



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 8077—2012  
代替 GB/T 8077—2000

## 混凝土外加剂匀质性试验方法

Methods for testing uniformity of concrete admixture

2012-12-31 发布

2013-08-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 试验的基本要求 .....	1
5 含固量 .....	2
6 含水率 .....	3
7 密度 .....	4
8 细度 .....	7
9 pH 值 .....	7
10 表面张力 .....	8
11 氯离子含量 .....	9
12 硫酸钠含量 .....	13
13 水泥净浆流动度 .....	15
14 水泥胶砂减水率 .....	16
15 总碱量 .....	17
附录 A (资料性附录) 二次微商法计算混凝土外加剂中氯离子百分含量实例 .....	20

## 前　　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 8077—2000《混凝土外加剂匀质性试验方法》。

本标准与 GB/T 8077—2000 的主要差异如下：

- 本标准范围内增加了高性能减水剂，删除了膨胀剂（见第 1 章和 2000 版第 1 章）；
- 增加了含固量测定方法和含水率测定方法，删除了固体含量测定方法（见第 5 章、第 6 章和 2000 版第 4 章）；
- 表面张力试验方法中取消了界面张力仪（见第 10 章和 2000 版第 8 章）；
- 增加了离子色谱法测定氯离子试验方法（见第 11 章）；
- 删除了还原糖含量试验方法（见 2000 版第 11 章）；
- 水泥净浆流动度试验方法中设备进行了调整（见第 13 章和 2000 版第 12 章）；
- 增加了水泥胶砂减水率试验方法，删除了水泥砂浆工作性试验方法（见第 14 章和 2000 版第 13 章）；
- 增加了总碱量空白试验（见第 15 章）。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国水泥制品标准化技术委员会(SAC/TC 197)归口。

本标准负责起草单位：苏州混凝土水泥制品研究院有限公司、浙江五龙新材股份有限公司、上海市建筑科学研究院(集团)有限公司。

本标准参加起草单位：中国建筑材料科学研究院总院、中治建筑研究总院有限公司、浙江大东吴集团建设新材料有限公司、浙江省天和建材集团有限公司、江苏海润化工有限公司、江苏特密斯混凝土外加剂有限公司、江苏超力建材科技有限公司、江苏中凯新材料有限公司、广东瑞安科技实业有限公司、河北久强建材有限公司、四川柯帅外加剂有限公司、上海中技桩业股份有限公司、张家港市一达水泥混凝土外加剂有限公司、苏州市兴邦化学建材有限公司、安徽淮河化工股份有限公司、张家港嘉成建设材料有限公司、格雷斯中国有限公司、国家水泥混凝土制品质量监督检验中心。

本标准主要起草人：郭涛、王玲、王娜、田培、宋永良、姚利君、俞伟青、郎剑雷、刘恒坤、陈国忠、徐兆桐、陈宗达、沈鑫根、韩红良、丁继英、毛荣良、付长红、袁庆元、高军峰、邓成刚。

本标准所代替的历次版本发布情况为：

——GB/T 8077—1987、GB/T 8077—2000。

# 混凝土外加剂匀质性试验方法

## 1 范围

本标准规定了用于水泥混凝土中外加剂的匀质性试验方法。

本标准适用于高性能减水剂(早强型、标准型、缓凝型)、高效减水剂(标准型、缓凝型)、普通减水剂(早强型、标准型、缓凝型)、引气减水剂、泵送剂、早强剂、缓凝剂、引气剂、防水剂、防冻剂、和速凝剂共十一类混凝土外加剂。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 176 水泥化学分析方法

GB/T 2419 水泥胶砂流动度测定方法

JC/T 681 行星式水泥胶砂搅拌机

JC/T 729 水泥净浆搅拌机

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### **重复性条件 repeatability conditions**

在同一实验室,由同一操作员使用相同的设备,按相同的测试方法,在短时间内对同一被测对象相互独立进行的测试条件。

### 3.2

#### **再现性条件 reproducibility conditions**

在不同的实验室,由不同的操作员使用不同设备,按相同的测试方法,对同一被测对象相互独立进行的测试条件。

### 3.3

#### **重复性限 repeatability limit**

一个数值,在重复性条件(3.1)下,两个测试结果的绝对差小于或等于此数的概率为 95%。

### 3.4

#### **再现性限 reproducibility limit**

一个数值,在再现性条件(3.2)下,两个测试结果的绝对差小于或等于此数的概率为 95%。

## 4 试验的基本要求

### 4.1 试验次数与要求

每项测定的试验次数规定为两次。用两次试验结果的平均值表示测定结果。

#### 4.2 水

本标准所用的水为蒸馏水或同等纯度的水(水泥净浆流动度、水泥砂浆减水率除外)。

#### 4.3 化学试剂

本标准所用的化学试剂除特别注明外,均为分析纯化学试剂。

#### 4.4 空白试验

使用相同量的试剂,不加入试样,按照相同的测定步骤进行试验,对得到的测定结果进行校正。

#### 4.5 灼烧

将滤纸和沉淀放入预先已灼烧并恒量的坩埚中,为避免产生火焰,在氧化性气氛中缓慢干燥、灰化,灰化至无黑色炭颗粒后,放入高温炉中,在规定的温度下灼烧。在干燥器中冷却至室温,称量。

#### 4.6 恒量

经第一次灼烧、冷却、称量后,通过连续对每次 15 min 的灼烧,然后冷却、称量的方法来检查恒定质量,当连续两次称量之差小 0.000 5 g 时,即达到恒量。

#### 4.7 检查氯离子(Cl<sup>-</sup>)(硝酸银检验)

按规定洗涤沉淀数次后,用数滴水淋洗漏斗的下端,用数毫升水洗涤滤纸和沉淀,将滤液收集在试管中,加几滴硝酸银溶液(5 g/L),观察试管中溶液是否浑浊。如果浑浊,继续洗涤并检验,直至用硝酸银检验不再浑浊为止。

### 5 含固量

#### 5.1 方法提要

将已恒量的称量瓶内放入被测液体试样于一定的温度下烘至恒量。

#### 5.2 仪器

要求如下:

- a) 天平:分度值 0.000 1 g;
- b) 鼓风电热恒温干燥箱:温度范围 0 ℃~200 ℃;
- c) 带盖称量瓶:65 mm×25 mm;
- d) 干燥器:内盛变色硅胶。

#### 5.3 试验步骤

5.3.1 将洁净带盖称量瓶放入烘箱内,于 100 ℃~105 ℃烘 30 min,取出置于干燥器内,冷却 30 min 后称量,重复上述步骤直至恒量,其质量为  $m_0$ 。

5.3.2 将被测液体试样装入已经恒量的称量瓶内,盖上盖称出液体试样及称量瓶的总质量为  $m_1$ 。

液体试样称量: 3.000 0 g~5.000 0 g。

5.3.3 将盛有液体试样的称量瓶放入烘箱内,开启瓶盖,升温至 100 ℃~105 ℃(特殊品种除外)烘干,盖上盖置于干燥器内冷却 30 min 后称量,重复上述步骤直至恒量,其质量为  $m_2$ 。

## 5.4 结果表示

含固量  $X_{固}$  按式(1)计算:

式中：

$X_{固}$  ——含固量, %;

$m_0$  ——称量瓶的质量,单位为克(g);

$m_1$  ——称量瓶加液体试样的质量, 单位为克(g);

$m_2$  ——称量瓶加液体试样烘干后的质量,单位为克(g)。

## 5.5 重复性限和再现性限

重复性限为 0.30%；

再现性限为 0.50%。

6 含水率

## 6.1 方法提要

将已恒量的称量瓶内放入被测粉状试样于一定的温度下烘至恒量。

## 6.2 仪器

要求如下：

- a) 天平:分度值 0.000 1 g;
  - b) 鼓风电热恒温干燥箱:温度范围 0 ℃~200 ℃;
  - c) 带盖称量瓶:65 mm×25 mm;
  - d) 干燥器:内盛变色硅胶。

### 6.3 试验步骤

- 6.3.1 将洁净带盖称量瓶放入烘箱内,于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘30 min,取出置于干燥器内,冷却30 min后称量,重复上述步骤直至恒量,其质量为 $m_0$ 。

6.3.2 将被测粉状试样装入已经恒量的称量瓶内,盖上盖称出粉状试样及称量瓶的总质量为 $m_1$ 。  
粉状试样称量:  $1.000\text{ g}\sim 2.000\text{ g}$ 。

6.3.3 将盛有粉状试样的称量瓶放入烘箱内,开启瓶盖,升温至 $100\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ (特殊品种除外)烘干,盖上盖置于干燥器内冷却30 min后称量,重复上述步骤直至恒量,其质量为 $m_2$ 。

## 6.4 结果表示

含水率  $X_{\text{木}}$  按式(2)计算:

式中：

$X_{\text{w}}$  — 含水率, %

$m_2$ —称量瓶的质量,单位为克(g);

$m_1$ —称量瓶加粉状试样的质量,单位为克(g);

$m_2$ —称量瓶加粉状试样烘干后的质量,单位为克(g)。

## 6.5 重复性限和再现性限

重复性限为 0.30%；

再现性限为 0.50%。

## 7 密度

### 7.1 比重瓶法

#### 7.1.1 方法提要

将已校正容积(V值)的比重瓶,灌满被测溶液,在20℃±1℃恒温,在天平上称出其质量。

#### 7.1.2 测试条件

条件如下:

- a) 被测溶液的温度为20℃±1℃;
- b) 如有沉淀应滤去。

#### 7.1.3 仪器

要求如下:

- a) 比重瓶:25 mL或50 mL;
- b) 天平:分度值0.0001 g;
- c) 干燥器:内盛变色硅胶;
- d) 超级恒温器或同等条件的恒温设备。

#### 7.1.4 试验步骤

##### 7.1.4.1 比重瓶容积的校正

比重瓶依次用水、乙醇、丙酮和乙醚洗涤并吹干,塞子连瓶一起放入干燥器内,取出,称量比重瓶之质量为 $m_0$ ,直至恒量。然后将预先煮沸并经冷却的水装入瓶内,塞上塞子,使多余的水分从塞子毛细管流出,用吸水纸吸干瓶外的水。注意不能让吸水纸吸出塞子毛细管里的水,水要保持与毛细管上口相平,立即在天平称出比重瓶装满水后的质量 $m_1$ 。

比重瓶在20℃时容积V按式(3)计算。

$$V = \frac{m_1 - m_0}{0.9982} \quad (3)$$

式中:

$V$  ——比重瓶在20℃时容积,单位为毫升(mL);

$m_0$  ——干燥的比重瓶质量,单位为克(g);

$m_1$  ——比重瓶盛满20℃水的质量,单位为克(g);

0.9982 ——20℃时纯水的密度,单位为克每毫升(g/mL)。

##### 7.1.4.2 外加剂溶液密度 $\rho$ 的测定

将已校正V值的比重瓶洗净、干燥、灌满被测溶液,塞上塞子后浸入20℃±1℃超级恒温器内,恒温20 min后取出,用吸水纸吸干瓶外的水及由毛细管溢出的溶液后,在天平上称出比重瓶装满外加剂溶液后的质量为 $m_2$ 。

### 7.1.5 结果表示

外添加剂溶液的密度  $\rho$  按式(4)计算:

$$\rho = \frac{m_2 - m_0}{V} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 0.998 \text{ g/cm}^3 \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

式中：

$\rho$  ——20 ℃时外添加剂溶液密度,单位为克每毫升(g/mL);

$m_2$ ——比重瓶装满 20 ℃外添加剂溶液后的质量,单位为克(g)。

### 7.1.6 重复性限和再现性限

重复性限为 0.001 g/mL;

再现性限为 0.002 g/mL。

## 7.2 液体比重天平法

### 7.2.1 方法提要

在液体比重天平的一端挂有一标准体积与质量之测锤,浸没于液体之中获得浮力而使横梁失去平衡,然后在横梁的 V 型槽里放置各种定量骑码使横梁恢复平衡,所加骑码之读数  $d$ ,再乘以 0.998 2 g/mL 即为被测溶液的密度  $\rho$  值。

