

一种氨法脱碳系统生产碳酸氢铵的方法及装置

相关申请的交叉引用

本申请要求于 2022 年 5 月 20 日提交的中国专利申请号 CN 202210553353.9 的权益和优先权，该申请通过引用整体并入本文。

5

技术领域

本发明属于环保技术领域，具体涉及一种氨法脱碳系统生产碳酸氢铵的方法及装置。

10

背景技术

目前各工业企业废气处理效率普遍偏低或仅仅通过脱硫除尘处理后就排入大气中，大量 CO₂ 等温室气体排入环境中，造成了全球气候变暖加速等一系列环境问题。因此寻求一种积极有效的 CO₂ 气体处理方法成为了各国亟待解决的问题之一。碳酸氢铵是一种速效氮素肥，分子式为 NH₄HCO₃，易溶于水，易分解，适用于各种作物和各种土壤，而二氧化碳是制备碳酸氢铵的原料之一，将工业企业废气中的 CO₂ 气体加工制成碳酸氢铵，不但能减轻或消除 CO₂ 直接排入大气的问题，又能制得碳酸氢铵肥料。

15

专利申请 CN201010125082.4 公开一种利用 CO₂ 废气合成碳酸氢铵肥料的生产方法，利用尾气除尘脱硫后 CO₂ 废气与浓氨水采用逆流接触生成碳酸氢铵的工艺，并通过氨回收塔回收前道工序中的氨气，剩余的尾气直接排向大气。该工艺通过浓氨水与含 CO₂ 气体逆流接触吸收，虽然能够产生碳酸氢铵，但由于未采取降温，未从原理上对碳酸氢铵生成和 CO₂ 吸收进行分区控制，吸收效率低，氨逃逸严重。

20

发明概述

为了克服现有技术的氨法脱碳系统所遇到的吸收效率低、氨逃逸严重的问题并有效提高副产品碳酸氢铵的产量，本发明人进行了勤勉的研究。结果发现，通过设置多个功能区并且对碳酸氢铵生成、CO₂ 吸收、除氨进行分区控制，能够实现氨法脱碳工艺的高吸收效率和有效的氨逃逸控制并有效提高碳酸氢铵的产量，由此完成了本发明。

25

因此，本发明的一个目的是提供一种氨法脱碳系统生产碳酸氢铵的装置，该装置

30

包括冷却功能区、碳酸氢铵生成区、二氧化碳吸收区、除氨功能区，其中冷却功能区用于冷却工艺气体，碳酸氢铵生成区用于碳酸氢铵生成，二氧化碳吸收区用于吸收工艺气体中的二氧化碳，采用多级吸收，除氨功能区用于除去脱碳后工艺气体中的氨，并且用于脱除二氧化碳的吸收剂氨主要从二氧化碳吸收区加入。

- 5 本发明的另一个目的是提供一种氨法脱碳系统生产碳酸氢铵的方法，该方法包括：

接收脱硫后的工艺气，使该工艺气依次流经冷却功能区、碳酸氢铵生成区、二氧化碳吸收区、除氨功能区，其中冷却功能区用于冷却工艺气体，碳酸氢铵生成区产生碳酸氢铵溶液/浆液，二氧化碳吸收区用于吸收工艺气体中的二氧化碳，采用多级吸收，
10 除氨功能区用于除去脱碳后工艺气体中的氨，
其中用于脱除二氧化碳的吸收剂氨主要从二氧化碳吸收区加入。

附图简要说明

图 1 是按照本公开的一些实施方案的装置/方法的示意图。

- 15 图 1 中的各标记具有如下含义：1、工艺气体；2、冷却功能区；3、冷却循环泵；4、换热器；5、碳酸氢铵生成区；6、集液器；7、第一级二氧化碳吸收区；8、第二级二氧化碳吸收区；9、碳酸氢铵生成区循环泵；10、第一级二氧化碳吸收区循环泵；11、第二级二氧化碳吸收区循环泵；12、第三级二氧化碳吸收区循环泵；13、第三级二氧化碳吸收区；14、除氨功能区水洗段；15、脱碳后气体；16、除氨功能区水洗循环泵；17、碳酸氢铵结晶器；18、固液分离器；19、包装机；20、固体碳酸氢铵；21、母液回流管；22、氨；23、碳酸氢铵排出泵；24、除氨功能区酸洗段；25、来自氨法脱硫的硫酸铵溶液；26、回氨法脱硫的溶液。

