陕 西 省 地 方 计 量 技 术 规 范

JJF（陕）XXX－2021

混凝土压力泌水仪校准规范

Calibration Specification for Concrete Pressure Bleeding Measuring Instrument

（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

混凝土压力泌水仪校准规范

Calibration Specification for Concrete Pressure Bleeding Measuring Instrument

JJF (陕)XXX－2021

归 口 单 位：陕西省市场监督管理局

主要起草单位：汉中市质量技术监督检验检测中心

参加起草单位：陕西力源仪器设备检测有限公司

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：

张洪彬（汉中市质量技术监督检验检测中心）

唐　锐（汉中市质量技术监督检验检测中心）

龚　乐（汉中市质量技术监督检验检测中心）

参加起草人：

郑　飞（陕西力源仪器设备检测有限公司）

胡　靖（汉中市质量技术监督检验检测中心）

郭　鹏（汉中市质量技术监督检验检测中心）

李　曼（汉中市质量技术监督检验检测中心）

目　　录

引　　言.....II
1　范围.....（1）
2　引用文件.....（1）
3　概述.....（1）
4　计量特性.....（1）
4.1 压力表示值误差.....（1）
4.2 压力表回程误差.....（1）
4.3 泌水仪缸体内径.....（1）
5　校准条件.....（2）
5.1 环境条件.....（2）
5.2 测量标准及其他设备.....（2）
6　校准项目和校准方法.....（2）
6.2　压力表示值误差.....（2）
6.3　压力表回程误差.....（3）
6.4　缸体内径.....（3）
6.5　缸体内高.....（3）
7　校准结果表达.....（3）
8　复校时间间隔.....（3）
附录 A 混凝土压力泌水仪校准原始记录（推荐）格式.....（4）
附录 B 混凝土压力泌水仪校准证书内容及内页格式（参考）格式.....（6）
附录 C 混凝土压力泌水仪压力示值的测量不确定度评定示例.....（8）
附录 D 混凝土压力泌水仪缸体内径示值误差的测量不确定度评定示例.....（11）
附录 E 混凝土压力泌水仪缸体内高示值误差的测量不确定度评定示例.....（14）

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。

本规范为首次发布。

混凝土压力泌水仪校准规范

1 范围

本规范适用于混凝土压力泌水仪（以下简称泌水仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

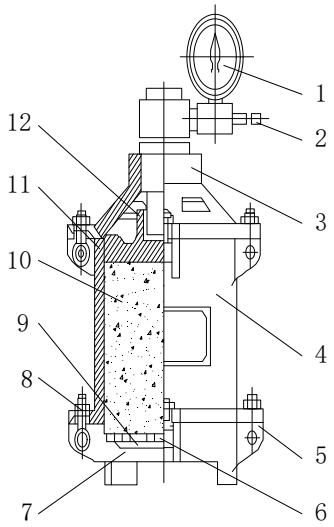
JJG 52-2013　　弹性元件式一般压力表、压力真空表和真空表

JTC 3420-2020　公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

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

混凝土压力泌水仪是一种用于测试泵送混凝土在一定压力状态下的泌水量，从而计算泌水率及压力泌水率比的专用仪器。该仪器主要由压力表、接头、上盖、缸体、底座、筛网、泌水管阀门、0 型密封圈、筛板、试件、活塞密封圈、活塞组成，其结构如图 1 所示。



1-压力表；2-接头；3-上盖；4-缸体；5-底座；6-筛网；7-泌水管阀门；8-0 型密封圈；9-筛板；10-试件；11-活塞密封圈；12-活塞

图 1　混凝土压力泌水仪结构图

4 计量特性

4.1　压力表示值误差：符合 1.6 级；

4.2　压力表回程误差：符合 1.6 级；

4.3　泌水仪缸体内径：（125±0.02）mm；

4.4　泌水仪缸体内高：（200±0.2）mm。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度：（20±5）℃；

相对湿度：≤85%。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 1。

表 1 测量标准及其他设备

仪器名称	测量范围	技术要求
精密压力表	（0~60）MPa	0.25 级
三点内径千分尺	（100~150）mm	MPE:±0.006 mm。
深度卡尺	（0~300）mm	MPE:±0.04 mm。

