

国际134



标准化

《封闭管道中流量测量 ISO 标准译文集》

Biao zhunhua

上海工业自动化仪表研究所
重庆工业自动化仪表研究所

一九八四年二月



BIADZHUNHUA

标 准 化

(内部刊物)

《封闭管道中流量测量ISO标准译文集》

编 辑：上海工业自动化仪表研究所标准化室
重庆工业自动化仪表研究所《标准化》编辑部

出 版：《标 准 化》 编 辑 部

印 刷：重 庆 印 制 一 厂

发 行：机 械 工 业 部

重 庆 工 业 自 动 化 仪 表 研 究 所

联系地址：重 庆 1506 信 箱

上 海 漕 宝 路 103 号 标 准 化 室

一九八四年二月出版

前 言

国际标准化组织 (ISO) 第 30 技术委员会“封闭管道中的流量测量”是国际标准化组织最早的也是卓著成绩的技术委员会之一。

本文集汇集了该委员会迄今发布的(除业已作废的ISO R541/1967 和 ISO R781/1968 两个建议标准以外) 全部国际标准和技术报告。这些标准具有权威性; 许多国家采用这些国际标准作为自己的国家标准; 许多国家参考它们制订自己的国家标准。在这之前, 参考这些标准将大大促进我国流量测量的技术水平, 同时也大有裨益于能源、物料的节约和正确计算。

国际标准化组织第30技术委员会制订的其它国际标准草案, 有些即将批准发布, 在这些标准发布之后我们将随时翻译复制, 供有关单位参考。在适当的时候还将汇集出版。有些国际标准草案(DIS) 也已经及时翻译, 需要者可直接与上海工业自动化仪表研究所技术标准室联系。至于该委员会国际标准的建议草案(DP), 由于只在工作组成员中散发, 我们目前尚未参加工作组, 同时建议草案到正式国际标准将有较大的修改, 不能作为技术工作的依据, 因此拟不向有关单位提供。

上海工业自动化仪表研究所

一九八四年二月

出 版 说 明

(一) 为贯彻“积极采用国际通用标准和国外先进技术标准”的方针,改变我国技术标准落后的局面,适应四个现代化建设的需要,根据机械工业部科技司和仪器仪表工业局标准管理处的指示精神,我刊与有关兄弟厂所合作,将陆续出版各种专辑,按专业划分介绍各类标准。

(二) 本专辑收集了ISO/TC30的标准译文,约40万字的版面。本专辑可供科研、生产和使用等单位的有关工程技术人员在设计产品或制订标准时参考。

(三) 在本专辑出版的标准,均按原标准格式排印。

(四) 本专辑由上海工业自动化仪表研究所和重庆工业自动化仪表研究所联合出版,为了使专辑早日与读者见面,时间比较仓促。在内容与形式方面,一定会存在不少遗漏、缺点和错误。热忱希望读者提出批评和建议,以便今后加以修正。

机械工业部重庆工业自动化仪表研究所

《标准化》双月刊编辑部

一九八四年二月

《封闭管道中流量测量 ISO 标准译文集》

目 录

1.	2975/1	封闭管道中水流量的测量	
		——示踪法 第1部分: 总则	(1)
2.	2975/2	封闭管道中水流量的测量	
		——示踪法 第2部分: 用非放射性示踪剂的	
		恒速注入法	(13)
3.	2975/3	封闭管道中水流量的测量	
		——示踪法 第3部分: 用放射性示踪剂的恒	
		速注入法	(25)
4.	2975/6	封闭管道中水流量的测量	
		——示踪法 第6部分: 用非放射性示踪剂的	
		传输时间法	(38)
5.	2975/7	封闭管道中水流量的测量	
		——示踪法 第7部分: 用放射性示踪剂的传	
		输时间法	(52)
6.	4053/1	管道中气体流量的测量	
		——示踪法 第1部分: 总则	(63)
7.	4053/4	管道中气体流量的测量	
		——示踪法 第4部分: 用放射性示踪剂的传	
		输时间法	(74)
8.	4064/ I	封闭管道中水流量的测量	
		——饮用冷水水表 第1部分: 规范	(84)
9.	4064/ II	封闭管道中水流量的测量	
		——饮用冷水水表 第2部分: 安装要求	(92)
10.	5167	用嵌装在充满的圆形截面管道中的孔板、喷	
		嘴和文丘利管测量流体的流量	(96)
11.	5168	流体流量测量	
		——流量测量不确定度的估计	(157)
12.	6817	在封闭管道中测量导电流体的流量	
		——电磁流量计法	(189)
13.	4006	封闭管道中流体流量的测量	
		——词汇和符号	(200)
14.	3354	封闭管道中清洁水流量的测量	
		——采用流速计的速度——面积法	(218)
15.	3966	封闭管道中流体流量的测量	
		——采用皮托静压管的速度面积法	(247)

