

SMW工法桩施工技术及质量要点研究

张伟杰

中铁十五局集团第二工程有限公司

摘要：本文针对SMW工法桩施工技术及质量要点进行研究，对该施工技术的关键要点和质量控制进行了详细分析和总结。通过实地调研和案例分析，提出了一系列有效的施工技术和质量要点，旨在提高SMW工法桩施工的效率和质量，确保工程的安全稳定。

关键词：SMW工法；桩施工；质量要点

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.20.043

SMW工法桩作为一种广泛应用于市政建筑工程的基础处理方法，其施工技术的合理运用对工程质量至关重要。然而，在实际施工中，由于施工人员技术水平和质量意识的差异，以及复杂的地质条件等因素，常常面临一些挑战和问题。因此，深入研究SMW工法桩施工技术及质量要点，对于提高施工质量和保证工程安全具有重要意义。

一、工程概况

本工程位于上海市浦东新区临港新城的一个场地。该场地具体情况如下：东侧邻近规划道路NS2路，目前为空地，环境较为宽松；南侧已建环湖南二路，该侧道路沿边处存在电力管线、上水管线等市政管线；西侧邻近规划道路NS1路，现为空地，环境较为宽松，项目部计划占用20米宽度作为现场临建；北侧已建云鹊路，云鹊路下方有新建的地下综合管廊，与基坑之间距离约为12.5米，北侧道路下埋设有雨水管线、路灯线缆等市政管线。整体而言，场地东侧和西侧比较空旷，而南侧和北侧靠近市政道路，在基坑的1倍挖深范围内存在一些市政管线，而北侧2倍挖深之外还有地下管廊，因此需要重点保护北侧和南侧的管线。此外，场地周边没有明显的明浜和明塘分布，但地下水对工程有一定的影响，主要包括浅层潜水和深层承压水。

二、SMW工法桩施工技术

SMW工法桩施工技术因其施工简便、效率高、成本较低等特点，被广泛应用于各种土木工程中，特别是在复杂地质条件下的基础加固和支护工程中。它是由德国工程师Schmitt、Meyer和Weissert合作开发的，因此得名SMW工法^[1]。SMW工法桩施工技术主要包括以下几个步骤：

（一）现场测量与观测

1. 地下结构测量

地下结构测量工作主要包括平面轴线测设和垫层轴

线放样。通过计算建筑坐标和使用全站仪和经纬仪在基坑边和道路上的控制桩上实地放出各控制线进行测量^[2]。利用悬吊钢尺法确定基坑下的标高基准点，并通过精密水准仪观测来确保准确性。垫层轴线放样则采用校测轴线控制桩和全站仪的方法。在每层平面或施工段完成测量放线后，进行自检，并填写记录表并报监理验线。

2. 地上结构测量

地上结构测量主要包括平面轴线测设和高程测量两个方面。在平面轴线的测设中，我们可以使用传统的测量仪器（如全站仪、经纬仪等）进行测量和标定。通过在建筑结构的各个关键部位进行测量，确定建筑物的平面轴线位置并建立控制基准点，以确保建筑物各个部位的平面布置准确。高程测量方面，通常会在地面层确定一个基准点作为高程测量的起点，然后通过测量工具（如水平仪、自动级等）将这个高程传递到墙体内侧壁上。为了确保测量结果的准确性，我们会使用专业的测量仪器，例如水平仪、激光测距仪或全站仪等，进行高程的测量和传递。

3. 沉降观测

沉降观测旨在测定建筑物地基的沉降量，以监视安全和提供维修保护依据。观测点的布设应稳固可靠，并避开影响施工和建筑物使用的物体。采用水准仪、水准尺进行观测，并对数据进行处理、剔除异常数据，并整理成观测成果。观测周期根据变化情况确定，直至沉降稳定。

4. 基坑及周边监测

基坑及周边监测方案的编制原则是根据地下管线分布特点，进行现场调查踏勘和分析，并根据设计要求布设监测点。布设统一的监测控制网，并在此基础上布设监测点，监测内容包括地下管线、周边土体和基坑围护结构。布设地表沉降监测点来反映基坑围护结构的变形情况和周边环境受基坑影响的变形趋势。对周边管线进行监测，以保证其安全运营和减小受施工影响，实现信息化施工。

