



中华人民共和国工业和信息化部 有色金属计量技术规范

JJF（有色金属）XXXX—20XX

工业过程测量和控制系统用配电器 校准规范

Calibration Specification for
Distributors Used in Industrial Process Measurement and Control Systems

（报批稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

工业过程测量和控制系统用 配电器校准规范

JJF（有色金属）
XXXX—20XX

Calibration Specification for

Distributors Used in Industrial

Process Measurement and Control Systems

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：西南铝业（集团）有限责任公司

有色金属技术经济研究院有限责任公司

国标（北京）检验认证有限公司

东北轻合金有限责任公司

西安汉唐分析检测有限公司

广东省科学院工业分析检测中心

天津艾隆科技开发有限公司

本规范委托有色金属行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

包超强（西南铝业（集团）有限责任公司）

王素歌（西南铝业（集团）有限责任公司）

张国栋（西南铝业（集团）有限责任公司）

闫雁楠（有色金属技术经济研究院有限责任公司）

牛国民（国标（北京）检验认证有限公司）

谭本清（西南铝业（集团）有限责任公司）

杜鸿运（东北轻合金有限责任公司）

刘泽晨（西安汉唐分析检测有限公司）

陈 雅（广东省科学院工业分析检测中心）

史宏伟（天津艾隆科技开发有限公司）

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	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准及其他设备	(2)
5.3 其他条件	(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)
7 校准结果表达	(7)
8 复校时间间隔	(8)
附录 A 校准原始记录参考格式	(9)
附录 B 校准证书内页参考格式	(11)
附录 C 工业过程测量和控制系统用配电器示值误差的测量不确定度评定示例	(12)

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》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

本规范参考了GB/T 28472.1-2012《工业过程测量和控制系统用配电器 第1部分：通用技术条件》和GB/T 28472.2-2012《工业过程测量和控制系统用配电器 第2部分：性能评定方法》的技术内容。

本规范为首次发布。

工业过程测量和控制系统用配电器校准规范

1 范围

本规范适用于将(0~20)mA DC或(0~10)V DC输入信号转换为相互隔离的(0~20)mA DC或(0~10)V DC输出信号,并为现场各类变送器或传感器提供隔离电源的工业过程测量和控制系统用配电器(以下简称配电器)的校准,其他具有类似功能的信号隔离器、安全栅等仪器也可参照本规范进行校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

GB/T 28472.1-2012 工业过程测量和控制系统用配电器 第1部分:通用技术条件

GB/T 28472.2-2012 工业过程测量和控制系统用配电器 第2部分:性能评定方法

凡是注明日期的引用文件,仅注明日期的版本适用于本规范;凡是不注明日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规范。

3 概述

工业过程测量和控制系统用配电器是指向工业现场各类变送器或传感器提供隔离电源,同时将变送器或传感器传输信号进行变送、转换、隔离、抗干扰处理,供指示、记录或调节输出使用,以实现输入信号、输出信号和电源三者之间的相互隔离。配电器主要由输入信号处理单元、抗干扰隔离单元、配电单元、输出信号处理单元和电源单元等五部分组成。配电器的输入、输出信号包括直流电流信号和直流电压信号。配电器的输入通道、输出通道可根据通道数量分为单通道和多通道。配电器结构图见图1。

