



陕西省地方计量技术规范

JJF(陕) XXX—2019

混凝土氯离子电通量测定仪校准规范

Calibration Specification for Apparatus to Determine

Chloride Coulomb Electric Flux of Concrete

(报批稿)

2019—××—××发布

2019—××—××实施

陕西省市场监督管理局发 布

混凝土氯离子电通量 测定仪校准规范

JJF (陕) XXX—2019

Calibration Specification for

Apparatus to Determine Chloride

Coulomb Electric Flux of Concrete

归口单位：陕西省市场监督管理局

主要起草单位：陕西力源仪器设备检测有限公司

本规范由陕西省市场监督管理局负责解释

本规范主要起草人：

颜莉（陕西力源仪器设备检测有限公司）

杜伟（陕西力源仪器设备检测有限公司）

参加起草人：

马峰（陕西力源仪器设备检测有限公司）

张豪（陕西力源仪器设备检测有限公司）

目录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 概述.....	1
4 计量特性.....	2
4.1 基本误差.....	2
4.2 输出电压稳定度.....	2
4.3 绝缘电阻.....	2
4.4 工频耐压试验.....	2
5 校准条件.....	2
5.1 环境条件.....	2
5.2 校准用主要设备.....	2
6 校准项目和校准方法.....	3
6.1 校准前的准备工作.....	3
6.2 基本误差校准.....	4
6.3 输出电压稳定度.....	6
7 校准结果表达.....	6
8 复校时间间隔.....	7
附录 A 电通量仪电压示值误差测量不确定度评定示例.....	8
附录 B 电通量仪采样电流示值误差测量不确定度评定示例.....	10
附录 C 电通量仪温度示值误差测量不确定度评定示例.....	12
附录 D 校准证书内页格式.....	15

引言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制。在技术参数上参考了 GB/T 50082-2009《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》和 JG/T 261-2009《混凝土氯离子电通量测定仪》的相关条款。

本规范为首次发布。

混凝土氯离子电通量测定仪校准规范

1 范围

本规范适用于混凝土氯离子电通量测定仪（以下简称“电通量仪”）的校准。

2 引用文件

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

GB/T 50082-2009 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

JG/T 261-2009 混凝土氯离子电通量测定仪

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

电通量仪是用于测定混凝土电通量的试验仪器。其工作原理是在混凝土试件两端施加一定的直流电压，采集流过混凝土试件的电流值，对测得电流值进行面积积分，计算出固定时间内通过混凝土的电通量，根据测量的电通量值来反映混凝土的抗氯离子渗透性能。试验过程中通过温度探头同时监测试验槽中溶液的温度，防止试件温度过高影响氯离子的渗透能力。

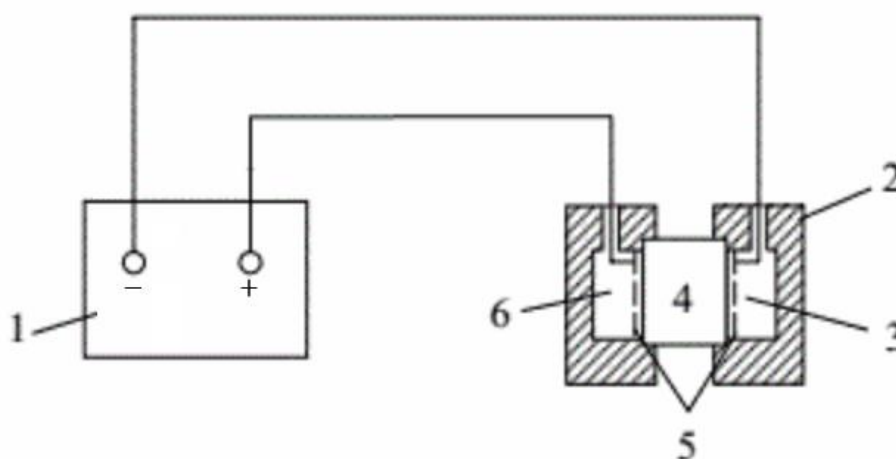


图 1 混凝土电通量试验装置示意图

1-电通量仪；2-试验槽；3-NaCl 溶液；4-混凝土试件；5-铜网；6-NaOH 溶液

4 计量特性

4.1 基本误差

表 1

校准项目	最大允许误差
输出电压示值误差	$\pm 0.1\text{V}$
采样电流示值误差	$\pm 0.25\%$
温度示值误差	$\pm 0.3^\circ\text{C}$
注：1. 通常情况下，电通量仪的输出电压为 60V，对输出电压进行校准时，负载电阻选择 600 Ω ，对采样电流进行校准时，负载电阻分别选择 300 Ω 、600 Ω 、1500 Ω 。 2. 电通量仪输出电压校准点和负载电阻值可根据用户要求或仪器说明书中输出电压和采样电流的测量范围进行选择。 3. 以上指标不用于合格性判定，仅供参考。	

