**** ****

**中华人民共和国国家计量技术规范**

 JJF ××××⎯××××

新能源汽车电芯充放电检测系统

**校准规范**

Calibration Specification for Charge & Discharge of

New Energy Vehicle Cell Test System

（草案）

××××⎯××⎯××发布 ××××⎯××⎯××实施

**国家市场监督管理总局** 发 布

JJF XXXX-XXXX

新能源汽车电芯充放电检测系统

校准规范

Calibration Specification for Charge & Discharge of New Energy Vehicle Cell Test System

 本规范经国家市场监督管理总局于××××年××月××日批准，并自××××年××月××日起施行。

**归 口 单 位：**

**主要起草单位：**

 **参加起草单位：**

本规范由计量技术研究所负责解释。

本规范由全国智能网联汽车计量技术委员会负责解释。

**本规范主要起草人：**

**参加起草人：**

**目 录**

[引言 （II](#_Toc89773479)）

[1 范围 （1](#_Toc89773480)）

[2 引用文件 （1](#_Toc89773481)）

[3 术语 （1](#_Toc89773482)）

[4 概述 （2](#_Toc89773483)）

[5 计量特性 （2](#_Toc89773484)）

[6 校准条件 （3](#_Toc89773492)）

[7 校准项目及校准方法 （5](#_Toc89773496)）

[8 校准结果表达 （19](#_Toc89773499)）

[9 复校时间间隔 （19](#_Toc89773500)）

[附录A（原始记录参考格式） （20](#_Toc89773501)）

[附录B（校准证书内页参考格式） （25](#_Toc89773502)）

[附录C（充放电电压示值误差校准结果不确定度分析） （28](#_Toc89773503)）

[附录D（放电电流示值误差校准结果不确定度分析） （30](#_Toc89773504)）

[附录E（挤压力示值误差校准方法） （33](#_Toc89773507)）

### 引 言

本规范依据JJF1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001《通用计量术语及定义》及JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》等计量技术规范进行编写。

本规范主要参考GB 38031《电动汽车用动力蓄电池安全要求》、GB/T 2900.41《电工术语 原电池和蓄电池》及GB/T 31484《电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法》等国家和行业标准。

本规范为首次制定。

**新能源汽车电芯充放电检测系统校准规范**

### 范围

本规范适用于充放电电压不超过10V、充放电电流不超过2000A的新能源汽车电芯充放电检测系统（以下简称电芯检测系统）的校准。

### 引用文件

JJF 1366-2012 温度数据采集仪校准规范

JJF（军工）108-2015 电池充放电测试仪校准规范

GB 38031-2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求

GB/T 2900.41-2008 电工术语 原电池和蓄电池

GB/T 31484-2015 电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法

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

### 术语

3.1 电芯cell

将化学能与电能进行相互转换的基本单元装置。（通常包括电极、隔膜、电解质、外壳和端子，并被设计成可充电。）

3.2 电芯充电charging of a cell

外电路给电芯提供电能，使电芯内发生化学变化，从而将电能转化为化学能并储存起来的操作。

3.3 电芯放电discharging of a cell

在规定的条件下电芯向外电路输出所产生的电能的过程。

3.4 恒流充电constant current charge

不考虑充电的电压或温度，充电期间电流保持恒定值的充电。

3.5 恒压充电constant voltage charge

不考虑充电的电流或温度，充电期间电压保持恒定值的充电。

3.6 恒流放电constant current discharge

不考虑放电电压或温度，放电期间电流保持恒定值的放电。

### 概述

电芯检测系统主要用于新能源汽车电芯充放电试验时检测电芯的电压、充放电电流、温度等参数。通过设置电芯充放电参数，完成对电芯充放电性能的测试，同时试验时为电芯提供过载保护。它主要由管理控制器、充放电通道及采集通道组成。按通道的数量可分为单通道式和多通道式。结构示意图如图1所示。

以太网通信

上位机

管理控制器

输出$+$

输出$-$

DC/AC变换器

DC/AC变换器

辅助电压采集

温度采集

电芯充放电通道

采集单元

$$+$$

$$-$$

电芯

电芯检测系统

图1 电芯检测系统结构示意图

### 计量特性

#### 5.1 充放电电压

充放电电压显示值范围：（0.1~10）V，最大允许误差：±（0.01%FS~0.5%FS）。

#### 5.2 辅助电压

辅助电压显示值范围：（-10~10）V，最大允许误差：±0.1%FS。

#### 5.3 充放电电流

充放电电流显示值范围：10mA~2kA，最大允许误差：±（0.02%FS~0.5%FS）。

#### 5.4 电流切换时间

电流切换时间范围：（1~100）ms。

#### 5.5 充放电时间

最大允许误差：±0.1%。

#### 5.6 充放电容量

最大允许误差：±（0.1%~5.0%）。

#### 5.7 脉冲宽度

最大允许误差：±0.1%。

#### 5.8 电流上升/下降时间

电流上升/下降时间范围：（1~100）ms。

#### 5.9 建立时间

建立时间范围：（1~500）ms。

#### 5.10 电流过冲量

电流过冲量范围：≤10%。

#### 5.11 电流顶部不平度

电流顶部不平度范围：≤5%。

#### 5.12 温度

温度测量显示值范围：（-50~200）℃，最大允许误差：±1.0℃。

### 校准条件

#### 6.1 环境条件

环境温度：（25±5）℃；

相对湿度：15%~90%；

供电电源（单相或三相）相电压：（220±22）V，频率：（50±1）Hz；

周围无影响正常工作的机械振动和电磁干扰。

#### 6.2 校准用主要标准器

标准器对应功能的最大允许误差绝对值（或不确定度）应不大于电芯检测系统相应功能最大允许误差绝对值的1/3。根据所采用的校准方法，可以选择以下满足校准要求的测量设备，也可选用符合要求的其他设备。