（二）SMW工法工艺流程

由于本工程基坑较深、地质较差且地下水丰富，基坑开挖前首先进行基坑的围护工作。围护结构采用三轴水泥土搅拌桩+高压旋喷桩+插拔型钢+钻孔灌注桩，H型钢拔出后注浆，竖向设置两道内支撑，支撑结构采用钢筋混凝土支撑。流程图如下：

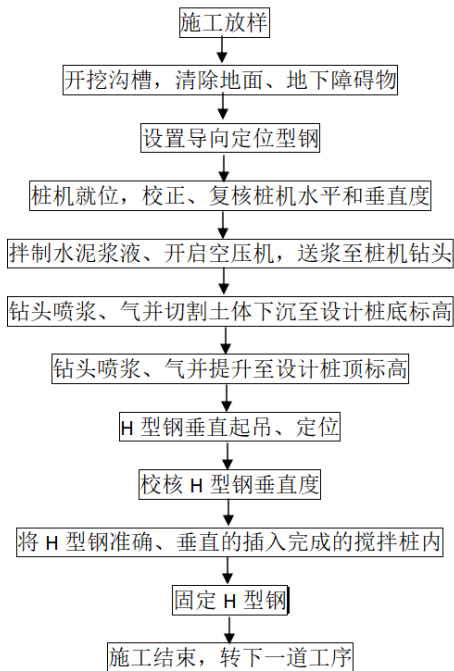


图1 SMW工法工艺流程

1. 前期准备

在三轴搅拌机施工前，首先需要进行场地平整，包括清除表层硬物、夯实素土回填以承受50吨重型设备的荷载。如果有地下管线搬迁，需要夯实回填土，并铺设走道板和钢板。接下来进行测量放线工作，根据提供的坐标基准点，按照设计图进行放样定位和高程引测，并做好永久和临时标志。放样后需要进行复检验收，并经监理确认无误后方可进行搅拌施工。在开挖沟槽阶段，按照基坑围护控制线开挖沟槽，控制线宜外放5~10cm，并清除地下障碍物。挖土机开挖沟槽，余土要及时处理，确保施工顺利进行并满足文明工地的要求。若遇到地下管线，需要立即停止施工，待总包方与相关部门确认后，经批准方可继续施工。定位型钢的放置采用垂直和平行沟槽方向的定位型钢。垂直沟槽方向放置两根规格为200×200，长约2.5m的定位型钢，平行沟槽方向放置两根规格为500×300，长约8~20m的定位型钢。定位型钢必须固定好，并可采用点焊进行连接。转角处的H型钢的定位方式根据实际情况确定，使用型钢定位卡进行固定。最后，在三轴搅拌桩施工前，需要根据规定的三轴中心间距（900mm）在平行H型钢表面用红漆划线进行桩孔位的定位^[3]。

2. SMW工法施工

SMW工法桩施工包括以下几个环节。首先，根据施工工艺的要求选择三轴深搅设备，并根据工程规模、工期要求、场地条件和临时用电情况等合理确定设备投入力量和机械配套工具。其次，按照图2、图3所示的施工顺序进行工作，其中阴影部分表示重复套钻，以保证

墙体的连续性和接头的质量。这种施工顺序一般适用于N值小于50的地基土，水泥石搅拌桩的搭接和施工设备的垂直度补正是通过重复套钻来实现的，以达到止水作用。桩连接方式有两种：跳槽式双孔全套复搅式连接和单侧挤压式连接，前者是常用方式，后者适用于转角处或有施工间断情况。然后，在桩机就位时，班长统一指挥，桩机移动前要清除障碍物，并在移动结束后检查和纠正定位情况，确保桩机的垂直度^[4]。桩机应平稳平正，并用线锤对龙门立柱进行垂直定位观测。桩位定位后要复核，偏差值应小于3cm。在搅拌速度和注浆方面，三轴水泥搅拌桩下沉和提升过程中都需要注入水泥浆液，并且要严格控制下沉和提升速度。根据设计要求和相关技术资料规定，下沉速度不得超过1m/min，提升速度不得超过2m/min。在桩底部适当持续搅拌注浆，在开挖面以上适当控制下沉和提升速度，并做好每次成桩的原始记录。此外，在施工现场还需要搭建拌浆施工平台和100m²的水泥库，并在开机前进行浆液的搅制。拌浆和注浆的量以每钻的加固土体方量为单位，注浆压力控制在1.5Mpa~2.5Mpa之间，根据浆液输送能力来确定。土体加固后，搅拌土体的28天抗压强度应大于等于1.0Mpa。水泥的用量参数采用425号普通硅酸盐水泥，水灰比范围为1.5~1.8，经施工单位试桩并得到现场监理的认可后确定施工水灰比。

