

工艺与设备

1-丁烯装置增产扩能改造

毛文华

(大庆石化公司塑料厂, 大庆 163714)

摘要: 针对乙烯裂解后粗丁烯产量增加, 1-丁烯装置生产能力明显不足, 提出了 1-丁烯装置增产扩能方案并加以实施, 使装置的生产能力由 7 600 t/a 扩能至 18 000 t/a, 同时可副产高纯度异丁烷产品。

关键词: 1-丁烯; 扩能; 技术改造

中图分类号: TQ221.213

文献标识码: A

Capacity expansion of 1-butylene unit in plastic plant

MAO Wen-hua

(Plastic Plant, Daqing Petrochemical Company, Daqing 163714, China)

Abstract: Capacity expansion scheme of 1-butylene unit was designed and put into effect under the pressure of increasing crude butylene from ethylene cracker and insufficient capacity of original 1-butylene unit. Capacity of the unit was improved from 7 600 t/a to 18 000 t/a, and high purity isobutane can be produced at the same time.

Key words: 1-butylene; capacity expansion; technical reformation

随着大庆石化公司聚乙烯专用树脂改造工程的实施, 乙烯的生产能力改造后由 48 万 t/a 增至 60 万 t/a, 相应的粗丁烯产量可望达到 3.8 万 t/a。与此同时, 塑料厂由于线型低密度聚乙烯 (LLDPE) 装置的扩能改造, 高密度聚乙烯 (HDPE) 装置的专用料牌号的扩大生产, 低密度聚乙烯 (LDPE) 装置使用 1-丁烯作为调整剂, 原有的 1-丁烯装置已不能满足生产需要, 而且每年均需外购一定量的高价 1-丁烯作为补充。因此必须对 1-丁烯装置进行增产改造。

该装置历经 8 个月的设计与施工, 于 2001 年 11 月 7 日正式开车, 经过调整产品质量达到设计指标。改造后 1-丁烯装置提高了碳四综合利用率, 极大地增加了产品的附加值, 有较好的经济效益。

1 1-丁烯装置现状及问题分析

大庆石化公司 1-丁烯装置采用日本石油化学公司技术专利, 利用化工厂甲基叔丁基醚 (MTBE) 装置生产的混合碳四作原料, 经过加氢反应器脱除丁二烯、再用强酸性阳离子交换树脂作催化剂使异丁烯发生二聚反应, 经重油塔分离脱掉异丁烯, 最后用高

效填料精馏塔脱除异丁烷、正丁烷、2-丁烯, 得到纯度为 99% 聚合级 1-丁烯产品。该装置采用分散控制系统控制操作工艺条件, 使用过程计算机及相应软件对产品质量加以控制, 生产中运行稳定。

然而, 该装置自 1992 年投产以来, 生产情况不尽如人意, 如表 1 所示。

表 1 1-丁烯装置生产情况统计

年份	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
粗丁烯量/t	11118	9610	10018	9383	10089	10544	8639	9116	16062
1-丁烯量/t	3216	2512	2604	3226	3812	3887	3262	3336	6773
碳四产量/t	5870	5096	4763	4466	4736	4076	3705	4588	7550
1-丁烯收率/%	60.3	54.4	54.2	71.6	78.7	76.8	78.67	76.23	79.6
物料损失率/%	13.3	20.8	26.5	18.0	14.1	16.1	19.35	13.08	10.83

通过表 1 可以看出, 1-丁烯装置存在的问题是丁烯收率低, 产量低, 损失率大, 造成这种情况的原因是:

(1) 原料供应不足,造成产量低

装置原设计粗丁烯年消耗量为 18 240 t,而实际上最高供应量也只达到 16 062 t,使装置长期处于低负荷下运行。这样必然使装置回流时间增长,即使控制好工艺参数基本不变,同样会造成收率降低。

(2) 2[#]精馏塔分离效果差

2[#]精馏塔 C-321/322(脱正丁烷塔)设计塔底 1-丁烯损失为 1.0%,实际上 1-丁烯含量最好在 6%~7%,原料中正丁烷含量远高于设计值(15.4%),实际上在 20%~25%。这样塔的负荷加重,分离效果不好,产品质量差。

2 技改方案的优化及确定

针对 1-丁烯装置现状,提高 1-丁烯装置产品质量和产量,使其达到最大能力的主要问题是 C-301/302 和 C-321/322 精馏塔的处理能力是否满足改造后的需求。为此,大庆石化公司塑料厂和天津市新天进科技开发有限公司共同确定了改造方案。

