

秦绪文,石显耀,杨胜雄,等.世界海洋地质调查发展历程与启示[J].海洋地质前沿,2020,36(1):1-6.

世界海洋地质调查发展历程与启示

秦绪文^{1,2},石显耀^{1*},杨胜雄²,高延光³,许振强²,王宏斌²,王平康¹,黄文星²,
吕文超¹,沙志彬²,万晓明²,张涛⁴,王淑玲⁵,陈浩⁶,施剑⁷,蒋成竹⁴

(1 中国地质调查局,北京 100037;2 中国地质调查局广州海洋地质调查局,广州 510760;

3 中国地质调查局自然资源实物地质资料中心,河北燕郊 065201;4 中国地质调查局发展研究中心,北京 100037;

5 中国地质图书馆(中国地质调查局地学文献中心),北京 100083;6 中国地质调查局自然资源航空物探遥感中心,
北京 100083;7 中国地质调查局青岛海洋地质研究所,青岛 266071)

摘要:综合考虑社会发展、文明演进、国家需求、科技进步、人才成长等因素,将世界海洋地质调查发展历史划分为“萌芽期”“初创期”“发展期”“成熟期”和“升级期”5 个阶段,探讨了不同阶段海洋地质调查的工作目标、主要特点和标志成果等,在此基础上总结凝练历史发展规律和启示,并结合我国实际提出海洋地质工作发展的相关建议。

关键词:海洋地质调查;发展历程;海洋矿产资源调查;海洋地质调查技术;国际合作

中图分类号:P736

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2019.199

0 引言

海洋地质调查是海洋经济发展和海洋环境保护的先行工作,是加快建设海洋强国的基础支撑。在我国加快建设海洋强国的背景下,海洋地质工作重要性更加显现,关注度日益提升。随着海洋地质调查投入力度的不断加大,一批新的海洋地质调查船相继入列,海洋地质调查和科学研究机构快速发展壮大。当前,我国海洋地质调查事业驶入快车道,进入全面赶超美欧日等传统海洋地质强国的关键时期。针对该如何抓住历史机遇实现海洋地质调查工作的跨越式发展等问题,本文从海洋地质调查发展的历史维度出发,总结了世界海洋地质调查的发展规律,提出了我国海洋地

质调查发展的建议。

前人的海洋地质调查发展历史研究成果主要包括基于时间序列的历史事件梳理^[1-2],以及按技术门类^[3-5]或按国别^[2,6]的分别论述。其局限性主要表现为两个方面:一是与人类近现代历史发展结合不够紧密,对海洋地质调查发展的内在规律探究不够深入;二是对不同阶段海洋地质调查工作的历史使命、驱动因素、主要特点、代表性事件等总结不够系统。

本文在综合考虑社会发展、文明演进、国家需求、科技进步、人才成长等因素基础上,首次将海洋地质调查发展历史划分为 5 个阶段,并阐述了不同阶段的工作目标、主要特点和标志成果等,总结凝练了海洋地质调查发展规律。同时,围绕加快建设海洋强国的目标,提出了我国加快发展海洋地质工作的建议。

1 世界海洋地质调查发展历程

1.1 19 世纪中叶—第一次世界大战前的“萌芽期”

19 世纪中叶—第一次世界大战前,海洋地质调查以拓展国家战略空间为主要目标。以英国为

收稿日期:2019-10-31

资助项目:国家自然科学基金重大项目所属课题(51991365);广东省促进经济高质量发展专项资金“海洋经济发展项目”(GDOE(2019)A39);国家重点研发计划项目(2018YFC0310000)

作者简介:秦绪文(1977—),男,博士,研究员,主要从事地质调查研究和管理工作.E-mail:qinxuwen@163.com

* 通讯作者:石显耀(1983—),男,硕士,高级工程师,主要从事海洋地质调查研究和管理工作.E-mail:stonesky@qq.com

首的发达国家完成工业革命,国力空前强盛,纷纷将海洋作为重要战略空间,开始对深远海的海洋生物、物理海洋特征、海底地形等进行探索;英国、美国、日本等国家开始建立海洋地质调查机构。

