

# 新疆维吾尔自治区地方计量技术规范

JJF (新) 122—2024

## 石油钻修井指重表校准规范

Calibration Specification for the Petroleum Drilling/Workover  
Weight Indicating System

2024-12-31发布

2025-06-30实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 发布

# 石油钻修井指重表校准规范

JJF(新)122—2024

Calibration Specification for the Petroleum Drilling/Workover Weight  
Indicating System

归口单位：新疆维吾尔自治区市场监督管理局

主要起草单位：新疆维吾尔自治区计量测试研究院

新疆克拉玛依市荣昌有限责任公司

参与起草单位：巴音郭楞蒙古自治州检验检测中心

本规范委托自治区法制计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

黄云鹏（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

李青江（新疆克拉玛依市荣昌有限责任公司）

方林宏（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

**参加起草人：**

孟子歆（巴音郭楞蒙古自治州检验检测中心）

杨晓清（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

# 目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
6 校准条件.....	3
7 校准项目.....	4
8 校准方法.....	4
9 校准结果.....	9
10 复校时间间隔.....	10
附录 A 力臂比的测定.....	11
附录 B 指重表校准记录（示例）.....	13
附录 C 指重表传感器校准记录(示例).....	14
附录 D 指重表校准证书内页格式(示例).....	15
附录 E 指重表传感器校准证书内页格式(示例).....	16
附录 F 测量结果不确定度评定示例.....	17

# 引 言

本规范依据JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1 《测量不确定度评定与表示》等编写，校准方法及计量特性等主要参考了SY/T 7075—2016 《石油钻修井指重表校准方法》。

本规范为首次发布。

# 石油钻修井指重表校准规范

## 1 范围

本规范适用于以 C 型弹簧管为感压元件、利用指针在标度盘上指示其值的机械式石油钻修井指重表（以下简称指重表）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 455 工作测力仪

JJF 1011 力值与硬度计量术语及定义

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

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡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

### 3.1 死绳 dead-line

钻机游车系统中天车轮至死绳固定器的一段钢丝绳。

### 3.2 重量指示仪 weight indicator

测量结果的指示装置，由悬重指示仪和钻压指示仪组成。

### 3.3 力臂比 arm ratio

传感器拉力与死绳拉力相对于死绳固定器轴心的力臂的比值。

### 3.4 进回程差 hysteresis error

在相同条件下，在测量范围内，同一输入量所对应的上、下行输出量之间的差值。

注：对重量指示仪，其输出量为轻敲外壳后的示值。

### 3.5 轻敲位移 friction error

在输入不变的情况下，指重表所显示的被测值经轻敲外壳以后示值的变化量。

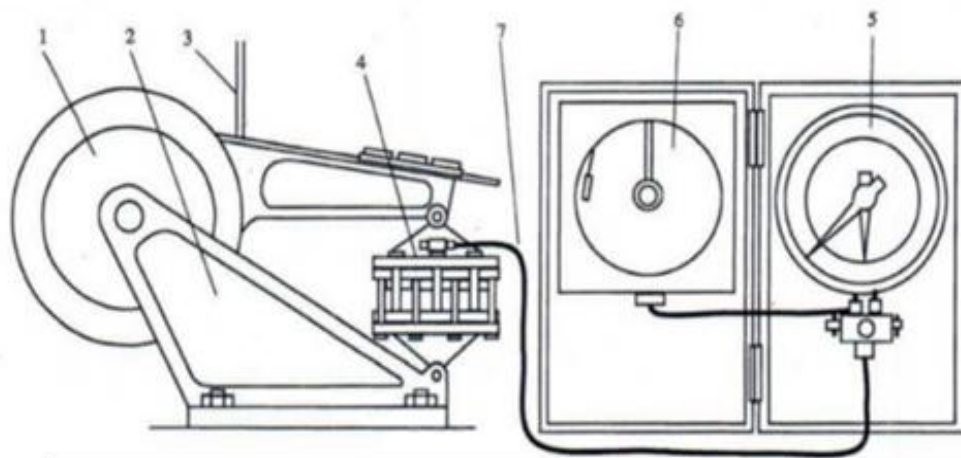
### 3.6 灵敏限 sensitivity

引起重量指示仪钻压示值变化的最小激励负荷。

## 4 概述

指重表是在钻修井过程中指示和记录钻具悬重和钻压的仪表。指重表结构由死绳

固定器、重量指示仪和记录仪三部分组成。死绳固定器由绳轮、底座、传感器组成，如图 1 所示。



1-死绳轮；2-底座；3-死绳；4-传感器；5-重量指示仪；6-记录仪；7-连接管线

图 1 指重表结构示意图

死绳拉力经死绳轮按固定比例传递给传感器，再由传感器将拉力转化为液体压力，该压力经液压系统传导至弹簧管式元件驱使其形变，经过放大机构转化为指针和记录笔的偏转，最终以力值的形式实时在仪表盘指示和记录。

## 5 计量特性

### 5.1 外观

5.1.1 铭牌应有名称、型号、编号、量程、准确度等级、制造厂名、出厂日期。

5.1.2 标度盘刻度和标示应清晰、正确和完整。

5.1.3 重量指示仪指针应平直，安装牢固，不得有卡阻现象。

5.1.4 记录仪面板四角对称的挡纸片应完好无损，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量程范围内应平稳，不得有跳动和卡阻现象。

