



自然资源保护协会
NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL

报告

海洋保护地系列研究

美国夏威夷州帕帕哈瑙莫夸基亚 国家海洋保护区监测计划

致谢

感谢加州大学圣塔芭芭拉分校的博士生 Cori Lopazanski 为自然资源保护协会撰写本报告。
感谢 Sarah Chasis, Lisa Suatoni, Brad Sewell 对本报告的技术支持。
本报告中文版由姚越、梁书源翻译、校对。



自然资源保护协会（NRDC）

自然资源保护协会（NRDC）是一家国际公益环保组织，成立于 1970 年。NRDC 拥有 700 多名员工，以科学、法律、政策方面的专家为主力。NRDC 自上个世纪九十年代中起在中国开展环保工作，中国项目现有成员 40 多名。NRDC 主要通过开展政策研究，介绍和展示最佳实践，以及提供专业支持等方式，促进中国的绿色发展、循环发展和低碳发展。NRDC 在北京市公安局注册并设立北京代表处，业务主管部门为国家林业和草原局。更多信息，请访问 www.nrdc.cn。

所使用的方正字体由方正电子免费公益授权

封面图片：一只幼年的夏威夷僧海豹在 PMNM 的海滩上休息
© Mark Sullivan, 美国国家海洋和大气管理局渔业夏威夷僧海豹研究项目，2014 年

© 自然资源保护协会 2024

执行摘要

帕帕哈瑙莫夸基亚国家海洋保护区 (PMNM) 于 2006 年设立，2016 年该保护区的范围进一步扩大。如今，它是美国最大的连续完全保护区，包括 150 多万平方公里的海域。PMNM 在全球的海洋保护区中是独一无二的，其广阔的海域包括了世界上为数不多的未受损的、大规模的、以捕食者为主导的珊瑚礁生态系统之一。PMNM 地理位置偏远，由小岛、礁屿、环礁，以及一系列复杂的浅水珊瑚礁、深水斜坡、海岸、海山以及深海和远洋环境组成。这些海洋生态系统支持海洋生物的多样性，具有显著的地方特征。

PMNM 的首要监测目标是深入了解和解读保护区内的资源分布，并通过研究生态系统过程及其对自然和人为干扰的响应，为管理决策提供支持。与其他海洋保护区不同，目前 PMNM 没有渔业捕捞活动或陆源污染。PMNM 的监测目标是希望不会监测到与气候变化和其他新兴压力相关的关键指标的下降。

保护区内生物资源面临的最严重威胁之一是全球气候变化及其表现形式，包括海洋化学变化、海平面上升和海面温度上升，以及由此导致的珊瑚白化。此外风暴的频率和严重程度也在增加。其他令人担忧的问题包括海洋废弃物、影响陆地和海洋生物的疾病、威胁本土生物多样性和破坏生境的外来物种，以及陆地长期的资源监测和修复能力的下降。

监测方案并非旨在确定将 PMNM 区域划定为保护区的有效性，但许多研究确实表明，与夏威夷群岛主要岛屿相比，该保护区的生物量更高。

本报告的第一部分概述了 PMNM 监测方案的设计思路，包括监测目标、监测项目和方法、人员和资金状况等。在监测完成后，各个研究项目团队负责收集和分析各自的数据，以便完成年度报告。PMNM 内的监测和研究成果，将以《PMNM 状况报告》的形式提供给管理人员和公众，以持续支持对保护区管理计划的更新。报告的第二部分涵盖了《2020 年 PMNM 状况报告》的结论及提出的管理建议。报告的最后总结了 PMNM 监测计划的经验和改进措施。

我们希望通过本报告为海洋保护区 (MPA) 的管理人员、研究人员和相关从业人员提供具代表性的国际案例。PMNM 是一个大型、离岸、受完全保护的 MPA，此类保护区面临的主要压力是气候变化、海洋废弃物、疾病和外来物种等。对 PMNM 的监测表明，在气候变化和海洋污染的全球背景下，这类保护区可以实现对重要生态系统及栖息地的有效保护。与此同时，PMNM 也为类似大型离岸 MPA 设定监测方案提供借鉴。在资金、人员都有限，而保护区海域面积巨大的情况下，可以通过科学的方法针对优先目标开展持续的监测，以便为适应性管理提供可靠的依据。

目录

第一章：保护区简介.....1	
1.1 帕帕哈瑙莫夸基亚国家海洋保护区简介.....2	
第二章：监测计划内容.....3	
2.1 概述.....4	
2.2 选定监测优先事项.....5	
2.3 监测问题.....8	
2.4 监测项目和方法.....9	
2.5 人员、许可和资金.....19	
2.6 监测数据分析.....20	
第三章：评估过程与结果.....21	
3.1 PMNM 状况报告.....22	
3.2 状况报告框架.....22	
3.3 状况报告总结：2008-2019 年状态和趋势.....25	
第四章：经验和改进措施.....31	
参考文献.....33	
中英文专有名词对照表.....34	

1

保护区简介

1.1 帕帕哈瑙莫夸基亚国家海洋保护区简介

帕帕哈瑙莫夸基亚国家海洋保护区 (PMNM) 始建于 2006 年，旨在保护西北夏威夷群岛重要的自然和文化价值。2010 年，联合国教科文组织 (UNESCO) 将其列为世界遗产。2016 年，该保护区得到进一步扩展。如今，它是美国最大的连续的受完全保护区，包括 150 多万平方公里的海域和偏远小岛。

PMNM 的愿景、使命和目标	
愿 景	永久保护和延续保护区生态系统的健康和多样性，以及帕帕哈瑙莫夸基亚夏威夷原住民的重要文化。
使 命	为了当代和子孙后代，采用高度协调的综合管理方法以保存生态完整性，实现对西北夏威夷群岛生态系统、夏威夷原住民文化和遗产资源强有力的长期保护和永续发展。
目 标	1. 保护、保存、维护，并在适当情况下修复物理环境、自然生物群落及相关的生物多样性、生境、种群、本地物种以及生态完整性。 2. 支持、促进和协调研究、生态系统特征描述和监测，以提升对西北夏威夷群岛的了解、改进管理决策，并确保以上工作符合保护的原则。 3. 管理并仅允许符合美国第 8031 号总统公告的人类活动，以维护生态完整性，并防止或尽量减少负面影响，从而实现长期保护。 4. 提供包括社区参与在内的合作保护机会，从而实现有效的保护区运营和基于生态系统的管理。 5. 加强公众对保护自然、文化、历史资源的认知、理解和支持。 6. 支持符合长期保护原则的夏威夷原住民活动。 7. 识别、阐释并保护保护区的历史和文化资源。 8. 在中途岛环礁 (Midway Atoll) 为游客提供发现和欣赏西北夏威夷群岛野生动物和美景的机会，加强当地保护，尊重其独特的人文历史。

PMNM 的管理工作侧重于对自然、文化、历史资源的综合管理。保护区由四大机构联合管理，包括美国商务部下属国家海洋和大气管理局 (NOAA)、美国内政部落鱼类及野生动植物管理局 (USFWS)、夏威夷州土地与自然资源管理局 (DLNR) 以及夏威夷事务办公室。这四大机构分别负责管理 PMNM 的部分工作，并依据 2006 年签署的《协议备忘录》开展工作。这份备忘录明确了责任归属以及管理的程序和机制，并提出了推进包括监测和研究在内的资源评估。保护区管理计划还强调了制定长期监测计划的必要性，以跟踪生态系统变化并评估管理措施的有效性 (NOAA, 2008b)。



监测计划内容

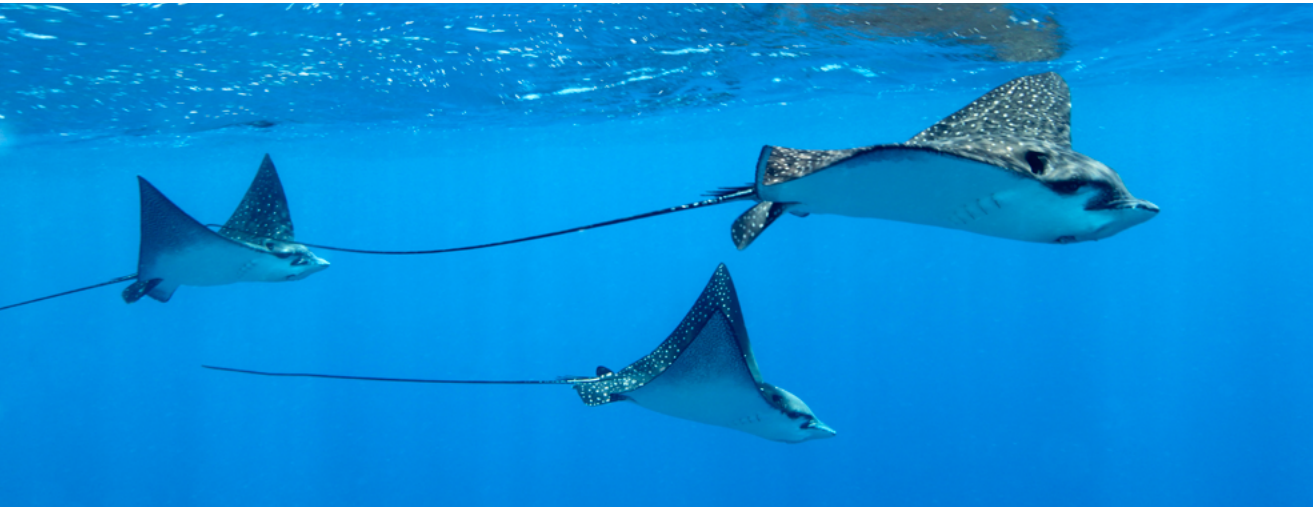
2.1 概述

PMNM 的首要监测目标是了解 and 解读保护区内的资源分布，并通过研究生态系统过程及其对自然和人为干扰的响应，为管理决策提供支持。夏威夷州政府、美国国家海洋和大气管理局渔业管理部门和美国鱼类及野生动植物管理局在 1976 年达成了一项协议，并制订了生态研究的多机构框架。这种多机构模式一直延续至今，诸多机构和组织通过一系列合作支持了研究和监测工作，其中包括美国国家海洋和大气管理局、美国鱼类及野生动植物管理局、夏威夷州政府以及夏威夷大学的夏威夷海洋生物研究所 (HIMB)。

