



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111023713 A

(43)申请公布日 2020.04.17

(21)申请号 201910182080.X

(22)申请日 2019.03.11

(71)申请人 北京诺维新材料科技有限公司

地址 100085 北京市海淀区清河安宁庄东  
路18号7号楼三层311

(72)发明人 朱荣欣 杨建春

(74)专利代理机构 北京知元同创知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11535

代理人 刘元霞 谢怡婷

(51)Int.Cl.

F26B 5/16(2006.01)

F26B 25/00(2006.01)

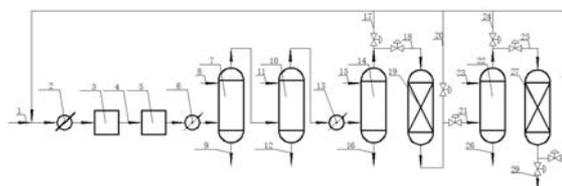
权利要求书3页 说明书10页 附图1页

(54)发明名称

一种固体物的干燥方法和系统

(57)摘要

本发明提供了一种固体物的干燥方法和系统。所述方法是将热空气或热氮气送入干燥设备和含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触,从干燥设备出来的废气经过预处理工序以后,经过有机溶剂脱水、固体吸附剂脱水、有机溶剂脱挥发性有机物、固体吸附剂脱挥发性有机物或热力焚烧炉或催化氧化炉进行处理后,废气达标后进行排放。废气经有机溶剂脱水后、或固体吸附剂脱水后、或有机溶剂脱挥发性有机物后、或固体吸附剂脱挥发性有机物后进行循环使用,可以大大提高干燥产品的质量,节约干燥成本,提高了干燥操作过程中的安全性。



1. 一种含有挥发性有机物和/或水分的固体物的干燥方法,其中,所述方法包括如下步骤:

(1) 将热空气或热氮气与含有挥发性有机物(VOCs)和/或水分的固体物进行接触,产生至少含有挥发性有机物(VOCs)和/或水分的废气;

(2) 任选地将步骤(1)得到的废气进行预处理;

(3) 将步骤(1)和任选步骤(2)中的至少一个步骤得到的废气与对水分有吸收作用的有机溶剂进行接触;

(4) 任选地将经过步骤(3)处理过的废气与对水分有吸附作用的固体吸附剂进行接触;

(5) 将经过步骤(3)和任选地经过步骤(4)中的至少一个步骤处理过的废气与对挥发性有机物有吸收作用的有机溶剂进行接触;

(6) 任选地将步骤(3)、步骤(4)和步骤(5)中的至少一个步骤得到的废气与对挥发性有机物有吸附作用的固体吸附剂进行接触或经过热力焚烧处理或经过催化氧化处理。

(7) 任选地将步骤(5)和步骤(6)的至少一个步骤得到的废气排到大气中。

2. 根据权利要求1所述的干燥方法,其中,所述方法还包括如下步骤:

(8) 将经过步骤(3)和任选经过步骤(4)中的至少一个步骤处理得到的部分废气经加热后返回到步骤(1),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

优选地,所述方法还包括如下步骤:

(9) 将经过步骤(5)和任选经过步骤(6)中的至少一个步骤处理得到的部分或全部废气经换热后返回到步骤(1),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

3. 根据权利要求1-2任一项所述的干燥方法,其中,步骤(1)的废气中挥发性有机物的含量为小于等于 $50000\text{mg}/\text{m}^3$ ;水分的含量为小于等于 $30000\text{mg}/\text{m}^3$ 。

优选地,步骤(1)中,所述固体物为与空气或氮气接触后可以释放挥发性有机物(VOCs)和/或水分的固体;例如所述固体物为有机聚合物、有机物、无机物和天然产物中的至少一种。

优选地,步骤(1)中,所述挥发性有机物选自沸点或初馏点低于或等于 $250^\circ\text{C}$ 的有机化合物。优选地,所述挥发性有机物选自碳原子数小于或等于12的脂肪烃、碳原子数小于或等于14的环状烃、碳原子数小于或等于14的芳烃、碳原子数小于或等于6的卤代烃、碳原子数小于或等于12的酯类化合物、碳原子数小于或等于12的醚类化合物、碳原子数小于或等于10的含氮或硫的有机物,或它们的混合物。还优选地,所述挥发性有机物选自己烷、庚烷、环己烷、苯、甲苯、二甲苯、乙酸乙酯、甲基叔丁基醚、乙腈中的至少一种。

优选地,步骤(1)中,所述热空气或热氮气经加热器加热获得,所述热空气或热氮气的温度为 $50-300^\circ\text{C}$ ,优选为 $50-180^\circ\text{C}$ 。

优选地,步骤(1)中,热空气或热氮气与含有挥发性有机物和/或水分的固体物的投料比以体积计为 $500-50000:1$ 。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的干燥方法,其中,步骤(2)中,所述预处理包括过滤、换热降温、水洗、碱洗、冷却降温工序中的一种,或它们的组合。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的干燥方法,其中,步骤(3)中,所述对水分有吸收作用的有机溶剂包括甘醇、多元醇中的一种或它们的混合物。优选地,所述对水分有吸收作用的

有机溶剂包括二甘醇或三甘醇中的至少一种。

优选地,所述对水分有吸收作用的有机溶剂还包括醇胺。优选地,所述醇胺选自乙醇胺、二乙醇胺或三乙醇胺中的一种或它们的混合物。

优选地,步骤(3)中,所述步骤(2)得到的废气每 $10^4\text{Nm}^3$ 使用对水分有吸收作用的有机溶剂的体积为:0.5-50 $\text{m}^3$ 。

优选地,当步骤(3)得到的废气中水分的含量大于 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 时,实施步骤(4)。

优选地,步骤(4)中,所述对水分有吸附作用的固体吸附剂为二氧化硅、氧化铝、分子筛中的一种或它们的混合物。

优选地,步骤(4)中,所述步骤(3)得到的废气每 $10^4\text{Nm}^3$ 使用对水分有吸附作用的固体吸附剂的体积为:0.5-50 $\text{m}^3$ 。

