

市政顶管工程沉井结构优化设计应用

文 / 高 硕 济南齐鲁施工图审查有限公司

韩 勇 济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

李 峰 济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

摘要：本文主要简单介绍了顶管工程沉井结构的类型，以某工程为案例探讨了市政顶管工程沉井结构的优化设计，旨在加强对顶管工程沉井结构的研究，改变传统的设计方案，根据工程实际情况选择适宜的沉井结构类型，不断地完善结构方案，保障市政顶管工程质量。市政顶管工程施工过程中，需注重沉井结构的完整性，提高施工安全，从而推动市政顶管工程的可持续发展。

关键词：市政顶管工程；沉井结构；优化设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.04.109

引言

近年来，随着我国社会经济的高速发展，市政顶管工程也随之蓬勃发展，取得了不错的成绩，受到人们的广泛关注。市政顶管工程并不是一项简单的工作，其涉及多方面内容，具有一定的复杂性，需要系统化管理。沉井结构优化设计是顶管工程中的重要环节，必须予以高度重视，不容忽视。为确保后续施工作业的顺利开展，必须根据实际情况来优化设计沉井结构，保证沉井结构的完整性，提高沉井结构设计质量，从而满足市政顶管工程施工需求，实现市政顶管工程施工效益最大化。

一、市政顶管工程沉井结构类型

市政顶管工程沉井结构类型主要有：一是按照材料划分。从材料方面来看，市政顶管工程沉井结构可分为混凝土沉井、钢筋混凝土沉井、钢沉井和圪土沉井四种。其中，混凝土沉井属于地下构筑物，与井筒相似，实际施工中需要先制作沉井结构，再将其下沉至设计高度，使用混凝土进行封底和堵孔，扎实结构基础；钢筋混凝土沉井具有较好的抗拉能力和抗压能力，适用于各种场景，用途广泛；钢沉井有两种形式，一种是钢板沉井，另一种是钢壳沉井。钢板沉井通常是临时沉井，为圆形，自身重量相对较轻，可用水冲土克服阻力下沉至设计标高。相对于混凝土沉井来说，钢壳沉井自重较轻，一般作为浮运沉井存在，先注水下沉再浇筑钢筋混凝土；圪土沉井有着不错的抗压能力，通常为圆形，适用于临时基坑支护^[1]。

二是按照平面形状划分。从平面形状来看，可将市政顶管工程沉井结构分为圆形沉井、矩形沉井、圆端沉井、尖端沉井和多格沉井。其中，圆形沉井指的是圆形的沉井结构，一般由混凝土、钢筋混凝土制作而成，其特点在于有着较为稳定的结构，承载能力较好，常被用于大型设施安装中。圆形沉井可用于流向不稳定的河流中，桥墩同样以圆形为主，可尽量减少占地面积，场所空间有限时可选择圆形沉井结构；矩形沉井指的是矩形的沉井结构，多为混凝土、钢筋混凝土制作而成；圆端

沉井的截面为圆形，整体较为稳定，有着较好的承载力；尖端沉井截面为菱形、尖端形，结构轻盈，结构稳定而且占地面积相对较小；多格沉井是多个沉井段组合而成，而且每一个沉井段都具有独立性，一般用于地下设施建设、大型建筑建设中，整体结构稳定，施工上也较为便捷。在进行多格沉井施工时，应当严格按照施工要求来制作各个沉井段，并进行有效封底，堵塞井孔，需充分考虑各沉井段之间的关系，优化设计支撑结构，以免影响整个结构的稳定性。其优势在于具有灵活性，但施工难度相对较大，需将安全放在第一位，施工之前应做好地质勘查工作，了解下沉土质、水文条件。

三是按照场地划分。从场地方面来看，可将市政顶管工程沉井结构分为陆地沉井、筑岛沉井、浮运沉井三种类型。其中陆地沉井指的是在陆地上制作沉井，然后再进行下沉；筑岛沉井指的是当河床水位较浅的时候，于河床上利用砂石材料来筑岛，岛面标高设计为水位五十厘米以上，岛面上制作沉井；浮运沉井是在河道水位较深的时候，于河岸上选择适宜场地来制作沉井，基于浮运法来牵引沉井，使之于设计位置下沉^[2]。

