

基于敏感度分析的常减压蒸馏装置优化

程华农 王如强 郑世清

(青岛科技大学计算机与化工研究所, 山东 青岛 266042)

摘要:通过对某炼油厂常减压装置模拟和分析,以各线产品均能满足质量要求的总拔出率为优化目标,结合塔的水力学计算和泵的核算,提出了基于敏感度分析的常减压装置优化策略。以此为指导,对该装置加工科威特原油 200 万 t/a 流程进行了优化。

关键词:常减压;敏感度分析;模拟;优化

中图分类号:TQ021.8

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2004)S2-0188-03

Optimization of crude distillation unit based on sensibility analysis

CHENG Hua-nong, WANG Ru-qiang, ZHENG Shi-qing

(Research Center for Computer and Chemical Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: With simulating and analyzing the crude atmospheric/vacuum distillation unit of a petroleum refinery, a retrofit method based on sensibility analysis for the maximum of the total production was proposed. The column hydraulic and pump load are considered before the final project. With the case studied, the flow sheet of 2 Mt/a Kuwait crude is optimized after using the proposed method.

Key words: atmospheric vacuum distillation; sensibility analysis; simulation; optimization

石油蒸馏是石油加工的第一道工序,它为催化裂化、催化重整、延迟焦化和加氢裂化等一系列二次石油炼制工艺过程提供原料,并直接提供部分油品。原油蒸馏装置设计和操作的好坏,对炼油厂的产品质量、收率以及对原油的有效利用都有很大的影响^[1-3]。随着市场竞争日益激烈和原油性质的不断变化,如何优化原油蒸馏操作工艺、提高经济效益越来越受到人们的关注。

常减压蒸馏装置炼制原油的过程中,分馏出各轻质馏分质量流率的总和占原油加工量的百分数称为该原油的总拔出率。分离效率越好,拔出率越高,所产生的经济效益也越大。由于装置的复杂性,影响拔出率的因素有很多,如常减压塔各线采出、塔底蒸汽量、侧线蒸汽量、泵回流的流量和温度等。如何调节这些参数,使常减压的总拔出率最大,本文对此提出了基于敏感度分析的优化策略和方法。

1 敏感度分析

某些量(称为因变量)对于某个量(称为自变量)的改变而相应地发生改变,其变化值的大小称为因变量对自变量的敏感度。变化值大,则敏感度大;变

化值小,则敏感度小。进行度量敏感度大小的工作称为敏感度分析。对于常减压蒸馏装置,自变量包括各线产品质量流率和汽提蒸汽量等,因变量主要指各线产品的质量,即恩氏蒸馏干点、72%点(将产品馏出量为 72% 的沸点数据)和闪点等。笔者结合某炼油厂年加工 200 万 t 科威特原油常减压装置来说明敏感度分析,流程如图 1 所示。由于篇幅所限,本文只给出常压塔部分敏感度分析,其他请见文献[5]。

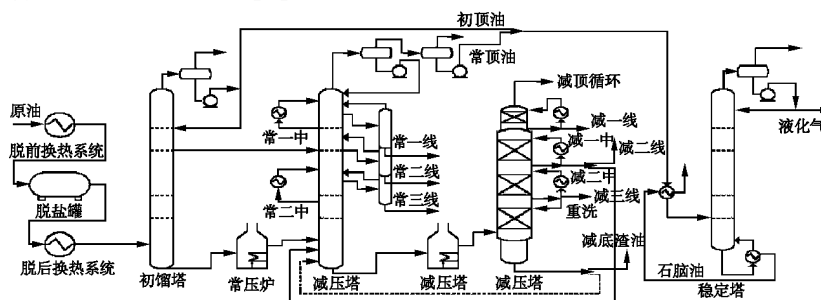


图 1 200 万 t/a 科威特原油加工流程图

1.1 常压塔各线产品质量对其质量流率的敏感度分析

将常顶油质量流率作为自变量,常顶油干点、常一线干点、常二线闪点和常三线 72% 点作为因变

量,自变量和因变量的变化情况如图2所示。图中横坐标为常顶油质量流率,纵坐标为各线产品质量,间隔为0.5℃。由于各线产品质量对应的温度数量级不同,所以未列出具体的数值,图3至图5相同。图中各线产品对应曲线斜率的大小反映其对初顶油质量流率的敏感度,斜率越大,敏感度越大。

