



中华人民共和国国家标准

GB/T 17287—1998
idt ISO 4124:1994

液态烃动态测量 体积计量系统的统计控制

Liquid hydrocarbons—Dynamic measurement
—Statistical control of volumetric metering systems



1998-04-02 发布

1998-10-01 实施

国家技术监督局 发布

前 言

本标准在技术内容和编写格式上等同采用了国际标准 ISO 4124:1994《液态烃动态测量 体积计量系统的统计控制》。本标准在第 1 章中增加了“1.2 引用标准”。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 及附录 F 都是标准的附录。

本标准由中国石油天然气总公司提出。

本标准由石油工业标准技术委员会归口。

本标准起草单位：中国石油天然气总公司计量测试研究所。

本标准主要起草人：吴燕龙。

本标准参加起草人：马颖洁、安树民、陈福庆、孙宽。

本标准由中国石油天然气总公司计量测试研究所负责解释。

ISO 前言

国际标准化组织(ISO)是由各国标准化团体(ISO 成员团体)组成的世界性的联合会。制定国际标准的工作,通常由 ISO 的技术委员会完成,各成员团体若对某技术委员会的工作感兴趣,均有权参加该委员会。与 ISO 保持联系的国际组织(官方的或非官方的)也可参加有关工作。在电工技术标准化方面,ISO 与国际电工委员会(IEC)保持密切合作关系。

由技术委员会采纳的国际标准草案交各成员团体投票表决,需取得至少 75% 参加表决的成员团体同意才能作为国际标准正式通过。

国际标准 ISO 4124 是由 ISO/TC28 石油产品和润滑剂技术委员会石油动态测量分委员会 SC2 制定的。

标准使用者应该注意,所有的国际标准都在不断地进行修订,除另有说明外,本标准中所涉及到的任何其他参考国际标准同样意味着是最新版本。

目次

前言 Ⅲ

ISO 前言 Ⅳ

1 总则 1

2 统计测量 3

3 中心检定 7

4 在线检定 38

5 二次控制 51

附录 A(标准的附录) 统计表 55

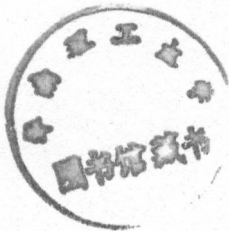
附录 B(标准的附录) 95%和 99%概率的 t -分布值 57

附录 C(标准的附录) 正态(高斯)分布 58

附录 D(标准的附录) 异常值检验 59

附录 E(标准的附录) 多项式近似值的随机不确定度 61

附录 F(标准的附录) 参考文献 61



中华人民共和国国家标准

液态烃动态测量 体积计量系统的统计控制

GB/T 17287—1998
idt ISO 4124:1994

Liquid hydrocarbons — Dynamic measurement
— Statistical control of volumetric metering systems

1 总则

1.1 范围

在动态测量系统中,液态烃流量计的性能将随流动条件(即流过液体的流量、粘度、温度、压力和流体的密度)而改变,也会因流量计的磨损而发生变化。

本标准给出了使用合适的统计控制方法建立和监测流量计性能的指南,它适用于中心检定(离线检定)和在线检定的测量,这些方法也适用于任何体积或质量测量系统。

采集数据遵循的方法是以控制界限为依据的,同样,在 GB/T 17286. 3—1998 (idt ISO 7278-3: 1995)中也叙述了确定这些数据可靠性的方法。

本标准叙述在选用的性能图上如何计算其预警限和故障限,以及如何将这些性能图用于日常测量和解释的方法。在中心检定和在线检定章节中,给出了使用的实例。

1.2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 8023—1987 液体石油油品粘度温度计算图(neq ASTM D 341:1982)

GB/T 17286. 3—1998 液态烃动态测量 体积计量流量计检定系统 第3部分:脉冲插入技术 (idt ISO 7278-3:1995)

1.3 定义

本标准采用下列定义。

1.3.1 检定 proving; 校验 proof; 校准 calibration

根据实际通过流量计的液体体积和体积管标准容积之间的关系确定流量计的性能。

1.3.2 K 系数 K -factor

表示在一次检定运行的期间内,流量计产生的脉冲数(N),与在体积管检测开关之间用球或活塞置换的液体体积(V)之间的关系。

通常 K 系数为脉冲数(N)与液体体积(V)之比。建议用 GB/T 17286. 3 叙述的脉冲插入技术修正 K 系数的值。

1.3.3 流量计系数 meter factor

通过流量计的实际体积(由体积管确定的体积)同流量计累加计数器显示体积的比值。

1.4 符号和单位

1.4.1 通用符号

h_1 ——计量罐内的高液位, m;

国家技术监督局 1998-04-02 批准

1998-10-01 实施

h_2 ——计量罐内的低液位, m;
 E_h ——测量误差, mm;
 E_m ——流量计体积的误差, %;
 E_t ——温度误差, °C;
 K —— K 系数, 单位体积的脉冲数;
 ΔK —— K 系数的变化量, 单位体积的变化脉冲数;
 MF ——流量计系数, 无量纲;
 MF_m ——平均流量计系数, 无量纲;
 $MF_{\max}$ ——一组测量值中最大的流量计系数, 无量纲;
 $MF_{\min}$ ——一组测量值中最小的流量计系数, 无量纲;
 N ——在一次检定运行期间, 流量计产生的脉冲数, 无量纲;
 p ——在线条件下的压力, kPa;
 p_0 ——标准参比压力 101.325 kPa;
 t ——在线条件下的温度, °C;
 t_0 ——标准参比条件下的温度 20 °C;
 T ——经过的时间, s;
 Q ——体积流量, m³/h;
 V_p ——标准参比条件 20 °C、101.325 kPa, 体积管的标准容积, L 或 m³;
 ν ——流体的运动粘度, mm²/s。

