



© 封面设计/李星星

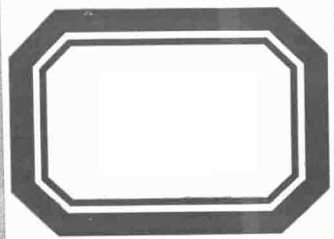
XUANWAZUANJI SHEBEI SHIGONG YU GUANLI

ISBN 978-7-5487-0470-6



9 787548 704706 >

定价：28.00元



国家“863”计划项目

旋挖钻机 设备、施工与管理

XUANWAZUANJI

NG YU GUANLI



● 何清华 朱建新 刘祯荣 著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

国家“863”计划项目

旋挖钻机 设备、施工与管理

XUANWAZUANJI SHEBEI SHIGONG YU GUANLI

◎ 何清华 朱建新 刘祯荣 著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn



图书在版编目(CIP)数据

旋挖钻机设备、施工与管理/何清华,朱建新,刘祯荣著. —长沙:
中南大学出版社,2012.2

ISBN 978 - 7 - 5487 - 0470 - 6

I. 旋... II. ①何... ②朱... ③刘... III. ①钻机 - 机械设备
②钻机 - 工程施工 ③钻机 - 工程施工 - 施工管理 IV. P634.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 020026 号

旋挖钻机设备、施工与管理

何清华 朱建新 刘祯荣 著

☐责任编辑 谭 平

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市宏发印刷厂

☐开 本 880 × 1230 1/32 ☐印张 8.5 ☐字数 207 千字 ☐插页

☐版 次 2012 年 3 月第 1 版 ☐2012 年 3 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 0470 - 6

☐定 价 28.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

序 言

旋挖钻机在 20 世纪 20 年代后期首先在美国 CALWELD 公司问世,之后在欧洲、日本得到发展。我国从 20 世纪 80 年代开始引进旋挖钻机并进行消化吸收,前后经历了几十年的发展,但直至 1998 年青藏铁路开始大规模使用旋挖钻机后,旋挖钻机施工工法在我国才开始明显地进入基础行业的视野,尤其近十多年来国内一批企业投入旋挖钻机的研发与制造,使得旋挖钻机在我国的研究与应用得到了快速发展。目前国产旋挖钻机已基本取代进口产品,而且钻孔灌注桩成孔施工都广泛使用旋挖钻机,尤其是大直径大深度的成孔施工,旋挖工法在我国得到了全面的推广应用。

但是我们应该看到,旋挖钻机作为一种桩基础的施工设备,它只是桩基础施工的一个环节,真正要使旋挖钻机在灌注桩成孔施工中达到高效低耗,必须要对设备性能和施工工艺与现场管理进行系统研究。然而我国旋挖钻机在发展的过程中,对施工工艺与现场管理的研究相对于主机研发来说一直处于滞后状态,有了好的设备,却不能充分地发挥其在工程应用中的作用,例如,钻机在不同地层施工时,应该使用何种钻杆、钻具,如何正确配置泥浆,如何处理孔内事故等等,而这些却都是直接关系到工程施工的进度、产出等关键问题。若无相关的理论与经验的指导,就不能充分发挥旋挖钻机在灌注桩成孔施工中的优势;没有对施工工艺的研究,国产设备也难以从根本上得到创新发展。

值得欣慰的是,山河智能作为国内基础装备制造领域的优秀

企业代表，在长期的设备研发与应用实践中，一直重视对施工工艺及现场管理的研究，关注设备施工及管理的全过程，通过点滴的积累、实验、总结，形成了一套行之有效、极具推广价值的旋挖钻机施工工艺与管理理论。今天，他们推出的这本《旋挖钻机设备、施工与管理》就是一个佐证。

本书将桩基础施工的设备、工艺与管理三个环节视为一个系统工程进行研究，在重视设备的同时，更重视工艺，另外还关注于旋挖钻机施工的现场管理，这在国内是极少见的。本书的出版发行，对我国旋挖钻机施工工艺规范的制定必定起到有力的推动作用，同时本书也是广大从事旋挖钻机的研发、使用及管理人员的一本很好的参考资料。

