



# Influence of HPMC & VAE on the Performance of Dry-Mixed Mortars

Zhang Yinxiang<sup>1,3,4,\*</sup>, Chen Xiangjuan<sup>2,3,4</sup>, Wang Zhaojia<sup>1,3,4</sup>, Cai Luhong<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Beijing building Materials Academy, Beijing, China

<sup>2</sup>Beijing BBMG Mortars Co. Ltd, Beijing, China

<sup>3</sup>Beijing engineering Research Center on Pre-Mixed Mortars, Beijing, China

<sup>4</sup>State key laboratory of Solid Waste Reuse for Building Materials, Beijing, China

## Email address:

zhang-yx@163.com (Zhang Yinxiang)

\*Corresponding author

## To cite this article:

Zhang Yinxiang, Chen Xiangjuan, Wang Zhaojia, Cai Luhong. Influence of HPMC & VAE on the Performance of Dry-Mixed Mortars.

*Science Discovery*. Vol. 11, No. 5, 2023, pp. 183-188. doi: 10.11648/j.sd.20231105.12

**Received:** July 14, 2023; **Accepted:** August 8, 2023; **Published:** October 28, 2023

**Abstract:** The mechanism of HPMC and VAE on the properties of dry-mixed mortar was studied by using self-developed crack resistance test method & etc. The results show that HPMC will significantly increase the water demand, VAE can significantly reduce the water, and the mixed result is higher than the sum of the two. Both HPMC and VAE can retain water, but the difference is very large, and the result of compound mixing is the superposition of two. HPMC will significantly reduce the wet unit weight, while VAE will slightly reduce the wet unit weight. The effect of compound blending is the superposition of the two. HPMC can significantly reduce the compressive strength and flexural strength; VAE can significantly improve the flexural strength, and the compressive strength can be increased when the dosage is high. The result of compound mixing is the sum of the two. HPMC can slightly improve the bond strength, while VAE can significantly improve the original bond strength with mortar. HPMC has a more significant effect on the compression ratio, and VAE has a more significant effect on the crack resistance; The compound addition is beneficial to the improvement of crack resistance.

**Keywords:** HPMC, VAE, Dry-Mixed Mortars, Performance, Influence

---

## HPMC与VAE对干混砂浆宏观性能的作用机制

章银祥<sup>1,3,4,\*</sup>, 陈向娟<sup>2,3,4</sup>, 王肇嘉<sup>1,3,4</sup>, 蔡鲁宏<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup>北京建筑材料科学研究总院有限公司, 北京, 中国

<sup>2</sup>北京金隅砂浆有限公司, 北京, 中国

<sup>3</sup>北京市预拌砂浆工程技术研究中心, 北京, 中国

<sup>4</sup>固废资源利用与节能建材国家重点实验室, 北京, 中国

## 邮箱

zhang-yx@163.com (章银祥)

**摘要:** 利用自行研制的抗裂性试验方法等, 研究了HPMC与VAE对干混砂浆宏观性能的作用机制。结果表明: HPMC会大幅增加需水量, VAE可显著减水, 复掺结果高于二者的加和。HPMC和VAE均可保水, 但差别很大, 复掺效果是二者的叠加; 单掺且低掺VAE, 或单掺且低掺HPMC, 都对保水率起负作用。HPMC会大幅降低湿容重, VAE会小幅降低湿容重, 复掺效果是二者的叠加。HPMC会大幅降低抗压强度和抗折强度; VAE可大幅提高抗折强度, 掺量较高

时可提高抗压强度，复掺结果是二者的加和。HPMC可小幅提高粘结强度，而VAE可大幅提高与砂浆的粘结原强度。HPMC对压折比影响更为显著，VAE对抗裂性的影响更为明显；复掺有利于抗裂性、无益于压折比。

关键词：HPMC，VAE，干混砂浆，性能，作用机制

1. 引言

与传统砂浆相比，干混砂浆具有明显的优势，例如产品质量稳定、功能多元、使用方便、绿色环保等。从化学组成上看，干混砂浆最大的特点是加入了多种化学外加剂，其中可再分散乳胶粉和纤维素醚是干混砂浆中使用范围最广、用量最大的化学外加剂。

