



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112630094 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 18

(21) 申请号 202011172164.4

(22) 申请日 2020.10.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112630094 A

(43) 申请公布日 2021.04.09

(73) 专利权人 中石化宁波工程有限公司
地址 315103 浙江省宁波市高新区院士路
660号

专利权人 中石化宁波技术研究院有限公司
中石化炼化工程(集团)股份有限公司

(72) 发明人 赵纯正

(74) 专利代理机构 宁波诚源专利事务所有限公司 33102

专利代理师 刘凤钦 王莹

(51) Int.Cl.

G01N 9/00 (2006.01)
B01J 19/00 (2006.01)
B01J 19/24 (2006.01)
B01J 8/00 (2006.01)

审查员 魏阳

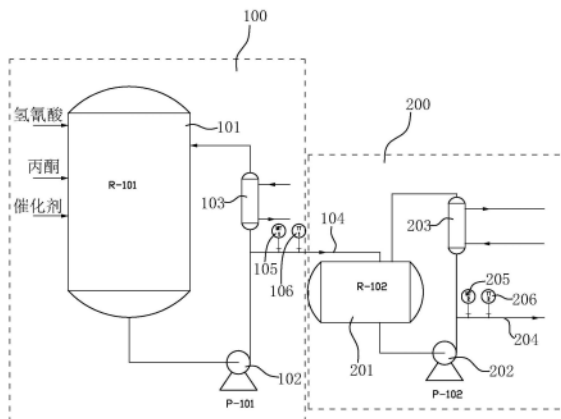
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的测试方法及反应装置

(57) 摘要

本发明涉及一种基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的测试方法,在已知用于进行丙酮氰醇生成反应的氢氰酸与丙酮的质量比为1:r;以及获取输出的初丙酮氰醇的温度T以及对应的密度 ρ_T 的条件下,对构成该密度 ρ_T 的初丙酮氰醇中各物质的体积进行分析计算后,即能计算获取初丙酮氰醇中的丙酮氰醇转化率R。本发明还涉及一种基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置,包括至少一组丙酮氰醇反应系统,每组丙酮氰醇反应系统的输出端上设置有用于检测初丙酮氰醇温度T的温度检测器件以及用于检测初丙酮氰醇密度 ρ_T 的密度检测器件。该测试方法实时性好,劳动强度低,避免了对分析人员的危害,计算简单、实时性好。相应的反应装置结构简单,方便改造。



1. 一种基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的测试方法,其特征在于:已知用于进行丙酮氰醇生成反应的氢氰酸与丙酮的质量比为1:r;

获取输出的初丙酮氰醇的温度T以及对应的密度 ρ_T ;

根据 $R*(1+r)/\rho_{Tach} + (1-R)/\rho_{Thcn} + r*(1-R)/\rho_{Tac} = (1+r)/\rho_T$ 计算初丙酮氰醇中的丙酮氰醇转化率R;

其中 ρ_{Tach} 为已知的丙酮氰醇在温度T下的密度, $R*(1+r)/\rho_{Tach}$ 为初丙酮氰醇中丙酮氰醇的体积, ρ_{Thcn} 为已知的氢氰酸在温度T下的密度, $(1-R)/\rho_{Thcn}$ 为初丙酮氰醇中未反应的氢氰酸的体积, ρ_{Tac} 为已知的丙酮在温度T下的密度, $r/(1-R)\rho_{Tac}$ 为初丙酮氰醇中未反应的丙酮的体积。

2. 根据权利要求1所述的测试方法,其特征在于: ρ_{Tach} 、 ρ_{Thcn} 、 ρ_{Tac} 通过查询化工物质数据手册获取。

3. 根据权利要求1所述的测试方法,其特征在于: ρ_{Tach} 、 ρ_{Thcn} 、 ρ_{Tac} 的获取方法为,检测不同温度数据下丙酮氰醇、氢氰酸、丙酮各物质的密度数据,并根据各物质对应的温度数据、密度数据或者温度-密度关系曲线,进而获取各物质对应温度-密度关系曲线的曲线公式,根据各物质对应温度-密度关系曲线计算温度T下的 ρ_{Tach} 、 ρ_{Thcn} 、 ρ_{Tac} 。

4. 根据权利要求3所述的测试方法,其特征在于:已知氢氰酸在温度t1下的密度为 ρ_{t1hcn} 以及氢氰酸在任意温度t下对应的密度计算公式为 $\rho_{thcn} = f1(t) \rho_{t1hcn}$;根据 $\rho_{thcn} = f1(t) \rho_{t1hcn}$ 计算温度T下氢氰酸的密度 ρ_{Thcn} ;

