

三重管高压摆喷工艺在透水性深基坑开挖中的应用

符能松 (中铁十二局集团 第七工程有限公司,湖南 长沙 410004)

摘 要:在城市高层建筑深基坑开挖中,采用三重管高压摆喷帷幕隔水施工工艺,可消除因基坑开挖大量抽排地表水及地下水可能引起的道路下沉和周边建筑物倾斜等安全隐患。  
关键词:深基坑;三重管高压摆喷;帷幕隔水  
中图分类号:TU 94 文献标识码:B

引言

三重管高压摆喷成墙隔水施工技术是高压喷射注浆法的一种,它利用钻机成孔,然后将装有两个对称布置喷嘴的三重管置入预定地层,在提升并旋转喷嘴的同时,以 20~40 MPa 的压力将浆液和水从喷嘴中喷出,形成高压射流层,使受到冲击破坏的地层与浆液搅拌混合,形成一扇形的复合体,通过在基坑四周环形布孔,使扇形复合体首尾相接,形成一封闭体系——帷幕,从而达到隔水的目的。这种工艺应用于大坝加固较多,而城市深基坑开挖中则较为少见。

湖南省长沙市天心电子世界大厦工程基坑开挖面积 6 000 m<sup>2</sup>,开挖深度 13.5 m,基坑四周高楼林立,道路交通繁忙,基坑开挖边线距周围主要道路或建筑物 7~10 m,地层依次为人工填土、粉质黏土、中细砂、圆砾、粉质黏土和泥质砂层,中细砂、圆砾层是主要的含水层、透水层,厚 6~8 m。

为防止开挖过程中大量地下水排出,引起道路沉陷和建筑物倾斜、沉降,我们采用三重管摆喷灌浆工艺施作隔水帷幕,单排布孔,孔距 1.4 m。在开挖过程中,没有出现大的基坑外渗水,周边道路最大沉降量实测值 1.5 cm。该项目现已施工至地面以上。

1 施工工艺

1.1 高压摆喷灌浆施工工艺流程

高压摆喷灌浆施工工艺流程见图 1。

1.2 设备配置

高压摆喷灌浆的主要设备有成孔设备和高压喷射设备(见表 1),辅助设备有污水泵等。

1.3 人员配备

以一台高喷台车为一班,每班需配备 14 人,其中钻孔 6 人,浆液制备及质量检测 3 人,高喷台操作

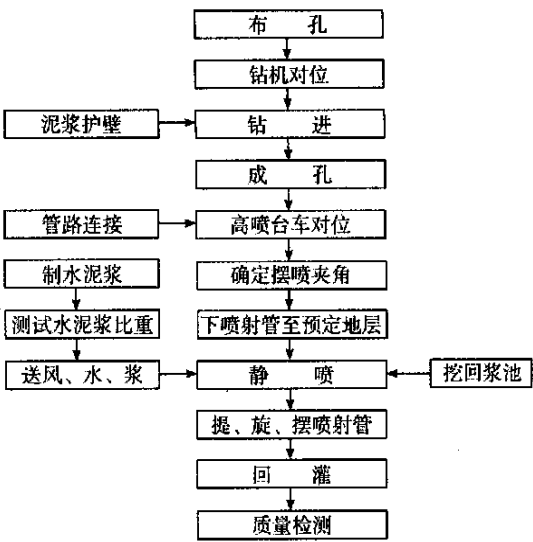


图 1 高压摆喷灌浆施工工艺流程

表 1 主要设备配置

序号	机械设备名称	型号规格	数量	用途
1	轮式高喷台车		1 台	控制喷射管旋转、提升
2	喷射管	75mm	1 根	
3	高压水泵	3D2 - S	1 台	提供高压水
4	钻机	XY - 100	3 台	成孔
5	普通泥浆泵	HB - 80/ 10	3 台	泵送护壁用泥浆
6	空压机	DVY - 6/ 7	1 台	提供高压气流
7	灌浆泵	BW - 150	1 台	泵送水泥浆
8	制浆机		1 台	制水泥浆

1 人,台车就位、下喷管 4 人。

1.4 主要技术参数

- (1)摆喷墙顶部和底部均应深入不透水的粉质黏土,其中顶部深入 1.5 m,底部深入 1.0 m。
- (2)灌浆材料为 P O 32.5 水泥, W/ C=0.8 1。
- (3)根据地层情况,施工技术参数可作局部调整:高压水压强 35~38 MPa,排量 70~75 L/ min;气流压强 0.6~0.8 MPa,排量 1.4~2.0 m<sup>3</sup>/ min;水泥浆液压强 0.5~0.7 MPa,排量 70~75 L/ min,比重 1.60~1.65 g/ cm<sup>3</sup>;旋转速度 9~11 r/ min,提升速度 6~8 cm/ min;摆喷夹角 15°~20°,起摆夹角为 5°。

