



大自然的解决之道 因应气候变迁

保护鲸鱼能够抑制温室气体与全球暖化

罗夫·查米、汤玛斯·科西麦诺、康纳尔·富伦坎普、席娜·欧图森合著

谈 到拯救这个星球，一只鲸鱼相当于几千棵树。

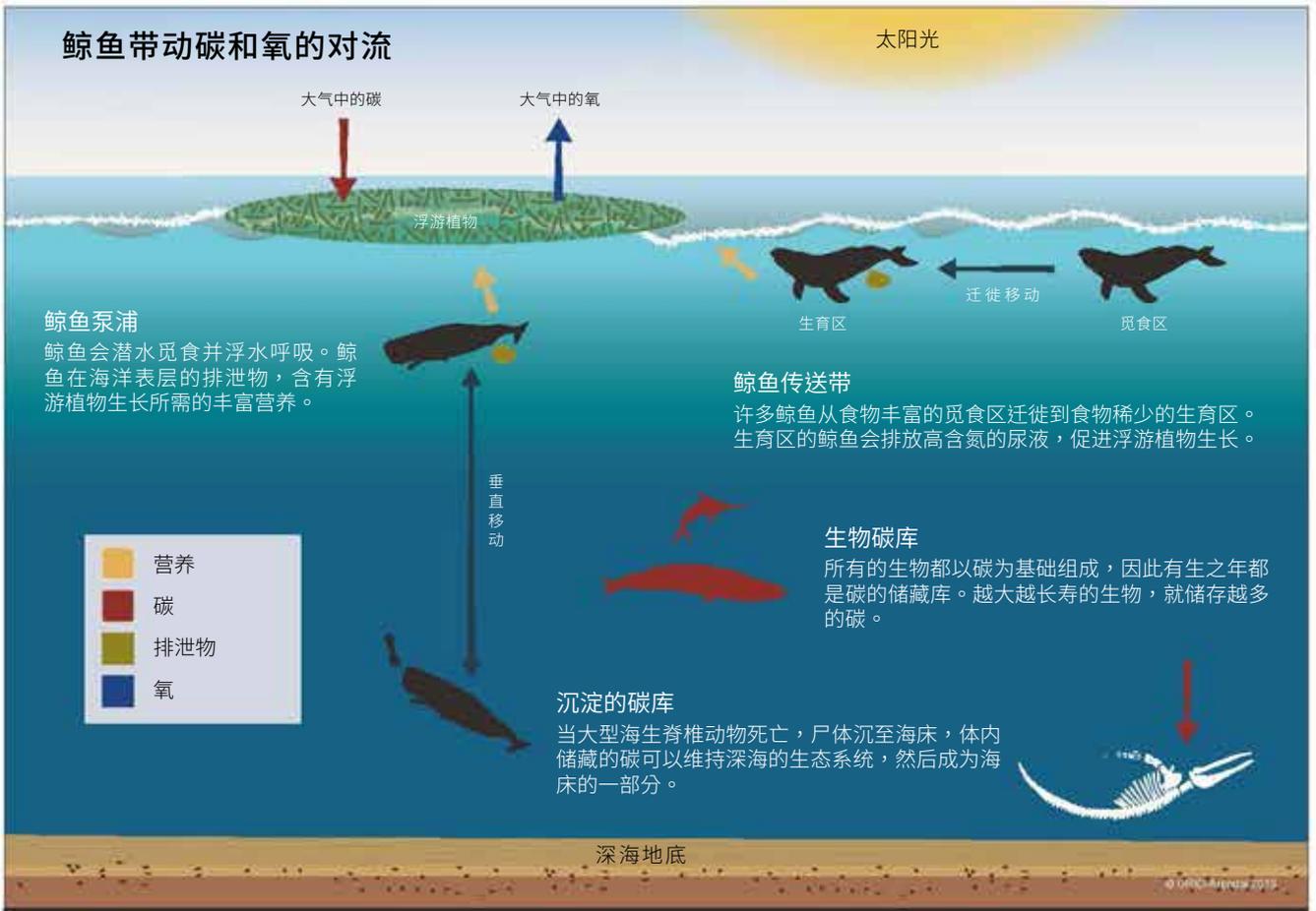
现在的科学研究前所未见地清楚指出：我们释放至大气中的碳足迹（二氧化碳），经由所谓的温室效应，造成了全球暖化，威胁我们的生态系统和生活。但是减缓气候变迁的努力要面临两个重大的挑战。第一，要找到降低大气中二氧化碳含量的有效方法，或者降低它对全球平均气温的冲击。第二，就是要筹措足够的经费将这些科技付诸实践。

