《指重表在线校准规范》

（征求意见稿）

编制说明

《指重表在线校准规范》起草工作组

二○二三年六月十五日

《指重表在线校准规范》  
（征求意见稿）

编制说明

**一、任务来源及工作简要过程**

1、任务来源

本规范根据市监计量发[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，制定指重表在线校准规范。任务下达时间2022年7月。设立申报国家计量技术规范项目《指重表在线校准规范》，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、制订背景

指重表产品标准GB/T 24263-2009《石油钻井指重表》、SY/T 6911-2012 《石油钻修井电子指重表》发布实施已十余年。相应的校准方法标准SY/T 7075-2016《石油钻修井指重表校准方法》发布实施以来，在规范指重表的校准方面发挥了重要作用。指重表原有的实验室检定方式，存在拆卸、搬运、检定过程中人员工作量大检定周期长等问题。随着在线校准技术的发展和校准检测新装备的推广应用，再结合近年来《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，《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，为了缓解计量送检工作对正常生产的影响，提高量传工作效率，有必要开展指重表在线校准规范立项起草工作，满足指重表的在线校准需要。

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《指重表在线校准规范》起草工作组。按照标准制、修订工作程序的要求，本标准编写工作组对制订标准的进度计划、人员分工、现场试验等各项工作进行了落实。2022年8月开始收集查阅了国内外关于指重表制造标准、检定规程、检测方法等方面的资料，并对目前国内指重表检测现状及现行的检定规程进行了综合分析和调研工作；10月讨论整理并编制指重表在线校准方法。为了保证方法的适用性，工作组进行了大量现场试验，并对数据进行了分析，以试验数据验证该方法的有效性。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 | 山东胜工检测技术有限公司 | 王智锋 | 项目负责 |  |
| 2 | 中石化胜利石油工程公司井下作业公司 | 李兵 | 项目协调 |  |
| 3 | 大庆石油管理局有限公司技术监督中心 | 袁海滨 | 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 | 湖北江汉石油仪器仪表股份有限公司 | 皮运松 | 标准参与 |  |
| 6 | 大庆石油管理局有限公司技术监督中心 | 陈剑 | 标准参与 |  |
| 7 | 山东胜工检测技术有限公司 | 陈思伟 | 标准参与 |  |

**二、编制原则**

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》及SY/T 6741—2016《石油专用计量器具校准方法编写规则》给出的规则起草，对《指重表在线校准规范》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，对石油行业普遍使用的指重表在线校准规范进行编写。

