

TACHAMMER™

CARLTON

采用线性磁力驱动 (LMR) 技术的触觉执行器

具有传统振动和冲击触觉模式

产品: TACHAMMER

产品编号: C-151L337V5R2

修改: 2023 年 5 月 11 日

功能特点:

- 高保真模拟现实世界的触觉
- 冲击模式下的最小加速度为 **25 G**
- 运行效率高:<2 μ Amp-hour / click
- 工作电压:**3.6 - 10 Vp-p**
- 工作频率:
 冲击模式:**0.5 - 155Hz** / 传统模式:**0.5 - 200Hz**
- 与标准触觉驱动电子设备兼容



线性磁力驱动 (LMR)
触觉执行器

触觉模式:

脉冲 | 振动 | 冲击

目录

1 入门	3
1.1 工作原理	3
2 规格	4
2.1 性能规格(ES1-3)	4
2.2 TacHammer™ 频率响应	5
2.3 推荐工作条件	6
2.4 电气特性	6
2.5 机械特性	6
2.6 安装凸台规格	7
2.7 产品尺寸规格	8
3 敲击调整	9
3.1 敲击材料	9
3.1.1 软质材料概述	9
3.1.2 硬质材料概述	9
4 应用说明	10
4.1 驱动信号	10
4.1.1 单次触觉反馈	10
4.1.2 连续触觉反馈	10
4.2 响应时间注意事项	11
4.3 驱动注意事项	11
4.4 测量方法	11
4.4.1 测试设备	11
4.4.2 测试固定设置	12
4.4.3 加速脉冲响应	13
5 标准测试条件	13
5.1 测试环境	14
5.2 可靠性测试和标准	14

产品编号:C-151L337V5R2

修订日期:2019 年 9 月 21 日

1 入门

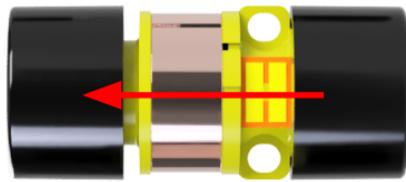
1.1 工作原理

TacHammer™ 触觉执行器根据震子的撞击方向提供两种不同的触觉感觉。

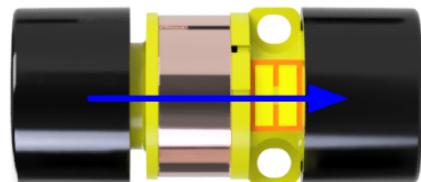
“敲击” 是震子撞击机械构件时产生的冲击触觉。这个构件可以是内部的或外部的(即部分外壳)。敲击可能会产生声音效果, 可以通过敲击材料的变化来调整。

“脉冲” 是通过将锤子驱动到组件内的磁力制动器而产生的非冲击触觉效果。脉冲是无声的, 不会产生声音效果。此模式下产生的触觉类似于ERM和LRA 马达的振动效果。

冲击模式运作方向



传统模式运作方向



敲击和脉冲都具有不同的强度和致动持续时间。 敲击用于产生尖锐的瞬时重力(如点击), 脉冲通常用于产生力感觉(如碰撞)。

敲击和脉冲可以组合使用。例如, 典型的警报振动是通过以指定频率驱动的一系列脉冲产生的。敲击和脉冲的组合提供了一系列新的效果, 例如门闩的咔嗒声或门的吱吱声。

2 规格

2.1 性能规格 (ES1-3)

范围	冲击触觉模式			传统触觉模式			单位
	最小	典型值	最大	最小	典型值	最大	
最低限度加速	25	-		3.60	-		G
谐振频率(F0) ¹	35	45	55	60	70	80	Hz
测试加速频率下的 RMS 电流 ²	-	125	138	-	122	134	mA
测试加速频率下的 RMS 功率 ^{2,3}	-	110.94	135.21	-	105.68	127.49	mW
加速效率 ²	-	377.69	366.83	-	55.83	61.97	G/W
点击能量 ⁴	-	0.77	0.85	-	0.67	0.74	µAh
延迟 ⁵	-	-	10	-	-	0.75	ms
启动时间 ⁵	-	-	0.75	-	-	9	ms
刹车时间 ⁵	-	-	13	-	-	6	ms
测试加速频率下的 dBa 电平 ⁶	-	<75		-	<45		dbA
使用寿命 ⁷			1亿			1亿	cycles

