

YXW-2000型液压铣轮机的研制

胡海峰, 祝华军, 熊文祥, 郑明辉

(浙江杭钻机械制造股份有限公司, 浙江 杭州 310020)

摘要:针对国内山地信号塔基桩孔单纯依靠人工通过水磨钻结合风镐破碎, 耗时久, 而且危险系数大, 所以市场急需一种能够减轻人工劳动强度, 安全系数高, 开孔破碎速度快, 适合人工搬运、可拆卸的设备。目前常用的平地基桩开孔设备主要有: 竖井钻机、反井钻机和竖井掘进机等, 这些设备质量及外形尺寸大, 搬运困难, 对复杂地形和山地条件适应性差。根据以上现状, 研发了一款YXW-2000型液压铣轮机, 该设备结构布置合理, 功能齐全, 它能有效地改善山地基桩孔施工的机械化程度, 降低工人劳动强度, 提高设备运行的安全性。本文主要介绍液压铣轮机的主要技术参数、结构布局特点及液压系统。经试验表明, YXW-2000型液压铣轮机能满足钻孔施工的机械化需求, 可解体性好, 搬运方便, 具有良好的应用前景。

关键词: 液压铣轮机; 基桩孔; 液压系统; 可拆卸设备; 山地施工

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9686(2022)06-0104-06

Development of YXW-2000 hydromill

HU Haifeng, ZHU Huajun, XIONG Wenxiang, ZHENG Minghui

(Zhejiang Hangzuan Machinery Manufacturing Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 310020, China)

Abstract: In view of much time consumption and high risk in pile hole construction for signal tower foundations by the manual water grinding drill combined with air pick in mountainous areas in China, the market is in urgent need of a kind of equipment which can reduce the labor intensity, has high safety factor and fast cutting speed, and is portable and modular. At present, the commonly used foundation pile drilling equipment on level ground mainly includes: shaft drilling machines, raise boring machines and shaft boring machines, etc. These equipment is featured of heavy weight and large overall dimension, difficult handling and poor adaptability to complex terrain and mountainous conditions. To this end, the YXW-2000 hydromill has been developed. It can effectively improve the mechanization degree of pile hole construction in mountainous areas, reduce the labor intensity of workers, and improve the safety of equipment operation. This paper mainly introduces the main technical parameters, the structural layout characteristics and the hydraulic system of the hydromill. The test results showed that YXW-2000 hydromill can meet the mechanization requirements of drilling construction with ease in disassembly and convenient handling, and has a good application prospect.

Key words: hydromill; foundation pile hole; hydraulic system; removable machines; mountain construction

0 引言

近年来我国的通信工程飞速发展, 信号塔随处可见。截至2018年底, 我国拥有大约200万个通讯铁塔, 遍布全国31个省、直辖市及自治区^[1]。通讯

塔数量的增长同时也带动了桩基孔成孔设备的发展。基坑开挖施工是通信线路基础建设的重要环节, 影响整个通信线路的施工质量水平。然而我国土地辽阔地貌丰富, 尤其是山岭地区地势险峻、陡

收稿日期: 2021-05-10; 修回日期: 2022-02-11 DOI: 10.12143/j.ztgc.2022.06.014

第一作者: 胡海峰, 男, 汉族, 1983年生, 产品经理, 高级工程师, 主要从事煤矿钻探设备研发及试验工作, 浙江省杭州市凯旋路445号浙江物产国际广场, huhai Feng_1219@163.com。

引用格式: 胡海峰, 祝华军, 熊文祥, 等. YXW-2000型液压铣轮机的研制[J]. 钻探工程, 2022, 49(6): 104-109.

HU Haifeng, ZHU Huajun, XIONG Wenxiang, et al. Development of YXW-2000 hydromill[J]. Drilling Engineering, 2022, 49(6): 104-109.

