

# 污水厂处理池降水与基坑支护方案设计

赵松 邵涛 魏奎

山东省环科院环境工程有限公司

**摘要:**在砾山经济开发区污水处理厂项目中,面对砂质黏土和高地下水位的地质条件,本文得出了一项创新性解决方案。针对基坑降水和支护工程中可能出现的变形和失稳问题,采用了新型封井结构和拉森钢板桩的打桩方式。经实践证明,该方法在处理污水厂主要处理池、曝气池、生化池以及臭氧氧化池的基坑降水和支护过程中表现出色,为后续污水厂处理池基坑沉降支护提供思路与参考。

**关键词:**施工工艺;成井工艺;深基坑支护;封井装置

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.116

## 引言

在地下工程领域,特别是面对复杂的砂质黏土地质环境,有效的排水方法与支护方法对工程的安全与可靠性至关重要。本文通过对砾山经济开发区污水处理厂项目的实际案例展开深入研究,重点关注在砂质黏土条件下的土方开挖、基坑支护、结构修筑、防水处理、管线埋设以及污水处理池等方面的地下工程施工。提出了一套综合的降水方法,以应对地下水对工程施工的影响。同时,对于基坑支护方面,强调了在砂质黏土中采用可靠的支护结构,以确保施工过程中基坑的稳定性和安全性。在结构修筑和防水处理方面,着重探讨了适用于砂质黏土的有效方法,以保障地下构筑物的结构完整性和防水性能。

## 一、基坑降水

地下水在基坑开挖中的影响不可忽视,通过科学的基坑降水方案,可确保施工环境的良好。合理抽水量计算与成井封井方法是关键步骤。在降水效果方面,研究表明采用适当手段可取得显著成果。此降水方法既不妨碍工程进度与效果,亦不在施工后影响质量,为后续作业创造有利施工环境。

### (一) 基坑内抽水量的计算

在工程实施期,必须在基坑开挖过程中采取排水措施,强化支护,防范塌方和流沙的发生。同时,需考虑降水对周边建筑沉降的潜在影响,并根据实际情况实施降水措施。地下水容量储存量的计算可采用式(1),降水井数量的计算可使用式(2)。在实践中,需高效运用相关方法,确保工程的可持续进行。

$$W = \mu \times V \quad (1)$$

其中,  $W$  为容积储存量,  $m^3$ ;  $V$  为含水层体积,  $m^3$ ,  $V = \text{基坑面积} \times \text{降水深度} h$  ( $h$  为潜水静止水位至基坑底板以下  $0.5m$ );  $\mu$  为含水层的给水度(粉砂与黏土给水度经验值为  $0.10 \sim 0.15$ )。

$$n = A/a \quad (2)$$

其中,  $n$  为井数, 口;  $A$  为基坑面积,  $m^2$ ;  $a$  为单井的有效抽水面积,  $m^2$ 。

### (二) 成井方法

在完成井筏过程中,采用正向循环旋转钻井液的护壁成孔技术,需协调滤管、高黏土、封堵等工序。

地质情况复杂,成井施工是一个需要极其细致注意施工细节的过程。在清孔换浆的阶段,必须考虑到淤泥

地形的影响。此时,采用闷塞密封井管上端的方法,并同时调浆工作,以确保施工的连续性。为了保证施工的顺利进行,在注石阶段,需要根据井结构设计将砂粒注满,确保注石的深度和高度符合设计要求。这一步骤对井的稳固性和性能有着重要的影响。在洗井工作中,采用“从过滤器底部开始,拉动活塞”的方式清洗钻孔。同时,通过空气压缩机清洗管道底部沉砂,以保持井的畅通。这是确保井内水清澈且无阻碍的关键步骤。成井结束后,进行真空泵抽泵试验。在此过程中,要求管路系统内的真空度保持在  $-0.06MPa$ 。这一步骤是为了验证井的密封性和抽水效果,确保井的正常运行。

