

SM85 型深层搅拌伸缩钻具的研制

陈胜全, 胡志海

(上海金泰工程机械有限公司, 上海 201805)

摘要:介绍了深层搅拌施工技术在工程领域的应用,对比目前深层搅拌施工机械的优缺点,简要介绍了采用伸缩式钻杆的三轴搅拌钻具工作原理及各个部件的组成,以及各部件的工况要求和使用特点,针对几个主要的部件做了详细的介绍。与传统三轴深层搅拌钻机在钻深参数、系统稳定和操作等方面做了比较。

关键词:SWM 工法;多轴搅拌;深层搅拌;防渗加固;钻机;伸缩钻具

中图分类号:P634.3⁺1;TU67 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)07-0012-04

Development of SM85 Deep Mixing Expansion Drilling Tool/CHEN Sheng-quan, HU Zhi-hai (Shanghai Jintai Engineering Machinery Co., Ltd., Shanghai 201805, China)

Abstract: The application of deep mixing construction technology in engineering field is presented. By the comparison of the advantages and disadvantages of present deep mixing construction machines, the paper briefly introduced the working principle of tri-axial mixing drilling tool with expansion drilling rod; composition, working demands and application features of each part. Some main parts were introduced in detail and the comparison was made on the traditional tri-axial mixing drilling tool in drilling depth parameters, system stability and operation.

Key words: SWM method; multi-axial mixing; deep mixing; seepage control and reinforcement; drill rig; expansion drilling tool

0 引言

深层搅拌成墙工法 SMW (Soil Mixing Wall) 技术是将固化材料与地基土原位强制搅拌混合进行地基加固的一种技术,也可称为水泥深层搅拌 (Cement Deep Mixing) 技术^[1],广泛应用于防渗止水施工中,其工艺简单,功效较高,质量可靠,经济适用,但受其设备性能的局限,施工深度往往局限于钻杆长度和桩架高度。目前使用深层搅拌加固工艺的施工机械有单轴螺旋式和多轴螺旋式,但是无论单轴还是多轴所使用的钻杆均为固定连接的钻杆,其特点就是机载钻杆的高度都要比桅杆低。钻杆的动力驱动被安装于钻杆的顶部,因此中心都比较高,更为经常的是多轴钻的底盘都是步履桩架式的,在施工中换桩的移动较为麻烦。鉴于这些情况,我们研制了一种基于履带底盘上具有更高效率,行动更为方便,拆装更为快捷的多轴深层搅拌钻机钻具——SM85 型深层搅拌伸缩钻具。

1 钻具结构特点

1.1 结构要点

SM85 型深层搅拌钻机是以履带底盘行车为基础开发的多轴深层搅拌施工工艺机械,通过对旋挖

钻机和传统单或多轴搅拌钻机的研究,将旋挖钻机使用的伸缩式自锁钻杆与多轴深层搅拌使用的搅拌钻具相融合,研究开发具有伸缩功能的搅拌式组合钻杆,并且通过进一步的深入研究,设计出一套能方便使用于履带式旋挖钻机的通用钻具。该套钻具可以作为独立配件配置于旋挖钻机上,可当深层搅拌钻机使用,非安装状态下,也不影响旋挖钻机日常的使用性能。该套钻具方便安装拆卸,操作简便,施工转场较为方便,为施工节省下大量时间。

传统三轴钻机是通过电机驱动的动力头于顶部直接动力驱动钻杆,动力头直接装卡在桩架桅杆上,三轴搅拌钻杆通过法兰或六方接头方式连接,施工时钻杆的旋转和提升完全依靠动力头来完成。然而在采用了伸缩式钻进工具后,动力头改为中驱式,钻杆的旋转完全依靠动力头传动外层伸缩钻杆完成,3根钻杆的同步驱动依靠动力头及钻杆上部的一个提升装置实现。中驱式动力头采用了液压驱动式,具有更好的驱动力及驱动缓冲性。

