

井控节流阀冲蚀机理及结构优化^{*}张祥来^{1,2} 刘清友¹

(1.西南石油大学 2.四川石油管理局安全环保质量监督检测研究院)

张祥来等.井控节流阀冲蚀机理及结构优化.天然气工业,2008,28(2):83-84.

摘要 节流阀是钻井井控管汇中的关键设备,它是否正常工作直接关系到压井的成败。为此,采用现代分析软件 ANSYS 对井控装置中的井控节流阀进行了流场分析,根据节流阀流场的特点,定性地研究了楔形节流阀现场使用中容易产生冲蚀的原因。对现有节流阀的结构进行了优化设计,即将楔形节流阀的平面改为弧面;在阀心上部仍采用楔形平面,但在阀心末端留一段平面使其平行于壳体的中轴线,楔形面与平面间采用圆弧过渡,保证流体出流方向不指向壳体,避免了流体对壳体壁的冲蚀。同时,阀心上端部的直线段满足了对压降的线性调节要求,更适合现场使用。

关键词 钻井工程 井控节流阀 流场分析 机理研究 结构设计

ANSYS 是目前世界上比较先进的有限元通用程序,它能对固体、结构、结构—流体系统作静、动位移和应力分析,也能用来进行线性和非线性分析。

节流阀是钻井井控管汇中的关键设备,它是否正常工作直接关系到压井的成败。在流量一定的情况下,通过调节节流阀的开度来控制节流阀两端的压差,从而给井底一定的回压来平衡井底地层压力,防止井涌、井喷等事故的发生。所以,井控节流阀在安全生产中的作用至关重要。由于井下压力大,泥浆冲蚀性强,井控节流阀必须具备以下的一些特点才能满足安全生产的需要。

(1)能在高压下工作,并能对井底产生足够大的回压,且不至于堵塞。

(2)井控节流阀在调节过程中,对井底产生的回压与阀心的行程最好是线性关系,避免出现在某些行程压力变化不明显,某些行程压力又发生突变的情况。

(3)要能耐冲蚀,流道分布要合理,避免泥浆直接冲刷阀体。

一、节流阀力学分析

油气田现场用井控节流阀最先采用的是锥形阀心,由于锥形阀心是一端固定一端自由的悬臂梁结构,在高压流体的冲击下发生震动,容易发生疲劳破坏而断裂,不能满足安全生产的要求。在改用楔形

阀心后,由于楔形阀心在工作中相当于一种简支梁结构,工作更稳定从而避免了断裂现象的发生。但该阀在现场实际应用中也出现了一些问题,其中主要问题是泥浆通过节流口后向阀门的壳体冲去,对壳体造成冲蚀,甚至出现冲穿壳体的情况。这里用 ANSYS 软件中对这种阀的流场进行分析。

1.模型建立

在实际工作中,泥浆在楔形节流阀中是三维非定常流动,流体的运动情况非常复杂。但是定性了解流体在节流阀中的流动趋势不必完全模拟节流阀内复杂的三维流动,这里选取节流阀对称面进行流场分析,简化为平面流动即可达到目的。节流阀的网格划分采用映射网格,在壁面等流体梯度大的地方网格适当划密,以便得到较精确的解。设定壁面边界条件在 x 、 y 两个方向流体速度为零,入口流量 20 L/s,出口背压 0 MPa,流体密度为 1800 kg/m³,动力黏度为 0.02 Pa·s。

2.结果分析

计算结果收敛后,得流场分布的速度云图和矢量分布图(如图1)。从图1中可看到泥浆通过节流口后形成的高速流体有一部分以很大的速度向壳体冲去,由于泥浆中含有各种颗粒状物质,这些物质冲刷壳体对壳体产生切削作用,在高压高流速的情况下很快就会冲穿壳体壁,使得节流阀失效。

