



Toxics-Free
Corps

无毒先锋

第10期

DETOXIFICATION FILE

解毒档案

—— 有毒化学品对鸟类的伤害

导语



“从前，有一个地方风景如画，各种鸟类丰富多彩。在春天和秋天，迁徙的候鸟蜂拥而至，甚是热闹；即使在冬天也一片生机，雪后会有无数的鸟儿飞来在雪层之上寻找食物。之后，人类来到此地定居，情况开始发生变化。先是家禽家畜死亡，接着人们生了各种各样的病。不久后，这个地方的鸟儿不见踪迹，再也不见欢快歌唱的乌鸦、鸱（dōng）鸟、鸽子，只有一片寂静覆盖着这片土地。”

这是美国海洋生态学家蕾切尔·卡尔森（Rachel Carson）撰写的《寂静的春天》一书开篇所虚设的一个场景。由于人类对环境的破坏和污染，鸟儿的生存受到致命的威胁，林间再也听不到鸟儿们悦耳的歌唱。本应该热闹非凡的春天，变得寂静无声。

虽然书中的场景为虚设，但卡尔森并非危言耸听。近年来，随着人类活动对环境造成的污染不断加剧，鸟类数量连年下降。国际鸟类联盟在《2018全球

鸟类状况报告》中指出，在全世界已知的约1.1万种鸟类中，至少有40%（3967种）的鸟类数量正在减少，平均每8种鸟类中就有1种面临灭绝威胁，其中不乏常见种群¹。2019年更有报告指出，自1970年以来，仅北美鸟类数量就减少了30亿只，约占北美鸟类总数的29%²。我国的情况也同样不容乐观，据《2017年全国生物多样性观测报告》显示，由于生境破坏、环境污染、商业捕捉、化肥农药过度施用等人类活动，部分动物生存受到威胁。2011-2017年，通过对78个繁殖期鸟类样区进行连续观测和分析，研究人员发现，556种鸟中，有50%的鸟的种群密度呈下降趋势，特别是内陆水体、沼泽中的鸟类种群密度呈明显下降趋势。在不远的将来，“寂静的春天”可能变为现实。

那么，鸟类的生存是如何被人类影响的呢？国际鸟类联盟指出，与鸟类灭绝危机相关的威胁多种多样，但都是人类造成的。在1469种全球濒危鸟类中，农业扩张和集约化对其中1091种（74%）产生影响，森林的破坏影响了734种（50%），外来物种入侵威胁到其中578种（39%），狩猎和诱捕使517（35%）种濒危鸟类处于危险之中，而气候变化影响着其中485种（33%），并且有加剧趋势。对于鸟类数量及种类的减少，人类难辞其咎。

Agricultural expansion and intensification threatens 74% of the 1,469 bird species globally at risk of extinction



然而，鸟类除了遭受到上述直观可见的威胁之外，还遭受着隐秘却又广泛的有毒有害化学品的危害，例如塑料中的添加剂、杀虫剂、重金属、持久性有机污染物等。

图：全球1469种鸟类生存受到威胁，来源：卫报

一、塑料

你知道吗？



全球每分钟卖出约100万个塑料瓶



每一年在世界范围内，塑料袋的消耗数量为5000亿个



过去10年中生产的塑料比上个世纪的总量还要多



我们使用的塑料有50%是一次性的



我们每年消耗1700万桶原油生产用于装水的塑料瓶



全球在2016年卖出超过4800亿个塑料饮料瓶



塑料占到废物总量的10%

图：“塑战速决”，来源：联合国环境署

吨流入海洋，其中一些破碎，变成微型碎片。据估计，每年有100万只海鸟和10万只海洋哺乳动物因塑料污染而丧生，可以说，塑料严重危害着自然界中的鸟类和其他生物的生存。

为了使塑料能具有某些特性，人类在塑料的生产过程中会加入各种化学物质，如加入双酚A使塑料变得更透明，加入邻苯二甲酸酯使塑料变得更柔韧。而这些化学物质已被证明对生物体有害，与癌症、心脏病和内分泌系统紊乱有关。