①跳槽式双孔全套复搅式连接：一般情况下均采用该种方式施工。

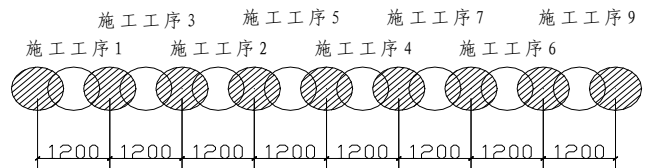


图2

②单侧挤压式连接方式：对于转角处或有施工间断情况下通常采用此连接。

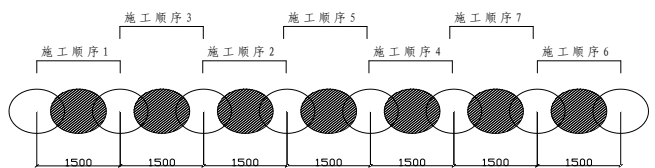


图3

3. 冷缝处理和H型钢质量控制

在施工过程中，如果出现冷缝，可以采取围护桩外侧补搅素桩的方案。补桩前需要确保围护桩达到一定强度，以防偏钻，并确保补桩效果。素桩与围护桩的搭接厚度约为10cm。在使用H型钢之前，需进行一些质量保证措施。首先，在H型钢顶端开一个中心圆孔，并

在该处焊接厚度不小于12mm的加强板，加强板尺寸为400mm×300mm和600mm×300mm，中心孔需要与上部孔对齐。若H型钢长度不够，需要进行拼焊，焊缝应为坡口满焊，并用砂轮机打磨焊缝至与型钢面平齐。根据标定的高程控制点，使用水准仪引导定位型钢，并根据定位型钢与H型钢顶标高的高度差确定吊筋长度。在型钢的两腹板外侧焊接好吊筋（直径不小于12mm的线材），并控制误差在±5cm以内。在型钢插入水泥土部分涂刷减摩剂。装好吊具和固定钩后，使用50吨吊机起吊H型钢，并用线锤检查垂直度，确保垂直度。在沟槽定位型钢上放置H型钢定位卡，并与定位型钢连接固定。定位卡位置需要准确，要求H型钢平面度与基坑方向平行，并且垂直于基坑方向的方向与型钢朝基坑面保护层的距离也有一定要求。然后将H型钢底部中心对准桩位中心，沿着定位卡缓慢垂直插入水泥土搅拌桩体内，使用线锤控制垂直度。在水泥土搅拌桩达到一定硬化时间后，可以用槽钢穿过吊筋并放置在定位型钢上。然后撤除吊筋与沟槽定位型钢的连接。如果H型钢插放的高度达不到设计标高，可以采用提升H型钢的方法，并重复下插直至达到设计标高（插入桩底以上1000mm）。在整个下插过程中，需要使用线锤跟踪控制H型钢的垂直度^[5]。

