

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/40106> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Neo, Y.Y.

Title: Swimming bass under pounding bass : fish response to sound exposure

Issue Date: 2016-06-09

Chinese Summary

中文概括

鱼类声感世界

鱼类的生长环境并非寂静无声。反之，海底世界充满了种种自然现象及水生动物的发声，如鼓虾猎时巨螯速合的声响以及鲸群用以沟通的鲸歌。鱼类能听见低频率的声音，并利用声音寻找合适生境、搜寻猎物和避开捕食者。一些鱼种也能发声，以吸引配偶或击退竞争者。因为海底大量的声音信息比视觉、嗅觉及触觉的信号在水中更容易传播，鱼类更得依赖其听觉以得生存。

由于依赖听觉，鱼类也可能被一个新兴的非自然声源所影响——人类活动。这些活动包括船务运输、海上工程、声纳探索、地震勘探以及海底爆破。所产生的噪音在近距离内能直接杀死鱼群、损坏其听觉组织或将它们暂时性的震聋；在远距离能改变鱼类的行为，减低它们觅食与避免被捕的效力。而让人担忧的是这些改变有可能威胁渔业资源的可持续性及其生态系统的稳定性。

了解噪音对鱼类行为的影响

评估噪音的严重性并非直截了当，也存在种种困难。一、当前的评估指南主要以噪音的音量与长短为基准，但这些标准并无法充分地反映噪音对鱼类行为的影响。其他声音度量，如声音的瞬时构造，虽然可能更为重要，但却未经测试。二、行为研究对噪音影响所发表的结果不容易推测鱼类在野生状态下的行

为改变，因为各别的研究使用不同的实验方法。这些方法可以是实验室内、野外实地或半自然式的研究，也各有其利与弊。各个方法的研究结果须要直接地比较，才能推定各种观察结果的概括性，以及实验条件对结果的影响。三、将研究结果转化为管理决策并非易事，毕竟动物行为本质上是极为复杂的。行为的复杂性反映在行为数据上极大的变异性，而此变异性来自个体间性格的差异以及行为反应受环境的影响。此外，有些行为改变并不直接表示动物的存活以及繁殖受到影响，尽管这可能造成生理压力和精力受损。

为了克服这些挑战，我首先在一方人工水池里进行了两个实验，对来自养殖场的欧洲鲈鱼播放一系列的噪音，并以视频跟踪系统分析鱼群的游动。第一个实验比较连续性与脉冲性的噪音，以及稳定与变动音量的影响（第二章）。当鱼群听见噪音时，它们马上加速并聚合游向更深处，反应了对噪音感受胁迫。然而，鱼群在噪音播放的一小时内就恢复了开始时的行为。有意思的是鱼群在脉冲性噪音下的恢复时间是连续性噪音下的两倍。接着，我检验此行为的恢复是否是因为鱼群对噪音持续地刺激形成了习惯化，而非因被噪音震聋或耗尽精力而停止反应。此外，我也测试脉冲之间的间歇长短是否调节噪音的影响（第三章）。从这个实验，我示证了行为的恢复是由习惯化所引起，而当脉冲的间歇越长，鱼群在噪音停止后则游得越靠水面。

我接下来使用相同的实验设计在一个悬浮于海面的大型网箱进行了另两个实验，并利用三维声波遥测技术分析鱼群的游动模式。我利用此半自然式的设置来测试噪声淡入的功效，既是一般海上工程或地震勘探前以渐增音量来驱赶海洋动物以防受巨响伤害的程序。同时，我也再次比较连续性与脉冲性的噪音，以及规律与不规则脉冲间歇的影响(第四章)。在这露天的网箱中，鱼群行为的改变与之前在水池内大致相似，但它们却同时远离了声源。然而，虽然鱼群在淡入程序一开始就受惊，它们并没如预计般游开。此外，此实验装置并没有显示连续性与脉冲性噪音之间，以及规律与不规则脉冲间歇之间对鱼群的影响有明显差异。接着，我检测欧洲鲈鱼是否对多次噪音的播放也会形成习惯化，而且对噪音的反应会否因播放的时段而有所不同(第五章)。我发现鱼群在两天内对连续八次噪音播放的反应逐渐减少，而晚上的反应比白天来得大。

对生态管理及后续研究的启发

本论文内的四个实验显示了噪音对鱼类行为的影响比事先预想的还复杂。首先，鱼类行为的改变受噪音的瞬时构造影响。因此，噪音的瞬时构造在评估噪音的严重性及策划纾缓措施时须被考量。二、一些室内实验所观察到的行为改变可被外推至户外环境，但一些行为则在局限空间内无法显示或与野外有所不同。因此，实验室内的研究结果须经仔细审核后才可外推至大自然。三、噪声淡入的程序不一定如一般所预计般能驱赶鱼群。一些淡入程序不但无效，更可能适得其反。四、鱼类会对反复的噪音习惯化，但这对鱼的影响是好是坏目前还无以定夺。最后，鱼类因昼夜节律的关系而对噪音的反应会因时段而有所

不同。这些差异须受重视，生态管理才能更为有效。

本论文不但解答了许多重要的问题，也揭露了我们目前对此课题了解的不足。比方说，我们依然不知道野外的鱼类对噪音的反应是否与本论文来自养殖场的欧洲鲈鱼相同。野生的鱼经历了不一样的环境，所以对噪音的反应也可能不同。而且，自由游动的鱼群所显示的行为模式与在局限空间内被测试的鱼群也可能有别。除此之外，我们须要在人类海洋活动现场进行测试，以示证本论文所观察的鱼类行为改变的概括性。另外，为了了解行为上的改变是否影响鱼群的存活与繁殖，以及其种群的稳定性，我们还需要更多的后续研究。虽然未解的问题还很多，本论文探索了一个先前未知的领域，因而开拓了许多新的研究方向。