

一种流化催化裂化再生设备及其应用

技术领域

本申请涉及流化催化裂化技术领域，具体涉及一种流化催化裂化再生设备及其应用。

背景技术

流化催化裂化反应过程中是自热平衡过程，催化剂烧焦再生过程释放出大量高温位的热能恰好能够满足较低温位的裂化反应过程的需要。在反应器和再生器之间循环的催化剂具有足够的数量和热容量，因此催化剂既可以作为反应的活性位，又是传递热能的热载体。催化剂在反应器和再生器间流动，不断地从一端获取热量，又向另一端供应热量。热平衡的建立需要一定的条件，在此基础上才能保持裂化和再生达到规定的温度。对于一个催化裂化工业装置来说反应器和再生器之间的热平衡的基础是反应可以生成足够的焦炭，焦炭在再生过程中燃烧，释放出热量供反应使用。

随着炼油工艺的发展，特别是原油重质/劣质化趋势加剧、油品质提高，使得加氢工艺更广泛地应用。经加氢提质的原料作为催化裂化原料时，尽管产品结构与品质得到了较大的提升，但对催化裂化装置本身来说带来了生焦不足，导致热量供应不足的问题。另外，以低碳烯烃为主要目标产物的催化裂化技术中，裂化反应转化率高，反应温度高，反应热大，在反应方面需要的热量较常规流化催化再生器或其它催化转化方法要多，自身裂化生成的焦炭往往不能满足反应-再生系统自身热平衡的需求。当反应过程中生焦不足时，通常采用向再生器外补燃料油的方式为反应提供所需热量。但是，由于催化裂化采用分子筛为活性组分的催化剂，再生器内燃料油的燃烧产生的局部高温使分子筛骨架铝逐渐脱出，导致对催化剂的损害，而且这个损害是不可逆的。现有技术没有从根本上解决外补燃料油局部燃烧产生的高温热点对催化剂骨架结构与反应性能的影响。

发明内容

本申请的目的是提供一种适用于维持热平衡的流化催化裂化再生

设备和方法，其可以解决生焦少的催化裂化反应过程中热平衡的问题，同时不影响催化剂的物理与化学性能。

为了实现上述目的，一方面，本申请提供了一种流化催化裂化再生设备，包括补焦器、再生器和外置催化剂循环管，所述补焦器的出口与所述再生器的入口流体连通，所述外置催化剂循环管连通所述再生器的下部与所述补焦器，用于将再生器内的部分催化剂返回所述补焦器，所述补焦器上设置有待生催化剂入口、贫氧气体入口和燃料油入口，并且所述再生器底部设置有富氧气体入口，其中沿物流方向，所述燃料油入口设置在所述待生催化剂入口的下游位置。

另一方面，本申请提供了一种催化裂化系统，包括催化裂化反应器和本申请的流化催化裂化再生设备。

再一方面，提供了使用本申请的流化催化裂化再生设备进行催化剂再生的方法，包括下列步骤：

1) 使待生催化剂与燃料油和贫氧气体在补焦器内接触，发生生焦反应和部分烧焦反应得到带有部分焦炭的催化剂；以及

2) 使所述带有部分焦炭的催化剂在再生器内与富氧气体接触，发生完全燃烧反应，得到再生催化剂。

本申请的再生设备结构简单，易于实施，通过对现有工业装置再生器进行适应性改造即可实施，适用性强，尤其适用于以低碳烯烃等化工原料为主要目标产物的催化裂化装置，不仅可以从根本上解决反应-再生系统的热平衡问题，而且还可以减少传统喷燃料油的方式对催化剂和再生系统带来的损害，既节约了催化剂成本，又提高了炼厂的经济效益。本申请的再生设备和方法用于生焦少的流化催化裂化反应时，不仅实现了反应-再生过程的热平衡，而且使催化剂在再生器烧焦过程中温升均匀，无局部热点，对催化剂物理和化学性质无损害。

本申请的其他特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

附图说明

附图是用来提供对本申请的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与下面的具体实施方式一起用于解释本申请，但并不构成对本申请的限制。在附图中：

图 1 为本申请提供的流化催化裂化再生设备的一种优选实施方式的示意图；以及

图 2 为本申请提供的流化催化裂化再生设备的另一种优选实施方式的示意图。

5

具体实施方式

以下结合附图对本申请的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是，此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本申请，并不用于限制本申请。

10 本文中，表述“示例性”意为“用作例子、实施例或说明性”。这里作为“示例性”所说明的任何实施例不必解释为优于或好于其它实施例。尽管在附图中示出了实施例的各种方面，但是除非特别指出，不必按比例绘制附图。

此外，下面所描述的本申请不同实施方式中涉及的技术特征只要
15 彼此之间未构成冲突就可以相互结合。

在本文中所披露的任何具体数值（包括数值范围的端点）都不限于该数值的精确值，而应当理解为还涵盖了接近该精确值的值，例如在该精确值 $\pm 5\%$ 范围内的所有可能的数值。并且，对于所披露的数值范围而言，在该范围的端点值之间、端点值与范围内的具体点值之间，
20 以及各具体点值之间可以任意组合而得到一个或多个新的数值范围，这些新的数值范围也应被视为在本文中具体公开。

在本申请中，所谓“上游”和“下游”均是基于反应物料的流动方向而言的。例如，当反应物流自下而上流动时，“上游”表示位于下方的位置，而“下游”表示位于上方的位置。

25 在本申请的描述中，需要说明的是，术语“上”、“下”、“内”、“外”、“前”、“后”、“左”、“右”等指示的方位或位置关系为基于本申请工作状态下的方位或位置关系，仅是为了便于描述本申请和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本申请的限制。

30 在本申请的描述中，需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应作广义理解。对于本领域的普通技术人员而言，可以具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。

除非另有说明，本文所用的术语具有与本领域技术人员通常所理解的相同的含义，如果术语在本文中有定义，且其定义与本领域的通常理解不同，则以本文的定义为准。

如上所述，在第一方面，本申请提供了一种流化催化裂化再生设备，包括补焦器、再生器和外置催化剂循环管，所述补焦器的出口与
5 所述再生器的入口流体连通，所述外置催化剂循环管连通所述再生器的下部与所述补焦器，用于将再生器内的部分催化剂返回所述补焦器，所述补焦器上设置有待生催化剂入口、贫氧气体入口和燃料油入口，并且所述再生器底部设置有富氧气体入口，其中沿物流方向，所述燃料油入口设置在所述待生催化剂入口的下游位置。
10