说明：

1. 谐振频率定义为在 10 Vp-p 时产生最高测试加速度的频率
2. 在 10 Vp-p、100g 夹具、测试加速频率下测量。质量朝向加速度计方向运动
3. 功率计算公式为 $P = I_{rms}^2 \cdot Resistance$
4. 点击能量定义为执行点击的能量。

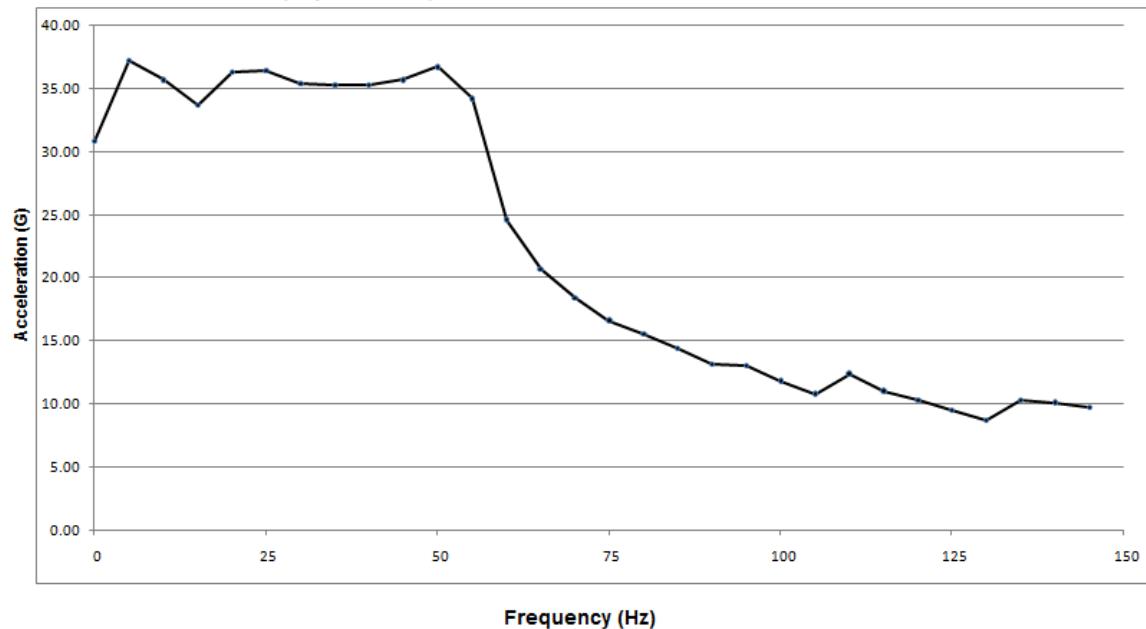
$$ClickEnergy = \frac{I_{instantaneous} \cdot PulseWidth}{3600}$$

