

# 不同材质吹填管线中粗砂输送摩阻特性

陶润礼<sup>1</sup>, 梅志能<sup>2</sup>, 袁超哲<sup>1</sup>, 赵天彪<sup>1</sup>

(1. 中交疏浚技术装备国家工程研究中心, 上海 201208; 2. 中交上海航道局有限公司, 上海 200002)

**摘要:** 以厦门新机场大小嶝造地工程作为典型工程, 开展不同材质吹填管线中粗砂输送摩阻特性的现场监测研究。在绞吸挖泥船吹填管线中串联钢基聚氨酯内衬管、Q235 钢制管和铠装管, 进行清水和中粗砂输送条件下的沿程压力监测。根据该测试结果, 对比分析输送清水和中粗砂介质条件下, 不同材质吹填管线的摩阻特性; 并根据不同材质吹填管线的水力坡度, 对比绞吸船给定排压条件下不同材质吹填管线中粗砂的排距。结果表明: 打清水和输送中粗砂时, 铠装管的水力坡度最大, Q235 钢制管次之, 钢基聚氨酯内衬管最小; 中粗砂输送条件下, 钢基聚氨酯内衬管的水力坡度比 Q235 钢制管降低约 10%。

**关键词:** 围海造地; 吹填管线; 中粗砂; 摩阻特性; 排距

中图分类号: U615.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-7874(2017)12-0011-04

doi: 10.7640/zggwjs201712003

## Characteristics of frictional resistance of different material dredge pipeline in medium-coarse sand transportation

TAO Run-li<sup>1</sup>, MEI Zhi-neng<sup>2</sup>, YUAN Chao-zhe<sup>1</sup>, ZHAO Tian-biao<sup>1</sup>

(1. CCCC National Engineering Research Center of Dredging Technology and Equipment Co., Ltd., Shanghai 201208, China;

2. CCCC Shanghai Dredge Co., Ltd., Shanghai 200002, China)

**Abstract:** We mainly researched the friction characteristics of different material dredge pipeline in medium-coarse sand transportation in Xiamen New Airport Dadeng and Xiaodeng land reclamation construction. We carried out the following pressure monitoring under the conditions of water and slurry transportation in the chosen cutter-suction dredger pipeline, among which the polyurethane pipeline, Q235 steal pipeline, and armored pipeline were in series connection. The results, compared with the frictional characteristics of different material dredge pipeline in water and medium-coarse sand transportation. According to the hydraulic gradient of different material pipelines, we compared the row distance of coarse sand in different material pipelines under the condition of the given pressure of suction dredger. The results show that when making water and transporting coarse sand, the hydraulic gradient of armored pipeline is the biggest, the Q235 steal pipeline is the second most, and the polyurethane pipeline is the smallest; the hydraulic gradient of the polyurethane pipeline is about 10% lower than the Q235 steal pipeline under the condition of medium-coarse sand transportation.

**Key words:** marine reclamation; dredge pipeline; medium-coarse sand; frictional characteristic; discharge distance

### 0 引言

在围海造地工程中, 管线吹填作为介质输送的重要方式, 管线摩阻特性直接关系到挖泥船的输送效率和能耗<sup>[1-3]</sup>。目前, 在施工现场应用较为广泛的为 12 m 长的 Q235 钢制管、2 m 长的橡胶

短管和 11.8 m 长的铠装管。传统的施工过程中, 主要采用以上 3 种管线串联, 进行泥浆的输送与吹填。常见的输送介质, 主要为淤泥、粉土、粉细砂等较易输送的介质, 其管线摩擦阻力较小, 排距均较为理想, 不会发生排距过小、无法满足施工要求的情况。

现阶段, 国内外较多的围海造地工程, 其输送介质以中粗砂为主, 相比于以往的淤泥、粉细

收稿日期: 2017-05-10 修回日期: 2017-11-28

作者简介: 陶润礼 (1970—), 男, 湖南绥宁人, 高级工程师, 港口、航道及近海工程专业。E-mail: taorunli@ccc-drc.com



稳定, 其均值为 5.45 m/s。图 2 为该清水流速条件下, 3 种材质吹填管线两端的压力实测值。由图 2 可知, 在打清水的过程中, 测量吹填管线的压力变化较为平稳。

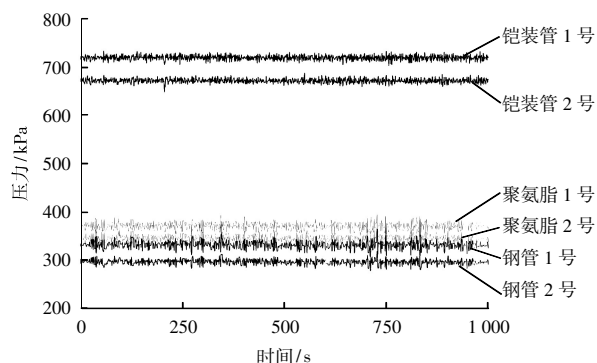


图 2 清水条件下 3 种材质吹填管线的压力实测值

Fig. 2 Measured pressure value of different material dredge pipeline in water transportation