二、工程概况

某市政顶管工程属于溢流污染综合治理工程项目，项目目标为年径流总量控制率在百分之七十五以上，面源污染削减量达到百分之六十以上，并符合排水防涝标准，旨在改善城市水环境。该项目涵盖多个层面，整个工程范围约三十平方千米，总投资在二十五亿元以上，是全流域综合治理系统化工程。该工程不仅涉及道路、小区的改造，还包含了溢流污染综合治理、海绵公园建设、河道整治、调蓄池建设等。

三、市政顶管工程沉井结构设计要点

（一）明确总体设计思路

在进行市政顶管工程沉井结构设计的时候，应当明确总体设计思路，可从以下几个方面着手：第一，加强参数控制。设计过程中需要先确定沉井形状、尺寸，需根据顶管工程的实际情况来进行相应的选择，所选择的

沉井形状，设计的尺寸都必须符合施工要求，确保沉井结构的完整性、稳定性，使之承载能力达到标准。然后合理布置钢筋，提高混凝土强度，以免影响沉井结构的耐久性。施工时为了使沉井结构保持垂直度，要使用适宜的支撑结构和固定件，可根据需求来选择，但必须将整体质量、安全放在第一位。与此同时，还应当合理设置防水层，以免地下水渗入至沉井结构中，影响沉井结构的稳定性，强化沉井结构的防水能力^[3]。

第二，遵循因地制宜原则。在设计市政顶管工程沉井结构的时候，应当坚持一切从实际出发，先做好施工前的调查工作，根据工程实际情况来优化设计沉井结构。一方面，要了解顶管工程施工所在处的地质条件，基于土壤类型、地质构造、水文条件来选择适宜的沉井结构类型，确定沉井施工方法。如若遇到软土地基，则一定要先进行加固，以免影响沉井结构的承载力；另一方面，需全面把控沉井结构施工环境，基于交通条件、城市规划要求、环境保护来优化设计沉井结构，选择适宜的施工设备，应用先进的施工工艺。如若顶管工程处于市区内，那么所选择的施工方案要能够尽量减少噪声污染、灰尘污染，交通方面要合理规划和安排时间^[4]。

第三，确定施工方法，明确施工步骤。在进行沉井法施工的时候，要先做好各项准备工作，根据地层的实际情况来制定适宜的施工方案，如若处于软弱土层中，需应对可能发生的沉井偏斜、突沉问题。施工人员要做好工程测量定位、放线工作，开挖基坑的时候，将其开挖至起沉标高，实施刃脚垫施工，安装预埋件后分节制作沉井，于井内挖土第一次下沉，在这个过程中必须做好混凝土养护工作。下沉之后分节接高沉井，再进行第二次下沉，观测沉井结构稳定后封底处理，验收沉井质量，合格才能开展下一道工序，否则要予以整改。

（二）优化设计沉井壁厚

在进行市政顶管工程沉井施工的时候，应当优化设计沉井壁厚，需严格按照相关施工标准来执行作业。该工程中一号沉井水上筑岛围堰地面标高为五米五，起沉标高为三米五；二号沉井下沉标高约为二十五米，三号沉井下沉标高约为三十米，四号沉井下沉标高约为十米五。沉井下沉次数为五次，每一次的下沉高度都有所不同，下沉的时候必须保证其垂直度，控制好下沉速度，以免沉井出现倾斜、突沉等现象^[5]。下沉施工过程中，需要对照施工前的勘察报告，一旦发现冲突矛盾之处，要及时解决，以免耽误施工进度和质量。当沉井下沉高于设计标高零点一至零点三米时，立即停止挖土，井内注水使水位达到标高两米。沉井施工过程中需要先明确可能出现的风险，然后针对下沉实际情况来制定完善的应急预案，一旦发生险情要及时处理，维护人员的生命安全。施工单位制定的施工方案要符合地质环境要求，把控好沉井每一次下沉的参数，确保沉井接高的稳定性，采取

