

石油钻机的设计和改进方向探究

马亮亮

(兰州兰石石油装备工程股份有限公司 甘肃 兰州 730314)

摘要:随着机械自动化技术的发展,石油钻机的结构也在发生日新月异的变化。但是,目前的石油钻机从总体上看规模仍然十分庞大,操作方式费力、安全性不高,钻机生产耗用钢材量极大。这些弊端如何逐渐消除,钻机应朝哪个方向设计改进,将是一个艰巨的任务等待人们去探索和挑战。电动钻机在控制与性能方面大大优于机械传动钻机。自动化、智能化是这个时代机械产品发展的趋势。这篇文章着重探讨了未来如何设计钻机和着眼于现在它的改进方向。

关键词:钻机;设计;改进;智能化

0 引言

由于中国工业产品研发设计工作起步晚,目前中国的设计人员主要以借鉴国外先进产品技术为主。但是,中国的工程师不能一直处于被动追赶局面。他们可以利用国家科技在各行各业的优势,将其集成运用在石油钻机的设计和改进上,不断推陈出新,在钻机设计制造领域不断取得新成果。

1 钻机的设计改进方向

图1为目前主流石油钻机的结构简图。一部钻机由起升系统、旋转系统、循环系统、动力设备、传动系统、控制系统和辅助设备组成。下文对各个系统的设计和改进方向做简要分析。

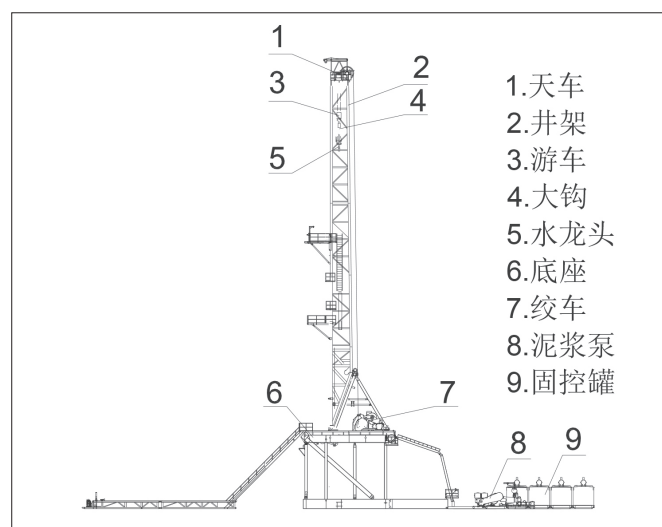


图1 钻机结构图

2 提升系统

天车、井架、底座的设计,由于要保证足够的提升空间和承载能力,其结构方面难以取得进一步改进。巨大的材料消耗也是在井架底座的生产中表现出来。天车是最高处承载下方所有载荷的部件。天车滑轮的精确定位和可靠运行是保证下方设备运行精确度的前提。如何将所有重载稳定分配给井架支撑点,是需要设计者们不断设计和改进的要点。

为了满足下钻的要求,钻机要能提起28米长的立根,再加上钻台面的基本高度,这就让整部钻机总体高度达到四十到六十米之间,井架一般分成四段、五段或六段设计。为了

避免制造误差造成钻机装配起升后倾斜,各部件之间的定位连接方式尤为重要。定位方式及结构必须有足够强度,并且易于控制制造误差。设计出好的定位联接结构能够有效提高整套钻机的工作精度。井架的稳定性是整部钻机稳定性的保证,井架强度高可以降低设备总体在打井时的震动,有效提高工作安全性、可靠性。井架设计既要保证抗拉、抗压强度,又要满足抗扭矩的要求。

特殊材料的应用也许会成为减轻井架、底座重量,提高它们承载能力的有效途径。目前,钻深为7000米的钻机,所配置的天车、游车、大钩的额定钩载是4500kN。游车一方面要配合天车,将单个天车滑轮工作载荷降下去,但是,也不能过于影响钻具的起放速度。如果能有小直径高强度钻井钢丝绳,井架顶部开口尺寸、滑轮尺寸、绞车滚筒尺寸都将减小,结构也将更加稳定。研发新一代钻具,使钻杆重量减轻,增加钻具钻采性能,也会大幅度降低对天车、井架的承载能力的要求以及绞车滚筒转动力矩的要求。从而,对井架和底座强度的要求减弱,便节省了钢材的用量。