2.1 原料组成

为了确保 1-丁烯装置改造顺利进行,塑料厂根据实际生产情况,提供了 3 种典型操作原料组成,如表 2 所示。

表 2 装置核算的原料组成情况

原料	组分质量分数/%						
	1-丁烯	正丁烷	顺丁烯	反丁烯	异丁烷	异丁烯	丁二烯
1	46	30	3	7	13	0.2	0.6
2	60	24	—	6	9.2	0.2	0.6
3	69	20	—	5.0	5.2	0.2	0.6

2.2 装置改造要求

装置改造后的技术指标要求为:年生产能力 16 000、18 000、20 000 t;年操作时间 7 200 h;1-丁烯纯度最低为 99%,1[#]精馏塔塔顶 1-丁烯含量小于 5%,2[#]精馏塔塔底 1-丁烯含量小于 3%。

综上考虑 3 种原料组成,由天津市新天进科技开发有限公司对装置全流程进行核算。

2.3 改造方案优化

根据提出的改造要求,对 18 个方案进行核算,对方案进行综合评价,筛选后提出 3 个建议改造方案。

(1) 方案一

新建 2 座直径 $\Phi 2\ 000$ mm 塔代替 C-301/302 (1[#]精馏塔)、C-321/322(2[#]精馏塔)4 个塔。

采用此方案可满足各种原料组成条件下,年生

产 1-丁烯 18 000 t,产品质量和其他指标达到设计要求。

(2) 方案二

新建一座直径 $\Phi 2\ 000$ mm 塔代替 C-301/302 二塔,新建一座直径 $\Phi 1\ 800$ mm 塔代替 C-322 二塔,原 C-301/302 二塔并联作为 C-321,同时以 C-301/302 对塔内件进行改造。

采用此方案可满足 1-丁烯纯度为 60% 和 69% 原料组成条件下,年生产 1-丁烯 20 000 t 产品质量和其他指标达到设计要求。1-丁烯纯度为 46% 原料组成条件下,年生产 1-丁烯 18 000 t。产品质量和其他指标达到设计要求。

(3) 方案三

新建一座直径 $\Phi 2\ 000$ mm 塔代替 C-301/302 二塔,新建一座直径 $\Phi 1\ 800$ mm 塔代替 C-322 塔,原 C-301/302 二塔并联作为 C-321,同时 C-301/302 塔内件不进行改造。

采用此方案可满足 1-丁烯纯度为 60% 和 69% 原料组成条件下,年生产 1-丁烯 18 000 t。产品质量和其他指标达到设计要求。

如果 1-丁烯纯度为 46% 原料组成条件下,年生产 1-丁烯 16 000 t。产品质量和其他指标达到设计要求。

2.4 联产异丁烷

由 1[#]精馏塔塔顶采出的异丁烷,1-丁烯混合物可利用原 C-321/322 塔联产异丁烷。

按原料组成 1-丁烯质量分数为 46% 计算,可年产纯度 99% 的异丁烷 5 000 t;按原料组成 1-丁烯质量分数为 60% 计算,可年产纯度 99% 的异丁烷 3 000 t;按原料组成 1-丁烯质量分数为 69% 计算,可年产纯度 99% 的异丁烷 1 500 t。

采用此方案,相应的设备均不用进行改造,只增加异丁烷由塔顶侧线采出,同时联产异丁烷可将 1[#]精馏塔塔顶损失的 1-丁烯进行全部回收。

综上所述 3 种方案,为保证装置改造后能够调整,灵活性强,生产控制稳定,选定改造方案一作改造的基础。

2.5 改造方案的确定

(1) 最终的原料组成

根据化工厂实际生产原料组成情况,最终确定装置原料组成如表 3 所示。

(2) 最终 1-丁烯改造的要求

年生产能力 18 000 t,年操作时间 7 200 h,1-丁烯纯度最小为 99%,1[#]精馏塔塔顶 1-丁烯含量小于

5%, 2# 精馏塔塔底 1-丁烯含量小于 3%, 联产纯度为 99% 的异丁烷 2 000 ~ 3 000 t (根据组成情况定)。

表 3 改造后的原料组成

原料	组分质量分数/%							
	1-丁烯	正丁烷	顺丁烯	反丁烯	异丁烷	异丁烯	丁二烯	MTBE
设计组成	46	30	3	7	13	0.2	0.6	0
进料组成	49.73	28.37	3.2	11.41	7.2	0.06	0.6	0.01

