



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109133070 A

(43)申请公布日 2019.01.04

(21)申请号 201810989421.X

(22)申请日 2018.08.28

(71)申请人 浙江工业大学

地址 310014 浙江省杭州市下城区朝晖六区潮王路18号

(72)发明人 王建国 宋鑫 包志康 杨骏

(74)专利代理机构 杭州浙科专利事务所(普通合伙) 33213

代理人 余培养

(51)Int.Cl.

C01B 33/143(2006.01)

C01B 33/158(2006.01)

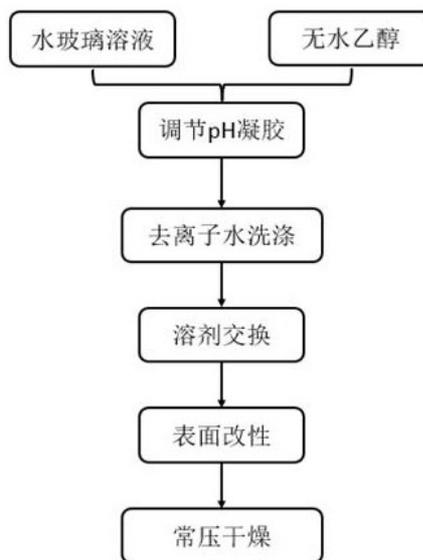
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法

(57)摘要

本发明公开了一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,它包括以下步骤:1)将水玻璃与水混合,滴入盐酸水溶液调节pH值,搅拌,加入无水乙醇继续搅拌,得混合物;2)步骤1)的混合物中滴加入稀氨水溶液调节pH值,待溶胶液体逐渐凝固后,于水浴下进行老化,形成块状凝胶;3)将步骤2)的块状凝胶碾碎,依次经去离子水和无水乙醇洗涤后抽滤,滤渣浸入改性液中搅拌,得改性混合液;4)将步骤3)的改性混合液静置分层,取上层液浸入到正己烷中搅拌洗涤后抽滤,滤渣常压干燥,即制得所述疏水二氧化硅气凝胶。本发明以廉价的水玻璃为原料,所得二氧化硅气凝胶具有三维网络结构的完整性,极大缩短了二氧化硅气凝胶的制备时间。



1. 一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征包括以下步骤:

1) 将水玻璃溶液与水混合,缓慢滴加入盐酸水溶液至pH值为2~4,然后一并倒入烧杯中,进行搅拌形成硅溶胶,加入无水乙醇,继续搅拌,得混合物;

2) 步骤1)的混合物中缓慢滴加入稀氨水溶液调至pH值为7~8.5,静置待溶胶液体逐渐凝固后,将所述烧杯置于40~50℃的水浴中,加热20~40min,进行老化,烧杯中形成块状凝胶;

3) 将步骤2)老化后得到的块状凝胶碾碎,加入去离子水搅拌洗涤1~2h,进行抽滤,滤渣浸入无水乙醇中搅拌0.5~1.5h进行溶剂交换,再进行抽滤,滤渣浸入改性液中搅拌0.5~1h,得改性混合液;

4) 将步骤3)的改性混合液静置分层,取上层液浸入到正己烷中搅拌洗涤20~40min后,进行抽滤,滤渣常压干燥,即制得所述疏水二氧化硅气凝胶。

2. 根据权利要求1所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在步骤1)中,水玻璃溶液与水进行混合的体积比为1:1~2。

3. 根据权利要求1所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在步骤1)中,硅溶胶与无水乙醇的体积比为1:1~5,所述硅溶胶中加入无水乙醇搅拌5~15min。

4. 根据权利要求1所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在步骤1)中,盐酸水溶液的浓度为1.5~2.5mol/L,优选为2mol/L;所述盐酸水溶液的滴加速度为2滴/s。

5. 根据权利要求1所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在步骤2)中,稀氨水溶液的浓度为0.2~0.6mol/L;所述稀氨水溶液的滴加速度为2滴/s。

6. 根据权利要求1所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在步骤3)中,碾碎后的块状凝胶的质量与去离子水的体积比为1:1~2,其中质量的单位为g,体积单位为mL。

7. 根据权利要求1所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在步骤3)中滤渣浸入无水乙醇中搅拌时,滤渣的质量与无水乙醇的体积的比为1:0.7~1.5,其中质量的单位为g,体积单位为mL。

