JJF

陕 西 省 地 方 计 量 技 术 规 范

JJF（陕）XXX－2021

维勃稠度仪校准规范

Calibration Specification for Vebe Consistometer

（报批稿）

2021－XX－XX 发布　　2021－XX－XX 实施

陕 西 省 市 场 监 督 管 理 局 发 布

维勃稠度仪校准规范

Calibration Specification for
Vebe Consistometer

JJF（陕）XXX－2021
代替 JJG（陕）01－2007

归 口 单 位：陕西省市场监督管理局

主要起草单位：宝鸡市质量技术检验检测中心

陕西省计量科学研究院

参加起草单位：陕西波特兰电子科技有限责任公司

本规范由陕西省市场监督管理局负责解释

本规范主要起草人：

王宏升（宝鸡市质量技术检验检测中心）

郭成东（宝鸡市质量技术检验检测中心）

龚敏珍（陕西省计量科学研究院）

参加起草人：

张　锐　（宝鸡市质量技术检验检测中心）

王　康（宝鸡市质量技术检验检测中心）

霍晓威（宝鸡市质量技术检验检测中心）

贺西京（陕西波特兰电子科技有限责任公司）

目　　录

引　言……（Ⅰ）
1　范围……（1）
2　引用文件……（1）
3　概述……（1）
4　计量特性……（2）
4.1　振动参数……（2）
4.2　容器几何尺寸……（2）
4.3　坍落度筒几何尺寸……（2）
4.4　圆盘几何尺寸……（3）
4.5　质量参数……（3）
5　校准条件……（3）
5.1　环境条件……（3）
5.2　测量标准及其他设备……（3）
6　校准项目和校准方法……（3）
6.1　振动参数……（3）
6.2　容器几何尺寸……（4）
6.3　坍落度筒几何尺寸……（4）
6.4　圆盘几何尺寸……（4）
6.5　质量参数……（5）
7　校准结果的表达……（5）
8　复校时间间隔……（5）
附录A　原始记录（推荐）格式……（6）
附录B　校准证书内容及内页格式……（7）
附录C　校准结果不确定度评定示例……（9）