国 际 标 准

2975/1

国 际 标 准 化 组 织

封闭管道中水流量的测量

示 踪 法

第一部份：总 则

第 一 版——1974-05-01

**MEASUREMENT OF WATER FLOW IN
CLOSED CONDUITS—TRACER METHODS**

PART 1: GENERAL

First edition-1974-05-01

前 言

ISO (国际标准化组织) 是各国家标准协会 (ISO 成员团体) 的世界性联合会。制定国际标准的工作是由ISO 的各技术委员会完成的。对已成立技术委员会所从事的主题有兴趣的每一个成员团体都有权在该委员会里派有代表。与 ISO有联系的官方和非官方的国际组织也参加了这项工作。

各技术委员会采用的国际标准草案在 ISO理事会承认它们为国际标准前分发给各成员团体表决通过。

国际标准 ISO 2975/1由ISO/TC 30 技术委员会“封闭管道中的流体流量测量”起草,并于1972年10月分发给各成员团体。

投票赞成的有下列国家的成员团体:

澳大利亚、比利时、捷克斯洛伐克、法国、德国、匈牙利、日本、荷兰、新西兰、南非共和国、西班牙、瑞士、泰国、联合王国、美国、苏联。

没有成员团体表示不赞成本文件。

封闭管道中的水流量*的测量——示踪法

第 一 部 分: 总 则

0 引言

本国际标准是封闭管道中水流量测量的示踪法的一系列标准的第一部分。整个系列的标准包括:

- 第一部分: 总则
- 第二部分: 用非放射性示踪剂的恒速注入法
- 第三部分: 用放射性示踪剂的恒速注入法
- 第四部分: 用非放射性示踪剂的积算(瞬时注入)法
- 第五部分: 用放射性示踪剂的积算(瞬时注入)法
- 第六部分: 用非放射性示踪剂的传输时间法
- 第七部分: 用放射性示踪剂的传输时间法

1 目的和适用范围

本国际标准涉及用示踪法的封闭管道中的水流量测量, 其他液体和气体的流量将由以后的国际标准来处理。

* “流量”(Flowrate) 定义为单位时间内通过的流体总量, 按原文应译为“流率”, 现按我国文献中通常的用法译为“流量”, 以下同。——译者注

这些方法适用于管道中能注入溶液并能使溶液与管道中流动的水充分混合的流量测量，其中后一条件是基本的。

采用三种基本方法：

恒速注入法和积算（瞬时注入）法两种方法是以稀释原理为基础的：将示踪溶液注入管道，然后确定示踪剂在管道中流动的水中的稀释度（比率），这个稀释度与流量成比例。

第三种方法是平均传输时间测量法（以前称作 Allen 速度法）将示踪剂注入管道，然后测定示踪剂通过两个检测示踪剂的截面之间的一段规定长度所需的时间。

第三种方法的优缺点在第 4 条中考虑，注入段与测量段之间的距离应足够大，使得示踪剂能与管道中流动的水充分混合，有关合适的混合距离的问题在第 6 条中考虑。

可以使用许多不同的示踪剂，诸如放射性和非放射性的物质，无机的和有机的物质。示踪剂的选择取决于测量的具体情况（第 5 条）在良好的条件下用示踪剂测量的误差可小于 1%（第 7 条）。

