



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115304787 A

(43) 申请公布日 2022. 11. 08

(21) 申请号 202111575492.3

(22) 申请日 2021.12.22

(71) 申请人 浙江理工大学

地址 310000 浙江省杭州市江干区杭州经  
济开发区白杨街道

(72) 发明人 刘爱萍 王若飞 吴化平 许为中

(74) 专利代理机构 杭州敦和专利代理事务所  
(普通合伙) 33296

专利代理师 姜术丹

(51) Int. Cl.

C08J 3/075 (2006.01)

C08L 33/24 (2006.01)

C08K 3/34 (2006.01)

C08F 120/54 (2006.01)

C08F 2/48 (2006.01)

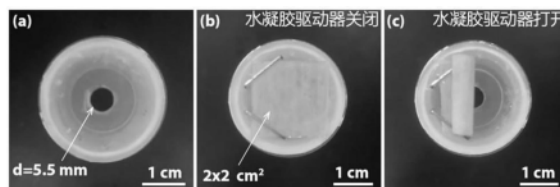
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

### (54) 发明名称

一种温度响应型水凝胶驱动器智能阀门的  
制备

### (57) 摘要

本发明提供了一种温度响应型水凝胶智能温度控制阀门,属于水凝胶驱动器领域。通过光交联制备双层聚N-异丙基丙烯酰胺(PNIPAM)水凝胶驱动器,基于双层PNIPAM水凝胶驱动器设计了一种单通型智能温度控制阀门,当通入冷水时,水凝胶被固定在阀门处闭合小孔,阻碍液体流过,当通入热水时,水凝胶受刺激发生单向弯曲,克服水压打开阀门,允许流体通过。该水凝胶驱动智能温度控制阀门的响应速度快,自动化程度高,能耗低。



1. 一种温度响应型水凝胶智能温度控制阀门的制备,包括如下步骤:

(1) 备料:将N-异丙基丙烯酰胺(NIPAM)在丙酮/正己烷混合溶剂中重结晶三次,得到白色针状的纯化N-异丙基丙烯酰胺单体,真空干燥备用,合成硅酸镁锂真空干燥备用;

(2) 水凝胶前驱液的制备:将合成硅酸镁锂加入去离子水中磁力搅拌直至完全分散得到澄清液体,然后将NIPAM加入上述澄清液体中搅拌直至完全溶解,最后加入1-羟基环己基苯基甲酮和甲醇的混合液搅拌得到澄清透明的水凝胶前驱液;

(3) 双层水凝胶基致动器(PNIPAM)的制备:将表面条纹为90°的一定规格尺寸无尘纸和可变厚且中间掏空面积的硅橡胶垫片依次放置在玻璃板上,用另一块玻璃杯密封模具;将上述前驱液注入模具内,注入过程应避免产生气泡,然后在紫外光照射下原位聚合制备出双层水凝胶基致动器。

(4) 将上述水凝胶驱动器组装在阀门上,当阀门处通入冷水时,水凝胶驱动器未受刺激,不发生弯曲行为,阀门处于关闭状态;而当通入热水时,温度超过PNIPAM的相转变温度而导致体积收缩,水凝胶阀门弯曲,阀门打开。

2. 根据权利要求1所述一种温度响应型水凝胶智能温度控制阀门的制备,其特征在于,所述阀门由四部分组成,包括阀体、连接体、阀门和驱动装置。

3. 根据权利要求2所述一种温度响应型水凝胶智能温度控制阀门的制备,其特征在于,所述阀体由两根用作流体通道的圆形管构成,所述连接体为一根用作连接两端管道的直通链接管。

4. 根据权利要求3所述一种温度响应型水凝胶智能温度控制阀门的制备,其特征在于,所述阀门为一块中间开有小孔的圆片、三角形或正方形中的一种。

5. 根据权利要求4所述一种温度响应型水凝胶智能温度控制阀门的制备,其特征在于,所述圆形管和直通链接管均为透明、硬质的聚氯乙烯材质,圆片采用半透明塑料材质,所述驱动装置为温度响应型双层水凝胶材质。