这一阶段,调查船以军舰或旧船改装为主^[7],主要的技术装备有配重麻绳测深器、拖网、海水采样器、沉积物采样设备等机械式仪器设备,海洋地质调查技术体系尚未形成。影响力较大的海洋调查活动有:1831—1836 年英国“贝格尔”号环球探险;1839—1843 年英国 J.C. 罗斯的南极海域探险;1872—1876 年英国“挑战者”号环球调查等。主要成果有:1854 年美国 M.F. 莫里编制了第 1 张北大西洋水深图;1859 年英国达尔文出版了《物种起源》;1895 年出齐《“挑战者”号航行科学成果报告》(50 卷);1904 年摩纳哥阿尔贝大公一世资助出版《大洋水深图》;1912 年德国魏格纳发表大陆漂移说,并于 1915 年出版《海陆的起源》。

1.2 两次世界大战期间的“初创期”

一战起始—二战结束,海洋地质调查以服务军事作战为主要目标。美国、德国、前苏联等围绕战争需要,通过实地调查,编制海图及军事地质图件,为作战计划制定、海战场环境建设、人员物资转移等提供技术支撑。美国海岸与大地测量局(国家海洋和大气管理局前身)半数职员转为军队编制,伍兹霍尔海洋研究所承担了大批军方任务^[8]。德国数十位海洋地质学家被分配到海军,协助布放水雷、安装海岸防御设施和应对两栖登陆作战。

这一阶段,战争需求推动海洋调查技术快速发展,地震勘探、声呐测深以及重磁测量等现代海洋地质调查技术在战争中孵化成型。第一次世界大战期间,交战双方都曾利用重炮后坐力产生的地震波来确定对方的炮位,推动了人工地震的基础研究,为战后人工地震运用于石油勘探奠定了科学基础,并推动 20 世纪 20—30 年代的第一次石油勘探技术革命,使找油技术由地表转入地下。两次世界大战潜艇发挥了重要作用,为满足潜艇和反潜艇作战的需要,回声测深仪问世并在战后海洋地质调查中得到广泛应用,大大提升了海底测深效率和精度。20 世纪 20 年代德国建成的“流星”号调查船首次安装了回声测深仪,标志着综合海洋调查由以生物调查为主转入以海水理化

性质和地质地貌调查为主的时代^[7]。

1.3 第二次世界大战后 20 年的“发展期”

第二次世界大战后 20 年,海洋地质调查以发现油气及其他矿产资源为主要目标。战后,发展经济成为世界主旋律,主要参战国对于能源资源的需求急剧上升,墨西哥湾、北极、中东等海域海洋油气勘查开发加速推进,美国、前苏联开展了多金属结核资源调查,海洋地质调查技术在这一时期蓬勃发展。海洋地质调查机构职能逐渐转变为以海洋资源勘探开发为核心。

这一阶段,海洋勘探开发技术、装备和理论取得一系列突破。开发技术方面,1947 年美国在墨西哥湾搭建第 1 座钢制石油平台,标志着当代海洋油气开发工业的开端^[9]。勘探技术装备方面,旧船改装的海洋调查船逐步淘汰,现代化专业海洋调查船开始出现^[7]。数字地震仪、多道多次覆盖技术、大容量高速计算机处理等技术装备应用推动了第二次油气勘探技术革命。勘探理论方面,60 年代后期,板块理论成型并开始用于指导油气勘探;有机地球化学推动了成油条件、烃源岩及生油量等定量研究;沉积学推进了地震数据与地层和岩相的研究^[10]。

1.4 20 世纪 70 年代—20 世纪末的“成熟期”

