

JJF (浙)

浙江省地方计量技术规范

JJF (浙) XXXX-2018

混凝土电通量测定仪校准规范

Calibration Specification for Apparatus to

Determine Electric Flux of Concrete

(报批稿)

2018-XX-XX 发布

2018-XX-XX 实施

浙江省质量技术监督局 发布

混凝土电通量测定仪 校准规范

JJF (浙) XXXX-2018

Calibration Specification for Apparatus to
Determine Electric Flux of Concrete

归口单位：浙江省质量技术监督局

主要起草单位：浙江省交通建设工程监督管理局

浙江浙交检测有限公司

参加起草单位：浙江大玮检测科技有限公司

本规范委托浙江省交通建设工程监督管理局负责解释。

本规范主要起草人：

楼 云（浙江省交通建设工程监督管理局）

陈 阳（浙江浙交检测有限公司）

参加起草人：

赵 瑞（浙江大玮检测科技有限公司）

陈明明（浙江浙交检测有限公司）

董乃高（浙江大玮检测科技有限公司）

袁 媛（浙江浙交检测有限公司）

廖乾旭（浙江省交通建设工程监督管理局）

目录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文献.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(1)
5 校准条件.....	(2)
6 校准项目和校准方法.....	(2)
7 校准结果表达.....	(6)
8 复校时间间隔.....	(6)
附录 A 混凝土电通量测定仪输出电压测量不确定度评定实例.....	(7)
附录 B 混凝土电通量测定仪测温传感器温度示值测量不确定度评定实例.....	(9)
附录 C 混凝土电通量测定仪校准原始记录.....	(11)
附录 D 校准证书内页格式.....	(13)
附录 E 校准证书校准结果页格式.....	(14)

引言

本规范依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范是首次制定的浙江省计量技术规范。

混凝土电通量测定仪校准规范

1 范围

本规范适用于混凝土电通量测定仪（以下简称电通量仪）的校准。

2 引用文献

本规范引用了下列文件：

JG/T261-2009 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

电通量仪是检测混凝土抗氯离子渗透性能的专用设备。它的工作原理是：一定的温度下，在混凝土试件两端施加一定的直流电压，每间隔一段时间作为一个采样周期，每个周期采集一次混凝土试件的电流值，并利用积分算法计算出单位时间内通过混凝土的电通量。

电通量仪主要由主机、连接线、试验槽、铜电极、试件垫圈和温度传感器等组成，一般为多通道。

4 计量特性

4.1 试验槽和试件垫圈

4.1.1 试验槽的尺寸最大允许误差为标称值的 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

4.1.2 试件垫圈的外径不应小于 100mm ，内径最大允许误差为标称值的 $\pm 1\text{mm}$ 。

4.2 输出电压

电通量仪应稳定输出 60V 直流电压，其最大允许误差为 $\pm 0.1\text{V}$ 。

4.3 采样电流

电通量仪应具有测量电压输出端口之间电流的功能，其最大允许误差为 $\pm 0.25\%$ 。

4.4 温度

电通量仪应宜有试验槽溶液温度测量功能，测温范围为 $(10\sim 40)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，其最大允

许误差为 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 。

注：以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度： $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： $\leq 85\%$ 。

5.1.2 供电电源：交流电压 $(220\pm 22)\text{V}$ ；频率 $(50\pm 0.5)\text{Hz}$ 。

5.2 测量标准及其他设备

电通量仪的测量标准及配套设备见表 1。

表 1 测量标准及配套设备

序号	名称	测量范围	准确度等级/最大允许误差
1	游标卡尺	(0~150) mm	MPE: $\pm 0.1\text{mm}$
2	深度尺	(0~100) mm	MPE: $\pm 0.1\text{mm}$
3	直流数字电压表	(0~100) V	MPE: $\pm 0.02\text{V}$
4	直流电子负载	调节范围 (0~1500) Ω	0.1 级
5	直流数字电流表	(0~300) mA	MPE: $\pm 0.1\text{mA}$
6	标准温度计	(5~50) $^{\circ}\text{C}$	MPE: $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
7	恒温槽	调节范围 (5~50) $^{\circ}\text{C}$	MPE: $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 波动度 $0.5^{\circ}\text{C}/10\text{min}$

