

灌注桩与高压旋喷桩组合围护结构在软土地层中的应用

范振军

中国水利水电第六工程局有限公司

摘要：随着我国经济的快速发展，城市规模得到了快速扩张，与此同时城市基础设施建设也得到了快速推进，建设施工中所要应对的诸如软土地层厚、地下水位高等影响因素也愈加普遍。工程实施中根据现场实际情况，在软土地层开挖7~12m基坑采用了灌注桩结合高压旋喷桩组合围护结构的施工技术，从施工现场情况、施工工艺等方面进行了阐述，实践证明采用钻孔灌注桩与高压旋喷桩组合围护结构具有较好的经济效益和社会效益。

关键词：灌注桩；高压旋喷桩；软土地层；围护结构

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.074

一、前言

近年来，随着基础设施建设的大规模开展，钻孔灌注桩与高压旋喷桩结合的组合围护结构在工程施工中得到了大量应用。其利用钻孔灌注桩作为整个围护结构的主要受力结构，同时在桩间施做的高压旋喷桩，通过高压旋喷桩与钻孔灌注桩的搭接咬合共同形成整个基坑的止水帷幕，从而达到围护基坑、止水及防渗的目的。灌注桩与旋喷桩组合围护结构具有施工无振动、噪音小，无挤土现象，对周边地层、环境影响小，结构刚度大、安全性高等优点，可适用于软土地层的施工。本文通过钻孔灌注桩与高压旋喷桩组合围护结构在珠海市南湾大道改造工程中的实践应用，阐述了其作为基坑围护结构的优越性，值得广泛推广。

二、工程实例

珠海市南湾大道改造工程新建综合管廊沿南湾大道敷设，位于道路南侧，全长4489m。施工场地覆盖层主要由第四系地层素填土、淤泥、淤泥质土、粉质黏土等组成。其中素填土层厚一般为1.0~14.6m，淤泥层厚度一般1.0~26.0m，淤泥质土层厚一般为1.0~25.1m，整个综合管廊基坑几乎全部处于上述三种土层中。场区地下水主要为孔隙潜水、承压水。根据钻孔揭露，地下水位埋深为0.2~4.9m，地下水高程约为-2.65~4.59m，场地地下水略具承压性，承压高度约0.5~2.7m。部分综合管廊段落北侧有22万伏高压线与管廊基本平行，高压线外缘电线水平距离支护桩中心约4m，离地面高度11.7m~23.4m，施工机械设备需与高压线缆保持6m的最小安全距离。

根据设计要求，基坑采用明挖法施工，其中开挖深度为7~12m的基坑，其围护结构采用了钻孔灌注桩与高压旋喷桩组合围护结构，采用此种围护结构的基坑长2036m，围护结构中灌注桩采用直径为0.8m和1.0m两种，桩间距分别为1.0m和1.2m；高压旋喷桩直径为0.6m，桩间距亦为1.0m和1.2m。高压旋喷桩布置在钻孔灌注桩中间位置的外侧，高压旋喷桩与两边灌注桩分别

搭接咬合0.15m。

三、基坑围护结构施工

(一) 施工工艺流程

根据工程现场条件并结合地质情况，本工程混凝土灌注采用GPS-10型回转钻机进行钻孔成桩。高压旋喷桩采用MGJ-50型高压旋喷桩基双管法施工成桩。灌注桩与旋喷桩组合围护结构分段分阶段施工，即先将一段的钻孔灌注桩施工完成，待钻孔灌注桩混凝土强度达到设计强度后再施做桩间高压旋喷桩，该组合围护结构具体工艺流程见下图：

