



(21) 申请号 202211042715.4

(22) 申请日 2022.08.29

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115417618 A

(43) 申请公布日 2022.12.02

(73) 专利权人 北京建筑材料科学研究总院有限公司

地址 100041 北京市石景山区金顶北路69号

(72) 发明人 李润丰 韩康 王帅 刘艳军
涂玉波 康旺 李扬 房桂明

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

专利代理师 刘璞

(51) Int.Cl.

C04B 24/38 (2006.01)

审查员 钟丽乔

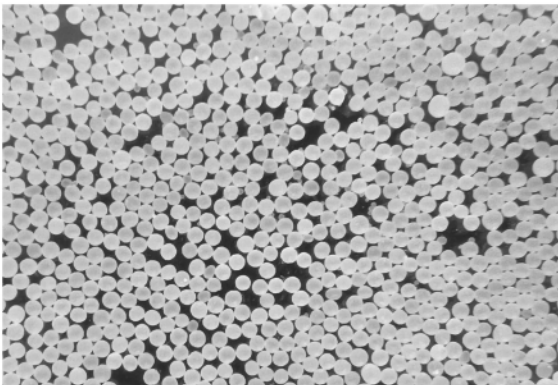
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

阴离子固化膨胀微胶囊及其制备方法与应用

(57) 摘要

本发明属于材料科学与工程领域,具体涉及一种阴离子固化膨胀微胶囊及其制备方法与应用。该阴离子固化膨胀微胶囊包括壁材和芯材;其中,所述壁材为海藻酸钙,所述芯材为阴离子固化剂。该阴离子固化膨胀微胶囊力学性能高,阴离子固化效率高,且盐溶液入侵时还可以快速膨胀堵漏起到修复作用;微胶囊外壳可以作为混凝土自养护材料,能够减轻基体收缩并改善抗冻融、抗开裂性能,有效提高水泥石基体强度;微胶囊外壳的三维网络状结构大幅增加了其与阴离子固化剂的接触面积,增加了阴离子固化效率,延长了固化周期,以提升混凝土抗硫酸盐侵蚀和抗氯离子渗透性能,改善了混凝土的耐久性。



1. 一种阴离子固化膨胀微胶囊,其特征在于,其包括壁材和芯材;
其中,所述壁材为海藻酸钙,所述芯材为阴离子固化剂;
所述阴离子固化剂为质量比2:1~5:1的碳酸钡、缓蚀水滑石的混合物;
所述缓蚀水滑石选自铝镁钡水滑石、铝锌钡水滑石中的一种或两种。
2. 根据权利要求1所述的阴离子固化膨胀微胶囊,其特征在于,以所述阴离子固化膨胀微胶囊的重量计,所述芯材的含量为30%~55%。
3. 一种权利要求1或2所述的阴离子固化膨胀微胶囊的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:
 - (1) 将阴离子固化剂、分散剂和去离子水混合,采用球磨法混合均匀,得到混合液;
 - (2) 将海藻酸钠溶于去离子水中,得到壁材水溶液;
 - (3) 将所述混合液与所述壁材水溶液混合,得到混合物;
 - (4) 将步骤(3)所得混合物与钙盐溶液混合,经过滤、洗涤、干燥,即得所述阴离子固化膨胀微胶囊。
4. 根据权利要求3所述的制备方法,其特征在于,步骤(1)中,所述阴离子固化剂与去离子水的质量比为1:1~1:2;
和/或,所述分散剂的用量为所述阴离子固化剂用量的2wt%;
和/或,所述球磨法为滚筒式球磨,球料比为2:1,球磨时间为12~36小时。
5. 根据权利要求3或4所述的制备方法,其特征在于,步骤(2)具体为:将所述去离子水加热至55~70℃,在搅拌下缓慢加入海藻酸钠粉末,并持续搅拌获得壁材水溶液。
6. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,所述海藻酸钠粉末与去离子水的质量比为1:50~1:125,所述持续搅拌的时间为30~90分钟。
7. 根据权利要求3或4所述的制备方法,其特征在于,步骤(3)具体为:将所述混合液进行超声分散一段时间,然后将超声后的混合液缓慢加入所述壁材水溶液中,持续搅拌一段时间;
和/或,所述混合液中的阴离子固化剂与所述壁材水溶液中的海藻酸钠的质量比为3.0~6.0:1,所述持续搅拌的时间为30~90分钟。
8. 根据权利要求7所述的制备方法,其特征在于,所述超声分散的功率为250W,超声分散的时间为5~10分钟。
9. 根据权利要求3或4所述的制备方法,其特征在于,步骤(4)具体为:将步骤(3)所得混合物滴入钙盐溶液中,经过滤、洗涤、干燥后得到阴离子固化膨胀微胶囊;
和/或,步骤(4)中,所述钙盐溶液为硝酸钙溶液和乳酸钙溶液中的一种或两种,所述钙盐溶液的浓度为1~2%,所述干燥的温度为30~40℃。
10. 权利要求1或2所述的阴离子固化膨胀微胶囊,或权利要求3-9任一项所述的制备方法制备得到的阴离子固化膨胀微胶囊在混凝土领域中的应用。
11. 权利要求1或2所述的阴离子固化膨胀微胶囊,或权利要求3-9任一项所述的制备方法制备得到的阴离子固化膨胀微胶囊在防海水腐蚀的钢筋混凝土结构中的应用。