1.4.2 统计符号

X ——量的真值;
 μ ——平均值;
 σ ——标准偏差;
 x ——测量值;
 $\bar{x}$ ——一组测量值的平均值;
 n ——重复测量的次数;
 m ——量的个数;
 s ——标准偏差的估计值;
 w ——一组测量值的极差;
 $\bar{w}$ ——一组极差的平均值;
 t —— t -分布的值;
 r ——重复性的估计值;
 Φ ——自由度。

1.5 中心检定 Central proving

在检定站内, 对流量计在实际使用的流量、粘度、温度和密度范围内进行检定, 用来确定流量计的性能称之为中心检定。

利用检定数据绘制流量计的性能图, 并使用该图确定流量计系数和流量或流量和粘度之间的关系。

利用二次控制的方法可以检测现场流量计性能有无任何大的偏差, 二次控制方法可监视两台并联或串联流量计的输出量。利用统计控制图可以确定流量计系数的长远偏差。

1.6 在线检定 On-line proving

在流量计工作的条件下, 用活动式或固定安装的体积管检定流量计, 称之为在线检定。在流量、粘度、温度和密度出现明显变化时, 可以重新检定流量计。

使用统计控制图可以监视流量计系数的任何显著偏差或异常倾向。利用统计分析方法, 可以确定偏

差是由流动条件的变化、随机误差引起的,还是由其他某些可确定的原因而引起的。

2 统计测量

2.1 统计测量的原理

2.1.1 引言

由中心检定或在线检定得到的测量值,可以提供通过流量计液态烃类流体参数(例如流量计系数、流量、温度、雷诺数)的随机变化性的信息。利用这些参数的随机变化性有可能给定实际观测偏差的概率水平,使用这些参数有可能给定实际观测偏差的概率水平,从而将正常的或“允许的”偏差同外部和系统影响(如流量计部件磨损)引起的偏差进行区分。

上述流量计特性的真值及其变化范围,可在控制图上(见 2.2.5)表示。它可表示流量计最早出现不正常的预警限,也可表示流量计发生故障情况的故障限,本标准给定预警限值取 95% 的概率,而故障限值取 99% 的概率。这说明测量过程在统计控制下时,在正常变化条件下,落到故障限以外的测量值只存在 1% 的机会。一旦建立了控制图,以后检定流量计的测量值可定期地加到控制图上,由此可以监视流量计在一段时期内性能的变化趋势。

利用这种方法建立控制图,应使用统计方法得到可靠的估计值。收集数据和监视流量计的开始阶段称为“学习(准备)阶段”,此阶段应足够长,以便对流量计的特性的真值作出可靠估计。

在建立、使用和维护控制图以前,必须了解应用的统计处理方法。

2.1.2 测量值的分布

任何物理量的测量值,不管是直接测量(例如用温度计测量温度),还是间接测量(例如流量计系数),都存在误差。该误差有时是系统的,并可指出产生误差的确定原因,例如,温度变化大时可导致流量计系数也出现大的变化,如果不是这样,数据分散可能与随机的因素有关,这就要按统计方法进行处理。

随机误差的大小常常随被测量值的变化而产生很大的变化(此时,随机误差常用百分数表示),或者随某些外部的因素而变化。例如, K 系数的误差将随流量发生相应的变化(见图 1)。因此,对测量期间的运行条件进行控制是非常重要的(见 2.2.2)。实际上,误差的分布近似于高斯(Gaussian)(正态)分布。如果已知它的两个参数,正态分布就可以完全确定。这种情况下的两个参数,用 μ 表示平均值(期望值),用 σ 表示标准偏差。高斯分布的详细叙述见附录 C。

测量值分布的每个参数都被认为有一个真值,在代数上用希腊或罗马大写字母表示。参数的估计值或统计值在代数上用罗马小写字母表示。必要时,也用加括号代数表示其性质。例如,测量值 x 的标准偏差估算值将表示为 $s(x)$ (见 2.1.4)。最重要的统计量是期望值、标准偏差、一组测量值的极差及不确定度。

2.1.3 真值的估计

已知一组测量值 $x_i (i=1 \sim n)$,最接近真值的估计值就是该组测量值的平均值 $\bar{x}$ (被叫做“ $\bar{x}$ ”)即:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

只要不存在系统误差,当 n 趋向无穷大时,估计值 $\bar{x}$ 将趋近于真值 μ 。

2.1.4 标准偏差的估计

标准偏差 $\sigma(x)$ 是单次测量值 x 随机误差的量度。 $\sigma^2(x)$ 常见的无偏估计值是 $s^2(x)$, 即:

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

由下式给出另一种估计值:

$$s(x) = \frac{\bar{w}}{D(n)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: $\bar{w}$ ——使用多组 n 个测量值时,测量值的平均极差;

$D(n)$ ——换算系数(见附录 A)。

随着依据的极差值变小,这种估计的可靠性很差。当以单个极差值为依据时,估计值只能作为粗略的校验。

平均值估计的标准偏差,有时称之为标准偏差,据此可导出:

$$s(\bar{x}) = s(x) / \sqrt{n} \quad \dots\dots\dots (4)$$

很明显,随着测量值数量 n 的增加,标准偏差减少了,从而使真值估计值的可信度提高了。

2.1.5 不确定度的估计

一个估计值的可靠性可以用不确定度的范围来表示。而真值以一个规定的置信度或概率落在这个范围内。用统计的术语来说,就是置信区间。包含估计值 x 的不确定度区间是 $x \pm u(x)$,这里的 $u(x)$ 称之为不确定度, $x + u(x)$ 和 $x - u(x)$ 称之为不确定度的限值,这个限值之间的差 $2u(x)$ 称之为不确定度的范围。一般概率水平是 95% 和 99%。这时, n 个测量值的平均值 $\bar{x}$ 的真值估计值,可用下面的方法表示:

真值 $= x \pm u(x)$ n 个测量值, 95% 的概率。

当 $n=1$, $\bar{x}$ 变成单次测量值 x 。

若根据长期的试验已知标准偏差 σ , 不确定度这时也是已知的, 则给出在 95% 概率下的不确定度:

$$U(\bar{x}) = 1.96\sigma(\bar{x}) = 1.96\sigma(x) / \sqrt{n} \quad \dots\dots\dots (5)$$

当 $n=1$ 时, $\bar{x}$ 变成单次测量值 x 。1.96 的值是两边概率为 95% 的正态标准偏差(见附录 C)。

如果以自由度 Φ 为依据, 按 $s(x)$ 估计单个测量值的标准偏差, 这时估计的不确定度如下:

$$u(\bar{x}) = t_{95, \Phi} s(\bar{x}) = t_{95, \Phi} s(x) / \sqrt{n} \quad \dots\dots\dots (6)$$

当 $n=1$, $\bar{x}$ 又变成单次测量值 x 。

$t_{95, \Phi}$ 是相当于以自由度 Φ 为基础的标准偏差的估计值, 两边概率为 95% 的 t -分布值(见附录 B)。自由度应看作是独立测量值的数量, 并依据这个数量估计标准偏差。已知有 n 个测量值, 因在估计平均值时已经少去一个自由度, 所以 s 服从自由度为 $\Phi = (n-1)$ 的 t -分布。

t -分布是自由度的函数, 给定概率的 t 值在大小上将随 Φ 的增加而减少。随着 Φ 趋向于无限大, 使 t -分布趋向于高斯分布。有时分别使用 2 和 3 作为概率为 95% 和 99% 下 t 值的近似值, 这些数值对于按 10 到 20 次测量值作出估计是合适的。

2.1.6 重复性的估计

重复性这个术语用在不确定度时指的不是单独的一组测量值或(如 2.1.5 中所说的那种)测量平均值, 而是指两个单独测量值之间的差别, 因为两个测量值 x_1 和 x_2 之间差值的标准偏差(见 2.1.8)是:

$$\sigma(x_1 - x_2) = \sqrt{2} \sigma(x_1) = \sqrt{2} \sigma(x_2) \quad \dots\dots\dots (7)$$

故重复性估计值 r 为:

$$r = \sqrt{2} u(x) \quad \dots\dots\dots (8)$$

此时, $u(x)$ 应按单独测量值 x_i 而不是按平均值 $\bar{x}$ 计算, 式(5)和式(6)将变成:

$$U(x) = 1.96\sigma(x) \quad \dots\dots\dots (9)$$

和

$$u(x) = t_{95, \Phi} s(x) \quad \dots\dots\dots (10)$$

注意, 实际使用的重复性值应按一组独立测量值推导出来(不含成对的可怀疑的测量值)。且标准偏差的估计值应按自由度至少为 20, 最好在 30 以上作出估计。

2.1.7 极差的估计

可以把重复性概念(两个测量值之间差的不确定度)推广到 3 个或者更多测量值的极差分布。为此有必要引入以单位标准偏差(相当于一个选定的概率水平)表示的测量值极差值 $E_1(n)$ 或 $E_2(n, \Phi)$ (见附录 A)。

已知 $\sigma(x)$, 则 n 个测量值的极差值为:

$$W = \sigma(x)E_1(n) \quad \dots\dots\dots (11)$$

若以自由度 Φ 为标准偏差的估计值(它根据独立的测量值得到且不包含可疑的测量值), 则其极差值可用下式估计:

$$w = s(x)E_2(n, \Phi) \quad \dots\dots\dots (12)$$

实际上, 上述两种情况每种计算得到的限值, 相当于实践中在给定概率下的极差(n 个测量值)。对应于 95% 概率的极差值作为建立统计控制的检验(见 2.2.2)。也可用这种方法识别异常值(见 2.2.3), 但必须用附录 D 中给出的异常值检验方法进行确认。同重复性一样, 在实践中使用极差的估计值, 也应按自由度至少为 20, 最好为 30 以上得到, 且不包括怀疑的测量值。

2.1.8 误差的组合

考虑一个间接测量值 y , 它是利用 m 个中间测量值 $x_1, x_2, \dots, x_m$ 按下列函数计算求得的:

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_m) \quad \dots\dots\dots (13)$$

如果 m 个中间测量值在代数上是独立的, 也就是说没有一个可从其他量计算出来, 则间接测量的统计结果可按以下说明推导出来。

2.1.8.1 对于真值的估计值 $\bar{y}$ (见 2.1.3), 可将相应的平均值代入式(13)计算出来:

$$\bar{y} \approx F(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m) \quad \dots\dots\dots (14)$$

这种方法适用于近似线性函数 F 。

2.1.8.2 下式给出对 y 标准偏差的估计值 $s(y)$ (见式 14):

$$s^2(y) = \left[\frac{\partial F}{\partial x_1} s(x_1) \right]^2 + \left[\frac{\partial F}{\partial x_2} s(x_2) \right]^2 + \dots + \left[\frac{\partial F}{\partial x_m} s(x_m) \right]^2 \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中灵敏度系数 $\partial F / \partial x_i$ 是根据已知的 x_i 或 x_i 的平均值的估计。

注意, 在上式中使用的标准偏差的估计值可按单独的一组测量值(式 2), 或者按平均值(式 4)计算。此外, 上式的适用范围最好是一个或多个 $\sigma(x_i)$ 为已知的, 而不是按 $s(x_i)$ 估计的。

2.1.8.3 对 y 的不确定度估计值 $u(y)$ (见 2.1.5)在形式上同式(13)类似, 即:

$$u^2(y) = \left[\frac{\partial F}{\partial x_1} u(x_1) \right]^2 + \left[\frac{\partial F}{\partial x_2} u(x_2) \right]^2 + \dots + \left[\frac{\partial F}{\partial x_m} u(x_m) \right]^2 \quad \dots\dots\dots (16)$$

