



# 大尺寸沉井与长距离顶管在 取排海水工程中的应用

赖俊珊, 王广贤

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510290)

**摘要:** 工程项目实施中, 需要重点关注工程费用与环境保护问题。水运项目中的取水泵房、排水井、取排水管道主要采用大开挖+现浇的传统干施工法, 以及大开挖+沉管的水下施工方式。相较于传统方法, 采用沉井+暗挖顶管的新工艺, 介绍沉井与暗挖顶管的应用现状、重点和难点。以广东省某LNG(液化天然气)工程为背景, 对不同工法的工序工期、质量验收标准、工程费用、环境保护、施工安全等进行对比分析。通过研究发现, 采用沉井及顶管方案在工程费用与环境保护方面具有显著优势。实践证明, 大尺寸沉井与长距离顶管方案在取排海水工程中应用良好, 可为类似工程设计与施工提供参考。

**关键词:** 取排水工程; 沉井; 顶管; 环境保护

中图分类号: U65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)08-0343-05

## Application of large-sized sinking well and long-distance pipe jacking in seawater intake and discharge engineering

LAI Junshan, WANG Guangxian

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510290, China)

**Abstract:** In the implementation of engineering projects, it is necessary to focus on engineering costs and environmental protection issues. The water intake pump room, drainage well, and water intake and discharge pipeline in the port and waterway engineering construction mainly adopt the traditional dry construction method of large excavation+cast-in-place, and the underwater construction method of large excavation+sinking pipe. Compared with traditional methods, a new technology of sinking well and underground excavation pipe jacking is adopted, and the current application status, key and difficult points of sinking well and underground excavation pipe jacking are introduced. Taking a LNG(liquefied natural gas) project in Guangdong Province as the background, a comparative analysis is conducted on the working procedure and construction period, quality acceptance standards, engineering costs, environmental protection, construction safety, and other aspects of different construction methods. Through research, it has been found that the use of sinking well and pipe jacking schemes has significant advantages in engineering costs and environmental protection. Practice has proven that the large-sized sinking well and long-distance pipe jacking schemes are well applied in seawater intake and discharge engineering, and can provide reference for similar engineering design and construction.

**Keywords:** water intake and drainage engineering; sinking well; pipe jacking; environmental protection

水运项目中的取排水工程基本为取排海水工程, 其中取水工程一般包含取水泵房、取水管道、取水头部; 排水工程一般包含排水井、排水管道、

排水头部。取水泵房及排水井通常是位于陆域的地下结构物, 传统施工方案多为围堰+大开挖或基坑支护+开挖后现浇钢筋混凝土结构, 待主体结构

收稿日期: 2024-03-20

作者简介: 赖俊珊(1988—), 女, 工程师, 从事地下结构工程设计与咨询。

实施完成后进行回填<sup>[1-2]</sup>。取排水管道及其头部通常位于海域，施工方案多采用水下开挖、管道(包括箱涵等)或头部构筑物陆域预制、水下安装、水下回填等步骤<sup>[3]</sup>。传统的取排海水工程实施方案应用成熟，但在一些特定条件下的项目，如强透水或软弱地层、管道需下穿已有护岸或穿越河道、沿途遇重要的现状管道或构筑物等情况下，则需寻求造价更经济、环境更友好的新方法。

沉井在市政行业及大型桥梁基础方面应用广泛。市政行业中沉井多用于污水处理厂的提升泵房及粗格栅池、顶管工程的工作井及接收井等，其平面结构一般为矩形或圆形，平面尺寸在20 m×20 m内，深度为6~20 m，具有形状规整、尺寸适中、适应多种地层、造价较低、施工易控制等特点<sup>[4]</sup>。大型桥梁基础通常位于水中，常采用浮运沉井，其平面结构一般为矩形+四角倒圆，整体尺寸较大，边长可达50 m、深度70 m。沉井内部设置多道横纵向隔墙，将沉井分隔成多个取土隔仓。与传统的大直径深钻孔集群桩基础相比，浮运沉井节省材料、工艺简单<sup>[5]</sup>。

