



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114015074 B

(45) 授权公告日 2023.09.12

(21) 申请号 202111221358.3  
 (22) 申请日 2021.10.20  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 114015074 A  
 (43) 申请公布日 2022.02.08  
 (73) 专利权人 武汉理工大学  
 地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路  
 122号  
 (72) 发明人 何广华 黄日欣 宁校庆 陈秀昊  
 陈晓静 卢昆 殷以华 樊李红  
 (74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104  
 专利代理师 冯超 刘琳  
 (51) Int. Cl.  
 C08J 3/075 (2006.01)

C08L 5/08 (2006.01)  
 C08L 5/02 (2006.01)  
 C08B 37/02 (2006.01)  
 A61K 9/06 (2006.01)  
 A61K 47/32 (2006.01)  
 A61K 47/36 (2006.01)  
 A61L 27/16 (2006.01)  
 A61L 27/20 (2006.01)  
 A61L 27/50 (2006.01)  
 A61L 27/52 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109749095 A, 2019.05.14  
 CN 108341913 A, 2018.07.31  
 CN 112370567 A, 2021.02.19  
 US 6060534 A, 2000.05.09

审查员 侯尊岩

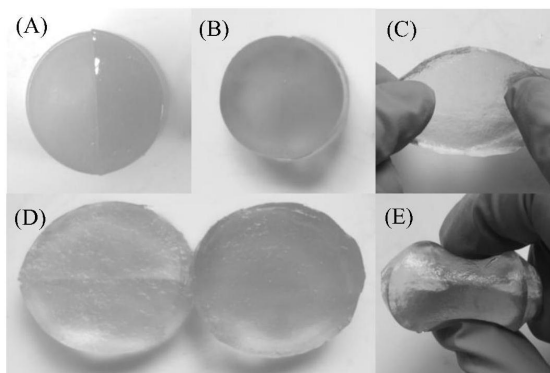
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶及其制备方法和应用

(57) 摘要

本发明公开了一种羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶及其制备方法和应用。制备了氧化度约31%的氧化黄原胶,将其与丙烯酰胺键合,加入引发剂后再引入羧甲基壳聚糖,混合均匀后反应即得。该水凝胶同时具有突出的可注射和自愈性能,此外,还具有良好的力学、溶胀和保湿性能,适用于组织工程和药物载体材料。



1. 一种羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶,其特征在于,该水凝胶的原料包括丙烯酰胺、氧化黄原胶和羧甲基壳聚糖、氢氧化钠、过硫酸钾和去离子水,其中,丙烯酰胺的浓度为 $0.12 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \sim 0.32 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ;

所述羧甲基壳聚糖的用量为丙烯酰胺质量的30%~83%、氢氧化钠的用量为丙烯酰胺质量的0.13%~0.33%,过硫酸钾的用量为丙烯酰胺质量的1.3%~3.3%;

所述氧化黄原胶的用量为丙烯酰胺质量的6%~16%,且氧化黄原胶的氧化度为27%~36%;

所述氧化黄原胶由以下步骤制备而成:先将黄原胶溶于水,得到黄原胶溶液;接着将高碘酸钠溶液加入到黄原胶溶液中,避光室温磁力搅拌,加入乙二醇搅拌终止反应;最后将所得氧化黄原胶用去离子水透析,浓缩透析后的溶液,冷冻干燥得氧化黄原胶;

所述水凝胶由以下步骤制备而成:

将氧化黄原胶与丙烯酰胺键合,加入引发剂过硫酸钾使游离丙烯酰胺在丙烯酰胺-氧化黄原胶键合体系周围缓慢聚合,聚合一段时间后加入羧甲基壳聚糖,混合均匀后反应即得水凝胶。

2. 一种羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 将黄原胶溶于水,得到黄原胶溶液;

(2) 将高碘酸钠溶液加入到黄原胶溶液中,避光室温磁力搅拌,加入乙二醇搅拌终止反应;

(3) 将步骤(2)所得氧化黄原胶用去离子水透析,浓缩透析后的溶液,冷冻干燥得氧化黄原胶,其中,氧化黄原胶的氧化度为27%~36%;