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

电通量仪的校准项目见表 2。

表 2 电通量仪的校准项目

序号	校准项目	校准方法条款
1	试验槽、试件垫圈尺寸	6.2.2
2	输出电压	6.2.3
3	采样电流	6.2.4
4	测温传感器温度	6.2.5

6.2 校准方法

6.2.1 校准前的准备

检查电通量仪的外观（包括铜电极外观）是否腐蚀变形、通电后的显示状态及操作按钮反馈是否正常，确认无影响测量准确度的缺陷后，按说明书要求预热，并进行表 2 项目的校准。

6.2.2 试验槽、试件垫圈尺寸

6.2.2.1 试验槽内、外口内径

用游标卡尺测量电通量仪的试验槽内、外口内径，每转动约 45° 测量 1 次，以 4 次不同位置测量值的算术平均值作为测量结果，按式 (1) 计算尺寸偏差：

$$\delta = \bar{L} - L_0 \quad (1)$$

式中：

δ ——尺寸偏差，mm

\bar{L} ——4 次测量值的算术平均值，mm；

L_0 ——尺寸标称值，mm。

6.2.2.2 试验槽总深度、外口深度

用深度尺测量电通量仪的试验槽总深度、外口深度，分别测量 4 个位置的深度值（见图 1），总深度测量点宜为内径四个分点区域，外口测量点宜为外口宽度中心区域，每个位置间隔约 90° ，以 4 个位置测量值的算术平均值作为测量结果，按式 (1) 计算尺寸偏差。

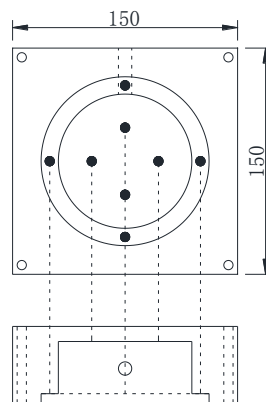


图 1 试验槽内外口深度测量点布置示意图

(●——测量点位置)

6.2.2.3 试件垫圈内、外径

采用游标卡尺测量电通量仪的试件垫圈内、外径，每转动约 45° 测量 1 次，以 4 个不同位置测量值的算术平均值作为测量结果，按式 (1) 计算尺寸偏差。

6.2.3 输出电压

采用直接比较法 (见图 2)。将直流电子负载串接于电路中，调整电通量仪输出电压值为 60V，记录标准直流数字电压表在电通量仪一个采样周期内的电压的最大值和最小值。电通量仪的每个通道均测量 1 次。

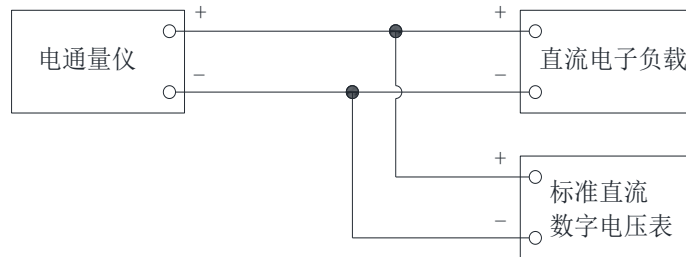


图 2 输出电压校准示意图

按式 (2) 计算输出电压示值误差最大值：

$$\Delta U_{\max} = \max\{\Delta U_i\}, \quad \Delta U_i = U_{ix} - U_{i0}, \quad i = 1, 2, 3 \dots n \quad (2)$$

式中：

ΔU_{\max} —— 输出电压示值误差最大值，V；

ΔU_i —— i 通道电压示值误差，V；

U_{ix} —— i 通道电通量仪显示值，V；

U_{i0} —— i 通道标准直流数字电压表读数值，V。

6.2.4 采样电流

按图 3 所示，将标准直流数字电流表、直流电子负载和电通量仪串接于电路中，调节直流电子负载的阻值约为 300Ω。记录标准直流数字电流表在电通量仪一个采样周期后的电流值。电通量仪的每个通道均测量 1 次。

