



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 29820.1—2013

---

## 流量测量装置校准和使用不确定度的评估 第 1 部分：线性校准关系

Assessment of uncertainty in calibration and use of flow measurement devices—  
Part 1: Linear calibration relationships

(ISO/TR 7066-1:1997, MOD)

2013-11-12 发布

2014-03-15 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和符号 .....	1
4 总则 .....	4
5 独立测量中的 A 类和 B 类标准不确定度评定 .....	4
6 校准图的线性判断 .....	5
7 数据的线性化 .....	6
8 最佳的线性拟合 .....	7
9 最佳加权曲线的拟合 .....	9
10 当 $y$ 独立于 $x$ 时的评估方法 .....	9
11 A 类标准不确定度的计算 .....	9
12 B 类标准不确定度和报告程序 .....	10
13 外推值 .....	10
14 单次流量测量使用拟合直线图的不确定度 .....	11
附录 A (规范性附录) 通用函数方差的计算 .....	13
附录 B (资料性附录) 明渠校准示例 .....	14
附录 C (资料性附录) 确定封闭管道校准不确定度示例 .....	19

## 前 言

GB/T 29820《流量测量装置校准和使用不确定度的评估》由以下部分组成：

——第 1 部分：线性校准关系；

——第 2 部分：非线性校准关系。

本部分为 GB/T 29820 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分修改采用 ISO/TR 7066-1:1997《流量测量装置校准和使用不确定度的评估 第 1 部分：线性校准关系》。

本部分与 ISO/TR 7066-1:1997 相比，存在以下技术性差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线( | )进行了标示。

ISO/TR 7066-1:1997 所引用的 ISO/TR 5168:1998 已被 ISO 5168:2005 所代替。与 ISO/TR 5168:1998 相比，ISO 5168:2005 在“随机”和“系统”不确定度分量的概念和术语方面有了重大改变，“随机”和“系统”不确定度分量不再是优选分类。主要原因有以下两点：

1) 与 GUM(ISO 指南 测量不确定度表示方法)一致，因随机或系统原因产生的不确定度分量，评估后的处理方法相同；

2) 这些术语在使用时可能产生歧义或混淆。基于上述原因，ISO 5168:2005 不再将不确定度分量分成“随机分量”或“系统分量”，而是按照评定方法分类，将不确定度分量分为“A 类标准不确定度”和“B 类标准不确定度”进行评定。

为此，本部分按 ISO 5168:2005 做了技术性修改：

——不再使用“随机效应导致的不确定度”和“系统误差限”的概念，而是按照不确定度评定方法进行分类，分为 A 类标准不确定度和 B 类标准不确定度；

——规范性引用文件中，以 GB/T 27759—2011(ISO 5168:2005, IDT)替代 ISO/TR 5168:1998；

——“术语、定义和符号”中，按不确定度评定方法将原标准的随机效应导致不确定度和系统误差限在使用时可能产生歧义或混淆的术语修改成 A 类标准不确定度和 B 类标准不确定度术语的定义；以符号  $u(\ )$  “括号内变量的标准不确定度”代替符号  $e_R(\ )$  “括号内变量的随机不确定度”和符号  $e_S(\ )$  “括号内变量的系统误差限”；增加了“3.1.16 等精度测量”的内容；在 3.2 符号中，“ $\theta$  影响系数”与 GB/T 27759—2011 表述一致，称为“灵敏度系数”；

——6.4 中，以 GB/T 27759—2011 的附录 D 代替 ISO/TR 5168:1998 的附录 E；

——在 8.2.2 后增加了“注”，说明了用最小二乘法中相关系数来判断线性相关的方法；

——第 11 章由“不确定度的计算”改为“A 类标准不确定度的计算”，第 12 章由“系统误差限和报告程序”改为“B 类标准不确定度和报告程序”；

——删除 B.2 中的“注”，即“注：许多关于流量测量的标准中，A 类标准不确定度  $u_A(Q)$  用符号  $2s_{mr}$  表示，其中  $s_{mr}$  定义为平均关系的标准误差。”，因为目前的流量标准中已不再使用该表示法，而且此注与本部分前后文均无关联。

