##### JJG

**中华人民共和国国家计量检定规程**

JJGXXXX-202X

静态质量法液体流量标准装置

Static Gravimetric Method Standard Facilities for Liquid Flowrate

（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**

静态质量法液体流量标准装置检定规程

**JJGXXXX-202X**

VerificationRegulation of Static Gravimetric Method Standard Facilities for Liquid Flowrate

　　归口单位：全国流量计量技术委员会

　　主要起草单位： 中国计量科学研究院

　　参加起草单位：

本规程委托全国流量计量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 1](#_Toc166161762)

[1 范围 1](#_Toc166161763)

[2 引用文件 1](#_Toc166161764)

[3 术语 1](#_Toc166161765)

[4 概述 2](#_Toc166161766)

[4.1 用途 2](#_Toc166161767)

[4.2 组成 2](#_Toc166161768)

[4.3 工作原理 3](#_Toc166161769)

[5 计量性能要求 3](#_Toc166161770)

[5.1 流量装置的准确度等级及不确定度要求 3](#_Toc166161771)

[5.2 流量装置的流量稳定性 3](#_Toc166161772)

[6 通用技术要求 3](#_Toc166161773)

[6.1 铭牌和标识 3](#_Toc166161774)

[6.2 流量装置实验介质 4](#_Toc166161775)

[6.4 管道系统 4](#_Toc166161776)

[6.5 称重系统 4](#_Toc166161777)

[6.6 换向（或启停）设备 5](#_Toc166161778)

[6.7 测控系统 5](#_Toc166161779)

[6.8 附属设备 5](#_Toc166161780)

[6.9 密封性 6](#_Toc166161781)

[6.10 量值核查 6](#_Toc166161782)

[7 计量器具控制 6](#_Toc166161783)

[7.1 检定条件 6](#_Toc166161784)

[7.2 检定项目 7](#_Toc166161785)

[7.3 检定方法 8](#_Toc166161786)

[7.4 流量装置主标准器的修正 18](#_Toc166161787)

[7.5 检定结果的处理 18](#_Toc166161788)

[7.6 检定周期 19](#_Toc166161789)

[附录A 替代法检定衡器 20](#_Toc166161790)

[附录B 水密度取值方法说明 23](#_Toc166161791)

[B.1 纯水密度随温度变化计算公式 23](#_Toc166161792)

[B.2 流量装置用水的密度修正 23](#_Toc166161793)

[附录C 检定证书及检定结果通知书（内页）格式 24](#_Toc166161794)

引言

本规程是依据JJF1002-2010《国家计量检定规程编写规则》进行编写。所用术语，除本规程专门定义外，均来源于JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF1004-2004《流量计量名词术语及定义》。以JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》作为本规程计算的基础依据。

本规程参考JJG164-2000《液体流量标准装置》中的要求基础上，结合静态质量法液体流量装置的特点及在我国的发展现状而制定。

本规程与JJG164-2000《液体流量标准装置》中静态质量法液体流量装置部分相比，主要变化如下：

——明确了流量装置准确度等级；

——增加了标准器（衡器、换向器）的周期复现性检定；

——明确了流量稳定性要求；

——增加了量值核查的要求；

——细化了衡器检定的条件和分类，对衡器的安装环境、安装方式、检定条件、测量分辨率、检定方式等条件和指标都有了明确的界定；

——细化了密封性检查的方法和指标要求；

——简化了计时器的检定要求；

——分类、细化了不同准确度等级流量装置检定用流量计的指标要求；

——修改和细化了衡器的检定方法，去掉了原规程中对衡器卸载过程的检定；增加了对“允许不排液、连续加载称重的衡器”的检定方法；对3t及以上衡器增加了替代法检定方法及其不确定度评定方法；

——增加了流量计法检定换向器的相关要求，在换向器的不确定度评定中增加了周期复现性分量；

——增加了中间管管容变化影响引入的不确定度；

——修订和完善了不确定度计算方法，增加了浮力修正系数和介质密度计算引入的不确定度分量；

——完善了装置规范性内容。

JJGXXXX-202X《静态质量法液体流量装置》的历次版本发布情况为：JJG164-2000《液体流量标准装置》中静态质量法液体流量装置部分。

静态质量法液体流量标准装置检定规程

1 范围

本规程适用于静态质量法液体流量标准装置（以下简称流量装置）的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用下列文件：

JJG 99-2022 砝码

JJF 1117-2010 计量比对

GB/T 9124.1-2019 钢制管法兰 第1部分：PN系列

GB/T/ 25474-2010 工业自动化仪表公称通径值系列

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

3.1 换向器法 flying start and finish method

通过换向器改变液体的流动方向，使液体流向至称重容器或旁路，并发出检测开始或结束同步信号，检测过程中被测流量计处流量基本不发生变化，记录开始和结束同步信号间被测流量计示值与衡器示值进行比较的检测方法。

3.2 启停法 standing start and finish method

被测流量计与称重容器处检测开始时均为零流量，开始后流量同步快速增加至检测流量点，检测结束前流量又被降低至零流量，在零流量状态下分别读取被测仪表和衡器的示值进行比较的检测方法。

