

用于食品加工和包装的 易清洁耐用运动控制系统

如何在满足公众安全需求和监管要求的同时，制造出经济高效的机器？了解如何设计出更加易于清洁、坚固耐用的设备，从而提高食品加工和包装效率。

确保食品供应安全给食品加工和包装行业带来了巨大挑战。食品制造商需要获得可靠的设备，能够在遵守不断变化的法规和标准的情况下运行，同时在日益严苛的市场中保持竞争力。

仪器仪表、运动控制装置、电机和齿轮箱等机器组件，对于食品安全至关重要，因为它们会在直接接触食品的区域中执行数百种重要任务。尽管这些组件的设计初衷通常是在紧凑、经济高效的封装中提供顶尖的性能，但强大的耐用性和清洁便利性并不总是设计中的必备要素。

然而，更加严格的食品安全法规，以及提高食品加工和包装作业整体效率的需求改变了这一切。

本白皮书探讨了食品加工和包装机器组件中常见的局限性，并且提出了更加稳健的替代解决方案。我们将侧重于仪器仪表、运动控制装置、电机、齿轮箱和执行器设计，但探讨的内容同样适用于在冲洗环境中运行的传感器和人机界面仪器仪表。

行业洞察

科尔摩根采取了多种措施，以了解食品加工和包装所面临的独特挑战，以及行业如何充分克服这些挑战。

如何采购组件并设计出满足该市场独特需求的机器，这个问题长期困扰着制造商。据报告称，标准的运动控制产品在冲洗环境中不耐使用，难以清洁，并含有毒性涂料和电缆护套等材料，无法用于食品产品区域。

标注为食品级的产品也只略胜一筹。它们的涂料无毒，防护等级更高，但它们仍然难以清洁，可靠性也与标准电机相差无几。

不锈钢升级产品或冲洗级电机不仅增加了初期成本，而且这种替代品比标准设备更大更重，清洗方式往往也存在巨大的限制，即使严格遵守所述的复杂清洁程序，它们也常常会在冲洗环境中发生故障。

另一个有趣的发现是，维修台上往往堆满了成排的电机和齿轮箱，这意味着数千美元的材料和维修成本，以及代价更加高昂的停产损失。

我们的结论很清晰：通过开发采用耐用、卫生的设计，并且可轻松清洁、不易损坏的高质量运动控制装置、电机和齿轮箱，食品加工和包装业能够从中获得巨大的价值。

不断发展的食品安全法规和卫生要求对于机器设备设计的影响

毫无疑问，在严格的卫生标准下高效生产食品产品是食品加工和包装公司的第一要务。诚信和社会责任承诺是食品安全的主要推动力，但制造商也需要最大限度地降低负面宣传以及违反严格的最新政府法规的风险。

关于病原体水平的合格标准在不断变化。防止即食食品中李斯特菌污染的方法不断演变就是一个例子。尽管这些领域一直存在着严格的标准，但机器清洁要求却在不断变化。

在美国肉类协会 (AMI) 一场名为“李斯特菌干预与控制高级研讨会”的会议上，针对多家著名的切片机和热成型机制造商所生产的机器在清洁能力方面的设计变化，由 75 位卫生专家组成的专家小组进行了仔细研究。专家组仔细研究了上一代和新一代的机器设计。他们侧重于研究产品接触面和未接触的相邻区域，特

别注重机器是否去除了无法适当清洁和检查到的缝隙和死角。

仪器仪表和电机等敏感设备以往通常具有外壳保护，由此会产生潜在的死角，而在较新的机器中，它们被移动到外部，能够在正常的卫生程序中得到清洁。第二场会议最后演示了蒸汽浸入清洁，整台机器在塑料篷布的覆盖下，被浸入到了蒸汽中。在未来，对于机器清洁能力和新的卫生方法的审查将不断增加。¹

这些活动正在扩展到即食食品生产环境以外的场景。美国农业部关于控制新鲜家禽中弯曲杆菌和沙门氏菌含量的指导方针就是加强审查的一个例子。该准则颁布于 2021 年 6 月，对 2015 年标准进行了更新，旨在大幅降低此类病原体水平，而消费者群体要求将合格水平调整至零。

