

第七章 年轻而健康的种群

人类猎杀鲸鱼的历史已有两千年之久。对早期捕鲸者来说，捕鲸是相当危险的行业，鲸鱼是难以征服的大海怪。从中世纪到 19 世纪，捕鲸船必须驶向长年冰封、人迹罕至的北极圈寻找鲸鱼（图 7-1）。发现目标后，水手们会登上小艇，静静划至还不知情的鲸鱼旁，伺机发动攻击。捕鲸者靠的仅仅是最原始的工具——鱼叉。鲸鱼被刺中后力量会慢慢耗尽，在漫长的等待之后，捕鲸者用长矛刺入鲸鱼肺部，直到它们的血液染红海面，再把尸体拉回岸边。在缠斗过程中，小艇常常会翻覆，造成水手落海溺毙，但巨大的商业利益始终激发着人类的冒险精神和创造力。不久，蒸汽动力船和装有炸药的标枪问世，这些进步的装备，使捕鲸人如虎添翼，有能力猎捕行动敏捷的长须鲸和巨大的蓝鲸，从此以后，就再也没有任何鲸鱼能逃得过捕鲸船的追杀。



法国艺术家 Ambroise Louis Garneray (1783~1857) 作品

图 7-1 19 世纪中叶的捕鲸场面（图片来源：视觉中国）

随着捕鲸船在全球海域展开大屠杀，一群群鲸鱼也相继消失。到了 19 世纪初，捕鲸人已侵入遥远荒凉、气候恶劣的南极海域。在他们侵入南极之前，当地大约有 25 万头蓝鲸，现在只剩下了几百头。在蓝鲸数量锐减之后，捕鲸人便将猎杀的对象锁定在体型较小的长须鲸。当长须鲸锐减后，他们又转而追捕更小的塞鲸。

直到 1946 年，在华盛顿成立国际捕鲸管制机构——国际捕鲸委员会 (International Whaling Commission, IWC)，并于 1948 年 11 月生效了《国际捕鲸管制公约》，宗旨是为未来世代子孙而保护鲸鱼族类这一丰富自然资源，防止所有种类鲸鱼的过度捕猎。国际捕鲸委员会现有 61 个会员国，中国也是会员之一。

然而，作为小型鲸鱼，海豚仍没有被真正的保护起来，而国际捕鲸委员会所保护的对象并不包括小型鲸鱼。直到今天，在许多地区，仍把猎杀海豚或鼠海豚当作一种娱乐，它们的肉可以当作食物甚至是捕蟹的诱饵。随着人类对海洋的开发利用和不断扩张，特别是近岸工业港口

及旅游业发展迅速，小型鲸豚类正面临更大的威胁。

值得庆幸的是，1988年12月10日，中国将海豚科所有属种皆列入《国家重点保护野生动物名录》，其中素有“海上大熊猫”之称的中华白海豚被列为国家一级保护动物。同时在更大范围内，中华白海豚还被列入：

《中国物种红色名录》：濒危(EN)。

《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES)。

《保护迁徙野生动物物种公约》(CMS)。

《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》(The IUCN Red List)：近危物种(NT)，2008年评估。

香港《野生动物保护条例》(第170条)和《保护濒危动植物物种条例》(第586条)。

把中华白海豚写进了“红色名录”，便意味着这种美丽睿智、惹人怜爱的海洋精灵的生存正在受到严重的威胁，急需人们关注。即使受到众多“公约”“条例”的法律保护，但是摆在我们面前的是，截至2017年，栖居在钦州三娘湾一大风江口海域的中华白海豚的种群数量仅为195~212只，年平均增长率为2.4%。这些数字究竟意味着什么？它们的种群是否足够强大到可以面对突如其来的自然灾害、遗传风险和人类活动对栖息地的扰动呢？在今天，当我们刚刚开始意识到要挽救它们的时候，是否还来得及呢？

一、在灭绝的漩涡中挣扎的幸存者

自生命诞生以来，地球上共出现了上亿个物种，其中只有很少的一部分存活到了今天。在激烈的生存竞争中，并不是所有物种都有足够的时间发生演化并适应生存环境的变化。

鲸类的祖先可以追溯到5400万年前的陆生近岸哺乳动物巴基斯坦古鲸，至1200万年前，白海豚的祖先才出现在澳洲沿岸，从这一点看，它们比人类经历过更长的地史时期的考验。而如今仍存活在北部湾的白海豚，当之无愧的是携带着祖先们优秀基因的佼佼者，它们克服了种种灾难，经过千百万年的突变与选择逐渐成为今天的模样。

全球性的气候波动以及随之产生的海陆变迁，火山的爆发、地震以及大规模流星雨都可能是生物大灭绝的原因。被埋藏在地层中的化石，记录了地球曾发生过5次生物大灭绝事件，在大灭绝时期，生命的灭绝速度骤然升高。最严重的一次发生在2.5亿年前，那时96%的海洋物种和70%的陆生物种突然灭绝，而最著名的一次则是发生在6500万年前恐龙的大灭绝。

生物演化的车轮推动着人类的脑容量不断增加，人类自从进化到智人(Homo sapiens)以后，就一直充当着生物圈的杀手。目前，智人遍布在世界每一个角落，走上了对地球环境的绝对掌控的地位。而人类所造成的原因，从17世纪至今，物种灭绝的

