

中国石化扬子石油化工有限公司 10 万吨/年EVA装置环保试生产开工确认报告

一、项目建设概况

EVA 树脂是指乙烯-醋酸乙烯共聚物，是我国紧缺的合成材料，一般醋酸乙烯（VA）含量在 5%~40%。与聚乙烯相比，EVA 由于在分子链中引入了 VA 单体，从而降低了结晶度，提高了柔韧性、抗冲击性、填料相溶性和热密封性能，被广泛应用于发泡鞋料、功能性棚膜、包装膜、热熔胶、电线电缆及玩具等领域。其用途广泛，涉及国计民生的多个方面。因此，积极发展我国 EVA 生产，有利于进一步提高我国优势产业的竞争能力。为适应当前市场需求旺盛的形势，采用先进技术建设大规模 EVA 装置，可充分发挥装置经济规模的优势，更好地赢得 EVA 的价格利润空间，也是石化行业进行产业结构调整和提高竞争力的必由之路。

本装置采用巴塞尔（Basell）釜式法工艺技术，建设规模为生产 10 万吨 / 年 EVA，年操作时间 8000 小时，设计负荷弹性 70~110%。EVA 装置工艺流程复杂，操作条件变化频繁，物料中含易燃、易爆介质，且存在高温、高压工况。产品的质量、产量、能耗以及装置的安全生产与仪表、控制系统及安全保护系统的可靠性和先进性有着密不可分的联系。为达到对过程变量进行可靠和优质控制，实现装置的安全、稳定、高效运行，对自控提出了很高的要求。本装置采用技术先进、可靠的分散型控制系统（DCS）、安全仪表系统（SIS）、设备包可编程控制系统（PLC）、气体监测报警系统（GDS）、压缩机控制系统（CCS）、机组监视系统（MMS）和仪表设备管理系统（AMS）等，对装置的过程变量进行优质可靠的监控，对装置人员和设备进行有效保护，对装置的大型机组和仪表设备进行科学管理。

装置建设在扬子公司原检安公司所在的地块，东靠火炬南路，南临煤制气装置，西侧紧邻乙烯路，北侧为空分路，占地面积为 93775m²，东西长 605 米，南北宽 155 米。项目可行性研究报告于 2013 年 8 月 20 日获得总部批复，2016 年 9 月 21 日项目基础设计获总部批复，由意大利 Tecmiment 公司提供工艺包工程设计及超高压部分详细设计，中石化上海工程公司（SSEC）完成基础设计工作、详细设计及 EPC 总承包工作，于 2020 年 5 月 28 日建成中交。

二、工艺流程简述

1. 工艺过程说明

新鲜原料乙烯和来自一次机三级出口的低压循环气经一次机后三级压缩增压后，和高压循环气一起送到二次机压缩升压至约 240 MPa，经高压套管式换热器冷却后送到釜式反应器。调节剂（丙烯、丙烷）、共聚单体（醋酸乙烯）和引发剂（有机

过氧化物)通过泵计量升压后,分别送至一次机四级入口、二次机入口和反应釜各区。乙烯和共聚单体在反应釜内,在高温高压和引发剂作用下发生自由基聚合反应,反应产生的大量热量通过低温的反应物料进料和产品冷却器移走。从反应釜出来的聚合物和未反应单体送到高压产品分离器进行分离,从高压产品分离器顶部出来的未反应气体经高压循环气处理系统冷却分离,脱除高分子蜡后,气体返回至二次机入口。从高压产品分离器底部出来的聚合物和少量未反应单体送到低压产品分离器进行分离,从低压产品分离器顶部出来的未反应气体经低压循环气处理系统冷却分离,进一步脱除高分子蜡和废油后,气体送到一次机入口,经一次机前三级升压后送到一次机四级入口。低压产品分离器底部出来的熔融态聚合物送到挤压机,根据生产牌号需要加入所需要的添加剂后进行造粒,产品粒子经冷却和干燥后,通过风送系统送到脱气料仓,在脱气料仓内通入新鲜的空气脱除产品残留的有机物。脱气合格后的产品,通过风送系统从脱气料仓送到包装料仓,经包装机包装后,成品出厂。

