《钻井液密度计校准规范》

编写说明

（征求意见稿）

《钻井液密度计校准规范》起草工作组

二○二三年六月十五日

《钻井液密度计校准规范》  
（征求意见稿）

编写说明

**一、任务来源及工作简要过程**

1、任务来源

本标准根据市监计量发[2022]70号文件《市场监管总局办公厅关于印发2022年国家计量技术规范项目制定、修订及宣贯计划的通知》的要求，制定钻井液密度计校准规范。任务下达时间2022年7月。设立申报国家计量技术规范项目《钻井液密度计校准规范》，负责起草单位为中石化胜利石油工程有限公司山东胜工检测技术有限公司，计划于2023年12月底完成标准修订任务。

2、编写背景

以标准SY/T 6676《钻井液密度计校准方法》内容为基础，展开制定工作。SY/T 6676《钻井液密度计校准方法》发布实施已十余年，已然成为一套技术性可靠、校准数据稳定的成熟的计量校准方法。然而，随着《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》的实施，再结合近年来《JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则》、《JJF 1033-2016 计量校准考核规范》等关于计量校准工作的基础性规范文件相应变化，以前的标准技术内容、格式已经不适应新的需求。按照要求现对行业标准《钻井液密度计校准方法》进行重新制定规范,使规范内容更科学、合理。在行业标准基础上提升为国家技术规范。

3、工作过程

本标准制修订任务下达后，山东胜工检测技术有限公司于2022年7月22日成立了《钻井液密度计校准规范》起草工作组。

在标准起草过程中，工作组成员对相关的国家标准、行业标准、技术规范进行了广泛搜集和认真研究，2022年11月中旬完成了标准草案，并于2023年6月15日对标准草案做了进一步的修改和完善，形成了征求意见稿。

4、主要参加单位和工作组成员

主要参加单位和工作组成员见表1：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 参加单位 | 成员姓名 | 主要分工 | 备注 |
| 1 | 中石化胜利石油工程公司 | 何立成 | 项目负责 |  |
| 2 | 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 | 刘湘华 | 项目协调 |  |
| 3 | 中石化胜利石油工程公司渤海钻井总公司 | 刘业文 | 标准制定 |  |
| 4 | 山东胜工检测技术有限公司 | 鲁金峰 | 标准参与 |  |
| 5 | 山东胜工检测技术有限公司 | 宋东旭 | 标准参与 |  |
| 6 | 山东胜工检测技术有限公司 | 王俊涛 | 标准参与 |  |
| 7 | 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 | 李剑 | 标准参与 |  |

**二、编写原则**

本标准按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》和《JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则》给出的规则起草，对《钻井液密度计校准规范》进行制订。

以计量法律法规为依据，根据现场使用情况，遵循服务生产、操作有效、避免差异等原则，对钻井液密度计的校准规范进行编写。

**三、编制内容说明如下：**

1、本规范规定了范围

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、术语和定义、计量特性、校准条件，描述了校准方法，同时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。

本规范规定了规范性引用文件

本规范引用了以下标准

GB/T 1146 水准泡

SY/T 6676 钻井液密度计校准方法

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

3、本规范规定了以下术语

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。

4、规定了仪器的原理和结构（见第4章）

5、本规范规定了主要计量特性

5.1外观

5.1.1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。

5.1.2钻井液杯、杯盖、杠杆和底座应有统一的出厂编号配套使用。

5.1.3密度计表面应光洁，不得有剥落、碰伤及划痕。

5.1.4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。

5.1.5紧固件不得有松动、损伤。

5.1.6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。

5.1.7游码在杠杆上移动应平稳、灵活。

5.1.8杯盖与杯口配合应适中、盖孔畅通。

5.1.9底座的底面应平整。

5.2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。

5.3钻井液杯容量

钻井液杯容量为140 mL±1 mL，适用于本校准规范五种规格的密度计。

5.4灵敏限

密度计的灵敏限应符合表1的规定。

5.5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 |
| 1.30-3.00 | ≤1.2 |
| 0.96-3.00 | ≤1.4 |

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。 | | | | | |

6、本规范规定了校准条件（见第6章）、标准器的技术要求（见表3）、校准项目（见表4）、主要校准方法（见第7章）包含外观、水准泡校准、钻井液杯容量校准、灵敏限校准、示值误差校准。

7、本规范规定了校准结果处理

7.1密度计校准结果应符合附录C的格式，属于资料性附录。

7.2密度计校准证书应符合附录D的格式，属于资料性附录。

8、本规范规定了复校时间间隔

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。

9、本校准规范规定了钻井液密度计校准规范的不确定度评定与表示。

9.1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。

9.2测量条件

测量条件应符合以下要求：

1. 环境温度：20 ℃±5 ℃；
2. 相对湿度：≤75%；
3. 校准介质：蒸馏水；

9.3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）。

9.3.1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。
2. 天平溯源引入的标准不确定度。
3. 环境温度引入的不确定度。