6. 根据权利要求1-5任一项所述的干燥方法,其中,步骤(5)中,所述对挥发性有机物有吸收作用的有机溶剂选自沸点或初馏点大于或等于 $100^\circ\text{C}$ 的有机溶剂且同时该有机溶剂的沸点或初馏点比挥发性有机物(VOCs)的沸点高 $30^\circ\text{C}$ 以上。优选地,所述对挥发性有机物有吸收作用的有机溶剂选自石蜡油。

优选地,步骤(5)中,所述步骤(3)得到的废气和任选地步骤(4)得到的废气每 $10^4\text{Nm}^3$ 使用对挥发性有机物有吸收作用的有机溶剂为:0.5-50 $\text{m}^3$ 。

优选地,步骤(6)中,所述对挥发性有机物有吸附作用的固体吸附剂选自活性炭。

优选地,步骤(6)中,所述步骤(5)得到的废气每 $10^4\text{Nm}^3$ 使用对挥发性有机物有吸附作用的固体吸附剂为:0.5-50 $\text{m}^3$ 。

优选地,当步骤(5)得到的废气中挥发性有机物的含量大于 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 时,实施步骤(6)。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的干燥方法,其中,步骤(8)中,将步骤(3)得到的废气的0-99.9% (体积比)经加热后返回到步骤(1),优选50-90% (体积比),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

优选地,步骤(8)中,任选将步骤(4)得到的废气的0-99.9% (体积比)经加热后返回到步骤(1),优选50-90% (体积比),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

优选地,步骤(9)中,将步骤(5)得到的废气的0-100% (体积比)经换热后返回到步骤(1),优选50-100% (体积比),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

优选地,步骤(9)中,任选将步骤(6)得到的废气的0-100% (体积比)经换热后返回到步骤(1),优选50-100% (体积比),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

8. 根据权利要求1-7任一项所述的干燥方法,其中,所述方法还包括如下步骤中的至少一种:

(10) 对吸收水分后的对水分有吸收作用的有机溶剂进行再生处理;

(11) 对吸附水分后的对水分有吸附作用的固体吸附剂进行再生处理;

(12) 对吸收挥发性有机物组分后的对挥发性有机物有吸收作用的有机溶剂进行再生处理;

(13) 对吸附挥发性有机物组分后的对挥发性有机物有吸附作用的固体吸附剂进行再

生处理。

9. 一种实现含有挥发性有机物 (VOCs) 和/或水分的固体物的干燥的系统, 所述系统是基于权利要求1-8任一项所述的含有挥发性有机物和/或水分的固体物的干燥方法, 所述系统包括:

换热器、干燥设备、预处理设备、有机溶剂脱水吸收塔、任选地固体脱水吸附塔、有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔、任选地固体脱挥发性有机物吸附塔或热力焚烧炉或催化氧化炉; 和根据需要配置的风机或压缩机; 所述预处理设备包括过滤器、换热器、水洗塔、碱洗塔、冷却器中的一种, 或它们的组合;

其中, 所述换热器、干燥设备、预处理设备、有机溶剂脱水吸收塔、任选地固体脱水吸附塔、有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔、任选地固体脱挥发性有机物吸附塔或热力焚烧炉或催化氧化炉沿废气方向依次相连, 根据需要在系统中配置风机或压缩机。

10. 根据权利要求9所述的系统, 其中, 所述有机溶剂脱水吸收塔直接与有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔相连, 或通过固体脱水吸附塔与有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔相连。

优选地, 所述有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔直接与出料端相连, 或通过固体脱挥发性有机物吸附塔或热力焚烧炉或催化氧化炉与出料端相连。

优选地, 所述系统还包括脱水有机溶剂再生单元、固体吸附脱水塔再生单元、脱挥发性有机物有机溶剂再生单元、固体吸附脱挥发性有机物塔再生单元中的至少一个。

优选地, 有机溶剂脱水吸收塔与脱水有机溶剂再生单元连接; 固体脱水吸附塔与固体吸附脱水塔再生单元连接; 有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔与脱挥发性有机物有机溶剂再生单元连接; 固体脱挥发性有机物吸附塔与固体吸附脱挥发性有机物塔再生单元连接。

## 一种固体物的干燥方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于干燥技术领域,具体涉及一种含有挥发性有机物(VOCs)和/或水分的固体物的干燥方法和系统。

### 背景技术

[0002] 为保持产品的美观或者作防腐处理,无论是木工产品还是金属产品都需要喷涂(涂装),比如汽车涂装、家具喷漆等,喷涂后的产品都需要经过干燥加工。喷涂用的涂料(含油漆)主要污染源是有机溶剂,可以散发出挥发性有机物(VOCs),喷涂操作、漆膜干燥过程中会产生大量的含有挥发性有机物(VOCs)的废气,这类废气必须经处理达标后才能排放。

[0003] 在化工工业生产过程中,涉及到很多含挥发性有机物(VOCs)和/或水分的固体的干燥操作,例如采用热空气或者热氮气做干燥介质除去挥发性有机物(VOCs)和/或水分的处理工艺,但干燥工艺所产生的废气中含有大量的挥发性有机物(VOCs),必须经处理达标才可以排放。

[0004] 在顺丁橡胶、丁苯橡胶、乙丙橡胶、丁基橡胶、卤化丁基橡胶、硅橡胶、聚异戊橡胶、氯丁橡胶、氢化丁腈橡胶、SBS、SEBS、SIS、SEPS、PE、PP、PVC、乙烯~丙烯共聚物、聚丁烯、聚丙烯腈和聚苯乙烯等聚合物的制备过程中,从反应器出来的聚合反应产物处理步骤一般包括聚合物的回收、溶剂(比如正己烷)和未反应单体的回收工艺、以及含水聚合物的干燥过程。含水聚合物干燥过程中产生的废气中含水、烃类物质、聚合物微粒等,这类废气的危害极大,需要处理达标后才能排放。

