

盾构废浆处理可行性分析

赵斌

中铁十四局集团大盾构工程有限公司, 江苏 南京 210000

[摘要]文中依托某项目施工过程中对盾构废浆处理绿色施工为背景,对目前国内大直径盾构隧道泥浆处理绿色施工进行分析,结合京张高铁清华园隧道项目地质情况,盾构施工中废弃泥浆从离心、压滤等处理方法综合分析,废浆进行零排放无公害处理,为后续陆续开始的大直径盾构隧道泥水废浆处理方案提供参考,提供思路,做到盾构施工过程中废浆处理实现“高效、节能、零排放”。

[关键词]大盾构; 泥浆; 处理; 节能

DOI: 10.33142/ec.v5i5.5950

中图分类号: TE973.4

文献标识码: A

Feasibility Analysis of Shield Tunneling Waste Slurry Treatment

ZHAO Bin

China Railway 14th Bureau Group Large Shield Engineering Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210000, China

Abstract: Based on the background of the green construction of shield waste slurry treatment during the construction of a project, this article analyzes the current green construction of large-diameter shield tunnel slurry treatment in China. Combined with the geological situation of Qing Hua Yuan tunnel project of Beijing-Zhangjiakou high-speed railway, and comprehensive analysis of the waste slurry from centrifugation, filter press and other treatment methods, the waste slurry is treated with zero discharge and pollution-free. It provides a reference for the subsequent large-diameter shield tunnel slurry treatment plan, and provides ideas, which achieve "high efficiency, energy saving and zero emission" in waste slurry treatment during shield construction.

Keywords: large shield; mud; treatment; energy saving

1 工程地质情况

DK13+610~DK18+200 采用盾构法施工,地基持力土层主要为②粉质黏土、③卵石土、③₂粉砂、③₅粗砂、④粉质黏土、④₅中砂、⑤卵石土、⑤₁粉质黏土,局部为粉、细砂。



图1 京张铁路1标施工线路平面布置图

2 废浆量计算

2.1 地层颗粒分析

根据地质资料及取样颗粒统计如下表所示。

表1 地层颗粒分析表

序号	地层	>2	2~0.075	0.075~0.045	0.045~0.02	<0.02
1	粉细砂	0.47	22.33	22	27	28.2
2	粉质黏土	0	5	15	21	59
3	卵石土	45	15	16.37	10	13.63

根据实验室取样颗粒修正数据

2.2 废浆量计算

DK18+200~DK17+600,盾构始发井到成府路方向,地层主要为粉质粘土,长约600m;根据上述颗粒分析及物质平衡计算,粉质粘土每米废浆量约162m³,废浆总量约97200m³;DK17+600~DK14+900,地层主要为卵石土、粉质粘土,含少许粉砂,长约2700m,其中卵石土占比9/10,粉质粘土占比1/10。折合该区间卵石土2430m,粉质粘土270m;根据上述颗粒分析及物质平衡计算,卵石土每米废浆量约34m³,卵石土废浆约82620m³;粉质粘土每米废浆量约162m³,粉质粘土废浆约43740m³;废浆总量约126360m³;DK14+900~DK14+450,地层主要为粉细砂,长约450m;根据上述颗粒分析及物质平衡计算,粉砂每米废浆量约73m³,废浆总量约32850m³。

3 废浆处理工艺

3.1 废浆处理工艺

废浆处理工艺流程如下图所示。

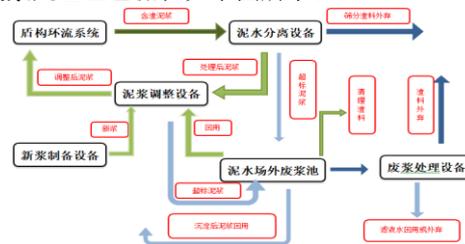


图2 废浆处理工艺流程图

3.2 废浆处理方案-离心机处理

(1) 离心处理平面布置：离心处理平面布置图如下图所示。

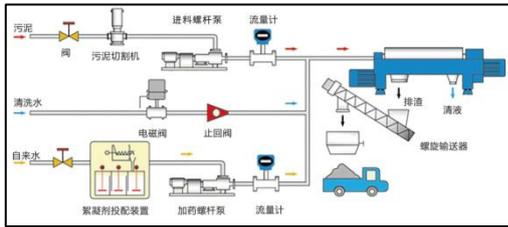


图3 盾构废浆离心处理平面布置图

(2) 离心处理组成：进料泵、进料电磁流量计、加药泵、加药电磁流量计、离心机主体、絮凝剂制备投加系统、溶解水系统、螺旋输送系统、PLC控制系统组成；该系统采用中控操作、人员巡检方式运行可完全实现全自动无人值守作业，为项目大大减少人力投入。

