



江苏省地方计量技术规范

JJF (苏) 286 -2024

应变控制式无侧限压缩仪校准规范

Calibration Specification for Strain-controlled Unconfined Compression Apparatus

2024-09-26 发布

2024-12-01 实施

江苏省市场监督管理局 发布

应变控制式无侧限压缩仪

校准规范

Calibration Specification for

Strain-controlled Unconfined Compression Apparatus

JJF(苏)286—2024

本规范经江苏省市场监督管理局于 2024 年 09 月 26 日批准，并自 2024 年 12 月 01 日起施行。

归口单位：江苏省市场监督管理局

主要起草单位：南通市计量检定测试所

参加起草单位：南京土壤仪器厂有限公司

本规范委托江苏省力值硬度计量专业技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

王新阳（南通市计量检定测试所）

马 群（南通市计量检定测试所）

季 宾（南通市计量检定测试所）

参加起草人：

钟伟勇（南京土壤仪器厂有限公司）

黄晓滨（南通市计量检定测试所）

孙 健（南通市计量检定测试所）

目 录

引言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	1
3.1 术语	1
3.2 量的符号、单位与定义	1
4 概述	2
5 计量特性	3
5.1 试验力示值误差	3
5.2 试验力示值重复性	3
5.3 位移示值误差	3
5.4 平行度	3
5.5 电动式升降板行程速率	3
5.6 重塑筒	3
6 校准条件	3
6.1 环境条件	3
6.2 测量标准及其他设备	3
7 校准项目和校准方法	4
7.1 校准前检查	4
7.2 试验力进程示值、示值误差和示值重复性	4
7.3 位移示值误差	4
7.4 平行度	5
7.5 电动式升降板行程速率	5
7.6 重塑筒内径和高度	5
8 校准结果表达	5
9 复校时间间隔	6
附录 A 应变控制式无侧限压缩仪测量不确定度评定方法(示例)	7
附录 B 校准原始记录格式	12
附录 C 校准证书内页格式	14

引 言

本规范根据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》规定的规则编写。

本校准规范引用了 GB/T 21043《土工试验仪器 应变控制式无侧限压缩仪》中的术语、定义以及相关的技术要求。本规范给出了应变控制式无侧限压缩仪计量特性的校准条件、校准项目与校准方法。

本规范为首次发布。

应变控制式无侧限压缩仪校准规范

1 范围

本规范适用于最大轴向负荷不大于 1kN 的应变控制式无侧限压缩仪（以下简称压缩仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

GB/T 21043 土工试验仪器 应变控制式无侧限压缩仪

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 术语和计量单位

3.1 术语

3.1.1 应变控制式无侧限压缩仪 strain-controlled unconfined compression apparatus

一种通过匀速移动传压板对处于无侧向压力下的土试样加压以求得土体抗压强度和灵敏度的土工试验仪器。

3.1.2 传压板 impress board

能将加荷架产生的压力传递到土试样上的具有一定尺寸规格的板状部件。

3.1.3 升降部件 lifter component

能匀速驱动传压板升降的部件。

3.2 量的符号、单位与定义

本规范所使用量的符号、单位与定义见表 1。

表 1 符号、单位和定义

符号	单位	定义
X_j	mm	同一试验力第 j 次重复测量进程读数值
\bar{X} 、 X_{\max} 、 X_{\min}	mm	压缩仪同一试验力三次重复测量进程示值平均值、最大值、最小值
R	/	试验力示值重复性
F	N	标准测力仪示值

续表 1 符号、单位和定义

符号	单位	定义
\bar{F} 、 F_{\max} 、 F_{\min}	N	压缩仪同一试验力三次重复测量的示值平均值、最大值、最小值
q	/	试验力示值误差
L_d	mm	位移指示表示值
L_s	mm	量块的标称值
e	mm	位移示值误差
\bar{V}	mm/min	行程速率
V	mm/min	标称速率
Δ	/	行程速率相对误差

