



# 跨水道海底管道隐患整治工程 沉管施工风险分析

王建军，宋 强

(天津俊昊海洋工程有限公司，天津 300459)

**摘要：**阐述跨水道海底管道隐患整治工程后挖沟、悬空位置连锁排及砂袋清除施工技术，对跨水道施工进行安全风险  
分析，探讨作业锚位对水道的影响，并采取有针对性的防控和应急措施。

**关键词：**水道；海底管道；隐患整治；沉管；后挖沟；风险分析

**中图分类号：**U 615                      **文献标志码：**A                      **文章编号：**1002-4972(2015)12-0170-04

**Risk analysis of pipe sinking across waterway  
for subsea pipeline hazard remediation engineering**  
WANG Jian-jun, SONG Qiang  
(Tianjin Junhao Offshore Engineering Co., Ltd., Tianjin 300459, China)

**Abstract:** This paper expounds the construction technique of post trenching, interlocking mattress at the  
suspended area, and clearing of sand bags concrete chain row and sandbags removal for the pipe sinking across waterway  
for subsea pipeline hazard remediation engineering, analyzes the safety risks of waterway-crossing contruction, and  
discusses the influence of the anchor position on the waterway, so as to take targeted prevention and emergency measures.

**Keywords:** waterway; subsea pipeline; hazard remediation; sinking; post trenching; risk analysis

册子岛—镇海海底管道（简称“册镇海底管道”）自舟山册子岛西岙，经大菜花北侧至镇海岚山中转油库，总长约 36.2 km。管道沿线理论水深 0~22 m，水深分布不均，潮差变化较大，潮流流速快，地质地貌复杂。管道铺设运行后，受自然条件和人类活动等因素综合影响，管道所处海域水动力条件发生了变化，部分区域海床发生了不同程度的冲刷，导致管线 2008 年出现裸露，2010 年发现悬空段。2012 年对部分超 30 m 长悬空段进行了治理。近 2 年检测发现册镇海底管道裸露、悬空段仍有增多趋势，这与海床年内、年际的冲淤变化有关，也与人类活动增强对该海域近年冲刷演变趋势的影响有关<sup>[1]</sup>。

为确保管道的安全运行、消除隐患，对管道进行隐患治理，采取后挖沟方式将管道进行沉管，

管道后挖沟沉管后管底距自然海床面 3.5 m。

- 1 水道分布概况
- 作业区域内有 2 条水道穿越册镇海底管道，分别是西堠门水道和金塘水道。西堠门水道及两侧坡面至水道过渡区段水深 10.5~22 m，其他区段基本在 12 m 以下。水道穿越管道的中心概略位置为：西堠门水道中心为 KP25+000，宽度约 2 km；金塘水道中心为 KP20+000，宽度约 2 km(图 1)。
- 2 施工对水道的影响
- 2.1 锚位形式
- 采用八字锚位抛锚法，根据实际需要抛设 8 口工作锚，施工作业锚泊布设范围沿管线约 1.4 km，管线左右各约 450 m。

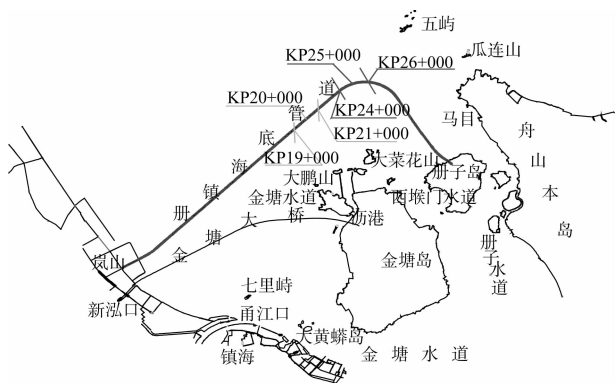


图 1 册镇海底管道路由及水道区域分布

2.2 占用水道的时间

海管挖沟作业横穿水道，对水道影响时间长。  
初步预计：两水道处后挖沟作业累计影响时限约 12 d；西垭门水道连锁排、砂袋清除作业累计影响时限约 15 d。

2.3 船舶布锚占用水道

后挖沟作业期间临时局部占用水道，2 条水道长度均约为 2 km，每个锚位占用水道的宽度不同，影响也不同。具体为：金塘水道布锚后占用水道宽度 800 ~ 1 750 m，可通航水道宽度 250 ~ 1 200 m；西垭门水道布锚后占用水道宽度 300 ~ 1 300 m，可通航水道宽度 700 ~ 1 700 m。

