



我国海岛礁综合地质调查工作回顾与展望

高芳蕾¹, 王洋¹, 韦成龙^{1,2*}, 黄诚¹, 王仕胜¹, 王瑞¹

(1. 中国地质调查局海口海洋地质调查中心, 海南 海口 571127; 2. 同济大学海洋与地球科学学院, 海洋地质国家重点实验室, 上海 200092)

摘要:我国约有11 000个海岛礁,是开发海洋经济的纽带,是维护国家海洋权益的桥头堡。本文详细介绍了海岛礁的地质调查的历史与现状,系统总结了岛礁基础地质、矿产资源、地下水资源、地质灾害、地质遗迹、遥感地质等调查成果,结合国家、社会、经济发展与资源、环境并重的宏观背景,建议开展一轮全国海岛礁综合地质调查;扩大调查范围与精度;推进以岛礁为中心的重大工程项目;实施区域矿产资源、水资源、地质灾害等调查与评价;设置典型岛礁专项地质调查;强化海岛礁地球系统科学理论研究;以项目带动科研的方式,促进岛礁地质学的发展,提升地质科技创新能力;制定岛礁地质调查技术规程指导项目开展;建立岛礁综合地质信息档案服务社会,发挥地质工作的基础性、公益性、战略性作用,为国家资源安全保障和社会经济发展提供可靠的地质支撑。

关键词:海岛礁;地质调查;成果;展望;陆海统筹

中图分类号:X826 **文献标识码:**A **doi:**10.12128/j.issn.1672-6979.2025.01.003

引文格式:高芳蕾,王洋,韦成龙,等.我国海岛礁综合地质调查工作回顾与展望[J].山东国土资源,2025,41(1):23-31. GAO Fanglei, WANG Yang, WEI Chenglong, et al. Review and Prospect of Comprehensive Geological Survey of Island Reefs in China[J]. Shandong Land and Resources, 2025, 41(1): 23-31.

0 引言

海岛(礁)是我国领土的重要组成部分,是开发海洋经济的纽带,是维护国家海洋权益的桥头堡,具有十分重要的国防和经济意义。按自然特征划分,一般来说,“岛”是指面积在500 m²及以上,有植被覆盖的四面环水的陆地;“礁”是指面积在500 m²以下,没有植被的岩石,有生物礁石(如珊瑚礁)、火山礁石、大陆延伸的岩石等;常年位于水面以上的是明礁,常年位于水面以下的称为暗礁。《联合国海洋公约法》第121条第1款对“岛屿”的定义是“四面环水并在高潮时高于水面的自然形成的陆地区域”。第2款确认了岛屿同其他陆地领土一样有权享有同样

的海洋区域,这些区域包括领海、毗邻区、专属经济区和大陆架。第3款提出“岩礁”的概念并规定其权限,岩礁“不能维持人类居住或其本身的经济生活”,“不应有专属经济区或大陆架”。但是“岛”和“礁”的定义牵涉到各国利益,它们之间的界限通常模糊不清,本文使用“海岛礁”(简称“岛礁”)一词统指岛和礁。

海岛礁是特殊的海洋资源,开展岛礁自然资源调查与评估具有重要的现实影响和深远的战略意义。地质调查是为国家和地方社会经济发展提供支撑的基础性调查,是岛礁自然资源调查不可或缺的部分;岛礁与其邻近陆地地质特征相似,又是陆架和洋盆地壳性质与构造的“出露点”,岛礁地质学研究

收稿日期:2024-08-26; **修订日期:**2024-09-28; **编辑:**曹丽丽

基金项目:中国地质调查局项目“惠州—汕尾海岸带自然资源综合地质调查(DD20230415)”;中国地质调查局项目“七洲列岛海域1:25万海洋区域地质调查(DD20230413)”;海南省“南海新星”科技创新人才平台项目“海南省近岸花岗岩型海岛旅游路线地质灾害防治研究(NHXXRCXM202353)”联合资助

作者简介:高芳蕾(1981—),女,海南海口人,高级工程师,主要从事海洋地质调查与研究;E-mail:gaofanglei@163.com

* **通信作者:**韦成龙(1976—),男,正高级工程师,博士研究生,主要从事海洋地质调查与研究;E-mail:wchl@tongji.edu.cn

也具有重要的科学价值。本文将系统回顾我国海岛礁地质调查历史,梳理近 20 年来的岛礁综合地质调查项目,总结所取得的主要成果与认识,分析存在的问题与不足,结合海洋开发对基础地质调查工作的需求,为今后部署岛礁地质调查工作提供思路与建议,以期拓展地质工作服务领域,为经济社会发展服务,为维护海洋权益服务,为深入科学研究服务。

1 我国海岛礁地质调查回顾

1.1 海岛礁调查工作历史

我国海岛礁调查最初是随着海洋调查展开的,自 20 世纪 60 年代起,国家陆续启动全国海洋综合普查、全国渔场调查、大陆架调查、全国海岸带和海涂资源综合调查、远洋调查等,涉及到部分海岛礁调查。第一次专项岛礁调查是在 80 年代,为配合第一次全国地名普查和适应国防需要,1981—1986 年,中国地名委员会组织开展了第一次全国岛礁地名普查。通过岛礁地名普查,基本摸清了我国沿海主要岛、礁、沙等地理实体的名称和数量^[1]。