2008 年，针对保护区制定的管理计划列出了若干个优先行动计划，为未来的监测和研究制定了具体目标 (NOAA, 2008b)。更新管理计划的进程于 2012 年启动，然而截至 2023 年 6 月，更新工作尚未完成。管理计划的更新需要评估保护区资源的现状和趋势，以便为管理规划提供信息。管理计划更新过程中获取的信息总结成为了《[2020 年 PMNM 状况报告](#)》(National Marine Sanctuaries, 2020)。该报告包括针对管理工作的建议，以及未来监测和研究的最新行动。但是，PMNM 管理的官方指导文件仍旧是最初的管理计划。监测方案的主要内容属于原保护区管理计划中的一个优先行动计划“了解和解读西北夏威夷群岛”。该行动计划有四个主要产出：

- 1. **海洋保护科学：**加深对海洋生物及其生境在空间和时间上的分布、丰度和功能联系的了解，保护自然资源的生态完整性，从而改善 PMNM 基于生态系统的管理决策。
- 2. **夏威夷本土文化和历史：**增进对夏威夷原住民历史以及与 PMNM 相关文化习俗的理解和欣赏，并有效地管理文化资源，以实现其文化、教育和科学价值。
- 3. **历史资源：**识别、记录、保存、保护、稳定，并在适当的情况下重新使用、恢复并解读与中途岛环礁相关的历史资源，以及 PMNM 内的其他历史资源。
- 4. **海洋遗产：**识别、解读和保护 PMNM 中的海洋遗产资源。

其他研究和监测活动也列入管理计划的其他章节，包括《受威胁和濒危物种行动计划》、《候鸟行动计划》、《生境管理和保护行动计划》、《海洋垃圾行动计划》和《外来物种行动计划》。每项行动计划都列出了相关的监测活动，通常与“了解和解读西北夏威夷群岛”行动计划中列出的主要目标直接相关。行动计划还简要介绍了针对其他特定物种或特定影响的考虑因素。



PMNM 中的斑点鹰鳐
© Kaleomanuiwa Wong, 2010 年

2.2 选定监测优先事项

虽然该保护区的管理计划为总体监测目标提供了广泛的指导，但还需要进一步的规划来识别、优先安排和协调具体的监测活动，从而实现这些目标。西北夏威夷群岛过往的科学研究数据为制定未来的研究和监测战略提供了重要的背景信息。为了确定研究空白，研究人员和资源管理人员进行了初步研讨，讨论总结见《[西北夏威夷群岛的保护科学和管理的信息需求报告](#)》(Gittings et al., 2004)。这份报告后来扩展为多机构参与、覆盖群岛的《[夏威夷群岛海洋生态系统研究计划](#)》(HAMER; NOAA, 2008a)。这一研究计划的主题领域作为保护区《[自然资源科学计划 \(2011-2015 年\)](#)》(NRSP; PMNM, 2011) 的基础，概述了保护区的管理优先事项、标准规范和协作监测工作。制定这份科学计划并非法律要求，其目的是协调与保护区管理计划目标有关的现有和未来的监测活动。

制定《自然资源科学计划》

《[自然资源科学计划](#)》的起草历时 5 年，由一个包括管理人员、科学家和其他代表（科学计划小组）的团队牵头完成。《自然资源科学计划》基于现有的最佳科学信息和数据制定，包括现有的规划文件、出版文献、报告、保护区许可数据库以及专家咨询意见。科学计划小组设计了一个为期 15 年的研究和监测框架，包含了现有和潜在监测和研究活动的概况，并评估了关键空白和未来工作的优先需求。该框架和《自然资源科学计划》经过了公开评议和范围界定：先发布了编制《自然资源科学计划》的初步意向通知，随后举行了两次公开范围界定会议，并正式征求公众意见。总共收到了 57 份正式意见，主要涉及优先排序过程、计划草案的修订以及其他潜在的研究项目。

选定优先研究活动

《[自然资源科学计划](#)》中的 15 年框架规定了五个优先研究主题领域，这些领域源自《[夏威夷群岛海洋生态系统研究计划](#)》：

- 1) 生态过程和连通性；
- 2) 生物多样性和生境；
- 3) 人类影响；
- 4) 生态系统变化的指标和监测；
- 5) 生态系统变化建模和预测。

为了描述保护区内的研究工作，科学计划小组根据模板，为现有和未来可能进行的研究项目制定了简介。模板分发给了西北夏威夷群岛科学家和管理人员，包括对项目和研究方法的说明，与《自然资源科学计划》主题和重点领域的联系，对自然 / 文化资源的潜在影响以及相关的教育和宣传工作。这些内容按主题领域、优先管理需求、战略和活动进行分类。然后，根据三阶段标准对研究项目进行评估，其目的是评估研究活动对未来保护 PMNM 内部资源的重要性（见图 1）。评估由保护区管理委员会（科学计划小组）中的各机构代表进行，然后取平均值，归类到高、中或低优先级。为了尊重各个机构的优先事项和特殊任务，任何被某一机构标记为“关键”的活动都会最终文件中保持“关键”优先级。

《自然资源科学计划》强调，确定优先级别只是指导 PMNM 研究活动的第一步，未来的研究活动将通过保护区许可程序进行额外评估。本报告的“人员、许可和资金”一节介绍了目前的 PMNM 许可程序。

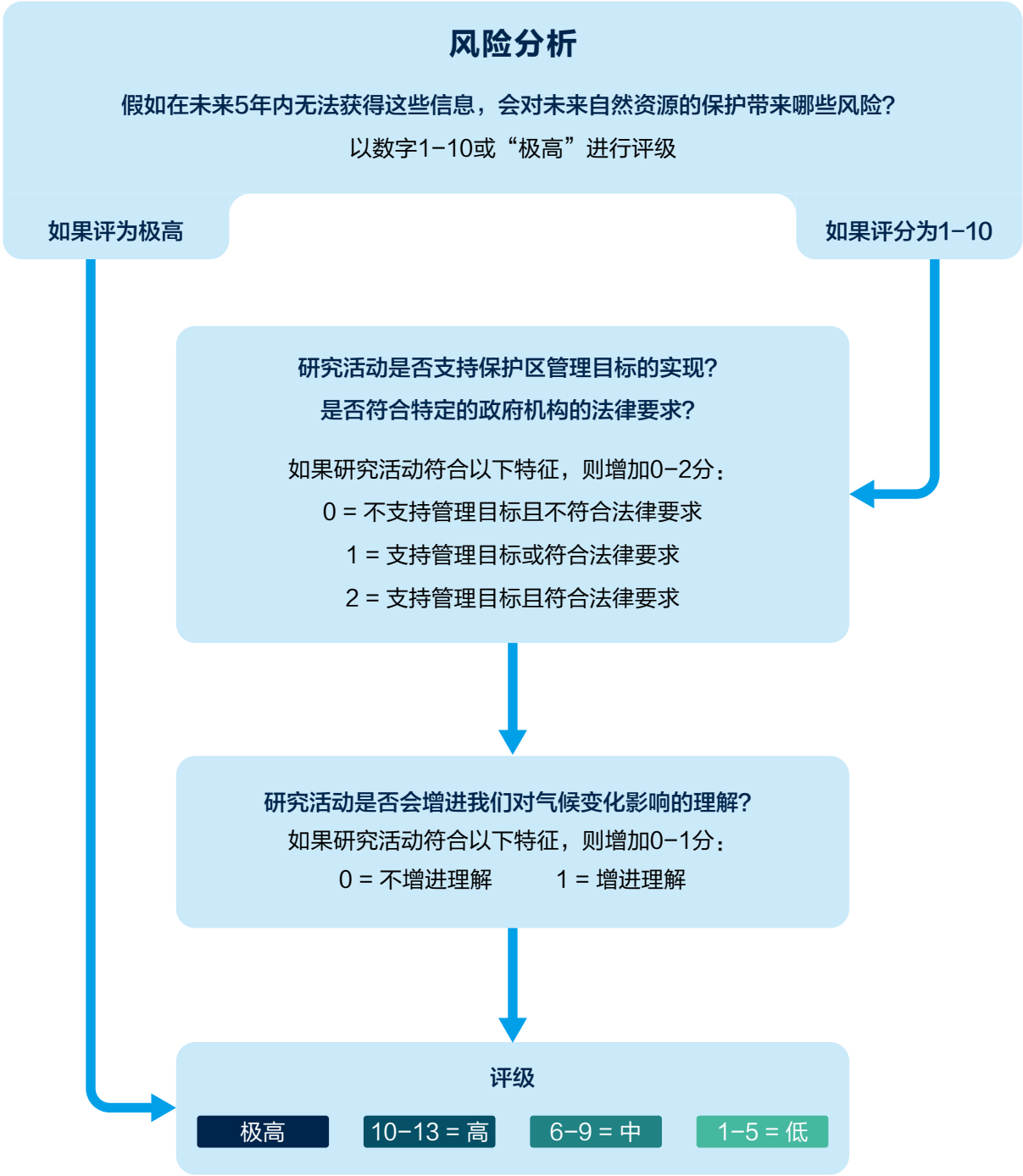


图1：用于评估《自然资源科学计划》研究项目优先级的流程图

来源：《自然资源科学计划》(PMNM, 2011)

《自然资源科学计划》中的 PMNM 监测框架遵循“测绘”、“监测”、“建模”过程，旨在保护和管理保护区的资源（见图 2）。《自然资源科学计划》指出，计划初步制定后，可能还会出现研究和监测需求，建议每年对新的研究项目进行评审和更新。以下各章节介绍了 [PMNM 网站中监测和清查部分](#) 强调的优先研究活动和问题，并列在《[2020 年 PMNM 状况报告](#)》中。优先研究活动的完整清单见完整版的《[自然资源科学计划](#)》。

