
JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF xxxx—202x

微重力环境下人体质量测量仪校准规范

Calibration Specification of Human Body Mass Meters in Microgravity
Environment

(征求意见稿)

202x-0x-xx 发布

202x-0x-xx 实施

国家市场监督管理总局发布

微重力环境下人体质量测量仪 校准规范

Calibration Specification of Human
Body Mass Meters in Microgravity
Environment

JJF xxxx—202x

归口单位：

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国衡器计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

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 计量单位	2
4 概述	2
4.1 原理	2
4.2 结构	2
4.3 用途	3
5 计量特性	3
5.1 示值误差	3
5.2 重复性	3
6 校准条件	3
6.1 环境条件	3
6.2 测量标准及其它设备	3
6.3 示值	4
7 校准项目和校准方法	4
7.1 校准项目	4
7.2 校准方法	4
8 校准结果	6
9 复校时间间隔	6
附录 A 微重力环境下人体质量测量仪测量不确定度评定方法及实例	7
附录 B 质量测量仪校准原始记录格式	15
附录 C 质量测量仪校准证书内页格式	17
附录 D 质量测量仪线性标定	18
附录 E 人体质量测量要求	21

引 言

本规范根据 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001《通用计量术语及定义》、JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》等规范编写。

本规范给出了微重力环境下人体质量测量仪的校准条件、校准项目和校准方法及不确定度评定方法。

本规范系首次制定。

微重力环境下人体质量测量仪校准规范

1 范围

本规范适用于微重力环境下人体质量测量仪（以下简称质量测量仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 99	《砝码》
JJG 539	《数字指示秤》
JJF 1059.1	《测量不确定度评定与表示》
JJF 1181	《衡器计量名词术语及定义》
GB/T 7665	《传感器通用术语》
GB/T23111	《非自动衡器》
GB/T27418	《测量不确定度评定与表示》
JB/T 6862	《温湿度计》

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

JJF 1181、GB/T 7665 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1 微重力环境 Microgravity environment

对于地球表面的物体或轨道飞行器而言，其有效重力由所受到的重力与运动所产生的惯性离心力共同决定。

3.1.2 人体质量测量仪 Instrument of human mass meters

在微重力环境下航天员在恒力作用下运动的位移(m)和时间(t)，通过力学换算获得航天员质量的仪器，以下简称人体质量测量仪。

3.1.3 恒力机构 Constant force mechanism

由凸轮、弹簧、定滑轮和钢丝绳等零件组成的机构。

3.1.4 释放机构 Releasing mechanism

用于人体运动释放的辅助机构。

3.1.5 质量包 Qualitypack

满足微重力环境下校准所需要的已知质量稳定的包装物品。

注 1: 质量包包括食品包等;

注 2: 载荷区间 43kg~80kg, 长×宽×高不大于 600mm×500mm×900mm 或者 (质量包) 体积不超过 0.27m³。

3.1.6 地面模拟校准 Laboratory simulation calibration

在地面模拟微重力环境下对人体质量测量仪进行的校准工作。

3.1.7 舱内校准 Capsule calibration

微重力环境下对人体质量测量仪进行的校准工作。

3.1.8 首次校准 First calibration

对未被校准过的微重力环境下人体质量测量仪进行的校准。

3.1.9 后续校准 Subsequent calibration

在首次校准后的一种实验室校准, 包括复校准周期校准、使用场所发生变化校准和修理后校准。

3.2 计量单位

使用的计量单位, 包括: 克 (g)、千克 (kg)、秒 (s)、米 (m)。

4 概述

4.1 原理

质量测量仪恒力机构提供的恒力作用于航天员身体, 使航天员做匀加速直线运动, 通过测量航天员在恒力作用下的运动位移和时间, 计算人体在恒力作用下的加速度, 根据牛顿第二定律, 在已知恒力的情况下计算出人体的质量。

