



真空技术用于能量储存

第二部分：固定飞轮系统解决方案

当今，全世界的能源需求不断增长，排放废气的车辆越来越多，这与气候变化的问题和社会中不断提高的环境意识针锋相对。自然而然，对能量储存、可再生能源以及高效驱动技术的要求也越来越高。这一变化是该领域研发新技术和新生产工艺的主要激励因素。各类应用的多样性也使新技术面对各种挑战。由于能量所需储藏时间和相应的充放电次数不同，需采用不同技术——但它们的共通之处在于，它们从根本上都依赖真空技术。

真空用于飞轮技术

用于短时间储能的另外一项创新技术也正在崛起：机械式飞轮储能。固定飞轮和移动飞轮具有不同用途。

固定飞轮系统可用于诸如数据存储中心和医院的不间断电源(UPS)。由于太阳能和风能的使用增长，电网均衡变得越来越重要，而飞轮系统也可为此提供支持。即使面对多次负载周期仍能保持长时间使用寿命，同时需要时可几乎即时提供储存的能量，这使飞轮储能系统成为了电网均衡应用理想的选择。



图 1：固定飞轮系统用于短期存储太阳能和风能

尽管通过旋转质量存储能量的基本原理很容易理解，但设计高效而安全的系统却充满挑战。

设计飞轮质量储能系统

飞轮的主要部件之一是转子。它通常由回火钢或纤维增强合成材料制成。选择正确的材料是关键。要求高抗张强度以抵挡巨大的作用力，也需要低弹性系数以保证公差足够小并允许高能量密度，等等。转子的转速可高达每分钟数万转，某些型号甚至可达每分钟九万转。由此获得高能量密度。

转子轴承可以是机械式或磁悬浮式的，设计要求尽量减少摩擦。外壳用于在意外故障时起密闭作用。转子和壳体之间的距离应足够允许转子由于动态应力和热应力而变形拉伸（见图 2）。

其电气设备实现能量的转换。在充电时，飞轮可看作通过电能驱动的电动机。放电时，飞轮则相当于产生电力的发电机。

真空确保高效

为了确保飞轮用作储能设备的高效率，须将摩擦造成的恒定损失降到最低。为此，通过真空泵将飞轮壳体内抽成真空。典型的目标压强为，将 $1 \cdot 10^{-1}$ hPa 降低至 $1 \cdot 10^{-3}$ hPa 或更低。结果，热量的产生和能量损失都显著减少。由于存在因细微泄漏和转子脱气造成的恒定气体负载，每个飞轮系统都配备真空泵。由于能以低成本获得高度可实现的压强与可靠的技术，双级旋片泵是用于这一应用的最理想产品。在具有相对高气体负载或目标压强低于 $1 \cdot 10^{-3}$ hPa 的系统中，需要附加的真空设备。为此，通常在系统中加装涡轮分子泵。它们性能优异，耗能低。

飞轮系统中的真空泵要满足很高的要求：最重要的是，既要体积小，又要能实现良好的最终压强和低能耗。

普发真空的优化方案

普发真空以其 DuoLine 系列双级旋片泵和大受欢迎的 HiPace 系列涡轮分子泵为飞轮质量储能系统提供符合要求的理想方案。其中 Duo 3 的特别版带有创新的直流电驱动器，在市场上脱颖而出。这种泵采用 24 V 直流电供电，可在 -20°C 至 $+60^{\circ}\text{C}$ 范围内工作，用于移动飞轮应用极为理想，因而可直接用于该领域。此外，普发真空的真空泵和真空计应用在全世界的飞轮系统中。

