

文章编号: 1005—8893 (2003) 02—0029—04

# 氯化苄和苯甲醛联合生产装置的技术经济分析<sup>\*</sup>

严生虎, 张 跃, 沈介发

(江苏工业学院 精细化工研究所, 江苏 常州 213016)

**摘要:** 介绍了氯化苄和苯甲醛的用途、生产状况和生产工艺, 以及联合生产装置的工艺特点。对两种产品生产能力均为 500 t/a 的联合生产工艺装置及单一产品生产装置进行了技术经济分析, 指出前者是这两种产品生产的更经济和利于环境保护的技术路线, 具有收率高、投资省、产品纯度高、污染少等特点, 前者的投资利润率为后者的 2.9 倍, 前者的经营安全率比后者提高了 18.3 个百分点。联合生产工艺的盈利可靠性高, 抗风险能力强, 值得推广应用。

**关键词:** 氯化苄; 苯甲醛; 联合生产装置; 技术经济

**中图分类号:** O 625.22

**文献标识码:** A

氯化苄 (benzyl chloride) 是重要的医药、农药、染料、增塑剂及有机合成中间体。医药上大量用于合成苯乙酸, 进而合成青霉素, 或合成盐酸苯海拉明、苯扎溴胺、益康唑等; 农药上用于生产稻瘟净、异瘟净等; 染料上用于生产分散剂 CNF、溶解盐 B、高温匀染剂 A—10 等; 增塑剂行业大量用来合成邻苯二甲酸丁基苄基酯, 用于 PVC 板材的增塑; 表面活性剂行业主要用于新洁尔灭的合成。近几年, 氯化苄在香料、化妆品、卫生用品、洗涤剂、食品、饮料等行业中的应用也逐步增加<sup>[1]</sup>。

苯甲醛 (benzaldehyde) 也是重要的有机化工中间体, 在医药、染料、农药、香料等行业用途较多。医药上用于合成苯基氨基乙酸、安息香、苯甲醛肟、2-苯基苯并咪唑等; 染料上用于合成三苯甲烷染料、吡啶酮染料; 农药上用于合成控制燕麦用的除草剂吡唑等; 香料上用于合成及加工桂皮酸及酯、桂皮醇、醛、戊基/己基桂皮醛、苯乙酸及苦杏仁酸等香料及调味料, 苯甲醛本身也是一种香料及调味剂<sup>[1]</sup>。

目前世界氯化苄总产量约 350 kt, 国内年生产能力 55 kt, 其供求形势总体比较平稳。苯甲醛国内年生产能力约 7 kt, 国内年需求量在 10 kt 以上,

市场形势较好, 尤其对含量在 99% 以上的高品质苯甲醛产品需求量较大。

## 1 生产工艺比较

### 1.1 氯化苄生产工艺

氯化苄的生产均以甲苯和氯气为原料经侧链氯代反应、精馏分离来进行<sup>[2,3]</sup>, 具体工艺过程有间歇法和连续法两种, 主反应装置工艺流程分别如图 1 和图 2 所示。生产规模在 500 ~ 8 000 t/a 不等,