速率大幅度升高：300~350种脊椎动物在过去的4个世纪中灭绝，这比之前的灭绝速率高出100~1000倍，与此同时，也拉开了全球生物“第六次大灭绝”的序幕。

对一个物种而言，灭绝以其最后一名成员的死亡为终点。1796年，法国博物学家乔治·居维叶提供了有力的证据，确定了灭绝是存在的事实。如果说一个物种的灭绝就像是被狙击手开了一枪，那么对蕴藏着大量特有种的生境的破坏就像是一场人类针对自然的战争。

现在，残存在钦州三娘湾—大风江口海域的200多只白海豚可以称作是在灭绝的漩涡中挣扎的幸存者。

前面的章节中提到，20世纪90年代中期以前，白海豚曾广泛分布于中国长江口以南至北部湾的广大海域，广西、广东、香港、澳门、福建、台湾沿岸较多分布。然而，这些白海豚喜欢的河口和浅海区域，恰恰也是人类经济迅猛发展的地区。在短短的20~30年中，填海工程、水质污染、航运交通等使得原本连续分布的近岸、浅海栖息地丢失或严重退化，大部分不再适合白海豚的生存，因此现今中国沿岸的白海豚被限制在相互隔离的6处海域：厦门海域、台湾西部海域、珠江口海域、雷州湾海域、北部湾海域和海南西南部海域。而仔细分析每一处海域的具体情况，白海豚及其分布区中的各种生命形式也都正在经历着前所未有的艰难和痛苦（图7-2）。



图7-2 2014年2月8日，潘文石教授（左二）和研究助手正在剖检1只被渔网缠绕而亡的成年白海豚

有研究表明，20世纪60年代，在厦门西海域随时可见白海豚，平均每天有3.5次出现，1994年出现了383只次，1995年229只次，1996年531只次，1997年476只次，1998年516只次……近几年随着沿海地区、特别是海岸经济建设和开发活动迅猛发展，海洋工程、海上交通等人为影响致使福建沿海的白海豚种群数目日益减少。2001~2002年在后渚港观测10个月，共发现48只次。初步估计厦门港海域的白海豚只有60头左右（黄宗国，2000；王春生等，2011）。1994~1999年，各类报道共记录死亡的白海豚11只，而2002~2004年仅3年时间就记录死亡11只。

当生物种群数量下降到一定程度时，灭绝的风险会剧增。这是多个因素互相促进造成的。比如，一方面，小种群容易产生近亲繁殖，导致后代先天不良；另一方面，小种群更经不起数量的波动，稍大的波动可能就意味着灭绝。在这两个因素的相互作用下，就会像漩涡一样把小种群卷进灭绝的深渊。

世界自然保护联盟(IUCN)是全球规模最大、历史最悠久的非营利环保机构，也是自然环境保护与可持续发展领域唯一作为联合国大会永久观察员的国际组织。IUCN 负责制定《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》，每年评估数以千计物种的绝种风险。IUCN 把物种保护级别划分为 9 类，根据种群数量的下降速度、物种总数、地理分布、群族分散程度等准则分类，最高级别是绝灭(EX)，其次是野外绝灭(EW)，极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU)3 个级别统称“受威胁”，其他顺次是近危(NT)、无危(LC)、数据缺乏(DD)、未评估(NE) (图 7-3)。

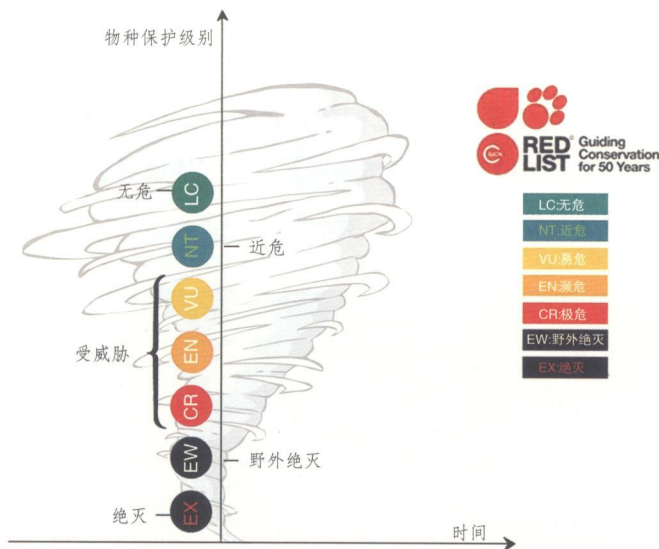


图 7-3 IUCN 根据物种总数、数目下降速度、地理分布、群族分散程度等将物种灭绝程度进行分类，绝灭(EX)是最高级别。当生物种群数量下降到一定程度时，灭绝风险会加剧。像漩涡一般把小种群卷进灭绝深渊

一般来说，一个种群中可以参与繁殖的个体数量往往只占总数的一小部分，当能够繁殖的成年个体数量低于 500 只时，近亲交配的危害便会变得明显起来，当能够繁殖的成年个体数量低于 50 只时，情况会更加严峻。除了潜在的遗传风险之外，对于一个数量很小的种群，或者是分布范围很小的种群，当遇到如暴风雨、洪水、森林大火、干旱或其他恶劣的自然灾害时，都很容易遭受突然的灭绝。

2004~2006 年，通过海上的跟踪调查和拍摄，根据照片识别技术和标记-重捕法，我们推测出当时的北部湾白海豚数量约为 96 只；之后经过 14 年不间断的海上跟踪及数量统计，通过 MARK 软件，使用 POPAN 模型，推测至 2011 年，北部湾白海豚的种群数量大致在 169~184 只；再利用 2013~2016 年的野外数据，通过对北部湾新生小海豚的出生率和死亡率来估计这个种群的平均年增长率为 2.4%，由此推算出截至 2017 年底，