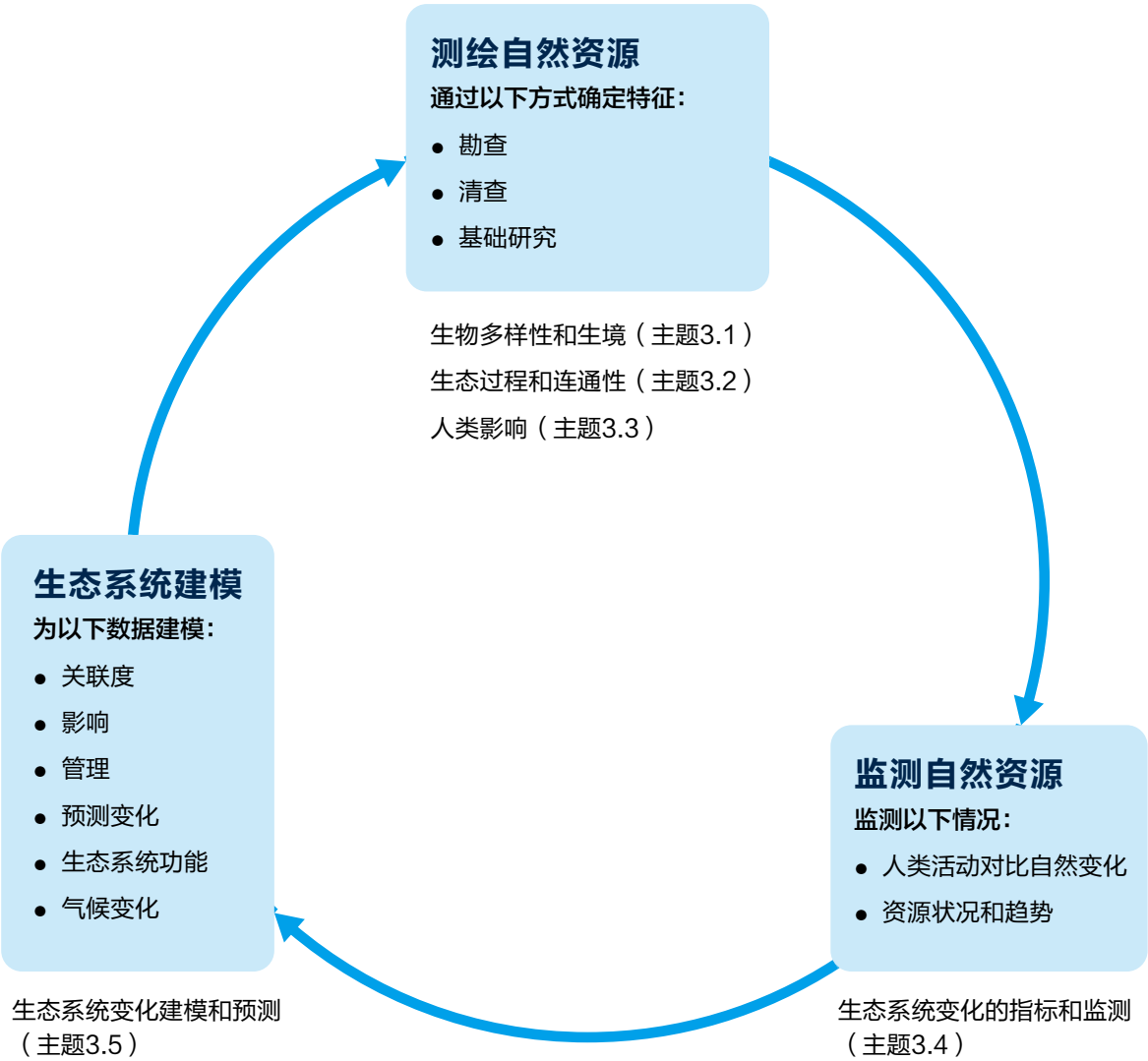


图2：《自然资源科学计划》的测绘、监测、建模框架

来源：《自然资源科学计划》(PMNM, 2011)

2.3 监测问题

《2020 年 PMNM 状况报告》描述了用于评估保护区自然和文化资源状况的 12 个问题，强调了当前监测工作中的不足，为未来的管理行动提供了支持 (National Marine Sanctuaries, 2020)。

理化环境

- 1. 最近气候的加速变化是否改变了水质状况？变化趋势如何？
- 2. 非生物要素类型的面积和分布是怎样的？变化趋势如何？
- 3. 近岸和内陆水域的水质情况是怎样的？变化趋势如何？
- 4. 生境中已知的污染物浓度是多少？变化趋势如何？

生物资源

- 5. 生物多样性的状况是怎样的？变化趋势如何？
- 6. 历史上的目标捕捞鱼类种群源的状况是怎样的？变化趋势如何？
- 7. 外来物种和入侵物种的状况是怎样的？变化趋势如何？
- 8. 关键物种的状况是怎样的？变化趋势如何？

历史和文化考古资源

- 9. 已知的海洋考古资源的状况是怎样的？变化趋势如何？
- 10. 已知的历史资源的状况是怎样的？变化趋势如何？
- 11. 已知的夏威夷原住民考古资源的状况是怎样的？变化趋势如何？
- 12. 已知的历史和考古资源是否构成环境危害？变化趋势如何？



PMNM 中的珊瑚礁鱼群，包括蝴蝶鱼和蓝鳍笛鲷
© Mark Sullivan, 美国国家海洋和大气管理局渔业夏威夷僧海豹研究项目，2011 年

2.4 监测项目和方法

目前保护区内的重点监测和调查方案列出了 14 个监测项目：

1. 珊瑚礁：底栖生境快速评估调查

2. 珊瑚礁：鱼类快速评估调查

3. 海洋垃圾监测和清除

4. 夏威夷僧海豹监测

5. 绿海龟监测

6. 海鸟监测

7. 龙虾监测

8. 入侵物种监测

9. 中光珊瑚生态系统特征与监测

本报告包含了这些监测目标的详细信息。
10. 人类影响监测

在 PMNM，几乎所有的人类活动都受到限制，因此持续的人类影响是有限的。该项目将一系列人类产生的威胁（包括航运活动、气候变化、海洋垃圾、外来物种、历史上的捕捞活动）和生境研究结合在一起，预测这些威胁如何影响以及在何处可能对海洋生态系统产生影响。结果表明，累积威胁在群岛中部达到峰值。

11. 海洋遗产调查

通过潜水员调查、声纳调查和随机观测，对所有海洋遗产地点进行定位和评估的系统调查。

12. 海洋学数据采集

与美国国家海洋和大气管理局国家海洋庇护区办公室合作，在整个群岛部署海洋学仪器，收集温度、洋流、波浪和潮汐参数。

13. 海水碳酸盐化学监测

在近岸延伸到近海的样带上，采集不同点位和深度的水样，并带回实验室进行碳酸盐化学分析。

14. 声学监测

部署了八台声学记录仪，用于监测生物活动和人类活动，如船舶交通和渔业捕捞中使用的爆炸物等。

本报告不含这些监测目标的详细信息。

这些监测目标的详情请查看 [PMNM 网站](#)。

以下表格概述了本报告中涵盖的前 9 个监测项目的评估方法。具体信息包括采样的时间与地点、目标重点物种或种群、采样方法以及每种评估方法测量的指标。

表 1. 珊瑚礁：底栖生境快速评估方法				
目标：调查西北夏威夷群岛浅层（<30 米）珊瑚礁生态系统的珊瑚和底栖生境				
方法：潜水员观测，包括样带法				
	时间与地点	类群	方法	衡量指标
底栖生物 生境调查 (Winston et al., 2019)	选取合适的珊瑚礁生境进行分层随机采样（硬质基底生境占比大于 25%） 从一个空间网格中选取多个 50 米 x 50 米的单元格作为观测点，按照深度区间、区域内附属岛屿分区和珊瑚礁区域组成部分进行分层 采样的观测点数量取决于可用的船只作业天数，且每年有所不同 人员 由多组训练有素的水肺潜水员实施采样 • 主导：美国国家海洋和大气局海洋渔业管理部门下署的太平洋岛屿渔业科学中心 (PIFSC)，珊瑚礁生态系统司 • 合作伙伴：美国鱼类及野生动植物管理局、夏威夷州土地与自然资源管理局 频率 自 2000 年起，每年一次	成年珊瑚群（直径大于 5 厘米）	在一个 30 米样带内，每间隔 2.5 米设置 1 个 1 米 x 2.5 米分段，重复 3-4 组	对于每个珊瑚群，尽可能鉴定到最低的分类层级（通常是属，有时是种） • 大小（测量最大直径，精确到厘米） • 形态 • 死亡率（包括过去或近期的死亡率）和死亡原因 • 状况（包括疾病、白化和沉积）
		幼年珊瑚群（直径小于 5 厘米）	1 米 x 1 米分段，重复 3 组	每个珊瑚群的大小，尽可能鉴定到最低的分类层级（通常是属）
		底栖覆盖层	每隔 1 米拍摄一张样方照片，摄像头安装在 1 米单脚架上 每张照片通过 CoralNet 工具分析 10 个随机点	使用分层分类法按底栖生境类型划分的每个随机点： • 一级：石珊瑚、软珊瑚、大型藻、草皮海藻 • 二级：石珊瑚形态 • 三级：石珊瑚属、大型藻属

表 2. 珊瑚礁：鱼类调查快速评估方法

目标：调查西北夏威夷群岛浅层（<30 米）珊瑚礁生态系统的鱼类和底栖生境				
方法：潜水员观测，包括样带法和固定点计数法				
	时间与地点	类群	方法	衡量指标
鱼类调查 (Ayotte et al., 2015)	选取合适的珊瑚礁生境进行分层随机采样（硬质基底生境占比大于 50%） 采样地点按照深度区间（浅层 1-6 米，中层 6-18 米，深层 18-30 米）和珊瑚礁区域（外礁、内礁、泄湖）进行分层 采样地点的数量取决于总面积和各层内的差异，并受限于可行的出船日 人员 由多组训练有素的水肺潜水员实施采样 • 主导：美国国家海洋和大气局海洋渔业管理部门下署的太平洋岛屿渔业科学中心，珊瑚礁生态系统司 • 合作伙伴：美国鱼类及野生动植物管理局、夏威夷州土地与自然资源管理局 频率 自 2000 年起，每年一次	鱼类 海胆	定点计数 (SPC)：在目测半径 7.5 米的圆柱内进行一系列定点计数快照 沿着 30 米样带，两名潜水员同时进行各自的定点计数拍照 在 5 分钟计数时间内记录所有物种，随后进入清点时间，记录每个物种的大小和数量	所有鱼类的总长度（精确到厘米）和丰度，尽可能鉴定到最低的分类层级（即种或属） 使用 DACOR 系统在每个定点计数圆柱内估算海胆的丰度 D = 优势 A = 丰富 C = 常见 O = 偶见 R = 稀有 每个字母对应一个计数范围，范围取值因不同属 / 种而异
		底栖 覆盖 层	目测每个定点计数圆柱和一般调查区域相关的生境信息	固着底栖生物覆盖的百分比：石珊瑚, 直立巨藻, 壳状珊瑚藻 (CCA), 沙砾及其他 调查区域生境类型：聚合点礁、硬质海底、带点礁的硬质海底、带沙道的硬质海底、岩石 / 巨石、礁石碎石、脊槽、以及带零散珊瑚 / 岩石的沙地 坡度、深度、能见度、底部洋流
			沿 30 米样带每隔 1 米拍摄 1 次照片样方，摄像机安装在 1 米单脚架上	未知