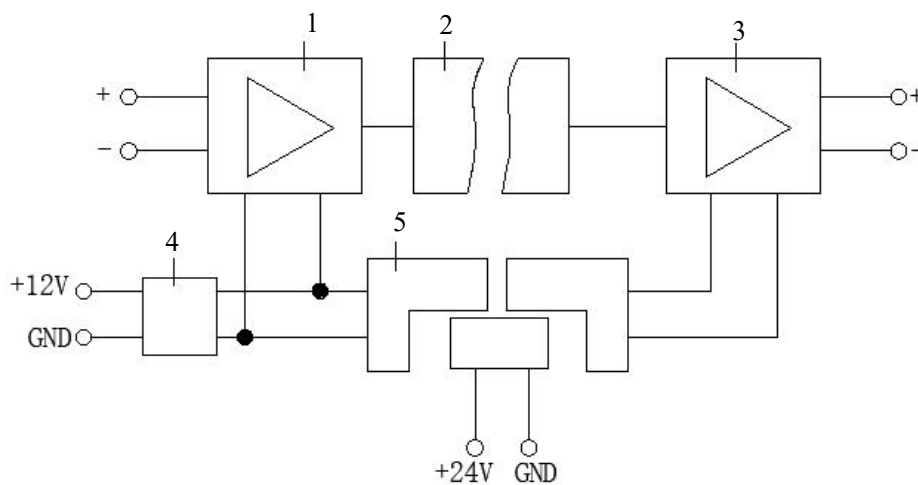


图1 配电器结构图

1-输入信号处理单元; 2-抗干扰隔离单元; 3-输出信号处理单元; 4-配电单元; 5-电源单元

4 计量特性

配电器的校准项目和计量特性要求见表1。

表 1 配电器校准项目和计量特性要求

序号	校准项目		不同准确度等级配电器的计量特性				
			0.1级	0.2级	0.3级	0.5级	1.0级
1	输出示值误差		$\pm 0.1\%$	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.3\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1.0\%$
2	输出示值回程误差		$\leq 0.1\%$	$\leq 0.2\%$	$\leq 0.3\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 1.0\%$
3	输出示值重复性		$\leq 0.1\%$	$\leq 0.2\%$	$\leq 0.3\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 1.0\%$
4	漂移	零点漂移	$\leq 0.1\%$	$\leq 0.2\%$	$\leq 0.3\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 1.0\%$
		量程漂移	$\leq 0.1\%$	$\leq 0.2\%$	$\leq 0.3\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 1.0\%$
5	电源电压变化影响量		$\leq 0.1\%$	$\leq 0.2\%$	$\leq 0.3\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 1.0\%$
6	负载变化影响量		$\leq 0.1\%$	$\leq 0.2\%$	$\leq 0.3\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 1.0\%$
7	配电电压稳定性		不超过配电器额定配电电压的 $\pm 1\%$				

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：（15～35）℃。

5.1.2 湿度：（10～75）%RH。

5.1.3 配电器供电电源：供电电源波动不超过配电器额定工作电压的 $\pm 10\%$ ，若配电器说明书有规定，参照说明书要求。

5.1.4 工作环境中应无影响配电器正常工作的电磁场和振动，供电电源无纹波影响。

5.2 测量标准及其他设备

校准配电器所用的测量标准及其他设备的技术要求见表2。

表 2 测量标准及其他设备的技术指标

序号	测量标准及其他设备	技术指标	备注
1	过程校验仪	直流电流输出: (0~30) mA; 直流电压输出: (0~30) V; 直流电流测量: (0~30) mA; 直流电压测量: (0~30) V; 准确度等级: 不低于0.02级	提供标准输入信号, 并测量配电器输出信号, 过程校验仪也可用其他满足要求的信号源、电流表或电压表代替
2	标准电阻组	直流电阻: (0~4) k Ω , 至少包含250 Ω 和2k Ω 标准电阻; 准确度等级: 不低于0.02级	提供配电器输入、输出回路的标准电阻, 标准电阻也可用其他满足要求的电阻箱等代替
3	标准电源	直流电压源: (0~30) V; 准确度等级: 不低于0.2级	提供配电器标准电源
4	耐压测试仪	交流电压: (0~1000) V; 准确度等级: 不低于5.0级	绝缘强度试验
5	绝缘电阻表	电阻: (0~500) M Ω ; 准确度等级: 不低于10级	绝缘电阻试验

5.3 其他条件

配电器外观与结构性能应满足 GB/T 28472.1-2012 中 5.4.5 的规定; 标志和标识性能应满足 GB/T 28472.1-2012 中 6.1 的规定; 绝缘强度性能应满足 GB/T 28472.1-2012 中 5.3.1 的规定; 绝缘电阻性能应满足 GB/T 28472.1-2012 中 5.3.2 的规定。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

