

# Construction Technology and Application of Large and Deep Foundation Pit

Jinfeng Ju

Municipal Environmental Protection Engineering Co., Ltd., China Railway Guangzhou Engineering Group Co., Ltd., Xianyang, Shaanxi, 721000, China

## Abstract

Deep pit construction is a problem to be overcome in urban construction due to complex geological changes, difficult excavation, high cost and great influence on the surrounding environment. On the basis of recognizing its importance, the paper outlines the composition, characteristics and application scope of deep pit support from the theoretical aspect, explores the deep pit support technology with work experience, and discusses the form of pit reinforcement with pit engineering cases, aiming to make suggestions for the improvement of deep pit construction level.

## Keywords

large and deep foundation pit; construction technology; reference

## 大型深基坑施工技术及应用

巨锦锋

中铁广州工程局集团市政环保工程有限公司, 中国·陕西 咸阳 721000

## 摘要

深基坑施工具有地质变化复杂、开挖难度大、费用高及对周边环境的影响大等问题,是城市建设中一个亟待攻克的难题。在认识其重要性的基础上,论文从理论方面概述了深基坑支护的构成、特点、应用范围,并结合工作经验着重对深基坑支护技术进行探究,再结合基坑工程案例探讨基坑加固形式,旨在为深基坑施工水平的提升建言献策。

## 关键词

大深基坑; 施工技术; 引用

## 1 引言

近二十多年来,中国建筑基坑工程技术得到很快发展,由控制失稳到对周边建筑的影响,再对环境的影响。很多新型支护结构及施工新技术得到推广和应用。而深基坑施工具有地质变化复杂、开挖难度大、费用高及对周边环境的影响大等问题,是城市建设中一个亟待攻克的难题,所以对大深基坑施工技术的研究是社会高速发展和建筑业的趋势。在不同地质情况下选择不同的工艺,或在周围环境发生变化时选择相适宜的工艺使其在保证安全质量的前提下提高社会价值。

## 2 大型深基坑工程特点

### 2.1 施工周期短

由于深基坑开挖深度一般较大,工程量比浅基坑增加很

多。抓紧施工工期,不仅是施工管理上的要求,它对减小基坑变形,减小基坑周围环境的变形也具有特别的意义。

### 2.2 风险性高

深基坑工程是个临时工程,安全储备相对较小,因此风险性较大。由于深基坑工程技术复杂,涉及范围广,事故频繁,因此在施工过程中应进行监测,并应具备应急措施。深基坑工程造价较高,但有时临时性工程,一般不愿投入较多资金,一旦出现事故,造成的经济损失和社会影响往往十分严重<sup>[1]</sup>。

### 2.3 区域性较高

岩土工程区域性强,岩土工程中的深基坑工程,区域性更强。如黄土地基、砂土地基、软粘土地基等工程地质和人文地质条件不同的地基中,基坑工程差异性很大。即使是同一城市不同区域也有差异。

## 2.4 综合程度高

深基坑工程涉及土力学中强度(或称稳定)、变形和渗流三个基本课题,三者融溶一起需要综合处理。深基坑工程的区域性和个性强也表现在这一方面。同时,深基坑工程是岩土工程、结构工程及施工技术相互交叉的学科,是多种复杂因素相互影响的系统工程,是理论上尚待发展的综合技术学科。

## 3 加固形式

### 3.1 钻孔咬合灌注桩

全套钻孔咬合灌注桩可用于基坑工程的挡墙结构、止水帷幕或主体承重结构。可在各种土层、强风化与中等风化岩层中施工;适用于直径为 0.8m、1.0m、1.2m 和 1.5m,深度在 45m 以下的桩孔施工;合理的基坑开挖深度一般不大于 20m。

#### 3.1.1 施工原理

钻孔咬合桩(如图 1 所示)采用搓管机及旋挖机配合钻孔施工,在桩与桩之间形成相互咬合排列的一种基坑围护结构。

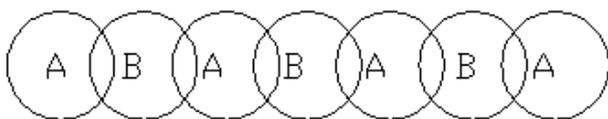


图 1 咬合桩试桩示意图

#### 3.1.2 导墙施工

为了提高钻孔咬合桩孔口的定位精度并提高就位效率,在桩顶上部施作混凝土或钢筋混凝土导墙,这是钻孔咬合桩施工的第一步。具体的施工步骤如下:

(1) 平整场地:清除地表杂物,填平碾压地面管线迁移的沟槽。

(2) 测放桩位:根据设计图纸提供的坐标(设计图纸坐标已考虑相关因素影响的外放量)计算排桩中心线坐标。

(3) 导墙沟槽开挖:在桩位放样线符合要求后即可进行沟槽的开挖,采用机械开挖,人工配合施工。

(4) 模板施工:模板采用自制整体钢模,导墙预留定位孔模板直径为管套直径放大 4cm。

(5) 混凝土施工:混凝土浇筑时两边对称交替进行,严防走模。

(6) 导墙预留孔中心与桩位中心的偏差不得大于 20mm。

## 3.2 单桩的施工工艺流程

咬合桩分为 A、B 桩两种型式,具体步骤如下。

#### (1) 钻机就位

当导墙强度达到 100% 后,重新定位桩中心位置,将点位反到导墙顶面上,作为钻机定位控制点。移动套管钻机至正确位置,使套管钻机抱管器中心对应定位在导墙孔设计桩位中心。

#### (2) 取土成孔

在桩机就位后,吊装第一节管在桩机钳口中,校正桩管垂直度后,磨桩下压桩管,压入深度约为 1.5 ~ 2.5m,然后用抓斗从套管内取土,一边抓土、一边继续下压套管,始终保持套管底口超前于开挖面的深度不应小于 2.5m。

#### (3) 钢筋笼制作及安装

钢筋笼制作要符合《钢筋焊接及验收规程》要求。钢筋制作在加工场进行,加工要符合图纸尺寸要求,笼体完整牢固。

#### (4) 灌注混凝土

混凝土灌注过程中需注意以下几点:

①水下混凝土灌注采用导管法,导管采用直径为  $\Phi 250$  的法兰式钢管。导管埋入混凝土的深度宜保持在 2m ~ 6m 之间,最小埋入深度不得小于 1m。严禁将导管提出混凝土面或埋入过深,一次拔出高度不得超过 4m。

②混凝土出厂前和到工地浇筑,分别对于 A、B 桩每车混凝土均取一组试件,监测其缓凝时间及坍落度情况,如发现问题及时反馈信息,以便采取应急措施。

#### (5) 拔管成桩

一边浇筑混凝土一边拔管,应注意始终保持套管底低于混凝土面不小于 2m。

## 3.3 排桩的施工工艺流程

总的施工原则是先施工 A 桩,后施工 B 桩,其施工工艺流程是: A1—A2—B1—A3—B2—A4—B3……(如图 2 所示)。

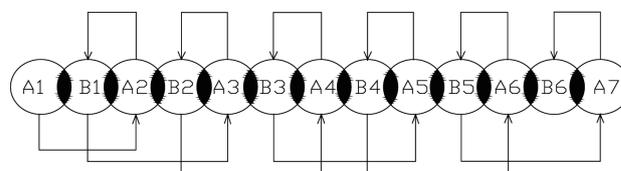


图 2 排桩施工工艺流程图

分段施工接头的处理方法。往往一台钻机施工无法满足工程进度,需要多台钻机分段施工,这就存在与先施工段的

接头问题。处理方法为在施工段与段的端头设置一个砂桩(成孔后用砂灌满),待后施工段到此接头时挖出砂子,灌上混凝土即可。如图3所示:

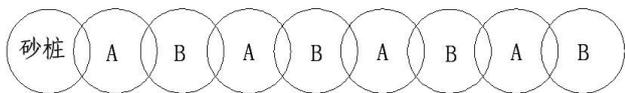


图3 端头砂桩处理示意图

### 3.4 关键技术的质量控制办法

#### 3.4.1 孔口定位误差的控制

为了保证钻孔咬合桩底部有足够的咬合量,应对其孔口的定位误差进行严格的控制。在钻孔咬合桩桩顶以上设置钢筋混凝土导墙,导墙上设置定位孔,其直径宜比桩径大20~40mm。钻机就位后,将第一节套管插入定位孔并检查调整,使套管周围与定位孔之间的空隙保持均匀。

