



# 中华人民共和国城镇建设行业标准

CJ/T 364—2011

---

## 管道式电磁流量计在线校准要求

Online calibration requirement for piping electromagnetic flowmeter

2011-04-18 发布

2011-10-01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由住房和城乡建设部标准定额研究所提出。

本标准由住房和城乡建设部给水排水产品标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：中国城镇供水排水协会设备材料工作委员会。

本标准参加起草单位：国家水大流量计量站、长春水务(集团)有限责任公司、广州市自来水公司、上海申波自来水物探工程技术有限公司、大连市自来水集团有限公司、开封仪表有限公司、上海威尔泰工业自动化股份有限公司、科隆测量仪器(上海)有限公司、余姚银环流量仪表有限公司、深圳市拓安信自动化仪表有限公司、上海迪华科技有限公司、郑州市自来水总公司。

本标准主要起草人：苗豫生、宋雪峰、邓慧莉、陆浩亮、孙健、魏敏杰、沈磊、朱迅华、宋建军、朱家顺、詹益鸿、邵旭东。

## 管道式电磁流量计在线校准要求

### 1 范围

本标准规定了管道式电磁流量计(简称电磁流量计)在线校准的术语和定义、校准要求。  
本标准适用于满管流的电磁流量计在线校准。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

JJG 1030 超声流量计

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**标准表 standard meter**

基于时差法原理、用于校准电磁流量计的外夹式超声流量计。

#### 3.2

**标准管段 standard pipeline**

与电磁流量计相联接的、适合标准表安装的、尺寸稳定的一段管道。

#### 3.3

**标准表法 standard meter method**

以标准表为标准器,使流体在相同时间间隔内连续通过标准表和电磁流量计,比较两者的输出流量值,从而确定电磁流量计计量性能的校准方法。该方法也可用于其他型式流量计的在线校准。

#### 3.4

**电参数法 electricity parameter method**

通过对直接影响电磁流量计测量准确度的传感器励磁线圈电阻和对地绝缘电阻、电极接液电阻偏差率、转换器各项参数转换准确度和零点漂移等参数进行校准,从而确定电磁流量计计量性能的校准方法。

### 4 校准要求

#### 4.1 基本要求

4.1.1 电磁流量计在规定的流量范围内其准确度等级应满足 GB 17167 的要求。

4.1.2 电磁流量计的重复性误差不应超过基本误差限绝对值的 1/2。

4.1.3 电磁流量计零点漂移不应超过基本误差限的绝对值。

4.1.4 根据电磁流量计使用说明书要求、检定证书或出厂校验单,检查电磁流量计是否正常工作 and 转换器中影响计量准确度关键参数的输入是否正确。

4.2 校准条件和标准要求

- 4.2.1 电磁流量计的选择、安装与使用应满足产品的要求。
- 4.2.2 电磁流量计应有前次的校准或检定证书。
- 4.2.3 标准表的基本误差应优于±0.5%。
- 4.2.4 电磁流量模拟信号校准器等测量设备的选择参见附录 A。
- 4.2.5 在线校准使用的所有计量器具均应具有有效的校准或检定证书。
- 4.2.6 标准表的安装、使用应符合 JJG 1030 的要求。
- 4.2.7 校准时的实际流速不应小于 0.3 m/s。
- 4.2.8 传感器应单独正确接地,且接地电阻小于 10 Ω 或符合生产厂家特定的要求。
- 4.2.9 对有衬里的标准管段,应准确了解衬层厚度和材料类型。标准管段与电磁流量计直接串联,前后直管段长度能够保证标准表的正确计量。

4.3 校准项目和校准方法

4.3.1 标准表法

4.3.1.1 标准表的安装

- a) 标准表应串联安装在电磁流量计上游侧或下游侧。
- b) 用量具分别在标准表换能器安装位置附近的同一截面上等角分布测量  $n$  次外直径,或测量  $n$  次外周长计算出外直径,其平均值  $D$  按式(1)计算。

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$n$  ——测量次数,  $n \geq 4$ ;  
 $D_i$  ——第  $i$  点测得的管道外直径或计算出的外直径。

