

## 广泛的环境测试让电动推杆在工程机械应用中极具优势

文/Chad Carlberg

直线执行器产品线经理

Thomson Industries, Inc.

[www.thomsonlinear.com](http://www.thomsonlinear.com)

[sales.europe@thomsonlinear.com](mailto:sales.europe@thomsonlinear.com)

作为一种提高性能、降低成本的手段，车载电子设备的问世促进了电动推杆在苛刻的户外应用中的推广。但是如果不采取特殊的措施保护零部件在各种恶劣环境中正常使用，就无法实现这些优势。本文将讨论电动推杆的主要环境威胁、测试电动推杆应对这些威胁能力的流程、以及为了提供这种能力所采取的设计特征。



图1：新型Thomson Electrak HD电动推杆设计用于要求最大程度抵御固体、液体、极端温度、冲击、振动、腐蚀、电磁干扰等影响的工程机械应用。

在需要对负载进行举升、下降、推拉、旋转或定位的户外应用中，电动推杆是气缸和油缸的绝佳替代选择。电动推杆广泛应用于农业机械、工程机械、娱乐设施、船舶、工业甚至住宅自动化领域。在各种应用中，电动推杆可承受固体、液体、极端温度、冲击、振动、腐蚀、电气冲击和电磁干扰等恶劣环境。每种威胁都催生了诸多标准测试方法，并迫使设计师们采取许多新的保护措施来满足这些标准要求。

## 固体和液体防护

对于电动推杆而言，尘埃和污垢等固体及液体渗入电动推杆是最大的环境威胁之一。在户外应用中，这些环境威胁可能来自于雨水、雨夹雪、降雪以及每天工作结束后在现场或工地进行高温高压直冲清洗。IP等级是衡量防止固体和液体侵入的国际标准，它规定了环境防护的程度，即外壳能够防止影响其性能的物体进入其内部的能力。工业执行器采用IP等级确定装置在特定应用中正常使用所需的环境防护等级。

IP防护等级由两个数字组成（表1）。第一个数字表示防止固体异物侵入内部的能力，第二个数字表示防止液体侵入内部的能力。例如，IP00表示无法防止固体异物和液体进入装置内部，IP11表示可防止尺寸大于50mm的固体异物以及雨水或冷凝水侵入装置，IP66表示可防止粉尘颗粒渗入装置，并能够从任意角度直接用水高压冲洗。

	<b>第一位数字： 固体异物侵入</b>	<b>第二位数字： 液体侵入</b>
0	无防护	无防护
1	可防止直径大于50mm的固体异物（例如手掌、较大的工具等）侵入。	可防止垂直方向的滴水或冷凝水。
2	可防止直径大于12.5mm的固体异物（例如手掌、较大的工具等）侵入。	可防止垂直方向15°范围内倾斜滴水。
3	可防止直径大于2.5mm的固体异物（例如线缆、较小的工具等）侵入。	可在垂直方向60°范围内防止任意方向喷水。
4	可防止直径大于1.0mm的固体异物（例如线缆等）侵入。	可防止任意方向泼水。
5	有限的防尘能力（无有害沉积物）	可防止任意方向低压喷水。允许部分侵入。
6	完全防尘	可防止任意方向高压喷水。允许部分侵入。
7	不适用	可防止短时浸水。
8	不适用	可防止长时间浸水。
9K	不适用	可防止近距离高压、高温喷射水。

表1: 外壳的防护等级 (国际电工委员会[IEC] 60529)。

对于粉尘环境，最低防护等级要求为IP54。在含有锯屑、纸屑或硬纸板颗粒的极端粉尘环境中，IP65级防护会更加合适。此外，IP65级装置还能够应对一些潮湿环境，但要在大雨环境中使用，则建议采用IP66级防护。如果执行器甚至会浸水，那么最好采用IP67级防护。在执行器必须承受高温高压直冲清洗时最佳的防护等级应为IP69K级。例如，农机和建筑应用日益采用高压清洗设备进行直冲清洗，使得IP69K级设备正变得日益重要。

