



福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1081—2016

测桩荷载箱校准规范

Calibration Specification for Load cell

2016-5-5 发布

2016-6-20 实施

福建省质量技术监督局 发布

测桩荷载箱校准规范
Calibration Specification for
Load Cell

JJF (闽) 1081—2016

本规范经福建省质量技术监督局于 2016 年 5 月 5 日发布，并自 2016 年 6 月 20 日起施行。

归口单位：福建省质量技术监督局

主要起草单位：福建省计量科学研究院

本规范委托起草单位负责解释。

本规范主要起草人：

马 兴 （福建省计量科学研究所）

薛 金 （福建省计量科学研究所）

参加起草人：陈元锦 （福州鸿飞检测技术服务有限公司）

蔡开城 （福建省计量科学研究所）

目录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
6 校准条件	(2)
7 校准项目和校准方法	(3)
8 校准结果表达	(4)
9 复校时间间隔	(5)
10 附录 A1 测桩荷载箱校准记录	(6)
11 附录 A2 测桩荷载箱校准证书内页	(7)
12 附录 B 测桩荷载箱测量结果不确定度分析	(8)

测桩荷载箱校准规范

1 范围

本规范适用于测桩荷载箱（以下简称荷载箱）使用前的校准。

2 引用文献

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

JJG 621-2012 液压千斤顶检定规程

DB 36/J002-2006 桩身自反力平衡静载试验技术规程

DBJ/T13-183-2014 基桩竖向承载力自平衡法静载试验技术规程

JT/T 875-2013 基桩自平衡法静载试验用荷载箱

JT/T 738-2009 基桩静载试验 自平衡法

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和计量单位

3.1 额定液压值

额定力值所对应荷载箱的压力值

3.2 相对分辨力 (relative resolution)

荷载箱指示器的分辨力与其最小校准点之比。

3.3 校准方程 (calibration equation)

为了使荷载箱能在一定负荷范围内连续使用，根据有限次数的定度数据建立的荷载箱压力表示值与其输出实际力值之间的关系式。

3.4 内插误差 (interpolation error)

由校准方程求出的与压力表示值相对应的力直线拟合值和对应的校准点力值之间的相对误差。

3.5 负载效率 load efficiency

荷载箱输出力值与理论力值之比。

4 概述

荷载箱应用于桩基础的检测，是由单个或多个荷载单元组合而成，为一次性使用的计量器具。荷载箱工作系统主要由荷载箱及相应的管路和指示器组成。荷载箱的工作原理是液压系统对荷载箱加压，荷载箱对受力体施加作用力，通过与荷载箱连通的

