



# 江苏省地方计量技术规范

JJF（苏）XX—20XX

## 数字式直流电参数测量仪校准规范

Calibration Specification for Digital DC Electrical Parameters Meters

（报批稿）

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

江苏省市场监督管理局 发布

# 数字式直流电参数测量仪 校准规范

Calibration Specification for

Digital DC Electrical Parameters Meters

JJF(苏)xxx — 20xx

本规范经江苏省市场监督管理局于 xxxx 年 xx 月 xx 日批准，并自 xxxx 年 xx 月 xx 日起施行。

归口单位：江苏省电磁计量专业技术委员会  
主要起草单位：苏州市计量测试院

本规范委托江苏省电磁计量专业技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

董雅顺（苏州市计量测试院）

祁 丹（苏州市计量测试院）

杨 毅（苏州市计量测试院）

# 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
5 校准条件 .....	3
5.1 环境条件 .....	3
5.2 测量标准及其他设备 .....	3
6 校准项目和校准方法 .....	3
6.1 校准项目 .....	3
6.2 校准方法 .....	3
6.2.1 校准前检查 .....	3
6.2.2 直流电压 .....	4
6.2.3 直流电流 .....	5
6.2.4 直流功率 .....	7
7 校准结果表达 .....	10
8 复校时间间隔 .....	11
附录 A 测量不确定度评定示例 .....	12
附录 B 校准原始记录格式 .....	15
附录 C 校准证书内页格式 .....	17
附录 D 直流电子负载法校准直流功率示值误差 .....	20

# 引 言

本规范依据国家计量技术规范 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》编制。

本规范为首次发布。

# 数字式直流电参数测量仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于测量电压不大于 1000V，测量电流不大于 2000A 的数字式直流电参数测量仪（以下简称测量仪）、多功能数字显示测量仪表的直流电参数部分的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1587—2016 数字多用表校准规范

JJG 1069—2011 直流分流器检定规程

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

数字式直流电参数测量仪的原理是利用电压和电流采样单元将测得的直流电压和直流电流信号，送入乘法器进行相乘，再将信号经过模数转换，输入控制单元经显示单元进行显示。按电流的接入方式分为直接接入式直流电参数测量仪和间接接入式直流电参数测量仪两种。直接接入式直流电参数测量仪为电压及电流的测量单元直接接入被测线路的数字式直流电参数测量仪；间接接入式直流电参数测量仪为电流经过一个或多个传感器接入被测线路的数字式直流电参数测量仪，传感器可以为直流分流器，霍尔电流线圈等。

数字式直流电参数测量仪主要使用于电池性能测量、直流电动机测试、光伏发电、电动汽车充电桩等场合。

直接接入式直流电参数测量仪的测量原理如图1所示。

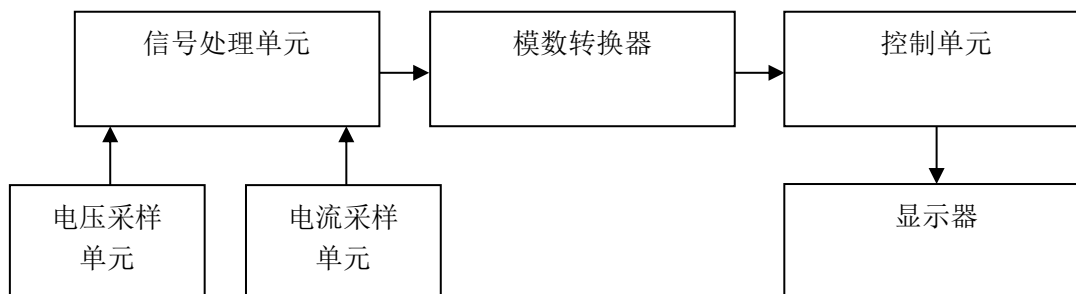


图1 直接接入式直流电参数测量仪原理图

间接接入式直流电参数测量仪的测量原理如图2所示。

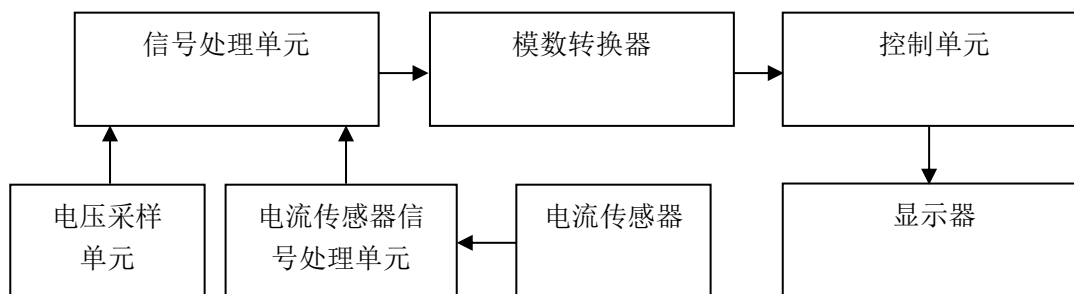


图2 间接接入式直流电参数测量仪原理图

#### 4 计量特性

数字式直流电参数测量仪的直流电压、直流电流、直流功率的最大允许误差可用公式（1）和公式（2）两种表示方式：

$$\Delta = \pm (a\%X_x + b\%X_m) \quad (1)$$

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_x} = \pm \left( a\% + b\% \frac{X_m}{X_x} \right) \quad (2)$$