**三、编制内容**

本规范是对《指重表在线校准规范》的制订，主要技术内容如下：

1、本规范规定了范围

本文件规定了使用中以C型弹簧管为感压元件，利用指针在标度盘上指示其值的在役石油钻（修）井指重表（以下简称指重表）的现场在线校准条件、校准项目和校准方法。

本文件适用于在使用现场进行使用量程范围内的在线校准。

2、本规范规定了规范性引用文件

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 24263 《石油钻井指重表》

SY/T 7075 《石油钻修井指重表校准方法》

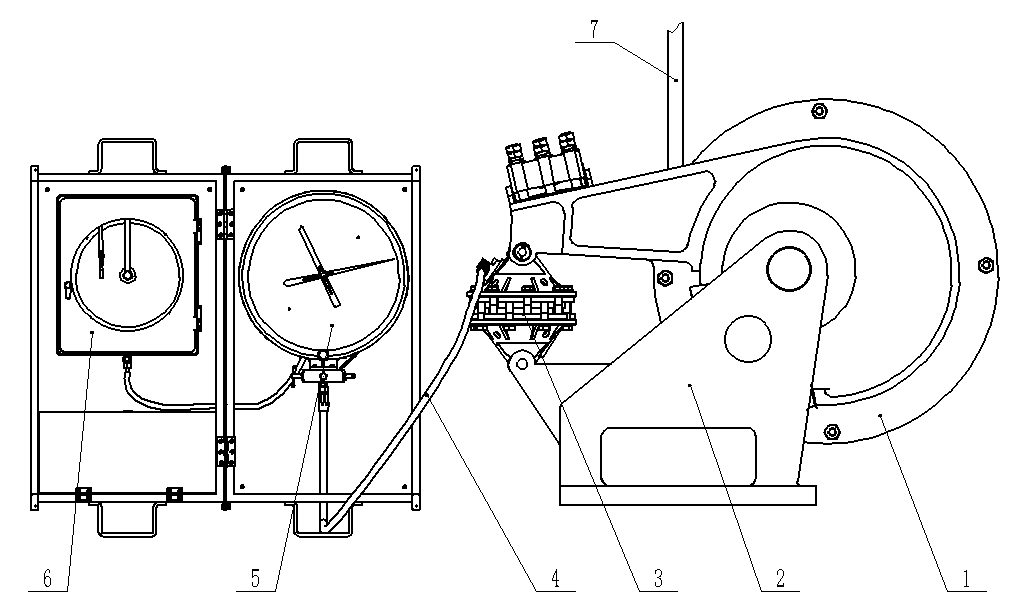
JJG 455 工作测力仪规范

3、本规范规定了术语和定义

石油钻（修）井指重表在线校准规范界定的以及下列术语和定义适用于本文件。包括在线校准、使用量程、死绳、死绳固定器、重量指示仪、回程误差、轻敲位移、灵敏限、初始载荷。  
 4、本规范规定了概述

指重表主要由死绳固定器、重量指示仪和记录仪组成。死绳固定器由绳轮、轴、底座、传感器组成，重量指示仪包括悬重指示仪、钻压指示仪和记录仪，如图1所示。

死绳拉力经绳轮按固定比例传递给传感器并转化成液体压力，该压力作用于弹簧管感压元件，经放大机构带动指针和记录笔偏转，从而以力值的方式指示和记录在仪表表盘上。



1.绳轮 2.固定器 3.传感器 4.传压管线 5.重量指示仪 6.记录仪 7.死绳

图1

5、本规范规定了计量特性

5.1外观

5.1.1应有铭牌，铭牌上应有：名称、型号、规格、产品编号、制造日期、制造厂家。

5.1.2外观应清洁完整，无锈蚀、脱漆、明显划痕和其他影响计量性能的缺陷。

5.1.3零部件齐全完好、装配牢固、活动部位润滑良好、转动灵活。

5.1.4标度盘刻度和标识应清晰、正确和完整。

5.1.5重量指示仪指针应平直，安装牢固，不得有卡阻现象。

5.1.6记录仪面板四角对称的纸挡片应完好无损，间隙适当，压纸装置应保证记录纸在旋转时无卡阻现象；仪表指针及记录笔的移动在全程范围内应平稳，不得有跳动和卡阻现象。

5.2基本误差

指重表基本误差，以相对误差来表示，其值应满足表1要求。

表1指重表基本误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 最大允许误差 | | |
| 1级 | 1.5级 | 2.0级 |
| 死绳固定器 | ±0.5% | ±1.0% | ±1.0% |
| 重量指示仪 | ±1.5% | ±2.0% | ±2.0% |
| 指重表 | ±1.5% | ±2.0% | ±2.5% |
| 重量记录仪 | ±2.5% | | |
| 重量记录系统 | ±3.0% | | |

5.3 回程误差

重量指示仪回程误差应不大于基本误差的绝对值。

5.4 轻敲位移

在载荷范围内的任意位置上，用轻敲（使指针能自由摆动）重量指示仪外壳时，示值的变动量应不大于最大允许误差绝对值的1/2。

5.5 灵敏限

灵敏限值应不大于指重表最大载荷的0.5%，单位为千牛（kN）。

5.6 指针偏转平稳性

在测量过程中，重量指示仪的指针不应有跳动和停滞现象。

5.7密封性能

在测量上限时，使用中的指重表稳压5min，各部位不得有渗漏。

5.8 记录时钟

记录仪时钟走时均匀，满弦运行时间大于24h，误差小于5min/d。

6、本规范规定了校准条件

6.1校准环境

环境温度5℃～40℃。

6.1.1检测时周围应无影响检测结果的震动、电磁场或其他干扰。

6.1.2场地及操作者满足相关安全规程要求。

6.1.3设备运行正常，游车系统无卡滞现象。

6.2 校准设备

校准用主要设备参照表2。

表2 指重表在线校准设备

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 测量范围 | 不确定度或准确度等级或最大允许误差 |
| 1 | 悬重测量仪 | 满足实际测量范围要求kN | 0.5级 |
| 2 | 旁压式张力计 | （0～50）kN | 0.5级 |
| 3 | 压力校验仪 | （0～10）MPa | 0.25级 |
| 4 | 数字式压力表 | （0～10）MPa | 0.05级 |
| 5 | 计时器 | (0～24）h | ±30s/d |
| 6 | 温度计 | （0～50）℃ | ±0.5% |