已知丙酮在温度t1下的密度为 ρ_{t1ac} 以及丙酮在任意温度t下对应的密度计算公式为 $\rho_{ac} = f2(t) \rho_{t1ac}$;根据 $\rho_{ac} = f2(t) \rho_{t1ac}$ 计算温度T下丙酮的密度 ρ_{Tac} ;

已知丙酮氰醇在温度t1下的密度为 ρ_{t1ach} 以及丙酮氰醇在任意温度t下对应的密度计算公式为 $\rho_{ach} = f3(t) \rho_{t1ach}$;根据 $\rho_{ach} = f3(t) \rho_{t1ach}$ 计算温度T下丙酮氰醇的密度 ρ_{Tach} 。

基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的测试方法及反应装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的测量方法,本发明还涉及一种基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置。

背景技术

[0002] 丙酮氰醇生产采用丙酮、氢氰酸为原料在碱性催化剂作用下缩合生成丙酮氰醇,生成的初丙酮氰醇经过精馏后作为成品。丙酮氰醇的转化率影响精馏效果,如果初丙酮氰醇中丙酮氰醇浓度太低,精馏产品将达不到合格要求。目前没有一种经济可靠的在线仪表测量反应器中反应率的仪表。通常在丙酮氰醇生产流程中在多处设置人工取样点,用于分析初丙酮氰醇浓度,通过人工分析获得反应转化率。如此采用人工取样分析物料成分来判断转化率,时间滞后非常大。并且氢氰酸是极度危害介质,丙酮氰醇是高度危害介质,过于频繁的人工分析不但会增加劳动强度,还增加分析人员的安全和健康风险。

[0003] 近年来软测量应用于化工生产已成关注热点。软测量的工作方法可以用来测量很多难以直接测量或者直接测量经济成本高的参数。如公开号为CN1427260A(申请号为01144463.0)的中国发明专利申请《一种乙炔加氢反应器软测量方法》,以及公开号为CN1563983B(申请号为200410033885.1)的中国发明专利《一种催化裂化反应产率软测方法》,其中公开的测试方法均是基于机理分析的软测量。而机理分析方法是建立在对过程对象工艺机理深刻了解的基础上,建立测量模型,测量模型的专用性使得模型的可移植性差,并且建模难度大,需要从反应本征动力学、传热传质方程等出发;求解由代数方程组、微分方程组所组成的复杂模型较为困难。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的第一个技术问题是针对上述现有技术提供一种无需取样分析、无需进行机理分析而进行复杂建模,测试简单、测试结果实时性好的基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的测试方法。

[0005] 本发明所要解决的第二个技术问题是针对上述现有技术提供一种应用前述方法的基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置。

[0006] 本发明解决上述第一个技术问题所采用的技术方案为:一种基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的测试方法,其特征在于:已知用于进行丙酮氰醇生成反应的氢氰酸与丙酮的质量比为1:r;

[0007] 获取输出的初丙酮氰醇的温度T以及对应的密度 ρ_T ;

[0008] 根据 $R*(1+r)/\rho_{Tach} + (1-R)/\rho_{Thcn} + r*(1-R)/\rho_{Tac} = (1+r)/\rho_T$ 计算初丙酮氰醇中的丙酮氰醇转化率R;

[0009] 其中 ρ_{Tach} 为已知的丙酮氰醇在温度T下的密度, $R*(1+r)/\rho_{Tach}$ 为初丙酮氰醇中丙酮氰醇的体积, ρ_{Thcn} 为已知的氢氰酸在温度T下的密度, $(1-R)/\rho_{Thcn}$ 为初丙酮氰醇中未反应的氢氰酸的体积, ρ_{Tac} 为已知的丙酮在温度T下的密度, $r/(1-R)\rho_{Tac}$ 为初丙酮氰醇中未反应的

丙酮的体积。

[0010] 可选择地, ρ_{Tahc} 、 ρ_{Thcn} 、 ρ_{Tac} 通过查询化工物质数据手册获取。

[0011] 可选择地, ρ_{Tahc} 、 ρ_{Thcn} 、 ρ_{Tac} 的获取方法为, 检测不同温度数据下丙酮氰醇、氢氰酸、丙酮各物质的密度数据, 并根据各物质对应的温度数据、密度数据或者温度-密度关系曲线, 进而获取各物质对应温度-密度关系曲线的曲线公式, 根据各物质对应温度-密度关系曲线计算温度T下的 ρ_{Tahc} 、 ρ_{Thcn} 、 ρ_{Tac} 。

