

# 食品级 LDPE 树脂低聚物产生原因分析及改进措施

郭晓东, 李国锋, 杜善明

(中国神华煤制油化工有限公司新疆煤化工分公司, 新疆 乌鲁木齐 831404)

**摘要:**通过实验和理论分析研究食品级高压低密度聚乙烯(LDPE)树脂产品中低分子质量聚合物含量的影响因素。通过分析高压聚乙烯聚合反应机理,结合实际生产条件,改进生产工艺,有效降低了LDPE树脂中低聚物含量。

**关键词:**食品级LDPE;低聚物;正己烷提取物

中图分类号:TQ325.1<sup>+2</sup>

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2015)02-0129-04

## Cause analysis and countermeasures of oligomer formation in production of food grade low density polyethylene (LDPE)

GUO Xiao-dong, LI Guo-feng, DU Shan-ming

(China Shenhua Coal to Liquid and Chemical Xinjiang Coal Chemical Company, Urumqi 831404, China)

**Abstract:** The factors influencing the formation of oligomer in the production of food grade low density polyethylene (LDPE) are analyzed. The polymerization mechanism of synthesis of LDPE is discussed. In combination with the practical production conditions, the process has been improved, which effectively reduces the oligomer contents in the food grade LDPE.

**Key words:** food grade low density polyethylene (LDPE); oligomer; extractable fraction in *n*-hexane

高压低密度聚乙烯树脂,即所谓的LDPE树脂是采用高压管式法生产工艺或釜式法生产工艺,使乙烯单体或单体及共聚单体在高温、高压条件下聚合而生产出的聚乙烯树脂均聚物或者共聚物<sup>[1]</sup>。LDPE树脂是重要的热塑性材料,具有良好的透光性和加工性能,可以制成薄膜、容器等多种制品,被广泛应用于食品包装、医药卫生、农地膜等领域。随着经济的发展和人民生活水平的不断提高,国内对于LDPE树脂的表观消费量也在不断增长,特别是在食品包装行业,LDPE树脂有着不可或缺的地位。作为食品包装材料,在与食物接触时食物温度可能仍然较高,且又因为多数食物中含有油脂,会导致LDPE树脂中含有的低聚物部分溶出,污染食品,影响人们的身体健康。国标GB 9691—1988规定,食品级LDPE树脂正己烷提取物质量分数必须 $\leq 2\%$ <sup>[2]</sup>。降低食品级LDPE树脂产品中正己烷提取物检测含量,对保证LDPE树脂产品在食品包装领域中的应用,提升LDPE树脂生产企业的产品竞争力具有重大意义。

## 1 LDPE树脂中低聚物含量测试

### 1.1 实验原料

LDPE树脂:18D、18G、某新牌号、2426F、2426H、2426K以及开车阶段产生高指数样品,生产

单位为大庆石化塑料厂高压一、高压二车间。正己烷:大庆石化公司生产。

### 1.2 LDPE树脂中低聚物含量测试与分析

#### 1.2.1 低聚物含量测试标准方法

选取目前工业化量产的LDPE树脂作为实验样品。低聚物含量采用正己烷提取物检测国标GB/T 5009.58—2003规定的方法进行测定。样品称重,首先称取1.00~2.00g试样,50~100粒,置于容积为250mL回流冷凝器的烧瓶中,加入100mL正己烷,在水浴加热条件下回流2h后,立即用快速定性滤纸过滤,用少量正己烷洗涤滤器及试样,洗液与滤液合并。将正己烷放入已恒量的浓缩器的小瓶中,浓缩并回收正己烷,残渣于100~105℃干燥2h,在干燥器中冷却30min,称量<sup>[3]</sup>。按照公式进行计算:

$$X = [(m_1 - m_2) / m_3] \times 100\%$$

式中, $X$ 为试样中正己烷提取物质量分数; $m_1$ 为残渣加浓缩器的小瓶的质量,g; $m_2$ 为浓缩器的小瓶质量,g; $m_3$ 为试样质量,g。

#### 1.2.2 LDPE树脂低聚物含量测试结果

熔体流动速率(MFR)是聚乙烯树脂产品重要的性能参数之一,测试方便、所需时间较短,在LDPE树脂生产装置中作为检测产品质量的定时检测指标,测试频次为每小时1次或者每2小时1次。通过对LDPE正己烷提取物与MFR之间关系的研

