

# 百万吨级费托合成装置关键设备及其运行维护要点

盖延浩 姜明发 贺 昌 (陕西未来能源化工有限公司, 陕西 榆林 719000)

**摘要:** 为提高大型煤化工装置安全稳定性、降低不必要的安全生产事故、提高装置关键设备的运行周期、减少检修工作量, 实现生产系统安全、稳定、长周期运行, 笔者主要结合百万吨费托合成装置关键设备的类型和特点, 对其运行维护要点进行分析。

**关键词:** 费托合成装置; 关键设备; 运行维护

各种设备机械是大型煤化工生产装置中必不可少的生产装备, 涉及多种多样能量形式及比较复杂的相互间转换过程, 主要有热能、机械能、化学能、电磁能等。随着系统运行工况的调整及操作参数的变化, 如流体介质组成、组分和相态的多变化, 以及系统压力的高低、设备运转速度的高低、温度的高低、介质粘度的高低等等, 促使化工机械装备具有其特殊结构, 包括各种静设备容器如换热器、塔器、反应器、储槽, 和各种动设备机泵如压缩机、过滤机、循环泵等。

## 1 费托合成装置关键设备及其特点

百万吨级煤间接液化费托合成工艺选用的是铁基催化剂连续操作的气液固三相浆态床反应器, 主要由催化剂前处理单元、费托合成单元、反应水精馏单元、产品分离单元构成, 主要工艺流程简图如图 1 所示。其中, 催化剂前处理装置涉及静设备约 20 余台(套), 转动设备 3 台(套), 主要设备有还原反应器、气液分离器、还原循环压缩机等; 费托合成装置涉及静设备约 70 余台(套), 主要设备有合成反应器、激冷塔、高压分离器、汽包、循环压缩机、锅炉水循环泵等; 反应水精馏装置涉及静设备 12 套, 关键设备有脱气塔、反应水中间槽、反应水精馏塔和聚结式油水分离器等。

### 1.1 浆态床反应器

工业中费托合成反应器主要有固定床反应器、气流床反应器也叫循环流化床、固定流化床反应器以及浆态床反应器, 具体反应器的选型与反应条件、产能、催化剂特性、产品性质以及成本等因素有关, 而浆态床反应器是一个气-液-固三相鼓泡塔, 结构如图 2 所示, 反应器底部设有气体分布器可以使入反应器的气体均有分布, 内设有冷却盘管可以及时移走费托反应产生的热量, 顶部设有气液固分离器用来分离气体中夹带的石蜡和细粉催化剂颗粒, 所以浆态床反应器最大的优势是反应物混合好、传热性能良好、利于反应温度和反应热的控制和移出。

### 1.2 锅炉水循环泵

锅炉水循环泵是一种离心式机泵, 采用卧式、单级、两端支撑、径向剖分、中心支撑流程泵, 单端面机械密封、膜片联轴器、配有最小流量保护阀, 其主要作用是将汽包锅炉水加压后送至合成反应器冷管组, 将反应产生的热量转化为蒸汽, 进而保证反应器内反应温度符合

费托合成反应正常温度范围。

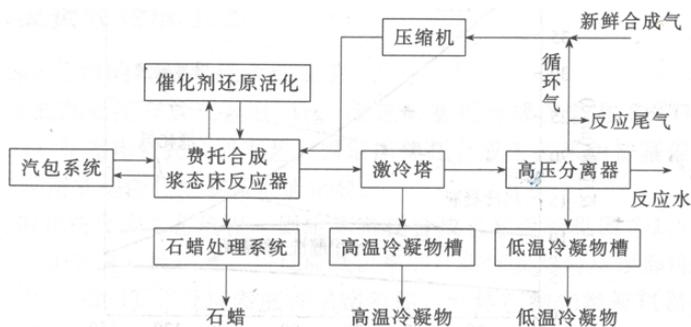


图 1 工艺流程简图

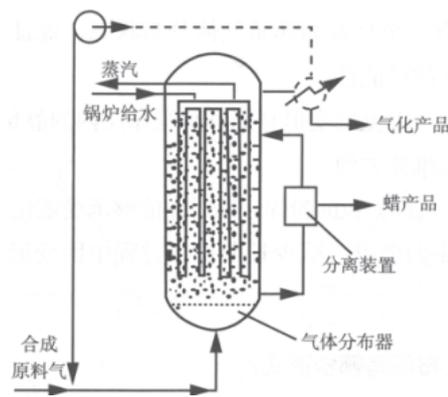


图 2 浆态床反应器结构图

### 1.3 换热器

表 1 间壁式换热器特点

换热器类型	特点	备注
列管式换热器	结构简单、坚固耐用、清洗方便、通用的标准换热设备	又分为固定管板式、浮头式、U形管式、填料函式
套管式换热器	承受较高压力、应用灵活、传热面积易增减, 但耗材多、占据面积大	适合流量小的、传热负荷小、压强高的场合
蛇管式换热器	便于防腐、检修清洗方便	分为沉浸式和喷淋式换热器
夹套式换热器	结构简单、容易制造, 但传热面积小、效率低、清洗困难	主要用于反应器的加热或者冷却
其他类型的换热器	结构紧凑	有螺旋板式、翅片式、板式换热器

化工生产过程伴随诸多传热过程, 多为两中流体或者介质之间进行传热换热, 所以工业中大多选用换热器对冷、热流体进行热量交换, 常见的有间壁式换热器、

混合式换热器、蓄热式换热器。间壁式换热器应用最广、形式多样,因其结构形式不同分为列管式换热器、套管式换热器、蛇管式换热器、夹套式换热器以及其他类型的换热器,各类型换热器特点如表1所示。