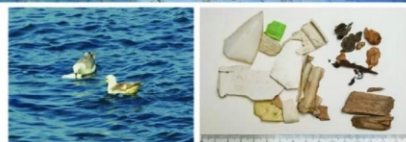
暴雪鸕 (hù)，是一种北极地区的大型海鸟，是信天翁的亲戚，但比鸥类身体大，翅膀更长而直，脖子粗、嘴短。它们的栖息地远离人类，成群住在法兰士约瑟夫地群岛上，常在沿海峭壁的空穴中筑巢⁴。可即使栖息地已经远离人类，暴雪鸕仍然遭受着塑料污染之苦。

图：暴雪鸕，来源：Wikipedia

加拿大不列颠哥伦比亚大学的研究人员曾在海滩上发现的大量暴雪鸕尸体进行解剖，结果发现，其中90%的暴雪鸕的胃里含有未消化的塑料垃圾，包括牙刷、包装袋、渔网和泡沫塑料块，正是这些塑料垃圾导致了暴雪鸕的非正常死亡。每只因误食塑料垃圾而死亡的暴雪鸕体内平均有36块塑料垃圾，最高纪录则达到485块⁵。

在一项初步研究中，加拿大野生动物服务中心的Jennifer Provencher博士检测了5枚北极暴雪鸕鸟蛋，其中一个检出邻苯二甲酸酯。Provencher 博士解释道：“北极地区的

据估计，2015年全球55%的塑料废物被丢弃，25%被焚烧，20%被回收³。联合国的数据显示，在被丢弃的塑料中，每年至少有800万



图：暴雪鸕的胃里有塑料（上），暴雪鸕在海上咀嚼塑料碎片（左下），暴雪鸕的胃里有碎片、泡沫、薄板和木头（右下）作者：Jan Andries Van Franeker

这些暴雪鸕是属于塑料含量最低的鸟类。如果是针对塑料摄取水平高很多的暴雪鸕鸟蛋进行检测，结果可能会更加惊人。”

在另一项研究中，Provencher博士和她的同事检测了暴雪鸕和黑腿三趾鸕的鸟蛋，发现了更多的化学物质，如紫外线稳定剂和抗氧化剂。科学家认为这些化学物质，是海鸟在捕食时误食的塑料碎片中释放出来的。一旦这些鸟类食用了塑料制品，它们就会因为塑料碎片体型太大而无法通过消化系统，这意味着塑料会持久留在胃里，并释放能够进入血液和卵中的化学

物质。Provencher博士在华盛顿特区的美国科学促进会上讨论她的早期工作时说：“现在重要的是确定这个问题的普遍程度，以及这些化学物质是否会对鸟类造成伤害。”“我们发现有多种塑料污染物从母体转移到鸟蛋中，那只鸟从发育之初，体内就携带那些污染物。而在这样一个原始环境中发现鸟蛋含有塑料添加剂，这是令人非常担忧与悲哀的。”

2004年3月，欧盟拯救北海项目（Save the North Sea）暴雪鸕研究小组成员在北海的南部观测到一起大量暴雪鸕死亡的异常事件。研究小组发现，大部分死亡的暴雪鸕出现换羽减慢甚至完全停止的异常现象，近70%死亡的暴雪鸕是成年雌性，甚至有些还携带着鸟蛋。这是极不寻常的，因为在过去的海鸟死亡事件中，通常年幼鸟类死亡率较高，并且不会有如此强烈的性别差异⁶。

	总数	成年雌性	未成年雌性	成年雄性	未成年雄性
1980s	363	22%	29%	25%	23%
1990s	232	29%	29%	23%	19%
2000-03	187	30%	30%	20%	19%
2004	134	67%	11%	13%	8%
总计	916	32%	27%	22%	19%

图：2004年和往年的海鸟死亡事件中的雌雄占比与成年和未成年占比，作者：Jan A. van Franeker

鸟类的羽毛生长和生殖受到激素的调节，因而研究人员推测，此次暴雪鸕大规模死亡事件是由于暴雪鸕误食了塑料碎片，或者食用了被塑料污染的食物，致使塑料添加剂进入暴雪鸕的血液中，导致其内分泌激素系统失调，才造成了这一系列后果。



