

# 海洋学的面貌及其發展的趋势\*

H. U. 斯凡德魯普、M. W. 約翰生、R. H. 佛萊明

海洋学总括与海洋有关的各种現象的全部研究，它綜合海洋科学內各个領域，如：海岸及海底的形态、海水的物理及化学、海流的类型以及海洋生物各方面所获得的成果。很久以前，人們已經認識到，海洋科学的各部門之間，具有密切的相关性与相互的依賴性。在 1902 年国际

海洋研究理事会(The International Council for the Study of Sea) 的第一个报告中，就曾經写道：

“……从一开始就認識到：一方面，研究海洋的物理状态、海水的化学性質、海流等等，对于研究海洋生物上的許多問

- 
- \* 譯者附言：斯凡德魯普等所著“海洋”(Sverdrup, H. U., Martin W. Johnson and Richard H. Fleming. "The Oceans—Their Physics, Chemistry and General Biology" New York, Prentice-Hall Inc. 1946) 一書，为海洋学上的巨著；自 1941 年第一版刊行以来，已十余年，但迄今为止，仍不失为海洋学上最全面的著作之一。書中的第一章——导論(1—7 頁)——对海洋学的内容及到作者重版为止(1946)这一門学科的国际水平作扼要的說明，因此，特为翻譯，改标現題介紹給我国海洋科学工作者參考。

題，極為重要；而另一方面，浮游生物的研究，對於很多海洋水文問題的解決，也具有特別重要的價值。因此，在這兩個主要部門（按：指物理海洋學與海洋生物學——譯者）之間，決不應劃上一道鴻溝”。

上述概念，在1908年的國際水生生物學與水文學論評（*Internationale Revue der gesamtamen Hydrobiologie und Hydrographie*）的第一號中，表示得更為明確。它寫道：

“首先，編者們認識到綜合我們的生物學方面和水文學及地質學方面的知識的重要性。這兩個範疇的研究是分不開的；因為任何水域，不論為河川、為湖泊、為海洋，它決不可能只是構成地面形態的一個因子，而不是生命體（life）生活的一種介質；反之，它亦決不可能只是生命體生活的一種介質，而同時，對地面形態的形成，沒有影響。

由於目前水生生物學的研究，已由種類描述的階段，進入到與研究動、植物生命的起源及其本質有關的各項問題；因此，生物學家就極對有必要正確地了解各個水域的性質、它們的物理性質和化學性質以及它們底部的形貌和其形成的歷史。”

從1900年起，在海洋科學所有的各個部門之內，都有了極大的進步，而各個部門之間的結合，亦愈來愈密切。這種進步，一方面是由於技術的改進，而另一方面，則是由於將理論研究及實驗所得的結果，應用到自然界的實際現象中去。

二十世紀之初，關於地面上海陸的分布，除了南、北兩極的某些區域以外，已知道的差不多了；到目前，多數地方的海岸綫，也已經被測繪了。無線電信號系統的建立，使經度的精確測定，成為可能；因此，校正了以前所不可避免的某些微小的誤差。在25年左右以前，除了在航行上具有重要意義的某些淺水海区，曾經進行詳盡的重錘測深以外，我們關於海底地貌的知識，是微不足道的。在那時，對於水深6000米或更深的地方，單單進行一次深度測定，就須要

好幾個小時，所以，這種測深的記錄便很少；從而，人們總以為深海海底是一個平坦的、單調的平原，其上並無起伏。1911年Fessenden首先企圖用聲學的方法來測量水深；大約從1920年左右起，回聲測深儀開始被應用，採用這一方法，使我們從全速航行的船上，在幾秒鐘之內，測定海水的深度。自從用了這一新方法以後，我們以前關於海底形態的概念，幾年之內，便完全改變了。很多的海盆和海脊、海槽和海峰被發現了；在不少海区里，還發現了：海底地貌的複雜性，和任何山地的地貌，不相上下。

海底地貌方面知識的增加，大大地促進了我們關於底層流的認識，幫助我們闡釋了相鄰海区之間水文情況不同的原因。另一方面，在測深記錄很少的地方，這種水文情況的差異，又被用以為決定劃分幾個海盆的障礙（barrier）的深度（按指“海檻深度”——譯者）。