4.2 结构

人体质量测量仪主要由主机 (恒力机构、测量系统)、四连杆、人体支架、释放机构和力传感器电缆等组成见图 1。

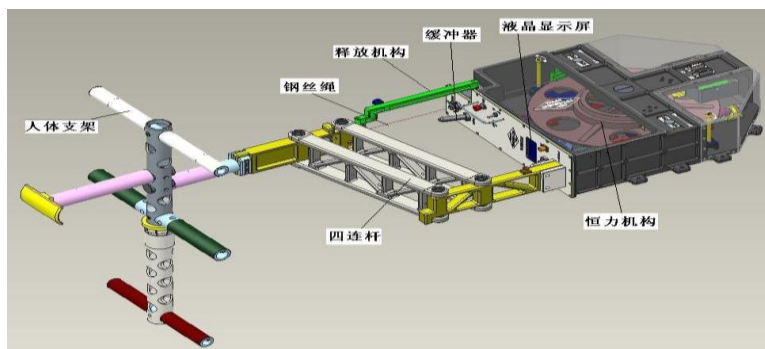


图1 结构图

4.3 用途

质量测量仪主要用于微重力环境下航天员的质量测量。

5 计量特性

5.1 示值误差

质量测量仪在（43~80）kg 测量范围内，任何单次校准单示值对应输入的砝码或质量包的示值误差为相应载荷质量的±1%。

5.2 重复性

在重复性条件下，对同一载荷加载在质量测量仪上，进行 n 次独立重复测量，若得到各次测量结果为 $y_i (i=1, 2, \dots, n)$ ，则其重复性 $s(y_i)$ 为：

$$s(y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (1)$$

式中：

\bar{y} — n 次测量结果的算术平均值，单位为：kg；

n —重复测量次数。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（20±5）℃，校准期间温度最大变化不能超过 2℃。

6.1.2 相对湿度：≤85%，校准期间相对湿度最大变化不能超过 15%。

6.2 校准用设备

表 1 校准用设备

序号	名称	数量	准确度等级/最大误差允许
1	砝码	1 套	应符合 JJG99 要求，砝码的准确度等级： M_1 。
2	质量包	1 组	质量包的误差应不超过质量测量仪相应称量校准示值误差绝对值的 1/10。
3	温湿度计	1 支	应满足 JB/T 6862 要求，温度计误差应不超过 0.5℃，湿度计误差应不超过 5%。

6.3 示值

对任何试验载荷（砝码或质量包），在质量测量仪完成一次释放运动后即可读取和记录质量测量仪示值。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

质量测量仪校准项目为示值误差和重复性的校准，质量测量仪在校准前需进行线性标定（附录 D）。

7.2 校准方法

7.2.1 校准范围

校准范围：(43~80) kg。

7.2.2 校准地点

校准地点分地面和舱内。

7.2.3 校准前的准备工作

7.2.3.1 外观和状态检查

a) 外观检查

查看钢丝绳的锁紧状态，质量测量仪校准需将钢丝绳置于“松”状态，2 处蝶型螺母移动至“松”位置，2 处螺栓按标识“松”方向旋转，至螺栓头与主机上平面平齐；

b) 状态检查

目测面板显示器显示的电压、光栅读数头、力传感器、串口是否正常。

7.2.3.2 预加载一次到接近最大称量或确定安全最大载荷，卸除全部载荷。

7.2.3.3 每次校准结束后，进行下一项校准前，应留有 10s 至 30s 的恢复时间。

7.2.4 示值误差校准

7.2.4.1 地面模拟校准

地面模拟校准是在地面利用气浮原理模拟微重力环境下的校准。

a) 校准点的选择

载荷点从 43kg 至 80kg 均匀选取。首次校准选取不少于 10 个校准测量点；对于后续和使用中校准选取不得少于 6 个校准测量点。

b) 示值误差校准方法

载荷点从 43kg 开始逐渐加载到 80kg，再以相反的次序逐级卸载至 43kg。分别测定各载荷点的示值误差，分别用公式 (2)、(3) 计算绝对误差 E 和相对误差 ϵ ：