究,对在生产中及时跟踪聚乙烯树脂产品质量,及时调整生产工艺,在生产过程中指导降低 LDPE 树脂低聚物含量,从而降低检测时正己烷提取物含量具有重要作用。实验中对 6 组样品进行了测试,测试结果见表 1。

表 1 食品级 LDPE 树脂低聚物含量测定值

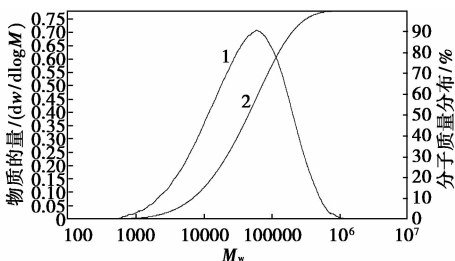
样品序号	1	2	3	4	5	6
产品牌号	2426F	18D	2426H	2426K	18G	开车料
MFR/[g·(10 min) <sup>-1</sup> ]	0.75	1.4	2.0	3.9	7.3	22.8
正己烷提取物/%	1.18	1.31	1.90	2.85	5.21	10.78

从结果可以看出,随着 LDPE 树脂 MFR 的增大,样品中正己烷提取物含量随之增加。这是因为熔体流动速率 MFR 是 LDPE 平均分子质量的宏观表现形式<sup>[4]</sup>。高分子聚合物实际为众多分子的混合物,所含单体链节数长度并不相同,这就导致高分子聚合物的相对分子质量与聚合度都是宏观表现的平均值。MFR 是 LDPE 树脂平均分子质量的表现,LDPE 树脂随着 MFR 的升高,平均分子质量降低,正己烷提取物含量增加。

### 1.3 LDPE 树脂低聚物含量与分子质量分布之间的关系

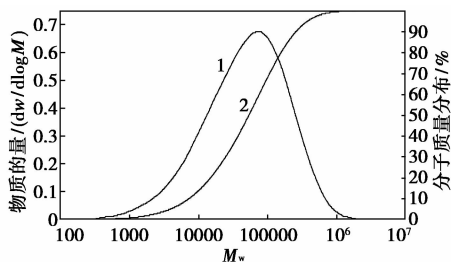
为更深入分析 LDPE 树脂低聚物含量与分子质量分布之间的关系,研究 LDPE 分子质量分布对低聚物含量的影响,选取 MFR 相同(2.0 g/10 min),但正己烷提取物测试含量不同的样品,对其分子质量分布进行测试。

图 1 为正己烷提取物为 3.7% 的样品 GPC 图谱,测得  $M_n$  为 16 645,  $M_w$  为 83 552;图 2 为正己烷提取物为 1.9% 的样品 GPC 图谱,测得  $M_n$  为 16 100,  $M_w$  为 105 478。2 个样品 MFR 相同,但正己烷提取物含量差别很大。从分子质量分布结果可以看出,二者数均分子质量  $M_n$  基本相同,但重均分子质量  $M_w$  相差较大,1#重均分子质量小,说明样品分



1—分子质量分布;2—分子质量分布积分

图 1 正己烷提取物为 3.7% 样品 GPC 图谱



1—分子质量分布;2—分子质量分布积分

图 2 正己烷提取物为 1.9% 样品 GPC 图谱

子组成中分子质量小的组分占的比例高,从而在正己烷萃取过程中析出的树脂质量较大。LDPE 树脂分子质量分布中,低分子质量成分含量是影响其正己烷提取物的主要因素。

## 2 LDPE 树脂中低聚物产生原因分析及改进措施

### 2.1 LDPE 树脂生产工艺简介

目前,国内绝大多数 LDPE 均聚物树脂产能来自高压管式法生产工艺。而高压管式法又以 Lyondell Basell 公司的 LUPOTECH TS 专利技术应用最为广泛。该工艺是以乙烯为原料,采用有机过氧化物溶液作为引发剂,利用丙醛、丙烯、丁烯等作为分子质量调整剂,乙烯采用单点进料,过氧化物由四点注入,在反应压力 230 ~ 280 MPa,反应温度 290 ~ 310℃ 的操作条件下进行聚合反应。

