

# 灌浆料、自流平用膨胀剂试验性研究

吴杰<sup>1</sup>, 杨久俊<sup>2</sup>, 王风全<sup>1</sup>

(1.北京宝辰联合科技股份有限公司, 北京, 102200; 2.郑州大学, 河南 郑州, 450001)

**摘要:** 通过对灌浆料、自流平早强特性的分析, 指出其要用能够早期膨胀的膨胀剂。运用钙矾石膨胀原理, 结合高铝水泥化学成分中铝酸一钙 CA 和  $\text{CaSO}_4$  能够迅速反应钙矾石, 产生膨胀特性, 配置出膨胀剂 AG。并通过膨胀剂 AG 在灌浆料中的实际膨胀率实验, 及其对灌浆料强度影响实验, 证实了膨胀剂 AG 早期膨胀, 膨胀量大, 添量适中等特性。

**关键词:** 灌浆料; 自流平; 早期膨胀; 钙矾石

## Experimental study on Swelling agent for Grouting material and self-levelling

Wujie<sup>1</sup>, Yang Jiujun<sup>2</sup>, Wang Fengquan<sup>3</sup>

(1. Bosson (Beijing) Chemical Co., Ltd., Beijing, 102200; 2. Zhengzhou University, Zhengzhou Henan, 450001)

**Abstract:** By means of the analysis on grouting material and self-levelling early strength character, we point out that it shall use swelling agent who can swell in early stage. With ettringite's swelling principle, combined with the fact that high-alumina cement's chemical component monocalcium Aluminate CA can react with  $\text{CaSO}_4$  quickly and creat ettringite who will produce swelling character then configure out swelling agent AG. By means of the experiment of swelling agent AG's actual swelling rate in grouting material, and its strengthen influence on grouting material, we confirm and verify that swelling agent AG's early stage swelling, big swelling amount, moderate addition, and other characters.

**Key words:** Grouting material, Self-levelling, Early stage swelling, Ettringite

## 1 引言

膨胀剂是能够使混凝土或砂浆产生一定体积膨胀的外加剂。在灌浆料中掺入膨胀剂能够使二次灌浆与原设备基础更好的接触, 产生一定的压应力, 防止以后由于设备震动开裂, 破坏设备平衡, 降低设备寿命。在自流平砂浆中掺入膨胀剂, 能导入一定的压应力, 可抵消干缩或温度降低引起的拉应力, 起到良好的补偿收缩作用, 增加自流平砂浆的抗裂能力<sup>[1,2]</sup>。

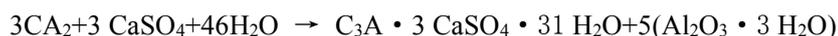
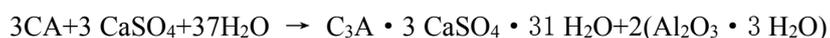
因为水泥基灌浆材料和自流平砂浆都有早强的要求和特点, 所以膨胀必须在早期, 与其强度形成时间同步; 且在材料强度达到一定值后膨胀不再继续。如果膨胀剂选择不当, 就会形成材料有很高强度时, 膨胀还在继续, 这样会对后期强度产生不利影响, 甚至使材料因内应力过大而开裂。所以选择合适的膨胀剂对配制理想的灌浆材料和自流平是至关重要的一

步。常用的混凝土膨胀剂 UEA 因为它的膨胀时间过长，一般在 14 天左右，并不适合灌浆料和自流平砂浆。铝粉等金属膨胀剂因为添加量太少，容易引起局部膨胀，也不适合灌浆料和自流平。所以开发一种早期膨胀、添量适中的膨胀剂是非常有意义的。

## 2 膨胀剂设计原理

本课题采用高铝水泥和天然二水石膏按一定比例混合配制而成膨胀组份，我们暂且用铝酸盐水泥和石膏英文单词 aluminat cement 和 gypsum 的第一个字母命名它为膨胀剂 AG。

膨胀剂 AG 的膨胀机理：高铝水泥中  $Al_2O_3$  主要存在状态是铝酸一钙 CA，还有少量的二铝酸钙  $CA_2$  和其它产物。铝酸一钙水化速率高，二铝酸钙水化较慢。天然石膏的主要有效成分是  $CaSO_4$ 。当高铝水泥和石膏在混凝土中水化反应时，就会生成钙矾石和水化氧化铝凝胶，其反应式为<sup>[3]</sup>：



其反应速度非常的快，6 小时龄期就会形成大量的钙矾石。水化生成的钙矾石和水化氧化铝凝胶，在自然状态下，均为稳定的水化物，在以后时间也不会发生相变生成其它产物。所以其不会对水泥基材料的后期强度产生不利影响。

膨胀剂 AG 具有早期膨胀的特性，且膨胀量大：一般 7 小时就可以达到总膨胀量的 80% 以上，24 小时以后基本上就停止膨胀了；在灌浆料里面添加 10%膨胀剂 AG，其一天的膨胀量能达到 0.3%左右。符合水泥基灌浆材料 and 水泥基自流平用膨胀剂的要求。