根据本申请，所述再生器可以采用现有的常用再生器结构，只需在其底部设置开口，并使补焦器的出口与该开口相连接，即使所述补焦器的出口与所述再生器的入口流体连通，使得来自补焦器的物料可流入到所述再生器。

在本申请的流化催化裂化再生设备中，所述再生器的侧壁上设置有一个或多个，优选 1-3 个，富氧气体入口，用于向再生器内注入富氧气体，供进入再生器的催化剂再生使用。优选地，在所述再生器的底部还设置有气体分布器（本申请中也称为主风分布器），使得经由所述富氧气体入口注入的富氧气体通过所述气体分布器进入到所述再生器中。根据本申请，所述气体分布器可采用本领域技术人员所熟知的主风分布器。例如，所述主风分布器可以是分布板和分布管。优选地，所述分布管为环状分布管或树枝状分布管。
15
20

在某些具体实施方式中，所述再生器与气固分离设备流体连通，使得所述再生器产生的再生烟气经所述气固分离设备分离后通过再生烟气管线引入到能量回收系统进行回收利用。在本申请中，所述气固分离设备可采用本领域技术人员所熟知的设备。例如，所述气固分离设备可以包括旋风分离器。
25

在某些具体实施方式中，所述再生器上还设置有再生催化剂出口，用于将再生后的高温再生催化剂送出再生器，供反应循环使用。

在本申请的流化催化裂化再生设备中，通过使温度相对较低（通常低于 600 度）的待生催化剂先在补焦器中与燃料油和贫氧气体接触，发生生焦反应和部分烧焦反应得到带有部分焦炭的催化剂，而后该带
30

有部分焦炭的催化剂进入再生器，在高温、富氧气体的作用下进行充分的烧焦放热，供给反应所需的热量。对于生焦少的催化裂化反应过程，采用本申请的再生设备既可以解决反应-再生系统的热平衡问题，又可以使催化剂上烧焦环境缓和，在催化剂上实现渐次温升，从而最大程度地保护催化剂的物理与化学性能。相比之下，当温度较高的再生催化剂（通常高于 660 度）与燃料油接触时，即便在贫氧环境下，碳的燃烧速率仍然迅速提高，与氧反应燃烧放热，很难在催化剂表面维持焦炭的形态。

在第二方面，提供了一种催化裂化系统，包括催化裂化反应器和
10 本申请的流化催化裂化再生设备。

根据本申请，所述催化裂化系统可以包括一个或多个，优选 1-3 个，催化裂化反应器。本申请的流化催化裂化再生设备可以与所述一个或多个催化裂化反应器相连接，使得来自一个或多个催化裂化反应器的待生催化剂进入到本申请的再生设备中进行再生，并且使再生催
15 化剂循环回该一个或多个催化裂化反应器重复使用。

在某些具体实施方式中，所述催化裂化系统还包括油剂分离装置、汽提装置以及任选的反应产物分离装置。

根据本申请，所述催化裂化反应器、油剂分离装置、汽提装置、反应产物分离装置等均可采用本领域技术人员所熟知的设备，这些设备之间的连接方式也可以按照本领域已知的方式进行。例如，所述油
20 剂分离装置可以包括旋风分离器、出口快速分离器。在某些具体实施方式中，所述油剂分离装置包括与所述催化裂化反应器同轴布置或者高低并列布置的沉降器。

在第三方面，提供了使用本申请的流化催化裂化再生设备进行催
25 化剂再生的方法，包括下列步骤：

1) 使待生催化剂与燃料油和贫氧气体在补焦器内接触，发生生焦反应和部分烧焦反应得到带有部分焦炭的催化剂；以及

2) 使所述带有部分焦炭的催化剂在再生器内与富氧气体接触，发生完全燃烧反应，得到再生催化剂。

30 根据本申请，所述贫氧气体可以选自空气、氮气、水蒸气、它们的混合物或者它们与氧气的混合物，优选地，所述贫氧气体的氧含量为 1-20 体积%，更优选为 5-10 体积%。

根据本申请，所述燃料油可以选自直馏馏分油、二次加工馏分油或者它们的组合。优选地，所述二次加工馏分油可以选自催化裂化柴油、催化裂化油浆、焦化汽油、焦化柴油、焦化蜡油，或者它们的组合。

- 5 根据本申请，所述富氧气体的氧含量优选为 21-100 体积%，进一步优选为 21-85 体积%。例如，所述富氧气体可以为空气。

在优选的实施方式中，步骤 1) 的所述待生催化剂的温度为 480-650℃，优选为 540-600℃。

- 10 在某些具体实施方式中，所述再生器内的温度为 620-800℃，优选为 650-750℃；气体表观线速为 0.2-1.0 米/秒、优选为 0.3-0.8 米/秒，催化剂的平均停留时间为 0.5-10 分钟、优选 1-5 分钟。

- 本申请的流化催化裂化再生设备、催化裂化系统和催化剂再生方法适用于各种生焦不足的催化裂化反应-再生系统，例如石油烃、含氧烃类的催化裂化生产低碳烯烃，特别是轻烃或轻质馏分油催化裂化生产低碳烯烃的反应。
- 15

- 例如，所述轻烃或轻质馏分油可以为气体烃、馏程 25-350℃ 的石油烃、含氧化合物、生物质或废塑料生成油的馏分油；所述气体烃可以选自饱和液化气、不饱和液化气、碳四馏分，或者它们的组合；所述石油烃可以选自一次加工的直馏石脑油、直馏煤油、直馏柴油，或者它们的组合；以及二次加工的拔头油、抽余油、碳四馏分、加氢裂化轻石脑油、戊烷油、焦化汽油、费托合成油、流化催化裂化轻汽油、加氢汽油、加氢柴油，或者它们的组合。
- 20

- 根据所用补焦器的具体结构不同，本申请的流化催化裂化再生设备、催化裂化系统和催化剂再生方法可以有多种具体实施方式，以下对两种特别优选的实施方式进行具体说明。
- 25

第一类优选实施方式

- 在本申请的流化催化裂化再生设备的第一类优选实施方式中，所述外置催化剂循环管连通所述再生器的下部和所述补焦器的下部，所述贫氧气体入口、所述外置催化剂循环管与补焦器的连接口、待生催化剂入口和燃料油入口沿物流方向依次设置在所述补焦器上。
- 30