计算为

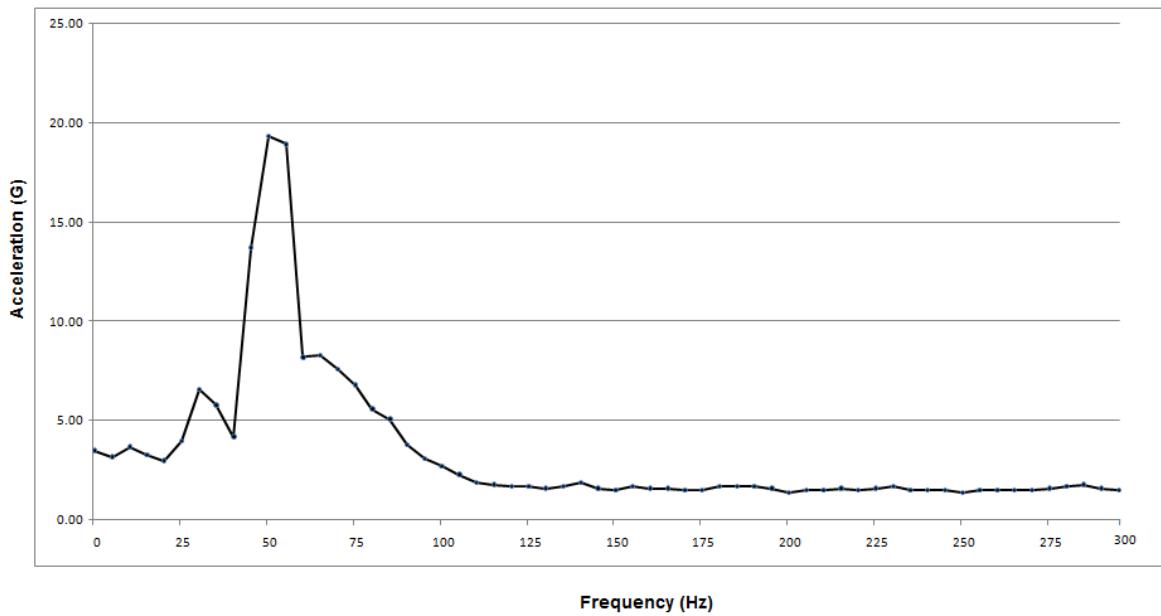
5. 参见部分 4.2 响应时间注意事项 了解更多详情
冲击测量条件: 5V、100g 夹具、1Hz、7.8ms 脉冲宽度
传统测量条件: 5V、100g 夹具、1Hz、7.8ms 脉冲宽度
6. 从10cm开始测量
7. 1 个周期定义为执行器从静止到静止的一次完整运动。在 10 Vp-p、50Hz@40% 占空比下测试

2.2 TacHammer™ 频率响应

TachHammer Performance (Impact Mode)



TachHammer Performance (Traditional Mode)



2.3 推荐工作条件

范围	最小	最大	单位
工作电压	3.6	10	Vp-p
驱动频率(冲击)	0.5	155	Hz
驱动频率(非冲击)	0.5	200	Hz
工作温度	-20	60	°C

2.4 电气特性

范围	最小	典型值	最大	单位
线圈电阻 @ 20°C	6.85	7.10	7.35	Ω
阻抗@100hz, 1V	6.88	7.25	7.61	Ω
电感@100KHz, 0.1V	1.09	1.20	1.31	mH

2.5 机械特性

范围	规格
尺寸	15.5 毫米 x 15.5 毫米 x 34.3 毫米
总重量	13.5克
连接类型	飞线

2.6 安装凸台规格

螺丝尺寸		
尺寸	标识	数值(毫米)
凹槽宽度	A	1.75
标称螺丝直径	d ₁	2
螺钉头直径	d ₂	3.5
螺丝高度	k	1.6
螺纹长度	L	6
凹槽深度	t	7