2. 压缩单元

①一次机

一次机 C1201 为一个 6 级的卧式往复式压缩机。分为两个部分:

增压压缩部分(压缩机的第 1, 2, 3 级),将系统内的低压循环气进行压缩,以使其从约 0.03MPa 的压力升压到界外新鲜乙烯的压力(约 3.0 MPa)。

一次压缩部分(压缩机的第 4, 5, 6 级),新鲜乙烯从界区经压力控制阀、新鲜乙烯加热器 E1201 后与调节剂(丙烷/丙烯)、经一次机增压压缩部分压缩后的低压循环气一起送至一次机 C1201 第 4 级的吸入侧,经一次机后三级升压至约 28.5 MPa。一部分低压循环气被压缩后,在一次机第 3 级排出侧被分流并送往界外,称为净化气。

低压循环气中的醋酸乙烯、润滑油、溶剂在一次机 1 级吸入罐 D1203 及每一级的级间分离罐中被分出,并送往废油收集罐 D1201。当生产 LDPE 工况时, D1201 中的液体送往回收油罐 D0401A/B;当生产 EVA 工况时, D1201 中的液体送往醋酸乙烯精制单元。D1201 的不凝气返回一次机 1 级吸入罐 D1203。

②二次机

二次机 C1202 是一个对称双流道(A 和 B)两级往复式压缩机,气缸数量为 8 个。通过二次机,进料气从 26 MPa 左右被压缩到接近 240 MPa 的最终压力。在二次机的一级吸入侧设有在线气体分析仪来监测进料气中甲烷、乙烷等惰性气体及调节剂、共聚单体的浓度。

3. 有机过氧化物配置与注入单元

聚合反应由有机过氧化物溶液作为引发剂来引发自由基聚合反应,过氧化物经溶剂(异十二烷)混合和稀释后,注入反应釜。反应釜中不同的反应区域对应不同

的反应温度，反应釜上段区域温度较低，配有两个注入点，中段区域配有一个注入点，底部区域温度最高，配有一个注入点。

本装置使用的过氧化物溶液共有五种，通过固定卸料点，并通过气动泵打到相应的过氧化物溶液配置罐中进行稀释。稀释过的过氧化物溶液由过氧化物注入泵（四用一备），以一定的流量（根据牌号和产量要求）送至反应釜的不同区域。

4. 调节剂和共聚单体计量系统

① 调节剂注入系统

某些产品牌号需要丙烯或丙烷作为调节剂来调节产品性能，通过丙烯/丙烷注入系统进料。

液态丙烯/丙烷从界区送至丙烯/丙烷罐 D1225。经丙烯/丙烷输送泵 P1225A/B（一开一备）送至丙烯/丙烷蒸发器 E1223 进行加热汽化后，丙烯/丙烷气体直接送至丙烯/丙烷缓冲罐 D1223，进行气液分离。

气相丙烯/丙烷被送到 C1201 第四级吸入口，丙烯/丙烷流量由丙烯/丙烷注入罐下游的流量控制阀来控制。

② 共聚单体计量系统

从界区来的新鲜醋酸乙烯（VA）管送至醋酸乙烯罐 TK0210。为防止 VA 自聚，TK0210 需添加适量的阻聚剂对苯二酚溶液。TK0210 设有氮封。

聚合过程中未反应的醋酸乙烯被送到醋酸乙烯回收进料罐 D2000，并加入阻聚剂对苯二酚溶液。通过两台 VA 精馏塔 T2000、T2001 提纯后，送入回收醋酸乙烯罐 D2004，提纯后的 VA 再通过回收醋酸乙烯输送泵 P2005A/B 送至 VA 干燥单元入口。

T2001 塔顶气相冷凝液和 T2000 的塔底出料分别由泵 P2003A/B 和 P-2007A/B 送到醋酸乙烯废液收集罐 D2003，再泵送到装卸站装车运送至界外。

