

# 市政结构顶管工程沉井结构设计研究

门月仙

中国城市建设研究院有限公司 北京 100120

**摘要:** 沉井结构设计用于市政结构顶管工程时,设计人员必须充分结合工程实际,严格按照设计规范,合理设计沉井结构的壁厚,包括根据相关规则影响整体可靠性和稳定性的各种计算规则,必须合理设计沉箱结构系统,通过对沉降系数的精确计算,设计出最佳下沉结构作为管理施工过程中的临时设施。设施安装后,可以降低施工成本,减少对外部环境的干扰。现已在市政各项工程中广泛应用。在市政开沉井结构施工的设计过程中,设计人员进行了详细的现场测量,然后计算了沉井的总平面尺寸,保证了施工的整体稳定性。

**关键词:** 市政结构; 顶管工程; 沉井结构; 设计研究

前言: 随着社会经济的快速发展,现代城市建设也相应提高。在市政工程中,顶管工程可以说是重要的组成部分之一。在顶管工程设计中,设计人员应更加重视沉井结构的设计,这主要是因为沉井结构的合理性将直接影响顶管工程的整体质量。因此,只有优化沉井结构设计,才能提高顶管工程的质量。

## 一、顶管工程中沉井结构设计思路

### 1. 参数控制

从设计角度来看,顶管工程沉井结构参数更注重对现行标准的评价和应用。它可以从沉井的制作和下沉两个方面进行分析。在沉井制作参数控制中,完工后尺寸与标准尺寸的偏差不得超过20mm。壁厚偏差为小于+8mm, -5mm。设计保护层与施工实际保护层的偏差应在±5mm以内。在沉井中,参数应侧重于位置控制。下沉后的位移值与下沉深度的比值小于1%,井刃脚平均标高与设计标高偏差±5mm。在非特殊要求下,顶管工程沉井结构设计应满足上述参数要求。

### 2. 因地制宜把控重点

一些地区有特殊的土壤条件或复杂的施工条件。结合施工区域的特点,对关键因素进行分析和控制。如在市区内进行顶管工程作业,沉降结构设计应结合地下管道的分布情况。在地下供水、供气管道密集的情况下,应在现有标准的基础上,进一步完善沉箱制作和沉降参数的控制,控制各种参数的偏差,提高作业精度。如果该区域有降雨环境,则每个施工环节都可能受到水入侵和破坏的影响。设计中应加强力学参数分析,加强对周围土体变形和位移可能性的考虑,提高设计安全性。

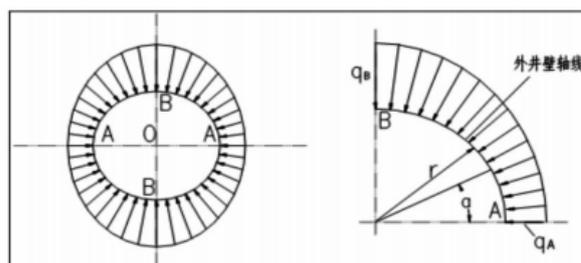
## 二、顶管工程中沉井结构设计方法

### 1. 井壁厚度设计

顶管工程沉井结构设计的过程中,首先要求就井壁厚度进行合理分析,获取理想的参数值。井壁厚度的确定,一般考虑三个因素,即下沉需求、稳定下降需求和抗浮需求,还应有本身受力情况影响,分为正常使用状态和下沉过程中受力状态,其中下沉需求是指沉井克服摩擦力,下沉到标准位置的需要;稳定下沉需求是指下沉系数处于允许范围内,不会出现突然下沉或下沉无法有效进行的情况;抗浮需求是指当施工环境存在水体影响时,沉井井壁可依靠自重维持位置稳定。上述三个因素中,下沉需求为核心设计需求,以S表达下沉系数,可获得一个具有广泛适用性的计算公式:

$$S = (A - B) / C; \text{且} S \text{ 不小于} 1.05 \text{ (计算简图如下图)}$$

式中,S代表下沉系数,A代表沉井的自重,B代表下沉过程中出现的动态托浮力(如水),C代表下沉的均匀阻力。在具体工程中,可代入上述四个参数进行计算,如果S值小于1.05,表明下沉系数过小,作业效率较低;如果S值过大,可能出现下沉速度过快的隐患,表明土体环境不良或抗浮需求差。