3.3 中间管 middle pipe

被测流量计至主标准器（衡器）之间实验用介质流经的实验主管路，以及支路管路、汇管（其与主管路保持联通状态的部分）等。

3.4 常用典型管路 typical pipelines in common use

可反映流量装置主要计量性能且使用频率较高的测试管路。一般为DN50、DN80、DN100等公称通径的管路。

3.5 衡器使用下限 the lowest using limit of weighing instrument

测量流量计累积流量，衡器最低实验液体介质称量量。

4 概述

4.1 用途

流量装置用于对液体流量计的量值传递和相关测试方法的研究。

4.2 组成

流量装置的工艺流程示意图如图1所示，一般包括下列主要组成部分：

* 1. 供液系统（包括储液箱/储液池、稳压系统等）；
	2. 管道系统（包括工艺管道、测试段、中间管、夹表器等）；
	3. 流量调节阀
	4. 换向（或启停）设备；
	5. 衡器；
	6. 标准表或瞬时流量指示仪表；
	7. 实验介质温度测量仪表；
	8. 实验介质压力测量仪表；
	9. 测控系统；
	10. 密度测量仪表（如有必要）；
	11. 介质温控系统（如有必要）；



1—储液箱/储液池；2—泵；3—稳压罐；4—液位计；5—测试段；6—夹表器；7—被测流量计；8—开关阀；9—标准表/瞬时流量指示仪表；10—调节阀；11—换向器；12—称重容器；

13—衡器；14—排空管

图1 流量装置工艺流程示意图

4.3 工作原理

静态质量法是指静态称量一段时间内称重容器收集的液体质量，确定流量的方法。按流量计的检测方式可分为换向器法和启停法。

5 计量性能要求

5.1 流量装置的准确度等级及不确定度要求

流量装置的准确度等级及对应不确定度应满足表1要求。。

表1 流量装置的准确度等级及对应不确定度要求

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 准确度等级 |
| 0.05级 | 0.1级 | 0.15级 |
| 累积流量不确定度*U*r(*Q*) | *U*r(*Q*)≤0.05%*k*=2 | *U*r(*Q*)≤0.1%*k*=2 | *U*r(*Q*)≤0.15%*k*=2 |

注：1. 必要时，同一套流量装置可按照不同的流量范围（或主标准器使用量程）做相应检定后给出不同的准确度等级；

2. 根据装置使用情况，应注明是累积体积流量或累积质量流量。

5.2 流量装置的流量稳定性

各准确度等级流量装置的流量稳定性应满足表2要求。若流量装置不开展针对流量计瞬时流量输出的检测，可不进行累积时间内流量稳定性检定。

表2 流量稳定性的技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **准确度等级** | **0.05级** | **0.1级** | **0.15级** |
| 各累积时间之间流量稳定性 | ≤0.2% | ≤0.5% |
| 累积时间内流量稳定性 | ≤1.0% | ≤2.0% |

注：1. 表2的技术要求为各准确度等级流量装置的流量稳定性最低要求，若流量装置开展的流量计检测相关规程中有对流量稳定性的要求，流量装置应满足对应要求。

1. 启停法流量装置仅进行各累积时间之间流量稳定性检定。

6 通用技术要求

6.1 铭牌和标识

流量装置应有铭牌，一般应注明如下信息：制造厂名称、产品名称及型号、出厂编号、制造日期、测量范围（流量范围及检测管路的公称通径范围）、最大工作压力、准确度等级或不确定度等主要技术参数。

6.2 流量装置实验介质

流量装置通常用洁净水作为实验介质，也可以用其他液体，但该液体的蒸汽压力应低至可忽略蒸发造成的影响，且运动粘度一般不宜超过35×10-6m2/s。

**6.3 储液箱或储液池**

储液箱/储液池应有排气、消波、沉淀杂质等结构性措施，并具备检定过程中保持介质温度相对稳定的作用。

6.4 管道系统

6.4.1 测试段

a）测试段应不包括任何引起空化或流体扰动的管件或设备；

b）测试段密封元件不得突入上、下游直管段内；

c）宜配有与被测流量计公称通径（以下简称，*D*）一致的上、下游直管段，上游直管段长度应至少是10*D*，下游直管段长度应至少是2*D*；

d）管道内径应符合对应规格被测流量计要求，一般公称通径之差一般不超过±3%且不超过±5mm。

6.4.2 流量调节阀应安装在测试段的下游，阀门开度设定后，实验过程中开度应无明显变化。

6.4.3 夹表设备应动作灵活，夹表力度适中，既保证实验时测试段的密封性，也不致使被测流量计明显变形。

6.4.4 承压部件应有足够的耐压强度，在工作压力范围内不产生刚性变形，弹性变形引起的容积变化应能忽略不计。

6.4.5 管道壁厚的耐压能力应不小于1.5倍公称压力，容器类壁厚的耐压能力应不小于1.0倍公称压力。

6.4.6 法兰规格应与管道公称压力等级应相匹配。

6.4.7 对于启停法装置，其管路设计应能保持实验前后出液管液面处于同一水平状态。

6.5 称重系统

6.5.1 称重容器的连接管路、气动管路和电缆等不应对称重结果产生附加影响。

6.5.2 衡器安装位置应无明显气流冲击。

6.5.3 衡器的基础应牢固，在衡器的最大称量状态下，应不发生明显变形，有良好的抗振性，满足衡器厂家的相关要求。

6.5.4 在流量装置运行且称重容器非进液状态下，衡器示值应稳定。在不少于10s内，等时间间隔采集10次衡器示值，连续2次衡器示值间差值的绝对值应不大于衡器的1个检定分度值，最大示值差值与衡器示值均值的比值应不超过流量装置扩展不确定度的1/3。

