



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103769092 B

(45) 授权公告日 2015.08.12

(21) 申请号 201210409258.8

8-14 行, 第 3 页倒数 4-8 行.

(22) 申请日 2012.10.24

审查员 杨磊

(73) 专利权人 中国石油化工股份有限公司

地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街  
22 号

专利权人 中国石油化工股份有限公司抚顺  
石油化工研究院

(72) 发明人 刘全杰 贾立明 徐会青 王伟  
尹泽群

(51) Int. Cl.

B01J 23/63(2006.01)

C01B 15/023(2006.01)

(56) 对比文件

CN 102658207 A, 2012.09.12, 第 2 页

【0005】-【0007】段.

CN 1435277 A, 2003.08.13, 全文.

CN 1562466 A, 2005.01.12, 全文.

CN 101497040 A, 2009.08.05, 说明书第 2 页

权利要求书 2 页 说明书 6 页

(54) 发明名称

一种蒽醌法生产双氧水的加氢催化剂及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种蒽醌法生产双氧水的加氢催化剂及其制备方法。该催化剂组成为：纳米氧化镁、稀土元素、锡和活性金属，以催化剂的重量为基准，稀土元素以氧化物计的含量为 0.5%~8.0%，锡含量为 0.1%~5.0%，活性金属组分以元素计的含量为 0.1%~8.0%，余量为纳米氧化镁。该催化剂用于蒽醌加氢生产双氧水过程中，具有氢化效率高、蒽醌降解少等特点。

1. 一种葱醌法生产双氧水的加氢催化剂的制备方法,包括:

(1)、制备纳米氧化镁;

(2)、步骤(1)所得的纳米氧化镁上负载稀土元素,经过干燥和焙烧,得到稀土改性的纳米氧化镁;

(3)、往步骤(2)得到的稀土改性的纳米氧化镁中加入造孔剂,成型,经过干燥和焙烧,得到催化剂载体;

(4)、往步骤(3)得到的催化剂载体上负载锡和活性金属组分,经过干燥和焙烧,得到催化剂;

其中,以催化剂的重量为基准,稀土元素以氧化物计的含量为 0.5%~8.0%,锡含量为 0.1%~5.0%,活性金属组分以元素计的含量为 0.1%~8.0%,余量为纳米氧化镁。

2. 按照权利要求 1 所述的方法,其特征在于所述的葱醌法生产双氧水的加氢催化剂,以催化剂的重量为基准,稀土元素以氧化物计的含量为 1.0%~5.0%,锡含量为 0.2%~2.0%,活性金属组分以元素计的含量为 0.2%~5.0%,余量为纳米氧化镁。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于所述的纳米氧化镁的晶粒平均粒径为 20 nm~80nm。

4. 按照权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于所述活性金属组分为铂、钯和钌中的一种或多种。

5. 按照权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于所述的稀土元素为镧、铈中的一种或两种。

6. 按照权利要求 1 所述的方法,其特征在于步骤(1)中所述的纳米氧化镁的制备方法如下:将含镁化合物溶解到溶剂中,加入分散剂,充分混合后,在快速搅拌、控制反应温度的条件下,缓慢加入沉淀剂,然后经过干燥和焙烧,得到纳米氧化镁,其中所述的含镁化合物为硝酸镁、氯化镁中的一种或多种;所述的分散剂为表面活性剂和有机醇类中一种或多种;所述的沉淀剂为氢氧化钠、氢氧化钾、碳酸钠、碳酸钾中的一种或多种;反应温度为 5℃~60℃;所述的干燥温度为常温~300℃,干燥时间为 10 分钟~24 小时,所述的焙烧温度为 400℃~800℃,焙烧时间为 0.5 小时~8.0 小时。

7. 按照权利要求 6 所述的方法,其特征在于所述的分散剂为乙二醇。

8. 按照权利要求 1 所述的方法,其特征在于步骤(2)中所述的纳米氧化镁负载稀土元素的方法为饱和浸渍法。

9. 按照权利要求 1 所述的方法,其特征在于步骤(3)中所述的造孔剂为聚乙烯醇、十六烷基三甲基氯化铵、石墨、淀粉、纤维素和田菁粉中的一种或多种;所述造孔剂的加入量以催化剂载体的重量计,为 0.5%~5.0%。

