JJF（沪）

上 海 市 地 方 计 量 校 准 规 范

JJF（沪）XXXX－2023

称重容罐校准规范

Calibration Specification for Weighing Containers

（公示稿）

XXXX-X-XX 发布　　XXXX-X-XX 实施

上海市市场监督管理局　发 布

称重容罐校准规范

Calibration Specification for Weighing Containers

JJF（沪）XXX—2023

归 口 单 位 ：上海市市场监督管理局

主要起草单位：通标标准技术服务（上海）有限公司

参加起草单位：上海市计量测试技术研究院

浙江省计量科学研究院

上海药明生物技术有限公司

本规范由通标标准技术服务（上海）有限公司负责解释

本规范主要起草人：

金建广 （通标标准技术服务（上海）有限公司）

王晓明 （通标标准技术服务（上海）有限公司）

参加起草人：

姚新红 （上海市计量测试技术研究院）

王文林 （浙江省计量科学研究院）

陈继鸿 （上海药明生物技术有限公司）

王啸丰 （通标标准技术服务（上海）有限公司）

董丽华 （通标标准技术服务（上海）有限公司）

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）
5　计量特性……（2）
5.1　示值相对误差……（2）
5.2　测量重复性……（2）
6　校准条件……（3）
6.1　环境条件……（3）
6.2　校准用仪器设备……（3）
7　校准项目和校准方法……（4）
7.1　校准项目……（4）
7.2　校准方法……（4）
7.3　数据处理……（5）
8　校准结果……（7）
9　复校时间间隔……（7）
附录 A 参考校准记录格式……（8）
附录 B 参考校准证书（内页）格式……（9）
附录 C 不确定度评定实例……（10）
附录 D 水温与水密度对照表……（14）

引　　言

本规范根据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编写。

本规范将称重容罐示值误差列为计量特性并作为计量校准的主要内容，主要参照 JJG 133-2016《汽车油罐车容量》、JJG539-2016《数字指示秤》进行制定。

本规范为首次发布。

称重容罐校准规范

1 范围

本规范适用于（200~100000）kg 常压称重容罐的现场校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

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 1071 国家计量校准规范编写规则

JJF 1059 测量不确定度评定与表示

JJG 133-2016 汽车油罐车容量

JJG 539-2016 数字指示秤

JJG 86-2011 标准玻璃浮计

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

3 术语和计量单位

3.1 术语

3.1.1 称重容罐 weighing containers

用于存储液体介质并显示其液体质量或体积的金属或非金属容器。

3.1.2 启停法 the start-and-finish method

一次校准开始时和结束时使试验处于零流量状态的操作方法，这样注入容罐的实际水量为试验停止时与试验启动时标准流量计读数之差。

3.2 计量单位

质量单位：千克，符号 kg。

体积单位：立方米，符号 m^3；升，符号 L。

密度单位：千克/立方米，符号 kg/m^3；千克/升，kg/L。

4 概述

称重容罐一般指常压式储罐（液体自由表面压力为大气压力），用来储存液态物料并显示其质量。称重容罐由称重单元/测力传感器、显示仪表、容罐、管线及阀门等组成，称重单元通常安装在容器的支承点上，依据所受力的大小，经转换由显示仪表显示其质量。

5 计量特性

5.1 示值相对误差

称重容罐示值的最大允许误差见表 1。

表 1 称重容罐最大允许误差要求

准确度等级	0.5	1.0	2.0
最大允许误差/%	±0.5	±1.0	±2.0

5.2 测量重复性

称重容罐的测量重复性不超过最大允许误差绝对值的 1/2。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境条件应满足：

环境温度：（10～35）℃

相对湿度：（15～95）%

大气压力：（86～106）kPa

6.1.2 校准场所应无明显的振动和外磁场干扰。

6.1.3 工作介质应为符合用户工艺要求的流体。

6.2 校准用仪器设备

6.2.1 标准流量计和配套设备构成校准系统，选用的标准流量计必须具有累积流量功能，整套系统应满足校准使用要求和用户现场环境卫生要求，流量计及主要配套设备应有效溯源。

6.2.2 标准流量计的扩展不确定度应不大于称重容罐的最大允许误差的 1/3。

6.2.3 标准流量计应具备良好的稳定性，应修正后使用。

6.2.4 配套设备见表 2

表 2 配套设备

序号	设备名称	技术要求	用 途	备注
1	温度计	（0～50）℃，MPE：±0.2℃	测量介质温度	可二选一
2	密度计	二等标准密度计	测量介质密度	
3	水 泵	/	提供供水水源	如适用

