

Tech Note 2: 水听器自噪声测量

如何搭建一套接近要求的自噪声测量环境

Own Noise Measurement of a Hydrophone

中文翻译版

翻译整理：北京普思优创海洋技术有限公司（普思海洋 Wedynamic Marine）

2026 年

说明

本文档为 Teledyne RESON 官方英文资料的中文译稿，由普思海洋翻译整理，仅供技术参考；文中图表均摘自原厂资料，如有歧义以英文原文为准。产品规格如有变更，恕不另行通知。



1. 什么是水听器的自噪声

水听器数据手册上的等效谱噪声压力曲线，就是该水听器的自噪声。通俗地说，就是把水听器与周围环境完全隔离后，它自身输出的电信号。谱噪声曲线是归一化到 1 Hz 带宽的谱幅度，单位为 dB re 1 $\mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。

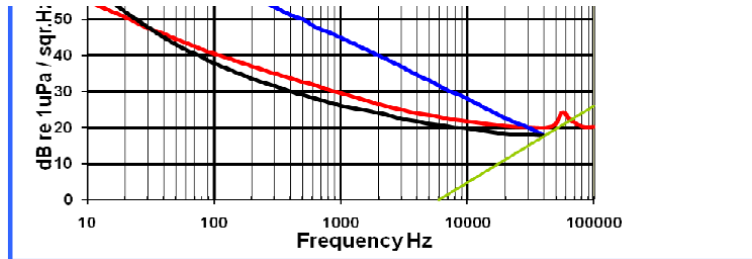


Figure 1: Equivalent noise spectrum for TC4032.

要测量水听器的自噪声，首先必须把水听器与环境隔离——这意味着所有声学噪声源和电气噪声源都必须消除。这说起来容易做起来难，下面介绍如何搭建一套尽可能接近要求的测量装置。

1.1 Acoustic noise:

水听器需要在声学消声室中测量。最好的解耦是在空气中，或者可能是在真空室中。注意，在低频段，空气与水对水听器传感元件的耦合能力相当——活塞发声器校准（通常在 200 或 250 Hz 进行）正是利用了这一点，详见活塞发声器校准技术说明。如果把水听器放在水中，会拾取到高得多的真实环境噪声：噪声会通过地面传入水中，也会通过水/气界面传入。真实声学噪声是水听器本应拾取、也必然会拾取的声音，因此必须将其消除，避免叠加到被测的“自”噪声上。

图 1: TC4032 单端输出（仅取正信号）工作模式下的等效噪声谱

要测量水听器的自噪声，首先必须把水听器与环境隔离——这意味着所有声学噪声源和电气噪声源都必须消除。这说起来容易做起来难，下面介绍如何搭建一套尽可能接近要求的测量装置。

1.1 声学噪声的隔离

水听器必须放置在消声腔中。最佳的隔声效果是放在空气中，腔内抽真空则更好。注意：在低频段，空气与水对水听器传感元件的耦合能力相当——活塞发声器校准（通常在 200 或 250 Hz 进行）正是利用了这一点，详见活塞发声器校准技术说明。如果把水听器放在水中，会拾取到高得多的真实环境噪声：噪声会通过地面传入水中，也会通过水/气界面传入。真实声学噪声是水听器本应拾取、也必然会拾取的声音，因此必须将其消除，避免叠加到被测的“自”噪声上。

制作消声腔最好的办法是使用一个大而重的钢制容器，只留一个小孔供电缆穿过。消声腔还需与外部环境隔离——通常它放在地板或桌面上，可在腔体底部垫一层厚的轻质泡沫材料实现隔振。





图 2/图 3: RESON 自噪声测量所用的钢制消声容器——容器须与地面妥善隔振, 并置于极安静的场所 (楼外无重型交通、无关门撞击声、无人谈话等)

使用钢容器还有个附带好处: 它同时是一个法拉第笼, 可屏蔽外部电磁噪声——这一点将在后文讨论。

还要注意: 典型的水听器同时也是一个加速度计, 环境中的机械振动会经由电缆以及水听器在钢容器内的悬挂方式传导到传感元件, 振动在那里转化为输出电压, 被前置放大器放大后沿输出线送出。

1.2 电磁噪声源的排除

所有可能的电磁噪声源都必须从测量装置中排除。最简单的方案是使用 EC6073 输入模块, 配 EC6068 充电电池或 EC6069 干电池供电。直流实验室电源或许可用, 但也可能引入电气噪声——噪声会馈入 TC4032 内部的前置放大器, 再经信号线放大输出。

注意: EC6073 输入模块只处理差分输出 TC4032 的正相信号; 与正相信号合成差分输出的负相信号未被利用。供参考: 可同时处理单端和差分信号的新版输入模块正在开发中, 尚未发布销售。

