

Roger Randall Dougan Revelle



Roger  
Randall  
Dougan  
Revelle

图1 1976年的罗杰·  
兰德尔·道甘·瑞维尔  
(Revelle, 1987)

# 罗杰·兰德尔·道甘· 瑞维尔

——全球变暖的先知和科学大家

郭香会 戴民汉



## 一、人物简介

罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔 (Roger Randall Dougan Revelle) (1909—1991)，著名海洋地质学家，海洋化学家，社会学家，被誉为“20世纪最杰出的海洋学家之一” (Malone et al., 1998)、“二氧化碳和气候变化研究的先驱” (Munk, 1997)，是集科学研究、管理、政策和传播于一身的科学大家 (图1)。

瑞维尔曾任斯克里普斯海洋研究所 (Scripps Institution of Oceanography, SIO) 所长 (1951—1964年)，他还是加利福尼亚大学 (University of California) 圣迭戈 (San Diego) 分校的实际创办人；他是最早研究全球变暖和板块运动的科学家之一；他还是杰出的社会学家、科学传播者和发言人，在环境、教育、农业和世界人口学等领域为政府和公众提供重要的咨询和指导；他是美国国家科学院 (National Academy of Sciences, NAS) 院士、人文与科学院院士、哲学学会会士，美国国家科学奖 (National Medal of Science)、泰勒环境成就奖 (Tyler Prize for Environmental Achievement) 获得者。

瑞维尔在大学和研究生学习期间所学专业是地质学。自20世纪30年代初在SIO开展博士论文研究



图2 1936年瑞维尔在斯克里普斯海洋研究所 (Munk, 1997)

工作，他对海洋碳酸盐系统产生了浓厚的兴趣，此后与之相关的研究贯穿了他的整个学术生涯。50年代，瑞维尔与汉斯·休斯（Hans Suess）用碳-14技术研究海洋碳循环及海-气CO<sub>2</sub>交换。他们认为海洋不可能无限制地吸收人类活动所释放的CO<sub>2</sub>，因此人类活动释放的CO<sub>2</sub>必将导致大气CO<sub>2</sub>浓度升高和全球增温（Revelle et al., 1957）。这是一项重大的科学发现，目前已被广泛的科学观测和研究所证实。

除了科学研究以外，瑞维尔还具有杰出的领导才能。第二次世界大战期间，瑞维尔离开SIO到海军工作，担任“十字路口行动计划”（Operation Crossroads）海洋和地球物理分部的负责人，带领团队在太平洋马绍尔群岛研究原子弹爆炸试验对珊瑚礁生态系统的影响（Revelle, 1987; Malone et al., 1998; Shor et al., 2003）。此外，在瑞维尔的推动下，创立了海军研究办公室并由他担任地球物理分部的负责人，支持海洋科学基础研究。值得一提的是，1946—1965年间，美国



罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔  
——全球变暖的先知和科学大家



图3 1943年罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔（第三排）  
在海军船舶局<sup>1</sup>

1 加利福尼亚大学圣迭戈分校图书馆电子档案，<https://library.ucsd.edu/dc/>。



海洋科学80%~90%的研究经费来自海军 (Anderson, 1993; Malone et al., 1998; Nierenberg, 1992; Day, 2000)。

第二次世界大战结束后,美国海洋学科进入发展的黄金时期,瑞维尔也正式回归海洋基础科学研究领域,并在海洋学界产生了重要的影响。1948年,瑞维尔从海军回到斯克里普斯海洋研究所担任副所长,后于1951—1964年期间担任所长。在他的领导下,斯克里普斯海洋研究所制定了学科发展规划、研究生规模化培养等发展战略;研究所的规模快速扩大,科学家人数从1948年的16人增长到1964年的132人,行政、科辅人员从31人发展到689人,同时构建了一支拥有9艘科考船的船队 (Shor, 1978, 1981, 1983),支撑科学家们在世界各大洋进行科学考察 (Raitt et al., 1967; Shor, 1978)。此时,斯克里普斯海洋研究所已经走在了国际海洋科学研究的最前列,在二氧化碳及其温室效应、海底地形、海洋地球物理、板块构造、海洋环流、深海生物等方面取得了众多的科学发现和突破 (Raitt et al., 1967)。

瑞维尔在国际科学组织的建立和协调、政府科学决策等方面也贡献卓著。1957年,他与国际同仁一起创建了海洋研究科学委员会 (Scientific Committee on Oceanic Research, SCOR),并担任第一届主席。SCOR隶属于国际科学理事会 (International Council for Science, ICSU) (Nierenberg, 1992; Wolff, 2010), SCOR的建立大大推动了海洋科学研究的国际交流与合作,促成了国际印度洋考察以及后续的大量国际合作项目 (Wolff, 2010)。

1961年,瑞维尔担任肯尼迪政府内务部长的首席科学顾问 (Malone et al., 1998),同时还担任政府间海洋学委员会的科学顾问等职,曾代表美国政府指导巴基斯坦解决农业水涝和盐碱地问题,他们的解决方案使巴基斯坦的农业产量在后续几十年中每年以7%的速度增长 (Malone et al., 1998)。这些社会工作引起了他对人口和资源的研究兴趣,从此,他开始涉足社会科学研究。1963年,瑞维尔在哈佛

