

# 沉井施工方法及安全控制措施

王 冲

中晟宏宇工程咨询有限公司 湖北武汉 430200

**【摘要】**沉井施工，作为一种历史悠久且技术成熟的地下工程施工方法，凭借其独特的优势，在城市建设、桥梁基础、水利设施等众多领域得到了广泛应用。沉井施工的核心原理在于，通过预先制作的沉井结构，利用其自身重量和外部施加的力量，逐步将沉井沉入地下，达到设计深度后，再进行封底和内部结构的施工。本文旨在通过详细阐述沉井制作、下沉、封底等关键步骤的技术要点，以及针对不同土质的控制措施，为相关工程提供一套完整、可行的施工方案。

**【关键词】**沉井施工；沉井制作；沉井下沉；封底措施；土质控制；安全控制

## 引言：

沉井施工过程并非一帆风顺，其中蕴含着诸多技术难题和安全隐患。沉井的制作需要精确的控制和严谨的工艺，确保沉井的结构强度和稳定性；下沉过程中，需要克服地层的阻力和不均匀沉降的问题，保证沉井的垂直下沉和准确定位；封底施工则要求严密的防水和稳固的支撑，以确保沉井内部结构的施工安全。

## 1 沉井制作

### 1.1 地基处理

#### 1.1.1 铺设垫层、承垫木

在地基处理时，首先需根据设计要求铺设垫层。垫层材料一般选用砂石或碎石，其厚度需根据地基承载力和沉井重量来确定，通常不小于一定厚度（如30cm），以确保垫层的承载力和稳定性。在垫层上，还需铺设承垫木，承垫木的规格和数量需根据沉井的尺寸和重量来计算。承垫木应均匀分布，且其顶面应保持水平，以确保沉井在制作过程中受力均匀，不发生倾斜或不均匀沉降<sup>[1]</sup>。

#### 1.1.2 地基承载力不足时的加固处理

若地基承载力不足，需进行加固处理。加固方法可根据具体情况选择，如采用桩基加固、注浆加固或换填加固等。桩基加固是通过在地基中打入桩基，提高地基的承载力和稳定性；注浆加固是通过向地基中注入水泥浆或其他固化剂，提高地基的强度和密实度；换填加固则是将地基中的软弱土层挖除，换填为强度较高的土石材料。加固处理后的地基应满足沉井施工的要求，确保其在制作和下沉过程中不发生破坏或失稳。

## 1.2 钢筋加工与安装

钢筋加工应根据设计图纸及规范要求下进行料加工。下料时应考虑钢筋的弯曲度、搭接长度和锚固长度等因素，确保加工精度。钢筋的弯曲度应符合规范要求，一般不大于1/500（即每米长度内弯曲不超过2mm）。加工好的钢筋应

分类堆放，并设置标识牌，以便后续安装和使用。钢筋安装时，应保证同一截面的钢筋接头百分率不超过50%，且接头应错开50cm以上，这是为了避免钢筋接头在同一截面处过多，导致该截面承载力下降。钢筋安装应采用绑扎或焊接等方式进行连接，确保连接牢固可靠。安装过程中，还应注意钢筋的保护层厚度，防止钢筋锈蚀和混凝土开裂。

## 1.3 模板支设与混凝土浇筑

### 1.3.1 模板支设

模板应具有足够的强度、刚度和整体稳定性，以承受混凝土浇筑时的侧压力和施工荷载。模板表面应平整光滑，接缝严密不露浆。为确保模板的稳定性和安全性，还需设置支撑和拉结件。支撑应牢固可靠，拉结件应均匀分布，且其数量和位置应根据模板的尺寸和形状来确定。

