

中国桩工施工工法的里程碑——旋挖钻机施工法

于好善^{1,2}

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 中国地质科学院勘探技术研究所钻头中心, 河北 廊坊 065000)

摘要:旋挖钻机施工法是我国近几年来引进推广的先进施工工艺,其设备为集机电液一体化的大型智能化设备,具有机械化程度高、施工速度快、施工质量好、环保理念强等优点,一经引用就受到广大施工单位的认可和好评,与之相关的施工工艺、附属器具及人员培训等各方面也得以长足发展。

关键词:旋挖钻机;工法;钻头

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)09-0078-04

0 前言

随着我国经济的高速发展,大规模的基础工程纷纷上马,如三峡水电站、青藏铁路、奥运工程、南水北调、西气东输、西电东送、城市地铁轻轨、高速公路、新修铁路及旧路改造、电厂、绕城高速、车站码头等,这些工程中,对基础施工质量要求高,工期短,加之以人为本和环保理念的强化,传统的桩工施工工法难以适应上述要求,一种先进的桩工施工工法——旋挖钻机施工工法一经被引进到我国,就迅速地扩展,并且得到了发展壮大,可喜的是近四五年以来我国自主研发的旋挖钻机及钻具正在日趋成熟,取代进口产品,正成为我国旋挖施工的主力军。

1 国外旋挖钻机的发展历史

旋挖钻机的英文名为 Rotary Drilling Rig,旋挖钻机是在回转斗钻机和全套管钻机的发展起来的。二战前,美国 CALWELD 公司首先研制出了回转斗及短螺钻机,20 世纪 50 年代,法国 BENOTO 公司将全套管钻机应用于桩基础施工,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。

是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的。动力头为固定式,不能自行安装套管,所以难以适应硬地层施工。1960 年德国维尔特和盖尔茨盖特公司同时开发了可动式动力头,大大地方便了施工。1975 年,德国宝峨公司研制了配有伸缩钻杆的 BG7 型钻机,该钻机的动力直接由底盘发动机提供,配置

可锁式钻杆实现加压钻进,同时扭矩也增大了很多,适应地层进一步拓宽。

日本是于 1960 年开始从美国引进 CALWELD 旋挖钻机。同年加藤制作所开发的 15-H 型钻机,以后开发了可配摇管装置和抓斗的钻机,1965 年日立建机研制了利用挖掘机底盘装有液压加压装置的钻机,1974 年开发了利用液压履带起重机底盘由液压马达驱动的钻机。1981 年日立建机与土力公司合作开发了为提高单桩承载力的扩底钻头,随后日本车辆也研制出了此类钻头,这样旋挖钻机就进入了钻孔扩底灌注桩的施工领域。

国外旋挖钻机的主要生产厂家有:德国的 BAUER, LIEBHERR, DELMAG, WIRTH, MGF; 意大利的 SOILMEC, MAIT, CMV, IMT, CASAGRANDE, ENTEGO; 西班牙的 LLAMADA; 芬兰的 JUNTAN; 英国的 BSP; 美国的 APE, INGERSOLLRAND; 日本的日本车辆,住友,加藤, HITACHI。

2 国内旋挖钻机发展历程

1984 年天津探矿机械厂首次从美国 RDI 公司引进车载式旋挖钻机,1988 年北京城建工程机械厂仿制了土力公司附着式旋挖钻机,1994 年郑州勘察机械厂引进英国 BSP 公司附着式旋挖钻机。1998 年上海金泰股份有限公司与宝峨公司合作组装 BG15 钻机,类似的合作还有土力公司与连云港黄海机械厂,CMV 与天锐公司也有在国内合作的事例,但是我国自行研制拥有自主知识产权的还是从 1999 年起,徐州工程机械股份公司与四海公司研发

收稿日期:2007-08-01

作者简介:于好善(1965-),男(汉族),河南汝南人,中国地质大学(北京)博士研究生在读,中国地质科学院勘探技术研究所钻头中心副主任、教授级高级工程师,地质工程专业,从事水文水井、地质勘探及岩土工程等钻具与钻头的研究工作,河北省廊坊市金光道 77 号,yhs@cniel.com。

的附着式旋挖钻机及独立式旋挖钻机。2000年徐工集团开始自主研制性能和结构与国外相似的旋挖钻机,2001年北京经纬巨力第一台旋挖钻机成功试制,接下来三一重工、连云港黄海机械厂、山河智能、中联重科等等一批国内厂商都陆续研制出了品种各异的旋挖钻机。

