

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

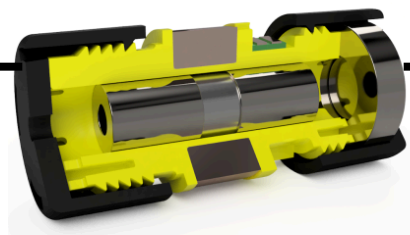
产品: TACHAMMER

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

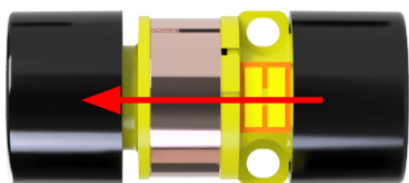
1 入门

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。

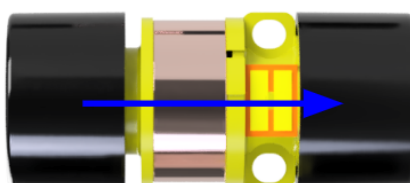
“敲击” 是震子撞击机械构件时产生的冲击触觉。这个构件可以是内部的或外部的(即部分外壳)。敲击可能会产生声音效果, 可以通过敲击材料的变化来调整。

冲击模式运作方向



“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。

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, 例如门门的咔嗒声或门的吱吱声。

2 规格

2.1 性能规格 (ES1-3)

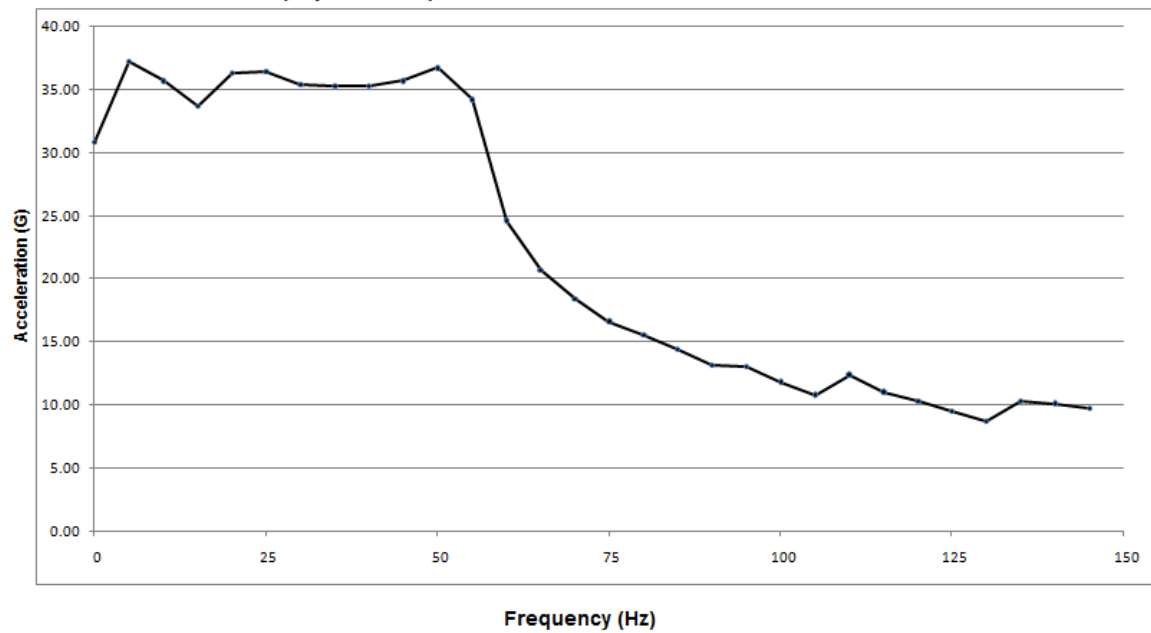
范围	冲击触觉模式			传统触觉模式			单位
	最小	典型值	最大	最小	典型值	最大	
最低限度加速	25	-		3.60	-		G
谐振频率(F0) ¹	35	45	55	60	70	80	Hz
测试加速频率下的 RMS 电流 ²	-	125	138	-	122	134	mA
测试加速频率下的 RMS 功率 ^{2,3}	-	110.94	135.21	-	105.68	127.49	mW
加速效率 ²	-	377.69	366.83	-	55.83	61.97	G/W
点击能量 ⁴	-	0.77	0.85	-	0.67	0.74	μAh
延迟 ⁵	-	-	10	-	-	0.75	ms
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

