

# 深渊

探索海洋最深处的奥秘

著者

〔英〕艾伦·杰米逊

译者

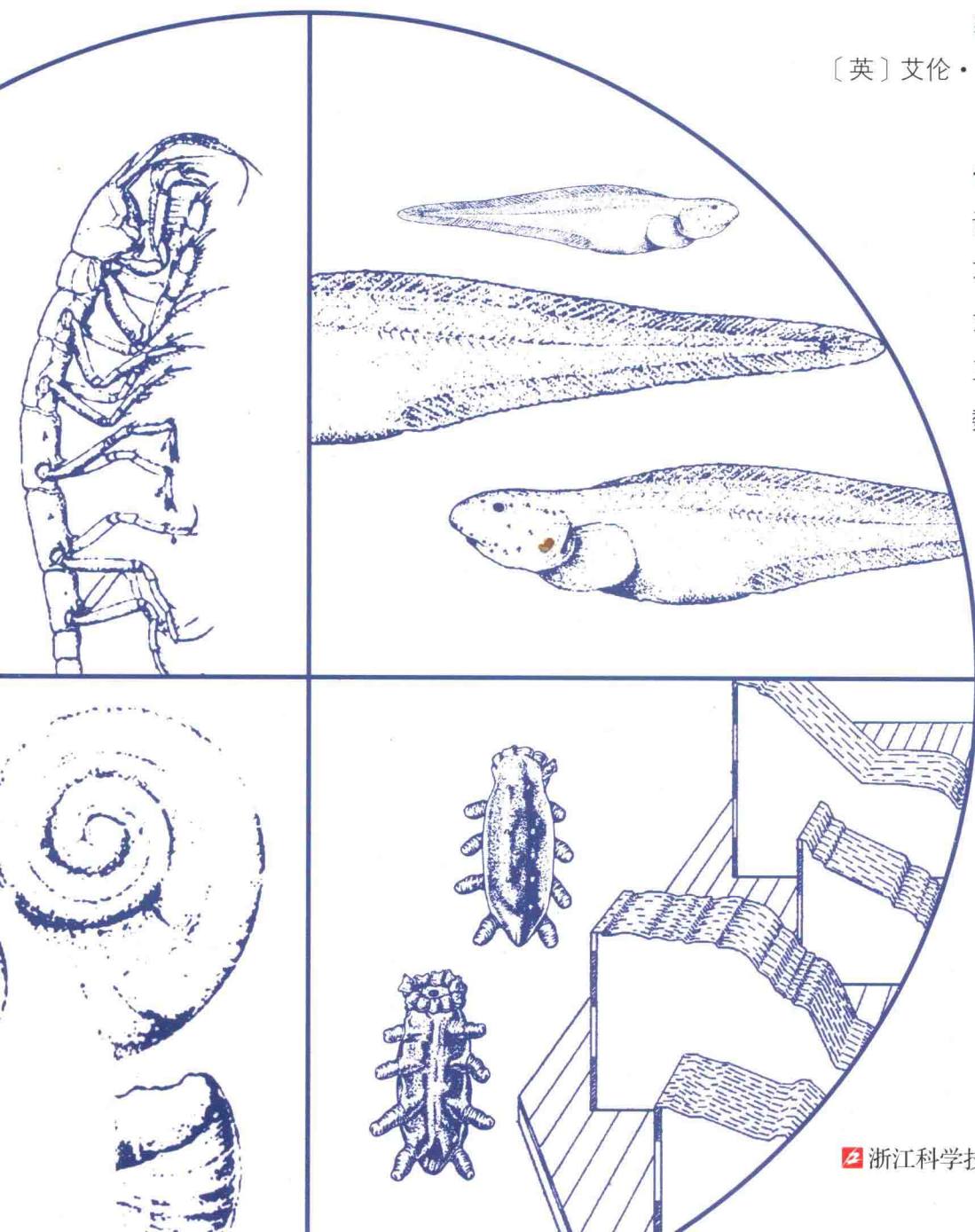
许云平

葛黄敏

刘如龙

王丽

魏玉利



# 深渊

探索海洋最深处的奥秘

著者

[英] 艾伦·杰米逊

译者

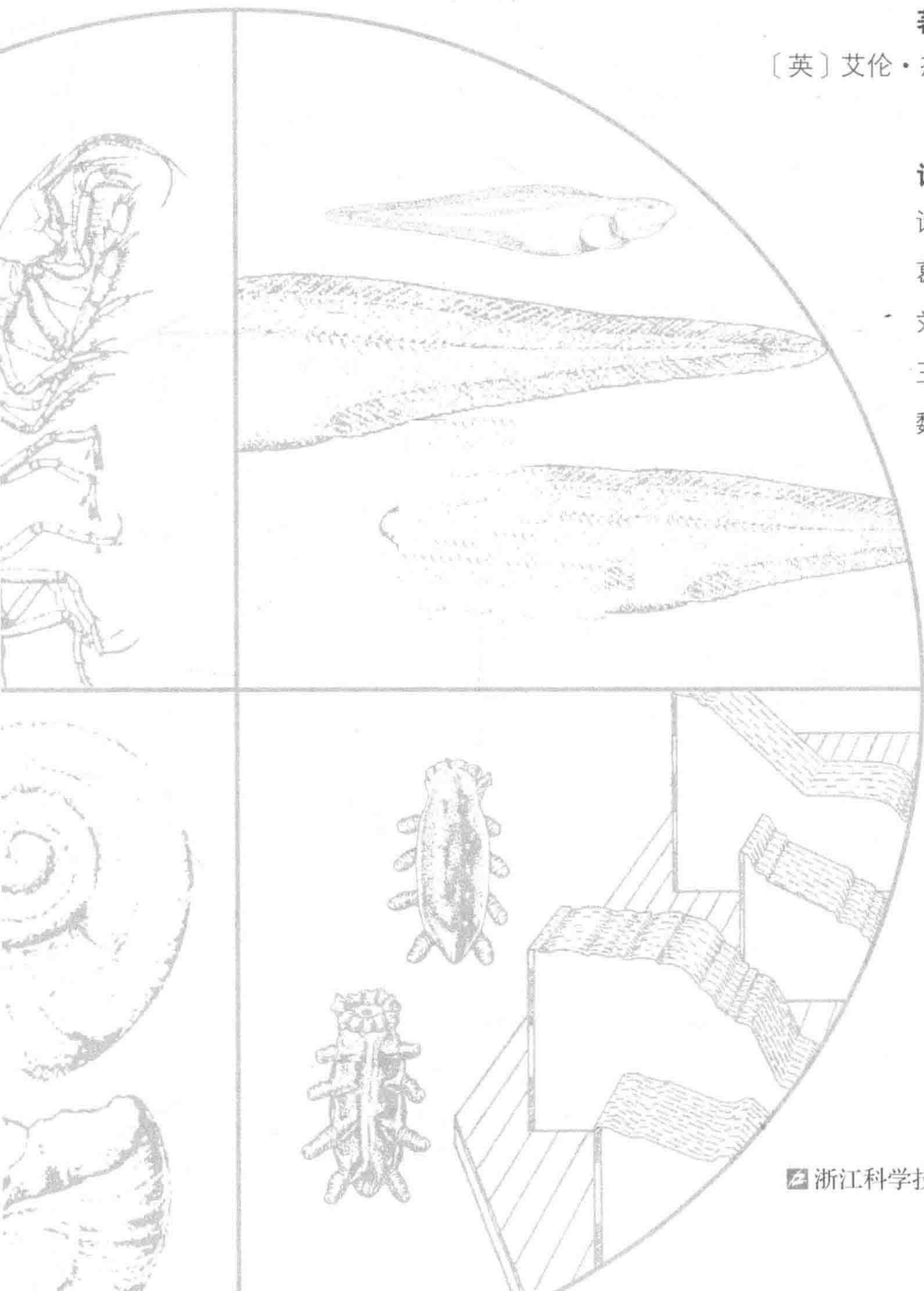
许云平

葛黄敏

刘如龙

王 丽

魏玉利



浙江科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

深渊:探索海洋最深处的奥秘 / (英) 艾伦·杰米逊著; 许云平等译. — 杭州: 浙江科学技术出版社, 2016.11

ISBN 978-7-5341-7377-6

I. ①深… II. ①艾… ②许… III. ①海洋-普及读物 IV. ①P7-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 280388 号

著作权合同登记号 图字: 11-2016-269 号

THE HADAL ZONE: LIFE IN THE DEEPEST OCEANS

Copyright© Alan Jamison

Originally published by Cambridge University Press, 2015.