在第一类优选实施方式中，所述外置催化剂循环管使得再生器内的高温再生催化剂的一部分能够流入补焦器下部，当来自反应器的待

生催化剂温度较低时，可用于加热补焦器中的待生催化剂，进而有助于燃料油的生焦反应有效发生。

在第一类优选实施方式中，所述补焦器可以为快速流化床。优选地，所述补焦器为中空圆柱体形式，其长径比为 30: 1 至 3: 1，优选 5 20: 1 至 5: 1。

在第一类优选实施方式中，所述补焦器上设置的待生催化剂入口、外置催化剂循环管的连接口、贫氧气体入口和燃料油入口位于补焦器的不同高度处。优选地，所述补焦器从下到上依次设有贫氧气体入口、外置催化剂循环管的连接口、待生催化剂入口和燃料油入口，并且均 10 位于补焦器的中下部，即距离补焦器的底部的距离不大于补焦器高度的 50% 的位置处。

在第一类优选实施方式中，所述补焦器的下部可以设有一个或多个，优选 1-3 个，贫氧气体入口。优选地，所述贫氧气体入口设置在所述补焦器的底部。进一步优选地，所述补焦器底部还设置有第一气体 15 分布器，使得经由所述贫氧气体入口注入的贫氧气体通过所述第一气体分布器进入到所述补焦器。根据本申请，所述第一气体分布器可采用本领域技术人员所熟知的分布器，例如分布板和分布管。优选地，分布管为环状分布管或树枝状分布管。

在第一类优选实施方式中，所述外置催化剂循环管与补焦器的连 20 接口设置在补焦器的下部，优选地，设置在距补焦器底部的距离为补焦器高度的 3 % 到 20 %，优选 5 % 到 10 % 的位置处。

在第一类优选实施方式中，所述补焦器可以设置有一个或多个，例如 1 个、2 个、3 个或更多个燃料油入口，所述一个或多个燃料油入口可以各自独立地设置在补焦器的入口处或中下部。优选地，所述一 25 个或多个燃料油入口各自独立地设置在所述补焦器的中下部。进一步优选地，所述一个或多个燃料油入口距补焦器底部的距离各自独立地为补焦器高度的 20 % 到 50 %，优选 25 % 到 40 %。

在第一类优选实施方式中，可以在催化剂进入再生器底部的位置处设置催化剂分布板，例如在补焦器的出口处。根据本申请，所述催 30 化剂分布板可以为工业上常见的各种型式的分布板，例如为平板形、拱形、碟形、环形和伞形中的一种或多种。采用催化剂分布板有助于使催化剂在再生器的轴向上浓度均一地与富氧气体接触进行烧焦反应，

提高烧焦效率，减少催化剂床层局部热点的发生。

在第一类优选实施方式中，通过设置补焦器使喷入的燃料油在低温、贫氧的流态化条件下与催化剂混合并形成焦炭，附着焦炭的催化剂在具有快速流化床特征的补焦器中通过返混，使焦炭在催化剂上均匀分布并发生部分燃烧，实现催化剂表面温度的梯级上升。

在第一类优选实施方式中，所述再生器与补焦器可以同轴布置或者高低并列布置。

在本申请的催化剂再生方法的第一类优选实施方式中，所述方法的步骤 1) 进一步包括：

10 1a) 使待生催化剂与经由外置催化剂循环管来自再生器的再生催化剂混合，并与经由贫氧气体入口注入的贫氧气体接触，使待生催化剂升温并发生部分烧焦反应；以及

15 1b) 使步骤 1a) 所得的物料与经由燃料油入口注入的雾化介质与燃料油的混合物接触，发生生焦反应和部分烧焦反应，得到所述带有部分焦炭的催化剂。

在第一类优选实施方式中，所述补焦器的对数平均线速度优选为 1.2-2.2 米/秒。

在第一类优选实施方式中，所述雾化介质优选为氮气，所述雾化介质与燃料油的质量比优选为 1: 1 至 1: 100。

20 在第一类优选实施方式中，所述补焦器的出口温度优选为 550-650 °C。

下面结合附图对本申请的第一类优选实施方式作进一步的说明，但是并不因此而限制本申请。

如图 1 所示，在一优选的实施方式中，本申请的流化催化裂化再生设备包括补焦器 101 和再生器 102，其中所述补焦器 101 的出口与所述再生器 102 的入口流体连通，使得来自补焦器 101 的物料可流入到所述再生器 102。所述补焦器 101 的下部与所述再生器 102 的下部还通过外置催化剂循环管 108 相连通，使得再生器 102 内的高温再生催化剂的一部分能够流入到补焦器 101 中用于加热补焦器 101 中来自反应器的待生催化剂，以实现能量的优化利用。

补焦器 101 底部设有贫氧气体入口 105 和第一气体分布器 106；补焦器 101 下部的侧壁设有待生催化剂入口 107 和外置催化剂循环管 108

的连接口；补焦器 101 的中下部设有燃料油入口 109。再生器 102 的底部设有第二气体分布器（即主风分布器）112，底部侧壁设有一个或多个、例如 1 个、2 个、3 个或更多个富氧气体入口（即主风入口）111。

贫氧气体经贫氧气体入口 105 从补焦器 101 底部进入所述补焦器 101，来自外置催化剂循环管 108 的高温再生催化剂进入补焦器 101 下部，与贫氧气体混合向上运动，与来自待生催化剂入口 107 的待生催化剂接触并发生部分烧炭反应，反应物流继续向上运动，与来自燃料油入口 109 的燃料油接触并发生生焦反应和部分烧焦反应。带焦炭的催化剂向上流动，经催化剂分布器 110 进入再生器 102，与经富氧气体入口 111 和第二气体分布器 112 注入的富氧气体接触并发生完全燃烧反应，彻底放出热量。再生后的催化剂经再生催化剂出口 113 送出再生器，供反应循环使用。再生烟气经旋风分离器 103 分离夹带的催化剂后经管线 104 进入能量回收系统。

15 第二类优选实施方式

在本申请的流化催化裂化再生设备的第二类优选实施方式中，沿物流方向，所述补焦器依次包括预提升区、生焦区和预燃区，所述预提升区的出口与所述生焦区的入口流体连通，所述生焦区的出口与所述预燃区的入口流体连通，且所述预燃区的出口与所述再生器的入口流体连通，所述外置催化剂循环管连通所述再生器的下部和所述预燃区的下部；

所述待生催化剂入口设置在所述预提升区的侧壁上，所述燃料油入口设置有一个或多个，优选 1-3 个，并且各自独立地设置在所述预提升区的侧壁上和/或所述生焦区的侧壁上，所述贫氧气体入口设置在所述预燃区的侧壁上。