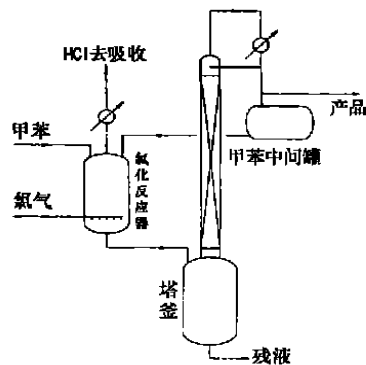


图1 氯化苄间歇法生产工艺流程

大部分生产厂采用间歇生产工艺, 生产规模在 3 000 t/a 以下; 连云港农药厂和武汉有机化工厂从国外引进连续化生产技术, 过程控制采用 DCS 系

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2003—01—03

作者简介: 严生虎 (1972—), 男, 江苏靖江人, 工程师, 硕士, 主要从事医药、农药、染料中间体的开发研究。

统, 生产能力在 8 000 ~ 10 000 t/a。

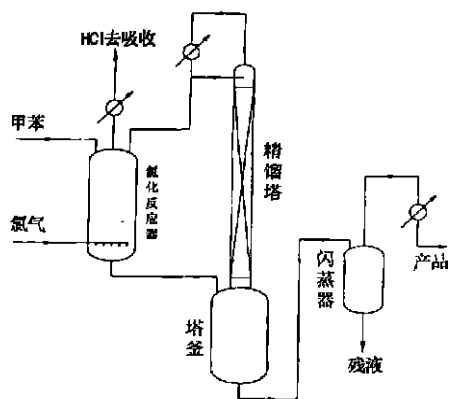


图2 氯化苕连续法生产工艺流程

国内氯化苕间歇法和连续法生产工艺长期处于并存局面。前者生产控制较后者复杂, 所需操作人员较多, 但与后者相比, 其投资省, 设备维护和操作费用低。综合各方面经济因素, 两者之间无明显竞争差别。

## 1.2 苯甲醛生产工艺

### 1.2.1 甲苯液相氧化法

以钴/锰卤化物或有机酸盐为催化剂, 溴为助催化剂, 空气为氧化剂, 经自由基反应生成相应的氧化产物, 苯甲醛往往作为其中的少量副产物得到。采用该工艺的有法国 Rhône-Poulenc 公司, 同时生产苯甲醇和苯甲醛<sup>[4]</sup>; 美国 Dow 化学公司和意大利 Sina 公司, 生产苯甲酸时副产苯甲醛<sup>[5]</sup>; 国内也有一些企业采用该方法生产苯甲酸并副产少量苯甲醛。

### 1.2.2 甲苯侧链氯化水解法

以甲苯和氯气为原料, 经光/热氯化合成苕叉二氯, 再经酸催化水解得到苯甲醛<sup>[6]</sup>, 主反应装置工艺流程如图3所示。在氯化反应中控制合适的通氯深度, 以获得最大量的苕叉二氯, 再直接进行水解反应; 最近少数企业对此做了改进, 即对氯化物初步分离回收套用其中的一氯化苕, 剩余物去水解反应, 以提高产品的收率。甲苯侧链氯化水解法仍是苯甲醛的主要生产方法, 在国内尤其如此。

## 1.3 氯化苕和苯甲醛联合生产工艺

纵观国内外氯化苕和苯甲醛生产技术的相关文献, 未见有联合生产这两种产品的报道。采用联合生产工艺生产氯化苕和苯甲醛在国内外均属首创。

比较间歇法生产氯化苕装置和甲苯侧链氯化水解法生产苯甲醛装置的设备差异和操作差别, 本文

对经典苯甲醛装置的工艺设备及操作方案作相应调整, 并在实际生产装置中付诸实践, 取得了良好的效果, 主反应装置工艺流程如图4所示。在生产过程中控制合适的氯化深度, 氯化物精馏分离直接获得99%以上的氯化苕产品, 塔釜获得97%以上的苕叉二氯(含少量一氯化苕和苕叉三氯)去水解、精馏得99%以上的苯甲醛产品。该联产工艺减少了残液生成量, 提高了收率, 减少了污染物; 降低了物料在系统中的循环比例, 降低了生产的能耗; 增加了装置的生产调节能力, 有利于提高产品纯度; 提高了设备利用率, 节省了装置的同比投资。