注：也可采用满足测量不确定度要求的其它测量设备进行校准。

6 校准项目和校准方法

6.1 外观检查

泌水仪应构造配件齐全，各功能工作正常，标志清晰可辨， 液压系统主要管路以及工作部件连接应无渗漏。

6.2 压力表示值误差

a）压力表的校准是采用标准器示值与被检压力表的示值直接比较的方法，压力表校准连接示意图如图 2 所示。

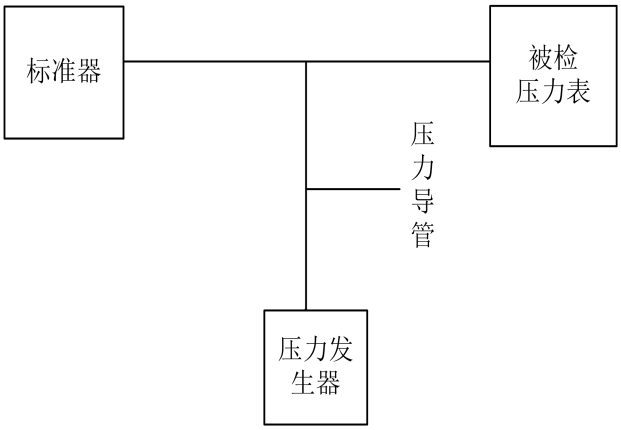


图 2 压力表校准连接示意图

b）校准前进行零位调整，校准过程中不再调整零位。示值误差校准点在压力表测量范围内均匀选取 5 个点，加压到达校准点待示值稳定后，轻敲压力表表壳，记录压力标准器

及被校压力表示值（按分度值的五分之一估读），按上述方法进行反行程降压校准。

在正、反行程中，各校准点示值误差由下列公式（1）计算。

$$\Delta p = p - p_0 \tag{1}$$

式中：

Δp—被校泌水仪仪压力示值误差，MPa；

p—被校泌水仪压力表示值，MPa；

p_0—压力标准器示值，MPa。

6.3 压力表回程误差

回程误差和示值误差校准同时进行，各校准点正行程和反行程校准时示值之差绝对值为该校准点的回程误差。

6.4 缸体内径

在距缸体端口和底板 30 mm 范围内用三点内径千分尺按图 3 所示，均匀选取 3 个方位的内径（如 AA′、BB′、CC′），各进行 1 次直径测量，共测 3 次，以 3 次测量值为校准结果。

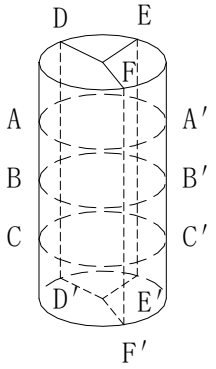


图 3 缸体尺寸测量位置示意图

6.5 缸体内高

在缸体端口用深度卡尺按图 3 所示，均匀选取 3 个方位的高度（如 DD′、EE′、FF′），各进行 1 次高度测量，共测 3 次，以 3 次测量值为校准结果。

7 校准结果表达

经校准的混凝土压力泌水仪发给校准证书，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 6 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、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

混凝土压力泌水仪校准原始记录（推荐）格式

<table>
<tr><td rowspan="3">被校仪器</td><td>委托单位</td><td colspan="3"></td><td>地址</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>型号规格</td><td></td><td>出厂编号</td><td></td><td>不确定度或准确度等级或最大允许误差</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>测量范围</td><td colspan="2"></td><td>制造厂</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">计量标准名称</td><td colspan="2">名称</td><td colspan="2">测量范围</td><td colspan="2">不确定度/准确度等级/最大允许误差</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">计量标准考核证书号</td><td colspan="2">[　　] 量标　　证字第　　号</td><td>有效期至</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">社会公用计量标准证书号</td><td colspan="2">[　　] 社量标　　证字第　　号</td><td>有效期至</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">主要标准器</td><td>名称</td><td>出厂编号</td><td>测量范围</td><td>不确定度或准确度等级或最大允许误差</td><td>证书编号</td><td>有效期至</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">配套设备</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">环境条件</td><td>温度（℃）</td><td></td><td>校准地点</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>湿度%（RH）</td><td></td><td>其它</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">校准依据</td><td colspan="2"></td><td>校准证书编号</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