大学成立了人口研究中心，从事社会科学研究，主要研究如何把科学技术应用到解决温饱等社会问题上。1976年，瑞维尔回到加利福尼亚大学圣迭戈分校担任政治科学系教授，直至1991年去世。



图4 瑞维尔（后排左四）参加1957年8月28—30日在美国伍兹霍尔召开的海洋研究科学委员会第一次会议（Raitt et al., 1967; Wolff, 2010）

瑞维尔一生笃信科学可以造福全世界的人民。20世纪60年代以前，圣迭戈的主要产业是军事、航空、旅游和金枪鱼罐头生产，但是后来拓展到制造、研究和教育等领域，离不开瑞维尔的远见卓识和辛勤工作<sup>1</sup>。

1991年，为纪念瑞维尔对斯克里普斯海洋研究所和海洋科学的贡献，斯克里普斯海洋研究所决定将1995年建成的科考船命名为“罗杰·瑞维尔”号（Malone et al., 1998）。同年，美国地球物理学会（American Geophysical Union, AGU）为纪念瑞维尔在全球变化领域做出的杰出贡献而设立了“罗杰·瑞维尔奖章”，用以奖励在大气、气候和地球科学相关领域做出杰出贡献的科学家。



—— 罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔  
—— 全球变暖的先知和科学大家

1 圣迭戈历史杂志剪报的人物专栏，圣迭戈历史杂志（*The Journal of San Diego History*）官方网站，<https://sandieghistory.org/archives/biographysubject/revelle/>。

## 人物生平

■ 1909年3月7日，出生于美国华盛顿州西雅图市。

■ 1925—1929年，本科就读于波莫纳学院（Pomona College），获地质学学士学位。

■ 1929年，开始在波莫纳学院读研究生。

■ 1930年9月，转到加利福尼亚大学伯克利分校学习。

■ 1931年8月，到斯克利浦斯海洋研究所开展博士论文研究。

■ 1933年，搭载“先锋”号（Pioneer）军舰首次参加太平洋深部的航次调查。

■ 1936年5月，获加利福尼亚大学伯克利分校（斯克利浦斯海洋研究所）海洋学博士学位。

■ 1936—1937年，在挪威卑尔根地质研究所（The Geological Institute of Bergen）从事博士后研究。

■ 1937—1940年，在斯克利浦斯海洋研究所工作。

■ 1941—1948年，在海军服役（Raitt et al., 1967; Shor et al., 2003）。

■ 1944年12月，开始筹备海军研究办公室（Office of Naval Research）。这个办

公室是美国政府支持海洋基础研究的第一个机构，其运作模式为50年代成立的美国国家科学基金会（National Science Foundation, NSF）提供了很好的参考（Malone et al., 1998）。

■ 1946年8月，成立海军研究办公室，担任地球物理部第一负责人（First Head of Geophysics Branch），设立资助海洋科学研究的首批经费（Anderson, 1993; Day, 2000）。

■ 1948—1964年，在斯克利浦斯海洋研究所工作（Raitt et al., 1967; Shor, 1983）。

■ 1953—1960年，筹建加利福尼亚大学圣迭戈分校（Munk, 1997）。

■ 1957年，与汉斯·休斯（Hans Suess）联合署名在《大地》（*Tellus*）杂志上发表著名论文《大气-海洋之间的CO<sub>2</sub>交换和过去几十年大气CO<sub>2</sub>浓度升高问题》（*Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and question of an increase of atmospheric CO<sub>2</sub> during the past decades*），首次提出人

类化石燃料燃烧正在使大气CO<sub>2</sub>浓度升高，并导致温室效应（Revelle et al., 1957）。

■ 1957年，当选美国国家科学院院士。

■ 1958年，当选美国人文与科学院院士。

■ 1959年，成立国会科学技术委员会，成为家喻户晓的国会和政府科学顾问（Day, 1995）。

■ 1960年，当选美国哲学学会会士。

■ 1961—1963年，担任肯尼迪政府内务部长的首席科学顾问，同时担任美国海军研究顾问委员会（Naval Research Advisor Committee）委员、美国国家航空航天局科学指导委员会委员、政府间海洋学委员会（1960年成立）的科学顾问等社会工作（Hleibica, 2003; Shor et al., 2003）。

■ 1963—1976年，担任哈佛大学人口研究中心（Center for Population Studies）主任和人口政策学（Population Policy）的冠名教授（Richard Saltonstall Professor）（Munk, 1997; Malone et al., 1998）。

■ 1964—1966年，担任致力于改善印度高等教育的教育委员会成员（member of India's Education Commission）（Day, 1995）。

■ 1965年，担任总统科学顾问委员会环境污染分会（President's Science Advisory Committee Panel on Environmental Pollution）主席，发布第一份关于化石燃料燃烧导致大气CO<sub>2</sub>浓度升高及潜在环境危害的官方报告（Day, 1995; Munk, 1997）。

■ 1977年，作为国家科学院能源与气候分会的主席，发布于人类释放的CO<sub>2</sub>的源汇的官方报告（National Academy of Sciences, 1977）。