8. 根据权利要求1所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在步骤3)中,改性液为由正己烷与三甲基氯硅烷构成的混合液;所述改性液中,正己烷与三甲基氯硅烷的体积比为8~12:1,优选为10:1;滤渣浸入所述改性液中搅拌时,滤渣的质量与改性液的体积的比为1:1~2,其中质量的单位为g,体积单位为mL。

9. 根据权利要求1所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在步骤4)中,上层液与正己烷的体积比为1:0.5~1.5。

10. 根据权利要求1所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在步骤4)制得的疏水二氧化硅气凝胶的振实密度为0.149~0.164g/cm³,孔隙率为93~94%,平均孔径为20~30 nm。

一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法

技术领域

[0001] 本发明属于无机材料技术领域,具体涉及一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法。

背景技术

[0002] 气凝胶是由纳米粒子相互聚结组成的具有三维网状结构的一类固体纳米多孔性材料,它是由湿凝胶在保持其孔隙和空间网状结构不被破坏的基础上将其孔隙中的液体用空气取代后所得的产物。气凝胶是目前世界上密度和热导率最小的固体材料。

[0003] 气凝胶行业在过去几十年里的快速发展,如今大多数二氧化硅气凝胶的制备以硅醇盐作为前驱体。最常见的硅醇盐是正硅酸甲酯和正硅酸乙酯,通过硅醇盐的水解和缩聚使纳米粒子交联起来形成三维网状结构;气凝胶的干燥方式也是气凝胶制备的重要步骤之一,目前最常见的干燥方式为超临界干燥,超临界干燥是一种以精确控制的方式去除湿凝胶中液体的方法。但是,以硅醇盐作为前驱体,价格十分昂贵,这是导致了目前气凝胶行业不够普及的原因之一;同样,使用超临界干燥的方法干燥湿凝胶,超临界干燥也存在着安全系数低、条件苛刻等缺点,限制了气凝胶材料的产业化和大规模应用,随着常压干燥的出现,越来越多人开始用常压干燥法制备气凝胶,但是常压干燥的方法需要长时间的溶剂交换过程,处理过程需要3天至15天不等,也很大程度上制约的大规模生产。

发明内容

[0004] 针对现有技术存在的上述技术问题,本发明的目的在于提供一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,本发明以廉价的水玻璃为原料,在制备的疏水二氧化硅气凝胶的性能较好的前提下,极大的缩短了所述疏水二氧化硅气凝胶的制备时间。

[0005] 所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 将水玻璃溶液与水混合,缓慢滴加入盐酸水溶液至pH值为2~4,然后一并倒入烧杯中,进行搅拌形成硅溶胶,加入无水乙醇,继续搅拌,得混合物;

2) 步骤1)的混合物中缓慢滴加入稀氨水溶液调至pH值为7~8.5,静置待溶胶液体逐渐凝固后,将所述烧杯置于40~50℃的水浴中,加热20~40min,进行老化,烧杯中形成块状凝胶;

3) 将步骤2)老化后得到的块状凝胶碾碎,加入去离子水搅拌洗涤1~2h,进行抽滤,滤渣浸入无水乙醇中搅拌0.5~1.5h进行溶剂交换,再进行抽滤,滤渣浸入改性液中搅拌0.5~1h,得改性混合液;

4) 将步骤3)的改性混合液静置分层,取上层液浸入到正己烷中搅拌洗涤20~40min后,进行抽滤,滤渣常压干燥,即制得所述疏水二氧化硅气凝胶。

[0006] 所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在于步骤1)中,水玻璃溶液与水进行混合的体积比为1:1~2。

[0007] 所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在于步骤1)中,硅溶胶与无水乙醇的体积比为1:1~5,所述硅溶胶中加入无水乙醇搅拌5~15min。

[0008] 所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在于步骤1)中,盐酸水溶液的浓度为1.5~2.5mol/L,优选为2mol/L;所述盐酸水溶液的滴加速度为2滴/s。

[0009] 所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在于步骤2)中,稀氨水溶液的浓度为0.2~0.6mol/L;所述稀氨水溶液的滴加速度为2滴/s。

[0010] 所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在于步骤3)中,碾碎后的块状凝胶的质量与去离子水的体积比为1:1~2,其中质量的单位为g,体积单位为mL。

[0011] 所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在于步骤3)中滤渣浸入无水乙醇中搅拌时,滤渣的质量与无水乙醇的体积的比为1:0.7~1.5,其中质量的单位为g,体积单位为mL。

