

ABB

3|10

ABB集团技术刊物

# 评论

变频器和环境回报 6

ABB 绿色建筑 10

风力涡轮机迎接海上风电场的挑战 23

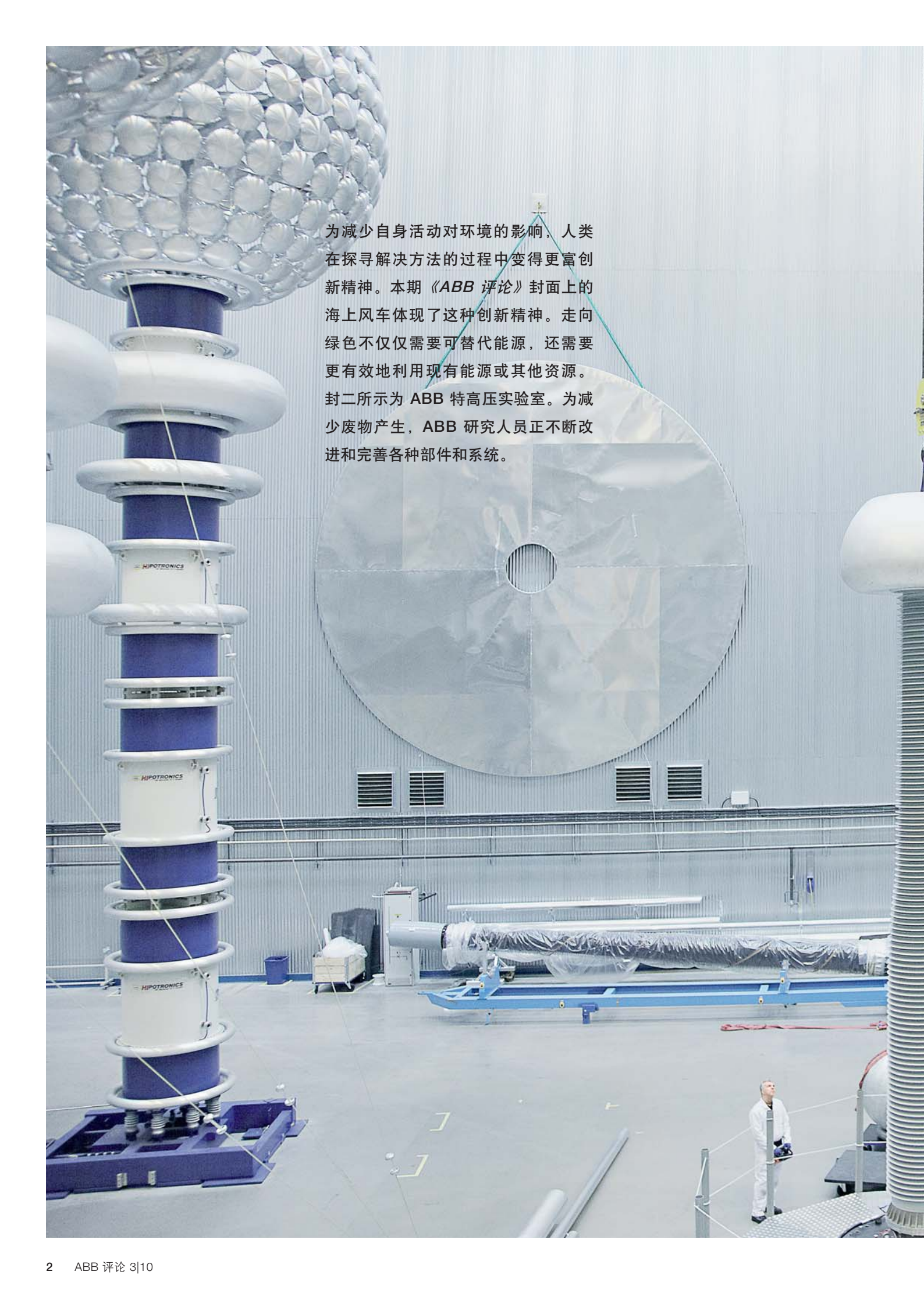
自动化共用平台 49

## 能源与资源



用电力与效率  
创造美好世界™





为减少自身活动对环境的影响，人类在探寻解决方法的过程中变得更富创新精神。本期《ABB 评论》封面上的海上风车体现了这种创新精神。走向绿色不仅仅需要可替代能源，还需要更有效地利用现有能源或其他资源。封二所示为 ABB 特高压实验室。为减少废物产生，ABB 研究人员正不断改进和完善各种部件和系统。

## 变频器与能源

- 6 降低碳排放  
利用 ABB 变频器进行环境回报分析

## 绿色世界

- 10 高能效建筑  
ABB 南非新制造与物流中心采用绿色建筑设计理念
- 14 制胜法宝——传动  
ABB 直接转矩控制技术助力全球最大屋顶与显示屏
- 19 指明节能方向  
利用电力推进技术实现三用工作船（锚作/拖轮/供应船）的燃油节约目标
- 23 拥抱风能  
ABB 技术助力德国 Alpha Ventus 风电场

## 组件与技术

- 27 揭开半导体的神秘面纱  
第一篇：芯片是电网发展的核心部件
- 33 迈向新高度  
全新的ABB 特高压（UHV）试验中心拥有世界上最先进的高压直流测试设备。
- 36 弧光监测系统  
挽救生命，维护生产的监测措施
- 40 隔离断路器  
采用隔离断路器（DCB）的空气绝缘变电站利用率最高、占地面积最少

## 读者反馈

- 47 调查问卷  
进一步完善《ABB评论》

## 自动化解决方案

- 49 协同过程自动化系统  
ABB 系统 800xA —— 一个完美的典范

# 能源与资源

## 亲爱的读者



唐维诗  
ABB 集团首席技术官

经常阅读《ABB 评论》的读者会发现今年第一期的设计有了很大变化。除此之外，我们还将继续寻求内容方面的突破，以更好满足读者的需求和期望。希望您登陆 [www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview)，完成一个在线小调查（只有 10 个问题），帮助我们了解您对本杂志的意见和建议。您的意见和建议对我们至关重要，希望您能参与调查，同时您还有机会赢得一份小奖品。

本期《ABB 评论》将专门介绍能源与资源方面的内容。世界人口持续增长，人们的总体生活质量也在不断提高。尤其在发展中国家，越来越多的人生活更加富裕，但生活方式的随之变化却加剧了能源与资源的快速消耗。虽然大家都乐意看到生活水平的提高，但同时也增加了有限资源利用方面的压力，水、能源、基础矿物等大量资源变得越来越稀缺。我们可通过寻找新的资源和提高能源效率（即采用事半功倍的方法），从根本上解决资源稀缺问题。将原材料转化为产品或服务的过程中，会涉及许多步骤，这些步骤通常与成本、废物和损耗存在联系。如果每一步骤都能提高效率，减少废物，哪怕只是很少的量，就能节省大量资源。这样，每个公司和个人也就能减少自身对环境的影响，变得更具竞争力。同时还能在不降低生活质量的情况下，使同样的资源能满足更多人的需求。

优化过程的一个关键环节在于采用更好的控制措施，最大限度地减少废物，提高总体能效。本期《ABB 评论》将探讨 ABB 系统 800×A 工业自动化系统的潜力。变频器是节能和提高可控性方面具有巨大潜能的另一项明星技术。《ABB 评论》以前讨论

过这些设备和技术的短期回报。本期杂志将讨论它们的长期环境回报，这同样值得人们的关注。

在变频器内容方面，我们还介绍了一些特殊应用。例如，变频器运用于移动大型体育馆的巨大屋顶面板，从而实现增效节能，使建筑物能够灵活适应不同的气候条件和用途。

通过帮助客户改善运行，减少他们对环境的影响，这只是我们工作的一部分。另一方面，ABB 作为一家制造公司，本身也使用大量能源与材料，因此减少我们自身对环境的影响也一直是我们努力的目标。位于南非 Longmeadow 的 ABB 新建筑融合了多种复杂的节能措施，同时采用了自己的一些产品。这不是一次性项目：在能耗方面，ABB 为每名员工制定了每年节能 2.5% 的目标。

在可替代能源开发方面，ABB 技术一直致力于支持可再生能源发电。作为德国 Alpha Ventus 风电场的设备供应商，ABB 为世界上最大的风力涡轮机提供所需的发电机和变流器。您将从本期杂志了解到相关详细情况。

我相信，本期《ABB 评论》将在降低环境影响方面给您提供一个新鲜的视角。

希望大家喜欢本期刊物！



唐维诗  
ABB 集团首席技术官





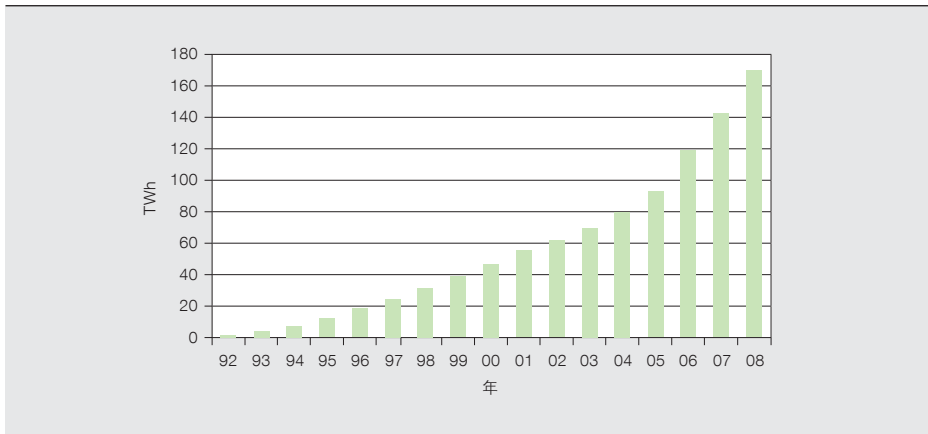
# 降低碳排放

## 利用 ABB 变频器进行环境回报分析

JUKKA TOLVANEN, TIMO MIETTINEN

环境产品声明 (EDP) 试图说明制造特定产品时带来的环境影响。但这种方法没有考虑该产品未来使用时所带来的效益。因此，为了评估特定产品在使用期间内造成的环境影响，ABB 正在开发一种全新的评估方法，包含评估生产成本、产品用途、回收可能性，从而获得自然

资本回报 (RNC) 的数据。用户通过计算 RNC，可评估设备的回报期。例如，变频器 (VSD) 的评估结果可作为一项指标，用于确定设备需要运行多长时间，才能补偿其制造过程中产生的碳足迹。现有的 EDP 没有考虑设备在整个运行期间的节能情况。在配备泵、风机的工业领域，使用变频器会达到明显的节能效果。



2008 年的节能量相当于欧盟 27 国 4200 万户家庭每年的耗能量。

**电**机所需能源占工业能源使用总量约 65%，但由于使用不当方式控制电机转速，其中 20% 的能源被浪费掉了。大多数情况下，我们采用一些节流阀等机械装置控制电机转速。电机运行时通常全速转动，但泵系统中的阀门或者风机叶片可通过调节来改变其运行速度。与此类似，齿轮与传送带可调节旋转机械的转速，但是所用电机仍全速运转，因此这种机械系统本身存在效率低、浪费大的特点。

通过提高工业变频器运行效率，有望实现大幅节能，并减少二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 排放。目前，主要通过两种方法减少电机能耗：

- 电机运行时实行有效的速度控制
- 提高电机本身的效率

泵系统与风机中采用变频器能够将能耗支出降低 60%。泵系统或风机半速

运行时的能耗仅为全速运转时的四分之一。通过改变电源电压和频率，可以调节电机转速。在电压和频率恒定的情况下提供交流电流，交流电机将恒速运转。通过改变电压和频率，则可调节交流电机转速。当频率发生变化时，电机转速（转矩）也会相应变化。这就是说，根据外部生产参数设定电机转速和受驱设备的速度，即通过改变电源电压和频率设定流量或者温度。变频器可作为一种系统，调节和控制电机的电源电压和频率。

### 环境回报

许多电机在低于满载的条件下运行，但却仍然全速转动。变频器专用于改变电机转速，使电机运行时的能耗降到最低。这种能耗降低可以量化为环境回报期。该段时间可以作为变频器生产过程中所排放二氧化碳的补偿。采用大型变频器时，电机减少的能耗可在不到一天的运行时间内补偿制造变频器所需的能耗。也就是说，在接下来的运行时间内，可有效减少采用传统电机调速方法造成的二氧化碳排放。

### 调节小型电机

虽然电机的运行效率过去十年平均

变频器的自然资本回报 (RNC) 评估结果可作为一种指标，用来确定设备补偿其制造过程产生的碳足迹所需的时间。

环境效应	等效单位	制造阶段	使用阶段
全球变暖潜力值 (GWP)	kg Co <sub>2</sub> / kW	3.65	1,570
酸性潜力值(AP)	kmol H <sup>+</sup> / kW	0.00	0.27
富营养化	kg Co <sub>2</sub> / kW	0.05	18.20
臭氧消耗潜力值 (ODP)	kg CFC-11 / kW	0.00	0.00
光化学氧化剂 (POCP)	kg ethylene / kW	0.00	0.27

提高了 3%，但由于在转速方面的小量调节会对能耗产生很大影响，因此还能更有效的节能。

据估计，过去十年，由于有效控制泵和风机转速控制，ABB交流变频器每年帮助客户节电高达 170 兆兆瓦时左右 → 1，相当于4200万户欧洲家庭的每年的耗电量，也相当于平均每年减少 1.4 亿吨二氧化碳排放。

尽管节能效果明显，但是目前在功率小于 2.2kW 的应用中，97% 的电机还未采用任何形式的速度控制方法。全球每年销售 3700 万台工业电机，

## 提高工业变频器的运行效率 在节能减排方面具有一定的 潜力。

而小型变频器的价格逐年降低，因此一台变频器的投资回收期在六个月到两年之间，具体期限视具体应用情况而定（在许多泵和风机的应用中，回收期一般为两年）。

### 生产与使用

人们通常使用“环境产品声明 (EPD)”描述生产对环境的影响。但这种方法存在一个问题，即只注重

制造阶段，而不考虑设备以后使用时对环境的影响 → 2。

另一方面，环境回收期也可以指通过使用某种产品来补偿该产品生产过程中造成的一次性环境负担所需的时间，有时也被认为是自然资本回收期 (RNC)。

EPD的排放数据显示，制造一台 ACS800 250 kW 变频器的二氧化碳排放总量为912.5公斤，相当于每千瓦产生3.65公斤二氧化碳。坦佩雷科技大学进行的一项研究表明，按照全球变暖潜值计算，相同变频器的环境回收期为 0.5 天。换言之，变频器仅需运行半天，就可能完全补偿其制造期间产生的碳排放。因为变频器在整个使用期间会降低受控电机的排放量，因此其碳排放量会变为“负值” → 3。

制造轻型变频器产生的二氧化碳排放量明显低于制造工业级变频器产生的排放量。但是，大型变频器的环境回收期更短。这是因为大型变频器能够节省大量能源，因此在减少二氧化碳排放方面更具影响力。在典型的泵或

风机应用中，采用变频器可使电机能耗节省 50%。

### 能耗

影响变频器环境回收期主要有以下五个因素：

- 变频器所用能源
- 电路板制造过程
- 最终装配
- 外壳
- 电容器

影响变频器环境回收期的最重要因素为变频器运行期间的能耗。通过以下两种途径可改进能耗：一是优化变频器的控制与效率；二是优化系统中所有设备（如电机、泵、风机或者挤压机等）的效率。同时，改进设计和优化变频器的使用也可进一步实现节能。

### 降低制造过程中的排放

在变频器制造过程中，电子部件生产是影响环境回收期的最重要因素。超过 50% 的二氧化碳排放量产生在生产过程。其中，电路板制造过程中形成的环境负载最严重。如果不空运，那么运输过程产生的二氧化碳排放量通常较低。

优化制造过程也可减少排放。采用



产品	功率 kW	GWP		
ACS140	0.75	6		
ACS350	7.5	1.1		
ACS800	250	0.5		
产品	AP	EP	POCP	
ACS140	6.0	8.0	15.0	
ACS350	0.9	1.2	1.3	
ACS800	0.4	0.9	1.0	

假定：在使用欧盟25国平均电能的典型泵或风机应用中，变频器可节省 50% 的能耗。

方便组装且模块可互换的部件有助于优化组装工艺，提高生产效率和减少库存。尤其在使用相同部件制造不同类型产品时，这种优势更加明显。采用这种简单的组装方法也有助于拆卸，便于零部件重复使用。这些深思熟虑也突显了制造过程中选择原材料的重要性。

## 在泵和风机的应用中，变频器可节省 60% 的能源开支。

使用环保型产品和系统有助于减少环境负担。在产品生命周期结束时，通过重复使用材料或者分拆出某些能源部件，提高变频器回收效率，有助于减少产品对环境的影响。例如，其中的铝部件可重新铸造，就可避免从铝矿中提取铝金属时造成的环境影响。

为了评价某种产品对环境造成的负担，可将不同生产阶段的各种因素汇总在 MET 表格 (MET 指的是材料、能源、毒性)。本文中我们列举了制造阶段的相关内容 → 4。该表通常包含原材料、原材料及部件生产、原材料及部件用法、以及产品使用期结束时原材料及部件的可用性等内容。

阶段	材料	能源	毒性
- 制造	- 重量 (kg) - 主要材料用量 - 可回收材料 - 塑料 (kg) - 贵金属 (kg) - 印刷电路板与电子元件 (kg, mm <sup>2</sup> , 层) - 过程中的用水量 (l) - 化学物品 (kg) - 体积 (m <sup>3</sup> )	- 制造过程中的能耗 (kWh) (一个产品的研发、生产设备、工厂分配情况)	- 制造过程中使用的化学品 (数量、毒性, ...) - 制造过程产生的排放 - 主要材料 (使用到期后将分离)

### 整体分析

制造商曾经试图利用环境产品声明 (EPD) 来说明特定设备在制造过程中的环境费用，但是这种方法忽略了设备未来使用过程中的情况。因此 ABB 开发了一种预测产品生命周期内环境成本的全新方法取代 EPD。通过量化这些环境回报，我们可以看到变频器制造过程带来的环境负担，可以在几天之内得到补偿，具体时间视变频器的规格与用途而定。

尽管节能效果明显，但是目前在功率小于 2.2 kW 的应用中，97% 的电机还未采用任何形式的速度控制方法。

**Jukka Tolvanen**  
**Timo Miettinen**  
 芬兰赫尔辛基  
 jukka.tolvanen@fi.abb.com  
 timo.miettinen@fi.abb.com



# 高能效建筑

全新的 ABB 南非制造与物流中心采用绿色建筑设计理念。

CHESNEY BRADSHAW, PAULO DAVID

作为全球领先的工程公司之一，ABB 致力于帮助客户更加有效地使用电能，提高工业生产率，并以可持续的方式降低对环境的不良影响。事实上，ABB 正从自己的办公室做起，实现“用电力与效率创造美好世界”的愿景。ABB 新建的南非总部及制造厂已经经受了所有的挑战，成为了一个资源高效型、节能型、技术先进的工作场所。这座新建筑有助于 ABB 减少对环境的不良影响，降低运营成本。



**作** 为 一 座 全 新 的 高 科 技 综 合 设 施 → 1，ABB 南 非 制 造 与 物 流 中 心（也 称 之 为 ABB 园 区）在 规 划、开 发 时 就 高 度 重 视 设 计、施 工、设 施 管 理 自 动 化、资 源 效 率、回 收 及 环 境 影 响 等 因 素。ABB 旨 在 建 设 一 座 在 资 源 与 能 效 方 面 堪 称 样 板 的 建 筑，对 人 类 健 康、环 境 影 响 最 小，并 能 体 现 ABB 的 绿 色 建 筑 理 念。

在 这 座 园 区 中，大 约 18000 平 方 米 用 于 办 公，23000 平 方 米 用 作 仓 库 与 工 厂。该 建 筑 于 2009 年 完 工，目 前 有 一 千 多 名 员 工 在 此 办 公，以 前 他 们 在 南 非 的 四 个 不 同 地 方 工 作。

### 建筑元素

这 座 价 值 7200 万 美 元（约 合 5.5 亿 南 非 兰 特）的 建 筑 体 现 了 ABB 对 增 效

节 能 理 念 的 关 注。其 主 要 特 点 是 采 用 绿 色 建 筑 元 素，包 括 太 阳 能 板、中 水 回 用 系 统、节 能 照 明；同 时，这 座 建 筑 无 论 在 办 公 区，还 是 在 厂 区，均 能 最 大 限 度 的 获 得 自 然 光 照。这 座 建 筑 的 窗 户 均 涂 有 一 层 紫 色 薄 膜，采 用 百 叶 窗。这 样 可 降 低 空 调 系 统 产 生 的 能 量 损 失。为 进 一 步 减 少 空 调 使 用 量，这 座 建 筑 采 用 了 保 温 措 施，同 时 配 备 ABB 传 动、ABB 高 效 ff1 电 机 及 建 筑 管 理 系 统，从 而 能 够 最 大 限 度 地 控 制 建 筑 内 部 的 温 度。另 外，调 节 池 可 用 于 内 部 绿 地 灌 溉。

通 过 采 用 太 阳 能 水 加 热、空 调 系 统

热 交 换 器、ff1 电 机、紧 凑 型 荧 光 照 明 灯 具，广 泛 使 用 中 水 以 及 ABB 建 筑 自 动 化 系 统，预 计 可 以 降 低 能 耗 → 2。