许多解决全球暖化所提出的办法，复杂又未经测

试，还很昂贵。比方说：要直接从空气中捕捉碳然后深埋地底。是否不需要那么高的科技就能解决这个问题，有效经济，并且有成功的筹资模式呢？

这类解决办法的其中之一，简单到令人讶异，而且基本上不需要任何科技来捕捉大气中的碳：那就是增加全球鲸鱼的数量。海洋生物学家最近发现鲸鱼在捕捉大气中的碳这件事情上，角色至关重要，尤其是蓝鲸（2014年罗曼等人的研究）。国际组织成立了保护生态系统的碳捕捉基金，并已经执行了诸如降低因滥垦导致森林退化而产生

图表一



排放的计划（REDD）。

调整这些行动来支持国际上恢复鲸鱼种群的努力，可能会为与气候变迁奋战带来突破性的发展。

鲸鱼捕捉碳的潜力实在是令人吃惊。鲸鱼会在漫长的一生中把碳积聚在体内，当他们死后沉入海底，每条巨大的鲸鱼平均储存了 33 吨的二氧化碳，把碳与大气隔离长达数个世纪之久。而一颗树每年最多吸收 48 磅的二氧化碳。

保护鲸鱼可以让捕捉的碳量显著增加，因为目前最大的鲸鱼种类，其数量是仅只是过去的一小部分。令人遗憾的是，经过数十年的工业化捕鲸，生物学家估计，如今的鲸鱼的总数不到以前的四分之一。某些种类，例如蓝鲸，已经降低到仅剩繁盛时期的百分之三。因此，鲸鱼的生态系统能

为我们的生存提供的贡献，比以前少了很多。

但这只是故事的开始。

鲸鱼泵浦

地球最大的生物——鲸鱼，出现的地方，也可以找到某些地球最小的浮游植物。这些微观生物不仅贡献了大气至少百分之五十的氧气，而且为此捕捉了 370 亿公吨的二氧化碳，这个数字是二氧化碳总量的百分之四十。为了说得更明白，我们计算出这相当于 1.7 兆棵树所捕捉的二氧化碳量——等于四个亚马逊森林，或者等于美国红杉国家公园和州立公园（RNSP）每年所有树木吸收的二氧化碳总量的 70 倍。越多的浮游植物，表示有越多的碳被捕捉。

近年来，科学家发现，鲸鱼无论在到哪儿，都会让浮游植物族群成倍增长。为什么会这样？原来是鲸鱼的排泄物恰恰正好含有浮游植物生长所需的物质——尤其是铁和氮。鲸鱼经由两种方式把矿物质带到海洋表面：垂直移动，又称做鲸鱼泵浦，和远洋迁徙，又称做鲸鱼传送带（参见图一）。初步的模型和估算表明，这种施肥活动让鲸鱼频繁出现的区域的浮游植物大量增长。

营养成分通过沙尘暴，河流沉积物，还有风和波浪带入海洋，但是仍然缺少氮和磷，这让在海洋温暖区域中可以开花的浮游植物数量受限。在较冷的海洋区，比方南部海洋，缺少的矿物质往往是铁。如果缺少这些矿物质的海洋区域能够获得它们，就可以长出更多的浮游植物，比其他可能的方案更有潜力吸收更多碳。

让鲸鱼活着

鲸鱼的作用就在这里。如果鲸鱼能够恢复到补鲸前大约四至五百万的数量（比现今多 130 万），就有可能让海洋中的浮游植物种群显著增加，每年捕捉更多的碳。保守估计，即使因鲸鱼活动增加的浮游植物只有百分之一，就有可能每年多吸收几亿吨的二氧化碳，相当于突然出现 20 亿棵成熟的大树。想象一下一条鲸鱼终生可以带来的影响有多大，他们的平均寿命超过 60 年。

尽管商业捕鲸大为减少，鲸鱼仍然面临严重的生命威胁：撞船、被缠结在渔网中、漂浮的塑胶垃圾，以及噪音污染等。有些种类的鲸鱼数量正在缓慢地恢复，但许多种类并没有恢复。

加强对鲸鱼的保护，使其免因人为的危险而受害，将为人类、地球和鲸鱼带来益处。一些建议的高科技修复方式未经测试，可能造成无法预测的伤害。用「地球科技」固碳的方法，可以避免这种风险。大自然已经花了数百万年的时间，让鲸鱼的储碳技术趋于完美。我们需要做的就是让鲸鱼活着而已。