[0012] 所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在于步骤3)中,改性液为由正己烷与三甲基氯硅烷构成的混合液;所述改性液中,正己烷与三甲基氯硅烷的体积比为8~12:1,优选为10:1;滤渣浸入所述改性液中搅拌时,滤渣的质量与改性液的体积的比为1:1~2,其中质量的单位为g,体积单位为mL。

[0013] 所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在于步骤4)中,上层液与正己烷的体积比为1:0.5~1.5。

[0014] 所述的一种以水玻璃为原料超快速常压制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,其特征在于步骤4)制得的疏水二氧化硅气凝胶的振实密度为0.149~0.164g/cm³,孔隙率为93~94%,平均孔径为20~30 nm。

[0015] 相对于现有技术,本发明取得的有益效果如下:

1) 本发明以水玻璃这种廉价材料为原料,制备出疏水性的二氧化硅气凝胶,在保证品质的同时,大大降低了使用有机硅源产生的昂贵成本,具有很高的实用价值;

2) 本发明制得的疏水二氧化硅气凝胶经过老化、表面改性、溶剂交换等步骤,保护了凝胶三维网络结构的完整性,同时降低了常压干燥时存在的液体表面张力(改性液中三甲基氯硅烷含有大量甲基等疏水基团可以连接到分子骨架表面,对非极性的水分子有排斥作用,在干燥时防止由于液体表面张力而带来的孔道坍塌的问题),大大缩短了干燥时间;

3) 本发明制备的疏水二氧化硅气凝胶,通过凝胶粉碎、将无机离子洗涤等步骤(通过去离子水对凝胶孔道中残存的无机盐类进行洗涤,使得在表面疏水改性步骤中,疏水基团能很好的连接在孔道表面,产品在干燥过程中,水分能够更好地挥发,凝胶保持较好的孔道;),极大的缩减了整个制备流程所需的时间,整个制备过程可降低至8小时之内,相对于现有技术极大的缩短了疏水二氧化硅气凝胶的制备时间,对于大规模生产有着极大的现实意义;

4) 本发明提供了一种以工业水玻璃为原料超快速制备疏水二氧化硅气凝胶的方法,包

括:向制得的硅溶胶中加入乙醇,促进凝胶;碾碎的凝胶浸入去离子水中进行搅拌洗涤,以对凝胶孔道中的无机盐类进行洗涤;经去离子水洗涤后的凝胶,再经无水乙醇进行溶剂交换,以将孔道内大部分水交换出来,在干燥过程中降低溶剂的表面张力,然后对凝胶进行表面改性,使凝胶表面由亲水性变为疏水性,可以超快速的制备出廉价的疏水二氧化硅气凝胶;

5) 本发明提供的疏水二氧化硅气凝胶制备条件温和,对设备要求不高,日常能耗较小,整个工艺程序用时短,提高了生产效率,降低成本,易于工业化。

附图说明

[0016] 图1是本发明实施工艺流程图;

图2是本发明实施例1中制得的疏水二氧化硅气凝胶的SEM图;

图3是本发明实例1制得的疏水二氧化硅气凝胶的FTIR图。

具体实施方式

[0017] 下面结合具体实施例对本发明作进一步说明,但本发明的保护范围并不限于此。

[0018] 以下实施例1~4和对比例1~2中:

改性液为由正己烷与三甲基氯硅烷按体积比为10:1组成的混合液;工业级水玻璃溶液的质量浓度为25%-27%(水玻璃溶液为硅酸钠水溶液);质量的单位为g,体积的单位为mL。

[0019] 实施例1:

制备疏水二氧化硅气凝胶,包括以下步骤:

1) 工业级水玻璃溶液与水按体积比1:1混合后,按2滴/s的速度滴入浓度为1.5mol/L的盐酸水溶液调至pH值为2,然后一并倒入烧杯中,进行搅拌形成硅溶胶,硅溶胶中按体积比1:1加入无水乙醇继续搅拌5min,得混合物;

2) 步骤1)的混合物中,缓慢滴加入浓度为0.2mol/L稀氨水溶液调至pH值为7(滴加速度为2滴/s),静置待烧杯中溶胶液体逐渐凝固后,将所述烧杯置于40℃的水浴中,加热20min,进行老化,烧杯中形成块状凝胶;