2010 年 3 月,《中华人民共和国海岛保护法》颁布实施,2010 年 4 月,国家海洋局启动第二次全国海域海岛地名普查工作。2012 年,普查任务基本完成。这次普查掌握了截至目前最全面的海岛第一手资料,查清全国海岛的位置、数量及名称,在重要海岛上设置地名标志。制作完成了第一套全国海岛分布矢量数据集、海岛全覆盖航空遥感数据集以及海岛现场调查照片、视频等多媒体数据集^[2]。2021 年出版的《中国海域海岛地名志》是全国海域海岛地名普查重要成果之一,共收录海岛地理实体地名 8 923 条。

据 2017 年海岛统计调查公报显示^[3],我国共有海岛 11 000 余个,海岛面积约占我国陆地面积的 0.8%,浙江省、福建省和广东省海岛数量位居前三位。面积大于 500 m² 的海岛有 6 900 多个,其中有居民海岛 400 多个^[4]。我国海岛分布不均,呈现南方多、北方少,近岸多、远岸少的特点。按区域划分,东海海岛数量约占海岛总数的 59%,南海海岛约占 30%,渤海和黄海海岛约占 11%;按离岸距离划分,距大陆小于 10 km 的海岛数量约占海岛总数的 57%,距大陆 10~100 km 的海岛数量约占 39%,距大陆大于 100 km 的海岛数量约占 4%。

1.2 海岛礁地质调查工作回顾

1958—1960 年实施的全国海洋综合普查,首次对南海海岛进行了地形地貌、基础地质、水文地质等内容的调查。20 世纪 60、70 年代起,全国开展了 1:20 万、1:5 万等不同比例尺的区域地质、水文地质、工程地质、环境地质、矿产资源普查以及航磁与重力测量工作,沿海省、市、自治区的调查范围包括了海南岛、崇明岛、东海岛、东山岛、厦门岛、大长海岛、涠洲岛等有居民岛和近岸大岛^[5]。这些资料为后续开展海岛地质调查研究奠定了基础。1975 年,中国科学院对西沙群岛进行综合科学考察,调查西沙群岛的成岛时期^[6];相关部门通过钻井和地震测量等手段,对西沙群岛的基底变质岩、第四纪地层、构造活动性等方面开展工作,岛礁地质调查研究随之兴起^[7-10]。

第一次全国性海岛资源调查是 1988—1995 年,国务院批准实施“全国海岛资源综合调查与开发试验”(简称“第一次海岛资源调查”)。调查的范围是:大潮高潮时露出海面、面积在 500 m² 以上的海岛;以及有特殊意义的海岛。调查的基本内容包括海岛的陆域、滩涂和海域 3 个区域的 13 个专业共 200 多个基本要素的观测和取样^[11]。全国海岛资源综合调查是我国第一次系统、全面的在海岛方面开展的资源调查,查清了 6961 个海岛的位置、面积、岸线长度;摸清了海岛的特征和自然环境、自然资源和社会经济等基本情况^[12]。这次海岛资源摸底调查,获取了有用的地质资料,为海岛综合地质调查奠定了坚实基础。

2003 年 9 月,国务院批准立项“我国近海海洋综合调查与评价”专项(简称“908 专项”),由国家海洋局组织实施,总体目标是摸清近海海洋环境资源家底,2012 年 10 月,项目在北京通过总验收。调查基本比例尺 1:5 万,重点区域比例尺 1:1 万。在“908 专项”中,海岛作为子课题,各省、直辖市、自治区对辖区内所属海岛(礁)进行了调查,编写了报告及图件,单独成册。采用卫星、航空遥感高新技术手段与实地调查相结合的方法,实地调查了 2 310 个海岛,卫星遥感调查了 9 273 个海岛,航空遥感调查了重要海岛和海岸带^[13]。这次海岛礁调查,全面系统地掌握了我国海岛资源的现状和潜力、环境要素的分布特征与变化规律,实现了数据更新^[14-15]。2014 年出版的《中国海岛志》,全面利用了“908 专

项”海岛调查和第一次全国海岛资源综合调查数据,整合了沿海省、自治区、直辖市以及有关部门的海岛工作成果,以志书的形式为我国的海岛“建户立档”。在海岛地质调查方面,查明了区域地层、岩性、地质构造的基本特征,及其与矿产资源的关系;查明了区域水文地质基本特征及地下水资源分布状况;通过对区域工程地质条件的调查,为港口开发和海岛重要工程建设等做出初步评价。

近 20 年,在中央和地方的共同支持与推动下,海岛礁地质调查工作迅速铺开。中国地质调查局在南海海域部署,以图幅带专题的工作方式,分区成片系统安排图幅,并有针对性地安排专题,陆续实施了

一系列含有岛礁的综合地质调查工作,工作内容有不同比例尺图幅的海洋区域地质调查,重要海岛水文工程地质调查,岛礁综合调查、资源调查、遥感调查与监测等。地方政府亦积极推动本省的海岛礁地质调查工作,根据自身区域特色,组织实施了矿产资源、海底淡水、地质遗迹等专项领域的项目。我国海岛礁综合地质调查取得新进展和新成果,迈向区域性、纵深性、专业性发展新阶段。已完成及正在开展的海岛礁地质调查工作(项目)统计见表 1,其他涉及岛礁范围的 1:100 万海洋区域地质调查图幅见参考文献[13]。