引　　言

本规范依据 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》等基础性系列规范文件进行制定。

本规范为修订，代替 JJG（陕）01-2007 《维勃稠度仪》。

与 JJG（陕）01-2007 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

——修改了振动频率的计量特性；

——修改了容器内径的计量特性；

——修改了坍落度筒底部直径的计量特性；

——修改了坍落度筒顶部直径的计量特性；

——修改了坍落度筒高度的计量特性；

——修改了容器筒壁厚度、筒底厚度，坍落度筒筒壁厚度的校准方法；

——修改了由测杆、圆盘、配重砝码等组成的滑动部分总质量的计量特性；

——增加了水平振幅的计量特性；

——增加了 B 型维勃稠度仪的结构示意图；

——增加了 B 型维勃稠度仪配重砝码的计量特性；

——删除了坍落度筒底部与顶面在直径方向上高度差的检定项目。

维勃稠度仪校准规范

1　范围

本规范适用于维勃稠度仪的校准。

2　引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 974-2002　水泥软练设备测量仪

GB/T 50080-2016　普通混凝土拌合物性能试验方法

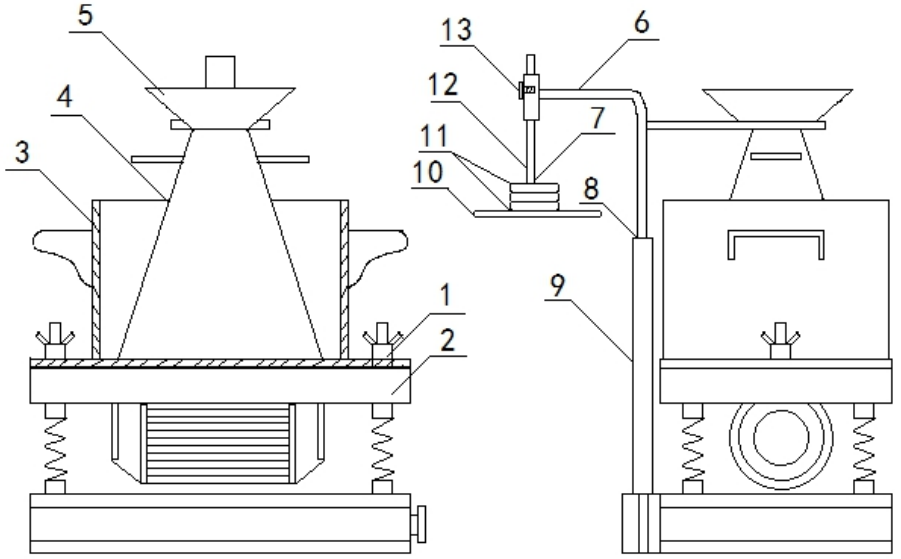
JG/T 248-2009　混凝土坍落度仪

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）适用于本规范。

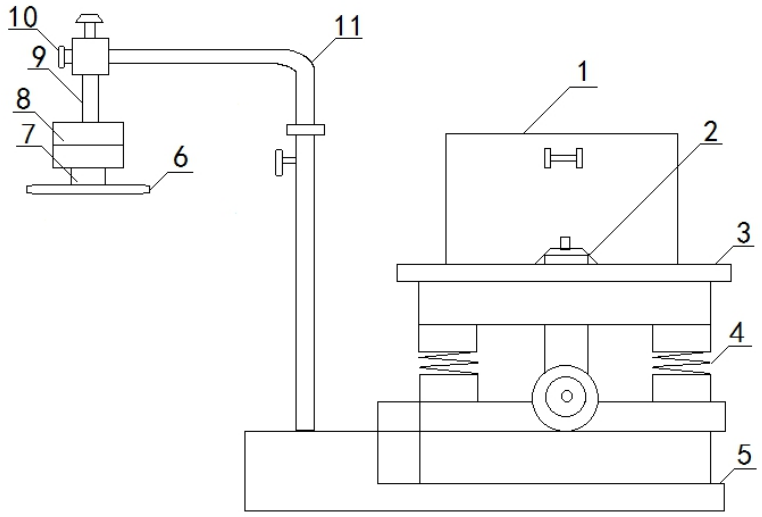
3　概述

维勃稠度仪是用维勃时间来检验混凝土拌和物稠度试验的专用仪器。分为自动计时 A 型与人工计时 B 型，其基本结构见图 1 和图 2。



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

图 1　A 型维勃稠度仪结构示意图



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

图 2　B 型维勃稠度仪结构示意图

4　计量特性

4.1　振动参数

振动频率 f_s：50Hz，MPE：±2 Hz；

垂直振幅 d_s：0.5mm，MPE：±0.02mm；

水平振幅 d_h：不大于 0.10mm。

4.2　容器几何尺寸

内径 D：240mm，MPE：±2 mm；

高 h：200mm，MPE：±2 mm；

筒壁厚度 δ_1：不小于 3.0mm；

筒底厚度 δ_2：不小于 7.5mm。

4.3　坍落度筒几何尺寸

底部直径 D'：200mm，MPE：±1mm；

顶部直径 d'：100mm，MPE：±1mm；

高度 h'：300mm，MPE：±1mm；

筒壁厚度 δ'：不小于 1.5mm。

4.4　圆盘几何尺寸

直径 d：230mm，MPE：±2mm；

厚度 δ_3：10mm，MPE：±2mm。

4.5　质量参数

A 型维勃稠度仪的滑动部分由测杆、圆盘及砝码组成，其总质量：2750g，MPE：±20g。

B 型维勃稠度仪的滑动部分由测杆、圆盘、砝码和配重砝码组成。

测定 VC 值时，配重砝码为两块，每块砝码质量：7500g，MPE：±50g；

测定改进 VC 值时，配重砝码为两块，每块砝码质量：8700g，MPE：±50g。

注：校准不判断合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度为（5～40）℃，相对湿度不大于 85%。

5.2 测量标准及其他设备

水泥软练设备测量仪：

频率：（20～100）Hz，MPE：±1%；

振动位移：（0.1～1）mm，MPE：±1.5%；

游标卡尺：（0～300）mm，MPE：±0.03mm；

电子秤：最大称量 15kg，MPE：±5g；

深度游标卡尺：（0～200）mm，MPE：±0.03mm；

高度卡尺：（0～500）mm，MPE：±0.05mm；

超声波测厚仪：（0～200）mm，MPE：±0.1mm。

注：允许使用满足不确定度要求的其他设备。

6 校准项目和校准方法

校准前，首先对维勃稠度仪的外观及各部分相互作用进行检查，确定没有影响计量特性的因素后再进行校准。

6.1 振动参数

将水泥软练设备测量仪的磁性吸座刚性连接在加速度计上，再将加速度计置于振动台面中心位置处，把加速度计的输出端通过导线连接至水泥软练设备测量仪的输入端。开启水泥软练设备测量仪，启动振动台，待振动平稳后，记录水泥软练设备测量仪的频率与振动位移幅值。

