

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—XXXX

抛负载试验脉冲发生器校准规范

Calibration Specification for Test Load Dump Pulse Generators

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家市场监督管理总局 发布

抛负载试验脉冲发生器

校准规范

Calibration Specification for Test Load
Dump Pulse Generators

JJF XXXX—XXXX
代替 JJF XXXX—XXXX

归口单位：全国无线电计量技术委员会

主要起草单位：广电计量检测集团股份有限公司
中国计量科学研究院

参加起草单位：XXXXXX
XXXXXX

本规范委托全国无线电计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

XXX (XXXXXX)

XXX (XXXXXX)

XXX (XXXXXX)

参加起草人：

XXX (XXXXXX)

XXX (XXXXXX)

XXX (XXXXXX)

XXX (XXXXXX)

目录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文献.....	2
3 术语和计量单位.....	3
4 概述.....	4
5 计量特性.....	5
6 校准条件.....	6
7 校准项目和校准方法.....	7
8 校准结果表达.....	8
9 复校时间间隔.....	9
附录 A 原始记录内页格式.....	10
附录 B 校准证书内页格式.....	11
附录 C 主要项目校准不确定度评定示例.....	12
附录 D 其他资料性附录.....	13

引言

JJF1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011 《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

本规范编制参考了下列文件：

GB/T 28046.2 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第 2 部分：电气负荷

ISO 16750-2:2023 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第 2 部分：电气负荷。

本规范为首次发布。

抛负载试验脉冲发生器校准规范

1 范围

本规范适用于符合 GB/T 28046.2《道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷》和 ISO 16750-2:2023《道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷》要求的抛负载试验脉冲发生器的校准。

2 引用文件

GB/T 28046.2 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷

ISO 16750-2:2023 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷（Road vehicles-Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment-Part 2:Electrical loads）

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡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 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

3.1 供电电压 supply voltage

随系统负荷和发电机的运行条件而变化的车辆电气系统电压 U_s ，单位为伏（V）。

3.2 抑制电压 superssion voltage

具有抛负载抑制的供电电压 U_s^* ，单位为伏（V）。

3.4 脉冲持续时间 pluse duration

脉冲值上升到10%峰值至下降到10%峰值之间的时间 t_d ，单位为毫秒（ms）。

注：试验脉冲B的持续时间为未削峰脉冲值上升到10%峰值至下降到10%峰值之间的时间,如图1、图2所示。

4 概述

抛负载试验脉冲发生器（以下简称脉冲发生器）一般由系统电源、电容、具有内阻的脉冲形成网络组成，系统电源为电容充电，测试时闭合开关，电压经脉冲形成网络产生抛负载试验脉冲。主要用于模拟汽车交流发电机对亏电蓄电池进行充电时，交流发电机与蓄电池连接电路瞬时脱开，其他负载仍然与交流发电机保持连接时产生的抛负载脉冲。抛负载试验脉冲波形如图1和图2所示。

