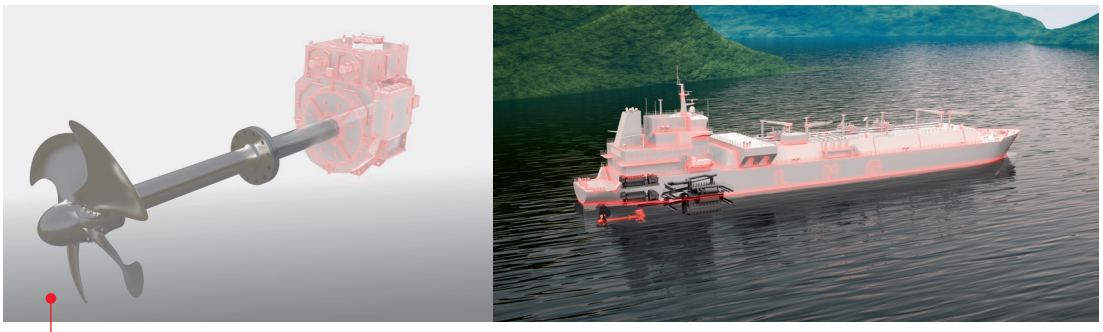
通过直接安装在船舶主推进轴上的发电机发电的效率通常高于运行辅助发电机组。为了最大限度地发挥轴带发电机的优势，尤其是为了提高能效，设计其转子时，可以采用永磁体 (PM) 来代替传统转子绕组。消除转子绕组和相关设备即相当于消除了造成发电机总能量损失的大部分因素。与传统发电机相比，永磁式发电机尺寸更小，却能实现更高的功率密度和效率。与感应式轴带发电机相比，其满载时节能效果显著，但在部分负载状态（船舶通常处于运行状态）下，节能表现更为突出（高达 10%）。添加变速驱动器 (VSD) 允许推进装置在最有效的运行点运行。

对于造船厂和系统集成商来说，永磁轴带发电机的优点在于其体积更小、重量更轻，可快速方便地进行安装。

对于船主和运营商来说，可节省燃料消耗和维护费用：与过往解决方案相比，永磁轴带发电机可立即节约高达 4% 的燃料成本。排放量也有所降低，且因为永磁转子所用组件较少，维护和停机成本也相应减少。

永磁轴带发电机提供多种运行模式，进一步提高了灵活性、冗余性和安全性。到目前为止我们所讨论的发电机模式称为动力输出 (PTO) 模式。在动力输入 (PTI) 模式下，发电机将作为电机工作，向推进轴提供临时动力，这样便可缩小主发动机尺寸。此外，如果主发动机发生故障，动力返回 (PTH) 模式允许船舶靠电力安全返港。

ABB 最新款永磁轴带发电机 AMZ 1400 将安装到喜马拉雅航运的 12 艘散装货轮上。套件包括 ABB ACS880 VSD，其将优化船舶性能，以应对速度、散装货物重量和电气负载方面的变化。•



永磁技术提高了船舶的**效率、性能和可靠性**

每天可**减少数吨 CO_2 排放**

与传统发电机相比，**尺寸小 20%，重量轻 30%**

同步调相机确保电网稳定运行

随着电网中可再生能源的激增，传统上由化石燃料发电厂提供的高惯量发电机的数量在实际数量和总发电容量中所占份额都在减少。这可能会产生严重影响：惯量对于补偿电网突变至关重要，例如当发电机跳闸并离线时，惯量可确保电网频率维持在严格控制的范围内。

拆除高惯量发电机后，应如何保持电网惯量？答案在于同步调相机。

同步调相机是一种大型旋转装置，可存储物理惯量，为电网提供瞬时支持，无论上游网络电压或频率如何，均能维持电网稳定。

50 多年前，同步调相机的应用非常广泛，但现在已经不太常见，因其以前的主要功能“无功补偿”现已可通过其他多种解决方案实现。但是，这类设备无法如同步调相机一样维持电网稳定，因为后者的能力并不仅仅局限于无功补偿。

当系统需要额外惯量时，在现有同步调相机上增加飞轮不失为一种经济有效的方式。与安装更大的同步调相机来满足惯量要求相比，该措施更有可能降低损耗。

ABB 选择使用一种正在申请专利的集成安全装置来升级其同步调相机飞轮，而不依赖外部保护功能。

未来的网络将需要使用分散式解决方案来维持电网稳定性和弹性。同步调相机是一款久经验证的解决方案，几乎瞬间即可启动，以加强薄弱或受损网络，即便在偏远地区其表现也毫不逊色。•

有关更多信息，请参阅本期《ABB 评论》第 66-71 页“电网支持”。

数字化

40

数字化的前景可谓众所周知。但要实现数字化往往十分困难、耗时且成本高昂。ABB 已将简化并加速客户在充分发挥自动化能力方面的进展作为优先事项。数字化不应仅仅代表一次转型，而是持续转型。

34 **摆脱有线限制**
5G 助力过程自动化

40 **安全载入**
OPC UA 保障工业通信安全

44 **完美循环**
数字化与可持续性

50 **数字化未来**
ABB 下一代驱动控制平台

5G 助力过程自动化

摆脱有线限制

5G 在工业中的潜力早已成为频繁讨论的主题。自 2020 年以来，商用 5G 已在消费市场上广泛使用，那么现在是时候使用 5G 移动宽带技术实现过程自动化了吗→01?

01

02

—
01 5G 在诸多行业呈蓬勃发展之势 — 能否利用其来改进并简化过程自动化？

—
02 过程自动化中的聚合应用。

目前，5G 标准化工作旨在提供一种通用通信基础设施，集成有线和无线媒体，聚合信息技术 (IT) 和运营技术 (OT) 领域的所有通信[1]。五年来，ABB 始终积极从自动化角度推动 5G 技术成型，探索其对客户的应用价值。

5G 寻求通过一套技术和使用一种基础设施支持几乎所有工业应用，例如，资产遥测数据传输、移动办公基础设施或时间关键型控制信令→02。虽然其中部分应用可在公共 5G 网络上运行，但其他应用则需要控制网络资源和数据安全，而这只有独立的本地 5G 网络才能提供。此外，5G 的目标是将 OT（自动化）、IT 和电信聚合到以无线为中心的同一网络中。

—
5G 允许仅通过一组基础设施资产向所有应用提供通信服务。

在这一背景下，ABB 和 Ericsson 调查了当前可用的 5G 移动宽带技术投入过程自动化应用的就绪度。这些调查提供了网络性能相关洞察，有助于人们了解 5G 系统配置和管理的可行方法。

Dirk Schulz
ABB 集团研究中心
德国拉登堡

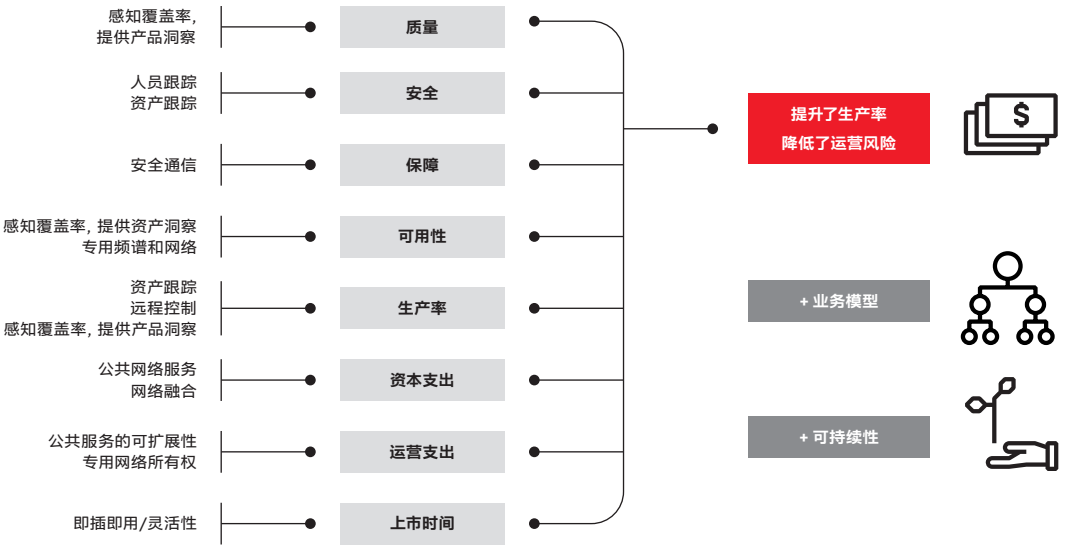
dirk.schulz@de.abb.com

通用无线基础设施的价值

5G 致力于提供通用无线基础设施的雄心衍生出一系列价值主张→03。最重要的是，5G 允许仅通过一组基础设施资产向所有应用提供通信服务，并支持任何形式的迁移。该技术还可减少电缆布线，或增加传感器覆盖范围，助力灵活重新配置生产流程，从而提升资产可用性及产品或流程洞察。客户可以选择投资和控制此类基础设施资产，或将连接作为服务，使基础设施成本与聚合无线连接提供的价值成比例。无需使用多个 IT 和 OT 有线与无线系统和安全解决方案，仅通过一个安全且高可用的基础设施即可满足所有客户需求。

5G 部署与现实

蜂窝标准化和发展是一个持续的过程，与前几代蜂窝技术一样，5G 功能的实现亦将是一个逐步发展的过程。每个标准版本都侧重于不同类别的应用。自 2020 年以来，从移动宽带（第 15 版）开始，一直是商用解决方案和公共网络的基础。后续标准版本第 16 版至第 18 版已部分成型，侧重于低延迟通信和大量物联网 (IoT) 设备 - 但相应产品和专用或公共网络尚未投入商用。到目前为止，5G 标准关注的是移动消费市场需求，这不难理解。现在，对于同时了解自动化和 5G 的业内资深合作伙伴（此处是指 ABB 和爱立信），探索新兴标准所含内容与现有可用且可能的内容之间的差异很有意义。



03

5G 价值主张 基本价值类型 总价值

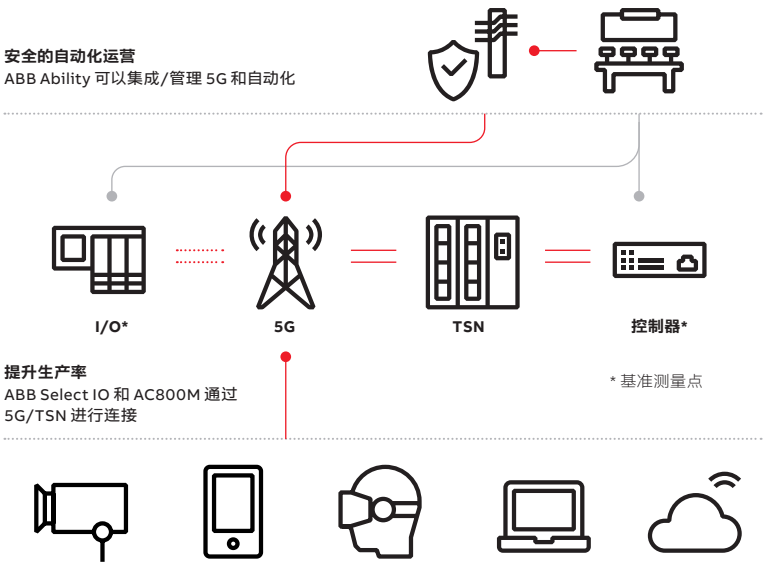
测试 5G

要实现上述价值主张，要求 5G 能从技术层面在工业系统规模上取代有线通信。这一情况需要进行详细的技术评估并开发新功能，尤其是需要解决与提供完全自动化解决方案有关的以下问题，如→04 所示

- 性能：5G 是否能够在同一个（聚合）网络基础设施上运行典型的过程自动化应用，PROFINET IO 等基于以太网的协议如何在基于 IP 网络上运行？相关应用包括周期时间低至 250 ms 的监管核心控制、设备和资产管理以及物联网遥测数据收集。首次评估不考虑运动控制、事件序列 (SoE) 或用于安全应用的高完整性通信。

到目前为止，5G 标准关注的是移动消费市场需求，这不难理解。

- 融合：自动化和电信应用能否在同一网络基础设施上进行融合？这种融合需要核心控制和数字应用程序以及视频、语音、访问控制等并行运行，而无损性能，亦无需在融合网络基础设施之外增加投资。
- 自动化：从自动化角度来看，如何轻松安全地操作整个蜂窝网络？拥有自动化背景的用户，包括操作员、工程师甚至是网络专家，无需经过详细培训或详细了解蜂窝技术[2]。
- 安全性：考虑到使用无线、互联网技术和应用融合带来的风险级别，5G 是否符合网络安全需求→05？



聚合连接
用于数字化控制系统、电信、劳动力等的可扩展基础设施

04

— 03 单个 5G 功能的价值主张。

— 04 ABB 与 Ericsson 使用 5G 基础设施携手打造自动化环境。

— 05 对于任何新技术来说，安全性都是一个重要方面。

为了解决此类问题，ABB 和 Ericsson 在专用实验室网络上进行了测试和开发活动，如→04 所示.

实验室设置有一个特别的亮点，即 ABB 在瑞典和德国的研究中心之间建立起了分布式 5G 校园网络，而该网络使用了爱立信发布的产品。这种所谓的 5G 非独立 (NSA) 网络使用 4G/LTE 进行网络流量管理和 5G 新无线电 (NR) 连接，以传输工业应用流量，如监测或时间关键型应用数据。无需网络运营商，而是使用所谓的本地光谱频段（德国和瑞典为 3.7 至 3.8 GHz）[3]。

在应用端，由 ABB AC800M 控制器和 ABB Select I/O 远程 I/O 组成的简单控制系统通过 PROFINET IO 进行连接，已迁移至 5G。远程 I/O 通过冗余 5G 工业路由器进行连接，而不依赖于以太网环。使用流量生成器来评估该等控制应用的可扩展性，并验证与数字服务或电信流量等的共存情况。

对无线 5G 网络和当今基于光纤的有线网络之间的通信延迟和故障转移行为（即恢复到备份系统）进行了比较。为此，直接在控制器和 I/O 设备的以太网接口处进行低电平测量→04。

为了实现蜂窝网络运营自动化，5G 配置和管理功能已内置到 ABB Ability™ Edgenius 边缘/云平台中。该步骤允许通过 ABB 的自动化环境使用与安全相关的

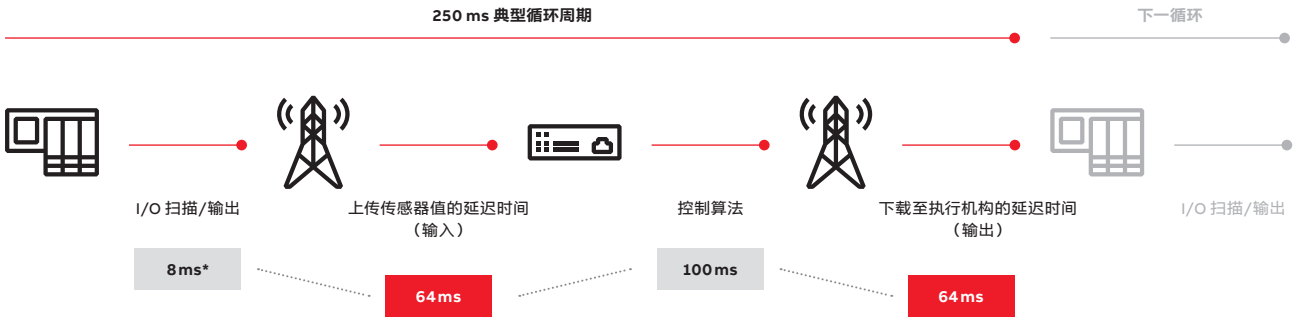
ABB 和 Ericsson 在专用实验室网络上进行了测试和开发活动。

5G 功能，如相互身份验证、使用控制和安全通信，以满足 IEC 62443 网络安全标准中所列要求。

5G 投入过程自动化应用的就绪度

5G 研究的首要问题关乎性能，即确保 5G 能够保证提供所需延迟和可用性，以取代有线通信。实验室性能测试表明，只有优化 5G 校园网的无线接入网 (RAN) 设置，才能实现 64 ms 的上行链路和下行链路延迟，以及高达 99.9999% 的可用性。改进后足以在 250 ms的循环周期内运行调节控制→06。如果应用程序可以容忍连续数据包超时或延迟交付，甚至更低的可用性，则可以实现较低延迟。此外，在两个独立的网络路径上复制 I/O 数据允许应用容忍 RAN 中的 5G 路由器或无线电连接出现故障，并进一步提高健康系统中 5G 通信服务的可用性。

图 05 来源: ©dusanpetkovic1/stock.adobe.com



06

可使用基于 IP 的协议（如 OPC UA 或 Modbus TCP）与 5G 进行本地通信。即便是采用 ABB 的 AC800M 和 Select I/O 的 PROFINET IO 解决方案亦可通过使用第二层隧道协议 (L2TP) 实现。通过对 Select I/O 进行适当模块配置，可以避免隧道开销带来的数据包大小限制。

为了扩展 5G 系统基础设施，以便与数万个 I/O 信号、数百个摄像机和移动设备一起使用，网络运营流程的效率可谓至关重要。

5G 已准备好在 IT/OT 融合网络中试点实施监管流程控制。

为此，Ericsson 开发了一个管理应用程序编程接口 （API),称为 5G 网络开放接口，并将其集成至 ABB 的数字化生态系统中，以在自动化环境中安全载入和卸载蜂窝设备，或配置和监控单个数据连接的服务质量 (QoS)，例如控制器和远程 I/O 之间的连接。API 将所需的简单性引入 5G 蜂窝网络的日常运营中，而不会从管理角度影响安全性或性能→07。API 集成利用现有 5G 安全机制，首先 使用强加密技术在工业 5G 路由器和 5G 网络之间提供相互身份验证，然后对空中通信进行加密。

后续步骤

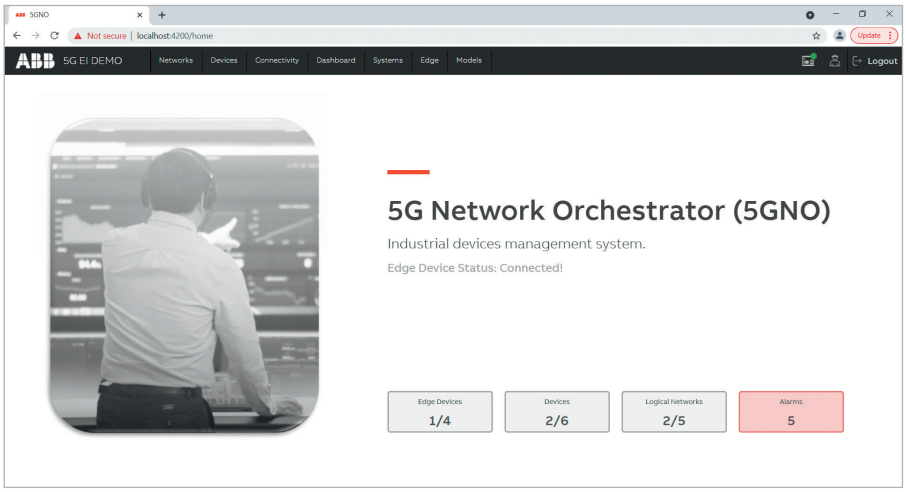
如前所述，开箱即用的 5G 移动宽带技术在工业使用方面存在限制，对于时间关键型应用更是如此。但 ABB 和 Ericsson 在 IT/OT 融合网络中克服了此类限制。补救措施包括进行性能优化，在 250 ms 循环周期内使用 5G 进行监管控制；在自动化系统内安全轻松地运营 5G 网络，即无需特定的蜂窝专业知识或网络运营商的支持；以及找到用于选择和配置通信设备的最佳实践。使用本地工业频谱（如可用）将这一关键资源的控制权直接交到工厂所有者手中，只象征性地收取费用。

