

余压能量回收技术在柴油加氢精制工艺中的应用研究

祝成耀*, 薛树琦, 刘 静

(河北科技大学机械工程学院, 河北 石家庄 050018)

摘要:以余压能量回收技术在柴油加氢精制工艺中的应用为基础,将工艺中的高压富液能量回收。通过透平泵做功,直接对低压贫液加压,实现能量高效率的回收。能量回收过程中的压力、流量实现了优化调节,使系统更稳定高效地运行。采用分程控制的方案,增设了2条不同尺寸的透平跨线和配套的复杂控制回路,稳定了透平泵的输出功率。构建了以PLC为核心的工业控制系统,采用触摸屏和现场传感器等设备,实现了对现场运行状态的监控和调节。

关键词:能量回收;分程控制;工业控制系统

中图分类号:TP277

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2015)07-0124-04

Application of pressure energy recovery technology in diesel hydrofining process

ZHU Cheng-yao*, XUE Shu-qi, LIU Jing

(College of Mechanical Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, China)

Abstract: On the basis of the application of pressure energy recovery technology in diesel hydrofining process, the high pressure hydraulic energy of the process is recovered. Acting through the turbine pump, the low pressure liquid is directly pressurized and the high energy recovery efficiency is achieved. At the same time, the pressure and flow during the energy recovery can undergo the optimal regulation, which makes the system run more stably and efficiently. The split control scheme including two different sizes of line beside the turbines and complex control loops is introduced and the output power of the turbine pump is stabilized. The industrial control system with PLC as the core is built. Touch screen and on-site sensors and other equipment are adopted, which realizes the on-site operational status of monitoring and adjustment.

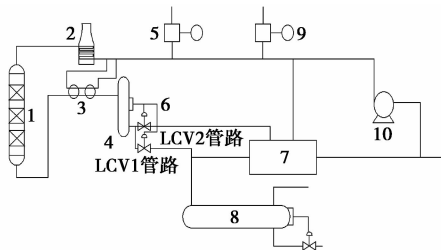
Key words: energy recovery; split control; industrial control systems

目前,我国能源短缺与工业生产耗能过高之间的矛盾愈加凸显,工业生产中产生的大量余热余压及可燃性气体无法被有效利用,以致多个行业单位GDP能耗都远高于世界平均水平。据相关调查,我国各行业余热余压总资源约占其燃料消耗总量的17%~67%,可回收利用的热能为余热余压总热能资源的60%以上,由此可见能量回收装备应用前景非常广阔。余压透平能量回收装置正是在大流量的系统中回收余压能量的设备,利用高压富液推动叶轮做功,为低压贫液增压,从而降低高压泵输出功率。这种技术不但节约了资源,提高能量利用率,而且对环境不会造成任何污染。

1 柴油加氢精制工艺简介

柴油加氢精制过程是在一定的温度、压力、氢油比和空速的条件下,原料气、氢气通过反应器内催化剂床层,在加氢精制催化剂的作用下,把油品中所含的硫、氮、氧等非烃类化合物转化为相应的烃类及易于除去的硫化氢、氨和水。在柴油精制工艺流程中,加氢反应器中需要新鲜柴油,反应结束后流出高压

分离器的柴油仍然带有高压能量,反应完的柴油进入再生系统时不需要高压能量,通常是经过多级减压阀将其高压能量减掉^[1],这样就使得大量余压能量被浪费。在加氢精制工艺中装有能量回收装置之后,利用从高压分离器出来的高压柴油的能量对新鲜低压柴油进行加压,从而将高压液体的压力能回收,降低了高压电动进料泵的输出功率,节省了成本。工艺流程如图1所示。



1—加氢反应器 R-101; 2—加热炉; 3—换热器;
4—高压分离器 V-103; 5—新氢压缩机; 6—液位调节阀;
7—能量回收装置; 8—低压分离器 V-104; 9—循环氢压缩机;
10—高压电动进料泵 P-101