新鲜的 VA 和回收 VA 需经脱水塔 T1221A/B 干燥后通过醋酸乙烯注入泵 P1221A/B 升压后送至二次机吸入侧。

5. 聚合反应

该装置反应釜分为三个反应区域，顶部设搅拌器，由内置电机驱动。所有进料（乙烯、共聚单体、调节剂等）在反应上段区域被分为 6 股注入，其中一股用作冷却搅拌电机，剩下 5 股进料根据产品配方进入 LEVEL6~LEVEL10 各进料点。在反应釜 LEVEL4 处设有第七个进料点，只在开车阶段需要时注入。

进料气经二次机 C1202 压缩后，再经反应釜预冷器 E1301A/B 和反应釜预过冷器 E1302A/B 两级冷却，达到最合适的温度后进入反应釜，进料气在反应釜三个反应区域中由引发剂引发聚合反应。为了避免温度过高引起热分解，反应釜设置了高温高压联锁系统，并且在反应釜中部另外设置有两片爆破片作为设备本体的超压保护措施。

6.分离单元

反应后的剩余单体和聚合物的混合物从反应釜排出经产品冷却器 E1304 冷却后进入高压产品分离器 D1401。在 D1401 中聚合物熔融物与未反应单体分离，液位由 D1401 底部的产品阀控制。

分离的聚合物熔融物通过管线进入低压产品分离器 D1402。该熔融物中含有溶解的乙烯单体，当生产共聚产品时还会含有醋酸乙烯。这些单体部分将进入低压循环气系统。

低压产品分离器 D1402 的底部出口直接与挤出机 EX1701 的入口通过闸板阀相连。

7. 高压循环气系统

高压循环气系统从高压产品分离器 D1401 气相部分的下游开始。循环气在低硬度产品冷却器 E1401 中被低压热水冷却，然后进入低硬度产品分离器 D1501，大部分气体中夹带的液相（夹带液相的 70~80%）被分离出来。接着循环气会依次通过立式的高压循环气冷却器 E1501、E1502A/B、E1503A/B 继续脱除低分子量的产品（如蜡等）后，被返回到二次机的吸入口。循环气中分离出来的蜡等夹带物会定期排至蜡排放罐 D1503，然后通过蜡排放泵 P1503 送到临时收集器中收集处理。

蜡排放罐 D1503 中的气相通过一次机吸入罐 D1203 回到一次机 C1201 的吸入口。D1503 设有一路排火炬系统的管线，当 D1503 的压力由于上游系统蜡排放阀的原因（故障或波动）过高时，此管线的阀门会自动打开以降低罐中的压力。

8. 低压循环气系统

从高压产品分离器来的聚合物/气体混合物中的乙烯及醋酸乙烯单体在低压产品分离器 D1402 中减压并分离，排至低压循环气系统进行循环利用。

D1402 的液位由挤出机的螺杆转速联锁控制。D1402 的低料位会联锁挤出机停车，并自动关闭 D1402 下方的闸板阀。

LDPE 工况时，D1402 的低压循环气经低压分离罐 D1601 中分离后，在低压循环气第一冷却器 E1601 中冷却至 45℃左右，此时低压循环气第二冷却器 E1602 冷冻水不投用；EVA 工况时，低压循环气将进一步由 E1602 冷却到 20℃。

D1402 至 D1601 均采用高压蒸汽伴热，D1402 和 D1601 均设有安全阀，其间的连接管线上设有爆破片。

为了保证低压循环气的纯度，控制循环气中惰性气体和调节剂的含量，约占低压循环气量 2.5%的排放气由 C1201 第三级排出，经 VA 回收系统后经 FQI00106 计量送至烯烃厂。D1601 中收集的蜡通过 P1601A 送到临时收集器中收集处理。

9. 挤出和造粒

从低压产品分离器出来的熔融聚合物通过蒸汽伴热的闸板阀向挤出机进料。挤出机螺杆可无级调速，螺杆尾部配有密封装置，通有氮气。泄漏气排至蓄热式热氧化炉（RTO），液相部分排至 D1703，D1703 分离出的气相排至火炬。在 EVA 工况下，