6.3 校准用传压介质

校准中所用传压介质应与所用介质一致。

7、本规范规定了校准项目和校准方法

校准项目内容包括：

外观；

基本误差；

回程误差（重量指示仪单独校准）；

轻敲位移；

灵敏限（重量指示仪单独校准）；

指针偏转平稳性；

密封性能；

记录仪时钟误差。

7.1外观检查

目测检查被校准指重表外观，应符合5.1要求。

7.2基本误差校准

7.2.1重量指示仪校准

7.2.1.1校准试验点选择

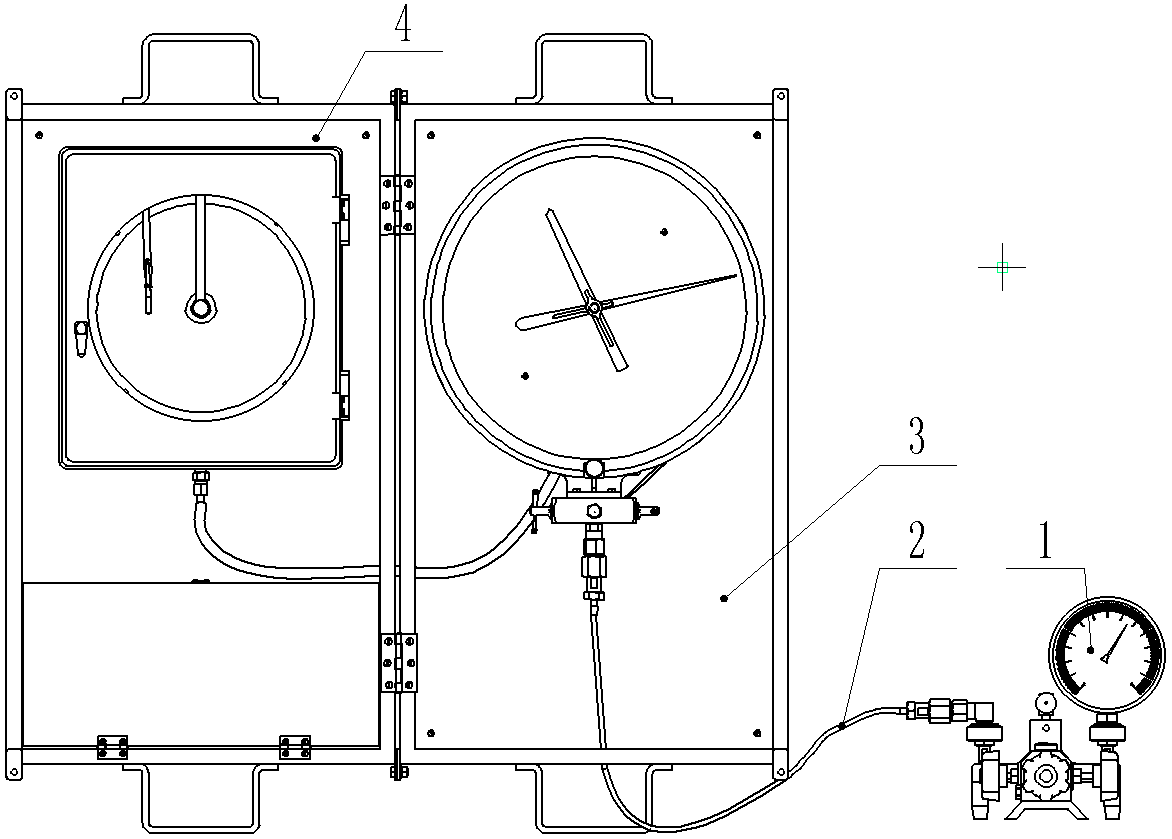
校准试验点根据死绳固定器额定输出压力范围按整数不少于5点均匀选取，包括上限和下限，可参照表4。