再次说明, 在上式中所用不确定度的估计值可为单独测量值或平均值, 也可为已知的 $u(x_i)$ 不确定度值。

2.2 测量程序

2.2.1 引言

为了用数理统计得到的控制图来监视流量计的性能, 一般来说应按下列步骤建立统计控制:

- 建立统计控制图。
- 在规定的操作条件下进行检定, 取得测量数据。
- 对测量值进行可靠性检验, 并用它建立新的性能图, 或者把它加到原来已有的性能图上。
- 如果已经累积足够的“学习(准备)阶段”的测量值, 将测量值添加到控制图上, 或者使用测量值建立新的控制图。

2.2.2 统计控制

在未加规定或操作条件可变的情况下取得的测量值, 是没有统计意义的。为建立统计控制, 应特别注意诸如温度和流量等参数测量的准确性, 并且所有的外部影响都应加以考虑。

通常, 定量地建立统计控制是很困难的, 但是, 在已知操作条件下, 检验性能图和由获得的一组测量值算出最大允许的极差是可以做到的。至少, 应该十分清楚地了解测量程序和正确地操作设备。

2.2.3 测量的可靠性

获得一组 n 个重复测量值后, 必须对其进行异常值检验(异常值剔除)。但是, 应该强调的是不能随

意丢掉测量值。应该努力找出那些异常值产生的原因,然后采取校正措施。如果找不到更多的造成数据分散的原因,就可用狄克逊(Dixon)或格拉布斯(Grubbs')的方法进行检验(见附录 D)。如果使用这些方法检验出有应该被剔出的数据,那么它可以不被统计在内并应再取得一些测量数据。而且还应该证明,异常值不是由于未予控制的变量象温度或流量这种的变化而产生的(见 2.2.2)。

对于一组测量值的操作条件来说, K 系数的分散性早已经确定(见 2.2.4)。此时不确定度的限值已知的,如果某个测量值处在对应于 95%置信概率范围以外,它将被看作是一个异常值。当只有两个测量值是有效时,且其差超过重复性限度(见 2.1.6),则这两个测量值都是可疑的。同样,如果观测的极差超过最大值, n 个测量值的极差也是可疑的(见 2.1.7)。

2.2.4 性能图

在性能图上用图解方法可表示流量计的特性,如图 1 所示,在该例中平均流量计系数以一个操作条件(即流量)为函数的形式给出。在图 1 中按 n 个重复测量值(典型的 $n=5$ 或 $n=10$)的极差表示变化性,而且还可不确定度的范围来表示。

应按每种流量计和油品绘制各自的性能图,并且应注明属于哪种操作条件(例如温度范围)。但是,在中心检定站,对同等级流量计可以进行较宽操作条件范围的测量,“性能图”可采用对比表或曲面的形式表示(此时流量计系数是两个或更多操作变量的函数)(见 3.3)。

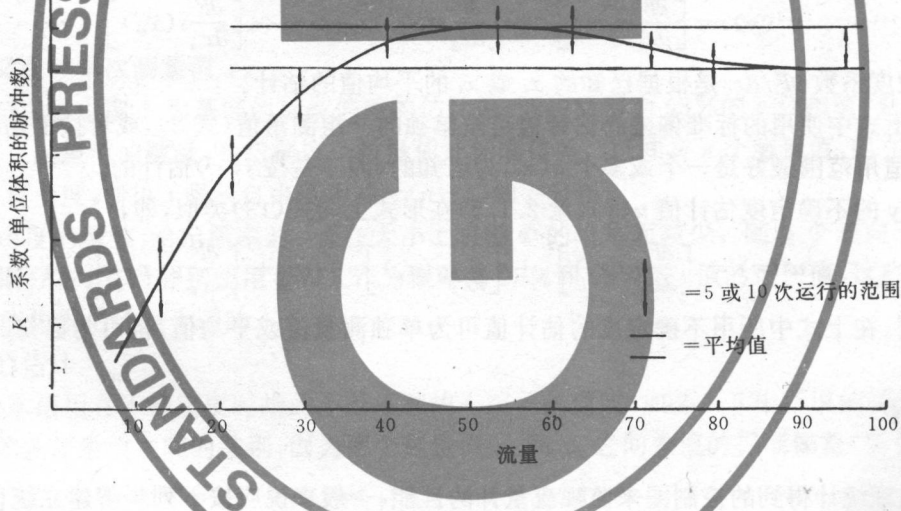


图 1 性能图—— K 系数与流量的关系(表示 5 到 10 次连续运行的分散性)

2.2.5 控制图

2.2.5.1 制图的准备

在足够长的学习阶段以后(例如已得到 15 组检定数据), K 系数真值的估计值可在控制图上表示出来。图 2 是一个例子,每次输入图中的值是根据四次检定运行求得的 5 个 K 系数的平均值。预警限和故障限就是不确定度的限值,是在学习阶段结束后分别对应于 95%和 99%的概率估计出来的。如果检定过程在统计控制内,那么便有 5%的测量结果会落在预警限以外,1%的测量结果落在故障限以外也是合理的。