经核查，ISO/TR 7066-1:1997 的附录 B 和附录 C 给出的两个示例中，存在个别公式书写错误、数据计算错误和表格中个别表头符号的书写错误等，本部分给予了核查计算和修改，情况如下：

a) 表 B.1 的表头中： $Q$  改写为  $Q_i$ ； $xy$  改写成  $x_i y_i$ ； $x^2$  改写成  $x_i^2$ ；

b) 表 B.1 “观测值编号 25”中， $\ln Q_i(y_i)$  的数据由 4.409 6 修改为 4.209 6；

c) 表 B.2 的表头中： $\hat{Q}$  改写为  $\hat{Q}_i$ ； $\ln \hat{Q}(y)$  改写成  $\ln \hat{Q}_i(\hat{y}_i)$ ； $(y_i - \bar{y})^2$  改写成  $(y_i - \hat{y}_i)^2$ ； $e_R(\ln \hat{Q})$  改

写为  $u_{Arel}(\ln \hat{Q}_i)$ , 并加单位“%”;

- d) 表 B.2“观测值编号 14”和“观测值编号 15”中,最后一列数据由 1.66 修改为 1.16;
- e) B.5 中,公式(B.7):  $s_R = [\sum(\ln Q - \ln \hat{Q})^2 / (n-2)]^{1/2}$  修改为  $s_R = [\sum(\ln Q - \ln \hat{Q})^2 / (n-2)]^{1/2}$ ;
- f) B.6 公式(B.9)中:  $u_{Arel}(\ln Q)$  修改为  $u_{Arel}(\ln \hat{Q}_i)$ ;
- g) B.7 中:  $u_{Arel}(\ln Q)$ 、 $u_{Arel}(\ln Q_i)$  修改为  $u_{Arel}(\ln \hat{Q}_i)$ ;
- h) C.4.1 中:  $(1/Re_d)^{1/2}$  修改为  $10^3/Re_d^{1/2}$ ;
- i) C.6.1 中:  $u_A(1/Re_d)^{1/2} = 8.1 \times 10^{-7}$ 、 $u_A(C) = 9.5 \times 10^{-4}$  修改为  
 $u_A(1/Re_d^{1/2}) = u_{Arel}(X) \times \bar{X} = 8.1 \times 10^{-7}$ 、 $u_A(C) = u_{Arel}(C) \times \bar{C} = 9.5 \times 10^{-4}$ ;  $\gamma = 1144$  修改为  
 $\gamma = 1173$ ;
- j) C.6.2 中,为了表达明确:公式(C.7)由  $C = 0.5827 + (8.2597/Re_d^{1/2})$  修改为  $\hat{C} = 0.5827 + (8.2597 \times 10^{-3}) \times (10^3/Re_d^{1/2})$ ;
- k) 表 C.3 中:  $s^2(x)$  的值由 1.087864 修改为 0.1087864;  $Cov(x,y)$  的值由  $8.985401 \times 10^{-7}$  修改为  $8.985401 \times 10^{-4}$ ;
- l) C.6.3 中  $0.0082597 \pm (2.06 \times 0.0005007)$  修改为  $0.0082597 \pm (2.06 \times 0.0005109)$
- m) C.6.4 中:  $s_R = 8.42 \times 10^{-4}$  修改为  $s_R = 8.26 \times 10^{-4}$ ,  $u_A(\hat{C}) = 3.469 \times 10^{-3}$  修改为  $u_A(\hat{C}) = 3.399 \times 10^{-4}$ ;
- n) C.6.5 中:  $U'_{RSS}(\hat{C}) = (0.035^2 + 0.75^2)^{1/2} \% = 0.75\%$  修改为  
 $U'_{RSS}(\hat{C}) = (0.034^2 + 0.75^2)^{1/2} \% = 0.75\%$ ;
- o) C.6.6 中:  $U'_{RSS}(\hat{C}) = (0.035^2 + 0.15^2)^{1/2} \% = 0.15\%$  修改为  
 $U'_{RSS}(\hat{C}) = (0.034^2 + 0.15^2)^{1/2} \% = 0.15\%$ ;
- p) C.7.1 中:公式(C.11)由  $u_A(X) = \{ [u_A^2(v)]/4 + [u_A^2(H')] / 8 \}^{1/2}$  修改为  
 $u_A(X) = \{ [u_A^2(v)]/4 + [u_A^2(H')] / 16 \}^{1/2}$ ;
- q) C.7.4 中:  $X_k = 0.00112$  修改为  $X_k = 1.12$ ,  $u_{Arel}(X) = 0.5/8^{1/2} \% = 0.18\%$  修改为  
 $u_{Arel}(X) = \sqrt{(0.5)^2/16} \% = 0.125\%$ ;  $u_{Brel}(X) = (0.25 + 0.125)^{1/2} \% = 0.61\%$  修改为  
 $u_{Brel}(X) = \sqrt{(0.25 + 0.0625)} \% = 0.56\%$ ;  $U_{RSS}(\hat{C}) = (0.5919 \times 0.0016) = 9.4704 \times 10^{-4}$  修  
改为  $U_{RSS}(\hat{C}) = (0.5919 \times 0.0015) = 8.8785 \times 10^{-4}$ ;  
 $U'_{RSS}(C) = [(9.4704 \times 10^{-4})^2 + (5.88 \times 10^{-5})^2]^{1/2} / 0.5919 = 0.16\%$  修改为  
 $U'_{RSS}(C) = [(8.8785 \times 10^{-4})^2 + (5.299 \times 10^{-5})^2]^{1/2} / 0.5919 = 0.13\%$ ;  
公式  $U_{RSS}(C_0) = 8.26 [(0.00112 \times 0.0018)^2 + (0.00112 \times 0.0061)^2]^{1/2} = 5.88 \times 10^{-5}$  中数  
据有错误,修改为  
 $U_{RSS}(C_0) = 8.26 \times 10^{-3} [(1.12 \times 0.00125)^2 + (1.12 \times 0.0056)^2]^{1/2} = 5.299 \times 10^{-5}$ 。

