

ZLG22 米折塔螺杆桩机动力头设计

张宗媛

(东北煤田地质局一二八勘探队, 辽宁 沈阳 110122)

摘要: ZLG22 米折塔螺杆桩机是新一代桩工机械产品。其主要特点为免拆卸, 体积小, 动力头传输扭矩大。主要介绍了该桩机动力头的结构特点与技术参数, 以及产品在项目工地的实际应用情况。该产品汲取了国内动力头的优点, 具有体积小, 扭矩大, 维修方便等特点。

关键词: 螺杆桩机; 动力头; 三环减速器; 直流电机

中图分类号: TU67 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2015)02-0019-04

Design of Power Head of ZLG22m Screw Pile Drill with Folding Derrick/ZHANG Zong-yuan (128 Exploration Team, Northeast Coalfield Geological Bureau, Shenyang Liaoning 110122, China)

Abstract: ZLG22 m screw pile drill is a new generation of piling machinery product; its main features are disassembly-free, small size and large transmission torque of power head. This paper introduces the power head about its structural characteristics, technical parameters and the practical application in project construction site. This product absorbs the advantages of power head made in China and has the characteristics of small size, large torque and convenient maintenance.

Key words: screw pile drill; power head; three-ring gear reducer; DC motor

0 引言

ZLG22 米折塔履带式螺杆桩机是由我单位生产的新一代桩工机械产品, 立柱采用矩形方管结构, 三点支撑, 利用油缸起塔和钢丝绳辅助起塔, 既具有灵活的机动能力与施工效率, 又具有极高的安全稳定性, 并且主塔在运输时折叠放置, 不用拆卸, 减少了运输成本和转移场地的费用。该桩机的优点在于运输过程不用拆卸, 体积小, 动力头传输扭矩大, 行走灵活等。动力头是螺杆桩机的关键工作部件, 要满足长螺旋灌注桩和短螺旋挤土桩 2 种成桩工艺, 其性能好坏直接影响桩机整机性能的发挥。动力头驱动钻杆、钻头回转时应能根据不同的土壤地质条件自动调整转速与扭矩, 以满足不断变化的工况。本文主要对动力头部分的设计进行阐述^[1-2]。

1 动力头分类及特点

目前, 国内建筑桩机(桩工机械)动力头按照产生动力源方式可分为: 电动动力头、液压动力头、柴油锤动力头等。电动动力头主要动力来源于电机, 又分为交流电机动力头和直流电机动力头 2 种。电动动力头采用电机作为动力源经三环减速器减速后驱动钻杆施工, 通过控制电机参数来调节钻杆的转

速和扭矩。液压动力头通过调节液压马达的流量来调节钻杆的转速, 通过调节溢流阀来调节扭矩。柴油锤动力头利用柴油燃烧产生的气压将动力头抛起, 应用动力头自重反复跳动产生冲击力将桩体沉到设计标高, 只产生竖直冲击力。电机动力头的优点是电机扭矩较大、调速比较容易、移动灵活、效率高、成本较低。液压动力头的优点是摆脱了电缆的束缚、移动灵活、打桩口径大、效率高; 缺点是加压钻进时, 加压力不能随地层不同而自动调节, 为保证桩机自身质量需经常更换液压油, 使得施工成本高, 废弃的液压油对环境也产生了污染, 冬季施工受气温影响大。柴油锤动力头仅适用于垂直冲击力将桩体沉到土体内, 适用于软地层, 桩体深度有限, 并且由于柴油燃烧不充分易造成环境污染。综上所述, 针对国家开展的节能减排的号召和根据不同土壤地质条件可自动调整转速与扭矩的设计要求, 在本设计中选择了电动动力头作为动力源。

2 动力头设计原则

动力头的功用是传递动力, 使钻具以不同的转速和转矩做正向或反向回转运动。它位于机械传动系统的末端, 是机械传动桩机的主要执行机构。因

此,其结构与性能必须满足下列要求:

(1) 在设计的过程中要求动力头挂于螺杆桩机前端不拆卸。由于建筑施工现场经常变换,因此螺杆桩机要面临运输,运输螺杆桩机需要应用大型拖运挂车,实际测量中拖运挂车的车板长度 ≥ 2 m,宽度 ≥ 1.8 m,运输时要过限高杆,因此总体高度 ≥ 4.5 m,实测车高为1.2 m,因此设计中要求动力头高度 < 3.3 m,长度 < 2 m,宽度 < 1.8 m;

(2) 钻头钻进岩土的转速和扭矩是经常变化的,螺杆钻进的速度在0~5 r/min,长螺旋钻进的速度在0~15 r/min,实现低速大扭矩传输;

