 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i1.8972

Study on the Influence of Dredging Construction on the Structural Stability of Waterway Engineering

Yan Feng

Tianjin Yonglong Ocean Engineering Co., Ltd., Tianjin, 300450, China

Abstract

Dredging construction in waterway engineering port basins is an important method to ensure the smoothness of port channels and improve shipping efficiency.However,factors such as changes in the foundation soil quality,water flow,sediment movement,and vibration settlement during the dredging process may affect the structural stability of the port basin,thereby impacting the safety and service life of port facilities.Based on the fundamental principles of waterway engineering port basin dredging,this paper explores the mechanisms through which various factors during construction influence structural stability and summarizes the corresponding assessment methods.By analyzing the effects of geological surveys,numerical simulations,and on-site monitoring on stability evaluation,control measures such as strengthening structural reinforcement,optimizing design,and implementing dynamic monitoring during construction are proposed.The aim is to provide theoretical support and practical guidance for the long-term stability of port basin structures.

Keywords

Waterway engineering; Port basin dredging; Structural stability; Soil quality changes; Vibration settlement

水运工程港池疏浚施工对结构稳定性的影响研究

丰焱

天津永隆海洋工程有限公司，中国·天津 300450

摘　要

水运工程港池疏浚施工是保障港口航道畅通、提高航运效率的重要手段。然而，疏浚施工过程中的地基土质变化、水流泥沙运动及振动沉降等因素，可能对港池结构稳定性产生影响，进而影响港口设施的安全性与使用寿命。本文基于水运工程港池疏浚施工的基本原理，探讨了施工过程中各类因素对结构稳定性的影响机制，并总结了相应的评估方法。通过分析地质勘察、数值模拟、现场监测等手段对稳定性的评估效果，提出了加强结构加固、优化设计与施工动态监测的控制措施，旨在为港池结构的长期稳定性提供理论支持与实践指导。

关键词

水运工程；港池疏浚；结构稳定性；土质变化；振动沉降

1 引言

水运工程港池是港口建设的核心组成部分，其主要功能是提供安全可靠的航道与泊船区域。随着船舶吨位的增大及航道通行能力要求的提升，港池的疏浚施工成为了常见的建设与维护手段。疏浚施工不仅能够改善港池水域的航行条件，还能优化航道流态，减少泥沙淤积，提升港池的通航能力。然而，在疏浚过程中，港池结构的稳定性常常受到不同因素的影响，尤其是在地基土质、振动沉降以及水流泥沙的作用下，结构可能出现变形、沉降等问题，严重时甚至会导致港池设施的损坏。因此，研究水运工程港池疏浚施工对结构稳定性的影响具有重要的现实意义。本研究旨在通过对疏浚施工中稳定性影响因素的分析，探讨有效的评估方法及控制措施，以确保港池工程的安全性与可持续发展。

【作者简介】丰焱（1998–），男，中国吉林长春人，本科，助理工程师，从事港口土建研究。

2 水运工程港池疏浚施工概述

2.1 水运工程港池的定义与功能

水运工程港池是为保障港口运输安全与高效而设计的水域区域，主要用于船舶停泊、装卸及水上交通的流畅运作。港池具有缓解船舶停泊压力、确保货物运输效率的作用，是港口的核心组成部分。通过设计合理的港池结构，可以有效防止船舶受到风浪、潮汐等外界因素的影响，提供稳定的航行条件。同时，港池能够为船舶提供安全的操作空间，避免航道拥堵，减少运输事故的发生，进一步促进区域经济的流通与发展。在现代港口建设中，港池通常要求具备足够的深度与宽度，以应对大型船舶的需求，确保长期的航行安全。

2.2 港池疏浚施工的基本流程与技术

港池疏浚施工是通过人工或机械手段清除港池底部沉积物，保持水深和水流畅通的过程。该过程通常包括前期勘察、设计、施工实施及后期监测四个阶段。首先，进行详细的水域地质勘察与环境评估，制定合理的疏浚方案；接着，采用拖船、挖泥船等设备进行疏浚作业，通过水下设备对泥沙进行吸取或切割；施工期间需密切监测水流变化、泥沙沉积以及港池水深，确保施工的精准性与安全性。此外，现代疏浚技术如高效疏浚、环保疏浚技术逐步应用于港池施工，以最大程度减少环境污染与生态破坏。施工过程中，需重点关注土质变化、泥沙运输及施工设备的选择，以确保疏浚效果的持久性与经济性 [1]。

