

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T XXXXX—XXXX

载人潜水器海洋调查技术指南

Technology guidelines for marine survey based on manned submersible

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(报批稿)

— XX — XX 发布

XXXX — XX — XX 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原则	2
4.1 人员	2
4.2 搭载仪器	2
4.3 安全	2
4.4 质量控制	3
4.5 调查方案制定	3
5 取样	3
5.1 调查要素	3
5.2 调查技术	4
6 观测	5
6.1 调查要素	5
6.2 调查技术	5
7 图像视频采集	6
7.1 调查要素	6
7.2 调查技术	6
8 调查结果与资料归档	6
附录 A （资料性） 搭载仪器联调测试表格式	7
附录 B （资料性） 载人潜水器下潜作业记录表格式	11
参考文献	14
表 A.1 搭载仪器联调测试记录表	7
表 A.2 搭载仪器联调故障记录表	8
表 A.3 搭载仪器联调故障分析记录表	9
表 A.4 搭载仪器下潜准备检查记录表	10
表 B.1 载人潜水器下潜作业过程记录表	11
表 B.2 载人潜水器定点取样作业记录表	12
表 B.3 载人潜水器测线巡航作业记录表	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC283）归口。

本文件起草单位：国家深海基地管理中心、中国大洋矿产资源研究开发协会办公室、自然资源部第一海洋研究所、自然资源部第二海洋研究所、自然资源部国家海洋标准计量中心。

本文件主要起草人：丁忠军、李德威、景春雷、齐海滨、张奕、杨雷、李向阳、傅文韬。

载人潜水器海洋调查技术指南

1 范围

本文件提供了载人潜水器海洋调查的指导建议，以及取样调查、海底观测调查、图像视频采集、结果资料归档的技术指导。

本文件适用于载人潜水器下潜取样、观测、图像视频采集等调查活动。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T12763.1 海洋调查规范 第1部分：总则
- HY/T 222 载人潜水器潜航学员培训大纲
- HY/T 223 载人潜水器潜航学员选拔要求 医学部分
- HY/T 226 载人潜水器作业工具技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

载人潜水器 manned submersible

由搭载人员驾驶操作，具有生命支持配套和辅助系统，具备水下作业能力的可移动潜水装置。

3.2

潜航员 submersible pilot

载人潜水器的驾驶操作人员，是驾驶载人潜水器下潜并在水下开展作业活动的主要操控人员。

3.3

采样篮 sampling basket

位于载人潜水器用于安装布置潜水器作业工具及存放采集样品的装置。

3.4

搭载仪器 carried instruments

搭载于载人潜水器结构本体或采样篮，用于开展水下探测、取样、观测、记录等作业所包含的各类设备或装置的总称。

4 原则

4.1 人员

4.1.1 潜航员

宜满足下列条件：

- a) 具有良好的身体与心理素质，医学检查结果符合HY/T 223的要求；
- b) 具有载人潜水器相关理论知识与技能，按照HY/T 222 的要求接受过系统性培训；
- c) 熟悉载人潜水器的技术性能，了解掌握潜水器技术状态，具备潜水器熟练驾驶能力；
- d) 完成搭载仪器培训，具备熟练操作载人潜水器所搭载探测、取样、观测、照相视频等作业设备的能力。

4.1.2 下潜人员

宜满足下列条件：

- a) 具有良好的身体与心理素质，医学检查结果正常；
- b) 完成载人潜水器模拟操作培训和水池实艇下潜培训，经潜航员评估合格；
- c) 熟悉调查与取样任务，可辅助潜航员完成舱内观察、记录、照相、摄像、作业工具操作等工作。

4.2 搭载仪器

载人潜水器开展海洋调查，搭载仪器宜参照HY/T 226 进行准备。同时，宜满足下列条件：

- a) 由潜水器供电或与之建立通讯连接的搭载仪器，供电电源正负极之间与外壳绝缘电阻不小于 $5M\Omega$ ；其他芯线，包括串口和网口与外壳绝缘电阻不小于 $5M\Omega$ ；
- b) 符合载人潜水器搭载条件，并预先完成相关的耐压测试、陆上联调与水池功能测试，联调测试结果记录于附录 A 中的表 A. 1；
- c) 如未通过测试，记录故障现象、故障模式、环境条件等内容，参见附录 A 中的表 A. 2；
- d) 整改后再次测试前，完成故障描述、故障原因、故障分类、纠正措施等，参见附录 A 中的表 A. 3；
- e) 下潜作业前，完成设备安装、通电测试与技术状态确认，检查结果记录于附录 A 中的表 A. 4。