6. 根据权利要求3-5任意一项所述一种温度响应型水凝胶智能温度控制阀门的制备,其特征在于,所述圆形管的外径与直通链接管的内径相同。

7. 根据权利要求6所述一种温度响应型水凝胶智能温度控制阀门的制备,其特征在于,所述双层水凝胶驱动装置的长度为小孔直径或长度的2倍以上。

8. 根据权利要求1所述一种温度响应型水凝胶智能温度控制阀门的制备,其特征在于,所述冷水为<35℃,所述热水为>50℃。

## 一种温度响应型水凝胶驱动器智能阀门的制备

### 技术领域

[0001] 本发明属于水凝胶驱动器领域,尤其涉及一种温度响应型水凝胶驱动器智能阀门的制备。

### 背景技术

[0002] 水凝胶是具有高含水量的交联亲水聚合物链的三维网络,是高弹性和柔软的材料。如果这些水凝胶包含刺激响应性聚合物,它们会因环境刺激而产生体积急剧变化。特别是,将从外部接收到的能量转换成机械运动的水凝胶致动器可以表现出类似于生物的柔和而灵活的运动。另外,具有刚性材料的执行器需要将刚性部件连接在一起的接头,而具有无限自由度的水凝胶致动器则不需要这些接头。由于水凝胶的灵活性,生物相容性和刺激敏感性优势,它们具有多种应用领域。

[0003] 水凝胶致动器的潜在应用与其可逆的形状转换性能密切相关。独特的刺激引起的形状改变行为使水凝胶致动器有望成为流体设备中的阀门候选产品。在高温下,由于各向异性的收缩行为,水凝胶阀门将被激活,从而使流体通过阀门。由于水凝胶致动器可以响应外部刺激,因此还可以开发对其他刺激敏感的水凝胶阀,以满足实际系统中的实际应用。

### 发明内容

[0004] 本发明提供一种温度响应型水凝胶单通型智能温度控制阀门的制备,该温度响应型水凝胶阀门的温度刺激响应快,并且性能稳定性好,制备方法简单,易实现,成本低。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种温度响应型水凝胶智能温度控制阀门的制备,包括如下步骤:

[0007] (1) 备料:将N-异丙基丙烯酰胺在丙酮/正己烷混合溶剂中重结晶三次,得到白色针状的纯化N-异丙基丙烯酰胺单体,真空干燥备用,合成硅酸镁锂真空干燥备用;

[0008] (2) 水凝胶前驱液的制备:将合成硅酸镁锂加入去离子水中磁力搅拌直至完全分散得到澄清液体,然后将NIPAM加入上述澄清液体中搅拌直至完全溶解,最后加入1-羟基环己基苯基甲酮和甲醇的混合液搅拌得到澄清透明的水凝胶前驱液;

[0009] (3) 双层水凝胶基致动器(PNIPAM)的制备:将表面条纹为90°的一定规格尺寸无尘纸和可变厚且中间掏空面积的硅橡胶垫片依次放置在玻璃板上,用另一块玻璃杯密封模具;将上述前驱液注入模具内,注入过程应避免产生气泡,然后在紫外光照射下原位聚合制备出双层水凝胶基致动器。

[0010] (4) 将上述水凝胶驱动器组装在阀门上,当阀门处通入冷水时,水凝胶驱动器未受刺激,不发生弯曲行为,阀门处于关闭状态;而当通入热水时,温度超过PNIPAM的相转变温度而导致体积收缩,水凝胶阀门弯曲,阀门打开。

[0011] 进一步地,所述阀门由四部分组成,包括阀体、连接体、阀门和驱动装置。

[0012] 进一步地,所述阀体由两根用作流体通道的圆形管构成,所述连接体为一根用作连接两端管道的直通链接管。

[0013] 进一步地,所述阀门为一块中间开有小孔的圆片、三角形或正方形中的一种。

[0014] 进一步地,所述圆形管和直通链接管均为透明、硬质的聚氯乙烯材质,圆片采用半透明塑料材质,所述驱动装置为温度响应型双层水凝胶材质。

[0015] 进一步地,所述圆形管的外径与直通链接管的内径相同。

[0016] 进一步地,所述双层水凝胶驱动装置的长度为小孔直径或长度的2倍以上。

[0017] 进一步地,所述冷水为<35℃,所述热水为>50℃。

[0018] 本发明的有益效果:

[0019] 现有技术中,双层水凝胶驱动器都应用都还处于实验研究阶段,实验研究也是简单的模拟行为,而没有在实际过程中使用,本发明将温度响应型水凝胶应用到管道阀门中,并通过阀门尺寸的设计实现关闭状态不漏液,温度刺激打开,推动了水凝胶驱动器的应用。

[0020] 本发明中的双层水凝胶智能温度控制阀门不需要电驱动,而是根据环境自动启动,减少能耗,有较大发展潜能。

## 附图说明

[0021] 图1为智能阀门的实物图;

[0022] 图2为基于Bilayer-PNIPAM水凝胶的单通型智能温度控制阀门在热水和冷水中的驱动过程。

## 具体实施方式

[0023] 实施例1

[0024] (1) 备料:将N-异丙基丙烯酰胺(NIPAM)在体积比1:1的丙酮/正己烷混合溶剂中重结晶三次,得到白色针状的纯化N-异丙基丙烯酰胺单体,在60℃下真空干燥8h待用,合成硅酸镁锂在120℃下真空干燥5.5h待用。