### 1.3.2 混凝土浇筑

混凝土浇筑时应对称平衡进行，以避免模板受力不均而发生变形或破坏。采用分层平铺法浇筑混凝土，每层浇筑厚度不宜过大（如30-50cm），以确保混凝土能够充分振捣密实。振捣时应采用插入式振捣器或附着式振捣器进行，振捣时间应根据混凝土的坍落度和振捣器的性能来确定。浇筑过程中，还应注意混凝土的坍落度控制，防止混凝土出现离析或干硬现象。浇筑完成后，应及时进行养护，以确保混凝土的强度和耐久性。养护时间一般不少于7天，且应根据气温和湿度等条件来确定具体的养护措施。

## 2 沉井下沉施工详解

### 2.1 下沉准备

#### 2.1.1 混凝土强度达标

在沉井下沉之前，必须确保沉井混凝土的强度达到设计要求。一般来说，沉井混凝土的强度等级应不低于C30，且应在浇筑完成后进行充分的养护，养护时间通常不少于14天。通过实验室的混凝土试块抗压强度试验，可以验证沉井混凝土的强度是否满足要求。只有当混凝土强度达到设

计标准时，才能进行下沉作业，以避免在下沉过程中出现沉井结构破坏的情况。

### 2.1.2 凿除垫层或抽除垫木

在沉井混凝土强度达标后，需要进行下沉前的准备工作。对于铺设了混凝土垫层的沉井，需要凿除垫层，使沉井底部直接与地基土接触。凿除垫层时应小心谨慎，避免对沉井结构造成损伤。对于使用承垫木的沉井，需要逐根抽除垫木，确保沉井能够均匀下沉。抽除垫木时应按照对称、均匀的原则进行，避免沉井出现倾斜或不稳定的情况。

### 2.2 下沉施工

在下沉过程中，需要经常测量泥面标高、下沉量、倾斜和位移等参数，以确保沉井垂直下沉。泥面标高可以通过测量仪器或标尺进行测定，下沉量可以通过比较沉井顶部和底部的标高变化来计算。倾斜和位移则可以通过观测沉井四周的标志点或使用测量仪器进行监测。一般来说，沉井的倾斜度应控制在1%以内，下沉量应根据设计要求进行控制，位移量也应尽可能小。如发现沉井出现倾斜或位移，应及时采取措施进行纠正<sup>[2]</sup>。

### 2.3 纠偏措施

当沉井出现倾斜或位移时，必须及时采取纠偏措施进行纠正。常用的纠偏措施包括偏心压重和导向木纠偏等。偏心压重是通过在沉井一侧增加重量，使沉井产生反向倾斜或位移，从而达到纠正的目的。导向木纠偏则是在沉井周围设置导向木，通过调整导向木的位置和角度，引导沉井向正确方向下沉。在采取纠偏措施时，应根据沉井的倾斜或位移情况，选择合适的纠偏方法和参数，并严格控制纠偏过程中的各项参数，以确保纠偏效果达到预期。

## 3 沉井封底施工详解

### 3.1 干封底施工

#### 3.1.1 井点降水条件

在干封底施工前，必须通过井点降水将地下水位降至坑底以下不小于0.5m的位置。井点降水的具体方法可根据地质条件和水文情况选择，如采用轻型井点、喷射井点或电渗井点等。降水过程中应密切监测地下水位变化，确保降水效果满足施工要求。

#### 3.1.2 坑底清理与回填

坑底清理是干封底施工的重要步骤。在降水后，应彻底清理坑底的浮泥、杂物和积水，确保坑底干净、平整。对于超挖部分，应回填砂石至规定标高，并夯实密实。回填砂石的粒径、含泥量和密实度等应符合设计要求，以确保回填层的稳定性和承载力。

#### 3.1.3 封底混凝土浇筑

封底混凝土应一次性连续浇筑，以避免出现施工缝和影响封底质量。浇筑前，应检查模板的支设是否牢固、严密，确保混凝土不会漏浆。浇筑时，应采用振捣器充分振

捣密实，确保混凝土与坑底和井壁紧密结合。封底混凝土的强度等级、抗渗等级和配合比等应符合设计要求，具体参数如表1所示。

表1: 封底混凝土设计参数

参数项目	设计要求
强度等级	C35 (或根据设计要求)
抗渗等级	P8 (或根据设计要求)
配合比 (水:砂:石:水泥)	0.45:1.6:2.8:1 (或根据试验确定)

