

城市地铁段桥梁桩基施工技术应用

徐 进

中铁城市发展投资集团有限公司 四川 成都 610041

摘 要：本文探讨了城市地铁段桥梁桩基施工技术的应用，桩基作为桥梁基础的关键部分，主要分为端承桩与摩擦桩，以及灌注桩与沉入桩等类型，并且介绍了城市地铁段桥梁桩基施工方法。本文还关注了施工前的准备、质量控制、验收与监测，以及在特殊地质条件下的施工技术，在环保与可持续发展要求下，桥梁桩基施工领域正逐步实现绿色化、高效化和可持续性，采用环保材料和封闭式施工方式，提升桥梁的安全性和使用寿命。

关键词：城市地铁；桥梁；桩基施工；技术；应用

引言

城市地铁段桥梁作为城市交通的重要组成部分，其桩基施工技术的优劣直接关系到桥梁的安全性和稳定性。桩基作为桥梁基础的核心，不仅要求具备强大的承载力，还需适应多样化的地质条件和施工环境。随着城市建设的快速发展，桥梁桩基施工技术也在不断创新和完善。本文旨在深入探讨城市地铁段桥梁桩基施工技术的应用，为桥梁建设提供技术参考和支撑。

1 桩基的分类与特点

1.1 桩基的分类

桩基作为土木工程中不可或缺的基础形式，其分类与特性因受力机制及施工技术的多样性而各具特色，为各类工程项目提供了稳固的支撑，桩基主要分为端承桩与摩擦桩两大类。端承桩凭借其独特的承载力传递方式，在桥梁、高层建筑等重型结构的基础工程中扮演着关键角色。它通过桩底直接嵌入坚硬岩层，利用岩层提供的强大支撑力，确保结构体系的稳固与安全。这种桩基形式尤其适用于岩层较浅、土层较厚的地质条件，能够充分发挥地下岩层的力学优势，提升基础的承载能力，施工端承桩时要对地质条件进行精确勘探，确保桩底准确嵌入岩层，以达到预期的承载效果。与端承桩不同，摩擦桩则侧重于通过增大桩身与周围土层的接触面积来分散并承受上部荷载，它主要适用于土层较厚、岩层埋藏较深的区域，其承载力来源于桩身与土层间的摩擦力。摩擦桩展现出卓越的环境适应性，能在复杂地质条件下保持稳定的承载性能。在施工过程中，摩擦桩通常通过旋转、挤压等方式，使桩身与土层紧密结合，从而提升摩擦力，增强承载效果。根据施工方法的不同，桩基还可进一步细分为灌注桩与沉入桩。灌注桩的施工过程相对复杂，需人工或机械挖孔后灌注混凝土，形成坚实桩身。尽管工艺要求较高，但灌

注桩能灵活调整桩径、桩长等参数，满足工程项目的多样化需求，在高层建筑、大型桥梁等高精度基础工程中应用广泛^[1]。

1.2 桩基的特点

桩基，作为城市地铁段桥梁深基础的核心构成，凭借其在承载力、稳定性及适应性方面的卓越表现，在桥梁建设领域占据举足轻重的地位。其出色的承载力源自其穿透软弱覆盖层，直接将上部荷载传递至坚硬岩层的能力，这一独特优势不仅大幅提升了桥梁的负载能力，确保了重载下的安全稳定，而且通过精细化的桩径、桩长和桩型设计，桩基能够灵活适应多样化的地质条件与桥梁荷载需求，实现从设计到施工的高度定制化。在稳定性方面，桩基同样表现优异，它通过有效分散上部荷载至地基大面积区域，显著降低了地基的局部变形与沉降风险，确保了桥梁在极端气候与复杂地质环境下的稳定运行。桩基的稳定性不仅体现在对常规荷载的可靠承受，更在于其能在地震、洪水等自然灾害面前，为桥梁提供坚实的支撑，减轻灾害对桥梁结构的影响，保障交通的顺畅。此外桩基还展现出广泛的适应性，无论是软弱土层、岩层破碎还是其他复杂地质条件，桩基都能通过调整桩身参数、选用适宜施工方法等手段，从容应对各种挑战，确保桥梁在各种不利环境下的稳固与安全。

2 城市地铁段桥梁桩基施工方法

灌注桩以钻孔灌注桩为核心，利用旋挖钻机或正循环钻机高效成孔，通过控制钻进参数确保成孔质量；清孔后植入预制钢筋笼并灌注混凝土，要严格把控配比、振捣及排气工艺以保障桩身强度。沉入桩则包含锤击、振动、静压三种工艺，锤击法凭借速度快、成本低优势适用于工期紧项目，但需控制锤击力度减少对周边影响；振动法利用高频振动高效沉桩，对土体扰动小；