[0025] (2) 水凝胶前驱液的制备:将0.2285g的合成硅酸镁锂加入10mL去离子水中磁力搅拌4h直至完全分散得到澄清液体,然后将1.13g的NIPAM加入上述澄清液体中搅拌30min直至完全溶解,最后加入2.26mg的1-羟基环己基苯基甲酮和100μL的甲醇的混合液搅拌得到澄清透明的水凝胶前驱液,整个过程保持通氮气避免空气的氧化同时避光搅拌。

[0026] (3) 温度感应性水凝胶基驱动器的制备:将尺寸为40mm×10mm、表面条纹为90°的无尘纸和可变厚且中间掏空面积为40mm×10mm的硅橡胶垫片依次放置在玻璃板上,用另一块玻璃杯密封模具;将步骤(2)前驱液注入模具内,注入过程应避免产生气泡,然后在紫外光照射下原位聚合制备出双层水凝胶基驱动器。

[0027] (4) 将步骤(3)中制备的水凝胶驱动器组装在阀门上,该阀门由四部分组成,包括阀体、连接体、阀门和驱动装置。阀体由两根用作流体通道的圆形管构成,圆形管为透明、硬质的聚氯乙烯材质,外径32mm,壁厚1.5mm。连接体为一根用作连接两端管道的直通链接管,直通链接管为透明、硬质的聚氯乙烯材质,内径32mm,长33mm。阀门为一块中间开有小孔的圆片,圆片采用半透明塑料材质,直径28mm,小孔直径5.5mm。驱动装置为双层结构的温度响应型水凝胶,尺寸12mm×12mm。

[0028] 所得Bilayer-PNIPAM水凝胶驱动器在外界刺激呈现类似对数螺线运动轨迹的规则弯曲行为,驱动性能优异。基于该双层水凝胶基驱动器,设计了一种典型的智能阀门系

统,如图1所示。图(a)为中间带小孔的原片,在阀门系统中作为阀门;图(b)为处于闭合状态的智能阀门,Bilayer-PNIPAM水凝胶被两个对称放置的铁丝固定,水凝胶水平贴合在阀门上,完全堵住了小孔;图(c)为经响应性液体刺激后处于张开状态的智能阀门,水凝胶规则弯曲并逐渐打开小孔。

#### [0029] 实施例2

[0030] (1) 备料:将N-异丙基丙烯酰胺在体积比1:1的丙酮/正己烷混合溶剂中重结晶三次,得到白色针状的纯化N-异丙基丙烯酰胺单体,在55℃下真空干燥10h待用,合成硅酸镁锂在100℃下真空干燥8h待用。

[0031] (2) 水凝胶前驱液的制备:将0.2285g的合成硅酸镁锂加入10mL去离子水中磁力搅拌4h直至完全分散得到澄清液体,然后将1.13g的NIPAM加入上述澄清液体中搅拌30min直至完全溶解,最后加入2.26mg的1-羟基环己基苯基甲酮和100μL的甲醇的混合液搅拌得到澄清透明的水凝胶前驱液,整个过程保持通氮气避免空气的氧化同时避光搅拌。

[0032] (3) 将尺寸为40mm×10mm、表面条纹为90°的无尘纸和可变厚且中间掏空面积为40mm×10mm的硅橡胶垫片依次放置在玻璃板上,用另一块玻璃杯密封模具;将上述前驱液注入模具内,注入过程应避免产生气泡,然后在紫外光照射下原位聚合制备出双层水凝胶基致动器。

[0033] (4) 将上述水凝胶驱动器组装在阀门上,该阀门由四部分组成,包括阀体、连接体、阀门和驱动装置。阀体由两根用作流体通道的圆形管构成,圆形管为透明、硬质的聚氯乙烯材质,外径35mm,壁厚1.5mm。连接体为一根用作连接两端管道的直通链接管,直通链接管为透明、硬质的聚氯乙烯材质,内径35mm,长33mm。阀门为一块中间开有小孔的圆片,圆片采用半透明塑料材质,直径30mm,小孔直径8.5mm。驱动装置为双层结构的刺激响应型水凝胶,考虑到管道尺寸以及密封效果,尺寸采用18mm×18mm。

[0034] (5) 采用亚甲基蓝染料将非响应性液体(冷水)染成淡蓝色,采用罗丹明染料将响应性液体(热水)染成淡红色,用以提高可视化及区分度。将智能阀门系统用吸盘固定于背景墙上,下侧管道出口处放置一空烧杯,将水凝胶驱动器水平固定于阀门上方,依次将100mL非响应性液体和响应性液体倒入上侧管道,用数码相机拍摄整个过程,结果如图2所示。

