适用于超低温冷柜的 BLDC 电机解决方案

White Paper

引言

一些疫苗对温度变化高度敏感，从开始生产到给患者注射前都必须在超低温（ULT）下进行储存。例如，一些疫苗最初需要超低温储存，储存温度要保持在-60 °C（-76 °F）以下。在制造工厂和相关的仓库中保持这样的温度并不困难。但是，在疫苗被运输到分发地点然后到达接种者的过程中维持这种超低温度非常困难，并且成本很高。

术语“冷链”指的是运输温度变化超出规定范围就会变质或损坏的产品或材料的供应链。许多食品、化学品和药品都需要有严格控制的“冷链”物流。深度温控供应链中比较难的就是“最后一公里”的问题。对于需要在极低温度下进行储存的疫苗，在世界各地的每个疫苗接种点或附近区域都需要昂贵且技术复杂的超低温冷柜。

超低温冷柜工作原理

一个使用单级压缩机制冷循环的标准短期储藏冷柜通常只能达到-20 °C 的温度。而超低温（ULT）冷柜采用多级压缩机，并采用复叠式制冷循环。大多数超低温冷柜使用两级压缩机，可达到低至-86 °C 的温度。

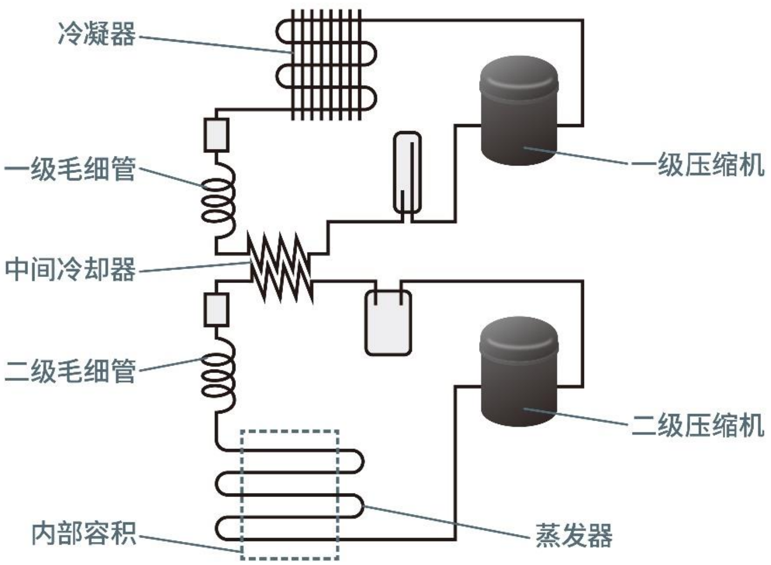


图 1：两级复叠式制冷循环原理图

冷藏/冷柜压缩机是一种用于压缩冷凝器盘管中的制冷剂的设备，其工作属于制冷过程中的一部分。这种压缩过程会增加压力并产生热量，所发热量要从制冷剂中带走。蒸发器盘管中的压力要低得多，从而引发蒸发过程（这就是冷柜内部温度降低的原因）。蒸发是一个吸热过程，所以该过程会吸收热量。因此，压缩机被比作制冷系统的“心脏”。

制冷压缩机通常是使用简单且廉价的感应电机来完成压缩工作的。为了在不同温度下提供相应的制冷效果，超低温冷柜中的制冷剂会有所不同。但压缩机通常是两台基于感应电机的标准设备。

超低温冷柜所面临的瓶颈

在超低温冷柜中使用这些基于感应电机的标准压缩机存在一些困难。比较大的一个难题就是效率低。感应电机的效率相当低（通常约为 70%以下），这会使它们产生热量。制冷系统中感应电机的所有发热量都需要通过制冷循环过程从系统中带走。这就意味着制冷系统所做的部分工作只是带走系统的自发热量，而不是带走冷藏柜的热量。

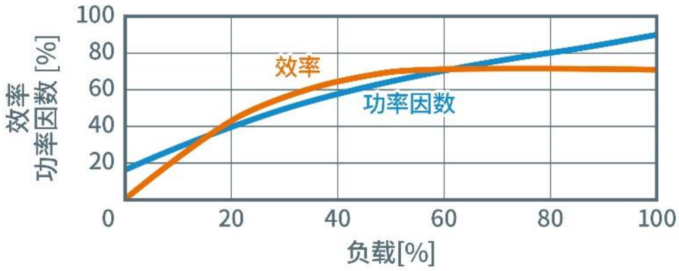


图2：感应电机功率因数和效率

感应电机的另一个问题是功率因数。感应电机反应灵敏，其可怜的功率因数还会随负载的变化而变化。在理想环境条件和理想负载条件下，也仅能达到理想功率因数的 90%左右。这意味着感应电机从线路中获取的视在功率要高于施加于负载的实际功率。在某些司法管辖区，包括欧盟和日本（根据 IEC61000-3-2），法律要求有功率因数校正电路来维持电力传输平衡。

