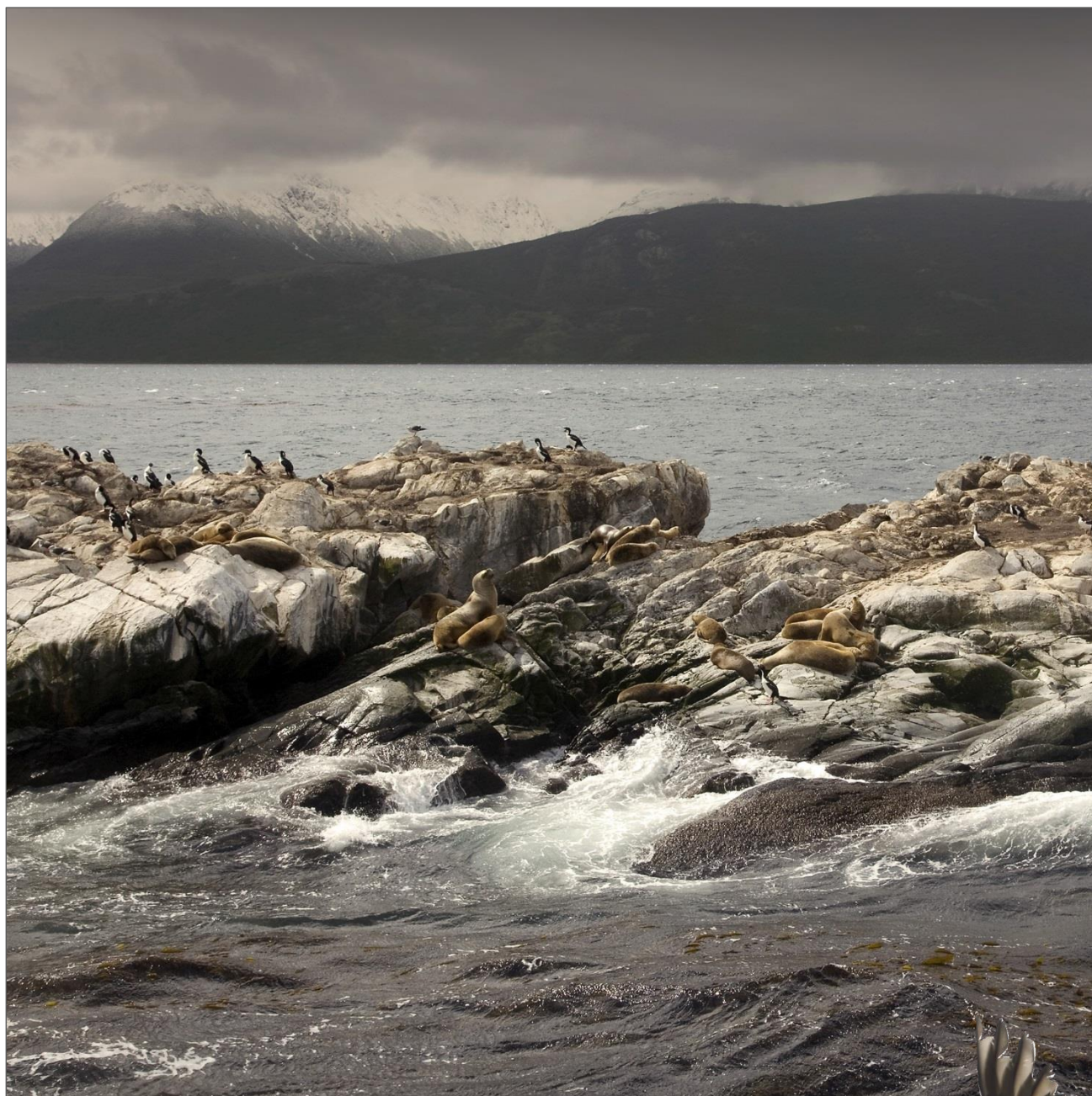


执行摘要



本报告主要涉及海洋能（MRE）设备与海洋环境、海洋动物及其生境间的相互作用及所产生的影响，概括介绍了这方面的最新研究情况。本报告是2013年第四工作组报告的更新和补充，该报告可从 <http://tethys.pnnl.gov/publications/final-annex-iv-report-2013> 进行下载。本报告中文版由国家海洋技术中心徐伟研究员、欧玲研究实习生翻译。