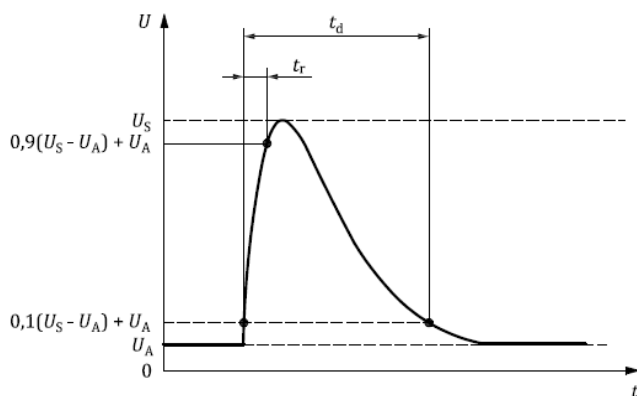


图1 试验脉冲A——无集中抛负载拟制波形示意图

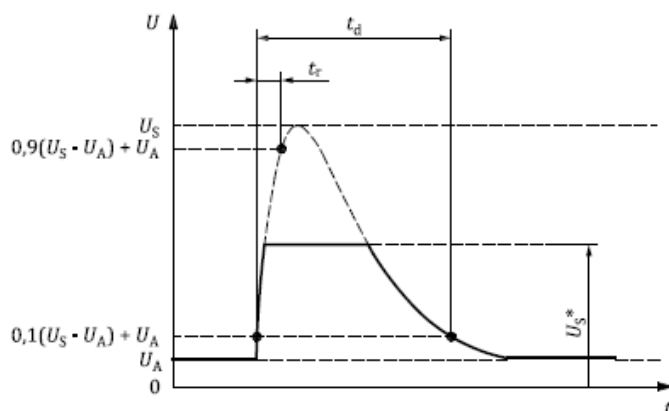


图2 试验脉冲B——具有集中抛负载拟制波形示意图

图中：

t_d ——脉冲持续时间，单位ms；

t_r ——脉冲上升时间，单位ms；

U_A ——试验电压，单位V；

U_S ——供电电压，单位V；

U_S^* ——具有抛负载拟制的供电电压，单位V。

5 计量特性

5.1 无负载试验脉冲 A

供电电压：(79~202) V，最大允许误差：±10%；

脉冲持续时间：(40~400) ms，最大允许误差：±20%；

脉冲上升时间范围：(5~10) ms。

5.2 2Ω 负载试验脉冲 A

供电电压：(50~101) V，最大允许误差：±20%；

脉冲持续时间：(40~200) ms，最大允许误差：±20%。

5.3 无负载试验脉冲 B

抑制电压：(10~100) V，最大允许误差：±10%；

脉冲持续时间：(40~400) ms，最大允许误差：±20%。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(23±5) °C。

6.1.2 相对湿度：不大于 80%。

6.1.3 供电电源：电压 (220±10) V，频率 (50±1) Hz。

6.1.4 其他：周围无影响正常校准工作的电磁干扰及机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 数字示波器

带宽不小于 1MHz；

直流增益最大允许误差：±2.0%；

时基最大允许误差：±1×10⁻⁴。

6.2.2 示波器电压探头

带宽不小于 1MHz；

直流衰减比不小于 10:1，最大允许误差：±2%；

最大输入电压：不小于 500V；

输入阻抗：不小于 1MΩ，最大允许误差：±3%。

6.2.3 负载电阻

标称阻值：2Ω，最大允许误差：±1.0%；

可承受脉冲电压峰值：不小于 202V；

直流功率不小于 10W。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 1。

表 1 校准项目一览表

序号	校准方法条款		校准方法条款
1	供电电压	无负载 试验脉冲A	7.2.2.1
2	脉冲上升时间		

3	脉冲持续时间		
4	供电电压	2Ω负载 试验脉冲A	7.2.2.2
5	脉冲持续时间		
6	供电电压	无负载 试验脉冲B	7.2.3.1
7	脉冲持续时间		

7.2 校准方法

7.2.1 外观及工作正常性检查

被校脉冲发生器的外观应完好，不应有影响电气性能的机械损伤，各开关、按键等调节正常，说明书及配套附件应齐全。被校脉冲发生器按技术说明书规定时间预热，预热后应显示正常。脉冲发生器的试验电压 U_A 断开。检查结果记录在附录 A.1 中。

7.2.2 试验脉冲 A

7.2.2.1 无负载状态

a) 按图 3 连接仪器，选择脉冲发生器输出为试验脉冲 A 模式，试验电压为 12V 系统。

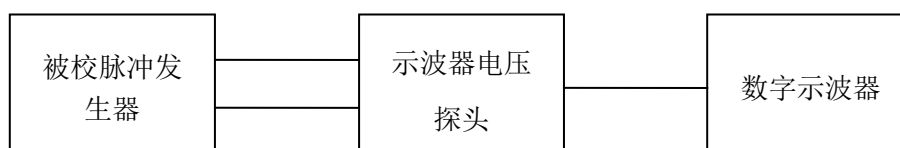


图 3 无负载状态校准连接示意图

b) 按试验要求设置试验脉冲 A 的供电电压 U_s 和脉冲持续时间 t_d 。

c) 设置数字示波器输入阻抗为 $1M\Omega$ ，垂直偏转系数和扫描时间位于适当档位，启动被校脉冲发生器，调节数字示波器使一个完整的试验脉冲波形显示于屏幕中央。

d) 用示波器光标分别测量试验脉冲 A 波形的供电电压 U_s 、脉冲上升时间 t_r 、脉冲持续时间 t_d ，记录在附录 A.2.1 中，并保存试验脉冲波形图。

