**中华人民共和国国家计量技术规范**

JJF ××××⎯××××

纳伏电压表校准规范

**Calibration Specification of Nanovoltmeters**

(征求意见稿)

××××⎯××⎯××发布 ××××⎯××⎯××实施

**国家市场监督管理总局**发布

纳伏电压表校准规范

Calibration Specification of Nanovoltmeters

JJF XXXX-XX

归口单位：全国电磁计量技术委员会

主要起草单位：湖南省计量检测研究院

山东省计量科学研究院

中国计量科学研究院

参加起草单位：北京无线电计量测试研究所

长沙天恒测控技术有限公司

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：

X XX（起草人所在单位名称）

参加起草人：

X XX（起草人所在单位名称）

目 录

[引言 II](#_Toc60776883)

[1 范围 1](#_Toc60776884)

[2 引用文件 1](#_Toc60776885)

[3 概述 1](#_Toc60776891)

[4 计量特性 2](#_Toc60776892)

[4.1 零位漂移 2](#_Toc60776893)

[4.2 电压示值误差 2](#_Toc60776894)

[5 校准条件 2](#_Toc60776896)

[5.1 环境条件 2](#_Toc60776897)

[5.2 测量标准及其他设备 2](#_Toc60776898)

[6 校准项目和校准方法 3](#_Toc60776899)

[6.1 校准项目 3](#_Toc60776900)

[6.2 校准方法 3](#_Toc60776901)

[7 校准结果表达 7](#_Toc60776902)

[8 复校时间间隔 8](#_Toc60776903)

[附录A 纳伏电压表校准不确定度评定示例 9](#_Toc60776904)

[附录B 校准原始记录格式 12](#_Toc60776905)

[附录C 校准证书内页格式 14](#_Toc60776906)

引言

本规范依据国家计量技术规范JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范为首次制定。

纳伏电压表校准规范

# 范围

本规范适用于直流纳伏数字电压表（ 以下简称“纳伏表”）或直流数字电压表100 mV及以下量程电压测量功能的校准。

# 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1587 数字多用表校准规范

GJB/J 2656 直流纳伏表数字电压检定规程

GB/T 13978 数字多用表

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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。

# 概述

纳伏表是用于测量直流小电压的仪表，量程下限达μV量级、最小分辨力达到0.1 nV，广泛应用于热工、传感器测量等领域的低噪声小电压信号的测量。纳伏表由输入放大器、A/D转换器、微处理器、显示单元等组成。小电压信号经过前置的输入放大器进行放大，然后通过A/D转换器将模拟信号变换为数字信号，在微处理器的控制下，在显示单元进行显示，也可通过数据接口进行远程传输。其工作原理框图如图1所示。