图1 柴油加氢工艺流程图

2 能量回收装置的选择

柴油加氢处理工艺中,反应器和管路中的柴油都是高温高压液体,加入的能量回收装置在投入使用之后的泄漏情况和振动情况直接影响工艺过程的稳定性。图2是液力透平辅助驱动式,以电机作为水泵的第一驱动,液力透平为水泵的第二驱动,只有在液力透平转数超过电机转数时,超越离合器才啮合。电机按额定功率选取,以保证在没有透平驱动的情况下足以带动高压进料泵。但这种结构中,由于加氢进料泵转速过高,而且机械密封国产化后,泵的密封常常处在微渗状态,且液力透平的机械密封失效问题也很严重,像静环破裂、滑动轴承磨损等,所以泄漏情况时有发生^[2]。超越离合器经常处于高速啮合和脱开工况,从而导致超越离合器经常损坏,加之超越离合器的更换成本较高,所以不采用这种液力透平辅助驱动式,而是采用透平增压泵。

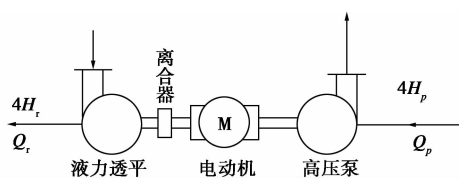
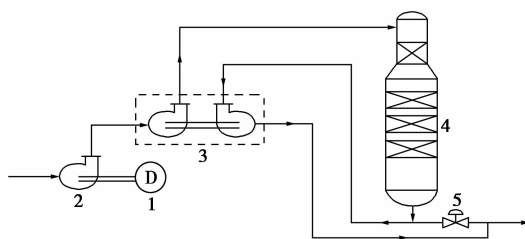


图2 液力透平辅助驱动式

如图3所示,透平和增压泵全部封装于壳体内。透平增压泵工作时与一级泵串联工作,分级提升加氢柴油的压力,将贫液打入反应塔。由于透平增压泵没有外伸轴和动密封,不需要更换、维护机械密封,可以做到零泄露,而且透平轴直接驱动水泵叶轮,没有中间环节,透平轴较短摩擦损失少,效率高。透平增压泵采用进出料柴油作润滑,所以不需要独立的外供润滑油系统,避免了润滑油与加氢进出料油的相互渗漏。透平和叶轮均采用单级叶轮,流道短易于气体快速释放至低压罐。透平采用筒型液体



1—电机;2—一级供料泵;3—透平增压泵;

4—加氢反应塔;5—液位调节旁路阀

图3 透平增压泵能量回收方式

自润滑轴承,轴承采用高耐磨坚硬陶瓷制成。透平泵极少的零部件组成,集成化设计使得它体积小、重量轻、易于安装维护,解体大修工作在1~4 h全部完成。透平泵投资较小,资金回收期短,作为新一代

(上接第123页)

合排放标准》(GB 16297—1996)二级标准 9 mg/m^3 限值,一氟洗涤塔离心滤液氟化物平均质量分数为11.33%,完全满足无水氟化氢生产要求。生产装置运行平稳,满足设计要求。

6 结语

湿法磷酸生产尾气氨洗法工业化技术的研发填补了国内外相关领域技术空白,该氟吸收系统尾气排放完全满足《大气污染物综合排放标准》二级标准限值要求,社会效益显著,联产无水氟化氢及白炭黑可转化直接经济效益1 102.76万元/a,具有广泛推广价值。本研究对加快磷化工关键技术攻关,促进磷氟硅化工产业耦合共生,推进循环经济技术和节能环保技术集成研发应用,提高资源综合利用率和增值率起到积极促进作用。

参考文献

[1] 董涛. 萃取磷酸生产装置的尾气干法处理工艺[J]. 硫磷设计

与粉体工程,2012,108(3):5-8.