图：几乎没有羽绒的暴雪鸕，
作者：Jan van Franeker, Wageningen Marine Research



图：成熟的蛋还没来得及产下来，暴雪鸕就死了，
作者：Jan van Franeker, Wageningen Marine Research

为什么2004年会出现这种大规模的暴雪鸕死亡呢？

原则上，当鸟类利用它们的脂肪储备时，污染物便开始以更高的浓度在血液中循环，污染物的影响就会变得明显。然而，这种情况在正常的年度周期中经常发生。

奇怪的是，2004年大规模死亡事件持续了很长一段时间。其异常之处在于，暴雪鸕从秋季到冬季，持续了很长一段时间的明显的低体重身体状况。很有可能，只有在身体状况长期下降的情况下，内分泌激素干扰物才能充分发挥作用。

这意味着与塑料摄入有关的化学负荷可能潜伏很长一段时间，但随后在不利条件下可能超过阈值水平，引发严重的群体后果，就构成不可逆转的威胁。如成年雌性海鸟的过高死亡率会对海鸟的数量造成特别严重的影响。

二、重金属

作为食物链中重要的一环，鸟类亦深受重金属污染之苦。若直接吞噬一定量的重金属，可造成鸟类中毒死亡。若长期暴露在低水平的重金属污染环境中，重金属也会通过消化道和呼吸道进入鸟类的体内，对其生长发育和生殖生育功能产生负面影响。

铅 Pb

《野生动物迁徙物种保护公约》(CMS) 执行秘书Bradnee Chambers说：“全世界的铅不仅杀死了数百万只鸟，而且我们环境中的铅也是一个迫切需解决的人类健康问题。”

铅在动物体内具有蓄积作应，90%沉积在骨骼中；若进入血液时可引起铅中毒，导致神经系统、造血器官和肾脏等发生病变，引起免疫功能的损害，并造成其生存能力下降，更容易被捕食或饿死。

铅常因人类狩猎或捕鱼被带入到野生环境中危害鸟类的生存。在许多国家都有使用铅制成霰弹狩猎的习俗，当用猎枪射击时，数百颗铅弹便会落入到更广阔的环境中，在湖沼等湿地底部堆积成大量铅砂。散落的铅砂会被天鹅、雁、鸭类等水禽误认为是砂粒而取食。

鸟类误食1-2颗铅弹，可在数周内逐渐消瘦并死亡，当摄入较多铅弹时，身体则会迅速恶化并因此丧生：在铅中毒初期，首先出现的可能是飞行不稳和着陆困难。例如铅中毒的黑额黑雁，头部和颈部位置可能在飞行过程中出现“弯曲”，发出的声音可能会变成高音喇叭声。

如果这只鸟在铅中毒后2~3周内仍存活，那么它也可能开始出现消瘦的症状，因为它的胃部难以消化食物，消化道也会被堵塞。以大红鹤为例，铅中毒的个体肛门会呈亮绿色，喙嚙肿胀，身体多处水肿，翅膀垂落，声音变得低粗。不能飞的个体表现出胸部，翅膀及腿部肌肉麻痹和萎缩。

据估计，在美国每年使用铅弹2400~3000吨，有160~240万只水禽因此丧生⁷。而欧洲每年有40万至150万只水禽死于铅中毒⁸。



图：信天翁误食了从废弃建筑上脱落下来的含铅涂料，导致翅膀下垂。作者：Milton Friend



图：排便区域的亮绿色表明了铅中毒，作者：Milton Friend

汞是一种能够引发生物机体不可逆损伤的重金属，被认为是重金属污染的“主犯”。汞污染在人类历史上酿成过很多悲剧，例如日本的水俣病、伊拉克被氯化甲基汞污染的粮食、瑞典野鸭大量死亡等。

汞的摄入也会对鸟类的生命带来威胁。鸟类卵中的汞含量超过1.5~18 mg/kg就足以导致卵重下降、畸形、孵化率降低、生长率以及雏鸟成活率低。环颈雉(Phasianus colchicus)肝脏中的汞达到3~13 mg/kg时孵化率会显著降低¹¹。

不仅如此，作为一种内分泌干扰物，汞还会对鸟类的行为产生影响。美国佛罗里达大学野生动物生态学和自然保护学教授Peter Frederick和他的团队在注意到鸟类繁殖减少后，开始研究甲基汞对鸟类的影响¹²。甲基汞是通过一些细菌由汞转化而来的一类物质，可随着金属汞的污染散布在城市中。甲壳类动物和其他小型无脊椎动物从湿地附近的城市垃圾中摄入甲基汞，而后鸟类通过捕食这些小动物也摄入了甲基汞。

