

# 浅析潮汐影响下基础围堰施工工艺与风险控制

魏迪<sup>1</sup> 万潇博<sup>2</sup> 杜二阳<sup>3</sup>

1. 中铁大桥局集团第二工程有限公司 江苏 南京 210000

2. 海盐鸿鑫投资建设有限公司 浙江 嘉兴 314300

3. 水利部农村电气化研究所 浙江 杭州 310012

**摘要:** 本文围绕潮汐影响下基础围堰施工展开,阐述了潮汐成因、类型及变化规律,剖析其对施工的影响。介绍不同潮汐环境下基础围堰的施工工艺,包括围堰类型选择、施工流程及关键技术要点。重点论述风险控制,涵盖风险识别与评估、控制措施以及应急预案制定。同时对施工质量控制进行探讨,明确质量控制标准、质量检测与验收方法。旨在为潮汐影响区域的基础围堰施工提供全面的技术指导与风险应对策略,保障施工安全与质量。

**关键词:** 潮汐影响; 基础围堰施工; 施工工艺; 风险控制

## 1 潮汐特性及其对基础围堰施工的影响

### 1.1 潮汐成因与类型

潮汐是地球上的海洋表面受到日、月等天体引潮力(又称潮汐力)作用引起的涨落现象。引潮力是由天体的引力与地球绕地月公共质心旋转、地球绕太阳公转产生的惯性离心力的合力。其中,月球引潮力约为太阳引潮力的2.17倍,是产生潮汐的主要因素。地球在绕地月公共质心旋转的过程中,面对月球的一侧,海水因月球引力作用而向月球方向聚集,形成涨潮;背向月球的一侧,海水则因惯性离心力作用背离地球,同样形成涨潮,而在两者之间的区域海水相对下降,出现落潮。随着地球的自转,地球上某一区域会周期性地经历涨潮和落潮过程。潮汐主要分为三种类型。半日潮型,其特点是一个太阴日(约24小时50分钟)内出现两次高潮和两次低潮,且两次高潮或低潮的潮高几乎相等,涨落潮时间也几乎相等,各约为6小时12.5分钟,像我国的青岛、厦门等地就属于半日潮型海域。全日潮型,是在一个太阴日内只有一次高潮和一次低潮,例如南海的北部湾地区多为全日潮。混合潮型,一个月内有些日子出现两次高潮和两次低潮,但两次高潮或低潮的潮差有明显差异,涨落潮时间也不相等,而有些日子又呈现全日潮的特征,如我国的香港地区就属于混合潮型。潮汐特性对基础围堰施工影响显著,潮位的周期性涨落,使得围堰在施工过程中面临不同水头压力。高潮位时,围堰承受巨大的侧向水压,若围堰结构强度不足或稳定性欠佳,极有可能发生变形甚至坍塌。同时潮汐导致的水流速度变化剧烈,在涨落潮过程中,水流对围堰的冲刷力大幅增加,易造成围堰基础被掏空,影响围堰的稳固性<sup>[1]</sup>。不同类型的潮汐,其涨落潮时间和潮差各异,施工单位需

要根据具体潮汐类型合理安排施工工序,若施工安排不当,可能导致施工中断,延误工期,增加施工成本。

### 1.2 潮汐变化规律

潮汐具有明显的日变化规律。在半日潮地区,一天内会出现两次高潮和两次低潮,两次高潮之间或两次低潮之间的时间间隔约为12小时25分钟。在全日潮地区,每天仅出现一次高潮和一次低潮,周期约为24小时50分钟。这种日变化规律相对稳定,但每天的潮高并不完全相同,会受到多种因素影响而有所波动。从月变化角度分析,一个月内,随着月球绕地球公转位置的变化,潮汐经历大潮和小潮的交替。在朔(新月)和望(满月)时,月球、太阳和地球近乎处于同一直线,引潮力最大,形成大潮,此时潮水涨落幅度较大。而在上弦月(农历初七、初八)和下弦月(农历二十二、二十三)时,月球、太阳和地球呈直角关系,引潮力最小,出现小潮,潮水涨落幅度相对较小。潮汐还存在年变化规律。由于地球绕太阳公转轨道是椭圆,地球与太阳的距离在一年中会发生变化。在地球离太阳较近的时期,太阳对潮汐的影响相对增强,在某些地区可能导致潮汐特征出现季节性变化。此外,不同年份的天文条件以及海洋环境的差异,也会使潮汐的年际变化呈现出一定的复杂性。

## 2 潮汐影响下基础围堰施工工艺

### 2.1 围堰类型选择

在潮汐影响区域进行基础围堰施工,围堰类型的选择至关重要。钢板桩围堰因其强度高、防水性能好且可重复使用,在中等深度的水域(一般水深5-20米)较为适用。对于潮汐涨落频繁且水流速度较大的区域,双壁钢围堰具有更好的稳定性,能有效抵抗水流冲击和潮汐

力。而在水浅、地质条件较好的地方，土石围堰成本较低且施工简便，可作为优先考虑。需综合考虑潮汐特性（如潮差大小、涨落潮时间间隔）、水深、地质状况以及工程预算等因素，精准选定最适配的围堰类型。

