



JJF XXXX-XXXX

钻井液密度计校准规范

Calibration specification of drilling fluid density mete

（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

钻井液密度计校准规范

Calibration specification

JJF XXXX-XXXX

of drilling fluid density mete

归 口 单 位： 全国石油专用计量测试技术委员会

主要起草单位：中国石油化工股份有限公司山东胜工检测技术有限公司

参加起草单位：中石化胜利石油工程公司、中国石化股份有限公司西北油田分公司工程技术管理部、中石化胜利石油工程公司井下作业公司、中石化胜利石油工程公司渤海钻井总公司、中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司安全环保质量管理部

本规范委托全国石油专用计量测试技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

何立成（中石化胜利石油工程公司）

刘湘华（中国石油化工股份有限公司西北油田分公司工程技术管理部）

刘业文（中石化胜利石油工程公司渤海钻井总公司）

参加起草人：

鲁金峰（山东胜工检测技术有限公司）

宋东旭（山东胜工检测技术有限公司）

王俊涛（山东胜工检测技术有限公司）

李 剑（中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司安全环保质量管理部）

目 录

引言 ………………………………………………………………………………… （Ⅱ）

1 范围 …………………………………………………………………………………（1）

2 规范性引用文件 …………………………………………………………………（1）

3 术语 ………………………………………………………………………………（1）

[4 概述 ………………………………………………………………………………（1）](#_Toc91170701)

[4.1 原理………………………………………………………………………………（1）](#_Toc91170702)

[4.2 结构………………………………………………………………………………（1）](#_Toc91170703)

[5 计量特性……………………………………………………………………………（1）](#_Toc91170704)

[5.1 外观………………………………………………………………………………（1）](#_Toc91170705)

[5.2 水准泡……………………………………………………………………………（1）](#_Toc91170706)

[5.3 钻井液杯容量……………………………………………………………………](#_Toc91170707)（1）

[5.4 灵敏限……………………………………………………………………………（1）](#_Toc91170708)

[6 校准条件……………………………………………………………………………](#_Toc91170710)（3）

[7 校准项目和校准方法………………………………………………………………（3）](#_Toc91170711)

[7.1 校准项目…………………………………………………………………………（4）](#_Toc91170712)

[7.2 校准方法…………………………………………………………………………](#_Toc91170713)（4）

[8 校准结果处理………………………………………………………………………（5）](#_Toc91170714)

[9 复校时间间隔………………………………………………………………………（5）](#_Toc91170715)

[附录A 纯水在标准大气压下的密度值………………………………………………（6）](#_Toc91170716)

[附录B 钻井液密度计示值误差测量不确定度评定与表示…………………………（7）](#_Toc91170717)

[附录C 钻井液密度计校准记录格式 …………………………………………………（9）](#_Toc91170722)

[附录D 钻井液密度计校准证书格式…………………………………………………（10）](#_Toc91170723)

引  言

本规范依据JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范规定了钻井液密度计（以下简称“密度计”）的使用范围、钻井液密度计是在钻井工程中测量钻井液、固井密度，包括泥浆、水泥浆，专用的泥浆测试仪器。

钻井液密度计校准规范

* 1. 范围

本规范规定了钻井液密度计（以下简称“密度计”）的范围、规范性引用文件、术语、计量特性、校准条件，描述了校准方法，给出了校准结果处理和校准间隔。

本规范适用于密度计新制造、使用中和修理后的校准。

* 1. 规范性引用文件

下列规范中的内容通过文中的规范性引用而构成本规范必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本规范；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。

GB/T 1146 水准泡

SY/T 6676 钻井液密度计校准方法

* 1. 术语

下列术语适用于本规范。

灵敏限sensitive limit

灵敏限是将密度计清洗晾干，在杯中放入M1级砝码，移动游码至上限值附近，使杠杆平衡（气泡位于中线），放入用于打破平衡的最小质量砝码。

参照点reference point

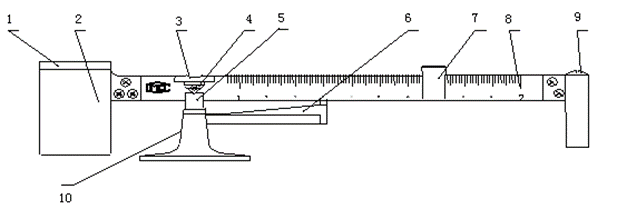
选取仪器量程中刻度为1.00g/cm³出为参照点，仪器量程中无刻度为1.00g/cm³的，选取量程下线为参照点。