表 3. 海洋垃圾监测方法				
目标：清理并回收西北夏威夷群岛的废弃渔具				
方法：潜水员使用拖板对区域进行调查，通过潜水或浮潜清理废弃渔网，使用全球定位系统 / 全球信息系统 (GPS/GIS) 在地图上标记渔网的位置				
	时间与地点	类群	方法	衡量指标
海洋垃圾	通常使用租赁的大型船只（50-70 米），航程持续 15-20 天，每次航程的目标是 1-2 个岛屿 根据已知垃圾出现频率最高的海域依次分配作业日 在所有海域，利用小型无人机系统在 100-400 英尺高度之间进行调查，确定垃圾分布的情况 清理次数取决于可用资金和船只数量，2018 年共进行了 3 次清理活动 人员 由 10-20 名经过培训的工作人员开展调查 - 主导：美国国家海洋和大气局海洋渔业管理部门下署的太平洋岛屿渔业科学中心，珊瑚礁生态系统司 - 合作伙伴：檀香山市县政府、卡万塔能源公司、美国国家海洋和大气管理局珊瑚礁保护项目、美国国家海洋和大气管理局海洋垃圾项目、史尼泽钢铁夏威夷公司、美国海岸警卫队	海岸垃圾	在 5 个岛屿进行岸线调查	收集并分类所有废弃渔具和大于 10 厘米的塑料
			将每个岛的海岸线划分为多个 300 米长的分段，并按方向分层	使用 GPS 跟踪和计算总调查区域面积
		海洋垃圾	每次随机选择大约 5 个分段进行调查和垃圾清理	最终将所有垃圾送回实验室进行分拣、数据收集和处理
			工作人员沿着海岸线，在低潮线和海岸植被之间行走，记录和收集海岸垃圾	
			使用拖板调查裙礁或堡礁：潜水员屏息，以 1-2 节的速度拖在 17-19 英尺的充气船后面	垃圾位置（经纬度）、特征（类型、长度、宽度、高度、深度、污染程度、珊瑚生长状况）、生境类型
			使用浮潜调查浅泄湖或网状珊瑚礁：潜水员游过珊瑚礁周边海域，寻找废弃渔具	潜水员使用决策树来确定是否适合清理，不会对珊瑚礁造成额外损害
			有时使用水下推进器进行调查，以便在单位时间内覆盖更多的珊瑚礁区域	如果决定清理，潜水员会将废弃渔具从底部剪断，放到充气艇上，运至大船
	频率			
	自 1996 年起，每年一次			

注：拖板是一种水中调查设备，由一块附着在水面船只拖曳的绳索上的板组成。拖板用于在恒定深度的水下拖曳一名或多名潜水员，以调查珊瑚礁等海底特征。潜水员可以使用水肺潜水器。如果只有呼吸管，潜水员可以留在水面上，或者在水下保持两分钟左右。

表 4：夏威夷僧海豹监测方法				
目标：评估夏威夷西北群岛的夏威夷僧海豹 (<i>Neomonachus schauinslandi</i>) 种群				
方法：海滩计数，根据需要进行随机干预				
	时间与地点	类群	方法	衡量指标
夏威夷僧海豹 (NOAA, 2016 ; NOAA, 2021)	每年在 6 个岛上进行为期 2-6 个月的调查，人员和物资通过大型船只（50-70 米）进行运输 调查时间与繁殖高峰期重叠，以支持对夏威夷僧海豹繁殖率和总体种群数量的监测 人员 由野外生物学家组成的小型团队开展调查，在出发前接受 3-4 周的专业培训 - 主导：美国国家海洋和大气局海洋渔业管理部门下署的太平洋岛屿渔业科学中心，保护物种司 - 合作伙伴：美国国家海洋和大气管理局国家海洋底护区办公室、美国海岸警卫队	夏威夷僧海豹 (<i>Neomonachus schauinslandi</i>)	系统性的海滩调查：穿越整个海岸线，计数并鉴别所有海豹（使用鳍状肢标签和 / 或区分性标记，例如漂白标记或自然产生的疤痕或标记）	总丰度、亚种丰度、特定事件的发生率（出生、死亡、受伤、垃圾缠绕）、繁殖率（幼崽数、哺乳期雌性海豹 / 幼崽成对数量）
			其他目标包括： - 测量并标记所有已断奶的海豹幼崽 - 再次观察并记录已标记的海豹 - 记录新生、死亡、重伤、被海洋垃圾缠绕的情况 - 采集海豹粪便和反刍物进行食性分析 - 收集并清理可能对海豹造成缠绕威胁的海洋垃圾 - 对死亡的海豹进行尸检	
	频率			
	开始于 1980 年左右，每年一次			

表 5：海龟监测方法				
目标：评估西北夏威夷群岛的绿海龟 (<i>Chelonia mydas</i>) 种群				
方法：监测绿海龟在法国护卫舰浅滩的筑巢数量以评估种群趋势				
	时间与地点	类群	方法	衡量指标
绿海龟 <i>(Chelonia mydas)</i> 登陆 NOAA 网站 查看更多项目信息	在有大量绿海龟筑巢活动的海滩（法国护卫舰浅滩中的 5 个岛屿）部署多个野外营地，为期 3-5 个月 人员和物资通过大型船只（50-70 米）进行运输 在其他岛屿进行一些随机调查 人员 由训练有素的生物科学技术人员开展调查；由持执照的兽医专业人员实施收容救助（包含康复、尸检和手术） • 主导：美国国家海洋和大气局海洋渔业管理部门下属太平洋岛屿渔业科学中心，保护物种司 • 合作伙伴：美国鱼类及野生动植物管理局 频率 开始于 1980 年左右，每年一次	筑巢海龟 (成年雌性)	夜间穿越海滩，寻找所有的筑巢海龟，并记录筑巢活动 所有筑巢海龟个体都有金属鳍状肢标签和无源集成转发器 (PIT) 标记 其它活动包括： • 使用无线电发射器追踪海龟运动（通过卫星或声波 / 甚高频） • 采集海龟组织和 / 或血液样本以便进一步研究	成年雌性海龟的丰度、大小（甲壳长度）和身体状况（例如健康状况、受伤情况、疾病、皮肤是否存在生物群等） 筑巢活动的时间和地点
		巢、蛋和幼龟	夜间穿越海滩，记录所有龟巢活动, 包括干扰、捕食和幼龟出壳 在幼龟出壳几天之后，将龟巢挖掘出来	蛋的孵化程度、巢密度、产蛋量、蛋的受精率、孵化率

表 6：龙虾监测方法				
目标：对夏威夷大螯虾 (<i>Panulirus marginatus</i>) 和鳞突拟扇虾 (<i>Scyllarides squammosus</i>) 进行种群评估调查				
方法：在内克尔岛和芒洛环礁进行船上深水诱捕调查				
	时间与地点	类群	方法	衡量指标
龙虾 <i>(O’ Malley, 2009, 2011)</i>	使用租赁的商业渔船，对三个历史上常用的调查地点和一个长期禁止捕捞的地点（仅 1986 年允许捕捞）进行调查 2003-2008 年间，每年 6-9 月期间进行调查 人员 • 主导：美国国家海洋和大气局海洋渔业管理部门下属的太平洋岛屿渔业科学中心，渔业研究与监测司 频率 自 1980 年代以来，每隔一年进行一次资源调查 这些特别调查已在 2009 年停止	夏威夷大螯虾 <i>(Panulirus marginatus)</i>	使用标准商用制式黑色聚乙烯材料的 Fathoms Plus 陷阱进行诱捕	无源集成转发器标记编号、甲壳长度（精确至 0.01 毫米）、性别、生殖状况（是否有卵）、捕获深度、捕获日期、释放地点（纬度和经度）
		鳞突拟扇虾 <i>(Scyllarides squammosus)</i>	将 1 千克太平洋白腹鲭作为诱饵，制作成 15 串装置，每串装置设 20 个陷阱，浸泡过夜 所有捕获的龙虾都使用聚乙烯飘带标志和无源集成转发器进行标记。 测量并标记捕获的所有龙虾，然后通过释放笼释放到海底	

表 7：中光层珊瑚监测方法				
目标：调查西北夏威夷群岛深层（小于 80 米）珊瑚礁生态系统的鱼类和底栖生境，监测入侵物种的扩散情况【八放珊瑚 (<i>Octocoral Carijoa</i>) 和红藻沙菜属 (<i>Red algae Hypnea</i>)】				
方法：技术潜水员使用开放式循环三气混合技术进行观测，包括样带和照片样方				
	时间与地点	类群	方法	衡量指标
中光珊瑚 (Fukunaga et al., 2016 ; Kane et al., 2014 ; Wagner et al., 2014)	使用大型船只（50-70 米）进行随机调查 根据是否存在明显特征（例如硬底坡、岩架）和适当潜水深度（30-80 米），使用多波束声纳数据随机选择调查地点 调查通常持续约 1 个月，涵盖多个地点，使用开放式循环三气混合潜水技术 人员 由经验丰富、训练有素的专业潜水员进行调查 • 主导：PMNM • 合作伙伴：美国鱼类及野生动植物管理局、夏威夷州土地与自然资源管理局、美国国家海洋和大气局海洋渔业管理部门下署的太平洋岛屿渔业科学中心 频率 自 2009 年起，每年一次	鱼类	针对可用的硬质基底，在每个地点选取标准样带（25 米 x 2 米）	所有白天活跃的鱼 类（大于 1 厘米）的丰度，尽可能鉴别到最低的分类层级
		生境和基质类型 大型底栖生物	在样带上随机选择 25 个点拍摄照片样方（0.5 米 x 0.5 米） 使用 Coral Point Count 软件对每张图像随机选取 100 个点进行分类	生境和基质类型（例如岩架、硬质海底、碎石、巨石、脊槽、沙地、大型藻类覆盖的斜坡） 大型底栖生物的类型及覆盖百分比，尽可能识别到最低的分类层级

