

表层取样设备在海洋岩土工程勘察中的应用研究

廖志威

江苏省海洋地质调查院 江苏 南京 270000

摘要：随着海洋工程建设的不断推进，海洋岩土工程勘察显得尤为重要。本文深入研究了表层取样设备在海洋岩土工程勘察中的应用，详细探讨了各类表层取样设备的工作原理、技术特点及在不同海洋环境下的适用性。通过对取样过程、操作要点以及样品处理与试验方法的分析，旨在提高勘察数据的准确性和取样效率，为海洋工程的设计与施工提供科学依据，进一步推动海洋岩土工程勘察技术的发展与创新。

关键词：表层取样设备；海洋岩土工程勘察；应用

引言：海洋岩土工程勘察是确保海洋工程建设安全与质量的基础。随着海洋开发的深化，表层取样设备的重要性愈发凸显。它作为直接获取海底岩土信息的工具，对理解地质结构、评估承载力及预测灾害风险至关重要。本文聚焦表层取样设备在海洋岩土工程勘察中的应用，旨在探讨其技术进展、适用性及挑战，提出改进策略，以期提高勘察精度与效率，为海洋工程建设提供坚实的技术支撑。

1 海洋岩土工程勘察概述

1.1 海洋岩土工程勘察的定义与重要性

(1) 定义海洋岩土工程勘察。海洋岩土工程勘察是指采用专业技术手段，对海洋水下一定范围内的地质构造、岩土体物理力学性质、水文地质条件等进行系统调查、测试与分析的工程活动。它结合海洋环境特点，运用钻探、物探、原位测试等方法，获取海底岩土体的基础数据，为海洋工程设计与施工提供科学依据。(2) 强调其在海洋工程建设中的关键作用。在海洋工程建设中，海洋岩土工程勘察是基础性环节。准确的勘察成果能保障工程结构安全，如offshore平台、海底管道、跨海桥梁等的基础设计需依赖岩土参数；同时可优化工程方案，降低建设成本，避免因地质问题导致的返工；此外，还能为工程选址提供决策支持，减少海洋开发对生态环境的破坏。

1.2 海洋岩土工程勘察的主要内容

(1) 海底地质结构勘察。通过地震反射、侧扫声纳等物探技术，查明海底表层沉积物分布、地层岩性分层、地质构造（如断层、褶皱）及埋藏古地貌等。重点分析土层厚度变化、岩层埋深及接触关系，为判断地基稳定性提供基础资料。(2) 岩土性质评估。对海底岩土体进行取样测试，测定其密度、含水量、孔隙比、压缩性、抗剪强度等物理力学指标。结合原位测试（如静力

触探、十字板剪切试验），评估岩土体的承载能力、变形特性及渗透性，确定工程适宜的基础形式。(3) 潜在工程风险分析。识别勘察区域内的不良地质现象，如海底滑坡、浅层气、软土地基、砂土液化等。分析其成因、分布范围及对工程的影响程度，预测施工及运营阶段可能出现的风险，提出针对性的防治措施，保障工程安全实施^[1]。

2 表层取样设备概述

2.1 表层取样设备定义与分类

表层取样设备是用于采集海底0-50厘米深度沉积物样品的专用工具，广泛应用于海洋地质调查、环境监测及工程勘察等领域，主要分为以下几类：(1) 蚌式取样器：由两个对称的弧形钢瓣组成，钢瓣边缘锋利，顶部通过铰链连接，配备吊环与配重，适用于采集松软沉积物，是浅海调查的常用设备。(2) 拖网取样器：由金属框架、尼龙网袋和牵引钢缆构成，框架呈矩形或三角形，网袋网目可根据取样需求选择，通过船舶拖曳作业，适合大面积采集表层松散沉积物。(3) 其他表层取样设备（如箱式取样器）：箱式取样器为方形或矩形金属箱体，底部设有刃口，顶部带密封盖，依靠自重或附加配重沉入海底，能获取原状性较好的柱状样品，多用于高精度分析。

2.2 表层取样设备工作原理

(1) 蚌式取样器的工作原理（通过铰链钢瓣切入底土）：作业时，设备通过吊绳投放至海底，在配重重力作用下，两钢瓣自然张开并垂直切入表层底土；向上提拉吊绳时，铰链带动钢瓣绕轴旋转闭合，将沉积物包裹其中，钢瓣内侧的橡胶垫可减少样品脱落，实现取样。