### 3.2 水下封底施工

导管是水下封底施工的关键设备，其加工和设置应满足施工要求。导管应采用无缝钢管制作，内径应大于骨料最大粒径的2.5倍，且管壁厚度应满足强度和刚度的要求。导管应设置合理的倾斜度和间距，确保混凝土能够顺利浇筑并充满整个坑底。导管在使用前应进行试拼和水压试验，确保其密封性和可靠性<sup>[3]</sup>。在水下封底施工过程中，应确保混凝土的连续浇筑。浇筑前，应计算好混凝土的用量和浇筑时间，确保在混凝土初凝前完成浇筑。浇筑时，应采用泵送或导管法浇筑，避免混凝土出现离析或堵管现象。

## 4 针对不同土质的沉井施工控制措施

### 4.1 淤泥质黏土的控制措施

淤泥质黏土具有含水量高、透水性差、强度低等特点，给沉井施工带来了一定的挑战。

#### 4.1.1 选用多刀盘土压平衡式顶管机

针对淤泥质黏土的特性，选用多刀盘土压平衡式顶管机进行顶管施工。该机型具有多个刀盘，能够更好地适应淤泥质黏土的切削和搅拌，提高施工效率。同时，土压平衡系统能够有效控制土压力，避免地面沉降。具体参数方面，该项管机的刀盘直径可根据沉井尺寸选择，一般在2.0m至3.0m之间，顶进速度可控制在每分钟20mm至50mm之间。

#### 4.1.2 严格控制顶进速度和土压力

在顶管施工过程中，严格控制顶进速度和土压力。顶进速度过快可能导致土压力失衡，引发地面沉降；而顶进速度过慢则可能影响施工进度。因此，根据实际情况调整顶进速度，确保其在合理范围内。同时，通过土压平衡系统实时监测和调整土压力，确保地面沉降控制在允许范围内，一般要求地面沉降不超过30mm。

### 4.2 砂性土的控制措施

砂性土具有松散、易流动等特点，施工时易发生流沙现象。

#### 4.2.1 根据标准贯入度选用合适的掘进机

针对砂性土的特性，根据标准贯入度(N值)选用合适的掘进机。当N值较小时，选择切削能力较强的掘进机；当N值较大时，选择破碎能力较强的掘进机。具体参数方面，

表2: 针对不同土质的掘进机型及施工参数

土质类型	掘进机型	刀盘直径 (m)	掘进速度 (mm/min)	土压力控制 (MPa)	膨润土注入量 (%)	排渣效率 (与掘进速度比)
淤泥质黏土	多刀盘土压平衡式顶管机	2.0-3.0	20-50	根据实际情况调整	-	-
砂性土	根据N值选用的掘进机	1.5-2.5	10-30	-	5-10	≥掘进速度
黄土及风化岩	单刀盘土压平衡式或偏心破碎泥水式掘进机	2.0-4.0	5-20	根据实际情况调整	-	≥掘进速度

掘进机的刀盘直径可根据沉井尺寸和土质情况选择, 一般在1.5m至2.5m之间, 掘进速度可控制在每分钟10mm至30mm之间。

#### 4.2.2 加强土体改良和泥水分离处理

为防止流沙现象的发生, 加强土体改良和泥水分离处理。通过注入膨润土等改良剂, 改善砂性土的物理性质, 提高其稳定性和切削性。同时, 设置泥水分离系统, 将掘进过程中产生的泥水进行分离和处理, 确保施工环境的清洁和泥水的循环利用。具体参数方面, 膨润土的注入量可根据土质情况和掘进速度调整, 一般在每立方米土体中加入5%至10%的膨润土; 泥水分离系统的处理能力可根据掘进量和泥水含量选择, 一般要求处理后的泥水含砂率不超过5%<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 黄土及风化岩的控制措施