数字式指示器直接或间接指示所施加的力值。

5 计量特性

5.1 荷载箱指示器

荷载箱指示器为数字指示器，指示器应正常稳定，数字显示清晰准确，能及时跟踪显示所施加的力值。

5.2 行程

荷载箱启动液压系统正常后，用钢直尺测量空载荷载箱行程，荷载箱行程应不小于 100 mm 且 $\geq 0.1D$ (桩径)。

5.3 保压

液压系统在额定承载力下保压 30 s，各密封处不得有渗漏现象。

5.4 指示器的相对分辨力： $\leq 2\%$ 。

5.5 极限承载力应不低于额定承载力的 120%。

5.6 示值重复性、内插误差

示值重复性： $\leq 3\%$ ；

内插误差 (MPE)： $\pm 3\%$ 。

5.7 负载效率

荷载箱负载效率应不小于 90%。

6 校准条件

6.1 环境条件

荷载箱应在 (0~40) °C，相对湿度不大于 90%的环境下校准。

6.2 校准用标准器具

a) 标准测力仪或力标准机：准确度等级不低于 0.5 级；

b) 钢直尺：(0~500) mm，分度值 1.0 mm。

c) 秒表：分辨力不低于 0.1 s。

6.3 配套设备

配足够刚度、稳固的承力机构，其承力机构在最大负荷下应无明显的变形。

荷载箱校准装置配套的液压系统及控制系统加卸力应平稳，无妨碍读数的压力波动，无冲击和颤动现象。保压性能良好。

7 校准项目和校准方法

荷载箱的安装应保证其加力轴线与标准测力仪受力轴线重合。荷载箱主要部件应配套校准与使用；所配套的数字指示器应必须检定合格。荷载箱与标准测力仪之间放置大小适当的垫块，荷载箱与垫块及标准测力仪之间的接触面平滑，无锈蚀和杂物。校准前应记录荷载箱的额定压力、活塞面积信息。

7.1 外观

荷载箱主体及主要部件上应有铭牌。铭牌上应有产品名称、型号规格、出厂编号、制造厂名称、额定力值、活塞面积等信息。

7.2 操作适应性

液压系统应工作正常，液压加压系统无泄漏，液压介质应清洁纯净。

7.3 行程

荷载箱启动液压系统正常后，用钢直尺测量空载的荷载箱行程，荷载箱行程应符合 5.2 要求。

7.4 保压

将荷载箱加载到额定力值，保压 30s，应符合 5.3 要求。

7.5 相对分辨力

检查荷载箱指示器，应符合本规程 5.4 要求。按公式 (1) 计算相对分辨力 α 。

$$\alpha = \frac{r}{f_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中： r ——校准点示值分辨力；

f_0 ——最小校准点示值。

7.6 示值重复性、内插误差和负载效率的校准

7.6.1 将荷载箱安装调整成工作状态，并将其安放在反力架中，与标准测力仪串接。安装时要使荷载箱、标准测力仪、垫块与反力架对中。

7.6.2 启动液压系统，将荷载箱加载到额定力值，预压 3 次。

7.6.3 校准点的选取应从额定液压值的 10% 开始，直至额定液压值，一般取 5~8 点，应均匀分布；包含最小和额定的液压值。

7.6.4 从初始点开始，驱动荷载箱主动加压，按递增顺序施加力，直到额定液压值后退回到初始点。示值校准时施加试验力应平稳，加到校准点前应调节溢流阀，使压力稳定保持在相应的校准点，读取此时力标准值。重复本步骤测量 3 次。

7.6.5 有关技术指标的计算方法, 所得结果应符合 5.6 和 5.7 要求。

7.6.5.1 示值重复性 R 计算如下:

$$R_i = \frac{F_{i\max} - F_{i\min}}{\bar{F}_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $F_{i\max}$ ——对应于第 i 个校准点测力仪 3 次示值的最大值, kN;

$F_{i\min}$ ——对应于第 i 个校准点测力仪 3 次示值的最小值, kN;

\bar{F}_i ——对应于第 i 个校准点测力仪 3 次示值的算术平均值, kN。

7.6.5.2 内插误差 I 计算如下:

$$I_i = \frac{F_{ci} - \bar{F}_i}{\bar{F}_i} \times 100\% \quad (3)$$

式中: F_{ci} ——对应于第 i 个校准点由校准方程求出的与压力示值相对应的荷载箱负荷的直线拟合值, kN;

\bar{F}_i ——对应于第 i 个校准点测力仪 3 次示值的算术平均值, kN。

7.6.5.3 负载效率 η 计算如下:

$$\eta = \frac{\bar{F}_i}{S \times P_i} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

\bar{F}_i ——第 i 个校准点时, 对应的 3 次重复测量测力仪上读数的算数平均值, kN;

P_i ——第 i 个校准点对应的荷载箱指示器压力示值, MPa;

S ——荷载箱的活塞面积, m^2 。

7.6.6

校准后给出其最小二乘法的曲线方程, 该方程是以压力为自变量的压力-力校准方程。

8 校准结果表达

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:

- 标题: “校准证书”;
- 实验室名称和地址;
- 进行校准的地点;
- 证书的唯一性标识, 每页及总页数的标识;
- 客户的名称和地址;
- 被校对象的描述和明确标识;

