

建筑与市政工程施工现场专业人员继续教育教材

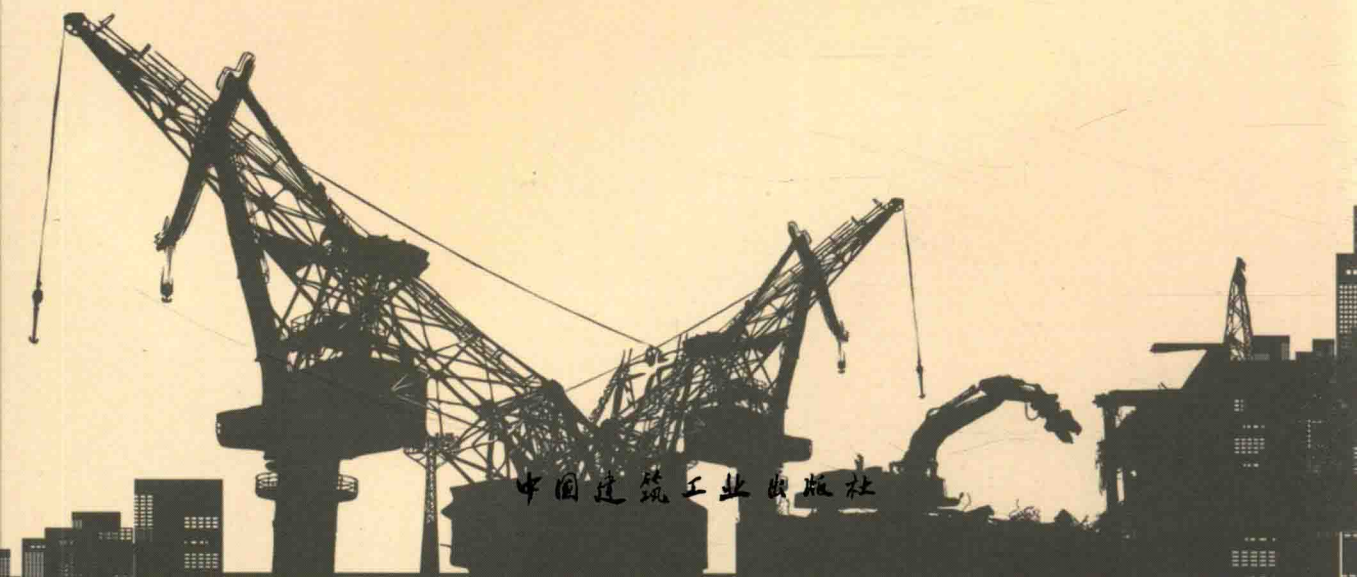
适用范围

施工员 质量员

深基础工程施工 新技术

中国建设教育协会继续教育委员会 组织编写

中国建筑工业出版社



建筑与市政工程施工现场专业人员继续教育教材

人员继续教育教材

编审委员会

深基础工程施工新技术

中国建设教育协会继续教育委员会 组织编写

徐 辉 主编

武佩牛 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

深基础工程施工新技术/中国建设教育协会继续教育委员会组织编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 4

建筑与市政工程施工现场专业人员继续教育教材
ISBN 978-7-112-19329-5

I. ①深… II. ①中… III. ①深基础-工程施工-继续教育-教材 IV. ①TU473.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 068913 号

本教材从目前大力发展的深基础工程的实际应用情况出发, 结合具体的工程实例, 系统阐述了深基础工程施工中多角度多方向的新技术, 包括桩基施工新技术 (超长灌注桩以及超大直径钻孔灌注桩围护)、围护结构施工新技术 (TRD 工法、超深地下连续墙以及地下连续墙侧向成墙施工)、深基坑逆作法施工技术、临近保护建 (构) 筑物深基坑施工系列防护技术和大体积混凝土浇筑。各章节后均附有相关思考题。

本书可作为建筑与市政工程施工现场专业人员继续教育教材, 也可供相关的专业技术人员参考。

责任编辑: 朱首明 李 明 李 阳 赵云波

责任设计: 李志立

责任校对: 李美娜 李欣慰

建筑与市政工程施工现场专业人员继续教育教材

深基础工程施工新技术

中国建设教育协会继续教育委员会 组织编写

徐 辉 主编

武佩牛 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11½ 字数: 284 千字

2016 年 7 月第一版 2016 年 7 月第一次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-19329-5

(28591)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

建筑与市政工程施工现场专业 人员继续教育教材 编审委员会

主 任：沈元勤

副主任：艾伟杰 李 明

委 员：（按姓氏笔画为序）

于燕驰	王 昭	邓铭庭	白 俊	台双良	朱首明
刘 冰	刘仁辉	刘传卿	刘善安	孙延荣	李 阳
李 波	李庚尧	李晓文	李雪飞	李慧平	肖兴华
吴 迈	宋志刚	张囡囡	陈春来	周显峰	赵泽红
俞宝达	姚莉萍	袁 蘋	徐 辉	高 原	梅晓丽
曾庆江	虞和定	阚咏梅	颜 龄		

