ICS xx.xxx.xx
C xxx.xx

CSM

# 团　　体　　标　　准

T/CSM xx xxx-20xx

# 液体流量标准装置测控系统

Measurement and Control System for

Liquid Flow Standard Facilities

（征求意见稿 V1.0-20220222）

测控系统-团体标准-征求意见稿

20xx-xx-xx 发布　　20xx-xx-xx 实施

中 国 计 量 测 试 学 会　发布

# 目　次


前　言.....I
引　言.....II
1　范围.....1
2　规范性引用文件.....1
3　术语和定义.....1
4　系统组成.....2
5　技术要求.....3
5.1　一般要求.....3
5.2　计时系统要求.....4
5.3　信号采集系统要求.....4
5.4　控制系统要求.....7
5.5　软件系统要求.....7
5.6　供电系统要求.....10
6　试验方法.....10
6.1　一般要求.....11
6.2　计时系统.....11
6.3　信号采集系统测试.....12
6.4　控制系统测试.....15
6.5　软件系统测试.....15
6.6　供电系统测试.....17
附录 A　测控系统说明书包含内容.....18
附录 B　软件示例.....20
附录 C　标准流量计算公式.....22
附录 D　水物性参数.....25
附录 E　油品物性参数.....29
附录 F　空气密度计算公式（CIPM 公式和近似公式）.....31
附录 G　原始记录数据格式.....33
参 考 文 献.....35


测控系统-团体标准-征求意见稿

# 前　言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国计量测试学会归口。

本文件主要起草单位：

本文件参加起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次制定。

测控系统-团体标准-征求意见稿

# 引　言

液体流量标准装置是能够产生具有一定准确度和稳定性的液体流量，用于对流量计进行量值传递的试验装置。测控系统是液体流量标准装置的关键组成部分，是控制装置运行和采集装置状态信息的载体，与装置的安全运行及流量计测试结果的准确性密切相关。目前，已发布实施的 JJG164-2000《液体流量标准装置》检定规程主要针对装置计量器具的量值控制进行了规范。为进一步完善液体流量量值溯源体系，保障测量结果的一致性，编写制定了本文件。

本文件的目的是为了规范液体流量标准装置测控系统的功能、信号采集策略及计算模型，保证液体流量标准装置的量值准确和统一。

本文件中所包含的技术内容的确定，是以目前国内液体流量标准装置生产企业生产能力和社会各行业对液体流量标准装置使用需求为基础，并结合行业发展趋势，在对测控系统进行标准化引导的同时注意避免对其灵活性的限制，所提出技术要求均为基础性功能要求。

测控系统-团体标准-征求意见稿

# 液体流量标准装置测控系统

## 1 范围

本文件规定了液体流量标准装置测控系统（以下简称测控系统）的术语和定义、系统组成、技术要求、试验方法。

本文件适用于以液体为介质的流量标准装置的测控系统。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 4025-2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则

GB/T 4205-2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则

GB/T 4756-2015 石油液体手工取样法

GB/T 17611 封闭管道中流体流量的测量 术语和符号

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1004 流量计量名词术语及定义

JJF 1182 计量器具软件测评指南

JJG 164 液体流量标准装置

JJG 209 体积管

JJG 643 标准表法流量标准装置

JJG 1003 流量积算仪

OIML D31:2019 计量器具控制软件的通用要求（General requirements for software controlled measuring instruments）

## 3 术语和定义

JJF 1001、JJF 1004 和 GB/T 17611 中界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

液体流量标准装置 liquid flow standard facilities

以液体（如水或油）为试验介质，提供确定准确度流量值的测量设备。

［来源：JJF 1004-2004，3.1］

测控系统-团体标准-征求意见稿

3.2

时间戳 time stamp

以秒或日期为单位的唯一字符串，表示某个测量或事件发生的日期或时间。

［来源：OIML D31:2019，3.1.55］

3.3

软件模块 software module

由子程序和数据域组成的逻辑实体。

［来源：JJF 1182-2021，3.3.6］

3.4

操作部件 actuator

测控系统中接受人员操作的部件。

注：操作部件的形式有：手柄、旋钮、推压钮、推-推按钮、推-拉按钮、滚轮、插杆、鼠标器、光笔、键盘、触摸屏等。

［来源：GB/T 4205-2010，3.1，有修改］

3.5

人机交互界面 man-machine interface（MMI）

在操作人员与设备之间提供直接对话并能使操作人员控制和监视设备运行的部件。

注：这种部件可能包括手动操作件、指示器件及屏幕。

［来源：GB/T 4205-2010，3.3，有修改］

3.6

信号采集系统 signal acquisition system

能根据指令采集来自传感器、变送器及其他信号源输入的流量、温度、压力等过程参数信号，并能对采集的数值进行记录、存储、处理、显示和调用的系统。

［来源：JJF 1048-1995，2.1，有修改］

3.7

控制系统 control system

能向流量标准装置的设备传递控制指令，使设备根据控制指令执行相应操作的系统。

3.8

软件系统 software system

存储在计算机存储器中，能为操作人员与流量标准装置建立信息交互并进行信息处理的软件及其配套文档的集合。

## 4 系统组成

测控系统一般由信号采集系统、控制系统、软件系统、供电系统等组成。信号采集系统主要用于采集、编译其连接的传感器、仪表的信号或信息；控制系统负责传递控制指令，调整工艺流程，维护装置的正常运行；软件系统为操作人员使用装置、了解装置状态提供人机交互载体；供电系统为测控系统及

测控系统-团体标准-征求意见稿

其连接设备供电。以典型的静态质量法液体流量标准装置为例，测控系统结构示意图如图 4.1 所示。

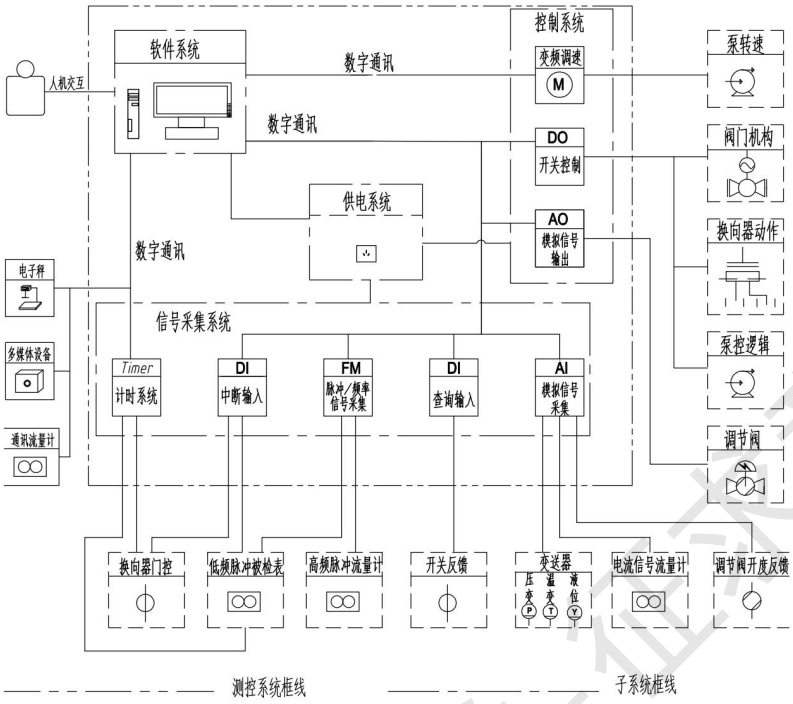



**图 4.1 静态质量法液体流量标准装置测控系统示意图**

图 4.1 中所示的测控系统各部分组成情况如下：（1）信号采集系统包括计时系统、模拟量采集、脉冲采集、开关量采集的相关设备，此外，还包括根据实际使用情况额外配备的通讯协议转换等设备；（2）控制系统包括开关量输出、模拟量输出、变频调速的相关设备，对于特殊应用场合，还包括配备的步进电机驱动、伺服电机驱动等设备；（3）软件系统由计算机的上位机软件及配套电子文档组成；（4）供电系统由供电设备及其配件组成，例如不间断电源（Uninterruptible Power Supply，UPS）等，兼具改善电源品质和断电保护功能。

软件系统与信号采集系统、控制系统和具有通讯接口的外围设备之间采用数字通讯进行数据传输时，可根据通讯种类和数量，采用串口服务器和交换机等设备集中处理。对于 PLC 等含有 CPU 模块的测控硬件设备，其他设备的信号数据应通过测控硬件设备集中与软件系统进行交互。

其他取值方式的液体流量标准装置（以下简称流量装置）中，体积管装置的同步门控信号可以是体积管检测开关，容积法装置的同步门控信号可以是标准金属量器的液位开关。

## 5 技术要求

### 5.1 一般要求

#### 5.1.1 技术资料

##### 5.1.1.1 说明书

测控系统应具有说明书，说明书中应包含：测控系统名称、系统版本、制作单位、使用地点、系统信号采集接口的技术指标、布线及接口信息、操作手册、系统所采取的安全防护机制等内容。

说明书可包含内容见附录 A。

##### 5.1.1.2 其他资料

测控系统应具有其配套设备的说明书、配套软件的安装和驱动程序。

测控系统团体标准-征求意见稿

### 5.1.2 布线要求

信号线缆应采用屏蔽电缆。信号线缆与动力线缆应分开走线，交叉敷设时应成直角跨越。线缆中间不应有接头，控制柜内的导线不应存在中间接头。控制柜内配线应进行线号标注。金属管、电缆槽、桥架切口表面应平整、无毛刺。

### 5.1.3 接地要求

测控系统应设置独立的保护地和仪表地。接地电阻应不大于 4Ω。

### 5.1.4 绝缘要求

测控系统设备的电源绝缘电阻应大于 1MΩ。

## 5.2 计时系统要求

### 5.2.1 检测接口要求

（1）晶振检测接口

计时系统应具备晶振检测接口，通过检测接口输出晶振频率。

（2）计时检测接口

计时系统应具备计时检测接口，计时系统可通过该接口输出或接受计时启、停的同步信号。

### 5.2.2 计时准确度要求

计时系统的时间间隔测量的最大相对误差绝对值应不大于流量装置扩展不确定度数值的 1/20。

### 5.2.3 计时范围要求

计时系统的计时范围应符合流量装置设计要求，计时下限值可参考为不大于 10s，计时上限值可参考为不小于 3600s。

## 5.3 信号采集系统要求

### 5.3.1 一般要求

测控系统应配备足够数量与种类的信号采集接口，满足其对设备的信号采集要求，宜考虑需进行信号采集的设备包括：主标准器、配套温度、压力仪表、被测流量计等。其中，测控系统识别采集信号来源应与实际信号来源相同。

### 5.3.2 同步信号采集能力要求

5.3.2.1 测控系统应采用可立即对触发信号进行响应的方式（如中断方式）接收换向器的换向信号、体积管的检测开关信号。上述信号触发后应立即执行响应指令，如脉冲采集、系统计时等相关功能，上述信号从产生到测控系统执行响应动作间的时间间隔应不大于 0.1 ms。

