



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 667—202X

液体容积式流量计

Liquid Positive Displacement Flowmeters

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局

发布

液体容积式流量计检定规程

Verification Regulation of Liquid Positive

Displacement Flowmeters

JJG 667-202x
代替 JJG667-2010 正文

归口单位：全国流量计量技术委员会液体流量分技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规程委托全国流量计量技术委员会液体流量分技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

参 加 起 草 人：

目 录

| | |
|---------------------------------------|------|
| 引 言..... | (II) |
| 1 范围..... | (1) |
| 2 引用文件..... | (1) |
| 3 术语和计量单位..... | (1) |
| 3.1 术语..... | (1) |
| 3.2 计量单位..... | (2) |
| 4 概述..... | (2) |
| 4.1 工作原理..... | (2) |
| 4.2 分类..... | (3) |
| 4.3 构造..... | (3) |
| 4.4 用途..... | (3) |
| 5 计量性能要求..... | (3) |
| 5.1 准确度等级..... | (3) |
| 5.2 重复性..... | (4) |
| 6 通用技术要求..... | (4) |
| 6.1 随机文件..... | (4) |
| 6.2 铭牌和标识..... | (4) |
| 6.3 外观..... | (4) |
| 6.4 密封性..... | (5) |
| 7 计量器具控制..... | (5) |
| 7.1 检定条件..... | (5) |
| 7.2 检定项目..... | (7) |
| 7.3 检定方法..... | (7) |
| 7.4 示值误差和重复性的计算方法..... | (8) |
| 7.5 使用仪表系数的流量计, 示值误差、重复性、线性的计算方法..... | (11) |
| 7.6 检定结果的处理..... | (12) |
| 7.7 检定周期..... | (12) |
| 附录 A 检定介质粘度要求..... | (13) |
| 附录 B 原油和石油产品标准密度的确定..... | (14) |
| 附录 C 原油和石油产品压缩系数、密度、膨胀系数计算公式..... | (15) |
| 附录 D 水的膨胀系数和压缩系数..... | (17) |
| 附录 E 检定记录参考格式..... | (19) |
| 附录 F 检定证书/检定结果通知书内页参考格式..... | (24) |

引言

本规程是按照 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1002-2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1004-2004《流量计量名词术语及定义》，结合我国液体容积式流量计的生产及使用现状，对 JJG 667-2010 进行的修订。

本规程与 JJG 667-2010《液体容积式流量计》相比，主要变化如下：

- 按照 JJF 1002-2010《国家计量检定规程编写规则》的要求，增加了“引言”；
- 调整并更新了“引用文件”；
- 删除了与型式评价大纲相关的内容，型式评价大纲作为国家技术规范另行制定；
- 根据流量标准装置的实际情况，将 0.1 级调整为 0.15 级；
- 规定了体积管的温度测量点和压力测量点的位置；
- 列出了各种常用装置测得的并换算到流量计处状态的累积流量计算公式；
- 给出了用仪表系数计算示值误差的公式；
- 将对检定介质粘度的要求单独列为附录 A；
- 增加了原油和石油产品标准密度的确定（附录 B）；
- 增加了原油和石油产品压缩系数、密度、膨胀系数的计算公式（附录 C）；
- 增加了水的膨胀系数和压缩系数表（附录 D）；
- 删除了原“附录 B 体积管法检定原油容积式流量计的有关计算”；
- 增加了“检定记录参考格式”（附录 E）。

所替代规程的历次版本发布情况：

- JJG 667-2010 液体容积式流量计；
- JJG 667-1997 液体容积式流量计。

液体容积式流量计检定规程

1 范围

本规程适用于液体容积式流量计（以下简称流量计）的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用了下列文件：

GB/T 1884-2000 原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）

GB/T 1885-1998 石油计量表

GB/T 4756-2015 石油液体手工取样方法

GB/T 17288 液态烃体积测量 容积式流量计计量系统

GB/T 17611-1998 封闭管道中流体流量的测量 术语和符号

GB/T 21450-2008 原油和石油产品 密度在 $638 \text{ kg/m}^3 \sim 1074 \text{ kg/m}^3$ 范围内的烃压缩系数

JB/T 9242-2015 液体容积式流量计 通用技术条件

OIML R120:2010(E) 非水液体测量系统标准容积测量方法 (Standard capacity measures for testing measuring systems for liquids other than water)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

3 术语和计量单位

3.1 术语

JJF 1001-2011、JJF 1004-2004 和 GB/T 17611-1998 中界定的及以下术语和定义适用于本规程。

3.1.1 容积式流量计 positive displacement flowmeter [JJF 1004-2004, 2.9]

由静止容室内壁与一个或若干个由流体流动使之旋转的元件组成计量室的流量计。

旋转元件与内壁之间的泄漏与所选定工作范围内的流量相比较可以忽略不计。元件的旋转通过机械方式或其他方法传输给指示装置以显示记录所流过的流体累积体积流量。

3.1.2 仪表系数 K -factor [ISO 2714:2017, 3.1.7]

单位体积的流体流过流量计时，流量计发出的脉冲数，一般用 K 表示，又称 K 系数。

3.1.3 流量计系数 meter factor [ISO 2714:2017, 3.1.10]

对流量计进行检定后，按结果对流量计示值进行修正的系数，其值为流过流量计的实际体积与流量计指示体积之比，一般用 MF 表示。

3.1.4 线性[度] linearity [ISO 2714:2017, 3.1.8]