5.2 指重表技术指标见表 1。

表1 指重表技术指标

项目	进程示值相对误差 (%FS)					
	新制造			使用中和修理后		
	1级	1.5级	2.0级	1级	1.5级	2.0级
死绳固定器	±0.5	±1.0	±1.0	±0.5	±1.0	±1.0
重量指示仪	±0.5	±1.0	±1.5	±1.5	±2.0	±2.0

重量指示系统	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$	$\pm 2.0$	$\pm 1.5$	$\pm 2.0$	$\pm 2.5$
重量记录仪	$\pm 2.0$			$\pm 2.5$		
重量记录系统	$\pm 2.5$			$\pm 3.0$		

注：以上指标不做合格判定依据，仅供校准及测量不确定度评定时参考。

### 5.3 回程示值误差

重量指示仪回程示值误差应不大于进程示值误差限绝对值的 1.5 倍。

### 5.4 轻敲位移

在载荷范围内的任意位置上，用手轻敲（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

负荷加载至测量上限时，新制造的指重表稳压 10 min，修理和使用中的指重表稳压 5 min，各部位不得有渗漏。

### 5.7 记录仪时钟

记录仪时钟走时均匀，满弦运行时间大于 24 h，日差的最大允许误差（MPE）： $\pm 300\text{s/d}$ 。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；相对湿度： $\leq 80\%$ ；

6.1.2 校准环境应清洁，无腐蚀介质，无明显振动干扰。

6.1.3 校准前，校准用设备和被校准指重表在室内等温平衡时间不少于 4 h。

### 6.2 校准标准及其他设备

校准标准及其他设备见表 2

表 2 校准标准及其他设备

序号	设备名称	测量范围	准确度等级或最大允许误差
1	指重表校准装置	(0~300) kN	0.3 级
2	精密压力表	(0~10) MPa	0.25 级
3	数字压力计	(0~70) MPa	0.05 级



4	石英钟表	(0~24) h	$\pm 30\text{s/d}$
5	活塞式压力计（或压力表校验器）	(0~60) MPa	—

注：也可采用使用准确度满足技术要求的其他测量设备。

6.3 校准中所用介质应与仪器（工况状态）所用介质相一致，为无腐蚀性不可压缩液体。工作介质建议使用 45°变压器油或工业无水乙醇，其他介质会影响其灵敏度。

## 7 校准项目

校准项目见表 3

表 3 校准项目

序号	校准项目	新制造	使用中	修理后
1	外观	+	+	+
2	进程示值误差	+	+	+
3	回程示值误差	+	+	+
4	轻敲位移	+	+	+
5	灵敏限	+	+	+
6	指针偏转平稳性	+	+	+
7	密封性能	+	+	+
8	记录仪时钟误差	+	+	-

注：“+”表示应校准项目，“-”表示可不校准项目。

## 8 校准方法

8.1 外观检查：目测检查被校准指重表外观符合 5.1 的规定。

8.2 示值校准

8.2.1 校准测量点的选择

校准点在死绳固定器输出压力下限至上限范围内按整数均匀选取，包括下限和上限，校准点不少于 5 个，也可以参照表 4 选择。

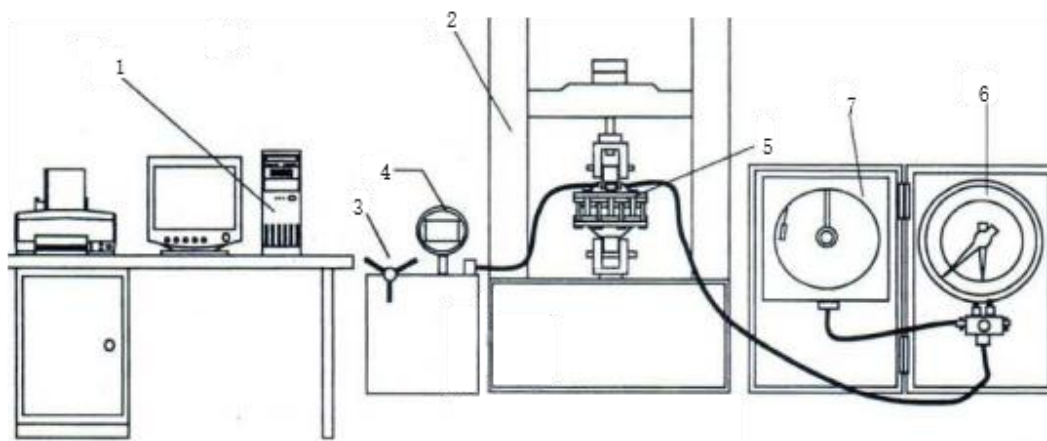
表 4 校准点的选择

序号	死绳固定器额定输出压力/MPa	校准工作点/MPa
1	9	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
2	7.59	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.59
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, 4.2