在第二类优选实施方式中，所述外置催化剂循环管使得再生器内的高温再生催化剂的一部分能够流入到预燃区下部，用于加热来自生焦区的生焦后的待生催化剂，当待生催化剂上焦炭含量较高时，有助于待生催化剂上的焦炭燃烧，放出热量，实现待生催化剂的梯级升温，避免大量焦炭带入主燃区，造成燃烧不完全而引起的尾燃现象。

在第二类优选实施方式中，本申请的流化催化裂化再生设备包括预提升区，其设置在流化催化裂化再生设备的最下方，处于待生催化

剂在流化催化裂化再生设备中的流动方向的上游。在该预提升区的下部设置有待生催化剂入口，用于将来自催化裂化反应装置的待生催化剂输送到流化催化裂化再生设备中进行再生。预提升介质从预提升区的下部入口输入，用于向上提升输入的待生催化剂。用于预提升区的预提升介质可以是氮气、水蒸气或它们的混合物。优选地，所述预提升区可以为等径的中空圆柱体形式，其长径比可以为 30: 1 至 3: 1，优选为 20: 1 至 5: 1。

在第二类优选实施方式中，本申请的流化催化裂化再生设备包括生焦区，其设置在预提升区的上方，用于使附着焦炭的催化剂在其中进一步整流，使焦炭在催化剂上均匀分布。在某些进一步优选的实施方式中，所述生焦区为气力输送床或快速流化床。优选地，所述生焦区为等径的中空圆柱体形式，其长径比可以为 30: 1 至 3: 1，优选为 20: 1 至 5: 1。

在某些进一步优选的实施方式中，所述预提升区与所述生焦区的内径之比为 0.2: 1 至 0.8: 1，优选为 0.3: 1 至 0.6: 1，所述预提升区的高度与所述生焦区的高度之比为 0.5: 1 至 1.5: 1，优选为 0.8: 1 至 1.2: 1。

在某些进一步优选的实施方式中，所述生焦区与预提升区之间可以通过第一连接段相连接。优选地，第一连接段的纵切面为等腰梯形，等腰梯形侧边的外倾角 β 为 5-85°（如图 2 所示）。

在第二类优选实施方式中，在所述预提升区的侧壁上和/或所述生焦区的侧壁上设置有一个或多个，优选 1-3 个，燃料油入口，用于喷入燃料油。

在某些进一步优选的实施方式中，在所述预提升区的侧壁上设置有一个或多个，优选 1-3 个，燃料油入口，所述一个或多个燃料油入口距所述预提升区的出口端的距离各自独立地为预提升区高度的 0% 到 15%；优选为 0% 到 10%。

在另一些进一步优选的实施方式中，在所述生焦区的侧壁上设置有一个或多个，优选 1-3 个，所述燃料油入口，所述一个或多个燃料油入口距所述生焦区底部的距离各自独立地为生焦区高度的 0% 到 15%，优选为 0-10%。

通过在预提升区和/或生焦区注入燃料油，可以使喷入的燃料油在

低温、无氧或贫氧的流态化条件下与催化剂混合并形成焦炭，附着焦炭的催化剂可以在生焦区进一步整流，能够使焦炭在催化剂上均匀分布。

在第二类优选实施方式中，本申请的流化催化裂化再生设备包括
5 预燃区，所述预燃区的侧壁上设有一个或多个，优选 1-3 个，贫氧气体入口。通过设置预燃区，均匀附着了焦炭的催化剂进入其中，在相对较低温度、较快气体线速下与含氧气体接触，使催化剂上的焦炭发生部分燃烧，实现催化剂表面温度的梯级上升。

在进一步优选的实施方式中，在所述预燃区的下部设置有一个或
10 多个，优选 1-3 个，贫氧气体入口，设置在所述贫氧气体入口的气体喷嘴距所述预燃区底部的距离各自独立地为预燃区高度的 5%到 30%，优选 10%到 20%。优选地，所述气体喷嘴管线的轴向角 α 为 5-85°，优选为 15-75°。

在进一步优选的实施方式中，所述预提升区、生焦区和预燃区均
15 为中空圆柱体形式，且可以同轴布置。

在第二类优选实施方式中，所述预燃区与所述再生器还通过外置的催化剂循环管相连通。优选地，所述外置催化剂循环管与所述预燃区的连接位置距所述预燃区底部的距离为预燃区高度的 0-20%，优选 3-10%。通过外置催化剂循环管可以使再生器中的一部分再生催化剂循
20 环回预燃区，并与来自生焦区的催化剂相混合，提高其温度。

在第二类优选实施方式中，所述再生器与预燃区可以同轴布置或者高低并列布置。优选地，所述再生器、生焦区和预燃区同轴布置。

在进一步优选的实施方式中，所述预燃区包括部分燃烧段和出口段，所述部分燃烧段的内径大于所述出口段的内径。优选地，所述部
25 分燃烧段的内径与所述出口段的内径之比为 10: 1 至 2: 1，所述部分燃烧段的高度与所述出口段的高度之比为 10: 1 至 2: 1。

在进一步优选的实施方式中，所述预燃区出口段的顶部设置有催化剂导出管，所述预燃区的出口段连同所述催化剂导出管位于所述再生器内部，由此，可以使得来自预燃区的催化剂经催化剂导出管直接
30 引入到再生器内部，从而在再生器内完全燃烧再生。例如，所述再生器可以采用现有的常规催化裂化单段再生器构造，在其下部开口，使得所述预燃区的出口段连同所述催化剂导出管通过该开口容纳在所述

再生器的内部。

在本申请的催化剂再生方法的第二类优选实施方式中，所述方法的步骤 1) 进一步包括：

1a') 使经由预提升区引入的待生催化剂在生焦区内与经由燃料油入口注入的雾化介质与燃料油的混合物接触，发生生焦反应，得到带焦炭的催化剂；以及

1b') 使步骤 1a') 所得的物料在预燃区中与经由外置催化剂循环管来自再生器的再生催化剂混合升温，并与经由贫氧气体入口注入的贫氧气体接触，发生部分烧焦反应，得到所述带有部分焦炭的催化剂。

