

文章编号:1674-2869(2016)05-0458-04

增强型地质聚合物的制备

谢岁岁,饶曦,张芳,杜飞鹏*

武汉工程大学材料科学与工程学院,湖北 武汉 430074

摘要:为了改善地质聚合物的力学性能,采用偏高岭土为原料,液体水玻璃和氢氧化钠作为碱激发剂,三聚磷酸铝为促进剂,制备了增强型地质聚合物.对增强型地质聚合物进行了X-射线衍射、扫描电子显微镜、热失重分析、抗压强度等表征,研究促进剂对地质聚合物结构和抗压强度的影响.结果显示促进剂参与了聚合反应,并且进入到地质聚合物的结构中,使地质聚合物的凝胶相向颗粒状转变;而且,促进剂的加入显著提高了地质聚合物的抗压强度.与未加促进剂的地质聚合物的77 MPa抗压强度相比,当添加0.5%的促进剂,增强型地质聚合物的抗压强度为156 MPa,增加了102.6%.

关键词:地质聚合物;偏高岭土;三聚磷酸铝;微结构;抗压强度

中国分类号:TQ17 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2016.05.009

Preparation of Reinforced Geopolymer

XIE Suisui, RAO Xi, ZHANG Fang, DU Feipeng*

School of Materials Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China

Abstract: To improve the mechanical properties of geopolymer, we prepared the reinforced geopolymers by using metakaolin as raw materials, liquid sodium silicate/sodium hydroxide as alkali activator, and aluminium triphosphate as accelerant at low temperatures. The effect of accelerant on the microstructure and the mechanical properties was investigated by X-ray diffraction, Scanning electron microscopy, thermogravimetric analysis, and compressive strength testing. The results indicate that the accelerant can transfer the gel phase of geopolymer to particle state due to participating in geopolymerization reaction, and incorporating into the structure of geopolymer. Moreover, the incorporation of accelerant significantly improves the compressive strength of geopolymer. The compressive strength of reinforced geopolymer with 0.5% accelerant reaches 156 MPa, increasing 102.6% compared to 77 MPa of geopolymer without accelerant.

Keywords: geopolymer; metakaolinite; aluminium triphosphate; microstructure; compressive strength

1 引言

地质聚合物(Geopolymer),简称为地聚物,是法国科学家Davidovits^[1]在研究古建筑过程中发现的,也是近年来国际上研究很活跃的新型无机非金属材料之一,被认为是21世纪的绿色胶凝材料^[2-3].它主要以粘土、工业废渣或矿渣等为主要原料,碱或酸为激发剂,经适当的工艺处理,在较低

温度条件下进行化学反应,因此,制备过程中能耗低^[1].而且,在制备地质聚合物的过程中,有害气体排放量少甚至不排出有害气体,符合环保要求^[4-6].地质聚合物具有强度高、硬化快、耐酸碱腐蚀等优良性能,可以应用于冶金、矿山、航空航天、化工、建材和环保领域,应用前景非常广阔.

目前,地质聚合物的抗压强度一般在100 MPa以下,为了提高地质聚合物的强度,同时降低成

收稿日期:2016-04-19

基金项目:国家自然科学基金(51373126);武汉市城建委科技计划项目(201610);武汉工程大学科学研究基金(K201464)

作者简介:谢岁岁,硕士研究生. E-mail: xsslx@163.com

*通讯作者:杜飞鹏,博士,副教授. E-mail: hsdhp@163.com

本,可以仿照水泥和混凝土的制备向其中添加骨料^[7]、填料^[8]或改性剂^[9]。本文向地质聚合物中添加三聚磷酸铝作为地质聚合反应的促进剂,制备增强型地质聚合物,比较了地质聚合物与增强型地质聚合物性能和结构上的差别,利用三聚磷酸铝参与地质聚合反应引起地质聚合物结构中大量颗粒物的形成,提高地质聚合物的抗压强度。

2 实验部分

2.1 实验原料

以粒径为 $3.5\ \mu\text{m}$ 的超细偏高岭土作为制备地质聚合物的原料;以模数为 3.1~3.4 的液体水玻璃和颗粒氢氧化钠作为配置碱激发剂的试剂;以三聚磷酸铝作为地质聚合反应的促进剂。

