**汽柴油加氢装置**

未来汽油要求进一步降低芳烃、烯烃、苯、硫、雷德蒸气压，RVP尤其要降低汽油中含硫量。由于催化裂化汽油、FCC汽油是汽油的主要成分，也是汽油中硫的主要来源，占86%以上。因此，欲降低汽油总体硫含量，就必须降低FCC汽油的含硫量。加氢精制技术不但能脱除汽油等馏分油中硫醇性硫，而且还能较好地脱除其他较高沸程汽油中含有的较多的噻吩和其他杂环硫化合物。此外，十六烷值作为评价柴油质量的重要指标之一。要求柴油加氢精制时除了深度脱硫外，还要尽可能降低柴油中芳烃的含量。高质量的柴油应具备低硫、低芳烃和高十六烷值等性能。为了满足不断苛刻的汽柴油标准的油品生产要求，加氢精制工艺必然得到广泛应用。

# 一、工艺流程简述

## 1、反应部分

原料油自装置外来进入原料油缓冲罐，经原料油泵加压后与精制柴油换热后进入自动反冲洗过滤器，过滤后进入滤后原料缓冲罐，再由反应进料泵抽出升压后与混氢混合，先与加氢精制反应产物进行换热，再经反应进料加热炉加热至要求温度；循环氢与新氢混合后与热高分气换热升温后原料油混合。混氢原料油自上而下流经加氢精制反应器。在反应器中，原料油和氢气在催化剂的作用下，进行加氢脱硫、脱氮、烯烃饱和等精制反应。

从加氢精制反应器出来的反应产物混氢原料油换热后，进入热高压分离器进行气液分离，热高分气与混氢换热并经空冷冷却后进入冷高压分离器，在冷高压分离器中进行气、油、水三相分离。为防止反应生成的铵盐在低温下结晶堵塞热高分气空冷器管束，在热高分气空冷器前注入除盐水以洗去铵盐。冷高压分离器顶出来的气体先经循环氢脱硫塔脱除硫化氢，再至循环氢压缩机，重新升压后与经压缩后的新氢混合，返回反应系统，冷高压分离器油相送至冷低压分离器油侧进行再次分离。热高分油进入热低压分离器进一步闪蒸，热低分气经过冷凝后与冷高分油一起进入冷低压分离器，冷低分油先与低凝柴油换热后再同热低分油一起进入硫化氢汽提塔。

从冷高压分离器及冷低压分离器底部出来的含硫含铵污水经减压后，送出装置外处理。冷低分气送至蜡油加氢装置处理。

## 2、分馏部分

硫化氢汽提塔顶分离出的含硫气体，送至装置外脱硫。塔底油与柴油换热后进入产品分馏塔。分馏塔底设重沸炉，塔顶石脑油经空冷器冷却后，进入塔顶回流罐。其中一部分作为塔顶回流，另一部分再经过水冷冷却至40℃作为石脑油送出装置外。从塔底出来的精制柴油产品，由泵抽出，先作为低凝柴油汽提塔底重沸器热源后与分馏塔进料换热，再与原料油换热，然后经空冷器冷却到50℃，作为产品送出装置。分馏塔设低凝柴油侧线汽提塔和中段回流，冬季时生产低凝柴油及发生0.5MPa蒸汽。

# 二、主要设备选择

本装置有反应器、塔器、容器、换热器、空冷器、过滤器、抽空器、消音器和阻火器等设备，其中临氢设备除了考虑氢腐蚀外，还应考虑由高温引起的硫化氢腐蚀，设备内表面一般采用不锈钢堆焊或不锈钢复合层。

2.1加氢精制反应器

装置中加氢精制反应器操作温度高、压力高，材料特殊、结构复杂，设计、制造要求高，反应器直径大，吨位重，占静设备投资的比例也大。

反应器的操作介质为油气、氢气、硫化氢，操作温度达389℃，正常操作压力8.0Mpa，设计温度和设计压力分别为435℃、9.2MPa。根据API RP941-1997“炼油厂和石油化工厂高温高压临氢作业用钢”的规定，考虑到国内加氢反应器的设计、制造、使用经验，反应器的材料选用2.25Cr-1Mo抗氢材料。

