

富水砂卵石地层盾构隧道施工泥浆的研究与应用

邓亨义, 徐雪莹, 陈明娟

(中铁隧道集团北京地下直径线项目部, 北京 100045)

[摘要] 针对北京站至北京西站地下直径线工程泥水盾构施工,通过对泥浆性能研制的配比试验,提出了砂卵石条件下的最佳泥浆配比,提高并改善了泥浆的成形质量与速度,确保了环境要求。对类似工程有一定的借鉴作用。

[关键词] 泥水盾构; 砂卵石地层; 泥浆配合比

[中图分类号] U455 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)12-0079-04

1 前言

泥水盾构施工中,泥浆的性能直接关系到掌子面泥膜的成形质量及速度,进而影响到掌子面的稳定及工后沉降。北京地下直径线沿线穿越地铁环线、人防通道以及新建地铁4号线南侧密集高大建筑物,同时地层以卵石层为主。施工中排浆的携碴粘力,掌子面泥膜的成形较其他地层对泥浆的指标变化敏感性较为显著,因而对该种地层下泥浆特性进行研究、选择合适的配比意义重大。

2 泥浆特性试验研究目的及思路

通过对不同泥浆的渗透试验以及泥浆配比的经济性比较得出最优配比。

研究思路:

1)通过对相关资料的调研,提出对于北京地下直径线砂卵石地层泥浆性能指标的参考值。

2)通过配比试验得出达到所设定泥浆性能指标参考值的配比。

3)通过室内模型试验测试泥浆在砂卵石层中的渗透曲线,分析渗透曲线的变化特征,确定泥膜的形成时间和泥浆极限渗流量。从而得到泥膜形成时间、泥浆极限渗流量及泥浆渗透距离之间的关

系曲线。

4)在泥膜形成以后通过渗水试验,来研究泥膜的渗透系数和抗渗能力。

5)通过计算对泥水输送开挖碴土的能力进行评价。

3 原材料的选择

原材料的选择考虑泥浆的技术指标,满足施工,既节能又环保,还必须减少碴土的阻力和具有良好的握裹性。

3.1 膨润土

膨润土的种类和质量直接关系到泥水的使用效果,目前国内使用较多的膨润土有两种:一种是加碱钙膨润土;一种是改性钠膨润土。通过调研以及膨润土浆液的试验,在同样的时间内改性钠膨润土浆的凝胶强度要大大高于加碱钙膨润土浆液凝胶强度,对于砂卵石地层来说,渗透系数较大,容易出现坍塌,而泥浆的凝胶强度大可以让泥水在较短时间内形成渗透系数较小的泥膜,并且也有利于掘削面的稳定。因此决定采用改性钠膨润土。

3.2 增粘环保型外加剂材料

良好的泥浆,它的技术指标主要取决于它的泥膜成型质量、可渗比,以达到稳定的掘进面,防止坍塌

[收稿日期] 2010-08-10

[作者简介] 邓亨义(1969—),男,四川安岳县人,工程师,主要从事隧道及地下工程方面的施工及研究工作;

E-mail: denghengyi1969@163.com

塌,杜绝地面沉降和事故的发生。通过对华北油田的系列油井型制浆剂、羧甲基纤维素 CMC、上海捷高系列制浆剂进行对比讨论,在满足技术指标和沉淀后水质满足排放要求的前提下,经过多次试验后,华北油田的系列增粘型制浆剂作为该工程的

首选材料。

4 泥浆配合比试验研究

根据详勘地层资料及泥水输送系统允许的泥浆最大泵送密度确定主要技术指标见表 1。

表 1 基础泥浆主要技术指标要求

Table 1 The main technical indicators of based mud

膨润土/kg	制浆剂 1 型/kg	制浆剂 3 型/kg	拌合用水/L	比重/($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	粘度/($\text{Pa} \cdot \text{s}$)	泥膜/mm	屈服值	pH 值
60	3	5	1 000	1.05	28	1.0	3.2	7

