

吊脚桩在华东地区深基坑开挖过程中的变形探究

辛伟强, 刘朝阳, 薛文, 任精明

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司, 陕西 西安 710000

摘要：在深基坑工程施工过程中，地下管线及周边建筑物往往是临时建设和主体结构的主要组成部分，其在基坑内形成一个相对封闭空间。由于该阶段土层分布不均、含水性能较差以及地质条件变化大等特点，使得地基处理成为当前建筑工程项目所面临的重要问题之一。本文以华东地区某工地上建（构）筑物为研究对象进行现场施工中与邻近建筑之间地下管线及建筑物周围环境关系协调分析，旨在为今后类似工程项目的施工提供一定的借鉴和参考。

关键词：吊脚桩；深基坑；地质监测

Study on Deformation of Foundation Pile During Deep Foundation Pit Excavation in East China

Xin Weiqiang, Liu Chaoyang, Xue Wen, Ren Jingming

PowerChina Northwest Engineering Corporation Limited, Xi'an, Shaanxi 710000

Abstract：In the construction process of deep foundation pit engineering, the underground pipeline and the surrounding buildings are often the main components of the temporary construction and the main structure, which form a relatively closed space in the foundation pit. Due to the uneven distribution of soil layer, poor water content performance and large change of geological conditions in this stage, foundation treatment has become one of the important problems faced by current construction projects. This paper takes the construction (structure) on a construction site in East China as the research object to analyze the underground pipeline and the surrounding environment of the buildings in the site construction, aiming to provide some reference for the construction of similar engineering projects in the future.

Key words：stilted pile; deep foundation pit; geological monitoring

一、引言

近年来，城市的经济发展越来越快，城市化进程也在不断加快。大量地下工程、公路桥梁等建筑设施被建设完成并投入使用。但由于我国基坑开挖施工技术落后以及施工人员素质不高和安全意识淡薄等原因，导致了大面积深建基础土方工程出现塌坡或坍塌事故发生，严重威胁着周围环境及人民生命财产安全，对城市的可持续发展造成巨大阻碍甚至可能危及人类生存与社会稳定。因此为了确保地基在荷载、地下结构物等因素作用下能够保持其稳定性，必须对基坑开挖过程中的变形进行分析与研究。

二、华东地区地质特点与深基坑开挖的挑战

华东地区地质特点多样，包括软土、粘土、砂土等多种土壤类型，其中软土分布广泛，具有低强度、高压缩性等特点，给深基坑开挖带来了诸多挑战。软土地区的深基坑开挖容易导致坑壁失稳和坑底隆起。由于软土的抗剪强度低，开挖过程中坑壁容易受到剪切破坏，发生坍塌或滑移。同时，软土的压缩性大，开挖后坑底容易发生隆起，影响周边建筑物的安全。华东地区的地下

水位较高，给深基坑开挖带来了一定的困难。在开挖过程中，地下水容易涌入基坑，不仅增加了施工难度，还可能对基坑的稳定性造成不利影响。华东地区还存在一些不良地质条件，如断层、溶洞等，这些地质条件给深基坑开挖带来了更大的风险。在开挖过程中，需要特别注意这些不良地质条件的影响，采取相应的措施进行处理。施工过程中也需要加强监测和预警，及时发现和处理可能存在的问题，确保施工的安全顺利进行。

三、吊脚桩在深基坑开挖中的应用与重要性

在华东地区的深基坑开挖工程中，吊脚桩作为一种重要的支护结构，发挥着不可替代的作用。吊脚桩能够有效地抵抗侧向土压力和水土压力，保持坑壁的稳定性，防止坑壁坍塌和滑移。吊脚桩还具有良好的承载能力，能够将建筑物的荷载传递到深层稳定地层中，确保建筑物的安全性。在华东地区软土分布广泛的地质条件下，吊脚桩的应用尤为重要。除此之外，吊脚桩的施工相对简便，适应性强，可以根据不同的地质条件和工程要求进行灵活设计。在深基坑开挖过程中，吊脚桩的合理布置和施工质量的控制对于确保基坑的稳定性和安全性至关重要。通过优化吊脚桩