##### 6.2.1 直流标准电压表

测量范围：±（0.05~15）V；

最大允许误差：±（0.001%~0.1%）；

输入阻抗：≥10MΩ。

##### 6.2.2 直流标准电压源

测量范围：±（0.05~15）V；

最大允许误差：±（0.001%~0.1%）。

##### 6.2.3 直流标准电流表

测量范围：±（5mA~10A）；

最大允许误差：±（0.005%~0.2%）。

##### 6.2.4 分流器

测量范围：（5~2500）A；

最大允许误差：±（0.005%~0.2%）。

##### 6.2.5 电流传感器（含二次仪表）

测量范围：10A~2500A；

最大允许误差：±（0.005%~0.2%）；

响应时间：≤0.1ms；

额定变比：50~500。

##### 6.2.6 数据采集器

测量范围：1mV~100V；

最大允许误差：±（0.005%~0.2%）；

最大采样时间间隔：≤1ms。

##### 6.2.7 数字示波器（带滤波器功能）

频带宽度：≥10MHz；

上升时间：≤35ns；

垂直偏转因素：1mV/div~10V/div；

最大允许误差：±1.5%；

扫描时间因素：0.5ns/div~1000s/div；

最大允许误差：±（0.01%~0.1%）。

##### 6.2.8 标准温度计

温度范围：-50℃~250℃；

最大允许误差：±0.3℃。

##### 6.2.9 直流电阻箱

测量范围：18Ω~450Ω；

准确度等级：不低于0.02级。

##### 6.2.10 温度校准仪

模拟热电偶输出

准确度等级：不低于0.05级；

模拟范围：-100℃~300℃；

标准信号输出

准确度等级：不低于0.02级；

直流电压：（0~10）V。

#### 6.3 其他辅助设备

##### 6.3.1 负载

负载可采用直流电子负载，也可采用电芯或实物负载。如果采用直流电子负载或实物负载，其功率应能调节。采用电芯作为负载时，电芯内阻应尽可能小。具有内部负向电源的电芯检测系统可短路连接代替负载。

注：电芯内阻≤60mΩ。

##### 6.3.2 电源

电源可采用稳流稳压电源，也可采用电芯。具有内部负向电源的电芯检测系统可短路连接代替电源。

##### 6.3.3 恒温槽

温度范围：-50℃~300℃；

水平温场≤0.01℃；

垂直温场≤0.02℃；

10min变化不大于0.04℃。

##### 6.3.4 0℃恒温器

最大允许误差：±0.05℃。

##### 6.3.5 专用补偿导线

补偿导线应与校准时的热电偶分度号相配，并经校准具有校准时设备所处环境温度的修正值。

### 校准项目及校准方法

#### 7.1 校准项目

各系统应性能良好，无影响校准的缺陷

表1 电芯检测系统校准项目一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 工作模式 | 校准项目 | 校准条款 |
| 1 | 切换模式 | 充放电电压示值误差 | 7.2.2.1 |
| 2 | 充电电流示值误差 | 7.2.2.2 |
| 3 | 放电电流示值误差 | 7.2.2.3 |
| 4 | 电流切换时间 | 7.2.2.4 |
| 5 | 充放电时间设定误差 | 7.2.2.5 |
| 6 | 工况循环模式 | 充/放电容量 | 7.2.3.2 |
| 7 | 脉冲宽度 | 7.2.3.3 |
| 8 | 电流上升/下降时间 | 7.2.3.4 |
| 9 | 建立时间 | 7.2.3.5 |
| 10 | 电流过冲量 | 7.2.3.6 |
| 11 | 电流顶部不平度 | 7.2.3.7 |
| 12 | 监控模式 | 温度测量示值误差 | 7.2.4.1 |
| 13 | 辅助电压示值误差 | 7.2.4.2 |
| 注：1.可根据被校新能源电芯充放电检测系统的功能与客户要求选择相应校准项目。2.挤压力示值误差校准方法见附录E，以供参考。 |

#### 7.2 校准方法

##### 7.2.1 校准前准备

###### 7.2.1.1 外观和附件检查

电芯检测系统的型号、制造厂名或商标、出厂编号、额定输入电压和频率等信息齐全；开关、旋钮、按键应通断分明，旋转灵活平滑、换位准确、连接牢固，无松动、损伤、脱落；各种功能标志应齐全清晰。

###### 7.2.1.2 工作正常性检查

电芯检测系统的各开关和指示灯功能应正常，通电后应能正常工作，各种指示应正确。电芯检测系统软件功能正常，接口通信正常。

###### 7.2.1.3 预热

标准器以及电芯检测系统按说明书要求开机预热，无要求时，预热时间应不少于30min。

##### 7.2.2 切换模式校准

###### 7.2.2.1 充放电电压示值误差

7.2.2.1.1 校准点的选取

每个量程均匀选取3至5个校准点，包括量程的10%、50%、100%点，也可根据客户实际需要选择校准点。

7.2.2.1.2 校准过程

充放电电压示值误差可采用标准表法或标准源法进行校准。

a）标准表法

测量方法采用标准表法，连接如图2所示。

H

L

H

L

H

L

电芯检测系统

负载

H

L

标准电压表

图2 标准表法示意图

设置电芯检测系统为恒压充电模式，接通负载。

根据选取的校准点，设置电芯检测系统的充放电电压并输出，读取标准电压表的实际值$U\_{s}$和电芯检测系统电压显示值$U\_{x}$，结果分别记录在附录A表A.1中。按式（1）计算电芯检测系统充放电电压示值误差$∆U$，并记录在附录A表A.1中。

 $∆U=U\_{x}-U\_{s}$ （1）

式中：

$∆U$——电芯检测系统充放电电压示值误差，V；

$U\_{x}$ ——电芯检测系统充放电电压显示值，V；

$U\_{s}$ ——标准电压表实际值，V。

b）标准源法

测量方法采用标准源法，连接如图3所示。

H

L

H

L

电芯检测系统

标准电压源

图3 标准源法示意图

电芯检测系统处于搁置（非试验）状态，根据选取的校准点，设置标准电压源的电压值$U\_{s}$并输出，读取电芯检测系统的电压显示值$U\_{x}$，结果分别记录在附录A表A.1中。按式（2）计算电芯检测系统充放电电压示值误差$∆U$，并记录在附录A表A.1中。

