

氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯复合材料弯曲性能的研究^{*}

王 晓¹, 林斯娜¹, 李小澄², 陈斯蔼¹, 许家瑞¹

(1. 中山大学化学与化学工程学院 // 聚合物复合材料及功能材料教育部重点实验室, 广东 广州 510275;
2. 汕头市龙湖穗汕雕塑环艺工程有限公司, 广东 汕头 515041)

摘 要: 研究了氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯复合材料配方各组分对弯曲性能的影响。实验结果表明, 复合材料的弯曲性能在砂料质量分数为 40% 时达到最大, 砂料质量分数过高则反而下降。粒径小的砂料具有更好的增强效果。砂料质量分数为 40% 时, 20 目级的 MOC / PAR 复合材料的弯曲强度的增加量达到 44.3%, 弯曲模量的增加量达到 79.8%; 40 目级的 MOC / PAR 复合材料的弯曲强度的增加量达到 75.4%, 其弯曲模量的增加量达到 109.7%。

关键词: 氯氧镁凝胶; 复合材料; 弯曲性能; 聚丙烯酸酯; 环境艺术; 环保装饰

中图分类号: TB332 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2006) 05 0051-04

氯氧镁凝胶材料在工业上的直接的、广泛的应用是氯氧镁水泥的开发。氯氧镁水泥具有普通的硅酸盐水泥的一系列特点, 另外, 再加上原料简单易得、价格低廉等优点, 因而, 在很多场合下用来代替硅酸盐水泥^[1-4]。前期对于氯氧镁水泥的应用开发研究, 多围绕这一目标展开。

通常的氯氧镁水泥材料多与碎石、粉状填料或玻璃纤维等形成无机复合材料。对于这些材料的研究, 包括力学性能等, 已经有见文献报道^[1-7]。

近年来, 随着建筑美术设计和建材应用观念的变化和发展, 国内外在建筑用料中采用环境艺术材料和环保装饰材料的场合越来越多^[8-9]。

应用氯氧镁凝胶和砂料制成复合材料, 经过成型过程中一定的加工修饰, 可以制成具有石料的肌理、色调、质感的制品, 同时, 具有较好的抗弯曲性能, 可以代替石料。因而, 在环境艺术装饰中具有很好的发展前景^[10]。

然而, 通常的氯氧镁水泥经常会出现“出汗”的现象, 即由于气候和湿度的变化会在制品的表面出现很多水珠, 影响了制品的观感^[1-3]。出汗现象一直是氯氧镁凝胶材料的品级难以大幅度提高的主要障碍之一。对于品级较高档的环境艺术制品, 这种出汗现象必须设法消除。

将氯氧镁凝胶 (简称 MOC) 这种传统的无机材料与聚丙烯酸酯 (简称 PAR) 这种有机高分子聚合物进行共混复合, 可以形成一种新颖的无机 /

有机高分子共混材料。这种材料既可通过砂料等填料进行复合增强, 又利用聚合物的封闭性来设法消除氯氧镁凝胶的出汗现象。本文对这种无机 / 有机聚合物共混材料的弯曲性能进行考察。

1 实验部分

1.1 原 料

氧化镁 (MgO): 320 号, 辽宁出产; 砂料 (20 目级): 粉料, 40 ~ 20 目筛; 砂料 (40 目级): 粉料, 120 ~ 40 目筛; $MgCl_2 \cdot 6H_2O$: 广州化学试剂厂, 分析纯; 聚丙烯酸酯乳液: 牌号 BA-202 南创化工有限公司。

1.2 氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯复合材料的制备

本工作的主要研究对象是氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯复合材料 (MOC / PAR Composites, 简称氯氧镁 丙烯酸酯复合材料, 或 MOC / PAR 复合材料)。这是以氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯为共混基体, 以砂料为增强填料的复合材料。