(3) 最终改造方案确定

由于 1-丁烯装置的年生产能力由原 7 600 t 扩大到 18 000 t。在改造中未改变原有的工艺路线, 但由于原料粗丁烯组成的变化, 取消异丁烯二聚工序, 增加 2 台直径为 2 000 mm 的精馏塔、1 台加氢反应器、新增 10 台机泵及相关配套设备等。装置年设计运行时间为 7 200 h, 操作弹性为 50% ~ 110%。

① 丁二烯加氢部分的改造

经核算, 原加氢分离器 C-113 内部填料无法满足扩能后的通量要求, 更换为 50 mm 矩鞍环填料, 同时更换原液体分布器。

② 异丁烯脱除部分的改造

通过聚合反应脱除原料中的异丁烯, 1-丁烯损耗大。经核算, 原料中异丁烯含量不超过 0.2% 时, 即使不将异丁烯脱除, 通过提高精馏部分分离效率仍可达到质量分数为 99% 的 1-烯。因此, 改造采取取消异丁烯脱除部分, 加氢反应后原料直接进精馏系统。

③ 精馏系统的改造

新建 2 座直径 $\Phi 2\ 000$ mm 塔代替 C-301/302 (1# 精馏塔) 和 C-321/322 (2# 精馏塔) 4 个塔。

④ 联产异丁烷的改造

由 1# 精馏塔塔顶采出的异丁烷、1-丁烯混合物可利用原 C-321/322 塔联产异丁烷。采用此方案, 相应的设备均不用改造, 只增加异丁烷由塔顶侧线采出, 同时联产异丁烷可将 1# 精馏塔塔顶损失的 1-丁烯进行全部回收。

3 1-丁烯装置生产投用

2001 年 11 月 7 日进行正式开车, 开工一次成功, 经过调整产品质量达到设计指标要求。在装置生产控制平稳的情况下, 于 2001 年 12 月 26 ~ 29 日按设计生产负荷进行标定, 各项指标均达到了设计要求。

(1) 生产能力分析

标定期间, 共计消耗粗丁烯 360 t, 设计能力为 370 t/a, 生产负荷达到了设计能力的 97.29%, 1-丁烯装置共计生产合格精丁烯 186.9 t, 平均产率为 2.596 t/h, 生产碳四 96.2 t。按设计运行时间 7 200 h 计算, 则每年可生产精丁烯为 18 691 t, 达到设计年生产能力。

(2) 产品质量

从原料供给看, 粗丁烯中 1-丁烯纯度均达到了设计值 (49%), 平均纯度为 54.47%, 反丁烯含量有 3 次均高于了设计值 11.1%, 正丁烷有一次高于设计值 28.37%。从总体看, 原料质量中主要指标稳定, 满足生产要求。

标定期间, 产品中间罐精丁烯产品质量均合格。

(3) 装置的单耗情况

本次标定共计消耗粗丁烯 360 t, 生产合格精丁烯 186.9 t, 生产碳四 96.2 t, 粗丁烯纯度平均为 54.47%, 按此纯度计算 1-丁烯总体收率为 94.57%, 超过设计总收率, 为 94%, 达到设计要求。

(4) 装置的能耗情况

标定每吨精丁烯能耗为 552.71 kg 油, 比设计总能耗 (578.31 kg 油) 低。各项公用工程的消耗量均比设计值要低。

(5) 装置的设备运行情况

标定期间, C-321A 塔温度及压力均控制正常, 但 C-301A 塔顶压力超高, 进行少量放空, 塔底温度控制余量较小。塔 C-321A、回流泵 G-335A 和塔 C-301A、塔底泵 G-310A 各检修一次, 2 泵均为磁力泵, 其他 1-丁烯系统各泵运转基本正常。

(6) 异丁烷系统生产情况

自改造后异丁烷系统一直没有连续长周期运行, 主要原因是异丁烷系统塔底泵 G-326/327 问题较多, 另外由于该系统的投用, 使 1-丁烯冷凝液回收系统 C-8701 的能力更加不足, 经常造成 1-丁烯系统的 C-301A 和 C-321A 的波动。这些原因都使得异丁烷系统开开停停。由于没有进行长周期稳定运行, 所以未进行标定。

4 结论

(1) 1-丁烯装置改造后, 通过技术标定, 在原料充足、质量合格的条件下, 生产能力可达到设计 (年生产能力 18 000 t) 要求, 按目前生产负荷生产全年可望生产 1-丁烯 14 000 ~ 15 000 t。

(2) 1-丁烯产品质量可达到纯度 99% 的设计要求。

(下转第 43 页)

的操作素质与应变能力提供了良好的训练工具。其功能如下:

(1)灵活的开工培训功能。无论进行全流程开工过程还是单工段培训,本动态模拟系统均能满足要求。操作者可以按照自己的意愿从任何起点开始操作,如训练冷态开车、热态开车、合成系统开停车、分解回收系统的开停车、尿素造粒系统的开停车过程,也可以定向考察某些参数扰动对生产系统操作行为的影响,强化各生产过程的操作训练。

(2)状态记忆功能。无论动态模拟软件开车到什么程度,可以随时按照操作者的要求将系统运行的状态存储下来,以备随时从存储状态开车;系统共设定了7种固定的存储状态,另外设定有自动存储功能,可以根据需要设定自动存储时间间隔,系统运行时可以按照设定的时间间隔存储状态、不断更新,以备系统掉电。

(3)状态恢复功能。与状态记忆功能配套使用,作用相反。

(4)时标设定功能。动态模拟系统设计了不同的时标,操作者可以根据自己对生产过程的熟练程度,操作质量的不同而人为控制软件运行速度,而不影响模型收敛性和收敛效果。如可以设定达到0.5倍实时、2倍实时、4倍实时、8倍实时、……最快速度。软件设定了检测计算机运算速度的特定程序,因此,软件运行能够达到的最快速度取决于运行软件的计算机的运行速度。

(5)事故处理功能。可以根据用户的需要,设定实现不同的异常工况操作,以培养操作者处理异常工况的能力。尿素生产过程动态模拟仿真系统设定了27种异常工况,基本覆盖了生产过程中可能遇到的所有状况,如停电、停蒸汽、停仪表风、停冷却水、控制仪表失灵或执行机构故障、关键管线堵塞等。操作者可以根据需要定向研究每种异常工况的特征、造成的危害、故障排除方案等,做到未雨绸缪。

(6)智能评分功能。软件设计了智能评分系统,本系统与工艺软件同时启动,但分别独立运行。根据用户的需要,按照操作规程的要求,对操作过程和操作的质量进行客观评价,帮助用户掌握操作规程,熟练操作,提高操作素质,达到提高操作质量与应变

能力的目的。

(7)在线帮助功能。可以根据操作过程的需要,随时通过热键得到在线帮助,以便于用户及时掌握操作信息,操作进度,注意事项等。

3 工业应用

尿素生产过程动态模拟与仿真软件开发完成后,在鲁南化肥厂投入运行,经过操作工人的长期考查,在车间技术人员的配合下经过多次补充修正,完善功能,软件功能已臻完善。软件投入运行1年来,已经为车间培训操作工人,在提高操作人员的操作素质与应变能力方面发挥了巨大作用,为生产部门安全生产、避免事故、提高经济效益提供了强有力的技术支持。

4 结论

在对年产13万t尿素生产工艺及相关原理准确掌握的基础上,依据“三传一反”规律对生产过程涉及到的设备、单元、工段进行了详尽的物料衡算、能量衡算、动量衡算,管网流量分布计算,开发了用以描述尿素生产流程特征的机理模型和用以描述控制过程的控制系统模型,根据生产过程的需要,开发了配套的智能评分系统和事故工况模拟软件。工厂的长期运行证明,所开发的动态模拟与仿真系统性能可靠,功能强大,为鲁南化肥厂提高操作工的操作素质,增强应变能力方面发挥了不可替代的作用。

参考文献

- [1] 许正宇.我国仿真培训器的发展历史和展望[J].化工进展,2001(10):9
- [2] 李政,张巍,等.循环流化床锅炉的动态仿真平台研制[J].清华大学学报(自然科学版),1999,39(3):27
- [3] 罗雄麟,左信,等.催化裂化装置动态机理模型的应用[J].石油学报,1999,15(6):75
- [4] 姚致远,黄荣荣.催化重整装置重整反应器动态模型的建立与仿真[J].江苏石油化学学院学报,1999,12(4):23
- [5] 罗雄麟,左信,等.化工过程动态分布参数模型的空间-时间分布离散化实时仿真[J].石油大学学报(自然科学版),1999,23(3):70
- [6] 高腾,吴重光.面向对象的化工过程动态仿真建模[J].石油化工动态,1999,7(4):45

(上接第40页)

(3)1-丁烯装置能耗标定每吨精丁烯总能耗为552.71 kg油,比设计总能耗(578.31 kg油)低,达到了设计要求。

(4)1-丁烯装置每吨精丁烯单耗为1.926 t粗丁

烯,设计单耗为2.031 t粗丁烯,达到了设计要求。

(5)1-丁烯收率达到94.57%,达到设计收率94%的要求。

(6)异丁烷系统没有稳定运行,待问题处理完成后再组织标定。■