

Aspen HYSYS 模拟软件在 东北地区液化气分离流程模拟中的应用

白 杨 (恒力石化(大连)炼化有限公司, 辽宁 大连 116300)

摘 要: 基于 Aspen HYSYS 模拟软件建立液化气分离装置的碳四分馏塔校核模型, 以近期生产一个月的稳定生产运行数据及产品质量分析结果验证了该模型的准确性^[1]。应用流程模拟软件进行优化机会分析, 提出了通过降低碳四分馏塔塔顶温度、压力来降低塔底热负荷的需求, 并保障产品指标合格且满足下游装置加工要求, 有利于装置的降本增效。模拟结果表明, 降低塔顶温度、压力、回流比, 可以在关键产品的关键组分合格的基础上, 降低能源消耗。

关键词: Aspen HYSYS 模拟软件; 东北地区; 液化气分离流程

1 C₄ 正异构分离塔模型的建立与潜力分析

能耗。

1.1 HYSYS 软件模型的标定

模型建立前需将设备基础数据导入 AspenHYSYS 软件, 装置初期 C₄ 正异构分离塔模型标定结果见表 1。

根据关键指标的对比, 认定模型与装置实际运行工况吻合度较高, 模型与设备的参数达到匹配, 可以由模拟数据指导实际操作。

1.2 利用模型分析精馏塔优化潜力

精馏塔的运行效率关键在于如何将塔板的分离效率利用的最合理, 因此利用模型对 C₄ 正异构分离塔所有 120 层塔板进行水力学负荷性能计算。塔板水力学模拟结果见表 2 及图 1。

通过模拟可见: ①在当前的操作下仍有一定操作空间, 52~84# 板的操作状态存在有干板压降偏大问题; ②塔顶及塔底目前塔板操作点位置明显远离漏液线和液泛线。因此判断 C₄ 正异构分离塔还有一定的调整空间。可以考虑通过改变操作参数来改善分离精度, 同时优化

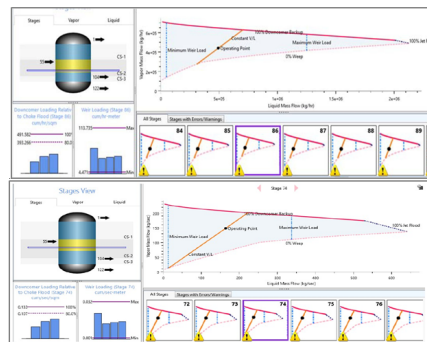


图 1 塔板水力学计算结果

1.3 对不同操作参数的工况模拟

1.3.1 采取降温、降压操作模拟结果

由表 3 可知在保持回流温度, 回流量不变的情况下, 随着操作压力降低, 异丁烷纯度逐渐升高。说明: 降压操作, 对于 C₄ 正异构分离塔, 有效提升了整塔分离效率, 利于控制异丁烷产品纯度, 和降低异丁烷产品中正丁烷

表 1 模型标定结果

项目	现场实际	模拟结果
进料量 kg/h	108671	106466
进料温度℃	77.27	77.23
塔顶采出 kg/h	50835	50000
回流量 kg/h	377670	376100
回流罐压力 MPag	0.523	0.526
塔顶压力 MPag	0.928	0.929
塔顶温度℃	67.84	67.91
54# 板温度℃	75.23	75.01
塔底压力 MPag	1.013	1.016
塔底温度℃	108.86	108.6
侧线正丁烷采出量 kg/h	52577	50990
侧线正丁烷采出温度℃	83.18	83.09
异丁烷产品纯度 (体积分数) %	98.92	98.8
正丁烷产品纯度 (体积分数) %	89.97	88.64
轻石脑油 C ₅ ⁺ 含量 (质量分数) %	77.11	71.8
再沸器蒸汽用量 kg/h	57522	59.61

表 2 水力学计算结果

塔板位置	塔径 m	压降 kPa	液泛率 %
------	------	--------	-------

1-50	6.4	39.15	55.44
50-103	6.4	44.92	51.6
103-120	6.4	13.88	50.78

表 3 C₄ 正异构分离塔降温降压各参数变化

冷却器压降	塔顶温度	塔底压力	塔底温度	异丁烷纯度	正丁烷纯度	轻石脑油中 C ₅ ⁺
kPa	℃	kPa	℃	V%	V%	W%
360	65.8	1075	102.7	98.83	88.64	71.7
310	63.5	1025	100.2	98.86	88.65	71.56
260	61.1	975	97.5	98.89	88.65	71.4
210	58.6	925	94.7	98.92	88.66	71.24
160	56	875	91.9	98.95	88.66	71.06
110	53.3	825	88.9	98.97	88.66	70.78
60	50.4	775	85.7	99	88.65	70.65
10	47.4	725	82.4	99.01	88.67	70.42