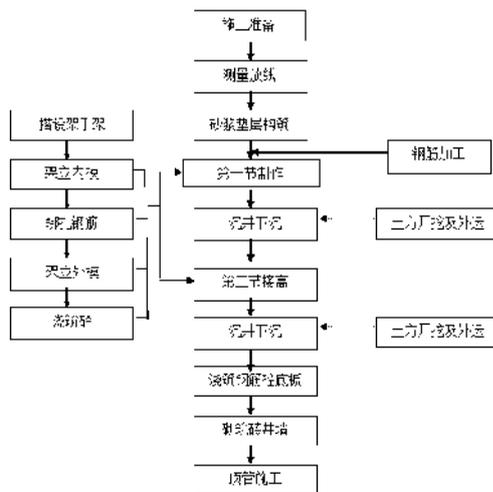


简化计算模型

### 2. 强度设计

强度设计,是指在顶管工程沉井结构设计时,考虑持续作业、机械扰动的影响,通过技术手段加强设计可行性,确保井壁外土体外力不影响顶管工程沉井作

业, 沉井作业也不会过多破坏周边土体或组织。(下图为顶管工程沉井法施工方案) 在设计的过程中, 主要考虑环向受力、纵向受力和底板受力三个因素。其中环向受力为核心分析、设计对象。一般要求按照工程标准, 进行闭合圆环面的受力分析, 采用降维分析的思路, 默认沉井井壁抵抗外力的能力均匀。沿井壁进行截面划分, 间隔在3cm左右, 可获取四个计算公式:  $E1 = (1 + 0.7854y) x$ ;  $E2 = (1 + 0.5y) x$ ;  $E3 = -0.1488xy$ ;  $E4 = -0.1366xy$ 。式中,  $E1$ 、 $E2$ , 分别代表同一井壁截面处连点截面的轴力, 其弯矩以  $E3$  和  $E4$  区分, 默认存在差异;  $x$ 、 $y$  分别代表同一井壁截面外侧水平压力, 默认计算所取点位的半径相同, 0.7854, 0.5, -0.1488, -0.1366 均为固定影响系数。在实际工作中, 可代入实测参数、工程要求, 进行匹配分析, 获取强度计算的最终结果, 另对纵向受力和底板受力情况进行分析, 综合三项因素的影响, 确定顶管工程沉井结构设计的强度参数。



### 3. 稳定性设计

稳定性设计, 主要是指顶管工程沉井结构设计中, 考虑周边土体受到扰动后出现的形变信息。因土体形变后, 顶管作业很可能受到管道材料、推进力量的影响, 出现破坏、位移、偏移等问题, 要求通过对稳定性进行分析, 减少非必要因素的干扰, 综合提升作业效率。设计过程中, 主要考虑顶力因素, 以  $Z$  表达顶力值, 可获取一个计算公式:

$$Z = 3.1415927DLv + N$$

其中 3.1415927 即  $\pi$  的取值,  $D$  代表管道外径,  $L$  代表顶管作业过程中顶进的长度,  $N$  代表顶进阻力, 实际工作中, 以实测方式获取对应参数信息, 代入计算式中进行评估, 可获取作业的效率的模糊值。以该模糊值与作业区域内土体强度值等进行对照组, 可获取施工对土

体环境的扰动。如果  $Z$  的计算结果小于周边土体压力, 表明施工扰动不会明显导致土体位移; 如果  $Z$  的计算结果接近或已经大于周边土体压力, 表明施工扰动有较大可能导致土体位移, 需重新进行顶管工程沉井结构分析, 或更换作业地点。

### 4. 标高设计

设计者在进行井顶标高设计的过程当中, 不仅需要结合顶管工作沉井结构的要求, 还需要结合市政顶管工程沉井结构的优势, 以此来对所有影响结构安全的因素进行全面考虑。只有这样才能保障周围水位能够低于标高 0.5 米, 从而保障沉井结构终沉之后不会有地面水的流入。也正因如此, 在设计沉井结构的井顶标高的过程当中, 应该始终保持着标高要高于地面零点三米的距离, 然后在根据工程实际情况对数据进行相应确定。

### 5. 平面尺寸设计

在市政工程沉井结构设计当中, 平面尺寸可以说是最为重要的部分, 主要是因为平面尺寸设计的水平会对沉井结构的质量、刚度、抗压等方面造成直接的影响。并且在设计人员进行沉井平面结构设计的时候, 还需要把下沉深度控制到十米之内, 水平的移动控制在百毫米之内, 同时还应该保障水平位移要小于下沉深度的百分之一。除此之外, 设计人员还应该在设计的时候, 根据终沉的深度, 来确定沉井平面的尺寸。还应该在计算前期数值的过程当中, 做好相应的试验工作。

### 6. 刃脚踏面标高设计

要想将刃脚埋得足够深, 首先设计者应综合考虑沉井结构的其他部分的尺寸。设计人员可以综合分析沉井结构的抗倾覆、抗滑移等稳定性能, 然后以此来明确刃脚踏板面的标高值。此外, 设计人员还应根据国家规定合理控制刃脚踏面标高的误差。只有这样, 才能在沉井结构设计过程中刃脚踏面标高误差进行相应的预留。