反应器的结构设计主要有以下几个特点。内壁堆焊双层不锈钢（309L+347）以抵抗硫化氢的侵蚀。在反应器壳体外面的有关部位设置了壁温测点，这样可以较准确地掌握操作及开工过程中的器壁实际金属温度，并将其控制在设计温度之内。冷氢入口采用了迷宫式隔热措施，这一结构缓和了冷氢接管和壳体间的温度梯度，降低了冷氢管附近的温差应力。热电偶可采用器壁开小口套管型式，无需法兰连接，节省了热电偶与反应器壳体的大量焊接工作量，同时也方便了反应器的运输。

2.2高压换热器

本装置中共有4台高压隔膜密封换热器，均在高温、高压、临氢及硫化氢介质的条件下操作，见下表。

高压换热器规格材料一览表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 名称 | 管程材质 | 壳程材质 | 管束材质 |
| E-101  A、B、C | 反应产物与混氢油换热器 | 12Cr2Mo1R（H）+堆焊（309L+347） | 12Cr2Mo1R（H）+堆焊（309L+347） | TP321 |
| E-103 | 热高分气与混氢换热器 | 14Cr1MoR（H）+堆焊（2507双相钢） | 14Cr1MoR（H） | 2507双相钢 |

这4台换热器均采用双壳程隔膜密封结构。隔膜密封结构或螺纹锁紧环结构的换热器在加氢装置都有应用，并具有各自的特点。对螺纹锁紧环换热器，它的传热效率高，密封性能好，即使在操作过程中发生压力和温度波动的情况下也不易发生泄漏，若有内漏、外漏时均可现场上紧，长期运行可靠,国内已有设计、制造、使用等成熟经验；但其制造费用较高，机加工要求也非常高，有一定的制造难度，螺纹环加工精度不高时，拆装较麻烦；直径较大时重量较隔膜密封换热器重。而隔膜密封结构换热器的传热效率高，隔膜密封性好，结构简单，除个别部件机加工要求较高外，总体制造相对简单，费用相对螺纹锁紧环换热器较低；但换热器存在内漏的可能，且内漏只能停工后解决，隔膜板也最多切割4次左右就需更换（需在现场切割及焊接）。

隔膜密封双壳程换热器制造有以下特殊要求。

1)对于双壳程换热器，筒体的椭圆度和直线度均要求极高，而壳体内壁又需要堆焊不锈钢，堆焊过程中筒体可能会产生收缩和变形，筒节组对时也会存在错边和同心度的偏差等问题，因此要求筒体内壁堆焊后机加工为好。

2) 为保证密封可靠，管板密封面应在换热管与管板焊接及贴胀后精加工。

2.3高压容器及塔器

本装置有3台高压容器和1座高压塔，其中一台为热高压分离器，其操作条件为高温、高压、临氢及硫化氢介质，主材选用2.25Cr-1Mo，内部堆焊309L+347双层不锈钢防腐层。另外2台高压容器和一座塔器分别为冷高压分离器、循环氢压缩机入口分液罐及循环氢脱硫塔，它们在高压低温湿硫化氢条件下操作，在这种工况下会产生湿硫化氢应力腐蚀开裂和氢致诱导裂纹，因此这三台设备的主材采用Q345R(HIC)，这种材料的硫、磷含量非常低，综合机械性能比较好，抗湿H2S应力腐蚀性能好。

2.4高压空冷器

本装置共有4片高压空冷器。这4片高压空冷器为热高分气空冷器，操作温度为110℃，操作压力为7.45MPa，操作介质为油气、H2、H2S和水等。根据已有的使用经验，管箱材质选用Q345R(HIC)钢，翅片管基管采用10#无缝钢管，并在每管程进口处内衬300mm长的316L管。管箱采用丝堵式，便于制造检修。这种结构的高压空冷器已在国内许多加氢装置上应用。目前国内在高压空冷等方面做了大量工作，制造厂添置了深孔焊机及内角焊机等关键设备，解决了管子与管箱的焊接、管箱的内角焊接等技术问题。哈空调等国内少数空冷器制造厂已经具备较为丰富的制造这种高压空冷器的经验。