 $∆U=U\_{x}-U\_{s}$ （2）

式中：

$∆U$ ——电芯检测系统充放电电压示值误差，V；

$U\_{x}$ ——电芯检测系统充放电电压显示值，V；

$U\_{s}$ ——标准电压源标准值，V。

###### 7.2.2.2 充电电流示值误差

7.2.2.2.1 校准点的选取

每个量程均匀选取2至3个校准点，包括量程的20%、80%点，也可根据客户实际需要选择校准点。

7.2.2.2.2 校准过程

可采用标准表法、直流分流器法或电流传感器法进行校准。当被校电流小于等于10A建议采用标准表法，当被校电流大于10A时，可以采用直流分流器法或电流传感器法。

a）标准表法

测量方法采用标准表法。电芯检测系统连接负载或短路连接，连接如图4所示。

H

L

H

L

H

电芯检测系统

负载

标准电流表

L

图4.1 使用负载连接的标准表法示意图

H

L

H

L

电芯检测系统

标准电流表

图4.2 短路连接的标准表法示意图

设置电芯检测系统为恒流充电模式，接通负载。

根据选取的校准点，设置电芯检测系统的充电电流并输出，待电流稳定后，读取标准电流表$I\_{s}$和电芯检测系统的显示值$I\_{x}$，结果分别记录在附录A表A.2中。按式（4）计算电芯检测系统充电电流示值误差$∆I$，并记录在附录A表A.2中。

 $∆I=I\_{x}-I\_{s}$ （4）

式中：

$∆I$ ——电芯检测系统充电电流示值误差，A；

$I\_{x}$ ——电芯检测系统充电电流显示值，A；

$I\_{s}$ ——标准电流表实际值，A。

b）直流分流器法

测量方法采用直流分流器法。电芯检测系统连接负载或短路连接，连接如图5所示。

H

L

H

L

H

电芯检测系统

负载

标准电压表

L

直流分流器

图5.1 使用负载连接的直流分流器法示意图

H

L

H

L

电芯检测系统

标准电压表

直流分流器

图5.2 短路连接的直流分流器法示意图

设置电芯检测系统为恒流充电模式，接通负载。

根据选取的校准点，设置电芯检测系统的充电电流并输出，待电流稳定后，读取标准电压表$U\_{s}$和电芯检测系统的充电电流显示值$I\_{x}$，结果分别记录在附录A表A.2中。按式（5）计算电芯检测系统充电电流示值误差$∆I$，并记录在附录A表A.2中。

 $∆I=I\_{x}-\frac{U\_{s}}{R\_{s}}$ （5）

式中：

$∆I$ ——电芯检测系统充电电流示值误差，A；

$I\_{x}$ ——电芯检测系统充电电流显示值，A；

$U\_{s}$ ——直流分流器采样端的标准电压表实际值，V；

$R\_{s}$ ——直流分流器电阻标称值，Ω。

c）电流传感器法

测量方法采用电流传感器法。电芯检测系统连接负载或短路连接，连接如图6所示。

H

L

H

L

H

电芯检测系统

负载

标准电流表

L

电流传感器

图6.1 使用负载连接的电流传感器法示意图

H

L

H

电芯检测系统

标准电流表

L

电流传感器

图6.2 短路连接的电流传感器法示意图

设置电芯检测系统为恒流充电模式，接通负载。

根据选取的校准点，设置电芯检测系统的充电电流并输出，待电流稳定后，读取标准电流表$I\_{s}$和电芯检测系统的充电电流显示值$I\_{x}$，结果分别记录在附录A表A.2中。按式（6）计算电芯检测系统充电电流示值误差$∆I$，并记录在附录A表A.2中。

 $∆I=I\_{x}-KI\_{s}$ （6）

式中：

$∆I$ ——电芯检测系统充电电流示值误差，A；

$I\_{x}$ ——电芯检测系统充电电流显示值，A；

$I\_{s}$ ——标准电流表读取的电流传感器二次端实际值，A；

$K$ ——电流传感器的电流变比。

###### 7.2.2.3 放电电流示值误差

7.2.2.3.1 校准点的选取

每个量程均匀选取2至3个校准点，包括量程的20%、80%点，也可根据客户实际需要选择校准点。

7.2.2.3.2 校准过程

可采用标准表法、直流分流器法或电流传感器法进行校准。当被校电流小于等于10A建议采用标准表法，当被校电流大于10A时，可以采用直流分流器法或电流传感器法。

a）标准表法

测量方法采用标准表法。电芯检测系统连接电源或短路连接，连接如图4.2、图7所示。

H

L

H

L

H

电芯检测系统

电源

标准电流表

L

图7 使用电源连接的标准表法示意图

设置电芯检测系统为恒流放电模式。

根据选取的校准点，设置电源并输出，待电流稳定后，读取标准电流表$I\_{s}$和电芯检测系统的放电电流显示值$I\_{x}$，结果分别记录在附录A表A.3中。按式（7）计算电芯检测系统放电电流示值误差$∆I$，并记录在附录A表A.3中。

 $∆I=I\_{x}-I\_{s}$ （7）

式中：

$∆I$ ——电芯检测系统放电电流示值误差，A；

$I\_{x}$ ——电芯检测系统放电电流显示值，A；

$I\_{s}$ ——标准电流表实际值，A。

b）直流分流器法

测量方法采用直流分流器法。电芯检测系统连接电源或短路连接，连接如图5.2、图8所示。

H

L

H

L

H

电芯检测系统

电源

标准电压表

L

直流分流器

图8 使用电源连接的直流分流器法示意图

设置电芯检测系统为恒流放电模式。

根据选取的校准点，设置电源并输出，待电流稳定后，读取标准电压表$U\_{s}$和电芯检测系统的放电电流显示值$I\_{x}$，结果分别记录在附录A表A.3中。按式（8）计算电芯检测系统放电电流示值误差$∆I$，并记录在附录A表A.3中。

 $∆I=I\_{x}-\frac{U\_{s}}{R\_{s}}$ （8）

式中：

$∆I$ ——电芯检测系统放电电流示值误差，A；

$I\_{x}$ ——电芯检测系统放电电流显示值，A；

$U\_{s}$ ——直流分流器采样端的标准电压表实际值，V；

$R\_{s}$ ——直流分流器电阻标称值，Ω。

c）电流传感器法

测量方法采用电流传感器法。电芯检测系统连接电源或短路连接，连接如图6.2、图9所示。

H

L

H

L

H

电芯检测系统

电源

标准电流表

L

电流传感器

图9 使用电源连接的电流传感器法示意图

设置电芯检测系统为恒流放电模式，接通电源。

根据选取的校准点，设置电源并输出，待电流稳定后，读取标准电流表$I\_{s}$和电芯检测系统的放电电流显示值$I\_{x}$，结果分别记录在附录A表A.3中。按式（9）计算电芯检测系统放电电流示值误差$∆I$，并记录在附录A表A.3中。

