

临水域软土地区超大深基坑的分区水冲 开挖技术初步研究

张弛¹, 龙莉波¹, 柴玮琳¹, 国文智¹, 张松²

(1.上海建工二建集团,上海市 200080; 2.上海建工集团,上海市 200080)

摘 要:在软土地区,尤其是在临近水域处,超大深基坑开挖施工可运用水力冲挖法。依次介绍了水冲法的工艺原理、特点、方案、流程,以及设备和人员配置情况。文中以超大深基坑分区后的某单块基坑为例,分析了水冲法和传统机械开挖的效率,测算了经济成本,归纳出可能的技术问题,并提出相应的解决方案。经对比分析可知,水冲法非常适合临近水域的超大基坑的开挖,可应用在诸如大型机场航站楼在内的大型基坑的开挖。

关键词: 临水域软土地区; 超大深基坑; 水冲法; 分区开挖

中图分类号: TU755.2

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2021)07-0184-04

0 引言

在不停航(飞机)机场建设的新要求下,超大基坑的传统机械开挖势必需要大量土方车辆的进出,存在破坏新修道路和管线的重大隐患。长距离皮带运输过程中,常发生机械故障,极可能达不到基坑支撑施工所需的每层出土量的要求。本文旨在探讨通过分区水冲开挖的方式,解决开挖超大基坑时大量土方的出土问题,以及大量土方车运土时带来的对周边道路破坏的问题。

1 工程概况

浦东机场 T3 航站楼位于原 T1、T2 航站楼和卫星厅南侧,南至围场河,见图 1。该基坑开挖体量巨大,并且下雨会淋湿基坑,使得土方潮湿,增大了基坑开挖难度。回填区域的土地平整难度高,且传统的土方开挖与运输方法会导致道路被大型车辆压坏。

2 地质条件

场地受两条古河道切割,最大切割深度达 65 m。浦东机场 T3 航站楼和交通中心主要受南侧古河道影响,古河道切割区域对围护结构受力和变形控制,以及主体结构沉降控制不利。本工程普遍区域在 30 m 以下分布有深厚的第⑦层粉性土、砂土,为承压含水层,局部受古河道切割的第⑦层层顶起伏大。

收稿日期: 2020-12-08

作者简介: 张弛(1985—), 男, 博士, 工程师, 从事施工技术管理工作。

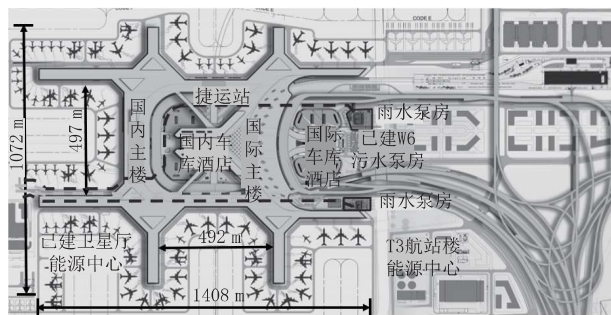


图 1 浦东机场 T3 航站楼平面图

按承压水水头埋深为 3 m 进行估算,承压水稳定临界开挖深度约 12.7 m。基坑面积巨大,且大部分区域不满足承压水稳定要求,需要进行大范围 and 长时间降压。场地内第⑧层土缺失,下部第⑦、⑨层承压含水层连通,帷幕难以隔断,见图 2。

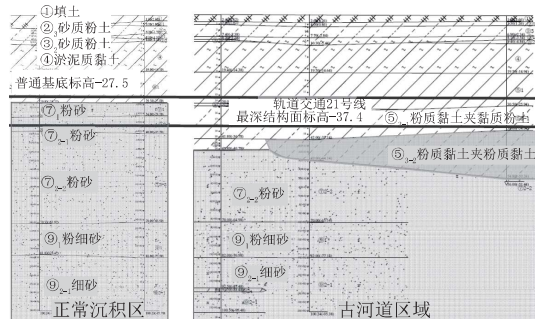


图 2 浦东机场地质土层情况

3 施工工艺

3.1 原理

通过高压泵水流产生压力,使用水枪采用高速水柱将土体切割、粉碎后土体将会发生湿化、崩解现象,使泥浆和泥块混合,当足够均匀后,采用泥浆泵及其

输泥管将其吸送至回填区的泥库^[1]。喷枪冲水压力一般达到 0.6 MPa 以上,冲击水力与开挖面呈 30°~60°冲向土体,与泥浆泵位置呈扇形,集中抽取,外排。冲挖至基底标高,可以用打入式钢管,纵横向拉线来测量控制。要控制被冲击土体的高差,一般不宜大于两米,施工人员要与潜在的塌落土体保持一定的安全距离^[2]。