### 太阳能加热

建 筑 屋 顶 上 安 装 了 面 向 北 方 的 太 阳 能 加 热 系 统，用 于 加 热 室 内 淋 浴 用 水。这 种

**在建筑供暖所需能量中，太阳能已占到惊人的80%。**

免 费 的 自 然 资 源 也 可 以 替 代 电 加 热，同 时 又 不 产 生 碳 排 放。在 加 热 水 所 需 的 全 部 能 量 中，太 阳 能 已 占 到 惊 人 的 80%。降 低 加 热 系 统 能 耗 也 可 通 过 热 交 换 系 统，即 利 用 空 调 系 统 的 热 风，



补充到建筑的热水器中。因此，加热水所需能量的 95% 来自太阳能与回收热量。

### 水平衡

水平衡是将环境影响降至最低的一个因素。雨天时，建筑物屋顶与硬化地面上的雨水全部收集到集水池中。集水池也会增添景观效果。工厂屋顶及硬化地面相当于 40000 平方米的

**安装保温层后，夏季冷却成本可降低 8%，冬季供暖成本可减少 30%。**

集水区域。如果一次降雨量为 100 毫米（这种雨量在南非很普遍），则将有 4000 升的雨水排入两个集水池用于厂内绿地灌溉。这两个集水池接下来的时间内依然保持池满，因此无雨时也能用于灌溉绿地。球阀系统可自动分配池中的雨水。

在室内，淋浴、洗涤用水使用后再用于冲厕所。中水经过初次收集、净化、循环后进入厕所管网系统。每天

收集的平均废水量为 15 立方米。

### 建筑形状：功能决定形式

在 ABB 园区的开发过程中，“功能决定形式”的设计原则起到了主要作用。该建筑的“H”型结构有助于减少能量需求。这是因为办公区位于自然光充足的建筑物外部区域。通过充分利用自然光，工厂屋顶的设计也能达到同样的节能效果。

### 照明

每个工作区的照明灯均安装了光敏开关。有人进入办公区时，灯自动打开；离开时，灯自动熄灭。所有灯均为低能耗、12 千伏嵌顶灯具，所有服务区均安装了应急灯。整个厂区安装了紧凑型低能耗荧光灯。建筑内照明电网满足以下条件，即厂内的每个独立单元均能根据需要关灯、熄灯。

### 保温与空调

气候调节是实现更高能效的另一种途径。地下室采用开放式结构，设计成能够有效自然通风的结构。安装在各处的风机配备了二氧化碳检测仪。一旦检测到二氧化碳水平达到预设值时，检测仪会自动启动抽风过程。

风机与空调设备由高效、低能耗的 ABB 变频器驱动。变频器能更高效的利用电能，同时可以控制速度，缓慢加速，避免启动时出现大功耗。

**风机与空调设备采用 ABB 低能耗、高效型变频器。**

冬季地下室的温度最低可达 5°C，因此地下室上方办公区域的地板采用 200 毫米厚的混凝土板及 100 毫米厚的 Styrofoam 聚苯乙烯泡沫塑料保温层。该建筑的侧面墙与屋顶也采用类似结构。这种保温层可确保空调设备在维持正常温度时，效率可提高 20-30%。安装保温层后，可将夏季冷却成本最多降低 8%，冬季供暖成本最多降低 30%。

### 建筑物管理

这座全新建筑设施集成了建筑物管理系统（BMS）。该系统经编程后可自动操作、控制和管理建筑物的所有能量需求，从而使全部运行过程尽可能实现增效节能。BMS 可实现多种控制



功能，如火灾控制、保安、功率监视与空调系统的控制。变频器以无级方式控制驱动风机、泵的电机转速，并通过满足各种主要气候条件以及室内人数不同时对温度、湿度的要求，优化建筑物内环境。变频器也可节省大量能源——通过控制电机速度，使电机在所需速度下运行，并且可通过BMS控制能耗，这可以明显节省成本，也可提升建筑物的绿色特征。较低的泵速可延长设备使用寿命，降低维护成本。

### 所获荣誉和奖励

Longmeadow 建筑实现了绿色建筑的最高标准。除了常规功能外，该建筑还为以更高效产品及解决方案为主题的大型活动提供了完美的活动场所。

2009 年 11 月，自动化与电力世界——ABB在非洲最大的客户活动在这座办公建筑内举行。ABB 首席执行官吴坤宣布这座全新的综合建筑正式投入使用。自动化与电力世界活动

包括一个项目绿色计划，以便通过三种不同方法实现活动的碳中和。

## 凭借全新的制造与物流中心，ABB赢得了节能建筑最高执行奖。

### 废物管理与清洁

在超过一千名员工的企业里，你可以想象会产生多少垃圾。因此，必须制定废物管理计划，把废物收集及管理转包给废物管理公司。所有废物可以分类，并将纸张、金属、玻璃、塑料分离后进行转移和回收处理。为了减少环境影响，采用环境友好型清洁产品的公司负责完成了Longmeadow 建筑的清洁工作。

- 执行可持续的食品与饮料采购策略、可持续的废物管理、绿色清洁计划、可持续的会议材料采购计划。
- 监督、计算活动的碳排放量。计算以下领域的碳排放量：活动代表乘坐飞机、汽车去约翰内斯堡，代表乘坐汽车参加或者离开活动；住宿能耗、活动所在地所用能量。
- 通过购买碳汇，抵消两天活动的碳

排放量，与可持续的合作伙伴 WWF-SA（位于南非的世界自然基金会）共同支持可持续发展，并提高环境意识。

ABB为这座节能建筑所做的努力也得到了人们的关注。ABB 南非获得了由 Eskom 电力公司和南非能源事务部联合赞助的 Eta 能效奖工业类中的最高节能执行奖。Eta 奖用于表彰增效节能领域所取得的卓越业绩，及其创造性与创新性。南非现有三个由全国商务倡议（NBI）设立的国家能源效率协议奖，该奖项便是其中之一。该奖项评委表彰了ABB在约翰内斯堡 Longmeadow 的节能建筑，赞赏 ABB 使用自己的节能技术，降低了对环境的不良影响。ABB 还收到了南非国家节能署发来的祝贺信，赞扬 ABB 在增效节能领域发挥的领导作用，尤其是制造与物流中心。

### Chesney Bradshaw

ABB企业传播部  
南非莫德冯顿  
chesney.bradshaw@za.abb.com

### Paulo David

ABB有限公司  
南非莫德冯顿  
paulo.david@za.abb.com



# 制胜法宝——传动

ABB直接转矩控制（DTC）技术助力全球最大屋顶与显示屏

BRAD COBO, KEN GRABER

俗语说，德克萨斯的任何东西都大一号。达拉斯牛仔体育场——美国德克萨斯州国家橄榄球联队的主场当然也不例外。这座巨大的体育场耗资 13 亿美元，占地超过 300 万平方英尺，拥有近 10 万个座位。虽然年度第一个橄榄球赛季不久前已结束，但这座体育场已经创造了一些有名的

世界纪录——如最大的封闭式 NFL 体育场、单跨度最长的屋顶结构以及最大的高清显示屏。橄榄球无疑是这个标志性建筑中最著名的符号，但融入该建筑设计的工程技术也毫不逊色。从可开启式屋顶的机械化到 600 吨重的大屏幕升降系统，ABB 传动都发挥着举足轻重的作用。



可开启式屋顶由两块活动面板组成，每块面板的重量超过 750 公吨。

**直**接转矩控制技术、易配置型主从运行模式等技术属于行业领先技术。大型体育场的电机驱动装置选择这些技术十分明智。达拉斯牛仔体育场采用了 ABB 很多技术，使得这座供数百万人使用的“可移动建筑”达到了更高的水平。

#### 可移动建筑

承载50多年的历史，达拉斯牛仔队赢得了五次超级碗 (Super Bowls) 冠军、八场 NFC (国家橄榄球联合会) 桂冠以及其他 19 场分赛区冠军，因此享誉全球。他们的家乡也正如他们骄人的战绩一样也为人们熟知。达拉斯牛仔队的主场——德克萨斯体育场因其屋顶上的“窟窿”著称于世——这个设计当时十分新奇。鉴于此，这种开放屋顶已融入新建体育

场中：采用可开启式屋顶、端区的活动玻璃门可使体育场内阳光充足、自然通风。这种开放式设计给予球迷户外看球的感觉。如果自然条件让人无法忍受（这种情况在德克萨斯炎热的夏季经常出现），屋顶、各扇门会在几分钟内全部关闭。这座新体育场凭借这种灵活性成为名副其实的用途比赛场地。橄榄球比赛每年持续仅六个月，因此可在非橄榄球赛季举行其他活动维持体育场的盈利。

#### 可开启式屋顶

可开启式屋顶由两块活动面板组成，每块面板重量超过 750 公吨。两个方形桁架支撑着这两块面板（占全部屋

为实现屋顶收缩，ABB 的 DTC 会以每秒 40000 次的频率计算电机的当前状态，以便确定产生所需转矩的最佳 IGBT 切换方式。

顶重量的 3.5%)。这两个桁架横跨体育场，跨度超过 370 米。每个桁架顶端铺设了类似铁轨的轨道。屋顶上的面板会在这种轨道上滚动，且在滚动时通过齿轮轨道或者齿条、齿轮机构



Profibus 网络将每台 ACS800 变频器与 PLC 连在一起，用于监测、控制，执行安全功能中的“转矩验证”功能。

固定。这种固定机构是 128 台 7.5 HP 电机组通过行星齿轮减速器将屋顶板提升至倾斜屋顶上方的关键。屋顶倾斜度可以改变，完全打开时最大倾斜角可达 24 度。为提供冗余和降低陡峭路径造成的安全风险，设计时选用了多台齿轮电机。多个电机制动器以及与齿条咬合的轮齿可以防止任何单独部件失灵，避免屋顶板从屋顶直接滚落到停车场。采用这种冗余式设计，也可使可开启式屋顶在每个四分之一圆周内，在 32 台离线电机中的五台电机的驱动下运作→1。

#### 零速下的最佳转矩

倾斜度大还造成另一个问题。当屋顶面板全打开时发出关闭指令时，电机必须在巨大负载下启动。通常情况下，这种大转矩启动既需要采用高性能电机，又需要配备闭环式矢量变频器控制电机。但是，鉴于这么多电机编码器带来的高成本、复杂性，我们不建议采用这种方法。相反，Uni-Systems<sup>1</sup>的工程师利用了 ABB 的直接转矩控制（DTC）技术。利用这种技术几乎可以达到相同的性能水平，还能摆脱令人头痛的编码器。通过 100MHz 的数字信号处理器，DTC 算法可按照每秒 40000 次的频率计算



电机的当前状态，然后确定 IGBT<sup>2</sup> 的最佳切换方式，产生所需转矩。这是一项 ABB 的独有技术，也是这种变频器从众多竞争产品中脱颖而出的主要原因之一。

这种 ACS800 变频器也属于再生回馈变频器→2。这种特性使电机减速时不需要制动电阻。当屋顶面板从几乎水平的位置、全封闭位置向倾斜向下的斜坡全敞开时，电机的状态由电动状态转向制动状态。在电机制动阶段需要通过变频器使电机减速，使其运行速度保持可控状态。这种制动技术通过将动能转换为变频器内部的电能来实现-即动态制动过程。通常情况下，制动器将这部分过多的能量通过制动电阻以热能形式消散，这与车辆下坡制动时造成制动器发热的情况完全相同。这种热量或者热能基本上都浪费了。相反，再生回馈变频器是一种替代型解决方案，会把这部分再生能量回馈到电网。虽然这部分回收能量很少，每个运行周期内回收的能量价值 14 美元，但不安装制动电阻

#### 脚注

- 1 请参阅 [www.uni-systems.com](http://www.uni-systems.com)
- 2 IGBT: 绝缘栅双极晶体管





带来的收益很明显，并能证明使再生回馈变频器所需的额外成本是合理的。

### 团队式运行

协调 128 台齿轮电机的运作，以确保这些电机同步运行绝非易事，但对具有内置式负载共享功能的 ACS800 变频器来说则很容易做到。总计 32 台变频器平均分为四组，用于驱动 128 台齿轮电机（每台变频器驱动四台电机）。每组八台变频器中，其中一台“主传动”控制速度；其余七台“从传动”控制转矩。通过以上主/从传动网络，可使这些相互独立的电机以团队形式运行。主传动通过 Profibus 按照 PLC（可编程逻辑控制器）发出的速度运行，并运用 DTC 算法计算保持这种速度所需的转矩。然后将计算结果通过光纤链路发送给从传动，作为转矩基准值。从传动可在达到这种转矩所需的任何一种速度下运行（在速度窗口范围内）。这种管理形式可确保所有电机的负载相等，而且由于主/从传动的更新时间仅需 2 毫秒，因此系统能够快速响应负载变化，从而确保屋顶面板不会掉落到停车场。

每个变频器与 PLC 连在一起的

Profibus 网络除了具有控制与监视功能外，还可用于执行屋顶伸缩系统的一种关键性安全功能。其中一种功能为“转矩验证”，即确保每台电机在线，且在释放制动器前产生转矩。例如，无论什么时候需要一块屋顶面板移动时，PLC 首先会向所有主传动发出含有非常低的转速设定指令。既然此时制动器未释放，因此可使传动产生转矩。每个传动会向 PLC 报告实际转矩，然后 PLC 将收到的转矩值与最低转矩值比较。当 PLC 检测到所有传动至少已产生最低转矩值时，会发出释放制动器的最终指令。此时，传动将控制屋顶面板的移动并开始加速。转矩验证功能仅是多个屋顶系统关键保护功能中的一种。

### 价值 4000 万美元的画面

这座体育场最显著的特点便是场内的大屏幕，这是全球同类大屏幕中最大的一种

→ 3。这两块大屏幕由三菱电机 Diamond Vision™ 制造。这两块规格为 22 米 × 49 米（72 英尺 × 160 英尺）显示屏从一条 20 码长的线穿过另一条。



每块显示屏均为高清真彩显示屏，采用了 16:9 的宽屏设计，可达到 1920 × 1080 的分辨率。两块大屏幕的底部是两块较小的显示屏，规格为 8 米高（27 英尺）× 15 米宽（48 英尺）。与 4000 万美元的标价相比，3000 万个独立的 LED 所达到的影响显得苍白无力。这个价格甚至超过了第一座牛仔体育场的总造价。

大屏幕一开始悬挂在 27 米（90 英尺）的固定高度，但不久便需要采取措施以升降大屏幕。为了即将举行的国际著名 U2 摇滚乐队的音乐会，需要将大屏幕再升高 3 米（10 英尺），以适应乐队舞台设备的高度。牛仔体育场再次求助 Uni-Systems 为其设计、安

## 大屏幕重 600 吨，其重量分布在 16 个起重卷筒上，且每个卷筒配备四台 5 HP 电机，用于备用与分配荷载。

装大屏幕的起吊系统。通过参考以前体育场项的电缆卷筒设计方案，他们在很短时间内以最低成本完成了这项工作。该项计划将大屏幕的 600 吨



重量分配到 16 只起重卷筒上，每个起重卷筒配备四台电机用于备用与分配荷载。每块大屏幕的端部用八个起重卷筒支撑，从而在需要移动大屏幕时，每一侧都可独立移动。需要电机同时工作时，可将大屏幕在距地面 8 米（25 英尺）到 35 米（115 英尺）的高度范围内升降。每个起重卷筒配备四台 5HP 电机。这四台电机由两台 ACS800 再生回馈变频器供电。采用一台主传动、七台从传动，荷载分配方式与屋顶相同。同样，该升降系统也使用转矩验证功能，该功能也是整个安全系统多层功能中的一种。

另外，还安装了其他八台卷筒，但不用于起吊，这些卷筒称作止动卷筒。通过固定在大屏幕四个角上的缆绳→4。这样可以确保在屋顶与端区各门打开时气流穿过体育场的情况下，防止大屏幕前后摆动。当主起重卷筒工作时，各卷筒的转矩处于受控状态，并保持止动缆绳的张力稳定。在保持卷筒设定点的同时，还需要利用变频器中的速度窗口功能限制其运行

速度。这个重要设定可防止变频器快速松开或者收起缆绳，进而在一定程度上形成阻尼，防止大屏幕突然移动。实现上述目标需要采用微调功能。该功能已由 ABB Drive Window 软件进行了简化。使用这种软件能够立即监视多个卷筒的动作。这么多电机、变频器需要协调工作，实时监控至关重要。

#### 端区活动门

活动式玻璃隔墙位于体育场每个端区球门柱的正上方。说是门，但这种隔墙更像一堵墙→5。每堵隔墙均由七块玻璃板组成，每块玻璃板规格为 12 米（38 英尺）宽×37 米（120 英尺）高。两块外侧的玻璃板是固定的，其余 5 块玻璃板则保持活动状态。这些玻璃板位于中间位置，在 ACS350 变频器的控制下，可在 6 分钟之内形成一个 55 米（180 英尺）宽的开口，使玻璃门内外融为一体。

受 ABB ACS350 变频器的驱动，位于中间位置的 7 块 12 × 37 米玻璃板中的 5 块可在 6 分钟内形成一个 55 米宽的开口。

#### 赛后

能够参与全新牛仔体育场活动结构的建设，ABB 深感自豪。从简单的传送机到全球最大的可开启式屋顶，ABB 变频器不但能对电机进行高效控制，而且还非常容易操作。凭借直接转矩控制等行业领先技术，以及与 Uni-Systems 这样具有技术竞争力的良好合作，牛仔体育场项目成为通过技术和专业知识相结合解决特殊问题的典范——每时每刻都能实现成功的技术融合。虽然 ABB 产品安装在体育场中人们看不到的地方，但这些产品能为用户提供完美的体验，确保体育场的长期稳定运营。

标题页图片由 Brad Cobo 提供。

#### Brad Cobo

ABB 离散与自动化业务部  
美国德克萨斯州达拉斯  
brad.a.cobo@us.abb.com

#### Ken Graber

ABB 离散与自动化业务部  
美国威斯康星州新柏林  
ken.j.graber@us.abb.com



# 指明节能方向

利用电力推进技术实现三用工作船（锚作/拖轮/供应船）的燃油节约目标

TOR ARNE MYKLEBUST

从 20 世纪 90 年代初期开始，电力推进技术便应用于钻井平台供应船或者近海支持船。这种技术不断向前发展，目前已有多种优化的电力推进方案。这些方案可降低燃油消耗，减少对环境的影响，简化设计和施工过程，更好的利用船上空间，同时改进船员的工作环境。降低燃油消耗和

运行成本一直是推动电力推进技术发展的动力，且采用这种技术的经济效益非常明显。一直到最近，近海支持船的电力推进都是人们关注的焦点。但目前，三用工作船使用电力推进正受到越来越多的关注，同时这种技术也正运用于其他需要节能的船型。

对于近海支持船，采用电力推进技术已被证明比机械式直接推进技术更为节油。在典型运行情况下，燃油节省可达 15% - 25%，在单纯动力定位（DP）运行情况下，节省量更高达 40% - 50% → 1。

虽然绝大多数电力与推进设备的基本工作原理相同，但市场上却有多种不同的配置结构。为达到最佳节能效果，船东、造船厂、设计人员在考虑产品、系统与用途时，必须评估所有可能的配置方案，并设定评估标准 → 2。

### 实现燃油节约目标

采用电力推进方案时，需要采用发电机、配电板、变压器、变频器和电机组成的系统，替代主机与螺旋桨之间的机械传动系统。这种系统的效率约为 90%，也就是说该系统的某些方面肯定还存在其他损耗。不同电力拓扑结构间的损耗变化不大。但与螺旋桨的液压损耗和主引擎的燃烧效率损耗相比，电力损耗仍显得微不足道。因此，虽然会造成电力损耗，但与液压

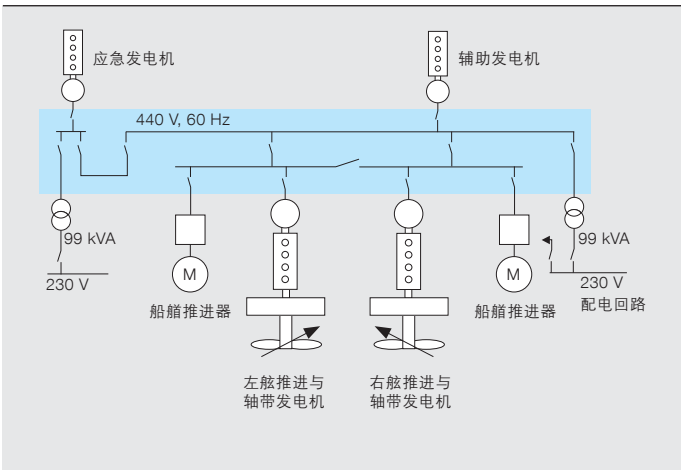
损耗和燃烧损耗相比，总的系统损耗降低了。

电力推进系统的燃油损耗降低主要归功于两方面。第一，螺旋桨变速控制。与传统恒速变矩螺旋桨相比，这种方法可将螺旋桨的空载损耗降至最低。第二，船用柴油机的自动起停可确保在最小运行要求内，使柴油机尽可能以最佳经济运行点工作。

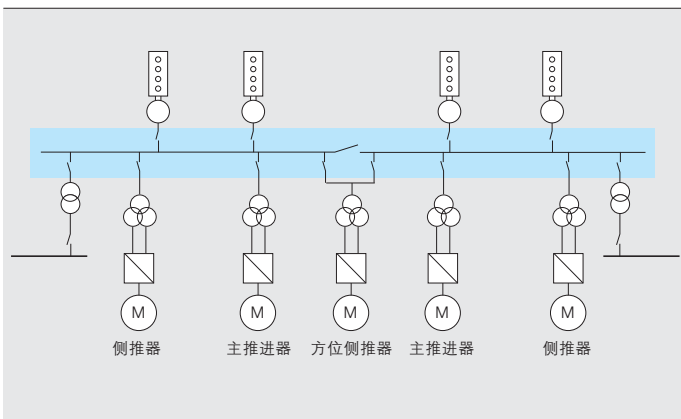
近海支持船（包括三用工作船 AHTS）的传统设计通常采用恒速变矩螺旋桨。与变速螺旋桨控制方法相比，由于恒速螺旋桨导致高空载损耗，因此这种推进控制方法的效率极低 → 3。当电力推进技术运用于近海支持船时，节省的大部分燃油都来源于这种空载损耗。另外，DP 模式的大部分时间所需的推进力需求极低，即使在北海这样的恶劣环境中也是如此。

