



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113058627 A

(43) 申请公布日 2021.07.02

(21) 申请号 202110342317.3

C02F 101/30 (2006.01)

(22) 申请日 2021.03.30

(71) 申请人 中建三局绿色产业投资有限公司  
地址 430100 湖北省武汉市经济开发区创业路70号

(72) 发明人 汤丁丁 王涛 霍培书 赵皇

(74) 专利代理机构 武汉卓越志诚知识产权代理  
事务所(特殊普通合伙)  
42266

代理人 胡婷婷

(51) Int. Cl.

B01J 27/224 (2006.01)

B01J 35/10 (2006.01)

C02F 1/72 (2006.01)

C02F 1/78 (2006.01)

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称

Al/Si-C基多孔核壳分离球体及其负载型催化剂和应

(57) 摘要

本发明提供了一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体及其负载型催化剂和应。该Al/Si-C基多孔核壳分离球体包括氧化铝和/或氧化硅球体骨架以及负载在其中的活性炭,活性炭与球体骨架之间具有球体通道。本发明通过有氧热解,使得活性炭中能够发生热氧降解的基团热解消除,从而与氧化铝和/或氧化硅球体骨架之间形成球体通道;或者通过木质原料的无氧热解,在形成活性炭的过程中形成球体通道。将其负载钛系催化剂催化剂后,用于臭氧催化氧化和双氧水催化氧化,能显著提高废水中有机物降解效率,降低氧化剂消耗量。

1. 一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体,其特征在于,包括氧化铝和/或氧化硅球体骨架以及负载在其中的活性炭,所述活性炭与所述球体骨架之间具有球体通道。

2. 根据权利要求1所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体,其特征在于,所述活性炭与所述球体骨架的质量比为1:(2-10),所述氧化铝与氧化硅的质量比为1:(0-1)。

3. 根据权利要求1所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体,其特征在于,所述活性炭的粒径为0.05~0.3mm,所述球体骨架的直径为0.5~2mm。

4. 根据权利要求1所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体,其特征在于,所述活性炭与所述球体骨架之间的球体通道的直径为0.05~5 $\mu$ m。

5. 根据权利要求1至4中任一项权利要求所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体,其特征在于,所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体的制备方法包括以下步骤:

S11. 将粒径为0.05~0.3mm的活性炭投入pH为4~6的微酸溶液中常温超声清洗10~60min,然后烘干;

S12. 将经步骤S11处理的活性炭与氧化铝和/或氧化硅混合均匀,然后造粒,得到直径为0.5~2mm的球体;

S13. 将步骤S12得到的所述球体在有氧气氛和400~700 $^{\circ}$ C的条件下,煅烧0.5~4h,以使所述活性炭中能够发生热氧降解的基团热解消除,形成球体通道,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体。

6. 根据权利要求5所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体,其特征在于,在步骤S12中,将经步骤S11处理的活性炭活性炭表面包覆一层厚度为0.05~5 $\mu$ m、热氧降解温度在200~500 $^{\circ}$ C的有机物。

7. 根据权利要求1至4中任一项权利要求所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体,其特征在于,所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体的制备方法包括以下步骤:

S21. 将粒径为0.05~0.5mm粉末状木质原料与氧化铝和/或氧化硅混合均匀,然后造粒,得到直径为0.5~2mm的球体;

S22. 将步骤S21得到的所述球体在惰性气氛和400~700 $^{\circ}$ C的条件下,煅烧0.5~4h,以使所述粉末状木质原料发生热氧降解,形成球体通道;然后活化,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体。

8. 一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂,其特征在于,采用权利要求1至5中任一项权利要求所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载钛系催化剂。

9. 根据权利要求8所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂,其特征在于,所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂的制备方法包括以下步骤:将所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体在钛硝酸盐和铁硝酸盐混合溶液中浸渍吸附,然后取出烘干,在400~700 $^{\circ}$ C下煅烧20~120min,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂。

10. 一种权利要求8或9所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂的应用,其特征在于,所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂用于废水处理。

## Al/Si-C基多孔核壳分离球体及其负载型催化剂和应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及废水处理用材料制备技术领域,尤其涉及一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体及其负载型催化剂和应用。

