



中华人民共和国国家标准

GB/T 22133—2008/ISO 11631:1998

流体流量测量 流量计性能表述方法

Measurement of fluid flow—Methods of specifying flowmeter performance

(ISO 11631:1998, IDT)

2008-06-30 发布

2009-01-01 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 术语和定义	1
4 一般要求	6
5 溯源性	7
6 流量测量的不确定度	7
7 使用条件	7
8 溯源性等级	7
附录 A (资料性附录) 线性度的图示	9
附录 B (规范性附录) 重复性	11
参考文献	13

前 言

本标准等同采用 ISO 11631:1998《流体流量测量 流量计性能表述方法》。

本标准等同翻译 ISO 11631:1998(英文版)。

本标准在制定时按 GB/T 1.1—2000《标准化工作导则 第1部分:标准的结构和编写规则》和 GB/T 20000.2—2001《标准化工作指南 第2部分:采用国际标准的规则》的有关规定做了如下编辑性修改:

- 删除了 ISO 标准的前言;
- 原引用标准的引导语按 GB/T 1.1—2000 的规定改成规范性引用文件的引导语;
- “本国际标准”一词改为“本标准”;
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- 3.13 的注 1 中原文为“ x ”有误,现更正为“ \bar{x} ”;
- 3.15 术语的原文为“hysteresis”,根据定义和附图看原文有误,现更改为“hysteresis error”;
- 参考文献[5]原为 ISO 导则 25,鉴于 ISO 导则 25 已改为 ISO/IEC 17025:1999,且有对应的国家标准 GB/T 27025—2008《检测和校准实验室能力的通用要求》,故改为 GB/T 27025。

本标准的附录 A 为资料性附录,附录 B 为规范性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会第一分技术委员会归口。

本标准负责起草单位:中国计量科学研究院、上海工业自动化仪表研究所。

本标准参加起草单位:北京市计量检测科学研究院。

本标准主要起草人:李旭、王韞韬、李明华。

本标准首次发布。

流体流量测量

流量计性能表述方法

1 范围

本标准适用于流量计制造商发行的技术规范和说明书。

本标准规定了用于封闭管道或明渠的各种流量计的性能表述方法。

本标准说明了如何根据流量计的溯源性等级对流量计进行分类,并且详细阐明了制造商应如何表述流量计的溯源性、质量保证和使用条件,但流量计应用于其他情况时仍可能需要做进一步的说明。

注:第3章确立的术语和定义中包括了大量相关专业术语,以促进这些术语在技术规范中的普遍应用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

ISO/TR 5168 流体流量测量 流量测量不确定度的评估

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

精确度 accuracy

准确度

流量计给出的测量结果接近于真值的能力。

注:精确度是一个常用术语,它包含了系统误差、随机误差、回差、死区等影响。虽然把所有这些误差都组合在“精确度”这一个标题下使用起来很方便,但它是一个定性的术语,其本身不赋数值,不用于流量计的性能规范。

3.2

精确度等级 accuracy class

准确度等级

流量计符合一定的计量要求,使误差保持在规定极限以内的等级。

注:精确度等级通常以约定的数字或符号表示,称为等级指标。

3.3

偏差 bias

流量计示值的系统误差。

3.4

校准 calibration

在规定条件下,确定流量计指示的量值与参比标准器指示的相应量值之间关系的一组操作。

注1:校准结果可用于确定示值对应的被测量值,或者确定示值的修正值。

注2:校准也可确定其他计量特性,如影响量的效应。

注3:校准结果可以记录在校准证书或校准报告中。

注4:校准结果经常被表示为一个校准系数或一系列校准系数或一条校准曲线。

注5:校准不包括调整。

3.5

置信界限 confidence limits

假定系统误差可忽略,以规定的概率预期真值所处范围的上、下限。

3.6

置信水平 confidence level

假定系统误差可忽略,真值处于规定置信界限内的概率。

注:置信水平一般用百分数表示,如95%。

3.7

一致性 conformity

校准曲线接近规定曲线(例如直线、对数曲线、抛物线、三次曲线、平方根曲线等)的吻合程度,以量值表示。

注1:一致性通常按非一致性进行测量,并以一致性表示。例如平均曲线与规定曲线之间的最大偏差。平均曲线在每一个方向上做两次或多次全测量范围校准后确定。除另有说明外,一致性的值与输出量程有关。