9.3.2钻井液密度计示值引入的标准不确定度

9.3.2.1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 |

9.3.2.2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）。

9.3.2.3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）。

9.3.2.4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)

9.3.2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)

9.3.3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)

9.4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)

9.5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)

**四、采标情况**

本规范不违背现行的法律、法规、政策及相关标准，同时参照了标准GB/T 1146《水准泡》及《JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则》、标准JJF 1059.1 《测量不确定度评定与表示》。

**五、主要试验验证情况和预期达到的效果**

在规范要求的环境条件下，用M1级砝码对密度计（0.10 g/cm³～1.50 g/cm³）的示值项目进行示值误差验证。

示值误差：（测量单位：g/cm³）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 要求 | 1 | 2 | 3 |
| 校准点0.10g/cm³ | ±0.01 | 0.102 | 0.102 | 0.100 |
| 校准点0.50g/cm³ | ±0.01 | 0.502 | 0.504 | 0.502 |
| 校准点1.00g/cm³ | ±0.01 | 1.000 | 1.002 | 1.002 |
| 校准点1.30g/cm³ | ±0.01 | 1.300 | 1.302 | 1.302 |
| 校准点1.50g/cm³ | ±0.01 | 1.502 | 1.504 | 1.502 |

灵敏限：（测量单位：g）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 要求 | 1 | 2 | 3 |
| 校准点1.50 g/cm³ | ≤0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.4 |

在规范要求的环境条件下，用M1级砝码对密度计（0.96 g/cm³～2.00 g/cm³）的示值项目进行示值误差验证。

示值误差：（测量单位：g/cm³）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 要求 | 1 | 2 | 3 |
| 校准点1.00g/cm³ | ±0.01 | 1.000 | 1.002 | 1.002 |
| 校准点1.30g/cm³ | ±0.01 | 1.302 | 1.302 | 1.304 |
| 校准点1.50g/cm³ | ±0.01 | 1.502 | 1.504 | 1.502 |
| 校准点1.75g/cm³ | ±0.01 | 1.750 | 1.752 | 1.752 |
| 校准点2.00g/cm³ | ±0.01 | 2.002 | 2.002 | 2.002 |

灵敏限：（测量单位：g）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 要求 | 1 | 2 | 3 |
| 校准点2.00 g/cm³ | ≤0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.6 |

在规范要求的环境条件下，用M1级砝码对密度计（0.70 g/cm³～2.40 g/cm³）的示值项目进行示值误差验证。

示值误差：（测量单位：g/cm³）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 要求 | 1 | 2 | 3 |
| 校准点0.70g/cm³ | ±0.01 | 0.702 | 0.700 | 0.700 |
| 校准点1.00g/cm³ | ±0.01 | 1.002 | 1.002 | 1.000 |
| 校准点1.50g/cm³ | ±0.01 | 1.502 | 1.504 | 1.502 |
| 校准点2.00g/cm³ | ±0.01 | 2.000 | 2.000 | 2.002 |
| 校准点2.40g/cm³ | ±0.01 | 2.400 | 2.402 | 2.400 |

灵敏限：（测量单位：g）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 要求 | 1 | 2 | 3 |
| 校准点2.40g/cm³ | ≤1.0 | 0.8 | 0.7 | 0.8 |

在规范要求的环境条件下，用M1级砝码对密度计（0.96 g/cm³～3.00 g/cm³）的示值项目进行示值误差验证。

示值误差：（测量单位：g/cm³）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 要求 | 1 | 2 | 3 |
| 校准点1.00g/cm³ | ±0.01 | 1.000 | 1.002 | 1.000 |
| 校准点1.50g/cm³ | ±0.01 | 1.502 | 1.502 | 1.500 |
| 校准点2.00g/cm³ | ±0.01 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| 校准点2.40g/cm³ | ±0.01 | 2.404 | 2.402 | 2.402 |
| 校准点3.00g/cm³ | ±0.01 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |

灵敏限：（测量单位：g）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 要求 | 1 | 2 | 3 |
| 校准点3.00 g/cm³ | ≤1.4 | 1.2 | 1.2 | 1.3 |

在试验中使用M1级砝码所得出的试验数据符合规范中规定的技术要求，完全能够满足试验要求。

**六、与现行法律、法规、政策及相关标准的协调性**

本规范不仅符合现行法律、法规、政策要求，而且充分考虑了钻井液测试的有关行业规范与要求，与相关行业标准具有很好的协调性、配套性。

**七、贯彻标准的要求和措施建议**

建议本规范发布后，各油田技术监督主管部门、钻井液仪器管理部门以及各个钻井液仪器校准测试单位及时进行标准宣贯，加深使用本规范的各方对本规范条文的理解。同时，在本规范实施过程中，各油田技术监督主管部门还应加强对本标准实施效果的跟踪检查，积极促进钻井液测试标准化的进一步提高。

**八、废止现行行业标准的建议**

无

**九、重要内容的解释和其他应予以说明的事项**

无

《钻井液密度计校准规范》起草工作组

2023年6月15日