

# 深基坑围护结构之 SMW 工法桩的应用

陈 波

南兴云计算有限公司 广东东莞 523000

**摘 要:** 深基坑围护结构中 SMW 工法桩的应用研究具有重要意义。本研究深入剖析其技术特点,如独特构造、工作机理、显著优缺点及适用范围。详细阐述其在围护结构设计中的依据、参数确定与稳定性分析,施工工艺的各环节点,以及现场监测的目的、方法与结果反馈。结果表明,SMW 工法桩能有效确保基坑安全稳定,控制变形,兼具经济性与高效性,为深基坑工程提供可靠技术支持,在相关领域具有广阔应用前景。

**关键词:** 深基坑; 基坑支护; SMW 工法桩; 施工工艺; 基坑监测

## 引言

随着城市化进程的快速推进,高层建筑、超高层建筑及地下空间的开发项目日益增多。深基坑工程作为这些建设项目的核心基础设施,其周边围护结构的安全与稳定显得尤为重要。深基坑围护结构不仅需要抵抗周围土壤和地下水的压力,在整个开挖和建设阶段避免坍塌或变形等意外发生,还应在设计阶段就要考虑施工成本和施工便捷。传统的围护结构形式,如地下连续墙和钻孔灌注桩,存在着造价高、工期长、泥浆排放等不良影响,面临一定的局限性。SMW 工法桩作为一种成熟的围护技术,近年来在深基坑工程中获得了广泛应用和认可。

## 1 SMW 工法桩的技术特点

### 1.1 构造与原理

SMW 工法桩产生于上世纪七十年代的日本,由水泥土搅拌桩和内插 H 型钢形成围护及止水结构。水泥土搅拌桩通过混合设备将水泥浆与土体强制混合,形成具有一定强度和防水性的水泥土墙,而插入其中的 H 型钢则增强了墙体的抗弯和抗压能力。该结构依托水泥土搅拌桩的止水功能和 H 型钢的承载性能,协同抵抗基坑周边土体的侧向土压力和地下水压力。施工初期,首先进行水泥土搅拌桩的施工;在水泥搅拌桩成型后,将 H 型钢插入桩体内。水泥土搅拌桩与 H 型钢共同构成一个复合受力系统,其中水泥土搅拌桩主要提供横向止水和一定的侧向抗力,而 H 型钢主要承受弯矩和轴力。具体的 SMW 工法桩施工步骤见图 1。

### 1.2 优点

(1) SMW 工法桩在多种地质条件下表现良好,尤其在

软土地层中应用效果尤佳。(2) 施工效率更高,工程进度快。

(3) 对周边环境的影响小,施工中产生的噪声和震动较低。

(4) SMW 工法桩具有较大的结构刚度,能够有效控制基坑变形。(5) H 型钢能够在施工后拔出,可重新利用,经济成效显著。

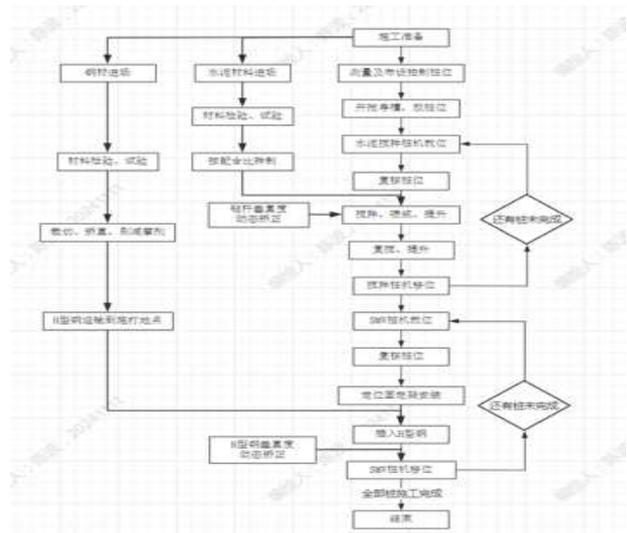


图 1 ——SMW 工法桩施工工艺流程示意图

### 1.3 缺点

(1) H 型钢拔出后,水泥土搅拌桩内部会形成孔道,可能对地基稳定性产生一定影响。(2) 与地下连续墙相比,抗渗性和整体性都稍差。(3) 对施工技术和现场管理要求较高,水泥搅拌土质量较难控制;特别是人为因素比重较大,造成质量控制的不确定性增加,难度也变大。(4) 在砂土层中使用,可适当增加水泥用量;对于深度超过 15m 的基坑,则需与其他支护方式配合使用,并进行全面评估;不

