

# TECHNO-FRONTIER 2025: 电驱桥、电机

## 尼得科7合1电驱桥、电机材料、电力电子元件等组”

文 |Marklines

TECHNO-FRONTIER 2025 (展会时间: 2025年7月23日~7月25日; 展馆: 东京有明国际展览中心) 由日本一般社团法人日本能率协会主办。TECHNO-FRONTIER 起源于1983年的小型电机技术展(本次为第43届电机技术展), 根据主办方日本能率协会发布公告, 为期三天的参展观众人数达到28928人。其中TECHNO-FRONTIER 参展人次为21696人, 与去年(22932人)几乎持平, 同期展会(Maintenance Resilience TOKYO、酷暑对策展、职业安全健康展、噪声与振动对策展)观众人数为7232人, 较去年(13698人)减少一半, 可能受到本

次主会场(西馆)和分会场(东馆)相距较远的影响。

本篇报告介绍电驱桥系统、电机、电机材料、电力电子元件、工艺/实验设备等电动化技术相关展示内容。

### 电驱桥、电机: 尼得科、爱思帝、IE5电机主办方策划展示

尼得科: 7合1电驱桥/Gen3(供应丰田中国车型)、7合1电驱桥/Gen4、下一代电驱桥

尼得科(原“日本电产”, 2023年更名)展出了三种电驱桥产品。

尼得科展出的电驱桥电机规格一览表

	电驱桥 量产产品 Gen3	电驱桥 开发产品 Gen4	电驱桥 开发产品(无磁铁)
电驱桥配置	7合1	7合1	3合1
最大功率	150kW(360V)	100kW	170kW
额定功率	45kW	50kW	75kW
最大扭矩(电机)	192Nm	126Nm	110Nm
最大转速(电机)	18550rpm	18550rpm	32000rpm
定子外径	180mm	180mm	170mm
电机类型	IPMSM	IPMSM(无重稀土)	IM(三相双绕组)
冷却方式	水冷	油水冷却	油冷
线圈类型	圆线	扁线	圆线
绕组方式	分布式绕组(盒式插入器)	SC绕组	分布式绕组(新开发插入器)
逆变器	IGBT	IGBT	碳化硅双逆变器
量产/开发计划	2025年2月开始量产(搭载于中国市场的丰田铂智3X)	目标2027年SOP	开发产品(2028年量产)



尼得科展台



IE5电机策划展示



田中工程展台

据悉，这是自 2020 年 Automotive World 以来，尼得科时隔五年后首次在日本国内展会上展出量产版电驱桥系统。

7 合 1 电驱桥 /Gen3 集成了 7 个零部件，包括电机、逆变器、减速器、DC-DC 转换器、车载充电器（OBC）和电源分配单元（PDU）以及一个外置型 5kW PTC（正温度系数）加热器，搭载于丰田中国市场车型铂智 3X。虽然是在中国生产，但这是尼得科电驱桥产品的首个日系车企客户。

与为中国车企生产的 Gen2 一样，Gen3 也采用了分布式圆线绕组，使用盒式插入器绕线工艺，但冷却方式不是内部油冷，而是在电机外壳设置水套的水冷系统，最高转速达到 18550rpm，功率密度提高了 16%。

7 合 1 电驱桥中集成的每个零部件包括逆变器在内，规格都是由尼得科的中国据点与客户协调之后在中国生产，但电机的有源部件等基础部件由日本的尼得科据点开发。



7 合 1 电驱桥 /Gen3 展示  
7 合 1 电驱桥 /Gen3  
7 合 1 电驱桥 /Gen3 展板

7 合 1 电驱桥 /Gen4 展示  
7 合 1 电驱桥 /Gen4  
7 合 1 电驱桥 /Gen4 展板

7 合 1 电驱桥 /Gen4 是计划 2027 年实现 SOP 量产的电驱桥开发产品，比 Gen3 更小、更轻，转子磁铁不含重稀土（HRE），SC 绕组使用扁线短距绕组。

冷却方式是在电机外壳上安装水套，并结合内部油冷，配置用于逆变器的机油冷却器，在装置内部循环使用冷却水冷却的油液。

下一代电驱桥（无磁铁）是尼得科利用日本新能源产业技术综合开发机构（NEDO）的绿色创新基金推动开发的产品，采用感应电机（IM）而非 Gen4 之前一直使用的嵌入式永磁同步电机（IPMSM），不含磁铁，并且元件技术也在不断创新。