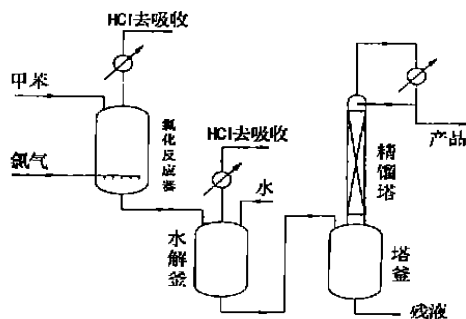


图3 苯甲醛典型生产工艺流程

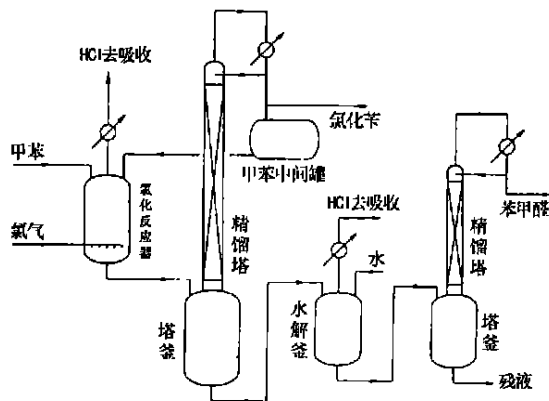


图4 氯化苕和苯甲醛联产装置生产工艺流程

## 2 产品成本及投资估算

本文以 500 t/a 间歇法氯化苕生产装置 I, 500 t/a 甲苯侧链氯化水解法合成苯甲醛装置 II, 以及氯化苕和苯甲醛生产能力均为 500 t/a 的联产装置 III 作为对象进行比较, 并作相应的技术经济分析。

### 2.1 消耗定额及原料成本

3 种生产装置的主要原料消耗定额、原料成本及投入产出比见表 1。

由表 1 可见, 联产工艺有利于降低物料单耗, 减少原料成本, 增大投入产出比。

表 1 3 种装置的主要原料消耗定额、原料成本及投入产出比

原料或产品 名称	消耗或产量/ $\text{t} \cdot \text{t}^{-1}$			估价/ $\text{元} \cdot \text{t}^{-1}$	金额/元		
	I	II	III		I	II	III
甲苯	0.82	1.28	1.72	3 000	2 460	3 840	5 160
液氯	0.69	1.85	2.20	2 000	1 380	3 700	4 400
液碱	0.04	0.06	0.07	400	16	24	28
合计					3 856	7 564	9 588
氯化苄	1.00		1.00	6 500	6 500		6 500
苯甲醛		1.00	1.00	12 000		12 000	12 000
盐酸	1.05	6.00	4.90	200	210	1 200	980
合计					6 710	13 200	19 480
产出/投入					1.74	1.75	2.03

2.2 投资概算

500 t/a 氯化苄、苯甲醛及联产生生产装置投资概算见表 2。

表 2 3 种装置的投资概算

项目	金额/万元		
	I	II	III
生产设施投资	148	313	369
设备投资	85	220	260
安装费 (按设备费的 15% 计)	13	33	39
土建及公用工程	50	60	70
流动资金 (按 1 个月的原料费计)	20	40	50
不可预见费	8	10	12
总投资	176	363	431

由表 2 可见, 联产工艺节省了装置的同比投资。装置 III 与装置 (I + II) 相比, 投资节省率 =  $(176 + 363 - 431) \div (176 + 363) \times 100\% = 20.0\%$ 。

3 经济效益分析

3.1 分析依据

(1) 设备折旧 (按 5 年计, 余值 10%)

装置 I:  $148 \times (1 - 10\%) \div 5 \div 500 \times 10\,000 = 148 \times 3.6 = 532.8$  (元/t), 装置 II:  $313 \times 3.6 = 1\,126.8$  (元/t), 装置 III:  $369 \times 3.6 = 1\,328.4$  (元/t)。

(2) 工资及福利 (按平均年收入 12 000 元/人计)

装置 I 共 16 人:  $16 \times 12\,000 \div 500 = 16 \times 24 = 384$  (元/t), 装置 II 共 20 人:  $20 \times 24 = 480$  (元/t), 装置 III 共 26 人:  $26 \times 24 = 624$  (元/t)。

(3) 其它制造费用 (按设备折旧费的 5.5% 计)

