

井下机液控制变径稳定器的设计与改进

刘英辉 苏义脑 汪海阁

刘旭辉

中国石油科学技术研究院

江汉石油学院

摘 要 根据井眼轨道控制理论,改变稳定器的位置和外径,可改变井底钻具组合的类型,从而达到稳斜、降斜或增斜的工艺目的。可变径稳定器作为一类重要的定向工具,尤其应用于现代钻井过程中。文中介绍了一种机液控制变径稳定器(自动井斜角控制器)的结构和工作原理,分析了可变径稳定器执行机构的特点,认为正确分析其主要部件—主轴(主活塞)在井下的受力状况,是变径稳定器执行机构设计的关键环节。以自动井斜角控制器为例,通过实际计算,改进了主轴(主活塞)及其复位装置的结构方案,为井下工具的设计提供了借鉴。

主题词 钻具组合 钻柱稳定器 结构分析 改进

中图分类号: TE821.9

文献标识码: A

文章编号: 1006-4095(2000)03-0029-02

近年来,随着油气藏开发的深入,油田所钻的定向井水平井越来越多,常规定向工具已无法适应日趋复杂的钻井工艺要求,开发各种可控型定向工具,已成为国内外钻井井下工具的热点。根据井眼轨迹控制理论^[1],稳定器的位置和外径显著影响造斜,甚至改变 BHA 的类型。可变径稳定器作为一类重要的定向钻井工具,目前在钻井施工中广泛应用。随着 90 年代大位移井技术的发展,在随钻测量系统(MWD、LWD)、低速高扭矩导向螺杆钻具、可变径稳定器和新型优质钻头的基础上,建立起导向连续控制技术。其技术特点是在大位移井的长稳斜段,采用以变径稳定器为主控制井斜角,以旋转钻进方式实现稳斜段轨道控制,有效地克服了摩阻和井眼清洗问题。因此,国内外研制出许多种可变径稳定器,如苏义脑教授发明的排控式变径稳定器、自动井斜角控制器等。

机液型变径稳定器的结构特点

目前机液可变径稳定器的结构形式很多,但按其所使用的控制指令,主要有钻压控制法、超正常排量控制法、重力信号控制法、弹性波信号控制、反压差信号控制和泥浆泵开停泵时间控制等。而为了获得压力差,通常采用加喷嘴、设置节流口等工艺措施。结合井下工具置于井下的特殊工况,欲调

节稳定器外径,通常是利用某种控制信号驱动主轴(主活塞)上下运动,然后利用相接触的斜面推动柱塞(或翼块)沿稳定器外壳径向伸缩,即可变径稳定器的执行机构大都采用“主活塞—斜面—柱塞组”形式,或者简称为“斜面”机构。因此,分析主轴(主活塞)在井下的受力状况,使主轴能实现下行、弹簧复位上行的工作行程的要求,是执行机构设计的关键环节。因此,分析图 1 所示变径稳定器的典型执行机构,是有借鉴意义的。

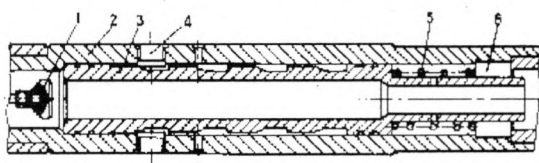


图 1 液控伸缩式变径稳定器结构

1. 可调件 2. 稳定器本体 3. 活塞 4. 柱塞 5. 弹簧 6. 端盖

主活塞的受力分析

自动井斜角控制器(AIC)^[2]由重力信号发生与调整装置、油压传动装置和液压伸缩式变径稳定器 3 部分构成,组成短节装于钻头上方。当实钻井斜角大于或小于设计斜值时,AIC 即发生两种不同信号,造成密闭油路内的油液换向,然后通过特殊设计的阀组使油缸活塞杆产生轴向伸缩运动,由

刘英辉 1970 年生。1997 年毕业于石油勘探开发科学研究院(北京),获工学硕士学位,现为该院油气钻井工程专业博士研究生。地址:100083 北京学院路 20 号 910 信箱研究生部 电话:010-62098338