D1703 需冷冻水保冷，液相排至 D2003，在 LDPE 工况下，D1703 需低压蒸汽伴热，析出的油蜡排至 D0401。

挤出机模板采用蒸汽加热，物料通过模板被切刀切为粒料状，由颗粒输送水输送到颗粒干燥器 R1901，输送水既是输送介质，也是冷却介质。R1901 通过重力作用和离心力作用将粒子从输送水中分离。干燥粒子流在重力作用下进入振动筛 F1905，之后进入颗粒输送料斗 D5103。

干燥器 R1901 在粒料筛 F1902 的作用下，自动将块料收集到容器中。F1902 分离的水在重力作用下通过切粒水细筛 F1901 后进入颗粒输送水罐 TK1902。颗粒输送水通过颗粒输送水泵 P1901A/B 经颗粒水粗筛 F1903A/B 和颗粒水冷却器 E1902A/B 后，回到切料机。输送水的温度根据产品牌号确定。

10. 换热系统

乙烯和醋酸乙烯在高温下聚合，根据牌号不同，反应最低温度需超过 130~180℃。而作为一个放热反应，过高的温度会导致乙烯或醋酸乙烯分解，因此针对不同的反应温度通过不同温度等级的热水来冷却熔融物料及高压循环气。

开车时需从界外引入蒸汽，并通过开车加热器 E1303 来预热反应釜使之达到聚合温度，此外蒸汽还用于多个设备和管道的伴热。在开停车时，蒸汽还用于保持/加热冷媒系统及蒸汽系统的温度。

装置设有两个等级的冷冻水：

1) -10℃：低温冷冻水，主要用户为 E1302A/B、E1231 等；2) 5℃：高温冷冻水，其他用户。其中-10℃冷冻水介质采用 40%vol 乙二醇水溶液，5℃冷冻水介质为普通脱盐水，由制冷单元提供冷量。

11. 脱气风送系统

① 气力输送系统

装置气力输送系统分四个输送线：

1) 颗粒输送料斗 D5103 至脱气仓 D5101A~P 的输送；2) 粒料在 D5101A~P 中的自循环；3) D5101A~P 经 F5504A/B 至包装料仓 D5502A/B 的输送；4) 粒料在 D5502A/B 间的循环或自循环。以上气力输送线的输送类型均为稀相输送。

② 脱气系统

在脱气料仓中，产品中的未反应单体（乙烯、醋酸乙烯）含量被降低到安全水平。产品颗粒在料仓内的停留时间根据产品牌号确定。D5101A~P 可用于处理合格料和不合格料，检测产品合格后切换至合格料仓进行脱气。

脱气料仓顶部均设置烃类分析仪，脱气料仓排出气中乙烯和醋酸乙烯含量应低于其爆炸下限的 30%，否则不能排入 RTO 炉。

12. 产品包装系统

脱气料仓 D5101 A~H 和 D5101 I~P 的粒料分别通过风机 BL5105A/C 和 BL5105B/C 稀相输送至淘洗器 F5504A/B, 经淘洗器除尘后的粒料通过重力流送到包装料仓 D5502A/B。

包装料仓设有高/低料位控制, 输送管线自动切换。为了在生产某些牌号时避免粒料粘结, 设置一条自循环线路将粒料从料仓底部气送返回至料仓顶部; 也可通过自循环线上的换向阀输送至另一包装料仓。包装料仓和脱气料仓的自循环输送气均由 BL5131A~C 和 BL5105C 组成的中央风网提供。包装料仓与脱气料仓在每个进料口均设有静电消除仪。

三、“三废”排放及治理情况

本项目设计以清洁生产为原则, 采用先进的生产工艺和成熟的环保处理技术, 确保装置建成后所有污染物达标排放, 将项目对环境的影响减至最小。

1. 废水

(1) 生产污水: 主要来源为切粒水槽排水, 主要污染物为 COD、BOD5 和 EVA 颗粒, 经预处理回收 EVA 颗粒后送扬子石化水厂净一装置。

(2) 设备冲洗水: 用水对转动设备进行冲洗时产生, 可能会从泄漏点或溢流点排放的含油污水, 主要污染物 COD、BOD5 和石油类, 去新建的含油污水处理装置隔油处理后送扬子石化水厂净一装置。

