

中华人民共和国工业和信息化部建材计量技术规范

JJF(建材) XXX-XXXX

水泥氯离子扩散系数测定仪校准 规范

Calibration Specification for Testing machine of the Chloride Diffusion
Coefficient of Cement

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

水泥氯离子扩散系数测定仪校准规范

Calibration Specification for Testing machine of the
Chloride Diffusion Coefficient of Cement

JJF(建材)XXXX—202X

本规范经中华人民共和国工业和信息化部××××年××月××日批准，并自××××年××月××日起实施。

归口单位：中国建筑材料联合会

主要起草单位：中国国检测试控股集团股份有限公司

参与起草单位：北京耐尔得智能科技有限公司

北京国建联信认证中心有限公司

本规范委托全国建材工业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

王伟智（中国国检测试控股集团股份有限公司）

丁 源（中国国检测试控股集团股份有限公司）

殷祥男（中国国检测试控股集团股份有限公司）

参加起草人：

卢 昕（北京耐尔得智能科技有限公司）

郝进秀（北京国建联信认证中心有限公司）

樊亚军（北京国建联信认证中心有限公司）

张卉伊（北京耐尔得智能科技有限公司）

目 录

引言..... (II)

1 范围..... (1)

2 引用文件..... (1)

3 概述..... (1)

3.1 原理..... (1)

3.2 结构..... (2)

4 计量特性..... (2)

5 校准条件..... (2)

5.1 环境要求..... (2)

5.2 校准用标准器..... (3)

6 校准项目和校准方法..... (3)

6.1 校准项目..... (3)

6.2 校准前准备..... (3)

6.3 电流示值误差..... (3)

6.4 电压示值误差..... (4)

7 校准结果表达..... (4)

8 复校时间间隔..... (5)

附录 A 校准证书内页格式..... (6)

附录 B 校准记录的参考格式..... (9)

附录 C 电流示值误差校准结果的测量不确定度评定示例..... (12)

附录 D 电压示值误差校准结果的测量不确定度评定示例..... (14)

引言

JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》和 JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

水泥氯离子扩散系数测定仪校准规范

1 范围

本规范适用于水泥氯离子扩散系数测定仪(以下简称测定仪)的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 42272 水泥胶砂氯离子扩散系数检测方法

JC/T 1086 水泥氯离子扩散系数检验方法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 概述

3.1 原理

按照 GB/T 42272 的规定，检测装置在 0 V~10 V 电压范围内，以每分钟增大 1V 的频率检测通过试体的电流，电压与电流应有良好的线性关系，以保证试体的电导率稳定。通过电流、电压及相关常数计算得出水泥氯离子扩散系数。

氯离子扩散系数计算公式：

$$D_i = \frac{RT\sigma_i}{Z_i^2 F^2 c_i} \quad (1)$$

式中：

D_i ——氯离子扩散系数，即单位时间单位面积上氯离子通过数量， m^2/s ；

R ——气体常数，8.314，J/(mol·K)；

T ——环境温度，K；

σ_i ——试体的电导率，S/m；

Z_i ——粒子电荷数或价数；

F ——Faraday 常数，为 96500C/mol；

c_i ——氯离子浓度，mol/L。

$$\sigma = \frac{L}{R \times S} = \frac{I \times L}{U \times S} \quad (2)$$

式中：

σ ——电导率，S/m；

S ——测试电极接触面积， $19.625, \text{cm}^2$ ；

R ——电阻， Ω ；

I ——电流，mA；

U ——电压，V；

L——长度，50，mm。

3.2 结构

用于水泥胶砂氯离子扩散系数测定的装置。测定仪主要包括测试电极、直流稳压电源、电压表、电流表、数据采集与处理系统。见图 1。

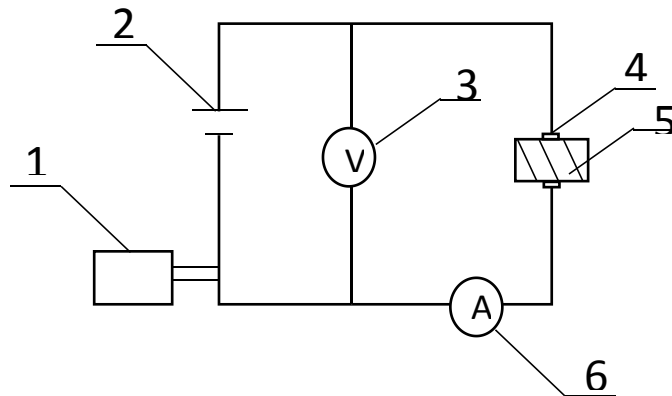


图 1 水泥氯离子扩散系数测定仪结构示意图

1——数据采集与处理系统； 2——直流稳压电源； 3——电压表；
4——测试电极； 5——待测水泥胶砂试块； 6——电流表

4 计量特性

4.1 电流测量范围 0mA~300mA；示值误差±0.1mA；

4.2 电压测量范围 0V~10V；示值误差±0.1V。

注：以上指标不用于合格性判定，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境要求

5.1.1 环境温度保持 $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $(50 \pm 15) \%$ 。