6.5.5 称重容器应在衡器台面上居中放置，其本体重量加上最大进液的重量应不超过衡器的最大称量值（预置皮重后）；称量容器宜预留衡器检定或使用中检查时放置砝码的空间。

6.5.6 对于使用易挥发实验介质的流量装置，称重容器应有防止或减少容器内液体介质蒸发的措施。如采用进液管从容器顶部插入底部的方式，应具有正确的浮力修正方法。

6.6 换向（或启停）设备

6.6.1 换向器（含换向阀）工作时应保证不溅液，无分流现象，在最大流量下换向时所产生的压力波动对流量的影响应可忽略。

6.6.2 启停法流量装置中启停阀建议采用可快速动作的气动球阀。在装置最大流量下关闭启停阀时，水锤现象不应对测量结果产生明显影响。

6.6.3 对于使用易挥发检测介质的流量装置，换向器应具有避免或减少由于蒸发影响流量装置计量性能的结构。

6.7 测控系统

流量装置的测控系统应有自查报告，自查方法参照T/CSM xx xxx-202x《液体流量标准装置测控系统》。

6.8 附属设备

6.8.1 实验介质温度测量仪表

a）一般应安装在测试段下游。

b）测量范围应与流量装置介质温度范围相匹配。最大允许误差一般应不超过±1℃，用于密度修正时，用于0.05级流量装置，其最大允许误差应不超过±0.2℃，用于0.1级和0.15级流量装置，其最大允许误差应不超过±0.5℃。且应具有有效的检定或校准证书。

6.8.2 实验介质压力测量仪表

a）一般应安装在测试段上游。

b）测量范围应与流量装置工作压力范围相匹配，准确度等级一般应不低于2.5级。用于密度修正时，其准确度等级应不低于0.5级。

6.8.3 计时器测量范围应覆盖流量装置最长测量时间，显示分辨力不低于1ms，相对示值误差绝对值应不大于5.1中流量装置累积流量扩展不确定度要求的1/10。

6.9 密封性

6.9.1 在工作压力、温度下，流量装置管路系统（自泵出口至主标准器前管道出口部分）的各个部件及其连接处不应有泄漏现象。

6.9.2 称重容器在最大负荷下，静置10min，底阀、传感器连接处应无渗漏，衡器示值相对变化量应不超过称量值的0.02%。

6.10 量值核查

6.10.1 在检定期间，选择至少1条常用典型管路与准确度等级应不低于被检流量装置且具有相关资质的外部流量装置（一般为检定方流量装置）进行测量审核或能力验证测试。

a）En值应小于1，并取得相关证书或报告；

b）核查结果中每个流量点测量结果的重复性要求。对于0.05级流量装置的核查重复性应不大于0.02%，对于0.1级和0.15级流量装置重复性应不大于0.05%。

注：En值计算方法参考JJF1117《计量比对》。

6.10.2 对于首次检定的流量装置，在首次检定完成后1年至1年半之间，按6.10.1至少完成1次量值核查。

注：对于在本规程实施前检定的流量装置，若缺少上一周期核查数据，则按首次检定处理。

6.10.3 对于除首次检定外属于7.3.4.3 g）和7.3.4.4 j）（及7.3.4.5 g））的情况，未进行相应主标准器复现性检定的台位，应在本次检定完成后1年至1年半之间，按6.10.1至少完成1次量值核查。

注：若该台位实施外部的测量审核或能力验证存在困难，可选择流量装置其他台位进行量值核查，再通过台位间比对检验其量值，台位间比对结果的En值也应小于1。

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 砝码

砝码的准确度等级按照JJG99-2022《砝码》，用于检定准确度等级为0.05级和0.1级流量装置的砝码应不低于M1等级，用于检定准确度等级为0.15级流量装置的砝码应不低于M2等级。

7.1.2 检定用流量计

7.1.2.1 用于换向器检定、启停效应检定的流量计。在其使用流量范围内，用于0.05级流量装置检定的检定用流量计重复性应不大于0.033%，用于0.1级和0.15级流量装置检定的检定用流量计重复性应不大于0.066%。

7.1.2.2 用于累积时间内流量稳定性检定用的流量计

a）应优先选用对瞬时流量变响应速度快的流量计类型，优先选择与流量变化直接相关的原始输出信号作为采集对象，例如，涡轮流量计的轴频信号，配备有动态差压传感器的差压流量计的差压信号；若需要采集流量计二次仪表计算输出信号进行检定，应关闭流量计“流量平滑”、“阻尼”等消除流量波动的滤波功能；