装置 I:  $532.8 \times 5.5\% = 29.3$  (元/t), 装置 II:  $1\,126.8 \times 5.5\% = 62.0$  (元/t), 装置 III:  $1\,328.4 \times 5.5\% = 73.1$  (元/t)。

(4) 固定资产投资利息 (按月息 1.0% 计)

装置 I:  $(148 + 8) \times 1.0\% \times 12 \div 500 \times 10\,000 =$

$000 = (148 + 8) \times 2.4 = 374.4$  (元/t), 装置 II:  $(313 + 10) \times 2.4 = 775.2$  (元/t), 装置 III:  $(369 + 12) \times 2.4 = 914.4$  (元/t)。

(5) 流动资金投资利息 (按月息 1.0% 计)

装置 I:  $20 \times 2.4 = 48$  (元/t), 装置 II:  $40 \times 2.4 = 96$  (元/t), 装置 III:  $50 \times 2.4 = 120$  (元/t)。

(6) 动力消耗 (包括水、电和煤的消耗)

装置 I: 350 元/t, 装置 II: 480 元/t, 装置 III: 520 元/t。

(7) 管理费 (按产品售价的 1.0% 计)

装置 I:  $6\,710 \times 1.0\% = 67.1$  (元/t), 装置 II:  $13\,200 \times 1.0\% = 132$  (元/t), 装置 III:  $19\,480 \times 1.0\% = 194.8$  (元/t)。

(8) 税金 (税收及地方附加按销售价的 8% 计算)

装置 I:  $6\,710 \times 8\% = 536.8$  (元/t), 装置 II:  $13\,200 \times 8\% = 1\,056$  (元/t), 装置 III:  $19\,480 \times 8\% = 1\,558.4$  (元/t)。

(9) 产值 (每年 300 个工作日, 年产量 500 t 计)

装置 I:  $0.671 \times 500 = 335.5$  万元/a, 装置 II:  $1.32 \times 500 = 660$  万元/a, 装置 III:  $1.948 \times 500 = 974$  万元/a。

3.2 成本概算

成本概算见表 3。

表 3 3 种装置的成本概算

项目	金额/ $\text{元} \cdot \text{t}^{-1}$		
	I	II	III
固定成本	1 320.5	2 444	2 939.9
设备折旧	532.8	1 126.8	1 328.4
工资及福利	384	480	624
其它制造费用	29.3	62.0	73.1
固定资产投资利息	374.4	775.2	914.4
可变成本	4 254	8 140	10 228
原料成本	3 856	7 564	9 588
动力消耗	350	480	520
流动资金投资利息	48	96	120
管理费	67.1	132.0	194.8
总成本	5 641.6	10 716.0	13 362.7
产品售价	6 710	13 200	19 480
税收	536.8	1 056.0	1 558.4
利润	531.6	1 428.0	4 558.9

3.3 主要技术经济指标

主要技术经济指标见表 4。

由表 4 中数据可见, 装置 (I + II) 的投资利润率 =  $(26.58 + 71.4) \div (176 + 363) \times 100\% = 18.18\%$ , 远小于装置 II 的 52.89%。装置 (I + II) 的投资回收期 =  $(176 + 363) \div (26.58 +$

71.4) + 0.3 = 5.8 年, 远大于装置 III 的 2.19 年。

表 4 3 种装置的主要技术经济指标

项目	指标		
	I	II	III
总投资/万元	176	363	431
固定资金/万元	156	323	381
流动资金/万元	20	40	50
销售收入/万元·a <sup>-1</sup>	335.5	660.0	974.0
销售成本/万元·a <sup>-1</sup>	282.08	535.80	668.14
税金及附加(8%计)/万元·a <sup>-1</sup>	26.84	52.80	77.92
税后利润/万元·a <sup>-1</sup>	26.58	71.40	227.95
投资利润率/%	15.10	19.67	52.89
投资利税率/%	30.35	34.21	70.97
投资回收期(建设期 0.3 年)/年	6.92	5.38	2.19