(4) 将丙烯酰胺和氧化黄原胶加入去离子水,充分搅拌均匀;其中,溶液中丙烯酰胺的浓度为 $0.12 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \sim 0.32 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,且所述氧化黄原胶的用量为丙烯酰胺质量的6%~16%;

(5) 向步骤(4)所得溶液中加入氢氧化钠反应后再加入过硫酸钾,并通氮气搅拌得丙烯酰胺-氧化黄原胶溶液;其中,氢氧化钠的用量为丙烯酰胺质量的0.13%~0.33%,过硫酸钾的用量为丙烯酰胺质量的1.3%~3.3%;

(6) 将步骤(5)所得溶液转移至烧杯中,加入羧甲基壳聚糖和四甲基乙二胺,搅拌均匀后,水浴保温成可注射自愈水凝胶,其中,四甲基乙二胺的用量为丙烯酰胺质量的0.97%~2.6%,羧甲基壳聚糖的用量为丙烯酰胺质量的30%~83%。

3. 根据权利要求2所述的制备方法,其特征在于:所述步骤(1)中,黄原胶溶液的浓度为 $0.006 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

4. 根据权利要求2所述的制备方法,其特征在于:所述步骤(2)中,高碘酸钠溶液的浓度 $0.08 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,且高碘酸钠溶液与黄原胶溶液的体积比为1:32;搅拌时间为4小时,加入乙二醇后的终止反应搅拌时间为1.5小时。

5. 根据权利要求2所述的制备方法,其特征在于:所述步骤(3)中,透析袋规格为截留分子量8000~14000,透析时间为3天。

6. 根据权利要求2所述的制备方法,其特征在于:所述步骤(5)中,反应时间为20分钟,通氮气搅拌时间为10分钟。

7. 根据权利要求2所述的制备方法,其特征在于:所述步骤(6)中,反应温度为 $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,反应时间为24小时。

8. 一种权利要求1所述羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶在制备组织工程和药物载体材料中的应用。

## 一种羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶及其制备方法和应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及功能高分子材料技术领域,具体涉及一种羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶及其制备方法和应用。

### 背景技术

[0002] 水凝胶作为一种软材料,可以吸收大量溶液,并能保持一定的力学强度,与生物组织宏观形态上较为接近,且还可以通过复合与键合等功能化改性赋予水凝胶不同的功能特性。其中,当水凝胶作为人体组织工程支架或药物给药系统而植入人体后,有助于组织的修复或药物释放。然而,人体内的普通水凝胶在使用过程中经常受到较大的外力作用而造成破裂,导致严重影响了水凝胶的正常功能与使用,通常只能采用二次创伤进行水凝胶的更换,但这会给患者造成巨大的痛苦与不便。

[0003] 水凝胶的自愈特性是指当其受到损伤之后,可以在温度、光照和pH等外界刺激或无外界刺激条件下进行自我修复,使水凝胶的宏观与微观形态都恢复到破损前的状态,从而恢复原有的功能特性,因此,可明显提升水凝胶的使用寿命、稳定性和安全性。特别对于无外界刺激的一类自愈行为,与生物体局部组织受到一定损伤后的自愈现象类似,在生物医用材料领域具有广阔的应用前景。

[0004] 水凝胶的制备原材料主要包括透明质酸、海藻酸钠和羧甲基纤维素等天然高分子和聚乙烯醇、聚丙烯酸和聚乙二醇等合成高分子,两类基材各有其优缺点,适用于不同场合。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于解决现有技术的不足,提供了一种羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶及其制备方法和应用,本发明制备了氧化度约31%的氧化黄原胶,将其与丙烯酰胺键合,加入引发剂后再引入羧甲基壳聚糖,混合均匀后反应即得,从而使水凝胶同时具有可注射性和自愈性。

[0006] 为实现上述目的,本发明所设计的一种羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶,该水凝胶的原料包括丙烯酰胺、氧化黄原胶和羧甲基壳聚糖、氢氧化钠、过硫酸钾和去离子水,其中,丙烯酰胺的浓度为 $0.12\text{g} \cdot \text{mL}^{-1} \sim 0.32\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ;

[0007] 所述羧甲基壳聚糖的用量为丙烯酰胺质量的30%~83%、氢氧化钠的用量为丙烯酰胺质量的0.13%~0.33%,过硫酸钾的用量为丙烯酰胺质量的1.3%~3.3%;