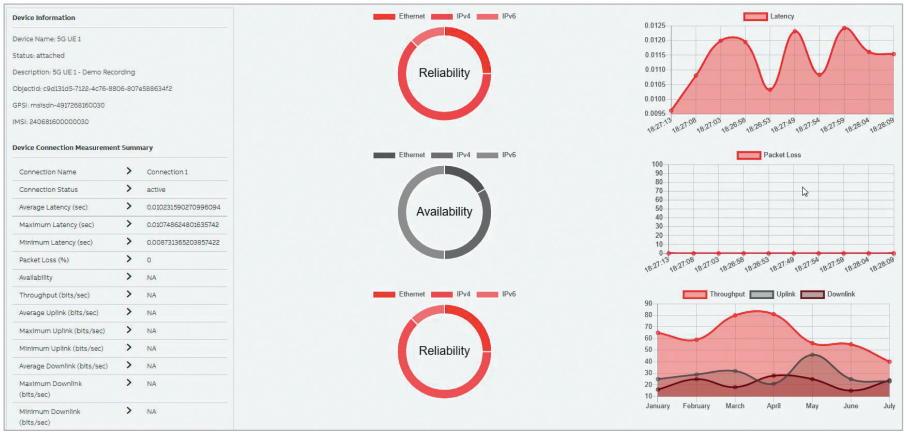
虽然我们正将从实验室进行这项联合技术发展中汲取的经验教训应用于开发下一代产品并制定 3GPP 或 5G-ACIA 社区标准，但 5G 总体上已准备好用于真实过程环境中的试点测试或前端工程设计 (FEED) 研究。除了控制和资产管理，移动办公方面和移动设备集成也可以融合到一个 5G 网络上。•

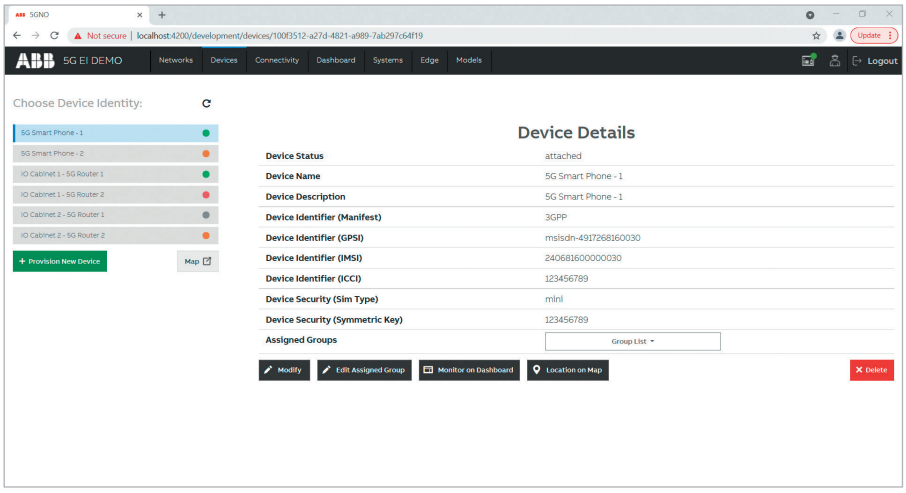
特别鸣谢
笔者特此感谢 Ericsson 研发部门的同事以及 ABB 前员工的杰出贡献。

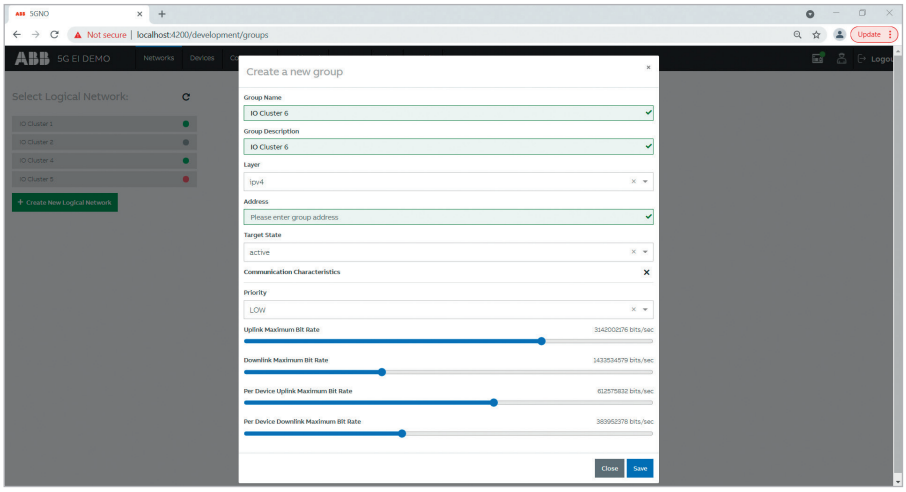
—
06 过程自动化中调节控制的典型循环周期示例（*带 128 个通道的 ABB Select I/O，分别带 16 个通道的 8 个通用 I/O）。

—
07 使用 5G 网络的 Edgenius 使能编排进行概念验证。5G 集成的用户体验来自于 ABB Ability 顶部的仪表板。









参考文献

[1] D. Schulz, “5G for Digital Industries,” *ABB Review* 1/2020, pp. 30–36.

[2] 5G-ACIA, “Exposure of 5G Capabilities for Connected Industries and Automation Applications, 5G-ACIA, Whitepaper,” Feb 2021. 来源：https://5gacia.org/wp-content/uploads/WP_039_Network-Exposure-Interface.pdf.[访问日期：2022 年 7 月 12 日。]

[3] Bundesnetzagentur, “5G spectrum fees for local usages.” 来源：https://bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/EN/2019/20191031_LokalesBreitband.html. [访问日期：2022 年 7 月 12 日。]

OPC UA 保障工业通信安全

安全载入

要集成实现工业数字化转型所需的设备，需要采取谨慎和循序渐进的方法实现网络安全。OPC 统一架构 (UA) 的内置安全功能如何协助工业设备进行安全载入？

01

Sören Finster
Florian Kohnhäuser
Thomas Gamer
ABB 集团研究中心
德国拉登堡

soeren.finster@de.abb.com
florian.kohnhaeuser@de.abb.com
thomas.gamer@de.abb.com

Frank Fengler
Ragnar Schierholz
ABB 过程自动化事业部
德国明登

frank.fengler@de.abb.com
ragnar.schierholz@de.abb.com

Tilo Merlin
ABB 过程自动化事业部
德国法兰克福

tilo.merlin@de.abb.com

工业数字化快速发展实现了更高的自主权，这意味着生产率更高、成本更低、能源费用更少、健康和安全条件得到改善以及可持续性提升[1,2]。但数字化转型同样带来了挑战 — 例如，互操作性带来的挑战，其需要有关连接性、接口、信息模型、语义和网络安全的全球标准。OPC UA 正以一种安全的方式成为助力实现互操作性的核心技术之一→01。

OPC UA 在设计上将连接性、建模、语义和安全性相结合，直接解决了互操作性问题[3]。OPC UA 的内置网络安全功能虽然处于可选模式，但只要将新设备集成到系统中，就会即刻发挥作用 — 但在大多数情况下，作为安全通信的先决条件，必须将某些加密资产提前分发给建立连接的设备→02。遗憾的是，因安全过程和生命周期安全的复杂性，以及人们认为其可用性有限，OPC UA 的网络安全能力往往被忽视。

安全设备载入和 OPC 10000-21

虽然截至目前为止，以太网主要用于过程工业，在获得有效控制且受到保护的环境中连接操作工位、工程站和控制器，但目前以太网已在车间基础设施、传感器和执行机构网络中逐步投入使用。这一趋势要求所有设备都以值得信赖的身份进行安全通信，无论是与过程控制还是维护和操作相关。

在这种情况下，所谓的载入 — 即拆箱新设备并将其调试到系统中 — 是设备生命周期中的关键阶段，因其最初创建的关系

> 载入阶段十分关键，因其最初创建的关系此后将被视为值得信任的关系。

此后将被视为值得信任的关系。但对此类关系和相关加密资产的信任度仅可与集成他们的载入过程的安全性一样强。在安全载入期间，必须排除恶意或错误行为体，因此设备识别和身份验证是重要的第一步。然后，配置必要的参数，将新设备置

—
01 工业数字化程度不断提高带来了网络安全挑战。OPC UA 直面此类挑战。

于操作状态。为了达到安全的功能状态，此过程包括配置安全参数（例如，设备证书和匹配的加密密钥），并确保仅连接至合法网络。

概言之，设备载入面临的关键挑战在于

- 身份识别和身份验证：为设备附加一个全局可验证的身份，以确保仅合法设备可以连接到运营商系统。
- 初始密钥分配：向设备提供所需的安全凭据、配置和信任关系，以确保设备安全运行。
- 生命周期安全：在设备生命周期内管理安全凭据和配置，包括更新、升级、吊销等。

在工业自动化系统中，安全设备载入方面最具前景的标准化工作是 OPC 10000-21[4]。该规范允许根据唯一设备身份针对运营商网络对设备进行全面身份验证，继而安全且自动化载入 OPC UA 设备→02。

制造商认证真实性

在制造过程中，符合 OPC UA 的设备配备有特定于设备的唯一非对称密钥对，以及由制造商的证书颁发机构 (CA) 签署的 IEEE 802.1AR[5]初始设备标识 (IDevID) 证书→03。使用该证书，可以初步检查设备身份的真实性。通过验证所述设备是否持有相应私钥，可以安全地识别并验证设备。

对这一过程的信任源于制造商 CA 的完整性。必须通过安全的方式获取证书，例如，从制造商的安全互联网上下载，或通过 OPC-10000-21 中规定的票证机制获取。

IDevID 证书属于静态证书，因此并非为购买设备的客户量身定制，不包含部署后才可用的信息，例如 IP 地址或主机名。虽然在 OPC UA 处于运行状态时， 该部署特定信息预计会在证书中显示且正确无误，

—

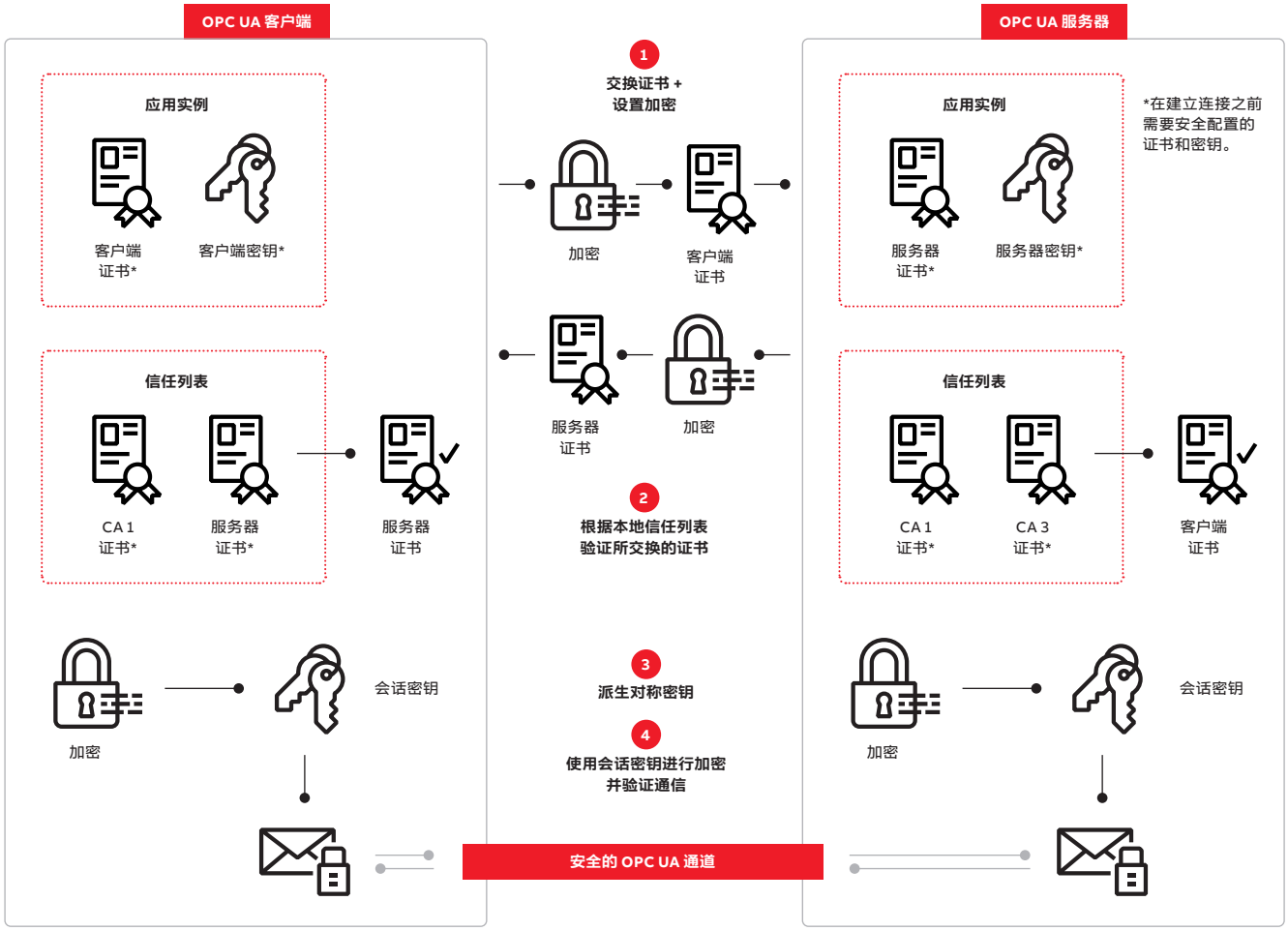
载入流程是 OPC 10000-21 的一个关键方面，存在一些基础设施要求。

但 OPC 10000-21 标准允许在使用静态 IDevID 证书进行自动安全设备载入过程中省略此类检查。而且，即使不进行此类检查，实现安全设备识别的第一步业已带来了巨大的价值，并开辟了全新机遇。

确保 OPC UA 设备安全载入的解决方案路线图

上述载入流程是 OPC 10000-21 的一个关键方面，存在一些基础设施要求：第一步，制造商必须调整其制造流程，生成唯一的设备凭据（通常在目标设备上），并通过制造商 CA 签署。身份参考标准 IEEE 802.1AR 要求在硬件安全模块 (HSM) 中存储密钥材料，以防止提取私钥，并提高资源受限设备的加密性能。此处，在 IDevID SubjectAltName 字段中使用制造商创建的“ProductInstanceUri”[6]，这是一种符合 IEC 61406（处理物理对象自动识别的标准）的全局唯一资源标识符，允许链接到设备。

实际上，这意味着设备包含 HSM，用于在制造过程中为设备标识生成公钥和私钥



02

对。然后，设备生成一个证书签名请求 (CSR)，该请求通过工厂基础设施提交给制造商 CA。在此过程中，ProductInstanceURI 与该请求相关联。制造商 CA 颁发 IDevID 证书，并使用证书响应 CSR。设备通过工厂基础设施接收响应，并在其内存中安装证书。

第二步，在制造商基础设施中颁发并签署包含设备元数据的票证。此票证包括验证 IDevID 证书所需的信任锚（已知而非派生的公钥）。最后，票证存储在设备上，并可通过带外通道交付给设备购买者。

OPC 10000-21 的全面实施和大规模应用尚需时日，但安全设备识别的第一步已经开辟了新机遇，并且表明 OPC 10000-21 可以迭代交付，随着软件升级，未来几代的安全性将进一步提升。

通过安全设备标识实现速赢

实现“速赢”的前提是，运营商可以验证单个设备的 IDevID 证书，证明其是来自供应商的正版设备。

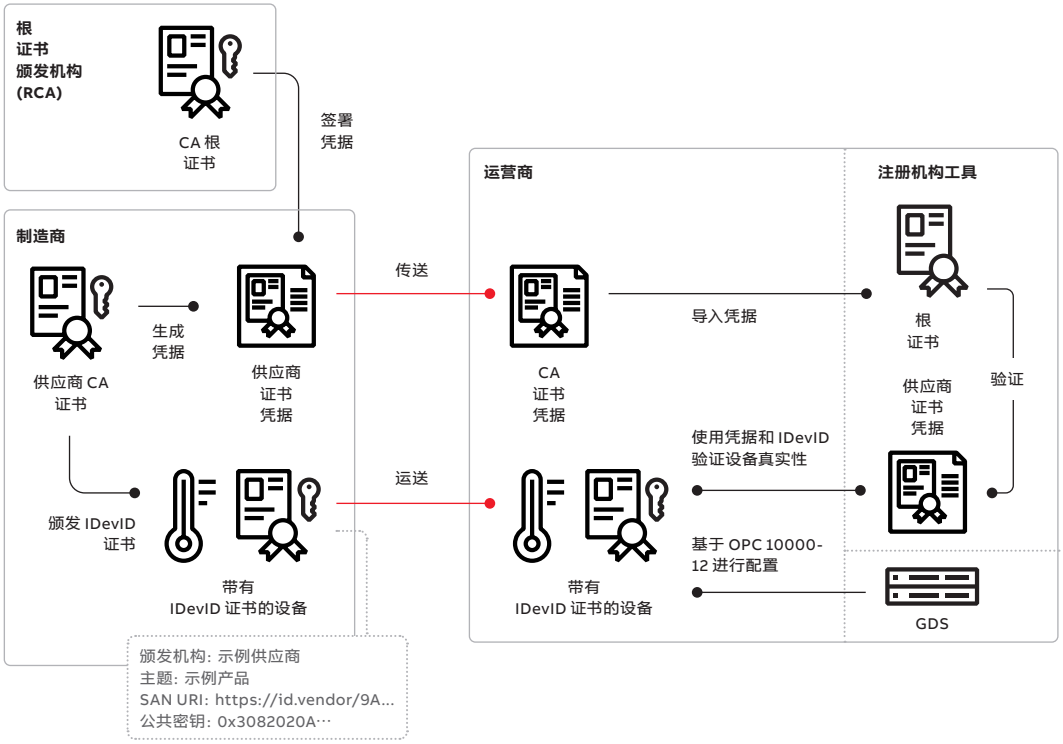
要验证 IDevID，运营商需要已签署 IDevID 的供应商 CA 证书。OPC 10000-21 票证可用于将此 CA 证书从供应商处传输给运

OPC 10000-21 的全面实施和大规模应用尚需时日。

营商，亦可预先安装在运营商所使用的软件或硬件中。通过这种方式，无需完全实现 OPC 10000-21，IDevID 即可提供安全优势。

此外，每个 IDevID 都与供应商提供的设备 ProductInstanceURI 标识符绑定。ProductInstanceURI 标识符通常指向全局可用资源，例如提供设备其他相关信息的网站。因此，该信息可用于使用制造商后端进行身份验证，并获得设备的附加生命周期信息，从而实现一些值得信赖的全新功能，例如

- 无需搜索具体的设备类型或编号即可访问



03

02 在客户端和服务器之间建立安全的 OPC UA 连接。

03 高级别实体以及制造商和客户端与 OPC 10000-21 的交互。

可靠的产品信息，因特定于类型和实例的信息可从身份验证信息中获取。产品信息示例可能主要是静态数据，如设备描述、规格、手册、生产数据、供应商服务或 CO_2 足迹。

- 访问数字孪生体子模型，可以提供真实、正确且可靠的设备数据，如运行时数据。上述访问行为消除了在系统之间传输数据时出现的手动错误，并有助于履行文档记录或审计跟踪义务。
- 通过能够直接授权功能或启用服务合同（例如，通过制造商云设施）的设备，轻松灵活地启用功能。
- 更新的“软件化”，包括在长期运行的灵活系统中出于安全原因和投资保护而进行的固件更新。

OPC UA 仍在不断发展

OPC UA 具有内置安全功能，有助于实现数字转型的整体安全，尤其是设备载入。虽然 OPC UA 安全功能包括针对运营商网络对设备进行全面身份验证，但当前版本的 OPC 10000-21 尚不支持针对设备进行运营商网络验证。其中的主要挑战在于，客户的信任锚在设备制造期间不可用。然而，已实现的高安全性和可用性将显著提高部署的安全性。此外，协议未来还可能进行扩展，从而带来可互操作的解决方案，以在制造期间或在载入前的后期阶段将客户的信任锚部署到设备上。

无需完全实现 OPC 10000-21，IDevID 即可提供安全优势。

凭借因具有安全设备标识所实现的功能以及安全和自动化设备载入的标准化，为 ABB 客户提供可用自动化安全解决方案的路线图应运而生，让客户在要求苛刻且不断演变的安全环境中稳步前进。•

参考文献

[1] T. Gamer et al., “The Autonomous Industrial Plant – Future of Process Engineering, Operations and Maintenance,” *Journal of Process Control*, vol. 88, pp. 101–110, 2020.

