

# 钻孔灌注桩施工技术在城市轨道交通工程的质量控制及措施

饶树铭

铁四院（湖北）工程监理咨询有限公司

**摘要：**在城市轨道交通工程的建设过程中，地基基础工程稳定性一直都是关键问题，尤其是在城市地区，由于地质条件的多样性和地下设施的复杂性，常规基础工程方法难以满足施工需要。而钻孔灌注桩施工技术作为先进施工技术，在城市轨道交通工程中的应用逐渐受到广泛关注。因此，本文主要探讨城市轨道交通工程中钻孔灌注桩施工技术的原理、方法和质量控制措施，以期城市轨道交通工程开展奠定基础。

**关键词：**城市轨道交通；交通工程；钻孔灌注桩；施工技术；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.24.017

## 引言

城市轨道交通工程是现代城市交通建设中的重要组成部分，其基础工程质量直接影响交通系统的安全和可靠性。而在城市地下交通建设中，钻孔灌注桩施工技术作为一种关键的基础施工方法，在确保工程质量的同时也对工程进度具有重要影响。

## 一、钻孔灌注桩施工技术概述

旋挖钻孔灌注桩施工技术是城市轨道交通工程中常用的基础施工方法之一，其原理基于以下关键步骤：通过旋挖钻机在地下进行孔洞的钻孔操作，确保孔洞的位置、直径和深度符合工程设计要求。在钻孔完成后，进行清孔操作，使用导管将水下混凝土注入孔洞中，将孔洞内的泥浆排除，充满整个孔洞并形成坚实的桩体，以确保混凝土的质量。在混凝土灌注完成后，对桩头进行整平处理，确保其位于设计标高并水平，以便与上部结构连接。

## 二、案例概述

某城市轨道交通工程作为当地重要的基础设施项目，经过详细的现场勘察，线路全长30.410km。全线高架敷设，共设车站25座，均为高架站。全线平均站间距1.245km；最大站间距2.176km，最小站间距0.746km。在该轨道交通项目的实施过程中，桩基础是以混凝土钻孔灌注桩的形式应用的，采用甲级设计方案，包含摩擦端承桩和端承摩擦型桩，直径分别为1000mm和1200mm，桩长范围从43.5~67m不等。所有桩采用C35水下混凝土

浇筑，以满足施工现场的标准要求。

## 三、钻孔灌注桩施工技术工艺流程

钻孔灌注桩技术工艺流程如下：

准备工作→桩位坐标与测量放样→护筒埋设→钻机就位、钻孔→成孔检查与地质确认→首次清孔→钢筋笼安装→钢筋笼吊装及接长→二次清孔→导管安装→水下混凝土灌注。

## 四、旋挖钻孔灌注桩施工技术要点

### （一）场地平整

结合现场设计方案的要求开展施工场地的布置，合理规划现场出渣通道以及材料堆放场地，场地夯实处理，现场设置排水系统。

### （二）测量放样

执行设计及规范的标准，开展现场的水准点的设置，护筒周边埋设护桩结构，对角连线，交叉部位和桩基中心对正，并在钻孔环节检查是否存在偏位的问题。

### （三）埋设钢护筒

在钢护筒埋设作业中，需要采取必要的措施来避免发生倾斜的问题，并加强桩径的质量控制，避免地表水进入到底部，确保孔内压力达到平衡的效果。在钢护筒埋设施工中，使得钢护筒与桩位中心对正，处在同一条直线中，偏差尺寸不超过规范要求。在现场施工中，护筒埋设深度控制极为重要，必须要从水文、地质条件出发进行控制，防止造成负面的影响。

### （四）搭设钻孔平台

在钻机底部设置枕木，对钻机进行调平处理，表面达到平整性的要求，避免在现场钻孔作业环节发生偏移的情况，确保钻孔作业的质量符合标准<sup>[2]</sup>。

### （五）泥浆的制备

考虑到现场的地质信息，为提高施工效率，通常会选择使用高效的聚丙烯不分散低固相泥浆材料。这种材料具有优良的性能，能够增强软弱地层的稳定性，避免泥浆在钻孔底部沉淀的问题。在施工前，必须充分准备足够的泥浆材料，通常要准备足够的材料量，至少达到现场混凝土体积的两倍。各项指标的准备量可根据表1的要求进行调整，以确保施工进程的顺利进行。

### （六）钻孔

表1 泥浆参数

钻孔方法	地层情况	相对密度	黏度 (s)	含砂率 (%)	胶体率 (%)	失水量/ (mL · 30min)
旋挖	一般地层	1.02~1.10	18~28	≤4	≥95	≤20