注2:作为一项性能要求,一致性可表示为独立一致性、端基一致性和零基一致性。

3.7.1

独立一致性 independent conformity

调整实际特性曲线(上行程和下行程读数的平均值)到接近规定特性曲线,使最大偏差为最小时的吻合程度。

注:使用最小二乘法(见ISO/TR 7066-1和ISO/TR 7066-2)可使最大偏差减至最小。

3.7.2

端基一致性 terminal-based conformity

实际特性曲线(上行程和下行程读数的平均值)与规定特性曲线的范围上限值和范围下限值重合时,两条曲线的吻合程度。

3.7.3

零基一致性 zero-based conformity

调整实际特性曲线(上行程和下行程读数的平均值)到接近规定特性曲线,使两条曲线的范围下限值重合且最大偏差为最小时的吻合程度。

3.7.4

线性度 linearity

规定曲线为一条直线的一种特殊但常用的一致性。

注:线性度的图例见附录A。

3.8

死区 dead band

可以朝两个方向改变激励而不致引起流量计响应发生变化的最大区间。

注:有些流量计(例如涡轮流量计)从零流量到某一流量可能存在一个“死区”,但此后有一个小鉴别力阈,即这些流量计存在一个最小始动流量。[参看最小可检测流量(3.20)]

3.9

鉴别力 discrimination

流量计对激励值微小变化的响应能力。

3.10

鉴别力阈 discrimination threshold

不致引起流量计的响应产生可察觉变化的最大激励变化,这种激励变化应缓慢而单一。

注:在整个流量范围内鉴别力阈可能不是一个常数。

3.11

漂移 drift

流量计的计量特性随着时间逐渐变化。

注：与“稳定性”不同，“漂移”始终被认为与时间相关。

3.12

误差 error

测量结果与被测变量的真值之差。

注1：由于真值不能确定，实际上使用的是约定真值。

注2：当有必要区分“误差”和“相对误差”时，前者有时被称为“测量的绝对误差”，不可将它与“误差的绝对值”相混淆，误差的绝对值是误差的模数。

3.13

实验标准偏差 experimental standard deviation

s

表征同一被测变量 n 次测量结果的离散度的量。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

x_i ——第 i 个测量结果；

\bar{x} ——所考虑的 n 个测量结果的算术平均值。

注1：当将 n 个值视作分布的样本时， \bar{x} 为该分布的平均值 μ 的无偏差估计值， s^2 为该分布的方差 σ^2 的无偏差估计值。

注2： $\frac{s}{\sqrt{n}}$ 为 \bar{x} 分布的标准偏差的估计值，称为平均值的实验标准偏差。

注3：术语“平均值的实验标准偏差”有时被误称为“平均值的标准误差”。

3.14

流量计 flowmeter

显示被测流量的流量测量装置。

3.15

滞环误差 hysteresis error

流量计依据先前激励的顺序对某个激励作出响应的特性。

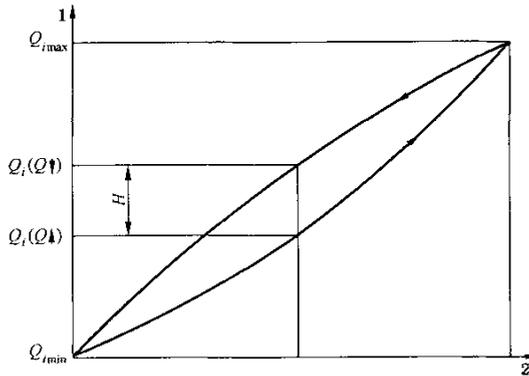
注1：滞环误差可以用激励增大时的被测变量值和激励减小时的被测变量值的最大差值定量表示。实例如图1所示。

注2：滞环误差可以用被测量，或更普遍的，用下式算出的百分数表示：

$$\text{滞环误差} = \frac{H}{Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}} \times 100(\%) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中， H 、 Q_{max} 和 Q_{min} 以立方米每秒表示并如图1所示。

注3：滞环误差并不包括死区的影响。



图中:

- 1——指示流量 Q_i ;
- 2——参比流量 Q 。

图 1 典型的滞环误差

3.16

K 系数 K-factor

流量计的输出信号,以脉冲数每单位量表示。

注: 当需要时,这个参数可以用一个下标来表示单位量值(例如 K_m 系数表示脉冲数每单位质量。 K_v 系数表示脉冲数每单位体积。)

