

一种新型防喷器的结构设计

张晓坤

(川庆钻探国际工程公司土库曼斯坦分公司 四川 成都 610000)

摘要: 本文讲述了现有防喷器的用途、作业特点以及特斯拉阀的原理,并以钻井作业为例,提出一种新型防喷器结构的设计方法。

关键词: 防喷器; 特斯拉阀; 新型防喷器结构设计

0 引言

在钻井作业中,防喷器扮演着非常重要的角色,本文对现有防喷器的工作原理、机械结构进行分析,同时参照特斯拉阀的工作原理,提出一种新型防喷器结构设计方法。

1 防喷器

1.1 防喷器的用途

防喷器作为最重要的井控装置,主要在钻修井、试气(油)等生产作业过程中为井控安全提供保障,其设计初衷是为了在紧急情况下能够封闭井筒,通过持续控制井口压力,将从地层中涌入井筒中的流体可控地循环出来,有效地避免井喷、井涌等安全生产事故的发生。

随着钻井技术不断向深井、超深井发展,井底压力随之增高,并且不同的区块地质构造不同,不同的层位岩性差别巨大,因此在钻井作业中发生溢流、井涌、井喷等风险也随之增加,这就给井控技术、设备以及现场作业人员带来了新的压力和挑战。目前钻井等生产作业中普遍在用的井控装备为防喷器及其配套设施。如果在钻井等生产作业过程中突然发生溢流、井涌、井喷等特殊状况,现场作业人员就必须立即通过防喷器实施关井动作,此时防喷器若是失效或无法正常封闭井口,将会引发井喷等恶性事故发生,导致对人员、设备的伤害及巨大的经济损失。

1.2 防喷器的工作原理

当发现溢流、井涌、井喷等紧急情况需要封闭井口时,现场作业人员通过控制系统操作手柄使得高压液压油经管线进入防喷器液控关闭控制腔内,推动活塞向前移动,闸板总成也在闸板轴的带动下,向井筒中心靠拢,到达钻具或套管的本体,在液压油压力的挤压作用下,闸板前密封紧紧抱住钻具或套管,形成密封带,从而达到密封钻具封闭井口的目的。打开闸板时,液压油操控防喷器活塞反向移动,闸板总成随之复位,将井口打开。防喷器常见有全封和半封闸板、剪切闸板、环形、旋转

等结构的防喷器,具有结构简单、易操作、耐高压等特点。

1.3 现有防喷器在关井作业中的特点

在钻井作业中,在发生井涌或井喷等事故时,如不及时关井会造成井喷失控等重大事故,而井喷事故发生的快慢与井内泥浆的涌出速度相关联,单位时间内涌出的泥浆量越大,井筒内液柱压力降低得越快,造成井喷失控的风险也就越大。而控制井筒内泥浆流出的方法:一是对井底状况进行实时监控,尽早发现井涌,防患于未然;二是控制井筒内泥浆流出的速度,将流速降下来,为关井和后续处理井下复杂情况创造必要的条件。

现场关井分为软关井和硬关井。软关井可以避免因为突然封闭井口而产生的水击现象,但是操作流程较复杂,时间也比较长,在关井的过程中地层中的气体或其他流体还会不断地进入井筒内,不利于后期处理复杂情况;硬关井操作流程相对简单,时间也短,能在短时间内控制地层流体继续进入井筒内,缺点是封闭井口时有可能产生水击现象,使井口装置、套管结构和打开的地层所承受的压力快速升高,特别是在出口出现较大流速和流量的溢流时。

在井筒环空内泥浆流出速度较快时,硬关井操作的难度和风险也相应增加。现有的防喷器都是通过密封的方式关井,这时快速涌出的泥浆会对防喷器产生水击现象,可能会对防喷器及井筒结构造成损坏;泥浆中含有岩屑等杂质,在关井的过程中,由于防喷器闸板的合拢,出口的截面积逐渐变小,泥浆流速会增加,高速的泥浆可能刺坏防喷器胶芯或闸板,造成密封失效,进而井口失控。