^{*} 本文受到国家自然科学基金项目(编号:90210022)的资助。

作者简介:张祥来,1964年生,高级工程师,博士研究生;从事井控装备研究及检测工作,现为四川石油管理局安全环保质量监督检测研究院院长。地址:(618300)四川省广汉市中山大道南二段。电话:(0838)5151196。E-mail:zxjzkz@yahoo.com.cn

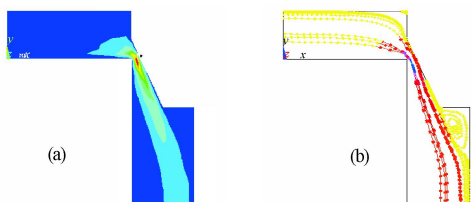


图1 楔形节流阀流场分布速度云图(a)和矢量图(b)

二、结构优化设计

为了避免上述情况的发生,必须改变流道结构使得泥浆的流出方向得以改善,避免直接冲刷壳体壁面的情况发生。通过流场与结构的关系,可以将节流阀的结构作如下改变。

(1)将楔形节流阀的平面改为弧面。采用与上相同的边界条件和参数,在 ANSYS 软件 CFD 模块中作流场分析得到如图 2 所示的速度云图和矢量分布图。从图 2 中可以看到,楔形面形状改变后,流体在流动过程中由于受到弧面的约束,使得液体的流出方向发生了明显的改变,当流体脱离阀心时,流体的流动方向是沿着节流阀末端表面的切线方向射出。所以当弧面末端的切线方向与壳体的中轴线平行时,高速流体的射出方向就不会冲向壳体,从而减轻泥浆对壳体的冲蚀作用。

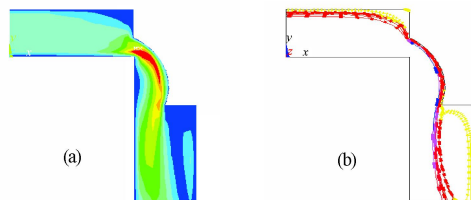


图2 弧形节流阀流场分布速度云图(a)和矢量图(b)

(2)在现场使用中要求节流阀对压力的调节是线性的,由于节流阀阀心改为弧面后,在阀心移动过程中节流口面积的变化不均匀,在有的行程段节流阀产生的压降变化不明显,在有的行程段节流阀产

生的压降又剧烈变化,这使得节流阀对压力的线性调节产生消极影响。

为了既能实现线性调节,又能改善流体出流方向的目标,在阀心上部仍采用楔形平面,但在阀心末端留一段平面使其平行于壳体的中轴线,楔形面与平面间采用圆弧过渡,保证流体出流方向不指向壳体。采用相同的边界条件和参数,ANSYS 分析的速度云图和矢量图如图 3 所示。从图 3 可以看到,复合形节流阀由于阀心下端部有一垂直方向的平面,改变了流体方向,避免了流体对壳体壁的冲蚀。同时,阀心上端部的直线段满足了对压降的线性调节要求,更适合现场使用。

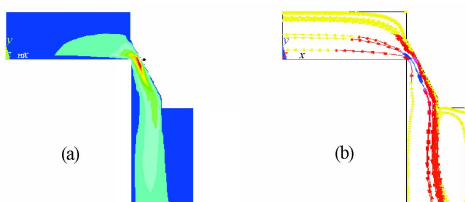


图3 复合形节流阀流场分布速度云图(a)和矢量图(b)

三、结 论

通过对节流阀的流场分析,找到了不同节流阀结构的流场分布规律和特点,弄清了节流阀冲蚀失效机理和改进措施。同时,对两种阀心结构节流阀的流场分布和工作性能进行了分析,为进一步设计出高性能的节流阀提供了理论依据。

参 考 文 献

[1] 吴望一.流体力学[M].北京:北京大学出版社,1982.
 [2] WHITE F M. Viscous fluid flow [M]. Mc GRAW-HILL Book Company,1974.
 [3] 张祥来.固定节流阀特性研究[J].天然气工业,2007,27(5):63-65.

(收稿日期 2007-04-20 编辑 钟水清)