静压法通过液压设备平稳压桩，具有低噪音、高稳定性特点，尤其适合环保要求高的场景，但是这三类方法都需要严格检测预制桩质量，精准控制沉桩深度与速度，确保桩基承载力和施工安全性。

3 城市地铁段桥梁桩基施工技术的应用

3.1 施工前的准备工作

第一，地质勘察与测量是确保施工顺利进行的前提，通过对施工现场的详尽勘察，可以全面把握地质条件、土层分布及地下水位等关键信息，为后续桩基施工提供坚实的地质支撑。同时，精确的测量工作为桩基施工提供了准确的定位，确定了桩基的具体位置、深度和直径等关键参数，有效避免了施工误差和偏差。第二，基于地质勘察与测量的结果，要制定一份详细周全的施工方​​案，施工方案需涵盖施工方法的选择、机械设备的配置、施工进度安排以及施工质量控制措施等多个方面，并充分考虑施工现场的实际情况和地质条件，确保方案的合理性和可行性，而且施工方案还须具备灵活性和可调整性，以应对施工过程中可能出现的突发情况和挑战。第三，施工材料的准备同样重要，需根据设计要求准备好钢筋、混凝土、钻具、挖土工具等施工所需材料，并严格把控材料的质量和数量，确保符合施工要求，还需对材料进行妥善保管和堆放，防止受潮、锈蚀或损坏，以提高施工效率并保障施工质量和安全^[2]。

3.2 施工过程中的质量控制

第一，钻孔或挖孔作业的质量控制是基础，要求操作人员凭借高度的专业技能和责任心，利用先进设备和技术严格控制垂直度和孔径，确保精度和稳定性，同时及时清理孔内泥土和石块以保持畅通，完成后要严格检测孔径和孔深，确保所有参数符合设计要求，为后续工序奠定坚实基础。第二，钢筋笼的制作与安装，要严格按照设计要求执行，包括钢筋规格、数量、间距和连接方式等，制作过程中需严格把控钢筋质量和尺寸精度，安装时确保位置准确、垂直度符合要求，并采取可靠固定措施防止移位或变形，安装完成后还需复核检测位置和垂直度，以确保桩基承载能力。第三，混凝土灌注作为核心步骤，其质量控制同样重要，需在灌注前彻底清孔，确保孔内无杂物和积水，灌注过程中严格控制速度和压力，实时监测坍落度和强度，确保质量符合设计要求，灌注完成后还需检测混凝土强度，以验证是否满足设计标准，为桩基长期稳定性提供保障。第四，施工安全控制不可或缺，必须严格遵守安全操作规程和制度，设立完善安全防护措施，配备必要安全设备和应急器

材，加强安全教育和培训，提高施工人员安全意识和应急处理能力，并定期进行安全检查和监控，及时发现和消除安全隐患，确保施工过程顺利进行，为桥梁桩基施工的顺利完成提供有力保障。

3.3 施工后的验收与监测

一是桩基验收，它利用先进的检测技术和设备，对桩基的位置、深度、直径等关键参数进行精确检测，并严格测试桩基的承载力和稳定性，以全面验证桩基是否符合设计要求，为桥梁的安全使用奠定坚实基础。二是沉降监测，通过对桥梁进行定期、精确的沉降监测，及时掌握桥梁的沉降和变形情况，有效发现并处理潜在安全隐患，防止桥梁结构损坏或安全事故的发生，同时沉降监测数据也为后续桥梁维护和保养提供了重要参考，有助于制定科学合理的维护计划，延长桥梁使用寿命。三是质量评估与反馈作为施工后的综合性工作，不仅全面检查施工质量，还严密监控施工过程并客观评估施工效果，通过深入剖析施工环节，揭示存在的问题和不足，为今后施工提供经验教训，并将评估结果及时反馈给相关部门和人员，以便及时采取措施改进优化，不断提升施工质量和效率，为城市地铁段桥梁建设事业的持续健康发展贡献力量。