研究团队从野外捕捉了160只白鹇(huán)幼鸟，随机分为四组(雌雄数量相等)，三组分别给予低、中、高剂量甲基汞(剂量为0.05、0.1、0.3ppm(1ppm为百万分之一))暴露，其中低、中剂量组的

甲基汞浓度为野鸟常面临的浓度，而第四组对照组的饮食则不含甲基汞。接下来人工饲养三年，测量白鹇羽毛和血液中的汞含量，并观察他们的交配行为。研究团队发现，随着时间的推移，白鹇体内的汞含量会逐渐升高。与对照组相比，暴露在汞环境中的白鹇，其雄性同性性行为个体随着汞剂量的增加而增加(比例最高达到了55%，具有统计学意义)，产蛋量下降了(最高达30%)，并且表现出更少的求偶行为。与此同时，异性性行为配偶间的亲密程度降低。

雄-雄配对在自然环境下并非前所未有，但通常是发生在无法找到雌性配偶的条件下，而这项研究中，鸟群有足够的配偶供给。Peter Frederick教授说：“这些雄鸟和雄鸟之间的关系就像异性之间的关系一样，它们一起筑巢，交配，一起在一个巢上呆了一个月，尽管没有蛋生成”¹³。

虽然目前对导致雄鸟同性性行为改变机制尚不完全清楚。但甲基汞似乎可以通过影响内分泌系统而引起上述行为的改变。研究表明，长期暴露于低浓度的膳食甲基汞会导致内分泌紊乱，例如它会改变雄性白鹇中性激素睾酮和雌二醇的水平，这可能是野生鸟类生殖能力受损的一种普遍机制¹⁴。

镉 Cd

镉主要积蓄在肾脏，其次是肝脏、肺和肌肉；其影响主要是显著降低禽类的生殖和生长性能，引起贫血、器官病变、生长受阻、产卵量下降、蛋壳品质降低、孵化率下降和死亡率增加等。

砷 As

元素砷毒性很低，但砷化合物有致癌作用；它主要蓄积在神经系统、肝脏、肾脏、细胞免疫系统和生殖系统中；禽类砷中毒后会出现下肢麻痹、瘫痪，最后进入嗜睡状态直至死亡。

三、持久性有机污染物

持久性有机污染物 (Persistent Organic Pollutants, 简称POPs) 是指通过各种环境介质 (大气、水、生物体等) 能够长距离迁移并长期存在于环境，具有长期残留性、生物蓄积性、半挥发性和高毒性，对人类健康和环境具有严重危害的天然或人工合成的有机污染物质。环境中的持久性有机污染物难以降解，并能通过呼吸、饮食摄入及表皮接触进入人体，对人体神经系统，内分泌系统，肝脏等造成伤害，同时还能造成基因损伤、染色体畸变等，破坏细胞的遗传物质进而升高患癌症等疾病的风险。

电子垃圾含有多种重金属和有机污染物，这些污染物随着拆解过程释放到环境中，众多研究表明，电子垃圾拆解地区的环境 (包括大气、水、土壤和室内灰尘等) 以及生物体内的重金属和持久性有机污染物浓度都较高。

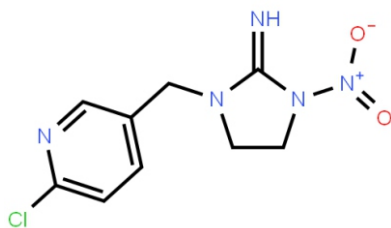
2018年8月，《整体环境科学》(Science of The Total Environment) 上刊载了一篇名为 Selection of passerine birds as bio-sentinel of persistent organic pollutants in terrestrial environment (选择雀形目鸟类作为陆地环境中持久性有机污染物的生物前哨) 的文章。研究人员在广东省清远市的某大型电子废弃物回收场采集了8种共42只陆生雀形目鸟的样品，而后送往实验室并对其胸肌中的多氯联苯(PCBs)、多溴联苯醚(PBDEs)、滴滴涕(DDT)及其代谢产物在内的持久性有机污染物进行了检测。结果发现，这些鸟类样品中多氯联苯 (PCBs)、多溴联苯醚(PBDEs)、二氯联苯三氯乙烷(DDT)的浓度分别为