式中：

$X_x$ ——测量仪的读数值；

$X_m$ ——测量仪的量程值；

$a$ ——与读数值有关的误差系数；

$b$ ——与量程值有关的误差系数；

$\Delta$ ——用绝对误差的形式表示的最大允许误差；

$\gamma$ ——用相对误差的形式表示的最大允许误差。

$a$  和  $b$  一般应满足  $a \geq 4b$ 。

直接接入式直流电参数测量仪的测量范围和最大允许误差见表 1。

表 1 直接接入式直流电参数测量仪测量范围和最大允许误差

测量参数	测量范围	最大允许误差
直流电压	1V~1000V	±0.05%及以下
直流电流	10mA~100A	±0.05%及以下
直流功率	10mW~100kW	±0.05%及以下

间接接入式直流电参数测量仪的测量范围和最大允许误差见表 2。

表 2 间接接入式直流电参数测量仪测量范围和最大允许误差

测量参数	测量范围	最大允许误差
直流电压	1V~1000V	±0.05%及以下
直流电流	20A~2000A	±0.05%及以下
直流功率	20W~2000kW	±0.05%及以下

注：以上技术指标不作合格性判定，仅供参考。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

环境温度： $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ；

相对湿度： $(55 \pm 20) \%$ ；

供电电源：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

5.2.1 校准时所需的测量标准和校准方法见表 3，可根据实际需求选择。

表 3 校准各参数的设备

序号	测量标准	校准方法
1	直流标准源（直流标准电压源、直流标准电流源、直流标准功率源）	标准源法
2	直流电压源、直流电流源	标准表法
3	直流标准表（直流标准电压表、直流标准电流表、直流标准功率表）	标准表法
4	标准分流器	标准表法
5	直流电子负载	标准表法
6	直流稳定电源	标准表法

5.2.2 测量标准应使用能覆盖被检测量仪测量范围的设备，可以选用单台设备或组合设备。

5.2.3 标准器、辅助设备及环境条件等引起的扩展不确定度（ $k=2$ ）应小于被校测量仪最大允许误差绝对值的  $1/3$ 。

5.2.4 直流标准源、直流电源在 30s 内的输出稳定性和调节细度应小于被检测量仪最大允许误差绝对值的  $1/10$ 。

5.2.5 使用的标准器均应有良好的屏蔽和接地功能，以减小外接的干扰。电压回路和电流回路的公共端应为零电位。

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

直流电参数测量仪的校准项目见表 4。

表 4 校准项目

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	直流电压	4	6.2.2
2	直流电流	4	6.2.3
3	直流功率	4	6.2.4

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 校准前检查

##### 6.2.1.1 外观检查



被校测量仪不应有影响正常工作的机械损伤，各种按键开关应安装牢固，通电以后显示屏、各种开关、按钮和指示灯应工作正常。

#### 6.2.1.2 通电检查

按说明书要求进行预热以后，输入电压电流信号，应能清晰的显示所测数据，无叠字、断字等现象。

#### 6.2.2 直流电压

6.2.2.1 测量仪选取准确度最高的电压量程作为基本量程，在电压基本量程内均匀选取不少于 5 个电压校准点（包括满量程点），非基本量程选取 2~3 个校准点，包括满量程点，对测量仪的电压示值误差进行校准。

#### 6.2.2.2 标准源法

a) 接线如图 3 所示的部分。

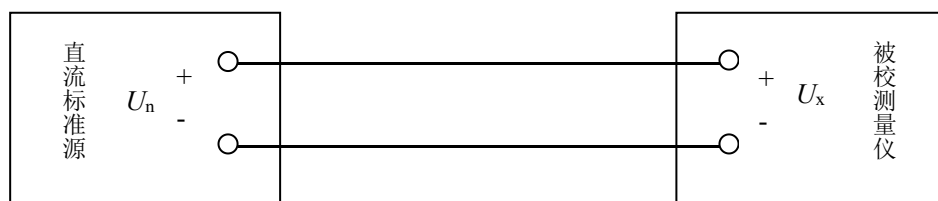


图 3 直流标准源法电压接线图

b) 调节直流标准源电压输出至校准点  $U_n$ ，被校测量仪电压示值为  $U_x$ ，则被校测量仪电压的示值误差  $\Delta_U$  为：

$$\Delta_U = U_x - U_n \quad (3)$$

相对误差  $\gamma_U$  为：

$$\gamma_U = \frac{U_x - U_n}{U_n} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

