

低净空钻孔灌注桩新型装备在城市存量建筑施工中的应用

赵科

上海建工二建集团有限公司 上海 200000

DOI: 10.32629/ems.v8i4.19760

[摘要] 在城市存量空间挖掘背景下, 大批既有建筑面临基础改造、地下空间开发的需求, 低净空钻孔灌注桩新型装备的研发、生产与工程应用, 着力适用于不同净空高度、不同地质情况的钻孔灌注桩施工成桩(孔)工艺, 为同类型工程提供设备基础和工艺经验。系列低净空桩架的研发, 适应性强, 节省了大量上部结构拆除和重建费用; 对于有保留保护要求的上部建筑, 能够实现上部建筑不拆除的情况下完成托换桩和工程桩施工, 极大地拓展了施工条件, 为保留保护建筑创造了更加安全的深层基础和更加广阔的地下空间。

[关键词] 低净空钻孔; 灌注桩; 桩基施工;

1 工程概况

本工程位于上海市虹口区, 始建于上世纪三十年代, 随着时代的变迁逐步发展为企业的办公基地, 目前总用地面积2877平方米, 建筑总占地面积约1430平方米, 建筑密度近50%, 建筑面积2932平方米。改造前场地内现存7栋既有建筑, 为1~4层混合结构房屋, 建设年代较早、结构强度较弱, 无法满足现代使用要求。为此, 工程拟建1#地下四层停车库, 2#地下1层停车库, 并对原建筑进行室内及外立面装修。



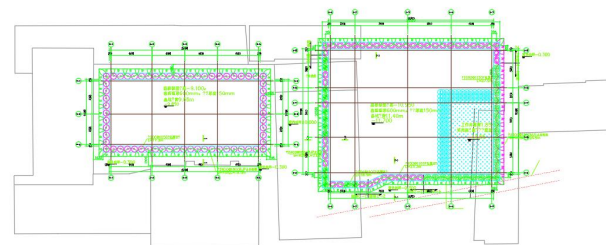
2 工程应用

2.1 桩基围护概况

本工程钻孔灌注桩共计135根, 直径650mm桩有效桩长35米、直径750mm桩有效桩长45米。直径650mm单桩抗压承载力设计值2750KN; 抗压检测桩桩的检测加载参考值5800KN。直径750mm单桩抗压承载力设计值5000KN; 抗压检测桩桩的检测加载参考值10300KN。桩端进入持力层为7②层粉砂层; 桩身

混凝土强度水下C35。

工程在上部结构保留的前提下施工基坑围护结构及工程桩、托换桩, 室内桩基施工净高约3m。为此, 采用了新型低净空钻孔灌注桩设备。



钻孔灌注桩平面布置图

2.2 桩基施工过程

(1) 施工工艺流程

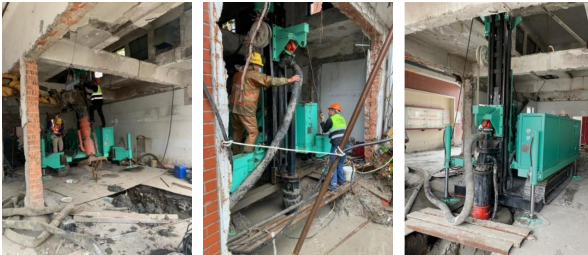
施工准备→测量放线→护口管理设→桩位复核→钻机就位→钻进成孔→一次清孔→吊放钢筋笼→导管安装→二次清孔→沉渣测量→灌注水下砼→钻机移位

(2) 护筒的开挖和埋设

本工程钻孔灌注桩钢护筒采用3mm厚钢板卷制, 内径大于桩身10cm, 长度2m, 上部边缘开设1个溢浆口, 采用小型挖机进行吊装和埋设。

(3) 钻进成孔

启动钻机,履带行走至指定桩位,降下4个液压支腿就位,支腿支撑平整、稳固,以确保钻进中不发生倾斜和移动;转盘中心与桩位中心的允许偏差应小于20mm,转盘在垂直二个方向上的水平度误差小于1/100。采用履带式动力钻头低净空桩基设备进行灌注桩施工,采用泥浆护壁正循环成孔工艺。