## 2 各类设备运行维护要点

为加强设备的运行维护管理,提高设备使用寿命,降低设备出现故障频率,维持机械设备正常工作性能,降低设备检修及采购成本,提升企业生产运行经济性,本文作者主要根据各类设备在实际生产运行中易出现的故障以及运行期间需要重点巡回检查的部位进行分析总结,提出各类设备运行维护要点。

### 2.1 浆态床反应器维护要点

低温费托合成反应是在催化剂作用下,一定温度、压力、 $H_2/CO$ 以及循环比操作条件下在浆态床中反应生成一系列的烃类化合物,其主要反应方程式为 $nCO + (n + m/2) H_2 = C_nH_m + nH_2O$ ,是强放热反应,由于反应的不可逆性及内构件的复杂多样性,需重点维护反应器内构件,特别是气体分布器和过滤元件,具体如下:

#### 2.1.1 气体分布器

气体分布器是使气体均匀分布的重要构件,浆态床反应器所采用的气体分布器有单孔板、多孔板、填充式分布器、烧结金属板分布器、喷嘴分布器以及管式分布器等多种型式,其决定浆态床内是否有较好的起始气体分布状态,保证气-液-固充分接触,避免形成死区。由于系统长周期运行中反应器内铁基催化剂颗粒会对气体分布器造成不可一定程度的磨损及变形,所以在设计时务必考虑气体分布器的强度问题,系统运行过程中也尽量避免催化剂颗粒的粉化破碎,装置停车消缺期间对气体分布器磨损、变形、堵塞情况进行检查确认,保证气体分布均匀性。

#### 2.1.2 过滤元件

过滤一般分为内置过滤和外置过滤,目前工业生产中的大型反应器大多采用内置过滤技术,即将过滤组件放置在反应器内,反应器内部过滤元件是对液固进行分离的装置,在浆态床反应器中主要是用于分离固体催化剂颗粒与液体石蜡,保证石蜡产物的固含量在指标范围内,避免影响后续装置的运行,同时分离出的固体催化剂颗粒可以通过回收继续参与反应,维持反应器的正常运行及转化率,提高催化剂利用率。所以维护好反应器过滤元件对系统稳定运行起着至关重要的作用,过滤元件的维护不仅要考虑系统操作参数对其影响,还需要考虑其自动清洗反吹流程,以免出现固体颗粒催化剂在过滤元件滤孔处聚集造成过滤元件堵塞问题,随着过滤元件长时间进行液固分离,铁基催化剂对其具有一定的磨损破坏,需要定期保养维修,所以在设计上要考虑其可拆卸性,便于计划性的保养或者跟换。

### 2.2 离心泵运行维护要点

液体输送机械泵根据工作原理的不同可以分为离心式、往复式、旋转式等,离心泵是化工生产中最常见,

其主要结构包括叶轮、泵壳和轴封装置,主要性能有流量、扬程、功率和效率,主要类型有单级单吸式的清水泵、单级单吸悬臂式耐腐蚀泵和用来输送油类及石油产品的油泵。

离心泵在运行中会出现的故障主要有振动和噪声大,分析主要原因可能有轴承损坏、发生气蚀、轴变形、转子不平衡等,所以在日常巡检维护中需要检查工艺参数是否正常、入口过滤器是否堵塞、冷却水系统是否正常,以及油温油压是否在指标范围内、油质是否出现乳白化变黑情况。除次之外,备用泵要定期进行盘车不断改变轴的受力方向,减小受重力使轴弯曲变形,同时检查运转部件的松紧程度及润滑情况;启泵前要进行排气,使泵壳内的气体被充分排出,避免启动后液体带气,发生气缚现象。

### 2.3 换热器维护要点

换热设备检修后或者投用前,需严格按照规定要求试压合格后方可投用,并且先进冷流体后进热流体,停用时刚好相反,先停热流体再停冷流体,避免不均匀膨胀引起泄漏,值得注意的是开停换热器时,千万不可以将进出料阀门开的过快,以防管子和壳体受到冲击,局部膨胀,产生热应力,间接损坏换热器管道。

换热器在冬季防冻中所有的冷却水换热管不管是否使用,均需要通上冷却水并且中途不能间断,上回水防冻副线微开,停止使用时应将换热器管束内的液体清洗吹扫干净。

随换热器使用周期延长后,管子内壁表面上会逐渐出现一些沉积物,这些沉积物多是疏松有空隙的物质,其导热系数较小,这就是换热器的热阻增加,总传热系数降低,影响换热器的换热效果,所以需要定期对换热器管束进行清洗,以保持换热设备的整洁干净,保证换热器正常的换热效果。

## 3 小结

大型煤化工生产企业,无论是静设备还是动设备对装置生产都是必不可少的生产装备,各类机械设备的良好运行直接影响着系统稳定运行,本文笔者主要结合百万吨费托合成装置关键设备的类型和特点,主要对浆态床反应器、离心泵、换热器运行维护要点进行分析总结。除此之外,笔者下一步将结合新安全生产法对化工生产日常管理及规范性进行探讨。

### 参考文献:

- [1] 孙启文. 煤炭间接液化 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [2] 吴红. 化工单元过程及操作 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [3] 米涛. 石油炼化设备运行维护管理存在的问题及其对策 [J]. 化工管理, 2020(15):145-146.

### 作者简介:

盖延浩(1977-)男,汉族,山东滕州人,助理工程师,主要从事煤制油费托合成研究。