$\Delta_U$ ——被校测量仪直流电压示值误差，V；

$U_x$ ——被校测量仪直流电压示值，V；

$U_n$ ——直流电压标准值，V；

$\gamma_U$ ——被校测量仪直流电压相对误差，%。

#### 6.2.2.3 标准表法

a) 接线如图 4 所示。

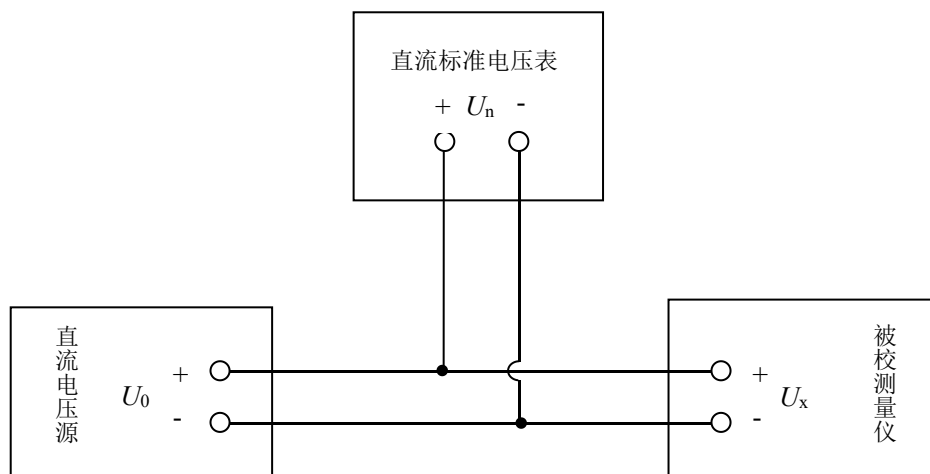


图4 直流标准表法电压接线图

b) 调节直流电压源的电压输出至校准点, 标准电压表的显示值为 $U_n$ , 被校测量仪电压示值为 $U_x$ , 则被校测量仪电压的示值误差按式(3)计算, 相对误差按式(4)计算。

### 6.2.3 直流电流

6.2.3.1 测量仪选取准确度最高的电流量程作为基本量程, 在电流基本量程内均匀选取不少于5个电流校准点(包括满量程点), 非基本量程选取2~3个校准点, 包括满量程点, 对测量仪的电流示值误差进行校准。

6.2.3.2 直接接入式的测量仪可以采用标准源法或标准表法对电流的示值误差进行校准, 间接接入式测量仪推荐采用标准表法进行校准。

#### 6.2.3.3 标准源法

a) 接线如图5所示。

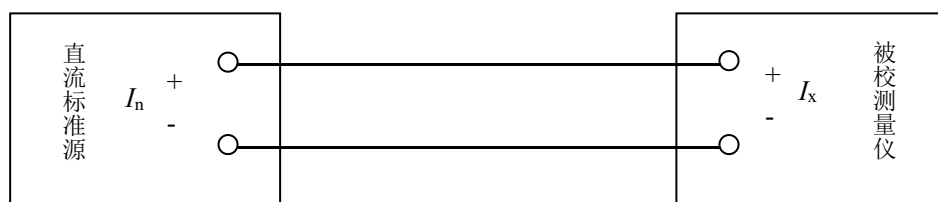


图5 直流标准源法电流接线图

b) 调节直流标准源电流输出至校准点 $I_n$ , 被校测试量电流示值为 $I_x$ , 则被校测量仪电流的示值误差 $\Delta_I$ 为:

$$\Delta_I = I_x - I_n \quad (5)$$

相对误差 $\gamma_I$ 为:

$$\gamma_I = \frac{I_x - I_n}{I_n} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

$\Delta_I$ ——被校测量仪直流电流示值误差, A;

$I_x$ ——被校测量仪直流电流示值, A;

$I_n$ ——直流电流标准值, A;

$\gamma_I$ ——被校测量仪直流电流相对误差, %。

#### 6.2.3.4 标准表法

a) 接线如图 6 所示。

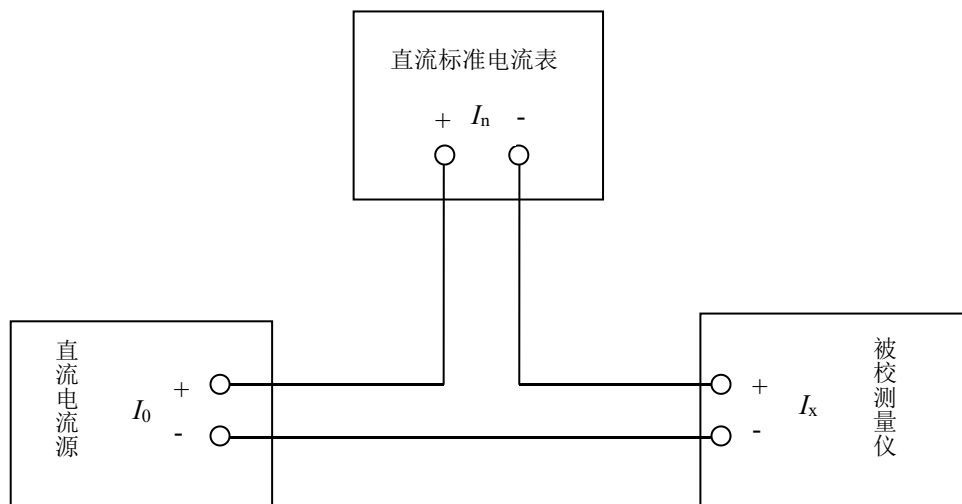


图 6 直流标准表法电流接线图

b) 调节直流电流源的电流输出至校准点, 标准电流表的显示值为  $I_n$ , 被校测量仪电流示值为  $I_x$ , 则被校测量仪电流的示值误差按式 (5) 计算, 相对误差按式 (6) 计算。

c) 校准间接接入式测量仪可选用直流大功率电流源作为输出源, 标准电流表可选用直接测量的电流表 (如图 7 所示), 也可选用标准分流器与直流标准电压表组合 (如图 8 所示)。