10. 按照权利要求 1 所述的方法,其特征在于步骤(4)中所述的负载方法采用饱和浸渍法。

11. 按照权利要求 1 所述的方法,其特征在于步骤(2)所述的干燥温度为常温~300℃,干燥时间为 0.5 小时~24 小时,所述的焙烧温度为 400℃~800℃,焙烧时间为 0.5 小时~8.0 小时;步骤(3)所述的干燥温度为常温~300℃,干燥时间为 0.5 小时~24 小时,所述的焙烧温度为 400℃~800℃,焙烧时间为 0.5 小时~8.0 小时;步骤(4)所述的干燥温度为常温~300℃,干燥时间为 0.5 小时~24 小时,所述的焙烧温度为 400℃~800℃,焙烧时间为 0.5

小时 ~8.0 小时。

12. 一种蒽醌加氢催化剂,其特征在于采用权利要求 1~11 任一所述方法制备。

13. 一种蒽醌法生产双氧水的方法,其特征在于采用权利要求 12 所述的加氢催化剂。

14. 按照权利要求 13 所述的方法,其特征在于:将蒽醌溶解于重芳烃和磷酸三辛酯中形成的工作溶液,其中重芳烃和磷酸三辛酯的体积比为 5:1~1:1;所使用的工作液中蒽醌的浓度为 80g/L~150 g/L;蒽醌加氢的工艺条件如下:氢气分压 0.1MPa~2.0MPa、反应温度 10°C ~100°C、体积空速 1.0 h<sup>-1</sup>~50.0h<sup>-1</sup>、气剂体积比 10~1000。

15. 按照权利要求 14 所述的方法,其特征在于:蒽醌加氢的工艺条件如下:氢气分压 0.2MPa~1.0MPa、反应温度 30°C ~80°C、体积空速 2 h<sup>-1</sup>~20h<sup>-1</sup>、气剂体积比 20~500。

## 一种蒽醌法生产双氧水的加氢催化剂及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种蒽醌法生产双氧水的加氢催化剂。更具体的说,本发明涉及一种用于双氧水生产过程中蒽醌加氢催化剂、该催化剂的制备方法以及用于双氧水生产的工艺技术。

### 背景技术

[0002] 过氧化氢,又名双氧水,是一种重要的化工原料,工业上早在 19 世纪中叶便已有生产,是世界主要的基础化学产品之一。随着社会需求的增长,尤其是生态环境保护的日益重要,过氧化氢越来越成为一个重要的化学品。作为一种氧化剂、漂白剂、消毒剂、聚合物引发剂和交联剂,它广泛应用于造纸、纺织、化学品合成、军工、电子、食品加工、医药、化妆品、环境保护、冶金等诸多领域。由于过氧化氢分解后产生水和氧气,对环境无二次污染,属于绿色化学品。在过氧化氢的生产中,世界各国最常用的是蒽醌法。

[0003] 蒽醌法工艺是蒽醌衍生物自动氧化法,它以适当的有机溶剂溶解工作物质—蒽醌烷基衍生物配成工作溶液,在催化剂存在下,用氢气将蒽醌氢化还原,生成氢蒽醌,后者经空气或氧气氧化,得到  $H_2O_2$ ,同时氢蒽醌氧化为蒽醌。然后,用水萃取工作液中的  $H_2O_2$ ,经分离即得到  $H_2O_2$  水溶液;还可进一步蒸馏精制,得到高浓度  $H_2O_2$ ,萃余液经处理后回到氢化阶段循环使用。

[0004] 蒽醌加氢催化剂是该法生产的关键技术之一。高活性和高选择性的催化剂可以提高单位循环  $H_2O_2$  的产率并减少蒽醌的降解,从而简化工艺流程、提高工作液的循环利用率、降低生产成本、改善产品质量。因此,该领域一直是世界各国双氧水研究的热点之一。

[0005] 当前最常用蒽醌加氢催化剂为负载钨或钨钼催化剂。其中负载钨催化剂活性较高,但使工作液降解严重,而钨钼催化剂存在遇空气自燃、失活后难以再生等缺点。因此开发既具有高活性,又具有工作液降解低的催化剂具有十分重要的意义。