 $∆I=I\_{x}-KI\_{s}$ （9）

式中：

$∆I$ ——电芯检测系统放电电流示值误差，A；

$I\_{x}$ ——电芯检测系统放电电流显示值，A；

$I\_{s}$ ——标准电流表读取的电流传感器二次端实际值，A；

$K$ ——电流传感器的电流变比。

###### 7.2.2.4 电流切换时间

7.2.2.4.1 校准点的选取

测量电流传感器采样端电压下降沿从一个恒流放电设定值到第二个恒流充电设定值的10%下降到90%所用时间。

7.2.2.4.2 校准过程

采用数字示波器测量。电芯检测系统连接电芯或短路接，连接如图10所示。

H

L

H

L

H

电芯检测系统

电芯

数字示波器

L

电流传感器

图10.1 使用电芯连接的示波器法示意图

H

L

电芯检测系统

数字示波器

电流传感器

H

L

图10.2 短路连接的示波器法示意图

设置电芯检测系统为恒流放电模式，电流值为额定值。

数字示波器开启滤波功能与下降时间测量功能，设为单次触发，调节合适的垂直偏转系数和水平偏转系数，使显示波形清晰完整。

启动电芯检测系统，再将电芯检测系统切换为恒流充电模式，电流值为额定值。读取数字示波器切换时间$t\_{s3}$，结果记录在附录A表A.4中。

###### 7.2.2.5 充放电时间设定误差

7.2.2.5.1 校准点的选取

通常选取60s为校准点，也可根据客户实际需要选择校准点。

7.2.2.5.2 校准过程

采用数字示波器测量。电芯检测系统连接负载或短路连接，连接如图10.2、图11所示。

HH

LL

HH

LL

H H

电芯检测系统电芯检测系统

负载

电芯

数字示波器

L L

电流传感器电流传感器

图11 使用负载连接的示波器法示意图

设置电芯检测系统为恒流充电模式电流值为额定值，接通负载。

数字示波器开启滤波功能与时间间隔测量功能，设为单次触发，根据选取的校准点，调节合适的垂直偏转系数和水平偏转系数，使显示波形清晰完整。

启动电芯检测系统，设定时间结束，试验停止后，读取数字示波器时间间隔测量值$t\_{s}$与电芯检测系统设定值$t\_{x}$，结果记录在附录A表A.5中。按式（10）计算电芯检测系统充放电时间设定误差$∆t$，并记录在附录A表A.5中。

 $∆t=t\_{x}-t\_{s}$ （10）

式中：

$∆t$ ——电芯检测系统充放电时间设定误差，s；

$t\_{x}$ ——电芯检测系统充放电时间设定值，s；

$t\_{s}$ ——充放电时间实际值，s。

##### 7.2.3 工况循环模式校准

###### 7.2.3.1 校准点的选取

根据实际使用要求从图12六种工况循环模式谱形中任意选取一种或多种，或采用客户提供的工况循环谱形。

 

5s

$$t\_{a}$$

5s

$$t\_{a}$$

图12.1混合动力乘用车用功率型蓄电池主放电工况谱形 图12.2混合动力乘用车用功率型蓄电池主充电工况谱形

 

5s

$$t\_{a}$$

5s

$$t\_{a}$$

图12.3混合动力商用车用功率型蓄电池主放电工况谱形 图12.4混合动力商用车用功率型蓄电池主充电工况谱形 

5s

$$t\_{a}$$

23s

$$t\_{a}$$

图12.5纯电动乘用车用能量型蓄电池主放电工况谱形 图12.6纯电动商用车用能量型蓄电池主放电工况谱形

###### 7.2.3.2充放电容量

7.2.3.2.1 校准过程

校准方法采用电流传感器法。电芯检测系统连接电芯，连接如图13所示。

H

L

H

L

H

电芯检测系统

电芯

数据采集器

L

电流传感器

图13 使用电芯连接的电流传感器法示意图

设置电芯检测系统的充放电条件为工况循环模式，循环次数≥12次。

如图12所示，0轴与上半部分所围成的区域为放电容量，0轴与下半部分所围成的区域为充电容量。

设置数据采集器采集时间间隔为设置其采样时间间隔应小于被校电芯充放电测试仪采样时间间隔的1/5，运行电芯检测系统，读取所有数据采集器显示值$I\_{s}$和谱形标称值$C\_{x}$，按式（11）计算电芯检测系统充/放电容量误差$∆C$，并记录在附录A表A.6中。

 $∆C=C\_{x}-\sum\_{1}^{n}\frac{K}{2}\left\{I\_{s(n)}+I\_{s(n-1)}\right\}$ （11）

$∆C$ ——电芯检测系统充放电容量误差，Ah；

$C\_{x}$ ——谱形标称值，Ah；

$I\_{s(n)}、I\_{s(n-1)}$ ——数据采集器读取时间间隔内相邻两个电流传感器二次端实际值，A；

$K$ ——电流传感器的电流变比。

###### 7.2.3.3 脉冲宽度

7.2.3.3.1 校准过程

校准方法采用数字示波器测量。电芯检测系统连接电芯，连接如图10.1所示。

设置电芯检测系统的充放电条件为单次工况循环模式。

如图12所示，电流上升沿与下降沿幅度50%处的时间间隔为脉冲宽度$t\_{a}$。

设置示波器触发为普通触发，运行电芯检测系统，调节数字示波器水平与垂直档位使被测信号波形居中，并占示波器屏幕垂直刻度的80%。读取示波器实际值$t\_{s}$和谱形标称值$t\_{a}$，按式（12）计算电芯检测系统脉冲宽度误差$∆t$，找出所有$∆t$中的最大值$\left|∆t\_{max}\right|$记为脉冲宽度误差，并记录在附录A表A.7中。

 $∆t=t\_{a}-t\_{s}$ （12）

式中：

$∆t$ ——电芯检测系统脉冲宽度误差，s；

$t\_{a}$ ——谱形标称值，s；

$t\_{s}$ ——示波器测量脉冲宽度实际值，s。

###### 7.2.3.4 电流上升/下降时间

7.2.3.4.1 校准过程

采用数字示波器测量。电芯检测系统连接电芯，连接如图10.1所示。电流传感器采样端电压上升沿从幅值的10%上升到90%所需要的时间$t\_{s1}$，和测量电流传感器采样端电压下降沿从幅值的10%下降到90%所需要的时间$t\_{s2}$。阶跃响应特性示意图，如图14所示。

