



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107096252 B

(45)授权公告日 2019.06.07

(21)申请号 201710307325.8

B01D 3/14(2006.01)

(22)申请日 2017.05.04

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 101337133 A,2009.01.07,全文.

申请公布号 CN 107096252 A

CN 102553281 A,2012.07.11,全文.

CN 1264027 A,2000.08.23,全文.

(43)申请公布日 2017.08.29

EP 2479167 A1,2012.07.25,全文.

(73)专利权人 万华化学集团股份有限公司

CN 203710718 U,2014.07.16,全文.

地址 264002 山东省烟台市经济技术开发区天山路17号

审查员 孙群

(72)发明人 艾丹亭 王远辉 邓高明 韩冰

田宇 姚雨 张宏科 华卫琦

(74)专利代理机构 北京卓恒知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 11394

代理人 唐曙晖

(51)Int.Cl.

B01D 3/42(2006.01)

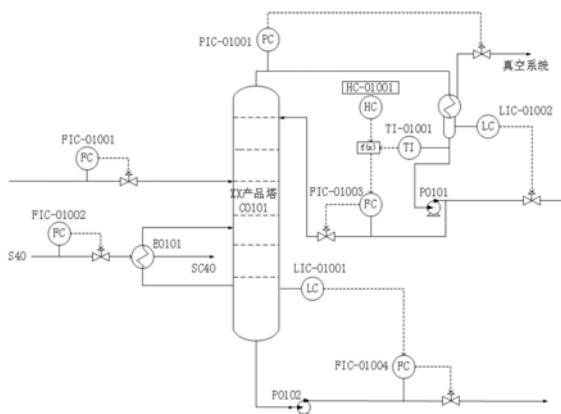
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

精馏塔塔顶冷量自动控制的方法

(57)摘要

本发明公开了一种精馏塔塔顶冷量自动控制的方法。采集精馏塔塔顶回流温度Te、塔顶压力P、塔顶回流液组成X等实际运行参数,确定参考工况下的塔顶回流量Re和塔顶回流液温度Td。然后,根据所采集的参数计算得到回流液汽化热Hv和塔顶回流液热容Cp。同时,根据精馏原理,计算不同回流液温度Te下保证塔顶分离质量的回流量Re',结合理论推导建立数学模型。最后,在集散控制系统DCS后台上组态数学模型,实现通过数学模型计算控制回流量Re'的功能。本发明通过优化精馏塔冷量输入的控制,根据回流温度Te的变化自动调整塔顶回流量Re',达到稳定塔顶产品质量、节能降耗的效果。



1. 一种精馏塔塔顶冷量自动控制的方法,该方法包括以下步骤:

1) 数据采集:确定满足精馏塔分离要求的参考工况,确定与参考工况对应的参考工况下塔顶回流量 Re 和参考工况下塔顶回流液温度 T_d ;采集包括精馏塔塔顶的实测回流液温度 T_e 、实测塔顶压力 P 和塔顶回流液组成 X 在内的参数;

2) 模拟计算:以包括实测回流液温度 T_e 、实测塔顶压力 P 和塔顶回流液组成 X 在内的参数为基础,利用化工流程模拟软件Aspen计算得到回流液汽化热 H_v 和塔顶回流液热容 C_p ;

3) 建立模型:建立以下公式(1)作为数学模型:

$$Re' = Re \left[\frac{H_v}{H_v + C_p(T_d - T_e)} \right] \text{公式 (1)}$$

Re' = 需要控制的实际回流量;

Re = 参考工况下塔顶回流量;

H_v = 塔顶回流液汽化热;

C_p = 塔顶回流液热容;

T_d = 参考工况下塔顶回流液温度;

T_e = 实测回流液温度;

4) 在DCS上通过该数学模型计算需要控制的实际回流量 Re' 。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中步骤4)是如下进行的:

首先,DCS后台组态公式(1)的计算功能块,将 H_v 、 C_p 和 T_d 输入计算功能块并由操作员在DCS画面上写入参数 Re 的数值,然后将通过在线温度计实时测量的 T_e 输入计算功能块来进行计算,从而通过计算确定 Re' 的值。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中 Re' 在DCS上是一个流量控制回路的设定值,从而实现回流量的自动控制。

精馏塔塔顶冷量自动控制的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种精馏塔塔顶冷量自动控制的方法。

背景技术

[0002] 精馏塔能耗在化工装置中占比较大,尤其对于高等级蒸汽作为热源的精馏塔,能耗甚至可占整个工序或装置的50%以上,因此优化精馏塔的能量控制具有重要意义。

[0003] 目前大多数精馏塔塔顶均采用回流量定值调节,回流液温度因受环境温度影响,变化范围小则3~7℃,多则20~80℃。根据操作经验或者理论分析可知,当回流量保持一定时,回流温度变化,则回流流股携带的能量将发生变化,精馏塔塔顶本质上时上升气相和回流液相的物料和能量平衡过程,当液相携带的能量发生改变,塔顶塔盘的气液分离效果也将发生改变,回流温度高,意味着回流冷量小,可理解为实际回流比较设计工况小,分离效果不好,产品质量达不到生产要求;回流温度低,意味着回流冷量大,可理解为实际回流比比设计工况大,轻组分的分离效果更佳,气相被冷的更多,意味着产量将下降,同时,塔釜热功率也将增大以达到高分离需求,即产品的单耗将增加。所以,要同时保证能耗较低和满足产品质量要求,当顶部产品质量进行卡边控制时,回流液温度的变化将引起产品质量波动,很可能导致产品质量不合格。采用传统的回流定值调节不能使进入塔顶的外部干扰减到最小。

[0004] 另外,某些精馏塔会采用回流罐液位串级调整回流量的方案,该方案能保证回流罐液位稳定,但外界温度变化时,回流物流携带的能量同样也会发生改变,影响精馏塔的气液平衡;或者某些塔采用灵敏板温度串级调整回流量的方案,一方面,灵敏板温度响应可能存在较大滞后,或者温度梯度分布不明显,从自控角度而言,即被控变量的纯滞后时间过长或者操纵变量对被控变量的增益太小,都很难通过常规的PID回路进行调整,另一方面,回流温度变化后,塔内温度的变化要逐渐传递给灵敏板,灵敏板响应变化后才能去调整回流量,同样存在不可避免的过程滞后,而采用回流量自适应控制是在入塔之前提前调整回流量,类似于前馈控制的思路,控制更及时有效;或者某些塔采用控制第一层塔盘下液量的方式对回流阀门进行调整,此控制方式中不同工况下的塔盘下液量较难确定,操作人员不能根据工况变化较合理的给定塔盘下液量的设定值,不适合操作人员进行控制。

[0005] 因此,考虑采用回流量自适应调节方案对塔内塔盘下降液量进行有效控制,该方案较传统的回流定值调节方案具有减少塔釜蒸汽、液位波动,降低操作人员工作负荷和稳定产品质量的优势。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于稳定精馏塔塔顶回流的冷量,通过数学模型实现精馏塔塔顶回流量自适应调节,主要用于避免水冷器循环水或空冷器空气温度变化造成的回流液温度变化对精馏塔塔顶产品质量和塔釜蒸汽用量产生的影响,同时,由于回流量自动调节,装置自控率得到提高,降低了操作强度。

[0007] 根据本发明,提供一种精馏塔塔顶冷量自动控制的方法,该方法包括以下步骤:

[0008] 1) 数据采集:确定满足精馏塔分离要求的参考工况,确定与参考工况对应的参考工况下塔顶回流量 Re 和参考工况下塔顶回流液温度 T_d ;采集包括精馏塔塔顶的实测回流液温度 T_e 、实测塔顶压力 P 和塔顶回流液组成 X 在内的参数;

