

碳酸丙烯酯反应器放大实践

王海波¹

(1.唐山好誉科技开发有限公司)

摘要：随着碳酸二甲酯行业发展，碳酸丙烯酯需求量增大，反应器的放大具有实际意义；唐山好誉科技开发有限公司对反应器放大进行深入研究，并取得了一些成果；随着碳酸二甲酯行业的发展，碳酸丙烯酯单套装置放大的优势和重要性会越来越明显。

关键词：碳酸丙烯酯 放大意义 放大成果 放大优势

自 2008 年经济危机后，碳酸二甲酯行业迎来了一个较为平稳的发展期，随着碳酸二甲酯应用领域越来越广阔，碳酸二甲酯的生产规模也在不断增长，从 2009 年的国内 10 万吨左右的总产能到 2012 年的 50 万吨总产能，几乎以每年翻一番的速度增长；碳酸二甲酯单套装置也由最初第一套的 300 吨/年，逐渐增长为 5000 吨/年，1 万吨/年，2 万吨/年，直到现有最大单套 5 万吨/年。

国内碳酸二甲酯多采用酯交换法，在此工艺中，作为碳酸二甲酯生产主要原料的碳酸丙烯酯的产能也随着碳酸二甲酯产能的变化而增长，单套反应器的规模放大显得尤为重要。

一、反应器放大意义

1、碳酸丙烯酯用途

碳酸丙烯酯是酯交换法生产碳酸二甲酯的主要原料，年需求量约 50 万吨，是我国碳酸丙烯酯的最大用途

同时还用于气体分离工艺及电化。特别是用来吸收脱除天然气、合成氨原料气中的二氧化碳，还可用作增塑剂、纺丝溶剂、烯烃和芳烃萃取剂，约4万吨。

2、放大意义

(1)、在我国，近几年，碳酸二甲酯行业发展迅速，单套碳酸二甲酯装置规模已达到5万吨/年，未来肯定还会继续增长

(2)、碳酸丙烯酯作为酯交换法生产碳酸二甲酯主要原料，每生产1吨碳酸二甲酯消耗碳酸丙烯酯约1.2吨

(3)、单套装置规模越大，成本越低

二、反应器放大研究

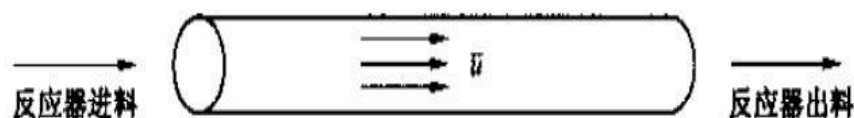
碳酸丙烯酯反应器为活塞流管式反应器，也称平推流反应器，其特点是：

(1)、返混小

(2)、在垂直于流动方向的横截面上，其流速均一，浓度均一

(3)、所有流体质点具有相同停留时间，大于或等于反应时间

(4)、反应器截面积恒定，可认为流速恒定



碳酸丙烯酯反应器也不完全是活塞流反应，第一反应器在二氧化碳进料口以上返混较大

1、放大问题的主要原因

首先，停留时间不同，导致温度和浓度分布的不均，影响反应的进行

其次，产生放大效应

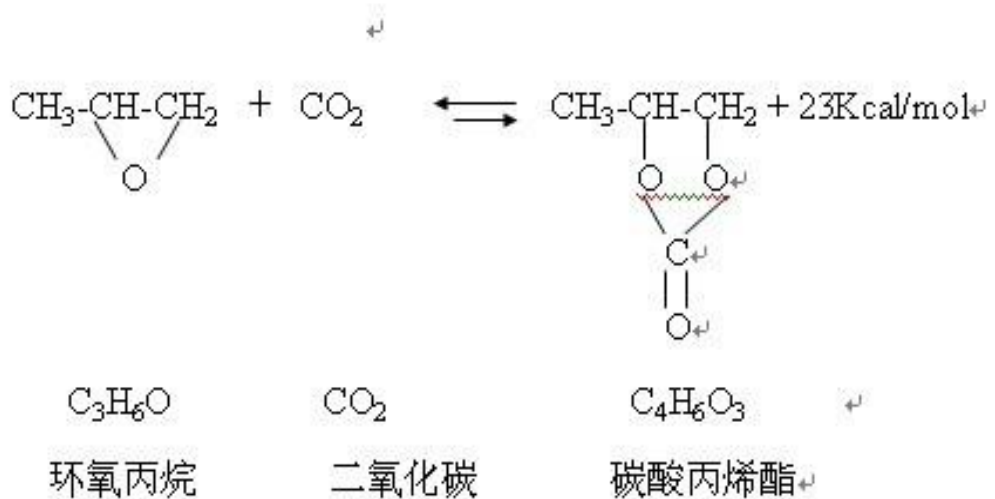
第三，反应条件难以保持稳定

2、反应过程简述

碳酸丙烯酯以环氧丙烷和二氧化碳作为原料,从反应器下部进料的二氧化碳与随循环液在顶部进入反应器的环氧丙烷在反应器顶部相遇并开始反应，环氧丙烷的浓度从上至下逐渐减少，碳酸丙烯酯浓度从上至下逐渐增加

