

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2011年11月15日 第22期（总第124期）

地球科学专辑

中国科学院资源环境科学与技术局

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆
邮编：730000 电话：0931-8271552

甘肃省兰州市天水中路8号
<http://www.llas.ac.cn>

目 录

海洋科学

2030年海洋研究与社会需求的关键基础设施	1
1 介绍	1
1.1 基础设施定义	2
1.2 研究范围	3
1.3 研究方法	3
2 2030年海洋研究的主要问题	4
2.1 海平面如何发生时空尺度的改变, 什么是其潜在的影响因素?	5
2.2 气候变化如何影响初级生产循环?	6
2.3 在不断变化的海洋生境中, 海洋生态系统结构、生物多样性和种群动态如何形成?	6
2.4 海洋生物和生态系统如何受海洋酸化的影响?	7
2.5 气候变化如何影响化学元素的分布?	8
2.6 有机碳组分通量如何在变化的海洋中分布?	8
2.7 海洋环流、海洋和大气中的热量分布如何应对自然和人为的驱动影响?	8
2.8 全球水循环的改变将如何影响海洋?	9
2.9 沿海的物理和地球化学演变是如何进行的?	9
2.10 沿海生态系统和生物群落将如何应对多相性应激源(污染物)?	9
2.11 极地地区的海洋、冰川、陆地和大气层之间最重要的相互作用是什么? 是如何影响物理变化和生物变化?	10
2.12 预测和减轻海洋漏油与工业事故的研究进展如何?	10
2.13 海洋地球工程的潜在影响是什么?	11
3 总体基础设施的需求	12
4 建议	13

专辑主编: 张志强

本期责编: 安培浚

执行主编: 郑军卫

E-mail: anpj@llas.ac.cn

海洋科学

编者按：海洋活动对人类有着直接影响，人类对海洋系统的了解还不全面，而人类对海洋的研究需要依赖于广泛的海洋基础设施。为了确保关键基础设施能够满足 2030 年海洋基础研究和解决社会面临的重大问题（如气候变化、海啸预警、近海能源生产和渔业可持续发展等）的需要，美国紧迫需要建设一整套的海洋研究基础设施，并制定一项针对未来海洋战略投资的国家计划。美国国家研究委员会海洋基础设施战略研究组在国家和国际评估的基础上，于 2011 年 9 月正式发布了《2030 年海洋研究与社会需求的关键基础设施（Critical infrastructure for ocean research and societal needs in 2030）》报告，确定了在 2030 年可能处于海洋科学前沿且需要解决的若干重大科研问题，为解决这些问题需要规划建设的国家海洋研究基础设施。美国科学界对海洋科学研究前沿和基础设施研发的思考与建议，能够对我国从事海洋研究的相关人员提供参考和借鉴。

2030 年海洋研究与社会需求的关键基础设施

1 介绍

在 2004 年的《21 世纪的海洋蓝图》报告中，美国海洋政策委员会（USCOP）被推荐成立为一个职能部门，其功能定位就是“为了支持科学研究、资源管理与评估、执行与培训，而成立的一个国内海洋与海岸基础结构和技术战略规划部门”（USCOP, 2004）。USCOP 的工作之一就是研究制定一个美国海洋科学与教育、多样化管理与工业生产活动的详细目录。这表明美国基础设施的重要组成部分已经使用多年即将过时，在一些领域的功能也无法满足海洋研究学界的需求。美国海洋政策委员会对于美国基础设施方面正在加大的技术差距表示担忧，同时在国家的领导阶层中对海洋技术的发展关注度也在减退。综合上述两方面的原因，导致目前美国对国外设备的强烈依赖，潜在地削弱了美国研究人员在新技术、新数据和新挑战方面的努力与工作热情。

为了实施 21 世纪海洋蓝图，政府组织成立了美国海洋科学与技术委员会（SOST），它的级别与联邦政府的研究计划部门相当。在 2007 年，SOST 发布了美国未来 10 年海洋优先研究领域与实施战略报告，作为一个关键的战略点，该计划将着重关注与海洋密切相关的社会与科学主题（有关海洋的自然特性与文化资源的管理，增加其适应能力以应对自然灾害，提高人类健康水平）。通过继续实行该计划，为满足海洋科学发展的需要，不再局限于未来 10 年时间尺度，SOST 已经开始评估现阶段和将来国家研究基础设施的相关需求。海洋研究机构必须对该行动计划的预先行动做指导，因为此计划筹备、设计、资金到位以及建立主要设施的预算时间都比较漫长，并且也由于这些资产中的大部分有很长的使用期限（一般都在 25~30 年，

甚至更久)。为了支持美国海洋研究的事业，如何平衡建造需求与陆续寻求支持之间的竞争矛盾，将是一个重大的挑战。鉴于目前奋斗的目标就是在获得一项巨大投资的同时去维持、管理并提升主要的基础设施部分，美国海洋研究需要一个战略计划，该计划是为了在将来的投资中确保新设备能在提供最大价值的同时将浪费降到最低，并且在使用与操作的灵活性方面能促进新技术的发展。SOST 就 2030 年战略计划中将如何解决国家海洋研究基础设施的需求，关注设备与硬件的需求来解决重大的海洋学研究问题征求美国国家研究理事会（NRC）的意见。

在这项研究过程中，国家海洋理事会已经确定去执行实施跨部委的海洋政策特别小组（Interagency Ocean Policy Task Force，美国总统行政命令 13547，2010 年 7 月 19 日）的最终建议。该国家海洋政策的执行策略（CEQ，2010）包括以下重点：基于生态系统的管理；海岸带与海洋空间计划；情报决策与改善决策制定、协调与支持；气候变化与海洋酸化的反馈与适应；区域生态保护与修复；陆地水资源质量与可持续政策；北极的变化情况；海洋、海岸带、大湖观测与地图绘制以及基础设施建设。为了制定下一个 10 年计划，SOST 也已经开始进行海洋研究优先领域和实施战略的更新。

