

ICS 75.180

E 90

备案号: 27515—2010

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6757—2009

井下压力计检定装置校准方法

Calibration method of the verification device for downhole pressure gauge

2009—12—01 发布

2010—05—01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 计量特性	1
3 校准条件	2
4 校准项目和校准方法	2
5 校准结果	5
6 复校时间间隔	5
附录 A (资料性附录) 井下压力计检定装置校准记录格式	6
附录 B (资料性附录) 井下压力计检定装置校准证书内页格式	8

前 言

本标准的附录 A、附录 B 为资料性附录。

本标准由油气计量及分析方法专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：大庆石油管理局技术监督中心、大庆油田有限责任公司测试技术服务分公司、沈阳市兴大通仪器仪表厂。

本标准主要起草人：杨伟民、袁海滨、王东红、陈剑、庄强、许晶。

井下压力计检定装置校准方法

1 范围

本标准规定了井下压力计检定装置（以下简称检定装置）的技术要求、校准条件、校准项目和校准方法。

本标准适用于新制造、使用中和修理后井下压力计检定装置（以压力传感器为主标准器）的校准。本标准不适用于以活塞压力计为主标准器的井下压力计检定装置的校准。

2 计量特性

2.1 计量特性指标

检定装置计量特性指标见表 1。

恒温箱有效高度应高于被校井下压力计长度 0.2m。

表 1 检定装置计量特性

检定装置准确度等级		0.01	0.02	0.05
压力传感器最大允许误差, MPa		±0.01%FS	±0.02%FS	±0.05%FS
恒温箱	温度示值误差,℃	±1.0		±2.0
	温场波动度,℃	±0.5		±1.0
	温场均匀度,℃	±0.5		±1.0

2.2 外观

2.2.1 检定装置配套完整，安装稳固，安全可靠。

2.2.2 检定装置应有铭牌，铭牌字迹清晰，应清楚标明：装置名称、型号、出厂编号、生产厂家、测量范围、供电电源、准确度等级。

2.3 压力密封性

装置压力达到满量程时，各部件无渗漏，观察输出的压力值变化小于最大允许误差。

2.4 压力示值误差

检定装置示值误差不大于最大允许误差。

2.5 压力重复性

检定装置重复性误差不大于最大允许误差的绝对值。

2.6 压力回程误差

检定装置回程误差不大于最大允许误差的绝对值。

2.7 压力零点漂移

在 1h 内，被校准检定装置零点输出示值中最大值与最小值之差应不大于最大允许误差绝对值的 1/2。

2.8 恒温箱温度示值误差

恒温箱温度示值误差符合表 1 的规定。

2.9 恒温箱温场波动度

恒温箱温场波动度符合表 1 的规定。

2.10 恒温箱温场均匀度

恒温箱温场均匀度符合表 1 的规定。

3 校准条件

3.1 校准环境

3.1.1 校准前，活塞压力计和检定装置应在校准环境温度下放置 2h 以上，方可检定。

3.1.2 校准时环境温度为 $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，环境相对湿度为小于 80%。

3.1.3 校准环境应避免震动和强电磁干扰。

3.2 校准设备

校准设备为活塞压力计、多通道温度测试仪，校准设备的技术要求应符合表 2 规定。

表 2 校准设备的技术要求

井下压力计检定装置准确度等级	活塞压力计准确度等级	温度测试仪最大允许误差
0.01	0.005	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
0.02	0.005	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
0.05	0.01	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$

4 校准项目和校准方法

4.1 校准项目

检定装置校准项目符合表 3 规定。

表 3 检定装置校准项目

序 号	校 准 项 目	新制造	修理后	使用中
1	外观	+	+	+
2	压力密封性	+	+	+
3	压力示值误差	+	+	+
4	压力重复性	+	+	+
5	压力回程误差	+	+	+
6	压力零点漂移	+	+	-
7	温度示值误差	+	+	+
8	温场波动度	+	+	+
9	温场均匀度	+	+	-
注：“+”表示校准项目，“-”表示可不校准项目。				

