



中华人民共和国国家计量检定系统表

JJG 2094—2021

密度计量器具

Measuring Instruments for Density

2021-12-28 发布

2022-06-28 实施

国家市场监督管理总局 发布

密度计量器具检定系统表

Verification Scheme of Measuring

Instruments for Density

JJG 2094—2021

代替 JJG 2094—2010

归口单位：全国质量密度计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：上海市计量测试技术研究院

本规程委托全国质量密度计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

王金涛（中国计量科学研究院）

参加起草人：

陈朝晖（中国计量科学研究院）

时文才（中国计量科学研究院）

文慧卿（上海市计量测试技术研究院）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 计量基准	(1)
3 计量标准	(1)
4 工作计置器具	(3)
5 扩展不确定度	(5)
6 密度计量器具检定系统框图	(5)



引 言

本检定系统表以 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1229—2009《质量密度计量名词术语及定义》和 GB/T 17764—2008《密度计的结构和校准原则》为参考，结合我国密度计量的行业状况，对 JJG 2094—2010《密度计量器具》进行了修订。

本检定系统表与 JJG 2094—2010 相比，除了编辑性修改外，本检定系统表主要技术变化如下：

- 增加了固体密度标准；
- 增加了多种类型密度计到固体密度标准的液体静力称量原理溯源方法；
- 修改了密度副基准；
- 修改了液体密度标准的不确定度范围；
- 修改了实验室振动式液体密度计的溯源方法；
- 修改了在线振动管密度计的溯源方法；
- 修改了称量式工作数显密度计的范围和等级文字表达；
- 修改了称量式精密数显密度计溯源方法。

本检定系统表的历次版本发布情况：

- JJG 2094—2010。

密度计量器具检定系统表

1 范围

本检定系统表适用于范围为 $(650\sim 3\,000)\text{ kg/m}^3$ 的密度计量器具的量值传递。它规定了从密度国家基准通过计量标准向工作计量器具传递量值的程序和方法，并给出了相应的扩展不确定度或最大允许误差。本检定系统表为确保密度计量器具达到相应的技术指标和确认其溯源性提供指导。

2 计量基准

密度基准计量器具由固体密度基准和固体密度副基准组成。

2.1 固体密度基准

固体密度基准主要包括单晶硅球、硅球直径测量装置、密度基准量值传递装置。固体密度基准采用绝对测量方法建立，它的量值直接溯源到基本国际单位制的质量和长度单位，是用于复现和统一全国密度量值的最高依据。固体密度基准的测量范围为 $(500\sim 10\,000)\text{ kg/m}^3$ ，其相对扩展不确定度为 $U_{\text{rel}}=2\times 10^{-7}$ ， $k=2$ 。固体密度基准借助密度基准量值传递装置，以液体静力称量法向固体密度副基准传递密度量值，传递量值时的相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}=(4\sim 6)\times 10^{-6}$ ， $k=2$ 。

2.2 固体密度副基准

固体密度副基准主要包括单晶硅球、单晶硅柱、石英球、石英柱和密度基准量值传递装置。固体密度副基准测量范围为 $(650\sim 3\,000)\text{ kg/m}^3$ ，其相对扩展不确定度为 $U_{\text{rel}}=(4\sim 6)\times 10^{-6}$ ， $k=2$ 。固体密度副基准借助密度基准量值传递装置，以液体静力称量法向密度计量标准器具传递密度量值，传递量值时的扩展不确定度 $U=(1\sim 3)\times 10^{-2}\text{ kg/m}^3$ ， $k=2$ 。

3 计量标准

密度标准计量器具按测量原理分为三类。第一类是以阿基米德定律为基础的玻璃浮计，包含一等标准密度计组、二等标准密度计组，一等标准酒精计组、二等标准酒精计组，二等标准石油密度计组，一等标准糖量计组和一等标准海水计组；第二类是基于谐振原理的在线振动管密度标准装置；第三类是基于稳定标准物质的液体密度标准和固体密度标准。

