

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF xxxx-202x

腕式穿戴生理参数监测设备 校准规范

Calibration Specification of Wrist Wearable Physiological Parameter
Monitoring Equipment

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

腕式穿戴生理参数 监测设备校准规范

JJF xxxx-xxxx

Calibration Specification of Wrist Wearable
Physiological Parameter Monitoring Equipment

归口单位：全国医学计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

江苏省计量科学研究院

参加起草单位：湖南省计量检测研究院

深圳市计量质量检测研究院

本规范委托全国医学计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

周 凤（中国计量科学研究院）

定 翔（中国计量科学研究院）

崔宏恩（江苏省计量科学研究院）

参加起草人：

胡志雄（中国计量科学研究院）

张 秦（湖南省计量检测研究院）

卢瑞祥（深圳市计量质量检测研究院）

目录

引言	II
1 范围	3
2 引用文件	3
3 术语	3
4 概述	5
5 计量特性	5
5.1 血压	5
5.2 心电	5
5.3 脉搏血氧饱和度	6
6 校准条件	6
6.1 环境条件	6
6.2 测量标准及其他设备	6
7 校准项目与校准方法	7
7.1 外观及功能性检查	7
7.2 血压（仅适用于具备静态压力检测模式的被校设备）	7
7.3 心电	9
7.4 脉搏血氧饱和度	9
8 校准结果表达	10
8.1 校准记录	10
8.2 校准结果的处理	10
9 复校时间间隔	11
附录 A 腕式穿戴生理参数监测设备校准原始记录（推荐）格式样式	12
附录 B 校准证书内页（推荐）格式样式	16
附录 C 监测设备血压静态压力校准结果的不确定度评定示例	1918

引言

JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范的制定参考了JJG 692-2010《无创自动测量血压计》检定规程、JJG 1163-2019《多参数监护仪》检定规程、YY 1079-2008《心电监护仪》、GB/T 37037-2018《可穿戴产品数据规范》、GB/T 40683-2021《信息技术-穿戴式设备-术语》、YY9706.230-2023《医用电气设备 第2-30部分：自动无创血压计的基本安全和基本性能专用要求》、SJ/T 11785-2021《健康管理腕式可穿戴设备技术要求》等技术标准。

本规范为首次发布。

腕式穿戴生理参数监测设备校准规范

1 范围

本规范适用于腕式穿戴生理参数监测设备计量特性的校准。

本规范适用基于示波法原理测量的腕部血压、基于腕部单导联获取的心电以及基于光电容积脉搏波描记法测量的脉搏血氧饱和度三大类参数的校准。对于具备全部或部分监测功能的监测设备按照本规范进行校准。

其他具有健康监测功能的腕式、臂式、指环式等穿戴生理参数监测设备，可参照本规范进行校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 692-2010 无创自动测量血压计

JJG 1163-2019 多参数监护仪

GB/T 37037-2018 可穿戴产品数据规范

GB/T 40683-2021 信息技术-穿戴式设备-术语

YY 1079-2008 心电监护仪

YY9706.230-2023 医用电气设备 第 2-30 部分:自动无创血压计的基本安全和基本性能专用要求

SJ/T 11785-2021 健康管理腕式可穿戴设备技术要求

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

GB 40683-2021、JJG 692、SJ/T 11785-2021 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 腕式穿戴生理参数监测设备 wrist wearable physiological parameter monitoring equipment

与身体直接接触，能够穿戴在手腕上、利用无创技术实现人体生命体征参

数监测的便携式医疗电子设备。

注：常见的腕式穿戴生理参数监测设备如手环、手表等。

[来源：GB/T 40683-2021, 3.1.1; SJ/T 111785-2021, 3.2, 修改]

3.2 示波法 oscillometric method

通过阻塞腕带充放气过程中振荡波的测量，实现动脉血压间接测量的方法。

[来源：JJG 692—2010, 3.6]