表 1 近 20 年海岛礁地质调查工作统计

工作时间	组织/实施单位	工作内容
2001—2004 年	中国地质调查局	1:100 万永暑礁幅海洋区域地质调查
2006—2011 年	广州海洋地质调查局	1:100 万海南岛幅海洋区域地质调查
2008—2012 年	广州海洋地质调查局	1:100 万中沙群岛幅海洋区域地质调查
2011—2015 年	广州海洋地质调查局	1:100 万中建岛幅海洋区域地质调查
2012—2016 年	广州海洋地质调查局	1:100 万黄岩岛幅海洋区域地质调查
2014—2017 年	广州海洋地质调查局	1:25 万三沙市幅海洋区域地质调查
2019—2021 年	海口海洋地质调查中心	海南省中沙群岛海域 1:25 万海洋区域地质调查
2023 年起	海口海洋地质调查中心	七洲列岛海域 1:25 万海洋区域地质调查
2010—2013 年	中国地质调查局	平潭岛 1:5 万水文地质工程地质调查
2010—2016 年	中国地质调查局	海南岛 1:5 万水文地质工程地质调查
2019 年起	中国地质调查局	西沙永兴岛、东岛、永乐环礁 1:5 万海洋区域地质调查
2018—2023 年	海口海洋地质调查中心	七洲列岛、中沙环礁、东岛等南海重要岛礁综合地质调查
2022 年起	海口海洋地质调查中心	三亚蜈支洲岛、西岛、西瑁洲岛、三沙市宣德环礁多目标综合地质调查
1999—2022 年	自然资源航空物探遥感中心	南沙海域遥感空白区岛礁与水深调查,三沙市岛礁遥感综合调查与监测,全国边防地区基础地质遥感调查,南海岛礁遥感综合调查与监测
2010—2012 年	海南省海洋地质调查研究院	海南岛周边岛屿地质及矿产资源综合调查与评价
2003—2005 年	海南水文地质工程地质勘察院	海南省西沙群岛地下水及生态环境地质勘察
2014—2015 年	海南省地质调查院	三沙市水文地质工程地质调查评价
2015—2017 年	海南省海洋地质调查研究院	三沙市重点岛礁综合地质调查与评价
2020—2022 年	广州海洋地质调查局	三沙市自然资源综合调查评价,三沙市鸭公岛、西沙洲海岸侵蚀监测
2001 年	福建省厦门地质工程勘察院	福建省海岛综合地质调查——厦漳泉地区重点岛屿综合地质调查
2012 年	福建省地质调查研究院	缺水岛屿地下水水库建设示范福建沿海缺水地区地下水水库建设选址调查
2009 年	青岛海洋地质研究所	浙江舟山北部海域海底淡水资源调查与评价
2013 年	浙江省地质调查院	浙江海岛区地质遗迹资源及其价值评价
2021 年	山东省地矿局第六地质大队	山东省威海市刘公岛及周边海域综合地质调查 ^[16-18]

2 海岛礁综合地质调查主要成果与认识

2.1 海岛礁基础地质调查

全国海岛资源综合调查结果显示^[12],我国沿海岛屿的地质特征与陆岸邻近海岸带的地层、岩浆岩、构造体系有密切关系。限于岛屿分布零散,面积有限,地层层序出露不全,全区跨越华北、扬子和华南 3 个 I 级地层。黄海、渤海各岛屿由变质岩、沉积岩

及大面积燕山期花岗岩组成,东海、南海诸岛群由喷出岩和燕山期侵入岩及变质岩组成。由于海岛小而散,难以单独进行地质构造区划,其构造单元援引邻近海岸带的构造单元,我国的海岛分布于 5 个 I 级构造单元,分别是:中朝准地台、扬子准地台、华南褶皱系、南海地台、台湾褶皱系。包括台湾岛、海南岛在内的我国绝大多数海岛距大陆都较近,地貌构架基本上是大陆向海的延伸。冰后期海平面上升,原先为沿海的陆地沦为浅海,沿海许多山丘则成为海

岛。绝大多数海岛与隔海相望的大陆地貌的成因和年龄近似,性质类同。

在远岸岛礁方面,2015—2017 年海南省海洋地质调查研究院承担的“三沙市重点岛礁综合地质调查与评价”^①,完成了西沙海域宣德群岛和永乐环礁主要岛礁及周边海域的地质、地球物理、水动力调查,查明主要岛礁地形地貌、地层、第四纪沉积物的物质组成、成因类型及分布规律等基础地质情况,以及暗礁、暗沙、暗滩分布情况;发现了环礁区潜在海底地质灾害(海底滑坡)的分布、规模和形成机制^[19]。在宣德环礁首次开展高分辨率地震试验,结合西沙群岛的钻井资料,揭示了宣德环礁的碳酸盐台地自中新世以来的地层层序结构及发育模式^[20]。

2.2 海岛礁矿产资源调查

受岛陆面积狭小的限制,我国海岛矿产资源相对贫乏,矿物种类和储量均有限。矿产种类包括能源矿产、黑色金属、有色金属、稀有金属、建材及其他非金属矿产,以及西沙群岛的鸟粪磷矿资源等。其中,非金属矿产相对丰富,主要是各基岩岛的建筑石料,有石英砂岩、石灰岩、白云岩、大理岩、花岗岩、玄武岩等。有色金属矿产有铅、锌、铜、钨等,分布于浙江、福建、广东省的海岛,规模较小,多为矿点。黑色金属主要是铁、锰、钛,产于滨海的钛铁矿砂矿规模较大,分布于海南岛周边。稀有金属矿产有锆英石、独居石,多为伴生矿产,在广西、广东、福建沿岸岛屿均有出现。石油和天然气主要分布在广西、海南、河北的海岛区及邻近海域^[12,21-22]。