北部湾白海豚的种群数量为 195~212 只。这样规模的种群，数量明显小于 500 只，属于名副其实的小种群，这也是为什么白海豚的名字被列在各种野生动物保护名录上，而作为我国近岸最后一个可以被系统观察和记录的残留种群，北部湾白海豚的存在就意味着这片海域生态系统的稳定与和谐，象征着与它们同生共存的其他生灵的存在，象征着沿岸千千万万百姓和子孙后代的安全。它们的生息存亡都关乎着我们的未来。

过去，由于人类的短视和盲目，忽视了它们，使它们不得不走向生存的瓶颈。今天以及未来我们是否还有机会帮助它们摆脱灭绝的漩涡？

想进一步了解北部湾白海豚的生存潜力就需要分析这个种群的结构和繁殖能力。

二、年轻、健康而有希望的种群

白海豚从出生到年老，它们的体色不断变化（图 7-4）。我们将 2004~2013 年所拍摄的 1082 张清晰的照片，按体色和年龄的分类标准划分出北部湾白海豚的年龄结构（表 7-1）。



a. 生命力旺盛的灰花色个体



b. 繁殖后期的老年个体

图 7-4 从出生到年老，白海豚的体色在不断地变化

表 7-1 2004~2013 年拍摄到三娘湾白海豚（只次）各年龄结构

年份	捕获只次数				总计
	白色 (繁殖期成体和繁殖后期的老年个体)	白花色 (壮年期的成年个体)	灰花色 (繁殖前期的青年个体及亚成体)	灰色 (大幼体及小幼体)	
2004 年	26	46	37	65	174
2005 年	24	22	35	54	135
2010 年	41	39	74	107	261
2011 年	70	67	117	161	415
2013 年	17	18	29	33	97
小计	78	192	292	420	1082
比例	16.45%	17.74%	26.99%	38.82%	100%

(一) 朝气蓬勃的新生儿和青年个体占整个种群的 50%以上

当我们再进一步分析具有灰花色体色的那些个体的图像时，发现其中约有 50% 的个体也参与繁殖，占总数的 13.50%；同时白花和白色的个体属于性成熟的成体，是对繁殖贡献最大的群体；白色个体中大约有 1~2 只属于繁殖后期，约占群体总数的 1.30%，它们通体雪白，身上的皱纹和疤痕明显，几乎看不到有新生的幼体与它们同时出现。调整上述数据后，我们发现北部湾白海豚的种群结构呈现出一个以年轻个体为基础的金字塔形，其中：不具备繁殖能力的老年个体仅占种群的 1.30%，可以参与繁殖的个体占总数的 46.39%，还有超过 50% 的年轻个体作为继续繁殖的后备力量（图 7-5）。

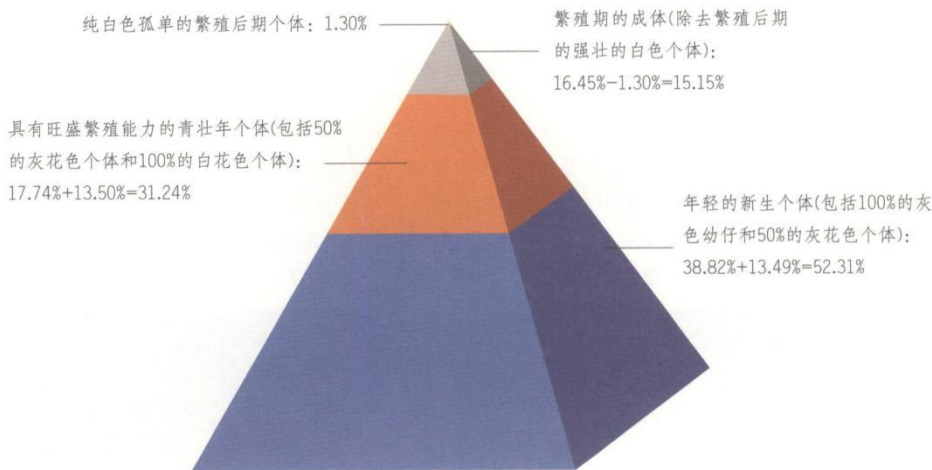


图 7-5 北部湾白海豚的种群结构

如此年轻而充满朝气的种群结构，不得不令人相信，北部湾白海豚是一个健康的种群。

(二) 开放的海湾迎来新“访客”，有机会摆脱近亲繁殖带来的遗传困扰

生命的遗传总是与变异相伴，任何一次对亲本遗传信息的复制都不可能绝对地精准无误，在它们的生命中随时隐藏着有缺陷的基因。当两个有缺陷的 DNA 片段碰到一

起时，这个基因的携带者就会付出代价。在自然选择作用的密切监视下，一旦缺陷性状表现出来就会被自然淘汰。在一个足够大的种群中，这样的损失可以被忽略，而对于孤立的小群体来说，很可能就是致命的一击——种群数量越小，近亲相遇并交配的频率就越高，而造成在后代的两条染色体中携带着不育或夭折的疾病基因的概率就越大。

在一个有性生殖的自然群体中，所有不同年龄、不同性别的个体总数可能很大，但其中并非每一个个体都达到性成熟期，许多貌似育龄的个体在某一时期并不能进行交配并且繁殖，甚至那些已交配的个体也并不都能留下存活至成熟期的后代。无论它们自身的遗传结构如何，那些不能留下后代的个体将与种群的遗传组成无关。我们把群体中对于下一代的遗传结构做贡献的那些实际繁殖个体的数目称为有效群体大小 (effective population size, N_e)， N_e 通常比一个自然群体中个体总数要小得多 (Li, 1981)。