参编单位:

中建一局培训中心

北京建工培训中心

山东省建筑科学研究院

哈尔滨工业大学

河北工业大学

河北建筑工程学院

上海建峰职业技术学院

杭州建工集团有限责任公司

浙江赐泽标准技术咨询有限公司

浙江铭轩建筑工程有限公司

华恒建设集团有限公司

序

建筑与市政工程施工现场专业人员队伍素质是影响工程质量、安全、进度的关键因素。我国从20世纪80年代开始,在建设行业开展关键岗位培训考核和持证上岗工作,对于提高建设行业从业人员的素质起到了积极的作用。进入21世纪,在改革行政审批制度和转变政府职能的背景下,建设行业教育主管部门转变行业人才工作思路,积极规划和组织职业标准的研发。在住房和城乡建设部人事司的主持下,由中国建设教育协会主编了建设行业的第一部职业标准——《建筑与市政工程施工现场专业人员职业标准》JGJ/T 250—2011,于2012年1月1日起实施。为推动该标准的贯彻落实,中国建设教育协会组织有关专家编写了考核评价大纲、标准培训教材和配套习题集。

随着时代的发展,建筑技术日新月异,为了让从业人员跟上时代的发展要求,使他们的从业有后继动力,就要在行业内建立终身学习制度。为此,为了满足建设行业现场专业人员继续教育培训工作的需要,继续教育委员会组织业内专家,按照《标准》中对从业人员能力的要求,结合行业发展的需求,编写了《建筑与市政工程施工现场专业人员继续教育教材》。

本套教材作者均为长期从事技术工作和培训工作的业内专家,主要内容都经过反复筛选,特别注意满足企业用人需求,加强专业人员岗位实操能力。编写时均以企业岗位实际需求为出发点,按照简洁、实用的原则,精选热点专题,突出能力提升,能在有限的学时内满足现场专业人员继续教育培训的需求。我们还邀请专家为通用教材录制了视频课程,以方便大家学习。

由于时间仓促,教材编写过程中难免存在不足,我们恳请使用本套教材的培训机构、教师和广大学员多提宝贵意见,以便我们今后进一步修订,使其不断完善。

中国建设教育协会继续教育委员会

2015年12月

前 言

《深基础工程施工新技术》是建筑工程及相关专业高职高专使用教材，也可供有关专业技术人员参考。

本书以深基础工程施工实例为主线，以施工方法为重点，着重介绍超级建筑深基础施工工艺。旨在开拓学生视野，了解现代超级建筑深基础施工的发展方向，熟悉超级建筑深基础施工的关键技术，是在掌握建筑施工技术及相关基础课的基础之上进行更高层次学习的教材。

本书主要包括：超长、超大桩基施工、超深围护结构施工、深基坑逆作法施工、临近保护建（构）筑物深基坑施工、大体积混凝土浇筑。

本教材由上海建峰职业技术学院徐辉主编；杨秀方、阳吉宝为副主编；参与编写人员有：梁治国、夏凉风、张松、孙海忠、冯明伟、段存俊。本书由武佩牛担任主审。

在本书编写过程中，得到了上海建工（集团）设计院及上海建工（集团）相关公司的的大力支持，再次表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，不妥或者错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

上海建峰职业技术学院
编 者 组

目 录

一、桩基施工新技术	1
(一) 概述	1
(二) 超长灌注桩施工及后注浆技术	2
(三) 超大直径钻孔灌注桩围护施工技术	8
(四) 一柱一桩及激光调整施工技术	18
二、围护结构施工新技术	28
(一) TRD 工法施工技术	28
(二) 超深地下连续墙施工技术	38
(三) 地下连续墙侧向成墙施工技术	55
三、深基坑逆作法施工技术	63
(一) 概述	63
(二) 逆作法的方案选择	68
(三) 逆作法的施工技术	74
(四) 框架逆作法施工技术	78
(五) 高层建筑双向同步逆作法施工技术与应用	88
(六) 超大型基坑工程踏步式逆作施工技术	102
四、临近保护建(构)筑物深基坑施工系列防护技术	107
(一) 自适应支撑系统应用技术	107
(二) 分坑	117
(三) MJS 加固施工技术	143
五、大体积混凝土浇筑	154
(一) 概述	154
(二) 施工工艺与技术	156
(三) 裂缝控制	160
(四) 工程实例	168

桩基及围护结构施工新技术应用案例(1)

一、某工程内超长桩孔灌注桩施工

表 1-1

工程名称	桩径/mm	桩长/m	桩数/根	备注
某工程内超长桩孔灌注桩	1000	10.00	10	桩身混凝土强度等级 C30
某工程内超长桩孔灌注桩	1000	10.00	10	桩身混凝土强度等级 C30
某工程内超长桩孔灌注桩	1000	10.00	10	桩身混凝土强度等级 C30
某工程内超长桩孔灌注桩	1000	10.00	10	桩身混凝土强度等级 C30
某工程内超长桩孔灌注桩	1000	10.00	10	桩身混凝土强度等级 C30