[0009] 2) 模拟计算:以包括实测回流液温度 T_e 、实测塔顶压力 P 和塔顶回流液组成 X 在内的参数为基础,利用化工流程模拟软件Aspen计算得到回流液汽化热 H_v 和塔顶回流液热容 C_p ;

[0010] 3) 建立模型:建立以下公式(1)作为数学模型:

$$[0011] \quad Re' = Re \left[\frac{H_v}{H_v + C_p(T_d - T_e)} \right] \text{公式 (1)}$$

[0012] Re' = 需要控制的实际回流量;

[0013] Re = 参考工况下塔顶回流量;

[0014] H_v = 塔顶回流液汽化热;

[0015] C_p = 塔顶回流液热容;

[0016] T_d = 参考工况下塔顶回流液温度;

[0017] T_e = 实测回流液温度;

[0018] 4) 在DCS上通过该数学模型计算需要控制的实际回流量 Re' 。

[0019] 优选的是,步骤4)是如下进行的:

[0020] 首先,DCS后台组态公式(1)的计算功能块,将 H_v 、 C_p 和 T_d 输入计算功能块并由操作员在DCS画面上写入参数 Re 的数值,然后将通过在线温度计实时测量的 T_e 输入计算功能块来进行计算,从而通过计算确定 Re' 的值。

[0021] 在上述方法中,优选, Re' 在DCS上是一个流量控制回路的设定值,从而实现回流量的自动控制。

[0022] 一般,在步骤1)中,根据设计文件和实际运行数据确定满足精馏塔分离要求的参考工况,确定参考工况对应的塔顶回流量 Re 和塔顶回流液温度 T_d ,并利用工具采集精馏塔塔顶回流液温度 T_e ,塔顶压力 P 和塔顶回流液组成 X 等参数。

[0023] 一般,在步骤3)中,基于精馏塔原理,通过理论推导建立满足分离要求时,需要控制的实际回流量 Re' 和实际回流液温度 T_e 之间的数学关系。

[0024] 一般来说,步骤4)为:

[0025] 4) DCS组态:DCS后台组态公式(1)的计算功能块,进入功能块的 T_e 需要通过在线温度计实时测量, H_v 、 C_p 、 T_d 均为根据设计文件和模拟计算确定的参数, Re 是DCS画面上操作员可写值的参数,计算功能块通过计算确定 Re' 的值; Re' 在DCS上是一个流量控制回路的设定值,以实现回流量的自动控制。

[0026] 简单来说,本发明提供一种精馏塔塔顶冷量自动控制的方法,该方法包括以下步骤:确定满足精馏塔分离要求的参考工况,确定参考工况对应的塔顶回流量 Re 和塔顶回流液温度 T_d ,并利用工具采集精馏塔塔顶回流液温度 T_e ,塔顶压力 P 和塔顶回流液组成 X 参数,基于采集的数据利用化工流程软件Aspen计算回流液汽化热 H_v 和塔顶回流液热容 C_p ,然后建立维持塔顶冷量一定时,回流液温度 T_e 和回流量 Re' 的数学模型,并在DCS上通过该数学模型计算控制回流量 Re' 。

[0027] 进一步地,根据设计文件和实际运行数据确定满足精馏塔分离要求的参考工况;

[0028] 进一步地,基于精馏塔原理,通过理论推导建立满足分离要求时,需要控制的实际回流量 Re' 和实际回流液温度 Te 之间的数学关系,如下:

$$[0029] \quad Re' = Re \left[\frac{H_v}{H_v + C_p(T_d - T_e)} \right] \text{公式 (1)}$$

[0030] 式中, Re' = 需要控制的实际回流量;

[0031] Re = 参考工况下塔顶回流量;

[0032] H_v = 塔顶回流液汽化热;

[0033] C_p = 塔顶回流液热容;

[0034] T_d = 参考工况下塔顶回流液温度;

