

DB30 型多功能电驱动钻机的研发与应用

胡向阳, 左立朝

(河北永明地质工程机械有限公司, 河北 邢台 055150)

摘要:以 XY-8 型钻机为基础, 采用模块化设计, 研发了既可以进行小口径深孔取心钻探, 又可以进行大口径硬质合金钻进及水源钻井的 DB30 型多功能钻机, 该钻机使用变频电机直接驱动, 简化传动链, 提高了传动效率, 配套先进、成熟的电控技术, 大大提高了钻机的自动化程度。简要介绍该钻机的技术方案、技术参数、结构设计、技术优势以及实际应用情况。

关键词:电驱动钻机; 岩心钻机; 水井钻机; 多功能钻机

中图分类号: P634.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2017)05-0048-05

Development and Application of Multifunctional Electric Drive Drilling Rig/HU Xiang-yang, ZUO Li-chao (Hebei Yongming Geological Engineering Machinery Co., Ltd., Xingtai Hebei 055150, China)

Abstract: Based on XY-8 drilling rig, modular design was adopted to develop DB30 multifunction drilling rig, which can be used not only for small diameter deep hole coring drilling but also for large diameter cemented carbide drilling and water drilling. This drilling machine is driven by frequency conversion motor with simplified transmission chain, the transmission efficiency is improved; by the advanced supporting technologies and mature electronic control technology, the rig automation degree is greatly improved. The paper briefly introduces this rig about its technical scheme, technical parameters, structure design, technical advantages and practical application.

Key words: electric drive drilling rig; core drilling rig; well drilling rig; multifunction drilling rig

当前地质勘探、水井等钻探行业持续低迷, 传统的机械传动钻机自动化程度低、劳动强度大、钻探成本高。各施工单位迫切希望通过引进先进技术, 提高钻机的自动化程度, 以实现减轻劳动强度、降低钻探成本的目的。近些年国内陆续从国外引进了多款桅杆式全液压钻机, 其自动化程度较高, 在 1500 m 以内的浅孔钻探施工中显示出优越的钻探效率和良好的机动性能。但是随着钻孔加深, 尤其在大于 2000 m 的深孔钻探过程中, 提下钻在整个钻探过程中所占时间和工作量的比例越来越大, 全液压钻机的钻探效率大打折扣^[1-3], 另外全液压钻机购置成本、使用成本、维护成本都较高, 传动效率却很低^[4]的缺点影响了其进一步的推广应用。

2014 年我公司尝试将石油钻机先进、成熟的电控技术引入到水源钻机上, 成功开发出国内第一款水源电动钻机——DB3000 型电动钻机。借此成功经验, 2015 年应客户的要求, 开发出一款新型电动钻机——DB30 型多功能钻机(见图 1、图 2)。该钻机既可用于小口径深孔取心钻探, 亦可用于大口径硬质合

金钻进及水源钻井, 真正实现了一机多用的目的。



图 1 DB30 型多功能钻机(小口径钻进模式)



图 2 DB30 型多功能钻机(大口径钻进模式)

1 钻机的总体方案设计

在设计钻机的总体方案时,充分考虑了客户的建议,钻机在具备基本钻探能力的同时,兼具可靠、简单、实用、节能、高效和便于维修等优点。

(1)以XY-8型钻机为基础,取消其原来的摩擦式离合器、变速箱、链条传动箱、行星减速机构、抱闸、水刹车等装置,直接使用变频电机驱动,通过简化传动链,提高传动效率、降低设备故障率和维护工作量,减少能源和易损件消耗,最终实现降低钻探总成本的目的。

(2)将整个钻机分为主绞车、绳索绞车、立轴回转器、电动转盘、电控房、司钻房6大模块。其中主绞车、绳索绞车、立轴回转器、电控房与司钻房5个模块组合用于小口径深孔取心钻探;主绞车、绳索绞车(作为工具绞车)、电动转盘、电控房、司钻房5个模块组合用于大口径硬质合金钻进及水源钻井。通过上述模块化设计来实现一机多用的目的。