WN 5452

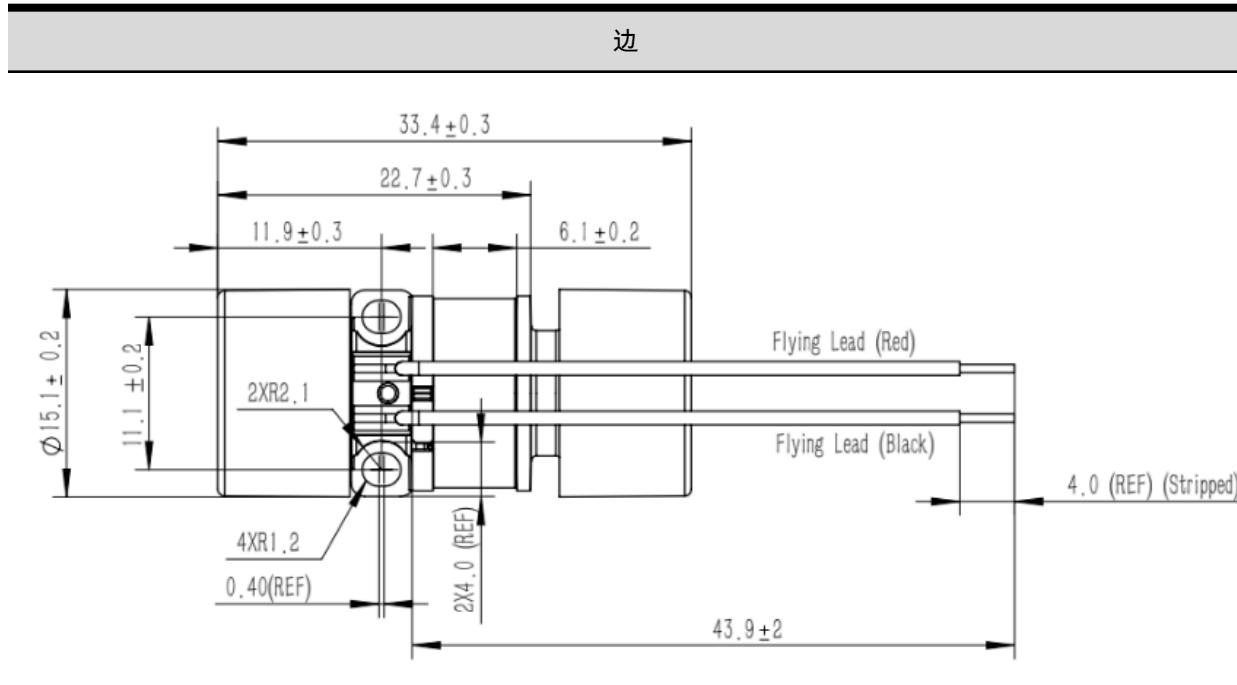
凸台尺寸		
尺寸	标识	数值(毫米)
标称螺丝直径	d ₁	2
凸台直径	D	4
边缘减压	d _e	2.2
边缘减压高度	h _e	0.6-0.8
螺纹啮合	t _e	4
引导孔	d	1.6
建议至少 1° 拔模		

螺丝安装尺寸		
7.75	11.10	7.30 6.83

R1

2.7 产品尺寸规格

*所有尺寸单位为毫米



3 敲击调整

可以在 TacHammer 模组中安装不同垫片，以调整和优化敲击模式下的触觉反馈效果。请注意，以下列出的材料仅为建议的一部分，并不代表与 TacHammer 兼容材料的完整列表。以下部分将详细介绍所包含的材料，并提供相应的使用建议。

3.1 敲击材料

3.1.1 软质材料概述

软质材料可以减轻冲击力，主要作用是减少撞击时产生的声音，并使触觉反馈感觉更为厚重、更不尖锐。建议使用的材料包括：

材料	颜色	厚度(毫米)
泡沫胶 1/32"	黑色	0.8
泡沫胶 1/16"	黑色	1.6
硅胶 10A	红色	1.6
硅胶 20A	红色	0.8

3.1.2 硬质材料概述

硬质材料可以增强敲击的清晰度，使触觉反馈更加清脆、鲜明。推荐使用的材料包括：

材料	颜色	厚度(毫米)
铝	银	1
铜	铜	1
丙烯酸/亚克力	透明	1
聚甲醛塑料 Delrin	黑色	1
磷青铜 - 0.1mm	青铜	0.1
磷青铜 - 0.2mm	青铜	0.2

4 应用说明

4.1 驱动信号

4.1.1 单次触觉反馈

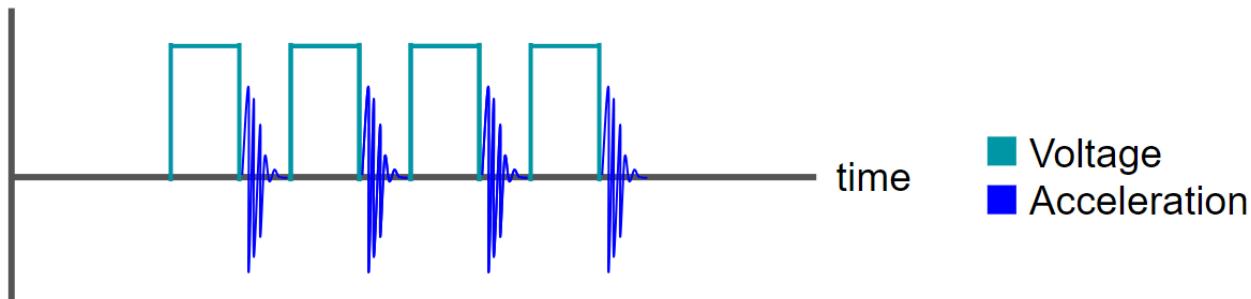
单次触觉反馈(例如单次敲击或脉冲)，建议使用单次脉冲进行驱动。下表列出了相应触觉效果的推荐持续时间。