关于羟丙基改性甲基纤维素醚（HPMC）、醋酸乙烯-乙烯乳胶粉（VAE）对干混砂浆性能影响的文献较多。但是前期文献[1-11]多研究单因素（HPMC或VAE）对干混砂浆性能的作用机制；诸多文献[12-19]研究的是HPMC+VAE对某些特定产品的作用机制，系统性不够。专门研究HPMC+VAE对干混砂浆性能作用规律的文献[20-24]不多，且其实验点数大都不够，未能全面反映二者复合时对干混砂浆的作用规律。

除常规试验方法外，本文通过自行研制的新型抗裂性试验方法[25]，直观、定量地研究了VAE、HPMC对砂浆抗裂性能的作用规律，对指导聚合物在砂浆中的应用具有重要意义。

2. 原材料及试验方法

2.1. 原材料

- 1) 普通硅酸盐水泥（PO42.5）：北京金隅太行和益水泥有限公司。
- 2) 粉煤灰（FAⅡ）：Ⅱ级。
- 3) 天然砂（S）：水洗、烘干、分级，S1（40~70目）、S2（70~140目）。
- 4) 羟丙基改性甲基纤维素醚（HPMC）：含水率4.1%，黏度40700mPa·s，灰分2.86%，细度0.1%，凝胶温度74.9℃。
- 5) 可再分散醋酸乙烯-乙烯乳胶粉（VAE）：灰分10.2%，堆积密度556g/L，含水率0.8%，组成成分为VAc/E，保护胶体为PVA，最低成膜温度0℃，玻璃化温度（T<sub>g</sub>）-7℃。
- 6) 其他原材料：消石灰粉CH、聚丙烯纤维PP6、憎水剂PD、减水剂SP等。

2.2. 试验方案及检测方法

2.2.1. 样品配比

实验配比为 (PO42.5+FAⅡ+CH):(S1+S2):HPMC:VAE:(SP+PP6+PD)=340:(656-X-Y):X:Y:4.00，其中，X=0.00、0.25、0.50、0.75、1.00、1.25、1.50、1.75、2.00、2.25、2.50、2.75、3.00、3.50、

4.00、4.50、5.00；Y=0.0、5.0、10.0、15.0、20.0、25.0、30.0、35.0、40.0、45.0、50.0、60.0、70.0、80.0。

2.2.2. 样品制备

采用符合JC/T 681-2005《行星式水泥胶砂搅拌机》要求的搅拌机低速搅拌。按如下步骤搅拌：将适量的自来水倒入搅拌锅中；60s内将干混料撒入搅拌锅中；用刮刀手工初搅30s；机器低速搅拌30s；60s内清理搅拌叶和搅拌锅壁上的砂浆；机器低速搅拌60s；静置15min，再机器低速搅拌15s。60s内按JGJ/T 70-2009《建筑砂浆基本性能试验方法标准》的要求测定新拌砂浆的稠度；稠度值应为（95±4）mm，否则应调整水的比例，重新称量、搅拌、测试稠度。同一实验批次的同一配比的各项性能实验应为同一样品。

2.2.3. 测试方法

标准实验条件：23±2℃，50±5%RH。  
容重：按照JGJ/T 70-2009的方法检测。  
保水率：按照GB/T 28627-2012《抹灰石膏》的规定，用真空抽滤法检测。  
拉伸粘结强度、抗压强度、抗折强度、压折比：按照GB/T 29906-2013《模塑聚苯板薄抹灰外墙外保温系统》的规定检测。  
抗裂性（柔韧性）：使用自行研制的试验方法及配套设备，详见文献[25]。

3. 结果及讨论

3.1. 需水量

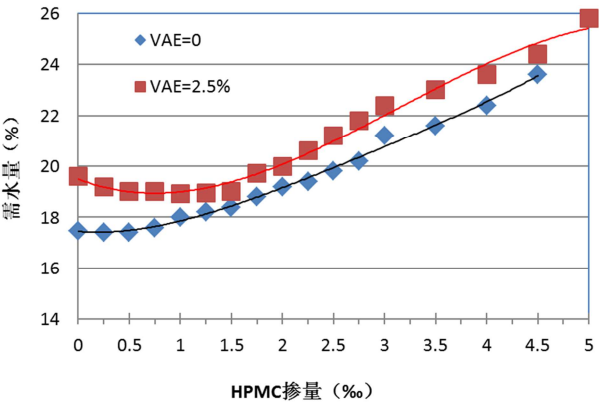


图1 HPMC掺量对砂浆需水量的影响。

由图1可知，随着HPMC掺量的提高，需水量先小幅度降低，而后线性大幅增加；复掺2.5%VAE比单掺HPMC时，用水量增加。由图2可知，随着VAE掺量增加，需水量先小幅度增大，2.5%之后逐渐降低，说明当VAE