适用于有粒径大的碎石土和植物根茎较多的淤泥土。(5) 水泥土养护时间较长。

## 2 SMW 工法桩的设计要求

### 2.1 设计依据与原则

在 SMW 工法桩的设计规划中,需遵循多种设计原则。工程地质勘探报告提供了关于土层特性、地下水位等关键信息,例如土层的承载力、摩擦力等,为设计提供了可靠的基础数据。设计时的首要考虑因素是确保基坑的稳定性和安全性,同时兼顾经济性和施工便捷性。基坑设计必须综合考虑整体结构的稳定性,以确保基坑在各种工作条件下不会发生整体滑动;在抗倾覆方面,围护结构应避免发生绕某点的倾翻。为确保抗滑移稳定性,支护结构在基坑底部不应发生滑动。

### 2.2 设计参数与常规

搅拌桩的直径通常为 650mm 或 850mm (常用)。桩的长度应根据基坑的深度、土层分布和地下水位来设定:例如,当基坑开挖深度为 12m 且底层为软弱土壤时,桩长可设置为 18m,以确保桩深入稳固的土层中。水泥掺量通常在 15%—20% 之间;在砂质土层中,为增强桩体稳固性并阻止水分渗漏,可适当将水泥掺量增加至 20% 左右;水灰比一般为 1.2—1.6 (根据水泥种类和土壤特性进行调整)。H 型钢的规格和间距同样受到限制,在较深基坑或周边环境复杂的情况下,减小间距有助于提高支护刚度。

### 2.3 围护结构稳定性

对 SMW 工法桩的设计而言,围护结构的稳定性评估至关重要。在基坑开挖过程中,土体压力逐渐释放,导致围护结构的受力持续上升,主动土压力也相应增加,导致结构内力和变形发生变化。在基坑整体稳定性分析中,通常要求安全系数大于 1.3。如发现不足,例如整体稳定性安全系数为 1.1 时,可通过调整设计参数加以改进。

## 3 SMW 工法桩的施工工艺

### 3.1 施工前准备

首先,需要对施工场地进行平整,利用推土机和平地机等设备将地面平整到  $\pm 50\text{mm}$  的误差范围内,为桩机的移动和稳定运行提供良好基础。现场通过人工挖掘十字探坑与仪器探测标记障碍物并进行妥善处理。施工用的专用设备都需经过细致的调试和维护,以确保设备的正常运行。同时,为确保质量达标,现场应储备充足的材料(如水泥和 H 型钢)。水泥需通过随机检查,以确保强度和稳定性符合要求;H 型

钢也需进行规格、尺寸和材料质量的检验。按照设计图纸进行精准的放线和测量,利用 BDS 定位仪(北斗云)、全站仪或水准仪等仪器精准定位搅拌桩和 H 型钢的位置,标注并反复确认以保证误差控制在  $\pm 10\text{mm}$  以内。

### 3.2 搅拌桩施工

在 SMW 工法桩施工中,搅拌桩的施做是关键步骤。施工使用三轴搅拌桩机,首先根据设计的桩位精准定位桩机,并用经纬仪或全站仪测量桩机的垂直度,调整底座和机身,使垂直偏差不超过 1%。启动桩机后,搅拌钻头同步进行钻孔和搅拌,钻进速度根据土层情况调整。对于软土环境,钻进速度一般为 0.5—0.8m/min;对于硬土环境,钻进速度应减慢至 0.3—0.5m/min,以确保钻头切削均匀。使用压浆技术注入水泥浆,水泥浆按设计要求配置,确保水灰比在  $1.35 \pm 0.15$  范围内,且混合时间在 3 分钟以上,保证均匀。在钻进过程中,持续进行压浆,水泥浆压强在 0.3—0.5MPa 之间,流速控制在 80—120L/hour,以促使水泥浆与土体充分搅拌混合。搅拌桩采用“两喷两搅”工艺流程,下沉过程中喷浆搅拌,提升时不喷浆;在第二次下沉时不喷浆,而在提升时再进行喷浆搅拌。提升速度控制在 0.5—1.0m/min,以确保桩体和水泥土充分搅拌。在相邻桩的施工中,应避免超过 24 小时的间隔;如超过时限,需采用补桩或其他加固措施,确保桩与桩间的接合质量。接合长度应不少于 200mm,以形成连续的水泥土墙,从而同时实现防水和支护的功能。

