

段晓勇, 印萍, 曹珂, 等. 中国地质调查局舟山海洋地质灾害野外科学观测研究站进展与成果[J]. 海洋地质前沿, 2022, 38(6): 88-92.

DUAN Xiaoyong, YIN Ping, CAO Ke, et al. Introduction of Zhoushan Marine Geologic Hazards Field Scientific Observation and Research Station, China Geological Survey[J]. Marine Geology Frontiers, 2022, 38(6): 88-92.

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2022.167

# 中国地质调查局舟山海洋地质灾害 野外科学观测研究站进展与成果

段晓勇<sup>1,2</sup>, 印萍<sup>1,2\*</sup>, 曹珂<sup>1,2</sup>, 谢永清<sup>2,3</sup>

(1 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266237;

2 中国地质调查局舟山海洋地质灾害野外科学观测研究站, 青岛 266237;

3 浙江省水文地质工程地质大队, 宁波 315012)

## 0 建设进展

舟山群岛地处长江口以南、杭州湾东部, 为中国第一大群岛。该区域海洋地质环境条件复杂, 海底地形复杂多变, 海岛间最大水深达 120 m。水动力环境复杂多变, 最大潮差约 8 m, 特别是受多岛环境影响, 潮流场复杂多变, 最大瞬时潮流流速近 5 m/s, 受台风和风暴潮影响显著。同时, 该区域也是巨量长江入海物质运移的必经之路, 陆海相互作用强烈。研究区海底滑坡、海底侵蚀、海底浅层气等相关的海洋地质灾害问题多发、频发。

舟山位于中国东部黄金海岸线与长江黄金水道的交汇处, 是东部沿海和长江流域走向世界的主要海上门户。近年来, 以港口带动的海岛建设快速发展, 临港工业区、跨海连岛工程、石油化工基地、围填海工程建设突飞猛进。这些重大工程建设在促进海岛和区域经济发展的同时, 也面临严峻的地质环境问题挑战, 海底滑坡、浅层气、海底侵蚀等海

洋地质灾害对港口码头、海堤丁坝、跨海大桥、石化工程、海底输水输油管道、海底电缆光缆等造成的破坏和损毁事故逐年增加, 对海岸和海域工程安全造成威胁。因此, 该区域迫切需要加强海洋地质灾害调查监测、致灾机制研究和减灾防灾技术研发。

近年来, 依托中央和地方财政经费在舟山周边海域开展了大量的海洋地质调查工作, 初步查明了海域的主要地质灾害类型和分布范围, 为海岸工程建设提供了基础性地质信息支撑。但是在地质灾害发生机制、触发因素、灾害预警和防治等方面, 由于缺乏长期的野外观测数据, 无法提供全面深入的科技服务与支撑。鉴于舟山海洋开发的重要战略地位、海域复杂而多变的自然环境条件、频繁多样的海洋开发活动, 系统全面了解舟山海域和围填海区的地质灾害特征和分布规律, 揭示对工程建设产生直接危害或潜在威胁的海洋地质灾害因素, 了解其成因机制, 制定科学的防控对策, 具有重要的现实意义。

## 1 野外站体系与功能

### 1.1 平台定位

中国地质调查局舟山海洋地质灾害野外科学观测研究站(以下简称“舟山野外站”)于 2019 年 6 月经中国地质调查局正式批复建设。该监测站由青岛海洋地质研究所、浙江省地质院、浙江大学合作共建, 整合了相关领域科技资源, 是集典型地质

收稿日期: 2022-05-30

资助项目: 中国地质调查局项目(DD20160145, DD20190263, DD20221775); 浙江省基础性公益性战略性地质工作项目专项资金(GZH201200506, [省资]2017006, [省资]2020007); 国家自然科学基金(42176091); 亚洲合作专项“长江三角洲与红河三角洲海洋地质环境与地质灾害对比研究”

作者简介: 段晓勇(1987-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事海洋地质环境和环境地球化学调查研究工作。E-mail: dxiaoyong@mail.cgs.gov.cn

\* 通讯作者: 印萍(1971-), 女, 博士, 研究员, 主要从事海洋地质调查研究工作。E-mail: pingyin@fio.org.cn

灾害的观测监测、机制研究、减灾技术研发和信息服务为一体的科技创新平台。以服务海洋空间开发利用、海岸带重大工程安全和减灾防灾工作为目标。这是中国目前第一个以海洋地质灾害监测研究为核心的野外站(图 1)。

舟山野外站核心区所在的长江口-杭州湾-舟山群岛海域,是中国海岸带地区海洋地质灾害类型最多、分布最集中、海岸海底开发强度最大、涉海工程最密集、地质灾害风险最高、灾害破坏后果最严重的海区,在全球近海海洋地质科学研究中极具有

典型性和代表性。

舟山野外站的主要研究内容包括:

- (1)埋藏浅层气地质灾害机理和探测监测技术;
- (2)海底滑坡机理与调查监测技术;
- (3)海底沙波运移机制和海底管廊灾害风险评估;
- (4)海岸带地质灾害观测与监测综合组网技术;
- (5)海岸带地质灾害预警与减灾防灾技术。

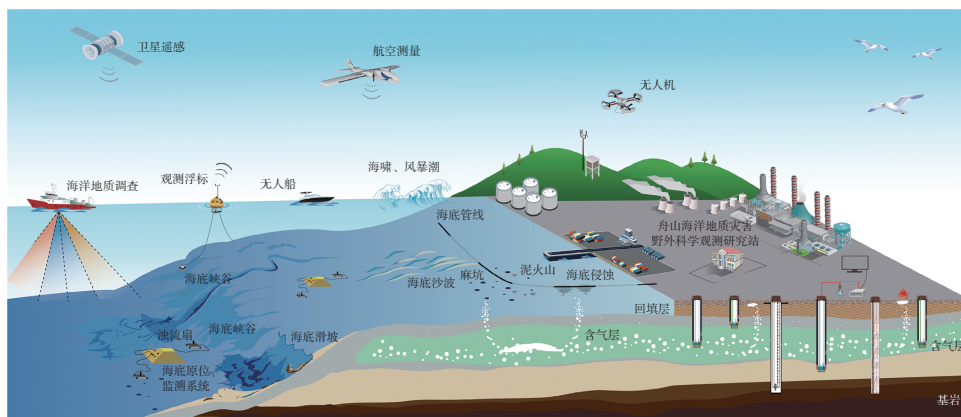


图 1 中国地质调查局舟山海洋地质灾害野外科学观测研究站概念图

Fig.1 Concept map of Zhoushan Marine Geologic Hazards Field Scientific Observation and Research Station, China Geological Survey (CGS)

通过合作单位的协同创新,加快人才培养,开展广泛的学术交流,打造专业化的科普教育基地和科普人才队伍,加强成果转化和服务,为杭州湾大湾区-舟山海岸带空间管理、地质灾害风险防控和重大工程安全提供全面的地学科技支撑和保障。

## 1.2 组织体系

野外站由观测监测单元和数据信息服务单元 2 个主要部分组成(图 2)。

### (1) 观测监测单元

集空天地海一体化监测手段为一体,实现对海底浅层气、海底滑坡、海底侵蚀、海岸地质灾害立体动态监测,包括以下 4 个监测实验区:①舟山埋藏浅层气地质灾害野外监测实验区:位于舟山鱼山岛围填海区和邻近海域,是开展海底和围填海成陆区埋藏浅层气探测技术试验、浅层气溢出机制观测研究、含气土体工程地质特征变化

试验、浅层气灾害性地质环境演变监测和可控缓释技术试验的长期野外科研观测基地;②舟山-岱山海底滑坡野外监测实验区,位于舟山朱家尖岛和岱山岛周边的深水槽道海域,是开展近岸海底滑坡地质灾害探测技术实验、海底滑坡体稳定性和触发条件长期监测、滑坡灾害风险监测和预警的长期野外科研观测区;③舟山海底管廊路由区海底侵蚀野外监测实验区,位于舟山群岛金塘岛-舟山岛-岱山岛连线的西北海域,为在建和规划建设的舟山海底管廊路由区的中心海域,是观测海底侵蚀、砂土液化、沙波运移、活动断裂等影响海底管缆安全性的地质灾害分布、演化、触发机制、风险预报预警的长期野外科研观测基地;④舟山群岛陆域和海岸为核心的滑坡、泥石流和海岸侵蚀等台风型地质灾害监测和风险评估单元。

