



河北省地方计量技术规范

JJF(冀) 151-2018

石油专用丁字尺校准规范

Calibration Specification for Oil Special T-squares

2018-08-28 发布

2018-11-30 实施

河北省质量技术监督局 发布

石油专用丁字尺校准规范

Calibration Specification for

JJF (冀) 151—2018

Special T-quares

归口单位：河北省质量技术监督局

起草单位：河北省计量监督检测研究院

华北油田计量中心站

本规范委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

高同山（河北省计量监督检测研究院）

刘 蕴（河北省计量监督检测研究院）

王亚倩（河北省计量监督检测研究院）

赵晓园（河北省计量监督检测研究院）

李 琳（华北油田计量中心站）

目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 概述.....	1
3 计量特性.....	2
3.1 刻线宽度及宽度差	2
3.2 刻线面的平面度	2
3.3 主尺侧面和横尺工作面的直线度	2
3.4 直角误差.....	2
3.5 示值误差.....	2
4 校准条件.....	2
4.1 环境条件.....	2
4.2 校准项目和校准用设备	3
5 校准方法.....	3
5.1 刻线宽度及宽度差	3
5.2 刻线面的平面度	3
5.3 主尺侧面和横尺工作面的直线度	3
5.4 直角误差	4
5.5 示值误差	4
6 校准结果的表述.....	4
7 复校时间间隔.....	4
附录 A 石油专用丁字尺示值误差的测量不确定度评定	5
附录 B 石油专用丁字尺直角误差的测量不确定度评定	8
附录 C 校准证书内容	10

引 言

本规范的编写是以 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1094—2002《测量仪器特性评定》和 GB/T 13236—2011《石油和液体石油产品 储罐液位手工测量设备》为基础和依据。

本规范为首次制定。

石油专用丁字尺校准规范

1 范围

本规范适用于分度值为 1 mm，测量范围至 2000 mm 的石油专用丁字尺的校准。

2 概述

石油专用丁字尺是测量油罐车内液面空间高度的专用计量器具。石油专用丁字尺（以下简称丁字尺）一般是由铜、塑料或有机玻璃制成，其结构形式见图 1 所示。

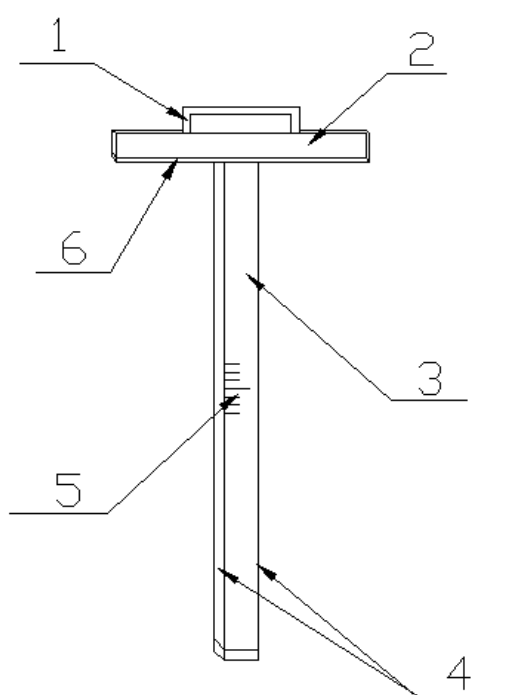


图 1 石油专用丁字尺结构示意图

1-手柄；2-横尺；3-主尺；4-主尺侧面；5-刻度；6-横尺工作面

3 计量特性

3.1 刻线宽度及宽度差

丁字尺的刻线宽度及宽度差见表1。

表1 刻线宽度及宽度差

刻线宽度 (mm)	宽度差 (mm)
≤ 0.5	≤ 0.15

3.2 刻线面的平面度

丁字尺刻线面的平面度见表2。

表2 刻线面的平面度和主尺侧面的直线度

测量范围上限 (mm)	刻线面的平面度 (mm)	主尺侧面的直线度 (mm)
500	≤ 1.7	≤ 0.30
1000	≤ 2.0	≤ 0.50
1500	≤ 3.7	≤ 0.80
2000	≤ 4.0	≤ 1.00

