

# The Series Technology of Slurry-balance Pipe Jacking Equipment

Huafen Zhang<sup>1</sup>, Haijie Niu<sup>1</sup>, Lizhao Hao<sup>1</sup>, Yanping Wei<sup>2</sup>

<sup>1</sup>No.4 Branch Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei

<sup>2</sup>No.5 Branch Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Renqiu Hebei

Email: zhanghuaf@cnpcc.com.cn

Received: Nov. 12<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jan. 17<sup>th</sup>, 2018; published: Apr. 15<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

With the increasing number of projects for “old pipe reconstruction” and “new pipe expansion” of urban underground pipelines and constrained by urban traffic and environment, no zipper construction was allowed, and more and more slurry balance pipe jacking constructions were needed. For different sizes of various pipelines, there existed pipelines with various kinds of diameters, which would caused a cost increase as one pipe diameter only needed to match one set of jacking equipment, so high idle rate of equipment was induced after project completion. To improve the utilization rate of pipe-jacking equipment, the application of series pipe jacking equipment became one of key researches in pipe jacking construction industry. The major influence induced by pipe diameter variations on the equipment includes the changes of excavation diameter, power and slurry transportation. Calculation indicates that in the case of no changes of major components, the matching of pipe diameters can be implemented by changing tool pan and shell, which only need shorter working period and low cost.

## Keywords

Design Seriation, Pipe Jacking, Multiple Calibre

---

# 系列化泥水平衡顶管设备技术

张华芬<sup>1</sup>, 牛海杰<sup>1</sup>, 郝立钊<sup>1</sup>, 魏艳平<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国石油管道局工程有限公司第四分公司, 河北 廊坊

<sup>2</sup>中国石油管道局工程有限公司第五分公司, 河北 任丘

作者简介: 张华芬(1986-), 男, 硕士, 工程师, 现主要从事盾构顶管施工技术研究。

Email: zhanghuaf@cnpcc.com.cn

收稿日期: 2017年11月12日; 录用日期: 2018年1月17日; 发布日期: 2018年4月15日

## 摘要

随着城市地下管线“旧管改造”与“新管扩建”项目日益增加, 受城市交通、环保的制约, 不允许“拉链”式施工, 泥水平衡顶管施工的需求量越来越大。由于各种管线的规格不一, 同一顶管施工段出现多种管径, 一种管径只能匹配一套顶管设备, 导致投入成本增大, 施工完后设备闲置率高。为提高顶管设备使用率, 系列化顶管设计成为当前顶管施工行业重点研究之一。管径的变化对设备产生的影响主要有开挖直径、动力、泥浆输送等配置变化。通过计算分析, 可在关键部件不变的情况下, 更换刀盘、壳体便可实现管径的匹配, 所投入的工期较短、成本较低。

## 关键词

系列化, 顶管, 多种口径

Copyright © 2018 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

系列化泥水平衡顶管设备设计是利用一套顶管主体设备进行多种口径顶管施工, 如设计的顶管设备可进行内径 1.2、1.35、1.4 m 钢筋混凝土管的顶管施工, 针对当前国内各种断面顶管施工需求量的飞速发展, 可减少设备的投入成本。

## 2. 参数分析

### 2.1. 关键参数

顶管施工设备的选型参数主要有[1]扭矩、动力、超挖间隙、顶力、结构强度、泥浆输送能力等。实现系列化的前提是保证设备有足够的负载能力, 因此必须对相关参数进行验证方可实施。以主型号内径 1.35 m 的顶管设备为例进行分析, 该设备电机功率 88 kW, 轴承承受最大扭矩 261 kN·m, 最大推力 8000 kN, 纠偏推力 2400 kN, 泥浆输送管径 125 mm, 超挖间隙 40 mm。

### 2.2. 扭矩分析

以顶进全风化砂岩为例, 切削土体扭矩计算公式为:

$$T_1 = \frac{1}{8} D^2 \frac{v}{n} q_u \quad (1)$$

式中:  $T_1$  为切削土体所需扭矩,  $\text{kN}\cdot\text{m}$ ;  $D$  为设备外径,  $\text{m}$ , 取 1.66  $\text{m}$ ;  $v$  为掘进速度,  $\text{mm}/\text{min}$ , 取 50  $\text{mm}/\text{min}$ ;  $n$  为刀盘转速,  $\text{r}/\text{min}$ , 取 2.5  $\text{r}/\text{min}$ ;  $q_u$  为土体单轴抗压强度,  $\text{kN}/\text{m}^2$ , 取 15  $\text{kN}/\text{m}^2$ 。

抗土体磨阻力扭矩为:

$$T_2 = \frac{\pi D^3}{12} K f \gamma H \eta \quad (2)$$

式中:  $T_2$  为抵抗土体磨阻力所需扭矩,  $\text{kN}\cdot\text{m}$ ;  $K$  为侧压力系数, 1, 取 0.3;  $f$  为刀盘与土体摩擦系数, 1, 取 0.3;  $\gamma$  为土体重度,  $\text{kN}/\text{m}^3$ , 取 23  $\text{kN}/\text{m}^3$ ;  $H$  为土体埋深,  $\text{m}$ , 取 20  $\text{m}$ ;  $D$  为刀盘直径,  $\text{m}$ , 取 1.66  $\text{m}$ ;  $\eta$  为调节系数, 1, 一般取 0.6~0.8。

