

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01N 31/10 (2006.01)

B01J 19/12 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710019562.0

[43] 公开日 2008年7月16日

[11] 公开号 CN 101221155A

[22] 申请日 2007.1.10

[21] 申请号 200710019562.0

[71] 申请人 中国科学院合肥物质科学研究院

地址 230031 安徽省合肥市 1110 信箱

[72] 发明人 胡科研 崔平 李勇

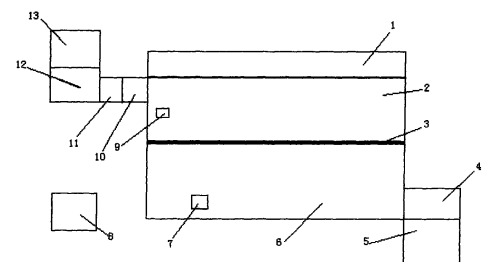
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称

光催化分离膜性能测试装置及其测试方法

[57] 摘要

本发明公开了一种光催化分离膜性能测试装置及其测试方法。装置为光催化分离膜(3)置于进口处依次连接有流量传感器(10)、电磁调节阀(11)、增减压器(12)和待测物容器(13)的待降解物容器(2)与出口处连接有检测器(4)的反应物容器(6)之间,光源(1)与光催化分离膜(3)平行设置,流量传感器(10)、电磁调节阀(11)、增减压器(12)和检测器(4)均与计算机(8)电连接;方法包括配制流体、选择检测器、确定光源,由计算机控制光降解过程,并根据流体的浓度和检测器测得的数据,按公式  $\rho = r/\phi$  和吸附曲线计算出光催化分离膜的光催化量子效率和吸附量,从而获得光催化分离膜的性能。它能自动、全面地测试出光催化分离膜的性能。



1、一种光催化分离膜性能测试装置，包括光源（1）、反应容器和其内置的光催化物，其特征在于：

（a）所说反应容器包含相连通的待降解物容器（2）和反应物容器（6），所说光催化物为光催化分离膜（3），所说光催化分离膜（3）置于所说待降解物容器（2）与反应物容器（6）之间，且将待降解物容器（2）与反应物容器（6）相隔离；

（b）所说光源（1）置于待降解物容器（2）一侧，且与光催化分离膜（3）平行设置；

（c）所说待降解物容器（2）的进口处依次连接有流量传感器（10）、电磁调节阀（11）、增减压器（12）和待测物容器（13），所说反应物容器（6）的出口处连接有检测器（4），所说流量传感器（10）、电磁调节阀（11）、增减压器（12）和检测器（4）均与计算机（8）电连接。

