

200T 型液压起拔机的研制与应用

熊 涛¹, 高献计², 肖振秀¹

(1. 河北省地勘局第五地质大队, 河北 唐山 063000; 2. 河北省地理信息局, 河北 石家庄 050031)

摘 要:通过对国内外各种起拔机的优缺点进行综合分析,研制了一种全部液压元件国产化的全液压起拔机。并对该机的性能、寿命、使用成本等几项主要指标和进口设备进行了对比。该机可用在港口、码头、城市高层建筑钢筋水泥地连墙施工中接头管的起拔;还可以用于海上作业船和作业平台的升降定位。

关键词:地下连续墙;连续墙接头;起拔机;全液压

中图分类号:TU67 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2012)03-0019-04

Development of 200T Hydraulic Pullout Machine and the Application/XIONG Tao¹, GAO Xian-jì², XIAO Zhen-xiu¹
(1. No. 5 Geological Brigade, Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Tangshan Hebei 063000, China; 2. Hebei Bureau of Geoinformation, Shijiazhuang Hebei 050031, China)

Abstract: By the comprehensive analysis on the advantages and disadvantages of pullout machines both in China and a-broad, 200T hydraulic pullout machine was developed with domestic made hydraulic components, and comparison was made to imported equipment on the performance, service life and use cost. The machine can be used for joint pipe pulling in reinforced cement diaphragm wall construction of port, wharf and high building, and can also be used for lifting location in offshore workboat and operating platform.

Key words: diaphragm wall; joint of diaphragm wall; pullout machine; hydraulic

钢筋水泥地下连续墙是港口、码头、城市高层建筑的重要组成部分。接头技术是地连墙施工的关键技术,而起拔机是接头技术的关键设备之一。我国这类设备的现状是难以满足接头技术的需要,迫切需要研制性能优良、成本低廉的地下连续墙接头管起拔机械。

1 现有起拔机存在的问题

1.1 国产设备现状及问题

我国目前常用的起拔机主要有机械式和液压双缸插板式 2 种。

机械式起拔机是用 2 台卷扬机通过滑轮组来起拔接头管,它的缺点在于:

(1)两人分别操作两台卷扬机,起拔时不易实现同步且存在超负荷损坏设备的问题;

(2)体积大、质量大、能耗大(高度和质量均为液压式的 4 倍,能耗为液压式的 2 倍);

(3)需要人力穿杠子、挂钩子、帮助下绳,劳动多、劳动强度大;

(4)起拔的可靠性无法保障,接头管拔不出来的事故时有发生。

液压双缸插板式起拔机虽然解决了机械式起拔机的前 3 个缺点,但穿杠子变成了插插板,其不可避免的误差(如制造、施工、安装中的误差)导致应力集中在 2 个起拔缸的根部,其应力不断作用的结果,造成油缸的变形和损坏。再则插板如一旦插不到位,会飞出来有伤人的危险。

1.2 进口设备现状及问题

德国进口的全液压摩擦抱紧式起拔机克服了国产机械式的全部缺点,但问题仍有 2 个:一是从技术上来说抱紧和松开是底座和导墙之间的相对运动,摩擦阻力大,要求起拔缸活塞杆有很好的导向和很高的刚性;二是在经济方面需要巨额外汇。

日本进口的引拔机也存在着 2 个问题:一是一旦被抱的接头管表面有油、孔内附加阻力加大时,夹紧的可靠性没有保障;二是进口该类设备成本高,相当于自制成本的 3 倍。

进口起拔机的主要优点是执行机构和控制系统

收稿日期:2011-12-09; 修回日期:2012-02-24

作者简介:熊涛(1972-),男(汉族),湖南邵东人,河北省地勘局第五地质大队基础公司副经理,工程地质专业,从事桩基础及隧道工程施工工作,河北省唐山市路北区北新西道 99 号,29045441@qq.com;高献计(1957-),男(汉族),河北迁西人,河北省国土资源厅副厅长,河北省地理信息局局长、正高级工程师,国务院特殊津贴专家,探矿工程专业,博士,河北省石家庄市中山路 495 号,hbsm1993@sina.com;肖振秀(1965-),男(汉族),河北唐山人,河北省地勘局第五地质大队副总工程师、正高级工程师,探矿工程专业,从事基础及隧道工程施工工作,tsxzx@163.com。