全球海洋能开发现在仍处于开发、部署和商业化应用的初级阶段。尽管海洋能设备包括了利用潮汐、波浪、海流及海水温差和盐度差来提取能量，但大多数环境影响研究是针对潮汐能和波浪能发电装置（WECs: wave energy converters），还有一些重点研究潮流能和河流涡轮机。本报告只考虑涡轮机及波浪能发电装置。

本报告由海洋能源系统（OES）实施协议下的第四工作组编写。OES的十三个成员国共同致力于评价海洋能开发的潜在环境影响，共同研究如何解决阻碍海洋能项目选址、审批及项目许可的潜在环境影响问题，从而推动海洋能产业的发展。

本报告收集和分析的信息有助于监管机构和调查研究机构了解潮汐及波浪能设备安装对海洋动物及其生境造成的潜在风险，可在项目设计、选址、运营等阶段为海洋能开发商提供帮助，并有助于设定监测计划以减小与海洋动物的碰撞风险或降低碰撞产生的影响。将环境影响信息与选址要素结合起来应用到项目申请过程中时，可以缩短单个设备或阵列（多个设备组成的阵列）项目的审批时间。本报告中将现有的研究成果进行了整合，收集了关于海洋能设备与环境相互影响的可靠信息，但报告中所做的分析和结论并不能代替对具体项目的分析和研究，或指导具体项目的审批和选址。

一、部署海洋能设备潜在的环境影响

海洋能作为一种新兴产业，在一些设备与海洋动物或生境间会存在一定的相互作用，这会让监管机构或利益相关者认为存在一定的潜在风险。在很多情况下，这种风险的存在是由于从海洋中收集的数据不足而引起的高度不确定性所导致。这种风险不可被低估，然而，实际的风险和理解的风险存在差距，数据不足将持续挑战我们对风险的认知能力。

此外，风险由多种因素决定，包括设备的状态（静态或动态），设备类型（波浪能或潮汐能），设备所占用的空间规模（单个机组或阵列）。随着海洋能行业的不断发展，了解海洋能技术所有的环境影响机制非常重要，尽管很多潜在风险可能很小且很容易避免或减轻。更多的战略研究投入可能有助于降低不确定性，并明确实际风险。大多数单机设备所造成的影响及风险不太可能对海洋环境造成伤害，而更大的阵列项目则不然。为实现海洋能行业的商业化发展，这些阵列项目需要监测和战略研究。

最新研究表明，大部分海洋能设备对海洋动物的潜在风险是由海洋能设备与海洋动物相互作用不确定性引起的，而这种不确定性是因缺少权威数据而产生的。再者，尽管收集了权威数据，海洋能设备对海洋动物及其生境的某些实际风险可能仍然存在。目前看来，这种不确定性必然为海洋能商业化发展带来挑战。