然后依次调节直流电子负载阻值至 600Ω、1500Ω，重复上述校准过程。

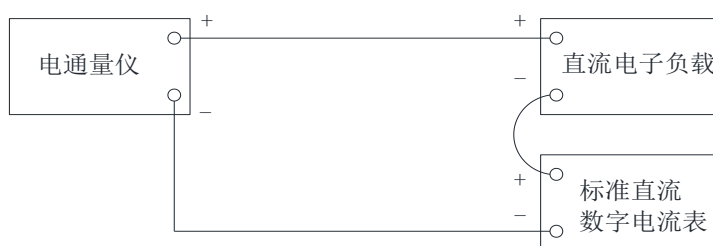


图3 采样电流校准示意图

按式(3)计算采样电流示值相对误差最大值。

$$r_{\max} = \max\{r_{ij}\}, \quad r_{ij} = \frac{|I_{ijx} - I_{ij0}|}{I_{ij0}} \times 100\%, \quad i = 1, 2, 3 \wedge n, \quad j = 300, 600, 1500 \quad (3)$$

式中:

r_{\max} ——采样电流示值相对误差最大值, %;

r_{ij} —— i 通道串联 j 阻值下电流示值相对误差, %;

I_{ijx} —— i 通道串联 j 阻值下电通量仪显示值, mA;

I_{ij0} —— i 通道串联 j 阻值下标准直流数字电流表读数值, mA。

6.2.5 测温传感器温度

将标准恒温槽中的水浴或油浴调整到指定温度,将电通量仪的测温传感器与标准温度计置于恒温槽中,传感器与标准温度计的净间距不宜超过2cm,待温度示值稳定后依次记录标准温度计及电通量仪测温传感器温度值。温度测量点应包括15℃、25℃、35℃,各测量1次,测温通道随机选取。

按式(4)计算温度示值误差最大值:

$$\Delta t_{\max} = \max\{\Delta t_i\}, \quad \Delta t_i = t_{ix} - t_{i0}, \quad i = 5, 25, 35 \quad (4)$$

式中:

Δt_{\max} ——温度示值误差最大值, °C;

Δt_i —— i 温度点时温度示值误差, °C;

t_{ix} —— i 温度点时电通量仪温度显示值, °C;

t_{i0} ——i 温度点时标准温度计读数值，℃。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书(报告)上反应,校准证书(报告)应至少包括以下信息:

- a) 标题,如“校准证书”或“校准报告”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点(如果不在实验室内进行校准);
- d) 证书或报告的唯一性标识(如编号),每页及总页的标识;
- e) 送校单位的名称和地址;
- 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的应用有关时,应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时,应对抽样程序进行说明;
- i) 对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,以及签发日期;
- 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。

经校准的电通量仪发给校准证书。校准原始记录格式见附录 C,校准证书内页格式见附录 D、校准证书校准结果页格式见附录 E。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年,送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

混凝土电通量测定仪输出电压测量不确定度评定实例

A.1 概述

A.1.1 测量依据：JJF (浙) XXX-XXX 《混凝土电通量测定仪校准规范》。

A.1.2 环境条件：温度 (20±5) °C，相对湿度：≤85%。

A.1.3 测量对象：混凝土电通量测定仪。

A.1.4 测量标准：标准数字直流电压表。

A.1.5 测量方法：按 6.2.3 条，采用直接比较法进行电压测量。将 200Ω 的直流电子负载与混凝土电通量测定仪串联，形成回路。调整混凝土电通量测定仪输出电压值为 60V，由标准数字直流电压表测得输出电压实际值。

A.2 测量模型

$$\Delta U = U_x - U_0$$

式中：ΔU——输出电压示值误差，V；

U_x ——混凝土电通量测定仪输出电压示值，V；

U_0 ——标准数字直流电压表的读数，V；

A.3 不确定度传播率

$$u_c^2(\Delta U) = c_1^2 u^2(U_x) + c_2^2 u^2(U_0)$$

式中，灵敏系数 $c_1 = \partial(\Delta U)/\partial(U_x) = 1$ ， $c_2 = \partial(\Delta U)/\partial(U_0) = -1$ 。

A.4 标准不确定度分量的评定

A.4.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_1(U_x)$

对被校混凝土电通量测定仪在输出电压值为 60V 时进行 10 次重复测量，数据如下：

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (V)	60.12	60.11	60.12	60.12	60.12	60.12	60.12	60.12	60.12	60.12

由贝塞尔公式得试验标准差 $s(U) = 0.00003V$ ，实际校准时以单次测量结果为最终测量结果，故 $u_1 = s(U) = 0.00003V$ 。

A.4.2 混凝土电通量测定仪分辨力引入的不确定度分量 $u_2(U_x)$

混凝土电通量测定仪输出电压的分辨力为 0.01V，则不确定度半宽区间为 0.005V，设为均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_2(U_x) = 0.005/\sqrt{3} = 0.0029V$$