#### 3.4.2 桩的垂直度的控制

控制了桩身垂直度,也就能保证了钻孔咬合桩底部有足够厚度的咬合量。除对其孔口定位误差严格控制外,还应对其垂直度进行严格的控制,根据中国《地下铁道工程施工及验收规范》和设计要求,桩身垂直度偏差不大于5‰。

#### 3.4.3 克服“管涌”的施工控制

“管涌”是指在B桩成孔过程中,由于A桩混凝土未凝固,还处于流动状态,A桩混凝土有可能从A、B桩相交处涌入B桩孔内。克服“管涌”方法如下:

(1) B桩混凝土的坍落度应相对小一些,不宜超过20cm,以便于降低混凝土的流动性。

(2) 套管底口应始终保持超前于开挖面一定距离,以便于造成一段“瓶颈”,阻止混凝土的流动,如果钻机能力许可,这个距离越大越好,但至少不应小于2.5m。

(3) 必要时(如遇地下障碍物套管底无法超前时)可向套管内注入一定量的水,通过水压力来平衡B桩混凝土的压力,阻止“管涌”的发生。

A桩成孔过程中应注意观察相邻两侧A桩混凝土顶面,如发现A桩混凝土下陷应立即停止B桩开挖,并一边将套管尽量下压。一边向B桩内填土或注水,直到完全制止住“管涌”为止。

#### 3.4.4 克服钢筋笼上浮的方法

由于套管内壁与钢筋笼外缘之间的空隙较小,因此在上拔套管的时候,钢筋笼将有可能被套管带着一起上浮。其预

防措施主要有:

(1) B桩混凝土的骨料粒径应小一些,不宜大于20mm;

(2) 在钢筋笼底部焊上一块比钢筋笼直径略小的薄钢板以增加其抗浮能力;

(3) 钢筋笼导正器必须制作;

混凝土灌注必须按操作规程进行。

### 3.5 超缓凝混凝土的施工质量控制

A桩混凝土缓凝时间应根据单桩成桩时间来确定,单桩成桩时间与施工现场地质条件、桩长、桩径和钻机能力等因素相关。根据咬合桩施工工艺,A桩初凝时间应为:

$$T=3t+k \quad (1)$$

t—单桩成桩时间,一般取12h。

K—预留时间,取24h。

因此,一般工程初步控制A桩初凝时间为T=60h,可以在施工中根据现场情况进行调整。

### 3.6 事故桩的处理方法

在钻孔咬合桩施工过程中,因A桩超缓凝混凝土的质量不稳定出现早凝现象或机械设备故障等原因,造成钻孔咬合桩的施工未能按正常要求进行而形成事故桩,事故桩的处理主要分以下几种情况。

#### 3.6.1 平移桩位单侧咬合

B桩成孔施工时,其一侧A1桩的混凝土已经凝固,使套管钻机不能按正常要求切割咬合A1、A2桩<sup>[2]</sup>。处理方法为向A2桩方向平移B桩桩位,使套管钻机单侧切割A2桩施工B桩(凿除原桩位导墙,并严格控制桩位),并在A1桩和B桩外侧增加一根旋喷桩作为防水处理,具体情况如下图4所示:

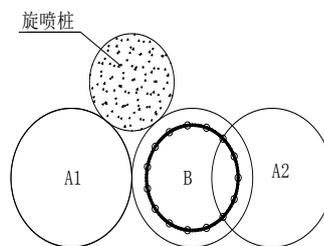


图4 平移桩位单侧咬合示意图

#### 3.6.2 背桩补强

B1桩成孔施工时,其两侧A1桩、A2桩的混凝土均已

凝固，处理方法为放弃 B1 桩的施工，调整桩序继续后面咬合桩的施工，以后在 B1 桩外侧增加三根咬合桩及两根旋喷桩作为补强、防水处理。如图 5 所示，在基坑开挖过程中将 A1 和 A2 桩之间的夹土清除喷上混凝土即可。