20 世纪 70 年代—20 世纪末,海洋地质调查以保障资源安全、服务环境保护、维护海洋权益为主要目标。这一时期,对于能源资源的需求依然十分强盛,人类活动带来的海洋环境问题凸显,海洋领土争端开始显现。美国、俄罗斯(前苏联)、巴西等加强海洋油气勘探并向深水进军。日本和俄罗斯(前苏联)等国家加大了深海矿产资源调查的力度,拉开国际海底区域“蓝色圈地运动”序幕。加拿大、澳大利亚、荷兰、韩国等国家制定海洋环境保护相关法律,加强海洋环境调查与监测。美国、俄罗斯(前苏联)、澳大利亚、日本等国开展了不同比例尺的大陆架基础地质调查。海洋地质调查机构被赋予海洋环境地质、国情性基础地质调查等新的职能。

这一阶段,集成电路的诞生和广泛应用推动了海洋地质调查设备的小型化、数字化和自动化。计算机的快速发展提升了海洋地质调查数据的处理质量和效率,海洋调查技术趋于成熟。海洋调

查观测以及深部钻探深化了地球系统认识,地球系统科学思想酝酿成型。

1.5 21 世纪以来的“升级期”

21 世纪以来,海洋地质调查以支撑经济高质量发展、保障国家安全和满足人民对美好生活的需要为主要目标。各国对于海洋地质的需求呈现出丰富多元的特点,天然气水合物、深海稀土、海底空间等战略性资源开发利用步伐加快,深海和极地成为大国博弈的战略新疆域,海域维权与划界争端趋于白热化,海洋地质调查军民融合不断深化,海洋环境保护和防灾减灾的需求更加迫切。海洋地质调查机构的综合性逐步加强,服务性进一步体现。

海洋地质调查研究技术由调查开始走向监测,美国、加拿大、欧洲和日本相继开展海底观测网建设。基于大数据的计算机模拟成为地球复杂系统研究的新钥匙,2002 年日本成功开发了“地球模拟器”,2018 年美国的地球系统模型(E³SM)建成运行。大数据、云计算、智能化等为代表的信息技术成为引领地球系统科学发展的新动力。2001 年地球系统科学联盟(ESSP)成立,进一步扩大了地球系统科学思想的影响力,地球系统科学成为新的指导思想。

2 发展规律与启示

2.1 服务国家需求始终是海洋地质调查的神圣使命

海洋地质调查近两个世纪的发展历程中,始终以国家需求为根本牵引。在“萌芽期”,开展综合海洋科学考察,服务国家战略空间拓展;在“初创期”,开展海洋军事地质调查,服务军事作战;在“发展期”,开展海域油气资源勘探开发,服务经济社会发展;在“成熟期”,开展综合海洋地质调查,服务国家资源能源安全、生态文明建设和海洋权益维护;在“升级期”,开展海洋战略新资源、战略新空间的调查,支撑服务经济高质量发展、民生福祉和国家总体安全。

2.2 加强顶层设计始终是海洋地质调查的重要保障

通过制定国家层面的规划,对海洋地质调查

进行超前谋划和宏观布局,围绕一定时期内的重大需求,整合多种资源与力量,实现国家战略目标,是海洋强国的普遍做法。20 世纪 50 年代起,美国着手制定综合海洋发展战略,将海洋地质作为关键内容之一,最具代表性的战略规划有 1969 年的《我们的国家和海洋—国家行动计划》、1986 年的《全国海洋科技发展规划》、1989 年的《沿岸海洋规划》、《海洋战略发展规划(1995—2005 年)》和《海洋地质规划(1997—2002 年)》等。日本自 2007 年《海洋基本法》颁布实施以来,将《海洋基本计划》作为推进海洋地质调查的纲领性文件,围绕能源资源安全保障,详细制定了天然气水合物、近海油气、多金属结核、富钴结壳、多金属硫化物、深海稀土等海底矿产资源的勘探开发路线图和时间表,并严格按照计划推进,在海洋能源资源勘探开发和技术创新方面,走在全球前列。