[2] 齐庆杰,于贵生,刘建忠,等. 石灰石/石膏法烟气脱氟反应的动力学研究[J]. 燃料化学学报,2008,36(2):208-211.

[3] 张卫红,杨俊杰. 萃取尾气洗涤吸收系统技改,提高氟吸收率[J]. 硫磷设计与粉体工程,2011,(2):44-45.

[4] 李忠,许文科. 湿法磷酸生产反应尾气处理系统改造[J]. 磷肥与复肥,2010,25(5):28-31.

[5] 闫小勇. 湿法磷酸尾气排放指标优化改造[J]. 磷肥与复肥,2012,27(6):37-41.

[6] 殷雷. 湿法磷酸尾气洗涤器的选型及使用情况[J]. 硫磷设计与粉体工程,2006,75(6):42-44.

[7] 谭蕾,汤正河. 氨水吸收湿法磷酸生产尾气中氟化物的初探[J]. 化工技术与开发,2009,38(1):51-52.

[8] 许海霞,王拥军. 利用湿法磷酸厂废气制取白炭黑和氟化钠[J]. 资源节约和综合利用,2000,(3):28-29.

[9] 夏克立. 利用含氟废气生产无机氟化物和白炭黑的新方法[J]. 磷肥与复肥,2002,17(3):59-62.

[10] 陈文兴,田娟,周昌平. 利用磷肥企业副产氟硅酸制备无水氟化氢的技术[J]. 现代化工,2013,33(5):92-94.

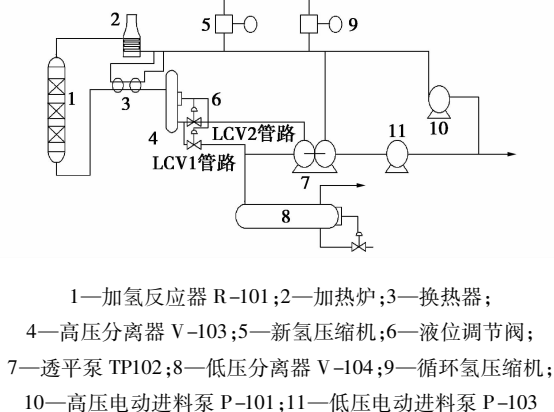
[11] 孙先良. 我国化肥工业发展新方向和新战略[J]. 现代化工,2014,34(1):1-9. ■

能量回收技术已正在海水淡化、合成氨气体净化等工程领域得到广泛应用。

3 透平回收系统控制过程设计

3.1 能量回收系统的工艺图

如图 4 所示,从高压分离器流出的高压液体经过透平增压泵驱动透平轴转动,为进来的低压液体加压。由于高压柴油在反应过程中会有部分能量损失,而流出反应器之后通过管道、阀门进入低压分离器之前也会损失小部分能量,因此在实际工程中为了使加压之后的液体达到反应所需要的压力,还需配备低压进料泵,弥补工艺中损失的压力。能量回收装置在回收高压能量的过程中,为新鲜柴油不断提供高压能量并将其送入反应塔,减少了传统工艺中高压进料泵的电能消耗。



1—加氢反应器 R-101; 2—加热炉; 3—换热器;
4—高压分离器 V-103; 5—新氢压缩机; 6—液位调节阀;
7—透平泵 TP102; 8—低压分离器 V-104; 9—循环氢压缩机;
10—高压电动进料泵 P-101; 11—低压电动进料泵 P-103

图 4 能量回收系统工艺图

3.2 电气控制系统的组成

为了实现对整个工艺过程的监控和控制,能量回收系统加强了对电控部分的设计。电气系统采用 PLC、触摸屏、变频器和压力、流量传感器等硬件和软件,实现实时数据的采集和监控。