6.1.1 重复测量 3 次，测得 3 组数据 f_{s1}、f_{s2}、f_{s3}，计算其算术平均值作为振动频率 f_s 的校准结果。

$$f_s = \frac{(f_{s1} + f_{s2} + f_{s3})}{3} \qquad (1)$$

式中：

f_s —— 振动频率，Hz；

f_{s1} —— 第一次测量时振动频率的示值，Hz；

f_{s2} —— 第二次测量时振动频率的示值，Hz；

f_{s3} —— 第三次测量时振动频率的示值，Hz。

6.1.2 重复测量 3 次，测得 3 组数据d_{s1}、d_{s2}、d_{s3}，计算其算术平均值作为垂直振幅d_s的校准结果。

$$d_s = \frac{(d_{s1} + d_{s2} + d_{s3})}{3} \tag{2}$$

式中：

d_s —— 垂直振幅，mm；

d_{s1} —— 第一次测量时垂直振幅的示值，mm；

d_{s2} —— 第二次测量时垂直振幅的示值，mm；

d_{s3} —— 第三次测量时垂直振幅的示值，mm。

6.1.3 再将连接好的加速度计分别置于振动台四个侧面中心位置处，开启水泥软练设备测量仪，启动振动台，待振动平稳后，记录水泥软练设备测量仪的振动位移幅值，测得 4 组数据d_{h1}、d_{h2}、d_{h3}、d_{h4}，取其最大值作为水平振幅d_h的校准结果。

$$d_h = \max(d_{h1}, d_{h2}, d_{h3}, d_{h4}) \tag{3}$$

式中：

d_h —— 水平振幅，mm；

d_{h1} —— 第一次测量时水平振幅的示值，mm；

d_{h2} —— 第二次测量时水平振幅的示值，mm；

d_{h3} —— 第三次测量时水平振幅的示值，mm；

d_{h4} —— 第四次测量时水平振幅的示值，mm。

6.2 容器几何尺寸

用游标卡尺测量容器相互垂直的两条内径D_1、D_2，计算其算术平均值作为内径D的校准结果。

$$D = \frac{(D_1 + D_2)}{2} \tag{4}$$

式中：

D —— 内径，mm；

D_1 —— 第一次测量时内径的示值，mm；

D_2 —— 第二次测量时内径的示值，mm。

用深度游标卡尺测量高度 h，用超声波测厚仪测量筒壁厚度δ_1、筒底厚度δ_2。

6.3 坍落度筒几何尺寸

6.3.1 在坍落度筒壁上任意取 3 个点，用超声波测厚仪测量筒壁厚度得到δ_1'、δ_2'、δ_3'，计算其算

术平均值作为筒壁厚度δ'的校准结果。

$$\delta' = \frac{(\delta'_1 + \delta'_2 + \delta'_3)}{3} \tag{5}$$

式中：

δ' —— 筒壁厚度，mm；

δ'_1 —— 第一次测量时筒壁厚度的示值，mm；

δ'_2 —— 第二次测量时筒壁厚度的示值，mm；

δ'_3 —— 第三次测量时筒壁厚度的示值，mm。

6.3.2 用游标卡尺在坍落度筒底部外沿圆上测量相互垂直的两条直径D'_1、D'_2，计算其算术平均值再减去筒壁厚度$2\delta'$作为底部直径D'的校准结果。

