



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1558—2016

测量用变频电量变送器校准规范

Calibration Specification of Variable Frequency Electrical
Quantities Transducer for Measuring

2016-03-03 发布

2016-06-03 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布



**测量用变频电量变送器
校准规范**

**Calibration Specification of Variable
Frequency Electrical Quantities
Transducer for Measuring**

JJF 1558—2016

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

浙江省计量科学研究院

参加起草单位：湖南银河电气有限公司

本规范主要起草人：

李银轩（湖南省计量检测研究院）

王有贵（湖南省计量检测研究院）

林 婷（浙江省计量科学研究所）

参加起草人：

吴双双（湖南省计量检测研究院）

王 宁（湖南银河电气有限公司）

廖仲箴（湖南银河电气有限公司）

目 录

引言	(Ⅲ)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 电压	(1)
4.2 电流	(1)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
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	(3)
7 校准结果表达	(13)
8 复校时间间隔	(13)
附录 A 测量用变频电量变送器电压测量结果不确定度评定示例	(14)
附录 B 校准原始记录格式	(16)
附录 C 校准证书内页格式 (第 2 页)	(17)
附录 D 校准证书校准结果页格式 (第 3 页)	(18)

引 言

本规范依据 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。

本规范所述测量用变频电量变送器在实际应用中的测量对象通常是复杂波形的电压、电流信号，其输出可以为直流、交流和数字信号。此类变送器具有较宽频带的测量能力，主要用于变频驱动中的电量测量。

本规范为首次发布。

测量用变频电量变送器校准规范

1 范围

本规范适用于输入为交流电压或电流信号，输出为交流、直流模拟信号或数字信号的测量用变频电量变送器在（5~1 500）Hz 内特定频率下电压、电流、延时相移的校准。本规范不适用于仅在工频或者固定频率工作下的测量变送器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 126—1995 交流电量变换为直流电量电工测量变送器

GB/T 13850 交流电量转换为模拟量或数字信号的电测量变送器

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

测量用变频电量变送器是指将在一定频率范围内并按特定规律变化的电压或电流信号转换为与被测量成函数关系信号的仪器，其输出量为包含输入电量的全部特征或者部分特征信息的交流、直流模拟信号或数字信号。

测量用变频电量变送器通常由传感器、转换器和传输单元等组成，将输入电量通过传感器转换成小电量信号，经转换器转换后通过传输单元供二次设备使用，其原理如图 1 所示。测量用变频电量变送器（以下简称变送器）按照输入电量可分为电压变送器、电流变送器；按照输出信号类型可分为模拟输出变送器和数字变送器；模拟输出变送器输出信号类型可分为交流电压输出、交流电流输出、直流电压输出、直流电流输出。

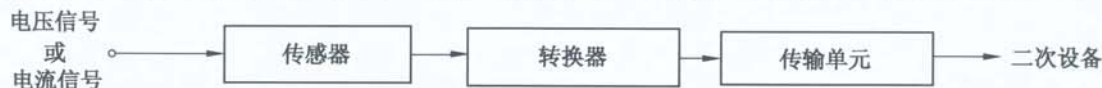


图 1

4 计量特性

4.1 电压

测量范围：100 mV~10 kV

最大允许误差：±（0.05%~5%）

延时相移最大允许误差：±（0.01°~5°）

4.2 电流

测量范围：5 mA~1 000 A

最大允许误差：±（0.05%~5%）

延时相移最大允许误差：±（0.01°~5°）

注：以上指标不是用于合格性判别，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

变送器校准条件见表 1。

表 1 校准条件

影响量	参比值及允许偏差值
环境温度	20℃±2℃
相对湿度	55%±20%
直流稳压电源电压	额定值 (1±5%)
直流稳压电源纹波	≤0.5%
交流电源电压	220 V±22 V
交流电源频率	50 Hz±0.5 Hz
机械振动及磁场	无影响

5.2 测量标准及其他设备

标准装置的扩展不确定度应小于被校变送器最大允许误差绝对值的 1/3，且装置的测量范围应覆盖被校变送器的电压、电流、频率范围；标准源或信号源的输出稳定度 (3 min) 应不大于被校变送器最大允许误差绝对值的 1/10；标准源或信号源的调节细度应不大于被校变送器最大允许误差绝对值的 1/10；测量标准及配套设备的选取可参照表 2。

表 2 测量标准及配套设备

校准参数	标准源法	标准表法
电压	标准电压源、负载箱、数字多用表	电压信号源、标准电压互感器、标准分压器、标准电压表、负载箱、数字多用表
电流	标准电流源、负载箱、数字多用表	电流信号源、标准电流互感器、标准分流器、标准电流表、负载箱、数字多用表
延时相移	—	信号源、负载箱、标准相位计

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目见表 3。

表 3 变送器校准项目

序号	电压变送器	电流变送器
1	电压	电流
2	延时相移 ^①	延时相移 ^①

注①：此项仅对交流模拟量输出的电压（电流）变送器适用。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前检查

目测或手动操作，检查被校变送器，应符合以下要求：

- a) 外形结构完好，外露部件无松动，接触可靠，无影响正确校准的缺陷；
- b) 铭牌信息应包括：产品名称、制造厂名、出厂编号、型号；
- c) 附有使用说明书、接线图及其他必要文件，数字变送器应提供配套读数显示器或者软件；
- d) 按说明书通电预热后应工作正常。

6.2.2 电压变送器

6.2.2.1 校准点的选取

电压校准点按表 4 选取，其频率选取包括工作频率范围上下限在内的不少于 5 个频率点；延时相移的校准可在工作频率范围内的 $40\%U_b$ 点同步进行，也可按用户要求选取。

表 4 电压校准点

电压校准点					
$100\%U_b$	$80\%U_b$	$60\%U_b$	$40\%U_b$	$20\%U_b$	0
注： U_b 为电压变送器标称电压；校准点 0 仅适用于直流输出变送器。					

6.2.2.2 电压

a) 标准源法

校准接线如图 2 所示，输出负载根据说明书选取电阻值或者空载。按照 6.2.2.1 选择校准点设置标准源的输出 A_r ，读取变送器输出值 B_x ，按式 (1) 计算变送器的误差。