[2] ABB.“Billions of better decisions,” Study report, 2022. 来源: https://stories.ability. abb.com/better-decisions/introduction/.[访问日期: 2022 年 9 月 1 日。]

[3] M. Kiener, “OPC UA” *《ABB 评论》* 1/2023, pp. 80 – 81.

[4] OPC Foundation, “OPC 10000-21 Device Onboarding, Release Candidate 1.05.02 RC1, 2022-07-1.”

[5] IEEE, “802.1AR: Secure Device Identity,” Standard, Revision -2018, 2017. 来源: https://1.ieee802.org/security/802-1ar/. [访问日期: 2022 年 9 月 1 日。]

[6] OPC Foundation, “OPC 10000-100 Devices – Section 5.5.2 VendorNameplate Interface”, Release 1.02.02, 2020.

数字化与可持续性

完美循环

ABB 期望到 2030 年针对其 80% 的产品和解决方案实现全生命周期循环方法。要实现这一宏伟目标，必须提供整个生命周期内的所有相关产品数据。要让访问如此大量的数据变得可行，数字化是关键使能因素。

01

—
Sten Grüner
Thomas Gamer
Ralf Gitzel
Jan-Christoph Schlake
Marco Ulrich
ABB 集团研究中心
德国拉登堡

sten.gruener@de.abb.com
thomas.gamer@de.abb.com
ralf.gitzel@de.abb.com
jan-christoph.schlake@de.abb.com
marco.ulrich@de.abb.com

Kai Garrels
ABB 电气化事业部
德国海德堡

kai.garrels@de.abb.com

可持续性是 ABB 的核心宗旨。ABB 期望到 2030 年针对其 80% 的产品和解决方案实现全生命周期循环方法，这与联合国的全球可持续发展目标不谋而合。

循环经济概念助力实现系统自给自足：产品正常使用，但当不再需要或不再工作时，就由他人再利用或进行修复。在生命周期结束时，其将被拆解，其组件和原料用来制造新产品→01。循环经济除了带来环境效益外，还可提高经济竞争力和复原力。ABB 的循环方法融入了 ABB 和客户对产品全生命周期的看法。

为了实现 80% 这一宏伟目标，在整个生命周期内，与物料和过程相关的所有相关产品数据必须公开透 明、可追溯且容易获取。例如，制造商需要了解其在产品生命周期内所采取行动的环境成本，工厂运营商必须了解其操作的 CO_2 足迹和优化潜力。遗憾的是， 由于创建洞察所需数据量过于庞大，因此往往无法获取。

—
循环经济除了带来环境效益外，还可提高竞争力和复原力。

要管理、访问和使用如此大量的数据，数字化是关键使能因素[1]。以下示例描述了 ABB 针对 ABB 循环的不同领域进行的三项活动，以及数字化在其中发挥的作用。

01 循环经济建立在资源和制造组件再利用基础之上，需要使用产品整个生命周期的大量数据。图示为利用 ABB 零排放™ 产品和解决方案包的未来工业设施。

循环性和碳足迹数据可用性

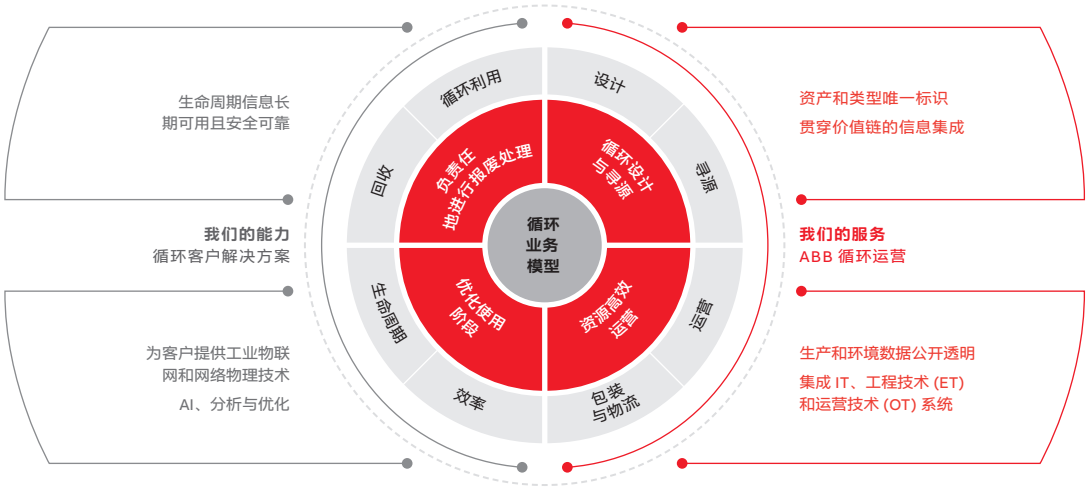
ABB 闭环循环方法包括 ABB 对解决方案设计和物料、采购、运营、物流以及避免废物产生的看法，以及客户对优化效率和生命周期以及报废处理的观点[2]→02。此类系统需要有关产品环境足迹的全面信息，例如其 CO_2 当量。这类信息是欧盟委员会正在推动的数字产品护照 (DPP) 倡议的重点。

ISO 14067 同样提供了指导，其是 ISO 14060 系列标准的一部分，用于量化、监测、报告和验证温室气体排放量。ISO 14067 将产品碳足迹 (PCF) 定义为其生命周期内释放的所有温室气体排放量和清除量的总和，以 CO_2 当量表示。PCF 可涵养产品生命周期内所谓的从摇篮到坟墓的生命周期部分，即产品组件、生产和内部物

系统需要有关产品环境足迹的全面数据，例如其 CO_2 当量。

流的 CO_2 当量。从摇篮到坟墓的 PCF 还包含了产品运行方面的 CO_2 足迹，例如，运输至使用地点、安装、使用和报废事件。

ABB 参与了德国的一项倡议[3]，展示如何在公司之间交换碳足迹信息，及如何并入基于开放标准和工业 4.0 技术的复杂产品的 PCF 中。为此，演示电气柜配备了由 14 个供应商提供的组件。机柜包括实施工业 4.0 标准的组件，如基于二维码的资产识别，及通过所谓的资产管理壳 (AAS) 访问每个资产 PCF→03。AAS 是一种工业数字孪生体的可互操作实现，保持了技术中立和供应商



02

中立，涵盖了资产的全生命周期 [4]。而数字孪生体则是物理资产的数字表示，围绕资产提供数据、模型和服务，从而实现工业应用。

机柜包括实施工业 4.0 标准的组件，如基于二维码的资产识别。

通过访问每个资产的数字孪生体以及机柜包含组件拓扑的数字孪生体，分析应用程序可根据组件的已知 PCF 总结出机柜正确的从摇篮到坟墓的 PCF 值。

物料流优化

采矿业为展示数字化和数字孪生如何帮助提高可持续性提供了一个良好的背景。采矿业占全球 CO_2 排放量的 4% - 7%[5]，占全球能源消耗的 6% 左右[6]。这一比例不太可能迅速下降，尽管如此，业内关键参与者仍在力争到 2050 年实现碳中和。为了实现这一目标，需要采取整体优化方案，优化从矿井到港口的能源消耗和 CO_2 排放。其中，ABB 提出的名为“物料流数字孪生体”(MFDT) 的研究概念有助于提供必要的透明度，跟踪物料的连续流情况。MFDT 由基于国际标准的信息元模型、离散事件模拟器、模型库和分析模块组成，允许在线计算每生产吨的单位 CO_2 排放量或每生产吨的单位能耗等关键性能指标 (KPI)。

根据政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 指南衍生出的基于活动的分析可以由 MFDT 提供的物料流信息来推动→04。这种组合提供了整个价值链及其实际排放量的在线概览。MFDT 数字技术，如状态估计、不确定性量化、假设分析和流量优化，有助于确定减少采矿过程排放量的战略行动。

资源高效运营：
ABB 零排放

数字化和数字孪生体是 ABB 零排放项目的关键组成要素，该项目旨在为工业、家庭和城市打造碳中和且能源自给自足的生态系统 [7]。保持来自生产、电气化和建筑的物联网 (IoT) 数据的透明度对于提高运营资源效率和实现零排放目标必不可少。从所有相关实体收集物联网数据，并以数字方式连接物理实体，如电动汽车 (EV) 充电器、太阳能电池板或建筑自动化设备，实现互操作性和整体优化，从而实现透明度。

—
02 采用关键数字化技术的 ABB 循环方法。

—
03 2022 年汉诺威博览会上展示的演示机柜，其显示了如何基于数字孪生体访问和聚合由 14 家供应商提供的组件的 PCF 信息。

位于德国吕登沙伊德的 ABB Busch Jaeger 工厂所安装的一台设备展示了物联网数据和数字能源管理如何助力实现能源转型和可持续性。所安装的 ABB 设备（配备 ABB 的 OPTIMAX® 可扩展能源管理系统）采用年发电量达 1100 MWh 的太阳能发电装置，晴天可满足整个工厂的电力需求，每年减少 630 吨 CO_2 排放量。

—

如 IEC 61406 标准所述，可通过二维码或 NFC 标签链接唯一资产标识。

要求和工业 4.0 技术

在上面讨论的用例中，基于生命周期的可持续性方法的数字解决方案出现了两个关键性的先决条件：

- 在生命周期内，需要从数字孪生体中收集资产生命周期信息。
- 需要基础设施来存储、服务和连接数字孪生体数据。

可以从上述先决条件和提议的工业 4.0 技术解决方案中衍生出进一步的高级要求。有关生命周期信息，高级要求如下：

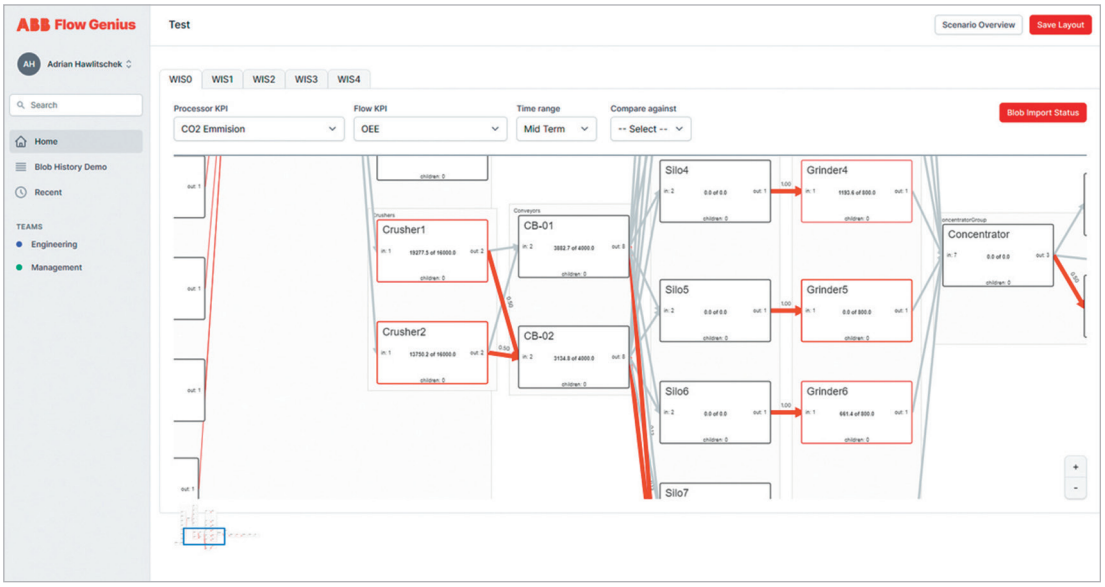
- 资产的唯一标识。
- 有关资产类型和结构的知识，富含语义的其他信息。
- 在资产的生命周期内，对与资产直接相关的变更进行版本控制。
- 迁移和向后兼容工业 4.0 生态系统（如工业 4.0 信息元模型）的更新。

对于存储、服务和连接数字孪生体的基础设施，必须具备以下条件：

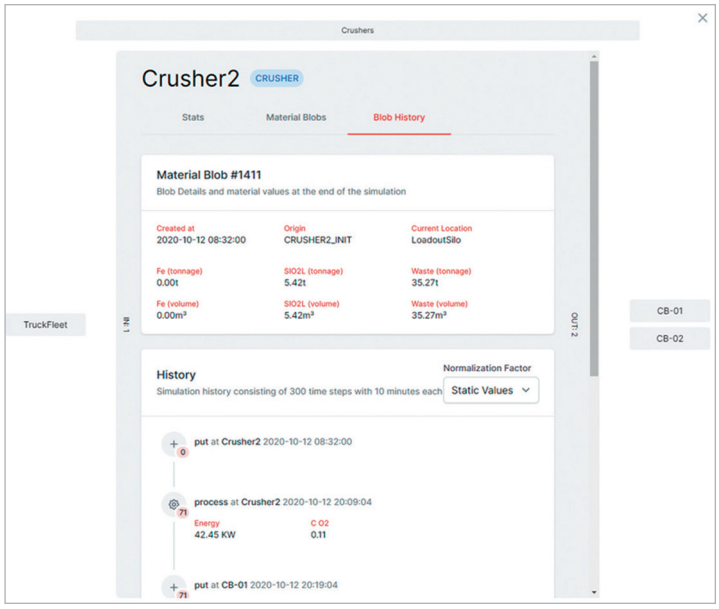
- 不同组织的 IT、OT 和 ET 系统等所有相关实体可互操作。
- 使用如工业物联网和信息物理系统 (CPS) 等连接到物理对象和数字表示。
- 通过长期存储实现信息终身可用。
- 确保信息的不变性和一致性。

能部分满足上述需求的技术业已存在。例如，可通过二维码或近场通讯 (NFC) 标签链接唯一资产标识，正 如 IEC 61406-1 标准中规定的独立于供应商的“标识链接”所建议的一样。此类链接提供了物理对象（二维码或 NFC 标签物理附着在资产上）与其数字表示之间的稳定标识和连接。

03



04a



04b

为了存储和访问有关资产类型和结构的知识，Plattform Industrie 4.0（一个推动工业 4.0 和数字化转型[8]的研究设施与工业公司网络）和工业数字孪生体协会 (IDTA) [9]指定了实现通用数字孪生体概念的 AAS 并达成了一致。

物理对象通过如工业现场总线、基于以太网的工业物联网技术或 OPC UA 等可互操作技术与数字表示建立的安全连接在接入 AAS 时对用户透明。通过集成供应商特定模型（如 ABB Ability™ 信息模型），以及独立于供应商的标准化 AAS 或 OPC UA 信息模型，实现互操作性。此外，AAS 等数字概念提供了一种将数字孪生体与 CPS 中的模拟等事物集成的简单方法。最后，基于机器学习 (ML) 或人工智能 (AI) 技术的分析和优化让用户可从通过数字孪生体和数字基础设施访问的大量数据中获益。研究和标准化工作目前正在进行中，以解决尚未发现的需求。

数字孪生体还有助于满足与环境法和可持续性法规相关的要求。

数字孪生体对于满足与环境法和可持续性法规相关的要求同样非常有益 — 毕竟，只有能够在不损失物料或释放危险物质的情况下对产品进行适当再加工，才有可能实现循环经济。

许多法律法规（如 RoHS、WEEE 或 REACH）通常要求特定类型的文档。可以使用数字孪生体技术和模型提供此类文档，这些技术和模型可以适应产品或物料生命周期的变化，并保证可长期访问。

—
04 在连续工业中基于 MFDT 进行物料跟踪有助于计算每生产吨的单位 CO_2 排放量。

04A 仪表盘研究表明与平均值之间存在偏差。

04B 向下钻取功能允许对具体的物料单位进行评估。

—
05 迈向更健康、更繁荣的世界是 ABB 推动可持续发展的核心所在。

05

全生命周期循环方法

可持续性是 ABB 的核心宗旨，也是 ABB 为利益相关者所创造价值的核心。对 ABB 来说，可持续发展意味着迈向更健康、更繁荣的世界[2]→05。本文中描述的数字化概念和解决方案是这一目标的核心所在，将有助于到 2030 年针对 80% 的产品和解决方案实现全生命周期循环方法。此外，数字化提供的机遇— 尤其是在涉及数字孪生体的情况下 — 对几乎所有公司开放，帮助他们在组织内部和跨整个价值链进一步提升可持续性。•

—
对 ABB 来说，可持续发展意味着迈向更健康、更繁荣的世界。

—
参考文献

[1] M. W. Hoffmann et al., “Developing Industrial CPS: A Multi-Disciplinary Challenge,” *Sensors Journal*, 21(6), 2021.

[2] ABB, “SUSTAINABILITY REPORT 2021: From ambition to action,” March, 2022.来源：https://sustainabilityreport.abb.com/2021/servicepages/downloads/files/sustainability-performance-abb-csr21.pdf.[访问日期：2022 年 8 月 20 日。]

[3] German association of electrotechnical industry (ZVEI), “White Paper: ZVEI-Show-Case PCF@Control Cabinet,” 2022.来源：https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2022/Mai/ShowCase_PCF%40Control-Cabin/22-05-25_White-paper_ZVEI-Show-CasePCF-Control-CabinetHMI2022.pdf.[访问日期：2022 年 8 月 20 日。]

[4] S. Grüner et al., “Products have a digital twin and you can find it too!“ ABB Review 03/2021, pp. 26 – 31.来源：https://new.abb.com/news/detail/80772/products-have-a-digital-twin-and-you-can-find-it-too.[访问日期：2022 年 8 月 20 日。]

[5] McKinsey & Company, “Metals & Mining and Sustainability Practices.Climate risk and decarbonization: What every mining CEO needs to know,” 2020.

[6] K. Holmberg, et al., “A. Global energy consumption due to friction and wear in the mining industry,” *Tribology International*, Volume 115, November 2017, pp. 116 – 139.