2.3 推动科技创新始终是海洋地质调查的关键因素

提高人类对海洋的认知程度,主要依赖科技进步与装备发展,这一特点在不同阶段的海洋地质调查中体现得淋漓尽致。在“萌芽期”,简易机械式海洋调查装备研发,为早期海洋科学考察提供了基础技术保障,揭开了深海大洋的神秘面纱。在“初创期”,地球物理技术在战争中的孕育孵化,使探测海底深部结构成为可能,为板块构造学说的提出与完善以及海底矿产资源资源勘探开发奠定了技术基础。在“发展期”,海洋油气技术、装备和理论迅猛发展,极大地推动了战后有关国家的能源勘探开发。在“成熟期”,以计算机和集成电路等为代表的技术装备大幅提升了海洋地质调查的效率和精度。在“升级期”,以地球系统科学为代表的新理论指导海洋地质调查不断拓展领域并与其他学科相互交融,以大数据、云计算和人工智能等为代表的新技术正在再造海洋地质调查体系。

2.4 实现开放共享始终是海洋地质调查的重要经验

首先是调查数据充分共享。美国、德国、荷兰和瑞典等国家高度重视海洋地质调查数据管理与共享,早在 20 世纪 40 年代,数据共享就开始探索

起步,至 80 年代共享的格局基本形成。目前,美国已建成的海洋地质相关的科学数据共享平台有美国国家地球物理数据中心(NGDC)、美国国家航空航天局(NASA)、美国国家海洋和大气管理局(NOAA)等,向全国乃至全世界的用户提供海量的多门类调查监测等数据。其次是科学设施高效开放。调查船舶和大型科学设施的共享在欧美、日本等十分普遍。以美国的科学考察船共享为例,1971 年美国从事海洋科学基础研究的有关单位,为解决无科考船单位进行海上调查的问题,共同发起成立了美国海洋学实验室联盟(UNOLS),初始只有 18 家研究机构参与,目前已经有 61 家单位加入,21 艘科考船进入该开放共享系统,近 3 年年均执行共享航次 250 个以上^[11],实现了船时共享、资源统筹、效益最大。

2.5 强化国际合作始终是海洋地质调查的重要动力

海洋地质强国国际合作成功之处体现在“引进来”与“走出去”。首先是大胆引进来。日本、法国、加拿大、澳大利亚、新西兰等国家通过国际合作,加强管辖海域基础调查研究。日本为深入管辖海域的基础地质研究,积极引入大洋科学钻探计划,借助世界一流的科学人才和世界一流的钻探技术深化本国基础地质研究。截至 2018 年 3 月,其管辖海域累计钻探 287 口(其中“地球”号 104 口),占沿海国管辖海域内钻井总数的 11.2%,钻探总进尺约 120 km,获取岩心总长约 31.5 km,使日本周边海域成为全球海洋地质研究程度最高的海域。其次是勇敢走出去。德国、韩国等国家积极通过对外合作,向外拓展延伸其调查研究区域。德国拥有海岸线短,管辖海域面积小,海域油气资源匮乏,是典型的海洋地理不利国。依托海洋地质科技优势,德国主动与各沿海国开展资源和环境地质合作,并积极拓展极地和深海研究,保持了海洋地质科技领域的领先地位。

2.6 人才队伍始终是海洋地质调查的第一资源

海洋地质强国人才培养体现出 3 个特点。第一,注重顶层设计。美国、俄罗斯(前苏联)、日本等不同时期制定的海洋战略,都将海洋人才政策作为重要内容。美国自 20 世纪 50 年代以来发布

的 6 项综合海洋战略规划、俄罗斯自从 2001 年以来提出的 2 期《海洋学说》、日本自 2007 年以来制定的 3 期《海洋基本计划》等都明确提出培养海洋人才的总体思路和部署。第二,强化高等教育。20 世纪 50 年代,美国、英国、荷兰开始在其国内高校设立海洋地质专业,持续的教育投入和学科建设,确保了海洋地质事业发展的人才基础,其教育优势一直延续至今。根据 2018 年发布的海洋地学专业排名世界前 50 的高校中,美国 21 所、英国 9 所、澳大利亚 7 所、加拿大 3 所、中国 3 所(包括台湾和香港各 1 所)^[12]。第三,创新人才政策。长期以来,美国地质调查局根据优先领域,以长期、短期结合,全职、兼职结合等方式特聘高端人才。伍兹霍尔海洋研究所通过创造优越的科研平台,提供优厚的福利待遇,吸引和留住人才。欧盟建立面向全球的高效人才管理框架,推进“优秀海洋人才认证”制度。