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

示值相对误差

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

7.2.1.1 称重容罐校准示意图如图 1 所示，标准流量计的安装应符合其使用要求，在工作压力下，各部件连接处不应有泄露现象。

7.2.1.2 校准过程中，管路压力需相对稳定，标准流量计避免震动。

7.2.1.3 通常选取称重容罐最大测量值的 10%，50%，100%作为校准点，也可按客户要求选取校准点。

7.2.2 校准程序

7.2.2.1 校准采用启停法，使液体在某恒定流量下连续经过标准流量计并全部进入被校称重容罐，比较标准流量计和被校称重容罐的输出量值，确定被校称重容罐的计量性能。

7.2.2.2 将校准系统连接水源，排空校准系统管道内空气，关闭阀 1 并记录标准流量计初始累积流量示值或清零。

7.2.2.3 排空称重容罐内液体，关闭阀 2，记录称重容罐初始示值或清零。

7.2.2.4 打开阀 1，以适当恒定流量向称重容罐注水，并测量水温，到达预设校准点关闭阀 1，待称重容罐示值稳定后分别记录标准流量计累积流量示值和称重容罐示值，继续打开阀 1，进行下一个点的校准，直到完成所有校准点的校准。

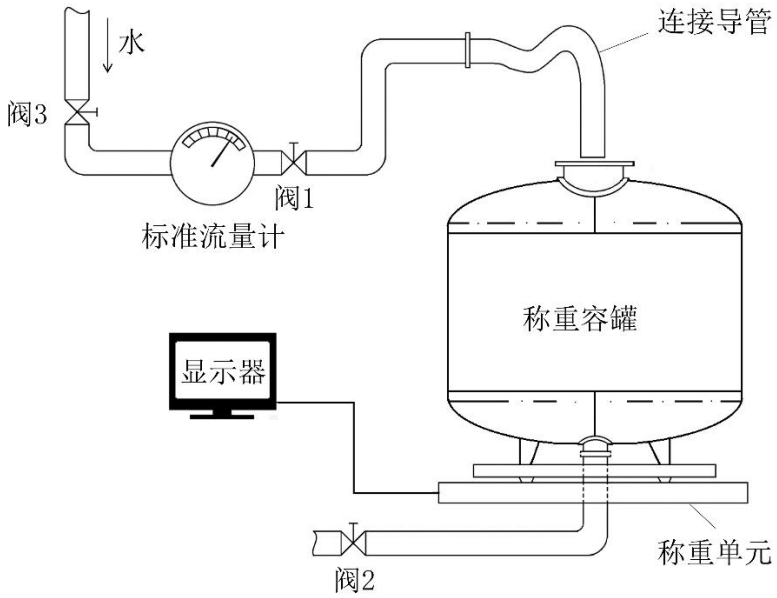

图 1 称重容罐校准示意图

7.2.2.5 如标准流量计没有测温功能，需在标准流量计下游测量水温或者密度并记录示值。

7.2.2.6 重复性测量，按照 7.2.2 校准过程的顺序，进行重复校准，校准次数不少于 3 次。

7.3 数据处理

7.3.1 示值相对误差计算

7.3.1.1 以质量流量计作为标准流量计时的示值相对误差计算按公式（1）：

$$E_{ij} = \frac{M_{ij} - N_{ij}}{N_{ij}} \times 100\% \qquad (1)$$

式中：

E_{ij} ：第 i 校准点第 j 次校准称重容罐的示值相对误差，%；

M_{ij}：第 i 校准点第 j 次校准称重容罐质量示值，kg；

N_{ij}：第 i 校准点第 j 次标准流量计累积流量示值，kg。

7.3.1.2　以容积式流量计或涡轮流量计作为标准流量计时的示值相对误差计算按公式（2）：

$$E_{ij}=\frac{M_{ij}-\rho V_{ij}}{\rho V_{ij}}\times 100\% \qquad (2)$$

式中：

V_{ij}：第 i 校准点第 j 次标准流量计累积流量示值，L；

ρ ：校准时介质密度，kg/ L；

注 1：以上计算不考虑空气浮力影响；

注 2：水温与水密度对照表见附录 D。

7.3.1.3　第 i 校准点称重容罐平均示值相对误差计算按公式（3）：

$$E_i=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}E_{ij} \qquad (3)$$

式中:

E_i ：第 *i* 校准点称重容罐示值相对误差，% ；

n ：校准次数。

7.3.2　测量重复性计算

第 *i* 校准点称重容罐测量重复性计算按公式（4）：

$$(E_r)_i=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n}\left(E_{ij}-\overline{E}_{ij}\right)^2}{n-1}} \qquad (4)$$

式中：

$(E_r)_i$：第 *i* 校准点称重容罐的测量重复性；

E_{ij}：第 i 校准点第 j 次校准称重容罐的示值相对误差，%；

$\overline{E}_{ij}$：第 i 校准点第 j 次校准称重容罐的示值相对误差的平均值，%；

n ：校准次数。

8 校准结果

参考校准记录格式和校准证书（内页）格式见附录 A 和附录 B，校准不确定度评定实例见附录 C。

9 复校时间间隔

称重容罐的复校时间间隔建议为 12 个月，由于复校时间间隔的长短是由称重容罐使用状况及其性能等诸多因素决定， 使用单位可根据称重容罐实际使用频率和管理要求自行合理决定复校的时间间隔。

附录 A

参考校准记录格式

校准日期_____ 委托单位_____

仪器名称_____ 制造厂商_____

型号规格_____ 机身编号_____

环境温度_____℃ 环境湿度_____%RH 大气压力_____kPa

校准地点_____

校准依据_____

本次校准所使用的主要标准器具

名称/型号	编号/标准器有效期至	测量范围/技术指标	溯源机构/证书编号

校准记录

校准用介质：

介质温度：

参比标准值					被校示值（ ）	平均误差（ ）	重复性（ ）	扩展不确定度 U_{rel}（k=2）（ ）
校准点（ ）	温度（ ）	密度（ ）	体积（ ）	质量（ ）				

校准员： 核验员：

附录 B

参考校准证书（内页）格式

B.1 校准依据：

B.2 校准所用主要标准器具：

名称：

不确定度或准确度：

有效期至：_____年____月____日

B.3 校准环境条件、介质：

环境温度		湿度		大气压力	
校准用介质		介质温度		其　　他	

B.4 校准结果

校准点（　　）	平均示值误差（　　）	扩展不确定度 U_{rel}(k=2)(　　)

以下空白

附录 C

不确定度评定实例

C.1 称重容罐示值误差的不确定度评定实例

C.1.1 概述

依据本规范的校准方法，采用液体容积式流量计对称重容罐进行示值误差的测量不确定度评定。

C.1.1.1 标准器

名称：液体容积式流量计，准确度等级：0.2 级，流量范围：（6～60）L/min。

C.1.1.2 被校仪表

名称：称重容罐，准确度等级：1.0 级，称量范围：（100～500）kg。

C.1.1.3 配套设备

名称：密度计，最大允许误差：±0.5kg/m^3

C.1.2 测量模型

$$E = \frac{M-\rho V}{\rho V} \times 100\% \qquad (C.1)$$

式中：

E——称重容罐相对示值误差，%；

M——称重容罐质量示值，kg；

ρ ——流经标准流量计处水的密度，kg/L；

V——液体容积式流量计的容积示值，L。

根据不确定度的合成原理，称重容罐相对示值误差的标准不确定度应按照公

式 （C.2）计算。

$$u_c{}^2 = c_1{}^2 u_m{}^2 + c_2{}^2 u_V{}^2 + c_3{}^2 u_\rho{}^2 \qquad (C.2)$$

其中灵敏系数：

$$c_1 = \frac{1}{\rho V};\ c_2 = -\frac{M}{\rho V^2};\ c_3 = -\frac{M}{\rho^2 V}$$