3.2 流程

首先,做好施工准备(包括技术准备、施工设备准备,和人员配备等);第二步,引水蓄水(引可用的水源,通过管线送至现场冲土点);第三步,采用高压泵冲泥(高压泵稀释采泥点砂浆,使泥浆水含土率控制在 20%~25%);第四步,泥浆泵、接力泵输送(泥浆泵采稀释后的砂土,由管线输送至储砂池);最后,泥库排泥、沉淀排水,实现水、土的再次利用,满足线路末端泥库的循环供水,以及围区造土的需要,以及相应的环保要求^[3]。

3.3 工艺特点

与传统的挖机或抓斗配合运输车辆或传送带的挖土与运土方式比,水冲法的土方开挖与运送方法有这样一些特点:

成本低:水冲法引用周边的河水、降水,和析水可重复利用;静置后的泥土可用作回填土;施工设备简单,有效降低成本;

工期短:与传统的机械开挖相比较,水冲法在保证工程质量的前提下,大大缩短了工期,且不受雨天影响施工(特大暴雨除外),有较好的经济效益;

污染小:水冲法采用的高压泵、泥浆泵等均为清洁无污染的设备;水资源可实现循环利用;与机械开挖相比,改善了劳动作业条件,不受交通道路影响;符合可持续发展以及建设节约型社会的方针需要,具有良好的社会效益。

3.4 方案

水力冲洗法挖土,每层土遵循“从中央到四周”的盆式开挖顺序原则,分区跳仓开挖、充分利用水冲法开挖与运送泥浆,以期达到减少基坑最大开挖深度的暴露时间,以及防止基坑侧壁发生过大变形。首层土采用常规机械开挖方式施工,上层砂质土区域(-2~-8.8 m)直接采用水力冲洗法挖土,下层粘土区域(-8.8~-29.5 m)采用挖机松土结合水力冲洗法挖土,见图 3。

本工程中,基坑开挖处与回填区泥库距离较远。根据建设用地的实际情况,以及场地外的用地情况。



(a)吹砂管与泥浆泵 (b)基坑内水冲设备与挖机协同工作

图3 水力冲洗法挖土

泥浆输送管道路线初步形成三个备选方案(见图 4)。



(a)方案一



(b)方案二



(c)方案三

图4 泥浆输送管道路线

方案一:路线总长 8 km,其中 0.9 km 位于自贸区内,需与自贸区单位协商。每套吹砂设备管道需设置 3 台柴油接力泵,24 套吹砂设备管道需设置 72 台柴油接力泵(管线无电源考虑);

方案二:路线总长 8 km,其中 1.1 km 侵入机场围界,需与机场单位协商,退围界。每套吹砂设备管道需设置 3 台柴油接力泵,24 套吹砂设备管道需设置 72 台柴油接力泵(管线无电源考虑);

方案三:路线总长 17.6 km。每套吹砂设备管道需设置 10 台柴油接力泵,24 套吹砂设备管道需设置 240 台柴油接力泵(管线无电源考虑)。

水冲法的中端管线在排布时,要兼顾经济性,安全性,以及效率。路线的选择需要在可利用的场地内,同时尽量保证节约管材。在无法保证接力泵电缆供电时,采用柴油发电机供电。水冲法运输初步形成两个备选方案:

方案一配置:依据每天约输送 4 万 m^3 左右/d 产量要求,本工程拟采取铺设 13 条管路,其中每条管路配置如下:一根直径 400 mm 的 PE 管,1 台泥浆泵(350 kW),配备 7 台清水泵(50 kW),以及 4 台泥浆泵(350 kW 电动增压泵),一套设备一天 24 h 能出 3 000 m^3 砂性土,需水量 10 000 m^3 ;350 kW 电动泥浆泵开挖超过 15 m 时,扬程和动力不足,因此拟考