阴离子固化膨胀微胶囊及其制备方法与应用

技术领域

[0001] 本发明属于材料科学与工程领域，具体涉及一种阴离子固化膨胀微胶囊及其制备方法与应用。

背景技术

[0002] 混凝土结构广泛应用于各类土木工程，通常以水泥为胶凝材料、以砂石为骨料，添加水和其他外加剂后搅拌而得。钢筋的嵌入可进一步增强混凝土的抗拉强度、延展性和抗裂性等力学性能。然而随着我国海洋产业的兴起和海洋工程的发展，高性能钢筋混凝土结构的需求大幅提高。钢筋在海洋环境中腐蚀问题严重，导致混凝土结构安全性和耐久性下降，造成严重的经济损失、环境污染和资源浪费等。

[0003] 未污染的混凝土环境中孔溶液保持高碱性，钢筋表面有一层稳定的钝化膜，腐蚀速率低于 $0.1\mu\text{Acm}^{-2}$ 。然而海洋环境下腐蚀性氯离子浓度提高，氯离子通过毛细作用、扩散、电化学迁移等多种作用向混凝土内部渗透，从而降低混凝土电阻率、影响局部环境酸碱度、改变钝化膜半导体性质，致使钢筋发生钝化且腐蚀速率提升，最终使得整个钢筋混凝土结构劣化。

[0004] 混凝土硫酸盐侵蚀是危害性较大的一种侵蚀性介质破坏，是影响混凝土耐久性的重要因素之一，也是影响因素最复杂、危害性最大的一种环境水侵蚀。硫酸盐侵蚀过程中钙矾石、石膏和钙硅石的产生对混凝土产生膨胀破坏作用，这是引起混凝土腐蚀破坏的主要原因。反应生成的盐类矿物可使硬化水泥石中CH和C-S-H等组分溶出或分解，导致水泥石强度和粘结性能损失。其侵蚀形式可分为化学侵蚀（钙矾石、石膏、碳硫硅钙石结晶）、物理侵蚀（碱金属硫酸盐结晶）以及物理化学侵蚀（硫酸镁溶蚀-结晶）。这一结果使内部机构发生破坏，最终导致混凝土的耐久性降低。

