



借助无框伺服电机 实现超高运动控制精度

对于一些运动控制应用场景来说，“不错”的运动控制效果就可以满足需求，而有更多的应用场景则需要较高的精度，还有另外一些应用场景则需要超高的精度。对于这些场景，直驱无框伺服电机往往是理想的选择。

这类超高精度应用场景包括用于高端通用自动化应用的紧凑型执行器、用于稳定传感和通信平台的紧凑型万向支架、机器人工作站、精密机床或者任何需要 18 位或更高分辨率以进行重复定位的场景。

例如，在工厂车间，人为干预自动化流程以往需要将部件从工作单元移动到另一个工作单元，将它们放入一系列精密设备中。如今，借助仅需 6-7 自由度的协作机器人，即可快速完成此类流程。沿着机械臂方向的轴必须能够提供移动、支撑和稳定剩余组件所需的转矩，并且需要具有超高精度，以免产生定位错误，防止造成不必要的废料和停工。

或者，用户也可以考虑采用万向支架系统，它能够稳定与定位光电/红外成像系统。万向支架是一个可转动的支架，可以使 EO/IR 传感器绕轴旋转，通过组合或嵌套两个或多个万向支架并使其旋转轴相距 90°，即可获得额外的自由度。驱动此类系统的电机必须能够快速精确响应指令，以维持图像的稳定，不受高速飞行严重振动的影响。

除此之外，还有许多应用示例都要求电机不仅要有紧凑的外形尺寸，还能提供高转矩、灵敏加速/减速能力和超高精度。直驱无框电机往往是此类应用场景的理想之选。

为什么要选择无框设计？

如果您能够找到适合应用场景的有框电机，那么它通常就是您的理想选择。但是，对于有特定需求的应用场景，例如，超紧凑型设计、超高精度和灵敏运动控制，或者需要保护电机不受恶劣（或者可能有害）环境条件影响的应用场景，无框电机通常是更好的解决方案。

无框电机精确而高效

直驱应用场景中不存在机械顺应性、背隙与空动情况。即使使用齿轮箱，无框电机也仍然非常适合用于零背隙或极低背隙设计，例如，谐波传动（应变波）齿轮组、行星齿轮组和摆线齿轮组。凭借极高的转矩密度，无框电机能够以高效的方式满足您应用场景的转矩和转速要求。

无框电机结构紧凑

无框电机套件仅由定子和转子组成。传统伺服电机相关的其他所有组件——外壳、端盖、轴承、输出轴和连接器均融入了应用机械结构自身的设计中。将无框电机嵌入该机械结构设计中，可以使您在不影响输出性能的情况下充分减少设备占用空间。

无框电机不易受环境影响

由于无框电机被直接集成在了应用场景中，因此它们通过设计避免了受到环境因素影响。在冲洗场景中，无框电机可采用隔绝高压液体的嵌入方式。在深海推进系统中，电机可被密封在压力补偿型充油外壳中。在高真空、高辐射环境中，可以采用专门的材料来避免放气或绝缘劣化。

无框电机有多种尺寸、形状和性能特性可供选择

设计工程师可以根据所需的性能特性轻松优化应用尺寸。例如，科尔摩根丰富的无框产品线系列包括伺服型（轴长更长）和力矩型（轴长更短）两种形式，标准直径范围从数厘米到近一米不等。母线电压范围为 ≤ 48 VDC 到 680 VDC (480 VAC 整流)。连续转矩能力范围下限可达 1 Nm，上限可达数千 Nm。

借助所有这些选择，设计工程师能够确定他们需要移动的质量、时间、应用场景和空间限制以及任何环境阻碍，然后根据这些信息确认适合应用场景的产品线和尺寸。



将无框电机集成至应用场景中

正如前文所述，无框电机套件仅由定子和转子组成。通常与有框伺服电机相关的其他所有组件都必须内置于应用机械结构中。以下是在设计该机械结构时需要优先考虑的一些因素。

外壳

不同于将安装法兰通过螺栓固定在机器上的有框电机，无框定子一般会与经过加工的圆筒腔体组件结合在一起，该组件将作为电机外壳。它会安装在机器内部靠近从动轴的位置，使设计变得极为紧凑。科尔摩根无框电机随附了详细的安装手册，其中介绍了加工公差、粘合剂、装配顺序等信息。

为了确保结构完整性并提供足够的散热性能，外壳通常会采用厚度仅有 4-6 mm 的钢或铝制成。选用能够有效排走电机热量的外壳材料极为重要，因此这两种材料成为了首选。请注意：不锈钢的导热性较差，为应用场景实现理想的机器设计实践，应避免使用该材料或将其设计为过大尺寸。

科尔摩根提供了丰富的设计工具。客户可以使用我们的无框电机性能曲线生成器，深入详细地了解各种特定热条件下的可用电机转速和转矩。这可以使工程师为每一种应用场景设计合适的电机尺寸，此外还有助于理解定子外壳尺寸的设计要求以及紧密安装组件（例如轴承、齿轮传动和反馈设备）的散热注意事项。