表4 校准试验点选择

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 死绳固定器输出压力（MPa） | 校准点（MPa） |
| 1 | 9 | 0，1，2，3，4，5，6，7，8，9 |
| 2 | 7.49 | 0，1，2，3，4，5，6，7，7.49 |
| 3 | 6.83 | 0，1，2，3，4，5，6，6.83 |
| 4 | 6 | 0，1，2，3，4，5，6 |
| 5 | 5.2 | 0，1，2，3，4，5.2 |
| 6 | 4.2 | 0，1，2，3，4.2 |

7.2.1.2校准过程

1）校准标准器与仪器连接，如图2所示；



1.校验仪 2.传压管线 3.重量指示仪 4.记录仪

图2

2）记录实时温度、湿度；

3）通过加压、卸压方式排除液路中空气，并使校验仪上标准表和重量指示仪指针回零；

4）加压至额定压力，进行密封试验，稳压5min，无泄漏后卸压回零；

5）按选定的校准点校准，试验时应由零点均匀缓慢地增压，直至测量上限（正行程），然后再均匀缓慢地减压到零点（反行程），其中每个校准点需轻敲后保持1min，分别记录重量指示仪和记录仪各点的示值，重复三次。

7.2.1.3压力与对应标准拉力计算

各校准点的压力所对应的理论力值按公式（1）计算：

···························（1）

Fi—第i校准点拉力；

Pi—第i校准点标准压力；

Fmax—指重表的最大载荷；

P—传感器额定压力。

7.2.1.4重量指示仪示值基本误差

重量指示仪示值基本误差按公式（2）计算：

························（2）

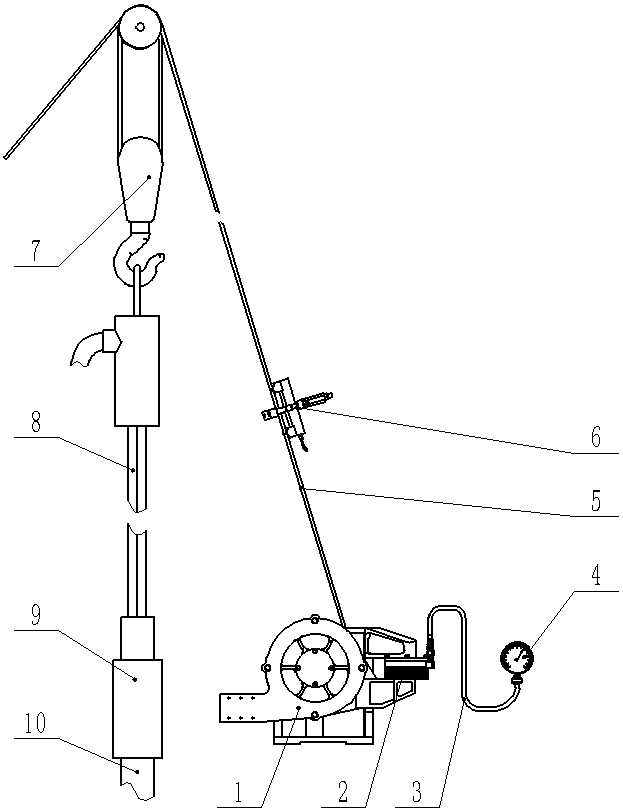
—第i校准点基本误差；

—第i校准点重量指示仪示值均值；

—第i校准点的约定真值。

重量指示仪示值基本误差应符合5.2要求。

7.2.2死绳固定器使用量程内输出校准



1.死绳固定器 2.传感器 3.传压管线 4.标准压力表 5.死绳 6.旁压式张力计 7.游车系统 8.方钻杆 9.悬重测量仪 10.钻杆

图3

7.2.2.1校准试验点选择

校准试验点根据使用过程中最大载荷范围按整数不少于5点均匀选取，包括上限和下限，其中，零点以后第一点应大于或等于初始载荷、最大载荷不得使钻杆移动。

7.2.2.2校准过程

1）校准标准器与仪器连接，如图3所示。将悬重传感器连接至方钻杆下端；旁压式张力计通电稳定后清零，安装在死绳上，并调整压紧螺钉至限定的位置；标准压力表与传感器通过排空后的传压管线连接，标准压力表与传感器应处于等高位置。

