



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111908764 A

(43) 申请公布日 2020. 11. 10

(21) 申请号 202010863126.7

(22) 申请日 2020.08.25

(71) 申请人 苏州翔云节能科技有限公司

地址 215000 江苏省苏州市工业园区仁爱
路99号C409室

(72) 发明人 曹俊杰

(74) 专利代理机构 北京天盾知识产权代理有限
公司 11421

代理人 孙倩倩

(51) Int. Cl.

G02F 11/13 (2019.01)

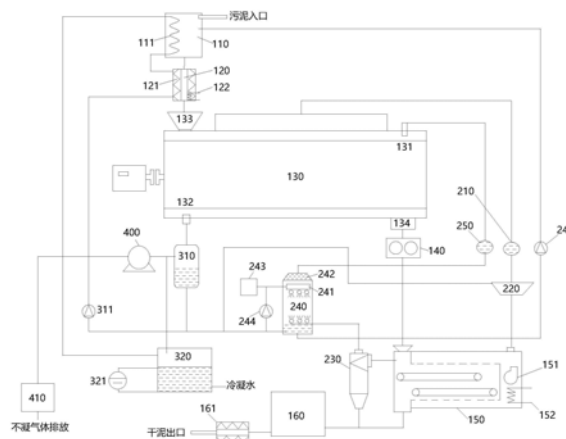
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

机械蒸汽再压缩干燥系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种机械蒸汽再压缩干燥系统及方法,其包括污泥存储池、污泥注射泵、薄层蒸发干燥器、挤压分条成型机、网带干燥机、干泥仓、蒸汽压缩机、旋风除尘器、水洗除尘器、冷凝水缓冲罐、以及与冷凝水缓冲罐相连且用于抽吸系统空气维持真空并排放不凝气体的真空泵。本发明可节省大量能源消耗及冷却水系统消耗。过程中无废气排放,系统无冷却水系统,节省了冷却塔水份蒸发损失。



1. 一种机械蒸汽再压缩干燥系统,其特征在于其包括存储常温污泥来料且内有冷凝水换热盘管(111)的污泥存储池(110)、与污泥存储池(110)输出相连且设有夹套式换热器(121)的污泥注射泵(120)、与污泥注射泵(120)输出相连的薄层蒸发干燥器(130)、与薄层蒸发干燥器(130)输出相连的挤压分条成型机(140)、与挤压分条成型机(140)输出相连的网带干燥机(150)、与网带干燥机(150)输出相连的干泥仓(160)、设置在薄层蒸发干燥器(130)和网带干燥机(150)之间的蒸汽压缩机(220)、与网带干燥机(150)相连且用于分离二次蒸汽和污泥粉尘的旋风除尘器(230)、与旋风除尘器230输出相连且用于对二次蒸汽水洗清洁的水洗除尘器(240)、与薄层蒸发干燥器(130)相连且收集冷凝水的冷凝水缓冲罐(310)、以及与冷凝水缓冲罐(310)相连且用于抽吸系统空气维持真空并排放不凝气体的真空泵(400)。

2. 根据权利要求1所述的机械蒸汽再压缩干燥系统,其特征在于:所述薄层蒸发干燥器(130)包括至少一个筒形加热仓、位于筒形加热仓内侧且表面均匀分布多个刮板的刮板转子、位于筒形加热仓外侧且驱动刮板转子旋转的电机、与水洗除尘器(240)输出相连的蒸汽入口(131)、与冷凝水缓冲罐(310)的输入相连的蒸汽及冷凝水出口(132)、与污泥注射泵(120)输出相连的污泥进料口(133)、以及与挤压分条成型机(140)输入相连的污泥出口(134)。

3. 根据权利要求2所述的机械蒸汽再压缩干燥系统,其特征在于:所述网带干燥机(150)为密闭式结构,内部设有蒸汽循环风机(151)和加热器(152)。

4. 根据权利要求1所述的机械蒸汽再压缩干燥系统,其特征在于:所述水洗除尘器(240)包括冷凝水喷淋头(241)、位于冷凝水喷淋头(241)上方的除沫器(242)、与冷凝水喷淋头(241)相连的加药装置(243)、与冷凝水喷淋头(241)相连的第一循环泵(244)、以及将污泥返回污泥存储池(110)的排污泵(245)。

5. 根据权利要求1所述的机械蒸汽再压缩干燥系统,其特征在于还包括将干泥仓(160)内干泥挤压造粒后出料的造粒机(161)、位于污泥注射泵(120)和水洗除尘器(240)之间的第二循环泵(311)、以及与污泥存储池(110)相连且内有电化学氧化除垢仪(321)的冷凝水池(320)。

6. 根据权利要求1所述的机械蒸汽再压缩干燥系统,其特征在于还包括设置在薄层蒸发干燥器(130)和蒸汽压缩机(220)之间的第一过滤器(210)、和设置在薄层蒸发干燥器(130)和水洗除尘器(240)之间的第二过滤器(250)。

