

贵州省地方计量技术规范

JJF (黔) 74-2023

维勃稠度仪校准规范

Calibration Specification for Vebe Consisometer

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

贵州省市场监督管理局 发布

维勃稠度仪校准规范

Calibration specification for
Vebe Consisometer

JJF(黔)74—2023

归口单位：贵州省市场监督管理局

主要起草单位：贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司

参加起草单位：贵州省公路水运工程检测设备计量检定站

贵州省计量测试院

本规范委托贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司负责解释

本规范主要起草人：

杨成铭（贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司）

李 斌（贵州省公路水运工程检测设备计量检定站）

杜晔晖（贵州省计量测试院）

参加起草人：

孟庆生（贵州省公路水运工程检测设备计量检定站）

杨 铮（贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司）

付晓彤（贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司）

周裕慢（贵州省公路水运工程检测设备计量检定站）

目 录

引言	II
1 范围	1
2 引用文件	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	3
7 校准项目与校准方法	4
8 校准结果表达	7
9 复校时间间隔	7
附录 A 维勃稠度仪校准记录格式	8
附录 B 校准证书内页格式	9
附录 C 维勃稠度仪测量结果不确定度评定示例	11

引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义技术规范》进行编制。

维勃稠度仪校准规范

1 范围

本规范适用于混凝土维勃稠度仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 50080-2016 普通混凝土拌合物性能试验方法标准

JG/T 245-2009 混凝土试验用振动台

JG/T 248-2009 混凝土坍落度仪

JG/T 250-2009 维勃稠度仪

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）适用本规范。

3 术语和计量单位

维勃稠度 *vebe consistometer*

按标准方法成型的截头圆锥形混凝土拌和物，经震动至摊平翻浆状态的时间(s)，用来测定混凝土拌和物黏稠程度的指标。

4 概述

维勃稠度仪是进行干稠性水泥混凝土拌和物稠度性能试验的专用仪器，由容器、坍落度筒、滑动部分（由圆盘、测杆及砝码构成）、配重砝码、振动台和控制系统等组成。其中滑动部分可通过套筒垂直滑动，套筒装在可用螺栓固定位置的旋转架上。

维勃稠度仪按计时方式分为自动计时型和人工计时型；按测定参数分为A型和B型。A型维勃稠度仪结构图见图1，B型维勃稠度仪结构图见图2。

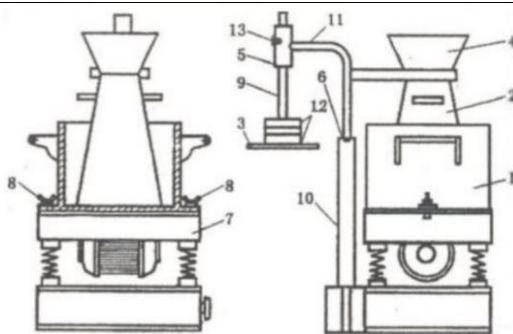


图1 A型维勃稠度仪结构图

1—容器；2—坍落度仪；3—圆盘；4—漏斗；5—套筒；6—定位器；7—振动台；
8—固定螺丝；9—测杆；10—支柱；11—旋转架；12—砝码；13—滑杆螺丝。

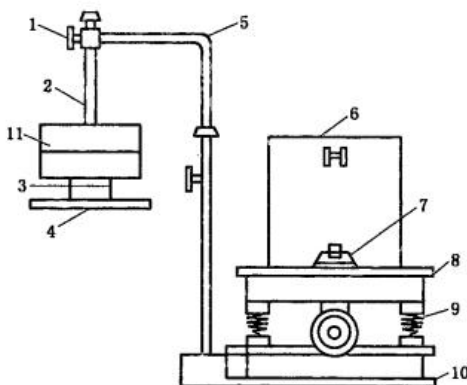


图2B型维勃稠度仪结构图

1 螺栓；2 滑杆；3-砝码；4-圆盘；5-旋转架；6-容器；7-固定螺栓；8-振动台面；
9-弹簧；10-底座；11-配重砝码。

5 计量特性

5.1 尺寸

5.1.1 坍落度筒尺寸：

坍落度筒的顶面内径应为 (100 ± 1) mm；

坍落度筒的底面内径应为 (200 ± 1) mm；

坍落度筒的高度应为 (300 ± 1) mm；

5.1.2 捣棒直径

捣棒直径应为 (16 ± 0.2) mm。

5.1.3 容器尺寸

容器的内径应为 (240 ± 2) mm;