峭、高耸,这给信号塔的桩孔开挖带来了很大的困难^[2]。

而目前的桩孔设备主要在重量和效率两方面不够完善,如今的桩基成孔设备如竖井钻机、反井钻机和竖井掘进机等都较为笨重,用于施工大直径钻孔的设备动辄几十吨甚至几百吨,且爬坡能力较弱,很难实现利用人工携带上山,必须要借助其他的大型设备和额外的人工劳动^[3-5]。并且由于桩基孔直径较大,现有的设备不能快速打孔成型,需要二次加工,扩孔、清理碎石,效率较低^[6]。

据调查,迄今为止的大直径山地桩基孔主要是靠人工作业,由于钻孔直径在2 m左右,深度在6~20 m。单纯依靠人工通过水磨钻或风镐破碎耗时久,且危险系数大。所以现急需研发一种能够减少工人劳动强度,开孔破碎速度快,可以一次使钻孔成型,无需二次耗费人工,并且适合人工搬运的可拆卸的设备^[7-9]。

针对硬地层大口径山地桩基成孔的现状,研制了一款YXW-2000型液压铤轮机,该设备可以拆解为质量<100 kg的单个部件,方便提携,易于运输,极适合山岭地带的大口径钻孔。且此设备可开口直径大,破碎速度快,效率较高,无需人工二次挖掘,降低施工强度。本文主要介绍YXW-2000型液压铤轮机的技术参数、机械结构、工作原理及液压操作系统。

1 总体技术

鉴于目前施工条件,综合国内外桩基成孔设备的特点,同时考虑了设备的解体、搬运及组装性能。铤轮机动力采用液压传动,保证大扭矩、低转速输出,配备液压蓄能器,设备抗冲击性能强、系统过载自动保护。整机分为主机、动作站、操作台3大部分,各部分之间用高压软管连接,便于施工现场布置和搬迁运输,操作方便直观。主机采用可拆解式模块化设计,合理选用工业材料,保证拆解单件质量>100 kg。设备配备辅助斗提清扫机构,方便物料收集。整机结构布置合理,可操作性强,施工钻孔效率高,机动灵活,大大降低了人工劳动强度,同时提高了整体施工过程的安全性。

YXW-2000型液压铤轮机重点解决了桩基成孔设备的结构布置、液压系统、施工工艺等关键技术问题。根据桩基成孔实际工艺需求,经过多方

面对比分析,确定铤轮机的主要技术参数如表1所示^[10-12]。

表1 技术参数

1	公转参数	转速/($r \cdot \min^{-1}$)	25
		额定转矩/($N \cdot m$)	10000
2	使用条件	桩孔直径/m	2
		桩孔深度/m	20
3	给进参数	给进行程/mm	300
		给进力/kN	90
4	滑移参数	滑移行程/mm	300
		滑动力/kN	90
5	自转参数	回转速度/($r \cdot \min^{-1}$)	0~1
6	锚固参数	锚固数量/个	8
		锚固力/kN	75
7	电动机	额定功率/kW	55
		主泵工作压力/MPa	20
		副泵工作压力/MPa	18
		小泵工作压力/MPa	10
		主泵额定排量/($mL \cdot r^{-1}$)	80
		副泵额定排量/($mL \cdot r^{-1}$)	10
		小泵额定排量/($mL \cdot r^{-1}$)	4.25
		主马达额定排量/($mL \cdot r^{-1}$)	200
		回转马达额定排量/($mL \cdot r^{-1}$)	1700
		油箱有效容积/L	350
9	外形尺寸	主机(长×宽×高)/mm	1830×1830×2480
		动力站(长×宽×高)/mm	1550×1100×1030
		操作台(长×宽×高)/mm	850×550×1050
10	设备质量	主机/kg	3590
		动力站/kg	760
		操作台/kg	350

