

# Key Technical Points of Pile Foundation Construction in the Subway Protection Area

Jun Zhang Yaru Du

Hangzhou Rail Transit Operation and Public Utilities Support Center, Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

## Abstract

As the lifeblood of modern city, the safety of urban rail transit is very important. Combining with the relevant industry standards and the characteristics of the subway protection areas, in view of the problems of deformation, cracking and water seepage of the existing rail transit structure caused by pile foundation construction in the subway protection area, study and analyze the construction technology of pile foundation in the protected area, put forward various technical points of pile foundation construction, including positioning lofting, soil extrusion pile construction, non-extrusion soil pile construction, underground continuous wall construction, cement-soil mixing pile construction and high-pressure jet pile construction, ensure that the safe use, durable life and service life of the rail transit structure are not affected, so as to ensure the long-term safety and durability of the urban rail transit structure in the protected area, we will promote the harmonious development of rail transit construction and the development and construction of cities along the routes.

## Keywords

subway protection area; pile foundation; construction

# 地铁保护区内桩基施工技术要点

张俊 都亚茹

杭州市轨道交通运行和公用事业保障中心, 中国·浙江 杭州 310000

## 摘 要

城市轨道交通作为现代城市的交通命脉, 其安全性极为重要。论文结合相关行业标准和地铁保护区特点, 针对当前地铁保护区内桩基施工引起既有轨道交通结构变形、开裂和渗水等问题, 对保护区内桩基施工技术进行研究和分析, 提出各类桩基施工技术要点, 包括定位放样、挤土桩施工、非挤土桩施工、地下连续墙施工、水泥土搅拌桩施工和高压喷射桩施工等, 确保不影响轨道交通结构安全使用、耐久性能和服役寿命, 从而保证保护区内城市轨道交通结构长期安全性和耐久性, 促进轨道交通建设与沿线城市开发建设和谐发展。

## 关键词

地铁保护区; 桩基; 施工

## 1 引言

随着城市建设的高速发展, 城市轨道交通作为一种有效缓解城市拥堵的交通形式, 在中国各中大城市兴起了建设的热潮, 逐渐延伸到了城市的各个角落。与此同时, 地铁沿线因客流量大、交通便利等特殊优势而成为商业、居住和办公的理想地段, 为最大限度地开发和利用这一有限的地下空间, 地铁沿线的新建建筑往往设置地下室, 已运营的城市轨道交通结构周边不可避免地会出现外部作业工程邻近施工的问题。邻近地铁设施的地下空间开发涉及众多外部作业行为, 而桩基的施工往往是其他后续环节得以开展的前提和基础。在常规工程建设领域, 一般认为桩基施工对周边环境的

影响相对较小, 甚至可以忽略不计。但是, 相关工程实测已表明, 即使是非挤土桩基, 其施工导致的变形量也是非常可观。因此, 对于近距离桩基施工可能引起的地铁设施病害应引起高度重视, 须采取有效的技术措施保证地铁设施安全。

## 2 桩基施工技术要点

### 2.1 定位放样

①测量工作实施前, 进行基准控制网书面和现场交接, 对基准控制网进行复测, 并由第三方校对, 将复测成果报监理单位、建设单位、地铁保护管理部门审核。

②定位放样对象应包含地铁车站、附属设施及盾构的轮廓线, 采取醒目、清晰、内容描述准确的标志对地铁设施位置进行标识, 严禁未经许可进入地铁特别保护区内施工作业。

③围护结构及桩基施工前, 应重新从场外基准点引入

【作者简介】张俊(1979-), 男, 中国江西宁都人, 硕士, 高级工程师, 从事土木工程研究。

场地内基准点、进行复核,并由第三方校对。复核围护结构及桩基的定位与地铁车站和隧道的间距,复核确认后,才可进行围护结构的施工。

④对于深基坑工程,场地外的基准点每3个月由第三方单位进行复测,场地内基准点每3~4周重新从场外引入进行复核,每周对控制网点进行一次校准。

⑤基准控制网点应做醒目标志,并设置围护栏进行保护,防止施工机具车辆碾压。

⑥场内基准控制点应至少布置3个,控制线建议30m以内布置一道,形成井字形轴网,控制点应布设在土质稳固安全的地方,避开室外管线施工作业面和基坑开挖影响范围。

⑦为便于设站定向,选点位置应保证相邻控制点间通视良好,不受灯光折射影响,场区内平面控制网宜布设成环形,使控制点能环顾场区。

## 2.2 挤土桩施工

预制桩主要有预制钢筋混凝土桩和预制钢桩(钢板桩、圆管桩、H型钢等)两大类,在软土地基中,由于大量桩体沉入地下,桩周一定范围内的地基土体受到挤压并形成超静孔隙水压力,促使沉桩区域及其邻近土体产生水平和竖向位移,进而造成周围建筑物、管线地铁盾构区间发生变形,甚至是破坏<sup>[1]</sup>。另外,预制桩的沉桩过程会对地基土体产生强烈振动并将以振动波的形式在土体中扩散传递,因此在地铁保护区内使用预制桩须特别注意。