虑在基坑深处须采取 350 kW 泥浆泵,半程接力输送至地面处约 500 m 处的位置。再设置 4 台 350 kW 增压泵输送至 8 km 外的弃土场地;

方案二配置:每条管路采用一根直径 450 mm 的 PE 管,1 台泥浆泵(450 kW),配备 3 台清水泵(75 kW),以及 4 台泥浆泵(620 马力柴油动力增压泵或 450 kW 电动增压泵),一套设备一天 24h 能出土 6 000~8 000 m³ 砂性土;设计选用 4 台 450 PNS-50 增压泵接力输送,第一台泵输送至基坑顶部约 200 m 后,剩余三台泵平均接力进行输送至约 8 km 外的弃土场地。其中基坑内的排泥浆的泵采用电动方式,基坑以上 4 台增压泵拟采用柴油泵(考虑线路较长,接电不方便的情况下采用柴油泵)。

针对不同的开挖宽度与深度,需要匹配不同功率的泵。比如,较小功率的泵在开挖较大深度时候,所匹配的扬程和功率难以泵送泥浆到开挖的坑外。此外,泥浆泵与接力泵之间的功率也需要很好的匹配与协同工作。例如 450 PNS-50 泵(性能参数:流量为 2 200 方/小时;扬程为 50 米;转速为 730 转)配套 620 马力(潍柴 6170 型)柴油机;配套 400 型(速比 2:1)齿轮箱;出口配套 450 PE 管道。350 kW 泥浆泵工况布置见图 5。

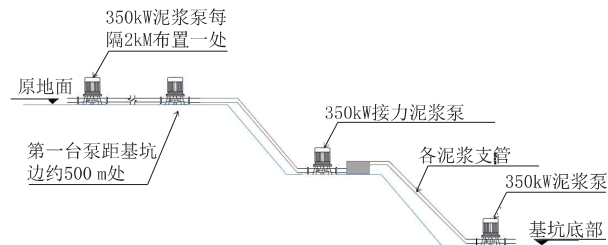


图5 350 kW 泥浆泵工况布置图

3.5 设备及人员

浦东 T3 项目现场实际布置基坑分坑较多,计划 1 万 m² 以下基坑采用 1 套吹砂设备和 1 台泥浆泵;而 1 万 m² 以上基坑则配备 2 套吹砂设备,和 2 台泥浆泵。

以单个 1 万 m² 以下基坑的配置为例,一套设备出土量:800~850 m³/h,设备人员配置见表 1(管道路线总长 8 km,人员三班制)。现场用电量总计 18 288 kW/h,用水量总计 20 400 m³/h。

4 效益分析

超大深基坑开挖中,水冲法的出土需要考虑基坑的分区情况与顺、逆作的施工工艺。相比于人工挖土、机械挖土效率更高,更经济^[4]。

表 1 设备与人员配置

序号	设备名称	数量	功率/型号	人员/人	总计设备	总计/人	时间/h
1	泥浆泵/台	1	330 kW	21	24	504	24
2	高压泵/台	1	132 kW	3	24	72	24
3	电力接力泵/台	1	300 kW	12	24	288	24
4	柴油接力泵/台	3	300 kW		72		24
5	管线/km	8	管径 400 mm	18	192 km	216	24
6	挖机/台	1	220 型	3	24	72	24
总计				57		1 152	

注:h:小时;高压泵:850 m³/h;管线:管线长度按从基坑边到围区的距离 8 km 为准。

水力冲挖法:报价(不含税金)包含:土方冲挖费、泥浆运输(接力泵及管线)费、供水费、泥库费、管理费、利润、人工费、机械费(含挖机)、电费、柴油费、抽水费,和蓄水费。

卫星厅土方分包单价约为 33 元/m³。航站楼 T3 基坑超深,运距也远,土方产生的费用增加。

4.1 成本对比

水力冲挖与机械挖土经济性对比见表 2。

表 2 水力冲挖与机械挖土经济性对比

	水力冲挖法价格 (8 km)	水力冲挖法价格 (19 km)	挖土与运输 价格
单价	取围场河水不计 水费 26 元/m ³	取围场河水不计 水费 43.5 元/m ³	50 元/m ³