聚合级的原料乙烯首先由一次压缩机升压至 28 MPa,与从高压分离器返回的高压循环气混合后,再经超高压压缩机升压至 280 MPa,经预热器预热后,进入反应器,过氧化物混合溶液分 4 点注入到反应器的不同区域,引发聚合反应,因乙烯聚合放热,反应热如不能及时撤去会导致超温分解,为保证反应连续性,反应器设置夹套,反应热由热水撤除,发生副产蒸汽,反应器中聚合产生的熔融聚乙烯经脉冲阀排出后,先后经过高、低压分离器闪蒸出未反应的乙烯单体,再经挤压造粒产出聚乙烯颗粒。在高压分离器分离出的气体返回超高压压缩机入口,

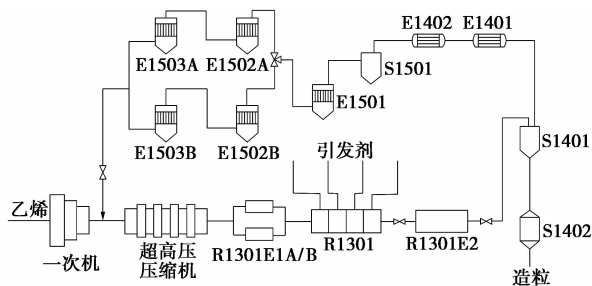


图 3 高压管式法聚乙烯生产工艺流程图

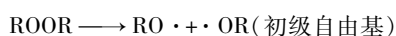
低压分离器分出的气体返回增压机入口回收。该工艺的流程简图见图3。

## 2.2 高压聚乙烯聚合机理

聚合单体乙烯或者乙烯及共聚单体混合物在超高压(150~280 MPa), 高温(270~310℃)条件下, 在氧气或者过氧化物引发剂的作用下, 发生自由基聚合反应, 反应的引发温度为150~165℃, 典型的均聚聚合反应是在管式反应器中进行的。整个反应过程要经历如下4个过程<sup>[1]</sup>。

### (1) 链引发

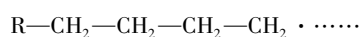
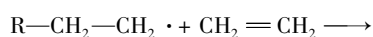
引发剂发生分解, 形成初级自由基, 此反应过程为吸热反应:



初级自由基与单体加成, 形成单体自由基, 此反应过程为是放热反应:

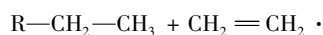
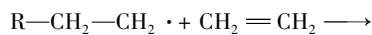


### (2) 链增长

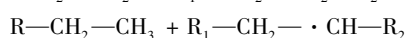
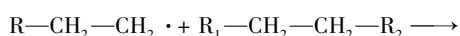


### (3) 链转移

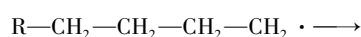
向单体转移



向大分子转移



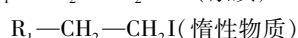
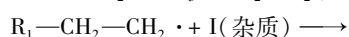
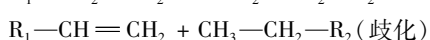
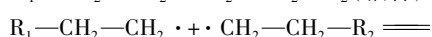
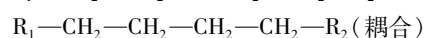
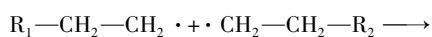
分子内部转移



向杂质转移



### (4) 链终止



自由基反应特点: 因为自由基存在的寿命在自由基聚合反应中很短, 所以必须在高压条件下, 提高单体密度, 缩短自由基的碰撞距离, 使得碰撞几率变大。通过自由基聚合原理分析, 4个反应过程决定了生产出树脂产品的性能特点。链转移剂的微量加入可以起到控制熔体流动速率的作用, 并且使得反应器压力可以适度提高, 同时保持树脂具有一定的

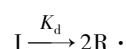
分子质量。常用的链转移剂有丙烷、正丁烷、正己烷、环己烷, 丙烯、1-丁烯、丙醛等。通过链转移剂的加入可以使长短链支化度降低, 产品的密度增加。链转移常数、反应压力、聚合温度及所需要的熔体指数决定了链转移剂的用量。生产中选择的链转移剂如果不适合、不合理, 会造成使链转移反应发生概率加大, 树脂分子质量偏移增加, 造成低分子聚合物含量上升。