本部分还做了下列编辑性修改:

——取消了第 1 章“范围”内的条款编号;

——更改了附录中公式的编号。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本部分起草单位:上海工业自动化仪表研究院、上海仪器仪表自控系统检验试验所、中国计量科学研究院、北京市计量检测科学研究院、上海市计量测试技术研究院、上海理工大学、上海威尔泰工业自动

化股份有限公司、余姚市银环流量仪表有限公司、中环天仪股份有限公司、丹东贝特自动化工程仪表有限公司。

本部分主要起草人：郭爱华、杨有涛、孟涛、张进明、沈昱明、徐臻、朱家顺、张亮、朱晓光。

# 流量测量装置校准和使用不确定度的评估

## 第 1 部分:线性校准关系

### 1 范围

GB/T 29820 的本部分描述了获得各种封闭管道或明渠流量测量方法的校准图和评估此类校准不确定度的过程。本部分还给出了利用校准图评估测量不确定度的过程,以及同一流速点多次测量平均值的计算程序。

本部分只考虑线性关系的不确定度评估。非线性关系的不确定度由 GB/T 29820.2 论述。因此,本部分仅适用于以下情况:

- a) 两个变量之间的关系本身就是线性关系;或者,一个或两个变量通过某种形式的转换可以在两者之间建立线性关系,例如使用对数;或者,可以把整个范围细分成若干小范围,在每个小范围内可以将两个变量之间的关系看成是线性关系。
- b) 拟合线的不确定度与校准图中单个观测值的不确定度相比可忽略不计。

注:本部分所述原理的应用实例示于附录 B 和附录 C。

### 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/T 17611—1998 封闭管道中流体流量的测量 术语及符号(ISO 4006:1991, IDT)

GB/T 27759—2011 流体流量测量 不确定度评定程序(ISO 5168:2005, IDT)

ISO 772:1996 液体比重测定 术语及符号(Hydrometric determinations—Vocabulary and symbols)

ISO/TR 7066-2:1988 流量测量装置校准和使用不确定度的评估 第 2 部分:非线性校准关系(Assessment of uncertainty in the calibration and use of flow measurement devices—Part 2: Non-linear calibration)

### 3 术语、定义和符号

GB/T 17611—1998 和 ISO 772:1996 界定的以及下列术语、定义和符号适用于本部分。

#### 3.1 术语、定义

##### 3.1.1

**校准图 calibration graph**

根据以流量函数和流量计的响应为坐标获得的点绘曲线。

##### 3.1.2

**置信限 confidence limits**

观测值或计算值的(置信)上限和下限。假定不可修正的系统误差可忽略,则可期望真值以指定的概率位于该上下限值确定的范围内。