3.2.1 变频调速方案

为了保证加入的能量回收装置的可行性和有效性,必须保证经过透平泵加压之后液体的压力、流量是稳定的。然而在运行过程中存在一些影响出口压力、流量的因素,因此要采取必要的措施保证余压回收的稳定运行。采取变频调速的方案控制管路中的压力和流量,为了方便实现远程的组态监控和控制,采用 PLC 作为控制器。从透平口出来的新鲜柴油在进入反应器之前,用压力传感器和流量传感器采集新鲜液体的压力和流量信号传送入 PLC,通过设定 PLC 中的 PID 指令各个参数,在 PLC 中对检测值和压力、流量设定值的偏差进行 PID 运算,将运算结

果以 4~20 mA 的电流信号输出给变频器,调节变频器的输出频率,从而改变低压进料泵的转速来调节管路内的压力和流量,使其达到最优状态。控制结构如图 5 所示。

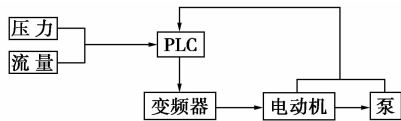


图 5 变频调速方案结构图

3.2.2 分程控制方案

由于进入透平的富液压力和流量经常受到工况影响发生波动,有时富液中还会有气泡夹带,易造成透平工作时脱离设计压力和流量工况,从而使透平输出功率和转速发生较大变化,也对透平叶轮产生一定的冲击,缩短叶轮的寿命。为此,对透平泵的控制方案进行了优化,设计了分程控制方案,用于调节进入透平流量。增设 2 条不同尺寸的透平跨线和相应的控制回路,如图 6 所示,实现透平泵稳定、高效地回收富液的静压能,保证了装置生产的可靠性。

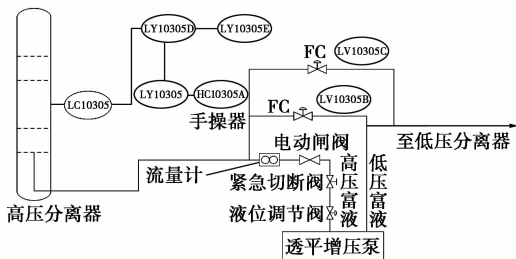


图 6 透平泵控制优化示意图

从热高压分离器底部出口的管线根据不同的管径设置为 3 路,第一路为流入透平的富液,将富液依次经过楔形流量计、电动闸阀、紧急关断阀和液位调节阀后进入透平泵能量回收。第二路作为透平 15% 跨线。第三路作为透平 85% 跨线,将从高压分离器塔底出来的富液依次通过双手动闸阀组与液位调节阀 LV-10305C 后,与透平泵出口的低压富液管线会合^[3]。

正常运行情况下,高压分离器塔底出来的富液柴油的 85% 经过透平泵。高压分离器中的液位控制器 LC-10305 将液位信号传送给 PLC 的模拟量输入模块,在 PLC 中经过运算之后,根据不同的液位输入对应不同的输出控制。当液位控制器输入的液位范围在 10%~33% 时,透平入口管线即第一路管线液位调节阀处于全开状态,此时透平入口端的流量和压力较平稳,冲击较小,再配合低压电动进料泵

的变频调速,可使增压后的新鲜柴油恒压恒流地进入加氢反应器。当液位控制器输入的液位范围为33%~66%时,PLC控制透平15%跨线的调节阀LV-10305B开度为0~100%,使得流出的富液直接进入低压分离器。当液位控制器输入的液位范围在66%~100%时,透平85%跨线的调节阀LV-10305C开度为0~100%,完成透平泵分流的作用。通过这2路跨线的工艺设计和控制方案优化,在很大程度上减少了透平入口高压富液的波动和冲击,稳定了透平泵的输出功率。

3.2.3 PLC的报警设置及触摸屏监控

透平泵设有超速保护设施,来保证透平泵能在所有规定的操作下达到一定的转速而不至于损坏,这种超速保护措施可以给现场操作人员提供一个超速报警信号,并通过调节入口的阀门开度控制入口流量。透平泵的流量也必须满足受本体限制的最低流量(130 m³/h),在最低流量之下透平不能正常旋转,所以这时系统要关闭透平入口的进料阀,等液位上升到开启范围之后再打开。现场的数据采集仪器将采集到的信号送入PLC,通过触摸屏显示出来,工作人员可根据现场工况标准对采集到的信息进行分析,设定各种压力报警极限,实现报警监控,当情况严重时可执行保护停车。