Simplified Chinese translation rights arranged with Cambridge University Press.

All rights reserved.

书 名 深渊:探索海洋最深处的奥秘  
著 者 [英] 艾伦·杰米逊  
译 者 许云平 葛黄敏 刘如龙 王丽 魏玉利

出版发行 浙江科学技术出版社

网址: www.zkpress.com

地址: 杭州市体育场路 347 号 邮政编码: 310006

联系电话: 0571-85170300-61305

排 版 杭州兴邦电子印务有限公司

印 刷 浙江新华数码印务有限公司

开 本 787 × 1092 1/16 印 张 25.25

字 数 450 000

版 次 2016 年 11 月第 1 版 印 次 2016 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5341-7377-6 定 价 125.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现倒装、缺页等印装质量问题, 本社销售部负责调换)

责任编辑 卢晓梅 刘 燕

责任校对 顾旻波

责任美编 金 晖

责任印务 田 文

# 序言

## Preface

2012年7月,以丁抗研究员为组长的“蛟龙”号载人潜水器7000m级海上试验现场验收专家组给科技部“863”海洋领域提出了如下建议:“对比目前国际上所有能携带科学家的载人潜水器,唯有‘蛟龙’号能够在属于所谓海斗深度(hadal depth)的6500~7000m深度进行科研作业,而这样的深度具有极为特殊的生物活动,但是我国科技界拥有的这个独一无二的深潜优势估计将在3~5年或者更短的时间内丧失;这次的海底作业表明,‘蛟龙’号7000m海试的下潜区域是一个具有重要科学研究意义的地点,它紧挨挑战者深渊,具有丰富和明显的生物与地质活动的多样性,并且能够得到所属国密克罗尼西亚政府的支持。建议相关部门设立相应的深渊科学研究项目和计划,在3年内组织科考航次,重返马里亚纳海沟,在这次7000m试验区进行科研下潜。以此开创我国尚未形成的深渊生态学、深渊生物学和深渊地质学,并在这一深海科学的最新前沿领域进行开创性的工作,以获得重要和最新的发现及成果。这是我国深海科学界领先前沿领域的一个千载难逢的机遇。”

根据这一建议指明的方向,我从2013年3月起在上海海洋大学领导的大力支持下,在国内高校中成立了首个深渊科学与技术研究中心,2014年11月获批“上海深渊科学工程技术研究中心(筹)”。我们组建了深渊技术团队,研制了包括3台万米级着陆器、1台AUV/ROV复合型的无人潜水器和1台3人作业型的载人潜水器以及1艘4800t级的专用科考母船组成的深渊科学技术流动实验室,同时还招聘了海洋科学家专攻深渊科学,期望攀登载人深潜技术的高峰,为填

补我国的深渊科学空白做出积极的贡献。美国夏威夷太平洋大学方家松教授和国家“杰出青年基金”获得者陈多福研究员分别于2015年和2016年加盟深渊中心，承担深渊科学团队的组建工作。国家“千人计划”教授吴晓良也于2016年年初加盟深渊中心，承担深海测绘团队的组建工作。至此，上海深渊科学工程技术研究中心拥有了三大研究方向：深渊技术、深渊科学和深海测绘。我们还与上海彩虹鱼海洋科技股份有限公司紧密合作，采用“民间资金+国家支持”的新模式，将整个项目命名为“彩虹鱼挑战深渊极限”。

深渊科学在国际上尽管已有50多年的历史，但深渊科学家很少，只集中在美国、日本、英国等少数发达国家。由于深渊科学对深海装备的依赖，深渊海沟是人类海洋研究领域最为薄弱的环节，但现在已有越来越多的海洋科学家认为，深渊海沟是最有可能做出重大发现的研究区域。本书是深渊科学领域的第一本系统性研究专著，作者艾伦·杰米逊（Alan Jamieson）在这个领域采集到很多一手的样本资料，发表了许多高质量的论文，同时综述了国际上这个