二、海洋能的积极作用

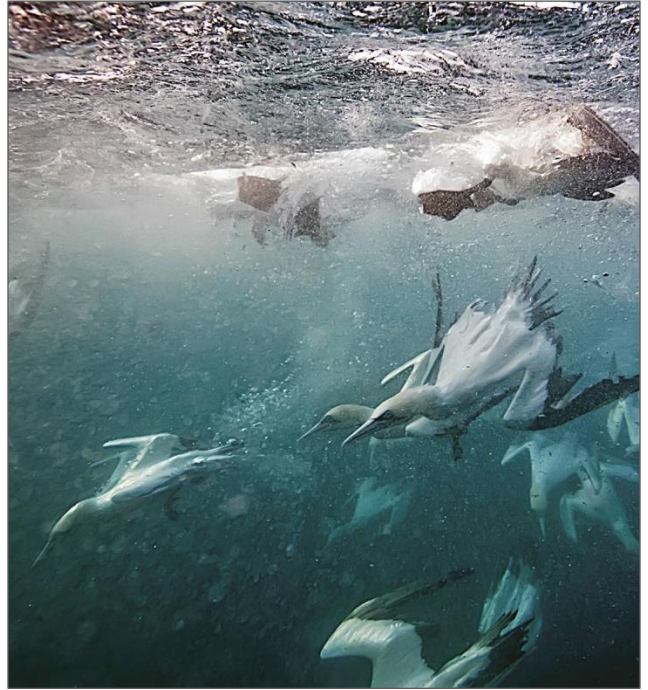
推动全球海洋能的发展源于人们对开发具有潜在应对气候变化（例如海洋酸化和海洋温度上升）的安全能源的兴趣。气候变化的负面影响已经作用于许多的海洋海岸带资源，并将继续影响鱼类、贝类、海洋哺乳动物、鸟类及其它生物的健康、繁殖能力及生物多样性。类似的，气候变化还会大大阻碍人类从海水养殖获益，同时还会降低海岸带生境对海岸侵蚀和风暴潮的抵御能力。虽然很多国家的法律法规还没有明确允许海洋能所带来的有利影响（预测性结果）可补偿（抵消）其所带来的不良影响，但是海洋能所带来的净效益应当视为有助于抵御气候变化。



三、潮汐涡轮机周边的海洋动物碰撞风险

海洋动物与潮汐能设备转动部件发生碰撞的潜在风险是审批潮汐能开发项目的一个主要因素。如果潮汐能项目的选址与某些保护物种的生境重叠，则这种碰撞可能导致海洋动物个体受伤或死亡，并长期影响种群数量。

海洋哺乳动物、鱼类及海鸟是碰撞风险中考虑最多的因子，然而，迄今为止还没有在单机或小型阵列中观测到碰撞事件。目前的研究主要以观察涡轮机附近的海洋动物的行为模式来了解发生碰撞的机制。然而，由于缺少合适的仪器，同时通过声学 and 光学设备在水下进行观测仍然具有挑战性，因此要观测动物与设备的碰撞仍受到制约。数学模型可致力于提供最极端的情景来评估碰撞风险，但仍需要野外现场验证。研究人员也在研究涡轮机附近的动物行为，包括逃避、躲避及吸引；风险和影响的评价需要设备附近动物行为和运动的直接观察数据来支持，从而解答利益相关者及监管机构的疑问。