而高压管式法专利技术生产工艺多采用多区管式反应器, 典型的为四段反应器, 乙烯在第一段反应器发生聚合之后被冷却, 冷却后的乙烯和聚乙烯混合物在第二段反应器又被继续引发, 以此提高单程转化率。而目前国内LDPE生产装置多存在反应器黏壁问题, 使二、三、四段反应器引发温度比理论值偏高5~10℃, 因为乙烯聚合为放热反应, 引发温度升高, 导致链终止反应更易发生, 从而导致产品中低聚物含量偏高。

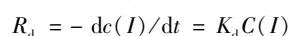
## 2.3 引发剂引发原理及其影响

自由基聚合反应活性中心的物质是引发剂。引发剂既是聚合反应速率的重要影响因素之一, 更是控制聚合物相对分子质量的重要手段。引发剂通常是含有弱键的化合物, 在热作用下, 共价键均裂而产生自由基的物质, 在化学反应中起到引发反应的作用, 故称为引发剂。在一般自由基聚合反应体系中, 聚合温度为60~160℃。而乙烯聚合需要的引发温度较高, 典型的引发温度为150~165℃。聚合反应中使用的引发剂, 其键能即分解活化能 $E_d$  必须在105~190 kJ/mol, 多数在125~150 kJ/mol。因此, 当前开发的自由基聚合的引发剂主要是过氧类化合物和偶氮类化合物, 也可能是纯氧。有机过氧类引发剂(peroxide initiator) 被广泛用于乙烯聚合, 过氧化氢 $\text{HOOH}$  是最简单的过氧化类引发剂, 其中1个H原子被有机基团取代, 就形成了有机过氧化物, 这类具有 $\text{R}-\text{OOH}$  结构的引发剂被称为氢过氧类引发剂<sup>[5]</sup>。若其中2个H原子都被有机基团取代, 则形成 $\text{R}-\text{OO}-\text{R}$  分子结构。

引发剂一级反应分解反应, 其分解公式为:



式中, I代表引发剂分子; R代表初级自由基;  $K_d$ 代表引发剂分解速率常数,  $\text{s}^{-1}$ 、 $\text{min}^{-1}$ 、 $\text{h}^{-1}$ 。



式中,  $R_d$ 代表引发剂分解速率,  $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ ;  $C(I)$ 代表引发剂的浓度,  $\text{mol}/\text{L}$ 。

而引发剂的半衰期为:

$$K_d = \ln 2 / t_{1/2}$$

在进行自由基聚合反应时必须根据聚合周期合理选择半衰期适当的引发剂,使引发剂半衰期  $t_{1/2} \leq t^{[2]}$ 。典型的高压管式法反应器长度为 1 800 m,为提高单程转化率,反应器分为 4 个分区。根据装置规模不同,第一区长度为 544 ~ 850 m,为保证后续反应进行需要设置冷区段,其有效反应段长度为 150 ~ 230 m,初始引发温度为 165℃,反应器为平推流,介质流速为 14 m/s,此处计算选择有效反应长度为 150 m,故在反应区介质停留时间为 10.7 s,从过氧化物注入反应器引发反应,需要在小于这个时间内消耗至失去有效引发能力,以免发生过多副反应造成低分子聚合物的产生。根据实际生产的情况,一般选择 2 种或 2 种以上过氧化物配置成鸡尾酒形式,通过接力引发来完成反应,提高单程转化效率。但如果过氧化物类型及配方选择不当则会造成少量过氧化物残留,在后续工艺条件下造成副反应发生,从而导致产品中超高分子质量及低分子质量聚合物含量的增加,使总的分子质量分布加宽,影响树脂产品质量。

## 2.4 生产工艺及操作影响

乙烯高压气相自由基本体聚合过程单程转化率仅为 15% ~ 35%,未反应的大量乙烯需要被循环使用。因此,系统中只有 30% 的新鲜乙烯,其余为循环乙烯。高压聚乙烯生产过程中,从反应器中排出的聚乙烯和乙烯混合物要经过高压分离器、低压分离器 2 次分离,将聚乙烯中的乙烯单体、低聚物、油等物质从树脂中闪蒸分离,提高 LDPE 产品纯度。实际生产中,由于低聚物的黏附作用,以及循环气系统分离效果不佳等原因,导致系统低聚物夹带,造成产品中低聚物含量偏高,使 LDPE 树脂的正己烷提取物含量超标。