3.3 血压 blood pressure

血液在血管内流动时对血管壁形成的侧压力。血压单位：千帕，符号：kPa。

注：血压法定计量单位为千帕（kPa），本规范为满足行业应用需求，保留毫米汞柱（mmHg）单位，1 kPa=7.5 mmHg。

[来源：JJG 1163—2019, 3.5, 修改]

3.4 静态压力 static pressure

不随时间变化或缓慢变化的压力。静态压力反映的是充气加压并稳定之后的设备内部压力传感器测量性能参数。

[来源：JJG 1163-2019, 3.6]

3.5 舒张压 diastolic blood pressure

心脏舒张时，动脉血管弹性回缩时血液对动脉壁形成的压力。

[来源：JJG 1163-2019, 3.7]

3.6 收缩压 systolic blood pressure

心脏收缩时，血液从心室流入动脉时对动脉壁形成的压力。

[来源：JJG 1163-2019, 3.8]

3.7 心电 electrocardio

通过皮肤电极捕获并以时间为单位记录心脏在每个心动周期中，由起搏点、心房、心室相继兴奋伴随的心脏生物电。

[来源：GB37037-2018, 6.2.1, JJG 692—2010, 3.2]

3.8 窦性心律 sinus rhythm

由心脏窦房结发出的电冲动引起的心脏节律性活动。窦房结是由特殊细胞组成的心脏上的小结节，是心脏的起搏点，窦房结每发生 1 次冲动，心脏就跳

动 1 次。

[来源: JJG 692—2010, 3.3]

3.9 血氧饱和度 oxygen saturation

血液中被氧结合的氧合血红蛋白的容量占全部可结合的血红蛋白容量的百分比, 一般用 SaO_2 来表示, SaO_2 值可以通过血气分析仪检测得到。临床监护时, 一般是通过脉搏血氧检测设备来测量人体的血氧饱和度, 得到的是 SaO_2 值的估计值, 即脉搏血氧饱和度, 常用 SpO_2 来表示。

[来源: JJG 1163—2019, 3.10]

4 概述

腕式穿戴生理参数监测设备(以下简称“腕式穿戴设备”), 是能够穿戴在人体腕部的医疗电子监测设备, 利用无创技术进行人体生命体征参数的监测, 包括但不限于: 血压、心电、脉搏血氧饱和度等, 其产品形式有硬件、软件和软硬件结合等。

腕式穿戴设备通常包括电池模块、信息交互模块(包括通信与传感器模块)、控制模块(包括信息处理与计时信号生成)、信息显示模块等。

腕式穿戴设备按照产品形态分为手环类、手表类及其他类三种; 按照功能的种类分为单一功能设备(腕式血压计等)和多功能综合设备(如可监测多项人体生命体征参数的手环、手表)等; 按信号采集模式分类, 分为定时采集、需要时采集、不间断采集三种。

5 计量特性

5.1 血压

5.1.1 静态压力: 测量范围至少应满足 $5.3 \text{ kPa} \sim 30.7 \text{ kPa}$ ($40 \text{ mmHg} \sim 230 \text{ mmHg}$), 最大允许误差: $\pm 0.4 \text{ kPa}$ ($\pm 3 \text{ mmHg}$) 或读数的 $\pm 2\%$ (二者取绝对值大者);

5.1.2 血压示值重复性: 不大于 0.4 kPa (3 mmHg);

5.1.3 气密性: 空气泄漏导致的气压系统压力变化应不超过 0.8 kPa/min (6 mmHg/min)。

5.2 心电

心率：测量范围不小于（30~200）次/分，最大允许误差：示值的±（5%+1）次/分。

5.3 脉搏血氧饱和度

5.3.1 脉搏血氧饱和度：在（70~84）%范围内，示值重复性不大于±3%；（85~100）%范围内，示值重复性不大于±2%；

5.3.2 脉率：范围不小于（30~200）次/分，最大允许误差：示值的±（5%+1）次/分。

注：以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（20±10）°C，相对湿度：≤85%，大气压强：（70~106）kPa；