优选实施方案的详细描述

- 25 在第一方面，本发明提供了一种氨法脱碳系统生产碳酸氢铵的装置，该装置包括冷却功能区、碳酸氢铵生成区、二氧化碳吸收区、除氨功能区，其中冷却功能区用于冷却工艺气体，碳酸氢铵生成区用于碳酸氢铵生成，二氧化碳吸收区用于吸收工艺气体中的二氧化碳，采用多级吸收，除氨功能区用于除去脱碳后工艺气体中的氨，并且用于脱除二氧化碳的吸收剂氨主要从二氧化碳吸收区加入。

- 30 本公开中使用的“用于脱除二氧化碳的吸收剂氨主要从二氧化碳吸收区加入”是

指在本公开的方法/装置中用于脱除二氧化碳的全部吸收剂氨中的大于 60 重量%，例如大于 65 重量%，例如大于 80 重量%，例如大于 90 重量%，例如大于 98 重量%，例如 100 重量%被引入到二氧化碳吸收区和/或被进料到二氧化碳吸收区的物流中。

5 在一些实施方案中，碳酸氢铵生成区加氨量低于紧随其后的第一级二氧化碳吸收区中的加氨量或不加氨。

在一些实施方案中，碳酸氢铵生成区后的第一级二氧化碳吸收区与其它级二氧化碳吸收区相比少加氨或不加氨。优选地，碳酸氢铵生成区后的第一级二氧化碳吸收区加氨量小于总加氨量的 20%。

10 在一些实施方案中，最后一级二氧化碳吸收区的加氨量低于前一级或不加氨。优选地，最后一级二氧化碳吸收区的加氨量为前一级二氧化碳吸收区的加氨量的 80 重量%或更低，例如 50 重量%或更低，例如 30 重量%或更低。

在一些实施方案中，碳酸氢铵生成区产生的碳酸氢铵通过后处理系统生产固体碳酸氢铵，碳酸氢铵母液回碳酸氢铵生成区后的第一级二氧化碳吸收区。

15 在一些实施方案中，冷却功能区、碳酸氢铵生成区、二氧化碳吸收区、除氨功能区可以组合成一个塔中或多个塔中，各功能区之间设有允许气体通过的设备/部件。

在第二方面，本公开提供了一种氨法脱碳系统生产碳酸氢铵的方法，该方法包括：接收脱硫后的工艺气，使该脱硫后的工艺气依次流经冷却功能区、碳酸氢铵生成区、二氧化碳吸收区、除氨功能区，其中冷却功能区用于冷却所述脱硫后的工艺气，碳酸氢铵生成区产生碳酸氢铵溶液/浆液，二氧化碳吸收区用于吸收工艺气体中的二氧化碳，采用多级吸收，除氨功能区用于除去脱碳后工艺气体中的氨，其中用于脱除二氧化碳的吸收剂氨主要从二氧化碳吸收区加入。

20

在所述方法的一些实施方案中，碳酸氢铵生成区后的第一级二氧化碳吸收区与其它级二氧化碳吸收区相比少加氨或不加氨。优选地，碳酸氢铵生成区后的第一级二氧化碳吸收区加氨量小于总加氨量的 20%。

25 在所述方法的一些实施方案中，最后一级二氧化碳吸收区的加氨量低于前一级二氧化碳吸收区的加氨量或不加氨。优选地，最后一级二氧化碳吸收区的加氨量为前一级二氧化碳吸收区的加氨量的 80 重量%或更低，例如 50 重量%或更低，例如 30 重量%或更低。