[0008] 所述氧化黄原胶的用量为丙烯酰胺质量的6%~16%,且氧化黄原胶的氧化度为27%~36%。

[0009] 进一步的,所述氧化黄原胶由以下步骤制备而成:先将黄原胶溶于水,得到黄原胶溶液;接着将高碘酸钠溶液加入到黄原胶溶液中,避光室温磁力搅拌,加入乙二醇搅拌终止反应;最后将所得氧化黄原胶用去离子水透析,浓缩透析后的溶液,冷冻干燥得氧化黄原

胶。

[0010] 本发明还提供了一种羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶的制备方法，包括以下步骤：

[0011] (1) 将黄原胶溶于水，得到黄原胶溶液；

[0012] (2) 将高碘酸钠溶液加入到黄原胶溶液中，避光室温磁力搅拌，加入乙二醇搅拌终止反应；

[0013] (3) 将步骤(2)所得氧化黄原胶用去离子水透析，浓缩透析后的溶液，冷冻干燥得氧化黄原胶，其中，氧化黄原胶的氧化度为27%~36%；

[0014] (4) 将丙烯酰胺和氧化黄原胶加入去离子水，充分搅拌均匀；其中，溶液中丙烯酰胺的浓度为 $0.12\text{g} \cdot \text{mL}^{-1} \sim 0.32\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ，且所述氧化黄原胶的用量为丙烯酰胺质量的6%~16%；

[0015] (5) 向步骤(4)所得溶液中加入氢氧化钠反应后再加入过硫酸钾，并通氮气搅拌得丙烯酰胺-氧化黄原胶溶液；其中，氢氧化钠的用量为丙烯酰胺质量的0.13%~0.33%，过硫酸钾的用量为丙烯酰胺质量的1.3%~3.3%；

[0016] (6) 将步骤(5)所得溶液转移至烧杯中，加入羧甲基壳聚糖和四甲基乙二胺，搅拌均匀后，水浴保温成可注射自愈水凝胶，其中，四甲基乙二胺的用量为丙烯酰胺质量的0.97%~2.6%，羧甲基壳聚糖的用量为丙烯酰胺质量的30%~83%。

[0017] 进一步的，所述步骤(1)中，黄原胶溶液的浓度为 $0.006\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

[0018] 再进一步的，所述步骤(2)中，高碘酸钠溶液的浓度为 $0.08\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ，且高碘酸钠溶液与黄原胶溶液的体积比为1:32；搅拌时间为4小时，加入乙二醇后的终止反应搅拌时间为1.5小时。

[0019] 再进一步的，透析袋规格为截留分子量8000~14000，透析时间为3天。

[0020] 再进一步的，所述步骤(5)中，反应时间为20分钟，通氮气搅拌时间为10分钟。

[0021] 再进一步的，所述步骤(6)中，反应温度为30℃，反应时间为24小时。

[0022] 本发明还提供了一种上述羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶在制备组织工程和药物载体材料中的应用。

[0023] 本发明羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶的制备机理：

[0024] 本发明的可注射自愈水凝胶以黄原胶、丙烯酰胺和羧甲基壳聚糖为原料。先将黄原胶部分氧化(氧化度约31%)，然后，氧化黄原胶上的醛基与丙烯酰胺上的氨基发生席夫碱反应形成丙烯酰胺-氧化黄原胶键合体系。加入引发剂过硫酸钾使游离丙烯酰胺在丙烯酰胺-氧化黄原胶键合体系周围缓慢聚合，聚合一段时间后加入羧甲基壳聚糖，此时未反应的氧化黄原胶上的醛基继续与羧甲基壳聚糖上的氨基发生席夫碱反应，加入催化剂四甲基乙二胺加快丙烯酰胺聚合与快速成胶。整个水凝胶体系主要以动态共价亚胺键交联而成，另外，聚丙烯酰胺、氧化黄原胶、羧甲基壳聚糖分子链之间既有缠绕，又有一定的分子间氢键相互作用，从而形成稳定的三维结构。

[0025] 本发明的有益效果：

[0026] 1. 本发明的羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺水凝胶具有优异的自愈性能，解决了普通水凝胶易破损的问题，提升了水凝胶的安全性和使用寿命。