为了测试系统的防水等级，专家们需要参考现行测试规范在每种防护等级测试中对水量、压力、温度和距离的规定，并按照测试规范的要求将执行器全部置于此环境中。在测试装置承受高压直冲的能力时，他们需要在100 bar (1450 psi) 的压力及靠近执行器0.1至0.15米的状态下对执行器的各个面进行直冲清洗测试。在每次测试后，专家将会拆解执行器，查看是否有水进入执行器内部。

这种标准测试一般是在静态下完成的，但在动态工作或运动状态下进行IP防护等级测试可实现更高的可靠性。因此，专家们不仅需要知道执行器在静态下承受压力冲洗的能力，而且还要确保装置在雨中使用时仍然能够得到有效的保护。例如，在密封不当的执行器中，伸缩管的运动会导致内部压力的变化，致使执行器就像注射器一样吸入雨水，这会对电子设备造成伤害并损坏设备。这些缺点不会在静态测试中体现出来，但在动态测试中将一览无余。

提高IP防护等级是密封策略的一个主要功能。每个部件都必须进行密封，包括电机安装座。毡刷、密封件和垫圈采用整体化设计，从而实现所需的IP防护等级。毡刷可在工作过程中清除伸缩管上的污染物，这是防止水侵入的第一条防线。密封件可帮助毡刷进一步提供保护。垫圈用于实现外壳、盖管、电机与背部安装部件之间的密封。

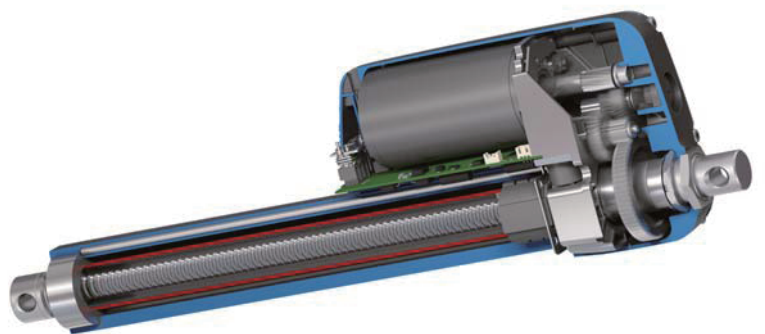


图2: 新型Thomson Electrak HD电动推杆的IP69K级防护能力部分源于集成到电缆接头中的密封件和垫圈结构。

图3: 伸缩管毡刷和外壳垫圈可防止Thomson Electrak HD电动推杆的机械和电子装置受到污染物和水液侵入的危险。

## 极端温度保护

近年来, 许多户外应用的工作温度范围呈日益扩大的趋势。对于农业和工程机械而言,  $-40^{\circ}\text{F}$  ( $-40^{\circ}\text{C}$ ) 至  $185^{\circ}\text{F}$  ( $85^{\circ}\text{C}$ ) 的温度范围目前已成为新的标准。此标准的下限值可确保装置在极寒环境中仍能够可靠工作, 而上限值不仅能够确保装置在地球上最热的气候环境下正常使用, 而且还能够让系统设计师灵活地安装电动推杆, 例如, 在发动机室内部或靠近发动机室的地方。

最常用的温度测试标准为EN60068-2-1和EN60068-2-2。欧洲标准 (EN) 是由三大欧洲标准组织CEN、CENELEC和EISI批准的标准。若要通过低温工作测试, 装置必须在 $-40^{\circ}\text{F}$  ( $-40^{\circ}\text{C}$ ) 的温度及额定负载下工作96个小时。同样, 若要通过高温工作测试, 装置必须在 $185^{\circ}\text{F}$  ( $85^{\circ}\text{C}$ ) 的热浸环境及额定负载下工作72小时。一些制造商可能会根据市场需求延长测试时间。例如, 对于高温工作测试, Thomson进行了96小时测试而非72小时, 从而进一步确保装置在极端温度环境下的工作安全性。