4.2 输出电压稳定度

保持周围环境条件不变和输出电压不作调整，在 50min 内，每隔 5min 记录一次电压测量值，每个通道测得电压值的最大值与最小值之差作为输出电压稳定度。

4.3 绝缘电阻

在非工作状态下，电通量仪的电源输入和输出端子对机壳的金属部分在 500V 直流电压下的绝缘电阻值不应低于 20M Ω 。

4.4 工频耐压试验

在非工作状态下，电通量仪电源输入端和机壳之间施加 50Hz、1.5kV 正弦波电压，历时 1min，应无闪烁、飞弧、击穿现象。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：(20 $\pm$ 2) $^\circ\text{C}$ ；

5.1.2 环境湿度：不大于 85%RH；

5.1.3 应无影响电通量仪正常工作的外电场、外磁场；

5.1.4 供电电源：交流电压应为 220 (1 $\pm$ 10%) V，频率应为 50 (1 $\pm$ 1%) Hz。

5.2 校准表用设备

5.2.1 数字多用表

数字多用表在相应实际测量范围内的允许误差应不超过电通量仪输出电压

和采样电流允许误差绝对值的 1/5。

5.2.2 恒温槽

温度波动性 10min 内不大于 0.03℃，温度均匀性不大于 0.03℃。

5.2.3 标准温度计

温度校准装置的扩展不确定度 ($k=2$) 应不超过电通量仪温度允许误差绝对值的 1/3。

5.2.4 耐电压测试仪

耐压测试仪的准确度等级应不低于 5 级。

5.2.5 绝缘电阻表

绝缘电阻表的准确度等级应不低于 10 级。

5.2.6 负载电阻

阻值 300Ω 电阻允许工作电流不小于 240mA；阻值 600Ω 电阻允许工作电流不小于 120mA；阻值 1500Ω 电阻允许工作电流不小于 50mA。

5.2.7 校准装置、环境条件、辅助设备等应能保证校准时的扩展不确定度 ($k=2$) 不超过电通量仪最大允许误差绝对值的 1/3。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前的准备工作

6.1.1 外观和通电检查

6.1.1.1 外观检查，不能有影响工作性能的机械损伤，电通量仪上应标有产品名称、型号、生产厂家（商标）、出厂编号等。

6.1.1.2 电通量仪应具有实时显示端口电压、电流、试验历时等参数功能。

6.1.1.3 按说明书规定接通电源，经过 30min 预热后，应能正常工作。

6.1.2 耐压绝缘试验

6.1.2.1 绝缘电阻的测定

电通量仪电源开关置于“开”状态，将电源输入端子的 LN 短接，用绝缘电阻表 L 测量端连接电源输入端子，E 测量端连接机壳，测量绝缘电阻值。

电通量仪电源开关置于“开”状态，将绝缘电阻表的 L、E 测量端分别与电通量仪的输出电源端子和外壳相连接，测量绝缘电阻值。

6.1.2.2 工频耐压试验

耐压测试仪的漏电保护动作电流置于 5mA，将电通量仪电源开关置于“开”状态，电源输入端子的 LN 短接。在电通量仪的工作电源输入端子和机壳之间施加 4.4 规定的电压，历时 1min 试验，应无闪烁、飞弧、击穿现象。

6.2 基本误差校准

6.2.1 输出电压示值误差的校准

电通量仪输出电压的校准应在带载（600Ω）状态下进行。一般情况下电通量仪每个通道输出电压校准点应至少包括 60V 点，特殊情况下，可根据客户要求进行选择。用数字多用表对电通量仪每个通道的输出电压进行校准时，按图 2 进行接线。