领域的最新研究成果。因此，这本译著在我国及时出版，对我国深渊科学的发展具有极其重要的价值。2014年，艾伦·杰米逊在审阅我的关于流动实验室的论文时与我建立通信联系，随后我们中心将潘彬彬博士派过去，在他的指导下联合设计了2台万米级着陆器，他本人也被聘为我们深渊中心的科学与技术顾问。当我们把翻译此书的想法与他沟通后，得到了他的积极回应。随后，浙江科学技术出版社愿意出版此书，我们中心便组织了以许云平研究员为首的一个翻译团队，他们利用2016年春节假期的时间，完成了各人承担的章节，我对于翻译出版团队的高效工作表示衷心的感谢。我希望本书对我国深渊科学的发展能起到一定的促进作用。

崔维成

上海海洋大学深渊科学与技术研究中心主任，“彩虹鱼挑战深渊极限”项目总设计师，原“蛟龙”号总体与集成项目负责人，第一副总设计师，中共中央、国务院授予的“载人深潜英雄”称号获得者

2016年5月18日

---

## 译者感言

---

经过近大半年的努力，第一本深渊科学的中文书终于要和读者见面了。作为本书的译者，我们首先要感谢上海海洋大学深渊科学与技术研究中心主任崔维成教授。可以说，这本书从最初的酝酿、中间的编译直到最后的出版，都离不开崔教授的鼓励和支持。

深渊区 (hadal zone) 是指水深超过 6000m 的海域，比如我们熟知的马里亚纳海沟就是深渊的典型代表。由于极限水深 (6000~11000m) 和超高静水压力 (大于 600 个大气压)，深渊区是地球上人类了解最少的区域。目前仅有几个发达国家开展了少量的研究，我国至 2012 年之前还未涉及这一区域。随着我国“建设海洋强国”战略方针的提出和“蛟龙”号的研制成功，中国海洋科学家走进深海大洋的步伐在明显加快。2014 年，科技部启动了利用“蛟龙”号重返马里亚纳海沟的“973”重大基础研究项目，中国科学院成立了三亚深海科学与工程研究所，启动了深渊科学与技术的先导专项。译者相信“十三五”期间我国的深海技术与装备将会得到大幅度提升，进而促进深海 (特别是深渊) 科学的发展。一个突出的例子是 2016 年科技部启动了“深海关键技术与装备”的重点专项，“将重点突破全海深 (最大深度 11000m) 潜水器研制，形成 1000~7000m 级潜水器作业应用能力……”

在这种形势下，尽快开展深渊研究工作，向公众普及深渊知识就显得非常迫切。由于我国还未开展实质性的深渊科学研究，自然也不会有相关的专业书籍，为此，在崔维成教授的建议下，上海海洋大学深渊科学与技术研究中心决定将世界知名深渊科学家、英国阿伯丁大学艾伦·杰米

逊博士所著的“The Hadal Zone: Life in the Deepest Oceans”一书译成中文，以方便我国海洋工作者和对深渊有兴趣的读者了解深渊科学的历史及最新动态。

本书共分为四个部分，第一部分为历史、地质和技术，译者包括葛黄敏博士、刘如龙博士和许云平博士；第二部分为环境条件和生理适应，译者包括葛黄敏博士和许云平博士；第三部分为深渊生物群落，译者包括刘如龙博士、王丽博士和魏玉利博士；第四部分为格局和当前观点，译者为许云平博士。另外，付裕同学参与了第一部分和第四部分的翻译工作；崔维成教授在本书中加入了最新的深渊

科学技术研究进展；许云平博士完成了汇总工作。

潘彬彬博士和姜哲博士在深渊技术专业词汇的翻译上提供了大量帮助；罗瑞龙博士对第三和第四部分进行了校正。英国剑桥出版社在版税方面给予了优惠。浙江科学技术出版社的张特编辑在本书的编排和出版方面给予了大力协助。在此，译者一并感谢。