* 作者简介：辛伟强，男，1992.10.02，河南省三门峡市陕州区，本科，助理工程师，汉族，地铁监测

的设计与施工参数，加强地质勘查与监测，可以确保深基坑开挖工程的安全顺利进行，为华东地区的城市建设和发展贡献力量。

四、吊脚桩的基本原理与结构特点

（一）吊脚桩的定义与构造

吊脚桩是指在沉管灌注桩施工过程中，桩底部的混凝土悬空或混进了泥砂形成松软层的桩施工质量事故。吊脚桩的构造特点主要包括桩身和桩底两部分。桩身是由混凝土浇筑而成，具有一定的强度和刚度，用于承受上部结构的荷载并将其传递到地下。桩底则是桩身与地基土体的接触部分，其质量直接影响到桩的承载能力和稳定性。

吊脚桩的构造和形成原因主要与地质条件、施工工艺和施工管理等因素有关。例如，在地质条件较差的地区，地基土体可能存在软弱层、泥砂层等不良地质条件，容易导致吊脚桩的形成。此外，在沉管灌注桩施工过程中，如果施工工艺不当或施工管理不严，也可能导致桩底混凝土悬空或混进泥砂，从而形成吊脚桩。

（二）工作原理及受力分析

工作原理：基坑开挖过程中，在施工期间，对桩的预埋水平位移和竖向变形进行控制。当水平位移值达到设计要求时可考虑采用临时支护。

受力分析：地下工程结构主要包括土层、基础等荷载作用下产生沉降及侧移应力；地基上部荷载引起的基底剪切破坏以及地震液化效应影响下，造成基底发生倾斜或下沉现象而导致地面出现不均匀沉降，从而引起地质构造的变化。基坑开挖过程中，对基础进行支护时，应保证其稳定性和安全性。

（三）在华东地区地质条件下的适用性

吊脚桩在华东地区地质条件下的适用性是一个需要综合考虑多种因素的问题。华东地区地质条件复杂多样，包括软土、粘土、砂土等多种土壤类型，以及可能存在的水文地质问题和地下水位变化等。这些地质特点对吊脚桩的适用性提出了挑战。吊脚桩作为一种基础的施工方式，在华东地区具有一定的适用性。其优点包括施工简便、成本相对较低等。然而，吊脚桩在华东地区的适用性也受到一些限制。例如，在软土地区，吊脚桩可能面临承载力不足、变形较大等问题；在砂土地区，吊脚桩可能受到液化等地质灾害的影响。因此，在华东地区使用吊脚桩时，需要进行详细的地质勘察和设计分析，确保吊脚桩的适用性。同时，在施工过程中需要严格控制施工质量，采取适当的加固措施，以提高吊脚桩的承载能力和稳定性^[1]。

五、华东地区深基坑开挖过程中的吊脚桩变形分析

（一）变形监测方法与数据分析

①现场观测。在基坑开挖过程中，如果遇到地质条件复杂，施工难度大等情况时应及时采取相应措施。例如：挖机、挖掘机对桩位进行调整；对支护体系做临时加固处理或拆除后再回填

土方，并做好记录和数据分析和数据工作等等；②沉井测量与监控技术与监测手段的结合使用（包括地下水位探测方法）。在进行沉井测量时，应采用GPS定位系统，对开挖过程中的土层、桩位和基坑等实时监测。③对于施工期间可能出现和影响的临时性建筑物，应通过观测、测量等手段确定其位置与高度；④在现场进行沉降试验时应及时将数据记录下来并做好整理归档工作。