掺量超过某一点时（与其它外加剂的量有关）具有明显的减水作用。HPMC单掺量由0.3‰增至1.5‰时，用水量约增加1%；复掺时，HPMC掺量由0.3‰增至1.5‰时，用水量约增加2%；说明复掺提高了需水量。

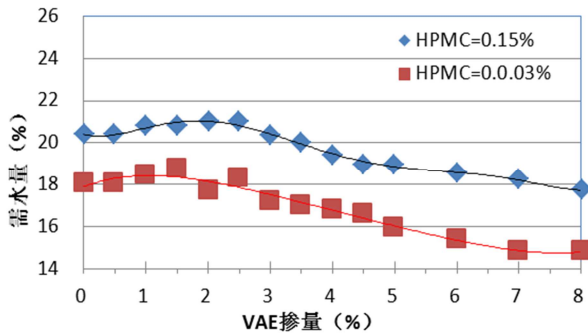


图2 VAE掺量对砂浆需水量的影响。

关于HPMC、VAE对干混砂浆需水量的影响，尚未见系统研究的文献。文献[17]中仅有几个点，代表性不足。

### 3.2. 保水率

由图3、4可知，随着HPMC掺量不断提高，砂浆保水率不断提高，当高于1.5‰后，砂浆保水率基本保持不变。随VAE掺量的增加，砂浆保水率不断提高，当高于5‰后，砂浆保水率基本保持不变。说明VAE和HPMC均具有保水作用，但作用效果差别很大，HPMC的保水效果更显著；1.5‰HPMC的作用相当于5‰VAE的作用，可将保水率从50%提高到90%以上；复掺时保水效果基本是二者的叠加。

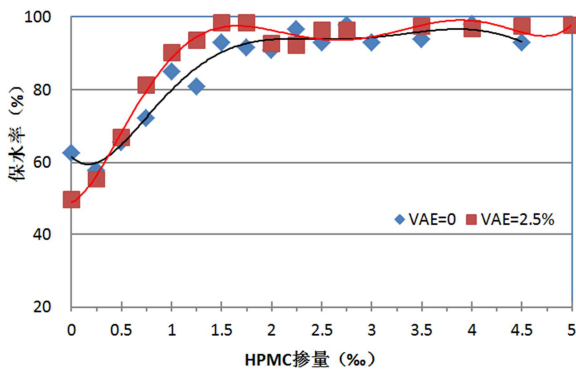


图3 HPMC掺量对砂浆保水率的影响。

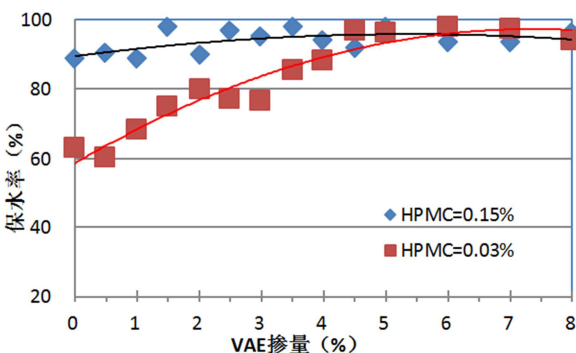


图4 VAE掺量对砂浆保水率的影响。

低掺HPMC时，本文的保水率低于文献[6, 21]的，其主要原因是他们采用滤纸法检测，而本文采用真空抽滤法检测保水率。我们的研究表明，滤纸法主要适用于低保水率样品（普通砂浆），对于高保水率样品（特种砂浆），宜使用真空抽滤法检测其保水率；这与文献[5]的研究结果并不相同。

关于HPMC、VAE对砂浆保水率的作用规律，本文与文献[6, 21]等大体一致。但本文研究表明：单掺且低掺VAE，或单掺且低掺HPMC，都对保水率起负作用；这与他们不同。

### 3.3. 湿容重

由图5、图6可见：当掺量低于1.5‰时，随HPMC掺量的增加，湿容重大幅度降低，降低了500g/L；当掺量超过1.5‰后，湿容重基本保持不变。当VAE掺量低于30‰时，随着VAE掺量的提高，湿容重逐渐降低，降低了约150g/L；VAE掺量继续提高，湿容重趋于稳定。复掺效果是二者的叠加。