由于转子的次级导体损耗，感应电机的效率低于嵌入式永磁同步电机，这对制造小型高效电机而言是一个难点，但尼得科开发产品通过将电机最高转速提高到 32,000rpm 实现了小型化，并且针对高转速下增加的铁损问题，采用非晶

铁芯材料代替电磁钢板，效率提高了 1.4%。

非晶材料的厚度为 0.025mm，比电磁钢板薄一个数量级，无法使用传统的冲压工艺，因此薄板压制和粘合层压生产技术也在同步进行开发。

感应电机的转子结构由铸铝制成，与使用磁铁的嵌入式永磁同步电机相比，更容易制造出坚固耐用的产品，而且适用于高转速。

减速器使用行星齿轮，但不是同轴型，而是平行轴型，电机轴和车轴平行排列，减速比高达 24，以适应电机的 32000rpm 最高转速。

随着转速增加，驱动频率变高，定子绕组如果使用导体截面积较大的 SC 绕组会导致导体内部损耗增大，因此采用圆线分布式绕组，通过新开发的自研插入器绕线，以实现高填充系数（48% → 54%）。

极数可在 2 极和 4 极之间切换，以扩大最大输出的驱动范围，而使用具有用于两个电机的三相交流驱动电路的双逆变器，即使极数切换，所有电机绕组也能持续通电。



下一代电驱桥（无磁铁）展示  
下一代电驱桥（无磁铁）  
下一代电驱桥（无磁铁）展板  
下一代电驱桥（无磁铁）元件技术展板

## 爱思帝：BEV 用宽范围驱动系统、轴向间隙电机、叠片铁芯

爱思帝正在利用其核心的液力变矩器技术，开发一种“宽范围驱动系统”。

展出的重型商用车“宽范围驱动系统”适用于 3t 以上卡车等重型商用车，在 BEV 电机输出端配置液力变矩器，通过扭矩放大功能改善驱动性能，即使是小型电机也能实现陡坡爬坡。在实现电动商用车爬坡、起步、提高车速的同时，还可缩小电机尺寸。

该系统的另一个特点是通过使用液力变矩器，利用流体平稳地传输动力，而不会像使用变速器时会产生冲击。

2024 年 8 月，爱思帝收购了东芝集团旗下生产工业电机和新能源车电机的川侯精机的股份。此次展出的系统是在川侯精机制造的最大功率 230kW、最大扭矩 1,340Nm 的同步电机基础上结合了爱思帝试制的大型液力变矩器。

现场还展示了一个正在研究中的 4 合 1 概念模型。



BEV 用宽范围驱动系统试制品  
(电机 + 液力变矩器)  
BEV 用宽范围驱动系统 4 合 1 概念模型  
BEV 用宽范围驱动系统展板

轴向间隙电机  
轴向间隙电机展板

轴向间隙电机是爱思帝子公司 DYNAX 开发和生产的扁平型轴向间隙电机，电机轴向厚度为 73mm，产品涵盖水冷式、附带减速器或电磁制动器等类型，适用于小型作业车辆、辅助装置驱动、发电机等。

该电机具备使用压粉磁芯的 3D 磁路，实现了小型化和扁平化，并在开发电源电压为 48V 的逆变器。当转子磁铁使用钕磁铁时，最大输出功率为 3.9kW，最大扭矩为 65Nm；当使用铁氧体磁铁时，最大输出功率为 2.1kW，最大扭矩为 26.5Nm。电源电压为 DC 200V 时，最大输出功率可达 20kW。

风冷式（自然冷却）作为发电机使用时的容量为 1kW，并有应用实绩。

爱思帝还展出了电机定子的分体式铁芯和转子铁芯以及用于冲切的模具。

生产液力变矩器和离合器的模具由公司自主制造，爱思

帝正在考虑将利用这项技术的模具和铁芯单品也作为未来的一项业务发展，首个目标是从 2026 年起斩获模具订单。

铁芯生产方面，目前的设备是 125 吨冲压机，因此铁芯尺寸仅限于 120mm 以内。

### IE5 电机（策划展示）：尼得科（SynRA）、ABB（SynRM）、东芝（SynRM）

作为主办方策划展示项目，特设了 IE5 超高效率电机展区。

实验装置和生产设施中使用的三相感应电机（通用电机）根据日本“领跑者计划”监管标准，规定 2015 年能效等级（IE 代码）需达 IE3（特级能效）以上，但目前暂无关于最高能效等级 IE5（超高效电机）的标准。