4. H型钢拔出

根据设计要求，H型钢护结构在结构强度达到设计要求后必须全部拔出回收。为了确保H型钢的顺利拔出，需要在使用前涂刷减摩剂，并要求涂层均匀。具体操作步骤如下：①清除H型钢表面的污垢和铁锈。②将减摩剂加热至完全融化，并用搅棒搅拌，确保涂层厚薄均匀后，涂敷于H型钢表面，以防涂层不均匀和易剥落。③在遇到雨雪天气时，需先用抹布将型钢表面擦干，然后再涂刷减摩剂，严禁直接在潮湿表面上涂刷，以免涂层剥落。④若H型钢表面经过除铁锈处理后未立即涂刷减摩剂，在施工前必须将表面灰尘抹去。⑤一旦发现H型钢表面涂层开裂或剥落，必须将其清除，并重新涂刷减摩剂。⑥在基坑开挖后设置支撑钢牛腿时，必须清除H型钢外露部分的涂层才能进行电焊。在地下结构完成后撤除支撑，也必须清除钢牛腿和周围混凝土，并将H型钢表面磨平，然后重新均匀涂刷减摩剂，否则H型钢将无法拔出。⑦对于埋设在压顶圈梁中的H型钢部分，需要采取保护隔离措施。在筑压顶圈梁前，先用泡沫塑料包裹H型钢腹板和翼板二侧（厚度大于10mm），再用油毛毡片包裹泡沫塑料（二层），油毛毡片包裹的高度需高出圈梁顶15cm，并用U型粗铁丝卡固定油毛毡片。⑧在挖土过程中，需对SMW工法桩和H型钢进行保护。基坑开挖时，当土体离SMW工法水泥土桩边缘约20cm时，需使用人工将土体小心剥离，并严禁机械碰撞

水泥土桩。若发现水泥土桩被损坏并碰划H型钢表面导致减摩剂涂层破损，必须立即清理并补涂减摩剂。在拆除钢支撑和钢围檩时，也要将H型钢表面磨光，并补涂减摩剂，以防止钢材锈蚀影响顺利拔出。地下主体结构完成并达到设计强度后，可以进行H型钢的回收工作。回收过程中，需要使用专用夹具及千斤顶来起拔H型钢。

5. 压密注浆

进行压密注浆工作时，需要注意以下几点：①在围护型钢拔除后，应及时进行压密注浆来填充空隙。注浆选用P.O 42.5级普通硅酸盐水泥，不得使用受潮结块的水泥，并且注浆水泥的掺量为7%。注浆压力应与施工单位协商确定，且不得小于对应深度地层的压力。②注浆孔的孔径应保持在70mm-110mm范围内，垂直度偏差不得超过1%。③浆液需通过搅拌机充分搅拌均匀，搅拌过程应缓慢连续进行，搅拌时间不应超过浆液的初凝时间；搅拌均匀后的浆液需要经过筛网过滤后进行泵送注浆。④当钻杆钻至设计深度后，需注入封闭泥浆至孔口溢出为止，然后才可提杆；当提杆至中间深度时，还需再次注入封闭泥浆。⑤注浆可采用塑料阀管注浆、花管注浆和压密注浆等方法。⑥浆液的黏度应控制在80s-90s范围内，试块7天抗压强度应控制在0.3Mpa-0.5Mpa范围内。⑦根据需要，注浆可加入粉煤灰和外加剂，但粉煤灰的掺入量不应超过水泥重量的30%。⑧注浆流量应保持在7L/min-10L/min范围内。⑨针对注浆管的拔出，宜使用拔管机；塑料阀管注浆时，每次拔出高度宜为330mm；花管注浆时，每次上拔或下钻高度宜为500mm。以上是进行压密注浆工作时需要注意的几个要点。

三、结束语

通过对SMW工法桩施工技术及质量要点的研究，我们可以清楚地认识到，只有在施工过程中注重技术细节和质量控制，才能够确保工程的安全可靠性。本文提出的一系列解决方案和改进措施，不仅为施工人员提供了指导，同时也为相关管理部门提供了参考和借鉴。

参考文献

- [1] 李卫平, 朱义龙, 邓远见. SMW工法桩施工技术[J]. 云南水力发电, 2020, 36(9): 140-143.
- [2] 顾江明. SMW工法桩施工工艺应用分析[J]. 运输经理世界, 2022(9): 55-57.
- [3] 高延伟. 深基坑围护结构中SMW工法桩施工工艺研究[J]. 运输经理世界, 2023(2): 1-3.
- [4] 赵炜. 浅谈SMW工法桩施工技术的应用[J]. 房地产导刊, 2019(11): 53, 110.
- [5] 刘永军. 浅谈SMW工法桩施工技术质量控制[J]. 装饰装修天地, 2020(11): 212-213.