

# 评价墙面腻子批刮施工手感的流变测定方法

□ 宁 炜,裴道海,夏志宇

(立邦涂料(中国)有限公司,上海 201201)

**摘 要:**介绍了一种用于评价墙面腻子批刮施工手感的流变参数测定方法以及施工性能优良产品的流变参数范围。借助旋转流变仪,通过测定大量腻子样品的屈服应力和塑性黏度两个重要流变参数,并将资深施工人员对施工批刮手感的主观打分数据和流变参数之间定量关系绘制成图,确定具有施工手感达标样品的流变参数区域。此区域代表的参数范围为优化腻子配方提供了流变学依据,有利于从微观组成结构机理变化层面出发,指导配方的调整工作,并提供了一套施工手感优良腻子产品的流变参数。该参数范围可用作腻子产品的质量控制指标,在一定程度上可取代主观打分方法。

**关键词:**墙面腻子;批刮施工手感;流变

中图分类号: TQ630.7<sup>+</sup>2

文献标识码: B

文章编号: 1006-2556(2018)10-0063-05

## Rheological Testing Method for Evaluating Trowel Feeling of Wall Putty

NING Wei, PEI Dao-hai, XIA Zhi-yu

(Nippon Paint (China) Co., Ltd., Shanghai 201201, China)

**Abstract:** A method of testing wall putty's rheological properties is reported to evaluate the workability. The rheological parameters, yield stress and plastic viscosity of many samples are calculated from the test results on the rotational rheometer. The rheological data and the scores representing the putty trowel feelings are correlated in a 3-dimensional coordinate graph. The samples are divided into two groups based on the feeling scores. The rheological parameters of qualified samples consist of the zones of qualified products. The method provides an objective tool for optimizing the architectural putty formulation on the basis of product microstructure. The qualified product zones in the graph could become the specifications to replace the traditional subjective scoring method.

**Key words:** wall putty, trowel feeling, rheology

### 0 前 言

目前墙面腻子主要是通过有经验的施工者借助批刀和油灰刀通过批刮进行施工的。在开发或改进内墙腻子粉和腻子膏产品时,优化施工性能的配方和工艺调整主要是依靠有经验的施工者模拟现场施工,然后逐项对多个施工性能指标进行评分。配方设计工程师根据评分结果,对配方做出调整。在施工性能评分

项目中,批刮手感是决定评分高低的最重要因素。施工者对批刮手感的评分结果受人为主观因素影响很大,不同人甚至是同一个人在不同时间给出的评分结果都可能出现不一致。这种因为主观人为因素不一致导致的评分结果不确定性在很大程度上干扰了产品配方的开发工作。同时在控制出厂产品质量稳定性方面,也亟需一套客观可靠的技术指标衡量腻子产品的

收稿日期: 2018-04-28

作者简介: 宁炜(1980-),男,福建龙岩人。工程师,博士,主要从事流变技术在外墙质感涂料和腻子、防水等基材产品的应用研究。

批刮手感。

建筑工业行业标准中的腻子产品的施工性能评价的方法和实际施工情况存在很大差异。建筑工业行业标准JG/T 298—2010《建筑室内用腻子》<sup>[1]</sup>和JG/T 157—2009《建筑外墙用腻子》<sup>[2]</sup>对施工性的描述都有“有障碍”或“无障碍”，判断时主观成分大，没有数字参数限度标准。在出厂检验时对腻子产品的施工手感评价目前还是依靠资深施工人员对腻子批刮过程的真实手感做主观打分的方法。此方法虽然可以定量，但是用于定量的数字来源于主观感觉，分数的高低难以直接与配方组成相互关联，为此需要一种能够关联配方、工艺和实际施工性能的客观量化指标，将此量化的指标和实际施工性能对应起来。在评价腻子施工性能时，最重要的是施工人员在批刮过程中的手感。对于腻子批刮手感的量化研究主要是从材料流变特性出发，以材料固有的流变参数为指标评价其施工性能。可以借助旋转流变仪、旋转黏度计、穿刺深度仪、稠度仪、跳桌等获得样品流动性、塑性等方面的流变参数。比如，国内建筑腻子行业评价腻子施工性能的方法是稠度仪(GB/T 1749)<sup>[3]</sup>，欧洲建筑材料行业一般使用跳桌(比利时标准NBN B13-206)<sup>[4]</sup>，美国建筑行业多采用Emley塑性测试仪(美国ASTM C110-04.7)<sup>[5]</sup>衡量粘接腻子施工性能的好坏。