在钻机安装阶段，特别重要的是确保底部平整，以防发生位移或沉降等严重问题。通常，通过测量和设置桩位的方式来实现对底部的控制。在进行钻机作业时，常采用泥浆护壁的施工方法。首先，进行正循环钻孔作业，当钻进深度达到约10m时，切换为反循环钻进方式，利用泵抽取泥浆。需要注意的是，钻进施工中的技术参数不是固定的，需要根据地层条件和孔深数据进行不断改进和调整，同时也要适度调整泥浆材料，以确保成孔工作的质量达到标准要求。对于不同地质条件，如砂层或卵石层，需要采取不同的措施。在这些情况下，应适度减小钻进速度，增加泥浆的浓度，以确保孔壁的稳定性。在旋挖钻孔操作中，要特别注意控制钻进速度，因为高速度导致埋钻事故的发生。在升降钻杆的过程中，也需要控制下降速度，过快的速度导致泥浆的冲刷，从而引发问题如缩颈和坍塌等。根据以往的工作经验，通常将钻进速度控制在0.75至0.80m/秒之间是最佳的选择。对于含有砂层或亚砂土层的现场，钻进速度应更加缓慢。如果现场地质条件与设计方案存在明显差异，应及时查明原因，并采取必要的参数调整，以满足工程作业要求。钻孔桩钻孔允许偏差见表2。

表2 钻孔桩允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	孔径	不小于设计孔径
2	护筒顶面位置	≤50mm
3	护筒倾斜度	≤1%
4	孔位中心偏心	≤50mm

**(七) 钢筋笼制作安装及检查**

按照工程设计要求，精确制定钢筋笼的尺寸和结构，包含直径、长度和笼筋的布置。然后，在制作过程中，需要确保钢筋的质量和精度，包含钢筋的材质、直径、间距等参数，以满足工程强度和稳定性的要求。在制作钢筋笼时，还需要考虑到施工的便捷性和安全性，确保钢筋笼在吊装和安装过程中不会发生弯曲或损坏。

**(八) 终孔检查**

在进行清孔处理时，主要目的是为防止在孔内存在缺陷或不洁净的情况。这是为确保在后续的工程过程中，桩基础牢固地安装在孔内，从而提供坚固的支撑和稳定性。清孔操作通常包含将孔内的杂物、泥浆和不洁物清除干净。此外，还需要控制孔内的水位，通常要保持在地下水位以上1.5m的位置。防止孔内水位过高，影响桩基础的安装质量。清孔工作完成后，应使用专业仪

器进行进一步的检查。包含对孔深、孔径和孔的倾斜度等方面进行详细检查和验证。通过仪器测量，确保孔的准确性和一致性，以满足工程要求。如果发现任何问题或偏差，必须及时进行修复或调整，以确保桩基础的安装能够顺利进行，确保工程的质量和稳定性<sup>[3]</sup>。

**(九) 钢筋笼吊装及接长**

在钢筋笼的现场安装过程中，采用两点起吊的方法，这是一种关键的操作环节，旨在确保吊点的准确控制，以满足钢筋笼的强度标准，同时也确保吊运过程中不会对钢筋造成不必要的形变。吊运操作需要精确地掌握，以确保安全和质量。在吊放的环节中，对于正桩孔的位置需要特别注意。吊运过程必须确保钢筋笼准确地垂直下放，并且以轻放、慢入孔的方式进行，以避免对孔的结构产生冲击或其他损坏。在接长施工中，将新的钢筋笼段与已安装的部分连接，通常采用焊接或机械连接的方式，确保连接牢固和稳定。

**(十) 二次清孔**

在钢筋笼安装和导管放置之后，通常存在一段时间的间隔，这段时间内底部会积聚一层沉渣。为确保桩基础工程的质量和稳定性，在钢筋笼和导管安装完成后，及时进行二次清孔处理是至关重要的。这种步骤的目的是清除底部的沉渣，使其符合技术标准和工程要求。

清孔处理是确保桩底状况符合设计要求的关键步骤。在这个过程中，专业人员将进一步清除底部的沉渣，确保孔底的平整和清洁。此外，清孔操作还包含对底部沉渣的参数进行检测和测量，以确保其满足技术标准的要求。这些参数包含沉渣的厚度、密度、含水率等。当底部沉渣的各项参数符合技术标准和工程要求，就进行水下混凝土浇筑施工。这个阶段是整个桩基础工程的最后步骤，水下混凝土的浇筑将确保桩基的稳定性和承载能力<sup>[4]</sup>。

**(十一) 孔底沉渣和泥浆指标检测**

孔底沉渣通常在钻孔完成后，通过专业设备进行清理和清除，以确保孔底平整且无杂物。沉渣的质量和水平高度需要符合技术标准，以确保桩底的稳定性和承载力。同时，泥浆在钻孔过程中发挥着重要作用，它可以控制孔壁的稳定性，防止塌孔，并提供对地下水的抑制作用。泥浆的密度、黏度、含砂率等参数需要定期检测和调整，以确保其质量合格。

**(十二) 导管安装**

在安装导管之前,首先需要确保钻孔已经完成并清理干净。导管通常由钢管制成,其直径要与设计要求相匹配。导管的安装一般采用两种常见的方式:一是通过人工或机械设备将导管逐段下放到钻孔中,确保其垂直度和位置的准确性。二是在导管的底部装上浮力艇,通过浮力来辅助下放导管。在导管下放的过程中,需要特别注意,确保导管不会受到损坏或变形,并保持其与钻孔壁的间隙以确保后续的水下混凝土浇筑能够顺利进行。