3.3 主尺侧面和横尺工作面的直线度

丁字尺主尺侧面的直线度见表2。

丁字尺横尺工作面的直线度应不超过0.10mm。

3.4 直角误差

丁字尺主尺侧面和横尺工作面间的直角误差应不超过 $\pm 30'$ 。

3.5 示值误差

丁字尺的全长及任一刻线到尺的零位或末端刻线的示值误差应不超过 $\pm 1.0\text{mm}$ ，厘米分度示值误差应不超过 $\pm 0.2\text{mm}$ 。

注：校准不判断合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

4 校准条件

4.1 环境条件

4.1.1 环境温度： $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$ 。

4.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$ 。

校准前，丁字尺和校准用设备等温平衡时间不少于 2h。

4.2 校准项目和校准用设备

校准项目和校准用设备见表 4。

表4 校准项目和校准用设备

序号	校准项目	校准用设备
1	刻线宽度及宽度差	读数显微镜，MPE: $10\mu\text{m}$
2	刻线面的平面度	平板，1级；塞尺，MPE: $\pm(5\sim 16)\mu\text{m}$ ； 量块，5等
3	主尺侧面和横尺工作面的 直线度	平板，1级；刀口形直尺，MPE _s : $2\mu\text{m}$ ； 塞尺，MPE: $\pm(5\sim 16)\mu\text{m}$
4	直角误差	万能角度尺，MPE: $\pm 2'$
5	示值误差	三等标准金属线纹尺，MPE: $\pm(0.03+0.02L)\text{mm}$ ； 读数显微镜，MPE: $10\mu\text{m}$

5 校准方法

首先检查外观和各部分相互作用，确定没有影响校准计量特性的因素后再进行校准。

5.1 刻线宽度及宽度差

刻线宽度及宽度差用分度值为 0.01mm 的读数显微镜测量。任意抽检三条刻线，测量其宽度，宽度差以受测标记中的最大与最小值之差确定。

5.2 刻线面的平面度

将被检尺放在平板上，使刻线面与平板接触，用塞尺进行测量，以最大不能通过的塞尺片厚度作为校准结果。如果刻线面的平面度超过 3mm ，应用相应尺寸的量块进行测量。

5.3 主尺侧面和横尺工作面的直线度

主尺侧面的直线度：将被检尺放在平板上，使主尺的两侧面分别与平板接触，用塞尺进行测量，以最大不能通过的塞尺片厚度作为校准结果。

横尺工作面的直线度：将刀口形直尺的工作棱边与横尺的工作面接触，用塞尺进行测量，以最大不能通过的塞尺片厚度作为校准结果。

5.4 直角误差

用分度值为 $2'$ 的万能角度尺进行测量。将万能角度尺的两测量面分别与丁字尺的主尺侧面和横尺工作面均匀接触，读取万能角度尺的示值， 90° 与该示值的差值即为直角误差。丁字尺主尺的左右两侧直角均应测量。

5.5 示值误差

用三等标准金属线纹尺测量。测量时，调整被检尺，使其测量轴线与三等标准金属线纹尺的测量轴线平行，从标准尺上读取示值，读数时以各线纹的中心为准，示值误差按下式计算：

$$e = L_d - L_s$$

式中

e ——示值误差

L_d ——丁字尺的标称值

L_s ——三等标准金属线纹尺的示值

当被检尺全长大于 1000mm 时，可用分段法进行测量，全长示值误差为各段示值误差的代数和。

上述校准项目也可以使用满足测量不确定度要求的其他方法测量。

6 校准结果的表述

校准后的丁字尺，出具校准证书。校准证书应给出校准结果及测量不确定度。

7 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔一般不超过 1 年。

附录 A

石油专用丁字尺示值误差的测量不确定度评定

A.1 测量方法

用与三等标准金属线纹尺比较的方法测量丁字尺的示值误差，以主尺长度为 1000 mm 的铜制丁字尺为例，对 1000 mm 校准点的示值误差进行测量不确定度评定。

A.2 数学模型

$$\begin{aligned} e &= L_d - L_s \\ &= L_d - L_s + L_d a_d \cdot \Delta t_d - L_s a_s \cdot \Delta t_s \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中