## 2.2 施工工艺流程

施工前需进行全面的场地勘察，明确水下地形、地质以及潮汐规律等信息。随后开展测量放线工作，精准确定围堰的平面位置。若选择钢板桩围堰，先进行打桩设备的安装调试，利用振动锤或静压设备将钢板桩逐根打入河床至设计深度，形成封闭的围堰结构。接着进行围堰内的抽水作业，在抽水过程中密切监测围堰的变形情况<sup>[2]</sup>。若采用双壁钢围堰，先在岸边进行钢围堰的分块制作，再运输至现场进行拼装下沉，下沉到位后进行封底混凝土浇筑，待封底混凝土达到设计强度后抽水。土石围堰则是从岸边向水中分层填筑土石材料，每层填筑后进行压实，直至形成围堰轮廓，最后进行围堰边坡防护。抽水完成后，便可进行基础施工，基础施工完成后按要求进行围堰拆除。

## 2.3 关键技术要点

打桩精度控制是钢板桩围堰的关键，需利用先进的测量仪器实时监测钢板桩的垂直度和平面位置偏差，确保偏差在允许范围内，否则会影响围堰的整体稳定性和防水效果。双壁钢围堰下沉过程中，要通过调整围堰内的灌水或配重，精确控制下沉速度和垂直度，防止围堰倾斜或偏移。土石围堰的填筑材料选择和压实度控制极为重要，应选用透水性好、抗冲刷能力强的材料，且压实度需达到设计要求，以保障围堰在潮汐作用下的强度和稳定性。在整个施工过程中，对潮汐水位的实时监测必不可少，要依据潮汐变化合理安排施工工序，如在低潮位时进行抽水、封底等关键作业，同时制定应急预案，以应对突发的潮汐异常情况，保障施工安全和质量。

## 3 潮汐影响下基础围堰施工的风险控制

### 3.1 风险识别与评估

在潮汐影响下的基础围堰施工中，风险识别是风险管理的首要环节。潮汐的周期性涨落带来复杂多变的水文条件，是风险的主要来源。围堰结构承受的水压随潮汐大幅波动，可能导致围堰变形甚至坍塌，尤其是在高潮位时，巨大的侧向压力对围堰的稳定性构成严重威胁。水流速度在涨落潮过程中急剧变化，会加大围堰所受的水流冲击力，增加围堰渗漏和结构损坏的风险。潮汐引发的水位快速上升或下降，可能影响施工进度，导致施工设备被淹没或基础施工中断。地质条件也是重要的风险因素。若施工区域存在软弱土层、流沙层等不良

地质，在潮汐水流的长期作用下，地基可能产生不均匀沉降，进而影响围堰的稳固性，施工材料和设备也面临风险。受潮水侵蚀，围堰材料可能出现腐蚀、老化现象，降低其强度和耐久性；施工设备在潮湿、盐分高的环境中易损坏，增加维修成本和施工延误风险。对识别出的风险进行量化评估至关重要，通过历史潮汐数据、工程地质勘察报告以及类似工程经验，运用风险矩阵法等评估工具，确定每个风险发生的可能性和可能造成的后果严重程度。

### 3.2 风险控制措施

针对潮汐导致的水压和水流冲击风险，优化围堰设计是关键。采用合理的围堰形式，如在水流速度大的区域选用抗冲刷能力强的钢板桩围堰，并根据潮汐力和水流力的计算结果，适当加大围堰结构的安全系数，增强其承载能力。施工过程中，严格控制围堰的施工质量，确保每一道工序符合设计要求。对于钢板桩围堰，保证钢板桩的打设精度和锁口密封性，防止渗漏；对于土石围堰，控制好填筑材料的质量和压实度，提高围堰的抗冲刷性能。为应对地质条件带来的风险，施工前进行详细的地质勘察，全面了解地层结构和岩土特性。对于存在软弱土层的区域，采用地基加固措施，如打设砂桩、石灰桩或进行深层搅拌等，提高地基的承载能力和稳定性。在施工过程中，加强对地基沉降和位移的监测，一旦发现异常，及时采取措施进行处理。在施工材料和设备方面，选择耐腐蚀、耐海水侵蚀的材料用于围堰建设。对施工设备定期进行维护保养，在设备表面涂刷防腐漆，采取防水、防潮措施，降低设备在潮汐环境中的损坏风险。合理安排施工进度，尽量避开高潮位和恶劣天气时段进行关键施工工序，减少潮汐对施工的不利影响。

### 3.3 应急预案制定

制定完善的应急预案是应对突发风险事件的重要保障。首先，成立应急救援小组，明确小组成员的职责分工，包括现场指挥、抢险救援、医疗救护、后勤保障等。配备充足的应急救援物资，如抢险机械设备（挖掘机、装载机、起重机等）、堵漏材料（沙袋、止水带、速凝水泥等）、照明设备、通讯器材以及急救药品等，并定期进行检查和维护，确保物资处于良好的备用状态<sup>[3]</sup>。针对围堰坍塌风险，制定详细的抢险流程。一旦发生坍塌迹象，立即停止施工，组织施工人员有序撤离现场。启动抢险救援行动，利用抢险机械设备对坍塌部位进行回填加固，必要时调用备用围堰材料进行紧急封堵。对于施工设备被淹没风险，制定设备抢救方案，在水位下降后，迅速组织人员对设备进行检查和维修，评估设备的