由于 $u_2(U_x) > u_1(U_x)$ ，故混凝土电通量引入的不确定度分量

$$u(U_x) = u_2(U_x) = 0.0029V$$

A.4.3 标准数字直流电压表误差引入的不确定度分量 $u(U_0)$

由标准数字直流电压表的技术指标可知其最大允许误差为 $\pm 0.0033V$ ，则分散区间的半宽度为 0.0033V，设在区间内为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u(U_0) = 0.0033V/\sqrt{3} = 0.0019V$$

A.4.4 标准不确定度一览表

表 1 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度	c_i
$u(U_x)$	分辨力	0.0029V	1
$u(U_0)$	标准数字直流电压表	0.0019V	-1

A.4.5 合成标准不确定度

经分析不确定度的来源，其各分量互为独立量，则合成不确定度

$$u_c(\Delta U) = \sqrt{c_1^2 u^2(U_x) + c_2^2 u^2(U_0)} = \sqrt{u^2(U_x) + u^2(U_0)} = 0.004V$$

A.5 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，则扩展不确定度

$$U = k \times u_c(\Delta U) = 0.008V \approx 0.01V$$

附录 B

混凝土电通量测定仪测温传感器温度示值测量不确定度评定实例

B.1 概述

B.1.1 测量依据：JJF (浙) XXX-XXX 《混凝土电通量测定仪校准规范》。

B.1.2 环境条件：温度 (20±5) °C，相对湿度：≤85%。

B.1.3 测量对象：混凝土电通量测定仪。

B.1.4 测量标准：标准数字温度计。

B.1.5 测量方法：在规定条件下，用标准数字温度计按本规范 6.2.5 条进行校准。

B.2 测量模型

$$\Delta t = t_x - t_0$$

式中： Δt ——温度测量示值误差，°C；

t_x ——混凝土电通量测定仪温度测量示值，°C；

t_0 ——标准数字温度计示值，°C；

B.3 不确定度传播率

$$u_c^2(\Delta t) = c_1^2 u^2(t_x) + c_2^2 u^2(t_0)$$

式中，灵敏系数 $c_1 = \partial(\Delta t)/\partial(t_x) = 1$ ， $c_2 = \partial(\Delta t)/\partial(t_0) = -1$ 。

B.4 标准不确定度分量的评定

B.4.1 混凝土电通量测定仪引入的不确定度分量 $u(t_x)$ B.4.1.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_1(t_x)$

将混凝土电通量测定仪温度传感器置于 25°C 的恒温槽中进行 10 次重复测量，数据如下：

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (°C)	24.9	24.8	24.8	24.8	24.9	24.8	24.8	24.8	24.8	24.9

由贝塞尔公式得试验标准差 $s(t) = 0.048^\circ\text{C}$ ，实际校准时以单次测量结果为最终测量结果，故 $u_1(t_x) = s(t) = 0.048^\circ\text{C}$ 。

B.4.1.2 混凝土电通量测定仪分辨力引入的不确定度分量 $u_2(t_x)$

混凝土电通量测定仪温度显示装置的分辨力为 0.1°C，则不确定度半宽区间为 0.05°C，设为均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_2(t_x) = 0.05/\sqrt{3} = 0.029^\circ\text{C}$$

由于 $u_2(t_x) < u_1(t_x)$ ，故混凝土电通量引入的不确定度分量

$$u(t_x) = u_1(t_x) = 0.048^\circ\text{C}$$

B.4.2 标准数字温度计示值的不确定度分量 $u(t_0)$

B.4.2.1 标准数字温度计分辨力引入的标准不确定度 $u_1(t_0)$

标准数字温度计的分辨力为 0.01°C ，则不确定度半宽区间为 0.005°C ，设为均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则： $u_1(t_0) = 0.005/\sqrt{3} = 0.0029^\circ\text{C}$

B.4.2.2 由恒温槽不均匀引入的标准不确定度 $u_2(t_0)$

由恒温槽技术指标可知恒温槽温场最大温差为 0.1°C ，则区间半宽为 0.05°C ，按均匀分布处理，取 $k = \sqrt{3}$ ，则： $u_2(t_0) = 0.05/\sqrt{3} = 0.029^\circ\text{C}$