1.1 基础设施定义

韦氏词典中定义“infrastructure”是底层的、基础的或基础框架（相当于一个系统或者组织）或者一项活动所需的资源（如同员工、建筑物、或者机器设备）。与该释义相一致，美国海洋研究基础设施从广义上来说就是一个全面的网络平台、传感器、数据集、系统、模型、计算与网络服务，以及员工、机器设备和机构组织等的投资组合，该基础设施将帮助国家完成海洋领域诸多研究主题的认识与理解。

在本报告中，海洋战略委员会采纳了其狭义解释，他们着重关注美国海洋研究计划的共享或社会资源的利用。其中不包括员工及独有资源和特定投资研究活动之间的联系，这些通常是比较专业并且是原型发展的，或者完全用于某一个特定的工作任务。在委员会的释义下，美国海洋研究基础设施是一个全面的投资组合，其中包括网络平台、传感器、数据集、以及系统、模型、支撑人员、机器设备和机构组织，这些都是国家用来承担完成海洋方面研究主题的，而且它们可以或者有可能作为一个整体为海洋研究领域提供资源共享。

在这里作为精确的解释，海洋研究基础设施是一个有关资源和资产的国家性的投资组合，主要包括技术、设备、数据、人员和制度建设方面。该投资会随着时间的推移进行相应改变来响应联邦政府、各州、各地区以及私人投资者，他们都在海洋研究基础设施和海洋学以及其他领域（信息技术、动力系统、机器人技术、基因组学等）的发展方面注入了资金。国家规定其海洋研究基础设施会在任何时间点都能解决：怎样、多久、以及国家花费多少成本可以获得解决有关海洋学的一些基础

性和应用性难题的答案。尽管如此，美国海洋基础设施的重要组成部分目前仍不能满足海洋研究领域的这些需要。

该委员会在最宽的范围内精确地界定海洋研究领域，指出该领域包括完整的海洋科学计划。同时指出在该工作组内学术界是一个重要的组成部分，海洋研究团体包括科学家和政策制定者以及各个层面的政府组织，其中还包括工业和非盈利的基金组织。

1.2 研究范围

报告涉及联邦机构所考虑的因素，因为他们计划将在未来的 20 年间投资影响海洋研究的基础设施。正如前面所提及的，报告关注基础设施的组成部分并且这些组成部分可以作为一种全社会性的资源得到共享。它们不包括某些类别的海洋科研人员（比如说主要的调查人员、管理人员和研究生们）和个人私有的机器设备或者某些科学家自己的专利/专有设备，这些都不能被作为海洋研究界整体共享的资源。

报告中详述了海洋研究基础设施的详细类别，回顾了这些基础设施组成部分在过去的 20 年里是如何一步步搭建起来的，并且认为这些科学问题很有可能在 2030 年会被确定需要去解决。这些科学问题包括基础性、探索性的研究工作，都是用来总体上更进一步地拓宽我们关于海洋学方面的知识，同时可以将这些知识运用在我们的工作当中，可以产生更多的信息来解决一些特定的社会需求。委员会审查了海洋研究基础设施过去的发展趋势，并且将在接下来的 20 年中对必要的基础设施资产分门别类。他们将向联邦政府建议如何区分优先次序来投资海洋研究基础设施，并且讨论用何种方式使得他们投资的价值能实现最大化。

报告没有提出有关美国海洋研究基础设施具体变化的建议，也没有确定将来对基础设施投资的优先次序，以及那些有关共享基础设施已经得到确认的科学问题是否会得到资金的支持。尽管如此，对于特定基础设施类型的关键性需求都已经提及，未来的科学研究如果没有这些类型资金的支持将无法开展。如何确定相关项目的优先次序，这都取决于联邦政府和其他的一些投资商，以及来自于海外海洋科学研究群体的拨款。委员会相信在报告中提及的该过程以及注意事项将告诉人们一些方式，这些方式是联邦机构接手未来 20 年的工作，并确认能有效地开展以及高效地实现海洋研究基础设施的共享，这样可以达到国际一流的基础设施，并且用于美国各大州海洋研究领域。

1.3 研究方法

美国海洋研究基础设施战略委员会在 2030 年由美国国家研究理事会组建，他们旨在为 SOST 提供建议，SOST 是由联邦机构组建对海洋环境充满兴趣并负有相关责任的组织。另外 SOST 机构，在委员会的报告中期望将来能为政策制定者以及更多的海洋科学领域提供有用的建议。

委员会提出的建议关键点如下：

(1) 确定预期主要的研究主题作为 2030 年海洋科学优先突破点。

(2) 确定基础设施类别，这可能包含计划中 2030 年国家海洋研究基础设施。

(3) 对一些关键点和过程提供建议，这些都可以被用在新海洋基础设施发展的优先权确定或者取代已有的设备决定。

(4) 推荐给联邦政府的方式都可以使海洋基础设施投资价值实现最大化。

(5) 在与海洋科学优先研究领域与实施战略相同的背景之下解决社会问题，这将是美国未来 20 年海洋研究的主要问题。

2 2030 年海洋研究的主要问题

委员会主要的工作任务之一就是预先确定主要的研究问题作为 2030 年海洋科学的首要关注点，这些工作都是基于国内与国际的评估，吸纳来自世界范围内科学界的主要观点并且不断开展研究计划活动。为了对这些指导做出回应，委员会最近启动了一系列的政府计划、特别工作组纲领、研究计划评价、学术报告以及基础教材（如：自然科学基金，2001；美国海洋政策委员会，2004；美国海洋科学和技术联合小组委员会，2007；改善环境质量委员会，2010），这些都已经记录在相关文件中。基于这些工作记录证明以及海洋科学与政策领域的科学家们收集的信息，委员会确定了 32 个非常重要的科学问题，这些问题都是预计将会成为 2030 年海洋科学领域的重要问题被优先考虑，它们将面临在交叉学科与多学科领域，以及在区域、地方以及特殊领域主题的全球性的挑战。这些问题在 2010 年已经清晰地被提出，但是他们并不是简单的主题，而且将会在以后很多年里付出艰苦的努力集中解决，它们是具有挑战性的科学问题，将可能会花费几十年的时间去解决，尤其是那些可以被人们利用的有限制条件的资源。