1.外观检查：_____

2.校准项目

校准值(MPa)	正行程(MPa)	反行程(MPa)	示值误差(MPa)	回程误差(MPa)	示值误差扩展不确定度U（k=2）(MPa)

测量次数 / 单位mm	1	2	3	示值误差的扩展不确定度U（k=2） mm
内径				
内高				

校准人员：_____ 核验人员：_____ 校准时间：_____

附录 B

混凝土压力泌水仪校准证书内容及内页格式（参考）格式

B.1　校准证书应至少包括以下信息：

a）标题：“校准证书”；

b）实验室的名称和地址；

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）送校单位的名称；

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和应用有关时，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）校准结果仅对校准对象有效的声明；

p）未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

B.2　校准证书内页格式（参考）：

证书编号：XXXX-XXXX

校准结果

1、外观检查：_____

2、校准项目

校准点（MPa）	示值误差（MPa）	回程误差（MPa）	示值误差的扩展不确度U（k=2）（MPa）

校准项目	测得值（mm）			示值误差的扩展不确度U（k=2）（mm）
缸体内径				
缸体内高				

附录 C

混凝土压力泌水仪压力示值的测量不确定度评定示例

1　测量方法

依据本规范，用精密压力表对混凝土压力泌水仪上的压力表进行校准。依据本规范，将泌水仪上的压力表和标准器(精密压力表)安装在试验装置上(垂直安装)，通过压力泵加压，使标准器(精密压力表)升压到约 20 MPa 示值点（以 20 MPa 为例），关掉“开关针阀”，使用“微调压泵”调压，把标准器微调至 20 MPa 示值点的准确位置，同时轻敲被校压力表，待压力稳定后，读取被校压力表的读数，按分度值的 1/5(即 0.2 MPa)估读，并做好记录。然后把压力降至零位。

2　测量模型

根据校准方法将示值误差公式转化为测量模型

$$\Delta p = p - p_0 \qquad (1)$$

式中：　Δp—被校泌水仪压力表示值误差，MPa；

p—被校泌水仪压力表的压力示值，MPa；

p_0—压力标准器示值，MPa；

3　标准不确定度的评定

3.1　对压力表示值多次重复测量引起的标准不确定度u_1的评定

在重复性条件下，对泌水仪上的压力表进行连续升压测量 10 次，示值为 19.8 MPa、19.6 MPa、19.6 MPa、19.8 MPa、19.6 MPa、19.8 MPa、19.6 MPa、19.8 MPa、19.6 MPa、19.6 MPa 得 20 MPa 示值点的实验标准差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i - \overline{p})^2}{n-1}} = 0.103 \text{ MPa}$$

20 MPa 示值点重复性引起的标准不确定度为$u_1 = s = 0.103$ MPa

3.2　压力表示值估读引起的标准不确定度u_2的评定

测量范围为（0~60）MPa 的一般压力表，分度值是 1 MPa，按 1/5 估读，估读误差取 0.2 MPa，以此值为分散区间的半宽 a，并按均匀分布，包含因子$k = \sqrt{3}$，则标准不确定度u_2

为 $u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.2\ \text{MPa}}{\sqrt{3}} = 0.115\ \text{MPa}$

分析判断重复性引入的标准不确定度与显示值的分辨力引入的标准不确定度的大小关系，取二者中较大者。

3.3　环境温度变化引起的标准不确定度 u_3 的评定

压力表的检定温度规定为(20±5)℃，校准时的环境温度假设变化 5 ℃，弹簧管的温度系数 k=0.0004℃$^{-1}$，误差服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$，则环境温度变化引起的标准不确定度 u_3 为 $u_3 = \frac{5\times 0.0004\times 20\ \text{MPa}}{\sqrt{3}} = 0.023\ \text{MPa}$