2.3 海岛礁地下水资源调查

海岛与大陆水文地质条件不同,两者无明显水力联系,岛与岛之间各自独立,海岛是独立的水文地质单元,相当于地下淡水赋存于一个中央厚、边缘薄的透镜体之中^[23],其岩石地层空间狭小,储水条件差,地下水资源不丰,水文条件脆弱。我国海岛地下水划分为四大类型:松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙裂隙水、碳酸盐类裂隙溶洞水、基岩裂隙水。其中,赋水条件好、水量较丰、可开采利用的是松散岩类孔隙水和基岩裂隙水^[12]。中国地质调查局自然资源航空物探遥感中心 2014 年在三沙市永兴岛开展水文地质调查工作,根据含水层介质和水动力特征,将本区地下水划分为松散岩类浅层孔隙潜水和固结岩类深层孔隙潜水;查明地下水补给来源完全依靠大

气降水。我国岛屿数量最多的群岛——舟山群岛,它是天台山脉向东北延伸入海的出露部分,多为基岩岛屿,以侏罗纪火山岩为主,侵入岩比较发育,滨海平原是第四系陆、海相松散沉积层,其地下水类型以山丘基岩裂隙水为主,平原区松散岩类孔隙水所占比重较小,两种类型地下水天然资源总量分别为 $5.87 \times 10^7 \text{ m}^3$ 和 $2.56 \times 10^7 \text{ m}^3$ ^[24-25]。为缓解海岛地区水资源短缺难题,从 20 世纪 80、90 年代起,有关单位就在舟山北部海域开展淡水资源调查和论证工作,钻探揭示,在嵎泗列岛海底 300 m 的第四系地层中存在含水层,并圈定了早、中更新世长江古河道的分布范围及主要的淡水有利赋存层分布范围^[26-28]。海岛地热勘查也取得突破,在辽宁广鹿岛和山东小管岛成功施工地热井^[29-30]。

2.4 海岛礁地质灾害调查

据 2011 年国家海洋行业公益项目中设立的“我国典型海岛地质灾害课题”以及“908 专项”的海洋灾害调查结果显示,我国海岛地质灾害有 10 余种,其中滑坡、海岸侵蚀、海水入侵、湿地退化等灾害出现频率较高,其他类型灾害零星出现^[5]。滑坡不仅分布的岛屿多,灾害点也多,占全部地质灾害的 63.6%,其次是海岸侵蚀,占全部地质灾害的 24.0%。滑坡灾害全部分布在基岩岛上,但受海岛本身规模制约,滑坡规模相对较小,属于滑坡体积小于 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的小型滑坡。海岛滑坡地质灾害主要有第四纪碎屑岩滑坡、黄土陡崖滑塌、红土陡崖滑塌、基岩海岸崩塌、人工边坡滑塌或滑移等形式。海岸侵蚀在基岩岛、冲积岛和火山岛都有发生,侵蚀特点与海岸组成物质及状态有关^[31]。地质工作者们对不同类型的海岛地质灾害成因进行分析,认为各地质灾害都是自然因素和人为活动共同作用的结果,且各地质灾害之间存在着成因上的联系,自然因素有地形地貌、岩土体类型、风化破碎、地震应力、台风降雨、海平面上升、海水溶蚀等;人类活动比如开山采石、人工填海、过量抽取地下水、盗采珊瑚礁、排放废污水等,人为活动的影响逐渐呈加剧态势^[31-32]。我国近岸岛屿海域是发生海底滑坡较集中的区域,以浙江近海岛群岛港湾区的海底滑坡工作较为深入,舟山群岛及其邻近岛屿共有 38 处明显土

① 海南省海洋地质调查研究院,海南省三沙市重点岛礁综合地质调查与评价成果报告,2017 年。

体失稳现象,主要是崩塌和滑坡^[33]。山东长山列岛北部海域浅表层也存在海底冲刷槽、浅层气、埋藏古河道、断层等潜在海洋灾害地质,不同的灾害类型对海洋资源开发、海洋工程建设,尤其海洋牧场建设具有不同的危害^[34]。2018 年广州海洋地质调查局对西沙宣德环礁东部斜坡带采集单道地震数据进行解释和分析,发现该区主要发育有海底滑坡、海底陡坎和断层 3 类地质灾害,认为陡峭的地形和峡谷水道的侵蚀搬运作用是地质灾害发育的主控因素^[35]。

2.5 海岛礁地质遗迹调查

2005 年长山列岛被国土资源部批准为国家地质公园,其地质遗迹主要有元古代蓬莱群变质地层,广泛发育的断裂和褶皱构造,大规模出露的多种第四纪地貌,包括海蚀地貌、海积地貌、火山岩地貌、天然岩画、彩石、黄土地貌等^[36]。山东省还查明了刘公岛榴辉岩变质岩剖面、养马岛海蚀海积地貌、灵山岛褶皱变形、崆峒群岛断裂构造等多处海岛地质遗迹,并进行地质遗迹定量评价研究,为政府规划和决策提供了保护及开发建议^[37-39]。浙江省专门针对省域海岛地质遗迹开展了综合调查与评价,结果显示,浙江省海岛区地质遗迹资源可分为地质(体、层)剖面、地质构造、矿物与矿床、地貌景观和环境地质遗迹景观等五大类型,统计约有 63 处,其中地貌景观大类 47 处,地质(体、层)剖面大类 10 处,地质构造大类 2 处,矿物与矿床大类 2 处,环境地质遗迹景观大类 2 处;主要发育的地质遗迹类型有海岸地貌、花岗岩地貌、地质剖面和采矿遗址^[40]。海南省在进行海岛资源调查过程中,发现了林诗岛更新世玄武岩柱状节理、平峙岛海蚀穴地貌等特色地质遗迹^[41]。可见,地质遗迹是海岛资源的重要组成部分,已成为海岛礁调查的重要内容之一,既有地质科研意义,又有美学观赏价值,为建设海岛型地质公园提供科学依据和物质基础。