与采用少量大型机组比较，电力推进方案的另一个重要影响就是采用大量小型发动机优化船用柴油机的负载。柴油机的自动起停功能可按照具体负载情况产生更好的负载分配，从而降低燃油消耗 → 4。

## 1 近海支持船（OSV）的推进系统



1a 传统的直接机械式推进器

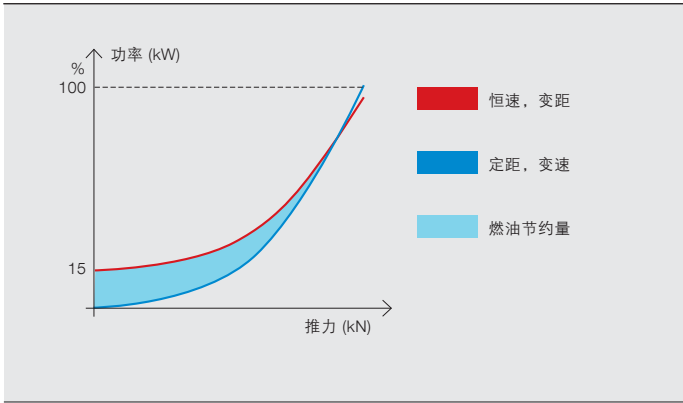


1b 电力推进

## 2 电力推进结构的评估标准

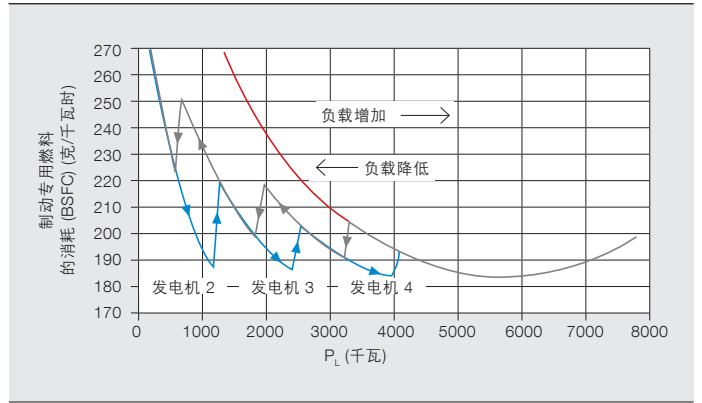
- 具有成本效益的建造与安装
- 设计灵活，提高了船舶的利用率
- 提高了安全性
- 可用于 DP（动力定位）
- 降低燃油消耗
- 降低环境影响（即降低排放）
- 改善船员工作环境
- 维护成本低
- 在船舶使用期限内易于维护
- 在运行区域易于维护（通常在全世界）
- 可提供备用部件
- 远程与船上支持
- 促使性能降低的限制条件最小化
- 给其他设备造成的不利影响降至最小
- 破冰船具有很高的破冰与处理能力

### 3 变速的优势



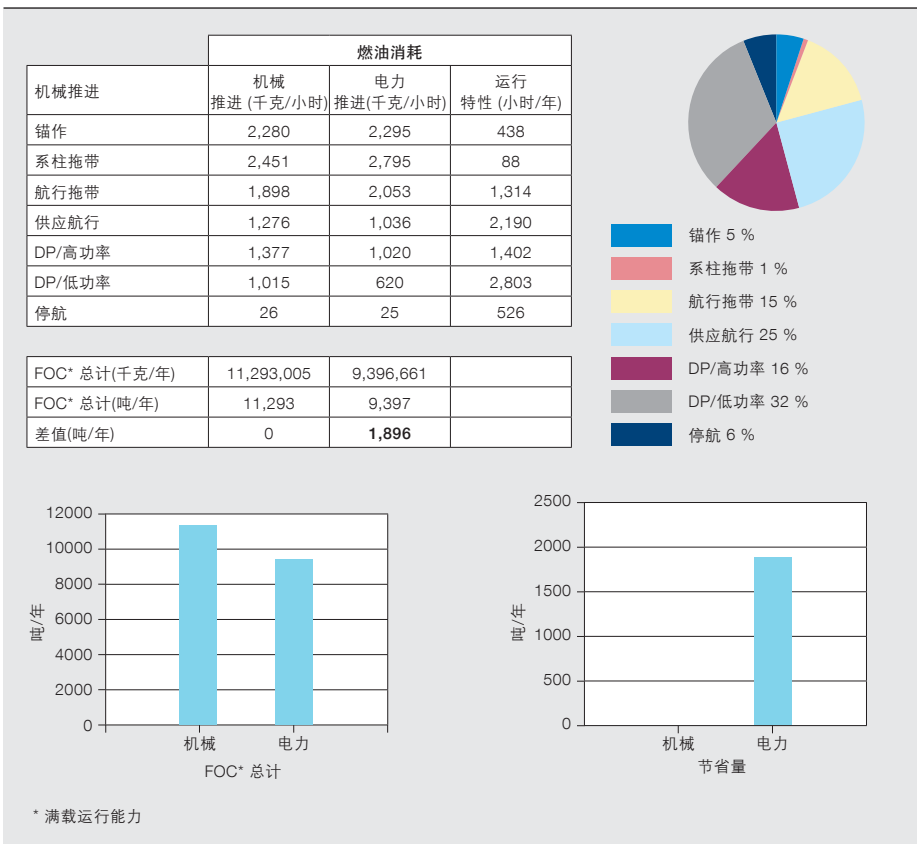
轴功率与恒速变距螺旋桨 (CPP) 和变速定距螺旋桨 (FPP) 的轴功率-推力曲线比较

### 4 每千瓦时能量生产所消耗的燃油



四台同样大小的船用柴油机并联运行 (所用电源管理系统具有自动起停功能) 与一台船用柴油机比较 (红色线)

### 5 系柱拉力 200 吨以上的 AHTS 使用电力推进与机械式直接推进方法的比较



电力推进系统采用的螺旋桨变速控制与船用柴油发动机的自动起停，可降低燃油消耗。

当一艘系柱拉力大于 200 吨的 AHTS 采用电力推进方法时，经计算，其燃油节约接近 1900 公吨 → 5。

三用工作船所需的推进功率远远大于典型的近海支持船，因此推进系统成本也高。在传统 AHTS 系统中，为了节约成本和获得可靠的系柱拉力，优化了设计方案。过去，在推进方案选型、设计时，人们很少关注运营成本

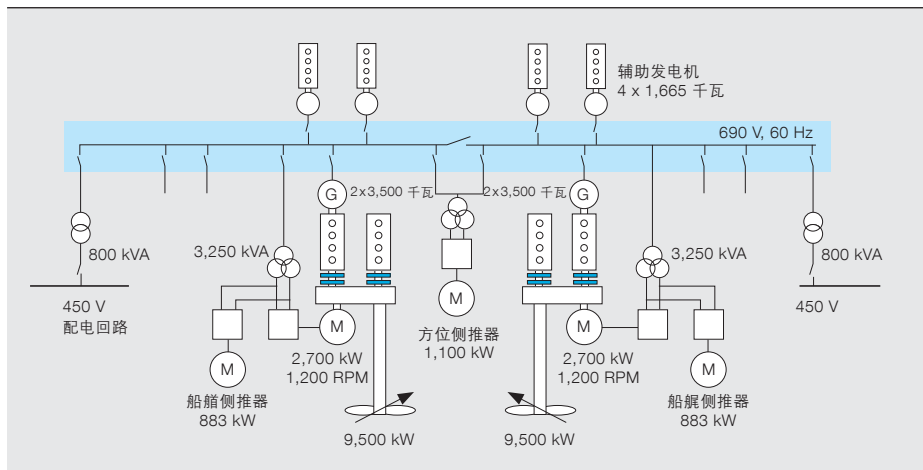
本。但今天，面对不可预知的燃油价格以及对环境的逐步重视，这种观念已经发生了变化。现在，运营成本，尤其是燃油消耗成为船舶设计的重中之重。

#### 混合推进

机械-电力混合推进法是全电力推进法的替代方法 → 6。这种情况下，船舶有三种运行模式。

- 在低速操控、航行和 DP 运行情况下，采用全电力推进
- 拖带和高速航行时，采用全机械式推进
- 电力推进辅助机械推进系统以获得最大系柱拉力时，采用机械-电力混合推进

就安装成本来讲，混合推进方案比全电力推进方案更经济，并且在燃油



消耗方面也毫不逊色。鉴于这些原因，多艘新 AHTS，尤其是那些系柱拉力大的 AHTS，其设计均采用混合推进方案。

然而，我们不能忽视这种混合推进系统机械部分的高复杂性，因为在这种情况下，船员必须更加主动地手动选择最佳的运行模式。在全电力推进系

方案后（目前，AHTS 船也采用这种推进方法），显著降低了燃油消耗、气体排放量及运行成本。

采用电力-机械混合推进法时，不仅建造成本低，而且还能达到与采用全电力推进法几乎相同的节约效果。但需要提醒的是，船员必须能够积极主动的选择运行方式以达到最佳配置。

## 当一艘系柱拉力大于 200 吨的 AHTS 采用电力推进方法时，经计算，其燃油节约接近 1900 公吨。

统中，可在最少的手动操作或者在无手动操作的情况下，更容易自动优化电力与推进系统的配置，从而确保系统始终在接近最佳的运行条件下运行。

### 不断创新

在 AHTS 船上，虽然传统的推进系统经过优化，获得可靠的系柱拉力，但是与电力推进系统比较，可靠的系柱拉力是低成本换来的，燃油消耗更多，环境污染更严重，尤其是二氧化碳排放。近海支持船采用电力推进

虽然电力推进方案本身会在能量链上产生损耗，但仍能通过灵活的船舶运行方式节省燃油。当然，我们可努力

消除这些新损耗，但是，为使电力推进方案产生最大效益，我们应首先集中精力设计一种简单、可靠、灵活的系统。

### ABB 电力推进设备

ABB 在全球电力推进领域居于领导地位，可向用户提供各种推进系统（从用于轴系推进、机械推进的变速电机系统，到独特的吊舱式推进系统），其中最著名的是 Azipod® 推进系统。ABB 已为大量 OSV/AHTS 交付了混合电力推进系统，这些船舶属于

DOF、Farstad Shipping、Island Offshore、REM Offshore、Solstad Offshore、Ezra Marine Services、和中海油服等公司，并为这些客户的主推进系统提供了低压发电机、变压器、变频器和电机。

**Tor Arne Myklebust**

船舶业务单元

ABB过程自动化业务部

挪威于尔斯泰因维克

tor-arne.myklebust@no.abb.com



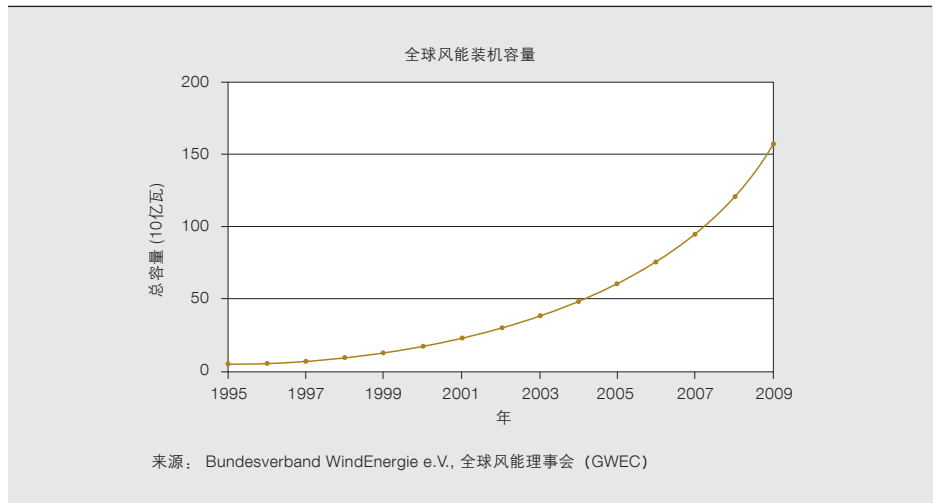
# 拥抱风能

## ABB 技术助力德国 Alpha Ventus 风电场

MELANIE NYFELE, ANDREAS MOGLESTUE

海洋总会给人类带来各种与众不同的挑战，但人类通常会竭尽全力，发挥自身创造性，坚持不懈的克服这种压力，或至少承受住这些压力。今天，地球上可能已没有人类尚未涉足过的海岸，曾经的探险航线如今已经成为固定的贸易线路。然而，海洋对人们来说还是那么深不可测，还继

续考验着那些勇敢探险的人们。海上风力涡轮机的安装工作便充分体现了大海的这种特性。ABB 参与了具有先驱意义的 Alpha Ventus 项目，该项目位于远离德国北海海岸的海上。ABB 为该项目提供发电机、变频器与气体绝缘开关柜。该项目的安装、调试工作遇到了无法预测的天气情况、强风与巨浪。



风能发展迅猛，全球的风能产能从 1995 年的 4800 兆瓦增加到了 2009 年的 15.8 万兆瓦<sup>→ 1</sup>，并且这种增长趋势还在继续。最初风能主要适用于实验和特殊的专业领域，现在已能够真正为投资风能的国家和地区能源平衡做出贡献。虽然经济规模和专业技术降低了风能的价格（每兆瓦）和新项目安装风险，但节约成本仍是重要目标。因此，体积更大、功率更高的风力发电机成为一种发展趋势。人们逐渐把兴趣转向海上风电场有两个原因：一是人类无法接受居住的地方安装高塔等设备，二是海上（比陆地）拥有更多的原始风能。

与建造海上风电场的逻辑同样简单，建设这些风电场会面临许多挑战。这些困难包括：在波涛汹涌的海上安装和固定风力涡轮机、确保风力涡轮机在强风、大浪、高湿度环境下能长期运行、维护和维修十分困难。

德国的 Alpha Ventus 风电场是一个

实验项目，它坐落于北海 Borkum 岛以北 45 公里的海面上<sup>→ 2</sup>，该项目由 E.ON 气候与可再生能源、EWE 与 Vattenfall Europe 三家电力公司合资建设。作为实验性项目，在此积累的经验将用于其他海上项目。Alpha Ventus 风电场有 12 台额定功率为 5 兆瓦的风力涡轮机。在项目第一阶段，Multibrid 公司提供的六台风力涡轮机被安装在 4 平方公里区域内，采用网格布局，每台风力涡轮机间隔 800 米。项目第二阶段，又安装六台 RePower 风力涡轮机。Alpha Ventus 风电场的风机是迄今为止全球最大的

**海上工作开始前需要制定周密的计划。如果忘记携带某件工具，根本无法快速回到支持船。**

海上风力发电机。每个转子的中心位于海平面上 90 米的位置，海平面距海床约 30 米<sup>→ 4</sup>。转子顶点高度达 148 米，比基奥普斯 (Cheops) 金字塔还要高 1 米。每座风力发电机塔架的钢重约 1000 吨，相当于 200 头成年

大象的重量。叶片尖端在空中画出的垂直面积有一公顷，与伦敦特拉法加广场的面积相当。即便如此，叶片转速仍可达每小时 324 公里，与一级方程式赛车的速度不相上下。

这些风力涡轮机的所有发电机都由 ABB 提供。这些发电机属于永磁同步发电机<sup>1</sup>，可靠性高、可安装于不易到达的位置。ABB 也为该项目提供了 PCS 6000 风电变流器，风力发电机通过这种变流器接入电网<sup>→ 5</sup>。这些变流器结构紧凑，安装在每个风机塔架内的单独一层<sup>→ 6</sup>。风电场的变压器、开关、控制设备及各种辅助设备均位于专用的独立平台上。

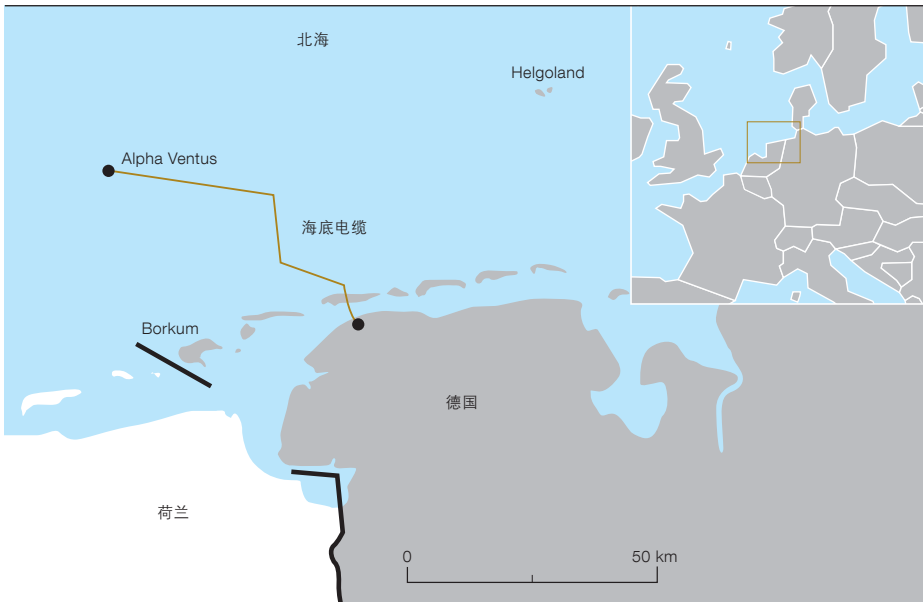
项目第一阶段的六台风机于 2009 年 8 月开始运行，同年的 7 月中旬到 8 月下旬是调试期。塔架的各个部件（包括转子）通过浮吊平台完成定位，这是一项需要精确到毫米的工作。为了减少恶劣天气对安装工作的影响，尽可能多的部件已在岸上进行了预组装，其中包括大量电气安装。

#### 脚注

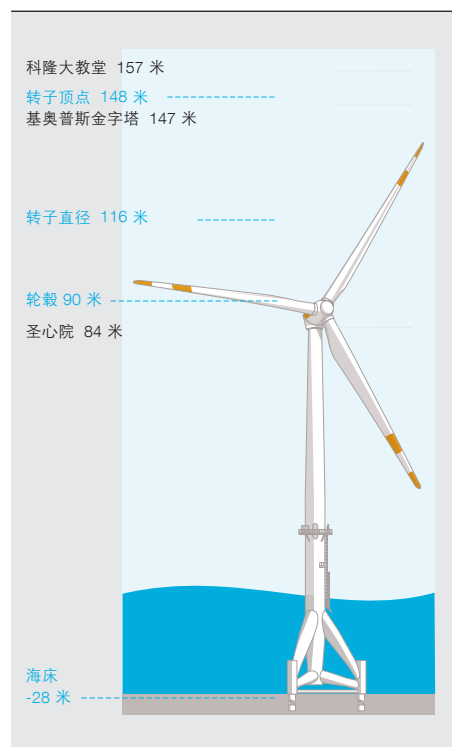
<sup>1</sup> 也可参阅：《简约的魅力：永磁体电机的优越性》《ABB 评论》2009 年第二期，第 29-34 页。



## 2 Alpha Ventus 风电场位于 Borkum 岛以北 45 公里的海面上



## 4 风力涡轮机的高度几乎与基奥普斯金字塔 (Cheops) 高度相同



## 3 风力涡轮机的调试工作遇到了种种挑战。



尽管如此，安装工作还是因恶劣天气多次中断。ABB 是唯一留在调试现场的 Multibrid 二级供货商，这充分显示了 ABB 在整个项目中的重要性。实际上，从 7 月中旬到 8 月下旬，一直有四名 ABB 人员在现场工作。

Uwe Heydel 是一位拥有丰富石油钻探经验的 ABB 技术人员，他参与了变流器调试工作。据他回忆，由于海上浪大，停靠充气橡皮艇有时比风机内部的电气安装更加困难。另外一个

挑战是在安装期间遇到的，一只保护袋无法与风机的一个叶片分离。一名 Multibrid 的员工必须从风机轮毂上通过安全绳爬下来 → 3，而将安全绳系到轮毂上的正是 ABB 的 Uwe Heydel。之后回忆时，Uwe Heydel 坦诚，他愿意做这项工作。他接受过一系列的严格训练，包括模拟直升飞机坠落、海上落水后的生存等。Uwe Heydel 说，尽管在现场安装的是高技术设备，但处理一些技术含量很低的问题往往是更大的挑战。

海上工作开始前需要制定周密的计划。如果忘记携带某件工具，根本无法快速回到支持船。虽然支持船上配备了卫星电话，但这种设备充满噪音且十分不稳定，通常情况下只有晚上才能通过它进行求助。