根据群体遗传学家莱特 (Sewall Wright)、费歇尔 (R. A. Fisher) 和霍尔丹 (J. B. S. Haldane) 提出的 Wright-Fisher 模型，所假设的“理想”群体，是一个在统计学假设条件下最为简单的有效繁殖群体结构：

- (1) 在一个足够大的群体内，有 N 个个体参与交配；
- (2) 群体内的雌雄个体数目相同，并随机交配，分别用 $N_{\text{♀}}$ 表示性成熟的雌性数量、 $N_{\text{♂}}$ 表示性成熟的雄性数量；
- (3) 每个个体交配的机会和对后代的贡献被认为是完全均等的；
- (4) 每个个体产生后代的数目相同；
- (5) 世代之间不重叠；
- (6) 无选择、突变、迁移等因素影响群体的遗传平衡。

那么，实际参与繁殖的群体的大小就等于有效繁殖群体的大小，即

$$N_e = N_{\text{♀}} + N_{\text{♂}}$$

根据 Frankel & Soulé (1981) 提出的 50/500 法则——维持种群遗传多样性的基本原则：短期内最低有效繁殖群体大小 (N_e) 应该不少于 50 只，近交衰退率可忍受的极限不得超过 1%；长期而言，族群中至少要有 500 只个体，才足以保持族群的遗传变异性。

研究显示，通过自然选择，也可能使有害于生存和繁殖能力的基因频率降低，而有利于生存和繁殖能力的基因频率升高。除了自然选择所引起的系统的改变外，种群中也发生随机的变化。比如说，当一个特定的突变与种群中其他任何遗传变异体相比无优劣之分时，自然选择对它就不起作用——我们就说这个突变是选择中性的 (Kimura, 1968)。这样一个突变的频率在种群中可能升高也可能降低，这纯粹是由偶然因素造成的。这种遗传传递的不确定性能够导致等位基因频率的随机变化的现象，被称为随机遗传漂变 (random genetic drift)。

这些选择中性的等位基因在随机遗传漂变的影响下最终造成一些等位基因的丢失和另一些等位基因的固定，并由此可使种群内遗传多样性减少。

例如，针对美国西南部荒漠中的 120 个加拿大盘羊种群的研究(Berger, 1999)，其中一些种群学者已经跟踪研究了 70 年，结果表明在 50 年内个体少于 50 只的种群灭绝了，而同一时期个体多于 100 只的种群活了下来（图 7-6）。

这个例子告诉我们，当种群越小，就越容易受到环境变化和遗传因素的影响而使繁殖率降低、死亡率升高。这些影响将进一步降低种群大小，使种群趋于灭绝（图 7-7）。当种群衰退到某一阈值时，它将陷入一个灭绝的漩涡，所有影响小种群衰退的因素将使种群不断变小。灭绝漩涡经常导致物种局域灭绝(Gilpin et al, 1986; Guerrant, 1992)。

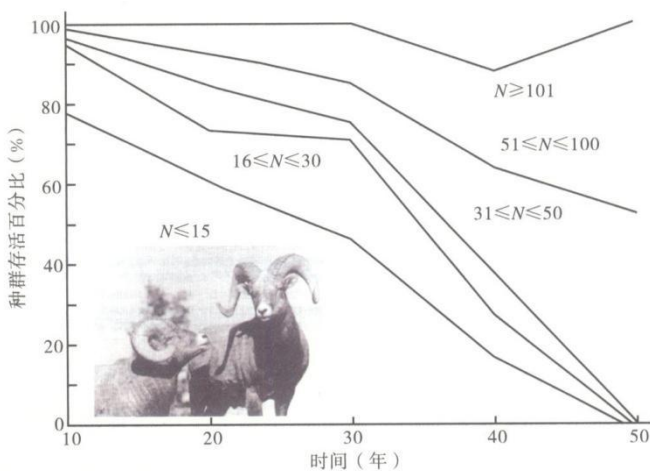


图 7-6 针对美国西南部荒漠中 120 个加拿大盘羊种群的野外研究证实：个体数量超过 50 只的种群有机会存活超过 50 年(Berger, 1999)

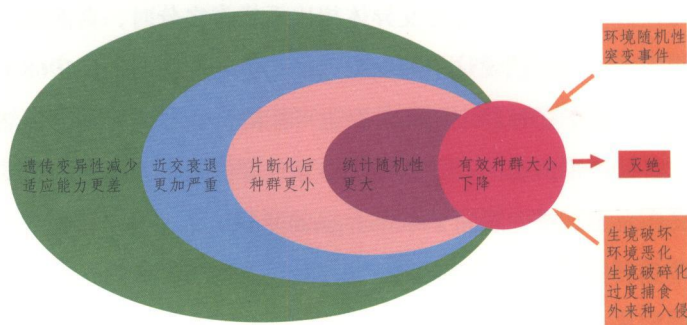


图 7—7 各种因素叠加导致小种群更容易受到环境变化和遗传因素的影响，从而走向灭绝(Gilpin et al, 1986; Guerrant, 1992)

目前，北部湾白海豚的种群数量为 195~212 只，正处在一个小种群逐渐恢复的过渡时期，并不满足 50/500 法则中理想的长期稳定的最小种群个体数 500 只；但是很多被认定为濒危的种群并不像垂死的病人，而是恰恰相反。绝大部分稀有种和衰退种(declining species)的种群都是南年轻、健康的个体组成的，它们仅仅需要空间和时间以便生长及繁殖后代。

