

多功能旋挖钻机长螺旋钻具的研制

王三牛, 李洪, 宋刚, 邵玉涛

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北廊坊 065000)

摘要:通过对长螺旋钻进过程中阻力矩的计算, 得出了不同直径和孔深情况下的阻力矩值, 依此对长螺旋钻具的强度进行比对, 给出了不同口径的长螺旋钻具参数。还介绍了长螺旋钻头的不同结构形式及配套器具, 简述了多功能钻机长螺旋钻进施工工艺。

关键词:多功能旋挖钻机; 长螺旋钻具; 钻进阻力矩; 强度; 配套器具

中图分类号: P634.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)05-0045-04

Discussion of Continuous Auger Drilling Technology with Multi-function Auger Drill/WANG San-niu, LI Hong, SONG Gang, SHAO Yu-tao (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Based on the calculation of resistance moment in continuous auger drilling, resistance moment values of different borehole diameter and depth were obtained. The comparison was made on the drilling tool intensity, and continuous auger drilling tool parameters of different borehole diameter were presented. The paper also introduced the different continuous auger drilling bit with different structures and accessory tools, briefly discussed the construction technology of continuous auger drilling with multi-function drill.

Key words: multi-function auger drill; continuous auger drilling tool; drilling resistance moment; intensity; accessory tool

旋挖钻进技术作为当今一种高效优质的钻进方法, 其应用领域越来越宽, 为了适应不同的工况及工法, 一机多能的多功能旋挖钻机应用而生, 继国外有了高扭矩、大吨位的多功能旋挖钻机之后, 我国多家旋挖钻机生产厂家相继研制成功了多功能多用途的旋挖钻机, 既保证了常规的旋挖钻进, 同时可进行长螺旋钻进、全套管钻进等多种技术的施工。我们研制的系列大扭矩长螺旋钻具成功的与多功能旋挖钻机配套使用, 在俄罗斯、阿联酋、沙特、印度、越南等多个国家取得了很大的成功。正是由于多功能旋挖钻进技术的应用, 才使得旋挖钻进技术变得几乎无所不能。俗话说, 工欲善其事, 必先利其器。多功能旋挖钻机要想真正发挥其多功能的作用, 其配套的钻具及钻头将是其成败的关键。

1 长螺旋钻具设计

1.1 长螺旋钻具钻进时的阻力矩计算

设计长螺旋钻具时, 首先明确的是螺旋直径和钻孔的深度(螺旋长度), 根据这 2 个条件和地层情况, 我们可以确定钻进过程中阻力矩大小, 根据阻力矩大小来设计长螺旋钻具结构尺寸以满足钻具作业时的强度要求。

长螺旋钻进时的扭矩由 2 部分组成, 一是钻头切削岩土所产生的阻力矩, 二是螺旋排土所需的扭矩, 两者之和即为钻具钻进过程中的阻力矩。

1.1.1 钻头切削岩土所产生的阻力矩 M_1

M_1 与钻进速度 V 、钻头直径 D 、岩石强度 σ 及转速 n 有关:

$$M_1 = FD/2 = 0.12D^2 V\sigma/n \quad (\text{N}\cdot\text{m})$$

式中: F ——螺旋钻头阻力, $F = kZh\sigma D/2$; k ——刀具与岩石接触系数, $k = 0.4 \sim 0.6$; Z ——螺旋刀翼数, 取 2; D ——钻头直径; h ——切削地层深度, $h = V/(Zn)$; V ——钻进速度, m/min ; n ——钻头转速, r/min ; σ ——岩石强度极限, Pa 。

1.1.2 螺旋排土所需的扭矩 M_2

螺旋钻具在大直径低转速钻进的情况下, 螺旋排土所需扭矩 M_2 主要与叶片载土量有关, 即与钻头直径 D 、螺旋长度 L 、及实体岩土的容重 ρ 和岩土松散度 K_p 有关, 由下列公式计算:

$$M_2 = 0.25D^3 L\rho/K_p \quad (\text{N}\cdot\text{m})$$

式中: D ——钻头直径, m ; L ——螺旋长度, m ; ρ ——岩土容重, N/m^3 ; K_p ——岩土松散度系数, $K_p = 1.1 \sim 1.2$ 。