[0006] USP4240933 公开了一种蒽醌法生产双氧水的加氢催化剂。该催化剂以粒径 10~100 微米的无定形二氧化硅为载体,钨为活性组分,助剂选自钨、钼、钨、钼。USP4800075 公开了一种在固定床反应器中蒽醌加氢催化剂。该催化剂的活性组分为钨或钼,载体是比表面积为  $5\sim 108\text{m}^2/\text{g}$  的  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 。CN99126993.4 公开了一种用于蒽醌法生产过氧化氢的负载型双金属催化剂,其载体为经  $950^\circ\text{C}$  焙烧过的氧化铝或氧化钨—氧化铝复合氧化物,活性组分为钨与钼或钨或钼。该催化剂采用添加剂竞争吸附的分步浸渍法制成。CN1616345A 公开了一种蒽醌法制备双氧水的加氢催化剂,所用的催化剂为磁性贵金属催化剂,是由球形载体和选自钨或 / 和钨贵金属活性组分组成,其中的球形载体为氧化铝和磁性颗粒组成,磁性颗粒由氧化硅包覆层和含铁物质的内核组成。CN1990100A 公开了一种蒽醌加氢催化剂,该催化剂的基体为堇青石或泡沫氧化铝,活性组分为钨或钨,助剂为选自钨、钨、钨、钨、钨等中的一种或多种。CN101804346A 公开了一种用于蒽醌加氢的催化剂,该催化剂的制备方式是将纳米钨浸渍到天然植物栀子上制备成加氢催化剂。CN1544312A 公开了一种蒽醌加氢催化剂,该催化剂由钨、钨、金属添加剂和载体组成,载体为加入表面活性剂的分子筛组

成,比表面为 200~1200m<sup>2</sup>/g。

### 发明内容

[0007] 针对现有技术中的不足之处,本发明提供了一种活性高、蒽醌降解率低的蒽醌法生产双氧水的加氢催化剂及其制备方法。

[0008] 发明人经大量的研究发现,蒽醌的降解与催化剂的性质和操作条件密切相关,当催化剂的孔道尺寸较小时,由于氢蒽醌等较大分子在孔道中阻力较大,不能够及时的脱附,导致深度反应而降解;催化剂的酸性中心,尤其是 B 酸中心,能够强烈吸附工作液分子并发生反应,导致其降解;当催化剂活性过高,氢化程度过度,会生成四氢蒽醌、八氢蒽醌甚至其它油状物,导致工作液降解增加;而如果催化剂活性较低时,随着反应温度的升高,蒽醌的降解率也逐渐升高。所以要提高双氧水的生产效率,就必须保证催化剂具有合适的孔道尺寸和适中的加氢活性,较高的活性组分分散度不仅能够降低催化剂的生产成本,也能够提高催化剂的稳定性。另外,研究结果表明,常规催化剂上活性金属对吸附存在有强吸附位和弱吸附位,但当催化剂中引入稀土元素后,活性金属对氢的吸附位均表现为强吸附性质,并且这些强氢吸附位正是蒽醌加氢所需的活性氢原子提供者。锡的引入,能够与活性金属原子形成类合金结构的活性相,提高金属的分散度和活性相的稳定性,降低活性金属的含量和催化剂的生产成本。

[0009] 本发明蒽醌法生产双氧水的加氢催化剂,组成为:纳米氧化镁、稀土元素、锡和活性金属,以催化剂的重量为基准,稀土元素以氧化物计的含量为 0.5%~8.0%,锡含量为 0.1%~5.0%,活性金属组分以元素计的含量为 0.1%~8.0%,余量为纳米氧化镁。

[0010] 所述蒽醌法生产双氧水的加氢催化剂优选如下:以催化剂的重量为基准,稀土元素以氧化物计的含量为 1.0%~5.0%,锡含量为 0.2%~2.0%,活性金属组分以元素计的含量为 0.2%~5.0%,余量为纳米氧化镁。

[0011] 所述的纳米氧化镁的晶粒平均粒径为 20 nm~80nm。

[0012] 所述活性金属组分为第 VIII 族金属中的一种或多种,优选为铂、钯和钌中的一种或多种。

[0013] 所述的稀土元素为镧、铈中的一种或两种。

[0014] 本发明催化剂适用于蒽醌法生产双氧水的工艺过程,所使用的工作液为蒽醌溶解于重芳烃(所述的重芳烃选自碳原子数为 8~11 个的芳烃中的一种或多种,其中 C9 和 / 或 C10 芳烃的体积占重芳烃的 95% 以上)和磷酸三辛酯中形成的溶液,其中重芳烃和磷酸三辛酯的体积比为 5:1~1:1。所使用的工作液中蒽醌的浓度为 80g/L~150 g/L。蒽醌加氢的工艺条件可以在较大范围进行调整,例如,氢气分压 0.1MPa~2.0MPa、反应温度 10℃~100℃、体积空速 1.0 h<sup>-1</sup>~50.0h<sup>-1</sup>、气剂体积比 10~1000,优选条件是:氢气分压 0.2MPa~1.0MPa、反应温度 30℃~80℃、体积空速 2 h<sup>-1</sup>~20h<sup>-1</sup>、气剂体积比 20~500。