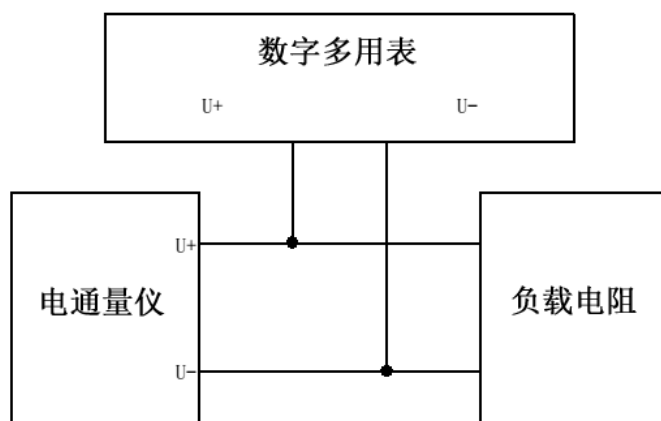


图 2 电通量仪的输出电压校准接线图

电通量仪的输出电压示值误差按式（1）计算：

$$\Delta V = V - V_0 \quad (1)$$

式中：

ΔV —电通量仪输出电压示值误差，V；

V —电通量仪直流电压输出值，V；

V_0 —数字电压表读数值，V。

6.2.2 采样电流示值误差的校准

用数字多用表对电通量仪每个通道的采样电流进行校准时，按图 3 进行接线。一般情况下，电通量仪每个通道采样校准点应根据表 1 中规定的进行选择；校准点亦可根据用户要求进行选择，但不得少于 3 个校准点。电通量仪的采样电流示值误差按式（2）计算：

$$\delta_i = \frac{I - I_0}{I_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ_i —电通量仪采样电流示值相对误差，%；

I —电通量仪采样电流显示值，mA；

I_0 —直流数字电流表读数值，mA。

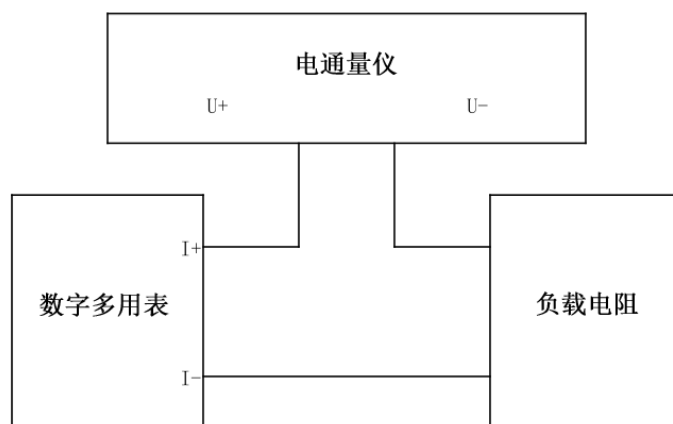


图 3 电通量仪的采样电流校准接线图

6.2.3 温度示值误差的校准

将电通量仪温度传感器与标准水银温度计（或标准铂电阻温度计）置入恒温槽中，待恒温槽温度达到设定点后，稳定 10min 后读取相应的温度值。读数时，每 5min 记录一次温度值，按以下顺序进行：

标准→被校 1→被校 2→……→被校 n→被校 n→……→被校 2→被校 1→标准
循环两次，各记录标准温度计和被校电通量仪温度示值共四次。每个温度点校准完毕，恒温槽温度波动应符合 5.2.2 的要求。

电通量仪的温度示值误差按式（3）计算：

$$\Delta t_i = t_i - \bar{t}_v - x \quad (3)$$

式中：

Δt_i —电通量仪第 i 通道的温度示值误差，℃；

t_i —电通量仪第 i 通道四次温度显示值的平均值，℃；

$\bar{t}_v$ —标准水银温度计（或标准铂电阻温度计）四次读数平均值，℃；

x —标准水银温度计（或标准铂电阻温度计）的修正值，℃。

一般情况下，电通量仪温度的校准点应包括 5℃、25℃、50℃、95℃等 4 个温度点。在特殊情况下，可根据用户要求选择。

6.3 输出电压稳定度

按图 2 进行接线，调节电通量仪输出电压到 60V，负载电阻 600Ω，保持周围环境条件不变和输出电压不作调整，等输出稳定后读数，在 50min 内，每隔 5min 记录一次电压测量值。并按式（4）计算出电通量仪输出电压稳定度。

$$S_v = V_{\max} - V_{\min} \quad (4)$$

式中：

S_v —电通量仪输出电压稳定度，V；

$V_{\max}$ —电通量仪输出电压最大值，V；

$V_{\min}$ —电通量仪输出电压最小值，V。

7 校准结果表达

经校准的仪器出具校准证书，校准证书应包括以下信息：

- 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，应说明被校对象的接受日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，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有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的, 因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 一般建议为 1 年。