2 主要结构特点

YXW-2000型液压铤轮机采用分组布置模式,整机共分主机、动力站、操作台3大部件,各部件之间采用高压胶管连接^[13-14]。解体性好,便于运输及摆布。

YXW-2000型液压铤轮机主机由上平台、下平台、回转机构、截割头、给进油缸、导向机构、提料机构和辅助吊装等组成(如图1所示)。

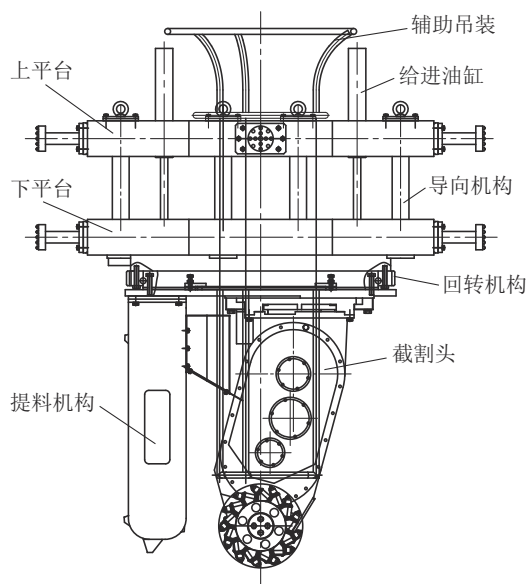


图1 YXW-2000型液压铣轮机主机结构示意图

Fig.1 Structural diagram of YXW-2000 hydromill

主机通过上、下平台侧方支撑油缸固定支撑于基坑内,上、下平台之间设置有导向机构,通过导向机构实现上、下平台平行上、下移动,最大行程可以达到300 mm。

截割头是由液压马达经2级行星齿轮减速及3级直齿轮减速输出,带动左右截割头实现低速、大扭矩旋转切割。减速器齿轮油采用工业闭式齿轮油L-CKC 220(GB 5903—2011),配置油标、排气阀及放油堵头。

液压铣轮机的旋挖切割是由左、右截割头来执行,左截割头螺旋线右旋布置,右截割头螺旋线左旋布置。截割头安装于减速器输出轴两端,采用花键连接,拆解、更换方便。截割头截齿采用高耐磨自旋截齿,具有高耐磨性及抗冲击等特点。

液压铣轮机的给进靠两个给进油缸推动来执行,通过控制液压给进压力,实现铣轮机加压、减压截割。

液压铣轮机的回转由液压回转装置带动液压回转支承实现 $\pm 360^\circ$ 回转,通过控制液压回转压力,实现铣轮机加压回转截割。回转机构设置有限位机构,实现可靠机械定位。

液压铣轮机配置滑移油缸,实现左右滑移。滑移油缸带动截割头在不同位置截割,滑移一次定位完成,一个工作面滑移一次实现全工作面截割。

液压铣轮机的物料清理由提料机构配合料筒实

现。通过卷扬装置连接料筒,配合辅助吊装支架,在工作周期内分批次提升物料,实现物料有效清理。

综上所述,YXW-2000型液压铣轮机通过截割头自转与回转机构公转,实现局部、分层截割,截割效率高。同时铣轮机主机每个模块都可以单独拆卸,单件质量轻,搬迁运输方便。

3 液压系统的研制

考虑YXW-2000型液压铣轮机的使用安全性、经济性及可操作性,液压系统采用双泵供油的开式循环系统^[15-18]。

铣轮机液压操作系统主油泵为设备截割头回转马达动力源,副油泵为给进及支撑油缸、滑移油缸、液压回转装置提供供油动力,液压系统工作原理如图2所示。

电动机启动后,主油泵2经过滤器6吸入低压油,输出高压油,经过蓄能器31,进入多路换向阀15,多路换向阀15控制马达的正、反转及停止。

副油泵3经过滤器8吸入低压油,输出高压油进入多路换向阀18,操作多路换向阀18第一个手柄控制设备给进油缸23给进、起拔功能;操作多路换向阀18第二个手柄控制液压回转马达24回转;操作多路换向阀18第三个手柄控制滑移油缸27,实现截割头不同位置截割;操作多路换向阀18第四个手柄控制抓斗油缸28,实现物料抓取。