根据管线水力坡度计算公式(1), 图 3 给出了 3 种材质吹填管段的水力坡度随时间的变化情况。结合图 2 和图 3 可知: 190.4 m 铠装管段平均压降为 48.19 kPa, 水力坡度为 0.025 8 mH<sub>2</sub>O/m; 192 m 聚氨酯管段平均压降为 34.93 kPa, 水力坡度为

0.018 7 mH<sub>2</sub>O/m; 178 m 钢管段平均压降为 40.91 kPa, 水力坡度为 0.021 9 mH<sub>2</sub>O/m。

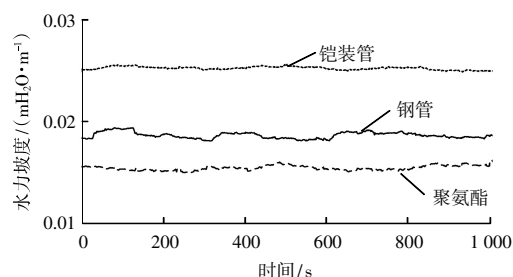


图 3 3 种材质吹填管段清水水力坡度变化情况

Fig. 3 Variation characteristics for the hydraulic gradient of different material dredge pipeline in water transportation

## 2.2 正常施工工况

正常施工条件下, 管线内浆体的平均流速为 5.39 m/s; 且管线内浆体的平均输送浓度为 21.4%。图 4 给出了管线输送流速为 5.39 m/s、浓度为 21.4%时, 3 种材质吹填管线两端的压力实测值。由于绞刀头的摆动和砂浆吸入浓度的波动, 压力实测值比清水工况条件下的波动大, 然而其压力实测值均在其均值附近波动。

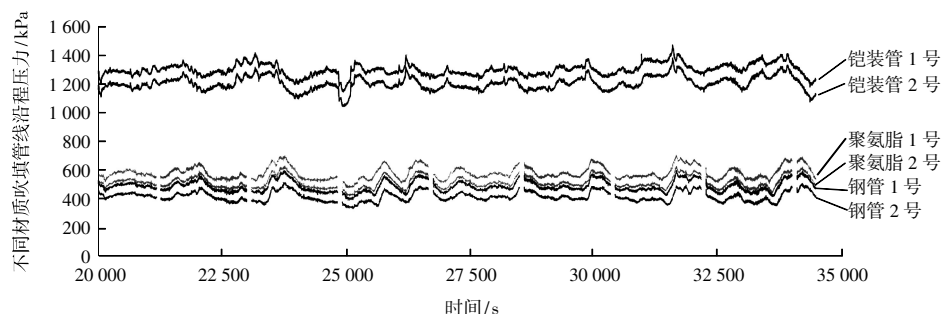


图 4 3 种材质吹填管线两端的压力实测值( $v=5.39$  m/s,  $C=21.4\%$ )

Fig. 4 Measured pressure value of the both sides of different material dredge pipeline( $v=5.39$  m/s,  $C=21.4\%$ )

根据管线水力坡度计算公式(1), 图 5 给出了 3 种材质吹填管线在正常施工条件下, 水力坡度随时间的变化情况。

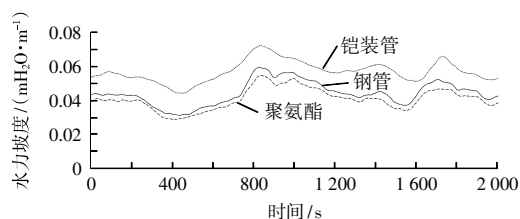


图 5 3 种材质吹填管段中粗砂输送水力坡度变化情况

Fig. 5 Variation characteristics for the hydraulic gradient of different material dredge pipeline in medium-coarse sand transportation

结合图 4 和图 5 可知, 190.4 m 铠装管段平均压降为 99.59 kPa, 水力坡度为 0.053 8 mH<sub>2</sub>O/m; 192 m 聚氨酯管段平均压降为 70.05 kPa, 水力坡度为 0.036 8 mH<sub>2</sub>O/m; 178 m 钢管段平均压降为 75.95 kPa, 水力坡度为 0.041 2 mH<sub>2</sub>O/m。

## 2.3 不同材质吹填管线摩阻特性对比分析

摩阻作为吹填管线的重要施工参数, 对于预估吹填排距, 管线布置及估算施工效率具有重要的意义。尤其是在中粗砂施工条件下, 吹填管线水力坡度相比于较为常见的淤泥、粉细砂和粉土等输送介质偏大, 对吹填排距、施工进度和效率影响较大。如图 6 可知, 在清水工况和正常施工

工况(输送浆体)条件下,聚氨酯管的水力坡度最小,钢管的水力坡度次之,铠装管的水力坡度最大。其中,清水工况下( $v = 5.45 \text{ m/s}$ )水力坡度约为正常施工条件下( $v = 5.39 \text{ m/s}$ ,  $C = 21.4\%$ )的一半。且在清水工况下,聚氨酯管相比于传统钢管减阻 14.6%;在正常施工条件下,聚氨酯管相比于传统钢管减阻 10.7%。聚氨酯清水工况的减阻效果要优于中粗砂输送工况。