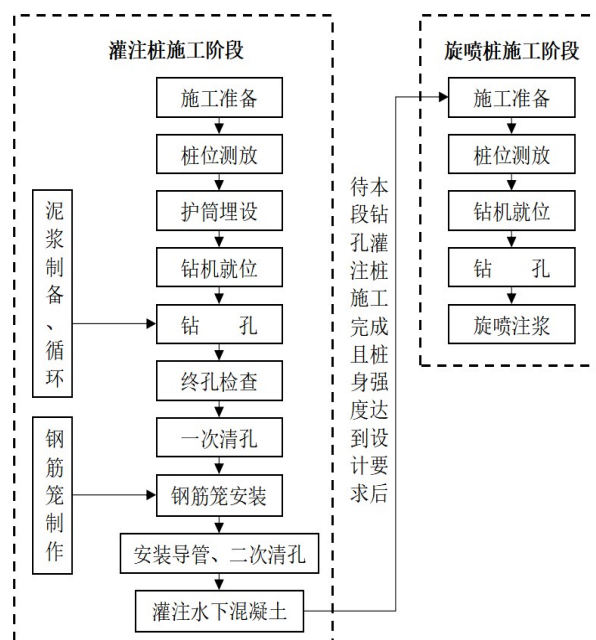


图1 灌注桩与高压旋喷桩组合围护结构施工工艺流程图

(二) 钻孔灌注桩操作工艺要点

(1) 钻孔：1) 施工前严格按照设计桩位坐标测放桩位，并根据复测的护筒标高、设计桩底标高、设计桩顶标高等提前计算好钻孔孔深和混凝土灌注桩桩长；2) 钢护筒埋设时，护筒内径应大于设计桩径至少20cm，护筒埋设深度应不小于2m，并宜高出地面0.3m。护筒中心与桩中心的平面位置偏差应不大于50mm，护筒在垂直方向的倾斜度应不大于1%；3) 钻机就位时，先按照灌注桩中心移动就位，再采用水平尺调整底座水平，要求钻头中心与桩位中心偏差小于50mm，经调整就位准确的钻机应对钻机底座进行适当加固，保证平稳；4) 开钻前，先注入清水，采用钻机缓慢钻进，待钻进至护筒底口时，加入符合要求的泥浆、并继续钻进至护筒底口以下1m，之后再根据地层情况以正常速度钻进；不均匀地层钻进时，合理控制钻进参数，钻进时轻

压、慢压、慢速钻进，以防止孔斜；在钻孔排渣或因故停钻时，保持孔内具有规定要求的泥浆相对密度及黏度；因故停钻时必须将钻头提出孔外，掏渣后应及时向孔内添加泥浆或清水以围护水头高度；5) 钻孔期间每4h测量一次泥浆主要性能指标（比重、黏度及含砂率等），以保持泥浆性能指标符合设计及规范要求，同时保持孔内泥浆液面低于护筒顶面30cm，且高于地下水位1.5~2.0m；6) 钻进至设计孔底标高后停止钻进，并采用正循环换浆法进行一次清孔；当清孔泥浆进浆比重应小于1.15，返浆比重应小于1.30，手触泥浆无颗粒感，且沉渣厚度小于10cm，即可结束一次清孔。

(2) 钢筋笼及导管安装：1) 钢筋笼宜整体吊装入孔，当采用分段吊装入孔时，必须保证钢筋接头长度区段内（35d）钢筋接头面积的百分率 $\leq 50\%$ ，且不得小于50cm。检查钢筋笼顶部标高是否达到设计标高，并检查吊筋是否固定牢固；2) 安装导管前应对导管进行试拼、试压，应根据孔深合理配置导管长度，以保证导管底距孔底距离符合规范要求，试压压力应为孔底静水压力的1.5倍，导管持压3min，以导管表面及接口不漏水为合格。导管安放就位、并固定后，利用导管输送循环泥浆进行二次清孔，二次清孔结束标准为泥浆比重 < 1.25 、黏度 $\leq 28S$ 、含砂率 $\leq 8\%$ 及沉渣厚度小于规定值。

(3) 水下混凝土灌注：1) 水下混凝土灌注时，导管下部底口距孔底30~50cm，混凝土坍落度宜为160~220mm、粗集料最大粒径不大于25mm、初凝时间不小于4h的混凝土，初灌时应保证导管埋深不小于1.0m，提升拆管操作时应以保证导管具有2~6m的埋深为原则进行控制，灌注的桩顶标高应高出设计桩顶标高0.5~1m；2) 混凝土应连续灌注，中途间隔时间不应大于30min；3) 灌注桩施工应符合相邻桩间距 ≥ 4 倍桩径、时间间隔大于36小时或跳孔施工，以免串浆和连孔。