在规定的测量范围内，流量计的特性曲线与规定直线之间偏离的程度。

3.1.5 标准密度 standard density [GB/T 1884-2000, 3.1]

在 20℃ 和 101.325kPa 下，单位体积液体的质量。

3.2 计量单位

主要量的计量单位和符号见表 1。

表 1 主要量的计量单位和符号

| 序号 | 量的名称 | 计量单位 | 计量单位符合 |
|----|------|---------------|---|
| 1 | 瞬时流量 | 立方米每小时；升每分钟 | m^3/h ； L/min |
| 2 | 累积流量 | 立方米；升 | m^3 ； L |
| 3 | 温度 | 摄氏度 | $^{\circ}\text{C}$ |
| 4 | 压力 | 帕[斯卡]；千帕；兆帕 | Pa ； kPa ； MPa |
| 5 | 密度 | 千克每立方米；克每立方厘米 | kg/m^3 ； g/cm^3 |
| 6 | 时间 | 小时；分；秒 | h ； min ； s |

4 概述

4.1 工作原理

当液体流过流量计时，流量计内部的运动部件在液体动力的作用下产生运动，使液体连续不断地充满和排空由运动部件和流量计外壳构成的容积一定的“计量室”，只要测量出运动部件的运动次数，就可以得到通过流量计的液体的累积体积流量。

4.2 分类

本规程所指的流量计包括：

- a. 腰轮（又称罗茨）流量计；
- b. 椭圆齿轮流量计；
- c. 刮板（包括三转子）流量计；
- d. 旋转活塞流量计；
- e. 往复活塞流量计；
- f. 圆盘流量计；
- g. 螺杆流量计
- h. 双转子流量计
- i. 其它型式的容积式流量计。

4.3 构造

流量计主要由传感器和指示机构构成。流量计的指示机构分直读式和远传式两种。流量计可带有具有一种或数种特殊功能的辅助机构，如修正（含补偿）机构，回零机构等。

4.4 用途

流量计用于封闭管道中液体累积流量的测量。

5 计量性能要求

5.1 准确度等级

表 2 为规定的准确度等级系列。对于在规定的流量范围内的一定准确度等级的流量计，其准确度等级、最大允许误差（包括示值误差和线性）应符合表 2 的要求。

表 2 准确度等级和最大允许误差

| 准确度等级 | 0.15 级 | 0.2 级 | 0.5 级 | 1.0 级 | 1.5 级 |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 最大允许误差 | ±0.15% | ±0.2% | ±0.5% | ±1.0% | ±1.5% |

5.2 重复性

流量计的重复性不得超过相应准确度等级规定的最大允许误差绝对值的 1/3。

6 通用技术要求

6.1 随机文件

6.1.1 流量计应附有使用说明书。说明书中应给出产品名称、型号、适用介质、介质温度、介质压力、介质密度、介质粘度、粘度修正公式（或修正曲线、修正数据表）、型式批准 CPA 标志和编号、安装要求等必要的说明。

6.1.2 后续检定的流量计应有前次的检定证书。

6.2 铭牌和标识

6.2.1 流量计表体上应有明显的流向标识。

6.2.2 流量计应有铭（标）牌，铭（标）牌上一般应标明：产品名称、型号、出厂编号、制造厂名或商标、公称通径、流量范围、最大工作压力、仪表系数、准确度等级、制造日期、防爆标志及防爆合格证编号（如果需要）、防护等级（用于露天安装时）等信息。

6.2.3 流量计若有配套的辅助机构，在辅助机构上应标明：产品名称、型号、出厂编号、制造厂名或商标、与之配套的流量计编号（仅适用于专用辅助装置）等信息。

6.3 外观

6.3.1 新制造的流量计外表应有良好的表面处理，无可见的毛刺、划痕、裂纹、锈蚀或霉斑等缺陷，涂镀层不得有起皮、剥落等现象。

6.3.2 各项标记应正确、清晰、明显。

6.3.3 流量计的流体通道应清洁，内表面应光滑，法兰密封面应平整。

6.3.4 流量计指示机构显示的数字应醒目、正确、连续，表示功能的文字符号应完整、清晰、明确；指示机构的保护罩应有良好的透明度，不得有影响读数的明显缺陷。电子式指示装置总量不能置零，不能人为改变指示值，从中途断电恢复后必须正确显示断电前的指示值。

6.3.5 回零机构应能正确回零，回零操作不得改变累积流量的显示结果。

6.3.6 流量计应具备加封印（机械封印或电子封印）的机构。

6.4 密封性

流量计应具有良好的密封性，正常工作时无渗漏、泄漏或损坏。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检查。

7.1 检定条件

7.1.1 环境条件

7.1.1.1 大气环境条件

温度：一般为（5~35）℃；

相对湿度：一般为 15%~85%；

大气压力：一般为（86~106）kPa。

7.1.1.2 外界磁场应小到对流量计的影响可忽略不计。

7.1.1.3 机械振动应小到对流量计的影响可忽略不计。

7.1.2 检定介质

7.1.2.1 检定介质应为均匀洁净、无杂质的单相液体。

7.1.2.2 检定介质应充满试验管道，不夹杂气体，其流动应无旋涡。

7.1.2.3 在每个流量点的每一次检定过程中，介质温度的变化对 0.15 级和 0.2 级的流量计不得超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ；对 0.5 级及以下的流量计不得超过 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