3.17

标度终点值 maximum scale value

满标度 full scale

满标度偏转 full-scale deflection; FSD

满标度读数 full-scale reading; FSR

标度终点标记所对应的被测量值。

3.18

测量范围 measuring range

工作范围 working range

流量计的性能要处在规定极限范围内的一组被测量的值。

3.19

仪表系数 meter factor

和仪表输出相乘以得到被测量的数字系数。

注: 仪表系数会随着流量的改变而改变,可通过校准确定。

3.20

最小可检测流量 minimum detectable flow

当流量从零开始增大,流量计开始作出响应时的流量。

3.21

使用范围 operating range

介于范围上限值和范围下限值之间的一个区域,当超出这个区域时流量计的性能将会发生不可逆的改变。

注: 使用范围一般大于“规定测量范围”。

3.22

精[密]度(不赞成使用) precision

在规定条件下多次重复试验过程所得到的测量结果的一致程度。

注1:影响测量结果的随机性误差越小,试验过程的精度越高。

注2:这个术语不宜作为精确度的同义词,其本身也不能被赋予数值。

3.23

范围度 rangeability

最大与最小范围上限值之比。

注:该术语用于上限值可由用户设定的流量计,用户可将上限值设定在制造厂指定的上、下限之间的任一值,但仍能够保持流量计的规定性能。

3.24

示值范围 range of indication

由极限示值限定的一组值。

注1:对模拟显示而言,它可以称为标度范围。

注2:示值范围可以用标度上的单位表示,而无需考虑被测量的单位;通常用其上下限说明,如:10 l/s 到 20 l/s。

3.25

范围下限值 lower range-value

流量计经调整所能测量的被测变量的最低值。

3.26

范围上限值 upper range-value

流量计经调整所能测量的被测变量的最高值。

3.27

重复性 repeatability

在相同的条件下(即同一操作者,相同的检测设备,短暂的时间间隔,且流量计未经拆装),用同一台流量计对相同流体进行连续两次独立测量,所取得测量结果之间的绝对差预计有95%的概率处于某一值下。

注:重复性的计算方法见附录B。

3.28

分辨力 resolution

流量计两个示值之间可有效辨别的最小差值。

注:对数字式显示装置而言,分辨力是末位有效数变化一级的示值变化。

3.29

响应时间 response time

激励发生规定突变的瞬间至响应达到并保持在最终稳态值规定限值范围内的瞬间的时间间隔。

示例:从量程的90%至10%突变到量程的80%后,在0.5 s内达到并保持在最终稳态值的1%范围内。

注:时间常数是响应时间的特殊情况。

3.30

标度长度 scale length

给定标度始端和终端标记之间,沿着所有最短标度标记中点划出的平滑线的长度。

注1:此线可以是真实的或假想的曲线或直线。

注2:标度长度用长度单位表示,不考虑被测量的单位或标在标度上的单位。

3.31

灵敏度系数 sensitivity coefficient**影响系数 influence coefficient**

θ

结果 R 的变化与输入参数 x 的变化之比。

$$\theta = \frac{\Delta R}{\Delta x} \dots\dots\dots(3)$$

注 1:以相对变化表示为:

$$\theta' = \frac{\Delta R/R}{\Delta x/x} \dots\dots\dots(4)$$

注 2:灵敏度系数可能取决于激励的值。

注 3:灵敏度系数在稳态下测量,并规定要指明响应和激励的单位。

3.32

建立时间 settling time

预热时间 warm-up time

流量计接通电源的瞬间至响应达到规定限值范围的时间间隔。

3.33

量程 span

流量计标称范围上、下限值之间的代数差。

示例:标称范围-10 l/s ~ +10 l/s,其量程为 20 l/s。

3.34

惯性运行时间 spindown time

在静止空气中,流量计的运动部件从高于最小记录流量的某个指示流量到完全静止所需的时间。

3.35

稳定性 stability

流量计的计量特性保持不变的能力。

注:稳定性通常是相对于时间而言。若是相对于其他量而言,则应该明确说明。

3.36

溯源性 traceability

使测量结果或标准量值能通过连续的比较链与规定的参考标准联系起来的特性。规定的参考标准通常是国家标准或国际标准,比较链中的每一步都有规定的不确定度。

注:见第 5 章。

3.37

可调比 turndown; turndown ratio

测量范围的最大流量除以最小流量。

示例:最大流量 5 000 m³/h;最小流量 250 m³/h。可调比:20:1

3.38

测量不确定度 uncertainty of measurement

表征被测量的真值处在某个量值范围内的估计。

注:测量不确定度一般包括多个分量。其中一些分量可在测量结果统计分布的基础上进行估算,并用实验标准偏差表征。其他分量只能基于经验或其他信息作估计。

4 一般要求

流量计的规范应使潜在用户能够预知流量计在规范所限定的任一流量和环境条件下的性能。这里的环境条件不仅包括气候条件,还包括其他任何影响流量计性能的工作条件或扰动,例如流体的压力,管道的结构以及流体中的杂质。

术语“流量计”系指流量计的全部相关组件,可包含制造商规定的一次装置和二次装置。技术规范应明确描述性能规范所指的“流量计”,并给出编号或序列号,使其能与特定流量计或流量计型式相联

系。规范宜指明所依据的相关标准,这部分内容可以涉及技术规范所定义的流量计也可以涉及单个组件。

规范应说明流量计的溯源性等级(见第8章)。性能规范应只使用本标准定义的术语,并应附有溯源性和使用条件的说明。如果必须使用其他新术语或商业术语,应谨慎定义使其含意明确无误。

流量计的校准不可使用“干式校准”和“湿式校准”的术语。如果流量计的性能是从理论上推算出的,宜说明这一事实和推算方法。

重复性应按附录B进行计算。

5 溯源性

制造商提供的性能规范应附有性能规范编制说明和引用的相关国家标准或国际标准。

流量计“溯源性等级”(见第8章)的说明宜包括如下附加信息:测试样品的大小,采用的质量保证标准,以及校准测量的溯源性(例如国家或国际标准)。

6 流量测量的不确定度

流量计测量不确定度的说明应附有取得该不确定度的限制条件的记录,如果设备的使用条件超出了限制范围,该不确定度就不一定适用。

不确定度应按ISO/TR 5168计算。

示例:不确定度:被测流量的 $\pm 1\%$ (依据ISO/TR 5168使用和平方根法进行计算,给出95%的覆盖率)。

校准:空气,20℃,50 m³/h至1 000 m³/h使用压力500 kPa(依据第8章,溯源性等级A1)。

7 使用条件

7.1 测量范围

应明确说明制造商所设计的流量计的工作性能在规定极限范围内的工作特性范围。这包括相关环境/工作条件,例如环境温度、流体种类和压力等。

示例: 流体: 天然气
 测量范围: 20 m³/h~1 000 m³/h
 最大工作压力: 1 500 kPa
 流体温度范围: -15℃~+20℃
 容许的环境温度: -15℃~+60℃

7.2 测量范围内的不确定度

规范应使流量计的用户能预知测量范围内任一流量的测量不确定度。而超出流量计的测量范围肯定会导致不确定度的增加。

流量计使用中的环境/工作条件也可能对测量不确定度产生影响。因此可能需要一个流量、环境条件和由此引起的不确定度值的一览表。编制出这样一个表就能方便地确定规定极限范围内任何一种流量和环境条件组合的测量不确定度。

在环境条件对测量不确定度没有明显影响的条件下,可以编制一个流量和不确定度的对照表。在很多情况下,只需要两个值,即:

- a) 对于规定范围内的流量,不确定度以流量的百分数表示;
- b) 对于低于规定值的流量,不确定度以数值表示。

如果需要用满标度流量的百分数表示不确定度,应说明此满标度流量。

8 溯源性等级

8.1 总则

为了确定测量不确定度(见第6章),必须评估系统不确定度。只有通过校准,或者有相关类型流量计的大量校准数据存在,才能评估系统不确定度。

如果流量计的性能规范明确说明了测量不确定度,应指明流量计属于以下哪一溯源性等级。

8.2 溯源性等级 A:在认可校准试验室进行校准

这一等级的流量计在认可试验室与另一流量计进行比对,或者采用其他校准方法进行校准,比对用流量计和其他校准方法可溯源至国家标准。

注:认证试验室所需满足的条件见 GB/T 15481。

溯源性等级 A 可细分成:

a) 溯源性等级 A1:逐台校准

这一等级的流量计按上述方法逐台校准。每台流量计都可获得一张校准证书或报告,注明校准的不确定度。

b) 溯源性等级 A2:抽样校准

这一等级的流量计采用公认的分批测试程序或质量保证程序进行校准。使用的方法或程序应作说明。这一等级不包括采用特别分批测试法测试的流量计。

8.3 溯源性等级 B:在未经认可的试验室对照可溯源标准进行校准

这一等级的流量计在未经认可的试验室与另一台流量计进行比对,或者采用其他校准方法进行校准,比对用流量计的校准或其他校准方法所用设备的校准可以溯源至国家标准。

这一等级可如溯源性等级 A1 和 A2 那样细分为溯源性等级 B1 和 B2。

8.4 溯源性等级 C:使用无溯源性的标准进行校准

这一等级的流量计可以按溯源性等级 B 进行校准,但是参考的是制造商或其他组织的标准。因而不能确定其对国家标准的溯源性,但可颁发校准证书,指明校准源和相关不确定度。

这一等级可如溯源性等级 A1 和 A2 那样细分为溯源性等级 C1 和 C2。

8.5 溯源性等级 D:按国际标准制造

这一等级的流量计并不按溯源性等级 A 或 B 中所述进行校准,而是依据相关国际标准制造,由国际标准规定有关的不确定度。使用的国际标准应予以说明(如 ISO 5167-1)

8.6 溯源性等级 E:型式试验

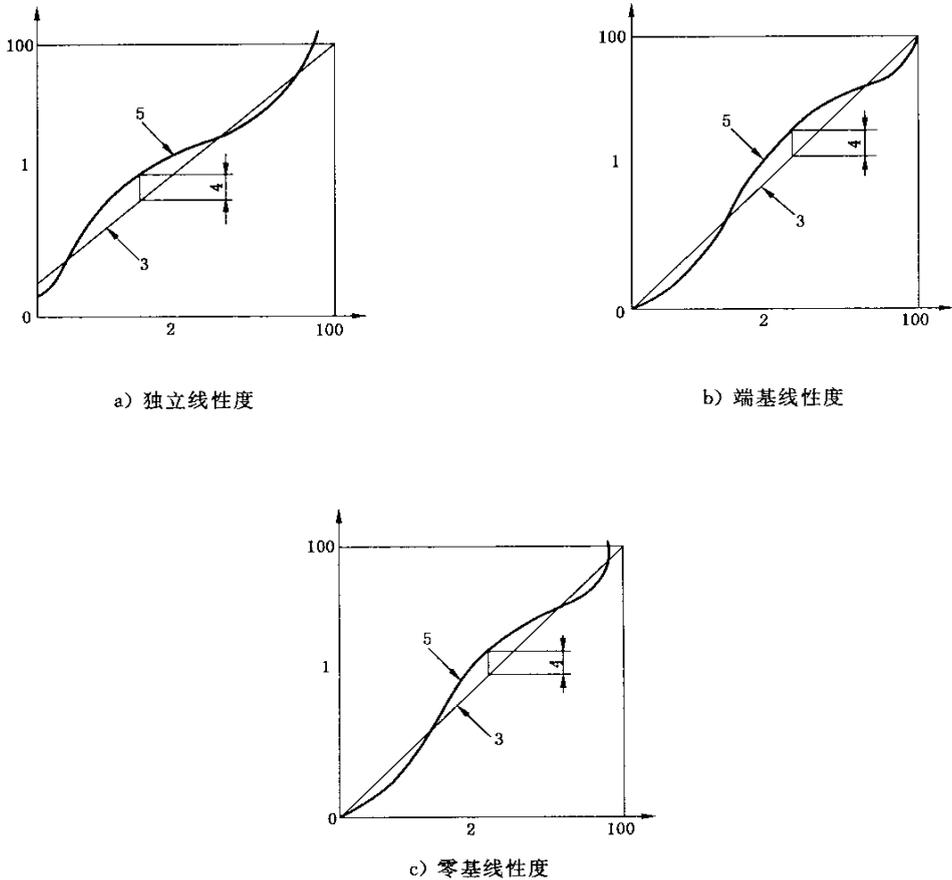
这一等级只对初期或预生产批次的流量计进行校准,以确定一个典型的不确定度。流量计规范可以引用这个典型的不确定度。

