

钻具螺纹的缺陷分析及检测技术

吴俞辛

(中石化西南石油工程有限公司油田工程服务分公司 四川 绵阳 621000)

摘要: 石油钻探方面所使用的钻具包括钻井过程中的稳定器、钻杆、钻头以及减震器等多种钻井器械。由于钻具在整个钻井过程中始终保持着较为复杂的运动形式,会受到不同形态的力,钻井液也具有一定的腐蚀性,也会使钻具产生不同程度损伤。其中,钻具螺纹由于损伤产生缺陷是钻具使用过程中所出现的主要事故。如果这些缺陷不能够及时地检测出来,严重时会导致钻具在工作过程中失效。本文主要对导致钻具螺纹缺陷失效的情况进行了多方面的分析,介绍了钻具螺纹产生损伤因素。并且在尺寸以及无损检测方面探讨了针对钻具螺纹缺陷的检测技术,在优缺点方面进行了总结分析。

关键词: 钻具螺纹; 失效; 检测

1 钻具螺纹的缺陷失效分析

1.1 失效的常发部位

研究人员彭成勇等在《钻铤螺纹疲劳失效研究》中对钻具螺纹在工作过程中的受力状况进行了研究分析,从而得出结论:钻具螺纹的首螺纹牙受力状况高达39.5%,第二螺纹牙受力状况为23.9%,以此递减,从第七螺纹牙开始,其余螺纹牙所受到的压力几乎可以省略。研究过程中还对内径为6寸NC46钻铤螺纹在扭矩载荷方面进行了统计运算,得出螺纹编号与不同向扭矩载荷之间的关系。钻具螺纹的失效部位较高效率的发生在接头扣的底部。另外,通过磁粉检测对钻具螺纹各部分的受力状况进行分布检测发现,钻具螺纹底部的应力集中在突出部位,与理论分析相对应,此部位也是钻具螺纹产生损伤导致断裂的常发部位。

1.2 螺纹载荷状态下的疲劳破坏分析

钻具螺纹的疲劳破坏是指钻头的金属材料在钻探过程中受到多次相同的荷载压力所产生的损坏现象。疲劳破坏可以根据损伤程度的不同分为三个层次:由于疲劳破坏所产生裂纹的初始阶段、裂纹扩大阶段及裂纹断裂阶段。钻具螺纹产生疲劳破坏的特点为钻具受到多次相同的荷载压力,并且呈现周期性特征。

在钻探过程中,钻柱的工作条件十分恶劣。除了承载着由于压力的交相变化所产生的荷载所带来的应力突变,还必须承载着钻具高速旋转下,由于涡动和振动所带来的巨大冲击力。另外,具有腐蚀性的钻井液以及钻井壁所产生的磨损也会对钻柱产生不同程度的损害。在钻具失效产生的因素中,疲劳破坏占很大比例。其发生的部位一般在钻铤、接头螺纹等部位以及钻具螺纹表面产生损伤所产生的应力集中部位,此部位的受力程度通常数倍于平均压力。

1.3 产生疲劳破坏的各种原因

1.3.1 材料质量的影响

钻具的材料主要从化学成分以及金相组织等对螺纹产生疲劳破坏,从而导致钻具失效。钻具应用材料的强度和韧性越大,钻具的抗疲劳破坏能力也就越强。从钻具材料的金相组织来看,颗粒的大小与材料的延展性成反比,颗

粒越细,材料的韧性越强,延展性也相对越强。

1.3.2 材料表面形态所产生的影响

钻具所产生的疲劳破坏与钻具所使用毛坯的表面形态也有着直接性的关系。在毛坯进行批量生产以及在钻井液的腐蚀下,表面形态会产生不同程度的缺陷。通过观察发现,钻具疲劳破坏所产生的裂纹一般都是从钻具的表面开始,材料的表面越不光滑、质量越差,钻具的抗疲劳破坏能力也就越低。在生产加工过程中,提高钻具螺纹的光洁度以及精确度,在某种程度上是防止钻具失效、提高钻具使用寿命的一个重要方法。