7. 一种机械蒸汽再压缩干燥方法,其包括:

S1:将湿污泥通过传输装置从污泥存储池传输至薄层蒸发干燥器,过程中湿污泥和冷凝水在换热器换热,由入口的5-35℃加热至65-80℃;冷凝水由进口的80-98℃冷却至出口的15-45℃;

S2:预热后的污泥在薄层蒸发干燥器内,在旋转刮板叶片的作用下形成薄层黏附于蒸发干燥器筒体内表面,筒体内为负压系统,压力设定为25-47.5KPa,对应的水份蒸发温度为65-80℃;其中污泥和筒壁传导换热的热源来自步骤S4的蒸汽,换热温差为18-33℃,污泥含水率由80%-95%降低至55%-65%;

S3:将含水率55%-65%的污泥挤压分条为宽度2-5mm的粘稠条状污泥再进入网带干燥机;

S4:进入网带干燥机内的污泥在网带传输过程中,和过热蒸汽对流换热,进一步蒸发干燥后进入干泥仓,再由造粒机挤压造粒后出料,其中污泥含水率由55%-65%进一步蒸发干燥为含水率20%-45%污泥,完成网带干燥机内干燥过程;而压缩机出口的饱和蒸汽进入网带干燥机后,通过加热器加热提升过热度20-50℃后,由循环风机强制循环和污泥对流换热;富余的过热蒸汽进入旋风分离、水洗除尘和过滤后成为洁净的饱和蒸汽再次进入步骤S2;

S5:步骤S2中蒸发过程产生的二次蒸汽经过过滤器过滤后,进入蒸汽压缩机压缩后再进入步骤S4,来自冷凝水缓冲罐的冷凝水喷入蒸汽压缩机吸气入口,压缩比为2.0-4.5,蒸汽温升18-33℃;

S6:一部份冷凝水进入步骤S5降低压缩机排气过热度;一部分进入步骤S4中的水洗除尘器后,排入污泥池;剩余部分冷凝水则通过步骤S1中换热器换热后进入冷凝水罐,通过电化学氧化除垢仪去除微量有机物后排放或回用;

S7:由真空泵排除冷凝水缓冲罐和冷凝水罐中不凝气体至结束。

机械蒸汽再压缩干燥系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及污泥干燥技术领域,具体涉及一种机械蒸汽再压缩干燥系统及方法。

背景技术

[0002] 机械式蒸汽再压缩(Mechanical Vapor Recom-pression)系统,简称MVR系统,是一种新型高效节能系统。MVR蒸发技术节能效果显著,与多效蒸发技术相比,MVR系统全部回收了二次蒸汽的潜热,热效率一般相当于5-10效蒸发器。

[0003] 在干燥和蒸发浓缩等工业领域,会产生大量的水蒸汽。水蒸汽携带的能量中绝大部分为潜热,显热仅为很小一部分。机械式蒸汽再压缩系统,有效回收了水蒸汽的潜热,从而达到节能降耗的目的。其工作原理是对蒸发器产生的蒸汽,经机械式蒸汽压缩机作用后,温度、压力、焓值均得到提升,返回蒸发器作为加热的热源,补充液体蒸发需要吸收的热能并维持蒸发温度。系统本身能基本达到热平衡,新鲜蒸汽仅用于补充系统热损失和进出料热焓,从而大幅度减少蒸发器对外来新鲜蒸汽的消耗,达到了降低能耗的目的。MVR用于固体干燥领域的应用较少,传热温差小、干燥时间长、机械传动能耗大、系统需要密封、需要高性能压缩机等均是其应用的制约因素。

[0004] 常见的固体蒸汽干燥技术多采用间接的传导换热或直接的对流换热方式。间接的传导换热常见于空心桨叶机、转盘式干燥器、转鼓式干燥器、夹壁式干燥器等。直接的对流换热常见于过热蒸汽干燥和热风干燥等。它们均需要大温差和机械搅拌或强制对流方式来强化换热。

[0005] 研究表明:固体中水份主要是自由水、间隙水、表层水和化学结合水。依这些水份的蒸发干燥过程中,蒸发速率分为“恒速段”、“降速段”和“最后阶段”。一般污泥含水率低于65%左右后,“恒速段”结束进入较难和更耗能的“降速段”干燥蒸发。

[0006] 南京航空航天大学周雷《基于蒸汽再压缩技术的低温干燥系统设计与节能分析》表明,低温干燥过程,理论上系统能耗随着蒸发温度与压缩机压比的降低而不断下降;与相同条件下的常规低温干燥系统相比,基于蒸汽再压缩技术的低温干燥系统的能耗仅为常规低温回热干燥系统的7.7%。MVR技术应用基于节能原理和现有技术限制,需要低压比压缩和小温差换热,导致干燥时间过长、强化换热的机械搅拌和传动能耗过高而降低了MVR节能效果。同时,过高的蒸发温度导致更多的系统热损耗,为了系统热量平衡而增大对系统补充热量,导致节能效果进一步降低。同时,可实现高压比的螺杆蒸汽压缩机目前市场应用并不常见,也是导致MVR干燥节能应用困难的原因之一。为保证干燥效果还需控制好一定的干燥速度,把MVR技术与真空低温干燥技术相结合是MVR干燥的发展方向,但进入“降速段”后,蒸发速率还是不尽人意。