本文研究结果与文献[16]、文献[20]的结果整体一致。

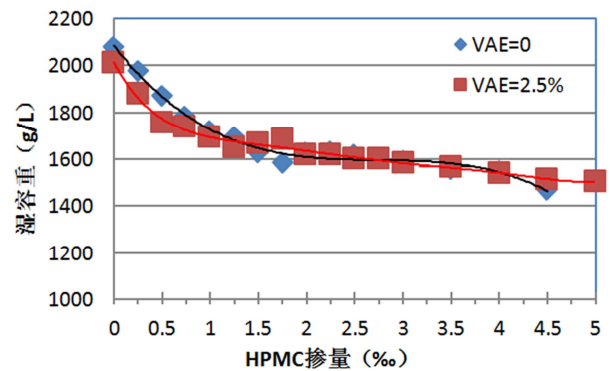


图5 HPMC掺量对砂浆湿容重的影响。

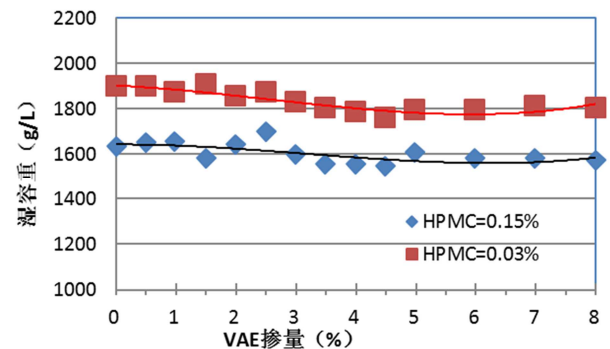


图6 VAE掺量对砂浆湿容重的影响。

### 3.4. 抗压强度

由图7、图8可见：HPMC会大幅降低抗压强度，且以掺量小于0.75‰时为甚；VAE掺量较高时可提高抗压强度；复掺结果基本是二者的算术加和。因HPMC明显提高砂浆的用水量，具有明显的引气作用，会大幅降低砂浆的密实度，因此会导致砂浆的抗压强度显著降低。由于VAE胶粉具有明显的减水作用，因此当VAE掺量较大时，砂浆强度增大。

关于HPMC对抗压强度的作用规律，本文与文献[16]、文献[21]大体一致。关于VAE对砂浆抗压强度的作用规律，本文与文献[16]部分一致，与文献[21]的相反。

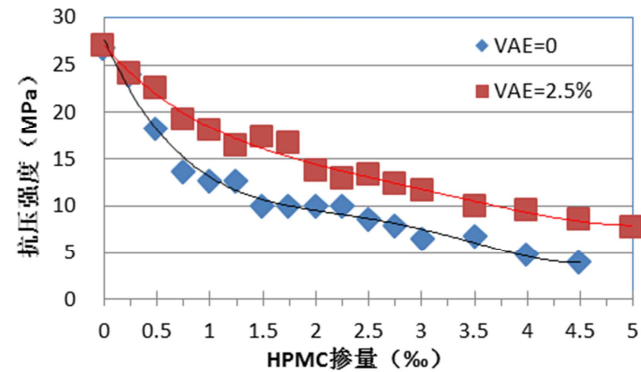


图7 HPMC掺量对砂浆抗压强度的影响。

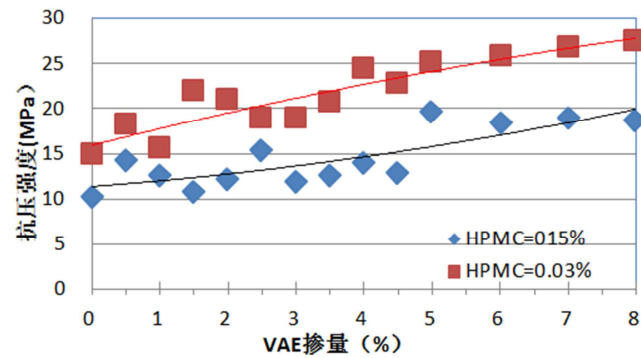


图8 VAE掺量对砂浆抗压强度的影响。

3.5. 抗折强度

实验结果如图9、图10所示，HPMC会大幅降低抗折强度且以掺量小于0.75‰时影响更为显著；VAE可大幅提高抗折强度，复掺结果是二者的算术加和。关于HPMC对抗折强度的作用规律，本文与文献[16, 21]大体一致，但具体不同。关于VAE对砂浆抗折强度的作用规律，本文与文献[16]大体一致，与文献[21]的相反。

