

# 临水复杂地质环境下建筑工程基础施工关键技术研究

焦 巍

安徽建工水利开发投资集团有限公司 安徽 蚌埠 233000

**摘要：**本文综述了临水复杂地质环境下建筑工程基础施工的核心挑战、技术体系及未来趋势。因临水复杂地质环境下施工面临复杂的水文地质条件、显著的水流动态作用及较高的施工安全风险。针对这些挑战，本文详细分析了地基处理与加固技术（如锚固技术、预应力管桩、水泥土防渗墙）、支护结构与止水技术（如大直径深层搅拌桩、止水帷幕优化、无预应力锚索支护）以及排水与应急措施（如明排与降水联合系统、汛期应急方案）。此外，本文还深入探讨了临水条件下施工方法的技术创新与未来发展趋势。

**关键词：**临水复杂地质环境；地基处理；支护结构；止水技术

## 引言

临水复杂地质环境下建筑工程基础施工是工程领域的关键技术挑战，其复杂性源于多相耦合作用下的水文地质环境、水流动态作用以及施工环境的多重挑战。近年来，伴随城市化进程的加速推进，滨水区域综合开发与河网系统治理工程持续增加，由此催生的临水建筑工程基础施工关键技术逐渐成为工程学界重点研究领域。

### 1 临水复杂地质环境下建筑工程基础施工的核心挑战

#### 1.1 水文地质条件复杂

临水区域的地质构成极为多样，地质受到自然环境变化而改变，可能包括淤泥质土、砂层、残积土等多种类型。这些不同类型的土层在物理力学性质上存在显著差异，给建筑物基础施工带来了极大的困难。同时，地下水丰富且水位波动显著，这是临水建筑基础施工面临的又一难题。在开挖基坑时，如果处理不当，不能根据现场条件选择合适的施工方案，很容易引发基坑管涌、流砂以及边坡失稳等问题。这些问题不仅会影响施工进度，还可能对施工质量造成严重影响，甚至危及施工人员的安全。

#### 1.2 水流动态作用威胁

临水复杂地质环境下的建筑工程基础施工还须面对水流动态作用的威胁。高速水流直接冲击建筑结构，如桥墩等，长时间的作用会导致基础冲刷、墩身裂缝等问题的出现。此外，水流的长期侵蚀还会削弱土体的稳定性，对建筑的长期安全性构成威胁。漩涡与紊流也是临水建筑基础施工必须考虑的因素。在桥墩等结构周围，水流往往形成复杂的漩涡和紊流，这些局部吸力增加结构的疲劳风险，并加剧受力不确定性<sup>[1]</sup>。同时，海水或污染水体中的腐蚀性物质会降低混凝土的耐久性，冰膨胀力可能破坏结构的完整性。

#### 1.3 施工安全风险突出

临水建筑基础施工的安全风险尤为突出。汛期洪水、河岸坍塌等突发灾害随时可能发生，这对基坑支护及止水帷幕提出了更高的要求。为了确保施工的安全进行，必须结合实时监测技术，及时发现并应对潜在的安全隐患。同时，还需要制定完善的应急措施，以应对突发灾害的发生。

### 2 临水复杂地质环境下建筑工程基础施工技术体系

#### 2.1 地基处理与加固技术

地基处理与加固是临水复杂地质环境下建筑工程基础施工的关键环节。针对不同的地质条件，需要采取不同的处理技术和加固措施。

##### 2.1.1 锚固技术

复杂地形中，如山区或临水边坡地带，地基稳定性往往较差。为了提高基础的抗滑移，保持稳固状态，需采用合适的锚固技术。通过锚索将基础与深层稳定岩层连接，利用岩层的稳固性增强基础的承载力。锚索的长度和预应力需要根据具体的地质情况设计，在软岩地层中，由于岩层承载力较低，需增加锚固段的长度，以确保锚索的稳固性。同时，施工过程中还需对锚索的张力实时监测，确保锚索处于正常工作状态。

##### 2.1.2 预应力管桩

软土地基中，土体承载力较低，容易发生沉降和变形，因此采用预应力管桩技术解决这一问题。预应力管桩是一种高强度、高承载力的桩型，通过锤击法或静压法植入土体中，有效提高了地基的承载力和稳定性。施工过程中，根据建筑物的荷载大小、分布情况，合理确定管桩的间距和布桩方式。对于高层建筑或荷载较大的建筑物，需适当加密布桩，以控制沉降量并确保建筑物的安全性。

### 2.1.3 水泥土防渗墙

在粉砂、砂层等透水性较强的地质条件下,为了防止地下水渗入基坑或建筑物内部,需采用水泥土防渗墙技术。通过深层搅拌桩或高压旋喷桩等方法,在土体中形成连续的防渗屏障,有效地阻止地下水的渗透<sup>[2]</sup>。水泥的掺入量需根据土体的孔隙率和渗透性调整,以确保防渗墙的无侧限抗压强度不低于0.5MPa。同时,施工过程中还要对防渗墙的质量严格控制,确保防渗效果达到设计要求。