将六水氯化镁用水溶解, 配制成氯化镁溶液; 根据实验设计的目的, 按配方加入一定量的氧化镁、聚丙烯酸酯乳液、水和砂料, 充分搅拌几分钟。然后, 将物料倒入模具中, 静置数小时, 待试样基本干透之后开模。试样置于空气中养护一段时间, 即可用于测试力学性能。本工作以氯氧镁凝胶 砂增强复合材料 (MOC Composites, 简称 MOC 复合材料) 做为空白对照试样。这是以氯氧镁凝胶

* 收稿日期: 2006-01-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50073030); 中山大学理科科研资助项目 (01-058-711094); 中山大学“创新化学实验研究基金”资助项目

作者简介: 王晓 (1955 年生), 男, 副教授; E-mail: ceswx@sysu.edu.cn

基体，以砂料为增强填料的复合材料。其配方与 MOC /PAR 复合材料不同的地方仅仅是没有加入聚丙烯酸酯聚合物。在文献 [10] 中，我们已经对其弯曲性能进行了研究，本文在计算 MOC /PAR 复合材料对 MOC 复合材料弯曲强度和弯曲模量的增加幅度值时，MOC 复合材料弯曲强度和弯曲模量的数值有一部分采用文献 [10] 的数据进行计算，采用之处将在文中注明。

1.3 弯曲性能测试实验

氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯复合材料的弯曲性能测试实验按照国家标准 GB1042-79 进行。弯曲实验速度为 2 mm /min。

1.4 测试仪器设备

本工作采用英国出品的 Hounsfield H10K-S 万能材料实验机进行弯曲性能测试实验。

1.5 氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯复合材料的养护

氯氧镁凝胶聚丙烯酸酯复合材料的养护在自然环境中进行。将开模制备好的试样置于自然的空气气氛中，在自然环境下静置，记录静置的时间，即是材料的养护时间。到达原定的养护时间之后，就立即进行力学性能测试。在本文中，所有试样的养护时间为 1 个月。

2 结果与讨论

2.1 砂料质量分数对氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯复合材料弯曲性能的影响

图 1 表示了 20 目级和 40 目级的砂料，其质量分数对氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯复合材料弯曲强度和弯曲模量的影响。由图可见，MOC /PAR 复合材料的弯曲性能的变化与砂料质量分数密切相关。在图 1 中，不加砂料填料的氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯共混材料的弯曲强度和弯曲模量均比较低。加入砂料、形成复合材料之后，在大部分情形下，其弯曲强度和弯曲模量均大幅度增加。当加入 $w=40\%$ 的砂料后，MOC /PAR 复合材料的弯曲强度和弯曲模量均达到最大的结果。对于砂料质量分数为 60% 的，其弯曲强度和弯曲模量没有 40% 的那么高，但仍然比不加砂料填料的空白实验要高得多。砂料填料含量过高，则弯曲性能反而下降。当砂料质量分数为 70% 时，其弯曲强度和弯曲模量均比不加砂料的空白实验低。