5.3.2.2 对于采用图像采集设备抓拍累积流量进行实时同步法检测的流量装置，图像采集设备宜采用给抓拍图像打时间戳的同步方式，抓拍图像时间戳的时间间隔的误差应不超过±10ms。

### 5.3.3 计数/频率信号采集能力要求

测控系统的计数/频率信号采集能力应满足流量装置设计要求，高于 3V 的计数/频率信号宜识别为高电平，低于 0.4V 的计数/频率信号宜识别为低电平，最小可识别上升沿脉宽宜不大于 50μs，可识别占空比为 1:1 的脉冲信号的频率上限应不小于 10kHz，脉冲计数误差应不超过±1 个脉冲。

### 5.3.4 模拟信号采集能力要求

测控系统 团体标准-征求意见稿

测控系统的模拟信号采集能力应满足流量装置设计要求，电流信号测量范围应不小于（4~20）mA，显示范围宜不小于（3.6~22）mA，电压信号测量范围宜不小于（0~10）V。

在测量范围内，模拟信号测量准确度一般应满足：

（1）若用于采集被测流量计的电流/电压模拟信号，模拟信号采集引入的测量相对误差应不超过流量装置检测最高准确度的流量计的最大允许误差的 1/10，且不超过±0.05%。

（2）若用于采集温压变送器产生的电压/电流模拟信号，模拟信号采集引入的测量误差应不大于所连接变送器最大允许误差绝对值的 1/5，且不超过±0.05%。

#### 5.3.5 图像采集能力要求

测控系统的图像采集能力应满足流量装置设计要求，所采集的图像应保存原图，原图应与检测记录建立对应标签。

#### 5.3.6 并发信号采集能力要求

对于具备多路同类型并发信号采集能力的测控系统，其最大采集容量下的采样速率和准确度应满足设计要求。

#### 5.3.7 仪表信号采集策略技术要求

##### 5.3.7.1 标准器示值采集策略要求

测控系统对标准器示值采集策略应符合流量装置设计要求，其中，对于具有电子信号输出的静态累积流量标准器如电子秤、标准金属量器等，示值应进行稳定度判定合格后才可读数，其中：

（1）电子秤的示值稳定度判定依据是：在不少于 10s 时间内等时间间隔采集 10 次电子秤示值，任意两次电子秤示值间差值的绝对值与电子秤示值的比值应不超过流量装置扩展不确定度的 1/3 且不大于电子秤的 1 个检定分度值。

（2）标准金属量器稳定度判定依据是：在不少于 10s 时间内等时间间隔采集 10 次标准金属量器内液体体积示值，任意两次金属量器示值间差值的绝对值不超过标准金属量器的 1 个分度。

##### 5.3.7.2 瞬时量采集策略要求

测控系统对瞬时量的采集策略应符合流量装置设计要求，采样周期应可进行设定，其中，温度、压力参数的采样周期宜不大于 5s，流量计采样周期宜不大于 2s，若进行异常值判断，流量计采样周期宜不大于 1s。宜在模拟信号采集过程中或结束后进行异常值判断。

##### 5.3.7.3 累积量采集策略要求

测控系统对累积量的采集策略应符合流量装置设计要求，其中，针对下述三种情况应采用双计时法对累积量进行插值，插值后得到累积量数值相对误差应小于 0.02%：

（1）脉冲累积值低于 5000 时，检测时间内测控系统采集到的累积脉冲数 $n'$ 用公式（5.1）或公式（5.2）计算：

$$n' = N\frac{T}{T_1} \tag{5.1}$$

$$n' = N\frac{T}{T_2} \tag{5.2}$$

式中：

$N$ ——测控系统采集到完整脉冲数；

$T$ ——第一个和第二个同步触发信号之间的时间间隔；

$T_1$ ——第一个同步触发信号后流量计发出的第一个脉冲，与第二个同步触发信号后流量计发出的第一个脉冲，这两个脉冲之间的时间间隔；



测控系统团体标准-征求意见稿

$T_2$——第一个同步触发信号之前流量计发出的最后一个脉冲，与第二个同步触发信号之前流量计发出的最后一个脉冲，这两个脉冲之间的时间间隔。

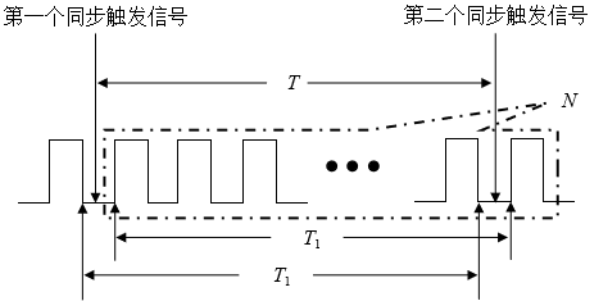



**图 5.1 双计时法脉冲插值时序图**

（2）测控系统采用非启停法以通讯形式获取累积量时，采集到的被测流量计累积值$M'$用公式（5.3）计算：

$$M' = T\frac{M_2 - M_1}{T_E - T_S} \tag{5.3}$$

式中：

$M_1$——测控系统在发出第一个同步触发信号后接收到的流量计累积量显示值；

$M_2$——测控系统在发出第二个同步触发信号后接收到的流量计累积量显示值；

$T_s$——$M_1$对应实时时间；

$T_E$——$M_2$对应实时时间。

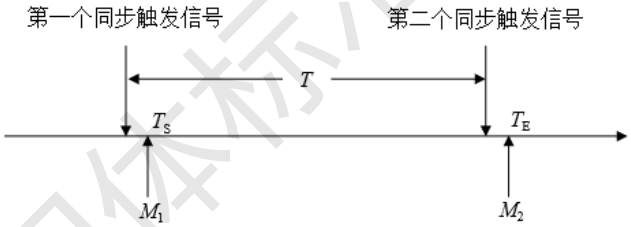



**图 5.2 双计时法流量计累积量插值时序图**

（3）当多个标准器并联使用时，每个标准器的液体流量累积过程应独立计时，应按公式（5.4）计算方法将各标准器的累积流量与最大累积流量的标准器进行时间同步。

$$m_{im} = T_m\frac{m_i}{T_i} \tag{5.4}$$

式中：

$m_i$——第 $i$ 个标准器的累积流量；

$T_i$——第 $i$ 个标准器的检测时间；

$T_m$——最大累积流量的标准器的检测时间；

$m_{im}$——第 $i$ 个标准器时间同步后的累积流量。

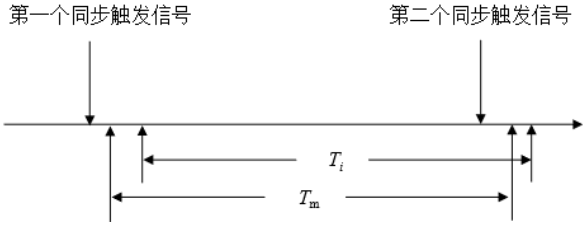



**图 5.3 双计时法标准器累积流量插值时序图**

测控系统团体标准征求意见稿

### 5.4 控制系统要求

#### 5.4.1 控制有效性要求

测控系统的控制指令内容从产生到通过信号线传向执行器过程中应保持一致且有效。其中，I/O 接口输出信号的逻辑含义应与指令产生处逻辑含义相同；通讯接口输出命令字符内容应与指令产生处的控制字符内容相同；模拟量接口输出模拟量数值误差一般不超过±1%。

#### 5.4.2 控制一致性要求

通过测控系统操作平台选定执行控制指令的执行器应与实际被触发执行控制操作的执行器相同。

#### 5.4.3 防护要求

##### 5.4.3.1 急停按钮

测控系统应设置任何时候有效的急停按钮。通过触发急停按钮应可不受测控系统影响直接使流量装置的动力源停止工作，并保证流量装置各部分状态满足其安全要求，且保持在上述状态直至被人工复位。

##### 5.4.3.2 安全触发机制

测控系统应具备安全触发机制，用于识别安全事件。一般应识别的安全事件包括：液体收集容器满罐，例如电子秤上的液体收集容器满罐、标准金属量器满罐。

### 5.5 软件系统要求

#### 5.5.1 权限管理要求

测控系统的访问权限管理应符合流量装置设计要求，一般分为三级：一般人员、管理员、程序管理员，具体权限内容如下：

（1）“一般人员”只能进行被测流量计信息的编辑及流量计检测过程操控，可以访问测控系统的设置参数及标准设备信息，不能访问测控系统软件的设置参数和编程界面；

（2）“管理员”在具备“一般人员”的所有权限的同时，具备对测控系统的设置参数及标准设备信息的编辑功能，不能访问测控系统软件的编程界面；

（3）“程序管理员”在具备“管理员”所有权限的同时，可以对测控系统软件进行任意操作。

#### 5.5.2 人机交互界面要求

##### 5.5.2.1 信息显示要求

测控系统的信息显示内容应符合流量装置设计要求，显示信息应包括：测控系统软件信息、参数信息、流量装置工作状态信息、提示信息。各显示信息的要求如下：

（1）测控系统软件信息宜包软件版本、启用日期、制作单位等。

（2）参数信息宜包括软件的功能选项、使用的预设参数、标准装置参数、被测流量计参数。参数信息应可编辑。

（3）流量装置工作状态信息宜包含装置的工艺流程、与测控系统连接的传感设备的示值、受测控系统控制的执行器的状态。其中，传感设备的示值与执行器的状态信息不允许有预设显示值，当设备处于异常工作状态时，其在测控系统上的显示信息必须与其正常工作时的显示信息有所区分，且系统对传感设备示值和执行器状态信息的刷新速率应不低于系统对其的采样速率。一般应通过文字、颜色、图标、动画等形式显示装置内流体流动过程及称重容器中的液体累积程度。

（4）提示信息宜包括操作人员在进行重要操作时的提醒信息和为其提供使用帮助的辅助信息。其中，当测控系统针对装置操作人员所下达装置操作指令进行提示和确认时，提示信息应具备阻碍操作人

测控系统团体标准征求意见稿

员执行操作指令的机制，避免操作人员在未确认情况下直接下达操作指令；当提示信息为显示屏幕上的软件对话窗口时，退出提示信息的按钮应避免在对话窗口边缘，以免关闭窗口时误点击其他控制选项。此外，测控系统可具备如下帮助性的提示功能：在数据位数过多无法全部显示时扩展显示内容；介绍按键和编辑窗口的功能及编辑后会产生的效果。

（5）规范性要求

若利用颜色进行信息编码，编码颜色的含义可参照 GB/T 4025-2010 《人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则》中 4.2.1.1 要求。

若利用形状进行信息编码，形状的含义可参照 GB/T 4025-2010 《人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则》中 4.2.2 要求。

#### 5.5.2.2 编辑操作

测控系统的操作方式应符合流量装置设计要求，操作部件的形式包括：软件编辑窗口、按钮、按键、开关、调节旋钮。操作部件彼此间不能存在接触，操作部件的几何尺寸应大于操作触发物的触发面积。显示屏幕上有关安全功能的区域应与其他操作部件间应有空余位置。重要的操作指令应由分离的操作部件或同一操作部件第二个操作发出，要有防止无意“双击”的措施。

