教学经验交流

Aspen HYSYS模拟软件在分离工程教学中的应用*

朴铁柱[1],修石健[2],张金月[2],权 波[2]

(延边大学 1.科学技术学院,2.国家级化学实验教学示范中心,吉林 延吉 133002)

[摘要]文章以混合气体的分离过程为例,介绍了 Aspen HYSYS 化工商用模拟软件在分离工程课程教学中的应用,同时针对两种不同的设定状态实施模拟,并对不同情况下流比例的差异进行了分析。教学结果表明,该软件的应用提高了学生的学习兴趣和积极性,加深了学生对课程内容的理解,获得了良好的教学效果。

[关键词]混合气体;分离工程;Aspen HYSYS;教学方法

Application of Aspen HYSYS Software in the Teaching of Separation Engineering

Piao Tiezhu[1], Xiu Shijian[2], Zhang Jinyue[2], Quan Bo[2]

(*1.College of Science and Technology; 2.National Chemical Experimental Teaching Demonstration Center, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002*)

Abstract: Aspen HYSYS commercial simulation software was used in the teaching of separation engineering course. Separation process simulation of mixed gas was carried out under different factors and conditions by using the Aspen HYSYS commercial simulation software. The difference of flow ratio in different conditions was anlysed. The results showed that the use of this software in the teaching has improved the learning interest and enthusiasm of students and increased their understanding on the contents. Good teaching effect has been obtained through the application of Aspen HYSYS commercial simulation software in the course of separation eneineering.

Key words: Mixed gas; Separation engineering; Aspen HYSYS; Teaching method

---

[作者简介] 朴铁柱(1982-),男,讲师,硕士;权波(1983-),男,教授,博士。

[通信作者] 权波,E-mail:quanbo@ybu.edu.cn。

* 基金项目:吉林省教育科学规划课题(ZD18007);吉林省教育厅"十三五"科学技术研究项目(JJKH20191122KJ)。

分离工程是高校化学工程与工艺专业的一门重要专业课程，主要讲授物料衡算及能量恒算，热力学效率和最优化计算，分离装置的设计等，涉及物理化学、化工热力学、工程计算、化工原理等多门课程的理论基础知识[1-2]。该课程具有专业背景要求高、计算复杂抽象、一般采用计算机数值方法进行计算的特点，因此采用传统的教学模式很难将该课程的理论和计算方法传授给学生，大部分学生由于理解困难而对分离工程失去学习兴趣。为解决上述问题，本校在传统教学中引入了 Aspen HYSYS 化工商用模拟软件，激发了学生的学习意愿，增强了学生对该课程的基本理论的理解与应用能力，强化了学生的实践操作水平，真正培养了企业所需的综合素质高、动手能力强的应用型人才[3-8]。本文以混合气体的分离过程为例，介绍 Aspen HYSYS 化工商用模拟软件在教学中的应用。

一、Aspen HYSYS 软件介绍

Aspen HYSYS 化工商用模拟软件由 Hyprotech 公司开发，广泛应用于石油开采、储运、天然气加工、石油化工、精细化工、制药、炼制等领域，在世界范围内的石油化工模拟、仿真技术领域占有主导地位。该公司拥有 17 000 多家用户，遍布 80 多个国家，其注册用户数超过世界上其他任何一家过程模拟软件公司。目前世界各大主要石油化工公司都在使用该公司的产品，包括世界上名列前茅的前 15 家石油和天然气公司、前 15 家石油炼制公司中的 14 家和前 15 家化学制品公司中的 13 家。虽然 Aspen HYSYS 软件是化工商用模拟软件，但美国、日本、韩国等国家的高校工科学院普遍使用该软件进行课堂教学和产学合作。该软件的每个模块由计算机编程物料衡算和能量恒算式组成，流程和单元操作都是相互独立的，在稳态和动态条件下可用于设计模拟工程、分析计算工程等[9-11]。

二、Aspen HYSYS 软件用于模拟混合气体分离

由 8 种组分组成的混合气体经过加压、降温等操作后，被分离塔分为气态和液态两种。这种方式可以大大提升某些物质的纯度，但是在不同条件下，所分离出的两种组分中物质占比是不相同的。Aspen HYSYS 软件可以在设定的状态下，对即将进行的化工过程进行模拟，为实际工程的开展做好准备。本文考虑了两种不同情况：在流组分等条件不发生改变的情况下，提高压缩机的压强与提高冷却器的温度。