8.3 校准过程

8.3.1 整体校准过程

8.3.1.1 校准装置和仪器连接如图2所示。



1—校准装置控制系统；2—0.3级拉压标准力源；3—活塞式压力计（或压力表校验器）；4—标准压力表；  
5—指重表传感器；6—重量指示仪；7—记录仪

图 2 整体校准装置的构成及连接示意图

8.3.1.2 装置和仪器连接后，启动校准装置控制系统的指重表校准项目，对于常用型号，且K值符合表A.1规定的指重表，在计算机系统中设置好校准点和各校准点的标准试验拉力，选择好指重表型号便可按各校准点的拉力值依次校准。对于特殊型号或已知K值不符合表A.1规定值的指重表，则需要按公式（1）计算各校准点的标准试验拉力。

$$FL_i = \frac{p_i}{p_{FS}} \times \frac{F_{\max}}{K} \quad (1)$$

式中：

$FL_i$ ——第*i*个校准点试验拉力，kN；

$p_i$ ——第*i*个校准点传感器标准压力，MPa；

$p_{FS}$ ——传感器的额定输出压力，MPa；

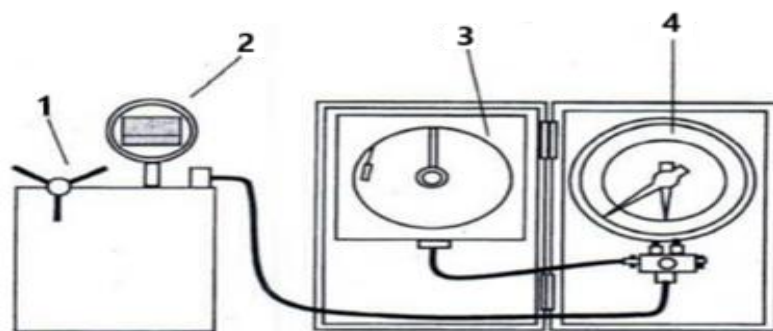
$F_{\max}$ ——表盘上标示的最大死绳拉力，kN；

K ——死绳固定器力臂比。

8.3.1.3 向传感器内注入规定量工作介质，排净管线内的空气后，启动校准装置。从零负荷开始，均匀缓慢地增加载荷至各校准点（进程），轻敲后并保持1 min，到达最大负荷点后缓慢减小载荷到各校准点（回程），在进、回程校准过程中，当载荷平稳加载至各个校准点时，分别记录进、回程达到各校准点时重量指示仪和记录仪的示值。

### 8.3.2 单独校准过程

8.3.2.1 校准装置和仪器的连接如图3所示。



1-液体压力源；2-标准压力表；3-记录仪；4-重量记录仪

图3 单独校准装置和仪器的连接示意图

8.3.2.2 装置连接后，使用液体压力源向连接管线内注入工作介质，排净管线内的空气，使标准压力表和重量指示仪示值回零。校准时以标准压力表示值为标准，按选定的校准点校准，校准从零点开始，均匀缓慢地增加压力至最高工作压力（进程），轻敲后并保持1 min，然后再依次均匀缓慢地减小压力至零点（回程），分别记录进回程达到各校准点时重量指示仪和记录仪的示值。

### 8.3.3 进程示值误差计算

按公式（2），计算进程示值误差。

$$\Delta F_i = \frac{F'_i - F_i}{F_{\max}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\Delta F_i$ ——第*i*校准点进程示值误差，%；

$F'_i$ ——第*i*校准点被校指重表示值，kN；

$F_i$ ——第*i*校准点的约定真值，kN。

$F_{\max}$ ——满量程输出最大力值，kN。

在实际校准过程中，以校准点的理论力值作为约定真值，按公式（3）计算。

$$F_i = \frac{p_i}{p_{\max}} \times W \quad (3)$$

式中:

$W$  ——指重表的满量程, kN;

$P_i$  ——第*i*校准点的传感器标准压力, MPa;

$P_{max}$  ——传感器满量程输出压力, MPa。

重量指示仪单独校准时, 死绳传感器满量程输出压力以用户提供的上一次校准证书为准, 如用户不能提供或进行整体校准, 则以相对应传感器额定压力作为满量程输出压力。所有校准点的进程误差  $\Delta F_i$  应符合表 1 的规定。

#### 8.4 进回程示值误差

在同一校准点, 进程、回程轻敲后的示值之差绝对值应符合 5.3 的规定。

#### 8.5 轻敲位移

在同一校准点, 轻敲前与轻敲后的示值之差, 应符合 5.4 的规定。

#### 8.6 灵敏限

##### 8.6.1 整体校准灵敏限确定

按照 8.2.2.1 的校准过程, 对每个校准点 (应该只是针对某点), 待指针稳定后, 缓慢增加拉压标准力源拉力至钻压指示仪指针有明显移动, 记录每次拉压标准力源拉力的变化量  $\Delta FL_i$ , 取  $\Delta FL_i$  最大值对应的指重表输出力值变化作为指重表的灵敏限, 则灵敏限的计算公式为公式 (4)。

$$f = n \cdot K \cdot \Delta \cdot FL_{imax} \quad (4)$$

式中:

$f$  ——钻压指示仪灵敏限;

$n$  ——钢绳股数;