[0007] 过热蒸汽干燥是指利用过热蒸汽直接与被干燥的物料接触而去除其内部水分的一种新型干燥方式。在相同的温度下,过热蒸汽和热空气相比,由于过热蒸汽存在潜热,所以单位质量的过热蒸汽所携带热量远大于热空气,且用过热蒸汽干燥固体时,由于固体表面是水分蒸发到过热蒸汽,没有扩散阻力。过热蒸汽干燥的速度和过热蒸汽的温度也是相

关的。福建农林大学卢烨的《土豆的过热蒸汽与真空联合干燥》研究和实验表明,低温过热蒸汽在土豆的干燥过程中也能到达比较理想的干燥速度。

[0008] 干燥过程中污染物会随着蒸发过程进入二次蒸汽的冷凝水。南昌航空大学官勇的《城市污泥过热蒸汽干燥冷凝液特性研究》和山东大学洪永强的《高盐有机废水蒸馏压缩过程污染物迁移研究》表明,低温蒸发进入二次蒸汽冷凝水的污染物主要是醇类有机物和氨等,无机盐类含量极低。而高温蒸发过程,污染物成分复杂,污染量更多。传统的高温污泥蒸发,冷凝水需要再次进入污水厂处理后才能达标排放或回用。

[0009] 为了解决上述问题,以下几个专利“CN103011546B”、“CN107098562A”、“CN106495427A”、“CN103708697B”、“CN103588375B”、“CN103285637B”、“CN105254147B”、“CN110040935A”采用了相应的技术手段:

[0010] 1) “一种两段式污泥干化及能量回收系统及其干化工艺”,采用间壁式干化设备和带式干化机的两段干化工艺。采用带式干燥器的热量回收于间壁换热器污泥的二次蒸汽,相当于水份的“两效蒸发”,从而实现节能。

[0011] 2) “两段式污泥干化工艺的新型热能梯级再利用系统”,该系统包括薄层蒸发器及带式干燥机分两段干化的工艺。系统热量输入来自于热电厂高温蒸汽。通过闪蒸罐将I段薄层蒸发器内的一次蒸汽冷凝水闪蒸成低温低压蒸汽,用于II段热风的再加热,从而可以减少新鲜蒸汽的补充量,实现既省蒸汽又省冷却水的目的。

[0012] 3) “MVR过热蒸汽污泥连续干燥系统及工作方法”,该系统采用过热蒸汽作为干燥介质,干燥过程产生的二次蒸汽分成两路:一路小部分蒸汽通过压缩机压缩变成高压的过热蒸汽进入换热器的热端,换热冷凝后进入冷凝水罐;另一路大部分水蒸汽进入换热器冷端,经加热后送回干燥器内。该干燥系统主要采用压缩方法来回收干燥过程产生的二次蒸汽的显热与潜热。

[0013] 4) “机械蒸汽再压缩热泵MVR污泥干化系统”,污泥通过空心桨叶式干燥机干燥处理后产生的二次蒸汽,该二次蒸汽通过压缩机压缩后再回到空心桨叶机体内,回收污泥干燥过程中产生的二次蒸汽的全部潜热。

[0014] 5) “一种污泥MVC蒸发烘干系统及其烘干污泥的方法”,污泥蒸发过程的二次蒸汽通过蒸汽压缩机压缩机后进入烘干装置作为蒸汽补充热源,利用高温冷凝水洗涤净化蒸汽。

[0015] 6) “低温真空脱水干化成套设备及其工艺”,真空系统对被加热的物料腔室抽真空,腔室内蒸发的水蒸汽在换热器中冷凝成为液态水排放,达到低温蒸发的目的。

[0016] 7) “一种污泥过热蒸汽干燥乏汽余热三重利用”,同时回收乏汽显热和潜热,废水循环利用、废气零污染排放。整个装置实现了污泥过热蒸汽干燥乏汽余热三次利用。干燥过程通过对乏汽显热和潜热同时回收,防止干燥过程中产生冷凝,缩短了干燥时间;干燥过程中只需在初始阶段通入过热蒸汽,后期蒸汽循环使用,减少了热源的输入,降低了能耗。

[0017] 8) “一种多层组合自落式污泥干燥装置及干燥方法”采用间接干燥结合过热二次蒸汽的方式干燥污泥,利用MVR蒸发技术有效缩短了干燥的时长。

[0018] 虽然上述技术专利或相关研究在解决了固体干燥节能或MVR技术在干燥领域的应用方法,实施过程中存在的诸多问题,一些问题尚未得到有效解决。例如“CN103011546B”、“CN107098562A”两段式污泥干化过程的热能回收利用过程,相当于“两效蒸发”节能效果。