1.1.3 长螺旋钻具钻进时的阻力矩 M

收稿日期: 2010-02-02; 修回日期: 2010-05-10

作者简介: 王三牛(1957-), 男(汉族), 山西人, 中国地质科学院勘探技术研究所大口径钻头与钻具研制中心生产部经理、教授级高级工程师, 探矿工程专业, 从事旋挖钻进设备及钻具、各种地质钻探、水文水井钻探、非开挖施工用岩石回扩钻头及钻具、工程施工用钻具及钻头的研究和开发工作, 河北省廊坊市金光道 77 号。

$$M = M_1 + M_2$$

它反映了钻具及设备在钻进不同地层不同孔径及深度时所承受的阻力大小。

1.2 根据阻力矩确定合理的钻具几何尺寸

长螺旋施工一般适用松散的覆盖层、砂土层、砂粘土层、硬粘土层等,以硬粘土层为例,强度极限 σ 为 10 MPa,在转速为 20 r/min、钻进速度在 0.4 m/min,容重 $\rho = 17000 \text{ N/m}^3$,通过上述扭矩计算公式计算出各种不同直径和孔深情况下地层的阻力矩(表1)。可以利用表中的数值对长螺旋钻具结构参数进行强度比对,以便确定合理的几何尺寸。

表1 不同直径和孔深情况下地层的阻力矩

孔深/m	孔径/mm							
	400	500	600	700	800	900	1000	1200
20	8.3	14.8	23.9	36	51.6	71.1	94.8	157
25	9.5	17.1	27.7	42.1	60.7	84	112.5	187.5
30	10.6	19.2	31.5	48.2	69.7	97	130.2	218.1

1.3 长螺旋钻具的结构设计

1.3.1 长螺旋钻头设计

钻头设计一般为双头单螺结构,以保证螺旋钻具钻进时受力平衡。由于承受地层切削阻力,所以钻头起始螺片的厚度是螺杆上螺旋片厚度的2倍左右。钻头上设计有超前导向尖,它可以根据地层设计成不同结构形式,有桃形、一字形、螺旋形和四分头截齿形,其目的就是利于吃入地层中,并起到定心导正作用。一字形、桃形和螺旋前尖适合于软土层,截齿形前尖由于刀头上镶焊有硬质合金适合于较硬地层。为了保证注浆工序要求,钻头下部设有出渣口,出渣口可以在底部也可以在侧部,其结构均为单向开启,此种结构可防止钻屑进入输浆通道内。钻头上安装的切削齿可根据地层不同设计成斗齿、截齿及特制的专用齿等,并可以在齿磨损后方便更换。其结构见图1、2。

1.3.2 长螺旋钻杆的结构设计

螺旋钻杆设计主要参数有螺旋直径、螺距、螺片厚、螺旋升角、中心管直径及厚度、连接接头和通孔直径。接头与钻杆内径的尺寸通常有2种形式:一种是钻杆内径大于接头内径,此种结构钻杆强度大,更适合于大吨位的多功能钻具,但是由于整个钻杆柱的液流通道不是一个内平通道,不利于清理钻杆内壁的沉淀泥浆皮,所以靠增设内管以期达到与接头内径相同,从而保证注浆顺畅及清理方便;另一种是钻杆内径与接头内径相同,对于直径 $< 800 \text{ mm}$ 的小直径的长螺旋钻杆,一般直接将钻杆内径与接头