2 钻机的基本技术参数

DB30型多功能钻机的技术参数见表1。

3 钻机的结构设计

3.1 DB-10型主绞车模块

如图3所示,主绞车动力源为1台90 kW变频电机,电机通过一台减速比为16:1的减速机后直接驱动滚筒,无离合器、变速机构、行星齿轮机构。

超宽滚筒设计减少钢丝绳缠绕层数,滚筒表面加工里巴斯折线绳槽,多方面改善钢丝绳的缠绳效果。

主绞车电机的能耗制动作为主刹车,替代机械钻机的抱闸和水刹车,配合钻机完成起下钻工作。

滚筒轴末端安装液压盘刹,主绞车电机配电磁吸盘刹车,这两道刹车为蓄能式安全刹车。当钻机电源或液压系统出现故障后,两套刹车迅速启动,确保刹车的安全可靠。

主绞车电机配合电控系统可以实现自动送钻、零速悬停以及无冲击的正反转切换功能。

主绞车配应急提升装置,该提升装置由1台7.5 kW电机与1台减速机组成,与司钻房、电控房完全脱离,可独立提升或下放全部钻柱,电机内置电磁刹车,可刹住全钻柱重力。当钻机出现主电机损坏、电力不足等问题造成主绞车无法正常工作时,仅需给应急电机提供7.5 kW普通三相电源,即可提

表1 DB30型多功能钻机基本参数表

项 目	参 数 值	
钻探能力/m	S95 绳索取心	2500
	S75 绳索取心	3000
	Ø89 mm 钻杆	2000(终孔直径≥150 mm)
最大钩载/kN	600	
游车大钩提升速度/(m·s ⁻¹)	0~0.667(无级调速)	
最大钻柱重力/kN	400	
游动系统绳数	6(3×4)	
钻井钢丝绳直径/mm	Ø22	
最大快绳拉力/kN	100	
DB-10型主绞车	快绳速度/(m·s ⁻¹)	0~4(无级调速)
	最大快绳拉力/kN	100
	卷筒绳容量/m	总绳容量 300 工作绳容量 200
	自动送钻	送钻速度/(m·s ⁻¹) 0~0.01(游钩速度) 送钻精度/kN ≤3 送钻模式 恒压或恒速
	DB-2型绳索绞车	快绳速度/(m·s ⁻¹) 0~4(无级调速) 最大快绳拉力/kN 20 卷筒绳容量/m 总绳容量 3200 工作绳容量 3000
岩心模式	钻机后移距离/mm	690
	行程/mm	1000
	给进油缸最大起重力/kN	300
	最大加压力/kN	142
回转器	立轴转速/(r·min ⁻¹)	高档 0~800(无级调速) 低档 0~290(无级调速)
	立轴通径/mm	Ø118
水源模式	ZP175 额定静负荷/kN	1350
	型电 转速/(r·min ⁻¹)	0~180(无级调速)
	驱动 额定扭矩/(kN·m)	11
转盘	通径/mm	Ø292
	设备总功率/kW	195(岩心模式) 210(水源模式)
外形尺寸(长×宽×高)/mm		4310×2240×2660(岩心模式) 4980×2820×2400(水源模式)
	主机总质量/t	16.5

起井中全部钻柱。

3.2 DB-2型绳索绞车模块

如图4所示,绳索绞车动力源为1台22 kW变频电机,与主绞车一样,电机通过一台减速机直接驱动滚筒,无离合器、变速机构、行星齿轮机构。

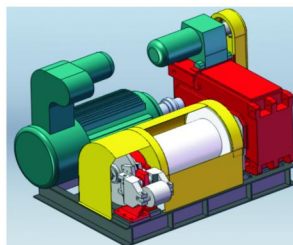


图3 DB-10型主绞车模块

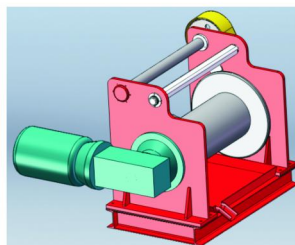


图4 DB-2型绳索绞车模块

电机具备零扭矩启动、无级调速、零速悬停等功能。电机配电磁吸盘刹车,电源出现故障时,电磁刹车会立即启动,刹车安全可靠。

DB-2型绳索绞车安装了自动排绳器,如图5所示,自动排绳器主要由链传动机构、正反螺纹丝杠、导正机构和钢丝绳导正滑轮等组成。绞车卷筒通过链传动机构直接驱动正反螺纹丝杠转动,正反丝杠上加工有2条相向的大螺距旋线槽,槽内设置有双头导向船形块,可以随正反螺纹丝杠转动,在螺旋槽中滑动,随丝杠做直线运动。双头导向船形块上方的导正杆与滑套配合,共同在正反螺纹丝杠上做直线运动。滑套连接着钢丝绳导正滚轮一起移动,钢丝绳导正滚轮牵引着钢丝绳均匀整齐排列。当双头导向船形块滑到正反螺纹丝杠端点时受到丝杠挡套的阻挡,双头导向船形块“船头”方向发生反向,进入反螺纹;钢丝绳同时在卷筒上反向排列,如此周而复始,实现自动排绳工作^[5]。