2、根据权利要求1所述的光催化分离膜性能测试装置，其特征是光源（1）为可见光或紫外光。

3、根据权利要求2所述的光催化分离膜性能测试装置，其特征是可见光为波长为500nm的可见光，紫外光为波长为365nm的紫外光或波长为254nm的紫外光。

4、根据权利要求1所述的光催化分离膜性能测试装置，其特征是待降解物容器（2）中置有压力传感器（9），所说压力传感器（9）与计算机（8）电连接。

5、根据权利要求1所述的光催化分离膜性能测试装置，其特征是反应物容器（6）中置有温度传感器（7），所说温度传感器（7）与计算机（8）电连接。

6、根据权利要求1所述的光催化分离膜性能测试装置，其特征是检测器（4）为紫外-可见光分光光度计或气相色谱仪。

7、根据权利要求1或6所述的光催化分离膜性能测试装置，其特征是检测器（4）与容器（5）相连接。

8、根据权利要求1所述的光催化分离膜性能测试装置的测试方法，包括

待降解物的配制和光的催化，其特征在于所说方法包含以下步骤：

(a) 根据测试目的，配制相应的流体，对于液相的光催化降解反应，配制溶液，对于气相的光催化降解反应，配制气体；

(b) 根据测试需要，选择相应的检测器，对于液相流体的光催化降解反应，选择紫外-可见光分光光度计，对于气相流体的光催化降解反应，选择气相色谱仪；

(c) 根据待测的光催化分离膜的类型，确定光源为可见光或紫外光；

(d) 由计算机按设定的流量控制光降解的过程，并由检测器测得降解数据；

(e) 由计算机根据配制流体的浓度和测得的数据，按公式  $\rho = \frac{r}{\varphi}$  计算

出光催化分离膜的光催化量子效率，式中： $\rho$ 为催化剂的量子产率、 $r$ 为反应速率、 $\varphi$ 为光子流量；

(f) 由计算机按吸附曲线计算出光催化分离膜的吸附量，从而获得所测试的光催化分离膜的性能。

9、根据权利要求8所述的光催化分离膜性能测试装置的测试方法，其特征是溶液为  $20\mu\text{mol/L}$  的亚甲基蓝流体或  $20\text{mg/L}$  的苯酚流体。

10、根据权利要求8所述的光催化分离膜性能测试装置的测试方法，其特征是气体为  $5\mu\text{mol/L}$  的甲醛流体或  $5\mu\text{mol/L}$  的三氯乙烯流体。

## 光催化分离膜性能测试装置及其测试方法

**技术领域** 本发明涉及一种测试装置及测试方法，尤其是光催化分离膜性能测试装置及其测试方法。

**背景技术** 光催化技术可以充分利用取之不尽、用之不竭的太阳能，在常温常压、不消耗其他能源和材料的条件下将水分解产生氢气、降解一系列的有机化合物和一些如细菌、病菌、病毒等微生物，从而有效地解决社会可持续发展所面临的可再生能源和环境污染这两个问题。作为实现光催化技术的物质基础，光催化剂的性能起着决定性的作用，在将其实际应用前，如能定量地知悉光催化剂的性能指标，则极利于其效能的充分发挥。为此，人们作了一些尝试和努力，试图建立起相应的测试装置和测试方法，以对光催化剂产品的性能进行定量的测试，如在2003年4月9日公开的中国发明专利申请公开说明书CN 1409109A中披露的一种“纳米粉体材料光催化性能评估方法”。它包括建立光催化装置，配制光催化降解溶液，添加待评估的纳米粉体材料，光催化降解反应，离心、取溶液，测定未吸光度和评估纳米粉体材料光催化性能七个操作步骤，其中的光催化装置由夹层式恒温反应器中置有紫外灯和搅拌子构成。但是，无论是这种评估方法，还是实现方法的装置均存在着不足之处，首先，仅能对纳米粉体材料的光催化性能进行测试，而不能对光催化分离膜的性能进行测试；其次，操作步骤繁杂，极易出错；最后，自动化程度低，不能实时地在线评估。

**发明内容** 本发明要解决的技术问题为克服现有技术中的不足之处，提供一种结构简单、自动化程度高，使用方便的光催化分离膜性能测试装置及其测试方法。

光催化分离膜性能测试装置包括光源、反应容器和其内置的光催化物，特别是(a)所说反应容器包含相连通的待降解物容器和反应物容器，所说光催化物为光催化分离膜，所说光催化分离膜置于所说待降解物容器与反应物容器之间，且将待降解物容器与反应物容器相隔离；(b)所说光源置于待降解物容器一侧，且与光催化分离膜平行设置；(c)所说待降解物容器的进

口处依次连接有流量传感器、电磁调节阀、增减压器和待测物容器，所说反应物容器的出口处连接有检测器，所说流量传感器、电磁调节阀、增减压器和检测器均与计算机电连接。

作为光催化分离膜性能测试装置的进一步改进，所述的光源为可见光或紫外光；所述的可见光为波长为 500nm 的可见光，紫外光为波长为 365nm 的紫外光或波长为 254nm 的紫外光；所述的待降解物容器中置有压力传感器，所说压力传感器与计算机电连接；所述的反应物容器中置有温度传感器，所说温度传感器与计算机电连接；所述的检测器为紫外-可见光分光光度计或气相色谱仪或相应气体的专用气体检测仪；所述的检测器与容器相连接。