2 词汇和符号

本国际标准中使用的词汇和符号将在 ISO，“封闭管道中的流体流量测量术语和符号汇编”中定义。*

3 单位

本国际标准的基本单位为 SI 单位。

4 方法的选择

4.1 稀释法与以传输时间测量为基础的方法的比较。

4.1.1 稀释法的优点

毋需知道管道的几何特性。

4.1.2 以传输时间测量为基础的方法的优点

只需要确定由一个已知的管道容积分隔的两个测量截面上的浓度—时间分布，而毋需知道注入溶液的体积、质量、流量或特性。

4.2 两种稀释法（恒速注入法和积算（瞬时注入法）的比较

4.2.1 恒速注入法的优点

——如果已知注入的流量具有要求的精度和恒定性，则不必测量注入时间。

——当可以在测量点平面的不同位置上取样时，只用一台仪表就能简便地检查混合是否充分，而当用积算法需要作相同的验证时，就必须同时使用几台仪表。

——确定随机误差比较简便。

——毋需知道注入溶液的体积。

4.2.2 积算法的优点

——这个方法所需要的示踪剂的量和注入时间都比恒速注入法少。

——注入的方法无关紧要且所用设备简单。

——用同样的示踪剂能在较长的管理上进行测量。

* ISO 4006-1977 “封闭管道中流体流量的测量——两国文字出版的词汇和符号”已批准出版。

——译者

5 示踪剂的选择

5.1 概述

可以使用许多不同的示踪剂, 诸如放射性的或非放射性的, 无机的或有机的, 但都必需符合下列要求:

- a) 应易与水混合;
- b) 对流量只应引起可忽略不计的变化;
- c) 当浓度低于最高允许浓度(考虑到毒性和腐蚀等)时应能被检测出来。

示踪剂最好还能符合下列要求:

- d) 应当是廉价的;
 - e) 流在管道里的水中浓度应很小或是恒定的;
- 此外, 在用稀释法时示踪剂还必须:
- f) 在低浓度时能精确地分析出来;
 - g) 与管道中流动的水或可能与之相接触的任何其他物质不发生影响测量的反应。

此外, 用传输时间法时示踪剂还必须:

- h) 随时能测定截面上的浓度。

给出以下这些物质作为举例, 并列出示踪剂用水稀释后能在要求的水平上被检测到的終了最小浓度。

5.1.1 非放射性示踪剂

——重铬酸钠 ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

$2 \times 10^{-1} \text{mg/l}$ 直接分析

$2 \times 10^{-3} \text{mg/l}$ 再浓缩以后

——氯化钠 (NaCl): $1 \sim 10 \text{mg/l}$ 视原有的导电率而定

——盐基桃红B ($\text{C}_{28}\text{H}_{31}\text{ClN}_2\text{O}_3$): $2 \times 10^{-4} \text{mg/l}$

——盐基桃红Wt

——氯化锂 (LiCl)

——荧光素 ($\text{C}_{20}\text{H}_{10}\text{O}_5\text{Na}_2$): $5 \times 10^{-3} \text{mg/l}$

还使用其他示踪剂, 特别是:

——亚硝酸钠 (NaNO_2)

——硫酸锰 ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

——硫代盐基丹红 G

5.1.2 放射性示踪剂

稀释法与传输时间法:

——溴82 (半衰期36小时, γ 能量 $0.55 \sim 1.48 \text{MeV}$)

——钠24 (半衰期15小时, γ 能量 $1.37 \sim 2.75 \text{MeV}$)

如果初步测量证实管道壁和取样计数容器壁都不吸收示踪剂, 则其他同位素如:

——金198 (半衰期2.7天, γ 能量 $0.41 \sim 1.09 \text{MeV}$)

——碘131 (半衰期8.04天, γ 能量 $0.25 \sim 0.81 \text{MeV}$)

——铬51 (半衰期27.8天, γ 能量 0.32MeV)