最后，译者衷心感谢家人的长期支持！

由于水平有限，虽尽全力，错误仍然在所难免。望见谅。

译者

2016年3月17日

# Contents 目录

## 第一部分 历史、地质和技术

History, geology and  
technology

### 引言 /003

### 第1章 深渊科学和深渊探测的历史 /005

- 1.1 海沟的深度探测 /006
- 1.2 板块构造学说的发展 /009
- 1.3 全海深的建立 /011
- 1.4 第一次海沟采样 /014
- 1.5 探索性深海潜水器 /019
- 1.6 现代深渊研究 /020
- 1.7 专业术语 /023

### 第2章 地理学与地质学 /026

- 2.1 地理位置 /027
- 2.2 海沟的形成 /039
- 2.3 海沟的地形 /042
- 2.4 沉积作用和地震活动 /045
- 2.5 深渊水体区 /050

### 第3章 全海深技术 /052

- 3.1 缆绳方面的挑战 /053



第二部分

**环境条件和生理适应**

Environmental conditions and  
physiological adaptations

- 3.2 高压的挑战 /057
- 3.3 拖网及沉积物采样 /060
- 3.4 照相机和诱捕器 /065
- 3.5 生物地球化学仪器 /075
- 3.6 无人遥控潜水器 /076
- 3.7 载人潜水器 /079

引言 /087

**第4章 深渊环境 /089**

- 4.1 深层水团和底流 /089
- 4.2 温度、盐度和氧气 /095
- 4.3 低温适应性 /101
- 4.4 光 /103
- 4.5 底层 /104

**第5章 静水压力 /107**

- 5.1 嗜压性 /107
- 5.2 压力和深度 /110
- 5.3 碳酸盐补偿深度 /113
- 5.4 高压适应性 /114

**第6章 海沟中的食物供应 /126**

- 6.1 颗粒有机物 /126
- 6.2 腐肉沉降 /134
- 6.3 植物和木质碎屑 /137
- 6.4 化能合成作用 /139
- 6.5 异质性 /140
- 6.6 食物匮乏的策略 /141

## 第三部分

## 深渊生物群落

The hadal community

## 引言 /145

## 第 7 章 微生物、原生生物和蠕虫 /147

- 7.1 细菌 /147
- 7.2 有孔虫门 /154
- 7.3 线虫门 /161
- 7.4 多毛纲 /164
- 7.5 蠕虫 /170

## 第 8 章 海绵动物、软体动物和棘皮动物 /173

- 8.1 海绵动物 /173
- 8.2 软体动物 /174
- 8.3 棘皮动物门 /184
- 8.4 其他底栖无脊椎动物 /197

## 第 9 章 甲壳亚门 /199

- 9.1 桡足纲 /201
- 9.2 蔓足纲 /203
- 9.3 介形纲 /203
- 9.4 糠虾目 /204
- 9.5 涟虫目 /207
- 9.6 原足目 /207
- 9.7 等足目 /220
- 9.8 端足目 /229
- 9.9 十足目 /255
- 9.10 真螨目 /259
- 9.11 悉脚目 /259

## 第 10 章 刺胞动物门和鱼类 /261

- 10.1 刺胞动物门 /261
- 10.2 鱼类 /265

第四部分

格局和当前观点

Patterns and current perspectives

引言 /291

第 11 章 生态和进化 /293

- 11.1 溯源 /293
- 11.2 物种形成和特有性 /295
- 11.3 群落结构 /303
- 11.4 垂直分区 /311
- 11.5 与面积和深度的关系 /316
- 11.6 生境异质性 /321

第 12 章 当前的观点 ( Current Perspectives ) /323

- 12.1 开发和保护 /324
- 12.2 在海沟阴影下生活 /329
- 12.3 公众的观点 /333
- 12.4 极端环境下的生命 /337
- 12.5 生物勘探和生物技术 /339
- 12.6 未来的挑战 /341