### (三) 封井方法

在封井前的降水运行阶段,应调整抽水泵的抽水间隔时间,逐渐增大以确保土层完成沉降固结。对地下储水的水文条件而言,若抽水量增大,需增加抽水次数和抽水间隔,以保障后续施工不受不利影响。封井工程中的结构样式和施工流程应根据地下储水情况进行深入探讨和计算,确保整体结构的稳定性。施工步骤宜遵循图1和图2设计,满足地下水情况的要求,保证封井成功进行,具体步骤如下:

(1) 在井筒中填充瓜子片,为后续的注浆和封井过程做好准备。在井筒中安装直径为  $2.54cm$  的注浆管,将其底部下入  $1.0m$  深度,以便在注浆时能够充分覆盖井筒内部。

(2) 在正式进行注浆之前,采用钢筋作为井口的支承,确保井口的稳定性。这项措施旨在为后续的施工提供坚实的基础,同时防止井口的坍塌和变形。

(3) 注浆阶段分为多个步骤。完成注浆后,需要排出井筒中的剩余水,并实时监测水位和标高。

(4) 确认注浆效果后,进行混凝土的注入。混凝土应比地面稍低  $50cm$ ,以保证地下结构的牢固性和稳定性。同时,在混凝土初凝能力满足要求的前提下,观测井眼水位,判断封堵效果的良好与否。

(5) 当混凝土初凝能力满足要求且封堵效果达到要求时,可以进行井管的切割。切割后,在管位置焊接钢板,焊缝在地面以下  $50cm$  处。

(6) 焊接完成后,使用填土填入孔内,将地面填平,并进行封井。这样一套完整的地下工程流程,通过合理的步骤和措施,确保了井筒的稳定性和封井效果的可靠性,为地下工程的成功实施提供了可靠的保障。

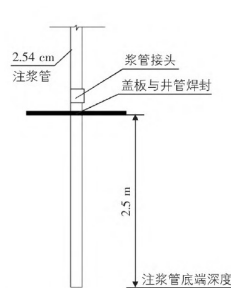


图1 压板结构示意图

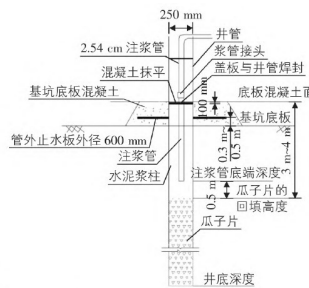


图2 封井结构示意图

## 二、拉森钢板桩支护

拉森钢板桩作为U型钢板桩的杰出代表，在污水处理池施工中显现出轻巧材质、卓越强度和简便施工的特质。其在砂质黏土中，尤其是存在地下水的工况下，表现出色。其防水性和安全性形成有力保护屏障，成功阻止地下水渗透，且有助于提升施工速度。在性能、施工和造价比选中，拉森钢板桩凭借卓越表现成功成为污水处理池支护构件的首选。施工前需做充分准备，针对地质条件选择合适的打设工艺，确保施工效果与质量。

### (一) 钢板桩施工准备

钢板桩的平面是其重要的特征之一，应尽可能保持平坦、平整，同时避免不规则的拐角，以便在使用和支承过程中能够有效地发挥其作用。外周尺寸应与板桩的模数一致。保持一致的外周尺寸有助于确保钢板桩在组装和连接时能够完美配合，从而形成稳固的结构。钢板桩在运输到现场后需要进行清理，包括清理锁孔中的杂质，并进行必要的修补工作。

#### 1. 钢板桩的检验

外观检测是对钢板桩进行检测的主要手段之一，其必须符合规范标准。对于经过检测合格的钢板桩，尤其是那些设计用于重复使用的桩，必须满足相关规范，以确保其在多次使用中仍能够保持良好的性能和安全性。