$\Delta FL_{imax}$  ——各校准试验点载荷的变化量  $\Delta FL_i$  中的最大值。

灵敏限应符合 5.5 的规定。

##### 8.6.2 单独校准灵敏限确定

按照 8.3.2 的校准过程, 对每个校准点, 待指针稳定后, 缓慢增加输入压力至钻压指示仪指针有明显移动, 记录每次输入压力变化量  $\Delta P_i$ , 取  $\Delta P_i$  最大值对应的指重表

输出压力变化作为指重表的灵敏限，则灵敏限的计算公式为公式（5）。

$$f = \frac{\Delta p_{\max}}{p_{\max}} \times W \quad (5)$$

式中：

$\Delta p_{\max}$  ——各校准点输入压力变化量  $\Delta P_i$  中的最大值，MPa；

$p_{\max}$  ——与重量指示仪相配套的死绳传感器满量程输出压力，MPa；

$W$  ——指重表的满量程，MPa；

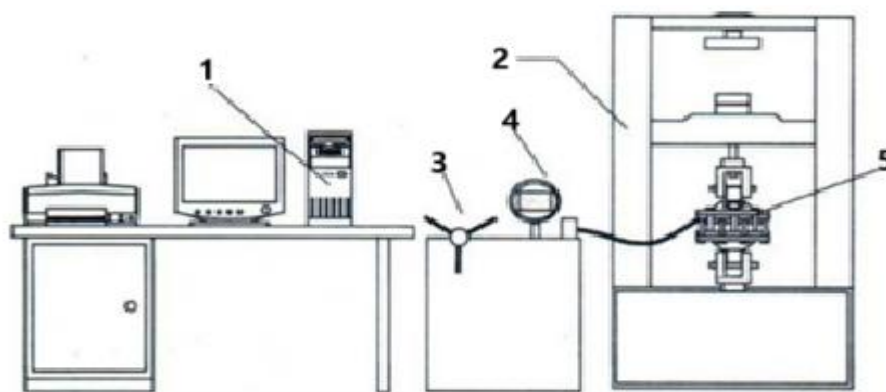
死绳传感器满量程输出压力以用户提供的上一次校准证书为准，如用户不能提供则用传感器额定压力代替。

### 8.7 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，指针不应有跳动现象并符合 5.6 的规定。

### 8.8 死绳固定器满量程输出压力

#### 8.8.1 按图 4 连接传感器和校准装置。



1-指重表校准装置控制系统；2-拉压试验机；3-液体压力源；4-标准压力表；5-被校传感器

图 4 装置的构成及连接示意图

8.8.2 装置正确连接后，根据与此传感器相配套的指重表型号，按 8.3.2.2 所述方法的试验最大拉力对传感器施加拉力载荷，逐点进行进程以及回程测量 1 次，记录每次相应的标准压力表示值  $P_i$ 。

8.8.3 以设定死绳固定器输出压力值为依据，在标准压力表上读数，按公式（6）计算死绳固定器输出压力的示值误差。

$$\Delta p = \frac{P_{si} - p_i}{P_{FS}} \times 100\% \quad (6)$$

$\Delta P$ ——死绳固定器输出压力进程或回程示值误差，%；

$P_{si}$ ——死绳固定器对应的第*i*点设定标称压力值，MPa；

$P_i$ ——标准压力表测得的第*i*点进程或回程压力值，MPa；

$P_{FS}$ ——传感器额定压力值，MPa。

$\Delta P$ 应符合5.2、5.3的规定。

## 8.9 密封性能

按图2连接设备，用液体压力源向传感器内注入工作介质，使标准压力示值缓慢升压至死绳固定器最大输出压力后做稳压试验，试验结果应符合5.7的规定。

也可用指重表校准装置对传感器施加拉力至死绳固定器最大输出压力，参照上述方法测试。

## 8.10 记录仪时钟

用石英钟表或 Internet 标准时间比对，记录仪时钟走时误差应符合5.8的规定。

# 9 校准结果

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、职务、或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

推荐的校准结果原始记录的内容格式见附录 B、C, 校准证书的内容格式见附录 D、E。

## 10 复校时间间隔

复校时间间隔可根据实际使用情况, 由用户自主决定, 建议复校时间为 1 年。如果经维修、更换重要部件或对性能有怀疑时, 建议重新校准。

## 附录 A

## 力臂比的测定

## A.1 总则

死绳固定器力臂比应由生产厂家在新制造出厂时给出或按下述方法测出，其他检定机构可依据生产厂家的测定值进行后续校准。

## A.2 测试点的选择

选择同向行程的两个测试点，测试点的拉力值不小于 12 kN，两点间隔不小于 12 kN。

## A.3 测定方法

用两台标准测力仪分别连接到死绳固定器输入、输出端，然后对死绳固定器施加拉力进行测定，分别读出输入端两测试点力值  $F_1$ ， $F_2$  及输出端对应的力值  $F_1'$ ， $F_2'$ 。测出输入端力值增量及所对应的输出端力值增量  $\Delta F'$ ，计算出死绳固定器输入与输出拉力比  $K$

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta F'} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中： $\Delta F$  ——输入端两测试点力值之差，单位为千牛 (kN)！

