

# 气举反循环技术在上海长春藤名品商厦 地下连续墙施工中的应用

唱 伟<sup>1,2</sup>

(1. 吉林大学, 吉林 长春 130026; 2. 上海宝冶建设有限公司特种工程公司, 上海 200941)

**摘 要:**上海市长春藤名品商厦地下连续墙为二墙合一的设计,对沉渣厚度和混凝土浇灌质量要求很高,采用了气举反循环清底和置换稳定液的技术,使沉渣厚度和稳定液密度大幅度降低,确保了工程质量。同时分析了气举反循环清底和置换稳定液技术存在的问题。

**关键词:**地下连续墙;气举反循环;沉渣厚度;清底;置换稳定液

**中图分类号:**TU476+.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2004)03-0017-03

## 1 工程概况

长春藤名品商厦地下连续墙工程位于上海市静安区南京西路、石门二路路口,其东南侧为上海市的三级保护建筑——德义大楼,南京西路一侧有许多地下管线、电缆等市政设施。基坑开挖深度 16.8m,围护结构的要求高、难度大。地下连续墙既作为基坑围护结构又是地下室的结构外墙,起部分承重作用,为二墙合一的设计,地下连续墙深度为 30 m。

施工技术要求高,地下连续墙设计采用十字钢板刚性接头,对槽底的沉渣厚度和混凝土的浇灌质量都有很高的要求。为此,采用了气举反循环清底和置换稳定液的技术,来确保工程的质量。

根据上海建筑设计研究院勘察处提供的工程地质勘察报告,在自然地面以下 71.5 m 深度范围内土层均为第四系沉积物,共有 9 层,墙底部在第⑤<sub>-2</sub>层上。自上而下地层的分布及力学性质见表 1。

表 1 土的力学性质表

层序	土层厚度 /m	层底深度 /m	土层名称	密度 /(g·cm <sup>-3</sup> )	空隙比	压缩系数 /MPa <sup>-1</sup>	压缩模量 /MPa	十字板抗剪强度 /MPa
① <sub>-1</sub>	0.5	0.5	杂填土	2.72				
① <sub>-2</sub>	1	1.5	黄素填土	2.73				
②	2	3.5	褐黄色粉质粘土	2.73	0.973	0.40	4.69	42.3
③	6	9.5	灰色淤泥质粉质粘土	2.72	1.179	0.64	3.08	34.0
④	4	13.5	灰色淤泥质粘土	2.74	1.395	1.14	1.97	29.7
⑤ <sub>-1</sub>	6	19.5	灰色粘土夹砂	2.73	1.167	0.73	2.82	41.7
⑤ <sub>-2</sub>	14.8	34.3	灰色粉质粘土夹砂	2.72	0.994	0.38	4.99	66.2

气举反循环工作的吸渣区域主要在第⑤<sub>-2</sub>层上,该层土质不均,夹砂较多,层面呈粉质粘土,适合于使用气举反循环工艺。

式中: $P$ ——所需空压机的最低压力,MPa; $H$ ——气水混合器的最大安装深度,m; $\gamma_y$ ——稳定液的密度,kg/m<sup>3</sup>; $\Delta P$ ——压缩空气在地面管道中的压力损失,一般  $\Delta P=0.04\sim 0.1$  MPa。

## 2 气举反循环工作参数的选择

### 2.1 空压机的压力

选定了气水混合器的最大安装深度后即可计算出所需压缩空气的最低压力:

由此可计算出所需压缩空气的最低压力  $P=0.4$  MPa。由于地下连续墙槽段底部的沉渣较厚,稳定液密度极大,考虑到形成循环系统的可靠性,拟采用  $P=0.7$  MPa 的空压机。

$$P=(H\gamma_y)\times 0.01+\Delta P \quad (1)$$

关于气举反循环中混合器最大安装深度与空压

收稿日期:2004-02-10

作者简介:唱伟(1965-),男(汉族),吉林蛟河人,上海宝冶建设有限公司特种工程公司副经理兼总工程师、高级工程师,吉林大学在职博士研究生,地质工程专业,工学硕士,从事地基与基础工程的设计与施工工作,上海市宝山区月浦四元路 168 号,(021)56645762,chw@sbmcc.com.cn。

万方数据

机风压的关系,德国萨尔吉特公司提供的数据表明:风压为  $P=0.6\text{ MPa}$  的空压机允许气水混合器的最大沉没深度为  $51\text{ m}$ 。因此,  $P_{\max}=0.7\text{ MPa}$  的空压机足以保证循环系统的正常工作。