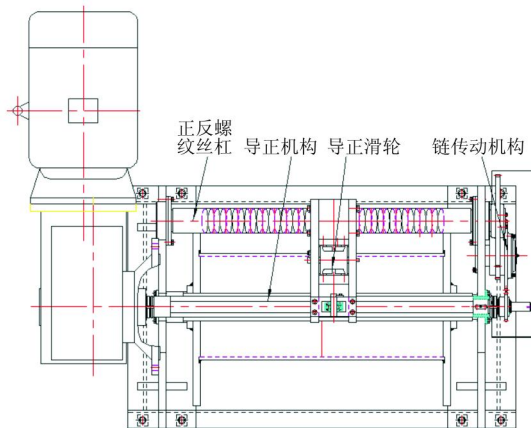


图5 自动排绳器结构

滚筒轴上安装了旋转编码器,实现了对取心钢丝绳绳长的实时监控。通过PLC对电机扭矩的计算,实现了对钢丝绳张力的实时监控。

3.3 立轴回转器模块

如图6所示,立轴回转器模块包括变频电机、回转器、传动箱、上卡盘、下卡盘、液压系统、滑架、底座等。除变频电机以外,其它部件基本沿用了XY-8型钻机的结构。

1台90kW变频电机通过传动箱直接驱动回转器。取消了摩擦式离合器、变速箱,简化传动链,提高了传动效率。

回转器采用渐开线花键立轴,相比传统的六方立轴,其承载能力更大,自定孔心效果更好。上卡盘

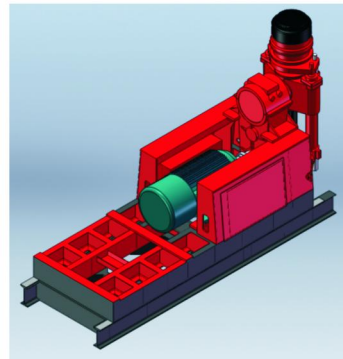


图6 立轴回转器模块

为液压卡盘,下卡盘为自动定心手动卡盘。液压系统包括油箱、给进油缸、移车油缸、控制阀、液压管线等。滑架和底座是主绞车、绳索绞车以及回转器模块等其它部件的载体。

3.4 ZP-175型电动转盘模块

如图7所示,转盘使用石油ZP-175型转盘,动力源为1台75kW变频电机,与主绞车一样,电机通过一台链条减速箱直接驱动转盘,无离合器和变速机构。

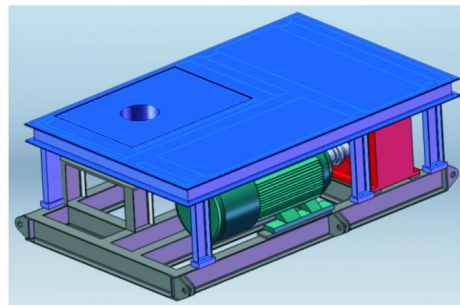


图7 ZP-175型电动转盘模块

ZP-175型转盘由一对锥齿轮副减速,锥齿轮副采用螺旋锥齿轮,传动平稳,接触力小,承载能力高,大小锥齿轮均由合金结构钢经热处理制造而成。小锥齿轮装在水平输入轴上,大锥齿轮直接固联于回转套上并带动补芯及钻杆旋转实现钻进,承载及回转部分由一套回转轴承固定在转盘壳体内。转台与底座之间的动密封采用迷宫式密封以防止泥浆进入回转箱,输入轴与轴承盖之间的动密封采用弹簧密封圈密封,其余静密封均采用O形密封圈。

3.5 电器控制系统

钻机主动力电源采用三相交流380V电源,控制电源采用直流24V,辅助电源采用交流220V。全钻机动力包括2台90kW、1台75kW、1台22kW变频电机和1台7.5kW、1台5.5kW、1台1.1kW