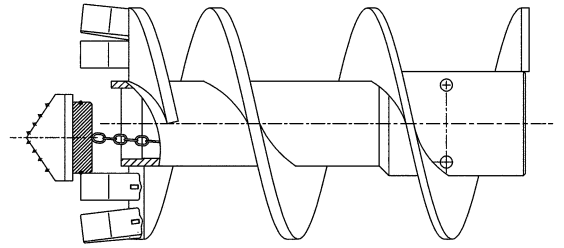


图1 用于土层钻进的长螺旋钻头

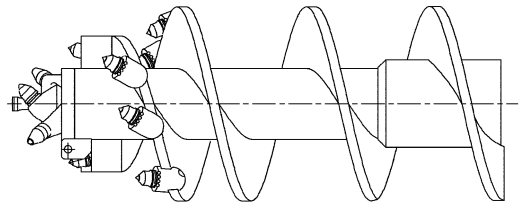


图2 用于岩石钻进的截齿长螺旋钻头

内径设计为相同尺寸,此种结构的钻具的优点是整个钻杆柱内径为内平式,便于清理钻杆内壁的沉淀泥浆皮,因此被国内外广泛使用。

连接接头分六方形和花键型结构,花键型接头导正性好,传递扭矩大,但加工复杂,一般很少采用。六方接头便于加工,对于一般钻具而言也完全可以满足使用要求,所以使用更广泛。接头材质一般为45钢调质处理,中心管采用27SiMo合金钢管,螺旋片16Mn。螺距及螺旋片的升角设计主要考虑减少排土阻力,一般螺旋升角在 10° 左右,螺距根据螺旋直径大小而设计,一般在 $300 \sim 600 \text{ mm}$ 之间,为了保证注浆时不漏浆,在连接接头处应设置密封圈。具体螺旋结构见图3,钻具规格参数见表2。

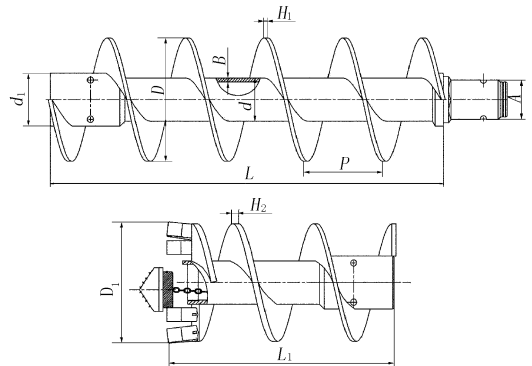


图3 长螺旋钻具结构图

2 长螺旋钻进配套器具的设计

2.1 长螺旋刮土器的设计

长螺旋在提高孔口时甩土困难,所以要求有专用刮土器来清理钻具,目前常用的有下面2种结构形式。

表 2 长螺旋钻具规格参数

直径/mm	D	D_1	d	B	d_1	P	H_1	H_2	A	L	L_1	最大扭矩/(kN·m)	螺旋升角 α
400	400	410	180	25	240	300	16	30	180	3000/5000	1000	115	13°7'
500	500	520	180	25	240	300	16	30	180	3000/5000	1000	115	10°49'
600	600	620	180	25	240	400	20	40	180	3000/5000	1000	115	12°
700	700	720	180	25	240	400	20	40	180	3000/5000	1000	115	10°19'
800	800	820	219	22	270	500	20	40	200	3000/5000	1500	178	10°56'
900	900	920	219	22	270	500	20	40	200	3000/5000	1500	178	9°56'
1000	1000	1020	273	22	310	600	20	40	220	3000/5000	1500	283	10°49'
1200	1200	1220	273	22	310	600	25	40	220	3000/5000	1800	283	8°42'

2.1.1 简易型刮土器

此结构型刮土器可以安装在钻机下部的导正护桶上,当钻具上下移动时螺片带动刮土器上的钢丝刷转动,由于钢丝刷具有一定的刚性,所以能有效的把螺旋片上的土给刮下来,见图 4。

