

# Study on the Bottom-Drag Method Laying of Offshore Pipeline Nearshore Section

Yuan Gao

China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd. International, Langfang Hebei  
Email: [cppgaoyuan@cnpc.com.cn](mailto:cppgaoyuan@cnpc.com.cn)

Received: Jul. 30<sup>th</sup>, 2020; accepted: Aug. 28<sup>th</sup>, 2020; published: Sep. 15<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

With sustainable development and utilization of marine oil and gas resources at home and abroad, more and more offshore pipeline projects have been planning and building. The technical requirements of offshore pipeline laying in shallow sea area are becoming higher and higher. It is essential to comprehensively consider a series of influencing factors, such as: site conditions, geological and geomorphic conditions, environmental and hydrologic conditions, humanities and local regulations, economic feasibility, etc. Due to weak force of the wave flow, it is easy to control the track of the pipe in the water. Therefore, bottom-drag method is a common method of offshore pipeline landfall. However, due to the large traction force, it is necessary to consider appropriate winch, wire rope, dragging head, buoy, etc. This paper introduces in detail the offshore pipeline bottom-drag method selection, drag system design, pipeline system design, the connection and layout of the drag rigging, the dragging and laying of pipeline, and specifies design parameters of the pipeline so that it is convenient for the practical application of offshore pipeline laying in future.

## Keywords

Bottom-Drag Method, Laying, Nearshore Section, Offshore Pipeline, Landfall, Study

---

# 近岸段海底管道底拖法铺设研究

高媛

中国石油管道局工程有限公司国际事业部, 河北 廊坊  
Email: cppgao Yuan@cnpc.com.cn

收稿日期: 2020年7月30日; 录用日期: 2020年8月28日; 发布日期: 2020年9月15日

## 摘要

随着国内外海洋油气资源的不断开发和利用, 正在规划与建设的海底管道工程越来越多, 浅海区海底管道铺设的技术要求也越来越高, 需要综合考虑场地条件、地质和地貌条件、环境和水文条件、人文和当地法规、经济可行性等一系列影响因素。由于受到波浪流的作用力小, 管道在水中的轨迹容易控制, 所以底托法是一种普遍采用的海底管道登陆方法, 但是由于牵引力较大, 需要考虑合适规格的绞车、钢丝绳、拖拉封头、浮筒等。本文详细介绍了海底管道底托登陆方法的选择、托管力计算、拖拉系统设计、管道系统设计、拖拉索具的连接及布设方法、管道拖拉铺设作业, 并对其中的设计参数进行明确, 便于今后近岸海底管道铺设的实际应用。

## 关键词

底托法, 铺设, 近岸段, 海底管道, 登陆, 研究

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近三十年来, 近岸底托法施工在国外已是比较成熟的施工方法, 北海、墨西哥湾应用较多, 而国内近岸底托施工法经验较少, 发展比较缓慢, 因此研究近岸段海底管道底拖法铺设研究非常有意义。

近岸段登陆海底管道的铺设大都采用预挖管沟、拖拉铺管的方法进行。拖拉铺管分为陆上拖管和海上拖管两种类型[1]。目前使用的拖拉设备有许多种, 不同的拖拉设备又有与之相配套的拖拉系统。作业中采用哪种方法铺设登陆管道, 选用何种类型的拖拉设备, 要根据工程的具体情况及登陆点的环境条件而定[2]。

## 2. 管道登陆方法的选择

海底管道在近岸段登陆的拖拉铺设方法可分为两种: 陆上拖管法和海上拖管法。

陆上拖管法最普遍使用的一种方法是接管拖管法, 即铺管船在满足吃水的设计管轴线上就位, 将陆地绞车把索具的一端送上铺管船与管道拖头相接, 利用铺管船上的作业线接管, 陆地用绞车拖管, 接一节拖一节, 将管道逐渐拖向登陆点, 如图 1 所示。正常情况下, 陆上拖管法使用大型绞车直接拖拉, 但没有大型绞车时, 也可用较小的绞车穿接滑轮组拖管。例如, 美国一家公司生产了一种叫做 GRIPER 的