光催化分离膜性能测试装置的测试方法包括待降解物的配制和光的催化，特别是方法包含以下步骤：(a) 根据测试目的，配制相应的流体，对于液相的光催化降解反应，配制溶液，对于气相的光催化降解反应，配制气体；(b) 根据测试需要，选择相应的检测器，对于液相流体的光催化降解反应，选择紫外-可见光分光光度计，对于气相流体的光催化降解反应，选择气相色谱仪或相应气体的专用气体检测仪；(c) 根据待测的光催化分离膜的类型，确定光源为可见光或紫外光；(d) 由计算机按设定的流量控制光降解的过程，并由检测器测得降解数据；(e) 由计算机根据配制流体的浓度和测得的数据，按公式  $\rho = \frac{r}{\phi}$  计算出光催化分离膜的光催化量子效率，式中： $\rho$  为催化剂的量子产率、 $r$  为反应速率（每秒反应的分子摩尔数）、 $\phi$  为光子流量（每秒有效光子数）；(f) 由计算机按吸附曲线计算出光催化分离膜的吸附量，从而获得所测试的光催化分离膜的性能。

作为光催化分离膜性能测试装置的测试方法的进一步改进，所述的溶液为 20 $\mu$ mol/L 的亚甲基蓝流体或 20mg/L 的苯酚流体；所述的气体为 5 $\mu$ mol/L 的甲醛流体或 5 $\mu$ mol/L 的三氯乙烯流体。

相对于现有技术的有益效果是，其一，采用将光催化分离膜置于待降解物容器与反应物容器之间，并将两者相隔离，光源置于待降解物容器一侧，且与光催化分离膜平行设置的结构，为使用液相流体或气相流体待降解物测试光催化分离膜奠定了物质基础。选用于待降解物容器的进口处依次连接流

量传感器、电磁调节阀、增减压器和待测物容器，反应物容器的出口处连接检测器，且流量传感器、电磁调节阀、增减压器和检测器均与计算机电连接的构造，增加了测试装置的自动化程度，使测试的过程具有了智能化；其二，测试装置的整体结构简单、造价低，运行可靠，测试和分析的种类齐全，既能测试光催化分离膜对液相流体的降解性能、又能测试其对气相流体的降解性能，且测试的速度快，数据重现性好；其三，测试方法科学可行，且贴近和涵盖了被测试的光催化分离膜可能的使用范围，测试的步骤简洁，测定的数据真实可靠，可作为被测光催化分离膜实际使用时的直接依据。

作为有益效果的进一步体现，一是光源为可见光或紫外光，可见光的波长优选为 500nm 的可见光，紫外光的波长优选为 365nm 的紫外光或 254nm 的紫外光，既使被测试的光催化分离膜的受光范围得到了较大的扩展，又对常用的被测试的光催化分离膜的光敏性具有了针对性；二是待降解物容器和反应物容器中还分别置有与计算机电连接的压力传感器和温度传感器，它们均提升了测试装置的智能化程度，使测得的结果更具有了可比性；三是检测器采用紫外-可见光分光光度计或气相色谱仪或相应气体的专用气体检测仪，使其不仅能适用于液相光催化降解反应的测试，也能适用于气相光催化降解反应的测试；四是溶液选用 20 $\mu\text{mol/L}$  的亚甲基蓝流体或 20mg/L 的苯酚流体，完全有代表性地测试出了光催化分离膜于液相流体条件下的性能；五是气体选为 5 $\mu\text{mol/L}$  的甲醛流体或 5 $\mu\text{mol/L}$  的三氯乙烯流体，即可有代表性地测试出光催化分离膜于气相流体条件下的性能。