2.2 与 MOC 复合材料的对照比较

为了与没有添加聚丙烯酸酯的 MOC 复合材料进行比较，表 1 列出了在不同砂质量分数下，MOC /PAR 复合材料对 MOC 复合材料弯曲强度和

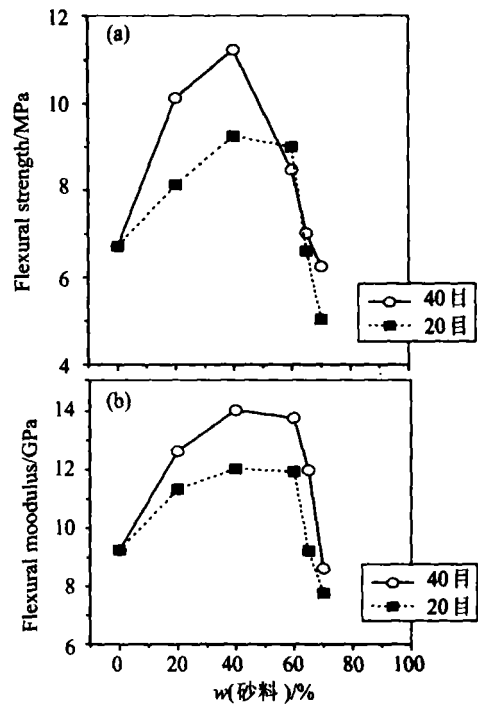


图 1 砂料质量质量分数对氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯复合材料弯曲强度 (a) 和弯曲模量 (b) 的影响
Fig. 1 Effects of the mass fraction of sand on the flexural strength (a) and flexural modulus (b) of magnesium oxychloride /polyacrylate composites

弯曲模量^[10]的增加幅度。以砂料质量分数为 0% 的 MOC 复合材料的的弯曲强度和弯曲模量为基数，计算出各个试样的增加百分比。计算时作为对照的 MOC 复合材料的弯曲强度和弯曲模量值有一部分取自文献 [10]。

由表 1 可见，在大部分情形下，MOC /PAR 复合材料的弯曲性能都要比作为空白对照的好，如果配方选择适当，弯曲性能会有很大程度的提高，但是，也有例外的情况。MOC /PAR 复合材料性能的提高在很大程度上除了取决于基体的共混效果之外，也取决于砂料的含量。

首先考察最简单、没有砂料加入的情况。如表 1 所示，此时对于弯曲强度来说，与体系是否共混，即是否加入 PAR 关系不大，MOC /PAR 复合材料的弯曲强度增加率只有 4.8% 与 MOC 复合材料比较接近。当然，总的来讲，MOC /PAR 复合材料的弯曲强度还是要高一些，尽管差别不是很大。然而，这并不就意味着 MOC /PAR 复合材料没有增强效应。与弯曲强度不同，对于弯曲模量来说，MOC /PAR 复合材料就有相当大的提高，如表 2 所示，MOC /PAR 复合材料的弯曲强度增加率达到了只有 38.1%。

表 1 氯氧镁凝胶复合材料弯曲强度和弯曲模量的增加百分比¹⁾

Tab. 1 Percentages of the increasement of the flexural strength and flexural modulus of the magnesium oxychbride composites

材料		弯曲强度增加率 %						弯曲模量增加率 %					
		0	20	40	60	65	70	0	20	40	60	65	70
20目	MOC /PAR 复合材料	4.8	26.6	44.3	40.4	2.9	-21.5	38.1	69.1	79.8	78.3	37.6	16.0
	MOC 复合材料	0	1.5	6.3	16.1	26.6	39.1	0	45.1	73.4	73.0	109.8	128.3
40目	MOC /PAR 复合材料	4.8	57.8	75.4	32.1	9.5	-2.5	38.1	88.5	109.7	105.7	79.0	28.7
	MOC 复合材料	0	25.1	31.8	40.1	43.9	53.7	0	60.2	89.8	144.4	139.3	132.1

1)弯曲强度增加百分比的都以砂质量分数为 0%的 MOC 复合材料的弯曲强度为计算基数

加入 $w=40\%$ 的砂会使共混体系达到最佳的增强效果。如表 1 所示, 在加入 PAR 之后, 弯曲强度有很大的提高。而弯曲模量也有相当的提高幅度。例如, $w=40\%$ 的 20 目砂含量的 MOC /PAR 复合材料的弯曲强度增加率为 44.3%, 而对应的 MOC 复合材料的弯曲强度增加率只有 6.3%; $w=40\%$ 的 40 目砂含量的 MOC /PAR 复合材料的弯曲强度增加率为 75.4%, 而对应的 MOC 复合材料的弯曲强度增加率只有 31.8%。当然, 弯曲模量的提高量较小, $w=40\%$ 的 40 目砂含量的 MOC /PAR 复合材料的弯曲模量增加率为 109.7%, 而对应的 MOC 复合材料的弯曲模量增加率只有 89.8%。