$\Delta F'$  ——输出端两测试点力值之差，单位为千牛 (kN)。

重复以上测量至少 3 次以上，以  $k$  值的平均值作为该死绳固定器的力臂比长

$$K = \bar{k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

对于常用型号的指重表  $K$  值，若无法获得厂家的测定值，可参考表 A.1。

表 A.1 常用指重表型号和参数表

序号	指重表型号	死绳固定器型号	最大死绳拉力 (kN)	表盘绳数	传感器最大输出压力 (MPa)	死绳固定器力臂比 $K$
1	JZ900	JZG72C	720	14	9	2.6998
2	JZ900	JZG72D	720	14	9	2.7174
3	JZ700	JZG56	560	14	7.49	2.3343
4	JZ600	JZG46	460	14	6.83	2.2522



## JJF (新) 122—2024

5	JZ500	JZG42	420	12	6	2.913
6	JZ500A	JZG41	410	12	6.83	2.5
7	JZ400	JZG35	350	12	6	2.427
8	JZ400B	JZG34A	340	12	6	2.5
9	JZ300	JZG30	300	8	6	1
10	JZ250	JZG24	240	10	6	1.664
11	JZ200	JZG20	200	10	6	2.162
12	JZ250A/JZ250B	JZG24A/JZG24B	240	10	5.2	1.8204
13	JZ150	JZG18	180	8	6	1.946
14	JZ150A	JZG18A	180	10	6	1.946
15	JZ100	JZG15	150	8	6	1.8425
16	JZ100A	JZG15A	150	8	6	1.8425
17	JZ82	JZG13	136.6	6	6	1
18	JZ75	JZG12	125	6	5.2	1
19	JZ60	JZG10	100	6	4.2	1

## 附录 B

## 指重表校准记录 (示例)

委托单位: \_\_\_\_\_ 制造厂: \_\_\_\_\_

型号规格: \_\_\_\_\_ 出厂编号: \_\_\_\_\_

计量标准名称: \_\_\_\_\_ 型号: \_\_\_\_\_ 出厂编号: \_\_\_\_\_

测量范围: \_\_\_\_\_ 证书编号: \_\_\_\_\_ 有效期至: \_\_\_\_\_

校准员: \_\_\_\_\_ 核检员: \_\_\_\_\_ 校准日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

温 度: \_\_\_\_\_ °C 湿 度: \_\_\_\_\_ %RH

标准 压力值 $P_i$ (MPa)	对应 力值 (kN)	被检仪表轻敲后示值 (kN)						轻敲变动量 (kN)					
		悬重指示仪		钻压指示仪		记录仪		悬重表		钻压表		记录仪	
		进程	回程	进程	回程	进程	回程	进程	回程	进程	回程	进程	回程
死绳固定器力臂比K:													

外观检查: \_\_\_\_\_ 密封性: \_\_\_\_\_ 灵敏限: \_\_\_\_\_ kN;

记录仪走时差: \_\_\_\_\_ min 指针偏转平稳性: \_\_\_\_\_

最大进程示值误差: 悬重: \_\_\_\_\_ %, 钻压: \_\_\_\_\_ %, 记录仪: \_\_\_\_\_ %。

最大轻敲变动量: 悬重: \_\_\_\_\_ kN, 钻压: \_\_\_\_\_ kN, 记录仪: \_\_\_\_\_ kN。

最大回程示值误差: 悬重 \_\_\_\_\_ %, 钻压: \_\_\_\_\_ %, 记录仪: \_\_\_\_\_ %。

指重表进程示值误差相对扩展不确定度:  $U_{rel} =$  \_\_\_\_\_ %,  $k=2$

附录 C

指重表传感器校准记录(示例)

委托单位：\_\_\_\_\_ 制造厂：\_\_\_\_\_

型号规格：\_\_\_\_\_ 出厂编号：\_\_\_\_\_

计量标准名称：\_\_\_\_\_ 型号：\_\_\_\_\_ 出厂编号：\_\_\_\_\_

测量范围：\_\_\_\_\_ 证书编号：\_\_\_\_\_ 有效期至：\_\_\_\_\_

校准员：\_\_\_\_\_ 核检员：\_\_\_\_\_ 校准日期：\_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_月 \_\_\_\_\_日

温 度：\_\_\_\_\_℃ 湿 度：\_\_\_\_\_ %RH

外观						
死绳固定器力臂比K			死绳固定器满量程输出压力/MPa			
校准点	输入载荷F	标准压力P	输出压力 /MPa		示值误差/%	
	kN	MPa	进程	回程	进程	回程
输出压力进程最大示值误差：			%		密封性能：	
指重表传感器输出压力进程示值误差相对扩展不确定度： $U_{rel}$ =     %， $k=2$						

附录 D

指重表校准证书内页格式(示例)

外观								
死绳固定器力臂比K								
死绳固定器满量程输出压力			MPa	(重量指示仪单独校准时为参照值)				
最大进程示值误差：悬重		%	钻 压		%	记录仪		%
最大回程示值误差：悬重		%	钻 压		%	记录仪		%
轻敲位移：    悬重		%	钻 压		%	记录仪		%
密封性能：				记录仪走时误差：				min/d
指重表传感器输出压力进程示值误差相对扩展不确定度： $U_{rel} =$ %， $k=2$								