7.1.2.4 在每个流量点的每一次检定过程中，介质压力的变化应不超过 0.01MPa。

7.1.3 流量标准装置及配套设备

7.1.3.1 流量标准装置（以下简称装置）及其配套设备均应有有效检定/校准证书。

7.1.3.2 检定用装置及技术要求见表 3，配套设备及技术要求见表 4。

表 3 检定用装置

| 序号 | 装置名称 | 技术要求 | 用途 |
|----|---------|---|---------------|
| 1 | 体积管 | 累计体流量的扩展不确定度（ $k=2$ ）应不大于被检流量计最大允许误差绝对值的 1/3。 | 测量流量计的误差、仪表系数 |
| 2 | 静态容积法装置 | | |
| 3 | 静态质量法装置 | | |
| 4 | 标准表法装置 | | |

表 4 配套设备

| 序号 | 设备名称 | 技术要求 | 用途 |
|----|---------|---------------------------------|----------------|
| 1 | 压力测量仪表 | 0.2 级 | 测量装置处、流量计处液体压力 |
| 2 | 温度测量仪表 | $U=0.2^{\circ}\text{C}$, $k=2$ | 测量装置处、流量计处液体温度 |
| 3 | 二等标准密度计 | MPE: $\pm 0.5 \text{ kg/m}^3$ | 测量液体视密度 |
| 4 | 粘度计 | MPE: $\pm 5\%$ | 需要测量液体粘度时使用 |

7.1.3.3 装置累积体积流量的扩展不确定度 ($k=2$) 应不大于流量计最大允许误差绝对值的 1/3。

7.1.3.4 对带脉冲输出的流量计, 装置中用于采集流量计输出信号的设备应与被采集信号相匹配, 脉冲计数引入的误差应不大于流量计最大允许误差绝对值的 1/10。

7.1.3.5 对不带脉冲输出的流量计, 当用除体积管之外的装置进行检定时, 一次检定时间不少于 30s, 通流量不少于流量计最小分度值的 1000 倍。

7.1.3.6 应分别测量流量计处和装置处液体的温度, 温度测量仪表的测量误差对测量结果的影响应不大于流量计最大允许误差绝对值的 1/5。

- 1) 流量计处的温度测量点设置在其出口附近;
- 2) 装置若采用球式体积管, 应分别在其进口和出口处设置温度测量点, 取进、出口温度的平均值作为装置处的温度; 若采用活塞式体积管, 温度测量点设置在其出口处; 若采用开放式容器收集液体, 液体温度应在容器内测得。

7.1.3.7 应分别测量流量计处和装置处液体的压力 (表压), 压力测量仪表的测量误差对测量结果的影响应不大于流量计最大允许误差绝对值的 1/5。

- 1) 流量计处的压力测量点设置在其进口附近, 取压孔轴线应垂直于管道轴线, 开孔直径为 (6~10) mm, 边缘应无毛刺和突出;
- 2) 装置若采用球式体积管, 应分别在其进口和出口处设置压力测量点, 取进、出口压力的平均值作为装置处的压力; 若采用活塞式体积管, 压力测量点设置在其出口处; 若采用开放式容器收集液体, 液体表压为零。

7.1.3.8 当检定用液体的蒸气压高于环境大气压时, 应采用体积管或标准表法装置。

7.1.3.9 检定用液体在管道系统和流量计内任一点上的压力, 应高于其饱和蒸汽压。对于易汽化的液体, 在流量计的下游应有一定的背压, 推荐最小背压为最大流量时流量

计压力损失的 2 倍加上最高检定温度下检定用液体饱和蒸汽压的 1.25 倍。

7.1.4 安装要求

7.1.4.1 流量计的安装应满足使用说明书的要求。

7.1.4.2 流量计与管道的连接部位应无泄漏，密封垫不得凸入流体管道内。

7.2 检定项目

流量计检定项目见表 5。

表 5 检定项目一览表

| 序号 | 检定项目 | 首次检定 | 后续检定 | 使用中检查 |
|------------------------|-------|------|------|-------|
| 1 | 铭牌和标识 | + | + | + |
| 2 | 外观 | + | + | + |
| 3 | 密封性 | + | + | + |
| 4 | 误差 | + | + | - |
| 5 | 重复性 | + | + | - |
| 注：“+”表示必须检定，“-”表示不必检定。 | | | | |

7.3 检定方法

7.3.1 铭牌和标识、外观检查

7.3.1.1 用目测的方法检查流量计的铭牌和标识，应符合 6.2 的要求。

7.3.1.2 用目测的方法检查流量计的外观，应符合 6.3 的要求。

7.3.2 运行前检查

7.3.2.1 将流量计正确地安装到装置上，使其处于正常工作状态，预热并检查参数设置。

7.3.2.2 使液体在管道系统中以不低于 $0.7q_{\max}$ 的流量循环 10min。

7.3.2.3 将流量调到流量计的上限流量值，运行至流量、温度、压力稳定后开始检定。

7.3.3 密封性试验

与误差试验同时进行。流量计在最大检定压力下运行 5min，用目测的方法检查流量计表体，应符合 6.4 的要求。

7.3.4 检定点数及检定次数

7.3.4.1 实验室检定的检定点数一般不少于 5 个，包括最大流量点和最小流量点在内，均匀分布。

- 7.3.4.2 在线检定的检定点数一般不少于3个,包含日常使用的流量区间并均匀分布。
- 7.3.4.3 检定过程中,每个流量点每次检定的实际流量与设定流量的偏差不超过设定值的±5%。
- 7.3.4.4 每个流量点至少检定3次。
- 7.3.4.5 检定一般从最大流量点开始,逐点减小至最小流量点。