2 特斯拉阀

2.1 特斯拉阀简介

特斯拉阀门是科学家尼古拉·特斯拉于1920年发明。

一般的单向阀都有活动组件,在流通方向不同时被流体带动或推动至不同开闭状态,从而实现单向流通。但特斯拉阀不同,它不包含任何活动组件,是仅使用固定结构的单向阀。特斯拉阀的几何形状相对稳固,是一

种单向导通阀,流体从相反的方向通过特斯拉阀时,由于流体本身的粘性和惯性,流动时遇到的阻力不同,从而达到近似单向流动,旁通流体的加入可以使流体近似单向流通(即正向流通而反向阻滞)。

2.2 特斯拉阀的工作原理

特斯拉阀是一种近似于流体单向流通的阀门,在正向流通与反向流通时截然不同,如图 1 和图 2 所示。流体正向经过时(图 1 中蓝色箭头),主要沿着中心通道流过,并无干扰。但在反向流动时(图 2 中红色箭头),则极易进入侧面的流量控制段,之后反向与中心通道中的流体混合,两者冲击产生湍流,能量在此耗散,产生了反向流通的阻力。科技人员通过不同的实验模拟,在同时修改流体通道的直径和交汇角度等参数后进行了多次模拟仿真,得到了其正向与反向流通的压降结果,并对特斯拉阀门的单向导通性能进行优化,使其正向与反向流通性能差距愈发明显。

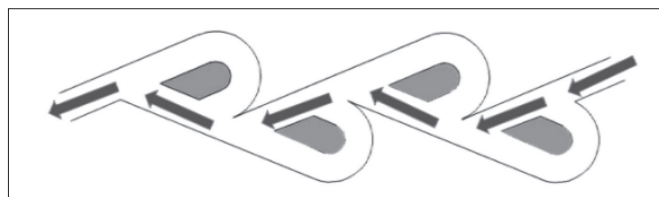


图 1 正向流通示意图

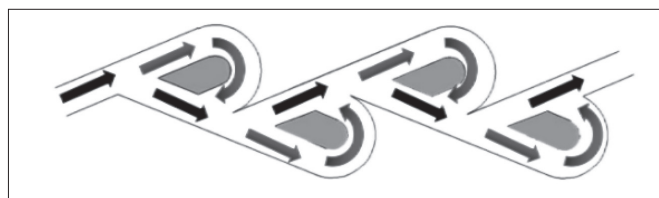


图 2 反向流通示意图

3 一种新型防喷器的设计结构

本文中提出的新型防喷器作为现有防喷器辅助结构。这种结构单独工作不能封闭井口,但可以有效地减缓井口流体的流速。

3.1 新型防喷器的腔体结构设计

新型防喷器的结构设计将传统的特斯拉阀在弧形通道与轴向通道交汇处作了改进,得到一个新的模型。根据特斯拉阀的工作原理,将单通道特斯拉阀沿流体轴向旋转 360° , 其外轮廓作为防喷器腔体的结构设计,如图 3 和图 4 所示。