下面针对膨胀剂 AG 不同掺量对灌浆料膨胀率和强度的影响，来讨论膨胀剂 AG 的特性。

## 3 试验方法

采用架百分表法，仪器设备符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119 中附录 C 的有关规定：百分表量程 10mm；玻璃板长 140mm×宽 80mm×厚 5mm；试模为 100mm×100mm×100mm 立方体，试模的拼装缝应填入黄油，不得漏水。以下为竖向膨胀率装置示意图：

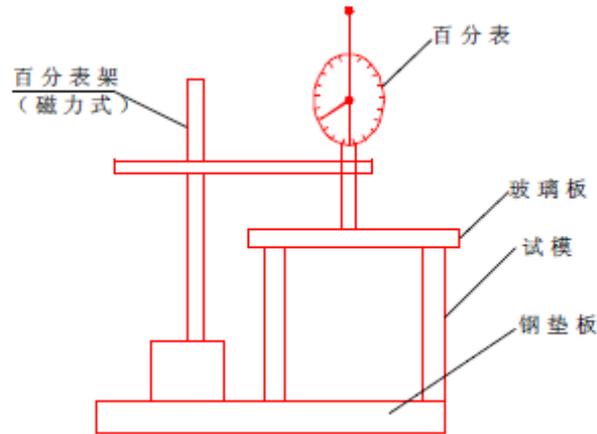


图 1 架百分表示意图

试验步骤：①根据最大骨料的尺寸，按上述检验步骤中拌和方法拌和水泥基灌浆材料。②将玻璃板平放在试模中间位置，并轻轻压住玻璃板。将拌和料一次性从一侧倒满试模，至另一侧溢出并高于试模边缘约 2mm。③用绵丝覆盖玻璃板两侧浆体。④把百分表测量头垂直放在玻璃板中央，并安装固定牢固。在 30s 内读取百分表初始读数  $h_0$ ；成型过程应在搅拌结束后 3min 内完成。⑤自加水搅拌起分别于 3h 和 24h 读取百分表的读数  $h_t$ 。整个测量过程中应保持绵丝湿润，装置不得震动，成型养护温度均为  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

竖向膨胀率按下式计算：

$$\varepsilon_t = \frac{h_t - h_0}{h} \times 100$$

式中  $\varepsilon_t$  ——竖向膨胀率；

$h_0$  ——试件高度的初始读数 (mm)；

$h_t$  ——试件龄期为  $t$  时的高度读数 (mm)；

$h$  ——试件基准高度 100 (mm)。

试验结果取一组三个试件的算术平均值，计算精确至 0.01。

## 4 实验结果及讨论

### 4. 1 膨胀剂 AG 掺量对灌浆材料膨胀率的影响

根据 GB/T 50448-2008《水泥基灌浆材料应用技术规范》要求，水泥基灌浆材料要有规定的早期膨胀：3 小时竖向膨胀率 0.10%~3.5%，24 小时与 3 小时竖向膨胀率之差 0.02%~0.5%。下面讨论在水胶比和聚羧酸不变的情况下，膨胀剂 AG 不同掺量对膨胀率和强度的影

响，其配合比如下：

表 1 膨胀剂 AG 影响因素试验灌浆料配比

试验号	砂/%	水泥/%	聚羧酸/%	膨胀剂 AG/%	水胶比
1	100	93.7	0.3	6	0.24
2	100	91.7	0.3	8	0.24
3	100	89.7	0.3	10	0.24
4	100	87.7	0.3	12	0.24

注：以上百分比是相对胶凝材料总质量百分比

在聚羧酸，水胶比不变的情况下，膨胀剂 AG 不同掺量对膨胀率影响的试验数据：

表 2 膨胀剂掺量对竖向膨胀率影响

试验号	1h 膨胀率	3h 膨胀率	5h 膨胀率	7h 膨胀率	24h 膨胀率
1	0	0	0	0.005	0.010
2	0.005	0.055	0.090	0.120	0.140
3	0.035	0.110	0.155	0.195	0.235
4	0.105	0.180	0.240	0.270	0.310

