

抽油机曲柄销故障分析与处理措施

徐影

(胜利油田胜兴集团有限责任公司 山东 东营 257000)

[摘要]游梁式抽油机有多种型号,但基本结构相似。了解抽油机结构,日常保养巡检到位,是延长抽油机使用寿命,确保安全生产的前提。目前油田推广使用的无游梁式抽油机主要为对称平衡方式,本文主要是阐述有杆泵抽油机中使用最普遍的游梁式抽油机。在抽油机铰链四杆机构中,曲柄销子总成问题较多,主要表现在轴转动磨损曲柄孔、销衬套、曲柄销轴剪断、曲柄销冕型螺帽定位失效等。这些问题发生的后果使曲柄销脱出,两侧连杆原对称状态失效,连杆一侧单臂运转,导致横梁拉弯,尾轴损毁,严重时抽油机发生重大安全事故。本文就曲柄销断裂后检验结果和销本体结构、出现问题进行分析。

[关键词]游梁式抽油机;曲柄销;自由度;断裂检测;可靠性

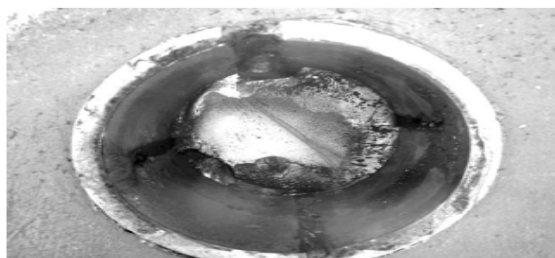
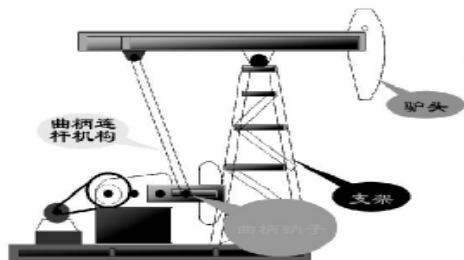
[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.10.1888

游梁式抽油机是一种四连杆机构,其整体结构象天平,连接工作驴头的一端是井下抽油载荷,另一端是平衡配重载荷,按照抽油机平衡方式又分为曲柄平衡方式;游梁平衡方式;曲柄与游梁复合平衡方式。游梁式抽油机曲柄销装置是安装于曲柄孔内,是连杆曲柄的连接部件,曲柄销总成壳体内装有双列向心球面滚子轴承。可调心运转,便于安装使用,销轴尾端螺纹分左、右旋向。

一、曲柄销相关参数及材质检验

曲柄销名义材质40Cr,曲柄销小端直径 $d=63\text{mm}$,曲柄销与曲柄体的配合长度为 $L=347\pm 0.01\text{mm}$,曲柄销锥度为1:8。抽油机额定载荷9.8吨,最大载荷6吨,最小载荷2吨。

常规型游梁式抽油机



二、曲柄销断裂检测结果

曲柄销断裂部位为靠近螺纹端的锥面小端。曲柄销的宏观断口基本与轴线长度方向垂直,断裂延应力集中处发生,无宏观塑性变形,为脆性断裂。在断口上可以明显看到疲劳裂纹前沿线。

(一) 材质检验

曲柄销材料常用40Cr钢。表一列出了断裂曲柄销的化学成分分析结果,可见曲柄销中心部位的化学成分符合GB/T3077-1999标准中40Cr钢的技术要求,材料化学成分正常。

(二) 曲柄销硬度检测

曲柄销设计要求曲柄销调质处理硬度要求为H B241-

286。表2是曲柄销的硬度测试结果。曲柄销存在硬度不均匀现象,曲柄销表面硬度偏高,心部硬度符合要求。这与曲柄销的热处理过程有关。

三、曲柄销失效原因

结合检测结果表明曲柄销是在小载荷、低应力下的疲劳断裂;材质分析表明材料的化学成分符合要求;硬度检测表明表面硬度偏高,表面致密,内部疏松,组织部均匀。曲柄销在工作中,主要承受不对称循环应力。

