滨海沉积区特大桥超长桩基施工技术

田国勋¹ 张银宸²

1. 浙江交工路桥建设有限公司 浙江 杭州 311300

2. 宁波甬台温交通发展有限公司 浙江 宁波 315100

摘要：滨海沉积区特大桥的超长桩基施工是现代桥梁建设中的一项技术难题，由于该地区地质条件复杂，包括软弱土层、含水层以及沉积土等，传统的桩基施工方法难以应对这些挑战，本文深入分析了超长桩基施工的背景与必要性，探讨了针对滨海沉积区复杂地质环境的施工技术，通过智能化设备的应用、地质适应性优化等措施，提高了施工效率、确保了施工安全，并通过创新工艺的引入解决了施工中的难点，最后本文提出了加强质量控制与监测的重要性，为类似项目的桩基施工提供了参考和指导。

关键词：超长桩基；滨海沉积区；施工技术

引言：随着城市化进程的加快，特大桥在交通建设中扮演着越来越重要的角色，而在滨海沉积区进行特大桥建设时，超长桩基施工成为了一个亟待解决的技术问题。滨海沉积区的土壤和地下水条件异常复杂，传统桩基施工技术往往无法应对这些地质挑战，为了确保桥梁的结构安全与稳定，超长桩基施工技术的应用显得尤为重要^[1]，本文旨在分析滨海沉积区特大桥桩基施工中的技术需求与施工难点，探索合理的技术解决方案，并结合智能化设备应用、工艺创新等方面提出优化措施，最终实现高效、安全、可持续的桩基施工。

1 超长桩基施工技术的背景与必要性

1.1 滨海沉积区的地质特点与工程挑战

滨海沉积区通常是指那些地处海岸线或河口地带的区域，这些地方的土壤主要由沉积物组成。由于这些区域通常经历了长时间的水流作用，地质条件较为复杂。滨海沉积区的土质一般较软，土层松散，且含水量大，水文地质环境也非常复杂^[2]。许多地区地下水位较高且易受潮汐变化影响，导致地基稳定性面临较大挑战。

由于地基承载力较低，施工时难以确保桩基的稳定性与持力性，因此桩基的长度往往需要加长，甚至达到超长桩基的标准。除此之外，海域内的水流、风力以及潮汐的变化也可能影响施工进度和质量，甚至在某些时候给施工带来安全隐患。这些因素都需要在设计阶段加以充分考虑，以确保工程的顺利推进，此外，滨海沉积区的地质环境也可能导致局部地质异常，可能存在不规则的沉积层、隐匿的岩层等，这些都增加了工程设计和施工的难度。

1.2 特大桥建设对超长桩基施工的技术需求

特大桥作为大规模工程建设中的重要项目，对施工

技术的要求极为严格。与普通桥梁不同，特大桥通常需要跨越复杂的地理和水文条件，尤其是在滨海沉积区这样的环境中，施工过程中对桩基的要求更为苛刻。特大桥的建设需要确保桥梁基础的承载能力和稳定性，这就要求桩基的设计必须能够适应复杂的土质环境。在传统桩基的基础上，超长桩基的引入，使得桩基的深度和长度大大增加，能够更好地穿透松软的沉积层，抵达坚实的岩土层，从而提高桥梁的承载力。此外，特大桥对桩基的精确施工也提出了较高的要求，施工时必须保证桩基的垂直度和平整度，以防止桩基发生倾斜或不均匀沉降，影响桥梁的稳定性。在设计和施工过程中，超长桩基需要考虑的不仅是桩基本身的承载力，还要考虑到施工的安全性和环境保护问题。

1.3 超长桩基施工技术发展的趋势与意义

随着技术的不断进步和工程需求的不断变化，超长桩基施工技术也在不断发展。近年来，随着材料科学、钻孔技术、自动化设备的不断发展，超长桩基施工技术已逐渐从传统的人工操作向更加智能化、机械化的方向发展。先进的钻孔和混凝土灌注技术的应用，使施工过程更加高效精确，显著提高了工程质量和施工进度。

智能化施工设备的出现，使得施工现场能够实时监测桩基的施工状态，自动化控制系统能够根据现场数据对施工过程进行精确调整，从而提高了施工的安全性和准确性。同时，超长桩基技术的发展，也促进了桥梁建设在复杂环境中的应用，特别是在滨海沉积区这类地质条件较差的地区，超长桩基的应用确保了基础设施建设的顺利进行，极大地推动了特大桥等重大工程项目的发展，这一技术发展的趋势不仅仅是对施工效率的提升，也是在应对日益复杂的地质环境和施工挑战中，保障工