8.7 溯源性等级 F:不校准

这一等级的流量计不按允许评估不确定度的标准进行校准或制造。因此,这些流量计不能有任何有关其测量不确定度的说明。

附录 A
(资料性附录)
线性度的图示

图 A.1 a)、b)和 c)概括地说明了线性度的三种不同的表示方法。

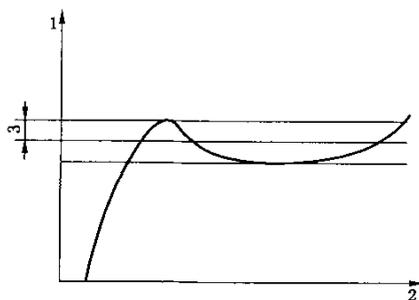


图中：

- 1——响应(量程%)；
- 2——激励(量程%)；
- 3——直线；
- 4——最大偏差；
- 5——实际结果。

图 A.1 线性度的不同表示方法

图 A.2 所示为涡轮流量计的典型特性,可作为实际使用线性度的实例。图中所示为独立线性度,图中的直线被调整至使整个测量范围内的偏差为最小,并且给出一个恒定的 K 系数。



图中：

1—— K 系数(脉冲数/单位体积)；

2——流量, Q (量程%)；

3——最大偏差。

图 A.2 独立线性度的典型应用

附 录 B
(规范性附录)
重 复 性

B.1 重复性的计算

应按以下步骤确定重复性:

——试验过程中应始终保持试验条件稳定,否则重复性会明显增大。

——设定好流量,以取得规定测量范围内的重复性最大值。此流量值通常刚好低于规定测量范围内的最大流量或高于其最小流量。

a) 取得一组连续的流量值读数,最好含有至少 30 个数据(如果少于 30 个读数,重复性通常会随着读数数量的减少而增加)。

(对于积算流量计,可以通过记录适当时间段内通过的体积或质量得到流量。)

用下式计算这些数值的实验标准偏差 s :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

x_i ——第 i 个测量值;

\bar{x} ——所考虑的 n 个测量值的算术平均值。

b) 当用来评估标准偏差的数值为 30 个或多于 30 个时,用下式计算重复性 r :

$$r = 2.83s$$

c) 当用来评估标准偏差的数值少于 30 个时,用下式计算重复性 r :

$$r = t_{95}\sqrt{2} \cdot s$$

式中, t_{95} 是置信概率为 95% 的 t 分布系数,它可以从对应 $n-1$ 维自由度的统计学列表中找到,或是从表 B.1 中找到。

d) 如果怀疑这一组流量读数中含有虚假数值,使用 ISO 5168 所述的虚假数值标准统计检验法加以确定后,就可将其从该组数据中剔除。

B.2 结果表述

重复性可以用绝对值或流量的百分数表示:

重复性: $r = 0.15 \text{ kg/h}$

(根据 GB/T 22133 计算)

或:

重复性: $r = \text{读数的 } 0.06\%$

(根据 GB/T 22133 计算)

表 B.1 学生氏 $t(t_{95})$ 数值表

自由度 ($n-1$)	t_{95}	自由度 ($n-1$)	t_{95}
1	12.706	16	2.120
2	4.303	17	2.110
3	3.182	18	2.101
4	2.776	19	2.093
5	2.571	20	2.086
6	2.447	21	2.080
7	2.365	22	2.074
8	2.306	23	2.069
9	2.262	24	2.064
10	2.228	25	2.060
11	2.201	26	2.056
12	2.179	27	2.052
13	2.160	28	2.048
14	2.145	29	2.045
15	2.131	∞	1.96

参 考 文 献

- [1] ISO 3534-1 统计学 术语和符号 第1部分:概率和一般统计术语
 - [2] GB/T 17611 封闭管道中流体流量的测量 术语和符号(GB/T 17611—1998, idt ISO 4006:1991)
 - [3] ISO/TR 7066-1 流量测量装置校准和使用中不确定度的评估 第1部分:线性校准关系
 - [4] ISO/TR 7066-2 流量测量装置校准和使用中不确定度的评估 第2部分:非线性校准关系
 - [5] GB/T 27025 检测和校准实验室能力的通用要求(GB/T 27025—2008, ISO/IEC 17025:2005, IDT)
 - [6] GB/T 17614.1 工业过程控制系统用变送器 第1部分:性能评定方法(GB/T 17614.1—1998, idt IEC 60770:1984)
 - [7] 国际计量学基本和通用术语(VIM), BIPM/IEC/ISO/OIML, 1993
-