表 4 C₄ 正异构分离塔不同回流温度各参数变化

回流温度	塔顶温度	塔底温度	塔顶压力	冷却器负荷	再沸器负荷	异丁烷纯度	异丁烷中正丁烷	正丁烷中异丁烷	正丁烷纯度	正丁烷中异戊烷	轻石脑油中 C ₅ ⁺
℃	℃	℃	kPa	kW	kW	V%	V%	V%	V%	V%	W%
42	50.4	85.7	687	38230	36530	99	0.06	8.39	88.66	1.15	70.64
44	50.4	85.6	687	37620	35970	98.95	0.07	8.45	88.62	1.16	70.44
46	50.4	85.5	687	37000	35430	98.9	0.08	8.49	88.59	1.18	70.21
48	50.4	85.5	687	36770	35230	98.88	0.09	8.51	88.58	1.18	70.12

表 5 C₄ 正异构分离塔不同回流比各参数变化

回流比	塔顶温度	塔顶压力	塔底温度	冷却器负荷	再沸器负荷	异丁烷纯度	正丁烷纯度	轻石脑油中 C ₅ ⁺
/	℃	kPa	℃	kW	kW	v/v	v/v	w/w
7.5	50.4	687	85.5	36770	35230	98.88	88.58	74.71
7.3	50.5	687	85.3	35910	34360	98.78	88.5	74.38
7.1	50.5	687	85.1	35050	33490	98.66	88.41	74.03
6.9	50.6	687	85	34190	32630	98.46	88.24	73.67
6.7	50.7	687	84.8	33330	31780	98.08	87.88	73.3
6.5	50.8	687	84.6	32490	30930	97.38	87.19	72.93

表 6 C₄ 正异构分离塔不同进料位置各参数变化

进料位置	异丁烷产品纯度 (体积分数)	正丁烷产品纯度 (体积分数)	轻石脑油 C ₅ ⁺ 含量 (质量分数)	再沸器蒸汽用量
	%	%	%	kg/h
50 层	98.54	88.74	70.48	69069
54 层	98.8	88.64	71.8	69034
58 层	98.65	88.88	70.47	69052

表 7 C₄ 正异构分离塔优化参数建议表

项目	调整前	调整后模拟结果
回流比	7.5	6.9~7.3
塔顶压力 MPag	0.93	0.58
回流温度℃	40	48
蒸汽用量 t/h	59.61	52.58

表 8 C₄ 正异构分离塔优化参数及产品质量

塔顶压力	塔顶温度	塔底压力	塔底温度	冷却器压差	异丁烷纯度	正丁烷纯度	回流比	蒸汽消耗
kPa	℃	kPa	℃	kPa	v%	v%	/	t/h
924	67.7	1018	109.1	426	98.71	89.08	7.35	58
885	65.9	970	106.4	378	99.13	90.35	7.35	56
828	63.3	913	104	320	99.42	90.19	7.35	55
783	61.1	867	100.8	281	99.45	88.4	7.35	54
735	58.6	816	93.5	240	99.54	88.16	7.35	52
687	56.2	768	96	196	99.4	90.53	7.35	51
632	53.3	715	93	142	99.47	88.37	7.35	50.5
581	50.3	663	89.5	90	99.61	90.37	7.35	50
583	50.3	661	98.5	99	99.65	89.89	6.86	47.5
584	50.4	663	99.9	97	99.61	90.35	6.73	47

杂质携带量。在提高分离精度的同时,塔底、塔顶负荷明显降低。操作压力从当前的 0.93MPag 降至 0.58MPag,塔底蒸汽用量亦会相应降低。

1.3.2 采取不同回流温度操作模拟结果

由表 4 可知, 控制塔顶压力 687kPa, 提高回流温度, 塔顶、塔底温度和各产品组成变化不大, 塔顶冷却负荷、塔底加热负荷呈下降趋势。

1.3.3 采取不同回流比操作模拟结果

由表 5 可知,降低回流比,塔顶温度呈升高趋势,塔底温度、塔顶冷却负荷、塔底加热负荷、异丁烷和正丁烷产品纯度呈下降趋势。

1.3.4 采取不同进料位置操作模拟结果

由表 6 可知, 改变 C_4 正异构分离塔进料位置对各产品质量和再沸器负荷影响不大。

1.4 模拟数据结论

①降温、降压操作对产品质量和设备能耗收益最大^[2]；②降低回流比也可改善设备能耗，单产品纯度会随之下降，预测回流比低于6.9时异丁烷产品质量受限；③降低回流温度对产品质量影响甚微，但可进一步节约能耗。