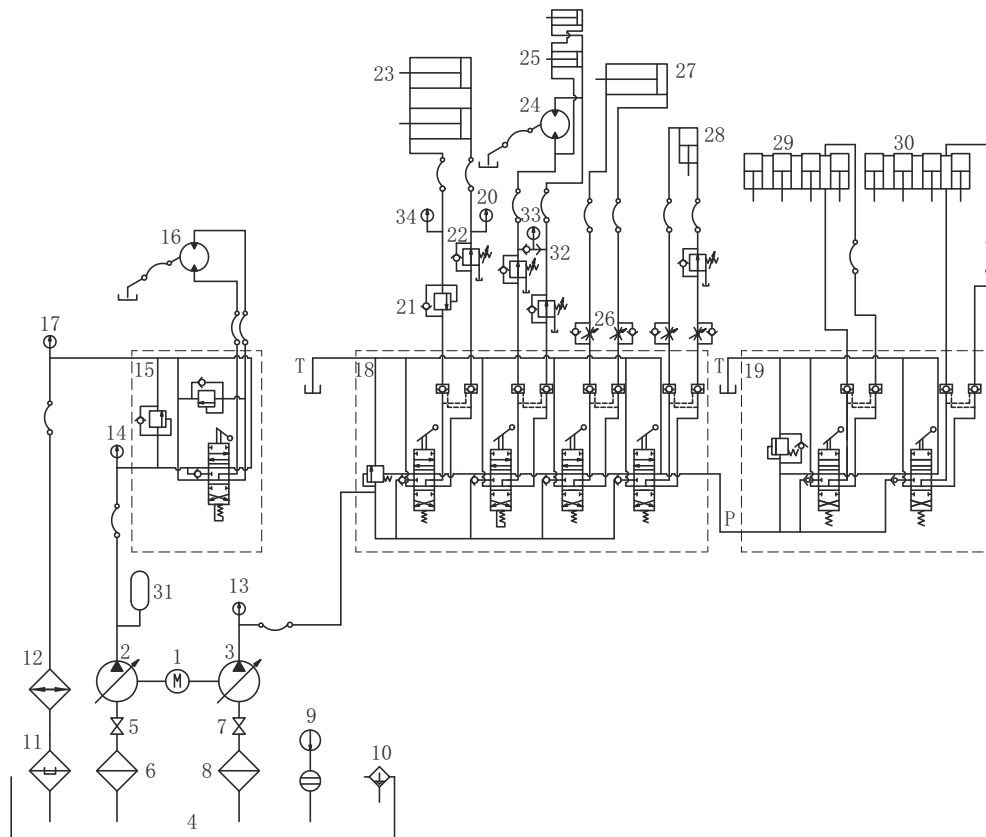
回转油路串联刮板油缸,实现铣轮机截割头回转时,左、右刮板自动切换刮取物料。

多路换向阀18的过桥油路进入操作多路换向阀19,操作多路换向阀19第一个手柄,控制上平台油缸29支撑与松开;操作多路换向阀19第二个手柄,控制下平台油缸30支撑与松开。

在给进油缸油路中串联有减压阀22和平衡阀21。调节减压阀手轮,按标牌指示方向,能实现给进压力的调大与调小。调节平衡阀螺钉,能防止设备在自重力作用下滑落。

在液压回转装置油路中串联有正转、反转减压阀。调节减压阀手轮,按标牌指示方向,能实现正转、反转压力的调大与调小。

在滑移油缸油路中串联有单向节流阀26。调节单向节流阀,按箭头指示方向,能实现滑移油缸的滑移速度控制。



1—电机;2—油泵;3—副油泵;4—油箱;5、7—截止阀;6、8—吸油过滤器;9—液位液温计;10—空气滤芯器;11—回油过滤器;12—冷却器;13—副泵压力表;14—主泵压力表;15—多路换向阀;16—主马达;17—回油压力表;18—多路换向阀;19—多路换向阀;20—给进压力表;21—平衡阀;22—单向减压阀;23—给进油缸;24—回转马达;25—刮板油缸;26—单向节流阀;27—滑移油缸;28—抓斗油缸;29—上支撑;30—下支撑;31—蓄能器;32—梭阀;33—回转压力表;34—给进背压表

图2 液压系统原理

Fig.2 Schematic diagram of the hydraulic system

4 施工工艺流程

为了实现YXW-2000型液压铣轮机的可操作性,结合液压控制原理,其施工工艺流程如下^[19-21]:

- (1) 开机。
- (2) 下平台支撑油缸支撑,中心找正。
- (3) 上平台支撑油缸松开。
- (4) 给进油缸起拔至极限位位置。
- (5) 上平台支撑油缸支撑。
- (6) 下平台支撑油缸松开。
- (7) 滑移油缸将截割头运行至基坑外圆。
- (8) 截割头正转。
- (9) 给进油缸给进,按现场实际岩石硬度条件,随时调节给进压力,给进30~50 mm,下平台支撑油