由于三轴钻机所在的工作环境比较恶劣,工作状态下钻杆长期处于泥浆环境中,作为回转密封的接头必须保证可靠,不能出现漏浆等问题,同时又考虑到主机的特点,因此将压力流体密封引入到回转

收稿日期:2011-03-15; 修回日期:2011-06-03

作者简介:陈胜全(1962-),男(汉族),上海人,上海金泰工程机械有限公司钻具设计室主任、工程师,机械设计专业,从事机械结构设计、钻具设计等工作,上海市嘉定区安亭镇洛浦路45号, chenshengquan@yahoo.cn。

接头当中,以期能有效可靠地对回转接头进行密封与润滑。

钻杆采用了伸缩式后能有效地降低桅杆的高度,但在钻杆安装挂起后还是处于比较高的位置,而由于伸缩钻杆所特有的结构使得钻杆在伸出和收回时,内外伸缩钻杆必须要有相对固定的位置,在钻杆的顶部设计了钻杆内外层卡紧机构,并配备了其自己的控制系统,但为确保更加安全可靠的动作,在卡紧机构处安装图像监控设备,使操作控制更为简易方便。

1.2 工作原理及主要结构

1.2.1 工作原理

SM85型伸缩式钻具分为3部分:上部是钻杆提升装置;中部是伸缩钻杆;下部是搅拌钻杆。动力头不作为钻具的部分,其安装于桅杆上,并驱动中部伸缩钻杆。整套钻具安装于履带式移动主机上,钻杆通过液压动力头驱动,初始状态下,钻杆通过提升装置悬挂,伸缩钻杆于卡紧机构固定内外层。钻进工作时,动力头驱动钻杆,钻头在钻杆自重和动力头加压的双重加压下钻进,并在钻进过程中从钻杆内部心管向钻头底部输送浆液以利搅拌钻进,钻杆缓慢下放,当钻深达到伸缩钻杆位置时,伸缩钻杆卡紧机构放开,内层钻杆下放继续搅拌钻进,外层跟随并通过多段加压点加压,直到设计要求深度。提钻搅拌时,缓慢提钻以便水泥浆搅拌均匀,钻杆反向旋转使螺旋叶片产生向上的力推动钻杆往上升,伸缩钻杆也处于解锁状态,内层钻杆回收直达到卡紧位置,开启卡紧机构锁紧内外层钻杆,在提升装置的持续作用下,钻杆提出。在整个工作过程中,动力头仅仅起动力传递和伸缩钻杆加压解锁的作用。

这套伸缩钻具按从上到下有提升装置、伸缩钻杆、螺旋钻杆与钻头等主要部分(如图1,图2所示)。提升装置主要是钻杆提升、锁紧;伸缩钻杆部分为增加施工深度,传递动力头扭矩;螺旋钻杆与钻头部分主要是搅拌工具。

1.2.2 主要结构

1.2.2.1 钻杆提升装置

钻杆提升装置如图1所示,其由提升滑轮1,胶管导向滑轮组2,钻杆锁紧机构3,钻杆固定箱4,导向滑架5等组成。提升装置通过导向滑架5卡紧于桅杆的导轨上,装置在钢丝绳提升与自重作用下上下移动。提升装置箱体与伸缩钻杆的外层钻杆通过外钻杆固定箱4的法兰连接,法兰内部安装回转支撑,能确保钻杆安装后的自由回转。在非工作状态