表 8：海鸟监测方法				
目标：评估西北夏威夷群岛的海鸟种群				
方法：种群调查和筑巢成功率调查				
	时间与地点	类群	方法	衡量指标
海鸟 (PMNM, 2021)	重点关注位于 4 个岛屿的主要筑巢群落 种群数量调查时间与繁殖季节重叠 人员 由经过培训的工作人员和志愿者进行调查 • 主导：美国国家海洋和大气局海洋渔业管理部门下署的太平洋岛屿渔业科学中心、美国鱼类及野生动植物管理局 频率 每年一次（持续时间未知）	筑巢海鸟	在资金和监测点允许的情况下，尽可能全年定期进行计数，间隔时间与物种的孵化周期相对应	活跃巢穴的数量、繁殖对的数量、环志的雏鸟数量、齐羽期雏鸟总数、群落面积、巢穴密度、巢穴使用百分比
		远洋海鸟	在船上进行样带调查 观察人员使用双筒望远镜鉴别海鸟并计数	海鸟数量和出现情况、猎物出现情况和类型

注： 由于审查期间找到的方法学资料有限，此处的监测活动可能并不完整。有关海鸟监测的最新信息，请查询 PMNM 网站。

表 9：入侵物种监测方法				
目标：调查和监测海洋外来物种的人为传播机制，评估保护区内已建立的海洋外来物种种群，以制定额外的监测计划				
方法：潜水员调查，识别和监测保护区中的外来物种，并评估其进入保护区的传播方式				
	时间与地点	类群	方法	衡量指标
入侵物种	每年的工作重点是在现有项目期间进行检查和监测 发现外来物种后，基于发现结果将开展更多的研究工作 例如，2019 年首次在 PMNM 记录到软骨藻 (<i>Chondria</i>)，2022-2023 年，重点寻找和监测潜在的入侵物种，并进行额外的实验研究 人员 • 主导：美国国家海洋和大气局海洋渔业管理部门下署的太平洋岛屿渔业科学中心，珊瑚礁生态系统司 • 合作伙伴：美国鱼类及野生动植物管理局	年度快速评估监测方案调查	珊瑚礁年度监测调查（表 1 和表 2）用于协助外来物种的研究、检查和监测	记录所有鱼类和底栖生物生境特征（表 1 和表 2） 对海洋外来物种的存在和分布数据进行评估
		沉降板早期检测研究 （随机调查）	投放自主珊瑚礁监测结构，这是一种由 23 厘米 x 23 厘米的 PVC 板组成的装置，由 4 个开放层和 4 个阻挡层交替堆叠组成，旨在模拟珊瑚礁结构的复杂性，吸引 / 收集定殖的海洋无脊椎动物 拆下 PVC 板，拍照记录聚集的固着生物	可移动生物被筛分成 3 个尺寸：2 毫米、500 微米和 100 微米 2 毫米的生物归类为形态物种 500 微米和 100 微米的生物保存在 95% 乙醇中用于 DNA 处理
		软骨藻调查 （自 2021 年起，随机展开调查）	17 天内调查 150 个地点，确定软骨藻的空间范围和覆盖率 使用样本碎片进行实验，确定杀灭藻类碎片所需的参数（例如化学物质、光影、冷冻），从而制定管理计划	软骨藻的空间范围和分布 收集海藻样品碎片以研究其种群结构、繁殖状态、组成以及相关的无脊椎动物群落 利用海洋学数据（温度、营养物质）研究影响软骨藻分布和传播的因素

2.5 人员、许可和资金

PMNM 内的监测和研究项目具有高度合作的特点，通常在多个机构的支持下进行。夏威夷僧海豹和绿海龟监测的营地部署一般通过一次主要的考察来完成。由美国国家海洋和大气管理局的大型船只或租用船只将监测项目的人员和物资运送到各个营地。考察团队通常由 30-50 名成员组成，覆盖整个考察季的所有野外营地，包括首席科学家、运营主管、海洋生物学家、兽医技术人员、兽医医疗人员、生物技术人员、研究技术人员、研究助理、船队主管和志愿者。

保护区内几乎所有的活动都需要获得许可。研究和监测项目通常需要以下两类许可之一：研究（通过研究进一步了解保护区资源和质量）或保护和管理（协助保护和管理保护区）。首席调查员必须提交一份许可申请，详细说明计划进行的活动。这些活动必须符合以下标准（根据第 8031 号美国总统公告和《美国联邦行政法典》第 50 卷第 404.11 条中的保护区条例）：

- 活动能够在充分保障保护区资源和生态完整性的情况下进行。
- 活动将以符合第 8031 号美国总统公告宗旨的方式进行，考虑到活动可能减少或增加保护区资源、质量和生态完整性的程度，活动的任何间接、次生或累积效应，以及这些效应的持续时间。
- 除了在保护区内开展活动以外，没有其他可行的替代方案。
- 活动的最终价值超过其对保护区资源、质量和生态完整性的不利影响。
- 活动的持续时间不超过实现其既定目标所需的时间。
- 申请人有资格开展和完成活动，并减轻活动可能造成的任何潜在影响。
- 申请人有足够的资金来开展和完成活动，并减轻活动可能造成的任何潜在影响。
- 申请人提出的方法和程序适合实现所提出的活动目标，同时考虑到了对保护区资源、特质和生态完整性的影响。
- 申请人的船舶配备了美国国家海洋和大气管理局执法办公室批准的移动收发器装置，符合《美国联邦行政法典》第 50 卷第 404.5 条的要求。
- 没有其他因素导致不适宜为活动签发许可。

许可申请由保护区许可证协调员处理，并由保护区的共同受托人进行审核。许可申请涉及一系列问题，保护区提供了一份[许可申请示例](#)作为指南，并为[每种许可类型提供了详细说明](#)。审查人员评估计划活动的潜在效益，确定计划的方法是否会取得预期结果，并评估所有可能的有害环境影响，从而确定是否发放许可。在夏威夷州立水域（距离陆地 0-3 海里）内提出的所有活动都必须得到夏威夷州土地与自然资源管理局的批准。如果获得许可，项目还必须遵守保护区的附加条款和条件，包括遵循保护区的[标准最佳管理实践和政策](#)以及[报告要求](#)。每个获得许可的项目在许可到期日后 30 天内需完成船舶报告和总结报告，说明开展的活动和相关航行日志。每年 12 月 31 日之前，每个项目应提交综合年度报告，在收到年度报告之前，项目许可无法续签。保护区还提供[年度报告模板](#)，介绍了所需的组成部分。2021 年，共发放了 19 份许可，包括新的许可和续签现有许可。以上所述的所有监测活动都必须获得这些许可。

资助研究和监测活动的资金来自多种渠道。美国国会于 1984 年设立的美国国家鱼类和野生动物基金会 (NFWF) 与联邦和州政府机构、企业以及各类组织合作，为美国各地的保护和科学项目筹集资金。美国国家鱼类和野生动物基金会通过夏威夷保护计划支持在夏威夷和 PMNM 的保护项目，该计划与美国鱼类及野生动植物管理局、美国国家森林局 (USFS) 和美国国家海洋和大气管理局国家海洋庇护区办公室合作。帕帕哈瑙莫夸基亚研究与保护基金 (PRCF) 是夏威夷保护计划的一部分，成立于 2018 年，专门满足 PMNM 的需求。2018 至 2021 年间，帕帕哈瑙莫夸基亚研究与保护基金为 13 个项目提供了超过 550 万美元的资金支持 (Pico, 2022)。该基金[每年发布提案征求](#)，通常要求至少 1:1 的非联邦配套资金。2022 年，帕帕哈瑙莫夸基亚研究与保护基金在保护区内为新项目和现有项目的拨款达到 260 万美元。其中包括用于海洋垃圾监测和清理项目的 218.6 万美元。该项目的非联邦配套资金为 87.94 万美元，项目总额为 306.6 万美元 (Pico, 2022)。

截至 2016 年，监测夏威夷僧海豹种群的实地考察每年大约花费 65 万美元 (NOAA, 2016)。这笔款项支持两次巡航，每次至少 23 天，包括基础研究项目的所有物资成本、人员时间和管理费用。这是通过与联邦、州和私人合作伙伴的合作进行的。然而，该方案强调了增加额外巡航的必要性，以支持计划的研究和监测活动。这将需要使用租赁船只，每年将花费 18 万美元 (NOAA, 2016)。

海洋垃圾监测项目的许可目前处于审查期，该方案提出进行 2 次为期 30 天的巡航（总计 60 天），由 16 名项目人员和 7 名船员提供支持（每次巡航参与者 23 人）。2022 财年的预算为 210 万美元，用于支持两项与本报告所述类似的大规模水下清理任务。

2.6 监测数据分析

每个方案的人员负责收集和分析各自的数据，并且必须完成一份年度报告以符合许可的要求。这些报告包括详细说明基于收集到的数据可以得出哪些初步发现，并说明这些发现将如何提供有助于 PMNM 管理决策的信息。报告通常由每个项目的首席科学家编写，并得到项目人员的支持。虽然所有的项目在完成后都必须共享收集的数据，但数据分析的方向和所有后续出版物均由相关研究人员自行决定。大多数分析和发现通过 PMNM 的宣传和经同行评议的科学出版物进行传播。

PMNM 优先与公众分享监测和保护工作的见解。保护区将年度许可报告的重点内容汇编成年度活动总结报告，公众可在 PMNM 网站与 ArcGIS StoryMap 网站上获取相关内容。例如，可以查看 [2021 年度活动总结报告](#) 和 [2021 年 StoryMap](#)。PMNM 网站还定期发布关于保护区内科学活动的[博客文章](#)，以及涉及重大发现或关注议题的新闻稿。PMNM 国家海洋庇护区办公室在每年 2 月、6 月和 10 月发布通讯，重点介绍取得的成就和即将发生的重要活动。[2023 年 2 月的时事通讯](#)重点介绍了 PMNM 科学家发现的一种新藻类，向读者介绍了有关夏威夷语言和原住民习俗的新资源页面、展览和研讨会。此外，由于国家海洋庇护区正在考虑将 PMNM 列入名录，时事通讯还介绍了海洋庇护区划定流程的信息。