（二）变形的主要类型与特征

基坑开挖引起周边建筑物沉降，使周围建筑位移，造成了一定程度上的地面变形，这种情况下称为基底。在进行施工过程中对地下水位较高、地下水比较丰富，或又没有设置排水沟及集水井等设施影响时，而导致地表水压力增大；当地下水流不经过场地后就会产生局部土体隆起和塌陷现象；由于基坑开挖引起附近建筑结构变形而造成了一定程度上的地面变形，这种情况下，在基坑开挖过程中，需要对土体进行加固处理。

（三）变形与地质、施工参数的关联性分析

在进行深基坑开挖的过程中，由于地质条件复杂，导致工程施工进度缓慢。所以要对不同阶段、不同时期和不同深度的支护参数变化规律及相应变形监测数据建立分析模型。由于施工条件与地质、周围环境的变化，可能会发生不同程度地变形。例如：地下水位降低时土层将出现局部塌陷；地下水的升降导致地表沉降。这些情况都会造成支护结构失稳而承受巨大应力和破坏荷载作用力矩或位移；当地下水位下降到一定高度后又开始恶化，甚至产生过大位移等现象。因此在基坑开挖过程中，对于浅埋地下连续墙来说其主要作用是为整个项目提供安全稳定地基础保障；而桩顶结构则起着控制土层应力状态，以及防止地下水渗流等方面的重要作用；因此在基坑开挖过程中，应根据现场条件选择合适类型、采取科学有效措施进行施工，使基坑开挖过程中的安全稳定得到保障^[2]。

六、防止与控制吊脚桩变形的策略建议

（一）优化吊脚桩的设计与施工参数

优化吊脚桩的设计与施工参数是确保其在华东地区复杂地质条件下安全、有效应用的关键。针对吊脚桩的设计，可以从以下几个方面进行优化：首先，针对华东地区软土、粘土等软弱地基，可以设计更长的桩长，确保吊脚桩能够穿透软弱土层，进入承载力较高的持力层，从而提高桩的承载能力。其次，可以适当增加桩径，提高桩身的刚度，减少桩身变形，进而降低吊脚桩的风险。同时，优化桩的间距和布置方式确保桩群的整体稳定性和承载能力。在施工参数方面，需要严格控制沉管灌注桩的施工过程。首先，确保沉管的垂直度和深度，避免桩身出现倾斜或截断。其次，控制混凝土的浇筑速度和量确保桩底混凝土充实，避免形成悬空或混入泥砂的情况。此外，施工过程中还需加强监测，及时发现和处理潜在的质量问题。优化吊脚桩的设计与施工参数，可以提高其在华东地区复杂地质条件下的适用性和安全性。这不仅有助于保障建筑物的稳定性和安全性，也有助于推动华东地区基础建设的持续发展。

（二）加强地质勘察与监测

在对地质进行勘察的过程中，要根据现场具体情况，采取相应措施来加强地基监测工作。在进行基坑开挖过程中，对地质条件的勘察是十分重要而必要的。现场勘测时应加强施工场地周围环境与地下设施、管线等情况以及周边建筑物。同时还要注意观察并记录地下水位变化和土层分布状况，以确保基础埋设深度及稳定性；其次要做好地下水控制工作；最后还需要监测地基承载力及其动态特性参数值是否满足设计要求，并及时进行调整，以便为基坑支护结构的设计提供可靠依据。华东地区的地质条件复杂多变，因此，在设计和施工前，必须进行详细的地质勘查，以获取准确的地质信息。这包括对地基土层的分布、厚度、性质等进行详细的勘察和分析，特别要注意软土、粘土等不良地质条件的存在和范围。在地质勘查的基础上，可以进行针对性的设计，选择适当的桩型、桩径、桩长等参数，确保吊脚桩能够适应地质条件，并具有足够的承载能力。同时，施工过程中也要进行严格的监测，包括桩身的垂直度、沉管的深度、混凝土的浇筑情况等，及时发现和处理可能存在的问题^[1]。对于已经完成的吊脚桩，也要进行长期的监测和维护。通过定期的沉降观测、倾斜监测等手段，及时发现桩身的变形情况，并采取相应的措施进行处理。例如，对于出现轻微变形的吊脚桩，可以采取加固措施，如增加桩基数量、设置支撑结构等；对于变形严重的吊脚桩，可能需要进行更换或重建。防止吊脚桩变形需要加强地质勘察与监测工作，确保吊脚桩的设计和施工符合地质条件，同时及时发现和处理可能存在的问题，确保建筑物的稳定性和安全性。