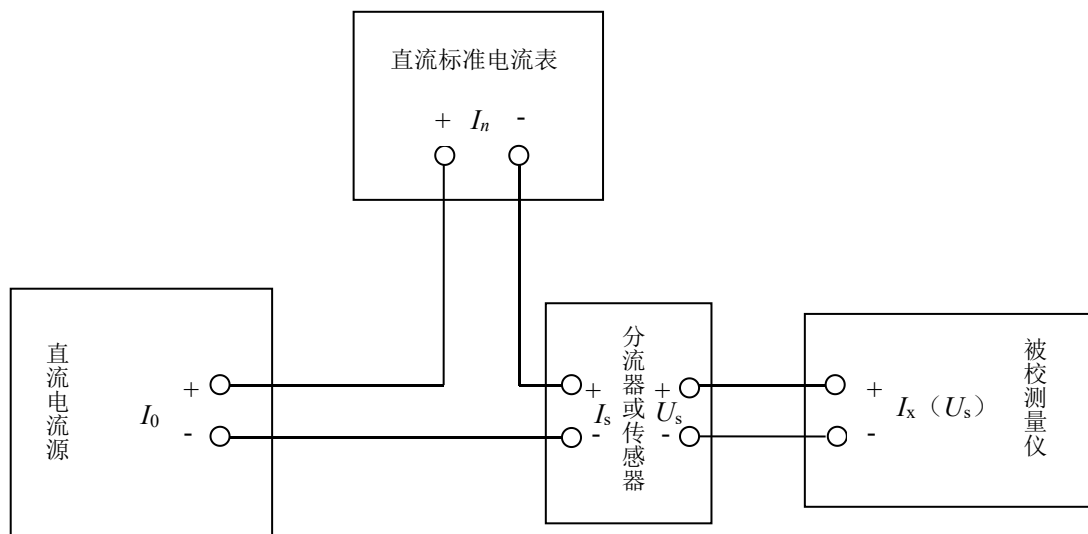


图 7 间接接入式测量仪直流电流标准表法接线图

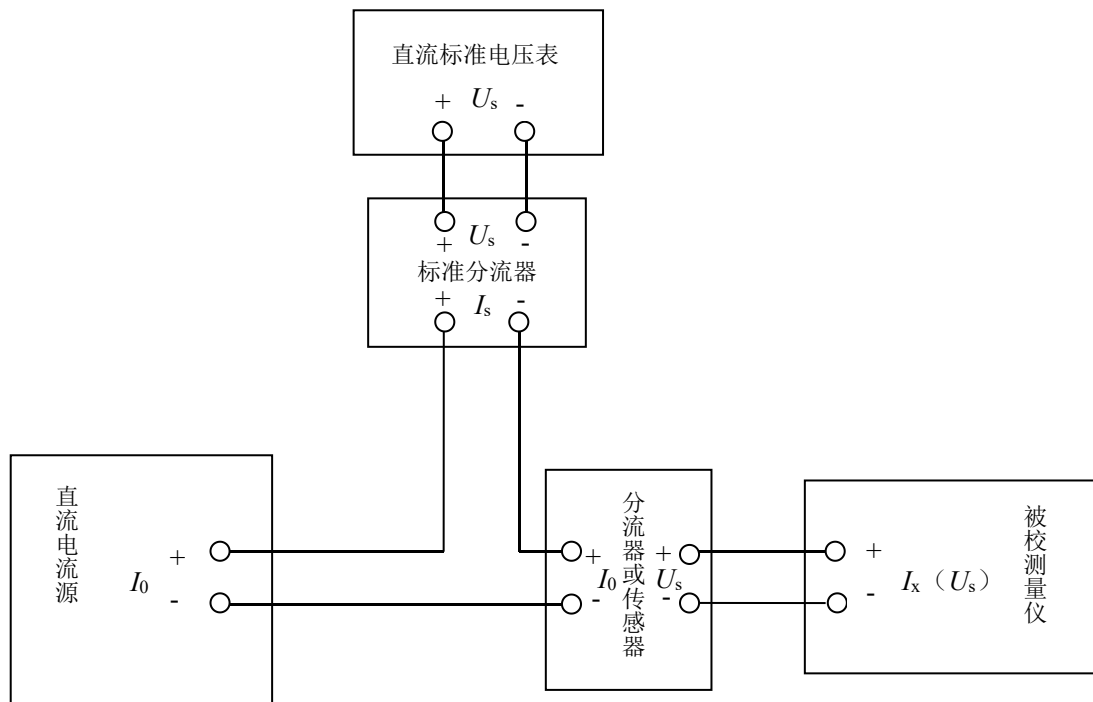


图 8 间接接入式测量仪标准分流器与直流标准电压表组合法接线图

#### 6.2.4 直流功率

6.2.4.1 测量仪选取准确度最高的电压量程作为基本量程,选取准确度最高的电流量程作为基本量程,两者组合作为功率的基本量程,其余电压、电流量程的组合作为功率的非基本量程。在电压基本量程内均匀选取不少于 3 个点(包括满量程点)与电流基本量程满量程点组合,在电流基本量程内均匀选取不少于 3 个点(包括满量程点)与电压基本量程满量程点组合,作为功率基本量程的校准点。功率非基本量程选取一个点(电压非基本量程满量程点和电流非基本量程满量程点组合),对测量仪的功率示值误差进行校准。