北京市建筑工程研究院

2012 年 1 月

前 言

随着我国经济的发展和国民经济“十一五”计划的全面实施，基础工程领域得到了巨大的发展。尤其是近年来，被称为“五大世纪工程”的三峡工程、西气东输、西电东送、南水北调和青藏铁路等工程的陆续建设；国家西部大开发政策的实施使西部有一大批基础工程要建设；京沪高速铁路和武广客运专线的建设、国家五横七纵高等级公路的开工以及各地区城市建设规模也在不断扩大，尤其是北京申奥的成功使得以北京为主的几个奥运城市更是需要大规模的城市建设及奥运场馆的建设，因而高层建筑、立交桥、高架桥等纷纷上马。这一系列的项目使基础工程市场发展达到了一个前所未有的规模，而大量基础工程的建设自然就会产生大量的桩基工程。与一般的基础工程相比，这些工程具有工程量大、持续时间长、对环保要求严格、工程进度不能拖延等特点。这些特点必然对基础工程的施工技术提出更严格的要求，采用常规的施工技术显然很难满足这些工程的施工要求，而必须采用先进的施工技术和施工设备。基础桩施工技术的完善和灌注桩承载能力的提高，以及以人为本和环境保护的理念乃至相关法律法规实施不断强化，使桩基础特别是现浇混凝土灌注桩几乎取代了其他基础，成为应用最广泛的基础形式。

旋挖钻机是大口径桩基础工程的高端成孔设备，与其他成孔钻机相比，它具有机、电、液一体化的高度集中、装机功率大、输出扭矩大、轴向压力大、机动灵活、施工效率高、成孔质量好、地层适应性强和环保性能好等特点，代表着桩工机械的发展方向，使其在灌注桩、连续墙、基础加固等各种市政建设、公路桥梁、

高层建筑的基础施工工程的钻孔灌注桩工程中得到了广泛应用,成为适合建筑基础工程中成孔作业最理想的施工设备。在欧洲和日本等发达国家已经成为大直径钻孔灌注桩施工的主力机型。而在我国,自从20世纪80年代初从日本引进旋挖钻机开始,虽然旋挖钻机的生产还处于起步阶段,应用尚未普及,但是其巨大的技术优势已经开始体现,并越来越受到施工部门的青睐。可以预见,高性能、高技术含量的旋挖钻机终将会逐步得到普及应用,旋挖钻机在我国的发展前景是非常巨大的。

本书所指的旋挖钻进成孔法(旋挖工法)为以旋挖钻机作为钻孔设备,回转斗、短螺旋钻头和钻杆作为钻孔工具,采用无循环作业方式成孔的施工法。旋挖工法根据护壁方式不同分为稳定液护壁法和全套管护壁法两种,本书内容以稳定液护壁法为主。

旋挖钻进技术在我国经过了十余年的发展,发展非常迅速,但我国至今尚未正式发布有关旋挖钻机的施工工艺规范,给旋挖钻进施工中的过程控制、质量监管和验收带来一定难度,甚至频发埋钻、卡钻、钻孔坍塌、钻杆扭断等人为事故。设备本身也缺乏维护、保养和操作规范,使得设备运行经常出现各类故障。鉴于此,本书主要探讨旋挖钻进施工工艺、施工设备和钻孔工具选型等。

第一章、第二章由朱建新编写,第三章、第四章、第五章由何清华编写,第六章由刘禎荣编写,第七章由刘禎荣、朱建新编写。

由于编者水平有限,书中缺点和不足之处难免,望各位读者指正。

著 者
2012年1月

目 录

第一章 桩基础施工工艺方法概述	(1)
第二章 现代旋挖钻机	(7)
第一节 概述	(7)
第二节 旋挖钻机的主要结构	(13)
第三节 现代旋挖钻机的机构分析	(16)
第三章 旋挖钻进工具	(51)
第一节 钻斗与钻头	(51)
第二节 钻杆	(93)
第三节 钢丝绳	(104)
第四章 旋挖钻进工艺原理、钻进工艺特点及工艺参数控制	(109)
第一节 旋挖钻进工艺原理及钻进工艺特点	(109)
第二节 旋挖钻进工艺参数控制	(110)
第三节 清孔方法的选择	(117)
第四节 旋挖钻进的质量控制	(120)
第五节 旋挖钻进工法施工中应注意的事项	(123)
第六节 怎样提高旋挖钻进效率	(127)

第五章 旋挖钻进用泥浆	(130)
第一节 钻孔孔壁稳定问题	(130)
第二节 泥浆的原材料	(143)
第三节 泥浆的主要性能及性能指标	(156)
第四节 泥浆性能参数的选择、配比设计和性能调节	(160)
第五节 泥浆的配制与回收	(179)
第六章 旋挖工法的施工管理	(185)
第一节 施工泥浆管理	(185)
第二节 设备管理	(186)
第三节 施工组织管理	(188)
第七章 特殊地层钻进及机械事故与孔内事故的预防和处理	(197)
第一节 特殊地层钻进	(197)
第二节 机械事故的预防和处理	(209)
第三节 孔内事故的预防和处理	(224)
第四节 钻孔质量事故预防与处理	(238)
附 录	(242)
附录一 桩孔施工记录表	(242)
附录二 桩孔终孔验收单	(243)
附录三 水下混凝土灌注记录表	(244)
附录四 山河智能 SWDM 系列旋挖钻机技术参数表	(244)
参考文献	(257)