容器的深度应为 (200 ± 2) mm。

5.1.4 圆盘尺寸

圆盘的直径应为 (230 ± 2) mm;

圆盘的厚度为 (10 ± 2) mm。

5.2 滑动部分质量

A 型维勃稠度仪滑动部分的质量应为 $2.75\text{kg} \pm 20\text{g}$;

B 型维勃稠度仪滑动部分的质量应为 $2.75\text{kg} \pm 20\text{g}$; 用于测量 VC 值的配重砝码单块质量应为 $7.5\text{kg} \pm 50\text{g}$; 用于测量改进 VC 值的配重砝码单块质量应为 $8.7\text{kg} \pm 50\text{g}$ 。

5.4 频率与振幅

5.4.1 频率

振动台空载时的振动频率应为 (50 ± 2) Hz。

5.4.2 振幅

振动台空载时, 台面各点的垂直振幅为 (0.50 ± 0.02) mm, 水平振幅应不大于 0.10mm。

5.5 计时示值误差

自动计时型维勃稠度仪的计时示值误差应不超过 $\pm 1\text{s}$ 。

注: 以上技术指标不用于合格性判定, 仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度 (20 ± 5) °C, 相对湿度 $\leq 85\%$ 。

6.1.2 无明显干扰振源。

6.2 校准用器具

6.2.1 游标卡尺: 测量范围 $(0 \sim 300)$ mm, 分度值 0.02mm;

6.2.2 高度卡尺: 测量范围 $(0 \sim 500)$ mm, 分度值 0.02mm;

6.2.3 电子秤: 最大称量 15kg, 分度值不大于 5g, ①级;

6.2.4 振动测量设备: 振动位移峰峰值测量范围 $(0 \sim 2)$ mm, 振动位移幅值示值误差不超过 1.5%; 频率范围 $(40 \sim 100)$ Hz, 频率示值误差不超过 1.0%;

6.2.5 秒表：分辨率不大于 0.1s。

注：也可采用满足要求的其他测量设备。

7 校准项目与校准方法

7.1 校准项目

校准项目一览表见表 1。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目		
1	尺寸	坍落度筒	顶面内径
			底面内径
			高度
2		捣棒	直径
3		容器	内径
			深度
4	圆盘	直径	
		厚度	
5	滑动部分质量		
6*	配重砝码质量		
7	振幅（装有空容器时）	垂直	
		水平	
8	频率		
9	计时示值误差		
注：*为 B 型维勃稠度仪校准项目。			

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

检查维勃稠度仪外观、各部位相对位置和相互作用，必要时应对影响校准的污渍和残留物等进行清理，并进行通电检查，确定无影响计量特性因素后再进行校准。

7.2.2 尺寸

7.2.2.1 坍落度筒

用游标卡尺测量坍落度筒顶面内径和底面内径，测量应在顶面和底面上大致均匀分布的三个方向上进行，分别取三个方向上内径测量值的算术平均值为坍落度筒顶面内径和底面内径测量结果。将坍落度筒置于平板上，用高度卡尺测量坍落度筒高度，测量应在筒身圆周面大致均匀分布的六个位置上进行，取六个位置上高度测量值的算

术平均值为坍落度筒高度测量结果。坍落度筒的内径和高度测量部位示意图见图3。

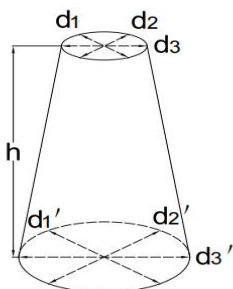


图3 坍落度筒测量部位示意图

7.2.2.2 捣棒直径

用游标卡尺分别测量捣棒端部及中部直径，测量应分别在测量部位大致均匀分布的三个方向上进行，取三个方向直径测量值的算术平均值为捣棒直径测量结果。

7.2.2.3 容器

用游标卡尺测量容器顶面内径，测量应在大致均匀分布的三个方向上进行，取三个方向上内径测量值的算术平均值为容器内径测量结果。将容器置于平板上，用高度卡尺测量容器深度，测量应在容器圆周面大致均匀分布的六个位置上进行，取六个位置上高度测量值的算术平均值为坍落度筒高度测量结果。容器内径和深度测量部位示意图见图4。