### (2) 数据信息单元

开展野外监测站长期观测数据存储、集成和

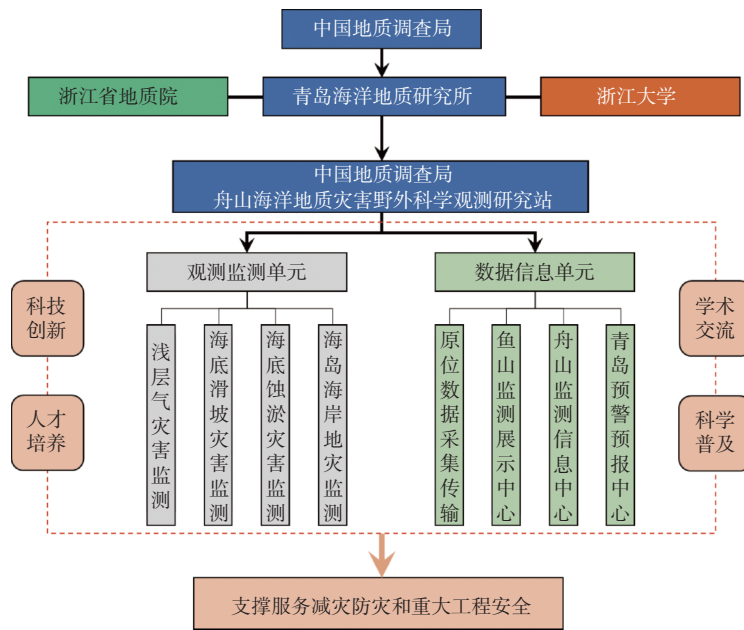


图2 中国地质调查局舟山海洋地质灾害野外科学观测研究站组织体系

Fig.2 Organization chart of Zhoushan Marine Geologic Hazards Field Scientific Observation and Research Station, CGS

调查监测成果三维可视化展示,实现地质灾害风险预测预警,支撑地质灾害防灾战略研究和应急响应服务,提升科普教育和地质文化建设。数据信息单元包括4个部分:①原位数据采集传输,由各类设备、传感器组成的“物联”网络体系,实现数据采集、存储、实时传输;②鱼山监测展示中心,位于鱼山岛围填海区,形成以浅层气监测区为核心的监测数据展示、减灾防灾科普宣传中心;③舟山监测信息中心,拟建于浙江省地质院舟山海勘基地,聚焦浙江大湾区地质信息服务和地质灾害监测数据服务;④青岛预警预报中心,位于青岛海洋地质研究所东部基地,聚焦海岸带地质灾害监测和预警预报,支撑海岸带地质灾害防治和预警。

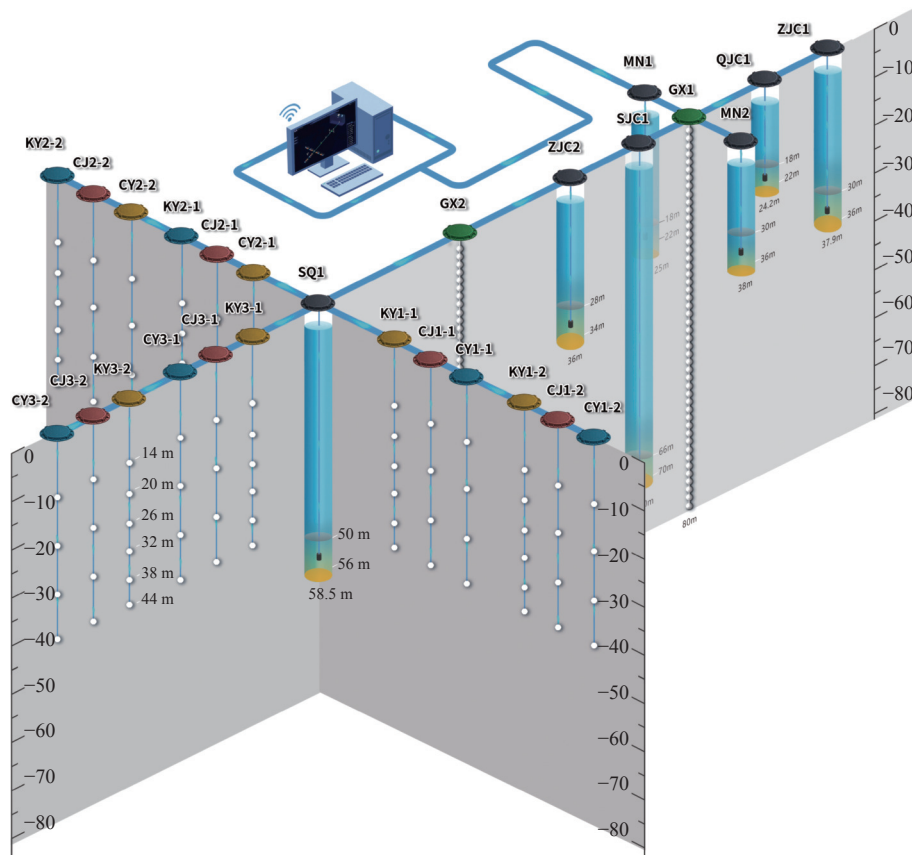
## 2 建设成效

近年来,持续关注以舟山群岛海域为核心的长三角区域海洋地质灾害,对海底浅层气、海底滑坡、海底侵蚀淤积等灾害问题进行了全面的调查和监测,特别是在浅层气调查监测技术、浅层气灾害防治技术等领域取得了丰硕成果。在舟山绿色石化基地管理委员会、浙江石油化工有限公司、舟山市自然资源和规划局、浙江海洋大学等单位的大力支持下,建成了目前为止最为完善的海底