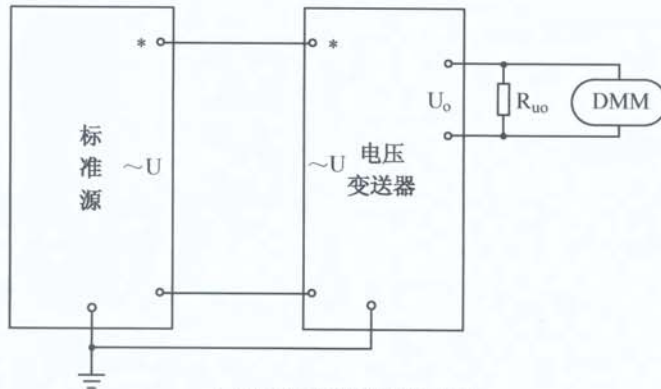
$$\gamma = \frac{B_x - B_r}{B_r} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

B_x ——被校变送器的输出值；

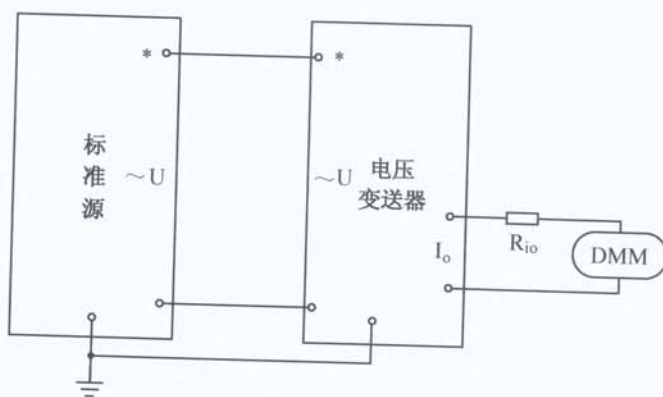
B_r ——输入电压为 A_r 时，被校变送器的输出期望值；

B_f ——被校变送器的输出引用值（量程上限或者标称范围上限）。

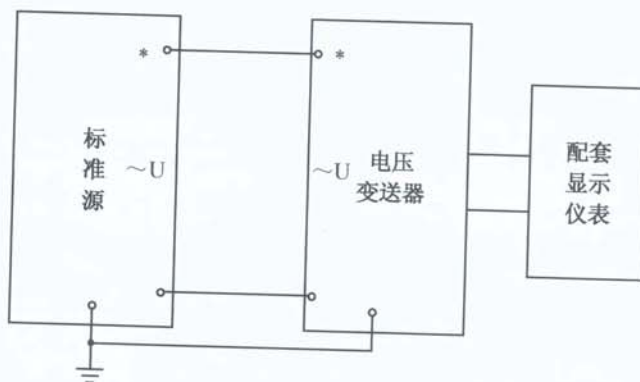


a) 电压输出型电压变送器

图 2 标准源法校准电压接线图



b) 电流输出型电压变送器



c) 数字输出型电压变送器

R_{u0} —电压负载电阻； R_{i0} —电流负载电阻；DMM—数字多用表

图 2 (续)

b) 标准表法

校准接线如图 3 所示，输出负载根据说明书选取电阻值或者空载。当电压超出标准电压表量程时，可采用分压器或电压互感器扩展标准电压表的量程。按照 6.2.2.1 选择校准点设置信号源的输出，读取标准电压表读数 A_r 和变送器输出值 B_x ，按式 (2) 计算变送器误差。

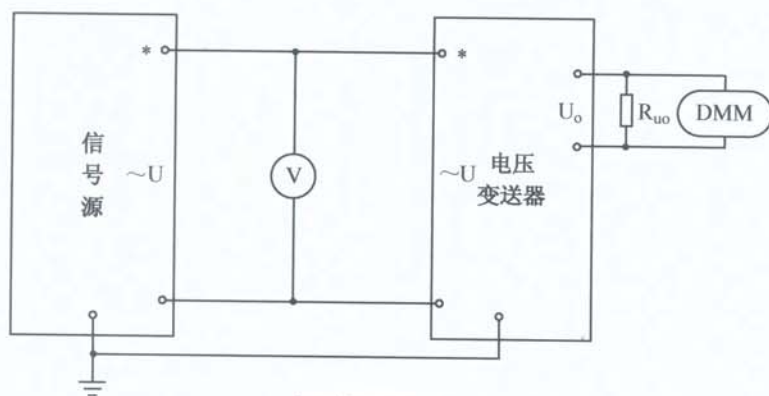
$$\gamma = \frac{B_x - B_f}{B_f} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