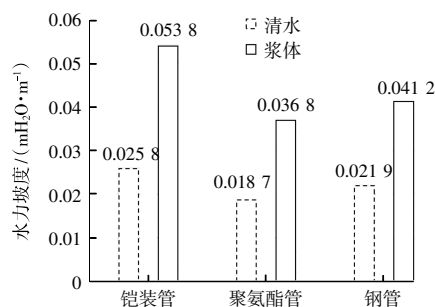


图6 3种材质吹填管线在清水和中粗砂条件下的水力坡度对比情况

Fig. 6 The comparison of the hydraulic gradient of different material dredge pipeline in water and medium-coarse sand transportation

## 2.4 不同材质吹填管线排距初步估算与对比

对于中粗砂吹填工程,排距较小始终制约着施工效率。本文中提出用钢基聚氨酯内衬管线替换传统的钢管进行中粗砂吹填施工。基于此,对给定绞吸船排压为 1 600 kPa,管线出口压力为 100 kPa,管线水平顺直排布,管线内浆体平均流速为 5.39 m/s,浓度为 21.4%时,传统吹填工程中常用的钢管和铠装管与钢基聚氨酯内衬管排距进行对比分析。根据公式(1)的变化,可得排距估算公式(2)。

$$L = \frac{\Delta P / (\rho_s g) - \Delta h}{I_m} \quad (2)$$

由于管线水平顺直排布( $\Delta h = 0 \text{ m}$ ),则根据排距估算公式(2),可知钢基聚氨酯内衬管排距最大,为 3 404 m;钢管排距次之,为 3 072 m;铠装管排距最小,为 2 332 m。对比钢基聚氨酯内衬管和传统钢管的排距可知,钢基聚氨酯内衬管相比于钢管,排距增加了约 10.7%。

## 3 结语

本文现场实测了 3 种材质吹填管线在清水和中粗砂输送条件下吹填管线沿程压力的变化情况,对中粗砂输送条件下的不同材质管线水力坡度进

行对比分析,并对不同材质吹填管线的排距进行了估算,得到了如下结论:

1) DN850 吹填排泥管,清水工况下( $v = 5.45 \text{ m/s}$ )水力坡度约为正常施工条件下( $v = 5.39 \text{ m/s}$ ,  $C = 21.4\%$ )的一半。

2) 钢基聚氨酯内衬管,在中粗砂输送的正常施工条件下,相比于传统钢制管减阻 10.7%;在清水工况下,相比于传统钢制管减阻 14.6%。

3) 根据理论估算,钢基聚氨酯内衬管排距相比于传统钢管的排距增加了 10.7%,为钢基聚氨酯内衬管在现场的应用提供了参考数值。

4) 钢基聚氨酯内衬管具有减阻和增加排距的特性,能够极好地适用于中粗砂的吹填,在疏浚领域具有极大的应用价值。

## 参考文献:

- [1] 李铭志,何炎平,诸葛玮,等. 挖泥船泥沙输送系统的参数匹配问题[J]. 中国港湾建设, 2014(11): 64-68.  
LI Ming-zhi, HE Yan-ping, ZHUGE Wei, et al. Parameter matching problems of slurry transportation system by dredger [J]. China Harbour Engineering, 2014(11): 64-68.
- [2] 何炎平,谭家华,顾明. 绞吸式挖泥船产量有关问题的探讨[J]. 中国港湾建设, 2010(2): 5-7.  
HE Yan-ping, TAN Jia-hua, GU Ming. Discussion on concerned questions about the output of CSD[J]. China Harbour Engineering, 2010(2): 5-7.
- [3] 秦亮,肖云丰,杨正军,等. 成球黏性土长距离输送施工工艺[J]. 中国港湾建设, 2014(8): 64-67.  
QIN Liang, XIAO Yun-feng, YANG Zheng-jun, et al. Construction technology for long distance transport of formed ball clay[J]. China Harbour Engineering, 2014(8): 64-67.
- [4] 孙东坡,王二平,严军,等. 高浓度泥浆输送管线阻力及输送能力研究[J]. 水利学报, 2004(9): 93-99.  
SUN Dong-po, WANG Er-ping, YAN Jun, et al. Resistance and carrying capacity of hyper concentration sediment pipe flow[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2004(9): 93-99.
- [5] 李铭志,何炎平,黄超. 超大型绞吸挖泥船泥沙输送系统优化设计[J]. 水运工程, 2017(2): 166-172.  
LI Ming-zhi, HE Yan-ping, HUANG Chao. Optimal design of slurry transportation system on very large cutter suction dredger[J]. Port & Waterway Engineering, 2017(2): 166-172.
- [6] 邓祥吉. 管线输沙阻力特性研究[D]. 南京: 河海大学, 2005.  
DENG Xiang-ji. Flow resistance of sand transport in pipeline[D]. Nanjing: Hohai University, 2005.
- [7] 赵利安. 大颗粒浆体内流动规律研究[D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2011.  
ZHAO Li-an. Sand on flow law of large particle slurry in pipeline [D]. Fuxin: Liaoning Technical University, 2011.