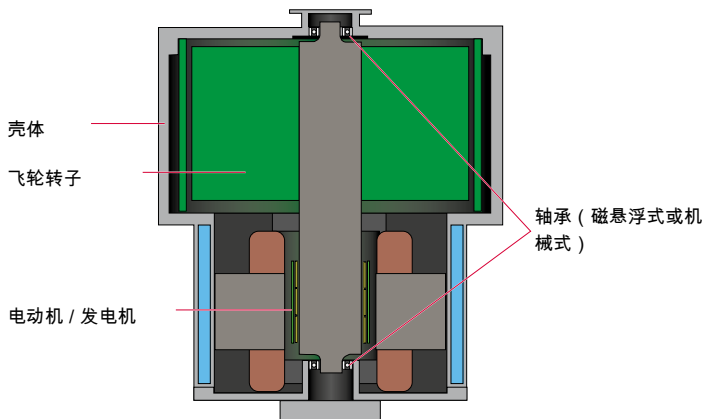


图 2：设计飞轮质量储能系统



图 3：普发真空的 Duo 3 DC 是用于 24 V 直流电应用的理想解决方案

能量储存的先锋依靠普发真空

储能研发领域的法国先锋 Levisys 从一开始就信赖普发真空为其试验和研发提供的方案。这家创业公司研发生产了首台 10 kW 固定飞轮储能系统，并将其应用在法国电气工程巨头 Engie Ineo 位于 Toulouse 的生产现场。公司建立了所谓的 SmartGrid 智能电网，并使用固定飞轮系统均衡供能偏差。通过这种方法，为生产现场的常规供能提供了新的电能储存途径。它填补了使用至今的锂离子电池储能设备的不足。通过最初的测试阶段后，在 2016 年将再加装 9 台固定飞轮储能系统，容量达到 100 kWh。

Levisys 的固定飞轮质量储能系统采用了 DuoLine 旋片泵、HiPace 涡轮分子泵以及真空计，以获取并测量所需的真空环境。对于真空设备的要求很高：其工作必须可靠，结构紧凑，以适合固定飞轮系统内部有限的空间，而且输入功率也必须低。

对于 Levisys 的特别需求，高度可靠、高质量的普发真空设备提供了完美的方案。产品优势一览：

Duo 1.6 旋片泵

- 抽速 1.25 至 11 m³/h
- 密封，因而清洁且环境兼容性好
- 可选的免维护磁耦合，可用于单个工序集成
- 通过液压控制的高真空安全阀实现高运行可靠性
- 由于占地面积小且真空连接布置经过优化，可轻松地进行系统集成。
- 集成式回油接头，便于改装
- 优化泵冷却，增加使用寿命和应用范围
- 高效单相电机
- 单相电机加集成型气镇阀和安全阀

HiPace 300 涡轮分子泵

- 用于 N₂ 时抽速最高可达 260 l/s
- 设计紧凑而可靠性极高
- 对所有气体均具有高抽速和最大压缩
- Semi S2 和 UL/CSA 认证
- 用于工业及研究极为理想
- 集成式驱动电子设备，适合工业环境 — 防护等级 IP54
- 持续监控运行数据

DigiLine 真空计

- 压强范围从 5 · 10⁻¹⁰ 至 2,000 hPa，涵盖整个真空范围
- 通过 PC 或 PLC 进行数字信号传输，实现无误通信
- 适于集成到带有 HiPace 涡轮分子泵的自动化系统中
- 可选现场总线接口或带有两个设置点的模拟输出
- 数字化传输压强值，无需再处理特征和再计算
- 防护等级 IP54 和 M12 的连接器组件用于在高负载环境中可靠运行



图 4：Levisys 飞轮系统



图 5：普发真空的涡轮分子泵、旋片泵和皮拉尼真空计用于 Levisys 系统

我们提供一站式真空解决方案

普发真空代表着为客户在世界范围内提供创新的、定制化的真空解决方案，完美的技术，全方位的支持和可靠的服务。

完整的产品线

从一个配件到复杂的真空系统：
我们是唯一能提供完整的产品线和技术服务的供应商。

理论与实践的完美结合

得益于我们的专业技术和完善 的培训体系！
我们提供给您完整的生产技术提升方案和全球统一的一流的现场服务。

您是否正在寻找
完美的真空解决方案？
请联系我们：

普发真空技术（上海）有限公司
Pfeiffer Vacuum
(Shanghai) Co., Ltd.
T +86 (21) 3393 3940
info@pfeiffer-vacuum.cn

Pfeiffer Vacuum GmbH
德国总部
T +49 6441 802-0
info@pfeiffer-vacuum.de

www.pfeiffer-vacuum.com

PFEIFFER  **VACUUM**