校准环境温度产生的不确定度分量很小可忽略不计。

3.4　标准器引入的标准不确定度 u_4 的评定

测量范围为（0~60）MPa 的精密压力表的最大允许误差为 $\Delta = \pm 0.25\% \times 60\ \text{MPa} = \pm 0.15\ \text{MPa}$，以 Δ 为分散区间的半宽 a，按均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$，则标准不确定度 u_4 为

$$u_4 = \frac{a}{k} = \frac{0.15\ \text{MPa}}{\sqrt{3}} = 0.087\ \text{MPa}$$

3.5　压力泵装置高低差引起的标准不确定度 u_5 的评定

由于压力表与精密压力表的直径均为 150 mm，也都是垂直安装在同一水平上（高度基本相同），即它们的受压点基本在同一水平面上，所以压力泵装置高低差引起的标准不确定度可以忽略不计，即 $u_5 = 0$。

4　标准不确定度汇总表(见表 1)

表 1　60 MPa 压力表标准不确定度汇总表

不确定度分量	标准不确定度来源	标准不确定度 MPa
u_1	测量重复性	0.103
u_2	示值估读误差	0.115
u_3	环境温度变化	0.023
u_4	精密压力表示值误差	0.087
u_5	压力泵装置高低差	0

5　合成标准不确定度u_c

由于上述标准不确定度分量之间不相关，所以合成标准不确定度u_c为

$$\begin{aligned} u_c &= \sqrt{u_2^2 + u_4^2} \\ &= \sqrt{0.115^2 + 0.087^2} \\ &= 0.14 \text{ MPa} \end{aligned}$$

6　扩展不确定度

采用$U = ku_c$的方法，取包含因子$k = 2$，则

$$U = ku_c = 0.14 \times 2 \text{ MPa} = 0.3 \text{ MPa}$$

7　测量不确定度报告

在 20 MPa 示值点的测量结果为 19.6 MPa，则 U=0.3 MPa，　k=2。

8　各校准点不确定度评定一览表

根据上述评定方法，泌水仪压力表示值误差校准结果不确定度评定如下：

MPa

校准值	示值误差	$U(k=2)$
10	0.0	0.3
20	-0.4	0.3
30	-0.4	0.3
40	-0.4	0.3
50	-0.4	0.3

附录 D

混凝土压力泌水仪缸体内径示值误差的测量不确定度评定示例

1　测量方法

依据本规范，用三爪内径千分尺对泌水仪缸体内径进行测量。测量方法采用直接测量法，测量温度选择为（20±5）℃。

2　测量模型

被测泌水仪缸体的内径示值误差 e：

$$e = L_m - L_b + L_m \cdot \alpha_m \cdot \Delta t_m - L_b \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_b$$

式中：L_m —泌水仪内径标称值（20℃条件下）；

L_b —内径千分尺的示值；

α_m —泌水仪缸体的线胀系数；

α_b —内径千分尺的线胀系数；

Δt_m —泌水仪缸体偏离参考温度 20℃的值；

Δt_b —内径千分尺偏离参考温度 20℃的值。

示值误差 e 的公式可以简化为

$$e = L_m - L_b + L \cdot \Delta t \cdot \delta_\alpha + L \cdot \alpha \cdot \delta_t$$

式中：$L \approx L_m \approx L_b$　　$\alpha \approx \alpha_m \approx \alpha_b$　　$t \approx \Delta t_m \approx \Delta t_b$

$\delta_\alpha = \alpha_m - \alpha_b$　　$\delta_t = \Delta t_m - \Delta t_b$

3　灵敏系数和合成方差

根据简化的测量模型计算灵敏系数 c_i

$$c_1 = \partial e / \partial L_m = 1 \qquad c_2 = \partial e / \partial L_b = -1$$

$$c_3 = \partial e / \partial \delta_\alpha = L \cdot \Delta t \qquad c_4 = \partial e / \partial \delta_t = L \cdot \alpha$$

设 u_1，u_2，u_3，u_4 分别表示 L_b，L_m，δ_α，δ_t 的标准不确定度。由于各分量互不相关，按不确定度传播律，输出量 e 的估计方差为

$$u_c^2 = u_{(e)}^2 = u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 \cdot u_3^2 + (L \cdot \alpha)^2 \cdot u_4^2$$