### 7.2.2 测试条件

测试条件同 7.1.2。

### 7.2.3 仪器

要求如下：

- a) 液体比重天平(构造示意见图 1);
  - b) 超级恒温器或同等条件的恒温设备。

#### 7.2.4 试验步骤

#### 7.2.4.1 液体比重天平的调试

将液体比重天平安装在平稳不受震动的水泥台上,其周围不得有强力磁源及腐蚀性气体,在横梁(2)的末端钩子上挂上等重砝码(8),调节水平调节螺丝(9),使横梁上的指针与托架指针成水平线相对,天平即调成水平位置;如无法调节平衡时,可将平衡调节器(3)的定位小螺丝钉松开,然后略微轻动平衡调节(3),直至平衡为止。仍将中间定位螺丝钉旋紧,防止松动。

将等重砝码取下，换上整套测锤(6)，此时天平应保持平衡，允许有 $\pm 0.0005$ 的误差存在。

如果天平灵敏度过高,可将灵敏度调节(4)旋低,反之旋高。

#### 7.2.4.2 外加剂溶液密度 $\rho$ 的测定

将已恒温的被测溶液倒入量筒(7)内,将液体比重天平的测锤浸没在量筒中被测溶液的中央,这时横梁失去平衡,在横梁V形槽与小钩上加放各种骑码后使之恢复平衡,所加骑码之读数d,再乘以0.9982 g/mL,即为被测溶液的密度 $\rho$ 值。

### 7.2.5 结果表示

将测得的数值  $d$  代入式(5)计算出密度  $\rho$ :

式中：

*d* ——20 °C时被测溶液所加砝码的数值。

### 7.2.6 重复性限和再现性限

重复性限为 0.001 g/mL。

再现性限为 0.002 g/mL。

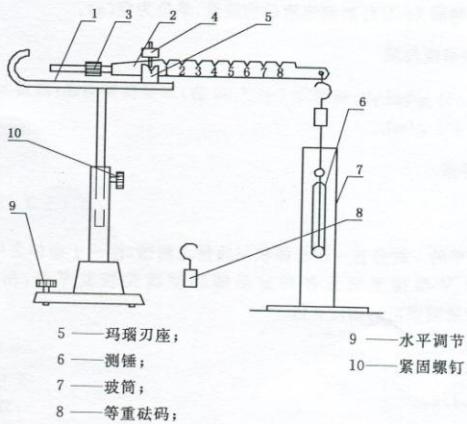


图 1 液体比重天平

### 7.3 精密密度计法

### 7.3.1 方法提要

先以波美比重计测出溶液的密度,再参考波美比重计所测的数据,以精密密度计准确测出试样的密度 $\rho$ 值。

### 7.3.2 测试条件

测试条件同 7.1.2。

### 7.3.3 仪器

要求如下：

- a) 波美比重计；
  - b) 精密密度计；
  - c) 超级恒温器或同等条件的恒温设备。

#### 7.3.4 试验步骤

将已恒温的外加剂倒入 500 mL 玻璃量筒内,以波美比重计插入溶液中测出该溶液的密度

参考波美比重计所测溶液的数据,选择这一刻度范围的精密密度计插入溶液中,精确读出溶液凹液面与精密密度计相齐的刻度即为该溶液的密度  $\rho$ 。

### 7.3.5 结果表示

测得的数据即为 20 ℃时外添加剂溶液的密度。

### 7.3.6 重复性限和再现性限

重复性限为 0.001 g/mL;

再现性限为 0.002 g/mL。

8 细度

## 8.1 方法提要

采用孔径为 0.315 mm 的试验筛，称取烘干试样倒入筛内，用人工筛样，称量筛余物质量，按式(6)计算出筛余物的百分含量。

## 8.2 仪器

要求如下：

- a) 天平:分度值 0.001 g;
  - b) 试验筛:采用孔径为 0.315 mm 的铜丝网筛布。筛框有效直径 150 mm、高 50 mm。筛布应紧绷在筛框上,接缝应严密,并附有筛盖。

### 8.3 试验步骤

外添加剂试样应充分拌匀并经 100 ℃~105 ℃(特殊品种除外)烘干,称取烘干试样 10 g,称准至 0.001 g 倒入筛内,用人工筛样,将近筛完时,应一手执筛往复摇动,一手拍打,摇动速度每分钟约 120 次。其间,筛子应向一定方向旋转数次,使试样分散在筛布上,直至每分钟通过质量不超过 0.005 g 时为止。称量筛余物,称准至 0.001 g。

## 8.4 结果表示

细度用筛余(%)表示按式(6)计算:

式中：

$m_1$  ——筛余物质量, 单位为克(g);

$m_0$  ——试样质量, 单位为克(g)。

## 8.5 重复性限和再现性限

重复性限为 0.40%；

再现性限为 0.60%。

## 9 pH 值

## 9.1 方法提要

根据奈斯特(Nernst)方程  $E = E_0 + 0.05915 \lg [H^+]$ ,  $E = E_0 - 0.05915 \text{ pH}$ , 利用一对电极在不同

pH 值溶液中能产生不同电位差,这一对电极由测试电极(玻璃电极)和参比电极(饱和甘汞电极)组成,在 25 ℃时每相差一个单位 pH 值时产生 59.15 mV 的电位差,pH 值可在仪器的刻度表上直接读出。

## 9.2 仪器

要求如下:

- a) 酸度计;
- b) 甘汞电极;
- c) 玻璃电极;
- d) 复合电极;
- e) 天平:分度值 0.000 1 g。

## 9.3 测试条件

条件如下:

- a) 液体试样直接测试;
- b) 粉体试样溶液的浓度为 10 g/L;
- c) 被测溶液的温度为 20 ℃±3 ℃。

## 9.4 试验步骤

### 9.4.1 校正

按仪器的出厂说明书校正仪器。

### 9.4.2 测量

当仪器校正好后,先用水,再用测试溶液冲洗电极,然后再将电极浸入被测溶液中轻轻摇动试杯,使溶液均匀。待到酸度计的读数稳定 1 min,记录读数。测量结束后,用水冲洗电极,以待下次测量。

## 9.5 结果表示

酸度计测出的结果即为溶液的 pH 值。

## 9.6 重复性限和再现性限

重复性限为 0.2;