10 在第二类优选实施方式中，可以在所述预提升区内注入预提升介质，用以对所述待生催化剂进行提升，所用的预提升介质可以是氮气、水蒸气或它们的混合物。

在第二类优选实施方式中，为了更好地分散燃料油，可以将燃料油与雾化介质混合，将两者的混合物通过燃料油入口喷入。优选地，雾化介质可以为氮气。进一步优选地，燃料油与雾化介质的质量比可以为 1:1 至 100:1，例如，1:1 至 50:1，或者，1:1 至 20:1。在实际操作中，雾化介质与燃料油的混合物的注入量根据与该再生器相连的反应器中原料油的进料量进行调节，并用于控制经过再生的再生催化剂的温度为 620-800℃。

20 在第二类优选实施方式中，所述预燃区的对数平均线速度优选为 1.2-2.2 米/秒；所述预燃区出口处的温度优选为 550-650℃。

下面结合附图对本申请的第二类优选实施方式作进一步的说明，但是并不因此而限制本申请。

如图 2 所示，在一优选的实施方式中，本申请的流化催化裂化再生设备从下到上依次包括预提升区 201、生焦区 202、预燃区 203 和再生器 204。预提升区 201 的底部设有预提升介质入口 208、下部设有待生催化剂入口 209，上部出口端处设有燃料油入口 210。所述预燃区 203 的下部侧壁设有一个或多个，优选 1-3 个，含氧气体入口 211，所述预燃区 203 包括部分燃烧段 231 和出口段 232，所述预燃区出口段 232 的顶部设置有催化剂导出管 213，所述预燃区的出口段 232 连同所述催化剂导出管 213 位于所述再生器内部。所述再生器 204 的底部设有气体分布器 207，底部侧壁设有一个或多个、例如 1 个、2 个、3 个或更多

个富氧气体入口 214。所述再生器 204 的下部和预燃区 203 的下部还通过外置催化剂循环管 212 相连通。

预提升介质经管线 208 从预提升区 201 底部进入所述流化催化裂化再生设备，预提升介质可以为氮气、水蒸气或它们的混合物。来自待生催化剂入口 209 的待生催化剂进入预提升区 201 下部，在预提升介质的提升作用下向上运动。燃料油和雾化介质经燃料油入口 210 注入预提升区 201 顶端，与催化剂在生焦区 202 内混合接触并发生生焦反应。带有焦炭的催化剂向上流动，进入预燃区 203，与经外置催化剂循环管 212 返回的高温再生剂混合升温后，再与经贫氧气体入口 211 注入的贫氧气体接触并发生部分烧焦反应，烧掉催化剂上部分焦炭。所得部分带炭的催化剂经导出管 213 进入再生器 204，与经富氧气体入口 214 和气体分布器 207 注入的富氧气体接触并发生完全燃烧反应，彻底放出热量。再生后的催化剂经催化剂出口 215 送出再生器，供反应循环使用；再生烟气经旋风分离器 205 分离夹带的催化剂后经管线 206 进入能量回收系统。

在某些优选的实施方式中，本申请提供了如下的优选实施方式：

A1. 一种适用于维持热平衡的流化催化裂化再生设备，其中所述流化催化裂化再生设备包括补焦器和再生器，所述补焦器的出口与所述再生器的入口流体连通，使得来自补焦器的物料可流入到所述再生器；

其中，所述补焦器设有待生催化剂入口、贫氧气体入口以及燃料油入口；

所述再生器设置有富氧气体入口；

所述补焦器的底部与所述再生器的底部通过外置催化剂循环管相连通。

A2. 根据项目 A1 所述的流化催化裂化再生设备，其中所述补焦器从下到上依次设有所述贫氧气体入口、外置催化剂循环管的连接口、待生催化剂入口和燃料油入口。

A3. 根据项目 A2 所述的流化催化裂化再生设备，其中所述补焦器上所述外置催化剂循环管的连接口距补焦器底部的距离为补焦器高度的 5%到 10%。

A4. 根据项目 A1 所述的流化催化裂化再生设备，其中所述燃料油

入口各自独立地设置在所述补焦器的中上游。

A5. 根据项目 A1 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述燃料油入口距补焦器底部的距离各自独立地为补焦器高度的 20% 到 50%。

A6. 根据项目 A1 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述补焦器
5 底部设置有第一气体分布器, 使得经由所述贫氧气体入口注入的贫氧气体通过所述第一气体分布器进入到所述补焦器。

A7. 根据项目 A1 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述补焦器的出口处设有催化剂分布板。

A8. 根据项目 A1 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述补焦器
10 为中空圆柱形, 其长径比为 30: 1 至 3: 1。

A9. 根据项目 A1 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述再生器底部设置有第二气体分布器, 使得经由所述富氧气体入口注入的富氧气体通过所述第二气体分布器进入到所述再生器。

A10. 根据项目 A1 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述再生
15 器与气固分离设备流体连通, 使得所述再生器产生的再生烟气经所述气固分离设备分离后引入到能量回收系统。

A11. 一种催化裂化催化剂的再生方法, 在项目 A1 至 A10 中任一
项所述的流化催化裂化再生设备中进行, 包括下列步骤:

经由贫氧气体入口向补焦器注入贫氧气体, 与来自再生器的再生
20 催化剂和来自反应器的待生催化剂接触, 使待生催化剂升温并发生部分烧焦反应;

经由燃料油入口向补焦器注入雾化介质与燃料油的混合物, 使所述雾化介质与燃料油的混合物与补焦器内的催化剂接触, 发生生焦反应和部分烧焦反应, 得到带有部分焦炭的催化剂;

25 使所述带有部分焦炭的催化剂进入再生器, 与经由富氧气体入口注入到再生器的富氧气体接触, 发生完全燃烧反应, 得到再生催化剂。

A12. 根据项目 A11 所述的再生方法, 其中所述补焦器的对数平均线速度为 1.2 米 / 秒-2.2 米 / 秒, 所述贫氧气体中氧含量为 1 % 到 20 %, 进一步优选, 所述贫氧气体中氧含量为 5 % 到 10 %。

30 A13. 根据项目 A11 所述的再生方法, 其中, 所述雾化介质为氮气, 所述雾化介质与燃料油的质量比为 1: 1 至 1: 100。

A14. 根据项目 A11 所述的再生方法, 其中, 所述补焦器的出口温

度为 550-650℃。

A15 根据项目 A11 所述的再生方法，其中所述再生器的富氧气体中氧含量为 21 体积%到 100 体积%，进一步优选，所述富氧气体中氧含量为 21 体积%到 85 体积%。