30 在所述方法的一些实施方案中，碳酸氢铵生成区产生的碳酸氢铵通过后处理系统生产固体碳酸氢铵，碳酸氢铵母液回碳酸氢铵生成区后的第一级吸收区。

在所述方法的一些实施方案中，冷却功能区将工艺气体降温至 10°C-30°C。

在所述方法的一些实施方案中，冷却功能区至少设置 1 层循环液分布器。

在所述方法的一些实施方案中，碳酸氢铵生成区至少设置 1 层气、液分布器。所述气、液分布器可选用鼓泡式、液体分布喷淋式或其组合。

5 在所述方法的一些实施方案中，二氧化碳吸收区至少设置 2 层及以上循环液分布器。

在所述方法的一些实施方案中，除氨功能区至少设置 1 层循环液分布器。除氨功能区中采用的循环液优选是水或酸性溶液。

10 在所述方法的一些实施方案中，就工艺气流动方向而言的后一级二氧化碳吸收区循环液溢流至前一级二氧化碳吸收区，第一级二氧化碳吸收区循环液溢流至碳酸氢铵生成区。

如本领域技术人员可以理解的，所述方法中可以采用水作为各循环液/喷淋液的介质。

15 下面结合附图(其形成本公开的一部分)描述根据本公开原则的装置/方法的一个示例性实施方案。氨法脱硫后的含 CO₂ 的工艺气体 1 先进入冷却功能区 2，在这里气体与循环液逆流接触降温，循环液通过冷却循环泵 3 循环，通过换热器 4 对循环液降温。

降温后的气体进入碳酸氢铵生成区 5，在这里气体与循环液逆流接触反应生成碳酸氢铵，循环液通过循环泵 9 循环。离开碳酸氢铵生成区 5 的工艺气进入第一级二氧化碳吸收区 7，该第一级二氧化碳吸收区 7 与碳酸氢铵生成区 5 由允许气体通过的集液器 6 分开，第一级二氧化碳吸收区 7 循环液流至碳酸氢铵生成区 5。

25 在第一级二氧化碳吸收区 7，气体与循环液逆流接触反应生成碳酸铵或氨基甲酸铵，循环液通过循环泵 10 循环，第一级二氧化碳吸收区 7 与第二级二氧化碳吸收区 8 由允许气体通过的集液器 6 分开，第二级二氧化碳吸收区 8 循环液流至第一级二氧化碳吸收区 7。碳酸氢铵后处理系统固液分离的母液回到第一级二氧化碳吸收区 7。

通过第一级二氧化碳吸收区 7 后的气体进入第二级二氧化碳吸收区 8，在这里气体与循环液逆流接触反应进一步生成碳酸铵或氨基甲酸铵，循环液通过循环泵 11 循环。

30 通过第二级二氧化碳吸收区 8 后的气体进入第三级二氧化碳吸收区 13，在这里气体与循环液逆流接触反应进一步生成碳酸铵或氨基甲酸铵，循环液通过循环泵 12 循

环。

氨 22 通过管道加入第一级二氧化碳吸收区 7 和第二级二氧化碳吸收区 8。

通过第三级二氧化碳吸收区 13 进一步处理后的气体进入水洗除氨功能区 14 和然后进入酸洗除氨功能区 24，在这里气体分别与水和酸性硫酸铵溶液逆流接触吸收游离氨，水通过循环泵 16 循环。经除氨后的工艺气体 15 排放，任选地在进一步的水洗之后。

碳酸氢铵生成区 5 的循环液通过碳酸氢铵排出泵 23 泵入碳酸氢铵结晶器 17，再进入固液分离器 18，得到的固体去包装机 19 产固体碳酸氢铵 20，得到的母液回流至第一级二氧化碳吸收区 7。

10 实施例 1

采用如图 1 所示的装置进行本实施例。含 CO_2 的工艺气体 1 先进入冷却功能区 2，在这里工艺气体与循环液逆流接触降温，循环液通过冷却循环泵 3 循环，通过换热器 4 对循环液降温。循环液为水，在循环过程中，工艺气体夹带的成分可能进入循环液中，使得循环液包含例如前段氨法脱硫副产物硫酸铵等成分。

15 降温至 25°C 的气体进入碳酸氢铵生成区 5，在这里工艺气体与循环液逆流接触反应生成碳酸氢铵，循环液通过循环泵 9 循环。离开碳酸氢铵生成区 5 的工艺气进入第一级二氧化碳吸收区 7，该第一级二氧化碳吸收区 7 与碳酸氢铵生成区 5 由允许气体通过的集液器 6 分开，第一级二氧化碳吸收区 7 循环液流至碳酸氢铵生成区 5。