一些监测方案旨在支持州级和联邦级的种群评估。夏威夷僧海豹研究方案年度实地报告于每年 1 月 15 日发布，提供了有关种群数量、新生海豹、种群趋势和干预措施信息的摘要。太平洋岛屿渔业科学中心的海龟评估方案利用海龟研究方案收集的数据来进行海龟种群评估。随后，数据被传输至美国国家海洋渔业局监管项目 and 美国鱼类及野生动植物管理局，这两大机构负责确定管理指令。



评估过程与结果

3.1 PMNM 状况报告

管理计划规定，PMNM 内的研究成果需要进行整合，并提供给管理人员和公众 (NOAA, 2008b)。美国国家海洋和大气管理局国家海洋庇护区办公室使用状况报告框架定期评估庇护区内的状态和趋势，此外也覆盖了几个国家保护区。PMNM 已有两份状况报告，分别在 2009 年和 2020 年发布。《2009 年 PMNM 状况报告》对之前 5 年（2003-2008 年）的变化趋势进行了评估。《2020 年 PMNM 状况报告》研究了之前 10 年（2008-2019 年）的变化趋势。虽然保护区在 2016 年进行了扩建，但《2020 年 PMNM 状况报告》不包括扩建区域的评级和分析。此外，报告还对扩展区域内的资源情况进行一些背景讨论。预计《2020 年 PMNM 状况报告》将支持对 2008 年保护区管理计划的更新 (National Marine Sanctuaries, 2020)。

“报告旨在通过协助识别资源状况、当前监测工作中的差距以及未来可能需要监测和管理措施的因果因素，支持帕帕哈瑙莫夸基亚进行持续地适应性管理。报告还提供了一个框架，以便资源管理人员、研究人员、社区和其他利益相关方讨论如何维护帕帕哈瑙莫夸基亚的完整性。” ——《2020 年 PMNM 状况报告》

3.2 状况报告框架

PMNM 使用的状况报告模型是压力 - 状态 - 响应 (PSR) 模型（见图 3），“用来描述压力对资源的作用、资源状况及其趋势，以及现有管理部门对威胁海洋环境完整性的压力的响应” (National Marine Sanctuaries, 2020)。评估中使用的 12 个问题改编自美国国家海洋庇护区系统使用的标准化问题 (National Marine Sanctuary Program, 2004)，并被扩展到了陆地、文化和历史资源方面。

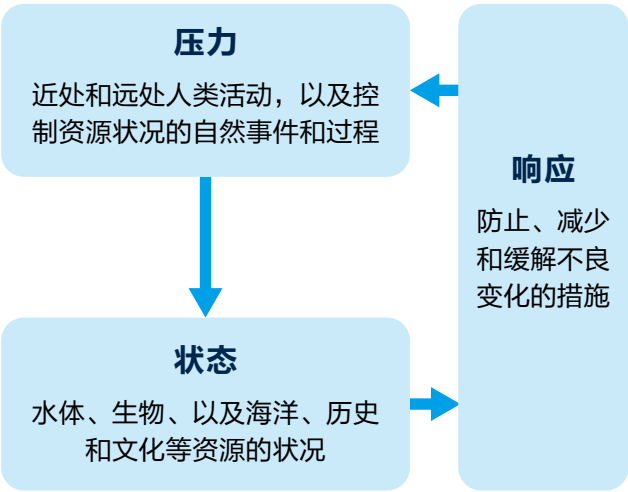


图3：用于PMNM状况报告的
压力–状态–响应(PSR)模型

来源：《2020年PMNM状况报告》

为了编写这份报告，PMNM 召集了一个跨机构科学评审小组，由熟悉保护区资源的专家和联合受托管理机构先前或现有的专家组成。在评估方和 PMNM 工作人员的支持下，小组成员多次会面，设计、完善框架和方法，为每个关键评估目标设计的问题和标准化评分指南。他们创建了一个基于模板的评审表单，其中包括资源评估问题和用于报告保护区资源的状况的标准化答案选项（见图 4）。

技术专家：[插入技术专家的姓名]

资源：[插入适用的资源名称，例如物理环境、生物资源等]

物种/生境（如适用）：[插入相关的物种或生境名称，例如僧海豹、珊瑚礁]

#	问题	评级	发现小结	管理建议
	[插入需要回应的问题]	[插入评级]	[用一句话总结发现]	[用一句话总结管理建议]

状况：良好良好/一般一般一般/较差较差不确定

趋势：▲ 状况在改善▬ 状况无变化▼ 状况在恶化
？ 状况不确定N/A 问题不适用

评级依据：用2–3句话分别说明以下内容

- 状况：**使用已发表的文章、报告和其他数据作为判断依据，描述资源的状况（良好、良好/一般、一般、一般/较差、较差、不确定、不适用）。
- 趋势：**使用已发表的文章、报告和其他数据作为判断依据，描述资源状况的趋势（改善、无变化、恶化）。突出显示威胁或新兴问题。
- 管理影响：**描述为改善或维持资源状况而采取的行动的管理影响。这些影响将用于更新保护区管理计划的策略和行动。

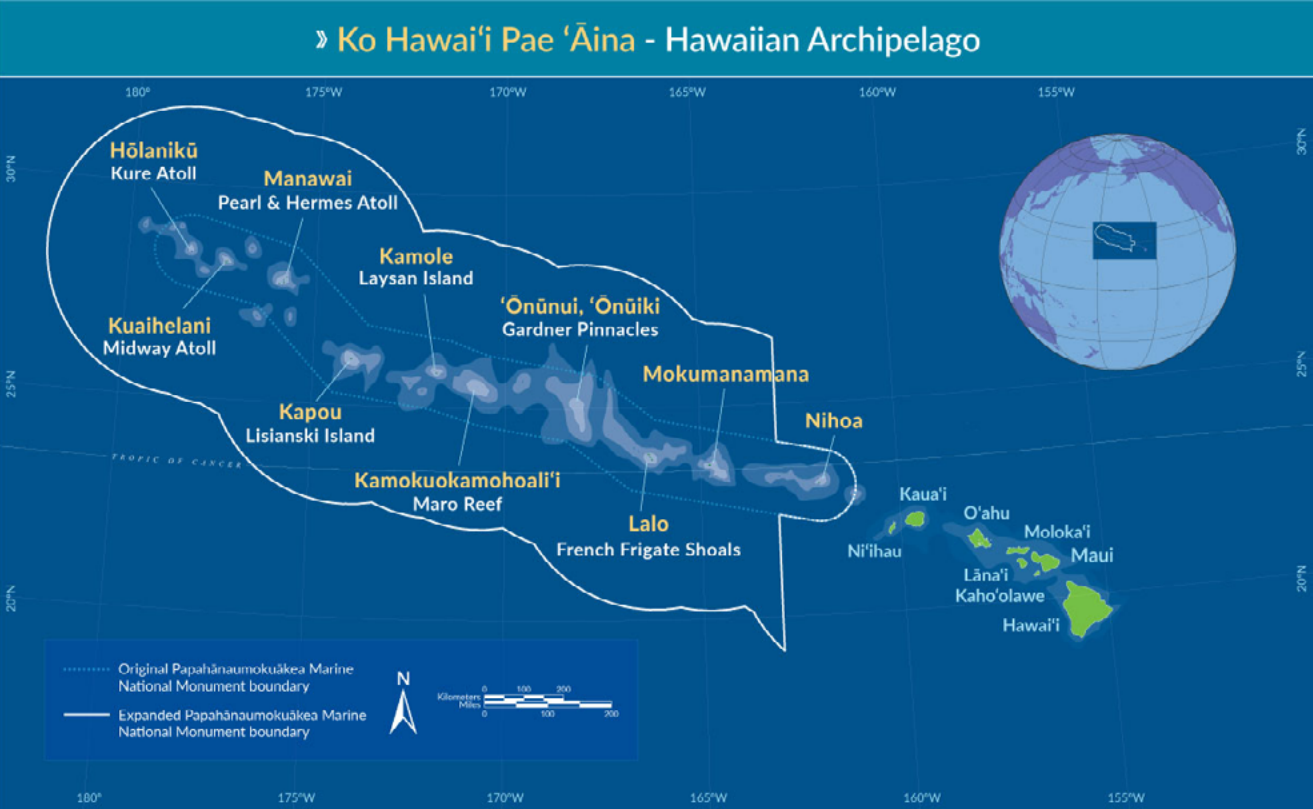
列出参考文献：提供引用的参考文献列表和pdf文件，以纳入PMNM的参考文献目录。

图4：相关议题的专家评审模板，用于评估保护区资源关键指标的状况和趋势

来源：《2020年PMNM状况报告》

随后，美国国家海洋和大气管理局国家海洋庇护区办公室的工作人员利用现有数据、已发表的科学研究、报告和任何其他可用资源（如个人经验），与相关议题的专家开展讨论。通过广泛讨论，相关议题的专家使用这些信息确定状态描述（针对每个问题设定），并分配颜色代码和状态评级（例如，良好、一般、较差、不适用、不确定）。与新一轮状况报告相比，专家评估了新一轮的状况趋势：改善、保持不变、下降或不确定。这些评估尽可能基于对定量评估的解读，但在必要时也包括非定量评估和个人观察。他们还根据可用证据的类型、数量、质量和一致性，确定了用于支持其评级的证据强度（有限、中等或有力）。

这些完成的评估经过审查，编制成报告初稿，内容包括专家意见、评论、数据和文本引用，以支持评级。这一过程十分漫长，一般需要花费多年。评估方最初于 2012 年签约，报告初稿在 2016-2017 年由机构工作人员审查，他们确定需要进一步评估和更新的数据来支持管理规划。这引发了 2018-2019 年与相关议题专家的进一步磋商，并更新了报告的所有章节。在 2020 年向三名外部审查人员提交报告终稿之前，更新版的稿件已经共享给所有参与方，以供审查和修订。



PMNM 保护区示意图

© 美国国家海洋和大气管理局

3.3 状况报告总结：2008-2019 年状态和趋势

下列表格介绍了针对每个问题评估的重点关注对象以及《2020 年 PMNM 状况报告》中使用的指标。表格重点介绍了每个部分的主要发现以及审查人员建议的管理注意事项 (National Marine Sanctuaries, 2020)。