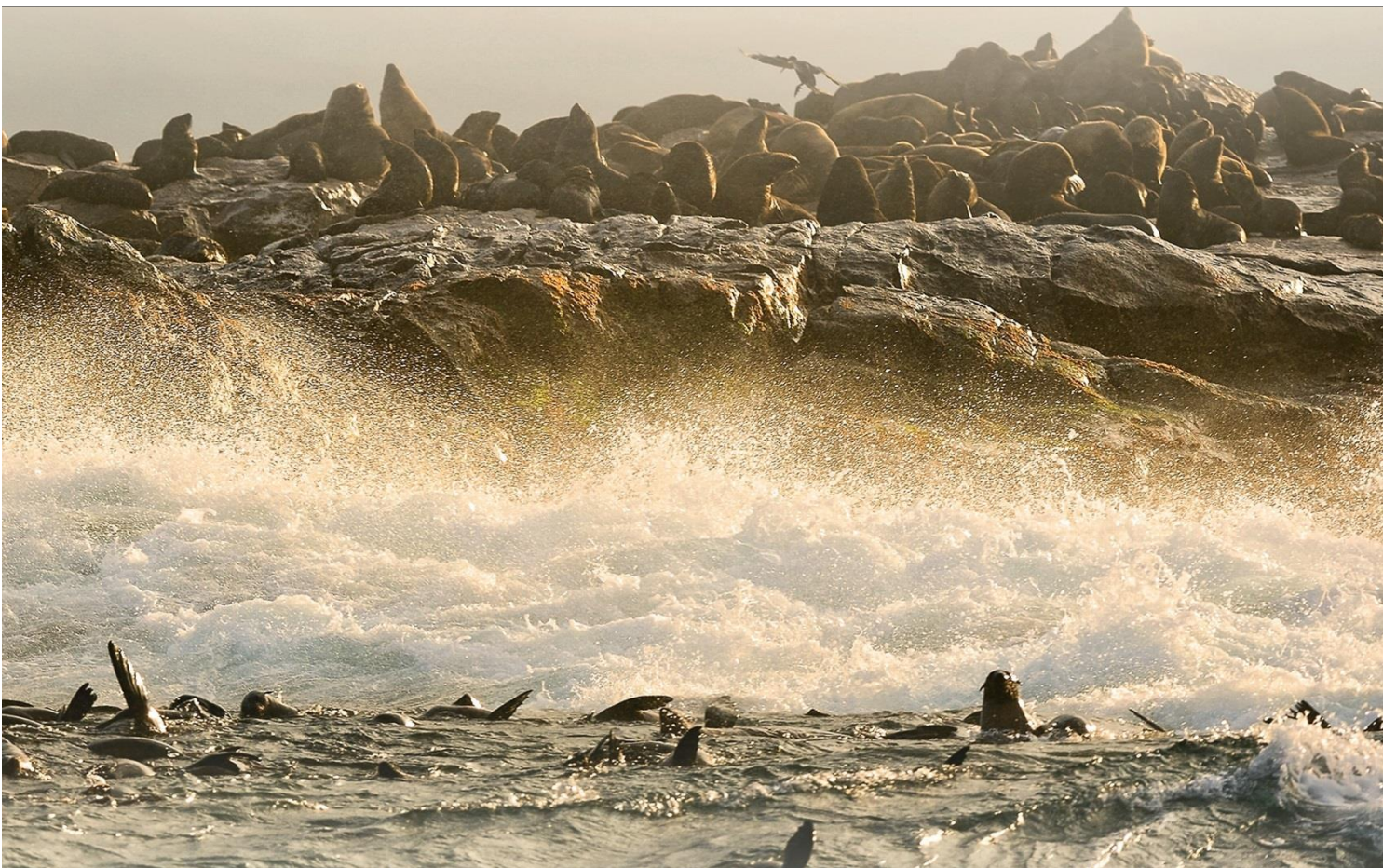


四、波浪能及潮汐能设备所产生的噪音对海洋动物造成的风险

在海洋环境中，动物们用声音来沟通、交往、定位、捕食及躲避天敌。海洋动物发出和接收的声音其频率和振幅也有所不同。波浪能及潮汐能设备所产生的噪音可能引起海洋动物行为变化，进而对某些个体产生伤害。噪音对这些动物身体的影响可能包括临时或永久性听力减弱、对非听觉组织器官的损害、在鱼类及海洋哺乳动物的身体内形成不规则气泡，或造成神经外伤。对海洋哺乳动物潜在的行为改变则包括躲避噪音声源或被声源吸引，以及对交流、航运、探测猎物的掩蔽和干扰。目前，尚未开展海洋能设备运营噪声对海洋动物产生影响的观测。



测量波浪能和潮汐、潮流能运营过程中涡轮机产生的噪声正日益常规化，但是测量大型鲸鱼的听力范围内的低频噪声还具有一定的挑战。此外，要观察动物们对这些声音的反应则更为困难。对于设备安装产生的噪音对海洋动物身体的伤害及引起的行为变化影响是否有害，还需要更多的信息才能进行判断。目前很少开展现场测量，所收集的大部分数据是对海洋能单个设备的噪声监测，我们可以据此确定大致的设备阵列噪声累积影响范围。



五、物理环境的变化：能量转移及水流变化

在海洋环境中，物理环境是影响海洋生物生存和健康的重要因素。海洋能设备的安装会改变设备周围的自然水流模式，从而改变沉积物的分布和输运，进而影响物理环境。此外，能量移动（能量随着电缆输出）可能改变水体的运动。少量海洋能设备不会造成可测量的变化，但大型商用阵列就有可能逐渐改变海洋物理环境。