现在，我们看看这个解决方案的经济面向。保护鲸鱼是有成本的。降低对鲸鱼的威胁，包括补偿

制造威胁的来源，这涵盖国家、企业和个人。为确保这种方法可行，就牵涉要确定鲸鱼的货币价值。

国际公益

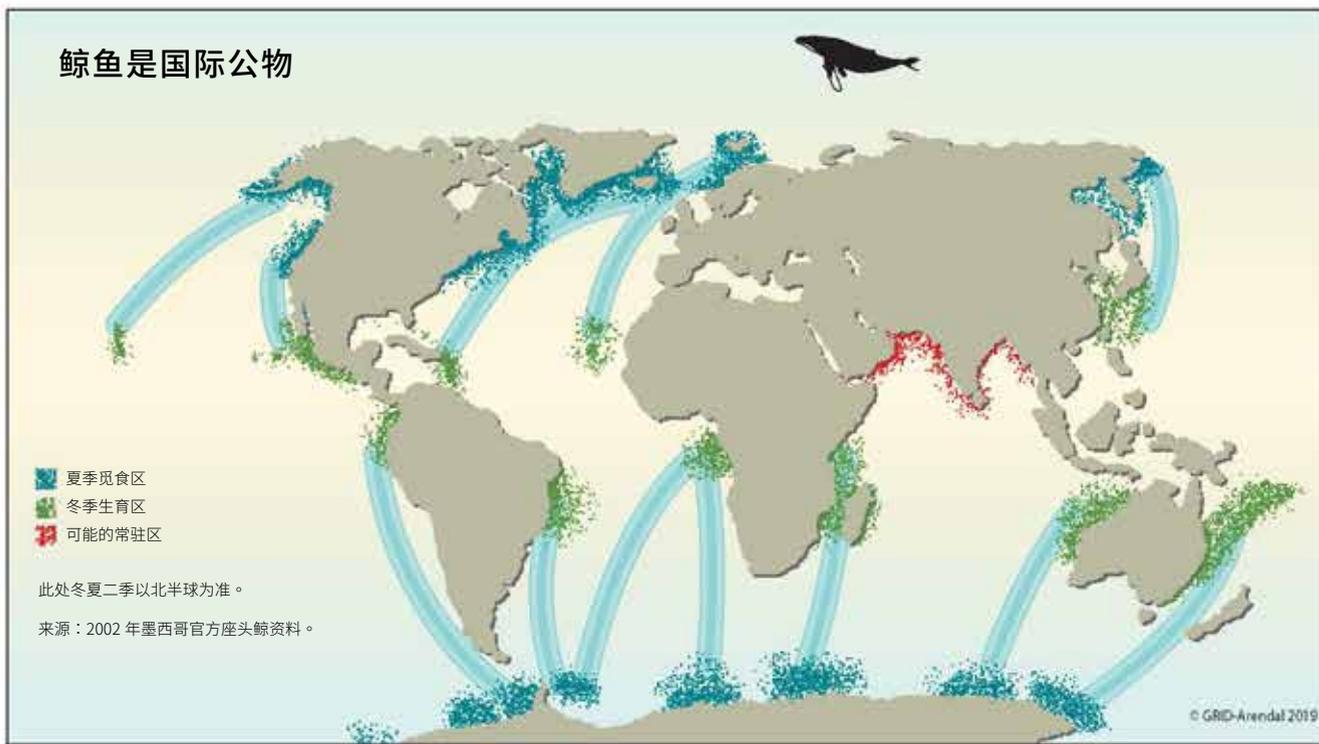
鲸鱼嘉惠气候的影响遍及全球，利益全部的人，没有剥夺他人利益的问题，因此算是教科书中所谓的「公共物品」（见图二）。这表示鲸鱼会有经典「公共悲剧」的困扰：没有从中获益的个人，就没有足够的动机支付自己应当的份额来支持这件事。但是想想地球大气层对人类生存的重要性。即使所有国家都承认，为了未来，每个人都应该保存这项公共资源，可如何让全球一致行动仍然是个问题。