e) 选择脉冲发生器的试验电压为 24V 系统，重复 b) ~d) 操作步骤，记录结果于附录 A.2.1 中，并保存试验脉冲波形图。

7.2.2.2 负载状态

a) 按图 4 连接仪器。选择脉冲发生器输出为试验脉冲 A 模式，试验电压为 12V 系统，发生器内阻设置为 2Ω 。

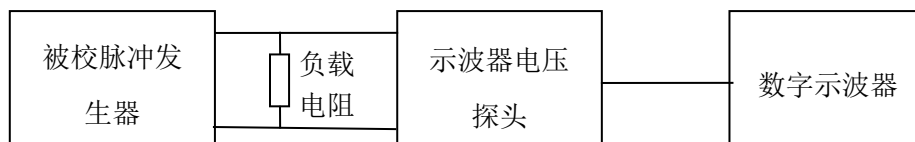


图4 负载状态校准连接示意图

- b) 按要求设置试验脉冲 A 的供电电压 U_s 和脉冲持续时间 t_d 。
- c) 示波器设置同 7.2.2.1, 启动被校脉冲发生器, 用示波器光标分别测量试验脉冲 A 波形的供电电压 U_s 、脉冲持续时间 t_d , 记录在附录 A.2.2 中, 并保存试验脉冲波形图。
- d) 选择脉冲发生器的试验电压为 24V 系统, 发生器内阻设置为 2Ω , 重复 b) ~c) 操作步骤并记录结果于原始记录表格 A.2.2 中。

7.2.3 试验脉冲 B

7.2.3.1 无负载状态

- a) 按图 3 连接仪器。选择脉冲发生器输出为试验脉冲 B 模式。
- b) 按要求设置试验脉冲 B 的供电电压 U_s 、抑制电压 U_s^* 和脉冲持续时间 t_d 。
- c) 示波器设置同 7.2.2.1, 启动被校脉冲发生器, 测量试验脉冲 B 波形的抑制电压 U_s^* 和脉冲持续时间 t_d , 记录在附录 A.3.1 中, 并保存试验脉冲波形图。
- d) 选择脉冲发生器的试验电压为 24V 系统, 发生器内阻设置为 2Ω , 重复 b) ~c) 操作步骤, 记录结果于附录 A.3.1 中。

8 校准结果表达

发生器校准后, 出具校准证书, 校准证书至少应包含以下信息:

- 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。

9 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，推荐为 1 年。

附录 A

原始记录内页格式

A.1 外观及工作正常性检查

表 A.1 外观及工作正常性检查

项目	检查结果
外观	
工作正常性	

A.2 试验脉冲 A

A.2.1 试验脉冲 A 空载脉冲参数

表 A.2.1 试验脉冲 A 空载脉冲参数

脉冲持续时间:

12V 系统			
脉冲参数	标称值	实测值	不确定度($k=2$)
供电电压 U_s	80V		
	100V		
脉冲上升时间 t_r	10ms		
24V 系统			
脉冲参数	标称值	实测值	不确定度($k=2$)
供电电压 U_s			
脉冲上升时间 t_r			
脉冲持续时间 t_d			

A.2.2 试验脉冲 A 负载脉冲参数

表 A. 2. 2 试验脉冲 A 负载脉冲参数

12V 系统				
脉冲参数	设定值	测量值	示值误差	不确定度($k=2$)
供电电压 U_s				
脉冲持续时间 t_d				
24V 系统				
脉冲参数	设定值	测量值	示值误差	不确定度($k=2$)
供电电压 U_s				
脉冲持续时间 t_d				

A.3 试验脉冲 B

A.3.1 试验脉冲 B 空载脉冲参数

表 A. 3. 1 试验脉冲 B 空载脉冲参数

12V 系统				
脉冲参数	设定值	测量值	示值误差	不确定度($k=2$)
拟制电压 U_s^*				
脉冲持续时间 t_d				

24V 系统				
脉冲参数	设定值	测量值	示值误差	不确定度($k=2$)
拟制电压 U_S^*				
脉冲持续时间 t_d				

附：试验脉冲波形图

附录 B

校准证书内页格式

B.1 外观及工作正常性检查

表 B.1 外观及工作正常性检查

项目	检查结果
外观	
工作正常性	
供电电压	

B.2 试验脉冲 A

B.2.1 试验脉冲 A 空载脉冲参数

表 B.2.1 试验脉冲 A 空载脉冲参数

12V 系统				
脉冲参数	设定值	测量值	示值误差	不确定度($k=2$)
供电电压 U_s				
脉冲上升时间 t_r				
脉冲持续时间 t_d				
24V 系统				
脉冲参数	设定值	测量值	示值误差	不确定度($k=2$)
供电电压 U_s				
脉冲上升时间 t_r				