(3) 离心处理流程：泥浆收集（根据液位信号自动启停补浆泵）→启动离心设备（中控室直接操作）→进浆泵运行（根据离心效果及电流量自动调节进浆量）→加药泵运行（通过实验得出单位加药量，使加药泵根据进浆量自动变频调节）→液相端排出清水（可实现清水回用或直接外排）→固相端排出废渣（排出废渣含水率为40%-45%，完全能够满足外运条件）→冲洗水。

(4) 离心机结构：转鼓：转鼓通过高速旋转，产生离心力，使混合液体产生固液分离；转鼓由直转鼓和锥转鼓组成，锥转鼓设计成大锥角形式，可有效控制出渣含水率；转鼓材质选用具有耐腐蚀的304不锈钢。

螺旋：转鼓内部的螺旋通过与转鼓的差速，把转鼓壁上的干渣推送到出渣口。

差速器：差速器形式为渐开线行星齿轮传动差速器；差转速控制在5-15rpm。

计算如下：

$$\Delta n = \frac{\Delta_{主} - \Delta_{辅}}{i}$$

式中：Δn=差转速；

Δ主=主皮带转速；

Δ辅=辅皮带转速；

i=差速器速度比。

卧式离心机简图如下图所示。

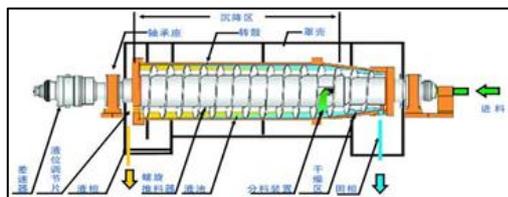


图4 卧式离心机简图

(5) 离心机系统技术

离心机系统技术参数表如下表所示。

表3 离心机系统技术参数表

主部件名称	细目部件名称	参数	
盾构废浆处理系统（离心）	设备型号	YYY-800	
	设备数量	1套	
	设备装机功率	约240kw	
	设备总重量	约18t	
	设备外形尺寸(长×宽×高)	4.1m×2m×1.32m	
	设备性能	装机功率	197kw
		主电机功率	132kw
		副电机功率	45kw
		进浆泵	15kw
		加药泵	5.5kw
废浆处理能力		进浆 1.4g/cm ³ 40m ³ /h	
絮凝剂制备投加单元		Q=40m ³ /h, 35kw	
电气	仪器、仪表（均选用国际知名品牌）	24v 供电 4~20ma 输出	
	电气部件	西门子、ABB、施耐德	
注：该系统只需现场提供泥浆储备池、自来水、电源即可。			

离心设备实物图见下图所示。



图5 离心机设备实体图

(6) 离心处理成本分析

成本计算依据：工业用电1.50元/度，人工200元/天（每台设备只需要配备1人即可）。根据离心设备配置，每方泥浆处理成本如下：水电费约为10.275元/方、人工0.25元/方、药剂费用5.95元/方，综合每方泥浆处理成本约为16.475元/方。

(7) 京张、京沈隧道项目离心处理效果

京张、京沈隧道项目离心处理效果如下图所示。



图6 京张、京沈项目现场处理照片

3.3 废浆处理方案-压滤设备处理

(1) 工作流程

压滤设备的主要作用为固液分离，产生清水及泥饼。

压滤系统主要由隔膜压滤机、空压机及冷干机、进浆泵及控制系统等组成。

泥浆处理步骤：进浆→压滤→排水→隔膜压榨→吹气脱水→卸料→管路冲洗。

③本系统设置了中控室，将系统动力柜与控制柜放置其中，系统具备 PLC 中控系统和手动、半自动控制，能对进浆、压滤、吹风、卸料等过程进行控制，能够避免外界不良气候条件对电气元件的影响。压滤机工作流程如图 7 至 11 所示。

