

某调蓄池深基坑支护设计与施工要点核心思路

徐庆

上海新光工程咨询有限公司

摘要：城市基础设施建设中，深基坑工程因其复杂性和潜在的安全风险备受关注。尤其是在城市密集区，如普陀区桃浦新村调蓄池项目，更需考虑到周边建筑物、地下管线以及地质条件等因素。本文通过对桃浦新村调蓄池深基坑工程的支护设计与施工过程的研究，总结了其施工管理和技术措施，以及对环境影响的最小化策略。这些经验对于未来城市地下空间开发具有重要的参考价值。

关键词：调蓄池；深基坑；支护设计；施工要点

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.06.017

引言：

深基坑支护设计在城市建设中的作用体现在保障施工安全和周边环境稳定性方面。深基坑工程往往伴随着巨大的地质和结构风险，特别是在城市密集区域，其对周边建筑物、地下设施以及交通秩序的影响尤为显著。有效的支护设计可以有效预防基坑坍塌和土体滑移，减少对邻近建筑物和地下管线的影响，同时也能保护施工人员的生命安全。此外，合理的支护设计还能优化施工进度，提升工程效率，保障工程质量，是实现城市地下空间有效开发的关键环节。

一、项目概况

本项目位于上海市普陀区的桃浦新村，紧邻中槎浦和武威路，是初雨调蓄池的建设工程。调蓄池的位置在场地中部，原有方家浜河道贯穿基坑上方，设计容量为9000立方米，占地约973平方米，深度在18.6至21.4米之间。此外，还有一个DN1600进水管，埋深8米，占地80平方米。项目包括地上附属设施和地下一层的设备用房，总建筑面积648平方米，其中地下部分380平方米，地上部分268平方米，建筑高度为5.7米，采用框架结构。调蓄池基坑的安全等级为一级，DN1600进水管基坑的安全等级为二级，考虑到周边的桃浦新村泵房、水管等设施的保护，基坑环境保护等级一级。

二、调蓄池深基坑工程水文地质条件分析

本项目水文地质情况主要包括第四纪沉积物，如黏性土、粉性土及粉砂。勘察深度最大为70米，地基土可分为8个工程地质层。场地内浅层地下水主要由大气降水和地表径流补给，潜水和承压水是主要的水文条件。承压水位在3.0至12.0米的深度变化，基坑最大开挖深度约为21.0米，承压水存在突涌可能性。地下水 and 地基土对混凝土及钢筋具有微腐蚀性，特别是在长期浸水或干湿交替条件下。设计时需采取相应的防腐措施。此外，场地内分布有较厚的杂填土（最大厚度4.5米）和多条地下管线，建议施工前进行详细调查。

三、调蓄池深基坑支护概况与施工难点分析

（一）调蓄池深基坑围护设计概况

上海市普陀区桃浦新村的初雨调蓄池项目涉及多个

深度和安全等级的基坑开挖。主基坑深度为20.1至22.9米，采用1000mm厚的地下连续墙作为围护结构，其中构造配筋段深达53米。坑底设计了5米厚裙边加抽条加固以增强稳定性。DN1600进水总管的管道沟槽和检查井开挖深度约8米，围护结构为 $\phi 800$ 型灌注桩加双排高压旋喷止水帷幕。调蓄池排空泵出水管长1.5千米，连接至真南路下的现状 $\phi 1350$ 苏州河支流截流污水管道。DN400放空管沟槽和DN600HDPE管沟槽的开挖深度分别小于3米和约3.0至4.1米，分别采用横列板支护和拉森钢板桩围护。