100%

0%

90%

10%

B

$$t\_{s1}$$

C

$$t\_{b}$$

A

图14 阶跃响应特性示意图

设置电芯检测系统的充放电条件为单次工况循环模式。

数字示波器开启滤波功能与上升时间测量功能，设为单次触发，调节合适的垂直偏转系数和水平偏转系数，使显示波形清晰完整。

启动电芯检测系统，读取数字示波器上升时间$t\_{s1}$，找出所有$t\_{s1}$中的最大值$\left|t\_{s1max}\right|$，结果记录在附录A表A.8中。

数字示波器开启滤波功能与下降时间测量功能，设为单次触发，调节合适的垂直偏转系数和水平偏转系数，使显示波形清晰完整。

启动电芯检测系统，读取数字示波器下降时间$t\_{s2}$，找出所有$t\_{s2}$中的最大值$\left|t\_{s2max}\right|$结果记录在附录A表A.8中。

###### 7.2.3.5 建立时间

7.2.3.5.1 校准过程

采用数字示波器测量。电芯检测系统连接电芯，连接如图10.1所示。电流传感器采样端电压从阶跃波形沿与底值线交点至波动完全落入区间C的起始点之间的时间差$t\_{b}$，即为建立时间$t\_{b}$。阶跃响应特性示意图，如图14所示。

设置电芯检测系统的充放电条件为单次工况循环模式。

数字示波器开启滤波功能与时间测量功能，设为单次触发，调节合适的垂直偏转系数和水平偏转系数，使显示波形清晰完整。

启动电芯检测系统，读取数字示波器建立时间$t\_{b}$，结果记录在附录A表A.9中。

###### 7.2.3.6 电流过冲量

7.2.3.6.1 校准过程

电芯检测系统连接电芯，连接如图10.1所示。设置电芯检测系统的充放电条件为单次工况循环模式。阶跃响应特性示意图中超出设定值的量为过冲量B。阶跃响应特性示意图，如图14所示。

设置示波器触发为普通触发，运行电芯检测系统，调节数字示波器水平与垂直档位使被测信号波形居中，并占示波器屏幕垂直刻度的80%。读取示波器过冲量实际值$B$，幅度A，找出所有过冲量中最大值$δ\_{B}\_{max}$，并记录在附录A表A.10中。

 $δ\_{B}=\frac{B}{A}×100\%$ （13）

$δ\_{B}$ ——电流过冲量，%；

$B$ ——数字示波器过冲量实测值，V；

$A$ ——数字示波器幅度实测值，V。

###### 7.2.3.7 电流顶部不平度

7.2.3.7.1 校准过程

电芯检测系统连接电芯，连接如图10.1所示。设置电芯检测系统的充放电条件为单次工况循环模式。阶跃响应特性示意图中区间C为不平度区间。阶跃响应特性示意图，如图14所示。

设置示波器触发为普通触发，运行电芯检测系统，调节数字示波器水平与垂直档位使被测信号波形居中，并占示波器屏幕垂直刻度的80%。读取示波器不平度区间实际值$C$和电流设定值$I\_{n}$，按式（14）计算电芯检测系统顶部不平度。找出所有$δ\_{c}$中的最大值$\left|δ\_{cmax}\right|$记为顶部不平度，并记录在附录A表A.11中。

 $δ\_{c}=\frac{KC}{I\_{n}}×100\%$ （14）

$δ\_{c}$ ——顶部不平度实际值，%；

$C$ ——顶部不平度区间，V；

$I\_{n}$ ——电流设定值，A；

$K$ ——电流传感器的电流变比。

##### 7.2.4 监控模式校准

###### 7.2.4.1 温度测量示值误差

7.2.4.1.1 校准点的选取

每个量程均匀选取3至5个校准点，包括0℃、下限值、上限值，也可根据客户实际需要选择校准点。

7.2.4.1.2 系统校准

7.2.4.1.2.1 校准过程

校准方法采用标准温度计法，连接如图15所示。

电芯检测系统

$$+$$

$$—$$

恒温槽

温度传感器

标准温度计

图15 标准温度计法示意图

将电芯检测系统温度传感器与标准温度计放在同一恒温槽内，按校准点设置恒温槽温度。待温度稳定后，按“标准-被校-被校-标准”的顺序读取标准温度计实际值和电芯检测系统温度传感器显示值，上述为一个读数循环，进行两个读数循环，并记录在附录A表A.13中。计算标准温度计平均值$T\_{s}$和电芯检测系统温度传感器平均值$T\_{x}$。多通道的设备，可以按相应量程逐一进行校准，按式（15）计算电芯检测系统温度测量示值误差$∆T$，并记录在附录A表A.12中。

 $∆T=\overline{T\_{x}}-\overline{T\_{s}}$ （15）

式中：

$∆T$ ——电芯检测系统温度测量示值误差，℃；

$\overline{T\_{x}}$ ——电芯检测系统温度平均值，℃；

$\overline{T\_{s}}$ ——标准温度计平均值，℃。

7.2.4.1.3 通道校准

7.2.4.1.3.1 校准过程

校准方法采用标准源法，连接如图16所示。选择热电阻通道时，根据实际使用要求选用三线制或四线制进行。选择热电偶通道时，应选择匹配的补偿导线，与输入端的连接应有良好的连接。

直流电阻箱

电芯检测系统热电阻通道

图16.1 热电阻通道（三线制）连接示意图

直流电阻箱

电芯检测系统热电阻通道

图16.2 热电阻通道（四线制）连接示意图

温度校准仪

电芯检测系统热电偶通道

0℃恒温器

补偿导线

铜导线

图16.3 热电偶通道连接示意图

温度信号的输入值依据相应的分度表。首先输入下限值温度对应的标称电量值，读取通道的温度示值：然后开始增大输入信号（上行程时)，分别输入各校准点温度所对

应的标称电量值，并读取通道的示值，直至上限；在输入上限温度信号并读取通道示值

后减小输入信号（下行程时），分别输入各校准点温度所对应的标称电量值，并读取仪

表的示值，直至下限。用同样的方法重复测量一次。

热电偶通道，校准时输人的信号应是被校点温度对应的标称电势值减去补偿导线修正值。

取两个循环读数的平均值计算示值误差。因此，每个校准点有4个示值，取4个示值的平均值与校准点温度之差作为该校准点的示值误差，按式（16）计算电芯检测系统温度测量示值误差$∆T$。多通道的设备，可以按相应量程逐一进行校准，并记录在附录A表A.12中。