5 A16. 根据项目 A11 所述的再生方法，其中，所述再生器内的温度为 600-800℃。

A17. 一种催化裂化系统，包含项目 A1-A10 中任一项的催化剂再生设备。

10 B1. 一种流化催化裂化再生设备，其中所述流化催化裂化再生设备从下到上依次包括：预提升区、生焦区、预燃区和再生器，

其中，所述预提升区出口与所述生焦区入口流体连通，所述生焦区出口与所述预燃区入口流体连通，所述预燃区出口与所述再生器入口流体连通；所述预燃区与所述再生器通过外置的催化剂循环管相连接；

15 所述预提升区的侧壁和/或所述生焦区的侧壁上设置有一个或多个燃料油入口；

所述预燃区的侧壁上设有一个或多个贫氧气体入口；

所述再生器的侧壁上设有一个或多个富氧气体入口。

20 B2. 根据项目 B1 所述的流化催化裂化再生设备，其中在所述预提升区的侧壁上设置有一个或多个所述燃料油入口，所述燃料油入口距所述预提升区的出口端的距离各自独立地为预提升区高度的 0%到 15%；优选为 0%到 10%。

25 B3. 根据项目 B1 所述的流化催化裂化再生设备，其中在生焦区的侧壁上设置有一个或多个所述燃料油入口，所述燃料油入口距所述生焦区底部的距离各自独立地为生焦区高度的 0%到 15%，优选为 0-10%。

B4. 根据项目 B1 所述的流化催化裂化再生设备，其中所述贫氧气体入口设置在所述预燃区的下部，所述贫氧气体入口喷嘴距所述预燃区底部的距离各自独立地为预燃区高度的 15%到 30%。

30 B5. 根据项目 B4 所述的流化催化裂化再生设备，其中所述贫氧气体入口的喷嘴管线的轴向角为 5-85°，优选为 15-75°。

B6. 根据项目 B1 所述的流化催化裂化再生设备，其中所述催化剂

循环管与所述预燃区的连接位置距所述预燃区底部的距离各自独立地为预燃区高度的 0-10 %。

B7. 根据项目 B1 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述再生器、生焦区、预燃区同轴布置。

5 B8. 根据项目 B7 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述预燃区出口的顶部设置有催化剂导出管, 所述预燃区出口连同所述催化剂导出管位于所述再生器内部。

10 B9. 根据项目 B1 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述再生器的下部设置有气体分布器, 所述气体分布器被配置为分配通过所述再生器侧壁上设置的一个或多个富氧气体入口输入的富氧气体。

B10. 根据项目 B1 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述预提升区与所述生焦区的内径之比为 0.2: 1 至 0.8: 1, 所述预提升区的高度与所述生焦区的高度之比为 0.5: 1 至 1.5: 1。

15 B11. 根据项目 B1 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述预燃区包括部分燃烧段和出口段, 所述部分燃烧段的内径大于所述出口段的内径。

B12. 根据项目 B11 所述的流化催化裂化再生设备, 其中所述部分燃烧段的内径与所述出口段的内径之比为 10: 1 至 2: 1, 所述部分燃烧段的高度与所述出口段的高度之比为 10: 1 至 2: 1。

20 B13. 一种催化裂化再生方法, 其在项目 B1-B12 中任一项所述的流化催化裂化再生设备中进行, 包括如下步骤:

将待生催化剂引入再生器的预提升区与预提升介质接触混合并向上运动;

25 雾化介质与燃料油混合后在一个或多个燃料油入口注入到所述流化催化裂化再生设备中, 与所述流化催化裂化再生设备内已有物流接触, 发生生焦反应, 得到带焦炭的催化剂;

使带焦炭的催化剂进入预燃区, 与经催化剂循环管循环回所述预燃区的再生催化剂混合升温, 在由一个或多个所述贫氧气体入口通入的贫氧气体存在下进行部分燃烧反应;

30 使部分烧焦后的催化剂进入再生器, 在由一个或多个所述富氧气体入口通入的富氧气体存在下发生完全燃烧反应, 得到再生催化剂。

B14. 根据项目 B13 所述的再生方法, 其中, 所述预提升区的预提

升介质是氮气、水蒸气或它们的混合物；所述雾化介质为氮气。

B15. 根据项目 B13 所述的再生方法，其中，所述雾化介质与燃料油的质量比为 1: 1 至 1: 100。

B16. 根据项目 B13 所述的再生方法，其中，所述预燃区的对数平均
5 均线速度为 1.2-2.2 米 / 秒；所述贫氧气体中氧含量为 1-20 体积 %，进一步优选，所述贫氧气体中氧含量为 5-10 体积 %。

B17. 根据项目 B13 所述的再生方法，其中，所述预燃区内的温度为 550-650℃。

B18. 根据项目 B13 所述的再生方法，其中，所述再生器的富氧气体
10 中氧含量为 21 体积 % 到 100 体积 %，进一步优选，所述富氧气体中氧含量为 21 体积 % 到 85 体积 %。

B19. 根据项目 B13 所述的再生方法，其中，所述再生器内的温度为 600-800℃。

B20. 一种催化裂化系统，包含项目 B1-B12 中任一项的流化催化
15 裂化再生设备。

实施例

下面的实施例将对本申请予以进一步的说明，但并不因此而限制
本申请。试验所用催化剂为炭含量 0.8 重量 % 的待生催化剂，燃料油为
20 催化裂化柴油。

实施例 1

本实施例采用的再生设备结构如图 1 所示，采用中型装置快速床
反应器作为补焦器，中型装置的再生器作为再生器。补焦器的内径为
25 0.3 米，高度为 2 米；补焦器的燃料油入口离补焦器底部的距离为补焦器高度的 30%；补焦器的出口与再生器的底部开口直接相连通，且在出口处设置有催化剂分布器。

氧含量为 5 % 的氮气和空气混合物引入补焦器底部，依次与再生催
化剂和待生催化剂混合向上运动，使待生催化剂升温且使待生催化
30 剂上的炭发生部分燃烧反应；经氮气雾化的燃料油注入补焦器，与补焦器内物流接触并发生生焦反应和少量的烧焦反应；带有焦炭的催化剂进入再生器，与经主风分布器分布进入再生器的空气接触发生完全燃

料反应，放出热量。再生过程的主要操作条件与再生器温度分布变化见表 1。

在补焦器的出口设置测温点，测得补焦器出口温度；在再生器轴向距离底部为再生器轴向高度的 40% 的同一高度处，在靠近再生器壁的位置设置两个测温点（两者相对于轴向的角度为 180 度），测得同一高度处不同位置的中部温度；在再生器的顶部设置测温点，测得再生器的上部温度。