此使主活塞同步运动,从而导致可变径稳定器的柱塞组作径向伸缩和锁位,改变钻具组合的力学特性来控制井斜角。

自动井斜角控制器主活塞由不同尺寸的柱面、锥面组成,当主活塞下移时,其锥面向外推压柱塞使之伸出,直至主活塞柱面同柱塞端面接触,此柱塞全部伸出,导致稳定器外径变大。由AIC工作要求,在开泵且上部可调件与主活塞未造成节流时,主活塞在弹簧力作用下保持原位。主活塞采用结构1(图2)。

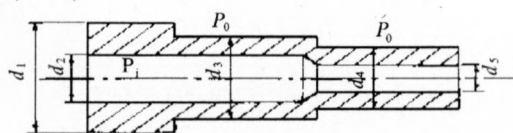


图2 主活塞结构1

令 $d_1=130\text{mm}$, $d_2=70\text{mm}$, $d_3=120\text{mm}$, $d_4=80\text{mm}$, $d_5=50\text{mm}$ 。假设开泵后主活塞处钻柱内外泥浆压强差 $\Delta P=P_i-P_0=4\text{MPa}$, 流量 $Q=28\text{L/s}$, 则主活塞受泥浆推力 F 为

$$\begin{aligned} F &= P_i \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_5^2) - P_0 \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_4^2) - P_i \frac{\pi}{4} (d_4^2 - d_5^2) \\ &= \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_4^2) (P_i - P_0) \\ &= 32987 \text{ N} \end{aligned}$$

式中: P_i —主活塞处钻柱内泥浆压强;

P_0 —主活塞处钻柱外环空内泥浆压强。

由此可知,开泵后、未节流前,活塞所受泥浆推力很大,而此时要求主活塞不动,即主活塞复位弹簧承受的予紧力为 F_1 ,弹簧难以设计,而且如此大予紧力,工具下井前装配时非常困难。

主活塞的结构改进

对主活塞结构改进的关键是屏蔽掉开泵后环空内外泥浆压强差对主活塞造成的推力,为此,将主活塞结构改变为图3。开泵后,由于主活塞的环形结构,环空压力 P_0 对主活塞的作用力被抵消掉,若忽略主活塞内泥浆流动水力损失,钻柱内泥浆压强 P_i 对主活塞上下端作用力面积相等,因而可近似认为主活塞所受泥浆推力 $F=0$ 。因此可确定出弹簧的有关参数:弹簧予紧力 $F_1=2000\text{N}$,予压缩量 $f_1=$

40mm,工作行程 $\delta=40\text{mm}$,最大压力 $F_2=4000\text{N}$ 。

若考虑泥浆密度为 1.2g/cm^3 ,估算出主活塞质量约为34kg,而弹簧予紧力的作用在于复位时克服活塞自重和因密封而形成的摩擦阻力,故经过综合考虑,取弹簧予紧力 $F_1=2000\text{N}$,设计采用的弹簧受力图如图4所示。

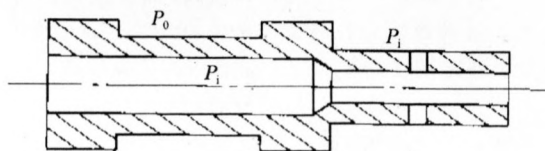


图3 主活塞结构2

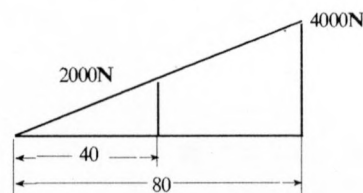


图4 弹簧工作受力图

结 论

1. 可变径稳定器是水平井、大位移井井眼轨道控制技术的关键工具,在钻井过程中可减少起下钻次数,提高机械钻速,降低钻井成本。机液控制可变径稳定器,由于成本较低,在井下工作可靠性高,适合我国国情,可满足我国油田钻井需求。

2. 上述结构是机液可变径稳定器执行机构的典型结构,设计时若不仔细分析部件在各工况下受力状况,会造成工具装配困难,井下工作失效等严重问题,通过分析受力,改进主活塞的结构,解决了前述问题,对井下工具的设计提供了借鉴。

参 考 文 献

- 1 白家祉,苏义脑.井斜控制理论与实践[M].北京:石油工业出版社,1990:84~93
- 2 苏义脑.新发明—自动井斜角控制器原理及应用[C].中国博士后首届学术大会论文集,1993:1989~1992

(收稿 19991206)

(编辑 李金华)