2.6 海岛礁遥感地质调查

20 世纪 70 年代后期,我国开展的区域地质调查中,遥感地质影像图已得到广泛应用^[42],遥感技术运用于交通不便的海岛礁调查,更是一种重要的补充手段。广泛使用的是珊瑚礁遥感,目的是测量珊瑚礁高程和水深,以及珊瑚礁底质分类和地貌分带^[43],查清了西沙永乐环礁的地貌单元^[44];南沙海域岛、礁、滩、沙的形态和分布,珊瑚礁、珊瑚沙的发

育状况和岛礁的地质特征^[45];永暑礁、西门礁和安达礁 3 个砾洲的地貌特征和近 10 年的演变情况,为深入研究南海珊瑚礁灰沙岛地貌发育演化及动力机制提供了基础数据^[46-47]。2014—2015 年,中国地质调查局自然资源航空物探遥感中心实施“三沙市岛礁综合调查与监测”项目,利用卫星遥感技术开展中沙群岛 1:5 万遥感影像图制作,以及西沙群岛重点岛屿 1:1 万基础地质、土地资源、地表水、旅游资源等专题岛礁遥感综合调查,基本查明工作区的地质特征和地质构造分布规律。结果显示,工作区几乎全为第四系所覆盖,按照地层与沉积物形成时代和成因类型,将西沙群岛第四系地层划分为海积、生物沉积、风积、火山堆积和人工堆积五类。西沙群岛有 8 条断裂带,其中两条呈东西方向展布,4 条为 NW 方向,3 条为 NE 方向。近年的无人机遥感技术,为植被繁茂、地形险峻的无居民海岛的地质调查带来便利,通过无人机倾斜摄影,识别出海南蜈支洲岛的岛岸崩塌、断裂活动及岛滩侵蚀等地质灾害隐患点 15 处^[48]。

2.7 海岛礁其他调查

随着人类开发活动的加速,近年,对海岛礁的调查趋向于生态脆弱性和资源环境承载力评估,以及工程建设适宜性评价等方面^[49-53]。跟地质调查工作有关的比如开山采石、炸岛炸礁、围海筑堤、填海连岛等引起海岛礁地形地貌改变、海岛植被破坏和周边海域环境污染,地下水过度开采致使地面沉降及咸水入侵等生态环境破坏问题,以及港口工程建设和旅游资源开发等重大工程建设需要进行的地质勘察和评价,采用多波束、侧扫声呐、无人机、浅地层剖面等高科技调查手段,取得了良好效果,对海岛资源开发利用、生态环境修复和地质灾害防治提出了科学建议。

2.8 存在的问题与不足

(1)两次全国海岛调查的对象都是 500 m² 以上的岛屿,多数岩礁未涉及。海岛礁海洋地质调查总体研究程度不高,虽然海洋区域地质调查实现了 1:100 万全覆盖,完成了一部分 1:25 万和 1:5 万图幅,但更大比例尺的岛礁区调工作并未开展,仅有西沙群岛重点岛屿 1:1 万遥感综合调查,以及少数省份实施的专项岛礁地质类调查,地质基础数据仍缺乏。

(2)在海洋能源调查、海岛礁生态保护和修复、海岛经济社会发展和陆海统筹发展方面,缺少以岛礁为核心的重大工程项目的引领。

(3)岛礁及包含岛礁的区域地质调查项目虽然完成了基础数据的收集,但成果应用于海洋资源开发保护、海洋环境监测修复、海疆拓展、战略要道保障等方面不够广泛和深入,地质调查服务于社会需求的能力仍有待提高。

(4)偏向调查,对岛礁地质学的研究稍显不足,成果提升不够,对重大地质问题的理解有待深入,缺少从地球系统科学的角度去看待问题的思想。

3 海岛礁地质调查工作展望

3.1 覆盖远岸岛礁基础地质调查

大部分海岛经历了过去二三十年的海岛开发热潮之后,归于沉寂,部分海岛因开山、采石、植被破坏、用后闲置等,留下了满目疮痍的景象^[54],启动一轮全国性的海岛礁地质调查有现实意义,尤其在岛礁资源调查与监测领域。由于“岛屿”和“岩礁”的区别没有固定的规则可资遵循,而“岛屿”享有海洋权利,对两者的定义牵涉到各国利益,一些国家会把拥有“岩礁”特征的岛屿视为“岛屿”,以获取更大的权益。因此,对远岸岛,尤其是涉及到领海基点的“岛屿”和“岩礁”^[55],应进行实地调查全覆盖,查明岛礁地形地貌、地质构造、土壤植被、利用现状、周边环境等要素。

“海洋地质二十六号”调查船是我国定位于海岛礁综合地质调查与研究新型多功能科学调查船,隶属于中国地质调查局,将有力补充我国海洋地质综合调查装备力量,为岛礁地质调查工作提供有力的装备技术支撑。

3.2 加强岛礁周围陆海统筹地质调查与评价

单个海岛资源较为匮乏、生态系统极为脆弱,综合地质调查不是孤立的仅在岛礁范围内开展工作,应统筹考虑岛礁与陆地、岛礁与岛礁、岛礁与周边海域之间的系统联动,消除陆海屏障,克服岛陆分隔、岛海分离的困难,围绕重大地质问题、重大工程安全保障和资源勘查进行统筹部署。对海岛水资源调查,在查明区域水文地质基本特征及地下水资源分布状况的基础上,重点找寻可供开采的供水水源地,必要时应与陆表水文调查成果联合考虑,涵盖地下