3) 将步骤2)老化后得到的块状凝胶碾碎,加入去离子水(块状凝胶的质量与去离子水的体积比1:1),进行搅拌洗涤1h,抽滤,滤渣浸入无水乙醇中搅拌0.5h进行溶剂交换后(其中滤渣的质量与所述无水乙醇的体积的比为1:0.7),再进行抽滤,滤渣浸入改性液中搅拌1h(滤渣浸入改性液中,所述滤渣的质量与所述改性液的体积的比为1:1),得改性混合液;

4) 将步骤3)的改性混合液静置分层,取所述改性混合液分层后的上层液,按体积比1:0.5浸入到正己烷中搅拌洗涤20min(即上层液与正己烷的体积比为1:0.5),进行抽滤,滤渣在60℃下常压干燥1h,即制得所述疏水二氧化硅气凝胶。

[0020] 对本实施例制得的疏水二氧化硅气凝胶进行扫描电子显微镜(SEM)分析表征,结果如图2所示;从图2中可以看出,该气凝胶是由很多纳米级的粒子连接而成,粒径分布较为均,属于典型的三维网状纳米多孔结构。同时孔道分布均匀且密集,也可证明其有着较高的孔隙率;

对本实施例制得的疏水二氧化硅气凝胶进行傅里叶红外(FTIR)分析表征,结果如图3所示;从图3可以看出,在波数2961 cm^{-1} 处为Si-CH₃的伸缩振动峰;在1096 cm^{-1} 处强而宽的

峰为Si-O-Si振动峰。可以看出,该气凝胶是由大量Si-O-Si组成的三维网状结构,同时还具有很多起疏水作用的甲基存在。

[0021] 实施例2:

制备疏水二氧化硅气凝胶,包括以下步骤:

1)工业级水玻璃溶液与水按体积比1:2混合后,按2滴/s的速度滴加入浓度为2.5mol/L的盐酸水溶液调至pH值为4,然后一并倒入烧杯中,进行搅拌形成硅溶胶,硅溶胶中按体积比1:1.5加入无水乙醇继续搅拌5min,得混合物;

2)步骤1)的混合物中,缓慢滴加入浓度为0.6mol/L稀氨水溶液调至pH值为8.5(滴加速度为2滴/s),静置待烧杯中溶胶液体逐渐凝固后,将所述烧杯置于50℃的水浴中,加热40min,进行老化,烧杯中形成块状凝胶;

3)将步骤2)老化后得到的块状凝胶碾碎,加入去离子水(块状凝胶的质量与去离子水的体积比1:2),进行搅拌洗涤2h,抽滤,滤渣浸入无水乙醇中搅拌1h进行溶剂交换后(滤渣的质量与所述无水乙醇的体积的比为1:1.5),再进行抽滤,滤渣浸入改性液中搅拌1h(滤渣浸入改性液中,所述滤渣的质量与所述改性液的体积的比为1:2),得改性混合液;

4)将步骤3)的改性混合液静置分层,取所述改性混合液分层后的上层液,按体积比1:1.5浸入到正己烷中搅拌洗涤40min后,进行抽滤,滤渣在70℃下常压干燥1h,即制得所述疏水二氧化硅气凝胶。

[0022] 实施例3:

制备疏水二氧化硅气凝胶,包括以下步骤:

1)工业级水玻璃溶液与水按体积比1:1.5混合后,缓慢滴加入浓度为2mol/L的盐酸水溶液调至pH值为3(滴加速度为2滴/s),然后一并倒入烧杯中,进行搅拌形成硅溶胶,硅溶胶中按体积比1:1.2加入无水乙醇继续搅拌10min,得混合物;

2)步骤1)的混合物中,缓慢滴加入浓度为0.6mol/L稀氨水溶液调至pH值为8(滴加速度为2滴/s),静置待烧杯中溶胶液体逐渐凝固后,将所述烧杯置于45℃的水浴中,加热30min,进行老化,烧杯中形成块状凝胶;

3)将步骤2)老化后得到的块状凝胶碾碎,加入去离子水(块状凝胶的质量与去离子水的体积比1:1.5),进行搅拌洗涤1.5h,抽滤,滤渣浸入无水乙醇中搅拌1h进行溶剂交换后(滤渣的质量与所述无水乙醇的体积的比为1:1),再进行抽滤,滤渣浸入改性液中搅拌0.5h(滤渣浸入改性液中,所述滤渣的质量与所述改性液的体积的比为1:1.7),得改性混合液;