一、桩基施工新技术

(一) 概述

桩基础是一种常见的基礎形式，是深基礎的一種。當天然地基上的淺基礎沉降量過大或地基穩定性不能滿足建築物的要求時，常採用樁基礎。樁基礎的主要功能是将荷載傳至地下較深處的密實土層，以滿足承載力和沉降的要求，因而具有承載力高、沉降速率低、沉降量較小而且均勻等特點，能承受豎向荷載、水平荷載、上浮荷載及由機器產生的振動或動力作用產生的動載荷等。

1. 樁基的分類

由于桩的工作性状随桩的几何尺寸及成桩方法不同而有所变化。可以按桩径 d 的不同将桩划分为小直径桩、中等直径桩和大直径桩。其桩径的界限大体是： $d \leq 250\text{mm}$ 为小直径桩， $250\text{mm} < d < 800\text{mm}$ 为中等直径桩， $d \geq 800\text{mm}$ 为大直径桩。根据桩的长度分有短桩、长桩和超长桩。超长钻孔灌注桩通常指的是桩长大于 60m 的钻孔灌注桩，按桩的制作和施工方法不同可分为预制桩、灌注桩等。

2. 桩基的发展及应用

由于场地地质和环境条件的变化、施工技术和机械设备不断改进与发展，人们对桩的承载性能、设计方法、检测技术等不断探索研究，新的桩型和新的设计及新的施工方法在不断呈现，桩的用途也在不断地拓宽，它几乎可以用于各种工程地质条件和各种类型的工程中。

我国桩基础应用方面有着悠久的历史。20 世纪 70 年代末，全国公路交通建设迅速发展，在大江大河上建造了大量的大跨径桥梁，桩径、桩长不断刷新纪录。1985 年，河南省郑州黄河大桥，桩深 70m，桩径 2.2m；1989 年，武汉长江公路桥，桩深 65m，桩径 2.5m；1990 年，铜陵长江大桥，桩深 100m，桩径 2.8m。

我国桥梁工程中最大桩长已达 125m，桩径 3.0m，单桩承载力高达 120000kN。国内已建及在建工程的超长钻孔灌注桩如表 1-1 所示。

部分国内超长钻孔灌注桩概况

表 1-1

工程项目名称	桩径(m)	桩长(m)	桩端持力层	静载测试结果(kN)
五河口大桥	2.50	95.00	黏土	65937
京杭运河大桥	2.50	85.00	细砂	46939
灌河大桥	2.50	96.00	黏土	50309
东海大桥	2.50	110.00	粉细砂	41275
跨苏申外港	2.00	97.50	亚砂夹粉砂	30917

续表

工程项目名称	桩径(m)	桩长(m)	桩端持力层	静载测试结果(kN)
香港新机场高速路	2.50	100.00	微风化花岗岩	—
海湾大桥	2.90/2.50	104.00	中粗砂	—
江阴大桥	1.80	90.00	风化岩	27000
无锡蓉湖大桥	1.50	88.50	砾砂	34142
杭州湾大桥	1.50	87.00	黏土	15547
无锡八佰伴商贸中心工程	1.00	72.00	粉砂	14700
郑州市金博大城	1.00	76.93	黏土	16800
上海虹桥枢纽工程	0.85	65.00	粉细砂	18000
上海中心大厦工程	1.00	88.00	中砂	—

从表 1-1 可以看出, 超长钻孔灌注桩应用越来越广泛, 承载能力也越来越大。

桩基础的应用发展主要表现在以下三个方面:

(1) 单桩设计承载力越来越大, 达到了以 “ $\times 10^4$ kN” 计的水平。主要是通过桩身材料优选、加大桩身截面、最大限度地提高桩身混凝土强度。通过寻求新的有效的沉桩工艺、对持力层进行加固等途径来提高单桩承载力, 于是就出现了各种系列的新型的改良桩系。

(2) 桩基的施工涉及各式各样的桩和复杂多变的工程地质和水文地质条件, 随着工程技术的不断发展, 桩施工机械也趋向于专门化和复杂化, 桩机新品种、施工工艺和用途范围也在不断地发展。

(3) 由于在城区兴建高层建筑的需要, 桩基施工的环境效应的消减问题得到充分的重视。

(二) 超长灌注桩施工及后注浆技术

1. 超长灌注桩的特点

对于高层建筑和大型桥梁工程的基础设计, 目前主要采用超长钻孔灌注桩。超长钻孔灌注桩具有成桩直径和桩长灵活, 单桩承载力大的优点。但超长钻孔灌注桩由于施工特点及成孔工艺的固有缺陷, 不可避免会产生沉渣及桩周泥皮等隐患。导致桩端阻力和桩侧摩阻力显著降低, 这不仅影响桩端承载力, 也极大地降低了单桩整体承载性能。为了提高超长钻孔灌注桩的承载力及减小桩顶沉降, 一般采用桩端压力后注浆技术。