3 国内外旋挖钻机的技术现状

3.1 旋挖钻机的分类

(1)按照旋挖钻机的输出扭矩、发动机功率、钻进能力可分为:大型、中型、小型及微型,大到可钻进直径为3~4 m、孔深100多米,小到可爱的BABY或MIDI,扭矩不足100 kN·m,整机只有3~4 t。

(2)按结构形式可分为:以欧洲为代表的方形桅杆加平行四边形连杆机构的独立式和以日本为代表的履带起重机附着式。

(3)按钻进工艺可分为:多工艺钻机及单工艺钻机,所谓单工艺钻机就是我们在市面上常见的以回转钻进为主的钻机,多工艺钻机是指钻机具有施工连续墙、冲击钻进、冲抓钻进、循环钻进、振动预置桩施工、全套管施工等,当然多工艺钻机不是全具备上述功能,只要具备2项以上即称为多工艺钻机,单工艺钻机通过改装也能成为多工艺钻机,现在很多厂家在研制时已经考虑到改造的可行性。

3.2 旋挖钻机的结构和性能特点

3.2.1 欧洲独立式旋挖钻机

(1)动力头由一个或多个液压马达驱动。

(2)钻杆分为摩阻式与机锁式。机锁式又分为间断式和齿条式。摩阻式钻杆用于普通地层钻进,机锁式用于坚硬地层钻进。

(3)钻桅采用箱形结构,刚性好,质量轻。其支撑机构有3种形式:平行四边形小三角结构、大三角结构、大三角支承结构。

(4)主卷扬是旋挖钻机的关键部分。钢丝绳寿命的长短与主卷扬有密切的关系,欧洲的旋挖钻机都有钻杆触地自停和动力头随动装置以防止乱绳和损坏钢丝绳。

(5)底盘分为专业桩架底盘、旋挖钻机专用底盘、起重机履带底盘、挖掘机履带底盘、汽车底盘等。

(6)机电一体化工程的设计。

①发动机与负载相匹配(降低油耗、减少噪声)的电子控制系统;

②手动和自动切换,监控钻桅垂直度(保证桩孔垂直度)的自动纠偏系统;

③高精度钻孔倒土回转定位(防止桩孔变形)控制技术;

④钻孔深度(防止过放钢丝绳和确认孔深)测量及显示系统;

⑤故障(带负载起动,卷扬过卷)检测,报警及信息显示系统;

⑥整机工作状态(启动前先自动预检)动画及虚拟仪表显示系统;

⑦GPS定位与移动电话数据(快速联络、及时到位)传输系统;

⑧成桩过程(提高成桩质量)的反馈显示、记录、打印系统。

(7)适应施工的多种机具配置。

旋挖钻机一般用于大口径短螺旋和旋挖斗钻孔施工,除此之外,钻机采用的是多用途模块设计,还可配置如下机具施工:长螺旋(CFA)钻具,全套管与冲抓斗、液压抓斗、液压锤、振动锤等。

3.2.2 日本旋挖钻机

主要以附着式为主。实际上它的底盘并不是纯粹的起重机,只是外观像起重机。它的平台、吊臂、液压系统都是根据旋挖钻机的特点设计的。附着式旋挖钻机的最大特点是一机多用(既可作钻机用,也可以作起重机用),作业范围大,并且可以安装扩底装置。缺点是动力头扭距偏小,加压行程短,成孔的垂直度没有独立式钻机好。

国内企业近年来利用各种方式和途径在消化吸收国外先进技术的基础上,不断创新,相继开发了多种形式的旋挖钻机。如湖南山河智能、徐工集团等开发的专用底盘旋挖钻机,以三一重工、中联重科为代表的开发出了挖掘机底盘的钻机。国产旋挖钻机整体水平虽然与国外产品还有一定差距,但主要性能已接近国外先进水平,价格优势明显,所以从2003年下半年开始,国内旋挖钻机市场已经从进口机为主变为以国产机为主。

4 旋挖钻机的施工工艺

旋挖钻机以发动机为动力源,通过电—液控制把输出的动力由传力介质(钻杆)传递到切削钻具上,产生一系列的切削动作,从而形成桩孔,达到地基基础施工的要求。但是在具体施工中,旋挖钻机的钻进工艺是一个系统复杂的工程,下面以国内最常见的单工艺施工为例,简单作一介绍。

