

# 超深基坑止水帷幕 TRD 与防渗墙工法对比分析

易智宏, 贺 浩

(武汉地质勘察基础工程有限公司, 湖北 武汉 430072)

**摘要:**重点从成本、工效、抗渗质量、环保、耗材等方面对 TRD 工法墙和成槽机施工的防渗墙做了详细的对比分析论证,认为在相同条件下防渗墙整体优于 TRD 工法墙,是一种先进可靠的防渗工艺,值得在超深基坑侧壁及坑底止水方面大力推广使用。

**关键词:**超深基坑;TRD 工法墙;成槽;防渗墙;止水帷幕

**中图分类号:**TU473.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)12-0082-03

**Comparison Analysis on Water-stop Curtain Methods of TRD and Cut-off Wall for Ultra Deep Foundation Pit/YI Zhi-hong, HE Hao** (Wuhan Geological Prospecting & Foundation Engineering Co., Ltd., Wuhan Hubei 430072, China)

**Abstract:** The comparison analysis is made in detail on the wall by TRD method and cut-off wall by slot machine in construction cost, work efficiency, anti-seepage quality, environmental protection and consumptive material. The results show that cut-off wall is better than TRD method wall under the same conditions, which is an advanced and feasible waterproof construction technology and deserves popularization and application in the ultra deep foundation pit waterproof.

**Key words:** ultra deep foundation pit; TRD method wall; trenching; cut-off wall; water-stop curtain

## 0 引言

目前,在超深基坑支护设计工程中,对于支护结构和止水帷幕,大多采用 2 种方法,即支护与止水帷幕相结合和围护与止水帷幕独立存在的模式<sup>[1]</sup>。作为支护与止水帷幕相结合的形式,较多的采用“两墙合一”地连墙<sup>[2]</sup>,直接截断坑底承压水,做到支护与止水合二为一。作为支护与止水帷幕独立存在的形式,支护结构仅作侧壁挡土用,不具备止水功能,而将侧壁与坑底止水交由支护结构外侧落底帷幕完成<sup>[3]</sup>。从众多深基坑工程案例来看,止水效果更为良好、对周边环境影响更小的方式应是支护结构与止水帷幕各自独立存在的形式。

国内超深基坑工程帷幕止水应用较多的工法主要有深层搅拌桩止水工法、TRD 水泥土连续墙止水工法、成槽机施工的塑性混凝土防渗墙工法。

深层搅拌桩止水工法的表现形式较多,但由于设备的施工能力存在局限性,绝大多数有效施工深度仅 26 m 左右,很难进入不透水的基岩,不能有效截断承压水,基坑开挖时难以避免坑底管涌或突涌,没有形成真正意义上的止水帷幕<sup>[4]</sup>。一旦出现突涌,将给周边环境和项目本身造成无法估量的损失。

另外,近年出现的 MJS 高喷桩和 CSM 工法水泥土墙,均由于适应性、价格、工艺成熟性等原因,还存在相当局限性。

对于 TRD 工法墙止水帷幕,比较适合在软土层、砂层施工,对卵砾石、强风化岩层,施工工效较低。TRD 能施工至不透水层,可有效隔断坑底承压水<sup>[5]</sup>。采用该工法施工,可形成一道厚度 450 ~ 850 mm 的连续均匀的无缝水泥土墙,墙体匀质性和抗渗性能较好。但由于设备本身比较昂贵,单台套达到 1500 万元以上,且施工成本高昂,应用前景仍有较多争议。

根据抗渗止水截水原理,可采用成槽机施工的塑性混凝土防渗墙工法。目前国内大部分水库堤坝、沿江沿河的防渗芯墙、地铁站端头井防渗等大都采用此法。该工法采用成槽机成槽,适应各种地层,成墙厚度 300 ~ 1000 mm,深度可达强风化岩层。对于墙体之间的连接,多采用接头管法、切削法、桩柱平接法<sup>[6]</sup>。该工法工艺成熟,施工简便,防渗性能优越,质量可靠,造价相对 TRD 工法要低很多,是一种非常具有应用前景的工法<sup>[7]</sup>。

在超深基坑止水隔渗效果方面,由于 TRD 和防

收稿日期:2016-02-24; 修回日期:2016-09-09

作者简介:易智宏,男,汉族,1974 年生,高级工程师,从事地基与基础工程施工技术研究与管理,湖北省武汉市武昌区八一路 463 号,67157414@qq.com。