附图说明 下面结合附图对本发明的优选方式作进一步详细的描述。

图 1 是本发明光催化分离膜性能测试装置的一种基本结构示意图；

图 2 是亚甲基蓝于图 1 所示测试装置上被待测光催化分离膜降解前后的浓度变化图，其中，横坐标为时间，纵坐标为浓度，图中的 A 点为光照的起始点；

图 3 是亚甲基蓝于图 1 所示测试装置上被待测光催化分离膜降解前后的压力变化图，其中，横坐标为时间，纵坐标为压力，图中的 A 点为光照的起始点。

具体实施方式 参见图 1，光催化分离膜性能测试装置的构造为：光催

化分离膜 3 置于相连通的待降解物容器 2 和反应物容器 6 之间, 并将其相隔离。光源 1 置于待降解物容器 2 一侧, 且与光催化分离膜 3 平行设置; 其中, 光源 1 根据被测试的光催化分离膜来选用可见光或紫外光, 若选可见光, 则选波长为 500nm 的可见光, 若选紫外光, 则选波长为 365nm 的紫外光或波长为 254nm 的紫外光。待降解物容器 2 中置有压力传感器 9, 待降解物容器 2 的进口处依次连接有流量传感器 10、电磁调节阀 11、增减压器 12 和待测物容器 13。反应物容器 6 中置有温度传感器 7, 反应物容器 6 的出口处依次连接有检测器 4 和容器 5; 其中, 检测器 4 为紫外-可见光分光光度计 (当用液相流体降解测试时; 若用气相流体降解测试时, 则使用气相色谱仪或相应气体的专用气体检测仪)。上述压力传感器 9、流量传感器 10、电磁调节阀 11、增减压器 12、检测器 4 和温度传感器 7 均与计算机 8 电连接。

参见图 1、图 2 和图 3, 光催化分离膜性能测试装置的测试方法为:

实施例 1: 按以下步骤依次完成测试: a) 根据测试二氧化钛光催化分离膜降解液相亚甲基蓝的活性之目的, 配制  $20\mu\text{mol/L}$  的亚甲基蓝溶液后将其置于待测物容器中。b) 选择检测器为紫外-可见光分光光度计, 用于测试反应后的亚甲基蓝溶液的浓度。c) 将待测试的光催化分离膜安装于相连通的待降解物容器和反应物容器之间, 并将其相隔离。确定光源为紫外光, 其波长选为 365nm、光子流量选为每秒  $6.94 \times 10^{-7}$  摩尔光子, 将该紫外光源安装在待降解物容器一侧, 且与光催化分离膜平行设置。d) 由计算机按设定的  $1\text{m}^3/\text{h}$  的流量控制光降解的过程, 计算机根据实际流量与设定流量的差发出信号调节电磁调节阀以保持流量的稳定。其中的亚甲基蓝在紫外光源和光催化分离膜的共同作用下被降解, 降解后的亚甲基蓝溶液流经紫外-可见光分光光度计得到反应物容器出口处的亚甲基蓝浓度变化曲线, 紫外-可见光分光光度计的输出由计算机记录并控制降解的进程。e) 由计算机根据亚甲基蓝溶液降解前后的浓度差, 得出反应速率为每秒反应  $1.388 \times 10^{-8}$  摩尔分子, 光催化分离膜的光催化量子效率为 2% (由公式  $\rho = \frac{r}{\phi}$  计算出)。f) 由计算机

