

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2023.10.039

长江一级阶地沉井设计与施工的若干探讨

刘金鹏, 曾丽萍

(武汉市政工程设计研究院有限责任公司, 湖北 武汉 430023)

摘要: 沉井工法越来越多地被应用到市政给排水及电缆通道的开发建设中, 然而关于其在勘察设计和施工方面的经验总结文献目前相对较少。从勘察设计和施工角度出发, 结合一流城市电网电缆通道工程案例, 介绍基坑设计方案比选和沉井设计与施工注意事项, 对长江一级阶地沉井工法相关的深井降水和止水帷幕等技术要素进行了探讨, 做了简单总结并给出可行建议, 为参与沉井工程技术人员提供参考。

关键词: 长江一级阶地; 沉井; 设计与施工

中图分类号: TU94+1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)10-0151-04

0 引言

2019 年, 为解决武汉市电力供需矛盾, 支撑城市快速高质量发展, 武汉市政府提出建设“世界一流城市电网”的部署要求。一流城市电网建设任务包括建设变电站及电缆通道。电缆通道分布于城区现状道路下方, 限于工程造价、工期、管线迁改及交通压力等因素, 考虑沉井具有整体性强、刚度大、稳定性高等优点, 电缆通道土建工程多数采用钢筋混凝土沉井^[1] + 顶管的施工工艺。

一流城市电网电缆通道的沉井需要同时满足顶管始发井、接收井及电缆井工艺需求, 沉井平面内净尺寸多数为 10 m × 7 m, 沉井刃脚底距离现状路面高度为 10~30 m 不等。

根据距离长江远近、周边建构筑物及管线分布、工程地质和水文地质条件, 沉井按照下沉方式分为不排水法和排水法下沉。不排水法下沉沉井根据抗突涌计算结果分别考虑了深井降水和加固封底两种措施; 排水法下沉沉井根据沉井穿越土层的渗透系数、固结程度等分别考虑了四周设置止水帷幕和不设置止水帷幕两种措施。

本文探讨的沉井均分布于长江一级阶地, 其地层的典型特点是覆盖层从上到下的土层结构: 表层为厚度变化不一的松散人工填土; 上部为软~流塑状淤泥质粉质黏土、可塑状一般的黏性土及互层土; 中部为稍密~中密~密实的砂土层, 部分地段的基

岩上部分分布有密实的粉细砂混砾卵石层; 下伏基岩为白垩-古近系(K-E)泥岩、砂砾岩、中细砂岩及志留系(S)泥岩、泥质粉砂岩、含钙泥质粉砂岩^[2]。

图 1 为一流城市电网电缆通道的某沉井符合典型特点的地质剖面图。

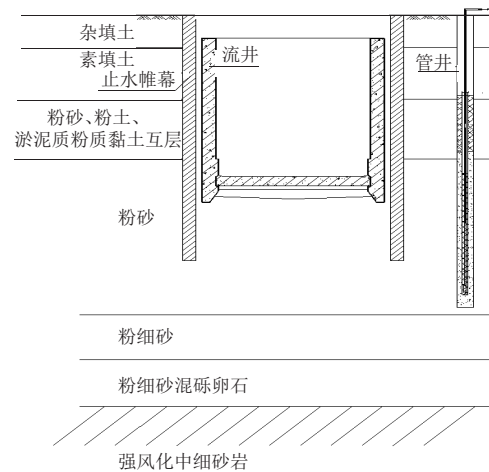


图 1 某沉井地质剖面示意图

1 勘察设计

1.1 勘察与测量

根据建设一流城市电网电缆通道沉井的经验可知, 武汉地区的长江一级阶地沉井工法成功的关键在于对地下水位的合理降排和对既有障碍物的避让。

设计前需按现行规范在拟建场地范围内布孔并进行详勘工作, 地质勘探钻孔深度不得小于沉井刃脚设计高程以下 5 m^[3]。勘察包含查明拟建场地地层、岩性、岩土特征、地下水以及不良地质作用等工程地质和水文地质条件, 查明地下水类型、埋藏条件、补给来源和排泄条件、地下水动态变化及其与地表水的联系、水质、流速、流向, 查明孔隙承压水的水头高度及

收稿日期: 2022-02-16

作者简介: 刘金鹏(1991—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事市政结构、地下空间结构等领域的设计工作。