液压拖拉专用设备，它有两部或四部液压缸，缸的端部带有钢丝绳夹具，可连续拖拉，安全可靠，但是设备价格昂贵[3]。

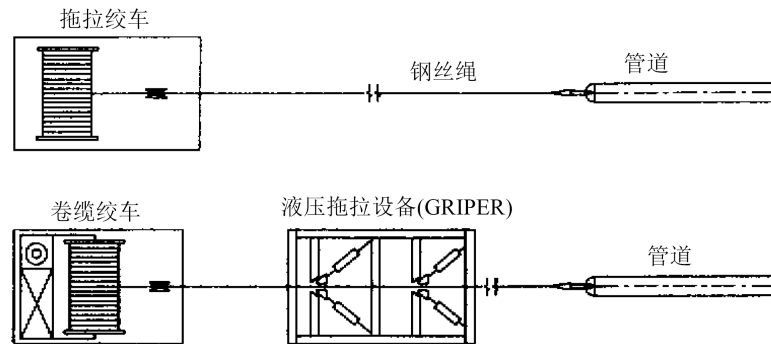


Figure 1. Land Tubing  
图 1. 陆上拖管法

海上拖管法是铺管船就位后先做一段正常铺管，达到设计管段长度后弃管，陆地绞车往岸边拖管，铺管船弃/拾绞车随即放缆，当管段末端即将到达原铺管船初始位置时(一般预留一定长度以便收管)停止拖拉，铺管船向回移船，并收起管末端继续接管，再弃管，再拖管，用此法完成管道的登陆铺设，如图 2 所示。海上拖管法有两种。一种是陆地接管，海上铺管船直接铺管。这种方法须在陆上修建一套接管作业线。由于设备价格昂贵，一般非专业公司不采用此方法；另一种是海上铺管船自行接管和铺管，利用陆地倒向滑轮将管道拖向陆地，如果采用此方法，铺管船需要配备足够拖管能力的绞车[4]。

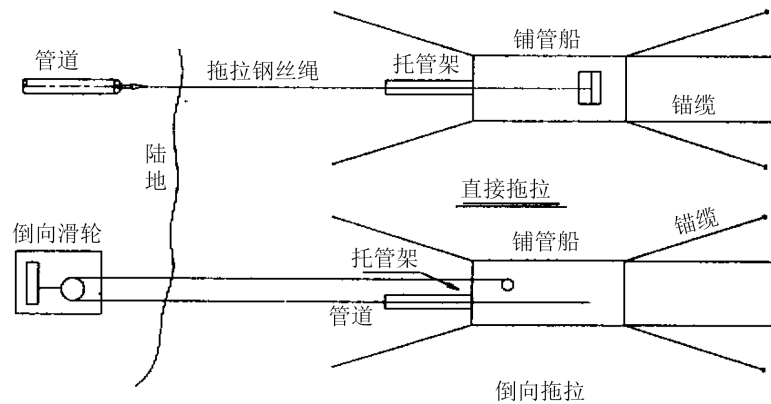


Figure 2. Maritime Tubing  
图 2. 海上拖管法

如果海底管道在特殊的海岸登陆，则需要采用特殊的方法。例如管道要在山边或悬崖处登陆，则需要安装立管来完成。一般在登岸立管处打一保护桩，登岸立管就固定在此桩上，保护桩附近应有牢固的护坡，以防因海浪冲刷使立管失稳。海底管道与登岸立管的连接要比海底管道与平台立管的连接容易，因为可以利用陆上起重设备，但海底管道与登岸立管的连接仍需在工程船上进行，其程序与海底管道和平台立管的连接相同[5] [6]。

### 3. 拖管力计算

拖管力的计算与一系列的设计参数有关，至少应考虑如下因素：管道在空气和水中的单位重量，管

道上所加深筒的浮力，管道与预挖沟底土壤的摩擦系数，最终拖拉总长度，拖拉索具与泥面的摩擦力、管道拖头形式，拖管时可能出现的不可预见性因素及潮位等[7]。

拖管力由下述公式确定：

$$F = \sum_{i=1}^n N_i \mu k + F_Z \quad (1)$$

式中：F—拖管力，N；

$F_Z$ —海上一陆上铺管船的张力，N；

$N_i$ —每段管拖拉时对海底面的正压力，N；

$\mu$ —管道于泥面的摩擦系数，取 1.6~1.0；

$k$ —不可预见性载荷因子，取 1.25。

#### 4. 拖拉系统设计

管道拖拉系统是完成管道登陆的系统设施。主要包括三部分，即拖拉设备、拖拉锁具和系统布置，如图 3 所示。

##### 1) 拖拉设备

拖拉设备具有非常重要的选择性，它不仅关系到拖拉技术的实施、作业的安全，而且关系到施工周期及整个工程的经济性[8]。例如，根据以往的工程经验，某海底管道登陆敷设时设计了穿接滑轮组式拖管的总体方案，所用主要设备如下：1 台最大拖拉力为 980 kN 的主拖拉绞车，分高低位两个滚筒，满载卷绳速度为 2~2.9 m/min；2 台 78 kN 辅助绞车；1 台 49 kN 回拉绞车；动、定滑轮组，安全负荷 1300 kN；1 台 8 胶轮动滑轮小车。