b）流量计应尽量工作在其性能稳定流量范围内，一般对应流速范围（0.5~7）m/s；

c）在使用流量范围内，检定0.05级流量装置的流量计重复性应不大于0.066%，检定0.1级和0.15级流量装置的流量计重复性应不大于0.16%。

7.1.3 标准计时器

当流量装置计时器需现场检定时，应配备标准计时器，在使用范围内时间间隔测量的相对示值误差应不超过±0.002%。

7.1.4 环境条件一般要求

环境温度：（10~35）℃；

相对湿度：（15～85）%；

大气压力：（76～106）kPa。

外界磁场干扰应小到对流量装置各仪器设备的影响可忽略不计。

7.2 检定项目

首次检定、后续检定和使用中检查的项目分别列于表3中。

**表3 流量装置的检定项目**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | **检定项目** | **首次检定** | **后续检定** | **使用中检查** |
| 1 | 外观、结构和功能检查 | + | + | + |
| 2 | 测控系统及附属设备检查 | + | + | + |
| 3 | 密封性检查 | + | + | - |
| 4 | 累积流量不确定度 | 衡器检定 | + | + | + |
| 换向器（或启停效应）检定 | + | + | + |
| 中间管管容变化影响检定 | + | + | - |
| 介质密度检定 | + | + | - |
| 5 | 流量稳定性 | 各累积时间之间流量稳定性 | + | + | - |
| 累积时间内流量稳定性 | + | + | - |
| 6 | 量值核查检查 | + | + | - |
| 注：“+”表示需检定或检查；“-”表示不需检定或检查。 |

7.3 检定方法

7.3.1 外观、结构和功能检查

目测检查流量装置的外观，并检查结构和功能，应符合本规程6.1~6.6的要求。

7.3.2 测控系统、称重系统及附属设备检查

7.3.2.1 检查被检方的提供测控系统自查报告应符合6.7的要求，必要时应对测控系统的某些试验项目进行复验。

7.3.2.2 检查用于介质温度、压力测量仪表的检定或校准证书，应满足6.8.1~6.8.2的要求。

7.3.2.3 计时器检查

a）对于具有有效检定或校准证书的计时器，检查检查其证书应满足本规程6.8.3的要求。

b）对于需要现场检定的计时器按如下方法操作：

1）将同步触发信号同时连接到标准计时器和被检计时器，使二者计时的启、停同步。按设定的时间间隔触发两台计时器启动和停止计时，分别读取被检计时器示值*t*m（s）和标准计时器示值*t*s（s），完成1次检定实验，按公式（1）计算计时器相对示值误差*E*t：

 （1）

2）按照1）在流量装置的最长检定时长、常用检定时长和最短测量时长3个检定点下实验，每个检定点重复实验次数不少于6次，取各次实验中绝对值最大的相对示值误差作为检定结果，应满足本规程6.8.3的要求。

7.3.3 密封性检查

7.3.3.1 管路系统密封性

启动控制设备，使实验介质在流量装置的最大工作压力下循环运行，持续10min，观察管路各个部件的连接处，应符合本规程6.9.1的要求。

7.3.3.2 称重容器密封性

向称重容器加实验介质至衡器使用的最大载荷，静置10min，检查称重容器底阀、传感器连接处（如有）等位置以及衡器示值，应符合本规程6.9.2的要求。

7.3.4 累积流量的不确定度检定

7.3.4.1 累积质量流量的数学模型如公式（2）所示：

 （2）

式中：

*Q*m —— 累积质量流量，kg；

*m*c —— 衡器称量的质量，kg；

Δ*m*D—— 换向器或启停效应的不同步性引起的累积质量流量测量偏差，kg；

Δ*m*p—— 中间管管容变化引起的累积质量流量测量偏差，kg；

Δ*m*o—— 称重容器处液体蒸发及其他可能影响称重准确度因素所引入的不确定度，kg；

*C*b —— 浮力修正系数。

7.3.4.2 累积体积流量的数学模型如公式（3）所示：

 （3）

式中：

*Q*v —— 累积体积流量，m3；

*ρ*w —— 测量段实验介质密度，kg/m3。

7.3.4.3 衡器检定

a）检定前准备。检定开始前，应对衡器进行预加载，预加载质量应不小于衡器使用最大称量量的70%，持续加载时间一般不低于10min。

b）全量程砝码检定

1）在衡器使用范围选择不少于5个检定点，检定点应包括衡器使用范围的上限及下限且分布大致均匀，最小检定间隔一般应不大于衡器使用下限。后续检定时，选取的检定点应尽量与上一周期一致，以便开展周期复现性检定；

2）用标准砝码从衡器使用范围下限开始，按照加载顺序依次对各检定点进行检定。对于准确度为0.05级流量装置，每点检定次数应不少于5次，准确度低于0.05级流量装置，每点检定次数应不少于3次。