附录 A 电通量仪电压示值误差测量不确定度评定示例

A.1 概述

A.1.1 测量环境：温度 20.3℃，湿度 56%RH；

A.1.2 测量标准：8808A 型数字多用表；

A.1.3 被测对象：电通量仪第 1 通道 60V 输出值；

A.1.4 测量方法：按照 6.2.1 试验方法，连接方式如图 2。

A.2 数学模型

$$\Delta U = U_x - U_0 \quad (\text{A.1})$$

式中：

ΔU —示值误差，V；

U_x —电通量仪输出电压值，V；

U_0 —数字多用表读数值，V。

A.3 标准不确定度分量的评定

A.3.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u(U_x)$ ：

用数字多用表作为标准器，在直流电压 200V 量程对电通量仪的输出电压进行测量，在重复性条件下进行 10 次重复测量，得到测量数据如表 A.1 所示。

表 A.1

次数	电压值 (V)	次数	电压值 (V)
1	60.075	6	60.088
2	60.083	7	60.076
3	60.081	8	60.073
4	60.078	9	60.085
5	60.082	10	60.075

根据公式

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_{xi} - \overline{U_x})^2}{n-1}} \quad (\text{B.2})$$

可得: $u(U_x) = 0.005\text{V}$

A.3.2 标准器引入的不确定度分量 $u(U_0)$:

数字多用表的最大允许误差为 $\pm (0.015\% \text{读数} + 0.003\% \text{量程})$, 当校准点为 60V 时, 选择 200V 量程, 可得该点最大允许误差为 $\pm 0.015\text{V}$, 区间半宽度 $a = 0.015\text{V}$, 按均匀分布估计, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 由标准器示值误差引入的不确定度:

$$u(U_0) = a / k = 0.009\text{V}$$

A.4 不确定度分量一览表

表 A.2

序号	不确定度分量来源	符号	u_i (V)	灵敏系数
1	测量重复性	$u(U_x)$	0.005	1
2	标准器最大允许误差	$u(U_0)$	0.009	-1

A.5 合成标准不确定度

各不确定度分量相互独立, 则:

$$u_c = \sqrt{u^2(U_x) + u^2(U_0)} = 0.011\text{V}$$

A.6 扩展不确定度

在电通量仪输出电压为 60V 时, 电通量仪电压示值误差测量结果的扩展不确定度: $U = 0.022\text{V}$, $k = 2$

附录 B 电通量仪采样电流示值误差测量不确定度评定示例

B.1 概述

B.1.1 测量环境：温度 20.2℃，湿度 56%RH；

B.1.2 测量标准：8808A 型数字多用表；

B.1.3 被测对象：电通量仪第 1 通道采样电流；

B.1.4 负载电阻为 600Ω，输出直流电压为 60V；

B.1.5 测量方法：按照 6.2.2 试验方法，连接方式如图 3。

B.2 数学模型

$$\Delta I = I_x - I_0 \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔI —示值误差，mA；

I_x —电通量仪采样电流值，mA；

I_0 —数字多用表读数值，mA。

B.3 标准不确定度分量的评定

B.3.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u(I_x)$ ：

用数字多用表作为标准器，使用直流电流 200mA 量程对电通量仪的采样电流进行测量，在重复性条件下进行 10 次重复测量，得到数字多用表示值测量结果如表 B.1 所示。

表 B.1

次数	电流示值误差 (mA)	次数	电流示值误差 (mA)
1	100.34	6	100.34
2	100.33	7	100.33
3	100.33	8	100.33
4	100.33	9	100.34
5	100.34	10	100.33

根据公式

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_{xi} - \bar{I}_x)^2}{n-1}} \quad (\text{C.2})$$

可得:

$$u(I_x) = 0.006\text{mA}$$

B.3.2 被测仪器分辨力引入的不确定度分量 $u(I_x')$:

$$u(I_x') = \frac{0.1\text{mA}}{2\sqrt{3}} = 0.029\text{mA}$$

考虑到被测仪器读数的重复性和分辨力存在重复,在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去。

B.3.3 标准器引入的不确定度分量 $u(I_0)$:

数字多用表的最大允许误差为 $\pm(0.03\%\text{读数}+0.008\%\text{量程})$,当校准点为100mA时,选择200mA量程,可得最大允许误差为 $\pm 0.046\text{mA}$,区间半宽度 $a=0.046\text{mA}$,按均匀分布估计,包含因子 $k=\sqrt{3}$,由标准器示值误差引入的不确定度:

$$u(I_0) = a/k = 0.027\text{mA}$$

B.4 不确定度分量一览表

表 B.2

序号	分量不确定度来源	符号	u_i (mA)	灵敏系数
1	被测仪器分辨力	$u(I_x')$	0.029	1
2	标准器最大允许误差	$u(I_0)$	0.027	-1