其动态和周期变化规律,为设计提供依据。

施工前对沿线地下与地上管线、周边建(构)筑物、障碍物及其他设施的详细资料进行核实确认,可采用坑探、物探、测量等各种方法对周边环境的风险源进行核查,并查清其分布范围、现状高程、距离、埋深、特性及相关基础资料等具体信息。

1.2 基坑设计比选

设计方案应综合考虑安全性和经济性。对于在武汉地区的长江一级阶地开挖深度10~30 m的基坑,较为常见的开挖方式一般包括2种:其一是支护开挖,支挡常见为灌注桩配合高喷桩或搅拌桩咬合止水桩、地下连续墙、工法桩3种,根据水文地质条件考虑深井降水或加固封底;其二为沉井开挖,常用工法为预制沉井配合深井降水+止水帷幕,止水帷幕常见的为单轴、双轴、三轴水泥土搅拌桩帷幕,高喷桩帷幕,注浆帷幕及素混凝土墙帷幕,搅拌桩和高喷桩在武汉长江一级阶地运用较广泛,为本文所重点讨论。从工程造价上对比,因为沉井可兼作永久工艺井结构,初步估算支护开挖费用高于沉井约2倍。设计应在前期进行方案比选,建议如下:

(1)对于需要设置帷幕及深井降水的场地,且侧壁分布有较厚砂层或互层土时,应进行支护开挖与沉井方案比选,推荐支护开挖;

(2)对于需要设置帷幕及深井降水的场地,但侧壁没有分布较厚砂层或互层土时,应进行支护开挖与沉井方案比选,周边环境复杂,推荐支护开挖,周边环境简单,可采用沉井;

(3)需要设置帷幕,但不需要深井降水的场地,应进行支护开挖与沉井方案比选,周边环境复杂,推荐支护开挖,周边环境简单,可采用沉井;

(4)不需要设置帷幕,也不需要深井降水的场地,优先考虑沉井,局部存在建构筑物或管线时,可局部采取保护措施。

1.3 沉井设计

1.3.1 止水帷幕设计

进行沉井设计时,沉井井深范围内地层若为淤泥、淤泥质粉质黏土、粉质黏土夹粉土、粉砂、砂层等软弱土层或互层土,则应设置止水帷幕。沉井在下沉过程中,连续开挖吸泥取土,当发生井底土体开挖不均匀、局部过挖甚至出现空洞等情况下,刃脚外壁土体扰动,无止水帷幕的加固极易出现局部涌水、涌土、涌砂现象。

根据建设一流城市电网电缆通道的沉井工程经

验,建议止水帷幕优先选用三轴水泥土搅拌桩。当现场没有条件实施三轴水泥土搅拌桩时,可考虑如下方案:(1)止水帷幕深度 $h < 10$ m且穿越土层无砂层时,可考虑使用单轴水泥土搅拌桩;(2)止水帷幕深度 $h > 10$ m或穿越土层有砂层时,可考虑选用双管旋喷桩。为保证沉井顺利下沉,根据工程经验及《给水排水构筑物工程施工及验收规范》(GB 50141—2008)^[3]建议:井深为10~30 m的沉井,止水帷幕与沉井外侧井壁的间距应为:三轴水泥土搅拌桩建议取400 mm,高压旋喷桩建议取500 mm。止水帷幕与沉井外侧井壁之间在下沉过程中应需要填砂,防止止水帷幕与沉井侧壁之间出现空腔,以免帷幕受剪破坏,连带帷幕外侧土体或帷幕内侧土体坍塌,抱死沉井形成“土塞效应”^[4],造成沉井下沉时阻力过大乃至无法下沉。

沉井下沉时沉井周边土体会出现应力并重新分布,造成井体周边土体发生变形、位移,进而引起地表沉陷与土层位移^[5]。在长江一级阶地区域内的沉井施工中,这种效应愈加明显。若设计时考虑采取止水帷幕措施,帷幕的保护隔离作用会使得在沉井下沉过程中,沉井周边地表沉陷与土层位移的问题得到明显改善。

1.3.2 降水设计

对于长江一级阶地沉井刃脚进入砂性土的工况,武汉地区的工程经验^[6-8]证明,加固封底后基坑底部地基的透水性仍然非常大。为防止沉井基底地基渗透破坏、增加基坑的稳定性,使用深井降低地下水位、减少基坑内外水头差是有效且经济的措施。