除此之外，还要注意的，一些无框电机的设计会确保电机在绕组温度远低于其最高额定温度时发挥出色的运行效果。例如，在不高于 85°C 时，TBM2G 系列能够发挥出色性能，但也能在绕组温度高达 155°C 时持续发挥全部性能。



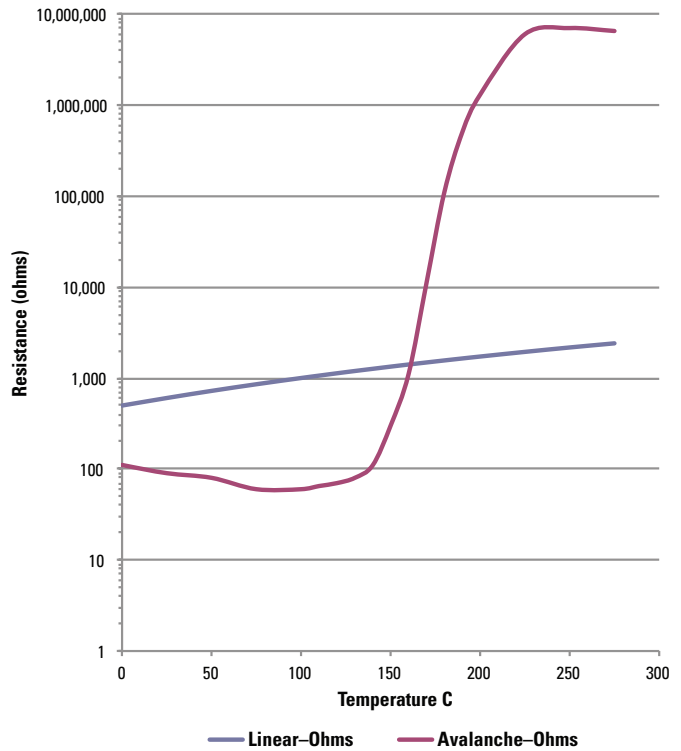
热传感器

在应用设计与原型机制造阶段，部署**线性热敏传感器**可以确保您的电机在不高于合理绕组温度的情况下提供所需的连续转矩。

请务必谨记，当电机在最高绕组温度下运行时（例如 155°C），可能会对附近的敏感元件造成热损伤，例如轴承和齿轮传动的润滑剂以及热敏反馈设备电子元件。温升过高还可能会损坏应用场景正在处理的材料（如果其为热敏材料）。

线性热敏传感器（例如，广泛使用的 PT1000）可以为您提供所需信息，以便于将应用性能水平和电机实际所示的绕组温度联系起来。该数据还可以与应用场景中的其他热敏机器元件进行对比。您会发现，借助特定的电机选择方案，您可以安全地将机器提升到更高的性能水平，或者通过更小的电机实现所需的性能。

在最终设计阶段，加入一个 **PTC 或“Avalanche”型热敏传感器会十分有利**。正温度系数传感器是一种简易电阻装置，当温度超过设定点（例如，电机绕组的最高连续温度设计限值）时，它能够快速改变电阻值。大多数生产应用场景不需要用到线性热敏传感器的精细程度，除非有特殊功能需要。而在发生过热时，与驱动器相连的简易 PTC 装置能够支持各种纠正措施。



线性热敏传感器与 PTC (“Avalanche”) 热敏传感器响应曲线对比

例如，如果电机开始出现过热并且工作强度过高，那么控制系统可以通过编程发出警告，并减少电流直到电机冷却，或执行减速/停止序列，以保障应用场景及其流程的健康运行和生产效率。PTC 可以在您的控制系统中提供一个易于实施、经济高效的保护元件。

轴与轴承

传统的有框电机配有内部轴承，可以使转子自由旋转。这类轴承的用途并非支撑负载，因此必须在应用场景中在电机外部安装一组或多组额外的轴承来支撑负载。

无框电机不含轴或轴承。相反地，应用设计中包含了电机本身的输出轴。轴上的轴承会支撑转子和负载。无需为了适应特定的无框电机而更改整体机器设计。机器设计人员已经理解了机械结构的轴承负载要求，仅需在轴上找到安装转子的点位即可。根据该转子位置，将外壳元件设计在机器内部以支撑定子。

换句话说，您的设计会将执行特定任务所需的现有轴和轴承考虑在内，您仅需将转子和定子元件正确安装到该现有的轴上即可。请记住，转子的旋转不会在轴承上产生任何显著的轴向或径向载荷力。

这意味着，轴上的轴承的确支撑着负载和无框转子，但在确认轴承时不用将电机考虑在内。应根据机器轴在移动负载时将会遇到的轴向和径向力来选择轴承并调整尺寸。使用无框电机而非有框电机不会对您所选定的轴产生任何影响。

反馈设备

就和各种无刷伺服电机系统一样，提供转子位置信息的反馈设备用于控制放大器的时间和顺序（放大器以电子方式控制电机功率）。在最简单的模式中，这种换向信号可以由一组磁传感器（被称为霍尔效应装置）提供，这类传感器可作为无框电机部件套组的标配选项。