**图1 纳伏表的工作原理框图**

# 计量特性

## 零位漂移

纳伏表的零位漂移一般不超过技术手册的最大允许漂移。

## 电压示值误差

纳伏表的电压示值误差一般不超过技术手册的最大允许误差。

# 校准条件

## 环境条件

a. 环境温度： (23±1)℃。

b. 相对湿度：≤80%；

c. 供电电源：（220±22）V，（50±10）Hz；

d. 周围无强电磁场干扰，无影响仪器正常工作的强振动和噪声；

e. 周围无腐蚀性及易燃易爆气体。

注：环境条件也可以参考仪器使用说明书中的规定。

## 测量标准及其他设备

5.2.1 可采用四种方法获得校准用的直流低电压标准，各方法所需的标准器设备及要求见表1，可根据实际需求选择。

**表1 标准器要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 校准方法 | 测量标准 | 标准器要求 |
| 方法A | 量子电压标准 | 电压范围为100 nV～10 V |
| 方法B | 直流低电压标准源 | 电压应连续可调，输出范围应覆盖校准所需的范围；短期稳定度（每分钟）应优于被校纳伏表的最大允许误差的1/10。 |
| 方法C | 直流电压源 | 电压应连续可调，经分压器产生的电压应能覆盖校准所需的范围；短期稳定度（每分钟）应优于被校纳伏表的最大允许误差的1/10。 |
| 直流标准电压表 | 测量范围应覆盖校准所需的范围。 |
| 分压器 | 可由标准电阻串联组成，分压比例应通过电桥进行测定，并考虑温度系数和负载效应的影响。 |
| 方法D | 直流恒流源 | 电流应连续可调，经直流电阻器后产生的电压应覆盖校准所需的范围；短期稳定度（每分钟）应优于被校纳伏表的最大允许误差的1/10。 |
| 直流电阻器 | 可由标准电阻串联组成，电阻比例应通过电桥进行测定，并考虑温度系数和负载效应的影响。 |
| 直流标准电压表 | 测量范围应覆盖校准所需的范围，输入阻抗应不小于1GΩ。 |

以上各方法组成的校准装置的扩展不确定度（k=2）应不大于被校纳伏表的最大允许误差绝对值的1/3。

校准装置应具有良好的接地和屏蔽保护，远离电磁场的干扰。

# 校准项目和校准方法

## 校准项目

校准项目见表1。

**表1 校准项目一览表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 校准方法条款 |
| 1 | 零位漂移 | 6.2.2 |
| 2 | 电压示值误差 | 6.2.3 |

## 校准方法

6.2.1 校准前的准备

6.2.1.1 外观及通电检查

目测或手动操作，检查被校纳伏表，应符合以下要求：

a) 外观结构完好，无影响正常工作的机械损伤；

b) 外露部件（面板、按钮和接线端子等）无松动；

c) 标志清晰、正确；

d) 通电后显示字符段完整，各测量功能、量程切换正常。

6.2.1.2 按照被校纳伏表的使用说明书或规定的条件进行预热。

6.2.1.4 校准之前应对被校表和数字电压表清零。

6.2.1.5 校准应使用低热电势导线。直流电阻器电压端子连接至数字电压表和被校纳伏表的引线采用屏蔽线以减小干扰；连接至直流电阻器电压端子的接线采用紫铜材质并压紧，以减小接触热电势。

6.2.1.6 校准装置与被校纳伏表首次进行线路连接或测量过程中更换导线后，应等待不少于5分钟，以尽可能地减小热电势的影响。

6.2.2 零位漂移

a) 将被校纳伏表的电压输入端用短路片进行短接。

b) 选择被校表的量程，根据使用要求选择记录的时间（若无要求，可选60秒），记录规定时间内被校纳伏表读数的最大值和最小值。零位漂移计算按式（1）计算。

 (1)

式中：

—— 被校纳伏表的零位漂移，V；

—— 被校纳伏表的读数最大值，V；

—— 被校纳伏表的读数最小值，V。

6.2.3 电压示值误差

6.2.3.1 校准点的选取原则

校准点应覆盖所有量程并兼顾各量程之间的覆盖性和均匀性，同时应参考各技术手册或规格说明书的建议和送校单位的要求或实际情况来选取校准点。如无特殊要求，基本量程一般选取3～5个点，非基本量程选取2～3个校准点，至少应覆盖量程的10%点和满量程点。

6.2.3.2 校准方法

a) 方法A：采用量子电压标准作为标准电压源。

校准线路图如图2所示。



**图2 方法A校准线路图**

将约瑟夫森结安装到低温测试探杆底部，缓慢探入低温杜瓦的液氦液面之下；测量约瑟夫森结的临界电流、量子电压台阶等低温参数，对驱动参数进行设置，确认量子电压标准输出电压处于量子电压台阶平坦区域内；置量子电压标准的输出电压在零台阶位置，对被校纳伏表进行清零；根据校准点设定量子电压标准的输出。量子电压的输出值为。被校纳伏表的示值为。

被校纳伏表的示值误差按式（2）计算：

 (2)

被校纳伏表的相对误差按式（3）计算：

 (3)

