

市政桥梁施工中桩基施工技术研究

文 / 吴传武 武汉车谷建设投资有限公司

摘要：随着近几年我国城市化进程的不断推进，市政桥梁作为城市交通基础设施的重要部分，其施工质量的好坏会对城市交通的安全产生极大的影响。桩基作为市政桥梁的重要基础结构，在保障桥梁稳定性和承载能力方面发挥重要的作用。基于此，文章首先分析了桩基施工的重要性，接着将深入探讨市政桥梁项目中桩基施工技术的两大类：预制桩和灌注桩，最后通过对工程施工中常见问题的分析，提出具体的解决对策，旨在提高桩基施工技术水平。

关键词：市政桥梁；桩基施工技术；钻孔灌注桩；预制桩；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.062

引言

在城市交通网络中，市政桥梁占据重要地位，具体来说，既能够跨越河流、道路等障碍，还可有效缓解城市交通压力，进而促进区域间经济持续发展和交流。在现阶段市政桥梁建设中，桩基作为桥梁的重要部分，主要承担的是将桥梁上部结构的荷载传递到地基深处的任务。为确保工程施工质量，施工单位应合理应用桩基施工技术。

一、桩基施工的重要性

(一) 承载上部结构荷载

众所周知，桩基作为桥梁的基础（图一所示），能够将桥梁上部结构的荷载传递到地基深处，这样能够有效保障桥梁结构的稳定性和安全性。通过对桩基进行合理设计和施工，能够更好地承受水平荷载，进而避免桥梁出现沉降、倾斜等问题^[1]。



图一

(二) 适应复杂地质条件

在市政桥梁施工过程中，施工单位经常会遇到各种地质条件，包括软土地基、砂土地基、岩石地基等。桩基能够根据不同地质条件进行施工，具体而言就是通过对桩长、桩径和桩型等参数的调整，促使桥梁基础能够很好地适应各种复杂的地质环境，以此保障桥梁正常使用^[2]。

二、预制桩施工技术研究

(一) 振动法

振动法主要是利用振动锤产生的高频振动波将预制桩沉入土中的一种施工方法^[3]。该原理是基于振动波能

够对土壤颗粒间的粘结力进行破坏，促使原本紧密排列的土壤颗粒受振动作用的影响重新进行排列，致使颗粒间的空隙被压缩，土壤的密实度明显增加，这极大地降低土壤对桩身的阻力，最终达到沉桩的目的。振动法具有显著优势，表现为施工速度快、噪音小等，多适用于软土、砂土等颗粒间比较弱的地质条件。振动法施工中需要注意的控制点有以下几个方面：

1. 振动锤选择

根据桩规格（长、直径、材质）和地质条件进行确定。对于长桩、大直径桩需要使用大激振力振动锤（图二所示）；软土地基则需要选小激振力，砂土地基应选大激振力。以某市政桥梁工程为例，该工程中预制桩桩长为20m，直径为0.5m，桩身材质为C30混凝土，地质条件为砂土地基，经过计算和分析，选择了激振力为500kN的振动锤，施工效果良好。在选择振动锤时，还可参考相关公式来初步确定激振力F的大小： $F=k \cdot q_s \cdot u \cdot l$ 其中，k为经验系数，一般取值在1.2-1.5之间； q_s 为桩侧土的平均摩阻力，可通过地质勘察报告确定；u为桩身周长；l为桩长。



图二

2. 沉桩速度控制

软土地基需将沉桩速度控制在1—2m/min，而砂土地基则应控制在0.5—1m/min。具体施工期间应结合入土深度、土壤密实度和振动锤状态进行合理调整。

（二）静压法

静压法主要是借助静力压桩将预制桩压入土中，其优点表现为施工噪音小、对周围环境影响小等方面，通常用于城市中心或限制噪音振动工程及软土、粘土地质的建筑^[4]。该施工技术要点包括：