3 建议

3.1 以地球系统科学为指导,促进海洋地质调查工作转型升级

一是找准出发点。体现“三个立足”,即立足海底及以下的调查空间;立足能源资源的调查对象;立足现有和规划的调查平台。二是把握关键点。体现“四个注重”,即注重海底以下地球内部深部、浅部、表层等不同圈层之间的协同演变;注重海底及以下部分与水圈、生物圈和大气圈之间相互作用;注重近海浅海多圈层作用与人类活动之间的相互影响;注重海底资源开发利用与环境保护的关系。三是抓住发力点。以海洋地质调查规范与标准修订为牵引,推动地球系统科学的指导思想落地生根,建立新的思维与行为方式,促进海洋地质调查与科学研究的深度融合。

3.2 以攻关关键技术装备为突破,提升海洋地质调查“硬实力”

一是推动自主研发设备工程化应用。进一步提升遥控潜水器、自助式水下航行器、航空磁力仪、保压取心工具等高端设备的性能,加大成果转化力度,推动其在海洋地质调查中的规模化应用。

二是研发一批核心装备。重力梯度仪、天然水合物技术装备体系、海底小型钻机、近海底地球物理测量设备等,打破国外封锁。三是攻关一批关键调查技术。重点在天然气水合物勘查开发、海洋非常规油气勘查、深部钻探、海底观测、深空对海观测等领域实现应用基础研究突破。

3.3 以推动主流程信息化为抓手,提升海洋地质调查的现代化智能化水平

一是建设国家海洋地质信息中心。打通信息互联互通的脉络,打破信息孤岛,盘活存量数据,对建国以来的海洋地质调查数据进行系统数字化。打造全球化的海洋地质调查数据架构。二是提升海洋地质主流程信息化水平。优化海洋地质调查工作流程,革新数据流转模式,提高传递效率,保真数据质量,构建数据的采集、传输、处理、集成、服务全链条的模式。三是构建权威的海洋地质产品体系。打造服务经济社会发展、外交国防等方面的核心产品,实现常态化、产品化、体系化的有力支撑。四是加强深空对海观测技术与装备的研发,加强卫星重力,卫星遥感和卫星对海洋资源环境探测与监测的技术应用,提高探测和监测的精度。

3.4 以落实“一带一路”倡议为契机,推进全球合作共赢平台建设

一是加强西太平洋。以国际海底区域资源勘探开发为目标,开展多金属结核、富钴结壳、稀土等深海矿产资源调查。以解决沟-弧-盆体系等重大地质问题及资源环境效应为目标,深入开展海洋地质调查与研究。二是拓展印度洋。以服务“海上丝绸之路”建设为目标,结合沿线国家的需求,加强地球科学、固体矿产勘查、油气资源、地质工程等领域的区域合作。三是经略大西洋。以非洲西海岸深水油气、天然气水合物为突破点,推动与非洲国家开展国际合作,逐步将海洋地质调查工作延伸至大西洋。四是兼顾南北极。以科学考察为重点,开展极地环境变化地质响应研究,建立极地航道利用、资源开发评估技术方法,为提升我国极地事务国际话语权提供基础科学支撑。

3.5 以人才培养为核心,提升我国海洋地质调查的竞争力

一是持续培育关键领域人才。在深海钻探、海洋油气调查、海洋能源开发工程、信息技术、地球系统模拟分析等领域培养一批高素质人才。二是加快培养复合型人才。与软件和系统开发企业联合培养地学信息化人才,与装备制造研发企业联合培养地学装备研发人才,与高校和科研院所合作培养地球系统科学领域的复合型人才。三是促进海洋地质人才专业体系完善。在天然气水合物产业化、深海探测等国家重大战略需求的驱动下,继续以业务体系优化带动人才队伍结构优化,引导高校招生培养、学科建设布局调整适应。