- c) 在标准表换能器安装位置上均布 5 个点,使用测厚仪测量管道壁厚,并取其平均值。
- d) 对无法测量的参数,如管道材质、衬里材料、厚度等,根据技术资料现场查明确认。
- e) 将以上管道参数输入标准表内,得出标准表换能器安装距离  $L$ 。在标准管段上划线定位,以便准确地安装;也可用坐标纸剪成宽为  $L$  的长条,围在管壁上,使纸长等于周长,然后对折,定出标准表换能器的位置。也可参照使用说明书推荐的方法执行。
- f) 清理已定安装位置附近的管壁(比标准表换能器约大一倍的面积),将管壁上的油漆、铁锈、污垢等清除干净,露出管道材质,打磨光滑。
- g) 在标准表换能器表面均匀涂以耦合剂,将标准表换能器上标志对准安装位置,使其发射面与管壁紧密接触。
- h) 用紧固件将标准表换能器固定在管道上。将标准表换能器信号传输电缆连接到转换器上。按要求将信号调试到最佳状态。

4.3.1.2 示值误差校准

- a) 根据现场实际情况确定校准流量点,每个流量点校准 3 次。现场无法调节流量时可采用在不同的时段进行校准。流量点一般选择 1~3 个。
- b) 每次校准时,同时读取并记录电磁流量计和标准表的示值。若读取的数值为瞬时值,则至少读取 20 个数值,取其平均值;若读取的数值为累积值,则应保证大于最小读数的 1 000 倍或读取至少 20 分钟的累积值。
- c) 电磁流量计每个流量点每次校准的相对示值误差  $E_q$  按式(2)计算。

$$E_{ij} = \frac{q_{ij} - (q_s)_{ij}}{(q_s)_{ij}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$q_{ij}$  ——第  $i$  流量点第  $j$  次校准时的电磁流量计示值(瞬时值或累积值);

$(q_s)_{ij}$  ——第  $i$  流量点第  $j$  次校准时的标准表示值(瞬时值或累积值)。

#### 4.3.1.3 重复性计算

电磁流量计每个流量点的重复性( $Er$ ),按式(3)计算:

$$(Er)_i = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$n$  ——第  $i$  流量点的校准次数,  $n \geq 3$ ;

$E_i$  ——按式(1)类同计算。

取电磁流量计所有流量点的重复性最大值作为电磁流量计的重复性  $Er$ 。

#### 4.3.1.4 校准结果应满足 4.1 的要求。

### 4.3.2 电参数法

#### 4.3.2.1 传感器性能要求

- a) 励磁线圈电阻值与出厂或首次校准时一致,其偏差率不超过  $\pm 1.0\%$ 。
- b) 励磁线圈对地绝缘电阻不应小于  $20 \text{ M}\Omega$  或符合生产厂家特定的要求。
- c) 传感器两测量电极接液(对地)电阻值应基本一致,两者的偏差率小于  $20\%$ ,且测量时伴有充放电现象。

#### 4.3.2.2 转换器性能要求

- a) 电源端子与外壳之间的绝缘电阻不应小于  $20 \text{ M}\Omega$ 。
- b) 电磁流量计对流量特征系数的修改应有保护功能,能避免意外更改或能记录历史修改过程。校准时应记录该特征系数数值并且在校准记录中注明。周期校准的电磁流量计特征系数值应与上次校准时特征系数数值相同并没有进行过修改。

#### 4.3.2.3 委托方应提供电磁流量计的出厂或首次校准时的下列数据:

- a) 励磁线圈电阻;
- b) 励磁线圈对地的绝缘电阻;
- c) 传感器的接地电阻;
- d) 连接电缆的参数(尤其是励磁电缆、信号电缆的电阻值);
- e) 首次校准时电极接液(对地)电阻的偏差率。

#### 4.3.2.4 传感器参数校准

关闭电磁流量计电源,拆除转换器接线端子的连接电缆,作好标记。

##### a) 励磁线圈电阻

- 1) 以数字万用表为测量工具,两个表笔分别接励磁线圈的两个端子,测量励磁线圈的电阻值。测量结果与首次检测时的电阻值或生产厂家提供该型号规格的励磁线圈的电阻值进行比对。
- 2) 测量结果应满足 4.3.2.1 的要求。

##### b) 励磁线圈对地绝缘电阻

- 1) 以  $500 \text{ V}$  兆欧表为测量工具时,在励磁线圈的一个端子与地线之间施加直流电压,稳定后读数。
- 2) 以绝缘电阻测试仪为测量工具时,将黑表笔连接电磁流量计接地端子,红表笔接入励磁线