[0015] 本发明催化剂用于蒽醌法生产双氧水的工艺过程,具有氢化效率高和蒽醌降解低等特点。

### 具体实施方式

[0016] 下面提供一种本发明催化剂的具体制备方法,但不限于此方法,具体步骤为:

[0017] (1)、制备纳米氧化镁；

[0018] (2)、步骤(1)所得的纳米氧化镁上负载稀土元素，经过干燥和焙烧处理，得到稀土改性的纳米氧化镁；

[0019] (3)、往步骤(2)得到的稀土改性的纳米氧化镁中加入造孔剂，成型，经过干燥和焙烧处理，得到催化剂载体；

[0020] (4)、往步骤(3)得到的催化剂载体上负载锡和活性金属组分，经过干燥和焙烧处理，得到催化剂。

[0021] 步骤(1)中所述的纳米氧化镁可以采用常规方法制备，比如：将含镁化合物溶解到溶剂中，加入分散剂，充分混合后，在快速搅拌、控制反应温度的条件下，缓慢加入沉淀剂，经过干燥和焙烧，得到纳米氧化镁。所述的含镁化合物优选为无机可溶性含镁化合物，更优选为硝酸镁、氯化镁等中的一种或多种。所述的分散剂为能够使颗粒分散的物质，例如表面活性剂、有机醇类等，优选为醇类，更优选为乙二醇。所述的沉淀剂可以使镁沉淀的物质，例如碱性化合物，优选氢氧化钠、氢氧化钾、碳酸钠、碳酸钾等中的一种或多种。所述的反应温度为 5℃ ~60℃，优选为 10℃ ~30℃，更优选为 15℃ ~25℃。所述的干燥可以为现在任何形式的干燥，优选为低温微波干燥，所述干燥的温度为常温 ~300℃，干燥时间为 10 分钟 ~24 小时。所述的焙烧温度为 400℃ ~800℃，焙烧时间为 0.5 小时 ~8.0 小时。

[0022] 步骤(2)中所述的纳米氧化镁负载稀土元素，可以采用目前所有的负载方法，例如浸渍法或喷浸法，优选为饱和浸渍法。所采用含稀土元素的化合物可以为含稀土元素的有机物或者无机物，优选为含稀土元素的无机物，例如稀土元素的硝酸盐、硫酸盐等中的一种或多种。所述的干燥温度为常温 ~300℃，干燥时间为 0.5 小时 ~24 小时。所述的焙烧温度为 400℃ ~800℃，焙烧时间为 0.5 小时 ~8.0 小时。

[0023] 步骤(3)中所述的造孔剂为使载体产生更多微孔和中孔的物质，可以是有机物或者无机物，例如聚乙烯醇、十六烷基三甲基氯化铵、石墨、淀粉、纤维素和田菁粉等中的一种或多种，优选为聚乙烯醇。所述造孔剂的加入量以催化剂载体重量计，为 0.5%~5%。所述的形状可以是任何状态的颗粒，例如球形、条状等，条状的横截面可以是多种形状的异形条，例如圆形、多叶草形、蝶形或齿轮形等。所述的成型可以采用挤条成型，也可以采用其它常规的成型方法。所述的干燥温度为常温 ~300℃，干燥时间为 0.5 小时 ~24 小时。所述的焙烧温度为 400℃ ~800℃，焙烧时间为 0.5 小时 ~8.0 小时。