[7] ABB, “Mission to Zero™ – The future of electrification is safe, smart and carbon neutral.”来源：https://new.abb.com/mission-to-zero/about.[访问日期：2022 年 8 月 20 日。]

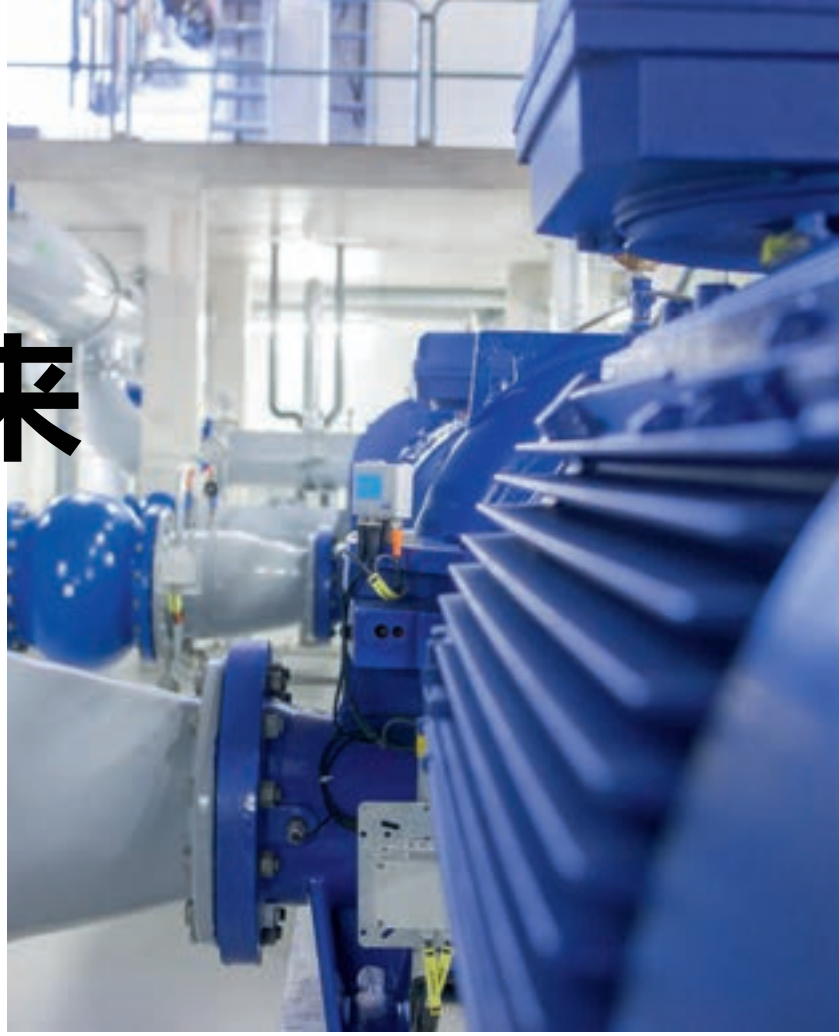
[8] https://www.plattform-i40.de [访问日期：2022 年 8 月 20 日。]

[9] https://industrialdigitaltwin.org [访问日期：2022 年 8 月 20 日。]

图 05 来源：©AndreyZayats/stock.adobe.com

ABB 下一代驱动控制平台

数字化未来



最新款驱动器连接多个系统和传感器，并且越来越多地参与提供信息，以支持远程维护、数据分析和即时服务。但随着越来越多的界面开放以启用连接功能，网络安全逐渐成为了一个关键因素。

Pekka Jarvinen
运动控制事业部驱动产品部
瑞典韦斯特罗斯

pekka.jarvinen@se.abb.com

电力驱动最初的唯一目的是将电力从源头输送至消费者，但现在早已不可同日而语。随着处理器计算能力不断提升，内存容量持续扩充，接口速度日益加快，允许其处理更多任务，而不再局限于驱动电机旋转。事实上，当今驱动器中处理单元的计算性能的提升，可用于分析其相连系统所提供的稳步增长的信息量，从更为准确的负载扭矩估计，到相关逆变器所接入电网的详细信息，不一而足。

最佳传感器

在自动化系统中，驱动器通常是唯一完全了解其相连组件的组件。其以高分辨率测量三相电流和电压，有时配备额外传感能力，如编码器和热传感器。

对电机而言，驱动器正常运行所需的复杂数学模型会不断计算准确的扭矩和速度值，并针对其面向电网的接口进行电网正负序列分解和谐波分析。简而言之，驱动器很可能是系统中可用的最佳传感器，而且完全无需额外付费！然而，挑战在于如何收集、转换并将所有信息移至需要之处。

如前所述，驱动器连接周围多个系统→01。其本地连接至其他自动化设备、传感器或调试和监测工具，并越来越多地参与提供信息，以支持远程维护、数据分析和即时服务。但随着越来越多的界面开放以启用连接功能，网络安全逐渐成为了一个关键因素。

考虑到这一点，ABB 即将针对其所有高端驱动器推出下一代控制平台→02。该平台完全从零开始设计，旨在支持固件、文件和应用程序验证与加密等关键安全功能。另外，新平台可向后兼容 ABB 现有驱动器，因此引入十分简单且容易上手。

除了平台原有的所有功能之外，现在还新增了两个双端口以太网接口，其中一个可以支持所有基于以太网的现场总线协议。处理器采用目前 AMD 最先进的片 上系统，具有强大的 ARM 内核集群和现场可编程逻辑门阵列 (FPGA)，搭配强大的快速内存。此外，控制平台具有多种硬件升级功能，现在已与 ABB 的整个高端驱动器产品组合协调一致，可进一步简化备件处理。

加密密钥
在设备制造阶段，非对称和对称加密密钥存储在设备内的安全隔区中，以确保平台的安全性。非对称密钥 (RSA-4096) 用于验证和确认在设备中执行的固件为 ABB 正版固件，从而向用户保证并未对驱动器进行恶意修改。另一方面，加密密钥 (AES-256-GCM) 将保护最终用户和 ABB 的 IP，确保有价值的数据不会被盗。

在物联网领域运营时，一个关键的洞察在于，移动和存储数据的成本与设备移动距离成比例增加。例如，如果要将单个驱动器的所有实时数据移出该驱动器，那执行此操作所需的带宽将达到每秒数百兆的数量级。随着所安装驱动器数量的增加，带宽和存储要求亦相应水涨船高。将所有这些数据移动并存储到云端并不具有经济可行性。可以采用传统压缩方法来减少数据量；但通过利用领域知识，还有一种更为复杂的方法可以做到这一点，同时为数据流增值。

实时应用程序要求精度低于微秒级，且在产品整个生命周期内绝不会错过一个执行周期，其通常在被称为实时操作系统 (RTOS) 的专用系统上运行。RTOS 的优势在于所有执行周期都具有确定性和准确性。但其也存在缺点，即无法使用桌面或 Web 开发中的高级编程语言和算法等工具，因其往往依赖于异步和不受约束的执行。

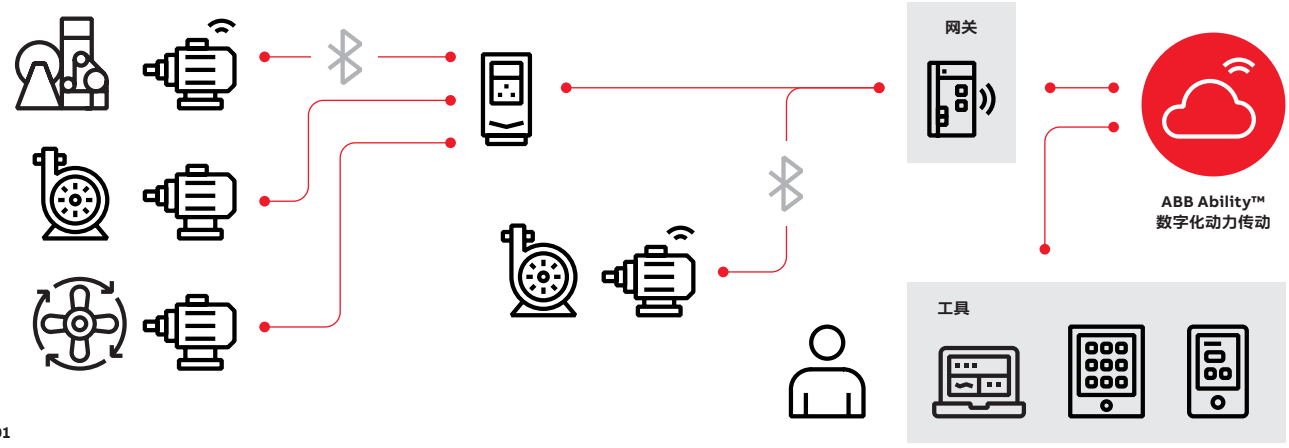
为了解决这一问题，ABB 推出了一款带有 Linux 平台的嵌入式边缘设备→03，专门设计用于执行异步应用程序，同时增强相

新平台支持固件、文件和应用程序的验证与加密，以及安全连接。

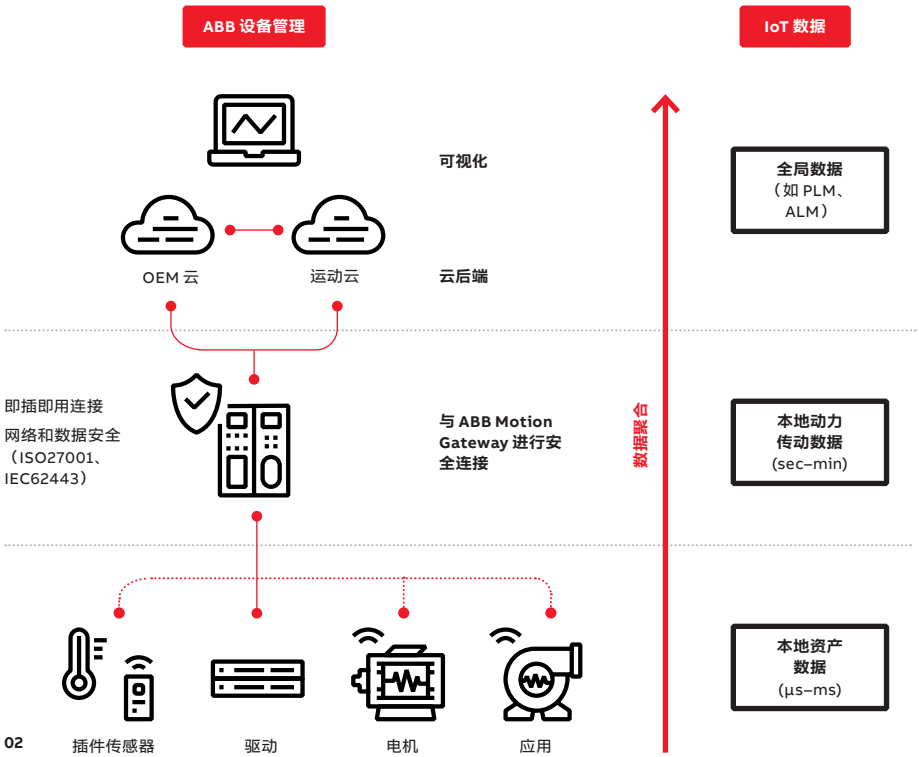
关的网络安全功能，从而进一步帮助 用户利用其对自动化系统的领域知识来减少数据量。

边缘设备直接连接到驱动器的处理单元，采用与 ABB 驱动器调试工具 Drive Composer 相同的通信库。这允许设备访问驱动器中可用的任何功能或数据。虽然以太网是性能最快的连接机制，但设备仍可与使用 DDCS 光纤链路的 ABB 旧一代驱动器兼容，如 ACS800 和 ACS600。此外，通过使用其面板端口，其还可与未配备以太网的驱动器兼容。

01 驱动器和电机连接的系统越来越多。



01



02

设备具有以太网接口和 LTE 调制解调器，可连接到云或本地服务器。还提供蓝牙调制解调器，用于连接到无线传感器。边缘设备和控制单元都具有相同的处理内核，内存大小和时钟频率根据其各自的使用情况精心定制。

容器化软件环境

边缘设备采用完全容器化的软件环境，允许安全地分离应用程序及其单独更新。这意味着即便一个应用程序出现漏洞，亦不会危及整个系统。边缘设备从 ABB 的生产线下线时，仅包含一个安全的 Linux 发行版本、一款增强型设备管理解决方案以及硬件接口的驱动程序。然后根据具体使用情况将所需的应用程序加载到设备中，确保仅具备安装所需的功能，从而将网络安全攻击面降至最低。例如，当连接到 ABB 驱动器时，将加载一个能与驱动器对接的应用程序，以 及一个用于存储驱动器数据的数据库应用程序。最后，将添加一个云接口应用程序，用于将数据移动至所需的云后端。如果需要附加功能（如连接至 ABB 智能传感器），则稍后可在 ABB 设备管理界面远程安全地添加相关应用程序。

边缘设备直接连接驱动器处理单元，允许其访问相同的功能和数据。

03

授权用户

通过边缘网关，合作伙伴和客户能够快速轻松地创造附加值。现在，实时操作和异步操作业已分离，具有数据科学或应用程序开发背景的用户可以使用 Python 编程等熟悉的技术，甚至可以使用 TensorFlow 等最先进的机器学习技术来开发应用程序，同时仍能利用驱动器中的所有可用数据。例如，绞盘原始制造商可利用驱动器收集与绞盘相连的电机的高分辨率扭矩曲

02 ABB 新控制平台自设计伊始就考虑到了网络安全，针对聚合越来越多来源的数据的趋势提供支持。

03 ABB 推出了一种基于 Linux 平台的嵌入式边缘设备。

04 ABB 新驱动器平台适用于与驱动器核心固件紧密耦合的实时应用程序。边缘单元执行异步操作。

线时序，然后在边缘设备中嵌入老化绳索模型。然后，可将由此产生的老化期间的

可编程环境的概念业已扩展到驱动控制单元本身的现实世界。

指标覆盖性能传输至 OEM 自带服务系统，允许 OEM 的最终客户的绞盘以优化间隔提供服务。

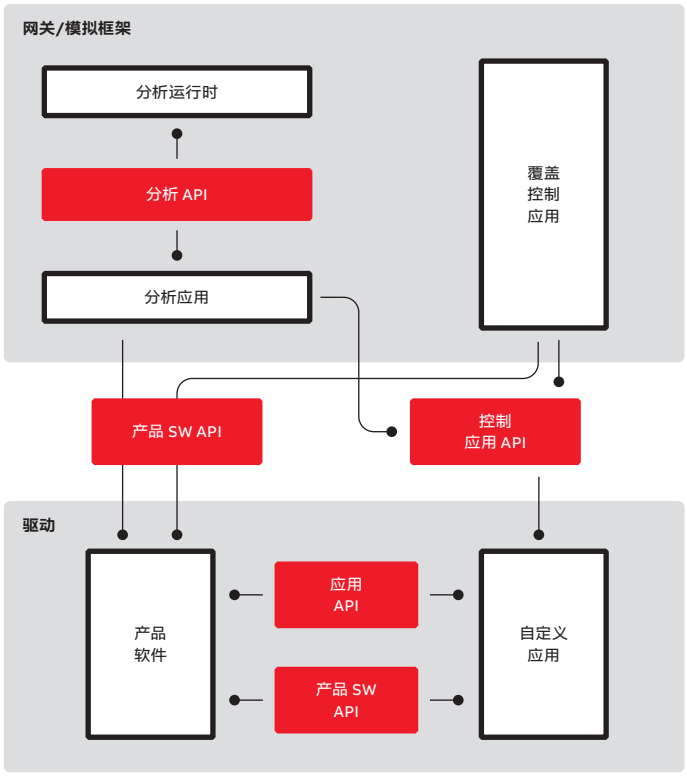
增强可编程能力

可编程环境的概念业已向下扩展到驱动控制单元本身的现实世界。例如，现在允许通过软件开发工具包直接扩展驱动器固件，这在历史上可谓首次。通过该工具包，可使用 Matlab Simulink 或甚至是 C++ 编程技术在驱动器中直接开发无延迟应用程序。

用户首先可以使用 ABB 的 Virtual Drive 在 PC 环境中模拟应用程序→04。然后可将应用程序直接编程至驱动器，而无需重新启动。此类应用程序虽然受执行定时和循环执行的严格限制，但增强了边缘网关业已启用的可编程能力。例如，驱动器内的应用程序可以计算高速信号上的滑动窗口快速傅里叶变换，然后将频谱与快速信号的其他所需特性一起传输至边缘设备，从而大大减少数据量。然后，边缘设备可将数据注入经过专门训练的机器学习模型，该模型将检测系统行为中的错误，并根据需要向云发送通知。

控制单元内的可编程环境亦可单独使用。例如，可将驱动器的速度或直流电压控制器替换为特定于应用的其他版本控制器，或添加执行特定扭矩注入的应用，以便实现共振的主动阻尼。

ABB 推出了其全新驱动控制平台，枕戈以待数字化未来。网络安全内置到系统之中，从设备开始服务的第一毫秒到产品报废，全程保驾护航。在执行前将对所有软件的真伪进行验证。所有敏感 IP 均已加密，关键通信接口也受到保护。得益于此类功能，ABB 的合作伙伴和客户可以专注于使用这些创新工具创造价值，而无需担心恶意软件、网络攻击或编写固件级软件的复杂操作。•



04

交通运输与效率

自电动火车首次投入广泛使用以来，ABB 始终致力于帮助客户进行创新，一直占据行业领导地位。电气化对于实现可持续未来日益重要，意味着更高效地发电、配电、储电和用电。ABB 正在协助客户优化这些创新的应用。

56 **循环未来**
电机寿命的可持续性

62 **BORDLINE® ESS**
铁路车辆用高性能锂离子电池

66 **电网支持**
同步调相机确保电网稳定运行

72 **突破局限**
船载直流配电的固态保护

电机寿命的可持续性

循环未来

ABB 通过开发循环框架，正在逐步采取措施，将可持续性理念嵌入到业务的方方面面，从设计时排除废物到实现高效利用和重用，不一而足。设计和使用高效电机，以及在电机报废时负责任地进行处理，彰显了 ABB 的战略抱负如何转化为具有影响力的行动。

Santanu Singha
Erik Johansson
ABB 集团研究中心
瑞典韦斯特罗斯

santanu.singha@se.abb.com
erik.x.johansson@se.abb.com

Peter J. Isberg
ABB 运动控制服务事业部
瑞典韦斯特罗斯

peter.j.isberg@se.abb.com

Emma Westberg
ABB MO Discovery
瑞典韦斯特罗斯

emma.westberg@se.abb.com

到 2050 年，包括工业能耗 [1]在内的全球能源使用量预计将增长近 50%。如今，电机是全球最大的电力消耗者之一，占全球电力消耗量 (7,108 TWh) 的 43% 至 46% [2]。因此，电机能效对于能源使用将产生巨大影响。

例如，在欧盟范围内应用广泛（例如风扇、鼓风机和机床）的 800 万台电机消耗了该地区目前生产的近 50% 的电力[3]。工业电机是耗电量增长的主要驱动因素，预计到 2040 年将占总耗电量增长的 30% 以上[4]。电机在推动可持续发展和影响未来气候变化方面的重要作用显而易见→01。

毫无疑问，可持续性对企业的产业经营战略至关重要，ABB 亦不例外。可持续性是 ABB 践行公司宗旨以及为所有利益相关者创造价值的关键。这一战略依赖于三个支柱：减少碳排放、保护资源和促进社会进步。ABB 制定并实施循环方法经营战略，不仅忠于公司宗旨，而且产生了切实的数据驱动结果，可供客户使用，以便其有所作为。

循环方法和生命周期思维

自工业化初期以来，传统企业经营模式在资源消耗方面一直采用线性方法，遵循“获取-制造-丢弃”模式[5]→02，即从矿山中开采原料，用于制造产品，出售给客户，客户在产品不再符合其目的时将其丢弃→02a。但是，线性方法不一定有助于以最佳方式消除浪费，也不能保护行业免受因资源相关供应链中断而带来的业务风险[5]。此类挑战需要采用不同的经济模式，一种基于循环价值创造方法的经济模式— 循环经济→02b。这种工业系统遵循“获取-制造-获取”模式，从意图和设计两方面助力实现

可持续性是 ABB 公司宗旨及其为利益相关者所创造价值的关键。

可恢复性或可再生性。其核心目标是“设计时排除”废物，而非简单地“消除”废物[5]。循环方法（又称为“闭环”）包括三个基本策略：

1) 设计时排除废物和污染（关注产品设计）
2) 保持产品和物料处于使用状态（关注商业模式）
3) 再生自然系统（关注再生资源）

循环方法基于“生命周期思维”（定义为“考虑到产品或过程在其整个生命周期内的经济、环境和社会后果的思维方式”[6]）的

01

—
01 通过提高电机的能效，ABB 正致力于帮助控制能耗和减少温室气体排放。这与 2019 年 10 月生效的最新生态设计法规 (EU) 2019/1781 保持一致，并且适用于图标所示的低压感应电机和驱动器。