均采用全液压传动,因而主机不用人去操作,人只需操作液压站的液压阀手柄。节省了劳动力,而且这种用“当量摩擦力”(起拔机主机内表面采用花纹板和接头管外表接触,通过加紧油缸在表面产生正压力,这时花纹板的突出花纹和接头管表面接触,并弹性变形微量压入接头管表面形成机械咬合。要使其产生相对运动,即打滑,势必以剪切花纹的方式进行破坏,这个剪切力即“当量摩擦力”代替了“常规摩擦力”。——笔者注)来实现起拔过程中的抱紧,简化了接头管表面的几何形状,除接头管制造简单外,特别是降低了接头管起拔的阻力。可以说这种抱紧方式是一个飞跃,是起拔机发展史的一个里程碑,这就是我们研制工作的起点。但进口起拔机存在的问题是抱紧的可靠性无法保障,如果用加大夹紧力的方法,将抱紧油缸的压力提高到超高压,这是高成本和液压元件国产化不可逾越的障碍。因此,如何抑制超高压,寻找一种比摩擦力大的另一种力来实现起拔过程中的抱紧,这是我们研究的主要问题,也是在复杂多变工况的现实面前能否好用和耐用的关键。因为我们当时参观到的国外2种类型的起拔机,在复杂多变的工况面前时有不能胜任,而港口施工的实际要求我们不管在任何工况面前起拔的可靠性必须保证,所以我们只有把希望寄托在科技创新上——寻找比摩擦力大的另一种力来抱紧接头管,这是我们研究的重点。

2 200T型液压起拔机结构特点及性能参数

2.1 结构特点

该起拔机由主机和液压站2个独立的部件组成,其中主机由4个钢制弧形块、4个起拔缸和夹紧油缸组成,主机浮动安装于底盘上。底盘内有4个可伸缩的压梁(参见图1、图2)。能源来自液压站的高压油。

2.1.1 钢制弧形块

主机的4个钢制弧形块和夹紧油缸之间均为耳环连接式结构,靠夹紧油缸的拉力,使主机的4个弧形块靠摩擦抱紧被拔的接头管进行起拔或压入,这种夹紧形式也是进口设备的精华。

2.1.2 起拔缸

起拔缸设置为4个,采用倒装式安装于主机弧形块的外侧,活塞杆下部是球体,且球座和底盘间又有一个平面自由度,这种结构的特点主要有以下几点。

(1)施工时不需严格找正,可以减少辅助时间提高施工效率。

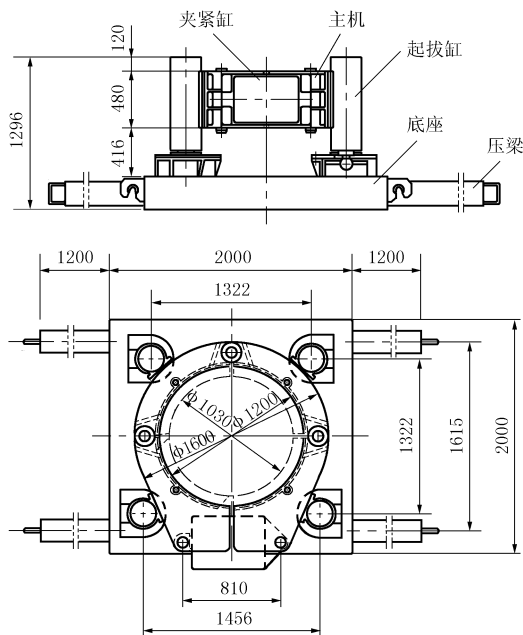


图1 200T型液压起拔机主机结构



图2 起拔机主机实物图片

(2)这种结构的特定功效,对设备制造中,起拔各油缸和底座的垂直度、施工中导墙的水平度和墙中心的垂直度均无苛刻要求奠定了可靠的基础,因而解决了国内液压插板式起拔机各种不可避免误差导致的应力集中于油缸根部,而影响设备的好用和耐用的问题。

(3)这种结构解决了德国进口起拔机在抱紧和松开过程中其相对运动发生在底座和水泥导墙之间的问题,解决了运行中产生的过大摩擦阻力问题。运动过程中过大的摩擦阻力,会对起拔油缸的密封、导向、强度及刚度的要求提高,从而加大元件国产化的障碍。

(4)在液压系统的设计中严格控制了系统的温升,因此在夏天暴晒的情况下,也能保证起拔工作的连续进行。如增加了一片操纵阀来解决夹紧油缸松开时,液控单向阀背压造成的能源损失和发热;结构中加入了强制冷却的备用措施。

(5)在接头管起拔过程中还可压入,即接头管上下运动可减低其外圈的土压从而降低起拔的阻力;同时一边监测(压力表的读数就是孔内阻力的可靠信息),一边作业,不会出现不能起拔的事故,安全可靠。

(6)油路中设置了防误操作的安全保障系统,安全阀能准确自动及时防止过载,不会因操作失误而造成机械或人身事故。

(7)油路中设置了等量分流集流阀,即保证了起拔各缸空载无导向时的同步,也解决了负载时有特定导向——即各种不可避免的误差造成的接头管实际运动方向(这个运动方向和起拔缸不可能绝对平行)而影响起拔各缸全额均匀出力。