B.5 合成标准不确定度

各不确定度分量相互独立,则:

$$u_c = \sqrt{u^2(I_x) + u^2(I_0)} = 0.04\text{mA}$$

B.6 扩展不确定度

在电通量仪输出电压为60V,负载600 Ω 时,采样电流示值误差测量结果的扩展不确定度: $U=0.08\text{mA}$, $k=2$

附录 C 电通量仪温度示值误差测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量环境：温度 20.1℃，湿度 55%RH；

C.1.2 测量标准：标准水银温度计；

C.1.3 被测对象：电通量仪第 1 通道 25℃温度点；

C.1.4 测量方法：将电通量仪第一通道的温度传感器和标准器置于恒温槽中，采用直接比较法进行测量。

C.2 数学模型

$$\Delta t_i = t_i - \bar{t}_v - x \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δt_i —示值误差，℃；

t_i —电通量仪温度示值，℃；

$\bar{t}_v$ —标准水银温度计读数值，℃；

x —标准水银温度计（或标准铂电阻温度计）的修正值，℃。

C.3 标准不确定度分量的评定

C.3.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u(t_i)$ ：

将标准水银温度计作为标准器，在电通量仪第一通道 25℃温度点，对电通量仪的温度值进行测量，在重复性条件下进行 10 次重复测量，得到温度示值误差测量结果如表 C.1 所示。

表 C.1

次数	温度值 (℃)	次数	温度值 (℃)
1	0.08	6	0.19
2	0.16	7	0.21
3	0.13	8	0.17
4	0.09	9	0.22
5	0.15	10	0.14

根据公式

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{xi} - \bar{t}_x)^2}{n-1}} \quad (\text{C.2})$$

可得: $s = 0.047^\circ\text{C}$

以四次测量值的平均值作为测量结果, 则:

$$u(t_i) = \frac{s}{\sqrt{4}} = 0.024^\circ\text{C}$$

C.3.2 被测仪器分辨力引入的不确定度分量 $u(t_i')$:

$$u(t_i') = \frac{0.1^\circ\text{C}}{2\sqrt{3}} = 0.029^\circ\text{C}$$

考虑到被测仪器读数的重复性和分辨力存在重复, 在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去。

C.3.3 标准器水银温度计引入的不确定度分量 $u(t_x)$:

标准水银温度计在 25°C 的修正值引入的不确定度:

$$u(t_x) = 0.030^\circ\text{C}$$

C.3.4 温场波动性引入的不确定度 $u(t_1)$:

温度波动性不大于 0.03°C , 区间半宽为: 0.015°C , 按均匀分布估计:

$$u(t_1) = 0.015 / \sqrt{3} = 0.009^\circ\text{C}$$

C.3.5 温场均匀性引入的不确定度:

温场均匀性不大于 0.03°C , 按均匀分布估计:

$$u(t_2) = 0.03 / \sqrt{3} = 0.018^\circ\text{C}$$

C.4 不确定度分量一览表

表 C.2

序号	不确定度分量来源	符号	u_i ($^\circ\text{C}$)	灵敏系数
1	测量重复性	$u(t_i)$	0.024	1
2	标准水银温度计	$u(t_x)$	0.030	-1
3	温场波动性	$u(t_1)$	0.009	-1
4	温场均匀性	$u(t_2)$	0.018	-1

C.5 合成标准不确定度

各不确定度分量相互独立，则：

$$u_c = \sqrt{u^2(t_i) + u^2(t_x) + u^2(t_1) + u^2(t_2)} = 0.044^\circ\text{C}$$

C.6 扩展不确定度

电通量仪第 1 通道 25℃ 温度点时，温度示值误差测量结果的扩展不确定度：

$$U=0.09^\circ\text{C}, k=2$$

附录 D 校准证书内页格式 (参考)

外观和通电检查: 绝缘电阻试验: 工频耐压试验:

输出电压校准:

输出电压值/V	电压实际值/V					
	通道 1	通道 2	通道 3	通道 4	通道 5	通道 6

采样电流校准:

负载电阻/ Ω	采样电流/mA	通道 1	通道 2	通道 3	通道 4	通道 5	通道 6
	示值						
	标准值						
	示值						
	标准值						
	示值						
	标准值						

温度校准:

标准值/ $^{\circ}\text{C}$	温度显示值/ $^{\circ}\text{C}$					
	通道 1	通道 2	通道 3	通道 4	通道 5	通道 6

输出电压稳定度:

试验通道	试验电压/V	电压最大值/V	电压最小值/V	电压稳定度/V
1				
2				
3				
4				
5				
6				

电压校准结果的扩展不确定度: $U=$, $k=2$

电流校准结果的扩展不确定度: $U=$, $k=2$

温度校准结果的扩展不确定度: $U=$, $k=2$

以下空白