电机,它们分别驱动DB-10型主绞车、立轴回转器、ZP-175型电动转盘、DB-2型绳索绞车、应急提升装置、钻进液压系统和盘刹液压系统。电机、过卷保护、编码器、电磁阀等安装在钻机各模块本体上,控制电器集中安装在电控房(见图8)和司钻房(见图9)内。



图8 DB30型多功能钻机电控房



图9 DB30型多功能钻机司钻房与司钻操作台

电控房是整套钻机的控制核心,里面包含PLC控制系统、变频器、MCC系统、变压器等各种控制柜,整个生产和生活用电都经过电控房来控制 and 转换。电控房所有进出线均在房体的前端右侧,除与发电机连接的主动动力线缆以外,其余所有电缆接头均采用快换航空插头,所有电缆、接头都有统一名称,安装拆卸方便。

DB30型多功能钻机配套的井场数据信息采集传输系统,可以实时采集和显示钻压、转速、扭矩、孔深、钻头位置、游钩高度、泵量、泵压、钩载等参数;可以识别出钻探过程中孔内常见的典型工况:卡钻、钻具刺穿、断钻具、埋钻,并进行声光报警;可以实现钻进参数的存贮、回放和打印,系统不仅可以保存当日的数据,形成数据文件,还可以把存贮的历史数据文件导入软件,以表格和曲线的形式进行回放和打印;系统可以实现钻井现场的远程视频监控,通过红外夜视高清数字实时摄像机24h对钻井现场情况进行监控,视频数据实时储存到网络硬盘机,通过无线发射器传送到远程终端;系统可以实现数据的近距离和远距离无线传输,通过无线数据发射器可将系统界面实时显示的数据无线发送到近距离接收器或

互联网上^[6-7]。

4 钻机的技术优势

4.1 改善工作环境,降低劳动强度

DB30型多功能钻机所有司钻操作均可在司钻房内完成,更有恒压与恒速2种自动送钻模式可供操作人员选择。改善了工作环境、降低了劳动强度。

4.2 安全可靠

DB30型多功能钻机配有液压盘刹、电磁吸盘、电机能耗制动3道刹车装置。前2种为机械蓄能式制动,绝对安全可靠。当出现主电机故障、液压系统故障等紧急情况时,电磁吸盘刹车或液压盘刹会立即启动,刹住井中钻具,确保人员和设备安全。

钻机有游车防上碰下砸、绞车手柄限幅、反扭矩低速释放、电机过载、电机失速等保护功能,避免出现人为因素造成的事故。

钻机操作设计了3种控制模式,正常情况下,司钻人员使用司钻台上的手柄和按钮操作钻机。一旦手柄或按钮出故障,司钻人员可以通过触摸屏操控钻机。触摸屏或PLC出现故障时还可以使用旁路临时操控钻机(在变频器上直接操控钻机)。

4.3 降低钻探成本

DB30型多功能钻机的回转器、转盘、绞车等工作机使用变频电机直接驱动,无离合器、皮带传动装置、变速装置等,传动链大大简化,相比普通机械钻机,传动效率提高15%,节省能源,降低钻探成本。

钻机无皮带传动装置、机械摩擦式离合器、抱闸、水刹车等高故障率部件,减少了易损件,降低了维护工作量,降低钻探成本。

钻机使用恒压钻进模式可以合理控制井底钻压,提高钻头寿命,减少起钻换钻头次数,提高纯钻进时间,降低钻探成本。

绳索绞车安装有自动排绳器,无需人为排列钢丝绳,通过实时监测取心钢丝绳的绳长和张力,可以快速、准确地把测斜仪、绳索内管总成等专用仪器、机具等下放到准确位置,保证岩心采取率,减少了脱落岩心造成的提大钻次数,减少了钻探辅助时间,提高了纯钻进时间,降低钻探成本。

钻机多种保护功能可以避免人为因素造成的事故,数据采集系统配套数字化仪表可以显示大钩悬重、钻压、井深、转盘转速、扭矩、大钩位置、泵冲以及衍生的其它钻井参数,实现了钻探过程连续监测和

孔内异常工况的提前预报^[6],大大降低井中事故发生概率。即使发生事故,司钻人员也可以通过各钻井参数的历史曲线以及报警记录第一时间判断事故的原因,作出快速反应,降低事故造成的损失,降低钻探成本。