从表 1 可以看出，实施例 1 中补焦器出口温度为 675℃，再生器中部不同位置的温度分别为 687℃和 681℃，径向温度相差仅 6℃，再生器上部温度为 695℃，与中部温度的温差小。

对比例 1

本对比例采用的是常规催化裂化单段再生器，该再生器与实施例 1 的再生器具有相同的结构和尺寸，区别在于仅在再生器下部的催化剂密相床层区设置有燃料油注入口。

待生催化剂进入再生器下部，与经主风分布器分布进入再生器的空气接触发生烧焦反应，将燃料油注入催化剂密相床层，燃料油接触高温空气后发生烧焦反应，放出热量。再生过程的主要操作条件与再生器温度分布变化见表 1。

在再生器轴向距离底部为再生器轴向高度的 40% 的同一高度处，在靠近再生器壁的位置设置两个测温点（两者相对于轴向的角度为 180 度），测得同一高度处不同位置的中部温度；在再生器的顶部设置测温点，测得再生器的上部温度。

从表 1 可以看出，对比例 1 中再生器中部不同位置的温度分别为 668℃和 725℃，径向温度相差达 57℃，再生器上部温度为 737℃，与中部温度的温差大。

表 1 实施例 1 和对比例 1 的再生结果对比

	实施例 1	对比例 1
待生催化剂入口温度	580	580
补焦器出口温度	675	/
燃料油用量, 千克 / 时	218	211
贫氧气体中氧含量, 重量 %	5	/
再生器中部温度 1, °C	687	725
再生器中部温度 2, °C	681	668
再生器上部温度, °C	695	737

实施例 2

本实施例采用的再生设备结构如图 2 所示, 其中预提升区的内径为 0.05 米, 长度为 1 米; 生焦区的内径为 0.08 米, 长度为 1 米; 预燃区的内径为 0.3 米, 长度为 2 米。所述燃料油入口距所述预提升区的出口端的距离为预提升区高度的 5%, 贫氧气体入口的位置距所述预燃区底部的距离为预燃区高度的 20%。

预提升氮气进入预提升区底部, 与待生催化剂混合向上运动, 与从预提升区顶端注入的燃料油接触、混合进入生焦区并发生生焦反应, 向上运动的同时不断整流, 使焦炭分布列均匀; 生焦后的催化剂进入预燃区, 与从预燃区侧壁注入的贫氧气体(氧含量为 5% 的氮气和空气混合物)接触并发生预燃烧反应, 烧掉部分焦炭; 带有部分焦炭的催化剂进入再生器, 与经主风分布器分布进入再生器的空气接触发生完全反应, 放出热量。

在再生器轴向距离底部为再生器轴向高度的 40% 的同一高度处, 在靠近再生器壁的位置设置两个测温点(两者相对于轴向的角度为 180 度), 测得同一高度处不同位置的中部温度; 在再生器的顶部设置测温点, 测得再生器的上部温度。再生过程的主要操作条件与再生器温度分布变化见表 2。

从表 2 可以看出, 实施例 2 再生器中径向同一高度处不同位置的中部温度分别为 683°C 和 687°C, 径向温度相差仅 4°C, 再生器的上部

温度 701℃，与中部温度的温差小。

对比例 2

本对比例采用的是常规催化裂化单段再生器，该再生器与实施例 2 的再生器具有相同的结构和尺寸，区别在于仅在再生器下部的催化剂密相床层区设置有燃料油注入口。

待生催化剂进入再生器下部，与经主风分布器分布进入再生器的空气接触发生烧焦反应，将燃料油注入催化剂密相床层，燃料油接触高温空气后发生烧焦反应，放出热量。

同样，在再生器轴向距离底部为再生器轴向高度的 40%的同一高度处，在靠近再生器壁的位置设置两个测温点（两者相对于轴向的角度为 180 度），测得同一高度处不同位置的中部温度；在再生器的顶部设置测温点，测得再生器的上部温度。再生过程的主要操作条件与再生器温度分布变化见表 2。

从表 2 可以看出，本对比例再生器中径向同一高度处不同位置的中部温度分别为 671℃和 730℃，径向温度相差达 59℃，再生器上部温度高达 740℃，与中部温度的温差大。

表 2 实施例 2 和对比例 2 的再生结果对比

	实施例 2	对比例 2
待生催化剂温度，℃	580	/
生焦区温度，℃	570	/
燃料油用量，克	216	216
预燃区温度，℃	635	/
贫氧气体中氧含量，重量 %	5	/
再生器中部温度 1，℃	683	730
再生器中部温度 2，℃	687	671
再生器上部温度，℃	701	740

由以上实施例和对比例的结果可以看出，采用本申请的再生设备

和方法进行催化剂再生，可以使再生温度达到实现热平衡所需的温度，同时使再生设备内焦炭燃烧环境缓和、稳定，径向与轴向催化剂温度梯度小，有助于保持催化剂的物理与化学性能。

5 以上结合了优选的实施方式对本申请进行了说明，不过这些实施方式仅是范例性的，仅起到说明性的作用。在此基础上，可以对本申请进行多种替换和改进，这些均落入本申请的保护范围内。

权 利 要 求

1. 一种流化催化裂化再生设备，包括补焦器、再生器和外置催化剂循环管，所述补焦器的出口与所述再生器的入口流体连通，所述外置催化剂循环管连通所述再生器的下部与所述补焦器，用于将再生器内的部分催化剂返回所述补焦器，所述补焦器上设置有待生催化剂入口、贫氧气体入口和燃料油入口，并且所述再生器底部设置有富氧气体入口，其中沿物流方向，所述燃料油入口设置在所述待生催化剂入口的下游位置。
2. 根据权利要求 1 所述的流化催化裂化再生设备，其中所述外置催化剂循环管连通所述再生器的下部和所述补焦器的下部，所述贫氧气体入口、所述外置催化剂循环管与补焦器的连接口、待生催化剂入口和燃料油入口沿物流方向依次设置在所述补焦器上。
3. 根据权利要求 2 所述的流化催化裂化再生设备，其中所述外置催化剂循环管的连接口设置在所述补焦器上距其底部的距离为补焦器高度的 3% 到 20%，优选 5% 到 10% 的位置处。
4. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的流化催化裂化再生设备，其中所述燃料油入口设置有一个或多个，优选 1-3 个，并且各自独立地设置在所述补焦器上距其底部的距离为补焦器高度的 20% 到 50%，优选 25% 到 40% 的位置处。
5. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的流化催化裂化再生设备，具有以下特征中的一个或多个：
- 所述贫氧气体入口设置在所述补焦器底部，并且所述补焦器底部还设置有第一气体分布器，使得经由所述贫氧气体入口注入的贫氧气体通过所述第一气体分布器进入到所述补焦器；
- 所述补焦器的出口处设有催化剂分布板；
- 所述补焦器为中空圆柱体形式，其长径比为 30: 1 至 3: 1，优选 20: 1 至 5: 1；
- 所述再生器的底部还设置有第二气体分布器，使得经由所述富氧气体入口注入的富氧气体通过所述第二气体分布器进入到所述再生器；以及
- 所述再生器与气固分离设备流体连通，使得所述再生器产生的再