[0012] 优选地, 已知氢氰酸在温度t1下的密度为 ρ_{t1hcn} 以及氢氰酸在任意温度t下对应的密度计算公式为 $\rho_{\text{thcn}} = f1(t) \rho_{\text{t1hcn}}$; 根据 $\rho_{\text{thcn}} = f1(t) \rho_{\text{t1hcn}}$ 计算温度T下氢氰酸的密度 ρ_{Thcn} ;

[0013] 已知丙酮在温度t1下的密度为 ρ_{t1ac} 以及丙酮在任意温度t下对应的密度计算公式为 $\rho_{\text{ac}} = f2(t) \rho_{\text{t1ac}}$; 根据 $\rho_{\text{ac}} = f2(t) \rho_{\text{t1ac}}$ 计算温度T下丙酮的密度 ρ_{Tac} ;

[0014] 已知丙酮氰醇在温度t1下的密度为 ρ_{t1ach} 以及丙酮氰醇在任意温度t下对应的密度计算公式为 $\rho_{\text{ach}} = f3(t) \rho_{\text{t1ach}}$; 根据 $\rho_{\text{ach}} = f3(t) \rho_{\text{t1ach}}$ 计算温度T下丙酮氰醇的密度 ρ_{Tahc} 。

[0015] 本发明解决上述第二个技术问题所采用的技术方案为: 一种基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置, 其特征在于: 包括至少一组丙酮氰醇反应系统, 每组丙酮氰醇反应系统的输出端上设置有用于检测初丙酮氰醇温度T的温度检测器件以及用于检测初丙酮氰醇密度 ρ_{T} 的密度检测器件。

[0016] 优选地, 该基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置包括串联连接的第一丙酮氰醇反应系统和第二丙酮氰醇反应系统, 其特征在于: 所述第一丙酮氰醇反应系统包括

[0017] 第一反应器, 具有氢氰酸、丙酮、催化剂的添加通道;

[0018] 第一循环泵, 输入端与第一反应器相连接, 用于驱动第一反应器内的介质进行循环流动;

[0019] 第一换热器, 具有供冷水通过的换热通道, 所述第一换热器分别与第一循环泵的输出端、第一反应器相连接, 以对循环进入第一换热器内的介质进行换热冷处理;

[0020] 第一初丙酮氰醇输出管, 与第一循环泵的输出端相连接;

[0021] 第一密度测量仪表, 设置在第一初丙酮氰醇输出管上, 用于检测自第一初丙酮氰醇输出管输出的初丙酮氰醇的密度;

[0022] 第一温度测量仪表, 设置在第一初丙酮氰醇输出管上, 用于检测自第一初丙酮氰醇输出管输出的初丙酮氰醇的温度;

[0023] 所述第二丙酮氰醇反应系统包括

[0024] 第二反应器, 与第一初丙酮氰醇输出管相连接;

[0025] 第二循环泵, 输入端与第二反应器相连接, 用于驱动第二反应器内的介质进行循环流动;

[0026] 第二换热器, 具有供冷冻盐水通过的换热通道, 所述第二换热器分别与第二循环泵的输出端、第二反应器相连接, 以对循环进入第二换热器内的液体进行换热冷处理;

[0027] 第二初丙酮氰醇输出管, 与第二循环泵的输出端相连接;

[0028] 第二密度测量仪表, 设置在第二初丙酮氰醇输出管上, 用于自第二初丙酮氰醇输出管输出的初丙酮氰醇的密度;

[0029] 第二温度测量仪表, 设置在第二初丙酮氰醇输出管上, 用于检测自第二初丙酮氰醇输出管输出的初丙酮氰醇的温度。

[0030] 与现有技术相比,本发明的优点在于:该基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的测试方法对丙酮氰醇的反应转化率获取实时性好,无需取样分析,劳动强度低。该测试方法无需进行机理分析而进行复杂建模,计算过程中数据处理量小,计算简单、实时性好。相应的基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置,设置的检测部件少,结构简单,方便基于现有的丙酮氰醇反应装置进行改造。

附图说明

[0031] 图1为本发明实施例中基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置的结构示意图。

具体实施方式

[0032] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。

[0033] 本实施例中的基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置,包括至少一组丙酮氰醇反应系统,每组丙酮氰醇反应系统的输出端上设置有用于检测初丙酮氰醇温度 T 的温度检测器件以及用于检测初丙酮氰醇密度 ρ_T 的密度检测器件。