(8)摩擦接触表面采用花纹板,采用比摩擦力大的另一种力——“当量摩擦力”代替常规摩擦力来抱紧接头管,抱紧的可靠性得到了保障。

2.2 工作原理

电机驱动油泵将机械能转变为液压能输出,有多路换向阀控制油缸的运动方向,同步阀控制起拔各缸的等速运动。先用夹紧油缸的拉力抱紧被拔的管,再用起拔油缸完成工件的起拔,反之夹紧油缸松开,起拔缸复位,完成一个工作循环,周而复始地工作可将埋在地下的接头管拔出来。

2.3 主要性能指标

起拔力:2000 kN,压入力:450 kN;起拔行程:500 mm;完成一个循环的时间:150 s;总质量:7.2 t;高压泵公称压力:31.5 MPa,高压泵公称排量(1000 r/min时):25 L/min;叶片泵公称压力:7 MPa,叶片泵公称排量:60 mL/r;电机功率:17 kW。

2.4 用国内液压元件实现设备高性能的几个方面

(1)安全保障性能提高了。按日本起拔机摩擦抱紧方式起拔 2000 kN,需要加紧油缸的油压为 25 MPa。当孔内附加阻力增加形成事故起拔时,如果起拔力增加 1 倍,或当接头表面有油而摩擦系数降低时,夹紧油缸的油压将要增到超过高压胶管的试验压力向爆破压力接近,这是个极不安全的因素。而 200T 型液压起拔机由于采取了当量摩擦力来抱紧,因而夹紧油缸的油压从原来的 32 MPa 降到了 16 MPa,已小于了高压胶管允许的工作压力范围,故完全可以进行各种事故起拔,安全性能是可靠的。

(2)寿命提高了。原因是一方面所有液压元件不存在超负荷的因素;再则同样起拔力的情况下夹紧力只是原来的 50%,材料的疲劳和密封件的磨损情况都得到改善。

(3)系统温升降低了,动力损失也相应降低了。如按日本的起拔机采用常规摩擦力抱紧接头管,夹紧油缸高压侧用内径 10 mm 的三层钢编胶管,由于两泵总流量为 82 L/min,则油流速度为 $17.4 \text{ m/s} > 3 \sim 5 \text{ m/s}$ (允许压油管流速);当夹紧油缸松开时,此管的回油流速为 $14 \text{ m/s} > 1.5 \sim 2.5 \text{ m/s}$ (允许回油管流速)。这样空运转就需 6~7 MPa 的压力,该压力没有做功,几乎全部变为热量,能源的损失造成了温升的不良后果。而采用 200T 型液压起拔机,如果在同样起拔力的情况下,夹紧油压降到原来的 50%。200T 起拔机如靠常规摩擦力抱紧,夹紧油压需要 32 MPa 的油压,必须采用承受压力较大的内径 10 mm 的三层钢编高压胶管。现在采用“当量摩擦力”抱紧接头管只需 16 MPa 的油压,故而采用内径 19 mm 的三层钢编胶管就可以承受夹紧需要的油压。由于管内径的加大,不存在憋油的问题,故能源的损失和温升也迎刃而解了。

3 生产应用情况

该样机在京唐港完成了 2 个泊位地下钢筋水泥连续墙(厚度 1.05 m、深度 25 m)的施工任务,经历了各种环境的考验,如温度、湿度、沙尘及超额定负荷 1 倍的特殊工况的考验,设备性能仍然良好。施工场景见图 3。



图3 起拔实况

业主唐山市港口建设指挥部对该拔桩机做出如下评价:

(1)主机操作全液压控制,方便省力,安全可靠,正常起拔一个人便可完成,大大减轻了繁重的体力劳动。

(2)该设备有孔内阻力信息反馈系统,可边监测边作业,预防了不能起拔的事故。

(3)该机处理复杂多变工况的能力强,由于它能够实现超额定起拔力 1 倍的力量抱紧,彻底杜绝了不能起拔管的事故,在施工中有几次由于孔内阻力加大,该机起拔的反作用力将钢筋混凝土的导墙压

沉压裂,也未出现不能拔管的事故。

(4)实践证明,该设备在港口各种复杂环境和复杂多变工况下,显示了超群的性能和可靠性。

4 与发达国家同类型起拔机的对比

(1)适应复杂多变工况的能力超过了日本进口的起拔机。如日本起拔机在摩擦表面有油时,当粗糙的表面其凹凸不平的高峰被挤铰平了就会造成摩擦力下降,而使起拔能力下降到不足额定起拔力的 $1/2$,而我们研制的这台起拔机在任何情况下“当量摩擦力”都是1倍于常规摩擦力,所以其可靠性和处理意外事故的能力是进口起拔机所不能比拟的。在允许同样起拔力的情况下,其夹紧油压比日本起拔机减少一半。