操作部件操作方向与操作效果间关系可参照 GB/T 4205-2010《人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则》中 5.1.1 要求。

操作部件停止效应位置的设置可参照 GB/T 4205-2010《人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则》中 5.2 要求。

### 5.5.3 功能模块要求

测控系统的功能应满足流量装置设计要求，宜具备功能模块包括：权限验证、参数设置、数据采集、过程控制、运算分析、数据存取、装置测试。各功能模块基本功能要求如下：

权限验证模块应具备对操作人员的使用权限进行验证的功能，且验证结果应作为测控系统开放操作界面和编辑功能的依据。

参数设置模块应具备对流量装置及被测流量计信息和参数设置的功能。

数据采集模块应具备对信号采集接口参数的设置、通过接口采集数据并显示的功能。

过程控制模块应具备向执行器发送控制指令，并对检测过程进行控制的功能。

运算分析模块应具备根据相关计量技术文件要求对检测、测试中涉及的分析运算过程进行处理的功能。

数据存取模块应能够对检测过程及检测后的实验数据进行存储和查看。

装置检测模块应能够辅助操作人员执行装置检测操作和检测数据运算，一般应包括：计时器测试功能、流量稳定性测试功能，对含有换向器的流量装置还应有行程差法换向器测试功能和流量计法换向器测试功能。

软件功能模块组成的示例见附录 B。

### 5.5.4 算法要求

#### 5.5.4.1 标准流量计算要求

软件系统的标准流量计算功能应符合流量装置设计要求，计算结果与用本文件附录 C 给出的标准流量计算公式得到的结果间的相对偏差应不大于装置扩展不确定度的 1/10。

#### 5.5.4.2 介质参数计算要求

软件系统介质参数的取值应符合流量装置设计要求，取值结果与本文件给出的介质参数取值方法得到结果间的相对偏差应不大于装置扩展不确定度的 1/10。。本文件给出的水物性参数见附录 D，油品物性参数见附录 E，空气密度计算见附录 F。



测控系统-国家标准-征求意见稿

#### 5.5.4.3 被测流量计计量性能计算方法

被测流量计计量性能计算方法应符合所依据技术文件的要求。计量性能的计算结果应不存在偏差。

### 5.5.5 数据存储要求

#### 5.5.5.1 检测过程数据存储要求

软件系统对检测过程数据的存储功能应符合流量装置设计要求，宜具备存储和查看每次试验数据的能力。当检测过程中发生死机、断电等异常情况时，在从异常状态恢复后，系统宜具备已完成检测过程试验数据找回功能。

#### 5.5.5.2 原始记录数据存储要求

软件系统对检测完成后形成的原始记录存储应符合流量装置设计要求，宜具备存储和查看的能力，且具备时间戳。若原始记录允许被编辑，原始记录文档状态应与原记录状态有差异。原始记录宜存储所检流量计检测周期的 3 倍时间且不少于 3 年。当测控系统发生死机、断电等异常情况时，原始记录应不丢失，且在系统恢复正常后，原始记录应可读取调用。

#### 5.5.5.3 其他数据存储要求

测控系统可具备装置状态文档，记录流量装置使用过程中的相关状态及对应时间。在无人为操作影响下，装置状态文档在测控系统使用全生命周期中应不发生丢失。

### 5.5.6 原始记录要求

原始记录中包含的信息内容应符合流量装置设计要求，宜包含信息种类包括：标准装置信息、被测流量计信息、试验条件、检测数据，检测结果。参考原始记录形式见附录 G。其中，各种类信息至少应包括：

（1）标准装置信息应包括装置名称、编号、技术参数、溯源证书；

（2）被测流量计信息应包括名称、型号、编号、制造单位、流量范围、设置参数、检测技术依据；

（3）试验条件信息应包括大气压力、环境湿度、环境温度、检测介质、介质物性参数及其影响参数；

（4）检测数据信息应符合检测的技术要求，其中，应包括检测时间、检测流量、标准器示值、被测流量计示值、示值误差和重复性；

（5）检测结果信息包含内容应符合检测技术要求，其中，具有分界流量的仪表一般应分别给出分界流量以上和分界流量以下的检测结果。

### 5.5.7 安全防护功能要求

#### 5.5.7.1 强制停止功能要求

软件系统的强制停止功能应符合流量装置设计要求，宜提供强制停止按钮，按钮触发不受权限管理限制，操作人员可通过按钮使流量装置的动力源停止工作，并保证流量装置各部分状态满足其安全要求，且保持在上述状态直至被人工复位。

#### 5.5.7.2 异常事件防护要求

软件系统对异常事件采取安全防护措施应符合流量装置设计要求，宜将异常事件在测控系统显示界面予以提醒，至少应对液体收集容器内液体超限采取处理机制。

液体收集容器内液体超限处理要求：系统应具备液体收集容器内液体量超限预判功能，在液体收集容器内液体达到警戒区间值时给予提醒，当液体收集容器内液体达到或超过限位值时，系统应自动使液体不再流入液体收集容器中，或启动液体收集容器的排水机制。



测控系统团体标准征求意见稿

## 5.6 供电系统要求

测控系统所提供电源的电压及电流应符合被供电设备的电压及电源要求。可为测控系统配备不间断电源（Uninterruptible Power Supply，UPS），保证测控系统断电后工作时长不小于 10min。

# 6 试验方法

试验方法中涉及到的试验结果的示值误差用公式（6.1）计算：

$$E = x - x_s \tag{6.1}$$

式中：

$E$ ——示值误差；

$x$ ——测得值；

$x_s$ ——参考值。

试验方法中涉及到试验结果的相对示值误差按公式（6.2）计算：

$$E_r = \frac{E}{x_s} \times 100\% \tag{6.2}$$

式中：

$E_r$ ——相对示值误差。

试验方法中涉及到的试验设备的技术要求可参考表 6.1。

**表 6.1 试验设备计量性能要求**

| 序号 | 设备名称 | 设备要求 |
|---|---|---|
| 1 | 欧姆表 | 最大允许误差不超过 5% |
| 2 | 兆欧表 | 最大允许误差不超过 5% |
| 3 | 时间间隔测量仪 | 时间间隔测量范围：1μs~10000s；<br>时间间隔测量准确性：优于测控系统的计时系统计时最大允许相对误差的 1/10，且不低于 $10^{-6}$。 |
| 4 | 标准时间间隔发生器 | 产生时间间隔范围：1μs~10000s；<br>产生时间间隔准确性：优于测控系统的计时系统计时最大允许相对误差的 1/10。 |
| 5 | 标准计时器 | 显示精度：不低于 1ms；<br>计时准确性：不低于 $0.5\times10^{-4}$。 |
| 6 | 脉冲信号发生器 | 最大可输出脉冲数：不低于 5000 个；<br>最大可输出频率：不低于 10kHz；<br>最小可输出脉冲宽度：不大于 50μs；<br>脉冲幅值范围：不低于（0~5）V。 |
| 7 | 函数发生器 | 最大可输出方波频率：不低于 10kHz；<br>最小可输出脉冲宽度：不大于 50μs；<br>信号幅值范围：不低于（0~5）V；<br>信号幅值准确性：不低于 5%；<br>幅值稳定性：不低于 0.5%<br>三角波周期最大值：不低于 50s；<br>三角波斜坡线形：不低于 0.5%； |
| 8 | 标准计数器 | 可识别脉冲的上限频率：不低于 10kHz；<br>计数准确性：不低于±1 个脉冲。 |

测控系统-团体标准-征求意见稿

| | | |
|---|---|---|
| 9 | 多功能标准源 | 产生模拟量最大允许误差：不低于测控系统模拟量测量最大允许误差的 1/3，且不超过±0.015%。 |
| 10 | 标准周期信号源 | 信号最小周期：不低于测控系统采样周期的 1/3；<br>幅值范围：不低于（0~5）V。 |
| 11 | 数字多用表 | 准确性：不低于测控系统模拟量输出最大允许误差的 1/3。 |

## 6.1 一般要求

### 6.1.1 技术资料

采用目视检查法进行检查，资料内容应符合 5.1.1 要求。

### 6.1.2 布线

采用目视检查法进行检查，布线应符合 5.1.2 要求。

### 6.1.3 接地

电阻表测量接地体与大地间电阻值，电阻值应符合 5.1.3 要求。

### 6.1.4 绝缘电阻

将测控系统电气设备电源线从电源中切断，通过兆欧表测量电气设备电源线与接地体间电阻值，电阻值应符合 5.1.4 要求。

## 6.2 计时系统

### 6.2.1 检测接口

采用目视检查法进行检查，检测接口应符合 5.2.1 要求。

### 6.2.2 准确度

计时系统的准确度试验方法可采用如下两种试验方法中的任意一种。

（1）试验方法 1——用标准时间间隔发生器

将标准时间间隔发生器设置在脉冲时间间隔工作状态，将标准时间间隔发生器的输出端接入计时系统的计时触发信号端，将标准时间间隔发生器的时间间隔设置为 $t_x$，利用标准时间间隔发生器的输出信号触发计时系统计时的启停，分别记录 $t_x$ 为 1s、30s 和 600s 时计时系统计计时时间，按公式（6.2）计算计时系统累计时长的相对误差，取其中的最大值作为试验结果。试验结果应满足 5.2.2 要求。

（2）试验方法 2——用时间间隔测量仪

将时间间隔测量仪设置在脉冲时间间隔工作状态。

若计时系统的计时检测接口为计时同步信号产生接口，采用计时系统检测接口的同步信号触发时间间隔测量仪启动计时，计时系统累积工作时长达到 $t_x$ 后，采用计时系统检测接口的同步信号触发标准计时器停止计时。

若计时系统的计时检测接口为计时同步信号接收接口，通过触发信号同步触发时间间隔测量仪和计时系统启动计时，计时系统累积工作时长达到 $t_x$ 后，通过触发信号同步触发时间间隔测量仪和计时系统停止计时。

分别记录 $t_x$ 为 1s、30s 和 600s 时计时系统计计时时间和时间间隔测量仪计时时间，按公式（6.2）计算计时系统累计时长的相对误差，取其中的最大值作为试验结果。试验结果应满足 5.2.2 要求。

### 6.2.3 计时范围

使计时系统启动计时，采用目视检查法检查，计时系统的计时上限值应符合 5.2.3 要求。

测控系统 团体标准 征求意见稿

### 6.3 信号采集系统测试

#### 6.3.1 一般要求测试

采用目视检查法检查，测控系统的信号采集接口种类与数量，以及测控系统识别信号来源与实际信号来源的一致性应符合 5.3.1 要求。

#### 6.3.2 同步信号采集能力测试

6.3.2.1 对于含有换向器的流量装置，将时间间隔测量仪设置在脉冲时间间隔工作状态，将换向器的换向信号作为时间间隔测量仪计时开始触发信号，对于体积管流量装置，将体积管的检测开关信号作为时间间隔测量仪计时开始触发信号，将测控系统响应动作的输出接口信号作为时间间隔测量仪计时停止触发信号，人为触发换向器的换向信号或体积管的检测开关信号，时间间隔测量仪测得测控系统响应时间应符合 5.3.2.1 要求。