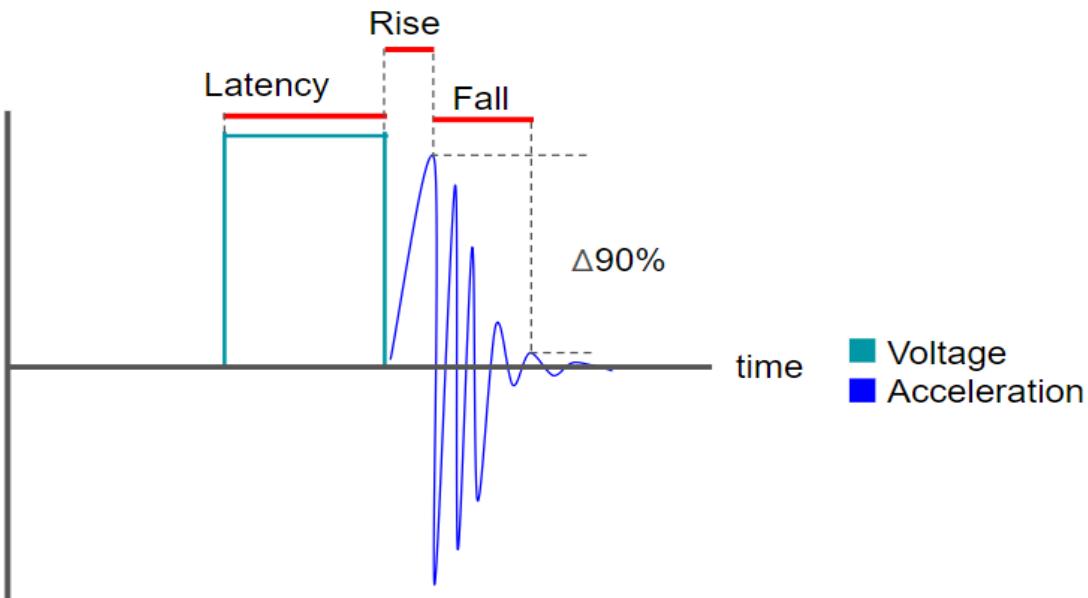
触觉反馈	持续时间	单位
敲击(Hit)	10	ms
脉冲(Pulse)	10.91	ms