EC6073 具备完善的 EMC 屏蔽。其 BNC 校准音 (cal tone) 输入接口必须用 50 Ω 电阻短接, 否则校准音输入会像天线一样拾取电气噪声并被放大。EC6073 的输出为 BNC 接口, 用同轴电缆连接频谱分析仪。

如果水听器到信号采集点之间使用散线 (pigtail) 电缆, 校准线必须对地短接; 其次必须在电缆末端周围制作一个妥善的法拉第笼并接地。否则敞开的线头会像天线一样从环境中拾取电气噪声, 沿电



缆馈入前置放大器并被放大。

21 Hz 的哼声信号明确表明存在电气噪声拾取，它并非水听器内部产生。加高通滤波器无济于事——必须找到噪声源并予以消除。

法拉第笼可以用锡箔纸制作——注意别把不该短接的地方短接了。在电磁噪声很强的环境中，可能要把所有设备都放进法拉第笼，如下图所示。笼体唯一的输出就是带水听器信号的同轴电缆。使用散线电缆连接水听器与采集电子设备时，这也是正确的做法。法拉第笼不需要做得好看。

Figure 4. The only output from the Faraday cage is the coaxial cable in case a pigtail cable is used between hydrophone and recorder. The cage has to look nice.



The hydrophone wrapped in tinfoil



图 4：锡箔纸法拉第笼示例——水听器包裹锡箔；电池盒与 EC6073 输入模块包裹锡箔（注意 BNC 输出端的锡箔尾巴，确保信号地与笼体可靠连接）；连接水听器与输入模块的 TL8058 电缆也置于锡箔包裹内。实验过程中锡箔包裹须保持良好闭合（图中为展示而打开）

1.3 开放办公环境、未采取任何防护措施的测量

下面的对比图展示了在正规实验室环境与开放办公环境中分别做自噪声测量的差别——红色曲线与浅蓝色曲线的对比。请注意：TC4032 在上述装置中 1000 Hz 处的输出电压仅为 2×10^{-7} V。这是极其微小的信号电平，哪怕最轻微的声学或电磁噪声都会毁掉一次自噪声测量。



nt and a measurement done in an open office environment - the red curve compared to the light blue. Notice that the put voltage level of the TC4032 at 1000Hz when placed in the setup on Figure 6 equals only $2 \cdot 10^{-7}$ Volt. We are talk-; very tiny signal levels and even the slightest amount of acoustic or electromagnetic noise will spoil a own noise asurement.

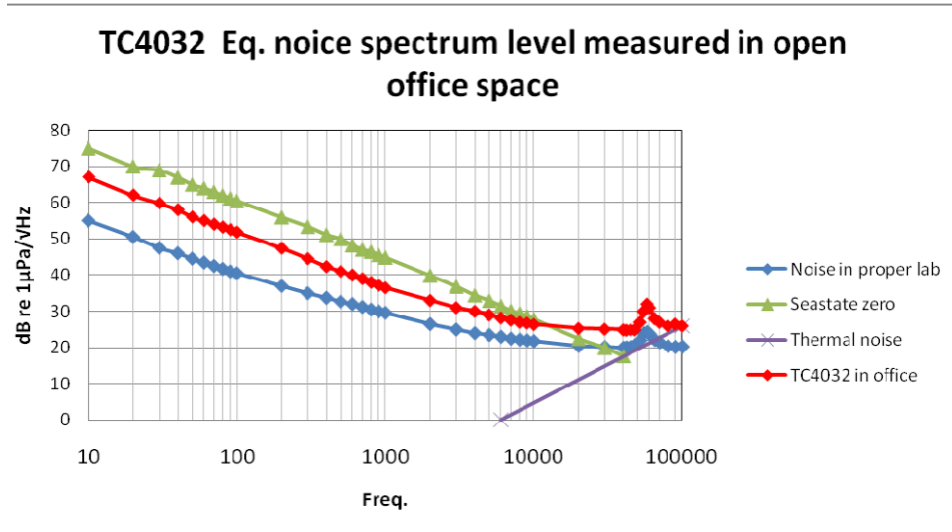


图 5: Comparison of own noise measurement done in a proper test lab and in an open office environment.

图 5: 正规测试实验室与开放办公环境下自噪声测量的对比



图 6: 开放办公环境装置——无屏蔽, 水听器与输入模块之间电缆长 10 m。这样的装置根本无法满足规范的自噪声测量要求

本文译自 RESON 集团传感器产品经理 Tom Mortensen 2009 年 11 月 12 日答复波特兰州立大学 James McNames 的技术说明。