设备安装及钻进成孔

(4) 钢筋笼制作

钢筋笼分节制作,因受净高限制,每节长度为2.5m,分节吊放,吊拼焊接而成;分节主筋的搭接以50%错开,接头间距 $\geq 35d$,电焊条采用E50型。

(5) 钢筋笼安装

清孔后,卷扬机将一体化钻头提出孔外,卸下钻头后,吊放钢筋笼。钢筋笼放入前,测量钻孔的孔深、孔径及孔斜,并做好记录。为保证钢筋笼的安放深度符合设计标高,安放前由施工员测定具体标高尺寸,确定吊筋长度,以保证偏差在 $\pm 100\text{mm}$ 以内。钢筋笼吊放入孔时,不得碰撞孔壁。

3 对比分析

3.1 设备功能方面

(1) 在常规设备基础上通过减少常立杆上方横梁及滑轮、索具等所需的净空高度,直接利用桩架立杆、升降轨道和升降道索提升钻机的成孔装置,可降低桩架高度至少1.5m;同时进一步采用了液压控制系统,可折叠桩架、旋转底板、步履行走,实现了狭小空间内的设备高效移动,并可紧贴既有结构施工,离保留墙的桩中心距离可以降低至700mm。这一优化大幅提升了设备在老旧小区改造、既有建筑室内加固等狭小场地的适用性,避免了因桩架过高无法进入室内、无法贴近既有墙体施工的难题,减少了对周边既有结

构的扰动,降低了施工过程中墙体开裂、构件损坏的风险,同时液压控制的便捷性也减少了设备移动和调整的耗时,提升了施工灵活性。

(2) 新型设备将行走方式改为履带式,能够适应更多样的场地类型。加强了桩架结构和钻头,以适应岩层地区的钻孔施工。由传统的柴油机驱动改为了电机驱动,在既有建筑室内施工更加低噪音、低污染。履带式行走相比传统轮式行走,接地面积更大、抓地力更强,可在泥泞、凹凸不平的施工场地平稳移动,避免了轮式设备易打滑、下陷的问题;桩架和钻头的强化的,采用高强度合金材料,提升了设备的耐磨、抗冲击性能,可高效应对岩层、风化岩等复杂地质,减少钻头磨损和桩架变形;电机驱动替代柴油机,彻底解决了柴油机施工时的废气排放和高分贝噪音问题,符合室内施工环保要求,也避免了噪音对周边居民的干扰,无需额外采取降噪、除味措施,降低了施工环保成本。

(3) 新型设备将钻头与钻头动力装置、减速机、泥浆管路等部件进行了一体化集成,使桩架可进一步降低。但由于部件集成挤占了孔内空间,泥浆管路由旁侧接入钻头,管路直径不能过大,因此采用正循环喷浆工艺成孔。钻头集成后,动力系统及其电缆随钻头一起进入基坑,对电缆的保护要求较高。一体化集成设计大幅压缩了设备整体占用空间,使桩架高度进一步降低,适配更低净空的施工环境,同时减少了部件之间的连接环节,降低了设备组装、拆卸的复杂度和故障发生率;但正循环喷浆工艺相比反循环工艺,排渣效率稍低,需优化泥浆配比以确保成孔质量,且电缆随钻头进入基坑后,易受泥浆、岩石摩擦损坏,需采用防磨、防水电缆,并做好固定和防护措施,增加了电缆维护的工作量和成本。

3.2 成桩速度方面

(1) 普通钻孔灌注桩设备的成桩速度约 $2.4\sim 4.1\text{m/h}$,新型低净空钻孔灌注桩设备综合统计成桩速度为 1.96m/h 。从数据对比来看,新型设备成桩速度略低于普通设备,核心原因在于新型设备为适配低净空环境,对设备结构和配套组件进行了优化调整,牺牲了部分成桩效率,以换取更广泛的

施工适应性。这一速度差异在短桩施工中影响较小,但在长桩施工中,累计耗时会明显增加,需结合项目工期要求,合理选择设备类型,对于净空条件宽松、工期紧张的项目,可优先选用普通设备;对于净空苛刻、对施工空间有严格限制的项目,新型设备仍是最优选择。

