

桥梁桩基及水中桩基施工技术要点和技术应用

刘 勇

新疆生产建设兵团交通建设有限公司 新疆 石河子 832017

摘要：桥梁桩基及水中桩基施工，施工前要做好地质水文详勘，精心设计评审方案，准备场地与平台。成孔与清孔时，要合理选工艺、用护壁技术、做好清孔与检测。钢筋笼制作安装与水下混凝土灌注要保证质量。水中桩基施工可采用围堰法、钢吊箱围堰技术，同时水下作业人员设备要求高，施工过程中还要重视环保，实现工程建设与环保协调发展。

关键词：桥梁桩基；水中桩基；施工技术要点；技术应用

引言：桥梁桩基及水中桩基施工是桥梁建设的关键环节，其施工质量直接影响桥梁的稳定性与安全性。施工涵盖前期准备、成孔清孔、钢筋笼与混凝土灌注等多方面，且水中桩基施工因环境特殊，面临更多挑战，需采用围堰法、钢吊箱围堰等特殊技术。同时，水下作业与环境保护也不容忽视。本文将深入剖析各环节技术要点，为桥梁桩基及水中桩基施工提供专业参考。

1 施工前准备与地质水文勘测

1.1 地质与水文条件详勘

在桥梁桩基及水中桩基施工前，精准且全面的地质与水文条件勘测是确保施工顺利推进与质量达标的关键基础。需综合运用钻探、物探等多种先进勘测手段，对施工区域展开细致入微的探测工作。通过钻探获取实地岩土样本，精确测定岩土力学参数，清晰了解地质构造特征；借助物探技术，进一步补充和验证地质信息，确保数据的完整性与准确性。对于水中桩基，勘测要求更为严苛，除常规地质参数外，还需详细测定水深、流速、水位变化规律，明确冲刷线位置以及河床地形地貌。这些详尽的数据，将为后续科学合理地选择施工方案、精准搭设施工平台提供坚实可靠的依据，有效规避施工风险^[1]。

1.2 施工方案设计与评审

在完成详尽的地质水文勘测并掌握相关数据后，要依据勘测结果和桥梁设计要求精心制定专项施工方案，桩型选择虽与设计关联紧密，但在施工方案环节同样至关重要，需综合考量多方面因素。设计上，要结合桥梁整体受力体系与长期性能要求，初步确定桩型方向；而施工层面，则需进一步结合现场实际地质条件、承载能力需求以及施工可行性，从摩擦桩、端承桩、复合桩等类型中精准选定。此外，成孔工艺要结合桩型与地质状况，选择冲击成孔、回旋钻进成孔或旋挖成孔等工艺；

护壁方式依据地层稳定性和地下水情况，选用泥浆护壁、钢套筒护壁等；混凝土配合比严格遵循强度、耐久性等指标设计；施工流程清晰规划各环节顺序与衔接；同时制定完善的应急预案，应对塌孔、涌水等突发状况。对于复杂水域的桩基施工方案，还需组织专家严格评审，确保方案科学合理、安全可行。

1.3 施工场地与平台准备

在桥梁桩基及水中桩基施工前，科学合理的施工场地与平台准备是保障施工有序开展的重要前提。对于陆上施工场地，要严格落实“三通一平”工作，即确保施工区域内的道路畅通，以便各类施工车辆和设备顺利进出；保证水电供应通畅，满足施工过程中的用电和用水需求；实现通信畅通，保障施工信息的及时传递与沟通；同时对场地进行平整处理，清除杂物、障碍物，使场地达到适宜施工的平整度，为后续桩基施工创造良好的基础条件。而对于水中桩基施工，由于施工环境的特殊性，需搭设稳固可靠的作业平台。常见的平台形式有钢管桩平台和船舶平台等，这些平台要具备足够的强度和稳定性，能够承受钻孔、混凝土灌注等作业过程中产生的各种荷载，为水中桩基施工提供安全、稳定的作业载体。

2 桩基成孔与清孔关键技术

2.1 成孔工艺选择与应用

在桩基施工过程中，成孔工艺的选择与应用直接关乎桩基的质量与施工效率，必须依据具体的地质条件进行科学、合理的抉择。（1）冲击钻成孔工艺凭借其强大的冲击力，在应对卵石层、岩层等坚硬地层时表现出色。通过钻头的反复冲击，能够有效破碎岩石和卵石，实现成孔目的，但其施工速度相对较慢。（2）旋挖钻成孔工艺则适用于粘土、砂土层等相对软弱的地层。它利用旋挖钻斗的旋转切削作用，快速将土层挖出，具有施

工效率高、成孔质量好等优点，能大幅缩短施工周期。

(3) 回旋钻机成孔工艺具有广泛的适应性，可应用于各种地层。尤其在深水大直径桩基施工中，回旋钻机能够稳定、高效地完成成孔任务。(4) 无论采用何种成孔工艺，都需严格把控钻孔质量。要利用专业的测量仪器和检测方法，精确控制钻孔的垂直度，确保桩身的稳定性；合理控制孔径大小，保证桩基的承载能力；准确控制钻孔深度，使其符合设计要求，为后续的清孔及混凝土灌注等工序奠定坚实基础^[2]。