■ 1974年，当选美国科学促进会主席。

■ 1976—1991年，担任加利福尼亚大学圣迭戈分校政治科学系（Department of Political Science）科学和公共政策专业（Science and Public Policy）的教授（Nierenberg, 1992）。

■ 1982年8月，在《科学美国人》（*Scientific American*）杂志发表文章《二氧化碳与世界气候》（*Carbon Dioxide and World Climate*），引起公众对温室效应的重视。

■ 1991年7月15日，在加利福尼亚拉霍亚（La Jolla）去世，享年82岁。

## 二、风云岁月

### 从记者到海洋学家

1925年，16岁的瑞维尔进入波莫纳学院学习新闻学。上高中时他曾经担任学生报纸的编辑，他非常喜欢这项工作，因此刚上大学时，他的志向是成为一名记者。大学期间瑞维尔担任波莫纳学院的幽默杂志《母艾草鸡》（*Sagehen*）（母艾草鸡是波莫纳学院的吉祥物）的编辑和学生报纸的编辑。

大学二年级时，瑞维尔选修了阿尔弗雷德·伍德福德（Alfred Woodford）教授讲授的“元素地质学”（Elemental Geology）课程。伍德福德教授幽默、风趣，善于循循诱导，使瑞维尔对地质学产生了浓厚的兴趣，因此，瑞维尔就从新闻系转到了地质系（Revelle, 1987）。1929年大学毕业后，瑞维尔继续在伍德福德教授的指导下攻读硕士学位。1930年他转到加利福尼亚大学伯克利分校攻读博士学位，师从乔治·劳德巴克（George Louderback）教授继续学习地质学。1931年春季，斯克里普斯海洋研究所所长韦兰·沃恩（T. Wayland Vaughan）到伯克利选中瑞维尔，协助他研究太平洋和大西洋的深海沉积物。其实，瑞维尔有意在斯



罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔  
——全球变暖的先知和科学大家



克里普斯海洋研究所攻读博士学位另有缘由，海洋研究所地处圣迭戈拉霍亚区，正是他妻子爱伦·克拉克（Ellen Clark）的故乡，他希望能熟悉的环境中度过他们新婚燕尔的第一年。

1931年8月15日，瑞维尔来到斯克里普斯海洋研究所（Day, 1995）。几周后的一天，实验室的另一名博士生迪克·富来明（Dick Fleming）来到实验室对他说：“你是新来的。明天早上我们要出海，早上2:30我在你家门口接你。”那是瑞维尔第一次出海。那时斯克里普斯海洋研究所只有“斯克里普斯”号这一艘科考船，是由20米长的围网渔船改造而成的。那天清晨，“斯克里普斯”号从圣迭戈港出发，上午就到达了水深1000米的圣迭戈海槽（San Diego Trough）。他们用带有颠倒温度计（reversing thermometer）的南森瓶（Nansen bottle）采样，并用使锤（messenger）触发南森瓶关闭，每次只能采集一个深度的样品，非常辛苦。那时船上只有一名船员，因此瑞维尔作为“新生”还要负责给出海人员准备午饭并清洗餐具。但那一天的出海经历给瑞维尔留下了非常美好的印象，从此他爱上了海洋，并立志要成为海洋学家。

瑞维尔选择海洋科学还有另一个渊源。他曾跟随罗林·爱基斯（Rollin Eckis）教授在圣迭戈县的圣罗莎山脉（Santa Rosa）做过地质学调查。与其他优秀的地质学家一样，爱基斯教授在悬崖峭壁上行走如履平地，而瑞维尔却有恐高症，尽管他非常努力，但仍然跟不上爱基斯教授的步伐。如果做海洋学家，需要爬的最高点也仅仅是调查船上的桅杆顶端，这与走悬崖峭壁做地质学调查相比，略显轻松。

那个年代美国只有三家海洋研究机构：斯克里普斯海洋研究所（1903年成立）、伍兹霍尔海洋研究所（1930年成立）和华盛顿大学（University of Washington）海洋实验室（1930年成立，华盛顿大学海洋学院的前身）。作为一名加州男孩，斯克里普斯海洋研究所当然是

瑞维尔的首选，因此1936年他获得博士学位后，就留在斯克里普斯海洋研究所继续从事海洋科学研究（Revelle, 1987）。



图5 1936年8月30日瑞维尔（后排左六）在斯克里普斯海洋研究所（前排左五是所长韦兰·沃恩）（Munk, 1997）

## 创办加利福尼亚大学圣迭戈分校

20世纪40年代，斯克里普斯海洋研究所是美国唯一有资格授予海洋科学学位的学术机构，在美国海洋科学研究领域处于领先地位（Raitt et al., 1967）。但是瑞维尔认为，无论多么优秀的研究所，如果没有一所好的大学作为后盾，也就只能辉煌一代人。因此，瑞维尔执意推动在斯克里普斯海洋研究所附近创建一所高水平的研究型大学，而且必须有科学与工程学院（Munk, 1997）。他的办学理念是：吸引最好的老师和学生，以整个世界为实验室，做最重要的事（斯克里普斯海洋研究所第八任所长爱德华·傅瑞门对瑞维尔生平



罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔  
——全球变暖的先知和科学大家



的简述<sup>1</sup>)。这也是加利福尼亚大学圣迭戈分校在建校后仅仅40多年就成为世界高校50强的重要原因。

在学校的筹建阶段和建校之初(1957年聘任了第一批教师,1960年正式建校),瑞维尔以独特的个人魅力吸引了哈罗德·尤里(Harold Urey, 1934年的诺贝尔化学奖获得者)、玛丽亚·梅耶(Maria Mayer, 1963年诺贝尔物理学奖获得者)、沃尔特·埃尔塞瑟(Walter Elsasser, 理论物理学家,“发电机理论”之父)、马丁·卡门(Martin Kamen, 物理学家,碳-14的合成方法建立者之一)、贝恩德·马蒂亚斯(Bernd Matthias, 物理学家,上百种元素和合金超导性能的发现者)及布鲁诺·齐姆(Bruno Zimm, 高分子化学家,



图6 1958年瑞维尔(右)与加利福尼亚大学董事唐纳德·麦克劳林(Donald H. McLaughlin)讨论加利福尼亚大学圣迭戈分校的选址<sup>1</sup>

1 加利福尼亚大学圣迭戈分校图书馆电子档案, <https://library.ucsd.edu/dc/object/bb9455054d>。

DNA物理化学性质研究的先驱)等优秀的科学家到加利福尼亚大学圣迭戈分校任教 (Anderson, 1993)。那时,人们普遍认为瑞维尔应该担任加利福尼亚大学圣迭戈分校的首任校长,但是在学校选址等问题上,瑞维尔与当时的董事会主席、石油巨头埃德温·波利 (Edwin Pauley) 意见相左。尽管最后加利福尼亚大学圣迭戈分校建在了瑞维尔选中的拉霍亚,但瑞维尔却没能成为首任校长,董事会任命了赫伯特·约克 (Herbert York) 为校长。由于担心继续留在加利福尼亚大学圣迭戈分校,可能会影响赫伯特·约克的工作,瑞维尔离开了拉霍亚,去内务部担任部长的科学顾问 (Malone et al., 1998; Munk, 1997)。



罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔  
——全球变暖的先知和科学大家

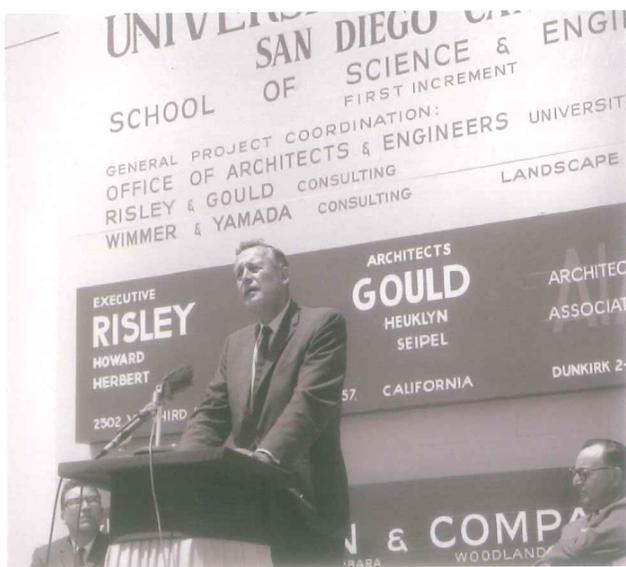


图7 1959年瑞维尔在加利福尼亚大学圣迭戈分校的科学与工程学院 [尤里 (Urey) 大楼] 奠基仪式上讲话<sup>1</sup>

1 加利福尼亚大学圣迭戈分校历史图书馆电子档案, 曼德维尔特藏 (Mandeville Special Collections), Campus Limeline, <http://www.ucsd.edu/timeline/>。

## 人物评价

罗杰·瑞维尔推动了海洋科学成为美国的主流学科，增强了我们对全球变暖和人口过度增长的危害的意识。他通过创造性思维丰富了我们的头脑。

——斯克里普斯海洋研究所  
(第八任)所长爱德华·傅瑞门(Edward A. Frieman)

罗杰·瑞维尔是20世纪最杰出的科学家之一。他的一生都在从事四个方面的工作：发现、整合、传播和应用知识。他将他的毕生心力投身于研究我们居住的地球以及人类与地球的关系上。

——托马斯·马龙(Thomas F. Malone)、爱德华·戈德堡(Edward Goldberg)、  
沃尔特·芒克(Walter H. Munk)(Malone et al., 1998)<sup>1</sup>

罗杰·瑞维尔是集经验、智慧和良好的判断力于一身的科学家。

——美国众议员埃米利奥·达达里奥  
(Emilio Daddario)(Malone et al., 1998)

他在二氧化碳和气候变化、板块构造的海洋勘探、放射性核素的海洋生态效应、人口增长和全球粮食供应领域做出了开拓性的贡献。

——美国总统布什于1991年11月13日在白宫东厅的颁奖词  
(Malone et al., 1998)

<sup>1</sup> 加利福尼亚大学圣迭戈分校瑞维尔学院官方网站, <https://revelle.ucsd.edu/about/roger-revelle.html>。