**图 6.1 换向器/体积管同步信号采集测试接线图**

6.3.2.2 对于采用图像采集设备抓拍累积流量进行实时同步法检测的装置，利用图像采集设备采集 2 次标准计时器显示时间，2 次采集时间间隔应不小于 30s，2 次抓拍图像的时间戳的时间间隔与抓拍图像上标准计时器显示时间间隔按公式（6.1）计算误差，误差应符合 5.3.2.2 要求。

#### 6.3.3 计数/频率信号采集能力测试

可采用如下两种试验方法中的任意一种进行试验。

（1）试验方法 1——用脉冲发生器

将脉冲信号发生器输出信号接入计数/频率信号采集接口，设置脉冲信号发生器输出脉冲个数已知（不低于 1000 个）的脉冲信号，在脉冲信号频率分别为测控系统脉冲信号可识别上限频率（不低于 10kHz 且脉宽不超过 50μs）、脉冲信号可识别下限频率（脉宽为 50μs）、脉冲信号可识别中间频率（脉宽为 50μs）时，记录测控系统的脉冲计数值，并按公式（6.1）计算测控系统计数误差。试验结果应满足 5.3.3 要求。

（2）试验方法 2——用标准计数器

将函数发生器产生的信号同时接入标准计数器和计数/频率信号采集接口，并同步触发测控系统和标准计数器对函数发生器产生信号的计数的启停，设置函数发生器产生高电平为（3~5）V，低电平为（0~0.4）V 的方波信号，在方波信号频率分别为脉冲信号可识别上限频率（不低于 10kHz 且脉宽不超过 50μs）、脉冲信号可识别下限频率（脉宽为 50μs）、脉冲信号可识别中间频率（脉宽为 50μs）时，记录测控系统的脉冲计数值和标准计数器的计数值，并按公式（6.1）计算得到测控系统计数误差。试验结果应满足 5.3.3 要求。

#### 6.3.4 模拟信号采集能力测试

##### 6.3.4.1 电流信号采集能力测试

将多功能标准源的电流输出端接入测控系统电流采集接口，使多功能标准源分别产生 4mA、8mA、12mA、16mA、20mA 的直流电流信号，记录测控系统对各电流值的测量结果，按公式（6.2）计算得到各电流值测量的相对误差应满足 5.3.4 要求；使多功能标准源输出 4mA 直流电流信号，缓慢调低信号发生器电流值，观察测控系统显示电流值，当信号发生器输出电流值调低而测控系统显示电流值不发生变化，或多功能标准源输出电流值为 0mA 时，停止电流调节，记录测控系统最小可显示电流值，使信号发生器输出 20mA 直流电流信号，缓慢增加电流值，观察测控系统显示电流值，当信号发生器输出电流

值调低而测控系统显示电流值不发生变化，或信号发生器输出电流值为 24mA 时，停止电流调节，记录测控系统最大可显示电流值，测控系统的电流显示范围应符合 5.3.4 要求。

#### 6.3.4.2 电压信号采集能力测试

将多功能标准源的电压输出端接入测控系统电压采集接口，使多功能标准源输出电压分别对应测控系统上限电压测量值的 20%、40%、60%、80%、100%，记录测控系统对各电压值的测量结果，按公式（6.2）计算得到各电压测量的相对误差应满足 5.3.4 要求。

### 6.3.5 图像采集能力测试

利用测控系统的图像采集设备采集图像，图像存储要求应符合 5.3.5 要求。

### 6.3.6 并发信号采集能力测试

同类型多通道同时向测控系统发送信号，通道数量为测试接口可并发采集数量上限；对具备并发信号采集能力的接口逐一进行上述测试操作，并发通道数量及采集准确度应满足 5.3.6 要求。

### 6.3.7 仪表信号采集策略测试

#### 6.3.7.1 标准器示值采集策略测试

（1）若装置采用电子秤作为标准器：单次测试中，电子秤上的液体收集容器完成对液体的收集后，反复在电子秤上取放电子秤 1 个检定分度值~2 个检定分度值量值的砝码，观察测控系统是否进行读数稳定性判定；停止取放砝码且测控系统完成电子秤示值读数后，电子秤最终示值前 10 次电子秤采样示值中任意两点间差值应满足 5.3.7.1 要求。

（2）若采用标准金属量器为标准器：单次测试中，标准金属量器完成对液体的收集后，每隔约 5s 向标准金属量器中注入 1 个金属量器分度对应液体，观察测控系统是否进行读数稳定性判定；停止间歇性注入液体且读取标准金属量器盛水体积后，标准金属量器最终读数前 10 次采样数值中任意两点间差值应满足 5.3.7.1 要求。

#### 6.3.7.2 瞬时量采集策略测试

可采用如下两种试验方法中的任意一种进行试验。

（1）试验方法 1

将标准周期信号源接通测控系统的电压信号采集端，设定测控系统电压信号采样周期$\varphi_1$，根据$\varphi_1$设定标准周期信号源输出信号周期$\varphi_0$和信号周期个数 $N_\varphi$，其中 $3\varphi_1 < \varphi_0 < \varphi_1 N_x/2$，$N_x$（≥1000）为试验过程中测控系统采集数据个数，设定标准周期信号源输出信号峰峰值为试验端口上限电压值的 50%~100%，启动测控系统电压采集功能，使标准周期信号源输出信号，记录测控系统采集数据。按公式（6.3）计算测控系统电压信号实际采样周期$\varphi_2$，$\varphi_2$应不大于$\varphi_1$。

$$\varphi_2 = \varphi_0 \times N_x / N_\varphi \qquad (6.3)$$

（2）试验方法 2

设定测控系统电压信号采样周期，利用函数发生器产生三角波电压信号，三角波信号周期不小于电压信号采样周期的 10 倍，每两个相邻采样周期间的三角波电压信号差值要大于试验通道的采样分辨力，将三角波电压信号接入测控系统电压采集测试端口，测试端口应至少采集到连续 10 个单调变化数据。

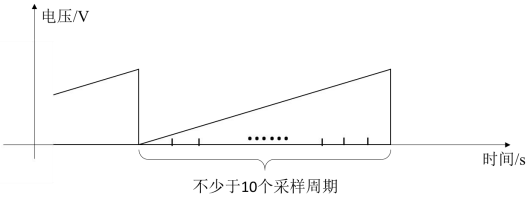



**图 6.2 瞬时量采样周期测试时序图**



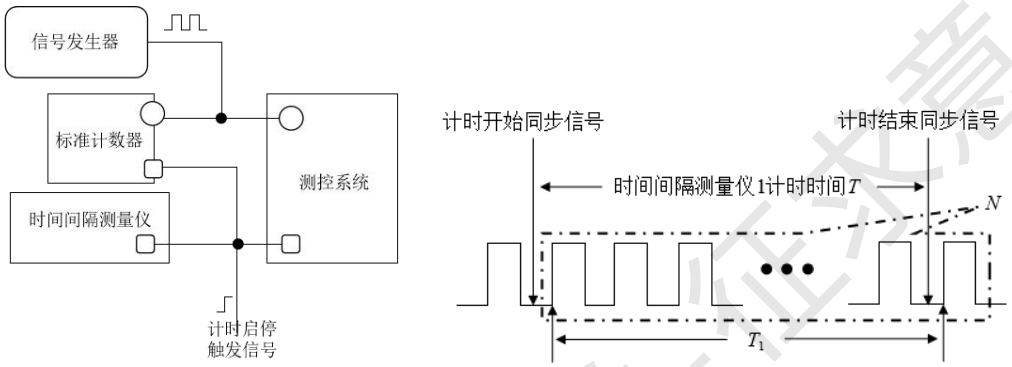
测控系统团体标准征求意见稿

### 6.3.7.3 累积量采集策略测试

（1）当累积量为脉冲个数时，可采用如下两种试验方法的任意一种：

（a）试验方法 1

将测控系统的计时系统的计时触发端口与时间间隔测量仪的计时触发端口并联，信号发生器输出信号接入测控系统的脉冲信号采集端口和标准计数器，连接方式如图 6.3 所示，使信号发生器产生频率不大于 1kHz，脉宽不低于 50μs 的脉冲信号，利用同步信号同时触发时间间隔测量仪 1 和测控系统启动计时，并同时触发测控系统和标准计数器采集脉冲，当脉冲累计值不超过 5000 时，触发标准计时器和测控系统同步停止计时，测控系统和标准计数器采集最后一个脉冲，记录时间间隔测量仪测量时间 $T$、标准计数器计数值 $N$，$N$ 个脉冲信号对应时长 $T_1=\varphi_l \times N$，按公式（5.1）计算得到的标准脉冲计数值 $n'$，按公式（6.2）计算得到的 $n'$ 与测控系统计算得到脉冲累计值间相对误差应符合 5.3.7.3 要求。

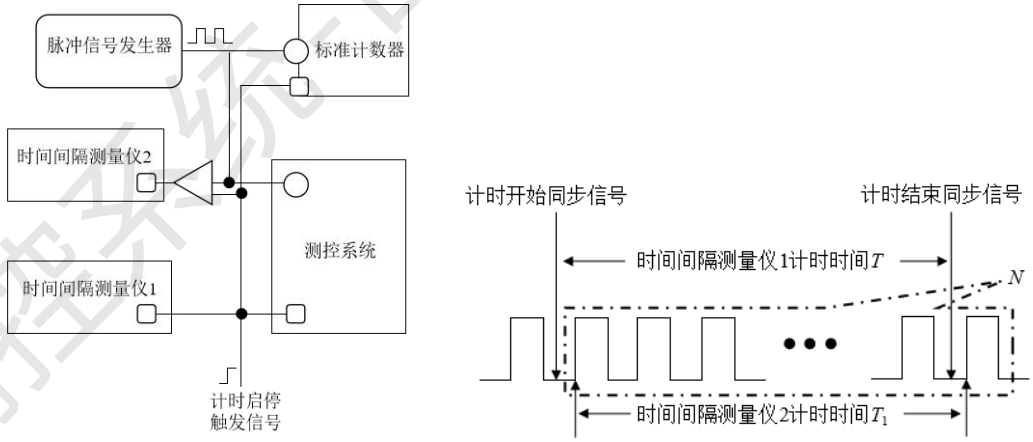



（a） （b）

**图 6.3 测控系统脉冲累积量采集策略试验方法 1（a）连接图和（b）时序图**

（b）试验方法 2

利用脉冲发生器产生频率不大于 1kHz，脉宽不低于 50μs 的脉冲信号，并接入标准计数器、测控系统脉冲采集接口和时间间隔测量仪 2，连接方式如图 6.4 所示。利用同步信号同时触发时间间隔测量仪 1 和测控系统启动计时，并同时触发标准计数器和测控系统采集脉冲，此外，触发时间间隔测量仪 2 在接收到第 1 个脉冲时开始计时，当脉冲累计值不超过 5000 时，触发时间间隔测量仪 1 和测控系统同步停止计时，并触发标准计数器和测控技术采集最后一个脉冲，此外，触发时间间隔测量仪 2 在接收到下一个脉冲时停止计时。根据时间间隔测量仪 1 计时时间 $T$、时间间隔测量仪 2 计时时间 $T_1$、标准计数器计数值 $N$，按公式（5.1）计算得到的标准脉冲计数值 $n'$，按公式（6.2）计算得到的 $n'$ 与测控系统计算得到脉冲累计值间相对误差应符合 5.3.7.3 要求。