(4) 误差要求:浆液比重  $0.1\text{ g/cm}^3$ , 钻孔偏差  $10\text{ cm}$ , 钻孔垂直度  $<1.5\%$ 。

(5) 高压摆喷形成的防渗板墙的渗透系数达到  $i \times 10^{-5}\text{ cm/s}$  级。

### 1.5 高压摆喷灌浆工艺的施工要点

(1) 施工必须分两序孔间隔进行钻孔和灌浆,且两序孔摆喷夹角方向相反。

(2) 孔位布置应保证第一序孔形成的扇形薄墙与第二序孔形成的扇形薄墙能够有效搭接,孔距在不大于设计孔距的前提下可适当调整。布孔时,首先要确定拐点处相邻两孔的位置,其他孔位以这两个孔为基点,从两端向中间布置。

(3) 摆喷角度的控制:将摆喷夹角与起摆角(摆喷夹角的始边与喷射孔中心连线所夹的锐角)作为转盘圆上的弧度,分别标记在转盘上,通过调整凸轮与转盘之间的连杆长度来控制摆喷夹角。

(4) 在下喷射管的过程中,为防止泥砂堵塞喷嘴,用胶带将喷嘴包住,边射水边插管。

(5) 当喷射管达到预定地层后,先送空气、高压水,再将水泥浆送入孔中静喷少顷,待孔口回浆的比重  $>1.3\text{ g/cm}^3$  开始提管,连续进行;若孔口回浆的比重  $<1.3\text{ g/cm}^3$  时,应降低提速或停止提管。

(6) 由于水泥浆液与土混合浆液均有析水作用,致使注浆孔均有不同程度的收缩,在邻近孔施工时应进行回灌。

(7) 在喷射过程中,应注意观察回浆情况,以了解土层情况、喷射注浆的大致效果以及技术参数是否合理。回浆量为注浆量的  $20\%$  左右为正常现象,若回浆量过大,可采取减少注浆量、加快提升及提高喷射压力等措施。

(8) 高压摆喷灌浆的回浆不能利用,大量的回浆会对场地及周围下水管道造成污染,施工前需设计回浆处理方案,以妥善处理回浆。

## 2 质量检测

### 2.1 围井实验

围井由两个新的摆喷孔和两个工程孔组成,以确保新摆喷墙有效可靠。在菱形平面中心钻注水孔,清挖井口,下入实验管,堵塞环状间隙,管脚至下层粉质黏土,管口与摆喷墙平。

根据达西公式可导出渗透系数  $K$  的公式:

$$K = \frac{Q}{A} \cdot I \cdot T \quad (1)$$

$$I = \frac{H}{B} \quad (2)$$

式中:  $K$  ——渗透系数,  $\text{cm/s}$ ;

$Q$  ——注水量,  $\text{cm}^3$ ;

$A$  ——围井渗透面积,  $\text{cm}^2$ ;

$T$  ——注水时间,  $\text{s}$ ;

$I$  ——水力坡度;

$H$  ——作用水头,  $\text{cm}$ ;

$B$  ——摆喷墙厚,  $\text{cm}$ 。

围井底板基岩、不透水层内摆喷墙不计渗透面积,摆喷墙渗透面积按中心测算,厚度按平均厚度计算,作用水头按水井理论取值。

正式试验前,从孔中灌水使井中处于饱和状态,试验管中水位始终保持与管口平齐,试验时用量杯盛  $500\text{ cm}^3$  或  $1\,000\text{ cm}^3$  水向试验管中注入,仍保持水位与管口平齐同时计时,至量杯水用尽试验结束。

### 2.2 开挖检查

在基坑开挖过程中,由于基坑四周有先期施工的高压摆喷墙,有效地将基坑内外的水流隔断,未发生基坑外大量渗水,仅针对基坑内存水采取了降水和抽排措施,保证了开挖的顺利完成。

### 2.3 沉降监测

当基坑开挖至  $2\text{ m}$  深时,在基坑周边设置沉降观测点,在周边建筑物设置位移和倾斜观测点,安排专门人员负责监测,通过观测数据的大小和稳定性推断地下水位的渗透。

## 3 施工体会

(1) 在城市透水性深基坑开挖中,相对于其他的高压注浆工艺来讲,应用三重管高压摆喷注浆具有工艺成熟、单价较低等特点,在严格按技术参数控制、全面掌握施工要点的基础上,可以取得较好的效果。

(2) 三重管高压摆喷注浆方法在基坑四周形成的防渗板墙封闭系统是由所有的高喷孔形成的整体,每一个孔形成的防渗板的质量均影响到整体的隔水效果。因此,在强调整体效果的同时,更要重视个体的质量,不能单纯用优良率、合格率等指标来衡量。

(3) 轮式高喷台车具有移动方便、对位快的特点,但要使台车轴线与摆喷孔中心线重合,只能靠人的肉眼判断,其误差较大,摆喷夹角难以准确,若改用轨道式台车则可以避免。

作者简介:符能松(1969-),男,湖北仙桃人,工程师,1987年7月毕业于长沙铁道学院铁道工程专业,现从事项目施工技术与管理工作。

收稿日期:2004-06-16

(编辑 盛晋生)