

游梁式抽油机自适应平衡调节装置研究

何强

(上海珏原精密机械有限公司大连分公司 辽宁 大连 116600)

摘要: 游梁式抽油机是应用最广泛的机械采油设备,然而传统的游梁式抽油机存在能耗高、精度低、劳动强度大、安全性差和采油效率低等问题。随着节能环保和降本增效意识的不断增强,梁式抽油机的节能改造工作成为热门课题。自适应平衡装置应运而生,该装置包含机械系统和控制系统两部分,利用机械系统实现了抽油机的自平衡,利用控制系统完成了平衡状态的检测和自动平衡的控制,实现了抽油机的安全、高效运行,达到了为企业实现了降本增效的目的。

关键词: 抽油机; 自平衡; 机械系统; 控制系统

1 游梁式抽油机工作原理

游梁式抽油机因结构简单、可靠性强、技术成熟、经济性好等优点成为油田现役主要采油设备,约占油田抽油机总数的 50% 以上,其结构简图如图 1 所示。游梁式抽油机主要由配电箱、电动机、减速机构、游梁、驴头和悬绳器等构件组成。其工作原理如下:由电动机提供高速转动作为原动力,通过减速机构降低转速,低速的回转运动通过曲柄和四连杆机构转化为低速直线往复运动;再通过游梁带动驴头、悬绳器和抽油泵,将原油从地下抽出。

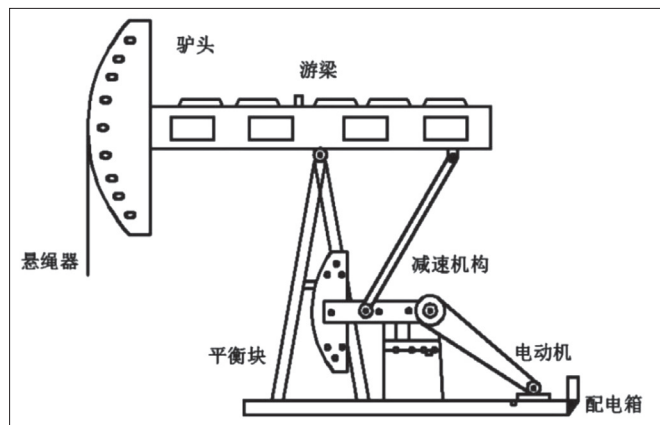


图 1 常规游梁式抽油机结构简图

驴头和悬绳器的低速直线往复运动可以分为上、下两个冲程,游梁式抽油机工作环境复杂、地质层条件多变,上冲程和下冲程做功与实际荷载不平衡的情况普遍存在,导致抽油机长期处于非平衡的工作状态,通常需要配置较大功率的电机,即“大马拉小车”,电动机的运行效率低。并且,上冲程时驴头的做功动力由电动机提供,下冲程时电动机被驴头带动反向做功。这种往复

运动的上、下冲程的不平衡造成电动机处于发电和倒发电两种工作状态,再次降低了电机的效率。此外,为了克服四连杆结构自身存在的死点和上、下两个冲程的运动轨迹不同,梁式抽油机增设了曲柄结构,但曲柄结构自身配重固定,不能随工况变化自动调节,增加了电机的能耗,并且导致减速结构齿轮反向受力,还增大了机械结构的损耗、降低了抽油机的使用寿命。

可以看出,传统游梁式抽油机能耗高、采油效率低,缩短了其使用寿命,游梁式抽油机的平衡问题亟待解决。为此,工程中常采用安装平衡调节装置调整配重来实现抽油机平衡的调节。传统的调平衡结构通过人工增减游梁配重或平衡重位来实现游梁的平衡,存在调整精度低、效率差、劳动强度大等诸多问题。为了克服游梁式抽油机和传统调平衡结构存在的问题,国内外研究人员及工程技术人员进行了多种创新及技术改进,研发了多型自适应平衡调节装置,并且在油田生产企业得到工程应用。

2 自适应平衡调节装置

自适应平衡调节装置通常安装在游梁式抽油机的尾部,依据力矩平衡原理,与游梁一起组成抽油机的平衡系统。自适应平衡装置可分为机械系统和控制系统两大部分。机械系统的主要功能是调节抽油机的力矩和力臂,以实现调节平衡的目的,其核心构件是平衡重,通过改变平衡重的位置来改善抽油机的平衡性。控制系统对游梁上、下冲程平均功率进行监测,计算出抽油机的平衡度和平衡情况,据此对平衡重在游梁上的位置进行自动调节,实现抽油机调平衡的自适应性。

2.1 机械系统

目前自适应平衡调节装置的机械系统已发展出了多种类型,主要包括滑动滚筒式、伸缩式、摆杆式、扇形齿轮式等。滑动滚筒式自适应平衡装置主要由平衡重、

钢丝绳、平衡梁、丝杠和平衡电机等构成。钢丝绳穿过固定在平衡梁两端的滑动轴承，并固定在平衡重两侧，平衡电机通过钢丝绳将动力传递给平衡重。因平衡重的两侧都固定有钢丝绳并由丝杠约束，所以平衡重仅能沿左右平动，从而实现调节欠平衡和过平衡两种状态。