2）记录实时温度和湿度；

3）读取旁压式张力计示值，此值×钢丝绳股数为初始载荷，再读取标准压力表示值，此值为初始载荷输出压力；悬重测量仪通电，显示值稳定后清零。记录各示值；

4）关闭旁压式张力计电源并拆下；

5）将悬重测量仪下端连接到方钻杆上；

6）密封性试验：司钻操作，加载至最大校准点并稳定5min，系统应无泄漏现象；

7）司钻操作，使标准压力表指针在选定的校准点稳定进行校准，试验时应由初始载荷点均匀缓慢地增加载荷至测量上限（正行程），然后再均匀缓慢地减压到零点（反行程），其中每个校准点需轻敲标准压力表后保持1min，分别记录标准压力表和悬重测量仪各点的示值，重复三次；

8）快速卸下与传感器连接的传压管线；

9）关闭悬重测量仪电源并卸下。

7.2.2.3死绳固定器使用量程输出压力计算

各校准点的压力所对应的理论力值按公式（1）计算。

7.2.2.4死绳固定器基本误差

死绳固定器基本误差按公式（2）计算。

死绳固定器基本误差应符合5.2要求。

7.2.3指重表系统校准

7.2.3.1校准试验点选择

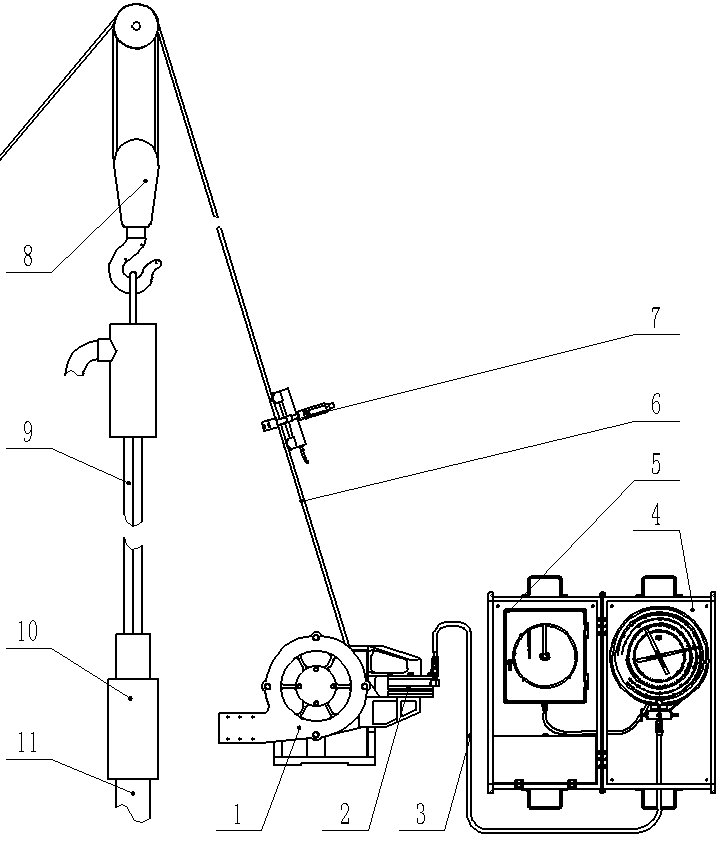
校准试验点根据使用过程中最大载荷范围按整数不少于5点均匀选取，包括上限和下限，其中，零点以后第一点应大于或等于初始载荷、最大载荷不得使钻杆移动。

7.2.3.2校准过程

1）校准标准器与仪器连接，如图4所示。将悬重传感器连接至方钻杆下端；旁压式张力计通电稳定后清零，安装在死绳上，并调整压紧螺钉至限定的位置；

2）记录实时温度和湿度；

3）读取旁压式张力计示值，此值×钢丝绳股数为初始载荷，再读取重量指示仪及记录仪示值；悬重测量仪通电，显示值稳定后清零。记录各示值；



1死绳固定器 2.传感器 3.传压管线 4.重量指示仪 5.记录仪 6.死绳 7.旁压式张力计 8.游车系统 9.方钻杆 10.悬重测量仪 11.钻杆

图4

4）关闭旁压式张力计电源并拆下；

5）将悬重测量仪下端连接到方钻杆上；

6）密封性试验：司钻操作，加载至最大校准点并稳定5min，系统应无泄漏现象；

7）司钻操作，使重量指示仪指针在选定的校准点稳定进行校准，试验时应由初始载荷点均匀缓慢地增加载荷至测量上限（正行程），然后再均匀缓慢地减压到零点（反行程），其中每个校准点需轻敲后保持1min，分别记录重量指示仪和记录仪及悬重测量仪各点的示值；