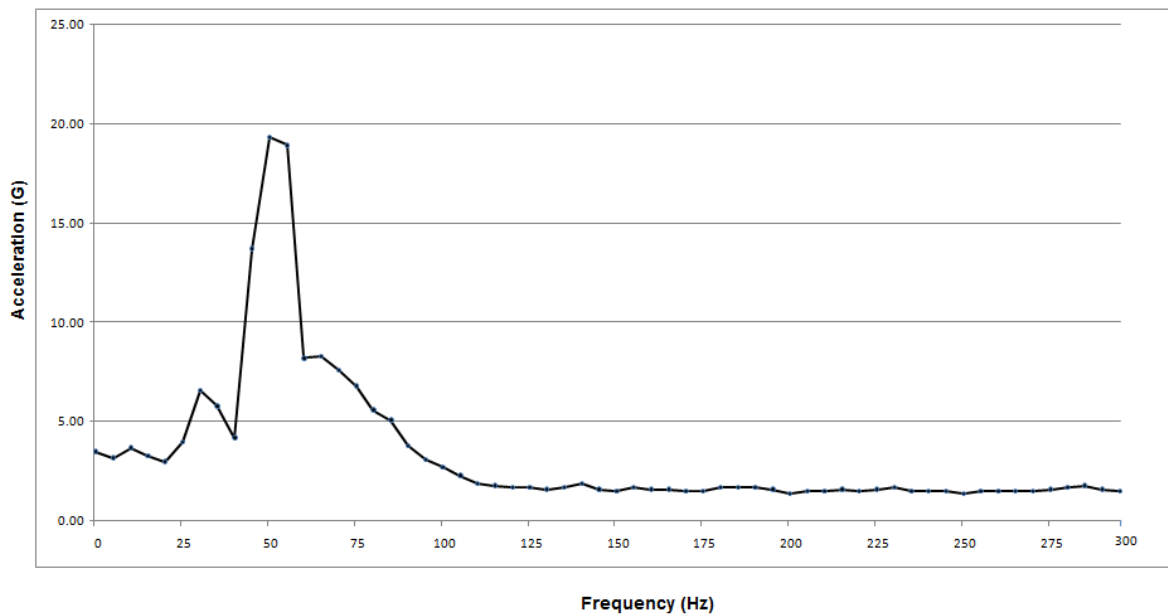
1. 谐振频率定义为在 10 Vp-p 时产生最高测试加速度的频率
2. 在 10 Vp-p、100g 夹具、测试加速频率下测量。质量朝向加速度计方向运动
3. 功率计算公式为 $P = I_{rms}^2 \cdot Resistance$
4. 点击能量定义为执行点击的能量。
计算为 $ClickEnergy = \frac{I_{instantaneous} \cdot PulseWidth}{3600}$
5. 参见部分 4.2 响应时间注意事项 了解更多详情
冲击测量条件:5V、100g 夹具、1Hz、7.8ms 脉冲宽度
传统测量条件:5V、100g 夹具、1Hz、7.8ms 脉冲宽度
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

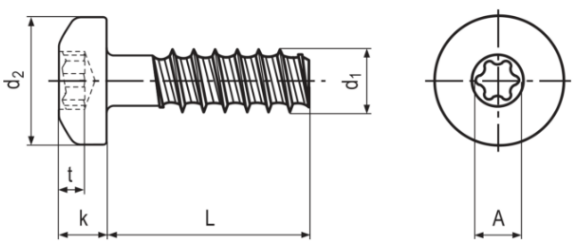
2.4 电气特性

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

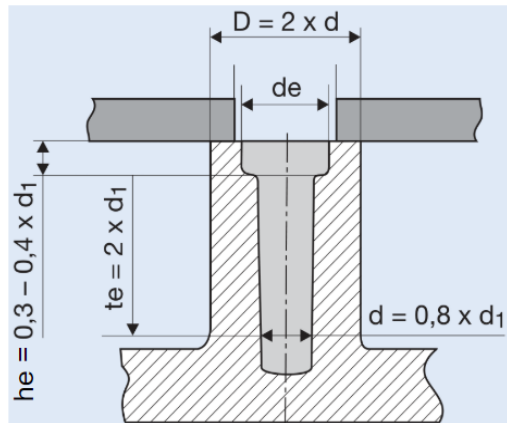
2.6 安装凸台规格

螺丝尺寸			
尺寸	标识	数值(毫米)	<div>WN 5452</div> 
凹槽宽度	A	1.75	
标称螺丝直径	d1	2	
螺钉头直径	d2	3.5	
螺丝高度	k	1.6	
螺纹长度	L	6	
凹槽深度	t	7	