1.3.3 应力集中对钻具螺纹所产生的影响

通过实验研究发现,钻具材料的应力集中度与其抗疲劳能力成指数形式的关系,材料的应力集中度越高,钻具的抗疲劳极限会随之降低。在加工中,钻具螺纹容易被制作刀具划伤,从而产生不同程度的缺陷,提高划伤部位的应力集中度,降低钻具螺纹抗疲劳损伤的能力。为了减少应力集中对钻具螺纹所产生的影响,会切掉一部分不相吻合的螺纹牙,另外还会在螺纹内部的接头底端加工较深圆孔。由于螺纹各个牙齿承受载荷的受力不均匀,从而使得外螺纹的底部牙承受压力最大,通过在低端加工应力槽,使螺纹牙的承受载荷得以较为均匀的分配,进一步提高使用寿命。

1.3.4 钻具螺纹载荷所带来的疲劳损坏

在工作过程中,如果钻具螺纹所受到的载荷程度过小,则不能够对钻具螺纹带来疲劳损坏。但是,当钻具螺纹所受到的载荷超过一定数值(此数值被称作钻具的持久或疲劳极限)时,则螺纹十分容易受到疲劳损坏。研究学者林元华等人在《钻柱失效机理及其疲劳破坏研究》一书中曾经提出:钻具在工作形态下所受到的少量载荷甚至能够提高钻具螺纹的抗疲劳强度,只要在一定的循环次数之前。然而载荷过大,超过临界数值时,则会在很大程度上降低钻具螺纹的抗疲劳能力。

2 钻具螺纹缺陷失效的检测

2.1 钻具螺纹缺陷失效检测的意义

随着科技的进步,石油井的钻探越来越方便,钻探速度越来越快。一般来说,以现在的勘探手段,一口上千米的石油井,不到一个月即可完成。但是随着钻探周期不断缩短,钻具螺纹的缺陷程度也随之增加,所以在在钻探过程中,每完成一个钻探周期都要对钻具进行相应的检测。常用检测技术有尺寸检测和无损检测两种方式。

2.2 钻具螺纹缺陷失效的无损检测

2.2.1 钻具螺纹的超声波检测

利用超声波,在实际的检测过程中,探测信号中可能会出现钻具螺纹反应的信号,从而对检测过程产生一些干扰。但是,钻具螺纹的信号具有一定的反射规律,可以随着探头的移动产生一定的波动,影响并不明显。当钻具螺纹出现裂纹时,裂纹反射波压会出现在螺纹反射波的上方。当钻具螺纹较为严重时,超声波的反射效果就会增强,而钻具螺纹的反射波将会随之消失。如果发现钻具螺纹有裂纹,可以利用粗查探头的移动确定裂纹的大体位置,然后利用细查确定裂纹的长度、大小等,最后做好裂纹的记录,为之后的修复奠定基础。

2.2.2 钻具螺纹的荧光磁粉检测

在检测之前,可以对钻具螺纹的表面涂抹一层荧光磁悬液,螺纹产生裂纹的部位会通过漏磁场吸引表面的磁悬液,从而在裂纹部分形成较为明显的磁痕。通过黑光灯的照射,检测人员可以通过螺纹缺陷处的磁痕来确定缺陷部位的大小和具体位置。与超声波检测相比,荧光磁粉检测的灵敏度较高,在检测过程中不会受到螺纹表面形状的干扰,可以高效率地检查出钻具螺纹表面和近表面的缺陷。但是,该技术要求钻具螺纹表面必须光洁,表面较为脏乱则检测效果不明显。检测人员如果不能对钻具螺纹的表面进行较好处理,就会造成漏检的现象。因此,荧光磁粉检测技术一般应用于新修螺纹。