附录 E

指重表传感器校准证书内页格式(示例)

外观	
死绳固定器力臂比K	
死绳固定器满量程输出压力(MPa)	
输出压力进程最大示值误差(%)	
密封性能	
指重表传感器输出压力进程示值误差相对扩展不确定度： $U_{rel}=\quad\%$ ， $k=2$	

## 附录 F

## 指重表悬重指示仪进程示值误差测量结果不确定度评定示例

## F.1 概述

## F.1.1 校准依据

《石油钻修井指重表校准规范》

## F.1.2 环境条件

F.1.2.1 环境温度：(23±5)℃，相对湿度：≤80%；

F.1.2.2 校准环境应清洁，无腐蚀介质，无明显振动干扰。

F.1.2.3 校准前，校准用设备和被校准指重表在室内等温平衡时间不少于 4 h。

F.1.3 测量标准：指重表校准装置，0.3 级。

F.1.4 被测对象：指重表悬重指示仪。

## F.1.5 测量过程

F.1.5.1 在规定环境条件下，使用准确度等级为 0.3 级的校准装置，启动校准装置控制系统的指重表校准项目，对于常用型号，在计算机系统中设置好校准点和各校准点的标准试验拉力，选择好指重表型号便可按各校准点的拉力值依次校准。分别记录进回程达到各校准点时重量指示仪和记录仪的示值。每点重复测量  $n$  次，以  $n$  次测量值  $F_i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots n$ ) 的算术平均值做为指重表悬重指示仪的输出力值  $F$ 。

F.1.5.2 采用稳定的液压源和数字压力变送器（显示）进行配合对指重表悬重指示仪进行校准。校准时以标准压力表示值为标准，按选定的校准点校准，校准从零点开始，均匀缓慢地增加压力至最高工作压力（进程），轻敲后并保持 1 min，然后再依次均匀缓慢地减小压力至零点（回程），分别记录进回程达到各校准点时重量指示仪和记录仪的示值。

## F.1.6 评定结果的使用

符合上述条件的指重表悬重指示仪，一般可直接使用本不确定度评定方法导出的公式计算校准结果的扩展不确定度。

## F.2 测量模型

$$\Delta F_i = \frac{F'_i - F_i}{F_{\max}} \times 100\% \quad (\text{F.1})$$

式中:  $\Delta F_i$  ——第*i*校准点进程示值误差, %;

$F_i'$  ——第*i*校准点被校点示值, kN;

$F_i$  ——第*i*校准点被校点标称值, kN;

$F_{\max}$  ——指重表悬重指示仪满量程输出力值, kN。

### F.3 不确定度来源

F.3.1 指重表校准装置准确度等级引入的不确定度  $u_b$ 。

F.3.2 由于各种随机因素影响导致的测量重复性引入的不确定度分量  $u_R$

### F.4 标准不确定度的评定

F.4.1 指重表校准装置准确度等级引入的标准不确定度分量  $u_b$  评定

已知指重表校准装置准确度等级为 0.3 级, 示值最大允许误差为  $\delta = \pm 0.3\%$ , 则指重表校准装置准确度引入的标准不确定度为:

$$u_b = \frac{\delta}{\sqrt{3}} F_i \quad (\text{F.2})$$

F.4.2 由于各种随机因素影响导致的指重表悬重指示仪测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_R$  评定

根据实际测量的数据, 使用贝塞尔公式计算出的试验标准偏差作为测量重复性引入的标准不确定度:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2}{n-1}} \quad (\text{F.3})$$

则平均值的试验标准偏差为:

$$u_R = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{F.4})$$

### F.5 合成标准不确定度的评定

F.5.1 灵敏系数的确定

$$\text{根据测量模型, } c_1 = \frac{\partial \Delta F}{\partial F_i'} = \frac{1}{F_{\max}} \quad c_2 = \frac{\partial \Delta F}{\partial F_i} = -\frac{1}{F_{\max}}$$

F.5.2 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_b^2 + c_1^2 u_R^2} \quad (\text{F.5})$$

#### F.6 扩展不确定度的评定

$$U = k u_c, \quad k=2 \quad (\text{F.6})$$

#### F.7 指重表悬重指示仪进程示值误差测量结果不确定度评定举例

##### F.7.1 计量标准

名称：指重表校准装置，准确度等级 0.3 级。

##### F.7.2 测量对象

指重表 SYZ2 型 (0-240)\*10kN，量程范围：(0~2400) kN。

##### F.7.3 测量条件

环境条件和恒温条件均符合本规范要求。

##### F.7.4 测量过程和数据

按本规范校准步骤要求，选择相应规格对指重表按点连续进行 10 次测量，测量结果见表 D-1。

表 D-1 重复性测量结果

单位：kN

测量点 序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		s
400	400	405	405	410	410	405	400	405	400	400	404.0	3.94
800	800	805	800	810	805	810	800	800	800	800	803.0	4.22
1200	1210	1210	1215	1210	1205	1215	1215	1210	1210	1210	1211.0	3.16
1600	1610	1610	1615	1615	1610	1615	1615	1620	1615	1615	1614.0	3.16
2000	2025	2030	2025	2030	2025	2025	2025	2030	2025	2025	2026.5	2.42
2400	2430	2430	2430	2430	2425	2430	2430	2425	2430	2430	2429.0	2.11