e ——丁字尺的示值误差

L_d ——丁字尺的标称值。

L_s ——三等标准金属线纹尺的示值（20℃条件下）

a_d 、 a_s ——丁字尺与三等标准金属线纹尺的线膨胀系数。

Δt_d 、 Δt_s ——丁字尺与三等金属线纹尺偏离 20℃ 的温度差。

$$\text{令 } \delta_a = a_d - a_s, \text{ 则 } a_d = \delta_a + a_s \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{令 } \delta_t = \Delta t_d - \Delta t_s, \text{ 则 } \Delta t_s = \Delta t_d - \delta_t \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{取 } L \approx L_d \approx L_s \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta t \approx \Delta t_d \approx \Delta t_s \quad \dots\dots\dots (5)$$

将 (2)、(3)、(4) 式带入 (1) 式得

$$e = L_d - L_s + L(\delta_a \cdot \Delta t_d + a_s \delta_t) \quad \dots\dots\dots (6)$$

在将 (5) 式带入 (6) 式得

$$e = L_d - L_s + L \Delta t \delta_a + L a_s \delta_t \quad \dots\dots\dots (7)$$

A.3 方差和传播系数：

$$\text{依 } u_c^2(y) = \sum \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

则

$$u_c^2 = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2 + c_4^2 u_4^2$$

由 (7) 式得：

$$c_1 = \partial e / \partial L_d = 1$$

$$c_2 = \partial e / \partial L_s = -1$$

$$c_3 = \partial e / \partial \delta_a = L \cdot \Delta t$$

$$c_4 = \partial e / \partial \delta_t = L \alpha_s$$

则

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2 + c_4^2 u_4^2}$$

A.4 标准不确定度分量一览表

表 A.1 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量	不确定度分量来源	标准不确定度分量值	灵敏系数 c_i	$ c_i \times u_i$
u_1	估读误差	0.09mm	1	0.05mm
u_2	三等金属标准线纹尺示值误差	0.05mm	-1	0.05mm
u_3	线膨胀系数差	2.58×10^{-6} mm	10000	0.03mm
u_4	温度差	0.17mm	0.012	0.01mm
$u_c = 0.08$ mm				

A.5 各分量标准不确定度的计算

A.5.1 估读误差引入的标准不确定度 u_1 :

估读误差为 0.05 mm，以均匀分布估计， $k = \sqrt{3}$ ，两次测量，则

$$u_1 = (0.05 / \sqrt{3}) \times \sqrt{2} \approx 0.05 \text{ (mm)}$$

A.5.2 三等金属标准线纹尺示值误差引入的标准不确定度 u_2 :

三等金属标准线纹尺 1000 mm 的最大允许误差为 ± 0.05 mm，以均匀分布估计， $k = \sqrt{3}$ ，两次测量，则

$$u_2 = (0.05 / \sqrt{3}) \times \sqrt{2} \approx 0.05 \text{ (mm)}$$

A. 5.3 丁字尺与钢直尺的线膨胀系数差引入的标准不确定度 u_3 :

丁字尺的线膨胀系数为 $a_d=17.8\times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 钢直尺的线膨胀系数 $a_s=11.5\times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 二者线膨胀系数差为 $\Delta a = a_s - a_d = (-6.3)\times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 三角分布, $k = \sqrt{6}$, 实验室偏离标准温度 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$u_3 = 6.3 \times 10^{-6} / \sqrt{6} \approx 2.58 \times 10^{-6} \text{ (}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{)}$$

$$c_3 = \partial e / \partial \delta_a = L \cdot \Delta t = 10000 \text{ (mm} \cdot \text{ }^{\circ}\text{C)}$$