4)将步骤3)的改性混合液静置分层,取所述改性混合液分层后的上层液,按体积比1:1浸入到正己烷中搅拌洗涤30min后,进行抽滤,滤渣在65℃下常压干燥1h,即制得所述疏水二氧化硅气凝胶。

[0023] 实施例4:

制备疏水二氧化硅气凝胶,包括以下步骤:

1)工业级水玻璃溶液与水按体积比1:2混合后,缓慢滴加入浓度为2mol/L的盐酸水溶液调至pH值为2(滴加速度为2滴/s),然后一并倒入烧杯中,进行搅拌形成硅溶胶,硅溶胶中按体积比1:1.3加入无水乙醇继续搅拌12min,得混合物;

2)步骤1)的混合物中,缓慢滴加入浓度为0.5mol/L稀氨水溶液调至pH值为8(滴加速度为2滴/s),静置待烧杯中溶胶液体逐渐凝固后,将所述烧杯置于45℃的水浴中,加热35min,

进行老化,烧杯中形成块状凝胶;

3)将步骤2)老化后得到的块状凝胶碾碎,加入去离子水(块状凝胶的质量与去离子水的体积比1:1.8),进行搅拌洗涤1.5h,抽滤,滤渣浸入无水乙醇中搅拌1h进行溶剂交换后(滤渣的质量与所述无水乙醇的体积的比为1:1.2),再进行抽滤,滤渣浸入改性液中搅拌0.5h(滤渣浸入改性液中,所述滤渣的质量与所述改性液的体积的比为1:1.3),得改性混合液;

4)将步骤3)的改性混合液静置分层,取所述改性混合液分层后的上层液,按体积比1:1.1浸入到正己烷中搅拌洗涤20min后,进行抽滤,滤渣在70℃下常压干燥1h,即制得所述疏水二氧化硅气凝胶。

[0024] 对比例1:

制备疏水二氧化硅气凝胶,包括以下步骤:

1)工业级水玻璃溶液与水按体积比1:1.5混合后,缓慢滴加入浓度为2mol/L的盐酸水溶液调至pH值为3(滴加速度为2滴/s),然后一并倒入烧杯中,进行搅拌形成硅溶胶,硅溶胶中按体积比1:1.2加入无水乙醇继续搅拌10min,得混合物;

2)步骤1)的混合物中,缓慢滴加入浓度为0.6mol/L稀氨水溶液调至pH值为8(滴加速度为2滴/s),静置待烧杯中溶胶液体逐渐凝固后,将所述烧杯置于45℃的水浴中,加热30min,进行老化,烧杯中形成块状凝胶;

3)将步骤2)老化后得到的块状凝胶碾碎后,浸入无水乙醇中搅拌1小时进行溶剂交换(块状凝胶的质量与无水乙醇的体积的比为1:1.5),抽滤,滤渣浸入改性液中搅拌0.5h(滤渣浸入改性液中,所述滤渣的质量与所述改性液的体积的比为1:1.7),得改性混合液;

4)将步骤3)的改性混合液静置分层,取所述改性混合液分层后的上层液,按体积比1:1浸入到正己烷中搅拌洗涤30min后,进行抽滤,滤渣在65℃下常压干燥1h,即制得所述疏水二氧化硅气凝胶。

[0025] 对比例2:

制备疏水二氧化硅气凝胶,包括以下步骤:

1)工业级水玻璃溶液与水按体积比1:2混合后,缓慢滴加入浓度为2mol/L的盐酸水溶液调至pH值为2(滴加速度为2滴/s),然后一并倒入烧杯中搅拌,得硅溶胶;

2)步骤1)的硅溶胶中,缓慢滴加入浓度为0.5mol/L稀氨水溶液调至pH值为8(滴加速度为2滴/s),静置待烧杯中溶胶液体逐渐凝固后,将所述烧杯置于45℃的水浴中,加热35min,进行老化,烧杯中形成块状凝胶;

3)将步骤2)老化后得到的块状凝胶碾碎,加入去离子水(块状凝胶的质量与去离子水的体积比1:1.8),搅拌洗涤1.5小时,将洗涤后的凝胶颗粒进行抽滤,滤渣浸入无水乙醇中搅拌1h进行溶剂交换后(滤渣的质量与所述无水乙醇的体积的比为1:1.2),抽滤,滤渣浸入改性液中搅拌0.5h(滤渣浸入改性液中,所述滤渣的质量与所述改性液的体积的比为1:1.1),得改性混合液;