式中：

—— 被校纳伏表的示值误差，V；

—— 被校纳伏表的相对误差，%；

—— 被校纳伏表的示值，V；

—— 电压标准值（直流标准电压源的输出值），V。



b) 方法B：采用直流低电压标准源作为标准设备，纳伏表直接测量。

校准线路图如图3所示。



图3 方法B校准线路图

选择被校纳伏表的通道、量程和直流低电压标准源的量程。

调节直流低电压源输出0 V电压，将纳伏表和标准电压表清零。

根据6.2.3.1校准点的选取原则选取校准点，设置直流低电压源的输出。直流低电压标准源的输出值即直流电压的标准值，纳伏表的示值为。

被校纳伏表的示值误差按式（2）、（3）计算。

c) 方法C：采用直流电压源、分压器、直流标准电压表搭建校准用直流低电压标准，纳伏表测量分压得到的低电压源的输出。

校准线路图如图3所示。



**图3 方法C校准线路图**

选择被校纳伏表的通道、量程和直流电压源的量程，调节直流电压源输出0 V电压，将纳伏表清零。

根据6.2.3.1校准点的选取原则选取校准点，设置直流电压源的输出电压。记录纳伏表的电压示值和直流标准电压表的示值。分压器上的压降为直流低电压的标准值按式（4）计算。

 (4)

式中：

—— 直流低电压的标准值，V；

—— 分压器的变比；

—— 直流标准电压表的示值，V。

被校纳伏表的误差按式（2）、（3）计算。

**d) 方法D：**采用直流恒流源、直流电阻器、直流标准电压表，搭建校准用直流低电压标准。纳伏表测量分流电阻上的电压。

校准线路图如图4所示。



图4 方法D校准线路图

根据6.2.3.1校准点的选取原则选取校准点，设置直流恒流源的输出电流。记录纳伏表的电压示值和直流标准电压表的示值，直流低电压的标准值按式（5）计算。

 (5)

式中：

—— 直流恒流源输出的实际值，A；

—— 直流电阻器的阻值，Ω；

—— 直流电阻器的阻值，Ω；

—— 直流标准电压表的示值，V。

被校纳伏表的误差按式（2）、（3）计算。

# 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”；

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) 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（报告）内页格式见附录C。

# 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年（时间）。由于复校时间的长短由仪器使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素共同决定，因此，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 纳伏电压表校准不确定度评定示例（方法B）

A.1 引言

本附录在规定的环境条件下，以34420A型纳伏表的通道1、电压1 mV量程的满量程点，采用标准源法校准为例介绍测量示值误差的不确定度评定程序和方法。

A.2 测量模型

设为直流低电压标准源的输出标准值，为被校纳伏表的示值。由使用说明书可知，对直流低电压标准源和被校纳伏表，在标准条件下，温度、湿度、输入零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到：

 (A.1)

考虑到被校纳伏表及直流低电压标准源的分辨力对测量结果的影响，测量模型成为：

 (A.2)

式中：

——被校纳伏表的示值误差，nV；

——被校纳伏表的示值，nV；

——直流低电压标准源的输出标准值，nV；

——被校纳伏表的分辨力对测量结果的影响，nV；

——直流低电压标准源的调节细度对测量结果的影响，nV。

A.3 标准不确定度评定

A.3.1 被校纳伏表重复性引入的标准不确定度

直流低电压源输出电压1 mV，选用被校纳伏表合适的量程，在相同的环境条件下，重复测量10次，获得数据如表A.1。

**表A.1** **重复性测量数据**

|  |  |
| --- | --- |
| **次数** |  |
| 1 | 0.999 999 8 |
| 2 | 0.999 999 9 |
| 3 | 0.999 999 9 |
| 4 | 1.000 000 0 |
| 5 | 1.000 000 1 |
| 6 | 1.000 000 0 |
| 7 | 1.000 000 0 |
| 8 | 0.999 999 9 |
| 9 | 0.999 999 8 |
| 10 | 0.999 999 8 |