脉冲持续时间 t_d				

B.2.2 试验脉冲 A 负载脉冲参数

表 B. 2. 2 试验脉冲 A 负载脉冲参数

12V 系统				
脉冲参数	设定值	测量值	示值误差	不确定度($k=2$)
供电电压 U_s				
脉冲持续时间 t_d				
24V 系统				
脉冲参数	设定值	测量值	示值误差	不确定度($k=2$)
供电电压 U_s				
脉冲持续时间 t_d				

B.3 试验脉冲 B

B.3.1 试验脉冲 B 空载脉冲参数

表 B. 2. 3 试验脉冲 B 空载脉冲参数

12V 系统				
脉冲参数	设定值	测量值	示值误差	不确定度($k=2$)
拟制电压 U_S^*				
脉冲持续时间 t_d				
24V 系统				
脉冲参数	设定值	测量值	示值误差	不确定度($k=2$)
拟制电压 U_S^*				
脉冲持续时间 t_d				

附：试验脉冲波形图

附录 C

不确定度评定示例

C.1 试验脉冲发生器供电电压校准不确定度评定

C.1.1 测量方法

使用数字示波器和示波器电压探头直接测量试验脉冲发生器的供电电压。

以使用数字示波器和示波器电压探头校准试验脉冲发生器100V供电电压为例进行不确定度评定。

C.1.2 不确定度来源

不确定度来源有以下4项：

- (1) 数字示波器电压测量不准引入的相对标准不确定度分量 u_1 ；
- (2) 示波器电压探头衰减比不准引入的相对标准不确定度分量 u_2 ；
- (3) 数字示波器读数分辨力引入的相对标准不确定度分量 u_3 ；
- (4) 测量重复性引入的相对标准不确定度分量 u_4 。

C.1.3 标准不确定的评定

C.1.3.1 数字示波器电压测量不准引入的相对标准不确定度分量 u_1

数字示波器电压测量最大允许误差为 $\pm 2\%$ ，按均匀分布，则置信因子 $k=\sqrt{3}$ ，由此引入的相对标准不确定度 $u_1=2\%/\sqrt{3}=1.16\%$ 。

C.1.3.2 示波器电压探头衰减比不准引入的相对标准不确定度分量 u_2

示波器电压探头的衰减比最大允许误差为 $\pm 2\%$ ，按均匀分布，则置信因子 $k=\sqrt{3}$ ，由此引入的相对标准不确定度 $u_2=2\%/\sqrt{3}=1.16\%$ 。

C.1.3.3 数字示波器读数分辨力引入的相对标准不确定度分量 u_3

设读取脉冲幅度0%和100%时因读数分辨力引入的最大相对误差分别为 ε_1 和 ε_2 ，假设2次的判读误差均相等，即 $\varepsilon_1=\varepsilon_2=\varepsilon$ ，根据仪器指标 $\varepsilon=\pm 0.5\%$ ，按均分布，则每次测量引入的不确定度分量为： $u_{3L}=0.5\%/\sqrt{3}=0.289\%$

2次测量相对独立，则因读数分辨力引入的不确定度分量：

$$u_3=\sqrt{u_{3L1}^2+u_{3L2}^2}=0.41\%$$

C.1.3.4 测量重复性引入的相对标准不确定度分量 u_4

对试验脉冲发生器的供电电压 100V 进行 10 次重复测量，测量结果如下：

次数	1	2	3	4	5
示值 /V	105.9	105.1	105.9	105.7	104.9
次数	6	7	8	9	10
示值 /V	105.9	104.9	106.0	105.1	105.7
平均值 \bar{x}_n	105.51V		标准差 s	0.45V	

按贝塞尔公式计算 $u_4 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x}_n)^2}{(n-1)}} = 0.45V$ ，则相对不确定度分量 $u_4 = 0.45\%$