6.1.2 供电电源：（220±22）V，（50±1）Hz；

6.1.3 周围无明显影响系统正常工作的电磁干扰和机械振动，网络环境应符合被校设备的产品说明书要求。

注：上述条件与制造商的产品规定不一致时，以产品规定为准。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 无创血压模拟仪

静态压力范围至少应满足 0 kPa~40 kPa（0 mmHg~300 mmHg），压力示值最大允许误差：±0.1 kPa（±1 mmHg）；

收缩压范围至少为 6.7 kPa~34.0 kPa（50 mmHg~255 mmHg），舒张压范围至少为 4.0 kPa~26.0 kPa（30 mmHg~195 mmHg），示值重复性不大于 0.1 kPa（1 mmHg）。

6.2.2 心电模拟仪

心率范围不小于（30~250）次/分，最大允许误差：示值的±（1%+1）次/分。

6.2.3 秒表

测量范围（0~11）小时 59 分 59.99 秒，分辨力不大于 0.1s。

6.2.4 脉搏血氧饱和度模拟仪

脉搏血氧饱和度范围 35%~100%，重复性： $\leq 1\%$ ；最大允许误差： $\pm 3\%$ （35%~74%范围内）和 $\pm 2\%$ （75%~100%范围内）；

脉率：范围（30~250）次/分，最大允许误差 $\pm(1\%+1)$ 次/分。

6 校准项目与校准方法

7.1 外观及功能性检查

7.1.1 外观

目视检查被校设备的外观及附件。被校设备应满足以下要求：

- a) 被校设备应具有仪器名称、生产厂家、型号、出厂编号等标识，且标识清晰。
- b) 被校设备应结构完整，配件齐全，若有机械按键、控制按钮，应安装可靠，无影响正常工作和妨碍读数的缺陷以及机械性损伤。
- c) 应带有产品说明书，客户端的硬件配置（如手机、PAD 等）应符合被校设备的产品说明书要求。

7.1.2 一般功能正常性检查

- a) 如有需要，按照被校设备的产品说明书要求安装客户端、绑定被校设备，被校设备应能与客户端正常通信。
- b) 必要时需对被校设备充电，手动及目视检查被校设备的开关、各种功能按键（包括触摸键或旋钮等）、预置控制器和指示，应满足其产品说明书要求，可正常工作。

7.1.3 校准前的准备

如果被校设备具有校准模式（如关闭补偿、关闭滤波等），按照产品说明书要求进行设置，并在该模式下进行校准。必要时应采用与被校设备相匹配的夹具或工装，通过设备或客户端读取测量值。

7.2 血压（仅适用于具备静态压力测量模式的被校设备）

7.2.1 按照被校设备的产品说明书，用医用橡胶管和三通把被校设备及无创血压模拟仪连接起来（如图 1）。被校设备设置在静态压力测量模式，将被校设备的腕带卷扎在直径为（4.3~6.2）cm 的圆柱体上，其松紧程度以能刚好插入一指为宜。

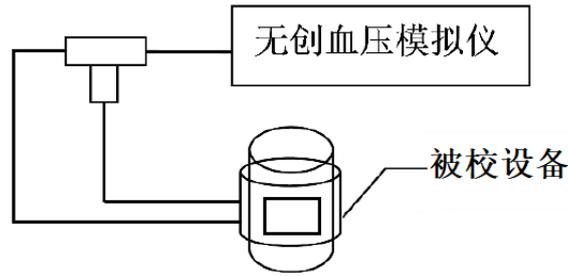


图1 血压校准示意图

7.2.2 静态压力测量范围

由无创血压模拟仪按照产品说明书要求对被校设备加压，读取被校设备的静态压力测量范围。

7.2.3 静态压力示值误差

按图 1 的方法连接被校设备与无创血压模拟仪，在规定的静态压力范围内选择不少于 5 个测量点（不含零点，并较均匀分布在全量程上），对每个校准点进行 1 次测量。按公式（1）计算静态压力示值误差。