再现性限为 0.5。

## 10 表面张力

### 10.1 方法提要

铂环与液面接触后,在铂环内形成液膜,提起铂环时所需的力与液体表面张力相平衡,测定液膜脱离液面的力之大小。

### 10.2 测试条件

条件如下:

- a) 液体试样直接测试;
- b) 粉状试样溶液的浓度为 10 g/L;

- c) 被测溶液的温度为 20 ℃±1 ℃；
- d) 如有沉淀应滤去。

### 10.3 仪器

要求如下：

- a) 自动界面张力仪；
- b) 天平：分度值 0.000 1 g。

### 10.4 试验步骤

- 10.4.1 用比重瓶或液体比重天平测定该外加剂溶液的密度。
- 10.4.2 在测量之前，应把铂环和玻璃器皿很好进行清洗彻底去掉油污。
- 10.4.3 空白试验用无水乙醇作标样，测定其表面张力，测定值与理论值之差不得超过 0.5 mN/m。
- 10.4.4 被测液体倒入准备好的玻璃杯中约 20 mm~25 mm 高，将其放在仪器托盘的中间位置上。
- 10.4.5 按下操作面板的“上升”的按钮，铂环与被测溶液接触，并使铂环浸入到液体 5 mm~7 mm。
- 10.4.6 按下“停”的按钮，再按“下降”按钮，托盘和被测液体开始下降。
- 10.4.7 直至环被拉离开液面，记录显示器上的最大值 P。

### 10.5 结果表示

溶液表面张力  $\sigma$  按式(7)计算：

式中：

$\sigma$  ——溶液的表面张力，单位为米牛顿每米(mN/m)；

P ——显示器上的最大值，单位为米牛顿每米(mN/m)；

F ——校正因子。

校正因子 F 按式(8)计算：

$$F = 0.725 0 + \sqrt{\frac{0.014 52P}{C^2(\rho - \rho_0)}} + 0.045 34 - \frac{1.679}{R/r} \quad (8)$$

式中：

C ——铂环周长  $2\pi R$ ，单位为厘米(cm)；

R ——铂环内半径和铂丝半径之和，单位为厘米(cm)；

$\rho_0$  ——空气密度，单位为克每毫升(g/mL)；

$\rho$  ——被测溶液密度，单位为克每毫升(g/mL)；

r ——铂丝半径，单位为厘米(cm)。

### 10.6 重复性限和再现性限

重复性限为 1.0 mN/m；

再现性限为 1.5 mN/m。

## 11 氯离子含量

### 11.1 电位滴定法

#### 11.1.1 方法提要

用电位滴定法，以银电极或氯电极为指示电极，其电势随 Ag<sup>+</sup>浓度而变化。以甘汞电极为参比电

极，用电位计或酸度计测定两电极在溶液中组成原电池的电势，银离子与氯离子反应生成溶解度很小的氯化银白色沉淀。在等当点前滴入硝酸银生成氯化银沉淀，两电极间电势变化缓慢，等当点时氯离子全部生成氯化银沉淀，这时滴入少量硝酸银即引起电势急剧变化，指示出滴定终点。

### 11.1.2 试剂

要求如下：

- a) 硝酸(1+1);  
b) 硝酸银溶液(17 g/L):准确称取约 17 g 硝酸银( $\text{AgNO}_3$ ), 用水溶解, 放入 1 L 棕色容量瓶中稀释至刻度, 摆匀, 用 0.100 0 mol/L 氯化钠标准溶液对硝酸银溶液进行标定。  
c) 氯化钠标准溶液(0.100 0 mol/L):称取约 10 g 氯化钠(基准试剂), 盛在称量瓶中, 于 130 ℃ ~ 150 ℃ 烘干 2 h, 在干燥器内冷却后精确称取 5.844 3 g, 用水溶解并稀释至 1 L, 摆匀。

标定硝酸银溶液(17 g/L)：

用移液管吸取 10 mL 0.100 0 mol/L 的氯化钠标准溶液于烧杯中, 加水稀释至 200 mL, 加 4 mL 硝酸(1+1), 在电磁搅拌下, 用硝酸银溶液以电位滴定法测定终点, 过等当点后, 在同一溶液中再加入 0.100 0 mol/L 氯化钠标准溶液 10 mL, 继续用硝酸银溶液滴定至第二个终点, 用二次微商法计算出硝酸银溶液消耗的体积  $V_{01}, V_{02}$ , 见附录 A。

体积  $V_0$ , 按式(9)计算:

式中：

$V_0$  ——10 mL 0.100 0 mol/L 氯化钠标准溶液消耗硝酸银溶液的体积, 单位为毫升(mL)。

$V_{01}$  —— 空白试验中 200 mL 水, 加 4 mL 硝酸(1+1) 加 10 mL 0.100 0 mol/L 氯化钠标准溶液所消耗硝酸银溶液的体积, 单位为毫升(mL)。

$V_{02}$  —— 空白试验中 200 mL 水, 加 4 mL 硝酸(1+1) 加 20 mL 0.100 0 mol/L 氯化钠标准溶液所消耗硝酸银溶液的体积, 单位为毫升(—L)。

消耗硝酸银溶液的体积，单位为毫升。

武中

$c$  ——硝酸银溶液的浓度, 单位为摩尔每升( $\text{mol/L}$ )。

— 氯化钠标准溶液的浓度, 单位为摩尔每升(mol/L);

$V'$ —氯化钠标准溶液的体积, 单位为毫升(mL)

### 11.1.3 俗語

要求如下

- a) 电位测定仪或酸度仪；
  - b) 银电极或氯电极；
  - c) 甘汞电极；
  - d) 电磁搅拌器；
  - e) 滴定管(25 mL)；
  - f) 移液管(10 mL)；
  - g) 天平:分度值 0.0001 g

#### 11.1.4 试验步骤

11.1.4.1 准确称取外加剂试样  $0.500\text{ g} \sim 5.000\text{ g}$ , 放入烧杯中, 加  $200\text{ mL}$  水和  $1\text{ mL}$  磷酸

