

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2178—2024

伏秒发生器校准规范

Calibration Specification for Volt-second Generators



2024-10-19 发布

2025-04-19 实施

国家市场监督管理总局 发布

伏秒发生器校准规范

Calibration Specification for

Volt-second Generators

JJF 2178—2024

归口单位：全国电磁计量技术委员会

主要起草单位：中国测试技术研究院

参加起草单位：浙江省计量科学研究院

湖南省计量检测研究院

陕西省计量科学研究院

福建省计量科学研究院

中国科学院物理研究所

本规范委托全国电磁计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

肖 鹏（中国测试技术研究院）

余晓曦（中国测试技术研究院）

参加起草人：

虞志书（浙江省计量科学研究院）

徐 昱（湖南省计量检测研究院）

汤元会（陕西省计量科学研究院）

董小龙（福建省计量科学研究院）

许志一（中国科学院物理研究所）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 输出电压	(1)
4.2 脉冲宽度	(1)
4.3 磁通量	(1)
5 校准条件	(1)
5.1 环境条件	(1)
5.2 测量标准及其他设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 校准项目	(2)
6.2 校准方法	(2)
7 校准结果表达	(4)
8 复校时间间隔	(4)
附录 A 磁通量校准不确定度评定示例	(5)
附录 B 校准原始记录格式	(8)
附录 C 校准证书内页格式	(10)

引 言

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》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。



伏秒发生器校准规范

1 范围

本规范适用于磁通量输出范围为 $0.1 \text{ mWb} \sim 10 \text{ Wb}$ 伏秒发生器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1013 磁学计量常用名词术语及定义

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

伏秒发生器是用来校准数字磁通计的仪器。伏秒发生器一般由微处理器、数模转换器（DAC）以及运算放大器等组成，其工作原理如图 1 所示。微处理器控制数模转换器（DAC）通过运算放大器输出标准幅度（ U ）和宽度（ T ）的电压脉冲信号，产生等量纲的磁通量。

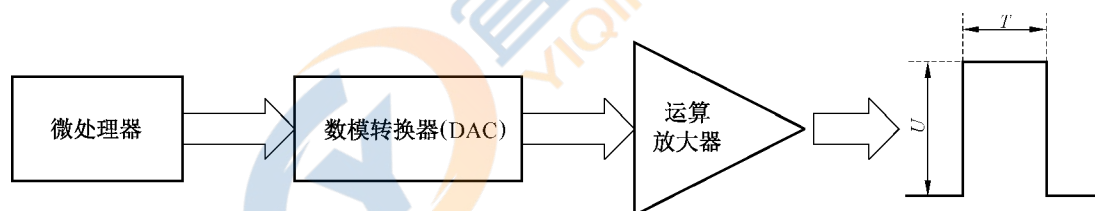


图 1 伏秒发生器原理示意图

4 计量特性

4.1 输出电压

输出幅值范围： $2 \text{ mV} \sim 2 \text{ V}$ ，最大允许误差： $\pm(0.01\% \sim 0.1\%)$ 。

4.2 脉冲宽度

脉冲宽度范围： $10 \text{ ms} \sim 10 \text{ s}$ ，最大允许误差： $\pm(0.002\% \sim 0.05\%)$ 。

4.3 磁通量

磁通量范围： $0.1 \text{ mWb} \sim 10 \text{ Wb}$ ，最大允许误差： $\pm(0.01\% \sim 0.2\%)$ 。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度： $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ；

环境相对湿度：不大于 75% ；

供电电源：(220±22) V，(50±1) Hz。

5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 直流电压表

测量范围应覆盖被校准伏秒发生器输出电压的范围，最大允许误差的绝对值应小于被校伏秒发生器输出电压最大允许误差绝对值的 1/3。

5.2.2 时间间隔测量仪

测量脉冲宽度的最大允许误差绝对值应小于被校伏秒发生器脉冲宽度最大允许误差绝对值的 1/10。也可使用具有时间间隔测量功能的通用计数器。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目一览表见表 1。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	输出电压	4.1	6.2.2
2	脉冲宽度	4.2	6.2.3
3	磁通量	4.3	6.2.4