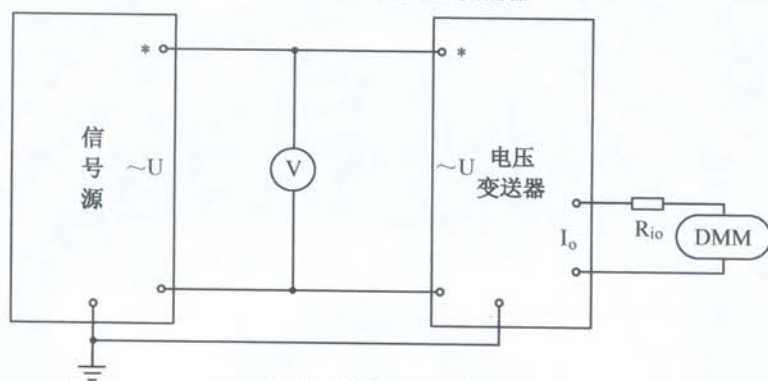
B_x ——被校变送器的输出值；

B_f ——输入为 $K_U A_r$ 时，被校变送器的输出期望值， K_U 为分压器变比，标准表直接测量时取为 1；

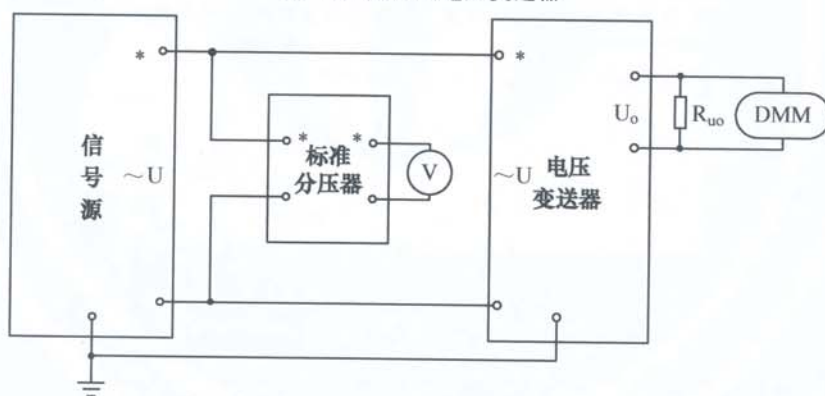
B_f ——被校变送器的输出引用值（量程上限或者标称范围上限）。



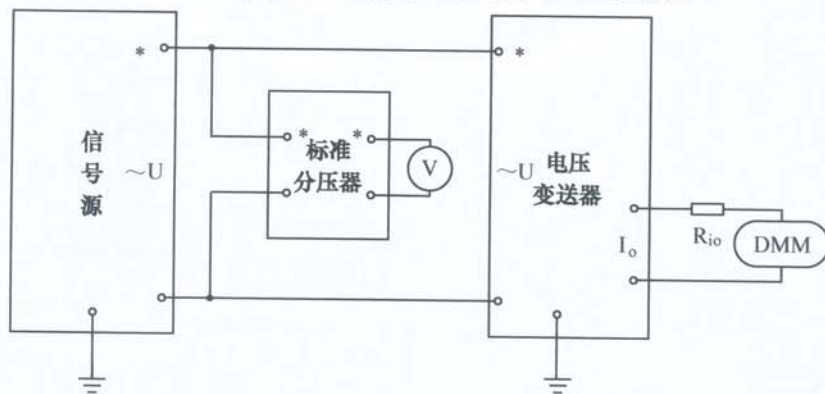
a) 电压输出型电压变送器



b) 电流输出型电压变送器

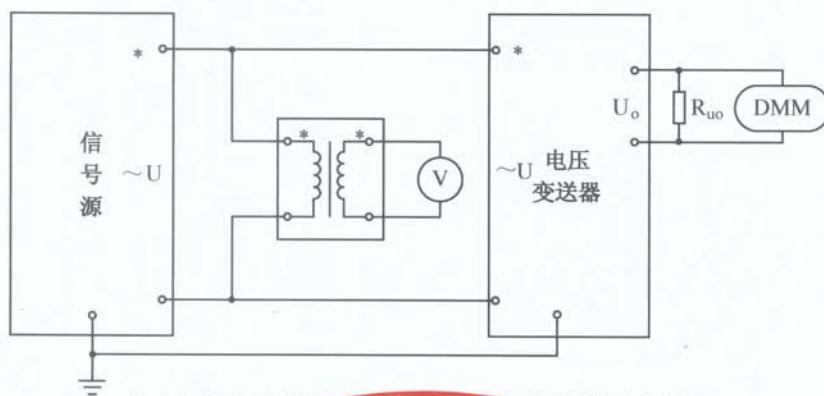


c) 电压输出型电压变送器 (分压器扩展标准表量程)

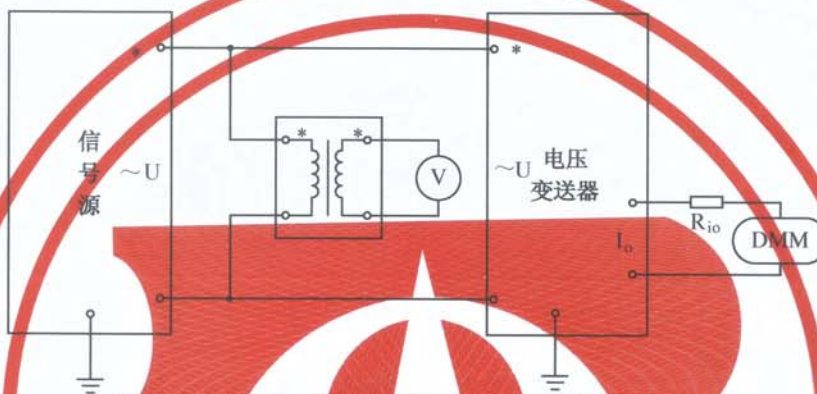


d) 电流输出型电压变送器 (分压器扩展标准表量程)

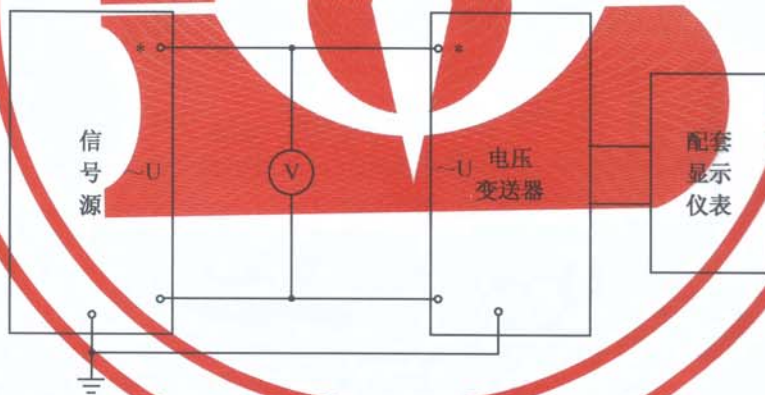
图3 标准表法校准电压接线图



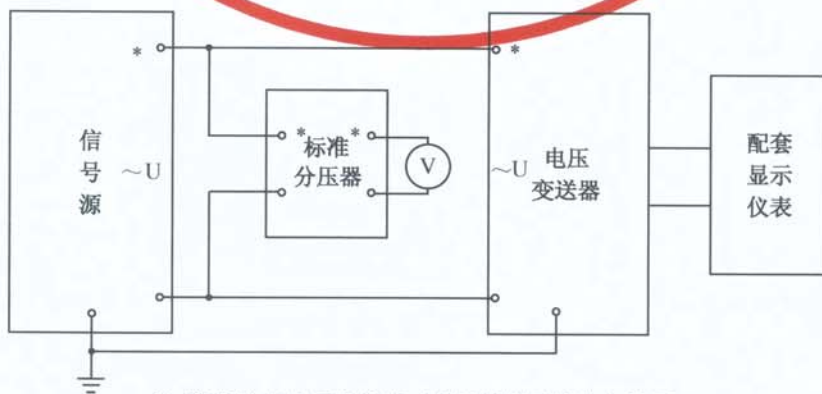
e) 电压输出型电压变送器 (电压互感器扩展标准表量程)



f) 电流输出型电压变送器 (电压互感器扩展标准表量程)