* 1. 概述
     1. 原理

密度计基于平衡原理，杠杆左端为钻井液杯，右端为平衡柱、游码，游码沿杠杆移动保持平衡，最后通过计算得出密度计钻井液杯容量误差和示值误差。

* + 1. 结构

密度计结构见图1



标引序号说明：

1 ——杯盖；

2 ——钻井液杯；

3 ——水准泡；

4 ——刀口；

5 ——刀承；

6 ——支撑臂；

7 ——游码；

8 ——杠杆；

9 ——平衡柱；

10——底座。

1. 钻井液密度计（示意图）
   1. 计量特性
      1. 外观

密度计应标明名称及型号、分度值、制造厂名、制造编号、制造年月。

钻井液杯、杯盖、杠杆和底座应有统一的出厂编号配套使用。

密度计表面应光洁，不得有剥落、碰伤及划痕。

杠杆上的刻度应清晰，刻线垂直于杠杆，间隔应均匀，分度值为0.01 g/cm3。

紧固件不得有松动、损伤。

刀口和刀承应光洁，不得有毛刺、裂纹和显见的砂眼。刀口和刀承接触后，杠杆摆动灵活。

游码在杠杆上移动应平稳、灵活。

杯盖与杯口配合应适中、盖孔畅通。

底座的底面应平整。

* + 1. 水准泡

普通式管状水准泡，应符合GB/T 1146的规定，与密度计杠杆安装时保持水平。

* + 1. 钻井液杯容量

钻井液杯容量为140 mL±1 mL，适用于本标准五种规格的密度计。

* + 1. 灵敏限

密度计的灵敏限应符合表1的规定。

* + 1. 示值误差

密度计的示值误差应符合表2的规定。

1. 灵敏限

| 测量范围 /（g/cm³） | 灵敏限 /g |
| --- | --- |
| 0.10-1.50 | ≤0.6 |
| 0.96-2.00 | ≤0.7 |
| 0.76-2.40 | ≤1.0 |
| 0.96-3.00 | ≤1.4 |
| 1.30-3.00 | ≤1.2 |

1. 示值误差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量范围 /（g/cm³） | | | | | 示值误差  /（g/cm³） |
| 0.10-1.50 | 0.96-2.00 | 0.70-2.40 | 0.96-3.00 | 1.30-3.00 |
| 校准点 /（g/cm³） | | | | |
| 0.10 | — | — | — | — | ±0.01 |
| 0.50 | — | 0.70 | — | — |
| 1.00\* | 1.00\* | 1.00\* | 1.00\* | — |
| 1.30 | 1.30 | 1.50 | 1.50 | 1.30\* |
| 1.50\* | 1.50 | 2.00 | 2.00 | 1.50 |
| — | 1.75 | 2.40\* | 2.40 | 1.75 |
| — | 2.00\* | — | 3.00\* | 2.40 |
| — | — | — | — | 3.00\* |
| **\***参照点或上限值。 | | | | | |

* 1. 校准条件
     1. 环境条件

环境温度：20 ℃±5 ℃

环境湿度：≤75%

* + 1. 校准设备

1. 校准设备的配置

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 名称 | 技术要求 |
| 标准器 | 电子天平 | 最大量程500g,读数精度0.001g |
| 砝码 | M1 级、克组、毫克组 |
| 配套设备 | 温度计 | 最小分度值：0.1 ℃，量程0 ℃～50 ℃，允差±0.2 ℃ |
| 烧杯 | 标称容量：200 mL |
| 校准介质 | 纯水 | ≥500 mL |

* 1. 校准项目和校准方法
     1. 校准项目

校准项目见表4.