如何确定研究问题在 2030 年仍然会面临着诸多挑战。几乎可以肯定，新发现和技术的进步将会改变研究前景，重新定义研究问题甚至可以得到部分问题的答案。预测一些颠覆性的变化性质几乎是不可能做到的，也甚至很难去预计这些问题所产生的影响作用。相反，委员会（遵循上文所提到的规划与评估）关注的问题有可能并不仅仅是相关的，而是在 2030 年之前最紧迫的。例如，差不多在 20 年前，温室效应的政策启示提出一系列的研究主题，都是有关地球工程主题的，这可以作为一个潜在的方法去减缓气候变化。在过去的一些年中，已经有很多专题讨论会和专业的报告被用来发展地球工程研究，并将此提上日程作为对气候变化的响应。在这 2 个报告之中我们可以看出科学的发展无疑是超前的，但是精妙的科学问题对这些方案的可行性和影响依然存在。

尽管这些列表从来都不可能全面地概括所有问题，但是委员会仍然觉得他们在 2030 年之前的这个阶段已经足够全面地去指导主要的基础设施需求。这些问题从内

容上都被涵盖在 4 个主要的社会驱动因素的内容之内：有效地管理环境，保护生命和财产，持续提升经济的活跃度，以及增加基本的科学认识。这些社会驱动因素在未来 10 年中与美国的海洋科学优先研究领域与实施战略的关键主题相类似。

在接下来的 20 年中，由于日益增长的世界人口使得显著的人为活动所造成的环境影响更容易发生。尽管如此，我们已对海洋物理、化学以及生物响应方面认识在不断增加，尤其是在人为因素驱动下的一些问题（如：气候变化、资源开发与利用、废弃物污染与营养盐污染），很有可能可以潜在地限制更多的不利影响。

人类活动，从最初的捕捞到现在的资源开采，都已经影响到了海洋的所有区域，包括海口、海岸与深海区。尽管如此，或许最重大最突出的影响会在海口海岸与极地地区。海岸带是最脆弱的区域，对于多种多样的刺激都会受到影响，因此对社会与环境来说都具有特殊的意义。尽管它只占到了整个地球表面的 8%，可是这个区域却维持着全部地球初级生产力的 25% 之多，并且可以产出目前全世界渔业产量的近 90%。2004 年与海洋相关的人类活动与工业生产提供了超过 230 万个工作岗位，世界上大约有 35% 的人口如今居住在宽约 100 公里海岸带上；这个数据预计将会在未来的几十年中增长到 75%。全世界有三分之二的大城市（居住着超过 160 万的城镇居民），都位于沿海区域。这些通常都与海口湾和海岸湿地相邻，因而也使得我们损失了 50% 多的湿地地区。沿海地区管理的主题（如：海洋的和谐与维持以及海岸带地区的管理；沿海与海洋空间计划）如今已经位于公众关注与国家优先事项的前列；并且在 2030 年前其重要程度还在不断的加大。

极地地区也将必然会在未来的 20 年里提早发现其重要性，这些都会包括在国家海洋政策（NOP）的目标中。尽管那里还没有大量的人口居住，但是它们却面临着急剧的环境变化（如：气候变暖、海冰锐减、淡水不稳定的变化），这些变化可能会极大地影响到商业活动，包括资源开采与运输。当讨论海洋基础设施需求的时候，这些问题也需要得到特殊地考虑。

2.1 海平面如何发生时空尺度的改变，什么是其潜在的影响因素？

人为温室气体的排放可能导致海平面大范围时空尺度的上升。由于很多人在近海附近生活及工作，所以对海平面研究和预测在未来几十年内仍然是一个热门课题。据 2007 年政府间气候变化专门委员会（IPCC）的估测，到 2100 年海平面将上升 0.18~0.6 m（IPCC, 2007）。最近考虑到格陵兰岛和南极西部的冰川融化，到 2100 年其估测值将增至 0.8~2.0 m。海洋-大气系统的热量升高会通过 2 种方式导致海平面的上升：①海洋温度上升密度较小，这种情况下，即使海洋生物量不变，海洋空间也会增大；②陆地上冰川的融化通过水流入侵而提高海平面。即使这些最基础的影响能够得以完全地理解和预测，仍会有强烈依赖于当地条件的区域海平面上升问题，包括沉降、潮汐及风暴活动。潮汐和风暴会导致局部地区淹没，所以海平面较高的

地区会更为频繁地遭受到破坏性的影响。对于地势低洼的沿海地区，海平面上升将威胁到社会的基础设施（如：街道、建筑物、污水管理、饮用水供应、煤气及电力）。特别要注意港口和海上设施，我们急需解决由于海平面上升而引起的海岸侵蚀、沉积动态变化而产生的影响，以维持有效运作。另外值得关注的是现有 200 多个海洋实验室为海洋研究和相关教育活动提供支撑，他们将使我们更能适应由于海平面上升而导致的海岸线的变化。在区域和全球尺度上，海洋温度和海平面将继续随着自然及年际间的气候变异（如厄尔尼诺）而发生改变，许多这些变化均在不同时间尺度上表现为不可逆性。

2.2 气候变化如何影响初级生产循环？

一些重大变化已经并将继续发生在世界的海洋中（如：温度的变化、层次化、流通、氧气分布、微量金属输入和 pH 值降低）。所有这些变化均会直接和间接影响生态系统过程，包括初级生产的养分限制，主宰海洋水域的主要浮游植物组的转移及浮游动物行为和分布的变化。全球初级生产力的发展趋势已联系到表面温度的变化和混合层动力学。尽管一些流域尺度的变化趋势与自然周期有相互影响的关系（如：北大西洋波动、太平洋十年波动），但促使生态系统生产力变化的确切机制仍不明朗。事实上，最近的一项研究得出约 40 年的较持久、高质量结论已将气候对海洋生产力影响的十年波动隔离。