4.3 安全

载人潜水器开展海洋调查，宜考虑以下安全因素：

- a) 在任何调查作业情况下，确保潜水器及其搭载仪器安全可控，严禁对潜水器正常运行造成影响；
- b) 在下潜方案文件中明确规定具体调查内容、风险评估和安全措施；
- c) 近底采样先观察地形地貌等，避免在采样过程中发生意外；
- d) 潜水器在热液区近底作业时，全面了解作业点周围环境，调整好均衡并从上流顺流接近烟囱体，尽量避免在烟囱体底部及下流处作业；
- e) 潜水器在烟囱体和热液喷口等附近作业时，密切关注观察窗温度传感器数值，发现数值超过安全值或观察到异常现象时，立即停止作业并驶离作业区直至安全区域；
- f) 潜水器悬停开展原位观测分析时，避免较大物体及人员移动，以免破坏潜水器均衡。

4.4 质量控制

质量控制符合GB/T12763.1的有关规定。

4.5 调查方案制定

4.5.1 调查方式

根据作业任务，载人潜水器调查的方式包括但不限于：

- a) 取样；
- b) 观测；
- c) 图像视频采集。

4.5.2 调查方法

根据拟作业区域和潜水器作业能力，确定满足任务要求的下潜调查方法，载人潜水器调查方法包括但不限于：

a) 定点调查

对特定目标点进行详细观测和取样调查，可进行定点视像收集、沉积物取样、岩石取样、生物取样、近底水体取样、环境参数采集、原位观测等。

b) 断面走航调查

按照设计的调查路线对特定断面进行走航观测和取样调查。在断面调查过程中根据需求可进行视像观测、沉积物取样、岩石取样、生物取样、近底水体取样、环境参数采集等。

c) 区域巡航调查

按照设计的测线对局部区域进行面元式巡航搜寻观测和数据采集，可进行区域巡航视像搜寻观测、精细地形地貌、浅地层剖面、地磁等数据采集。

4.5.3 下潜方案

下潜方案的制定包括：

a) 方案编写

根据航次调查任务设计总体下潜方案，明确下潜调查具体工作内容、工作地点、实施计划、时间安排，以及对作业内容的风险评估和安全应对措施。

b) 潜次设计

获取调查区多波束地形地貌、水文、气象资料，在充分掌握调查区水深、地形、海水声速剖面及气象等信息基础上，设计详细的潜次方案，潜次方案中明确下潜作业的调查内容和调查方法，以及拟使用的搭载仪器，作业方式。

c) 潜次审批

潜次设计方案编制完成后，下潜前 24h 完成批准。

5 取样

5.1 调查要素

载人潜水器取样调查要素包括但不限于：

- a) 特定区域沉积物与岩芯、岩石与矿石等地质实物样品采集；
- b) 特定目标位置的海水、热液、冷泉等流体样品采集；

- c) 微生物与宏生物样品采集。

5.2 调查技术

5.2.1 沉积物与岩芯调查取样

一般流程和技术建议如下：

- a) 使用便于载人潜水器机械手操作的保压/非保压沉积物取样器、岩芯取样器、岩芯冲击装置等搭载仪器；
- b) 所用搭载仪器满足 HY/T226-2017 第 4 章和第 5 章的规定；
- c) 下潜作业前，样品采集管做好数字和明显颜色标记；
- d) 下潜期间，舱内记录每次下潜作业过程，参见附录 B 中的表 B. 1；
- e) 采样前对潜水器进行定位，舱内人员记录取样时间、站位（经度、纬度）、水深等信息，参见附录 B 中的表 B. 2；
- f) 在底流流速较大区域进行取样作业时，注意保持潜水器稳态；
- g) 采样过程中注意保持潜水器稳态，取样管在垂直方向没有变动，减少扰动，样品不少于取样筒的 10%；
- h) 样品采集完成后，操作取样管返回保存管内；
- i) 采集的样品返回甲板后按对应标记进行保存或及时处理。