## 主要获奖经历

亚历山大·阿加西奖章 (National Academy of Sciences Agassiz Medal) (1963年)。这个奖章于1913年设立, 每1~5年颁发一次, 由美国国家科学院颁发给“海洋科学杰出成就”的获得者 (Malone et al., 1998)。

威廉·鲍伊奖章 (William Bowie Medal) (1968年)。这是美国地球物理学会的最高奖, 是学会的创建者之一威廉·鲍伊于1939年创立的, 每年颁发一次, 奖励在地球物理领域取得杰出成就或在科学研究无私合作方面做出杰出贡献的科学家 (Malone et al., 1998)。

泰勒环境成就奖 (1984年)。由约翰·泰勒和爱丽丝·泰勒夫妇于1973年设立的环境科学、能源、医学领域的国际性奖项, 每年颁发一次, 是国际环境科学领域的最高奖, 也是世界科学界的最高奖项之一 (Malone et al., 1998)。

万尼瓦尔·布什奖 (Vannevar Bush Award) (1984年)。万尼瓦尔·布什奖是1980年美国国家科学院为纪念万尼瓦尔·布什博士在公共服务事业的杰出贡献而设立的, 每年颁发一次, 奖励通过科学和技术领域的公共服务对国家和人类的福利事业做出杰出贡献的科学家<sup>1</sup>。

巴尔赞奖 (Balzan Foundation Prize) (1986年)。巴尔赞奖于1957年创立, 每年颁发一次, 奖励在人类学、自然科学、文化和人类和平领域做出杰出贡献的科学家, 相当于领域内的“诺贝尔奖” (Malone et al., 1998)。

美国国家科学奖 (1991年)。于1959年设立, 每年颁发一次, 奖励在生物学、化学、工程学、数学及物理学领域做出重要贡献的科学家, 1980年开始包括行为与社会科学 (Malone et al., 1998)。

<sup>1</sup> 美国科学基金官方网站, [https://www.nsf.gov/nsb/awards/bush\\_recipients.jsp#a1984](https://www.nsf.gov/nsb/awards/bush_recipients.jsp#a1984)。



### 三、学术贡献

#### “温室效应”的先知

瑞维尔是最早提出化石燃料燃烧导致大气 $\text{CO}_2$ 浓度升高并驱动全球变暖的科学家之一。 $\text{CO}_2$ 是温室气体，大气 $\text{CO}_2$ 浓度升高导致大气吸收红外辐射的能力增强，产生温室效应，驱动全球变暖。然而在20世纪50年代以前，科学界普遍认为：①当时测定的大气 $\text{CO}_2$ 浓度并不比19世纪高；②地球上 $\text{CO}_2$ 最大的储库并不是大气圈，而是海洋，海洋可以无限制地吸收大气 $\text{CO}_2$ ，因此，人类活动排放的 $\text{CO}_2$ 都会进入海洋，并不会滞留于大气圈，也就不会产生温室效应（Revelle et al., 1957）。

1955年，瑞维尔和汉斯·休斯（Hans Suess）率先应用碳-14技术研究海洋与大气的 $\text{CO}_2$ 交换。1957年，他们联合发表了一篇具有广泛影响的论文《大气-海洋之间的 $\text{CO}_2$ 交换和过去几十年大气 $\text{CO}_2$ 浓度升高问题》（Revelle et al., 1957）。该论文通过实测和计算发现，由于化石燃料的燃烧，大气的 $\text{CO}_2$ 浓度正在升高，而海洋吸收人类所释放 $\text{CO}_2$ 的能力是有限的，所以大气中 $\text{CO}_2$ 浓度升高和全球变暖是社会经济发展不可避免的结果。为此，他也萌生了监测大气 $\text{CO}_2$ 浓度的想法。

50年代后期，在国际地球物理年（IGY）计划的筹备阶段，政府资助地球科学家100万美元用于全球环境科学研究（Weart, 2007）。在瑞维尔领导下，斯克里普斯海洋研究所参与了大气 $\text{CO}_2$ 监测计划，并在后来成为该计划的核心机构。1956年7月，时任斯克里普斯海洋研究所所长瑞维尔从加州理工学院引进刚结束博士后工作的查尔斯·大卫·基林（Charles David Keeling）来主持这项工作（Weart, 2008），开始监测夏威夷和南极洲的大气 $\text{CO}_2$ 浓度（Malone et al., 1998; Keeling, 1978）。这项工作一直持续至今，60多年的实测数

据证实大气CO<sub>2</sub>浓度从50年代的 $315 \times 10^{-6}$ 以每年 $2 \times 10^{-6}$ 的速度升高 (Doney et al., 2009; Keeling, 1978)；基于90年代的现场调查数据计算得出，工业革命以来，海洋吸收人类释放的CO<sub>2</sub>，导致表层海水溶解无机碳浓度升高了60微摩尔/千克，将来还会继续升高；在北大西洋等深层水生成的海区，工业革命以来，人类活动排放的二氧化碳已经穿透至3000米水深 (Sabine et al., 2004)；政府间气候变化专门委员会 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 基于实测数据和模式研究结果发布的权威报告显示，大气中温室气体浓度升高是全球变暖的元凶 (IPCC, 2019)。