经过检测合格的钢板桩需要进行润滑和防渗处理，以确保其在使用过程中能够顺畅运行并防止渗漏问题。每块钢板桩的锁头应使用混合油进行均匀涂抹，以提高其耐用性和性能。

#### 2. 钢板桩的矫正

对于端部存在矩形比不匹配的钢板桩，修复方法需要侧重于调整形状。在处理桩体弯曲的情况下，使用龙门式顶梁托架上的千斤顶是一种有效的方法。通过千斤顶对腹向弯矫进行冷弯校正，以恢复钢板桩的原始形状和强度；当钢板桩存在桩身歪斜时，可以根据歪斜的程度采用常规的校正方法；对于桩断面的局部变形，可采用多种措施进行纠正，千斤顶顶压、大锤敲打以及氧乙炔火焰加热都是有效的手段，根据具体情况选择合适的方法进行修复；在面对锁头变形时，常规的修复方法包括使用普通钢板作为基础。结合低速提升机的牵伸调整技术或氧乙炔烘烤，以及大锤锻打胎具进行调整，可以有效地修复和调整锁头的形状和位置。

#### 3. 钢板桩吊运及堆放

在进行钢板桩的卸下操作时，采用科学合理的吊装方法至关重要，其中双点吊被视为一种有效的方式。确保每次吊装的钢板桩数量适中，以防止超负荷和保护吊装锁的安全是至关重要的步骤。在这个过程中，可以选择不同的起重方式，如成束起重或单起重，以满足具体的工程需求。为了确保吊装操作的顺利进行，使用专用的起重设备是必不可少的，并通过钢索对钢板桩进行牢固捆扎，以确保吊装的稳定性。

### (二) 钢板桩打设

#### 1. 导架安装

在桩基工程中，桩身定位、桩体垂直以及桩头插入精度是至关重要的工程要素。为确保这些关键参数的准确性，我们推荐采用高刚度的导桩。高刚度的导桩能够有效地保持桩身的准确定位，确保桩体垂直，同时提高桩头插入的精度。

在导向梁和边樑桩的选择上，建议采用单层方面形式。间距一般应保持在2米至3米左右，而边樑间距则应

该偏小，可厚度在板桩的9mm至16mm之间。这种配置能够在保持结构稳定性的同时，确保合适的支撑和引导作用。

在安装导轨时，务必使用经纬计和水平计仔细调整引导梁的位置。这样的精确调整有助于确保导向梁的准确定位，从而为后续施工提供可靠的基础。

#### 2. 钢板桩打设

在建设大型构筑物时，考虑到底面标高低于地面的情况，选择采用钢板桩作为基础结构的支撑。钢板桩的选择需要根据深度和地质条件进行合理的考虑，尤其是在砂质黏土的地质环境下，必须确保每个桩的斜度控制在小于2%的范围内，以保证结构的稳定性和安全性。

为了有效地施工钢板桩，采用屏风式打入法是一种适应应该情况的合理选择。这种方法可以有效地控制桩的斜度，并在湿滑的施工场地中防止锁口中心线平面位移。为了更好地防止位移问题，可以在钢板桩锁口处设置卡板，提高施工过程中的稳定性。在施工前，需要对围檩进行位置检查和校正。预先计算每块板桩的位置，以确保它们的布局符合设计要求。这种位置检查和校正的工作可以确保钢板桩的正确安装，从而在整个施工过程中提供可靠的支撑结构。

屏风式打入法是一种用于桩基工程的先进施工方法，其优点在于能够有效减少板状发生屈曲、扭转、倾斜等变形问题，从而提高了桩体的打入精度。这种方法特别适用于地质结构为砂质黏性土且土体富含地下水的情况。在处理砂质黏性土体时，屏风式打入法解决了对桩体垂直度要求较高的问题，有效提高了施工的可行性。为了确保桩体的垂直度，施工中需要严格控制钢板桩的斜率。采用两端插入钢板桩并进行焊接的方式，以确保桩体的整体稳定性。施工过程中，剩余的钢板桩按次序逐一打设，使施工过程有序而高效。此外，屏风式打入法还能有效降低钢板桩的损耗。通过防止钢板桩发生过大的倾斜和变形，减小进给累积的倾角误差，可以最大限度地保护桩体结构，延长其使用寿命。相邻钢板桩采用分段施打的方式，可以避免相互之间的影响，有利于施工的顺利进行。

