

# 应用说明

30N.GunH.C.10.13

## 用于先进的弹道发射系统的加速度传感器



### 特点

- 超强的受冲击能力
- 优异的受冲击后的稳定性
- MEMS 加速度传感器中最好的长期稳定性
- 温度、振动及冲击等恶劣环境下应用
- 小尺寸、质量轻
- 产品出口许可由瑞士管理，但不受国际武器贸易条例（ITAR）限制

HS8030.D 加速度传感器应用于弹道系统

### 简介

目前一些正在研发的新技术，如扩展区域保护和生存系统（EAPS），可用于对付来袭的敌方攻击。然而，这些技术要求更多地使用远程火炮并可能使平民伤亡的风险增大到不可接受的程度。因此，精确的火炮系统，智能弹药和智能导弹将是未来发展的趋势。与此同时，“智能炮弹”要求提高弹药的精度，并且独立于 GPS 的控制，并且集成了独立可靠的能由传感器（例如加速度传感器）触发的冗余自毁机制。这就要求传感器在冲击开始前直至受到撞击后都能工作。如果没有检测到或没有达到发射的目标，武器或是自我销毁以消除残留爆炸物对平民的威胁，或是使其自我失效。需要指出的是精度的提高也意味着需要更少的发射次数，因此能大幅度减少炮兵部队的后勤。

除了必要的高性能传感器，即，陀螺仪和加速度传感器，Colibrys 挑战的是提供合适的弹道应用传感器，以满足制导和引信系统所要求的高抗冲击能力和冲击后的高稳定性。



Fig 1: Guided munitions

MEMS 传感器技术在坚固防御系统中应用的最好例子之一是 M982 神剑，一种 155 毫米超远程制导炮弹，由美国雷神公司导弹系统分公司，和已并为英国 BAE 系统公司旗下的瑞典博福斯（Bofors）防务公司共同研发。该产品使用了惯性控制系统来提高精度，最大限度地缩小伤害范围。尤其是在复杂的地形情况下，常规炮弹的有效性受到限制，后勤和补给不便，而该产品具有更高的工作效率。此控制系统面临的一个主要的挑战就是需要具有高精度的并且在极其恶劣的发射后的环境下还能稳定工作的惯性传感器。

这种集成了 Colibrys 的 MEMS 加速度传感器的智能炮弹，能够承受发射时高达 20000g 的冲击力，在 GPS 和/或惯性单元引导下，对 50 公里外的目标范围内，命中误差精度可达到数米甚至更小。

### 导弹发射冲击

冲击是一种很大的加速度，通常可以通过振幅（通常为 g），持续时间（通常为 ms）以及基本轮廓（通常为半正弦波）来描述一个极端的加速度。常规应用中面临的冲击是短时间内高振幅的震荡，然而导弹发射的过程往往呈现长时间的极端振幅的震荡，相当于更大的能量释放。

通常情况下，标准的汽车级加速度传感器要面对相当高的抗冲击能力的要求。但是，在制导系统应用中，加速度传感器不仅要求能承受更大的冲击，更被要求能在此环境下稳定和精确的工作。因此我们区分这两种为耐冲击能力和冲击后的稳定性。

导弹发射通常伴有所谓的“长时间高振幅冲击”（典型值：20'000g, 8ms, 半正弦波）和称为“高频振荡”的短时间里振幅冲击，（典型值：±5'000g to ±10'000g, 0.2ms, 半正弦波），取决于导弹的尺寸、形状、材料和发射器的规格。这两种不同情况对传感器的影响差别很大，必须要仔细考虑。

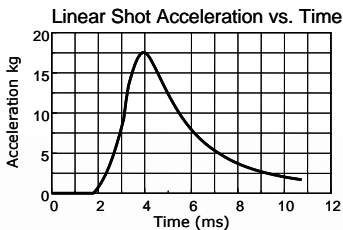


图 2: 理论冲击值

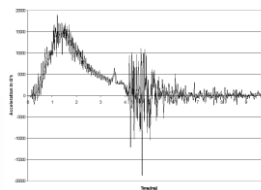


图 3: 实际发射冲击值

# 应用说明

## 长时间冲击

从传感器层面来说，这样的冲击可以被认为是准连续的加速度。这意味着，可以用离心机设备来重现这种冲击的影响并测试传感器的耐冲击能力和冲击后的稳定性。为了证明传感器的完整性能，这种加速过程实验必须在所有的三个自由度和正反两方向上测试。