8）关闭悬重测量仪电源并卸下。

7.2.3.3指重表系统基本误差

指重表系统基本误差按公式（3）计算：

························（3）

—第n校准点基本误差；

—第n校准点悬重测量仪示值与初始载荷之和的算术平均值；

—第n校准点的约定真值。

指重表系统基本误差应符合5.2要求。

7.3回程误差

在7.2.1.2和7.2.3.2校准过程中，同一校准点，正、反行程轻敲后的示值之差绝对值应符合5.3的规定。

7.4轻敲位移

在7.2.1.2和7.2.3.2校准过程中，在同一校准点，轻敲前后的示值之差，应符合5.4的规定。

7.5灵敏限

7.5.1重量指示仪灵敏限测定

按照7.2.1.2的校准过程，在压力校验仪上安装数字式压力表，分别在满量程的约20%，50%，80%的位置上，通过校验仪施加压力载荷，使重量指示仪指针开始有明显移动。记录指针变动前后的压力变化量，重量指示仪灵敏限按公式（4）计算，结果应满足5.5的规定。

···························（4）

—重量指示仪灵敏限（kN）；

—使重量指示仪指针开始有明显移动的前后压力变化量。

7.5.2指重表系统灵敏限测定

在7.2.3.2校准过程中，分别在校准量程的约20%，50%，80%的位置上，通过司钻操作，施加载荷，使重量指示仪指针开始有明显移动，记录重量指示仪指针变动前后悬重测量仪的示值变化量，指重表系统灵敏限按公式（5）计算，结果应满足5.5的规定。

·····························（5）

—指重表系统灵敏限（kN）；

—重量指示仪指针变动前后悬重测量仪的示值变化量。

7.6指针偏转平稳性

在校准过程中，目测检查指针偏转的平稳性，指针不应有跳动和停滞现象，应符合5.6的规定。

7.7密封性能

重量指示仪的密封性在7.2.1.2的校准过程中进行，指重表系统的密封性在7.2.3.2校准过程中进行，试验结果应符合5.7规定。

7.8记录时钟

用计时器比对，记录仪时钟走时误差应符合5.8的规定。

8、本规范规定了校准结果表达

8.1校准记录

原始校准数据应填入校准记录中（格式参照附录A中）。其中，重量指示仪的“记录仪”“钻压指示”可按表A.1更换名称即可。

8.2校准结果的处理

* + 1. 对已校准的指重表出具校准证书。

2)系统校准的，校准证书封面中的仪器名称为“指重表”；只校准重量指示仪或死绳固定器的校准证书封面中的仪器名称为“指重表指示仪”或“死绳固定器”。

3)校准证书正文中给出所有校准项目的校准结果。正文格式及内容参考附录D。

9、本规范规定了复校时间间隔

复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，建议复校时间间隔不超过1年。

11、本校准规范提供了指重表在线校准规范的不确定度评定示例。

**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SY/T 7075—2016《石油钻修井指重表校准方法》及标准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**