[0005] 缓蚀剂专用于阻止或延缓钢筋混凝土锈蚀以提高结构物的耐久性。缓蚀剂主要具备以下基本性能：1、可抑制锈蚀的产生与发展；2、不改变混凝土的基本性能；3、在碱性或中性条件下能保持长期有效；4、对人基本无害。无机钢筋阻锈剂主要包括亚硝酸盐、硝酸盐、铬酸盐、重铬酸盐、磷酸盐、多磷酸盐、硅酸盐、钼酸盐、硼酸盐等。其作用在钢筋表面形成沉淀性的保护膜，抑制氯离子引起的钢筋腐蚀。有机阻锈剂主要以胺类、醛类、炔醇类、有机磷化合物、有机硫化合物、羧酸及其盐类、磺酸及其盐类、杂环化合物等为主，其作用是阻碍有害物质进入到混凝土内部，延长钢筋表面氯离子浓度达到临界值的时间，提高混凝土的使用寿命。但是现有的缓蚀剂与阴离子反应缓慢，对阴离子传递介质无法实现快速封堵，难以从根本上解决钢筋腐蚀问题。

发明内容

[0006] 针对现有技术中存在的缺陷，本发明提供一种阴离子固化膨胀微胶囊及其制备方法与应用。将该阴离子固化膨胀微胶囊力用于混凝土中，可明显提升混凝土抗硫酸盐侵蚀和抗氯离子渗透性能，从根本上解决或缓解钢筋的腐蚀问题，极大的延长了混凝土的结构

耐久性。

[0007] 为达到以上目的,本发明采取的技术方案是:

[0008] 一种阴离子固化膨胀微胶囊,其包括壁材和芯材;

[0009] 其中,所述壁材为海藻酸钙,所述芯材为阴离子固化剂。

[0010] 本发明中,所述阴离子固化剂是指对氯离子、硫酸根离子等腐蚀离子具有较强的吸附能力的材料,例如碳酸钡、层间状水滑石等。

[0011] 本发明的固化膨胀微胶囊以吸水性聚合物海藻酸钙为壁材,阴离子固化剂为芯材,将其应用于混凝土中,当海水等有害流体沿细微裂纹侵入时快速吸水膨胀实现短时间补漏,抑制有害流体持续侵入混凝土内部。海藻酸钙释水时,内嵌在海藻酸钙三维网络状结构中的阴离子固化剂开始吸收环境溶液中的有害阴离子,较大的接触面积与缓慢的释水速度,确保了阴离子固化剂与阴离子的充分反应,实现了特殊应用场景下混凝土对阴离子及其传递介质的“先堵后吸”,从根本上解决或缓解钢筋的腐蚀问题,极大的延长了混凝土的结构耐久性。

[0012] 本发明还发现,采用海藻酸钙作为壁材,所得阴离子固化膨胀微胶囊力学强度 $>1\text{N}$,且吸水后具有弹性,在混凝土或砂浆的搅拌过程中很少破裂,而如果以脲醛、苯乙烯或酚醛树脂等为壁材,所得微胶囊脆性大,在搅拌过程中易破碎,从而造成芯材提前释放、微胶囊失效。

[0013] 此外,采用海藻酸钙作为壁材,所述海藻酸钙还可作为混凝土内养护材料,在混凝土自然养护过程中能够减轻基体收缩并改善抗冻融、抗开裂性能,有效提高水泥基体强度。

[0014] 作为优选,以所述阴离子固化膨胀微胶囊的重量计,所述芯材的含量为 $30\% \sim 55\%$ 。本发明发现,控制芯材含量在上述范围,通过芯材锁住吸水树脂即海藻酸钙,导致其无法自由膨胀,从而可避免本发明的阴离子固化膨胀微胶囊过度吸水溶胀形成孔隙而造成混凝土力学强度下降。

[0015] 作为优选,所述阴离子固化剂选自碳酸钡、缓蚀水滑石中的一种或两种。本发明发现,相比其他阴离子固化剂,采用碳酸钡、缓蚀水滑石,所得阴离子固化膨胀微胶囊的阴离子固化性能更优,且生产成本更低。水滑石是一种由带正电荷的金属氢氧化物和层间填充带负电荷的阴离子构成的层间化合物,利用层间离子可交换性,将具有防腐蚀能力的阴离子,通过化学合成,插入到水滑石层间即制备出缓蚀水滑石。