缸支撑。

(10) 液压回转装置正转,按现场实际岩石硬度条件,随时调节回转压力,完成360°截割。

(11) 至360°限位位置,停止回转。滑移油缸将截割头拉至基坑中间位置。注意:此步骤也可以采用先将下平台支撑油缸松开,退回35~50 mm,再移动滑移油缸将截割头拉至基坑中间位置,然后步骤(8)接续。

(12) 液压回转装置反转,按现场实际岩石硬度条件,随时调节回转压力,完成360°截割。

(13) 至360°限位位置,停止回转。

(14) 完成基坑一层截割。

(15) 重复(6)~(13)实现一层一层往下截割。

(16) 在完成几个层次截割后,设备停至运转,使

用卷扬将物料通过提料桶提升至地面。

(17)完成一个给进油缸行程,回至步骤(2)接续。

(18)最终完成实际要求基坑深度。

综上所述,YXW-2000型液压铣轮机施工工艺流程简单,工艺适应性、可操作性强,操作省力、安全可靠。

5 试验测试

5.1 工厂试验

YXW-2000型液压铣轮机试制完成后,在我公司的萧山工业园区进行试验,分别对不同型号水泥基坑进行了试验(如图3所示),测试数据如表2所示。



图3 YXW-2000型液压铣轮机现场测试

Fig.3 Field test of YXW-2000 hydromill

表2 试验数据

Table 2 Test data

水泥型号	单层截割深度/mm	单层截割时间/min
C30	30	8
C30	50	10
C50	30	10
C50	50	12
C60	30	15
C60	50	20

测试结果表明,该铣轮机截割效率高,定位、移机方便,物料收取可靠、提升方便,扭矩、转速、回转、给进、滑移等主要技术指标满足设计要求。

5.2 工业测试

2021年3月,YXW-2000型液压铣轮机在浙江

丽水进行了测试(如图4所示)。测试结果表明,液压铣轮机截割效率高,可操作性强,移机搬运方便,同时能大大降低人工劳动强度。



图4 YXW-2000型液压铣轮机现场测试

Fig.4 Field test of YXW-2000 hydromill

6 结语

针对国内山地信号塔桩孔单纯依靠人工开挖存在的问题,研制了YXW-2000型液压铣轮机,该设备旋挖扭矩大,转速、给进、回转、滑移等参数设计合理,开挖效率高,施工工艺方便,主机模块化设计合理,移机、搬运方便,液压系统操作性强,系统传动简单,维修方便。该设备的研制成功,提高了山地桩孔开挖的整体技术水平,同时提升了基坑开挖的经济效益和社会效益。

参考文献(References):

- [1] 鲁先龙,程永锋.我国输电线路基础工程现状与展望[J].电力建设,2005,26(11):25-27,34.
LU Xianlong, CHENG Yongfeng. Current status and prospect of transmission tower foundation engineering in China[J]. Electric Power Construction, 2005,26(11):25-27,34.
- [2] 方月舵,郑卫锋,叶超,等.输电线路岩石嵌固基础选型及施工技术研究[J].电力勘测设计,2017(5):10-14.
FANG Yue duo, ZHENG Weifeng, YE Chao, et al. Type selection and construction technology of rock embedded foundation in transmission line [J]. Electric Power Survey & Design, 2017 (5):10-14.
- [3] 蔡连杰.大型竖井钻机主动式导向器研究[D].淮南:安徽理工大学,2013.
CAI Lianjie. Research on active guiding device of large shaft drill [D]. Huainan: Anhui University of technology, 2013.
- [4] 刘志强,甘文鸿.反井钻机技术与地下工程开发[J].地下空间,