4.1 施工前的准备工作

施工前的准备工作包括以下几个方面:检查钻

机;场地条件准备;根据地层和施工要求制定施工方案;护壁措施准备;孔口管、护筒、泥浆系统及泥浆配比等;选配钻头;钻进参数选定;各类事故处理预防及处理方案。

4.2 钻头的分类及选用

无论是什么类型的钻机,工作原理大同小异,施工效果如何,最关键的是上述方案的“钻头选配”。

旋挖钻机常用钻头有以下几类:螺旋钻头、旋挖钻斗、筒式取心钻头、扩底钻头、冲击钻头、冲抓锥钻头、液压抓斗,这 7 大类钻头通过一些结构和参数的变化,细化为 30 多种,以满足各种工艺及地层的需要。

4.2.1 螺旋钻头

螺旋钻头分为锥形螺旋钻头和直螺旋钻头。

4.2.1.1 锥形螺旋钻头

分为单头单螺(适用于风化基岩、卵石、含冰冻土等)(见图 1)、双头单螺(适用于中硬及硬基岩)、双头双螺(适用于坚硬基岩)(见图 2)。

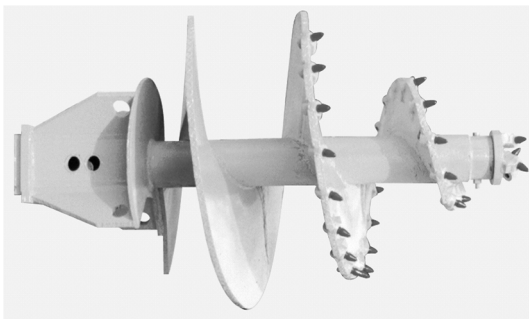


图 1 单头单螺钻头

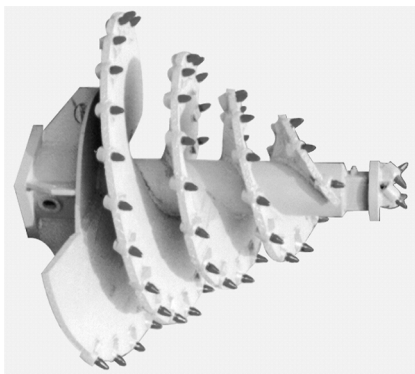


图 2 双头双螺钻头

4.2.1.2 直螺旋钻头

(1)斗齿直螺(见图 3):分为双头双螺(适用于砂土、胶结差的小直径砾石层)、双头单螺(适用于砂土、土层)、单头单螺(适用于胶结差的大直径卵石、粘性土及硬胶泥)。

(2)截齿直螺:有双螺、三螺和四螺,适用于中

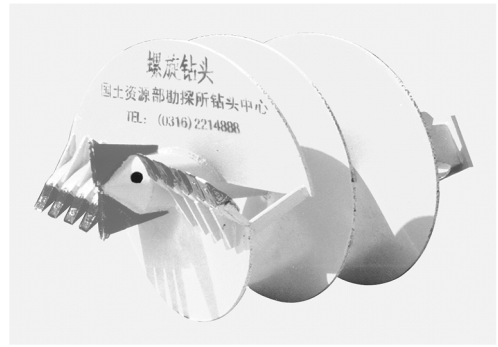


图 3 斗齿直螺钻头

硬基岩或卵砾石层。

4.2.2 旋挖钻斗

- (1)按所装齿可分为截齿钻斗和斗齿钻斗;
- (2)按底板数量可分为双层底斗和单层底斗;
- (3)按开门数量可分为双开门斗和单开门斗;
- (4)按桶的锥度可分为锥桶钻斗和直桶钻斗;
- (5)按底板形状可分为锅底钻斗和平底钻斗。

以上结构形式相互组合,再加上是否带通气孔、开门机构的变化,可以组合出几十种旋挖钻斗。一般来说双层底钻斗(见图 4)适用地层范围较宽,单层底的只适用于粘性较强的土层。双门钻斗适用地层范围较宽,单门钻斗只是用于大直径的卵石层及硬胶泥。