6.2 校准方法

6.2.1 外观及工作正常性检查

检查被校伏秒发生器的外观及附件，外观应完好，无影响工作的机械损伤；不缺少影响正常工作的附件。

在进行伏秒发生器校准前，测量标准和被校伏秒发生器应当按说明书进行预热。

6.2.2 输出电压

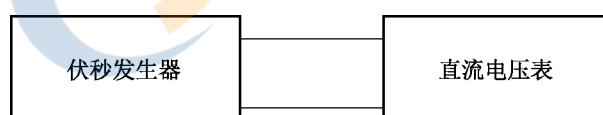


图 2 输出电压校准接线图

a) 按图 2 连接，设置伏秒发生器处于输出电压校准状态，对于有零位调节的伏秒发生器应先调零。

b) 对于输出电压为若干固定点的伏秒发生器，应对其每一点输出电压进行校准。对于输出电压连续可调的多量程伏秒发生器，一般应选择输出电压准确度最高的量程作为基本量程，其余量程作为非基本量程。基本量程一般均匀选择 3 个点，非基本量程选择量程的 20% 和 100%，也可以根据客户要求增加或减少校准点。

c) 根据选定的校准点设置输出电压 U_x ，记录直流电压表的测量值 U_0 。

d) 伏秒发生器输出电压示值误差按公式 (1) 计算。

$$\Delta U = U_x - U_0 \quad (1)$$

式中：

ΔU —— 伏秒发生器输出电压示值误差，V；

U_x ——伏秒发生器输出电压设定值，V；

U_0 ——直流电压表电压测量值，V。

e) 伏秒发生器输出电压相对示值误差按公式 (2) 计算。

$$\gamma_U = \frac{\Delta U}{U_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

γ_U ——伏秒发生器输出电压相对示值误差。

6.2.3 脉冲宽度

a) 对于脉冲宽度为若干固定点的伏秒发生器，应对其每一点脉冲宽度进行校准。对于脉冲宽度任意设置的伏秒发生器，一般应选择包含脉冲宽度上限和下限的 4 个点，并使校准点在输出范围内均匀分布，也可以根据客户要求增加或减少校准点。

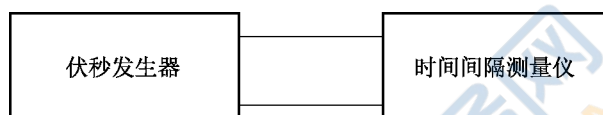


图 3 校准脉冲宽度接线图

b) 按图 3 连接，设置伏秒发生器为正常输出脉冲状态，设定输出电压幅度为基本量程的满量程点 U_F ，根据选定的校准点设置脉冲宽度 T_x 。时间间隔测量仪设置为脉冲宽度测量模式，触发阈值设置为 $U_F/2$ 。启动伏秒发生器输出脉冲，记录时间间隔测量仪测量值 T_0 。

c) 按公式 (3) 计算伏秒发生器输出脉冲宽度示值误差。

$$\Delta T = T_x - T_0 \quad (3)$$

式中：

ΔT ——伏秒发生器脉冲宽度示值误差，s；

T_x ——伏秒发生器脉冲宽度设定值，s；

T_0 ——时间间隔测量仪测量值，s。

d) 伏秒发生器脉冲宽度相对示值误差按公式 (4) 计算。

$$\gamma_T = \frac{\Delta T}{T_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