1. 密度计校准项目表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 新制造 | 使用中 | 修理后 |
| 1 | 外观 | + | + | + |
| 2 | 水准泡 | + | - | - |
| 3 | 钻井液杯容量 | + | + | + |
| 4 | 灵敏限 | + | - | - |
| 5 | 示值误差 | + | + | + |
| “+”表示应校准，“-”表示可不校准。 | | | | |

* + 1. 校准方法
       1. 外观

新制造的密度计应符合5.1的规定；使用中和修理后的密度计不能有影响计量性能的缺陷。

* + - 1. 水准泡

新制造、修理的密度计，水准泡应符合5.2的要求。

* + - 1. 钻井液杯容量

将钻井液杯及杯盖洗净晾干，向杯内缓慢注满蒸馏水，除去气泡，轻轻旋转，盖严杯盖，擦干杯及杯盖外表面，取下杯盖，将杯盖底面的蒸馏水刮入杯内，将杯内蒸馏水倒入烧杯内，用天平称量蒸馏水质量，再加上杯及杯盖内表面的残留量（一般胶木制杯取0.21 g,金属制杯取0.32 g）,得出杯容纳蒸馏水的质量；再用温度计测水温，查水密度值表（参见附录A），按式（1）计算钻井液杯容量。

()

式中：

 ——钻井液杯容量，单位为毫升（mL）；

——钻井液杯内蒸馏水的质量，单位为克（g）；

——钻井液杯和杯盖内的残留量，单位为克（g）；

 ——钻井液杯内蒸馏水的密度值，单位为克每立方厘米（g/cm3）。

计算得出的杯容量，应符合5.3的要求。

* + - 1. 灵敏限

将密度计清洗晾干，在杯中放入M1级砝码，移动游码至上限值附近，使杠杆平衡（气泡位于中线）；在杯盖的中心加放能打破杠杆平衡即肉眼观察气泡移动的砝码质量，该质量值为密度计的灵敏限，应符合表1的规定。

* + - 1. 示值误差
         1. 校准点的确定

首次校准和修理后的密度计，按表2规定的五个点校准；使用中的密度计，按表2规定带星号的两点校准。

* + - * 1. “1.00 g/cm3”的校准

“1.00 g/cm3”的校准应符合以下要求：

将密度计各部位洗净、擦干。向杯内缓慢注满蒸馏水，除去气泡，轻轻旋转，盖严杯盖，擦干杯及杯盖外表面。将刀口轻轻放置在刀承上，移动游码，对准“1.00 g/cm3”，若不平衡，可增减平衡柱内的铅粒，使杠杆平衡（气泡位于中线）。

将杯内蒸馏水倒入烧杯内，用天平称量蒸馏水质量，再加上杯及杯盖内表面的残留量（一般胶木制杯取0.21 g，金属制杯取0.32 g）,得出杯容纳蒸馏水的总质量，用M表示。

* + - * 1. 其他点校准

其他点校准应符合以下要求：

1. 将钻井液杯洗净、擦干。在杯内放入“M×n”( M—钻井液杯容纳蒸馏水质量；n—密度计校准点的数值)相应质量的M1级砝码，盖上杯盖。将刀口轻轻放置在刀承上，在杯盖中心放上差值砝码（“M×n”减去相应的M1级砝码的差值），移动游码，使杠杆平衡（气泡位于中线），记录测得值。