水和地表水在内的资源合理开发利用布局;寻找周边海域可贮水地层或沉积体的情况,尤其是第四纪古河道,确定海域含水层与岛屿地下水之间的联系,评估地下水潜力资源量和水质状况及开采条件。对岛礁矿产资源勘查,扩展至近岸浅海地区的海砂资源,在其周边海域的藏油气盆地开展辅助性调查工作。岛礁地质灾害环境调查,应兼顾岛礁周边海底地震、滑坡、泥石流等灾害对岛礁的影响,及其周边海域底质沉积物污染状况。

3.3 加强典型海岛礁研究程度

除了查明基本地质要素之外,结合岛礁自身特色、功能定位和开发价值,加强相关地质工作,适时、顺势谋划重大海岛专项。以西沙群岛为例,其热带海岛地貌和珊瑚礁地质遗迹在全国独一无二,目前,我国还没有以海岛珊瑚礁为保护对象的国家地质公园,在永乐环礁建立首个国家海洋地质公园,将丰富地质公园类型,促进三沙海洋经济、旅游经济的可持续发展,在保护珊瑚礁生态系统和海岛地质环境方面,也有积极意义。

3.4 深化海岛礁地球系统科学理论研究

我国海岛礁数量众多、类型齐全,有大陆岛、冲积岛、海洋岛(火山岛和珊瑚岛),其地质形成演化各有不同。我国的大陆岛有两种成因类型,一种是近岸陆架基岩岛,因冰后期海平面上升而形成,在第四纪期间多次出现与陆地分离和相连的情况;一种是局部构造下沉形成的岛屿,海南岛原是雷州半岛的一部分,后因琼州海峡断陷才形成岛屿^[56],但琼州海峡断陷的时间至今仍无定论。西沙群岛为海洋型岛屿,除高尖石为火山角砾岩组成的基岩岛外,其余全是新近纪以来由生物碎屑(珊瑚、贝屑为主)堆积而成的珊瑚岛礁,厚度数千米,记录了气候变化和海平面升降信息,部分海岸发育有海滩岩。高尖石是更新世火山喷发形成的,其火山角砾岩中含有珊瑚砾块^[9,57],说明火山喷发冲破珊瑚岩层,高尖石是火山锥体的顶点。这些独特的地质现象是地球系统作用的表现,应深入加强全球气候变化、海平面变化、河流冲积作用、构造运动、古生物群落、火山活动与地幔热物质等各领域及其之间相互作用的科学研究。

3.5 编制海岛礁地质调查技术规程

海岛礁作为独立的地质地貌单元,数量多、分布

广且零散,宜制定出台单独的地质调查技术规程,参考实施“908 专项”调查时颁布的《海岛调查技术规程》^[14]《海岛海岸带航空遥感调查技术规程》^[15],以及自然资源部第一海洋研究所正在修订的《无居民海岛生态本底调查技术规程》,作为指导性技术标准以配合相应的综合地质调查工作的开展,建议编制《近岸海岛礁综合地质调查工作方法》《岛礁应用地质调查规范》《岛礁综合地质调查数据库标准》等,实现有准可依。

3.6 建立海岛礁地质信息档案

第一次全国海岛资源调查(1988—1995 年),建立了全国海岛数据库,以 1:5 万比例尺为基准,1:5 万地图缺失的数据用 1:25 万的弥补^[58]。《中华人民共和国海岛保护法》实施后,建立了国家海岛信息系统,形成国内第一套覆盖全国海岛的高精度三维海岛数据^[59],收集包括海岛地名、地形地貌、开发利用和海岛权属等多项基础地理数据,但资源环境分布、海岛使用动态等信息缺失,难以反映海岛资源环境变化趋势和潜在风险^[54]。建立岛礁综合地质信息档案,对海岛信息化管理将是有力补充,有助于体现地质工作的公益服务职能。

4 结语

经过“全国海岛资源综合调查”(1988—1995 年)和“我国近海海洋综合调查与评价”(2003—2012 年)中的海岛子课题这两轮全国性的海岛礁资源摸底调查,基本查明了我国近岸海岛的区域地质、矿产地质、水文地质、工程地质、地貌与第四纪地质等情况。近 20 年以来,在中央和地方的共同推动下,地质部门实施了一系列与海岛礁有关的海洋区域地质调查、综合资源调查、遥感调查与监测等项目,取得了长足的进步和丰硕的成果,为国家资源安全保障和社会经济发展提供了可靠的地质支撑。

但多数远岸岛礁和无居民海岛未做实地调查,岛礁区域地质调查工作精度不够高;缺少以岛礁为核心的陆海统筹方面的工作;对岛礁地质学的理论研究不够深入;调查成果服务于社会需求的能力有待提升。在国家社会经济发展与资源环境并重的宏观背景下,建议做好以下工作:开展一轮全国海岛礁综合地质调查;以岛礁为中心统筹周边海域,实施区域矿产资源、水资源、地质灾害等调查与评价;依据

岛礁自身特色,设置典型岛礁专项地质调查;强化海岛礁地球系统科学理论研究,以项目带动科研的方式,促进岛礁地质学的发展;制定岛礁地质调查技术规程,建立岛礁综合地质信息档案,服务社会,发挥地质工作的基础性、公益性、战略性作用。

参考文献:

- [1] 王际桐.我国岛礁地名普查与地名标准化工作回顾[J].海洋测绘,2002,22(4):45-47.
- [2] 张峰,范诗玥,张宏晔,等.基于多源数据体系的海岛监视监测研[J].海洋信息,2018(3):49-54.
- [3] 中华人民共和国自然资源部.2017 年海岛统计调查公报[Z].2018:1-18.
- [4] 张峰,王晶,李佳芮,等.海岛统计报表制度研究与实践[J].海洋通报,2016,35(1):11-15.
- [5] 刘乐军,徐元芹,高伟,等.中国海岛典型地质灾害类型及特征[M].北京:海洋出版社,2015:6-11,64-85.
- [6] 卢演传,杨学昌,贾蓉芬.我国西沙群岛第四纪生物沉积物及成岛时期的探讨[J].地球化学,1979(2):93-102.
- [7] 刘昭蜀,赵焕庭,范时清,等.南海地质[M].北京:科学出版社,2002:47-50.
- [8] 张明书.西沙西永 1 井礁相第四纪地层的划分[J].海洋地质与第四纪地质,1990,10(2):57-64.
- [9] 陈俊仁.我国南部西沙群岛地区第四纪地质初步探讨[J].地质科学,1978(1):45-56.
- [10] 冯英辞,詹文欢,姚衍桃,等.西沙群岛礁区的地质构造及其活动性分析[J].热带海洋学报,2015,34(3):48-53.
- [11] 蓝先洪,张志珣,李日辉,等.我国海域基础地质调查现状与问题[J].海洋地质动态,2010,26(10):40-44.
- [12] 《全国海岛资源综合调查报告》编写组.全国海岛资源综合调查报告[M].北京:海洋出版社,1996:7-10,43-71.
- [13] 莫杰,王文海,彭娜娜,等.我国海洋地质调查研究新进展[J].中国地质调查,2017,4(4):1-8.
- [14] 国家海洋局 908 专项办公室.海岛调查技术规程[M].北京:海洋出版社,2005:1-66.
- [15] 国家海洋局 908 专项办公室.海岛海岸带航空遥感调查技术规程[M].北京:海洋出版社,2005:1-61.
- [16] 陈磊,侯建华,郭晶,等.山东省 2021 年度省级地质勘查项目成果综述[J].山东国土资源,2024,40(3):1-5.
- [17] 袁星芳,杨明爽,李恒猛,等.刘公岛周边海域表层沉积物重金属分布特征及潜在生态风险评价[J].山东国土资源,2024,40(4):19-24.
- [18] 袁星芳,徐昌,李方舟,等.山东省威海市刘公岛周边海域海底沉积物粒度特征及沉积动力环境研究[J].山东国土资源,2024,40(5):24-30.
- [19] 李学杰,王大伟,吴时国,等.三沙海底峡谷识别与地貌特征分析[J].海洋地质与第四纪地质,2017,37(3):28-36.
- [20] 杨朝云,韩孝辉,罗昆,等.西沙群岛宣德环礁的地震层序发育