4 概述

压缩仪的工作原理是采用手动或电动驱动方式，根据试样的轴向应变量，测量所承受的轴向试验力，以求得饱和粘性土的无侧限抗压强度和灵敏度。压缩仪由轴向加荷架、指示表及夹具、升降板及位移测量杆、测力仪、传压板、手轮或电动转轮等组成，如图 1 所示。

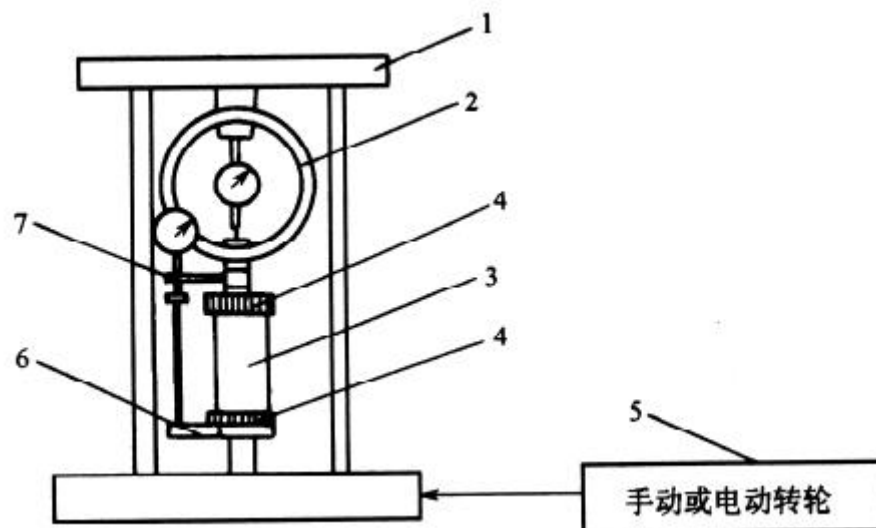


图 1 应变控制式无侧限压缩仪示意图

1— 轴向加荷架；2—测力仪；3—试样；4—传压板；5—手轮或电动转轮；6—升降板及位移测量杆；

7—位移指示表及夹具

5 计量特性

5.1 试验力示值误差

力传感器的示值误差，在小于等于最大负荷 30%范围内： $\pm 1.5\%$ ；在大于最大负荷的 30%范围内： $\pm 1.0\%$ 。

5.2 试验力示值重复性

在小于等于最大负荷 30%范围内：不大于 1.5%；在大于最大负荷的 30%范围内：不大于 1.0%。

5.3 位移示值误差

轴向位移测量装置的示值误差： $\pm 0.03\text{mm}$ 。

5.4 平行度

上下传压板之间平行度不超过 0.1mm。

5.5 电动式升降板行程速率

在空载状态下，升降板上升速度与选定速度标称值相对误差应不超过 10%。

5.6 重塑筒

重塑筒内径和高度标称尺寸的误差： $\pm 0.5\%$ 。

注：以上指标不是用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度： $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度：不大于 85%。

6.1.2 校准时周围应无影响校准结果的振动、电磁场或其它干扰源。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 标准测力仪：0.3 级；

6.2.2 量块：5 等；

6.2.3 秒表： $\pm 0.5\text{s/d}$ ；

6.2.4 专用工具：端面平行度 0.05mm；

6.2.5 塞尺： $(0.02 \sim 1.00)\text{mm}$

6.2.6 游标卡尺：分辨力 0.02mm。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前检查

7.1.1 压缩仪的传压板表面应无明显气孔和砂眼。

7.1.2 手动试验和目力观察位移测量杆行程。

7.2 试验力进程示值、示值误差和示值重复性

7.2.1 标准测力仪应放置足够的时间使其达到稳定的温度。

7.2.2 安装标准测力仪时, 应与压缩仪的测力仪串联, 并使两者保持同轴。

7.2.3 在最大负荷 10%~100%范围内, 选择 10%、20%、30%、40%、50%、60%、80%、100%作为试验力校准点。

7.2.4 应以递增力进行 3 组测量, 加卸试验力应缓慢平稳, 不得有冲击和超载。

7.2.5 当压缩仪采用百分表式测力仪时, 加载试验力前均应将指示装置调至零点(或作为零点的起始位置)。以标准测力仪示值为准, 在压缩仪试验力保持稳定后读取进程示值, 按分度值的1/10估读。分别按公式 (1)、(2) 计算各校准点进程示值平均值 X 、示值重复性 R :

$$X = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 X_j \quad (1)$$

$$R = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{X} \times 100\% \quad (2)$$