(1+1),使溶液呈酸性,搅拌至完全溶解,如不能完全溶解,可用快速定性滤纸过滤,并用蒸馏水洗涤残渣至无氯离子为止。

11.1.4.2 用移液管加入 10 mL 0.100 0 mol/L 的氯化钠标准溶液, 烧杯内加入电磁搅拌子, 将烧杯放在电磁搅拌器上, 开动搅拌器并插入银电极(或氯电极)及甘汞电极, 两电极与电位计或酸度计相连接, 用硝酸银溶液缓慢滴定, 记录电势和对应的滴定管读数。

由于接近等当点时，电势增加很快，此时要缓慢滴加硝酸银溶液，每次定量加入 0.1 mL，当电势发生突变时，表示等当点已过，此时继续滴入硝酸银溶液，直至电势趋向变化平缓。得到第一个终点时硝酸银溶液消耗的体积  $V_1$ 。

11.1.4.3 在同一溶液中,用移液管再加入 10 mL 0.100 0 mol/L 氯化钠标准溶液(此时溶液电势降低),继续用硝酸银溶液滴定,直至第二个等当点出现,记录电势和对应的 0.1 mol/L 硝酸银溶液消耗的体积  $V_2$ 。

11.1.4.4 空白试验 在干净的烧杯中加入 200 mL 水和 4 mL 硝酸(1+1)。用移液管加入 10 mL 0.100 0 mol/L 氯化钠标准溶液，在不加入试样的情况下，在电磁搅拌下，缓慢滴加硝酸银溶液，记录电势和对应的滴定管读数，直至第一个终点出现。过等当点后，在同一溶液中，再用移液管加入 0.100 0 mol/L 氯化钠标准溶液 10 mL，继续用硝酸银溶液滴定至第二个终点，用二次微商法计算出硝酸银溶液消耗的体积  $V_{01}$  及  $V_{02}$ 。

### 11.1.5 结果表示

用二次微商法计算结果,见附录 A。通过电压对体积二次导数(即  $\Delta^2 E / \Delta V^2$ )变成零的办法来求出滴定终点。假如在邻近等当点时,每次加入的硝酸银溶液是相等的,此函数( $\Delta^2 E / \Delta V^2$ )必定会在正负两个符号发生变化的体积之间的某一点变成零,对应这一点的体积即为终点体积,可用内插法求得。

外添加剂中氯离子所消耗的硝酸银体积  $V$  按式(11)计算:

$$V = \frac{(V_1 - V_{01}) + (V_2 - V_{02})}{2} \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

式中：

$V_1$  ——试样溶液加 10 mL 0.100 0 mol/L 氯化钠标准溶液所消耗的硝酸银溶液体积, 单位为毫升 (mL);

$V_2$  ——试样溶液加 20 mL 0.100 0 mol/L 氯化钠标准溶液所消耗的硝酸银溶液体积, 单位为毫升 (mL)。

外加剂中氯离子含量  $X_{Cl^-}$  按式(12)计算:

$$X_{Cl^-} = \frac{c \times V \times 35.45}{m \times 1000} \times 100 \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

武由

$X_{\text{ci}}$  — 外加剂中氯离子含量 %.

V ——外加剂由氯离子所消耗硝酸银溶液的体积，单位为毫升(mL)。

——外加剂样品质量，单位为克(g)

### 11.1.6 重复性和再现性限

重复性限为 0.05%.

重现性限为  $0.11\%$ ，  
再现性限为  $0.08\%$ 。

## 11.2 离子色谱法

### 11.2.1 方法提要

离子色谱法是液相色谱分析方法的一种，样品溶液经阴离子色谱柱分离，溶液中的阴离子  $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  被分离，同时被电导池检测。测定溶液中氯离子峰面积或峰高。

### 11.2.2 试剂和材料

要求如下：

- 氮气：纯度不小于 99.8%。
- 硝酸：优级纯。
- 实验室用水：一级水（电导率小于  $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ ,  $0.2 \mu\text{m}$  超滤膜过滤）。
- 氯离子标准溶液（1 mg/mL）：准确称取预先在  $550^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$  加热 40 min~50 min 后，并在干燥器中冷却至室温的氯化钠（标准试剂）1.648 g，用水溶解，移入 1 000 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度。
- 氯离子标准溶液（100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ）：准确移取上述标准溶液 100 mL 至 1 000 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度。
- 氯离子标准溶液系列：准确移取 1 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL（100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的氯离子的标准溶液）至 100 mL 容量瓶中，稀释至刻度。此标准溶液系列浓度分别为：1  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 5  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 15  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 25  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

### 11.2.3 仪器

要求如下：

- 离子色谱仪：包括电导检测器，抑制器，阴离子分离柱，进样定量环（25  $\mu\text{L}$ , 50  $\mu\text{L}$ , 100  $\mu\text{L}$ ）。
- 0.22  $\mu\text{m}$  水性针头微孔滤器。
- On Guard Rp 柱：功能基为聚二乙烯基苯。
- 注射器：1.0 mL、2.5 mL。
- 淋洗液体系选择  
碳酸盐淋洗液体系：阴离子柱填料为聚苯乙烯、有机硅、聚乙烯醇或聚丙烯酸酯阴离子交换树脂。  
氢氧化钾淋洗液体系：阴离子色谱柱 IonPacAs18 型分离柱（250 mm  $\times$  4 mm）和 IonPacAG18 型保护柱（50 mm  $\times$  4 mm）；或性能相当的离子色谱柱。
- 抑制器：连续自动再生膜阴离子抑制器或微填充床抑制器。
- 检出限：0.01  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

### 11.2.4 试验步骤

#### 11.2.4.1 称量和溶解

准确称取 1 g 外加剂试样，精确至 0.1 mg。放入 100 mL 烧杯中，加 50 mL 水和 5 滴硝酸溶解试样。试样能被水溶解时，直接移入 100 mL 容量瓶，稀释至刻度；当试样不能被水溶解时，采用超声和加热的方法溶解试样，再用快速滤纸过滤，滤液用 100 mL 容量瓶承接，用水稀释至刻度。