3 水运工程港池疏浚施工对结构稳定性的影响因素

3.1 港池地基土质变化对结构稳定性的影响

港池地基土质的变化是影响结构稳定性的重要因素。疏浚施工过程中，水流与机械设备的作用可能导致原有地基土质的松动或侵蚀，进而影响港池结构的稳定性。地基土质的变化会直接影响土壤的承载能力和抗压强度，从而可能引发港池结构的沉降或变形。例如，粘土层被疏浚后，可能导致原本稳固的基础失去支撑力，甚至造成局部结构的沉降。此外，土质的变动可能导致水土流失，增加水流的侵蚀效应，进一步破坏港池基础的稳定性。因此，在进行疏浚施工时，必须对港池地基土质进行充分的勘察和分析，确保土质变化对结构的影响降到最低。

3.2 水流与泥沙运动对港池结构的影响

水流与泥沙运动对港池结构稳定性的影响主要表现在泥沙的冲刷作用及沉积物的堆积。疏浚施工后的港池水域，因水流的变化可能导致港池底部泥沙的重新分布和堆积，从而影响港池的结构稳定性。水流的速度和方向变化可能引发泥沙的二次冲刷，特别是在港池周边区域，泥沙的冲击会加剧地基的侵蚀，增加结构的不稳定性。长时间的泥沙堆积也可能导致港池深度逐渐减小，影响船舶的正常通行。为了减少水流和泥沙运动的影响，需要在施工过程中进行有效的水流监控，采取适当的防护措施，确保港池结构的长期稳定。

4 水运工程港池疏浚施工对结构稳定性的评估方法

4.1 结构稳定性评估的传统方法与现代技术

结构稳定性评估的传统方法包括静力学分析、地基承载力计算和沉降监测。这些方法通过对港池结构的地基土层、受力条件和土壤性质的分析，判断结构在疏浚施工过程中是否会出现不均匀沉降、变形或失稳。以沉降监测为例，传统的沉降监测方法通常使用水准仪或激光扫描仪进行连续测量。通过记录疏浚作业前后的地面高度变化，计算出结构的沉降量。例如，在某港池疏浚施工中，采用了水准仪测量法监测沉降，结果显示，港池底部沉降量达 2.5 厘米，而边坡沉降量为 1.8 厘米，这一变化未超出设计容许范围，因此未对结构稳定性造成显著影响。然而，传统方法的局限性在于其受测量精度和时间限制的影响，难以实时捕捉复杂的土质变化和水流变化对结构的瞬时影响。为了解决这一问题，现代技术如无人机激光扫描、自动化地质勘察和大数据分析被逐步应用，能够实时收集大规模的数据，并提供更加精准的分析结果。

4.2 基于数值模拟的稳定性分析

基于数值模拟的稳定性分析方法是近年来港池结构稳定性评估中广泛采用的技术手段。通过使用有限元法（FEM）和有限差分法（FDM），可以在计算机中模拟疏浚施工过程中的土体行为、应力分布、沉降和变形情况。这些模拟方法能够在不同施工阶段预判港池的结构稳定性。例如，在某港池的疏浚工程中，通过数值模拟分析发现，在疏浚过程中，港池底部的应力集中区域出现在疏浚深度达到 6 米时，这一深度下的应力值超过了土壤的极限承载力。该结果促使施工团队调整了疏浚深度，并采用了加固措施，避免了可能的结构失稳。在实际应用中，数值模拟不仅能够计算结构在不同施工条件下的应力和沉降，还可以分析水流对泥沙运动的影响，评估不同土层的物理性质变化对结构稳定性的影响。例如，通过模拟土体的动态响应，发现水流速度为 1.5m/s 时，港池周围的土体发生了微小的塑性变形，这一变形虽然较小，但仍可能对长期稳定性造成潜在风险。因此，数值模拟为评估水运工程港池疏浚施工的结构稳定性提供了重要支持，具有高精度和较强的预测能力 [2]。

4.3 现场监测数据在结构稳定性评估中的应用

现场监测数据的应用在结构稳定性评估中具有至关重要的作用，尤其是在疏浚施工过程中，实时数据的获取可以帮助工程师及时发现潜在的结构风险。常见的现场监测方法包括使用地质雷达、沉降计、应变计等设备对港池的地基、结构和水流进行实时监测。例如，在某港池的疏浚工程中，使用了基于应变计的实时监测系统，数据表明，疏浚施工初期，港池结构边缘的应变值较高，达到 0.005 毫米 / 米，表明该区域存在潜在的不均匀沉降风险。为了应对这一情况，监测团队立即调整了施工方案，并加强了该区域的加固措施，成功避免了不稳定状况的发生。此外，地质雷达技术的应用也能够提供土层的实时变化情况，帮助工程师判断土壤的松散程度和承载力。根据监测数据，港池底部的沉降量控制在设计容许范围内，仅为 2.3 厘米，确保了结构的稳定性。现场监测数据的实时采集与反馈，为水运工程港池疏浚施工的安全性提供了保障，同时为未来类似工程提供了宝贵的经验和数据支持。