[0005] 对于上述废气的处理,现行的工业化技术主要有活性炭吸附处理工艺、热力焚烧处理工艺、催化氧化废气处理工艺三种。其中,热力焚烧处理工艺简单,一次性投资低,但是需要消耗大量的燃料助燃,运行费用高。催化氧化废气处理工艺是采用贵金属铂、钯系列催化剂,在250~600℃的条件下催化氧化废气中的有机物,使有机物转化成二氧化碳和水;具有反应温度低,有机物去除率高等优点,但是由于使用到大量的贵金属作为催化剂,故导致处理成本大大提高。同热力焚烧和催化氧化两种废气处理工艺相比,活性炭吸附法属于物理方法,具有操作简单,烃类等有机物吸附彻底等优点,而且活性炭再生过程中可以回收烃类等有机物。但是现在工业上采用活性炭吸附处理这类废气时存在活性炭吸附率低,再生频繁,活性炭床层经常发生堵塞、活性炭吸附设备腐蚀严重、废气处理装置运营成本高,有时不能达标排放的问题。同样问题在催化氧化废气处理工艺中也存在。

[0006] 因此现行的涉及到含挥发性有机物(VOCs)和水分的固体物的干燥操作具有能耗高、干燥废气处理成本高,处理装置运行不稳定,排放的挥发性有机物(VOCs)容易超标等问题。存在着对干燥工艺进行改进的需求,以期能够减少挥发性有机物(VOCs)的排放,使废气能够达标排放,尽可能做到零排放。

### 发明内容

[0007] 为了改善现有技术的不足,本发明的目的是提供一种含有挥发性有机物(VOCs)

和/或水分的固体物的干燥方法和系统。所述干燥方法工艺简单,可以实现对含有挥发性有机物(VOCs)和/或水分的固体物的干燥处理。

[0008] 本发明目的是通过如下技术方案实现的:

[0009] 一种含有挥发性有机物和/或水分的固体物的干燥方法,所述方法包括如下步骤:

[0010] (1) 将热空气或热氮气与含有挥发性有机物(VOCs)和/或水分的固体物进行接触,产生含有挥发性有机物(VOCs)和/或水分的废气;

[0011] (2) 任选地将步骤(1)得到的废气进行预处理;

[0012] (3) 将步骤(1)和任选步骤(2)中的至少一个步骤得到的废气与对水分有吸收作用的有机溶剂进行接触,其目的在于去除废气中大部分的水分;

[0013] (4) 任选地将经过步骤(3)处理过的废气与对水分有吸附作用的固体吸附剂进行接触,其目的在于进一步去除废气中的水分,得到基本上不含水分的废气;

[0014] (5) 将经过步骤(3)和任选地经过步骤(4)中的至少一个步骤处理过的废气与对挥发性有机物有吸收作用的有机溶剂进行接触,其目的在于除去废气中大部分的挥发性有机物;

[0015] (6) 任选地将步骤(3)、步骤(4)和步骤(5)中的至少一个步骤得到的废气与对挥发性有机物有吸附作用的固体吸附剂进行接触或经过热力焚烧处理或经过催化氧化处理,其目的在于进一步去除废气中的挥发性有机物;

[0016] (7) 任选地将步骤(5)和步骤(6)中的至少一个步骤得到的废气排到大气中。

[0017] 经本发明方法处理后的废气中的挥发性有机物含量符合《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)的,可直接排放。

[0018] 根据本发明,所述方法还包括如下步骤:

[0019] (8) 将经过步骤(3)和任选经过步骤(4)中的至少一个步骤处理得到的部分废气经加热后返回到步骤(1),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

[0020] 所述步骤(8)的循环过程可以降低水分吸附处理的负荷,同时对废气中的挥发性有机物(VOCs)进行提浓,降低挥发性有机物(VOCs)吸收处理和吸附处理的负荷。

[0021] 根据本发明,所述方法还包括如下步骤:

[0022] (9) 将经过步骤(5)和任选经过步骤(6)中的至少一个步骤处理得到的部分或全部废气经换热后返回到步骤(1),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

[0023] 所述步骤(9)的循环过程用于降低挥发性有机物(VOCs)吸附处理的负荷,废气循环使用,可以实现VOCs的零排放。

[0024] 根据本发明,步骤(1)的废气中挥发性有机物的含量为小于等于 $50000\text{mg}/\text{m}^3$ ;水分的含量为小于等于 $30000\text{mg}/\text{m}^3$ 。

[0025] 根据本发明,步骤(1)中,所述固体物为与空气或氮气接触后可以释放挥发性有机物(VOCs)和/或水分的固体;例如所述固体物为有机聚合物、有机物、无机物和天然产物中的至少一种。示例性地,所述有机聚合物例如为顺丁橡胶胶粒、喷涂的油漆、皮革、印染物、印刷品等。示例性地,所述天然产物例如为中药材、烟草、木材、食品、家具、纺织品等。

[0026] 根据本发明,所述步骤(1)在干燥设备中完成的,所述干燥设备是能够完成借助热

能使固体物中的挥发性有机溶剂和/或水分气化,并由空气或氮气带走所生成的可挥发性有机气体和/或水蒸汽的设备、设施或空间,如流化床干燥机、烘房、烘箱、干燥箱、干燥室、烤漆房、喷雾干燥器、气流干燥器等。

[0027] 根据本发明,步骤(1)中,所述挥发性有机物选自沸点或初馏点低于或等于250℃的有机化合物。示例性地,选自碳原子数小于或等于12的脂肪烃、碳原子数小于或等于14的环状烃、碳原子数小于或等于14的芳烃、碳原子数小于或等于6的卤代烃、碳原子数小于或等于12的酯类化合物、碳原子数小于或等于12的醚类化合物、碳原子数小于或等于10的含氮或硫的有机物,或它们的混合物。示例性地,所述挥发性有机物选自己烷、庚烷、环己烷、苯、甲苯、二甲苯、乙酸乙酯、甲基叔丁基醚、乙腈等中的至少一种。