3.1 一等标准密度计组、二等标准密度计组

一等标准密度计组由39支玻璃浮计组成（非连续型），测量范围为 $(650\sim 2\,000)\text{ kg/m}^3$ 。其中 $(650\sim 1\,500)\text{ kg/m}^3$ 密度计组分度值为 0.2 kg/m^3 ，其扩展不确定度 $U=8\times 10^{-2}\text{ kg/m}^3$ ， $k=2$ 。 $(1\,500\sim 2\,000)\text{ kg/m}^3$ 密度计组分度值为 0.5 kg/m^3 ，其扩展不确定度为 $U=2\times 10^{-1}\text{ kg/m}^3$ ， $k=2$ 。此外，一等标准密度计组相邻浮计密度值是非连续的，为方便使用可自行配备密度计以实现断点测量；一等标准密度计组借助

对应密度值的检定溶液，以直接比较法向二等标准密度计组、二等标准石油密度计组、工作密度计、精密密度计、工作石油密度计、精密石油密度计、波美计、乳汁计、称量式数显液体密度计及其他工作玻璃浮计传递密度量值，用于传递量值时的扩展不确定度 $U=1.5\times 10^{-1}\text{ kg/m}^3$, $k=2$ 。二等标准密度计组测量范围为 (650~1 500) kg/m^3 ，分度值为 0.5 kg/m^3 ，其扩展不确定度为 $U=2\times 10^{-1}\text{ kg/m}^3$ ， $k=2$ 。二等标准密度计组借助对应密度值的检定溶液，以直接比较法向工作密度计传递密度量值。

3.2 一等标准酒精计组、二等标准酒精计组

一等标准酒精计组由 10 支玻璃浮计组成， q 的测量范围为 0~100% (q 表示酒精水溶液体积百分浓度)，分度值为 0.1%，其扩展不确定度为 $U=0.04\%$ ， $k=2$ ；一等标准酒精计组借助对应密度值的检定溶液，以直接比较法向二等标准酒精计组和工作酒精计传递密度量值，用于传递量值时的扩展不确定度 $U=0.08\%$ ， $k=2$ 。二等标准酒精计组由 5 支玻璃浮计组成， q 的测量范围为 0~100%，分度值为 0.2%，其扩展不确定度为 $U=0.08\%$ ， $k=2$ ；二等标准酒精计组借助对应密度值的检定溶液，以直接比较法向工作酒精计传递密度量值。

3.3 一等标准糖量计组

一等标准糖量计组由 8 支玻璃浮计组成， p 的测量范围为 0~80% (p 表示糖溶液质量百分浓度)，分度值为 0.1%，其扩展不确定度为 $U=0.03\%$ ， $k=2$ ；一等标准糖量计组借助对应密度值的检定溶液，以直接比较法向工作糖量计传递密度量值。

3.4 一等标准海水计组

一等标准海水计组由 5 支玻璃浮计组成，测量范围为 1.000 0~1.040 0 (无量纲单位，单位为 1)，分度值为 0.0001，其扩展不确定度为 $U=4\times 10^{-5}$ ， $k=2$ 。一等标准海水计组借助对应密度值的检定溶液，以直接比较法向工作海水密度计传递密度量值。

3.5 二等标准石油密度计组

二等标准石油计组由 10 支玻璃浮计组成，测量范围为 (600~1 100) kg/m^3 ，分度值为 0.5 kg/m^3 ，其扩展不确定度为 $U=1.5\times 10^{-1}\text{ kg/m}^3$ ， $k=2$ 。[本检定系统表不含 (600~650) kg/m^3 石油密度段的量值传递]。二等标准石油密度计组借助对应密度值的检定溶液，以直接比较法向工作石油密度计传递密度量值。

3.6 在线振动管密度标准装置

在线振动管密度标准装置的测量方法之一是利用液体密度标准进行量值传递，其测量范围为 (650~1 400) kg/m^3 ，其 (标准装置) 扩展不确定度为 $U=8\times 10^{-2}\text{ kg/m}^3$ ， $k=2$ 。在线振动管密度标准装置借助在线振动式液体密度计检定装置，以直接比较法向在线振动管密度计传递密度量值。

注：在线振动管密度标准装置中对于 1.0 级和 2.0 级在线振动管密度计也可采用溯源到质量和体积单位的压力密度瓶进行量值传递，一等密度计组作为标准器也可在标准装置中对 1.0 级及 2.0 级在线振动管密度计进行量值传递。