桩端压力后注浆是指钻孔、冲孔和挖孔灌注桩在成桩后, 通过预埋在桩身的注浆管, 经桩端的预留压力注浆装置向桩端地层均匀地注入能固化的浆液 (如纯水泥浆、水泥砂浆等)。工程实践已证明了桩端压力后注浆的可靠效果。

采用该技术优点: ①提高桩端承载能力及桩侧阻力, 从而提高了单桩承载性能, 减少了建筑物沉降等。②减少桩数或缩短桩长, 减少工程量, 节约投资, 缩短工期, 具有显著的经济效益。但是桩端压力后注浆存在的问题: 理论研究较为复杂, 如浆液在岩土体中的扩散范围的确定方法、改良后岩土体对桩基承载力提高分析等。

2. 超长灌注桩的施工工艺

超长灌注桩施工,既要保证成孔安全,又要保证桩孔垂直度、成桩质量,一般深度的钻孔灌注桩施工工艺难以满足上述要求。近年来,由于开发应用超长钻孔灌注桩施工工艺获得成功,为建(构)筑物超深桩基的发展提供了条件。

(1) 超长钻孔灌注桩的工艺原理

- 1) 正循环回转钻进成孔。
- 2) 泥浆护壁,必要时用化学处理剂改性。
- 3) 钢筋笼分段制作成型,在孔口焊接,地面控制笼顶安装标高。
- 4) 终孔后进行第一次清孔,混凝土灌注前进行第二次导管正循环清孔替浆。
- 5) 导管反顶法灌注水下混凝土。

(2) 超长钻孔灌注桩的工艺流程

超长桩的工艺流程如图 1-1 所示。

(3) 超长钻孔灌注桩施工应注意的事项

- 1) 采用常规设备,通过控制泥浆性能和合理选择钻进技术参数,提高了成孔速度,可有效地防止孔壁坍塌、缩径,保持孔壁稳定,控制桩孔形态,实现超长桩施工。

- 2) 成孔过程中,始终采取有效的防斜技术措施,桩孔垂直度高,确保钢筋笼的顺利安装和邻桩的正常施工。

- 3) 改进常规清孔工艺,采取提钻前一次清孔;灌注混凝土前二次清孔并逐步调节泥浆性能的技术措施,提高了清孔效果,保证孔底沉渣满足规范和设计要求。同时,也保证灌注混凝土前的桩孔稳定和水下混凝土的顺利灌注。

- 4) 在保证混凝土质量的前提下,改进水下混凝土灌注工艺,保证桩身混凝土强度、混凝土与桩身周围的土体之间饱满度和桩身的完整性。

3. 超长灌注桩的后注浆工艺

(1) 后注浆工艺原理

桩端后注浆技术是在钻孔灌注桩成桩、桩身混凝土达到预定强度后,采用高压注浆泵



图 1-1 超长灌注桩的工艺流程图

通过预埋注浆管注入水泥浆液与其他材料的混合浆液,浆液渗透到桩端虚土中,固化桩端沉淤,加固桩底周围土体;随着注浆量的增加,水泥浆液不断向受泥浆浸泡而松软的桩端持力层中渗透,增加了桩端的承压面积,相当于对钻孔桩进行扩底。水泥浆液渗透能力受到周围致密土层的限制压力不断升高,对桩端土层进行挤压、密实、填充、固结;使桩底沉渣、桩端受到扰动的持力层得到有效的加固和压密,从而改善了桩、土之间的联系,提高了桩端土体的承载力,从而提高了单桩承载力,减少了基础的沉降和不均匀沉降。

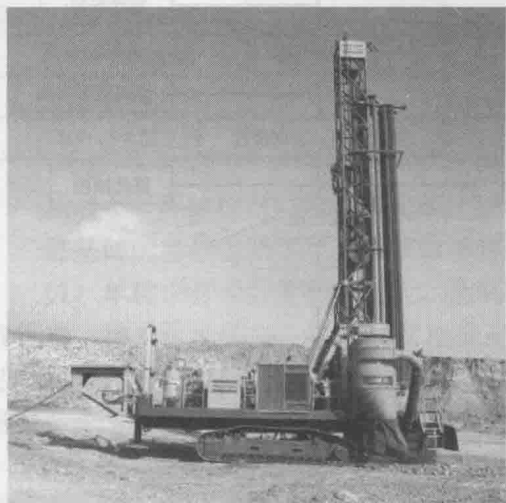


图 1-2 回转式钻机图

(2) 桩端后注浆技术的施工工艺流程:

钻孔灌注桩施工→钢筋笼预置注浆管→浇筑桩体混凝土后 7~8h 内清水疏通注浆管→7d 后开启注浆管,使浆液均匀加入,加固土体→注浆量(或注浆压力)达到设计要求后,停止注浆→转移到另一注浆孔,直至结束所有桩施工。