（a） （b）

**图 6.4 测控系统脉冲累积量采集策略试验方法 2（a）连接图和（b）时序图**

（2）当测控系统以通讯形式采用非启停法获取累积量时：操作测控系统向通讯机发送第一次数据采集命令，同时触发标准计时器 1 开始计时，通讯机向测控系统发送 $M_1$ 值和实时时间 $T_S$，经过大于测控系统最小采样间隔时间后，操作测控系统向通讯机第二次发送数据采集命令，同时触发标准计时器停止计时，得到标准计时时间 $T$，通讯机向测控系统发送 $M_2$ 值和实时时间 $T_E$，按公式（5.3）计算得到标

测控系统标准-征求意见稿

准累积量显示值 $M'$，按公式（6.2）计算得到的 $M'$ 与测控系统计算得到累积值间相对误差应符合 5.3.7.3 要求。

（3）将并联使用的每个标准器的计时触发信号接到一个独立的标准计时器，使标准器触发测控系统计时的同时触发标准计时器计时。人为触发并联使用的标准器产生同步计时启动信号，通过人为产生模拟信号或实际收集液体的方式使测控系统接收到各并联使用标准器的累积流量，人为触发并联使用的标准器产生同步计时停止信号，根据标准计时器的计时时间和各标准器的累积流量，按公式（5.4）计算各标准器的累积流量标准值及总累积流量标准值，按公式（6.2）计算得到总累积流量标准值与测控系统计算得到总累积流量值间相对误差应符合 5.3.7.3 要求。

### 6.4 控制系统测试

#### 6.4.1 控制有效性测试

##### 6.4.1.1 I/0 接口有效性测试

利用电压表读取到的 I/O 接口输出电平，接收到的逻辑电平与测控系统发送逻辑一致性应符合 5.4.1 要求。

##### 6.4.1.2 通讯接口有效性测试

利用通讯信号接收机接收测控系统发送的通讯指令，接收到的控制指令与测控系统发送控制指令一致性应符合 5.4.1 要求。

##### 6.4.1.3 模拟量接口有效性测试

利用数字多用表接收测控系统模拟量接口输出的模拟量数值，接收到的模拟量数值准确性应满足 5.4.1 要求。

#### 6.4.2 控制准确性

通过测控系统操作平台控制执行器动作，流量装置实际执行动作的执行器与触发执行器间一致性应符合 5.4.2 要求。

#### 6.4.3 防护测试

##### 6.4.3.1 急停按钮测试

按动急停按钮，急停按钮和流量装置状态应符合 5.4.3.1 要求。人工复位后，流量装置状态应符合 5.4.3.1 要求。

##### 6.4.3.2 安全触发机制测试

人为模拟触发安全触发机制，观察测控系统是否具备识别能力。

### 6.5 软件系统测试

#### 6.5.1 权限管理测试

采用目视检查法检查，软件系统的访问权限管理应符合 6.5.1 要求。

#### 6.5.2 人机交互界面测试

##### 6.5.2.1 信息显示测试

采用目视检查法检查，软件系统的信息显示应符合 5.5.2.1 要求。

测控系统-团体标准-征求意见稿

#### 6.5.2.2 编辑操作测试

采用目视检查法检查，软件系统的编辑操作方式应符合 5.5.2.2 要求。

### 6.5.3 功能模块测试

采用目视检查法检查，软件系统的功能模块组成及内容应符合 5.5.3 要求。

### 6.5.4 算法测试

#### 6.5.4.1 标准流量计算测试

根据装置给出的流量计检测的原始记录中的参数和附录 C 中的对应算法计算标准流量，将其与原始记录上的标准流量值保持相同数据位数，其与原始记录上的标准流量间相对偏差应符合 5.5.4.1 要求。

#### 6.5.4.2 介质参数计算测试

根据装置给出的流量计检测的原始记录中各介质的影响参数和附录 D、附录 E、附录 F 中对应的取值方法，计算介质相应参数值，将其与原始记录上对应参数值保持相同位数，其与原始记录上参数值间相对偏差应符合 5.5.4.2。

#### 6.5.4.3 被测流量计计量性能计算测试

根据装置给出的流量计检测的原始记录数据计算被测流量仪表计量性能，计算结果与原始记录数值偏差应符合 5.5.4.3。

### 6.5.5 数据存储测试

#### 6.5.5.1 检测过程数据存储测试

采用目视检查法检查软件系统检测过程实验数据，重启软件系统所在计算机，启动软件系统，再次检查检测过程实验数据，实验数据存储状态应符合 5.5.5.1。

#### 6.5.5.2 原始记录数据存储测试

采用目视检查法，检查软件系统在完成一次流量计检测后的原始记录数据，数据存储形式应符合 5.5.5.2 要求。若软件系统为首次检测，采用目视检查法检查软件系统首次流量计检测的原始记录，记录内容应可查阅，存储形式应符合 5.5.5.2 要求。若软件系统非首次检测，采用目视检查法检查软件系统上次检测的原始记录，记录内容应可查阅，存储形式应符合 5.5.5.2 要求。若存在使用所测试软件系统进行不少于三个周期以上检测的流量计，采用目视检查法检查该流量计历次检测原始记录，记录内容应可查阅，存储形式应符合 5.5.5.2 要求。