3.7 液体密度标准

液体密度标准测量范围为 (650~2 000) kg/m^3 ，扩展不确定度 $U=(1\sim 3)\times 10^{-2}\text{ kg/m}^3$ ， $k=2$ 。液体密度标准借助标准液体，以直接比较法向在线振动管密度标

准装置、实验室振动式液体密度仪、称量式数显液体密度计传递密度量值，用于传递量值时的扩展不确定度 $U=8\times 10^{-2}\text{ kg/m}^3$ ， $k=2$ 。

3.8 固体密度标准

固体密度标准装置的量值通过液体静力称量原理溯源到固体密度副基准，测量范围 $(500\sim 10\,000)\text{ kg/m}^3$ ，相对扩展不确定度为 $U_{\text{rel}}=(2\sim 3)\times 10^{-5}$ ， $k=2$ 。固体密度标准借助液体静力称量装置，以液体静力称量法向二等标准密度计组、二等标准酒精计组、二等标准石油密度计组、工作密度计、精密密度计、工作石油密度计、精密石油密度计、工作酒精计、精密酒精计、工作糖量计、工作海水密度计、波美计、乳汁计、土壤密度计、重液密度计及其他工作玻璃浮计传递密度量值，用于传递量值时的扩展不确定度 $U=1.5\times 10^{-1}\text{ kg/m}^3$ ， $k=2$ 。

4 工作计量器具

密度工作计量器具按测量原理可分为两类。第一类是以阿基米德定律为基础的玻璃浮计，包含工作密度计、精密密度计、工作石油密度计、精密石油密度计、酒精计、精密酒精计、糖量计、乳汁计、海水密度计、波美计、土壤密度计、称量式数显液体密度计、重液密度计等。第二类是基于振动管原理的在线振动管密度计和实验室振动式液体密度计等。

4.1 工作密度计、精密密度计

工作密度计的测量范围为 $(650\sim 2\,000)\text{ kg/m}^3$ ，其中 $(650\sim 1\,500)\text{ kg/m}^3$ 密度段有 0.5 kg/m^3 、 1 kg/m^3 和 2 kg/m^3 三种分度值，最大允许误差为 ± 1 个分度，可用一等标准密度计组或二等标准密度计组进行量值传递，或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递。 $(1\,500\sim 2\,000)\text{ kg/m}^3$ 密度段有 1 kg/m^3 和 2 kg/m^3 两种分度值，最大允许误差为 ± 1 个分度，可用一等标准密度计组进行量值传递，或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递。精密密度计的测量范围为 $(650\sim 2\,000)\text{ kg/m}^3$ ，其中 $(650\sim 1\,500)\text{ kg/m}^3$ 的分度值为 0.2 kg/m^3 ， $(1\,500\sim 2\,000)\text{ kg/m}^3$ 密度段的分度值为 0.5 kg/m^3 ，精密密度计的最大允许误差为 ± 1 个分度，用一等标准密度计组进行量值传递，或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递。

4.2 工作石油密度计、精密石油密度计

工作石油密度计的测量范围为 $(600\sim 1\,100)\text{ kg/m}^3$ ，分度值有 0.5 kg/m^3 、 1.0 kg/m^3 两种，分度值为 0.5 kg/m^3 的工作石油密度计最大允许误差为 ± 0.6 个分度，分度值为 1.0 kg/m^3 的工作石油密度计的最大允许误差为 ± 1 个分度，用二等标准石油密度计组或一等标准密度计组进行量值传递，或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递；精密石油密度计的测量范围为 $(600\sim 1\,100)\text{ kg/m}^3$ ，分度值为 0.2 kg/m^3 ，最大允许误差为 ± 1 个分度，用一等标准密度计组进行量值传递，或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递 [本检定系统表不含 $(600\sim 650)\text{ kg/m}^3$ 石油密度段的量值传递]。

4.3 工作酒精计、精密酒精计

工作酒精计的 q 的测量范围为 $0\sim 100\%$ (q 表示酒精水溶液体积百分浓度)，分度

值有 0.5% 和 1% 两种, 可用一等标准酒精计组或二等标准酒精计组通过直接比较法进行量值传递, 或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递; 精密酒精计的 q 的测量范围 0~100%, 分度值有 0.1%、0.2% 两种, 用一等标准酒精计组进行量值传递, 或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递。两种酒精计的最大允许误差均为 ± 1 个分度值。