#### 6.2.4.2 标准源法

a) 接线如图 9 所示。

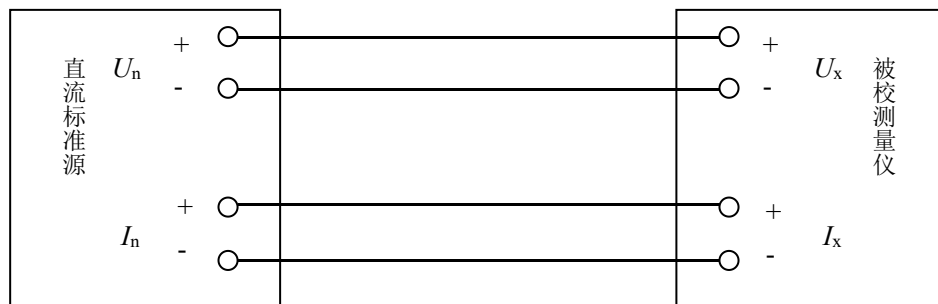


图 9 直流标准源法功率接线图

b) 调节直流标准源电压输出至选定点 $U_n$ ，调节直流标准源电流输出至选定点 $I_n$ ，使输出功率到校准点 $P_n$ ，被校测量仪功率示值为 $P_x$ ，则被校测量仪功率的示值误差 $\Delta_P$ 为：

$$\Delta_P = P_x - P_n \quad (7)$$

相对误差 $\gamma_P$ 为：

$$\gamma_P = \frac{P_x - P_n}{P_n} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

$\Delta_P$ ——被校测量仪直流功率示值误差，W；

$P_x$ ——被校测量仪直流功率示值，W；

$P_n$ ——直流功率标准值，W；

$\gamma_P$ ——被校测量仪直流功率相对误差，%。

c) 如果直流标准源为直流标准电压源和直流标准电流源组合形式，接线如图 10 所示则被校测量仪功率的示值误差 $\Delta_P$ 为：

$$\Delta_P = P_x - U_n I_n \quad (9)$$

相对误差 $\gamma_P$ 为：

$$\gamma_P = \frac{P_x - U_n I_n}{U_n I_n} \times 100\% \quad (10)$$

式中：

$\Delta_P$ ——被校测量仪直流功率示值误差，W；

$P_x$ ——被校测量仪直流功率示值，W；

$U_n$ ——直流电压标准值，W；

$I_n$ ——直流电流标准值，W；

$\gamma_P$ ——被校测量仪直流功率相对误差，%。

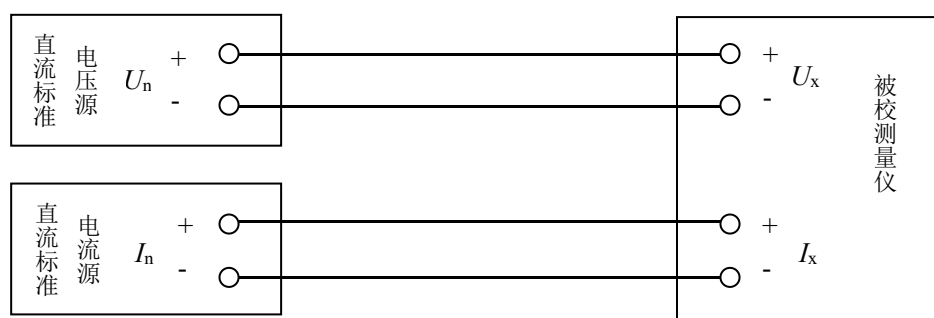


图 10 直流标准电压、电流源组合法功率接线图

## 6.2.4.3 标准表法

a) 接线如图 11 所示

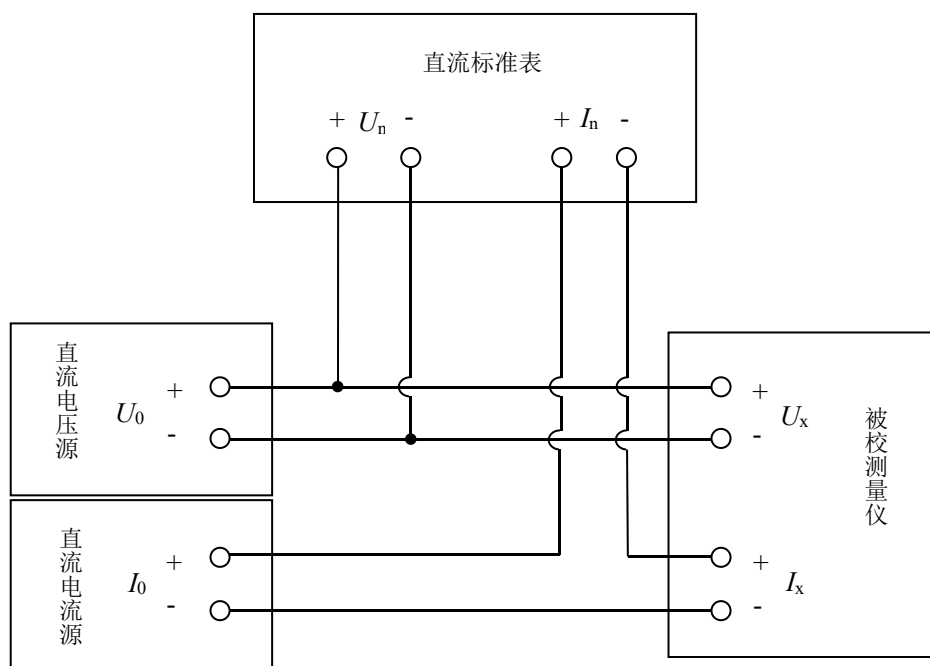


图 11 直流标准表法功率接线图

b) 调节直流电压源的电压输出和直流电流源的电流输出，使输出功率至校准点，标准功率表的显示值为 $P_n$ ，被校测量仪功率示值为 $P_x$ ，则被校测量仪功率的示值误差按式(7)计算，相对误差按式(8)计算。

c) 如果标准表为标准电压表和标准电流表组合形式，则调节直流电压源的电压输出和直流电流源的电流输出，使输出功率至校准点，此时标准电压表的显示值为 $U_n$ ，标准电流表的显示值为 $I_n$ ，按公式(9)(10)计算功率的示值误差和相对误差。

d) 校准间接接入式测量仪的输出源可采用直流电压源和直流大功率电流源组合，标准表可采用标准功率表或标准分流器与标准电压表组合的方式(如图 12 所示)，再按上述方式进行校准。