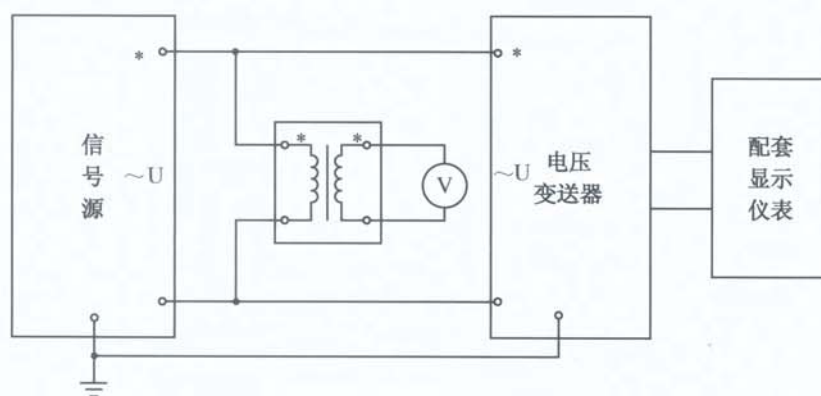


g) 数字输出电压变送器



h) 数字输出电压变送器 (分压器扩展标准表量程)

图 3 (续)



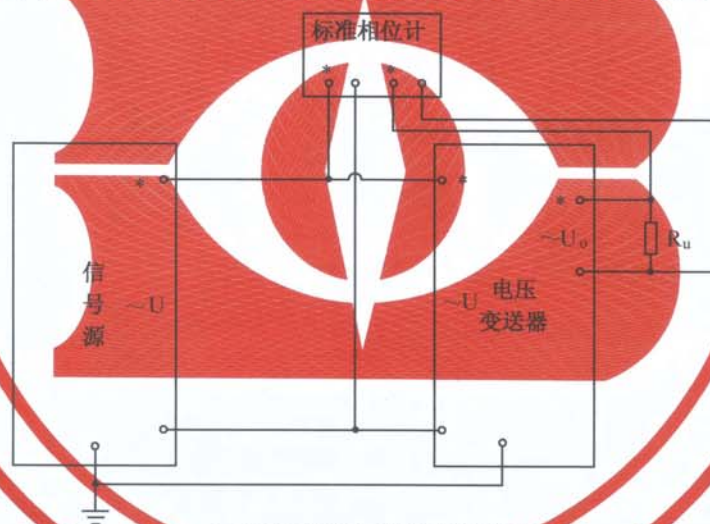
i) 数字输出型电压变送器（电压互感器扩展标准表量程）

V—标准电压表； R_u —电压负载电阻； R_i —电流负载电阻；DMM—数字多用表

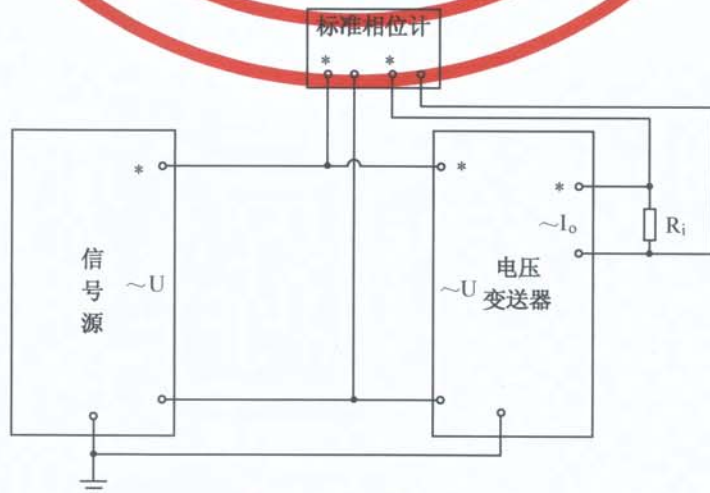
图 3（续）

6.2.2.3 延时相移

延时相移校准接线如图 4 所示，输出负载根据说明书选取电阻值或者空载。当输入超出相位计输入限值时，可采用分压器变换至相位计输入范围。按照 6.2.2.1 选择校准点，设置信号源的电压输出，读取相位计示值作为变送器的延时相移。

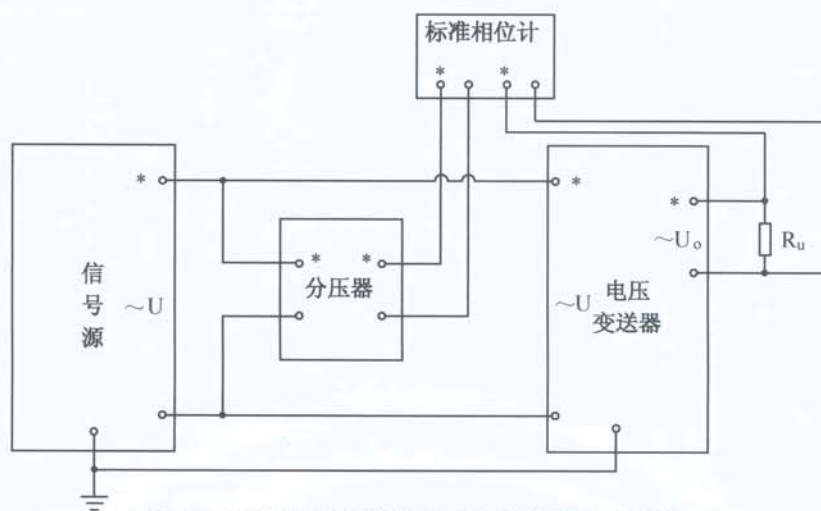


a) 交流电压输出型电压变送器

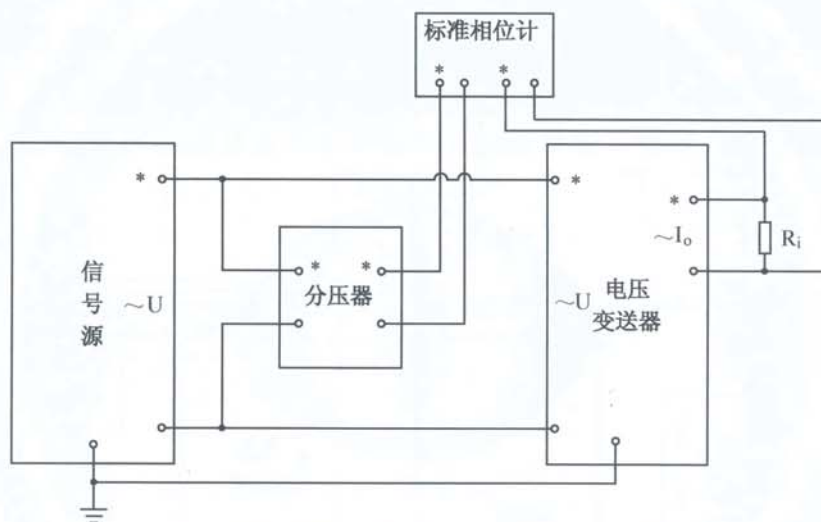


b) 交流电流输出型电压变送器

图 4 相位误差校准接线图



c) 交流电压输出型电压变送器 (相位计采用分压器输入)



d) 交流电流输出型电压变送器 (相位计采用分压器输入)