干燥过程全部采用高温蒸汽作为能源,能耗相对于MVR技术还是较高。“CN106495427A”MVR过热蒸汽污泥连续干燥系统及工作方法,二次蒸汽的显热与潜热,用于进料污泥的预热。基于物料质量和热量衡算,二次蒸汽的潜热热量远大于污泥的预热热量,降低了热量回收比例。“CN103708697B”、“CN103588375B”利用MVR蒸发技术通过空心桨叶式或其他间接热传导烘干装置来干燥污泥,在实践过程中需要对系统大量补充热量,同时污泥在进入“降速段”后蒸发时间过长,机械传动或搅拌强化传热及热量损失导致节能收益下降。“CN103285637B”低温真空脱水干化成套设备及其工艺和“CN105254147B”一种污泥过热蒸汽干燥乏汽余热三重利用,能耗也均来源于低温(80℃-90℃)热源或蒸汽,能耗相对于MVR技术还是较高。“CN110040935A”一种多层组合自落式污泥干燥装置及干燥方法,系统补充热量直接加热被压缩后的二次蒸汽,一部分二次蒸汽作为过热蒸汽直接进入干燥腔内和污泥对流换热,一部分二次蒸汽进入间接干燥器内腔和污泥传导换热。间接干燥器内腔的过热蒸汽相比于饱和蒸汽,传热效果理论上并不理想,同时对系统补充热量在二次蒸汽成为冷凝水后,未更多的回收其显热。

[0019] 综上所述,有必要提出一种新的机械蒸汽再压缩干燥系统及方法。

发明内容

[0020] 有鉴于此,本发明提出了一种操作简单、性能可靠、制造成本低、拆卸维修方便、干燥连续速度快、补充热量小、系统能耗低的机械蒸汽再压缩干燥系统及方法。

[0021] 根据本发明的目的,本发明提供第一技术方案:一种机械蒸汽再压缩干燥系统,其包括存储常温污泥来料且内有冷凝水换热盘管的污泥存储池、与污泥存储池输出相连且设有夹套式换热器的污泥注射泵、与污泥注射泵输出相连的薄层蒸发干燥器、与薄层蒸发干燥器输出相连的挤压分条成型机、与挤压分条成型机输出相连的网带干燥机、与网带干燥机输出相连的干泥仓、设置在薄层蒸发干燥器和网带干燥机之间的蒸汽压缩机、与网带干燥机相连且用于分离二次蒸汽和污泥粉尘的旋风除尘器、与旋风除尘器输出相连且用于对二次蒸汽水洗清洁的水洗除尘器、与薄层蒸发干燥器相连且收集冷凝水的冷凝水缓冲罐、以及与冷凝水缓冲罐相连且用于抽吸系统空气维持真空并排放不凝气体的真空泵。

[0022] 在第一技术方案的基础上,进一步包括如下附属技术方案:

[0023] 所述薄层蒸发干燥器包括至少一个筒形加热仓、位于筒形加热仓内侧且表面均匀分布多个刮板的刮板转子、位于筒形加热仓外侧且驱动刮板转子旋转的电机、与水洗除尘器输出相连的蒸汽入口、与冷凝水缓冲罐的输入相连的蒸汽及冷凝水出口、与污泥注射泵输出相连的污泥进料口、以及与挤压分条成型机输入相连的污泥出口。

[0024] 所述网带干燥机为密闭式结构,内部设有蒸汽循环风机和加热器。

[0025] 所述水洗除尘器包括冷凝水喷淋头、位于冷凝水喷淋头上方的除沫器、与冷凝水喷淋头相连的加药装置、与冷凝水喷淋头相连的第一循环泵、以及将污泥返回污泥存储池的排污泵。

[0026] 还包括将干泥仓内干泥挤压造粒后出料的造粒机、位于污泥注射泵和水洗除尘器之间的第二循环泵、以及与污泥存储池相连且内有电化学氧化除垢仪的冷凝水池。

[0027] 还包括设置在薄层蒸发干燥器和蒸汽压缩机之间的第一过滤器、和设置在薄层蒸发干燥器和水洗除尘器之间的第二过滤器。

[0028] 本发明提供第二技术方案：一种机械蒸汽再压缩干燥方法，其包括：

[0029] S1：将湿污泥通过传输装置从污泥存储池传输至薄层蒸发干燥器，过程中湿污泥和冷凝水在换热器换热，由入口的5-35℃加热至65-80℃；冷凝水由进口的80-98℃冷却至出口的15-45℃；

[0030] S2：预热后的污泥在薄层蒸发干燥器内，在旋转刮板叶片的作用下形成薄层黏附于蒸发干燥器筒体内表面，筒体内为负压系统，压力设定为25-47.5KPa，对应的水份蒸发温度为65-80℃；其中污泥和筒壁传导换热的热源来自步骤S4的蒸汽，换热温差为18-33℃，污泥含水率由80%-95%降低至55%-65%；

