

JJF (皖)

安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 122-2022

应变控制式直剪仪校准规范

Calibration Specification for Strain-controlled Direct
Shear Apparatus

2022-01-04 发布

2022-02-15 实施

安徽省市场监督管理局 发布

应变控制式直剪仪校准规范

Calibration Specification for
Strain-controlled Direct Shear Apparatus

JJF(皖)122—2022

归口单位：安徽省力值计量技术委员会

起草单位：蚌埠市计量测试研究所

安徽省计量科学研究院

本规范委托安徽省力值计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

刘继兵（蚌埠市计量测试研究所）

高海青（安徽省计量科学研究院）

夏忻然（蚌埠市计量测试研究所）

钱 睿（安徽省计量科学研究院）

夏志强（蚌埠市计量测试研究所）

邱卫卫（蚌埠市计量测试研究所）

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)
6.1 环境条件.....	(3)
6.2 测量标准及其他设备.....	(4)
7 校准项目和校准方法.....	(4)
7.1 校准前检查.....	(4)
7.2 上剪切盒内径、下剪切盒内径和环刀内径、外径、高度.....	(4)
7.3 透水板直径和传压板底面直径.....	(5)
7.4 杠杆式应变控制式直剪仪鉴别阈.....	(5)
7.5 输出力值相对误差.....	(5)
7.6 绝缘电阻.....	(5)
7.7 位移测量装置误差.....	(6)
8 校准结果表达.....	(6)
9 复校时间间隔.....	(6)
附录 A 校准记录推荐格式.....	(7)
附录 B 校准证书内页推荐格式.....	(9)
附录 C 应变控制式直剪仪法向力的示值误差不确定度评定示例.....	(10)

引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用技术术语及定义》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

应变控制式直剪仪校准规范

1 范围

本规范适用于剪切力、法向力不大于 10kN 的应变控制式直剪仪的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 455 工作测力仪

JJG 34 指示表（指针式、数显式）

JJG 379 大量程百分表

JJF 1311—2011 固结仪校准规范

GB/T 4934.1—2008 土工试验仪器 剪切仪 第一部分：应变控制式直剪仪

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是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 剪切力 shear force

平行于剪切面上的力。

3.2 法向力 vertical force

垂直于剪切面上的力。

3.3 剪切位移 shear displacement

剪切面相对移动的距离。

3.4 应变控制式直剪仪 strain-controlled direct shear apparatus

一种通过均匀推动剪切容器对土样的固定剪切面施加剪切力，以求得土样在不同垂直压力条件下的抗剪强度（粘聚力 c 、内摩擦角 φ ）的土工试验仪器。

4 概述

应变控制式直剪仪一种通过均匀推动剪切容器对土样的固定剪切面施加剪切力，以求得土样在不同垂直压力条件下的抗剪强度（粘聚力 c 、内摩擦角 φ ）的土工试验仪

器。应变控制式直剪仪按剪切操作可分为手动式和电动式两种。应变控制式直剪仪构造如图 1 所示：

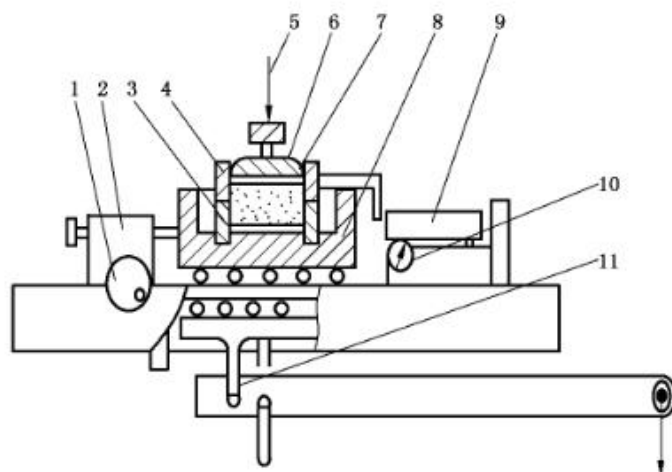


图 1 应变控制式直剪仪结构示意图

1—剪切传动机构；2—推动座；3—下剪切盒；4—上剪切盒；5—垂直位移量测装置；6—传压板；
7—透水板；8—储水盒；9—剪切力计量装置；10—剪切位移量测装置；11—联动装置。