图 4 (续)

6.2.3 电流变送器

6.2.3.1 校准点的选取

电流校准点按表 5 选取, 其频率选取包括工作频率范围上下限在内的不少于 5 个频率点; 延时相移的校准可在工作频率范围内的 $40\% I_b$ 点同步进行, 也可按用户要求选取。

表 5 电流校准点

电流校准点					
$100\% I_b$	$80\% I_b$	$60\% I_b$	$40\% I_b$	$20\% I_b$	0
注: I_b 为电流变送器标称电流; 校准点 0 仅适用于直流输出变送器。					

6.2.3.2 电流

a) 标准源法

校准接线如图 5 所示。按照 6.2.3.1 选择校准点设置标准源的输出, 读取变送器输出值 B_x , 按式 (3) 计算变送器误差。

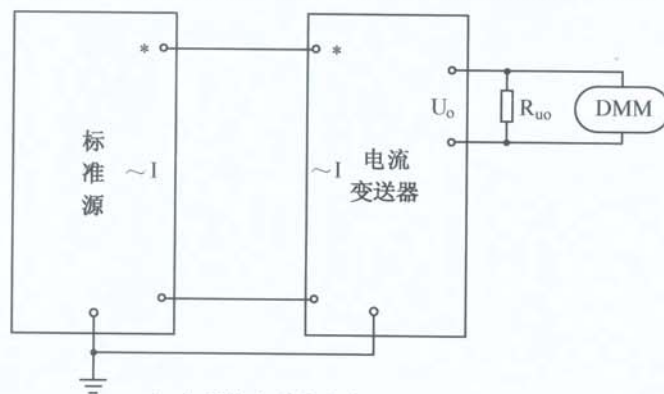
$$\gamma = \frac{B_x - B_r}{B_f} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

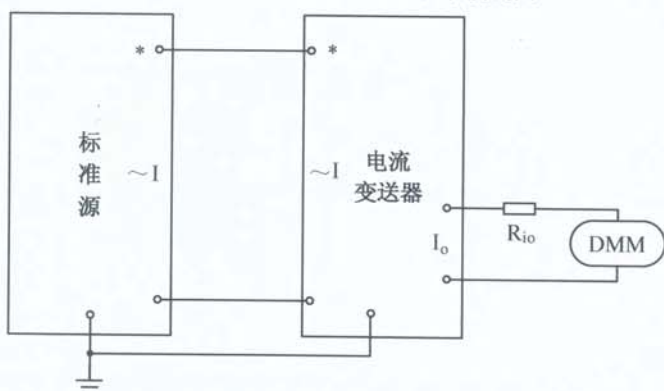
B_x ——被校变送器的输出值；

B_r ——输入电流为 A_r 时，被校变送器的输出期望值；

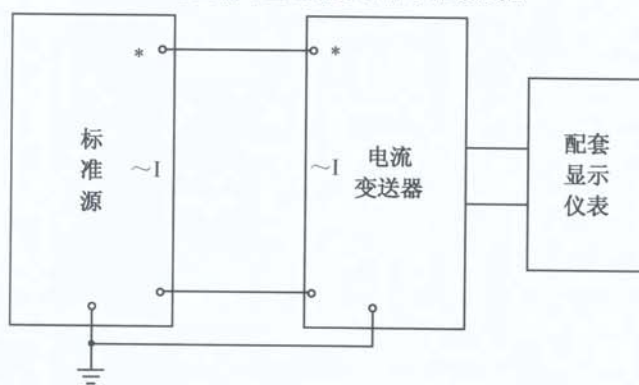
B_f ——被校变送器的输出引用值（量程上限或者标称范围上限）。



a) 电压输出型电流变送器校准接线图



b) 电流输出型电流变送器校准接线图



c) 数字输出电流变送器校准接线图

R_{uo} —电压负载电阻； R_{io} —电流负载电阻；DMM—数字多用表

图 5 标准源法校准电流接线图

b) 标准表法

校准接线如图 6 所示，当电流超出标准电流表量程时，可采用分流器或互感器扩展标准电流表的量程。按照 6.2.3.1 选择校准点设置信号源的输出，读取标准电流表读数 A_r 和变送器输出值 B_x ，按式 (4) 计算变送器误差。

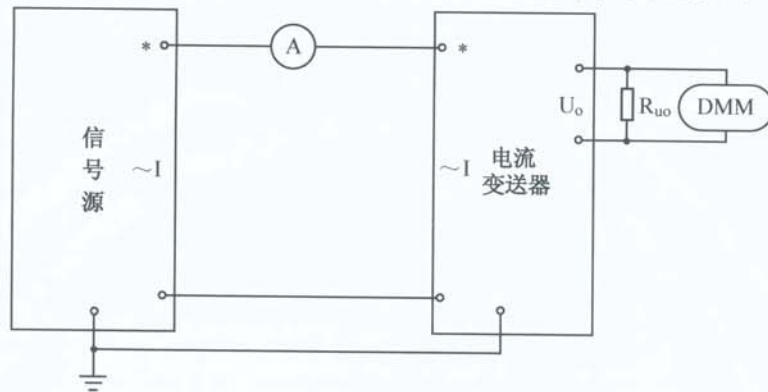
$$\gamma = \frac{B_x - B_r}{B_f} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