[0028] 根据本发明,步骤(1)中,所述热空气或热氮气经加热器加热获得,所述热空气或热气体的温度为50-300℃,优选为50-180℃。

[0029] 根据本发明,步骤(1)中,热空气或热氮气与含有挥发性有机物和/或水分的固体物的投料体积比为500-50000:1。

[0030] 根据本发明,步骤(2)中,所述预处理包括过滤、换热降温、水洗、碱洗、冷却降温工序中的一种,或它们的组合。

[0031] 所述的换热为本领域常规理解的利用较高温度的介质和较低温度的介质进行热交换,适用于温度差相对比较高的两个介质。所述的冷却是指用专用冷媒将物料温度降低。

[0032] 采用对废气进行过滤,其目的在于除去废气中的大部分固体颗粒物;对废气进行换热降温处理,其目的在于回收一部分能量,同时降低废气温度;对废气进行水洗和碱洗处理,其中,水洗的目的在于进一步除去废气中的固体颗粒物,同时进一步降低废气的温度,碱洗的目的在于除去气体中酸性组分;采用对废气进行冷却降温,其目的在于可以进一步降低废气中的水分进而可以降低步骤(3)的有机溶剂脱水的处理负荷,同时温度越低,越有利于溶剂吸收脱除废气中的水分。

[0033] 所述预处理工序中的过滤例如可以在过滤器中进行,所述过滤器为本领域已知的常规过滤器;所述预处理工序中的换热降温,采用本领域已知的常规方法对得到的温度较高的废气进行换热。换热的目的是为了对废气进行降温,增加后续的水洗效果,同时提高能量利用效率;示例性地,冷介质为干燥用进料气(例如可以含有步骤(8)中的循环气和/或步骤(9)中的循环气)、空气或者氮气,也可以选用循环水或其它冷媒,优选干燥进料气(含有步骤(8)中的循环气和/或步骤(9)中的循环气)进行换热,然后再用其它方式进行换热降温。

[0034] 所述预处理工序中的水洗例如在水洗塔中完成,所述水洗的温度为20-80℃;所述预处理工序中的碱洗例如在碱洗塔中完成,所述碱洗的温度为15-80℃。

[0035] 根据本发明,步骤(2)得到的废气中挥发性有机物的含量为小于等于50000mg/m<sup>3</sup>;水分的含量为小于等于20000mg/m<sup>3</sup>。

[0036] 根据本发明,步骤(3)中,所述对水分有吸收作用的有机溶剂包括甘醇、多元醇中的一种或它们的混合物。所述对水分有吸收作用的有机溶剂例如包括二甘醇、三甘醇中的至少一种。

[0037] 优选地,所述对水分有吸收作用的有机溶剂还包括醇胺。所述醇胺选自乙醇胺、二乙醇胺或三乙醇胺中的一种或它们的混合物。

[0038] 根据本发明,步骤(3)中,所述步骤(2)得到的废气每 $10^4\text{Nm}^3$ 使用对水分有吸收作用的有机溶剂的体积为: $0.5\text{--}50\text{m}^3$ 。

[0039] 根据本发明,步骤(3)得到的废气中挥发性有机物的含量为小于等于 $50000\text{mg}/\text{m}^3$ ;水分的含量为 $10\text{--}500\text{mg}/\text{m}^3$ 。

[0040] 根据本发明,当步骤(3)得到的废气中水分的含量大于 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 时,优选地实施步骤(4)。

[0041] 根据本发明,步骤(4)中,所述对水分有吸附作用的固体吸附剂为二氧化硅、氧化铝、分子筛中的一种或它们的混合物。

[0042] 根据本发明,步骤(4)中,所述步骤(3)得到的废气每 $10^4\text{Nm}^3$ 使用对水分有吸附作用的固体吸附剂的体积为: $0.5\text{--}50\text{m}^3$ 。

[0043] 根据本发明,步骤(4)得到的废气中挥发性有机物的含量为小于等于 $50000\text{mg}/\text{m}^3$ ;水分的含量为 $5\text{--}100\text{mg}/\text{m}^3$ 。

[0044] 根据本发明,步骤(5)中,所述对挥发性有机物有吸收作用的有机溶剂选自沸点或初馏点大于或等于 $100^\circ\text{C}$ 的有机溶剂且同时该有机溶剂的沸点或初馏点比挥发性有机物(VOCs)的沸点高 $30^\circ\text{C}$ 以上。示例性地,所述对挥发性有机物有吸收作用的有机溶剂选自石蜡油,特别地所述石蜡油对烃类挥发性有机物的吸收效果较好。

[0045] 根据本发明,步骤(5)中,所述步骤(3)得到的废气和任选地步骤(4)得到的废气每 $10^4\text{Nm}^3$ 使用对挥发性有机物有吸收作用的有机溶剂为: $0.5\text{--}50\text{m}^3$ 。

[0046] 根据本发明,步骤(5)得到的废气中挥发性有机物的含量为 $5\text{--}500\text{mg}/\text{m}^3$ ;水分的含量为 $1\text{--}500\text{mg}/\text{m}^3$ ,优选为 $5\text{--}300\text{mg}/\text{m}^3$ 。

[0047] 根据本发明,步骤(6)中,所述对挥发性有机物有吸附作用的固体吸附剂选自活性炭。

[0048] 根据本发明,步骤(6)中,所述步骤(5)得到的废气每 $10^4\text{Nm}^3$ 使用对挥发性有机物有吸附作用的固体吸附剂为: $0.5\text{--}50\text{m}^3$ 。

[0049] 根据本发明,步骤(6)得到的废气中挥发性有机物的含量为 $0.1\text{--}120\text{mg}/\text{m}^3$ ;水分的含量为 $1\text{--}500\text{mg}/\text{m}^3$ ,优选为 $1\text{--}100\text{mg}/\text{m}^3$ 。

[0050] 根据本发明,步骤(6)中,所述的经过热力焚烧处理是将废气送入热力焚烧炉中进行焚烧。所述热力焚烧处理的工艺为本领域已知的常规处理挥发性有机物的工艺步骤。