表1 板桩打设的公差标准

项目	允许公差
板桩轴线偏差/cm	±10
桩顶标高/cm	±10
板桩垂直度/%	1

#### 3. 钢板桩的拔除

需先进行拔桩阻力的计算：拔桩阻力 $F$ 为钢板桩与土的吸附力 $F_e$ 与上一段钢板桩与土的侧面阻力 $F_s$ 之和， $F_e$ 和 $F_s$ 的计算公式分别如式(3)与式(4)所示。

$$F_e = Ul\tau \quad (3)$$

其中， $U$ 为钢板桩的周长； $l$ 为钢板桩的长度； $\tau$ 为钢板桩与各土层吸附力按土层厚度的加权平均值（1范围内）。

$$F_s = 1.2E_a B_h \mu \quad (4)$$

其中， $E_a$ 为作用在钢板桩上的主动土压力强度， $kN/m^2$ ； $B$ 为钢板桩的宽度， $m$ ； $H$ 为钢板桩桩顶至坑底的长度， $m$ ； $\mu$ 为钢板桩与土的摩阻阻力系数，取

0.30~0.40。

### 三、实际应用

#### (一) 工程概况

本工程位于某经济开发区附近的污水处理厂规模达30000.0m<sup>3</sup>/d,充分考虑了周边可能存在的庞大工业活动。为确保高效的污水处理,工程新建了事故池、初沉池和生化池。这些设施的设置不仅增强了系统的稳定性,也有助于提高处理效果。项目地理位置位于顺堤河以西、铁路运河以北、道北路以南,通过对表2中的具体数据进行详细分析,进一步获取污水处理的详尽参数和要求。

表2 新建处理池参数

序号	名称	尺寸/m	数量/座	结构
1	事故池(新建)	47.2×19.2×7.3(H)	1	半地下式
2	初沉池(新建)	φ=23,有效水深4m	2	半地下式
3	膜格栅及生化池(新建)	62.7×47.3×6.85(H)	1	半地下式

#### (二) 实际施工

##### 1. 成井施工

采用图3所示降潜水泵点结构图,实地施工的过程中,布局图和井位的合理性至关重要。首先,需要进行现场调整布局图,考虑地层和地下水问题,以确保施工的安全和稳定性。在施工中,为了防止返浆现象的发生,可以采用黏土与草编封闭护口管。这种方式既可以有效地阻止浆液的回流,又能够保护井口管道的完整性。针对地下水的问题,采用直径为500mm的钻孔是一种有效的方法。在钻孔过程中,需要特别注意井筒内天然浆液的质量浓度,确保在1.10~1.15之间,以维持施工的顺利进行。在清孔换浆过程中,下井管后,钻杆需要下到孔底0.25m~0.45m,并逐步调节泥浆质量浓度至1.05。这样的操作能够保证施工过程中泥浆的稳定性和适宜性。根据方案要求,需要在井口封堵和设备放置工作中严格执行。在降水运行时,要确保基坑排水的正常进行,提前20天进行排水操作,特别关注孔隙水与土中滞水情况,以防止不必要的问题的发生。