也可使用

氚（半衰期12.26年， β 能量0.018MeV）。

此外，用传输时间法时由于管理壁吸收对测量的影响不象用稀释法时那样大，因此可以使用其他一些同位素，特别是由放射性母牛（CoWs）得到的同位素，如：

——¹³⁷铯——^{137m}钡（半衰期2.6分， γ 能量0.66MeV）

——¹¹³锡——^{113m}锑（半衰期104分， γ 能量0.39MeV）

5.2 各种示踪剂的优缺点

5.2.1 放射性与非放射性示踪剂的比较

5.2.1.1 放射性示踪剂的优点

——由于示踪剂发出 γ 射线，因此可以用装在管道外面的探头来检测。

——与用非放射性示踪剂相比，水混浊度对测量的影响较小。

——如果那些具有短半衰期的示踪剂的基本物质是无害的，则污染的危险很快就会消失，因而没有永久性的污染。

——示踪剂的成本不是与所测量的流量成比例，因而很适合在大流量的场合下使用。

5.2.1.2 放射性元素发生器的特殊优点

——实际上是用不完的短半衰期示踪剂可在测量位置由少量长半衰期的“母体”得到，因而成本低廉。

——在再循环系统中当“子体”，具有足够短的半衰期时可以进行反复测量。

5.2.1.3 非放射性示踪剂的优点

——操作人员不需要经过特殊训练和划分密级。

——这些物质通常是长期稳定的，在供给和使用之间的时间和距离影响是无关紧要的。

——这类物质的运输和注入不需要特殊的安全措施，容器可以是轻质的。

——不是每次测量都需要主管部门的许可。

5.2.2 常用的各种非放射性示踪剂的比较

5.2.2.1 重铬酸盐的优点

——可以用比色法分析低浓度，不需要专门的操作人员，可以很容易地再浓缩。

——不存在于自然界的水中。

——晶体状非常稳定，在纯水溶液中即使在太阳的照射下也比较稳定。

——在水中极易溶解(大于600g/L)。

——比较便宜。

5.2.2.2 重铬酸盐的缺点

——在一定的还原条件下不稳定。

——需要用试剂。

——浓缩后的溶液有毒。

5.2.2.3 盐基桃红的优点

——能分析的浓度比重铬酸更小。

——其浓度在测量过程中可以记录下来，分析时不需要任何试剂。

——不存在于自然界的水中。

——无明显的毒性，不影响动物的生命。

5.2.2.4 盐基桃红的缺点

——可溶性不太好。

- 比较贵。
- 某些盐基桃红的特性受阳光、温度或水中的泥砂（由于吸收效应）的影响。
- 残留下来的颜色很难去除。

5.2.2.5 氯化钠的优点

- 氯化钠溶液的电阻率在一个大的范围里与浓度成比例。
- 比较便宜。

5.2.2.6 氯化钠的缺点

- 浓度很低时不能使用。

6 测量长度与适当的混合距离的选择

6.1 引言

用示踪剂测量管道中的水流量时，在注入或产生示踪剂的区域到测出浓度或传输时间的区域之间应当有足够的距离，使示踪剂与管道中的水相混合的距离就是通常所说的混合距离。

混合距离的定义为截面上积算法的 $\int_0^t C_2 dt$ 的最大变化 (X) 小于某个预定值 (如 0.5%) 的最短距离，这相当于恒速注入法的示踪剂浓度。因此混合距离不是一个定值，而是按照许可的浓度变化而变化的，所能接受的变化越小，则混合距离就越大。

对高精度的流量测量必须保证测量截面上的最小可能值 X ，但在实际上当管道不是足够长的时候，可能要允许较高的 X 值。

有可能时，特别是当取样截面上的浓度或 $\int_0^t C_2 dt$ 中可能存在系统变化时应当采用多点取样或检测。

根据所用的示踪剂和检测方法，对传输时间法的混合要求可以不象对稀释法那样严格。

现在已研究出几种减小混合距离的技术，凡可能时都应使用 (参阅 6.3 条)。

6.2 混合距离

6.2.1 混合距离的理论推导

6.2.1.1 中心注入

下列方程是混合距离 (L/D) 与管道上变化着的示踪剂浓度，雷诺数 (Re) 和管道摩擦的关系式，方程 (1) 在径向扩散系数恒定和流速均匀的基础上导出，方程 (2) 在径向扩散系数为抛物线分布和流速均匀的基础上导出。方程 (3) 假定径向扩散系数为抛物线和对数速度分布。

$$\frac{L}{D} = 1.18 \sqrt{\frac{8}{\lambda}} \left(2.94 - \frac{\ln X}{2.30} \right) \quad (1)$$

$$\frac{L}{D} = \left(2.95 - \frac{\ln X}{2.4} \right) \sqrt{\frac{8}{\lambda}} \quad (2)$$

$$\frac{L}{D} = (20.5 - 2.85 \ln X) Re^{1/10} \left[\frac{\lambda_{smooth}}{\lambda_{turb}} \right]^{1/2} \quad (3)$$

式中：

X 为管道上浓度 C_2 (恒速注入法) 或 $\int_0^t C_2 dt$ (积算法) 在距注入点 L 处的最大变化，用

百分比表示;

D 为管道内径;