[0051] 根据本发明,步骤(6)中,所述的经过催化氧化处理是将废气送入催化氧化炉中进行处理。所述催化氧化处理的工艺为本领域已知的常规处理挥发性有机物的工艺步骤。

[0052] 根据本发明,步骤(6)中,优选当所述废气是热氮气与含有挥发性有机物(VOCs)和/或水分的固体物进行接触后获得的时候,任选地将步骤(3)、步骤(4)和步骤(5)中的至少一个步骤得到的废气与对挥发性有机物有吸附作用的固体吸附剂进行接触,而不经热力焚烧处理或经过催化氧化处理。根据本发明,当步骤(5)得到的废气中挥发性有机物的含量大于 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 时,优选地实施步骤(6)。

[0053] 根据本发明,步骤(8)中,将步骤(3)得到的废气的 $0\text{--}99.9\%$ (体积比)经加热后返回到步骤(1),优选 $50\text{--}90\%$ (体积比),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

[0054] 根据本发明,步骤(8)中,任选将步骤(4)得到的废气的 $0\text{--}99.9\%$ (体积比)经加热

后返回到步骤(1),优选50-90%(体积比),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

[0055] 根据本发明,步骤(9)中,将步骤(5)得到的废气的0-100%(体积比)经换热后返回到步骤(1),优选50-100%(体积比),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

[0056] 根据本发明,步骤(9)中,任选将步骤(6)得到的废气的0-100%(体积比)经换热后返回到步骤(1),优选50-100%(体积比),重新与需要干燥的含有挥发性有机物和/或水分的固体物进行接触。

[0057] 根据本发明,步骤(9)中,所述的换热是采用本领域已知的常规方法对得到的温度较低或较高的废气进行加热或降温,使循环的废气满足干燥对废气温度的要求。

[0058] 示例性地,当循环废气来自经过对挥发性有机物有吸附作用的固体吸附剂吸附处理以后,由于废气的温度较低,需要经过加热之后,才能返回干燥设备;当循环废气来自经过焚烧处理或经过催化氧化处理之后,由于废气的温度较高,需要经过降温之后,才能返回干燥设备。

[0059] 根据本发明,所述方法还包括如下步骤中的至少一种:

[0060] (10)对吸收水分后的对水分有吸收作用的有机溶剂进行再生处理;

[0061] (11)对吸附水分后的对水分有吸附作用的固体吸附剂进行再生处理;

[0062] (12)对吸收挥发性有机物后的对挥发性有机物有吸收作用的有机溶剂进行再生处理;

[0063] (13)对吸附挥发性有机物后的对挥发性有机物有吸附作用的固体吸附剂进行再生处理。

[0064] 根据本发明,步骤(10)-(13)中,所述再生处理采用本领域已知的方法进行,示例性地,所述再生处理例如对去除对挥发性有机物有吸收作用的有机溶剂采用精馏再生,可以在真空条件下进行再生;热氮气或者水蒸气再生固体吸附剂等。

[0065] 本发明还提供一种实现含有挥发性有机物(VOCs)和/或水分的固体物的干燥的系统,所述系统是基于上述的干燥方法,所述系统包括:

[0066] 换热器、干燥设备、预处理设备、有机溶剂脱水吸收塔、任选地固体脱水吸附塔、有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔、任选地固体脱挥发性有机物吸附塔或热力焚烧炉或催化氧化炉;和根据需要配置的风机或压缩机;所述预处理设备包括过滤器、换热器、水洗塔、碱洗塔、冷却器中的一种,或它们的组合;

[0067] 其中,所述换热器、干燥设备、预处理设备、有机溶剂脱水吸收塔、任选地固体脱水吸附塔、有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔、任选地固体脱挥发性有机物吸附塔或热力焚烧炉或催化氧化炉沿废气方向依次相连;可以根据需要在系统中配置风机或压缩机。

[0068] 根据本发明,所述有机溶剂脱水吸收塔直接与有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔相连,或通过固体脱水吸附塔与有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔相连。

[0069] 根据本发明,所述有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔直接与出料端相连,或通过固体脱挥发性有机物吸附塔或热力焚烧炉或催化氧化炉与出料端相连。

[0070] 根据本发明,所述系统还包括脱水有机溶剂再生单元、固体吸附脱水塔再生单元、脱挥发性有机物有机溶剂再生单元、固体吸附脱挥发性有机物塔再生单元中的至少一个。

[0071] 根据本发明,有机溶剂脱水吸收塔与脱水有机溶剂再生单元连接;固体脱水吸附塔与固体吸附脱水塔再生单元连接;有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔与脱挥发性有机物有机溶剂再生单元连接;固体脱挥发性有机物吸附塔与固体吸附脱挥发性有机物塔再生单元连接。

[0072] 本发明的有益效果:

[0073] 本发明提供了一种含有挥发性有机物 (VOCs) 和/或水分的固体物的干燥方法和系统。将热空气或热氮气(如空气或氮气经加热器加热后的热空气或热氮气)送入干燥设备和含有挥发性有机物 (VOCs) 和/或水分的固体物进行接触,从干燥设备出来的含有挥发性有机物 (VOCs) 和/或水分的废气经过预处理工序(包括过滤、换热降温、水洗、碱洗、冷却降温等工序中的一种,或它们的组合)以后,用能够吸收水分的有机溶剂对废气进行吸收处理,得到含水分很低的干燥废气,将含水分很低的干燥废气其中部分返回到干燥设备进行套用;另外部分含水分很低的干燥废气任选进入装有吸附材料的吸附塔,进一步脱除其中的水分后,经过吸附塔处理的干燥废气水分进一步降低,将其中部分返回到干燥设备进行套用;用能够吸收挥发性有机物 (VOCs) 的有机溶剂对部分干燥废气进行吸收处理,得到含挥发性有机物 (VOCs) 很低的干燥废气,将含挥发性有机物 (VOCs) 很低的干燥废气的其中部分或者全部返回到干燥设备套用。任选将另外部分含挥发性有机物 (VOCs) 很低的干燥废气进入装有吸附材料的吸附塔,进一步脱除其中的挥发性有机物 (VOCs),经过吸附塔处理的废气挥发性有机物 (VOCs) 含量进一步降低,将含挥发性有机物 (VOCs) 极低的废气的其中部分或者全部返回到干燥设备套用。由于采用在有机溶剂吸收脱水处理后、固体吸附脱水处理后、有机溶剂吸收脱除挥发性有机物处理后和固体吸附脱除可挥发性有机物处理或热力焚烧处理或催化氧化处理后,将其中处理过的部分或全部废气返回干燥设备套用,对废气中的挥发性有机物 (VOCs) 进行提浓,降低了挥发性有机物 (VOCs) 吸收处理的负荷,废气循环使用,可以实现VOCs的零排放。由于先采用溶剂吸收处理废气中的水分,降低了固体吸附塔处理水分的负荷,减少了水吸附塔的再生频次;由于先采用溶剂吸收处理废气中的挥发性有机物 (VOCs),降低了固体吸附塔或热力焚烧炉或催化氧化炉处理挥发性有机物 (VOCs) 的负荷,脱挥发性有机物 (VOCs) 的固体吸附塔或催化氧化炉能够长时间稳定运行,再生周期延长,再生次数少,脱挥发性有机物 (VOCs) 固体吸附塔或催化氧化炉能够在长时间内对可挥发有机物 (VOCs) 类物质保持高处理效率。对溶剂吸收和固体吸附的可挥发有机物 (VOCs) 类物质进行再生回收,回收大部分的可挥发有机物 (VOCs) 组分,提高了废气处理的经济效益。同时由于循环使用的废气中的水分含量可控,甚至比直接使用的大气中的水分含量还低,提高了干燥效率。另外如果采用氮气与需要干燥的固体物料接触时,避免了采用空气干燥时氧气对干燥产品的影响,氮气还可以进行循环使用,可以大大提高干燥产品的质量,节约干燥成本,提高了干燥操作过程中的安全性。

## 附图说明

[0074] 图1为本发明一个优选方案所述的干燥含有挥发性有机物 (VOCs) 和/或水分的固体物的工艺流程图。

## 具体实施方式

[0075] 下文将结合具体实施例对本发明的方法做更进一步的详细说明。应当理解,下列实施例仅为示例性地说明和解释本发明,而不应被解释为对本发明保护范围的限制。凡基于本发明上述内容所实现的技术均涵盖在本发明旨在保护的范围内。

[0076] 下述实施例中所使用的实验方法如无特殊说明,均为常规方法;下述实施例中所用的试剂、材料等,如无特殊说明,均可从商业途径得到。

[0077] 任选表示所述特征存在或不存在,还表示所述特征一定存在,只是具体选择可以随意。示意图中的设备并不代表实际的设备数量或者尺寸大小。

### [0078] 实施例1

[0079] 本实施例提供一种干燥系统,所述干燥系统包括加热器2、干燥设备3、任选地过滤器5、任选地换热器6、任选地水洗塔7、任选地碱洗塔10、任选地冷却器13、有机溶剂脱水吸收塔14、任选地固体脱水吸附塔19、有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔22、任选地固体脱挥发性有机物吸附塔27或热力焚烧炉或催化氧化炉;和根据需要配置的风机或压缩机;

[0080] 所述加热器2、干燥设备3、任选地过滤器5、任选地换热器6、任选地水洗塔7、任选地碱洗塔10、任选地冷却器13、有机溶剂脱水吸收塔14、任选地固体脱水吸附塔19、有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔22、任选地固体脱挥发性有机物吸附塔27或热力焚烧炉或催化氧化炉沿废气4方向依次相连。

[0081] 在本发明的一个实施方式中,所述有机溶剂脱水吸收塔直接与有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔相连,或通过固体脱水吸附塔与有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔相连。

[0082] 在本发明的一个实施方式中,所述有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔直接与出料端相连,或通过固体脱挥发性有机物吸附塔或热力焚烧炉或催化氧化炉与出料端相连。

[0083] 在本发明的一个实施方式中,所述有机溶剂脱水吸收塔の出料端与干燥设备前的加热器相连;所述固体脱水吸附塔の出料端与干燥设备前的加热器相连;所述有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔の出料端与干燥设备前的加热器相连;所述固体脱挥发性有机物吸附塔或热力焚烧炉或催化氧化炉の出料端与干燥设备前的加热器相连。

[0084] 在本发明的一个实施方式中,所述系统还包括脱水有机溶剂再生单元、固体吸附脱水塔再生单元、脱挥发性有机物有机溶剂再生单元、固体吸附脱挥发性有机物塔再生单元中的至少一种。

[0085] 在本发明的一个实施方式中,有机溶剂脱水吸收塔与脱水有机溶剂再生单元连接;固体脱水吸附塔与固体吸附脱水塔再生单元连接;有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔与脱挥发性有机物有机溶剂再生单元连接;固体脱挥发性有机物吸附塔与固体吸附脱挥发性有机物塔再生单元连接。

### [0086] 实施例2

[0087] 本实施例提供一种含有挥发性有机物(VOCs)和/或水分的固体物的干燥方法,所述干燥方法包括如下步骤:

[0088] 空气或氮气1(任选地还包括经循环套用的废气)经过加热器2进入干燥设备3中,自干燥设备3排出的废气4中可能含有固体物微粒(如顺丁橡胶胶粒)、水、VOCs等物质,其中的VOCs为碳原子数小于或等于12的脂肪烃、碳原子数小于或等于14的环状烃、碳原子数小于或等于14的芳烃、碳原子数小于或等于6的卤代烃、碳原子数小于或等于12的酯类化合

物、碳原子数小于或等于12的醚类化合物、碳原子数小于或等于10的含氮或硫的有机物,或它们的混合物。示例性地,所述挥发性有机物选自己烷、庚烷、环己烷、苯、甲苯、二甲苯、乙酸乙酯、甲基叔丁基醚、乙腈等。