表层海洋生态系统的组成、储量和生产力会影响生物泵，生物泵的功能是将大气中二氧化碳转化有机碳而运入深海。然而，海洋表面生态系统的生产力，有机物运移的深度，以及组成材料在海洋内部的变化速率到目前还没有得到很好的理解与量化。了解海洋在全球碳循环及其对变化环境相应的作用，需要我们扩大其时空观察尺度。

当前对海洋浮游植物储量、分布和生产力在全球尺度的观测，仅限于采用遥感观察海洋的水色，得到的结果仅停留于海洋表面的状况。新的观测战略需要研究和了解浮游植物生产力、碳输出及气候压力之间的相互联系。

2.3 在不断变化的海洋生境中，海洋生态系统结构、生物多样性和种群动态如何形成？

气候压力和人为引起的温室气体浓度变化之间的相互作用影响全球海洋循环，从而影响全球气候。这些相互作用将对生态系统动态产生影响。物种组成、物种的分布均可由不同地理范围的生态系统组成而引发，可能会导致生态系统恢复力和生产力的改变。遗传连通性机制的研究需要确定时空尺度，联系被研究种群及群落的生物及物理过程，以确定增强或限制基因流动和扩散的因素。

种群对干扰的反应还取决于物种之间相互作用的模式。例如，在相同干扰程度下，珊瑚或其他栖息型有机体可能较其他种群受到更多的影响。同样，在某些生态系统中去除重要捕食者就会改变不同营养水平的丰缺度。基于生态系统的管理方法，

如由 NOP 提出的方法目前其正在开发的一部分用于解决这些问题。

对物种组成和分布的干扰因素，包括外来入侵物种，它们可以取代本地物种，改变生物群落结构和食物链，改变养分循环和沉淀等基本过程，其会对海洋生物多样性造成重大威胁。外来入侵物种已经改变了世界各地的海洋生物栖息地，引发人类疾病，并导致巨大的生态与经济损失。许多海洋物种经由船舶带到其他地区。据预测到 2030 年，商业航运将能够利用季节性北极融化现象勘探出一条通往北极的航线，这可能会加剧外来物种入侵和相应的其他影响。到 2030 年我们可能定量地评估全球侵略者和引进他们的基础路线，但我们需要更多的信息，发展大规模战略，以在适应现有入侵者的同时防止未来入侵者的不断引进。

大尺度的生物地理变化、海洋变暖和酸化造成的当地群落结构变化以及外来入侵物种，以上 3 种影响的结合，将深远地影响海洋生物多样性、生态系统结构及种群动态。然而，许多受这些因素影响的当前已经发生的情况未有报告，这是由于缺乏对全球海洋生态系统的全面监控。为了有效的管理海洋生境及基础设施，需要量化生态系统变化及有效管理人类活动以迎合 2030 年的需要。

2.4 海洋生物和生态系统如何受海洋酸化的影响？

海洋生物地球化学和生态系统可能会受到一些化学变化的影响，如海洋中增加的溶解二氧化碳浓度，以及随之而来的海洋酸化。较低的碳酸盐饱和状态很容易导致钙化减少，从而将海洋表面的碱度运向深海。几千年来，较低的碳酸饱和度将减少碳酸钙沉积，改变碳酸盐补偿深度（海洋中碳酸盐的溶解相当于供给）和溶跃面深度。生物生产力受海洋酸化等各种因素的影响而产生的反应可能会改变全球海洋的养分分布。

在其他因素不成为限制因素的情况下，浮游植物可能直接受较高的溶解CO₂浓度做出相应的反应。许多浮游植物和浮游动物物种均对海洋的化学变化及与之相关的pH值降低情况极其敏感 [如：微量金属的形态变化会影响必需金属（如铁或锌）的生物利用度，激发铜和砷的毒性形态]。然而，对这些复杂的生态系统如何受海洋酸化响应的理解是极其有限的。

实验室实验和区域观测表明钙化的生物体和群体（如：浮游有孔虫类、珊瑚礁及牡蛎礁）可受当前的海洋酸化水平影响，并会强烈地受到双倍大气二氧化碳浓度的干扰。然而，这些干扰群落食物链的影响还未得而知。特别关注的是珊瑚应对海洋酸度增加的能力，因为珊瑚为许多生态和重要商业物种提供栖息地。海洋酸化也会产生一些直接的化学反应。降低的 pH 值会通过影响化合物的有机无机形态来改变其反应动力学，如铁、铝、钍等微量金属就会形成氢氧复合物。极端 pH 值的变化能影响稳定的氧化还原状态，而也有些人认为，除了钙化，其他主要的生物地球化学循环不会受到海洋酸化的影响。

2.5 气候变化如何影响化学元素的分布？

气候变化可能通过海洋环流和温度、生物地球化学的反应、天气的改变和主要营养素的运输来影响化学元素的分布。气候变暖使上层海洋分层趋于稳定，降低纵向界面的混合，减少营养元素和生产力的向上流通。然而，气候改变也可能影响到风的模式，因此洋流发生的区域和强度，上升流区域及季节性过度的时间也均会受到影响。没有高分辨率的海气耦合模型及数据这些变化更加难以预测及约束。即使所有其他的影响停留不变，温暖的海洋表面含有较少的氧气就会降低深层的氧气浓度。氧气浓度降低会导致反硝化趋于扩张，减少大洋硝酸盐库。风和大陆性气候的变化能够改变尘埃和大气悬浮颗粒进入海洋的通量，从而影响营养元素的分布。此外，气候变化引起的温度、盐度和 pH 值的变化还会影响到矿物质的溶解度（如碳酸钙）及微量元素的形态。大陆的气候变化和人为排放量会影响河流的风化和转移，会影响到沿海地区，并会在更长的时间后（几万年）影响整个海洋。