#### 6.5.5.3 其他数据存储要求

若软件系统有其他数据文档，采用目视检查法检查软件系统其他数据文档，文档内容及存储时长应符合 5.5.5.3 要求。

### 6.5.6 原始记录检查

采用目视检查法检查，原始记录内容应符合 5.5.6 要求。

### 6.5.7 安全防护功能测试

#### 6.5.7.1 强制停止功能测试

使用软件系统进行流量计检测操作，在流量计检测过程中，点击软件系统的强制停止按钮，流量装



测控装置团体标准 征求意见稿

置的状态应符合 5.5.7.1 要求。人工复位后，流量装置状态应符合 5.5.7.1 要求。

#### 6.5.7.2 异常事件防护测试

若流量装置含有液体收集容器，人为产生液体收集容器内液体超限信号，软件系统的处理应符合 5.5.7.2 要求。

若流量装置含有其他异常事件处理机制，人为触发异常事件或产生异常事件模拟信号，软件系统的处理应符合设计要求。

### 6.6 供电系统测试

采用目视检查法检查，测控系统的供电系统为测控系统和设备的供电功能应符合 5.6 要求。切断测控系统电源，测控系统工作时长应满足 5.6 要求。

测控系统-团体标准-征求意见稿

# 附录 A

（资料性）

## 测控系统说明书包含内容

下面列出了测控系统说明书所应包含内容：

### A.1 电气接电

#### A.1.1 布线

布线部分应描述测控系统布线的标记方式，排线的颜色分类，并提供电气柜、控制柜的排线图。

#### A.1.2 供电

（1）测控系统设备供电要求

说明书中应对测控系统电源接入方式，计算机、控制器等设备的供电要求进行描述。

（2）控制系统供电能力

说明书中应对测控系统向外接设备的供电能力进行描述。

（3）不间断电源

说明书中应对测控系统是否配备不间断电源以及不间断电源技术参数进行描述。

### A.2 硬件系统

#### A.2.1 硬件系统构成

说明书中应对测控系统的硬件组成、硬件规格及相关技术参数进行介绍。

#### A.2.2 计时系统

计时系统功能方面，说明书中应对计时器的工作方式进行概括性描述，并对计时器晶振输出接口及计时器测试接口相关技术内容进行介绍，其中：

1.计时器晶振方面：应描述计时晶振的频率，晶振频率输出接口位置及连接要求。

2.计时系统检测接口方面：应描述计时器检测接口位置，并介绍接口的计时触发方式。

#### A.2.3 通信接口

说明书中应对每一类通信接口的技术参数进行描述，具体内容如下：

1.脉冲/频率接口应描述技术参数包括：接口数量、脉冲频率测量上限、最小测量脉宽、高低电平识别能力。

2.模拟量接口应描述技术参数包括：接口数量、模拟量类别、采样周期、模拟量测量范围、模拟量测量准确性。

3.通讯接口应描述技术参数包括：接口数量、通信协议、波特率、采样周期。

4.图像采集接口应描述技术参数包括：采集通道数量、数据识别能力、采样周期。

#### A.2.4 控制机制

说明书应对测控系统向执行机构下达控制指令的传输方式、响应机制等进行描述，其中：

1.控制指令传输方式方面，应对各指令传输方式的技术参数进行描述，其中：

（1）I/O 量控制接口应描述技术参数包括：接口数量、高低逻辑的电气参数、高低逻辑与执行器执行状态关系、状态反馈功能情况。

测控系统-团体标准-征求意见稿

（2）模拟量控制接口应描述技术参数包括：接口数量、控制设备、状态反馈功能情况。

（3）通信协调控制接口应描述技术参数包括：接口数量、通信协议、波特率、状态反馈功能情况。

2.应激响应机制方面，应对测控系统所接收触发信号的触发方式及触发后的响应方式进行描述，其中：

（1）如装置配有换向器，应描述换向器换向信号对测控系统的触发方式以及测控系统接收触发方式后的响应方式。

（2）如装置为体积管，应描述体积管的检测开关信号触发后的测控系统响应方式。

## A.3 软件系统

### A.3.1 登录权限

说明书应对软件的登录级别，以及各级别下操作人员的访问及编辑权限进行描述。

### A.3.2 软件功能

（1）软件结构

说明书应对软件系统的功能及结构进行概括性描述。

（2）功能介绍

说明书应对软件的每个功能模块的功能、使用方式、各编辑窗口或按钮的使用要求进行描述。

（3）计算模型

软件中采用的参数和计算模型应在说明书中进行描述。

（4）数据存储

说明书中应对检测过程及检测结束后的实验数据存储方式进行描述。

## A.4 安全措施

### A.4.1 急停按钮

说明书中应对急停按钮的位置及使用方式进行描述，并对急停按钮触发后测控系统及各执行器状态进行描述。

### A.4.2 安全提醒

如软件中具备安全提示功能，说明书中应对软件中的安全提示功能进行描述。

### A.4.3 安全防护

说明书中应对测控系统安全防护触发方式及触发操作方式进行描述。

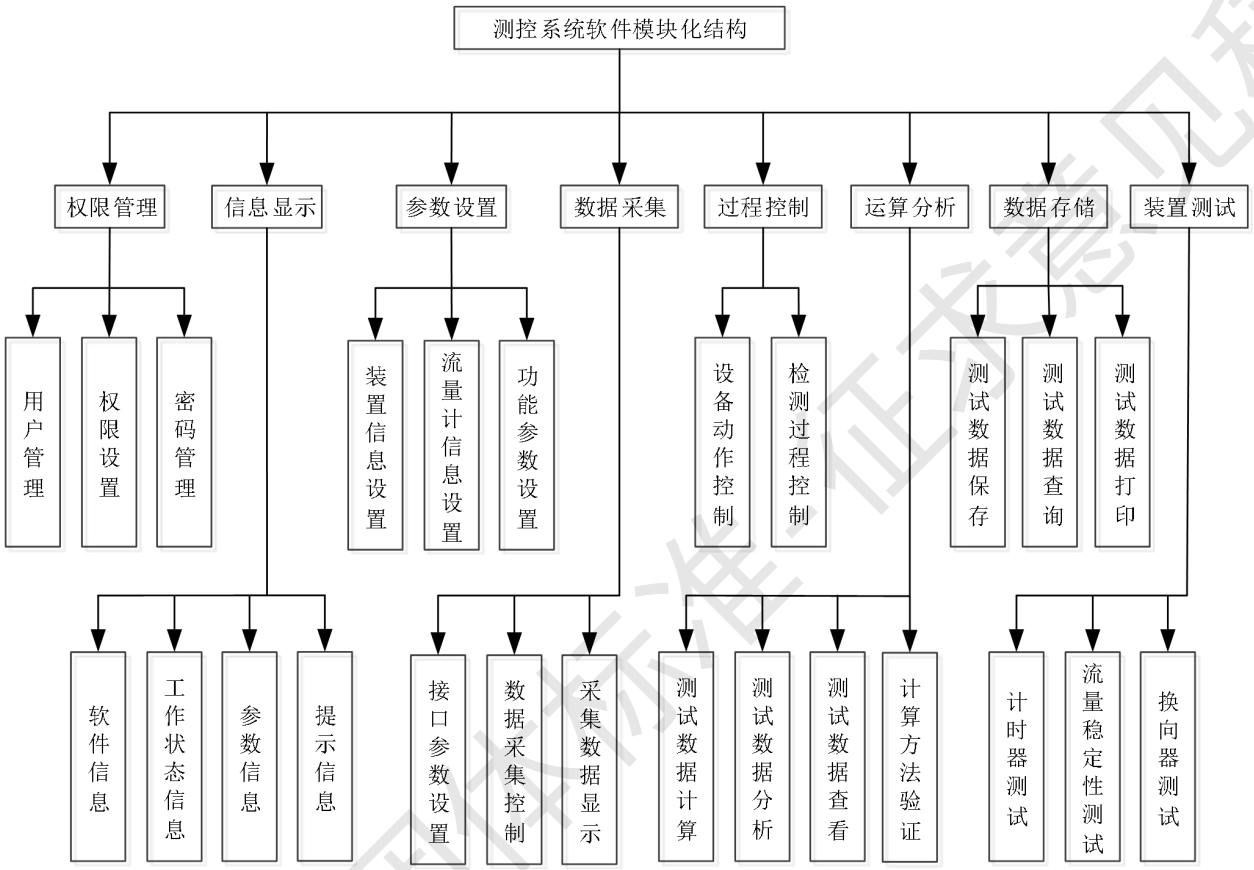
测控系统-团体标准-征求意见稿

# 附录 B

（资料性）

## 软件示例

图B.1所示为测控系统软件结构示例图，包括功能模块及其子模块的结构框架，可作为测控系统说明书中测控系统软件结构展示形式的参考。




图B.1 测控系统软件结构示例

各部分功能模块内容如下：

### B.1 权限管理

B.1.1 用户管理：可增加或删减用户。

B.1.2 权限设置：可针对不同用户分配不同的权限，按权限级别可进行不同的操作。

B.1.3 密码管理：对用户的登录密码进行核验和修改。

### B.2 信息显示

B.2.1 软件信息：可显示系统软件版本号、启用日期、制作单位等。

B.2.2 工作状态信息：可显示装置的工艺流程、设备状态等。

B.2.3 参数信息：可显示软件的功能选项、预设参数、标准装置参数、被测流量计参数等。

B.2.4 提示信息：可显示操作过程中的提示信息。

### B.3 参数设置

测控系统-团体标准-征求意见稿

B.3.1　装置信息设置：可设置标准装置名称、测量范围、出厂编号、不确定度等级、证书编号、有效期等。

B.3.2　流量计信息设置：可设置被测表的名称、规格型号、制造单位、委托单位、出厂编号、流量范围、准确度等级、脉冲当量、测试依据、有效期、环境信息等参数。

B.3.3　功能参数设置：可设置测试的点数和次数、测试方法、测试时间、标准流量计k系数、温度、压力等变送器的量程范围等。

### B.4　数据采集

B.4.1　接口参数设置：可设置数据采集接口的类型，如脉冲、电流、通信、开关量等。

B.4.2　数据采集控制：可通过配置的数采模块采集装置的设备信号，包括采集被测表的脉冲电流信号和图像、测试时间、温度压力、阀门开关状态等信号。

B.4.3　采集数据显示：把采集到的实时数据显示到软件界面上，包括温度压力、测试时间、测试状态、被测表的脉冲和电流信号值、阀门的工作状态、泵的工作状态等。

### B.5　过程控制

B.5.1　设备动作控制：可通过配置的控制模块控制装置的设备，包括阀门开关、调节阀开度、泵运转等。

B.5.2　检测过程控制：可控制检测开始、检测结束、计算数据等检测过程。

### B.6　运算分析

B.6.1　测试数据计算：根据相关计算公式，对原始数据进行计算，如标准真空质量、标准表体积、被测表体积、被测表仪表系数等。

B.6.2　测试数据分析：根据被测流量计相对应的国家计量技术规范，对测试数据进行分析，并给出测试结果和结论。

B.6.3　测试数据查看：对已经完成的测试数据进行查看。

B.6.4　计算方法验证：输入测试时间、被测表处温度压力、标准器处温度压力、标准器值、被测表脉冲数（或电流值），能自动根据输入的参数计算出瞬时流量、标准质量、标准体积、被测表的误差或系数等结果，用以验证软件计算模块数学模型和算法的正确性。

### B.7　数据存储

B.7.1　测试数据保存：对测试数据进行保存操作。

B.7.2　测试数据查询：对已经保存的测试数据进行查询查看，查询时，对输入的关键词支持模糊查询。

B.7.3　测试数据打印：对测试数据进行打印操作。

### B.8　装置测试

B.8.1　计时器测试：通过计时器同步测试接口连接标准计时器对计时器进行测试，可设定测试时间，可对测试数据进行记录和打印。

B.8.2　流量稳定性测试：可设定测试时间，可对测试数据进行记录和打印。

B.8.3　换向器测试：对换向器进行行程差法或流量计法测试，可对测试数据进行记录和打印。

测控系统-团体标准-征求意见稿

# 附录 C

（资料性）

## 标准流量计算公式

下面列出了不同取值方式的液体流量装置给出的并换算到被测流量计处状态的标准流量的计算公式。

注：如不致产生混淆，无须进一步明确，本文件将“累积流量”称为“总量”，“瞬时流量”称为“流量”。

### C.1 质量法流量标准装置（称重容器为开放式结构）标准质量总量和标准体积总量计算公式

#### C.1.1 标准质量总量计算公式

$$Q_s(m) = 0.99985 \frac{\rho}{\rho - \rho_a} m \tag{C.1}$$

式中：

$Q_s(m)$——装置给出的质量总量，kg；

$\rho$——称重容器中液体密度，kg/m$^3$；

$m$——电子秤示值，kg；

$\rho_a$——大气密度，kg/m$^3$，计算公式见附录 F。

#### C.1.2 标准体积总量计算公式

$$Q_s(V) = 999.85 \frac{m}{\rho - \rho_a}\left[1 + \beta(\theta_m - \theta_s)\right]\left(1 - \kappa p_m\right) \tag{C.2}$$

式中：

$Q_s(V)$——装置给出的并换算到流量计处状态的体积总量，L；

$\beta$——液体膨胀系数，1/℃；

$\theta_m$——流量计处液体温度，℃；

$\theta_s$——装置处液体温度，℃；

$\kappa$——液体压缩系数，1/MPa。

$p_m$——流量计处液体压力，MPa；

其余同公式（A.1）。

### C.2 容积法流量标准装置（标准容器为开放式结构）标准体积总量计算公式

$$Q_s(V) = V_s\left[1 + \beta_s(\theta_s - 20)\right]\left[1 + \beta(\theta_m - \theta_s)\right]\left(1 - \kappa p_m\right) \tag{C.3}$$

式中：

$V_s$——装置证书给出的标准容积值，L；

测控系统-团体标准-征求意见稿

$\beta_s$——装置材质的体膨胀系数，1/℃；

其余同公式（A.2）。

## C.3 体积管流量标准装置标准体积总量计算公式

### C.3.1 球式体积管

$$Q_s(V)=V_s\left(1+\frac{D}{E_s\cdot e}p_s\right)\left[1+\beta_s(\theta_s-20)\right]\left[1+\beta(\theta_m-\theta_s)\right]\left[1-\kappa(p_m-p_s)\right] \quad (C.4)$$

式中：

$D$——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；

其余同公式（A.3）。

### C.3.2 活塞式体积管

$$Q_s(V_s)=V_s\left(1+\frac{D}{E_s\cdot e}p_s\right)\left[1+2\alpha_s(\theta_s-20)+\alpha_r(\theta_r-20)\right]\left[1+\beta(\theta_m-\theta_s)\right]\left[1-\kappa(p_m-p_s)\right] \quad (C.5)$$

式中：

$\alpha_s$——体积管材质的线膨胀系数，1/℃；

$\alpha_r$——测量杆材质的线膨胀系数，1/℃；

$\theta_r$——测量杆温度，℃。

其余同公式（A.4）。

## C.4 标准表法流量标准装置（标准流量计为脉冲输出）标准体积总量计算公式

$$Q_s(V)=\frac{N_s}{K_s}\left[1+\beta(\theta_m-\theta_s)\right]\left[1-\kappa(p_m-p_s)\right] \quad (C.6)$$

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。

其余同公式（A.4）。

## C.5 标准体积流量计算公式

测控系统-团体标准-征求意见稿

$$q_V = 3.6 \times \frac{Q_s(V)}{t} \qquad \text{（C.7）}$$

式中：

$q_V$——标准体积流量，$m^3/h$；

$t$——测量时间，s。

测控系统-团体标准-征求意见稿

# 附录 D

（资料性）

# 水物性参数

## D.1 纯水密度计算公式

纯水（蒸馏水或去离子水）密度的计算，国际度量衡委员会（CIPM）推荐温度在 0℃~40℃（1 个大气压）时，使用 Tanaka 公式或 Patterson & Morris 公式；温度在 0℃~95℃（1 个大气压）时使用 IAPWS 状态方程。计算结果四舍五入取 3 位小数。

