

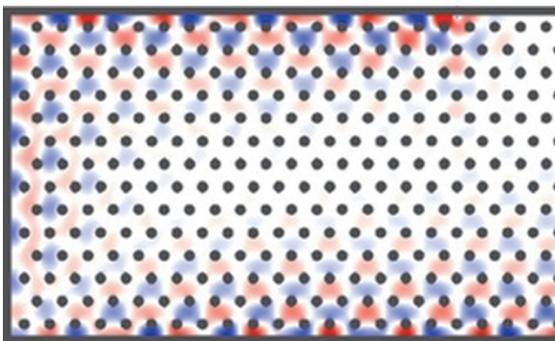
特殊声学结构可以躲避声呐探测

(北京大学 王树峰 编译自 Philip Ball. *Physics*, March 20, 2015)

一种电流沿着其表面传导的特殊电子学材料，其声学版本可以使潜艇躲开声呐的探测。

被称作拓扑绝缘体的材料其能带结构具有特殊的拓扑性质，内部为典型的绝缘体，但其表面具有传导电流的特性，因而可以用在一些特殊的领域。新加坡的一个团队提出了一种针对声波、具有类似特性的结构：这个结构会引导声波在表面一定区域内单向传播，同时那些在传统材料中会导致声波散射的缺陷在这种结构中不起作用。如果得以真正实现，这种结构可以在声学应用中发挥作用，例如用于隔音或者声呐隐身系统。

数学模拟表明，在拓扑绝缘体内部，电子以波的形式在周期性结构中传播，这些结构会产生一系列电子无法传播的频率，就构成了带隙，导致材料的内部为绝缘体。而表面则是无能隙的金属态，电子可以沿着材料表面运动，遇到杂质时相比于传统导体发生的散射较少。



一种声学拓扑绝缘体可以引导声波沿着边缘传播

这种拓扑绝缘体可以是一种沿着垂直平面方向施加有强磁场的二维平面材料。当参数得当时，电子对外场的响应使它们做圆周运动，并周期性排列。但是在材料的边缘，电子只能运动半个圆周。这些半周路径可以首尾相连形成边缘通路，于是电子就可以沿这一路径单向移动(由轨道的方向决定)。而且沿着这一通路的电流可以克服晶格中的缺陷从而避免散射的发生，这是因为单向的运动阻止了所有的背向散射。

研究者非常希望可以把这种材料应用于新技术领域。与此同时，他们也期待这些效果可以复制到其他波的传播中去，例如光波和机械振动波。南洋理工大学的 Baile Zhang 等人提出了一种声学拓扑绝缘体，可以以一种全新的方式控制声波。

这种声学结构与拓扑绝缘体在结构上可以类比。周期性轨道电子晶格被二维平面金属圆柱取代，这些圆柱按照三角形晶格排列，同时自身旋转。每个圆柱都被流体包围，最简单的流体就是空气。流体外面有一个更大的静态圆柱外壳层，它对声波是透明

的。这些外壳之间的部分也是由相同的、但是静态的流体填充。每个金属圆柱体的旋转在它周围的流体中产生一个小漩涡，漩涡被限制在外壳层以内。

声波无法穿透这一结构，这是因为周期性结构构成了一个对于声波的带隙，就如同拓扑绝缘体中的电子带隙一样。但是边缘并不完全类似，转动的流体支持声音沿着边缘单向地环形传播。

由于这个结构的边缘态可以很精确地引导声波，因此在声呐隐身方面可能很有用处。现在已经有人建议将其用于声音的“隐形盾牌”，类似于针对超声波和可见光的设计。Baile Zhang 认为，不规则的突出结构非常令隐身设计工程师头疼，但是如果能够在这些结构上铺设声学拓扑绝缘体，则可以捕获声波，并将其沿着表面单向引导出去。这对于任何结构都是行之有效的，他们认为这种设计应该不难被制造出来。

“我想这种设计可以产生很有趣的声学结构，比如单向波导。”荷兰 Leiden 大学的拓扑绝缘体材料专家 Vincenzo Vitelli 教授这样评论到。他认为现在着手去尝试建造这种声学系统应当很有前景。

更多内容详见：Z. Yang et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2015, 114: 114301.