λ 为管道阻力比系数*。

图1所示为雷诺数 $Re=10^5$ 和光滑管道时上述三个方程表示能随着 X 的减小混合距离增加的关系。

混合距离受雷诺数的影响不大(例如见方程(3))和图2所示。 $X=1\%$ 时,当 Re 从 10^5 变化到 10^6 ,混合距离大约只增加25%。

6.2.1.2 环式注入

从一个半径为管道半径0.63倍的环上均匀注入时,混合距离就减少到中心注入时的三分之一。

6.2.2 混合距离的实验导出

在无阻碍的直圆管道中用中心注入器实验得到的混合距离大约是理论预计值的两倍,这个差别是由多种原因造成的,但最主要的是因为实际上的流动状态与理论分析时所假定状态不一样,因此在处理理论结果时应当注意。

用中心注入法和其他三种注入法时测到的随 X 变化的混合距离的变化见图3示例。应当注意紊流度会影响这些结果。

6.3 减小混合距离的方法举例

6.3.1 多孔注入器

当示踪剂通过均布在管道上的若干个孔注入时可以得到比中心注入时为短的混合距离。

减小混合距离的一个例子是用四个注射器,它们均布在管壁上,半径为管道半径的0.63,见图3。

6.3.2 高速喷嘴

如果将示踪剂以远超过管道中水的平均流速的速度对着水流注入的话,在喷嘴的端部就会发生冲击混合,混合距离的减小取决于喷嘴的数量和动量以及它们与水流方向的倾角。

有关上述参数影响的精确定量数据尚未得到,但用一个结构简单的喷嘴可以使混合距离减小到用单个中心注入器的30%。

6.3.3 涡流发生器

促进混合并减小混合距离的湍流尾流可由装在管道里靠近注射区域的偏流板来得到。

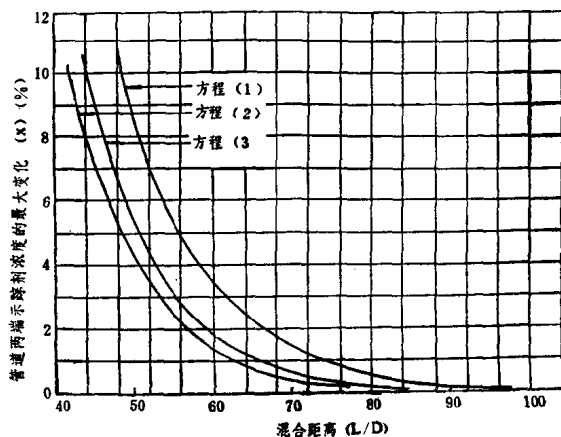


图1 理论结果

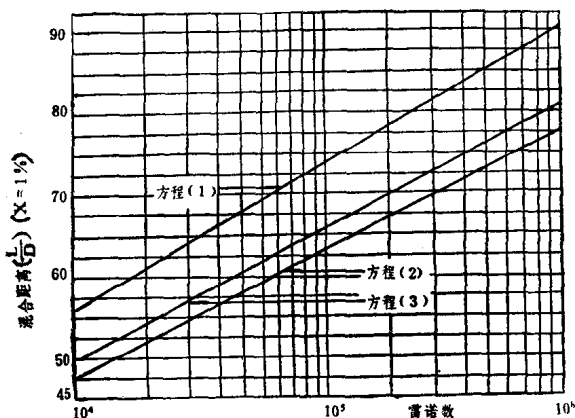


图2 雷诺数对混合距离的影响

* 方程(3)中 λ_{smooth} 是光滑管的阻力系数, λ_{pipe} 是实际管道的阻力系数——译注

例如将示踪剂通过三块与液流方向成 40° 角的三角形板注入可以使混合距离减少到用单个中心注入器的三分之一。*

6.3.4 泵和涡轮机

在泵或涡轮机上游注入示踪剂可以显著地减小混合距离，有关混流泵的资料表明，这种泵可以使混合距离减小大约直径的 100 倍。

6.3.5 弯头、阀和其他障碍物

管道中的阻碍会引起附加的紊流，从而能减小混合距离，虽然还得不到这类混合促进器的定量资料，但建议在测量段中包含这些装置。不过在用传输时间法时，如果要求的精度很高，则检测器之间的管道段应当直而没有阻碍。