1. 压桩机选择

充分考虑桩规格和地质条件，以此在最大程度上确保最大压力桩承载力大于设计极限。例如，某桥梁工程桩径为0.8m，桩长30m，软土地基，整体设计极限承载力为3000kN，因此选择4000kN压桩机。在实际选择时，可适当参考相关公式，对压桩力库进行精准计算， $P=\gamma \cdot R_a$ 其中， γ 为安全系数，一般取值在1.2-1.5之间； R_a 为桩的设计单桩竖向承载力特征值。

2. 压桩速度

按照要求，应将压桩速度控制在0.5—1m/min，若过快则会导致土壤挤压过大，进而影响承载力；过慢则会增加成本。这就需要相关人员特别注意对压桩力变化的观察，一旦出现异常，要立即停压并分析处理。

三、灌注桩施工技术研究

灌注桩施工技术能够在不同地质条件下得到有效应用，具有良好的适应性，因而在市政桥梁工程建设中占据重要地位。该技术主要包括钻孔灌注桩、沉管灌注桩等。

（一）钻孔灌注桩

钻孔灌注桩主要是通过钻孔设备在桩基础位置进行钻孔，接着在孔内放置钢筋笼，随后浇筑混凝土，最终使得混凝土凝结成桩的一种施工方法^[5]。该施工技术原理是利用钻孔设备的钻头或冲击作用，将桩位处的土体进行破碎并排出，进而形成符合需求的桩孔。钻孔灌注桩具有承载力高以及适应性强等优势，主要用于复杂地质条件下的桥梁工程。这类施工技术要点主要包括：

1. 钻孔设备的选择

在这方面需要结合具体地质条件和桩规选旋挖钻机、冲击钻机等。一般来说，软土、砂土地基会选择旋挖钻机，而岩石地基则选择冲击钻机等。结合实际，对设备的扭矩需达到相应地质条件下破碎土体。为此，可按照相关公式对所需扭矩进行计算： $T=k \cdot f_c \cdot D^2$ 其中， k 为系数，根据地质条件和钻头类型取值，一般在0.1-0.3之间； f_c 为岩石或土体的抗压强度； D 为钻孔直径。

2. 钻孔直径和深度控制

准确把握直径和深度，偏差应控制在 $\pm 50\text{mm}$ 内，超钻0.5—1.0m。与此同时，还应实时测量深度、直径，以便能够及时对钻孔参数进行调整，从而避免缩径、扩径等情况出现。

（二）沉管灌注桩

沉管灌注桩主要是利用沉管设备将钢管或预制混凝土管沉入土层，接着在管内浇筑混凝土，待混凝土完全凝结后则可拔出沉管，最终形成灌注桩的一种施工方法。该技术原理是利用沉管设备产生的锤击、振动或静压等作用，将沉管沉入到设计深度，随后在管内开始灌入混

凝土。通过混凝土的不断填充和凝结，从而形成桩体。这一施工技术具有施工速度快、成本低等优点，多用于软土、粘土等地质条件。该施工技术要点包括：

1. 沉管设备的选择

对于沉管设备的选择，需要结合地质条件和桩的规格进行确定。一般来说，使用比较多的沉管设备是锤击沉管设备、振动沉管设备以及静压沉管设备等。针对软土设备，振动沉管设备和静压沉管设备比较适合，该设备可在较小噪音和振动下将沉管入土层。对比较硬的土层，锤击沉管设备效果更佳。因而在选择沉管设备时，首先要注重设备的沉管能力，具体来说就是设备能够将沉管沉入到设计深度的最大能力，而设备的沉管能力需大于沉管在相应地质条件下所受的阻力。沉管所受阻力可按照以下公式进行计算：

$$F = \sum_{i=1}^n q_{sik} \cdot u \cdot l_i + q_{pk} \cdot A_p$$

在该公式中， F 为沉管所受阻力； q_{sik} 为第 i 层土的桩侧极限摩阻力标准值； u 为沉管周长； l_i 为第 i 层土的厚度； q_{pk} 为桩端土的极限端阻力标准值； A_p 为沉管端部面积。