## 三、顶管工程中沉井结构设计要点

### 1. 力学结构设计

力学结构牵涉到顶进力量、周边土体的对沉井井壁的压力、沉井自重、沉井下陷过程中的摩擦力等。在常规设计模式下, 要求对所有参数进行综合考虑, 按照权重系数进行分析, 优先需要考虑的是顶进力量, 其次为周边土体的对沉井井壁的压力、沉井下陷过程中的摩擦力, 最后是沉井自重以及其他小幅外力, 如土体密度不均情况下不用区域所受压力的差异等等。具体工作中, 建议根据工程建设要求出具设计方案, 根据设计方案进行力学结构的分析和评估。

## 2. 原始信息收集

原始信息收集是顶管工程沉井结构设计的基础, 丰富详实的原始信息, 能够为力学结构设计、模拟分析等活动提供数据参考。在后续工作中, 建议于项目提出到完成的全周期内, 不断就各类施工过程中牵涉到的关键参数进行分析, 收集原始信息, 进行汇总和计算。如施工设计的早期阶段, 需要收集的原始信息包括抗屈服强度、管壁内外径等等。工程进行的过程中, 还应就土体位移情况、降水情况等动态信息进行进一步收集, 评估原有技术方案是否可行, 就需要进行调整的环节进行设计, 以丰富信息为顶管工程沉井结构设计提供参考。



## 3. 设计模拟

考虑到顶管工程沉井结构设计的复杂性, 在进行设计的过程中, 应借助现代化的工作技术, 获取接近现实环境和工作需求的模型, 为后续工作提供支持。如在进土体扰动的分析时, 因固定参数较多、力的综合作用难以通过传统模式进行评估, 可将收集所获的各类原始信息作为默认参数, 代入BIM模型中, 进行力学模拟, 分析设计的可行性和薄弱环节。静态模拟无法获取理想效果, 还可进行动态模拟, 代入时间参数、作业参数等, 考虑在顶管作业的不同参数出现变化时设计是否依然满足要求等等。各类虚拟现实技术可为上述工作提供帮助。

## 4. 环向计算

如果工程采用圆形沉井壁做圆柱形外壳。由于水和周围土壤的压力, 沉井壁承受压力。为了保证抗压强度, 通常采用混凝土和砌体。大型圆形沉箱本身直径较大, 沉井周围的土壤会不均匀, 导致土壤中的水压差较大。在沉井施工过程中, 出现了作业危险。一般来说, 如果俯角增大, 地面压力差就会增大。因此, 设计人员在计算顶管工程中的圆形沉井进行环向计算时, 大多会通过假设垂直方向上沉井井壁二点土内摩擦角的差值在 $5^{\circ}$ 至 $10^{\circ}$ 之间, 从而有效完成土压力差值的计算工作。但是, 采用这种方法, 设计人员必须充分结合沉井的具体尺寸。在本工程采用的圆形沉井直径较大的情况下, 井壁二点土内摩擦角差值设定可设置为 $5^{\circ}$ 。当圆形沉井的直径相对较小时, 应取 $10^{\circ}$ 。

总而言之, 随着经济水平的提高, 人们的生活质量也随之提高, 市政建设的规模也越来越大。为了更好地满足城市的功能需求, 有必要在市政工程建设中拥有大量的管道。然而, 由于城市道路的高度复杂性, 在施工过程中采用了非开挖技术。然而顶管技术不但拥有着无噪声、成本低等特点, 还拥有着对环境干扰小、施工周期较短的优势, 所以在市政工程当中获得的较为广泛的应用。在顶管工程当中, 沉井结构设计可以说是最为重要的环节, 所以设计人员应该对此环节提高相应的重视, 以此来保障顶管工程能够顺利完工。

### 参考文献:

- [1] 魏冬冬. 浅析顶管工程中沉井结构设计[J]. 山东化工, 2021, 50(12): 183-184+186.
- [2] 肖蕾. 市政工程中沉井的构造及其施工工艺分析[J]. 四川建材, 2019, 45(12): 139-140.
- [3] 范娜. 市政结构顶管工程沉井结构设计研究[J]. 价值工程, 2019, 38(31): 178-180.
- [4] 宋翔. 市政结构顶管工程沉井结构设计研究[J]. 产业科技创新, 2019, 1(29): 63-64.
- [5] 潘迎, 陈宇. 市政顶管工程沉井结构设计要点及应用探究[J]. 工程技术研究, 2019, 4(09): 189-190.