绞车作为一种核心设备,它经常被高强度螺栓固定在底座上。常规绞车的体积大、占用空间大,以及结构复杂一直以来是众所周知的。单从其功能来看,能够实现钻杆提升、准确控制钻具下放就能满足钻井工艺要求。因此,将来设计改进绞车的任务就是减去不必要的系统结构,简化绞车。使滚筒能够在重载条件下无级调速,比如,由电机直接驱动滚筒的形式,减去中间变速机构是最好的选择。这种结构一旦实现,绞车过去的润滑系统结构、变速系统都会简化,整个绞车的维护保养会变得更加简单。

3 旋转系统

水龙头、转盘是旋转系统的重要设备。在常规设计中,转盘是直接驱动钻杆的部件。转盘通常用交流变频电机通过减速装置减速后驱动。转盘扭矩的控制是设计的重要控制点。深井钻机打井过程中,转盘带动钻杆旋转,转矩过大过小都会影响钻进过程,甚至引发事故。研制、设计改进钻具,减轻其重量,增加抗扭性能和耐磨性能,减少更换钻头次数等等。从各方面入手,有效降低转盘工作的负荷,使驱动电动机的功率下降,那么,整部钻机的功率消耗就能降低。

近些年,顶部驱动钻井装置在钻采平台逐步发展,这种

自动化装备的使用减少了人员操作扭矩钳的工作。安全、高效是设计改进最为重要的方向。

4 钻井液循环系统

为了将井内泥沙带出地面，钻井液的使用量与钻井深度成正比，这也意味着固控系统的庞大程度由钻井深度决定。目前，钻深 7000 米的钻机所配备的固控系统，其泥浆总容积在 440 立方米以上。

如何在固控区域合理分配泥浆净化设备，实现钻井液的净化、加重，使钻井液具有最佳的粘度，保障井下安全，冷却钻头，控制井内压力，最大程度上促进钻井作业的进行是最为重要的。固控区域是钻机生产、运输过程中成本消耗较大的部机。新型高性能钻井液的配制方法，还有钻井液高效处理装置的设计研制也是石油机械设计和改进的重点。

固控区域泥浆净化装备造价极高，振动筛、离心机制造难度大，而且经常高负荷运转容易产生故障。设计者可以依靠固控区域占地面积大的特点，采用大面积的精密过滤网过滤泥浆，从而降低对振动筛、除砂除泥和离心机等净化设备的依赖。

泥浆泵如同钻机的心脏，不同的井深要求与之适宜的泥浆压力，不同的钻进工况要求与之适宜的泥浆排量。随着人们对地下矿藏的探测深度不断加深，泥浆泵的额定工作压力也要不断提高。泥浆泵在设计理念上要做到整体上坚固耐用，易损件便于现场更换。

5 控制系统

传统石油钻机以机械控制系统、气路控制系统为主。如今，网络智能控制、气动控制、液压控制被综合运用整个钻机的控制（如图 2 所示）。电流经由柴油机带动的发电机产生，再经过电控房转换分配，分多路分别给各个电动机供电。在司钻控制房可以对所有设备进行集中控制。今后，设计者要改进供配电方式和控制系统，将先进的计算机技术和软件编程技术应用于钻机电控系统，做到部机使用时方便启停，运

行过程中可靠供电，维护时易于检修。如今无线网络技术突飞猛进，智能化集中控制是设计改进的必然方向，用极弱电回路控制强电流驱动电路是改进理念。各个部机单独供电，集中化、网络化控制也是一条思路。这样将能实现柴油机、发电机、电动机的分开布置。独立部机能够独立工作，同时也能系统协调运行。各个部分可以进行模块化设计，相互之间要能进行可靠的实时通信。

电气领域的发展必将为机械领域设计改进提供良好的契机。研发各类型的电动机及其控制系统并将其应用于石油钻机，逐步取代之前庞杂的机械传动系统。将各类传感器应用到整个钻井过程当中，可以给钻井监测和控制维护带来极大的方便。这样能对整体电路进行有效的功率控制。

打井现场是爆炸性气体混合物连续或长时间存在的场所，如果不注意安全用电，就可能在极短的时间内造成严重后果，导致人身触电、引起火灾和爆炸。所以安全用电是用电工作中必须加以注意的首要工作。石油钻机的电气设备和电力线路的设计、制造及安装工作要做到“精心设计，精心施工”。井口工具多使用液压驱动，钻机设备中凡有可能意外带电的电气设备的金属外壳和金属构架，均必须接零或接地。避免电路中导体的外露，预防静电的产生，设计出安全合理的电气设备和电路元件，是避免严重事故发生的根本途径。