6.4 多孔取样

如果在管道的若干个点上同时取样然后在测量之前先混合则可减小因注入截面和取样截面之间的距离小于混合距离造成的误差。

例如，当 $Re=10^5$ ，可以发现距注入点为直径 50 倍的下游处均布在管道上具有相同排出量的六个取样点相当于距注入点 100 倍直径处管壁上的一个取样点。

6.5 测量长度的选择

6.5.1 稀释法

对于恒速注入法和积算法，测量长度定义为注入点与取样点之间管道的长度，这个长度应在考虑了 6.2，6.3 和 6.4 条关于示踪剂混合之后确定之。

只要混合物在测量截面的各个点上保持均匀，加入与测量长度中性质相同的液流就不会影响结果，测得的流量是通过测量截面的总流量。

如果测量长度中有损失或取样点，则所得的结果只有在能估计或验证混合物在损失区上游是均匀的才是有效的。在这种情况下，测得的流量就是紧接在损失区上游的管道中的流量。

6.5.2 传输时间法

传输时间法的测量长度可认为由两个部分组成，即

- 示踪剂的注入点与第一个检测器位置之间的管道长度。
- 两个检测器位置之间的管道长度。

部分 a) 应在考虑了 6.2，6.3 和 6.4 条关于示踪剂的混合之后确定。这些方法的混合要求根据所用的示踪剂和检测方法而定，可以不象用稀释法时那样严格。

部分 b) 应根据示剂踪的纵向弥散度，预期的平均流速和传输时间的测量精度来确定。

只要混合物在第一个检测器所在的截面的各个点上都保持均匀，那么加入与测量长度中的流体性质相同的流体就不会影响结果。

第一个检测位置前的管道的流体损失不影响结果，但是如果示踪剂在该损失位置没有完

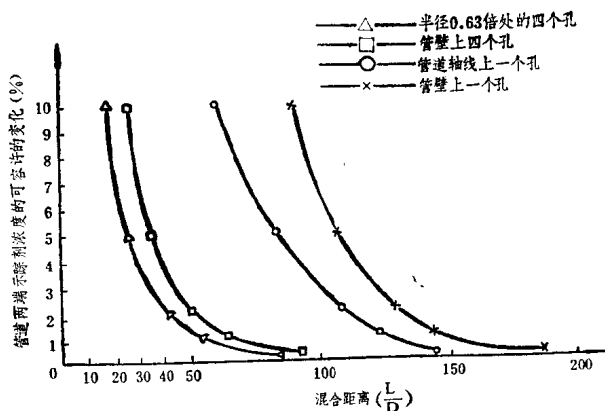


图 3 实验结果

* See on this Subject Triangular Plate Vortex generators in flow measurment by G. V. Evans (Fluid Flow-March 1968-Vol 13-No3-PP375-376)——原注

全混合，则检测位置处的浓度——时间分布的大小可能受到影响，它的值按照某个恒定的系数变化。

检测位置之间管道长度中的流体损失或增加会使流量测量产生很大的误差。因此，两个检测位置之间的管道不能包含支管连接也不能有泄漏，这是很重要的。

为得到最高的精度，检测位置之间的管道长度应当是直的而且没有阻碍件(例如阀)。

任何情况下都必须知道两个检测位置之间管道的容积。

7 误差

7.1 概述

如同所有物理量的测量一样，用示踪法测定管道中的流量时也要受到由于所用的测量仪表或测量过程的误差造成的系统误差或是由于流量系统或测量设备中的随机变化造成的随机误差带来的不定性。

7.2 系统误差

7.2.1 如同所有的测量仪表一样，流量测量仪表也在其设计和选用的方法上有许多不完善的地方会以某种已知方式影响测量。这些影响能够用适当的方法或者在已知某些测量过程的环境参数的基础上对结果进行修正来全部或部分地消除。例如可以用“调零法”消除随着环境温度的变化对比色计光电池指示变化引起的影响；同样，也可以用在不同于校验或参比条件的温度下制造的孔板来修正流量测量的结果。

上述类型的误差可以用适当的仪表来减小，在这种情况下估计值是在知道了影响仪表的物理定律的基础上作出的。

7.2.2 在使用示踪法的流量测量中还可能不存在其他类型的系统误差，这些误差的方向可以确定而大小却无法预测，它们来自示踪剂在水中的溶解现象，特别是由于注入物料的混合以及可能的消失或变化。