注：1. 在有条件时，衡器检定时应包含称量容器，清零或去皮重操作包含称量容器；

 2. 对于检定时需移除称量容器的，应先加载与称量容器等质量的替代配重，再进行清零或去皮重操作。

3）对于允许不排液、连续加载称重的衡器，还应在使用量程范围内，以该衡器使用下限为间隔进行加载，并计算每个测量段相对示值误差。

注：如2）中检定点已经覆盖3）的检定点，则不需要单独进行测试。

c）替代法检定

当衡器上限量程达到3t或以上且不具备全量程砝码检定条件时，可采用替代法检定衡器，具体操作详见附录A。

d）衡器的相对示值误差计算及其主要不确定度分量评定

1）全量程砝码检定相对示值误差计算。负载时第j点第i次测量示值误差Δ*m*i,j（kg）计算方法如公式（3）所示：

 （4）

式中：

 *m*s,j —— 第j检定点标准砝码的质量，kg；

*R*mi,j —— 第j检定点质量为mi的标准砝码第i次测量时衡器的读数，kg；

R0,i —— 第i次测量，加载标准砝码前衡器的稳定读数值，kg。

第j检定点的平均示值误差计算方法如公式（5）所示：

 （5）

第j检定点相对示值误差计算方法如公式（6）所示：

 （6）

2）对于不排液、连续加载称重使用的衡器，还应按公式（7）计算第j检定测量段第i次测量示值误差（kg）。

 （7）

式中：

 *m*s,s —— 与衡器使用下限对应的标准砝码质量，kg；

 Rp —— 当次检定加载标准砝码前衡器的稳定读数值，kg。

第j检定点的平均示值误差计算方法如公式（8）所示：

第j检定点相对示值误差计算方法如公式（9）所示：

 （9）

式中：

 *m*min——衡器使用下限，kg。

3）由示值误差引入的不确定度*u*(*E*m)按公式（10）计算：

 （10）

式中：

 km —— 衡器检定点数量，km≥5；

 wm —— 对于未进行修正或线性拟合取wm=2。

注：对于采用外部拟合修正，应根据采用的修正模型确定wm的值，一般wm≥2，例如，对于线性拟合取wm=2，对于采用二次多项式拟合取wm=3；对于直接采用衡器示值计算相对示值误差，可近似认为衡器内部采用线性修正，取wm=2。

对于不排液、连续加载称重使用的衡器还应按公式（11）计算各测量段相对相对示值误差引入的不确定度*u*(*E'*m)

 （11）

若*u*(*E'*m)>*u*(*E*m)，则取*u*(*E'*m)作为该衡器示值误差引入的不确定度，即令*u*(*E*m)=*u*(*E'*m)。

e）各检定点的重复性按公式（12）和（13）计算：

 (12)

 (13)

式中：

 *E*rm1,j—— 检定点j衡器的重复性；

 *E*rm2,j—— 以最小使用称量量连续加载、检定点j衡器的重复性。

取各检定点中*E*rm1,j（或*E*rm2,j）的最大值作为该衡器的重复性*E*rm及其引入的不确定度*u*(*E*rm)。

f）对于后续检定流量装置，各检定点的按公式（14）计算衡器的周期复现性：

 （14）

式中：

 *E*m0,j—— 上周期检定点j衡器的相对示值误差；

 *E*m1,j—— 本周期与*E*m0,j对应检定点j衡器的相对示值误差；

 *S*pm,j —— 检定点j衡器的周期复现性。

取各检定点中最大值的作为该衡器的周期复现性*S*pm，其引入的标准不确定度按公式（15）计算：

 （15）

g）对于首次检定或在上一检定周期内进行过可能改变衡器计量性能的操作，如更换、维修核心零部件，不进行复现性检定，一般可根据同类型衡器周期复现性的一般水平或以往使用经验值估计其引入的标准不确定度。

h）衡器称量的质量引入的合成不确定度按照公式（16）计算：

 （16）

式中：

 *u*r(*m*w) —— 检定衡器用标准砝码引入的相对标准不确定度；

 *u*r(*m*r) —— 衡器显示分辨力引入的相对标准不确定度；

衡器称量的质量引入不确定度应至少包含公式（16）中的各不确定度分量，并根据衡器实际工况补充其他可能对称量产生明显影响的分量。

7.3.4.4 换向器检定

a）换向器应按台位，在最大流量、常用流量和最小流量下进行检定，取各流量点中不确定度最大值作为该台位换向器的不确定度。

b）检定方法的选择。对于0.05级且最大实验管径不超过DN300或流量不超过800m3/h的换向器应采用流量计法进行检定，其他情况可采用流量计法或行程差法检定。

c）流量计法

将检定用流量计安装于流量装置的测量管道，将流量调节至检定流量，待流量稳定后，按检定流量计的方法测量1次，记录衡器或工作量器读数值*B*1i,j（kg）、测量时间*t*1i,j（s）和流量计脉冲数*N*1i,j；在与*t*1i,j大致相同时间内操作换向器，使换向器换向m（m≥10）次，记录衡器或累积读数值*B*2i,j（kg）、累积测量时间*t*2i,j（s）和流量计累积脉冲数*N*2i,j，完成1次检定，i=1,2,…,n，在每个检定流量点重复检定n次，大流量n取6~10，对于常用流量和小流量n取3~6次。第j检定流量点第i次换向器同步时间差Δ*t*i,j（s）按公式（17）计算。

 （17）

d）行程差法

将流量调节至检定流量，待流量稳定后，使换向器换向n次（n≥10），第j检定点第i次实验的换向器同步时间差Δ*t*i,j按公式（18）计算。

 （18）

式中：

 *t*f,i,j—— 换向器第j检定点第i次实验的换入时长，s；

 *t*b,i,j—— 换向器第j检定点第i次实验的换出时长，s。

换入及换出的计时点按换向器实际情况进行设置。

e）检定流量点j的换向同步时间差按公式（19）计算。

 （19）

f）检定流量点j的换向器重复性*E*rD，j按公式（20）计算：

 （20）

式中：

 *tq*,min——该检定流量下的最短测量时间。

g）由换向器同步性时间差引入的不确定度*u*(*E*D)按公式（21）计算：

 （21）

式中：

 kD —— 换向器检定点数量，kD≥3；

 wD —— 对于未进行修正或线性拟合取wD=2。

h）取各检定流量点中*E*rD，j最大值作为该换向器重复性引入的不确定度*u*(*E*r,D)。

i）对于后续检定流量装置，各检定点的按公式（22）计算换向器的周期复现性：

 （22）

式中：

 Δ*t*a,j—— 上周期检定点j换向器的同步时间差，s；

 Δ*t*b,j—— 本周期与Δ*t*a,j对应检定点换向器的同步时间差，s；

 *S*pD,j —— 检定点j换向器的周期复现性。

取各检定点中最大的作为该换向器的周期复现性*S*pD，其引入的标准不确定度*u*(*S*pD)按公式（23）计算：

 （23）

j）对于首次检定或在上一检定周期内进行过可能改变换向器计量性能的操作，如更换、维修核心零部件或同步触发位置发生明显变化，不进行复现性检定，一般可根据同类型换向器周期复现性的一般水平或以往使用经验值估计其引入的标准不确定度。