## 2.2 空压机的风量

空气量的大小主要是取决于排渣管的内径,根据德国威尔特公司提供的排渣管内径与风量的关系,可以选择风量为  $Q_{\max}=10\text{ m}^3/\text{min}$  的空压机。

空压机的风量也可按经验公式计算:

$$Q=(2\sim 2.4)d^2v \quad (2)$$

式中:  $Q$ ——所需空气的风量,  $\text{m}^3/\text{min}$ ;  $d$ ——排渣管内径,  $\text{m}$ ;  $v$ ——排渣管内混合流体的上返速度,  $\text{m}/\text{min}$ 。

根据现场实践,  $v=6\sim 8\text{ m}/\text{min}$ ,用公式(2)校核其风量  $Q=9\text{ m}^3/\text{min}$ 。

经过以上的分析,选定空压机的型号为 W7/9

型。

## 3 施工情况

从理论上讲,空压机的压力和风量以及配备机具的各参数完全可以达到清底和置换稳定液的要求,但是由于管路连接和其它机械作用的影响,也可能出现不能形成循环的现象。另外,理论计算时选取的空压机风量、风压等工作参数都是最大值。而在实际应用中,一旦形成循环,空压机的压力会骤然减小到  $0.2\text{ MPa}$  左右,这时稳定液的上返速度只是取决于风量的大小,因此在反循环的过程中应时刻观察排渣口所排出稳定液的动能、渣量、射程等。如已完成排渣或出现异常情况应及时关闭空压机,停止循环或处理异常情况。

实践证明,在地下连续墙施工中应用气举反循环技术进行清底和稳定液置换效果良好(见表2)。

表2 气举反循环施工记录表

槽段编号	循环时间/ /min	循环初始压力/ /MPa	循环工作压力/ /MPa	沉渣厚度/cm		循环初始风量/ /( $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ )	循环工作量/ /( $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ )	槽底稳定液密度/( $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	
				循环前	循环后			循环前	循环后
E105*	10	0.6	0.2	400	10	4	5~8	1.20	1.04
E114*	9	0.6	0.2	500	20	4	5~8	1.30	1.05
E115	10	0.7	0.3	400	20	3	5~8	1.20	1.07
E119	8	0.6	0.2	400	30	5	5~8	1.30	1.10
E123*	8	0.5	0.2	400	10	5	5~8	1.15	1.05
E118*	8	0.5	0.2	400	10	4	5~8	1.20	1.06
E141	10	0.6	0.2	500	20	5	5~8	1.30	1.10
E201	9	0.6	0.3	500	10	4	5~8	1.30	1.10

注: \* 为首开幅槽段。

从表2可以看出,气举反循环的初始压力都比较大,大于理论计算值,但这些数据还是在空压机额定压力范围之内。而一旦形成正常循环后,压力就稳定在  $0.2\text{ MPa}$  左右,小于理论计算值。分析其原因,笔者认为这主要是由于形成循环之初,稳定液密度较大,并且槽底的沉渣较厚,而使反循环系统的启动较难所造成的。空压机的风量在循环初始阶段需要较小,一旦形成循环后,就可以根据排渣口的返渣情况,调节风量来控制稳定液的上返速度,一般风量控制在  $5\sim 8\text{ m}^3/\text{min}$  之间就能够满足清底和置换稳定液的需要。

## 4 使用效果

(1)从表2可以看出,采用气举反循环后槽底沉渣的厚度可基本视为零,达到地下连续墙的设计规范要求及特殊的技术要求。大大地增加了地下连续墙的承载力。

(2)稳定液的置换比较彻底。气举反循环置换稳定液的过程是排渣管在槽底抽吸沉渣的同时在槽段的上部补充稳定液,因而槽底大密度的稳定液便于被小密度的稳定液来置换,从反循环完成后稳定液的密度测试结果看,其槽底的稳定液密度可以达到新配制的稳定液水平。

(3)提高了混凝土的浇灌质量。由于经过置换后的稳定液密度较小,改善了混凝土的浇灌环境,使水下混凝土浇灌阻力减小。以往施工中由于稳定液置换不彻底,密度较大,加上槽底沉渣较厚,混凝土浇灌至顶标高时,很难将大密度稳定液返上来,导致混凝土浇灌质量差,而且地下连续墙顶部的混凝土强度无法保证。另外,地下连续墙首开幅施工结束后,常常出现首开幅底部侧面夹泥,接头管起拔刷壁后,首开幅侧面形成 X 状。这也是由于沉渣过厚,混凝土浇灌时将沉渣挤向侧面所导致的。本工程应用气举反循环技术后,基本解决了这些问题,混凝土