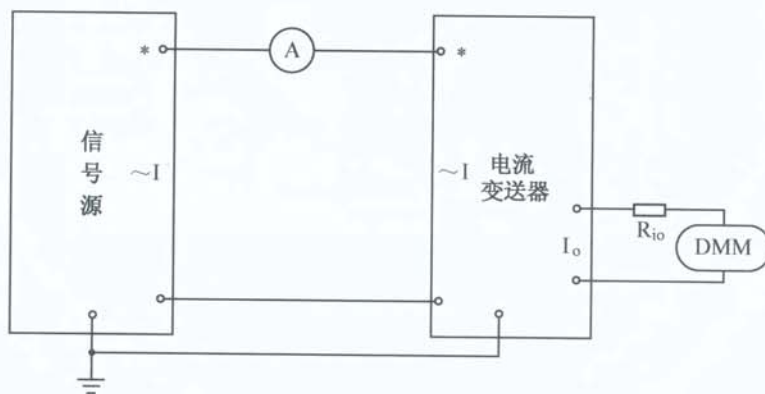
B_x ——被校变送器的输出值；

B_r ——输入为 $K_1 A_r$ 时，被校变送器的输出期望值， K_1 为分压器变比，标准表直接测量时 K_1 取为 1；

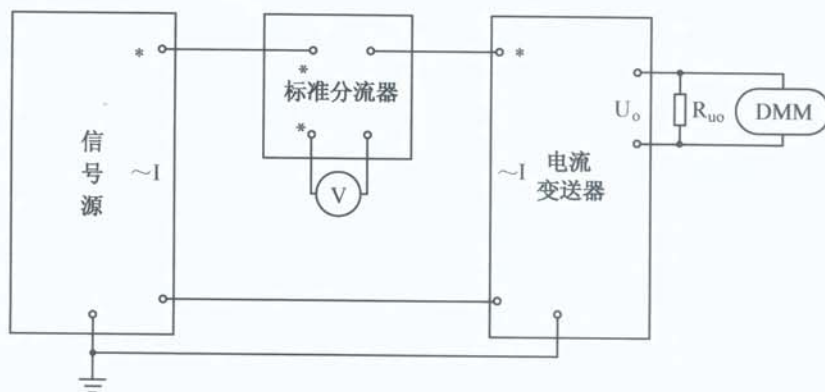
B_f ——被校变送器的输出引用值（量程上限或者标称范围上限）。



a) 电压输出型电流变送器

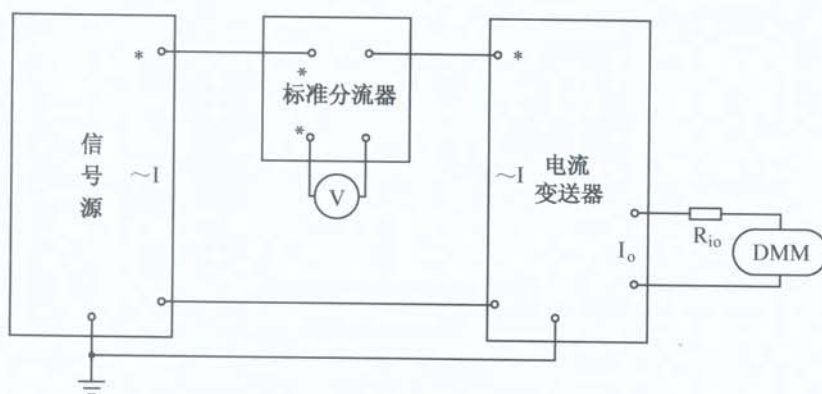


b) 电流输出型电流变送器

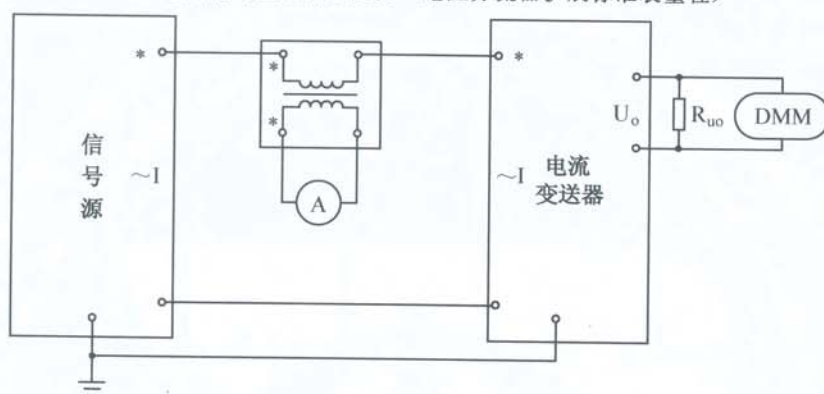


c) 电压输出型电流变送器（电阻分流器扩展标准表量程）

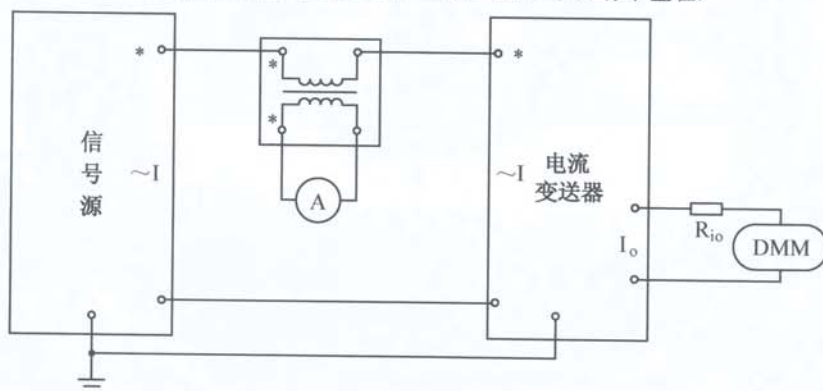
图 6 标准表法校准电流接线图



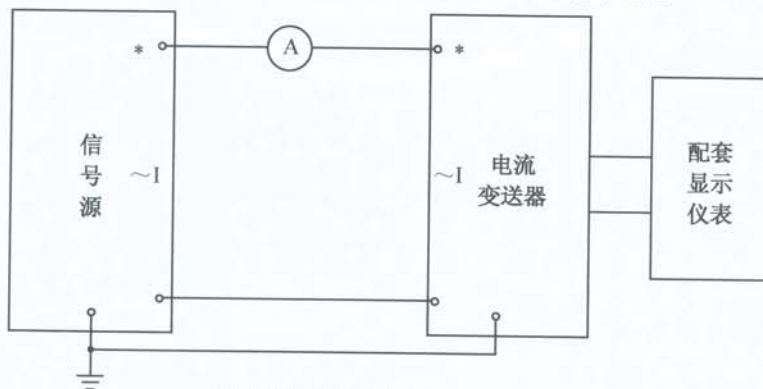
d) 电流输出型电流变送器 (电阻分流器扩展标准表量程)



e) 电压输出型电流变送器 (电流互感器扩展标准量程)