4.2 工期对比

以面积为 25 000 m² 的基坑为例,一层土按 4 m 挖深考虑,机械挖土效率为 5 000 m³/d,使用 2 套吹砂设备采用水力冲洗结合机械挖机,松土效率为 8 000 m³/d。采用“从中央到四周”的盆式顺序开挖(挖深越深,机械挖土效率越低;黏土区域 2 套吹砂设备效率也降低为 6 000~7 000 m³/d),见图 6、图 7。



图 6 机械开挖一层土与支撑工期图



图 7 水力开挖一层土与支撑工期图

再以基坑 A 为例,将基坑按照支撑布置,跳仓法施工(最后一块与第二批搭接施工)。第一层土按 4 m 挖深考虑,其中 3.5 m 采用 2 套吹砂设备水冲法开挖,然后采用轻水井点降水,待降水完成,土体表面

疏干后,机械开挖剩余的0.5 m土层,再做混凝土支撑,见图8。

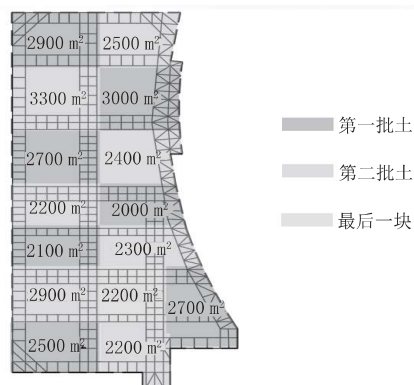


图8 基坑A水冲法施工分块图

机械开挖需要40 d工期;经过计算,分区水冲法施工需要32 d工期,可节约了8 d工期。

5 施工问题

5.1 管道过多

使用水力冲洗法挖土,每一阶段需使用吹砂设备过多,而每套设备需对应一根水管、一根泥浆管,造成场内管道过多,影响施工车辆进出。应设置抽水泵站,统一供应到每个基坑内水箱,水力冲洗高压泵从水箱抽水;场外应设置泥浆池,各基坑分管输送至场内总管,经总管流进泥浆池。最后由泥浆池统一泵送至回填区泥库。

5.2 黏土水冲效率

按照地质报告,地下4层至5层土为淤泥质黏土层、黏土层(-8.8~-29.5 m),其余为砂质土层。黏土占深基坑开挖土方量的60%。水力冲挖法目前多数用于砂性土。按经验分析,水力冲挖法用于淤泥质黏土和黏土时效率降低。可采用挖机松土,配合水冲,每套

设备效率能从2 500 m³/d提高到3 000~3 500 m³/d。淤泥质黏土和黏土可能水冲困难,需要进一步处理(例如经过储浆池搅拌处理)。坡度应合理,局部地基或需加固^[5]。

5.3 接头爆管

泥浆传送时,若接力泵压力调配不当,会导致管道接头爆管。在重要区域关键部位,管材应采用钢管或塑料热熔管(接口烫接)处理;调配经验丰富的技术人员,对接力泵调校和日常管理;调配经验丰富的巡线人员管理管线,加强日常维护,确保管线安全可靠运行。

6 结 语

临水域软土地区超大深基坑开挖,采用水冲法配合传统的机械开挖是一种有效的施工方法。在合理排布设备和人员安排下,开挖工效显著提升,且开挖成本大幅降低。同时,水冲法为机场的不停航创造了施工条件,避免了大量土方车的进出场,减少了对临建道路、栈桥、以及大量管线造成破坏的隐患;减少了对环境的污染。水冲法具有良好的经济效益和社会效益,值得推广。

参考文献:

- [1] 泮峰,周坚伟,施树江,等.瑞安人民医院急诊大楼水冲法土方开挖施工技术[J].浙江建筑,2009,26(11):62-64.
- [2] 宋培培.水冲法土方开挖施工技术应用[J].建筑科学,2012(7):191.
- [3] 朱良锋,周建军.水冲法土方开挖施工技术[J].建筑技术,2008,39(5):352-353.
- [4] 周科学.水冲法土方开挖施工技术[J].工程科技,2019(9):179.
- [5] 闫红民,江啸.水冲法在软土地区深基坑工程中的应用[J].城市道桥与防洪,2016(5):230-234.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com