根据该准则，食品安全检验局 "已经确定，除非在卫生 SOP 或其他先决条件计划中加以解决，否则家禽屠宰场中家禽屠体和部件被排泄物和肠道病原体(包括弯曲杆菌)污染是很有可能发生的危害(RLTO)。出于该原因，如果屠宰场依赖自己的卫生标准操作规程或其他前提方案解决肠道病原体，那么屠宰场的 HACCP [危害分析临界控制点] 系统必须证明该卫生标准操作规程或其他前提方案如何避免发生肠道病原体。"²

虽然在新鲜家禽设施中，与产品接触的表面会被积极清洁，但非接触面和相邻区域在很多时候都被忽略。在一次特别严重的沙门氏菌疫情中，超过 634 人染病，其中

34% 的人住院治疗，³ 美国农业部确定其背后的主要原因在于家禽胴体上存在粪便、卫生包装不合格、食品接触面不卫生、非食品接触面不卫生以及产品发生直接污染。

从这之后，沙门氏菌和其他病原体的抗菌药物耐药性成为了日益严重的重大问题，这使得工厂利用卫生规范进行预防变得更加关键。CDC 估计，仅美国每年就有 216,000 例因耐药沙门氏菌而产生的感染病例以及近 75 例死亡病例。⁴ 为了最大限度地降低病原体水平，设备制造商和食品加工商需要加强卫生工作，改善对非接触表面和整个生产环境的检查。

强化意识

除了工程、操作、维护和采购人员之外，食品安全和卫生专家也正在越来越多地参与到机器采购的决策过程中。而在过去，只有当机器运送到工厂后，工厂才会开展这种程度的审查。如今，通过这种合作决策过程，食品安全和卫生需求可在采购流程前得到解决，从而充分满足卫生要求，防止发生重大修改，并且尽可能地降低机器故障风险。

设计出既符合现有要求又足以灵活满足未来要求的机器，对于机器制造商及其客户将变得非常重要。当今和未来的机器必须易于卫生清洁(便于检查和清洁)且坚固耐用(能够承受不断发展的清洁方法)。想要取得成功，必须仔细考虑采购怎样的组件，才能集成在这种机器中。



防护等级与冲洗环境

国际标准 IEC 60529 对防护等级进行了定义。该标准规定了防止固体物体、灰尘和水侵入电器外壳的保护措施。常用等级由 IP 和两位数字组成，例如 IP67。第一

位数字是指固体或灰尘防护等级。这里采用的最低灰尘防护等级为 6，表示外壳完全防尘。第二位数字表示液体防护等级，如图 1 所示。

IP 后第二位数字	防护范围	效果说明
0	无防护	—
1	水滴	垂直落下的水滴不会产生不良影响。
2	倾斜 15° 时，仍可防止水滴侵入	当外壳由正常位置倾斜 15° 时，垂直滴水不会造成损坏。
3	喷洒的水	与垂直方向夹角小于 60° 的方向所喷洒的水不会造成损坏。
4	飞溅的水	各个方向飞溅而来的水不会造成损坏。
5	喷射水柱	各个方向的喷嘴 (6.3 mm) 喷射出的水不会造成损坏。
6	高压喷射水柱	各个方向的高压喷嘴 (12.5 mm) 喷射出的水柱不会造成损坏。
7	浸入水中 1 米	当外壳在指定气压和时间条件下浸入水中时 (浸入水下深达 1m 处)，不会因水分侵入而造成损坏。
8	浸入水中 1 米或更深处	设备可持续浸入制造商规定条件下的水中。但是，对于某些类型的设备而言，这表示水可以侵入设备但不造成损坏。
9, 9K	高压高温喷射水柱	可抵抗一定范围的高压、高温喷水。

图 1:IP 后第二位数字 (液体) 防护等级。

注:IP69 由 IEC 60529 定义，IP69K 由 ISO 20653 定义。测试原则类似，但不完全相同。尽管两种等级均适用于冲洗环境，但 IP69K 等级专为该用途而生，并且是设备所能达到的最高等级。IP69K 防护等级的设备可抵御每分钟 14-16 升 80°C 的水，以 80-100 巴的压力从 10-15 厘米的距离注入。