4.2 校准方法

4.2.1 外观

目测检查检定装置各部分应符合 2.2 的各项要求。

4.2.2 压力密封性

在检定装置工作状态下加压至最大工作压力，恒压不少于 1h 后，每隔 5min 记录一次输出示值，连续记录 5 次，最大和最小压力值之差符合 2.3 的要求。

4.2.3 压力示值误差

4.2.3.1 检定装置与活塞压力计连接，给检定装置通电预热 20min，保证连接管路密封，排出管路中的空气使其充满导压介质。

4.2.3.2 将压力升至检定装置工作的满量程，稳压 3min，装置各部件无泄露，然后泄压到零点。

4.2.3.3 确定压力校准点，在检定装置压力量程范围内均匀选取至少 6 个校准点（包括零点）作为校准点。

4.2.3.4 按照确定的压力校准点，活塞压力计从零点开始缓慢升压至压力上限逐点进行校准（正行程），每一点在压力稳定后，记录检定装置输出示值。正行程校准完成后，通过活塞压力计在压力上限处产生一压力波动，待稳定后记录示值作为反行程降压校准的压力上限数据，然后缓慢降压，逐点进行校准至零位（反行程），记录反行程各点示值。校准过程中应平稳升压或降压，避免出现超调或回调现象。

4.2.3.5 正行程校准和反行程校准为一个循环。示值校准应至少进行四个循环，在校准过程中如果出现调零和漏压等中断校准情况，此循环必须重新进行。

4.2.3.6 检定装置示值误差按式（1）计算。

$$\Delta y = y_i - y_b \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Δy ——检定装置在第 i 校准点的示值误差，MPa；

y_i ——检定装置在第 i 校准点的压力示值，MPa；

y_b ——检定装置在第 i 校准点的压力标准值，MPa。

4.2.4 压力重复性

按式（2）、式（3）计算在各校准点上正、反行程子样标准偏差。

$$s_{I_i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_{I_{ij}} - \bar{y}_{I_i})^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$s_{D_i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_{D_{ij}} - \bar{y}_{D_i})^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

s_{I_i} ， s_{D_i} ——第 i 校准点上正、反行程子样标准偏差，MPa；

$y_{I_{ij}}$ ， $y_{D_{ij}}$ ——第 i 校准点上第 j 循环的正行程、反行程的压力示值，MPa；

\bar{y}_{I_i} ， \bar{y}_{D_i} ——第 i 校准点上正行程、反行程压力示值的平均值，MPa。

压力传感器在整个测量范围内的标准偏差 s 按式（4）计算：

$$s = \sqrt{\frac{1}{2m} (\sum_{i=1}^m s_{I_i}^2 + \sum_{i=1}^m s_{D_i}^2)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

压力传感器的重复性误差 ϵ_s 按式（5）计算：

$$\epsilon_s = 3s \quad \dots\dots\dots (5)$$

4.2.5 压力回程误差

压力回程误差为同一校准点正行程示值的算术平均值与反行程示值的算术平均值之差，按式（6）

计算。

$$\epsilon_{h_i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |y_{i_j}| - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |y_{D_j}| \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

ϵ_{h_i} ——压力传感器在第 i 校准点的回程误差, MPa;

y_{i_j} ——压力传感器在第 i 校准点第 j 循环正行程的压力示值, MPa;

y_{D_j} ——压力传感器在第 i 校准点第 j 循环反行程的压力示值, MPa。

4.2.6 压力零点漂移

在室温条件下, 每隔 15min 记录一次零点输出值, 共记录 5 次, 零点漂移误差应符合 2.7 的要求。

4.2.7 温度示值误差

4.2.7.1 恒温箱校准温度点一般应选择设备使用范围的下限、上限及中间点, 也可根据用户需要选择实际常用的温度点, 温度校准点不得少于 2 个。

4.2.7.2 在恒温箱有效工作区内, 上、中、下位置放标准温度测试仪传感器探头各一个。

4.2.7.3 按照选定的温度校准点平稳地给恒温箱升温, 达到稳定温度点不能超过 60min, 温度稳定后, 每 2min 记录一次温度输出示值, 共记录 5 组数据。

4.2.7.4 恒温箱最大允许误差按式 (7) 计算。

$$\Delta t_{di} = \bar{t}_i - \bar{t}_0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