1.5 模拟后操作参数的参考值

表7参数经水力学再次模拟,满足所有塔板操作点在合理范围内,可以应用实践。

2 C₄ 正异构分离塔调整具体内容

2.1 联合编制优化方案

为确保调整过程中设备运行安全、稳定，产品质量全程受控，提前联合生产技术和调度、质量确定 C₄ 正异构（上接第 89 页）件导致非故意违法，知识图谱可以帮助概览全局并根据需求导向具体文件学习。图 3 以固废法中一个重要管理对象（危险废物）为例，将产生、贮存、转移、利用处置等环节的法规标准构建为知识图谱，引导深入学习。知识图谱从展示角度说明了学习法规的难度（体系庞杂）。

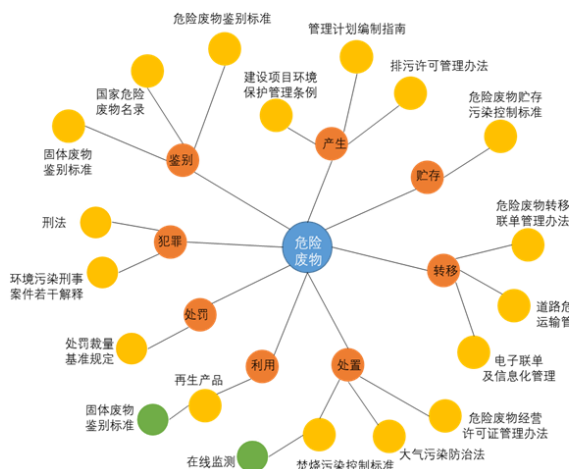


图3 利用知识图谱构建的危险废物法规标准导读

7 结束语

读者在阅读《固废法》等大篇幅法律文本时，希望能快速了解内容概貌并优先阅读跟自身工作相关的重要

分离塔优化调整方案。

2.2 调整过程数据及结果

见表 8。

2.3 结论

①降温、降压操作, 节约蒸汽消耗约 8t/h; ②降低回流比操作, 节约蒸汽消耗约 3t/h; ③本次优化后标定节约蒸汽消耗约 11t/h; ④优化后所有产品都合格, 关键产品 (异丁烷纯度) 长期保持 99.4% 以上; ⑤优化后标定塔效率由 85% 提高至 88.35%; ⑥优化后 C₄ 正异构分离塔能耗下降 21%; ⑦先降低操作温度、压力可提高分馏塔的分离效率, 再以新的分离效率重新修正模型, 又可扩大回流比等优化空间, 为进一步降温、降压操作提供可能, 形成一种良性循环。

3 小结

①利用 AspenHYSYS 等新技术可实现对装置运行的仿真模拟,用软件代替装置实验即安全又可靠。对今后装置技改措施优化提供有力判断依据;②培养了车间打造智能装置的人才基础;③再次证明了分馏塔降温、降压操作的优势(成本低、效益好、低压下设备运行更安全),并为其他精馏塔优化操作提供了经验,值得局部范围内推广。

参考文献:

- [1] 王勇, 李士富. 基于轻烃回收油吸收工艺的 HYSYS 模拟计算. 天然气与石油. 2014, 32(5): 37-40.
- [2] 王勇, 王文武, 呼延念超, 等. 油田伴生气乙烷回收 HYSYS 计算模型研究 [J]. 石油与天然气化工, 2011(3): 236-239.

内容,甚至根据主题开展延伸阅读。本文借鉴关键词抽取、标签聚类、影响因子标度、实体关系检索、知识图谱导读等方法,对《固废法》进行文本解析和导读,帮助提高读法学法效率,为提升环境宣传教育效果提供一条可行思路。人工解析基于知识经验,以此为机器学习训练模型进行人工智能自动解析,可以使法律文本解析在环境宣传教育、法律咨询、人才培养等领域大有可为。

参考文献:

- [1] 生态环境部.关于宣传贯彻《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的通知 [EB/OL].(2020-05-18) [2021-215].
- [2] 安明玲.加强环境保护宣传教育提高公众环境意识 [J].环境与发展,2020,32(04):250-251.
- [3] 邱昭继.文本解析技术及其在法律实践中的应用 [J].中国法律评论,2019(02):142-155.
- [4] 邱启文.凝心聚力砥砺前行 以新固废法为引领开启固废管理新篇章 [J].环境与可持续发展,2020,45(05):5-7.
- [5] 于升峰.面向科技智库的知识图谱系统构建 [J/OL].智库理论与实践:1-9[2021-03-01].

作者简介:

仇博(1981-),男,汉族,山东德州人,硕士,工程师,主要从事固体废物监督管理工作。