这里列出的 IP 防护等级都表示具有一定的防水功能，在选择产品时非常有用，但它们并不是基于对许多食品生产设施中的冲洗环境的充分模拟。

处于这种环境中的机器日复一日地暴露在因制冷、高温或低温清洁液、电动设备(尤其是电机)发热所形成的极端温度范围中。此外，腐蚀性或碱性清洁液会被喷洒在设备上并静置浸透，然后会通过高压清洗冲净。

所有这些条件可能会导致未在 IP 等级测试中出现过的侵入情况。此外，这种测试的执行时长只有 2-30 分钟，具体根据 IP 等级而定。由于这种测试时长和条件无法准确模拟真实的制造环境，因此机器制造商必须放眼于 IP 等级之外，采用专为机器使用环境而生的组件来设计机器。



图 2: 科尔摩根的 AKMH 伺服电机，具备 IP69K 防护等级，并且可承受日常高压冲洗。

电机考虑要素

由于电机的客观原因和污染物侵入的可能性，不少问题往往会被忽视或误解。首先，与所有电动设备一样，电机也会发热。在运行状态下，电机的温度会上升；然后，当电源关闭后，温度下降。这种温度循环会导致电机外壳中的少量空气发生膨胀和收缩。

当电机内部的空气冷却时会发生收缩，产生的压差会迫使空气和其他液体通过密封处。这会持续造成磨损，增加水分和清洁液侵入电机的可能性，尤其是当电机冷却时。

尽管将用于冲洗环境的所有设备进行完全密封属于合乎逻辑的做法，但无法实现完全不渗透的密封，因为电机轴需要转动。此外，由于缺乏平衡内外气压的方法，更加紧实的密封只会进一步加大压差。

当高温电机冷却时，相比 1 巴 (14.5 PSI) 的海平面标准大气压，电机内压可能会降至 0.38 巴 (5.5 PSI)。这种压差会不可避免地迫使空气和污染物通过极其紧实的密封处，从而造成磨损，最终导致更加严重的侵入问题。

电机内部的水分和化学品最终会造成轴承、绕组绝缘体或反馈装置发生故障。为了最大限度地延长用于冲洗环境中的电动设备的寿命 — 避免发生频繁更换和代价高昂的停工，必须采取某些方法来消除这种因压力导致磨损和污染的循环过程。

科尔摩根开发出了可解决此问题的通风连接器和电缆系统，将小型通风管装入电源/混合电缆内部，并连通电机和电机柜，从而平衡气压。通过该系统，温度循环不会对电机内压产生任何影响，电机内压和外部气压始终保持一致。

第二个需要考虑的问题是用于冲洗环境中的电缆。电缆应该能够承受所使用的清洁液的 pH 值范围。关于电缆护套，应选择可承受高压水柱直接喷射的类型。最后，电缆连接器的设计应能够承受相同的化学物质和环境。

用于冲洗环境的伺服电机存在的主要故障类型是，水分和清洁液侵入电机，以及电缆和连接器的劣化和故障。精心挑选这些组件对于充分提高机器的整体耐用性十分重要。



AKMA和AKMH伺服电机具有IP69K的冲洗能力



永久性和临时性保护罩及其劣势

对于在冲洗环境中使用的伺服电机的耐久性问题，一种常见的解决方法是制作永久性的不锈钢保护罩，保护电机不受清洁剂和喷淋水的影响，但这种方法存在一些缺陷。保护罩造价昂贵，并且还增加了机器的尺寸，使其变得更加复杂。

而最大的缺陷在于，传动轴附近的密封圈最终会发生劣化并形成病原体滋生的死角，或是密封圈完全失效，水分侵入导致电机过早发生故障。一些清洁方法需要取下保护罩并进行手动清洁，而这会大幅延长清洁时间。有时，清洁人员在取下保护罩后，会对不适合直接冲洗的电机进行喷洒清洁，这往往会造成故障。

另一种常见的解决方法是使用临时性的保护罩或保护袋，在清洁期间为电机提供保护，但这种方法也存在一些问题。首先，安装保护袋或保护罩费时费力——这可能会导致清洁人员略过必要的步骤并直接冲洗电机，从而造成故障。其次，即使正确使用临时性保护罩，也必须手动清洁电机。这将大幅延长清洁时间，而且如果不将电机纳入常规清洁程序，清洁效果可能不佳，这可能会埋下隐患。