由于对海洋野生哺乳动物的研究至今仍充满了许多无法解决的挑战，我们目前还不能清晰地描述出北部湾白海豚的繁殖策略，只能暂时把这个种群作为 Wright-Fisher 模型中的“理想”种群进行预测，根据本章图 7-5 的数据显示，北部湾种群中可以参与繁殖的个体占整个群体的 46.39%，计算出有效繁殖个体(N_e)为 90.50~98.34 只，已经满足法则中短期内最低的有效群体数 50 只，使近交衰退的概率也小于临界值 1%。

更幸运的是，三面被陆地包围的北部湾不仅仅是一片蕴藏着丰富物产的美丽浅海，同时，面向南海开放的北部湾口既是北部湾人民与外界交流的重要通道，也是北部湾白海豚种群与南海其他种群之间基因交流的必经通路。有关研究显示，种群间少数个体的基因交流也能使小种群内遗传多样性丧失最小化。对于这个将近 100 只个体，看似孤立的小种群而言，即使每代仅有 1~2 个迁入者，遗传漂变带来的负面影响都会大大降低。

在前章中曾经提及，“在 2010 年和 2011 年共 100 只可识别个体中，有 72 只是每年多次被‘捕获’的个体，28 只是每年只看见 1 次或两年只见 1 次的个体。这些数据显示，那些一年之中被多次‘捕获’的个体可能是北部湾海域的常驻海豚；而那些每年只看见 1 次或多年才看见 1 次的个体可能并不是全年都生活在这一海域，它们可能是季节性的居民或者一次性的过客”。正是这样的“过客”所携带的基因有机会在北部湾白海豚的小种群间流动，更大大增加了这个种群的遗传多样性。

这些数据均可以说明，当前的北部湾白海豚是有希望的种群。它们虽然濒危，却仍有生存的机会，尚未卷进灭绝的漩涡；事实也证明，只要给它们留出足够的时间和空间，这个濒临灭绝的小种群是可以自然恢复且具勃勃生机。

三、北部湾白海豚的种群生存力分析

回顾 2004~2016 年北部湾白海豚的种群动态（图 7-8）：

2004~2006 年：约 96 只

2010~2011 年：169~184 只

2013~2016 年：189~212 只

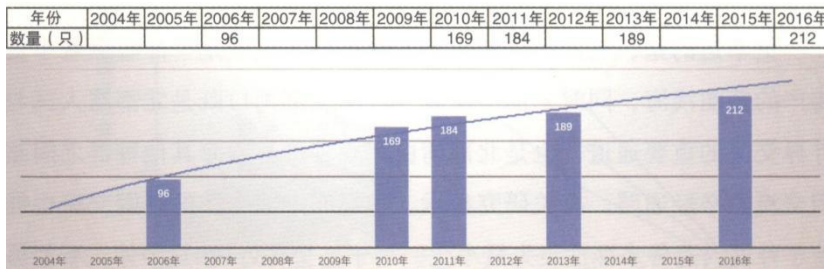


图 7-8 北部湾白海豚种群数量统计

按着上图的增长趋势，假设当所有的自然条件、人为干扰都保持现状时，北部湾

白海豚以每年 2.4% 的增长率进行推算，再过 35~40 年，这个种群可以达到 500 只左右（图 7-9）。

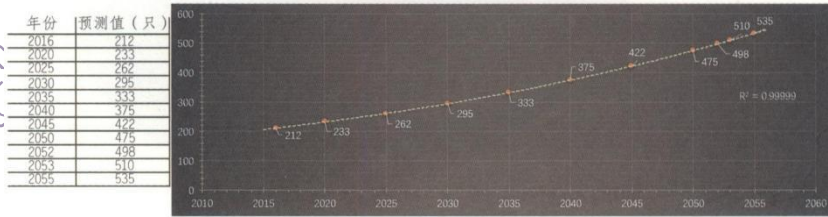


图 7-9 北部湾白海豚种群数量预测

伴随着人类对自然资源的加速利用、生境丧失和破碎化导致物种濒危问题日益严重的今天，如果仅靠“红色名录”所划分的等级来分析物种的存活概率是远远不够的。在种群生态学知识的背景下，判断一个受威胁物种的灭绝与否，必须根据种群的大小、传播速度和分布范围，以及个体的交换水平、随时间的波动幅度、组成种群的个体寿命及繁殖率等因素，并通过数学分析，模拟种群动态的过程。这种方法就叫作种群生存力分析(population viability analysis, PVA)。

这种方法一经提出，便被生物学家积极响应，为濒危物种保护提供了重要的理论依据和研究途径，在过去的几十年中，种群生存力分析已成为保护生物学中一项重要的研究内容。

在众多的 PVA 计算机软件中，我们通过对模拟结果和准确性的比较发现，Gapps、Alex、Ramas 和 Vortex 这 4 个软件的预测能力相似且模拟结果较准确。其中 Vortex 模型用“灭绝漩涡”的“漩涡”命名，是由美国芝加哥动物协会(Chicago Zoological Society)研究开发的。这套系统最早应用在哺乳动物和鸟类的种群研究中，擅长通过描述有性繁殖的二倍体生物一系列事件来模拟一个种群典型的生命周期。