无刷直流电机可成为解决方案

无刷直流（BLDC）电机在一些关键性的原理方面与感应电机不同。显著的一点是，无刷直流电机由直流电压驱动，而感应电机则由交流电压驱动。感应电机具有用于产生磁场的线圈，而 BLDC 电机使用的则是永磁体。感应电机易于控制（只要通电就可以了），而无刷直流电机则需要更复杂的电子控制。由于这些差异，BLDC 电机解决方案的实施成本高于感应电机解决方案。

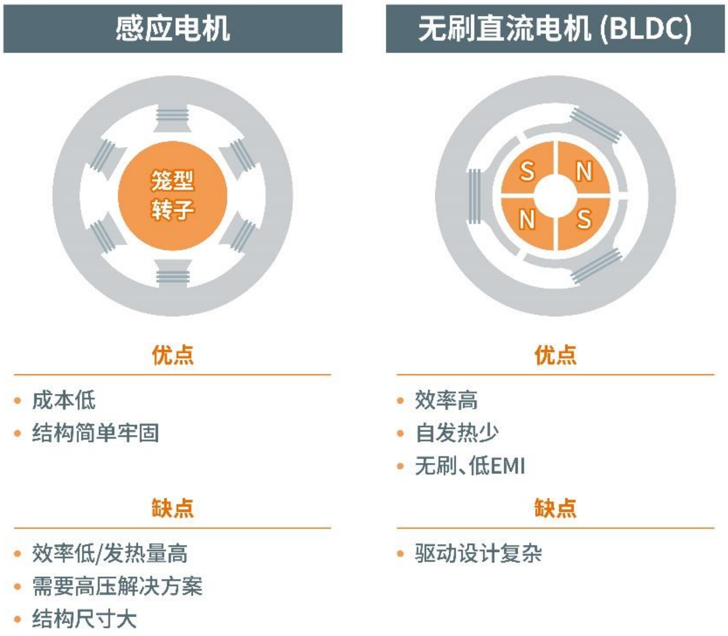


图 3：感应电机与 BLDC 电机

由于成本高以及实施技术复杂，BLDC 电机尚未用于超低温冷柜的压缩机中。但是一些用于新空调的压缩机已经验证了这项理念的可行性。ROHM 集团的先进技术和市场条件日益变化都预示着 BLDC 压缩机在超低温冷柜中的应用也许已经到了可以一展身手的时候。

在超低温冷柜中使用基于无刷直流电机的压缩机将会带来与额外成本对等的效益。此外，随着近年来技术的进步，控制 BLDC 电机解决方案的成本和复杂性都得到了显著改善。

ROHM 拥有行业先进的 BLDC 电机驱动器解决方案系列，包括可将其嵌入设计中来实现所有电机控制的 DIP 模块。此外，ROHM 的 BLDC 电机控制专家随时可以为突破这一瓶颈提供支持。

使用 BLDC 压缩机设计超低温冷柜的优势

在新的超低温冰柜设计中使用基于 BLDC 的压缩机的好处是电源效率提高、自发热量降低、功率因数校正。BLDC 电机在将电能转化为物理做功方面比感应电机更高效。BLDC 电机产生的热量显著降低，因此制冷系统中进入的热量更少，从而可实现更高效的冷却。BLDC 电机可以通过使用功率因数校正技术使其在功率因数为 1 的情况下运行，从而降低视在功率的损耗。

消除重要应用中的低效问题

在压缩机中使用感应电机时会使效率降低，而在超低温冷柜中使用两个感应电机更会使效率指数级下降。从功率和制热/制冷循环的角度来看，其效率是比较低的。无刷直流电机提供了一种令人惊喜的解决方案，但是需要付出一些额外的成本，并且技术复杂性也有所增加。但是基于 BLDC 的压缩机所带来的能效和合规性，可以抵消掉这部分额外的成本。ROHM 可以提供丰富的 BLDC 电