$$E = I - L \quad (2)$$

$$\epsilon = E/L \times 100\% \quad (3)$$

式中： E —各载荷点绝对值误差，单位为：kg；

I —施加标准载荷后的示值 I ，单位为：kg；

L —施加标准载荷值，单位为：kg；

ϵ —各载荷点相对误差。

c) 重复性校准方法

用 50kg~70kg 的载荷进行一组校准，在质量测量仪上进行 6 次称量，读数在加载后和卸载后示值达到稳定时进行。

在每次加载前，应将载荷卸载至零，待质量测量仪稳定后再进行加载，重复性 $s(y_i)$ 用公式 (1) 进行计算。

7.2.4.2 舱内质量包校准

a) 校准点的选择

载荷点从 43kg 至 80kg 均匀选取。首次校准选取不少于 6 个校准测量点；对于后续和使用中校准选取不得少于 2 个校准测量点。

b) 示值误差校准方法

微重力环境下校准标准载荷可根据舱内实际情况选取质量包（航天服工具包和食品包，但不限于此，覆盖 43kg~80kg）。

舱内校准时，质量包与人体支架固定，或者使用专用校准工装来固定。

示值误差校准方法同 7.2.4.1 条款中 b)。

c) 重复性校准方法

用50kg~70kg的载核进行一组校准，在质量测量仪上进行3次称量，读数在加载后和卸载后示值达到稳定时进行。

重复性校准方法同 7.2.4.1 条款中 c)。

8 校准结果

校准后，出具校准证书。校准证书包括如下信息：

- 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，若与校准结果的有效性及应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次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) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- n) 校准结果仅是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；

9 复校时间间隔

微重力环境下人体质量测量仪复校时间间隔一般建议为 2 年。

附录 A

微重力环境下人体质量测量仪测量不确定度评定方法及实例

1 概述

1.1 测量对象：人体质量测量仪

1.2 测量装置：气浮台、砝码、质量包；

1.3 测量依据：《微重力环境下人体质量测量仪校准规范》

1.4 环境条件：(20±5)℃，相对湿度：≤85%

1.5 测量过程：在规定的条件下，用标准载荷对质量测量仪进行测试，载荷点从接近 43kg 开始逐渐加载，至接近或达到 80kg 后再以相反的次序逐级卸载至接近 43kg，分别测定各载荷点的示值误差，并计算各载荷点的测试精度。

2 测量原理

2.1 建模

$$E=I-L \quad (1)$$

$$L=m=F/a \quad (2)$$

式中：E-各载荷点绝对值误差，单位为：kg；

I-施加标准载荷后的示值 I，单位为：kg；

L-施加标准载荷值，即为被测人体质量 m，单位为：kg；

F-质量测量仪输出恒力，单位为：N；

a-加速度，单位为：m/s²。

2.2 灵敏系数

$$I \text{ 的灵敏系数 } c_1 = \frac{\partial E}{\partial I} = 1 \quad (3)$$

$$F \text{ 的灵敏系数 } c_2 = \frac{\partial E}{\partial F} = -\frac{1}{a} \quad (4)$$

$$a \text{ 的灵敏系数 } c_3 = \frac{\partial E}{\partial a} = \frac{F}{a^2} \quad (5)$$

3 不确定度来源

3.1 重复性测量引入的标准不确定度分量 u_1 (A 类评定)

3.2 恒力测量引入的标准不确定度分量 u_2 (B 类评定)

3.3 加速度测量引入的标准不确定度分量 u_3 (B 类评定)

3.4 质量包非刚性引入的标准不确定度分量 u_4 (B 类评定)

3.5 标准载荷误差引入的标准不确定度分量 u_5 (B 类评定)

4 测量不确定度评定

4.1 重复性测量引入的标准不确定度 u_1 为

$$u_1 = \frac{s(y_i)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n(n-1)}} \quad (6)$$