一流城市电网电缆通道的沉井在有承压水时,应考虑止水帷幕+降水井的双重措施。设置止水帷幕可大大减小降水引起沉井周围土体总沉降和不均匀沉降的程度,并且随着止水帷幕深度的增加,沉井周围地表总沉降和不均匀沉降的程度都会减小^[9]。但应注意,降水井为动态设计,应确保现场可根据降水试验增加深井的数量或调整深井井深等。在降水深度未达到设计要求时不允许继续开挖。

1.3.3 降水+封底设计

根据建设一流城市电网电缆通道的沉井的施工现场反馈,在武汉地区的长江一级阶地,因为实际施工过程中止水帷幕+深井降水的方案很难达到设计要求,导致开挖过程中井内带水挖土下沉,多个沉井均出现井外砂土随着地下水渗漏入井内的情况,进而引起了井周边不同程度的地面沉降。所以建议类

似设计中可适当考虑加固封底,作为控制沉井开挖下沉时抗突涌稳定性和减小对周边建构筑物影响的储备安全措施。比较典型的案例为一流城市电网电缆通道的某圆形沉井,内径为 10 m,井深为 16 m,沉井外围采用两排三轴水泥土搅拌桩止水帷幕 +5 m 厚三轴水泥土搅拌桩封底,并在井外设置了 3 口 25 m 深降水井,其剖面示意图见图 2。

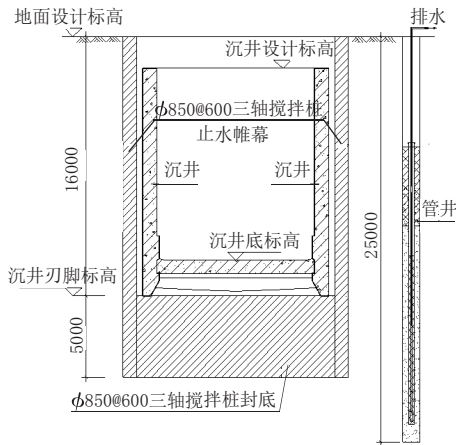


图 2 某沉井剖面示意图(单位:mm)

实际施工过程中,三轴搅拌桩封底处虽出现渗漏情况,与武汉地区的工程经验^[6-8]一致,但是沉井周边地面无明显沉降;对比其它类似地层及大小沉井,当未考虑封底措施时,均出现了沉井周边地面不同程度的沉降。

综合对比后可以认为,加固封底可适当阻止砂土及软弱土流入井内。在工程造价允许的情况下,可作为减小沉井周边地面沉降程度的安全储备措施加以考虑。

2 施工

2.1 下沉方式比选

沉井下沉方式分为排水法下沉和不排水法下沉,应根据沉井下沉穿过的工程地质和水文地质条件、下沉深度、周围环境等情况综合进行确定^[3]。一流城市电网电缆通道工程沉井深度范围内存在粉土、砂土等强透水层,但透水层不与河道直通,故多采用排水法下沉^[10]。

2.2 止水帷幕施工

止水帷幕施工前必须进行试桩,并根据地层类型进行掺入量的强度及其他施工参数的对比试验,以确定施工工艺及各项施工参数,确保加固效果。采用双管单动取样器钻取芯样进行无侧限抗压强度试验和标准贯入试验检测桩身强度和均匀性检测;同时打设水平探孔检测加固体的完整性、均匀性及止

水效果。

若实际施工的止水帷幕未达到设计强度及抗渗要求,则在沉井下沉过程中,井内易出现渗水、流砂土现象,进而引起沉井周边出现不同程度的沉降,甚至有可能出现塌空现象,对周边构筑物及道路影响极大。因此,止水帷幕是否成功是沉井施工成败的一个关键因素。

2.3 降水施工

沉井下沉过程中应进行连续深井降水,保证观察井水水位使之位于开挖面以下 1 m,保证沉井井内地层水得以疏干,不应带水挖土,以免引起水土流失,导致沉井周边地面沉降。实际的沉井下沉开挖过程中,限于工期的压力、存在侥幸心理的施工单位在未能降水至设计标高的情况下便急于开挖下沉,导致开挖施工过程中出现坑底翻砂、冒水或隆起的情况,临时又补打深井,既耽误了工期,又对周边造成了不利影响。因此在降水施工实施过程中,必须先施工具有代表性的单井,并进行试验性抽水。降水是否成功是沉井施工成败的另一个关键因素。