(3) 地面冲洗水: 用水对装置区地面进行冲洗时产生的地面冲洗水, 主要污染物 COD、BOD5 和石油类, 去新建的含油污水处理装置隔油处理后送扬子石化水厂净一装置。

(4) 初期雨水: 装置区初期雨水, 主要污染物 COD 和 BOD5, 送扬子石化水厂净一装置。

(5) 生活污水: 主要污染物 COD 和 BOD5 和氨氮, 送扬子石化水厂净一装置。

(6) 循环水场排污水: 本装置循环水依托扬子石化第三循环水场, 装置循环冷却水需求量为 6100 m³/h, 主要污染物为 COD, 进入厂区污水管网, 送扬子石化水厂净一装置。

2. 废气

本装置压缩单元收集的泄漏气、挤出机排气、醋酸乙烯干燥系统再生气、醋酸乙烯回收塔顶气、去火炬氮气等, 主要成分为氮气、乙烯、醋酸乙烯、丙烯/丙烷, 送至 EVA 地面火炬燃烧处理, 尾气达标后经 $\Phi=15$ 米、H=40 米的排气筒排入大气。EVA 装置封闭式地面火炬系统用于处理在正常、开停车、事故和紧急工况下排放的可燃性气体能够及时、安全、可靠地放空燃烧, 并满足相关的环保要求, 以保护设备和人员安全。

本装置离心干燥机风机排气、脱气料仓排放气、废油罐氮封气，主要成分为乙烯、醋酸乙烯、氮气，被送至蓄热式氧化设备(RTO)进行处理，火焰离子化检测仪(FID)测得总有机碳量 $\leq 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，尾气达标后经45米高的烟囱排入大气。

本装置脱气料仓至淘洗器废气、淘洗器系统废气、包装料仓自循环系统废气，布袋除尘后经40米高的排气筒排放。包装机排放废气袋除尘后经15米高的排气筒排放；VA阻聚剂卸料站废气袋除尘后经15米高的排气筒排放；固体添加剂卸料站废气袋除尘后经31米高的排气筒排放；液体添加剂卸料站废气袋除尘后经18米高的排气筒排放，以上废气除尘后粉尘浓度 $< 20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本装置装卸站装卸有机溶剂，产生的排放气经油气回收设备处理后，经15m高的排气筒排放。

EVA装置内设备、管道、阀门等的跑、冒、滴、漏及氮封气的排放造成无组织废气排放，主要污染物为非甲烷总烃、醋酸乙烯，排放能够满足环保要求。

3、固废

本装置固废产生及排放情况如下：

(1) 废蜡：来自高压循环气系统蜡排放罐、低压循环气系统低压分离罐，由泵送至废蜡桶，约146t/a。送有资质单位处理。

(2) 废油：来自压缩机机组，约80t/a。低压循环气中的醋酸乙烯润滑油、溶剂在增压机一级吸入罐及每一级的级间吸入罐中被分出，压缩机机组废油一起并送往废油收集罐；当共聚物工况时，废油收集罐中的液体送往废油储罐，作为废油委托有资质单位处理。

(3) 废溶剂油：来自废过氧化物罐，约20m³/a。过氧化物溶液配置系统设一个废液罐（低压罐），罐中保证足够的溶剂量来瞬间稀释任何过氧化物溶剂；其他罐的废液流入此罐后，过氧化物溶剂活化氧含量被降低到安全范围，不能再利用，再由泵送到废过氧化物罐。委托有资质单位处理。

(4) 废干燥剂：来自醋酸乙烯干燥塔，主要成分为铝硅酸盐沸石分子筛及A1203。新鲜的VA和循环VA需经脱水干燥，干燥系统由两个分子筛塔以及再生气加热器组成，两塔切换操作，当一个干燥塔工作时，另一个塔可再生其分子筛床层。干燥塔需定期更换吸附剂，废吸附剂产生量约33.89t/5a。送扬子固废填埋场填埋。