##### 2) 拖拉索具设计

拖拉索具是拖管的传力绳索，在用大型绞车直接拖管时，该索具就是一根直接卷上绞车滚筒的钢丝绳。若采用穿接滑轮组拖管，则拖拉索具分成若干段，由多节钢丝绳和连接卡环组成索具串，这种索具主要根据拖管各阶段(或工况)的拖拉力来设计[9]。

##### 3) 拖拉系统布置

拖拉系统的布置由拖管方法所决定，直接拖拉法的系统布置比较简单，而使用滑轮组拖管时，拖拉系统就复杂得多，如图 3 所示。在拖管开始时，动滑轮处于远端位置，随着管道的拖拉，动滑轮越来越接近定滑轮。当动滑轮到达拖拉终点时，将主绞车的拖管力转移到辅助绞车上去，解掉一节钢丝绳，再用回接绞车将动滑轮拉回原位，挂上主拖拉索具继续拖管[10]。

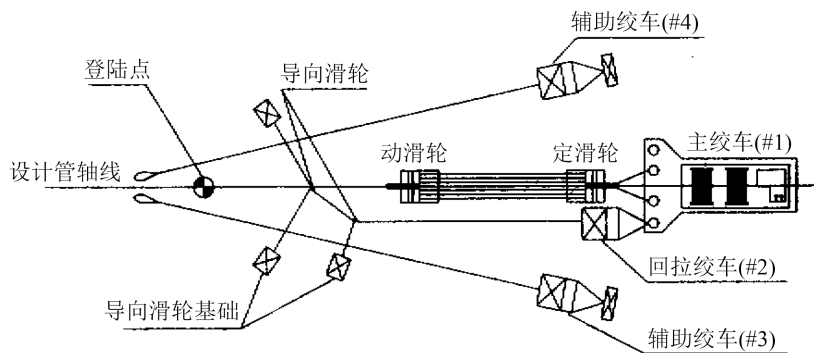


Figure 3. Towing system and pulley block layout  
图 3. 拖拉系统及滑轮组布置

## 5. 管道系统设计

管道系统的设计主要包括登陆管道拖头、管道上浮筒的布置、浮筒的绑扎及解脱等内容。

管道拖头的设计形式根据拖管的方法(浮拖法、水中拖法、底拖法)而确定[11]。由于登陆管道受岸边波浪力及潮流力的影响较大,一般都是采用底拖法,即管道一直沿预挖沟的沟底行走。在管道铺设中,由于挖掘的内底不可能是光滑平整的,拖管可能会出现管道弯曲、别劲或拖头带泥的现象。为防止此类问题出现,可将拖头的下部做成雪橇形滑靴,此外还可以在拖头上增设浮筒,以减少拖管阻力。

海底管道一般都设有钢筋混凝土防腐蚀配重层,尽管在铺设过程中已在管子上加了轴向张力,但管道从铺管船上下水时往往保证不了设计曲率半径和应力要求;另外管道重量大,与海底泥面的摩擦力就大。为解决这些问题,需在管道上布设张力浮筒。布设浮筒的原则是:均匀布置,控制管道下水曲率和应力,使管拖头离开泥面,防止拖头啃泥、造成附加拖管阻力。所需浮筒的数量由下式计算:

$$n = \lceil (FL - P) / F_1 \rceil \quad (2)$$

式中:  $n$ —拖运管段所需绑扎的浮筒数量;

$F$ —每米拖运管段在海水中的负浮力, kN/m;

$L$ —拖运管段的长度, m;

$P$ —拖运管段在海中所需的浮力, kN;

$F_1$ —单个浮筒的有效浮力, kN;