使用 6.1 条中给出的混合条件，有可能接受结果中的误差，这个误差除少数情况外，例如所用示踪剂的密度与所要测量流量的水的密度相差很大，都是系统的。因此，必须非常注意要在取样截面上通过多点取样或多点检测来得到充分的混合。

在某些情况下注入的示踪剂容易与管道中循环的水或与在注入到检测这一段时间内可能接触到的任何物质发生反应。一般来说，用稀释法时这些反应可能造成的系统误差会导致过高地估计流量（示踪剂消失），这个误差可以通过选用合适的示踪剂以及采用适当的注入，检测，取样和分析方法大大减小。

7.3 随机误差

在本国际标准中，误差值对应于95%置信界限。

7.3.1 流量测量的可能误差无法预先精确地确定，但是：

a) 在使用某个特定方法的一般条件下可以通过对计算流量中各个测量允差的估算得到允差（95%置信界限）的统计估计值。（这个估计值可以通过大量的测量分析来得到）；

b) 在测量重复次数少的特殊情况下，可以确定用于结果估计值的95%置信界限，这个置信界限本应通过重复大量次数的测量来得到，就和单独由测量试样的平均值得到一样（使用Student变量）。

7.3.2 一般使用条件下的允差

在误差为高斯分布时，允差可以假定为流量测量标准偏差的两倍。如果各次测量的各个

误差都很小而且互不相关, q_v 则流量测量的允差等于:

$$2 \frac{\sigma_{q_v}}{q_v} = 2 \sqrt{\left(\frac{\partial q_v}{\partial X_1} \times \frac{\sigma_{X_1}}{q_v} \right)^2 + \left(\frac{\partial q_v}{\partial X_2} \times \frac{\sigma_{X_2}}{q_v} \right)^2 + \dots}$$

其中:

$\frac{\partial q_v}{\partial X_1}, \frac{\partial q_v}{\partial X_2} \dots$ 为偏导数, 其值根据 q_v 为 $X_1, X_2 \dots$ 的函数关系而定。

$X_1, X_2, X_3 \dots$ 为测得的独立量。

$\sigma_{X_1}, \sigma_{X_2}, \sigma_{X_3} \dots$ 为 $X_1, X_2, X_3 \dots$ 的测量值的标准偏差。

如果独立量 y 是通过 N 次重复测量得到的 (例如由大量试样得到稀释比就是这样), 而这些测量的结果又用 $y_1, y_2, y_3 \dots$ 来表示, 则这 N 次测量的平均值 y_0 的标准偏差定义为:

$$\sigma_{y_0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=N} (y_i - y_0)^2}{N(N-1)}}$$

如果独立量的值是由少量的测量次数 N 得到的, 则可能在一个给定的置信界限内确定一个区间, 在此区间内可以求得大量测量的标准偏差:

$$\frac{S \sqrt{N}}{X_{(n+100)/2}} < \text{标准偏差} < \frac{S \sqrt{N}}{X_{(100-n)/2}}$$

其中:

S 为由少量测量次数计算得到的标准偏差的估计值。

n 为所选的置信界限 (%)。

$X_{(n+100)/2}$ 和 $X_{(100-n)/2}$ 是由 X^2 分布表 (见附录中的表) 得到的数值。

n 的值一般取 95。

例: 一个量的 19 次测量的估计值是 5, 则该量的标准偏差的 95% 置信区间为:

$$\frac{S \sqrt{19}}{\sqrt{8.23}} \quad \frac{S \sqrt{19}}{\sqrt{31.5}} \text{ 也即 } 1.5S \text{ 和 } 0.78S$$

其中 8.23 和 31.5 分别是 X^2 分布表中读出的值。

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{栏}} &= 0.975 = \frac{95+100}{2 \times 100} \\ P_{\text{栏}} &= 0.025 = \frac{100-95}{2 \times 100} \end{aligned} \right\} V_{\text{行}} = 18 = 19 - 1$$

7.3.3 重复少量测量次数的特殊测量允许的估计值。

平均值的 95% 置信区间为

$$\bar{q}_v \pm t^* \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

其中:

$\bar{q}_v$ 和 S 分别为测量得到的平均值和标准偏差的估计值。

t^* 为由分布表得到的 Student 变量的数值。

V 为自由度。

这张表的选录如下：

V	t^*	V	t^*
1	12.706	15	2.131
2	4.303	20	2.086
3	3.182	25	2.060
4	2.776	30	2.042
5	2.571	40	2.021
6	2.447	80	2.000
8	2.306	120	1.980
10	2.228		1.960