与此设计理念相近的伸缩式自适应平衡装置主要由平衡重、平衡轴、升降机、平衡电机等构成。当抽油机处于非平衡状态时，由平衡电机驱动升降机使丝杠沿装置左右平动，进而带动平衡重的往复平动，实现抽油机平衡状态的调节。

摆杆式自适应平衡与滑动滚筒式、伸缩式在设计理念上稍有区别，其结构主要由推杆、摆杆、减速器、平衡电机和平衡重构成，平衡电机提供的原动力经由减速器转化为带动推杆做左右往复的平动，摆杆再将推杆的平动通过摆杆转化为绕铰接点的摆动运动，从而实现平衡重位置的调节。

为了避免调节装置动荷载可能出现的传动故障，扇形齿轮式自适应平衡调节装置采用了扇形齿轮面来定位运动轨迹，其主要由扇形齿轮、平衡臂、平衡电机、小齿轮和平衡重等构成。扇形齿轮通过平衡梁固定在游梁尾部，其两侧各连接一个活动摆臂，活动链接小齿轮通过摆臂与固定轴连接，扇形齿轮和小齿轮位于两个摆臂之间，摆臂分别通过固定轴和调节轴将扇形齿轮和小齿轮啮合联接，在摆臂与小齿轮连接端固定有平衡块。当抽油机处于非平衡工作状态时，由平衡电机带动小齿轮、改变平衡重位置，实现调节平衡。

上述机械系统虽然增加了游梁的重量，但根据 SY/T 5044-2003《游梁抽油机》中横、纵向振幅的相关规定和工程实践经验，对于一般型的抽油机，当平衡重控制在 200kg 以内时，该平衡重对抽油机作业不构成影响，对抽油机构件的强度影响也可以忽略不计，增加上述机械系统是安全可靠的。

2.2 控制系统

控制系统的主要由 PLC 可编程逻辑控制器、净扭矩数据采集系统、角位移传感器和伺服电机 4 个部分组成。净扭矩数据采集系统和角位移传感器采集上一冲程工作参数，并将数据传输到 PLC 中储存。PLC 将上一个完整冲程的测量参数根据内置的计算模型程序进行逻辑运算。此外，角位移传感器采集减速器的输出轴转角数据，根据减速器转角判断抽油机所处的冲程为上冲程或下冲程，最后，PLC 分别计算得出的上、下冲程净扭矩的平均值，得出抽油机的平衡度。

平衡度的计算是控制系统的关键，国内外的平衡度检测主要有 3 种方法，分别为电流法、功率法和扭矩法。其中，电流法利用电流平衡度来表征，该参数为电动机上冲程最大电流值与下冲程最大电流值之比，一般认为

电流平衡度处于 0.8~1.1 之间时抽油机达到平衡状态。功率法与电流法类似，由抽油机上冲程电机平均输入功率与下冲程电机平均输入功率之比确定。当电机平均输入功率比值处于 0.8~1 之间时，认为抽油机处于平衡状态。当电动机上冲程与下冲程平均功率相等时，抽油机处于最佳状态。扭矩法利用净扭矩曲线来衡量梁式抽油机的平衡情况，净扭矩曲线主要依据电动机输出扭矩与悬点载荷平衡机构的扭矩平衡得出。扭矩平衡率为减速器最大净扭矩差比上冲程最大净扭矩，当扭矩平衡率大于 0.7 时，认为抽油机处于平衡状态。

上述 3 种方法均满足自适应平衡装置控制系统的需求。电流法虽然在国内得到广泛采用，但因检测过程中存在“假平衡”而导致误差较大。功率法所依据理论公式均有严格推导而来，能够较为真实地体现抽油机的平衡状态，但需要一整套测量仪表。扭矩法依据实际工况的示功图，利用扭矩曲线判断抽油机的平衡状态，简单、准确、实用。因此，扭矩法最适合用于梁式抽油机自适应平衡的计算。

控制系统的工作流程图如图 2 所示。游梁式抽油机工作时，以减速器净扭矩值最小为控制变量，平衡电机接收 PLC 指令，通过控制平衡重往复运动来提高抽油机的平衡。当抽油机净扭矩平衡率大于 0.7 时，抽油机处于平衡状态，平衡重做调整。当抽油机处于过平衡状