电动推杆还必须通过温度突变测试, 这种环境状况常见于用冷水喷洒高温部位, 或者在满载循环工作期间采用冷水进行冷却。另一种极端状况是电动推杆安装在寒冷气候下使用的工程机械上, 在每天工作结束后采用高温热水进行高压冲洗, 尤其是电动推杆未使用且处于完全冰冷的状态下。

电动推杆上集成的电子设备不仅要求进行环境防护, 还要进行极端温度防护。传统的过热保护措施可用于实现极端温度防护。这种传统的过热保护措施在电机内部内置了热断路器, 使之直接嵌入电路板中。电路板上的热保护装置能够同时对电机和电路板进行过热保护, 并允许电动推杆在关闭之前完成整个行程。如果发生过热, 电机上的传统断路器可在行程的任何位置关闭电动推杆。电子设备还采用了低温热补偿设计, 允许电动推杆在低温时以大电流工作, 防止麻烦的断路状况。

## 工作冲击防护

最新的冲击测试内容涵盖了外壳、结构螺栓和产品中所有的印刷电路板组件/传感器。根据EN60068-2-27测试标准, 工作冲击测试的条件为: 在 $400\text{ m/s}^2$ 的加速度下工作100次, 6 ms的冲击脉冲, 在相互垂直的三个轴上重复进行冲击测试。

EN60068-2-32标准定义了跌落冲击测试过程。它详细规定测试的标准为: 设备从1000mm的平台上沿每个轴的各个方向跌落至钢板或混凝土地面上, 至少重复进行6次跌落测试。

## 随机振动防护

除了要能够承受热冲击之外，工程车辆还必须能够在连续振动状态下有效地工作。这些测试标准通常由具体的原始设备制造商规定，确保电动推杆能够承受极具挑战的振动环境。

在装置未通电或工作状态下进行此项测试，将装置安装在振动设备上，振动设备的功率谱密度按照图2进行设置。被测试的电动推杆必须伸出一半行程以上，并且在每个正交的轴上各测试24小时。

频率范围 (Hz)	功率谱密度(m/s <sup>2</sup> )/Hz
10	1.44
100	3.85
1000	3.85
2000	0.96

表2: 在各种功率谱密度下允许的振动频率

印刷电路板上较大的部件采用机械的方式固定且采用缓冲垫以适应高冲击或振动环境。如果没有额外支撑，在强振动或冲击状态下，这些部件通常会发生故障。

## 腐蚀防护

在与运输或海上使用相关的工程机械应用中，盐水浸泡和盐雾是主要的腐蚀源。ASTM B117-11是盐水环境的测试标准，它规定设备必须能够承受一定小时数的盐雾环境且正常工作，并且在测试结束时没有盐雾进入设备内部。设备制造商可根据具体市场需求自行决定测试的时间长短。例如，Thomson电动推杆的测试时长为500小时。

其它常见的腐蚀源包括碳氢化合物、尿素和化肥。最常用的耐化学标准为ISO 15003，它为农用机械车辆、林业机械、园林景观机械的电气设备制造商提供了设计要求和指导。此外，它还特定环境状态提供了测试标准，并定义了典型工作过程中可能会发生极端环境状态的严重程度。

耐化学测试要求零部件能够在一定化学浓度的条件下工作三天，零部件制造商可根据市场要求规定化学品的浓度。例如，Thomson对于农业和工程机械上常用电动推杆的化学浓度测试要求如下：