其算术平均值

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i$$

单次实验标准差

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2}{n-1}}$$



实际测量情况，在重复条件下连续测量1次，以该1次测量值的算术平均值作为测量结果，可得到

$$u(\bar{F}) = s$$

#### F.7.5 标准不确定度评定

F.7.5.1 已知指重表校准装置的准确度为 0.3 级。则指重表校准装置示值误差引入的标准不确定度分量为：

测量点为400kN时，
$$u_b = \frac{\delta}{\sqrt{3}} \times 400 = \frac{0.3\%}{\sqrt{3}} \times 400 = 0.69 \text{ kN}$$

测量点 (kN)	$u_b$ (kN)
800	1.39
1200	2.08
1600	2.77
2000	3.46
2400	4.16

F.7.5.2 由表 D-1 可知测量重复性引入的标准不确定度分量为：

测量点 (kN)	$u_R$ (kN)
400	3.94
800	4.22
1200	3.16
1600	3.16
2000	2.42
2400	2.11

F.7.5.3 其他因素引入的不确定度分量因为数量较小可不考虑。

#### F.7.6 计算标准合成不确定度

标准不确定度分量及灵敏系数见表 D-2。

表 D-2 标准不确定度分量及灵敏系数(400kN)

序号	不确定度来源	标准不确定度分量	灵敏系数
1	指重表校准装置准确度 $u_b$	1.39	$\frac{1}{F_{\max}}$
2	测量结果重复性 $u_R$	3.94	$-\frac{1}{F_{\max}}$

测量点为400kN时

$$\begin{aligned}
 u_c &= \sqrt{c_1^2 u_b^2 + c_2^2 u_R^2} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{2400^2} \times 1.39^2 + \left(-\frac{1}{2400}\right)_2 \times 3.94^2} \\
 &= 0.17\%
 \end{aligned}$$

同理：

测量点 (kN)	$u_c$
800	0.18%
1200	0.16%
1600	0.18%
2000	0.18%
2400	0.19%

#### F.7.7 计算扩展不确定度

400 kN时：  $U = k u_c = 2 \times 0.18\% = 0.36\% = 0.4\%$ ,  $k=2$

同理：

测量点 (kN)	$U (k=2)$
800	0.4%
1200	0.4%
1600	0.4%
2000	0.4%
2400	0.4%

## 指重表传感器进程示值误差测量结果不确定度评定示例

### F.1 概述

#### F.1.1 校准依据

《石油钻修井指重表校准规范》

#### F.1.2 环境条件

F.1.2.1 环境温度：(23±5) °C，相对湿度：≤80%；

F.1.2.2 校准环境应清洁，无腐蚀介质，无明显振动干扰。

F.1.2.3 校准前，校准用设备和被校准指重表在室内等温平衡时间不少于 4 h。

F.1.3 测量标准：数字压力计，0.05 级。

F.1.4 被测对象：指重表传感器。

#### F.1.5 测量过程

F.1.5.1 在规定环境条件下，使用准确度等级为 0.3 级的校准装置，启动校准装置控制系统的指重表校准项目，对于常用型号，在计算机系统中设置好校准点和各校准点的标准试验拉力，选择好指重表型号便可按各校准点的拉力值依次校准。分别记录进回程达到各校准点时重量指示仪和记录仪的示值。每点重复测量  $n$  次，以  $n$  次测量值  $P_i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots n$ ) 的算术平均值做为指重表悬重指示仪的输出力值  $P$ 。

F.1.5.2 采用稳定的液压源和数字压力变送器（显示）进行配合对指重表悬重指示仪进行校准。校准时以标准压力表示值为标准，按选定的校准点校准，校准从零点开始，均匀缓慢地增加压力至最高工作压力（进程），轻敲后并保持 1 min，然后再依次均匀缓慢地减小压力至零点（回程），分别记录进回程达到各校准点时重量指示仪和记录仪的示值。

#### F.1.6 评定结果的使用

符合上述条件的指重表悬重指示仪，一般可直接使用本不确定度评定方法导出的公式计算校准结果的扩展不确定度。

### F.2 测量模型

$$\Delta p_i = \frac{p'_i - p_i}{P_{FS}} \times 100\% \quad (F.1)$$

式中:

$\Delta p_i$ ——第*i*校准点压力进程或回程示值误差, %;

$p_i'$ ——死绳固定器对应的第*i*点设定标称压力值, MPa;

$p_i$ ——标准压力表测得的第*i*点进程或回程压力值, MPa;

$p_{FS}$ ——指重表传感器额定压力, MPa。

### F.3 不确定度来源

F.3.1 数字压力计准确度等级引入的不确定度  $u_b$ 。

F.3.2 由于各种随机因素影响导致的测量重复性引入的不确定度分量  $u_R$

### F.4 标准不确定度的评定

F.4.1 数字压力计准确度等级引入的标准不确定度分量  $u_b$  评定

已知数字压力计准确度等级为 0.05 级, 示值最大允许误差为  $\delta = \pm 0.05\%FS$ , 则由数字压力计准确度引入的标准不确定度为:

$$u_b = \frac{\delta}{\sqrt{3}} p_i \quad (F.2)$$

F.4.2 由于各种随机因素影响导致的指重表传感器测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_R$  评定