圈的一个端子,档位开关转到 500 V 档,稳定 10 s 后读数。

3) 测量结果应满足 4.3.2.1 的要求。

c) 传感器接地电阻

1) 以接地电阻测试仪为测量工具,将两根辅助接地棒以直线相距传感器间隔 5 m~10 m 处打入地下。连接线至仪器相应端子。在 200 Ω~0 Ω 档位进行测试,显示的值即为传感器接地电阻值。

2) 测量结果应满足 4.3.2.1 的要求。

d) 电极接液(对地)电阻偏差率

1) 以指针式万用表为测量工具。指针式万用表的黑表笔固定接地,红表笔分别接两个电极的信号端子。在测量时,应出现短暂的充放电现象,读取指针偏转最大值。

2) 两电极接液(对地)电阻的偏差率  $\delta_R$  按式(4)计算:

$$\delta_R = \frac{|R_1 - R_2|}{\bar{R}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$\delta_R$  ——两个电极接液(对地)电阻的偏差率(%);

$R_1$  ——电极 1 接液(对地)电阻值( $\Omega$ );

$R_2$  ——电极 2 接液(对地)电阻值( $\Omega$ );

$\bar{R}$  ——两个电极接液(对地)电阻平均值( $\Omega$ )。

3) 用指针式万用表测量电极接液(对地)电阻时应符合下列要求:

——应在测量表笔接触端子的瞬间读取指针偏转最大值,测量值应以最初一次为准。若要再次测量,应把电极信号输出端接地片刻以消除残余极化影响。

——测两个电极接液(对地)电阻时,应用万用表同一测量表笔接电极,另一测量表笔始终接地。

4) 测量结果应满足 4.3.2.1 的要求。

4.3.2.5 转换器参数校准

a) 电源端子与外壳之间的绝缘电阻

1) 关闭电磁流量计电源,用 500 V 兆欧表或数字式绝缘电阻测试仪作为测量工具,将红表笔和黑表笔分别连接在转换器的电源端子与转换器外壳之间,档位开关转到 500 V 档,稳定 10 s 后读数。

2) 测量结果应满足 4.3.2.2 的要求。

b) 瞬时流量的示值误差和重复性

1) 关闭电磁流量计电源,断开传感器和转换器之间的电缆连接。按照生产厂家提供的电路图进行转换器和电磁流量模拟信号校准器之间的电气连接。接好线并检查后通电,预热 15 min 以上。将转换器参数按电磁流量模拟信号校准器的参数要求进行设置,在设置前分别记录需要修改的各项参数,以便校准结束后对参数进行恢复。

2) 在满量程范围内选定至少 3 个流速/流量点(含常用流速/流量点),将电磁流量模拟信号校准器流速/流量方向开关 K 分别置于选定的测量档位,调节流速/流量,读取转换器显示的流量值,每档重复 3 次,记录下来。

3) 按上述方法校准转换器瞬时流量示值误差的计算公式为式(5):

$$\delta_{q_i} = \frac{\bar{q}_i - q_{si}}{q_{si}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

$\delta_{q_i}$  ——第  $i(i=1,2,3\dots)$  流速/流量点的相对误差(%);

$\bar{q}_i$  ——被校转换器第  $i$  流速/流量点 3 次测量的平均值 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；

$q_{si}$  ——第  $i$  ( $i=1, 2, 3, \dots$ ) 流速/流量点的理论流量值 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )。

取其中最大相对误差值为该转换器的流量示值误差  $\delta_Q$ ，即式(6)：

$$\delta_Q = (\delta_{Q_i})_{\max} \quad \dots\dots\dots(6)$$

4) 按计算公式(7)、(8)计算转换器瞬时流量示值重复性误差：

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^3 (q_{ij} - \bar{q}_i)^2}{2}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\delta_{ri} = \frac{S_i}{q_i} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中：

$S_i$  ——第  $i$  流速/流量点的标准偏差 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；

$q_{ij}$  ——第  $i$  流速/流量点第  $j$  次校准被检转换器显示的流量值 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；

$\bar{q}_i$  ——被校转换器第  $i$  流速/流量点 3 次流量的平均值 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；

$\delta_{ri}$  ——重复性误差 (%)。

取其中  $\delta_{ri}$  的最大值作为该转换器的重复性误差  $\delta_r$ ，即  $\delta_r = (\delta_{ri})_{\max}$ 。