5.2.2 岩石与矿石调查取样

一般流程和技术建议如下：

- a) 使用便于载人潜水器机械手操作的设备；
- b) 所用搭载仪器满足 HY/T226-2017 第 4 章和第 5 章的规定；
- c) 下潜前，确认机械手和搭载仪器技术状态；
- d) 下潜期间，舱内记录每一次下潜作业的过程，参见附录 B 中的表 B. 1；
- e) 到站后，舱内记录取样时间、站位（经度、纬度）、水深等信息，参见附录 B 中的表 B. 2；
- f) 岩石类样品采集过程如发现异常，及时停止作业；
- g) 更换站位后舱内再次记录水深、经度、纬度等信息，参见附录 B 中的表 B. 2；
- h) 岩石类样品采集完后，采样篮状态确保不会对潜水器均衡和其他作业造成影响，样品固定稳定，不会在上浮中丢失；
- i) 下潜人员对作业海区的地形地貌与岩性、结构等进行分析记录。

5.2.3 海水/热液/冷泉调查取样

一般流程和技术建议如下：

- a) 使用便于载人潜水器机械手操作的流体保压取水器、采水瓶等设备；
- b) 所用搭载仪器满足 HY/T226-2017 第 4 章和第 5 章的规定；
- c) 下潜作业前确保取水设备内部洁净，保证样品不被污染，对搭载的采水设备各项性能进行测试，确认状态良好；
- d) 下潜期间，舱内记录每一次下潜作业的过程，参见附录 B 中的表 B. 1；
- e) 根据水深和地点，操作取水设备，同时记录取样时间、站位（经度、纬度）、水深等信息，参见附录 B 中的表 B. 2；
- f) 根据流向操纵载人潜水器保持取水器或采水瓶尽可能在迎流面，避免采集到潜水器扰动后的水体样品，取水器或采水瓶采集水样不少于容积 10%；

- g) 样品收集时, 做好标记, 确保潜水器、搭载仪器和人员安全;
- h) 潜水器靠近热液口取样作业前, 提前观察周围环境, 避免周围其他高温热液喷口灼伤潜水器;
- i) 热液取样时, 密切关注观察窗, 发现异常时, 立即停止作业并驶离作业区直至安全区域。

5.2.4 生物调查取样

一般流程和技术建议如下:

- a) 生物调查使用便于载人潜水器机械手操作的诱捕、虹吸、过滤等设备;
- b) 所用搭载仪器满足 HY/T226-2017 第 4 章和第 5 章的规定;
- c) 潜水器作业前对搭载的仪器设备进行检测测试;
- d) 生物调查的要素包括生物群落分布和结构特征、物种丰度、生物连通性等;
- e) 下潜期间, 舱内记录每一次下潜作业的过程, 参见附录 B 中的表 B. 1;
- f) 到站后, 舱内记录取样时间、站位(经度、纬度)、水深等信息, 参见附录 B 中的表 B. 2;
- g) 下潜人员根据观察情况记录描述生物群落特征变化过程;
- h) 开启宏生物或微生物取样设备后, 采样过程减少对样品的扰动;
- i) 样品采集结束后, 记录采集过程, 后续作业时注意保护已获取样品不丢失、不污染。

6 观测

6.1 调查要素

载人潜水器观测调查要素包括但不限于:

- a) 深度、水温、盐度、声速、海流;
- b) 微地形地貌、浅地层剖面、地磁、重力;
- c) 沉积物抗剪强度与抗压强度;
- d) 溶解氧、营养盐、温度、浊度、叶绿素、pH 值、氧化还原等环境参数。

6.2 调查技术

一般流程和技术建议如下:

- a) 各类搭载仪器的安装以实现既定观测目标为准, 相互应互不干扰;
- b) 做好出航前各类搭载仪器的检测、标定, 确保采集的数据准确可靠;
- c) 下潜前有明确的可执行的应急方案;
- d) 在复杂地形开展观测调查时, 根据作业计划中潜水器海底作业深度变化差, 预留浮力调节系统余量;
- e) 下潜前, 确认搭载仪器技术状态良好, 潜航员评估水下操作作业的安全性、可行性;
- f) 作业过程中, 及时调整潜水器均衡状态;
- g) 下潜期间, 舱内记录每一次下潜作业的过程, 参见附录 B 中的表 B. 1;
- h) 深度、水温、盐度、海流等参数的测量, 可利用载人潜水器自带传感探测设备在潜航员的指挥下, 由下潜人员辅助完成; 进行微地形地貌、浅地层剖面、地磁等测线调查时, 下潜人员记录起止时间、航向、航速等信息, 参见附录 B 中的表 B. 3;
- i) 热液、冷泉等复杂地形条件下特殊区域环境参数定点原位观测时, 提前观察周围环境, 选择潜水器最佳悬停位置, 结合流向调整最佳观察方位;
- j) 测线调查时保持潜水器离底高度相对固定, 航行过程中随海底地形变化随时调整潜水器深度及姿态。

7 图像视频采集

7.1 调查要素

载人潜水器图像视频采集调查要素包括但不限于：

- a) 海底地形地貌；
- b) 海洋生物；
- c) 海底资源分布及地质现象。

7.2 调查技术

一般流程和技术建议如下：

- a) 高清摄像机分辨率大于 720P，最小照度不小于 0.02 lx；
- b) 具备良好的观察记录视角，能够反映潜航员第一视角，并能弥补舱内观察死角；
- c) 设备满足不小于 12h 的连续工作要求，具备足够存储空间记录相应数据；
- d) 照明灯按照单灯或双灯补光的方式布置在摄像机后方，统筹考虑远近光灯的布置，单体照明灯光通量不小于 1000lm，色温介于 3200K-6500K 之间；
- e) 图像视频采集时，载人潜水器以固定航向、不大于 5m 的离底高度、不高于 1kn 的航速开展航行中的照相或摄像；
- f) 载人潜水器照相/摄像系统通过字符叠加等技术，综合潜水器航行参数，自动在存储图像或影像资料中叠加作业时间、定位位置、深度、高度等参数；
- g) 记录照相/摄像开启及关闭时间，重要图像及影像拍摄时间，并简要描述拍摄对象数量、特征等参数，参见附录 B 中的表 B.1；
- h) 潜水器在热液区作业时，照相/摄像设备避免处于热液弥散下流方向。

8 调查结果与资料归档

调查任务负责人宜确保每一项调查归档文件材料的完整、准确和系统，归档范围主要包括但不限于：

- a) 调查任务书或合同书、委托书等；
- b) 调查任务设计及评审、审批意见；
- c) 调查任务实施方案，含实施计划、站位表、测线布设图等；
- d) 潜次设计方案；
- e) 潜水器准备、作业各类技术文档；
- f) 搭载仪器联调检测、故障分析、下潜准备检查等表格文件；
- g) 下潜作业舱内记录班报文件；
- h) 潜水器及各类载体原始数据资料；
- i) 潜次调查数据及样品清单；
- j) 潜次调查报告；
- k) 调查任务验收评审意见；
- l) 资料归档、档案质量与成果验收的相关要求见 GB/T12763.1 的相关规定。

附 录 A
(资料性)
搭载仪器联调测试表格式

搭载仪器联调测试表格式如表A.1~A.4所示。

表A.1 搭载仪器联调测试记录表

下潜地点:		仪器名称:		提出单位:	
起止时间:		下潜日期:		记录人:	
外观检测	外观检查				
	安装检查				
	接口连接检查				
搭载平台 供电检测	端口				
	供电电压		供电电流		
搭载平台 通信检测	端口				
	连接状态				
搭载仪器主要 功能检测	设备功能				
	数据采集及 分析功能				
现场联调检测 情况概述					
记录人(签字)	年 月 日	质检员(签字)	年 月 日		