[0035] T_e = 实测回流液温度。

[0036] 本发明相比较现有控制,有以下优势:(1)塔顶冷凝器为循环水冷却时,当循环水温度变化造成回流物料温度变化时,不需人工调整回流量;(2)塔顶冷凝器为空气冷却时,当昼夜温度变化或者季节性温度变化造成回流物料温度变化时,不需人工调整回流量;(3)由于外界环境造成回流温度变化得到了补偿,入塔冷量温度,对产品质量稳定性和蒸汽使用均产生有利的影响。

附图说明

[0037] 图1为回流温度 Te 与 Re'/Re 关系曲线图,示出了不同回流温度 Te 自动计算调整的 Re' 。

[0038] 图2是本发明的一种精馏塔塔顶冷量自动控制方法的控制示意图,其中 $f(x)$ 为发明内容中所叙述的数学模型。

[0039] 其中,S40为再沸器热源40公斤蒸汽,FC(FIC-01001,FIC-01002,FIC-01003、FIC-01004)为流量控制器(分别为进料流量、蒸汽流量、回流流量和塔釜采出流量),E0101为换热器,P0101和P0102为泵,PC(PIC-01001)为塔顶压力控制器,HC-01001为输入参考工况下塔顶回流量的可写参数模块,LC(LIC-01001,LIC-01002)为液位控制器,TI(TI-01001)为回流液温度传感器。

[0040] 需要精馏的产品由FIC-01001控制进入XX产品塔(精馏塔),塔顶产物经由泵P0101一部分回流,一部分作为分离产品送走,塔釜产物经由泵P0102输送。

具体实施方式

[0041] 下面结合说明书附图对本发明作进一步的描述。

[0042] (1)根据设计文件和实际运行数据确定满足精馏塔分离要求的参考工况,确定参考工况对应的塔顶回流量 Re 和塔顶回流液温度 T_d ,并利用工具采集精馏塔塔顶回流液温度 Te (TI-01001.PV),塔顶压力 P (PIC-01001.PV)和塔顶回流液组成 X 参数;

[0043] (2)基于精馏塔塔顶回流液温度 Te ,塔顶压力 P 和塔顶回流液组成 X 参数利用化工流程模拟软件Aspen计算回流液汽化热 H_v 和塔顶回流液热容 C_p ;

[0044] (3)DCS后台增加3个变量,变量名分别设为塔顶回流液汽化热 H_v 、塔顶回流液热容 C_p 和参考工况塔顶回流液温度 T_d ,并根据(1)(2)确定相应的参数值,仅后台可见,操作员不

可写;

[0045] (4) 精馏塔塔顶回流液设计温度传感器,并远传至DCS画面上,如TI-01001,并在DCS后台上增加参数Te,其信号引用TI-01001的测量值;

[0046] (5) DCS后台增加可供操作员写值的参数Re,并在DCS画面上引用数据链接HC-01001;

[0047] (6) DCS后台增加计算模块,计算模块的输入为Te、Td、Hv、Cp、Re,计算式如公式(1),计算模块的输出为Re'

[0048] (7) DCS后台增加FIC-01003流量控制模块,并在DCS画面引用数据链接,该回路设计手动、自动和串级三种控制模式,串级模式下,回路设定值引用Re'。

[0049] (8) 方案组态后,需要对DCS相关参数如PID参数进行整定,然后投用。

[0050] 实施例1

[0051] 某化工厂某产品塔用于产品和重组分的分离,塔釜采用S40作为热源,因受环境温度影响,冷凝循环水温度在冬夏及昼夜间变化较大,变化范围通常在25~31℃,使得产品塔塔顶回流温度在25~34℃范围内波动,回流比较大,且塔釜蒸汽用量在3.6t/h。为此,根据本专利精馏塔塔顶冷量自动控制的方法进行设计和实施,确定参考工况为回流温度Td为34℃,回流量Re为5.5t/h,利用工具采集精馏塔塔顶回流液温度Te,塔顶压力P和塔顶回流液组成X参数,并通过Aspen流程模拟确定回流液汽化热Hv为467.8kJ/kg和塔顶回流液热容Cp为2.4kJ/kg·℃,回流温度Te后变化,回流量Re' 根据组态计算功能(公式(1) $Re' =$