各大通用电机制造商正在推进 IE5 电机的开发工作，并致力于在同步电机（同步磁阻电机、永磁同步电机）中进行商业化，以实现感应电机难以实现的高效率。

同步磁阻电机（SynRM）是一种电动汽车电机，将传统嵌入式永磁同步电机中的磁铁去掉，通过铁芯磁路加强所产生的扭矩（磁阻扭矩）。ABB、东芝工业机器系统、三菱电机等企业展出了通用电机相当的产品。

尼得科展出的感应同步磁阻电机（SynRA）采用独特的电机形状，通过在同步磁阻电机转子的多个弧形空隙（磁通屏障）中浇筑铝，使其具备感应电机的笼型导体作用，从而也能作为感应电机运行。

这种电机被命名为 SynRA（Synchronous Reluctance Motor with Aluminum Cage Rotor），在启动时像感应电机一样开始旋转，接近同步转速后在运行过程中与频率同步旋转，作为同步磁阻电机运行，因此消除了次级导体中的损耗，实现比普通感应电机更高的效率。

可由商用电源（50Hz/60Hz）驱动，使用逆变器时，无



模具和叠片铁芯（定子、转子）



叠片铁芯展板

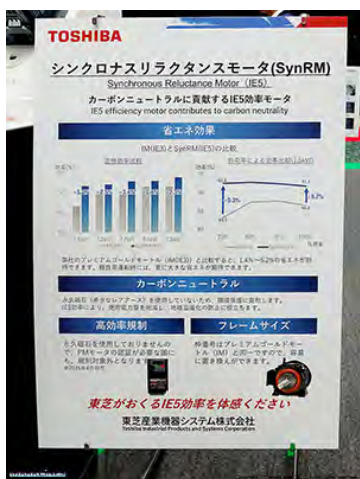


尼得科：感应同步磁阻电机的转子切割模型



ABB：同步磁阻电机切割模型展示





东芝：同步磁阻电机展板

需像普通同步电机那样的矢量控制或精确控制参数，而是单凭 V/F 开环控制就能达到 IE4 和 IE5 级高效率，因此可以轻松地将 IE3 级以下的传统感应电机替换为 IE4 或 IE5 级电机。

该电机已于 2022 年在美国上市。

ABB 只在 IE5 电机展区展出了 IE5 电机产品，而在公司自有展台上展出了该电机的剖面模型。

据称，电机类型是同步磁阻电机，通过视频展示了带有三重弧形磁通屏障的 4 极转子，也有型号是通过在转子上增加磁铁来提升磁场强度。

产品阵容包括 5.5 ~ 315kW 的风冷式和 37 ~ 710kW 的水冷式。

东芝工业机器系统的展品也是同步磁阻电机，采用与一般 IE3 通用电机相同机座号的机座，并提供易于更换的 1.5 ~ 7.5kW 产品阵容。

该电机系统配置还结合了配备同步磁阻电机软件的专用驱动逆变器。

## 电机材料相关：大同特殊钢、赫格纳斯、Next Core Technologies、小牧钢材

### 大同特殊钢：极性各向异性磁铁

经营各向异性热加工钕磁铁的大同特殊钢介绍了一种磁铁开发工艺，利用不同于钕烧结磁铁的热加工磁铁特性，开发出一种可产生近似于海尔贝克阵列磁通量的磁铁。

海尔贝克阵列是一种磁路，通过优化永磁电机转子中磁铁的磁极方向，最大限度地提高特定方向的磁场强度，虽然

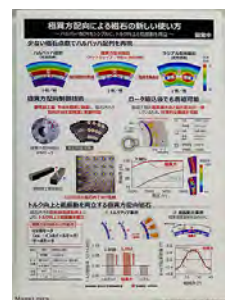
生产层面存在挑战，但有部分电机采用这种磁路布局方式。

现场展出了嵌入式永磁同步电机（IPMSM）的转子，包括（1）由每极五块磁铁组成的海尔贝克阵列磁铁转子；（2）可产生与海尔贝克阵列同等磁通量的极性各向异性磁铁转子；（3）普通平行取向磁铁转子。展板显示，海尔贝克阵列磁铁和极性各向异性磁铁的扭矩增强性能相当。