为了解决这个国际公物的问题，首先，我们必须问的是：鲸鱼的货币价值是多少？如果要展示保护鲸鱼的利益远超成本，以鼓励企业和其他的利益关系人保护鲸鱼，那么就on应该进行适当的估价。我们估算了每条大鲸鱼平均的价值。我们用科学方法计算鲸鱼固碳的贡献量、二氧化碳的市价，还有换算成现金的金融技术，以决定目前每条鲸鱼终生固碳的价值。为此，我们也加入鲸鱼终生其他的经济贡献以符合现今的评价项目，比方渔业发展和生态旅游。根据我们的保守估计，每条大鲸鱼的各种活动产生的价值，平均超过二百万美元。以大鲸鱼目前现存的数量来算，总价值轻易就超过了一兆美元。

但是还有许多其他的危险要降低，例如撞船等等。幸运的是，经济学家知道如何解决这类问题。实际上，联合国的 REDD 计划是这类解决方案的可行模式。认知到滥伐森林造成 17% 的碳排放，REDD 奖励各国保护森林以排除大气中的二氧化碳。用类似的方法，我们可以建立金融机制来推动各国恢复鲸鱼的数量。用补助或其他补偿的奖励方式，可以帮助那些为了保护鲸鱼而遭受巨额损失的对象。比方说，可以补偿船运公司为了减少发生碰撞而更改路线所造成的损失。

然而，这种解决方案有个棘手的问题。一开始必

图表二



须建立保护鲸鱼和其他自然资源的金融设施。确切地说，我们到底愿意花多少钱来保护鲸鱼？我们估计，如果要想让鲸鱼恢复捕鲸前的数量，每年可以捕集 17 亿吨二氧化碳，那么补贴这些鲸鱼二氧化碳的封存工作，每人每年要花大约 13 美元。如果同意支付此一费用，那么国家，个人和企业之间应该如何分配？每个人，公司和国家所承担保护鲸鱼的成本，又应该得到多少补偿？谁来监督补偿的施行与新规则的落实情况？

国际金融机构结合其他联合国和多边组织，是理想合适的单位，可以监督协调国际间保护鲸鱼的行动。鲸鱼常见于低收入脆弱国家周围的水域，这些国家可能无法采取必要的缓解措施。而类似全球环境基金的机构可以支持这些国家。该机构的主要目标就是支持这些国家以达成国际环境协议。鲸鱼在缓解气候变迁上所提供的总体经济利益，以及保护鲸鱼的成本，可以由国际货币基金组织帮助各国政府纳入财政架构之中。世界银行具有设计和实施特定企画的的专业知识，可以补

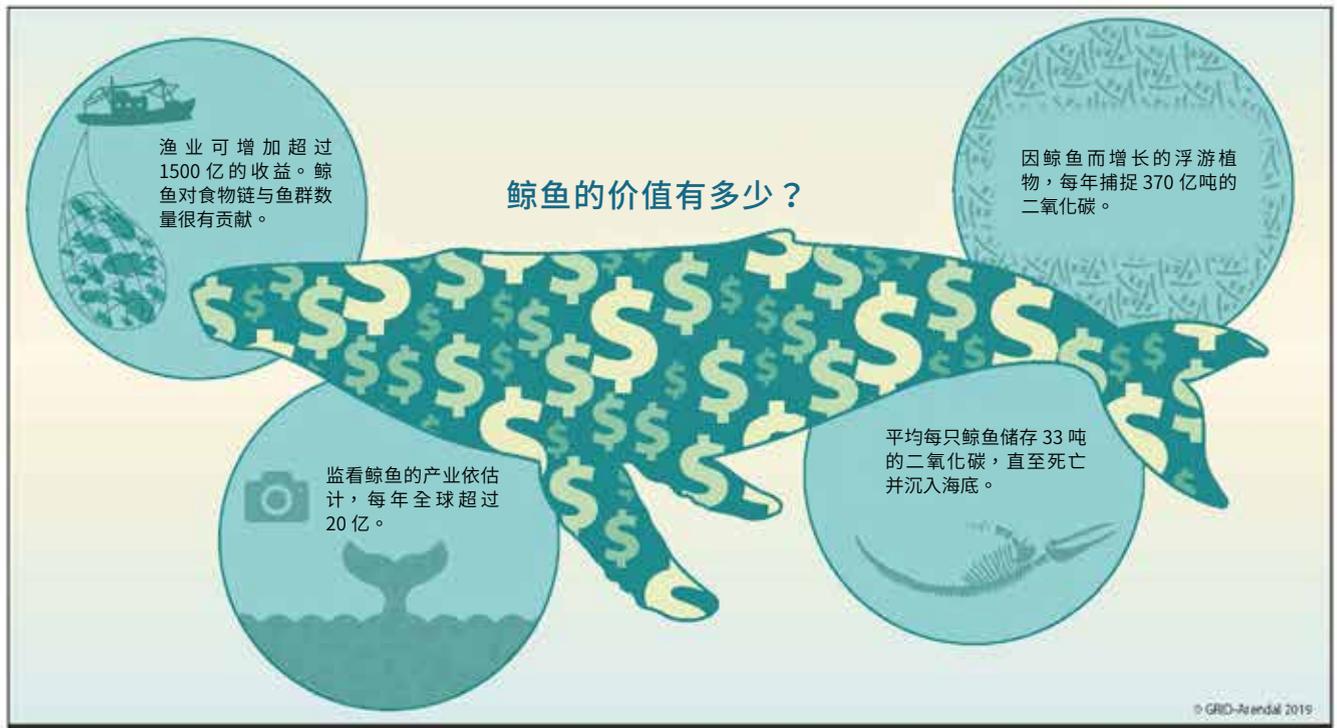
偿为保护鲸鱼而努力的民间部门。其他的联合国和多边组织可以监督落实情况，并且收集衡量工作进度的数据。