## 2.2 支护结构与止水技术

在临水深基坑施工中,支护结构和止水技术的选择至关重要。合理的支护结构和有效的止水措施可以确保基坑的稳定性和安全性。

### 2.2.1 大直径深层搅拌桩

在临水深基坑中,可以采用大直径深层搅拌桩作为重力式挡墙。搅拌桩的直径应不小于1.2m,通过搅拌桩的形成增加土体的抗剪强度和稳定性。同时,为了提高抗渗性,还可以与钻孔灌注桩配合使用。针对佛山水道深基坑工程实践研究表明,采用深层搅拌桩与高压旋喷桩复合帷幕体系的协同支护方案,可实现围护结构最大侧向位移值 $\leq 0.1\%H$ (H为开挖深度)的变形控制目标,有效保证了基坑的稳定性和安全性。

### 2.2.2 止水帷幕优化

止水帷幕是防止地下水渗入基坑的重要措施。为了优化止水帷幕的效果,采用双排搅拌桩的方式,确保桩间咬合宽度不小于150mm,以保证止水的连续性。此外,还可以应用新型材料,如添加石膏粉、木质素磺酸钙等外加剂,来缩短水泥的凝固时间并提升抗渗性能。这些新型材料的应用可进一步提高了止水帷幕的防渗效果和耐久性。

### 2.2.3 无预应力锚索支护

在临近堤坝区域进行基坑开挖时,为了避免锚索施工对堤防的扰动,采用无预应力锚索支护技术。通过钻孔灌注桩和土钉墙的复合支护方式,有效提高了基坑的稳定性和抗渗性。土钉体长度宜为基坑深度的0.5-0.7倍,间距应不大于1.5m。施工过程中还需要对土钉体的位置和深度严格控制,确保其支护效果达到设计要求。

## 2.3 排水与应急措施

在临水条件下进行基础施工,排水和应急措施也是不可忽视的重要环节。合理的排水系统和有效的应急方案可以确保施工的安全性。

### 2.3.1 明排与降水联合系统

为了控制地下水位并确保基坑的稳定性,采用明排与降水联合系统。通过设置多级排水沟和集水井,将地

下水引导至集水井中进行排放。同时,结合井点降水法,进一步降低地下水位,确保其低于基坑底部0.5m以上,以防止基底隆起和渗流破坏<sup>[3]</sup>。施工过程中还要对排水系统和降水效果进行实时监测和调整,确保其正常运行并满足设计要求。

### 2.3.2 汛期应急方案

汛期基础施工时,需制定完善的应急方案以应对可能的洪水等突发事件。应严格控制基坑边的堆载情况,禁止在基坑边2m范围内堆放重物,荷载限值应不大于20kPa。应埋设水位计和位移传感器等监测设备,实时反馈数据至智能监测系统。一旦发现异常情况或预警信号,应立即采取相应措施进行处理和应对。此外,还应建立应急响应机制,确保在突发事件发生时能够迅速响应并有效处置。

## 3 典型案例分析——以同安宝龙城项目为例

### 3.1 项目背景

同安宝龙城项目位于厦门市同安区,项目场地原始地貌主要为东西流域冲洪积阶地(局部低洼地带为海侵冲沟),原始地形基本平缓。地质勘察报告显示该地块地质条件较为多样且复杂,自上而下依次为耕土、细粉砂、粉质粘土、淤泥质土、砾砂、卵石、淤泥、残积砾质黏性土、全风化花岗岩等。由于地块含水量过高以及土体固结程度差等原因,容易造成一系列的工程地质问题,不利于工程建设,必须经过一定的地基处理才能进行后续的施工和建设。

### 3.2 施工技术难点与解决方案

#### 3.2.1 桩基施工难点

一是地质结构特殊:砂层与卵石层交错,采用静压桩施工工艺容易造成堵孔、爆桩。二是项目工期紧:桩数多,采用旋挖桩成本高,成桩效率低。三是环境影响:项目地处老城,临近住宅区,采用柴油锤打桩工艺容易造成噪音污染、空气污染以及对周边建筑结构的破坏。

#### 3.2.2 解决方案

针对卵石层交错的地质特点,本项目创新采用C105级超高强管桩,结合液压锤工艺穿透复杂夹层,缩短单桩施工时间至6小时。该工艺具有以下优点:①适应复杂地质:桩身混凝土强度为C105,桩身承载力较高,能够顺利穿越卵石层进入较坚硬土层,保证设计需要的有效桩长。②施工周期短:相比灌注桩,液压锤施工周期短,成本低,经济性好。③环保低噪:相较于传统的柴油锤工艺,液压锤设备轻便,有利于移机,且污染小、噪音小,可以有效减少环境污染和对周边居民的影响。

### 3.3 相关数据表格

以下是桩基施工过程中的部分相关数据表:

表1 桩基施工参数表

桩型	桩径 (mm)	桩长 (m)	桩身混凝土强度 (MPa)	施工工艺
超高强管桩 (UHC)	φ600	根据设计确定	C105	液压锤工艺

表2 桩基施工效率对比表

施工工艺	单桩施工时间 (小时)	每日施工桩数	总施工成本 (万元)
旋挖桩	8	10	150
液压锤工艺	6	15	120

表3 桩基施工环境监测数据表

监测项目	监测值	国家标准	是否超标
噪音 (dB)	65	70	否
振动加速度 (m/s <sup>2</sup> )	0.05	0.1	否
扬尘浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	0.1	0.15	否

### 3.4 案例总结

同安宝龙城项目在临水条件下,通过采用超高强管桩液压锤工艺,有效解决了桩基施工过程中的技术难点,提高了施工效率,降低了施工成本,减少了对周边环境的影响。该案例为类似临水复杂地质环境下建筑物基础施工提供了有效的解决方案。

## 4 技术创新与未来趋势

在临水条件下进行建筑物基础施工,不仅面临着复杂多变的水文地质条件和严峻的施工安全风险,同时也对技术的创新和发展提出了更高的要求。随着科技的进步和工程实践的积累,一系列新技术、新材料和新工艺应运而生,为临水建筑基础施工带来了革命性的变革。

### 4.1 材料革新

材料作为建筑工程的基础,其性能直接影响到工程的质量和耐久性。在临水建筑基础施工中,材料革新至关重要。高强韧性混凝土是一种新型混凝土材料,通过在普通混凝土中添加聚丙烯纤维等增强材料,显著提升混凝土的抗裂性和韧性。这种混凝土特别适用于水下浇筑,能在水下环境中保持较好的工作性能,有效抵抗水流的冲击和侵蚀,提高基础的耐久性和安全性。智能止水材料是另一种具有创新性的材料,传统的止水材料往往难以适应复杂多变的水文地质条件,容易出现漏水问题。而智能止水材料,如遇水膨胀橡胶止水条,能够在接触水后迅速膨胀,膨胀率可达300%以上,形成紧密的止水屏障,有效防止水的渗漏。这种材料具有自适应性、止水效果好等优点,为临水建筑基础施工提供可靠的止水解决方案。

### 4.2 监测技术升级

监测技术是确保临水建筑基础施工安全和质量的重

要手段。随着科技的进步,监测技术也在不断升级和完善。光纤传感系统是一种先进的实时监测技术,通过将光纤传感器埋入建筑结构中,实时监测结构的应变、温度等参数,精度高达±1με。这种技术具有测量精度高、抗干扰能力强、数据传输速度快等优点,能够为临水建筑基础施工提供实时、准确的监测数据,及时发现并处理潜在的安全隐患<sup>[4]</sup>。BIM(建筑信息模型)+GIS(地理信息系统)集成技术是一种将三维建模与地理数据相耦合的新技术。通过BIM技术建立建筑的三维模型,结合GIS技术提供的地理数据,可以预判水流冲刷路径、评估基础稳定性等,为临水建筑基础施工提供科学依据和决策支持。这种技术具有直观性强、信息量大、分析准确等优点,有助于提高施工效率和工程质量。

### 4.3 绿色施工技术

随着公众环保意识增强,可持续发展理念深入人心,绿色施工技术逐渐成为临水建筑基础施工的重要发展方向。生态护岸技术是一种兼顾稳定性与生态修复的绿色施工技术。通过采用椰纤维毯+植被混凝土等生态材料,有效保护河岸土壤、防止水土流失,同时促进植被生长、改善生态环境。这种技术具有环保、美观、耐用等优点,为临水建筑基础施工提供了新的生态护岸解决方案。碳减排工艺是另一种绿色施工技术。在河道疏浚过程中产生的淤泥,常被视为废弃物来处理。然而,利用这些淤泥烧制生态砖等建材,实现资源循环利用和碳减排。这种工艺不仅能降低施工过程中的废弃物排放,还能同时保护生态环境、降低建材的生产成本,这一双重效益不仅契合了“双碳”战略目标,更为建筑行业绿色低碳转型提供了可复制的技术路径。

结语:临水复杂地质环境下建筑基础施工需构建“勘察-设计-施工-监测”全周期技术体系,重点突破水流作用机理与结构响应机制。未来,随着智能监测、生态材料及多学科协同设计的深化,临水施工技术将向精细化、绿色化方向发展,为复杂地质环境工程建设提供可靠保障。

### 参考文献

- [1]叶毅然.浅析临水建筑工程基础施工技术的难点与解决方法[J].江西建材,2021,(12):170-172.
- [2]李非,于瓊华.房屋建筑地基基础工程施工技术要点分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(04):121-123.
- [3]黄克金.现代房屋建筑工程地基基础施工技术研究[J].工程技术研究,2025,10(01):83-85.
- [4]郭世强.房屋建筑施工中地基基础工程的施工技术处理措施[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(18):108-110.