- g) 进行校准的日期;
- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- m) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- n) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

9 校准时间间隔

荷载箱校准时间间隔建议为 6 个月。

附录 A1

测桩荷载箱校准记录格式

被检单位					记录编号					
样品	名称					型号规格				
	生产厂					出厂编号				
标准器	名称			型号规格			仪器编号			
	证书编号			不确定度/准确度等级/最大允许误差						
标准设备/样品检查		校准前： <input type="checkbox"/> 正常， <input type="checkbox"/> 不正常_____			校准后： <input type="checkbox"/> 正常， <input type="checkbox"/> 不正常_____					
技术依据	JJF (闽) ××××-××××《测桩荷载箱校准规范》			环境条件	温度： °C ； 相对湿度： %	地点	<input type="checkbox"/> 该单位 <input type="checkbox"/> 本院			
一、外观与附件、操作适应性检查： <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格										
二、相对分辨力：_____； 额定力值 (kN)：_____； 活塞面积 (m ²)：_____； 指示仪表：_____； 配传感器：_____；										
三、行程： <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格										
四、保压： <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格；										
五、示值重复性、内插误差及负载效率										
校准点 (MPa)	实测值 (kN)				重复性 R (%)	实测值 扩展不确定度 U _{rel} (%) (k=2)	内插误差		负载效率	
	1	2	3	平均			计算值 (kN)	I (%)	理论值 (kN)	η (%)
校准方程：_____注：Y—试验力 (kN) X—荷载箱液压力值 (MPa)										
说明				证书编号						
校准			核验			校准日期				

录 A2

测桩荷载箱校准证书背面格式

校准地点：_____ 环境温度：_____℃ 相对湿度：_____ %RH

其它_____

校准依据：_____

校准项目和结果：

- 1、外观与附件、操作适应性：
- 2、相对分辨力： 额定力值： 活塞面积： 指示仪表： 配传感器：
- 3、行程：
- 4、保压：
- 5、示值重复性、内插误差及负载效率

测量范围：

校准点 (MPa)	实测 平均值 (kN)	重复性 (%)	内插误差 (%)	负载效率 (%)	实测值扩展不确定度 U_{rel} (%) ($k=2$)

校准方程：

说明： Y—试验力 (kN) X—荷载箱液压值 (MPa)

附录 B

测桩荷载箱压力值测量不确定度评定

1 概述

1.1 环境条件：温度：(0~40)℃。

1.2 测量标准：0.5 级标准测力仪。

1.3 被测对象：测桩荷载箱（以下简称荷载箱），示值重复性：≤3%；内插误差 (MPE)：±3%。

1.4 测量过程：在规定条件下，用荷载箱对标准测力仪施加负荷至校准点，可得到与校准点对应的标准测力仪示值。该过程连续进行 3 次，计算 3 次标准测力仪示值的算术平均值即为该校准点的液压力值。

1.5 评定结果的使用

在符合上述条件的荷载箱，一般可使用不确定度的评定结果。否则可参考本规范评定。

2 数字模型： $F_i = \bar{F}_i$

式中： \bar{F}_i ——对应于第 i 个校准点标准测力仪 3 次示值的算术平均值，kN；

F_i ——对应于第 i 个校准点的荷载箱液压力值，kN。

3 标准不确定度分量的评定

输入量 \bar{F}_i 的标准不确定度 $u(\bar{F}_i)$ 的评定；其不确定度主要来源是荷载箱的测量重复性（已含压力表本身引入的误差）和标准测力仪的准确度，荷载箱的测量重复性可以通过连续测量得到测量列，采用 A 类评定方法进行评定，标准测力仪的准确度是均匀分布，可以 B 类方法评定，且两者彼此互相独立，各不相关。