新的思维

保护鲸鱼的政治学必须成为全球气候议程中的重点项目。由于鲸鱼缓解和稳定气候变迁的角色无可替代，2015 年签署《巴黎协定》以对抗气候风险的 190 个国家，应该把鲸鱼生存的议题纳入目标之中。

但是，国际机构和政府也必须发挥影响力，以树立新的思维：人类必须生存在大自然的领域之内，相关政策必须是整体而全面的。鲸鱼不是人类的解决方案，这些伟大的生物有其天生的价值和生存权利，新思维承认并且珍视他们在永续海洋和星球中不可或缺的地位。健康的鲸鱼种群意味着健康的海洋生物，包括鱼类、海鸟以及整个生机勃勃的系统。这个系统能循环利用海洋和陆地之间的养分，使两边的生命受益。支持鲸鱼在海洋

图表三



中恢复往日繁盛的「地球科技」，不仅对海洋生物大有益处，对陆地生物同样大有益处，包括我们自己在内。

有鉴于当前气候变迁的现状，想预防或逆转对全球生态系统的伤害，并没有时间可以浪费在验证实施新的方法上。要保护鲸鱼的话更是如此，这样才能让他们的数量快速增加。除非采取新措施，否则依估计要花 30 多年的时间才能使目前的鲸鱼数量增加一倍，需要几代才能恢复捕鲸前的数量。为了社会和我们自己的生存，等不了这么久。

罗夫·查米是国际货币基金组织能力发展研究所的助理主任，席娜·欧图森是国际货币基金组织能力发展研究所的研究分析师，汤玛斯·科西麦诺是圣母大学门多萨商学院的名誉教授，康纳尔·富伦坎普是经济实践学的教授，并担任杜克大学经济学教学中心的主任。

References:

- Lavery, T., B. Roudnew, P. Gill, J. Seymour, L. Seuront, G. Johnson, J. Mitchell, and V. Smetacek. 2010. "Iron Defecation by Sperm Whales Stimulates Carbon Export in the Southern Ocean." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277, no. 1699:3527–31.
- Lutz, S., and A. Martin. 2014. *Fish Carbon: Exploring Marine Vertebrate Carbon Services*. Arendal, Norway: GRID-Arendal.
- Pershing, A., L. Christensen, N. Record, G. Sherwood, and P. S. 2010. "The Impact of Whaling on the Ocean Carbon Cycle: Why Bigger Was Better." *PLoS One* 5, no. 8:1–9.
- Roman, J., J. Estes, L. Morissette, C. Smith, D. Costa, J. McCarthy, J. B. Nation, S. Nicol, A. Pershing, and V. Smetacek. 2014. "Whales as Marine Ecosystem Engineers" *Frontiers in Ecology and the Environment* 12, no. 7: 377–85.
- Smith, C., J. Roman, and J. B. Nation. 2019. "A Metapopulation Model for Whale-Fall Specialists: The Largest Whales Are Essential to Prevent Species Extinctions—The Sea." Unpublished.

译者附注：

本文所列举的评价项目有渔业和商业价值。为避免误解成容许捕猎海生动物，特别说明：宇宙系统的评价项目是高贵、善良、爱心、神性或佛性等等这类，还有很多，总值是一个生命的进化值或灵值。没有金钱商业类项目。不太一样，但可理解为宗教中所谓的功德。这是离开这个世界后决定可以前往哪个世界的基准。但这份论文以确切的研究揭示证明人与大自然不可分割，是很好的参考资料。