### (十三) 灌注水下混凝土

导管安装完成后,灌注水下混凝土时,要确保混凝土的坍落度控制在18~22cm。混凝土浇筑过程中应经常测量孔内混凝土面的高程,及时调整导管的埋深,导管埋深宜控制在2~6m。灌注水下混凝土必须连续施工,并应控制提拔导管的速度,严禁将导管拔出混凝土灌注面,灌注过程中的故障应记录备案。灌注桩的实际浇筑混凝土量不得小于计算体积;套管成孔的灌注桩任何一段平均直径与设计直径的比值不得小于1.0,桩顶混凝土浇筑完成后应高出设计标高0.5~1.0m,确保桩头浮浆层凿除后桩基顶面混凝土达到设计强度。

## 五、钻孔灌注桩施工质量控制方法及措施

### (一) 施工准备阶段控制方法及措施

在施工前,必须进行详尽的地质勘察,以掌握地下情况,特别是地下水位和地下障碍物的分布情况。只有充分掌握地层条件,才能采取适当的措施,确保施工的顺利进行和工程质量的高水平。另一个重要的因素是泥浆的配置。泥浆在桩基施工不仅用于冲洗桩孔,在一定程度上抑制地下水的压力,防止地下水进入桩孔内。因此,泥浆的性能必须符合技术标准和工程要求。如果泥浆性能不合格,会导致施工中的问题,如孔壁塌陷、泥浆泄漏等,不仅会增加经济损失,还会影响工程的质量和进度。因此,在泥浆的配置过程中,必须加强技术参数的控制,确保泥浆的性能符合要求<sup>[5]</sup>。

### (二) 成孔阶段控制方法及措施

不同的地层条件和桩基设计要求需要不同类型的钻机和钻头。正确选择钻机和钻头提高施工效率,减少成本,并确保桩孔的准确性和质量。此外,加强桩孔的垂直度检测也是必不可少的。垂直度检测确保桩孔的垂直度符合设计要求,从而为后续的施工工作提供可靠的基础。另一方面,泥浆的管理工作同样至关重要。泥浆在桩基施工中扮演着重要的角色,不仅用于冲洗桩孔,在一定程度上抑制地下水的压力,防止地下水进入桩孔内。因此,必须落实泥浆的管理工作,包含泥浆的配置、性能监测和维护等。只有确保泥浆的质量和性能达

到标准要求,才能保证施工的顺利进行。

### (三) 钢筋笼制作和吊装阶段控制方法及措施

制作过程中要保证钢筋的强度和精度,确保其符合标准要求。钢筋笼的制作工艺应当受到严格监控,以确保其质量合格,钢筋笼的安装是一个复杂的过程,需要确保其正确对准桩体中心,保持垂直度合格。如果钢筋笼在安装过程中发生弯曲、变形或者偏位,将会对后续的桩基施工产生不利影响,甚至导致整个桩基工程的失败。因此,在钢筋笼的安装中,应特别注意对其位置和垂直度的控制,必要时进行调整和修正。此外,正确的连接方式和牢固的固定能够确保钢筋笼在桩孔内不会发生移动或松动,从而保证桩体的一体性和稳定性。应采用适当的连接材料和方法,确保连接点的强度和可靠性。

### (四) 混凝土灌注阶段控制方法及措施

确保施工现场的地基状况符合设计要求,土壤承载力满足桩基设计要求。在灌注过程中,需要密切监测混凝土的配合比,确保水泥、骨料、砂等原材料质量合格。在灌注过程中,应避免混凝土过早凝固或分层,采用适当的振捣方式确保混凝土的均匀性和密实性。此外,需要严格控制灌注桩的直径、长度和位置,确保其与设计要求一致。混凝土灌注结束后,及时对灌注桩进行标志和记录,以备日后的检查和验收。

## 六、结语

总之,钻孔灌注桩施工技术在城市轨道交通工程中的应用日益广泛,其承载能力、适应性和施工效率等方面的优势使其成为城市地下基础工程的首选方法之一。通过深入地下开展钻孔、注入混凝土和安装钢筋笼,这项技术将软土地区、岩石地质和水下施工等各种复杂地质条件转化为坚实的基础支撑,为轨道交通系统的安全和可靠运行提供可靠保障。

## 参考文献

- [1]王明哲.关于公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用分析[J].科学技术创新,2022(20):109-112.
- [2]李勇.桥梁工程深水桩基础钻孔灌注桩施工技术研究[J].中国标准化,2019(18):72-73.
- [3]刘玉宝,汤伟,刘沛元.厚砂层强基岩地质钻孔灌注桩施工技术研究[J].公路,2022,67(11):226-230.
- [4]吴迎新.公路桥梁钻孔灌注桩施工技术研究[J].运输经理世界,2021(19):127-129.
- [5]杜云飞.钻进孔特点及旋挖钻机钻孔灌注桩施工技术要点[J].工程技术研究,2021,6(12):59-60.