第一章 桩基础施工工艺方法概述

桩可按荷载机理、材料、形状、直径(或断面)、长度、使用性能及桩端支承情况等多种范畴进行分类。按照施工方法的不同,可分为非挤土桩、部分挤土桩和挤土桩三大类型。细分的桩的施工类型如图1-1所示。

桩型的选择可根据以下原则:

(1)“因荷载制宜”,即上部结构传递给基础的荷载大小是控制单桩承载力要求的主要因素。

(2)“因土层制宜”,即根据建筑物场地的工程地质条件、地下水位状况和桩端持力层深度等,通过比较各种不同方案桩结构的承载力和技术经济指标,选择桩的类型。

(3)“因机械制宜”,即考虑本地区桩基施工单位现有的桩工机械设备,如确实需要从其他地区引进桩工机械时,则需要考虑其经济合理性。

(4)“因环境制宜”,即考虑设桩过程中对环境的影响,例如打入式预制桩和打入式灌注桩的场合就要考虑振动、噪声以及油污对周围环境的影响;泥浆护壁钻孔桩和埋入式桩就要考虑泥水、泥土的处理,否则会造成对环境的不利影响。

(5)“因造价制宜”,即采用的桩型,其造价应比较低廉。

(6)“因工期制宜”,当工期紧迫而环境又允许,可采用打入式预制桩,因其施工速度快;再如施工条件合适,也可采用人工挖孔桩,因该桩型施工作业面可增多,施工进度也较快。

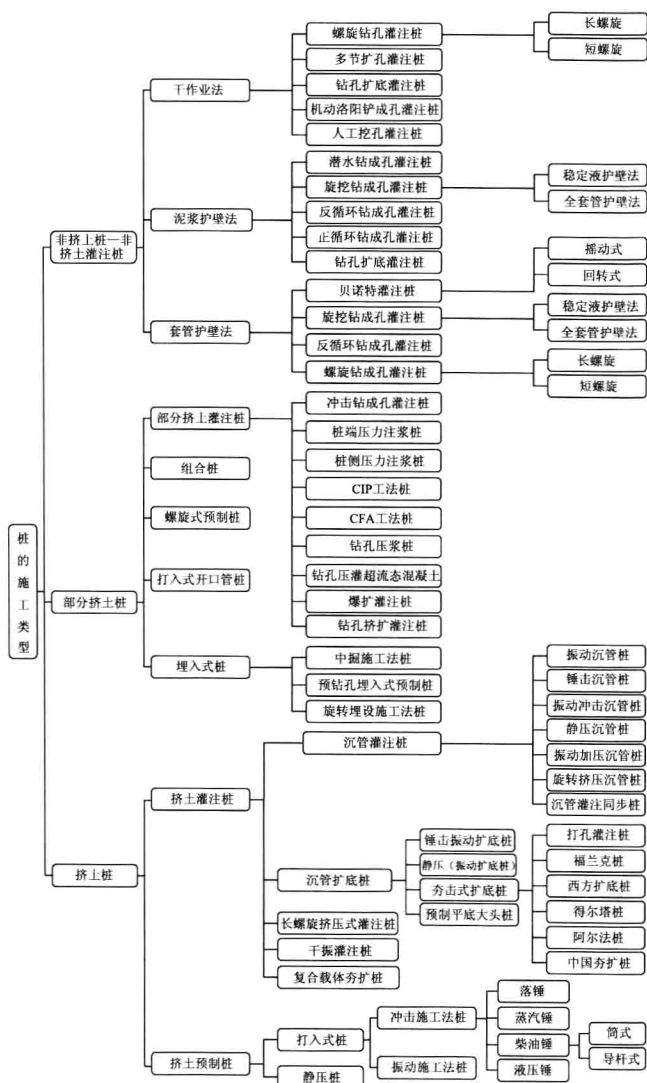


图 1-1 桩的施工类型

总之,在选择桩型和工艺时,应对建筑物的特征(建筑结构类型、荷载性质、桩的使用功能、建筑物的安全等级等、地形、工程地质条件(穿越土层、桩端持力层岩土特性)、水文地质条件(地下水类别、地下水位标高)、施工机械设备、施工环境、施工经验、各种桩施工法的特征、制桩材料供应条件、造价以及工期等进行综合性研究分析后,并进行技术经济分析比较,最后选择经济合理、安全适用的桩型和成桩工艺。