一种更好的解决方法是使用经过特别设计、能够无限制耐受完全冲洗环境的电气组件(包括电机在内)。

微生物级清洁效果

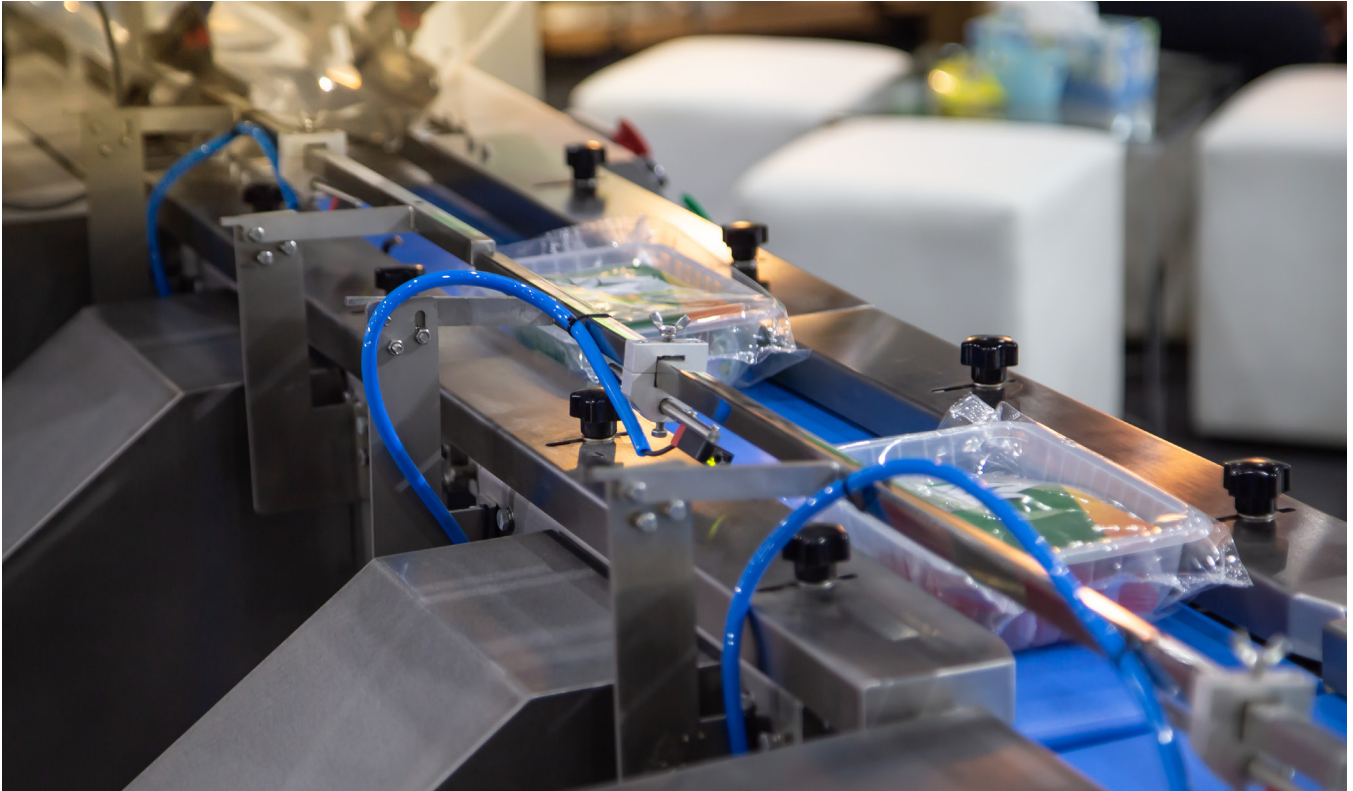
除了能够耐受冲洗环境之外，用于食品加工和包装领域的组件应具备微生物级清洁效果。

一般来说，标准的电机和齿轮箱，甚至是不锈钢产品，在设计之初都未曾考虑过该要求。标准电机通常会进行喷涂，而这种表面无法实现微生物级清洁，因为表面过于粗糙，并且涂层限制了清洁效果。在很多情况下，电机机会加入散热器以改善功能，但散热鳍片会增加检查和