瑞维尔对“温室效应”和全球变暖研究的贡献不仅在于他的研究成果，还在于他极强的科学传播力和感染力以及致力于为政府制定相关政策和措施提供科学支撑。1965年，瑞维尔成为总统科学顾问委员会环境污染分会 (Science Advisory Committee Panel on Environmental Pollution) 的主席，他提出的大气中CO<sub>2</sub>浓度升高及其可能引起的潜在环境危害引起了公众关注 (Day, 1995)。在他的领导下，该科学顾问委员会发布了一份权威的政府报告。在这份报告中，人类通过化石燃料燃烧向大气排放大量CO<sub>2</sub>被正式认定为潜在的全球环境问题。继而，瑞维尔在1977年国家科学院能源和气候分会 (National Academy of Science Energy and Climate Panel) 的《能源和气候报告》 (Energy and Climate Report) 中指出，在1959—1973年间，人类活动所释放的CO<sub>2</sub>中有40%滞留在大气圈，其中2/3来自化石燃料燃烧，1/3来自土地利用方式的改变。作为研究全球变暖的科学发言人，1982年8月瑞维尔在《科学美国人》 (Scientific American) 杂志上发表了题为《二氧化碳与世界气候》的论文 (Revelle, 1982)。文章涉及“温室效应”导致的诸多环境问题，例如冰川融化、冰盖减少及表层海水热膨胀对海平面上升的影响等。随后在1983年，他在国家研究委员会 (National



罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔  
——全球变暖的先知和科学大家



Research Council) 的CO<sub>2</sub>评估报告《变化的气候》( *Changing Climate*) 中提出, 全球变暖可能会引起美国西部的水资源问题等一系列环境效应。1990年11月, 瑞维尔因在温室效应的研究、科学传播和政策制定等方面的杰出贡献获得了美国国家科学奖。

### 远洋科考的开拓者

瑞维尔非常重视海洋现场调查。在攻读博士学位期间, 他经常用“斯克里普斯”号调查船在加利福尼亚湾出海调查, 后来他索性考取了执照, 成为“斯克里普斯”号的兼职“船长”, 航次的时间从几天逐渐延长到2~3周。此外, 他还寻找机会搭载军舰到太平洋深海进行调查 (Revelle, 1987) 。



图8 瑞维尔(左二) 1939年加利福尼亚湾航次 (Munk, 1997)



罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔  
——全球变暖的先知和科学大家



图9 1946年瑞维尔(左)在“十字路口行动计划”航次(Colgan, 1983)



图10 瑞维尔(右)与罗伯特·第尔(Robert F. Dill)在1950年的“中太平洋调查”航次中下放沉积物柱样采样装置(Shor et al., 1983)



第二次世界大战期间，同很多其他科学家一样，瑞维尔也到了海军工作。他参与海军“十字路口行动计划”（Operation Crossroads）和“比基尼重复调查”（Resurvey of Bikini），在马绍尔群岛的比基尼环礁做了大量现场调查，研究核爆试验对珊瑚礁生态系统的影响（Hlebica, 2003; Malone et al., 1998; Revelle, 1987; Shor et al., 2003）。第二次世界大战后，美国进入海洋科学发展的黄金时代：第二次世界大战时期发展起来的新技术为远洋和深海调查提供了技术基础；以海军为主的政府机构资助了大量调查船等重要的出海装备；经费资助也得到大幅度提高。1948年，瑞维尔回到斯克里普斯海洋研究所。那时，斯克里普斯海洋研究所的船队已经有了4艘装备较好的科考船（Horizon, Crest, Paolina和E. W. Scripps）。在1948—1964年担任斯克里普斯海洋研究所副所长（1948—1951年）和所长（1951—1964年）期间，他带领斯克里普斯海洋研究所进入海洋调查的新时代，从近海走向远洋，开始实施大范围的远洋调查项目和国际合作项目，其中，1950年实施的“中太平洋考察”，纵跨赤道至北纬40°，从美国西海岸横穿至位于太平洋中部的马绍尔群岛。1952—1953年执行的“摩羯座考察”（Capricorn Expedition）以及1953年实施的“跨太平洋考察”（Mid-Pacific Expedition），调查了赤道到南回归线之间的南太平洋（Revelle, 1987）。这些科学考察是斯克里普斯海洋研究所远洋调查的开端，为后来的远洋调查打下了坚实的基础，也使斯克里普斯海洋研究所走在了国际海洋科学研究的前列（Hlebica, 2003）。

### 推动美国海洋科技发展的战略家

在海军水文办公室工作时，瑞维尔每年增加对斯克里普斯海洋研究所的资助力度。回到斯克里普斯海洋研究所以后，作为海洋学家和所长，瑞维尔积极筹措经费开展海洋调查。他与继任的水文研究办公

室负责人戈登·里尔（Gordon Lill）协商，确保海军每年资助斯克里普斯海洋研究所90万美元用于海洋科考（Rainger, 2000）。基于有限的经费，他对可能取得重大突破的研究给予重点支持。例如，1953年斯克里普斯海洋研究所的科学家拟调查加利福尼亚州和俄勒冈州外海的海底地形，但是美国地质调查局（United States Geological Survey, USGS）和华盛顿科学局（Washington Scientific Bureaus）的其他科学家认为调查的意义不大，拒绝资助，瑞维尔则调用所长应急资金（Director's Contingency Fund）支持，使该次调查得以实现，并获得了一系列重要发现（Revelle, 1987）。