稠度仪和跳桌两种标准测试方法都是考察材料在从静止开始到流动前的静态屈服应力，这与实际腻子或砂浆在批刮过程中的快速铺展过程并不完全相同。腻子本身是半固态，具有较强的触变性。有的样品用稠度仪测得的稠度数值较大，但是批刮手感却很好，所以使用稠度值作为单一评价指标这就可能给配方调整造成误导。另外，以上这两种简易仪器的测量结果受操作者的影响较大，不同操作者得到的数据之间的可比性较差。

腻子膏或新配腻子批刮过程中遵从宾汉流体模型，其铺展行为可以用两个流变参数——屈服应力和塑性黏度进行描述。一般认为，腻子的施工手感和流变特性相关，这两个流变参数越小，手感越好，但是当流变参数过小时，腻子会出现流挂，影响施工质量。

本文报道的方法得到的流变参数结果不仅和实际批刮施工手感密切相关，而且测试结果的重复性、再现性好，可以作为指导建筑墙面腻子产品配方优化的得力工具。

## 1 实验部分

### 1.1 样品制备

实验所用的基础配方如表1所示。

表1中所示是实验所用的第一组配方，腻子膏的

表1 实验用基础配方

Table 1 Interior Putty Basic Formulation for Experiment

样品	规格型号	产地	m/g
纯净水	-	本地	600~800
交联剂	工业级	廊坊	15~20
纤维素醚	工业级	上海	3~8
重质碳酸钙	工业级	山东临沂	1 000~1 500
消泡剂	工业级	广东佛山	1~3
杀菌剂	工业级	广东广州	1~3
触变剂	工业级	河南信阳	1~25
防开裂剂	工业级	安徽明光	1~15

制备分为以下几个过程，首先在烧杯中加入水，之后再加入聚乙烯醇交联剂，然后在350 r/min的转速下依次加入交联剂、消泡剂、pH值调节剂、杀菌剂、纤维素醚、触变剂和其他助剂，之后把分散盘的转速调到830 r/min分散大约5 min左右，再加入750 g重质碳酸钙同时把转速调到1 100 r/min分散大约10 min，观察所制备的腻子膏是否混合均匀，如果分散均匀则停止分散盘，并提起分散盘把烧杯中的腻子膏装入2 L的样品罐中，由于刚分散完的腻子膏温度过高则需要存放在养护室中冷却1 d等次日才可以测试。

### 1.2 仪器设备

旋转流变仪，安东帕MCR302，转子直径为50 mm平行板，装载样品为10~15 g。测试温度均为25 °C。

### 1.3 流变实验方法

#### 1.3.1 装载样品

准确称量一定质量8~15 g腻子膏作为测试样品。用调刀将指定质量的样品平铺在旋转流变仪的平行板测试系统内，平行板测试系统的下板为直径为55~65 mm的圆盘，上板为50 mm直径的圆板。上下板温度恒定在指定温度10~35 °C内任一温度，温度波动范围 $\pm 0.1$  °C。当样品温度进入指定温度范围后下降上板。上板向下的移动速率在间隙 $> 10$  mm前为2 mm/s，间隙 $\leq 10$  mm后，下降速率以对数方式逐渐递减，到指定间隙值时下降速率减小到0 mm/s。此时样品经过上板的挤压平铺在下板之上，并与下板边缘接触但不形成挤压。样品在平行板测试系统内的状态如图1。

#### 1.3.2 流变测试

样品静置2 min后开始测试。第一阶段：剪切速率从0 s<sup>-1</sup>开始线性增大至指定剪切速率终止；第二阶段：剪切速率从指定剪切速率开始线性减小到0 s<sup>-1</sup>。两个阶段的经历时间都是 $t$ 。每个阶段中每隔时间 $\Delta t$ 采集扭矩和转速等原始信号，并计算输出一个剪切应力和剪切速率数据点， $t/\Delta t$ 为正整数。每个阶段总计输出( $t/\Delta t$ )