4. 超长灌注桩的施工设备与关键技术

钻孔灌注桩施工的设备有:回转式钻机、冲击式钻机、冲抓锥成孔钻机和旋挖钻机等。超长钻孔灌注桩施工一般选用常规的回转式钻机进行施工。

(1) 回转钻机成孔

回转钻机成孔是国内灌注桩施工中最常用的方法之一。按排渣方式不同分为正循环回转钻机成孔和反循环回转钻机成孔两种。

1) 正循环回转钻机成孔

正循环回转钻机成孔由钻机回转装置带动钻杆和钻头回转切削破碎岩土,由泥浆泵从钻杆内输进泥浆,泥浆沿孔壁与钻杆的环状空间上升,从孔口溢浆孔溢出流入泥浆池,经沉淀处理返回循环池。

正循环成孔泥浆的上返速度低,携带土粒直径小,排渣能力差,岩土重复破碎现象严重。适用于填土、淤泥、黏土、粉土、砂土等土层;对于卵石含量不大于 15%、粒径小于 10mm 的部分砂卵石层和软质基岩及较硬基岩也可使用。

2) 反循环回转钻成孔

反循环回转钻机成孔由钻机回转装置带动钻杆和钻头回转切削破碎岩土,利用泵吸、气举、喷射等措施抽吸循环护壁泥浆,挟带钻渣从钻杆内腔抽吸出孔外的成孔方法。根据抽吸原理不同可分为泵吸反循环、气举反循环和喷射(射流)反循环三种施工工艺,泵吸反循环是直接利用砂石泵的抽吸作用使钻杆的水流上升而形成反循环。气举反循环是利用高压气体从一定深度压入导管内,在进风口上段形成气浆混合物。由于混合体的重度小于管外泥浆重度,在压力差的作用下管内泥浆上升并排出孔外,同时下部的泥浆不断补充,孔底沉渣在泥浆运动的带动下进入导管,随泥浆排出孔外,形成一个连续稳定的运动过程。

适用于黏性土、砂性土、卵石土和风化岩层,但卵石粒径小于钻杆内径的 $2/3$,且含

量不大于 20%。

(2) 关键技术

为了保证施工质量,在钻孔灌注桩及后注浆过程中要注意以下问题:

1) 塌孔

塌孔是钻孔工序中最严重的质量事故。实践表明大多数的塌孔发生在孔口或孔的上部,当孔的上部局部孔壁坍塌后,塌孔的范围随即迅速扩大。

造成塌孔的原因及预防措施:

① 护筒埋设深度不够。

由于护筒埋设深度不够,使得护筒底部孔壁的土体在土压力和钻机的动静荷载作用下产生垮塌,下面的孔壁迅速坍塌。因此,埋设护筒时需要使护筒尽量进入地下水位以下 0.5m,或者土的黏聚力较大的老土层中 0.5m。

② 埋设时周围土没有夯实。

护筒周围的填土必须分层夯实。

③ 水头压力达不到要求。

当孔内水头低于地下水位时,在黏聚力较小的砂层等地层会迅速坍塌。施工过程中,护筒内泥浆的液面长时间处于较低状况,达不到要求的水头,在钻孔过程中,尤其是反循环钻孔过程中,因为操作不当使孔内水头长时间低于要求的水头,造成塌孔。因此,必须时刻保持要求的水头压力,才能确保孔壁的稳定。

④ 在渗漏的地层没有使用优质泥浆。

如果在渗漏的地层没有使用优质泥浆,会造成水头无法保持而塌孔。因此,对于渗漏地层,当补水不能满足保持水头时必须使用优质泥浆封闭渗漏点。在没有办法保证水头压力的场地,没有采用适当的泥浆来弥补水头的不足,当地面标高与地下水位标高之差不足 1.5~2.0m 时,可以通过调配适当的泥浆来弥补压力不足可能造成的孔壁失稳,或者回填土方提高地面标高以满足水头压力的需要。

2) 缩径

缩径是指孔的局部直径不满足设计要求。

造成缩径的原因及预防措施:

① 水头压力不够

即使满足要求的水头压力,在软弱地层钻进时仍然可产生缩径,因此,在软弱地层钻进时,应尽量提高水头压力,当然还要考虑防止因为水头压力的提高产生泥浆从护筒外反穿的发生。当提高水头压力受条件限制时,应尽量提高泥浆比重来弥补,同时要考虑泥浆比重的提高对泥浆泵等循环系统的影响。

② 钻头直径过小

对软弱地层钻进,可以适当加大钻头的直径。留出缩径的空间,使得在缩径的情况下孔径也能满足设计要求。

3) 注浆管须符合设计要求

桩端后注浆导管及注浆阀数量宜根据桩径大小设置:对于直径不大于 1200mm 的桩,宜沿钢筋笼圆周对称设置 2 根;对于桩径大于 1200mm 而不大于 2500mm 的桩,宜对称设置 3 根。