4)将步骤3)的改性混合液静置分层,取所述改性混合液分层后的上层液,按体积比1:1.1浸入到正己烷中搅拌洗涤20min后,进行抽滤,滤渣在70℃下常压干燥1h,即制得所述疏水二氧化硅气凝胶。

[0026] 对实施例1~4和对比例1~2制备的疏水二氧化硅气凝胶进行性能测试,检测其振实

密度、平均孔径和孔隙率,检测结果如表1所示;表1中振实密度的检测标准为GB/T 21354-2008。

[0027] 表1疏水二氧化硅气凝胶的性能参数

分组	振实密度	平均孔径	孔隙率
实施例1	0.149g/cm ³	20nm	94%
实施例2	0.164g/cm ³	20nm	93%
实施例3	0.152g/cm ³	30nm	93%
实施例4	0.160g/cm ³	30nm	93%
对比例1	0.347g/cm ³	少孔	84%
对比例2	0.423g/cm ³	少孔	81%

对比例1~2所制得的气凝胶产品,样品有着明显发黄的现象。

[0028] 从表1可以得出,对比例1~2所制得的气凝胶产品密度较大,孔隙率较低,这是由于比较例1中没有使用去离子水,对凝胶孔道中残存的无机盐类进行洗涤,导致在表面疏水改性步骤中疏水基团不能很好的连接在孔道表面,使得产品在干燥过程中因为水的存在导致凝胶孔道坍塌;比较例2的步骤1)中未向溶胶中加入一定量的无水乙醇,导致制得的凝胶骨架比较单薄,产品在干燥过程中不能承受溶剂蒸发所带来的表面张力,导致凝胶孔道坍塌。这说明在制备疏水二氧化硅气凝胶时向溶胶中加入一定量的无水乙醇及对凝胶孔道中的无机盐类的洗涤操作十分必要;

而本发明实施例1~4的结果证明,通过本发明限定的方法,可以以廉价的工业水玻璃为原料,且极大的缩减了制备的时间,提高了生产效率,制得的疏水二氧化硅气凝胶振实密度0.164g/cm³以下,平均孔径不大于30nm,其孔隙率93%以上。

[0029] 本说明书所述的内容仅仅是对发明构思实现形式的列举,本发明的保护范围不应当被视为仅限于实施例所陈述的具体形式,本发明的保护范围也仅仅于本领域技术人员根据本发明构思所能够想到的等同技术手段。