式中: \bar{y} — n 次测量结果的算术平均值, 单位为: kg;

n ——重复测量次数。

4.2 恒力测量引入的标准不确定度分量 u_2

质量测量仪的恒力由力传感器进行测量, 经查力传感器使用手册, 力传感器自身非线性度为 0.1%, 不重复性 0.05%, 经过地面 4 个样品的测试, 1 年左右使用和存放导致的力传感器参数变化不超过 0.1%, 其相对误差可认为 0.1%, 恒力机构产生的恒力为 F , 其区间半宽度为 $\frac{0.1\%}{2}$, 假设服从均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 其标准不确定度 u_2 为:

$$u_2 = \frac{0.1\%F}{2\sqrt{3}} \quad (7)$$

4.3 加速度测量引入的标准不确定度分量 u_3

光栅测量误差来源于光栅的刻线误差和光栅读数头输出脉冲信号的相位误差。根据器件生产商给出的资料, 直径 150mm 圆光栅绝对位置的最大测量误差为 $\pm 7.3\mu\text{m}$ 。计时误差来源于计时器的时钟频率, 25MHz 时钟下, 计时误差 $\pm 40\text{ns}$ 。根据加速度测量原理, 其相对误差认定为 0.2%, 测量加速度为 a , 其区间半宽度为 $\frac{0.2\%}{2}$, 假设服从均匀分布,

$k = \sqrt{3}$, 其标准不确定度 u_3 为:

$$u_3 = \frac{0.2\%a}{2\sqrt{3}} \quad (8)$$

4.4 质量包非刚性引入的标准不确定度分量 u_4

质量包是非刚性体，在运动过程中，质心的相对位置会发生改变，导致测得的加速度与质量包的质心加速度不完全等价。当被测质量包的质心没有在拉力作用线上时，四连杆受到一个等效扭矩的作用，在测量过程中将转动和振动，导致测得的加速度存在误差。经过动力学模拟分析，在质心偏心达到 10cm 左右时，平均加速度计算误差最大可达 0.4%，测量加速度为 a ，其区间半宽度为 $\frac{0.4\%a}{2}$ ，假设服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，其标准不确定度 u_3 为：

$$u_4 = \frac{0.4\%a}{2\sqrt{3}} \quad (9)$$

4.5 标准载荷误差引入的标准不确定度分量 u_5 ：

标准载荷为砝码时，在校准过程中仅使用砝码标称值，其误差服从矩形分布，标准砝码的准确度 u_5 为：

$$u_5 = \frac{MPE}{\sqrt{3}} \quad (10)$$

标准载荷为质量包时，质量包的误差为不超过质量测量仪相应秤量校准示值误差绝对值的 1/10，设定质量包的质量为 b ，其区间半宽度为 $\frac{1\%b}{2} \cdot \frac{1}{10}$ ，假设服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，其标准不确定度 u_5 为：

$$u_5 = \frac{1\%b}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{10} \quad (11)$$

4.6 合成不确定度评定

各标准不确定度分量汇总如表 1 所示。

表 1 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_1	重复性测量	A	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n(n-1)}}$	1
u_2	恒力测量	B	$u_2 = \frac{0.1\%F}{2\sqrt{3}}$	$-\frac{1}{a}$
u_3	加速度测量	B	$u_3 = \frac{0.2\%a}{2\sqrt{3}}$	$\frac{F}{a^2}$
u_4	质量包非刚性测量	B	$u_4 = \frac{0.4\%a}{2\sqrt{3}}$	$\frac{F}{a^2}$
u_5	砝码	B	$u_5 = \frac{MPE}{\sqrt{3}}$	-1
	质量包	B	$u_5 = \frac{1\%b}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{10}$	-1

上述标准不确定分量均不相关，则合成不确定度按下式计算：

砝码校准时：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial F}\right)^2 u_2^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial a}\right)^2 u_3^2 + u_5^2} \quad (12)$$