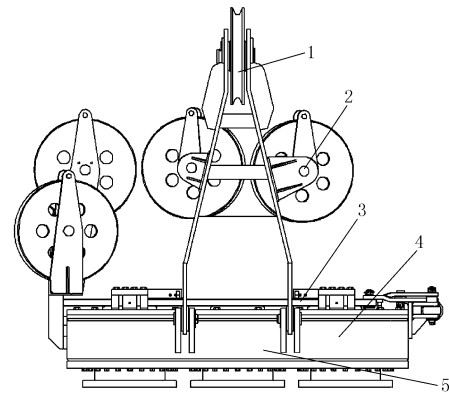


图1 钻杆提升装置示意图

1—主提升滑轮;2—胶管导向滑轮组;3—卡盘机构;4—钻杆固定箱;5—导向滑架

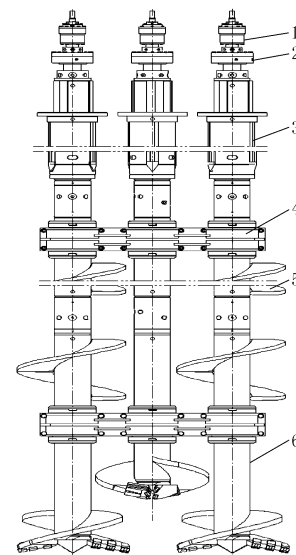


图2 三轴伸缩钻杆示意图

1—回转接头;2—卡盘;3—伸缩钻杆;4—保持架;5—螺旋钻杆;6—螺旋钻头

下,内外层钻杆相对固定,内层钻杆在安装时由提升装置内的卡盘机构3实现锁紧,悬挂状态下内外层钻杆锁紧,其控制方式是通过安装在提升装置上的实时图像设备提供信息以控制操作按钮锁紧与放开。在施工状态时,卡盘机构3内的活动卡板在液压油缸控制下往一侧移动打开锁紧的内层钻杆,钻杆在自重作用和通过动力头从外钻杆传递到内外钻杆的向下加压力下向下钻进搅拌。

SM85最主要的特征就是采用中驱式液压动力系统,动力头安装于提升装置和钻杆导向装置之间的位置,通过液压油缸实现上下移动对钻杆加压,动力头传扭圈传递扭矩于外层钻杆,内外层钻杆设计成机锁钻杆形式。主卷扬钢丝绳缠绕于主提升滑轮1,提升滑轮为动滑轮机构能减轻主卷扬的提升力,

保证钢丝绳有足够的系数及使用寿命。由于提升装置的安装位置在最高的位置,通浆管道也需要从上面进入,为了方便胶管的使用,特别设计了胶管导向滑轮组2作为送浆橡胶管道的导向作用。其安装位置是使得进入钻杆的胶管能垂直进入,胶管下降时通过内层钻杆拉动胶管下降,上升时胶管通过外面的配重实现收回。

1.2.2.2 伸缩钻杆

伸缩钻杆有4部分组成(见图2),分别是回转接头1、卡盘2、内外层自锁钻杆3、钻杆保持架4。

回转接头1处于伸缩钻杆的最顶位置,其下部与内层钻杆连接,顶部与送浆胶管连接。根据工况要求,施工时钻杆要求持续的正反转,但橡胶胶管显然不能满足持续的回转,故在此设计回转接头防止胶管扭转。回转接头在施工中处于内外管道均有压力且工作环境很恶劣,为了保证回转接头在使用时不会因为泥浆的进入而导致回转不顺畅,从而引起输浆胶管的同步旋转,进而引起胶管的损坏。鉴于此处的工况要求,为保证回转接头的顺畅回转,中心送浆通道与外界泥浆渗漏到回转接头内部,特别采用液压的密封润滑装置,将压力油引入到回转接头当中,使得接头内部的压力比外部压力高,而密封环处于对外张紧的状态,从而形成有效的密封,并且在使用压力油的同时能更加有利于回转接头的润滑,提高使用寿命。

卡盘2和提升装置上的卡盘机构配合用于锁定伸缩钻杆3内外层钻杆,钻杆提升装置上的卡盘机构活动卡板移动卡紧在卡盘上,使得内外层钻杆有相对的固定。施工时,通过上面安装的图像设备观察控制,钻杆下放时卡盘机构上的油缸伸缩带动平行四边形机构活动,将运动进行换向带动卡盘机构活动卡板松开内外层钻杆,内层钻杆自由下放;与传统的自锁钻杆不同的,在提升时,传统的自锁钻杆是采用中心钢丝绳提升,而这套钻杆采用的是外层钻杆提升方式,这种方式下钻杆的长度很受限制,内层钻杆在回收时处于自由状态,所以在回收时,内层钻杆必须在下端固定,外层钻杆下放回收,并再通过实时影像设备观察将卡板锁进卡盘内固定钻杆。