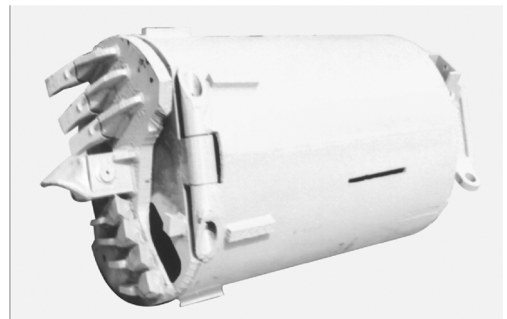


图 4 双层底钻斗

4.2.3 筒式取心钻头

目前常见的有 2 种:截齿筒钻(适用于中硬基岩和卵砾石)(见图 5)和牙轮筒钻(适用于坚硬基岩和大漂石)。

4.2.4 扩底钻头

目前常用的以机械式为主,张开机构一般为四连杆的,如果安装截齿可用于土层、强风化、中风化地层,如果安装牙轮及滚刀可用于坚硬基岩(见图 6)。

4.2.5 冲抓锥钻头、冲击钻头

用副卷扬挂装冲抓锥钻头(见图 7)和冲击钻头



图 5 截齿筒式钻头

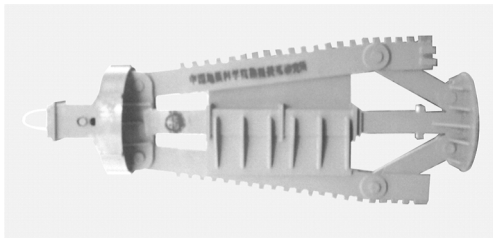


图 6 扩底钻头

(见图 8),用于大漂石和坚硬基岩辅助钻进,其中冲抓锥钻头也是旋挖钻机进行全套管钻进时必不可少的辅助钻具。

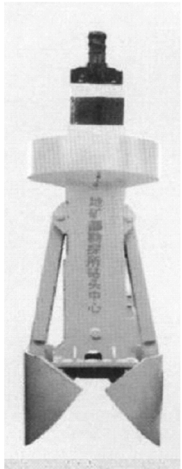


图 7 冲抓锥钻头



图 8 冲击钻头

4.2.6 液压抓斗、双轮铣钻头

用液压抓斗、双轮铣钻头可进行连续施工,一般

(上接第 77 页)

(3)将水平定向取心技术和岩心定向技术充分地揉合,确定水平岩心的各项岩心指标,可以收到减少钻探工作量,加快勘探速度,降低勘探成本,提高准确性的效果。

液压抓斗用于软地层,双轮铣钻头用于硬地层。

5 应用前景

砼质量的改善,桩基础施工技术的完善,灌注桩承载能力的提高,以及城市环境法规的严格执行,使钻孔灌注桩几乎取代了其他地基基础,成为应用最广泛的基础型式。国内外成孔作业中各种钻孔机(反循环、旋挖钻机、全套管)的比例迥然不同。在国外大直径混凝土灌注桩施工中,旋挖钻机一般占 2/3 以上,正反循环钻机在欧洲城市中几乎不再使用。而国内钻孔机产品中正反循环钻机的产量占到 90%。

旋挖钻机因其具有装机功率大、输出扭矩大、轴向压力大、移动灵活、施工效率高、环保等特点,配合不同钻具,适应我国大部分地区的地质条件,成为适合建筑基础工程中成孔作业最理想的施工机械。近年来,北京地铁、环线路网建设,特别是青藏铁路、奥运场馆、首都机场新航站楼等大型工程的施工中,旋挖钻机高效、环保等优势得到公认。

随着改革开放的逐步深化,国内市场经济的需要,使得铁路、公路、水路交通,城市公共设施和工业民用建筑,水利电力设施,港口、码头、机场的建设全面飞速发展,桩基础施工机械潜在的巨大市场已经出现。仅铁路建设方面,2005 年我国立项了一批新项目,到 2020 年铁路建设总投资要超过 2 万亿元,平均每年投资在 1000 亿元以上。2007 年将有条数高速客运专线如武大、郑西、石大、京津等相继开工,高速客运专线有 60% 以上为桥梁,桥桩的直径大多在 1200 mm 左右,深度 40 m 以内,恰好适合旋挖钻机施工,这将是继青藏铁路以后旋挖钻机在铁路建设中更大规模的应用。

目前我国拥有旋挖钻机仅仅 1000 多台,这与我国的施工需求差距很大,所以说旋挖钻机及其施工工法有着很大的发展前景。

参考文献:

- [1] 熊德智. 水平井取心工艺技术[J]. 钻采工艺,1996,(1).
- [2] 许俊良,等. SP-8100 型水平井取心工具[J]. 石油机械,1994,(9).
- [3] 李海石,符国强. 钻井取心技术[M]. 北京:石油工业出版社,1993.
- [4] 杨鹏,等. CB-A29m 大斜度井取心实践与认识[J]. 西部探矿工程,2005,(6).