4.1.2 连续触觉反馈

对于连续触觉反馈(例如持续振动)，建议使用方柏信号对 TacHammer™ 触觉执行器进行驱动。下表列出了推荐的频率和占空比。



4.2 响应时间说明



注意：上图表示单次敲击触觉反馈的驱动信号和相应的加速度波形。

4.3 驱动说明

该设备可以使用现成的触觉驱动器 IC(例如 PWM 模式下的 TI DRV2605)或通过简单的 H 桥来驱动。

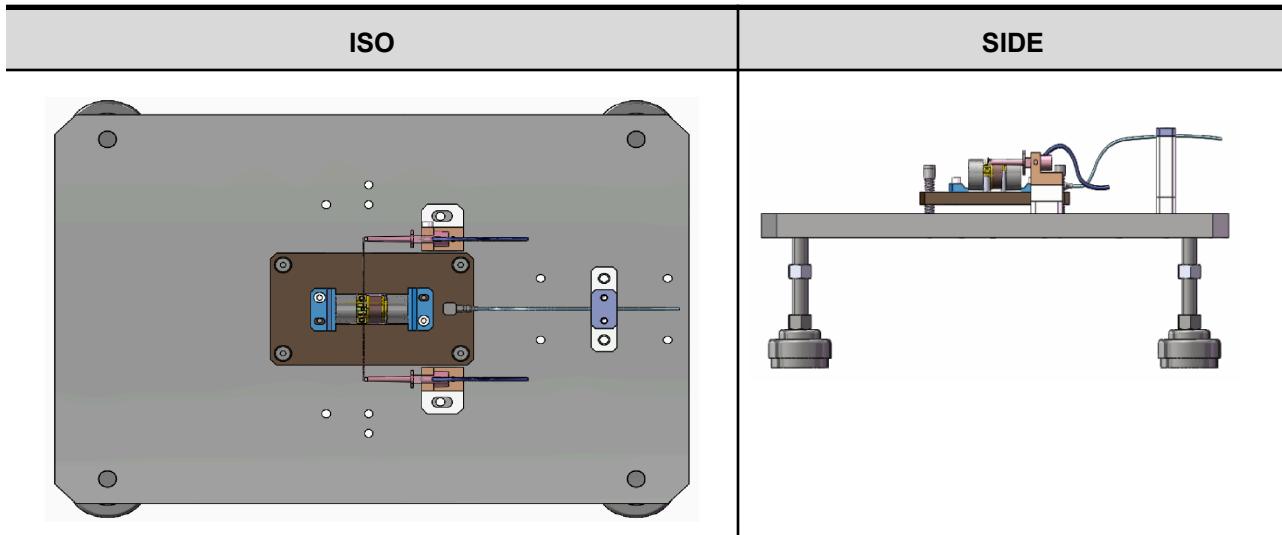
此外，该器件还与 LRA 波形和库兼容，例如 TI DRV2605 上使用的波形和库。

4.4 测量方法

4.4.1 测试设备

功能	制造商	型号
加速度计	Dytran	3133D1T(500g量程)
电源	CHINT	TNDI(SVC)-1
信号发生器	Rigol	DG1022U
信号放大器	Rigol	PA1011
DAQ(数据采集)系统	One Measurement	DEWESoft-SIRIUS-M

4.4.2 测试固定设置



TacHammer 装置使用固定装置牢固地安装在 100 克夹具上。加速度计也沿着 TacHammer 的轴线牢固安装。整个结构用弹簧悬挂在4个角上(详述如下), 提供全方位的自由运动。

弹簧规格:

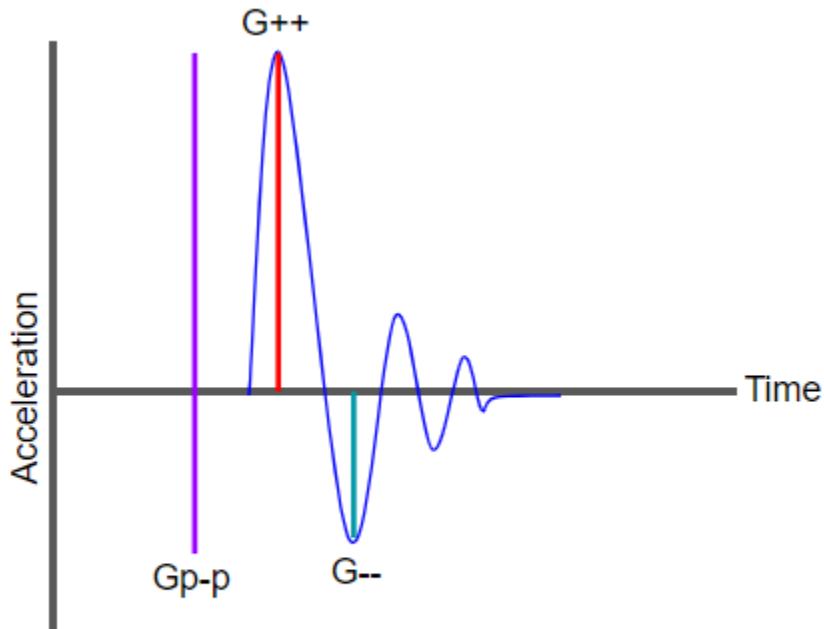
类型:闭端不锈钢压缩弹簧(未研磨)