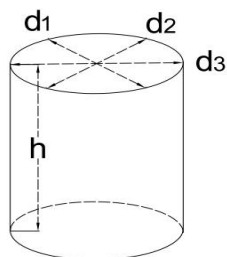


图4 容器测量部位示意图

7.2.2.4 圆盘

用游标卡尺测量圆盘直径及厚度。直径测量应在大致均匀分布的三个方向上进行，取三个方向上直径测量值的算术平均值为圆盘直径测量结果；厚度测量应在圆盘圆周大致均匀分布的六个位置上进行，取六个位置上厚度测量值的算术平均值为圆盘厚度测量结果。圆盘直径和厚度测量部位示意图见图5。

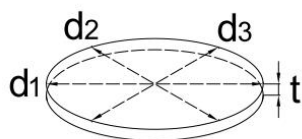


图5 圆盘测量部位示意图

7.2.3 滑动部分质量

7.2.3.1 A型维勃稠度仪滑动部分质量

用电子秤称量维勃仪滑动部分质量。

7.2.3.2 B型维勃稠度仪滑动部分质量

用电子秤分别称量维勃仪滑动部分质量、用于测量VC值的配重砝码单块质量或用于测量改进VC值的配重砝码单块质量。

7.2.4 频率与振幅

7.2.4.1 频率

振动测量设备与维勃稠度仪接通电源预热。将振动测量设备的传感器置于振动台的台面中心点，启动振动台，待运转平稳后，读取振动测量设备的数值，测量三次，取测量结果的平均值为校准结果。

7.2.4.2 垂直振幅

按7.2.4.1规定的校准方法进行，读取振动测量设备的垂直振幅数值，测量三次，取测量结果的平均值为校准结果。

7.2.4.3 水平振幅

将振动测量设备的传感器置于振动台四个侧边中间位置，启动振动台，待运转平稳后，依次测量振动台四个侧边的水平振幅，读取振动测量设备的数值，取最大值作为校准结果。

7.5 计时示值误差

维勃稠度仪接通电源预热5min，同时启动秒表与维勃稠度仪计时开关，运行约1min，停止秒表并关闭维勃稠度仪计时开关，读取秒表以及维勃稠度仪显示的时间，重复测量三次，按式(1)计算单次示值误差，取最大值作为校准结果。

$$\Delta t_i = t_i - t_{0i} \quad (1)$$

式中：

Δt_i ——单次计时示值误差，s；

t_i ——维勃稠度仪示值，s；

t_{0i} ——秒表示值，s。

8 校准结果表达

8.1 校准记录

校准记录格式参见附录 A。

8.2 校准结果的处理

校准证书内页格式参见附录 B，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“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) 证书或报告的唯一性标识（如证书编号），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（如型号、产品编号等）；
- g) 进行校准的日期或校准证书的生效日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
- i) 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) 校准结果及测量不确定度的说明；
- l) 校准员及核验员的签名；
- m) 校准证书批准人的签名；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明。

9 复校时间间隔

复校时间间隔的长短受仪器的使用情况、使用频率、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔不超过 12 个月。

附录 A

维勃稠度仪校准记录格式

送检单位：_____ 制造厂家：_____

型号规格：_____ 设备编号：_____

校准地点：环境温度：相对湿度：

校准前检查情况：

项目		单位	技术要求	测量结果				结果
坍落度筒	顶面内径	mm	100±1					
	底面内径		200±1					
	高度		300±1					
捣棒直径	端部		16±0.2					
	中部							
圆盘	直径		230±2					
	厚度		10±2					
容器	内径		240±2					
	深度		200±2					
滑动部分质量	滑动部分质量		kg	2.75±0.02				
	VC 值配重砝码	7.5±0.05						
	改进 VC 值配重砝码	8.7±0.05						
振动台	振动频率	Hz	50±2					
	垂直振幅	mm	0.50±0.02					
	水平振幅		≤0.10	边 1:	边 2:	边 3:	边 4:	
时间		s	不超过 1s					

校准：

核验：

校准日期：

附录 B

校准证书内页格式

证书编号：××××××—××××

校准机构授权说明：				
校准环境条件及地点：				
温度	℃	地点		
相对湿度	%	其他		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准使用的主要计量器具/标准物质：				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量（基）标准证书编号	有效期至

证书编号: ××××××—××××

校准结果

检测项目		单位	技术指标	检测结果
坍落度筒	顶面内径	mm	100 ± 1	
	底面内径		200 ± 1	
	高度		300 ± 1	
捣棒直径	端部		16 ± 0.2	
	中部		16 ± 0.2	
圆盘	直径		230 ± 2	
	厚度		10 ± 2	
容器	内径		240 ± 2	
	深度		200 ± 2	
滑动部分质量	A 型		kg	2.75 ± 0.02
	VC 值配重砝码	7.5 ± 0.05		
	改进 VC 值配重砝码	8.7 ± 0.05		
振动台	振动频率	Hz	50 ± 2	
	垂直振幅	mm	0.50 ± 0.02	
	水平振幅		≤ 0.10	
时间	s	不超过 1s		

