



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 105749728 B

(45) 授权公告日 2020.11.17

(21) 申请号	201410781976.7	B01D 53/90 (2006.01)
(22) 申请日	2014.12.16	B01D 53/62 (2006.01)
(65) 同一申请的已公布的文献号		B01D 53/96 (2006.01)
申请公布号	CN 105749728 A	(56) 对比文件
(43) 申请公布日	2016.07.13	CN 102869426 A, 2013.01.09
(73) 专利权人	中国科学院上海高等研究院	CN 102917773 A, 2013.02.06
地址	201203 上海市浦东新区海科路99号	US 2009238742 A1, 2009.09.24
(72) 发明人	孙予罕 魏伟 唐志永 汪丹峰	CN 103992831 A, 2014.08.20
	陈倩倩 吕敏 赵陆海波 祝贺	审查员 田佳阳
	沈国飞 罗晓茭 韩伟	
(74) 专利代理机构	上海浦一知识产权代理有限公司	
	31211	
代理人	丁纪铁	
(51) Int. Cl.		
	B01D 53/79 (2006.01)	权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

二氧化碳的捕集方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种二氧化碳的捕集方法,该方法采用基于催化反应过程的化学吸收法,并利用分维换热、蒸汽再压缩过程强化技术,捕集二氧化碳。本发明还公开了用于上述方法的二氧化碳捕集装置,该装置包括吸收塔、解吸塔、混合蒸汽分离系统及再沸器系统。本发明通过使用催化解吸方法、分维换热器以及蒸汽再压缩过程强化技术捕集二氧化碳,不仅提升了反应速率,而且降低了能耗,可广泛应用于天然气、变换气、烟道气或合成气等气体中的CO₂捕集与分离净化。

1. 二氧化碳的捕集方法,其特征在于,采用基于催化反应过程的化学吸收法,并利用分维换热、蒸汽再压缩过程强化技术,捕集二氧化碳;包括:

1) 采用化学吸收介质从含有二氧化碳的气体源中吸收二氧化碳气体,生成富吸收液;在吸收二氧化碳过程中使用固体碱催化剂;所述富吸收液通过富吸收液泵泵入贫富吸收液换热器与解吸后的温度较高的贫吸收液进行热交换,吸热后进入解吸塔;

2) 从富吸收液中解吸出二氧化碳,并生成贫吸收液;在解吸二氧化碳过程中使用固体酸催化剂;解吸二氧化碳后的贫吸收液一部分进入再沸器系统,经循环泵,进入再沸器系统换热器,继而返回解吸塔,再沸器系统换热器的热源由外界提供;另一部分进入蒸汽再压缩装置,经循环泵,再经节流阀减压后,进入气液分离器,低温低压蒸汽经压缩机压缩成高温高压蒸汽返回解吸塔,贫吸收液经贫液泵、贫富液换热器、冷却器换热冷却后,进入吸收塔;

3) 从解吸塔塔顶排出的二氧化碳及蒸汽混合物进入混合蒸汽分离系统,经冷凝器换热后,经气液分离器,液相返回解吸塔,分离出的二氧化碳气体进入后续的压缩处理程序。

2. 用于权利要求1所述方法的二氧化碳捕集装置,其特征在于,包括:

吸收塔,用于从含有二氧化碳的气体源中采用化学吸收介质吸收二氧化碳气体,生成富吸收液;所述富吸收液通过富吸收液泵泵入贫富吸收液换热器与解吸后的温度较高的贫吸收液进行热交换,吸热后进入解吸塔;

解吸塔,用于从所述富吸收液中分离所述二氧化碳,以再生化学吸收介质,生成贫吸收液;解吸二氧化碳后的贫吸收液一部分进入再沸器系统,另一部分进入蒸汽再压缩装置,经循环泵,再经节流阀减压后,进入气液分离器,低温低压蒸汽经压缩机压缩成高温高压蒸汽返回解吸塔,贫吸收液经贫液泵、贫富液换热器、冷却器换热冷却后,进入吸收塔;

混合蒸汽分离系统,用于将包含所述二氧化碳气体的混合蒸汽从所述解吸塔中导出并冷却,使所述二氧化碳气体和冷凝液分离,并将冷凝液输送回所述解吸塔;