[0024] 步骤(4)中所述的负载方法可以采用目前常用的金属负载方法，例如浸渍、离子交换或涂敷等，优选为浸渍的方法，更优选为饱和浸渍的方法。饱和浸渍的方法就是用一定量的活性金属组分和助剂锡的化合物配制成载体饱和吸附量的溶液，然后将溶液与载体混合。活性金属组分为第 VIII 族元素中的一种或多种，优选为铂、钯和钌中的一种或多种，更优选为铂或 / 和钯，活性组分金属化合物可采用本领域常用的溶解于水的盐类，例如氯铂酸溶液、铂胺配合物溶液、钯胺配合物溶液、硝酸钯溶液、氯化钯溶液及其有机配合物溶液。所述锡的化合物可以为含锡的有机物或者无机物，优选为含锡的无机物，例如锡酸钠、氯化亚锡、硝酸锡等中的一种或多种，负载可以采用目前所有的负载方法，例如浸渍法或喷浸法，优选为饱和浸渍法。所述锡和活性金属组分可以一起负载到催化剂载体上，也可以分别负载到催化剂载体上。所述的干燥温度为常温 ~300℃，干燥时间为 0.5 小时 ~24 小时。所述的焙烧温度为 400℃ ~800℃，焙烧时间为 0.5 小时 ~8.0 小时。

[0025] 本发明催化剂采用较大孔道尺寸、低 B 酸量的纳米氧化镁为催化剂载体组分,并用稀土元素对其进行改性,制备成稀土元素改性的纳米氧化镁载体,然后负载上锡和活性金属组分,来达到提高双氧水产率,降低工作液降解的目的。

[0026] 下面通过实施例来进一步说明本发明催化剂及其制备过程,但不应认为本发明仅局限于以下的实施例中。

[0027] 本发明实施例和对比例所得的催化剂是采用 20ml 小型固定床反应器进行评价,催化剂装填量为 20ml,评价条件为:氢气分压 0.3MPa、反应温度 55℃、体积空速 10.0h<sup>-1</sup>、气剂体积比 200。所用的工作液组成为:乙基蒽醌含量 120 克/升,重芳烃(50% (重量)三甲苯和 50% (重量)四甲基苯混合芳烃)和磷酸三辛酯按照体积比为 7:3,取连续运转 4 小时后的产物在 50℃进行空气氧化 30 分钟和纯净水萃取,分析产物中的双氧水含量,计算催化剂的氢化效率,单位是 gH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/L,分析萃余液中乙基蒽醌含量,计算出乙基蒽醌降解率(损失率)。

[0028] 实施例 1 (以下如果没有特殊注明,百分比含量均为重量百分比)

[0029] 本发明一种催化剂的制备步骤如下:

[0030] (1)、将 5000 克硝酸镁溶解到 50 升水中,加入 4000 克乙二醇,快速搅拌(1000 转/分),25℃条件下,缓慢加入 5% 的氢氧化钠溶液,直到使溶液 pH 值达到 9,停止加入氢氧化钠溶液,继续搅拌 10 分钟,静置陈化 10 小时后离心分离,固体经过低火微波干燥 1 小时,400℃焙烧处理 2 小时,得到纳米氧化镁,平均粒径为 40nm;

[0031] (2) 取 53 克 La(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 溶解到 1000 毫升水中形成溶液,与步骤(1)得到的纳米氧化镁 970 克常温下充分混合,110℃干燥 4 小时,380℃焙烧 4 小时,得到镧改性的纳米氧化镁;

[0032] (3)取步骤(2)得到的改性氧化镁 200 克,聚乙烯醇 4 克、田菁粉 5 克和水适量,充分混捏成可塑的膏状物,挤条成直径为 2.5 毫米的圆柱状条,130℃干燥 2 小时,420℃焙烧 2 小时,得到本发明催化剂载体;

[0033] (4)、取 0.96 克 SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 和 0.85 克 PdCl<sub>2</sub>溶解到 100 克水中,得到的溶液与 99 克步骤(3)得到的载体常温下充分混合,静置 8 小时后,80℃干燥 12 小时,480℃焙烧 4 小时,得到本发明的一种催化剂,编号为 E-1,其组成见表 1 所示,催化剂氢化效率和蒽醌降解率的结果见表 2。

[0034] 实施例 2

[0035] 本发明一种催化剂的制备方法同实施例 1,不同之处在于步骤(1)所使用的镁源为氯化镁,得到纳米氧化镁平均粒径为 20nm;(2)步骤中所用的稀土化合物为硝酸铈,步骤(4)中所用锡和钯的量不同;得到本发明一种催化剂,编号为 E-2,其组成见表 1 所示,催化剂氢化效率和蒽醌降解率的结果见表 2。