γ_T ——伏秒发生器脉冲宽度相对示值误差。

6.2.4 磁通量

a) 依据 6.2.3 选定的输出电压校准点 U_x 和 6.2.4 选定的脉冲宽度校准点 T_x ，按公式 (5) 计算伏秒发生器磁通量设定值。

$$\Phi_x = U_x T_x \quad (5)$$

式中：

Φ_x ——伏秒发生器磁通量设定值，Wb。

b) 依据 6.2.3 输出电压测量值 U_0 和 6.2.4 脉冲宽度测量值 T_0 ，按公式 (6) 计算伏秒发生器磁通量测量值。

$$\Phi_0 = U_0 T_0 \quad (6)$$

式中：

Φ_0 ——伏秒发生器磁通量测量值，Wb。

c) 伏秒发生器磁通量的示值误差按公式 (7) 计算。

$$\Delta\Phi = \Phi_x - \Phi_0 \quad (7)$$

式中：

$\Delta\Phi$ ——伏秒发生器磁通量示值误差，Wb。

d) 伏秒发生器磁通量的相对示值误差按公式 (8) 计算。

$$\gamma_\Phi = \frac{\Delta\Phi}{\Phi_0} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

γ_Φ ——伏秒发生器磁通量相对示值误差。

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）应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“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) 证书或报告的唯一性标识（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或应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
 - 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) 校准证书和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。
- 校准原始记录格式见附录 B，校准证书内页格式见附录 C。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 12 个月。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

磁通量校准不确定度评定示例

A.1 概述

根据 JJF 1059.1 规定的方法，在伏秒发生器输出电压幅度为 1 V、脉冲宽度为 1 s 的条件下，对输出 1 Wb 磁通量的校准结果进行测量不确定度评定。

A.2 测量模型

$$\Phi_0 = U_0 T_0 \quad (\text{A.1})$$

式中：

Φ_0 ——伏秒发生器磁通量测量值，Wb；

U_0 ——直流电压表电压测量值，V；

T_0 ——时间间隔测量仪测量值，s。

A.3 测量不确定度的主要来源

磁通量测量不确定度的主要来源包括：

a) 由测量重复性引入的标准不确定度 u_0 ；

b) 由测量输出电压引入的标准不确定度 u_1 ；

c) 由测量脉冲宽度引入的标准不确定度 u_2 。

各输入量的不确定度之间不相关时，合成标准不确定度的计算公式为 (A.2)。

$$u = \sqrt{u_0^2 + c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2} \quad (\text{A.2})$$

式中灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \Phi_0}{\partial U_0} = T_0$$

$$c_2 = \frac{\partial \Phi_0}{\partial T_0} = U_0$$

A.4 各分量的标准不确定度评定

A.4.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_0

测量重复性数据见表 A.1。

磁通量的测量重复性不确定度由实验标准差来表示，根据表 A.1 中的数据，磁通量连续测量 10 次磁通量的实验标准偏差为：

$$s = 1.1 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

由测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u_0 = s = 1.1 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

表 A.1 输出 1 Wb 点测量重复性数据

测量次数	磁通量测量值/Wb
第 1 次	0.999 943 1
第 2 次	0.999 943 5

表 A.1 (续)

测量次数	磁通量测量值/Wb
第 3 次	0.999 944 9
第 4 次	0.999 943 8
第 5 次	0.999 942 0
第 6 次	0.999 942 4
第 7 次	0.999 942 4
第 8 次	0.999 942 4
第 9 次	0.999 941 6
第 10 次	0.999 941 5
平均值 $\overline{\Phi_0}$	0.999 942 8

A.4.2 测量输出电压引入的标准不确定度 u_1

根据电压表的技术指标,在该点电压的最大允许误差为:

$$\pm(1 \times 10^{-5} \times 0.999\ 947\ 3 + 3 \times 10^{-6} \times 1)\text{ V} \approx \pm 1.3 \times 10^{-5}\text{ V}$$

分散区间的半宽度为 $a = 1.3 \times 10^{-5}\text{ V}$, 为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则测量输出电压引入的标准不确定度为:

$$u_1 = \frac{a}{k} = \frac{1.3 \times 10^{-5}\text{ V}}{\sqrt{3}} \approx 7.6 \times 10^{-6}\text{ V}$$

A.4.3 测量脉冲宽度引入的标准不确定度 u_2

根据通用计数器的技术指标,该点脉冲宽度的最大允许误差为:

$$\pm(5.0 \times 10^{-11} \times 0.999\ 995\ 594)\text{ s} \approx \pm 5.0 \times 10^{-11}\text{ s}$$