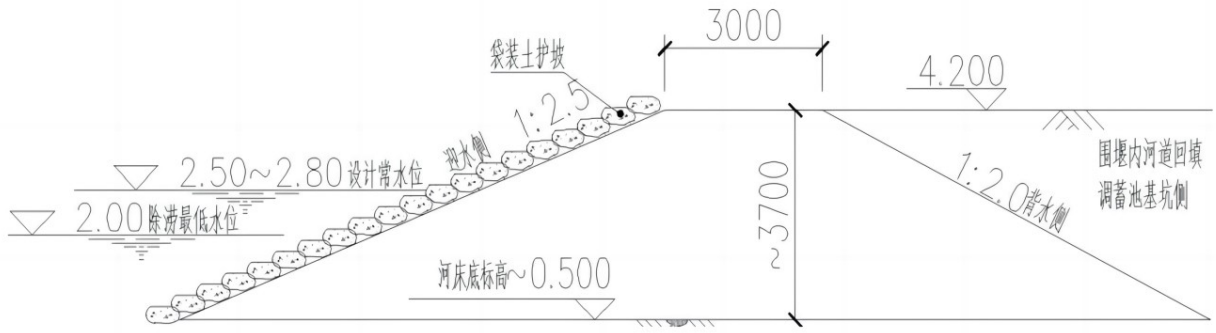
（二）工程特点、难点分析

初雨调蓄池工程涉及多个施工工序，如槽壁加固、地下连续墙、三轴水泥土搅拌桩裙边+抽条加固等，加上施工场地狭窄、工期紧张和大量设备投入，这些因素增加了现场协调和管理的难度。施工对策包括合理利用施工场地，按照特定顺序同步进行各项工作。项目管理采用精细化管理方法，分区、分块、分工艺、分工种，确保了工作的有序进行。同时，通过细化各分项工程的进度节点，进行严格的监督和考核，以确保项目按计划顺利推进。地下管线保护方面，项目开工前将进行周边环境的详细勘察，包括市政道路、建筑物、河道驳岸及坑外地下管线的沉降点和变形观测^[1]。施工中将采用科学方法和有效手段监测瞬时变化，及时调整施工策略以确保周边环境的安全。针对河道回填安全风险，施工前将对河道分布范围进行探明，并进行换填处理，确保后期桩基及围护结构施工质量。同时，控制三轴搅拌桩槽壁加固施工的下沉速度和质量，以减少对周边环境的影响。成孔泥浆的比重和含砂率控制是确保钻孔灌注桩承载力的关键，采取措施如使用大功率送浆泵、合理控制泥浆比重，以保证孔壁稳定性。地下连续墙施工质量也是一个重点，采取措施如使用带纠偏装置的成槽机、进行试成槽优化、进行超声波检测等，以确保槽壁稳定性和施工质量。地下连续墙接缝止水的施工对策包括控制端头垂直度、采用十字钢板刚性接头、严格控制接头箱起拔时间等，以确保接缝的密封性。超深基坑开挖施工组织要求高，采用的对策包括配置多台挖掘机、严格按照设计流程进行土体开挖、控制开挖面高差和放坡比例等，确保基坑的稳定性和周边环境的安全。

四、调蓄池深基坑支护设计与施工要点核心思路

（一）河道回填支护设计与施工要点

上海市普陀区桃浦新村初雨调蓄池项目的河道回填工程涉及复杂的支护设计与施工要点，包括拦河围挡、河道抽水清淤、既有挡墙拆除和河道回填，河道围堰平面图如下图一所示。首先进行拦河围挡，选择透水性较小的土进行填筑，确保围挡的密实度和承载能力。围挡施工时，需采用袋装土护坡、彩条布防水层，并确保施工全程有专人监督。河道抽水阶段，采用潜水泵进行水



图一：河道围堰大样图

排放，同时监测围挡内外水位变化。清淤过程中，采用 1m^3 挖土机挖除淤泥，确保淤泥清除彻底。施工中应注意测量清淤河道的高程，以免造成超挖或欠挖。既有驳岸挡墙拆除环节，采用破击锤对砌石挡墙进行破碎。挡墙周围土方应保留，以保护基础。破碎后的石渣应运至指定弃渣场，并由监理工程师验收合格后才能进行下一步工序。河道回填工程要点包括使用黏土或亚黏土进行回填，确保回填土不含石块、碎石等杂物^[2]。回填过程中，每层厚度应控制在400mm以内，并采用压路机分层压实。在施工过程中，应及时排除地下水，并确保持续连续作业，避免中途停顿。回填土每层填实后，需进行表面找平处理，确保符合设计要求。