参考文献 /344

附录：本书涉及的中英文单位对照 /393

第一部分

# 历史、地质和技术

History, geology and technology



# 引言

## Introduction

深渊科学的历史充满了科学家们追求真理过程中留下的宝贵财富，他们为了满足人类对自然界的好奇心而勇于探索未知世界，突破那些貌似不可能的极限。这段历史也同样充满着各种学术思想，这其中包括许多关于深海的真相，在当时那个年代被普遍认为不可能，如今却被科学证明了的基本事实。例如，深海生物学家不得不与爱德华·福布斯（Edward Forbes, 1844）关于海平面 600m 以下无生命存在的说法进行争论。与此相似的是 100 多年后，彼得森（Pettersson, 1948）也对深海 6500m 以下存在生命的观点提出了质疑，但具有讽刺意味的是，就在他提出质疑后不久，人类便在深海 7900m 处发现了生命（Nybelin, 1951）。福布斯这类人的挑战促进了人类在 600m 水深以下寻找到生命，并最终在接近全海深 11000m 的地方发现了生命。在这一时期，水文学家们航行于海洋中，发现海洋远比之前想象得要深。那些很深的区域是极深的海沟，它们位于构造板块的边界（tectonic plate boundaries），如今统一被称为“深渊区”。然而，即使在 1905 年左右，构造板块和大陆漂移的理论仍然被很多学者忽视。1939 年，对于构造板块和大陆漂移的话题，著名地质学家安德鲁·罗森（Andrew Lawson）说出了当时很流行的一种观点，他说：“我可能很容易上当受骗，但还不至于到达接受这种胡说的地步。”（Hsu, 1992）

相对于其他深海栖息环境，深渊区的发现和探索相对缓慢，主要原因是包含海沟在内的海底区域与深海平原相比面积较小。因此，在标准测深调查过程中，发现海沟的可能性较小。除此之外，早期开展大洋深度测量时，还没有任何估算

大洋真实深度的理论，更不用说很久之后才发展起来的板块构造理论了。因此，现今众所周知的关于海沟的存在和形成的事实，在当时是完全没有听到过的。

如今，我们不仅了解了构造地质学，也能第一手地感受到海沟的存在，在地质学的背景下，海沟之前从未在公众领域如此惹人注目。2010年在智利发生的里氏 8.8 级的考克内斯地震 (Cauquenes earthquake) 和 2011 年在日本发生的里氏 9.0 级东北大地震 (Tōhoku-Oki earthquake)，都是由深渊海沟的地质活动导致的 (分别为秘鲁-智利海沟和日本海沟)。另外，2011 年的日本地震和 2004 年的印度洋地震 (里氏震级大于 9.0 级；由爪哇海沟引起) 都因随后毁灭性海啸而被人们记住。

从生物学的角度看，深渊区的采样进展很缓慢，最初的限制来自深渊

和海洋表层间的垂直距离带来的技术挑战。由于设备必须要下放到几千米深的水里，而全海洋的深度当时仍然是未知的，因此进一步加剧了挑战。在车载声学系统 (声呐) 还没有开始使用之前，确定海洋深度是一项十分艰难的任务。深渊区带来的另外一个技术挑战是超高的静水压力。采样设备为了抵抗内爆，每平方厘米必须能够承受超过 1t 的压力。

虽有这些挑战，我们现在还是弄清楚了海沟的确切位置，并且在理解地球最深部生命的生物学和生态学方面都取得了重要的进展，在这个过程中，开发了一些复杂的、创新的技术。这本书的第一部分包括三章：第 1 章介绍那些在探索海洋科学最前沿中做出铺垫的人、项目和航次；第 2 章介绍深渊区的形成和位置；第 3 章回顾全海深探测技术的挑战和创新。

## 第 1 章

# 深渊科学和深渊探测的历史

深渊科学和深渊探测的历史是一个奇特的故事，这很大程度上是由于在这种极端深度下进行采样所带来的挑战，一批又一批的科学家为此所做出了努力。在这段历史中，重要的事件就像海沟一样经常是不连续的。在 20 世纪初前后，早期的先驱开始对大洋越来越深的地方进行采样。人类的好奇心在经历了关于大洋的真实深度和生命存活极限的大爆发后，迎来了一段低潮期。在 20 世纪 60 年代，苏联一系列的“维塔兹”号 (RV *Vitjaz*) 考察和丹麦“环球加拉瑟”号 (RV *Galathea*) 考察开启了第一个重要的围绕深渊的采样运动。尽管“维塔兹”号考察在一段时间内是持续地、周期性地在大洋极深深度进行采样，但从总体上来说，研究行动仍然是偏少而且不频繁的。在公众的广泛关注下，载人潜水器于 1960 年第一次下潜到大洋最深处。然而，这是该深潜器第一次也是唯一一次冒险下潜到海沟的底部。