顶管在市政行业及核电厂的输水设施中应用

较广。市政行业中顶管一般用于污水处理厂进水主管道以及管道需下穿城镇道路、下穿建(构)筑物、穿越江河、埋深较大等情况，顶管材料一般采用钢筋混凝土管、钢管及玻璃钢管，其直径为0.8~3.5 m，一次顶进距离通常为400 m以内。由于顶管能够无障碍穿越建(构)筑物，在管道埋深大的情况下，工程费用小于支护开挖费用，适合市政行业的复杂环境<sup>[6]</sup>。核电厂的输水设施主要指冷却循环水管道，当输水管道直径在上述的顶管直径范围内时，工程费用将大幅小于盾构隧洞、明挖支护费用<sup>[7]</sup>。

### 1 工程概况

潮州某LNG接收站项目建设规模为600万t/a，其中气化外输量460万t/a、槽车外输量100万t/a、LNG船运外输量40万t/a。码头建设规模包括1个21.7万m<sup>3</sup>LNG泊位、1个工作船泊位。其中取水口工程包含取海水泵房、引水管道及取水头部，管道总长约585 m；排水口工程包含排水集水井、排水管道及排水头部，总长约370 m，平面位置见图1。

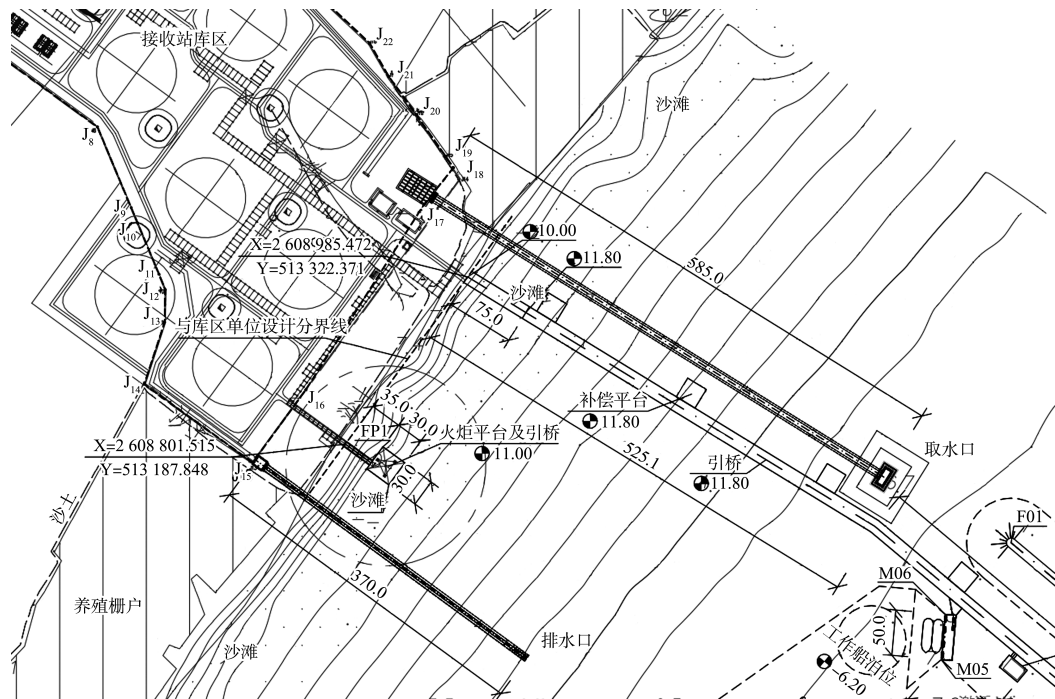


图1 取排水口工程平面布置 (单位: m)