质量包校准时：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial F}\right)^2 u_2^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial a}\right)^2 u_3^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial a}\right)^2 u_4^2 + u_5^2} \quad (13)$$

4.7 扩展不确定度评定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度按下式计算：

$$U = 2u_c \quad (14)$$

5 测量不确定度评定示例

5.1 采用标准载荷，对质量测量仪进行校准，标准载荷范围为 42kg~81kg，得到的校准试验数据如表 2 所示：

表2 质量测量仪校准实测数据

 $E=I-L$ $\varepsilon =E/L \times 100\%$ 计量单位: kg

校准项目	施加载荷值 L	施加标准载荷后的示 值 I	示值误差 E	相对误差 ε (%)
示值误差(砵 码)	42	41.9	-0.1	-0.24
	43	42.9	-0.1	-0.23
	45	44.7	-0.3	-0.67
	50	49.6	-0.4	-0.8
	55	54.7	-0.3	-0.55
	60	59.7	-0.3	-0.5
	65	64.8	-0.2	-0.31
	70	70.1	0.1	0.14
	75	75.2	0.2	0.27
	80	80.3	0.3	0.38
	81	81.4	0.4	0.49
	80	80.5	0.5	0.62
	75	75.3	0.3	0.4
	70	70.1	0.1	0.14
	65	65.0	0	0
	60	59.7	-0.3	-0.5
	55	54.8	-0.2	-0.36
	50	49.8	-0.2	-0.4
	45	44.8	-0.2	-0.44
	43	42.8	-0.2	-0.47
42	41.9	-0.1	-0.24	
重复性 (砵码)	65	64.8	-0.2	-0.31
	65	64.8	-0.2	-0.31
	65	64.9	-0.1	-0.15
	65	64.8	-0.2	-0.31
	65	64.9	-0.1	-0.15
	65	64.9	-0.1	-0.15

校准项目	施加载荷值 L	施加标准载荷后的示 值 I	示值误差 E	相对误差 ε (%)
	$s(y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 0.055$			
示值误差 (质量包)	57.9	58.1	0.2	0.35
	62.4	62.8	0.4	0.64
	67.2	67.7	0.5	0.74
	72	72.3	0.3	0.42
	76.5	77	0.5	0.65
	79	79.5	0.5	0.63
	79	79.7	0.7	0.89
	76.5	76.6	0.1	0.13
	72	72.2	0.2	0.28
	67.2	67.5	0.3	0.45
	62.4	62.5	0.1	0.16
	57.9	58.2	0.3	0.52
重复性 (质量包)	57.9	57.6	-0.3	-0.52
	57.9	57.8	-0.1	-0.17
	57.9	58.1	+0.2	0.35
	$s(y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 0.25$			

5.2 质量测量仪校准示值误差扩展不确定的评定

以 65kg 砝码和 57.9kg 质量包为例分别进行评定。

5.2.1 重复性测量引入的标准不确定度 u_1 为

标准载荷为砝码时，其标准不确定度 u_1 为：

$$u_1 = \frac{s(y_i)}{\sqrt{n}} = 0.022\text{kg}$$

标准载荷为质量包时，其标准不确定度 u_1 为：

$$u_1 = \frac{s(y_i)}{\sqrt{n}} = 0.144\text{kg}$$

5.2.2 恒力测量引入的标准不确定度分量 u_2 为:

恒力范围为 20N~21N, 按最大值计算, 服从均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则其标准不确定度 u_2 为:

$$u_2 = \frac{0.1\%F}{2\sqrt{3}} = 0.0061N$$

5.2.3 加速度测量引入的标准不确定度 u_3 为

$$u_3 = \frac{0.2\%a}{2\sqrt{3}} = 0.00019m/s^2$$

5.2.4 质量包非刚性引入的标准不确定度分量为 u_4 :

$$u_4 = \frac{0.4\%a}{2\sqrt{3}} = 0.00038m/s^2$$

5.2.5 标准载荷误差引入的标准不确定度分量为 u_5

标准载荷为砝码时, 其标准不确定度 u_5 为:

$$u_5 = \frac{MPE}{\sqrt{3}} = 0.00188kg$$

标准载荷为质量包时, 其标准不确定度 u_5 为:

$$u_5 = \frac{1\%b}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{10} = \frac{1\% \times 57.9}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{10} = 0.0167kg$$