在钻孔桩钢筋笼上通长安装两根注浆管须符合设计要求,注浆管必须与钢筋笼主筋牢靠固定,并与钢筋笼整体下放。注浆管每连接好一段,必须采用 10~12 号铁丝,每间隔 2~3m 与钢筋笼主筋牢固的绑扎在一起,严防注浆管折断。对露在孔口的注浆管必须用堵头密封,防止杂物及泥浆掉入到注浆管内,确保管道通畅。若是一柱一桩,格构柱部分的注浆管放在格构柱的外侧。注浆管埋入桩底 20~50cm,管与管之间采用丝牙连接,外面螺纹处用止水胶带包裹,并牢固拧紧密封。

4) 钢筋笼的吊装

下放钢筋笼必须缓慢,严禁强力冲击。在每节钢筋笼下放结束时,必须在注浆管内注入清水以检查管子的密封性能。当注浆管内注满清水后,以保持水面稳定不下降为达到要求。如果发现漏水,应提起钢筋笼检查,在排除障碍物后才能下笼。

5) 浇筑混凝土

灌注混凝土前,应再次测量孔内虚土厚度。扩底桩灌注混凝土时,第一次应灌到扩底部位的顶面;浇筑桩顶以下 5m 范围内混凝土时,应随浇筑随振捣,每次浇筑高度不得大于 1.5m。在桩身混凝土浇筑后 7~8h 内,注浆管必须用清水劈裂,水量不宜过大,贯通后即可停止灌水。

6) 桩端后注浆

在桩底注浆时,若有一根注浆管发生堵塞,可将全部的水泥浆通过其他畅通导管一次压入桩端。对桩端注浆管不通的桩,必须采取补注浆措施:在桩侧采用地质钻机对称钻两直径约 90mm 的小孔,深度超过桩端 50cm,然后在所成孔中重新下放两套注浆管并在距桩底端 2m 处用托盘封堵,并用水泥浆液封孔,待封孔 5d 后即进行重新注浆,补充设计浆液。

5. 工程实例

(1) 工程概况

上海中心工程位于上海浦东新区陆家嘴核心区域,是社会各界瞩目的重大工程。整个基坑占地面积约为 30370m²,建筑面积约为 380000m²,主楼建筑结构高度为 580m,地下车库埋深为 25~30m,总高度为 632m,为超高层摩天大楼。建成后的上海中心将代表着上海的城市建设又迈向一个新的高度。

(2) 工程特点

上海中心主楼,采用钻孔灌注桩作为承重桩基,主楼桩总数 955 根,桩径为 $\phi 1000$ mm,桩底标高-83.70m,成孔深度 88m,桩端进入⑨₂层的深度为 10m,桩身在第⑦层、⑨层两个砂性土层中的总长度约 60m,承压桩进行桩底后注浆,注浆量为 2.5t/根,水泥强度等级采用 P42.5,水泥浆水灰比为 0.55。

由于本工程特殊性、质量标准等方面超越了现行的规范,工程桩开工前,施工方结合桩型试验结果和上海市以往的钻孔灌注桩施工经验,编写了一套《上海中心主楼钻孔灌注桩施工工艺及质量控制要点》。该控制要点经过专家委员会审议通过后,作为本工程桩基施工的实施和控制标准,并且在施工过程中根据施工反馈情况先后进行了两次修订升级。

(3) 施工工艺:

- 1) 成孔方式: 上部黏土层 (30m 以上深度) 正循环成孔, 下部砂层采用泵吸反循环成孔;
- 2) 泥浆制备: 采用专用膨润土和外加剂人工拌制;
- 3) 泥浆除砂: ZX-250 型泥浆净化装置 (除砂机) 除砂;
- 4) 清空方式: 泵吸式反循环一清, 气举反循环二清;
- 5) 钢筋笼安装: 预加工成型, 主筋直螺纹接驳器连接;
- 6) 浇灌方式: 导管法水下混凝土浇灌;
- 7) 注浆: 桩端后注浆。

(4) 本工程桩基施工的难点与应对措施

1) 粉砂质土层内成孔钻进

主楼桩桩端进入⑨₂层约 4~8m, 桩身在第⑦层、⑨层两个砂性土层中的总长度约 60m, 整个有效桩长均处于砂层内, 砂性土层内的成孔质量是整个钻孔灌注桩施工质量的关键, 砂层内成孔时粉细砂的沉积和孔壁缩径问题是桩身质量的关键点。本工程通过对钻机、钻具、成孔工艺的研究和改进, 解决了这一难题。