2.2 护壁技术

在桩基成孔作业中，当遇到松散、易塌孔的地层时，采取行之有效的护壁措施至关重要，这直接关系到成孔质量以及后续桩基施工的安全与稳定。泥浆护壁作为最为常用的护壁方法，具有显著的优势和广泛的适用性。其核心在于调配出优质的泥浆，像膨润土泥浆就是较为理想的选择。膨润土具有良好的造浆性能，能够形成稳定、粘稠的泥浆体系。在成孔过程中，将调配好的泥浆注入孔内，泥浆凭借自身的液柱压力，巧妙地平衡孔壁周围的土压力和水压力，避免孔壁因压力失衡而出现坍塌现象。同时，泥浆中的细小颗粒会在孔壁上逐渐沉积，形成一层致密的泥皮。这层泥皮如同坚固的“防护衣”，不仅能有效阻止孔内泥浆与孔外地下水的相互渗透，减少泥浆流失，还能进一步增强孔壁的稳定性，为后续的钢筋笼下放、混凝土灌注等关键工序创造良好的条件，确保桩基施工能够顺利、高效地进行。

2.3 清孔与成孔检测

桩基成孔作业完成后，清孔与成孔检测是保障桩基质量的关键环节。清孔的主要目的在于彻底清除孔底沉渣，因为沉渣过厚会显著降低桩端承载力，影响桩基的稳定性和安全性。(1) 常见的清孔方法有多种，其中换浆法是通过向孔内注入优质泥浆，利用泥浆的循环流动，将孔底的沉渣携带出孔外，从而降低沉渣厚度；抽渣筒法则利用抽渣筒直接将孔底的沉渣抽出，适用于沉渣量较大或泥浆性能不佳的情况。(2) 清孔作业完成后，需立即使用专业的探孔器对成孔质量进行全面检测。探孔器能够精确测量孔径大小，确保其符合设计要求，避免因孔径偏差影响桩基的承载能力；同时检测孔深，保证桩基的有效长度；还要严格检测垂直度，防止桩身倾斜影响桩基的整体稳定性。只有当孔径、孔深和垂直度等各项指标均检测合格后，方可进行下一道工序，以确保桩基施工的质量和安全。

3 钢筋笼制作安装与水下混凝土灌注

3.1 钢筋笼制作与安装

钢筋笼是桩基的关键构成，其制作与安装质量直接影响桩基承载能力与耐久性。(1) 制作环节，需在专门胎架开展标准化作业。胎架为钢筋笼组装提供稳定精准基准，保障尺寸符合设计，各钢筋间距、位置精准。焊接工序极为关键，应依据钢筋材质、规格等，选用合适焊接工艺与焊条，如二氧化碳气体保护焊等，保证钢筋焊接牢固，焊缝饱满、无气孔裂纹，增强整体强度。

(2) 安装时，借助吊装设备将钢筋笼缓慢垂直下放至孔内，严格控制下放速度，避免冲击孔壁致坍塌或变形。长桩钢筋笼常分段制作，在孔口连接。连接方式有机械连接与焊接，二者均要严格符合规范。机械连接时，要确保连接件质量合格，套丝长度、丝头精度等关键技术指标满足要求，保证钢筋笼整体性与受力性能，从而保障桩基质量。

3.2 水下混凝土灌注技术

在桩基施工中，水下混凝土灌注是确保桩基质量的核心步骤，导管法是常用且有效的方式。导管作为混凝土输送的“生命线”，其密封性容不得半点马虎。(1) 灌注前，必须对导管进行全面细致的检查，开展严格的密封试验，杜绝任何渗漏隐患，防止泥浆趁虚而入污染混凝土。(2) 初灌是成败的关键“首战”。导管底端埋入混凝土的深度要精准把控，一般不小于1米且不宜大于3米。合适的埋深能形成稳固的混凝土柱，凭借足够压力将导管内泥浆彻底排出，保障桩端混凝土纯净无杂质。

(3) 灌注期间，要时刻紧盯导管埋深，让其始终保持在混凝土面以下2-6米。同时，匀速提升导管是关键，提升速度要与混凝土灌注速度完美匹配。若提升“冒进”，混凝土易脱空，断桩隐患随之而来；若提升“迟缓”，导管埋深过大，灌注阻力剧增，堵管风险陡增。唯有精准控制，才能确保混凝土灌注的连续性和整体性，为桩基的稳定与承载筑牢根基^[3]。

3.3 桩头处理与质量检测

在桩基水下混凝土灌注作业圆满完成，为确保桩身质量达到设计标准，桩头处理与质量检测环节不容忽视。(1) 在混凝土初凝前，需按照设计要求超灌一定高度，这一举措能够充分保证桩顶混凝土在后续施工及使用过程中，不会因沉降、收缩等因素导致有效桩长不足，影响桩基的承载能力。待混凝土强度达到设计要求后，采用专业设备凿除顶部浮浆层，也就是桩头部分，直至露出坚实、密实的混凝土，为桩基与上部结构的可靠连接创造良好条件。(2) 桩身质量的验证则需借助先进的无损检测法。低应变法通过在桩顶施加低能量的瞬态或稳态激振，检测桩身的完整性，判断是否存在缺陷