 $∆T=\overline{T\_{x}}-T$ （16）

式中：

$∆T$ ——电芯检测系统温度测量示值误差，℃；

$\overline{T\_{x}}$ ——电芯检测系统温度平均值，℃；

$T$ ——被校点温度值，℃。

###### 7.2.4.2 辅助电压示值误差

7.2.4.2.1 校准点的选取

每个量程均匀选取3至5个校准点，包括量程的10%、50%、100%点，也可根据客户实际需要选择校准点。

7.2.4.2.2 校准过程

测量方法采用标准源法，连接如图3所示。

电芯检测系统处于搁置（非试验）状态，根据选取的校准点，设置标准电压源的电压值$U\_{s}$并输出，读取电芯检测系统辅助电压显示值$U\_{y}$，结果分别记录在附录A表A.13中。按式（3）计算电芯检测系统辅助电压示值误差$∆U$，并记录在附录A表A.13中。

 $∆U=U\_{y}-U\_{s}$ （3）

式中：

$∆U$ ——电芯检测系统辅助电压示值误差，V；

$U\_{y}$ ——电芯检测系统辅助电压显示值，V；

$U\_{s}$ ——标准电压源标准值，V。

### 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

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

接收日期；

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，不得部分复制证书的声明。

其中，“本次校准所用测量标准的溯源性及有效说明”中应包括标准器的名称、型

号规格、测量范围及不确定度（或准确度等级、最大允差）、有效日期等说明。

“校准环境的描述”中应包括环境温度、相对湿度和供电的状况。

“校准结果及其测量不确定度的说明”中应给出每个被校参数的测量结果以及相应的扩展不确定度和包含因子，如各被校点的扩展不确定度相差不大，可以取最大的代替。

### 复校时间间隔

复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，为了确保装置在其规定的技术性能下

使用，建议最长为1年。

# 附录A

原始记录参考格式

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 委托单位： | 仪器名称： | 制造厂： | 型号规格： | 出厂编号： |
| 校准地点： | 环境温度： ℃ | 环境湿度： %RH |
| 外观及性能： |  |  |
| 一、切换模式校准 |
| 表A.1 充放电电压示值误差 |
| 量程 | 显示值 | 实际值 | 示值误差 |
| （ ） | （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 表A.2 充电电流示值误差 |
| 量程 | 显示值 | 实际值 | 示值误差 |
| （ ） | （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 表A.3 放电电流示值误差 |
| 量程 | 显示值 | 实际值 | 示值误差 |
| （ ） | （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 表A.4 电流切换时间 |
| 实际值 |
| （ ） |
|  |
|  |

|  |
| --- |
| 表A.5 充放电时间设定误差 |
| 量程 | 设定值 | 实际值 | 设定误差 |
| （ ） | （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 二、工况循环模式校准 |
| 选取工况循环模式的名称（ ） |
| 表A.6.1充电容量 |
| 设定值 | 时间 | 传感器实际值 | 传感器变比 | 充电容量实际值 | 设定误差 |
| （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

|  |
| --- |
| 表A.6.2放电容量 |
| 设定值 | 时间 | 传感器实际值 | 传感器变比 | 充电容量实际值 | 设定误差 |
| （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 表A.7 脉冲宽度 |
| 设定值 | 实际值 | 设定误差 |
| （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |
|  |  |  |
| 表A.8 电流上升/下降时间 |
| 上升时间 | 下降时间 |
| （ ） | （ ） |
|  |  |

|  |
| --- |
| 表A.9 建立时间 |
| 建立时间 |
| （ ） |
|  |
| 表A.10 电流过冲量 |
| 过冲量实测值 | 幅度实测值 | 过冲量 |
| （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |
| 表A.11 电流顶部不平度 |
| 不平度区间 | 传感器变比 | 电流设定值 | 顶部不平度 |
| （ ） | （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |  |
| 三、监控模式校准 |
| 表A.12.1温度测量示值误差（系统校准） |
| 通道号（ ） |
| 量程 | 显示值 | 平均值 | 实际值 | 平均值 | 示值误差 |
| （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| 量程 | 显示值 | 平均值 | 实际值 | 平均值 | 示值误差 |
| （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

|  |
| --- |
| 表A.12.2温度测量示值误差（通道校准） |
| 通道号（ ） |
| 被校点（ ） | 标准器示值（ ） | 误差（ ） | 误差（ ） |
| 量程 | 示值 | 对应标称电量值 | 上行程 | 下行程 | 上行程 | 下行程 | 上行程 | 下行程 |
| （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
| 表A.13 辅助电压示值误差 |
| 量程 | 显示值 | 实际值 | 示值误差 |
| （ ） | （ ） | （ ） | （ ） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

# 附录B

校准证书内页参考格式

|  |
| --- |
| 1.外观及性能：50.0750.01249.9 |
| 2.切换模式校准 |
| 2.1.充放电电压示值误差 |
| 量程( ) | 显示值( ) | 实际值( ) | 示值误差( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 2.2.充电电流示值误差 |
| 量程( ) | 显示值( ) | 实际值( ) | 示值误差( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 2.3.放电电流示值误差 |
| 量程( ) | 显示值( ) | 实际值( ) | 示值误差( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 2.4.电流切换时间 |
| 实际值( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |
| 2.5.充放电时间设定误差 |
| 设定值( ) | 实际值( ) | 误差( ) |
|  |  |  |

|  |
| --- |
| 3.工况循环模式校准 |
| 选取工况循环模式的名称（ ） |
| 3.1.1充电容量 |
| 设定值( ) | 实际值( ) | 误差( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |  |
| 3.1.2放电容量 |
| 设定值( ) | 实际值( ) | 误差( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |  |
| 3.2.脉冲宽度 |
| 设定值( ) | 实际值( ) | 误差( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |  |
| 3.3.电流上升/下降时间 |
| 上升时间( ) | 下降时间( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |
| 3.4.建立时间 |
| 建立时间( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |
| 3.5.电流过冲量 |
| 过冲量( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |
| 3.6.电流顶部不平度 |
| 电流设定值( ) | 不平度区间( ) | 顶部不平度( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |  |
| 4.监控模式校准 |
| 4.1温度测量示值误差(系统校准) |
| 通道号( ) | 量程( ) | 显示值( ) | 实际值( ) | 误差( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 4.2温度测量示值误差(通道校准) |
| 通道号( ) | 量程( ) | 显示值( ) | 实际值( ) | 误差( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 4.3.辅助电压示值误差 |
| 量程( ) | 显示值( ) | 实际值( ) | 示值误差( ) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