再沸器系统,用于将吸收了所述二氧化碳的化学吸收介质从所述解吸塔中导出并加热,再输送返回所述解吸塔;所述再沸器系统包含有换热器。

3. 根据权利要求2所述的装置,其特征在于,所述冷凝器和换热器为分维换热器,所述分维换热器具有康托集分形结构。

二氧化碳的捕集方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及能源化工领域,特别是碳捕集技术领域,更具体地说,是涉及一种捕集二氧化碳的方法,该方法通过催化解吸、分维换热、蒸汽再压缩技术捕集混合气体中的二氧化碳。本发明还涉及用于该方法的二氧化碳捕集装置。

背景技术

[0002] 化学吸收技术是现阶段研究最活跃、最为成熟、最易工业放大或商业化的碳捕集技术之一。所谓化学吸收气体分离方法,指的是采用吸收剂溶剂,通过化学反应选择性地自气相中脱除易溶于吸收液成分的方法。化学吸收法脱除CO₂实质是利用碱性吸收剂溶液与混合气中的CO₂接触并发生化学反应,形成不稳定的盐类,而盐类在一定的条件下会逆向分解放出CO₂,从而达到将CO₂从混合气中分离富集的目的。

[0003] 化学吸收法捕集二氧化碳技术的核心之一是高效吸收剂的开发。现有吸收剂主要有单乙醇胺(MEA)、二乙醇胺(DEA)、N-甲基二乙醇胺(MDEA)、二异丙醇胺(DIPA)等溶剂或其混合体系。公开号为CN 103381330A的中国发明专利,提出了一种用于碳捕集的吸收剂,由离子液体1-丁基-3-甲基咪唑醋酸盐和胺类溶液组成。公开号为CN 102974203A的中国发明专利,提出了一种具有特殊结构活性胺复配水溶液的吸收剂,活性胺分子中含有伯胺和叔胺两种官能团,一级胺主要起加快吸收速率的作用,三级胺可提高吸收量,降低解吸温度,两类胺可以起到促进活化的作用。活性胺水溶液与被处理气体接触,达到净化气体的目的。从目前国内外吸收剂研究特点分析,常规吸收体系尚未解决溶剂降解、设备腐蚀以及解吸能耗高等一系列问题。

[0004] 化学吸收法捕集二氧化碳技术的解吸过程需要大量的热量(MEA碳捕集的解吸过程能耗约为3.5GJ/t CO₂),直接影响该技术的经济性与应用推广。利用热泵技术,或蒸汽再压缩技术,通过工质的状态变化及相变实现低品位热能提质至高品位的温度区,能够极大地降低碳捕集化学吸收法解吸过程的能耗。公开号为CN 102869426A的中国发明专利,提出了一种二氧化碳气体回收装置,该回收装置具有热泵,使在吸收塔中吸收液吸收二氧化碳时的放热反应所产生的热经由热介质移动,来作为在再生塔中从富吸收液分离二氧化碳时的吸热反应的热源使用。公开号为CN 101464072A的中国发明专利,提出了一种燃煤电厂的乏汽凝热回收系统,包括:高温热泵装置,用于从燃煤电厂的乏汽中吸取热量,通过热泵循环提高高温热泵工质温度;二氧化碳捕集装置,利用所述高温热泵工质加热捕获烟气中二氧化碳用的MEA吸收剂,完成解吸过程;跨临界二氧化碳热泵装置,用于从燃煤电厂的乏汽中吸取热量,通过热泵循环提高二氧化碳热泵工质温度;区域供热用热装置,利用所述二氧化碳热泵工质加热区域生活用水和区域供暖热水。

[0005] 换热器是碳捕集中的关键设备,对其进行优化设计,提高其换热效能,是碳捕集过程节能降耗的重要途径之一。为提高换热器的换热效率,目前采用的强化传热的措施主要有:改变管束外形或在管内外进行螺纹形、波纹形等设计,即通过管束形状或表面构型的改造进行强化传热;在管束外的流体空间采用折流板式的结构设计。这些强化传热手段使流

体在流动换热区域内产生持续的局部扰动,提高流体湍动强度,进而改善传热效能,但却导致了系统流动阻力的增加。此外,已有的换热管束设计缺乏对流体输送路径优化的考虑,在结构设计上存在换热管束内流体输送路径不合理、流动阻力的增加和传热性能不匹配的问题。为此,迫切需要开展换热器内换热管束结构优化设计以实现高效换热。公开号为CN 202304505U的中国实用新型专利,提出了一种康托集分形结构式换热器,将管壳式换热器的换热管束设计成分形结构特征以充分利用壳体空间,增加流动换热面积,以提高换热器的流动换热综合性能,即最大限度地提高换热器的热有效性(换热量/泵功),进而达到高效换热和节能的目的。公开号为CN 102032828B的中国发明专利,提出了一种新型的具有分形表面结构特征,并在其管内插入异形扰流体的换热管,该换热管能提高换热管内的流动换热的场协同性,达到高效换热和节能目的。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题之一是提供一种二氧化碳的捕集方法,它可以降低碳捕集过程的能耗。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明的二氧化碳的捕集方法,采用基于催化反应过程的化学吸收法,并利用分维换热、蒸汽再压缩过程强化技术,捕集二氧化碳。