2.4 下沉及封底施工

挖土应分层、均匀、对称地进行,应尽可能只开挖沉井中部土体,靠沉井刃脚切削刃脚部分土体下沉,减小对沉井周边土体的扰动,以控制周边土体沉降的程度。沉井下沉工程中较容易出现因为施工时挖土不均匀、局部超挖、止水帷幕施工不精准导致侵入刃脚下部等原因引起沉井无法下沉,因此需要预先考虑助沉措施。助沉方法的原理为增大沉井下沉动力或减小沉井下沉阻力。增大沉井下沉动力主要包含在顶部增加配重或通过反力架施加向下压力;减小沉井下沉阻力主要包括向侧壁均匀灌入黄砂,采用自渗入、管路强制压入补给触变泥浆或空气幕助沉。对于止水帷幕局部侵入刃脚的这种特殊情况,在保证止水帷幕止水效果的前提下,可考虑采用钢板桩插孔、旋挖钻孔、小挖机井内破凿等措施破除侵入刃脚的止水帷幕,以辅助下沉。

沉井施工过程中,因为未知因素引起周边地面沉降或构筑物变形、破损时应立即停止沉井下沉,可在井内反灌清水反压,以防止井外砂土进一步涌入井内,然后分析原因,进行方案调整。

沉井无法按照设计要求继续下沉,应根据施工情况分析原因。沉井下沉到位后,井内若仍有 2~3 m 积水无法通过深井降水疏干,切不可直接用水泵明抽,可考虑使用带滤料的泵抽或与设计者协商。在井

外进行连续深井降水前提下,应对沉井进行水下封底。

在长江一级阶地区域内,施工阶段建议严格按照设计及规范[3]指导进行施工,严格控制施工质量,遇到突发情况应及时抢险、分析、补救,不可蛮干,切勿自作主张。

3 结 论

(1)对长江一级阶地沉井的勘察应尤其注意水文地质条件,设计方案应综合考虑周边环境、工程地质及水文地质等因素。

(2)在长江一级阶地区域内,实施勘察设计阶段建议:1倍井深范围内有房屋、高压铁塔、地铁、铁路、主干雨污管道、燃气、热力等重要构筑物或市政管网的顶管井,应慎用沉井,若设计为沉井,宜考虑采用深井降水+止水帷幕+封底措施,封底措施仅为施工过程中止水帷幕和深井降水未达到设计要求时的安全储备。

(3)长江一级阶地沉井施工时应严格按照设计要求,尤其应注意深井降水和止水帷幕的施工质量。

参考文献:

- [1] 段良策,殷奇.沉井设计与施工[M].上海:同济大学出版社,2006.
- [2] 徐杨青,朱小敏.长江中下游一级阶地地层结构特征及深基坑变形破坏模式分析[J].岩土工程学报,2006,28(S1):1794-1798.
- [3] GB 50141—2008,给水排水构筑物工程施工及验收规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [4] 易琼,廖少明,朱继文,等.软土地层中压入式沉井下沉的土塞效应及其影响[J].浙江大学学报(工学版),2020,54(7):1380-1389.
- [5] 邓友生,万昌中,闫卫玲,等.大型圆形沉井结构应力及其周边沉降计算[J].岩土力学,2015,36(2):502-508.
- [6] 武汉建设监理协会.武汉地区深基坑工程理论与实践[M].武汉:武汉工业大学出版社,1999.
- [7] SL 265—2001,水闸设计规范[S].北京:中国水利水电出版社,2001.
- [8] 王立.基坑工程应用技术[M].武汉:武汉出版社,2008.
- [9] 金小荣,俞建霖,祝哨晨,等.基坑降水引起周围土体沉降性状分析[J].岩土力学,2005,26(10):1575-1581.
- [10] 王荣文,葛春辉.沉井设计和施工中的常见事故及其防治措施[J].特种结构,2007,24(1):103-105.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱:cdq@smedi.com 电话:021-55008850 投稿网站:<http://www.csdqyfh.com>