5.1.2 仪器置于水平无震动的工作台上。

5.1.3 实验室应清洁，无污染并且远离强磁场区域。

5.2 校准用标准器

5.2.1 标准电流表

电流测量范围 0mA~300 mA，分辨力 0.0001mA；准确度等级不低于 0.01 级。

5.2.2 标准电压表

电压测量范围 0V~10V，分辨力 0.0001V；准确度等级不低于 0.01 级。

5.2.3 标准电阻

阻值为 300 Ω 、1000 Ω 、2000 Ω ；准确度等级不低于 0.1 级。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目包电流示值误差和电压示值误差。

6.2 校准前准备

6.2.1 仪器应带有铭牌(铭牌标志上应有仪器名称、型号、出厂编号、出厂日期、制造厂名等)、合格证和说明书。

6.2.2 外观不应带有影响正常工作的机械损伤。电缆线的接插件牢固。

6.2.3 仪器应置于平稳的工作台上，各紧固件均应紧固良好。各调节旋钮、按键和功能开关灵活可靠。电源线满足设备功率需求和安全要求。

6.2.4 仪器显示屏显示清晰完整。

6.2.5 电流显示正常。

6.2.6 电压显示正常。

6.2.7 升压速率能达到每分钟 1V。满足 GB/T 42272 和 JC/T 1086 标准要求。

6.3 电流示值误差

6.3.1 将氯离子扩散系数测定仪预热 10min，将 300 Ω 标准电阻接入到测量端，再把标准电流表串联到测定仪的测试电极测量端口，测量直流电流值，运行测定仪，电压以每分钟增加 1V 的频率，依次从 1V 升高至 10V，在每一点电压下，分别测量电流值，计算测定仪显示的电流值 I_1 和校准源测量的电流值 I_0 差值 ΔI_i 。上述操作重复两次，取两次差值的平均值，精确到 0.0001mA，得到电流示值误差。

$$\Delta I_i = I_1 - I_0 \quad (3)$$

式中：

ΔI_i ——电流示值误差，mA；

I_i ——仪器示值，mA；

I_0 ——标准电流表示值，mA。

6.3.2 用 1000 Ω 和 2000 Ω 分别重复 6.3.1 的实验步骤，得到电流示值误差。

6.3.3 记录 6.3.1 和 6.3.2 得到的数据，共 30 个。

6.4 电压示值误差

6.4.1 将氯离子扩散系数测定仪预热 10min，将 300 Ω 标准电阻接入到测量端，将标准电压表并联到测定仪的测试电极测量端口，测量直流电压值，运行测定仪，电压以每分钟增加 1V 的频率，依次从 1V 升高至 10V，在每一点电压下，分别测量电压值，计算测定仪显示的电压值 U_i 和校准源测量的电压值 U_0 差值 ΔU_i 。上述操作重复两次，取两次差值的平均值，精确到 0.0001V，得到电压示值误差。

$$\Delta U_i = U_i - U_0 \quad (4)$$

式中：

ΔU_i ——电压示值误差，V；

U_i ——仪器示值，V；

U_0 ——标准电压表示值，V。

6.4.2 用 1000 Ω 和 2000 Ω 分别重复 6.4.1 的实验步骤，得到电压示值误差。

6.4.3 记录 6.4.1 和 6.4.2 得到的数据，共 30 个。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书（报告）上反映，校准证书（报告）应至少包含以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校准对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校准对象的接

收日期;

- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时,应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 校准所依据的技术规范的标识,包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象的有效性的声明;
- p) 未经实验室书面批准,不得部分复制证书或报告的声明。

校准证书内页格式可参考附录 A

校准记录格式可参考附录 B。

8 复校时间间隔

一般建议复校时间间隔为一年,由于复校时间间隔的长短是由水泥氯离子扩散系数测定仪的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的,因此,可根据仪器使用情况自行确定复校时间间隔。

附录 B

校准记录的参考格式

校准单位				记录编号							
仪器名称				型号规格							
制造厂名				出厂编号							
技术依据											
校准用测量设备及标准物样品											
名称		型号规格		证书编号		技术特征		备注			
环境条件和设施											
序号		项目		要求		实际情况		结论			
1		温度		(20±2)℃							
2		相对湿度		(50±15)%							
3		环境条件		仪器置于水平无震动的工作台；实验室清洁，无污染							
校准项目											
序号		项目		技术要求		校准数据			结论		
300Ω		电流示值误差(mA)		≤0.1 mA		次数 时间		1	2	平均值	/
						1min					
						2min					
						3min					
						4min					
						5min					
						6min					
						7min					
						8min					
						9min					
10min											
1000Ω		电流示值误差(mA)		≤0.1 mA		次数 时间		1	2	平均值	/
						1min					
						2min					
						3min					
						4min					
5min											