$$\Delta P_i = P_i - P_0 \quad (1)$$

式中：

ΔP_i ——静态压力示值误差，kPa (mmHg)；

P_i ——被校设备的静态压力示值，kPa (mmHg)；

P_0 ——无创血压模拟仪输出压力值，kPa (mmHg)。

7.2.4 血压示值重复性

按图 1 的方法连接被校设备与无创血压模拟仪，将无创血压模拟仪的心率参数设置为 80 次/分，血压（收缩压/舒张压）校准点设置为：16.0 kPa/10.67kPa（120 mmHg/80 mmHg），进行 5 次测量，按公式（2）分别计算收缩压和舒张压示值重复性。

$$S_{S(D)} = \frac{R_{S(D)}}{C} = \frac{R_{S(D)}}{2.33} \quad (2)$$

式中：

$S_{S(D)}$ ——收缩压/舒张压示值重复性，kPa (mmHg)；

$R_{S(D)}$ ——收缩压/舒张压 5 次测量结果中最大值和最小值之差（称为极差），kPa (mmHg)；

C ——极差系数， $C=2.33$ 。

7.2.5 气密性（如适用）

校准气密性时，被校设备通常处于“维修或校准”模式下，此时其排气阀应处于闭合状态。按图 1 的方法连接被校设备与无创血压模拟仪，将被校设备加压至测量上限的 50%~100%之间的任意值，切断气源并稳压 1 分钟后开始记录被校设备压力示值，保持 5 分钟，然后再次记录被校设备的压力示值，将前后两个压力示值之差除以 5 分钟得到气密性值。

7.3 心电

对于可直接显示心率的被校设备，允许用其显示值直接读取数据。对于具有心电波形记录输出的被校设备，也可以在软件显示界面读取心率。按照其产品说明书确认被校设备的心电电极，连接被校设备和心电模拟仪。

7.3.1 静态心率

若被校设备的增益可调，则将增益设置为 10 mm/mV。

心电模拟仪输出模拟窦性心律信号（或标准心律信号）信号，幅值分别设置为 0.5 mV、1.0 mV。

心率测量范围：被校设备设置为瞬时心率或短时心率测量模式，将心电模拟仪的心率分别设置为被校设备的心率测量最大值、最小值，读取被校设备的心率测量范围。

心率示值误差：在（30~200）次/分范围内或设备心率测量范围内，较均匀选取不少于 3 个校准点，进行 1 次测量。按公式（3）计算被校设备心率示值误差。

$$\Delta B_i = B_i - B_0 \quad (3)$$

式中：

ΔB_i ——心率示值误差，次/分；

B_i ——被校设备的心率示值，次/分；

B_0 ——心电模拟仪输出的心率值，次/分。

7.4 脉搏血氧饱和度

按照产品说明书确认被校设备的脉搏血氧传感器，连接被校设备和脉搏血氧饱和度模拟仪，并从脉搏血氧饱和度模拟仪中预存的R曲线数据库里选择与被校设备相对应的R曲线。如被检设备血氧探头在脉搏血氧饱和度模拟仪中没

有相对应的预存R曲线,可在常用的Nellcor、BCI和Masimo曲线中选取一条R曲线并进行测量。

7.4.1 脉搏血氧饱和度示值重复性

设置脉搏血氧饱和度模拟仪脉率为75次/分,脉搏血氧饱和度分别为70%、90%和100%。上述每个校准点至少进行6次测量,按公式(4)计算脉搏血氧饱和度示值重复性。

$$\Delta S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{n-1}} \quad (4)$$

式中:

ΔS ——脉搏血氧饱和度示值重复性, %;

S_i ——单个测量点第*i*次脉搏血氧饱和度测量值, %;

\bar{S} ——单个测量点的多次测量平均值, %;

n——测量次数。

7.4.2 脉率示值误差

设置脉搏血氧饱和度模拟仪的脉搏血氧饱和度值为95%,在(30~200)次/分范围内或产品说明书规定的测量范围内,较均匀地选择不少于3个校准点,按公式(5)计算脉率示值误差。

$$\Delta b_i = b_i - b_o \quad (5)$$

式中:

Δb_i ——脉率示值误差,次/分;

b_i ——被校设备测量脉率值,次/分;

b_o ——脉搏血氧饱和度模拟仪输出脉率值,次/分。

7 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内容:

- 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（如果不在实验室内校准）；
- 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) 被校设备的描述和明确标识（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；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

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

腕式穿戴生理参数监测设备校准原始记录（推荐）格式样式

校准证书编号：

原始记录号：

送校单位				单位地址		
设备名称				生产厂家		
设备型号				设备编号		
校准地点				校准依据		
环境温度		相对湿度		大气压力		
校准使用的 计量基 (标)准装 置/主要仪器	测量范围		不确定度/最大 允许误差		证书号	有效期至

一、外观和工作正常性检查：

检查结果	符合要求： <input type="checkbox"/> 部分不符合要求： <input type="checkbox"/>
备注	

二、血压

1、静态压力测量范围

校准结果	符合： <input type="checkbox"/> 不复合： <input type="checkbox"/>
------	--

2、静态压力示值误差

单位：kPa, mmHg

模拟仪 输出压力值	被校设备的 静态压力示值	示值误差

3、血压示值重复性

单位：□kPa, □mmHg

血压设置值		血压示值					血压示值重复性
收缩压							
舒张压							

4、气密性

初始压力值 (mmHg)		4min-5min 后记录值 (mmHg)	
压力泄漏率 (mmHg/min)			

三、心电：

静态心率

(1) 心率测量范围

校准结果	符合：□ 不复合：□
------	------------

(2) 心率示值误差

单位：次/分

标准值	示值		示值误差
	0.5mV	1.0mV	
30			
80			
120			
200			

四、脉搏血氧饱和度

1、脉搏血氧饱和度示值重复性

标准值	被校设备脉搏血氧饱和度示值					示值重复性
70%						
90%						
100%						

2、脉率示值误差

单位：次/分

标准值	示值	示值误差
30		
70		
200		

校准员：

核验员：

接收日期： 年 月 日

校准日期： 年 月 日

证书编号：XXXX-XXXX

校准结果

一、外观和功能正常性检查：符合要求 部分不符合要求

二、血压

1、静态压力测量范围：合格 不合格

2、静态压力示值误差

单位：kPa, mmHg

无创血压模拟仪 输出压力值	被校设备的 静态压力示值	示值误差

3、血压示值重复性： $\leq 3\text{mmHg}$ 单位：kPa, mmHg

标准值	收缩压重复性	舒张压重复性

4、气密性： $\leq 6\text{mmHg/min}$ 单位：kPa, mmHg

校准结果：	
-------	--

三、心电：

静态心率

测量范围：合格 不合格

最大示值误差	校准点（次/分）	校准点电压（mV）

四、脉搏血氧饱和度

1、脉搏血氧饱和度示值重复性

校准点	示值重复性
70%	
90%	
100%	

2、脉率示值误差

最大示值误差	校准点 (次/分)

校准员：_____

核验员：_____

附录 C

监测设备血压静态压力校准结果的不确定度评定示例

依据 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的要求，以一台血压分辨力为 1 mmHg 的腕式血压计为例，给出静态压力校准结果的测量不确定度评定示例。其中包括各标准不确定度分量的评定与分析、合成标准不确定度以及扩展不确定度的计算。

静态心率、脉率等参数校准结果的不确定度可参照本示例进行评定。

C.1 测量模型

该被校设备的静态压力测量范围为 0.0~34.7 kPa (0.0~260 mmHg)，本规范要求最大允许误差为： ± 0.5 kPa (± 4 mmHg) 或读数的 $\pm 2\%$ (取大者)，测量模型为：

$$\Delta P = P - P_0 \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔP ——静态压力示值误差，kPa(mmHg)；

P ——被校设备的静态压力示值，kPa(mmHg)；

P_0 ——无创血压模拟仪输出压力值，kPa(mmHg)。

灵敏系数： $c_1 = \partial \Delta P / \partial P = 1$ ； $c_2 = \partial \Delta P / \partial P_0 = -1$