2.6 有机碳组分通量如何在变化的海洋中分布？

碳对地球上所有生命的支撑起到至关重要的作用。海洋中的可溶性有机碳（DOC）是地球固定的最大量的碳，约等于大气中的二氧化碳通量。据估测有机碳的流通会遭气候变暖的强烈改变。在现代的海洋中，可溶性有机碳从海洋内部的输出会促进全球海洋生物泵的 20%。可溶性有机碳从海洋中输出主要由与海洋的倾覆循环，而该循环可能受未来的海洋分层而发生改变；未来分层严重的海洋其可溶性有机碳的分布和输出将与目前观察的结果大不相同。许多海洋区域中的可溶性有机碳都能抵制定性及定量分析，因为微生物过程对其成分和丰缺度的控制非常高深莫测。这些组成物的转化及其迅速，而大部分物质千百年来有一个明显的¹⁴C时期。因此，由于可溶性有机碳在海洋中循环的时间尺度知识的限制，全球碳循环的模型也受限。新兴的分析工具使科学家能直接地探测可溶性有机碳库，该技术可与环境基因组学和蛋白质的结构联系，了解变化气候中的可溶性有机碳库。

2.7 海洋环流、海洋和大气中的热量分布如何应对自然和人为的驱动影响？

海洋的运输、储存、与大气的巨量热交换会对气候系统产生深远影响。每经历一个较长的时间尺度，自然气候就会出现较大的变异。厄尔尼诺现象就是这样一个例子，赤道热量的周期性变化会削弱东部太平洋的上涌流，随之会产生区域性变暖。ENSO 影响到秘鲁渔业、美国西部沿海水域、横跨北美的大范围降水、有时还会影响到全球的大气状况。亚热带北太平洋流域尺度海面温度的变化就有一个主导模式（太平洋十年波动）。由人为因素引起的气候变化主要从两个方面影响海洋变暖，即温室气体的加热及其再分配。海洋中的能量平衡以及洋流的热量再分配的一个完整的知识体系，是了解气候系统对自然和人为驱动力的基础。海洋的边界流，尤其是向西部流域流向的洋流是向极地热量运输的关键。反过来，预期增加的热量和添加

到海洋的淡水会影响海洋分层、海流和海洋输送带。未来有关此问题的研究很可能把重点放在持续的观察和分析上，以改进预测的模型。

2.8 全球水循环的改变将如何影响海洋？

全球水循环的变化对文明的延续至关重要。海洋是地球中主要的自由水库，含有地球上 97% 的水，并占有全球蒸发量的 86% 和全球降水量的 78%，海洋是调节水循环的核心。由于水的蒸气压随温度的升高而呈指数上升，所以可以预测水循环的改变与气候变化有不可脱离的关系。水分更容易从较暖的海洋中蒸发，因此人为引起的全球变暖会加剧水循环，改变海洋中盐度的分布。云-气候反馈仍然是一个重大的研究挑战，是了解全球水循环变化的重要因素。高纬度地区融化的淡水流入海洋能够提高海洋分层，阻碍海洋的纵向混合，大大影响养分的供应和海洋生态系统。分层的加剧也会减缓海洋输送带，这将影响淡水、热和碳在海洋中二氧化碳的流通。海水盐度的反馈流通和混合能够影响海洋生态系统和未来的气候状态。此外，海洋表面温度（SST）的分布能够很好预测陆地降水。干旱和洪水模式较大的变化会影响生态系统和社会基础设施。

2.9 沿海的物理和地球化学演变是如何进行的？

沿海演变包括海岸线、湿地和海底的渐变与突变。这些变化可以由自然变化造成，如侵蚀、沉积、沉降、断裂、风暴和潮汐等，也可以是由人类活动造成。沿海边界的人类活动包括建立人工边界（防波堤、码头）、人工改变湿地与河流（如：填海、建造水渠、开采石油和天然气造成沉降、筑坝，减少沉积物），同时，受到气候变化的潜在影响而发生变化（如：海平面的上升和海岸线的损失）。整个沿海边界的物理和地球化学通量的显著交互有：海洋与大气间相互作用、河流和地下水流入海洋和海水入侵沿海地带。这些理化过程发生的空间尺度很广，从亚米级到几公里尺度都有。认识亚级中尺度的物理演变过程，有助于提高沿海边界区化学和生物分布的预测精度。同时，沿海地区发生的动态变化过程的时间尺度也有好几个数量级，从几秒到几个月，甚至几年，作用效果可以随着时间的推移不断积累。

2.10 沿海生态系统和生物群落将如何应对多相性应激源（污染物）？

全世界和美国各地的沿海地区，都受到了一系列重要环境因子变化而造成的多相性应激源（污染物）。人类活动（如农业灌溉、污水处理、径流）改变了流入海洋生态系统的营养物质浓度和成份，过量的氮和磷流入小溪和河流，最终汇聚到入海口和沿海水域，造成了那里的水体富营养化，从而导致有害藻类繁衍和水体发生缺氧。化学污染物会严重影响海洋生物的生理特性。多种重要的具有商业价值的品种的生物体内积累了有毒物质，人类排放的性激素物质影响许多物种的繁殖性状。沿海开发及商业行为导致包括鱼类、海洋哺乳动物、海鸟，特别是在珊瑚礁和海草群落等许多物种栖息地的破坏和退化。由于大量捕捞有经济价值的品种和其他生物，

商业和渔业影响了沿海的生态系统平衡。海运造成了沿海地区流入许多外来物种。除了这些短期的生态系统的遭受的污染外，生物群落也将受到由气候变化和紫外线照射造成地长期潜在的温度、酸度等变化。上述各种影响因素的累加效应，使得生态系统的影响因子变化非常复杂，无法通过各个单方面简单地相加得到正确的预测。因此，这就突出了开发基于生态系统的海洋生物资源监控和管理系统工具的重要性，但也表明有效地实施这些系统工具存在内在的挑战。