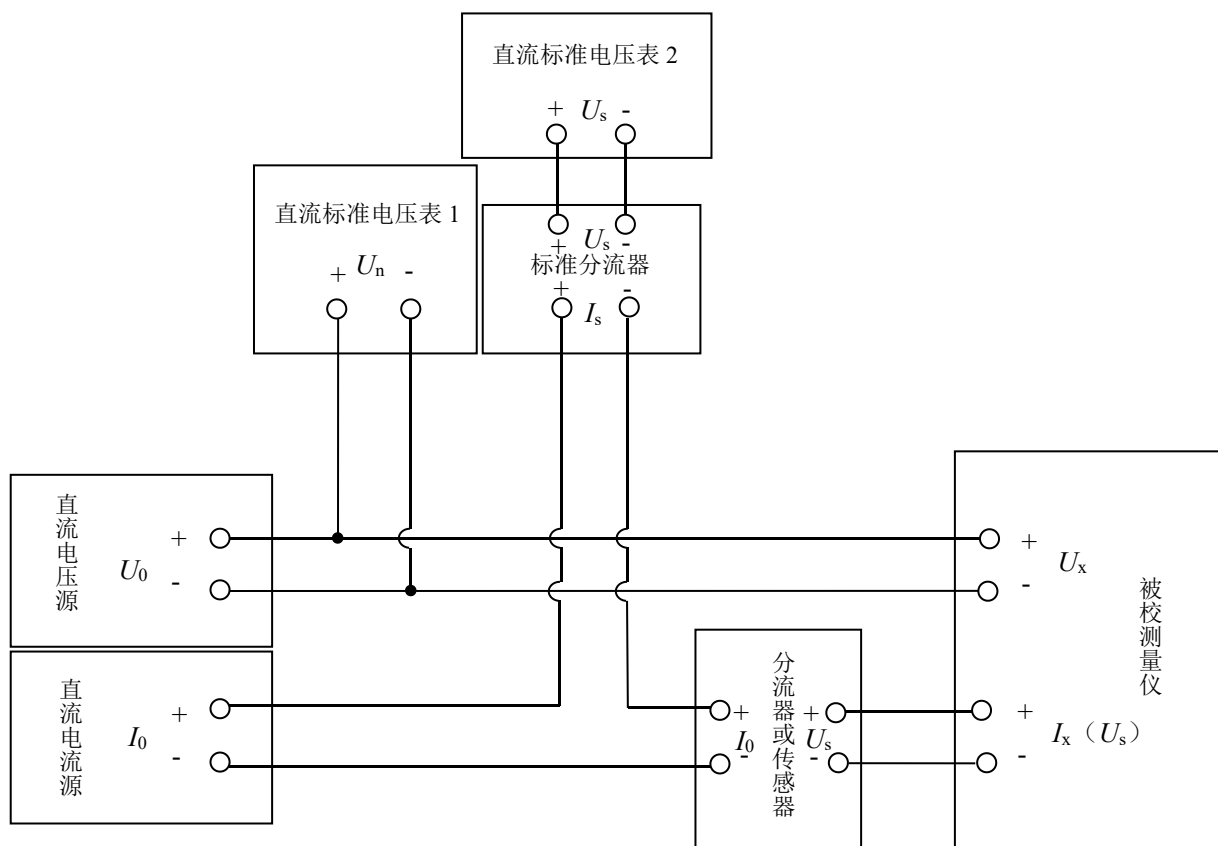


图 12 标准分流器与直流标准电压表组合功率接线图

6.2.4.4 校准测量仪功率示值误差时，也可采用满足本规范 5.2 的其他方法。如附录 D 直流电子负载法校准直流功率示值误差。

## 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：

- 标题，如“校准证书”；
- 实验室名称和地址；
- 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 客户的名称和地址；
- 被校对象的描述和明确标识；
- 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；
- 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；
- 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- 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。

校准原始记录格式见附录 B, 校准证书(报告)内页格式见附录 C。

## 8 复校时间间隔

复校时间间隔是由仪器的使用情况、仪器本身质量等诸因素所决定的, 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。

建议复校时间间隔为 1 年。



## 附录 A 测量不确定度评定示例

## 测量不确定度评定示例

## 数字式直流电参数测量仪直流功率测量结果不确定度评定

## A.1 概述

环境条件：21.3℃，相对湿度：45%；

测量标准：标准功率源；

被测对象：直接接入式直流电参数测量仪；

测量方法：以直流功率 1000W 为例，采用标准源法直接测量。标准功率源输出标准直流功率  $P_n$ ，记录被校直流功率测量仪的功率示值  $P_x$ 。计算被校直流功率测量仪功率的示值误差  $\Delta_p$ 。