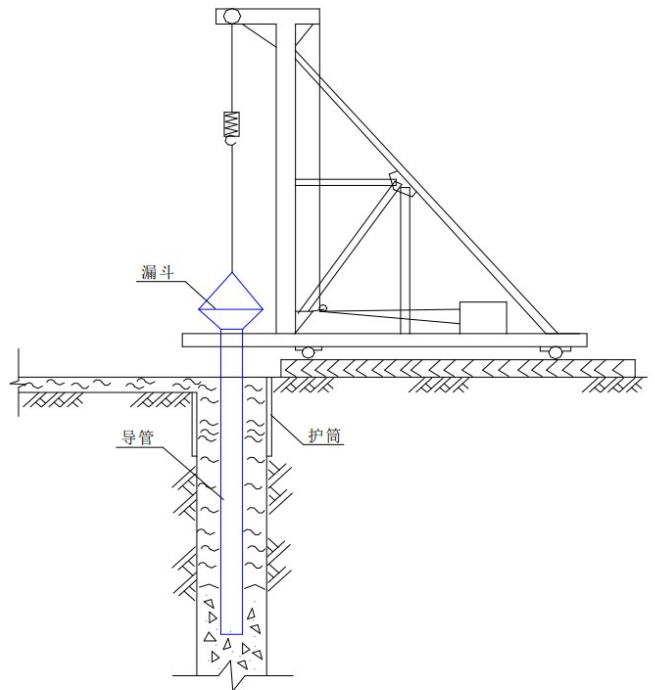
(二) 钻孔灌注桩工程桩施工

上海市普陀区桃浦新村初雨调蓄池项目的钻孔灌注桩施工包括三类桩：坑底支撑立柱桩、蓄水池工程桩和进水管围护桩。施工采用正循环方法，主要使用GPS-10B型钻机，依据不同桩长安排施工进度，平均每机每天完成3至2根桩。施工前先进行试成孔，以测试孔深、孔斜、孔壁稳定性、孔底沉渣等情况，确保地质资料的准确性和设备及施工工艺的适用性。试成孔结束后根据结果调整施工工艺和设备。工程桩施工中，使用 $\phi 800$ 桩径，混凝土设计强度等级为C35，水下混凝土提高一级。排桩施工采用“插一跳四”的方法。重要的施工环节包括护筒埋设和泥浆配置。护筒埋设确保桩位准确，回填对称，避免护筒跑位，同时要保证无地下障碍物干扰。泥浆采用膨润土人工造浆，确保泥浆的稳定性和固壁能力。钻孔作业时，需精确控制钻孔位置和深度，实时监测液压系统的工作状态^[3]。钻孔过程需根据地质情况调整进尺速度，适当增加扫孔次数防止缩径。钻渣要及时清运，以符合环境保护要求。

(三) 立柱桩施工要点

桃浦新村初雨调蓄池项目的立柱桩施工涉及7根立柱桩，使用GPS-10B型钻机进行正循环施工。施工方法包括钻机钻孔、下笼、浇筑。施工过程中，保证钻机的稳定性至关重要，确保机身不位移、不倾斜。钻头直径应符合设计和规范要求，且需在成孔时严格控制垂直度。地质特点不同，钻进参数需要相应调整。一般土层使用较高转速，而砂层土则减慢钻进速度。钻孔中泥浆的密度、黏度及含砂率根据实际地层土质情况进行调整，砂性土层中需要加大泥浆比重。清孔分为两次进