配电器的校准项目有输出示值误差、输出示值回程误差、输出示值重复性、漂移、电源电压变化影响量、负载变化影响量和配电电压稳定性。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前准备

校准前, 对配电器进行通电, 在 5.1 规定的环境条件下至少预热 1h, 待配电器稳定后, 参照配电器说明书按图 2 所示接线。校准过程中, 不应敲打或振动配电器。除配电器说明书有特殊说明, 示值误差校准时配电器输入电阻应为 2k Ω , 输出电阻应为 250 Ω , 带内置电阻的过程校验仪和配电器可不接电阻。

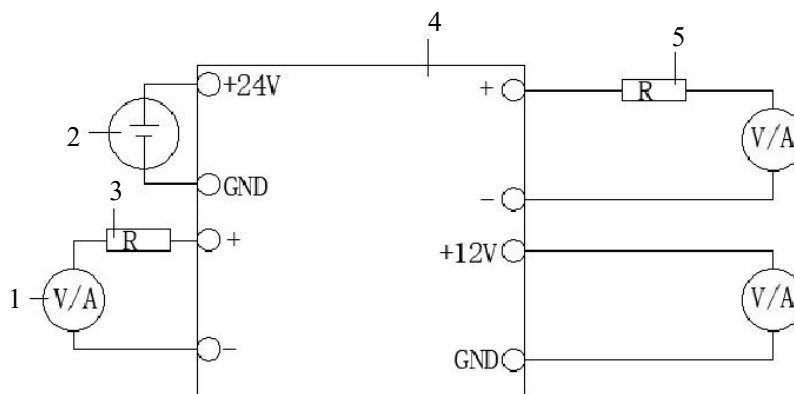


图2 配电器校准接线图

1-过程校验仪；2-标准电源；3-标准输入电阻组；4-被校配电器；5-标准输出电阻组

6.2.2 输出示值误差

以输入信号满量程的 0%、25%、50%、75%和 100%作为校准点，按从低到高的顺序依次设定各校准点对应的过程校验仪标准输入信号值 C_0 ，待配电器输出信号读数稳定时，记录该输出信号示值，此为正行程方向的校准。再按各校准点输入信号值从高到低的顺序，用同样方法进行反行程方向的校准。在正、反行程校准过程中，不应随意改变各校准点顺序和输入信号值变化方向。按公式（1）计算配电器各校准点的输出示值误差，取正、反行程输出示值误差的最大值为该校准点的输出示值误差。具有多通道输入或输出信号的配电器，分别应对每个通道进行校准。每个通道输入或输出信号可不同类型或范围切换的，每种类型和范围应分别校准。

$$\Delta C = \frac{C - C_0}{R} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

ΔC ——配电器输出示值误差；

C ——配电器输出信号示值，mA或V；

C_0 ——过程校验仪的标准输入信号值，mA或V；

R ——配电器输出信号量程，mA或V。

6.2.3 输出示值回程误差

输出示值回程误差的校准可在输出示值误差校准的同时进行，按公式（2）计算配电器的输出示值回程误差。

$$\Delta A = \frac{|C_1 - C_2|}{R} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

ΔA ——配电器输出示值回程误差；

C_1 ——配电器正行程方向的输出信号示值，mA或V；

C_2 ——配电器反行程方向的输出信号示值，mA或V；

R ——配电器输出信号量程，mA或V。

6.2.4 输出示值重复性

以输入信号量程的 50%作为校准点，设定对应的过程校验仪标准输入信号值，待配电器输出信号示值稳定后，记录配电器输出信号示值，重复 6 次。输出示值重复性以相对标准偏差表示，按公式（3）计算配电器的输出示值重复性。

$$S_r = \frac{1}{\bar{C}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

S_r ——配电器输出示值重复性；

C_i ——配电器第*i*次测量的输出信号示值，mA或V；

$\bar{C}$ ——配电器输出信号示值的算术平均值，mA或V；

n ——测量次数， $n=6$ 。

6.2.5 漂移

零点漂移以输入信号量程的 0%作为校准点，设定对应的过程校验仪标准输入信号值，记录配电器输出信号稳定示值，然后 1h 内每隔 10min 记录一次配电器输出信号示值。按公式（4）计算配电器的零点漂移。

$$\Delta Z_0 = \frac{|Z_{0\max} - Z_{0\min}|}{R} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