- 特征[J].海洋地质与第四纪地质,2018,38(6):25-36.
- [21] 海南省海洋厅,海南省海岛资源综合调查领导小组办公室.海南省海岛资源综合调查研究报告[M].北京:海洋出版社,1996:49.
- [22] 陈坚.福建省近海海洋综合调查与评价总报告[M].北京:科学出版社,2016:251-252.
- [23] 张俊娥,高季章.国内外海岛水资源的开发利用[J].中国防汛抗旱,2012,22(1):39-42.
- [24] 叶兴永,朱晓曦.舟山市地下水资源开发利用和管理[J].浙江地质,1997,13(2):52-57.
- [25] 宋亚民.舟山群岛水文特性[J].水文,2001,21(6):59-62.
- [26] 张志忠,邹亮,韩月.舟山北部海域海底淡水资源研究[J].地质论评,2011,57(1):81-86.
- [27] 张志忠,邹亮,崔汝勇,等.海底淡水资源赋存条件与舟山北部海底淡水资源[J].海洋通报,2011,30(1):47-52.
- [28] 韩月,张志忠,何兵寿.舟山北部海域海底淡水资源研究现状[J].海洋地质前沿,2012,28(8):43-48.
- [29] 刘静文,曹中夫.地热,为海岛带来更好明天:辽宁省第二水文地质工程地质大队广鹿岛地热深井施工纪实[J].国土资源,2013(4):32-35.
- [30] 何鹏,董杰,管勇,等.典型海岛地热资源勘查定井方法研究:以青岛市小管岛为例[J].海洋地质前沿,2023,39(8):38-48.
- [31] 刘乐军,高珊,李培英,等.福建东山岛地质灾害特征与成因初探[J].海洋学报,2015,37(1):137-146.
- [32] 徐元芹,刘乐军,李培英,等.我国典型海岛地质灾害类型特征及成因分析[J].海洋学报,2015,37(9):71-83.
- [33] 叶银灿.中国海洋灾害地质学[M].北京:海洋出版社,2012:157-174.
- [34] 张燕挥,张一,勇晓宇,等.山东省长山列岛北部海域浅表层海洋灾害地质特征及成因机制分析[J].山东国土资源,2024,40(4):25-32.
- [35] 陈梅,夏真,刘文涛,等.南海宣德环礁南海海域地质灾害特征[J].热带海洋学报,2022,41(2):103-111.
- [36] 吕宝平,马元庆,徐艳东,等.山东海域海岛地质遗迹资源综合研究[J].海洋开发与管理,2021(9):59-65.
- [37] 王青,宋晓媚,刘洪华,等.灵山岛地质遗迹特征与旅游开发[J].海洋地质前沿,2021,37(9):36-48.
- [38] 李亨健,李金鹏,张杰,等.烟台市芝罘区崆峒群岛地质遗迹资源类型调查及评价[J].山东国土资源,2024,40(3):94-100.
- [39] 宋晓媚,解永健,张彩霞,等.基于层次分析法—变权函数的青岛市灵山岛地质遗迹定量评价研究[J].山东国土资源,2023,39(9):28-36.
- [40] 齐岩辛,张岩,陈美君,等.浙江海岛区地质遗迹资源及其价值[J].地质调查与研究,2013,36(4):311-317.
- [41] 全长亮,孙龙飞,黄仕锐.海南省海洋地质调查主要进展与成果[J].中国地质调查,2020,7(1):60-70.
- [42] 高曼娜.海岛环境调查中遥感技术的应用前景[J].东海海洋,1990,8(1):36-41.
- [43] 黄荣永,余克服,王英辉,等.珊瑚礁遥感研究进展[J].遥感学报,2019,23(6):1091-1112.
- [44] 周旻曦,刘永学,李满春,等.多目标珊瑚岛礁地貌遥感信息提取方法:以西沙永乐环礁为例[J].地理研究,2015,34(4):677-690.
- [45] 潘春梅,丁谦,曹文玉.南沙群岛岛礁地形地貌 TM 影像特征分析[J].国土资源遥感,2002(52):34-37.
- [46] 周胜男,施祺,周桂盈,等.南沙群岛珊瑚礁砾洲地貌特征[J].海洋科学,2019,43(6):48-59.
- [47] 周胜男,施祺,郭华雨,等.2009—2017 年南沙群岛珊瑚礁砾洲演变[J].热带地理,2020,40(4):694-708.
- [48] 黄诚,吴能友,龙军桥,等.基于无人机倾斜摄影的三亚市蜈支洲岛综合地质调查研究[J].海洋地质与第四纪地质,2023,43(3):195-208.
- [49] 张云,张笑,龚艳君,等.海岛生态系统脆弱性影响机制与评价理论体系初探:以辽宁省海岛为例[J].海洋学研究,2019,37(4):68-78.
- [50] 孔昊,杨薇.气候变化背景下海岛生态环境脆弱性分析及其应对措施:以南澳岛为例[J].海洋开发与管理,2016(6):72-77.
- [51] 李方,康婧,宫云飞,等.我国北方小型基岩型生态岛礁建设策略及应用研究:以大连圆岛为例[J].海洋开发与管理,2017(6):51-56.
- [52] 刘江宜,窦世权,牟德刚.海岛资源环境承载力评价研究:以广西涠洲岛为例[J].中国渔业经济,2020,38(6):109-120.
- [53] 杨国强,金阳,李云,等.基于 GIS 的宁波梅山岛工程建设地质适宜性评价[J].海洋科学,2020,44(5):133-140.
- [54] 李方,于姬,付元宾,等.“十三五”期间我国无居民海岛综合管理对策研究[J].海洋开发与管理,2016(S2):7-12.
- [55] 曹宇峰,张亮,林海潮,等.浅谈领海基点岛的调查与保护:以福建大柑山为例[J].海洋开发与管理,2013(7):15-17.
- [56] 刘锡清.关于海洋岛屿的成因类型问题[J].海洋地质动态,2000,16(8):1-4.
- [57] 陈以健,焦文强.西沙群岛石岛的放射性碳剖面:近代地壳运动的证据[J].海洋地质研究,1982,2(2):27-37.
- [58] 刘金,刘志军.中国海岛变迁初步研究[J].海洋信息,2006(1):9-11.
- [59] 徐文斌,徐鹏杰,王娜,等.我国海岛管理信息化建设问题与对策研究[J].海洋开发与管理,2016(10):8-12.

Review and Prospect of Comprehensive Geological Survey of Island Reefs in China

GAO Fanglei¹, WANG Yang¹, WEI Chenglong^{1,2}, HUANG Cheng¹, WANG Shisheng¹, WANG Rui¹

(1. Haikou Marine Geological Survey Center of China Geological Survey, Haïnan Haikou 571127, China; 2. Ocean and Earth Science College of Tongji University, State Key Laboratory of Marine Geology, Shanghai 200092, China)

Abstract: There are about 11000 islands reefs in China. They are the link to develop marine economy, and a bridgehead for safeguarding national maritime rights and interests with great strategic significance. In this paper, survey history and present situation of geological survey of island reefs have been introduced in detail. The achievements and understanding of comprehensive geological survey on island reefs have been summarized systematically, including the results of basic geology, mineral resources, groundwater resources, geological disasters, geological relics and remote sensing geology. Combining with macro background of national, social and economic development, resources and environment, it is suggested that a round of national comprehensive geological surveys on island reefs should be carried out to expand the scope and accuracy of the surveys. Major engineering projects centered on islands reef should be advanced. Investigations and assessments of regional mineral resources, water resources, and geological disasters should be carried out. Special geological surveys of typical island reef should be set up. Scientific theoretical research on the earth system of island reefs should be strengthened. The development of island geology by means of project - driven scientific research should be promoted, and the innovation ability of geological science and technology should be enhanced. Technical regulations for geological survey of island reefs should be made to guide project implementation. Comprehensive geological information archives of island reefs should be established to serve the society. Basic, public welfare and strategic role of geological work should be played for providing reliable geological support for national resource security and social and economic development.

Key words: Island reefs; geological survey; achievements; prospect; land sea coordination