## A.2 测量模型

$$\Delta_p = P_x - P_n$$

式中：

$\Delta_p$ ——被校测量仪直流功率示值误差，W；

$P_x$ ——被校测量仪直流功率示值，W；

$P_n$ ——直流功率标准值，W；

## A.3 不确定度来源：

在校准过程中，根据被校测量仪和标准功率源的说明书可知，校准环境温度均满足两者的正常工作条件，所以温度影响量可以忽略。由环境湿度、大气压力、导线发热、人为因素所带来的不确定度均远小于以下所列的不确定度分量，均可忽略，综合考虑后，不确定度来源如下

1) 被校测量仪引入的不确定度  $u_x$ 

A. 测量重复性引入的不确定度  $u_{x1}$ ；

B. 分辨力引入的不确定度  $u_{x2}$ ；

2) 直流标准功率源引入的不确定度  $u_n$ ；

## A.4 不确定度分量的评定

1) 被校测量仪引入的不确定度  $u_x$ 

A. 测量重复性引入的不确定度  $u_{x1}$

采用 A 类方法评定。标准直流功率源选择合适的输出电压和电流，使实际输出功率为 1000W，选择被校测量仪在合适的电压和电流量程，使其测量准确度达到最佳，在相同的环境条件下进行十次测量，数据如下

次数 (n)	$P_x$ (W)
1	1001.1
2	1001.2
3	1001.1
4	1001.2
5	1001.1
6	1001.1
7	1001.1
8	1001.1
9	1001.2
10	1001.1
$\overline{P_x}$	1001.13

通过贝塞尔公式将 10 组数据代入, 计算可得  
单次测量的标准差

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \approx 0.049W$$

$$u_{x1} = s = 0.049W$$

B. 分辨力引入的不确定度  $u_{x2}$

采用 B 类方法评定。被校测量仪在直流功率 1000W 点的分辨力为 0.1W, 在此区间服从均匀分布, 包含因子  $k=\sqrt{3}$ , 区间半宽  $a=0.05W$ , 则  $u_{x2}$  为:

$$u_{x2} = \frac{a}{k} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029W$$

被校测量仪引入的两个不确定度分量存在重复, 故取其中的大者作为被校测量仪引入的标准不确定度, 即

$$u_x = 0.049W$$

2) 直流标准功率源引入的不确定度  $u_N$

采用 B 类方法评定。直流标准功率源输出 1000W 时, 电压输出为 200V, 电流输出为 5A。此时电压量程为 300V, 其测量不确定度为  $60 \times 10^{-6} \times 200 + 40 \times 10^{-6} \times 300 = 0.024V$ , 相对测量不确定度为  $0.024V/200V = 1.2 \times 10^{-4}$ ; 此时电流量程为 10A, 其测量不确定度为  $60 \times 10^{-6} \times 5 + 40 \times 10^{-6} \times 10 = 0.0007A$ , 相对测量不确定度为  $0.0007A/5A = 1.4 \times 10^{-4}$ ; 根据标准功率源的说明书, 此时功率的测量不确定度应是电压和电流相对不确定度几何相加, 功率的相对测量不确定度为  $2.6 \times 10^{-4}$ , 故功率的不确定度

$$u_N = 2.6 \times 10^{-4} \times 1000 = 0.26W$$

A.5 合成标准不确定度

A.5.1 灵敏系数

由测量模型  $\Delta P = P_x - P_n$ , 可求得灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta_P}{\partial P_x} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta_P}{\partial P_n} = -1$$

表 A1 直流功率示值误差测量结果不确定度分量汇总表

序号	不确定度类别	$u_i$	灵敏系数 $c_i$	$ c_i u_i$
$u_x$	A 类标准不确定度	0.049W	1	0.049W
$u_N$	B 类标准不确定度	0.26W	-1	0.26W

输入量彼此并不相关，所以合成标准不确定度按下式计算：

$$u_c = \sqrt{(c_1 u_x)^2 + (c_2 u_N)^2} \approx 0.27W$$

取包含因子 $k = 2$ ，扩展不确定度 $U$ ：

$$U = k u_c = 0.54W$$

相对扩展不确定度： $U_{rel}$ ：

$$U_{rel} = \frac{U}{P_n} \times 100\% = \frac{0.54W}{1000W} \times 100\% \approx 0.06\%$$

## 附录 B 校准原始记录格式

## 数字式直流电参数测量仪校准原始记录格式

证书编号：

委托校准单位：		
委托校准单位地址：		
仪器名称：	型号规格：	准确度等级：
制造单位：		
出厂编号：	设备编号：	仪器状况：

校准所使用的技术依据：

技术依据	JJF (苏) xxx-xxxx 《数字式直流电参数测量仪校准规范》
------	------------------------------------

校准所使用的主要计量器具：

名 称	型 号	准确度等级、最大允许误差或不确定度	仪器编号	检/校单位	证书号

校准地点、环境条件

地点：	温度：	相对湿度：
-----	-----	-------

观察结果、数据及计算处理：

1. 外观及通电检查：\_\_\_\_\_

2. 直流电压的校准：

量程 (V)	标准值 (V)	显示值 (V)	测量结果不确定度 (V)

## 3. 直流电流的校准:

量程 (A)	标准值 (A)	显示值 (A)	测量结果不确定度 (A)

## 4. 直流功率的校准:

量程 (V/A)	设定值		标准值 (W)	显示值 (W)	测量结果不确定度 (W)
	电压 (V)	电流 (A)			