2. 沉管深度控制

按照具体设计要求明确沉管速度，这样可确保桩的承载力满足实际要求。在实际沉管过程中，可通过设置在沉管设备上的深度标尺或使用测量仪器对沉管的入土深度进行实时监测，同时做好记录。

四、桩基施工中常见问题及解决措施

（一）钻孔灌注桩施工中的问题及措施

1. 问题

（1）孔壁坍塌

桩基施工中出现孔壁坍塌问题主要受两个方面因素影响：一是泥浆性能不符合要求。泥浆作为钻孔灌注施工中维持孔壁稳定的重要因素，若在施工期间泥浆的比重、黏度以及胶体等指标未达标，则难以发挥出护壁作用。如，泥浆比重过小，其对孔壁的侧压力则不足，因而无法有效抵抗地层土压力，特别是在砂性土或砾石地层中，容易出现孔壁坍塌；泥浆过低，不能在孔壁表面形成致密的泥皮，这会导致地下水容易渗入孔壁，促使土体变软，进而发生坍塌事故；而胶体率低则说明泥浆中的固体颗粒容易沉淀，进而降低泥浆的悬浮能力和护壁效果。二是，钻进速度过快。在钻进环节中，过快的钻进速度会使得钻头对孔壁的切削力瞬间增大，进而破坏孔壁周围土体的原始应力平衡。

（2）桩身缩颈

桩身缩颈问题受以下几点因素影响：一是，混凝土灌注速度过慢。这一情况的出现会使得混凝土在桩孔内停留时间过长，进而造成混凝土坍落度损失过大。特别是桩身下部，因混凝土受到比较大的压力，坍落度损失会更快，

这极易出现离析和初凝现象,进而使得桩身直径变小,最终出现缩颈情况。二是,导管提升过快。在整个混凝土灌注过程中,导管的提升速度应与混凝土灌注速度相匹配。若导管速度过快,则会使得导管底部逐渐脱离混凝土表面,致使混凝土难以连续灌注,进而桩身会出现断桩或缩颈。

2. 解决措施

(1) 提高桩基施工泥浆护壁性能及稳定孔壁

首先,为进一步提高泥浆的护壁性能,施工单位应结合具体的地层条件,精确调整泥浆的比重。在砂性土等易坍塌底层,应将泥浆比重控制在1.2-1.4之间;而在黏性土地层,比重应适当降低在1.1-1.2。与此同时,施工人员可通过适当添加膨润土、羧甲基纤维素钠(CMC)等添加剂等,以此提高泥浆的黏度,确保其处于合理范围内,从而增加泥浆悬浮和护壁能力。其次,合理控制钻进速度。施工人员需对地质勘察报告进行深入分析,之后结合地层情况制定符合需求的钻进速度计划。在钻进环节中,若遇到不同地层时,应及时对钻进速度进行调整。比如,在松散地层中,应将钻进速度控制在0.5—1.0m/min;在较硬的地层中,施工人员需适当提高钻进速度,以免因钻压过大或钻速过快对孔壁造成冲击。最后,确保孔内水位稳定。

(2) 加强对混凝土灌注施工中的控制

首先,加快混凝土灌注速度,以此保证混凝土的连续性。施工人员在混凝土灌注前,应做好准备工作。根据要求,选择合适的混凝土配合比,这样能够提高混凝土的流动性和初凝时间。一般来说,初凝时间需控制在6—8h以上。在灌注期间,施工人员需根据桩径和桩长,对混凝土的灌注速度进行合理控制。其次,合理控制导管的提升速度。在混凝土灌注环节中,施工人员应严格按照施工规范和要求对导管进行提升。