## 2.5加热炉

汽柴油加氢精制装置共设置反应进料加热炉一台、分馏塔底重沸炉一台、和两炉共用的一套烟气余热回收系统。采用余热回收系统后的总体计算燃料热效率可达92%。加热炉燃料为外供天然气。

2.5.1反应进料加热炉

该炉采用双室双面辐射水平管纯辐射箱式炉炉型，工艺介质仅在辐射室加热。由于管内被加热的工艺介质为H2+柴油且含H2S，操作温度、压力较高，所以辐射炉管材质为ASTM A312 TP321。

2.5.2分馏进料加热炉

该炉采用对流-辐射型圆筒炉，辐射室和对流室分别用于加热不同的工艺介质。其中辐射室热负荷为17MW，对流室热负荷为11.5MW。炉管材质均为碳钢。对流盘管除三排遮蔽管采用光管外，其余均为翅片管。

2.5.3余热回收系统

为了有效地利用烟气余热，提高加热炉热效率，两炉共用一套烟气余热回收系统；烟气余热回收系统由空气预热器、烟气引风机、空气送风机、钢烟囱、吸风口及烟风道组成。F101炉烟气经水平热烟道进入F201炉对流室，与F201炉热烟气会合后加热F201炉对流段工艺介质，然后烟气出F201对流室经热烟道进入空气预热器，与空气换热后，冷烟气由烟气引风机引入钢烟囱排入大气。为提高换热效率，同时避免发生露点腐蚀，空气预热器采用铸铁板式预热器，并设置了空气旁通风道。当烟气出空气预热器温度过低时可适当打开旁通风道上的气动调节蝶阀以提高烟气出空气预热器温度，热空气经热风道送至各加热炉炉底燃烧器处供燃烧使用。两加热炉总体计算燃料热效率达92%。

本项目加热炉辐射室立墙、辐射室顶采用陶瓷纤维模块结构；对流室采用纤维硬板+隔热耐火浇注料结构，烟道采用浇注料结构；炉底采用憎水性纤维硬板+隔热耐火浇注料＋粘土质耐火砖结构。余热回收系统中所有烟道均采用单层隔热浇注料作为衬里，而热风道和引风机则采用岩棉板＋0.5mm铝皮进行保温。

2.6新氢压缩机

该压缩机流量较小，压比较高，拟选用两列两级、对称平衡型往复式压缩机。由于往复机易损件较多，气阀、活塞环、支撑环、填料环等连续运行周期短，通常设备机以利于机组的检修，所以新氢压缩机的配置为一操一备。

为了降低能耗，其中一台压缩机配套气量无级调节系统。

为减少气缸夹套和填料箱的结垢，机组设软化水站对气缸和填料进行冷却。两台机组共用一台水站。气体中间冷却器、油冷却器、主电机冷却器、软化水冷却器采用循环水冷却。

2.7循环氢压缩机

该机流量大，压比较小，宜选用离心式筒形压缩机，压缩机拟采用1.0MPa凝汽式汽轮机驱动，乏汽采用空冷器冷却，离心式压缩机运行可靠性高，连续运行时间长，而且造价较高，一般不设备机。

压缩机轴封采用中间带迷宫的串级干气密封，正常操作和开车阶段缓冲气均采用压缩机出口气。

同类的循环氢压缩机主机和汽轮机国内已有成熟制造业绩，建议采用国内产品。离心机制造执行标准按API-617，汽轮机制造执行标准按API-612。

循环氢压缩机配套一套冗余的控制系统，负责机组的调速控制、防喘振控制和自保联锁等，随离心压缩机制造商成套供货。同时该控制系统还负责新氢压缩机组及反应进料泵、注水泵、贫胺液泵的安全连锁控制。