测点位置示意图

垂直振幅测点位置示意图:

水平振幅测点位置示意图:

附录 C

维勃稠度仪测量结果的不确定度评定示例

C.1 尺寸测量结果的不确定度评定示例

C.1.1 概述

C.1.1.1 测量依据

JJF(黔)XXXX-XXXX《维勃稠度仪校准规范》。

C.1.1.2 环境条件

温度 20 °C，相对湿度 68 %。

C.1.1.3 测量标准

游标卡尺，测量范围（0~300）mm，分度值 0.02mm。

C.1.1.4 被测对象

标称尺寸为 230mm 的圆盘直径，MPE：±2mm。

C.1.1.5 测量方法

用游标卡尺测量圆盘三个方向的直径，取其算术平均值。

C.1.2 测量模型

依据测量方法，测量模型如公式（C.1）。

$$\Delta d = d - d_0 \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δd ——测量偏差值，mm；

d ——测得值，mm；

d_0 ——标称值，mm。

C.1.3 方差和灵敏系数

由式（C.1）得：

$$u^2(\Delta d) = \left[\frac{\partial(\Delta d)}{\partial d} \right]^2 u^2(d) + \left[\frac{\partial(\Delta d)}{\partial d_0} \right]^2 u^2(d_0)$$

灵敏系数为：

$$c_1 = \left[\frac{\partial(\Delta d)}{\partial d} \right] = 1, c_2 = \left[\frac{\partial(\Delta d)}{\partial d_0} \right] = -1$$

由公式 (C.2) 计算方差:

$$u^2(\Delta d) = u^2(d) + u^2(d_0) \quad (\text{C.2})$$

C.1.4 不确定度来源

根据以上测量模型以及测量方法, 其不确定度来源主要包括以下 2 个方面:

- a) 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ;
- b) 游标卡尺引入的不确定度 u_2 。

C.1.5 标准不确定度评定

C.1.5.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

对标称值为 230mm 的维勃稠度仪圆盘直径测量 10 次, 其结果如表 C.1 所示:

表 C.1 维勃稠度仪圆盘直径测量结果偏差 (mm)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.34	0.52	0.22	0.26	0.38	0.26	0.14	0.24	0.28	0.26

按贝塞尔公式计算出单次测得值的实验标准差, 并获得测量重复性引入的标准不确定度分量:

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.103 \text{ mm}}{\sqrt{10}} = 0.033 \text{ mm}$$

C.1.5.2 游标卡尺分辨率引入的标准不确定度 u_2

游标卡尺的分辨率为 0.02mm, 按均匀分布, 则

$$u_2 = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.12 \text{ mm}$$

C.1.6 标准不确定度分量一览表

标准不确定度一览表见表 C.2。

C.2 标准不确定度分量一览表

不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度
测量重复性 u_1	1	0.033 mm
分辨率 u_2	-1	0.12 mm

C.1.7 合成标准不确定度

各不确定度分量彼此独立互不相关, 则合成标准不确定度:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.12 \text{ mm}$$

C.1.8 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$ ，则维勃稠度仪尺寸的相对扩展不确定度：

$$U = k \times u_c = 0.24 \text{ mm}$$

C.2 质量测量结果的不确定度评定示例

C.2.1 概述

C.2.1.1 测量依据

JJF (黔) XXXX-XXXX 《维勃稠度仪校准规范》。

C.2.1.2 环境条件

温度 20 °C，相对湿度 68 %。

C.2.1.3 测量标准

电子秤：最大称量 15kg，分度值 1 g，㉑级。

C.2.1.4 被测对象

标称值为 2.75kg 的滑动部分质量，MPE: ±20g。

C.2.1.5 测量方法

用电子秤直接称量滑动部分的质量。

C.2.2 测量模型

依据测量方法，测量模型如公式 (C.3)。

$$\Delta m = m - m_0 \quad (\text{C.3})$$

式中：

Δm ——测量偏差值，mm；

m ——测得值，mm；

m_0 ——标称值，mm。

C.2.3 方差和灵敏系数

由式 (C.3) 得：

$$u^2(\Delta m) = \left[\frac{\partial(\Delta m)}{\partial m} \right]^2 u^2(m) + \left[\frac{\partial(\Delta m)}{\partial m_0} \right]^2 u^2(m_0)$$

