

旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术的应用研究

廖可超

中建材广西勘测规划设计有限公司

摘要：在建筑施工中，应用旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术可提高成桩质量，如何运用该技术，优化施工效果，成了施工人员需解决的问题之一。文章针对旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术应用价值、策略加以分析，分析表明，应用该技术可优化单桩性能、提高施工效率、控制施工成本，这就需要技术人员能了解基本原理，理顺施工思路，加强技术赋能，继而提高建筑施工质量。

关键词：技术原理；施工思路；技术赋能

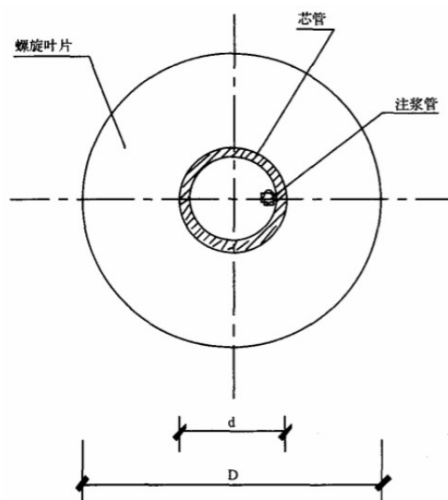
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.019

钻孔压灌桩技术主要指的是用非常规成孔工艺依靠钢筋笼自重融进混凝土并实现成桩目标的一类施工手段，该技术的特点是混凝土灌注与成孔作业可连续进行，省去了护壁工序，属于绿色桩型，有着成本低、噪声小、功效高、质量好等优势。在钻孔压灌桩技术不断发展过程中，旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔设备持续应用推广，同时进一步改善了施工体系。有些施工团队存在未能有效运用旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术的问题，出现了不了解施工理论、施工思路混乱等情况。基于此，为了提高建筑施工质量，探析旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术应用策略显得尤为重要。

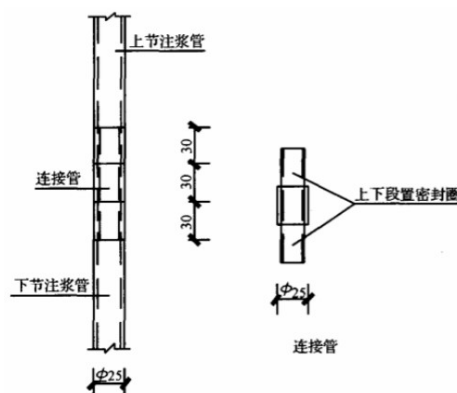
一、旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术应用价值

首先，优化单桩性能。因为在旋喷注浆扩底期间使用了高压工艺技术，所以孔底残渣能在高压作用下被长螺旋钻孔设备带到地上，同时头腔扩大，清理孔底杂质的施工行为与扩大桩体直径的施工行为并不冲突，可增强桩端阻力，在此前提下提升单桩承载力。在施工中用到了比较特殊的钻头（见图一、图二、图三），该钻头在朝下运动期间若达到标高，那么就会启动注浆管，该管在水平面旋转，高压喷射泥浆，在钻头底部设有锥形活门，在产生摩擦力的同时可关闭该活门，达到避免水体进入浆液的效果，可有效提高桩底扩大头质量。有些建筑工程土层复杂，桩身比较长，在钻进时若发现土层适合设置支盘，那么钻头能在到达指定位置后喷浆，时间超过3分钟，用这些浆液构成支盘，这可进一步增强单桩承载力。

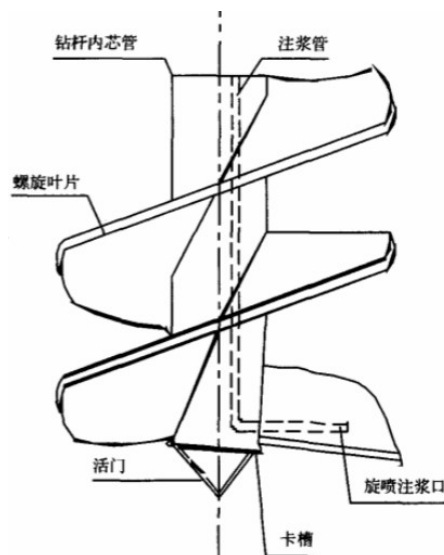
其次，提高施工效率。相较于其他的桩体施工技术，旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术省去了泥浆护壁这一施工步骤，在泥浆护壁施工期间，技术人员要运用膨润土、水及其他外加剂，有效保护钻孔灌注桩，避免其出现坍塌的情况，因为省去了这个环节，所以应用该技术无须制备护壁所用泥浆，可提高施工效率。