4.4 工作糖量计

工作糖量计的 p 的测量范围为 0~80% (p 表示糖溶液质量百分浓度), 分度值有 0.1%、0.2%、0.5% 和 1% 几种, 最大允许误差为 ± 1 个分度值, 用一等标准糖量计直接检定或用一等标准密度计组、二等标准密度计组经量值换算进行量值传递, 或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递。

4.5 工作海水密度计

工作海水密度计的测量范围为 1.0000~1.0400 (无量纲单位, 单位为 1), 分度值为 0.0001 和 0.001, 最大允许误差为 ± 1 个分度值, 用一等标准海水计组进行量值传递, 或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递。

4.6 波美计

波美计的测量范围为 (0~70) Bh (波美度), 波美计的分度值有 0.1 Bh、0.2 Bh、0.5 Bh 和 1 Bh 几种, 最大允许误差为 ± 1 个分度值。用一等标准密度计组、二等标准密度计组经单位换算进行量值传递, 或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递。

4.7 乳汁计

乳汁计的测量范围为 (15~40) m° (m° 表示乳汁度), 分度值为 1 m° 和 (1 015~1 040) kg/m^3 , 分度值为 0.2 kg/m^3 、0.5 kg/m^3 和 1.0 kg/m^3 , 最大允许误差均为 ± 1 个分度值。乳汁计用一等标准密度计组、二等标准密度计组通过直接比较法检定进行量值传递, 或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递。

4.8 土壤密度计

甲种土壤密度计的测量范围为 (-5~50) s° (土壤度), 分度值为 0.5 s° , 乙种土壤密度计的测量范围为 0.995~1.030 (无量纲单位, 单位为 1), 分度值为 0.000 2 和 0.000 5。甲种土壤密度计和乙种土壤密度计的最大允许误差均为 ± 1 个分度值, 用一等标准密度计组进行量值传递, 或由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递。

4.9 重液密度计

重液密度计的测量范围为 (2 000~3 000) kg/m^3 , 分度值有 1 kg/m^3 、2 kg/m^3 、10 kg/m^3 等, 最大允许误差为 ± 1 个分度值, 由固体密度标准通过液体静力称量法进行量值传递。

4.10 在线振动管密度计

在线振动管密度计利用在线振动管密度标准装置进行量值传递, 其测量范围为 (650~1 400) kg/m^3 , 准确度等级为 0.2 级、0.5 级、1.0 级、2.0 级。

4.11 实验室振动式液体密度仪

实验室振动式液体密度仪是利用液体密度标准进行量值传递, 其测量范围为 (650~

2 000) kg/m^3 , 其扩展不确定度为 $(3\sim 80) \times 10^{-2} \text{ kg}/\text{m}^3$, $k=2$ 。利用一等密度计组测量液体的不确定度达到被检仪器允许误差的 $1/3$ 时, 可以使用一等密度计组进行量值传递。

4.12 称量式数显液体密度计

利用测力传感器将浸没于被测液体中的一定体积的浮子所受的浮力转变为电信号并输出到显示仪表中, 进而显示出液体密度量值的测量仪表。其测量范围为 $(650\sim 2\,000) \text{ kg}/\text{m}^3$, 准确度级别为 0.1 级、0.2 级、0.5 级、1.0 级、10 级。0.1 级和 0.2 级用液体密度标准进行量值传递, 0.5 级、1.0 级和 10 级用一等标准密度计或液体密度标准进行量值传递。

4.13 其他工作玻璃浮计

包括胶化、尿液、焊液、植物油、蓄电池等行业专用密度计。测量范围: $(650\sim 1\,500) \text{ kg}/\text{m}^3$, 分度值一般较大, 最大允许误差为 ± 1 个分度。

5 扩展不确定度

由于制造工艺和使用要求的限制, 玻璃浮计的扩展不确定度是以分度值的大小来确定的, 相邻两个等级之间的扩展不确定度比值 $2\sim 3$, 标准装置的不确定度与被评定仪器的最大允许误差满足以下关系: $U_{95} \leq | \text{MPE} | / 2$ 。

其他类型密度计标准装置的不确定度与被评定仪器的最大允许误差满足以下关系: $U_{95} \leq | \text{MPE} | / 3$ 。

6 密度计量器具检定系统框图

密度计量器具检定系统框图见表 1。

6

[illegible]