（一）单平衡级分离塔闪蒸过程自由度分析

根据闪蒸流程图（见图 1）和单平衡级闪蒸基本方程（见表 1）进行自由度分析如下：

变量数：3C＋10(F，V，L，z_i，y_i，x_i，P_F，P_V，P_L，T_F，T_V，T_L，Q)

方程数：2C＋5

自由度＝变量数－方程数＝C＋5

一般已知进料涉及 C＋3 个变量(F，P_F，T_F，Z)，因此指定 2 个变量就能利用 Rachford-Rice 方程进行迭代过程计算。但是计算过程烦琐且计算量大，学生容易因为计算工作枯燥繁重而对分离工程课程失去兴趣。软件模拟相对而言操作简单，运算较快，避免了常规方法的烦琐计算过程，更能突出分离工程的魅力。

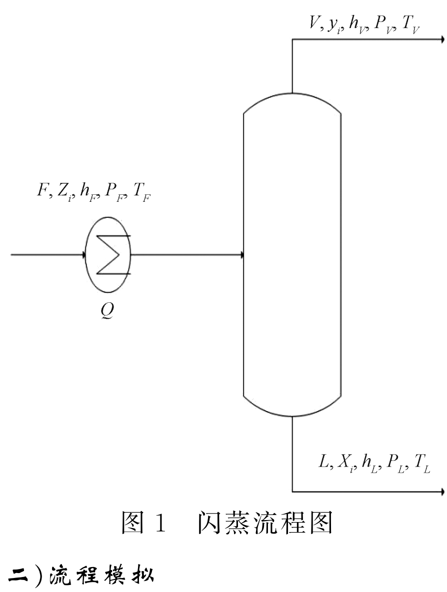

图 1　闪蒸流程图

（二）流程模拟

由甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、异戊烷、正戊烷、正己烷组成的混合气体在温度为 60℃、压力为 800kPa、摩尔流量为 527kg·mol/h 的条件下进行压缩、冷却和分离，选择的物性方法是 Peng-Robinson[12-13]，工程 PFD 图如图 2 所示。

（三）个案研究结果

在压缩机压力分别为 2 500kPa 和 5 000kPa、

表1 单平衡级闪蒸基本方程

方程	类型	方程数
$P_V=P_L$	机械平衡	1
$T_V=T_L$	热平衡	1
$y_i=k_ix_i$	相平衡	C
$Fz_i=Vy_i+Lx_i$	组分物料衡算	C
$F=V+L$	总物料衡算	1
$h_F F+Q=h_VV=h_LL$	能量衡算	1
$\sum_i y_i-\sum_i x_i=0$	归一方程	1
总方程数		2C+5
$K_i=k_i\{T_V, P_V, y, x\}$	$h_F=h_F\{T_F, P_F, z\}$	
$h_V=h_V\{T_V, P_V, y\}$	$h_L=h_L\{T_L, P_L, x\}$	

冷却器温度为40℃的条件下分别实施模拟，3、4、5号流各物质的百分比模拟结果分别如表2和表3所示。

通过两种条件下的结果对比，我们不难看出：在压缩机压强提高的情况下，甲烷在4号流和5号流中所占比例都有一定的提高，而丁烷、戊烷和己烷的比例都有所下降。如果想提高4号流中甲烷的比例，实际分离过程中可以选择此方案。

三、教学效果评价

我们针对Aspen HYSYS软件在课程教学中的应用效果进行了调查，结果如表4所示。由表4可知，该软件的应用使分离工程课程教学突破了教材的局限，学生更愿意学习，也更容易掌握课程知识。同时，学生能够运用模拟软件解决基本工程问题。实践表明，Aspen HYSYS化工商用