图一 钻杆截面图例



图二 注浆管接头立面图例



图三 钻头下部立面图例

最后，控制施工成本。应用旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术可控制成本，主要源于该技术可提高单桩质量，降低返工概率，因为噪声小、污染少，所以可节约环境整治相关成本。该技术省去了护壁环节，一定程度上节省了混凝土，进而有效控制成本。该技术起效的关键之一是钻头比较特殊，钻头便于养护，磨损率较低，这可控制设备运维成本，还可避免因钻头受损或无法正常运行而耽误施工，在顺利展开施工活动的基础上保障工程可按时交付，在此前提下控制施工成本。

二、旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术应用策略

(一) 了解技术原理，为应用施工技术提供理论依据

首先，了解旋喷注浆扩底技术应用原理。在钻杆芯管内设置高压注浆管，用焊接的方式将该管加固在芯管内部，用机械插入的方式将上下段连在一起，在钻杆运动到指定位置后，启动旋喷注浆泵，从泵中流出高压浆液，并产生极大的切削力，该力作用到桩内土体表面，一方面可形成水泥土，另一方面可在长螺旋钻叶运动期间把水泥土带出孔洞，基于土体蠕变得到扩大头空腔。高压旋喷速度逐渐减慢，压力随之减小，同时扩大头直径趋于稳定，最终与设计要求的相符，在此前提下泵送混凝土，得到以混凝土材料为主的桩底扩大头，完成施工任务。应用旋喷注浆扩底技术可实现一次成桩的目标，高压扩孔、水泥浆加固、高压泵送混凝土、钢筋笼振动插入等施工活动息息相关、一气呵成，可提高连续作业效率，有效节省施工时间。

其次，了解长螺旋钻头活门应用技术原理。通过分析设备结构可知，在长螺旋钻头上设有活门，该活门位于钻头底部，活门上有橡胶垫，受钻杆控制钻头向下运动，钻头卡槽、活门之间产生摩擦力，在该力的作用下活门关闭，达到避免进水的效果。钻杆向上运动时，受压力作用，活门自动开启，混凝土持续填充孔洞，并构成符合设计要求且稳固的扩大头与桩身。

最后，了解注浆形成支盘技术原理。技术人员根据施工要求操控钻杆，钻杆驱动钻头钻进，到达支盘标高期间，钻杆运行速度降低，并维持稳定状态，同时展开3~5分钟的高压旋喷注浆施工活动，孔壁内渗入水泥浆，水泥浆可起到加固作用，钻杆向上运动，支盘施工部位迅速填充混凝土，相较于桩径，盘的高度要大一些，约是桩径的2倍，桩底扩大头、支盘可组合到一起，这可增强单桩承载力^[1]。

(二) 理顺施工思路，紧抓要点优化施工技术应用效果

通过归纳总结旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术应用经验可知，该技术有着一次成桩的技术优势，为了在施工中体现该优势需理顺思路，并抓住要点完成施工任务。通常情况下，施工方要先做好准备，确保设备、材料、人力等满足施工需求，在此前提下踏勘并放线，而后将钻孔机放在指定位置并开展钻孔活动，依据施工要求到达指定位置后启动设备高压注浆，同时

长螺旋杆持续钻进扩底，在上提钻杆的基础上泵送压灌，钢筋笼可振入混凝土，施工后需及时检验桩体的质量，若不合格要重新施工^[2]。

施工技术应用要点有以下几个：第一，桩机就位。施工人员依照图纸完成测量放线任务，而后将桩机放在指定的位置上，在此之前要保证地表平整，设备稳固，并对准桩位中心，技术人员需从实际出发调试设备，使得钻杆、桩机底部垂直，为钻杆直入地表并控制桩体倾斜度给予支持；

第二，设计标高。在钻孔初期要适度放慢速度，保证钻杆与钻头能平稳进入地表，以免因阻力过大而出现设备位移的情况，在进入地表后可根据土层的特点加快钻进速度，同时关注土层，针对钻出土体进行分析，根据钻出土体的状态与总量判断设备运转是否顺畅，在此基础上调节钻进量以及设备压力，通常每分钟钻头旋转10-20圈，每转一次向下运动10-15厘米。若有地下水的地方以及砾石总量较多的土层施工，那么施工人员要留意活门的灵敏度，亦需及时解决进水问题。在钻进期间要关注标尺，做好记录工作，同时为控制孔洞深度提供依据；