			6min				
			7min				
			8min				
			9min				
			10min				
2000 Ω	电流示值误差 (mA)	≤0.1 mA	<div>次数 时间</div>	1	2	平均值	/
			1min				
			2min				
			3min				
			4min				
			5min				
			6min				
			7min				
			8min				
			9min				
			10min				
300 Ω	电压示值误差 (V)	≤0.1 V	<div>次数 时间</div>	1	2	平均值	/
			1min				
			2min				
			3min				
			4min				
			5min				
			6min				
			7min				
			8min				
			9min				
			10min				
1000 Ω	电压示值误差 (V)	≤0.1 V	<div>次数 时间</div>	1	2	平均值	/
			1min				
			2min				
			3min				
			4min				
			5min				
			6min				
			7min				
			8min				
			9min				
			10min				
2000 Ω	电压示值误差	≤0.1 V	<div>次数</div>	1	2	平均值	/

	(V)		时间				
			1min				
			2min				
			3min				
			4min				
			5min				
			6min				
			7min				
			8min				
			9min				
			10min				

以下空白

校准人：

审核人：

校准日期：

附录 C

电流示值误差校准结果的测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 校准方法：按照 6.3 电流示值误差校准方法。

C.1.2 环境条件：20.3℃，相对湿度：56%。

C.1.3 测量标准器：标准电流表，电流测量范围覆盖 0mA~300 mA，分辨力 0.0001mA；准确度等级 0.01 级。标准电阻，阻值为 300 Ω；准确度等级 0.1 级。

C.1.4 校准点：1V

C.2 数学模型

$$\Delta I_i = I_{1i} - I_{0i} \quad (\text{C. 1})$$

$$\bar{\Delta I} = \frac{1}{2}(\Delta I_1 + \Delta I_2) \quad (\text{C. 2})$$

式中：

ΔI_i ——电流示值误差，mA；

i ——实验次数，为 1 或者 2；

I_{1i} ——仪器示值，mA；

I_{0i} ——标准电流表示值，mA；

$\bar{\Delta I}$ ——电流示值误差平均值，mA。

C.3 不确定度来源分析

不确定度来源主要包括试验装置面板电流实时值与标准电流表显示值差值的测量重复性引入的标准不确定度分量，为 A 类评定；由标准电流表分辨力，标准电阻引入的标准不确定度分量，为 B 类评定。其他影响因素可忽略不计。

C.4 校准不确定度评定

对校准结果有影响的因素包括：测量重复性 $u_{rel}(f)$ 引入的不确定度分量和各分量误差引入的不确定度分量 $u_{rel}(c)$ 。

各分量不确定度来源彼此独立不相关，所以测定仪的校准过程合成标准不确定度 u_c 为：

$$u_c = \sqrt{[u_{rel}(f)]^2 + [u_{rel}(c)]^2}。$$

C.4.1 由测量重复性引入的不确定度分量 $u(f)$

用 300 Ω 标准电阻在 1V 电压下重复测量 10 次，电流示值误差平均值测定结果见表 C. 1。

表 C. 1 300 Ω 标准电阻块的测量差值平均值

300 Ω 标准电阻块的测量差值平均值/mA				
-0.0113	-0.0115	-0.0114	-0.0116	-0.0111
-0.0112	-0.0113	-0.0117	-0.0116	-0.0115

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)} = 0.0019 \text{mA}$$

实际测量时，在重复性条件下连续测量 2 次，以 2 次测量值的算术平均值作为测量结果，则由重复性引入的标准不确定度 $u(f)$ 可根据 $u(f) = s / \sqrt{2}$ (s 为 10 次测量值估计的实验标准偏差) 计算得到： $u(f) = 0.0014 \text{ mA}$ 。

C. 4. 2 标准电流表的分辨力为 0.0001mA，服从均匀分布，由此引入的不确定分量：

$$u_1 = \frac{0.0001}{2\sqrt{3}} = 0.00003 \text{mA}$$

C. 4. 3 标准电阻最大允许误差引入的标准不确定度分量 u_2

标准电阻的最大允许误差为 $\pm 0.3 \Omega$ ，由最大允许误差带来的不确定度分量服从均匀分布，为 $u_2 = \frac{0.3}{\sqrt{3}} = 0.17 \Omega$ ， $c_2 = \frac{U}{R^2} = \frac{1}{300^2} = 0.011 \frac{\text{mA}}{\Omega}$