7.2.6 当压缩仪采用力传感器及配套的指示装置时, 加载试验力前均应将指示装置清零。以标准测力仪示值为准, 在压缩仪试验力保持稳定后读取进程示值, 计算每个校准点三次测量的算术平均值。试验力的示值误差 q 和示值重复性 R 分别按公式 (3)、(4) 计算:

$$q = \frac{\bar{F} - F}{F} \times 100\% \quad (3)$$

$$R = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{\bar{F}} \times 100\% \quad (4)$$

7.3 位移示值误差

7.3.1 位移校准点不少于 3 个, 所选校准点应均匀地分布在全量程范围内。

7.3.2 调整位移指示表零位，将各校准点对应的量块依次放于升降板与位移测量杆之间，在压缩仪位移指示表上读数，每一校准点测量 3 次，以 3 次测得值的算术平均值作为该点的示值，位移指示表的示值与相应量块标称值之差即为该点的示值误差。

7.3.3 示值误差 e 可按公式 (5) 计算：

$$e = L_d - L_s \quad (5)$$

7.4 平行度

将专用工具安装在升降轴上，转动手轮或电动转轮，使得专用工具上端面与压缩仪上传压板下平面接触，用塞尺测量其间隙，作为上下传压板之间的平行度。

7.5 电动式升降板行程速率

调整位移指示表零位，在空载状态下，启动上升按钮，待升降板平稳运行后，启动秒表同时读取指示表示值，运行 1min 后，读取指示表示值。按上述方法重复测量 3 次，计算平均行程速率 \bar{V} ，其相对误差 Δ 可按公式 (6) 计算：

$$\Delta = \frac{V - \bar{V}}{\bar{V}} \times 100\% \quad (6)$$

7.6 重塑筒内径和高度

7.6.1 重塑筒内径

用游标卡尺在重塑筒内壁三个不同方向测量内径，以 3 次测得值的算术平均值作为校准结果。

7.6.2 重塑筒高度

用游标卡尺在三个不同位置测量重塑筒高度，以 3 次测得值的算术平均值作为校准结果。

8 校准结果表达

校准后的试验机发给校准证书，其内页格式见附录 C，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。

9 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, 用户可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 一般建议为 1 年。

附录 A

应变控制式无侧限压缩仪测量不确定度评定方法（示例）

A.1 概述

本附录给出压缩仪试验力、位移示值误差测量结果的不确定评定方法。

A.2 试验力测量不确定度评定（1）

当压缩仪采用百分表式测力仪时，在规定环境条件下，使用标准测力仪对压缩仪的试验力进行校准，确定了压缩仪变形量与力值的对应关系。

A.2.1 测量模型

$$X = \frac{F}{k_1} \quad (\text{A.1})$$

式中：

X — 压缩仪的变形量，mm。

k_1 — 压缩仪弹性系数，N/mm；

F — 试验力示值，N；

A.2.2 灵敏系数

$$c = \frac{\partial X}{\partial F} = \frac{1}{k_1} \quad (\text{A.2})$$

A.2.3 标准不确定度来源分析

压缩仪试验力的标准不确定度主要来源于标准测力仪提供的标准值不准和压缩仪试验力的测量重复性。

A.2.4 标准不确定度评定

A.2.4.1 标准测力仪提供的标准值不准引入的标准不确定度 $u_{1\text{rel}}(F)$

标准测力仪的最大允许误差为 $\pm \delta$ ，则区间半宽度： $a = \delta$ ，假设其服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则标准不确定度为：

$$u_{1\text{rel}}(F) = \frac{\delta}{\sqrt{3}} \quad (\text{A.3})$$

A.2.4.2 压缩仪试验力的测量重复性引入的标准不确定度 $u_{2\text{rel}}(F)$

在重复性条件下, 对同一试验力重复测量 3 次, 用极差法获得实验标准差, 则试验力测量的标准不确定度为:

$$u_{2\text{rel}}(F) = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{\sqrt{3}CF} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\sqrt{3}CX} \quad (\text{A.4})$$