总体上讲，只要能够实现钻杆的连续钻进和提升，有稳定的钻井扭矩，在保证安全的前提下同时将岩屑带出井口，人们就能实现打井作业。所以，也许还有其它巧妙的途径正等待人们去探索发现，从而能使人体的石油钻机发生革命性变化。大型深井钻机要朝着模块化、标准化设计的方向迈进。小型钻机设计者可以将各个部件集中在一起，像近几年蓬勃发展的车载钻机一样。使其具有移动运输灵活，工作控制集中的特点。

6 结语

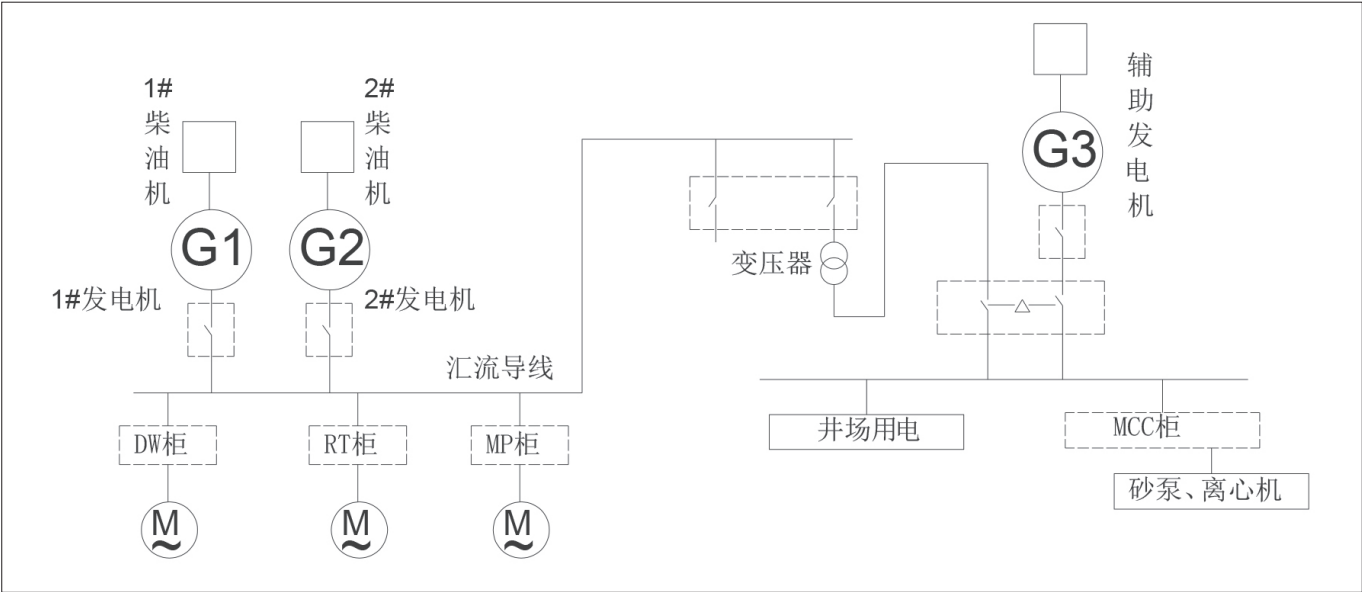


图 2 钻机供配电原理简图

（下转第 17 页）

可以根据制动器的空间结构,同时设计出一组直径相差很小的通油孔,最终通过实验得到合适的制动响应时间。通常,液压制动器的制动响应时间需要等实验校验后才能得到合适的的数据。不同尺寸阻尼孔对制动器响应时间的影响如图 4 所示。

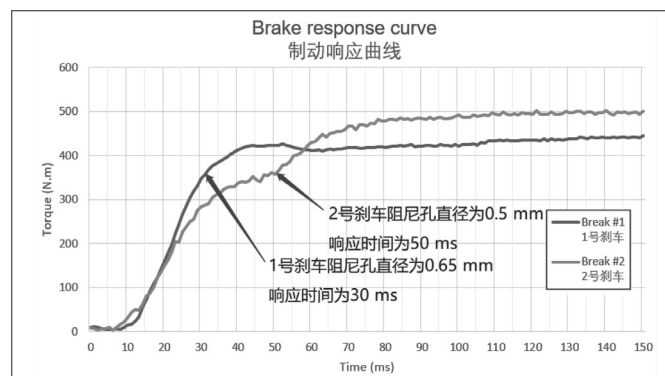


图 4 不同尺寸阻尼孔对制动器响应时间的影响

5 计算结果与实验数据的对比结论

根据前述液压制动器的制动扭矩和最小释放压力的设计方法,设计了一款 AB 型制动器,计算过程和试验结果如下:

(1) 动摩擦片数目为 5,静摩擦片数目为 6。摩擦片的工作区域的内外半径分别为 $R_1=31.5\text{ mm}$, $R_2=40.5\text{ mm}$,所有弹簧的总压缩力为 $F_2=9750\text{ N}$,当液压力为 0 时,该弹簧力同时传递到摩擦片组件上,所以,摩擦片所受到的总力 $F_1=F_2$,摩擦系数由摩擦片供应商提供, $\mu=0.13$,所产生的摩擦力为 $f=1267.5\text{ N}$ 。活塞大小直径分别为 $d=87\text{ mm}$, $D=124\text{ mm}$,通过理论计算得制动扭矩 $T=458.7\text{ N}\cdot\text{m}$,释放压力 $P=1.6\text{ MPa}$ 。

(2) 产品样机制作出来以后,经性能试验,其实际制动扭矩约在 $460\text{ N}\cdot\text{m}$ 左右,释放压力在 1.6 MPa 左右,达到初始的设计输入要求。随机抽取一台 AB 制动器性能测试的压力-扭矩曲线如图 5 所示。AB 型制动器样件外观如图 6 所示。

6 结语

通过以上对液压制动器的理论分析和计算方法的研究,为企业和高校在液压制动器元件设计方面提供了一种切实

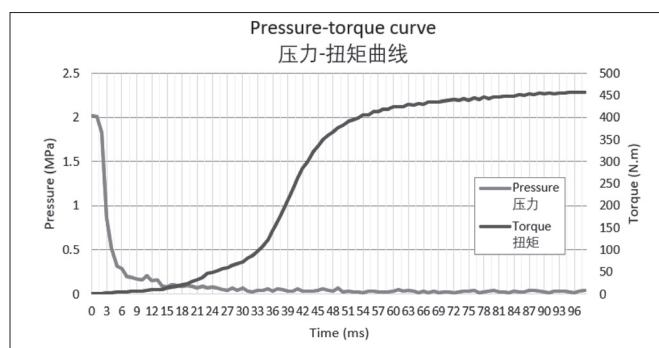


图 5 压力-扭矩曲线



图 6 AB 型液压湿式盘式制动器

可行的设计思路和理论研究依据。

参考文献:

- [1] 闻邦椿.机械设计手册:第3卷[M].北京:机械工业出版社,2010:1-129.
- [2] 刘亮,夏国栋.液体粘性联轴器剪切扭矩计算方法[J].汽车工程.2003(25):31-32.
- [3] 范存德.液压技术手册[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2004:1-2.

作者简介: 李富刚(1975.12-),男,汉族,河南省驻马店人,本科,工程师,研究方向:液压元件设计;李琳桦(1977.03-),女,汉族,湖南省衡阳人,本科,工程师,研究方向:液压元件设计。

(上接第 14 页)

总而言之,钻机设计、改进、制造,涉及到多个学科领域,钻机的整体先进性是一个国家工业实力的体现。作为设计者,首先要依据“可靠、安全、经济、实用”的原则来构想。未来,新型钻机应充分体现以人为本的思想,特别注重 HSE(健康、安全、环保)方面的考虑,最大程度地满足环保、安全等要求。设计更精细、容错能力更强的钻机结构是设计者的基本任务,通过钻机的自动化智能化设计改进,最大程度地应用智能遥控设备,避免高强度人工作业和高空高危作业,为石油工人创造良好的工作环境是发展的目标。提高钻机的移运性和模

块化水平,尽可能减少运输车次、降低安装难度,将各领域先进技术不断集成,使石油钻机朝着轻量化、无人化运行和智能控制的方向发展迈进,是石油机械设计者的事业梦想。

参考文献:

- [1] 金业权.钻井装备与工具[M].北京:石油工业出版社,2012.
- [2] 张奇志.电动钻机自动化技术[M].北京:石油工业出版社,2006.
- [3] 李继志.石油钻采机械概论[M].山东:中国石油大学出版社,2011.