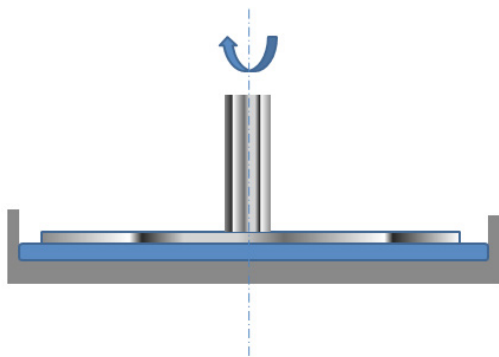


图1 用于确定流变参数的旋转流变仪平行板测试系统  
Fig. 1 Determine Rheological Parameters by Parallel Measuring System on Rotational Rheometer

$\Delta t$ )+1个数据点。

### 1.3.3 数据处理

用Bingham流体拟合剪切速率从指定剪切速率减小到 $0 \text{ s}^{-1}$ 的应力-剪切速率的有效数据点,有效数据点是剪切速率 $\geq 2 \text{ s}^{-1}$ 范围的所有数据点。根据对有效数据点的线性拟合处理,拟合得到的相关系数大于0.9。用此方法得到的截距和斜率分别是样品的屈服应力和塑性黏度。

### 1.3.4 评价方法

一名资深施工人员对腻子膏批刮手感的打分为0~3分,评分体系为:

优秀:2.3~2.5分;

良好:2.1~2.3分;

中等:2.0分;

差: <2.0分。

在三维坐标系内分别以屈服应力、塑性黏度和主观打分为X、Y、Z坐标轴变量,将50个样品的3种变量数据为数据绘制空间点。通过调整Z轴的显示区间为( $\geq 2.1$ 分)筛选出批刮手感良好和优秀的多个腻子样品。这些样品点在X、Y坐标系内代表的区域就是批刮手感优良样品的流变参数范围。

### 1.4 批刮施工

根据国标JG/T 3049—1998中的腻子施工方法用刮刀取样品约0.5 mm厚度,在墙面或者水泥纤维板上进行批刮,检验是否刮涂无障碍,在5 h之后再用同样的方法在第一道腻子批刮第二道腻子,批刮完之后检验表面是否有细孔或毛刺,如果没有则认为刮涂无障碍。

### 1.5 稠度测试

根据国标GB/T 1749—79中的稠度测试方法,将腻子膏样品装入圆筒中,此时要装满并且不留空隙,用活塞将筒内的腻子膏样品压出圆筒,用刮刀把筒内

腻子膏刮下来并放在玻璃板的中央位置,之后把另一块玻璃板压在样品上并在最上层放上2 kg的砝码,并打开秒表,2 min之后拿下砝码并观察玻璃板上样品的流展的刻度,记录四周的值并且取平均值,这个直径数据就是最终的实验结果。

### 1.6 跳桌测试

根据国标GB/T 2419—2005中的水泥胶砂流动度测试方法,用水泥流动度电动跳桌来测试腻子的流动性能从而评价施工性能。先将准备好的腻子膏填入模具之内,全部填充完并且不留空气之后刮去多余部分取下模具按下开始按钮,等15次或者50次跳动之后用游标卡尺测量腻子膏互相垂直方向上的直径并取平均值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 批刮手感主观打分与稠度数据(见图2)

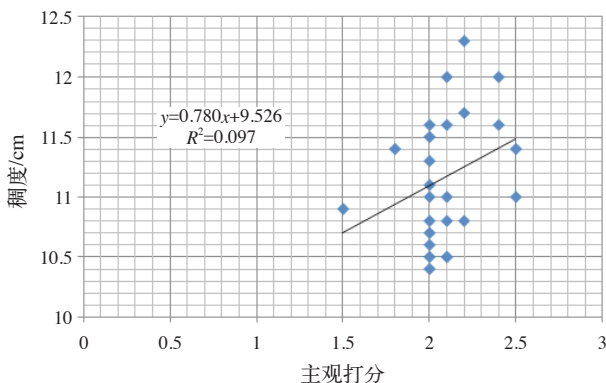


图2 批刮手感主观打分与稠度数据  
Fig. 2 Correlate Subjective Trowel Feeling with Consistency Value