参考文献:

- [1] 中国大百科全书总编辑委员会本卷编辑委员会.中国大百科全书大气科学、海洋科学、水文科学[M].北京:中国大百科全书出版社,1992:860-865.
- [2] 孙振娟.全球海洋地质调查史[D].北京:中国地质大学(北京),2010:1-4.
- [3] 熊章强,周竹生,张大洲.地震勘探[M].长沙:中南大学出版社,2010:3-8.
- [4] 李家彪.多波束勘测原理技术与方法[M].北京:海洋出版社,1999:4-8.
- [5] 宁伏龙.大洋科学钻探:从DSDP→ODP→IODP[M].武汉:中国地质大学出版社,2009:217-298.
- [6] 王淑玲,张炜,吴西顺,等.当代海洋区域地质调查现状[M].北京:中国地质图书馆,2017:1-127.
- [7] 孟庆龙,杨维维,孙雅哲,等.国外海洋调查船发展历史和趋势以及对我国的启示[J].海洋开发与管理,2016(11):63-67.
- [8] A brief history of Woods Hole Oceanographic Institution [EB/OL]. [2019-12-03]. https://www.whoi.edu/wp-content/uploads/2019/01/WHOI-History-pages_32323-2.pdf.
- [9] 甘克文,高正原.板块构造理论及其余油气聚集的关系[J].石油科技论坛,2009(2):32-37.
- [10] 许靖华.古海洋学的历史与趋向[J].海洋学报,1984,6(6):830-842.
- [11] The UNOLS Vessel Schedules (2008 - present day) can be found in the Ship Time Request System [EB/OL]. [2019-12-03]. <https://www.unols.org/ship-schedules>.
- [12] 2018-2019年QS世界大学排名之地球与海洋科学专业排名[EB/OL]. [2019-12-03]. <http://rankings.betteredu.net/qs/major/natural/2019/earth-marine-sciences.html>.

THE HISTORY AND ENLIGHTENMENT OF THE WORLD MARINE GEOLOGICAL SURVEY

QIN Xuwen^{1,2}, SHI Xian Yao^{1*}, YANG Shengxiong², GAO Yanguang³, XU Zhenqiang²,
WANG Hongbin², WANG Pingkang¹, HUANG Wenxing², LV Wenchao¹, SHA Zhibin²,
WAN Xiaoming², ZHANG Tao⁴, WANG Shuling⁵, CHEN Hao⁶, SHI Jian⁷, JIANG Chengzhu⁴

(1 China Geological Survey, Beijing 100037, China;

2 Guangzhou Marine Geological Survey, China Geological Survey, Guangzhou 510760, China;

3 Cores and Samples Center of Natural Resources, China Geological Survey, Yanjiao 065201, Hebei, China;

4 Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China;

5 National Geological Library of China (Geoscience Documentation Center, CGS), Beijing 100083, China

6 China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Natural Resources, Beijing 100083, China;

7 Qingdao Institute of Marine Geology, China Geology Survey, Qingdao 266071, China)

Abstract: The major historical events not only impact the global pattern in society, politics and economy, but also exert profound effect over science and technology. Based on researches about the development of theories and technology in marine geology during and after the major historical events, such as the past four technological revolutions and World War I and II, we first divided the development history of the world marine geological survey into 5 periods (emergence period, initial period, development period, mature period and upgrade period). We reviewed the objectives, characteristics and main achievements in the field of marine geological surveys in different periods in the history. Then, we summarized the law of development in world marine geological survey and discussed about the enlightenment. In the end, we put forward our suggestions on the development of China's marine geology in light of its current scientific, political and economic situation.

Key words: marine geological survey; history; survey of marine mineral resources; marine geological survey technology; global cooperation