[0016] 进一步优选的,所述缓蚀水滑石选自铝镁钡水滑石、铝锌钼水滑石中的一种或两种。

[0017] 最优选的,所述阴离子固化剂为质量比 $2:1 \sim 5:1$ 的碳酸钡、缓蚀水滑石的混合物。实验发现,采用上述两者复配,所得微胶囊的抗硫酸盐侵蚀和抗氯离子渗透性能最优。

[0018] 所述缓蚀水滑石优选通过共沉淀法制备得到。

[0019] 本发明还提供一种制备上述阴离子固化膨胀微胶囊的方法,包括以下步骤:

[0020] (1)将阴离子固化剂、分散剂和去离子水混合,采用球磨法混合均匀,得到混合液;

[0021] (2)将海藻酸钠溶于去离子水中,得到壁材水溶液;

[0022] (3)将所述混合液与所述壁材水溶液混合,得到混合物;

[0023] (4)将步骤(3)所得混合物与钙盐溶液混合,经过滤、洗涤、干燥,即得所述阴离子

固化膨胀微胶囊。

[0024] 作为优选,步骤(1)中,所述阴离子固化剂与去离子水的质量比为1:1~1:2。

[0025] 作为优选,步骤(1)中,所述分散剂的用量为所述阴离子固化剂用量的2wt%。

[0026] 作为优选,步骤(1)中,所述分散剂为聚丙烯酸铵和/或六偏磷酸钠,本发明发现,采用上述分散剂制备的阴离子固化微胶囊形状最均匀。

[0027] 作为优选,步骤(1)中,所述球磨法为滚筒式球磨,球料比为2:1,球磨时间为12~36小时。

[0028] 作为优选,步骤(2)具体为:将所述去离子水加热至55~70℃,在搅拌下缓慢加入海藻酸钠粉末,并持续搅拌获得壁材水溶液。

[0029] 进一步优选的,步骤(2)中,所述海藻酸钠粉末与去离子水的质量比为1:50~1:125,所述持续搅拌的时间为30~90分钟。

[0030] 作为优选,步骤(3)具体为:将所述混合液进行超声分散一段时间,然后将超声后的混合液缓慢加入所述壁材水溶液中,持续搅拌一段时间。

[0031] 进一步优选的,步骤(3)中,所述超声分散的功率为250W,超声分散的时间为5~10分钟。

[0032] 进一步优选的,步骤(3)中,所述混合液中的阴离子固化剂与所述壁材水溶液中的海藻酸钠的质量比为3.0~6.0:1,所述持续搅拌的时间为30~90分钟。

[0033] 作为优选,步骤(4)具体为:将步骤(3)所得混合物滴入钙盐溶液中,经过滤、洗涤、干燥后得到阴离子固化膨胀微胶囊。

[0034] 作为优选,步骤(4)中,所述钙盐溶液为硝酸钙溶液和乳酸钙溶液中的一种或两种,所述钙盐溶液的浓度为1~2%,所述干燥的温度为30~40℃。

[0035] 综上,本发明优选通过球磨-超声技术制备混合液,将混合液与壁材水溶液混合均匀,并通过锐孔成形凝固浴法制备阴离子固化膨胀微胶囊。采用上述方法制备的微胶囊芯材含量高,微胶囊力学强度高,同时制备工艺简单。

[0036] 本发明还提供上述的阴离子固化膨胀微胶囊,或上述制备方法制备得到的阴离子固化膨胀微胶囊在混凝土领域中的应用,尤其是在防海水腐蚀的钢筋混凝土结构中的应用。

[0037] 本发明的有益效果至少在于:

[0038] 1) 本发明提供的阴离子固化膨胀微胶囊,将阴离子固化剂包覆在吸水性聚合物海藻酸钙中,发挥“先堵后吸”作用,提高混凝土抗硫酸盐侵蚀和抗氯离子渗透,为海洋工程等特殊环境应用提供了有力的技术支持。

[0039] 2) 本发明提供的阴离子固化膨胀微胶囊,力学强度>1N,且吸水后具有弹性,在混凝土或砂浆的搅拌过程中减少破裂;

[0040] 3) 本发明提供的阴离子固化膨胀微胶囊,在混凝土中可作为内养护材料,起到一定的抗裂、抗收缩作用,从而提高混凝土的耐久性;

[0041] 4) 本发明提供的阴离子固化膨胀微胶囊,吸水率控制在40%~90%,避免过度吸水溶胀形成孔隙而造成的混凝土力学强度下降。

附图说明

- [0042] 图1是实施例1制备的阴离子固化微胶囊(单粒);
[0043] 图2是实施例1制备的阴离子固化微胶囊(多粒);
[0044] 图3是实施例1制备的阴离子固化微胶囊筛分结果;
[0045] 图4是对比例1制备的阴离子固化微胶囊(单粒)。

具体实施方式

[0046] 以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。在不背离本发明精神和实质的情况下,对本发明方法、步骤或条件所做的修改或替换,均属于本发明的范围。

[0047] 实施例中未注明具体技术或条件者,按照本领域内的文献所描述的技术或条件,或者按照产品说明书进行。所有试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可通过正规渠道商购买得到的常规产品。

[0048] 以下实施例中,

[0049] 所用镁铝钡水滑石的制备方法:将质量比20:5:3的铝质材料、钡质材料和镁质材料在水中溶解,调整pH为9,65℃下进行反应,然后250℃下高温焙烧,得到铝镁钡水滑石;所述铝质材料为硝酸铝,所述镁质材料为硝酸镁,所述钡质材料为硝酸钡。

[0050] 所用铝锌钼水滑石的制备方法:将质量比20:4.5:6的铝质材料、锌质材料和钼质材料在水中溶解,调整pH为9,65℃下进行反应,然后250℃下高温焙烧,得到铝锌钼水滑石;所述铝质材料为硝酸铝,所述锌质材料为硝酸锌,所述钼质材料为硝酸钼。

[0051] 分散剂为六偏磷酸钠。

[0052] 实施例1

[0053] 按2:1的质量比分别称取碳酸钡和镁铝钡水滑石粉共60份、去离子水90份,分散剂1.2份,玛瑙球120份,放入球磨罐中滚筒球磨混合36小时后得到阴离子固化剂混合溶液。称取500份去离子水于反应釜中,将反应釜加热至60℃并保持恒温,在670r/min的搅拌速度下,缓慢加入8份海藻酸钠粉末后持续搅拌90分钟得海藻酸钠溶液。将阴离子固化剂溶液倒入烧杯中,于250W超声震荡下保持10min得到分散均匀的阴离子固化剂混合液。按阴离子固化剂与海藻酸钠的质量比为5.5的比例,加入110份阴离子固化剂混合液并持续搅拌60分钟得到乳白色混合溶液。配制足量浓度为2%的硝酸钙溶液,将乳白色混合溶液滴入硝酸钙溶液中,经过滤、水洗、醇洗和30℃条件下干燥后获得阴离子固化膨胀微胶囊ACM-50。其阴离子固化剂含量为52.37wt%,强度为2.3N(微力学试验机)。

[0054] 图1展示了实施例1制备的阴离子固化微胶囊(单粒),微胶囊呈现均匀乳白色,形状呈球体。

[0055] 图2展示了实施例1制备的阴离子固化微胶囊(多粒)。

[0056] 图3展示了实施例1制备的阴离子固化微胶囊筛分结果,由图可知尺寸0~1.18mm的微胶囊占总量质量比的1.4%,尺寸1.18~2.36mm的微胶囊占总量质量比的69.7%,尺寸2.36~4mm的微胶囊占总质量比的28.9%。