$$D' = \frac{(D'_1 + D'_2)}{2} - 2\delta' \tag{6}$$

式中：

D' —— 底部直径，mm；

D'_1 —— 第一次测量时底部直径的示值，mm；

D'_2 —— 第二次测量时底部直径的示值，mm；

δ' —— 筒壁厚度，mm；

6.3.3 用游标卡尺在坍落度筒顶部内沿圆上测量相互垂直的两条直径d'_1、d'_2，计算其算术平均值作为顶部直径d'的校准结果。

$$d' = \frac{(d'_1 + d'_2)}{2} \tag{7}$$

式中：

d' —— 顶部直径，mm；

d'_1 —— 第一次测量时顶部直径的示值，mm；

d'_2 —— 第二次测量时顶部直径的示值，mm。

6.3.4 将塌落度筒倒置，用高度卡尺放在所测D'_1、D'_2的位置上，用刻度直角尺测量筒的高度h'_1、h'_2，计算其算术平均值作为高度h'的校准结果。

$$h' = \frac{(h'_1 + h'_2)}{2} \tag{8}$$

式中：

h' —— 高度，mm；

h'_1 —— 第一次测量时高度的示值，mm；

h_2' —— 第二次测量时高度的示值，mm。

6.4 圆盘几何尺寸

用游标卡尺测量圆盘相互垂直的两条直径d_1、d_2，计算其算术平均值作为直径d的校准结果。

$$d=\frac{(d_1+d_2)}{2} \tag{9}$$

式中：

d —— 直径，mm；

d_1 —— 第一次测量时直径的示值，mm；

d_2 —— 第二次测量时直径的示值，mm。

用游标卡尺测圆盘厚度δ_3。

6.5 质量参数

用电子秤测量 A 型维勃稠度仪滑动部分总质量。

用电子秤分别测量 B 型维勃稠度仪每块配重砝码的质量。

7 校准结果的表达

经校准的维勃稠度仪发给校准证书，校准结果应在校准证书上反映。校准证书内容及内页格式（参考）见附录 B。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔不超过 12 个月。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此，送校单位可根据实际情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

校准原始记录（推荐）格式

（实验室名称）

维勃稠度仪校准记录

送校单位：_____ 送校时间：_____ 记录编号：_____

制造单位：_____ 型号/规格：_____

出厂编号：_____ 测量范围：_____ 校准依据：_____

温度：_____℃ 湿度：_____%RH 校准地点：_____

主要标准器信息	名称	规格型号/测量范围	出厂编号	准确度等级/MPE/测量不确定度	证书编号	有效期至

校准项目		技术要求	校准结果			
			1	2	3	平均值
振动参数	振动频率 f_s	50Hz，MPE：±2Hz				
	垂直振幅 d_s	0.5mm，MPE：±0.02mm				
	水平振幅 d_h	≤0.10mm				
容器几何尺寸	内　径 D	240mm，MPE：±2 mm				
	高 h	200mm，MPE：±2 mm				
	筒壁厚度 δ_{11}	≥3.0mm				
	筒底厚度 δ_2	≥7.5mm				
坍落度筒几何尺寸	底部直径 D'	200mm，MPE：±1mm				
	顶部直径 d'	100mm，MPE：±1mm				
	高　度 h'	300mm，MPE：±1mm				
	筒壁厚度 δ'	≥1.5mm				
圆盘几何尺寸	直　径 d	230mm，MPE：±2mm				
	厚　度 δ_3	10mm，MPE：±2mm				
质量参数	A 型滑动部分总质量	2750g，MPE：±20g				
	B 型测定 VC 值时每块配重砝码质量	7500g，MPE：±50g				
	B 型测定改进 VC 值时每块配重砝码质量	8700g，MPE：±50g				
备注						

维勃稠度仪垂直振幅的测量不确定度：_____

维勃稠度仪振动频率的测量不确定度：_____

校准员：_____ 核验员：_____ 校准日期：_____年_____月_____日

附录 B

校准证书内容及内页格式

B.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；

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或应用有关时，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、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。

B.2　校准证书内页格式（参考）：

证书标号：XXXX-XXXX **校准结果**			
校准项目		校准结果	
振动参数	振动频率 f_s		
	垂直振幅 d_s		
	水平振幅 d_h		
容器几何尺寸	内　　径 D		
	高 h		
	筒壁厚度 δ_1		
	筒底厚度 δ_2		
坍落度筒几何尺寸	底部直径 D'		
	顶部直径 d'		
	高　　度 h'		
	筒壁厚度 δ'		
圆盘几何尺寸	直　　径 d		
	厚　　度 δ_3		
质量参数	A 型滑动部分总质量		
	B 型测定 VC 值时每块配重砝码质量		
	B 型测定改进 VC 值时每块配重砝码质量		

维勃稠度仪垂直振幅的测量不确定度：_____

维勃稠度仪振动频率的测量不确定度：_____

附录 C

校准结果不确定度评定示例

C.1 维勃稠度仪垂直振幅示值误差校准结果不确定度评定示例

维勃稠度仪垂直振幅是影响维勃稠度值的主要因素之一。

在环境温度25℃和相对湿度60%条件下，水泥软练设备测量仪直接测量台面中心垂直振幅，评定其示值误差不确定度。

C.1.1 测量模型

垂直振幅示值误差为：

$$\Delta = d_m - \overline{d_s} \qquad (C.1)$$

式中：

Δ——垂直振幅示值误差，mm；

d_m——垂直振幅的标称值，mm；

$\overline{d_s}$——水泥软练设备测量仪3次测量垂直振幅的算术平均值，mm。

C.1.2 方差和灵敏系数

方差：

$$u_c^2(\Delta) = c_1^2 u_1^2(d_m) + c_2^2 u_2^2(\overline{d_s}) \qquad (C.2)$$

灵敏系数：$c_1 = \dfrac{\partial \Delta}{\partial d_m} = 1 \quad c_2 = \dfrac{\partial \Delta}{\partial \overline{d_s}} = -1$