从实际生产情况看,在超级压缩机入口的管线上可发现低聚物残留,说明在循环气体中有低分子质量聚合物夹带返回系统,部分低聚物最终进入树脂,夹杂存在于产品颗粒中。另外由于高压分离器液位控制,也会造成分离效果的降低,过低液位控制会导致低压分离器压力的剧烈波动,造成安全隐患和停车机会,控制过高,则会降低闪蒸效果,增加气体夹带聚合物的含量。

## 2.5 改善产品性能采取的措施

针对造成食品级 LDPE 树脂低聚物含量超标的问题,通过上述因素分析,在实际生产中采取了多种措施,经过实际工业化验证,取得了较好的效果。

### 2.5.1 改善聚合反应引发温度

通过调整反应器各段换热水量,提高撤热量,降低二、三、四峰引发温度;第一峰引发温度不变,保持在 163 ~ 165℃,而一峰尾部温度由 245℃ 降低到 230℃,第二峰尾部温度由 260℃ 降低到 245℃,第三峰尾部温度由 270℃ 降低到 260℃。通过对换热水量的调整,使得各段引发温度更接近理论值,降低副反应发生。

### 2.5.2 调整反应器尾部脉冲阀参数

脉冲阀位于管式反应器尾部,其作用是以一定的频率使反应器产生一个人为的压力降,使反应压力降低 20 ~ 50 MPa,可在瞬间使反应器内的乙烯和聚乙烯混合物提高流速,冲刷内壁的物料,减少黏壁的产生,脉冲阀的脉冲参数及简易趋势图如图 4 所示。

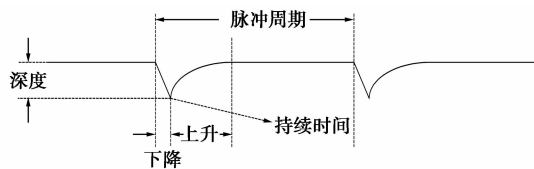


图 4 脉冲阀控制曲线

通过采取缩短脉冲周期(time ulus pause)、增加脉冲深度(depth)、增大最低压力持续时间(duration)等方法,使脉冲阀产生更加强有力的脉冲。缩短脉冲周期由 70 s 降低为 65 s,脉冲深度由 30 MPa 增加到 40 MPa,将最低压力持续时间由 0.38 s 增加到 0.50 s。调整后,实际反应器入口处压力降由最初的 3 MPa 提高到 4 MPa,瞬间流速提高明显。

### 2.5.3 改进操作方法

因本文中主要基于工业化运行装置,在保证装置运行和产品其他参数合格基础上除了采取上述措施之外,还在生产操作中改变操作方法,针对高、低压循环气系统的分离能力,减少低聚物的夹带。主要采取的措施有:增加处理高循黏壁处理次数,将原有频率增加 1 倍;降低低分系统压力,由原来的 0.12 MPa 降低到 0.06 MPa;增加系统排油排蜡频率,将高循换热器及分离器排蜡频率由原来每操作班次 2 次增加为每操作班次 4 次,增加备用侧排蜡操作,由每班次 1 次增加为每班次 2 次。

### 2.5.4 采取措施后产品质量改进效果

在 2 套生产装置进行操作改进和实验之后,对比改进前样品进行分析。表 2 为采取措施前后相同牌号产品正己烷提取物含量对比。从结果可以看

(下转第 134 页)

# 火炬放空空气回收技术的研究与应用

魏忠昕, 马慧明, 戴海林, 许艳赫, 林 燕

(中原油田分公司天然气处理厂, 河南 濮阳 457162)

**摘要:**针对放空火炬气排放系统的特点,分析了压缩机变频控制、回收系统控制、火炬点火控制等难点问题,提出一套放空火炬气回收方案,并加以实施,取得了良好的经济效益和社会效益。

**关键词:**火炬气;气柜;回收技术

**中图分类号:**TE64

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2015)02-0133-03

## Research and application of torch vent gas recovery technology

WEI Zhong-xin, MA Hui-ming, DAI Hai-lin, XU Yan-he, LIN Yan

(The Natural Gas Processing Plant, Zhong Yuan Oilfield, Puyang 457162, China)

**Abstract:** In view of characteristics of flare gas emission system, the difficult problems involving in control systems for compressor frequency conversion, recovery and flare ignition, are analyzed. A flare gas recovery system scheme is proposed and implemented in this study. Remarkable economic and social benefits have been yielded.