在瑞维尔担任斯克里普斯海洋研究所所长期间，斯克里普斯海洋研究所的海上调查能力得到大幅提升。1961年斯克里普斯海洋研究所的船队拥有9艘远洋调查船，同时在全球各大洋进行调查，去探秘“地球上最后一个未被探测的领域”（Shor, 1983）。1953—1978年的25年中，斯克里普斯海洋研究所先后组织了25次大型远洋调查航次，航迹遍及印度洋和太平洋，最高达到每年20万海里，累计远洋航程近百万海里（Raitt et al., 1967）（图11）。



罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔  
——全球变暖的先知和科学大家

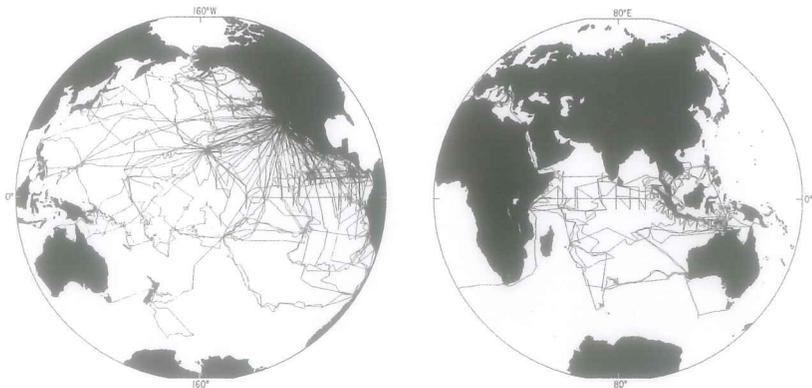


图11 1950—1965年斯克里普斯海洋研究所远洋调查的航迹  
(Raitt et al., 1967)



另一方面，由于海水中的溶解无机碳有三种存在形态，而且浓度较高，所以海水成为一个缓冲系统，即 $\text{CO}_2$ 进入海洋后，部分 $\text{CO}_2$ 会转换成其他形态，从而使海水 $\text{CO}_2$ 浓度升高的程度低于非缓冲系统（Zeebe et al., 2003）。

1957年，瑞维尔和休斯在《大地》（*Tellus*）杂志上的论文里提出，随着大气 $\text{CO}_2$ 进入海洋，海洋吸收 $\text{CO}_2$ 的能力减弱（Revelle et al., 1957）。Sundquist等（1979）于1979年6月15日在《科学》杂志发表文章，把瑞维尔提出的海水吸收大气 $\text{CO}_2$ 的潜在能力用公式表达出来，定义为“均质缓冲系数”，即大气 $\text{CO}_2$ 进入海水后，海水 $\text{CO}_2$ 分压增长量与总溶解无机碳增长量的比值。1979年10月26日，Broecker等（1979）在《科学》杂志发表了一篇关于全球碳收支的文章，把均质缓冲因子称为“瑞维尔因子”（Revelle Factor）。瑞维尔因子的高低反映海水碳酸盐系统缓冲能力的强弱。瑞维尔因子越低，则海水碳酸盐系统的缓冲能力越强，即海水吸收等量的大气 $\text{CO}_2$ 以后， $\text{CO}_2$ 分压升高的幅度越小，或pH降低得越少。瑞维尔因子是评价一个海区碳酸盐系统缓冲能力的重要参数之一，在开阔海域，瑞维尔因子的变化范围为8~16，高纬度海区高于低纬度海区，对应海水碳酸盐系统缓冲能力弱，在吸收等量大气 $\text{CO}_2$ 的情况下，海水pH降低幅度更大（Sabine et al., 2004）。

瑞维尔因子的发现告诉我们，虽然海洋通过吸收大量人类活动排放的 $\text{CO}_2$ ，在一定程度上减缓了全球变暖的“脚步”，但不会持续为人类扰乱大自然的行为“买单”。



罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔  
——全球变暖的先知和科学大家



## 致 谢

本章节在写作过程中主要参考了瑞维尔1987年发表在《地球行星科学年度综述》里的文章《我是如何成为海洋学家的及其他海洋故事》(Revelle, 1987)及加利福尼亚大学圣迭戈分校图书馆的数字典藏。感谢中国科学院海洋研究所张鑫博士的审阅;感谢厦门大学电影学院李天博士的修订;感谢厦门大学孟菲菲博士的校对。

## 参考文献

- ANDERSON C N, 1993. An Improbable Venture-A History of the University of California, San Diego (1<sup>st</sup> Edition). The UCSD Press, La Jolla, CA, ASIN: B000JI86MM, 323.
- BROECKER W S, TAKAHASHI T, SIMPSON H J, et al., 1979. Fate of fossil fuel carbon dioxide and the global carbon budget. *Science*, 206(4417): 409-418.
- COLGAN C, 1983. 80 Years Scripps Institution of Oceanography-A Historical Overview 1903-1983. Published by Scripps Institution of Oceanography, UCSD Publications Office, La Jolla, CA.
- DAY D, 1995. Chronology of the life of Roger Revelle. Scripps Archives, La Jolla, CA: UCSD Libraries.
- DAY D, 2000. Navy Support for Oceanography at SIO. La Jolla, CA: UCSD Libraries.
- DONEY S C, FABRY V J, FEELY R A, et al., 2009. Ocean Acidification: The Other CO<sub>2</sub> Problem. *Annual Review of Marine Science*, 1: 169-192.
- HLEBICA J, 2003. Roger Revelle and the Great Age of Exploration, Scripps Institution of Oceanography 1948 to 1958. *Explorations*, 10(1):38-47.
- IPCC, 2019. IPCC AR6 Synthesis Report: Climate Change 2022. The Intergovernmental Panel on Climate Change.