C. 4. 4 标准不确定度汇总

表 C. 2 电流示值误差测量标准不确定度汇总表

标准不确定度分量来源	标准不确定度分量值
测量重复性引入的不确定度 u_f	0.0019mA
标准器分辨力引入的不确定度 u_1	0.00003mA
标准电阻最大允许误差引入的不确定度 u_2	0.17 Ω

C. 5 合成标准不确定度

由于各标准不确定度分量相互独立，则电流示值误差的合成标准不确定度 u_c 的计算如下：

$$u_c = \sqrt{u_f^2 + u_1^2 + c_2^2 u_2^2} = 0.0027 \text{mA}$$

C. 6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，因此，静压示值误差的扩展不确定度

$$U = k \times u_c = 0.0054 \text{mA}, \quad k=2$$

附录 D

电压示值误差校准结果的测量不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 校准方法：按照 6.4 电压示值误差校准方法。

D.1.2 环境条件：20.3℃，相对湿度：56%。

D.1.3 测量标准器：标准电压表，电压测量范围 0V~10V，分辨力 0.0001V；准确度等级 0.01 级。标准电阻，阻值为 300 Ω、1000 Ω、2000 Ω；准确度等级 0.1 级。

D.1.4 校准点：1V

D.2 数学模型

$$\Delta U_i = U_{1i} - U_{0i} \quad (\text{D. 1})$$

$$\overline{\Delta U} = \frac{1}{2}(\Delta U_1 + \Delta U_2) \quad (\text{D. 2})$$

式中：

ΔU_i ——电压示值误差，V；

i ——实验次数，为 1 或者 2；

U_{1i} ——仪器示值，V；

U_{0i} ——标准电压表示值，V；

$\overline{\Delta U}$ ——电压示值误差平均值，V。

D.3 不确定度来源分析

不确定度来源主要包括试验装置面板电压实时值与标准电压表显示值差值的测量重复性引入的标准不确定度分量，为 A 类评定；由标准电压表分辨力，标准电阻引入的标准不确定度分量，为 B 类评定。其他影响因素可忽略不计。

D.4 校准不确定度评定

对校准结果有影响的因素包括：测量重复性 $u_{rel}(f)$ 引入的不确定度分量和各分量误差引入的不确定度分量 $u_{rel}(c)$ 。

各分量不确定度来源彼此独立不相关，所以测定仪的校准过程合成标准不确定度 u_c 为：

$$u_c = \sqrt{[u_{rel}(f)]^2 + [u_{rel}(c)]^2}。$$

D.4.1 由测量重复性引入的不确定度分量 $u(f)$

用 300 Ω 标准电阻在 1V 电压下重复测量 10 次，电压示值误差平均值测定结果见表 D. 1。

表 D. 1 300 Ω 标准电阻块的测量差值平均值

300 Ω 标准电阻块的测量差值平均值/V				
-0.0095	-0.0093	-0.0094	-0.0096	-0.0095
-0.0093	-0.0092	-0.0094	-0.0095	-0.0094

$$S=\sqrt{\sum_{i=1}^n(x_i-\bar{x})^2/(n-1)}=0.00012\text{V}$$

实际测量时，在重复性条件下连续测量 2 次，以 2 次测量值的算术平均值作为测量结果，则由重复性引入的标准不确定度 $u(f)$ 可根据 $u(f)=s/\sqrt{2}$ (s 为 10 次测量值的标准示值误差) 计算得到： $u(f)=0.000085\text{ V}$ 。

D. 4. 2 标准电压表的分辨力为 0.0001V，服从均匀分布，由此引入的不确定分量：

$$u_1=\frac{0.0001}{2\sqrt{3}}=0.00003\text{V}$$

D. 4. 3 标准电阻最大允许误差引入的标准不确定度分量 u_2

标准电阻的最大允许误差为 $\pm 0.3\Omega$ ，由最大允许误差带来的不确定度分量服从均匀分布，为 $u_2=\frac{0.3}{\sqrt{3}}=0.17\Omega$ ， $c_2=\frac{U}{R}=\frac{1}{300}=0.0033\frac{\text{V}}{\Omega}$

D. 4. 4 标准不确定度汇总

表 C. 2 电流示值误差测量标准不确定度汇总表

标准不确定度分量来源	标准不确定度分量值
测量重复性引入的不确定度 u_f	0.000012V
标准器分辨力引入的不确定度 u_1	0.00003V
标准电阻最大允许误差引入的不确定度 u_2	0.17 Ω

D. 5 合成标准不确定度

由于各标准不确定度分量相互独立，则电压示值误差的合成标准不确定度 u_c 的计算如下：

$$u_c=\sqrt{u_f^2+u_1^2+c_2^2u_2^2}=0.00056\text{V}$$

D. 6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，因此，静压示值误差的扩展不确定度

$$U=k\times u_c=0.0011\text{V},\quad k=2$$