采用底拖法,浮筒的布置要做如下考虑:为防止拖运管段首端扎地,在离首端 30~40 m 的范围内适当增加浮筒数量,控制首端的负浮力为 100~200 N/m;为防止拖运管段摆尾,在离尾端 60 m 左右的范围内少设置浮筒,控制尾端的负浮力为中部的 5~6 倍;中部浮筒均匀布置。

浮筒的绑扎设计根据绑扎方便、使用可靠、解脱容易的原则进行确定。用于系管的浮筒一般有两种,即专用浮筒和普通加厚汽油桶。专用浮筒带有法兰卡子,可在管道下水之前用吊车吊起直接卡在管道上,铺管作业完成后由潜水员在水下卸开卡子,浮筒自行浮起,由作业船回收。普通厚壁汽油筒的筒体无任何连接物,在绑扎时要做特殊处理。绑扎方法如下:先将两块木板条分上下各一块用钢片打包带绑扎在浮筒上;再按设计位置将绑有木条的浮筒绑扎在管道上;最后,绑扎时让其中一根木条与管道接触,利用木条的弹性增大管道与浮筒的摩擦力,减小其旋转或脱落的可能性[12]。

在绑扎浮筒的同时,应该用一根绳子把本节管道上的浮筒串在一起,并在绑扎浮筒与管道的打包带下设一根浮筒解脱钢丝。回收时,用工作艇拖拉解脱钢丝,将绑扎钢带逐个切断,浮筒即成串浮出海面,以便及时回收,潮差段的浮筒可利用低潮位由人工解脱回收[13]。

## 6. 拖拉索具的连接及布设方法

铺管船在满足吃水的设计管道轴线上就位(离岸 800 m),将陆地绞车拖拉锁具的一端送上铺管船与管道拖拉头相接。拖拉索具是由多段钢丝绳用卡环连接而成的,为了减小索具与地面的拖拉摩擦力,可在卡环及钢丝绳段的适当位置上加水下张力浮筒,以减小索具的水中重量,但是索具应始终保持足够的负浮力,不至因海流力和波浪力作用而偏离管轴线,如图 4 所示。

当铺管船在近岸段预挖内设计管轴上就位后,就开始做索具的布设工作。索具布设可采用浮拖法和底拖法两种。浮拖法将索具浮在水面用拖船拖送,这种方法受自然环境影响较大。底拖法将索具沿预挖沟底拖拉布设,这样土壤的束缚作用可减小索具铺偏的可能性[14]。在布设时采取如下步骤:用拖船将一根细钢丝引绳送至海上铺管船,固定预拉,防止引绳弯曲或偏离轴线;潜水员对引绳入管沟情况进行检查;将引绳与铺管船的绞车钢缆连接,并牵引到陆地端,为防止预挖沟不平,可将引绳和绞车钢缆间串

接一个通沟机，来回拖拉通沟；将拖拉索具在陆地端摆开，将铺管船上的绞车钢缆与首节索具相接并拖拉，直至索具首端绞上铺管船；将索具与作业线上的管道拖头连接，刹死张紧器，对拖拉索具进行预拉，准备铺管作业。

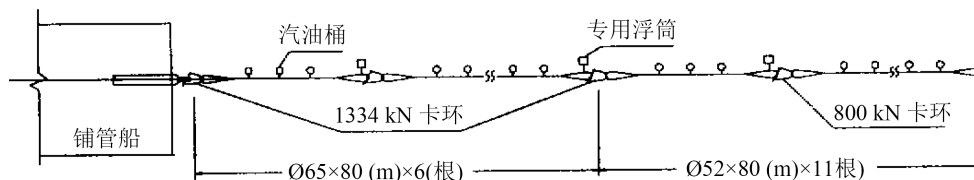


Figure 4. Land tubing

图 4. 陆上拖管法

## 7. 管道拖拉铺设作业

管道拖拉铺设作业是近岸段管道施工的中心工作，也是最关键的一步，拖管时必须要有海陆统一的指挥系统和良好的通讯设施[15]。

拖管指挥系统由拖管总指挥(陆地端)、铺管船中控室指挥、陆地绞车指挥、拖管工程师组成。拖管前应规定口令，明确岗位职责，规定指挥通讯频道。

当海上铺管船接管完毕，中控室指挥报告可以走管，各岗都已报告准备完毕时，总指挥下达开始拖管的命令。主绞车慢慢启动，并逐渐加速，待本节管道即将拖完时逐渐减速。当铺管船中控室指挥报告管端到位(到对中站)时，停止拖管，等待下一节管道的拖拉，拖管速度一般控制在 1.5~2.5 m/min。