砂袋清除处理位于 KP24、KP26（KP26 另有连锁排拆除处理），处西垭门水道两端，船舶布锚后，对水道有略微影响。占用水道两侧宽度 600 m，剩余可通航水道宽度 1 400 m。

3 重点施工及风险分析

3.1 管线后挖沟

3.1.1 后挖沟基本工艺

- 1) 主作业船就位：通过 DGPS 定位系统指引主作业船在挖沟起始点抛工作锚，再调整船位。考虑到该水域水流速度很大，根据潮流方向采用横向行船可抵减阻力，预防走锚风险。
- 2) 挖沟机就位：下放挖沟机至距海床面约 1.5 m 处停止，通过挖沟机携带声纳，扫描管线引导挖沟机导向腿骑跨在管线上。应避免导向腿戳到管线上，造成管线外层受损。
- 3) 挖沟作业：启动挖沟机，通过声纳及定位系统进行监控，主作业船通过收绞工作锚缆使挖

沟机移动，以完成挖沟作业。挖沟机导向腿内侧自带滚轮以减少管线摩擦，保护管线。

3.1.2 过渡段挖沟处理

每移动一个锚位，管线就会存在已处理和未处理的交界处，即有埋深差。为确保管线安全稳定的平稳过渡，需在交界处进行造坡作业，即过渡段挖沟处理。

挖沟作业临近端点或起始点时，挖沟机缓慢提升或缓慢下放，同时根据声纳监控沟深随时调整挖沟速度，在一定距离内使管线平滑过渡到原始状态（图 2）。

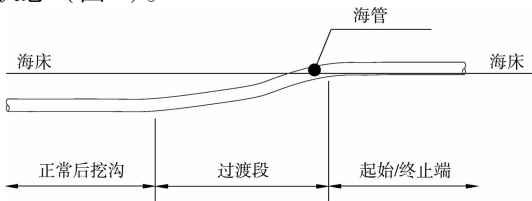


图 2 挖沟起始/终止端过渡处理

3.1.3 后挖沟阶段主要风险点

- 1) 起抛锚。  
主要风险：锚头刮碰海底管线、电缆，造成溢油、断电；抛锚时受渔网或渔船干扰，破坏锚缆。  
控制措施：①施工前海底管线完成注水置换；抛锚时提前检查，严格按管线路由设计的锚位图抛锚；定位准确，距离管线必须在 150 m 以上；锚头绑扎浮漂（带夜间自亮浮灯）。②提前联系渔政部门清除渔网；雇佣当地有经验的船舶进行引航。
- 2) 绞锚走船。  
溜锚或走锚，刮碰管线、电缆。控制措施：①因该水域水流较大，宜选择 12 ~ 15 t 大抓力锚及锚缆抗流；②水手实时观测锚缆松紧变化，操船手观察锚缆张力；③绞锚中发生走锚时，立即停止绞锚，采取应急措施。
- 3) 挖沟机及配套设备。  
挖沟机出水放置甲板时，携带的泥石块掉落，砸伤人员。为此，吊物下禁止有人，辅助作业时注意躲避胶管。  
正常挖沟时，甲板液压胶管爆裂，溢油污染。控制措施：①设备启动前检查胶管有无缺陷，作业时注意观察，发现异常立即停止；②作业人员注意预防滑倒、绊倒。

#### 4) 跨水道海底管线保护。

水道通航对管线的破坏影响主要有：船只沉没、搁浅、落锚锚击、拖锚、拖网破坏<sup>[2]</sup>，此外伴有常年水流冲刷。因此，挖沟埋深要深一些，即管顶距自然海床面 3 m，以减轻上述对管道的冲击，起到一定保护作用。

### 3.2 连锁排、砂袋处理

#### 3.2.1 连锁排拆除基本工艺

1) 连锁排整体结构为 25 m×50 m，施工难度和吊装风险都很大。利用主作业船主吊、舷吊，结合吊梁等辅助设备将连锁排整体平移至管线一侧，距管线 300 m 处。平移完成后，采用机械切割方式进行水下分解，而非人工潜水切割，降低了安全风险，由主船吊起至运输驳船后运走（图 3）。