C.1.3 标准不确定度评定

C.1.3.1 测量重复性引入的标准不确定度$u_1(d_m)$

因为垂直振幅是3次测量的算术平均值，故测量重复性引入了不确定度。在相同条件下对某维勃稠度仪垂直振幅标称值为0.5mm校准点进行10次重复测量，测量数据见表C.1。

表 C.1 测量数据

校准次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
实测值/mm	0.506	0.507	0.507	0.502	0.509	0.508	0.502	0.508	0.507	0.506	0.506

由测量数据计算单次试验标准偏差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (d_{mi} - \overline{d_{mi}})^2}{n-1}} = 0.0024 \ (\text{mm})$$

实际工作时以3次测量的算术平均值作为校准结果，故测量重复性引入的标准不确定度分

量为：$$u_1(d_m) = \frac{s}{\sqrt{3}} = \frac{0.0024}{\sqrt{3}} = 0.0014 \text{（mm）}$$

C.1.3.2 水泥软练设备测量仪最大允许误差引入的标准不确定度$u_2(\overline{d_s})$

水泥软练设备测量仪振动位移幅值的最大允许误差为±1.5%，按均匀分布，则：

$$u_2(\overline{d_s}) = \frac{0.506 \times 1.5\%}{\sqrt{3}} = 0.0044 \text{（mm）}$$

C.1.4 合成标准不确定度$u_c(\Delta)$

垂直振幅合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta) = \sqrt{u_1^2(d_m) + u_2^2(\overline{d_s})} = \sqrt{0.0014^2 + 0.0044^2} = 0.0046 \text{（mm）}$$

C.1.5 扩展不确定度U

取包含因子$k = 2$，则$U = ku_c(\Delta) = 2 \times 0.0046 = 0.009$（mm）

C.2 维勃稠度仪振动频率示值误差校准结果不确定度评定示例

维勃稠度仪振动频率是影响维勃稠度值的主要因素之一。

在环境温度25℃和相对湿度60%条件下，用水泥软练设备测量仪直接测量振动频率，评定其示值误差不确定度。

C.2.1 测量模型

振动频率示值误差为：$$\Delta = f_m - \overline{f_s} \qquad \text{（C.3）}$$

式中：

Δ——振动频率示值误差，Hz；

f_m——振动频率的标称值，Hz；

$\overline{f_s}$——水泥软练设备测量仪3次测量振动频率的算术平均值，Hz。

C.2.2 方差和灵敏系数

方差：$$u_c^2(\Delta) = c_1^2 u_1^2(f_m) + c_2^2 u_2^2(\overline{f_s}) \qquad \text{（C.4）}$$

灵敏系数：$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial f_m} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial \overline{f_s}} = -1$

C.2.3 标准不确定度评定

C.2.3.1 测量重复性引入的标准不确定度$u_1(f_m)$

因为振动频率是3次测量的算术平均值，故测量重复性引入了不确定度。在相同条件下对

某维勃稠度仪振动频率为50Hz校准点进行10次重复测量，测量数据见表C.2。

表 C.2 测量数据

校准次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
实测值/Hz	50.2	50.3	50.5	50.2	50.4	50.1	50.3	50.4	50.4	50.4	50.3

由测量数据计算单次试验标准偏差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{mi}-\overline{f_{mi}})^2}{n-1}} = 0.12\ (\mathrm{Hz})$$

实际工作时以3次测量的算术平均值作为校准结果，故测量重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u_1(f_m) = \frac{s}{\sqrt{3}} = \frac{0.12}{\sqrt{3}} = 0.07\ (\mathrm{Hz})$$

C.2.3.2 水泥软练设备测量仪最大允许误差引入的标准不确定度$u_2(\overline{f_s})$

水泥软练设备测量仪振动频率的最大允许误差为±1.0%，按均匀分布，则：

$$u_2(\overline{f_s}) = \frac{50.3\times 1.0\%}{\sqrt{3}} = 0.29\ (\mathrm{Hz})$$

C.2.4 合成标准不确定度$u_c(\Delta)$

振动频率合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta) = \sqrt{u_1^2(f_m) + u_2^2(\overline{f_s})} = \sqrt{0.07^2 + 0.29^2} = 0.30\ (\mathrm{Hz})$$

C.2.5 扩展不确定度U

取包含因子$k=2$，则$U = ku_c(\Delta) = 2\times 0.30 = 0.6\ (\mathrm{Hz})$