[0031] S3：将含水率55%-65%的污泥挤压分条为宽度2-5mm的粘稠条状污泥再进入网带干燥机；

[0032] S4：进入网带干燥机内的污泥在网带传输过程中，和过热蒸汽对流换热，进一步蒸发干燥后进入干泥仓，由造粒机挤压造粒后出料，其中污泥含水率由55%-65%进一步蒸发干燥为含水率20%-45%污泥，完成网带干燥机内干燥过程；而压缩机出口的饱和蒸汽进入网带干燥机后，通过加热器加热提升过热度20-50℃后，由循环风机强制循环和污泥对流换热；富余的过热蒸汽进入旋风分离、水洗除尘和过滤后成为洁净的饱和蒸汽再次进入步骤S2；

[0033] S5：步骤S2中蒸发过程产生的二次蒸汽经过过滤器过滤后，进入蒸汽压缩机压缩后再进入步骤S4，来自冷凝水缓冲罐的冷凝水喷入蒸汽压缩机吸气入口，压缩比为2.0-4.5，蒸汽温升18-33℃；

[0034] S6：一部份冷凝水进入步骤S5降低压缩机排气过热度；一部分进入步骤S4中的水洗除尘器后，排入污泥池；剩余部分冷凝水则通过步骤S1中换热器换热后进入冷凝水罐，通过电化学氧化除垢仪去除微量有机物后排放或回用；

[0035] S7：由真空泵排除冷凝水缓冲罐和冷凝水罐中不凝气体至结束。

[0036] 与现有技术相比，本发明的技术方案有以下优点：

[0037] 采用MVR技术应用于固体干燥领域，相对于传统的利用热源加热蒸发技术，可节省大量能源消耗及冷却水系统消耗。过程中无废气排放，系统无冷却水系统，节省了冷却塔水份蒸发损失。采用低温蒸发的二次蒸汽冷凝水污染物低，其主要成分为可挥发有机物，通过“电化学氧化”等方法低成本处理后冷凝水可直接达标排放。而高温蒸发的二次蒸汽冷凝水往往还需要再次进入污水处理厂处理。

[0038] “低温真空蒸发”过程中，物料入口温度和蒸发温度小，减少了物料的预热热量；“低温过热蒸汽蒸发”过程中，物料出口温度相对较低、含水率低，减少了出口物料的热量损失；系统整体工作温度和环境温度温差低，也减少了系统的散热热量损失。

[0039] 在整个蒸发过程中，仅对高粘性低蒸发速度的污泥（含水率55%-65%以下），采用温度和换热温差相对比较大的“过热蒸汽蒸发”方式对流换热。缩短整体干燥时间的同时，有利于热量回收，补充热量也小。本系统补充热量的费用和能源品位高低无关，和量相关。补充热量主要用于加热二次蒸汽用于提升二次蒸汽显热。过热蒸汽和污泥对流换热时，换热温差高换热效果好。

[0040] 不影响连续蒸发速度的情况下，通过“过热蒸汽”蒸发阶段参数适当调整，可产生不同干度的污泥颗粒，干化范围70%-95%。

[0041] 热量消耗最大的水份蒸发全部的潜热可得到回收利用,高温冷凝水的全部或大部分热量得到回收利用。

[0042] 系统二次蒸汽温度可达120℃-150℃,但压力低于0.1MPa,系统管道和容器均非“压力容器”,可有效降低生产制造和使用维护成本。污泥直接接触的气体是二次蒸汽,无空气污染排放。在低含氧环境,没有燃烧和粉尘爆炸危险,安全性更好。

附图说明

[0043] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0044] 图1为本发明的结构示意图。

具体实施方式

[0045] 如图1,本发明提供一种机械蒸汽再压缩干燥系统的第一实施例,其包括存储常温污泥来料且内有冷凝水换热盘管111的污泥存储池110、与污泥存储池110输出相连且设有夹套式换热器121、第一外部热源加热器122的污泥注射泵120、与污泥注射泵120输出相连的薄层蒸发干燥器130、与薄层蒸发干燥器130输出相连的挤压分条成型机140、与挤压分条成型机140输出相连的网带干燥机150、与网带干燥机150输出相连的干泥仓160、设置在薄层蒸发干燥器130和网带干燥机150之间的蒸汽压缩机220、与网带干燥机150相连且用于分离二次蒸汽和污泥粉尘的旋风除尘器230、与旋风除尘器230输出相连且用于对二次蒸汽水洗清洁的水洗除尘器240、与薄层蒸发干燥器130相连且收集冷凝水的冷凝水缓冲罐310、以及与冷凝水缓冲罐310相连且用于抽吸系统空气维持真空并排放不凝气体的真空泵400。