标准数字温度计示值的不确定度 $u(t_0)$ 由以上两个分量合成得到，该两项不确定度分量间互不相关，则：

$$u(t_0) = \sqrt{u_1^2(t_0) + u_2^2(t_0)} = \sqrt{0.0029^2 + 0.029^2} = 0.029^\circ\text{C}$$

B.4.3 标准不确定度一览表

表 1 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度	c_i
$u_1(t_x)$	测量重复性	0.048°C	1
$u_2(t_x)$	仪器分辨力	0.029°C	1
$u_1(t_0)$	标准数字温度计分辨力	0.0029°C	-1
$u_2(t_0)$	恒温槽温场不均匀	0.029°C	-1

B.4.4 合成标准不确定度

经分析不确定度的来源，其各分量互为独立量，则合成不确定度

$$u_c(\Delta t) = \sqrt{c_1^2 u^2(t_x) + c_2^2 u^2(t_0)} = \sqrt{u^2(t_x) + u^2(t_0)} = 0.06^\circ\text{C}$$

A.5 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，则扩展不确定度

$$U = k \times u_c(\Delta t) = 2 \times 0.06 = 0.12^\circ\text{C} \approx 0.2^\circ\text{C}$$

可参照此方法评定其他各温度点测量结果的不确定度。

附录 C

混凝土电通量测定仪校准原始记录

委托单位					证书编号				
制造厂					记录受控号				
型号/规格					出厂编号				
样品状态描述	校准前				校准后				
校准的技术依据	JJF (浙) XXXX-XXXX 《混凝土电通量测定仪校准规范》								
校准地点		环境温度	℃		相对湿度	%			
校准员		核验员			校准日期				
校准所用的主要测量设备:									
名称	测量范围	准确度等级/最大允许误差/不确定度		证书编号	有效期至	使用前状态	使用后状态		
一、试验槽、试件垫圈校准:									
校准内容	试验通道	实测值 (mm)					标称值 (mm)	偏差值 (mm)	测量不确定度 ($k=2$)
		1	2	3	4	平均值			
试验槽内口内径	1								
	2								
	...								
试验槽外口内径	1								
	2								
	...								
试验槽总深度	1								
	2								
	...								
试验槽外口深度	1								
	2								
	...								
试件垫圈内径	1								
	2								
	...								
试件垫圈外径	1								
	2								
	...								

混凝土电通量测定仪校准原始记录 (续)

二、输出电压校准:							
试验通道	电压值 (V)				测量不确定度 ($k=2$)		
	显示值	标准值	示值误差	误差最大值			
1							
2							
3							
...							
三、采样电流校准:							
试验通道		不同阻值时采样电流实测值			测量不确定度 ($k=2$)		
		300 Ω	600 Ω	1500 Ω	300 Ω	600 Ω	1500 Ω
1	显示值 (mA)						
	标准值 (mA)						
	示值相对误差						
2	显示值 (mA)						
	标准值 (mA)						
	示值相对误差						
3	显示值 (mA)						
	标准值 (mA)						
	示值相对误差						
...	显示值 (mA)						
	标准值 (mA)						
	示值相对误差						
相对误差最大值							
四、测温传感器温度校准							
试验通道		不同校准点时温度实测值			测量不确定度 ($k=2$)		
		15 $^{\circ}\text{C}$	25 $^{\circ}\text{C}$	35 $^{\circ}\text{C}$	15 $^{\circ}\text{C}$	25 $^{\circ}\text{C}$	35 $^{\circ}\text{C}$
1	显示值 ($^{\circ}\text{C}$)						
	标准值 ($^{\circ}\text{C}$)						
	示值误差 ($^{\circ}\text{C}$)						
误差最大值							

附录 D

校准证书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准机构授权说明				
校准环境条件及地点：				
温度		地点		
相对湿度		其他		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	校准/校准证 书编号	证书有效期至

注：

- 1.XXXXX 仅对加盖“XXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
- 2.本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
- 3.未经实验室书面批准，不得部分复印证书。

第 X 页共 X 页

附录 E

校准证书校准结果页格式

证书编号 XXXXXXX-XXXX

校准结果

(校准项目及校准结果)

校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 的要求。

敬告：

1. 被校准仪器修理后，应立即进行校准。
2. 在使用过程中，如对被校准仪器的技术指标产生怀疑，请重新校准。
3. 根据客户要求和校准文件的规定，通常情况下____个月校准一次。

校准员： 核验员：

第 X 页共 X 页