2.2 地质聚合物的制备

将偏高岭土粉体于 $750\ ^\circ\text{C}$ 下煅烧 2 h 以达到活化目的。将 1 g 氢氧化钠颗粒溶于 1.5 mL 去离子水中,形成均质溶液;然后向氢氧化钠溶液中加入 7.27 g 水玻璃,搅拌超声,混合均匀,静置 24 h 备用。将配置好的碱激发剂溶液和活化的偏高岭土粉体以质量比 1.2:1 倒入研钵中研磨,加适量的水使浆体具有一定的流动性,然后加入质量分数 0.5% (相对于偏高岭土) 的三聚磷酸铝,研磨约 30 min,混合均匀。将磨至均匀的浆体注入 $20\ \text{mm}\times 20\ \text{mm}$ ($\Phi\times h$) 的聚四氟乙烯圆筒模具中,密封保存,室温养护 1 d, $40\ ^\circ\text{C}$ 养护 1 d, $50\ ^\circ\text{C}$ 养护 4 d, $60\ ^\circ\text{C}$ 养护 2 d,即可脱模。

2.3 测试与表征

采用 WDW-50 微机控制保温材料试验机测试样品的抗压强度;采用 JEOL JSM-5510LV 型扫描电子显微镜测试实验原料以及产品的形貌和微观结构;采用 Bruker D8 Advance 型 X 射线衍射分析仪测试实验原料以及产品的物相组成;采用 STA409PC 型热分析综合仪器测试实验原料以及产品质量随温度变化的关系;用比重瓶法测产品的密度;用吸水法测试产品的孔隙率。

3 结果与讨论

3.1 扫描电镜

图 1 为地质聚合物(a)和增强型地质聚合物(b)的断面扫描电镜图。由图 1(a)可以看出,未添加促进剂时,地质聚合物的断面是均匀连续并且较厚的凝胶相,类似于高分子结构。由图 1(b)看

出,添加了促进剂的增强型地质聚合物的断面上有很多突起的颗粒物存在,这些小颗粒非常均匀的分散在地质聚合物基体里,使地质聚合物的微观结构较为疏松。

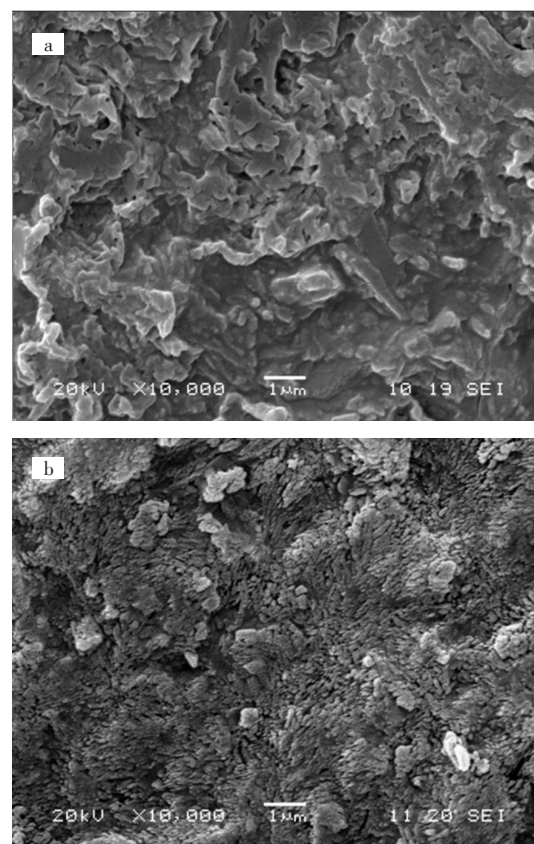


图1 (a)地质聚合物和(b)增强型地质聚合物的SEM图

Fig. 1 SEM images of (a) geopolymer and (b) reinforced geopolymer

3.2 X-射线衍射分析

图 2 为地质聚合物(a)、促进剂三聚磷酸铝(b)和增强型地质聚合物(c)的 XRD 图谱。曲线 a 在 2θ 为 $19^\circ\sim 35^\circ$ 处有明显的无定型驼峰区,这意味着地质聚合物的无定型三维网络的形成。曲线 b 在 2θ 为 $10^\circ\sim 40^\circ$ 之间,出现了很多衍射峰,这说明促进剂三聚磷酸铝是一种晶体物质。由曲线 c 可以发现,将促进剂加入到地质聚合物中后,促进剂本身的结晶峰都消失了,说明促进剂三聚磷酸铝参与了聚合反应,进入到了地质聚合物的结构中;从曲线 c 还可以观察到地质聚合物本身很大的无定型驼峰区变得比较平坦,这主要是因为促进剂的加入,使偏高岭土发生聚合反应,形成更多的链式结构。