5.2.6 合成不确定度评定

地面模拟校准用砝码校准时, 无质量包非刚性引入的标准不确定度分量 u_4 , 其合成不确定度为:

$$\begin{aligned} u_c &= \sqrt{u_1^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial F}\right)^2 u_2^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial a}\right)^2 u_3^2 + u_5^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{s(y_i)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(-\frac{1}{a}\right)^2 \left(\frac{0.1\%F}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{F}{a^2}\right)^2 \left(\frac{0.2\%a}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{MPE}{\sqrt{3}}\right)^2} \\ &= \sqrt{0.022^2 + 0.019^2 + 0.0376^2 + 0.00188^2} = 0.048kg \end{aligned}$$

$$\varepsilon = \frac{E}{L} = \frac{0.048}{65} 100\% = 0.074\%$$

地面模拟校准用质量包校准时, 质量包非刚性测量引入的标准不确定度分量 u_4 , 其合成不确定度为:

$$\begin{aligned}
u_c &= \sqrt{u_1^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial F}\right)^2 u_2^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial a}\right)^2 u_3^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial a}\right)^2 u_4^2 + u_5^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{s(y_i)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(-\frac{1}{a}\right)^2 \left(\frac{0.1\%F}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{F}{a^2}\right)^2 \left(\frac{0.2\%a}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{F}{a^2}\right)^2 \left(\frac{0.4\%a}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{1\%b}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{10}\right)^2} \\
&= \sqrt{0.144^2 + 0.019^2 + 0.0376^2 + 0.0752^2 + 0.0167^2} = 0.169\text{kg} \\
\varepsilon &= \frac{E}{L} = \frac{0.169}{57.9} 100\% = 0.292\%
\end{aligned}$$

5.2.7 扩展不确定度评定

取包含因子 $k=2$ ，则地面砝码校准的扩展不确定度为：

$$U = 2u_c = 2 \times 0.048 = 0.096\text{kg}$$

质量包校准的扩展不确定度为：

$$U = 2u_c = 2 \times 0.169 = 0.338\text{kg}$$

附录 B

质量测量仪校准原始记录格式

委托单位				制造单位		
型号/规格		测量仪编号		最大称量		
校准分度值		校准地点		环境温度		
相对湿度		外观检查		校准人员		
核验人员		校准日期		校准依据		
校准所使用的标准器信息						
标准器		编号		型号规格		
证书编号		有效期		准确度等级		

示值误差

序号	施加标准载荷值 L	施加标准载荷后 的示值 I	绝对误差 E	相对误差 ε (%)	扩展不确定度 ($k=2$)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

重复性

序号	施加载荷值 L	施加标准载荷 后的示值 I	示值误差 E	重复性 $s(y_i)$	扩展不确定度 ($k=2$)
1					
2					
3					
4					

序号	施加载荷值 L	施加标准载荷后的示值 I	示值误差 E	重复性 $s(y_i)$	扩展不确定度 ($k=2$)
5					
6					

附录 C

质量测量仪校准证书内页格式

 $Max=$ $d=$

校准点	载荷	示值	示值误差	重复性 $s(y_i)$	扩展不确定度 ($k=2$)

附录 D

质量测量仪线性标定

D.1 参数标定要求

D.1.1 第一次使用；

D.1.2 使用场所发生变化；

D.1.3 连续使用中，复校时间超过 2 年。

D.2 参数标定流程

在测试环境发生变化或长时间存放后再次使用时，需对人体质量测量仪进行参数标定。参数标定操作流程与人体质量测量流程相同，只是测量对象为标准的重物，并需在测量量程内间隔等量重量进行多组质量测量，计算出校准参数值 K 、 B ，人体质量测量仪保存校准参数，在后续计算中参与质量计算，对测量过程中引入的系统误差进行修正，确保测量质量的准确。