防渗墙的止水深度和止水效果均优于普通的深层搅拌桩。在设计基坑帷幕时,对这2种工法如何选择呢?现以常用的700 mm厚度的TRD工法墙和600 mm厚度的塑性混凝土防渗墙为例,重点对此2种工法作对比分析。

## 1 成本对比

### 1.1 TRD等厚水泥土工法墙

作为止水帷幕,TRD工法墙设计参数一般为:水泥掺量(质量比) $\leq 25\%$ ,水泥为P.O 42.5普通硅酸盐水泥。另每立方米被搅土需掺入约100 kg膨润土,墙体28 d无侧限抗压强度标准值 $\leq 1.0$  MPa。施工所需基本设备有:

- (1) TRD主机;
- (2) 自行式履带吊(80 t以上)1台;
- (3) 泥浆泵 $20 \text{ m}^3/\text{h}$ (340 L/min)以上2台;
- (4) 空压机 $5 \text{ m}^3/\text{min}$ 以上1台(大深度施工时 $10 \text{ m}^3/\text{min}$ );
- (5) 挖掘机 $0.5 \text{ m}^3$ 以上1台(挖掘导向槽,处理废浆用);
- (6) 高压水枪30 L/min以上2台;
- (7) 铺设钢板14号钢板15 mm厚(根据场地情况使用),需铺设3层。

不考虑其他机械成本,其每立方米机械及材料成本计算如下:

$$1000(\text{机械费中含} 80 \text{ t履带吊与挖掘机费用}) + 1 \times 25\% \times 1800 \times 300/1000(\text{水泥按} 300 \text{ 元/t算}) + 100/1000 \times 300(\text{膨润土按} 300 \text{ 元/t算}) + 50(\text{用电量}) = 1215 \text{ 元}/\text{m}^3。$$

### 1.2 成槽机施工防渗墙

成槽机施工防渗墙所需基本设备有:

- (1) 成槽机;
- (2) 汽车吊(16 t以上)1台;
- (3) 泥浆泵 $20 \text{ m}^3/\text{h}$ (340 L/min)以上2台;
- (4) 挖掘机 $0.5 \text{ m}^3$ 以上1台(挖掘导墙、处理废浆用)。

在不考虑其他机械成本情况下,每立方米机械及材料成本计算如下:

$$200(\text{机械费}) + 250(\text{塑性砼材料}) + 100(\text{导墙}) + 30(\text{泥浆}) + 40(\text{砼灌注}) + 10(\text{用电量}) = 630 \text{ 元}/\text{m}^3。$$

### 1.3 对比

通过数据分析,两种工法直接成本对比结果为: $1215/630 = 1.93$ ,由此可见,TRD单方成本约为防渗墙的2倍。

## 2 工效对比

对于墙深40 m、墙厚700 mm,TRD横向成墙工效为水平轴线5~7 m/d。施工前,应先挖掘预备工作坑,设备组装时间需3~5 d,遇到拐角部位,还应重新将切割箱全部提出槽孔,并重新挖掘预备工作坑,每个拐角辅助工期至少5 d。一旦遇到地下障碍,必须彻底清除,因此,TRD施工速度较慢,难以保证项目工期。

而成槽机施工同样深度的防渗墙,只需在砌筑导墙后即可开始,每天可完成2幅标准槽段,每幅槽段长度近7 m,沿水平轴线可达12~14 m,且拐角部位成槽无障碍。

因此,正常施工时,成槽机施工效率至少应为TRD设备施工效率的2倍。

## 3 抗渗质量对比

TRD工法墙成墙原理为:通过链条式切割刀具,循环切削土体,将槽段内上下土体切削搅拌均匀,注入塑性水泥浆后与土体混合,形成无缝水泥土墙,墙体质量较为均匀,抗渗效果较为明显。如武汉某项目运用TRD工法成墙后,经检测,水泥土28 d无侧限抗压强度为1.12 MPa,水泥土渗透系数达到 $10^{-7} \text{ cm/s}$ 级,成墙垂直度达到1/250,各项指标均满足设计要求。