式中:

C —极差系数, 三次测量的极差系数为 1.69。

A.2.4.3 试验力标准不确定度计算

$$u_{\text{rel}}(F) = \sqrt{u_{1\text{rel}}^2(F) + u_{2\text{rel}}^2(F)} \quad (\text{A.5})$$

A. 2. 5 合成标准不确定度评定

合成标准不确定度按公式 (A.6) 计算。

$$u_{\text{crel}} = u_{\text{rel}}(F) \quad (\text{A.6})$$

A. 2. 6 扩展不确定度评定

取包含因子 $k = 2$, 则试验力进程示值测量结果的扩展不确定度按公式 (A.7) 计算:

$$U_{\text{rel}} = k \times u_{\text{crel}} = 2u_{\text{crel}} \quad (\text{A.7})$$

A. 3 试验力测量不确定度评定 (2)

当压缩仪采用力传感器及配套的指示装置时, 在规定环境条件下, 使用标准测力仪对压缩仪的试验力进行校准, 得到压缩仪试验力示值误差。

A. 3. 1 测量模型

$$\Delta F = \bar{F} - F \quad (\text{A.8})$$

式中:

ΔF — 试验力的示值误差, N;

\bar{F} — 同一试验力重复测量的算术平均值, N;

F — 标准测力仪示值, N。

A. 3. 2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta F}{\partial F} = 1 \quad (\text{A.9})$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta F}{\partial F} = -1 \quad (\text{A.10})$$

A.3.3 标准不确定度来源分析

压缩仪试验力的标准不确定度主要来源于标准测力仪提供的标准值不准、压缩仪试验力的测量重复性。

A.3.4 标准不确定度评定

A.3.4.1 标准测力仪提供的标准值不准引入的标准不确定度 $u(F)$

标准测力仪的最大允许误差为 $\pm \delta$ ，则区间半宽度： $a = \delta$ ，假设其服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则标准不确定度为：

$$u(F) = \frac{\delta \cdot F}{\sqrt{3}} \quad (\text{A.11})$$

A.3.4.2 压缩仪试验力的测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{F})$

在重复性条件下，对同一试验力重复测量 3 次，用极差法获得实验标准差，则试验力测量的标准不确定度为：

$$u(\bar{F}) = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{C\sqrt{n}} = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{\sqrt{3}C} \quad (\text{A.12})$$

式中：

C —极差系数，三次测量的极差系数为 1.69。

A.3.5 合成标准不确定度评定

表 2 标准不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	标准不确定度	灵敏系数
$u(F)$	标准测力仪提供的 标准值不准	B	$\frac{\delta \cdot F}{\sqrt{3}}$	-1
$u(\bar{F})$	试验力测量重复性	A	$\frac{F_{\max} - F_{\min}}{\sqrt{3}C}$	1

各不确定度分量互不相关，则合成标准不确定度按公式 (A.13) 计算。

$$u_c(\Delta F) = \sqrt{c_1^2 u^2(\overline{F}) + c_2^2 u^2(F)} \quad (\text{A.13})$$

A.3.6 扩展不确定度评定

取包含因子 $k = 2$ ，则试验力示值误差测量结果的扩展不确定度按公式 (A.14)

$$\text{计算:} \quad U = k \times u_c(\Delta F) = 2u_c(\Delta F) \quad (\text{A.14})$$

其相对扩展不确定度按公式 (A.15) 计算:

$$U_r = \frac{U}{F} \times 100\% \quad (\text{A.15})$$

A.4 位移示值误差测量不确定度评定

在规定环境条件下，使用量块对压缩仪位移示值误差进行校准。

A.4.1 测量模型

$$e = L_d - L_s \quad (\text{A.16})$$

式中:

e —位移示值误差;

L_d —位移指示表示值;