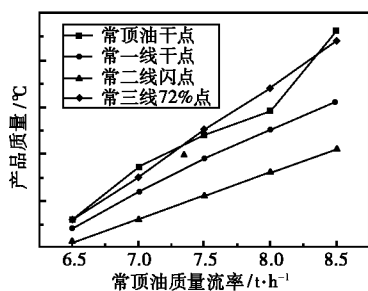


图2 常顶油质量流率对各线产品质量的影响

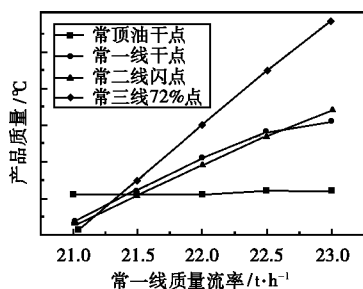


图3 常一线质量流率对各线产品质量的影响

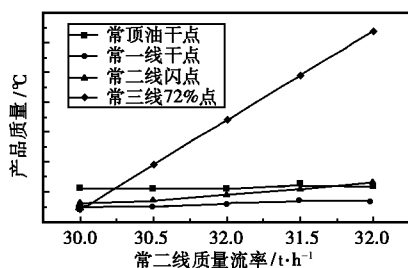


图4 常二线质量流率对各线产品质量的影响

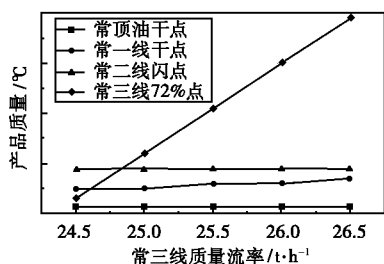


图5 常三线质量流率对各线产品质量的影响

从图2至图5可以看出,常压塔各侧线对其自身和后面(比其重的产品)各线产品的质量影响显著,而对于其前面各线产品的影响很小,甚至没有影

响。例如常顶油质量流率的变化对常顶油干点、常一线干点、常二线闪点和常三线72%点的影响均比较显著;而常三线质量流率的变化对常顶油干点、常一线干点和常二线闪点几乎没有影响。

类似上述方法,可以分析初馏塔和常压塔各线产品质量对初顶油流率、常压塔各线产品质量对常压塔底汽提蒸汽量、常压塔各线产品质量对常二线汽提蒸汽量、常压塔各线产品质量对其中某线采出量等影响因素的敏感度大小,可以得出下面的基本规律,为调优提供指导。

1.2 敏感性分析结论

(1)敏感性分析表明初顶油质量流率变化对初馏塔和常压塔各线都有影响,对其自身影响最为显著。

(2)常压塔各线质量流率的变化对各线质量影响显著程度不同,越靠近上部影响越显著,例如常顶油质量流率对各线影响都比较显著,常一线次之,常三线对其他各线几乎没有影响。常压塔各线质量流率增加,其质量降低。

(3)常压塔底蒸汽量的变化对各线影响显著,蒸汽量增加,质量提高。同时蒸汽量的增加会显著增加常压塔的拔出率。

(4)常二线汽提蒸汽量的增加对常一线干点和常二线闪点影响显著,而对其余各线质量几乎无影响。常二线闪点随其汽提蒸汽量的增加而增大。蒸汽量少时,变化率较大;随着蒸汽量的增加,变化率减小。轻馏分产品对各线质量的影响比重馏分产品显著。

2 常减压蒸馏装置优化策略

首先根据常减压蒸馏装置从前到后、从轻到重,逐个增大各线的质量流率,即将轻馏分尽量先采出,直至达到各线的最大采出量。此时的拔出率称为某原油在该装置的最大拔出率,它是在不考虑产品质量要求的情况下炼制该种原油时的极限拔出率。然后根据敏感度分析的结果,按照从前到后、从轻到重的原则和影响程度的大小依次减少各线的质量流率,直到各线产品均能满足质量要求,此时的拔出率为实际拔出率。同时进行水力学计算和泵核算,对可能存在的问题,进一步修正常减压装置的操作参数。如果塔水力学计算不能满足要求,则需要重新对各线采出量进行调节,调节方法同上。

2.1 根据敏感度分析确定初步最优方案

首先进行敏感度分析,得出各因变量对自变量

的敏感度。在装置最大拔出率的基础上,在确定了被调节参数以后(如常二线闪点),以敏感度大的物流(如常二线汽提蒸汽量)优先作为调节参数,使被调节参数满足质量要求。依次使各线均能满足质量要求,从而得出实际拔出率下的操作条件,即初步最优方案。