[0057] 实施例2

[0058] 按5:1的质量比分别称取碳酸钡和铝锌钼水滑石粉共60份、去离子水60份,分散剂1.2份,玛瑙球120份,放入球磨罐中滚筒球磨混合12小时后得到阴离子固化剂混合溶液。称

取400份去离子水于反应釜中,将反应釜加热至70℃并保持恒温,在670r/min的搅拌速度下,缓慢加入8份海藻酸钠粉末后持续搅拌90分钟得海藻酸钠溶液。将阴离子固化剂溶液倒入烧杯中,于250W超声震荡下保持5min得到分散均匀的阴离子固化剂混合液。按阴离子固化剂与海藻酸钠的质量比为3.2的比例,加入52份阴离子固化剂混合液并持续搅拌90分钟得到乳白色混合溶液。配制足量浓度为1%的硝酸钙溶液,将乳白色混合溶液滴入硝酸钙溶液中,经过滤、水洗、醇洗和30℃条件下干燥后获得阴离子固化膨胀微胶囊ACZ-30。其阴离子固化剂含量为30.4wt%,强度为1.9N。

[0059] 实施例3

[0060] 按2:0.5:0.5的质量比分别称取碳酸钡、镁铝钡水滑石、铝锌钡水滑石粉共60份、去离子水120份,分散剂1.2份,玛瑙球120份,放入球磨罐中滚筒球磨混合12小时后得到阴离子固化剂混合溶液。称取1000份去离子水于反应釜中,将反应釜加热至55℃并保持恒温,在670r/min的搅拌速度下,缓慢加入8份海藻酸钠粉末后持续搅拌90分钟得海藻酸钠溶液。将阴离子固化剂溶液倒入烧杯中,于250W超声震荡下保持5min得到分散均匀的阴离子固化剂混合液。按阴离子固化剂与海藻酸钠的质量比为4.5的比例,加入108份阴离子固化剂混合液并持续搅拌30分钟得到乳白色混合溶液。配制足量浓度为1%的乳酸钙溶液,将乳白色混合溶液滴入硝酸钙溶液中,经过滤、水洗、醇洗和30℃条件下干燥后获得阴离子固化膨胀微胶囊ACC-40。其阴离子固化剂含量为42.55wt%,强度为2.9N。

[0061] 实施例4

[0062] 与实施例1的区别仅在于:所用阴离子固化剂原料为碳酸钡60份。

[0063] 经处理后获得阴离子固化膨胀微胶囊AB-50。其碳酸钡含量为52.87wt%。

[0064] 实施例5

[0065] 与实施例1的区别仅在于:所用阴离子固化剂原料为镁铝钡水滑石粉60份。

[0066] 经处理后获得阴离子固化膨胀微胶囊AM-50。其镁铝钡水滑石含量为51.36wt%。

[0067] 对比例1

[0068] 按2:1的质量比分别称取碳酸钡和镁铝钡水滑石粉共60份、去离子水90份,无分散剂,玛瑙球120份,放入球磨罐中滚筒球磨混合36小时后得到阴离子固化剂混合溶液。称取500份去离子水于反应釜中,将反应釜加热至60℃并保持恒温,在670r/min的搅拌速度下,缓慢加入8份海藻酸钠粉末后持续搅拌90分钟得海藻酸钠溶液。将阴离子固化剂溶液倒入烧杯中,于250W超声震荡下保持10min得到分散均匀的阴离子固化剂混合液。按阴离子固化剂与海藻酸钠的质量比为4.5的比例,加入108份阴离子固化剂混合液并持续搅拌30分钟得到混合溶液。配制足量浓度为2%的氯化钙溶液,将混合溶液滴入氯化钙溶液中,经过滤、水洗、醇洗和30℃条件下干燥后获得阴离子固化膨胀微胶囊DBL-50。