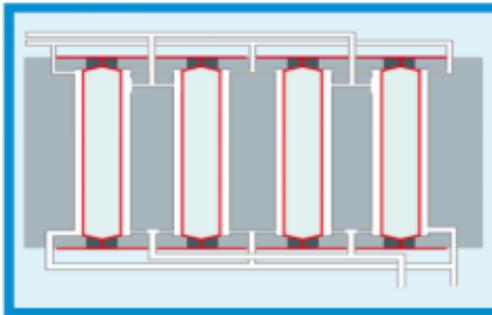


图 7 压紧滤板

压紧滤板：主液压缸动作，连杆带动移动板，相邻两滤板形成滤室。

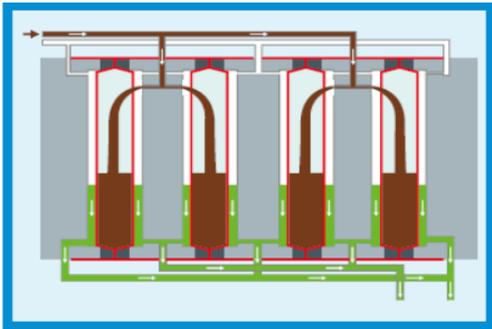


图 8 压滤

压滤：隔膜泵将料浆通过料浆集流管注入滤室，继续对滤室内的料浆施压，进行压滤形成固液分离。

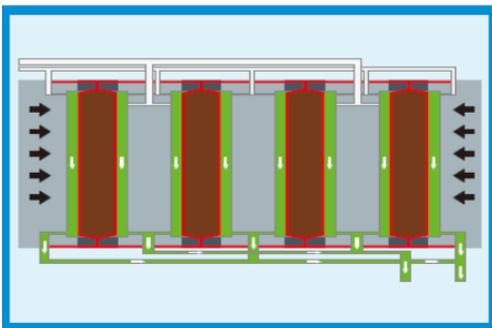


图 9 挤压

挤压：主液压缸再次动作，使移动板进一步挤紧滤室，由于滤板四周的橡胶密封条可变形，因此滤室内的滤饼厚度变薄，用机械方式挤压出滤饼中的剩余水分。

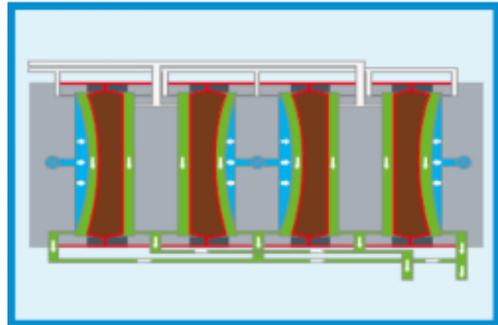


图 10 隔膜压榨

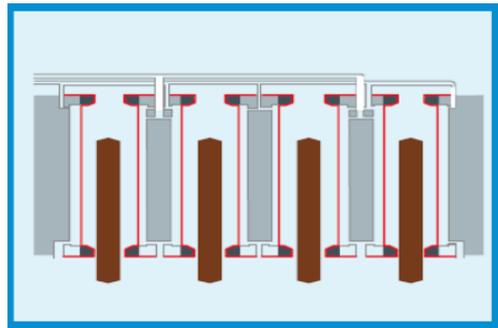


图 11 卸饼

卸饼：主液压缸通过连杆作用，将移动板推至远端并打开第一组滤室，然后利用液压缸依次打开剩下的滤室，卸下滤饼。

(2) 压滤设备特点

①全部压滤流程均为 PLC 自动控制，自动进行压滤流程切换；

②压滤后渣料含水率可低至 30%，可以直接装车外运。压滤后回收的清水直接回调浆池与二级旋流后的泥浆混合，使比重还原到进泥所需之值。现场采集的滤饼含水率约为 30%~35%，现场采集的滤液水固含率 $\leq 2\text{g/L}$ 实物图如下图所示。



图 12 现场滤饼实物图

(3) 废浆压滤处理成本分析

成本计算依据：工业用电 1.50 元/度，人工 200 元/8 小

时。根据压滤设备配置，每立方泥浆压滤成本组成如下：水电费 14.36 元/方、设备耗材 2 元/方、人工 1.10 元/方、泥浆改良费 5.6 元/方，综合每立方泥浆压滤成本平均 23.06 元。

(4) 压滤系统技术参数

压滤系统技术参数表如下表所示。

表 4 压滤系统技术参数表

主部件名称	细目部件名称	参数	
废浆处理系统 (压滤)	设备型号	ZXYL-60	
	设备数量	1 套, 配备 4 台套压滤机	
	设备装机功率	约 800kW	
	设备总重量	约 300t	
	设备外形尺寸(长×宽×高)	单元压滤机 13.69m×3.72m×2.39m	
	单元压滤机设备性能	装机功率	21.5kW
		滤室总容积	12m ³
		过滤面积	600m ²
		滤板规格/数量	2000×2000mm/86
		脱饼出渣能力	14m ³ /h
	废浆处理能力	进浆 1.4g/cm ³ , 28m ³ /h	
	压滤进浆单元	4 台套, Q=180m ³ /h/75kW	
	压榨单元	2 台套, Q=13.6m ³ /min, P=1.3MPa/110kW	
	压滤罐进浆泵	Q=300m ³ /h, 55kW	
	助滤剂制备投加单元	Q=100m ³ /h, 15kW+15kW	
	絮凝剂制备投加单元	Q=50m ³ /h, 15kW+11kW	
滤液水输送单元	Q=150m ³ /h, 11kW		
钢制泥浆罐单元(含搅拌装置)	罐体 4 套, φ5m×8m, 搅拌 4×15kW		
电气	流量检测仪器	DN80, 220V 供电, 4-20mA 输出	
	超声波液位计	贝尔福	
	关键电气部件	西门子	

