

Slurry Shield Circulating Mud Preparation Technology

——By Taking Oujiang Shield Project of Yontaiwen Gas Pipeline for Example

Le Wang, Xiaolin Liu, Lizhao Hao, Bo Li, Wenlong Ji

No.4 Branch Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei
Email: gd4_wangle@cnpc.com.cn

Received: Dec. 6th, 2017; accepted: Feb. 10th, 2018; published: Apr. 15th, 2018

Abstract

During the construction of slurry shield, the mud as medium of conveying waste residue, was also a key factor to stabilize the excavation face. As a result, the stand or fall of circulating mud performance index decided if the slurry shield construction was normal. For Oujiang Shield Project, combined with its actual situation and the characteristics of formation, taking into consideration the large grain size pebble layer, from the aspects of improving the mud performance, slurry preparation equipment improvement, and optimizing the preparation technology, it has been continuously explored and innovated. Through many experiments and practice of construction and technical personnel, it successfully meets the requirements of mud quality and number of mud preparation for the large grain size pebble layer excavation; moreover instructions for slurry preparation are formulated to ensure smooth crossing through the project of 300 meters large grain size pebble layer, whose daily penetration reaches 7 meters.

Keywords

Mud, Slurry Shield, Mud Circulation, Large Grain Size Pebble Layer, Mud Viscosity

泥水盾构循环泥浆制备工艺技术

——以甬台温天然气输气管道瓯江盾构工程为例

王 乐, 刘小林, 郝立钊, 李 博, 吉文龙

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: 王乐(1981-), 男, 高级工程师, 现主要从事盾构顶管隧道施工技术研究工作。

Email: gd4_wangle@cnpc.com.cn

收稿日期: 2017年12月6日; 录用日期: 2018年2月10日; 发布日期: 2018年4月15日

摘 要

在泥水盾构施工中, 泥浆作为输送渣土的介质, 同时也是支护开挖面稳定的重要因素。因此, 循环泥浆性能指标的好坏, 决定了泥水盾构施工能否正常进行。瓯江盾构项目结合现场的实际情况和地层特点, 针对大粒径卵石层掘进, 主要从泥浆性能需求、配制设备改进、制备工艺优化等方面入手, 不断摸索和创新。经施工技术人员的多次试验与实践, 成功解决了大粒径卵石层掘进对泥浆质量和配制数量的要求, 制定了掘进泥浆制备作业指导书, 确保工程顺利穿越了300余米大粒径卵石层, 日进尺达到7 m。

关键词

泥浆, 泥水盾构, 泥浆循环, 大粒径卵石层, 泥浆黏度

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

甬台温管道瓯江盾构穿越工程(以下简称“瓯江盾构工程”)隶属于浙江省甬台温天然气输气管道工程, 是浙江省天然气管网的重要组成部分, 隧道全长 834.5 m, 主要穿越地层的岩性为中砂岩、卵石、中-强风化流纹英安玢岩、中风化角砾岩。隧道建成后铺设一条管径为 813 mm 的天然气管道, 全长 467.732 km, 设计输气规模为 $95 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 设计压力 6.3 MPa。

瓯江盾构工程穿越卵石层长度超过 300 m, 勘探最大卵石粒径小于 200 mm, 实际施工过程中最大卵石粒径达到 450 mm, 60%卵石粒径超过 150 mm, 卵石占比超过 90%以上。工程需要配制优质泥浆进行护壁和携渣, 在稳定开挖面的基础上, 进行卵石携带, 由此需要研究出一套泥浆制备的新工艺, 确保大粒径卵石层掘进对泥浆质量和数量的要求。

2. 泥浆性能指标

在同步注浆填充不足、管片渗漏水、地面变形过大、通过建筑物或有特殊要求的重要地段时, 根据地面监测数据、地质雷达探查, 同步注浆未能达到效果时需进行二次注浆。

泥浆在泥水盾构中的主要有 3 点：形成泥膜及稳定开挖面；运送排放切削渣土；减小刀具与地层的摩擦，保护刀具。如在泥水盾构掘进施工时泥浆应用不当，会造成刀具磨损速度加快、寿命减短，管路堵塞、磨损，泥浆循环系统不流畅，甚至还会造成开挖面坍塌、地表沉降、建筑物塌陷等安全事故，影响工程的顺利贯通。

2.1. 泥浆主要材料组成

1) 黏土。主要作用是提高泥浆的密度及黏度，一般黏土可以从施工现场就地取材。

2) 膨润土。是一种以蒙脱石为主要成分的黏土矿物，具有负电性大、水化能力强、分散性高等特性，一般分为天然膨润土、改性膨润土、活性膨润土 3 种，工程上一般选用天然膨润土，其相对密度为 2.4~2.9 t/m³，液限为 330%~600%，遇水体积膨润 10~15 倍。

3) 纯碱(Na₂CO₃)。可以对膨润土进行离子交换，并使浆液的 pH 值控制在 8~9，有效地提高了泥浆的均匀性。

4) 水。泥浆中增加或减小清水的比例，可以调整泥浆 pH 值、密度、黏度等。

5) CMC(添加剂)。CMC 为羟甲基纤维素，溶于水时呈现极高的黏性，故多用来做增黏剂，可以降低滤失水量和防止逸泥，也可抵抗阳离子污染。

6) 正电胶干粉。用来做增黏剂，把黏土颗粒胶结在一起，产生一定厚度的加固地层，从而阻止逸泥和地下水涌入[1]。

2.2. 泥浆关键性能参数

1) 黏度。黏用于估算泥浆中膨润土含量最有效和便捷的指标，标准条件下用苏式漏斗测量水的黏度为 15 ± 0.5s。

2) pH 值。用于测定搅拌泥浆用水的酸碱度，酸性水质会中和泥浆中膨润土的碱基离子，降低膨润土的使用效率。

3) 滤失水量。泥浆的滤失水量与泥膜质量具一定相关性，泥膜致密，则泥浆的滤失水量小；反之，则泥浆的滤失水量大。滤失水量取决于膨润土质量及净化设备处理精度。泥浆滤失水量与泥膜厚度共同作为掘进面防塌的重要指标。