L_s —量块标称值;

A.4.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial e}{\partial L_d} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial e}{\partial L_s} = -1$$

A.4.3 标准不确定度来源分析

压缩仪轴向位移的标准不确定度主要来源于轴向位移的测量重复性和量块的长度偏差。

A.4.4 标准不确定度评定

A.4.4.1 轴向位移的测量重复性引入的标准不确定度 $u(L_d)$

在重复性条件下，对同一轴向位移重复测量 3 次，用极差法获得实验标准差，则轴向位移测量的标准不确定度为:

$$u(L_d) = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{C\sqrt{n}} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{\sqrt{3}C} \quad (\text{A.17})$$

式中:

C —极差系数, 三次测量的极差系数为 1.69。

A.4.4.2 量块的长度偏差引入的标准不确定度 $u(L_s)$

量块的长度偏差允许值为 $\pm \Delta L$, 则区间半宽度: $a = \Delta L$, 假设服从两点分布, 包含因子 $k = 1$, 则标准不确定度为:

$$u(L_s) = \frac{a}{k} = \frac{\Delta L}{1} = \Delta L \quad (\text{A.18})$$

A. 4. 5 合成标准不确定度评定

表 3 标准不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	标准不确定度	灵敏系数
$u(L_d)$	轴向位移测量重复性	A	$\frac{L_{\max} - L_{\min}}{\sqrt{3}C}$	1
$u(L_s)$	量块的长度偏差	B	ΔL	-1

各不确定度分量互不相关, 则合成标准不确定度按公式 (A.19) 计算。

$$u_c(e) = \sqrt{u^2(L_d) + u^2(L_s)} \quad (\text{A.19})$$

A. 4. 6 扩展不确定度评定

取包含因子 $k = 2$, 则位移示值误差测量结果的扩展不确定度按公式 (A.20) 计算。

$$U = k \times u_c(e) = 2u_c(e) \quad (\text{A.20})$$

附录 B

校准原始记录格式

应变控制式无侧限压缩仪校准记录

委托单位_____

委托单位地址_____

仪器名称_____规格型号_____

制造单位_____出厂编号_____

校准依据_____

校准所使用的主要计量器具：

计量标准器 名称	型号/规格	不确定度或 准确度等级或 最大允许误差	仪器编号	溯源机构	证书号	有效期

校准地点、环境条件：

地点：	温度： ℃	相对湿度： %
-----	------------	--------------

1、校准前检查_____

2、试验力进程示值、示值重复性和示值误差

校准点 (N)	指示器示值 ()				示值重复性 (%)	示值误差 (%)
	1	2	3	平均值		
扩展不确定度 ($k=2$)						

3、位移示值误差

量块标称值 (mm)	位移示值 (mm)				示值误差 (mm)
	1	2	3	平均值	
扩展不确定度 ($k=2$)					

4、平行度_____

5、电动式升降板行程速率

百分表示值 (mm)			平均行程速率 (mm/min)	标称速率 (mm/min)	示值误差 (%)
1	2	3			

6、重塑筒内径和高度

(1) 内径

标称内径 (mm)	实测值 (mm)			平均值 (mm)	相对误差 (%)

(2) 高度

标称高度 (mm)	实测值 (mm)			平均值 (mm)	相对误差 (%)

校准日期_____校准员_____核验员_____

附录 C

校准证书内页格式

1、试验力进程示值、示值重复性和示值误差

试验力 (N)	示值平均值 ()	示值重复性 (%)	示值误差 (%)
扩展不确定度 ($k=2$)			

2、位移示值误差

标准值 (mm)	位移指示表示值 (mm)	示值误差 (mm)
扩展不确定度 ($k=2$)		

3、平行度：

4、电动式升降板行程速率误差：

5、重塑筒内径： 高度：

江苏省地方计量技术规范
应变控制式无侧限压缩仪校准规范

JJF(苏)286—2024
江苏省市场监督管理局发布

*

江苏省计量协会印刷
版权所有不得翻印

*

开本 880 mm×1230 mm 16 开本
2024 年 12 月 印刷