试验室内发现钠基质膨润土、华北油田制浆剂 1 型、制浆剂 3 型混掺的基础泥浆,能显著提高泥浆的粘度,泥膜形成良好的粘聚性和柔软性,使泥膜不开裂。厚度:0.5~2.0 mm,析水量:10~15 mm,屈服值:3~5,比重:1.05~1.07 g/m^3 ,失水率:7%~12%,pH:7~9,粘度:18~35 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

在盾构掘进过程中,由于泥浆的比重和粘度指标随时都在变化,达不到要求,致使掘削面土体不

稳定,碴土外排阻力增大,放缓了掘进速度,加大了管路的磨损率,并且增加施工人员对管路的修补工作量,进而影响整个隧道的施工进度。针对泥浆指标的波动,施工现场进行掘进泥浆的调整势在必行,在调整泥浆中,使用膨润土、制浆剂 1 型、制浆剂 3 型,按照施工配合比,通过高压制浆泵对材料进行充分的分离,从而优化了掘进参数,解决了相关的问题。配合比见表 2。

表 2 高粘度调整、置换泥浆配合比

Table 2 High viscosity adjustment, replacement of the mud mix

膨润土/kg	制浆剂 1 型/kg	制浆剂 2 型/kg	制浆剂 3 型/kg	拌合用水/kg	比重/($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	粘度/($\text{Pa} \cdot \text{s}$)	屈服值	pH 值	失水量	备注
60	5	/	10	1 000	1.07	158	2.4	7	5	调整泥浆
60	5	50	10	1 000	1.07	158	2.4	7	5	置换泥浆

盾构机刀具磨损严重进行开仓换刀时,必须要保证进仓人员和掘削面土体的绝对安全,通过对华北油田制浆剂 1 型、制浆剂 2 型、制浆剂 3 型按照配合比进行加量的同时,可以任意调节施工所要求的技术指标,试验室通过大量的室内试验,选择了比重 1.07~1.11 g/m^3 、粘度在 100 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 以上的高粘度置换泥浆配合比,由于此泥浆的性能优良,使掘削面的泥膜渗透达到了相关要求,经过实际施工过程的检验,效果良好,特别是人员进仓换刀时补气量降到了最低,使施工人员在作业时能够专心的工作,从而节省了大量的作息时间。泥浆过程控制流程见图 1。

泥浆配比试验总结:

1) 添加材料的选择特别是膨润土的选用对泥浆的性能有很大影响,对于砂卵石地层,宜选用凝胶强度较大的改性钠膨润土,这样可以使泥浆在掘削面较快形成有一定胶结强度的泥浆和卵石土的胶结体。

2) 由于泥浆处理系统所允许的最大送泥密度为 1.1 g/cm^3 ,而对于砂卵石这种地层,考虑到泥浆的输送能力,并且类比相关的工程实例,输送泥浆的相对密度应该在 1.2~1.25 g/m^3 ,因此笔者等将泥浆的相对密度参考值定为 1.07~1.1 g/m^3 ,如果仅使用膨润土泥浆+添加剂的话,膨润土浆的浓度至少要在 10% 以上,这样一方面增加了成本,另一方面泥浆渗透成膜的效果也不好。而在膨润土浆中加入制浆剂,不仅可以改善成膜质量的稳定,而且有利于大粒径砾石、砂卵石的输送,应最大限度地循环使用掘进排放泥水中的回收可用泥浆,节约成本。

3) 对于砂卵石地层,应选择粘性较大的泥浆,一方面可以防止逸泥的发生,另一方面,地层中粗颗粒多且粒径大,很容易造成排泥管的堵塞,因此采用粘性较大的泥浆有利于砾石的输送。泥水的检测与调整见表 3。