在第一级二氧化碳吸收区 7，气体与循环液逆流接触反应生成碳酸铵或氨基甲酸铵，循环液通过循环泵 10 循环，第一级二氧化碳吸收区 7 与第二级二氧化碳吸收区 8 由允许气体通过的集液器 6 分开，第二级二氧化碳吸收区 8 循环液流至第一级二氧化碳吸收区 7。碳酸氢铵后处理系统固液分离的母液回到第一级二氧化碳吸收区 7。

通过第一级二氧化碳吸收区 7 后的气体进入第二级二氧化碳吸收区 8，气体与循环液逆流接触反应进一步生成碳酸氢铵或氨基甲酸铵，循环液通过循环泵 11 循环。

25 通过第二级二氧化碳吸收区 8 后的气体进入第三级二氧化碳吸收区 13，气体与循环液逆流接触反应进一步生成碳酸氢铵或氨基甲酸铵，循环液通过循环泵 12 循环。

氨 22 通过管道加入第一级二氧化碳吸收区 7 和第二级二氧化碳吸收区 8。其中第一级加氨量为 10 重量%，第二级加氨量为 90 重量%。

30 通过第三级二氧化碳吸收区 13 后的气体进入水洗除氨功能区 14 和酸洗除氨功能区 24，在这里气体分别与水和硫酸铵溶液逆流接触吸收游离氨，水通过循环泵 16 循

环。经除氨后的工艺气体 15 排放。水洗除氨功能区 14 使用水作为循环液，并且在循环过程中工艺气体夹带的成分可能进入所述循环液中，使得循环液包含例如前段氨法脱碳副产物碳酸氢铵等成分。

碳酸氢铵生成区 5 的循环液通过碳酸氢铵排出泵 23 泵入碳酸氢铵结晶器 17，再
5 进入固液分离器 18，得到的固体去包装机 19 产固体碳酸氢铵 20，得到的母液回流至第一级二氧化碳吸收区 7。

脱碳采用 99.6%的液氨作为吸收剂。工艺气 1 参数见下表：

序号	项目	数值
1	气量，Nm ³ /h	88500
2	温度，℃	45
3	SO ₂ 含量，mg/Nm ³	35
4	CO ₂ 含量，v%	12.0
5	NH ₃ 含量，ppm	3

冷却后烟气参数见下表：

序号	项目	数值
1	气量，Nm ³ /h	78710
2	温度，℃	18
3	SO ₂ 含量，mg/Nm ³	35
4	CO ₂ 含量，v%	13.5
5	NH ₃ 含量，ppm	3

10

经脱碳吸收塔处理后主要参数见下表：

序号	项目	数值
1	脱碳吸收塔出口气量，Nm ³ /h	75333
2	脱碳吸收塔出口 CO ₂ 含量，v%	5.26
3	脱碳吸收塔出口 NH ₃ 含量，ppm	1000
4	脱碳效率，%	60
5	副产碳酸氢铵量，t/h	22.5

6	99.6%的液氨消耗量，t/h	4.86
---	-----------------	------

经洗氨塔处理后主要参数见下表：

序号	项目	数值
1	洗氨塔出口气量，Nm ³ /h	77754
2	洗氨塔出口 CO ₂ 含量，v%	5.26
3	洗氨塔出口 NH ₃ 含量，ppm	10
4	洗氨塔出口 SO ₂ 含量，ppm	5

对比例 1

5 相对于实施例 1，仅加氨不同，碳酸氢铵生成区和第一、二、三级二氧化碳吸收区均加氨，四级加氨量相当。

 由于碳酸氢铵生成区加氨量达到 25%，导致溶液中难以生成碳酸氢铵，也得不到碳酸氢铵结晶。第三级二氧化碳吸收区加氨量达到 25%，会导致二氧化碳吸收区的氨逃逸量大增（二氧化碳吸收区处理后工艺气体中夹带的氨的浓度达到 6000ppm）。相
10 应地，后续的水洗除氨功能区 14 和酸洗除氨功能区 24 除氨负荷增加。