关于海洋能设备造成的能量转移和水流变化的野外现场研究很少。研究人员已经构建了针对这个问题的很多数学模型，但大多数模型的关注对象是对发电能力的优化。关注环境影响（如水循环、沉积物输运及水质）的模型非常少。研究海洋能设备潜在环境影响的所有模型都需要野外现场数据来验证，这是这些研究的局限性。

六、电缆及海洋能发电设备产生的电磁场对海洋动物的影响

天然海洋环境中本来就存在电磁场，但人类生产行为可能改变这种电磁场或产生新的电磁场源，包括海洋能设备电缆所产生的电磁场。通常情况下，电缆都埋在或放在海底，然而有些设备电缆则可能悬浮在海水中。

评价电缆及发电设备所产生的电磁场需要测量相关磁场及感应电场。一些实验室研究和野外现场研究探讨了这些电磁场对海洋动物的潜在影响，包括某些对电或磁敏感鱼类、无脊椎动物及可能受影响的海龟。大多数研究都关注海洋动物对电磁场的行为学反应，包括可能使某些动物离开其重要生境的阻碍效应，幼体发育或生长缓慢，以及限制哺育的一些行为学变化等。迄今为止，没有证据表明海洋能设备所产生的电磁场会对任何海洋物种产生影响（无论是正面影响还是负面影响）。



七、海洋能设备引起的生境变化：底栖生境与成礁模式

海洋能设备的重力基础、桩、锚系设施的布放、电缆的铺设及机械运动部件等的安装会改变海底生境。与此类似，海洋能设备在海底或海水中的存在可能吸引鱼类及底栖生物，使它们在设备附近聚集，形成鱼礁效应，这将会改变生物的行为，活动地点，以及种群数量。

目前大部分的底栖生境变化证据都是关于海上风电建设的，这可以为海洋能设备的影响提供一些参考信息。与其它用海活动相比，在新的海域建设项目设施结构，海洋能设备所造成的影响范围或对底栖生境的改变不会有很大不同。

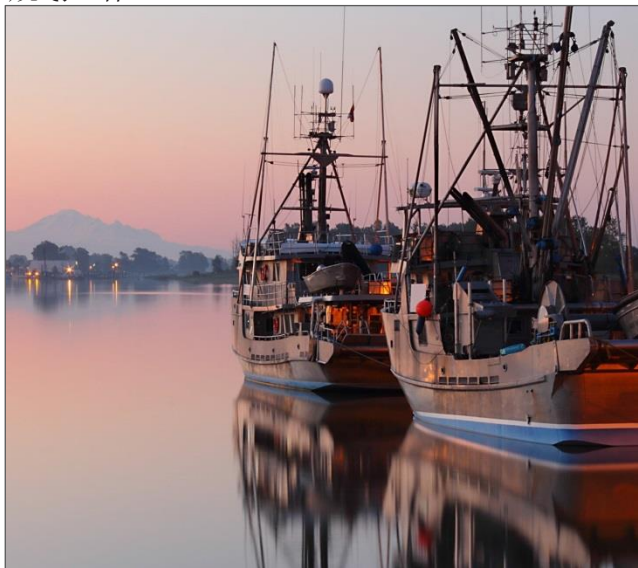
海洋能设备鱼礁效应对鱼类的影响尚不明确，可能与其它海洋行业非常类似，例如人工鱼礁的投放，不会对鱼类种群造成有害影响。还有一种可能是，海洋能设备会增加某些鱼类的种群密度。



八、海洋空间规划与海洋能

海洋空间规划（MSP）是对用海活动和海域使用权人进行规划和管理以保障海域可持续发展的一种方法。海洋空间规划的基本原理是，通过跨部门合作，在达成一致的环境保护目标的情况下，为用海活动及海域使用权人提供一个稳定的公开透明的规划系统，以保障海洋生态系统及其生物多样性的健康。

我们向第四工作组项目的各国代表进行了调查，以确定在其国家内海洋空间规划的实施情况。一些国家已制定了正式的海洋空间规划流程，一些国家在海岸管理规划中包含了海洋空间规划的原则，还有一些国家尚未开展海洋空间规划工作。