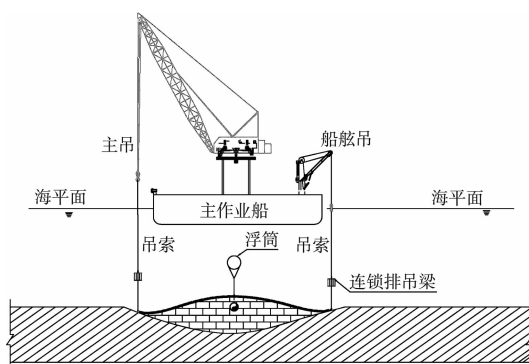


图3 连锁排起吊作业

连锁排平移难点是吊梁下通过索具与连锁排上的吊点连接，索具与连锁排的连接均由潜水员水下完成。为确保安全，在连锁排上挂接浮筒（浮袋）以减小连锁排重力。

#### 2) 连锁排平移吊重计算。

水泥压块浮重为 1 900 kN，浮筒提供的浮力为 800 kN，吊梁水下重 160 kN，每根吊梁需提供起重为 630 kN；则主吊需提供 630 kN 起重为；2 个舷吊需提供 630 kN 起重为，单个舷吊需提供约 320 kN 起重为，船上 4 000 kN 主吊及舷吊完全满足要求。

吊梁上吊点平均受力为 13.8 kN，连锁排上绳缆强度满足安全要求。

#### 3) 连锁排分割后吊重计算。

连锁排移至一侧，清除连锁排上的浮筒后，将连锁排等宽分割为 3 份，通过单梁分别吊起。

分割后连锁排单块空气重约 1 000 kN。吊梁空气重约 230 kN，总计主吊需提供 1 230 kN 起重为，船主吊满足作业要求。空气中吊梁吊点平均受力为 25 kN，连锁排上绳缆强度满足安全要求。

#### 3.2.2 砂袋清除基本工艺

砂袋清除过程类似后挖沟，通过多遍挖沟方式清除砂袋。不同之处是利用挖沟机前面加装的斜导向腿上的锯齿和高压射流（15 MPa），对管线外砂袋进行切割破碎，在主泵（15 000 m<sup>3</sup>/h）喷射作用下，砂袋被吹离管线，从而达到清除目的（图 4）。在提起挖沟机时发现前臂高压腿上悬挂大量破碎的砂袋，证实取得成效。

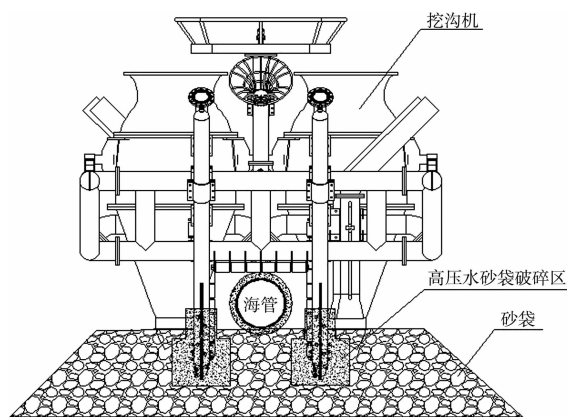


图4 挖沟机砂袋清除

#### 3.2.3 连锁排/砂袋处理阶段主要风险

##### 1) 潜水作业。

潜水是该阶段工作的重点，也是风险最大的。供气设备故障、水下作业人员配备不齐、周边有作业/行驶船舶、遭遇恶劣海况等，均对潜水员生命安全构成威胁。

控制措施：①潜水作业前进行风险识别和交底，有应急预案；检查所有设备处于正常状态；严格执行潜水作业规程。②按照《中华人民共和国潜水条例》进行潜水分组，不得少于法定人数，潜水队长、安全监督、潜水员、生命支持、医生、机工等应齐全；潜水作业区 200 m 半径内无船只移动或起抛锚作业；风力超过 5 级、涌浪超过 1.5 m、水流速度超过每秒 0.6 m，禁止潜水作业。

##### 2) 连锁排拆除。

多台吊机联合起吊作业，易引发船舶碰撞、吊机受损、人员伤害。控制措施：作业前组织吊

车司机召开安全分析会;工作时专人指挥,配备对讲机;随时观察船舶平衡状态,检查压载、稳定性等,发现异常立刻停止作业;有吊装方案并经计算载荷,满足要求;对吊装设备安全附件、吊索具等进行检查,确保完好,并在有效检验期内。