### 2.2.1 预制钢桩

必须采用静压或免共振工艺打入及拔除预制钢桩;预制钢桩应选用全新材质,避免多次使用后桩身或接口处变形,增加施工难度或造成渗漏水现象;为确保截水帷幕封闭效果,转角位置需采用定制的转角钢板桩;地铁特别保护区内的钢桩不得拔除,地铁保护区内其余区域可先进行试拔桩,根据试拔桩结果进一步确定后续措施;若进行拔桩,须分段、分区拔出,并及时注浆补偿;预制钢桩打入前须均匀涂刷润滑油,确保压桩过程顺利进行。

### 2.2.2 预制钢筋混凝土桩

地铁保护区内禁止使用任何方式直接打入的预制钢筋混凝土桩;地铁保护区内可采用静钻根植桩,地铁保护区以外的预制钢筋混凝土桩施工,须采用原位引孔、设置应力释放孔等措施;预制钢筋混凝土桩施工过程中须全程采取信息化监测施工,正式施工前应进行试桩,根据试桩监测数据,确定沉桩速度和防挤土措施;地铁保护区范围内,不得堆放预制钢筋混凝土桩;预制钢筋混凝土桩施工顺序应从邻近地铁设施侧向远离地铁方向施工,施工时宜按“之”字形路线施工。

## 2.3 非挤土桩施工

### 2.3.1 成孔桩施工要求

提高泥浆密度有利于防止成孔过程中的预应力损失,可

有效防止坍孔现象,建议进口泥浆密度为 $1.15\sim 1.20\text{g/cm}^3$ 、出口泥浆密度为 $1.25\sim 1.30\text{g/cm}^3$ ;当桩径较大、土质较差、距离较近时,成桩对地铁设施的影响会非常显著,可采用搅拌桩对软弱地基土进行预加固,再进行成孔桩施工,也可采用全钢护筒施工,且钢护筒不得拔出;采用泥浆护壁时,单根桩应连续施工,从钻孔开始24h内完成浇筑;在地铁保护区内灌注桩做围护结构时,钢筋连接应采用钢护筒连接,并跳打施工。

### 2.3.2 钢护筒要求

宜采用全回转全护筒钻机施工;护筒连接不允许采用钢护筒连接,应采用坡口对棉连接,切割刀头不允许采用扩大刀头,应采用内嵌式或锯齿形刀头;当筒底位于淤泥土地层中,下放钢护筒的过程中筒内不得取土,穿透淤泥土地层后方可取土,淤泥土可采用冲抓取土;当筒底位于砂性土地层中,取土方式宜采用水冲法取土,筒底原状土塞长度不得少于5倍桩径,且筒内水头要高于地下水水头,同时采用黏性土或膨润土进行制浆,避免停钻时砂土沉淀;当筒底位于硬质黏性土地层或风化岩层中,应采用旋挖钻取土;地铁保护区内施工时,钢护筒不得拔除。

### 2.3.3 荷载控制要求

当采用旋挖机、全回转全护筒钻机等自重较大的设备成孔施工时,地铁特别保护区范围内,应对软弱地基土进行预加固处理,并采用钢筋混凝土地面硬化(厚度不宜小于20cm),在其他地铁保护区内施工时,应采用钢筋混凝土地面硬化或铺设路基箱等措施,降低施工机械对地基土的压力<sup>[2]</sup>。

## 2.4 地下连续墙

①在软弱土地层中,可采用多轴搅拌桩、TRD工法或MJS工法进行槽壁加固。

②地下连续墙施工前,应进行试成槽,根据试成槽结果确定最优的浆液配合比;如果黏度、泥浆密度小于规范要求,则加入CMC,如果大于规范要求,则加入纯碱,原则上要求每两幅墙换一批新浆。

③根据试成槽情况,确定分幅宽度和跳打要求,分幅槽段不宜大于5m。

④地下连续墙接头应采用工字钢接头或铣拔头,确保接头连接。刷壁器刷壁不小于20次,且刷壁器上不带泥,刷壁器上无泥后继续刷壁2~3次。为了防止绕流,锁扣管底部5m范围内采用装袋的石子回填。

⑤单幅墙须连续施工,成槽后必须24h内完成浇筑。

⑥地下连续墙需要入岩施工时,不得采用冲击钻或旋挖机引孔,宜采用双轮铣工艺施工。

⑦地下连续墙施工所产生的渣土应远离地铁侧临时堆放,且当天完成外运或转驳至保护区范围外,地下连续墙的泥浆制备场地、钢筋笼加工场地,均应远离地铁侧设置。

⑧成槽机设备自重均较大,在地铁特别保护区范围内

施工时,应对软弱地基土进行预加固处理,并采用钢筋混凝土地面硬化(厚度不宜小于20cm);在其他地铁保护区内施工时,应采用钢筋混凝土地面硬化或铺设路基箱等措施,降低施工机械对地基土的压力。