以同样方法，重新放置M1级砝码和差值砝码，进行第二次和第三次校准，三次测得值的平均值与对应点的差值，应符合表2的规定。

* 1. 校准结果

密度计校准结果应符合附录C的格式，属于资料性附录。

密度计校准证书应符合附录D的格式，属于资料性附录。

* 1. 复校时间间隔

建议复校时间间隔为6个月。由于复效时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复效时间间隔。



附录A

纯水在标准大气压下的密度值

纯水在标准大气压下的密度值见表A.1。

* 1. 纯水在标准大气压下的密度值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 温度 /℃ | 密度值 /（g/cm3） |  | 温度 /℃ | 密度值 /（g/cm3） |
| 4 | 0.99997 |  | 25 | 0.99704 |
| 5 | 0.99996 |  | 26 | 0.99678 |
| 6 | 0.99994 |  | 27 | 0.99651 |
| 7 | 0.99990 |  | 28 | 0.99623 |
| 8 | 0.99985 |  | 29 | 0.99594 |
| 9 | 0.99978 |  | 30 | 0.99565 |
| 10 | 0.99970 |  | 31 | 0.99534 |
| 11 | 0.99960 |  | 32 | 0.99502 |
| 12 | 0.99950 |  | 33 | 0.99470 |
| 13 | 0.99938 |  | 34 | 0.99437 |
| 14 | 0.99924 |  | 35 | 0.99403 |
| 15 | 0.99910 |  | 36 | 0.99368 |
| 16 | 0.99894 |  | 37 | 0.99333 |
| 17 | 0.99877 |  | 38 | 0.99296 |
| 18 | 0.99859 |  | 39 | 0.99259 |
| 19 | 0.99840 |  | 40 | 0.99221 |
| 20 | 0.99820 |  | 41 | 0.99183 |
| 21 | 0.99799 |  | 42 | 0.99143 |
| 22 | 0.99777 |  | 43 | 0.99103 |
| 23 | 0.99754 |  | 44 | 0.99063 |
| 24 | 0.99730 |  | 45 | 0.99021 |

附录B

钻井液密度计示值误差测量不确定度评定与表示

钻井液密度计示值误差测量不确定度评定

* + 1. 测量方法

向杯内缓慢注满蒸馏水，除去气泡，轻轻旋转，盖严杯盖，擦干杯及杯盖外表面，取下杯盖，将杯盖底面的蒸馏水刮入杯内，将杯内蒸馏水倒入烧杯内，用天平称量蒸馏水质量，再加上杯及杯盖内表面的残留量（一般胶木制杯取0.21 g，金属制杯取0.32 g），得出杯容纳蒸馏水的质量，再用温度计测水温，查询水的密度值按公式计算出钻井液杯的容量，应符合140 ml±1 ml。首先对1.00 g/cm3进行校准，将密度计各部位清洗擦干，向杯内缓慢注满蒸馏水，除去气泡，轻轻旋转，盖严杯盖，擦干杯及杯盖外表面，将刀口轻轻放在刀承上，移动游码，对准“1.00 g/cm3”，若不平衡，可增减平衡柱内的铅粒，使杠杆平衡（气泡位于中线）。将杯内蒸馏水倒入烧杯内，用天平称量蒸馏水质量，再加上杯及杯盖内表面的残留量（一般胶木制杯取0.21 g，金属制杯取0.32 g），得出杯容纳的总质量。再对其他点进行校准，将钻井液杯擦干净，在杯内放入与相应质量的M1级砝码，盖上杯盖，将刀口轻轻放在刀承上，在杯盖中心放上差值砝码，移动游码，使杠杆平衡（气泡位于中线），记录测得值。以同样方法重新放置M1级砝码和差值砝码，进行第二次和第三次校准，三次测得值的平均值与对应点的差值应符合密度计示值误差的规定。

* + 1. 测量条件

测量条件应符合以下要求：

1. 环境温度：20 ℃±5 ℃；

相对湿度：≤75%；

校准介质：纯水；

* + 1. 钻井液密度计示值误差测量模型

测量模型以基本误差的形式给出：

(B.1)

式中：

——示值误差，单位为克每立方厘米（g/cm3）；

——校准点上的被校示值，单位为克每立方厘米（g/cm3）；

 ——校准点上的标准值，单位为克每立方厘米（g/cm3）。

示值误差不确定度评定

示值误差测量不确定度的来源为以下三方面：

1. 钻井液密度计示值引入的标准不确定度。

天平溯源引入的标准不确定度。

环境温度引入的不确定度。

* + 1. 钻井液密度计示值引入的标准不确定度

以测量范围为0.96 g/cm3～3.0 g/cm3的钻井液密度计为例，选择3.00 g/cm3位置在重复性条件下进行6次测量，测量结果见表B.1。

* 1. 测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 示值（g/cm3） | 3.004 | 3.004 | 3.000 | 3.002 | 3.002 | 3.002 |

各点测量值的算术平均值为：

(B.2)

式中：

 ——算数平均值，单位为克每立方厘米（g/cm3）；

——校准点上的被校示值，单位为克每立方厘米（g/cm3）。

由贝塞尔公式，得出单次实验标准偏差：

(B.3)