5 计量特性

5.1 剪切盒内径和环刀内径、外径、高度

上、下剪切盒内径和环刀内径、外径、高度允差见表 1：

表 1 上、下剪切盒内径和环刀内径、外径、高度允差

项目名称	规格/mm	最大允许误差/mm
上剪切盒内径、下剪切盒内径和环刀内径	$\phi 61.80$	± 0.05
	$\phi 79.80$	± 0.06
环刀外径	$\phi 65.00$	0.00 -0.07
	$\phi 83.00$	0.00 -0.08
环刀高度	20.00	+0.05 0.00

5.2 透水板和传压板底面直径

透水板和传压板底面直径允差见表 2:

表 2 透水板和传压板底面直径允差

环刀规格/cm ²	规格/mm		最大允许误差/mm
30	上透水板	$\phi 61.30$	0.00 -0.05
	下透水板	$\phi 61.80$	
50	上透水板	$\phi 79.30$	
	下透水板	$\phi 83.00$	
30	传压盒	$\phi 61.30$	
50	传压盒	$\phi 79.30$	

5.3 杠杆式应变控制式直剪仪鉴别力阈

在平衡后不超过最大输出力值的 0.02%。

5.4 输出力值误差

5.4.1 法向力的相对误差不应大于 $\pm 1\%$ 。

5.4.2 剪切力: 用测力计计量时, 其示值误差在负荷 10%~30%范围内应不大于 1.5%; 在最大负荷 30%~100%内不大于 1%; 用负荷传感器时, 负荷传感器的非线性度误差不超过满量程的 0.3%。

5.5 应变控制式直剪仪的电气设备不接地处的绝缘电阻不小于 $1M\Omega$ 。

5.6 位移量测量装置误差

5.6.1 用百分表作为位移量表时, 量程 (0~10) mm, 分度值 0.01mm, 示值最大允许误差 0.02mm。

5.6.2 用位移传感器作为位移测量装置时, 其最大允许误差为 $\pm 0.2\%FS$ 。

注: 以上指标不适用于仪器的符合性判定, 仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度: (10~30) °C; 测量输出力值时, 室温变化应不大于 2°C/h。

6.1.2 湿度: 不大于 80%RH。

6.1.3 校准前，被校仪器和标准器具等温平衡时间不少于 2h。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 3

表 3 测量标准及其他设备

序号	标准器具	技术特性
1	标准测力仪	0.3 级
2	百分表检定装置	(0~25) mm MPE: $\pm 3\mu\text{m}/10\text{mm}$
3	量块	83 量块组 4 等
4	测量内尺寸千分尺	MPE: $\pm 0.010\text{mm}$
5	外径千分尺	MPE: $\pm 5\mu\text{m}$
6	长爪游标卡尺	(0~150) mm MPE: $\pm 0.03\text{mm}$
7	兆欧表	500V 10 级

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前的检查

应变控制式直剪仪应在明显位置具有表面清晰的铭牌。内容应包括：名称、规格/型号、出厂编号、制造厂名称等。设备表面应无严重锈蚀及破裂损伤，各紧固件应无松动，控制操纵灵活。应变控制式直剪仪应安装稳定，不得有摇晃、倾斜等状况。周围应留有足够的试验空间。

7.2 上剪切盒内径、下剪切盒内径和环刀内径、外径、高度

7.2.1 上剪切盒内径

用测量内尺寸千分尺在上剪切盒互相垂直的两个方向测量两次并取平均值。

7.2.2 下剪切盒内径

用测量内尺寸千分尺在下剪切盒互相垂直的两个方向测量两次并取平均值。

7.2.3 环刀内径

用测量内尺寸千分尺在环刀的内壁上互相垂直的两个方向测量两次并取平均值。

7.2.4 环刀外径

用外径千分尺在环刀的外壁上互相垂直的两个方向测量并取平均值。

7.2.5 环刀高度

用长爪游标卡尺测量环刀高度，均匀分布选三个位置测量并取平均值。

7.3 透水板直径和传压板底面直径

7.3.1 上透水板直径

用长爪游标卡尺在上透水板的外径上互相垂直的两个方向测量取平均值。

7.3.2 下透水板直径

用长爪游标卡尺在下透水板的外径上互相垂直的两个方向测量取平均值。

7.3.3 传压板底面直径

用长爪游标卡尺在传压板底面外径上互相垂直的两个方向测量取平均值。

7.4 杠杆式应变控制式直剪仪鉴别力阈校准方法

调整杠杆到水平位置，把标准测力仪放入加压框下，对正接触后调至零位，按杠杆最大输出力值的 0.02% 除以杠杆比后的砝码值为负荷，施加在砝码盘上，标准测力仪指示值应有力值反应，可认为鉴别力阈符合要求。