### D.1.1 Tanaka 公式

$$\rho_{\text{Tanaka}} = a_0\left[1-\frac{(\theta+a_1)^2(\theta+a_2)}{a_3(\theta+a_4)}\right] \tag{D.1}$$

式中：

$\rho_{\text{Tanaka}}$ ——Tanaka 公式计算得到的纯水密度，kg/m$^3$；

$\theta$ ——水温，℃；

$a_0$ =999.974950； $a_1$ =−3.983035； $a_2$ =301.797； $a_3$ =522528.9； $a_4$ =69.34881，均为常数。

### D.1.2 Patterson & Morris 公式

$$\rho_{\text{P\&M}} = \rho_0[1-b_1(\theta-\theta_0)-b_2(\theta-\theta_0)^2-b_3(\theta-\theta_0)^3-b_4(\theta-\theta_0)^4-b_5(\theta-\theta_0)^5] \tag{D.2}$$

式中：

$\rho_{\text{P\&M}}$ ——Patterson & Morris 公式计算得到的纯水密度，kg/m$^3$；

$\rho_0$ ——水密度最大值，其值为 999.973 58kg/m$^3$；

$\theta_0$ ——密度最大时的温度，其值为 3.9818℃；

$b_1$ =7.0134×10$^{-8}$； $b_2$ =7.926504×10$^{-6}$； $b_3$ =−7.575677×10$^{-8}$； $b_4$ =7.314894×10$^{-10}$；

$b_5$ =−3.596458×10$^{12}$，均为常数。

### D.1.3 IAPWS95 状态方程

$$\rho_{\text{IAPWS}} = c_0\left(\frac{1+c_1\theta_n+c_2\theta_n^2+c_3\theta_n^3}{1+c_4\theta_n+c_5\theta_n^2}\right) \tag{D.3}$$

式中：

$\rho_{\text{IAPWS}}$ ——IAPWS 状态方程计算得到的纯水密度，kg/m$^3$；

$\theta_n$ ——归一化温度， $\theta/100$ ；

测控系统-团体标准-征求意见稿

$c_0$=999.84382； $c_1$=1.4639386； $c_2$=−0.015505； $c_3$=−0.0309777； $c_4$=1.4572099； $c_5$=0.0648931，均为常数。

### D.2 装置用水密度的确定

#### D.2.1 装置用水为无污染的自来水

D.2.1.1 用离线水密度计和温度计，在装置工作的实际水温范围内，选取 $n$ （ $n \geqslant 3$）个温度点，对温度和密度同时进行测量，得到 $\theta_i$ 和 $(\rho_m)_i$；

D.2.1.2 用公式（D.1）或（D.2）或（D.3）计算 $\theta_i$ 温度时纯水的密度 $(\rho_f)_i$；

D.2.1.3 按公式（D.4）计算单个温度点的水密度修正系数 $(C_\rho)_i$

$$(C_\rho)_i = (\rho_m)_i / (\rho_f)_i \tag{D.4}$$

D.2.1.4 按公式（D.5）计算装置用水密度的修正系数 $C_\rho$

$$C_\rho = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(C_\rho)_i \tag{D.5}$$

D.2.1.5 按公式（D.6）确定装置用水的密度 $\rho$

$$\rho = C_\rho \cdot \rho_f \tag{D.6}$$

#### D.2.2 装置用水成分特殊

若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，其密度用离线密度计实际测量得到。

### D.3 水的膨胀系数

水的膨胀系数 $\beta_w$ 见表 D.1。

表 D.1 水的体膨胀系数表

$\beta_w$（$1\times10^{-6}$ 1/℃）

| $\theta$（℃） | 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 |

测控系统-团体标准-征求意见稿

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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.4 水的压缩系数

### D.4.1 水的压缩系数表

水的压缩系数 $\kappa_w$ 见表 D.2。

表 D.2 水的压缩系数表

$p$=（0.3~0.5）MPa

| $\theta$（℃） | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\kappa_w$（$1\times10^{-6}$ 1/MPa） | 508 | 481 | 461 | 448 | 442 | 440 |

### D.4.2 水的压缩系数计算公式

#### D.4.2.1 IAPWS-95 给出的水的压缩系数计算公式

$$\kappa_w = d_0\left(\frac{1+d_1\theta_n+d_2\theta_n^2+d_3\theta_n^3}{1+d_4\theta_n}\right) \tag{D.7}$$

式中：

$\kappa_w$——等温压缩系数，1/MPa；

$\theta_n$——归一化温度，$\theta/100$；

测控系统-团体标准征求意见稿

$d_0$=5.08821×10$^{-4}$，$d_1$=1.2639418，$d_2$=0.2660269，$d_3$=0.3734838，$d_4$=2.0205242，均为常数。

D.4.2.2 ISO 8222:2020 给出的水的压缩系数计算公式

$$\kappa_w = \frac{1\times10^{-2}}{19.69+0.1418\theta-1.934\times10^{-3}\theta^2+5.866\times10^{-6}\theta^3} \quad (D.8)$$

式中：

$\kappa_w$——等温压缩系数，1/MPa。

测控系统-团体标准-征求意见稿

# 附录 E

（资料性）

## 油品物性参数

本文件提及的油品系指原油或液体石油产品。

### E.1 油品标准密度的确定

E.1.1 按 GB/T 4756-2015《石油液体手工取样法》要求对油品进行取样。

E.1.2 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，测量油品的温度和视密度。

E.1.3 按 GB/T 1885-1998《石油计量表》要求，确定油品的标准密度 $\rho_{20}$ 和 15℃的密度 $\rho_{15}$。

### E.2 油品密度计算方法

油品满足下列条件

$$-50℃ \leqslant \theta \leqslant 150℃$$

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

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

$$4.14\times10^{-4}\ 1/℃ \leqslant \beta_{15} \leqslant 1.67\times10^{-3}\ 1/℃$$

时，密度与温度和压力的关系式为：

$$\rho_\theta = \rho_{15}\exp[-\beta_{15}(\theta-15)-0.8\beta_{15}^2(\theta-15)^2](1+\kappa p) \tag{E.1}$$

式中：

$\rho_\theta$——$\theta$ ℃、 $p$ 表压时油品的密度，kg/m³；

$p$——油品的表压，MPa；

$\beta_{15}$——15℃时油品的膨胀系数，1/℃。

$\beta_{15}$ 用下式计算：

$$\beta_{15} = \frac{k_0 + k_1\rho_{15}}{\rho_{15}^2} \tag{E.2}$$

式中 $k_0$、$k_1$ 为常数，其值与油品类型有关，表 E.1 为常见油品的 $k_0$、$k_1$ 值。

表 E.1 常见液体的 $k_0$、$k_1$ 值

| 油品类型 | $\rho_{15}$（kg/m³） | $k_0$（kg²·m⁻⁶·℃⁻¹） | $k_1$（kg·m⁻³·℃⁻¹） |
|---|---|---|---|
| 汽油 | 654~779 | 346.42278 | 0.43884 |
| 喷气燃料 | 779~839 | 594.54180 | 0.0000 |



测控系统-团体标准-征求意见稿

| | | | |
|---|---|---|---|
| 燃油 | 839~1075 | 186.9696 | 0.48618 |
| 原油 | 610.6~1163.5 | 613.972226 | 0.0000 |

## E.3 油品压缩系数计算公式及适用条件

油品的温度范围为−30℃~90℃，15℃的密度范围为 638 kg/m$^3$~1074 kg/m$^3$ 时，其压缩系数的计算公式为

$$\kappa = 1\times10^{-3}\exp\left[A + B\theta + \frac{1\times10^{6}}{\rho_{15}^{2}}\left(C + D\theta\right)\right] \tag{E.3}$$

式中：

$\kappa$——油品 $\theta$ ℃时的压缩系数，1/MPa；

$\theta$ ——油品温度，℃；

$\rho_{15}$——油品 15℃的密度，kg/m$^3$；

$A$=−1.62080，$B$=2.1592×10$^{-4}$，$C$=0.87096，$D$=4.2092×10$^{-3}$，均为常数。

注：公式（C.3）不适用于润滑油。

## E.4 油品膨胀系数计算公式

$$\beta_\theta = \frac{1}{\Delta\theta}\left(\frac{\rho_\theta}{\rho_{\theta+\Delta\theta}} - 1\right) \tag{E.4}$$

式中：

$\beta_\theta$——油品 $\theta$ ℃时的膨胀系数，1/℃；

$\rho_{\theta+\Delta\theta}$——油品 $\left(\theta+\Delta\theta\right)$℃， $p$ 表压时的密度，kg/m$^3$，一般用 $\Delta\theta$=1℃计算。

测控系统-团体标准-征求意见稿

# 附录 F

（资料性）

## 空气密度计算公式（CIPM 公式和近似公式）

### F.1 CIPM 湿空气密度公式

当空气处于下列条件

$$60\ \text{kPa} \leqslant p_{\text{a}} \leqslant 110\ \text{kPa}$$

$$15℃ \leqslant \theta \leqslant 27℃$$

时，密度计算公式为：

$$\rho_{\text{a}} = \frac{p_{\text{a}} M_{\text{a}}}{ZRT_{\text{a}}}\left[1 - x_v\left(1 - \frac{M_v}{M_{\text{a}}}\right)\right] \tag{F.1}$$

式中：

$\rho_{\text{a}}$——湿空气密度，kg/m$^3$；

$p_{\text{a}}$——大气压力，kPa；

$M_{\text{a}}$——干空气的摩尔质量，若二氧化碳的摩尔分数 $x_{\text{co}_2} = 0.0004$，则其值为 28.96546 g/mol；

$Z$——压缩系数，无量纲；

$R$——摩尔气体常数，其值为 8.314462618 J/(mol·K)；

$T_{\text{a}}$——湿空气的热力学温度，K；

$x_v$——水蒸气的摩尔分数，无量纲；

$M_v$——水的摩尔质量，其值为 18.01528 g/mol。

将各常数带入到公式（F.1）中得到

$$\rho_{\text{a}} = 3.483744 \times \frac{p_{\text{a}}}{ZT_{\text{a}}}\left(1 - 0.3780 x_v\right) \tag{F.2}$$

#### F.1.1 水蒸气的摩尔分数计算公式

$$x_v = h_r \cdot f(p, \theta_{\text{a}}) \cdot \frac{p_{sv}(T_{\text{a}})}{p} \tag{F.3}$$

式中：

$h_r$——用小数表示的相对湿度；

$f(p_{\text{a}}, \theta_{\text{a}})$——增强因子，无量纲；

$p_{sv}(T)$——湿空气的饱和蒸气压，kPa。

##### F.1.1.1 增强因子计算公式

测控系统团体标准-征求意见稿

$$f(p_{\mathrm{a}},\theta_{\mathrm{a}})=\alpha+\beta p_{\mathrm{a}}+\gamma\theta_{\mathrm{a}}{}^{2} \tag{F.4}$$

