

Micro-SAPROSS软件在轻烃

制氢工艺设计中的应用

甘肃兰州石油化工设计院 唐宏青

摘 要 Micro-SAPROSS软件是国内自行开发的合成氨流程模拟专用软件,可用于轻烃类制氢工艺设计中。本文介绍该软件在丁烷和丙烷馏份制氢的常规流程和变压吸附流程中的成功应用,并列出若干主要计算结果。

一、Micro-SAPROSS软件简介

合成氨流程模拟系统(Micro-SAPROSS-1.0版)是由中国石油化工总公司发展部科装公司投资,兰州石油化工设计院、大连理工大学和华东化工学院共同开发的国内新一代合成氨流程模拟系统^[1]。该软件是一个中型的计算机软件系统,拥有3万多条FORTRAN语句、几十个执行程序。由于其硬件运行环境为IBM-PC/XT及其兼容机,因而可以在国内任何一个化工设计单位中使用。

Micro-SAPROSS系统是以石油烃(天然气、炼厂气、液化气、油田气、轻油、渣油等)为原料制合成氨的工艺专业工程设计和验算程序包,对老厂改造和新厂设计具有同样的作用,尤其适用于设计前期工作、可行性研究、工艺包设计和基础设计阶段。该系统中的“系统物料平衡与热量平衡程序”是一个从烃原料制合成氨、氢气、合成气的专用程序。它拥有蒸汽转化、变换、净化、甲烷化、压缩、各种换热过程、激冷过程、燃烧过程、尾气处理、合成回路等七十多个

工艺过程模拟计算。

本文叙述使用这一软件系统进行丁烷和丙烷馏份制氢气的模拟计算,并分别给出常规流程和变压吸附流程的一组典型数据。

应该说明的是,这一计算结果已直接用于国内某项制氢工程的工艺设计中,因而它具有特殊的意义。实际上,在完成这项工程设计的全过程中,曾对不同的工况条件作了上百次方案计算,研究了若干种工艺条件变化对全流程的影响,从中选择比较优惠的结果。

二、工艺过程简述与流程信息图

以丁烷和丙烷馏份为原料的制氢工艺,可以采取常规流程和变压吸附流程等方法,其产品氢气的浓度均可达到97%以上,可以作为加氢工艺的原料。

在常规流程中,原料丁烷馏份和丙烷馏份经过流加和预热后,与一部分产品氢气流加进入加氢反应器,使其中的部分烯烃变成烷烃,并维持未反应的氢气在一指定的浓度;为了保持转入炉入口的工艺气体中一定的水碳比,需补充一部分水蒸汽;经过一转蒸汽转化、中变、废锅、低变、脱碳和甲烷化后,可以得到浓度为97%的氢气。这一工艺过程与合成氨工艺中三触媒热法流程基本上相同,因而可视为常规流程。

在变压吸附流程中,从原料投入至中变出口与常规流程相同,其后经过一系列热量

回收后,再用变压吸附的方法将 CO_2 、 CO 、 H_2O 和一部分 CH_4 除去,并伴有部分氢气的损失,产品为浓度98%的氢气。

可以看出,常规流程与变压吸附是各有特点的,但都与合成氨工业有十分类似的地方。有关它们的技术经济比较,详见设计文件^[2],此处从略。

三、计 算 策 略

上述两种不同的工艺过程计算有一个共

同的特点,就是工艺物流的返回料只有一股,因而这样的计算是容易用序贯法实现的。本计算就是采用模块序贯法,在返回加氢处撕裂,通过反复迭代,直至收敛,流程信息图见图1和图2。本图为方案计算中的某一方案实例示意,与最终工程设计略有差别,详见有关工程的设计文件^[2]。

计算过程中首先确定的是主要控制指标,这些基本数据为:

(1) 丁烷与丙烷馏份流加后总量为1

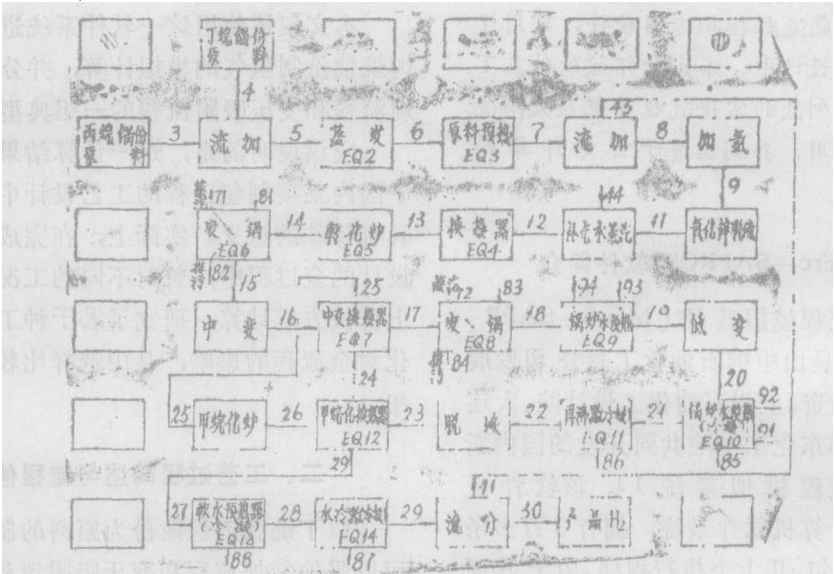


图1 常规流程信息流程图

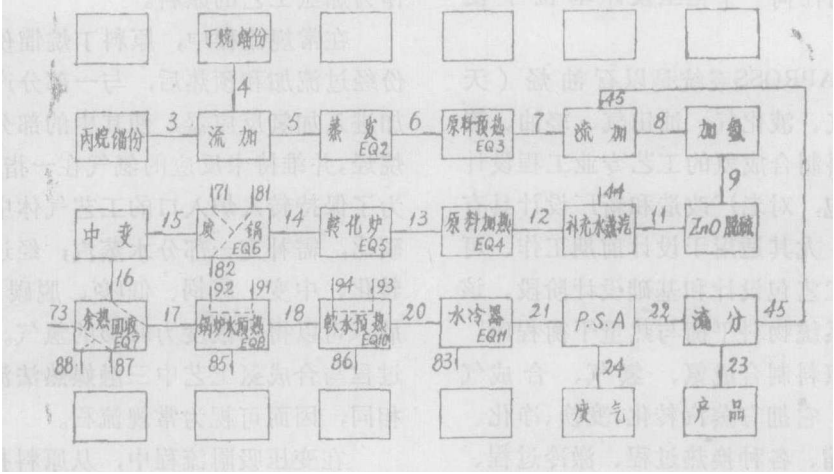


图2 变压吸附流程信息流程图

吨。

(2) 加氢后 H_2 含量占10%。

(3) 产品纯度为97~98%。

(4) 入转化炉一定的水碳比。

(5) 转化炉、中、低变等反应器的转化效率,即一定的平衡温距。

此外,根据工艺过程的特点还要确定相应的若干参数。

作为工程设计,物料平衡要做得十分严格,每一模块进出口物料不能有表观上的差别,收敛指标通常定在 10^{-6} ,例如物流41,45的差必须小于0.001Kg,对每一组份的量亦必须保持在同等要求的水平上。这并不是工业过程中需要控制得如此严格,而是作为流程模拟必须向工程设计提供严肃的数据。

实际工程计算中的各种指标,包括工艺信息流程图在内,并不是一开始就可以下定论的,或预先设计出一种优化计算的方案,而是需要进行多方案的计算才能从中择优。对同一流程,要进行不同工艺参数,有时是不同模块的组合、不同的收敛方案进行反复比较,才能确定一套比较合适的参数。

由此可见,作为工程计算,它要求方法稳妥、数据严谨。

四、计算结果

本文选择某一典型方案的数据来说明这一流程模拟的结果。由于实际工程的情况可能千变万化,为此,本文的数据不能作为工程设计的最终依据。

计算结果如下(表1~4)

表1 原 料

原 料	组 份	Mole%	NM ³	kg
丙 烷 馏 份	C_3H_8	83.76	220.304	438.481
	C_3H_6	10.36		
	i- C_4H_{10}	0.85		
	C_4H_8-1	0.32		
	i- C_4H_8	4.71		
丁 烷 馏 份	n- C_4H_{10}	87.07	212.203	561.519
	i- C_4H_{10}	4.59		
	n- C_6H_{12}	8.34		
合 计			432.507	1000

表2 产 品 中 H_2 含 量

流 程	Mole%	NM ³	每1000NM ³ 纯 H_2 消耗原料量kg
常 规	97.07	4625.485	222.7
变压吸附	98.00	3348.489	304.7