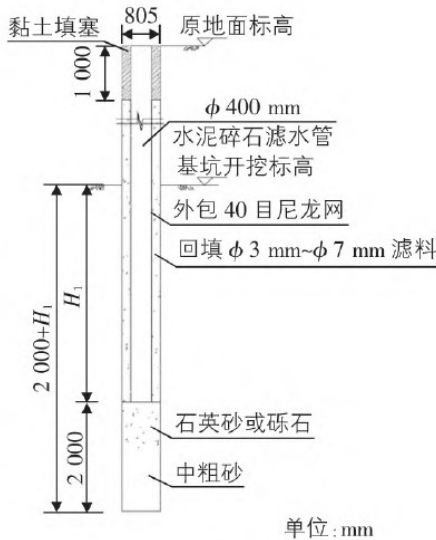


图3 降潜水泵点详图

##### 2. 钢板桩支护施工

钢板桩施工过程中的关键步骤包括检修、锁口检

测、采用网格法进行打设、导向架的应用、屏风墙的建设、施工区段的划分、振动锤的使用以及拔桩等。在正式施工前,对钢板桩进行检修是必不可少的步骤,而检测方式需要选择便捷而有效的方法。

对于锁口段的检测,建议选择同一尺寸的钢板桩进行锁口检查,以确保施工的顺利进行。在采用网格法进行打设时,可以通过将板桩成列插入导向架,形成网眼形状,然后进行击打,从而实现高效而精准的施工。

施工中还涉及屏风墙的建设,建议采用单层桁架,将10片至20片钢板桩组成一施工区段,埋入一定深度,构成小片屏风墙,以提高结构的稳定性和可靠性。在最后的拔桩阶段,采用振动锤将板桩锁口振活,同时边振边拔,对难以拔出的板桩可以采用柴油锤和振动锤交替振打和振拔的方式,确保拔桩的顺利进行。此外,需要注意起重机上载荷施加应与振动锤的起动力保持一致,且供振动锤的电源应满足相应的要求,以确保施工过程的安全和顺利进行。对于引拔阻力较大的钢板桩,建议采用间歇振动的方法,每次振动时间为15min,保证振动锤连续工作时常不超过1.5h,以有效降低引拔阻力,确保施工的高效进行。

#### 结语

新型封井结构在工业污水处理厂基坑支护施工中展现出卓越的安全可靠性,特别适应于砂质黏土地质和富含地下水的水文情况。其主要优势体现在以下几个方面:

(1) 新型结构的引入极大地推动了整体基坑施工进度。通过采用拉森钢板桩等先进技术,施工时间得到有效节省,从而提高了施工效率。这对于工业污水处理厂等基坑支护项目而言,意味着更快的建设周期和更迅速的投入运营。

(2) 屏风式打入法的应用为钢板桩的施工提供了更为稳定的操作方式。通过减少钢板桩在施工过程中的倾斜,有效降低了被拔除的可能性,进而提高了钢板桩的利用率。这一技术创新为基坑支护施工提供了更加可靠的解决方案,尤其是在复杂地质和水文条件下。

(3) 减少了钢板桩在拔除过程中的损耗数量,这进一步降低了维修所需的人力成本。新型封井结构的设计考虑到施工中的实际操作情况,从而提高了经济效益。通过降低维护成本,项目的总体投资回报率得以提升。

综合而言,新型封井结构在工业污水处理厂基坑支护施工中的成功应用,不仅为解决砂质黏土地质和富含地下水的水文情况提供了可行的技术手段,还通过提高施工效率和降低维护成本,为类似项目的顺利实施提供了有力支持。这一系列优异表现为污水厂深基坑施工提供了新的解决思路,为行业的发展和创新注入了新的活力。

#### 参考文献

- [1] 顾辉. 建筑工程中的深基坑支护施工关键技术分析[J]. 住宅与房地产, 2020(15): 195.
- [2] 李洪伟. 市政工程施工中的深基坑施工技术研究[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(13): 151-152.
- [3] 潘景斌. 建筑工程中的深基坑支护施工技术应用[J]. 中国建筑金属结构, 2022(4): 30-31.
- [4] 杨忠. 钻孔灌注桩在深基坑支护结构中的应用分析[J]. 中国住宅设施, 2021(2): 37-38.