[0034] 由于丙酮氰醇缩合反应为放热反应,缩合反应常设置2个及以上的反应器,因此该丙酮氰醇反应系统的组数可以根据需要的丙酮氰醇的精度不同具体进行设置。如图1所示,本实施例中,该基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置具体包括串联连接的第一丙酮氰醇反应系统100和第二丙酮氰醇反应系统200。

[0035] 其中第一丙酮氰醇反应系统100包括:

[0036] 第一反应器101,具有氢氰酸、丙酮、催化剂的添加通道;

[0037] 第一循环泵102,输入端与第一反应器101相连接,用于驱动第一反应器101内的介质进行循环流动;

[0038] 第一换热器103,具有供水通过的换热通道,第一换热器103分别与第一循环泵102的输出端、第一反应器101相连接,以对循环进入第一换热器103内的介质进行换热冷处理;

[0039] 另外第一反应器101和第一换热器103可为同一设备。

[0040] 第一初丙酮氰醇输出管104,与第一循环泵102的输出端相连接;

[0041] 第一密度测量仪表105,设置在第一初丙酮氰醇输出管104上,用于检测自第一初丙酮氰醇输出管104输出的初丙酮氰醇的密度;该第一密度测试仪表即为第一丙酮氰醇反应系统100的密度检测器件,具体可以采用差压式的密度检测仪表、放射工作原理的密度检测仪表或者振动密度计、科里奥利密度计等现有的密度检测器件;

[0042] 第一温度测量仪表106,设置在第一初丙酮氰醇输出管104上,用于检测自第一初丙酮氰醇输出管104输出的初丙酮氰醇的温度,该第一温度测量仪表106即为第一丙酮氰醇反应系统100的温度检测器件,该第一温度测量仪表106可以采用现有技术中的各种温度检测器件。

[0043] 另外,第一循环泵102、第一换热器103、第一初丙酮氰醇输出管104可以通过三通阀连接,第一换热器103、第一初丙酮氰醇输出管104根据工作进程与第一循环泵102切换导通。

[0044] 第二丙酮氰醇反应系统200包括：

[0045] 第二反应器201，与第一初丙酮氰醇输出管104相连接；

[0046] 第二循环泵202，输入端与第二反应器201相连接，用于驱动第二反应器201内的介质进行循环流动；

[0047] 第二换热器203，具有供冷冻盐水通过的换热通道，第二换热器203分别与第二循环泵202的输出端、第二反应器201相连接，以对循环进入第二换热器203内的液体进行换热冷处理；

[0048] 第二初丙酮氰醇输出管204，与第二循环泵202的输出端相连接；

[0049] 第二密度测量仪表205，设置在第二初丙酮氰醇输出管204上，用于自第二初丙酮氰醇输出管204输出的初丙酮氰醇的密度；该第二密度测试仪表即为第二丙酮氰醇反应系统200的密度检测器件，具体可以采用差压式的密度检测仪表、放射工作原理的密度检测仪表或者振动密度计、科里奥利密度计等现有的密度检测器件；

[0050] 第二温度测量仪表206，设置在第二初丙酮氰醇输出管204上，用于检测自第二初丙酮氰醇输出管204输出的初丙酮氰醇的温度，该第二温度测量仪表206即为第二丙酮氰醇反应系统200的温度检测器件，该第二温度测量仪表206可以采用现有技术中的各种温度检测器件。

[0051] 另外，第二循环泵202、第二换热器203、第二初丙酮氰醇输出管204可以通过三通阀连接，第二换热器203、第二初丙酮氰醇输出管204根据工作进程与第二循环泵202切换导通。

[0052] 其中第一丙酮氰醇反应系统100中的第一反应器101采用第一换热器103中的循环水作为撤热介质，第二丙酮氰醇反应系统200中的第二反应器201采用第二换热器203中的冷冻盐水作为撤热介质。第一反应器101中的丙酮氰醇转化率占该基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置中丙酮氰醇总转化率的主要部分，第一反应器101中丙酮氰醇的转化率越高，后续丙酮氰醇反应系统中所需冷量越低，整体能耗越低。如果第一反应器101中丙酮氰醇的转化率过低，会导致后续反应器中消耗的冷量过高，甚至初产品达不到必要指标，造成后续精馏产品不合格。