[0069] 图4展示了对比例1制备的阴离子固化微胶囊(单粒),与实施例1制备的均匀乳白色微胶囊不同,对比例1制备的微胶囊颜色不均匀,形状不稳定。说明阴离子固化剂分散不均匀,会极大影响阴离子固化效果,同时对混凝土性能造成不良影响。另外对比例1采用氯化钙溶液固化微胶囊同样会导致微胶囊内的阴离子固化剂失效。

[0070] 实验例1(海工混凝土性能测试)

[0071] 测试所用的海工混凝土的原材料如下所示:

[0072] 原材料采用:P.I 42.5水泥,河砂细度模数2.8,石灰岩骨料(5-10mm和10-20mm两

级级配即小石子和大石子),聚羧酸减水剂,本发明阴离子固化膨胀剂ACM-50、ACZ-30、ACC-40、AB-50、AM-50以及DBL-50。所述的海工混凝土的配方如下表1所示。

[0073] 表1海工混凝土配合比 (kg/m³)

[0074]	水泥	砂子	小石子	大石子	水	减水剂	阴离子固化微胶囊
	420	745	447	670	168	2.8	12.6

[0075] 空白海工混凝土的配方如下表2所示。

[0076] 表2海工混凝土空白样配合比 (kg/m³)

[0077]	水泥	砂子	小石子	大石子	水	减水剂
	420	745	447	670	168	2.8

[0078] 按照GB50082-2016测试干湿循环120次后混凝土的抗硫酸盐侵蚀系数以及RMC法测试抗氯离子渗透系数,结果如表3所示。

[0079] 表3阴离子固化微胶囊在海工混凝土中的应用效果

[0080]	类别		塌落度 /mm	28d 抗压强度 /MPa	抗蚀系 数	抗氯离子渗透系数 RMC 法
	空白样		200	50.5	74.3	$5.8 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$
	实施例 1	ACM-50	200	52.3	96.8	$< 2.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$
	实施例 2	ACZ-30	195	51.6	93.5	$2.9 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$
	实施例 3	ACC-40	195	51.7	94.9	$< 2.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$
	实施例 4	AB-50	200	52.1	95.2	$3.5 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$
	实施例 5	AM-50	200	51.9	84.5	$< 2.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$
	对比例 1	DBL-50	190	48.6	83.1	$3.7 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$

[0081] 由表3可知,与空白样相比,实施例1至实施例4的抗硫酸腐蚀系数均有所提升,说明微胶囊的阴离子固化剂含量对混凝土的抗蚀能力具有积极影响,且通过微胶囊膨胀堵塞裂缝和阴离子固化功能协同作用混凝土的抗硫酸蚀系数有较大的提升。实施例1、实施例2、实施例3以及实施例5的氯离子渗透系数均有下降,说明载有水滑石阴离子固化剂的微胶囊对氯离子具有明显的吸附作用。通过对比实施例1、实施例4和实施例5可知,碳酸钡的硫酸盐固化能力优于水滑石,氯离子固化能力劣于水滑石,通过将其复配制成微胶囊可全面提升混凝土的抗腐蚀能力。在混凝土搅拌过程中,微胶囊会吸收一定的水分并膨胀导致混凝土实际水胶比会在一定程度上下降,导致塌落度降低,但是影响不显著。另外微胶囊的自养护作用可以提升混凝土的抗压强度。然而,对比例1的DBL-50微胶囊未加入分散剂,结果形状不标准、阴离子固化剂分布不均匀,导致混凝土抗压强度和抗蚀系数均有一定下降。

[0082] 以上的实施例仅仅是对本发明的优选实施方式进行描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通工程技术人员对本发明的技术方案作出的各种变型和改进,均应落入本发明的权利要求书确定的保护范围内。