7.5 输出力值误差

7.5.1 法向力

取下剪切盒部件，将标准测力仪放置在剪切盒的位置，调整加荷框架平衡，并与标准测力仪接触。将标准测力仪在满级载荷下反复预压三次，预压结束后调整标准测力仪至零点。按被校仪器预设的负荷值逐级加荷（当被校仪器法向力为杠杆式，操作时应平稳，砝码加载时应对中、轻加轻卸无冲击），并在加荷进程中读取示值，每个点校准三次。在测量范围内选取 4~5 点作为测量点。每一个测量点法向力示值相对误差 δ 应按公式(1) 计算：

$$\delta = \frac{F - \bar{F}_i}{\bar{F}_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

F ——应变控制式直剪仪理论输出力；

\bar{F}_i ——在第 i 次校准点上，标准测力 3 次测量的平均值。

注：杠杆式应变控制直剪仪理论输出力 $F = P \times s$ (P 为预设压强； s 为土样面积)。

7.5.2 剪切力

按 JJG 455 《工作测力仪》校准。

7.6 绝缘电阻

用兆欧表测量应变控制式直剪仪电气设备外壳、电源端和信号端互相之间绝缘电阻值。

7.7 位移量测量装置

7.7.1 使用百分表作为位移测量装置，百分表按照 JJG 34《指示表（指针式、数显式）》校准。

7.7.2 使用大量程百分表作为位移测量装置，大量程百分表按照 JJG 379《大量程百分表》校准。

7.7.3 使用位移传感器作为位移测量装置，将位移传感器安装在刚性表架上，压缩测量杆约 0.1mm~0.2mm 时位移传感器置“零”后开始测量，依次放置从小到大量块，从位移传感器上开始读数，从测量范围内选取均匀分布的 10 个点作为测量点进行测量，得到每个点的绝对误差，取 10 个点最大允许误差最大值按公式 (2) 计算引用误差 δ_w ：

$$\delta_w = \frac{|L'_i - L_i|_{\max}}{s} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

L'_i ——测量第 i 点，位移传感器的示数；

L_i ——测量第 i 点，所选量块的尺寸；

s ——位移传感器的量程。

8 校准结果表达

仪器校准后，出具校准证书。校准结果内页格式见附录 B。

9 复校时间间隔

送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议不超过 12 个月。

附录 A

应变控制式直剪仪校准记录推荐格式

证书编号

委托单位

型号规格

制造单位

环境条件：温度 ℃

校准依据

出厂编号

校准地点

湿度 %RH

标准器名称	规格型号	出厂编号	不确定度或准确度等级 或最大允许误差	有效期至	证书号

1 上剪切盒内径、下剪切盒内径和环刀内径、外径、高度

序号	校准项目		规格 (mm)	测得值 (mm)				示值误差 (mm)
				第 1 次	第 1 次	平均值		
1	剪切盒	上剪切盒内径						
		下剪切盒内径						
2	环刀	内径						
		外径						
		高度		第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均值	

2 透水板直径和传压板底面直径

序号	校准项目		规格 (mm)	测得值 (mm)			示值误差 (mm)
				第 1 次	第 2 次	平均值	
1	上透 水板	上透水板直径					
		下透水板直径					
2	传压板底面直径						