海底沉積知識的增進，一方面是由於採用精密的物理和化學方法，來研究微小的無機物質；另一方面，則是由於改進了管狀采泥器（Coring），獲得了海底沉澱以及岩石層較厚的樣品。從大洋海底獲得的管狀采泥器樣品中的層化現象之發現，對於促進控制沉積物的性質和控制沉積速率的過程的研究，具有重大的意義。這些進步，導致了海洋地質學的迅速發展；海洋地質學是研究海底的形貌、形成這些形貌的營力、沉積的類型和分布以及沉澱的過程的一門科學。海洋地質學的基礎，是由John Murray爵士所建立的，他和不同的學者們，研究了1873—1876年間從“Challenger號”調查所獲得的底質樣品。直到他在1914年逝世時為止，他檢定了他生前所獲得的幾乎全部的底質樣品。近幾年來，海洋地質學的進步及其所用的新技術的迅速改進，主要是由於一些美國的科學家像Piggott、Revelle、Shepard、Stetson和Vaughan以及德國科學家如Correns和Pra-tje等研究的成果。

如果我們不知道海流的性質、海水的物理性質和化學性質、和海洋沉積有關的生物的一般性質以及細菌對海洋沉積所引起的變化等

等,那末,海洋地質学中的許多問題,便不能很好地研究了。因此,海洋地質学几乎和海洋科学中其他任一部門的成果都有关系。

在海洋物理学中,波浪和潮汐的研究,独树一帜;这是因为关于这些現象的本質的探求,理論性的研究,比資料的积累工作为先。早在1802年, Gerstner 就創立了关于表面波的理论;其后1847年, Stokes 又将这一理論加以改进。但在这种早期工作中,海水总被認為是一种理想流体,从而所得結果,从数学上看来,虽然十分完美,而实践上却没有多大用处。但过去十多年来研究,特别是 H. Jeffreys 的工作,却已經部分地架起了联系理論与观测之間的桥梁。

潮汐研究的理論,是由牛頓(1642—1727)和Lagrange(1736—1813)所建立的。Lagrange 对潮汐問題的提法,至今依然是正确的;但是,这一理論在数学上的困难,直到現在还没有办法克服。最近几年来,由 Proudman 所領導的(英国)利物浦潮汐研究所的科学工作者們,已經解决了在某些給定几何形状的海区里潮汐的許多基本問題;而以 Defant 和 Sternneck 为首的奥国学派,則又应用流体力学上的原理,研究形态不規則的各种海灣內的潮汐現象;由于他們研究的成果,使近年来对潮汐的了解,有了很大的进步。美国海岸及大地測量局(U. S. Coast and Geodetic Survey)的科学工作者們,对于驗潮記錄的分析及沿岸地方潮信的推算方面,也有很大的貢獻。

1847年 Stokes 开始研究波浪的第三种类型:內波或界波(boundary waves)。他的学說,只討論了密度不同的两种理想液体边界面上所产生的波浪;但在1904年, Ekman 却应用了这一学說,闡釋了“死水”現象。此后的观测指出,大洋里也存在着其他类型的內波,一般具有潮汐的周期;1933年由 Fjeldstad 所創立的学說,大大地推进了这类內波的研究;他所討論的,是关于密度随深度而增加的液体內的那些內波。

为了方便起見,海水的物理性質,可以分为

两大类:1)和海流以及海水中的雜質——有机及無机浮悬物質——無关的一类,例如密度、比热、滲透压、等等;2)和海流及浮悬物質有关的一类,像渦动粘滯性、渦动傳导性、渦动扩散性和透明度、等等。上述第一类的各种物理性質,在本世紀之初,已經精确地測定了,但最近几年以来,又增加了一些更精密的測定記錄。关于第二类物理性質的研究,近几年来,正在迅速发展。在扩散过程的研究中,我們須要知道海洋生物学上的許多成果,这是因为在研究溶解物質的分布时,我們常常是以受到生物活动影响的那些物質为对象的。在闡釋实际观测到的海水的透明度时,便必須考虑生物的某些过程,因为海水透明度的减低,其中有一部分是由于海洋生物所产生的一些溶解物質所引起的。在另一方面,海水的物理性質的知識,对于海洋科学其他部門里的許多問題,也是十分重要的。