式中：

——单次实验标准偏差，单位为克每立方厘米（g/cm3）；

——校准点上的被校示值，单位为克每立方厘米（g/cm3）；

 ——算数平均值，单位为克每立方厘米（g/cm3）。

由示值重复性引入的相对不确定度分量如下所示，均为正态分布：

(B.4)

* + 1. 天平溯源引入的标准不确定度

根据电子天平校准证书最大允许误差为±0.001 g，最大量程为500g，可视为矩形分布，即 ，因为称量采用的是直接法，所以天平溯源引入的相对不确定度为：

(B.5)

* + 1. 环境温度引入的不确定度

环境温度因素包括：温度测量误差和测量过程中的环境温度波动两个方面，环境温度变化对钻井液密度计测量值影响不显著，此项可以忽略，即：

(B.6)

合成标准不确定度

上述标准不确定度分量是互不相关的，合成标准不确定度为：

(B.7)

扩展不确定度

计算钻井液密度计示值误差扩展不确定度，包含概率95%，取包含因子 2，则误差扩展不确定度为：

(B.8)

附录C

钻井液密度计校准记录格式

钻井液密度计校准记录格式见表C.1。

* 1. 钻井液密度计校准记录

样品编号： 记录编号：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **计量器具信息** | | | | | | | | | | | | |
| 计量器具名称 | | |  | | | | 校准编号 | | | |  | |
| 委托单位 | | |  | | | | | | | | | |
| 型号/规格 | | |  | | | | 制造厂家 | | | |  | |
| 出厂编号 | | |  | | | | 准确度等级 | | | |  | |
| **计量标准信息** | | | | | | | | | | | | |
| 技术依据 | | |  | | | | | | | | | |
| 所用的计量标准名称 | | |  | | | | 校准方法 | | | |  | |
| 标准器送检日期 | | |  | | | | 标准器校准单位 | | | |  | |
| 标准器测量范围 | | | | | | |  | | | | | |
| 标准器不确定度/准确度等级/最大允许误差 | | | | | | |  | | | | | |
| 计量标准考核证书编号 | | | | | | |  | | | | | |
| 计量标准考核证书有效期 | | | | | | |  | | | | | |
| **校准记录** | | | | | | | | | | | | |
| 温度要求20 ℃±5 ℃ | | | ℃ | | | | 湿度要求≤75% RH | | | | % RH | |
| 校准日期 | | | 年 月 日 | | | | 校准地点 | | | |  | |
| 钻井液杯容量 /mL | | |  | | | | 测量范围 /（g/cm3） | | | |  | |
| 水准泡 | | |  | | | | 灵敏限 | | | |  | |
| 外观检查 | | |  | | | | | | | | | |
| 示值误差校准 | 校准点 | M1级砝码  质量 /g | | 修正砝码质量 /g | 测得值 /（g/cm3） | | | | | 示值误差  /（g/cm3） | | 测量结果不确定度 |
| 1 | 2 | | 3 | 平均值 |  | |  |
|  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |
| 校准人 | |  | | | 核验人 | | | | |  | | |

附录D  
  
 钻井液密度计校准证书格式

钻井液密度计校准证书格式见表D.1和表D.2。

* 1. 钻井液密度计校准证书正面格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **校准证书**  证书编号：   |  |  | | --- | --- | | 送检单位： |  | | 器具名称： |  | | 型号规格： |  | | 测量范围： |  | | 出厂编号： |  | | 制造单位： |  | | 校准依据： |  |   批准人：  核验人：  校准人：  校准日期： | | |
|  | 本证书出具的的检测数据通过国家计量检定系统可溯源至国家计量基（标）准。  地址：  电话：邮箱：  第1页，共2页 |  |

* 1. 钻井液密度计校准证书背面格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 本次校准所使用的计量标准装置均溯源至国家计量基准   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 校准所使用的计量标准装置名称 | 计量标准证书号 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 校准地点 | |  |  |  |  |  | | 校准时的环境条件 | | 温度： ℃；湿度： RH ；其他： | | |   校准结果  外观检查：  钻井液杯容量 /mL：  水准泡：  灵敏限 /g：   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 校准点 | 技术要求 | 校准结果 | 测量结果不确定度 | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |   以下空白。   |  | | --- | |  |   声明：  第2页，共2页 |