ΔZ_0 ——配电器零点漂移；

$Z_{0\max}$ ——1h内配电器零点信号的最大输出信号示值，mA或V；

$Z_{0\min}$ ——1h内配电器零点信号的最小输出信号示值，mA或V；

R ——配电器输出信号量程，mA或V。

量程漂移以输入信号量程的 100%作为校准点, 设定对应的过程校验仪标准输入信号值, 记录配电器输出信号稳定示值, 然后 1h 内每隔 10min 记录一次配电器输出信号示值。按公式 (5) 计算配电器的量程漂移。

$$\Delta Z_R = \frac{|Z_{R\max} - Z_{R\min}|}{R} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

ΔZ_R ——配电器量程漂移;

$Z_{R\max}$ ——1h内配电器量程信号的最大输出信号示值, mA或V;

$Z_{R\min}$ ——1h内配电器量程信号的最小输出信号示值, mA或V;

R ——配电器输出信号量程, mA或V。

6.2.6 电源电压变化影响量

将配电器输入信号设定为其量程的100%, 然后按照说明书或铭牌规定改变标准电源值, 使配电器供电电源电压分别为额定值、上限值和下限值, 待配电器输出信号示值稳定后, 分别记录配电器在不同供电电源电压时的输出信号示值。以输出信号示值的最大变化量作为配电器电源电压变化影响量, 按公式 (6) 计算配电器的电源电压变化影响量。

$$\Delta Z_V = \frac{|Z_{V\max} - Z_{V\min}|}{R} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

ΔZ_V ——配电器电源电压变化影响量;

$Z_{V\max}$ ——配电器供电电源电压变化的最大输出信号示值, mA或V;

$Z_{V\min}$ ——配电器供电电源电压变化的最小输出信号示值, mA或V;

R ——配电器输出信号量程, mA或V。

6.2.7 负载变化影响量

将配电器输入信号设定为其量程的100%, 然后按照说明书或铭牌规定改变标准输出电阻值, 使配电器输出回路负载电阻分别为0 Ω 、中间值和最大值, 待配电器输出信号示值稳定后, 分别记录配电器在不同负载电阻值时的输出信号示值。以输出信号示值的最大变化量作为配电器负载变化影响量, 按公式 (7) 计算负载变化影响量。

$$\Delta Z_F = \frac{|Z_{F\max} - Z_{F\min}|}{R} \times 100\% \quad (7)$$

式中:

ΔZ_F ——配电器负载变化影响量;

$Z_{F\max}$ ——配电器负载变化的最大输出信号示值, mA或V;

$Z_{F\min}$ ——配电器负载变化的最小输出信号示值, mA或V;

R ——配电器输出信号量程, mA或V。

6.2.8 配电电压稳定性

将标准电源调整到配电器供电电源电压的上限值, 在输入零点信号的情况下, 测量配电器配电电压示值。然后将标准电源调整到配电器供电电源电压的下限值, 在输入信号为量程的100%情况下, 测量配电器配电电压示值。按公式(8)计算配电电压稳定性。

$$\Delta V = \frac{(V_1 - V_0, V_2 - V_0)_{\max}}{V_0} \times 100\% \quad (8)$$

式中:

ΔV ——配电器配电电压稳定性;

V_1 ——配电器在输入零点信号与供电电源电压最大时的配电电压示值, V;

V_2 ——配电器在输入信号量程100%与供电电源电压最小时的配电电压示值, V;