合成标准不确定度 $u_c(P)$ ：

$$u_c^2(\Delta P) = \left[\frac{\partial \Delta P}{\partial P} \cdot u(P) \right]^2 + \left[\frac{\partial \Delta P}{\partial P_0} \cdot u(P_0) \right]^2 = [c_1 \cdot u(P)]^2 + [c_2 \cdot u(P_0)]^2$$

计算见公式(C.2)：

$$u_c(\Delta P) = \sqrt{u^2(P) + u^2(P_0)} \quad (\text{C.2})$$

C.2 标准不确定度分量分析

被校设备及无创血压模拟仪均为数字显示仪器，静态压力直接测量，故人员读数对测量不确定度的影响可忽略不计；被校设备及无创血压模拟仪处于同一环境条件下，测试环境条件满足本规范要求，可忽略温度、大气压力等环境条件对测量结果的影响。因此，被校设备静态压力测试结果的不确定度主要来

自于：测量重复性引入的不确定度，静态压力示值读数分辨力，无创血压模拟仪不准引入的不确定度等。

C.2.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_1

按照本规范 7.2.3 的方法，在 260 mmHg 测量点，记录被校设备和无创血压模拟仪显示的压力示值并计算静态压力示值误差，在重复性条件下进行 10 次测量，测量值为 P_i ($i=1, 2, \dots, 10$)，用贝塞尔公式计算出标准偏差 $s(P)$ 。具体数据见表 C.1。

表 C.1 测量重复性 单位：(mmHg)

测量次数 i	被校设备 静态压力示值 P_i	无创血压模拟仪 压力示值 P_0	静态压力 示值误差 ΔP
1	260	260.2	-0.2
2	260	260.4	-0.4
3	262	262.5	-0.5
4	261	261.1	-0.1
5	261	261.4	-0.4
6	261	261.3	-0.3
7	261	261.6	-0.6
8	261	261.2	-0.2
9	261	261.4	-0.4
10	261	261.6	-0.6
$\overline{\Delta P}$	-0.37		
$s(P)$	0.17		

测量重复性引入的不确定度分量为：

$$u_1 = \frac{s(P)}{\sqrt{m}} = 0.17 \text{ mmHg} \quad (\text{实际校准中测量次数 } m \text{ 为 } 1)$$

C.2.2 读数分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

被校设备的分辨力为 1 mmHg，无创血压模拟仪的分辨力为 0.1 mmHg，固可不考虑无创血压模拟仪分辨力的影响。假定以均匀分布估计，被校设备分辨力所引入的不确定度分量为：

$$u_2 = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29 \text{ mmHg}$$

C.2.3 标准器不准引入的标准不确定度分量 u_3

无创血压模拟仪的 $u_3 = 0.2 \text{ mmHg}$ 。

C.3 合成标准不确定度

各输入量之间未发现有任何值得考虑的相关性，具体分析见表 C. 2。

表 C. 2 标准不确定度分量一览表

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	$u(x_i)$ 值 (mmHg)	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$ (mmHg)
u_1	测量重复性	0.17	1	0.29
u_2	读数分辨力	0.29		
u_3	标准器不准	0.2	1	0.2
合成标准不确定度： $u_c = 0.56\text{mmHg}$				

以上分量相互独立，由于被校设备分辨力引入的标准不确定度分量大于测量重复性对静态压力示值误差测量不确定度的贡献，二者均影响静态压力示值误差的分散性，故计算合成标准不确定度时，可以不考虑重复性的影响。按照公示 C.2 计算合成标准不确定度 $u_c(\Delta p)$

$$u_c(\Delta P) = \sqrt{u^2(P) + u^2(P_0)} = \sqrt{u_2^2 + u_3^2}$$

$$u_c(\Delta P) = \sqrt{u_2^2 + u_3^2} = 0.35\text{mmHg}$$

C.4 扩展不确定度评定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 U 为：

$$U(\Delta p) = k \times u_c(\Delta p) = 2 \times 0.35 = 0.7\text{mmHg}$$