

## 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。可持续性为 ABB 践行公司宗旨以及为所有利益相关者创造价值的核心。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

—  
**可持续性为 ABB 公司宗旨及其为利益相关者所创造价值的核心。**

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

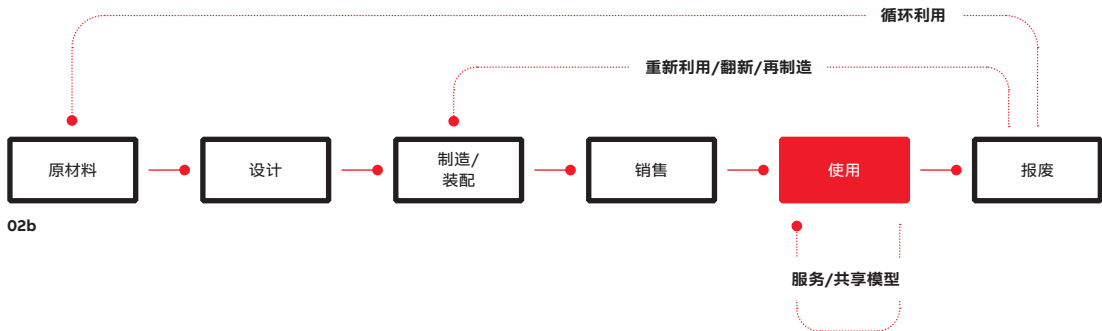
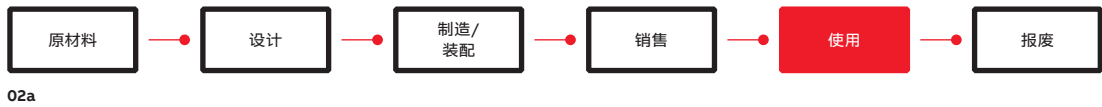
— 循环经济从意图和设计方面实现了可恢复性或可再生性。

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。

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。



**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。代替 IE3 电机，在功率为 315 kW 的情况下，每年可减少 22,000 kg CO<sub>2</sub> 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。

**设计和高效电机是影响电机可持续进程的一个途径。**

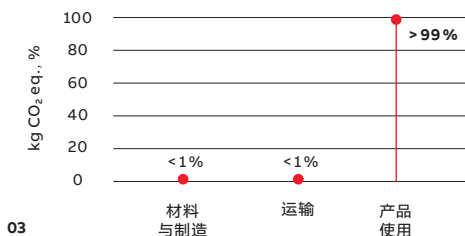
尽管客户可以通过升级电机节省大量能源，但如果将高效电机与变速驱动器 (VSD) 结合使用，那节能效果更是如虎添翼。对于泵、风扇和压缩机等应用，添加变速驱动器通常可以节能 25%[10]。如果使用优化的高效设备取代目前运行的 3 亿多个工业电机驱动系统，则全球电力消耗将减少高达 10%[11]，这一数值十分惊人。

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。

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

**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<sub>2</sub> 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

16 年；91,000 m<sup>3</sup> 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，循环物流是未来大势所趋。

吨电机可减少 30 吨 CO<sub>2</sub> 排放量、节约 300 MWh 的能源和 91,000 m<sup>3</sup> 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

### 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

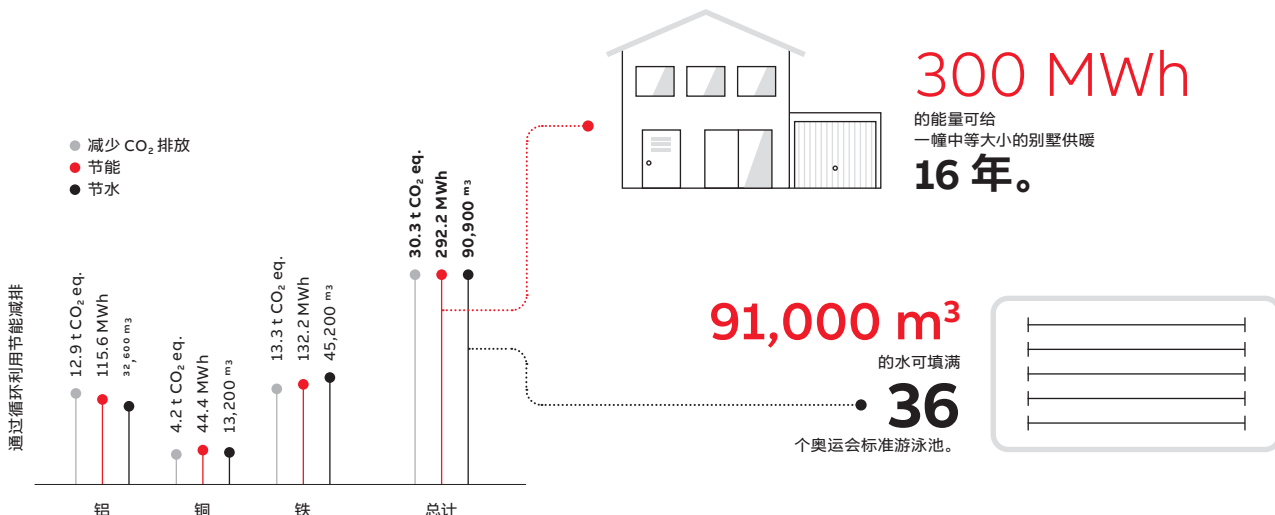
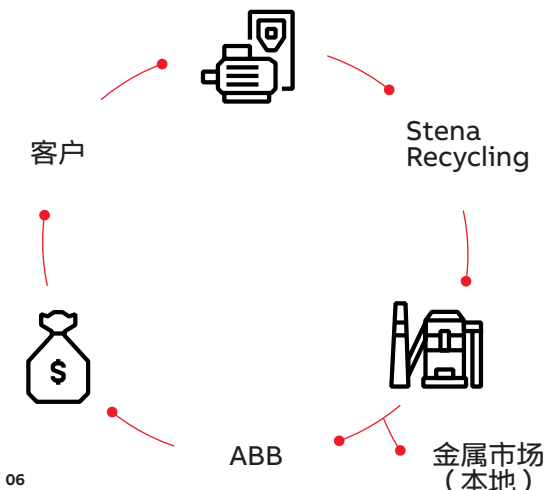


图 04 来源: ©Andrew/stock.adobe.com

05



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<sub>2</sub>)。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

—  
**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。**

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。•

## 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" *IEA International 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-motors-are-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](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].