(3) 由于钻进螺旋孔的特殊工艺,要求动力头能实现同步控制;

(4) 为了保证钻头的正常钻进和钻进质量要求,

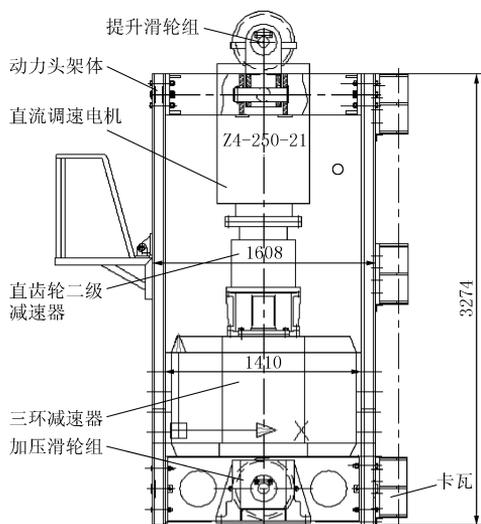
动力头应做到回转平稳,振动小,尽量实现对称设计。

ZLG22米折塔履带式螺杆桩机动力头严格按照上述要求设计。通过对长螺旋折塔桩机和螺杆桩机进行调研,充分吸取了以上两款桩机的优点,将螺杆桩技术和折塔技术进行结合并改进设计,实现了运输不拆卸,体积小,动力头大扭矩传输,使其既可以进行螺旋桩施工,又可进行螺杆桩施工。

3 动力头的主要结构与特点

ZLG22米折塔履带式螺杆桩机动力头主要由提升滑轮组、加压滑轮组、动力头架体、直流调速电机、三环减速器、直齿轮二级减速器、卡瓦等组成,如图1所示。

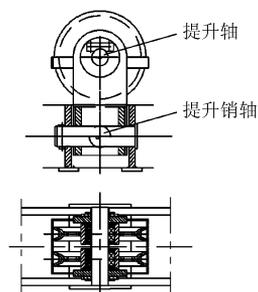
3.1 动力头架体



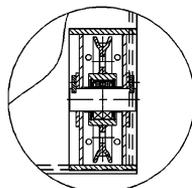
(1) 动力头装配图



(2) 动力头实物图



(3) 提升滑轮组剖视图



(4) 加压滑轮剖视图

图1 动力头结构示意图

动力头架体设计时为了使受力平衡选择门式对称结构,如图1(1)所示由电机左右两边悬挂前架和悬挂后架及上方的提升横梁和下方的加压横梁所组成。悬挂前后架与提升横梁、加压横梁通过高强螺栓进行连接组成门式结构的基本框架。组成的门式结构框架主要连接提升滑轮组、直流调速电机、二级减速器、三环减速器、加压滑轮组,维修梯子、卡瓦等部件。另外要求架体可以承受提升滑轮组向上的拉力和加压滑轮向下的拉力,并且能够通过卡瓦在桩机塔上的滑道上下滑动。卡瓦是保证动力头可以在桩机主塔滑道上进行上下滑动导正的部件,此处动力头采用了3对6个卡瓦,卡瓦内衬材料为尼龙,这样可以减少摩擦,并且卡瓦为易磨损消耗品,尼龙加

工、更换都比较方便。动力头架体为组焊件,架体选择Q235结构钢制作而成^[3],与其它部位通过螺栓进行连接,具有拆卸维修方便等特点。

图1(3)中动力头上的提升滑轮组由2个滑轮组成,与主塔提升梁上的2个滑轮组成滑轮组,其主要承受由主卷扬提升动力头而作用在滑轮上的径向力。每个滑轮内分别由2个圆柱滚子轴承组成,配合安装到提升轴上,两滑轮中间采用隔套隔开,轴端应用卡板固定。组成的滑轮组框架再通过销轴连接到动力头架体上方的提升横梁上。采用销轴连接设计的目的是桩机起塔时,可将提升滑轮组上销轴拆下作为起塔辅助滑轮组,起塔后再将提升滑轮组重新安装到提升滑轮架上。图1(4)为加压滑轮剖视

图, 加压滑轮组由动力头下部的 2 个加压滑轮和桩机身上的滑轮组成了加压滑轮组, 滑轮主要承受动力头向下加压而作用在滑轮上的径向力, 滑轮内由 2 个圆柱滚子轴承组成和轴连接, 通过轴端卡板连接加压轮轴和加压梁。

