

# The Application of Automatic Lubrication Grouting System in Long-distance Pipe-jacking Tunnel Construction

Xiaolin Liu, Xiao Liao, Le Wang, Xiaoshi Li

No. 4 Branch Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei  
Email: 297104909@qq.com

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

---

## Abstract

In the pipe jacking tunnel construction process, smooth grouting was a very important work, and was also a key technique of pipe jacking construction, especially in a long distance pipe jacking tunnel construction. Application of grouting technology in lubrication has played a very important role. In order to ensure the quality of grouting, effective lubrication of the drag reduction effect, reducing the pipe jacking resistance, improving the efficiency of pipe jacking construction need to develop detailed lubrication grouting plans and measures. This paper introduces the application of automatic lubrication grouting system in the construction of long distance pipe jacking tunnel from the aspects of grouting purpose, selection of grouting materials and grouting technology.

## Keywords

Slurry Balance Pipe Jacking, Lubrication Grouting, Grouting Sleeve, Slurry, Lubrication and Drag Reduction

---

# 自动润滑注浆系统在长距离顶管隧道施工中的应用

刘小林, 廖 潇, 王 乐, 邝永强, 李晓仕

中国石油管道局工程有限公司第四分公司, 河北 廊坊

作者简介: 刘小林(1985-), 男, 工程师, 主要从事盾构顶管隧道施工技术管理工作。

Email: 297104909@qq.com

收稿日期: 2017年11月15日; 录用日期: 2018年2月15日; 发布日期: 2018年4月15日

## 摘 要

润滑注浆在顶管隧道施工中是一项非常重要的工作, 也是一项关键的技术, 尤其是在长距离顶管隧道施工中。为了保证注浆质量, 有效起到润滑减阻的作用, 降低顶管顶进阻力, 提高顶管施工效率, 需要制定详细的润滑注浆方案和措施。从注浆目的、注浆材料的选择、注浆工艺等方面介绍长距离顶管隧道施工中自动润滑注浆系统的应用。

## 关键词

泥水平衡顶管, 润滑注浆, 浆套, 浆液, 润滑减阻

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. 工程概况

富春江顶管工程是杭州天然气有限公司投资建设, 由杭州市城乡建设设计院有限公司设计, 位于富阳市渌渚镇新港村与桐庐县江南镇之间, 在窄溪大桥上游穿越富春江。该顶管工程采用泥水平衡工法穿越, 隧道长 658.05 m, 内径 2400 mm, 混凝土管长 2500 mm, 壁厚 230 mm, 隧道防水等级为二级。

顶管隧道轴线分为 4 次变坡, 首先以 10.5% 下行至 80.44 m, 变至曲线半径为 4300 m 顶进 274.1 m, 再以曲线半径 1200 m 顶进 222.46 m, 最后以 14.5% 上行 71.57 m 到达接收井。隧道穿越地层分别为淤泥质粉质黏土层、中细砂岩层、中粗砂岩层、砾砂岩层、粉质黏土层、圆砾岩层、中风化砂岩层、强风化砂岩层、圆砾层、卵砾石层、粉质黏土层和淤泥质粉质黏土层。