7.4 示值误差和重复性的计算方法

7.4.1 各流量点单次检定的示值误差用下式计算:

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij} - (Q_s)_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: E_{ij} ——第*i*流量点第*j*次检定时流量计的示值误差, %;

Q_{ij} ——第*i*流量点第*j*次检定时流量计的累积流量, L;

$(Q_s)_{ij}$ ——第*i*流量点第*j*次检定时装置给出的并换算到流量计处状态的累积流量,

L。

常用装置 Q_s 的计算公式如下:

(1) 球式体积管

$$Q_s = V_s \left(1 + \frac{D}{E_s e} p_s \right) \left[1 + \beta_s (t_s - 20) \right] \left[1 + \beta (t_m - t_s) \right] \left[1 - \kappa (p_m - p_s) \right] \quad (2)$$

式中: V_s ——装置证书给出的标准容积值, L;

D ——体积管内径, mm;

E_s ——体积管材料的弹性模量, MPa;

e ——体积管壁厚, mm;

p_s ——装置处液体压力, MPa;

β_s ——装置材质的体膨胀系数, 1/°C;

t_s ——装置处液体温度, °C;

β ——液体膨胀系数, 1/°C;

t_m ——流量计处液体温度，℃；

p_m ——流量计处液体压力，MPa；

κ ——液体压缩系数，1/MPa。

注：原油和石油产品的膨胀系数、压缩系数计算公式见附录 C；水的膨胀系数和压缩系数见附录 D。

(2) 活塞式体积管

$$Q_s = V_s \left(1 + \frac{D}{E_s e} p_s \right) [1 + 2\alpha_s(t_s - 20) + \alpha_r(t_r - 20)] [1 + \beta(t_m - t_s)] [1 - \kappa(p_m - p_s)] \quad (3)$$

式中： α_s ——体积管材质的线膨胀系数，1/℃；

α_r ——测量杆材质的线膨胀系数，1/℃；

t_r ——测量杆温度，℃。

(3) 静态容积法装置（量器为开放式结构）

$$Q_s = V_s [1 + \beta_s(t_s - 20)] [1 + \beta(t_m - t_s)] (1 - \kappa p_m) \quad (4)$$

(4) 静态质量法装置（称量容器为开放式结构）

$$Q_s = \frac{999.85}{\rho - \rho_a} m [1 + \beta(t_m - t_s)] (1 - \kappa p_m) \quad (5)$$

式中： m ——电子秤示值，kg；

ρ ——电子秤内液体密度，kg/m³；

ρ_a ——大气密度，kg/m³，用下式计算：

$$\rho_a = \frac{3.4848 p_a - 0.009 h_r \times e^{0.0620}}{273.15 + t} \quad (6)$$

其中： p_a ——大气压力，kPa；

h_r ——相对湿度，用%表示；

t ——环境温度，℃。

(5) 标准表法装置（标准流量计为脉冲输出）

$$Q_s = \frac{N_s}{K_s} [1 + \beta(t_m - t_s)] [1 - \kappa(p_m - p_s)] \quad (7)$$

式中： N_s —— 检定时间内标准流量计发出的脉冲数；

K_s —— 标准流量计的仪表系数， 1/L。

各流量点单次检定的实际流量用下式计算：

$$q_{ij} = 60 \times \frac{(Q_s)_{ij}}{t_{ij}} \quad (8)$$

式中： q_{ij} —— 第 i 流量点第 j 次检定的实际流量， L/min；

t_{ij} —— 第 i 流量点第 j 次检定的时间， s。

单个流量点的实际流量用下式计算：

$$q_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_{ij} \quad (9)$$

式中： n —— 第 i 流量点的检定次数。

脉冲输出的流量计， Q_{ij} 用下式计算：

$$Q_{ij} = \frac{N_{ij}}{K_0} \quad (10)$$

式中： N_{ij} —— 第 i 流量点第 j 次检定时流量计发出的脉冲数；

K_0 —— 流量计原仪表系数， 1/L。

7.4.2 单个流量点的示值误差用下式计算：

$$E_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{ij} \quad (11)$$

式中： E_i —— 第 i 流量点的示值误差；

7.4.3 单个流量点示值误差的重复性用下式计算：

$$(E_r)_i = \frac{(E_{ij})_{\max} - (E_{ij})_{\min}}{d_n} \quad (12)$$

式中： d_n —— 极差系数， 其值见表 6。

表 6 d_n 数值表

| | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 测量次数 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 极差系数 d_n | 1.13 | 1.69 | 2.06 | 2.33 | 2.53 | 2.70 | 2.85 | 2.97 | 3.08 |

7.4.4 流量计的示值误差 E 取各流量点示值误差中绝对值最大者。

7.4.5 流量计的重复性 E_r 取各流量点重复性中的最大值。

7.5 使用仪表系数的流量计, 示值误差、重复性、线性的计算方法

7.5.1 各流量点单次检定的仪表系数用下式计算:

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \quad (13)$$

式中: K_{ij} ——第 i 流量点第 j 次检定时流量计的仪表系数, 1/L。

7.5.2 单个流量点的仪表系数用下式计算:

$$K_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_{ij} \quad (14)$$

式中: K_i ——第 i 流量点的仪表系数, 1/L;