4 系统方案的优化设计

4.1 联锁系统的设计

为了确保透平泵安全平稳地运行,在系统中对透平泵设置了安全联锁系统。当热高压分离器的液位低于最低报警极限(10%)时,立即启动安全联锁系统,这时将会自动关闭透平泵入口的切断阀,同时关闭液控阀LV10305B和LV10305C,使得高低压分离器分开,防止高压窜入低压,造成安全事故。安全联锁系统中还包括进料泵联锁系统,当进料泵停泵时,能自动关闭透平泵入口的切断阀,停运透平泵,防止造成不必要的损失。进料泵联锁系统启动是在

出现以下几种情况时:①循环氢压缩机故障突然停机;②原料油罐液位低于最低液位;③进料泵出口流量低于最低流量;④透平泵自身出现故障,如轴温高于最高允许温度等^[4]。这时通过联锁停进料泵来联锁透平泵,自动关闭透平泵入口处的切断阀,停运透平泵。

4.2 设备故障诊断功能的优化

在一般的控制过程中,当控制系统出现故障时,是由现场的技术人员对各个设备以及线路进行全盘检查,这样延长了故障停车时间,耽误了生产进度。针对这种情况,用组态软件根据现场工艺设计了组态界面,将现场的检测量的实时状态显示在组态界面中,如阀门的开启关闭状态,电动机的启停状态。这样就实现了对现场的自诊断功能,而且工作人员可实时掌握设备的运行状态,及早发现工艺过程中的异常情况并判断故障的部位和程度,分析故障原因,及时排除故障。不但大大缩短了故障检修和设备停机的时间,而且节省了维修人员的人力成本,提高了生产效率。

5 结语

以透平泵为主体的余压能量回收技术将柴油加氢精制工艺中液体压力能量合理回收和利用,产生了可观的经济效益,具有很好的推广价值和示范效应,符合可持续发展的要求,同时该技术也可广泛应用于煤化工、海水淡化等行业。

参考文献

- [1] 杨守智,张冲,李姝娟,等.原料气洗涤液体能量回收机的研究与开发[J].化肥工业,2003,30(4):26-27,37.
- [2] 徐彬.高压加氢装置液力透平长周期运行措施[J].石油化工设备技术,2012,33(6):18-19.
- [3] 张立胜,裴爱霞,术阿杰,等.特大型天然气净化装置液力透平能量回收技术优化[J].天然气工业,2012,3(7):72-76.
- [4] 荣国参,杨玉国,田喜磊.液力透平在蜡油加氢处理装置上的应用[J].中外能源,2010,15(6):32-33. ■

霍尼韦尔开工新建北美树脂原料生产线

2015年6月23日霍尼韦尔树脂和化学品部宣布,其位于美国弗吉尼亚州切斯特菲尔德工厂的全新尼龙树脂生产线已开工投建。这条生产线将生产多种规格的霍尼韦尔Aegis®尼龙-6树脂以及尼龙-6/6.6共聚物,应用于食品包装薄膜等领域。该生产线预计将于2015年第四季度投产,投产后将使霍尼韦尔切斯特菲尔德工厂成为北美地区第一个也

是唯一一个能够同时生产上述两类尼龙树脂产品的厂商。

霍尼韦尔早在2014年4月就宣布了扩建切斯特菲尔德工厂的计划,拟增加4万t/a产能,将工厂总产能提高到20万t/a。此次的扩建采用了霍尼韦尔其他业务的先进技术,包括霍尼韦尔过程控制部的Experion® PKS过程知识系统。(Shirley.fan)