$Re \left[\frac{H_v}{H_v + C_p(T_d - T_e)} \right]$) 自动实现流量调整,如图1所示。

[0052] 该产品塔实施本专利精馏塔塔顶冷量自动控制的方法后,回流温度变化时无需人工操作回流量,操作频率降低5次/班,塔顶产品质量实现卡边操作,塔顶产品回收率提高0.1%,塔灵敏板波动降低1.5℃,塔釜液位波动降低5%,塔釜蒸汽能耗降低0.1t/h,经济效益约11.2万元/年。

[0053] 实施例2

[0054] 某化工厂某精制塔用于产品和杂质的分离,塔釜采用S15作为热源,该塔塔顶使用空冷器冷凝,由于北方天气变化大,导致回流液温度变化区间从20℃至80℃,意味着实际回流冷量变化大,带来高达26次/班的操作量,塔釜蒸汽用量平均在15t/h。为此,根据本专利精馏塔塔顶冷量自动控制的方法进行设计和实施,确定参考工况为回流温度Td为59℃,回流量Re为13t/h,利用工具采集精馏塔塔顶回流液温度Te,塔顶压力P和塔顶回流液组成X参数,并通过Aspen流程模拟确定回流液汽化热Hv为1330.68kJ/kg和塔顶回流液热容Cp为3.8kJ/kg·℃,在DCS后台组态数学模型后投用自动控制(根据(公式(1) $Re' =$

$Re \left[\frac{H_v}{H_v + C_p(T_d - T_e)} \right]$),实施一年进行数据分析:有效降低操作频次1800次/月,塔压波动较少0.3kpa,整塔温度波动降低2.3℃,塔顶产品质量波动降低0.3%,塔釜能耗降低78万元/年。

[0055] 实施例3

[0056] 某化工厂某脱轻塔用于产品和轻组分的分离,塔釜采用S10作为热源,该塔塔顶使用空冷器和循环水二级冷凝,由于循环水和空气均有昼夜温差,随天气变化,导致回流液温

度变化区间从30℃至78℃,意味着实际回流冷量变化大,带来高达32次/班的操作量,塔釜蒸汽用量平均在8t/h。为此,根据本专利精馏塔塔顶冷量自动控制的方法进行设计和实施,确定参考工况为回流温度 T_d 为65℃,回流量 Re 为10t/h,利用工具采集精馏塔塔顶回流液温度 T_e ,塔顶压力 P 和塔顶回流液组成 X 参数,并通过Aspen流程模拟确定回流液汽化热 H_v 为960.28kJ/kg和塔顶回流液热容 C_p 为2.1kJ/kg·℃,在DCS后台组态数学模型后投用自动控制(根据(公式(1) $Re' = Re \left[\frac{H_v}{H_v + C_p(T_d - T_e)} \right]$),实施半年进行数据分析:有效降低操作频次2300次/月,塔压波动较少0.6kpa,整塔温度波动降低2℃,塔顶产品质量波动降低0.4%,塔釜能耗降低59万元/年。