(2)项目实施过程中通过降低桩架高度来适应室内低净空的施工条件,但桩架降低意味着钻杆、钢筋笼、导管等配套组件均需要相应缩短,在同样桩深的条件下,用于接长钻杆、导管和拼接钢筋笼的时间将大幅上升。例如低净空设备可在5m以内的净空范围施工,但成孔、下放钢筋笼、下放导管的耗时却显著增长,导致整体成桩效率低下。应在建筑条件允许的前提下,合理设置桩架高度,以平衡空间条件和成桩效率。以20m深桩基施工为例,普通设备钻杆单节长度可达6m,仅需3次接长即可完成成孔,而低净空设备钻杆单节长度需控制在3m以内,需6次以上接长,每次接长需耗时15-20分钟,仅钻杆接长就增加近1小时耗时,同时钢筋笼拼接次数也相应增加,进一步拉长了施工周期。

(3)设备运行过程中,由于钻头集成功能较多、重量较大,需要采用小型挖机配合钻头的安装和拆卸,在狭小空间内难以开展工作,耗时较长。狭小空间内施工,应尽量采用操作简单、无需过多辅助设备的成桩设备。新型设备一体化钻头重量较普通钻头增加30%以上,人工无法直接搬运安装,必须依赖小型挖机配合吊装、对位,而狭小室内空间往往限制了挖机的移动和操作角度,导致钻头安装拆卸每次需耗时30-40分钟,相比普通设备人工10分钟即可完成的操作,耗时大幅增加,同时挖机的进场、退场也需占用额外时间和空间,进一步影响了整体施工效率,尤其在室内狭窄区域,挖机甚至无法进场,需采用人工辅助吊装,耗时更长且存在安全隐患。

(4)为进一步提升低净空钻孔灌注桩的施工效率,减少分段连接钢筋笼的耗时,拟重点研发柔性可压缩钢筋笼及相应的钻孔灌注桩施工工艺。当前分段钢筋笼拼接耗时占成桩总耗时的20%-30%,柔性可压缩钢筋笼可通过折叠、压缩的

方式,一次性下放至孔底,无需分段拼接,可大幅缩短下放时间,同时适配低净空环境下的吊装操作,避免了分段拼接时的高空作业风险。研发过程中需重点解决钢筋笼的柔性与强度平衡问题,确保其在压缩、下放过程中不损坏,同时优化配套下放设备和工艺,确保与新型低净空设备适配,预计可将钢筋笼下放耗时减少60%以上,整体成桩效率提升15%-20%,有效弥补新型设备成桩速度偏低的短板。

4 效益分析

新型履带式动力钻头低净空桩基设备将钻头与钻头动力装置、减速机、正循环泥浆管路等部件进行了一体化集成,释放了桩架上方空间,减轻了桩架顶部重量,使桩架能够做到更短、更轻量。桩架折叠时,设备行走高度2.2m;桩架展开时,设备施工高度2.9m~3.6m,能够在楼层的净高环境下进行桩基施工作业。已成功应用于上海市虹口区某旧房改造项目,实现了3m净高下的23.5m深桩基施工。在建筑室内满足苛刻的净空环境下完成桩基施工,适应性强,节省了大量上部结构拆除和重建费用。对于有保留保护要求的上部建筑,能够实现上部建筑不拆除的情况下完成托换桩和工程桩施工,极大地拓展了施工条件,为保留保护建筑创造了更加安全的深层基础和更加广阔的地下空间。

5 结语

新型低净空钻孔灌注桩装备的研发并迭代更新,适用于不同净空和土质条件,并在工程中进行了应用示范,有效提高了低净空环境下的成桩效率,降低了钻孔灌注桩施工对既有建筑和地下轨交隧道的扰动,提升了既有建筑基础托换和地下空间开发的桩基承载力,开拓了钻孔灌注桩的应用领域,为城市更新的基础改造和地下空间开发工程提供了有力的设备基础和扎实的工程经验。

[参考文献]

- [1]尹相春. 旋挖钻孔灌注桩施工技术 in 建筑工程施工中的应用研究 [J]. 建筑机械, 2025, (09): 269-271.
- [2]冯渊. 钻孔灌注桩技术在建筑工程施工中的应用 [J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24 (12): 64-66.