关于海流的普遍性的理論,系本世紀之初主要由斯干的納維亞各国的海洋学家們所創設的。Helland-Hansen 首先将 Bjerknes 关于非均一流体的环流理論,应用到海洋上; Ekman 則創立了風海流的理論。在1900年左右,由于 Fridtjof Nansen 天才的發見,提高了温度和盐度測定的准确度,这样,使 Bjerknes 的环流理論,能够应用到实践上。在美国, Rossby 和他的同事們,又应用流体力学的成果,来研究海洋动力学上的問題。这些新概念,对海流动力学將發生多大的改变,現在我們还不敢預言;但可以指出的是, Rossby 的工作,無論在理論上,無論在实际分析上,对于海流現象的研究,都予以新的冲力。由于温度、盐度和海流的观测資料,在迅速地累积,使 Rossby 和前人的学說,在实践上的应用,愈来愈广。

在海洋物理学的范疇中,大部分理論和实际工作的进行,可以和海洋科学其它部門研究的成果,不發生多大的关系。間或地,海水物理性質的分布,也受到生物活动的影响——例如,溶解氧的含量;但是,总的說来,海洋物理学研究,是可以独立地进行的。因此,有一些海洋研究所,像(前)柏林大学的海洋研究所,挪威卑

尔根的地球物理研究所的海洋物理研究室，它們所研究的，只以海洋物理为限；由于同样的理由，国际海洋物理协会 (International Association of Physical Oceanography) 为国际大地測量及地球物理联盟 (International Union of Geodesy and Geophysics) 的一个成員，而不和海洋学的其他部門合在一起。海洋物理学和地球物理科学合在一起，是合乎邏輯的。許多問題，特別值得提到的是：气象学上的大气动力学問題和海洋学上的海洋动力学問題，它們的性質，極為类似，因此，它們在理論上的研究，几乎是等同的。同时，大气和海洋之間关系的研究，無論从气象学的观点来看，或是从海洋学的观点来看，都是同样地重要的。

在很大的程度上，海洋物理学虽然可以离开海洋学的其他部門而独立地进行研究，但是，它的研究成果，却在海洋生物学和海洋地質学上，受到广泛的应用。在海洋生物学中，我們必須知道：生物所生活的介質的物理和化学性質、調剂海洋生物分布的海流的类型、将植物的营养盐类从深層帶到表層的垂直运动以及光綫能够透入的深度等等。在海洋地質学中，当研究河川入海所披帶細粒泥沙的散布时，我們就必須要有大型海流的知識；为了了解各地海底沉积物的性質及其沉淀的过程，又必須要有有关底層流的性質及其流速、渦动的状态等等的資料。由于海洋物理学的应用，如此地广泛，因此，海洋物理学家最好能熟悉海洋科学其它部門中的一些問題；这样，可以使他得出的結論，为其他領域里的学者們更清楚地了解和应用。

在海洋化学的領域內，上世紀的八十年代里，Dittmar 已經准确地滴定了海水中所含盐类的主要成分；在 1900 年左右，Knudsen 又得出了氯度，盐度和密度之間的經驗公式。这些公式，对海洋物理学是如此的重要，因此，化学方法一直被認為是用来确定海水密度的一项必須的工具。对于海水的主要成分來說，其后的許多測定，只是使以前所測定的結果，稍稍有所改变而已；但是，精密的分析方法，使我們在海水中發現了愈來愈多的元素；在許多情況下，

应用这种分析方法，还可能对一些微量元素的含量，得出精确的測定。

最近几年来，对于和海洋植物有重要关系的几种营养盐类的快速測定方法方面，进展很大；在这一領域里，海洋生物学和海洋化学的关系，是这样的密切，因此我們很难說，海洋生物学在哪里終止，海洋化学从哪里开始？當我們解釋在生物学上具有重大意义的海水中的二氧化碳系統时，物理化学方面的概念和成果，是必不可少的。英国的 Harvey、Atkins 和 Cooper；美国的 Moberg、Rakestraw 和 Thompson；德国的 Wattenberg 和芬兰的 Buch 等；对于海洋化学，都有重大的貢獻。

在生物学中，最初的观察，天然以大动植物为主，这种动植物的标本，可以用简单的方法来获得。直到 1839 年为止，这一情况，始終未变；从那时起，Edward Forbes 开始了海洋生物及其自然环境之間关系的研究。那时，一般都認為，在海洋的深处，由于生活条件的恶劣，因此，那里是没有生物生活的。其后，由于在大洋深处确实发现了有动物生活着，因此才放弃了 600 米以下为“無生物帶” (“Azoic zone”) 的这一概念。