取水泵房顶部高程为 8.80 m, 底板面高程为 -6.90 m, 平面尺寸为 38.673 m×25.2 m, 取水管道为 2 根  $\phi 2\ 032$  mm 的管道, 取水头部位于水深约 -6.00 m 处, 平面尺寸为 8.2 m×19.4 m, 上部设置 10 个取水窗口, 剖面见图 2。排水集水井顶

部高程为 8.80 m, 底板面高程为 -0.50 m, 平面尺寸为 13 m×12 m, 排水管道为 2 根  $\phi 2\ 540$  mm 的管道, 排水头部位于水深约 -3.00 m 处, 采用 7 根钢管多点式排水, 剖面见图 3。

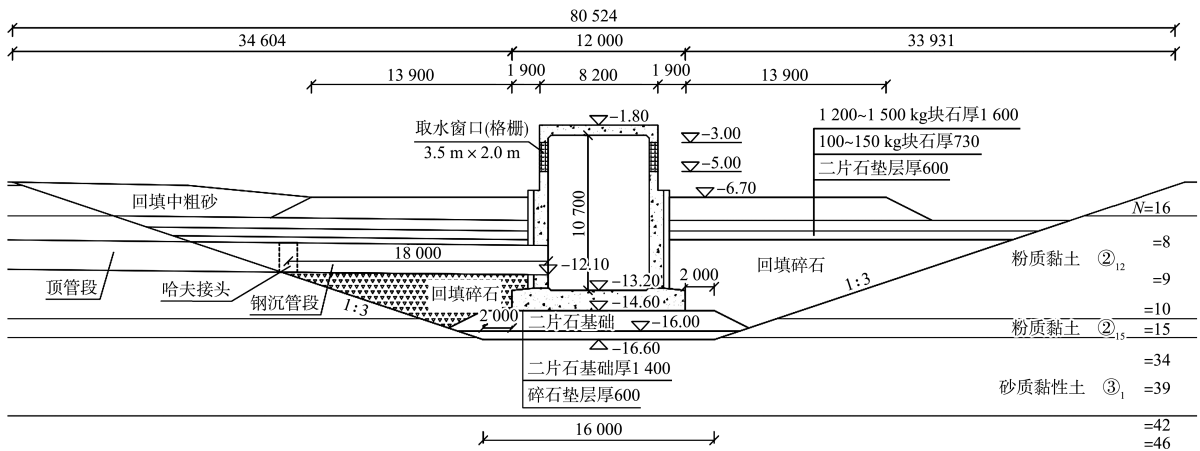


图 2 取水头部剖面 (尺寸: mm; 高程: m)

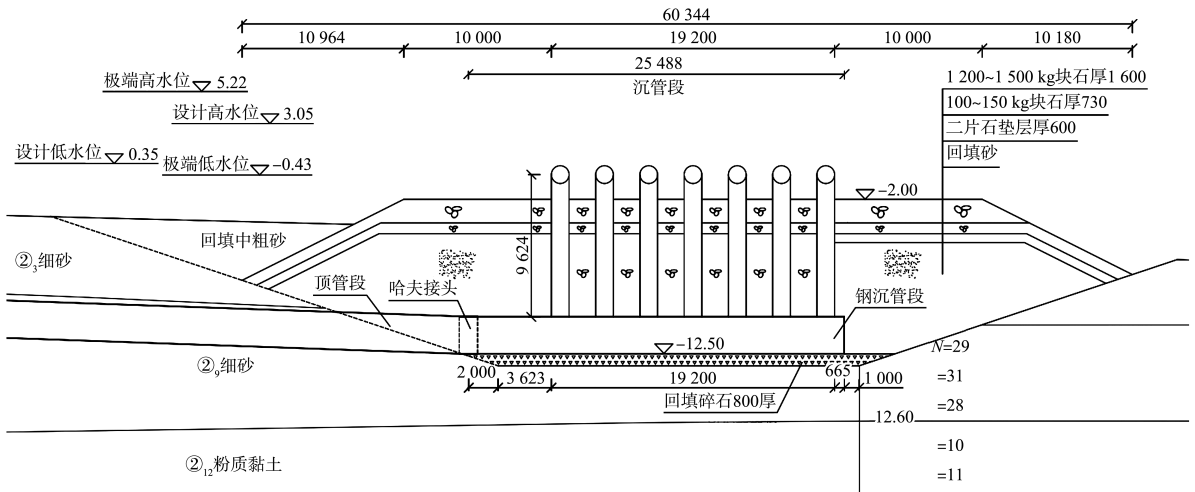


图 3 排水头部剖面 (尺寸: mm; 高程: m)