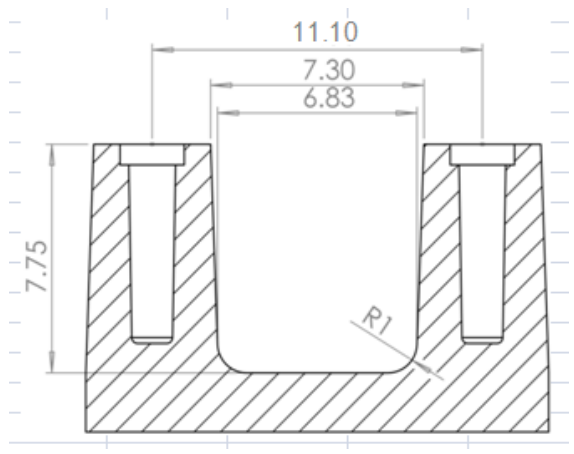
凸台尺寸

尺寸	标识	数值(毫米)
标称螺丝直径	d1	2
凸台直径	D	4
边缘减压	de	2.2
边缘减压高度	he	0.6-0.8
螺纹啮合	te	4
引导孔	d	1.6

建议至少 1° 拔模

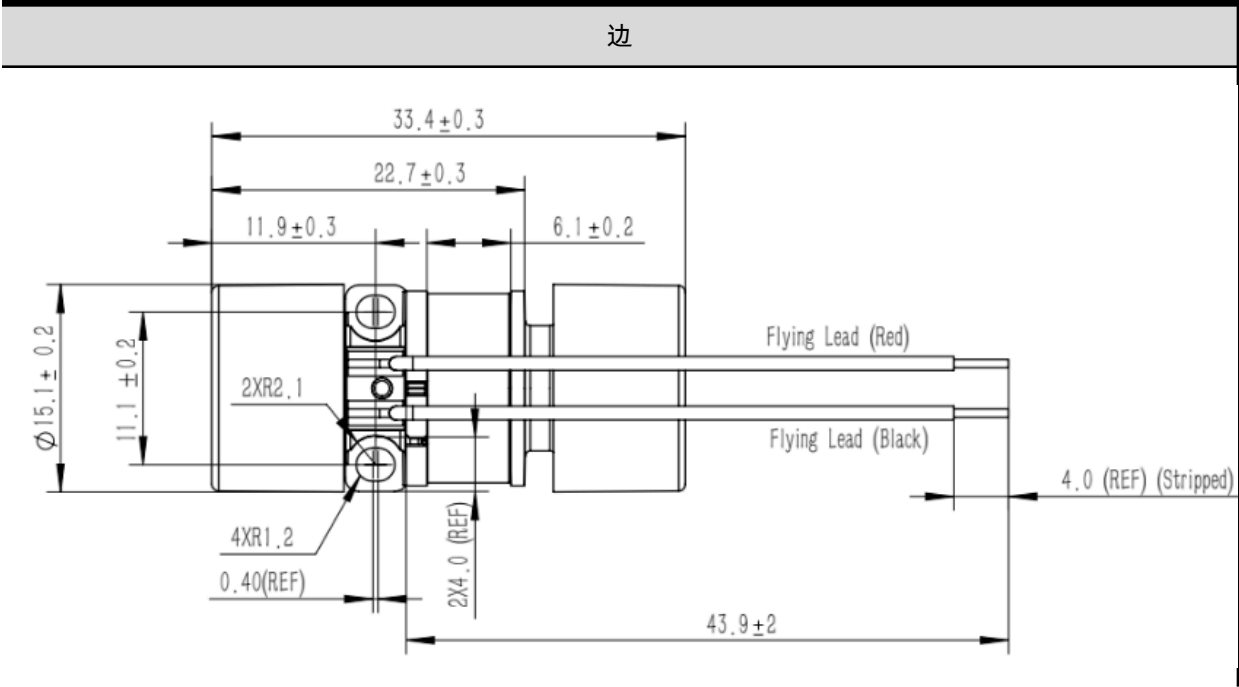


The diagram illustrates a cross-section of a raised boss. A screw with diameter d1 is shown passing through the boss. The boss has an outer diameter D, which is equal to 2 times the screw diameter d. The diameter of the hole through the boss is de. The height of the boss is he, which is equal to 0.3 to 0.4 times d1. The thickness of the base material is te, which is equal to 2 times d1. The diameter of the hole in the base material is d, which is equal to 0.8 times d1. The base material is shown with hatching.