由于具有承载能力强、桩身尺寸大、适应地层范围广等突出优点,非挤土灌注桩已逐渐得到广泛应用,尤其是在高层房建工程、轨道交通工程和桥梁工程中,更是成为主力桩型。如图 1-1 所示,非挤土灌注桩可以细分为三大类型:干作业法、泥浆护壁法和套管护壁法。这三种类型的主要区别在于成孔时护壁方法不同。下面在每种类型中择其最具代表性的成孔法进行简要介绍。

1. 螺旋钻进成孔法

螺旋钻进成孔法是通过螺旋钻杆带动螺旋钻头加压回转,从而破碎孔底岩土而不断向下钻进,并通过螺旋叶片将钻渣输送至地表的成孔方法,施工过程中无须使用泥浆等液体进行护壁或排渣。

螺旋钻进成孔法适宜于钻进地下水位以上的一般黏土层、砂土层、人工填土层、卵石层以及软岩层,不宜用于地下水位以下的上述各类土层及碎石层、淤泥、淤泥质土层的桩孔施工。其成孔直径一般为 0.3~1 m,深度不超过 30 m。成孔设备包括导向架、卷扬机、螺旋钻具、动力头等。一般可细分为长螺旋、短螺旋、环状螺旋、震动螺旋和跟管螺旋钻进成孔法。钻头的形式有尖底式、平底式、筒式、耙式等,应根据不同地层选择不同的钻头。

2. 反循环钻进成孔法

反循环钻进成孔法施工过程中通过泥浆的循环运动来实现护壁和排渣的功能。反循环钻进成孔法包括泵吸反循环钻进成孔、射流反循环钻进成孔、气举反循环钻进成孔和冲击反循环钻进成

孔等四种方法。由于具有施工效率高、桩孔质量好、成孔费用低、施工安全等优点,泵吸反循环钻进成孔法成为了四种反循环钻进成孔法中应用最为广泛的成孔方法。

泵吸反循环钻进成孔法是通过砂石泵的抽吸作用,在钻杆内腔形成负压,在孔内液柱和大气压的共同作用下,钻具与孔壁之间的环形空间的泥浆流向孔底,将钻头切削下来的钻渣带入钻杆内腔,再经过砂石泵排至地面沉淀池内的成孔方法。

泵吸反循环钻进成孔法适宜于填土层、砂土层、黏土层、淤泥层、砂层、卵砾石层和基岩的桩孔施工。填土层中的碎砖、填石和卵砾石层的卵砾石的块度不得大于钻杆内径的 $3/4$, 否则容易堵塞钻头水口和管路,影响泥浆的正常循环。其成孔直径一般超过 0.6 m , 孔深一般不超过 90 m 。成孔设备包括钻机、砂石泵、转盘、钻杆和钻头。

3. 旋挖钻进成孔法

旋挖钻进成孔法中泥浆的主要作用是保护孔壁并悬浮细粒钻渣,一般保持孔内泥浆液面高出地下水位 $1.5\sim 2\text{ m}$, 就能平衡地压而不跨孔,钻渣通过钻具提出至孔外。旋挖钻进成孔法是通过动力头驱动钻杆,由钻杆带动底部镶嵌斗齿的桶式钻斗旋转,并在伸缩式钻杆自重(含钻斗重)和加压油缸压力作用下切削土体。被切削下的土体在回转力矩的推动下被挤入钻斗内,当钻斗内土体量达到一定时,若使用双层底板旋挖钻斗,则让其反转关闭底部入口,使用主卷扬直接或边通过动力头反转边使用主卷扬提升钻斗至地面卸除钻渣。在钻斗快提离泥浆面之前向钻孔内补入新配制好的泥浆,以避免由于钻斗提出泥浆面后导致孔内液面降低而垮孔。这样逐次取土,反复循环作业成孔。终孔后需要清除孔底沉渣,清除方法可用局部悬浮法或在下钢筋笼之前用捞渣钻头捞除。若是在地下水位以上地层钻进,旋挖钻进成孔法也可进行干式钻进。旋挖钻进成孔法是 20 世纪 20 年代后期美国 Calweld