伸缩钻杆3是由内外两层钻杆组成,采用的是自锁式钻杆形式,便于加压,并考虑采用三层加压结构,降低动力头加压的运动行程,内外层钻杆的工作机理与旋挖钻机自锁钻杆的工作机理相同,但在操作上有些差别。在使用伸缩钻杆后,在桅杆不增高的情况下,钻杆钻深的有效长度增加,也就是施工中

增加了施工的有效深度。而为了钻杆之间的连接方便,伸缩钻杆内层钻杆与螺旋钻杆采用六方接头。

三轴深层螺旋搅拌钻机与单螺旋搅拌之间的不同在于前者在运动时有同步要求,而作为单轴搅拌而言较为独立,3根钻杆在垂直方向上彼此必须要处于相对静止的状态,这也是保证卡盘机构有效执行的根本。钻杆保持架4在垂直方向上固定3根钻杆,钻杆可以在轴向上自由回转。保持架的轴间距和动力头轴间距及提升装置轴间距相同,为方便拆卸采用的是半开式,通过螺栓固定。

1.2.2.3 搅拌钻杆

搅拌钻杆由螺旋钻杆、螺旋钻头等组成,该部分主要为深搅搅拌工具。

螺旋钻杆5是按等间隔镶嵌有螺旋叶片的钻杆,在三轴搅拌钻机中为了加强搅拌的混合程度,3根螺旋钻杆彼此之间的旋向不同,即两边的钻杆旋向与中间钻杆的旋向刚好相反,因此对应不同的螺旋钻杆其上镶嵌的叶片旋向也分为2种,如两侧是镶嵌右旋叶片的右旋螺旋钻杆,则中间为镶嵌左旋叶片的左旋螺旋钻杆。SM85中使用的钻杆两边是右旋钻杆,中间是左旋钻杆,钻杆上镶嵌的叶片错落分布,因轴间间距为600mm,而叶片设计直径为830mm,所以螺旋钻杆上的叶片均是按半片设计,并且每根钻杆上的叶片间距也较大,相邻的两根钻杆叶片彼此交错,这样能更加有效地加大搅拌力度,使搅拌更加均匀,水泥石凝结之后更加结实。

螺旋叶片采用的是半圆形叶片(如图3所示),螺旋叶片的螺旋面是以垂直于轴的一段直线作为母线绕轴作均匀旋转并同时作匀速轴向移动而形成的,成型的方法采用热压模成形。叶片内径 d 为中间心管外径,根据计算叶片内径采用 $d = 273$ mm。外径根据钻杆需要为 $D = 830$ mm,螺旋叶片的螺距为 $s = 2H = 600$ mm,因此可以计算得螺旋升角 $\alpha = 12.9^\circ$ 。根据文献[3]给出数据: $\tan\alpha \leq f = 0.5$; $\alpha \leq 26.56^\circ$ 。螺旋叶片的内螺旋角 $\alpha \leq 26.56^\circ$,螺旋叶片上的土块即不致因其自重的作用向下滚动,螺旋钻具在钻进中,水泥浆混合得更加均匀,并节省更多的扭矩。

SM85型三轴搅拌钻杆三轴之间的中心距为600mm,之间通过保持架固定,钻杆能自由转动并彼此不影响。

螺旋钻头采用的是双刃导向尖结构,导向尖起定位作用,导向尖上焊有硬质合金及底部叶片边缘带有硬质合金加强耐磨性,增加使用寿命。左右旋

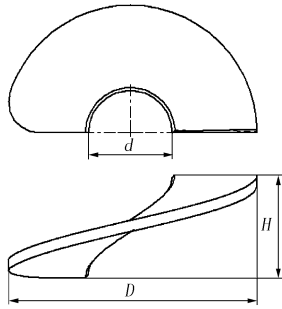


图3 右旋螺旋叶片

向的钻头叶片交错布置加强搅拌效果。

1.2.2.4 钻杆导向护套

钻杆的垂直,是通过几个支持点来固定的。首先保证钻机的桅杆必须垂直,这个可以通过主机上的垂直度仪控制桅杆的垂直情况。钻杆有3个部分和桅杆有间接的联系,上部是通过提升装置固定,中部为动力头的导向,下部采用的是护筒式导向套,并且在钻杆钻深后能拆卸下来,以增加施工深度。