3.1 测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{F}_i)$ 的评定

对一台型号为 YQ 的荷载箱，选取 16 MPa 校准点，读取标准测力仪相对应

的示值，连续测量 10 次，可得到测量列见下表：

序号 (i)	1	2	3	4	5
标准测力仪示值 (kN)	5145	5145	5150	5140	5140
序号 (i)	6	7	8	9	10
标准测力仪示值 (kN)	5144	5142	5152	5150	5145

$$\text{平均值 } \bar{F} = 5145.3 \text{ kN}$$

$$\text{单次实验标准差 } s = 4.19 \text{ kN}$$

在实际测量中，在重复性条件下连续测量 3 次，以 3 次的测量值的算术平均值作为测量结果，因此测量的重复性引入的不确定度为：

$$u_1(\bar{F}_i) = 4.19 / \sqrt{3} = 2.42 \text{ (kN)}$$

3.2 标准测力仪的准确度引入的不确定度 $u_2(\bar{F}_i)$ 的评定：

标准测力仪的准确度等级为 0.5 级，则其引入的不确定度为：

$$u_2(\bar{F}_i) = \frac{5145.3 \times 0.005}{\sqrt{3}} = 14.85 \text{ (kN)}$$

4 合成标准不确定度的评定

4.1 灵敏系数

$$\text{数学模型： } F_i = \bar{F}_i, \text{ 则 } c_1 = \frac{\partial F_i}{\partial \bar{F}_i} = 1$$

4.2 标准不确定度汇总表，见下表：

分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度分量 (kN)	C_i
$u_1(\bar{F}_i)$	荷载箱的测量重复性	2.42	1
$u_2(\bar{F}_i)$	标准测力仪的准确度	14.85	1

4.3 合成标准不确定度的计算

u_1 、 u_2 各不相关，则：

$$u_{cr}(\overline{F}_i) = \sqrt{u_1(F_i)^2 + u_2(F_i)^2} = \sqrt{2.42^2 + 14.85^2} = 15.05 \quad (\text{kN})$$

$$u_c = \frac{u_{cr}}{F_i} = \frac{15.05}{5145.3} \times 100\% = 0.29\%$$

5. 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U_{rel}=k \cdot u_c=0.6\%$

6. 扩展不确定度的报告与表示

当荷载箱在 16 MPa 校准点时，荷载箱压力值为 5145.3 kN，其扩展不确定度为 $U_{rel}=0.6\%$ 。它是由合成标准不确定度 $u_{cr}=0.29\%$ 和包含因子 $k=2$ 之乘积得到。

7. 对荷载箱力值测量结果的不确定度评估

7.1 该荷载箱常规应校准 10%、20%、40%、60%、80%、100%共 6 个点，其测量不确定度见下表：

校准点 (MPa)	标准不确定度分量(%)		u_c (%)	U_{rel} (%) ($k=2$)
	$u_1(\overline{F}_i)$	$u_2(\overline{F}_i)$		
2	0.047	0.289	0.29	0.6
4	0.047	0.289	0.29	0.6
8	0.047	0.289	0.29	0.6
12	0.047	0.289	0.29	0.6
16	0.047	0.289	0.29	0.6
20	0.047	0.289	0.29	0.6

7.2 荷载箱的测量范围为 (2~70) MPa, 在不同区间对荷载箱进行校准时, 不确定度分量 $u(\bar{F}_i)$ 将发生改变, 因此对全部校准点的测量不确定度评定如下表:

校准点 (MPa)	标准不确定度分量(%)		u_c (%)	U_{rel} (%) ($k=2$)
	$u_1(\bar{F}_i)$	$u_2(\bar{F}_i)$		
14	0.047	0.289	0.29	0.6
28	0.047	0.289	0.29	0.6
42	0.047	0.289	0.29	0.6
56	0.047	0.289	0.29	0.6
70	0.047	0.289	0.29	0.6

8. 校准和测量能力 (CMC):

荷载箱压力值的 CMC 为:

测量范围: (2~70) MPa

$U_{rel}=0.6\%$, $k=2$ 。