对于 20 目的情形, 甚至出现两者比较接近的情况。 $w=40\%$ 的 20 目砂含量的 MOC /PAR 复合材料的弯曲模量增加率为 79.8%, 而对应的 MOC 复合材料的弯曲模量增加率只有 73.4%。

$w=40\%$ 的砂含量的情形说明, PAR 的基体共混效果与增强填料之间有协同效应, 合适的搭配可使其达到最佳的增强。

过大砂料质量分数的加入会使共混体系出现负效应。对于 70% 砂含量的情形, 无论是弯曲强度还是弯曲模量, 共混体系的性能都还不如空白对照实验好, 呈现大幅度降低的情况, 如表 1 所示, MOC /PAR 复合材料的弯曲强度的增加率都是负值, 而其弯曲模量的增加率虽然是正值, 但增加幅度也很小, 分别只有 16.0% (20 目) 和 28.7% (40 目)。

含 $w=60\%$ 砂的试样出现了较复杂的情况。对于 20 目级的情形, 共混体系的弯曲强度仍然有大的提高, MOC /PAR 复合材料的弯曲强度的增加率有 40.4%, 而 MOC 复合材料的弯曲强度增加率则只有 16.1%。弯曲模量则比较接近, MOC /PAR 复合材料的弯曲模量的增加率有 78.3%, 而 MOC 复合材料的弯曲强度增加率则只有 73.0%。但对于 40 目级的情形, $w=60\%$ 砂试样弯曲强度则反而略有下降。如表 1 所示, MOC /PAR 复合材料的弯曲强度的增加率为 32.0%, 而 MOC 复合材料的弯曲

强度增加率则达到 40.1%, 后者的弯曲强度增加率反而比前者高。其弯曲模量也有类似的情形, 如表 2 所示, MOC /PAR 复合材料的弯曲模量的增加率为 105.7%, 而 MOC 复合材料的弯曲模量增加率则达到 144.4%。对于这种复杂的变化, 可以解释为 $w=60\%$ 的砂是共混体系出现负效应的临界点, 当 w 大于 60% 的时候, 共混体系出现负效应; 而当 w 小于 60% 的时候, 共混体系出现正效应; 在临界点 60% 处则出现数据的分散性较大的情形, 有些表现为正效应, 有些则表现为负效应。

2.3 砂料粒径对氯氧镁凝胶 聚丙烯酸酯复合材料弯曲性能的影响

由表 1 可见, 对于不同的目数, 尽管粒径对复合材料的弯曲性能变化的趋势相同, 弯曲强度的增加量却有大的差别。例如, 对于砂料质量分数为 40% 的试样, 20 目级只有 44.3% 的增加量, 而 40 目级则有 75.4% 的增加量。对于砂料质量分数为 70% 的试样, 20 目级只有 -21.5% 的负增加量, 而 40 目级才有 -2.5% 的负增加量。由图 1 也可以看出, 40 目级的弯曲强度实际数值比 20 目级的要大。因此, 总的来讲, 粒径小 (40 目级) 的增强效果是好的。

由表 1 可见, 对于不同的目数, 尽管变化的趋势相同, 弯曲模量的实际数值的增加量也有大的差别。例如, 对于砂料质量分数为 40% 的试样, 20 目级只有 79.8% 的增加量, 而 40 目级则有 109.7% 的增加量。而对于砂料质量分数为 70% 的试样, 20 目级只有 16.0% 的增加量, 而 40 目级却有 28.7% 的增加量。由图 2 也可以看出, 40 目级的弯曲模量实际数值比 20 目级的要大。总的来讲, 粒径小 (40 目级) 的增强效果是好的。这是由于砂粒粒径越小, 填料颗粒的比表面积越大, 因而就具有较大的增强作用。

