

市政排水顶管工程沉井结构设计研究

杨 昕

天津市政工程设计研究总院有限公司 天津 300392

摘要：市政排水顶管工程沉井结构设计研究，旨在深入探讨沉井结构在市政排水系统中的关键作用及优化策略。本文通过理论分析与实际案例相结合，详细剖析了沉井结构的构造要求、承载力计算关键技术。研究表明，合理的沉井结构设计不仅为顶管工程提供了经济可靠的工作界面，还具有提升排水效率，有效应对洪涝灾害，同时兼具环保优势。

关键词：市政排水顶管工程；沉井结构设计；顶管沉井关键技术

引言：市政排水系统是城市基础设施的重要组成部分，其稳定运行直接关系到城市的生态环境和居民生活质量。随着非开挖技术的日益成熟，沉井结构作为顶管工程中顶进与接收的关键环节，其设计合理性对于提升排水效率、保障城市防洪安全具有重要意义。同时，文章还将关注沉井结构的环保性能，以推动城市排水系统的绿色、可持续发展。

1 市政排水顶管工程的重要性

市政排水顶管工程是城市基础设施建设中不可或缺的一环，作为排水管道非开挖施工的重要方式，其重要性不言而喻。第一，市政排水顶管工程对于城市排水系统的正常运行至关重要。排水系统是城市生命线工程的重要组成部分，负责收集、输送和处理雨水、污水等废水。通过顶管技术，可以高效、安全地铺设和维修排水管道，确保排水系统的全面覆盖和运行畅通。这不仅能够防止城市内涝、减轻水患，还能够保护城市环境，提高居民的生活质量。第二，随着城市化进程的加快，城市基础设施的需求日益增长。顶管技术作为一种先进的非开挖技术，具有施工精度高、综合成本低、对环境破坏小等优点，能够满足现代城市对基础设施建设的高要求^[1]。通过顶管技术的应用，可以推动城市排水系统的升级改造，提升城市的整体形象和城市防洪能力。第三，排水系统关系到城市居民的健康和生活安全，是构建和谐社会的重要保障。通过顶管非开挖方式对城市排水系统进行完善与优化，可以减少污水对环境的污染，保护水资源，维护生态平衡。

2 沉井结构设计计算关键点

2.1 市政排水顶管工程与沉井结构结合使用

市政排水系统是城市基础设施的重要组成部分，其中顶管工程是一种非开挖施工方法，具有施工速度快、对地面交通影响小等优点。而沉井结构作为一种特种

结构，在市政排水顶管工程中发挥着关键作用。沉井结构以其独特的优势，如占地面积小、主体支护合一、可带水下沉等，成为了顶管工程中不可或缺的一部分。作为顶管的工作井和接收井，沉井为顶管施工提供了稳定的作业环境和安全的支撑体系。在沉井结构的设计中，准确性和可靠性至关重要，设计师需要充分考虑地质条件、施工环境、荷载情况等多种因素，确保沉井结构的安全性和稳定性。市政排水顶管工程与沉井结构的结合使用，不仅提高了施工效率，减少了对地面交通的影响，同时也确保了工程的安全性和稳定性。这种施工方法的广泛应用，为城市排水系统的建设和发展提供了有力的支持。

2.2 重视地质条件

沉井结构设计时，基础与封底设计是至关重要的一环，它直接决定了沉井结构的下沉和使用期间整体稳定性。而在设计过程中，地质条件无疑是一个不可忽视的关键因素。地质条件对沉井基础设计的影响主要体现在土壤性质、地下水位、岩层分布等方面。（1）土壤性质直接关系到基础的承载力和稳定性。不同的土壤类型具有不同的力学性质，如粘性土、砂土和岩石等，它们对下沉方式、承载能力和变形特征有着显著的影响。在设计前，必须进行详尽的地质勘探，准确了解土壤的物理力学性质，以便为基础与封底设计提供可靠的依据，避免造成沉井突沉、不均匀沉降等事故。（2）地下水位的高低也对基础设计产生重要影响。地下水位的高低不仅关系到沉井下沉过程的排水条件，还影响沉井的安全性和耐久性。在高水位地区，沉井作为永久结构的设计需要特别考虑防水措施，以防止地下水对结构的渗入。（3）岩层分布和基础深度也是基础设计中需要考虑的重要因素。岩层分布决定了基础是否需要穿越不同性质的岩层，以及穿越时可能遇到的工程难题。基础深度则直