校准人员: \_\_\_\_\_ 核验人员: \_\_\_\_\_ 校准日期: \_\_\_\_\_

## 附录 C 校准证书内页格式

## 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):				
校准所使用的主要标准器:				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	检定/校准证书 编号	证书有效期至

注:

- 1.xxxxx 仅对加盖“xxxxx 校准证书专用章”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

校准结果/说明

1. 外观及通电检查：

2. 直流电压的校准：

量程（V）	标准值（V）	显示值（V）	测量结果不确定度（V）

3. 直流电流的校准：

量程（A）	标准值（A）	显示值（A）	测量结果不确定度（A）

4. 直流功率的校准：

量程（V/A）	设定值		标准值（W）	显示值（W）	测量结果不确定度（W）
	电压（V）	电流（A）			

校准员：

核验员：



## 附录 D 直流电子负载法校准直流功率示值误差

## 直流电子负载法校准直流功率示值误差

D.1 此方法为标准表法的另一种形式,适用于校准机构不具备直流电流源的情况,使用直流稳定电源与直流电子负载组合的方式进行直流功率示值误差的校准,接线图如图 D.1 所示。

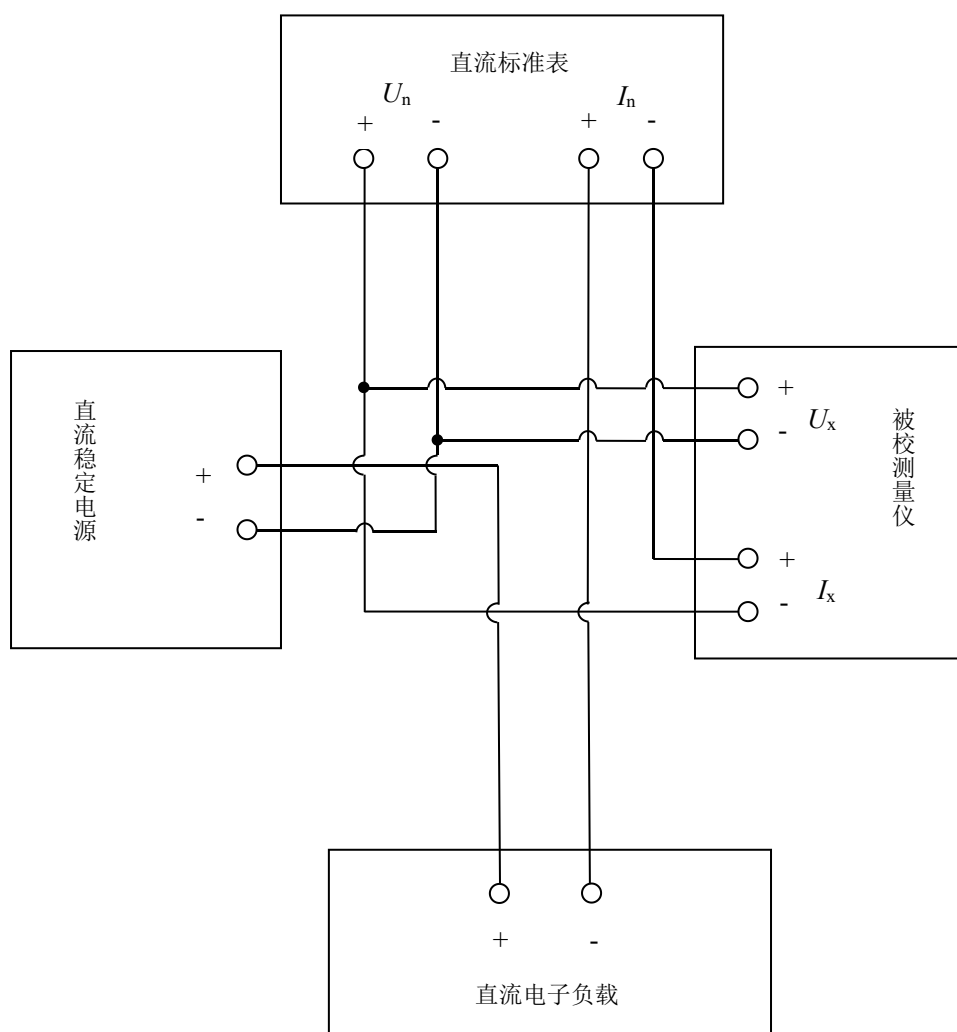


图 D.1 直流电子负载法校准功率接线图

D.2 调节直流稳定电源的电压输出使标准功率表的电压显示值为 $U_n$ ,设置好直流电子负载的限值电流,使输出功率至校准点 $P_n$ ,被校测量仪功率示值为 $P_x$ ,则被校测量仪功率的示值误差按式(7)计算,相对误差按式(8)计算。

D.3 如果标准表为标准电压表和标准电流表组合形式,则调节直流电压源的电压输出和直流电流源的电流输出,使输出功率至校准点,此时标准电压表的显示值为 $U_n$ ,标准电流表的显示值为 $I_n$ ,按公式(9)(10)计算功率的示值误差和相对误差。

江苏省地方计量技术规范  
数字式直流电参数测量仪校准规范

JJF(苏)XXXX—20XX  
江苏省市场监督管理局发布

\*

江苏省计量协会印刷  
版权所有不得翻印

\*

开本 880 mm×1230 mm 16 开本  
2025 年\*月 印刷