認識到生物能够在海洋的各个水層里生活这一点，在生物学上，無疑地具有重大的意义；但是，在海洋表層發現有浮游生物的群体棲息着这一回事，对于整个海洋生物学來說，意义更大。用拖网和显微镜来研究这种恒河沙数的、微小的浮游植物和浮游动物，系 1846 年左右由 Johannes Müller 开始的。1887 年，Victor Hansen 始用浮游生物 (簡称为“浮”) 这一名詞，来表示上述的生物群本。浮游生物的發現，使我們对于整个海洋生物界的了解，向前跨了一大步；这是因为：这种生物群体的大量繁殖，为海洋中較大生物餌料的主要来源；同时，这种群体的生存，也和海洋中某些化学元素分布的变化有关。

海洋生物学最初的研究，天然地以描述和分类为主，因为只有将成千上万种的海洋生物經過系統化的描述和分类以后，才能建立进一

步的研究工作的基础。这种描述性的工作，现在仍然需要继续进行，一直要到海洋生物的分类工作及其形态的研究彻底弄清楚为止；之后，描述性的工作可以减小，特别是在某些知道得比较清楚的海区内，工作的重点，已由分类的研究，转移到研究生物彼此之间以及生物与非生物环境之间的关系问题。在上世纪之末和本世纪之初，许多海洋生物学家，像欧洲的 Brandt、Hjort、Gran、Johnstone、Lohmann、Johannes Schmidt 和 Steuer；美国的 Agassiz、Bigelow、Fraser、Kofoid 和 Ritter、等等，已在这一方面做了很多的工作。目前，这一方面的工作，正在大步迈进。

阐明海洋生物学上的许多现象这一迫切需要，是一项推进力：它不仅促进海洋物理及海洋化学上的研究成果（在实践上）的应用，而且也推动了光线透入、粘滞性、渗透压、二氧化碳系统、特别是对生物有重要关系的一些元素、等等的研究。反之，也只有依靠生物学上的各种观察，我们才能解释上述各项要素的分布及其变化的规律。

上面，我们简单地评价了过去几十年来海洋学研究的趋势，由于这些研究，人们对于海洋的知识，已较前大有增加。在 1900 年以前，深海观测主要是靠寥寥可数的几次大规模海洋调查所累积的观测资料的。在这些大规模的海洋调查中，1873—1876 年英国的“Challenger”号海洋调查，标志着现代海洋学的里程碑。经常性的海洋观测站，大约从 1900 年左右起，才开始加速建立；特别是在欧洲的西北部，在那里，海洋学的研究，常常是研究在国民经济上具有重大意义的水产问题不可缺少的一环。全世界各地，海洋研究所和海洋生物研究机构在一年一年地增加着；第一次世界大战（1914—1918）之前及以后，并以配有很好技术设备的调查船，

来进行海洋调查。（关于这些海洋调查所得的成果，将在本书的其后各章内叙出。）

T. W. Vaughan 所编辑的、命名为“海洋学的国际面貌”（International Aspects of Oceanography）这一本书（1937 年由美国科学院出版），详尽地评价了海洋学的现有水平、进行海洋研究工作的各个机构的地点、发展的历史以及设备等等。这一本书，和 H. B. Bigelow 所著、1931 年由美国科学院出版的“海洋学的领域、主要问题及其在国民经济上的重要性”（“Oceanography, Its Scope, Problems, and Economic Importance”）的那一本书，总结地指出了目前海洋研究的设备及其工作的方向。在 John Murray 著的“Challenger 号”海洋调查（1873—1876）科学成果的总结报告（Summary of the Scientific Results of The “Challenger” Expedition of 1873—1876）、Hjort 著的“海洋的深度”（Depths of the Oceans）以及 Herdman 著的“海洋学的创始者们”（Founders of Oceanography）等书中，都叙述了关于海洋调查发展的经过。

直到著文时为止，我们关于海洋的知识，仍是很不完整的。在太平洋和印度洋里，目前还有很大的区域，甚至连一点海洋资料都没有；在大多数的海区里，也不过是一年中某几个季节里的一般情况而已。必须进行调查，把这些空白区域补起来；而对于那些目前只有零星资料的区域，则须要进行系统化的调查。但更重要的，是用设备完善的调查船，在海洋上进行系统化的、包括海洋学各个方面的综合调查；这样，所获的成果，才可以互相联系起来。只有通过这样的综合研究，海洋科学的各个部门，才能合而成为一门统一的科学——“海洋学”；这一点，在国际海洋研究理事会成立时，就已经认识到了。

（毛汉礼译）