程质量和施工安全的必要手段。

2 滨海沉积区特大桥超长桩基施工的关键技术

2.1 钻孔灌注桩技术，提升施工质量

钻孔灌注桩技术作为一种常见的桩基施工方法，已广泛应用于各类桥梁、建筑等基础设施建设中。该技术通过在地面钻孔，并将混凝土灌注至孔内，形成稳定的桩基结构。对于滨海沉积区的特大桥建设而言，钻孔灌注桩技术尤为重要，因为它能够有效穿透软弱的沉积层，达到稳定的岩土层，从而提供强大的支撑力^[3]。

在实际施工过程中，钻孔灌注桩不仅需要考虑到孔位的精准定位，还需要保证灌注过程中混凝土的均匀性和强度。由于滨海沉积区的土层常常具有较高的水分含量，钻孔过程中容易发生坍塌，因此，施工人员需要使用高效的防护技术，确保孔壁稳定，并且避免地层水流对施工造成不良影响，此外，钻孔灌注桩技术还能够通过多次灌注、振动等手段，改善桩体的整体质量，通过控制桩身的密实度和强度，能够有效提升施工质量，确保桥梁结构的长期稳定性。

2.2 地质适应性优化，确保施工安全

在滨海沉积区，地质环境的复杂性要求桩基施工技术具备较强的地质适应性。滨海沉积区常见的地质条件包括松散的沉积物、软弱的黏土层、复杂的含水层以及潜在的软土和填土层等，这些因素对桩基的设计与施工过程构成了严峻的挑战。

地质适应性优化不仅仅是针对桩基设计的合理性，还包括对施工过程中可能出现的地质异常进行及时预警和调整。这意味着，工程师在设计桩基时，必须对不同土层的承载力、压缩性、变形特性等方面进行详细分析，特别是在面对软土、膨胀土等不良土质时，要采用针对性的设计手段^[4]。

为了提高桩基设计的科学性和精准度，通常需要进行详尽的地质勘察工作。对施工区域进行详细的勘察和钻探，能够获取不同深度土层的详细信息，包括土质类型、密实度、承载力、地下水位等数据。这些勘察数据为后期的桩基设计提供了宝贵的参考依据。勘察工作不仅要涵盖地面层，还应深入到较深层次，确保桩基设计能够覆盖整个地质断面，从而避免设计不当导致的地基不均匀沉降或其他工程事故。

2.3 智能化设备应用，提高施工效率

随着科技的进步，智能化设备的广泛应用在特大桥桩基施工中扮演了日益重要的角色。尤其是在滨海沉积区这种复杂环境中，智能化设备能够有效提高施工效率，减少人为误差，提高施工的精准度和安全性。现代

桩基施工不仅仅依赖传统的机械设备，还越来越多地融入了自动化、信息化和智能化的技术，推动了施工技术的全面升级。

智能化设备的应用，首先体现在施工过程的实时监测和数据采集上。通过在桩基施工过程中部署传感器、激光扫描仪、自动化钻孔设备等，施工单位能够实时监控桩孔深度、孔径、桩基的垂直度等重要施工参数。这些设备能够精确测量土壤和桩基的相互作用，及时捕捉到任何可能影响桩基施工质量的异常情况，为施工过程中的调整提供科学依据。尤其是在滨海沉积区，地质条件多变，潮汐的变化也会影响土壤的承载力，智能化设备可以帮助施工团队应对这些动态变化，确保施工顺利进行。

智能化设备的应用还在自动化施工方面取得了显著进展。比如，自动化钻孔设备能够根据实时数据精确控制钻孔的深度和方向，减少人工操作带来的误差。这些设备通过计算机控制系统，能够实现全程自动化作业，不仅提高了施工精度，还大幅度提高了施工效率。传统的桩基施工过程可能需要人工干预，操作过程较为繁琐且容易出现偏差，而智能化设备的应用使得桩基施工可以更加精准和高效。

3 超长桩基施工中的难点与解决对策

3.1 复杂地质环境，科学设计方案

在滨海沉积区进行特大桥桩基施工时，最为关键的挑战之一是复杂的地质环境。由于该区域通常包含软土层、填土层、地下水丰富及不均匀沉积层等特殊地质条件，桩基的设计与施工面临巨大压力。软土和沉积土的承载力相对较低，这对桩基的深度、直径以及位置提出了严格的要求。针对复杂的地质环境，科学的设计方案尤为重要。首先，在桩基设计前期，地质勘察是基础工作，施工单位必须通过钻探、地质雷达等技术手段进行深入勘察，以掌握土层的深度、承载力及水文状况。这一阶段的成果将为桩基的设计提供准确数据支持。