[0035] 所得基于Bilayer-PNIPAM水凝胶的单通型智能温度控制阀门,当通入冷水(20℃)时,Bilayer-PNIPAM未受刺激,不发生弯曲行为且未发生明显的泄露现象,说明水凝胶的防渗漏密封性好;而当通入热水(50℃)时,温度超过PNIPAM的相转变温度而导致体积收缩,Bilayer-PNIPAM逐渐弯曲,100ml液体在70s内可以完全通过阀门。

[0036] 上述实例用来解释说明本发明,然而并非限定本发明。在本发明的精神和权利要求的保护范围内,对本发明作出的任何修改和改变,都落入本发明的保护范围。

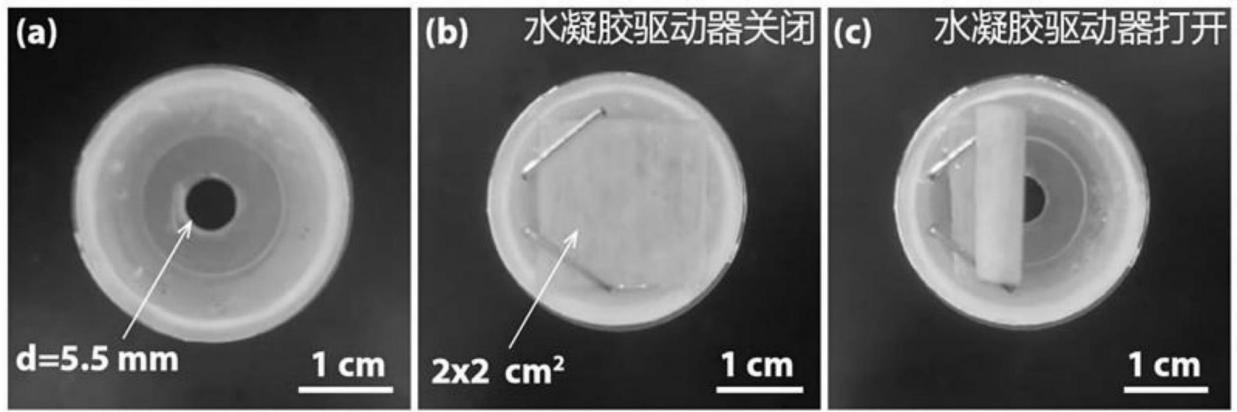


图1

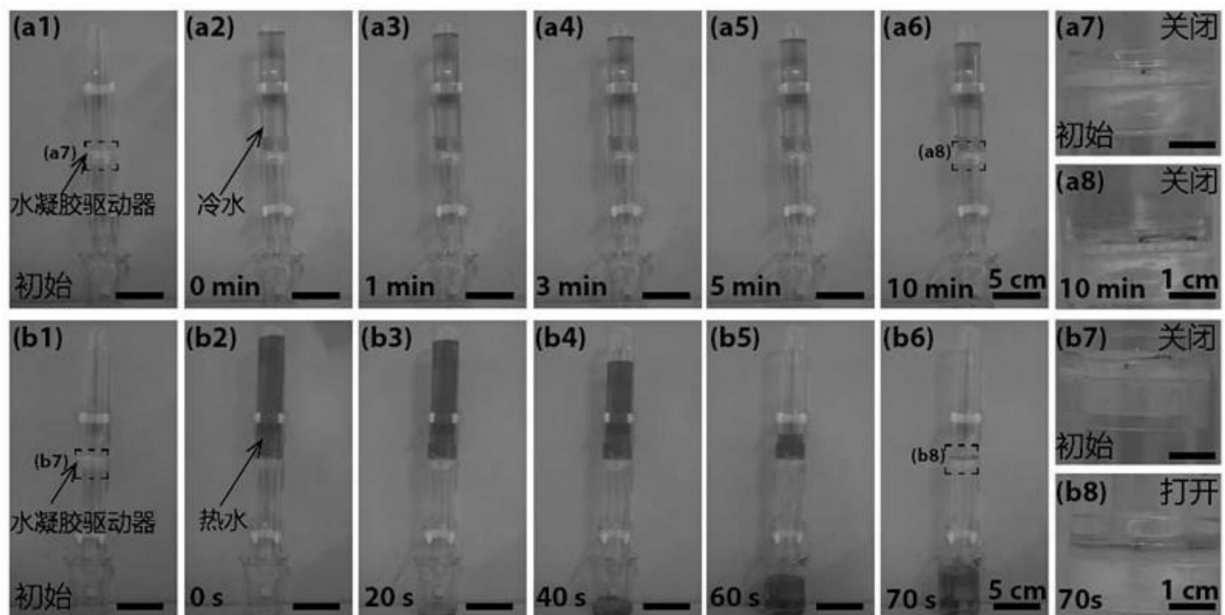


图2