就电机装配生产效率而言，海尔贝克阵列磁铁需要由多个预先磁化的磁铁块组成，而极性各向异性磁铁的优势在于可以进行后期磁化，需要的磁铁块更少。



海尔贝克阵列磁铁（左）、极性各向异性磁铁（中）和平行取向磁铁（右）的对比展示



极性各向异性磁铁展板

展板还介绍了在 IPMSM 的转子中使用月牙形定向控制工艺的热加工磁铁，与普通的矩形钕磁铁相比，最大扭矩提高了 13%，同时还改善了抗退磁性能。

### 赫格纳斯：粉芯（软磁复合材料）、微型车轮毂电机

赫格纳斯（Höganäs）是一家金属粉末制造商，生产压粉磁芯材料——软磁复合材料 Somaloy。



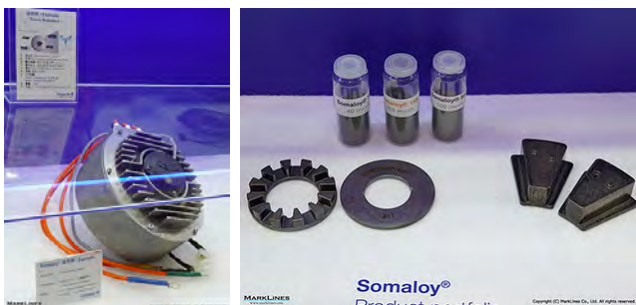
赫格纳斯软磁复合材料展示



采用压粉磁芯的轮毂电机  
采用压粉磁芯的轮毂电机展板

采用压粉磁芯的轮毂电机是用于农业机器人、AGV 等小型车辆的轴向间隙电机，采用赫格纳斯的压粉磁芯，由日本活塞环公司将其加工成型为定子铁芯，然后由银河电机工业将其制成额定功率 150W、最大扭矩 100Nm 的轮毂电机。

展品是驱动电机部分，而实际设备是与电磁制动器相结合的产品。



微型车（2 轮 /3 轮）  
用电机

软磁复合材料和压粉磁芯的成型样品  
软磁复合材料展板

印度 Torus Robotics 的微型车（2 轮 /3 轮）用电机最大功率为风冷式 7kW、水冷式 9.5kW。风冷式最大扭矩为 36Nm，水冷式为 98Nm。

软磁复合材料 Somaloy 是一种由纯铁粉末组成的软磁材料，在颗粒表面进行了绝缘涂层处理，采用三维网状成型，形状自由度高，经常用于轴向间隙电机的铁芯材料。

新开发的 7P 等级产品的机械强度是原来的两倍，在保持高磁通密度的同时，铁损减少了 10%。

#### Next Core Technologies: 非晶铁芯

虽然非晶材料具有铁损低的优点，但薄度和硬度使其加工难度大，虽然常在大型变压器中使用，但在电机铁芯中的应用屈指可数。

Next Core Technologies 拥有生产用作电机铁芯材料的合金熔融金属淬火设备等内部加工设备，同时还致力于铁基非晶材料的研究、生产和冲切等业务。

现场演示了使用冲压 / 自动叠压机对其自研铁基非晶材料制成的淬火合金薄条（带）进行冲切并叠压的可量产型工艺。

在演示中，由三张厚度为 0.03mm 的非晶材料叠压粘合成厚度约为 0.1mm、宽 40mm 的材料，并对其进行级进模冲压，据称也支持 2 ~ 6 张同时冲切。



非晶材料的电机铁芯冲压演示  
非晶材料冲切后的铁芯  
电机铁芯材料特性对比展板

#### 小牧钢材：电磁钢板和木炭炼钢

小牧钢材介绍了 Aperam 的电磁钢板和木炭炼钢工艺。

Aperam 是安赛乐米塔尔旗下的不锈钢板、电磁钢板和高合金钢板制造商，产品包括厚度 0.35mm/0.5mm/0.65mm 的普通无取向电工钢板以及用于电动汽车的厚度 0.25mm/0.3mm/0.35mm 的高频无取向电工钢板。