及其位置；声波透射法则利用声波在混凝土中的传播特性，对桩身混凝土的质量进行全面、细致的检测，能够准确发现桩身内部的裂缝、夹泥等缺陷。通过这些无损检测方法，可全面、精准地评估桩身质量，为工程的安全与稳定提供坚实保障。

4 水中桩基特殊施工技术应用

4.1 围堰法施工技术

在水中桩基施工过程中，当处于浅水区或者承台位置较低的状况时，围堰法是创造干施工环境的有效手段。其中，钢板桩围堰和双壁钢围堰是应用较为普遍的两种形式。（1）钢板桩围堰具有施工便捷、可重复使用等优点，它通过打桩设备将钢板桩逐根打入土中，形成封闭的围护结构。而双壁钢围堰则凭借其刚度大、防水性能好的特点，适用于水深较大、流速较快的情况，一般先在岸上制作成整体或分段，然后浮运至桩位下沉就位。（2）围堰法施工的关键要点众多。在围堰下沉阶段，要严格控制下沉速度和垂直度，避免出现倾斜或偏移；着床时需确保围堰底部与河床紧密贴合；封底混凝土浇筑要均匀、密实，防止渗漏；抽水后，要根据围堰所受的水压力、土压力等情况，合理设置内部支撑体系，进行可靠的支护，从而全方位确保围堰在水压力作用下的密封性与稳定性，为水中桩基施工提供安全、干燥的作业空间^[4]。

4.2 钢吊箱围堰施工技术

在高桩承台的水中桩基施工中，钢吊箱围堰技术得到了广泛应用。该围堰通常在工厂内进行标准化预制，这种工厂化预制方式能精准控制构件的尺寸精度与质量，有效避免现场施工可能带来的误差与质量波动。

（1）预制完成后，利用大型起重设备将钢吊箱整体吊装下沉至设计标高。在吊装下沉过程中，需借助精密的测量仪器和专业的定位技术，确保钢吊箱精准就位，严格控制其平面位置和垂直度，防止出现偏移或倾斜，影响后续施工。（2）钢吊箱就位后，进行水下混凝土封底作业。通过合理布置导管，采用多点同时灌注的方式，保证封底混凝土均匀、密实，形成可靠的密闭空间，为承台施工创造干燥、稳定的环境。该技术凭借其良好的结构性能，能有效抵抗水流的冲击力，尤其适应深水作业环境，保障了高桩承台水中桩基施工的顺利进行与质量安全。

4.3 水下作业与环境保护

水中桩基施工过程里，水下切割、焊接、检查等特种作业不可或缺，这些作业对人员和设备均提出了极高的要求。（1）从事水下作业的人员，不仅需具备专业的潜水技能，还要经过严格的水下特种作业培训，熟练掌握水下切割、焊接等操作技巧，拥有应对水下复杂环境和突发状况的能力。而水下作业设备，如潜水装备、水下焊接与切割设备等，必须性能可靠、质量优良，且要定期进行维护和检测，确保在水下能稳定运行，保障作业的顺利进行与人员安全。（2）施工过程中必须高度重视环境保护。施工产生的泥浆、油污等若直接排入水体，会对水域生态环境造成严重污染。因此，要采取一系列有效措施，如设置泥浆循环处理系统，对泥浆进行净化处理后再排放；采用防油污泄漏设备，防止油污进入水中，切实保护好水域生态环境，实现工程建设与环境保护的协调发展^[5]。

结束语

桥梁桩基及水中桩基施工是一项系统且复杂的工程，从前期的地质水文勘测、施工方案制定，到成孔、护壁、清孔，再到钢筋笼制作安装、水下混凝土灌注，每个环节都紧密相连、至关重要。特殊施工技术如围堰法、钢吊箱围堰技术为复杂水域施工提供了有效解决方案，而水下作业与环境保护措施则体现了工程的人文关怀与可持续发展理念。只有严格把控每个环节的质量，遵循科学规范的施工流程，充分考虑环境因素，才能确保桩基工程的稳定性与安全性，为整个桥梁工程的高质量建设奠定坚实基础，推动基础设施建设不断迈向新高度。

参考文献

- [1]林晨飞.桥梁施工中桩基础施工技术要点分析[J].建筑与预算,2023(6):80-82.
- [2]李志国.桥梁工程桩基础施工关键技术[J].交通世界,2022(28):131-132.
- [3]王年根.桥梁桩基施工技术及混凝土施工建设质量控制措施[J].工程技术研究,2021,6(17):93-94.
- [4]刘昊栋.公路桥梁桩基施工质量影响因素分析及防治措施[J].四川水泥,2022(7):228-230.
- [5]张旭斌.桥梁桩基施工中的常见问题及技术要点研究[J].工程建设与设计,2022(14):234-236.