除了安装工作，ABB 另一项重要任务是将风力涡轮机投入运行并进行调试，确保达到最佳运行状态。

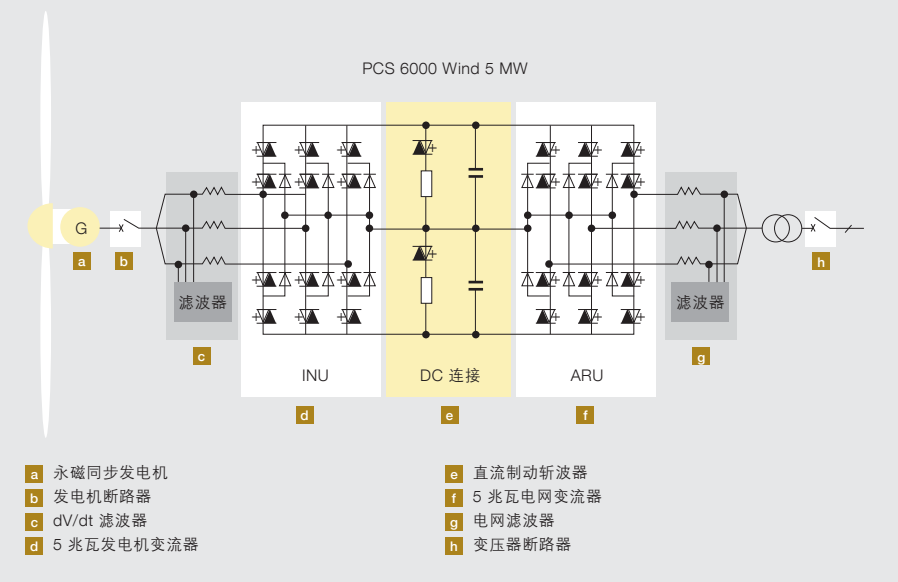
ABB 为 Alpha Ventus 项目提供的发电机为变速永磁同步发电机。选择这种发电机的技术原因是维护要求低、可安装在不易靠近的地方。因此，这种发电机的输出频率可变。ABB 专为这种风能应用开发了功率高达 3 兆瓦以上的 PCS 6000 风电变流器。这种四象限变流器基于 IGCT 技术。这种变流器不仅能确保发电机与电网之间的连接，还能吸收或者提供无功功率，以支撑弱电网。实际上，这种变流器可在 100% 无功功率模式下运行，帮助电力中断后系统的重启。由于是四象限变流器，PCS6000 允许能量双向流动。正常运行时，电能只需从发电机流向电网，但是例如在叶片定位时，需要电能逆向流动。变流器由 ABB AC 800PEC 控制器控制\*）。

PCS 6000 变流器的特性包括功率密度高、维护要求低、电磁干扰低和水凝现象少（入口保护符合

IP54 等级）等。由于采用了紧凑型设计，这种变流器及其全部辅助部件只需安装在风机塔架内的一个独立平台上即可。

PCS 6000 的高可靠性得益于其远程服务能力。ABB 信息诊断分析系统（DIAS）可用于变流器远程诊断，也可用于远程监视，协助现场服务小组工作。

\* 也可参阅 “Design patterns: Co-design patterns for advanced control with AC 800PEC” on pages 62-65 of *ABB Review 2/2006*



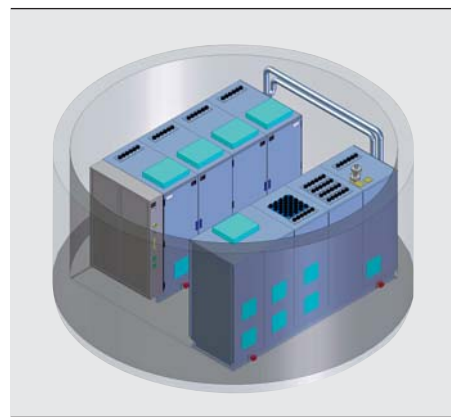
自 2009 年 8 月并网发电以来，设备运行良好。远程访问与诊断工具有助于设备正常运行。到目前为止，ABB 技术人员没有返回过现场进行任何维修。ABB 的发电机和变流器经受住了恶劣气候的运行考验。

**Melanie Nyfeler**

企业传播  
瑞士巴登  
melanie.nyfeler@ch.abb.com

**Andreas Moglestue**

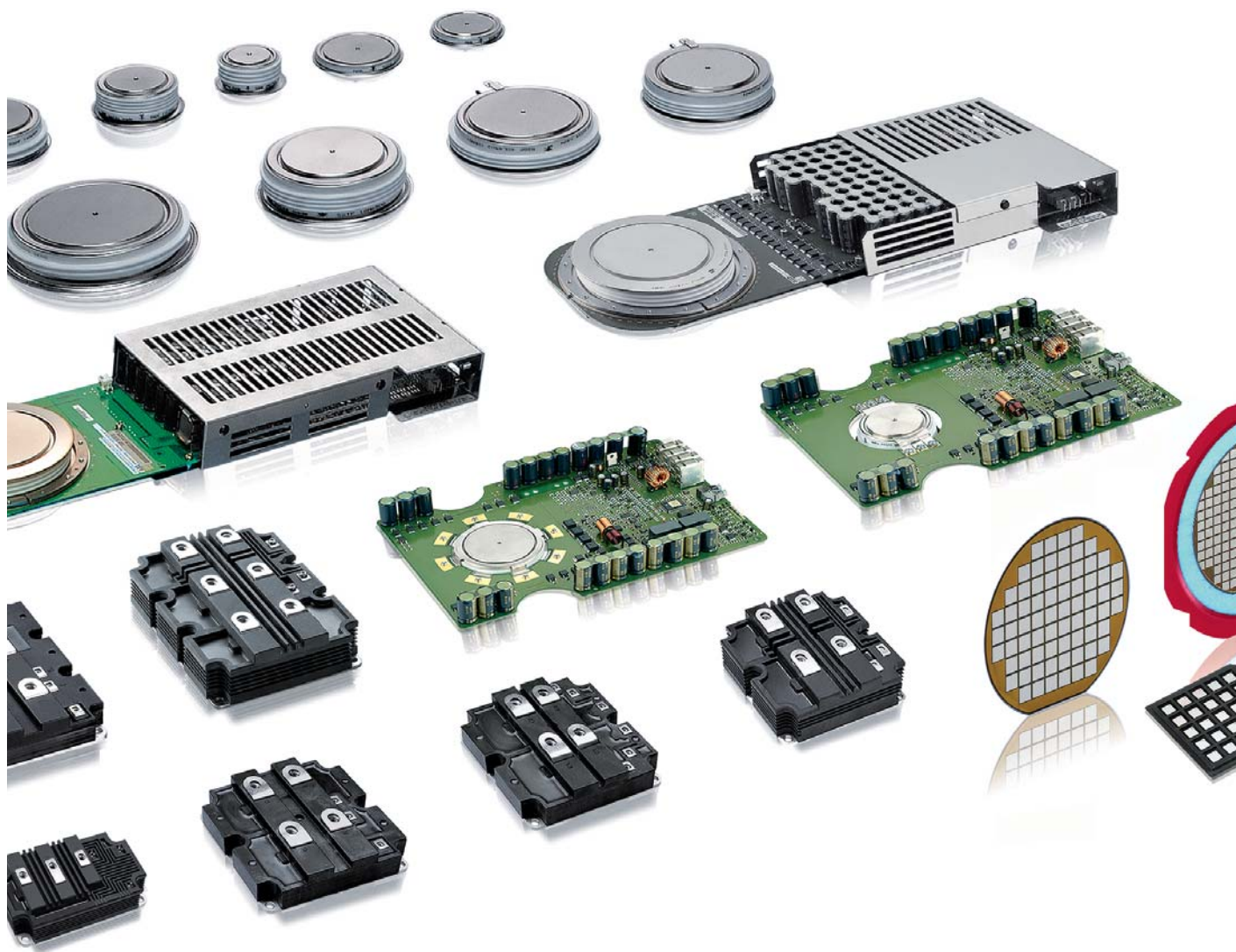
ABB 评论  
瑞士苏黎世  
andreas.moglestue@ch.abb.com



叶片尖端在空中画出的垂直面积有一公顷，与伦敦特拉法加广场的面积相当。即便如此，叶片转速仍可达每小时 324 公里，与一级方程式赛车的速度不相上下。

**延伸阅读**

- 《联网海上风电场：用于 5MW 海上风力涡轮机的 PCS6000 风电变流器》，《ABB 评论》2008 年第三期。作者：Eichler, M
- 《来自海上的清洁电能：海上的大型风电场替代海岸上的新型发电站》《ABB 评论》2007 年第二期。作者：Sørensen, E., Nielsen, F
- 《利用风力发电：风力发电已成为改变电力供应结构的一个范例》《ABB 评论》2007 年第二期。作者：Kreusel, J., Harnessing



# 揭开半导体的神秘面纱

## 第一篇：芯片是电网发展的核心部件

CLAES RYTOFT, BERNHARD ESCHERMANN, HARMEET BAWA, MARK CURTIS

ABB 拥有几十年大功率半导体的制造经验。这些关键部件已成为许多 ABB 先进技术的核心部件，如高压直流（HVDC）输电系统与变频器。在瑞士伦茨堡投资的高度专业化设备使得 ABB 拥有了复杂功率半导体器件的开发与制造能力。凭借这些设备的独特优势，ABB 将最适合的器件应用于其不断拓展的基于电力电子技术的产品领域。

电力电子源自于半导体的出现。电力电子的出现标志着作为一种电力改造手段的“固态电子开关”在技术方面的重大变革。

诸如硅等半导体的电气特性介于良好导体（比如铜）与绝缘体（比如橡胶）之间。半导体连接在电路中时，大多数情况下作为绝缘体，形成阻碍电子流动的屏障。但在满足某些特定条件下（如温度升高，暴露在电磁场等），半导体与导体类似，允许电子自由通过。纯半导体（通常称作本征半导体或者 I 型半导体 → 1a）的导电性可以通过加入其它元素（称作杂质）而发生彻底变化。这些杂质的加入，即所谓的“掺杂”，会产生一种新的、不同的晶体结构。硅半导体的掺杂元素具有三个或者五个价电子，比硅的价电子（四个）少一个或多一个。

在硅半导体中加入少量磷后，比如五个价电子，I 型半导体的特性会发生变化。由于第五个电子无法成对，因此可以形成更多的自由电子。于是，形成了富余的负电子电荷载流子，并最终形成 n 型晶体 → 1b。这些弱束缚的电子在晶格中的运动相对自由，在出现电场的情况下有助于导电。同样，加入少量硼后，比如三个价电子，会再次改变 I 型半导体的特性。但在这种情况下，当硅元素与杂质硼形成共价键后，硅元素的第四个电子将处于不饱和状态。这个不饱和键将由临近共价键上的电子修复，从而在半导体中形成一个正电性“空位”或者 p 型区 → 1c。上述修复过程继续时会出现链状反应，使得正电性荷电的空穴沿晶体周围移动。在半导体材料的晶格内，负电子流动或者正“空位”移动均能形成电流。在电压低于某个阈值时，n 型与 p 型半导体的特性与绝缘体相同，会阻止电流流动；而当电压高于该阈值时，这些半导体又与导体相同，允许电流自由流动。硅晶格内的掺杂水平使得 n 型

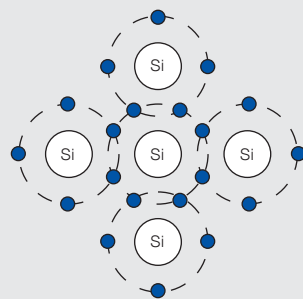
或 p 型半导体的导电性在绝缘与导电之间变化。为能控制半导体从绝缘体向导体转换时所需的电流方向和大小，可使相同晶体内的 n 型与 p 型半导体相互临近，形成一个结区。在结区中，来自 n 型半导体的负电性电子会充满 p 型半导体中不饱和配对形成的“空位”。于是，在导电性较高的 n 型半导体与 p 型半导体的交界处会形成一层薄的非导电型 I 型半导体结区。为使结区导通，必须施加外部电压克服这一非导电屏障。因此，通过控制非导电性结区，就能控制器件的电气特性。掺杂半导体的特性与结构是推动晶体管发展的关键因素，是所有现代固态电子器件的基本构建单元。

## 电力电子学研究如何通过固态开关器件转换和控制电力 → 1。

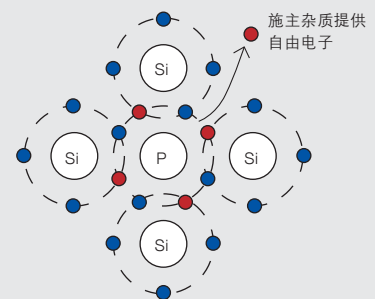
最近几年，功率半导体技术的发展使其应用范围得到了前所未有的发展。燃烧化石类燃料导致全球变暖所带来的各种负面影响，对电力电子技术在可再生能源发电和增效节能领域的进一步应用起到了主要的推动作用。

即使在电力应用的初期，传输效率也对所选用的主流电力类型（即直流（DC）或者交流（AC））产生了影响。由于历史原因，电力系统开始时主要是 DC 回路。然而，由于当时缺乏对 DC 电压的调节能力，从而限制了发展。因此，发电机只是为了满足电路负载要求而制造（如满足照明或者电机工作所需电压水平）。在如此低的电压下，传输效率非常低下，导致这些发电机只能在很短距离内向用户供电。

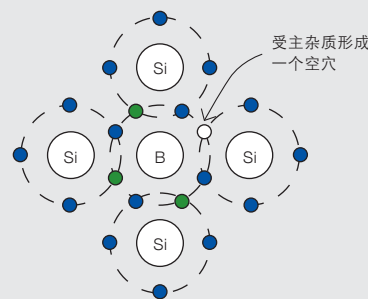
交流发电机和变压器的发展为人们提供了迫切需要的升压技术。这种技术可将电压升至 110 kV 或者更高，有助于实现电力的远距离高效传输。



1a I 型半导体，未加杂质



1b N 型半导体，加入了磷杂质

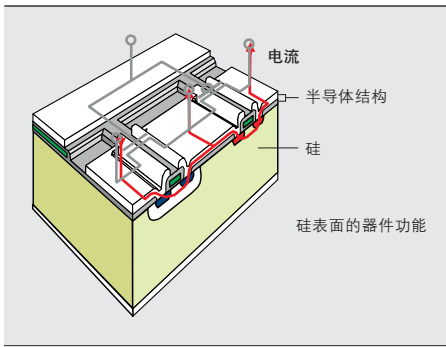


1c P 型半导体，加入了硼杂质

### 脚注

\* 完全由固态材料制造的电路或者器件，没有可移动的机械零部件。

## 2 消费类电子产品中的半导体器件



也就是说，发电机不必再紧邻最终用户，电压水平也无需与电路负载等级相匹配（因为降压变压器可根据负载的需要改变电压水平）。这些早期的技术发展在决定电力传输与配电系统的特点与结构方面起到了关键作用。

今天的电力系统又面临着各种新挑战，比如更高的增效节能目标以及可持续性；而技术发展在这些变革中仍将发挥主要作用。

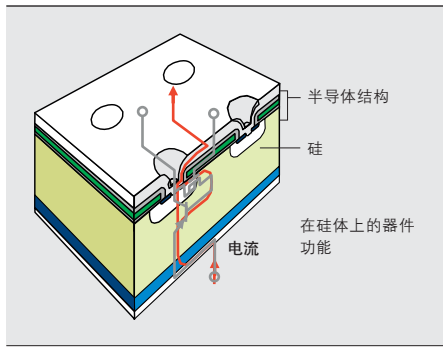
## 过去几十年，半导体技术的发展对全球电力系统架构产生了重大影响。

过去几十年，半导体技术对全球电力系统架构产生了重大影响。利用半导体技术进行的创新包括高效大容量高压直流（HVDC）输电、节能型变频器、通过变频器在不同频率之间转换 AC 电源（50/60 赫兹或者 50/16.6 赫兹）、柔性交流输电系统（FACTS）技术以加强电网控制和提高电力传输能力。

### 半导体器件

现在，半导体器件主要应用于消费类电子行业，包括电脑、DVD 播放器、手机、家用电器与电子游戏等。这类

## 3 电力电子器件中的半导体



产品的运行功率通常在毫微瓦到毫瓦之间。半导体器件始终朝着微型化、复杂化的方向发展，已经达到前所未有的高度，使得今天的集成电路（微型芯片）中已经可以容纳数百万个毫微瓦级别的开关元件。半导体器件一般通过对半导体材料表面区域的结构化以实现各种功能 → 2。

此外，目前许多低功率半导体已运用于改变电能的形式（如改变电压或者频率），具体包括：

- 大多数移动设备（如移动电话、MP3 播放器）中使用的 DC/DC 转换器。这种转换器可以保证电池无论在何种充电水平下，输出电压保持恒定。
- 电子设备与电源连接时使用的 AC/DC 变流器（整流器）（如电脑、电视、游戏机）。
- 用于改变电压或者频率的 AC/AC 转换器。这些器件通常用于国际间的电力适配器、调光开关等。
- 如在汽车中使用的、通过直流电池向交流设备供电的 DC/AC 变流器（逆变器）。

今天，我们可以采用类似的半导体器件在兆瓦级功率范围内改变电能形式。这类半导体器件通常以硅为主要材料，电流阻断或导通的功能在半导体器件的三维体空间内实现 → 3。与消费类电子产品中的微型半导体器件

不同，终端用户通常看不到这类半导体器件，但它们改变电压和频率的方式完全一样，只不过后者是在工业级别上形成能“开”或“关”的耐用型大功率开关。

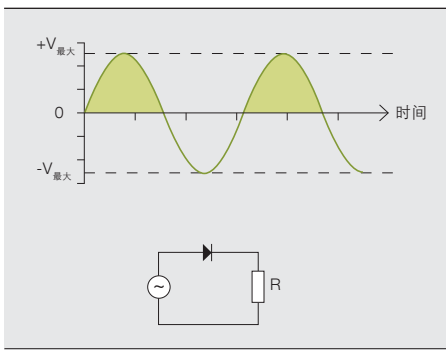
虽然电力电子器件在半导体市场中仅占很小的份额，但在过去五年中，随着这项技术的各种全新应用得到认可，市场对大功率半导体器件的需求有了快速和明显的增长。ABB 在大功率半导体器件开发和生产领域处于全球领先地位，是唯一一家致力于通过扩大产品应用范围实现增效节能的企业。

### 功率半导体器件

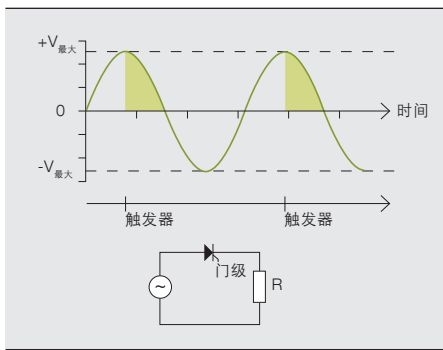
首次出现于 20 世纪 50 年代早期，功率半导体器件是一种功率为 7 kW 的半导体二极管。这种器件可保持电流在同一方向流动（称作二极管正向），并阻止电流反向流动 → 4。ABB 的前身 ASEA 与 BBC 公司马上认识到半导体在电力电子器件方向上的发展潜力，于 1955 年开始在功率半导体器件的开发和制造领域发挥着重要作用。利用半导体二极管制造了最初的固态整流器。ASEA 与 BBC 生产的早期高压二极管主要用于铝厂电解设备的交直流转换。这些前期努力也帮助 ABB 发展成为大功率半导体器件领域的全球领导企业。

20 世纪 50 年代末期，出现了一种全新的双极型半导体 - 晶闸管。晶闸管在关断反方向电流方面与二极管类似，但在无触发的情况下还能关断正向电流。这样，可通过在电流波形的某个特定相位上触发导通来控制流向负载的电能（电流）。晶闸管一旦导通便保持“导通”状态，并在电流下降至下一个过零点时，在一个周波

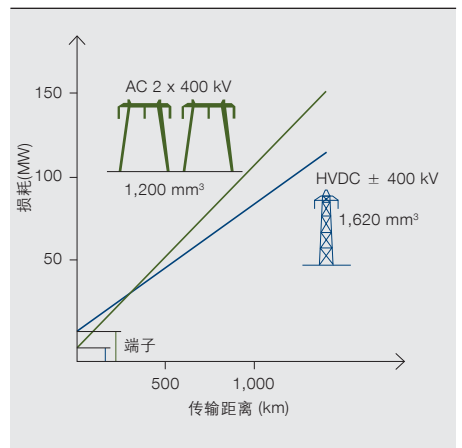
#### 4 简单的二极管整流器



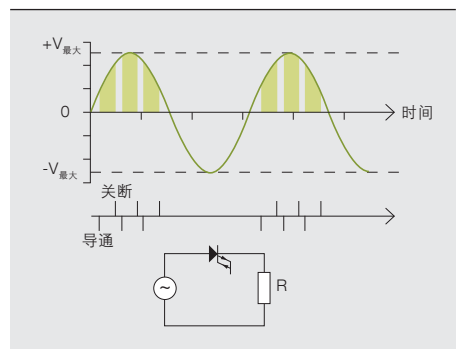
#### 5 晶闸管开关在触发器控制下导通，并在过零点时关断



#### 6 采用 AC 或 HVDC 架空线路传输 1200 MW 的损耗比较



#### 7 门极可关断晶闸管可在高频情况下导通和关断



内“关断”一次 → 5。晶闸管导通后基本上与二极管类似。由于晶闸管可在兆瓦级功率下切换电能，因此可在 HVDC 输电系统中用于交流到直流、直流到交流转换。ASEA 于 1954 年安装了世界上第一条 HVDC 输电线路，向 96 公里外的 Gotland 岛以 100kV 输送 20MW 的电能。虽然该

些晶闸管阀与汞弧阀串联，将电压升至 150kV，输电容量达到 30MW。现在，传统 HVDC 系统（串联晶闸管）能够将 6400 MW 的电能输送到数千公里之外，从遥远发电厂有效输送至繁忙的中心。当容量相同时，HVDC 输电线路比 AC 优化线路的损耗还低。传输损耗中当然必须包