图1

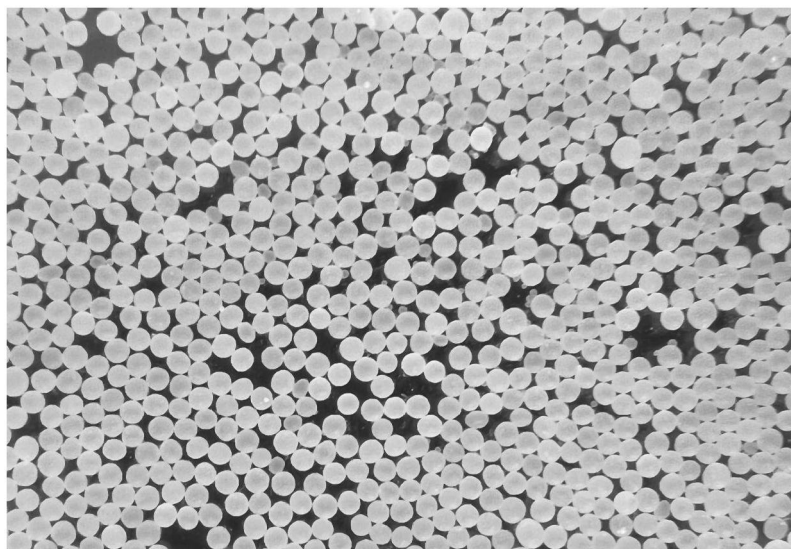


图2

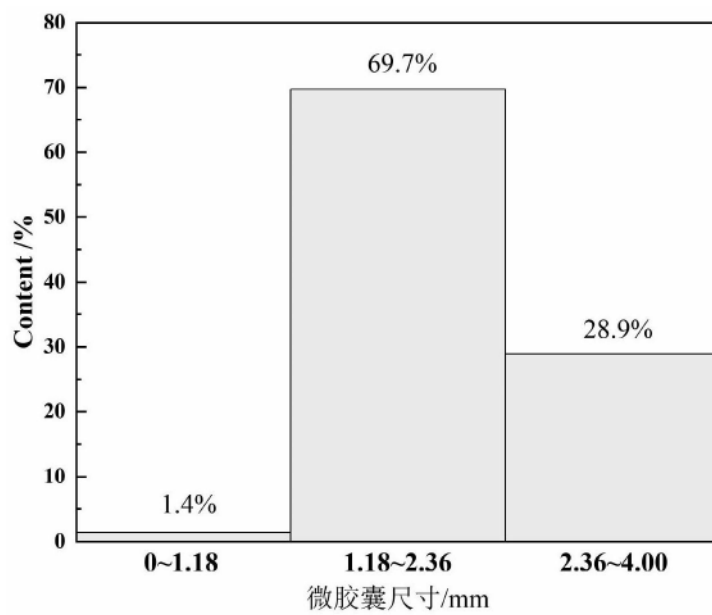


图3

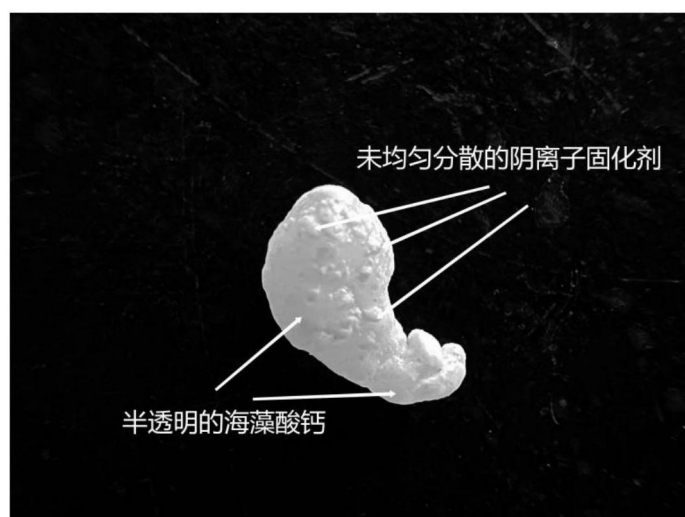


图4