### 3.3 H 型钢插入与拔除

在搅拌桩施工完成、水泥开始凝固之前,需要插入 H 型钢。需提前在 H 型钢表面均匀涂抹 1—3mm 厚的减摩剂。减摩剂的作用是减少 H 型钢与水泥土之间的摩擦,在冠梁施工前,用泡沫薄膜将端头包裹扎牢,然后浇捣冠梁混凝土,泡沫薄膜起到隔离作用,以方便日后拔除。在插入 H 型钢时,根据 H 型钢的长度和重量选择合适的设备,如振动锤或静压桩机。使用振动锤插入时,将振动锤置于 H 型钢顶部,启动后依靠型钢自重和振动力使其插入搅拌桩中。插入过程中,用经纬仪或全站仪实时监测 H 型钢的垂直偏差控制在 5/1000 以内。根据设计规范,H 型钢插入深度的误差应控制在  $\pm 50\text{mm}$  以内,一旦达到预定位置,用定位固定架将 H 型钢稳固在搅拌桩顶部,防止偏移(图 2—SMW 工法桩水平剖面示意图)。

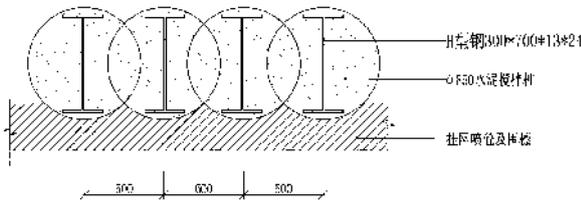


图 2--SMW 工法桩 (密插式) 水平剖面示意图

基坑工程完工后,需拔除 H 型钢。拔除前先对 H 型钢周围的水泥土进行处理,使 H 型钢暴露出适当长度,以便拔桩设备稳固抓取。拔桩操作采用专门设计的具有振动功能的拔桩设备,通过液压系统产生向上拉力,确保 H 型钢顺利从水泥土混合桩中拔出。拔桩速度控制在 0.5~1.0m/min,避免过快对周围土体造成扰动。拔桩时实时监测拔出阻力,如遇阻力过大可使用振动辅助,以确保 H 型钢与水泥土有效分离。

### 3.4 施工质量控制要点

在搅拌桩的施工阶段,确保桩体的垂直度是至关重要的。桩机安装完成后,使用经纬仪或全站仪对桩体的垂直度进行精确测量,以确保测量误差在可接受范围内。在钻进过程中,需动态监控垂直度。如果垂直偏差超过 1%,则应立即停止钻探,并通过调整机身平整度、钻杆竖直等方式进行修正。在搅拌桩施工中,确保水泥浆的质量是核心任务。现场应设立专门的搅拌站用于原材料的运输和储存,并确保搅拌站选址合适。由专人负责水泥浆的配制,严格按照设计配比称量水泥、水等原料。搅拌时间须控制在 3min 以上。定期提取水泥浆样本,用比重计测量比重,并根据检测结果调整配合比。每一条搅拌桩都必须准确记录水泥浆的注入量。

表 1 水泥土搅拌桩成桩允许偏差

序号	检查项目	允许偏差	检查数量	检查方法
1	桩顶标高	± 50mm	全数	水准仪
2	桩位偏差	± 50mm	全数	用 BDS 或全站仪
3	桩径	± 10mm	全数	用钢卷尺量钻头
4	施工间隔	24 小时以内	全数	查施工记录