## 2 适用条件与方案

陆域取水泵房及排水集水井场地高程约为 8.80 m, 从上往下的地质情况主要表现为杂填土、细砂、砾砂、粉砂、粉质黏土、粗砂、砂质黏性土、全风化花岗岩。海域从上往下的地质情况主要表现为粉砂、粉质黏土、砂质黏性土、全风化花岗岩。在设计阶段, 工程周边较空旷, 无现状建构物及管线。

项目取排海水工程采用传统的大开挖+现浇的

干施工以及大开挖+沉管的水下施工方案(方案 1)与采用沉井+暗挖顶管方案(方案 2)进行分析。

地层情况及周边环境决定了项目陆域取水泵房及排水集水井均有条件采用方案 1 和方案 2。工程周边的海洋环境较简单, 输水管道亦可采用沉管方案(图 4)及顶管方案, 2 个方案的取排水头部均采用沉箱, 见图 2、3。其中方案 2 沉井尺寸为 38.673 m×25.2 m×20.4 m(长×宽×高), 属于大尺寸沉井(图 5), 370~585 m 顶管属于长距离顶管。

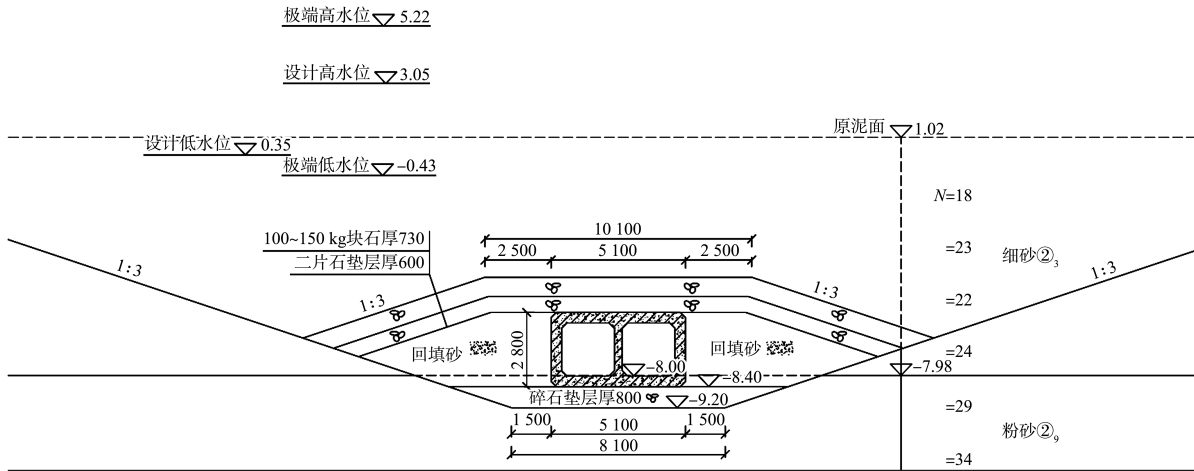


图4 输水管道沉管方案断面 (尺寸: mm; 高程: m)