反应本身为放热反应，每摩尔反应热为 23 千卡，随着反应的进行，热量越来越多。循环液将大量的热量移出，并携带进环氧丙烷和催化剂返回到反应器顶部

碳酸丙烯酯反应方程式



3、放大过程中注意问题

首先要保证反应能够充分，放大前后物料停留时间分布函数应相

同。环氧丙烷从顶部进入反应器后不断反应，达到循环口位置大部分已反应，剩余部分进入第二反应器继续反应

其次是温度分布，利用循环液带走多余的热量，使反应温度保持在最佳范围

而我们在多次的放大过程中发现：

- (1) 不同规模的装置，长径比随规模增大而逐渐减小
- (2) 循环量大小与规模相关

三、反应器放大实践成果

A、国内较早的碳酸丙烯酯装置是 1993 年唐山朝阳化工厂 3000 吨/年规模的装置

B、2002 年唐山市朝阳化工总厂 1.5 万吨/年碳酸丙烯酯装置在唐山开平投产，并运行至今

C、我公司经过多年研究和实践，成功将反应器规模放大到单套 6 万吨，现在有单套 20 万吨技术

1、放大成果

(1) 2011 年榆林云化绿能有限公司 3 万吨/年碳酸丙烯酯装置一次性开车成功，运行至今

(2) 2012 年兖矿国宏化工有限公司 6 万吨碳酸丙烯酯装置一次性开车成功

2、在建项目

榆林二期年产 6 万吨/年碳酸丙烯酯装置

宁波年产 6 万吨/年碳酸丙烯酯装置

德普年产 4 万吨/年碳酸丙烯酯装置

以上均为碳酸二甲酯项目的配套装置

四、反应器放大优势

反应器放大的优势有哪些呢？下面我们用数据来进行对比。首先看几张图片

组图一 为 2 万吨/年规模碳酸二甲酯配套 3 万吨/年碳酸丙烯酯装置



组图一 为 2 万吨/年规模碳酸二甲酯配套 3 万吨/年碳酸丙烯酯装置



组图一 为 2 万吨/年规模碳酸二甲酯配套 3 万吨/年碳酸丙烯酯装置



组图一 为 2 万吨/年规模碳酸二甲酯配套 3 万吨/年碳酸丙烯酯装置



组图二 为 5 万吨/年规模碳酸二甲酯配套 6 万吨/年碳酸丙烯酯装置



组图二 为 5 万吨/年规模碳酸二甲酯配套 6 万吨/年碳酸丙烯酯装置



组图二 为 5 万吨/年规模碳酸二甲酯配套 6 万吨/年碳酸丙烯酯装置



组图一和组图二是两种与碳酸二甲酯装置配套的碳酸丙烯酯装置，组图二是单套 6 万吨/年碳酸丙烯酯装置；组图一是 3 套 1 万吨/年碳酸丙烯酯装置。

对比看出：

- 1、单套规模越大，所需设备越少，操作越简便
- 2、两套装置占地不同，单套规模越小，占地越大、布置越拥挤

再对比不同规模碳酸丙烯酯反应器参数：

表 1 不同规模碳酸丙烯酯反应器参数

装置规模	1 万吨/年	3 万吨/年	6 万吨/年
反应器直径	0.45 米	0.58 米	0.75 米
反应器长度	20 米	25 米	30 米

从上表可以看出

单套装置规模越大，反应器直径越大，反应器长度也相应变大

如果要与碳酸二甲酯装置匹配，则单套装置规模越大，总投资越少，下面我们看一下不同规模单套装置配套时成本对比

表 2 不同规模装置成本对比

规模	1 万吨/年	3 万吨/年	6 万吨/年
土建	200 万	300 万	400 万
设备投资	500 万	700 万	1000 万
操作人员	2 人	2 人	2 人

从上表可以看出，虽然单套装置规模相差很大，但是投资并不是成倍增长。单套规模越大投资越经济合理

当与碳酸二甲酯装置匹配时，单套规模越大投资越少，运营成本也越低

表 3 总产量 6 万吨/年碳酸丙烯酯，用单套规模不同的装置匹配时所需主要设备数量

装置规模	单套 1 万吨/年	单套 3 万吨/年	单套 6 万吨/年
反应器数量 (套)	1×6	1×2	1
循环液泵数量	2×6	2×2	2
隔膜计量泵数量	2×6	2×2	2
柱塞计量泵数量	4×6	4×2	4

单套 6 万吨/年碳酸丙烯酯装置比 6 套 1 万吨/年碳酸丙烯酯装置优势有：

- (1) 投资小
- (2) 占地面积小
- (3) 反应平稳、质量好
- (4) 设备数量少，设备维护及操作简便
- (5) 所需员工人数少，运营成本低

综上所述，规模较大反应器无论在投资上还是长期运转中，优势都较为明显。

随着碳酸二甲酯行业的发展，碳酸丙烯酯单套装置放大的优势和

重要性会越来越明显