(5) VA废液：主要由4部分组成。

①醋酸乙烯回收系统废液

未反应的醋酸乙烯被送到醋酸乙烯回收单元，提纯后的VA再通过泵返回VA干燥单元入口；第二精馏塔塔顶气相冷凝后和第一精馏塔塔釜出料一起被送到醋酸乙烯废液收集罐，产量约2000t/a，委托有资质的单位处理。

②装卸站废液

装卸站废气采用吸附冷凝催化氧化处理，会产生 VOCs 冷凝液，主要为废油、醋酸乙烯和溶剂等，产量约 0.01t/a, 送有资质单位处理。

③火炬分液罐凝液

装置长时间运行，火炬分液罐 D-0610 和 D-0611 底部产生的凝液需定期装桶，产量约 20t/a, 委托有资质单位处理。

④事故排放罐废液

事故排放罐 D-1301 下部充满水，如装置发生事故，高压系统泄压气体将排入 D-1301，气体中夹带的 VA 将在 D-1301 中冷凝，此时 D-1301 的水中会含有 VA，这部分水将作为废液处理, 产量约 15t/次，委托有资质单位处理。

(6) EVA 废树脂：造粒开停车时，会造成部分 EVA 颗粒散落地面，同时拦截池以及生产时筛落部分物料，约 46 t/a, 委托有资质单位处理。作废料处理。

(7) 废活性炭：装卸站废气采用吸附冷凝催化氧化处理，采用活性炭吸附，会产生废活性炭，约 500kg/5a, 送有资质单位处理。

(8) 废催化剂：装卸站废气采用吸附冷凝催化氧化处理，催化氧化过程中会产生废催化剂，铂钯总量 $\geq 0.5\text{g/L}$ ，约 0.06kg/3a, 送有资质单位处理。

4、噪声

本装置区产生的连续噪声主要来自压缩机、挤出机、冷冻机组、风机、泵等；配套设施的罐区、过氧化物仓库、汽车装卸站、地面火炬的噪声主要来自各类泵、制冷机组及火炬。本装置的压缩机、挤出机等尽量选用低噪声设备，风机采取安装隔声罩及消音器等措施，地面火炬设置防风墙及密闭燃烧室；对噪声较高的设备，通过提高设备的自动化水平，减少操作工的接触时间，必要时可采用个人防护。

5、放射源

本装置区共有放射源 13 个，其中铯-137 有 7 个，钴-60 有 6 个，分别用于 D-1301 排放罐、D-1401 高压产品罐、D-1402 低压产品罐、D-1503 蜡排放罐及 D-1601 低压分离罐。装置正常生产过程中，巡检操作人员应与放射源保持一定的安全距离；装置检修作业前，必须确认上述设备料位计已停用，放射源已抽出锁入铅盒，确保安全后方可作业。

四、对周围环境影响

本项目采用成熟可靠的工艺技术，严格按照设计和操作规范进行设计和施工。运行工艺成熟，三废排放规范。事故应急处理措施得力，同时本项目产生的“三废”均能得到有效治理，对周围环境无不良影响

五、开车前环保管理工作

1、塑料厂成立试车组织机构，设有安全环保组，并编制了总体试车方案；同时装置成立开工领导小组，全面落实开工过程中各项环保措施的执行。

2、开车前做好开工方案、操作规程、工艺技术规程、安全技术规程、应急预案的编制工作，落实环保措施，特别是对管线吹扫、置换、清洗时产生的污水，严格清污分流，杜绝乱排乱放。

3、加强开车前职工技能的培训和开工方案、操作规程、工艺技术规程、安全技术规程、应急预案的学习，加大环境保护的宣传力度。操作人员经过 HSSE 及工艺技术培训并考核合格，持上岗合格证和安全作业证上岗。确保开工过程中环保事故为零。

4、开车时要求所有设备、管线的导淋、排污必须关闭，防止物料跑损，造成污染。

5、清洗设备、管线要节约用水，减少污水排放，禁止集中排放，造成污水外溢。

6、落实好“三废”监控点，做好监测工作。日常环保监测工作主要由质检中心承担，按监测内容对污染物排放进行监测分析。