3.4 特殊地质条件下的施工技术应用

在桥梁桩基施工过程中，面对软弱土层和岩层等特殊地质条件，必须采取针对性地加固、保护和施工技术措施。对于软弱土层，注浆加固技术是一种常用且有效的方法，通过向土层中注入加固材料，能够显著提升土层的整体强度和稳定性，为桩基提供坚实的基础。同时，为了减少施工对土层的扰动和破坏，可选择预制桩或沉管灌注桩等施工方法，这些方法不仅有助于控制土层变形，还能提高施工效率，在施工过程中要加强监测和控制工作至关重要，通过实时监测土层变形、桩基位置等关键参数，可以及时发现并纠正施工中的问题，确保施工质量和安全性。而在岩层中施工，则需面对更为坚硬和复杂的地质条件，此时需采用更为专业的钻孔设备和钻进方法，它们能够根据岩层硬度和特性选择合适地钻进参数和速度，确保钻孔精度和稳定性。在钻孔过程中，同样需要加强钻孔质量的监测和控制，通过实时监测钻孔直径、深度等参数，及时发现并处理钻孔问题^[3]。由于岩层中施工易导致钢筋笼移位或变形，还需采取增加固定点、使用专用固定设备等固定措施，确保钢筋笼在灌注混凝土时保持正确位置和形态，在桥梁桩基施工过程中，不同地质条件需采用针对性成桩工艺，如下表常见地质类型与适配工艺的对应关系。

表1 常见地质类型与适配工艺的对应关系

| 成桩工艺类型 | 施工方法 | 适用地质条件 |
|-----------|-------------|----------------------------------|
| 旋挖钻机钻孔灌注桩 | 灌注桩施工 | 复杂地层（如软硬不均、岩层较浅）、需高效环保施工的场所 |
| 正反循环钻机成孔 | 灌注桩施工 | 广泛适用，尤其适合出渣效率要求高、土层较厚的地质条件 |
| 锤击沉桩法 | 沉入桩施工 | 一般土层，工期紧张、预算有限的项目，需注意控制对周边环境的影响 |
| 振动沉桩法 | 沉入桩施工 | 对周围环境影响要求较高的项目，适合黏土、粉土等易振动密实的土层 |
| 静压沉桩法 | 沉入桩施工 | 需控制施工噪声和振动的项目，适合软土、松散砂土等易压入的土层 |
| 注浆加固技术 | 地基处理 | 软弱土层，用于提高土层强度和稳定性，减少桩基沉降 |
| 预制桩/沉管灌注桩 | 沉入桩施工（特殊地质） | 软弱土层，可减少对土层的扰动，提高施工效率 |
| 冲击钻/旋挖钻 | 钻孔灌注桩（岩层） | 坚硬岩层或岩性不均的地层，确保钻孔精度和稳定性，适用于端承桩施工 |

3.5 环保与可持续发展要求下的施工技术应用

材料选择方面，环保理念被置于核心位置，传统高环境成本的材料逐渐被再生混凝土、高性能混凝土等环保型混凝土材料所取代。再生混凝土通过回收利用废弃混凝土，不仅减少了建筑垃圾的产生，还彰显了循环经济的优势；而高性能混凝土则凭借其高强度、高耐久性和出色的工作性能，有效降低了材料用量和施工能耗，从而提升了桥梁桩基的质量和安全性。此外耐腐蚀、耐磨损的钢筋和钻具等材料的应用，也显著减少了因腐蚀、磨损产生的废弃物，减轻了对环境的长期负担。施工过程中封闭式施工方式成为主流，通过搭建隔音屏障、使用低噪声设备及严格的粉尘控制措施，施工现场的环境质量得到了显著提升。同时施工废弃物的处理和回收利用也备受重视，通过分类收集、无害化处理及资源化利用，实现了资源的最大化利用和环境的最小化影响，在施工技术层面，桥梁桩基施工领域同样展现出创新活力，预制桩、沉管灌注桩等施工方法的应用，不仅提高了施工效率，还显著减轻了对土层的扰动和破坏，

有效避免了水土流失和土壤污染问题。

结语

综上所述，城市地铁段桥梁桩基施工技术的应用涉及多个方面，包括桩基的分类与特点、施工方法、质量控制、验收与监测以及在特殊地质条件下施工的技术，在环保与可持续发展的背景下，桥梁桩基施工领域正在逐步实现绿色化、高效化及可持续性。未来，随着技术的不断进步和创新，桥梁桩基施工技术将进一步提升桥梁的安全性和稳定性，为城市交通的顺畅运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]任娜.既有城市高架桥梁桩基托换方案实用性研究[J].四川建筑,2023,43(4):96-99.
- [2]肖希.全回转套管钻机在横跨地铁车站桥梁拔桩施工中的应用[J].建材与装饰,2020(7):279-280.
- [3]阮小勇.桥梁桩基的门架式托换结构及工作特性研究[J].科技创新与应用,2022,12(31):82-88.