C.1.4 合成标准不确定度

供电电压标准不确定度分量汇总见表 C.1。

表 C.1 供电电压标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	分布类型	置信因子	标准不确定度分量
数字示波器电压测量不准 u_1	均匀分布	$\sqrt{3}$	1.16%
示波器电压探头衰减比不准 u_2	均匀分布	$\sqrt{3}$	1.16%
数字示波器读数分辨力 u_3	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.41%
测量重复性 u_4	——	1	0.45%

以上各项标准不确定度分量相互独立不相关，所以合成标准不确定度为：

$$u_{\text{crel}} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 1.7\%$$

C.1.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U_{\text{rel}} = k u_{\text{crel}} = 3.4\%$ 。

C.2 试验脉冲发生器脉冲上升时间校准不确定度评定

C.2.1 测量方法

使用数字示波器和示波器电压探头直接测量试验脉冲的上升时间。

以使用数字示波器和示波器电压探头校准试验脉冲上升时间 10ms 为例进行不确定度评定。

C.2.2 不确定度来源

不确定度来源有以下4项：

- (1) 数字示波器上升时间测量不准引入的相对标准不确定度分量 u_1 ；
- (2) 测量装置带宽引入的相对标准不确定度分量 u_2 ；
- (3) 数字示波器读数分辨力引入的相对标准不确定度分量 u_3 ；
- (4) 测量重复性引入的相对标准不确定度分量 u_4 。

C.2.3 标准不确定的评定

C.2.3.1 数字示波器上升时间测量不准引入的相对标准不确定度分量 u_1

数字示波器时间测量最大允许误差为： $\pm 1 \times 10^{-4}$ ，设其服从均匀分布，取置信因子 $k = \sqrt{3}$ ，则其不确定度分量： $u_1 = 1 \times 10^{-4} / \sqrt{3} = 5.8 \times 10^{-5}$

C.2.3.2 测量装置带宽引入的相对标准不确定度分量 u_2

测量装置由数字示波器（带宽 1MHz）和电压探头（带宽 1MHz）组成，则测量装

置的瞬态响应时间为 $t_r = \sqrt{\left(\frac{0.35}{0.001}\right)^2 + \left(\frac{0.35}{0.001}\right)^2}$ ns=495ns，被校试验脉冲发生器上升时间

为 10ms，则引入的测量误差为： $\delta = \frac{\sqrt{10^2 + 0.495^2} - 10}{10} = 1.23 \times 10^{-9}$ ，按均匀分布，取

$k = \sqrt{3}$ ，则测量装置带宽不充分宽引入的不确定度分量： $u_2 = 1.23 \times 10^{-9} / \sqrt{3} = 7.1 \times 10^{-8}$ 。

C.2.3.3 数字示波器读数分辨力引入的相对标准不确定度分量 u_3

设读取脉冲幅度的 0%和 100%因光标测量分辨力相对误差分别为 ε_1 和 ε_2 ，读取脉冲幅度的 10%和 90%因光标测量分辨力相对误差分别为 ε_3 和 ε_4 ，读取脉冲幅度的 10%和 90%对应的时间刻度时因光标测量分辨力相对误差分别为 ε_5 和 ε_6 ；假设 6 次的判读误差均相等，即 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4 = \varepsilon_5 = \varepsilon_6 = \varepsilon$ ，设误差为均匀分布，又假定 $\varepsilon = 0.5\%$ ，则 $u_{41} =$

$u_{42} = u_{43} = u_{44} = u_{45} = u_{46} = 0.5 / \sqrt{3} = 0.289\%$ ，则数字示波器读数分辨力引入的不确定度分量 $u_4 = \sqrt{u_{41}^2 + u_{42}^2 + u_{43}^2 + u_{44}^2 + u_{45}^2 + u_{46}^2} = 0.7073\%$

C.2.3.4 测量重复性引入的相对标准不确定度分量 u_4

按照重复性测量要求对试验脉冲发生器负载脉冲上升时间 10ms 进行连续 10 次，结果如下表：

序号	1	2	3	4	5
示值 /ms	9.73	9.55	9.61	9.54	9.63

次数	6	7	8	9	10
示值 /ms	9.76	9.67	9.74	9.69	9.67
平均值 \bar{x}_n	9.68ms		标准差 s	0.088ms	

按贝塞尔公式计算 $u_4 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - x_a)^2}{(n-1)}} = 0.088\text{ms}$, 相对不确定度分量 $u_4 = 0.88\%$