在桩基设计过程中需要特别考虑滨海沉积区潮汐变化、风暴潮等因素对施工的影响，确保桩基设计具有较高的抗浮力和抗倾斜能力。因此，桩基设计不仅仅局限于荷载传递，还要考虑到环境因素的变化。在设计时，还应预留一定的安全裕度，以应对可能的地质变化，保证桥梁的长期稳定。在施工方案的制定中还应结合现代化的地质适应技术。比如，使用钻孔成像技术、孔壁稳定性监测设备等，实时监测桩基施工过程中的变化，及时调整施工参数，确保设计方案能够在实际施工中有效实施。

3.2 超长桩基施工, 创新工艺优化

在超长桩基的施工过程中, 传统的施工工艺往往难以满足施工要求, 尤其是在滨海沉积区这样复杂的地质环境中, 施工难度更是倍增。超长桩基施工不仅要求高精度的定位和施工技术, 还面临着桩体沉降、倾斜以及施工过程中的各种突发性问题。因此, 创新工艺的引入和优化成为提升施工质量与效率的重要途径。

针对超长桩基的施工深度和施工周期, 传统的桩基施工方法如机械打桩和钻孔灌注桩技术在深度较大时容易出现施工效率低、精度差等问题。为了应对这一挑战, 现代超长桩基施工采用了多种创新技术, 比如深孔钻进技术、高效灌注技术以及自动化桩基定位技术。

在灌注过程中采用了改良的自动化灌注设备, 以确保混凝土的均匀灌注和质量控制。自动化灌注技术可以在灌注过程中实时监控混凝土的流动性和强度, 避免因灌注不均匀或材料质量问题而造成的桩基缺陷, 此外, 针对超长桩基施工中可能出现的地下水渗漏和土层不均匀等问题, 创新工艺还涉及到了桩基周围土层的加固技术。比如, 利用水泥浆注入技术或化学加固剂, 对桩基周围的松软土层进行加固, 提高土层的承载能力。

3.3 质量控制与监测, 确保工程稳定

在超长桩基施工过程中, 质量控制与监测是确保工程稳定的关键环节。尤其在滨海沉积区, 复杂的土层和水文地质条件使得桩基施工更加复杂, 任何质量上的疏忽都可能导致严重的工程问题。因此, 必须建立一套完善的质量控制与监测体系, 从设计、施工到验收的每个环节都要进行严格的质量把关, 确保桩基施工符合设计要求, 保障桥梁结构的长期稳定性, 在设计阶段, 除了确保桩基结构满足荷载要求, 还需考虑施工过程中可能遇到的地质异常, 进行前瞻性的设计优化。

施工阶段的质量控制则要求施工单位严格按照设计图纸和施工规范执行, 尤其在桩基钻孔、灌注等环节, 必须确保每个环节的操作精度。施工过程中, 应采取实时监测技术, 对桩基的垂直度、深度、钻孔质量等进行监控。通过现代化的测量设备, 如激光测量仪、全站仪等, 可以精确测量桩基的施工质量, 确保每根桩基达到设计要求, 此外, 施工过程中的桩基质量检测也至关重要。通常在桩基施工完成后, 需要进行桩基承载力的检测, 常见的检测方法包括静载试验、动力试验等, 这些检测手段能够有效评估桩基的承载力和稳定性, 确保其能够承受桥梁的长期荷载。同时, 不能忽视土层稳定性的监测。在滨海沉积区, 地下水位变化和潮汐影响都可能对桩基施工造成不利影响。

结论: 滨海沉积区的复杂地质环境对超长桩基施工技术提出了极大的挑战。随着技术发展, 特别是智能化设备和创新工艺的应用, 桩基施工逐步克服了这些难题。通过科学的设计方案与地质适应性优化, 施工过程中能够有效减少风险, 确保桩基的稳定性与安全性, 此外, 智能化设备的引入提升了施工效率, 减少了人为误差, 为项目的顺利推进提供了有力保障。

参考文献

- [1]李世平,寇鹏,阙正义,等.滨海地区软弱地层水中超长桩基塌孔处理技术[J].施工技术,2021,50(12):93-95.
- [2]罗先福,邓安,何蕃民,等.某滨海地区超长灌注桩后注浆桩基原位测试[J].四川建材,2022,48(2):95-96.
- [3]陈晓鸿.滨海沉积区特大桥超长桩基施工技术[J].广东土木与建筑,2019,26(5):65-67.
- [4]牛涛.PDA在热带滨海地带大长细PHC桩基施工中的应用探讨[J].智能建筑与工程机械,2023,5(11):84-86.