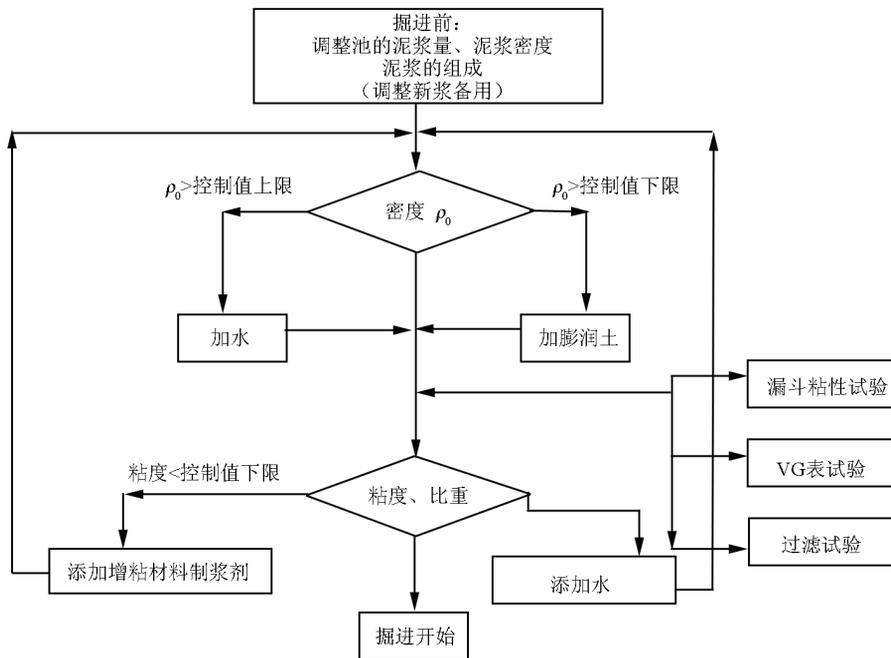


图 1 泥浆过程控制流程图

Fig. 1 The process control of the slurry

表 3 泥水的检测与调整

Table 3 Detection and adjustment of the slurry

项目	检测器具	调整方法
比重	泥浆平衡器等	高时加清水,低时加膨润土等
粘度	漏斗粘性仪等	高时加水,低时加制浆剂
含砂量	含砂量测量器	小于 20%,高时循环处理
pH 值	pH 值测量器	泥水劣化加中和剂

5 泥浆指标控制

5.1 制浆材料

1) 所有进场材料必须分类、分批堆放整齐,严禁材料混杂。超过保质期的材料严禁使用。

2) 进场的制浆材料必须是正规厂家生产的产品,并附有产品合格证,经检验合格后方可进场。经常对制浆材料进行试验和分析,试验和取样要满足要求。

5.2 泥浆过程控制

在泥浆的制备过程中,实行过程控制按图 1 进行管理和操作。在此过程中,所有试验都必须符合规定标准。

5.3 泥浆指标控制

1) 根据技术规范的要求,对泥浆的材料进行系统的试验,确保质量满足技术规范的要求、方法满足相关标准和准则。

2) 泥浆的原材料质量指标都必须经过试验或检验,方可确定。

5.4 泥浆质量控制措施

泥浆中土粒保持,对于泥浆稳定也很重要。某一种泥浆物性值达到限界,泥浆稳定性及土粒保持性急剧下降。而且,随着粘土矿物组成和氯离子浓度的不同,泥浆物理特性有很大的不同。因此,事先应进行泥浆试验,了解其主要特性,由于泥浆性状随开挖土层的变化而变化,根据管理标准值进行控制以保持适当泥浆压力很重要。

6 结语

由于北京站至北京西站地下铁路直径线工程,地处北京市二环、三环繁华地带,有架桥、地铁、路面车流量大等诸多因素,因而针对性地对盾构掘进中所使用的泥浆进行了反复试验,并在施工中进行论证,达到了控制掘削面土体稳定、减少地面、土体的沉降;增加了泥浆的有效成分,减少了碴土管路的磨损程度和泥水碴土输送速度,也加快了施工进度、保证了人员进仓的安全性和掘削面的密封性。

Research and application of construction slurry of shield tunnel under water-rich sandy gravel stratum

Deng Hengyi, Xu Xueying, Chen Mingjuan

(Beijing Underground Diameter Project Department, China Railway Tunnel Group, Beijing 100045, China)

[**Abstract**] Aiming to the slurry shield construction of underground diameter project from Beijing railway station to Beijing railway west station, the optimum slurry ratio in the condition of sandy gravel was proposed through the proportional tests, which improved the forming quality and velocity of the slurry and ensuring the environmental requirements. It can supply some experience to the similar projects.

[**Key words**] slurry shield; sandy gravel stratum; proportion of slurry