C.1.3 测量不确定度主要来源

由公式（1）可见，称重容罐示值误差不确定度的主要来源有：

a) 称重容罐测量重复性引入的不确定度u_m

b) 液体容积式流量计最大允许误差引入的不确定度u_V

c) 密度计最大允许误差引入的不确定度u_ρ

C.1.4 标准不确定度的评定

C.1.4.1 称重容罐测量重复性引入的不确定度u_m

用标准流量计对称重容罐进行 10 次测量，其结果见表 1。

表 1 称重容罐测量结果

测量次数	容罐示值（kg）	装置示值（L）	温度（℃）	密度（kg/L）	绝对误差（kg）	平均相对误差（%）
1	100.15	100.13	21.2	0.99795	0.225	0.16
2	100.49	100.52	21.2	0.99795	0.176	
3	100.34	100.36	21.2	0.99795	0.186	
4	100.25	100.28	21.2	0.99795	0.176	
5	100.05	100.13	21.2	0.99795	0.125	
6	100.15	100.24	21.2	0.99795	0.115	
7	100.28	100.28	21.2	0.99795	0.206	
8	99.89	99.98	21.2	0.99795	0.115	
9	99.94	100.04	21.2	0.99795	0.105	
10	100.05	100.13	21.2	0.99795	0.125	
1	250.15	250.23	21.2	0.99795	0.433	0.12
2	250.49	250.72	21.2	0.99795	0.284	
3	250.03	250.32	21.2	0.99795	0.223	
4	250.12	250.34	21.2	0.99795	0.293	
5	249.92	250.02	21.2	0.99795	0.413	
6	249.88	250.12	21.2	0.99795	0.273	

7	250.12	250.36	21.2	0.99795	0.273	
8	250.23	250.52	21.2	0.99795	0.224	
9	250.33	250.52	21.2	0.99795	0.324	
10	250.16	250.38	21.2	0.99795	0.293	
1	500.13	500.72	21.2	0.99795	0.436	0.09
2	500.17	500.82	21.2	0.99795	0.377	
3	500.08	500.87	21.2	0.99795	0.237	
4	500.23	500.88	21.2	0.99795	0.377	
5	500.15	500.66	21.2	0.99795	0.516	
6	500.08	500.58	21.2	0.99795	0.526	
7	499.92	500.46	21.2	0.99795	0.486	
8	499.88	500.41	21.2	0.99795	0.496	
9	500.12	500.68	21.2	0.99795	0.466	
10	500.16	500.74	21.2	0.99795	0.447	

用贝塞尔公式求得的实验标准偏差，计算称重容罐测量重复性引入的不确定度见表 2。

表 2 各校准点的u_m

校准点/kg	u_m/kg
100	0.044
250	0.071
500	0.088

C.1.4.2　液体容积式流量计最大允许误差引入的不确定度u_V

液体容积式流量计准确度为 0.2 级。其最大允许误差为±0.2%读数，按均匀分布估计，$u_V = 0.2\%$读数/$\sqrt{3}$,结果见表 3。

表 3 各校准点的u_V

校准点/kg	u_V/L
100	0.116
250	0.289
500	0.578

C.1.4.3　密度计最大允许误差引入的不确定度u_ρ

密度计最大允许误差：±0.5kg/m^3 ,按均匀分布估计,

$u_\rho = 0.5/\sqrt{3}$ =0.289kg/m^3=0.000289kg/L

C.1.5 合成不确定度计算

C.1.5.1 不确定度分量如表 4

表 4 不确定度分量一览表

序号	不确定度分量来源	校准点/kg	标准不确定分量	灵敏系数
1	称重容罐测量重复性引入的不确定度	100	0.044kg	$0.01kg^{-1}$
		250	0.071kg	$0.004kg^{-1}$
		500	0.088kg	$0.002kg^{-1}$
2	液体容积流量计最大允许误差引入的不确定度	100	0.116L	$-0.01L^{-1}$
		250	0.289L	$-0.004L^{-1}$
		500	0.578L	$-0.002L^{-1}$
3	密度计最大允许误差引入的不确定度	/	0.000289 kg/L	-1 L/kg

C.1.5.2 计算相对合成不确定度u_c

将表 4 中的数据代入公式 2 中，相对合成不确定度 u_c:

校准点/kg	合成不确定度u_c
100	0.13%
250	0.13%
500	0.13%

C.1.6 计算相对扩展不确定度U_{rel}

取包含因子 k=2，则称重容罐示值误差的相对扩展不确定度U_{rel}:

校准点/kg	平均示值误差（%）	扩展不确定度U_{rel}（k=2）（%）
100	0.16	0.26
250	0.12	0.26
500	0.09	0.26

附录 D

水温与水密度对照表

kg/m³

t_{90}/℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	999.843	9.850	9.856	9.862	9.869	9.874	9.880	9.886	9.891	9.897
1	999.902	9.907	9.911	9.916	9.920	9.924	9.928	9.932	9.936	9.940
2	999.943	9.946	9.949	9.952	9.955	9.957	9.959	9.962	9.964	9.965
3	999.967	9.969	9.970	9.971	9.972	9.973	9.974	9.974	9.975	9.975
4	999.975	9.975	9.975	9.974	9.974	9.973	9.972	9.971	9.970	9.968
5	999.967	9.965	9.963	9.961	9.959	9.957	9.954	9.952	9.949	9.946
6	999.943	9.940	9.937	9.933	9.929	9.926	9.922	9.918	9.913	9.909
7	999.904	9.900	9.895	9.890	9.885	9.880	9.874	9.869	9.863	9.857
8	999.851	9.845	9.839	9.833	9.826	9.819	9.813	9.806	9.798	9.791
9	999.784	9.776	9.769	9.761	9.753	9.745	9.737	9.728	9.720	9.711
10	999.703	9.694	9.685	9.676	9.666	9.657	9.648	9.638	9.628	9.618
11	999.608	9.598	9.588	9.577	9.567	9.556	9.545	9.534	9.523	9.512
12	999.500	9.489	9.477	9.466	9.454	9.442	9.430	9.418	9.405	9.393
13	999.380	9.367	9.355	9.342	9.329	9.315	9.302	9.289	9.275	9.261
14	999.247	9.233	9.219	9.205	9.191	9.176	9.162	9.147	9.132	9.118
15	999.103	9.087	9.072	9.057	9.041	9.026	9.010	8.994	8.978	8.962
16	998.946	8.930	8.913	8.897	8.880	8.863	8.846	8.829	8.812	8.795
17	998.778	8.760	8.743	8.725	8.707	8.689	8.671	8.653	8.635	8.617
18	998.598	8.580	8.561	8.542	8.523	8.505	8.485	8.466	8.447	8.427
19	998.408	8.388	8.369	8.349	8.329	8.309	8.288	8.268	8.248	8.227
20	998.207	8.186	8.165	8.144	8.123	8.102	8.081	8.060	8.038	8.017
21	997.995	7.973	7.951	7.929	7.907	7.885	7.863	7.841	7.818	7.796
22	997.773	7.750	7.727	7.704	7.681	7.658	7.635	7.612	7.588	7.564
23	997.541	7.517	7.493	7.469	7.445	7.421	7.397	7.372	7.348	7.323
24	997.299	7.274	7.249	7.224	7.199	7.174	7.149	7.124	7.098	7.073
25	997.047	7.021	6.996	6.970	6.944	6.918	6.891	6.865	6.839	6.812
26	996.786	6.759	6.732	6.706	6.679	6.652	6.624	6.597	6.570	6.543

接下页

表（续）　　kg/m³

t_{90}/℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
27	996.515	6.488	6.460	6.432	6.404	6.376	6.348	6.320	6.292	6.264
28	996.235	6.207	6.178	6.150	6.121	6.092	6.063	6.034	6.005	5.976
29	995.946	5.917	5.888	5.858	5.828	5.799	5.769	5.739	5.709	5.679
30	995.649	5.619	5.588	5.558	5.527	5.497	5.466	5.435	5.404	5.373
31	995.342	5.311	5.280	5.249	5.217	5.186	5.154	5.123	5.091	5.059
32	995.027	4.996	4.963	4.931	4.899	4.867	4.834	4.802	4.769	4.737
33	994.704	4.671	4.638	4.605	4.572	4.539	4.506	4.473	4.439	4.406
34	994.372	4.339	4.305	4.271	4.237	4.204	4.170	4.135	4.101	4.067
35	994.033	3.998	3.964	3.929	3.894	3.860	3.825	3.790	3.755	3.720
36	993.685	3.650	3.614	3.579	3.543	3.508	3.472	3.437	3.401	3.365
37	993.329	3.293	3.257	3.221	3.184	3.148	3.112	3.075	3.039	3.002
38	992.965	2.929	2.892	2.855	2.818	2.781	2.744	2.706	2.669	2.632
39	992.594	2.557	2.519	2.481	2.443	2.406	2.368	2.330	2.292	2.253
40	992.215	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：1 t_{90}为 1990 年国际温标（ITS-90）。
2 水密度值采用 CIPM 2001 推荐计算公式。

注：水温与水密度对照表引用 JJG 86-2011 标准玻璃浮计检定规程附录 A