接影响了基础的承载能力和稳定性。在设计过程中,需要根据岩层分布和基础深度的实际情况,选择合适的基礎形式和施工方法。

2.3 合理选取基础和封底的厚度

在选取基础厚度时,首先需要综合考虑排水构筑物的结构特点、荷载分布和地质条件。不同的类型和荷载特性对基础厚度的要求各不相同。例如,大型管道配套沉井往往需要更厚的基础和封底以承受更大的荷载。土壤的承载力、压缩性和抗浮稳定性等特性都会影响基础和封底的厚度。另外,基础厚度的选取还需要考虑施工技术要求,排水下沉和不排水下沉的施工方法和工期安排会对基础和封底厚度的选择产生影响。当采用预制沉井的施工方法时,基础厚度的选取需要考虑到预制构件的尺寸和运输条件。在满足结构安全和稳定性的前提下,应尽量减少基础厚度,以降低工程造价^[2]。这需要对各种设计方案进行经济分析和比较,选择最优的基础厚度。随后,在确定了基础厚度的初步范围后,还需要进行详细的计算和验证。这包括利用结构力学原理进行荷载分析、利用土力学原理进行地基承载力计算等。通过这些计算,可以进一步确定基础厚度的具体数值,并验证其是否满足设计要求和安全标准。

2.4 沉井构造要求

沉井结构设计中的构造要求是一项严谨而细致的工作,它直接决定了沉井结构的稳定性、安全性以及使用寿命。(1)沉井的构造需满足稳定性要求,这包括沉井的整体稳定性和局部稳定性。整体稳定性要求沉井在承受外部荷载时,能够保持整体结构的稳固,不发生倾覆或滑移。局部稳定性则要求沉井的各个部分,如井壁、刃脚、底板等,在受到荷载时,能够保证其强度和变形在允许范围内,不发生过大变形或破坏。(2)沉井的构造还需考虑密封性和防水性。这要求沉井的井壁和底板以及井壁接缝、井壁底板接缝等部分具有足够的密实性和抗渗性,同时还需要设置合适的防水层和排水系统,以确保沉井内部的干燥和安全。(3)沉井的构造还需满足施工和使用要求。在施工过程中,沉井的构造应满足顶进设备的要求,并便于施工人员的进出和操作。在使用过程中,沉井的构造应满足使用功能的需求,如通风、照明、检修等,以确保沉井的正常运行和维护。(4)沉井的设计还需考虑耐久性和环保性。由于沉井可作为永久检查井结构长期使用,因此其材料的选择和连接节点构造应满足耐久性的要求,比如抗渗抗冻材料的选择、刃脚与底板的凹槽或凸起的连接方式,合理的构造选型和材料的选取才能够抵抗环境因素的侵蚀和破坏。

2.5 沉井承载力计算

在进行沉井承载力计算时,需要综合考虑多种因素,并采用科学的方法和手段进行精确计算。一方面,需要对沉井所处的地质条件进行深入了解。这包括土壤的物理力学性质、地下水位、岩层分布等。通过对这些地质因素的详细分析,我们可以通过概念设计判断沉井基础的承载能力和变形特性,为后续的计算提供依据。另一方面,根据沉井的结构形式和荷载特点,需要确定沉井的荷载分布和大小。这包括自重荷载、平台活荷载、助沉荷载、土压力荷载、地下水压力、浮托力、顶力荷载以及地震作用等。不同的荷载应采用不同的代表值,对永久荷载,应采用标准值作为代表值;对可变荷载,应根据设计要求采用标准值、组合值或准永久值作为代表值。接下来,需要利用土力学原理和力学计算方法,对沉井基础的承载力进行精确计算。这包括地基承载力理论的应用、地基反力计算、基础尺寸和形状优化等。在计算过程中,需要充分考虑土壤的非线性特性和地基与基础之间的相互作用,以确保计算结果的准确性和可靠性。最后,在得到沉井承载力的计算结果后,还需要对其进行综合评估和分析。这包括考虑沉井自身结构的安全性、下沉稳定性、后背稳定性和经济性等因素,对计算结果进行合理的调整和优化沉井在顶进过程中井壁所受的顶进反推力,是不能忽视的,这是顶力、土体抗力和土压力符合叠加而成,后背土的稳定性是顶管过程中沉井安全性的保障。

3 市政排水顶管工程沉井结构设计的关键技术

3.1 沉井结构尺寸的确定

沉井作为顶管施工中的临时性结构和正常使用过程的永久结构,其尺寸的设计需充分考虑工程实际需求、地质条件、地下水位以及排水管径等多种因素。沉井的深度应确保管道的接入和沉泥量的需求。在确定沉井的具体尺寸时,还需考虑到沉井的自重和下沉稳定性。如果沉井井壁过薄,可能会导致沉井自重不足,无法实现顺利下沉;而井壁过厚则可能增加工程成本,造成资源浪费。因此,设计人员需要对沉井的壁厚进行科学合理的计算,确保其在满足下沉稳定性的同时,达到经济合理的目的。沉井的尺寸设计还需考虑到施工过程中的便利性和安全性。例如,沉井的开口尺寸应便于施工人员的进出和设备的安装;同时,沉井的结构应具有一定的强度和稳定性,以抵御施工过程中的外力冲击和振动。