机系统产品组合和 BLDC 电机控制专业知识，以帮助解决技术复杂性高的问题。

将感应电机替换为 BLDC 电机在效率方面具有优势。然而，这增加了成本和设计的复杂性。ROHM 拥有针对 BLDC 电机的解决方案，使复杂设计处理易如反掌。

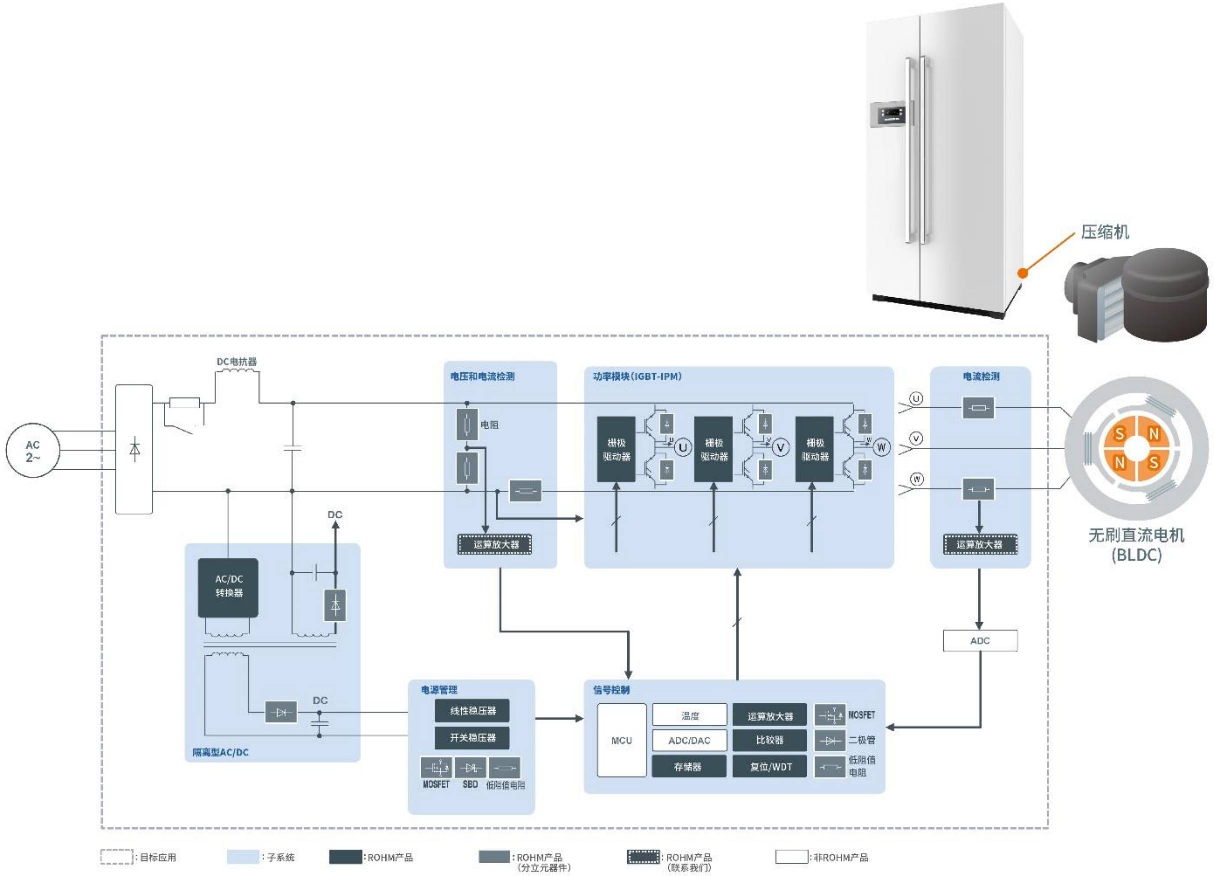
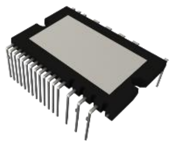


图 4：ROHM BLDC 电机解决方案参考设计

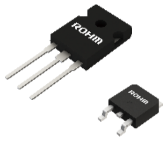
如图 4 所示，ROHM 参考设计可以帮助用户构建具有卓越能效的超低温冷柜。

无论用户选择集成度超高的 ROHM IGBT IPM 系列，还是希望通过分立元器件得到理想性价比的产品，都可以使用 IGBT、MOSFET 和栅极驱动器来协同工作。这可以使您构建出具有低功耗和较小因数的运行系统。

ROHM IGBT IPM 系列具有优异的电源管理系统，是高集成度超低温冷柜的理想解决方案。
BM6437x 系列，600 V IGBT IPM，通过利用内置 IGBT 特性和内部 FRD 在高功率下的软恢复特性，实现了行业先进的低噪声特性。
当布局灵活性和热性能优化成为主要考量因素时，**ROHM Field Stop Trench IGBT、RGT/RGS 系列或 SiC MOSFET、SCT 系列**是理想选择。这些分立元器件可以与合适的**栅极驱动器产品**组合使用。
在电源方面，**ROHM 隔离型 AC/DC 系列**可以提供更高的性能和稳定性。



IGBT IPM
BM6437x 系列



IGBTs
RGT/RGS 系列
SiC MOSFETs
SCT 系列

栅极驱动
BM61M41RFV-C,
BM60212FV-C 等

AC/DC
BM1PxxFJ,
BM2Pxx 等

为了帮助用户在更大程度地减少设计工作量的前提下实现理想性能，ROHM 可以基于丰富的经验在用户的开发过程中提供全面的应用支持。

总结

现在，是时候该认真考虑超低温冰柜的 BLDC 压缩机设计了。基于 BLDC 的超低温冷柜已是预备未来不时之需亟需加强的工作之一，ROHM 已准备好与愿意直面这项挑战的设计工程师的合作。

ROHM Co., Ltd.
22F, Central Towers, 567 Langao
Road, Shanghai, 200333 China
TEL : +86-21-6072-8612
www.rohm.com.cn

Catalog No. 64WP007C Rev.001