1260~279000、121~14200和31~7910 ng/g脂质¹⁵。其中，多氯联苯含量比比利时、波兰和瑞典的雀形目鸟类肌肉中的水平要高出3个数量级。该研究说明野生动物已经受到环境污染的损害。



图：电子拆解地8种雀形目鸟，来源：网络

杀虫剂



图：吡虫啉化学式

新烟碱类杀虫剂有对害虫杀灭的高效光谱性以及较好的环境相容性，自从拜耳 (Bayer) 公司首次将新烟碱类杀虫剂吡 (bi) 虫啉推出以来，已衍生出众多品种，在短短数年内就在蔬菜水果和粮食作物上应用广泛。然而新烟碱类杀虫剂在使用过程中，会伤害蜜蜂、鸟类和水生昆虫 (鸟类和鱼类的主要食物来源) 等传粉者，已引起多国关注。

为了研究吡虫啉对夏季从美国南部和墨西哥地区迁徙到加拿大北部地区的白冠麻雀的影响¹⁶，加拿大萨斯喀彻温大学 (the University of Saskatchewan) 的Christy Morrissey教授和其研究团队给这些鸟注射相当于不到一粒玉米种子所含的剂量的吡虫啉。结果，在数小时内它们就变得虚弱，出现胃病症状，然后停止进食。根据剂量的不同，它们的体重迅速减轻了17-25%，而且无法确定它们向北迁徙的方向。“基本上，这些鸟都迷路了，”



图：白冠麻雀，作者：Kym MacKinnon，来源：Unsplash

Morrissey教授说。而未接触杀虫剂的对照组鸟类未受影响。

测试结束14天后，白冠麻雀恢复了体重和方向感。但Morrissey说：“我们从其他研究中了解到，许多不同类型的候鸟，如果推迟了几天到达繁衍地，或者

他们到达时身体状况不好，繁殖成功率会低于正常情况。我们知道这些影响对于群体数量水平的变化非常关键。”

含氟泡沫灭火剂



图：火烈鸟，作者：Wolfgang Hasselmann，来源：Unsplash

博奈尔岛（Bonaire）位于加勒比地区的委内瑞拉北部，是西半球最大的火烈鸟繁殖保护区之一。该岛海岸线长，海滩众多，海水清澈，是加勒比海地区最好的岛屿之一，被誉为“加勒比海上的粉红佳人”。

2010年9月8日，博奈尔岛内的塞利娜戈托地区（Saliña Goto, Bonaire）因石油爆炸而引发了大火。为了迅速遏制灾情，在多日消防行动中，人们应用了六种不同类型的消防泡沫，估计总量约为145000升。灭火行动导致了盐湖中单氟烷基和多氟烷基物质(PFASs)浓度陡升。

几个月后，当地的火烈鸟的数量骤降到几乎完全消失。对此，消防泡沫带来的直接和间接生态毒理影响，引起了越来越多人的关注，荷兰国家公共卫生和环境研究所（RIVM）对此进行了初步的危害和风险评估。据有关石油火灾和消防泡沫成分的专家预计，火灾后排放的化合物有多环芳烃（来自燃烧的油）、作为活性泡沫形成剂的多氟烷基物质（PFASs）和因设施建筑材料腐蚀而泄露的金属物质等。事实上，博奈尔岛各地的环境样本中，也都被检出了多环芳烃和多氟烷基物质（PFASs），尤其是国家公园内的含量特别高。

瓦赫宁根大学研究中心也对此次事件进行了长期的环境风险评估¹⁷。2010年、2012年、2013年和2015年他们分别在受影响的盐湖附近对沉积物、水和生物样品进行定点抽样和检测，并对物种数量进行分析。实验结果和观察结果表明，持续存在的有毒灭火泡沫导致了火灾后受灾地区附近的大型底栖生物群落明显减少，并且距受灾地区距离越近，影响越大。以全氟辛基磺酸（PFOS）为例，其可以通过改变蜕皮周期、繁殖或生存等方式影响昆虫。这可能解释了在塞利娜戈托地区观察到，在火灾之后的一段时间里，昆虫和甲壳类等底栖生物群的数量一直很低。底栖生物种群数量的减少最终也影响了火烈鸟的生存。