[0027] 2. 本发明的羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺水凝胶在自愈的基础上，同时具有良好的

可注射性,可以显著减少患者因水凝胶植入和破损后更换的痛苦与不便。

[0028] 3.本发明的羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶具有突出的力学性能,形成高强度水凝胶。

[0029] 4.本发明的羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶具有良好的保湿性能。

[0030] 5.本发明的羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶具有良好的pH敏感性。

[0031] 6.本发明的羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶可以作为药物释放载体。

[0032] 7.本发明的羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶制备工艺温和且简便。

### 附图说明

[0033] 图1为羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺水凝胶的自愈性能;

[0034] 图2为羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺水凝胶的可注射自愈性能。

### 具体实施方式

[0035] 下面结合具体实施例对本发明作进一步的详细描述,以便本领域技术人员理解。

[0036] 实施例1

[0037] 1)于160mL浓度为 $0.006\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 黄原胶溶液中加入5mL浓度为 $0.008\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 高碘酸钠溶液,室温避光搅拌4小时后,加入2mL乙二醇搅拌1.5小时终止反应。

[0038] 2)将反应后的黄原胶溶液用去离子水透析3天(透析袋截留分子量8000~14000),浓缩透析后的溶液,冷冻干燥得氧化度为31%的氧化黄原胶。

[0039] 3)取1g丙烯酸胺和0.1g氧化黄原胶于圆底烧瓶中,加入5mL去离子水,充分搅拌均匀。

[0040] 4)加入0.5mL浓度为 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠反应20分钟,然后加入0.02g过硫酸钾并通氮气搅拌10分钟后得丙烯酸胺-氧化黄原胶溶液。

[0041] 5)将步骤4)所得溶液转移至烧杯中,加入5mL浓度为 $0.1\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的羧甲基壳聚糖和20 $\mu\text{L}$ 四甲基乙二胺,搅拌均匀后,30 $^{\circ}\text{C}$ 水浴保温24小时即得羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶1。

[0042] 上述方法所得羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺水凝胶1的自愈性能如图1所示。图中分别为水凝胶(A)自愈前(B)自愈后(C)拉伸(D)切开(E)弯曲效果。可以观察到,两块不同颜色的半圆凝胶拼接处裂缝模糊,甚至消失,从切开的水凝胶内部,肉眼已经观察不出裂缝的存在,通过弯曲、拉伸,自愈水凝胶依然具有良好的机械强度,表明水凝胶的自愈性能优异。

[0043] 水凝胶1的可注射自愈性能如图2所示,在凝胶制备的最后一个步骤完成后凝胶并未立即成胶,可转至注射器中进行体外注射,注射时间在10分钟内,两种不同颜色的凝胶液注射在一起也能自愈融合成整体,将它们浸泡在磷酸缓冲液中仍保持原有形状且稳定,说明该凝胶能快速稳定的注射成胶,适用于微创手术中可注射植入水凝胶。

[0044] 水凝胶1的压缩强度为506kPa,若不引入丙烯酸胺时,在工艺完全相同的条件下,羧甲基壳聚糖水凝胶的压缩强度仅为46kPa;若不引入羧甲基壳聚糖时,在制备工艺完全相同的条件下,聚丙烯酰胺水凝胶的压缩强度为310kPa;结果表明,水凝胶1相对于单组分水凝胶的力学强度有显著提升。

[0045] 在步骤5)中将羧甲基壳聚糖溶液中加入5-氟尿嘧啶,其它制备步骤不变,即可得到载药水凝胶。将其加入pH 7.4的磷酸缓冲液中,于37℃、转速100r/min恒温振荡器中测试药物释放性能。9小时基本全部释放,表明该水凝胶同时适用于药物释放载体。

[0046] 实施例2

[0047] 1)于160mL浓度为 $0.006\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 黄原胶溶液中加入5mL浓度为 $0.008\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 高碘酸钠溶液,室温避光搅拌4小时后,加入2mL乙二醇搅拌1.5小时终止反应。