在拖管过程中，拖管工程师要随时监视拉力显示器，若拖管力超过了本阶段设计拖管力，应停止拖管。整个拖管过程要做详细记录，该记录至少应包括拖管节数、施管力、拖管开始和结束时间、铺管船上张紧器时的设定张力等。

当动滑轮小车走完有效行程时，就将拖管力转移给两台辅助绞车；放松主绞车，用回拉绞车慢慢回拉动滑轮小车，待第一节索具放松后将其解掉，回拉动滑轮小车到初始位置，挂上第二节索具；主绞车慢慢收紧、将辅助绞车上的拖管力再转移给主绞车，继续拖管作业。当管道铺到一定长度，管道与地面的摩擦力远大于铺管船上的预张力时，可不使用辅助绞车，直接放松主绞车，做索具段的解接工作。

## 8. 结论

海底管道底托法登陆是一门综合性工程技术，在选择铺管方案时，应仔细弄清与铺管有关的各种设计参数和具体的施工要求。要针对五种施工方法的适用范围，选取技术相对简单、经济可行的施工方法。海底管道的登陆铺设大都采用拖拉法，尽管拖拉法有许多种，但都需要大型绞车或专用拖拉设备。利用现有条件，本文设计了一套“绞车穿接滑轮组 + 拖缆分段 + 整体串接”的接管拖管法。经过总结工程实践经验，应用拖拉法铺设登陆管道应注意以下几个问题：

- 1) 在拖送拖拉索具时，拖船的拖力应是引绳总摩擦力的 5 倍以上。
- 2) 拖管前要对预挖沟底进行平整，并在管道拖头上增设浮体，使拖头离开泥面。
- 3) 若采用分段拖拉索具，最好使用交互捻钢丝绳，或将左右股捻钢丝绳分段配置使用。
- 4) 动、定滑轮组要分别在小车上和支架上固定，防止受力后旋转倾翻或拧搅，确保拖管作业顺利进行。

## 参考文献

- [1] 李景武, 李中玲. 大口径海底管道登陆施工[J]. 石油工程建设, 2007, 33(1): 18-22.



- 
- [2] 王凤莲, 叶宏平. 登陆海底管道的工程设计与施工方法研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2016(15): 1119-1120.
- [3] 李静, 蔡征, 方梁, 等. 拖拉法安装海底登陆管道过程中的计算与分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2015(19): 1810-1810.
- [4] 冯现洪, 刘刚, 杨琥. 一种海底管道近岸拖拉分析方法的工程应用[C]//中国海洋学会. 第十五届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集. 太原: 中国海洋学会, 2015: 368-371.
- [5] 桑运水, 韩清国. 海底管道近岸浅水铺设的岸拖与海拖[J]. 石油工程建设, 2006, 32(2): 28-30.
- [6] 张小青, 张金波. 海底管道岸拖工艺及计算分析[J]. 经营管理者, 2014(10): 386-386.
- [7] 黄钰. 超大管径海底管道长距离登陆拖拉技术研究[J]. 石油矿场机械, 2017, 46(5): 67-71.
- [8] 赵冬岩, 王琮, 罗超, 等. 社会环境因素对海底管道埋设深度的影响[J]. 中国海上油气, 2010, 22(4): 275-278.
- [9] 党学博, 龚顺风, 金伟良, 等. 海底管道铺设技术研究进展[J]. 中国海洋平台, 2010, 25(5): 5-9.
- [10] 于彬. 印尼项目长距离海底管线登陆拖拉施工研究[J]. 石油和化工设备, 2017(20): 52-56.
- [11] 魏作水, 陈永新, 李建楠, 等. 海管长距离登陆拖拉使用浮筒研究及设计[J]. 科学与信息化, 2018(8): 133-135.
- [12] 汪方, 段梦兰, 张雪生, 等. 阿布扎比原油管道项目海底管道底拖法施工技术[J]. 石油工程建设, 2012(4): 26-30.
- [13] 姜进方. 拖拉法铺设登陆海底管道[J]. 中国海上油气(工程), 1996, 8(2): 10-15.
- [14] 陈俊, 于振华, 袁晓林, 等. 海底管道托管法分析和研究[J]. 城市建设理论: 电子版, 2013(29): 1-4.
- [15] 李金成. 海底管道拖拉法施工分析及其软件[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2007.