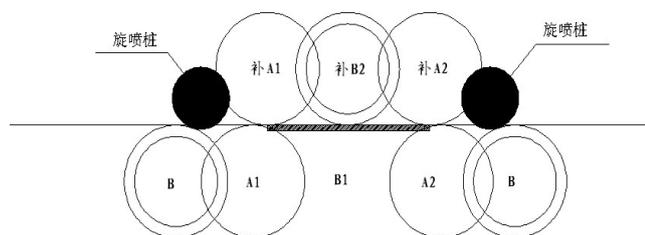


图 5 咬合桩背桩补强示意图

### 3.6.3 预留咬合企口

如图 6 所示，在 B1 桩成孔施工中发现 A1 桩混凝土已有早凝倾向但还未完全凝固时，此时为避免继续按正常顺序施工造成事故桩可及时在 A1 桩右侧施工一砂桩以预留出咬合企口，待调整完成后再继续后面桩的施工。

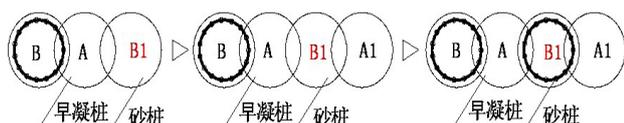


图 6 咬合桩预留砂桩示意图

## 3.7 铣削式成槽机地下连续墙

### 3.7.1 工作原理

地下连续墙是在深层地下浇注一道钢筋混凝土墙，既可起挡土护壁，又可起隔渗作用，还可以成为工程主体结构的一部分，也可以代替地下室墙的外模板。地下连续墙也可简称地连墙，地连墙施工是利用特制的成槽机械，在泥浆护壁的情况下，开挖一定深度的沟槽，然后吊放钢筋笼，浇筑混凝土，施工时，可以分成若干单元（5~8 米一段），然后将各段进行接头连接，形成一通地下连续墙。

### 3.7.2 特点

地下连续墙结构刚度大，整体性好，防渗性能好，结构安全可靠，同时具有施工速度快，对临近建筑物、地下管线影响小，适用于各种复杂的地质条件和较深的基坑<sup>[3]</sup>。缺点为要用专用设备施工，施工机械化程度要求较高，单体施工造价高；其优点为各种地质条件及复杂的施工环境适应能力较强，施工不必放坡，不用支撑。

### 3.7.3 工艺流程

测量放线→导墙施工→地下墙成槽→清基→钢筋笼吊放→混凝土浇注→墙后注浆。

#### (1) 测量放线

由正确的基点、导线和水准点，基点不少于 3 个，导线不少于 2 条，水准点不少于 2 个。

#### (2) 导墙施工

导墙施工要精心施工，其质量的好坏直接影响地下墙的施工质量。

#### (3) 循环泥浆

为防止泥浆渗漏及土体失稳，破坏槽壁稳定，在成槽施工前，试配几种性能指标不同的泥浆，根据施工成槽中实际泥浆护壁效果取样测试后予以调整选用，从而改善和保证泥浆的护壁性能。

#### (4) 成槽施工

在导墙面及槽内做好槽段及每一幅的记号，按槽段施工顺序进行施工。成槽机导杆垂直于槽段，抓斗张开，照准油漆标志徐徐入槽抓土，严禁快速下斗，快速提升，终槽时应轻放慢提，以防破坏槽壁引发坍塌。

#### (5) 钢筋笼的制作及安装

钢筋笼采用一部 100t 吊车和一部 50t 吊车联合起吊，起吊时主钩起吊钢筋笼顶部，副钩起吊钢筋笼中部，采用多组葫芦平衡起吊，使钢筋笼逐渐起高转而垂直，慢慢地入槽，钢筋不允许发生不可恢复的变形，吊放时应垂直，并按设计要求将槽钢焊接于导墙面上，控制其标高，入槽过程中，应禁止强行放置钢筋笼以及任何割断构钢筋的现象。

#### (6) 导管布置和水下混凝土浇注

浇注水下混凝土采用导管法施工，钢筋笼入槽后，放置两根或一根（根据槽段长度设置）导管于钢筋笼中，混凝土导管选用 F250 的圆形螺旋快速接头型，长度每节 2~2.5m，用吊车依次将接长的导管吊入槽段的规定位置，直至槽底 50cm 左右的标高，然后设置混凝土机架，导管顶端安上方形漏斗，准备浇注混凝土。