有效的临时工程措施，从而提高沉井施工质量。

（三）控制标高

为保障市政顶管工程沉井结构设计质量，应当控制好标高。首先，优化设计沉井底标高。以市政顶管工程水位、施工要求为依据来设计沉井底标，沉井底标应高于水位，以免影响沉井结构的稳定性；其次，控制好地面位置，沉井井顶标高要与周围地面高度相一致，以免地面水流渗入沉井中，影响沉井结构质量；再者，控制好沉井下沉深度。根据设计要求来确定沉井下沉深度，提升沉井结构的承载能力^[6]；最后，控制沉井封底。沉井下沉至设计标高之后进行封底施工，确定好封底高度，保证封底质量，从而强化沉井的防水性。

（四）合理设计刃脚

在进行市政顶管工程沉井结构设计的时候，应当合理设计刃脚。一方面，要优化设计踏面宽度，以沉井下沉处的土质软硬程度为依据来优化设计。如若下沉处土质为硬土，那么踏面宽度不可过高，否则容易产生较大的下沉阻力；如若下沉处土质为软土，那么踏面宽度不可过低，否则会减小下沉阻力，加快沉井下沉速度，影响沉井下沉质量；另一方面，控制好角度大小。沉井下沉过程中刃脚的角度大小会影响整体结构的稳定性。当角度过小的时候，沉井容易出现突沉危险，人员可能会跌入土中产生伤亡。刃脚斜面角度一般在六七十度左右^[7]。

（五）优化设计平面尺寸

在进行市政顶管工程沉井施工的时候，应当基于管道尺寸、施工要求来设计平面尺寸，通常情况下沉井的平面尺寸不可小于管道尺寸，需留出余地，以免影响沉井使用效果。设计沉井平面尺寸的时候，相关人员不可忽视施工设备的要求。如若下沉施工采用的是大型挖掘设备，那么沉井平面尺寸就不可过小，否则会限制施工设备的应用，降低施工效率和质量。

（六）重视顶力计算、环向计算、竖向抗拉计算

市政顶管工程沉井施工过程中，顶力计算十分重要。先要确定顶部结构承受的负载，这部分的负载包含了多项内容，如建筑自身重量、活荷载等，需要按照设计标准来确定负载，并进行相应的分析，以全面了解负载的分部情况，计算出不同支点承受的重量。基于负载作用方式来计算顶部结构变形，采用有限元分析法等来优化计算，明确沉井结构变形。在进行顶力计算的时候，应当先计算结构响应，充分考虑安全系数^[8]。

与此同时，相关人员还应当优化计算环向。这需要先明确沉井结构的截面形状，了解沉井结构尺寸，根据弹性模量等力学性能来计算环向载荷大小，计算沉井结构，获取环向应力分布值，从而全面了解沉井结构的强度，科学评估沉井结构的稳定性，看其是否安全可靠。

除此之外，还应当重视竖向抗拉计算。一般情况下

必须准确计算井下竖向抗拉，但是如若处于软土地去可省略这部分的计算，其原因在于井下沉过程中，当下沉系数保持在一点五以上时，井壁必然会埋入土中，不会悬空，不会引发竖向拉断情况。如若下沉系数低于一点五，则需要及时调整和改正。

（七）验算沉井结构的稳定性

市政顶管工程沉井结构施工过程中必然会遇到土壤顶力作用，为提高沉井结构的稳定性，则需要确保沉井刃脚底部土和被动土之间的压力符合标准要求，应科学计算井壁后背的土体顶力标准值。

四、市政顶管工程沉井结构设计注意事项

市政顶管工程沉井结构设计应注意以下几点：一是施工过程中应当遵循因地制宜原则，具体问题具体分析。实际施工时要明确影响施工质量的各项因素，如水文条件、地质环境等。不同施工区域的地下结构、水位等有所不同，所制定的顶管工程沉井结构设计方案也必然存在差异。顶管施工环境较为复杂，为保证沉井结构质量，设计人员则必须优化设计沉井结构参数，提高计算结果的精确性。与此同时，设计人员应当全面开展实地勘察工作，采集各项勘查数据、信息，优化设计沉井结构图纸，获取完整的施工资料，综合评估市政顶管工程沉井结构施工中的风险，并制定应急预案来加以预防^[9]。例如，当市政顶管工程处于城市市区时，需先掌握地下管道的路线分部情况，根据实际情况选择适宜的沉井结构类型，确定沉井结构尺寸，控制沉井下沉参数，以保证顶管施工作业的顺利开展；如若顶管工程施工中遇到多降雨天气，设计人员则要科学分析力学参数，综合考虑土体变形问题，制定完善的安全防护措施，从而保证沉井结构质量和安全。