(2) 拖网取样器的工作原理（拖动刮取样品）：设备通过钢缆与调查船连接，船舶以1-3节速度航行时，拖网框架贴近海底，前端刃口或齿状结构刮取表层沉积物，沉

积物随水流进入网袋，网袋过滤海水后留存样品，通过控制拖曳时间和距离调节取样量。

2.3 表层取样设备技术特点

(1) 操作简便性：设备结构简单，无需复杂动力系统，通过船舶吊机即可完成投放与回收，单人或双人协作可快速操作。蚌式和拖网取样器尤为突出，从准备到取样完成仅需5-10分钟，适合大范围快速作业。(2) 取样深度与范围：取样深度较浅，蚌式和拖网取样器通常为0-30厘米，箱式取样器可达50厘米；取样范围方面，蚌式单次取样面积约0.05-0.2平方米，拖网通过拖曳可覆盖数平方米至数十平方米区域，箱式则为定点小范围取样。(3) 样品扰动程度：蚌式取样器因钢瓣闭合挤压，样品扰动较大，易破坏原始结构；拖网取样器在拖动过程中易混入不同层位沉积物，扰动显著；箱式取样器垂直切入底土，且箱体密封，样品扰动较小，能较好保留沉积物的物理化学特性^[2]。

3 表层取样设备在海洋岩土工程勘察中的应用

3.1 应用场景分析

(1) 近岸浅水区。近岸浅水区（水深通常小于20米）是港口、码头、防波堤等工程的主要建设区域，表层取样需求频繁。蚌式取样器因操作灵活、投放便捷，成为该区域的首选设备，尤其适用于滩涂、河口等水深较浅且沉积物松软的环境。拖网取样器则可用于大范围扫测，快速获取表层沉积物的分布特征，为工程选址提供初步数据。此外，浅水区水流速度较慢，设备回收难度低，能有效提高取样效率。(2) 深海区域。深海区域（水深大于200米）的勘察多服务于海底管道、深海平台等工程，对取样设备的稳定性和耐压性要求较高。箱式取样器凭借其刚性结构和密闭设计，可在高压环境下保持样品完整性，常用于采集深海表层原状沉积物。蚌式取样器经过改良（如增加配重、强化钢瓣强度）后，也可用于深海取样，但单次取样量较少，需多次作业。拖网取样器在深海的应用则受限于拖曳阻力，一般仅用于特定区域的粗略调查^[3]。(3) 不同底质类型。针对砂质底质，拖网取样器因其网袋的过滤性，能有效分离砂粒与海水，获取纯净样品；蚌式取样器则适合泥质底质，锋利的钢瓣可轻松切入软泥，减少样品流失。对于岩石或砾石底质，专用的抓斗式拖网取样器（配备耐磨齿状结构）更为适用，能刮取表层岩石碎屑或砾石。此外，箱式取样器在混合底质区域表现优异，可同时采集不同类型的沉积物，满足综合分析需求。

3.2 取样过程与操作要点

(1) 设备选择与配置。需根据勘察目标、水深条件

及底质类型选择设备：近岸浅水区优先选用轻型蚌式取样器或小型拖网；深海区域应配置重型箱式取样器或耐压型蚌式取样器；砂质底质搭配拖网，泥质底质选用蚌式，岩石底质则需强化型设备。同时，需检查设备的连接件、吊绳强度及闭合机构灵敏度，确保与调查船的吊机系统匹配，必要时配备备用部件（如钢瓣、网袋）。

(2) 取样前的准备工作。首先进行水深测量，利用回声测深仪确定取样点水深，避免设备触底时碰撞海底障碍物；其次依据勘察大纲布置站位，采用GPS精确定位，确保取样点覆盖工程关键区域及代表性地质单元。此外，需检查气象与海况，避开大风、巨浪天气，同时对设备进行预调试，如测试蚌式取样器的开合角度、拖网的网口张力等，确保其性能稳定。(3) 取样操作步骤与注意事项。操作步骤：①将设备吊装至船舷，缓慢下放至水面；②根据水深释放吊绳，使设备自然下沉至海底；③蚌式取样器通过提拉吊绳完成闭合，拖网取样器则需船舶以2-3节速度拖曳5-10分钟；④缓慢回收设备，避免样品因惯性脱落。注意事项：下放速度不宜过快，防止吊绳缠绕；取样后及时清理设备表面的附着物；若样品量不足，需在同一站位重复取样；遇底质坚硬导致取样失败时，应更换设备或调整站位^[4]。

3.3 样品处理与试验方法

(1) 样品湿度测试与孔隙水抽取。样品取出后，立即称量湿重，随后采用烘干法（105℃恒温烘干至恒重）测定干重，计算含水率（湿度）。孔隙水抽取可使用离心法（3000r/min离心30分钟）或真空抽滤法，获取的孔隙水用于分析盐度、pH值及污染物含量，为评估岩土体的腐蚀性提供依据。操作时需避免样品暴露时间过长，防止水分蒸发影响测试精度。(2) 样品冷冻保存与处理。对于需进行微生物分析或挥发性物质检测的样品，需在取样后1小时内进行冷冻处理（-20℃低温保存），抑制生物活动和化学变化。冷冻样品解冻时应采用梯度升温法（从-5℃逐步升至室温），避免因温度骤变导致沉积物结构破坏。处理后的样品需过2mm筛，去除砾石、贝壳等杂质，保留细颗粒部分用于后续试验。(3) 试验方法选择与应用。粒度分析常用激光粒度仪，测定沉积物中砂、粉砂、黏土的含量及粒径分布，判断底质类型；成分检测可采用X射线荧光光谱仪（XRF）分析常量元素，或用气相色谱-质谱联用仪（GC-MS）检测有机污染物。对于岩土力学性质评估，可通过直接剪切试验测定沉积物的抗剪强度，或用固结试验分析其压缩特性。试验方法需根据勘察目的选择，确保数据满足工程设计要求。