**1、试验对象**

检测地点：济阳坳陷东营凹陷 井号：纯斜422#

指重表重量指示仪：

型号规格：JZ400B

出厂编号：17009

出厂日期：/

最大死绳拉力：340kN

配套表盘：股绳：10 测量范围： 0kN～3400kN

死绳固定器：/

型号规格：JZG34A

出厂编号： /

出厂日期： /

最大死绳拉力：340kN

配套表盘 股绳：10

测量范围：0kN ～3400 kN

**2、检测设备**

1）温度计

2) SXN250型无线悬重测量仪，(0～1500)kN.m,±0.5%

3）FUN-20T张力仪(0～50)kN,±0.5%FS（以额定载荷的％计）（仅用于初始力的检测）

**3、试验环境**

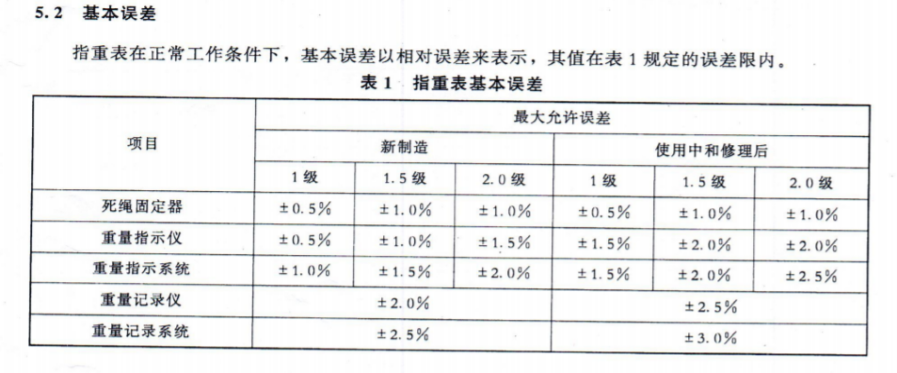
在线钻机实时环境：24℃

**4、试验数据及结果**

试验数据详见指重表指示仪在线校准记录、指重表系统在线检测记录、系统校准曲线图。

系统测试扩展不确定度：2%（k=2）

依据：SY/T 7075-2016《石油钻修井指重表校准方法》中，基本误差要求（使用中和维修后）。无线悬重测量仪：数据稳定，本次在线测试范围内达到技术要求。



**5、误差分析、解决措施**

1）初始重量：悬重传感器与指重表绳轮之间的钢丝绳、大钩、滑轮组、水龙头等件的重量，通过张力仪记录初始悬重，张力仪选用 (0～100)kN±0.5%FS，满足测试要求。

2）由于测试过程均处于静止状态，钢丝绳长度也无变化，因此，死绳拉力忽略摩擦力影响，其初始重量是一定的。

3）指重表杠杆比：设计和出厂时已验证，包含于系统误差，无需再考虑。

4）温度影响：由于实时温度在24℃±0.5℃（实际检测时间约30分钟）,本次测试无明显影响。

**6、量值传递情况**

活塞式压力计±0.05% 便携式指重表校验仪±0.25%FS 指重表指示仪±1%FS。

标准拉力试验机±0.1% 无线悬重传感器±0.5% 指重表系统±1.5%。

标准拉力试验机±0.1% 张力仪±0.5% 指重表系统±1.5%。

综上所述：通过现场试验，指重表在线测试仪整体性能满足设计和使用要求。

**7、指重表系统不确定度分析**

**7.1 测量条件和方法**

1）测量依据：SY/T 7075-2016《石油钻修井指重表校准方法》。

2）环境条件：温度（20±5）℃。

3）测量标准器：悬重测量仪（0～1500）kN,准确度等级0.5级，张力仪（0～100）kN,误差±0.5%。

4）被测对象：钻机悬重系统（含游车、指重表重量指示仪，测量范围（0～3400）kN，分度值10kN，压力范围（0～6）MPa，基本误差等级1级（最大允许误差±1.0%）。