3.2 沉井结构的强度与稳定性分析

市政排水顶管工程中的沉井结构设计,除了结构尺寸的确定外,其强度与稳定性的分析也是至关重要的关

键技术。一方面,沉井在施工中会受到自重、地下水压力、土壤侧压力以及顶管施工过程中的各种力的作用。因此,在进行强度分析时,需要对这些荷载进行准确计算,并结合沉井的材料特性和截面尺寸,进行结构受力分析。通过合理的结构设计,确保沉井具有足够的承载能力,以应对各种复杂工况。另一方面,稳定性分析主要包括下沉稳定性、防突沉稳定性、抗浮稳定性、抗倾覆稳定性以及地基承载力的验算。下沉稳定性是确保其成功下沉至指定位置的,当土质不易下沉时可通过触变泥浆、灌砂、冲水等各种方式助沉。防突沉稳定性是确保下沉到指定标高能稳定,不会发生超沉事故的关键。由于沉井在使用过程中会受到地下水的浮力作用,因此必须对其进行抗浮稳定性验算,确保沉井不会因浮力过大而上浮。沉井在下沉过程中由于受力不完全对称,可能会产生倾覆趋势,因此还需进行抗倾覆稳定性验算,地基承载力也是影响沉井稳定性的重要因素,需要对地基进行承载力验算,确保沉井能够安全稳定地放置在地基上。

3.3 沉井结构的排水与防水设计

合理的排水与防水设计不仅能够有效防止地下水渗漏,还能保证沉井内部的干作业环境,为顶管施工提供良好的工作条件。(1)排水设计是沉井结构中的核心环节。沉井作为地下结构,其周围往往存在大量的地下水,在封底之前必须采取有效的排水措施。设计时应根据地质勘察资料,确定地下水的分布情况和涌水量,合理选择排水方式。常见的排水方式包括设置排水沟、集水井以及安装排水泵等。排水沟的设置应确保能够顺利收集并引导地下水流出沉井;集水井的容积和数量应根据涌水量进行计算,以满足排水需求;排水泵的选择应考虑扬程、流量以及功率等因素,确保能够高效地将地下水排出沉井。(2)防水设计也是沉井结构中不可忽视的一环。防水设计的目的既是防止地下水通过沉井结构渗入到内部,增加排水量,影响工程的正常运行,又防止污水外渗,污染地下水土。设计时,应选用防水性能好的材料,如采用防水等级不小于P8的防水混凝土等,对沉井结构进行防水处理。

3.4 沉井结构的施工与监测技术

在土方开挖过程中,需要合理确定开挖顺序、深度和坡度,确保平衡开挖、对称下沉,防止倾斜、坍塌、突沉事故的发生,还要根据地质条件选择合适的开挖方法和机械设备,提高施工效率。在沉井下沉阶段,需要控制下沉速度和下沉量,确保沉井能够平稳、安全地沉入预定位置。这通常涉及到排水、挖土、下沉等工序的紧密配合和精确控制。另外,浇筑前,需要仔细检查模板、钢筋等材料的质量和安装情况,确保符合设计要求。浇筑过程中,因沉井大多壁厚较厚,应控制混凝土的配合比、坍落度等关键参数,参照大体积混凝土浇筑方法进行浇筑,避免养护不足产生井身裂缝,保证混凝土的强度和耐久性。随后,在沉井结构施工过程中,监测技术的应用同样重要。通过安装位移、沉降、应力等监测设备,可以实时掌握沉井结构的变形和受力情况^[1]。一旦发现异常情况,应立即停止施工,并采取相应的措施进行处理。最后,沉井结构施工完成后,还需进行质量检测和评估。这包括对沉井结构的尺寸、强度、稳定性等进行全面检查,确保符合设计要求,还需对沉井的防水、排水等功能进行测试和验证,确保其在实际使用中能够发挥预期作用。

结语

综上所述,通过对市政排水顶管工程中的沉井结构设计进行详尽而深入的探讨,从构造细节到承载力计算,再到关键技术全面的分析。展望未来,随着城市化步伐的加快和排水技术的日新月异,沉井结构设计将面临更为复杂多变的挑战与前所未有的发展机遇。我们坚信,通过不断的研究与实践,能够进一步完善沉井结构设计理论,为城市排水工程的可持续发展贡献更多的智慧与力量。

参考文献

- [1]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.
- [2]陈浩铭.大型顶管沉井的设计与下沉技术综述[J].居舍,2019(29):46-46.
- [3]杨松,李铁军.市政结构顶管工程沉井结构设计研究[J].建材发展导向(上),2021,19(11):159-160.