k）由换向器引入的不确定度*u*r(Δ*m*D)按照公式（24）计算。

 （24）

7.3.4.5 启停效应检定

a）启停效应应按台位，在最大流量、常用流量和最小流量下进行检定，取各流量点钟不确定度最大值作为盖台位换向器的不确定度。

b）对于0.05级流量装置，应使用被检流量装置开展检测项目中每一种类型流量计进行启停效应检定；对于低于0.05级的流量装置，应选择其开展所有类型流量计中对启停效应最敏感的一种类型进行检定。

c）采用7.3.4.4 c）流量计法进行检定，同样以Δ*t*i,j代表单次实验测得的启停效应，按照公式（17）计算。

d）按照公式（18）~（19）计算启停效应测量重复性，最大值作为该台位启停效应重复性引入的不确定度*u*(*E*r,D)。

e）按照公式（20）计算启停效应影响引入的不确定度*u*(*E*D)。

f）对于后续检定流量装置，各检定点的按7.3.4.4 j）评定由启停效应的周期复现性引入的不确定度*u*r(*S*pD)。

g）对于首次检定或在上一检定周期内进行过可能改变启停设备性能的操作，如更换、维修核心零部件，或改变了启停方式，不进行复现性检定，一般可根据同类型启停法装置周期复现性的一般水平或以往使用经验值估计其引入的标准不确定度。

h）按照公式（24）计算启停效应引入的不确定度。

注：对于0.05级流量装置，应对每类流量计按照上述c）~g）进行实验与不确定度评定，取最大值作为该台位启停效应引入的不确定度。

7.3.4.6 中间管管容变化影响检定

a）根据流量装置工艺参数计算或采用几何尺寸测量方法测量中间管容积*V*p。

b）通常流量装置的每个台位最小流量管容变化影响相对最为显著，在最小流量下进行实验，实验时间应能使衡器累积流量达到其对应工况最小称量量的要求，记录测量管的介质温变化。

注：可根据流量装置现场实际工况，在其它可能造成中间管管容变化影响最大的条件下进行实验；

c）由于中间管管容变化所引入的不确定度按公式（25）进行评估：

 （25）

式中：

 *β*w —— 液体的体膨胀系数，℃-1，；

 *β*p —— 管道的体膨胀系数，℃-1，；

 *T*a —— 实验开始时中间管内介质的平均温度，℃；

 *T*b —— 实验结束时中间管内介质的平均温度，℃。

7.3.4.7 对于需要给出体积流量测量不确定度的流量装置，应给出其测量管道处实验介质密度测量结果的不确定度。

a）测量介质温度、压力等参数，通过公式计算得到密度。一般流量装置使用的介质密度一般可用公式（26）表示。

 （26）

式中：

 *T*L —— 流量装置测量管线处介质温度，℃；

 *p*L —— 流量装置测量管线处介质压力，Pa。

根据流量装置使用介质情况，评定包括介质温度、压力测量，以及密度计算公式本身引入的不确定度，推荐的水密度公式见附录B。

b）通过密度计直接测量得到密度。密度计引入的不确定度可通过其检定或校准证书进行评定。

7.3.4.8 累积流量不确定度

a）根据公式（2）经适当简化后，得到流量装置累积质量流量标准不确定度*u*r(*Q*m)的合成公式，如公式（27）所示：

 （27）

式中：

 —— 由浮力修正系数引入的相对标准不确定度。

b）根据公式（3）经适当简化后，得到流量装置累积体积流量标准不确定度*u*r(*Q*v)的合成公式，如公式（28）所示：

 （28）

c）流量装置累积体积流量不确定度应至少包含公式（27）或（28）中所列不确定度来源，根据被检装置实际情况，可增加可能对流量装置计量性能产生明显影响的其他分量。

d）流量装置累积质量流量*U*r(*Q*m)和体积流量*U*r(*Q*v)的扩展不确定度按照公式（29）、（30）计算，并满足本规程5.1的要求。

 （29）

 （30）

式中：

 *k*—— 包含因子，*k*=2。

e）如流量装置包含多套称重台位，则应分别对每套称重台位进行不确定度计算，均应满足本规程5.1的要求。

7.3.5 流量稳定性检定

7.3.5.1 每台位分别在最大流量和最小流量下进行检定，取其中流量稳定性的最大值作为该台位流量稳定性。

注：除最大流量和最小流量外，还应根据装置实际使用情况确定是否需要增加检定点，如该台位流量范围内可能出现明显影响流量稳定的因素，比如水泵的下限流量（不一定是该台位的最小流量）等。