第三，旋喷注浆。在按照设计要求控制设备来到指定标高土层后，技术人员需展开扩底施工活动，启动高压注浆设备，同时钻杆继续运动，达到旋喷注浆的效果。通常要根据试验施工结果以及施工区域的地质条件来确定旋喷压强，一般情况下压强在20-25MPa之间，有时 would 超过25MPa。一般要求钻杆钻进速度每分钟低于45厘米，在钻进期间还要逐渐放慢速度，每分钟钻进15厘米，注浆量与设备运行速度成反比，在浆液总量持续增多的条件下可填充扩大头空腔。技术人员依据静载试验结果以及施工设计要求确定旋喷注浆作业深度与直径的大小。因为水泥浆质量会影响到施工效果，所以要保证水灰比在0.7-1之间，选用硅酸盐水泥，要提前搅拌均匀，并放在储浆桶内备用。在旋喷注浆的作用下，洞壁土体脱落，土体混入水泥浆，一同被螺旋叶片送至地表，部分水泥浆渗入孔壁，可达到加固土层的效果；

第四，泵送混凝土。为了提高施工效率，技术人员要积极增强混凝土材料的可泵性，这就需要在施工前试验，通过试验调整混凝土材料配比，通常要求水灰比在0.5-0.6之间，粗骨料直径不足2.5厘米，坍落度在18-22厘米之间，各盘料搅拌时长应超过1分钟。根据设计要求控制设备，当设备运动至需要扩底的部位时，技术人员要确保钻头稳定，并能持续喷浆，持续时长为1~2分钟，先泵送50秒左右的混凝土，再缓慢提起钻杆，确保混凝土可包裹2米左右的钻杆，钻杆上提速度、混凝土泵送速度一致，通常钻杆上提时每分钟运动距离为120厘米。混凝土压灌不受钻杆上提影响，保证充盈系数约为1.2，相较于灌注高度，桩顶混凝土要高一些，约超出50厘米；

第五，钢筋笼振动下沉。在桩体内部安装钢筋笼为的是提高桩的质量，在以往的施工活动中，要避免出现钢筋笼位置不稳定的情况，应用旋喷注浆扩底式长螺旋

钻孔压灌桩施工技术可达到钢筋笼振动下沉的目的, 继而进一步提升桩体施工水平。在完成混凝土泵送任务后, 技术人员用车辆调运钢筋笼, 使之位于桩体的正上方, 钢筋笼上部在振动台上, 振动台与桩机相连, 其功率通常为15kW, 激振力应超过143kN。在振动台启动后, 受传力杆作用, 钢筋笼下沉, 与混凝土融合, 并成为桩体的一部分。为了提高施工质量, 需控制好钢筋笼下沉的速度, 一般情况下, 每分钟下沉1.2米。钢筋笼的刚度需符合施工要求, 用焊接技术加固主筋与箍筋。钢筋笼在下放与振动下沉期间都要维持垂直的状态;

第六, 成桩检验。施工是否达标取决于质检结果, 专职人员应在桩体施工完毕后采取措施完成质检任务。实践证明, 低应变检测技术有着可用性, 可利用数字设备得到波形曲线, 通过观察曲线就能判断桩体施工效果。在桩顶受到冲击的基础上会产生弹性应变, 并遵循一维波动规律, 依据波动方程可对反射波相位进行分析, 达到用反射波判断桩体是否存在缺陷的目的。以桩体直径较小、桩身浅部(距离地面1米之内)有裂缝这一缺陷为例, 检测后生成的曲线在0-1米的位置剧烈波动, 1-2米波动较小, 2米以上趋于直线, 这说明桩体1米附近有严重缺陷, 应在开挖后加以补救, 解决桩体质量问题^[3]。