### 3) 砂袋清除。

主要风险:牵引缆绳张力过大;高压水管、气管爆裂。造成人员伤亡及财产损失。

控制措施:①密切监视张力变化,控制走船速度;风力大于 6 级,浪高大于 1.5 m,流速大于 3 kn,禁止作业;拖拉负载大于 80 kN 时,应停船检查挖沟机。②甲班设置警示隔离区域;设置专人监护,防止无关人员靠近、进入高压区。

## 4 水道附近施工安全措施

### 4.1 主要风险。

1) 水道的过往船舶流量大,主要由货船、集装箱船和危险品船组成,在此区域施工占用一定水域,对过往船舶的习惯航线及通航安全产生临时性影响<sup>[3]</sup>,易引发与主作业船锚缆刮碰、船舶碰撞或锚缆断裂事故。

2) 水道内抛锚发生走锚,刮碰海底管线、电缆或造成船舶失控。由于距离金塘大桥较近,一旦船舶失控后果不堪设想。

### 4.2 预防和应急措施

1) 施工船队进入水道附近前,向舟山海事部门报告,通过舟山 VTS 发布航行通告,告知过往船只注意避让主作业船及锚缆。

2) 设海上警戒船舶,与海监海事部门协商派驻海监船、渔政船进入水道区域进行监护。

3) 进入水道时,通知海事管理部门及附近船舶,报告施工作业时间、船舶名称、船舶坐标、影响范围、警戒船就位情况。

4) 警戒船在警戒区域(抛锚位置附近)24 h 守护,用高频 11 频道向舟山 VTS 报告警戒船位置,所有船舶收听该频道,如有其它船进入施工区域可随时呼叫 VTS。向进入警戒区域的船舶发出警告,告知其前方正在施工及通航范围,要减速慢行。

5) 当海况较为恶劣(风速  $15\text{ m/s} < v \leq 17\text{ m/s}$ ,

浪高  $1.5\text{ m} < H \leq 2.0\text{ m}$ )时,警戒船舶应适当扩大警戒区域并加强瞭望,及时提醒过往船舶远离施工水域航行,避免大风浪下因船舶操纵困难而发生事故。恶劣天气,如重度雾霾应停止作业撤离航道;遇台风提前 24 h 撤离,由拖轮吊拖<sup>[4]</sup>主作业船前往东霍山锚地避风,挂拖时避免发生带缆伤害及船舶碰撞事故,拖航速度不大于 5 kn。

6) 主作业船移船过程中发生走锚时,立即停止行船放松缆绳,抛主航行锚;船舶即将失控时,拖轮或锚艇顶住主船,防止发生其它溜锚;船舶失控有威胁水道安全和附近海管时,船长务必当机立断,下令弃锚。

## 5 结语

1) 跨水道挖沟沉管施工是一个复杂而风险较大的项目,占用水道对过往船只产生影响,需拟定详细的抛锚方案,留出通航空间。

2) 后挖沟、悬空位置连锁排及砂袋清除各阶段,起抛锚作业贯穿于施工全过程,重点防范溜锚,刮碰海底管线;挖沟沉管过程注意避免产生较大悬空或悬跨,做好管线过渡造坡处理;连锁排联合吊装风险较大,起重与潜水作业并存,必须严格遵守作业规程,硬件符合要求;施工各阶段设施设备定期巡查、保养,避免发生溢油、火灾、物体打击、机械伤害等事故。

3) 在水道附近施工期间,与当地海监海事部门密切配合,加强船舶警戒,避免发生船舶碰撞、刮断锚缆等各种事件,同时保持岸基与海上船队及作业船队之间的通讯畅通。

## 参考文献:

- [1] 天津港湾水运工程有限公司.册镇海底管道调查中间技术报告[R].天津:天津港湾水运工程有限公司,2015.
- [2] 李学楠,雷震名,马坤明,等.跨航道海底管线的保护[J].中国石油和化工标准与质量,2012,32(7):263.
- [3] 张国勇,肖英杰.浙江舟山金塘大桥施工期间通航问题初探[J].中国水运,2006,6(4):31-33.
- [4] 孔宪卫,张帅,王贯明,等.施工船舶作业对通航安全影响浅析[J].天津航海,2013(1):12-14.

(本文编辑 郭雪珍)