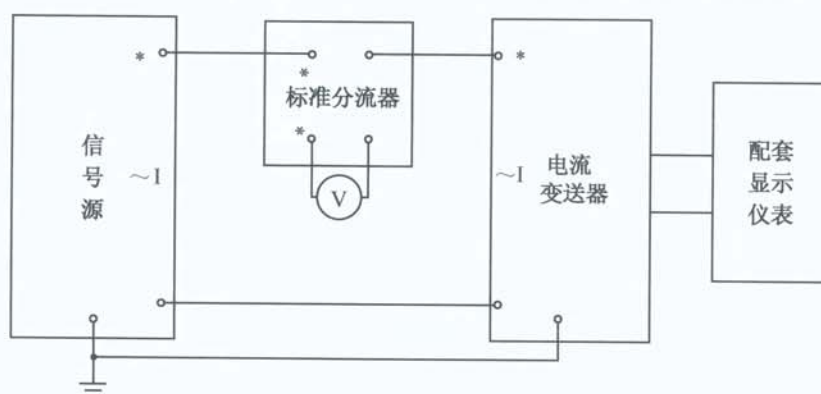


f) 电流输出型电流变送器 (电流互感器扩展标准量程)

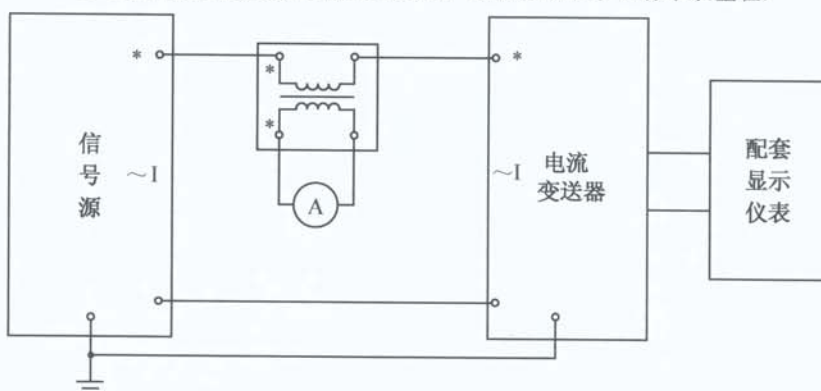


g) 数字输出电流变送器校准接线图

图 6 (续)



h) 数字输出电流变送器校准接线图 (电阻分流器扩展标准表量程)



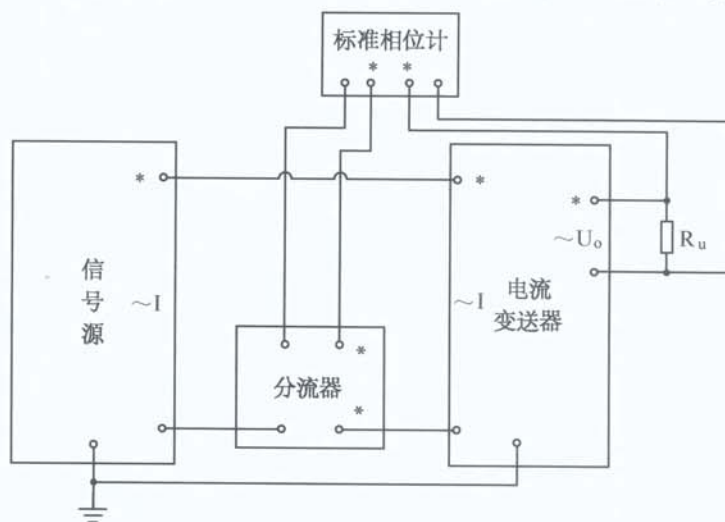
i) 数字输出电流变送器校准接线图 (电流互感器扩展标准表量程)

V—标准电压表；A—标准电流表； R_{uo} —电压负载电阻； R_{io} —电流负载电阻；DMM—数字多用表

图 6 (续)

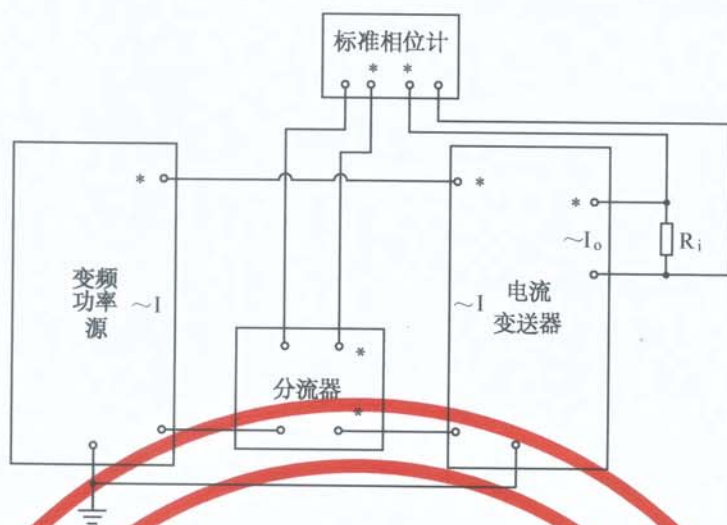
6.2.3.3 延时相移

延时相移校准接线如图 7 所示，可采用分流器将电流变换至相位计输入范围。按照 6.2.3.1 选择校准点设置信号源输出，读取相位计读数作为变送器的延时相移。



a) 交流电压输出型电流变送器 (相位计采用分流器输入)

图 7 延时相移校准接线图



b) 交流电流输出型电流互感器（相位计采用电阻分流器输入）

图 7（续）

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、附录 D。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。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

测量用变频电量变送器电压测量结果不确定度评定示例

本示例采用标准源法对测量用变频电量变送器（以下称变送器）电压进行校准，并对电压测量结果的不确定度进行评定。以一台标称最大允许误差 $\pm 0.7\%$ ，输入电压量程上限为 4 000 V，输出量程上限为 50 mA 的电压变送器为例，在 20 Hz、1 000 V 的电压测量为例来评定测量不确定度。

A.1 测量原理

采用标准源法进行校准，标准源选用标准功率源 6 100 B。设置标准功率源的功率输出 A_r ，稳定后用数字多用表读取变送器的输出值 B_x 。

A.2 测量模型

待测变送器电压测量误差按式 (A.1) 计算。

$$\gamma = \frac{B_x - B_r}{B_f} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

考虑到待测分辨力的影响、引线分布参数以及参考标准的标准功率源的年稳定性对测量结果的影响，测量模型可由式 (A.2) 表示。

$$\gamma = \frac{B_x - B_r + \delta B_w + \delta B_D}{B_f} \times 100\% \quad (\text{A.2})$$