行，第一次在成孔后立即进行，第二次在下放钢筋笼和安装导管后进行。清孔的目的是确保孔底沉淤厚度和泥浆比重符合设计及规范要求。成孔检测由业主指定的检测单位进行，检测孔深、孔径、垂直度、沉渣厚度和泥浆密度等指标。钢筋笼施工中，注意制作规范、长度分段和搭接，确保焊接质量。钢筋笼吊放时应准确控制深度，并防止碰撞孔壁。钢筋笼安放后，需进行焊接以确保接头牢固。导管安装及二次清孔在钢筋笼下放到位后进行，以清除孔底沉渣并降低孔内泥浆密度。清孔后泥浆指标应达到规定要求。水下混凝土浇筑需严格控制孔深和沉渣厚度，同时注意导管位置和提拔速度，确保浇筑质量，每次浇筑完成后，应制作试块进行测试，如下图二所示。



图二：水下砼浇注示意图

格构柱委托外加工一次成型，进场后按要求进行进场验收，放置于平整场地上。格构柱吊装采用履带吊顶端起吊垂直单点吊整节吊装，设置导向架控制格构柱定位偏差，格构柱四角与钢筋笼4根主筋焊接，单面焊接长度不少于10d。格构柱吊放过程中应注意控制格构中

心位置及其设计转角方向，并由相互垂直的两台经纬仪进行垂直度校准，发现垂直方向偏差应及时进行校正。

（四）三轴搅拌桩施工

三轴搅拌桩施工主要包括坑内外槽壁加固。此工程采用Φ850@600三轴搅拌桩，坑外槽壁使用套接一孔施工方式，坑内槽壁则采用搭接施工方式，两者水泥掺量均为20%。连续墙墙缝接头处采用高压旋喷桩止水，三桩搭接，水泥掺量为25%。坑内加固三轴搅拌桩的加固深度不一，分别为4m、5m、7m、9m。施工技术参数的控制至关重要，影响因素包括地土基层性质、水泥用量、搅拌水泥土的均匀性和施工深度。针对特定土层条件，需控制好水泥用量及水灰比，保证一定的泵送压力和合理的下沉与提升速度。施工过程中，水泥掺入比、泵送压力和速度控制是关键。特别是对于坑内加固，掺量根据位置的不同而有所不同。测量放样、开挖沟槽、轴线引测、桩位定位、桩机就位和桩基垂直度校正等步骤均需精确实施，确保施工质量^[4]。水泥浆液的拌制、搅拌桩机钻杆下沉与提升、注浆、搅拌、提升等环节需严格按照施工要求执行，施工过程中需要连续均匀地注入拌制好的水泥浆液，并在搅拌桩施工结束时确保所有设计水泥浆液已经注入。

（五）地下连续墙施工

地下连续墙施工涉及23幅墙体，采用1000mm厚的结构，墙深分为A、B、C三种类型，深达53米。施工采用徐工XG500E成槽机，每天完成1副，总共23天完成。关键施工参数包括主筋保护层厚度、墙体垂直度偏差、槽段宽度允许偏差、预埋件偏差、钢筋笼安装深度偏差、刷壁次数、接头管垂直度偏差、接头管拔管、坍塌度和充盈系数等。导墙施工是地下连续墙施工的前期工作，包括测量放线、导墙结构制作、施工方法等。导墙制作对地下连续墙的边线和标高具有直接影响，是保证施工质量的关键步骤。导墙完成后，施工队伍按照设计图纸进行槽段划分和放样。成槽设备的选择对于确保施工垂直度至关重要，选用的成槽机应具备垂直度显示仪表和自动纠偏装置。成槽过程中，需注意控制槽深、垂直度、挖土顺序及挖土的精度。在槽深、垂直度的测量和控制上，采用超声波侧壁测定仪进行精确检测。