5) 此结果应满足 4.1 的要求。

#### c) 转换器零点

转换器与电磁流量模拟信号校准器的连接要求同 4.3.2.5。

将电磁流量模拟信号校准器的流速/流量方向开关设置到“0”的位置，用电磁流量模拟信号校准器上的零位电位器进行调零或通过零点自校检测设定，直到转换器瞬时流量显示为  $0.000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

#### 4.3.2.6 电磁流量计零点漂移

a) 对不具备停流条件的管道，可采用本条的方法校准。

b) 断开传感器励磁线圈和转换器之间的电缆连接，保持电极信号线的电缆连接，检查后通电预热 15 min 以上。将转换器中的参数设置恢复到正常工作状态，持续观测 15 min，每 5 min 记录转换器的瞬时流量显示值  $q_{0i}$ 。取绝对值最大的值与电磁流量计量程相比较，得到零点漂移  $\delta_{q0}$ 。

c) 零点漂移按式(9)计算：

$$\delta_{q0} = (q_{0i})_{\max} / q_g \times 100\% \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中：

$q_g$  ——满量程流量值。

d) 此零点漂移值应满足 4.1 的要求。

#### 4.4 电磁流量计的复校时间间隔

电磁流量计的复校时间间隔由被校单位根据实际使用情况确定。复校时间间隔不宜超过 2 年。

#### 4.5 其他

4.5.1 电磁流量计的校准记录与结果处理分别见附录 B 和附录 C。

4.5.2 电磁流量计校准结果不确定度评定方法参见附录 D。

附录 A  
(资料性附录)  
校准用计量器具

序号	测量标准	技术指标	
		测量范围	最大示值误差/准确度等级
1	电磁流量模拟信号校准器	电磁流量计生产厂家提供的 电磁流量模拟信号校准器的 测量范围	±0.3%
2	直流数字电流表	(0~2)A	±0.3%
3	数字万用表	(0~20)MΩ	±0.3%
4	500 V 兆欧表	(0~500)MΩ 500 V	10 级
5	数字式绝缘电阻测试仪 频率计	0.01 MΩ~10 GΩ 0.01 Hz~1 MHz	±3% 1×10 <sup>-6</sup>
6	指针式万用表	(0~200)kΩ	±1.5%
7	接地电阻测试仪	(0~2 000)Ω	±3%
8	卷尺	2 m, 5 m, 10 m	I 级
9	测厚仪	(0~50)mm	0.1 mm
10	标准表	(0~10)m/s	0.5 级



**附录 B**  
(规范性附录)  
校准记录(标准表法)

被校仪表	名称		型号		编号	
	制造单位		准确度等级:	级	规格	mm
	流量范围	( ~ )m <sup>3</sup> /h			系数	
委托方		地址				
计量标准器	证书号		准确度/不确定度			
	名称		型号	编号		
	换能器型号		编号	安装方式	法	
	管道外径	mm	管道壁厚	mm	管道材质	
	衬里材质		衬里厚度	mm	所测介质	
	介质温度	℃	环境温度	℃	相对湿度	%
	大气压力	MPa	表压力	MPa		
校准依据				证书编号		
装置状态	使用前:	签名:		使用后:	签名:	
序号	标准表示值	平均流量	被校表示值	相对示值误差	平均误差	重复性
	(m <sup>3</sup> /h 或 m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /h 或 m <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(%)
备注						

校准:                      核验:                      校准日期:                      年 月 日

**附录 C**  
**(规范性附录)**  
**校准记录(电参数法)**

生产厂家:	仪表型号:	仪表编号:	特征系数:		
准确度:	仪表口径:	生产日期:	使用单位:		
量程范围:	校准日期:	环境温度:	相对湿度:		
<b>一、传感器校准</b>					
1. 励磁线圈电阻:		偏差率:			
2. 励磁线圈对地绝缘电阻:					
3. 电极 1 接液电阻:		电极 2 接液电阻:	偏差率:		
4. 传感器接地电阻:					
<b>二、转换器校准</b>					
1. 电源端子与外壳的绝缘电阻:					
2. 瞬时流量、输出电流、输出频率、励磁电流:					
电磁流量模拟信号校准器位置 (m/s)					
瞬时流量 (L/s)	第 1 次测量				
	第 2 次测量				
	第 3 次测量				
	测量平均值				
	理论值				
	相对示值误差				
	重复性				
三、电磁流量计零点漂移值:		第 1 次测量	第 2 次测量	第 3 次测量	第 4 次测量
		计算结果:			
备注					