3 鉴别力阈：

4 法向力

校准项目	理论值 (N)	测得值(N)				示值误差 (%)
		第1次	第2次	第3次	平均值	
法向力						

5 剪切力

记录格式参照 JJG 455 《工作测力仪》

6 绝缘电阻

项目	校准结果
绝缘电阻	

7 位移测量装置

7.1 百分表记录格式参照 JJG 34 《指示表（指针式、数显式）》

7.2 大量程百分表记录格式参照 JJG 379 《大量程百分表》

7.3 位移传感器

量程：_____

校准项目	标称值(mm)	测得值(mm)	绝对误差 (mm)	引用误差 (%)
位移传感器				

测量不确定度

校准员：

核验员：

校准日期： 年 月 日

附录 B

应变控制直剪仪校准证书内页推荐格式

测量范围： 温度： ℃ 湿度： %RH 仪器编号：

序号	校准项目		技术要求	校准结果	
				示值误差	扩展不确定度
1	剪切盒直径	上剪切盒			
		下剪切盒			
	环刀	内径			
		外径			
		高度			
2	透水板直径	上透水板			
		下透水板			
	传压板底面直径				
3	鉴别力阈				
4	法向力				
5	剪切力		JJG455 《工作测力仪》		
6	绝缘电阻				
7	位移测量装置	百分表	JJG34 《指示表（指针式、数显式）》		
		大量程百分表	JJG379 《大量程百分表》		
		位移传感器			

附录 C

应变控制式直剪仪法向力的示值误差不确定度评定示例

1. 概述

- 1.1 校准方法: 按照本校准规范对仪器进行校准。
- 1.2 环境条件: 符合本校准规范规定的环境条件。
- 1.3 测量标准: 0.3 级标准测力仪, 相对最大允许误差为 $\pm 0.3\%$ 。
- 1.4 被校仪器: 应变控制式直剪仪

2 数学模型

$$\Delta F = F - \bar{F}_i$$

式中:

ΔF —— 直剪仪法向输出力值误差, kN;

\bar{F}_i —— 在第 i 次校准点上, 标准测力仪 3 次测量的算术平均值, kN;

F —— 直剪仪理论输出值, kN。

3 不确定度来源

影响示值测量不确定度的因素有: 测量重复性误差引入的标准测量不确定度分量; 标准测力仪误差引入的标准测量不确定度分量。

4 输入量的标准不确定度评定

4.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

按校准方法, 重复测量 3 次, 采用极差法
单次测量标准差

$$s = \frac{R}{C}$$

式中:

R —— 3 次测量的极差值;

C —— 极差系数, 3 次查表, 极差系数为 1.69。

实际以 3 次测得值的算术平均值为测量结果，可得到：

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

式中：

n —— 测量次数

例：一台 ZJ 型杠杆式直剪仪（30cm²），压力输出为 100kPa，理论输出力为 300N，评定如下

序号	第 1 次	第 2 次	第 3 次
测得值/N	299.2	299.8	299.1

单次试验标准差

$$s = \frac{R}{C} = \frac{0.7}{1.69} = 0.414(\text{N})$$

实际以 3 次测得值的算术平均值为测量结果，可得到：

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.414}{\sqrt{3}} = 0.239(\text{N})$$

4.2 标准测力仪引入的标准不确定度评定

标准测力仪检定证书给出相对最大允许误差为 $\pm a$ ，假设服从均匀分布，取包括因子 $k = \sqrt{3}$ ，标准不确定度 u_2 ：

$$u_2 = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

例：选用 0.3 级标准测力仪在杠杆式直剪仪理论输出 300N 点，引入的标准不确定度 u_2 ：

$$u_2 = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.3\%}{\sqrt{3}} \times 300 = 0.520(\text{N})$$

4.3 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总见表 1：

表 1 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	$ c_i $	标准不确定度	例：300N 标准不确定度值
u_1	测量重复性引入的标准不确定度	1	$\frac{R}{C\sqrt{3}}$	0.239N
u_2	标准测力仪引入的标准不确定度	1	$\frac{a}{\sqrt{3}}$	0.520N

5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}$$

得出 $u_c = 0.572 \text{ N}$

6 扩展不确定度

取包括因子 $k=2$

$$U = k \times u_c$$

300N 点时，扩展不确定度： $U = 1.144 \text{ N}$ ($k=2$)

相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = U / F = 0.4\% \quad (k=2)$$

7 其他点不确定度评定：

测量点 (30cm ²)	200kPa (600N)	300kPa (900N)	400kPa (1200N)
相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}, k=2$	0.4%	0.4%	0.4%