7.5.3 单个流量点仪表系数的重复性用下式计算:

$$(E_r)_i = \frac{(K_{ij})_{\max} - (K_{ij})_{\min}}{K_i d_n} \times 100\% \quad (15)$$

式中: $(K_{ij})_{\max}$ ——第 i 流量点仪表系数的最大值, 1/L;

$(K_{ij})_{\min}$ ——第 i 流量点仪表系数的最小值, 1/L。

7.5.4 各流量点单次检定的示值误差用下式计算:

$$E_{ij} = \frac{K_{ij} - K_0}{K_0} \times 100\% \quad (16)$$

7.5.5 单个流量点的示值误差用公式 (11) 计算。

7.5.6 流量计的示值误差 E 取各流量点示值误差中绝对值最大者。

7.5.7 流量计的重复性 E_r 取各流量点重复性中的最大值。

7.5.8 流量计的仪表系数用下式计算:

$$K = \frac{(K_i)_{\max} + (K_i)_{\min}}{2} \quad (17)$$

式中： K ——流量计的仪表系数系数，1/L；

$(K_i)_{\max}$ ——流量计各流量点仪表系数的最大值，1/L；

$(K_i)_{\min}$ ——流量计各流量点仪表系数的最小值，1/L。

7.5.9 流量计的线性 E_l 用下式计算：

$$E_l = \frac{(K_i)_{\max} - (K_i)_{\min}}{(K_i)_{\max} + (K_i)_{\min}} \times 100\% \quad (18)$$

7.6 检定结果的处理

经检定合格的流量计发给检定证书，不合格的流量计发给检定结果通知书，检定结果通知书应注明不合格的项目。检定证书/检定结果通知书内页参考格式见附录 F。

7.7 检定周期

对 0.15 级、0.2 级及贸易结算用的流量计，检定周期一般为半年，其他一般为 1 年。

附录 A

检定介质粘度要求

- A.1 检定介质的粘度应与流量计工作介质的粘度一致。若采用其他介质，两者粘度的差异对流量计引入的误差，一般应不超过流量计最大允许误差的 1/3。
- A.2 若流量计工作介质的粘度不大于 2 mPa s，或准确度等级不高于 0.5 级（包括 0.5 级），且工作介质粘度不大于 5 mPa s，在不引起流量计锈蚀及损坏的前提下，允许用水检定。
- A.3 若流量计工作介质的粘度为（5~50）mPa s，则检定介质的粘度应不小于 5 mPa s，且与流量计工作介质的粘度之差，一般应不大于 9 mPa s。
- A.4 若流量计工作介质的粘度大于 50 mPa s，则检定介质的粘度仅要求不小于 50 mPa s。
- A.5 若一台流量计用于测量多种不同粘度的液体，应分别使用其适用的最小（或接近最小）和最大（或接近最大）粘度的液体检定。
- A.6 当检定介质不能满足第 A.2~A.5 条的要求时，可按流量计产品说明书提供的粘度修正计算公式（或修正曲线、修正数据表）进行粘度修正。

附录 B

原油和石油产品标准密度的确定

若检定介质是原油或石油产品，按下列要求确定其标准密度。

- B.1 按 GB/T 4756-2015《石油液体手工取样法》要求对液体进行取样。
- B.2 按 GB/T 1884-2000《原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）》要求，测量液体的温度和视密度。
- B.3 按 GB/T 1885-1998《石油计量表》要求，确定液体的标准密度 ρ_{20} 和 15℃ 的密度 ρ_{15} 。

附录 C

原油和石油产品压缩系数、密度、膨胀系数计算公式

C.1 原油和石油产品压缩系数计算公式及适用条件

若检定介质是原油或石油产品，温度范围为 $-30^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ ， 15°C 的密度范围为 $638\text{ kg/m}^3\sim 1074\text{ kg/m}^3$ 时，其压缩系数的计算公式为

$$\kappa = \exp\left[A + Bt + \frac{10^6}{\rho_{15}^2}(C + Dt)\right] \quad (\text{C.1})$$

式中： κ ——液体 $t^{\circ}\text{C}$ 时的压缩系数， $1\times 10^{-3}\text{ 1/MPa}$ ；

t ——液体温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

ρ_{15} ——液体 15°C 、0 表压时的密度， kg/m^3 ；

$A=-1.62080$ ， $B=0.00021592$ ， $C=0.87096$ ， $D=0.0042092$ ，为常数。

注：公式 (C.1) 出自 GB/T 21450-2008《原油和石油产品 密度在 $638\text{ kg/m}^3\sim 1074\text{ kg/m}^3$ 范围内的烃压缩系数》，该公式不适用于润滑油。

C.2 原油和石油产品密度计算方法

若检定介质是原油或石油产品，且满足下列条件

$$-50^{\circ}\text{C} \leq t \leq 150^{\circ}\text{C}$$

$$0 \leq p \leq 10.34\text{ MPa}$$

$$610.6\text{ kg/m}^3 \leq \rho_{15} \leq 1163.5\text{ kg/m}^3$$

$$4.14 \times 10^{-4}\text{ 1/}^{\circ}\text{C} \leq \beta_{15} \leq 1.67 \times 10^{-3}\text{ 1/}^{\circ}\text{C}$$

时，密度与温度和压力的关系式为：

$$\rho_t = \rho_{15} \exp[-\beta_{15}(t-15) - 0.8\beta_{15}^2(t-15)^2](1 + \kappa p) \quad (\text{C.2})$$