V_0 ——配电器额定配电电压, V。

7 校准结果表达

经校准的配电器出具校准证书, 校准证书至少应包括以下信息:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室的名称和地址;
- c) 实施校准活动的地点, 包括客户设施、实验室固定设施以外的地点;
- d) 证书的唯一性标识(如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和联络信息;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准活动的日期, 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和证书发布日期;
- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;

- i) 本次校准所用的测量标准和溯源性及有效性说明;
 - j) 校准环境的描述;
 - k) 校准结果及其测量不确定度的说明(给出整个测量范围校准结果测量不确定度的最大值);
 - l) 对校准规范偏离的说明;
 - m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识,以及签发日期;
 - n) 校准人和核验人签名;
 - o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
 - p) 未经校准实验室书面批准,不得部分复制校准证书的声明。
- 校准原始记录参考格式见附录A,校准证书内页参考格式见附录B。

8 复校时间间隔

复校时间间隔的长短取决于其使用情况,使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间,建议复校时间间隔为1年。

附录 A

校准原始记录参考格式

记录编号				证书编号			
送校单位				制造厂			
仪器名称		规格型号		仪器编号			
校准地点		环境温度	℃	环境湿度	%RH		
校准依据							
校准用测量标准							
名称	型号规格	技术要求	仪器编号	证书编号	有效期		
其他条件							
外观与结构：_____；标志和标识：_____；绝缘电阻：_____；绝缘强度：_____							
校准项目							
1. 输出示值误差和输出示值回程误差							
标准输入信号值（ ）	输出信号理论值（ ）	输出信号示值（ ）		输出示值误差（ ）	输出示值回程误差（ ）	输出示值误差的扩展不确定度	
		正行程	反行程				
2. 输出示值重复性							
项目	输出信号示值（ ）						平均值（ ）
输出示值重复性							
3. 漂移（ ）							

JJF(有色金属)XXX-202X

时间（min）	0	10	20	30	40	50	60
输出信号零点示值							
输出信号量程示值							
零点漂移				量程漂移			
4. 电源电压变化影响量							
电源电压值（ ）							
电源电压输出信号示值()							
电源电压变化影响量							
5. 负载变化影响量							
负载电阻值（ ）							
负载输出信号示值()							
负载变化影响量							
6. 配电电压稳定性							
电源电压值（ ）							
标准输入信号值（ ）							
配电电压示值（ ）							
配电电压稳定性							

附录 B

校准证书内页参考格式

1. 示值误差和回程误差					
标准输入信号值 ()	输出信号理论 值 ()	输出信号示值 ()	示值误差 ()	回程误差 ()	示值误差 扩展不确定度
2. 重复性					
3. 漂移					
零点漂移			量程漂移		
4. 电源电压变化影响量					
5. 负载变化影响量					
6. 配电电压稳定性					

附录 C

工业过程测量和控制系统用配电器示值误差的测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 校准依据

本规范。

C.1.2 测量标准

测量标准的技术指标见表C.1。

表 C.1 测量标准的技术指标

序号	测量标准或设备	主要技术指标
1	过程校验仪	标准直流电流输出信号：（4~20）mA，准确度等级为 0.02 级， 分辨力为 0.0001mA； 标准直流电流测量信号：（4~20）mA，准确度等级为 0.02 级， 分辨力为 0.0001mA； 标准直流电阻：（0~4000）Ω，准确度等级为 0.02 级
2	标准电源	标准电源信号：24V，0.02 级

C.1.3 被校对象

被校配电器具有内置电阻250Ω，输入信号为直流电流（4~20）mA，对应输出信号为直流电流（4~20）mA（即量程为16mA），0.1级。

C.1.4 校准方法

按照本规范6.2.2的规定进行校准。本示例仅取输入信号为量程50%（即8mA）进行校准说明，校准点为12mA，其他校准点参照本示例。

C.2 测量模型

本规范配电器示值误差用相对误差表示，本示例为了便于计算，采用直接测量方法，其测量模型见公式（C.1）。

$$\Delta C = C - C_0 \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔC ——配电器示值误差，mA；