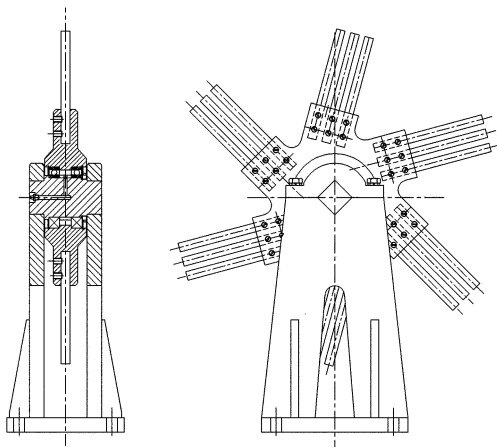


图 4 简易型刮土器

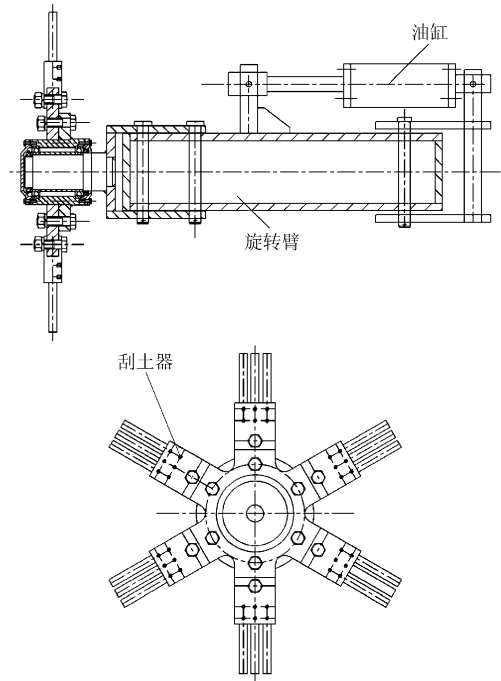


图 5 液压型刮土器

2.1.2 液压型刮土器

该结构装置安装在钻机桅杆上,刮土器由悬臂、油缸及可回转钢丝刷组件组成,利用钻机液压系统动力,油缸推动刮土器靠近螺旋钻具实施刮土操作,当不用时收回油缸,使刮土器离开螺旋钻具。整个过程钻机操作手一人即可完成。其机构如图 5 所示,这种结构是可操作性强,成本相对高,该部件一般随主机配套。

2.2 主动钻杆及旋转弯头

多功能钻机的动力由动力头通过主动钻杆传递到螺旋钻头,该主动钻杆为机锁式,长度为 3~6 m,既可传扭又可加减压,同时其长度可补偿钻机桅杆高度不足,见图 6。主动钻杆中心设计有输浆管以便注浆使用。主动钻杆上端接回转弯头,回转弯头另一端接输浆胶管,当动力头带动主动钻杆旋转时,回转弯头把输浆胶管与主动钻杆回转动分离,为了防止胶管随钻杆旋转,在动力头外壳上固定一导杆,导杆的长度跟主动钻杆的长度相当,在与胶管连



图 6 回转弯头总成

接的钢管弯管处焊接一个空套,导杆通过该空套起到承受反扭矩的作用,同时,在动力头进行主动钻杆倒杆时也起一定的导正作用。主动钻杆下端焊接一过渡接头与长螺旋接头连接,通过此连接把动力传

递到长螺旋钻具上进行钻进作业。

2.3 长螺旋钻具导正器

长螺旋钻具在工时,是先将钻杆柱连接好然后连接于钻机的桅杆上,开始工作时钻机的动力头处于桅杆的上死点,在动力头旋转作用下带动钻具下行,为了壁免钻具摆动偏斜,在孔口须增设钻具导正装置。螺旋导正装置可设计成两瓣形半圆体,一端用铰链固定在钻机桅杆上,中间穿过长螺旋钻具,加钻杆时可方便开合。

3 多功能钻机长螺旋钻进施工技术

多功能钻机长螺旋钻进具有传统长螺旋钻机的所有特征及功能,不仅可以实现干法成孔新工艺进行灌注桩施工,也可以进行 CFG 桩及超流态混凝土桩的施工。

3.1 灌注桩施工

施工流程:对准孔位→启动钻机→旋转钻进至设计桩深位置→提钻→下钢筋笼→灌混凝土成桩。

用多功能长螺旋钻机进行传统的灌注桩施工,由于要提钻后下钢筋笼灌浆,所以它适合于不易坍塌和缩径的完整地层,如粘性土、粉土等中等密实以上的桩土,并可以进行大直径桩作业,获得很高的单桩承载力。由于振动小、噪声低,干式作业不需要泥浆护壁,所以对周围环境污染小。