#### (7) 冠梁施工

地下连续墙顶层冠梁的作用是将各槽段地下墙顶部联成整体，以改善基坑土方开挖时地下墙的受力状况。

冠梁施工顺序为：拆导墙、挖土放坡→墙顶废混凝土凿

除→垫层明沟→钢筋制作安装→模板安装→浇筑混凝土→拆模养护

#### (8) 地墙接头墙后注浆

为改善地下连续墙各槽段连接处的防渗性能,保证基坑土体的顺利开挖,拟在部分地下连续墙接头外侧施作品字型压密灌浆,使水泥浆在土层中起到填充、挤塞、渗透等效应,从而切断接头处地下水的渗流路线,彻底改善地墙接头的防渗功能。

根据基坑开挖流程支护后就可以开挖,到一定的深度再支护再开挖。

### 3.8 复合土钉墙

复合式土钉墙是将土钉墙与一种或几种单项支护技术或截水技术有机组合成的复合支护体系,它的构成要素主要有土钉、预应力锚杆、截水帷幕、微型桩、挂网喷射混凝土面层、原位土体等。

#### 3.8.1 工作原理

土钉墙由原位土体、设置在土中的土钉和喷射混凝土面层组成。通过土钉、墙面与原状土体的共同作用,形成以主动制约机制为基础的复合体,具有明显提高边坡土体的结构强度和抗变形能力,减小土体侧向变形,增强整体稳定性的特点。<sup>[4]</sup>

#### 3.8.2 工艺流程

工作面开挖→清理边坡→孔位布点→成孔→安设土钉钢筋→注浆→铺设钢筋网→喷射混凝土面层→下一工序的开挖。

(1) 工作面开挖。土钉支护应分层开挖深度按作业顺序施工,在完成上层作业面的土钉与喷混凝土以前,不得进行下一层深度的开挖。

(2) 边坡清理。基坑开挖后,基坑的边坡宜采用小型机具或铲锹进行切削清坡,以达到设计规定的坡度。

(3) 布孔及成孔。土钉成孔前,应按设计要求定出孔位并作出标记和编号。根据设计要求的平面位置,孔深,下倾角,孔径,选择合理的钻孔设备,人工成孔一般采用洛阳铲成孔。孔径、孔深、孔距、倾角必须满足设计要求。

(4) 安设土钉。钢筋使用前应调直,除锈,涂油。

(5) 注浆。土钉钢筋置入孔中后,可采用重力、低压(0.4~0.6MPa)或高压(1~2MPa)方法注浆填孔。

(6) 铺设钢筋网。在喷射混凝土前,面层内的钢筋网

片应牢固固定在墙壁上并符合规定的保护层厚度要求。

(7) 喷射混凝土。喷射混凝土时喷射顺序应自下而上,喷头与受喷面距离宜控制在0.8~1.5m范围内,射流方向垂直指向喷射面,在钢筋部位应先喷钢筋后方,然后再喷填钢筋前方,防止在钢筋背面出现空隙。

(8) 待混凝土强度达到80%时开挖下一层,循环施工。

## 4 在实际项目的引用

### 4.1 工程概况

本工程位于青岛市黄岛区,建建筑物包括12栋高层,局部多层,住宅2栋多层商铺,1栋地下停车库等。本基坑开挖深度12.2m,基坑全周长约1110m。地质情况为素填土、粉质粘土、中粗砂、强风化花岗岩、中风化安山岩。

### 4.2 工艺的引用

综合考虑工程地质条件、基坑开挖深度和周围环境条件,决定采用“放坡+土钉墙”的方案,基坑外采用水泥搅拌桩止水帷幕支护方案。

### 4.3 工艺推广

大型基坑技术工程造价小,开挖周转快,工艺简单、设备要求低,技术含量低,容易操作且能保证质量。

## 5 结语

大型深基坑工程施工技术目前还在日新月异的发展,特别是发展经济较快的城市,对基坑开挖技术要求越来越高,开挖支护工艺还有很长一段的探索路程。目前根据不同的地质情况和周围的环境选择不同的工艺,在保证安全质量的前提下降低成本和环境污染,以提高其社会价值。

## 参考文献

- [1] 王曙光,陈静,徐至钧.深基坑与边坡支护工程设计施工经验录[M].上海:同济大学出版社,2011.
- [2] 赵志缙.简明深基坑工程设计施工手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [3] 张永林.深基坑桩锚支护体系的应用分析[J].现代城市轨道交通,2006(01):31-36.
- [4] 陈忠汉,黄书秩,程丽萍.深基坑工程[M].北京:机械工业出版社,2002.