校准:

核验:

校准日期:

年 月 日

附录 D  
(资料性附录)

电磁流量计校准结果不确定度的评定方法

D.1 标准表法

不确定度分析见表 D.1。

表 D.1 不确定度分析一览表

序号	符号	来源	输入不确定度(%)	可能的分布	覆盖因子	标准不确定度 $u_r(x_i)$ (%)	灵敏系数 $c_r(x_i)$	$ c_r(x_i) u_r(x_i)$ (%)
1	$u_r(q_s)$	标准表		正态	2		-1	
2	$u_r(E_r)$	测量重复性		矩形	$\sqrt{3}$		1	
3	$u_r(d)$	测量管径 $d$		矩形	$\sqrt{3}$		1	
4	$u_{r,s}(\bar{E})$	平均误差的标准偏差					1	

合成标准不确定度:  $u_{cr} = \%$ ; 扩展不确定度:  $U_r = \%$ ,  $k=2$ 。

a) 数学模型

电磁流量计校准的相对示值误差  $E$  按式(D.1)计算:

$$E = \frac{q - q_s}{q_s} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

$q$  ——电磁流量计示值(瞬时值或累积值);

$q_s$  ——标准表示值(瞬时值或累积值),其计算公式见式(D.2):

$$q_s = \frac{v_1}{K} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

$v_1$  ——声道上线平均流速;

$K$  ——流速分布修正系数;

$d$  ——管道内径。

b) 标准表示值  $q_s$  的相对标准不确定度计算见式(D.3):

$$u_r(q_s) = \frac{U_r(q_s)}{k}, c_r(q_s) = -1 \quad \dots\dots\dots (D.3)$$

c) 测量管径  $d$  的相对标准不确定度  $u_r(d)$ :

若管径测量误差为  $\delta$ ,按矩形分布考虑,则不确定度计算见式(D.4):

$$u_r(d) = \frac{\delta}{d\sqrt{3}} \times 100\%; c_r(d) = 2 \quad \dots\dots\dots (D.4)$$

d) 重复性  $E_r$  的不确定度  $u_r(E_r)$ :将各流量点中重复性最大值代入,  $c_r(E_r) = 1$ 。

e) 平均示值误差  $E$  的相对标准不确定度  $u_{r,s}(\bar{E})$  见式(D.5):

$$u_{r,s}(\bar{E}) = s(\bar{E}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (E_j - E)^2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (D.5)$$

式中:

$E_i$  ——第  $i$  流量点的平均示值误差;

$E$  ——所有流量点的平均示值误差。

灵敏系数  $c_{r,s}(\bar{E}) = 1$ 。

f) 由于温度、压力影响相对较小,忽略其不确定度的影响。

g) 合成标准不确定度  $u_{cr}$  按式(D.6)计算。

$$u_{cr} = \sqrt{[u_r(q_s) \cdot c_r(q_s)]^2 + [u_r(E_r) \cdot c_r(E_r)]^2 + [u_r(d) \cdot c_r(d)]^2 + [u_{r,s}(\bar{E}) \cdot c_{r,s}(\bar{E})]^2} \quad \dots\dots\dots (D.6)$$

h) 扩展不确定度按式(D.7)计算:

$$U_r = k \cdot u_{cr}, k=2 \quad \dots\dots\dots (D.7)$$

### D.2 电参数法

首先选定电磁流量模拟信号校准器某一流速/流量点,此时电磁流量计转换器应输出该流速/流量点的标准瞬时流量值。读取转换器瞬时流量示值,连续测量 3 次,3 次示值的算术平均值减去标准瞬时流量值,即得该流速/流量点瞬时流量的示值误差。

符合上述条件的电磁流量计,一般可以直接使用本不确定度的评定结果,其他可使用本不确定度评定方法。

a) 数学模型

$$\Delta q = \bar{q}_N - q_0 \quad \dots\dots\dots (D.8)$$

式中:

$\bar{q}_N$  ——某流速/流量点瞬时流量 3 次示值的算术平均值;

$q_0$  ——某流速/流量点标准瞬时流量值;

$\Delta q$  ——某流速/流量点瞬时流量示值误差。

b) 输入量  $\bar{q}_N$  的标准不确定度的评定

输入量  $\bar{q}_N$  的不确定度来源主要是电磁流量计转换器瞬时流量的重复性。对一台电磁流量计,选择某流速/流量点,连续测量 10 次,得到测量列如表 D.2 的数据。