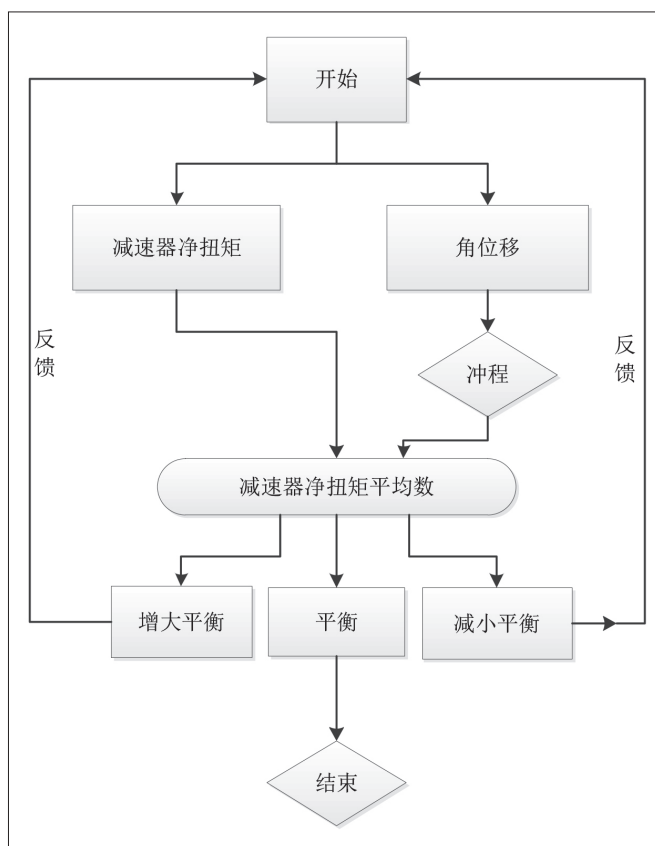


图 2 控制系统工作流程图

态时,该系统将自动控制平衡重沿着减小平衡方向移动。当处于欠平衡状态时,该系统将自动控制平衡重沿着增加平衡的方向移动,平衡电机也在 PLC 的指令下做出相应动作。

3 结语

游梁式抽油机自适应平衡装置采用机械结合控制系统的方案,由传感器采集运行参数,PLC 计算平衡度并依据平衡度发出控制指令,平衡电机自动调节平衡重,改善了抽油机的平衡状态。平衡状态时电动机所需提供的动力仅为原来的 1/2,从而降低了电机的功率和负载,提高了采油效率,实现了节能的目的,具有较好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 杨敏嘉,常玉连.石油钻采设备系统设计[M].北京:石油工业出版社,2011.
- [2] 刘明皓.常规游梁式抽油机自动平衡调节装置[J].

石油机械,2012(07):100-102.

[3] 邓思哲,张顶学.游梁式抽油机自动调平衡装置的设计及应用[J].石油天然气学报,2014(11):231-233.

[4] 朱砂.游梁式抽油机自适应平衡装置及控制系统设计[D].大庆:东北石油大学,2016.

[5] 呼思杰,李晗,何冬青.常规游梁式抽油机自动平衡改造方案及节能原理分析[J].山东工业技术,2016(12):67-68.

[6] 曾豪勇.基于数控系统的游梁式抽油机辅助平衡研究[D].荆州:长江大学,2015.

[7] 孟亚,王金东,于振东,等.加装减载器的有杆抽油系统的平衡调节[J].石油矿场机械,2012(41):36-39.

[8] 吉效科,许丽,智勇.新型数字化抽油机的研制与应用[J].石油机械,2013,41(10):96-99.

作者简介:何强(1987.07-),男,汉族,辽宁大连人,本科,中级工程师,研究方向:精密机械设备。

(上接第32页)

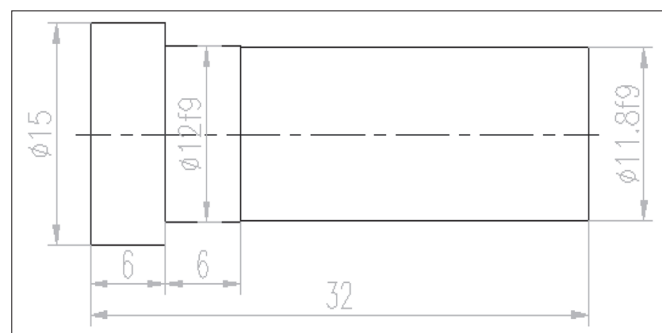


图5 自制销轴示意图

简单、便于携带且性能可靠等特点,能够提高某型飞机发动机处减振器的装配效率,同时作业环境要求度不高,达到了设计目的。采用优化后的工艺方法及设备,完全避免了减振器在安装期间因承受冲击载荷造成的损伤,降低了操作人员的劳动强度,提高了一次性安装成功率,解决了减振支座内部减振器因安装偏差导致在工作期间易发生损坏的问题,有效地提高了减振器的拆装效率,保证了减振器后续安全可靠使用。

参考文献:

[1] 张卫明.液压系统原理及故障分析与排除[J].金属加工冷加工,2013(07):74-75.

[2] 陈思源.减振降噪在机械设计中的应用研究[J].内燃机与配件,2016(12):9-10.

[3] 刘松,李新强.减振降噪在机械设计中的应用分析[J].山东工业,2017(20):31-34.

[4] 左健民.液压与气压传动[M].北京:机械工业出版社,2016.

作者简介:谷建一(1990-),男,汉族,黑龙江齐齐哈尔人,本科,工程师,研究方向:飞机动力系统修理、装配及调试;汪俊杰(1987-),男,汉族,湖北武汉人,硕士研究生,工程师,研究方向:飞机机体结构修理;付子均(1991-),男,汉族,江西南昌人,本科,工程师,研究方向:航空动力系统附件修理;吴瑜娜(1979-),女,汉族,湖北武汉人,工程师,研究方向:几何量计量。