## 高频冲击

高频冲击携带的能量少得多，但却潜在地影响传感器的谐振频率。在一些没有适当的滤波的情况下，某些冲击的幅度和频率的组合将影响传感器的性能和甚至损坏传感器或陶瓷封装本身。使用标准锤击测试将只反应这种高频率的震动冲击的部分特性。

## 应用于导弹发射的传感器测试

导弹发射的冲击曲线取决于发射器的类型以及弹载，形式和材料。各种测试配置可以一定程度上模拟出传感器的性能要求，但不能完全再现真实的火炮发射冲击。首当其冲的测试是离心加速度与标准锤击测试的组合。这种简单的组合测试一般应用于最初的开发和鉴定测试。



图 4: Aerobutt 测试设备

对加速度器最终的考验是结合沙地软着陆的 155 毫米榴弹实地发射测试。安装在 IMU 的加速度计能成功承受住 11'800g 到 19'500g 的冲击力。对发射过程中最高冲击力，加速度传感器表现出良好的耐受性和极小的偏离。

其次，最好的开发测试肯定是 **Aerobutt** 测试。这个沉重的工具结合了上述两种冲击特性，并且能保持被测样品安全完好。

数百只 Colibrys 的 HS8000/ HS9000 加速度计已经采用这种方法测试，可以提供相对良好的统计数据和非非常好的测试结果。值得注意的是，此设备提供了和电磁轨道发射测试几乎相同的结果。



图 5: 155mm G5 榴弹炮和精确弹药

## Aerobutt 测试结果

在传感器级别上，许多测试已经完成，以获取抗冲击能力的的数据以及确定由于冲击带来的性能的变化。**Aerobutt** 测试设备可模拟出高 g 值的多种组合情况。由于此设备可以在发射冲击后短短几分钟内恢复传感器的性能，许多加速度计使用图 5: 155 毫米 G5 榴弹炮进行了测量，以确定冲击对传感器性能的真正影响。

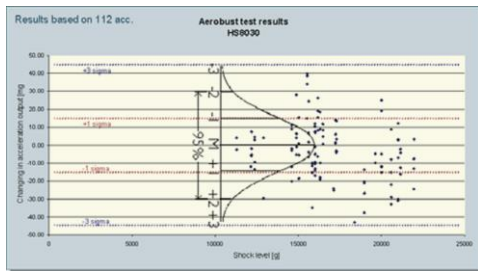


图 6: 传感器基于 Aerobutt 发射测试后数据的偏离, 沿 3 个轴向, 跨度从 11'000 g 到 22'000 g

Colibrys HS8030.D 在冲击后表现出优良的稳定性，偏离最大不超过 15mg，比例因子偏差小于 1200ppm。

## 应用说明

### 装配要求

基于体硅加工的 MEMS 微机械加速度计拥有固有的高抗冲击性。传感器性能即使在离心加速度达到 40'000g 时也没有任何衰退。应用于导弹系统的 COLIBRYS 加速度计的一个主要技术是其芯片粘接技术。该技术最大程度地减小了 MEMS 芯片的应力，确保了偏差的最小化。为了保障发射时传感器的最小偏差，Colibrys 开发了专有的芯片粘接技术，以保障传感器的抗冲击能力并确保应力对传感器芯片的影响到最小化。这项新技术已被应用到抗高冲击的 HS8000 和 HS9000 产品系列。

然而，将传感器集成到 IMU 或子系统内的安装步骤仍需要特别地注意。事实上，在灌封和封装过程中，需要特别注意绝缘材料的设计和选择，以保证最大程度地隔离和降低各种振动，防止导弹发射瞬间的冲击对传感器灵敏元件造成伤害。HS8000 或 HS9000 与防振材料的结合使用是 COLIBRYS 传感器应用于导弹发射系统的关键。



图 7： HS8000 和 HS9000 Colibrys 加速度计

### 总结

Colibrys 已成功开发出应用于武器发射的加速传感器。它的抗冲击能力和性能达到了令人满意的程度。作为一个独立的产品或者集成在 IMU 中，本产品都已被广泛的测试。所获得的结果证实了其机械耐用性和传感器在严酷的环境下的高灵敏度。该加速度传感器是目前市售的 Colibrys 的广泛的加速度传感器产品组合的一部分。