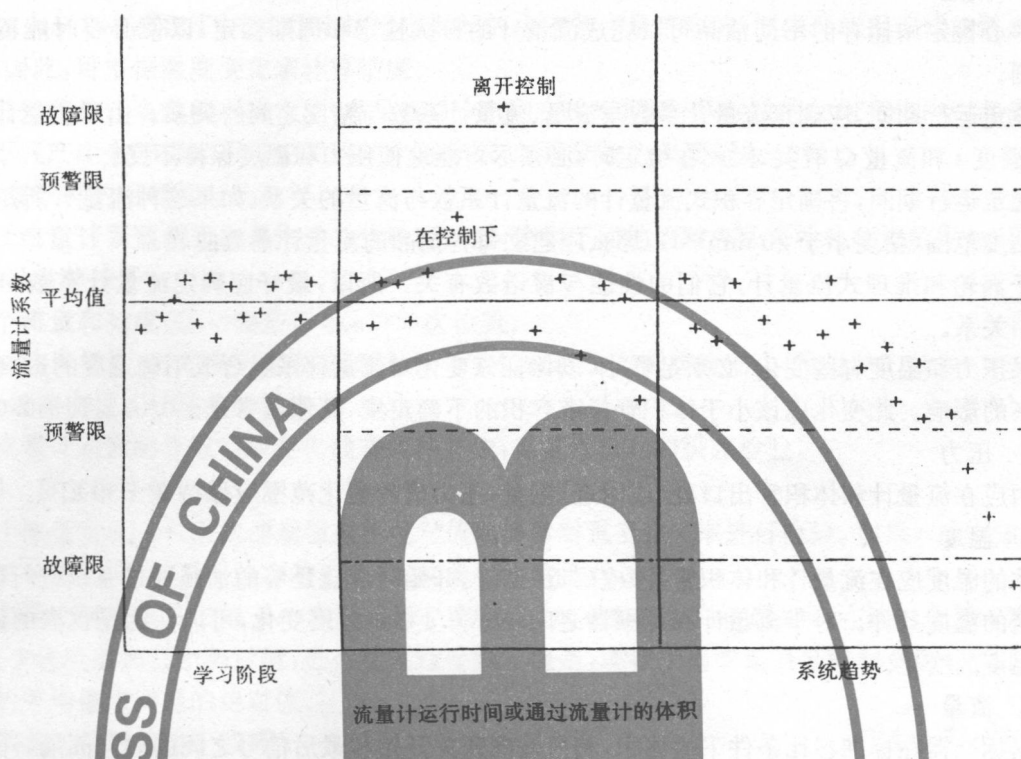


图 2 控制图

图 2 不但给出测量值是否“在控制范围内”，而且还给出随时间或体积总量系统趋势的例子。应注意：如果系统的趋势明显，则可通过平均值和控制范围的适当移动重新绘制控制图。例如，流量计元件长期磨损后就会如此。

2.2.5.2 平行控制图

对于不同目的的测量值，例如 K 系数和流量，按其共同的时间或体积流量坐标作出控制图。它便于考虑一个量值同另一个量值之间的相关关系，也便于研究 K 系数产生主要偏差的原因。

2.2.5.3 移动平均值控制图

使用移动平均值控制图可以监视长期的流量计性能。在学习阶段以后，控制图上每个点将是最后十组检定运行的平均值（见图 2）。这将提供一个移动的“窗口”，该窗口不受短期偏差的影响，利用该窗口可识别斜率的变化（长期漂移）或阶梯的变化（ K 系数的恒定漂移）。

2.2.5.4 非线性控制图

图 1 中所示的性能图，如果预警限和故障限被分别标在曲线的两侧便成为一张控制图。在这种情况下，性能图是以学习阶段的测量值为基础。根据这些测量值及以前能用的经验数据，在给定流量范围可以给出 K 系数的标准偏差的估计值。这时，还可以估计出控制范围并在图上绘制出来。

2.2.5.5 相协调的图

通过比较流量计与计量罐或流量计与流量计的体流量，可监视流量计长期的性能。当一台流量计的读数定期地同另一种测量手段（例如罐测量）按相同液体体积测量结果相比较时，分别累积每种设备通过的体流量，并把两个体流量之差与一个体流量累积总量的比用百分数表示。在相协调图上，该差值的真值应该是零，因为随着累积体积的增加，该差值趋向于零。否则，表明流量计已经损坏或出现偏差。

3 中心检定

3.1 数据的收集

3.1.1 检定条件

3.1.1.1 概述

用中心检定站储存的不同油品可以完成流量计的首次检定和周期检定,以便必要时能覆盖较宽的粘度范围。

在检定运行期间,应确定流量计系数与流量、流量计系数与粘度之间的关系。由于流量计系数将与压力 p 、温度 t 和流量 Q 有关,因此在检定时,必须尽可能地使压力和温度保持不变。

在检定运行期间,将确定容积式流量计的流量计系数与流量的关系。如果这种流量计所用的油品具有较宽粘度范围(粘度小于 $20 \text{ mm}^2/\text{s}$),那么应建立每种油品的流量计系数曲线。

对于涡轮和推理式流量计,它们的性能与雷诺数有关。所以,最好应确定流量计系数与雷诺数或 (Q/D) 的关系。

如果压力和温度有些变化,必须足够小,以保证该变化对流量计系数合成不确定度的影响不会超过 $\pm 0.01\%$ 的影响。此变化应该小于体积管标准容积的不确定度,其值通常是 $\pm 0.02\%$ 到 $\pm 0.05\%$ 。

3.1.1.2 压力

压力应在流量计和体积管出口处(或附近)测量,压力值的变化范围应保持在 $\pm 50 \text{ kPa}$ 。

3.1.1.3 温度

液体的温度应在流量计和体积管处(或附近)测量。开始时应让足够的油品通过系统进行循环,以保证有稳定的温度条件。对于流量计和标准器之间小于 0.1°C 的温度变化,可以认为是仪表的误差,而不是液体温度的变化。

3.1.1.4 流量

根据标准器在标准参比条件下的体积,利用检测开关开始和最后信号之间的时间间隔,计算平均流量。

3.1.1.5 粘度

每次检定运行都要确定油的密度和粘度(至少在两个不同温度下进行测量,例如 20°C 和 40°C)。

3.1.1.6 流量计的数据

在不同流量条件下,流量计产生的脉冲数由电子计数器累加。在累加的过程中,分别由检测开关控制开启和停止。为了保证 0.01% 的最大不确定度,可采用合适的脉冲插入技术。