损坏程度,采取相应的修复措施,尽快恢复设备的正常运行。定期组织应急演练,模拟不同风险场景,检验应急预案的可行性和有效性。通过演练,提高施工人员的应急响应能力和协同作战能力,确保在实际风险事件发生时,能够迅速、有效地开展救援工作,最大限度地减少人员伤亡和财产损失。

#### 4 潮汐影响下基础围堰施工的质量控制

##### 4.1 质量控制标准

在潮汐影响下的基础围堰施工中,质量控制标准关乎整个工程的安全性与稳定性。围堰的结构强度必须满足设计要求,能够承受潮汐带来的周期性水压、水流冲击力以及可能的波浪力。例如,对于钢板桩围堰,其材质的屈服强度、抗拉强度等力学性能指标应符合相关国家标准,且钢板桩的厚度偏差需控制在极小范围内,一般允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ,以确保在复杂潮汐力作用下不发生过度变形或断裂。围堰的防水性能同样是关键标准。在潮汐涨落过程中,若围堰出现渗漏,不仅会影响施工进度,还可能危及围堰及周边基础的稳定性。因此要求围堰的接缝严密,尤其是钢板桩围堰的锁口部位,需通过注水试验等方式进行严格检测,确保在设计水头压力下,单位长度的渗漏量不超过 $0.1\text{L}/(\text{min}\cdot\text{m})$ 。对于土石围堰,其填筑材料的渗透系数应小于设计规定值,通常要求小于 $1\times 10^{-5}\text{cm/s}$ ,以有效阻止水的渗漏。围堰的平面位置与垂直度也有严格标准,平面位置偏差一般控制在 $\pm 50\text{mm}$ 以内,以保证围堰与基础施工区域的准确契合,避免因位置偏差导致后续施工困难或影响基础结构的完整性。垂直度偏差则需控制在 $1/200$ 以内,对于较高的围堰,这一要求更为严格,如高度超过10米的围堰,垂直度偏差应控制在 $1/300$ 以内,确保围堰在潮汐作用下的稳定性。

##### 4.2 质量检测与验收

质量检测贯穿基础围堰施工的全过程。施工前,对原材料进行严格检测是基础。对于钢板桩,要检查其外观是否有变形、裂缝等缺陷,同时抽样进行力学性能试验,确保材质符合质量标准。土石围堰的填筑材料需检测其颗粒级配、含水量、压实度等指标,确保材料满足设计要求。在施工过程中,进行实时监测与阶段性检

测,对于钢板桩的打设,利用全站仪等测量设备实时监测其垂直度和平面位置,每打设5-10根桩进行一次全面检测,发现偏差及时调整。土石围堰填筑时,每层填筑完成后,采用环刀法、灌砂法等方法检测压实度,确保压实度达到设计要求的95%以上<sup>[4]</sup>。围堰施工完成后,进行全面的验收检测,防水性能验收通过围堰内注水试验进行,按照设计水头高度注水并保持一定时间,观察围堰外侧是否有渗漏现象,若发现渗漏点,及时进行封堵处理。结构强度验收则可通过无损检测技术,如对钢板桩围堰进行超声波探伤检测,检查是否存在内部缺陷。同时,对围堰的整体稳定性进行评估,结合潮汐力计算和现场观测数据,判断围堰是否能满足在设计使用期限内抵御潮汐等外力作用的要求。只有当质量检测各项指标均符合质量控制标准时,才能通过验收。若存在不合格项,需明确整改措施,进行返工或修复,直至达到验收标准,从而保障潮汐影响下基础围堰施工的高质量完成,为后续基础工程的顺利开展奠定坚实基础。

##### 结束语

潮汐影响下基础围堰施工面临诸多复杂因素与挑战,从潮汐特性到施工工艺,再到风险控制与质量保障,每一个环节都至关重要。本文通过对这些方面的深入剖析,为相关工程提供了系统的理论依据与实践指导。然而实际施工情况千变万化,施工人员需结合具体工程特点,灵活运用所学知识,不断优化施工方案,强化风险管控,确保基础围堰施工安全、高效、优质完成,为后续工程建设奠定坚实基础。

##### 参考文献

- [1]易强.水利工程施工中围堰技术的应用与实施[J].水电水利,2021,5(3):76-78.
- [2]马华良.深水桥梁桩基础工程中钢板桩围堰施工工艺[J].工程建设与设计,2021(07):144-146.
- [3]谢海林,胡华分.铁路桥梁深水基础钢板桩围堰施工技术[J].云南水力发电,2020,36(09):202-207.
- [4]王勇.桥梁深水承台钢板桩围堰施工技术——以漯河新区牡丹江路沙河大桥工程为例[J].交通世界,2020(15):90-91.