多氟烷基物质（PFAS）

单氟和多氟烷基物质（perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances, PFAS）是一类脂肪烃类化合物。它们是一个庞大的家族，包含数千种化合物，其中最为典型且应用最广泛的是PFOS和PFOA。多氟烷基物质（PFAS）属于环境内分泌干扰物，其结构稳定、不易降解，不仅可以广泛存在于被污染的环境中，而且可通过富集效应在生物体内蓄积，属于持久性污染物。研究表明，多氟烷基类（PFAS）化学品与前列腺癌、肾癌、睾丸癌以及甲状腺疾病和低出生体重有关。日常生活中，多氟烷基物质（PFAS）作为优良的表面活性剂被广泛应用于生产和生活的各个领域，如纺织、造纸、不粘锅涂层、食品包装等。

通过这个案例，我们需要认识到的是：当我们使用一种持久性有机污染物来减少另一种污染损害时，其影响可能比事件本身更有害。当危害来临之前，我们可能毫无察觉；当危害来临之后，我们只能痛惜扼腕。

四、行动起来，保护鸟类和生物多样性

生物多样性包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性，是人类社会赖以生存和发展的基础。人类物质文化生活的各方面都与其息息相关。生物多样性为我们提供了生存所必须的食物，也可以保持土壤肥力、保证水质、调节气候、保持生态稳定。

鸟类是生物多样性不可缺少的一部分，从蜂鸟到鸵鸟，从企鹅到老鹰，每种鸟类的外观、习性和栖息地都是独特的。有些种类数量庞大，而有些种类已然濒危。有些种类活动范围小，一生只在几公顷的土地上度过；有些种类则每年都要进行令人惊叹的迁徙活动，几乎覆盖半个地球，并通过其迁徙路线将国家、人类和大洲连接了起来。多姿多彩的鸟类世界大大丰富了地球上的生物多样性，生物多样性的维持也为鸟类提供了生存的基础。

由于生物多样性这非凡的意义及鸟类在生物多样性的重要贡献，世界候鸟日将2020年的主题定为“鸟类连接我们的世界”，以提醒人类关注生态系统的完整性。世界候鸟日活动于2006年由《非欧亚迁移性水鸟协定》（AEWA）与《全球迁徙物种公约》（CMS）联合发起，由联合国环境规划署（UNEP）管理执行。同时，联合国大会也于2000年12月20日宣布将5月22日定为每年的“生物多样性国际日”，以增加全世界对生物多样性问题的理解和认识。

在世界候鸟日及生物多样性国际日即将到来之际，我们呼吁地球的每一位公民增加对鸟类的关注。保护鸟类，就是保护人类自己，这不仅是由于生物多样性与人类息息相关，也是因为塑料、重金属、杀虫剂等对人类的直接伤害也不容忽视。

那么作为个体我们可以怎么参与鸟类保护呢？减少不必要的消费和塑料制品的使用、不随意丢弃有害的垃圾、支持不使用农药的食物产品，支持野生动物保护的公益项目，如“让候鸟飞”公益基金*等。日常生活习惯的细微改变也能积累出很大的能量。否则，谁又能知道，下一个遭遇厄运的会不会是人类自己呢？



*“让候鸟飞”公益基金是以野生鸟类及其栖息地保护主题的专项基金，旨在保护中国野生鸟类栖息地的安全和完整，通过搭建中国护鸟网络和公众护鸟响应中心，对正在发生的伤害问题进行调查与干预，协助促进修订立法，完善执法。