[0046] 污泥存储池110存储来料常温污泥。在污泥存储池内壁有冷凝水换热盘管111。冷凝水换热盘管111内部为冷凝水,冷凝水和污泥换热后排放至冷凝水池320。污泥注射泵120提供动力将污泥存储池110内的污泥输送至薄层蒸发器130污泥入口,且内部固体挤压推送的压力能保障污泥存储池110和薄层蒸发器130内腔密闭而不串气。污泥输送管道外设夹套式换热器121,夹套式换热器121内部为冷凝水,冷凝水和污泥换热后排入污泥存储池110。外部热源加热器122提供热量供系统补充热量加热污泥提升温度。

[0047] 薄层蒸发干燥器130包括至少一个柱状的筒形加热仓和内设的刮板转子。筒形加热仓的一端设有电机,刮板转子通过电机驱动。刮板转子表面均匀分布刮板叶片。刮板叶片将污泥从薄层蒸发干燥器130的一端推送至另一端,并使污泥均匀遍布整个筒形加热仓的圆筒内壁。筒形加热仓一端设有蒸汽入口131,筒形加热仓另一端设有蒸汽及冷凝水出口132。筒形加热仓另一端设有污泥进料口133,筒形加热仓一端设有污泥出口134。进一步,筒形加热仓为间壁式结构,内部可流通蒸汽。筒形加热仓外表面加设保温层,筒形加热仓内表面和刮板转子同轴。

[0048] 挤压分条成型机140是一台带有孔格网的污泥挤压设备。来自薄层蒸发器130中污泥出口134的污泥,在挤压分条成型机140作用下,将污泥挤压切碎成“条状”后散落在网带干燥机150的传送网带上。挤压分条成型机140内固体推挤压力能保障薄层蒸发器130和网

带干燥机150腔体密闭而不串气。网带干燥机150为密闭式结构,内部带蒸汽的循环风机151和第二外部热源加热器152。进一步地,网带干燥机150的循环风机151位于夹套式换热器121内。外部热源加热器152和122优选热源为电加热、高温热泵或外部直接引入的高温蒸汽。进一步,网带干燥机150将循环加热的过热蒸汽输送至蒸汽压缩机220压缩,形成升温升压的水蒸汽,这些水蒸汽是薄层蒸发器130污泥蒸发的二次蒸汽。过热蒸汽在循环风机151的作用下强制循环,和网带上的污泥对流换热干燥污泥水份。干泥仓160用于存储网带干燥机150和旋风除尘器230生产的干污泥。造粒机161将干泥仓160内的干泥挤压造粒后出料。造粒机161内固体推挤压力能保障造粒机161和外部大气环境密闭而不串气。第一、第二过滤器210、250为空气高效过滤器,用于过滤气体中微尘。蒸汽压缩机220为水蒸汽压缩机,优选为双螺杆蒸汽压缩机,压缩比2.0-4.5。蒸汽压缩机220入口注入来自冷凝水缓冲罐310的高温冷凝水,用于降低排气过热度。旋风除尘器230用于分离来自网带干燥机150腔室内的二次蒸汽和污泥粉尘。二次蒸汽进入水洗除尘器240,污泥粉尘进入干泥仓160。水洗除尘器240用于对二次蒸汽的水洗清洁和降低其过热度。水洗除尘器240的系统补水来自冷凝水缓冲罐310的高温冷凝水。在循环泵244的作用下由水洗除尘器240的上部冷凝水喷淋头241喷淋水洗二次蒸汽。加药装置243向循环水添加有机酸,用于清洗去除二次蒸汽中的游离氨气。水洗除尘器240底部有排污口,通过排污泵245返回污泥存储池110。除沫器242用于对水洗后的二次蒸汽气水分离,二次蒸汽除尘、除氨后进入第二过滤器250。清洁和饱和二次蒸汽返回薄层蒸发器130的蒸汽夹套。冷凝水缓冲罐310用于存储薄层蒸发器130的冷凝水。冷凝水缓冲罐310上部为气体,下部为液态水。冷凝水池320是密闭结构的储水箱,上部为气体,下部为液态水。进一步,冷凝水池320内有电化学氧化除垢仪321,用于降低冷凝水中挥发性有机物,降低冷凝水COD并达标排放或回用。真空泵400用于抽吸系统空气维持真空和排除运行过程中不凝气体。可再生活性炭过滤器410用于对真空泵400少量排气的除臭过滤。

[0049] 本实施例还提供了MVR低温真空联合过热蒸汽干燥方法,利用上述相关结构和装置进行干燥工作,具体包括如下步骤:

[0050] S1:湿污泥通过传输装置污泥注射泵120,从污泥存储池110传输至薄层蒸发器130。过程中湿污泥和冷凝水在夹套式换热器121换热,由入口的5-35℃加热至65-80℃,热量不足部分由第一外部热源加热器122补充。冷凝水由进口的80-98℃冷却至出口的25-55℃,再进入换热盘管111,冷却至15-45℃后排入冷凝水罐320;

