

移动设备振动采集技术

◇ 背景

许多移动式设备都会发生振动，例如移动机器人、汽车、飞机、舰船等所属零部件在行驶过程都会感受到这种应力。振动无处不在，并且是产品失效的关键原因。振动冲击环境会造成疲劳、磨损、连接松动等。在寿命周期内重复应力作用下，会引起疲劳损伤累积，造成失效，因此需要关注移动设备的振动应力。



图 常见的振动场景（图片来源网络）

在没有进行振动采集时，企业一般会参考 GB/T 2423 等相关标准的试验条件进行试验。移动设备使用场景不同，标准里面的试验条件与实际使用场景很难匹配，会出现欠试验或过试验的情况，也很难体现寿命周期内的载荷累积损伤。通过进行振动采集，采集移动设备在各种典型工况下的加速度信号，通过频域分析得到振动的功率谱密度曲线以，再根据典型使用场景和相应工况下的使用时间制定振动耐久试验条件。

除了作为振动耐久性试验的条件外，振动采集的结果在设计阶段还可以作为整机及零部件的疲劳耐久分析输入，及早暴露结构设计问题。

◇ 标准

振动采集的标准主要有 GB/T 10593.1、GB/T 10593.3、GB/T 4797.9 等，针对移动机器人的使用场景，上海机器人产业技术研究院还起草了团体标准《T/CEEIA555-2021 移动机器人振动与冲击试验条件确定方法》。

◇ 流程

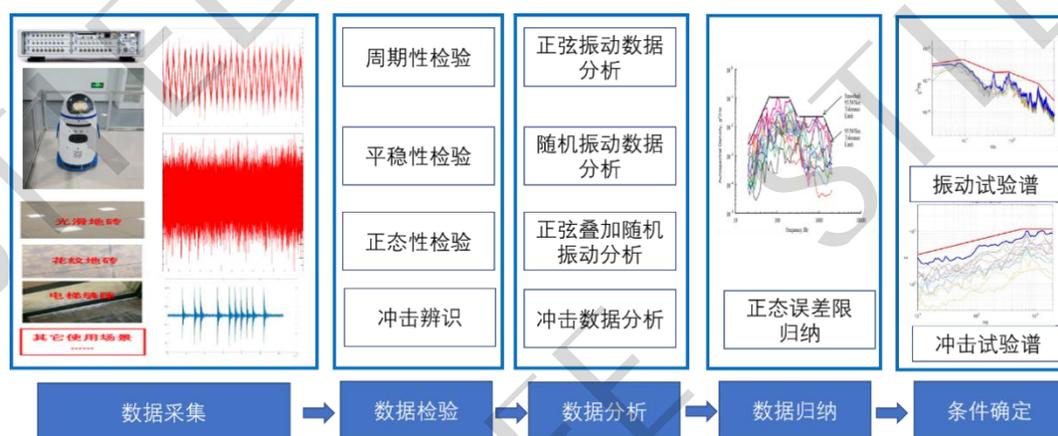


图 振动与冲击试验条件流程

● 数据采集

a) 用户使用场景：充分调研设备用户的使用场景，例如移动机器人使用场景包括不同的行走路面、越过障碍物、沟槽等，根据使用场景确定测量场景。

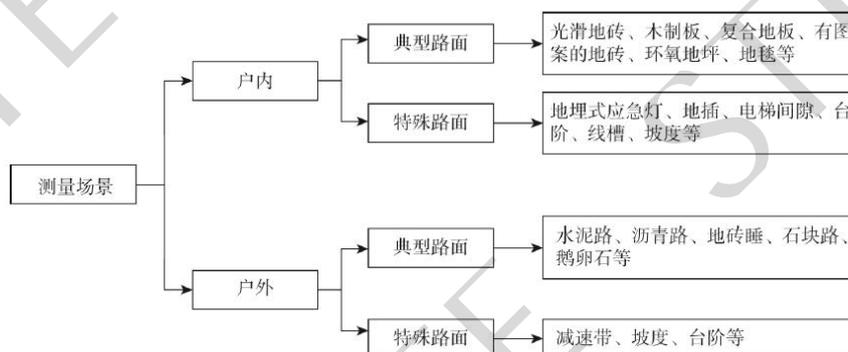


图 移动机器人测试使用场景

b) 测量工况：应明确不同的测量场景对应的测量工况，如速

度、承重载荷、转弯等。

- c) 测点位置：包括测量地面到整机的基础输入信号（整机底盘信号，用于整机振动试验条件）以及关键零部件位置（用于零部件振动试验条件）。采样部位的选择，应考虑样品试验时安装方式，确保振动/冲击试验与使用场景的一致性。
- d) 采集次数：每种采集场景和工况组合的采集次数不少于三次。

- 数据归纳

随机振动数据归纳方法参见 GB/T 4797.9-2021，即使用正态误差限方法对多次采集的信号进行归纳，推荐使用 95/50 限，即每个频率点的 NTL 取值将超过至少 95% 全部采集信号该频率点的 PSD 值，置信度为 50%。

NTL 归纳后会得到一条不平滑的包络线，可以使用一系列直线对其进行平滑。

- 条件确定

振动耐久试验条件与产品在规定使用时间内引起的疲劳损伤等效的试验条件。

由于试验时间过长，可使用加速模型缩短试验时间。

随机振动	正弦振动
$\frac{W_1}{W_0} = \left(\frac{T_0}{T_1} \right)^{\frac{2}{b}}$	$\frac{g_1}{g_0} = \left(\frac{T_0}{T_1} \right)^{1/b}$
W0: 未加速时的PSD	g0: 未加速时的加速度峰值
W1: 加速后PSD	g1: 加速后加速度峰值
T0: 正常振动量级的测试时间	T0: 正常振动量级的测试时间
T1: 振动量级加大后的测试时间	T1: 振动量级加大后的测试时间
b: 疲劳指数一般取8	b: 疲劳指数一般取6

图 振动加速模型

✧ 设备

- 三轴加速度传感器

加速度传感器主要参数包括测试量程、频率范围、灵敏度等，目前配备的传感器参数为：量程±50gpk，灵敏度100mv/g，频率范围1Hz~5KHz。



- 多通道数据采集仪

目前配备的多通道数据采集仪支持32通道输入，每通道24

位AD转换，耦合方式包括ICP、AC、DC，每通道最高采样频率大于100KHz。