式中：

B_x ——被校变送器输出值；

B_r ——输入为 A_r 时，变送器输出的参考标准值，即校准中的参考标准值；

δB_w ——测量线路、电磁场、供电电源等对测量结果的影响；

δB_D ——读数数字多用表测量误差对测量结果的影响；

B_f ——被校变送器的输出引用值（量程上限或者标称范围上限），为常数。

A.3 测量不确定度分量

(1) 参考标准， B_r

采用 B 类方法进行评定，已知标准源在输出 1 000 V 时，一年准确度为 $\pm (158 \times 10^{-6} \text{ 输出} + 26 \text{ mV})$ ，则最大允许误差为 0.184 V，为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u(A_r) = \frac{0.184 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 0.11 \text{ V}$$

换算成输出为

$$u(B_r) = 0.0014 \text{ mA}$$

(2) 测量重复性， Δ_B

采用 A 类方法进行评定。取一台电压变送器对 1 000 V (20 Hz) 进行测量，在重复的条件下进行 10 次连续测量，获得一组输出值 12.450 mA、12.451 mA、12.450 mA、12.450 mA、12.450 mA、12.450 mA、12.450 mA、12.450 mA、12.450 mA、12.450 mA。

单次实验标准差

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (X_i - \bar{X})^2 / (10 - 1)} = 0.0003 \text{ mA}$$

$$u(\Delta_B) = 0.0003 \text{ mA}$$

(3) 测量线路等因素对功率测量的影响, δB_w

测量线路及其他因素的影响估计在 (0 ± 0.002) mA 以内, 假定其为矩形分布, 于是其标准不确定度为

$$u(\delta B_w) = \frac{0.002 \text{ mA}}{\sqrt{3}} = 0.0012 \text{ mA}$$

(4) 读数数字多用表测量误差的影响, δB_D

采用 B 类方法进行评定, 被检变送器在输入 1 000 V 时, 输出为 12.450 mA, 用 8508 A 数字多用表进行读数, 最大允许误差 ± 0.00575 mA, 可以认为在该范围内满足矩形分布, 引入的测量不确定度分量为

$$u(\delta B_D) = \frac{0.00575 \text{ mA}}{\sqrt{3}} = 0.0033 \text{ mA}$$

A.4 相关性

各输入量之间未发现有任何值得考虑的相关性。

A.5 不确定度概算

将式 (A.2) 求偏导可得各分量的灵敏系数为 $\frac{1}{B_f}$ 或 $-\frac{1}{B_f}$, 输出量程上限 $\frac{1}{B_f}$ 或 $-\frac{1}{B_f} = 50 \text{ mA}$, 则灵敏系数为 0.02 mA^{-1} 。

各不确定度分量见表 A.1。

表 A.1 不确定度分量汇总表

量	估计值/mA	标准不确定度/mA	概率分布	灵敏系数/ mA^{-1}	不确定度分量/mA
B_r	12.450	0.0014	正态	0.02	2.8×10^{-5}
B_x	-0.050	0.0003	正态	0.02	6×10^{-6}
δB_w	0	0.0012	矩形	0.02	2.4×10^{-5}
δB_D	0	0.0033	矩形	0.02	6.6×10^{-5}

A.6 合成标准不确定度

$$u_c(\gamma) = \sqrt{u^2(B_x) + u^2(B_r) + u^2(\delta B_w) + u^2(\delta B_D)} = 0.008\%$$

A.7 扩展不确定度

测量结果的分布可认为是正态分布, 取包含因子 $k=2$, 故扩展不确定度为:

$$U = 0.016\%$$

A.8 结果报告

被校变送器在 1 000 V, 20 Hz 时, 变送器电压测量输出为 12.450 mA, 测量误差为 -0.10% , 其扩展不确定度 $U=0.016\%$, $k=2$ 。

附录 B

校准原始记录格式

测量用变频电量变送器原始记录

委托单位：_____

仪器名称：_____ 型号：_____ 器号：_____ 生产厂家：_____

输入范围：_____ 输出范围：_____

环境温度：_____℃ 湿度：_____ %RH 校准地点：_____

校准使用的计量标准器信息

标准器名称	型号	编号	技术特征	计量证书号	有效期至

1. 电压变送器

1) 电压 输出负载电阻 _____ Ω

频率/Hz	输入值/V	输出期望值/mA	输出值/mA	误差 (%FS)	测量不确定度 ($k=2$)

2) 延时相移 输出负载电阻 _____ Ω

频率/Hz	输入值/V	延时相移 ($^{\circ}$)	测量不确定度 ($k=2$)

2. 电流变送器

1) 电流 输出负载电阻 _____ Ω

频率/Hz	输入值/A	输出期望值/mA	输出值/mA	误差 (%FS)	测量不确定度 ($k=2$)

2) 延时相移 输出负载电阻 _____ Ω

频率/Hz	输入值/A	延时相移 ($^{\circ}$)	测量不确定度 ($k=2$)

校准员：_____

核验员：_____

校准日期：_____

附录 C

校准证书内页格式 (第 2 页)

证书编号 ××××××-××××

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):				
校准所使用的主要测量标准:				
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. ×××××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。

附录 D

校准证书校准结果页格式 (第 3 页)

证书编号 ××××××-××××

校准结果

1. 电压变送器				
1) 电压 输出负载电阻____Ω				
频率/Hz	输入值/V	输出值/mA	误差 (%FS)	测量不确定度 ($k=2$)
2) 延时相移 输出负载电阻____Ω				
频率/Hz	输入值/V	延时相移 (°)	测量不确定度 ($k=2$)	
2. 电流变送器				
1) 电流 输出负载电阻____Ω				
频率/Hz	输入值/A	输出值/mA	误差 (%FS)	测量不确定度 ($k=2$)
2) 延时相移 输出负载电阻____Ω				
频率/Hz	输入值/A	延时相移 (°)	测量不确定度 ($k=2$)	
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF 1059.1—2012 的要求。				
敬告:				
1. 被校准仪器修理后, 应立即进行校准。				
2. 在使用过程中, 如对被校准仪器的技术指标产生怀疑, 请重新校准。				
3. 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。				

校准员:

核验员:

第×页 共×页

中 华 人 民 共 和 国
国 家 计 量 技 术 规 范
测 量 用 变 频 电 量 变 送 器 校 准 规 范
JJF 1558—2016

国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国质检出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 40 千字
2016年6月第一版 2016年6月第一次印刷

*

书号: 155026·J-3119 定价 27.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



JJF 1558-2016