Δt_{di} ——恒温箱第 i 校准点温度示值误差, °C;

\bar{t}_i ——第 i 校准点中心点上 5 次测量的平均值, °C;

\bar{t}_0 ——恒温箱在第 i 校准点显示温度平均值, °C。

4.2.8 温场波动度

恒温箱在稳定状态下, 工作空间中心点温度随时间的变化量, 即中心点在 10min 内 (每 2min 测试一次) 实测最高温度与最低温度之差的一半, 冠以 “±” 号, 按式 (8) 计算。

$$\Delta t_{bi} = \pm \frac{1}{2} (t_{i,\max} - t_{i,\min}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

Δt_{bi} ——第 i 校准点温场波动度, °C;

$t_{i,\max}$ ——第 i 校准点中心点上 5 次测量中的最高温度, °C;

$t_{i,\min}$ ——第 i 校准点中心点上 5 次测量中的最低温度, °C。

4.2.9 温场均匀度

恒温箱在稳定状态下, 在 10min 内 (每 2min 测试一次) 分别求出上、中、下各测试点的平均温度, 温场的均匀度为上、中、下三点平均温度的最大与最小的差值, 按式 (9) 计算。

$$\Delta t_{ui} = \bar{t}_{i,\max} - \bar{t}_{i,\min} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

Δt_{ui} ——第 i 测点的温场均匀度, °C;

$\bar{t}_{i,\max}$ ——第 i 测点上、中、下三个测点平均值中最高温度, °C;

$\bar{t}_{i,\min}$ ——第 i 测点上、中、下三个测点平均值中最低温度, °C。

5 校准结果

对已校准的仪器出具校准证书，校准证书应给出校准结果。校准记录格式参见附录 A，校准证书内页格式参见附录 B。

6 复校时间间隔

建议检定装置的复校时间间隔最长不超过 12 个月。

附录 A
(资料性附录)
井下压力计检定装置校准记录格式

井下压力计检定装置温度部分校准记录格式见表 A.1，压力部分校准记录格式见表 A.2。

表 A.1 温度部分校准记录

送校单位：													校准日期：年 月 日													
样品			名称		出厂编号																					
			测量范围		准确度等级																					
			生产厂家																							
标准器			名称		出厂编号																					
			测量范围		准确度等级																					
			有效证书编号																							
环境条件			温度：℃		湿度：%RH																					
温度		第 1 组		第 2 组		第 3 组		第 4 组		第 5 组																
校准点	恒温箱	上点	中点	下点	恒温箱	上点	中点	下点	恒温箱	上点	中点	下点	恒温箱	上点	中点	下点	恒温箱	上点	中点	下点	恒温箱	上点	中点	下点		
1																										
2																										
3																										
示值误差：																										
温场波动度：																										
温场均匀度：																										
不确定度：																										
证书编号：																										
校准人：													核验人：													

表 A.2 压力部分校准记录

送校单位:		校准日期:		年 月 日								
样品	名称			出厂编号								
	测量范围			准确度等级								
	生产厂家											
标准器	名称			出厂编号								
	测量范围			准确度等级								
	有效证书编号											
环境条件	温度:	℃	湿度:	% (RH)								
外观												
密封性					结论:							
零点漂移					结论:							
示 值 校 准	序号	压力 标准值 MPa	压力示值 MPa								平均值 MPa	
			正 1	反 1	正 2	反 2	正 3	反 3	正 4	反 4	正行程	反行程
	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											
	8											
	9											
	10											
	示值误差: 重复性: 回程误差:											
不确定度												
证书编号												
校准人:												
核验人:												

附 录 B

(资料性附录)

井下压力计检定装置校准证书内页格式

井下压力计检定装置校准证书内页格式见表 B. 1。

表 B. 1 校准证书内页

校 准 结 果	
1. 外观检查:	
2. 压力密封性:	
3. 压力示值误差:	
4. 压力重复性:	
5. 压力回程误差:	
6. 压力零点漂移:	
7. 温度示值误差:	
8. 温场波动度:	
9. 温场均匀度:	
10. 不确定度:	