20 世纪末，日本海洋科学技术中心 (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 简称 JAMSTEC) 研制了第一个全海深无人遥控潜水器，并将其命名为“海沟”号 (Kaikō), 引起了人们对海沟新的兴趣。“海沟”作为能够到达全海深的工具，被科学家广泛地应用在海沟研究中。除了日本海洋科学技术中心外，其他几个研究机构也加入海沟研究中，并一直持续到 2005 年前后。

与以前相比，我们正处于一个有更多国家参与海沟研究的时代，与全海深生物学相关的课题数不胜数。美国、英国、日本、新西兰和丹麦等国的科学家们正以积极的姿态，参与到深渊深度的采样工作中。与这些工作一致的是，科学家们高度支持“第一”的概念，比如“深海探险者”号 (*Deepsea Challenger*) 深潜器何时到达地球最深处。目前还不清楚是什么引起了这股深渊研究热潮，但与深海研究的大多数历史时期类似，这股热潮可能要归功于新科技的发展。这些对深海研究的兴趣在某些程度上也可能反映了人们对气候持续变化的普遍关注；人们变得更加有紧迫意识，即我们具有从整体上调查大洋的责任，包括从海气界面直到全海深。



## 1.1 海沟的深度探测

从亚里士多德时期开始，人类对陆地的海拔和海洋的深度就已经有了很强的好奇心。1773年马尔格雷夫勋爵（Lord Mulgrave）对北冰洋进行考察，开启了第一次对海洋深度的探测。在这次考察中，记录的深度达1249m。1817~1818年，约翰·罗斯（John Ross）爵士将一根使用“深海蚌”（deep-sea clam）的绳子，投放到格陵兰岛东部的巴芬湾（Baffin Bay），不仅测得了1920m的深度，还收集到一个海底沉积物的样本。1839~1843年，在名为厄瑞波斯（Erebus）和泰若（Terror）的远航过程中，詹姆斯·克拉克·罗斯（James Clark Ross）爵士使用了一根总长为6584m并且每隔100英寻（1英寻=1.8288m）标记一次的操纵绳。他们在操纵绳下放的过程中，记录相邻两个标记处的时间间隔，当这个时间间隔明显增长的时候，就标志着操纵绳已经到达了海底。后来，查理斯·威利·汤姆森（Charles Wyville-Thomson）带领皇家海军舰艇“挑战者”号，开展了环球考察，也采用了同样的测深技术（Thomson和Murray，1895）。在这次考察中，英国皇家海军舰艇“挑战者”号装备了一捆长291km的意大利绞索作为探测操作绳，意外地在太平洋西北部北纬11°24'，东经143°16'的玛丽亚纳群岛西南部和北太平洋卡洛琳群岛的北部，探测出了8230m的深度。这次探测的结果标志着超深区域的存在，不久以后，人类就发现了玛丽亚纳海沟。作为第一次全球海洋考察行动，“挑战者”号的探测为未来海洋研究奠定了基础。

在“挑战者”号进行探测的同一时期，科学家也搭乘单桅战船“图斯卡罗拉”号（Tuscarora），应用相似的方法进行探测。他们使用钢琴丝，在太平洋西北的千岛-堪察加海沟（Kuril-Kamchatka Trench）测得了水深8531m，这个地方最初被称为塔斯卡洛拉族人深渊（The Tuscarora Deep）。

约翰·莫里（John Murray）爵士（1841~1914）记录了海洋的深度分布，首次系统测量了海洋的平均深度，并以此计算出了海洋等深线（hypsometric curve），由此开始了绘制三维大洋地图的工作（Murray，1888）。依据当时的资料，他计算了大洋体积、在海平面以上的大陆面积，甚至还计算出了如果没有大陆存在，在海底水平情况下的均一大洋的深度。随着时间的推移，科研人员在莫里（Murray，1888）工作的基础上，获得了越来越多的探测数据。人类不仅绘制了有海洋地图的图表，例如科西纳（E. Kossinna，1921）和斯托克斯（T. Stocks，1938）（参考Menard和Smith，1966），而且开展了许多与海底性质和海洋深度有关的研究（如