以待测试的光催化分离膜于无光照时对亚甲基蓝引起的浓度变化曲线是其对亚甲基蓝的吸附曲线, 计算出被测试的光催化分离膜的吸附量为 0.01mg, 从

而获得所测试的光催化分离膜的性能。

实施例 2: 按以下步骤依次完成测试: a) 根据测试二氧化钛光催化分离膜降解液相苯酚的活性之目的, 配制 20mg/L 的苯酚溶液后将其置于待测物容器中。b) 选择检测器为紫外-可见分光光度计, 用于测试反应后的苯酚溶液的浓度。c) 将待测试的光催化分离膜安装于相连通的待降解物容器和反应物容器之间, 并将其相隔离。确定光源为紫外光, 其波长选为 254nm、光子流量选为每秒  $8.02 \times 10^{-7}$  摩尔光子, 将该紫外光源安装在待降解物容器一侧, 且与光催化分离膜平行设置。d) 由计算机按设定的  $0.5\text{m}^3/\text{h}$  的流量控制光降解的过程, 计算机根据实际流量与设定流量的差发出信号调节电磁调节阀以保持流量的稳定。其中的苯酚在紫外光源和光催化分离膜的共同作用下被降解, 降解后的苯酚溶液流经紫外-可见分光光度计得到反应物容器出口处的苯酚浓度变化曲线, 紫外-可见分光光度计的输出由计算机记录并控制降解的进程。e) 由计算机根据苯酚溶液降解前后的浓度差, 得出反应速率为每秒反应  $1.604 \times 10^{-9}$  摩尔分子, 光催化分离膜的光催化量子效率为 0.2% (由公式  $\rho = \frac{r}{\phi}$  计算出)。f) 由计算机以待测试的光催化分离膜于无光

照时对苯酚引起的浓度变化曲线是其对苯酚的吸附曲线, 计算出被测试的光催化分离膜的吸附量为  $10^{-4}\text{mg}$ , 从而获得所测试的光催化分离膜的性能。

实施例 3: 按以下步骤依次完成测试: a) 根据测试二氧化钛光催化分离膜降解气相甲醛的活性之目的, 配制  $5\mu\text{mol}/\text{L}$  的甲醛气体后将其置于待测物容器中。b) 选择检测器为甲醛专用气体检测仪, 用于测试反应后的甲醛气体的浓度。c) 将待测试的光催化分离膜安装于相连通的待降解物容器和反应物容器之间, 并将其相隔离。确定光源为紫外光, 其波长选为 254nm、光子流量选为每秒  $6.94 \times 10^{-7}$  摩尔光子, 将该紫外光源安装在待降解物容器一侧, 且与光催化分离膜平行设置。d) 由计算机按设定的  $1\text{m}^3/\text{h}$  的流量控制光降解的过程, 计算机根据实际流量与设定流量的差发出信号调节电磁调节阀以保持流量的稳定。其中的甲醛气体在紫外光源和光催化分离膜的共同作用下被降解, 降解后的甲醛气体流经甲醛专用气体检测仪得到反应物容器出口处的甲醛浓度变化曲线, 甲醛专用气体检测仪的输出由计算机记录并控



制降解的进程。e) 由计算机根据甲醛气体降解前后的浓度差, 得出反应速率为每秒反应  $3.47 \times 10^{-8}$  摩尔分子, 光催化分离膜的光催化量子效率为 5% (由公式  $\rho = \frac{r}{\phi}$  计算出)。f) 由计算机以待测试的光催化分离膜于无光照时对甲醛引起的浓度变化曲线是其对甲醛的吸附曲线, 计算出被测试的光催化分离膜的吸附量为  $10^{-6}$ mg, 从而获得所测试的光催化分离膜的性能。

实施例 4: 按以下步骤依次完成测试: a) 根据测试掺杂的二氧化钛光催化分离膜降解气相三氯乙烯的活性之目的, 配制  $5\mu\text{mol/L}$  的三氯乙烯气体后将其置于待测物容器中。b) 选择检测器为气相色谱仪, 用于测试反应后的三氯乙烯气体的浓度。c) 将待测试的光催化分离膜安装于相连通的待降解物容器和反应物容器之间, 并将其相隔离。确定光源为紫外光, 其波长选为 500nm、光子流量选为每秒  $5.12 \times 10^{-7}$  摩尔光子, 将该紫外光源安装在待降解物容器一侧, 且与光催化分离膜平行设置。d) 由计算机按设定的  $1\text{m}^3/\text{h}$  的流量控制光降解的过程, 计算机根据实际流量与设定流量的差发出信号调节电磁调节阀以保持流量的稳定。其中的三氯乙烯气体在紫外光源和光催化分离膜的共同作用下被降解, 降解后的三氯乙烯气体流经气相色谱仪得到反应物容器出口处的三氯乙烯浓度变化曲线, 气相色谱仪的输出由计算机记录并控制降解的进程。e) 由计算机根据三氯乙烯气体降解前后的浓度差, 得出反应速率为每秒反应  $1.536 \times 10^{-8}$  摩尔分子, 光催化分离膜的光催化量子效率为 3% (由公式  $\rho = \frac{r}{\phi}$  计算出)。f) 由计算机以待测试的光催化分离膜于无光照时对三氯乙烯引起的浓度变化曲线是其对三氯乙烯的吸附曲线, 计算出被测试的光催化分离膜的吸附量为  $10^{-5}$ mg, 从而获得所测试的光催化分离膜的性能。