尽管串联在一起的晶闸管可用于数千公里的兆瓦级范围，但同类型单个晶闸管也可在 10 兆瓦水平内通过中压传动改变工业级电机的电源电压、电流，从而有效控制电机转速。在采用电机驱动的应用中，其能耗约为工业总能耗的 65%。但目前看来，电机能耗中的相当一部分由效率低下的电机变速方法造成。利用电力电子器件改变电源电压和频率，既可调节 AC 电机转速，又能大大降低损耗。在采用变频器的典型应用中，可将能耗降低 30% 到 50%。

从前身 ASEA 与 BBC 的发展来看，ABB 认识到了半导体对电力电子的发展潜力。自从 1955 年以来，ABB 一直在这一领域的开发和制造方面发挥了重要作用。

系统最初仅使用了汞弧整流器，但在 1970 年换流站里加装了晶闸管阀。

括换流站损耗，但在每个换流站中，这种损耗大约仅占传输电能的 0.7%。当距离大于某个值后（如架空输电线路约 500 公里），HVDC 的总传输损耗将低于 AC 传输损耗） → 6。

另外，HVDC 是 70 公里以上海底电缆传输领域唯一可行的解决方案。

随着半导体技术的进一步发展，门极可关断晶闸管（GTO）问世了。这种晶闸管可在电流波形的任一点关断，因此能更好的控制电能输出 → 7。这种器件是变频器中的常用器件，用于改变国内电网频率，使其适应电力机车和地铁运行所需的工频。世界上



器件	组装	应用
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- HVDC</li> <li>- FACTS</li> <li>- 风电变流器</li> <li>- 电机驱动器</li> <li>- 整流器</li> <li>- 铁路变流器</li> <li>- 励磁系统</li> <li>- 电动汽车</li> </ul>

8 伦茨堡半导体厂



工厂情况	1978 年开始生产（双极型），1997 年开始生产 BIMOS，工厂正在扩建，预计在 2010 / 2011 年完成，约有 500 名雇员
生产线	双极型 BiMOS 晶圆厂 BiMOS 模块厂
专注	双极型（PCT[相位控制晶闸管]、IGCT、二极管、GTO）、电压范围 1.6kV - 8.5kV BiMOS 晶圆厂（二极管、IGBT 芯片），电压范围 1.2kV - 6.5kV IGBT 模块生产线（HiPaks、StakPaks，电压范围 1.7kV - 6.5kV 脉冲式电力组件

首次使用 GTO 的两台现代变频器额定容量为 25 MVA，并于 1994 年在瑞士 Giubiasco 投入使用。全球许多类似器件可以调整电网提供的电力，以满足电气化轨道运输供应商的要求。

在，全球有成千上万个使用 IGCT 的传动系统。IGCT 是一种能够在高电压级别下进行功率切换的单一集成型半导体器件，可作为静止无功补偿器的关键部件<sup>1</sup>以及电网中的其它部件。

## 绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 是一种快速切换型器件，能够控制电流方向，有效改变电流波形和频率。随着这种器件的推出，电力电子领域的面貌也发生了深刻变化。

GTO 出现后不久，又开发出了集成门极换流晶闸管 (IGCT) 这种改进型晶闸管器件。这些改进型晶闸管与 GTO 一样，可以“关断”或者“导通”，但它们的关断时间极短，工作频率比 GTO 更高。这类晶闸管可实现更高的电压上升率，且导通损耗更低。现

20年前，硅功率 MOSFET——一个看似简单的（金属氧化物半导体场效应晶体管）变化催生了绝缘栅双极晶体管 (IGBT)，进而开始了电力电子领域的变革。ABB 于 1997 年在伦茨堡开始投资建造了 IGBT 的晶圆制造厂 → 8。众所周知，IGBT 以高效、快速开断著称（每个周期内可“关断”、“导通”多次），并依赖于 BiMOS（双极金属氧化物半导体）技术。这些器件可以各种方式组装，通过改变电力的电压和频率，满足从轻型高压直流输电系统 → 9 到低压变频器 → 10 的各种应用需要。变频器与 HVDC 均需要整流器与变流器的拓扑技术。然而在所有应用中，半导体器件的组装方式决定了其运行时的额定功率。

不同类型的半导体器件及组装方式决定了其是否满足具体的应用要求。



每个器件都经过封装，不仅是为了保持完整性与性能，也是为了确保在恶劣工作环境下运行安全，使用寿命长。ABB的 HiPak™ IGBT 系列模块便是适用于牵引和工业领域恶劣环境的产品。这些模块能在温差与湿度差别较大的情况下工作，或在剧烈振动或撞击的环境下运行。这些器件也必

传动模块可有效控制 10 瓦到数百兆瓦的电机；通过 800 kV 的高压直流输电系统传输高达 60 亿瓦的电能；还可使机车、起重机、电梯平稳运行；允许可再生能源，如风力发电机、大型水电站与电网连接。即使发射大功率脉冲的雷达系统，也要依赖功率半导体器件以可靠管理航空运

## 功率半导体成为ABB日益增加的产品和系统中的关键部件，这些产品和系统在几乎所有电力应用中发挥着主导作用。

须能够承受极端的热周期应力。HiPak 模块适用于牵引、传动与风力发电机领域。另一种 IGBT 封装形式为 StakPak™。这是 ABB 独有的技术，尤其适用于高压应用领域所需的多个 IGBT 模块可靠串联。

功率半导体成为ABB日益增加的产品和系统中的关键部件，这些产品和系统在几乎所有电力应用中发挥着主导作用。利用这些功率半导体器件，

输。凭借在半导体器件设计、开发与生产领域的重要地位，ABB 目前是电力电子变频器领域的全球领导供应商。ABB 不断扩

建瑞士工厂，并收购了捷克的半导体生产商 Polovodice，凸显了 ABB 进一步加强全球领先地位的承诺，并在更广的工业领域内实现增效节能和提高生产率。

本文是电力电子系列文章的引言，也是系列文章的第一篇，旨在说明半导体对于 ABB 以及电力行业的重要性。



### Claes Ryttoft

电力系统技术负责人  
ABB电力系统业务部  
瑞士苏黎世  
claes.rytoft@ch.abb.com

### Bernhard Eshermann

电力电子业务负责人  
ABB电力系统业务部  
瑞士伦茨堡  
bernhard.eschermann@ch.abb.com

### Harmeet Bawa

电力产品和电力系统业务  
传播负责人  
瑞士苏黎世  
harmeet.bawa@ch.abb.com

### Mark Curtis

《ABB评论》编辑  
瑞士苏黎世  
mark.curtis@ch.abb.com

### 脚注

- 1 静止无功补偿器是一种由晶闸管切换型电容器、晶闸管控制型电抗器及谐波滤波器组成的设备，用于注入或者吸收无功功率，以增强电压稳定性。



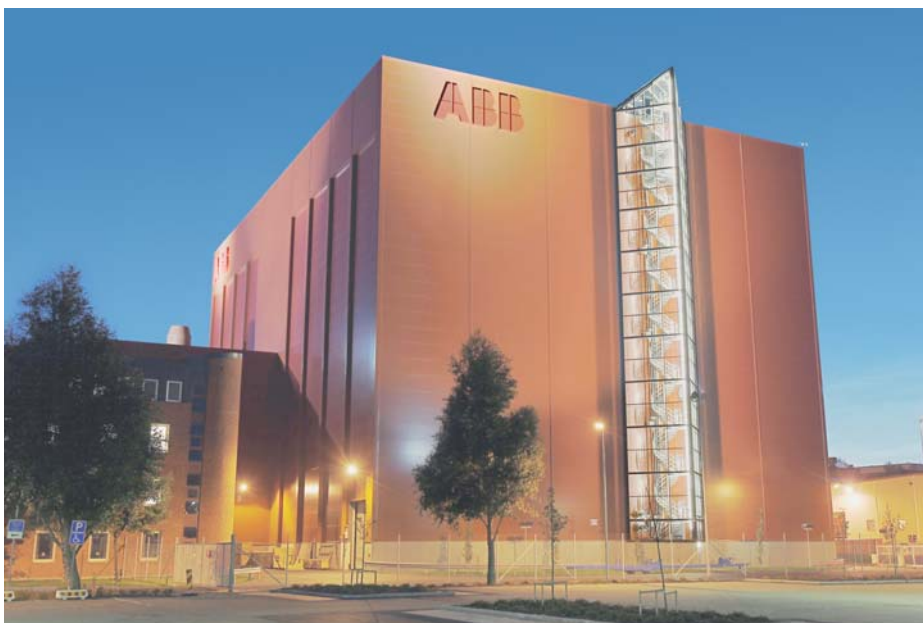


# 迈向新高度

全新的 ABB 特高压(UHV) 试验中心拥有世界上最先进的高压直流测试设备。

RALF HARTINGS, THOMAS K. LARSSON

长距离高效传输清洁能源和可再生能源是许多经济体面临的一个重大挑战。800 千伏高压直流技术可以很好地应对这种挑战，尤其对于中国、印度、巴西这样的国家。然而，全球电力需求正不断增长，要满足这种需求，就必须面对各个方面的挑战，包括从偏远地区获得更多电力，以及满足各种严格的环境规范要求。



**位**于瑞典卢德维卡的 ABB 高压中心多年来一直在高压传输技术开发方面居于领先地位。所有新设备都必须通过高电压测试，因此，我们在高压试验设备方面进行了大量投资，以满足试验需要。2007 年初，提高中心的特高压（UHV）试验能力显得十分迫切。鉴于全新 800 千伏高压直流变压器及穿墙套管的成功研发，以及中国和印度特高压直流（UHVDC）项目和全球对特高压交流技术的持续关注，现有特高压直流套管和高压直流阀<sup>1</sup>试验能力已不能满足需要。这种不足具体表现在最高电压等级以及相应的绝缘间隙两个方面，另外可供试验的时间也不足。

新试验设备基于 1200 千伏交流输电系统和 1000 千伏直流输电系统的

未来市场需求。这些系统的电压水平在型式试验和极限试验方面均需要一定的裕量。尽管不是正式要求，但极限试验有助于确定额定电压水平和过压水平运行情况下的故障风险，以便将这种风险降至一个绝对的最低水平。特高压输电系统故障会对输电系统利用率和输电能力造成重大影响，进而影响数百万人的生活。

最高的试验电压水平如下：

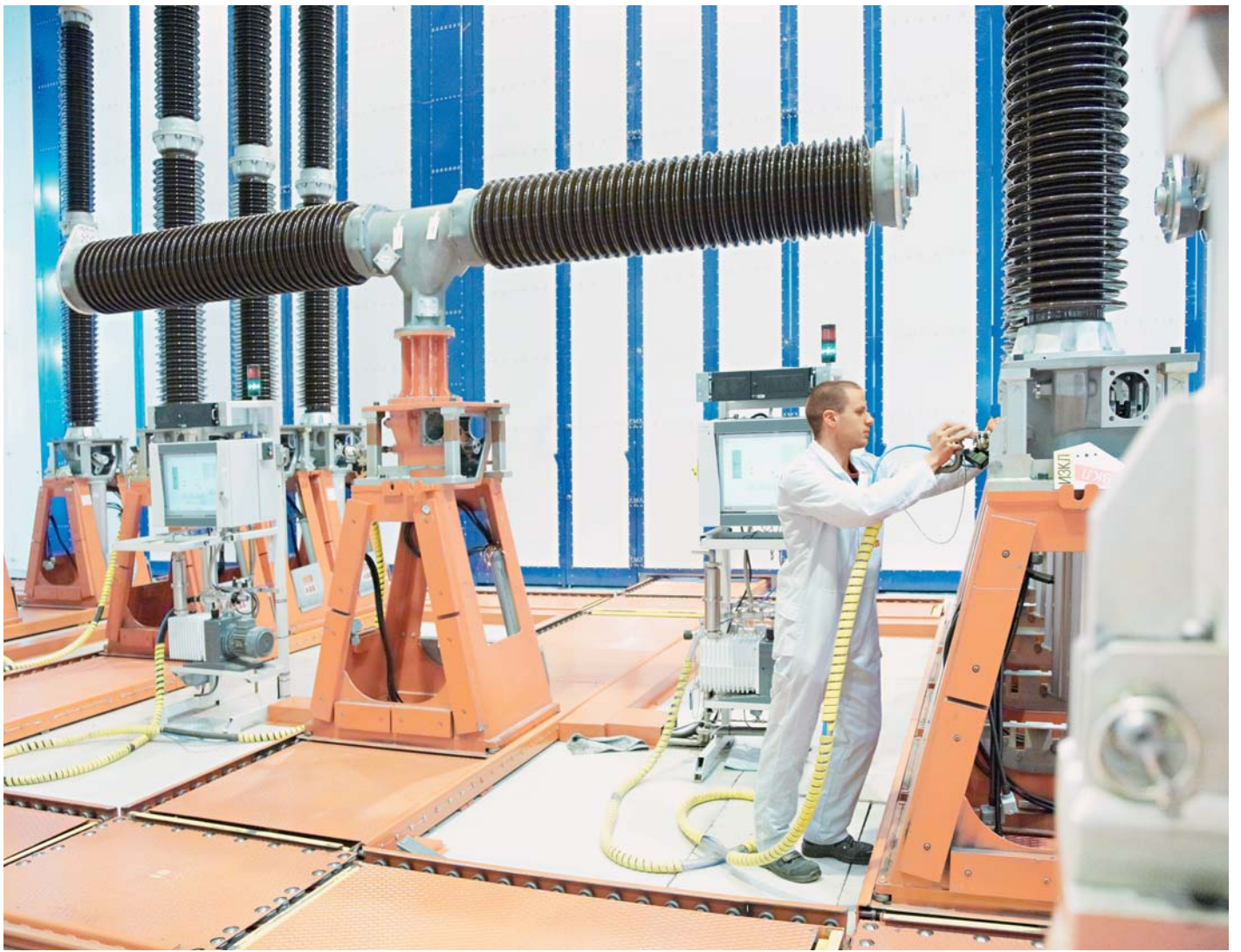
- 直流：2000 千伏
- 交流：1700 千伏
- 操作冲击电压：2500 千伏
- 雷电冲击电压：3600 千伏

电压水平确定后，按照以下条件确定试验设备的尺寸：

- 决定尺寸的电压为操作冲击（SI）电压
- 1000 千伏直流穿墙套管的预计最大尺寸
- 空气耐受特性由全球多位专家定义，并由国际大电网委员会（Cigré）编制而成。

ABB 的“UHVen”<sup>2</sup>内部高 35 米、宽 40 米、长 60 米，是目前世界上用于

所有新设备都需要通过高压试验，因此需要合适的试验设备。



## 高压试验设备必须确保不会影响公共事业的供电，同时也不会受到外界干扰影响。

特高压直流最先进的试验设备。另外，这套设备可用于交、直流套管的绝缘强度试验，也可测试全球最高额定输电系统的高压直流阀。

确保正确的屏蔽是任何高压试验设备都面临的一项重大挑战。也就是说，需要保证试验不会影响公共事业与当地各行业的电力供应，同时也要保证试验不会受到外界电气干扰。

试验时，需要验证套管内部产生的放电不高于 5 皮库仑 (pC)，因此试验套管的背景电气干扰水平需达到约 1 到 2 pC。如果不采取正确的电气屏蔽方法，在这种特高压水平下的试验装置极难达到这个要求。试验对象与电压源之间的连接部分就像一根巨大的天线，如果屏蔽差或者屏蔽不良，即使最小的外界电气干扰也会被接收到。为确保不发生此类情况，需要在外部建筑内部建造一个法拉第笼。尽管理论上法拉第笼的原理极其简单，但是对于如此规格的工业试验设备来说

(配备三台起重机并安装许多扇门)，安装法拉第笼挑战很大。笼形结构通过数千个小绝缘子与外部建筑之间形成电气绝缘，通过内连的接地网单独接地。这种接地网由埋入试验设备下方

土壤/岩石中的多条长接地棒（长 126 米）组成。

该试验设备 2009 年 3 月投入使用，2009 年 6 月正式举行落成典礼。

**Ralf Hartings**  
**Thomas K. Larsson**  
ABB 部件业务  
瑞典卢德维卡  
ralf.hartings@se.abb.com  
thomas.k.larsson@se.abb.com

### 脚注

- 1 这两种设备均在卢德维卡开发生产。特高压直流套管由 ABB 部件业务单元制造，高压直流阀由电力系统业务单元旗下的电网系统业务单元制造。如果没有新的特高压直流试验设备，ABB 则无法提供特高压直流（800 千伏直流及以上电压）的解决方案。
- 2 UHVen 一词由特高压 (UHV) 与瑞典语猫头鹰 (uven) 组合而成，表示试验中心位于瑞典达拉纳地区。



# 弧光监测系统

挽救生命，维护生产的  
监测措施

AHMED H HASSAN, RICHARD PETERSSON WIGH

全球每天有数百人因为电弧事故而严重受伤甚至死亡。这类事故不仅仅发生在安全规范要求低的国家，即便是安全规范执行严格的国家，也常出现此类伤亡事故。数据显示，北美每天有一人因电弧事故死亡，数人受伤。ABB 全新的 TVOC-2 弧光监测系统 (Arc Guard) 可在全球范围内降低电弧事故风险，挽救生命、减少设备损坏。



1a 没有保护情况下的电弧事故



1b 采用 ABB 弧光监测系统时发生的电弧事故

经过 35 年的发展，知名的 ABB 弧光监测系统已成为开关设备安全领域的市场领导者。现在，弧光监测系统在北欧已被视为开关设备的标准部件。虽然这种系统不能防止弧光故障的发生，但可以降低弧光对人和设备的危害。弧光故障通常由人为错误或疏忽等外部因素造成，因此我们无法完全避免或者预测弧光故障的发生。但是，弧光故障导致的伤害和损坏程度却是可控的。一般情况下，两个或者多个触点之间的短路可导致弧光故障。如果弧光故障持续几百毫秒，内部中心温度可达 20000℃，这会给附近的人员和开关设备造成严重威胁 → 1a。

开关设备广泛应用于所有行业，以及电力企业、商业建筑、医院、船舶及其他许多领域中，ABB 试图通过机械设计、电气部件的选型提供“防弧”开关设备。采用这些创新设计以及 ABB 全新的 TVOC-2 弧光监测系统将会降低电弧事故风险及后续影响 → 1b。

### 安全

安全问题是发电和配电领域一直关注的重要问题。近几年来，越来越多的法律、法规一直在强调安全问题的重要性。鉴于此，ABB 推出了 TVOC-2 系统，并鼓励大家采用安全的工作规程。单凭 TVOC-2 系统虽然不能防止事故发生，但可以显著减少此类事故造成的损害。

尽管之前的弧光监测系统已具备操作简单、可靠等特点，但 TVOC-2 还新增和改进了一些功能和特点，因此它不但保持了之前操作简单、可靠等特点，还变得更加灵活。

## ABB 全新的 TVOC-2 弧光监测系统可减少电弧事故造成的危害，挽救生命、减少设备损坏。

能够在多大程度上减少弧光故障的后果完全取决于时间，故障期间的每一毫秒都至关重要。TVOC-2 可在一毫秒内做出故障反应，并跨越标准保护延时让断路器立即跳闸 → 2。

弧光监测系统 TVOC-2 满足安全完整性 2 级 (SIL 2) 要求，是目前及未来公认的弧光监测系统。

### 风险

每天，有数百人面临着电弧事故所造成的严重伤害或死亡。

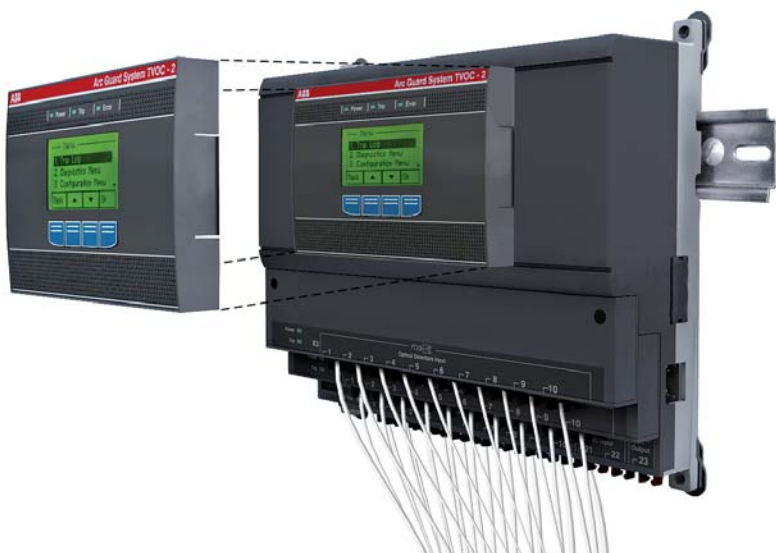
在任何一家工厂内，通过系统的机械和电气设计、良好的电气设备工作规程，都可以降低电弧事故风险。为确保安全，ABB 开发出“防弧”开关设备。在这种开关设备中，通过机械设计与选择合适的电气部件，降低了电弧事故风险及其带来的后续影响。

尽管采用了这些方法，但由于以下两个原因，防止电弧事故的保护措施仍显不足：

- (1) 绝大多数事故是在开关柜门打开时发生，因此会降低机械保护措施的保护效果。
- (2) 断路器仅依赖过流保护，且通常有延时。

### 优点

- 1 事故发生时，总跳闸时间更短、更可靠，提高了开关设备的安全性，减少了人员伤害和设备损坏。该系统还可最大限度的缩短生产停工时间，省时又省钱。
- 2 采用点式传感器设计，可在事故后简单、快速的定位故障，恢复生产。