### 3.4 盈亏平衡分析

#### 3.4.1 盈亏平衡点产量

盈亏平衡点产量 = 年固定成本 ÷ (单位售价 - 单位变动成本)。装置 I:  $1\,320.5 \times 500 \div (6\,710 - 4\,254) = 268.8$  (t), 装置 II:  $2\,444 \times 500 \div (13\,200 - 8\,140) = 241.5$  (t), 装置 III:  $2\,939.9 \times 500 \div (19\,480 - 10\,228) = 158.9$  (t), 装置 (I + II):  $(1\,320.5 + 2\,444) \times 500 \div (6\,710 + 13\,200 - 4\,254 - 8\,140) = 250.4$  (t)。

即对于装置 III 年产 158.9 t 氯化苄和苯甲醛就可以保本, 远小于装置 (I + II) 的 250.4 t。

#### 3.4.2 经营安全率

经营安全率 = (达产时年产量 - 盈亏平衡点年产量) ÷ 达产时年产量 × 100%。装置 I:  $(500 - 268.8) \div 500 \times 100\% = 46.2\%$ , 装置 II:  $(500 - 241.5) \div 500 \times 100\% = 51.7\%$ , 装置 III:  $(500 - 158.9) \div 500 \times 100\% = 68.2\%$ , 装置 (I + II):  $(500 - 250.4) \div 500 \times 100\% = 49.9\%$ 。

装置 II 的投资安全率为 68.2%, 远高于 30% 的要求, 也明显高于装置 (I + II) 的投资安全率。证明联合生产装置的盈利可靠性强, 其应变能力和抗风险能力较强。

## 4 结论与建议

(1) 氯化苄和苯甲醛都是用途广泛的有机合成中间体, 市场需求量大。采用联合生产工艺生产氯化苄和苯甲醛, 具有收率高、投资省、产品纯度高、污染少等特点。

(2) 财务分析表明, 年产量均为 500 t/a 的氯化苄和苯甲醛联合生产装置与 500 t/a 的氯化苄、苯甲醛单一生产装置相比, 前者的投资利润率为后者的 2.9 倍, 前者的投资回收期为后者的 1/2.65, 项目经营安全率前者比后者高出 18.3 个百分点, 说明联产工艺的盈利可靠性高, 抗风险能力强, 值得推广使用。

### 参考文献:

- [1] 张跃. 化工产品用途用户销售手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [2] 刘三德. 氯化苄生产技术的进展及应用 [J]. 江苏氯碱, 2000, (3): 12, 19.
- [3] 张跃, 严生虎, 张宁, 等. 甲苯光氯化反应的产物分布研究 [J]. 江苏石油化工学院学报, 1998, 10 (2): 17-19.
- [4] 吴鑫干, 尹娟娟, 胡在君. 苯甲醛的合成进展 [J]. 精细石油化工, 2002, (4): 57-62.
- [5] 张丽君. 苯甲酸生产工艺及进展 [J]. 金陵石油化工, 1992, 10 (4): 30-34.
- [6] 刘正西. 苯甲醛生产工艺探讨 [J]. 辽宁化工, 2001, 30 (1): 30, 33.

## Techno-economic Analysis of Joint Production of Benzyl Chloride and Benzaldehyde

YAN Sheng-hu, ZHANG Yue, SHEN Jie-fa

(Institute of Fine Chemical, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China)

**Abstract:** The usage, producing situation and manufacturing process of benzyl chloride and benzaldehyde were introduced, and the characteristics of the joint production process were described. By techno-economic analysis of 500 t/a benzyl chloride and benzaldehyde production factories for different processes, the joint production process was announced as more economical and environmental friendly one for its higher yield, less investment, better purity and less pollution. The profit rate of joint production process was 1.9 times greater than that of unjoint processes and its managing safety rate was 18.3% greater than that of unjoint ones. The joint process had a higher profit reliability and stronger anti-risk ability, and it was deserving of carrying out in generalization.

**Key words:** benzyl chloride; benzaldehyde; joint production; techno-economic