（六）高压旋喷桩施工

高压旋喷桩施工，主要用于地墙填缝和止水帷幕工作。旋喷桩采用Φ800@600规格，掺水泥量为25%，以保证结构的稳定性和防水性能。水泥使用P42.5普通硅酸盐水泥，水泥浆液的水灰比在0.7~1.0之间，确保浆液的质量。施工过程中，喷射水泥浆时的水泥掺量调整，保证按设计要求执行。施工放样阶段，需精确测量并标记孔位，确保孔位偏差不大于2cm。钻孔阶段要求机架平稳，钻具垂直地面，钻进过程中要及时接钻杆并且拧紧。在旋喷机架就位后，喷管位于自然悬吊状态时中心对准孔心，确保下管、提升及旋喷注浆顺利进行。制浆过程中要保证水泥新鲜无结块，用水清洁无污染。旋喷施工时，应连续注浆，保证搭接10cm，确保搅拌均匀，形成密实的旋喷体，喷射结束后，进行静压充填灌浆，直至浆面稳定^[5]。施工中应详细记录每一道工序，并使

用统一的记录表格。施工控制方面，重点在于确保钻机与高压注浆泵的适当距离，精确控制钻孔位置与设计位置的偏差，严格遵守操作规程，保证施工质量。此外，高压旋喷应全孔连续进行，遇中断需要复喷，确保施工连续性和质量。

（七）开挖及支撑方案

挖土作业前需进行基坑开挖条件验收，对围护体强度、支撑混凝土强度、降水情况、应急处置准备等各项事宜进行验收。在挖土作业中，操作机械如挖掘机不得碰撞围护墙和工程桩，以及行驶或作业于支撑上，挖土遵循先“开槽支撑、先撑后挖、分层开挖、严禁超挖、见底覆砼”的原则。混凝土支撑的施工过程涉及严格的步骤和质量控制措施，先进行挖土作业，随后粗放和精放支撑位置，接着进行支撑钢筋的绑扎、验收和预埋件的埋设。模板安装后进行混凝土浇筑，其中混凝土中可掺早强剂或提高混凝土的设计标号以加快强度发展。第一道支撑强度达到设计要求后进行下道土方开挖。施工中对钢筋的加工、搭接和保护层控制特别重视，采用现场加工和直螺纹连接方法。模板的安装涉及严格的尺寸控制和质量检查，确保支撑和腰梁的轴线、截面尺寸及标高符合规范和设计要求，这是保障施工安全和工程质量的关键。钢支撑施工包括安装、拆除顺序和技术要点。局部深坑水平型钢支撑（Q355-B，HW502×470×20×25）在底板浇筑完成强度达到设计要求后进行安装。首先测量并在地面上拼接钢管支撑，通过吊车吊至开挖面，再固定并施加预应力。钢支撑的焊接接头、长度、厚度必须满足设计和规范要求。对焊接加工的质量管理和钢支撑的架设过程进行严格控制，包括焊接材料和设备条件的符合标准、焊接的操作规程遵守以及架设前的全面检查验收。在局部深坑底板及内衬墙达到设计强度后拆除钢管支撑，

结语

桃浦新村调蓄池深基坑工程展示了在复杂城市环境中进行深基坑支护设计与施工的高效策略。本项目成功地结合了地下连续墙、三轴搅拌桩和高压旋喷桩等多种支护结构，加之精确的工程测量和严格的施工控制，确保了基坑工程的安全、稳定和高效。此案例不仅为未来类似项目提供了宝贵的经验，也为城市地下空间的开发和利用提供了新的视角和方法。

参考文献

- [1] 胡孟利. 某调蓄池深基坑支护对临近铁路影响分析[J]. 低碳世界, 2023, 13(8): 43-45.
- [2] 张自光, 孟源, 陶佳佳. 基于“永临一体化”的调蓄池深基坑内支撑设计优化[J]. 安徽建筑大学学报, 2022, 30(2): 21-25+32.
- [3] 王志东, 宋丽军, 张凯, 刘太乾, 冷祥玉. 大型雨水调蓄池深基坑支护中自旋锚索施工技术应用[J]. 施工技术, 2018, 47(A04): 108-111.
- [4] 罗来辉, 吴熙春. 排桩式锚索挡墙在污水调蓄池深基坑支护中的应用[J]. 浙江水利科技, 2012, 40(1): 52-54.