表3 常规流程的部分中间数据(干基含量%)

物 流 号		9	14	16	20	26
组 份	H_2	10.0000	72.5140	74.2893	74.9718	97.0695
	CO_2	0	15.3037	20.7743	22.8775	0.0005
	CH_4	0.5137	2.1240	1.9868	1.9341	2.9295
	C_3H_8	42.8951	0	0	0	0
	n- C_4H_{10}	38.3795	0	0	0	0
	i- C_4H_{10}	4.5495	0	0	0	0
	n- C_6H_{12}	3.6622	0	0	0	0
	CO	0	10.0584	2.9496	0.2166	0.0005
	$H_2O(湿)$	0.4054	34.4415	37.7211	39.1058	2.4126
流量NM ³		485.36	11820.15	11820.15	11820.15	4802.64

(下转第29页)

操作工对其原理、故障判断、维修都很熟练。用L型机改造的二氧化碳压缩机与原型大同小异,仅熟悉一下流程,掌握操作要点和注意事项,就可成为熟练的操作工,不需要外出长期培训。

3. 建设周期短,新上二台4M12二氧化碳压缩机,从土建开始到调试结束。最少需要一年的时间,而用L型机改造,不用土建,不用安主机、电机,仅改造一下气缸、辅机和管线,有三个月的时间就足够了。

4. 使淘汰的L型机继续发挥作用。随着小化肥厂规模的逐渐扩大。压缩机在从小到大更新换代,大批的L型压缩机被M型和H型压缩机代替而淘汰。用L型压缩机改造为二氧化碳压缩机用于小尿素生产的成功经验,为淘汰的L型压缩机找到了新的出路。将使它们焕发青春,继续为化肥生产做出新贡献。

5. 利用L型压缩机改造为二氧化碳压缩机最突出的优点是节省投资,以我厂为例,如果上二台4M12型二氧化碳压缩机,包括

员土建、设备购置、安装、电仪、调试等在内。其总投资目前需要280万元,而我们改造了4台L型压缩机当时只用了60万元,即是按目前的价格计算也不超过100万元,这样一个二氧化碳工段将节省投资180万元左右(按目前口径计算),全国将新上五十套小尿素装置,若都采用L型压缩机改造。将节省投资9000万元,可多建三至四套小尿素装置,在当前国家资金紧张,大力压缩基建投资的今天,用L型压缩机改造为二氧化碳压缩机更有其重要的现实意义,也必将加快小尿素改造的步伐。

我厂用L型压缩机改造为二氧化碳压缩机虽然已成功地应用于小尿素生产,但由于运行时间短,有些问题尚未暴露,也有待于时间的考验,我们一定与制造厂密切配合,做好进一步的改进和完善工作,使这一革新成果日臻成熟,为全国小化肥厂改产尿素做出积极贡献。

(罗 编)

表4 变压吸附流程部分中间数据
(干基含量%)

物 流 号		9	14	16
组	H ₂	10.0000	71.1938	73.1629
	CO ₂	0	14.2533	20.1067
	CH ₄	0.3475	3.2217	3.0046
	C ₂ H ₆	42.9748	0	0
	nC ₄ H ₁₀	38.4508	0	0
	iC ₄ H ₁₀	4.5579	0	0
	nC ₆ H ₁₂	3.6690	0	0
份	CO	0	11.3249	3.7258
	H ₂ O(湿)	0.3475	37.5150	41.3753
流量NM ³		482.49	10162.09	10162.09

五、结 束 语

Micro—SAPROSS作为一种专用软件,当原料改变或某一工艺参数改变时,用计算机很快就给出一套新的计算结果。工艺设计人

分析数据变化的趋势后,很快就得出结论,他们应该怎样继续地改变工艺参数,朝着优化设计的目标前进。正是上述原因,Micro-SAPROSS已在制氢工艺设计中不断地发挥积极的作用,并取得三个工程计算的良好效果。尤其需要指出的是,这一软件系统在开发过程中,成功地用于武汉石油化工厂的可行性研究,为这一项目的投标成功起了重要的作用。

参 考 文 献

[1] 石化总公司发展部科装公司,合成氨装置计算机辅助设计流程模拟系统软件,1988。

[2] 内部资料,兰州石油化工设计院,武汉石油化工厂制氢装置可行性研究报告,(1986)。

(庄 编)