[0051] S2:预热后的污泥在薄层蒸发器130中,在旋转刮板叶片的作用下形成薄层黏附于蒸发器筒体内表面。筒体内为负压系统,压力设定为25-47.5KPa,对应的水份蒸发温度为65-80℃。污泥和筒壁传导换热,筒体夹套内为来自步骤S4的饱和蒸汽,优选的换热温差设定为18-33℃。污泥在真空负压环境开始蒸发,通过刮板叶片旋转的推动下完成在筒壁的移动并富集在污泥出口134处;污泥在薄层蒸发器130内是“真空低温干燥”过程,污泥含水率由80%-95%降低至55%-65%时,完成薄层蒸发器130内干燥过程;薄层蒸发器130的夹套内饱和蒸汽换热后成为液态冷凝水进入冷凝水缓冲罐310;

[0052] S3:挤压分条成型机140将污泥出口134处含水率55%-65%的污泥挤压分条为直径2-5mm的粘稠条状污泥再进入网带干燥机150;

[0053] S4:进入网带干燥机150内的污泥在网带传输过程中,和过热蒸汽对流换热,进一

步蒸发干燥后进入干泥仓160后,由造粒机161挤压造粒后出料。污泥在网带干燥机150内是“过热蒸汽干燥”过程,污泥含水率由55%-65%进一步蒸发干燥为含水率20%-45%污泥,完成网带干燥机150内干燥过程。压缩机220出口的饱和蒸汽进入网带干燥机150后,通过加热器152加热提升过热度20-50℃后,由循环风机151强制循环和污泥对流换热。富裕的过热蒸汽进入旋风分离器230、水洗除尘器240、和过滤器250成为洁净的饱和蒸汽再次进入步骤S2;

[0054] S5:步骤S2蒸发过程中产生的二次蒸汽经过过滤器210过滤后,进入压缩机220压缩后进入步骤S4。来自冷凝水缓冲罐310的冷凝水喷入蒸汽压缩机220吸气入口,用于降低压缩机转子温度和出口水蒸气过热度。优选的压缩比为2.0-4.5,蒸汽温升18-33℃;

[0055] S6:冷凝水缓冲罐310中冷凝水温度为80~98℃。一部份进入步骤S5用于降低压缩机排气过热度;一部分进入步骤S4中的水洗除尘器240后,排入污泥池110;大部分冷凝水通过步骤S1中换热器121和111换热后进入冷凝水罐320,通过电化学氧化除垢仪321去除微量有机物后排放或回用;

[0056] S7:由真空泵400排除冷凝水缓冲罐310和冷凝水罐320中不凝气体保障系统真空度和蒸发压力;少量不凝气体通过可再生活性炭过滤器410除臭后排放。

[0057] 本发明的优点:

[0058] 基于干燥工艺特点,结合MVR技术在水份蒸发领域的最优节能性,采用“低温真空蒸发”干燥处理污泥的“恒速段”干燥过程,采用“过热蒸汽”干燥处理含水固体物料的“降速段”干燥过程。“过热蒸汽”来源于“低温真空蒸发”过程的被再次加热的二次蒸汽;“过热蒸汽”蒸发后的蒸汽再次进入“低温真空蒸发”干燥器释放全部水蒸汽的潜热后成为高温冷凝水,高温冷凝水的显热由含水固体物料预热来回收。

[0059] 整个蒸发过程中,热量消耗最大的部分,即水份蒸发过程中二次蒸汽全部的潜热得到回收利用;“降速段”干燥过程中,蒸汽升温仅是显热增加或释放的过程,明显提升了对流换热温差,缩短干燥时间的同时热量需求最小。对流换热过程的所有的蒸汽的来源均是间接传导加热污泥产生的二次蒸汽,即整个蒸发过程在蒸汽潜热回收时没有浪费,同时补充热源的加热过程中,能源的高品位也没有浪费。

[0060] “过热蒸汽干燥”产生的二次蒸汽经过旋风除尘、高效过滤和水洗清洗后与“真空低温干燥”污泥间接换热生成冷凝水。水洗过程设置自动加药装置,清洗和消除大部分游离氨生成铵盐溶解于污水。清洗水源来自系统冷凝水,水洗清洗的污水排入污泥存储池,回收其全部热量和污染物。少量的醇类、酯类等挥发性有机物随水蒸气冷凝后进入冷凝水,冷凝水通过“电化学氧化”方式清除冷凝水中微量挥发有机物后,达标排放或回用。整个干燥过程冷凝水无污染物排放。通过水洗清洗后的“过热蒸汽”,降低了蒸汽中的污染物,同时又提升了蒸汽的饱和度。饱和蒸汽有利于提升间接传热效率并节省间接换热的“低温真空蒸发”阶段干燥时间。

[0061] “过热蒸汽干燥”过程蒸发水量占污泥干燥总水量比例10%-25%,系统补充热量全部用于“二次蒸汽”的显热提升,同样的补充热量可带来更高的过热度和对流换热温差。