#### 11.2.4.2 去除样品中的有机物

混凝土外加剂中的可溶性有机物可以用 On Guard RP 柱去除。

#### 11.2.4.3 测定色谱图

将上述处理好的溶液注入离子色谱中分离，得到色谱图，测定所得色谱峰的峰面积或峰高。

#### 11.2.4.4 氯离子含量标准曲线的绘制

在重复性条件下进行空白试验。将氯离子标准溶液系列分别在离子色谱中分离，得到色谱图，测定所得色谱峰的峰面积或峰高。以氯离子浓度为横坐标，峰面积或峰高为纵坐标绘制标准曲线。

### 11.2.5 结果表示

将样品的氯离子峰面积或峰高对照标准曲线，求出样品溶液的氯离子浓度  $c_1$ ，并按照式(13)计算出试样中氯离子含量。

$$X_{\text{Cl}^-} = \frac{c_1 \times V_1 \times 10^{-6}}{m} \times 100 \quad \dots \dots \dots \quad (13)$$

式中：

$X_{\text{Cl}^-}$  — 样品中氯离子含量, %;

$c_1$  ——由标准曲线求得的试样溶液中氯离子的浓度, 单位为微克每毫升( $\mu\text{g}/\text{mL}$ );

$V_1$  ——样品溶液的体积, 单位数值为 100 毫升(mL);

*m* ——外加剂样品质量,单位为克(g)。

### 11.2.6 重复性限

表 1

Cl <sup>-</sup> 含量范围/%	<0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	>10
重复性限/%	0.001	0.02	0.10	0.20	0.25

## 12 硫酸钠含量

## 12.1 重量法

### 12.1.1 方法提要

氯化钡溶液与外添加剂试样中的硫酸盐生成溶解度极小的硫酸钡沉淀，称量经高温灼烧后的沉淀来计算硫酸钠的含量。

### 12.1.2 试剂

要求如下：

- a) 盐酸(1+1);
  - b) 氯化铵溶液(50 g/L);
  - c) 氯化钡溶液(100 g/L);
  - d) 硝酸银溶液(1 g/L)。

### 12.1.3 仪器

要求如下：

- a) 电阻高温炉:最高使用温度不低于 900 ℃;
  - b) 天平:分度值 0.000 1 g;
  - c) 电磁电热式搅拌器;
  - d) 瓷坩埚:18 mL~30 mL;
  - e) 烧杯:400 mL;
  - f) 长颈漏斗;
  - g) 慢速定量滤纸,快速定性滤纸。

#### 12.1.4 试验步骤

12.1.4.1 准确称取试样约 0.5 g,于 400 mL 烧杯中,加入 200 mL 水搅拌溶解,再加入氯化铵溶液 50 mL,加热煮沸后,用快速定性滤纸过滤,用水洗涤数次后,将滤液浓缩至 200 mL 左右,滴加盐酸(1+1)至浓缩滤液显示酸性,再多加 5 滴~10 滴盐酸,煮沸后在不断搅拌下趁热滴加氯化钡溶液 10 mL,继续煮沸 15 min,取下烧杯,置于加热板上,保持 50 ℃~60 ℃ 静置 2 h~4 h 或常温静置 1 d。

12.1.4.2 用两张慢速定量滤纸过滤,烧杯中的沉淀用70℃水洗净,使沉淀全部转移到滤纸上,用温热  
水洗涤沉淀至无氯根为止(用硝酸银溶液检验)。

12.1.4.3 将沉淀与滤纸移入预先灼烧恒重的坩埚中，小火烘干，灰化。

12.1.4.4 在 800 ℃电阻高温炉中灼烧 30 min, 然后在干燥器里冷却至室温(约 30 min), 取出称量, 再将坩埚放回高温炉中, 灼烧 20 min, 取出冷却至室温称量。如此反复直至恒量。

### 12.1.5 結果表示

外加剂中硫酸钠含量  $X_{Na_2SO_4}$  按式(14)计算:

武中

$X_{Na_2SO_4}$  ——外加剂中硫酸钠含量, %;

$m$  ——试样质量, 单位为克(g)。

$m_1$  ——空挂架质量, 单位为克(g),

$m_2$  ——灼烧后滤渣加坩埚质量，单位为克(g)。

0.6086 — 硫酸铜换算成硫酸钠的系数

### 12.1.6 重复性限和再现性限

重复性限为 0.50%.

重现性限为 0.80%，

## 12.2 离子交换重量法

### 12.2.1 方法提要

圖 12-1-1

### 12.2.2 试剂

同 12.1.2 并增加预先经活化处理过的 Z12-OH 型阳离子交换树脂。

### 12.2.3 仪器

圖 12-1-3

### 12.2.4 试验步骤

12.2.4.1 采用重量法测定,试样加入氯化铵溶液沉淀处理过程中,发现絮凝物而不易过滤时改用离子交换重量法。准确称取外加剂样品 $0.200\text{ g}\sim 0.500\text{ g}$ ,置于盛有 $6\text{ g }717\text{-OH型阴离子交换树脂的}100\text{ mL烧杯中},加入60\text{ mL水和电磁搅拌棒,在电磁电热式搅拌器上加热至}60\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C},搅拌}10\text{ min,进行离子交换。}$

12.2.4.2 将烧杯取下,用快速定性滤纸于三角漏斗上过滤,弃去滤液。

12.2.4.3 然后用 50 ℃~60 ℃氯化铵溶液洗涤树脂五次,再用温水洗涤五次,将洗液收集于另一干净的 300 mL 烧杯中,滴加盐酸(1+1)至溶液显示酸性,再多加 5 滴~10 滴盐酸,煮沸后在不断搅拌下趁热滴加氯化钡溶液 10 mL,继续煮沸 15 min,取下烧杯,置于加热板上保持 50 ℃~60 ℃,静置 2 h~4 h 或常温静置 8 h。

12.2.4.4 重复 12.1.4.2~12.1.4.4 的步骤。

## 12.2.5 结果表示

同 12.1.5。

## 12.2.6 重复性限和再现性限

同 12.1.6。

# 13 水泥净浆流动度

## 13.1 方法提要

在水泥净浆搅拌机中,加入一定量的水泥、外加剂和水进行搅拌。将搅拌好的净浆注入截锥圆模内,提起截锥圆模,测定水泥净浆在玻璃平面上自由流淌的最大直径。

## 13.2 仪器

要求如下:

- 双转双速水泥净浆搅拌机;符合 JC/T 729 的要求;
- 截锥圆模:上口直径 36 mm,下口直径 60 mm,高度为 60 mm,内壁光滑无接缝的金属制品;
- 玻璃板:400 mm×400 mm×5 mm;
- 秒表;
- 钢直尺:300 mm;
- 刮刀;
- 天平:分度值 0.01 g;
- 天平:分度值 1 g。

## 13.3 试验步骤

13.3.1 将玻璃板放置在水平位置,用湿布抹擦玻璃板、截锥圆模、搅拌器及搅拌锅,使其表面湿而不带水渍。将截锥圆模放在玻璃板的中央,并用湿布覆盖待用。

13.3.2 称取水泥 300 g,倒入搅拌锅内。加入推荐掺量的外加剂及 87 g 或 105 g 水,立即搅拌(慢速 120 s,停 15 s,快速 120 s)。

13.3.3 将拌好的净浆迅速注入截锥圆模内,用刮刀刮平,将截锥圆模按垂直方向提起,同时开启秒表计时,任水泥净浆在玻璃板上流动,至 30 s,用直尺量取流淌部分互相垂直的两个方向的最大直径,取平均值作为水泥净浆流动度。

## 13.4 结果表示

表示净浆流动度时,应注明用水量,所用水泥的强度等级标号、名称、型号及生产厂和外加剂掺量。

### 13.5 重复性限和再现性限

重复性限为 5 mm；  
再现性限为 10 mm。

## 14 水泥胶砂减水率

### 14.1 方法提要

先测定基准胶砂流动度的用水量，再测定掺外加剂胶砂流动度的用水量，经计算得出水泥胶砂减水率。

### 14.2 仪器

要求如下：

- a) 胶砂搅拌机：符合 JC/T 681 的要求；
- b) 跳桌、截锥圆模及模套、圆柱捣棒、卡尺均应符合 GB/T 2419 的规定；
- c) 抹刀；
- d) 天平：分度值 0.01 g；
- e) 天平：分度值 1 g。

### 14.3 材料

要求如下：

- a) 水泥；
- b) 水泥强度检验用 ISO 标准砂；
- c) 外加剂。

### 14.4 试验步骤

#### 14.4.1 基准胶砂流动度用水量的测定

14.4.1.1 先使搅拌机处于待工作状态，然后按以下程序进行操作：把水加入锅里，再加入水泥 450 g，把锅放在固定架上，上升至固定位置，然后立即开动机器，低速搅拌 30 s 后，在第二个 30 s 开始的同时均匀地将砂子加入，机器转至高速再拌 30 s。停拌 90 s，在第一个 15 s 内用一抹刀将叶片和锅壁上的胶砂刮入锅中，在高速下继续搅拌 60 s，各个阶段搅拌时间误差应在±1 s 以内。

14.4.1.2 在拌和胶砂的同时，用湿布抹擦跳桌的玻璃台面，捣棒、截锥圆模及模套内壁，并把它们置于玻璃台面中心，盖上湿布，备用。

14.4.1.3 将拌好的胶砂迅速地分两次装入模内，第一次装至截锥圆模的三分之二处，用抹刀在相互垂直的两个方向各划 5 次，并用捣棒自边缘向中心均匀捣 15 次，接着装第二层胶砂，装至高出截锥圆模约 20 mm，用抹刀划 10 次，同样用捣棒捣 10 次，在装胶砂与捣实时，用手将截锥圆模按住，不要使其产生移动。

14.4.1.4 捣好后取下模套，用抹刀将高出截锥圆模的胶砂刮去并抹平，随即把截锥圆模垂直向上提起置于台上，立即开动跳桌，以每秒一次的频率使跳桌连续跳动 25 次。

14.4.1.5 跳动完毕用卡尺量出胶砂底部流动直径，取互相垂直的两个直径的平均值为该用水量时的胶砂流动度，用 mm 表示。

14.4.1.6 重复上述步骤，直至流动度达到(180±5) mm。当胶砂流动度为(180±5) mm 时的用水量即为基准胶砂流动度的用水量  $M_0$ 。

#### 14.4.2 搅拌外加剂胶砂流动度用水量的测定

将水和外加剂加入锅里搅拌均匀,按 14.4.1 的操作步骤测出掺外加剂胶砂流动度达(180±5) mm 时的用水量  $M_1$ 。

## 14.5 结果表示

14.5.1 胶砂减水率(%)按式(15)计算:

$$\text{胶砂减水率} = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100 \quad \dots \dots \dots \quad (15)$$

式中：

$M$  ——基准胶砂流动度为(180±5) mm 时的用水量, 单位为克(g);

按外加剂的胶砂流动度为(180±5) mm 时的用水量,单位为克(g)。

14.5.2 注明所用水泥的标号、名称、型号及生产厂。

## 14.6 重复性限和再现性限

重复性限为 1.0%；

再现性限为 1.5%。

15 总碱量

## 15.1 火焰光度法

### 15.1.1 方法提要

试样用约 80 ℃的热水溶解,以氨水分离铁、铝;以碳酸钙分离钙、镁。滤液中的碱(钾和钠),采用相应的滤光片,用火焰光度计进行测定。

### 15.1.2 试剂与仪器

要求如下：

- a) 盐酸(1+1);
  - b) 氨水(1+1);
  - c) 碳酸铵溶液(100 g/L);
  - d) 氧化钾、氧化钠标准溶液: 精确称取已在 130 °C ~ 150 °C 烘过 2 h 的氯化钾(KCl 光谱纯) 0.792 0 g 及氯化钠(NaCl 光谱纯) 0.943 0 g, 置于烧杯中, 加水溶解后, 移入 1 000 mL 容量瓶中, 用水稀释至标线, 摆匀, 转移至干燥的带盖的塑料瓶中。此标准溶液每毫升相当于氧化钾及氧化钠 0.5 mg;
  - e) 甲基红指示剂(2 g/L 乙醇溶液);
  - f) 火焰光度计;
  - g) 天平: 分度值 0.000 1 g。