**Key words:** torch vent gas; air storage tank; recovery technology

中原油田天然气处理厂第三气体处理厂(以下简称三气厂),一期装置始建于1989年,已经平稳运行25年,二期装置于2001年投产,已经平稳运行13年,目前2套装置采用交替运行生产模式。

三气厂放空火炬系统受建厂时技术条件限制,没有配置放空火炬气回收设备。三气厂伴生气处理装置正常生产运行时,约有1万 $\text{m}^3/\text{d}$ 的放空气体排放,大量烃类可燃气体的长年燃烧,造成巨大的能源浪费和环境污染,不符合国家提倡的“可持续发展”的长期能源发展战略思想。

2013年,中原油田天然气处理厂针对伴生气处理装置工艺参数和流程特点,组织技术力量,对伴生气处理装置放空火炬气回收技术进行研究和实施。

## 1 放空火炬气回收流程研究

### 1.1 火炬系统现状

现有火炬放空流程是火炬放空气经过分液罐直接进入火炬放空燃烧。

主要参数:火炬气压力1~10 kPa;火炬气温度-5~50℃;原料气压力400~500 kPa。

### 1.2 放空气量确定

三气厂放空气来源主要由正常运行时的放空气、装置开停机时的放空气和事故状态下的放空气3部分组成。

火炬放空气是低压气,瞬间放空气气量与持续放空气气量变化级差大,难以计量。三气厂火炬放空气气量没有计量装置,但可通过消耗气总量与燃

料气量之差计算得出,再减去少量跑冒漏气,即为火炬放空气量。

根据近两年的统计,平均每年损失气量为357万 $\text{m}^3$ 左右,每年放空气量为总损失气量的95%,即为339万 $\text{m}^3$ 左右,每天放空气量为1.03万 $\text{m}^3$ 左右。开停机时每天气量损失平均为2.65万 $\text{m}^3$ ,放空气量每天约为 $2.52 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

### 1.3 火炬放空气回收工艺流程优选

目前,火炬放空气回收工艺有2种方式,一种直接采用压缩机回收火炬放空气,另一种采用气柜和压缩机组合的方式回收火炬放空气。第一种方式的优点是投资少,占地面积小;缺点是在放空火炬气气量无法精确计量的条件下,压缩机排气量不容易确定,同时由于火炬放空气气量的不稳定性,压缩机要实时适应火炬放空气气量波动比较困难。第二种方式的优点是气柜能最大限度缓冲火炬放空气,为压缩机回收火炬放空气延长回收时间,增加放空气的回收量,为压缩机提供了一个平稳的进气压力,有效降低压缩机开停机频率,比第一种方式火炬放空气的回收效率高。缺点是投资大,占地面积大。因此,选用气柜和压缩机组合的方式回收火炬放空气。

工艺流程如图1所示,伴生气处理装置正常生产运行时,放空火炬气受水封罐内水封的阻挡,经回收管路进入分液罐,然后进入放空火炬气回收气柜,再经压缩机增压到700 kPa,进入原料气管网,作为原料气重新利用。

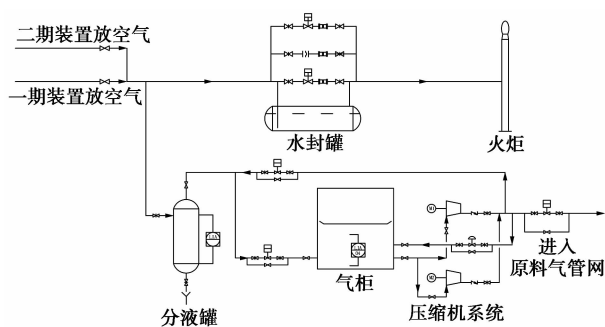


图 1 火炬放空空气回收工艺流程图

伴生气处理装置处于手动放空或事故放空状态时,放空管网压力升高,放空火炬气压力超过安全水封压力(5.88 kPa)时,紧急放空阀连锁打开,一部分放空火炬气进入火炬燃烧放空,另一部分放空火炬气继续进入放空火炬气回收气柜,经压缩机加压后进入原料气管网,作为原料气重新利用。