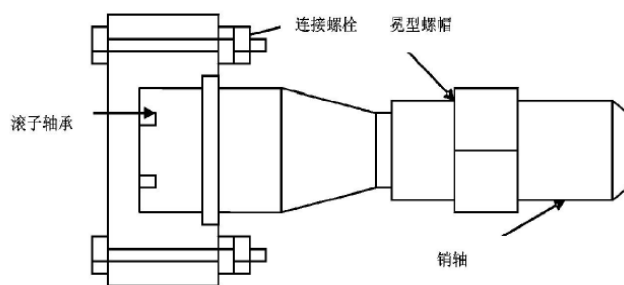


表1 曲柄销化学成分

元素	C	Si	Mn	P	S	Cr
曲柄销	0.41	0.25	0.72	0.02	0.03	1.09
GB/3077-1999	0.37-0.44	0.17-0.37	0.5-0.8	≤0.035	≤0.035	0.8-1.1

表2 硬度检测结果

曲柄销	硬度 (HB)								
	表面			螺纹端面			心部		
硬度	301	295	299	303	297	300	243	255	269

四、抽油机平衡结构装置

常规游梁平衡抽油机在工作运行时的平衡结构装置,游梁式抽油机所产生的动力是旧时抽油机的两倍,并且在采油工作的实际运行中还容易受到的复杂的地形环境的影响,从而导致石油存在油稠的现象。抽油机在工作存在这样现象的关键点在于电动机在功率的设计上过大,以至于在抽油机在正常运行时导致机体的负载变轻,这是传统抽油机机身与功率不匹配的重要因素,若抽油机处于这样的环境状况,还会抽油机的电机效率造成严重影响,比如说在抽油机停止工作时,将驴头进行下放处理时由于机体的整体负载变轻,从而导致抽油机的电动机存在空转现象,这增加了其运行的能耗,其中,有关电机能耗的参数如图3-3所示,结合笔者试验

的抽油机电机工作情况，如果降低抽油机电功率为3%，那么其运行效率整体直线性降低，因此在优化抽油机时应控制电机的额定输出扭矩为70%-100%的范围，这样抽油机的运行才可以实现理想的节能效果。

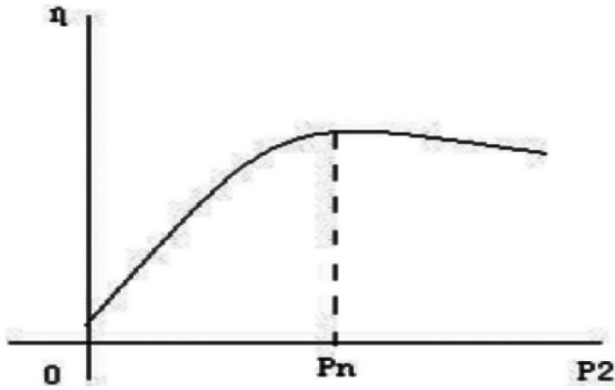


图4 电动机效率曲线

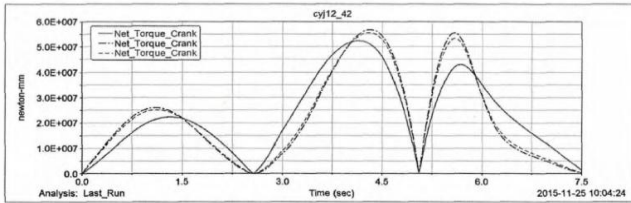


图5 常规型抽油机动力学仿真数据

结合图5仿真数据而言，ADAMS动力学仿真软件是采集仿真数据选择的数据模拟软件，最终以数据对扭矩图进行体现。纵观图3-4我们能够明确，如果将平衡块增加于抽油机中，那么会增加曲柄输出扭矩。纵观图3-4，中的从上至下变化的峰值，需要控制电机的额定输出范围为70%-100%，如此的优化方式有助于抽油机工作效率的提升，以及还可以使抽油机的更加省电。

五、曲柄销受力分析及解决办法

（一）曲柄销总成性能与结构

在抽油机的传动机构中，曲柄的转动是靠电机动力传动给减速箱，减速箱经过三轴两级变速后，将电机的高速运转变为减速箱输出轴的低速转动，曲柄销总成承担了全部输出力矩，是抽油机的几个关键受力件之一。曲柄销总成连接减速箱曲柄和连杆装置，将动力传递给游梁，使减速箱的旋转运动转变为游梁的上下往复运动，曲柄销装入曲柄孔内并通过冕型螺帽固定在曲柄内。