(三) 高压旋喷桩操作工艺要点

(1) 施工条件：1) 旋喷桩应在作业段灌注桩全部完成后、并在施工桩相邻的两侧灌注桩混凝土强度达到设计强度后方可施做；

(2) 试桩：2) 旋喷桩施工前，需先进行室内配比试验（按照设计要求选定的水灰比拌制水泥浆，与选取的现场最不利地层条件下的土样进行拌合，将拌合物制成试件经养护后检测试件强度，通过强度判断相应的水灰比及水泥掺量是否符合设计要求）后，选择与设计桩位处地质条件基本一致的场地、并按照设计最长桩长和经试验检测合格的室内配合比进行高压旋喷桩的试桩施工，成桩后经各项试验检测合格，形成试桩成果报告后，按照试桩成果确定的各项工艺参数进行施工。

(3) 高压旋喷桩作业：1) 施工前应对钻孔灌注桩实际桩位进行复测，根据其实际偏差调整旋喷桩实际桩位、并按此测放桩位控制点，以保证两者均匀咬合；同时，根据实际复测的地面标高、设计桩底标高、设计桩顶标高提前计算好钻孔孔深和喷浆长度，经报审确认后

作为施工控制参数；2) 先进行钻机、空压机、泥浆泵等设备调试，可进行地面试喷和试钻，以确认气压、泥浆泵泵送压力、流量等符合控制参数要求，且设备性能良好；同时，校验钻杆长度、并以此核定所需钻杆根数（方便精准控制钻孔孔深符合设计要求），按照测放的桩位控制点进行钻机安放和就位，通过调平、对中等操作调整钻机垂直度、并使钻杆与桩位中心点对正；3) 精准就位、并固定钻机后即可钻进施工，采用清水钻进至低于设计桩底高程后开始喷浆，并按照试桩成果确定相关参数进行喷浆和旋转提升作业，直至高于设计桩顶高程不少于50cm后停喷；4) 高压旋喷桩采用跳孔施工，相邻两桩间隔时间宜大于48h、间隔距离宜在4~6m；旋转喷浆提升过程中，停浆拆杆后下落复喷搭接长度不小于10cm；高压旋喷注浆应保持全孔连续一次作业，因故中断恢复喷浆时下落复喷搭接长度宜不小于100cm。

(四) 基坑工程监测

基坑工程监测工作贯穿于基坑土方开挖、基坑支撑体系施工及主体结构施工全过程。通过监测指导基坑土方开挖和地下工程施工，并根据设计要求的量测限值作预警预报。根据基坑监测仪器的数据和现场观察，灌注桩与高压旋喷桩组合围护结构桩顶竖向位移、支撑内力监测数值、桩体深层水平位移、土体深层水平位移、地下水位情况等均在设计报警值或控制值范围内，能确保了基坑安全。

四、效益分析

1) 灌注桩、旋喷桩等施工机械规格尺寸较小，应用灵活简便，可满足高压线、高耸建筑物及桥梁等既有建筑物设施下方及附近安全作业，在基坑开挖及地下结构施工期间可有效避免对既有建筑物造成破坏；2) 在既有地质条件及建筑物影响情况下基坑围护结构方案设计比选中，该种围护结构不失为一种最佳选择，在无需对既有建筑物进行征拆迁改的条件下，保证了工程建设正常实施，从而加快工程建设进度和降低工程投资，并使得建设工程项目的经济、社会效益更加突出；3) 该种围护结构具有施工无振动、噪音极小，无挤土现象，对周边地层、环境影响小，结构刚度大、安全性高，施工环保等优点。

五、结语

通过工程实际应用，灌注桩与高压旋喷桩组合围护结构作为基坑围护结构使用效果良好，能够有效提高基坑边坡的稳定性，并起到挡土、止水的效果，同时节约了工程成本，缩短了施工工期，大幅度减少了工程施工对周围居民及环境的影响，可在工程施工推广使用。

参考文献

- [1] GJ120-2012, 建筑基坑支护技术规程[s].
- [2] DB4401T3-2018, 城市综合管廊工程施工及验收规范[s].
- [3] 李波. 软土地基中钻孔灌注桩的施工工艺和质量控制[J]. 水利建设与管理, 2002(5): 34-35.