螺丝安装尺寸	
	

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

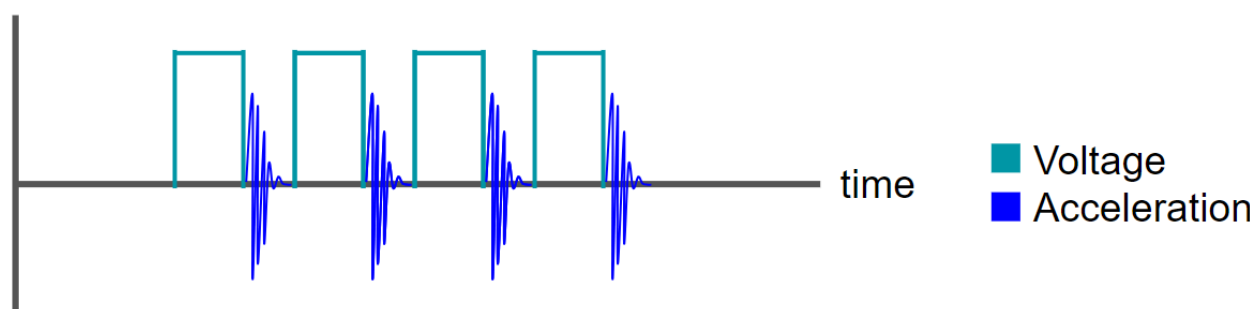
单次触觉反馈(例如单次敲击或脉冲), 建议使用单次脉冲进行驱动。下表列出了相应触觉效果的推荐持续时间。



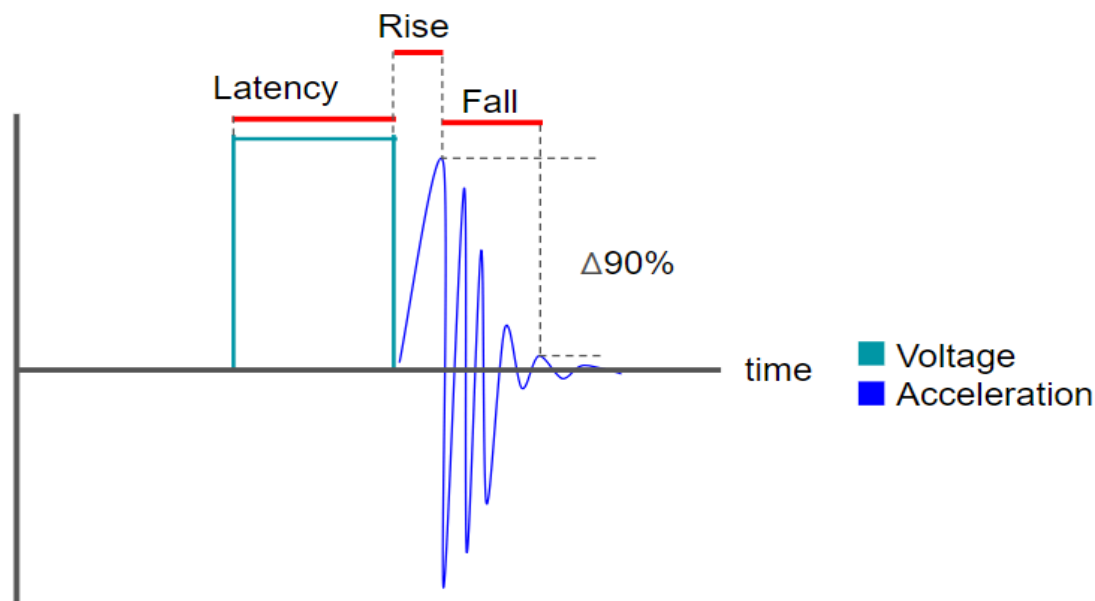
触觉反馈	持续时间	单位
敲击(Hit)	10	ms
脉冲(Pulse)	10.91	ms

4.1.2 连续触觉反馈

对于连续触觉反馈(例如持续振动), 建议使用方波信号对 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。