另一个选项则使用具有霍尔效应输出轨道的增量编码器为闭环控制系统提供定位反馈信息。或者，对于可能有损光学编码器的高冲击恶劣环境，旋变则是一种坚固可靠的绝对位置反馈备选设备，但其分辨率较低，通常为 12-16 位。

广泛用于大多数无框电机场景的绝对式编码器一般是理想的解决方案，它提供了有超高精度要求的自动化系统所需的 18 位或更高的分辨率。此外，使用绝对式编码器时，无需安装单独的霍尔效应装置，它使驱动器能够随时获取准确的转子位置，即使是在系统启动期间也不例外。

齿轮传动

无框电机是直驱应用场景的理想选择。当需要在降低转速的同时增加转矩时，无框电机还可与紧凑型零背隙谐波（应变波）减速机，以及摆线齿轮、正齿轮和行星齿轮搭配使用。这些齿轮组可以保持超高精度，并在紧凑的外形尺寸中产生高转矩倍增效果。

例如，使用减速比为常见的 100:1 的谐波驱动减速机时，反映在电机轴上的负载惯性按该比率的平方减少，即 10,000 倍，而几乎不会影响应用设计的整体尺寸。

例如，当您希望获得转矩以立即加速大量负载，或者当您希望使用较小的电机实现特定的转矩量时，这些因素可能会十分重要。理解齿轮减速的影响对于电机选型至关重要。科尔摩根工程师将借助丰富的经验帮助您做出正确选择。

制动器

一些应用场景需要使用电磁或机械制动器。例如，在垂直应用场景中，重力属于负载的一部分，如果电机供电意外中断，可能会导致负载物下落或脱离其预期位置。

制动器的另一个用途是在电机被有意关闭后保持负载物位置。例如，UAV 传感器万向支架等稳定平台在制动器的帮助下，可防止飞行器在飞行过程中负载物发生移动，而无需使用传感器。

在许多有框电机中，制动器可作为其中一部分一并提供。但是，如果是无框电机，就需要将它们安装到机械结构的主从动轴上。



可制造性设计

要设计与制造符合您应用性能要求的原型机可能十分简单，但这也容易让人忽视工厂车间和市场对于强大性能的要求。为了充分降低风险并提高成功机会，您需要来源可靠的组件、简单的组装流程以及易于维修的设计。

在设计您的应用场景时，您需要思考制造流程、组装顺序和总成本。例如，由于有时可能存在巨大的磁力，因此您必须考虑是否需要特殊设备，以便在机器组装过程中将永磁转子和轴安全地安装在定子外壳附近。

如果您预计应用场景会产生巨大的径向轴承负载，并且该负载可能会缩短机器轴承寿命，不妨采用便于更换轴承同时可以充分降低无框电机集成成本和复杂性的拆卸方法。这些微妙的设计理念通常会涵盖在机器可持续性对话中，而这是您与科尔摩根工程师进行标准设计审核流程的一个环节。

在您的设计流程之初，通过将这些因素和其他各种因素考虑在内，您可以避免成本超支，确保制造流程能够满足需求，并显著提升您的市场接受度。

获取帮助并解决需求

设计与制造采用无框电机的设备时无需经历各种不确定性。当问题或设计难题出现时，您随时可以获得协助，我们可为您提供自助服务资源以及熟知如何将无框电机融入各种应用场景的工程师。

科尔摩根可提供多种工具来帮助您设计与制造高性能、可批量生产的设备：

- [无框电机决策树。](#)

这款交互工具可以引导您回答多个问题，从而确定无框电机是否适合您的应用场景，随后帮助您找出具体的电机类型。此工具也有[可打印的 pdf 版本](#)。

- [无框电机性能曲线生成器](#) 调整电流、电压、环境温度 and 绕组因素，即可立即生成性能曲线并评估适合您应用要求的无框电机选择。
- [Motioneering](#) 使用这款在线指导选型工具，根据您的运动控制曲线需求，为您的项目选择理想的伺服运动控制组件并确定其尺寸，而且您可以通过一个机械项目类型 (滚珠螺杆、齿条和齿轮、皮带传动、压辊、皮带和滑轮、直接传动) 库以及由您的应用时间和性能要求所定义的负载明确该运动曲线需求。
- [其他设计工具](#) 利用这些强大的工程工具，您可以对比与选择运动控制产品、生成 3D 模型、配置电缆、计算安全制动时间等。

准备好向前迈进了吗？

[联系科尔摩根](#)，与科尔摩根的无框电机专家讨论您的需求和目标。

关于科尔摩根

作为 Regal Rexnord 旗下品牌，科尔摩根在运动控制领域拥有 100 多年的经验，致力于提供高性能且可靠的电机、驱动器、AGV 控制解决方案和自动化平台，享誉业界。我们提供的突破性解决方案在性能、可靠性和易用性方面更胜一筹，为机器制造商提供无可争议的市场优势。