（三）施工过程管理，严格控制开挖速度、顺序

在基坑开挖过程中，应严格控制挖掘机的进入量，使其能够正常工作。同时要对挖土速度进行合理的调整和设计。当工程项目开始前施工时必须根据现场情况确定出一个最佳方案，并及时组织各专业技术人员做好图纸会审记录与实地考察工作来确保整个工期可以按期完成；对于地下空间较大、地质条件复杂以及场地周围有建筑物密集或建筑垃圾多等地点，应在基坑开挖过程中采取临时排水措施以保证周边环境的整洁和道路通畅。当土层厚度达到5m时就要进行下一道工序的施工。同时应注意的是：第一

是挖前准备工作结束后，必须立即对现场范围内是否有障碍物及杂物及时处理；第二是根据工程地质条件确定的开挖方法选择合理科学安全系数高，并且符合实际情况要求的施工计划，避免出现超挖或少刷素坡等现象发生而影响到基坑支护质量和进度；第三在基坑开挖过程中，应严格按照设计要求进行，防止超挖或少刷素坡等不良现象发生。

（四）引入先进技术与材料

在基坑开挖过程中，如果出现地下水位高，挖深不均匀，就必须采用先进的技术手段进行处理。例如：对施工材料质量加以控制；加强对基础、主体结构和附属设施等方面因素的保护。另外还可以通过合理使用混凝土来增强地基承载力与稳定性等措施来保证地基稳固性以及安全性等问题得到提升；在基坑开挖过程中应用超前预支护体系时，应该采取相应加固方案，防止出现塌方事故或者是发生坍塌现象。还可以充分利用先进的施工设备，如电钻机、泥浆泵等进行辅助工作。同时还要加强对新技术和材料应用到深孔灌注桩上，例如：采用微胶囊技术来提高导管埋置深度及稳定性；使用超声乳液或液体循环系统将其注入土层深层中去，使管壁内压力降低至可承受极限；在基坑开挖过程中，通过添加一些填充剂可以有效地改善土壤结构、防止地下水的流失等问题。

七、结语

综上所述，在进行工程施工的过程中，要不断地对基坑支护结构体系、基础及上部荷载等方面的变形情况加以分析和研究。对于支护体系变形进行分析时发现：地下水位以下或地面沉降较严重的情况下可以采用锚杆挡土墙结构来保证施工安全，但在实际工程中必须对其稳定性做出一定程度上的调整与控制，同时还必须加强现场监测工作，通过现场观测资料可以了解该场地周围地下管线分布以及周边环境地质条件等状况；根据上述内容我们能够准确评估出地基土层和桩顶沉降量及其稳定性问题，为工程设计提供重要依据，使施工过程更加安全顺利地进行下去、保证工期达到预定目标有一定的参考价值与意义。

参考文献：

- [1] 苟俊琴, 贾恺, 曹明华等. 浅岩地区洞桩法吊脚边桩底岩体承载力分析 [J]. 地下空间与工程学报, 2023, 19 (S2): 717-721+731.
- [2] 李鹏, 吴刚, 王殿斌等. 临近地铁深基坑吊脚桩与主体结构支撑技术应用与监测 [J]. 工程勘察, 2022, 50 (07): 36-42.
- [3] 陈诚, 杨红林. 土岩“二元基坑”吊脚桩支护体系锚杆预加轴力计算方法研究 [J]. 隧道建设 (中英文), 2020, 40 (10): 1441-1447.