3 TVOC-2 的菜单简单, 易于操作, 从菜单首页可进入所有连接, 轻松获取所需信息。因此可提供标明具体时间的跳闸日志, 以及其他许多功能。

**功能安全性设计**

- 比短路保护具有更快捷、更可靠的跳闸保护能力
- 模块化单体产品, 方便设计、扩展, 可在有限空间内安装。
- 门上安装HMI, 比嵌入式安装更方便, 可提供更多信息 → 3
- 可靠的电弧检测器 TVOC-2
- 功能安全性设计, 达到 SIL 2 级, 可满足未来使用要求。

**产品规格**

- 采用光纤传感器, 消除了通过探测器电缆时所造成的 EMC (电磁兼容性) 干扰。
- 采用经过预装配和预校准的不同长度的传感器, 消除了安装错误导致的风险。
- 标准配置为 10 个传感器, 模块化设计, 可为满足用户需求, 最多可增至30个传感器。
- DIN 轨道/壁挂式安装, 灵活、简单。

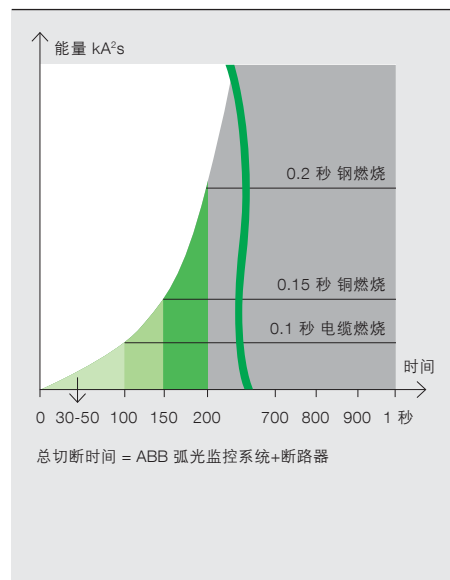
- 最多可配备 2 个 HMI, 产品本体、外部或两者都配备, 通常安装在柜门上, 方便固定和操作。
- 采用单体设计 (模块化), 方便系统扩展。
- 如需要, 可增加电流检测。
- 选择性跳闸, 可根据具体的传感器使不同的断路器跳闸, 因此无需安装多台电弧检测器, 并使特殊设计简单化。

**克服困难**

开发 TVOC-2 的最大困难之一就是达到 SIL 2 安全认证。

ABB 不得不改变最初的产品理念。在没有任何软件的情况下, 所有与安全相关的活动可以通过传统电子器件实现。所用微处理器既用于诊断, 又能方便用户操作。

我们对一些客户及潜在客户进行了大量调查, 并以此制定出各项要求规范。这些客户通常会优先考虑最关键的功能。与ABB旧产品及其他竞争对手的产品相比, 新一代产品提供了附加值。



知名的 ABB 弧光监测系统已经成为开关设备安全领域的市场领导者。

与功能安全性有关的所有工作均在 ABB 德国研究中心安全经理胡再军博士的带领下顺利完成。

**特性**

**可靠性**

- 通过功能安全性 (SIL 2) 标准认证
- 在弧光监测系统领域拥有 35 年的经验
- 经过预校准的光传感器

**灵活性**

- 可在柜门上安装 HMI
- 最多可扩展至 30 个光传感器
- 按需配置

## 简单化

- 方便用户操作的启动菜单
- 采用 DIN- 轨道或者壁挂式安装方式
- 开关设备增多时易于扩展

可靠性是 TVOC-2 的一项设计重点。设计时考虑了每一个方面，包括传感器在工厂内经过预装配以及诸如电弧监测器自监测等主要功能。

为做到万无一失，我们按照功能安全（SIL 2）方案进行设计。执行该标准后，当产品的某个部件发生故障时，将不会导致安全性功能故障。例如，产品内置了一定数量的冗余电容器，以预防部件故障。系统的关键功能是实现自监测，并当出现任何异常时提供预报警。通过微处理器，实现了很多增加的功能，但不包括最重要的安全功能。

## 未来的功能安全性

获得更安全、更可靠的设备已成为全

照 IEC 61508 与 IEC62061 标准的规定，通过了 SIL-2 标准认证，利用 TVOC-2 可确保诊断范围满足有关安全级别的各项要求。这种认证与 EN ISO13849-1 中的 d 级性能要求一致。弧光监测系统能够在极短时间内灭弧，以减少弧光携带的能量，从而最大限度的减少人员伤害和设备损坏。用户使用 TVOC-2 就可满足最高级别的安全要求。例如，有关电气接线、设备状态方面的美国 NFPA70E 标准规定：“为了保护人员不受弧光伤害，应进行弧光危险分析。通过弧光分析，应确定弧光保护范围，并且确定工作人员在弧光保护范围内应使用的个人防护用品。”采用弧光监测系统后的分析计算结果表明，弧光携带的能量已降至不需要采用其他防护措施的水平。值得注意的是，功能安全性要求可确保分析数据的可靠性。

## 灵活性

TVOC-2 适用于各种规格的开关设备和系统，十分灵活。ABB 旨在为用户提供真正需要的系统。TVOC-2 的标准配置包括 10 个探测器，用于满

足正常规格开关设备的保护需要。如果用户的系统增加或者需要更多的传感器，则只需在本产品主单元上增加两个扩展模块，就能使传感器数量最多增加到 30 个。用户可将 TVOC-2 安装在 DIN 轨道上或者直接安装在墙壁上。另外，用户可将 HMI 安装在产品上或柜门上，并通过 HMI 了解系统信息及设置情况。如需要，还可在产品与柜门上同时安装 HMI。为满足用户应用要求，我们增加了功能，可以

让 3 台断路器跳闸。根据开关设备中的弧光故障发生位置，系统经过配置后可使不同的断路器跳闸。

## 简单化

在 TVOC-2 设计过程中，为 ABB 用户及最终用户提供简单化产品是最重要的设计理念之一。不仅体现在系统设计和安装方面更简化，同时在降低错误风险方面也意义重大。ABB 把 TVOC-2 设计为采用部件最少的独立式单元系统（尽管用户可通过增加传感器进行产品扩展）。安装时，所有的输入/输出、传感器和设定值均在前面操作，直观而清晰，能够最大限度地降低错误风险。HMI 菜单中的用户界面操作简便，可在整个安装过程中为用户提供指导。例如，通过 HMI 检查跳闸日志，查看哪个传感器在何时进行跳闸。由于系统可安装在柜门上，因此用户无需打开开关柜就可完成上述工作。随着用户业务的不断扩大，TVOC-2 的系统功能也可以随之而增强。从增加传感器模块数量到快速为系统添加其他部件，所有这些工作均可在几分钟之内完成，用户能真正体会到前所未有的灵活性。

# ABB 弧光监测系统在北欧已被视为开关设备的标准部件。

球共识，并且正朝着这个方向快速发展。新的欧盟机械指令（2006/42/EC）便是一个例证。该指令要求机械制造商应消除设备在整个使用期限内的可预见风险，甚至还应消除错误使用导致的风险。

协调标准为验证设备是否满足这些要求提供了相应的工具。功能安全性便是这样一种工具，不仅可以确保安全，还可确保可靠性。TVOC-2 已按

Ahmed H Hassan  
Richard Petersson Wigh  
ABB 低压产品业务部  
瑞典维斯特拉斯  
ahmed.h.hassan@se.abb.com  
richard.petersson-wigh@se.abb.com



# 隔离断路器

采用隔离断路器（DCB）的空气绝缘变电站利用率最高、占地面积最少

HANS-ERIK OLOVSSON, CARL EJNAR SÖLVER,  
RICHARD THOMAS

随着断路器（CB）技术的发展，变电站的设计原则也在不断变化。以前设计变电站时，必须考虑到断路器需要大量的维护工作，以及为了能正常维护断路器且不影响相邻回路，需要在断路器两侧安装隔离开关。现在的断路器维护周期已达到 15 年以上，因此设计原则更加注重架空线路、

变压器、电抗器等设备维护。这种设计原则变化促进了隔离功能与断路器的整合，从而使隔离断路器（DCB）这种新装置应运而生。隔离断路器的主触头处于 SF<sub>6</sub> 保护环境下，不会受到任何污染，所以隔离性能非常可靠，延长了维护期，也使变电站的利用率得到显著提高。除此之外，隔离断路器方案也使变电站的占地面积减少约 50%。





随着断路器技术的发展，变电站的设计原则也在不断变化。

随着断路器技术的发展，断路器维护工作正逐步减少，而可靠性却不断提高。需要断开主回路的现代 SF<sub>6</sub> 断路器维护时间间隔为 15 年或者更长。对户外隔离开关来说，人们更加注重通过优化生产材料以降低成本，但维护要求及可靠性方面并没有明显提高。根据用户的实际操作规程及污染水平（即工业污染物和/或自然污染物，如沙子、盐），户外隔离开关主触头的维护时间间隔大约为 2 到 6 年。

随着开断技术的进步，断路器类型从之前的空气灭弧断路器、少油断路器、SF<sub>6</sub> 双压式断路器发展到今天的 SF<sub>6</sub> 单压式断路器，其可靠性不断提高。与此同时，断路器的串联断口数量正不断减少。现在已经出现了电压

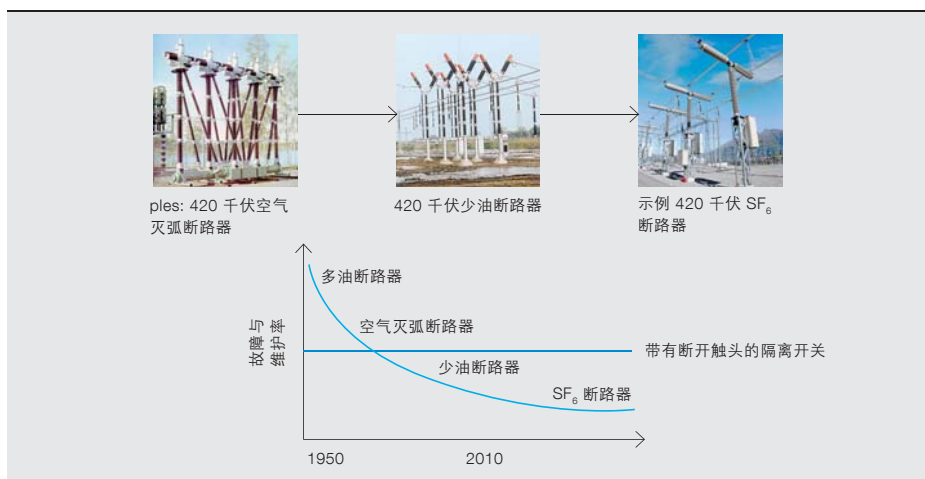
达到 300kV，每极一个断口的柱式断路器。取消双断口的柱式断路器上的均压电容可进一步简化主回路，因而提高了可靠性。现在，已经产生了电压达到 550kV 的不带均压电容的断路器，这使得隔离断路器也可达到这种电压水平。断路器的操作机构也从气动或者液压型发展到弹簧型，设计更可靠，维护量更低 → 1。

过去，变电站的设计原则是利用隔离开关“包围”断路器，以便能对断路器进行经常性维护。由于断路器的故障及维护量大量减少，因此现在隔离功能更多地用于进行架空线路、电力

变压器维护等工作。由于断路器维护量减少，以及客户关注户外隔离开关可靠性问题，导致 ABB 一些主要客户也越来越愿意使用隔离断路器 [1, 2, 3]。隔离断路器将开关与隔离功能组合在一个装置中，减少了变电站的占

## 设计原则的变化推动了隔离功能与断路器的整合，隔离断路器因此应运而生。

地面积，提高了利用率[4]。第一台隔离断路器于 2000 年首次安装成功。目前，我们可提供 72.5 千伏至 550 千伏电压水平的隔离断路器。



采用隔离断路器后，明显减少了空气绝缘变电站的维护工作。而且，所有主触头均封闭在 SF<sub>6</sub> 环境中，因此降低了因污染导致的故障风险。

### 隔离断路器的设计

在隔离断路器中，断路器触头在断开位置时也具有隔离开关的功能。触头系统类似于常规的断路器，无需附加触头或连接系统 → 2。隔离断路器采用硅橡胶绝缘子。这些绝缘子具有疏水性，也就是说绝缘子表面的水会形成水珠。因此，这使得绝缘子在污染环境性能出色，断路器在分闸位置，漏电流降至最小。

隔离断路器能够显著减少空气绝缘开关设备的 (AIS) 变电站维护量。在变电站中用隔离断路器代替断路器和户外隔离开关后，其可靠性也会显著提高。

隔离断路器必须同时满足相应的断路器标准与隔离开关标准。IEC 于 2005 年发布了专门的隔离断路器标准 [5]。该标准的一个重要部分为组合功能试验。这些试验用于验证在隔离断路器使用期间不管触头上是否出现磨损、或灭弧是否产生分解副产物，都必须满足隔离特性要求。为了满足这些要求，首先要通过验证开断和机械性能，然后验证隔离绝缘性能。

从 72.5 到 550 千伏的隔离断路器目前已经可以订购 → 4。已安装或订购



的三相隔离断路器大约已有 900 台。

### 安全接地

对电网或者变电站中的某一部分进行维护或者维修时，需要将一个或者多个隔离开关打开，将待维修部分与系统其它部分隔离。同时，为确保人员安全，隔离的设备须接地。现有多种接地方案可供使用：

- 采用传统的空气绝缘隔离开关时，看到断开的触头之间出现间隙后，可确定系统已断电，然后将已隔离系统接地
- 将隔离断路器用一种自锁保险方式在断开位置锁定。这种锁定包括操作机构的电气锁定以及主触头联接系统的机械锁定。然后，闭合附近的接地开关。通过外观检查确定接地开关闭合后，可证明待维修或待维护部分已经断电，确保工作人员安全 → 3。

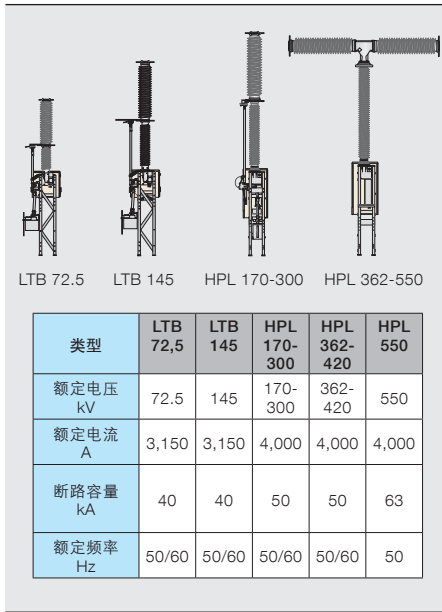
### 维护方面

过去，断路器结构复杂，需要大量维护工作。问题主要集中在将断路器隔离后，如何保持变电站其余部分正常运行。一百多年前，为了维护断路器，人们开发出隔离开关。因而形成了断路器周围布满隔离开关的单线结构配置，以便断路器维护 → 5。

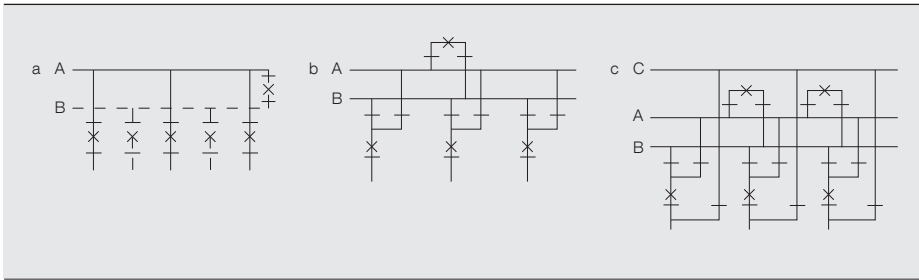
### 3 145千伏隔离断路器，内置了电流互感器与闭锁式接地开关



### 4 隔离断路器的范围



### 5 按照断路器频繁维护要求而采用的不同单线结构，现已不再需要使用这类结构。



我们对采用独立断路器、隔离开关组合传统双母线方案与采用隔离断路器分段式母线方案的 132 kV 千伏变电站进行了对比，如图 → 6 所示。该变电站由两条架空线路、两台电力变压器和一台母线连接或母线分段断路器组成。采用隔离断路器的变电站占地面积可减少 40% 以上。维护开关装置维护时，需要将进/出口部分断开，如图 → 7 所示。假定采用制造商建议的维护期，即户外隔离开关维护期为 5 年，断路器和隔离断路器的维护期为 15 年。那么，采用隔离断路器后，可将每年平均维护停电时间从 3.1 小时减至 1.2 小时。

减少维护工作的优点包括：

– 能更好满足用户需求（根据变电站/

网络拓扑结构，维护时可能导致一些用户工厂停电）。

- 系统干扰风险（大停电）降低，因为维护过程（即工作人员进入变电站）的主要故障风险比正常运行时大，且在维护期间，部分设备未投入运行导致系统性能很“脆弱”。
- 降低现场维护人员的工作成本
- 进行变电站高压系统的所有工作时，可能会出现触电或者高空坠落等伤害，因此减少维护意味着工作人员更安全。

隔离设备是开关设备中的一个节点，专用于快速断开隔离断路器与母线之间的一次连接。如果隔离断路器以这种方式断开，当变电站的其他部分

可能再次带电，在该隔离断路器上可以继续工作。

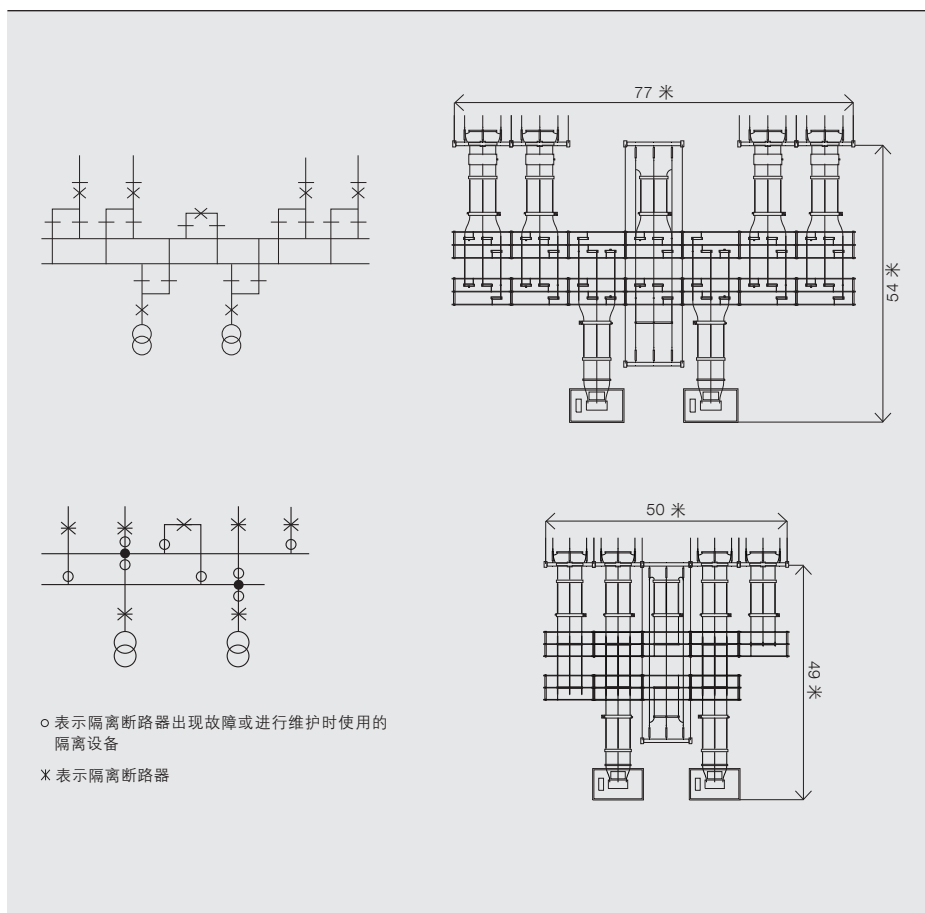
### 故障方面

现在，设备与装置的可靠性越来越高。然而，即使在较长的平均无故障时间（MTBF）内，仍会发生故障。故障是一个随机事件，也就是说，即便拥有很长的 MTBF 也会随时发生故障。因此，ABB 客户必须进行相应的变电站设计。清除某个故障时，也可能存在一些断路器无法打开，需要后备断路器的风险。

对于图 → 6 所示的单线结构，出口部分中的某次故障以及该部分的断路器故障会导致一个母线断电。母线分段或母联断路器故障会导致整个变电站停电。从系统安全角度来讲，在重要的变电站中禁止存在一次故障导致整个变电站断电的风险。在一次故障断路器未打开的情况下，为了使变电站对母线故障具有“免疫性”，并将干扰降至最低，可采用 1 ½-断路器（→ 8 左侧）或者双断路器（→ 8 右侧）结构。

## 隔离断路器能将变电站占地面积缩小 40% 以上。

图 → 9 显示了使用传统型断路器、隔离开关组合解决方案与隔离断路器解决方案的变电站单线图及所需空间比较。该变电站为典型的 420 千伏变电站，拥有三条架空输电线路、两台电力变压器与一台并联电抗器。采用隔离断路器后，户外变电站的占地面积减少了一半。



开关设备出现故障时，进/出口部分出现停电，如图 → 10所示。故障频率数据摘自CIGRE、CEA等国际统计机构，统计数据均来自正在使用的装置。隔离断路器与传统断路器非常相似，因此可认为这两种设备的故障数据统计方法是相同的。引入隔离断

路器/隔离开关组合解决方案，运用于大多数传统的变电站中。这会明显缩小变电站的占地面积，减少维护工作以及因维护造成的停电，从而提高变电站利用率。利用率提高后可在保持原有利用率基础上简化单线系统图结构。