2 与传统三轴钻杆的比较

目前三轴钻机实施的是SMW工法即深层搅拌成墙加固工法,其基本配备有钻杆、动力头、桩架等几部分组成。传统三轴深层搅拌钻杆分为螺旋叶片钻杆和光杆钻杆,之间通过法兰或六方接头连接。动力头是采用电机驱动减速箱齿轮将动力传递到输出轴,输出轴法兰直接连接钻杆。动力头安装于钻杆顶部,即顶驱方式工作,所以钻杆有多长动力头的位置就有多高,相应的采用的桩架桅杆也要跟随增高,并且对于整机而言其重心将上移,这也影响整个机器的稳定性,因此目前采用这种桩架施工的在不外接钻杆的情况下,三轴钻机的施工深度一般在30m左右。该桩架一般采用的是步履式桩架,在安装、施工操作、拆卸上都比较费时。

SM85基本配置有螺旋钻杆、伸缩钻杆、提升装置、动力头、履带移动式底盘主机。与传统三轴钻机比较,其主要解决了以下几个问题:(1)钻塔高度得以降低,在采用伸缩钻杆后,把钻杆高度隐藏起来,并在施工时能用上;(2)将动力头放置于中间位置,形成中驱式动力传递方式,将机器的中心下放,使得整个系统的稳定性提高,并且在动力上也不再受现场约束,所有动力输出均由液压件来完成,液压驱动具有高的可抗冲击性,以及稳定的扭矩输出;(3)采用了快速移动履带式地盘,履带式底盘具有更加灵活便捷的特点。

3 试验研究情况

试验机型于2010年4月装机调试试验,并对其各项参数做了详细的试验,机器主要性能参数为:钻孔直径 $\varnothing 850\text{ mm} \times \varnothing 850\text{ mm} \times \varnothing 850\text{ mm}$,钻孔中心距 $600\text{ mm} \times 600\text{ mm}$,钻孔深度30m,动力头最大输出扭矩 $30\text{ kN} \cdot \text{m}$,在空载情况下机器在安装完成后对各项功能进行了试验,取得了很好的效果。



图4 SM85型伸缩钻杆式多轴深层搅拌钻机的现场安装

4 结语

SM85型伸缩钻杆式多轴深层搅拌钻机的成功研制,提高了多轴深层搅拌加固桩的施工效率,相较于步履式桩架结构具有更多的优点:(1)可以实现快速的安装;(2)由于采用中驱液压力头驱动,具有更高的传递效率及稳定性,可以适用更为复杂的地层;(3)由于采用的伸缩钻杆使得施工深度比相同桅杆高度的桩架更深;(4)配备 $\varnothing 850\text{ mm}$ 钻头时,一次施工的宽度达2050mm,配备不同钻杆施工宽度有所不同,可以根据实际情况更换。

SM85研制的时间不长,在工程施工中才初步应用,有些方面还需要完善,需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 彭瑞. 水泥深层搅拌技术的发展现状及展望[J]. 中国港湾建设, 2009, (2).
- [2] 杜文义, 李容. 关于水泥土搅拌桩复合地基载荷试验的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(12).
- [3] 杜凯. 深层搅拌法加固地基施工中常见问题及处理措施[J]. 中国新技术新产品, 2010, (3).
- [4] 刘瑞祺, 刘荣彬, 殷宝新, 等. 大直径长螺旋钻具的理论与实践[J]. 工程勘察, 1985, (2).