[0008] 该方法的主要步骤包括:

[0009] 1) 采用化学吸收介质从含有二氧化碳的气体源中吸收二氧化碳气体,生成富吸收液;

[0010] 2) 从富吸收液中解吸出二氧化碳,并生成贫吸收液;

[0011] 3) 通过蒸汽再压缩过程强化技术将二氧化碳与其他蒸汽分离。

[0012] 其中,在吸收二氧化碳过程中使用固体碱催化剂,在解吸二氧化碳过程中使用固体酸催化剂。

[0013] 所述蒸汽再压缩过程强化技术,包括步骤:将混合蒸汽压缩升压,冷凝并换热,形成高压液体,节流,变为低压低温的饱和蒸汽与饱和液体的混合物,分离二氧化碳气体和冷凝液。

[0014] 本发明要解决的技术问题之二是提供一种基于上述方法的二氧化碳捕集装置,它更高效节能。

[0015] 为解决上述技术问题,本发明的二氧化碳的捕集装置,包括:

[0016] 吸收塔,用于从含有二氧化碳的气体源中采用化学吸收介质吸收二氧化碳气体,生成富吸收液;

[0017] 解吸塔,用于从所述富吸收液中分离所述二氧化碳,以再生化学吸收介质,生成贫吸收液;

[0018] 混合蒸汽分离系统,用于将包含所述二氧化碳气体的混合蒸汽从所述解吸塔中导出并冷却,使所述二氧化碳气体和冷凝液分离,并将冷凝液输送回所述解吸塔;

[0019] 再沸器系统,用于将吸收了所述二氧化碳的化学吸收介质从所述解吸塔中导出并加热,再输送返回所述解吸塔;所述再沸器系统包含有换热器。

[0020] 所述混合蒸汽分离系统包含有蒸汽再压缩装置,所述蒸汽再压缩装置主要由压缩机、冷凝器、节流阀和蒸发器构成封闭系统,所述压缩机用于压缩解吸塔顶排出的含二氧化

碳的混合蒸汽,所述冷凝器用于将经压缩机压缩升压的混合蒸汽冷凝为高压液体,所述节流阀用于将所述高压液体转换为低压低温的饱和蒸汽与饱和液体的混合物,所述蒸发器用于从所述饱和蒸汽与饱和液体的混合物中分离二氧化碳气体和冷凝液。该蒸汽再压缩装置通过工质的状态变化及相变,实现低品位热能提质至高品位的温度区。

[0021] 所述再沸器系统包含有蒸汽再压缩装置,该蒸汽再压缩装置包括有节流阀、蒸发器和压缩机,节流阀用于减压,蒸发器用于分离蒸汽和冷凝液,压缩机用于将蒸汽压缩为高温高压气体返回解吸塔。

[0022] 所述冷凝器和换热器为分维换热器,所述分维换热器具有康托集分形结构,可以增加流动换热面积,从而提高换热器的流动换热综合性能。

[0023] 本发明通过使用催化解吸方法,提升了反应速率,减少了停留时间,降低了装置操作温度,减少了能耗;通过使用分维换热器增加流动换热面积,以及蒸汽再压缩过程强化技术,提高了系统的能量利用效率,降低了过程能耗,可广泛应用于天然气、变换气、烟道气或合成气等气体中的CO₂捕集与分离净化。

附图说明

[0024] 图1是本发明实施例1的二氧化碳捕集装置的系统结构示意图。

[0025] 图2是本发明实施例2的二氧化碳捕集装置的系统结构示意图。

[0026] 图中附图标记说明如下:

[0027] 1、26:含二氧化碳气体的混合气源

[0028] 2、27:原料气

[0029] 3、28:脱碳净化气

[0030] 4、5、6、29、30、31:富吸收液

[0031] 7、8、9、11、12、20、21、22、23、32、33、34、37、38、42、43、44、46、47:贫吸收液

[0032] 10、45:补充吸收剂

[0033] 13、48:二氧化碳及蒸汽混合物

[0034] 14、41:高温高压蒸汽

[0035] 15:高压液体

[0036] 16、39:汽液混合物

[0037] 17、50:二氧化碳气体

[0038] 18、19、51:冷凝液

[0039] 24、35:外界热源(输入)

[0040] 25、36:外界热源(输出)

[0041] 40:低温低压蒸汽

[0042] 49:含二氧化碳混合液

[0043] 52:冷凝水(输入)

[0044] 53:冷凝水(输出)

[0045] 1001、2001:吸收塔

[0046] 1002、2002:解吸塔

[0047] 1003、2003:风机

- [0048] 1004、2004:富吸收液泵
- [0049] 1005、2005:贫富吸收液换热器
- [0050] 1006、2012:贫吸收液泵
- [0051] 1007、2013:冷却器
- [0052] 1008、2011:压缩机
- [0053] 1009、2014:冷凝器
- [0054] 1010、2009:节流阀
- [0055] 1011、2010、2015:气液分离器
- [0056] 1012、1013、2006、2008:循环泵
- [0057] 1014、2007:再沸器系统换热器

具体实施方式

[0058] 为对本发明的技术内容、特点与功效有更具体的了解,现结合图示的实施方式,详述如下。实施例中未详细说明的生产装置和工艺方法均采用现有已知的生产装置和工艺方法。

[0059] 实施例1

[0060] 如图1所示,本实施例的二氧化碳捕集装置包括:吸收塔1001、解吸塔1002、混合蒸汽分离系统、再沸器系统、蒸汽再压缩装置等。

[0061] 含二氧化碳气体的混合气源1经风机1003输入吸收塔1001,自下而上流经吸收塔1001,与从上部入塔的贫吸收液12形成逆流接触,使二氧化碳得到脱除。净化后的脱碳净化气3从吸收塔1001塔顶排出。吸收了二氧化碳的富吸收液4通过富吸收液泵1004泵入贫富吸收液换热器1005与解吸后的温度较高的贫吸收液8进行热交换,吸热后进入解吸塔1002。富吸收液6从解吸塔1002上部进入,解吸二氧化碳后的贫吸收液7由解吸塔1002底部流出,经贫吸收液泵1006、贫富吸收液换热器1005、冷却器1007换热冷却后,进入吸收塔1001。从解吸塔1002塔顶排出的二氧化碳及蒸汽混合物13进入蒸汽再压缩装置,经压缩机1008压缩成高温高压蒸汽,经冷凝器1009换热降温后,经节流阀1010减压,气液分离器1011分离冷凝液18和二氧化碳气体17,冷凝液18经循环泵1012输送返回解吸塔1002,分离出的二氧化碳气体17进入后续的压缩处理程序。解吸塔1002塔底贫吸收液20经循环泵1013泵入再沸器系统,经蒸汽再压缩装置冷凝器1009换热升温后,进入再沸器系统换热器1014,继而返回解吸塔1002。再沸器系统换热器1014的热源由外界提供(如:饱和蒸汽)。

[0062] 实施例2

[0063] 如图2所示,本实施例的二氧化碳捕集装置包括:吸收塔2001、解吸塔2002、混合蒸汽分离系统、再沸器系统、蒸汽再压缩装置等。

[0064] 含二氧化碳气体的混合气源26经风机2003输入吸收塔2001,自下而上流经吸收塔2001,与从上部入塔的贫吸收液47形成逆流接触,使二氧化碳得到脱除。净化后的脱碳净化气28从吸收塔2001塔顶排出。吸收了二氧化碳的富吸收液29通过富吸收液泵2004泵入贫富吸收液换热器2005与解吸后的温度较高的贫吸收液43进行热交换,吸热后进入解吸塔2002。富吸收液31从解吸塔2002上部进入。解吸二氧化碳后的贫吸收液一部分进入再沸器系统,经循环泵2006,进入再沸器系统换热器2007,继而返回解吸塔2002,再沸器系统换热

器2007的热源由外界提供(如,饱和蒸汽);另一部分进入蒸汽再压缩装置,经循环泵2008,再经节流阀2009减压后,进入气液分离器2010,低温低压蒸汽40经压缩机2011压缩成高温高压蒸汽41返回解吸塔2002,贫吸收液42经贫液泵2012、贫富液换热器2005、冷却器2013换热冷却后,进入吸收塔2001。从解吸塔2002塔顶排出的二氧化碳及蒸汽混合物48进入混合蒸汽分离系统,经冷凝器2014换热后,经气液分离器2015,液相返回解吸塔2002,分离出的二氧化碳气体50进入后续的压缩处理程序。