5 水运工程港池疏浚施工中结构稳定性的控制与改善措施

5.1 施工前的地质勘察与风险评估

施工前的地质勘察与风险评估是确保港池疏浚施工顺利进行的基础性工作。地质勘察通过对港池区域的土壤类型、水文条件、地下水位等进行详细分析，能够为施工方案的制定提供数据支持。在港池疏浚施工中，地质条件对结构稳定性的影响至关重要，特别是在软土地区，土层的承载力较低，容易发生沉降和滑坡。因此，在施工前，需通过钻探、试验和现场取样等方法，获取准确的土壤参数，特别是土壤的剪切强度、密实度和压实度等数据。此外，基于勘察结果，进行风险评估，评估地质条件可能带来的不稳定因素，如地基不均匀沉降、滑坡、土体流失等问题。通过对潜在风险的预测与分析，可以提前制定相应的应对措施，避免在施工过程中出现突发性结构损害。地质勘察与风险评估的准确性直接影响港池疏浚工程的安全性和施工的可行性，为后续施工工作的顺利开展提供了重要保障[3]。

5.2 加固措施与结构优化设计

在港池疏浚施工中，为了确保结构稳定性，经常采用加固措施和结构优化设计。加固措施主要针对土壤的不均匀性和结构的潜在风险进行调整，例如，在软土或松散地基上，常采用深层搅拌桩、注浆加固等方法来提高地基承载力，减少沉降。通过这些加固措施，可以有效提高地基的稳定性，防止土体在施工过程中发生位移或变形。结构优化设计则是基于地质勘察数据和风险评估结果，合理优化港池的结构布局与设计。例如，针对土壤承载力较低的区域，可以增加加固层或调整港池边坡的设计角度，以提高结构的抗侧滑能力。设计过程中，考虑水流、泥沙运动等外界因素的影响，对港池底部和岸坡的加固设计要合理，确保在疏浚施工后，港池结构能够保持稳定的形态，避免发生局部沉降或结构破坏。此外，随着新材料和新技术的应用，港池结构设计也不断趋向多样化和高效化，越来越多的环保材料和智能化设计被融入其中，以提升结构的稳定性和使用寿命。

5.3 施工过程中动态监测与调整

施工过程中，动态监测与调整是确保港池疏浚施工结构稳定性的重要环节。在施工过程中，应对港池地基、结构、沉降和振动等进行实时监测，以便及时发现潜在的风险并采取措施进行调整。使用先进的监测设备，如沉降计、应变计、地质雷达等，能够实时获取港池结构的状态数据。通过这些设备，施工人员可以实时监测港池底部的沉降量，分析土层的变动情况。如果发现沉降量超出预定标准，可能会对结构产生影响，则需要立即采取加固措施或调整施工计划，避免对港池结构造成永久性损害。动态监测还能够反映施工过程中土体的变化情况，如土壤湿度、密实度等，这些数据可以指导工程师及时调整施工方法和施工机械的使用，从而减少土体扰动和不必要的变形。此外，施工过程中还应定期进行结构安全评估，结合现场数据和数值模拟结果进行分析，确保施工过程中港池结构始终处于安全稳定的状态。通过有效的动态监测与调整，能够在施工中及时发现并处理可能影响结构稳定的隐患，从而保证工程的顺利进行[4]。

6 结语

水运工程港池疏浚施工对结构稳定性的影响是一个复杂的过程，涉及地质条件、水流变化和施工方式等多方面因素。通过施工前的地质勘察与风险评估、合理的加固措施与结构优化设计以及施工过程中的动态监测与调整，可以有效保障港池结构的稳定性。随着技术的进步，现代化的评估手段如数值模拟和现场监测在实践中的应用，进一步提高了港池疏浚施工的安全性和精确性。未来，随着工程经验的积累和技术的不断创新，水运工程港池疏浚施工将更加科学、环保、安全，为港口的发展和区域经济的繁荣提供坚实的基础。

参考文献

[1] 莫志芳,毛晓翀,路川藤,王松.粉砂质高回淤港口与航道疏浚扰动减淤数值模拟研究[J].海洋预报,2025,42(06):34-45.

[2] 侯加全,唐铭远.苏北某新建港池航道回淤分布特点监测分析[J].珠江水运,2025,(19):34-36.

[3] 金浩.店口港疏浚工艺应用及码头稳定性监测[J].珠江水运,2025,(14):46-48.

[4] 张康奇.海运条件下港池疏浚抛泥的环保问题研究[J].水上安全,2025,(14):10-12.