[0048] 2)将反应后的黄原胶溶液用去离子水透析3天(透析袋截留分子量8000~14000),浓缩透析后的溶液,冷冻干燥得氧化度为31%的氧化黄原胶。

[0049] 3)取1.6g丙烯酰胺和0.1g氧化黄原胶于圆底烧瓶中,加入5mL去离子水,充分搅拌均匀。

[0050] 4)加入0.5mL浓度为 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠反应20分钟,然后加入0.02g过硫酸钾并通氮气搅拌10分钟后得丙烯酰胺-氧化黄原胶溶液。

[0051] 5)将步骤4)所得溶液转移至烧杯中,加入5mL浓度为 $0.1\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的羧甲基壳聚糖和20 $\mu\text{L}$ 四甲基乙二胺,搅拌均匀后,30℃水浴保温24小时即得羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶2。

[0052] 上述方法所得水凝胶2的压缩强度达到105kPa,为丙烯酰胺用量为0.6g所得水凝胶(其它制备工艺不变)的压缩强度的5倍。水凝胶6小时后的保湿率(37℃)为47.2%,为丙烯酰胺用量为0.6g所得水凝胶(其它制备工艺不变)的保湿率的2倍。此外,该水凝胶在去离子水中的平衡溶胀度为 $90\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

[0053] 实施例3

[0054] 1)于160mL浓度为 $0.006\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 黄原胶溶液中加入5mL浓度为 $0.008\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 高碘酸钠溶液,室温避光搅拌4小时后,加入2mL乙二醇搅拌1.5小时终止反应。

[0055] 2)将反应后的黄原胶溶液用去离子水透析3天(透析袋截留分子量8000~14000),浓缩透析后的溶液,冷冻干燥得氧化度为31%的氧化黄原胶。

[0056] 3)取1g丙烯酰胺和0.06g氧化黄原胶于圆底烧瓶中,加入5mL去离子水,充分搅拌均匀。

[0057] 4)加入0.5mL浓度为 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠反应20分钟,然后加入0.02g过硫酸钾并通氮气搅拌10分钟后得丙烯酰胺-氧化黄原胶溶液。

[0058] 5)将步骤4)所得溶液转移至烧杯中,加入5mL浓度为 $0.1\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的羧甲基壳聚糖和20 $\mu\text{L}$ 四甲基乙二胺,搅拌均匀后,30℃水浴保温24小时即得羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶3。

[0059] 上述方法所得水凝胶3在去离子水中的平衡溶胀度为 $80\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,同时具有突出的pH敏感性能,环境pH=2时水凝胶的溶胀度为 $15\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,环境pH=7时的溶胀度为 $21\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,环境pH=10时的溶胀度为 $31\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

[0060] 实施例4

[0061] 1)于160mL浓度为 $0.006\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 黄原胶溶液中加入5mL浓度为 $0.008\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 高碘酸钠溶液,室温避光搅拌4小时后,加入2mL乙二醇搅拌1.5小时终止反应。

[0062] 2)将反应后的黄原胶溶液用去离子水透析3天(透析袋截留分子量8000~14000),浓缩透析后的溶液,冷冻干燥得氧化度为31%的氧化黄原胶。

[0063] 3) 取1g丙烯酰胺和0.16g氧化黄原胶于圆底烧瓶中,加入5mL去离子水,充分搅拌均匀。

[0064] 4) 加入0.5mL浓度为 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氢氧化钠反应20分钟,然后加入0.02g过硫酸钾并通氮气搅拌10分钟后得丙烯酰胺-氧化黄原胶溶液。

[0065] 5) 将步骤4)所得溶液转移至烧杯中,加入5mL浓度为 $0.1\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的羧甲基壳聚糖和20 $\mu\text{L}$ 四甲基乙二胺,搅拌均匀后,30 $^{\circ}\text{C}$ 水浴保温24小时即得羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶4。

[0066] 上述方法所得水凝胶4的压缩强度为72kPa,在去离子水中的平衡溶胀度为 $30\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,结合前述例子,表明水凝胶溶胀度可调,且可调范围大。

[0067] 实施例5

[0068] 1) 于160mL浓度为 $0.006\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 黄原胶溶液中加入5mL浓度为 $0.008\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 高碘酸钠溶液,室温避光搅拌4小时后,加入2mL乙二醇搅拌1.5小时终止反应。