(二) 预制桩施工中的问题及解决措施

1. 问题

(1) 桩身倾斜

桩身倾斜问题的出现受以下因素影响:一是,桩位不准确。施工人员在桩位测量放线期间,若测量仪器精度不足、测量方法不当或人员操作失误等,都会造成桩位偏差。另外,施工现场中场地条件复杂,如场面不平整、障碍物多等,同样会在一定程度上影响桩位的准确性。二是,桩锤或压桩机的垂直度不满足要求。在进行锤击或静压预制桩期间,桩锤或压桩机的垂直度会对桩身的垂直度产生直接的影响。一旦桩锤或压桩机在安装或使用环节中没有调整好垂直度,会使得桩身受偏心荷载的作用,进而出现倾斜情况。

(2) 桩身断裂

桩身断裂问题的出现受多方面因素影响,一是桩身质量未达到要求。预制桩在制作期间,若原材料质量不合格、混凝土配合比不当以及制作工艺不规范等,都会造成桩身质量存在缺陷。如,钢筋强度不足、腐蚀严重等,会严重影响桩身的承载能力,进而在锤击或静压过程中出现断裂。二是锤击或压桩力过大。在锤击或静压预制

桩时,如果锤击或压桩力已超过桩身的设计承载能力,则会使得桩身受到过大的应力,进而导致桩身断裂。

2. 解决措施

(1) 桩位测量与桩机垂直度的施工控制

首先,施工人员应准确测量桩位。在桩位测量前,应对测量仪器做好校准工作,以此保障测量仪器的精度达到相关要求。接着还要使用合理的测量方法,常用的有全站仪测量、GPS测量等,这样能够更好地提高测量结果的准确性。在测量期间,施工人员需严格按照设计图纸进行放线,对每个桩位进行精确测量和标记。与此同时,还要在施工现场设置明显的桩位标识。在施工前,应对桩位进行复核,确保桩位准确无误。其次,合理调整桩锤或压桩机的垂直度,以满足要求。在桩锤或压桩机安装期间,施工人员应使用水平仪等工具合理调整垂直度,确保桩锤或压桩机的垂直度没有超过规定范围。

(2) 预制桩施工的质量控制

施工单位应不断加强对预制桩的质量把控。在预制桩制作前,应对相关材料质量进行严格控制,按照要求对钢筋、水泥、砂、石等原材料进行检验,确保材料满足标准。同时,还要选择适合的混凝土配合比,根据具体设计要求和施工情况,明确水泥用量、水灰比以及砂率等参数。在制作期间,还要严格按照制作工艺进行,在最大程度上保障钢筋布置准确以及混凝土振捣密实。其次,注重对锤击或压桩力的控制。在锤击或静压预制桩前,施工人员应根据桩的设计承载能力和地质情况,选择适合锤的重量或压桩机的压力。

结语

综上所述,市政桥梁桩基施工技术的应用在保障桥梁工程质量和安全方面发挥重要的作用。因不同类型的桩基施工技术具有不同的特点和适应范围,所以施工单位在具体施工中需结合工程实际情况,选择最为适合的桩基施工技术,之后严格按照施工要求进行作业,以此保障桩基质量和安全,从而保障工程项目高质量完成,满足城市化发展需求。

参考文献

- [1] 李姮. 市政桥梁桩基施工中反循环钻成孔技术的应用研究[J]. 运输经理世界, 2020(17): 78-79.
- [2] 张文波. 市政工程中桥梁桩基施工技术的具体应用[J]. 科技视界, 2022(20): 66-68.
- [3] 崔鹏, 李浪清, 谭鑫贵, 等. 喀斯特地质条件下某市政桥梁桩基施工技术研究[J]. 工程技术研究, 2022, 7(6): 45-47.
- [4] 侯瑞勇. 市政道路桥梁施工中现场施工技术的应用与管理[J]. 现代交通与路桥建设, 2024, 3(4).
- [5] 王杨. 公路路基锚固桩快速施工关键技术及施工对既有桥梁的影响分析[J]. 建筑机械, 2024(11): 96-100, 104.

作者简介: 吴传武, 男, 1985. 12. 26, 汉族, 湖北武汉, 本科, 高级工程师, 研究方向: 市政工程、道路桥梁。