式中：

$\theta_{\mathrm{a}}$ ——湿空气的温度，℃；

$\alpha$ =1.00062， $\beta$ =3.14×10$^{-5}$ 1/kPa， $\gamma$ =5.6×10$^{-4}$ 1/K$^{2}$。

F.1.1.2 湿空气的饱和蒸气压计算公式

$$p_{sv}(T_{\mathrm{a}})=1\times10^{-3}\exp\left(A_{\mathrm{a}}T_{\mathrm{a}}^{2}+B_{\mathrm{a}}T_{\mathrm{a}}+C_{\mathrm{a}}+\frac{D_{\mathrm{a}}}{T_{\mathrm{a}}}\right) \tag{F.5}$$

式中：

$A_{\mathrm{a}}$=1.2378847×10$^{-5}$ 1/K$^{2}$，$B_{\mathrm{a}}$=−1.9121316×10$^{-2}$ 1/K，$C_{\mathrm{a}}$=33.93711047，$D_{\mathrm{a}}$=−6.3431645×10$^{3}$ K。

F.1.2 压缩系数计算公式

$$Z=1-\frac{p_{\mathrm{a}}}{T_{\mathrm{a}}}\left[a_5+a_6\theta_{\mathrm{a}}+a_7\theta_{\mathrm{a}}^{2}+(b_6+b_7\theta_{\mathrm{a}})x_v+(c_6+c_7\theta_{\mathrm{a}})x_v^{2}\right]+\frac{p_{\mathrm{a}}^{2}}{T_{\mathrm{a}}^{2}}(d_5+d_6x_v^{2}) \tag{F.6}$$

式中：

$a_5$=1.58123×10$^{-3}$ K/kPa， $a_6$=−2.9331×10$^{-5}$ 1/kPa， $a_7$=1.1043×10$^{-7}$ 1/K·kPa，

$b_6$=5.707×10$^{-3}$ K/kPa， $b_7$=−2.051×10$^{-5}$ 1/kPa， $c_6$=1.9898×10$^{-1}$ K/kPa，

$c_7$=−2.376×10$^{-3}$ 1/kPa， $d_5$=1.83×10$^{-5}$ K$^{2}$/kPa$^{2}$， $d_6$=−0.765×10$^{-2}$ K$^{2}$/kPa$^{2}$。

F.2 湿空气密度近似公式

$$\rho_{\mathrm{a}}=\frac{3.485138p_{\mathrm{a}}-0.9h_{\mathrm{r}}\times\exp(0.061\theta_{\mathrm{a}})}{273.15+\theta_{\mathrm{a}}} \tag{F.7}$$

符号含义同前。

测控系统-团体标准-征求意见稿

附录 G

（资料性）

原始记录数据格式

# 科 里 奥 利 质 量 流 量 计 检 定 记 录

（质量法，示值误差，脉冲输出）

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 送检单位： | | | 传感器型号： | | 传感器编号： | | 公称通径： |
| 制造单位： | | | 变送器型号： | | 变送器编号： | | 供电电源： |
| 检定依据：JJG 1038-2008《科里奥利质量流量计》 | | | 环境温度： | | 相对湿度： | | 大气压力： |
| 检定流量范围：(　　~　　) t/h | | | 准确度等级： | | 检定地点： | | 流水号： |
| 计量标准 | 名称 | 测量范围 | *U*/AC/MPE | | 证书编号 | 有效期至 | 其他条件是否符合要求 |
| | 水流量标准装置 | | | | | | □是 □否 原因： |
| 主要计量标准器具 | 名　称 | 编号 | *U*/AC/MPE | 溯源单位 | 证书编号 | 有效期至 | 是否符合要求 |
| | 静态质量法水流量标准装置 | | | | | | □是 □否 原因： |
| | 水密度计 | | | | | | □是 □否 原因： |

## 检 定 项 目 及 结 论

1、标识和铭牌：□合格 □不合格；　2、外观：□合格 □不合格；　3、保护功能：□合格 □不合格；　4、密封性：□合格 □不合格；　5、准确度等级和重复性：

| 流量点 | | 标 准 装 置 数 据 | | | | | | | 流 量 计 数 据 | | | | | 检 定 条 件 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 流量 (t/h) | 次序 | 测量时间 $t_{ij}$(s) | 介质压力 $p_{ij}$(MPa) | 介质温度 $\theta_{ij}$(℃) | 介质密度 $\rho_{ij}$(kg/m$^3$) | 称示值 $m_{ij}$(kg) | 实际质量 $(Q_s)_{ij}$(kg) | 瞬时流量 $(q_s)_{ij}$(t/h) | 脉冲数 $N_{ij}$ | 累积质量 $Q_{ij}$(kg) | 示值误差 | | 重复性 $(E_r)_{ij}$(%) | 检定介质：水<br>介质温度：(　~　)℃<br>介质压力：(　~　)MPa<br>空气密度：　kg/m$^3$<br>$q_{max}$=　t/h<br>$f_{max}$=　Hz<br>*K* 系数：　1/kg<br>铭牌系数：<br>原系数：<br>新系数： |
| | | | | | | | | | | | $E_{ij}$(%) | $E_i$(%) | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 检定结果 | | 示值误差：　　重复性：　　检定结论：　　级　　证书编号： | | | | | | | | | | | | |

检定员：　　核验员：　　检定日期：　　第 1 页 共 1 页



测控系统-团体标准-征求意见稿

# 液 体 容 积 式 流 量 计 检 定 记 录

（体积管法，示值误差）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 送检单位： | 器具名称： | 型号： | 编号： |
| 制造单位： | 原仪表系数 $K_0$： | 公称通径： | 输出方式： |
| 检定依据： | 环境温度： | 相对湿度： | 大气压力： |
| 检定流量范围： | 检定地点： | 流水号： | 证书编号： |

| 计量标准 | 名称 | 测量范围 | $U$/AC/MPE | 证书编号 | 有效期至 | 其他条件是否符合要求 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | □是 □否 原因： |

| 主要计量标准器及介质信息 | 装置名称 | 型号 | 编号 | $U$/AC/MPE | | 溯源单位 | | 证书编号 | | 有效期至 | 是否符合要求 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 球型体积管 | | | | | | | | | | □是 □否 原因： | |
| | 流量范围 (L/min) | 标准容积 (L) | 内径(mm) | 壁厚(mm) | 弹性模量 (MPa) | 膨胀系数 (1/°C) | | 介质名称 | 试验温度（°C） | 视密度（kg/m³） | 标准密度 $\rho_{20}$（kg/m³） | 15°C密度 $\rho_{15}$（kg/m³） |
| | | | | | | | | | | | | |

## 检 定 项 目 及 结 论

1、铭牌和标识：□合格 □不合格； 2、外观：□合格 □不合格； 3、密封性：□合格 □不合格； 4、误差及重复性：

| 流量点 | | 标 准 装 置 数 据 | | | | | | | | | 流 量 计 数 据 | | | | 计 算 结 果 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 流量 (L/min) | 次序 | 检定时间 $t_{ij}$(s) | 进口温度 $\theta_{s1}$(°C) | 出口温度 $\theta_{s2}$(°C) | 进口压力 $p_{s1}$ (MPa) | 出口压力 $p_{s2}$ (MPa) | 压缩系数 $\kappa$(1/MPa) | 工况密度 $\rho$(kg/m³) | 膨胀系数 $\beta$(1/°C) | 累积流量 $(Q_s)_{ij}$(L) | 脉冲数 $N_{ij}$ | 温度 $\theta_m$(°C) | 压力 $p_m$ (MPa) | 累积流量 $Q_{ij}$(L) | 示值误差 $E_{ij}$(%) | 示值误差 $E_i$(%) | 重复性 $(E_r)_i$(%) |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ...... | ... | | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... |
| 检定结果 | 示值误差 $E$= | | | | | | 重复性 $E_r$= | | | | | 检定结论： 级 | | | | | |

检定员： 核验员： 检定日期： 第 页 共 页



测控系统-团体标准-征求意见稿

## 参 考 文 献


[1] GB19517 国家电气设备安全技术规范

[2] GB50065 交流电气装置的接地设计规范

[3] GB50650 石油化工装置防雷设计规范

[4] 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）

[5] GB/T 1885-1998 石油计量表

[6] GB/T 4026-2019 人机界面标识的基本和安全规则 设备端子、导体终端和导体的标识

[7] GB/T 4756-2015 石油液体手工取样方法

[8] GB/T 9109.5-2009 石油和液体石油产品油量计算 动态计量

[9] GB/T 17286.3 液态烃动态测量体积计量流浪计检定系统 第 3 部分：脉冲插入技术

[10] GB/T 12501 电工电子设备防触电保护分类

[11] GB/T 12501.2 电工电子设备按电击防护分类 第 2 部分：对电击防护要求的导则

[12] GB/T 17612-1998 封闭管道中液体流量的测量 称重法

[13] GB/T 17613.1-1998 用称量法测量封闭管道中的液体流量装置的检验程序 第一部分:静态称重系统

[14] GB/T 17286.3-2010 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

[15] GB/T 21450-2008 原油和石油产品 密度在 638 kg/m$^3$~1074 kg/m$^3$ 范围内的烃压缩系数

[16] GB/T 24343-2009 工业机械电子设备 绝缘电阻试验规范

[17] GB/T 27759-2011 流体流量测量 不确定度评定程序

[18] JJG238-2018 时间间隔测量仪

[19] JJG 366-2004 接地电阻表

[20] JJG 722-2018 标准数字时钟

[21] JJG840-2015 函数发生器检定规程

[22] JJF 1048-1995 数据采集系统校准规范

[23] JJF 1638-2017 多功能标准源校准规范

[24] JJF 1902-2021 时间间隔发生器校准规范

[25] ISO 8222:2020 石油测量系统——校准——体积测量，计量罐和现场测量（包括液体和材料的特性公式）（Petroleum measurement systems—Calibration—Volumetric measures, proving tanks and field measures (including formulae for properties of liquids and materials)）

[26] ISO 8316:1987 封闭式管道中液体流量的测量 容积法（Measurement of liquid flow in closed conduits—Method by collection of the liquid in a volumetric tank）

[27] API MPMS 11.1 美国石油协会 石油测量手册 第十一章 物性参数 第一部分 原油和石油产品的温度和压力体积修正系数（Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 11—Physical Properties


测控系统团体标准-征求意见稿

Data，Section 1—Temperature and Pressure Volume Correction Factors for Generalized Crude Oils, Refined Products, and Lubricating Oils）

[28] OIML R111-1 Weight of classes $E_1$，$E_2$，$F_1$，$F_2$，$M_1$，$M_{1-2}$，$M_2$，$M_{2-3}$ and $M_3$ Part1：Metrological and technical requirements

[29] OIML D28 Conventional value of result of weighing in air

测控系统-团体标准-征求意见稿