公司改造钻探机械而用于灌注桩施工的方法。根据护壁方式的不同,旋挖工法可分为稳定液护壁法和全套管护壁法两种,本书内容以稳定液护壁法为主。

旋挖钻进成孔法适宜的地层范围较广,可用于填土层、黏土层、粉土层、淤泥层、砂层、卵砾石层、基岩、漂石层和硬质永冻土层等的桩孔施工。其成孔直径一般为 $0.5 \sim 3 \text{ m}$,最大成孔深度可达90余米。成孔设备包括旋挖钻机、钻杆、钻头等。根据钻进时加压方式的不同,钻杆分为摩擦加压式、机锁加压式和组合加压式三种。钻头可分为两大类:一类是回转钻头,包括单底土斗和双底捞沙斗;另一类是嵌岩钻头,包括短螺旋钻头、嵌岩筒钻和牙轮钻头。施工过程中,应根据不同的地质情况,选择合适的钻杆和钻头。

旋挖钻进成孔法的工艺流程如图1-2所示。

4. 贝诺特工法

贝诺特钻进成孔法是利用摇动装置的摇动(或回转装置的回转)使钢套管与土层间的摩阻力大大减少,边摇动(或边回转)边压入,同时利用冲抓斗挖掘取土,直至套管下到桩端持力层为止的工法。贝诺特工法实质上是冲抓斗跟管钻进法,施工过程中利用钢套管进行护壁。

由于有钢套管的保护,贝诺特钻进成孔法对土层具有广泛的适应性,基本上适宜于所有土层的桩孔施工,如遇到岩石层,可结合人工处理方法钻进成孔。其成孔直径一般为 $0.6 \sim 4 \text{ m}$,最大成孔深度可达90 m。成孔设备包括全套管钻机、冲抓斗等。

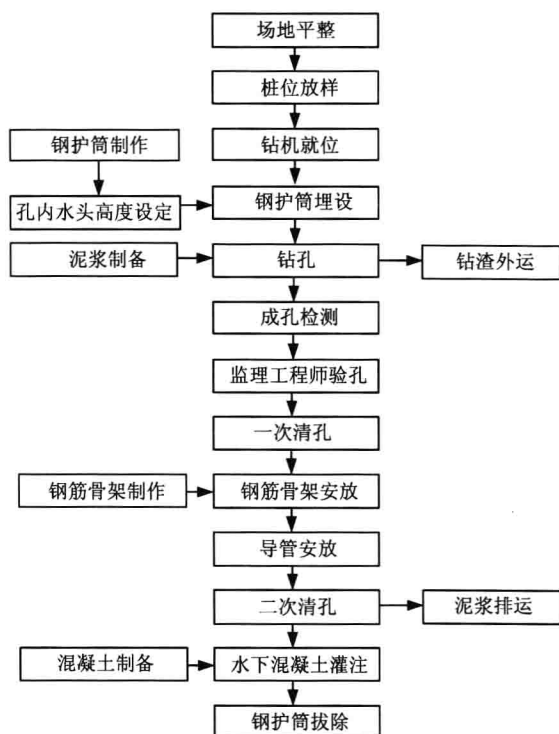


图 1-2 旋挖钻进成孔法工艺流程图

第二章 现代旋挖钻机

第一节 概述

多功能全液压旋挖钻机(简称旋挖钻机)是以利用回转斗、短螺旋钻头或其他作业装置进行干、湿钻进,逐次取土,反复循环作业成孔为基本功能的机械设备。该钻机也可配置长螺旋钻具、套管及其驱动装置、地下连续墙抓斗、预制桩桩锤等作业装置。旋挖钻机是大口径桩基础工程的高端成孔设备,与其他成孔钻机相比,它具有机、电、液一体化的高度集中、装机功率大、输出扭矩大、轴向压力大、机动灵活、施工效率高、成孔质量好、地层适应性强和环保性能好等特点,代表着桩工机械的发展方向,其在灌注桩、连续墙、基础加固等各种市政建设、高铁、公路桥梁、高层建筑的基础施工工程的钻孔灌注桩工程中得到了广泛应用,成为适合建筑基础工程中成孔作业最理想的施工设备。

旋挖钻机是在回转斗钻机和全套管钻机的基础上发展起来的。二战前,美国 Calweld 公司首先研制出了回转斗钻机(图 2-1)及短螺旋钻机;20 世纪 50 年代,法国 Benoto 公司将全套管钻机(图 2-2)应用于桩基础施工;再后来欧洲一些国家逐渐将两种工法合并完善,发展成为具有多功能的旋挖钻机的初期产品。意大利的土力公司首先将美国安装在载重汽车上和附着在履带起重机上的钻机引入到欧洲。这种钻机的动力头为固定式,不能自行安装套管,难以适应硬地层施工。1960 年德国维尔特和盖尔茨盖特公司