### 背景技术

[0002] 随着生产规模的不断扩大及工业技术的飞速发展,含有高浓度难降解、且有毒有害的有机废水污染源日益增多。目前处理各种有机废水的方法包括物理、生物及化学方法,其中物理法是将污染物加以收集与转移,而不是消除。生物法是目前使用最成功与广泛的方法,但处理周期较长,且对可生化活性差以及高生物毒性的污染物处理较难。以高级氧化技术为代表的化学方法能够将污染物中的绝大部分有机物完全矿化或分解,具有很好的应用前景,但在实际的工业应用方面还存在一些技术难题。比如:1) 由于大量使用金属离子作为催化剂,随着反应的进行,反应介质逐渐酸化,同时由于较高的处理温度,金属离子大量溶出,形成二次污染;2) 反应受pH限制严重,如Fenton体系需要在pH3-4的条件下进行;3) 部分氧化技术设备投资大,如湿式氧化需要高温高压条件。

[0003] 为克服以上缺点,发明专利“一种活化双氧水氧化降解废水有机污染物的方法”(ZL 200910061122.0)利用碳酸氢盐活化双氧水实现有机废水的有效解。不仅如此,在该体系中加入微量的水溶性过渡金属离子会提高其催化活性(Applied Catalysis B: Environmental, 2011, 102: 37-43)。均相Co/Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>系统虽然有催化效率高,氧化能力强等优点,但同时也存在着局限性,比如催化剂不易回收再利用等,而最大的缺点就是均相催化体系中的Co<sup>2+</sup>,尽管用量不是很多,但仍然会造成潜在的二次污染和生物毒性。

[0004] 近年来研究负载金属离子催化剂用于降解有机污染物成为该领域的新点。微孔材料具有吸附性能好、水热稳定性高等优点,因此被广泛用于金属离子催化剂的载体。活性炭是极具代表性的微孔材料,它具有比表面积大、机械强度高、吸附性能好等优点,而且合成原料丰富、合成方法成熟,因此被广泛用作吸附领域的高效吸附剂。但活性炭的微孔结构单一、孔径小、孔道易堵,这限制了活性炭对大体积分子的吸附性能。为了提高对大体积分子的吸附效果,人们研发出了介孔材料。介孔材料孔径均一,孔道高度有序且孔径可调,但介孔材料具有无定形的孔壁结构,水热稳定性差,而且其表面含有大量的硅羟基,亲水性强,因此这限制了介孔材料对水蒸气含量较多的油气的吸附。

[0005] 有鉴于此,有必要设计一种新型有效、无二次污染且易回收的负载型催化剂,以解决上述问题。

### 发明内容

[0006] 为了克服上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体及其负载型催化剂和应用。本发明通过有氧热解,使得活性炭中能够发生热氧降解的基团热解消除,从而形成球体通道,或者通过木质原料的无氧热解,同时形成活性炭和球体通道。将其负载钛系催化剂后,用于臭氧催化氧化和双氧水催化氧化,能显著提

高废水中有机物降解效率,降低氧化剂消耗量。

[0007] 为实现上述发明目的,本发明提供了一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体,包括氧化铝和/或氧化硅球体骨架以及负载在其中的活性炭,所述活性炭与所述球体骨架之间具有球体通道。

[0008] 作为本发明的进一步改进,所述活性炭与所述球体骨架的质量比为1:(2-10),所述氧化铝与氧化硅的质量比为1:(0-1)。

[0009] 作为本发明的进一步改进,所述活性炭的粒径为0.05~0.3mm,所述球体骨架的直径为0.5~2mm。

[0010] 作为本发明的进一步改进,所述活性炭与所述球体骨架之间的球体通道的直径为0.05~5 $\mu$ m。

[0011] 作为本发明的进一步改进,所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体的制备方法包括以下步骤:

[0012] S11.将粒径为0.05~0.3mm的活性炭投入pH为4~6的微酸溶液中常温超声清洗10~60min,然后烘干;

[0013] S12.将经步骤S11处理的活性炭与氧化铝和/或氧化硅混合均匀,然后造粒,得到直径为0.5~2mm的球体;

[0014] S13.将步骤S12得到的所述球体在有氧气氛和400~700 $^{\circ}$ C的条件下,煅烧0.5~4h,以使所述活性炭中能够发生热氧降解的基团热解消除,形成球体通道,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体。

[0015] 作为本发明的进一步改进,在步骤S12中,将经步骤S11处理的活性炭活性炭表面包覆一层厚度为0.05~5 $\mu$ m、热氧降解温度在200~500 $^{\circ}$ C的有机物。

[0016] 作为本发明的进一步改进,所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体的制备方法包括以下步骤:

[0017] S21.将粒径为0.05~0.5mm粉末状木质原料与氧化铝和/或氧化硅混合均匀,然后造粒,得到直径为0.5~2mm的球体;

[0018] S22.将步骤S21得到的所述球体在惰性气氛和400~700 $^{\circ}$ C的条件下,煅烧0.5~4h,以使所述粉末状木质原料发生热氧降解,形成球体通道;然后活化,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体。

[0019] 为了实现上述目的,本发明还提供了一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂,采用以上所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载钛系催化剂。

[0020] 作为本发明的进一步改进,所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂的制备方法包括以下步骤:将所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体在钛硝酸盐和铁硝酸盐混合溶液中浸渍吸附,然后取出烘干,在400~700 $^{\circ}$ C下煅烧20~120min,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂。

[0021] 为了实现上述目的,本发明还提供了一种以上所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂的应用,所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂用于废水处理。

[0022] 本发明的有益效果是:

[0023] 1.本发明提供的Al/Si-C基多孔核壳分离球体,通过将活性炭与氧化铝和/或氧化硅混合造粒,然后有氧热解,使得活性炭中能够发生热氧降解的基团热解消除,从而与氧化

铝和/或氧化硅球体骨架之间形成球体通道;或者通过将木质原料与氧化铝和/或氧化硅混合造粒,然后无氧热解,在形成活性炭的过程中形成球体通道,从而得到Al/Si-C基多孔核壳分离球体。此种Al/Si-C基多孔核壳分离球体比表面积为500-1000m<sup>2</sup>/g,具有多级孔结构,吸附容量大,孔道不易堵塞,在吸附材料及负载型催化剂领域具有较好的应用前景。

[0024] 2. 本发明提供的Al/Si-C基多孔核壳分离球体,通过溶液或熔融法在活性炭表面包覆一层易热解有机物。如此操作,在有氧热解时,包覆的有机物热解,进一步提高球体通道的直径,得到Al/Si-C基多孔核壳分离球体。

[0025] 3. 本发明提供的Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂,可用于有机废水处理,尤其适用于臭氧催化氧化和双氧水催化氧化,能显著提高废水中有机物降解效率,降低氧化剂消耗量。

### 具体实施方式

[0026] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面结合具体实施例对本发明进行详细描述。

[0027] 在此,还需要说明的是,为了避免因不必要的细节而模糊了本发明,在具体实施例中仅仅示出了与本发明的方案密切相关的结构和/或处理步骤,而省略了与本发明关系不大的其他细节。

[0028] 另外,还需要说明的是,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。

[0029] 本发明提供了一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体,包括氧化铝和/或氧化硅球体骨架以及负载在其中的活性炭,所述活性炭与所述球体骨架之间具有球体通道。通过将活性炭与氧化铝和/或氧化硅混合造粒,然后有氧热解,使得活性炭中能够发生热氧降解的基团热解消除,从而与氧化铝和/或氧化硅球体骨架之间形成球体通道;或者通过将木质原料与氧化铝和/或氧化硅混合造粒,然后无氧热解,在形成活性炭的过程中形成球体通道,从而得到Al/Si-C基多孔核壳分离球体。此种Al/Si-C基多孔核壳分离球体比表面积为30-1000m<sup>2</sup>/g,具有多级孔结构,吸附容量大,孔道不易堵塞,在吸附材料及负载型催化剂领域具有较好的应用前景。

[0030] 所述活性炭与所述球体骨架的质量比为1:(2-10),优选为1:(4-8);所述氧化铝与氧化硅的质量比为1:(0-1)。活性炭含量小于氧化铝和/或氧化硅球体骨架含量,因此,当活性炭热解形成球体通道后,Al/Si-C基多孔核壳分离球体仍具有较高的强度,使用时不易坍塌。

[0031] 所述活性炭的粒径为0.05~0.3mm,优选为0.08~0.2mm,更优选为0.08~0.1mm;所述球体骨架的直径为0.5~2mm。较小粒径的活性炭均匀的分散在球体骨架中,热解后,活性炭体积减小,与球体骨架之间形成球体通道,因此比表面积显著增大,而且具有较好的孔结构特性。

[0032] 所述活性炭与所述球体骨架之间的球体通道的直径为0.05~5μm,或者为0.05~0.5μm,或者为0.5~2μm,或者为0.1~1μm。而活性炭的孔径一般为2~10nm,因此,所述Al/

Si-C基多孔核壳分离球体形成了多层级的立体通道,吸附性能显著提高。

[0033] 所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体的制备方法包括以下步骤:

[0034] S11.将粒径为0.05~0.3mm的活性炭投入pH为4~6的微酸溶液中常温超声清洗10~60min,然后烘干;

[0035] S12.将经步骤S11处理的活性炭与氧化铝和/或氧化硅混合均匀,然后造粒,得到直径为0.5~2mm的球体;

[0036] S13.将步骤S12得到的所述球体在有氧气氛和400~700℃的条件下,煅烧0.5~4h,以使所述活性炭中能够发生热氧降解的基团热解消除,形成球体通道,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体。所述有氧气氛的氧气含量为1%~50%,优选为10%~30%,更优选为15%~25%,其他为惰性气体。在有氧气氛中,活性炭中能够发生热氧降解的基团发生热氧降解,逐渐转变成CO<sub>2</sub>气体逸出,逸出气体的通道形成永久球体孔道,残留的活性炭内核体积变小,与外层氧化铝和/或氧化硅壳层分离,形成多孔核壳分离球体结构。为了防止热氧降解剧烈导致球体骨架坍塌,严格控制有氧气氛的氧含量。

[0037] 在步骤S12中,将经步骤S11处理的活性炭活性炭表面包覆一层厚度为0.05~5μm、热氧降解温度在200~500℃的有机物,例如聚乙烯、聚丙烯、纤维素等,通过溶液或熔融法包覆于活性炭表面。如此操作,在有氧热解时,包覆的有机物热解,进一步提高球体通道的直径。

[0038] 所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体的制备方法包括以下步骤:

[0039] S21.将粒径为0.05~0.5mm粉末状木质原料与氧化铝和/或氧化硅混合均匀,然后造粒,得到直径为0.5~2mm的球体;

[0040] S22.将步骤S21得到的所述球体在惰性气氛和400~700℃的条件下,煅烧0.5~4h,以使所述粉末状木质原料发生热氧降解,形成球体通道;然后活化,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体。所述活化是在氧化性气体(水蒸气、氧气、二氧化碳等)中高温活化。木质原料与氧化铝和/或氧化硅混合均匀形成的球体无氧热解时,木质原料高温热解炭化形成活性炭,与此同时,体积缩小,形成球体通道。

[0041] 本发明还提供了一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂,采用以上所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载钛系催化剂。

[0042] 所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂的制备方法包括以下步骤:将所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体在钛硝酸盐和铁硝酸盐混合溶液中浸渍吸附,然后取出烘干,在400~700℃下煅烧20~120min,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂。钛硝酸盐和铁硝酸盐摩尔比为1:(0.2-5),负载溶液的质量浓度为2%~20%,球体与负载溶液的质量比为(0.1-0.2):1,溶液负载在球体表面并渗入球体内部,形成立体均匀负载,负载量为0.2wt%-5wt%。

[0043] 本发明还提供了一种以上所述的Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂的应用,所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂用于废水处理。此种负载型催化剂,用于臭氧催化氧化和双氧水催化氧化,能显著提高废水中有机物降解效率,降低氧化剂消耗量。

[0044] 实施例1

[0045] 一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂,通过以下步骤制备:

[0046] S11.将粒径约为0.1mm的活性炭投入pH为4~6的微酸溶液中常温超声清洗10~60min,然后烘干;

[0047] S12.将经步骤S11处理的活性炭与氧化铝和/或氧化硅混合均匀,然后造粒,得到直径为1~2mm的球体;所述球体骨架的质量比为1:5,所述氧化铝与氧化硅的质量比为1:0.5;

[0048] S13.将步骤S12得到的所述球体在有氧气氛(氧含量为20%)和550℃的条件下,煅烧3h,以使所述活性炭中能够发生热氧降解的基团热解消除,形成球体通道,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体。

[0049] S14.将所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体在钛硝酸盐和铁硝酸盐混合溶液(钛硝酸盐和铁硝酸盐摩尔比1:1,溶液的质量浓度为10%,球体与负载溶液的质量比为0.15:1)中浸渍吸附,然后取出烘干,在500℃下煅烧60min,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂。测得Fe-Ti复合催化剂负载量为2wt%。

[0050] 实施例2-

[0051] 一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂,与实施例1相比,不同之处在于,在步骤S12中,通过溶液涂覆法,在经步骤S11处理的活性炭活性炭表面包覆一层厚度约为1μm的聚乙烯。其他与实施例1大致相同,在此不再赘述。