显然, 本领域的技术人员可以对本发明的光催化分离膜性能测试装置及其测试方法进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样, 倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内, 则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

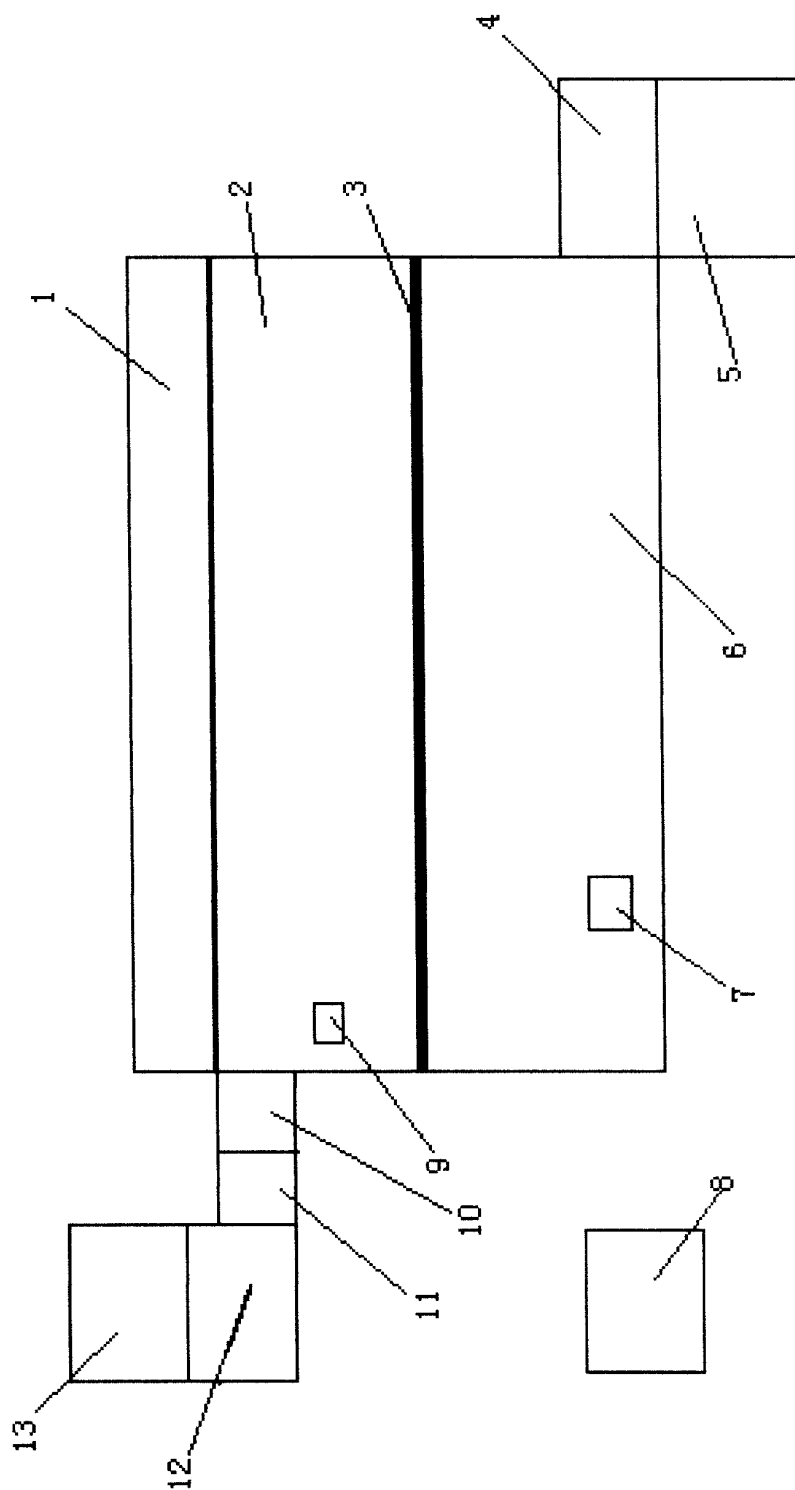


图 1

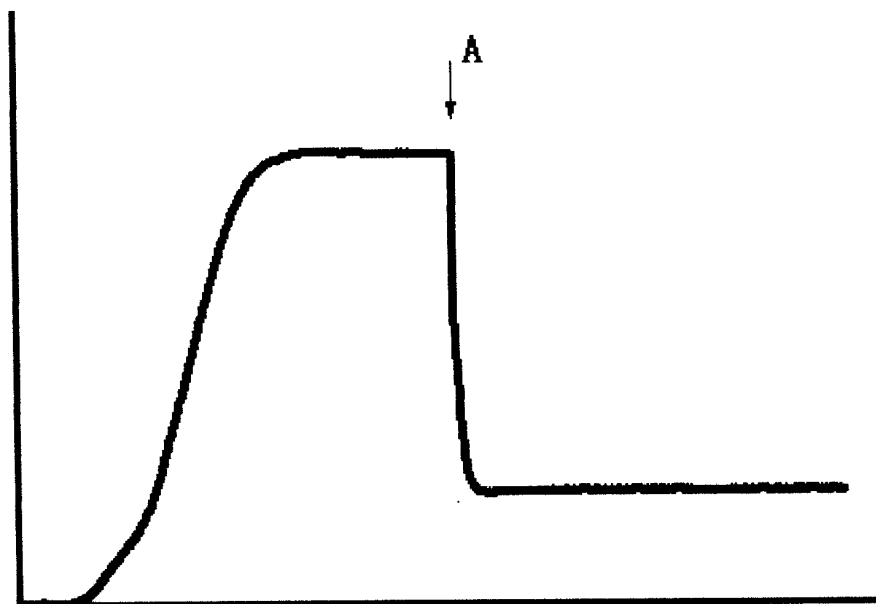


图 2

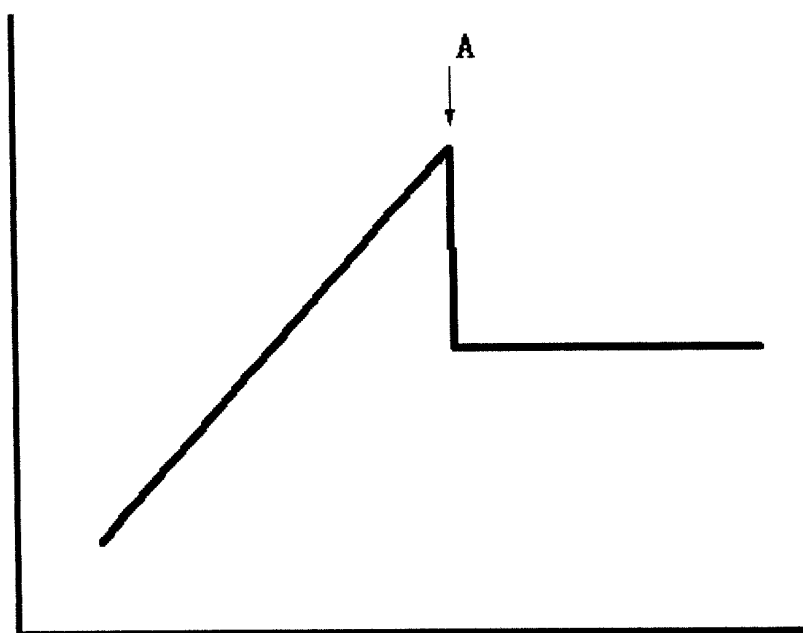


图 3