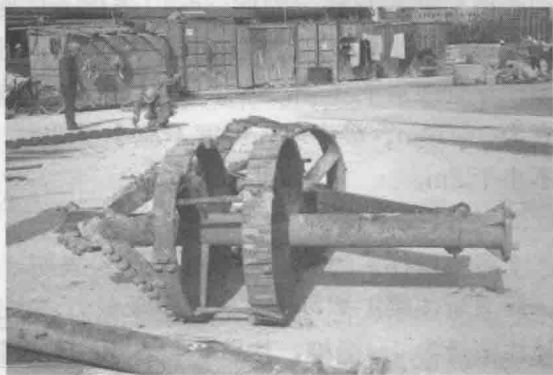


图 1-3 三翼双腰箍钻头

成孔设备选用 GPS-20 或同等规格型号的工程钻机, 配备流量 $180\text{m}^3/\text{h}$ 的

6BS 型反循环砂石泵。成孔钻头选用设计具备良好导向性能的三翼双腰箍钻头, 以满足成孔垂直度的要求; 钻头直径 $\phi 1020\text{mm}$, 略大于设计桩径, 以应对砂质地层的少量缩孔现象。由于本工程钻孔桩有效桩身处于 50m 以上的砂层中, 钻头磨损极大, 因此需选用优质合金刀齿, 每钻两个桩孔需更换一次钻头刀齿, 每钻一个孔需进行一次钻头检修, 同时需配备充足的备用钻头, 以保证成孔效率和连续性。

2) 泥浆除砂及清孔工艺

由于⑦层、⑨层粉砂的颗粒微小, 以往常规工程中砂层内钻孔时极易因泥浆含砂率过高导致卡钻和孔底沉渣超过规范要求的情况。本工程地处上海陆家嘴, 砂层较厚且成孔深度大, 这个问题将更加突出, 需从制浆方式、除砂设备工艺、清孔工等方面采取措施。

由于主楼桩的有效长度均处于砂质地层内, 成孔泥浆必须具备良好的携砂性能和护壁能力, 因此选用优质钠基膨润土进行人工造浆。施工过程中需根据实测泥浆指标及时抽除废浆, 补充新浆。在施工过程中对新浆配置指标、循环泥浆施工指标、清孔后泥浆指标必须进行严格规定和控制。在大厚度砂质地层内, 要成功完成钻进, 除采用携砂性能良好的泥浆外, 还必须使用可靠的方法将泥浆内的砂及时分离。本工程选用的 ZX-250 型泥浆净化装置对循环泥浆进行除砂, 除砂机除砂颗粒等级 0.075mm , 处理能力 $250\text{m}^3/\text{h}$ 。由于主楼桩采用正、反循环结合的成孔方式, 因此泥浆池及泥浆循环系统设置时按新浆池、循环池、沉淀池和泥沙池分离设置, 满足人工搅拌和除砂机除砂工作要求。平均每台桩基配备不小于 150m^3 的泥浆池。

3) 清孔工艺

清孔应分两次进行。第一次清孔在成孔完毕后进行,第二次清孔在钢筋笼和导管安放完毕后进行。为有效清除孔底淤砂,采用泵吸反循环一清,气举反循环二清。一清时应将钻头提离孔底 $0.5\sim 0.8\text{m}$,清孔时,输入孔内的泥浆量不应小于砂石泵排量,保证补量充足,同时应合理控制泵量,避免吸塌孔壁。气举反循环二清气管下放深度 41.5m ,配备 0.6m^3 或 0.9m^3 的空气压缩机,清孔过程中根据流量调节气阀,防止吸力过大扰动孔壁。

4) 高强度等级水下混凝土配置及浇灌

上海中心主楼桩设计桩身强度C45,水下混凝土提高两个等级按C55配置。混凝土拌制和浇灌必须重点研究和控制坍落度、流动性、凝结时间、浇灌设备、浇灌速率等问题。

根据超长钻孔灌注桩的施工要求,混凝土必须具备良好的流动性和较大的坍落度,且必须严格控制水灰比。为此,专门进行了试验配置,其试配强度达到C60(水下C55),超声波桩身检测和取芯检测结果良好,充分验证了高强度等级水下混凝土的可行性。混凝土采用导管法水下浇灌,导管直径 $\phi 300\text{mm}$,导管采用丝扣连接。导管埋入混凝土面的深度宜为 $3\sim 10\text{m}$,最小埋入深度不应小于 2m 。混凝土实际灌注高度不宜小于桩长的 3% ,且不小于 2m 。

5) 桩端后注浆

上海市以往工程和本工程桩型试验表明,砂质土层内的钻孔灌注桩承载力离散性较大,采取后注浆工艺可以有效稳定承载力。本工程所有主楼桩均需进行桩端后注浆施工,设计注浆量为 $4\text{t}/\text{根桩}$,注浆水泥采用42.5普通硅酸盐水泥,水泥浆液水灰比 $0.55\sim 0.60$ 。桩端注浆终止标准应采用注浆量与注浆压力双控的原则,以注浆量(水泥用量)控制为主,注浆压力控制为辅。当注浆量达到要求时,可终止注浆,当注浆压力小于 3MPa 并持续 3min 时,也可以终止注浆。本工程实际注浆压力一般情况下为 $1.4\sim 1.8\text{MPa}$,流速控制在 $30\sim 40\text{L}/\text{min}$ 以内。