该公司在现场宣传介绍了其生产电磁钢板的巴西工厂目前正在使用自有桉树林生产的木炭而不是煤炭作为炼钢原料。

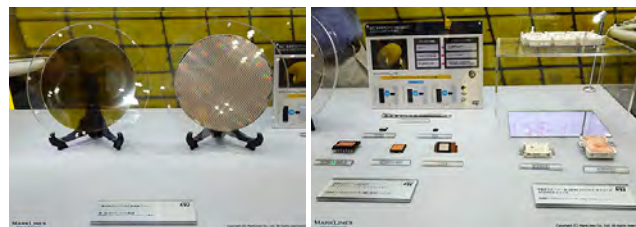


以木炭炼钢为特色的小牧钢材电磁钢板展示  
电磁钢板样品

#### 电力电子相关：意法半导体、东芝、阿尔卑斯阿派尔、胜美达

##### 意法半导体：碳化硅 MOSFET

意法半导体重点展示了碳化硅 MOSFET，包括意大利卡塔尼亚工厂生产的 8 英寸碳化硅晶圆。最新的碳化硅 MOSFET 是第四代产品，与第三代相比，MOSFET 的漏极和源极端子之间的导通电阻降低近 20%，从而减少了损耗。据称公司目前正在开发系统功率密度更高的第五代产品。



碳化硅 MOSFET 晶圆  
碳化硅 MOSFET 演进展板  
第四代碳化硅 MOSFET 展板

车载碳化硅 MOSFET 功率模块  
ACEPACK DMT-32 展板  
ACEPACK DRIVE 展板

产品可提供各种形式的封装，包括可通过焊接或压接与电路板连接的分立器件封装和功率模块等。裸芯片解决方案提供不贴装碳化硅芯片的裸芯片，由客户自行贴装在其特定设计的功率模块中。STPACK 是特斯拉 Model 3 和 Model





ACEPACK Vega 展板

ACEPACK Gemini 展板

Y 逆变器使用的封装，意法半导体表示也可以为其他公司供应。ACEPACK 1 和 ACEPACK 2 适用于 DC-DC 转换器和空调等高压车载设备。ACEPACK DRIVE 专为电动汽车电机驱动逆变器而优化设计，是一种直冷式 6 合 1 型功率模块，背面带有散热片。

此次展会通过视频介绍了正在开发中的新封装 ACEPACK Vega 和 ACEPACK Gemini。

ACEPACK Vega 是一种 2 合 1 直冷式单面冷却功率模块，适用于逆变器的小型化需求。ACEPACK Gemini 是一种 2 合 1 双面冷却功率模块，用户可以将其中夹在冷却水的水套之间使用。

### 东芝集团：双面冷却功率模块

在东芝集团展台，东芝电子元件及存储装置株式会社展示了用于新能源车牵引逆变器的双面散热 2 合 1 模块。展品包括用于电动汽车逆变器的双面散热 2 合 1 模块（DSC 封装）开发产品和散热器参考模型样品。该公司还可以提供参考模型的散热器试制样品形状数据和热分析数据等，以支持用户方的散热器设计。

功率器件方面，东芝正在考虑搭载配备电流和温度传感器的 RC-IGBT，2028 年推出的第三代 RC-IGBT 的损耗将降低 8%。



用于新能源车牵引逆变器的双面散热 2 合 1 模块 Si IGBT 展板



无芯电流传感器 IC 展示

功率模块集成型无芯电流传感器

### 阿尔卑斯阿尔派：无芯电流传感器

在电动汽车的逆变器中，使用霍尔元件的电流传感器通常安装在靠近电机连接处的母线上以控制电机驱动电流。阿尔卑斯阿尔派的无芯电流传感器 IC 利用 GMR（巨磁阻效应）取代霍尔元件或线圈，以电阻值的变化来检测母线中电流产生的磁场，由于不使用磁芯或线圈，因此适合小型化，电流测量范围为  $\pm 2000\text{A}$ ，可对大电流进行高精度测量。

概念展品“功率模块集成型无芯电流传感器”是阿尔卑斯阿尔派与东芝电子元件及存储装置公司联合开发的产品，在功率模块内预先集成电流传感器，通过在母线上加装电流传感器，体积可缩小至六分之一。电流测量范围可达  $\pm 2000\text{A}$ ，有两种类型可选，包括母线独立型和母线集成型。