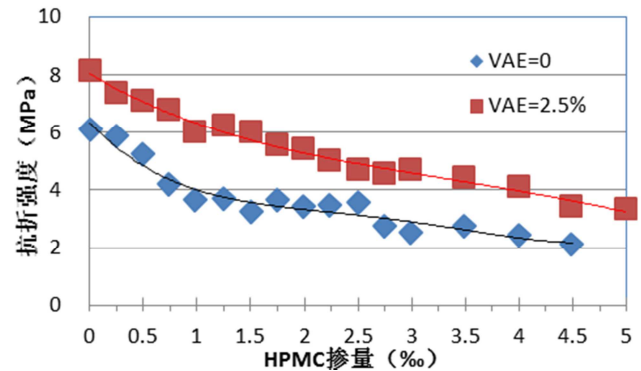


图9 HPMC掺量对砂浆抗折强度的影响。

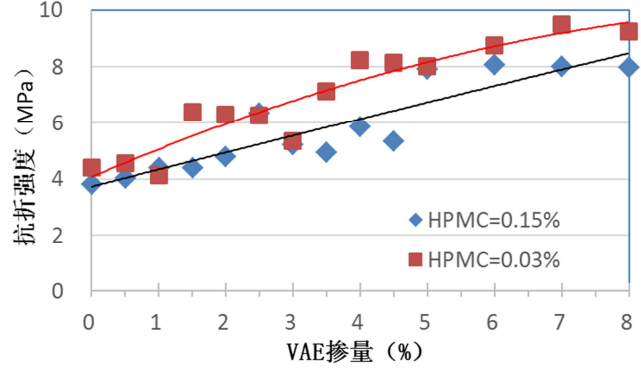


图10 VAE掺量对砂浆抗折强度的影响。

3.6. 压折比与抗裂性

由图11、图12可见：VAE与HPMC均可降低压折比，提高抗裂性，但是HPMC掺量的变化对压折比的作用更为显著，而VAE掺量的变化对抗裂性的影响更明显，复掺有利于抗裂性的提高。