5）压力值与指重表重量指示仪值对应关系：

式中：

*—*第i点标准重量值kN

*Pi*—第i点标准压力MPa

*Pmax*—满量程压力MPa

*W*—指重表重量指示仪量程kN

6）测量方法：

⑴ 重量指示仪校准

在满量程内均分6点，加、减压三次，分别记录正、反行程指重表重量指示仪示值，取测量结果最大误差点的示值与标准器比较。

（2）系统悬重检测

在已经施工范围内，选取5点，加、减压三次，分别记录正、反行程指重表重量指示仪示值，取测量结果最大误差点的示值与标准器比较。

**7.2 数学模型**

**7.3 标准测量不确定度评定**

1）输入量的标准不确定度μ仪

（1）指重表重量指示仪重复测量引入的不确定度分量μ仪1

指重表重量指示仪不确定度为1%。

则μ仪10.00577 kN

（2）系统测试时重量指示仪重复测量引入的不确定度分量μ仪2

不确定度类型为A类，概率分布为正态分布

测试数据，见指重表系统在线检测记录。

测量标准器重复三次测量指重表重量指示仪，示值误差最大处为19.45×10kN上。

则最大差值：R=3.5kN

运用极差法估计单次试验标准差，极差系数C取为1.69。

则：

μ仪2==0.00614

2）输入量F标的标准不确定度μ标

（1）标准器无线悬重测量仪准确度引入的不确定度分量μ标1

不确定度类型为B类，概率分布为均布

悬重测量仪（0～1500）kN,准确度等级0.5级

μ标10.0029

（2）标准器张力仪准确度引入的不确定度分量μ标2

不确定度类型为B类，概率分布为均布

张力仪不确定度±0.5%

μ标20.0029

3）温度对指重表系统和标准器的影响引入的不确定度分量

（1）标准器悬重测量仪标定温度（20±5）℃，温度影响系数k为0.00025/℃。

本次测量在规定范围内，忽略悬重测量仪温度影响。

（2）标准器张力仪标定温度（20±5）℃，温度影响系数k为0.00005F·S/℃

本次测量在规定范围内，忽略张力仪温度影响。

3) 合成相对标准不确定度μC

μc=0.00957

4）相对扩展不确定度

取k=2，则

Urel=kμc=2x0.00957=1.92%

**8、评定报告**

本次在24℃环境条件下测试的指重表系统悬重测量结果相对扩展不确定度为U=2% ，k=2。

参考文献：

[1] GB/T 27418—2017《测量不确定度评定和表示》

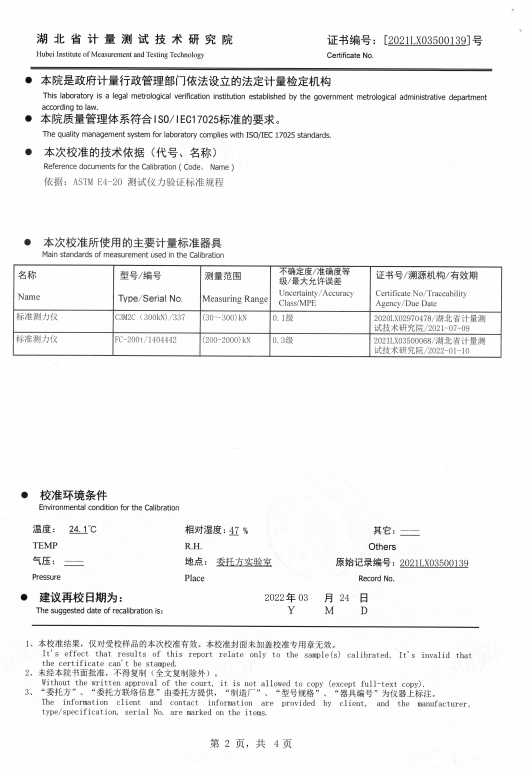
[2] GB/T 24263-2009 《石油钻井指重表》

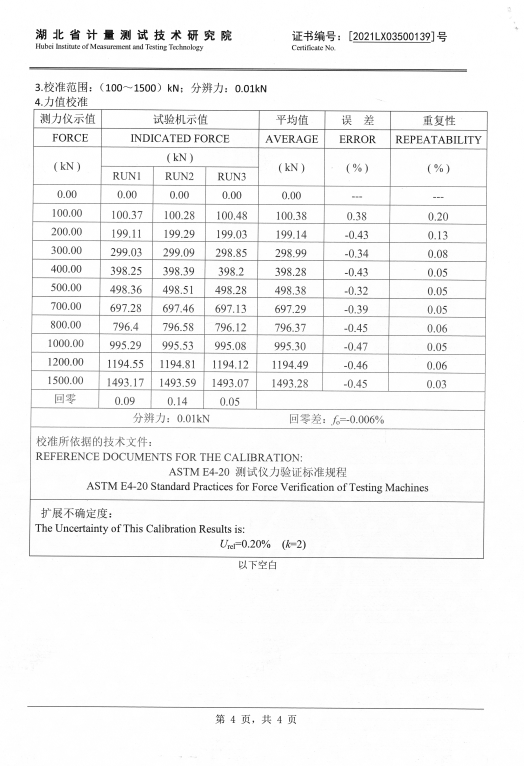
[3] SY/T 7075-2016《石油钻修井指重表校准方法》

**9、校准证书**

指重表现场测试方法应用的指重表试验机由第三方湖北省计量测试技术研究院进行了校准，并出具了校准证书，确认了该方法及装置的计量性能能够满足现场测试要求。







**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，而且充分考虑了指重表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、计量业务管理部门以及各个指重表使用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，积极促进指重表在线校准工作。在使用新标准后，随着石油工业科技的快速发展，标准水平和仪器制造水平都会有新的的提高，应及时修订本标准，满足新技术的需要。

**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

《指重表在线校准规范》起草工作组

2023年6月15日