参考资料

1. BirdLife International (2018) State of the world's birds: taking the pulse of the planet. Cambridge, UK: Bird Life International. [Online] Available: https://www.birdlife.org/sites/default/files/attachments/BL_ReportENG_V11_spreads.pdf
2. Kenneth V. Rosenberg, Adriaan M. Dokter, Peter J. Blancher, John R. Sauer, Adam C. Smith, Paul A. Smith, Decline of the North American avifauna, Science, 04 Oct 2019.
3. plastic-pollution. Hannah Ritchie, Max Roser. <https://ourworldindata.org/plastic-pollution#how-do-we-dispose-of-our-plastic>
4. 紫鹮那些令人纠结的鸣， 随着破冰船。果壳网. <https://www.guokr.com/article/50267/>
5. Laurie K. Wilson, Lydia Kleine, Stephanie Avery-Gomm, et al. Northern fulmars as biological monitors of trends of plastic pollution in the eastern North Pacific [J]. Marine pollution bulletin, 2012, 64(9): 1776-1781.
6. Van Franeker, Jan & Heubeck, Martin & Fairclough, K & Turner, Daniel & Grantham, M & Stienen, Eric & Guse, N & Pedersen, J & Olsen, K.O. & Andersson, P.J. & Olsen, Bergur. (2005). 'Save the North Sea' Fulmar Study 2002-2004: a regional pilot project for the Fulmar-Litter-EcoQO in the OSPAR area.
7. 李峰, 丁长青. 重金属污染对鸟类的影响 [J]. 生态学报, 2007(01): 296-303.
8. World Migratory Bird Day: Lead Poisons Birds and People. [worldmigratorybirdday.org](http://www.worldmigratorybirdday.org/sites/default/files/PR_World_Migratory_Bird_Day_2018_Lead-Poisoning_EN.pdf). [Online] Available: http://www.worldmigratorybirdday.org/sites/default/files/PR_World_Migratory_Bird_Day_2018_Lead-Poisoning_EN.pdf
9. Friend, Milton, "Chemical Toxins (Field Manual of Wildlife Diseases)" (1999). Other Publications in Zoonotics and Wildlife Disease. 17.
10. 腾讯公益网. 威胁鸟类生存因素.
11. 李峰, 丁长青. 重金属污染对鸟类的影响 [J]. 生态学报, 2007(01): 296-303.
12. Frederick, P.C. and N.U.A. Jayasena. 2010. Altered pairing behavior and reproductive success in White Ibises exposed to environmentally relevant concentrations of methylmercury. Proceedings of the Royal Society B. 278 no. 1713, pgs 1851-1857 doi:10.1098/rspb.2010.2189
13. National Geographic News. CHRISTINE DELL'AMORE. Mercury Poisoning Makes Birds Act Homosexual. [Online] Available: <https://news.nationalgeographic.com/news/2010/12/101203-homosexual-birds-mercury-science/>
14. Jayasena, N., P.C. Frederick, and I.L.V. Larkin. 2011. Endocrine disruption in white ibises (*Eudocimus albus*) caused by exposure to environmentally relevant levels of methylmercury. Aquatic Toxicology 105:321-327.

15. Ling Mo, Xiaobo Zheng, Yuxin Sun, Lehuan Yu, Xiaojun Luo, Xiangrong Xu, Xiaoquan Qin, Yongli Gao, Bixian Mai, Selection of passerine birds as bio-sentinel of persistent organic pollutants in terrestrial environment, *Science of The Total Environment*, Volume 633, 2018, Pages 1237-1244, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.311>.

16. <https://www.audubon.org/magazine/spring-2017/the-same-pesticides-linked-bee-declines-might>[Online]

17. Mooij, M., Van de Meent, D., Bodar, C.W.M., Compound Depositions from the BOPEC Fires on Bonaire Measurements and Risk Assessment. (609022067/2011) Bilthoven, the Netherlands, RIVM.



无毒先锋

- 本刊是“深圳市零废弃环保公益事业发展中心”实施的“化学品管理民间网络与能力建设”项目的一部分，该项目是由联合国开发计划署负责管理的全球环境基金小额赠款计划支持的。
- 同时感谢北京市企业家环保基金会（阿拉善SEE）和爱德基金会让候鸟飞公益基金提供部分资金支持。本文内容及意见仅代表主办单位的观点，与阿拉善SEE的立场或政策无关。



SGP The GEF Small Grants Programme



阿拉善SEE

创绿家

让候鸟飞



文字/校对：温瑞环，杨博，何玲辉，无毒先锋

版式设计：莫存柱 图片拍摄：部分专业图片来源于网络

版权所有：©深圳市零废弃环保公益事业发展中心，2020，保留所有权利

解毒档案

档案时间:2020.5

无毒先锋

第10期