[0089] 废气4经过滤器5滤除大部分固体物微粒,过滤可以采用滤袋过滤或者膜过滤;过滤后的废气进入换热器6换热,换热处理可以回收一部分能量,同时降低废气温度;废气换热后进入水洗塔7,进一步除去固体物微粒,并且进一步降低废气的温度,水洗塔7操作温度20-80℃,其中,洗涤进水8从水洗塔7顶部进入,洗涤出水9从水洗塔7底部排出,且洗涤出水9可作为洗涤进水8或去废水处理。水洗后废气进入碱洗塔10除去气体中酸性组分,洗涤碱水进水11从碱洗塔10顶部进入,洗涤碱水出水12从碱洗塔10底部排出,且洗涤碱水出水12可以作为洗涤碱水进水11循环使用或去废水处理,碱洗塔10操作温度15-80℃。碱洗塔10顶部出废气经冷却器13冷却,气体降温到10-30℃进入有机溶剂脱水吸收塔14中脱除水,脱水有机溶剂从有机溶剂脱水吸收塔14的顶部15进入,脱水有机溶剂吸水后自有机溶剂脱水吸收塔14的底部16出料,且吸水后的脱水有机溶剂可以从有机溶剂脱水吸收塔14的顶部15再次循环使用,或者去精馏脱水再生后循环使用;经有机溶剂吸收脱水后的部分废气17返回气体加热器2入口套用,部分废气18进入固体脱水吸附塔19进一步脱水。

[0090] 固体脱水吸附塔19中装填氧化铝或者分子筛,吸水后的氧化铝或分子筛再生处理后,循环使用;固体脱水后的废气中含水量很低,部分废气20返回气体加热器2入口套用,部分废气21进入有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔22。

[0091] 有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔用同可挥发性有机物组分相容性良好的有机溶剂吸收废气中的可挥发性有机物,优选石蜡油,脱挥发性有机物的有机溶剂从有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔22的顶部23进入,脱挥发性有机物的有机溶剂从有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔22的底部26排出,循环利用,或者去精馏回收后套用;经上述处理后的废气中含很少量的挥发性有机物、水分,部分或全部废气24返回气体加热器2入口套用,部分废气25排向固体脱挥发性有机物吸附塔27或热力焚烧炉或催化氧化炉。

[0092] 废气25经固体脱挥发性有机物吸附塔27或热力焚烧炉或催化氧化炉进一步除去挥发性有机物,处理后的部分或全部气体28返回气体加热器2入口套用。经固体脱挥发性有机物吸附塔27或热力焚烧炉或催化氧化炉处理后的废气29中可挥发性有机物(VOCs)含量符合排放标准《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996),可直接排放。

[0093] 可以根据需要,图1所示工艺中省略固体脱水吸附塔19,废气经过有机溶剂脱水吸收塔14脱水后可直接进入有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔22,然后再进入固体脱挥发性有机物吸附塔27或热力焚烧炉或催化氧化炉,处理后的废气29中可挥发性有机物(VOCs)含量符合排放标准《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996),可直接排放。

[0094] 可以根据需要,图1所示工艺中省略固体脱水吸附塔19和固体脱挥发性有机物吸附塔27或热力焚烧炉或催化氧化炉,废气经过有机溶剂脱水吸收塔14脱水后直接进入有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔22,处理后的废气24全部返回到加热器2的入口。

[0095] 可以根据需要,图1所示工艺中省略固体脱挥发性有机物吸附塔27或热力焚烧炉或催化氧化炉,废气经过固体脱水吸附塔19脱水后直接进入有机溶剂脱挥发性有机物吸收塔22,处理后的废气24全部返回到加热器2的入口。

[0096] 实施例3

[0097] 参考上述实施例1的工艺流程图和实施例2的工艺,进行如下干燥处理:

[0098] 从溴化丁基橡胶干燥设备经旋风分离器出来的废气流量为40000m<sup>3</sup>/hr,其中含:水分约8000mg/m<sup>3</sup>,己烷约1850mg/m<sup>3</sup>,温度约85℃。经过滤、换热降温、水洗、碱洗、冷水降温后温度约20℃,流量约为32000m<sup>3</sup>/hr,含己烷约2300mg/m<sup>3</sup>;然后进入三甘醇吸收塔进行吸收脱水,三甘醇吸收塔操作温度约25℃,脱水后的废气含水160mg/m<sup>3</sup>;将脱水后的废气进入氧化铝吸附塔进一步脱水,氧化铝吸附塔操作温度约25℃,经氧化铝吸附塔处理后的废气含水低于20mg/m<sup>3</sup>;将这股基本上不含水分的废气送入石蜡油吸收塔进行脱除VOCs,石蜡油吸收塔操作温度20-30℃,经石蜡油吸收塔处理过的废气中己烷的含量约240mg/m<sup>3</sup>,含水量低于20mg/m<sup>3</sup>;再将这股废气送入活性炭吸附塔进行处理,活性炭吸附塔操作温度约30℃,从活性炭吸附塔排出的废气中含己烷小于20mg/m<sup>3</sup>。满足排放要求,直接排到大气中。

[0099] 实施例4

[0100] 实施例4的干燥工艺步骤同实施例3,区别仅在于将实施例3中三甘醇脱水后废气的分出约16000m<sup>3</sup>/hr(体积比为50%),将这股废气经加热后返回到干燥设备中,另外约16000m<sup>3</sup>/hr(体积比为50%)经三甘醇吸收塔处理的废气进入氧化铝吸附塔进一步脱水。待系统平衡后,进入三甘醇吸收塔的废气流量为约32000m<sup>3</sup>/hr,废气中含己烷约4300-4700mg/m<sup>3</sup>,温度约20℃;脱水后的废气含水200mg/m<sup>3</sup>。约16000m<sup>3</sup>/hr废气进氧化铝吸附塔进一步脱除水分,氧化铝吸附塔操作温度20-30℃,经氧化铝吸附塔处理后的废气含己烷约4300-4700mg/m<sup>3</sup>,含水低于30mg/m<sup>3</sup>,流量16000m<sup>3</sup>/hr;将这股基本上不含水分的废气送入石蜡油吸收塔进行脱除VOCs,石蜡油吸收塔操作温度20-30℃,经石蜡油吸收塔处理过的废气中己烷的含量约250mg/m<sup>3</sup>,含水低于30mg/m<sup>3</sup>;最后将这股废气送入活性炭吸附塔进行处理,活性炭吸附塔操作温度约30℃,从活性炭吸附塔排出的废气中含己烷小于20mg/m<sup>3</sup>。满足排放要求,直接排到大气中。