(2)起拔机的起拔能力关键在于抱紧的可靠性,因为起拔缸和夹紧缸从数量上相比为4:1,摩擦系数又远远小于1,所以只有加大夹紧缸的直径和提高油压来平衡力的关系。可是加大直径受结构位置的限制,而提高油压所形成的超高压又带来安全、密封、寿命、温升、维持费、事故率、造价等一系列的问题,所以这是核心问题。由于我们采用了在同样正压力的情况下以超过摩擦力1倍的另一种力来提高夹紧的可靠性,即在同样起拔力的情况下,加紧油压为日本进口起拔机的 $1/2$,抑制了超高压、降低了油缸的拉力,材质的受力也大为改善。这是进口起拔机所不能比拟的,也是国产材质和液压元件质量不如发达国家但适应复杂多变工况能力超过发达国家而又不坏的原因。

(3)配套设施费降低一半。

接头管截面上应力 σ_Q 为:

$$\sigma_Q = ND / (2Ft) < [\sigma]$$

式中: D ——接头管直径; F ——起拔机和接头管的接触面积; $[\sigma]$ ——许用抗压应力; t ——接头管的厚度。

可见 σ_Q 和总正压力 N 成正比,所以在同样起拔

参数的情况下,可改变接头管的厚度 t 来适应总正压力 N 的变化。由于在起拔同样吨位需要的总正压力 N 减少了一半,因而接头管的厚度 t 也可相应减小一半,因此,这样一项可节约钢材28 t及节约相应的加工费。

(4)和日本进口起拔机相比主机制造成本降低。因为夹紧油缸的油压产生的拉力降下来了,则结构的强度、密封的难度、液压元件的要求都降低了,因而实现了全部元件国产化,这是成本降低的主要方面,此外,也为主机的制造闯出了一条既保证制造精度又降低制造成本的工艺路线。

5 结语

以解决现有国内起拔机存在的缺点为目的,以进口设备的技术为起点,研制了200T型液压起拔机。在研制过程中克服了重重困难,并有效地采用了“当量摩擦力”代替日本现有的“常规摩擦力”来抱紧,因而在国内液压元件质量不如发达国家的现实条件下,起拔机的总体性能和寿命都超过了发达国家同类产品。在该机的鉴定会上,专家们一致认为其结构合理,工作实用可靠,居国内领先水平;该起拔机的结构形式和功能特点有新颖性和创新性,达到了国际先进水平。

参考文献:

- [1] 东北工学院. 机械零件设计手册[M]. 北京:冶金工业出版社, 1975.
- [2] 上海煤矿机械研究所. 液压传动设计手册[M]. 上海:上海人民出版社, 1974.
- [3] 编委会. 中国大百科全书(力学)[M]. 北京:中国大百科全书出版社, 1985.
- [4] [英]F. P. Bowden, D. Tabor. 固体的摩擦与润滑[M]. 陈绍澧, 译. 北京:机械工业出版社, 1982.
- [5] 林子光, 黄文治, 孙希桐. 八十年代摩擦学[M]. 北京:航空工业出版社, 1988.
- [6] 中国地质学会探矿工程专业委员会. 第三届全国岩土钻掘设备仪器学术研讨会论文集[Z]. 1995.

勘探所 YZX98 液动锤成功应用于汶川科钻

本刊讯 汶川地震断裂带科学钻探工程2号孔(WFSD-2)是在龙门山断裂带旁侧实施的4口科学群钻中的其中一口科学钻探孔,其主要实施目的是连续获取500 m以深孔段岩心,供地学研究地震断裂发震机理,并在完钻后下入探测仪器,建立长期观测站。

为保证科学家更准确地判断、研究地震机理,要求破碎、松散地层的岩心保持良好原状性。地层破碎和岩心堵塞一直是汶川科钻施工中难以解决的技术难题,为了解决这一技术难题,2012年1月4日,钻井工程部于孔深2136 m处开始使用中国地质科学院勘探技术

研究所研制的ZYX98型液动锤,采用螺杆马达、液动锤、转盘进行复合钻进,钻速较之前提高60%,且实现满管提钻。完钻时,在更坚硬、致密的地层条件下,钻速较之前提高35%;平均回次进尺较使用之前提高30%。该阶段使用的一套ZYX98液动锤共计入井155 h,无检修连续使用时间长达141 h。与2005年在中国大陆科学钻探工程CCSD-1井应用效果相比有了明显的提高,标志着勘探所液动锤技术成功应用于汶川大陆科学钻探。

(王稳石、谢文卫 供稿)