概念，从整体层面考虑系统中的产品、过程或服务 — 从原料到制造、消费（或使用）的每个阶段都有可能对可持续性产生影响，这是实现产品可持续性的绝对必要条件。

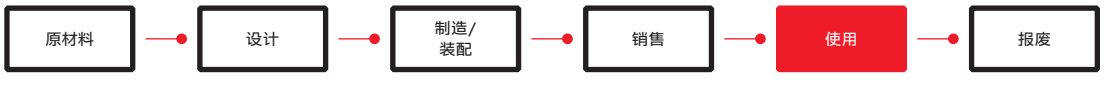
感应电机的生命周期评估 — 制定数据驱动型决策

基于生命周期思维的生命周期评估 (LCA) 是一个结构化的科学过程，用于理解和评估随着物料流经不同经济阶段，产品、过程或服务在其生命周期中的影响。根据 ISO 14040:2006 中描述的原则和框架，将根据与环境和生态系统相关的几个不同影响类别（通常是碳 排放、全球变暖潜能值、臭氧消耗潜能、水资源稀缺性等）来衡量物料流。

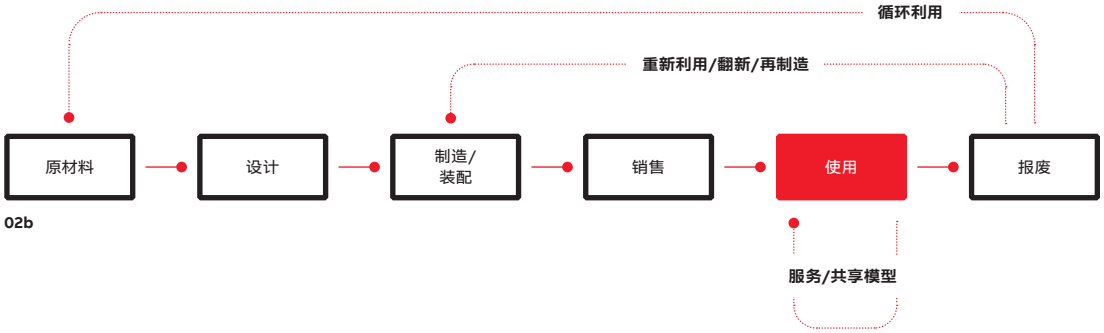
—
循环经济从意图和设计方面实现了可恢复性或可再生性。

对于 LCA 评估，ABB 选择了低压 (LV) 感应型电机。使用 SimaPro 确定了电机生命周期中不同阶段的物料和能量流对环境的影响。在低压电机 20 年生命周期中，其使用阶段的直接/间接碳排放占总体 99% 以上。电机能效对可持续性的重要性显而易见→03。然而，从可持续性角度来看，电机中的物料同样重要。金属在电机结构中占比 98% 以上，可回收和重复利用 — 这是一个可持续性优势→04。

如今，低压电机已经实现高效生产：设计阶段以最佳方式使用物料，并在节能工厂实现了自动化生产。根据 ABB 的研究结果，提高电机可持续性进程的最实用方法在于高效设计/使用电机，并在报废时负责任地恰当处理物料。



02a



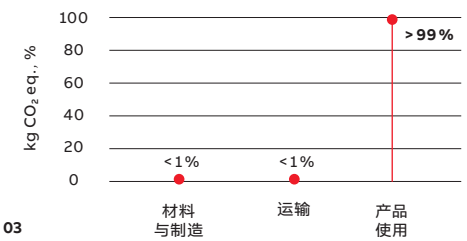
02b

能效：可持续性关键驱动因素

能效已经成为一个业务关键型话题[7]，经常与可持续性放在一起讨论。最近一项关于能效的全球调查报告称，97% 的行业领导者已投资或计划投资能效提升项目[7]，主要以成本节约和企业可持续性承诺为依据。

设计和使用高效电机是影响电机可持续进程的一个途径。

由于电机是最大的电力消费者之一，其设计和使用蕴含着巨大的节能潜力。电机坚固耐用，技术寿命长：一般可工作 50 或 60 年。因此，工业和基础设施中的装机量一般来说并不符合当今的效率标准。使用更高效的替代品取代老旧的低效系统以及尺寸过大、耗电过高的电机，将不失为降低能耗和相关排放量的最具成本效益和影响力的方法[8]。例如，用 IE5 SynRM 电机代替 IE3 电机，在功率为 315 kW 的情况下，每年可减少 22,000 kg CO_2 排放量[9]。而且，从资源角度来看，SynRM 电机的转子不使用磁铁或稀土材料，产品更具可持续性。



03

尽管客户可以通过升级电机节省大量能源，但如果将高效电机与变速驱动器 (VSD) 结合使用，那节能效果更是如虎添翼。对于泵、风扇和压缩机等应用，添加变速驱动器通常可以节能 25%[10]。如果使用优化的高效设备取代目前运行的 3 亿多个工业电机驱动系统，则全球电力消耗将减少高达 10%[11]，这一数值十分惊人。

认识到这一潜力后，欧盟出台了生态设计指令，强制要求各行业使用节能电机和驱动器[12]，以限制能耗和气候影响。因此，在欧盟实现到 2030 年将能耗减少 32.5% 这一目标的过程中，电机效率将发挥重要作用。

报废管理的环境价值

根据世界银行报告[13]，由于需要更多物料来实现清洁能源技术，因此低碳未来将是矿物密集型未来。由于关键矿物的供应和可用性可能会受到影响，回收利用在满足这一需求方面可以发挥更大的作用，从而为低碳转型提供支持。电机及其组件的回收利用有助于提高物料可用性，减少对原始物料的需求，显著减少环境影响。

—
02 图示为传统方法和循环经济法下典型的产品生命周期阶段。虽然消除废物和节约资源同属于关键目标，但在评估的情景中，主要关注的是物料和能源两种资源。

02a 图示为线性方法。

02b 图示为循环方法。

—
03 低压电机 20 年生命周期中 CO_2 足迹的分布情况。根据结果，ABB 可以作出数据驱动型决策。

—
04 在设计、生产和使用电机及其组件中使用的金属等物料时，应考虑到可持续物料流，其中包括回收和再利用。

—
05 回收相当于 10 吨电机的金属带来的环境影响结果。结果与典型别墅的水、能源使用情况进行了比较。

04

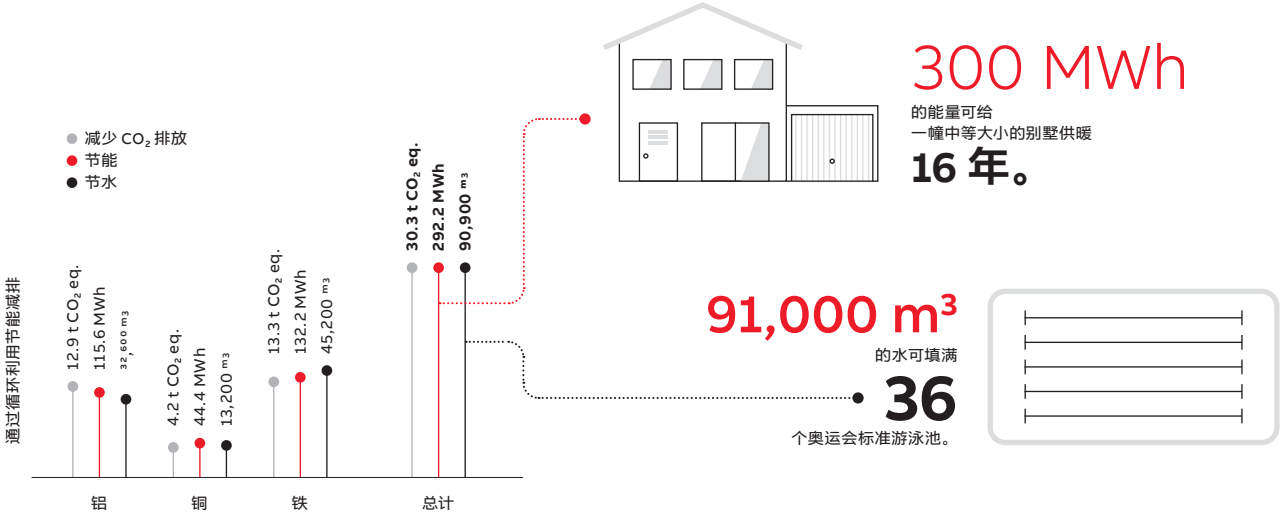
通过使用 SimaPro 详细分析电机报废时回收金属对环境的影响，ABB 估算了这一潜力→05。利用回收过程和运输的实际数据针对实际场景进行了建模。回收 10 吨电机可减少 30 吨 CO_2 排放量、节约 300 MWh 的能源和 91,000 m^3 的水 — 这一结果非常令人振奋 →05.相比之下，大约 300 MWh 的能量可给中等大小的别墅供热 16 年；91,000 m^3 的水可以填满 36 个奥运会标准游泳池→05。

—
电机的回收利用可能有助于满足低碳转型对关键矿物的需求。

而且，金属还有另一个优势，可以不断回收利用→04。想象一下，如果产品所用金属在产品报废时始终能得到回收利用，那会带来怎样的环境效益。认识到这一潜力，ABB 对电机和其他产品的报废管理产生了浓厚兴趣，循环物料流是未来大势所趋。

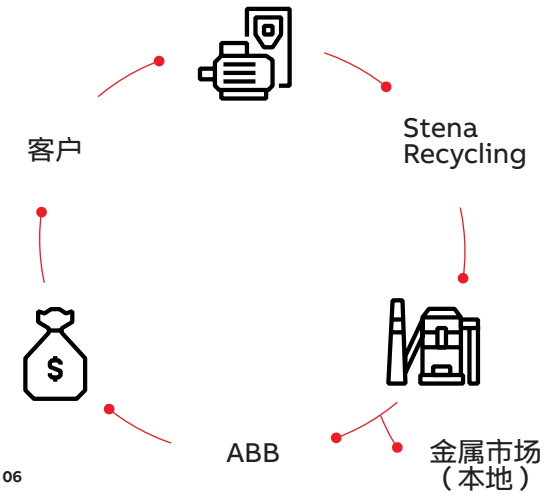
通过协作和数字化关闭电机回路

可持续性本质上是一种协作关系，涉及地球、人和利润，因此，组织的可持续发展与这三个因素的优化息息相关。但是，组织单枪匹马无法直接影响和控制此 类参数，价值链中还存在其他利益相关者，彼



05

图 04 来源: ©Andrew/stock.adobe.com



06

此的利益相互关联，同样重要，必须同时予以优化。开展合作、建立联盟或形成伙伴关系是产生更大影响和成功实现可持续转型的基础。通过与所有关键利益相关者携手合作，可以创造共同的可持续性价值：可扩展、可转型的持久价值。

受金属回收带来的积极环境影响结果的鼓舞，ABB 率先与瑞典 Stena recycling 公司开展合作，为客户提供机会，以可持续的方式回收其老旧、报废和低效的电机（小型低压和大型高压型号）[14、15]→06。除了降低排放量外，电机回收和循环利用商业模式还可以防止老旧低效的电机进入二手市场，以免对环境造成不利影响。

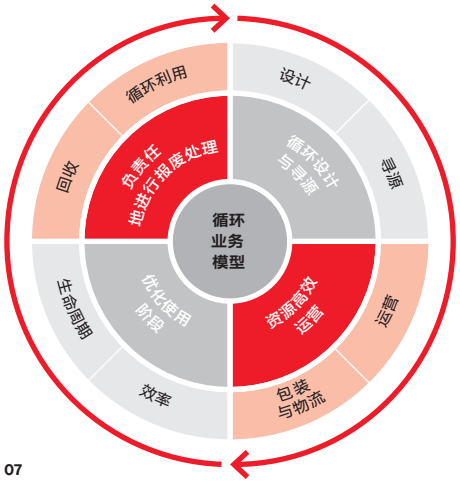
对整个回收和循环利用过程进行了优化，以尽可能降低对环境的影响，在设计层面上具有可持续性；其考虑到了待回收电机的总重量、要覆盖的距离、要使用的运输类型和运输频率。

凭借数字化转型，通过合作实现可持续转型的进程可以进一步得到加强和加速。随着工业物联网 (IIoT) 革命的全面铺开，可以使用数据驱动型决策来最大限度地减少废物，实现高效且可持续的未来。数字化产品、解决方案和服务可用于捕获实时数据，公开设备和系统的状态，从而触发适当决策，以优化并提高能效。例如，ABB 在其位于瑞典蒙克松德的客户 SCA 处安装了可分析电机能源的智能传感器[14]。这些智能传感器提供有关电机轴状态和有功功率的信息。通过数据评估，可以确定所使用的有功和无功功率、年度有功和无功功耗，以及电机尺寸是否适合应用和更换电机的节约潜能(kWh、€ 和 kg CO_2)。截至目前，SCA 蒙克松德工厂已经使用 ABB 的循环模型回收了 28 吨电机。根据评估结果，确定并更换了 11 吨电机，并将其运至了 Stena Recycling 工厂[14]。

ABB 的电机回收和循环利用商业模式十分灵活。方案支持量身定制，可包括相关的数字解决方案和节能电机产品，主要在于提高整个过程的可持续性价值。事实上，

ABB 和 Stena Recycling 为客户提供了回收报废和低效电机的机会。

回收低效电机并更换为更节能的新电机的流程组合属于“升级再造”举措，在两个流程步骤中均有效降低了碳排放量，对客户而言无疑是制胜解决方案。还有机会获得更大的可持续性效益：在特定情况下，当客户从 ABB 购买新产品时，ABB 可以与 Stena Recycling 合作，根据回收金属的价值向客户提供经济激励，例如销毁证书和环境报告[15]。



07

—
06 图示为电机回收和循环利用商业模式，强调了 ABB、Stena 和客户之间的合作。

—
07 图示为 ABB 的循环框架商业模式，突出了高效运营和负责任报废管理的重要性。

通过循环推动变革

产品可持续性决策必须从数据和对产品整个生命周期的环境影响的理解开始，在本例中，产品是指电机。根据生命周期不同阶段的碳足迹，通过 LCA 建模和头脑风暴评估，探索促进持续改进的适当机会→07。虽然所述情况是指电机预期使用寿命达 20 年的特定情况；但还有一种情况是，电机使用寿命较短，会产生不同的可持续性评估结果，因此需要采取其他方法来尽量减少环境影响。

ABB 在电机使用阶段时刻关注能效，在电机报废时采用循环利用商业模式→06，做出了最积极的环境贡献。展望未来，肯定会出现更多机会，有望进一步加强电机的可持续性，例如，选用更好的物料或其他商业模式，在一个或多个阶段内实现循环方法→07。

随着意识的提高和未来技术的发展，必将涌现大量提高产品可持续性的机会，虽然任务可能比较艰巨，但“循环思维”的概念仍将是产品可持续性核心所在。 采用正确的循环方法将是实现最佳可持续解决方案的关键。ABB 的循环框架让我们有机会思考最适合现有或未来产品的循环方法。ABB 的最终责任在于定义如何为其产品创造一个循环的未来，而 ABB 目前正着眼于此。•

ABB 的循环框架让我们有机会思考最适合实现可持续性的循环方法。

—
参考文献

[1] U.S. Energy Information Administration (EIA), “International Energy Outlook 2021”, p. 12, 来源: https://www.eia.gov/outlooks/ieo [访问日期: 2022 年 9 月 24 日].

[2] C.U.Brunner and P. Waide, “Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems” *IEAInternational Energy Agency*, 2011, pp. 1– 128

[3] European commission, “Electric motors | European Commission”, 2020.

[4] International Energy Agency, “Energy Policies of IEA Countries:Sweden 2019” OECD *(Energy Policies of IEA Countries)* , 2019, pp. 1 – 165.

[5] Ellen MacArthur Foundation, “Towards the Circular Economy”, 2013, pp. 1 – 98.

[6] United Nations Environment Programme Life Cycle Initiative Website, [Online] 来源: https://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/what-is-life-cycle-thinking/ [访问日期: 2022 年 9 月 8 日].

[7] ABB Website, The Energy Efficiency Movement, 来源: https://www.energyefficiencymovement.com/en/ [访问日期: 2022 年 11 月 4 日].

[8] A. Guggisberg “Data is key to boosting industrial energy efficiency”, *The Business Reporter*, 来源: https://www.reuters. com/brandfeature/the-business-reporter/sustainability-hub/data-is-key-to-boosting-industrial-energy-efficiency[访问日期: 2022 年 9 月 8 日].

[9] ABB webstory, ”ABB IE5SynRM motors are awarded Efficient Solution label”, 2020, 来源: https://new.abb.com/ news/detail/71053/abb-ie5-synrm-motorsare-awarded-efficient-solution-label [访问日期: 2022 年 9 月 8 日].

[10] ABB white paper, “Reaching IE5 efficiency with magnet-free motors”, 2021, pp. 1 – 9.

[11] Stefan Floeck, “Circularity: the new direction of choice”, The Business Reporter Website, 来源: https://www.reuters. com/brandfeature/the-business-reporter/sustainability-hub/circularity-the-new-direction-of-choice [访问日期: 2022 年 9 月 1 日].

[12] Website of the European Commission for Energy, climate change and the environment, 来源: https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecode-sign/energy-efficient-products/electric-motors_en [访问日期: 2022 年 9 月 8 日].

[13] K. Hund et al., “Minerals for Climate Action:The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition”, *The International Bank for Reconstruction and Development World Bank*, 2020, pp. 1 – 112.

[14] ABB Press release, “ABB’s recycled motors provide significant environmental savings – reduced 34 tons of carbon dioxide emissions in pilot projects”, 2021, 来源: https://new.abb.com/news/sv/ detail/80118/abbs-recycled-motors-provide-significant-environmental-savings-reduced-34-tons-of-carbon-dioxide-emissions-in-pilot-projects [访问日期: 2022 年 9 月 8 日].

[15] ABB press release, Partnering Together for a Circular Economy: ABB Large Motors and Generators Sweden and Stena Recycling, May 10, 2022, 来源: https://new.abb.com/ news/detail/90905/partnering-together-for-a-circular-economy-abb-large-motors-and-generators-sweden-and-stena-recycling [访问日期: 2022 年 9 月 8 日].

01

铁路车辆用高性能锂离子电池

BORDLINE® ESS

ABB 的 BORDLINE 系列车载储能系统 (ESS) 是一款模块化多功能解决方案，可实现铁路车辆脱碳，有助于降低总拥有成本、提高安全性并使运营更可持续。

Senthilnathan Mariappan
ABB 运动控制牵引部
瑞士下锡根塔尔

senthilnathan.
mariappan@ch.abb.com

在所有运输方式中，铁路的电气化程度最高，无论是从能源使用还是从每客运公里或吨公里碳排放来看，铁路都是其他运输方式的可持续替代方案。事实上，即便使用化石燃料驱动，火车的效率也比汽车和卡车要高得多。铁路在运输行业也是一个例外，因其在增加客运量和货运量的同时，始终致力于减少排放量。

尽管如此，铁路部门正致力于进一步提高能效和降低碳足迹，以维持其环境优势，成为可持续、多式联运和安全运输系统的中坚力量。

此外，由于种种原因，许多国家的电气化步伐过于缓慢。因此，必须找到替代解决方案，要么消除对化石燃料动力轨道车辆的需求，要么至少降低其碳足迹，因为铁路网络完全实现电气化并不具有经济可行性。→01.