测量结果的平均值：

单次测量值的实验标准偏差：

则

A.3.2 由直流低电压源引入的标准不确定度

直流低电压源经上级计量机构量值传递合格，使用说明书中技术指标给出的1 mV点最大允许误差为： =±（15 ppm×1 mV+5 nV）=±20.00 nV。

其半宽度=20.00 nV，在区间内认为服从均匀分布，包含因子，则

A.3.3 由被校纳伏表的分辨力引入的标准不确定度

被测纳伏表在直流电压1 mV点的分辨力为0.1nV，在±0.05 nV区间内为均匀分布，包含因子，则

A.3.4 由直流低电压源的分辨力引入的标准不确定度

被测纳伏表在直流电压1 mV点的分辨力为0.1nV，在±0.05 nV区间内为均匀分布，包含因子，则

A.4 合成标准不确定度

不确定度分量的汇总见表A.2。灵敏系数由公式（A.1）或（A.2）计算得到。

**表A.2 不确定度分量汇总表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 输入量 | 不确定度来源 | 标准不确定度 | 概率分布 | 灵敏系数 | 不确定度分量 |
|  | 被校纳伏表的  重复性 | 0.10 | 正态 | 1 | 0.10 |
|  | 直流低电压源的最大允许误差 | 11.55 | 均匀 | -1 | -11.55 |
|  | 被校纳伏表的  分辨力 | 2.89×10-2 | 均匀 | 1 | 2.89×10-2 |
|  | 直流低电压源的  分辨力 | 2.89×10-2 | 均匀 | -1 | -2.89×10-2 |

考虑到被测纳伏表读数的重复性和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中的较小值舍去，

考虑到直流低电压源的最大允许误差和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中的较小值舍去，

则：

A.5 扩展不确定度

。取，由此可得直流电压1 mV校准结果的扩展不确定度为：

换算至相对扩展不确定度为：

附录B 校准原始记录格式

纳伏表校准原始记录格式

**第 页 共 页**

委托单位： 委托单位地址：

器具名称： 型 号 规 格：

制造单位： 出 厂 编 号：

证书编号： 校 准 依 据：

校准地点及其坏境条件：

地点：

温度： ℃ 相对湿度： % 其他：

校准所用计量标准器具

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 所使用的仪器设备名称 | 型号/规格 | 出厂编号 | 证书编号 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 有效期 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

1. 外观及通电检查：
2. 零位漂移：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 被测量 | 电压最大值 | 电压最小值 |
| 测量结果 |  |  |
| 零位漂移 |  | |

1. 电压示值误差：

通道1 直流电压

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 量程 | 标准值 | 示值 | 示值误差 | 测量不确定度*U*rel (*k*=2)） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

通道2 直流电压

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 量程 | 标准值 | 示值 | 示值误差 | 测量不确定度*U*rel (*k*=2)） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

校准人员： 核验人员： 校准日期： 年 月 日

附录C 校准证书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| <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JJF1059.1的要求。 | | | | | | | |
| 校准环境条件及地点： | | | | | | | |
| 温 度 | ℃ | | | 地 点 |  | | |
| 相对湿度 | % | | | 其 它 |  | | |
| 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) |
|  | |  |  | | |  |  |

第X页共X页

证书编号 XXXXXX-XXXX

校 准 结 果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 零位漂移   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 量程 | 最大值 | 最小值 | 零位漂移 | |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |   通道1 直流电压   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 量程 | 标准值 | 示值 | 示值误差 | 测量不确定度*U*rel (*k*=2)） | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |   通道2 直流电压   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 量程 | 标准值 | 示值 | 示值误差 | 测量不确定度*U*rel (*k*=2)） | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  | |
| 说明：  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。 |
| 声明：  1. 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本次所校准的计量器具有效。 |

校 准 员： 核 验 员：

第X页共X页

——————