Vortex 漩涡模型的特点(David M, 2003)如下。

第一，设计原则以个体为中心，特别关注每一个个体对种群生存力的影响。

第二，考虑到统计随机性、环境随机性、遗传随机性和灾害等因素对野生动物种群动态的影响。

第三，根据已知的离散或连续事件，如出生、死亡、繁殖、灾难等发生的概率，进行种群动态模拟。这些事件的概率分布，在模型中可以作为常量或随机变量进行灵活设置。

Vortex 提供了非常丰富的输入条件，几乎覆盖了主要的生态学研究相关的各种参数，并要求使用者必须掌握一定的生态学知识。程序支持“输入精确参数的运算”和“单独的假设性运算”。为了减少随机因素对一个模拟种群的增长或下降结果的影响，可以设置最大 10000 次的模拟运算，不断迭代运算逼近近似值。

为了使用 Vortex9.99c 软件系统更加精确地预测北部湾白海豚种群动态变化的过程，

我们必须根据 PVA 模型需要的各个关键的基本参数进行一一梳理（表 7-2、表 7-3）。

表 7-2 输入 Vortex 9.99c 模型的有关北部湾白海豚的基本参数（依据 2011 年数据）

参数	指标
模拟次数	1000 次
模拟的时间长度	200 年
灭绝标	$N < 16$ 只（避免近交的最小个体数）
繁殖类型	一夫多妻制
雌性第一次繁殖年	10 岁
雄性第一次繁殖年龄	13 岁
最大繁殖年龄	36 岁
每年最多繁殖次数	1 次
每次繁殖最多幼仔数	1 只
出生性别比	50%（即雌雄性别比例 1:1）
每年繁殖的成年雌性比例	33.33%
环境差异带来的繁殖差异	0%
每次繁殖的后代数量分配	产仔为 1 只的概率=100%
成功繁殖的雄性个体比例	100%
初始种群大小	176 只
环境容纳量	500 只

表 7-3 输入 Vortex 9.99c 模型的有北部湾白海豚的雌雄个体年龄分布和死亡率

性别	年龄（岁）	死亡率（%）
雄性	0~1	65
	1~3	2
	4~12	1
	13~17	1.1
	18~30	0.7
	31	10
	32	30
	33	60
	34	90
雌性	0~1	65
	1~3	2
	4~9	1
	10~34	0.7
	35	10
	36	30
	37	60
	38	90

注：由于暂时没有观察到对整个群体有重要影响的事件发生，因此灾难预测暂时不予考虑。

除了与计算机程序运算相关的参数外，在 Vortex 中，还需要对以下几个方面输入生态学研究的相关参数：

繁殖系统和繁殖率(reproductive system& reproductive rates)

死亡率(mortality rates)

种群的扩散(dispersal)

环境容纳量(carrying capacity)

初始种群的数量及年龄分布(initial population size&age distribution)

灾难预测(catastrophes)

结合 2004~2012 年在钦州三娘湾的野外观察结果，输入种群大小、分布范围、组成种群的个体寿命及繁殖率，种群结构、年龄分布情况及死亡率，个体的迁移及交换的水平等参数，对北部湾白海豚种群生存力进行初步分析，并假设了以下 4 种模型进行比较。

模型 1：封闭种群——无迁入或迁出个体，不考虑栖息地衰退等影响。

通过 Vortex 9.99c 模拟 1000 次，该种群：

✓在 200 年内处于稳定增长的趋势；

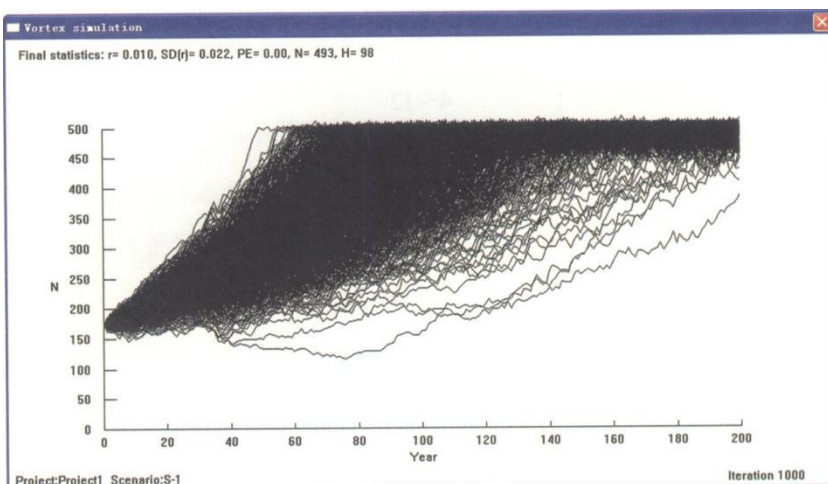
✓平均内禀增长率 $r=0.010 \pm 0.022$ ；

✓大约需要经历 60~80 年，其种群大小接近目前假设的环境容纳量 500 只，并在随后的 140 年内趋于平衡（图 7-10）；

✓200 年内平均种群大小为 493 只；

✓种群灭绝概率为 0.00%；

✓最终可预测的等位基因杂合度 $H=97\%$ 。



60~80 年，种群大小接近环境容纳量 500 只，并在随后的 140 年左右趋于平衡；200 年内该种群 100% 生存下来

图 7-10 模型 1——封闭种群

图 7-10 的结果表明，此封闭种群在不考虑灾难、人为干扰和栖息地衰退的情况下

200 年内 100% 不会灭绝。

模型 2: 开放种群——每年至少有 2 个成年个体进行交换, 不考虑栖息地衰退等影响。

通过 Vortex 9.99c 模拟 1000 次, 该种群:

✓ 在 200 年内灭绝概率为 0.00%;

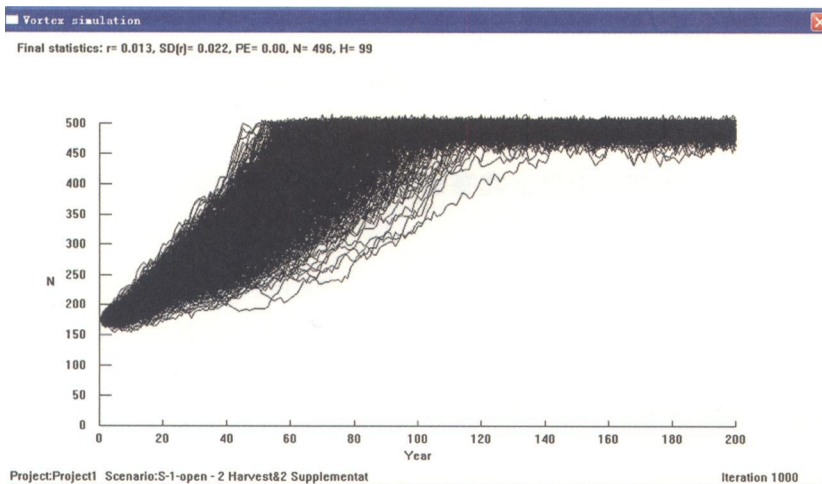
✓ 平均内禀增长率 $r=0.013 \pm 0.022$;

✓ 该种群在前 40~60 年迅速增长至环境容纳量 500 只左右, 并在随后的年代保持平衡趋势 (图 7-11);

✓ 200 年内平均种群大小为 496 只;

✓ 种群灭绝概率为 0.00%;

✓ 最终可预测的杂合度 $H=99\%$ 。



前 40~60 年迅速增长至环境容纳量 500 只左右, 并在随后的年代保持平衡趋势; 200 年内该种群 100% 生存下来

图 7-11 模型 2——开放种群

图 7-11 的结果表明, 此开放种群在保证每年有 2 只个体与周围其他种群进行基因交流的情况下, 在前 40~60 年迅速增长, 并随后稳定在环境容纳量 500 只左右。若不考虑灾难、人为干扰和栖息地衰退等情况下, 该种群 200 年内 100% 不会灭绝。

纵观上述分析的初步结果, 结合群体遗传学理论, 使我们相信: 北部湾白海豚在经历了严峻的自然选择考验后, 祖先们留下的那些有利于繁衍和适应环境的“优秀”基因, 可以帮助它们渡过难关。仅仅需要给它们足够的时间和空间便可以稳定成长及繁殖后代。另外, 北部湾湾口面向广袤的南海海域, 沿岸的浅海湿地还养育着其他同类的群体, 如海南岛西南部海域, 这也可能给北部湾白海豚带来新鲜的遗传多样性, 一旦产生成功的繁殖, 就可以保证这个种群迅速恢复并持续保持活力。

然而, 短短二三十年来, 人类活动的肆意扰动成为白海豚死亡和种群数量减少的主要原因: 人为伤害, 如流刺网缠绕、拖网误捕、炸鱼礁等渔业生产; 人为围垦造成

生境缩小，原有的自然生境被破坏以及人为排污使水质恶化等，也导致白海豚迁移（黄宗国，2000）。

我们再次利用 Vortex 9.99c 模拟另外两种模型，进一步预测由于意外死亡或生存环境退化给该种群继续生存下去所带来风险的可能性。

模型 3：开放种群——个体意外死亡，若每年损失 1~2 个青壮年个体，会导致该种群在 200 年内有 33% 的概率趋于灭绝。

通过 Vortex 9.99c 模拟 1000 次，该种群：

✓ 在 100 年内灭绝概率为 100%；

✓ 最早的灭绝大约会发生在第 72 年。

✓ 200 年平均内禀增长率 $r = -0.012 \pm 0.040$ ；

✓ 截止到第 200 年，其平均种群大小将衰退到灭绝边缘(图 7-12)；

✓ 种群灭绝概率为 33%；

✓ 最终可预测的杂合度 $H = 97\%$ ；

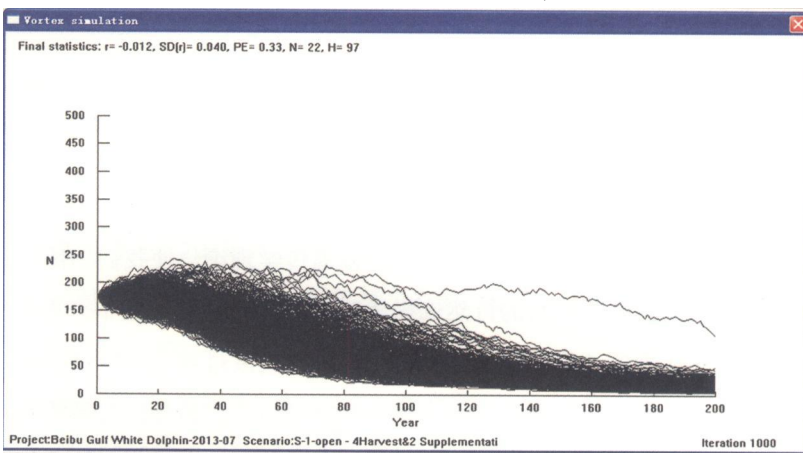


图 7-12 模型 3——开放种群内

图 7-12 表明，此开放种群除了每年有迁入迁出的成年个体带来新的基因交换之外，若因为电鱼、毒鱼、非法捕捞等人为扰动导致某些个体意外死亡，假设平均每年仅损失 1~2 个青壮年个体，则不到 200 年，该种群将接近灭绝。