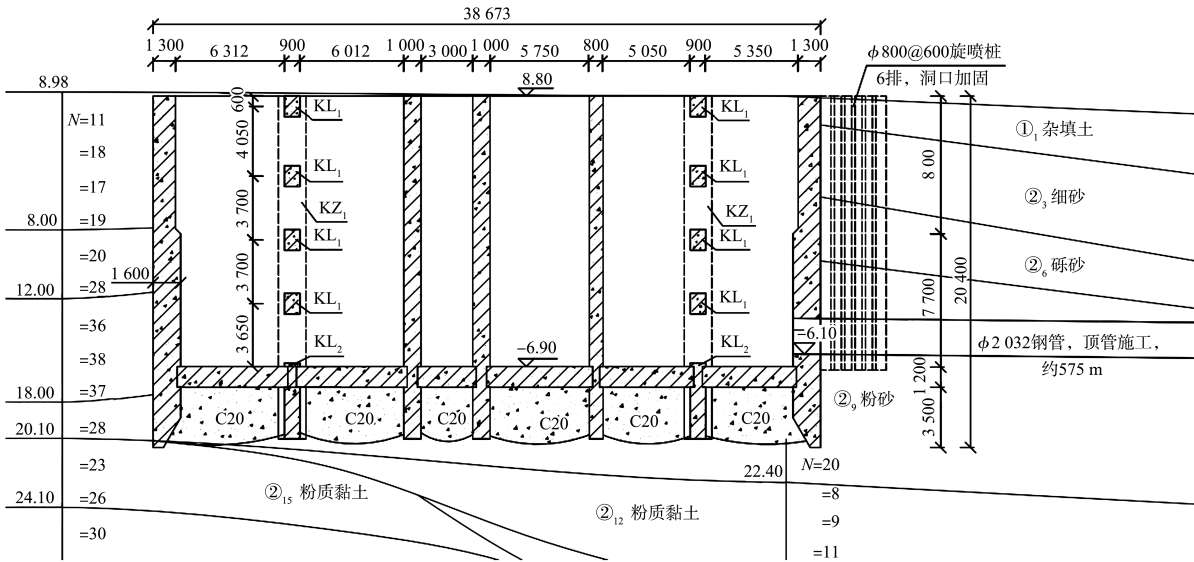


图5 取水泵房沉井断面 (尺寸: mm; 高程: m)

### 3 方案比较

#### 3.1 工序工期影响因素

2个方案的取排水工程均可平行作业,方案1中的取水泵房及排水集水井工序为止水帷幕—开挖—现浇主体结构—回填,输水管道工序为开挖及箱涵预制—垫层敷设—箱涵安装—头部安装—水下回填。由于输水管道均在海洋中操作,其工期主要受台班器械、天气情况及海洋环境影响。方案2的工序为取水泵房(排水集水井)分节浇筑—沉井下沉—水下封底—顶管顶进(利用沉井作为顶管工作井)—完成顶管—水下开挖顶管机头—头部沉箱及部分管道安装—顶管与头部管道通过哈夫接头连接—水下回填。由于顶管为地下

工程,其工期主要受沉井实施情况影响,天气及海域环境影响较小。总体上2个方案的总工期相差不大,均可在18个月内完成。

#### 3.2 质量验收要求

方案1工序较多且较为成熟,主要根据规范JTS 257—2008《水运工程质量检验标准》<sup>[8]</sup>中的各部件要求执行。在材料要求方面方案2与方案1一致,主要区别在于沉井及顶管在实施过程中的整体控制。沉井下沉阶段中心位移允许偏差不大于1.5%的下沉深度,且不大于300mm;沉井终沉后刃脚平均高程允许偏差±100mm,刃脚中心线位移需小于下沉总深度的1%<sup>[9]</sup>。顶管采用钢管,路径为斜直线,其验收标准为:当顶进长度



为300~1 000 m时,水平轴线允许偏差为200 mm,顶管内底高程要求为 $\pm 100$  mm<sup>[10]</sup>。

方案1工序成熟,工程质量相对容易控制;方案2虽然工序较少,但施工精度要求高,施工难度系数较大。

### 3.3 工程费用

方案1的工程费用为:取水口1.176 638亿元,排水口0.415 468亿元,合计1.592 105亿元;方案2的工程费用为:取水口1.057 058亿元,排水口0.394 275亿元,合计1.451 333亿元。方案2较方案1工程费用节省约1 400万元。