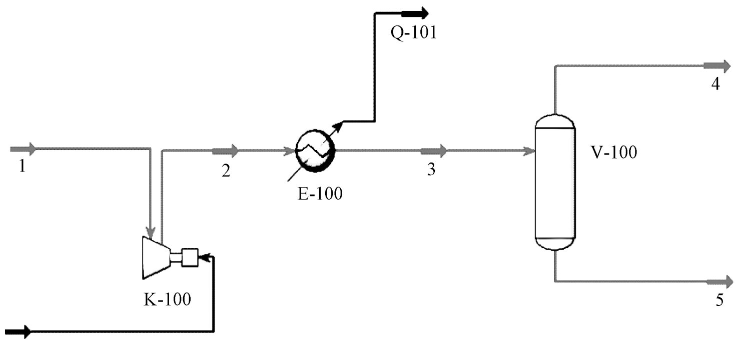

图2 混合气体分离工程PFD图

表2 压缩机压力为2 500kPa、冷却器温度为40℃状态下的模拟结果

	3号流/%	4号流/%	5号流/%
甲烷	45.424 542	65.255 900	9.086 579
乙烷	11.881 188	14.097 238	7.820 612
丙烷	10.481 048	8.779 606	13.598 683
异丁烷	9.080 908	5.066 942	16.435 894
正丁烷	7.760 776	3.599 899	15.384 954
异戊烷	6.290 629	1.654 634	14.785 388
正戊烷	5.590 559	1.216 807	13.604 798
正已烷	3.490 349	0.328 973	9.283 092

表3 压缩机压力为5 000kPa、冷却器温度为40℃状态下的模拟结果

	3号流/%	4号流/%	5号流/%
甲烷	45.424 542	72.930 226	20.513 195
乙烷	11.881 188	12.441 927	11.373 339
丙烷	10.481 048	6.465 749	14.117 624
异丁烷	9.080 908	3.478 704	14.154 712
正丁烷	7.760 776	2.438 759	12.580 820
异戊烷	6.290 629	1.141 660	10.953 947
正戊烷	5.590 559	0.850 028	9.883 963
正已烷	3.490 349	0.252 947	6.422 400

表 4　学生对课程的评价调查

评价基准	对本课程有兴趣	我学到了本课程的基本理论、知识和技能
非常差	0	0
差	0	0
一般	14%	0
好	21%	29%
非常好	65%	71%
参加人数:20 人		
授课老师:朴铁柱		
课程名称：分离工程;讲座编码:01;学分：3;教科区分:D		

模拟软件应用和教学内容的有效结合,使教学达到了既定的目标。通过一个学期的学习，12 名学生一起建立了工程系统模拟研究会(学生学习社团),还有 5 位同学申请参加 2019“东华科技-恒逸石化杯”第十三届全国大学生化工设计竞赛。一位 2014 级本科毕业生因学习过 Aspen HYSYS 软件,顺利就职于霍尼韦尔(中国)有限公司,其入职后表现优异,得到了公司的认可。

四、结论

分离工程课程是化学工程与工艺专业的一门应用性和工程性较强的专业课,教学中引入 Aspen HYSYS 化工商用模拟软件,简化了烦琐的计算过程,充分调动了学生的主观能动性,拓宽了学生的视野，培养了学生的工程意识。同时通过软件的学习,学生锻炼了应用计算机进行流程模拟操作的能力,提高了解决实际工程问题的能力,增强了就业竞争力。

（文字编辑:李丽妍）

参考文献：

[1] Geankoplis C J. Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations) [M]. New York：Pearson,2013.

[2] Seader J D， Henley E J. Separation Process Principles [M]. Hoboken：John Wiley and Sons,2006.

[3] 权波,张金月,李春兰.中外合作办学高校化学实验课程考核方法初探[J].实验室研究与探索,2018,37(12)：163-165.

[4] 吕华，刘玉民，席国喜.化工分离工程教学改革与探讨[J]. 广州化工,2010,38(3):200-202.

[5] 洪梅，王恋. 化工专业教学方法的探讨[J].化工时刊,2015，29(5):47-49.

[6] 杨政鹏,张春静.《分离工程》教学改革的探讨[J].教育教学论坛,2016 (41):81-82.

[7] 赵梦菲,丁沁文,张莲姬,等. 基于正交法创新化学实验的教学实践及探索[J]. 广州化工,2018,46(11)：152-153.

[8] 李倩,杨西萍,展宗瑞. 化工类专业《化工分离工程》课程改革与实践[J].山东化工,2018(3):61-64.

[9] 李士富，王曰燕，王勇. 山西沁水煤层气液化 HYSYS 软件计算模型[J]. 天然气与石油,2010(4)：22-25.

[10] 郭峰. HYSYS 软件在酸性天然气净化中的应用[J]. 石油规划设计,2006 (6):45-46.

[11] Finlayson B A. Introduction to Chemical Engineering Computing [M]. Hoboken：John Wiley and Sons,2006.

[12] 陶旭梅，叶庆国，徐东彦. 计算机辅助软件在分离工程教学中的应用[J]. 化工高等教育,2015,32(4)：92-94.

[13] 李伟，朱家文，徐心茹,等. 现代化工模拟软件在分离工程课程教学中的应用[J]. 化工高等教育,2007,24(2):66-67.