3.2 CFG 及超流态混凝土桩施工

施工流程:对准孔位→启动钻机→旋转钻进至设计桩深位置→启动混凝土泵压注混凝土同时提升钻具→下钢筋笼(用震动器下)成桩。

该工艺适用于填土层、淤泥层、粘性土层、粉土层、砂土层及卵砾层等,采用特殊截齿钻头也可进入

强、中风化岩石。多功能长螺旋钻机在钻进至设计深度后,利用提钻的同时,通过钻杆内的心管或直接从钻杆内腔通道经钻头上的出浆口向孔底灌注超流态混凝土,提出钻杆后向孔内打入钢筋笼成桩,由于所施工的孔始终处于满眼状态,所以不易产生孔壁坍塌及缩径等质量问题,同样是采用干式作业,不需要泥浆护壁,因此提高桩的承载力,对环境污染也小。另一个优点是施工作业各工序环节衔接紧密,减少了提钻后灌注工序,施工效率高。

4 结语

多功能长螺旋钻机由于具有输出扭矩高的特点,因而适合更广泛的钻孔直径和深度需要,可以完成一般常规长螺旋钻孔机无法完成的施工作业;由于钻机移动性强、作业工序衔接紧密,劳动强度低,施工效率高,深受广大施工人员的欢迎。研制的系列大扭矩长螺旋钻具与多功能旋挖钻机配套使用,保证了多功能钻机长螺旋钻进施工技术的顺利实施。

参考文献:

- [1] 陈玉凡,朱祥. 钻孔机械设计[M]. 北京:机械工业出版社,1987.
- [2] 郭峰,李现贤,赵伟民. 螺旋钻具输出速度与阻力实验[J],工程机械,2006,37(9).
- [3] [俄]普·阿·甘朱编. 岩心钻探实用计算[M]. 高森,译. 北京:地质出版社,1980.
- [4] 陈果,于跃生,赵绎钧. 长螺旋钻机施工 CFG 桩常见问题及应对措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36,(1).
- [5] 陈飞,刘宏栋. 长螺旋超流态混凝土灌注桩施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3).

阿特拉斯·科普柯在上海世博会上推广可持续的生产力

本刊讯 阿特拉斯·科普柯作为上海世博会瑞典馆的官方合作伙伴参与2010年的上海世博会。公司定5月5~10日在上海世博会瑞典馆VIP区与客户、企业合作伙伴、投资者以及媒体见面,展示其在中国致力于实现的可持续生产力。

作为全球领先的压缩机、建筑采矿设备和工业工具供应商,阿特拉斯·科普柯在中国发展迅速,去年销售额已达到70亿瑞典克朗(人民币63亿元)。过去十年,阿特拉斯·科普柯在中国雇员人数从500人增至约3700人,中国制造的产品占比业已翻了一番。如今阿特拉斯·科普柯在中国的办公机构已超过120个,并经营超过7个品牌的产品。为了进一步支持中国业务的发展,建筑与矿山技术以及无油压缩机部正在将管理部门从欧洲转至上海。

“近年来中国已成为阿特拉斯·科普柯最大的市场,我们预计为了满足中国本地客户的需求,2010年在中国开发并推出的产品数量将超过以往任何一年。”阿特拉斯·科普柯集团总裁兼首席执行官

Ronnie Leten 表示,“与上海世博会的主题——城市,让生活更美好——一样,未来阿特拉斯·科普柯将继续通过推出不断创新的产品和解决方案,致力于实现可持续的生产力,为其进一步增长助力。”

2010年阿特拉斯·科普柯在中国市场已经推出或将要推出的产品包括一款紧凑型静音高效能压缩机,以及一款可用于建筑采矿的表面钻机(surface drill rig)。

来到上海世博会瑞典馆的参观者会在展览中看到阿特拉斯·科普柯对未来静音钻机的展望:将具有更高的生产力,高机动性,对环境的影响将降至很小。

阿特拉斯·科普柯于5月9日(中国-瑞典建交60周年)召开了新闻发布会,Ronnie Leten 总裁以及阿特拉斯·科普柯(中国)投资有限公司副总裁 Magnus Gyllö 致辞并在现场接受来自全国各地记者的提问。建筑与矿山技术总裁 Björn Rosengren 以及无油压缩机业务总裁 Chris Lybaert 也在现场接受提问。