### 3.4 环境保护

水上挖泥作业中,机械的搅动使泥沙悬浮,造成水体混浊水质下降,导致附近区域底栖生物和浮游生物生存环境遭到破坏,且影响近岸养殖环境。运营期的箱涵接缝处存在裂缝漏水风险,特别是排水口工程,其排水温度较低也会影响海洋环境。相关污染防治措施包括:采用产生悬浮泥沙较少的挖泥船;加强施工现场管理;保持挖泥设备的良好状态和密封性;控制挖泥船、运泥船的溢流时间,或设防溢流控制装置,以减少悬浮泥沙进入海洋;在挖泥船外围采用防污帘,有效控制悬浮泥沙产生的污染。

相比之下,顶管作为暗挖工程运用于海洋环境,不但可以减少用海范围及其审批手续等,还可以减少施工作业对海洋环境的干扰。如存在管道穿越现状护岸的情况,其优势将更加突出。

### 3.5 施工安全

2个方案均包含危险性较大的工程,如深基坑工程、模板工程及支撑体系、起重吊装及起重机械安装工程、暗挖工程、水下作业工程等。方案1在施工器械种类、施工操作人员、起重及吊装程序上均要求更多,出现施工安全风险的概率相对较高。方案2主要工序为沉井和顶管,多为自动控制系统,地下作业人员较少,施工安全风险率较低,但由于其隐蔽性,如出现安全事故,紧急救援较困难。总体来说,2个方案各有特点,按照规范操作的情况下,均可有效控制施工安全。

## 4 结论

1) 在工序工期方面,方案1工序较多,但相互制约因素较小,受天气及海域环境影响较大;方案2工序较少,但顶管受上一道沉井工序的影响较大,天气的干扰因素小,在总工期上两方案相当。

2) 在质量验收方面,相较于传统方案,沉井及顶管施工难度系数较大,技术要求较高。

3) 在工程费用方面,与传统工艺相比,沉井与顶管方案可节省约10%造价。

4) 在环境保护方面,输水管道水下作业往往影响海洋岸滩环境,顶管作为地下穿越工艺,可极大程度地保护海洋,对周边岸滩环境十分友好。

5) 在施工安全方面,工艺各有特点,按照规范操作的情况下,均可有效控制施工安全。特别是沉井和顶管自动化控制率较高,可有效规避一些安全风险。

### 参考文献:

- [1] 周文雄. 广州珠江LNG燃气电厂循环水泵房基坑支护工程设计与施工[J]. 广东土木与建筑, 2006(7): 14-16.
- [2] 陈曝之, 严文康. 海水泵房土石方开挖及大围堰施工回顾[J]. 核科学与工程, 2003, 23(3): 211-213.
- [3] 张鸣洲, 唐文武. 预制取排水箱涵出运及水上安装施工技术[J]. 珠江水运, 2023(24): 107-110.
- [4] 詹志伟, 张倬博, 张贤. 沉井施工工艺在给排水工程中的应用[J]. 广东土木与建筑, 2023, 30(9): 94-96, 102.
- [5] 杨进. 大桥深水基础方案设计与施工及经济性研究[J]. 桥梁建设, 2011(2): 46-49.
- [6] 杨征. 市政给水管顶管施工技术研究[J]. 工程建设与设计, 2023(24): 163-165.
- [7] 电力规划设计总院. 核电厂水工设计规范: NB/T 25046—2015[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
- [8] 中交第一航务工程局有限公司, 福建省交通基本建设工程质量监督监测站. 水运工程质量检验标准: JTS 257—2008[S]. 北京: 人民交通出版社, 2008.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 沉井与气压沉箱施工规范: GB/T 51130—2016[S]. 北京: 中国计划出版社, 2016.
- [10] 上海市政工程设计研究总院. 给水排水工程顶管技术规范: CECS 246: 2008[S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.

(本文编辑 赵娟)