- KEELING C D, 1978. The Influence of Mauna Loa Observatory on the Development of Atmospheric CO<sub>2</sub> Research. In: Mauna Loa Observatory: A 20<sup>th</sup> Anniversary Report. John Miller, Editor. Silver Spring, MD.: US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Environmental Research Laboratories: 36–54.
- MALONE T, GOLDBERG E, MUNK W, 1998. Roger Randall Dougan Revelle. National Academy of Science, Office of the Home Secretary (Editor), Biographical Memoirs, 75: 288–309.
- MUNK W, 1997. Tribute to Roger Revelle and his contribution to studies of carbon dioxide and climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 94: 8275–8279.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1977. Energy and Climate, National Academy of Sciences Printing and Publishing House, Washington, D. C.
- NIERENBERG W, 1992. Obituary: Roger Revelle. Physics Today, 45(2): 119, doi: 10.1063/1.2809551.
- RAINER R, 2000. Patronage and Science: Roger Revelle, the U.S. Navy, and Oceanography at the Scripps Institution. Journal of the History of the Earth Sciences Society, 19(1):58–59.
- RAITT H, MOULTON B, 1967. Scripps Institution of Oceanography: The First Fifty Years. The Ward Ritchie Press, Los Angeles, CA.
- REVELLE R, 1957. International cooperation in marine sciences. Science, 126:1319–1323.
- REVELLE R, 1982. Carbon dioxide and world climate. Scientific American, 247: 35–43.
- REVELLE R, 1983. Probable future changes in sea level resulting from increased atmospheric carbon dioxide. in: Climate Change: Report on the Carbon Dioxide Assessment Committee: 433–448.
- REVELLE R, 1987. How I became an oceanography and other sea stories. Annual Review on Earth Planetary Sciences, 15: 1–23.
- REVELLE R, SUESS H, 1957. Carbon dioxide exchange between atmosphere



———  
罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔  
———  
全球变暖的先知和科学大家



- and ocean and question of an increase of atmospheric CO<sub>2</sub> during the past decades. *Tellus*, IX: 18–26.
- REVELLE R, WAGGONER P, 1983. Effects of carbon dioxide-induced climate change on water supplies in the western United States. in: *Climate Change: Report on the Carbon Dioxide Assessment Committee*: 419–432.
- REVELLE R, WATER M, 1977. The carbon dioxide cycle and the biosphere, in *Energy and Climate: Studies in Geophysics*. Geophysics Study Committee, Geophysics Research Board, Assembly of Mathematical and Physical Science, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, DC: 140–158.
- SABINE C L, FEELY R A, GRUBER N, et al., 2004, The oceanic sink for anthropogenic CO<sub>2</sub>. *Science*, 305(5682): 367–371.
- SHOR N E, 1978. *Scripps Institution of Oceanography: Probing the Oceans, 1936 to 1976*. San Diego, CA: Tofua Press, San Diego, CA, ISBN: Cloth, 0-914488-17-1.
- SHOR E N, 1981. *SIO Total Staff Through the Years*. La Jolla, CA: SIO, [From Scripps Archives Collection 81–16, Box 71, Folder 7].
- SHOR N E, 1983. Scripps in the 1950s-A decade of Bluewater Oceanography. *The Journal of San Diego History*, 29 (4), Fall 1983.
- SHOR E, DAY D, HARDY K, et al., 2003. Scripps Time Line (1856—2003). *Oceanography*, 16(3):109–119.
- SUNDQUIST E, PLUMMER L, WIGLEY T, 1979. Carbon dioxide in the ocean surface: the homogeneous buffer factor. *Science*, 24: 1203–1205.
- US NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983. *Changing Climate: by carbon dioxide Assessment Committee*. National Academy Press. Washington, DC., USA: 496.
- VOSS K J, AUSTIN R, 2002. An instrumental history of the Scripps Visibility Laboratory, *Proceedings of Ocean Optics XVI*, 2002, 6pgs.
- WEART R S, 2007. Money for Keeling: Monitoring CO<sub>2</sub> levels. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 37(2):435–452.

WEART R S, 2008. The Discovery of Global Warming, Revised and Expanded Edition. Harvard University Press.

WOLFF T, 2010. The Birth and First Years of the Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR). Published by SCOR, Newark, Delaware, USA.

ZEEBE R E, WOLF-GLADROW D, 2003. CO<sub>2</sub> in Seawater: Equilibrium, Kinetics, Isotopes. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.



—— 罗杰·兰德尔·道甘·瑞维尔  
—— 全球变暖的先知和科学大家