2.11 极地地区的海洋、冰川、陆地和大气层之间最重要的相互作用是什么？是如何影响物理变化和生物变化？

在极地地区的最显著的变化之一是北冰洋冰层覆盖面积观测值的下降，1979—2009 年之间，北极海冰覆盖面积的年度最小值的变化是每 10 年约 11% 的速度下降。海冰厚度的变化可以改变好几种鱼类、海洋哺乳动物和海鸟等物种的季节性分布、分布范围、迁移模式、营养状况、繁殖成功率、最终的数量和结构等状况。此外，由于雪和冰的反照率（表面反射）是海水的好几倍，海冰的减少增加了太阳辐射量的吸收，导致北冰洋地表水的变暖，从而海水升温造成一种恶性的循环，不断加快海冰的融化速率，从而加剧了变暖的趋势。沿着南极洲半岛西部，在过去的半个世纪中，冬至期的表面大气温度增加了 6°C（全球平均温度的 5.4 倍），87% 的冰川不断融化消失，冬季海冰的浓度不断持续下降。海洋中的热量释放，成为冰盖融化的主要驱动力，增加深水上层（Upper Circumpolar Deep Water）热通量加强了南大洋的空气对流。热量增加的一部分原因是由人类活动造成的结果（温室气体排放或臭氧层破坏）。在西南极洲半岛（West Antarctic Peninsula）地区的大气-海洋-冰三者相互作用的结果是在不断循环放大并维持气候变暖。在极地地区的快速气候变化导致了明显的变化，改变了区域生态系统和生物地球化学循环和重组。

然而，已经发现了一些显著的生态系统的变化，例如，海洋哺乳动物转变为深海鱼类，将物理变化与生物变化联系起来还是有一定的难度，但克服这一问题的关键是建立足够水平的预测能力。海洋生态系统本身就具有复杂性，再加上长期缺乏采样，我们对海洋的不断变化是如何影响海洋食物链，缺乏足够的理解和认识。

2.12 预测和减轻海洋漏油与工业事故的研究进展如何？

随着在沿海水域商业活动的频繁，海洋科学研究的范围不断扩大，这就需要加强处理工业事故和石油泄漏的应急能力。根据美国海岸警卫队国家应急反应中心（The U.S. Coast Guard's National Response Center）的报告，有超过 34 000 次泄漏事故，其中最值得关注的是 2010 年 4 月的漏油事故。在 1974—1997 年的 25 年期间，全世界共有 742 艘油轮发生泄漏事故，每艘游轮泄漏量为 1 000 多桶原油（136 吨）。在美国水域平均每年超过 70 000 桶（9 800 吨）的石油或石油产品泄漏。2010 年 4 月，在墨西哥 BP 海湾深水地平线（Deepwater Horizon）石油平台的爆炸下沉导致了

一场史无前例的灾难，其中，每天从深水区域泄漏出 60 000 桶（约 8 200 吨）原油，这种状况持续了 87 天。

漏油应急措施包括机械封堵和部署恢复系统（如：围油栏、撇油器）或用非机械的方法（表面燃烧、油脂分散剂）。分散剂的作用是减缓油脂的分解，避免和海水混合成海洋稀油。

分散剂的最终去向和其对海洋环境的潜在毒性、以及对生物和物理过程的影响的研究和认识还非常缺乏。和自然分散油的相比较，对化学分散剂与悬浮物的相互作用，还很缺乏认识，所以应特别重视高悬浮物存在的海域中分散剂的最终去向。

在北极漏油的可能性将危机到未来人类的利益。气候变化导致北极海冰的减少，这将吸引更多的商业航运、石油与天然气勘探。北极石油泄漏事故处理比其他地区要困难得多：冰雪覆盖的地区泄漏会更难确定具体位置和持续追踪，而且需要和开阔水域完全不同的技术，由于其条件更加苛刻、出航更远等条件的限制，为现场溢油处理的设施增加了难度。此外，全世界海域有 8 500 多起沉船，其中的四分之三沉船可追溯到第二次世界大战期间。这些沉船将在海港之间泄漏了 250~2 000 万吨石油和危险化学品与弹药。这些沉船的石油泄漏量，估计至少是深水地平线泄漏油事故的 2 倍多。

2.13 海洋地球工程的潜在影响是什么？

地球工程指的是有计划、有目的的活动来改变环境的演变进程，以减轻人类活动引起的其他方面的环境问题，通常被认为是在全球范围内进行。

目前，许多项目以海洋中的二氧化碳封存为重点展开讨论。其主要方法有：

- （1）将液态二氧化碳注入深海或海底；
- （2）加快碳酸盐或硅酸盐矿物的风化反应，放出更多的二氧化碳，并将其储存在海洋中；
- （3）把营养物质注入海洋中，从而消除来自大气中的二氧化碳，达到加快海洋吸收碳的自然机制。

直接把二氧化碳注入深海将减少地表水的酸化，但会加剧二氧化碳挥发或自然回渗到海底。早期的实验表明，深海生物群落由于比浅水生物群落的二氧化碳量更高，可能会对 pH 值的变化的反应更敏感。此外，二氧化碳的溶解浓度的升高，可能会对海洋哺乳动物生理特性产生影响，特别是在缺氧的地区。这有可能扩大的海洋吸收人工二氧化碳量，或作为地球工程项目的一部分，将其注入到海洋。风化反应的增强应避免 pH 值发生变化（以及随之而来的酸化），直接将二氧化碳注入海洋，可能费用比较昂贵，并且需要广泛开采原材料。将营养物质注入海洋的项目，讨论最多的是铁施肥，据研究的相关规律，全世界约 40% 的海洋区域，铁元素的利用率的限制了浮游植物的增长率和生物量。假如铁元素可以被添加到这些缺乏的区域（通过船舶

或其他方式), 将会增加浮游生物的生长率, 可能会增加从大气中二氧化碳的吸收量。

上述的几种实验可能会导致海洋生态系统发生改变。可能会使得许多开放的海域从低生物量, 低初级生产力条件发展为中初级生产力(如同沿海区域)。这些措施的影响是难以预料的, 已形成的低氧区、有害的浮游生物大量繁殖, 以及深海碳固定潜在的影响。其他中等尺度地球工程项目也进行了讨论, 如波罗的海的复氧化作用和减少磷排放、减少季节性富营养化。