2.2.3 钻具螺纹的漏磁检测

此种检测方法具有高效率、可靠直观等特点,又克服了检测过程繁琐以及人为因素影响大的缺点。但是利用此方法在进行检测时,必须要求被检测部位表面形成的磁场是平稳持续的。在钻具螺纹的不同部位,磁化器对此进行磁化的效果差异较大,磁化强度和力都有所不同,所以对螺纹各处缺陷的检测能力也有所差异。另外,在进行漏磁检测所形成的信号中夹杂着较低频率的背景磁场信号,这会对漏磁信号产生一定的干扰,为螺纹缺陷的定量化确定产生了较大的困难。

2.3 钻具螺纹缺陷失效的尺寸检测

2.3.1 钻具螺纹的紧密距尺寸检测

根据工业制作标准,钻具螺纹的紧密距是有一定规定的。虽然在制作过程中有很多套应用于同规格的螺纹量规,但是在对钻具螺纹进行实际检测的过程中,不管螺纹应用的是哪一套量规,其紧密距的测量值都是运用统一的间隙棒(通止规)或游标卡尺进行测量的。这种尺寸测量在一定程度上忽视了螺纹量规相互之间的紧密距传递所带来的

误差,所以检测效果会产生一定的影响。为了消除这种误差,在进行螺纹加工的过程中,必须要使用针对全部螺纹量规的基准公差进行校准。

2.3.2 钻具螺纹的接触和非接触性尺寸检测

钻具分为内、外螺纹,可以通过螺纹之间的轴向移动来弥补螺纹连接部位直径的误差,但是由于螺纹相连接的部位受到应力较大,是钻具相对薄弱的环节,为了保证钻具高效率的运作,除了要提高钻具螺纹的抗疲劳损坏程度外,还必须要根据一定的数据参数,对钻具螺纹进行精确的尺寸检测。接触式测量方式是指测量人员通过特定的工具对钻具螺纹进行精确的测量,一旦测量尺寸不符合工作标准,就要对钻具螺纹进行及时的更换处理。同接触性测量方式相比,非接触式测量方法精确度和效率更高,并且能够反映更多的数据,对钻具螺纹,不会造成其他的损伤。

3 结语

随着钻探和检测技术的进步和发展,螺纹缺陷所导致的钻具失效得到了一定的控制。但是随着近些年来对水平和复杂井钻探次数的增多以及所钻探井的深度以及大位移井的不断增多,所遇到的地层结构也愈加的复杂化,所以在钻探过程中,各种疲劳损坏很难从根本上杜绝,只能通过及时的检测尽量避免事故的发生。

钻具螺旋会受到多种力的载荷,从而产生缺陷。同时在大多情况下,螺纹会受到交变力的作用载荷,从而导致检测研究人员无法通过数学模型对所受力进行较为精确的定量运算。所以,对导致钻具螺纹失效的机理进行科学性的分析,可以在很大程度上提高钻具的使用效率和寿命。建议研究人员对此进行全面的分析,在制作方面提高钻具的质量,使其更加符合钻探标准。

遇到需要钻探的超深和大位移井时,要根据实际情况,适当的缩短钻探的周期。建议在针对困难井钻探以及检测的技术之前,一定要进行及时的检测,做好预防和维修准备。

参考文献:

- [1] 林元华等. 钻柱失效机理及其疲劳破坏研究 [J]. 石油钻采工艺, 2004 (1).
- [2] 曹元平等. 钻铤螺纹连接疲劳失效研究 [J]. 石油钻探技术, 2006 (6).
- [3] 武新军, 丁劲峰等. 钻杆螺纹无损检测方法综述 [J]. 无损检测, 2007, 26 (6): 350-351.
- [4] 刘友. 浅析石油钻具螺纹磁粉探伤及缺陷 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2014 (1).
- [5] 吴锋, 杜平, 周文华等. 钻铤内螺纹镗孔特殊位置失效案例及探伤方案 [J]. 石化技术, 2017 (5).
- [6] 孙宇. 石油螺纹检测技术的应用与发展探讨 [J]. 中国化工贸易, 2020 (11).

作者简介: 吴俞辛(1984.09-), 男, 汉族, 四川阆中人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 石油机械工程。