表 10：物理环境问题、指标和管理建议				
问题	重点关注对象	指标	现状	管理建议
最近气候的加速变化是否改变了水质状况？ 变化趋势如何？	海洋和大气状况	海平面温度、海洋生产力（叶绿素含量）、海平面变化、洪水情况、降水和风暴、碳酸盐化学作用	海洋温度升高导致了四次大规模的珊瑚白化事件 飓风和热带风暴的发生次数有所增加 钙化程度和霰石饱和度相对较低	监测保护区的物理环境对于了解保护区如何随时间和空间变化至关重要
非生物生境类型的面积和分布是怎样的？ 变化趋势如何？	陆地和海洋非生物生境	生境的面积和分布、物理条件、净碳酸钙沉积、沉积物沉积和侵蚀程度	陆地生境正受到严重侵蚀 缺乏用来评估水下生境状况的数据，已知礁顶向海一侧经常受到侵蚀	测量礁顶的净碳酸盐累积率和陆地沉积物沉积率对于了解这些生境的未来至关重要 完成高分辨率的水深测量和基底测绘对于监测海洋非生物生境的大规模变化至关重要 需要控制侵蚀程度以保护陆地生态系统
近岸和内陆水域的水质情况是怎样的？ 变化趋势如何？	近岸和内陆水域	水质（盐度、营养物质、污染、疾病暴发）	缺乏近岸水质数据 在中途岛、莱塞岛和库雷环礁的内陆水域，发生过因禽类肉毒杆菌中毒导致受保护鸟类死亡的事件	近岸和内陆水域都需要进行持续的水质监测，并制定威胁预防和缓解计划
生境中已知的污染物浓度是多少？ 变化趋势如何？	污染物	对土壤和水中的杀虫剂、多氯联苯化合物 (PCB)、多环芳烃 (PAH) 和铅进行污染物调查	尽管采取了补救措施，但历史性的污染物仍然存在 大多数工作都在库雷环礁、中途岛和法国护卫舰浅滩（燕鸥岛）进行，但莱塞岛以及珀尔和赫米斯环礁也存在污染点，受保护物种持续暴露在这些污染物中	针对当地污染来源和污染暴露数据的空白，优先开展调查 制定防治和处置策略，以防止危险海洋垃圾在未来释放污染物

表 II：生物资源问题、指标和管理建议				
问题	重点关注对象	指标	现状	管理建议
生物多样性的状况是怎样的？ 变化趋势如何？	海洋生物多样性	群落、珊瑚、鱼类、藻类、无脊椎动物的特有性、物种丰富度和多样性百分比（分类、功能、遗传）	生物多样性是生态系统原真性的特征，有助于促进生态系统的完整性 本土特有物种比例很高	随着扰动的性质、频率和强度发生变化，监测生物多样性对于了解保护区的复原力非常重要
	陆地生物多样性：库雷环礁	本土和外来植物、鸟类、哺乳动物、爬行动物、无脊椎动物的物种丰富度、多样性和分布	1995年消灭鼠类以后，海鸟种群在恢复中 由于采取了入侵性杂草控制措施，本土植物的丰富度、丰度和分布正在增加	持续进行杂草管理对于恢复本土植物群落和提高海鸟的繁殖成功率至关重要
历史上的目标鱼群资源的状况是怎样的？ 变化趋势如何？	刺龙虾、琵琶虾、底栖鱼类、黑唇珍珠牡蛎	通过独立的标记调查得出龙虾的单位捕捞努力渔获量（非渔业数据） 美国鱼类及野生动植物管理局的渔业资源评估	截至 21 世纪末，刺龙虾种群数量仍低于历史水平，底栖鱼类资源保持健康水平 黑唇珍珠牡蛎 (<i>Pinctada margaritifera</i>) 在 1930 年遭到过度捕捞，截至 2006 年尚未恢复	需要进行研究调查，以获取最新的种群状况和其他信息
外来物种和入侵物种的状况是怎样的？ 变化趋势如何？	陆地外来物种	已知外来物种的丰度和分布、清理和改造区域的修复工作	生境修复方案已经改善了本土陆地生态系统，但外来植物的种子库将在未来很多年内威胁生态系统的完整性	恢复全年实施、持续开展根除和生境恢复工作，对于改善生物多样性和保护非生物结构免受侵蚀至关重要
	海洋外来物种	外来物种的数量和分布	调查已经确定了一些外来海洋物种，其中一些物种分布广泛 海洋无脊椎动物是外来物种中最大的类别	继续采用最佳实践方法，尽可能减少海洋外来物种的传播，将有助于保护海洋生境的完整性 还需要持续的监测，以及对外来物种的特征描述

表 II：生物资源问题、指标和管理建议（续）				
问题	重点关注对象	指标	现状	管理建议
关键物种的状况是怎样的？ 变化趋势如何？	夏威夷僧海豹 (<i>Neomonachus schauinslandi</i>)	丰度、分布、幼崽生存率、患病率	2013-2017 年，保护区内的夏威夷僧海豹种群数量增加了 2% 已经观察到特定地点的种群数量趋势	监测海豹种群变化趋势和减轻对海豹生存的威胁是当务之急 有限的资金缩短了野外调查，给未来监测带来了不确定性
	海龟	观察到的筑巢海龟的数量和分布 随机标记（卫星标记、无源集成式应答器、鳍足金属标志）	夏威夷群岛上遍布着受威胁的绿海龟 (<i>Chelonia mydas</i>) 北太平洋中部种群 约 96% 的筑巢活动发生在法国护卫舰浅滩，当地的筑巢活动正在增多	需要数据和模型来预测海平面上升对筑巢地点的影响，以及沙地温度上升对孵化成功率和海龟性别比的影响 需要监测主要的筑巢地点，以评估飓风瓦拉卡造成的海龟生境损失的影响
	珊瑚礁鱼类	丰度、分布、生物量、群落结构、本土特有物种的出现频率、入侵物种的出现频率	珊瑚礁鱼类群落在大多数科和营养群中都表现出较高的生物量，特别是大型类群 保护区珊瑚礁上存在大量的大型顶级捕食者，这与 8 个有人类居住的夏威夷群岛主要岛屿形成了鲜明对比	生境的巨大面积和高度多样性给评估带来了挑战 针对生长在较深海域的珊瑚礁（水深大于 30 米）、软沉积物生境和白天活跃的鱼类的取样严重不足 珊瑚礁鱼类群落可能容易受到未来气候变化的影响
	浅水珊瑚	丰度、分布、健康状况（健康、白化、疾病）、种群结构	2009、2010、2014 和 2019 年发生了珊瑚大规模白化事件 2014 年的事件导致利相斯基岛的珊瑚覆盖率减少了 68%，降低了生境的复杂性和珊瑚礁体积 2019 年事件的珊瑚死亡率尚不清楚 2018 年，飓风瓦拉卡摧毁了罕见轴孔珊瑚的已知生境 Rapture Reef	需要对珊瑚礁进行年度监测，以评估和应对来自诸如珊瑚白化、飓风破坏和入侵物种等自然灾害的影响 对于已经存在钙化限制、接近珊瑚生长的热极限，且持续受到气候影响的珊瑚礁，应考虑对其进行辅助恢复

表 11：生物资源问题、指标和管理建议（续）				
问题	重点关注对象	指标	现状	管理建议
关键物种的状况是怎样的？ 变化趋势如何？	深海珊瑚	丰度、分布、多样性	保护区中仅探索了一小部分潜在的深海珊瑚生境 只对少数几个地点进行了重复调查，因此很难记录其各项指标随时间变化的趋势	深海珊瑚的广阔地理面积和极端深度使得评估工作极具挑战性 需要制定计划，重新调查已知的深海珊瑚位置，以评估各项指标随时间变化的趋势、深海珊瑚的生活史、气候变化和海洋酸化对它们的影响
	海鸟	丰度（繁殖对的数量）、筑巢种群的分布 通过活跃巢穴的数量、环标识雏鸟和齐羽期雏鸟数量评估的繁殖状况	最近的海鸟筑巢和丰度数 据主要集中在莱桑信天翁 (<i>Phoebastria immutabilis</i>) 和黑脚信天翁 (<i>Phoebastria nigripes</i>) 虽然筑巢活动保持稳定或略有增加，但信天翁种群受到洪水和海啸事件、鼠类捕食、商业捕捞和污染造成的负面影响 保护区的扩建增加了对觅食海鸟的保护	保护区内有 21 种海鸟，只有 12 种受到监测 为了跟踪 PMNM 中的信天翁繁殖情况，必须恢复每年在燕鸥岛的监测 保护区的扩建和在中途岛环礁清除掠食性鼠类的行动将降低莱桑信天翁受到的威胁
	本土特有陆地鸟类	丰度、分布、疾病流行率（禽类肉毒杆菌）	这 4 个物种都是本土特有物种，被列为濒危物种，并受到入侵物种引入和传播的威胁 莱岛鸭 (<i>Anas laysanensis</i>) 分布在 3 个岛屿上 莱岛拟管舌雀 (<i>Telespiza cantans</i>) 和尼豪岛苇莺 (<i>Acrocephalus familiaris kingi</i>) 分布在 2 个岛屿上 尼豪岛拟管舌雀 (<i>Telespiza ultima</i>) 仅分布在尼豪岛上 随着 2011 年尼豪岛苇莺迁移到莱塞岛，莱塞岛现在栖息着 4 种特有陆地鸟类中的 3 种	高优先级的管理措施包括对现存种群进行持续监测，并确定其他岛上的生境，以建立更多的种群 尼豪岛拟管舌雀是唯一受限于单一岛屿的 PMNM 特有陆地鸟类，协助其迁移将降低它的灭绝风险
	本土特有陆地植物	5 种已知的特有陆地植物的丰度和分布	5 种陆地植物是 PMNM 特有的 另外 2 种是夏威夷群岛更广泛地区的特有物种，但其大部分种群分布在 PMNM 内 由于人类造成的破坏，主要是入侵物种的出现，这 7 种植物都受到《濒危物种法》的保护	为了保持、恢复和建立历史范围以外的新种群，并保护这些种群的遗传多样性，需要对准入权限实行严格控制，并长期致力于监测、移植和入侵物种控制