表 D.2 单次测量值

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值/ (L/s)	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$q_6$	$q_7$	$q_8$	$q_9$	$q_{10}$

其算术平均值按式(D.9)计算:

$$\bar{q} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} q_i \quad \dots\dots\dots (D.9)$$

单次实验标准偏差  $s_i$  按式(D.10)计算:

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (q_i - \bar{q})^2}{10-1}} \quad \dots\dots\dots (D.10)$$

任意选择 2 台同类型电磁流量计,每台在某流速/流量点,重复测量瞬时流量 10 次,共得 2 组测量列,每组测量列按上述方法算得单次试验标准差,得到表 D.3 的数据。

表 D.3 m 组测量值

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{I}/(L/s)$	$I/(L/s)$
示值/ (L/s)	$q_{21}$	$q_{22}$	$q_{23}$	$q_{24}$	$q_{25}$	$q_{26}$	$q_{27}$	$q_{28}$	$q_{29}$	$q_{20}$	$\bar{q}$	$S_{11}$
示值/ (L/s)	$q_{31}$	$q_{32}$	$q_{33}$	$q_{34}$	$q_{35}$	$q_{36}$	$q_{37}$	$q_{38}$	$q_{39}$	$q_{30}$	$\bar{q}$	$S_{12}$

合并样本标准偏差按式(D.11)计算:

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} S_i^2}{m}} \dots\dots\dots (D.11)$$

实际测量情况,在重复性条件下连续测量 3 次,以该 3 次测量值的算术平均值作为测量结果,可得算术平均值的标准偏差  $u(\bar{q}_N)$  按式(D.12)计算:

$$u(\bar{q}_N) = S_p / \sqrt{3} \dots\dots\dots (D.12)$$

相对标准不确定度按式(D.13)计算:

$$u_r(\bar{q}_N) = [u(q_1) / q_0] \times 100\% \dots\dots\dots (D.13)$$

c) 输入量  $q_0$  的标准不确定度的评定

1) 电磁流量模拟信号校准器误差引起的标准不确定度分量  $u(q_0)$  按式(D.14)计算:

按照电磁流量模拟信号校准器的说明书或校准报告、检定证书提供的瞬时流量最大允许示值误差为  $\pm b$ , 为均匀分布,其包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 则:

$$u(q_0) = b / \sqrt{3} \dots\dots\dots (D.14)$$

相对标准不确定度按式(D.15)计算:

$$u_r(q_0) = [u(q_0) / q_0] \times 100\% \dots\dots\dots (D.15)$$

2) 合成标准不确定度的评定

——灵敏系数

数学模型如式(D.16):

$$\Delta q = \bar{q}_N - q_0 \dots\dots\dots (D.16)$$

灵敏系数如式(D.17):

$$c_1 = \frac{\partial \Delta q}{\partial \bar{q}_N} = 1, c_2 = \frac{\partial \Delta q}{\partial q_0} = -1 \dots\dots\dots (D.17)$$

——标准不确定度汇总表

标准不确定度分量/%	不确定度来源	标准不确定度/%	$c_i$	$ c_i  u(q_i)$
$u_r(\bar{q}_N)$	瞬时流量重复性	$[u(\bar{q}_N) / q_0] \times 100\%$	1	$[u(\bar{q}_N) / q_0] \times 100\%$
$u_r(q_0)$	电磁流量模拟信号校准器误差	$[u(q_0) / q_0] \times 100\%$	-1	$[u(q_0) / q_0] \times 100\%$

——合成标准不确定度的计算

输入量  $q_1$  与  $q_0$  彼此独立不相关,所以合成标准不确定度可按式(D.18)得到:

$$u_{\text{rel}} = \sqrt{[c_1 u_r(\bar{q}_N)]^2 + [c_2 u_r(q_0)]^2} \dots\dots\dots (D.18)$$

——扩展不确定度的评定

取包含因子  $k=2$ , 由此得扩展不确定度如式(D.19):

$$U_{rel} = k u_{crel} = 2 u_{crel} \quad \dots\dots\dots (D.19)$$

——测量不确定度的报告与表示如式(D.20):

$$U_{rel} = 2 u_{crel} \quad (k=2) \quad \dots\dots\dots (D.20)$$

---