### 胜美达：涡流式转角传感器、非接触式绕组电流传感器

涡流式转角传感器与旋转变压器一样用于检测电机转子的旋转位置，应用于梅赛德斯 - 奔驰等欧系电动车型。含轴向型、径向型以及 End of Shaft 型，轴向型的转角传感器和转子沿电机轴方向安装，径向型的转角传感器安装在转子外围，End of Shaft 型是安装在轴端部的方式。

在转角传感器中内置电子电路，工作温度范围最高  $160^{\circ}\text{C}$ ，最高转速  $30000\text{rpm}$ ，信号延迟为  $5.5\mu\text{s}$ 。



涡流式转角传感器

非接触式绕组电流传感器

非接触式绕组电流传感器使用线圈，但不直接检测母线电流产生的磁通量，而是通过将传感器内部两个磁芯中循环的磁通量与母线中的磁通量进行磁耦合，引起磁通密度变化并检测电感变化来检测电流。因此，检测直流电的方法与检

测交流电的方法相同。该产品作为开发产品展出，但能够检测大电流（高达 10000Arms）。

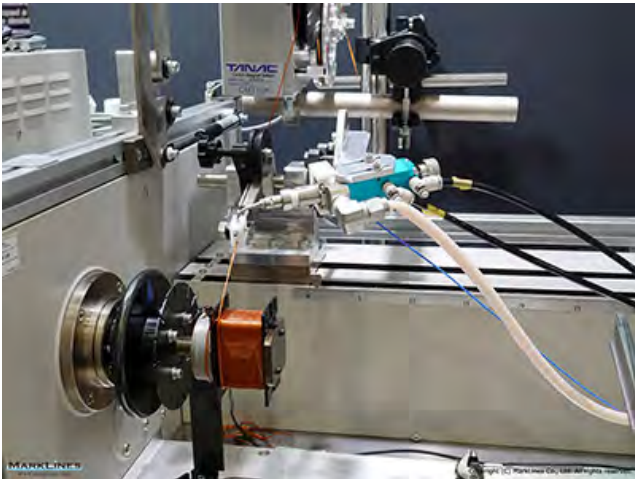
### 工艺 / 实验设备：田中工程、中央发条工业、Myway Plus、SMACH、AMDT

#### 田中工程：粘结绕线

田中工程公司提出了一种在绕线时涂覆粘合剂的工艺方案，以替代集中式绕组的涂漆或自粘线工艺。

粘结绕线“T-glue tech wire”有刷涂和喷涂两种类型，现场演示了喷涂机使用直径 1mm 的漆包线进行粘结绕线的过程。田中工程公司提供粘合剂和涂覆设备（喷嘴涂抹 / 毛刷涂抹），使用现有的绕线机。

粘合剂是田中工程公司自研的一种环氧基热固性环保型粘合剂，挥发性有机化合物（VOC）排放量少，固化时间短，可用于替代自粘线。



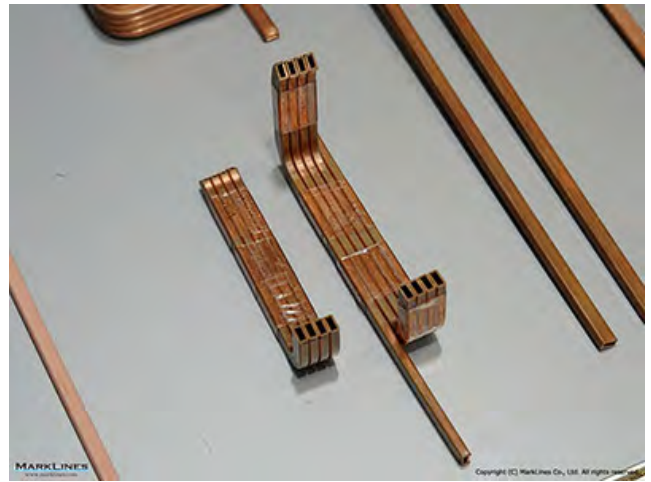
粘结绕线演示

#### 中央发条工业：由扁平空心材料制成的电机线圈

与日本大分县电磁应用技术研究会（大分县工业科学技术中心）联合参展的中央发条工业展出了“由扁平空心材料制成的电机线圈”，该线圈由空心扁平线段制成，用于电动汽车电机中经常使用的 SC 绕组型电机，可进行冷却。