### 2.2 批刮手感主观打分与跳桌数据(见图3)

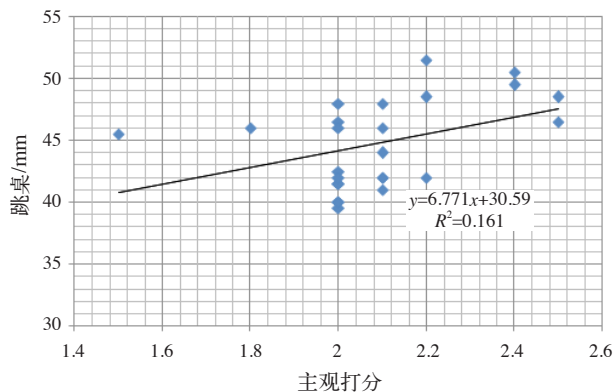


图3 批刮手感主观打分与跳桌测试数据  
Fig. 3 Correlate Subjective Trowel Feeling with Flow Table Value

2.3 批刮手感主观打分与流变参数关系

根据表2中的配方制备腻子膏样品。

表2 面层腻子膏样品的基础配方组成  
Table 2 Basic Formula of Putty Testing Samples  
单位: m/g

编号	重钙	水	黏合剂	纤维素醚A	纤维素醚B	膨润土
1	68	29.1	1.5	0.3	-	1.1
2	70	27.9	1.5	0.4	-	0.2
3	70	27.4	1.5	0.3	-	0.8
4	72	25.7	1.5	0.3	-	0.5
5	71	26.6	1.5	0.3	-	0.6
6	71	25.6	1.5	0.3	-	0.7
7	70	27.4	1.5	0.4	-	0.7
8	68	29.4	1.5	0.2	-	0.9
9	67	30.3	1.5	0.2	-	1
10	70	27.5	1.5	0.4	-	0.6
11	67	30.2	1.5	0.2	-	1.1
12	70	27.4	1.5	-	0.3	0.8
13	66	31.1	1.5	0.4	-	1
14	68	29.3	1.5	0.4	-	0.8
15	68	29.2	1.5	0.4	-	0.9
16	66	31	1.5	0.4	-	1.1
17	70	27.7	1.5	0.2	-	0.6
18	69	28.6	1.5	0.2	-	0.7
19	69	28.5	1.5	0.2	-	0.8
20	70	27.8	1.5	0.2	-	0.5
21	69	28.7	1.5	0.4	-	0.4
22	69	28.6	1.5	0.4	-	0.5
23	70	27.8	1.5	0.4	-	0.3
24	69	28.3	1.5	0.3	-	0.9
25	69	28.2	1.5	0.3	-	1

对于第一个样品总计重复取样6次做平行测试。对每次测试结果做线性拟合处理,得到的截距和斜率分别是样品的屈服应力和塑性黏度。处理结果如图4。将图4中的曲线做拟合处理后的流变参数见表3。

用统计方法处理表3内的数据,得到屈服应力的平均值为562 Pa,相对标准差为5.7%;塑性黏度平均值为8.6 Pa·s,相对标准差为2.7%。以屈服应力和塑性黏度的统计平均值填入表4,作图如图5、图6。

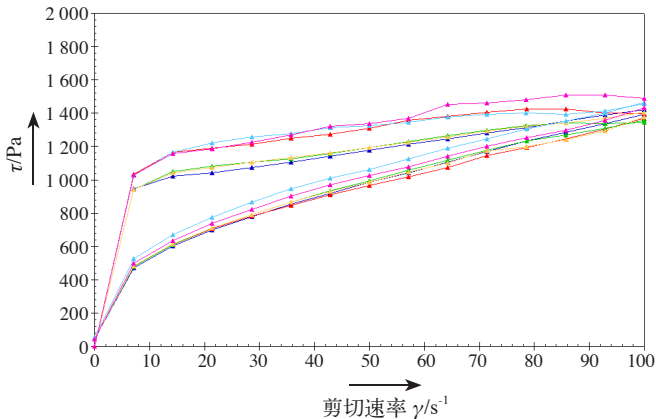


图4 同一腻子膏6次流变测试的应力和应变速率流动曲线  
Fig. 4 Stress-Strain Rate Flow Curves of Six-time Repeatability Results from One Putty Test Sample

流变参数将图4中的曲线做拟合处理后的流变参数见表3。

表3 流变参数 Table 3 Rheological Parameters		
测试次数	屈服应力/Pa	塑性黏度/(Pa·s)
1	523	9
2	543	8.3
3	553	8.5
4	558	8.3
5	617	8.7
6	577	8.7