[0069] 2) 将反应后的黄原胶溶液用去离子水透析3天(透析袋截留分子量8000~14000),浓缩透析后的溶液,冷冻干燥得氧化度为31%的氧化黄原胶。

[0070] 3) 取1g丙烯酰胺和0.1g氧化黄原胶于圆底烧瓶中,加入5mL去离子水,充分搅拌均匀。

[0071] 4) 加入0.5mL浓度为 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氢氧化钠反应20分钟,然后加入0.02g过硫酸钾并通氮气搅拌10分钟后得丙烯酰胺-氧化黄原胶溶液。

[0072] 5) 将步骤4)所得溶液转移至烧杯中,加入5mL浓度为 $0.12\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的羧甲基壳聚糖和20 $\mu\text{L}$ 四甲基乙二胺,搅拌均匀后,30 $^{\circ}\text{C}$ 水浴保温24小时即得羧甲基壳聚糖/聚丙烯酰胺可注射自愈水凝胶5。

[0073] 上述方法所得水凝胶5在去离子水中的平衡溶胀度为 $53\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,6小时后的保湿率(37 $^{\circ}\text{C}$ )为44.7%。

[0074] 其它未详细说明的部分均为现有技术。尽管上述实施例对本发明做出了详尽的描述,但它仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部实施例,人们还可以根据本实施例在不经创造性前提下获得其它实施例,这些实施例都属于本发明保护范围。



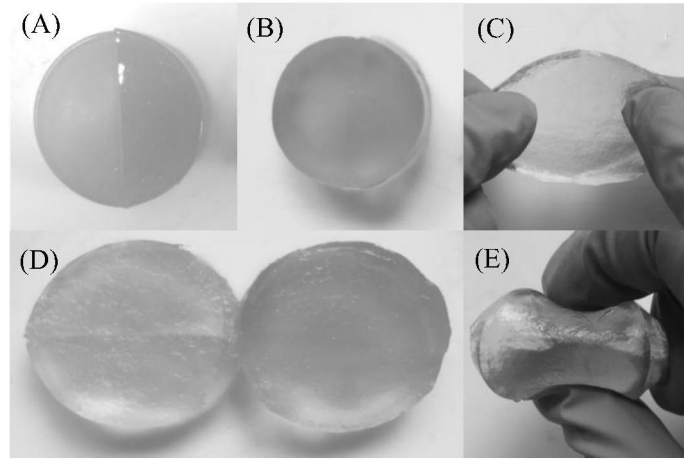


图1

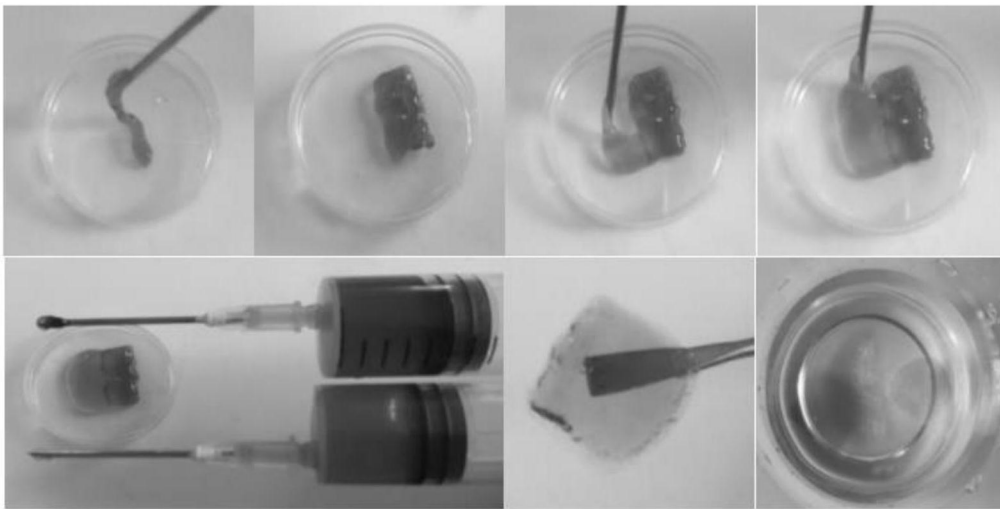


图2