[0053] 因此获取第一丙酮氰醇反应系统100中的丙酮氰醇转化率能够直接指导第二丙酮氰醇反应系统200中第二换热器203的工作参数，甚至指导整个基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置的工作参数，提高该基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置的整体丙酮氰醇转化率，使得生产的产品达到指标。

[0054] 该基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置可以采用下述的基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的测试方法计算反应过程中丙酮氰醇的转化率。该测试方法对反应装置中第一丙酮氰醇反应系统100、第二丙酮氰醇反应系统200输出的初丙酮氰醇中丙酮氰醇的转化率的测试计算均适用。

[0055] 本实施例中基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的测试方法，包括以下步骤：

[0056] S1、获取丙酮氰醇反应装置中已知的用于进行丙酮氰醇生成反应的氢氰酸与丙酮的质量比1:r；

[0057] S2、获取输出的初丙酮氰醇的温度T以及对应的密度 ρ_T ；如果用于计算第一丙酮氰醇反应系统100的初丙酮氰醇中丙酮氰醇的转化率的测试计算时，则该T为第一温度测量仪

表106的检测值, ρ_T 为第一密度测量仪表105的检测值;如果用于计算第二丙酮氰醇反应系统200的初丙酮氰醇中丙酮氰醇的转化率的测试计算时,则该T为第二温度测量仪表206的检测值, ρ_T 为第二密度测量仪表205的检测值;

[0058] S3、根据 $R*(1+r)/\rho_{Tach} + (1-R)/\rho_{Thcn} + r*(1-R)/\rho_{Tac} = (1+r)/\rho_T$ 计算初丙酮氰醇中的丙酮氰醇转化率R;

[0059] 其中 ρ_{Tach} 为已知的丙酮氰醇在温度T下的密度, $R*(1+r)/\rho_{Tach}$ 为初丙酮氰醇中丙酮氰醇的体积, ρ_{Thcn} 为已知的氢氰酸在温度T下的密度, $(1-R)/\rho_{Thcn}$ 为初丙酮氰醇中未反应的氢氰酸的体积, ρ_{Tac} 为已知的丙酮在温度T下的密度, $r/(1-R)\rho_{Tac}$ 为初丙酮氰醇中未反应的丙酮的体积。

[0060] 其中的 ρ_{Tach} 、 ρ_{Thcn} 、 ρ_{Tac} 这些数据可以通过查询化工物质数据手册获取。

[0061] ρ_{Tach} 、 ρ_{Thcn} 、 ρ_{Tac} 这些数据还可以通过实验的方式获取,具体的获取方法为,检测不同温度数据下丙酮氰醇、氢氰酸、丙酮各物质的密度数据,并根据各物质对应的温度数据、密度数据或者温度-密度关系曲线,进而获取各物质对应温度-密度关系曲线的曲线公式,根据各物质对应温度-密度关系曲线计算温度T下的 ρ_{Tach} 、 ρ_{Thcn} 、 ρ_{Tac} 。

[0062] 如:已知氢氰酸在温度t1下的密度为 ρ_{t1hcn} 以及氢氰酸在任意温度t下对应的密度计算公式为 $\rho_{thcn} = f1(t)\rho_{t1hcn}$;则根据 $\rho_{thcn} = f1(t)\rho_{t1hcn}$ 计算温度T下氢氰酸的密度 ρ_{Thcn} ;

[0063] 已知丙酮在温度t1下的密度为 ρ_{t1ac} 以及丙酮在任意温度t下对应的密度计算公式为 $\rho_{ac} = f2(t)\rho_{t1ac}$;则根据 $\rho_{ac} = f2(t)\rho_{t1ac}$ 计算温度T下丙酮的密度 ρ_{Tac} ;

[0064] 已知丙酮氰醇在温度t1下的密度为 ρ_{t1ach} 以及丙酮氰醇在任意温度t下对应的密度计算公式为 $\rho_{ach} = f3(t)\rho_{t1ach}$;则根据 $\rho_{ach} = f3(t)\rho_{t1ach}$ 计算温度T下丙酮氰醇的密度 ρ_{Tach} 。

[0065] 该基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的测试方法对丙酮氰醇的反应转化率获取实时性好,无需取样分析,劳动强度低,也避免了对分析人员的安全和健康危害。该测试方法无需进行机理分析而进行复杂建模,计算过程中数据处理量小,计算简单、实时性好。相应的基于密度测量丙酮氰醇反应转化率的反应装置,设置的检测部件少,结构简单,方便基于现有的丙酮氰醇反应装置进行改造。