铁路的替代牵引系统

采用嵌入式车载 ESS 的替代低碳牵引系统日渐成为向可持续交通解决方案过渡的不可或缺的一环。从轻轨车辆到重载机车和基础设施维护车辆，都越来越多地采用此类技术，这不仅可帮助铁路运输实现脱碳，还可带来其他好处，包括与基于内燃机的现有解决方案相比更低的总拥有成本 (TCO)。

02 03

— 01 大力投资铁路运输脱碳。

— 02 BORDLINE 大功率电池模块。

— 03 单体电池组。

— 04 顶装式多电池组。

此外，它们有助于提高车辆的操作性能，提供更大的灵活性并降低基础设施的资本投资。

铁路应用的多样性

车载 ESS 可作为电池电动车辆的主要能源，使其能在非电气化路段上运行。在混合动力车辆中，ESS 用作缓冲存储器，提供峰值功率，有助于降低主电源（无论是柴油发动机还是燃料电池）的装机功率，并允许回收制动能量。此外，通过调峰，可更频繁地在其最大效率点操作主电源，并降低燃料消耗。

在柴油混合动力应用中，配备车载 ESS 进一步有助于减少车辆靠站时的有害排放，即利用电池中存储的能量为辅助负载提供动力，加速车辆离站。

04

在使用直流接触网供电的车辆中，使用 ESS 有助于最大限度地恢复具有接收能力限制的网络中的制动能量，稳定因调峰而产生的线电压 — 这允许增加网络密度，而无需进行费用昂贵的基础设施升级 — 并降低轨道对地电位。

满足上述所有需求需要使用坚固可靠的牵引电池，这些电池寿命可长达 15 年或更长时间，期间必须始终提供预期性能，保证最高可靠性和安全性。

铁路车辆牵引电池的必要特性

由于运行环境、外加应力水平和利用水平，铁路车辆牵引电池的性能要求比电动汽车的性能要求更为苛刻。考虑到这些因素，大多数电动汽车的停放时间通常占其使用寿命的 95% 左右，10 年行驶里

— 铁路车辆牵引电池的性能要求比电动汽车的性能要求更为苛刻。

程不会超过 100,000 km。相比之下，典型的通勤列车的运行寿命约为 30 至 35 年，每年运行 350 天，每天运行时长 16 至 18 小时，在五年内行驶里程就已达到 1,000,000 km。种种因素导致电池的累积应力约为电动汽车电池的 20 倍。此外，牵引电池还必须提供高固有安全性和高可用性，避免在炎热或寒冷天气性能下降，具有长使用寿命，并在较广温度和充电状态 (SoC) 范围内具有高功率能力（充放电）。

种种考量因素意味着在选择铁路车辆牵引电池时不能完全使用每千瓦时成本或比能作为关键性能指标 (KPI)。相反，必须根据车辆生命周期内的预期总拥有成本做出购买决策，且重点应选择能在恶劣环境条件下可靠运行的电池。

模块化高性能电池

为了满足此类要求，ABB 根据其在铁路领域多年积累的深厚技术知识和领域专业知识，开发出了一款高性能锂离子电池 BORDLINE ESS。

BORDLINE 电池组基于模块化硬件和软件构件，确保提供高质量和高可靠性。这种方法允许在电池模块和电池组级别实现高水平的标准化，而不会损害根据 OEM 需求定制解决方案所需的灵活性，并确保缩短上市时间→02-03。

每个电池组的核心是配备了大功率棱柱状锂离子电池单元的模块，其中包含钛酸锂 (LTO) 阳极。带有 LTO 阳极的电池是铁路车辆应用的理想之选，因其具有固有安全性高（如耐受滥用）、循环寿命长、充电速度快，等优势，即使在 35 °C 的高温下亦具有优异的寿命表现，而且低温性能同样优越。LTO 电池还允许跨广泛 SoC 运行，且不受功率限制。

电池模块基于获得专利的液冷概念，即使在最苛刻的应用中，也能最大限度地提高电池性能和寿命。各电池单元采用激光焊接，融合过程向电池单元输入的热量较少。该操作精确且可重复性高，并能确保电气连接非常稳定，接触电阻低。由于降低了电池单元接线片和汇流条之间的氧化或腐蚀风险，激光焊接可在电池寿命期间最大限度地减少接触退化。

标准模块化构件的益处

基于标准模块化构件的 ESS 具有以下优势：

- 可扩展性：ESS 的电压和能量可根据客户需求轻松设置。这种设计方法促成了可以覆盖众多应用的最小模块集。
- 更高的可用性：单个电池组故障不会导致整个系统出现故障。故障电池组隔离后，车辆可继续运行。
- 出色的安全性：即使是出现可能性微乎其微的热失控情况，也会被限制在较大系统内的单个子电池组内。同时，BORDLINE ESS 的设计和电池选择从一开始就杜绝了发生热失控事件的可能性。
- 更快捷的服务：可以更换单个电池组，而无需从列车上拆卸整个系统。
- 灵活性：即使在运营车队中，亦可通过增加或减少电池组数量来助力电池系统轻松适应不断变化的需求。
- 多功能性：标准化系统可轻松灵活地集成到列车上 — 在车顶、地板下或机房，只需适应安装接口即可。→04.

模块生产和测试

电池模块在瑞士巴登的半自动化生产线上生产，该生产线采用机器人进行取放、→05 激光焊接和质量检查。记录老化测试结果和其他相关参数，并将其输入远程状态监测系统，以便为监测现场性能奠定基础。

ABB 现已推出一款车载高性能锂离子 ESS，称为 BORDLINE ESS。

数字化方案提升客户价值

为进一步提升客户价值，ABB 开发出了一套远程服务解决方案，以确保 ESS 达到最佳利用率，提供装机量概览，并进行跨车队分析。对现场数据进行分析可针对电池当前健康状况提供宝贵洞察数据，方便确定和实施纠正措施，或在优化和安全方面做出明智决策。远程访问现场数据还可以加速进行故障排除和实施纠正措施。

ABB 已成功或即将在 550 多辆铁路车辆上安装高性能牵引电池，覆盖整个铁路应用范围。下面给出了其中两个示例。

德国北部的电池电动火车

ABB 正在处理瑞士轨道车辆制造商 Stadler 的订单，为德国北部的运营商 Nahverkehrsverbund Schleswig-Holstein GmbH (NAH.SH) 交付节能牵引变流器和 ESS。ABB 的牵引组件将安装在 55 辆新型双模电力动车组上，该动车组将在部分实现电气化的网络上运行，其中未实现电气化的线路最长达 80 km→06。使用高性能电池确保车辆在电动和电池模式下具有相同的性能。

图 06 来源：Stadler

05

06

—
05 使用 ABB 机器人取放电池。

—
06 BORDLINE 将安装在 Stadler 的 55 列新列车上。

Trenitalia 的双模混合动力列车
ABB 正在为 Hitachi Rail 向 Trenitalia 交付的 Masaccio 双模动车组提供 BORDLINE ESS 和直流-直流转换器。将在 70 列列车上安装 ESS，主要用于在柴油模式下运行时存储制动期间再生的能量。储存的能量将被重新利用，在加速阶段为车辆提供动力支持，并在指定站点为车载辅助负载供电，从而无需操作柴油发动机，从而减少本地排放量。

—
凭借 BORDLINE，高性能、长寿命和安全牵引电池不再是妄想。

加速向低碳未来转型
在全球范围内，铁路行业正在努力提高能效，实现排放目标，进一步巩固其作为最高效和最环保运输方式的地位。实现重大改进所需的技术不仅可用，而且已久经验证。另外，凭借 BORDLINE，高性能、长寿命和安全牵引电池对铁路车辆行业不再是妄想。•

同步调相机确保电网稳定运行

电网支持

随着可再生能源的激增，高惯量发电机（即化石燃料发电厂）的数量在实际数量和总发电量中所占份额都在减少。ABB 的电网同步调相机可以弥补惯量损失，稳定电网频率和电压。

Carl Nilsson
ABB 大型电机与发电机事业部
瑞典斯德哥尔摩

carl.nilsson@se.abb.com

据预测，电力行业未来 10 年的变化将超过过去 100 年发生的变化[1]。大型稳定集中式化石燃料发电厂（通过输电和配电网络向消费者提供电力）逐步变更为日益采用广泛分布的可再生能源的拓扑结构是造成这一转变的主因→01。这一演变带来了双重影响，一方面增加了不稳定的供应源，另一方面淘汰了石油和燃煤发电厂等传统的高惯量发电机。

减少转动惯量不只会破坏生产：惯量对于补偿电网的突然变化同样至关重要。

拆除高惯量发电机带来了严重影响，因为日益使用波动的可再生能源替代稳定、可预期且可控的能源意味着能源供应和价格不再可能让人无动于衷。大多数可再生能源（如风能和太阳能）均不可控，其可用性取决于天气条件。这一不可预测性影响了电价，导致消费大户不得不使用工具来规划电力采购和使用情况。

此外，由于需要确保消费时正好有能源可用，且储能技术费用仍然相对昂贵，因此预计消费大户可实施需求方管理来改善情况，即调整电网负载计划以适应能源可用性和价格概况。但这种前瞻性规划可能并非始终可行，因此必须在运行时进行调整，这可能会影响生产稳定性和质量，或者在某些情况下会导致流程中断。

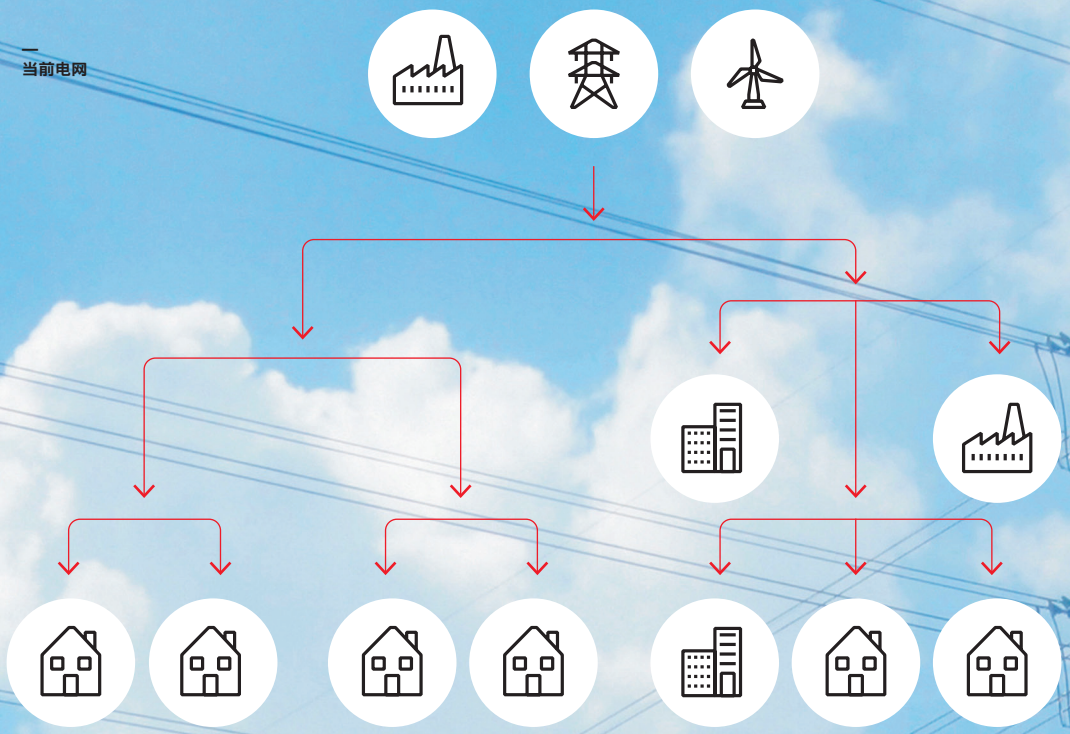
惯量有助于补偿电网突变，确保电网频率维持严格可控。

电网中转动惯量（又称为动力储备）的大幅减少产生的影响可能比生产中断更为严重：惯量对于补偿电网突变至关重要，例如当发电机跳闸并离线时，惯量可确保电网频率维持在严格控制的范围内（频率降低会导致电力电子设备等其他设备跳闸，甚至可能导致停电）。电网惯量就好比汽车的减震器，帮助安然渡过道路上突如其来的颠簸，使其保持安全平直。换而言之，电网依靠其惯量储备来保持平衡。

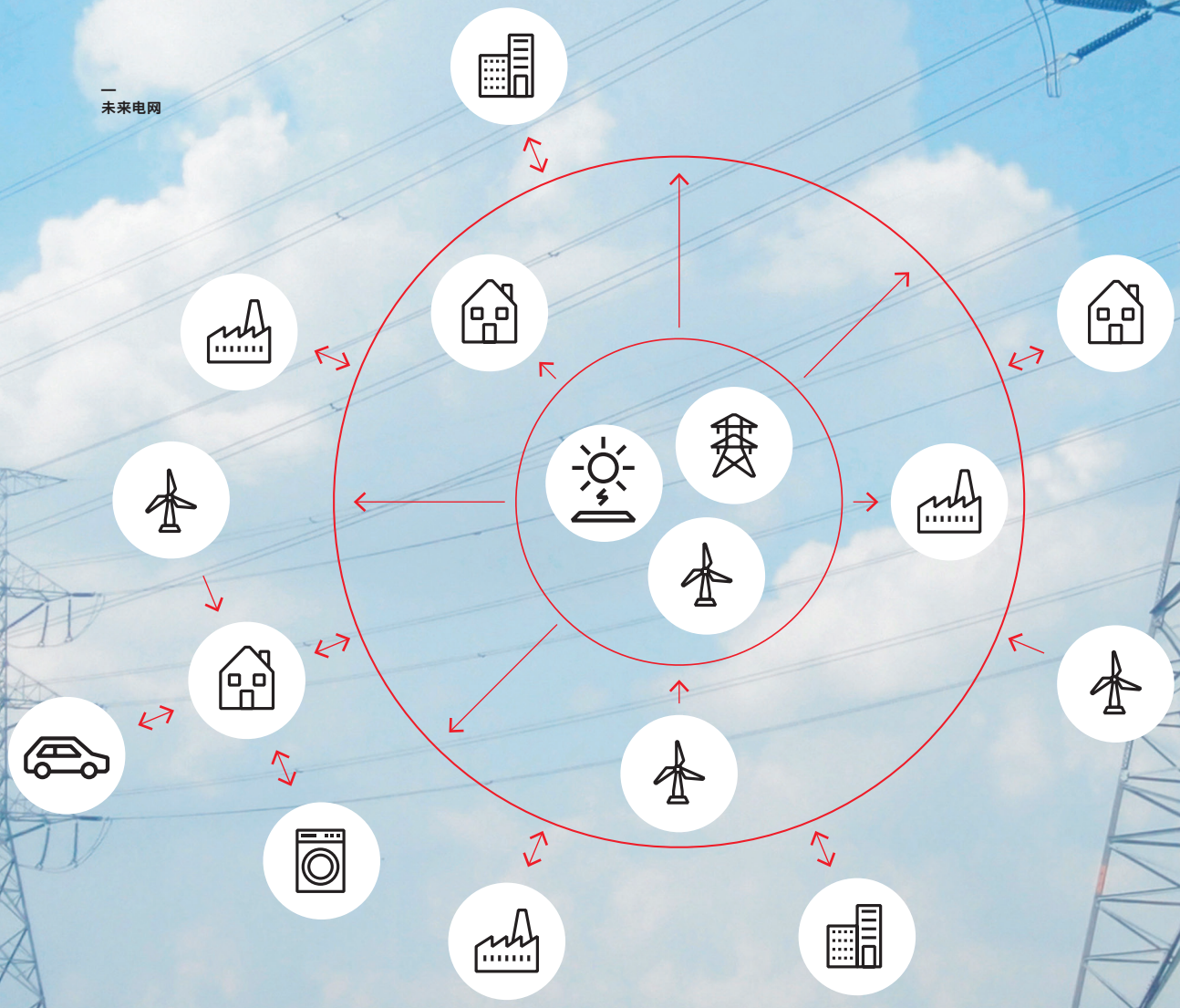
拆除高惯量发电机后，应如何保持化石燃料发电厂的电网惯量？答案在于同步调相机。

Photo: ©sanderstock/stock.adobe.com

一
当前电网



一
未来电网



02

—
01 随着越来越多的可再生能源上线，电网拓扑结构从金字塔演变为互相关联的网络。

—
02 ABB 同步调相机。

同步调相机提供对于维持电网稳定性至关重要的惯量

同步调相机是一种大型旋转装置，可存储物理惯量，为电网提供瞬时支持，无论上游网络电压或频率如何，均能维持电网稳定→02-03。

实质上，同步调相机是一个不带有效负载的电机，或者是一个没有原动机的发电机。除了用于启动的小型电机和可能需要增加飞轮外，不需要任何轴端从同步调相机伸出。

50 多年前，同步调相机的应用非常广泛，但现在已经不太常见。其衰退的原因在于其以前的主要功能“无功补偿”现已可通过多种其他解决方案实现。

旋转同步调相机的物理惯量刚好可以抵消任何频率变化所需的惯量，这通过纯机电方式实现，无需其他稳定方法所需的控制系统和算法。

但同步调相机的能力并不局限于无功补偿。换言之，电网稳定通常不仅关乎简单地注入或吸收无功功率，而同步调相机可以提供这一额外性能。

添加飞轮

当系统中需要额外惯量时，可以在配置中添加额外的同步调相机。一种更经济有效的方法是在同步调相机设计中加入飞轮。

将中型同步调相机与飞轮相联合的优点是可用惯量增加数倍。另外，与安装更大的同步调相机来满足惯量要求相比，该措施更有可能降低损耗。

—

同步调相机正好能提供抵消任何频率变化所需的惯量。

在通过三绕组变压器连接两个中型同步调相机的布局中，使用飞轮十分经济高效，不仅可以显著增加可用惯量，而且可以提高冗余度、降低维护要求并提供更大的可控性。

安全外壳

大型旋转同步调相机包含大量的存储能量。因此，在设计安装时务必要考虑到最

图 01 来源：©jaojormami/stock.adobe.com

高级别的安全性，并正确处理潜在风险。风险通常被定义为概率和后果的乘积，因此，ABB 的同步调相机飞轮设计力求实现这两方面最小化。通过安全设计、广泛测试且采用久经验证的物料，可降低不良事件的发生概率。通过提供可靠的保护装置作为辅助安全功能，应对潜在后果。为了进行高效的规划、调试和运行，ABB 选择使用正在申请专利的集成安全装置来升级其同步调相机飞轮，而不依赖外部保护功能。该装置将飞轮包覆起来，其尺寸与电机中包覆转子的定子相差无几。