7.3.5.2 累积时间内流量稳定性检定

将检定用流量计安装于流量装置的测量管道，将流量调节至检定流量，待流量装置状态稳定后，连续记录流量计的瞬时流量（或由对应输出信号计算得到的瞬时流量）*q*a,i（kg/s），i=1,2,……,n，记录次数n≥60，记录间隔时间一般应不大于1s，且大致均匀。按公式（31）计算该检定点流量稳定性结果应符合本规程5.2的要求。

注：瞬时流量记录间隔应不小于检定用流量计瞬时流量实际更新周期。

  （31）

式中：

 *S*qa——累积时间内流量稳定性；

 **——检定流量点瞬时流量*q*a,i的平均值，kg/s。

7.3.5.3 各累积时间之间流量稳定性检定

将流量调节至检定点，按检定流量计方法进行实验，单次累积时间应不小于30s，且应保证进液量在衡器使用范围内。记录流量装置测得的累积质量流量*Q*m,i（kg）和测量时长*t*Q,i（s），i=1,2,……,n，实验次数n≥6，按公式（32）计算单次实验的瞬时流量*q*bi（kg/s）。

  （32）

各累积时间之间流量稳定性按照公式（33）计算，结果应符合本规程5.2的要求。

 （33）

式中：

 *S*qb——各累积时间之间流量稳定性；

 **——检定流量点瞬时流量*q*b,i的平均值，kg/s。

7.3.6 量值核查检查

7.3.6.1 核查流量点应选择在核查流量计计量性能最稳定的流量区间，核查流量点一般不少于3个，量程比不小于1：3。量值核查结果应满足本规程6.10.1的要求。

7.3.6.2 对于上一周期为首次检定的流量装置，检查其在使用中进行进行量值核查的证书或报告，满足本规程6.10.2的要求。

7.3.6.3 对于上一周期为除首次检定外属于7.3.4.3 g）和7.3.4.4 j）（及7.3.4.5 g））的情况，未进行相应主标准器复现性检定的台位，检查其在使用中进行进行量值核查的证书或报告，满足本规程6.10.3的要求。

7.4 流量装置主标准器的修正

7.4.1 经检定合格的流量装置，可对衡器和换向器（或启停装置）进行修正或调整。

注：对于后续检定的流量装置不得在完成衡器和换向器（或启停装置）周期复现性检定前进行影响其计量性能的调整。

7.4.2 衡器的修正

根据实验数据，可对衡器进行重新线性拟合等合适的方法进行修正，若无法准确描述其修正效果时，如采用衡器仪表内部线性调整功能，应重新按7.3.4.3进行实验，除周期复现性引入的不确定度分量外，以新的实验结果评定衡器引入的不确定度。

7.4.3 换向器的修正或调整

根据实验数据，可采用合适的方法对换向器的同步时间差进行修正或调整，如调整同步触发开关的位置等，若无法准确描述其修正或调整效果时，应重新按7.3.4.4进行实验，除周期复现性引入的不确定度分量外，以新的实验结果评定换向器引入的不确定度。

7.5 检定结果的处理

检定合格的流量装置发给检定证书；检定不合格的流量装置发给检定结果通知书，并注明不合格项目。证书内页格式见附录C。

7.6 检定周期

流量装置的检定周期一般不超过3年，每年至少对衡器进行1次使用中检查，操作方法参照本规程7.3.4.3。

附录A 替代法检定衡器

当衡器上限量程达到3t或以上，且不具备全量程砝码检定条件时，可采用替代法检定衡器。替代法检定衡器时，配备标准砝码的质量一般不少于衡器称量上限的1/5。通常以流量装置的实验介质作为替代物，下面以水流量装置为例，介绍水替代法检定衡器的方法。

A.1 替代法检定过程

A.1.1 衡器最小使用称量值以下的操作

a）将称量容器排空，衡器置零，记录衡器初始示值*R*0；

b）将标准砝码依次全部加载在衡器上，记录衡器示值*R*m，再依次全部卸载；

c）向称量容器内注水，直到衡器示值达到*R*m，记录衡器水替代后示值*R*w，测量并记录水温，完成一次水替代。

d）如未达到衡器使用量限，则重复过程b）~c），直至达到衡器最小使用称量值。

A.1.2 衡器使用量限范围内的操作

参照7.3.4.3 b)的方法确定检定点及检定次数。如标准砝码质量无法覆盖衡器使用量限，依据标准砝码质量可进行分段加载和替代，方法同重复A.1.1的b）~c），从衡器最小使用称量值开始，达到衡器使用范围上限结束。

A.2 衡器的相对示值误差计算

a）负载为时第i次（i=1,2,……n）、第j检定点衡器的示值误差Δ*m*i,j按公式（A-1）计算：

 （A-1）

式中：

 ——质量为的标准砝码第i次测量时衡器的示值，kg；

 ——分i段检定时，加载标准砝码前衡器水替代的示值，kg。

b）第j检定点的平均示值误差按公式（4）计算，相对示值误差按公式（A-2）计算：

 （A-2）

A.3 由衡器示值误差引入的不确定度*u*(*E*m)按本规程7.3.4.3d）3）评定。

A.4 衡器的重复性*E*rm及其引入的不确定度*u*(*E*rm)按本规程7.3.4.3e）计算和评定。

A.5 衡器的周期复现性*S*pm及其引入的不确定度*u*(*S*pm)按本规程7.3.4.3 f）~g）计算和评定。

A.6 衡器水替代法检定时水蒸发量影响引入的不确定度*u*r(*w*e)