生烟气经所述气固分离设备分离后引入到能量回收系统。

6. 根据权利要求 1 所述的流化催化裂化再生设备，其中沿物流方向，所述补焦器依次包括预提升区、生焦区和预燃区，所述预提升区的出口与所述生焦区的入口流体连通，所述生焦区的出口与所述预燃区的入口流体连通，且所述预燃区的出口与所述再生器的入口流体连通，所述外置催化剂循环管连通所述再生器的下部和所述预燃区的下部；

所述待生催化剂入口设置在所述预提升区的侧壁上，所述燃料油入口设置有一个或多个，优选 1-3 个，并且各自独立地设置在所述预提升区的侧壁上和/或所述生焦区的侧壁上，所述贫氧气体入口设置在所述预燃区的侧壁上。

7. 根据权利要求 6 所述的流化催化裂化再生设备，其中所述一个或多个燃料油入口各自独立地设置在所述预提升区的侧壁上距其出口端的距离为预提升区高度的 0-15%，优选 0-10%，的位置处；或者
15 所述一个或多个燃料油入口各自独立地设置在所述生焦区的侧壁上距其底部的距离为生焦区高度的 0-15%，优选 0-10%，的位置处。

8. 根据权利要求 6 或 7 所述的流化催化裂化再生设备，其中所述贫氧气体入口设置在所述预燃区下部的侧壁上，使得设置在所述贫氧气体入口的气体喷嘴距所述预燃区底部的距离为预燃区高度的 5%到
20 30%，优选 10%到 20%；

优选地，所述气体喷嘴的轴向角为 5-85°，优选为 15-75°。

9. 根据权利要求 6-8 中任一项所述的流化催化裂化再生设备，其中所述外置催化剂循环管与所述预燃区侧壁的连接口距所述预燃区底部的距离为预燃区高度的 0-20%，优选 0-10%。

10. 根据权利要求 6-9 中任一项所述的流化催化裂化再生设备，具有以下特征中的一个或多个：

所述再生器与所述补焦器的预提升区、生焦区和预燃区同轴布置；

所述再生器的底部还设置有气体分布器，使得经由所述富氧气体入口注入的富氧气体通过所述气体分布器进入到所述再生器；

30 所述预提升区与所述生焦区的内径之比为 0.2: 1 至 0.8: 1，优选为 0.3: 1 至 0.6: 1，所述预提升区的高度与所述生焦区的高度之比为 0.5: 1 至 1.5: 1，优选为 0.8: 1 至 1.2: 1；

所述预燃区沿物流方法依次包括部分燃烧段和出口段，所述部分燃烧段的内径大于所述出口段的内径，优选地所述部分燃烧段的内径与所述出口段的内径之比为 10: 1 至 2: 1，所述部分燃烧段的高度与所述出口段的高度之比为 10: 1 至 2: 1；以及

- 5 所述预燃区出口段的顶部设置有催化剂导出管，所述预燃区的出口段连同所述催化剂导出管位于所述再生器内部。

11. 一种催化裂化系统，包括催化裂化反应器和权利要求 1-10 中任一项所述的流化催化裂化再生设备。

12. 使用权利要求 1-10 中任一项所述的流化催化裂化再生设备进行
10 行催化剂再生的方法，包括下列步骤：

1) 使待生催化剂与燃料油和贫氧气体在补焦器内接触，发生生焦反应和部分烧焦反应得到带有部分焦炭的催化剂；以及

2) 使所述带有部分焦炭的催化剂在再生器内与富氧气体接触，发生完全燃烧反应，得到再生催化剂，

- 15 优选地，所述贫氧气体中的氧含量为 1-20 体积%，更优选为 5-10 体积%，所述富氧气体中的氧含量为 21-100 体积%，更优选为 21-85 体积%。

13. 根据权利要求 12 所述的再生方法，在权利要求 2-5 中任一项所述的流化催化裂化再生设备中进行，其中所述步骤 1) 进一步包括：

- 20 1a) 使待生催化剂与经由外置催化剂循环管来自再生器的再生催化剂混合，并与经由贫氧气体入口注入的贫氧气体接触，使待生催化剂升温并发生部分烧焦反应；以及

- 25 1b) 使步骤 1a) 所得的物料与经由燃料油入口注入的雾化介质与燃料油的混合物接触，发生生焦反应和部分烧焦反应，得到所述带有部分焦炭的催化剂。

14. 根据权利要求 13 所述的再生方法，具有以下特征中的一个或多个：

所述补焦器的对数平均线速度为 1.2-2.2 米/秒；

- 30 所述雾化介质为氮气，所述雾化介质与燃料油的质量比为 1: 1 至 1: 100；

所述补焦器的出口温度为 550-650℃；以及

所述再生器内的温度为 620-800℃。

15. 根据权利要求 13 所述的再生方法，在权利要求 6-10 中任一项所述的流化催化裂化再生设备中进行，其中所述步骤 1) 进一步包括：

1a') 使经由预提升区引入的待生催化剂在生焦区内与经由燃料油入口注入的雾化介质与燃料油的混合物接触，发生生焦反应，得到带
5 焦炭的催化剂；以及

1b') 使步骤 1a') 所得的物料在预燃区中与经由外置催化剂循环管来自再生器的再生催化剂混合升温，并与经由贫氧气体入口注入的贫氧气体接触，发生部分烧焦反应，得到所述带有部分焦炭的催化剂。

16. 根据权利要求 15 所述的再生方法，具有以下特征中的一个或
10 多个：

所述预提升区的预提升介质为氮气、水蒸气或它们的混合物；

所述雾化介质为氮气，且所述雾化介质与燃料油的质量比为 1: 1
至 1: 100；

所述预燃区的对数平均线速度为 1.2-2.2 米 / 秒；

15 所述预燃区的出口温度为 550-650℃；以及

所述再生器内的温度为 620-800℃。