4　输入量标准不确定度的评定

4.1　测量重复性引入的测量不确定度u_1

在重复性条件下，对泌水仪缸体内径进行连续 10 次测量，测量值分别为：125.001 mm、125.002 mm、125.002 mm、125.003 mm、125.002 mm、125.001 mm、125.003 mm、125.002 mm、125.004 mm、125.002 mm。得到标准偏差S=0.0009 mm，则u_1=0.0009 mm。

4.2　三点内径千分尺示值的不确定度引入的不确定度分量u_2

由上级机构给出的内径千分尺的扩展不确定度为U=0.0022 mm，k=2，则

$$u_2=\frac{a}{k}=\frac{0.0022\ \text{mm}}{2}=0.0011\ \text{mm}$$

4.3 被测泌水仪缸体和内径千分尺间线胀系数差引起的不确定度u_3

被测泌水仪缸体和内径千分尺线胀系数均为（11.5±1）×10^{-6}℃$^{-1}$，在其范围内为等概率分布，两者线胀系数之差δ_α应在±2×10^{-6}℃$^{-1}$范围内服从三角分布，包含因子$k=\sqrt{6}$，则

$$u_3=\frac{2\times10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}}=0.816\times10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1}$$

4.4　被测泌水仪缸体和内径千分尺温度差引起的标准不确定度u_4

校准环境温度为（20±5）℃，被测泌水仪缸体与内径千分尺在符合的温度条件下，充分等温后进行测量读数的，估计被测缸体与内径千分尺的温度差等概率落于±2℃的范围内，服从均匀分布，包含因子$k=\sqrt{3}$，则

$$u_4=\frac{2\ ^\circ\text{C}}{\sqrt{3}}=1.154\ ^\circ\text{C}$$

5　混凝土压力泌水仪内径示值误差的标准不确定度一览表

表 1 混凝土压力泌水仪内径示值误差的标准不确定度一览表

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定值	$c_i=\partial f/\partial x_i$	$\lvert c_i\rvert\times u(x_i)$ (mm)
u_1	测量重复性	0.0010 mm	1	0.0009
u_2	内径千分尺不确定度	0.0035 mm	-1	0.0011
u_3	被测泌水仪缸体和千分尺的线膨胀系数差	0.816×10^{-6}℃$^{-1}$	125×5℃·mm	0.0006
u_4	被测泌水仪缸体与内径千分尺温度差	1.154℃	125×11.5×10^{-6} mm/℃	0.0017

6 合成标准不确定度 u_c

$$u_c=\sqrt{u_1^2+u_2^2+u_3^2+u_4^2}=\sqrt{0.0009^2+0.0011^2+0.0006^2+0.0017^2}\ \text{mm}$$
$$=0.0023\ \text{mm}$$

7 扩展不确定度

取 $k=2$，则扩展不确定度 U 为：

$$U=2\times u_c=0.005\ \text{mm}$$

8 测量不确定度报告与表示

混凝土压力泌水仪缸体内径示值误差的扩展不确定度为：

$$U=0.005\ \text{mm},\ k=2$$

附录 E

混凝土压力泌水仪缸体内高示值误差的测量不确定度评定示例

1　测量方法

依据本规范，用深度卡尺对泌水仪缸体内高进行测量。测量方法采用直接测量法，测量温度选择为（20±5）℃。

2　测量模型

被测泌水仪缸体的内径示值误差 *e*：

$$e = L_m - L_b + L_m \cdot \alpha_m \cdot \Delta t_m - L_b \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_b$$

式中：L_m —泌水仪缸体内高标称值（20℃条件下）；

L_b —深度卡尺的示值；

α_m —泌水仪缸体的线胀系数；

α_b —深度卡尺的线胀系数；

Δt_m —泌水仪缸体偏离参考温度 20℃的值；

Δt_b —深度卡尺偏离参考温度 20℃的值。

示值误差 *e* 的公式可以简化为

$$e = L_m - L_b + L \cdot \Delta t \cdot \delta_\alpha + L \cdot \alpha \cdot \delta_t$$

式中：$L \approx L_m \approx L_b$　　$\alpha \approx \alpha_m \approx \alpha_b$　　$t \approx \Delta t_m \approx \Delta t_b$