### 15.1.3 试验步骤

15.1.3.1 分别向 100 mL 容量瓶中注入 0.00 mL; 1.00 mL; 2.00 mL; 4.00 mL; 8.00 mL; 12.00 mL 的氧化钾、氧化钠标准溶液(分别相当于氧化钾、氧化钠各 0.00 mg; 0.50 mg; 1.00 mg; 2.00 mg; 4.00 mg; 6.00 mg), 用水稀释至标线, 摆匀, 然后分别于火焰光度计上按仪器使用规程进行测定, 根据测得的检流计读数与溶液的浓度关系, 分别绘制氧化钾及氧化钠的工作曲线。

15.1.3.2 准确称取一定量的试样置于 150 mL 的瓷蒸发皿中,用 80 ℃ 左右的热水润湿并稀释至 30 mL, 置于电热板上加热蒸发,保持微沸 5 min 后取下,冷却,加 1 滴甲基红指示剂,滴加氨水(1+1),使溶液呈黄色;加入 10 mL 碳酸铵溶液,搅拌,置于电热板上加热并保持微沸 10 min,用中速滤纸过滤,以热水洗涤,滤液及洗液盛于容量瓶中,冷却至室温,以盐酸(1+1)中和至溶液呈红色,然后用水稀释至标线,摇匀,以火焰光度计按仪器使用规程进行测定。称样量及稀释倍数见表 2。

### 15.1.3.3 同时进行空白试验。

表 2

总碱量/%	称样量/g	稀释体积/mL	稀释倍数( <i>n</i> )
1.00	0.20	100	1
1.00~5.00	0.10	250	2.5
5.00~10.00	0.05	250 或 500	2.5 或 5
大于 10.00	0.05	500 或 1 000	5 或 10

#### 15.1.4 结果表示

#### 15. 1. 4. 1 氧化钾与氧化钠含量计量

氧化钾百分含量  $X_{K_2O}$  按式(16)计算:

$$X_{K_2O} = \frac{c_1 \times n}{m \times 1,000} \times 100 \quad \dots \dots \dots \quad (16)$$

式中,

$X_{K_2O}$  ——外加剂中氯化钾含量 %

$c_1$  ——在工作曲线上查得每 100 ml 被测溶液中含有的待测组分的量, %;

$n$  ——被测溶液的羟羟位数

*m* ——试样质量 克(g)

氯化钠百分含量  $X_{NaCl}$  按式(13)计算

$$X_{\text{Na}_2\text{O}} = \frac{c_2 \times n}{m \times 1,000} \times 100 \quad \dots \dots \dots \quad (17)$$

武中

$X_{\text{Na}_2\text{O}}$  ——外加剤中氯化鈉含量 %

$c_2$  ——在工作曲线上查得每 100 mL 被测溶液中氯化物的量, %;

15.1.4.2  $X_{\text{总储量}}$  按式(18)计算

$$X_{\text{总碱量}} = 0.658 \times X_{\text{K}_2\text{O}} + X_{\text{Na}_2\text{O}} \quad \dots \dots \dots \quad (6.1.1)$$

式中：

$X_{\text{总碱量}}$  ——外加剂中的总碱量, %。

## 15.1.5 重复性限和再现性限

表 3

总碱量 /%	重复性限 /%	再现性限 /%
1.00	0.10	0.15
1.00~5.00	0.20	0.30
5.00~10.00	0.30	0.50
大于 10.00	0.50	0.80

## 15.2 原子吸收光谱法

见 GB/T 176—2008 中第 34 章。

附录 A  
(资料性附录)  
二次微商法计算混凝土外加剂中氯离子百分含量实例

## A.1 空白试验及硝酸银浓度的标定

空白试验记录格式见表 A.1。

表 A.1

加 10 mL 0.100 0 mol/L 氯化钠				加 20 mL 0.100 0 mol/L 氯化钠			
滴加硝酸 银体积 $V_{01}$ /mL	电势 E/mV	$\Delta E/\Delta V/$ (mV/mL)	$\Delta^2 E/\Delta V^2/$ (mV/mL <sup>2</sup> )	滴加硝酸 银体积 $V_{02}$ /mL	电势 E/mV	$\Delta E/\Delta V/$ (mV/mL)	$\Delta^2 E/\Delta V^2/$ (mV/mL <sup>2</sup> )
10.30	242			20.20	240		
10.40	253	110		20.30	251	110	
10.50	267	140	300	20.40	264	130	200
10.60	280	130	-100	20.50	276	120	-100

计算：

$$V_{01} = 10.40 + 0.10 \times \frac{300}{300 + 100} = 10.48 \text{ (mL)}$$

$$V_{02} = 20.30 + 0.10 \times \frac{200}{200 + 100} = 20.37 \text{ (mL)}$$

$$C_{\text{AgNO}_3} = \frac{10.00 \times 0.100 0}{20.37 - 10.48} = 0.101 1 \text{ (mol/L)}$$

## A.2 外加剂样品的试验

称取外加剂样品 0.769 6 g, 加 200 mL 蒸馏水, 溶解后加 4 mL 硝酸(1+1), 用硝酸银溶液滴定, 外加剂样品试验记录格式见表 A.2。

表 A.2

加 10 mL 0.100 0 mol/L 氯化钠				加 20 mL 0.100 0 mol/L 氯化钠			
滴加硝酸 银体积 $V_1$ /mL	电势 E/mV	$\Delta E/\Delta V/$ (mV/mL)	$\Delta^2 E/\Delta V^2/$ (mV/mL <sup>2</sup> )	滴加硝酸 银体积 $V_2$ /mL	电势 E/mV	$\Delta E/\Delta V/$ (mV/mL)	$\Delta^2 E/\Delta V^2/$ (mV/mL <sup>2</sup> )
13.20	244			23.20	241		
13.30	256	120		23.30	252	110	
13.40	269	130	100	23.40	264	120	100
13.50	280	110	-200	23.50	275	110	-100

中华人民共和国  
国家标准  
混凝土外加剂匀质性试验方法

GB/T 8077—2012

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 43 千字  
2013年5月第一版 2013年5月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-47238 定价 27.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权所有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 8077-2012

打印日期: 2013年5月22日 F002A