2.2 进行水力学计算

根据 2.1 确定的装置的初步最优方案,对常压塔和减压塔分别进行水力学计算,得出各塔板或填料段的操作参数。针对常减压蒸馏装置在水力学方面可能存在的问题,提出以下处理方法:

(1)根据计算得出的泛点率或空塔气速判断塔板能否正常运行。考虑到塔板在塔中所处的位置,关键分离塔板泛点率不能偏高或空塔气速不能偏低,如果出现异常说明存在液泛或严重雾沫夹带现象,应重新优化工艺条件;非关键塔板如主要起换热作用的塔板由于没有分离效果,泛点率偏高或空塔气速偏低则不会影响塔的正常操作。

(2)如果塔板出现漏液现象,应加大塔底蒸汽量或进行塔板的堵孔操作。

(3)如果塔板液相量低于液相下限线,应重新设计塔中各侧线采出位置,重新校对装置过程参数。

2.3 进行泵的核算

进行泵的负荷核算后,如果出现泵的实际负荷超出其设计负荷的情况,可从现有泵中,在输送介质差不多的条件下,将该泵和负荷大的泵进行调换,否则更换负荷更大的新泵。

3 案例研究

图 1 所示的常减压装置的目前总拔出率只有 64.5%,比由实沸点数据得到的拔出率(74%)小得多。根据第 2 节得出的常减压蒸馏装置过程参数,从前到后、从轻到重逐个调整各线产品质量流率,得出该装置的最大拔出率可达到 71.5%。由于实沸点数据测定采用的是间歇蒸馏,因此比实际装置采用的连续蒸馏的拔出率要高。

根据敏感度分析的结果从前到后、从轻到重地

调节各线产品的采出量,使其均能满足质量要求,从而得出装置的实际拔出率为 68.3%,对应的优化方案如表 1 所示。通过对常压塔和减压塔进行水力学计算可以得到常压塔的第 19 块塔板有雾沫夹带现象。考虑到第 19 块塔板是常压塔常二中回流的抽出板,而且常二中抽出和返回间的塔板返混严重,主要起到取热作用,因此可以忽略该塔板的雾沫夹带问题。减压塔能够正常操作。原装置中除输送初顶油和初顶回流的初顶泵超出了该泵的设计负荷外,其他泵的富裕量都很大。由于初顶油和常二线油品性质相差不大,可以将初顶泵与常二线泵进行更换,更换后两泵均能满足要求。

表 1 200 万 t/a 科威特原油常减压蒸馏装置优化方案

物流名称	流量/t·h ⁻¹	收率/%
初顶油	29.0	10.7
常顶油	12.0	4.4
常一线	24.0	8.9
常二线	32.0	11.9
常三线	30.0	11.1
减一线	16.0	5.9
减二线	4.4	1.6
减三线	37.0	13.7
总拔出率		68.3

4 结语

通过对常减压装置的模拟分析,提出了基于敏感度分析的常减压蒸馏装置优化策略,解决了该装置拔出率不高的问题。该方法结合塔水力学和泵核算做进一步修正,使优化方案更加可靠,也可以为其其他常减压蒸馏装置优化改造提供指导。

参考文献

- [1] 林世雄.石油炼制工程[M].北京:石油工业出版社,1988.221.
- [2] 陈乐怡.[J].石油化工动态,1998,6(5):24-28.
- [3] 黎宗检.[J].石化技术,2000,7(3):176-181.
- [4] 王如强.常减压蒸馏装置优化和灵活加工方案的研究[D].青岛:青岛科技大学,2004.■

《百余种医药中间体生产、技术与市场分析咨询报告》

该资料汇集了百种以上常用重要医药中间体的国内生产建设形势、生产工艺技术进展及市场前景分析的最新资料,每种产品独立成篇。内容新颖,数据翔实,分析权威。其中有 80% 以上的中间体为医药、农药、染料等精细化工生产共用的中间体,该资料对于化工中间体和精细化工生产、研究、经营等单位具有重要的参考价值。该资料于 2004 年 4 月编辑出版,大 16 开本,约 500 页,计 100 万字,定价人民币 480 元,读者可来函来电索要订单,电话:010-64444090/4095 转 839,837~842,电子信箱:husm@cheminfo.gov.cn,传真:010-64437104,联系人:胡世明。