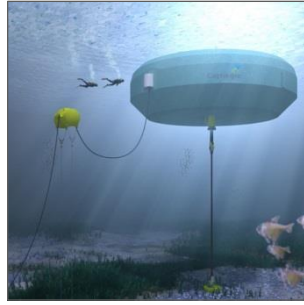


九、关于海洋能项目选址及审批的案例研究

对于管理部门，要扩大海洋能发展规模，与其它电力类型的成本竞争是审批过程中最大的制约瓶颈。环境法在实际应用中的不确定性会延长审批过程，增加成本，并加大不确定性。在这里我们提供了四个案例，分别是两个潮汐项目（位于美国的ORPC TidGen[®]发电项目；位于北爱尔兰的MCT SeaGen项目），一个波浪能发电项目（位于葡萄牙的WaveRoller项目），以及一个试验测试项目（位于西班牙巴斯克自治区的BIMEP项目）。本案例研究的目的是让大家洞察海洋能项目选址及审批的各种复杂性。

项目产生影响的不确定性以及在审批前需要征求大量利益相关者的意见，这些耗时的程序是海洋能源项目审批的主要障碍。目前，相关法律还不完善，存在没有专门管理海洋能的法律，或相关法律不明确的情况。尽管如此，在一些案例中，监管机构愿意与开发商合作。项目的审批过程和环境监控需求的成本都是很高的。

增强公众对海洋能技术的意识和了解，扩大宣传力度，是与利益相关者互动的重要环节。此外，还需要改进和调整现有立法和标准体系，以推动海洋能项目的审批。一些国家正在开展这些工作。



十、海洋能项目监控与研究的总结及展望

本报告总结并梳理了海洋能环境影响研究状况，并加强对公众宣传的力度。随着单机设备不断发展，第一个阵列式商业机组也出现了，因此，碰撞风险，水下噪声及电磁辐射等海洋能设备与海洋动物间的相互影响成为了海洋管理者与利益相关者关注的主要问题。

海洋能设备与海洋动物间相互作用的风险仍具有不确定性；和其它的近岸项目类似，这些风险需要得到更好的理解和管理。一些已表明不会对海洋环境造成伤害的相互作用应当放到一边，从而将研究和监控的重点聚焦在具有较大影响力的因素上。所有这些风险都应分成三类：1) 低风险影响因子，已经从目前进行的监测中取消的因子；2) 具有高度不确定性且需要进一步研究的相互作用；3) 已经确定对海洋环境具有高风险的影响因子，在阵列规模扩大之前，需要通过合理的选址，装置和运营过程的设计水平的提升，以及适应性管理方法来减轻影响。最终，所有影响因素都应当通过适当的措施来避免或减轻。

监管机构认为重要的海洋动物或其生境与海洋能设备之间的相互作用可以通过以下三类策略来处理：

- ◆ 一些特定影响因素，可利用现有仪器、平台及技术进行有效监控，通过改进仪器和数据管理使监测监控更加高效。
- ◆ 其它影响因素，可立即进行针对性的战略研究以明确相互作用的风险，降低项目生命周期的监测成本，并减少监测年限。
- ◆ 另外，还有一些其它影响因素只能用战略研究投入来推动，因为至今为止还没有可行的监控方法。

研究机构、监管机构及开发商有机会识别环境影响，并增加“压力驱动因子-受体”相互作用（现在仍然具有高度不确定性）的战略研究投入，从而使选址及审批过程更为合理，同时将正在安装或安装完成的海洋能项目监控成本降到可接受的水平，进而推动行业的发展。本报告给出了一个框架以确定这些战略研究投资方向。

其它信息

第四工作组科学报告全文及执行摘要链接：

<http://tethys.pnnl.gov/publications/state-of-the-science-2016>

联系人：

Andrea Copping
西北太平洋实验室

andrea.copping@pnnl.gov

+1 206.528.3049

以下网站可查询相关的论文、报告及关于海洋能建设的其它媒体资源。

<http://tethys.pnnl.gov>