4 表层取样设备适用性评估与优化建议

4.1 适用性评估

(1) 不同海洋环境下设备的性能表现。在近岸浅水区(水深<20米),蚌式取样器和拖网取样器表现稳定,受水流扰动小,取样成功率可达90%以上,但在硬质滩涂区域,蚌式取样器钢瓣易磨损,需频繁更换。深海区域(水深>200米)中,箱式取样器耐压性优势显著,样品保存率达85%,而传统蚌式取样器因结构强度不足,在高压下闭合不严,样品流失率超过30%。在复杂海况(如浪高>2米)中,拖网取样器因拖曳阻力不稳定,取样偏差率较平静海况增加25%,而蚌式和箱式取样器受影响较小。(2) 样品质量与代表性分析。蚌式取样器因闭合挤压,样品扰动指数(以孔隙比变化衡量)达15%-20%,仅适用于定性分析;箱式取样器扰动指数可控制在5%以内,能满足颗粒级配、含水率等定量测试需求。拖网取样器在砂质底质中代表性较强(样品与原位沉积物吻合度>80%),但在泥质底质中易混入不同层面物质,代表性降至60%以下。此外,单次取样量方面,箱式取样器(10-20升)优于蚌式(3-5升)和拖网(5-8升),更适合多参数分析。

4.2 优化建议

(1) 设备改进方向。针对取样深度有限的问题,可在箱式取样器底部增设可伸缩式取样管,将取样深度从50厘米提升至100厘米,同时保持样品原状性。为减少扰动,蚌式取样器可采用液压缓冲闭合装置,替代传统重力闭合,使钢瓣闭合速度降低30%,扰动指数控制在10%以内。此外,在设备表面喷涂耐磨陶瓷涂层,可延长钢瓣和拖网框架的使用寿命,尤其适用于岩石底质区域。

(2) 操作流程优化。简化设备投放前的调试步骤,将传统的5项手动检查简化为智能传感器自动检测(如吊绳张力、闭合机构灵敏度),使单站位准备时间从15分钟缩短至5分钟。建立“站位分组-设备轮用”模式,同一区域内按底质类型分组布置站位,避免设备频繁更换,提高单日取样效率20%以上。同时,制定标准化回收流程,要求样品在甲板停留时间不超过30分钟,减少环境因素对样品质量的影响。(3) 新技术应用探索。研发自由投放无缆取样器,集成GPS定位和自动上浮模块,无需船舶持续值守,适合偏远海域取样,可降低作业成本40%。推广可视箱式取样器,通过舱内高清摄像头实时传输取样过程,操作人员可远程判断样品完整性,减少无效取样。此外,尝试将物联网技术与取样设备结合,实现取样深度、压力、样品重量等数据的实时传输,为现场决策提供即时依据。

短至5分钟。建立“站位分组-设备轮用”模式,同一区域内按底质类型分组布置站位,避免设备频繁更换,提高单日取样效率20%以上。同时,制定标准化回收流程,要求样品在甲板停留时间不超过30分钟,减少环境因素对样品质量的影响。(3) 新技术应用探索。研发自由投放无缆取样器,集成GPS定位和自动上浮模块,无需船舶持续值守,适合偏远海域取样,可降低作业成本40%。推广可视箱式取样器,通过舱内高清摄像头实时传输取样过程,操作人员可远程判断样品完整性,减少无效取样。此外,尝试将物联网技术与取样设备结合,实现取样深度、压力、样品重量等数据的实时传输,为现场决策提供即时依据。

结束语

综上所述,表层取样设备在海洋岩土工程勘察中发挥着不可或缺的作用,其技术进步与性能优化直接关系到海洋工程的安全性与经济性。本研究深入探讨了设备的应用现状、技术挑战及发展趋势,强调了其在提高勘察效率与数据准确性方面的重要性。未来,表层取样设备将不断融合新技术,进一步提升智能化与自动化水平,为海洋岩土工程的科学勘察与合理设计奠定坚实基础,推动海洋资源的可持续开发与利用。

参考文献

- [1]任红丹.海洋岩土工程勘察技术应用[J].工程建设标准化,2025,(13):117-118.
- [2]李光耀.表层取样设备在海洋岩土工程勘察中的应用研究[J].科技资讯,2025,23(2):192-194.
- [3]杨光.波浪补偿钻探设备在海洋岩土工程勘察中的应用[J].价值工程,2024,43(12):111-113.
- [4]孔宪海.海洋工程岩土工程勘察钻探施工及其影响因素分析[J].写真地理,2020,(08):71-72.