## 隔离断路器可降低变电站的维护与停电次数，因此能够显著减少变电站的运行成本。

器可将停电次数减少 50%。非计划停电是需要重视的一个问题，可能导致无法向用户供电，而这令人无法忍受，因此“请不要停电”。

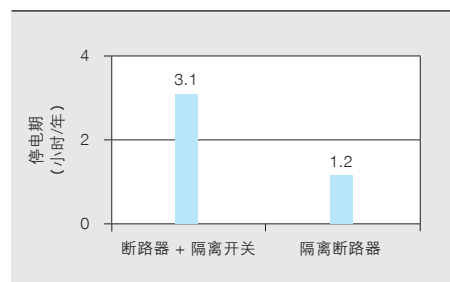
### 隔离断路器的应用

隔离断路器可直接取代传统的断

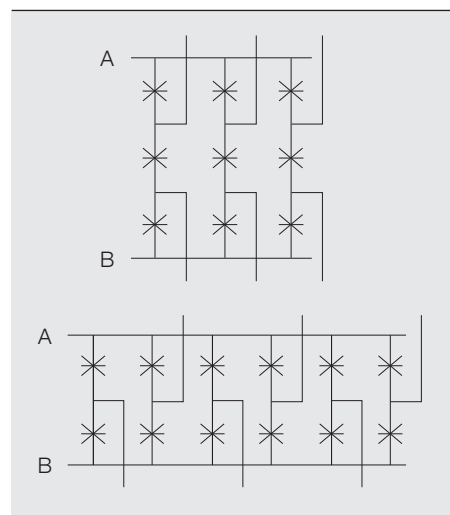
路器，因此各个变电站的具体成本不同。停电成本（这种成本最高）和维护成本的降低使整个运行成本也随之降低。

### 案例 - 瑞典 420 千伏变电站

瑞典输电系统运营商 (TSO) Svenska



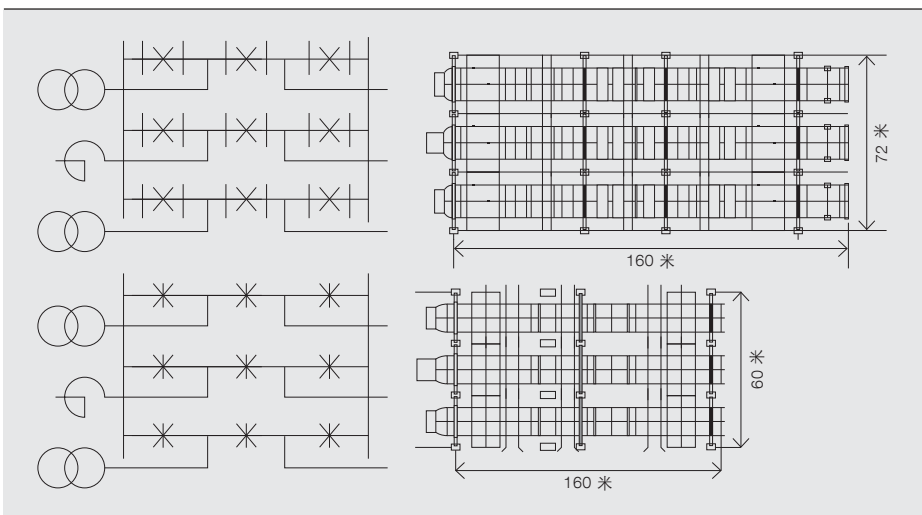
### 8 单线结构对母线故障具有“免疫性”



Kraftnät (SvK) 负责瑞典 420 千伏、245 千伏系统的运行。瑞典 420 千伏系统于 20 世纪 50 年代开始运行，是当时全球首个拥有这种电压等级的系统，属于真正的首创工程。现在，瑞典的 420 千伏系统包括大约 70 座变电站，绝大多数变电站中即将达到使用期限，因此 SvK 将每年彻底更新（改造）三座变电站。

变电站的基本改造原则是彻底更换所有一次与二次设备。彻底改造后，将拥有许多技术和商业方面的优势：

- 所有设备制造年份相同，可将未来的工作降至最少。
- 系统结构是当初建立的，因此可适当改变以适应高压设备的发展，适应变电站在电网中的重要性变化。
- 使用现有设备可将停电次数降至最少，从而确保变电站在改造期间仍能继续运行。



– SvK 人员可集中精力于几个大项目，且在改造后多年内，这些变电站免于维修。

## 隔离断路器采用硅酮橡胶绝缘子。

上世纪 70 年代末，人们就发现户外隔离开关比断路器需要更高要求的维护工作，因此 SvK 开始减少变电站中的隔离开关数量 → 11b。当隔离断路器于 2000 年推出后，SvK 首次在一座 245 千伏变电站中安装了这种断路器，目前已获得了这方面的运行经验。2001 年，SvK 使用隔离断路器改造了第一座 420 千伏变电站。从那时起，隔离断路器方案便专用于重要的大型双断路器式变电站 → 11c。小型 245 千伏变电站也可采用单母线方案。SvK 在隔离断路器方面已拥有丰富的经验。

从传统断路器 / 隔离开关组合型变电站转变为隔离断路器变电站，变电站的占地面积缩小了近一半。缩小占地面积对变电站的新建、改造均十分有利 → 12。改造期间，旧设备（粉色

部分）与旧母线（红色）保持运行状态，旧母线对面标有绿色的区域安装新设备，如二次母线。由于新的一次设备占地面积少，现存的三座铁塔（标为蓝色）可保持原位，既节省了成本，也减少了停电时间，降低了风险。

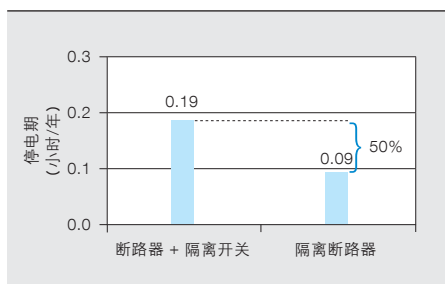
安装、调试结束后，新设备替代旧设备投入运行。这样，在不到一周的停电时间内，该变电站的彻底改造工程结束。

### 案例 – Grytten 132 千伏变电站

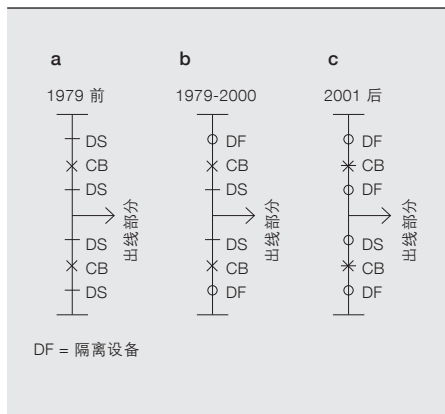
Grytten 变电站属于挪威输电系统运营商 Statnett 运营的地区电网。该变电站始建于 1970 年，采用传统双母线系统（→ 5a 与 → 5b）及一条旁路母线 → 5c。

该变电站使用大量隔离开关，使得操作切换异常复杂。而且，为了维护隔离开关，变电站的一部分设备必须停止运行，导致变电站运行期限缩短、运行能力降低。在 Statnett 的维护计划中，隔离开关的运行期限设定为 35 年，因此计划更换该变电站的隔离开关以及控制设备。

为简化变电站结构，Statnett 采用了隔离断路器及单分段母线。经调查发



### 11 瑞典输电网络中双断路器系统的演变

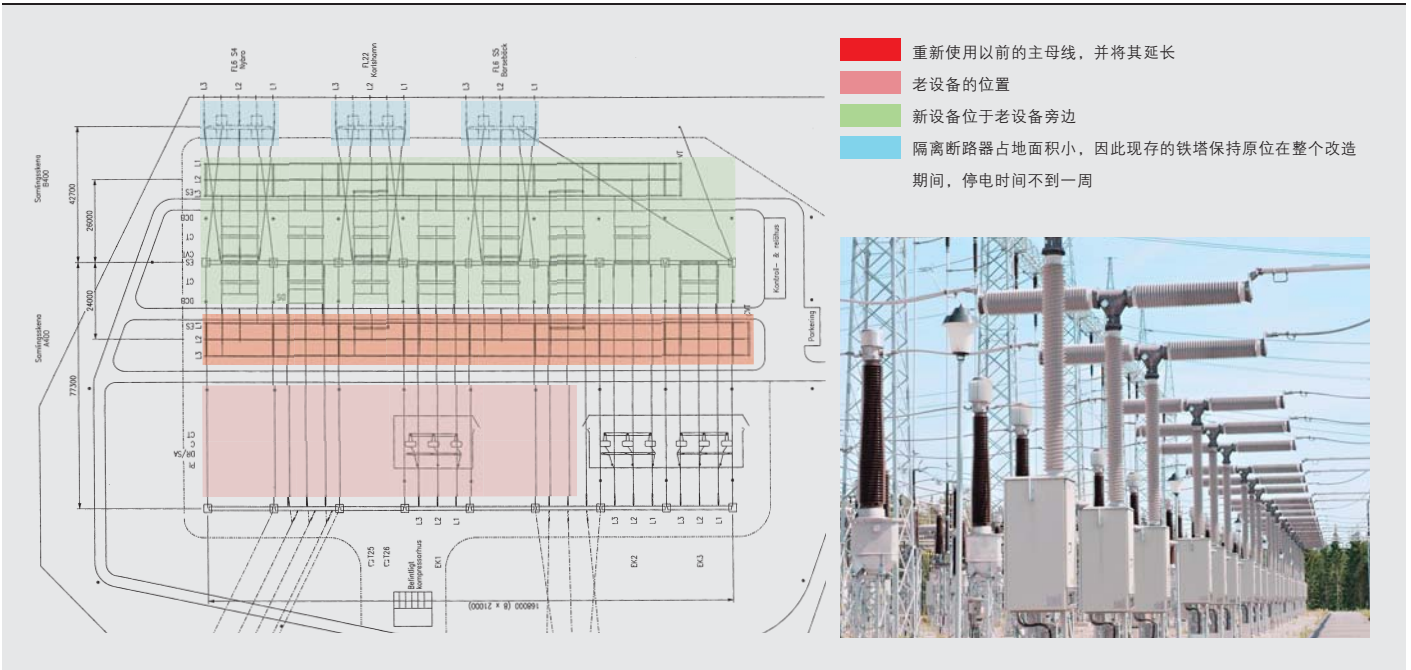


11a 采用传统设备的方案

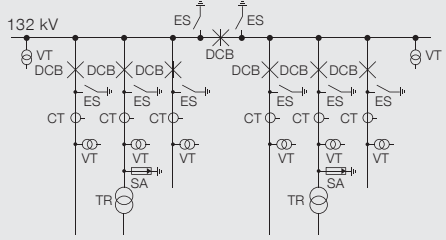
11b 取消母线隔离开关后的改进版

11c 隔离断路器方案

隔离断路器的主触头处于 SF<sub>6</sub> 保护中，不会受到任何污染，使隔离性能更加可靠，延长了维护期，从而提高了变电站的利用率。



13 改造后的 Grytten 变电站



现，现有的旁路母线可用作新变电站的母线。该母线长度合适，位置理想，并且还有空间安装母线分段断路器。由于旁路母线仅在断路器维护期间使用，所以能够在不影响运行的情况下与变电站的其他部分断开。之后，可安装全部新设备，并按计划连接线路和变压器，保证运行不中断。该变电站的改造工作于2007年完成。

**Hans-Erik Olovsson**  
ABB变电站业务单元  
瑞典维斯特拉  
hans-erik.olvsson@se.abb.com

**Carl Ejnar Sölver**  
**Richard Thomas**  
ABB电力产品业务部  
瑞典卢德维卡  
carl-ejnar.solver@se.abb.com  
richard.thomas@se.abb.com

参考文献

[1] B Wahlström, Y Aoshima, Y Mino, C Lajoie-Mazenc, D R Torgerson, A N Zomers, The Future Substation: a reflective approach, Report 23-207, Cigré Session, Paris, 1996.  
[2] P Norberg, M Tapper, W Lord, A Engqvist, The Future Substation – Reflection About Design, Report 23-105, Cigré Session, Paris, 1998.  
[3] C-E Sölver, H-E Olovsson, W Lord, P Norberg, J Lundquist, Innovative Substations with High Availability using Switching Modules and Disconnecting

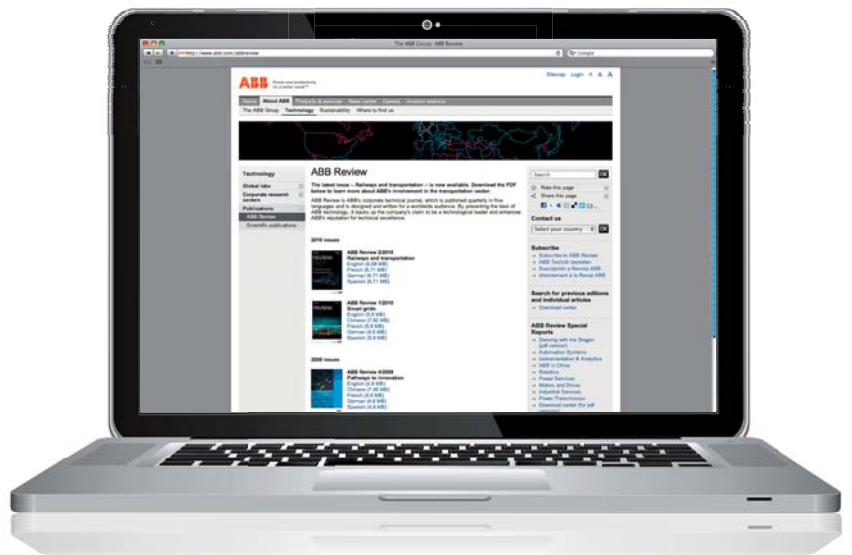
随着一次开断技术的进步，断路器类型从之前的空气灭弧断路器、少油断路器、SF<sub>6</sub>双压式断路器发展到今天的 SF<sub>6</sub>单压式断路器，其可靠性不断提高。

Circuit-breakers, Report 23-102, Cigré Session, Paris, 2000.  
[4] Jing, L., Olovsson, H-E., Fan, J., Thomas, R. (2008) Small footprint, high performance. ABB Review Special Report Dancing with the Dragon.  
[5] IEC 62271-108, High-voltage alternating current disconnecting circuit-breakers for rated voltages of 72.5 kV and above, 2005  
[6] P-O Andersson, H-E Olovsson, B Franzén, U Lager, J Lundquist, “Applications of disconnecting circuit-breakers”, Report A3-201, Cigré Session, Paris, 2004

# 进一步完善 《ABB 评论》



为了符合 ABB 全新的品牌设计，您可能已经注意到，最近几期《ABB评论》外观和感觉有了很大改变。和外观一样重要的是，内容更为重要。请您抽出时间回答我们的在线小调查问卷，您的观点对改进我们的工作至关重要。请在12月15日之前登陆 [www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview) 或者 [www.abb.com.cn](http://www.abb.com.cn) 完成调查问卷，您将有机会赢取我们准备的小礼品。







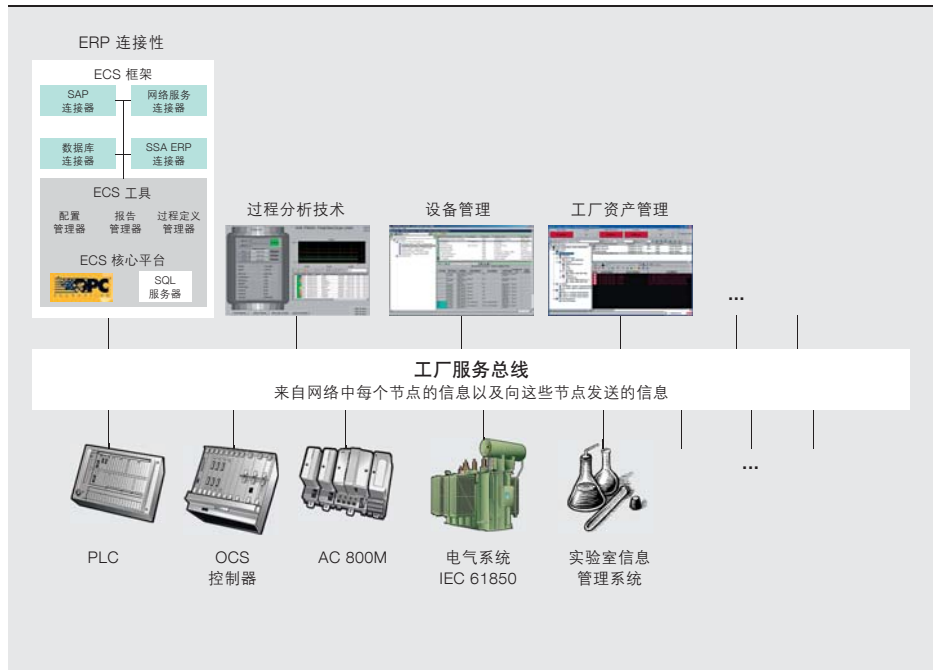


# 协同过程 自动化系统

ABB 系统 800xA —— 一个完美的典范

MARTIN HOLLENDER, IIRO HARJUNKOSKI, ALEXANDER HORCH, ALF ISAKSSON, CHRISTIAN ZEIDLER

管理生产和实现生产自动化所需的控制系统在过程行业中处于核心地位。控制系统是由传感器、执行机构、控制器和电脑连接而成的控制网络，这种网络通常分布于庞大制造工厂的各个角落，帮助制造商实现安全低成本的生产运行方式，从而最大限度地减少浪费，确保产品质量稳定。过去三十年，ABB不断创新，通过扩展传统自动控制系统，显著提高了工业生产率，并且在设计、过程优化以及资产管理等方面为工厂的整体运行搭建一个公共平台。



在今天全球化的经济环境中，生产现场面临更激烈的全球竞争。只有那些能够对质量、可用性、灵活性和成本等多方面同时进行管理和优化的工厂，才能保持竞争力。在生产过程中，工厂必须遵守日益复杂的多方面规范。如果一家企业不能坚持实行积极和系统的安全管理，那么一次小小的事故就可能会使企业的形象毁于一旦。

协同过程自动化系统 (CPAS) 是一种统一以前不同系统的方法，从而实现卓越运行。从工厂的操作人员到管理层，在必须面向多套系统评估形势和执行任务时，CPAS 有助于摆脱复杂工作流程的束缚。统一后的工作流程环境能够促进协作，有助于不同岗位的人员明白各自在全局中的特定职责，同时进行协作。通过共享数据、技术以及对各自职责的认识，可以确保工厂的每个工作小组都了解运行情况、小组间的相关性以及所承担的角色。从本质上讲，这就是真正实现协同过程自动化所需要的一体化！

计算机辅助技术过程自动化已有近 50 年的历史。在这 50 年中，各种各样的术语曾被用来描述计算机化的自动化系统：

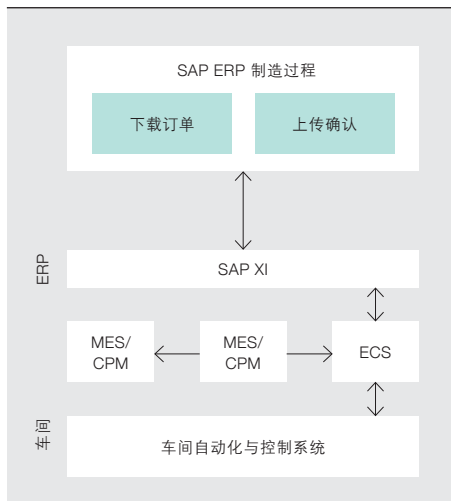
- 分布式控制系统 (DCS)，起源于精炼厂
- 可编程逻辑控制器 (PLC)，起源于离散制造
- 监控和数据采集系统 (SCADA)，用于管道和电网等在地理上呈分布式的过程。

但遗憾的是，这几个术语并没有广泛认可的“正式”定义，且这些术语在使用过程中也不一致。过去十年，各种系统不断改进与扩展，那些过时的术语已不能准确地描述目前最先进的系统。需要新术语对当前最先进的系统进行更好的分类。

2002 年，总部位于美国马萨诸塞州波士顿的 ARC 咨询集团提出了 CPAS 方案 [1]。该方案是过程自动化系统规划、选择、设计和运行方面的极佳准则。从那时起，许多自动化供应商开始将他们的系统作为 CPAS 销售。ARC CPAS 方案的主要原则包括：

- 持续改进
- 通用的可操作环境
- 单一的真实版本
- 基于各种标准的通用基础设施

一个 CPAS 架构必须满足这些原则。CPAS 的核心元素是通用型对象模型。这种模型支持可重复使用的通用解决方案，从而将不同供货商和不同技术时代的自动化控制器、现场总线设备、电气部件 (IEC61850) 以及更高水平的运行模式与管理执行系统 (MES) 或者企业资源规划 (ERP) 系统进行深度集成，以实现所有相关信息的全厂共享。ABB 系统 800xA 完全基于功能非常强大的 Aspect Object™ 技术。为了能够集成公司不同部门的各类典型控制器，ABB 创建了一套系统化架构，用以实现通用对象模型。Aspect Object 技术框架可为网络中每个节点的出入信息建立标准化接口。与商务系统架构的企业服务总线 (ESB) 相比，这种技术框架可视为“工厂服务总线”。它是系统 800xA 无缝升级能力的基础，并可实现不同旧系统的集成（如通过 IEC61850 实现过程与电力自动化系统）。



每个供货商都注重这个方案的各个方面，但有些供货商在执行时比其他供货商做得更好。

为满足降低碳足迹的发展趋势，制造商必须优化生产过程。许多目标长远的公司希望将一流的解决方案重复应用于他们全球所有的生产设备中。领先的生产公司已经在落实 CPAS 理念。利用 CPAS 架构，可创建情境独立型解决方案应用于各种情况。重复利用这种业经验证的解决方案，能在保证高质量的同时大幅节省成本。