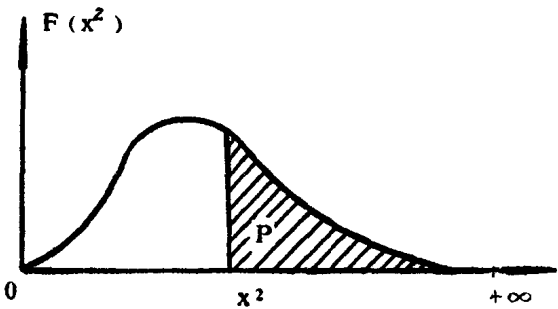
7.3 测量误差由7.3.3给出的方程得到，应与7.3.2方程得到的误差估计值相比较，以便检查所用的方法是否正确。如果得到的差值相当大，则应重新检查结果以确定这个差异的来源。

附 录

X^2 (分布表)
(Pearsons律)

自由度为 V 概率超过 P 的 X^2 值

$$P = \frac{n+100}{2 \times 100} \text{ 或 } \frac{100-n}{2 \times 100}$$



当 $V \leq 30$ 时

$\begin{matrix} P \\ V \end{matrix}$	0.990	0.975	0.950	0.900	0.100	0.050	0.025	0.010	0.001
1	0.0002	0.0010	0.0039	0.0158	2.71	3.84	5.02	6.63	10.83
2	0.02	0.05	0.10	0.21	4.61	5.99	7.38	9.21	13.82
3	0.12	0.22	0.35	0.58	6.25	7.81	9.35	11.34	16.27
4	0.30	0.48	0.71	1.06	7.78	9.49	11.14	13.28	18.47
5	0.56	0.83	1.15	1.61	9.24	11.07	12.83	15.09	20.52
6	0.87	1.24	1.64	2.20	10.64	12.59	14.45	16.81	22.46
7	1.24	1.69	2.17	2.83	12.02	14.07	16.01	18.47	24.32
8	1.65	2.18	2.73	3.49	13.36	15.51	17.53	20.09	26.13
9	2.09	2.70	3.33	4.17	14.68	16.92	19.02	21.67	27.88
10	2.56	3.25	3.94	4.87	15.99	18.31	20.48	23.21	29.59
11	3.05	3.82	4.57	5.58	17.27	19.67	21.92	24.72	31.26
12	3.57	4.40	5.23	6.30	18.55	21.03	23.34	26.22	32.91
13	4.11	5.01	5.89	7.04	19.81	22.36	24.74	27.69	34.53
14	4.66	5.63	6.57	7.79	21.06	23.68	26.12	29.14	36.12
15	5.23	6.20	7.26	8.55	22.31	25.00	27.49	30.58	37.70
16	5.81	6.91	7.96	9.31	23.54	26.30	28.84	32.00	39.25
17	6.41	7.56	8.67	10.08	24.77	27.59	30.19	33.41	40.79
18	7.01	8.23	9.39	10.86	25.99	28.87	31.53	34.80	42.31
19	7.63	8.91	10.12	11.65	27.20	30.14	32.85	36.19	43.82
20	8.26	9.59	10.85	12.44	28.41	31.41	34.17	37.57	45.32
21	8.90	10.28	11.59	13.24	29.61	32.67	35.48	38.93	46.80
22	9.54	10.98	12.34	14.04	30.81	33.92	36.78	40.29	48.27
23	10.20	11.69	13.09	14.85	32.01	35.17	38.68	41.64	49.73
24	10.86	12.40	13.85	15.66	33.20	36.41	39.37	42.98	51.18
25	11.52	13.21	14.61	16.47	34.38	37.65	40.65	44.31	52.62
26	12.20	13.84	15.38	17.29	35.56	38.88	41.92	45.64	54.05
27	12.88	14.57	16.15	18.11	36.74	40.11	43.19	46.96	55.48
28	13.57	15.31	16.93	18.94	37.92	41.34	44.46	48.28	56.89
29	14.26	16.05	17.71	19.77	39.09	42.56	45.72	49.59	58.30
30	14.95	16.79	18.49	20.60	40.26	43.77	46.98	50.89	59.70