3 总体基础设施的需求

船舶、卫星遥感、实地观测阵列、和海岸实验基地是海洋科研基础设施的核心。这些重要的基础设施, 将继续为科学家提供出海考察的能力, 并预计未来 20 年, 建立和完善一系列自动化技术和遥感数据获取的能力。海洋观测主干网, 除船舶外还需要建设基础设施, 例如, 建立样品采集平台、部署远程控制、自动化航海器以及仪器维护招标工作。海岸实验设施将继续作为舰载采样的自然延伸, 提供沿海观测的分析工作。

一些参数的观测是海洋科学的关键, 如海面矢量风、全天候的海洋表面温度、海冰的分布和厚度、海洋水色、生态系统动态变化、沙尘传输、海表面高度和波形、冰盖的质量平衡等。在这个测量基础建设中, 将补充覆盖全球的海洋盐度观测和大气二氧化碳观测的传感器项目。

在世界范围内, 国际组织建立了的 3 000 多个 Argo 来测量水体的温度、盐度和深度。这个观测网络的建立, 将在数量和质量方面, 进一步加强海洋的物理、生物和化学演变过程的研究, 同时提供全球同化模型的需要的基本数据。Argo 的传感器功能不断加强和观测对象扩展(例如, 氧气、生物光学、硝酸盐、降雨率、垂直电流速度), 进一步添加了测量 pH 值、 P_{CO_2} 和声纳的传感器。

水下滑翔器和水下机器人, 能够完成远距离和长时间的观测任务, 为了能完成更广泛和多学科的任务, 配备抗生物淤积传感器之外, 也需要观测物理参数(电导率、温度、深度和盐度)、化学特性(O_2 、pH 值、硝酸盐), 生物机理(基因组), 生物地球化学和图像(视觉, 听觉)的传感器。水下机器人将能够为先进的传感器和更复杂的有效载荷提供更强大的支持和更广阔的空间。配备有更强大的传感器的舰船及停泊处将提供必需的现场精细数据, 并为进一步的演变定量化测量做准备, 同时为在附近作业的水下机器人提供补充。

以上所述的嵌套观测网络和嵌入式研究活动能够提供广泛的共享数据, 如果把沿海地区的数据收集和数据处理商业化运作的话, 将取得更大的成功。鉴于全球和区域的研究, 包括气候、海洋、地质、化学、生物数据收集的大型数据集, 数据管理和数据仓库将变得越来越重要。许多科学问题和社会目标, 将需要自适应采样以及事件的反应能力。

4 建议

为了确保美国在 2030 年有能力承担并受益于海洋学研究和知识创新，国家需要在一下几个方面努力：

建议 1：制定和维持国家海洋基础设施战略计划

美国联邦海洋机构应当制定和维持一个国家战略计划，用于协调有关关键的、共享的海洋基础设施的投资、维护和退役事宜。该计划应当重点关注科学需求的发展趋势和技术的进展，同时考虑生命周期成本、有效利用率、新的机会或国家需求。该计划应基于已确认的优先领域，并在定期评估的基础上进行更新。

建议 2：确定优先投资领域和最大程度利用投资

(1) 在对海洋研究基础设施进行构建、维护或更换时，优先顺序的确定应基于以下因素，以实现社会效益的最大化：①解决重大科学问题的作用；②可负担性、效率和寿命；③对其他任务或应用的贡献。

(2) 应当定期评估（每 5~10 年）用于共享的国家海洋研究基础设施，以应对不断变化的科学需求，确保基础设施的成本效益、数据可用性和质量、服务的及时提供、易用性，从而优化国家在海洋研究和社会需求方面的投资。

建议 3：各类海洋基础设施

过去 20 年来，滑翔机、遥控交通工具、水下自动机器人、海底电缆的使用日益增加，船舶、浮标、拖曳平台的使用保持稳定，而载人交通工具的使用呈下降趋势。基于这些趋势和 2030 年需解决的重大科学问题，在未来 20 年里，滑翔机、遥控交通工具、水下自动机器人、海底电缆的利用率和性能将继续大幅增长，船舶仍将是海洋科研基础设施的重要组成部分，但自主和无人驾驶基础设施的应用将越来越广泛，并对船舶性能提出更多要求。传感器的诸多功能已经有所改善：使用寿命、稳定性、数据通信能力、对苛刻环境的适应性。这些改进大多依赖于海洋科学领域以外的创新，海洋界将继续受益于传感器和其他许多领域的技术创新。