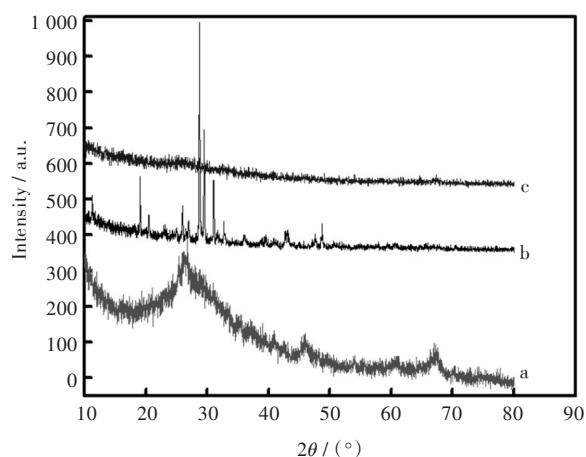


图2 (a)地质聚合物、(b)三聚磷酸铝和(c)增强型地质聚合物的XRD图

Fig. 2 XRD patterns of (a) geopolymer, (b) aluminium triphosphate and (c) reinforced geopolymer

3.3 热重分析

图3为地质聚合物(a)、增强型地质聚合物(b)和促进剂三聚磷酸铝(c)的热重分析曲线图。由曲线a可知,地质聚合物从40℃到1000℃,总失重为5.99%。失重原因主要是结晶水的失去和羟基脱水。由曲线c可知,促进剂三聚磷酸铝从40℃到1000℃,总失重为24.5%。质量损失主要是由于结晶水的失去及羟基脱水。由曲线b可知,增强型地质聚合物从40℃到1000℃的总失重为8.73%,高于地质聚合物的总失重率5.99%,这主要是由于其中添加的三聚磷酸铝失重率24.5%高于地质聚

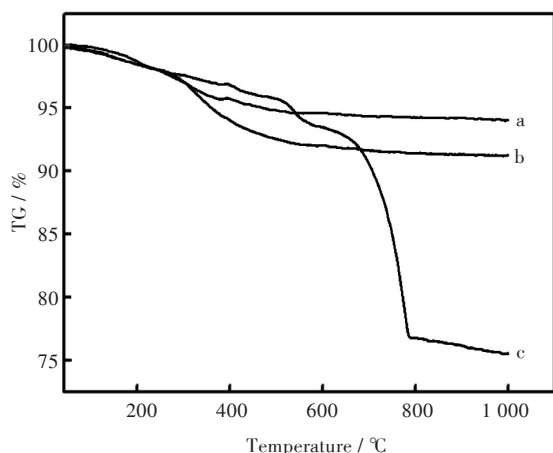


图3 (a)地质聚合物、(b)增强型地质聚合物和(c)三聚磷酸铝的TGA曲线

Fig. 3 TGA curves of (a) geopolymer, (b) reinforced geopolymer and (c) aluminium triphosphate

合物的失重率5.99%,因而造成增强型地质聚合物整体失重率增加。

3.4 抗压强度

对地质聚合物和增强型地质聚合物各取5个试样测其抗压强度,并取抗压强度的平均值,结果如图4所示。由图4可以看出,未添加促进剂的地质聚合物抗压强度为77 MPa,与文献[10-11]报道的偏高岭土型地质聚合物的抗压强度相近。但是,添加了质量分数为0.5%促进剂的增强型地质聚合物的抗压强度为156 MPa,提高了102.6%。因此,少量三聚磷酸铝的添加,明显改善了地质聚合物的抗压强度。从断面结构分析可以看出,促进剂的加入参与了地质聚合物的聚合反应,使地质聚合物结构发生了变化,在地质聚合物中增加了颗粒物的分布,颗粒物的存在对地质聚合物的抗压强度具有明显的改善。

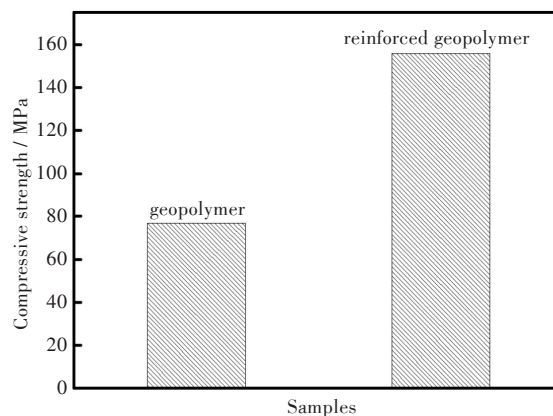


图4 地质聚合物和增强型地质聚合物的抗压强度

Fig. 4 Compressive strength of geopolymer and reinforced geopolymer

4 结 语

以偏高岭土为原料,以液体水玻璃和氢氧化钠为碱激发剂,以三聚磷酸铝为地质聚合反应的促进剂,制备了增强型地质聚合物。促进剂参与了聚合反应,并且进入到了地质聚合物的结构中,使地质聚合物的物相和微观结构都发生了变化,促进剂的加入显著增强了地质聚合物的抗压强度;与未添加促进剂的地质聚合物相比,添加质量分数0.5%的促进剂就使地质聚合物的抗压强度增加了102.6%,在高性能建筑结构材料及涂层领域具有潜在的应用前景。

(下转第516页)