表 2 H 型钢插入成桩允许偏差

序号	检查项目	允许偏差	检查数量	检查方法
1	型钢顶标高	± 50mm	全数	水准仪检查
2	型钢平面位置	50mm(平行于基坑边线)	全数	用钢卷尺量
		10mm(垂直于基坑边线)	全数	用钢卷尺量
3	扭转角	3°	全数	量角器

H 型钢的质量控制不容忽视。在 H 型钢进入施工现场时,应按照设计要求检查其规格和尺寸,使用钢尺、卡尺等

工具进行测量,核对材料的质量证明文件。外观检查时,需确认 H 型钢表面是否有弯曲、变形或裂纹等缺陷。在插入 H 型钢时,使用经纬仪或全站仪进行实时垂直度监测,确保垂直度偏差不超过 5/1000,以水准仪控制插入深度误差在 ± 50mm 以内。严格控制相邻搅拌桩的施工间隔,确保不超过 24 小时。如发现桩体出现缩颈现象,可能是由于水泥浆流失过快或土体过度压实,可采取复搅或补浆等措施;若出现断桩现象,通常是因为浆液凝固过快或升降速度过快,应及时补桩。

## 4 SMW 工法桩的现场监测

### 4.1 监测目的与内容

监测的目的是精确了解基坑开挖过程中围护结构的变形、受力情况及周边环境的变化,确保施工的安全。监测内容包括围护结构在纵、横方向的位移、深层水平位移、内部应力、支撑轴力、坑外地表沉降及地下水位变化等。

### 4.2 监测方法与仪器

围护结构的水平和垂直位移需使用全站仪进行高精度观测,围护结构的内力和支撑轴向力的监测则依靠钢筋应力计或轴力计来量化监控。坑外地表沉降的监测采用水准仪进行测量;对于地下水位的变化,采用水位计进行实时监测,确保监测数据的准确性。

在监测仪器使用前应进行校准或调整,确保仪器能提供准确的数据。在开挖的初期,监测频率为每 1~2 天一次;在基坑的中期阶段,监测频率调整为每天一次;而在基坑开挖的末期以及支撑结构解体阶段,监测频率将提高至每天 2~3 次。若监测数据显示有异常,必须提高监测频次。

### 4.3 数据分析与反馈

通过分析监测数据,能实时掌握基坑围护结构的现状及未来变形趋势,为预防基坑变形提供客观依据。根据数据适当调整支撑结构的预加轴力,以确保结构体系的有效运行;同时根据围护结构的变动,合理规划土方挖掘步骤和速度,避免因不当开挖导致围护结构不稳定。

## 5 结论

大量的实践结果表明,SMW 工法桩在深基坑围护结构中具有独特的技术优势和良好的应用效果。经过合理的设计、严格的施工工艺控制和科学的现场监测,能够有效控制基坑变形,显著节约工程成本,缩短施工周期。实际应用中,应充分考虑工程地质条件、周边环境、基坑规模等因素,结

合 SMW 工法桩的特点, 制定设计方案和施工措施, 多种手段组合搭配。

未来, 随着技术的不断研发和积累, 在国家大力推行绿色施工和“四节一环保”的行业生态环境下, SMW 工法桩在深基坑围护结构中的应用将日趋成熟, 展现更广阔的发展前景。

**参考文献:**

[1] 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, 2022(18).

[2] 柳培育. SMW 工法桩在深基坑围护结构中的应用 [J]. 福建建材, 2022(04).

[3] 柯谋燕. SMW 工法桩在高层建筑基坑支护中的应用 [J]. 江西建材, 2020(12).

[4] 黄浩. SMW 工法桩在深基坑支护施工中的应用 [J]. 四川建材, 2021(04).

[5] 陆晨. 浅谈 SMW 工法桩施工工艺 [J]. 四川建材, 2018(12).

**作者简介:**

陈波(1969.09-)性别: 男 民族: 汉族, 籍贯: 河南洛阳, 学历: 大学(本科), 研究方向: 建筑工程(通信类项目的新建、扩建及改造, 如综合机楼、枢纽机房、数据中心等)。