空心材料强度较弱，但可以在不压碎或撕裂材料的情况下进行加工。此外，使冷却水、油或气体流经空心材料内部来冷却线圈，可以减少线圈产生的热量，提高电机的连续输出功率。

随着电机输出功率的提高，转速和驱动频率也随之升高，



由扁平空心材料制成的电机线圈  
中央发条工业展品



便携式通用逆变器 pMOTION



电机对拖评估系统展板

绕组中的电流分布会偏向导体表面。因此，采用空心导体进行冷却似乎是有效的方法，但空心线圈段的连接以及冷却液的进出是需要攻克的技术难点。

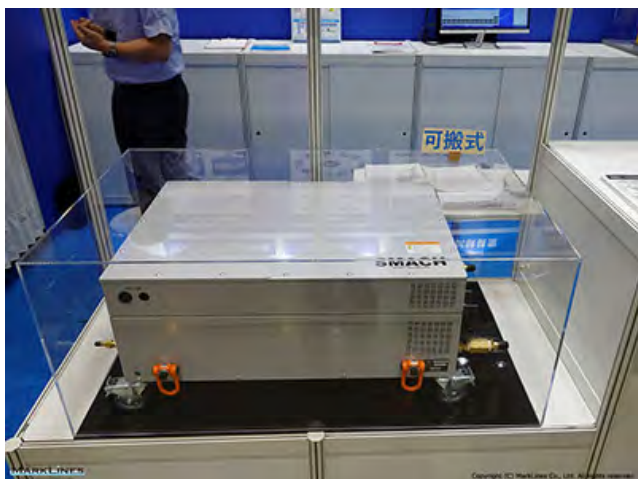
#### Myway Plus：便携式通用逆变器和电机对拖评估系统

便携式通用逆变器 pMOTION 适用于在电机驱动负载测试中充当驱动电机的实验逆变器，具有大容量规格，输入电压为 850V，容量 300kW，输出电流（30S）为 420Arms，但重量仅为 12kg，与传统的实验用逆变器柜相比，体积更小，重量更轻。

pMOTION 配备适用于电机（永磁电机、感应电机）的控制软件，利用专属的 PC 应用软件，可进行扭矩指令和运转 / 停止操作。

目前正在开发中，预计将于 2025 年秋季开始交付。

电机对拖评估系统是一种方案提议，将 Myway Plus 提供的实验系统和电力电子开发工具结合起来，打造用于台架测试的测功机台架。



大功率通用逆变器



用于双三相电机实验的双逆变器展示

公司表示，有效利用电机开发现场闲置的已完成开发的电机作为负载吸收电机，通过为用户提供固定台架和扭矩仪，并将其与 Myway Plus 产品相结合，可以实现高度灵活和低成本的平台测试台。

#### SMACH：大功率通用逆变器

SMACH 成立于 2003 年，作为松下旗下初创企业发展至今，主营用于电机测试和出货检验的评估逆变器。

展会上展出了新产品“大功率高速驱动通用逆变器 UX-1700”，具有大容量（高达 1,000V 直流电、1,000Arms）和快速开关频率（100kHz）。

并联驱动碳化硅功率模块，可实现 1,000Arms 的大容量输出。

配备可驱动同步电机（IPM、SPM、SynRM）和感应电机的软件，并在电脑上安装图形用户界面控制软件 S2C，可用于设置参数和执行操作。

#### AMDT（青山电机驱动技术）：用于双三相电机实验的双逆变器

AMDT（青山电机驱动技术）由日本青山学院大学理工学院的林洋一教授于 2006 年创立，业务范围已从空调压缩机和驱动器开发扩展到电动汽车车载实验用逆变器的开发领域，目前已成为与 Myway Plus、SMACH 相当的测试逆变器供应商。

展会上展出的“支持 DC800V400A × 2 的碳化硅水冷双逆变器”是一种适用于双三相电机的逆变器，通过六根导线（两组三相交流电）连接负载电机，内置两组产生三相交流电的 PWM 电路，可以控制两组相位差 30 度的电机电流。

双三相电机具有双重系统的冗余性，即使其中一相出现开路故障也能驱动，可通过双重系统驱动来提高输出功率，同时还能增强可靠性，因此开发案例在不断增加。MFC