由式(1)、式(2)可得, 该设备在全风化砂岩中的扭矩为 143  $\text{kN}\cdot\text{m}$ , 代入内径 1.2、1.4  $\text{m}$  的顶管设备参数, 可计算出扭矩分别为 110、155  $\text{kN}\cdot\text{m}$ , 均小于设备最大扭矩 261  $\text{kN}\cdot\text{m}$ , 可共用该配置的轴承、减速机、电机等。

### 2.3. 顶力分析

根据《给水排水工程顶管技术规程》, 管节阻力与顶进的长度、管径成正比; 设备的抗阻力与直径的平方成正比[2]。以顶进 100  $\text{m}$  计算, 内径 1.2、1.35、1.4  $\text{m}$  设备的顶力分别为 2600、3031、3180  $\text{kN}$ 。顶力相差不大, 均小于管节允许的顶力及主顶推力; 事实上顶力可以通过后配套推进油缸进行调整。

### 2.4. 泥浆循环分析

1.35  $\text{m}$  顶管泥浆管径  $D$  为 0.15  $\text{m}$ , 隧道输送距离取  $L_1 = 100 \text{ m}$ , 地面管道总长 20  $\text{m}$ , 竖井深度  $h_1 = 20 \text{ m}$ , 设定最低输送流量设定为 150  $\text{m}^3/\text{h}$ , 渣浆泵送渣土密度  $\rho_1 = 1.2 \text{ t}/\text{m}^3$ 。代入相应的流体力学水头损失经典计算公式, 可求出 100  $\text{m}$  隧道的水头损失仅 3.5  $\text{m}$ , 而管节内径的变化对泥浆泵送量影响并不大, 因此泥浆循环可采用同一套系统。

### 2.5. 壳体强度分析

按 1.35  $\text{m}$  顶管壳体 20  $\text{mm}$  厚度计算, 钢材弹性模量  $E = 210 \text{ GPa}$ , 泊松比  $\lambda = 0.3$ , 密度  $\rho = 7850 \text{ kg}/\text{m}^3$ , 惯性矩  $I_{xy} = 751468 \text{ mm}^4$ , 在 30  $\text{m}$  埋深工况下顶进, 通过验算, 结构强度满足要求。

## 3. 顶管系列化范围

上述计算仅以小断面顶管为例, 由上可得知, 1.2、1.35、1.4  $\text{m}$  顶管设备可共用同一套主部件。根据施工经验及相应的计算, 系列化设计的顶管范围主要有以下: 1.8、2.0、2.2  $\text{m}$  顶管设备共用一套主部件; 1.5、1.6、1.65  $\text{m}$  顶管设备共用一套主部件; 0.9、1、1.1  $\text{m}$  顶管设备共用一套主部件。

## 4. 系列化顶管配置

通过对顶管参数的分析表明, 在一定内径范围内的顶管设备可共用同一套主部件, 而需要更换的主要部件为刀盘、壳体, 其设计应根据相应的管节规格进行调整。由于壳体变化, 以下相应部件需要做重新设计。

1) 排浆管。由于壳体变化, 排浆管需要调整相应位置, 为便于排浆管调整, 一般排浆管设计位置应以系列化内最小断面的顶管尺寸为基准考虑, 即排浆管的位置应布置靠上。在加大设备直径后, 以增加短节的形式将排浆口引伸到机头底部。

2) 喷嘴。喷嘴的主要功能为冲刷刀具轨迹线、出渣孔,在刀盘变化后喷嘴可能无法喷射原轨迹线,因此喷嘴需设计为活动结构,在改变直径后调整喷嘴角度。

3) 尾盾承接环。尾盾承接环宜设计为螺栓固定方便拆装的结构,在改变壳体后,通过螺栓将新制尾盾承接环安装即可实现与首环管节的连接。

4) 排浆泵配置。首台排浆泵一般放置于第二环管节位置,因其弯头具有一定高度而可能影响激光定向路径,因此泵配置不宜过高,按系列化内最小断面的顶管尺寸为基准设计。

5) 纠偏油缸。纠偏油缸位置受设备直径影响,一般情况下均布于2点、5点、7点、11点位置,因此在壳体设计时考虑油缸安装的位置,以系列化内最小断面顶管尺寸为基准设计。

## 5. 结语

通过分析比对,一般情况下系列化顶管机均可涵盖3种规格的钢筋混凝土管顶进施工,最大程度地减小设备投入量,降低工程成本。

## 参考文献

- [1] 周民强. 顶管施工技术[J]. 甘肃水利水电技术, 2005, 41(1): 86.
- [2] 安关峰, 殷坤龙, 唐辉明. 顶管顶力计算公式辨析[J]. 岩土力学, 2002, 22(3): 358-361.

[编辑] 邓磊

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [jogt@hanspub.org](mailto:jogt@hanspub.org)