的浇灌质量得到了很大的提高。

(4)接头干净,便于刷壁。

(5)提高了接头的止水效果。应用反循环技术后,槽底沉渣基本不存在,克服了地下连续墙槽段间的不均匀沉降所带来的接头漏水和接头错位等问题,再由于接头夹泥的减少,保证了接头的止水效果,提高了地下连续墙的质量。

(6)对地下连续墙的槽底进行了全面清底。传统的泵吸反循环清底只能利用混凝土导管进行2~3个点的清底工作,而气举反循环则可沿槽段的走向行走,可在槽段上任何位置进行清底,实现全槽段清底、不留死角。

(7)结构简单、工艺方便、易于操作、性能可靠。

(8)工程施工成本低,无易损件、无摩擦,机具维修保养方便。辅助设备配置简单,可以用通用设备代替专用设备。

## 5 存在的问题

(1)形成工作循环的初始压力过大。根据理论计算空压机的最大压力为0.4 MPa,而形成循环的初始压力有时高达0.7 MPa。因此,尽管形成正常循环时压力较低,但还是需要选择高压力的空压机设备。

(2)气举反循环配套设备的效率较低,能量消耗较多。砂石泵的效率为0.4,空压机的效率为0.4,那么总效率仅为0.16。

(3)排渣管连接较困难。排渣管目前采用法兰连接,效率较低。今后考虑使用快速接头取而代之。

(4)吸渣口的标高难控制。由于排渣管在槽内大部分都是使用钢管,利用机械式卡位,因此,吸渣口高度的控制还需改进。

(上接第16页)

## 4 结语

在本桥的深水基础施工过程中,我们按照既定方案,并根据实际情况及时作出调整,同时加强现场管理,实现了大桥基础的优质快速完成。我们总结了以下几条经验:

(1)用同一钻机选用不同的钻头形式、钻进方式,可以很好地解决不同地质条件下钻孔施工问题,避免水上施工场地狭窄和运输、吊装不便的条件下同一桩基础施工更换钻机的麻烦,达到加快进度,节约成本的效果。

(5)稳定液管理难度较大。由于应用气举反循环技术进行稳定液的置换,因此槽底大量的稳定液被排到稳定液池中,必须要有一个较好的沉淀和再生环境,提高稳定液的管理水平,才能便于稳定液的重复使用。

(6)排渣管的堵管问题。排渣管的堵塞可分为如下几类:第一类是掺杂堵塞。在管道中,冲洗介质是一种紊流的状态,由于紊流介质的运动,各个方向掺混动量不一致,同时包围粘土颗粒周围稳定液水膜较厚,分隔作用较差,结果使粘土屑彼此之间呈随机脉冲地相互撞击而粘结成块,有可能在排渣管转弯处导致堵塞。第二类是机械堵塞。机械堵塞的内容较广,是各种机械堵塞因素造成的,如吸渣口的设计问题、地面输浆管路过长或管路弯曲曲率过小问题、大的泥团块堵塞问题、稳定液的密度过大、粘度过高问题等都是造成机械堵塞的原因。第三类是其他因素,如人工操作不当、地下连续墙槽段内掉入草袋等杂物等。

## 6 结语

在长春藤名品商厦地下连续墙工程施工中,气举反循环清底和置换稳定液的优越性得到了充分的体现。克服了传统工艺的诸多缺点,解决了地下连续墙施工中的技术难题,对地下连续墙技术的进步和发展起到了技术保障作用。

## 参考文献:

- [1] 耿瑞伦,陈星庆,等.多工艺空气钻探[M].北京:地质出版社,1995.
- [2] 李世忠,等.钻探工艺学[M].北京:地质出版社,1992.
- [3] 刘建航,侯学渊.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.

(2)对于复杂地质条件下的钻孔施工,如粉细砂地层钻孔可通过控制泥浆的性能、减少对孔壁的扰动来保持孔壁的稳定;对于泥岩地层可采用逐步扩孔的方式提高钻进速度;对于灰岩有溶洞地层的钻孔,是钻孔施工中的难题,可以根据溶洞的具体情况采取不同的方法进行处理解决。

(3)使用制式器材组拼水上龙门吊,具有安全、高效、经济的特点,作为深水基础施工的设备是可行的。

(4)作为施工围堰设备,钢套箱的浮运、下沉、水下混凝土封底是承台基础施工的重要环节之一,施工过程中应有详细可行的操作方案。