2.4 关于共混材料增强效果的讨论

如上所述, 共混材料的增强呈现出较为复杂的情况。只有增强填料和共混组分比例适当时, 材料体系的增强效应才会显著。在适当的搭配下, 可以

取得很好的增强效果。在砂料质量分数为 40% 时, 共混体系达到最好的复合增强效果。如表 1 所示, 此时 20 目级的复合材料的弯曲强度的增加率达到了 44.3%, 弯曲模量的增加率达到了 79.8%; 而 40 目级的复合材料的弯曲强度的增加率则达到了 75.4%, 其弯曲模量的增加率超过了 100%, 猛增到 109.7%。弯曲强度和弯曲模量同时大幅度提高的情况表明, 此时共混体系的增强作用非常显著。

实际上, 氯氧镁砂增强复合材料的优点在于具有环境艺术材料的质感, 在一些场合, 只要能保证弯曲性能不比空白对照试样的性能低就可以。因而, 本工作研究的配方, 在相当大的用量范围内都具有使用价值。实际应用中可以根据使用的目的选择合适的配方。

参考文献:

- [1] 阎忠灿. 氯氧镁水泥的性能和使用价值[J]. 硅酸盐建筑制品, 1994(1): 21-22
- [2] 王英姿, 邱振新, 王翔. 浅谈氯氧镁水泥制品的性能及

发展状况[J]. 山东建材, 2000(1): 38-40

- [3] 童义平. 氯氧镁水泥及其制品的开发研究[J]. 盐湖研究, 1996 4(1): 68-72
- [4] 王英姿, 邱振新, 王翔. 浅谈氯氧镁水泥制品的性能及发展状况[J]. 山东建材, 2000(1): 38-40
- [5] 余红发, 李生堂, 何庆英, 等. $MgO-SF-FA-MgCl_2 \cdot H_2O$ 胶凝材料体系的长期强度及耐水性研究[J]. 硅酸盐学报, 2000 28(1): 33-37.
- [6] 陈旭东, 翁睿. 纤维增强氯氧镁复合材料增强体系改性研究[J]. 桂林工学院学报, 2001 21(3): 271-275.
- [7] 刘宁, 刘雄亚. 高强、耐水玻璃纤维增强氯氧镁复合材料的研究[J]. 纤维复合材料, 2000(2): 7-9.
- [8] 田鸿喜. 陶艺砖石在现代建筑与环境艺术中的审美及其应用[J]. 陶瓷学报, 2003 24(4): 250-253.
- [9] 傅凯. 环境艺术设计发展的几个层面浅析[J]. 家具与室内装饰, 2003(10): 32-33
- [10] 王晓, 陈斯蕙, 李小澄, 等. 氯氧镁凝胶砂增强复合材料弯曲性能的研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2005 44(4): 26-29

Study on the Flexural Properties of the Magnesium Oxide Chloride Gelatin Polyacrylate Composites

WANG Xiao¹, LIN Sina¹, LIXiao-deng², CHEN Si-ai¹, XU Jia-ni¹

(1 Key Laboratory for Polymeric Composite and Functional Materials of Ministry of Education // School of Chemistry and Chemical Engineering SUN Yat sen University Guangzhou 510275, China;
2 Longhu Shuishan Environmental Art Engineering Company Limited Shantou 515041, China)

Abstract The influences of the variations of the ingredients of the Magnesium oxide chloride gelatin / polyacrylate composites on their flexural properties was studied. Optimum compounds were obtained with 40% of the sand fraction of the composites. Moreover, low flexural properties were given when sand was overfed. Small size of the grains of sand brought about the materials good reinforcement with the raise of the flexural properties. Composite with 40% of mass fraction of sand of which the grain diameter ranged from 0.35 ~ 0.84 mm resulted in 44.3% and 79.8% of the increment of the flexural strength and the flexural modulus respectively, compared with the blank test. Additionally, composite with the same amount of mass fraction of sand of which the grain diameter ranged from 0.12 ~ 0.35 mm exhibited 75.4% and 10.97% of the increment of the flexural strength and the flexural modulus.

Key words magnesium oxide chloride gelatin; composite; flexural properties; polyacrylate; environmental art; environmental decoration