黄土及风化岩具有硬度较高、破碎困难等特点, 给沉井施工带来了一定的难度。

##### 4.3.1 采用单刀盘土压平衡式掘进机或偏心破碎泥水式掘进机

针对黄土及风化岩的特性, 采用单刀盘土压平衡式掘进机或偏心破碎泥水式掘进机进行施工。单刀盘土压平衡式掘进机具有较强的切削和破碎能力, 能够适应黄土及风化岩的施工需求; 偏心破碎泥水式掘进机则通过偏心破碎装置将硬化岩土破碎成小块, 便于排渣和后续处理。具体参数方面, 掘进机的刀盘直径可根据沉井尺寸和土质硬度选择, 一般在2.0m至4.0m之间; 掘进速度可根据土质硬度和掘进机性能调整, 一般在每分钟5mm至20mm之间。

##### 4.3.2 加强破碎和排渣能力

为确保顶进顺利, 加强掘进机的破碎和排渣能力。通过优化刀盘结构和刀具布置, 提高切削和破碎效率; 同时, 设置高效的排渣系统, 将破碎后的岩土及时排出施工区域。具体参数方面, 刀盘的转速可根据土质硬度和刀具磨损情况调整, 一般在每分钟10转至30转之间; 排渣系统的输送能力可根据掘进量和岩土密度选择, 一般要求排渣效率不低于掘进速度。(见表2)

#### 4.4 安全控制措施

首先, 制定详细的安全计划与规程, 这一计划不仅涵盖

了施工过程中的各项安全操作规范, 还针对沉井施工的特殊性, 明确了关键工序的安全技术要求。例如, 对于顶管施工等高风险作业, 规定了具体的操作规程, 包括设备的使用、人员的配合、安全防护措施等, 确保每一步操作都有章可循。安全计划中还包括了对施工设备的定期维护检查要求, 确保设备处于良好状态, 避免因设备故障引发的安全事故。

其次, 设立了专职安全监督员, 并实施了定期的安全巡查与评估, 同时建立了完善的应急响应机制。专职安全监督员负责全天候监督施工现场的安全状况, 及时发现并纠正违章行为, 确保施工活动始终在安全的轨道上进行。还制定了定期的安全检查制度, 包括日常巡查、周检查、月检查等, 对施工现场的安全隐患进行全面排查。同时, 引入了第三方安全评估机构, 对施工过程进行定期的安全评估, 确保安全措施的有效性。在应急响应方面, 建立了完善的应急预案, 明确了应急组织、通讯联络、现场处置、医疗救护等各个环节的流程和责任, 确保在发生安全事故时能够迅速、有效地进行应对, 最大限度地减少损失。

#### 结束语

综上所述, 沉井施工作为一种历史悠久且技术成熟的地下工程施工方法, 在城市建设、桥梁基础、水利设施等众多领域展现出了其独特的优势。通过本文的详细阐述, 不仅了解了沉井制作、下沉、封底等关键步骤的技术要点, 还掌握了针对不同土质的控制措施以及安全控制的重要性。在实际施工过程中, 应严格按照技术要求和操作规程进行, 加强现场管理和安全监督, 确保施工质量和安全。

#### 参考文献:

- [1] 张峥愈, 王顺辉. 道路工程雨水沉井施工要点及其下沉时倾斜的控制措施[J]. 工程机械与维修, 2023(5): 250-252.
- [2] 闫冠彬. 沉井施工全过程质量控制的关键要素及对策研究[J]. 智能建筑与工程机械, 2023, 5(7): 36-38.
- [3] 吴哲元. 复杂地质条件下沉井施工的控制措施与分析[J]. 城市道桥与防洪, 2022(009): 000.
- [4] 喻政文. 沉井顶管施工过程中的安全控制技术[J]. 现代物业: 中旬刊, 2023(10): 184-186.