3.2 新型防喷器的阀芯结构设计

新型防喷器阀芯为可伸缩式、筒型中空的锥形结构,可设计为分体结构,或设计为 $2/3/4$ 部分,但随着结构的越加复杂,制造难度和成本也随之增加。

3.3 阀体打开和闭合状态下流体运动示意图

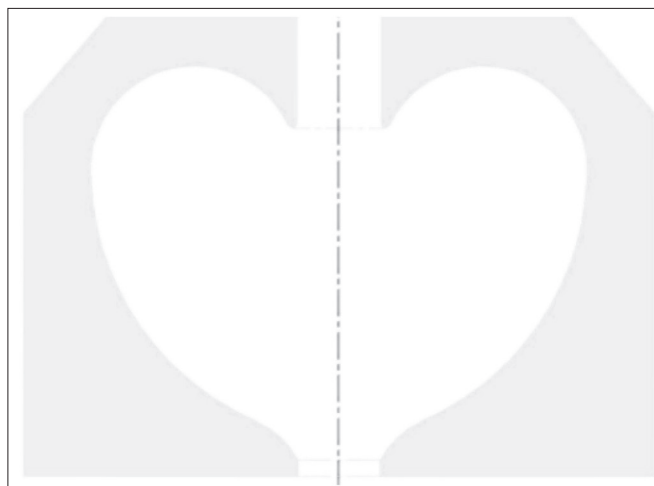


图 3 壳体腔体结构示意图

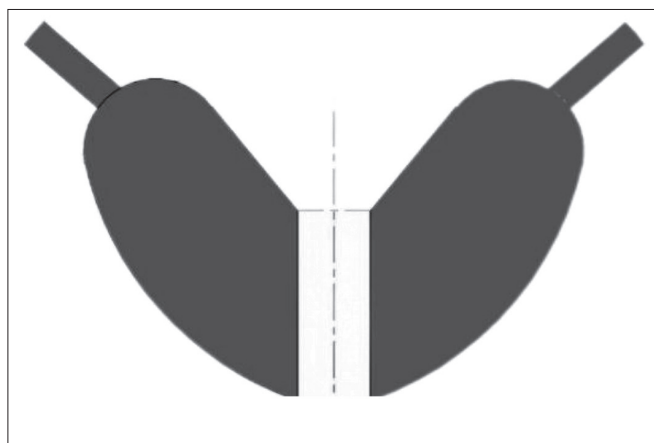


图 4 左、右阀芯示意图

以两片式阀芯为例,在正常的钻井作业中,分开的两部分阀芯收回至防喷器腔体内,泥浆可以正常地从井口涌出,不会影响正常的钻井作业,如图 5 所示。

当发生井喷时,操作新型防喷器的防喷控制手柄,使其阀芯合拢,与钻具、防喷器腔体形成一个特斯拉阀的通道,利用流体的反向冲击来降低井口涌出泥浆的流速,有效降低对现有闸板防喷器的冲击和损伤,为后续处理井下复杂状况创造更多的有利条件,如图 6 所示。

4 结语

通过对不同防喷器结构与关井作业的分析可以看出,关井操作时风险成因与防喷器结构、井筒压力、流体溢出速度等都有着密切的关系,需要现场工作人员熟悉设备状况及处理方法。本文将特斯拉阀的工作原理应用到防喷器腔体结构设计中,在关井作业时,能有效减缓流体溢出的速度,大大降低井喷、井涌的风险,从而降低钻井成本,提升井控程度。

参考文献:

(下转第 16 页)

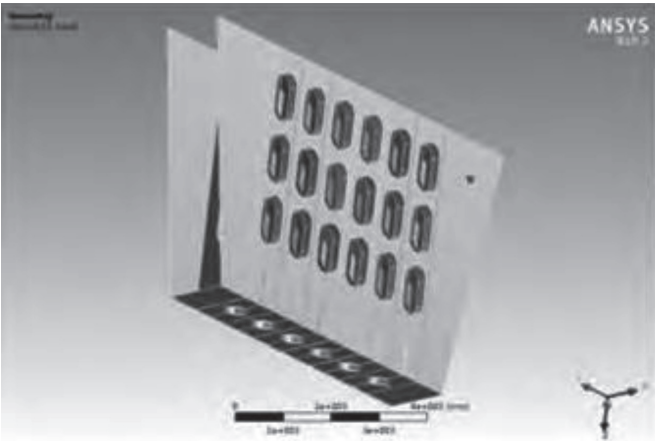


图 5 吊点结构有限元模型

顶出，安装新的曳引轮，除此之外，还要安装曳引轮的防护罩。第四，将曳引钢丝绳放置到原有的位置，然后将钢丝绳起吊夹板去掉，手拉葫芦也可以去掉。第五，进行试运行处理，如果没有任何故障发生，则证明曳引轮的运转是正常的，主机是正常的，电梯也可正常使用。需要特别注意的是在安装拆卸螺栓时，要特别注意螺栓的松紧度调整。螺栓的松紧程度直接会导致受力的均衡度，从而形成连锁反应，对工具或曳引轮造成损坏。同

时也要注意夹具底板位置的安装，也关系到曳引轮端面的平稳度。

4 结语

本文通过对曳引式电梯的结构进行详尽分析，找到对其进行优化处理的方法，即有效减轻曳引轮绳槽的非正常磨损，通过设计拆卸无齿轮曳引机曳引轮的专用夹具来提升其安全运行的稳定性。与传统的曳引轮相比，其拆卸更为简单、便捷，进而提升了安装的工作效率。

参考文献：

[1] 何朝宣，查振元，曾政，李伟，隰潇．基于 ANSYS 的天车主梁结构设计及拓扑优化 [J]．机器人技术与应用，2021 (03): 23-27.
[2] 张静．铝电解多功能天车主梁拱度的控制 [J]．有色矿冶，2021, 37 (02): 40-42+61.
[3] 魏自平．铝电解多功能天车常见故障分析 [J]．科学技术创新，2019 (33): 156-157.