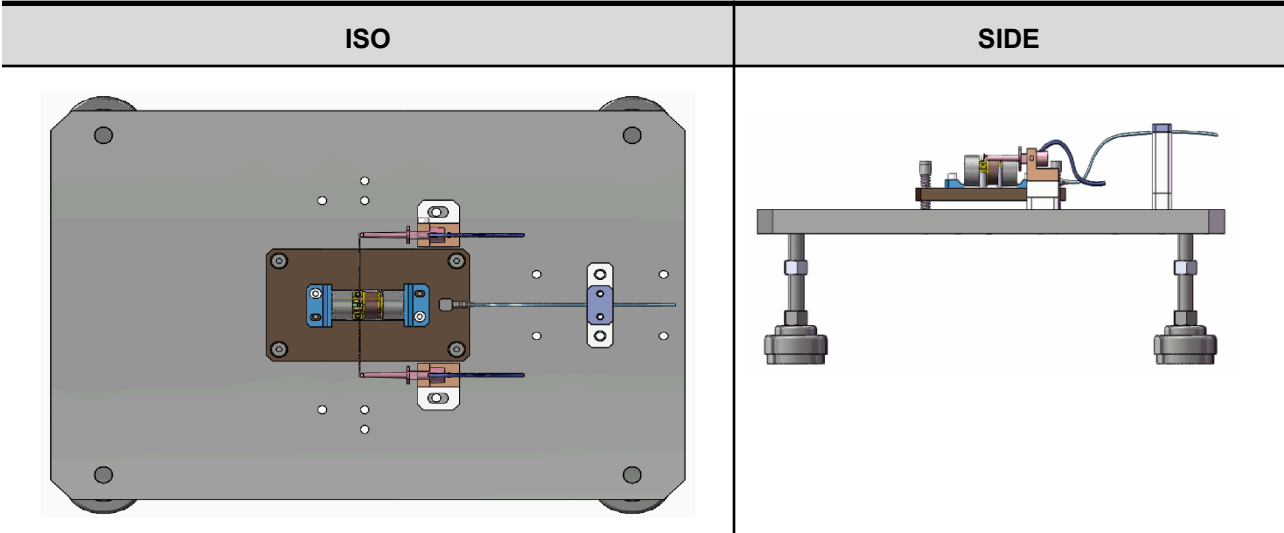
此外, 该器件还与 LRA 波形和库兼容, 例如 TI DRV2605 上使用的波形和库。

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

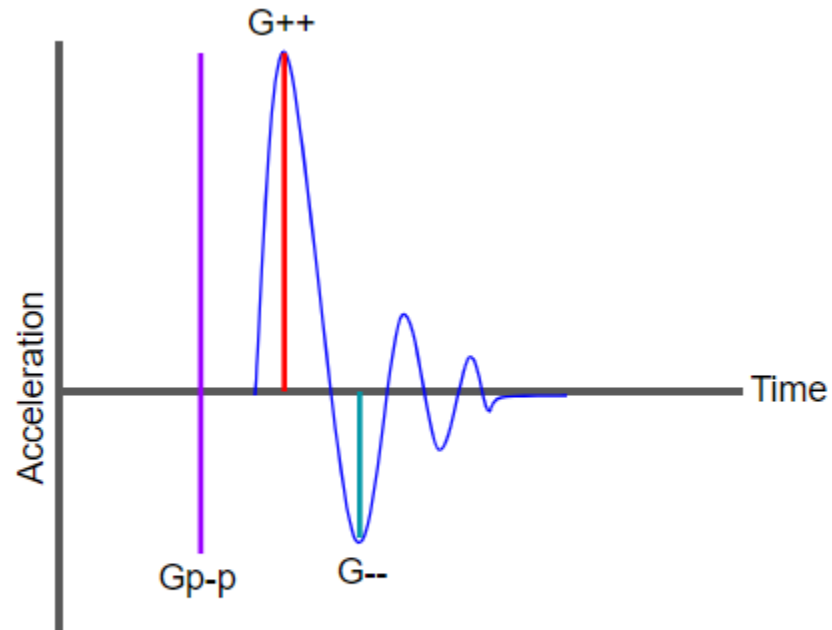


TacHammer 装置使用固定装置牢固地安装在 100 克夹具上。加速度计也沿着 TacHammer 的轴线牢固安装。整个结构用弹簧悬挂在4个角上(详述如下), 提供全方位的自由运动。

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：

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

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 $\pm 0.05\%$
- 除非另有标记, 所有频率均优于 $\pm 200\text{ ppm}$ (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°C 30分钟+ 70°C 30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)