在上海中心工程中,通过试桩测试结果分析可知,软土地基钻孔灌注桩桩端注浆后单桩极限承载力大幅度提高,同时说明了注浆后桩周围土的承载力大幅度提高。本工程采用超长钻孔灌注桩并结合桩端后注浆技术,相比较采用钢管桩的桩型,工期缩短近一半,对周边环境的影响相当小,节约桩基投资约 70% ,其社会效益和经济效益特别明显。

(三) 超大直径钻孔灌注桩围护施工技术

1. 旋挖钻机的特点及应用

近年来,在我国的大直径桩基工程施工中,旋挖钻机已经成为桩基施工的主力军,不仅广泛应用于高铁建设,在市政桥梁、公路桥梁桩基、围护工程施工中也得到了广泛的应用,并取得了非常好的效果。

(1) 旋挖钻机特点

旋挖钻机具有施工速度快、成孔质量好、环境污染小、操作灵活方便、安全性能高及适用性强等优点,能够保证工程的进度与质量。旋挖钻机替代了传统的冲击和回旋钻机成孔设备,成为钻孔灌注桩施工的主要成孔设备。

(2) 旋挖钻机的机型

旋挖钻机的机型有：××集团研制的 RD18 型，××公司研制的 ZY120、ZY160、ZY200 型，××重工研制履带可伸缩的 SYR220 型，××机械有限公司 TR200C 型等。其中 RD18 型最大成孔直径 2m、最大钻深 60m，TR200C 型最大成孔直径 2m、最大钻深 62m。

(3) 旋挖钻机应用

青藏铁路线由于施工地层很多是永冻的土层、砂砾、不规则泥页岩，还有软硬互层灰岩，有的冻土厚度达到百米以上，采用旋挖钻进施工工艺。另外北京五环路的基础、北京银泰大厦、鞍钢高炉、北京地铁、环线路网建设、奥运场馆、首都机场新航站楼等大型工程，都大量地采用旋挖钻机施工。

随着改革开放的逐步深化，国内市场经济的需求，铁路、公路、水运交通、城市公共设施 and 工业民用建筑、水利电力设施、港口码头机场等的全面建设，旋挖钻机应用的规模将越来越大。上海地区围护工程中大直径围护桩多采用旋挖钻机进行施工，这使得旋挖钻机施工发展前景更加广阔。

2. 旋挖钻机的施工原理及特点

(1) 旋挖钻机施工原理

旋挖钻机成孔是通过钻头的回转破碎岩土，并将破碎的岩土装入钻头内，然后通过钻机提升装置和伸缩式钻杆将钻头提出孔外并卸土，这样循环往复，不断地取土卸土，直至钻至设计深度。

其工作原理是：由旋挖钻机的发动机系统提供运行动力，通过液压系统将发动机提供的动力传递到动力头，在动力头旋转驱动下将扭矩传递到钻头，使安装在钻杆的钻头回转，与此同时由加压缸提供的加压力也通过钻杆传递到钻头，进而使钻头实现对岩土的切削破碎。钻头进尺到位后，提升钻杆时，主卷扬回转，加压缸同时提升，当钻头提升至地面后，吊车回转带动钻头至指定的卸土位置进行卸土，卸土时提升钻头使回转斗上端的立柱碰到动力头下端承撞体挡板，立柱受力打开回转斗底板开启机构实现卸土作业。然后回到钻孔位置，开始下一个工作循环，当钻至要求深度即完钻孔桩作业。

(2) 旋挖钻机施工的主要特点

1) 成孔速度快。我国的公路、铁路、桥梁和大型的建筑物的基础桩施工大多采用传统的循环钻机或冲击钻机，生产效率很低。而采用旋挖钻机，由于钻头直接从孔内提取岩土，故成孔速度快，施工效率大大提高。如人工挖孔桩正常情况下每天进尺约 40cm，冲击钻在大连地区每天进尺 50~100cm，而旋挖钻机大概每小时进尺 30cm。

2) 质量控制优势突出。由于孔底沉渣少，易于清孔，易保证工程质量。在施工过程中，垂直度、孔底岩层检验、桩长控制等方面的精确度比其他施工方法高。

3) 施工现场环保、干净。旋挖钻机由钻头旋挖取土，先将钻头提出孔内再卸土。旋挖钻机的泥浆用量很少且仅仅用来护壁，而不用用于排渣，成孔所用泥浆基本上等于成孔的体积，且泥浆经过沉淀和除砂还可以多次反复使用，同时，旋挖钻机在岩石地层可以在无泥浆条件下作业，不仅减少了水资源的浪费，还避免了泥浆对周边环境的污染。因而，旋挖钻机施工现场整洁，对环境造成的污染小，降低了施工成本。