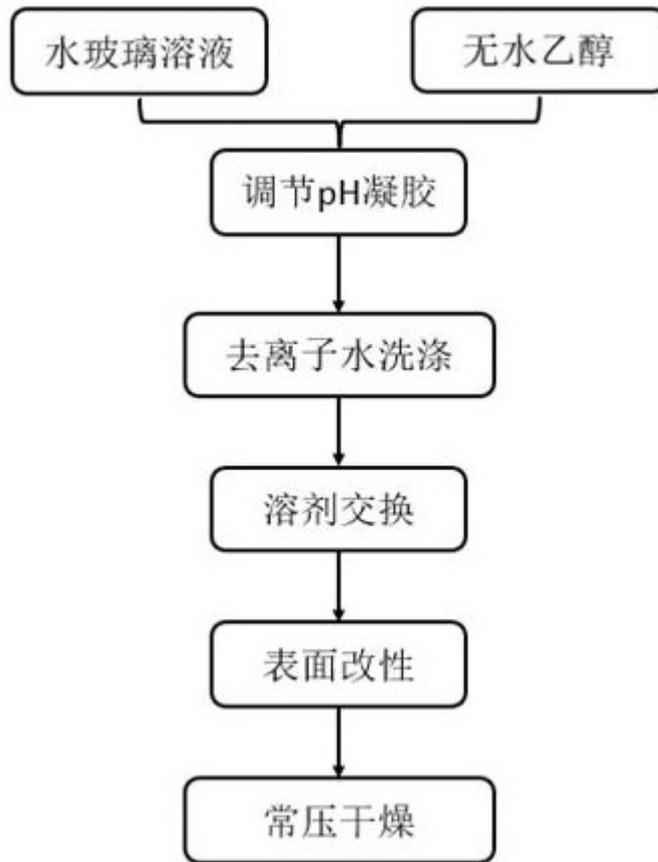


图1

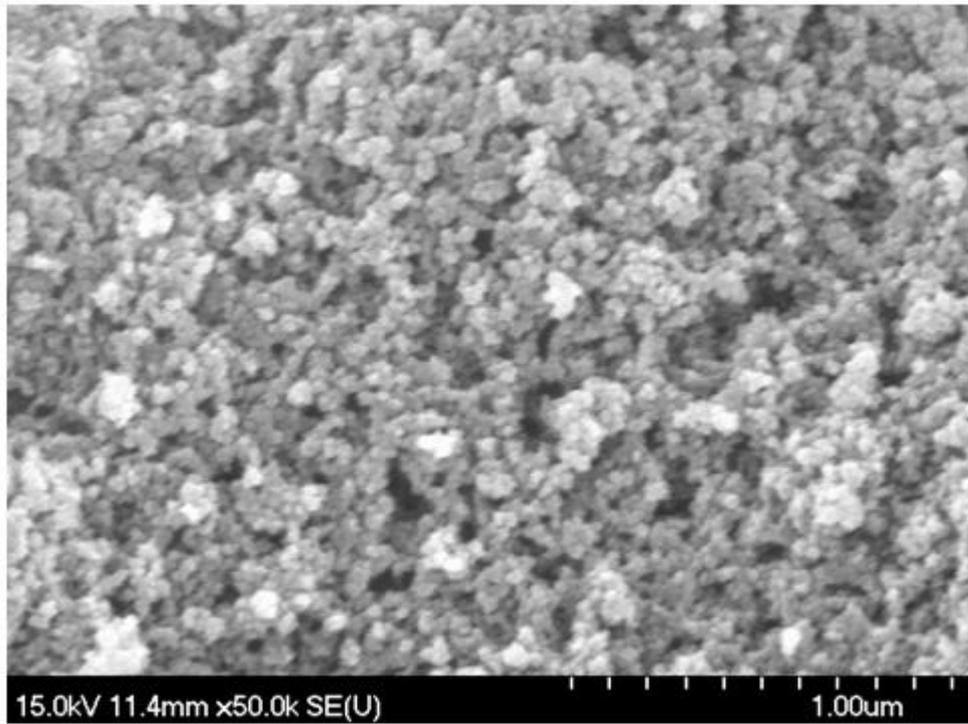


图2

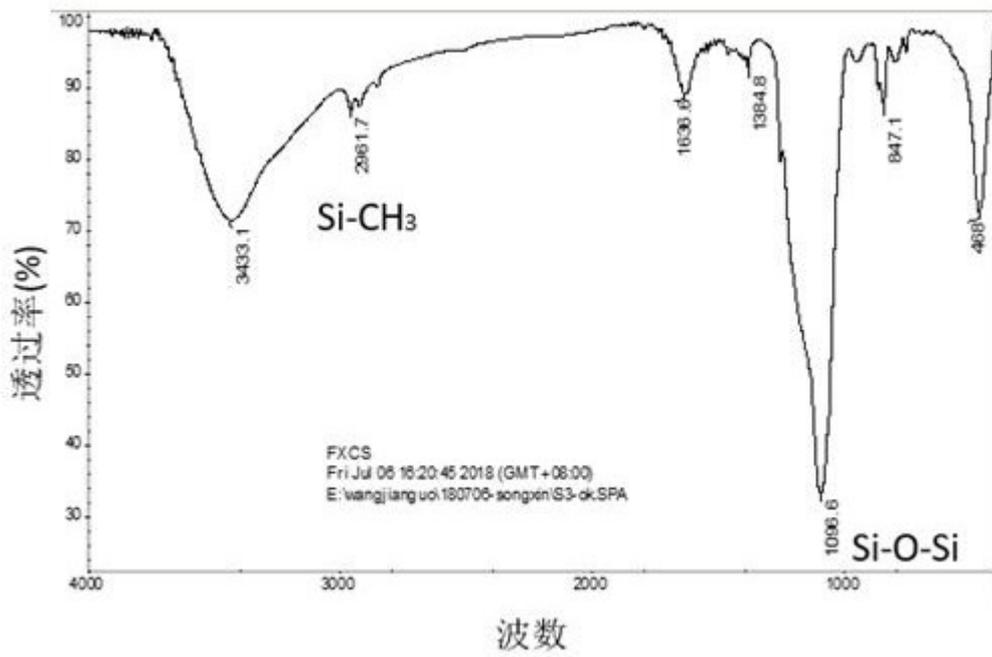


图3