[0062] 通过刮板或网带的速度调节和匹配控制出口污泥的含水率,“真空低温干燥”和“过热蒸汽干燥”联合的方式提升了污泥整体干燥速度。

[0063] 整个干燥过程产生的全部二次蒸汽在“真空低温干燥”和污泥预热阶段,回收其全

部潜热和大部分显热。相对于传统蒸汽加热干燥蒸发方式,无需设置冷却水系统。

[0064] 低温蒸发可以避免污染物迁移至冷凝水系统。冷凝水系统污染物含量低,主要成分为挥发性有机物的醇类和酯类,通过简单低成本处理即可达标排放或回用。相对于传统高温干燥蒸发方式,冷凝水不用再次返回污水处理厂或在现场进行复杂的处理。

[0065] 系统冷凝压力小于100KPa,系统非“压力容器”。相对于传统高温干燥蒸发方式,提升了系统安全性,降低了设备制造成本和系统维护费用。采用过热蒸汽的对流换热方式,气体中氧含量极低,避免了系统爆炸的和火灾隐患。

[0066] 对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

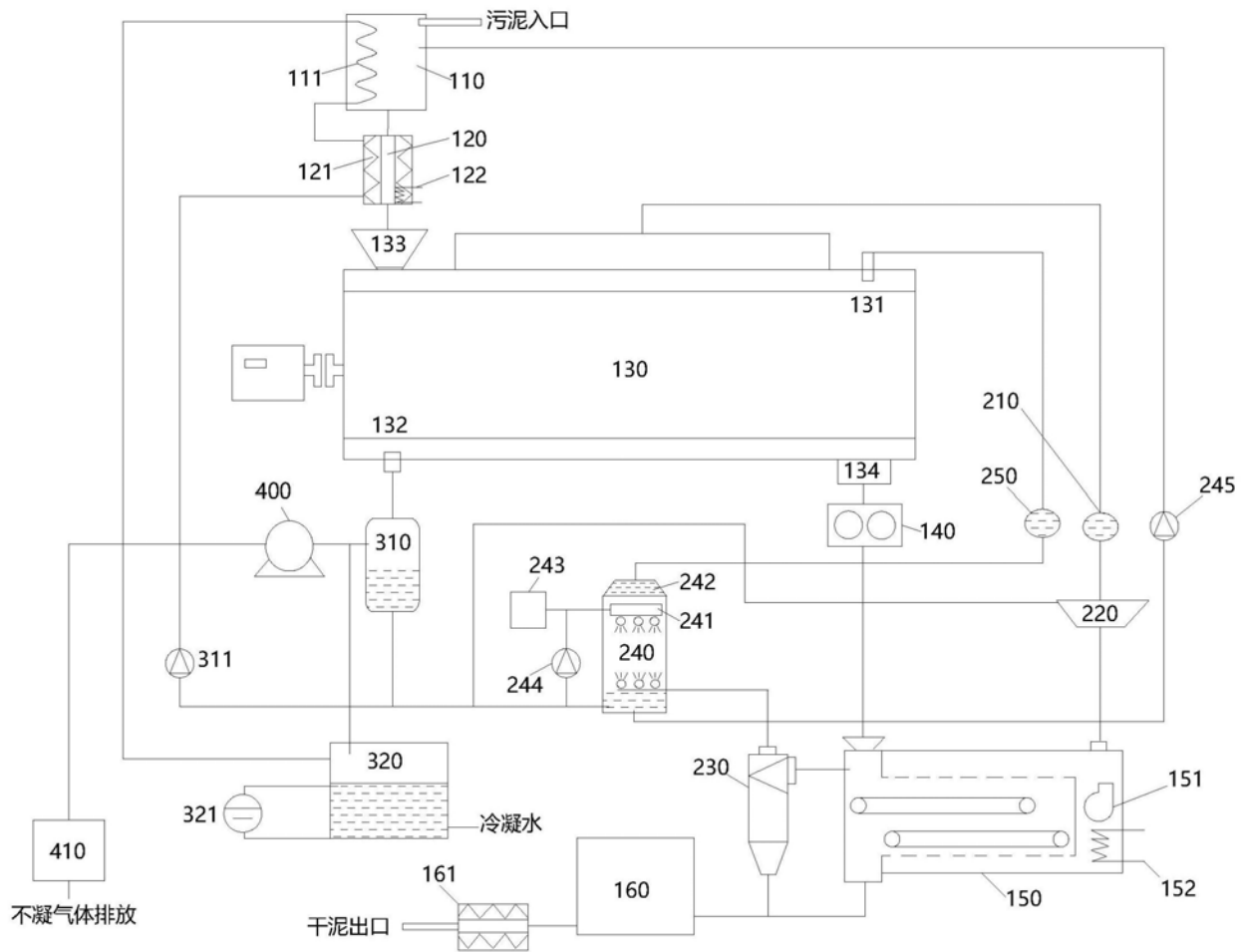


图1