

看得见的歌声：海豚鲸类完美声谱图案*

据英国《新科学家》网站报道，在浩瀚的海洋中，除了惊涛骇浪的怒吼之外，其实还有优美动听的歌声。鲸类和海豚都是海洋中著名的歌唱家，它们的歌声不仅仅优美动听，而且看起来也赏心悦目。近日，声学工程师利用一些特殊的技术将鲸类和海豚的歌声变成一种可视化的美丽图案，而且该技术可以比传统的鲸之歌可视化技术捕获更多的声音信息。

1. 座头鲸交配时的声音

图 1 是声学工程师费舍尔利用声学技术将座头鲸交配时的声音中的低频率呻吟声和哭声按逆时针方向以可视化的图形展现出来。图 1 所表达的声音录音于夏威夷。

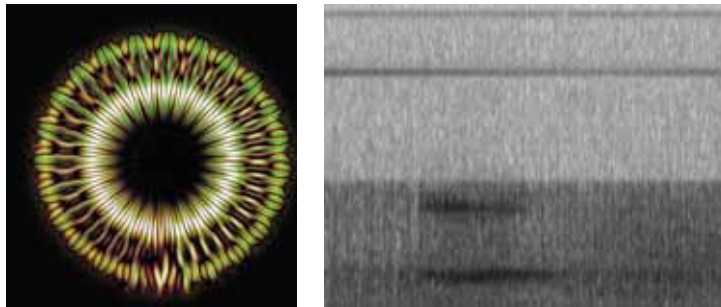
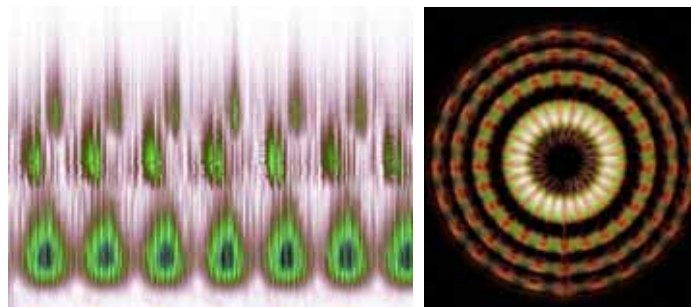


图 1 座头鲸交配时的声音图 2 小须鲸歌声声谱的傅立叶转换图

2. 小须鲸歌声声谱的转换图

为了识别动物的物种，海洋生物学家通常通过绘制动物歌声的声谱图从而将声音可视化。图 2 是小须鲸大声呼叫时声音的逆时针频率图。原始的声音通过一种被称为“傅立叶转换”的数学过程转换成正弦频率分量。傅立叶转换通常能够较好地描述重复的、持续性的噪音，但是不适合用来转换某些物种发出的断音。鲸类和海豚的歌声在音调、音量和长度方面变化很多。图 2 中看到的这种线性光谱，就是来自小须鲸的“啾嘤”呼叫声，其中一些细节已经被抹去，一些单独的脉冲也已无法分辨出来。

费舍尔更喜欢利用一种不太常用的数学过程对声谱进行转换，这个数学过程就是被称为“小波转换”的过程。图 3 显示的同样是小须鲸的“啾嘤”呼叫声，但是从图片中可以明显看出小波转换比傅立叶转换的正弦波更适合捕捉鲸类的声音。图 3 中的绿点所代表的脉冲一个个都更加清晰。费舍尔表示，“傅立叶转换通常使用的比较多，因此它已成为人们在研究声音时的唯一转换方式。但是，对于鲸类来说，它们的声音可以实现很多事情，这些都是在普通光谱图中看不到的。”



*引自：<http://www.sina.com.cn> 2010 年 02 月 02 日 13:25 新浪科技

图 3 小须鲸歌声声谱的小波转换图 图 4 小须鲸歌声的可视化效果图

图 4 同样是小须鲸歌声的可视化效果图，但是此前的线性图案已被绘制成一圈圈的圆环形。费舍尔有时还会对自己获得的声音图片进行再制作，比如他有时将声音图片层层堆叠从而产生花朵图案，有时将声音图案进行里外翻转或放大，从而产生特定的图案效果。不过费舍尔表示，他更喜欢声音的原始形状。图 4 所示的声音由美国加利福尼亚州西南渔业科学中心的研究人员录制。