## 2. 自动润滑注浆系统

### 2.1. 自动润滑注浆工艺流程

气压舱外操舱人员需要密切关注舱内人员动态, 并随时与舱内人员保持沟通, 询问舱内人员身体状况, 并与地面负责人保持联系, 注浆工艺流程见图 1。

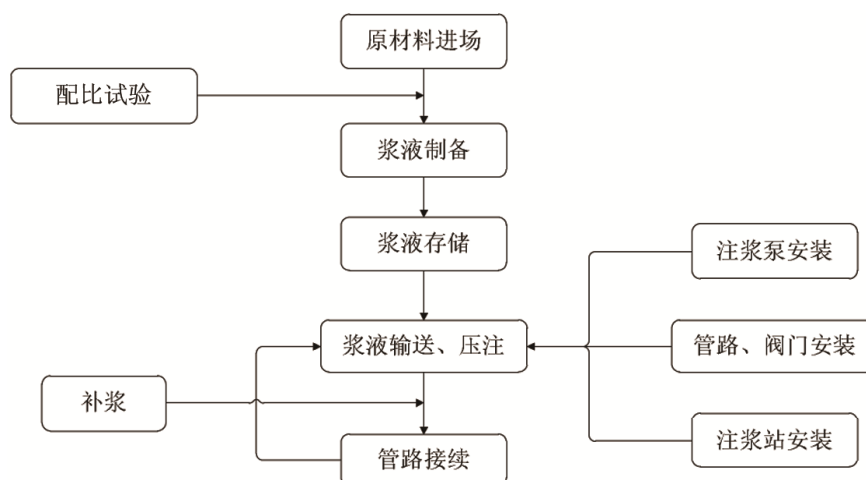


Figure 1. The process of automatic lubrication grouting  
图 1. 自动润滑注浆工艺流程

## 2.2. 自动润滑注浆设备及附属设施

注浆设备及附属设施投入见表 1。

Table 1. The list of modified grouting equipment and ancillary facilities  
表 1. 改性注浆设备及附属设施投入一览表

序号	设备名称	型号规格	单位	数量	设备设施状况	备注
1	注浆泵	HPU712	台	1	全新, 完好	
2	注浆站		套		全新, 完好	
3	空压机		台	1	全新, 完好	
4	注浆主管路		米	700	完好	含阀门, 包括软管
5	注浆站管路		套	25	全新, 完好	每套 3 根、3 个阀门
6	压力表	0~1 MPa	个	1	全新, 完好	
7	压力表	0~0.6 MPa	个		全新, 完好	
8	储浆池		个	2	完好	
9	制浆机	ZJ-800, 0.4 m <sup>3</sup>	台	1	完好	提前预制泥浆
10	制浆平台		个	1	完好	临时存放膨润土

## 2.3. 自动润滑注浆技术要求

### 2.3.1. 注浆材料选择

注浆材料应选择制备后的浆液具有黏度较高、失水量小、稳定性好、流动性好等特性。注浆材料分为主材和外加剂两类。主材为膨润土, 膨润土为钠基膨润土, 外加剂主要包括 CMC (羧甲基纤维素)、纯碱。

### 2.3.2. 浆液配比、注浆量及压力的确定

浆液配比(包括材料组成、技术指标等)由工程现场实验室根据地质状况、顶进距离等确定(表 2), 并在实际使用中不断调整, 以达到最佳润滑效果。

**Table 2.** The index and parameters of slurry performance  
**表 2.** 浆液性能指标参考

黏度/s	滤失量/(mL·min <sup>-1</sup> )	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	含砂率/%	稳定性
>30	<12	1.1~1.6	≤3	静置 24 h 无离析水

注浆量应首先计算出理论注浆量, 然后根据理论注浆量、地质状况等确定实际注浆量。实际注浆量计算公式为:

$$V = 2\pi(r_1^2 - r_2^2)Lf$$

式中:  $V$  为实际注浆量, m<sup>3</sup>;  $r_1$  为顶管机开挖直径, m;  $r_2$  为顶管隧道外径, m;  $L$  为顶进长度, m;  $f$  为实际注浆量与理论计算注浆量之间的差异系数, 通常取 1.5~3.0。

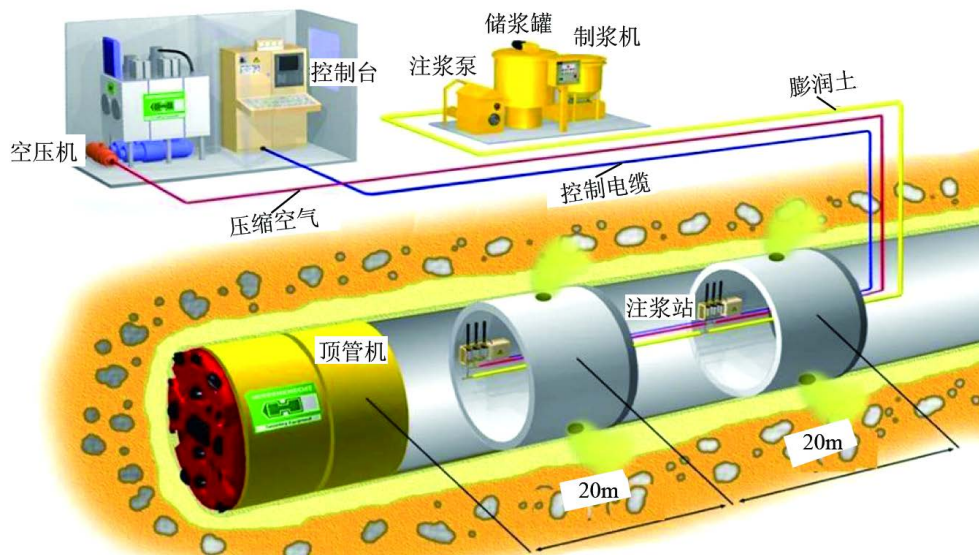
注浆压力应根据浆液注入位置的地层水土压力确定。通常注浆压力应大于水土压力 0.1~0.2 MPa, 也可由工程现场试验确定, 并根据施工的实际情况进行调整。注浆时应尽量是填充, 而不是劈裂, 以避免扰动管节周围的地层而引起地面甚至隧道的沉降[1] [2]。