关于HPMC对压折比的作用规律，本文与文献[2, 15]大体一致，但具体不同。关于VAE对压折比的作用规律，本文与文献[15]大体一致，但具体不同。

本文及文献[25]的实验结果均表明：自行研制的抗裂性试验方法，在评价砂浆柔韧性变化时，比压折比、抗冲击性的表现更为直观。

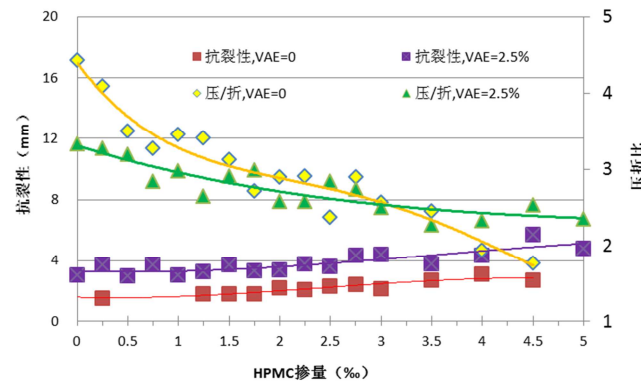


图11 HPMC掺量对压折比、抗裂性的影响。

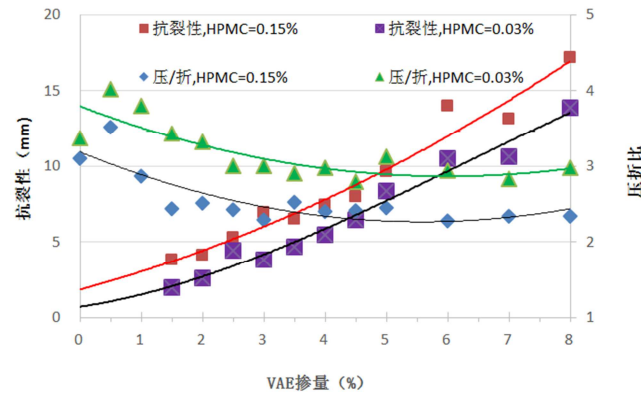


图12 VAE掺量对砂浆压折比和抗裂性的影响。



### 3.7. 拉伸粘结强度

实验结果如图13、图14所示。可见：单掺HPMC时，HPMC对粘结强度有利，但有限度（0.10→0.47MPa）；VAE对砂浆的拉伸粘结强度影响更显著，可不断提高与砂浆的粘结原强度（0.2→1.4MPa）。聚合物胶粉形成的聚合物膜分布于水泥硬化体中，聚合物膜横跨和填充水泥硬化体中的缺陷和微裂纹，并且其较高的内聚力和较大的抗拉强度以及较强的变形能力，能够吸收微裂纹扩展所需的能量，有效地延缓了微裂纹的扩展速度。特别是在界面过渡区，聚合物的填充作用大大改善界面过渡区的结构，有利于粘结强度的提高。因此随着聚合物胶粉掺量的增加粘结强度逐渐增加。