附录C

充放电电压示值误差校准结果不确定度分析

C.1 概述

充放电电压示值误差测量方法采用标准电压源法。测量设备由多功能校准器组成。充放电电压示值误差是指设备电压显示值与实际值之差。

C.2 数学模型

 $∆U\_{1}=U\_{x}-U\_{s}$ （C1）

式中： $∆U\_{1}$——电芯检测系统充放电电压示值误差，V；

 $U\_{x}$ ——电芯检测系统充放电电压显示值，V；

 $U\_{s}$ ——标准电压表实际值，V。

C.3 方差与灵敏系数

式（C1）中$U\_{x}$，$U\_{s}$互为独立，因而得

 $c\_{1}=\frac{∂∆U\_{1}}{∂U\_{x}}=1$，$c\_{2}=\frac{∂∆U\_{1}}{∂U\_{s}}=-1$ （C2）

故 $u\_{c}^{2}=u^{2}\left(U\_{x}\right)+u^{2}\left(U\_{s}\right)$ （C3）

C.4 不确定度来源及分析

C.4.1 由$\overline{U\_{x}}$引入的不确定度

多功能校准器输出3V，作10次独立重复测量，从电芯检测系统上读取10次测量值，记为$U\_{x1}$，$U\_{x2}$，…，$U\_{x10}$，平均值记为$\overline{U\_{x}}$，其测量列如表C-1所示。

表C-1重复测量列

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *i*（次数） | 显示值（V） | *i*（次数）$U\_{si}$/V | 显示值（V） |
| 1 | 3.0011 | 649.9 | 3.0011 |
| 2 | 3.0013 | 750.0 | 3.0012 |
| 3 | 3.0015 | 849.9 | 3.0010 |
| 4 | 2.9998 | 950.0 | 3.0014 |
| 5 | 3.0012 | 1050.0 | 3.0013 |

根据公式（C4）

 $s(\overline{U\_{x}})=\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}\left(U\_{xi}-\overline{U\_{x}}\right)^{2}}{(n-1)}}$ （C4）

计算得算术平均值$\overline{U\_{x}}$的实验标准差$s\left(\overline{U\_{x}}\right)$=$5×10^{-4}$V。则由10次独立重复测量引入的标准不确定度分量$u\_{1}=s\left(\overline{U\_{x}}\right)=1.5×10^{-4}$V。

C.4.2 由$U\_{s}$多功能校准器误差引入的不确定度

多功能校准器经上级溯源确认，由说明书获得3V输出电压的最大允许误差为$e=$±($读数×13×10^{-6}+3.5μV$)，则测量3V时误差为$\pm 5×10^{-5}$V，以均匀分布估计，$u\_{2}=u\left(U\_{s}\right)=5×10^{-5}V/\sqrt{3}=3×10^{-5}V$。

C.4.3 由$U\_{x}$分辨率引入的不确定度

电芯检测系统电压测量读数分辨力为0.0001 V，半宽度为$5×10^{-5} $V，以均匀分布估计，$u\_{3}=u\left(U\_{x}\right)=5×10^{-5} V/\sqrt{3}=3×10^{-5}V$。

C.5 不确定度分量一览表

不确定度分量如表C-2所示

表C-2 不确定度分量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 来源 | 符号 | $$c\_{i}$$ | $$u\_{i}$$ |
| 1 | 电芯检测系统读数重复性 | $$u\_{1}$$ | 1 | $1.5×10^{-4} $V |
| 2 | 多功能校准器测量误差 | $$u\_{2}$$ | -1 | $3×10^{-5} $V |
| 3 | 电芯检测系统分辨力 | $$u\_{3}$$ | 1 | $3×10^{-5} $V |

C.6 合成标准不确定度

三个不确定度分量互不相关

 $u\_{c}=\sqrt{u\_{1}^{2}+u\_{2}^{2}+u\_{3}^{2}}=1.6×10^{-4}$V （C5）

C.7 扩展不确定度

其合成为正态分布，取*k*=2，故得

$U=$0.0004 V（*k*=2）

# 附录D

放电电流示值误差校准结果不确定度分析

D.1 概述

放电电流示值误差测量方法采用直流分流器法。测量设备由直流电源、直流分流器和数字多用表组成。恒流放电电流示值误差是指设备电流显示值与实际值之差。

D.2 数学模型

 $∆I\_{1}=I\_{x}-\frac{U\_{s}}{R\_{s}}$ （D1）

式中： $∆I\_{1}$ ——电芯检测系统恒流放电电流示值误差，A；

 $I\_{x}$ ——电芯检测系统恒流放电电流显示值，A；

 $U\_{s}$ ——直流分流器采样端的标准电压表实际值，V；

 $R\_{s}$ ——直流分流器电阻标称值，Ω。

D.3 方差与灵敏系数

式（D1）中$I\_{x}$，$U\_{s}$，$R\_{s}$互为独立，因而得

 $c\_{1}=\frac{∂∆I\_{1}}{∂I\_{x}}=$1，$c\_{2}=\frac{∂∆I\_{1}}{∂U\_{s}}=-\frac{1}{R\_{s}}=-$5000，$c\_{3}=\frac{∂∆I\_{1}}{∂U\_{s}}=\frac{U\_{s}}{R\_{s}^{2}}=$250000 （D2）

故 $u\_{c}^{2}=u^{2}\left(I\_{x}\right)+c\_{2}^{2}u^{2}\left(U\_{s}\right)+c\_{3}^{2}u^{2}\left(R\_{s}\right)$ （D3）

D.4 不确定度来源及分析

D.4.1 由$\overline{I\_{x}}$，$\overline{U\_{s}}$引入的不确定度

直流电源输出电流，设置电芯检测系统使回路电流为50A，作10次独立重复测量，从电芯检测系统上读取10次测量值，记为$I\_{x1}$，$I\_{x2}$，…，$I\_{x10}$，平均值记为$\overline{I\_{x}}$。从数字多用表上读取10次测量值，记为$U\_{s1}$，$U\_{s2}$，…，$U\_{s10}$，平均值记为$\overline{U\_{s}}$。其测量列如表D-1所示。