[0101] 从该例中可以看出,通过把50%的脱水后的废气返回到干燥设备中,使得进入氧化铝干燥、石蜡油吸收塔和活性炭吸附塔的废气量减小约一半,同时进入石蜡油吸收塔和活性炭吸附塔的废气中的VOCs的浓度得到了提升。

[0102] 实施例5

[0103] 实施例5的干燥工艺步骤同实施例3,区别仅在于将实施例3中经石蜡油脱己烷后的废气中约16000m<sup>3</sup>/hr(体积比为50%)经过加热后返回到干燥设备,另外16000m<sup>3</sup>/hr(体积比为50%)废气进活性炭吸附塔进一步脱除有机溶剂,活性炭吸附塔操作温度约30℃,从活性炭吸附塔排出的废气中含己烷低于20mg/m<sup>3</sup>,满足排放要求,直接排到大气中。

[0104] 从该例中可以看出,通过把50%的脱VOCs后的废气加热后返回到干燥设备中,使得进入活性炭吸附塔的废气量减小约一半。

[0105] 实施例6

[0106] 实施例6的干燥工艺步骤同实施例3,区别仅在于将实施例3中经石蜡油吸收塔处理过的废气中己烷的含量约250mg/m<sup>3</sup>,含水低于30mg/m<sup>3</sup>,废气加热后全部返回到干燥设备中。回用的废气中VOCs值小于500mg/m<sup>3</sup>,很容易实现平衡。

[0107] 因此可以实现零排放。

[0108] 实施例7

[0109] 实施例7的干燥工艺步骤同实施例3,区别仅在于将实施例3中经活性炭吸附塔处

理后的废气经加热后返回到干燥设备中,实现零排放。

[0110] 从上述实施例3-7中可以看出,通过把脱水后的废气加热后部分返回到干燥设备中,使得系统中VOCs的浓度得到浓缩,进入氧化铝干燥的废气量减小;通过把有机溶剂脱VOCs后的废气加热后部分返回到干燥设备中,使得进入活性炭吸附的废气量减小;通过把经活性炭吸附塔排出的废气加热后全部返回到干燥设备中,使得系统实现VOCs的零排放。提高脱水后的废气的循环量和脱VOCs后的废气的循环量,可以进一步对废气中VOCs进行提浓,进一步降低氧化铝吸附塔、石蜡油吸收塔和活性炭吸附塔的处理负荷,通过把经活性炭吸附塔排出的废气加热后返回到干燥设备中,使得系统实现VOCs的零排放。另外为了保证系统的安全性,在高循环量操作条件下优选采用氮气作为载热介质。

[0111] 实施例8

[0112] HECH是一种治疗脑血管疾病的原料药前体,熔点235℃,产品从正己烷溶液中结晶,结晶产物经过离心、水洗、己烷洗涤、热氮气流化床干燥等后处理步骤。干燥产生的废气的流量约为6800m<sup>3</sup>/hr,其中含水约1200mg/m<sup>3</sup>、正己烷约8000-15000mg/m<sup>3</sup>,温度10℃。废气处理工艺流程为废气经过滤、甘醇吸收塔、石蜡油吸收塔、活性炭吸附塔处理到VOCs达标的废气。在正常工艺操作条件下将石蜡油吸收塔处理后的废气,其中含己烷100-500mg/m<sup>3</sup>,经加热后全部返回流化床干燥装置套用;在设备检修等非正常情况下,将石蜡油吸收塔处理后的废气去活性炭吸附塔处理达标排放。

[0113] 以上,对本发明的实施方式进行了说明。但是,本发明不限于上述实施方式。凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

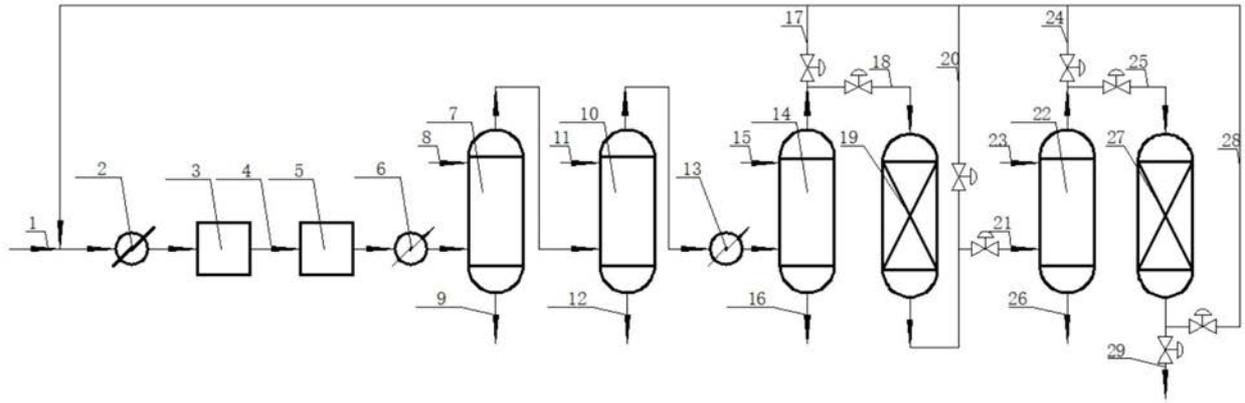


图1