清洁工作的难度。其他难以清洁、易于滋生病原体的区域包括紧固器、粗糙表面、金属接缝、铭牌区域以及容易积水的扁平表面。

但是，出于清洁效率和食品安全的原因，符合并高于卫生机器设计准则的产品值得考虑。选择能够妥善清洁的电机或齿轮箱，这与选择正确尺寸的设备同等重要。





明智的电机组件之选

运动控制装置、电机和齿轮箱对于开发高效率、高效益的食品加工和包装业机器来说必不可少。在过去，用于冲洗环境中的电气组件选择十分有限，导致使用的组件难以清洁，并且容易导致故障过早出现。

作为制造商的科尔摩根成功开发出专为耐受恶劣环境而生的高级组件。（用于食品加工和包装环境的出色电机详见图 4。）机器制造商应寻找最新的高质量卫生部件，并将其纳入自己的设计中。食品加工和包装制造商应将这种组件作为采购机器时的一大要求。

食品产品的安全和质量利害攸关。这还不是全部条件。考虑到设备的清洁成本，以及因设备故障所导致的高昂停产成本，生产商应竭尽所能地确保其机器易于清洁、高度可靠。专门围绕极端冲洗环境中的卫生和耐久性要求而设计的组件，将使食品加工和包装操作的效率和盈利能力进一步提升。

科尔摩根推出了多种多样的电机、电缆及其他符合该要求的运动控制产品，我们拥有丰富的食品和饮料设备制造商合作经验，能够共同设计出理想的运动控制解决方案。

	AKMA	AKMH
		
轴材料	1.4404/316 不锈钢 + 镀铬	
硬件材料	无外部硬件	无外部硬件
铭牌	后盖激光蚀刻	激光蚀刻
外壳材料和涂层	圆形框架 6082 铝阳极氧化处理; 缎灰色	圆形框架 1.4404/316 不锈钢; 表面粗糙度 < 0.8 μm 符合 EHEDG 要求
安装方式	法兰	法兰或端面
防护等级 (IP)	IP69K (静态)	IP69K (静态)
轴封	IP69K 食品级 PTFE 轴封	IP69K 食品级 PTFE 轴封
典型连接器	IP69K SS 电机安装 Hummel 连接器	IP69K 集成电机电缆; 安装在电机上的可选 IP69K SS Hummel 连接器
应用示例	<ul style="list-style-type: none"> 食品和饮料包装: 在可能接触食物的地方进行切割、包装和灌装, 或将电机置于食物的侧面或下方 可能存在恶劣条件的环境, 例如雷达站、风力涡轮发电站、海上设施等对于轻便机器具有特别要求的环境 其他: 制药、医疗实验室 	<ul style="list-style-type: none"> 食品和饮料包装: 切割、包装和灌装时可能会接触到食品, 或电机位于侧面或食品机下方, 完全使用不锈钢部件 需要遵守 BISSC、NSF、USDA、FDA 要求和/或 EHEDG 设计标准的机器

图 4: 用于食品加工和包装环境的出色电机产品 — 联系科尔摩根了解更多详情。

准备好向前迈进了吗?

[联系科尔摩根](#), 与科尔摩根的专家讨论您在伺服驱动应用方面的需求和目标。

规格如有变更, 恕不另行通知。产品用户有责任确认此产品对特定应用的适用性。所有商标均为其各自所有者所有。

1. Sutton, W., 摘自美国肉类协会李斯特菌干预与控制高级研讨会记录, 堪萨斯城, 密苏里州, 2014 年 10 月。
2. USDA FSIS 关于控制生禽肉中弯曲杆菌的准则, 2021 年 6 月。
3. CDC《与 Foster Farms 品牌鸡肉相关的多重耐药海德堡沙门氏菌感染的多州爆发报告(最后更新)》, 2014 年 7 月 31 日。
4. CDC 2020 年抗生素/抗菌药物耐药性 (AR/AMR) 现状。

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。