作者简介：王林林（1981-），男，汉族，河北唐山人，本科，研究方向：起重设备。

（上接第 13 页）

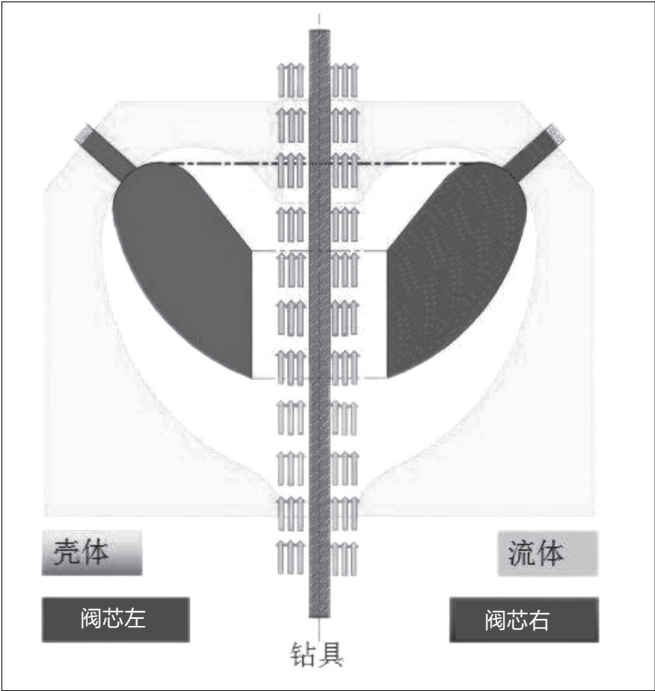


图 5 正常作业状态

[1] 陈川，申峰，刘赵淼．Tesla 阀内部流场分析与构型因素研究 [C]．中国力学大会 2011 暨钱学森诞辰 100 周年纪念大会论文集，2011: 1-6.

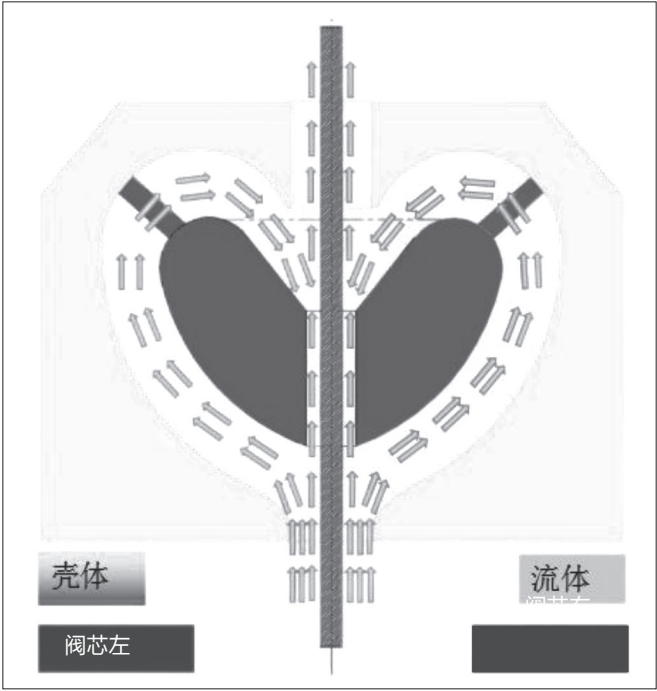


图 6 应急状态

作者简介：张晓坤（1981.05-），男，汉族，辽宁锦州人，本科，机械工程师，研究方向：石油钻井装备。