注: ①废浆泵入废浆池; 废浆池根据场地可做混凝土池也可做 1000 立方钢制罐体。
 ②配电接口: 一次电缆由买方提供到卖方主配电箱, 主配电箱及以下的配电箱、开关箱、各种分配电缆全部由卖方提供。
 ③所有浆池及设备安装基础的土建工程及预埋件均由买方制作完成。
 ④方案局部调整时, 装机装机功率将略有调整。

4 废浆处理方案综合效益对比

4.1 离心、压滤处理特点对比

两种废弃泥浆处理均有各自的特点, 从占地面积、设备投入费用及处理效率综合对比如下:

(1) 一次性投资成本: 离心与压滤设备一次性投入基本相同, 但离心设备每小时处理能力高于压滤处理, 离心处理量 35~40m³/h, 压滤处理量 20~28m³/h。

(2) 占地面积: 一台 XYY-800 型离心机占地约为 9m², 一台板框的占地面积约为 60m² 比离心机大的多, 经过对比离心更适用于场地较紧缺的项目, 节约使用场地, 更加适用。

(3) 操作: 离心机能实现自控控制进出料, 工人工作强度低。压滤机不能连续工作, 劳动强度大, 操作也很麻烦。

(4) 工作环境: 离心机, 工作环境好, 室内清洁;

(5) 维护: 离心机易损件是轴承, 整台设备为钢结构, 易磨损部位加衬钨钢, 保证设备质量。压滤机滤布、板框等易损坏。

(6) 外排: 离心设备处理所排出干渣经过简单晾晒可直接外运填满或另做他用, 处理清水可直接用于生产回用或直接外排; 压滤产出渣土内含有石灰如果直接填埋会对土壤造成破坏, 处理清水内含石灰残留显碱性, 直接外排会对环境造成二次污染。

5 总结

离心机是继压滤机和带式压滤机之后, 又一代新型先进的泥浆脱水设备, 在国外早已是泥浆脱水的首选设备。它与压滤机和带式机相比, 有着物美价廉、适应性强、高效节能、节省空间、质量可靠、性能稳定、安装操作方便等独特优点。以上是依托京张铁路清华园隧道项目实践的总结, 该项目所使用离心设备对盾构施工废浆处理能力的总结, 为后续陆续开始的大直径盾构隧道泥水废浆处理方案提供参考, 提供思路, 离心设备在今后盾构施工过程中能更好的实现“废浆处理高效率、零排放”, 避免对周边施工环境污染, 符合当今社会对环保意识、环保标准日益增高的主流流。

[参考文献]

- [1] 薄利. 泥水处理技术在泥水盾构隧道施工中的应用[J]. 隧道建设, 2007(6): 66-70.
 - [2] 顾国明, 陈卫平. 大直径隧道盾构泥水处理系统的节能环保技术[J]. 建筑机械化, 2009, 30(10): 76-79.
 - [3] 王朝辉, 曹征科, 唐守才. 盾构机泥水循环专用控制系统设计[J]. 工程机械, 2009, 40(8): 36-40.
 - [4] 臧小龙. 新型泥水分离处理系统在盾构隧道施工中的应用[J]. 建筑机械, 2012(23): 122-124.
 - [5] 张凤祥, 傅德明, 杨国祥, 等. 盾构隧道施工手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2017.
 - [6] 项兆池, 楼如岳, 傅德明. 最新泥水盾构施工技术[M]. 上海: 上海隧道工程股份公司, 2001.
 - [7] 周永攀. 北京地区卵石地层土压平衡盾构法施工土体改良技术研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2012.
 - [8] 陈树青, 李仕兵, 曹国赞. 等. 盾构为地铁开路[N]. 中国铁道建筑报, 2007-03-26(3).
 - [9] 沈建奇. 盾构掘进过程数值模拟方法研究及应用[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- 作者简介: 赵斌(1983-)男, 南京人, 本科毕业于石家庄铁道大学, 主要从事盾构隧道相关工作。