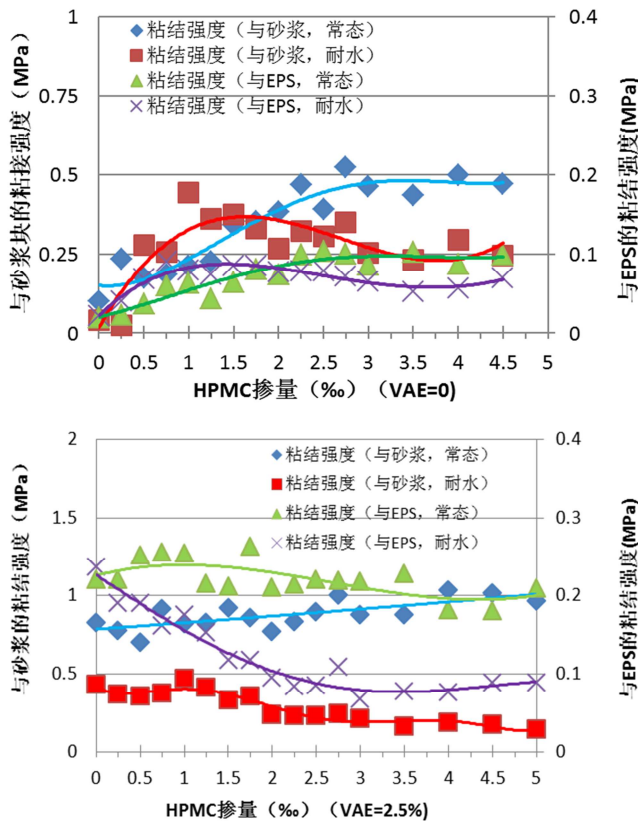


图13 HPMC掺量对砂浆拉伸粘结强度的影响。

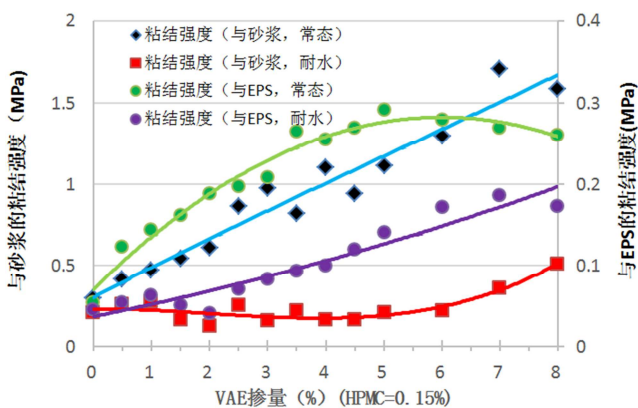


图14 VAE掺量对砂浆拉伸粘结强度的影响。

## 4. 结论

HPMC会大幅提高需水量；VAE掺量较高时，可显著降低需水量；复掺会提高需水量。

HPMC的保水作用显著，VAE的保水作用较小；二者复掺时保水作用主要取决于HPMC的掺量。单掺且低掺VAE，或单掺且低掺HPMC，都对保水率起负作用。

HPMC会大幅降低湿容重，VAE会小幅降低湿容重，复掺效果是二者的叠加。

HPMC对砂浆的抗压强度和抗折强度会产生不利影响；VAE可大幅提高抗折强度；掺量较高时可提高抗压强度，复掺结果是二者的相加。

HPMC对粘结强度有利，但有限度；VAE对粘结强度影响更显著，可不断提高与砂浆的粘结原强度。

HPMC可显著降低压折比，VAE则可大幅提高抗裂性，复掺有利于抗裂性、无益于压折比；抗裂性在评价砂浆柔韧性时表现更为直观。

## 参考文献

- [1] 张国防, 等. 纤维素醚改性水泥浆体物理性能的研究 [C]. 首届全国商品砂浆学术会议论文集. 2005 (11).
- [2] 张义顺, 等. 纤维素醚对砂浆性能的影响 [J]. 建筑材料学报. 2008 (6).
- [3] 詹镇峰, 等. 纤维素醚的结构特点及对砂浆性能的影响 [J]. 混凝土. 2009 (10).
- [4] 马保国, 等. 纤维素醚对水泥砂浆力学性能的影响 [C]. 第三届全国商品砂浆学术会议论文集. 2009 (11).
- [5] Laetitia Patural, etc. Cellulose ethers influence on water retention and consistency in cement-based mortars [J]. Cement and Concrete Research. 2011 (41).
- [6] D. Bulichen, etc. Working mechanism of methyl hydroxyethyl cellulose (MHEC) as water retention agent. Cement and Concrete Research. 2012 (42).

- [7] Coralie Brumaud, etc. Cellulose ethers and water retention [J]. Cement and Concrete Research. 2013 (53).
- [8] J. Schulze. The use of redispersible powders in cement mortars. Wacker-Chemie GmbH, Werk Burghausen, W. Germany. 1985 (9).
- [9] Roger Zurbriggen. ELOTEX可再分散胶粉对瓷砖粘结砂浆性能的影响 [J]. 化学建材. 2003 (8).
- [10] Alexandra A. P. Mansur, etc. Physico-chemical characterization of EVA-modified mortar and porcelain tiles interfaces [J]. Cement and Concrete Research. 2009 (39).
- [11] 尹季平, 等. 低掺量可再分散乳胶粉聚合物砂浆力学性能研究 [J]. 吉林建筑工程学院学报. 2011 (8).
- [12] 章银祥, 等. 外墙外保温用干粉砂浆的研究 [C]. 中国硅酸盐学会2003年学术年会水泥基材料论文集 (下册). 2003 (9).
- [13] 辛全仓, 等. 瓷砖粘结干粉砂浆的开发研究 [J]. 新型建筑材料. 2005 (7).
- [14] A. Jenni. Etc. Influence of polymers on microstructure and adhesive strength of cementitious tile adhesive mortars. Cement and Concrete Research. 2005 (35).
- [15] 徐小红, 等. 新型抗裂抹面砂浆研究 [J]. 混凝土与水泥制品. 2006 (6).
- [16] 管学茂, 等. 聚合物干粉对加气混凝土用抹灰砂浆性能的影响 [J]. 建筑材料学报. 2007(6).
- [17] 马保国, 等. 聚合物对EPS板材薄抹灰砂浆性能的影响 [J]. 武汉理工大学学报. 2012 (10).
- [18] 曹春, 等. 纤维素醚和可再分散乳胶粉对干混瓷砖粘贴砂浆性能的影响 [J]. 广东建材. 2014 (11).
- [19] 陈松和, 等. 外保温抗裂抹面砂浆性能提升研究 [J]. 低温建筑技术. 2015 (12).
- [20] 张国防, 等. 聚合物干粉对水泥砂浆体积密度及吸水率的影响 [J]. 新型建筑材料. 2004 (2).
- [21] 王培铭. 纤维素醚和乳胶粉在商品砂浆中的作用 [J]. 硅酸盐通报. 2005 (5).
- [22] 黄利频. 聚合物干粉改性水泥砂浆力学性能的研究 [J]. 福州大学学报(自然科学版). 2006 (8).
- [23] 李韬文, 等. 聚合物胶粉和纤维素醚提高水泥砂浆性能研究 [J]. 公路与汽运. 2010 (1).
- [24] 焦楚杰, 等. 聚合物改性砂浆抗裂性能的试验研究 [J]. 混凝土. 2015 (3).
- [25] 章银祥, 等. 外保温系统抹面层及其抹面砂浆抗裂性试验方法的研究 [C]. 第八届商品砂浆学术会议论文集. 2020 (8).

## 作者简介

**章银祥** (1967-), 男, 教授级高工, 主要从事干混砂浆、建筑保温的研究。