模型 4：开放种群——即使每年至少有 2 个成年个体进行交换，若预测栖息地每年仅退化 1%，该种群也将在 100 年内 100% 趋于灭绝。

人类的影响包括：大面积填海、持续的污染如工业废水及农业肥料的径流，非法养殖和过度捕捞、全球变暖、引进入侵物种，等等。假设北部湾白海豚的栖息地每年仅退化 1%，通过 Vortex 9.99c 模拟 1000 次，该种群：

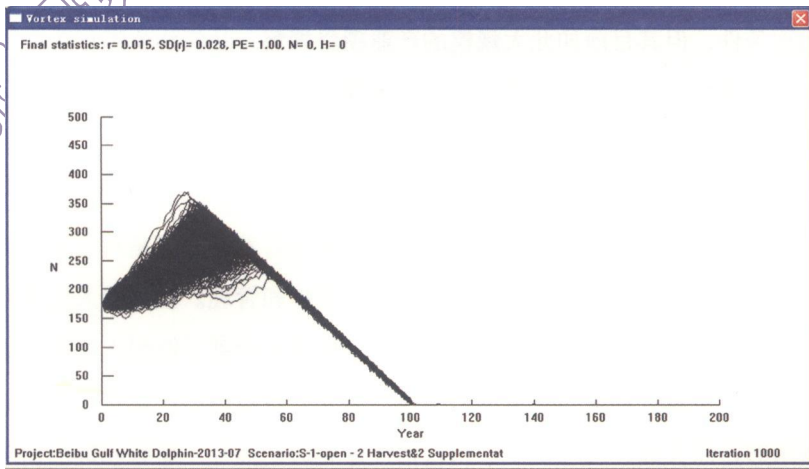
✓ 在 100 年内灭绝概率为 100%；

✓ 大约在前 30 年，内禀增长率 $r = 0.015 \pm 0.028$ ；随后迅速下降；

✓截止到第100年，其平均种群大小将衰退到灭绝极限(图 7-13):

✓种群灭绝概率为 100%;

✓最终可预测的杂合度 $H=0$



若栖息地每年退化1%，该种群将在100年内100%灭绝

图 7-13 模型 4——开放种群

图 7-13 表明，此开放种群即使每年平均有 2 只个体与周围其他种群进行交换，但由于栖息地被人类活动过度侵占、或因此带来的生物多样性衰减等原因，假如每年仅减少 1%，该种群也将在第 20 年后开始下降，最终于 100 年左右，100%灭绝。

任何人为所造成的灾难，都将会对这个地理种群造成致命的打击。

生活在自然界中的白海豚种群本身就处于不确定的变动之中，我们企图通过已知的数据推测种群的未来，但无论怎样精准的系统也很难预测某种假想的灾难对这个种群的伤害程度。

说到人为造成的灾难，在全球范围内曾经有过非常惨痛的教训：1989 年 3 月，埃克森·瓦尔迪兹号邮轮在阿拉斯加州的威廉王子湾搁浅，泄漏出 26 万~75 万桶（约合 4550 万升）原油，影响了 1300 英里（约合 2093 千米）的海岸线。动物的皮毛或羽毛上沾染的原油会使之丧失绝缘的能力，导致动物因体温过低而死。死亡的生物中包括海獭（1000~2800 只）、麻斑海豹（300 只）、海鸟（10 万~25 万只）、秃鹰（247 只）。一些调查结果显示，被污染的威廉王子湾需要 30 年时间环境才能恢复原貌。

我们要特别关注钦州湾的自然生态系统，虽然钦州港占据了优越的地理条件，但其目前如此大规模的产业项目聚集，让海洋生态保护显得尤为重要，一旦人类的经济活动稍有疏漏，都有可能酿成生态系统不可预见的灾难。

从目前来看，北部湾白海豚可能是中国沿岸最有希望继续存活的种群，从过去到现在，它们的生存完全取决于自然力，但是对于它们的未来，则必须在更大程度上取决于人类的爱护和管理。钦州市人民政府能够规划出部分浅海地区来保护白海豚，使

我们看到了钦州人民在不远的将来取得经济建设和环境保护双赢的曙光。白海豚不仅是钦州人引以为荣的自然资源，同时也是钦州人精神世界的一部分。拯救北部湾白海豚，更是我们对国家、对世界、对子孙后代、对共同生活的其他生命形式的未来所承担的义务和责任。

生命在地球上只起源一次。

众生纷纭、变异万端的大千世界都来自一个共同的祖先，每个物种都有一段漫长的演化历史。

一旦某种生物的最后一个个体停止了呼吸，便意味着生命之链又有一环中断，一段灿烂而不可再现的历史将悄然逝去。

当一座巧夺天工的宫殿被毁、一段缠绵悱恻的乐曲的遗失，人类都可能重新构想并使之重现。

但是，人类永远不可能让著名的渡渡鸟重现于地球，除非乾坤倒转，宇宙重来。

这是坐落在钦州市三娘湾的钦州中华白海豚科普馆中最醒目的一段话，时刻提醒着观众的良知，人类再也不愿看到因人的缘故毁灭自然，更不愿看到渡渡鸟的悲剧在白海豚身上重演。