经脱碳处理后气体主要参数见下表：

序号	项目	数值
1	脱碳吸收塔出口气量，Nm ³ /h	77339
2	脱碳吸收塔出口 CO ₂ 含量，v%	8.11
3	脱碳吸收塔出口 NH ₃ 含量，ppm	6000
4	脱碳吸收塔出口 SO ₂ 含量，mg/Nm ³	5
5	脱碳效率，%	40
6	副产碳酸氢铵量，t/h	15.0
7	99.6%的液氨消耗量，t/h	3.59

权 利 要 求

1. 一种氨法脱碳系统生产碳酸氢铵的装置，该装置包括冷却功能区、碳酸氢铵生成区、二氧化碳吸收区、除氨功能区，其中，

冷却功能区用于冷却工艺气体，

碳酸氢铵生成区用于碳酸氢铵生成，

二氧化碳吸收区用于吸收工艺气体中的二氧化碳，采用多级吸收，

除氨功能区用于除去脱碳后工艺气体中的氨，并且

用于脱除二氧化碳的吸收剂氨主要从二氧化碳吸收区加入。

2. 权利要求 1 所述的装置，其具有以下特征至少之一：

- 碳酸氢铵生成区加氨量低于紧随其后的第一级二氧化碳吸收区中的加氨量或不加氨；

- 碳酸氢铵生成区后的第一级二氧化碳吸收区与其它级二氧化碳吸收区相比少加氨或不加氨，优选地碳酸氢铵生成区后的第一级二氧化碳吸收区加氨量小于总加氨量的 20%；

- 最后一级二氧化碳吸收区加氨量低于前一级或不加氨。

3. 权利要求 1 所述的装置，其中碳酸氢铵生成区产生的碳酸氢铵通过后处理系统生产固体碳酸氢铵，碳酸氢铵母液回碳酸氢铵生成区后的第一级吸收区。

4. 权利要求 1 所述的装置，其中冷却功能区、碳酸氢铵生成区、二氧化碳吸收区、除氨功能区组合成一个塔中或多个塔中，各功能区之间设有允许气体通过的设备/部件。

5. 一种氨法脱碳系统生产碳酸氢铵的方法，该方法包括：接收脱硫后的工艺气，使该工艺气依次流经冷却功能区、碳酸氢铵生成区、二氧化碳吸收区、除氨功能区，其中，

冷却功能区用于冷却所述脱硫后的工艺气，

碳酸氢铵生成区产生碳酸氢铵溶液/浆液，

二氧化碳吸收区用于吸收工艺气体中的二氧化碳，采用多级吸收，

除氨功能区用于除去脱碳后工艺气体中的氨，

其中用于脱除二氧化碳的吸收剂氨主要从二氧化碳吸收区加入。

6. 权利要求 5 所述的方法，其具有以下特征至少之一：

- 碳酸氢铵生成区加氨量低于紧随其后的第一级二氧化碳吸收区中的加氨量或

不加氨；

- 碳酸氢铵生成区后的第一级二氧化碳吸收区与其它二氧化碳吸收区相比少加氨或不加氨，优选地碳酸氢铵生成区后的第一级二氧化碳吸收区加氨量小于总加氨量的 20%；

- 最后一级二氧化碳吸收区加氨量低于前一级或不加氨。

7. 权利要求 5 所述的方法，该方法还包括将碳酸氢铵生成区产生的碳酸氢铵进料到后处理系统以生产固体碳酸氢铵，并且将所产生的碳酸氢铵母液送回碳酸氢铵生成区后的第一级吸收区。

8. 权利要求 5 所述的方法，其具有以下特征至少之一：

- 所述冷却功能区将工艺气体降温至 10°C-30°C；

- 所述冷却功能区至少设置 1 层循环液分布器；

- 所述碳酸氢铵生成区至少设置 1 层气、液分布器，优选地所述气、液分布器选自鼓泡式、液体分布喷淋式或其组合；

- 所述二氧化碳吸收区至少设置 1 层循环液分布器；

- 所述除氨功能区至少设置 1 层循环液分布器。

9. 权利要求 5 所述的方法，其中就工艺气流动方向而言的后面一级二氧化碳吸收区循环液流至前面一级二氧化碳吸收区，第一级二氧化碳吸收区循环液流至碳酸氢铵生成区。