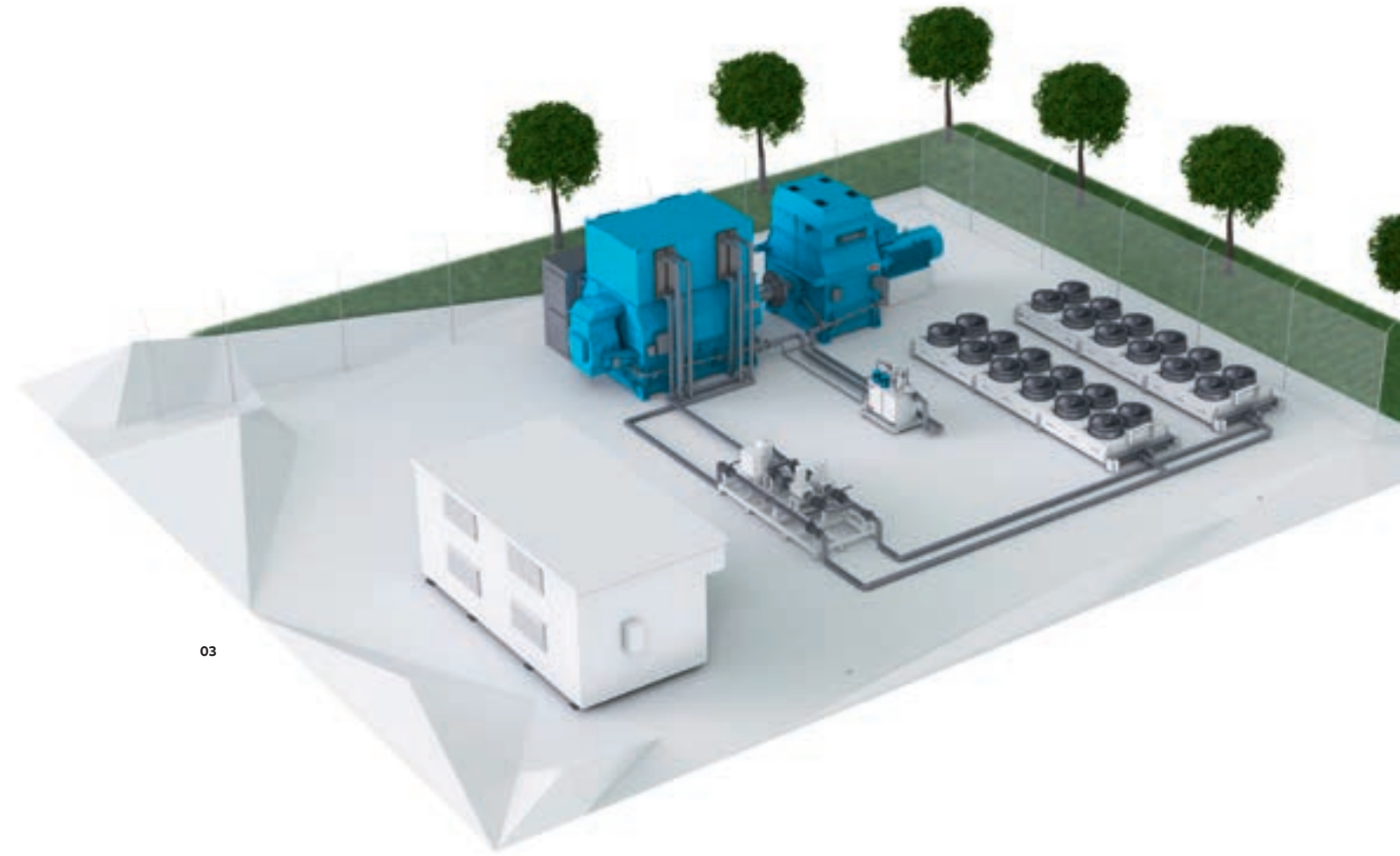
ABB 已使用正在申请专利的集成安全装置来升级其同步调相机飞轮。

现场电网支持

两台 ABB 同步调相机已安装在澳大利亚新南威尔士州达灵顿角 275 MW (AC)、333 MW (DC) 太阳能发电场，该发电场是目前与澳大利亚电网相连的最大太阳能发电场。随着可再生能源技术在该领域的普及，当地电网的稳定性将有望提升→04-05。

加速迈进未来

未来的网络将需要使用分散式解决方案来维持电网稳定性和弹性。同步调相机是一款久经验证的解决方案，几乎瞬间即可启动，以加强薄弱或受损网络，即便在偏远



03

04

05

—
03 典型同步调相机设置。

—
04 达灵顿角太阳能发电场两个 ABB 同步调相机。

—
05 达灵顿角两台 ABB 同步调相机与相关电气设备的鸟瞰图。

地区其表现也毫不逊色。该装置具备诸多优势，如提供助力频率稳定的惯量支持、

—
对同步调相机的需求预计会持续增长。

电压调节和有助于解决故障的短路电流贡献。这些功能都需要使用电力电子系统单独提供。

电网运营商始终致力于寻求新方法，以解决网络质量问题，并确保供应可靠性和连续性，预计对同步调相机的需求亦将相应水涨船高。除了采用全新系统外，亦可使用退役化石燃料发电厂的旋转设备为电网稳定提供惯量储备。未来十年内，预计将部署数百个全新的同步调相机，或单独使用，或与静态电力电子设备结合使用。•

—
参考文献

[1] World Economic Forum, with analytical support from McKinsey & Company, “Fostering Effective Energy Transition A Fact-Based Framework to Support Decision-Making.” 来源：http://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_report_2018.pdf. [访问日期：2022 年 9 月 9 日]。

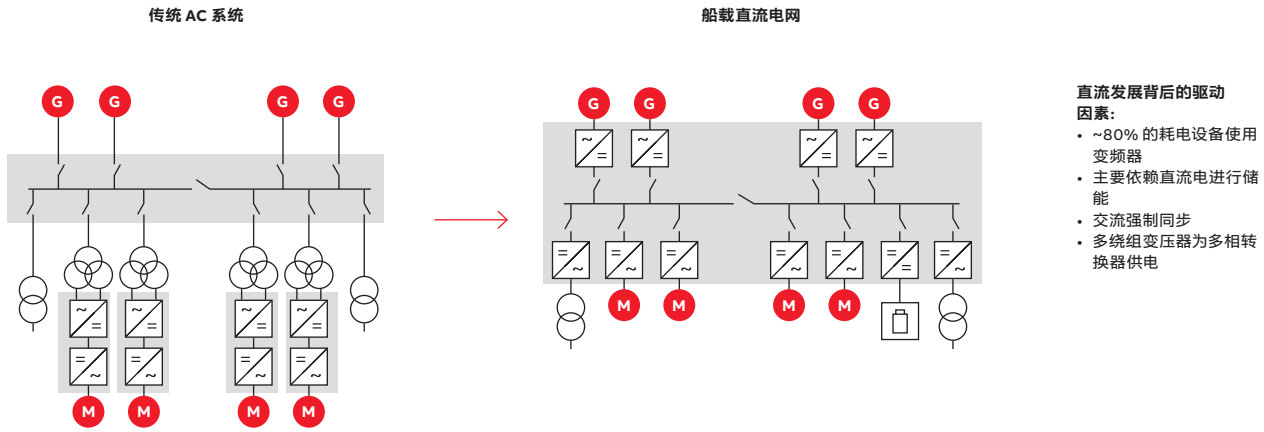
船载直流配电的固态保护

突破局限

直流配电的优势推动了其船载发展进程。因此，清楚了解如何针对可能的电气故障提供最佳保护至关重要。为此，ABB 创建了 SACE Infinitis 固态断路器，确保提供保护、安全和服务连续性。

01

图 01 来源：©Sverre Hjørnevik



02

直流发展背后的驱动因素：

- ~80% 的耗电设备使用变频器
- 主要依赖直流电进行储能
- 交流强制同步
- 多绕组变压器为多相转换器供电

—
01 直流配电电网系统在船载应用方面愈发普及；ABB 为在挪威峡湾航行的混合动力渡轮提供的轻质紧凑型创新系统就体现了这一点，该系统可以控制和管理能量流。

—
02 图示为船载直流配电发展背后的驱动因素。

航运业致力于提高灵活性和能效，以实现可持续发展和性能目标，因此，越来越多的传统能源生产和分配系统逐渐被混合或全电动能源生产和分配架构所取代，在中小型船舶和渡轮上表现尤为明显。虽然电力系统单纯依赖于高效、高性能电池供电的电机，但混合动力系统仍需同时使用电池存储系统和燃料发电机组（发电机组）为电机供电。随着全球电气化程度越来越高，船载直流配电一片利好；其正迅速超越交流配电系统，成为首选。

船载直流配电系统正迅速超越交流配电系统，成为首选。

直流配电可带来诸多益处，但同样也面临着独特挑战：电力电子转换器保护、电容器放电电流检测和中断、中断装置的选择以及故障区域的隔离。ABB 业已开展深入研究，以了解相关挑战和开发优化型解决方案。

因此，催生了以优化型固态开关电流技术为基础的革命性一体化断路器的蓝图，其克服了所有固有挑战， 实现了安全高效的船载直流配电。

向直流配电转变

如今，诸多显著因素推动了船载直流配电的发展→02：

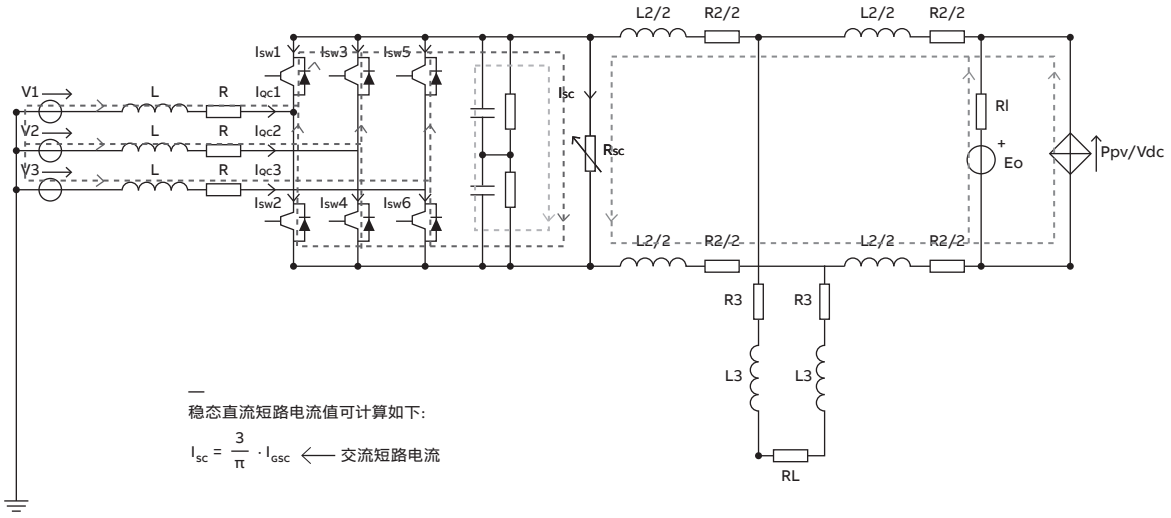
- 混合动力和全电动配置依赖于储能系统，例如主要依赖直流电进行储能的电池。
- 大部分负载需要使用变频器，例如，通过改变频率和电压来控制速度的电机电源→02。通常，变频器利用双重转换过程 — 直流配电消除了其中一个转换阶段。
- 对于交流配电，多相转换器需要具有不同相移（由多绕组变压器提供）的电源电压。
- 在各类情况下进行交流配电强制同步（匹配频率等），例如，在发电机与主总线进行并联连接之前；以及如果必须闭合汇流条，在两个电源进行并联连接之前。

保护性能至关重要

直流发展需要高级保护，而交流配电系统的保护则十分简单：凭借利用交流自然过零点的能力，可在正常操作和故障条件下轻松实现电流中断。相反，在正常运行和故障期间，直流中断情况都十分复杂。如果电流没有自然过零，则直流电流必须被强制归零，例如，通过串联安装断路器极点来产生更高的电弧电压。

Marco Carminati
ABB 电气化事业部
意大利贝加莫

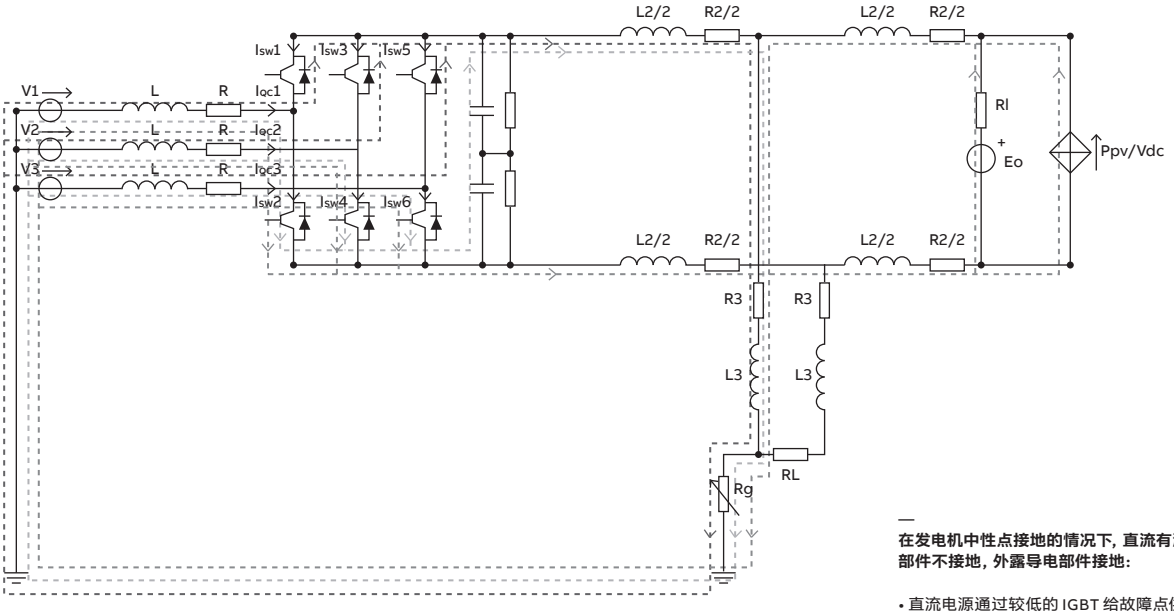
marco.carminati@
it.abb.com



稳态直流短路电流值可计算如下:

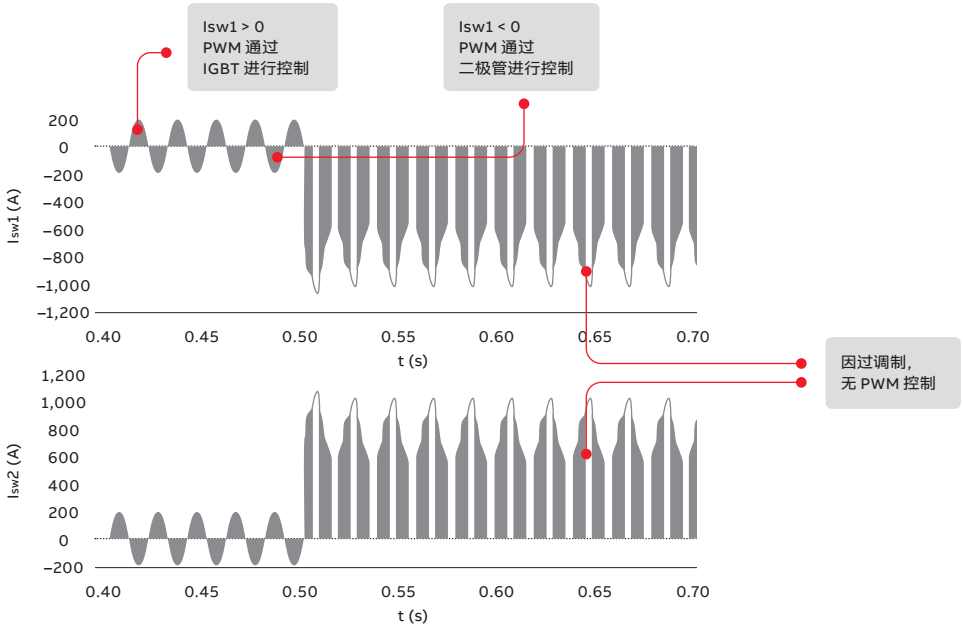
$$I_{sc} = \frac{3}{\pi} \cdot I_{gsc}$$ ⟵ 交流短路电流

03



在发电机中性点接地的情况下，直流有源部件不接地，外露导电部件接地：

- 直流电源通过较低的 IGBT 给故障点供电
- 发电机组电流通过上部续流二极管



04

— 03 图示为直流短路情况下交流/直流转换器的反应。

— 04 图示为在发电机中性点接地、直流有源部件不接地、外露导电部件接地的情况下，直流接地故障交流/直流转换器的反应示意图。

— 05 图示为各种情况下考虑变换器保护效果 (DESAT) 的直流短路和接地故障交流/直流变换器的反应。

因交流多年来一直作为市场标准，其保护系统已十分完善，且可轻松投入商用。相比之下，船载直流配电系统相对较新，市面上尚无太多类似选择。此外，对于直流配电系统，几种保护装置之间的计时电流保护选择存在问题；带有电子脱扣器的断路器可以解决这一挑战，但用于直流配电的类似装置却少之又少。

交流配电存在的问题

尽管交流配电具有固有优势，但其缺点同样明显：其特点是，高功率损耗导致较低的功率传输能力，在低功率因数的情况下更是如此；这是交流配电的一个主要缺点。而且，由于发电机只能以固定频率产生电能，因此发动机的运行速度固定，导致发动机效率降低。另外，由于谐波增加，可能出现电能质量问题； 还必须管理整个配电系统的无功功率流。

直流配电胜出

直流配电可简单高效地与电源（如电池存储系统、发电机）进行连接；电池可以直接连接至主直流总线或通过直流/直流转换器连接；不需要进行同步，因为发电机通过交流/直流变换器经由绝缘栅双极晶体管

— 直流配电具有内在挑战：ABB 业已对此开展深入研究，以开发最优解决方案。

(IGBT) 与主直流总线进行连接。可以使用变频发电机，从而节省燃料 — 原动机可以保持最高能效运行。由于高频发电机的体积/重量较小，需要的系统部件更少，因此还可节省空间。而且，循环谐波更少意味着谐波问题更少，电磁兼容性更佳。无需管理无功功率流。由于规避了向变频负载供电的转换阶段可以降低功率损耗。以上益处有力证明了直流配电的优势。

直流短路分析

如果注重简单性与高效性，那只要保护处理得当，直流配电将十分有利。ABB 为您建立全新的直流保护基线。首先，对各种故障类型进行评估，如短路和接地故障。ABB 对主直流总线短路进行了分析；短路可以用其故障电阻来表示（馈线短路亦如此）→03；还考虑到以下相关故障影响：直流电源（如电池）；直流电容放电、船载交流发电机和交流/直流非隔离 IGBT 转换器→03。

考虑到最坏情况 — 螺栓短路，可知：

- 根据电容器之间的电缆/总线阻抗和故障位置（放电电流峰值可能达到 < 1ms），直流电容器放电故障电流可能很高（高达数百 kA）。
- 根据电池系统的总额定功率，电池故障电流可能很高，锂离子电池更是如此。
- 电流将流过续流二极管，因此，非隔离转换器无法限制或中断短路电流。