[0065] 上述两个实施例的吸收过程与解吸过程中,引入了催化反应,以降低反应解吸的能耗。固体碱催化剂应用于吸收过程,固体酸催化剂应用于解吸过程。

[0066] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

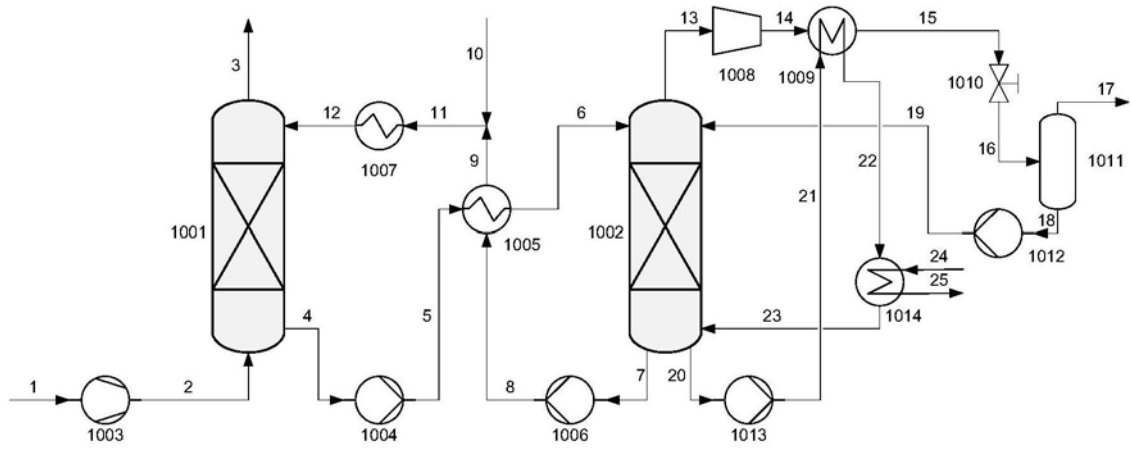


图1

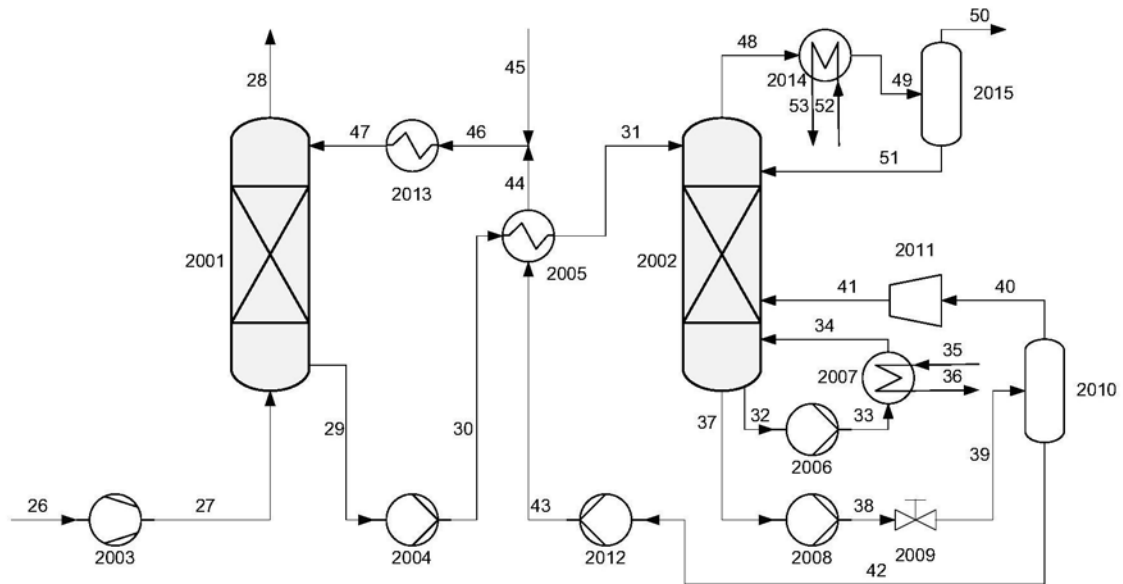


图2