4) 密度。泥浆的密度在一定程度上反映了其密度的大小。在循环过程中，相同黏度下，泥浆的密度可反映出其杂质的含量，是评价泥浆质量优劣的重要指标。

5) 含砂量。在大多数地层中，含砂量的变化决定着泥浆的密度变化，同时影响泥浆循环中的泵送能力和泥浆携渣能力。

6) 泥膜厚度。指在一定压力下，一定体积的泥浆在一定面积滤纸上所形成的泥饼厚度。在掘进过程中，形成的泥膜对掘进面有一定的支护作用。

2.3. 泥浆指标要求

2.3.1. 各项材料对泥浆性能影响

试验显示，膨润土与水的质量比为 4%、5%、6%和 8%时，泥浆黏度分别可达到 26、33、40 和 90 s，泥膜厚度分别为 1.58、1.71、1.79 和 1.81 mm。

为确保泥膜厚度不小于 1.5 mm，选择使用质量比不低于 4%的泥浆作为基浆，添加 CMC 和纯碱，试验数据表明：4%基浆 + 0.02% CMC 时，泥浆黏度为 32 s；4%基浆 + 0.03% CMC 时，泥浆黏度为 50 s；4%基浆 + 0.02%纯碱时，泥浆黏度为 30 s；4%基浆 + 0.03%纯碱时，泥浆黏度为 45 s。

2.3.2. 泥浆性能参数确定

在固定配比下,膨润土含量对泥浆的黏度影响非常明显,随着膨润土含量的增大,泥浆的黏度先缓慢增长,后急剧增长。CMC 的加入对泥浆的其他性能指标,诸如泥膜厚度等几乎没有影响。纯碱的加入对泥浆的 pH 值有一定影响(基浆约为 9,随着纯碱的加入逐渐升高)。

通过试验和配比尝试,确定泥浆的性能标准:黏度 ≥ 30 s;密度 ≥ 1.05 g/cm³;含砂量约为 1.5%;滤失水量(FL7.5 min) < 20 mL;泥浆 pH 值为 8~10;泥膜厚度 > 1.5 mm。

在泥水分离设备现场操作过程中,受搅拌不均匀和沉淀浪费等因素影响,实际添加的膨润土和添加剂均略大于试验用量。最终泥浆配比为 100%水 + 4%膨润土 + 0.2% CMC。

考虑到泥水处理人员在实际配制泥浆中的检测因素,卵石地层掘进需重点控制泥浆黏度和密度,以此来控制泥浆性能指标,其他参数通过实验室取样检测进行控制[2]。

3. 泥浆制备工艺介绍

3.1. 技术要求

制浆装置主要由一台射流泵(采用功率 55 kW 渣浆泵)、射流混浆装置、 $\text{DN}108$ mm 管路及配套阀门组成,通过射流泵抽取泥浆底箱中的泥浆,输送至混浆装置中。由于输送管路由 $\text{DN}150$ 突变为 $\text{DN}25$ (图 1),压力骤然增高,产生压力差,形成真空吸力,可以从混浆装置上部开口处加入膨润土(图 2)。膨润土由于真空吸力很容易进入管内与扩散的泥浆混合,再通过输送管路重新回到泥浆底箱中。若泥浆黏度等性能指标不达标,则继续循环该过程。



Figure 1. The diameter of DN150 varied to DN25 in the jet device

图 1. 射流装置变径 DN150 突变为 DN25



Figure 2. The jet slurry mixing device

图 2. 射流混浆装置图

3.2. 制浆流程

工程泥浆制备实现了流水化作业。射流泵实现了遥控式开闭,只需轻按按钮,就自动开始循环泥浆。该装置管路还与压滤机相连,当浆液质量下降到密度 $> 1.3 \text{ g/cm}^3$,滤失水量(FL7.5 min) $> 20 \text{ mL}$ 时,即达到泥浆报废标准,直接通过连接压滤机的隔膜泵进行吸浆、压滤,分离出泥饼和清水,清水继续进行配浆使用。整个制浆工艺依照上述流程进行循环,达环保要求的零排放指标。

为保证卵石层掘进时泥浆形成泥膜质量好,起到护壁作用,将泥浆黏度设置在 30~32 s 之间。但在掘进的同时,由于泥浆循环和地下水会导致泥浆黏度损耗,因此,需对其进行监控,保证泥浆黏度处于规定范围内。

4. 结语

瓯江盾构工程项目部通过改进制浆装置和工艺,制备了优质的泥浆,保证顺利完成了 300 m 卵石层的掘进任务,大大降低了施工成本,提高了工作效率。瓯江盾构工程泥浆制备技术的成功应用,为今后类似项目泥水盾构泥浆制备提供了技术借鉴与参考。

参考文献

- [1] 马小汀. 泥水盾构泥浆制备技术[C]//中国中铁隧道集团. 2007 年水底隧道专题技术交流大会论文集. 北京: 中国铁道学会, 2007.
- [2] 杨晓玲, 程代来. 大直径桩成孔的新型泥浆[C]//中国公路学会桥梁和结构工程学会. 2001 年桥梁学术讨论会论文集. 北京: 中国公路学会, 2001.

[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