表D-1 重复测量列

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *i*（次数） | 显示值（A） | 电压值（mV） | *i*（次数）$U\_{si}$/V | 显示值（A） | 电压值（mV） |
| 1 | 49.992 | 9.99988 | 649.9 | 49.994 | 9.99990 |
| 2 | 50.010 | 9.99997 | 750.0 | 50.010 | 9.99998 |
| 3 | 50.009 | 9.99995 | 849.9 | 50.016 | 9.99999 |
| 4 | 50.006 | 9.99994 | 950.0 | 49.996 | 9.99992 |
| 5 | 49.997 | 9.99990 | 1050.0 | 50.003 | 9.99993 |

根据公式（D4）、（D5）

 $s(\overline{I\_{x}})=\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}\left(I\_{xi}-\overline{I\_{x}}\right)^{2}}{(n-1)}}$ （D4）

 $s(\overline{U\_{s}})=\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}\left(U\_{si}-\overline{U\_{s}}\right)^{2}}{(n-1)}}$ （D5）

计算得算术平均值$\overline{I\_{x}}$的实验标准差$s\left(\overline{I\_{x}}\right)$=0.0082 A，$s(\overline{U\_{s}})$=0.00037 mV。则由10次独立重复测量引入的标准不确定度分量$u\_{1}=s\left(\overline{I\_{x}}\right)=$0.003 A，$u\_{2}=s(\overline{U\_{s}})$=0.00002 mV。

D.4.2 由$U\_{s}$数字多用表测量误差引入的不确定度

数字多用表经上级溯源确认，由说明书获得100 mV测量的最大允许误差为$e=\pm \left(读数×1.2×10^{-6}+量程×1×10^{-6}\right)$，则测量10 mV时误差为$\pm 0.0002 $ mV，以均匀分布估计，$u\_{3}=u\left(U\_{s}\right)=0.0002 mV/\sqrt{3}=$0.00012 mV 。

D.4.3 由$R\_{s}$直流电流分流器电阻误差引入的不确定度

直流电流分流器经上级溯源确认，由说明书获得0.2 mΩ的最大允许误差为$e=\pm \left(0.2 mΩ×0.02\%\right)$，则误差为$\pm 0.00004 $ mΩ。温度变化会引起电阻的变化，由说明书获得分流器因温度变化导致电阻的变化量为$\pm $0.006%，则误差为$\pm \left(0.2 mΩ×0.006\%\right)=\pm 0.000012$ mΩ。以均匀分布估计，

$u\_{4}=u\left(R\_{s}\right)=\sqrt{(0.00004)^{2}+(0.000012)^{2}}/\sqrt{3}=$0.00003 mΩ。

D.4.4 由$I\_{x}$电芯检测系统与$U\_{s}$数字多用表分辨力引入的不确定度

电芯检测系统电流读数分辨力为0.001 A，半宽度为$5×10^{-4} A$，以均匀分布估计，$u\_{5}=u\left(I\_{x}\right)=5×10^{-4} A/\sqrt{3}=3×10^{-4}A$。

数字多用表电压测量读数分辨力为0.00001 mV，半宽度为$5×10^{-6} mV$，以均匀分布估计，$u\_{6}=u\left(U\_{s}\right)=5×10^{-6} mV/\sqrt{3}=3×10^{-6}mV$。

D.5 不确定度分量一览表

不确定度分量如表D-2所示

表D-2不确定度分量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 来源 | 符号 | $$c\_{i}$$ | $$u\_{i}$$ |
| 1 | 电芯检测系统读数重复性 | $$u\_{1}$$ | 1 | 0.003 A |
| 2 | 数字多用表读数重复性 | $$u\_{2}$$ | -5000 | $2×10^{-8}$V |
| 3 | 数字多用表测量误差 | $$u\_{3}$$ | -5000 | $1.2×10^{-7}$V |
| 4 | 直流电流分流器电阻误差 | $$u\_{4}$$ | 250000 | $3×10^{-8}$Ω |
| 5 | 电芯检测系统读数分辨力 | $$u\_{5}$$ | 1 | $$3×10^{-4}A$$ |
| 6 | 数字多用表电压读数分辨力 | $$u\_{6}$$ | -5000 | $$3×10^{-9}V$$ |

D.6 合成标准不确定度

六个不确定度分量相互不相关

 $u\_{c}=\sqrt{c\_{1}^{2}(u\_{1}^{2}+u\_{5}^{2})+c\_{2}^{2}\left(u\_{2}^{2}+u\_{3}^{2}+u\_{6}^{2}\right)+c\_{3}^{2}u\_{4}^{2}}=$0.008 A （D5）

D.7 扩展不确定度

其合成为正态分布，取*k*=2，故得

$U=$0.016 A（*k*=2）

# 附录E

挤压力示值误差校准方法

E.1 校准点的选取

电芯检测系统按量程均匀选取不少于5个校准点，包括量程的10%、100%点,也可根据客户实际需要选择校准点。

E.2 校准过程

测量方法采用标准测力仪，连接如图E.1所示。

加载装置

力传感器

标准测力仪

标准测力仪

读数装置

图E.1 挤压力校准示意图

将标准测力仪和力传感器同轴安装在加载装置上，分别调整至零点后，加载装置分别施加三次力传感器的最大试验力，第三次预负荷完全卸载后，等待回零时间不少于30秒，重新调整零点。

加载装置按照校准点逐次增加力值，至各校准点保持稳定后读取标准测力仪和力传感器示值，直至加力到测量上限后卸除力值，上述校准过程继续进行3次，每次校准前均应将标准测力仪和力传感器调至零点。将标准测力仪示值$F\_{s}$以及力传感器的示值$F\_{x}$记录在原始记录中，按式（E.1）计算电芯检测系统力值示值误差。

 $δ=\frac{F\_{x}-F\_{s}}{F\_{s}}×100\%$ （E.1）

式中：

 $δ$ ——电芯检测系统挤压力示值误差，%；

$F\_{x}$ ——电芯检测系统挤压力显示值，N；

$F\_{x}$ ——标准测力仪显示值，N；