根据实际测量的数据, 使用贝塞尔公式计算出的试验标准偏差作为测量重复性引入的标准不确定度:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{P})^2}{n-1}} \quad (F.3)$$

实际测量则平均值的试验标准偏差为:

$$u_R = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (F.4)$$

### F.5 合成标准不确定度的评定

#### F.5.1 灵敏系数的确定

$$\text{根据测量模型, } c_1 = \frac{\partial \Delta p}{\partial p_i} = \frac{1}{p_{FS}} \quad c_2 = \frac{\partial \Delta p}{\partial p_i} = -\frac{1}{p_{FS}}$$

F.5.2 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_b^2 + c_2^2 u_R^2} \quad (\text{F.5})$$

F.6 扩展不确定度的评定

$$U = k u_c, \quad k=2 \quad (\text{F.6})$$

F.7 指重表传感器进程示值误差测量结果不确定度评定举例

F.7.1 计量标准

名称: 数字压力计, 准确度等级 0.05 级, 测量范围: (0~10) MPa。

F.7.2 测量对象

指重表传感器 JZ250 (0~6) MPa, 额定输出压力: 6 MPa。

F.7.3 测量条件

环境条件和恒温条件均符合本规范要求。

F.7.4 测量过程和数据

按本规范校准步骤要求, 选择相应规格对指重表传感器按点连续进行 10 次测量, 测量结果见表 D-1。

表 D-1 重复性测量结果

单位: MPa

测量点 序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{F}$	s
1	0.97	0.98	0.98	0.98	0.97	0.98	0.97	0.97	0.98	0.96	0.97	0.007
2	1.95	1.96	1.95	1.96	1.95	1.95	1.97	1.96	1.95	1.96	1.96	0.007
3	2.95	2.96	2.95	2.96	2.95	2.95	2.97	2.96	2.95	2.96	2.96	0.007
4	3.95	3.96	3.95	3.96	3.95	3.95	3.97	3.96	3.95	3.96	3.96	0.007
5	4.95	4.96	4.95	4.96	4.95	4.95	4.97	4.96	4.95	4.96	4.96	0.007
6	5.95	5.96	5.95	5.96	5.95	5.95	5.97	5.96	5.95	5.96	5.96	0.007

其算术平均值

$$\bar{p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i$$

单次实验标准差

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}{n-1}}$$

实际测量情况只测量1次，故

$$u(\bar{p}) = s$$

#### F.7.5 标准不确定度评定

F.7.5.1 已知数字压力计准确度等级为 0.05 级，满量程为 10MPa。则指数数字压力计示值误差引入的标准不确定度分量为：

$$\text{测量点为1MPa时, } u_b = \frac{\delta}{\sqrt{3}} \times 10 = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} \times 10 = 0.0029 \text{ MPa}$$

测量点 (MPa)	$u_b$ (MPa)
2	0.0029
3	0.0029
4	0.0029
5	0.0029
6	0.0029

F.7.5.2 由表 D-1 可知测量重复性引入的标准不确定度分量为：

测量点 (MPa)	$u_R$ (MPa)
1	0.007
2	0.007
3	0.007
4	0.007
5	0.007
6	0.007

F.7.5.3 其他因素引入的不确定度分量因为数量较小可不考虑。

#### F.7.6 计算标准合成不确定度

标准不确定度分量及灵敏系数见表 D-2。

表 D-2 标准不确定度分量及灵敏系数(1MPa)

序号	不确定度来源	标准不确定度分量	灵敏系数
1	指重表校准装置准确度 $u_b$	0.0029	$\frac{1}{p_{FS}}$
2	测量结果重复性 $u_R$	0.007	$-\frac{1}{p_{FS}}$

测量点为1MPa时,

$$\begin{aligned}
 u_c &= \sqrt{c_1^2 u_b^2 + c_2^2 u_R^2} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{6^2} \times 0.0029^2 + \left(-\frac{1}{6}\right)^2 \times 0.007^2} \\
 &= 0.13\%
 \end{aligned}$$

同理

测量点 (kN)	$u_c$
2	0.13%
3	0.13%
4	0.13%
5	0.13%
6	0.13%

#### F.7.7 计算扩展不确定度

测量点为 1MPa 时:  $U = k u_c = 2 \times 0.13\% = 0.26\%$ ,  $k=2$

同理

测量点 (MPa)	$U (k=2)$
2	0.26%
3	0.26%
4	0.26%
5	0.26%

6	0.26%
---	-------



新疆维吾尔自治区  
地方计量校准规范

石油钻修井指重表校准规范

JJF (新) 122—2024

新疆维吾尔自治区市场监督管理局发布

\*

版权所有 不得翻印

\*

880mm×1230mm 16 开本

202x 年 x 月第 1 版 202x 年 x 月第 1 次印刷

印数 1-100