- 1999,19(4):425-428.
- LIU Zhiqiang, GAN Wenhong. Raise boring machine technology and underground engineering development [J]. *Underground Space*, 1999,19(4):425-428.
- [5] 牛庆磊,吕永亮,贾炜,等.旋挖钻机配套集束式潜孔锤硬岩施工方法研究[J].*探矿工程(岩土钻掘工程)*,2015,42(12):57-60.
- NIU Qinglei, LÜ Yongliang, JIA Wei, et al. Study on hard rock drilling construction by rotary drilling rig matched with cluster DTH hammer [J]. *Exploration Engineering (Rock & Solid Drilling and Tunneling)*, 2015,42(12):57-60.
- [6] 张化民.大口径旋挖碎岩机理研究及钻具设计[D].成都:成都理工大学,2013.
- ZHANG Huamin. Large diameter rotary drilling rock fragmentation mechanism research and drilling tool design [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2013.
- [7] 徐用超.输电线路岩石基础开挖方法的比较[J].*建筑工程技术与设计*,2017(20):1445-1446.
- XU Yongchao. Comparison of excavation methods for rock foundation of transmission line [J]. *Architectural Engineering Technology and Design*, 2017(20):1445-1446.
- [8] 陈长生.水磨钻机开挖输电线路岩石基础[J].*城市建设理论研究(电子版)*,2015(7):1121-1122.
- CHEN Changsheng. Excavation of transmission line rock foundation with water mill drill [J]. *Theoretical Research on Urban Construction (Electronic Version)*, 2015(7):1121-1122.
- [9] 高进军.水磨钻人工挖孔施工技术的应用[J].*浙江建筑*,2015(2):23-26.
- GAO Jinjun. Application of the construction technology of hand-dugging by water-mill drilling [J]. *Zhejiang Construction*, 2015(2):23-26.
- [10] 陈礼仪,宋刚,于好善,等.动静组合加载下刀具破岩的力学模型[J].*探矿工程(岩土钻掘工程)*,2013,40(2):15-18.
- CHEN Liyi, SONG Gang, YU Haoshan, et al. Mechanical analysis on rock fragmentation under combined static and dynamic loading [J]. *Exploration Engineering (Rock & Solid Drilling and Tunneling)*, 2013,40(2):15-18.
- [11] 张祖培,刘宝昌.碎岩工程学[M].北京:地质出版社,2004.
- ZHANG Zupei, LIU Baochang. *Rock Crushing Engineering* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004.
- [12] 徐小荷,余静.岩石破碎学[M].北京:煤炭工业出版社,1981:20-45.
- XU Xiaohe, YU Jing. *Rock Fragmentation* [M]. Beijing: Coal Industry Press, 1981:20-45.
- [13] 闻邦椿.机械设计手册[M].北京:机械工业出版社,2010:100-200.
- WEN Bangchun. *Mechanical Design Manual* [M]. Beijing: China Machine Press, 2010:100-200.
- [14] 江耕华.机械传动设计手册(上下册)[M].北京:煤炭工业出版社,1992:35-75.
- JIANG Genghua. *Mechanical Transmission Design Manual (Volume One and Volume Two)* [M]. Beijing: Coal Industry Press, 1992:35-75.
- [15] 许贤良.液压传动[M].北京:国防工业出版社,2011:27-35.
- XU Xianliang. *Hydraulic Transmission* [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2011:27-35.
- [16] 何存兴.液压元件[M].北京:机械工业出版社,1982:15-35.
- HE Cunxing. *Hydraulic Components* [M]. Beijing: China Machine Press, 1982:15-35.
- [17] 臧克江.液压缸[M].北京:化学工业出版社,2010:50-80.
- ZANG Kejiang. *Hydraulic Cylinder* [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010:50-80.
- [18] 雷天觉.新编液压工程手册[M].北京:机械工业出版社,1998:125-300.
- LEI Tianjue. *New Handbook of Hydraulic Engineering* [M]. Beijing: China Machine Press, 1998:125-300.
- [19] 刘家荣.复杂地层桩孔钻进工艺及机具研究[D].北京:中国地质大学(北京),2010.
- LIU Jiarong. Research on pile hole drilling technology and tools in complex strata [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2010.
- [20] 宋刚.硬岩地层旋挖钻进组合工艺的研究与应用[J].*施工技术*,2011,40(2):72-74.
- SONG Gang. Application and research on combinatory rotary drilling process in hard rock [J]. *Construction Technology*, 2011,40(2):72-74.
- [21] 刘三意.多工艺旋挖钻进技术研究[D].北京:中国地质大学(北京),2008.
- LIU Sanyi. Research on multi process rotary drilling technology [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2008.

(编辑 荐华)