C ——配电器输出信号示值, mA;

C_0 ——配电器输出信号理论值, mA。

由测量模型可知, 灵敏系数为:

$$C_1 = \frac{\partial \Delta C}{\partial C} = 1$$

$$C_2 = \frac{\partial \Delta C}{\partial C_0} = -1$$

C.3 测量不确定度来源分析

测量不确定度来源主要有:

1) 测量过程引入的不确定度 u_1 : 由测量重复性引入的不确定度分量 u_{11} 和过程校验仪分辨力引入的不确定度分量 u_{12} 组成。

2) 过程校验仪准确度引入的不确定度 u_2 : 由过程校验仪输出信号准确度引入的不确定度分量 u_{21} 和过程校验仪测量信号准确度引入的不确定度分量 u_{22} 组成。

C.4 测量不确定度评定

C.4.1 测量过程引入的不确定度 u_1

C.4.1.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_{11}

对一台输入信号为直流电流 (4~20) mA, 对应输出信号为直流电流 (4~20) mA 的配电器, 重复条件下, 在 12mA 校准点连续测量 10 次, 得到数据见表 C.2。

表 C.2 测量重复性结果

序号	1	2	3	4	5
示值 C / (mA)	12.0035	12.0042	12.0029	12.0038	12.0045
序号	6	7	8	9	10
示值 C / (mA)	12.0025	12.0031	12.0047	12.0044	12.0037

其算术平均值为:

$$\bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i = 12.00373\text{mA}$$

单次实验标准差为:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2} = 0.000735\text{mA}$$

由于实际校准过程中 n 是取上、下行程的 2 次测量结果, 则 $n=2$, 测量重复性引入的不确定度为:

$$u_{11} = \frac{s}{\sqrt{n}} = 0.00052\text{mA}$$

C.4.1.2 过程校验仪分辨力引入的不确定度分量 u_{12}

配电器输出信号由过程校验仪测量, 过程校验仪的分辨力为 0.0001mA , 区间半宽 $a=r/2=0.00005\text{mA}$, 服从均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$, 则:

$$u_{12} = \frac{a}{k} = \frac{0.00005}{\sqrt{3}} = 0.000029\text{mA}$$

重复性引入的不确定度分量与过程校验仪分辨力引入的不确定度分量, 两者取大值, 则:

$$u_1 = 0.00052\text{mA}$$

C.4.2 过程校验仪准确度引入的不确定度 u_2

C.4.2.1 过程校验仪输出信号准确度引入的不确定度分量 u_{21}

过程校验仪输出信号的准确度等级为 0.02 级, 则在 12mA 校准点的区间半宽 $a=12 \times 0.02\% = 0.0024\text{mA}$, 服从均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$, 则:

$$u_{21} = \frac{a}{k} = \frac{0.0024}{\sqrt{3}} = 0.00139\text{mA}$$

C.4.2.2 过程校验仪测量信号准确度引入的不确定度分量 u_{21}

过程校验仪测量信号的准确度等级为 0.02 级, 则在 12mA 校准点的区间半宽 $a=12 \times 0.02\% = 0.0024\text{mA}$, 服从均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$, 则:

$$u_{22} = \frac{a}{k} = \frac{0.0024}{\sqrt{3}} = 0.00139\text{mA}$$

则过程校验仪准确度引入的不确定度 u_2 为:

$$u_2 = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2} = \sqrt{0.00139^2 + 0.00139^2} = 0.002\text{mA}$$

C.5 合成标准不确定度计算

合成标准不确定度计算为:

$$u_c = \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2} = 0.0021\text{mA}$$

C.6 扩展不确定度评定

取包含因子 $k=2$, 示值误差测量结果扩展不确定度为:

$$U = k \cdot u_c = 0.004\text{mA}$$

则相对扩展不确定度为:

$$U_{rel} = \frac{0.004}{12} \times 100\% = 0.03\%$$