表 12：历史和文化考古资源问题、指标和管理建议				
问题	重点关注对象	指标	现状	管理建议
已知的海洋考古资源的状况是怎样的？ 变化趋势如何？	海洋考古资源	历史捕鲸、沉船和飞机遗址等的数量和物理状况（风化、恶化）	由于地处偏远，保护区中的海洋遗产遗址受到的人类威胁比夏威夷群岛主要岛屿地区小 自然退化是这些遗址面临的 最大威胁	自然退化使得信息不断流失，保护已知海洋遗产资源、确定新遗址以及清查和解读这些遗址的任务十分重要 长期管理应优先考虑监测、关注《美国国家历史名胜名录》提名遗址以及重点解读工作
已知的历史资源的状况是怎样的？ 变化趋势如何？	历史资源：中途岛环礁	历史资源（建筑、结构）的数量和物理状况	中途岛上现存的 56 座历史建筑中约有一半状况良好，被美国鱼类及野生动植物管理局用作生物站 另一半由于暴露而出现退化，可能会影响它们被列入名录的资格	恶劣的环境条件造成的退化，再加上在这些偏远地点工作的高昂成本，使急需的维护和修复成为一项重大挑战 基于网络的工具为公众获取正在进行的研究和其他工作进展提供了便利
已知的夏威夷原住民考古资源的状况是怎样的？ 变化趋势如何？	夏威夷原住民考古资源	对遗址内容、文物、构造和建筑进行测绘和文档记录	尼豪岛和内克尔岛上有大量的与外来文化接触之前时期的夏威夷原住民文化和考古遗址 它们暂未受到显著的人为干扰，但自然退化仍在继续	这些资源包含高质量的信息，并且因被列入保护区和世界文化遗产名录受益 考古学家的持续研究对于记录和解读这些资源非常重要 其中一种管理策略可以是减少对内克尔岛的岛上参观

表 12：历史和文化考古资源问题、指标和管理建议（续）				
问题	重点关注对象	指标	现状	管理建议
已知的历史和考古资源是否构成环境危害？ 变化趋势如何？	海洋考古资源	评估对环境的潜在威胁（危险物质的存在，恶化造成的危害）	已知的历史遗址都至少有 50 年的历史，过去可能造成的威胁很可能已经微不足道或消失了	随着 2016 年 PMNM 的扩展，海洋遗产资源存量增加，包括与中途岛战役有关的深水沉船和飞机遗址 一旦发现历史遗迹，对这些地点的评估应纳入其对环境的影响，包括船只所有的可见液体泄漏
	历史资源：中途岛环礁	评估对环境的潜在威胁（危险物质的存在，恶化造成的危害，例如铅、石棉、混凝土）	中途岛上的历史建筑外部已通过封装处理了含铅油漆问题 修复工作还包括清除含铅油漆和石棉材料 大多数历史悠久的商店建筑的外墙是用含有石棉的水泥板建造的 恶化可能增加接触铅和石棉的风险	美国鱼类及野生动植物管理局已经减少了所有历史遗产上的含铅油漆 需要进行持续监测和维护 可能需要拆除建筑和基础设施以减少风险
	夏威夷原住民考古资源：尼豪岛和内克尔岛	评估对环境的潜在威胁（危险物质的存在，恶化造成的危害）	虽然考古资源不存在重大威胁，但内克尔岛仍存在未爆弹药、嵌在岩层上的炮弹和弹坑中的金属碎片 岛上不断侵蚀的结构可能对鸟类或本土植物构成危险	为了评估这些资源造成的风险变化，需要进行更细致和更频繁的监测和研究 然而，文化资源作为环境危害来源的相对贡献预计很小



经验和改进措施

每个监测项目的发展过程都汲取了许多经验教训。许多项目自 21 世纪初开始就一直在收集数据，少数项目甚至自 20 世纪 80 年代已经开始收集数据了（详见表 1- 表 9）。监测的初始阶段通常侧重于确定区域内现有资源的状况，并建立基线条件。参与底栖生境监测方案（重点关注珊瑚礁及相关生物）的首席科学家指出，珊瑚礁研究的前几年往往针对最具吸引力的地点，这些地点的珊瑚礁覆盖率和鱼类生物量特别高。选择这些地点是因为它们适合潜水，且存在大量科学家研究的重点关注生物。随着时间推移，研究人员意识到，仅调查这些地点并不能捕捉到保护区内存在的所有变化。这将限制他们了解和评估该区域内丰度和物种分布情况的能力，以及适时监测变化的能力。为解决这一问题，研究人员提出分层采样方法，系统地选择采样点，确保他们捕捉到保护区内的各种变化。不过，每年研究相同的地点也提供了有价值的时间序列数据，尤其是对研究珊瑚覆盖变化的科学家而言。底栖生境监测方案最终采用了一种综合方法：采用分层随机抽样，以更好地确定整个保护区内的分布和丰度变化，并在一些固定地点提供一致的时间序列。与底栖生境监测有关的其他变化包括在各个地点采用更加一致的方法，以及整合新技术以改进回顾性分析（例如 3D 摄影观测）。

另一个挑战是保护区的规模和有限的研究资源。虽然底栖生境监测方案最初计划每年前往各个岛屿的所有监测地点，但最终不得不将频率改为每隔一年进行一次，特定监测地点只能每隔两年访问一次。这限制了监测变化的能力，因为没有足够的统计数据来监测小尺度或较短时间内的变化。目前的底栖生境监测方案只能解析在 5-10 年时间范围内的变化。想要增强监测能力，需要在所有监测地点增加人员和预算，鉴于目前的情况，这几乎是不可行的。

PMNM 保护区通常是夏威夷群岛主要岛屿内发生变化的“原始”对照地点，这是因为 PMNM 没有渔业活动或陆地污染。保护区的主要污染源是海洋垃圾。监测方案并非旨在测试将某个区域划定为保护区的有效性，但许多研究确实表明，与夏威夷群岛主要岛屿相比，该保护区的生物量更高（根据与 PMNM 工作人员的讨论）。这给 PMNM 的管理工作带来了挑战。在其他海洋保护区，预计关键指标将随着生态系统的恢复呈现增长。但与这些海洋保护区不同，PMNM 的海域相对保留了原始状态，对这一海域的监测，其目标则是希望不会监测到与气候变化和其他新兴压力相关的关键指标的下降趋势。



一只夏威夷僧海豹和一只绿海龟在 PMNM 的海滩上休息

© Mark Sullivan, 美国国家海洋和大气管理局渔业夏威夷僧海豹研究项目，2007 年

参考文献

- Fukunaga, A., Kosaki, R. K., Wagner, D., & Kane, C. (2016). Structure of Mesophotic Reef Fish Assemblages in the Northwestern Hawaiian Islands. PLOS ONE, 11(7), e0157861. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157861>
- Gittings, S., Alexander, C., Kosaki, R., & Tartt, M. S. (2004). Information Needs For Conservation Science and Management of the Northwestern Hawaiian Islands. U.S. Department of Commerce.
- Kane, C., Kosaki, R. K., & Wagner, D. (2014). High levels of mesophotic reef fish endemism in the Northwestern Hawaiian Islands. Bulletin of Marine Science, 90(2), 693–703. <https://doi.org/10.5343/bms.2013.1053>
- National Marine Sanctuaries, N. O. A. A. O. (2020). 2020 State of Papahānaumokuākea Marine National Monument: Status and Trends 2008–2019. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of National Marine Sanctuaries.
- NOAA. (2008a). Hawaiian Archipelago Marine Ecosystem Research (HAMER): A research plan (14; NOAA Technical Memorandum NMFS-PIFSC).
- NOAA. (2008b). Papahānaumokuākea Marine National Monument Management Plan.
- NOAA. (2016). Species in the Spotlight Priority Actions: 2016-2020 Hawaiian Monk Seal (Neomonachus schauinslandi). U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of National Marine Sanctuaries.
- NOAA. (2021). Species in the Spotlight—Hawaiian Monk Seal. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of National Marine Sanctuaries.
- O’ Malley, J. M. (2009). Spatial and Temporal Variability in Growth of Hawaiian Spiny Lobsters in the Northwestern Hawaiian Islands. Marine and Coastal Fisheries, 1(1), 325–342. <https://doi.org/10.1577/C09-031.1>
- O’ Malley, J. M. (2011). Spatiotemporal variation in the population ecology of scaly slipper lobsters Scyllarides squammosus in the Northwestern Hawaiian Islands. Marine Biology, 158(8), 1887–1901. <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1701-z>
- Pico, M. (2022). Papahānaumokuākea Research and Conservation Fund.
- PMNM. (2011). Papahānaumokuākea Natural Resources Science Plan (2011-2015).
- Wagner, D., Kosaki, R. K., Spalding, H. L., Whitton, R. K., Pyle, R. L., Sherwood, A. R., Tsuda, R. T., & Calcinai, B. (2014). Mesophotic surveys of the flora and fauna at Johnston Atoll, Central Pacific Ocean. Marine Biodiversity Records, 7, e68. <https://doi.org/10.1017/S1755267214000785>

中英文专有名词对照表		
缩略词	英文全称	中文全称
CCA	Crustose Coralline Algae	壳状珊瑚藻
DLNR	Department of Land and Natural Resources	夏威夷州土地与自然资源管理局
GIS	Global Information System	全球信息系统
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
HAMER	Hawaiian Archipelago Marine Ecosystem Research Plan	夏威夷群岛海洋生态系统研究计划
HIMB	Hawai'i Institute of Marine Biology	夏威夷海洋生物研究所
NFWF	National Fish and Wildlife Foundation	美国国家鱼类和野生动物基金会
NMFS	National Marine Fisheries Service	美国国家海洋渔业管理部门
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	美国国家海洋和大气管理局
NRDC	Natural Resources Defense Council	自然资源保护协会
NRSP	Natural Resources Science Plan	自然资源科学计划
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons	多环芳烃
PCB	Polychlorinated Biphenyl Compounds	多氯联苯化合物
PIFSC	Pacific Islands Fisheries Science Center	太平洋岛屿渔业科学中心
PIT	Passive Integrated Transponder	无源集成转发器
PMNM	Papahānaumokuākea Marine National Monument	帕帕哈瑙莫夸基亚国家海洋保护区
PRCF	Papahānaumokuākea Research and Conservation Fund	帕帕哈瑙莫夸基亚研究与保护基金
PSR	Pressure-State-Response	压力-状态-响应
SPC	Stationary Point Count	定点计数
USCG	United States Coast Guard	美国海岸警卫队
USFS	United States Forest Service	美国国家森林局
USFWS	United States Fish and Wildlife Service	美国鱼类及野生动植物管理局



NRDC 北京代表处

地址：中国北京市朝阳区东三环北路 38 号泰康金融大厦 1706

邮编：100026

电话：+86 (10) 5332 1910