尺寸:OD=8mm, L=10mm, 线材OD=0.35mm

品牌:YHDFA

型号:YWY-8-10

4.4.3 加速脉冲响应



加速度值是通过所有三个轴上加速度的最大绝对值的结果来计算的。在上述情况下，将采用 G++ 值。假设 X、Y、Z 轴上的波形相似，则加速度的计算如下：

$$\text{Acceleration} = \sqrt{G_x^2 + G_y^2 + G_z^2}$$

5 标准测试条件

5.1 测试环境

- 除非另有说明, 标准测量环境为 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ & $65\% \text{RH} \pm 20\% \text{RH}$
- 除非另有说明, 所有 $< 0^{\circ}\text{C}$ 的温度均为 $+0^{\circ}\text{C}/-3^{\circ}\text{C}$ 标准
- 除非另有说明, 所有 $> 0^{\circ}\text{C}$ 的温度均为 $+3^{\circ}\text{C}/-0^{\circ}\text{C}$ 标准
- 除非另有标记, 所有测试均在冲击模式下进行
- 除非另有标记, 所有占空比均优于 $+/-.05\%$
- 除非另有标记, 所有频率均优于 $+/-.200 \text{ ppm}$ (或 0.02%)

5.2 可靠性测试和标准

本节包含测试和成功标准的详细列表

测试名称	测试说明	测试标准	成功标准
跌落测试	跌落夹具: 180克, 包括执行器和装配螺钉。 从 1.0m 高度以指定落差跌落到6面上。 执行器未通电。		性能规格典型值的20%以内 (测试后4小时恢复后)
寿命测试 - 冲击	$25^{\circ}\text{C}/50\%\text{RH}$ 。寿命测试周期, 1s on, 1s off, 200小时		性能规格典型值的20%以内 (测试后4小时恢复后)
寿命测试 - 非冲击	$25^{\circ}\text{C}/50\%\text{RH}$ 。寿命测试周期, 1s开, 1s关, 静音模式, 200小时		性能规格典型值的20%以内 (测试后4小时恢复后)
高温储存	80°C , 96小时。执行器未通电。	EIA-364-17	性能规格典型值的20%以内 (测试后4小时恢复后)
低温储存	-40°C , 96小时。执行器未通电。	EIA-364-17	性能规格典型值的20%以内 (测试后4小时恢复后)
高温高湿寿命测试	$60^{\circ}\text{C}/95\%$ 。寿命测试周期, 1秒开, 1秒关, 40小时。	EIA-364-17	性能规格典型值的20%以内 (测试后4小时恢复后)
低温寿命测试	-20°C 。寿命测试周期, 1秒开, 1秒关, 72小时。	EIA-364-17	性能规格典型值的20%以内 (测试后4小时恢复后)
长寿命测试	$25^{\circ}\text{C}/50\%\text{RH}$ 。寿命测试周期, 1s on, 1s off, 1200小时		表现 规格在典型值的20%以内 (测试后4小时恢复后)
热冲击测试	$-20^{\circ}\text{C}30\text{分钟}+70^{\circ}\text{C}30\text{分钟}$ 循环5次。寿命测试循环, 1s开, 1s关, 5个温度循环。	EIA-364-32	性能规格典型值的20%以内 (测试后4小时恢复后)
盐雾试验	35°C 、5%盐溶液浓度。寿命测试周期, 1秒开, 1秒关, 8小时。	EIA-364-26	性能规格典型值的20%以内 (测试后4小时恢复后)
非工作随机振动测试	JIG: 180g, 包括执行器和装配螺钉。 3 轴, 每轴 10 分钟, 6 g, 10-2000Hz。执行器未通电。	EIA-364-28	性能规格典型值的 20% 以内 (测试后4小时恢复后)
冲击测试	夹具: 180 克, 包括执行器和组装螺钉。 半正弦冲击加, $+X/-X/+Y/-Y/+Z/-Z$ 轴, 每轴3次, 500G, 执行器不通电。	EIA-364-27B	性能规格典型值的20%以内 (测试后4小时恢复后)
可焊性测试	将连接器连接至焊锡炉 温度: $245 \pm 5^{\circ}\text{C}$.3~5秒	EIA-364-52	性能规格典型值的 20% 以内 (测试后4小时恢复后)