C.2.4 合成标准不确定度

脉冲上升时间标准不确定度分量汇总见表 C.2。

表 C.2 脉冲上升时间标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	分布类型	置信因子	标准不确定度分量
数字示波器时间测量不准 u_1	均匀分布	$\sqrt{3}$	5.8×10^{-5} (忽略)
校准装置带宽 u_2	均匀分布	$\sqrt{3}$	7.1×10^{-8} (忽略)
数字示波器读数分辨力 u_3	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.707%
测量重复性 u_4	——	1	0.88%

以上各项不确定度分量相互独立不相关, 所以合成标准不确定度为:

$$u_{\text{crel}} = \sqrt{u_3^2 + u_4^2} = 1.13\%$$

C.2.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度 $U_{\text{rel}} = k u_{\text{crel}} = 2.3\%$ 。

C.3 试验脉冲发生器脉冲持续时间校准不确定度评定

C.3.1 测量方法

使用数字示波器和示波器电压探头直接测量试验脉冲的持续时间。

以使用数字示波器和示波器电压探头校准试验脉冲持续时间400ms为例进行不确定度评定。

C.3.2 不确定度来源

不确定度来源有以下3项:

- (1) 数字示波器时间间隔测量不准引入的相对标准不确定度分量 u_1 ;
- (2) 数字示波器读数分辨力引入的相对标准不确定度分量 u_2 ;
- (3) 测量重复性引入的相对标准不确定度分量 u_3 。

C.3.3 标准不确定的评定

C.3.3.1 数字示波器时间间隔测量不准引入的相对标准不确定度分量 u_1

数字示波器时间测量最大允许误差为: $\pm 1 \times 10^{-4}$, 设其服从均匀分布, 取置信因子 $k = \sqrt{3}$, 则其不确定度分量: $u_1 = 1 \times 10^{-4} / \sqrt{3} = 5.8 \times 10^{-5}$

C.3.3.2 数字示波器读数分辨力引入的相对标准不确定度分量 u_2

设读取脉冲幅度的 0% 和 100% 因光标测量分辨力相对误差分别为 ε_1 和 ε_2 , 读取脉冲幅度的 10% 和 90% 因光标测量分辨力相对误差分别为 ε_3 和 ε_4 , 读取脉冲幅度上升到 10% 和下降到 10% 对应的时间刻度时因光标测量分辨力相对误差分别为 ε_5 和 ε_6 ; 假设 6 次的判读误差均相等, 即 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4 = \varepsilon_5 = \varepsilon_6 = \varepsilon$, 设误差为均匀分布, 又假定 $\varepsilon = 0.5\%$, 则 $u_{41} = u_{42} = u_{43} = u_{44} = u_{45} = u_{46} = 0.5 / \sqrt{3} = 0.289\%$, 则数字示波器读数分辨力引入的不确定度分量 $u_4 = \sqrt{u_{41}^2 + u_{42}^2 + u_{43}^2 + u_{44}^2 + u_{45}^2 + u_{46}^2} = 0.7073\%$

C.3.3.3 测量重复性引入的相对标准不确定度分量 u_3

按照重复性测量要求对试验脉冲发生器脉冲持续时间 400ms 进行连续 10 次, 结果如下表:

序号	1	2	3	4	5
示值 /ms	397	395	398	395	396
序号	6	7	8	9	10
示值 /ms	398	396	397	396	396
平均值 \bar{x}_n	396.4ms		标准差 s	1.07ms	

按贝塞尔公式计算 $u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - x_a)^2}{(n-1)}} = 1.07\text{ms}$, 相对不确定度分量 $u_A = 0.27\%$

C.3.4 合成标准不确定度

脉冲持续时间标准不确定度分量汇总见表 C.3。

表 C.3 脉冲持续时间标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	分布类型	置信因子	标准不确定度分量
数字示波器时间测量不准 u_1	均匀分布	$\sqrt{3}$	5.8×10^{-5} (忽略)
数字示波器读数分辨力 u_2	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.707%
测量重复性 u_3	——	1	0.27%

以上各项不确定度分量相互独立不相关，所以合成标准不确定度为：

$$U_{\text{crel}} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.76\%$$

C.3.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U_{\text{rel}} = k u_{\text{crel}} = 1.6\%$ 。