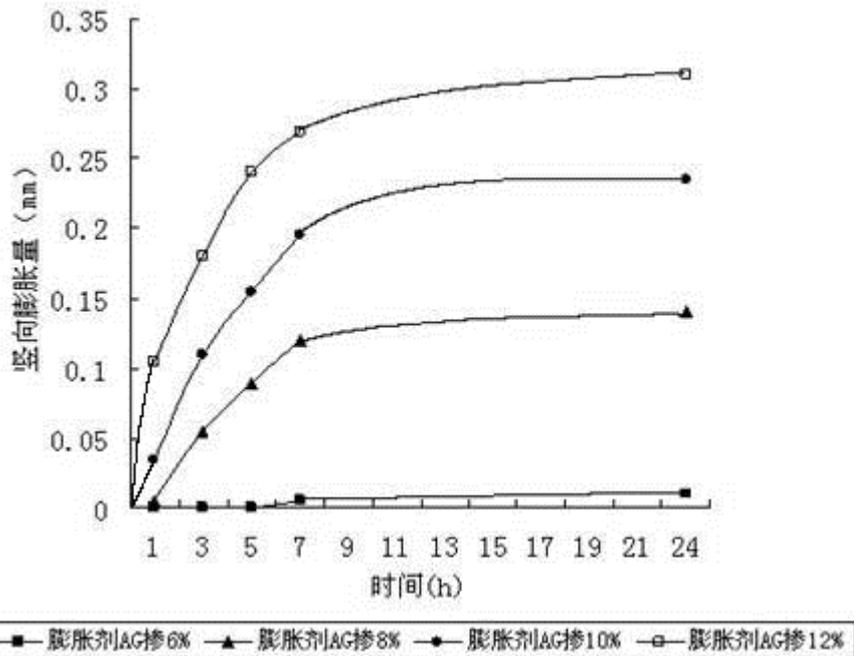


图 2 膨胀剂掺量对竖向膨胀率影响

试验数据表明，随着膨胀剂 AG 掺量的增加，膨胀率也成增长趋势，当掺量为 10%时，已经能满足 GB/T 50448-2008 《水泥基灌浆材料应用技术规范》要求膨胀量。其 3 小时膨胀

率为 0.110，24 小时和 3 小时膨胀率之差为 0.125。同时我们观察到膨胀剂 AG 膨胀主要发生在 7h 之前，7h 的膨胀量已达到 1d 膨胀量的 80%左右，7h 以后到 24 小时膨胀量相对比较少。24 小时以后膨胀率我们虽然没有测量，但是据推测其膨胀量已经很小，甚至不膨胀了。这非常符合早强性灌浆材料对膨胀的要求，对于灌浆早期强度和后期强度是有利的。

#### 4. 2 膨胀剂 AG 掺量对灌浆材料强度的影响

下面是聚羧酸，水胶比不变的情况下，膨胀剂 AG 不同掺量对强度的影响的实验数据：

表 3 膨胀剂掺量对强度影响

试验号	1d 强度 (MPa)	3d 强度 (MPa)
1	48.6	67
2	46.3	65.1
3	45.9	63.4
4	44.8	62.1

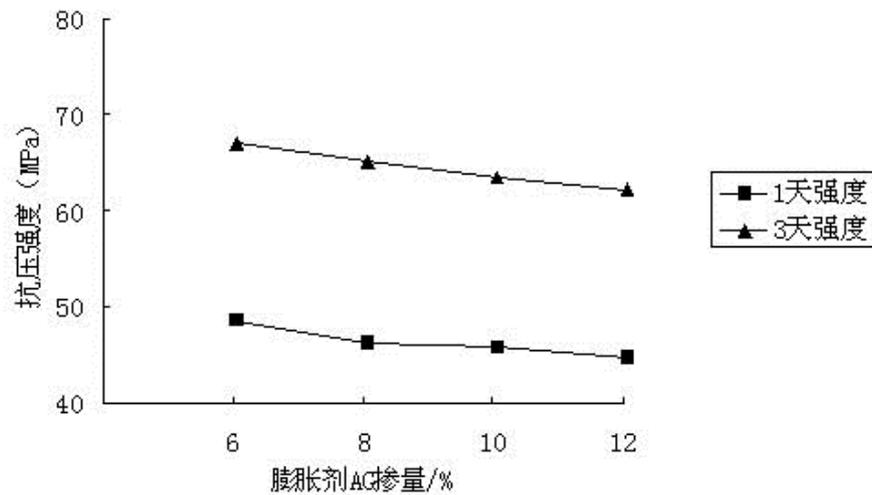


图 3 膨胀剂掺量对强度影响

从试验数据我们可以看出，灌浆料的强度是随着膨胀组份 AG 掺量的增加而减小的，这是由于膨胀组份在灌浆材料中取代了水泥的用量，由于取代率的不同，其对灌浆材料的影响是不同的。另外在试验过程中，我们发现，随着膨胀组份掺量的增加，灌浆材料的凝结时间变短，流动度经时损失变大。这可能和高铝水泥与石膏的迅速反应生成钙矾石，用去大量水，从而使灌浆材料的活动水分的减少有关。所以膨胀剂应该适量掺入，以免对强度和流动

度产生较大影响。

## 5 结论:

1、本课题配制的膨胀剂 AG 具有早期膨胀的特点，非常适合在灌浆料和自流平等有早期强度要求的材料中使用。

2、本课题配制的膨胀剂 AG 在掺量占胶凝材料 10%的情况下能够达到灌浆料膨胀要求，添加量适中，不会因为搅拌分散问题产生局部膨胀。

3、膨胀剂 AG 原料为高铝水泥和天然二水石膏，所以原料易得，价格便宜，非常适合推广。

### 参考文献:

[1] 刘娟红,宋少明.高性能水泥基灌浆材料的自收缩性能研究[J].武汉理工大学学报,2006,28(3): 36~39

[2] Ahmed L,David C,Abdelhafid K.A new approach to determine autogenous shrinkage of mortar at an early age considering temperature history [J].Cement and Concrete Research,2000,(30):915~922

[3] 沈威.水泥工艺学[M]。武汉理工大学出版社 2008, (6)