3.1.1.7 检定次数

相同流量下的每个检定点应至少重复检定两次。如果分散度较大,则需要进一步测量(见 3.2.2)。

3.1.1.8 要求检定的流量点数

对每种给定的流体,应在不少于 5 个不同的流量点下检定流量计,其中应包括最大和最小的流量。在操作范围内得到流量点数的最小值与流量计的实际性能有关。例如,流量计系数随流量变化较大时,检定过程中所需要流量点便增多。

3.1.1.9 粘度点的数量

应尽可能在相同的温度和压力条件下,用实际流体、流量范围来完成检定。依据被检流量计的类型选择粘度和粘度变化的间隔,也就是说,在检定中,要兼顾到流量计系数对粘度变化的灵敏度。

虽然在流量计运行的范围内,通常按等间隔选择粘度,但在流量计系数对粘度变化特别敏感的地方,应选择补充的粘度点。

3.1.2 检定报告

检定报告应记录首次检定和周期检定的结果和条件,其中包括下列资料:

- 中心检定站的资质证书;
- 体积管的标准容积;
- 流量计的特征(制造厂、型号和系列号);
- 准确详细的检定条件。

3.2 收集数据的可靠性和结果值

3.2.1 中心检定的操作条件

尽管 3.1.1.1 中蕴含了,中心检定站检定期间的检定条件是不变的,但循环使用流体的温度常常有微小变化,因此,可根据温度变化来计算粘度。

如果已知流量计系数的不确定度(参见 3.2.3),则在检定期间,某参数的任何变化所引起流量计系数变化的不应产生大于给定不确定度的某个百分数,此百分数的典型值为 30%。

3.2.2 收集数据的可靠性

在估计流量计系数和作出此估计的分散度以前,使用下面的检验方法来检验收集数据的可靠性。

3.2.2.1 异常值检验

对每个流量和粘度(Q, ν)要进行 $n(n \geq 3)$ 次检验。

为了剔除异常值,可采用狄克逊检验(见附录 D1)或格拉布斯检验方法(见附录 D2)。

3.2.2.2 短期变化或分散性的检验

检验流量计系数的分散性和变化性有两种方法:重复性检验和极差检验。

3.2.2.2.1 重复性检验

在每个测量点(Q, ν),两次测量值差的绝对值能够针对重复性 r 来进行检验。如果 r 是未知的,应该使用测量值平均 MF_m 的某一给定的百分数,其典型的值是 0.05%。

如果差的绝对值小于或等于 r ,则保留两个测量值。如果差的绝对值超过 r ,在给出全部 n 次测量值的同时,至少还应追加三个测量值,进行重复性检验。但是,现在使用的是最分散测量值和剩下的 $n-1$ 次测量值的平均值之间差的绝对值。

如果其差的绝对值小于或等于

$$r \cdot \sqrt{\frac{n}{2(n-1)}}$$

则保留全部测量值;如果其差的绝对值超过

$$r \cdot \sqrt{\frac{n}{2(n-1)}}$$

则最分散的测量值应该被剔除,并且重复进行检验,直到得到一组可接受的测量值。然而,如果从 20 个测量值中剔除两个或两个以上的测量值,则应停止检定运行,并进行分析研究。

3.2.2.2.2 极差的检验

在每个测量点(Q, ν)上,对 $n > 2$ 测量值的极差,可以针对最大的 W 进行检验。此时 $MF_{\max}$ 和 $MF_{\min}$ 分别是最大和最小的测量值。如果流量计系数测量值的标准偏差是已知的,或者可根据以前的测量值进行估计,则对应于 95% 的概率,使用 $E_1(n)$ 或 $E_2(n, \Phi)$ 制表的值,用式(11)或式(12)可计算 W 。若标准偏差是未知的,则用测量值的平均值 MF_m 的某一给定百分数代替 W ,其典型值为 0.05%。

如果 $(MF_{\max} - MF_{\min})$ 小于或等于 W ,则保留所有的测量值。如果 $(MF_{\max} - MF_{\min})$ 超过 W ,则最分散的测量值应该被剔除,重复检测过程直至得到一组可接受的测量值。在这种情况下,针对新的 n 值,将重新计算 W 。但是,如果在不多于 20 次测量值中剔除两个或两个以上的测量值,则应停止检定运行,并进行分析研究。

如果 σ 或 s 是未知的,则可以用下面比值来检验测量值

$$\frac{MF_{\max} - MF_{\min}}{MF_{\max} + MF_{\min}}$$

如果比值小于 0.000 25,则其结果可接受。

3.2.3 结果值

在每个检定点(Q, ν),按 3.2.2 中规定的方法检验后,流量计系数是保留测量值的算术平均值。

按上述的流量计系数(算术平均值)的不确定度,用式(5)和式(6)计算。

3.2.4 流量计系数随(Q, ν)的变化



在整个流量和粘度范围内已确定流量计系数后,应对流量计系数的变化进行检验。对不同粘度范围,应考虑相应的流量范围。

计算的比值:

$$\frac{MF_{\max} - MF_{\min}}{MF_{\max} + MF_{\min}}$$

该比值应小于已给定的限值,这个限值的典型值是 0.025%。 $MF_{\max}$ 和 $MF_{\min}$ 分别是流量计系数在整个检定范围内的最大值和最小值。

3.3 性能图

3.3.1 概述

中心检定站有一组固定安装的体积管,用于检定、测量涡轮及容积式流量计。

测量的目的是建立被检流量计的性能图。按不同的流量和 Q/ν 比确定流量计系数,并用多项式、表格和对比表的方法表示合适的流量计系数。

3.3.2 数据的整理

3.3.2.1 流量

根据在标准参比条件(t_0 和 p_0)下体积管两个检测开关之间的容积 $V_p(L)$ 及检定装置中置换器置换该容积所需要的时间 $T_1(s)$,计算流量 $Q(m^3/h)$ 。在已知温度 t 、压力 p 条件下,流量用下式给出:

$$Q = 3.6 \frac{V_p}{T_1} [1 + C_{tp}(t - t_0) + C_{pp}(p - p_0)] \quad (17)$$

式中: C_{tp} ——体积管的温度修正系数;