4.4 迎接勘探大数据时代

DB30型多功能钻机配套的数字信息采集及传输系统可以实现对孔深、钻头位置、钩载、钻压、游车高度、泵压、泵量、转速、扭矩等数据的远程实时监控和存储。根据以上数据,基站后台处理器还可以衍生关于钻井的其他数据,如钻速、纯钻进时间、高效时间段、低效时间段、地层结构等数据,并且可以用报表、图饼、曲线图等形式显示出来。

可利用互联网平台建立勘探大数据系统,通过分析某一区域的历史钻井数据判定该区域的地质条件,为再次施工提供有利参考依据。为勘探进入大数据时代奠定基础。

5 实践应用效果

2016年8月26日,湖北省地质局第八地质大队使用DB30型多功能钻机在湖北省钟祥市镜月湖边进行地热井施工(见图10)。该井设计井深2000m,最后终孔深度达到2600m,期间为提高施工进度,在孔深1000m左右时,施工工艺由泥浆正循环钻进改为气举反循环钻进。

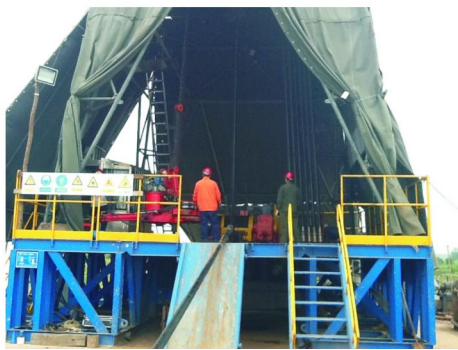


图10 DB30型多功能钻机在湖北省钟祥市施工地热井

第八地质大队是一个以中深孔施工为主的岩心钻探施工队伍,完全没有大口径井的施工经验,气举反循环钻进工艺也是第一次应用。新队伍、新设备、新工艺,这给DB30型多功能钻机的第一次实践应用带来了不少困难。例如,气举反循环工艺应用初期,大量泥浆喷溅在井口附近的主绞车刹车盘上,泥浆中的大量油脂造成液压盘刹制动力明显降低。我

公司工作人员发现该问题后,迅速做出反应,通过给主绞车刹车盘安装护罩的方法,彻底解决了该问题。

DB30型多功能钻机设计钻探能力为 $\varnothing 89$ mm钻杆2000 m,最大钻柱重力为400 kN,但是此次施工钻孔终孔深度达到2600 m,钻柱重力高达560 kN,超出钻机设计能力40%。由于钻机的提升、承载能力设计安全系数高,数据采集系统配套数字化仪表,可以对钻探过程连续实时监控,得以确保该钻孔能够顺利完工。

6 结语

DB30型多功能钻机安全可靠,既可以降低钻探成本,又可以降低劳动强度、改善工作环境,更重要的是为勘探进入大数据时代奠定了基础。该钻机的成功研发仅仅只是岩心钻机与水井钻机升级改造的一个开始,电驱动钻机凭借其自身的技术优势必将成为将来地质勘探与水井钻探行业的主流钻机。

当前钻探行业竞争日趋激烈,钻探施工单位和钻探设备生产厂家都应该敢于创新,勇于创新,要从行业的跟跑者变成并跑者,再从并跑者变为领跑者,只有这样,才能在激烈的竞争中脱颖而出。

参考文献:

- [1] 王小虎,朱利根,刘刚,等.机械传动多功能坑道钻机的研发及性能分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(5):41-44.
- [2] 许刘万,王艳丽,左新明.我国水井钻探装备的发展及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(4):1-7.
- [3] 黄洪波,朱江龙,刘跃进.我国钻探技术装备“十一五”回顾与“十二五”展望[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(1):8-14.
- [4] 张林霞,李艺,周红军.我国地质找矿钻探技术设备现状及发展趋势分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(2):1-8.
- [5] 侯林,太武,叶柄宏,等.自动排绳计数绞车的研制与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(7):50-53.
- [6] 黄伟,杨宽才,孔二伟,等.XY-8型钻机配套的钻塔数字信息采集及传输系统[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(3):49-51,55.
- [7] 尹崧宇,赵大军,郭威,等.立轴式岩心钻机转速检测方法的改进[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(12):32-35.
- [8] 彭儒金,戴圣海,邱华,等.XY-6B型岩心钻机的研制和应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(9):59-61.
- [9] 吕光辉,罗礼辉,敖春来.国产转盘钻机钻进系统改进研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(8):54-56.
- [10] 王代华,万小宏,李国孝,等.电驱动钻机控制系统配置方案探讨[J].石油机械,2001,(9):53-56.