3 结 语

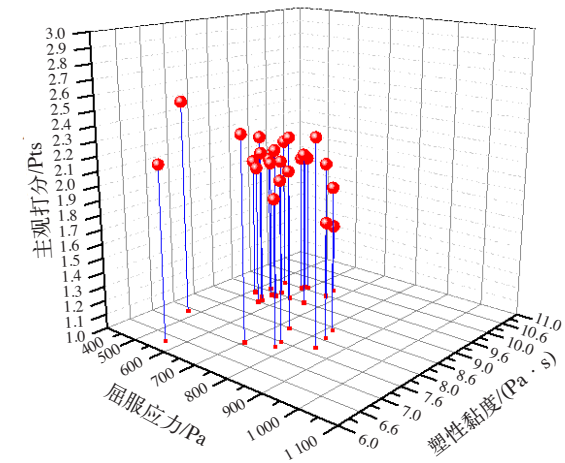
用此方法确定的流变参数范围可以直接方便快速地用于判定腻子施工手感的好坏,排除了施工人员主观因素的影响,减少了样品消耗量,同时为优化配方给予指导,缩短了配方优化周期。

参考文献

- [1] JG/T 298—2010,建筑室内用腻子
- [2] JG/T 157—2009,建筑外墙用腻子
- [3] GB/T 1749,厚漆、腻子稠度测定方法
- [4] NBN B13-206,腻子流动性测定方法
- [5] ASTM C110-04.7,腻子塑性测定方法

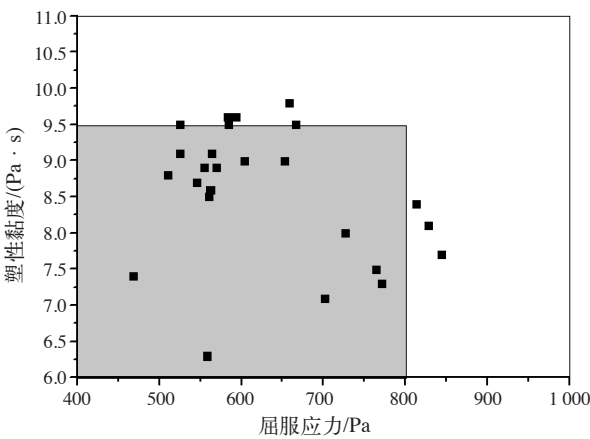
表4 腻子膏样品的流变参数和传统施工性能测试数据比较

编号	批号	批刮手感(分数)	屈服应力/Pa	塑性黏度/(Pa·s)	稠度/cm	跳桌数据/mm
1	170310VBG9	2.1	562	8.6	11.6	42
2	161221/JA88	1.5	658	9.8	10.9	45.5
3	161221/JA89	2.2	604	9	11.7	48.5
4	161205/JA01	2	510	8.8	11.1	46.5
5	170103VBE7	2	560	8.5	10.6	41.5
6	170103VBDP	2	666	9.5	10.8	40
7	170103VBDS	2	564	9.1	10.7	42.5
8	170103VBDB	2.1	727	8	12	48
9	170103VBE5	2.1	569	8.9	10.5	41
10	170103VBE6	2	583	9.6	10.4	39.5
11	170109VBB5	2.2	546	8.7	10.8	42
12	170109VBB6	1.8	828	8.1	11.4	46
13	170109VBCM	2.2	558	6.3	12.3	51.5
14	170103VBDR	2	584	9.5	10.5	41.5
15	170112VBBK	2	813	8.4	11.3	48
16	161221JA87	2.1	652	9	10.8	44
17	170103VBDM	2	525	9.1	11.5	42
18	170109VBCG	2.1	764	7.5	11	46
19	170109VBCH	2.4	844	7.7	11.6	49.5
20	170109VBCK	2.4	702	7.1	12	50.5
21	170223VBEC	2.5	442	6.9	11.4	46.5
22	170223VBEF	2.5	468	7.4	11	48.5
23	170310VBDM	2	593	9.6	11	46
24	170310VBDD	2.1	525	9.5	10.5	42
25	170310VBG8	2	555	8.9	11.6	40



注:X和Y轴分别表示屈服应力、塑性黏度,Z轴表示对批刮手感的主观打分。

图5 批刮手感主观打分与流变参数关系图  
Fig. 5 Scattering Graph Correlating Subjective Trowel Feeling with Rheological Parameters



注:阴影区域为主观打分为2.1分及以上的样品。

图6 批刮手感优良腻子样品的屈服应力、塑性黏度范围  
Fig. 6 Rheological Parameter Zone Indicating Putty which Has Good Subjective Trowel Feeling