C_{pp} ——体积管的压力修正系数。

3.3.2.2 粘度

在检定温度 t 下,油的粘度(mm^2/s),便可在检定温度下直接测得,或按下式进行计算:

$$\lg \cdot \lg[\nu + f(\nu)] = A - B \cdot \lg(t + 273.15) \quad (18)$$

式中 A 和 B 是用两个不同温度下的油粘度计算求得的常数。(见 GB/T 8023)

3.3.2.3 流量计特性

3.3.2.3.1 K 系数

以单位体积脉冲数表示的 K 系数是在假设流量计和体积管有相同的温度、压力的条件下,用式(19)计算求得:

$$K = \frac{N}{V_p} \cdot \frac{1 + C_{tm}(t - t_{0m}) + C_{pm}(p - p_{0m})}{1 + C_{tp}(t - t_{0p}) + C_{pp}(p - p_{0p})} \quad (19)$$

式中: N ——检定运行期间记录的脉冲数;

V_p ——在标准参比条件下体积管的标准容积;

C_{tm} ——流量计温度产生膨胀的修正;

C_{pm} ——流量计压力产生膨胀的修正;

C_{tp} ——体积管温度产生膨胀的修正;

C_{pp} ——体积管压力产生膨胀的修正;

t ——通过流量计和体积管的液体温度;

p ——通过流量计和体积管的液体压力;

t_0 ——标准参比温度;

p_0 ——标准参比压力。

3.3.2.3.2 K 系数修正因数

流量计修正系数(无量纲)通常是流量计的流量计算机中永久储存的正常 K 系数和新的 K 系数之间的比值:

流量计修正系数 = $K_{\text{正常}}/K$ (20)

3.3.2.3.3 相对误差

涡轮流量计的相对误差一般按下式计算：

$E = \frac{\text{测量的体积值} - \text{标准的体积值}}{\text{标准的体积值}}$ (21)

还可表示为：

$E = \frac{1 - MF}{MF}$ (22)

3.3.3 流量计校准和性能图

3.3.3.1 涡轮流量计和容积式流量计校准

3.3.3.1.1 容积式流量计

对于粘度在 20 mm²/s 以上的油品，其粘度对容积式流量计基本没有影响。所以，流量计系数主要是随流量(Q)而变。

应使用与被测油品同类的油检定这些流量计。性能图可将 MF、K 或 E 表示为流量的函数。如表示相对误差与流量之间的关系特性图(见图 3)。



图 3 性能图

3.3.3.1.2 涡轮流量计

当用运动粘度小于 1 mm²/s 的同类油品或者粘度变化很小的油品时，油品不会使流量计系数产生大于 0.1% 的变化，这时流量计系数只是流量的函数。性能图可将 MF、K 或 E 表示为流量的函数。如表示相对误差与流量关系的性能图(见图 3)。

在使用多种油品或存在较大粘度变化时，对于涡轮流量计，如螺旋面双叶片涡轮流量计，可以绘制通用的检定曲线(UCC)(见 3.3.3.2)。该性能图可将 MF 表示为 Q/ν 的函数(见图 4)。

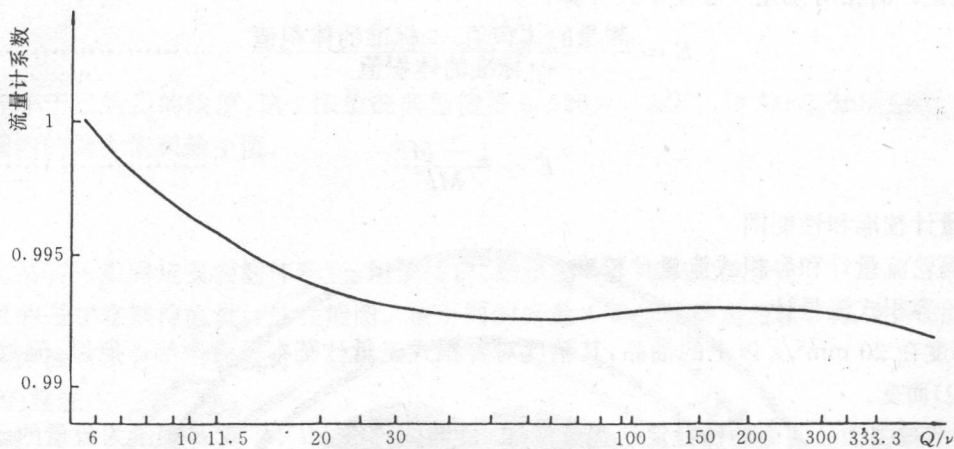
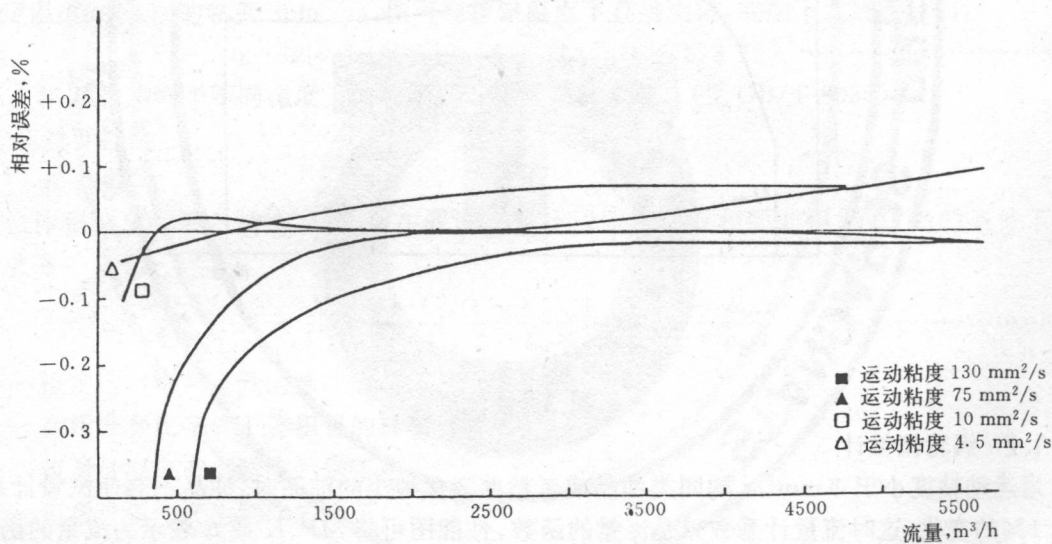