图 5 小须鲸歌声小波转换产生的可视化效果图

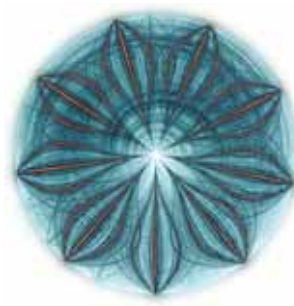


图 6 花斑原海豚歌声

图 5 是相同的小须鲸歌声经过不同的小波转换产生的可视化效果图。由于有数百种小波类型可以使用，因此费舍尔选择了其中最能表达小须鲸歌声或是最能产生理想的审美效果的一种。

3. 花斑原海豚歌声

图 6 是由一只花斑原海豚的叫声所形成的图案，声音录制于北大西洋亚述尔群岛海域。这只花斑原海豚既会发嘀嗒声，也会发出口哨声。其中，嘀嗒声由向外辐射的直线来表达，粗的黑线代表口哨声。这些声音音量较低，可能还有来自其他海豚的声音。

4. 伪虎鲸歌声

图 7 所示的是伪虎鲸的歌声，声音录制于北大西洋亚述尔群岛海域。伪虎鲸的名字前之所以多了一个“伪”，就因为它们与海豚的关系比与虎鲸的关系更近。它们的歌声中包含了各种不同的高频率嘀嗒声、口哨声和尖叫声，这些声音主要用于回声定位和相互通讯。图 7 中，可以看到它们是如何同时发出嘀嗒声和口哨声的，其中嘀嗒声是径向辐线，而口哨声则是图片中央模糊的部分。

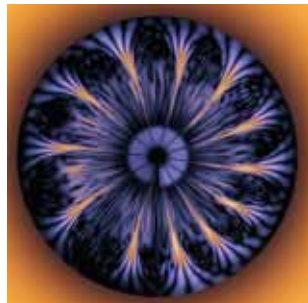


图 7 伪虎鲸歌声



图 8 白吻斑纹海豚嘀嗒声

5. 白吻斑纹海豚嘀嗒声

图 8 表达的是由白吻斑纹海豚所发出的嘀嗒声。它们发出这种嘀嗒声主要是用于回声定位，频率大约为 15 万赫兹。图 8 中的声音录音于冰岛附近的北大西洋中。



图 9 白吻斑纹海豚嘀嗒声

图 9 所表达的声音与前一图相同，但费舍尔采用了不同的小波类型进行转换，并对转换结果进行再制作，从而形成了图 9 中美丽的花朵图案。图 9 其实是一种合成图，“花朵”的每个花瓣分别是由录音中的不同部分的可视化图像所形成的。费舍尔把每一声音片段的图像层叠，旋转并改变大小，最终产生了图 9 的效果。

目前在国家自然科学基金“高速面铣刀气动噪声产生机理及其拓扑结构优化研究”项目（编号：50705052）资助下，我们正在开展铣刀回转噪声研究。研究目标：建立基于 FW-H 积分变换方程的高速面铣刀气动声学数学模型，揭示高速面铣刀空转气动噪声产生机理；提出高速面铣刀拓扑结构两阶段优化设计方法，建立高速面铣刀拓扑与结构优化及流体力学仿真模型，获取高速面铣刀齿数及其分布、容屑槽等三维几何结构参数，降低高速面铣刀空转噪声声压，奠定高速、超高速铣刀气动声学设计基础。

铣刀回转噪声（图 10）看起来也非常“赏心悦目”。

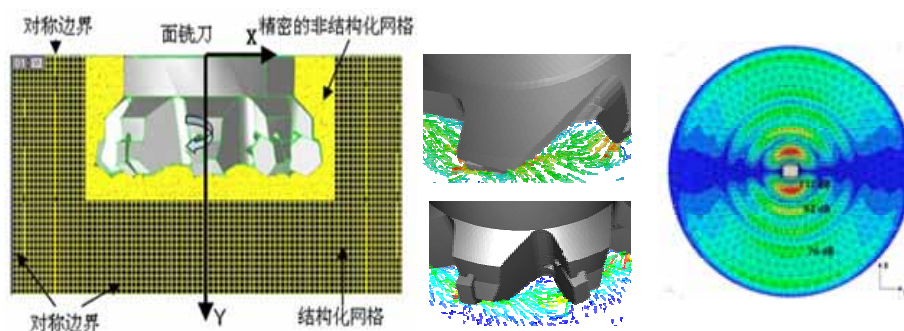


图 10 面铣刀流场计算网格图 容屑槽区域速度场 声压场