表A.2 搭载仪器联调故障记录表

仪器名称		提出单位	
故障发生时间		故障观测者	
故障环境条件			
故障发生时机	<input type="checkbox"/> 陆上联调 <input type="checkbox"/> 水池联调 <input type="checkbox"/> 搭载前测试 <input type="checkbox"/> 海上试验		
故障现象	<input type="checkbox"/> 不能启动 <input type="checkbox"/> 时好时坏 <input type="checkbox"/> 波形异常	<input type="checkbox"/> 指示异常 <input type="checkbox"/> 超出允许限 <input type="checkbox"/> 无信号输出	<input type="checkbox"/> 泄漏 <input type="checkbox"/> 卡死 <input type="checkbox"/> 接地值高
故障模式	<input type="checkbox"/> 损坏 <input type="checkbox"/> 绝缘电阻下降 <input type="checkbox"/> 接触不良 <input type="checkbox"/> 开路	<input type="checkbox"/> 短路 <input type="checkbox"/> 击穿 <input type="checkbox"/> 堵塞 <input type="checkbox"/> 不密封	<input type="checkbox"/> 饱和 <input type="checkbox"/> 自激 <input type="checkbox"/> 失控 <input type="checkbox"/> 其他
故障记录			
填表人（签名）：		日期：	
仪器负责人（签名）：		日期：	
质检员（签字）：		日期：	

表 A.3 搭载仪器联调故障分析记录表

仪器名称		提出单位	
故障描述 (时间、现象)			
分析说明(需要时,另加附页)			
故障原因	<input type="checkbox"/> 元器件质量差 <input type="checkbox"/> 元器件老化 <input type="checkbox"/> 装机失误 <input type="checkbox"/> 调试不良 <input type="checkbox"/> 虚焊 <input type="checkbox"/> 漏焊	<input type="checkbox"/> 设计不合理 <input type="checkbox"/> 材料选用不当 <input type="checkbox"/> 化学腐蚀 <input type="checkbox"/> 高温度 <input type="checkbox"/> 高湿度 <input type="checkbox"/> 误操作	<input type="checkbox"/> 从属故障 <input type="checkbox"/> 检测设备问题 <input type="checkbox"/> 外接电源问题 <input type="checkbox"/> 杂质污染 <input type="checkbox"/> 超负荷 <input type="checkbox"/> 其他
故障分类	<input type="checkbox"/> 搭载仪器故障 <input type="checkbox"/> 接口故障	<input type="checkbox"/> 责任故障 <input type="checkbox"/> 非责任故障	<input type="checkbox"/> 人为故障 <input type="checkbox"/> 其他
纠正措施			
纠正效果			
分析人员(签名):		日期	
仪器负责人(签名):		日期	
质检员(签字):		日期	

表 A.4 搭载仪器下潜准备检查记录表

搭载仪器		数量	
潜次		日期	
作业任务	内容	准备情况	负责人签署
检查内容	与潜水器固定完成与否	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
	电气连接正常与否	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
	液压连接正常与否	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
	功能正常与否	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
	舱内通电测试正常与否	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
	绝缘正常与否	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
	应急操作能否完成	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
仪器负责人（签名）			
质检员（签字）：			

表 B.2 载人潜水器定点取样作业记录表

潜次：

日期： 年 月 日

调查船		作业海区	
站位号		取样仪器	
取样时间		经纬度	
水深		离底高度	
取样描述			
备注			

记录人：

核对人：

首席科学家：

共 页 第 页

参 考 文 献

- [1] GB/T12763.2-2007 海洋调查规范 第2部分：海洋水文观测.
 - [2] GB/T12763.6 海洋调查规范 第6部分：海洋生物调查.
 - [3] GB/T12763.8 海洋调查规范 第8部分：海洋地质地球物理调查.
 - [4] GB/T12763.10 海洋调查规范 第10部分：海底地形地貌调查.
 - [5] GB/T12763.11 海洋调查规范 第11部分：海洋工程地质调查.
 - [6] GB 16636-2008 潜水员水下用电安全规程.
 - [7] CCS 潜水系统和潜水器入级规范.
 - [8] HY/T 225-2017 载人潜水器下潜作业规程.
-