二是全面收集原始信息。在市政顶管工程沉井施工过程中，应当加强原始信息的收集。为保证沉井结构施工质量，相关人员前期必须做好实地勘察工作，采集各相关资料，并将各项原始资料作为设计初期的依据。例如，设计人员在前期设计过程中要先了解施工区域的土体密度、管壁内直径、管壁外直径等；施工过程中则要采集降水量、地基位移等资料和信息。可充分发挥现代科学技术的作用，创建数据库，有效保存沉井施工过程中的各项信息，并做好保存工作，为沉井结构设计方案提供可靠的依据。可有效整合各环节的实时信息，精细化处理各项参数，科学评估沉井结构设计方案的可信性，保证设计方案的可靠性。

三是要重视力学结构设计。设计人员一般应当先进行力学结构分析，综合考虑影响沉井结构的各项施工因素，强化分析沉井结构的顶进力。设计人员可充分发挥先进技术的作用，创建三维立体模型，利用BIM软件来了解各项参数信息，预估沉井结构施工质量，查看施工方案是否可行。通过仿真模拟来优化设计相关参数，规

范顶管作业流程，从而保障顶管工程质量^[10]。

五、市政顶管工程沉井结构设计成效

市政顶管工程沉井结构优化设计后取得了不错的成效。首先，试点期间已经开展了多个片区的整治工作，沉井结构优化设计后能够有助于处理各区域积水工程的快速实施，助力强化了内涝抵抗能力，满足了海绵城市建设的内涝防治设计与施工要求，助力老城区与连片综合治理效果较好；其次，优化设计的市政顶管工程沉井结构设计，收集原始信息、考虑工程周边环境因素，推进了生态修复，保证了城市生态品质。年径流总量达到了百分之七十六，水岸线长度恢复了四千米，地下水埋深也有所提升；最后，市政顶管工程沉井结构施工，助力黑臭水体得到了消除，水体环境质量大大提升，而且人们的居住环境得到了改善，加快了海绵城市建设进程。

结束语

总而言之，沉井结构施工是市政顶管工程中的重要组成部分，沉井结构设计质量直接影响了整个工程施工效果，必须加以重视。在实际设计过程中不可脱离顶管工程的实际情况，需遵循因地制宜原则，坚持一切从实际出发，严格按照相关标准来执行作业。设计沉井结构的时候，要明确总体设计思路，优化设计沉井壁厚，加强标高控制，合理设计刃脚，优化设计平面尺寸，做好各项计算工作，并进行结构稳定性验算，从而保证沉井结构安全。

参考文献

- [1] 石瑞瑞, 柳晓科. 市政顶管工程沉井结构优化设计[J]. 四川建材, 2024, 50(09): 72-74.
- [2] 闫辉峰, 张琳. 市政结构顶管工程沉井结构设计研究[J]. 中国住宅设施, 2023, (12): 7-9.
- [3] 李雨. 市政工程中沉井结构施工技术的应用[J]. 中国建筑金属结构, 2023, (03): 58-60.
- [4] 肖刚. 市政结构顶管工程沉井结构设计研究[J]. 广东建材, 2023, 39(01): 57-59.
- [5] 郑一苇. 市政工程顶管施工中的沉井结构优化设计[J]. 工程建设与设计, 2022, (14): 87-89.
- [6] 梁峰. 市政顶管工程沉井结构设计要点及应用分析[J]. 中国设备工程, 2022, (11): 235-237.
- [7] 钟晓琳. 市政顶管工程沉井结构设计要点及应用[J]. 工程技术研究, 2021, 6(20): 178-179.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.