分散区间的半宽度为 $a = 5.0 \times 10^{-11}\text{ s}$, 为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则脉冲宽度测量引入的标准不确定度为:

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{5.0 \times 10^{-11}\text{ s}}{\sqrt{3}} \approx 2.9 \times 10^{-11}\text{ s}$$

A.4.4 不确定度分量汇总表

不确定度分量见表 A.2。

表 A.2 不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度		灵敏系数 c_i	不确定度分量 Wb
	符号	数值		
测量重复性	u_0	$1.1 \times 10^{-6}\text{ Wb}$	1	1.1×10^{-6}
输出电压	u_1	$7.6 \times 10^{-6}\text{ V}$	0.999 995 594 s	7.6×10^{-6}
脉冲宽度	u_2	$2.9 \times 10^{-11}\text{ s}$	0.999 947 3 V	2.9×10^{-11}

A.5 合成标准不确定度的计算

由于各输入量的不确定度之间不相关,所以伏秒发生器输出的磁通量的合成标准不

确定度：

$$u_c = \sqrt{u_0^2 + c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2} = 7.7 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

A.6 扩展不确定度的确定

伏秒发生器输出的磁通量的扩展不确定度：

$$U = k \times u_c$$

式中：

k ——包含因子。

取 $k=2$ ，则磁通量的扩展不确定度：

$$U = k \times u_c \approx 1.6 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

其相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = \frac{U}{\Phi_0} = 1.6 \times 10^{-5}$$



附录 B

校准原始记录格式

证书编号：

伏秒发生器校准结果记录

送校仪器信息：				
委托单号		送校单位		
名称		制造单位		
型号/规格		出厂编号		
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	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

证书编号：
伏秒发生器校准结果记录

1. 外观及工作正常性检查

项目	结果
外观	
工作正常性	

2. 输出电压

设定值 U_x/V	测量值 U_0/V	示值误差 $\Delta U/V$	相对示值误差 $\gamma_U/\%$	测量值的不确定度 $U(k=2)$

3. 脉冲宽度

设定值 T_x/s	测量值 T_0/s	示值误差 $\Delta T/s$	相对示值误差 $\gamma_T/\%$	测量值的不确定度 $U(k=2)$

4. 磁通量

设定值 Φ_x/Wb	输出电压 设定值 U_x/V	脉冲宽度 设定值 T_x/s	测量值 Φ_0/Wb	示值误差 $\Delta \Phi/Wb$	相对示 值误差 $\gamma_\Phi/\%$	测量值的不确定度 $U_{rel}(k=2)$

校准员： 核验员： 校准日期： 年 月 日

附录 C

校准证书内页格式

证书编号 ××××××-××××

<校准机构授权说明>				
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF 1059.1 的要求。				
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	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

证书编号 ××××××-××××
校 准 结 果

1. 输出电压

设定值 U_x/V	测量值 U_0/V	示值误差 $\Delta U/\text{V}$	相对示值误差 $\gamma_U/\%$	测量值的不确定度 $U(k=2)$

2. 脉冲宽度

设定值 T_x/s	测量值 T_0/s	示值误差 $\Delta T/\text{s}$	相对示值误差 $\gamma_T/\%$	测量值的不确定度 $U(k=2)$

3. 磁通量

设定值 Φ_x/Wb	输出电压 设定值 U_x/V	脉冲宽度 设定值 T_x/s	测量值 Φ_0/Wb	示值误差 $\Delta\Phi/\text{Wb}$	相对示 值误差 $\gamma_\Phi/\%$	测量值的 不确定度 $U_{\text{rel}}(k=2)$

说明：根据客户要求和校准文件的规定，通常情况下 12 个月校准一次。

- 声明：
- 1 仅对加盖“×××××校准专用章”的完整证书负责。
 - 2 本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。

校 准 员： 核 验 员：