式中： ρ_t ——液体 $t^{\circ}\text{C}$ 、 p 表压时的密度， kg/m^3 ；

p ——液体表压，MPa；

β_{15} —— 15°C 时液体的膨胀系数， $1/^{\circ}\text{C}$ 。

β_{15} 用下式计算：

$$\beta_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho_{15}}{\rho_{15}^2} \quad (\text{C.3})$$

式中 K_0 、 K_1 为常数，其值与液体类型有关，表 C.1 为常见液体的 K_0 、 K_1 值。

表 C.1 常见液体的 K_0 、 K_1 值

| 油品类型 | ρ_{15} (kg/m ³) | K_0 (kg ² m ⁻⁶ :C ⁻¹) | K_1 (kg m ⁻³ :C ⁻¹) |
|------|----------------------------------|---|--|
| 汽油 | 654~779 | 346.42278 | 0.43884 |
| 喷气燃料 | 779~839 | 594.54180 | 0.0000 |
| 燃油 | 839~1075 | 186.9696 | 0.48618 |
| 原油 | 610.6~1163.5 | 613.972226 | 0.0000 |

C.3 原油和石油产品膨胀系数计算公式

$$\beta = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\rho_t}{\rho_{t+\Delta t}} - 1 \right) \quad (\text{C.4})$$

式中： β ——液体 $t^\circ\text{C}$ 时的膨胀系数， $1/^\circ\text{C}$ ；

$\rho_{t+\Delta t}$ ——液体 $t+\Delta t^\circ\text{C}$ 、 p 表压时的密度， kg/m^3 ，一般用 $\Delta t=1^\circ\text{C}$ 计算。

附录 D

水的膨胀系数和压缩系数

D.1 水的膨胀系数 β_w 见表 D.1。

表 D.1 水的体膨胀系数表

| t (°C) | β_w ($1 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$) | | | | | | | | | |
|----------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| 5 | 16.0 | 17.6 | 19.1 | 20.7 | 22.2 | 23.7 | 25.2 | 26.7 | 28.3 | 29.8 |
| 6 | 31.3 | 32.8 | 34.3 | 35.7 | 37.2 | 38.7 | 40.2 | 41.7 | 43.1 | 44.6 |
| 7 | 46.0 | 47.5 | 48.9 | 50.4 | 51.8 | 53.3 | 54.7 | 56.1 | 57.6 | 59.0 |
| 8 | 60.4 | 61.8 | 63.2 | 64.6 | 66.0 | 67.4 | 68.8 | 70.2 | 71.6 | 73.0 |
| 9 | 74.4 | 75.7 | 77.1 | 78.5 | 79.8 | 81.2 | 82.5 | 83.9 | 85.2 | 86.6 |
| 10 | 87.9 | 89.3 | 90.6 | 91.9 | 93.3 | 94.6 | 95.9 | 97.2 | 98.5 | 99.9 |
| 11 | 101.2 | 102.5 | 103.8 | 105.1 | 106.4 | 107.6 | 108.9 | 110.2 | 111.5 | 112.8 |
| 12 | 114.0 | 115.3 | 116.6 | 117.8 | 119.1 | 120.4 | 121.6 | 122.9 | 124.1 | 125.4 |
| 13 | 126.6 | 127.9 | 129.1 | 130.3 | 131.6 | 132.8 | 134.0 | 135.2 | 136.4 | 137.7 |
| 14 | 138.9 | 140.1 | 141.3 | 142.5 | 143.7 | 144.9 | 146.1 | 147.3 | 148.5 | 149.7 |
| 15 | 150.8 | 152.0 | 153.2 | 154.4 | 155.6 | 156.7 | 157.9 | 159.1 | 160.2 | 161.4 |
| 16 | 162.5 | 163.7 | 164.8 | 166.0 | 167.1 | 168.3 | 169.4 | 170.6 | 171.7 | 172.8 |
| 17 | 174.0 | 175.1 | 176.2 | 177.3 | 178.5 | 179.6 | 180.7 | 181.8 | 182.9 | 184.0 |
| 18 | 185.2 | 186.3 | 187.4 | 188.5 | 189.6 | 190.7 | 191.7 | 192.8 | 193.9 | 195.0 |
| 19 | 196.1 | 197.2 | 198.3 | 199.3 | 200.4 | 201.5 | 202.5 | 203.6 | 204.7 | 205.7 |
| 20 | 206.8 | 207.9 | 208.9 | 210.0 | 211.0 | 212.1 | 213.1 | 214.2 | 215.2 | 216.3 |
| 21 | 217.3 | 218.3 | 219.4 | 220.4 | 221.4 | 222.5 | 223.5 | 224.5 | 225.5 | 226.6 |
| 22 | 227.6 | 228.6 | 229.6 | 230.6 | 231.6 | 232.7 | 233.7 | 234.7 | 235.7 | 236.7 |
| 23 | 237.7 | 238.7 | 239.7 | 240.7 | 241.7 | 242.6 | 243.6 | 244.6 | 245.6 | 246.6 |
| 24 | 247.6 | 248.6 | 249.5 | 250.5 | 251.5 | 252.5 | 253.4 | 254.4 | 255.4 | 256.3 |
| 25 | 257.3 | 258.3 | 259.2 | 260.2 | 261.1 | 262.1 | 263.0 | 264.0 | 264.9 | 265.9 |
| 26 | 266.8 | 267.8 | 268.7 | 269.7 | 270.6 | 271.5 | 272.5 | 273.4 | 274.3 | 275.3 |
| 27 | 276.2 | 277.1 | 278.1 | 279.0 | 279.9 | 280.8 | 281.7 | 282.7 | 283.6 | 284.5 |
| 28 | 285.4 | 286.3 | 287.2 | 288.1 | 289.1 | 290.0 | 290.9 | 291.8 | 292.7 | 293.6 |
| 29 | 294.5 | 295.4 | 296.3 | 297.2 | 298.0 | 298.9 | 299.8 | 300.7 | 301.6 | 302.5 |
| 30 | 303.4 | | | | | | | | | |