- 柴油 – 100%
- 液压油 – 100%
- 制动油 – 100%
- 乙二醇 – 50%水溶液
- 尿素氮 – 饱和溶液

- 氮磷钾复合肥\*9（氮磷钾各7.5%） – 饱和溶液

其它适用的耐腐蚀标准，尤其是耐受尾气处理液 (DEF) 的标准为DIN 70070-05、AUS 32及ISO 22241-1。

## 电压波动防护

电压波动的原因可能有电池电量低、电压调节器故障、连接导线较长、导线接头腐蚀以及接地不良等原因。Thomson Electrak HD等最新的电动推杆都经过了严格测试，能够应对各种电压波动以及电压瞬升、误接和短路等状况。

为了确保电动推杆能够承受最小和最大工作压力而不导致任何损坏，需要在规定的电压下测试规定的时间。例如，12V直流电动推杆必须能够在9V DC至16V DC的电压下工作5分钟。额定电压为24V DC的电动推杆必须能够在18V DC至32V DC的电压下工作5分钟。值得注意的是，这些测试只是在上下电压极限状态测试，而它们还必须能够在电压范围内的某一不固定电压下工作（表3）。

	12V DC	24V DC
低电压	9V DC	18V DC
高电压	16V DC	32V DC
时间长度	5分钟	5分钟

表3: 允许的工作压力范围

为了确保电动推杆能够应对意外的工作电压瞬升而不发生损坏，12V DC的电动推杆必须能够在26V DC的测试电压下运行5分钟。同样，24V DC的电动推杆还必须能够在36V DC的测试电压下运行5分钟（表4）。

	12V DC	24V DC
高电压	26V DC	36V DC
时间长度	5分钟	5分钟

表4: 允许的过电压工作电压

为了确保电动推杆在反极性的状况下仍能够工作，12V DC电动推杆必须能够在26V DC的测试电压下运行5分钟，而24V DC的电动推杆必须能够在至少36V DC的测试电压下运行5分钟（表5）。

	12V DC	24V DC
高电压	-26V DC	-36V DC
时间长度	5分钟	5分钟

表5: 允许的误接电压范围

在户外使用中，短路和静电放电 (ESD) 也会导致装置损坏。ASAE EP455测试标准涵盖了短路测试要求和流程，而ISO 10605提供了静电放电测试的流程。

## 电磁干扰和瞬变浪涌防护

印刷电路板可能会受到来自各种干扰源的电磁干扰 (EMI) 和瞬变浪涌。ISO 13766和ISO 7637-2是为EMI和瞬变浪涌保护提供测试指导的最重要的标准。它们可提供以下测试标准：

- 传导发射 – ISO 13766 (EMI/EMC测试)
- 辐射发射 – ISO 13766 (EMI/EMC测试)
- 电磁抗扰 – ISO 13766 (EMI/EMC测试)
- 感性负载开关 – ISO 7637-2 (电气瞬变)
- 启动 – ISO 7637-2 (电气瞬变)
- 负载突降 – ISO 7637-2 (电气瞬变)
- 正电感瞬态测试 – ISO 7637-2 (电气瞬变)
- 正负耦合测试 – ISO 7637-2 (电气瞬变)

## 现场无忧

没有任何测试标准可实现对所有可能环境威胁的100%防护，以上所述的防护措施均源自原始设备制造商最严格的要求和主要工业组织制定的相关测试标准。越严格遵守这些标准，电动推杆的环境防护性能越好。

同样，除了遵守公司及行业标准之外，我们还采取了以下设计特征，为环境防护和符合各种标准提供支持：

- 整体配合式零部件
- 对所有零部件进行全面密封，包括电机和引线
- 更强大的毡刷设计
- 不锈钢伸缩管
- 坚固耐用的电泳漆镀锌外壳
- 坚硬的阳极氧化铝罩管
- 抗震的电子装置，例如印刷电路板和电位计

严格遵守标准并采取相关设计特征可帮助提高电动推杆对标准的符合程度，提高设计过程的灵活性，让您在设计时无需担忧元件的安全和可靠防护问题。