### 2.3.3. 注浆结束标准

采用注浆压力和注浆量双指标控制标准, 即当注浆压力达到设定值或注浆量达到理论注浆量时, 即认为达到了注浆质量要求。

### 2.4. 自动润滑注浆系统组成

顶管机配置有自动润滑系统(图 2), 该系统还能够实现全自动化控制, 根据地质条件确定注浆量, 实现注浆压力控制, 测定摩擦力, 打印生成报表等功能[3] [4]。该套系统具有以下优势: ① 可以根据地层情况确定注浆量, 控制不超量注浆, 节约项目成本; ② 可以有效润滑, 减小地层阻力, 进而减少中继间的使用数量, 节约成本和时间; ③ 可以有效减小摩擦阻力, 提高掘进速度。使用该润滑系统, 可以使摩擦力(黏土、砂、卵石层)由 0.2~0.5 t/m<sup>2</sup> 降至 0.1 t/m<sup>2</sup>。



**Figure 2.** The schematic diagram of lubrication and grouting system  
**图 2.** 润滑注浆系统示意图

## 2.5. 注浆系统安装

注浆系统安装分为注浆设备安装和附属设施安装。

1) 注浆设备安装。自动注浆润滑系统的制浆机、储浆罐、注浆泵为集成化设计，三者连为一体，便于安装。该整体设备安装应尽量接近始发工作井安装，安装位置地面应平整、坚实。额外安装的 ZJ-800 制浆机应尽量靠近储浆罐和泥浆箱(或泥浆池)，并通过三通管路连接自动润滑注浆系统的储浆罐和泥浆箱(或泥浆池)连接。注浆站随着顶管机不断向前顶进，沿着顶管隧道依次向始发洞口方向安装。顶管机尾部 0~20 m 范围内的隧道，注浆站安装数量应加密，保证泥浆套的形成。随后的注浆站的间距可适当放宽，但两注浆站的间距不宜大于 20 m。空压机安装于控制室集装箱内。

2) 附属设施安装。注浆管包括地面上、主机内、拖车上、隧道内和竖井内的所有主管路和分支管路，由钢管和软管组成，并在适当位置安装阀门和压力表。地面、竖井、隧道内的主管路为 DN50 管径，拖车和注浆站的管路为 DN25 管径，主机内管路为 4 分(DN12)管径。

## 3. 结论

1) 在长距离顶管施工中，应重视润滑泥浆的设计，根据地质情况选取合适的注浆材料和润滑泥浆指标，可以有效地减小顶进阻力填充空隙，有助于形成浆套，实现长距离顶进施工。

2) 自动润滑注浆可以从注浆的目的、注浆材料的选择、注浆工艺等方面来达到最佳泥浆润滑注浆效果。

3) 自动润滑注浆系统的应用，良好的润滑减阻效果，使顶管顶进顶力达到最小，确保了长距离顶管隧道施工的成功。

## 参考文献

- [1] 王开运. 浅谈曲线顶管施工技术[J]. 科技向导, 2013(17): 99.
- [2] 吴荣荣. 泥水平衡式曲线顶管施工阶段技术研究[J]. 工程施工技术, 2013(9): 113-115.
- [3] 陈勇, 陈永光, 黄以华. 长距离曲线顶管技术在电力管道工程中的应用[J]. 非开挖技术, 2014(4): 32-36.
- [4] 钟晓晖. 长距离管道顶进注浆减阻施工技术应用[J]. 建筑施工, 2010, 32(11): 1155-1157.

[编辑] 邓磊

**Hans** 汉斯

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)