D.2 水的压缩系数 κ_w 见表 D.2。

表 D.2 水的压缩系数表

$p = (0.3 \sim 0.5) \text{ MPa}$

| t (°C) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| κ_w ($1 \times 10^{-6} \text{ 1/MPa}$) | 508 | 481 | 461 | 448 | 442 | 440 |

附录 E

检定记录参考格式

- E. 1 用体积管检定液体容积式流量计示值误差的检定记录参考格式见表 E. 1。
- E. 2 用体积管检定液体容积式流量计仪表系数的检定记录参考格式见表 E. 2。
- E. 3 用静态质量法装置检定液体容积式流量计示值误差的检定记录参考格式见表 E. 3。
- E. 4 用静态质量法装置检定液体容积式流量计仪表系数的检定记录参考格式见表 E. 4。

表 E.1

液体容积式流量计检定记录 (体积管法, 示值误差)

流水号:

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------|-------------|---------------------------------------|----------------|---|-------------|------------|----------------------------|
| 送检单位: | | | | 器具名称: | | | | 型号: | | | 编号: | | 公称口径: | | | |
| 制造单位: | | | | 检定依据: | | | | 环境温度: | | | 相对湿度: | | 大气压力: | | | |
| 检定地点: | | | | 检定流量范围: | | | | 原仪表系数 K_0 : | | | 证书编号: | | | | | |
| 标准装置信息 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 装置名称 | 型号 | 编号 | $U/AC/MPE$ | 溯源单位 | 标准容积 (L) | 流量范围 (L/min) | 内径 (mm) | 壁厚 (mm) | 弹性模量 (MPa) | 膨胀系数 (1/°C) | 证书编号 | 有效期 | | | | |
| 球式体积管 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定介质信息 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 介质名称 | | | | 试验温度 (°C) | | | | 视密度 (kg/m ³) | | | 标准密度 ρ_{20} (kg/m ³) | | 15°C密度 ρ_{15} (kg/m ³) | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定项目: 1、铭牌和标识: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 2、外观: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 3、密封性: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 4、误差及重复性: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 标准装置数据 | | | | | | | | | 流量计数据 | | | | 计算结果 | | | |
| 流量 (L/min) | 检定时间 t(s) | 进口温度 t_{s1} (°C) | 出口温度 t_{s2} (°C) | 进口压力 p_{s1} (MPa) | 出口压力 p_{s2} (MPa) | 压缩系数 κ (1/MPa) | 工况密度 ρ (kg/m ³) | 膨胀系数 β (1/°C) | 累积流量 Q_s (L) | 脉冲数 N | 温度 t_m (°C) | 压力 P_m (MPa) | 累积流量 Q (L) | 误差 E_{ij} | 平均误差 E_i | 重复性 (E_r) _i |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定结果: | | 示值误差 $E=$ | | | | 重复性 $E_r=$ | | | | 检定结论: x.x 级 | | | | | | |

检定员:

核验员:

检定日期: xxxx 年 xx 月 xx 日

第 页 共 页

表 E.2

液体容积式流量计检定记录 (体积管法, 仪表系数)

流水号:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------|----------------|---------------------------------------|---------------|---|---------------|------------|-------------|------------|----------------------------|
| 送检单位: | | | | 器具名称: | | | | 型号: | | | 编号: | | 公称口径: | | | | |
| 制造单位: | | | | 检定依据: | | | | 环境温度: | | | 相对湿度: | | 大气压力: | | | | |
| 检定地点: | | | | 检定流量范围: | | | | 原仪表系数 K_0 : | | | 证书编号: | | | | | | |
| 标准装置信息 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 装置名称 | 型号 | 编号 | $U/AC/MPE$ | 溯源单位 | 标准容积 (L) | 流量范围 (L/min) | 内径 (mm) | 壁厚 (mm) | 弹性模量 (MPa) | 膨胀系数 (1/°C) | 证书编号 | 有效期 | | | | | |
| 球式体积管 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定介质信息 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 介质名称 | | | | 试验温度 (°C) | | | 视密度 (kg/m ³) | | | 标准密度 ρ_{20} (kg/m ³) | | 15°C密度 ρ_{15} (kg/m ³) | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定项目: 1、铭牌和标识: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 2、外观: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 3、密封性: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 4、误差及重复性: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 标准装置数据 | | | | | | | | | | 流量计数据 | | | 计算结果 | | | | |
| 流量 (L/min) | 检定时间 t (s) | 进口温度 t_{s1} (°C) | 出口温度 t_{s2} (°C) | 进口压力 p_{s1} (MPa) | 出口压力 p_{s2} (MPa) | 压缩系数 κ (1/MPa) | 工况密度 ρ (kg/m ³) | 膨胀系数 β (1/°C) | 累积流量 Q_s (L) | 脉冲数 N | 温度 t_m (°C) | 压力 p_m (MPa) | 仪表系数 K_{ij} | 平均系数 K_i | 误差 E_{ij} | 平均误差 E_i | 重复性 (E_r) _i |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定结果: | | 仪表系数 $K=$ | | | 线性 $E_f=$ | | | 示值误差 $E=$ | | | 重复性 $E_r=$ | | 检定结论: x.x 级 | | | | |