为减少水的蒸发损失，除注水口外，称量容器的通风口，应尽量遮挡或封闭。水的蒸发量的影响可通过实验测得，也可参考文献资料。

A.6.1 测算水蒸发量影响的实验方法

向称量容器中注水至使用量限，确认阀门无渗漏后，记录衡器示值*w*0（kg），静置*t*v（s）时间后，记录衡器示值*w*1（kg）。*t*v应足够长以保证衡器可称量出蒸发量，一般不小于30min，实验过程中环境温度、湿度以及大气压力应基本稳定且与替代法实验过程相近。蒸发量按公式（A-3）测算：

水替代法检定电子秤完成后，根据使用量限内分段水替代法检定的时长*t*pi （s）计算出每次检定时水的蒸发量约为：

 （A-3）

式中：

 ——使用量限内每段水替代法检定衡器水的蒸发量，kg；

 *t*pi ——使用量限内每段水替代法检定的时长，s。

A.6.2水蒸发量影响引入的不确定度评定

每段水替代法检定水蒸发量影响的引入的标准不确定度按矩型分布考虑，按公式（A-4）评定：

 （A-4）

每段水替代法检定水蒸发量影响的引入的相对标准不确定度按公式（A-5）评定：

 （A-5）

式中：

 *w*mi ——*t*pi时间内衡器加载水的质量，kg。

*u*r(*w*ei) ——每段水替代法检定水蒸发量影响引入的不确定度。

总体水蒸发量影响的引入的相对标准不确定度取*u*r(*w*ei)的最大值，按公式（A-6）评定：

 （A-6）

A.7 水替代法检定衡器的不确定度评定

衡器水替代法检定，衡器称量的质量引入的合成不确定度计算按公式（A-7）：

　（A-7）

附录B 水密度取值方法说明

B.1 纯水密度随温度变化计算公式

纯水（蒸馏水或去离子水）温度在（0~95）℃、压力在0.6MPa以下，推荐使用国际水及水蒸气物性协会（International Association for the Properties of Water and Steam，缩写IAPWS）给出的IAPWS-95状态方程，如公式（B.1）所示：

  （B.1）

式中：

 *t*n—— 标准化的水温，*t*n=*t*w/100，其中*t*w为水温，℃；

 *ρ*IAPWS(*t*w) —— 温度为*t*w的纯水密度，kg/m3。

公式中各常数项取值为：*c*0=999.84382 kg/m3，*c*1=1.4639386，*c*2=-0.015505，*c*3=-0.0309777，*c*4=1.4572099，*c*5=0.0648931。

B.2 流量装置用水的密度修正

若流量装置实验介质无污染的自来水，应在工作水温范围内至少1个温度点下对流量装置实际实验用水进行密度测量，以实测密度与相同温度下公式计算得到的纯水密度的比值为修正因子进行修正，修正因子按公式（B.2）计算：

 （B.2）

式中：

 *C*ρ —— 实际流量装置用水的密度修正因子；

 *ρ*m —— 流量装置用水温度为*t*w密度计实测密度，kg/m3。

流量装置用水密度*ρ*w按公式（B.3）计算：

 （B.3）

注：1.对于介质温度范围超过30℃的流量装置，用于测量密度修正因子的温度点应适当增加；

2.若流量装置用水含特殊成分导致所用水的密度特性不稳定或密度特性与纯水的密度特性差异较大，其密度应采用密度计实际测量得到。

附录C 检定证书及检定结果通知书（内页）格式

C.1 除通用规定要求内容外，检定证书内页还应注明以下信息：

表C.1 检定证书内页信息表

|  |  |
| --- | --- |
| **基本信息** | **内容** |
| 台位名称 | 例：台位1 | 例：台位2 |
| 衡器编号 |  |  |
| 流量范围 |  |  |
| 口径范围 |  |  |
| 衡器量限 |  |  |
| 最短测量时间 |  |  |
| 流量下限的最短测量时间 |  |  |
| **项目** | **检定结果** |
| 外观、结构和功能检查 |  |
| 测控系统及附属设备检查 |  |
| 密封性检查 |  |
| 累积流量不确定度主要分量 | 累积质量测量引入的不确定度 |  |  |
| 换向器（或启停效应）引入的不确定度 |  |  |
| 换向器检定方法 |  |  |
| 中间管管容变化影响引入的不确定度 |  |  |
| 介质密度引入的不确定度（如需要） |  |  |
| 累积质量（/体积）流量不确定度 |  |  |
| 流量稳定性 | 各累积时间之间流量稳定性 |  |  |
| 累积时间内流量稳定性 |  |  |
| 量值核查检查 |  |  |
| 准确度等级 |  |

表C.2 衡器的示值误差记录

|  |  |
| --- | --- |
| 衡器编号： |  |
| 检定点 | 相对示值误差 |
| 1 |  |
| 2 |  |
| …… |  |
| n |  |

 注：用于下周期检定或使用中检查进行周期复现性检定

表C.3 换向器的换向同步时间差记录

|  |  |
| --- | --- |
| 换向器（或台位）编号： |  |
| 检定点 | 换向同步时间差 |
| 1 |  |
| 2 |  |
| …… |  |
| n |  |

 注：用于下周期检定或使用中检查进行周期复现性检定

C.2 检定结果通知书内页格式要求同上，需指明不合格项目。