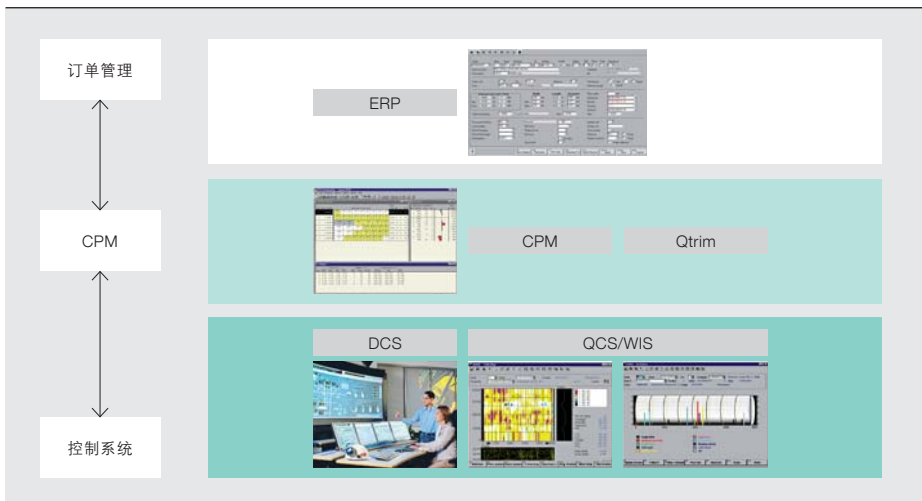
因此，像系统 800 x A 这样的 CPAS 能对数据访问、系统功能进行高效的横向与竖向集成，以满足不断增加的各种需求。在讨论 CPAS 通用信息基础设施之后，我们将列举四个典型的

## 协同过程自动化系统 (CPAS) 是一种统一各种系统，从而实行卓越运行的方法。

CPAS 功能示例。其他领域的相关信息请参考文献[2]。

### 通用信息基础设施

CPAS 具有通用基础设施，功能易懂、逻辑简明，且以标准为基础。



PAS 集成了以太网、ISA88、ISA95 及 IEC61131 等多项标准。CPAS 也将根据需要使用其他重要标准，如 OPC (DA, AE, HDA 以及最近的 UA)、IEC 61850 与 FDT/EDDL 标准。

目前，只有少数几家供应商可提供全球性数据访问 (GDA)，即出于任何有效目的，在任何时间访问从任一地方发往其他任一地方的任何信息（其中“五个任何”符合 Dave Woll 要求）→1。

在 ABB 系统 800xA 中，每条信息项（如一个测量值或一个生产进度计划）均可作为一个 Aspect Object 属性发布。在系统内，无论原始信息来自何处，都可采用统一路径从任何感兴趣的应用中访问这些属性。通过已

有的查找功能可访问通用信息，有助于重复使用解决方案。系统 800xA 提供了一个框架，在系统

中自动将信息分布至所有工作场所。例如，当需要访问一台外部 OPC 服务器时，您无需了解该 OPC 在哪台机器上运行，就可从任一节点访问该服务器。

系统 800xA 固有的 Aspect Object 技术可作为统一的平台基础。当与某个生产设备连接时，这种技术允许每个应用程序将数据保存在它的源应用程序中。这样，我们就可根据生产设备的上下文环境，直接从源应用程序中访问数据，而无需了解数据来源和考虑数据的完整性与一致性。系统 800xA 支持后期绑定：可按照一种抽象的通用路径引用数据，工程师无需再对专门的服务器名称或者 I/O 位置进行硬编码。这样会提高灵活性，在发生变化时更易管理。对于在多种情境下可重复使用的通用解决方案，后期绑定是非常重要的依据。利用编程语言如 C++ 或 Java 中的分类原理可编制通用解决方案。

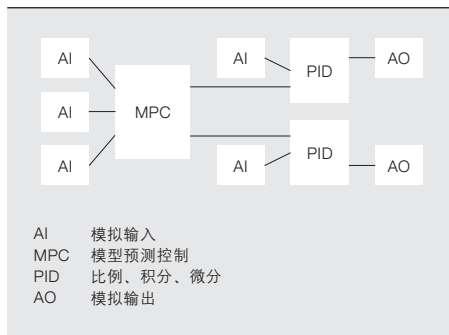
### ERP集成

ABB Industrial IT cpmPlus 企业沟通方案 (ECS) 可以弥补商务系统与制造系统之间的垂直集成缝隙。ECS 具有充分的扩展性，包含了事件处理、交易处理、错误和应用程序登录支持与故障-恢复（故障-安全）支持功能。主要部件及其连接性如→2 所示。CS 就像一个信息经纪人，连接 MES、连接控制系统车间、并通过 SAP<sup>1</sup> 的外部接口 SAP XI 连接 ERP 系统。

### 脚注

1 SAP 是领先的 ERP 软件公司。

#### 4 MPC 配置示意图



全数据集成可促使形成不同的创新应用程序。ABB 基于质量的再调整解决方案 (qtrim) 就属于此类交叉应用程序，它将在在线质量信息与离线计划及客户订单数据相结合。qtrim 完善了 ABB 用于造纸业的全集成生产管理套件。该套件包含一流的技术，如先进的质量控制系统 (QCS) 与网络成像 (WIS) 系统。

qtrim 解决方案由一个数学模型组成 [3]。该模型考虑了大直径卷纸、每个

## ABB Industrial IT cpmPlus 企业沟通方案 (ECS) 可以弥补商务系统与制造系统之间的垂直集成缝隙。

纸辊的客户订单要求与质量特性。因此，这种解决方案可以提供一个完整的几何图形显示裁切损耗问题。利用这种模型可生成裁切计划，显著降低质量损耗。质量损耗指的是质量下降所造成的经济损失。采用更好的裁切计划可减少能耗和原材料消耗，也就是说，能够最大限度的减少环境负担，同时为客户提高可靠性，最终通过降低总生产成本获得更大的利润。

此类解决方案成功的关键因素是数据可用性。在造纸工艺中，能够沿纸张

卷筒进行连续扫描的 QCS 负责收集质量信息。水分、内径、亮度等特性数据会经常测量。即使是小型造纸厂，每个卷筒的每种质量特性也有一个测量点。

WIS 系统有大量高速摄像头跟踪所有外观缺陷（空洞、裂纹、皱褶），并利用基于各种方法的神经网络对图像进行高效分析。这些方法能确保快速、可靠的数据处理，完成缺陷类型的分类和确认。目前的挑战包括处理大量数据和确保高效地抽取实际信息。

这些非常专业的系统经过完全集成，且这种解决方案以后台工作模式，为客户创造更大的利润。目前最重要的问题是将全部事情放入一个能够获得最佳结果的统一概念之下。各功能部件及其整合情况如 →3 所示。控制系统为质量系统测量数据提供几何图形信息。客户的订单质量要求从订单管理系统中收集，并与实际质量进行比较。将客户可能需要的纸卷位置与实际生产的纸卷位置进行映射，然后将映射数据作为优化过程的“原始数据”。通过定义明确的接口，信息可向所有方向输送，与此同时，智能化解决方案可确保，当前规划始终与已知的质量数据处于最新状态。总之，这种交叉应用程序以无缝方式集成了所有层 (ERP、CPM、DCS)，从而实现在经济、环境方面全面优化的生产过程。

### 先进过程控制

在符合 ISA 95 标准 [4] 的自动化分级结构中，先进过程控制 (APC) 相当于对其中一个生产单元或部件进行协调控制。

从原理上讲，APC 是指采用过程测量自动反馈值的任何闭路控制，它比采用离散型 PID 控制器更先进。然而

近几年，APC 在某种程度上与模型预测控制 (MPC) 同义。

MPC 属于多变量控制器，利用一种等式限制条件作为模型，在每次获得新测量值时优化未来过程变量。凭借众多的功能，MPC 已得到普及，这是其他控制方法无法比拟的。执行 MPC 优化过程时，需要考虑以下两个因素：

- 操作变量以及预测过程变量的限制条件
- 未来可知的设定点变化情况

传统而言，MPC 在与控制系统相互独立的 PC 上运行，并通过如 OPC 等系统与控制系统连接。MPC 的输出通常连接基础 PID（比例、积分、微分）控制器。若能将 MPC 集成在 CPAS 中，可使其性能得到很大提高。如果能在 IEC61131 编辑器中通过拖、拉操作完成配置，那么这种性能上的提高将尤其明显。有关 MPC 配置（用三个过程变量向两个 PID 控制器发送两个操作变量）的示意图见 →4。

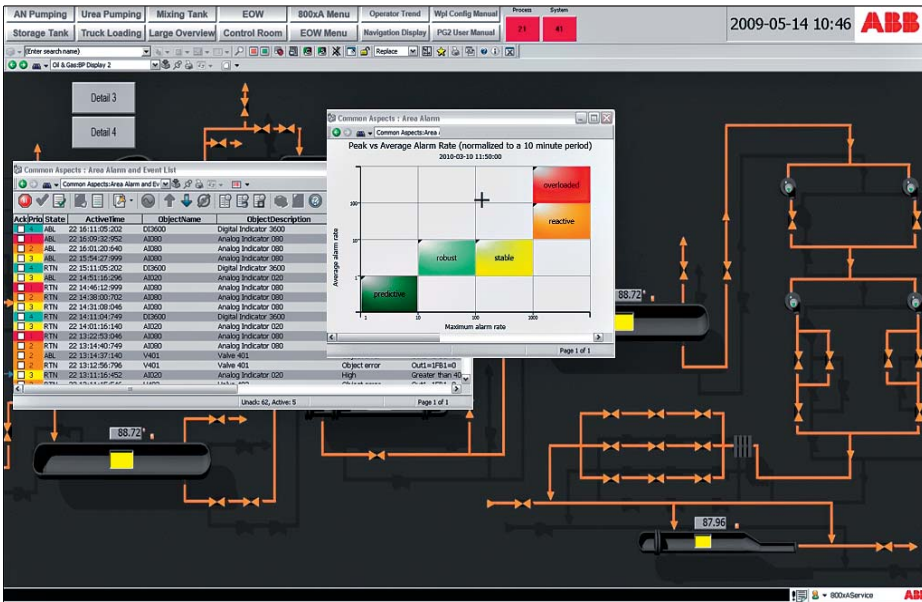
如希望了解这种优势，则需要理解图 →4 中的单线连接可能表示信息的双向流动。例如，MPC 与某个 PID 之间的连线，除了表示向 PID 发送设定点外，还表示接收以下信息并发回 MPC：

- 满足或不满足 PID 输出条件（分别为高、低极限值）时的逻辑标志
- PID 模式（手动或自动）
- PID 采用外部（即来自 MPC）还是内部（即来自操作人员）的设定点
- 如果 PID 采用内部设定点，则 MPC 也会收到该设定点的具体值

在优化过程中，获取这些信息时均需正确考虑 PID 状态。

在 CPAS 中集成了实际执行过程后，

## 5 连续改进报警系统



可实现 CPAS 重启时的自动备份和自动重启功能，还可实现冗余等功能。不过这种执行过程仍需在属于 CPAS 的一个 PC 服务器中完成。若在硬件控制器中完成执行过程，则优势更多，如通讯更快、更安全。

### 工厂资产管理 (PAM)

工厂资产管理是一项跨越组织和机构界限的多学科任务。PMA 注重运行、维护、生产管理等各个方面。

最近，NAMUR 和 VDI/VDE GMA 等刊物对 PAM 界定了一个广泛接受的定义和解释[5,6]。尤其值得注意的是，这些刊物利用通用模型框架解释相关的 PAM 功能。该框架包括三个主要方面：资产监控、信息处理与信息管

理。其中每一方面均代表复杂功能，取决于最终目标是全部 PAM 系统还是单一功能。将 PAM 作为 CPAS 一部分来执行时，就可以从上述显而易见的协同属性中获益。CPAS 的主要功能之一是轻松连接大量不同类型的数据源。为能接收信息（实时过程数据、资产历史信息、工厂拓扑结构、经济信息、

维护工作指令），PAM 将主要依赖这种连接。

这些从 PAM 系统中得到的信息组成了基本的资产监控信息。资产监控是指监督、评估最关键的工厂设备，如电抗器、热交换器等。为能监控大量的不同资产，需要将简单和高级算法功能同时作为主要功能。在生产过程中，需要监控性能和生产条件。性能监控主要涉及由于资产退化以及生产过程中性能降低造成的高能耗和材料过度消耗的问题。生产条件监控主要包括识别有害运行条件和诊断以及预测相关资产故障。

PAM 经常会产生大量无关紧要的资产报警，因此通常会令用户失望。为了解决这种问题，必须对基本资产监控数据进行有效的信息汇总和积累。但是，只有在工厂拓扑结构与资产监控结果、维护历史同时使用的情况下，才能真正实现信息的汇总和积累。CPAS 架构能够很好的支持这一过程，能够确保以简单或复杂的方式访问来自各种数据源的不同信息。

PAM 的第三个方面是针对用户进行信息发送。既然信息是唯一的，且能灵活访问，那么不同用户就可根据具体要求有效使用系统。操作员信息与维护信息明显不同，两者均可按照用户的具体要求发出。通过连续使用各种垂直集成标准，可把 PAM 集成到企业级应用程序中（如 CMMS——计算机化维护管理系统）。因此，任何与维护有关的信息可在各车间之间有效传递。

### 报警管理

报警原指需要紧急应对的重要事件。在现代工厂中，许多所谓的报警对工厂运行没有任何意义。过去十年，许多自动化系统产生了太多无用的报警，操作人员根本无暇应对，目前这种情况已日趋明显。如果系统产生的大多数报警对操作员没有意义，则会使操作人员放松警惕，不相信警报系统。面对大量没用的报警，即使有重要报警也可能被忽略。换句话说，现在许多的报警系统质量低，且对操作人员基本没有帮助。EMUA 191 与 ISA 18.2 等指导准则说明了如何对报警系统进行系统化设计，以创建一个高质量报警系统。缺乏大量的专业知识和坚持不懈的投入是造成许多自动化报警系统质量低的重要原因之一。

**ABB 系统 800xA 可实现一流的过程自动化，帮助制造商保持竞争力。**

有些情况下，高成本投资反而会阻碍更好的报警配置。如果没有现成的运行经验，有时候我们无法获得一个完美报警系统所需的信息。

一些公司通过不断改进得到了良好的结果，但是需要运行团队一直监控



报警系统的质量。系统 800xA 通过提供既容易配置，又完全集成在操作员环境中的监视工具，有助于持续的改进过程。在日常会议中，运行小组只需浏览预配置的报警管理报告，就可找出最紧急的报警管理问题。根据这个观点，出现报警时需要采取以下相应措施：确定运行问题，修复故障部件，或者重新配置优化报警系统。运行良好的工厂根本不会发出报警→5。

就像每天刷牙一样，这种连续报警管理系统为工厂提供了一种预防措施。它也是系统 800xA 支持 CPAS 方案实现持续改进的一个很好的例证。

### 迎接挑战

ABB 系统 800xA 这样的现代 CPAS 有助于实现一流的过程自动化，帮助制造商保持竞争力。CPAS 方案目标远大，因此仍需进行大量工作，才能最终实现自动化系统全面支持这种方案。ISA 已经出版了一本有关 CPAS 的书（请登录 <http://isa.org/CPAS>）。这本书由 ABB 专家 Martin Hollender

编写，介绍了现代 CPAS 的各个方面，如安全、设计、操作员效率以及更多的信息。“原始 ARC CPAS 方案”的章节由 Dave Woll 编写→6。

ARC 目前正在更新初始方案，并将新版本命名为 CPAS 2.0[7]。引入 OPC-UA[8] 将会给前端技术带来很大冲击。在第一阶段，OPC-UA 将会取代传统的 OPC 标准。这将避免系统使用有缺陷的 DCOM 时出现的弊端，同时又能促进在非微软视窗操作系统下使用 OPC，如在许多智能设备上使用。第二阶段，使用标准化信息模型。例如，以设备的 DI 规范为基础提供更多通用功能，而无需在小细节上为每个系统做出规定。通过 Automation ML [9] 可描述更多生产自动化系统的全部过程，通过特定的自动化 XML 语言，可描述各系统间的相互作用以及数据交换。例如，闭环监控与资产管理功能可指定在抽象的层次上，然后用于所有连接的系统，且不受供货商或技术版本的影响。由

## 系统 800xA 提供了一个框架，在系统中自动将信息分布至所有工作场所。

于硬件设备日趋便宜，功能强大的数字式现场总线开始普遍，因此无需在中央位置运行控制算法。IEC 61499 通过扩展 IEC 61131，加入了面向对象与事件驱动的执行内容，因此是实现真正分布式控制方案的最佳选择。即将生效的现场设备集成 (FDI) 规范 [10] 将对现有现场设备工具 (FDT)、电子设备描述语言 (EDDL) 标准进行协调和统一。按照这种规范，我们能够更方便的访问现代现场设备（如校准、诊断等）的价值附加型功能。未来 CPAS 的其他特点还包括提供

通讯、工作流程与视频监控系统的紧密集成。

**Martin Hollender**  
**Iiro Harjunoski**  
**Alexander Horch**  
**Christian Zeidler**

ABB 研究中心  
德国拉登堡  
martin.hollender@de.abb.com  
iiro.harjunoski@de.abb.com  
alexander.horch@de.abb.com  
christian.zeidler@de.abb.com

**Alf Isaksson**

ABB 研究中心  
瑞典维斯特拉  
alf.isaksson@se.abb.com

### 参考文献

- [1] Woll, D., Caro, D., Hill, D. (2002) Collaborative process automation systems of the future. Boston: Automation Research Corporation; arcweb.com
- [2] Hollender, M. (2009) Collaborative process automation systems. ISA, North Carolina
- [3] Harjunoski, I., Säynevirta, S. The cutting edge – Cutting the inefficiency out of paper re-trimming. ABB Review, 4/2006, 53–58
- [4] ANSI/ISA-95.00.01 (2000) Enterprise-control system integration Part I: Models and Terminology, American National Standard
- [5] VDI/VDE (2008) Plant Asset Management (PAM) in the process industry – Definition, model, task, benefit, VDI/VDE Guideline No. 2651
- [6] NAMUR (2009) Recommendation NE 129 Plant Asset Management
- [7] Woll, D. (2010) Time to rethink process automation systems (CPAS 2.0) ARC Forum 2010, Orlando, Florida
- [8] Mahne, W., Leitner S.-H., Damm, M. (2009) OPC Unified Architecture. Springer, Berlin
- [9] Drath, R. (2010) Three-view-concept for modeling process or manufacturing plants with AutomationML, ETFA 2009, Mallorca-Spain
- [10] Grossmann D., John, D., Laubenstein, A. (2009) EDDL Harmonisierung. ATP-edition 10–11 2009

编委会

唐维诗  
ABB 集团首席技术官

Clarissa Haller  
ABB集团企业传播负责人

Ron Popper  
ABB集团可持续发展事务负责人

Axel Kuhr  
ABB集团战略客户负责人

Friedrich Pinnekamp  
ABB集团企业战略副总裁

Andreas Moglestue  
《ABB 评论》主编  
andreas.moglestue@ch.abb.com

出版人

《ABB 评论》由 ABB 集团 R&D 和 Technology 出版。

ABB Asea Brown Boveri Ltd.  
ABB Review/REV  
瑞士苏黎世 CH-8050

《ABB 评论》每年出版四期，以英文、法文、德文、西班牙文、中文和俄文出版。

《ABB 评论》免费提供给对 ABB 技术及其目标感兴趣的人士。欲免费预订《ABB 评论》，请与您最近的 ABB 办事处联系，或者上网阅读：[www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview)

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 ©2010  
ABB Asea Brown Boveri Ltd.  
瑞士苏黎世

印刷  
Vorarlberger Verlagsanstalt GmbH  
AT-6850 Dornbirn/奥地利

排版  
DAVILLA Werbeagentur GmbH  
AT-6900 Bregenz/奥地利

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 公司不做任何担保、保证以及承诺。

本刊已翻译成中文，所有文档应以英文版本为准。

ISSN: 1013-3119

[www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview)



2010年第四期预览

## 生产率视点

对于最终用户来讲，最好的技术在操作时往往不显而易见。这些最好的技术按照设计要求完成自己的任务，但技术本身往往不为人所知。如果需要干预，则按照可预期的方式进行，而不是通过故障或者电力中断的方式控制。

安装时如果更能承受干扰、误差以及各种无法预料的情况，就可提高鲁棒性。通过总体设计考虑，有助于系统更具适应能力、更加灵活。此外，通过增加“智能”功能可以进一步支持该目标。自诊断与远程诊断可提供设备状态的相关信息，实现从响应式维护到主动式维护的转变。

通过关注人机界面（HMI），也可提高生产率。自动化与控制系统收集并处理大量数据。然而，原始数据不同于可执行的信息。为便于操作人员随时做出尽可能最佳的决定，还应提供更高质量的信息。

过去，每年的《ABB 评论》第四期都关注创新。现在，创新将成为每年第一期的主题。2010年的第四期将关注 ABB 如何在不同形势和不同应用领域内提高生产率。



## 将能源效率提高25%?

ABB的电力与自动化解决方案成功帮助欧洲最大的电解铝厂将能源使用效率提高了25%，同时大幅提升了生产率。我们的研发紧紧围绕着改善业绩和节能，以持续地帮助客户节省资源和费用。欲了解更多，请登录 [www.abb.com.cn](http://www.abb.com.cn)

当然能实现。

用电力与效率  
创造美好世界™