图 4 性能图

使用不可能绘制 UCC 曲线的流量计,可以建立流量和粘度的表格。性能图是在已知粘度下,将 MF 、 K 或 E 表示为流量的函数(见图 5)。

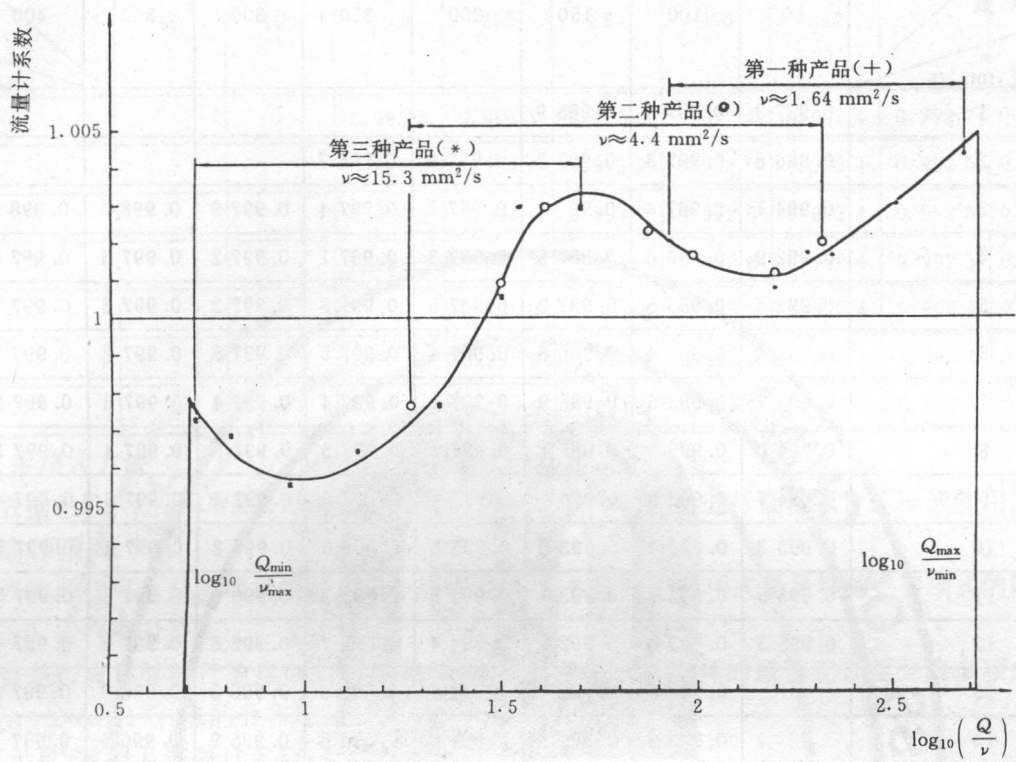


$E=f(Q)$

图 5 性能图

3.3.3.2 涡轮流量计的通用检定曲线

利用按不同油品、流量和粘度所得到的结果,作出表示 MF 与 Q/ν 关系的曲线(UCC)。这种曲线还可按自变量为 Q/ν 整理成一个多项式(见图 6),也可用表格形式表示为真值表(见表 1 或表 2)。



多项式方程：
 $MF = a_0 + a_1 \cdot \lg(Q/\nu) + a_2 \cdot \lg^2(Q/\nu) + \dots + a_6 \cdot \lg^6(Q/\nu)$
 $a_0=0.847\ 995\ 41 \quad a_1=0.753\ 462\ 37 \quad a_2=-1.474\ 550\ 3$
 $a_3=1.428\ 418\ 5 \quad a_4=1.474\ 550\ 3 \quad a_5=-0.018\ 590\ 46$
 $a_6=1.428\ 418\ 5$

图 6 性能图——UCC 多项式
表 1 性能表——对比表

流量, m ² /h 流量计系数 运动粘度, mm ² /s	100	200	300	400	500	600	700	800
1.00	1.001 7	1.001 3	1.002 8	1.004 2	1.004 4	1.003 2	1.000 5	0.996 3
2.00	1.002 5	1.001 7	1.001 1	1.001 3	1.002 0	1.002 8	1.003 6	1.004 2
4.00	1.000 1	1.002 5	1.002 3	1.001 7	1.001 3	1.001 1	1.001 1	1.001 3
6.00	0.997 9	1.001 5	1.002 5	1.002 5	1.002 1	1.001 7	1.001 4	1.001 2
8.00	0.996 8	1.000 1	1.001 9	1.002 5	1.002 5	1.002 3	1.002 0	1.001 7
10.00	0.996 4	0.998 9	1.001 0	1.002 1	1.002 5	1.002 6	1.002 4	1.002 2
12.00	0.996 5	0.997 9	1.000 1	1.001 5	1.002 2	1.002 5	1.002 6	1.002 5
14.00	0.996 8	0.997 2	0.999 2	1.000 8	1.001 7	1.002 3	1.002 5	1.002 6
16.00	0.997 1	0.996 8	0.998 5	1.000 1	1.001 2	1.001 9	1.002 3	1.002 5

注：多项式曲线同图性能(图 6)的曲线相同。