（二）对轴结构自由度的控制分析

目前，游梁式抽油机使用的曲柄销总成结构基本相同，但与曲柄孔的连接方式有所不同，归纳起来就是对轴的自由度控制不同。自由度是描述物体独立运动的最基本参数，指一个物体在空间位置所需要独立坐标的数目。根据自由度的定义，曲柄销总成的轴在空间有6个独立的运动（如图4），即延X，Y，Z轴的偏移运动，绕X，Y，Z轴的转动，习惯上称为6个自由度。轴在曲柄孔内起着传递力矩的作用，相对曲柄和连杆，轴应固定，即6个自由度均应定位。下面就轴的几种

结构形式从控制自由度分析其可靠性。

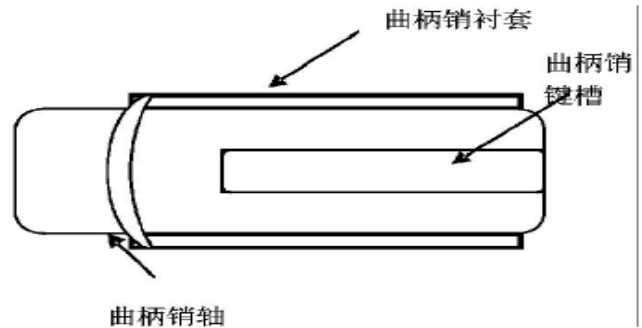
（三）轴一端为环形槽结构

轴一端加工有环形槽，通过双列向心球面滚子轴承安装于曲柄销壳体内，可调心运转，由于轴在轴承内旋转，因此X，Z轴旋转自由度未进行限制。整个轴只限制了2个自由度，属欠定位机构。

由于抽油机在使用中。曲柄孔上下受力，孔壁及衬套会出现塑性变形，当轴受装配、润滑油脂等影响，转动受阻，而轴与衬套及孔摩擦力不足抵消时，轴就会与衬套产生相对摩擦，进而将轴端磨细失圆或孔壁磨薄而发生冕型螺帽松动导致曲柄销脱落。

（四）轴体加工为定位键结构

与上种圆柱形曲柄销轴相比，只是将曲柄销轴开槽，轴与衬套间用曲柄键固定，使轴与衬套间无法产生相对摩擦。该结构的缺点是在轴上开槽需要增加一道铣工序。分析此结构销轴的X，Z轴旋转及平移4个自由度由键定位，但依靠冕型螺帽固定的Y轴的2个自由度仍无法定位。在油田生产中，发生过轴剪断，冕型螺帽脱出的现象，虽然是个别现象，但与第一种结构有类似情况，即曲柄孔上下受力，轴在孔内存在轴向、径向相对位移，轴与衬套产生相对摩擦，当孔间隙进一步加大时，轴被剪断，冕型螺帽脱出。此结构虽然对轴的自由度进行了控制，但是当机械磨损加大，轴端塑性变形，轴体局部受力集中，表面硬度不均，从而发生轴体断裂。



六、认识

从对游梁式抽油机曲柄销总成结构及轴的自由度分析可以看出，轴端为圆柱形结构使用时定位不可靠，是不可取的；轴端设计成键槽结构可以确保轴在曲柄孔内的定位可靠性，消除抽油机运转隐患。另外，在结构和零件设计时要充分考虑自由度的控制与定位问题，并且对定位的可靠性进行论证，这样，设计的机构才能运转正常，安全可靠；曲柄销制造时，保证热处理效果，达到标准要求；抽油机在设计时，结合现场使用实际，考虑适当改变曲柄销相关参数和结构；抽油机使用时，根据井下载荷变化，及时调整工作参数和平衡状况，采用长冲程、慢冲次的合理工作方式，保证抽油机能长期安全工作。

参考文献

[1] 李明, 马健强. 游梁式抽油机危险点源分析与应对措施[J]. 设备管理与维修, 2018 (12): 18-20.