A. 5.4 丁字尺与钢直尺的温度差引入的标准不确定度 u_4 :

估计其温度差为 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 以均匀分布估计, $k = \sqrt{3}$, 则

$$u_4 = 0.3 \sqrt{3} \approx 0.17 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

$$c_4 = \partial e / \partial \delta_t = L a_s = 0.012 \text{ (mm} \cdot \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}\text{)}$$

A. 6 合成标准不确定度 u_c :

$$u_c = \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2 + (c_3 u_3)^2 + (c_4 u_4)^2} = 0.08 \text{ mm}$$

A. 7 扩展不确定度 U 为

$$U = k u_c = 0.2 \text{ mm} \quad k = 2$$

A. 8 测量不确定度报告

丁字尺 1000mm 校准点示值误差的扩展不确定度为:

$$U = 0.2 \text{ mm} \quad k = 2$$

同理可得丁字尺 2000mm 校准点示值误差的扩展不确定度为 $U=0.3 \text{ mm}$, $k = 2$ 。

附录 B

石油专用丁字尺直角误差的测量不确定度评定

B. 1. 测量方法:

用万能角度尺通过直接测量获得, 测量时万能角度尺的两测量面分别与丁字尺的主尺侧面和横尺工作面均匀接触, 直角标称值 (即 90°) 与万能角度尺示值之差即为直角误差。

B. 2. 数学模型

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中

$\Delta\alpha$ ——直角误差;

α ——直角标称值, 即 90° ;

α_0 ——万能角度尺示值。

B. 3. 方差和传播系数:

依 $u_c^2(y) = \sum \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$

则

$$u_c^2 = c^2(\alpha)u^2(\alpha) + c^2(\alpha_s)u^2(\alpha_s)$$

由 (1) 式得:

$$c(\alpha) = 1 \quad c(\alpha_s) = -1$$

则

$$u_c = \sqrt{u^2(\alpha) + u^2(\alpha_s)}$$

B.4 标准不确定度分量一览表

表 B.1 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度分量来源	标准不确定度分量值 $u(x_i)$	灵敏系数 c_i	$ c_i \times u_i$
u_1	估读误差	0.6'	-1	0.6'
$u(\alpha_s)$	万能角度尺示值误差	1.2'	-1	1.2'
$u_c=1.4'$				

B.5. 各分量标准不确定度的计算

B.5.1 估读误差引入的标准不确定度分量 $u(\alpha)$

分度值 2' 的万能角度尺，其估读误差为 1'，均匀分布， $k = \sqrt{3}$

$$u(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.6'$$

B.5.2 万能角度尺示值误差引入的标准不确定度分量 $u(\alpha_s)$

分度值为 2' 的万能角度尺最大示值误差不超过 $\pm 2'$ ，均匀分布， $k = \sqrt{3}$

$$u(\alpha_s) = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.2'$$

B.6. 合成标准不确定度 u_c

$$u_c^2 = u^2(\alpha) + u^2(\alpha_s)$$

$$u_c = 1.4'$$

B.7 扩展不确定度

$$U = k \times u_c = 2 \times 1.4' \approx 3' \quad k=2$$

附录 C

校准证书内容

C.1 校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
 - b) 实验室名称和地址；
 - c) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
 - d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
 - e) 客户的名称和地址；
 - f) 被校对象的描述和明确标识；
 - g) 进行校准日期，如果与校准结果的有效性应用有关时，应说明被校对象的接受日期；
 - h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
 - i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
 - j) 本次校准所用计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) 校准证书或校准报告签发人的签名、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。
-