灵敏系数为：

$$c_1 = \left[\frac{\partial(\Delta m)}{\partial m} \right] = 1c_2 = \left[\frac{\partial(\Delta m)}{\partial m_0} \right] = -1$$

由公式 (C.4) 计算方差:

$$u^2(\Delta m) = u^2(m) + u^2(m_0) \quad (\text{C.4})$$

C.2.4 不确定度来源

根据以上测量模型以及测量方法, 其不确定度来源主要包括以下 2 个方面:

- a) 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ;
- b) 电子秤引入的不确定度 u_2 。

C.2.5 标准不确定度评定

C.2.5.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

对标称值为 2.75 kg 的维勃稠度仪滑动部分的质量称量 10 次, 其结果如表 C.3 所示:

表 C.3 维勃稠度仪滑动部分的质量称量结果偏差 (g)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	1	2	1	1	1	2

按贝塞尔公式计算出单次测得值的实验标准差, 并获得测量重复性引入的标准不确定度分量:

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.42 \text{ g}}{\sqrt{10}} = 0.13 \text{ g}$$

C.2.5.2 电子秤分辨率引入的标准不确定度 u_2

电子秤的分辨率为 1 g, 按均匀分布, 则

$$u_2 = \frac{1 \text{ g}}{\sqrt{3}} = 0.32 \text{ g}$$

C.2.6 标准不确定度分量一览表

标准不确定度一览表见表 C.4。

C.4 标准不确定度分量一览表

不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度
测量重复性 u_1	1	0.13 g
分辨率 u_2	-1	0.32 g

C.2.7 合成标准不确定度

各不确定度分量彼此独立互不相关，则合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.35 \text{ g}$$

C.2.8 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$ ，则维勃稠度仪滑动部分质量的相对扩展不确定度：

$$U = k \times u_c = 0.7 \text{ g}$$

C.3 振动频率测量结果的不确定度评定示例

C.3.1 概述

C.3.1.1 测量依据

JJF(黔)XXXX-XXXX《维勃稠度仪校准规范》。

C.3.1.2 环境条件

温度 20 °C，相对湿度 68 %。

C.3.1.3 测量标准

水泥软练设备测量仪，频率范围(40~100)Hz，频率示值误差不超过 1.0%。

C.3.1.4 被测对象

振动频率标称值 50 Hz 的振动台，MPE: ± 2 Hz。

C.3.1.5 测量方法

水泥软练设备测量仪与维勃稠度仪接通电源预热。将水泥软练设备测量仪的传感器置于振动台的台面中心点，启动振动台，待运转平稳后，读取水泥软练设备测量仪的数值，测量三次，取测量结果的平均值为校准结果。

C.3.2 测量模型

依据测量方法，测量模型如公式 (C.5)。

$$\Delta f = f - f_0 \quad (\text{C.5})$$

式中：

Δf ——垂直振幅测量偏差值，mm；

f ——测量结果，mm；

f_0 ——标称值，mm。

C.3.3 方差和灵敏系数

由式 (C.5) 得:

$$u^2(\Delta f) = \left[\frac{\partial(\Delta f)}{\partial f} \right]^2 u^2(f) + \left[\frac{\partial(\Delta f)}{\partial f_0} \right]^2 u^2(f_0)$$

灵敏系数为:

$$c_1 = \left[\frac{\partial(\Delta f)}{\partial f} \right] = 1, c_2 = \left[\frac{\partial(\Delta f)}{\partial f_0} \right] = -1$$

由公式 (C.6) 计算方差:

$$u^2(\Delta f) = u^2(f) + u^2(f_0) \quad (\text{C.6})$$

C.3.4 不确定度来源

根据以上测量模型以及测量方法, 其不确定度来源主要包括以下 2 个方面:

- a) 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ;
- b) 水泥软练设备引入的不确定度 u_2 。

C.3.5 标准不确定度评定

C.3.5.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

对标称值为 50 Hz 的振动台振动频率测量 10 次, 其结果如表 C.5 所示:

表 C.5 振动台振动频率测量结果误差 (Hz)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.4	-0.2	0.2	-0.2	-0.3	0.1	0.2	0.4	0.2	0.2

按贝塞尔公式计算出单次测得值的实验标准差, 并获得测量重复性引入的标准不确定度分量:

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.25 \text{ Hz}}{\sqrt{10}} = 0.079 \text{ Hz}$$

C.3.5.2 水泥软练设备测量仪分辨率引入的标准不确定度 u_2

水泥软练设备测量仪频率示值误差不超过 1.0%, 按均匀分布, 则

$$u_2 = \frac{1\% \times 50 \text{ Hz}}{\sqrt{3}} = 0.29 \text{ Hz}$$

C.3.6 标准不确定度分量一览表

标准不确定度一览表见表 C.6。

C.6 标准不确定度分量一览表

不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度
测量重复性 u_1	1	0.079 Hz
分辨率 u_2	-1	0.29 Hz

C.3.7 合成标准不确定度

各不确定度分量彼此独立互不相关，则合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.3 \text{ Hz}$$

C.3.8 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$ ，则振动台振动频率的相对扩展不确定度：

$$U = k \times u_c = 0.6 \text{ Hz}$$

C.4 垂直振幅测量结果的不确定度评定示例

C.4.1 概述

C.4.1.1 测量依据

JJF(黔)XXXX-XXXX《维勃稠度仪校准规范》。

C.4.1.2 环境条件

温度 20℃，相对湿度 68%。

C.4.1.3 测量标准

水泥软练设备测量仪，振动位移峰峰值测量范围(0~2)mm，振动位移幅值示值误差不超过 1.5%。

C.4.1.4 被测对象

垂直振幅标称值 0.50mm 的振动台，MPE：±0.02mm。

C.4.1.5 测量方法

水泥软练设备测量仪与维勃稠度仪接通电源预热。将水泥软练设备测量仪的传感器置于振动台的台面中心点，启动振动台，待运转平稳后，读取水泥软练设备测量仪的数值，测量三次，取测量结果的平均值为校准结果。

C.4.2 测量模型

依据测量方法，测量模型如公式 (C.7)。

$$\Delta A = A - A_0 \quad (\text{C.7})$$

式中：

ΔA ——垂直振幅测量偏差值, mm;

A ——测量结果, mm;

A_0 ——标称值, mm。

C.4.3 方差和灵敏系数

由式 (C.7) 得:

$$u^2(\Delta A) = \left[\frac{\partial(\Delta A)}{\partial A} \right]^2 u^2(A) + \left[\frac{\partial(\Delta A)}{\partial A_0} \right]^2 u^2(A_0)$$

灵敏系数为:

$$c_1 = \left[\frac{\partial(\Delta A)}{\partial A} \right] = 1, c_2 = \left[\frac{\partial(\Delta A)}{\partial A_0} \right] = -1$$

由公式 (C.8) 计算方差:

$$u^2(\Delta A) = u^2(A) + u^2(A_0) \quad (\text{C.8})$$

C.4.4 不确定度来源

根据以上测量模型以及测量方法, 其不确定度来源主要包括以下 2 个方面:

- a) 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ;
- b) 水泥软练设备引入的不确定度 u_2 。

C.4.5 标准不确定度评定

C.4.5.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

对标称值为 0.50 mm 的振动台垂直振幅测量 10 次, 其结果如表 C.7 所示:

表 C.7 振动台垂直振幅测量结果偏差 (mm)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.002	-0.002	-0.003	-0.002	-0.002	0.003	0.004	0.005	0.003	0.005

按贝塞尔公式计算出单次测得值的实验标准差, 并获得测量重复性引入的标准不确定度分量:

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{3.2 \times 10^{-3} \text{ mm}}{\sqrt{10}} = 0.001 \text{ mm}$$

C.4.5.2 水泥软练设备测量仪分辨率引入的标准不确定度 u_2

水泥软练设备测量仪, 振动位移峰峰值测量范围 (0~2) mm, 振动位移幅值示值误差

不超过 1.5%, 按均匀分布, 则

$$u_2 = \frac{1.5\% \times 2\text{mm}}{\sqrt{3}} = 0.017 \text{ mm}$$

C. 4. 6 标准不确定度分量一览表

标准不确定度一览表见表 C. 8。

C. 8 标准不确定度分量一览表

不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度
测量重复性 u_1	1	0.001 mm
分辨率 u_2	-1	0.017 mm

C. 4. 7 合成标准不确定度

各不确定度分量彼此独立互不相关, 则合成标准不确定度:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.054 \text{ mm}$$

C. 4. 8 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$, 则振动台垂直振幅的相对扩展不确定度

$$U = k \times u_c = 0.108 \text{ mm}$$