## 2.5 水泥土搅拌桩施工

水泥土搅拌桩施工工艺在地铁保护工作中应用普遍,可用于截水帷幕、槽壁加固、被动区加固等。水泥土强度及强度增长速率是控制变形的关键技术参数,跟很多因素有关。

**土性的影响:**当土层的含泥量越大,水泥土强度越低、强度增长速率越慢。

**用水量的影响:**用水量越大,水泥土强度越低、强度增长速率越慢。

**水泥掺量的影响:**水泥掺量越小,水泥土强度越低、强度增长速率越慢,水泥质量的影响:不合格的水泥会严重降低水泥土强度和强度增长速率。

**外加剂的影响,**掺入合理的外加剂,能显著提高水泥土强度和强度增长速率,实践证明在含淤泥土的地层中,SN201系列外加剂能起到良好的效果<sup>[3]</sup>。

因此,为确保水泥土质量,须遵守以下原则:根据地层情况,通过现场试桩试验,确定合理的水泥掺量,减小水灰比、少用或不用清水施工步序,减少用水量;严禁采用不合格的水泥,应对每批次的水泥材料做水泥土浆试块进行检测;掺入合理的外加剂,尤其是含有淤泥土的地层;确保充足的水泥土养护时间,养护龄期50d的取样结果。

## 2.6 高压喷射桩

①工艺选择。地铁保护区内高压喷射桩宜选用MJS工法,不宜使用高压旋喷桩。高压喷射桩施工参数的控制对地铁设施的影响很大,在施工过程中必须安装自动监控系统,自动监控系统能集中控制,并可存储现场施工记录以便后续分析。

②地内应力控制。高压喷射桩施工前应进行工艺性试桩,并对受保护的地铁设施进行监测,根据监测情况确定地内压力系数。在施工过程中,根据监测情况的变化实时调整。

③气压控制。在邻近地铁施工,水平的工、砂性土及松散土体中,空气流量要适当减少;气体容易在土层中形成“气泡”,危害性极大,气泡在形成和释放过程中,对周围土体容易产生扰动。施工过程中,应指派专人观察地内压力及排泥情况,动态调节排泥阀。排泥顺畅视为空气回收正常。

④浆液控制。邻近地铁设施施工时,为防止液化对地铁的扰动影响,应减少水泥土凝固时间,宜采用42.5级或

52.5级普通硅酸盐水泥或早强水泥,或者在水泥浆液中添加早强剂、减水剂、水玻璃等,所用外加剂应根据水泥土的特点通过室内配合比试验或现场试验确定。

⑤水泥土硬化时空效应。在地铁保护施工中,应进行跳桩施工以减小扰动,距离地铁设施越近,跳桩间距越长,在靠近地铁3m范围内建议跳桩间距不小于10m,并应根据监测情况进行调整。水平方向群桩施工时宜由近及远依次进行,先施工最近一排桩,形成隔离,后施工其余排桩,且MS工法桩宜设计为半圆桩,背向地铁设施喷浆成桩,桩心连线与隧道的距离应不低于1m。

⑥地下障碍物清理。桩基施工前,应对场地内地质条件进行复核。探明地下是否存在影响施工的地下障碍物(河沟暗浜、碎石、混凝土地、老旧基础、人防、碎石桩、木桩、方桩或管桩、钻孔灌注桩、雨污水管道、窨井、钢混凝土承台、梁、板或底板等各类障碍物)。地铁保护区内地下障碍物处理方式可根据其埋置深度和尺寸选择合理的处置方式。

地铁特别保护区范围内,埋深3m以内的障碍物,可采用挖掘机分段清理,随挖随填,单次开挖卸荷量不大于20m<sup>3</sup>;埋深超过5m,且障碍物圆周直径不大于1.5m的可采用全护筒全回转钻机清障。除以上情况外,埋置深度深、尺寸大的特殊障碍物,须进行清理障碍物的专项围护设计,并纳入施工方案专项评审;对于地铁保护区范围内的老旧桩基,桩基工程一般采用避让旧桩的原则,严禁采用振动锤等方式拔桩,围护结构则建议采用全护筒全回旋钻机拔除,并采用水泥土回填密实;障碍物处理应避免采用振动性的大型机械如镐头机等,更不得采取爆破的方式,可先人工凿除或静力切割,转运至保护区范围外再破碎。

## 3 结语

轨道交通作为现代城市的交通命脉,其安全性极为重要。针对当前地铁保护区内桩基施工存在的问题,需要认真分析问题发生的原因,及时采取针对性的措施,加强总结,切实做好地铁保护区内桩基施工管理工作,这是保障轨道交通安全的重要前提,也是促进轨道交通建设与沿线城市开发建设和谐发展的重要保障。

## 参考文献

- [1] CJJT202—2013 城市轨道交通结构安全保护技术规范[S].
- [2] DB33T1139—2017 浙江省城市轨道交通结构安全保护技术规范[S].
- [3] 姜叶翔.城市轨道交通保护区内项目建设技术手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2023.