成槽机施工防渗墙,直接采用成槽机成槽,成槽后浇筑塑性混凝土,墙体材料相比TRD更加均质。塑性混凝土是以膨润土、粘土等掺合料取代普通混凝土中部分水泥制成的。与普通混凝土相比,塑性混凝土具有弹性模量低、极限应变大、适应地基变形能力强、抗渗性能好等特点。在具有上述优点的同时,由于掺有较多的粘土和膨润土,塑性混凝土的强度较低,其28 d立方体抗压强度一般为1.2~3.0 MPa,渗透系数 $< i \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ ,渗透破坏比降可达300以上。墙段连接是该项技术的关键之一<sup>[8]</sup>。目前墙体连接应用较多的方法主要有:接头管法、切削法、桩柱平接法。如湖北某长江堤防防渗墙项目接头采用接头管法,江西某水库防渗墙项目接头采用切削法,两个项目均采用成槽机成槽,成墙后经检

测,其塑性混凝土 28 d 无侧限抗压强度达到 2.3 MPa,土体渗透系数 $\leq 2.61 \times 10^{-7}$  cm/s,墙体垂直度达到 1/250,各项检测指标均满足或超过设计要求。

而一般深基坑止水帷幕的渗透系数达到  $10^{-6}$  cm/s 级即满足要求,由此可见,TRD 工法墙和成槽机防渗墙均能完全满足深基坑抗渗止水要求。

#### 4 环保对比

TRD 工法墙成墙过程中置换出来的浆液需设置较大场地储存,通过进一步固化后外运弃置,固化过程较为复杂,需时较长。由于施工原材料原因,TRD 工法墙需在项目现场配置制浆后台,存在一定的水泥粉尘污染,需要采取相应的降尘措施。

而成槽机防渗墙置换出来的渣土经过简单沥水后即可直接外运弃置,塑性混凝土是通过商品混凝土供应站集中生产,现场无粉尘污染,环保优势更为明显。

#### 5 临水临电对比

TRD 施工用水量约  $600 \text{ m}^3/\text{d}$ (按 1 台套设备考虑)。

TRD 施工用电量约 750 kW,其中 TRD-D 型主机部分约 500 kW,动力源为油电混合形式;全自动拌浆系统约 250 kW。

项目施工用电配备要求为:每台套 TRD 设备施工,应单独配备一个不小于 630 kVA 的变压器,或单独配备一个不小于 400 kW 的发电机,确保 TRD 连续施工。考虑 TRD 施工的连续性,以及避免由于施工过程中断电造成机械事故,现场应配备一套 600 kW 专用发电机组,以作备用。

成槽机施工时,由于设备自带柴油动力,施工时仅在泥浆制备和塑性砼灌注时需要电力,一般用电量有 150 kW 足够,用水量为  $100 \sim 200 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

故从用电量对比分析,TRD 工法墙施工耗电量为成槽机施工防渗墙耗电量的 3~4 倍,用水量为成槽机施工的 3 倍左右。

#### 6 结语

作为超深基坑防渗止水截水工法墙,通过上述经济技术对比分析,在相同条件下,成槽机施工的防渗墙具有比 TRD 工法墙较为明显的优势。该工法工艺成熟,在超深基坑隔渗止水方面,施工速度快,抗渗性能优越,造价低廉,绿色环保,具有鲜明的特点,是一种值得各设计和施工单位大力推广的优秀工法。

#### 参考文献:

- [1] 易智宏,曾纪文.深基坑支护地连墙设计中的几点思考[J].岩土工程学报,2014,36(S1):138-140.
- [2] 易智宏,曾纪文,黄安.地下连续墙“三合一结构”的施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(8):51-53.
- [3] 易智宏,赵建平,汪应朝,等.深异型地下连续墙施工技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(11):44-50.
- [4] DB 42/T 159—2012,基坑工程技术规程[S].
- [5] JGJ 120—2012,建筑基坑支护技术规程[S].
- [6] DG/TJ 08-2073—2010,地下连续墙施工规程[S].
- [7] 李小刚,易智宏,李莉萍.地下连续墙施工中泥浆的合理使用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(2):15-17.
- [8] 易智宏,李小刚.地下连续墙施工技术难点探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(4):10-12.
- [9] 张鹏,李清富,黄承奎.塑性混凝土抗压强度试验研究[J].工业建筑,2007,37(1):73-76.