(三) 加强技术赋能, 探索数字化施工新出路

在数字技术引入施工活动的背景下, 可以基于技术赋能探索数字化施工新出路。以桩体养护为例, 此为施工环节之一, 关系到桩体的质量, 保湿是最为常见的养护手段, 需在成桩后洒水, 以免混凝土干裂并产生裂缝, 增强混凝土的强度, 虽然可以每人负责多根桩体的养护工作, 但仅用人力养护存在工作效率较低的问题, 可能出现养护不及时的现象。为了规避上述现象, 可在养护期间使用传感器、物联网两大技术, 在养护区域安装传感器, 用以实时监测空气湿度, 以及桩体的温度、湿度, 监测结果传输至工作人员的移动设备当中, 工作人员可根据数据对桩体养护需求做出判断, 并尽快采取行动落实养护目标。传感器技术除了可用于养护以外, 还可用于保护钻头。钻头是施工中的重要设备, 其性能可影响施工效果, 基于此要用传感器加以监测, 为及时养护以及调整钻头运行参数给予支持。传感器可对钻头的受力状态加以监测, 将监测所得信息转化为电子信号以及可读取的信息。钻头属于钻孔设备之一, 在朝着地底钻进时, 受轴向力影响, 在遇到坚硬物体时作用力变大, 若超过钻头的承受力就会磨损, 甚至断裂。为了避免出现上述情况可用传感器技术, 技术人员要在传感器上安装应变梁, 应变梁与受力梁连接, 受力梁上有定位孔, 借助定位孔可用螺栓将传感器、钻头关联在一起, 以便实时监测钻头运行情况。

在施工前要了解土体主要成分, 为制定切实可行的施工计划提供依据, 这就需要技术人员做好取样分析工作, 此为踏勘要点之一, 以人力为主的取样分析质量较低, 影响施工决策, 不利于制定科学高效的技术方案。为了弥补人力取样分析缺陷, 可运用三维定位技术。

在施工前期取样分析阶段运用三维定位钻孔装置, 该装置由机架、水平定位系统、PLC控制器、隔音罩等元件构成, 在机架上安装垂直定位系统与钻机, 机架的底部安装水平定位系统, 基架整体位于隔音罩当中, 隔音罩外部固定PLC控制器, 该控制器电缆与水平、垂直的定位系统相连。在控制器上有六个按键, 即前、后、左、右、上、下, 上、下这两个按键可控制垂直系统, 并驱动钻头向下、向上位移, 左、右这两个按键可控制横向系统, 并驱动钻头向左右两边运动, 前、后两个按键与纵向伺服电机联通, 驱动取样元件前后移动。该设备可自动调整取样元件与地面的距离, 确保地面平整, 取样元件与地面垂直, 依据竖向取样对距离的要求来设定单层取样深度, 各层中点就是取样点。设备自动调整参数, 确保垂直取样间距与垂直位移量相等, 同时横向取样间距等于横向位移量。在钻机上安装标准钻头, 用PLC控制器编程, 驱动取样元件移动, 并对准取样中心, 此时控制“下”键, 钻机向下运动, 到达标高自动停止, 设备在上移时获取土样, 用上述方式重复操作多次可达到逐层获取土样的目的, 在了解各层土体实际情况的条件下施工方可灵活控制钻进速度^[4]。

在建筑施工中技术人员可运用BIM技术, 该技术直观性较强, 可针对旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术应用预期加以判断, 还能直观演示该设备运行过程, 进而在施工设计阶段预见技术风险, 如钻头碰撞坚硬岩石活门闭合度降低、扩底不充分等, 在了解技术风险的前提下, 施工方可立足实际改进施工方式, 并对施工时长、成本等加以分析, 充分运用施工资料得出最佳决策。值得一提的是, BIM技术可在施工中持续获取工程信息, 亦可自动更新现有的信息, 这可为技术人员合理设置钻机运行参数提供依据^[5]。

三、结束语

综上所述, 在建筑施工中可运用旋喷注浆扩底式长螺旋钻孔压灌桩施工技术, 该技术有着成本较低、一次性成桩、施工效率较高等优势, 为了发挥技术优势施工方不仅要按照程序规范施工, 还要注重技术赋能, 使用高新科技拓宽施工视野, 改进技术手段, 优化施工效果, 继而推动钻孔压灌桩施工活动良性发展。

参考文献

- [1] 王光新, 陆勤学, 周良明. 长螺旋钻孔压灌桩突破桩头施工技术[J]. 建筑机械化, 2023, 44(10): 61-63+70.
- [2] 郭濛濛, 叶晓东, 陈博文等. 长螺旋钻孔压灌桩后注浆施工技术[J]. 建筑技术, 2023, 54(12): 1496-1499.
- [3] 张松, 毛安琪. 长螺旋钻孔压灌桩承载力不够原因分析和处理方法[J]. 建筑结构, 2023, 53(S1): 2697-2701.
- [4] 陈成. 长螺旋钻孔压灌混凝土后插钢筋笼施工技术分析[J]. 江西建材, 2023(04): 294-295+298.
- [5] 池丹辉. 长螺旋钻孔压灌桩施工技术研究与应用[J]. 中国建筑金属结构, 2022(10): 23-25.