[0052] 实施例3-8

[0053] 一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂,与实施例1相比,不同之处在于,活性炭的粒径、与球体骨架的质量比及有氧气氛中氧含量如表1所示,其他与实施例1大致相同,在此不再赘述。

[0054] 表1实施例3-8的制备条件

实施例	活性炭粒径(mm)	活性炭与球体骨架的质量比	有氧气氛中氧含量(%)
3	0.05	1:5	20
4	0.3	1:5	20
5	0.1	1:2	20
6	0.1	1:10	20
7	0.1	1:5	1
8	0.1	1:5	50

[0056] 实施例9

[0057] 一种Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂,通过以下步骤制备:

[0058] S21.将粒径为0.2mm粉末状木质原料与氧化铝和/或氧化硅(氧化铝与氧化硅的质量比为1:0.5)混合均匀,然后造粒,得到直径为1~2mm的球体;

[0059] S22.将步骤S21得到的所述球体在惰性气氛和550℃的条件下,煅烧3h,以使所述粉末状木质原料发生热氧降解,形成球体通道;然后采用水蒸气高温活化,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体。

[0060] S24.将所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体在钛硝酸盐和铁硝酸盐混合溶液(钛硝酸盐和铁硝酸盐摩尔比1:1,溶液的质量浓度为10%,球体与负载溶液的质量比为0.15:1)中浸渍吸附,然后取出烘干,在500℃下煅烧60min,得到所述Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂。测得Fe-Ti复合催化剂负载量为2wt%。

[0061] 应用例1-9

[0062] 将实施例1-9制备的Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂用于废水处理,包括:取100ml 200mg/L的甲基蓝溶液,按照摩尔比为2:1的比例加入H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>与Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的加入量为386mg/L,常温反应3h,测得反应前后溶液的COD,计算溶液COD去除率,结果如表2所示。

[0063] 表2

应用例	比表面积(m <sup>2</sup> /g)	总孔容(cm <sup>3</sup> /g)	大孔孔容(cm <sup>3</sup> /g)	常温反应 3hCOD 去除率(%)
1	856.21	0.95	0.62	92.8
2	885.32	0.99	0.66	93.4
3	876.22	0.96	0.62	92.9
4	826.11	0.89	0.60	92.2
5	836.33	0.91	0.60	92.3
6	816.43	0.88	0.55	90.5
7	756.01	0.75	0.42	82.1
8	796.32	0.83	0.53	87.3
9	883.31	0.98	0.64	93.0

[0066] 从表2中应用例1和2及9可以看出,本发明制备的Al/Si-C基多孔核壳分离球体负载型催化剂具有较高的比表面积和大孔孔容,3hCOD去除率达90%以上,说明对废水中的有机物的降解效率和降解去除率均较高。而且通过在活性炭表面包覆一层热降解有机物,有助于提高大孔孔容,催化降解效果更优。直接将木质原料与氧化铝和/或氧化硅球体骨架混合,然后高温炭化,催化降解效果也更优。从实施例1及3-4可以看出,活性炭粒径较小时,比表面积增大,大孔孔容和催化效果变化不大。活性炭粒径较大时,比表面积减小,大孔孔容和催化效果略有降低。从实施例1及5-6可以看出,活性炭含量过低时,比表面积和催化效果降低;活性炭含量过高时,比表面积和催化效果也降低,这是因为活性炭含量过高时,有氧热降解可能导致球体骨架坍塌,堵塞孔隙。从实施例1及7-8可以看出,当有氧气氛中氧含量过低时,比表面积、孔容和催化效果均显著降低,说明本发明通过有氧热解,形成了球体通道,显著提高了比表面积和催化效果。当有氧气氛中氧含量过高时,比表面积、孔容和催化效果也显著降低,这是因为氧含量过高时,热降解剧烈,导致球体骨架坍塌。

[0067] 综上所述,本发明提供的Al/Si-C基多孔核壳分离球体,通过将活性炭与氧化铝和/或氧化硅混合造粒,然后有氧热解,使得活性炭中能够发生热氧降解的基团热解消除,从而与氧化铝和/或氧化硅球体骨架之间形成球体通道;或者通过将木质原料与氧化铝和/或氧化硅混合造粒,然后无氧热解,在形成活性炭的过程中形成球体通道,从而得到Al/Si-C基多孔核壳分离球体。将其负载钛系催化剂后,用于臭氧催化氧化和双氧水催化氧化,能显著提高废水中有机物降解效率,降低氧化剂消耗量。

[0068] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改



或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围。