$\delta_\alpha = \alpha_m - \alpha_b$　　$\delta_t = \Delta t_m - \Delta t_b$

3　灵敏系数和合成方差

根据简化的测量模型计算灵敏系数 c_i

$$c_1 = \partial e / \partial L_{\mathrm{m}} = 1 \qquad c_2 = \partial e / \partial L_b = -1$$

$$c_3 = \partial e / \partial \delta_\alpha = L \cdot \Delta t \qquad c_4 = \partial e / \partial \delta_{\mathrm{t}} = L \cdot \alpha$$

设 u_1，u_2，u_3，u_4 分别表示 L_b，L_m，δ_α，δ_t 的标准不确定度。由于各分量互不相关，按不确定度传播律，输出量 *e* 的估计方差为

$$u_c^{\,2} = u_{(e)}^{\,2} = u_1^{\,2} + u_2^{\,2} + (L \cdot \Delta t)^2 \cdot u_3^{\,2} + (L \cdot \alpha)^2 \cdot u_4^{\,2}$$

4　输入量标准不确定度的评定

4.1　测量重复性引入的测量不确定度u_1

在重复性条件下，用深度卡尺对内高进行进行连续 10 次测量，测量值分别为：200.04 mm、200.00 mm、200.04 mm、200.06 mm、200.04 mm、200.06 mm、200.00 mm、200.00 mm、200.04 mm、200.04 mm。得到标准偏差$s=0.0432$ mm，则$u_1=0.0235$ mm 。

4.2　深度卡尺示值的最大允许误差引入的不确定度分量u_2

深度卡尺的最大允许误差为±0.04 mm，半区间宽度a=0.04 mm，可认为在区间内误差是均匀分布，包含因子$k=\sqrt{3}$，则

$$u_2=\frac{a}{k}=\frac{0.04\ \text{mm}}{\sqrt{3}}=0.023\ \text{mm}$$

4.3　泌水仪缸体和深度卡尺线胀系数差引起的不确定度u_3

被测泌水仪缸体和深度卡尺线胀系数均为（11.5±1）×10^{-6}℃$^{-1}$，在其范围内为等概率分布，两者线胀系数之差δ_α应在±2×10^{-6}℃$^{-1}$范围内服从三角分布，包含因子k取$\sqrt{6}$，则

$$u_3=\frac{2\times10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}}=0.816\times10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1}$$

4.4　被测泌水仪缸体和深度卡尺温度差引起的标准不确定度u_4

校准环境温度为（20±5）℃，被测泌水仪缸体与深度卡尺在符合的温度条件下，充分等温后进行测量读数的，估计被测缸体与深度卡尺的温度差等概率落于±2℃的范围内，服从均匀分布，包含因子k取$\sqrt{3}$，则

$$u_4=\frac{2\ ^\circ\text{C}}{\sqrt{3}}=1.155\ ^\circ\text{C}$$

5　泌水仪缸体内高示值误差测量不确定度一览表

表 1　泌水仪缸体内高示值误差测量不确定度一览表

标准不确定度(x_i)	不确定度来源	标准不确定值	$c_i=\partial f/\partial x_i$	$\lvert c_i\rvert\times u(x_i)$ (mm)
u_1	测量重复性	0.0235 mm	1	0.0235
u_2	深度卡尺示值的不确定度	0.01 mm	-1	0.023
u_3	被测泌水仪缸体和深度卡尺的线膨胀系数差	0.816×10^{-6}℃$^{-1}$	200×5℃·mm	0.00082
u_4	被测泌水仪缸体与深度卡尺温度差	1.155℃	200×11.5×10^{-6} mm/℃	0.00267

6　合成标准不确定度u_c

$$u_c=\sqrt{u_1^2+u_2^2+u_3^2+u_4^2}=\sqrt{0.0235^2+0.023^2+0.00082^2+0.00267^2}\ \text{mm}$$
$$=0.033\ \text{mm}$$

7　扩展不确定度

取$k=2$，则扩展不确定度U为：

$$U=2\times u_c=0.07\ \text{mm}$$

8　测量不确定度报告与表示

混凝土压力泌水仪缸体内高误差的扩展不确定度为：

$$U=0.07\ \text{mm}，\ k=2$$