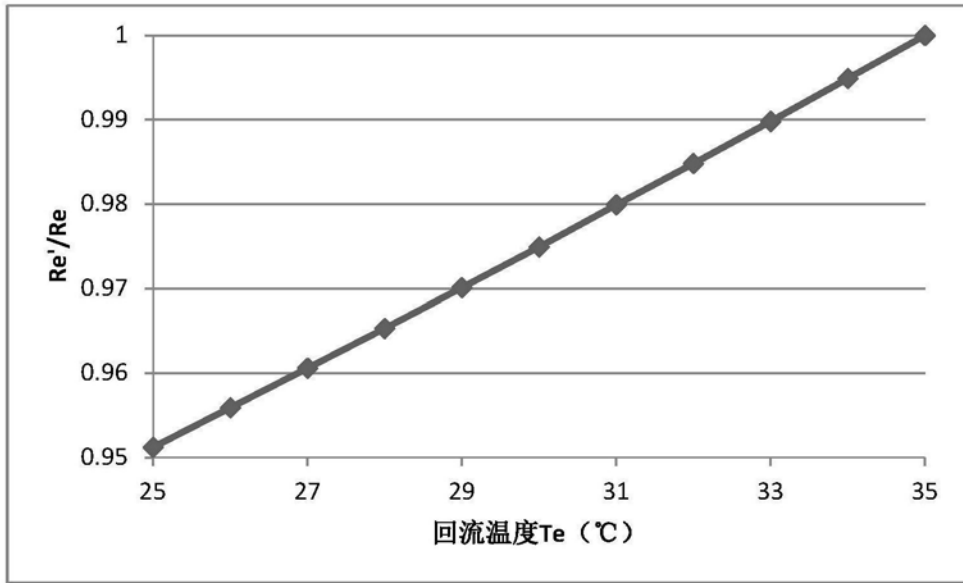


图1

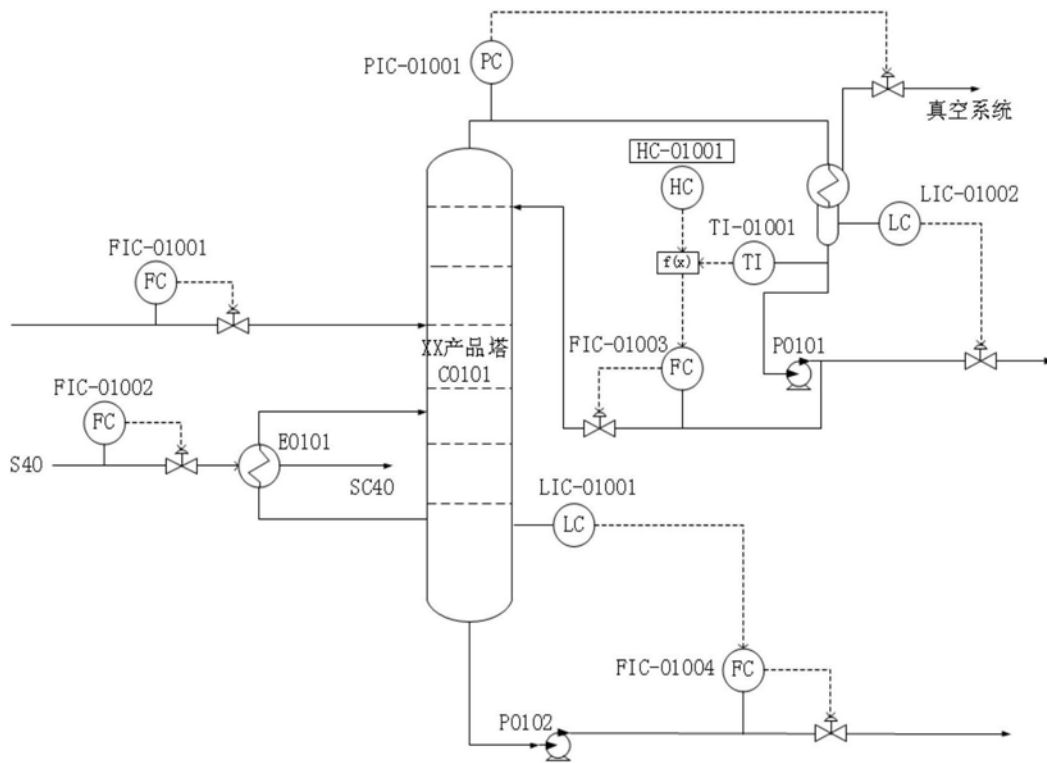


图2