检定员:

核验员:

检定日期: xxxx 年 xx 月 xx 日

第 页 共 页

表 E.3

液体容积式流量计检定记录 (静态质量法, 示值误差)

流水号:

| 送检单位: | | | 器具名称: | | | 型号: | | | 编号: | | | 公称口径: | | | |
|--|------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|--|----------------|----------------|-------------------------------|
| 制造单位: | | | 检定依据: | | | 环境温度: | | | 相对湿度: | | | 大气压力: | | | |
| 检定地点: | | | 检定流量范围: | | | 原仪表系数 K_0 : | | | 证书编号: | | | | | | |
| 标准装置信息 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 装置名称 | | 型号 | | 编号 | | $U/AC/MPE$ | | 溯源单位 | | 证书编号 | | 有效期 | | | |
| 静态质量法 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定介质信息 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 介质名称 | | | 试验温度 ($^{\circ}C$) | | | 视密度 (kg/m^3) | | | 标准密度 ρ_{20} (kg/m^3) | | | 15 $^{\circ}C$ 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定项目: 1、铭牌和标识: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 2、外观: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 3、密封性: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 4、误差及重复性: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 标准装置数据 | | | | | | | | 流量计数据 | | | | 计算结果 | | | |
| 流量 (L/min) | 检定 时间 t (s) | 温度 t_s ($^{\circ}C$) | 称重示值 m_{ij} (kg) | 大气 密度 ρ_a (kg/m^3) | 压缩 系数 κ (1/MPa) | 工况 密度 ρ (kg/m^3) | 膨胀 系数 β (1/ $^{\circ}C$) | 累积 流量 Q_s (L) | 脉冲数 N | 温度 t_m ($^{\circ}C$) | 压力 p_m (MPa) | 累积 流量 Q (L) | 误差 E_{ij} | 平均 误差 E_i | 重复性 (E_r) _i |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定结果: | | | 示值误差 $E=$ | | | | 重复性 $E_r=$ | | | | 检定结论: x.x 级 | | | | |

检定员:

核验员:

检定日期: xxxx 年 xx 月 xx 日

第 页 共 页

表 E.4

液体容积式流量计检定记录 (静态质量法, 仪表系数)

流水号:

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|------------------|---------------------------|---|------------------------------|---|----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------|---|-------------------|----------------|-------------------|--|
| 送检单位: | | | 器具名称: | | | 型号: | | | 编号: | | | 公称通径: | | | | |
| 制造单位: | | | 检定依据: | | | 环境温度: | | | 相对湿度: | | | 大气压力: | | | | |
| 检定地点: | | | 检定流量范围: | | | 原仪表系数 K_0 : | | | 证书编号: | | | | | | | |
| 标准装置信息 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 装置名称 | | 型号 | | 编号 | | U/AC/MPE | | 溯源单位 | | 证书编号 | | 有效期 | | | | |
| 静态质量法 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定介质信息 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 介质名称 | | | 试验温度 (°C) | | | 视密度 (kg/m ³) | | | 标准密度 ρ_{20} (kg/m ³) | | | 15°C密度 ρ_{15} (kg/m ³) | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定项目: 1、铭牌和标识: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 2、外观: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 3、密封性: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 4、误差及重复性: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 标准装置数据 | | | | | | | | | 流量计数据 | | | 计算结果 | | | | |
| 流量 (L/min) | 检定 时间 t (s) | 温度 t_s (°C) | 称重 示值 m_{ij} (kg) | 大气 密度 ρ_a (kg/m ³) | 压缩 系数 κ (1/MPa) | 工况 密度 ρ (kg/m ³) | 膨胀 系数 β (1/°C) | 累积 流量 Q_s (L) | 脉冲数 N | 温度 t_m (°C) | 压力 p_m (MPa) | 仪表 系数 K_{ij} | 平均 系数 K_i | 误差 E_{ij} | 平均 误差 E_i | 重复 性 (E_r) _{i} |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检定结果: 仪表系数 $K=$ 线性 $E_f=$ 示值误差 $E=$ 重复性 $E_r=$ 检定结论: x.x 级 | | | | | | | | | | | | | | | | |

检定员:

核验员:

检定日期: xxxx 年 xx 月 xx 日

第 页 共 页

附录 F

检定证书/检定结果通知书内页参考格式

F.1 检定证书内页格式

(一) 检定条件

检定液体:

检定液体的标准密度: kg/m^3

检定时液体温度: (~) $^{\circ}\text{C}$

检定时液体压力: (~) MPa

检定液体粘度: mPa s (需要时给出)

(二) 检定结果

1、铭牌和标识:

2、外观:

3、密封性:

4、误差及重复性:

检定流量范围: (~) L/min

仪表系数 $K=$ $1/\text{L}$ (用于脉冲输出, 检仪表系数的流量计)

原仪表系数 $K_0=$ $1/\text{L}$

线性 $E_1=$ % (用于脉冲输出, 检仪表系数的流量计)

示值误差 $E=$ %

重复性 $E_r=$ %

备注: (需要时给出)

以下空白。

F.2 检定结果通知书内页格式参照以上内容, 需注明不合格项目。