浅层气原位在线监测系统(图3),实现了对浅层气运移过程、产气条件变化、工程地质条件影响的实时在线监测,为浅层气灾害防治和预警提供实时数据支撑。

已建成的舟山海底浅层气监测实验区总用地面积745 m<sup>2</sup>,总建筑面积240 m<sup>2</sup>。构建了浅层气溢出及工程影响综合监测系统,包含不同层位浅层气可控释气井9口、模拟产气井2口、工程地质环境监测井18口、光纤综合监测井2口(埋设光纤160 m)、地下水综合监测井11口,共埋设各类传感器288个,安装大型原位监测设备(系统)4套。监测实验区直接投入经费约1500万元,包括监测站基础设施建设200万元,监测井建设400万元,监测设备及配件900万元。

目前,浅层气综合组网监测功能基本实现,通过浅层气综合组网监测能够对不同层位的浅层气量、组成和同位素特征实施在线持续监测,全面掌握浅层气生气能力和运移趋势;能够对浅层气运移和溢出对工程地质条件的影响进行实时定量监测;并且能够通过在线控制平台动态调节地下水水位,实现浅层气可控释气,模拟不同条件下的浅层气溢出。安装的288个传感器监测数据均能在在线控制平台实时展示,涵盖浅层气监测数据、地下水监测数据、工程影响监测数据、气象条件监测数据4大类共25种数据(图4)。



KY、CJ、CY 分别指孔压监测井、沉降监测井、侧移监测井, 传感器布放深度分别为 14、20、26、32、38 和 44 m。GX 指地质环境光纤监测井, 监测指标包括沉降、温度和地下水压力, 地表以下 1~80 m 传感器按 1 m 间距布放。SQ、ZJC、SJC、QJC、MN 分别指释气实验井、主产气层监测井、深部地层监测井、浅部地层监测井和模拟产气实验井, 各个井与地层连通的深度均标于图中, 各井中均投放地下水监测传感器 1 个, 用于实时监测井中水温度、压力和电导率; 设置水泵 1 台, 用于调节井中水位控制浅层气溢出速率; 经气管、水管与地面监测设备连接, 对浅层气含量组分和同位素组成、地下水的同位素组成及主要离子组成进行实时在线监测

图 3 舟山浅层气监测实验区井组三维布局

Fig.3 3D layout of well group in shallow gas monitoring experimental area of Zhoushan



图 4 舟山浅层气监测系统远程实时控制平台界面

Fig.4 Interface of remote real-time control platform for Zhoushan Shallow Gas Monitoring System



### 3 发展规划

“十四五”期间,重点以增强科技创新能力、解决重大科学问题、提升支撑服务水平为目标,构建独具专业特色的海洋地质灾害野外科学观测研究站,形成空-天-地-海协同的多元立体化监测体系,开展长期监测数据积累,在典型灾害形成和触发机制、观测监测技术方法和装备、数据信息服务和成果转化等方面取得重点突破,打造一支高水平的海洋地质灾害监测团队,力争5年达到国家级野外站的要求。

近期开展的几项主要工作包括:

(1)海底浅层气监测 完善浅层气监测系统和方法体系,开展典型区域浅层气溢出普查和监测;开展浅层气缓释技术试验研发,形成浅层气缓释装置和技术体系;提升理论研究水平,在浅层气形成、运移和聚集机制、致灾机制等方面取得重大进展;推进监测与模拟相融合,开展含气土体工程地质特性实验室物理和数值模拟与现场试验验证,取得含气土体工程地质特征理论和经验模型,指导含气区工程建设设计和减灾方案制定;完善监测技术,获得长期的监测数据积累,促进监测和减灾技术在长

三角沿海浅层气研究和治理中推广应用;形成“空-天-地-海”协同的多元立体化浅层气监测体系,打造海洋地质灾害监测“物联网+”应用样板。

(2)海底滑坡监测 定期开展典型滑坡体的多波束重复监测。布设典型滑坡体原位孔压、位移监测网络,获取实时原位监测数据,在滑坡前后开展应急调查和监测。评估滑坡体稳定性,开展对近岸工程和海底管缆影响的风险评估,定期向规划、交通、应急等部门和涉海业主提交评估报告。研发海底滑坡原位监测设备,特别是在滑坡体的位移、孔隙应力变化等原位监测和数据实时传输方面取得重要突破,布设滑坡原位监测体系,进行滑坡预警和预报。对高风险区开展定期监测和风险评估。

(3)海底侵蚀监测 开展舟山海底管廊环境本底调查和定期监测,实施管廊路由区管线安全性风险评估,对高风险区进行预警,及时提交工程建设部分和管理部分;开展海底管廊地质安全评价技术研究;研发海底原位观测设备;开展海底微地貌变化的实时监测;提出灾害防治措施建议。

(4)监测预警 全面启动舟山和青岛监测信息和灾害预警预报中心建设,实现与长三角陆域和海岸带调查监测数据的对接和数据共享。