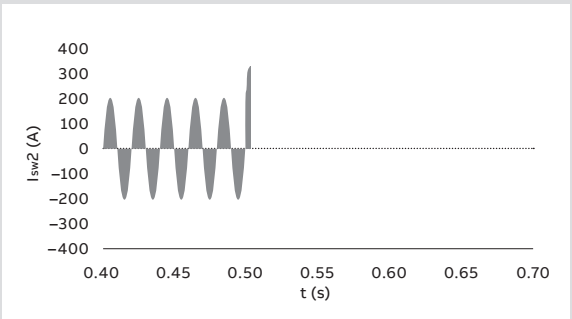
—
在发电机中性点接地的情况下，
直流有源部件不接地，外露导电部件接地：

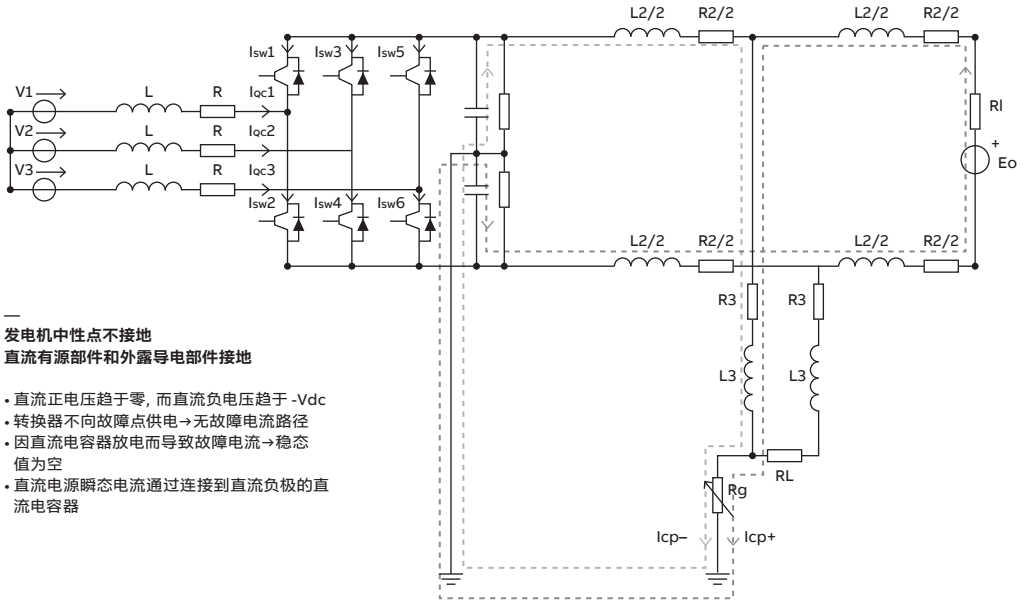
直流短路的 IGBT 嵌入式保护：
- 无效，因前端转换器与二极管整流器工作原理一样。
- 既不能限制发电机组电流，也不能限制直流电源电流，因为其不通过转换器

直流接地故障的 IGBT 嵌入式保护是指：
- 由于直流电源贡献仅在 IGBT 中流动，因此故障被中断
- 由于发电机组电流而导致接地故障电流仍然很高

—
在发电机中性点不接地的情况下，直流有源部件和外露导电部件均会接地：

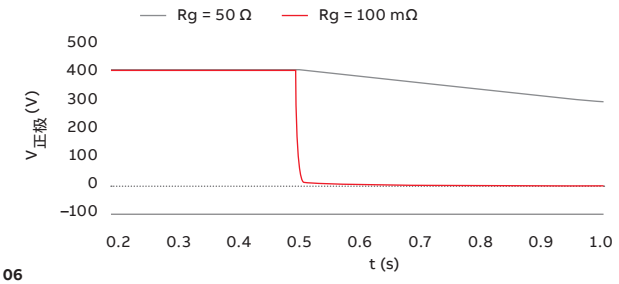
- 接地故障相当于负极接地系统中的直流短路

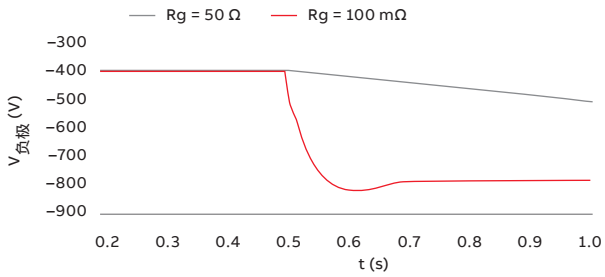


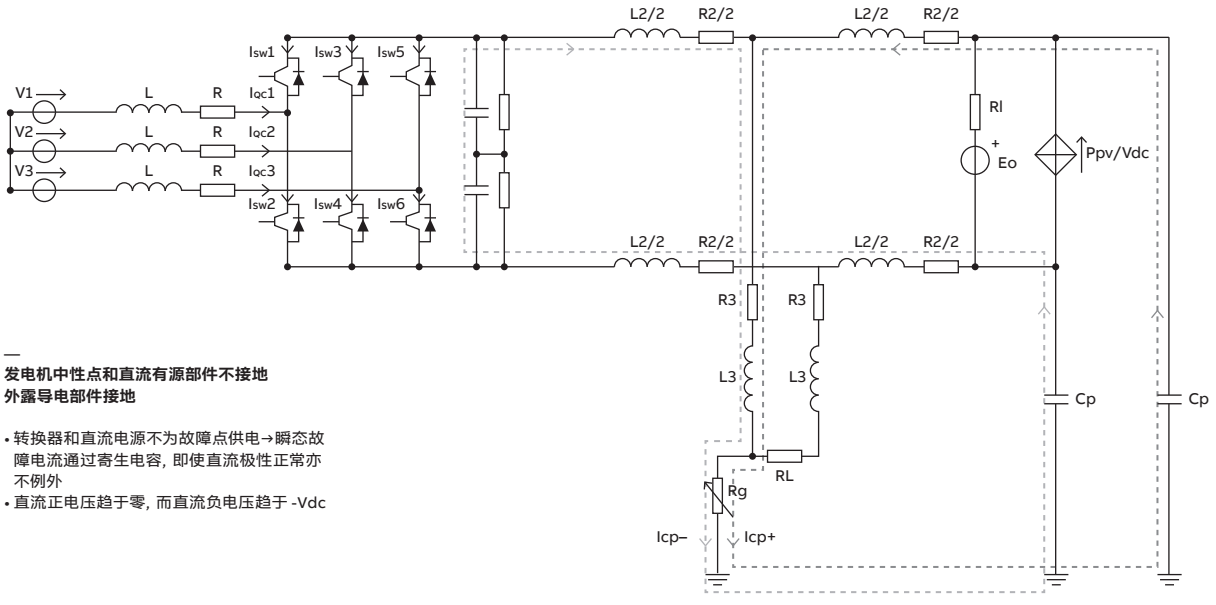


—
发电机中性点不接地
直流有源部件和外露导电部件接地

- 直流正电压趋于零，而直流负电压趋于 -Vdc
- 转换器不向故障点供电→无故障电流路径
- 因直流电容器放电而导致故障电流→稳态值为空
- 直流电源瞬态电流通过连接到直流负极的直流电容器

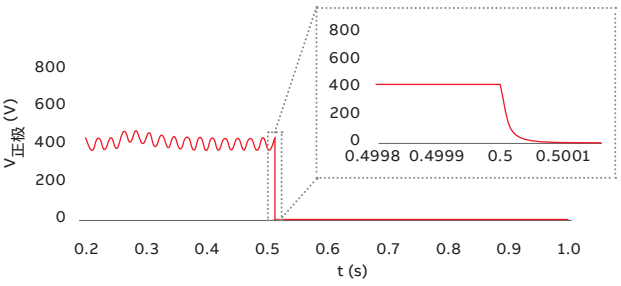


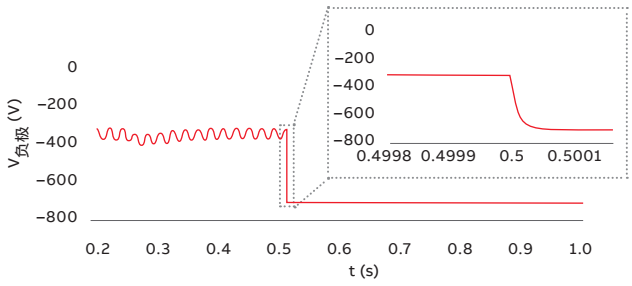




—
发电机中性点和直流有源部件不接地
外露导电部件接地

- 转换器和直流电源不为故障点供电→瞬态故障电流通过寄生电容，即使直流极性正常亦不例外
- 直流正电压趋于零，而直流负电压趋于 -Vdc





—
06 图示为在发电机中性点接地和有源部件不接地、外露导电部件接地的情况下，直流接地故障交流/直流转换器的反应示意图。

—
07 此示意图显示了发电机中性点和直流有源部件不接地。

- 根据→03 给出的公式可知，直流转换器端子处的稳态直流短路实际上等于交流转换器端子处的潜在短路电流。
- 直流总线上并联的交流发电机数量越多，通过转换器的总直流短路电流就越高。

如果安装了非隔离单向或双向升压转换器（直流总线电压高于直流电源电压），则因电流将流过续流二极管，其通常无法限制或中断直流电源的故障电流。因此，需要合适的保护装置来检测和中断较高的故障电流，尤其是来自电池和直流电容器的故障电流；同时保护转换器。

直流接地故障分析

如果发电机中性点直接接地或通过低电阻接地，则直流有源部件不接地，而外露导电部件接地，以检测并中断接地故障，即便无人接触有故障的外露导电部件亦如此。

外露导电部件可使用 TT 或 TN 系统接地。在 TT 系统中，有源部件接地，而外露导电部件连接至单独的接地系统。而在 TN 系统中，有源部件接地，外露导电部件连接至相同的接地系统。在 TT 系统中，直流电源对故障

—
ABB 设计的 SACE Infinitis 为船载直流配电提供安全、一致且高效的保护。

产生的任何可能电流都不存在重合闸路径；其只负责给负载供电；而转换器为负载和接地故障点供电。相反，在 TN 系统中，直流电源的故障电流存在重合闸路径；其为负载和接地故障点供电；转 换器仅为故障点供电，直流电源通过较低的 IGBT 给故障点供电，而发电机电流将通过上部续流二极管→04。

凭借 IGBT 嵌入式保护功能，当通过的电流超过特定上限时，IGBT 可自动打开→04。因此，考虑到 TN 系统的直流接地故障，可知：

- 由于直流电源电流仅在较低的转换器 IGBT 中流动，得益于 IGBT 嵌入式保护，可限制和中断此类电流→05。
- 由于发电机电流（流经转换器上部续流二极管），接地故障电流仍然很高。

因此，仍需要适当的保护装置，以中断发电机提供的故障电流，并以极高的中断速度保护转换器。

如果发电机中性点不接地或采用高电阻接地，直流有源部件和外露导电部件接地，则从故障电流和转换器行为的角度来看，正极性接地故障相当于直流短路。因此，对直流短路事件的考量同样适用于直流接地故障情况→05。

如果发电机中性点不接地或采用高电阻接地，直流中点和外露导电部件接地 — 则在接地故障期间：

- 直流故障极性对地电压趋于零，而直流正常极性对地电压趋于减去额定直流电压。
- 交流/直流转换器不向故障点供电，因不存在故障电流路径。
- 存在较高的瞬态直流电容器放电电流，但稳态值为零。
- 直流电源瞬态电流通过直流电容器连接到正常极性。

尽管如此，正常极性对地电压的增加可能会产生隔离问题。需要采用适当的保护装置来检测并中断较高的直流电容器放电电流。

考虑到发电机中性点和直流有源部件不接地或采用高电阻接地，且外露导电部件接地 — 在接地故障期间→06，可知：

- 交流/直流转换器和直流电源不为故障点供电→07。
- 即使直流极性正常，也会有瞬态故障电流通过寄生电容。
- 如前所述，直流故障极性对地电压趋于零，而直流正常极性对地电压可能在直流额定电压值的半值到整值之间波动→07。

—
08 图示为固态断路器内部核心架构和 SACE Infinitius 单元。

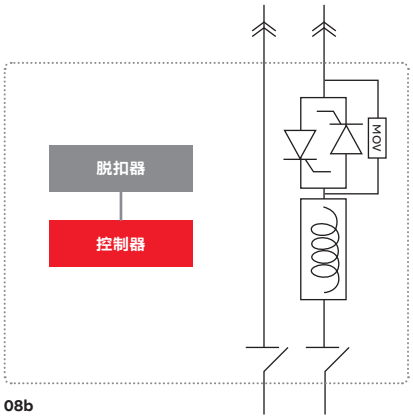
08a 如图所示的 SACE Infinitis 是提供直流电源保护和控制的一体化设备。

08b SACE Infinitus 固态断路器内部核心架构。

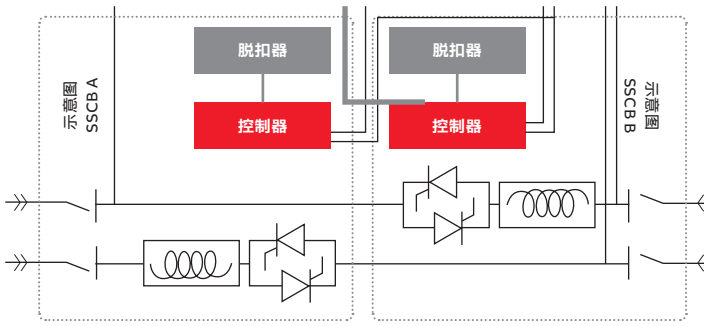
08c 背对背配置中的 SACE Infinitus 内部核心架构。

—
09 凭借 SACE Infinitus，混合动力渡轮可轻松集成、保护和控制新直流网络架构，能够在挪威峡湾及更远的地方安全持续地航行。

08a



08b



08c

克服复杂挑战

根据 ABB 的研究结果，在要求苛刻的载入应用中需要提供完整的故障保护。通过将这些知识与与想法和分析相结合，ABB 设计出了 SACE Infinitis→08a，这是一款带有 RB-IGCT 的新型断路器。RB-IGCT 是一种针对固态断路器应用进行了优化的半导体技术，与以前的技术相比，能够将损耗降低 70%→08b。SACE Infinitis 可为船载直流配电[1]提供安全、一致且高效的保护，也可用于母联断路器应用的背对背配置→08c。

SACE Infinitis 具有 1kVDC 额定电压和 2,500A 机架尺寸，能够完全且安全地检测和隔离故障区域；通过限制短路快速清除故障，减少故障区域的负面影响；以及维持非故障区域中的电源供应。其还将快速重新配置系统，以允许对关键负载进行快速补给。与其他断路器不同，SACE infinitus 不会导致效率或功率损耗，且在封闭母联配置中运行良好。值得注意的是，此款断路器还能与其他保护系统组件和控制/管理系统完全集成。此外，SACE Infinitis 是全球首款完全符合 IEC 60947-2 严格认证要求的固态断路器。

—
ABB 开发的 SACE Infinitis 能够满足所有要求，且完全符合 IEC 60947-2 标准。

凭借 SACE Infinitis，ABB 为船舶提供了控制、保护和集成直流网络架构的全新途径。这款革命性固态断路器实现了最低拥有成本，通过一个集成套件安全连续地提供服务，助力航运业变得更加可持续和节能→09。•

—
参考文献

[1] A. Antoniazzi, et al., “One of a kind”, *ABB Review* 4/2022, pp. 14 – 19.

图 09 来源：© Sverre Hjørnevik

专业术语解释

OPC UA

OPC 代表开放平台通信，是工业 4.0 和工业物联网 (IIoT) 最重要的通信标准之一。

Michelle Kiener
ABB Review
瑞士苏黎世

michelle.kiener@
ch.abb.com

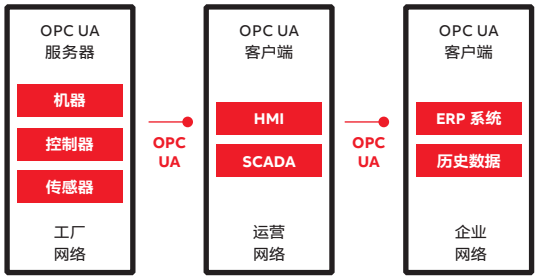
借助 OPC 实现工业环境中机器、设备和其他系统的标准化访问，并实现工业自动化领域和其他行业类似且独立于制造商的数据交换。该规范为访问流程数据、报警和历史数据提供了单独定义：

- **OPC 数据访问 (OPC DA)** 定义了数据交换，包括值、时间和质量信息。
- **OPC 报警和事件 (OPC AE)** 定义了报警和事件类型消息的信息交换，以及变量状态和状态管理。
- **OPC 历史数据访问 (OPC DA)** 定义了可应用于历史、时间戳数据的查询方法和分析。

OPC 基金会是制定这一标准的组织，共计 850 多名成员，ABB 也是该组织的一部分。OPC 于 1994 年成立，并于 1996 年发布了第一版 OPC 标准。使用 OPC UA 技术无需基金会成员参与。

UA 统一架构

OPC UA 中的 UA 代表统一架构，指的是 2008 年发布的最新规范标准。尽管OPC UA 在功能方面与其前身相同（现在称为 OPC 经典架构），通过成为独立于平台、面向服务的体系结构[1]，增强和超越了经典架构能力，该体系结构已从 COM/DCOM 转向纯粹的二进制 TCP/IP 或简单对象访问协议 (SOAP)。OPC UA 它将 OPC 经典架构规范的所有功能集成到了同一个可扩展框架中。OPC UA 产品与 OPC 之间的集成可以使用 OPC 基金会提供的 COM/Proxy 包装器完成经典产品。



01

OPC UA 中的 UA 代表统一架构，指的是最新规范标准。

除了许多其他改进外，OPC UA 支持语义数据描述，且开发为“防火墙友好”型，即可以使用标准网络技术进行管理和引导。使用

参考文献

[1] OPC Technologies Unified Architecture. Available: https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/ [Accessed November 15, 2022].

标题照片：©Andrey Armyagov/stock.adobe.com

—
01 OPC UA 连接的连接岛。

128 或 256 位加密强度在传输过程中保护数据，以及证书交换、排序数据包和消息签名等技术。

OPC UA 的多层架构旨在提供“未来证明”框架，能够纳入例如新的安全算法或传输协议，同时保持后向兼容性。

在组织内部，个人总能发现数据孤岛，并且不一定能与他人轻松共享信息。OPC UA

OPC UA 使得在系统、设备和传感器“孤岛”之间移动数据变得异常轻松。

成功克服了这一点，使得在企业系统、监控设备和与真实世界数据交互的传感器之间移动数据变得异常轻松→01。OPC UA 的一个关键特征是，支持从低端传感器和微型嵌入式控制器到高端服务器的各种组件应用，这使其成为了重要且有用的标准，可以广泛应用于数据岛之间的连接和共享。•

订阅

如何订阅
如需订阅，请联系离您最近的 ABB 代表或通过 abb.com/abbreview 在线订阅

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

随时了解最新信息…您是否曾错过《ABB 评论》出版内容？通过 abb.com/abbreview 注册电子邮件提醒，千万不要错过另一版本。

请注意，注册此提醒时，您将收到一封附有确认链接的电子邮件。请确保您已确认注册。

法语和西班牙语译本

ABB 从第 1/2023 期起停止出版法语和西班牙语版的《ABB 评论》。从本期开始，将只提供英语、德语和中文版本。编辑人员对这个决定表示歉意。如无其他偏好，已停止翻译版本的订阅者将订阅英文版。希望更改偏好的读者请在 abb.com/abbreview 上注明

出版信息

编委会

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

Paul Singer
首席技术官，
ABB 电气事业部

Niclas Sjostrand
首席技术官，
ABB 机器人事业部

Panu Virolainen
首席技术官，
ABB 运动控制事业部

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

Daniel Smith
媒体关系主管

Adrienne Williams
可持续发展高级顾问

Reiner Schoenrock
技术与创新

James Macaulay
高级总监-传播和思想领导力

Andreas Moglestue
《ABB 评论》主编

andreas.moglestue@ch.abb.com

Michelle Kiener
《ABB 评论》执行主编

出版人及版权
《ABB 评论》由 ABB 瑞士有限公司技术管理集团出版
Bruggerstrasse 66
5400 Baden
Switzerland
abb.review@ch.abb.com

部分印刷或复印需经认可。再版需经出版人书面同意。

印刷人
Vorarlberger Verlagsanstalt GmbH
6850 Dornbirn/
Austria

排版
Publik. Agentur für Kommunikation GmbH
Mannheim/Germany

插图
Indicia Worldwide
London/
United Kingdom

PEFC Certified
This product is from sustainably managed forests and controlled sources
PEFC™
PEFC/06-37-03
www.pefc.org

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

对文中有关内容的准确性以及所表达的观点，ABB不做任何担保、保证以及承诺。

1/2023 是《ABB 评论》的第 900 期。

ISSN: 1013-3119

abb.com/abbreview

下一期
02/2023
知识增强

欢迎来到创新者的世界。

有能力创造未来的人越多，我们的未来就会越美好。了解详情，请登录 **go.abb/progress**

ABB