伴生气处理装置恢复正常生产运行时,放空火炬气超压放空完毕,放空管网压力降低,压力开关复位,紧急放空阀连锁关闭。放空火炬气继续进入放空火炬气回收气柜,经压缩机加压后进入原料气管网,作为原料气重新利用。

## 2 设备选型

主要设备包括气柜、压缩机和分子封密封器等。

### 2.1 气柜

#### 2.1.1 气柜选型

气柜主要有湿式气柜、干式气柜和膜式气柜 3 种。

湿式气柜冬季需要蒸汽伴热,三气厂没有可用蒸汽源,因此湿式气柜不适用于本项目。

(上接第 132 页)

出,在采取提高系统分离效果措施之后,产品正己烷提取物含量得到明显降低,达到了国标的质量要求,完全满足食品级包装用 LDPE 树脂的质量要求。

表 2 采取措施前后对比

牌号	MFR/ [g·(10 min) <sup>-1</sup> ]	正己烷提取物 (质量分数)/%
改进前 18D/2426H/某新牌号	1.52/2.02/2.80	1.91/2.42/2.55
改进后 18D/2426H/某新牌号	1.54/2.02/2.78	1.31/1.51/1.86

## 3 结论

食品级 LDPE 树脂中低聚物含量是影响其正己烷提取物测定值的主要因素,低分子质量成分越多

膜式气柜外型为 3/4 球体,占地面积较大,并且很难确定内膜的位置与气柜容积的函数关系,很难实现用内膜位置信号控制压缩机变频。

橡胶膜密封干式气柜是一种不使用水和稀油等液体及半液体的全干式气柜,其密封性能好,适用于含尘量大、湿度高、有毒气体成分多的气体储存,橡胶膜式气柜也是气柜发展的趋势。因此,选用橡胶膜密封干式气柜。

### 2.1.2 气柜容积确定

气柜容积主要考虑装置正常运行及开停机手动放空时的放空气量,经统计,这部分放空量每天平均值在 1.03 万 m<sup>3</sup>。切换时放空气量平均为 2.52 万 m<sup>3</sup>,每小时最大放空气量 2 100 m<sup>3</sup>,考虑到正常生产工况与非正常生产工况所占比例的不同,非正常开停机每月平均 2.5 次,部分回收将降低放空气量,减少了环境污染。如果全部回收这部分放空气体,需要选用 5 000 m<sup>3</sup> 气柜,气柜投资大,投资效益降低,综合分析后,放空气回收气柜容积定为 2 000 m<sup>3</sup>。

## 2.2 压缩机

### 2.2.1 压缩机选型

目前,用于放空气回收的压缩机主要包括螺杆压缩机和往复式压缩机。螺杆压缩机相对于往复式压缩机具有结构简单,无余隙容积,效率高,无吸、排气阀装置等易损件,适宜在大压差或压比工况下,排气温度低,对润滑油不敏感,有良好的输气量调节性,并且放空火炬气量波动比较大,放空火炬气压缩过程中有轻烃和水析出的可能,对螺杆压缩机运行没有影响,这也是国内用于火炬气回收的压缩机大多采用螺杆压缩机的原因之一。

则正己烷提取物值越高。高压管式法工艺生产的 LDPE 产品由于聚合机理原因,不可避免有低分子质量组分产生,本文中通过对聚合机理和生产工艺的分析,采取措施改进产品质量,达到了食品级 LDPE 树脂的质量要求。

## 参考文献

- [1] 洪定一. 塑料工业手册—聚烯烃[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999: 369—381.
- [2] GB 9691—1988. 食品包装用聚乙烯树脂卫生标准[S].
- [3] GB/T 5009.58—2003. 食品包装用聚乙烯树脂卫生标准的分析方法[S].
- [4] 谭曜. LDPE 树脂正己烷提取物检测研究[J]. 检验检疫科学, 2006, (6): 20—22.
- [5] 周其凤, 胡汉杰. 高分子化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 13—28. ■