(1) 实施一个全面的、长期的研究船计划，以继续探索海洋；

(2) 恢复美国对全部被冰覆盖和部分被冰覆盖的海域的探索能力；

(3) 建立空间尺度、时间尺度更大的传感器和遥感平台，加强广泛、自动化监测能力；

(4) 开展长期的、连续的时间序列观测计划；

(5) 保持卫星遥感的延续性和海洋数据的双向通信能力，继续开展建设新的卫星平台、传感器和通信系统的计划；

(6) 支持海洋基础设施开发的持续创新，重点是开发利用原位传感器，尤其是生物化学传感器；

(7) 整合海洋学以外的相关学科的新手段、新技术在海洋科学的应用；

(8) 加快计算和建模的计算机设施的数量和性能。达到亿亿次或千万亿次的超算能力，为未来的海洋科学研究提供支持；

(9) 将联邦政府、州政府和当地的各级数据库无缝集成，建立能广泛访问的虚拟（分布式）数据中心，建立标准的，直观归档的和继承工具的元数据；

(10) 检验和使用经过其它相关领域验证的数据管理实践方法；

(11) 促进广泛的社会群体能访问的基础设施的建设，包括移动设备、固定平台以及昂贵的分析仪器；

(12) 开展跨学科教育，培养技术熟练的专业人员。

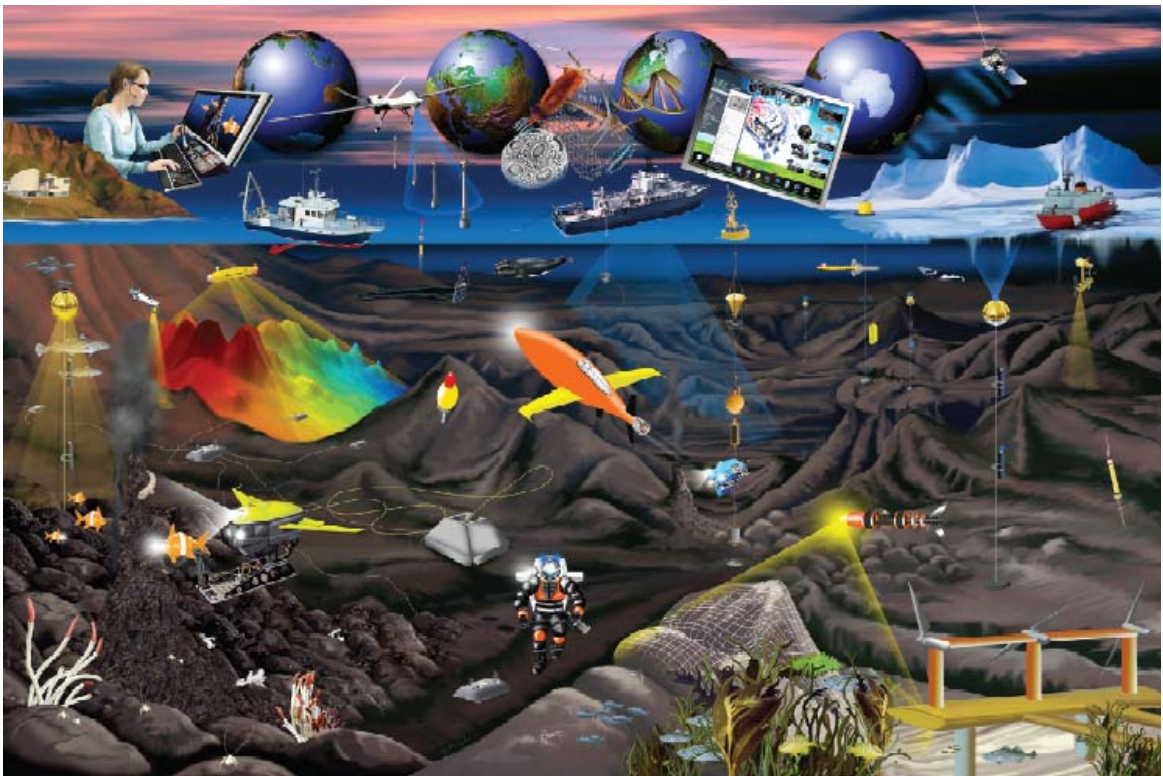


图 1 未来 20 年海洋基础设施建设

(安培浚 李娜 马翰青 赵红 编译)

原文题目: Critical infrastructure for ocean research and societal needs in 2030

来源: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13081

版权及合理使用声明

中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》（简称《快报》）遵守国家知识产权法的规定，保护知识产权，保障著作权人的合法权益，并要求参阅人员及研究人员认真遵守中国版权法的有关规定，严禁将《快报》用于任何商业或其他营利性用途。未经中科院国家科学图书馆同意，用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。未经中科院国家科学图书馆允许，院内外各单位不能以任何方式整期转载、链接或发布相关专题《快报》。任何单位要链接、整期发布或转载相关专题《快报》内容，应向国家科学图书馆发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并与国家科学图书馆签订协议。中科院国家科学图书馆总馆网站发布所有专题的《快报》，国家科学图书馆各分馆网站上发布各相关专题的《快报》。其它单位如需链接、整期发布或转载相关专题的《快报》，请与国家科学图书馆联系。

欢迎对中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》提出意见与建议。

中国科学院国家科学图书馆

National Science Library of Chinese Academy of Sciences

《科学研究动态监测快报》

《科学研究动态监测快报》(以下简称系列《快报》)是由中科院国家科学图书馆总馆、兰州分馆、成都分馆、武汉分馆以及中科院上海生命科学信息中心编辑出版的科技信息报道类半月快报刊物,由中科院基础科学局、资源环境科学与技术局、生命科学与生物技术局、高技术研究与发展局、规划战略局等中科院专业局、职能局或科技创新基地支持和指导,于2004年12月正式启动,每月1日或15日出版。2006年10月,国家科学图书馆按照统一规划、系统布局、分工负责、整体集成的思路,按照中科院1+10科技创新基地,重新规划和部署了系列《快报》。系列《快报》的重点服务对象一是中科院领导、中科院专业局职能局领导和相关管理人员;二是中科院所属研究所领导及相关科技战略研究专家;三是国家有关科技部委的决策者和管理人员以及有关科技战略研究专家。系列《快报》内容力图恰当地兼顾好科技决策管理者与战略科学家的信息需求,报道各科学领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、科技进展与动态、科技前沿与热点、重大研发与应用、科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。

系列《快报》现分13个专辑,分别为由中国科学院国家科学图书馆总馆承担的《基础科学专辑》、《现代农业科技专辑》、《空间光电科技专辑》、《科技战略与政策专辑》;由兰州分馆承担的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由成都分馆承担的《信息科技专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由武汉分馆承担的《先进能源科技专辑》、《先进制造与新材料科技专辑》、《生物安全专辑》;由上海生命科学信息中心承担的《生命科学专辑》。

编辑出版:中国科学院国家科学图书馆

联系地址:北京市海淀区北四环西路33号(100080)

联系人:冷伏海 王俊

电话:(010)62538705、62539101

电子邮件:lengfh@mail.las.ac.cn; wangj@mail.las.ac.cn

地球科学专辑

联系人:郑军卫 安培浚 赵纪东 张树良 刘学

电话:(0931)8271552 8270063

电子邮件:zhengjw@lzb.ac.cn; anpj@llas.ac.cn; zhaojd@llas.ac.cn; zhangsl@llas.ac.cn