[0036] 实施例 3

[0037] 本发明一种催化剂的制备方法同实施例 1,不同之处在于步骤(1)所使用的沉淀剂为氢氧化钾,得到纳米氧化镁平均粒径为 70nm;步骤(2)中所用的稀土化合物含量不同,步骤(4)中所用锡的量不同,活性金属组分为钨且含量不同;得到本发明一种催化剂,编号为 E-3,其组成见表 1 所示,催化剂氢化效率和蒽醌降解率的结果见表 2。

[0038] 实施例 4

[0039] 本发明一种催化剂的制备方法同实施例 1, 不同之处在于步骤(2)中所用的稀土化合物含量不同, 步骤(3)中所用的锡量不同; 步骤(4)中所用的活性金属组分为铂, 且含量不同, 得到本发明一种催化剂, 编号为 E-4, 其组成见表 1 所示, 催化剂氢化效率和蒽醌降解率的结果见表 2。

[0040] 实施例 5

[0041] 本发明一种催化剂的制备方法同实施例 1, 不同之处在于步骤(1)所使用的镁源为硫酸镁, 得到纳米氧化镁粒平均粒径为 80nm; 步骤(2)中所用的稀土化合物为氯化镧, 且含量不同; 步骤(4)中所用的锡和钨量不同; 得到本发明一种催化剂, 编号为 E-5, 其组成见表 1 所示, 催化剂氢化效率和蒽醌降解率的结果见表 2。

[0042] 实施例 6

[0043] 本发明一种催化剂的制备方法同实施例 1, 不同之处在于步骤(2)中所用的稀土化合物含量不同, 步骤(4)中所用的活性金属组分为铂和钨, 铂和钨的重量比为 1:3, 总含量见表 1, 得到本发明一种催化剂, 编号为 E-6, 其组成见表 1 所示, 催化剂氢化效率和蒽醌降解率的结果见表 2。

[0044] 对比例 1

[0045] 本发明一种对比催化剂的制备方法同实施例 1, 不同之处在于取消步骤(1), 使用氧化镁为市售的普通氧化镁(粒径为 2  $\mu\text{m}$ ~30  $\mu\text{m}$ ), 得到本发明对比催化剂, 编号为 C-1, 其组成见表 1 所示, 催化剂氢化效率和蒽醌降解率的结果见表 2。

[0046] 对比例 2

[0047] 本发明一种对比催化剂的制备方法同实施例 1, 不同之处在于取消(2)步骤, 催化剂中不含镧, 得到本发明对比催化剂, 编号为 C-2, 其组成见表 1 所示, 催化剂氢化效率和蒽醌降解率的结果见表 2。

[0048] 对比例 3

[0049] 本发明一种对比催化剂的制备方法同实施例 1, 不同之处在于所用载体为普通氧化铝(粒径为 2  $\mu\text{m}$ ~30  $\mu\text{m}$ ), 得到本发明对比催化剂, 编号为 C-3, 其组成见表 1 所示, 催化剂氢化效率和蒽醌降解率的结果见表 2。

[0050] 表 1 各实施例(对比例)催化剂的组成(未注明含量均为重量百分比含量)

[0051]

催化剂	氧化镧, %	锡, %	活性金属组分, %	氧化镁, %
E-1	2.0	0.5	0.5(Pd)	余量
E-2	2.0(氧化铈)	0.3	0.3(Pd)	余量
E-3	5.0	2.0	5.0(Ru)	余量
E-4	0.5	1.0	0.1(Pt)	余量
E-5	3.0	0.1	2.0(Pd)	余量
E-6	1.0	0.5	0.3(Pd)+ 0.1(Pt)	余量
C-1	2.0	0.5	0.5(Pd)	余量
C-2	0	0.5	0.5(Pd)	余量
C-3	2.0	0.5	0.5(Pd)	余量(氧化铝)

[0052] 表 2 各催化剂的反应性能

[0053]

催化剂	氢化效率, $\text{gH}_2\text{O}_2/\text{L}$	蒽醌降解率, %
E-1	7.6	1.3



E-2	7.2	1.2
E-3	7.5	1.1
E-4	9.1	1.5
E-5	8.3	1.3
E-6	9.8	1.6
C-1	5.1	1.8
C-2	5.9	2.3
C-3	6.3	2.5

[0054] 从表 2 的结果可以看出,本发明催化剂在生产双氧水的反应中,氢化效率明显高于对比催化剂而工作液的降解率低于对比催化剂的反应结果,该催化剂还可以用于其他的加氢反应过程。