3.2 直流调速电机

螺杆桩机区别于长螺旋桩机的关键所在就是电机选择了直流调速电机, 直流调速电机虽不及交流电动机结构简单、制动容易、维护方便、运行可靠, 但是在速度调节要求较高、正转、反转和启动、制动频繁或多单元同步协调运转上, 直流电动机却优点突出。由于在螺杆桩机施工过程中, 要求桩机钻具要始终保持一定的转速和扭矩进行钻进, 直流电机在额定功率下的机械特性曲线为恒扭矩, 高于额定功率的机械特性曲线为恒功率^[4]。

ZLG22 米折塔履带式螺杆桩机动力头选择了 2 台型号 Z4-250-21、功率 90 kW 的直流调速电机。

2 台直流电机工作时要同时正转或反转且转速相同。为了实现同步控制, 控制电路应用 1 台 PLC、2 台直流调速器、1 台交流变频器和若干接触器对动力头直流电机和桩机主卷扬进行控制。动力头 2 台直流电机分别配置了 1 台测速电机实现电控反馈系统, 通过测速电机、PLC 和直流调速器配合实现电机转速的调整。首先通过操作室内的触摸面板设定电机的转速, 电机启动后, 控制室内的直流调速器通过测速电机反馈回来的速度信号与设定的速度信号进行比较, 如果存在转速差, 通过直流调速器对电机进行 PID 调节, 使电机可以按照设定的转速进行钻进。动力头与此同时要实现以电机转速换算得到的竖直运动的速度在桩机主塔上下运动, 通过安装在导向机构中的位移传感器将位移数据反馈传送 PLC 内处理后控制变频器对交流电机转速进行控制。这样, 无论钻进过程中遇到的阻力如何, 钻杆的竖直运动速度和旋转速度都能保持恒定的速比, 即钻具旋转 1 周, 上升或下降 1 个螺距, 有效地避免了螺杆钻进过程中遇到复杂地层载荷瞬间变化过大导致成桩失败的影响。

3.3 三环减速器

三环减速器为环式减速器, 是一种由少齿差内啮合齿轮传动与四连杆机构组成的新型齿轮装置, 具有结构简单、体积小、质量轻、传动比大、传动效率高、承载能力强等优点。三环减速器是少齿差行星

轮传动的一种形式, 其齿轮啮合运动属于动轴轮系, 其输出轴与输入轴平行配置, 又具有平行轴圆柱齿轮减速器的特征。因由三片相同的内齿环板带动一个外齿齿轮输出, 而简称三环减速器。三环减速器主要由一根具有外齿轮的低速轴、2 根各具有 3 个互成 120°偏心的高速轴和 3 片具有内齿圆的传动环板构成。3 根轴互相平行。当高速轴旋转时, 带动 3 片环板呈 120°相位差平面运动, 环板上的内齿圈与低速轴上的外齿啮合实现大传动比减速, 如图 2 所示。

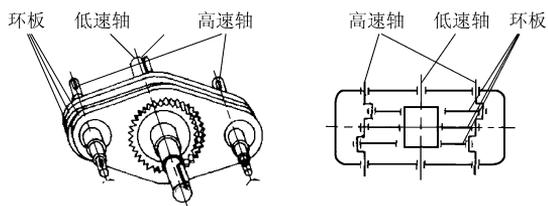


图 2 三环减速器工作原理

三环减速器的工作条件: 工作环境温度为 $-40 \sim 45^{\circ}\text{C}$, 低于 0°C 时, 启动前应对润滑油采取预热措施; 高速轴转速不得超过功率表中规定的最高值; 瞬时允许尖峰转矩为额定转矩的 2.7 倍; 适用于连续、短时或断续工作制, 可正反转; 减速器与原动机 (常用电动机) 和工作机之间应用非刚性联轴器且其轴心线应严格对中; 安装后用手转动高速轴, 使低速轴正反两向灵活 1 周以上。

三环减速器一般用油池溅油润滑, 自然冷却, 当长期连续运转热平衡功率不够时应采取散热措施或用循环冷却润滑。润滑油采用 N110 ~ N200 中级压齿轮油。对于断续工作制可用半流体润滑脂。

4 主要技术参数及计算过程

ZLG22 米折塔履带式螺杆桩机动力头主要技术参数为:

最大钻进深度: 22 m

动力头最大扭矩: 450 kN·m

钻孔最大直径: 600 mm

动力头转速: 0 ~ 4 r/min

动力头加压力: 0 ~ 800 kN

动力头质量: 4580 kg

动力头尺寸 (长 × 宽 × 高): 1.83 m × 1.608 m × 3.274 m

动力头选择双直流调速电机, 电机功率 $P = 90$ kW, 额定转速 $n_0 = 750$ r/min, 三环减速器减速比 i_1

=97,二级直齿轮减速器减速比为 $i_2=4$ 。

电机额定转速时传到钻具的转速:

$$n = n_0 / (i_1 \times i_2)^{[5]} \quad (1)$$

将数据代入公式(1)得 $n=1.93 \text{ r/min}$,即当应用二级直齿轮减速器时,螺杆桩转速在 $0 \sim 1.93 \text{ r/min}$ 时,桩机为恒扭矩施工。

当钻杆转速 $>1.93 \text{ r/min}$ 时,直流电机为恒功率运行,以 $n_1=4 \text{ r/min}$ 为例,计算电机输出的扭矩:

$$T = 9550 \times P \times 2 / n_1 \quad (2)$$

式中: T ——动力头扭矩, $\text{kN} \cdot \text{m}$; P ——直流电机功率, kW ; n_1 ——螺杆钻具转速, r/min 。

将数据代入公式(2)计算得 $T=429.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。桩机在恒功率下施工,为了满足施工设计扭矩 $\geq 420 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 要求,因此要求桩机的转速 $\geq 4 \text{ r/min}$ 。同理,可计算长螺旋施工时仅使用三环减速器进行减速时的转速范围。

5 实际应用情况

ZLG22米折塔履带式螺杆桩机2013年5月正式研制成功出厂,以其优异的性能受到施工单位青睐。螺杆桩成桩工艺如下:(1)确认平整场地;(2)桩机进入桩位,按施工设计装配钻具;(3)调整桩机钻杆垂直度;(4)设置并钻孔至设计深度;(5)钻头钻至设计深度后反向旋转提升钻具,同时泵送混凝土;(6)钻头提升到设计位置时停止泵送混凝土,由钻杆内剩余的混凝土填充至桩顶后提出钻头;(7)应用桩机自带工具卷扬将钢筋笼垂直吊起,从孔口上方居中安放,利用振捣器把钢筋笼插入混凝土桩体中,采用不完全卸载方法,使钢筋笼下沉到预定深度;(8)成桩,桩机移至下一桩位等待钻取下一桩孔。

在辽阳某高层建筑现场试验施工中,该地区的土层情况如下(从上至下):①杂填土,②粘土,③粉质粘土(硬塑),④粉质粘土(可塑)。单桩钻孔深度为 22 m , $\text{Ø}600 \text{ mm}$ 螺杆钻具,螺距 540 mm ,钻进转速设定为 2 r/min ,钻进需要 20 min 左右完成。对该螺杆桩进行单桩静载荷试验,加载值为设计极限值的 2.2 倍。测试结果表明,地基承载力标准值达到 750 kPa ,单桩最大沉降仅为 9 mm 。用户反应此型号螺杆桩机动力头扭矩大、噪声低、更换卡瓦方便,卡瓦也较耐磨、维修程度小等。ZLG22米折塔履带式螺杆桩机施工情况如图3所示。



图3 ZLG22米折塔履带式螺杆桩机施工现场

6 结语

ZLG22米螺杆桩机动力头采用双 90 kW 直流电机作为动力源实现大扭矩传输施工,噪声小,不干扰居民,不燃烧柴油,无废气排放,保护环境。经过一年的现场施工试验,螺杆桩机施工状态良好,施工过后主塔无需拆卸,折叠后即可运输。此螺杆桩机可广泛应用于城市建筑基础和深基坑支护工程、防洪工程的防渗坝工程等各类工业民用建设施工中。

参考文献:

- [1] 汪美娜,杜啸,张大威,等. ZLG折塔履带式螺杆桩机[J]. 城市建设理论研究,2012,6(18).
- [2] 汪新军. 方圆JZL-W型多功能电动履带式桩机[J]. 工程机械与维修,2006,35(3):32.
- [3] 北京科技大学,东北大学,编. 工程力学:材料力学[M]. 北京:高等教育出版社,1997.
- [4] 陈白宁,段志敏,刘文波. 机电传动控制[M]. 辽宁沈阳:东北大学出版社,2002.
- [5] 孔志礼,冷兴聚. 机械设计[M]. 辽宁沈阳:东北大学出版社,2000.
- [6] 郭海艳. ZLG22型折塔式螺杆桩机履带行走装置的设计[J]. 建筑机械化,2014,(4).
- [7] 张宗媛. 22米折塔螺杆电动履带式桩机的研制[J]. 中国科技博览,2014,(17).
- [8] 张艳,王国岐. 浅谈螺杆桩机及施工技术[J]. 辽宁建材,2011,(8).