D.3 地面参数标定计算方法

砝码间隔 $1\text{kg}\sim 2\text{kg}$ ，测试点选取不少于 20 个，对砝码标定进行赋值，并按以下方法计算标定参数 K 和 B 。

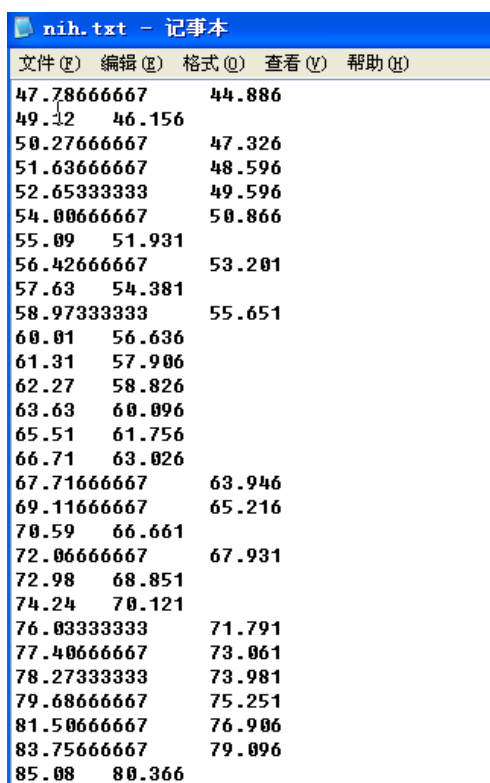
D.3.1 方法一：

- a) 首先上传标定参数 $K=1$ 、 $B=0$ 和力传感器参数 $A=107.879$ （根据所装力传感器确定，此值为正样件力传感器参数）；
- b) 进行标准物体的质量测量，在“测量质量”、“实际质量”编辑框中输入被测物体的测量质量和实际质量，在测量范围内每组测量值间隔越小，标定参数值越准确；
- c) 在“计算组数”栏填入实际测量的组数；
- d) 点击“校准参数计算”按钮；
- e) 在“标定参数设置”栏的“ K ”和“ B ”编辑框将显示计算后的标定参数，如图 A1 所示。

D.3.2 方法二：

- a) 首先上传标定参数 $K=1$ 、 $B=0$ 和力传感器参数 $A=107.879$ （根据所装力传感器确定，此值为正样件力传感器参数）；

- b) 新建一个.txt 文件;
- c) 进行标准物体的质量测量，将测量质量和实际质量分为两列，第一列为测量数据，第二列为实际质量，记录在新建的.txt 文件中，如图 D1 所示。
- d) 点击选择参数文件按钮，弹出文件读取对话框，如图 D2 所示，选择上述文件之后，文件中的数据会自动写入“测量质量”和“实际质量”编辑框中;
- e) 此时在“计算组数”编辑栏填入计算组数;
- f) 点击“标定参数计算”按钮;
- g) 在“校准参数设置”栏的“K”和“B”编辑框将显示计算后的标定参数，如图 D3 所示。



测量质量	实际质量
47.78666667	44.886
49.12	46.156
50.27666667	47.326
51.63666667	48.596
52.65333333	49.596
54.08666667	50.866
55.09	51.931
56.42666667	53.201
57.63	54.381
58.97333333	55.651
60.01	56.636
61.31	57.906
62.27	58.826
63.63	60.096
65.51	61.756
66.71	63.026
67.71666667	63.946
69.11666667	65.216
70.59	66.661
72.06666667	67.931
72.98	68.851
74.24	70.121
76.03333333	71.791
77.40666667	73.061
78.27333333	73.981
79.68666667	75.251
81.50666667	76.906
83.75666667	79.096
85.08	80.366

图 D1 质量文件格式

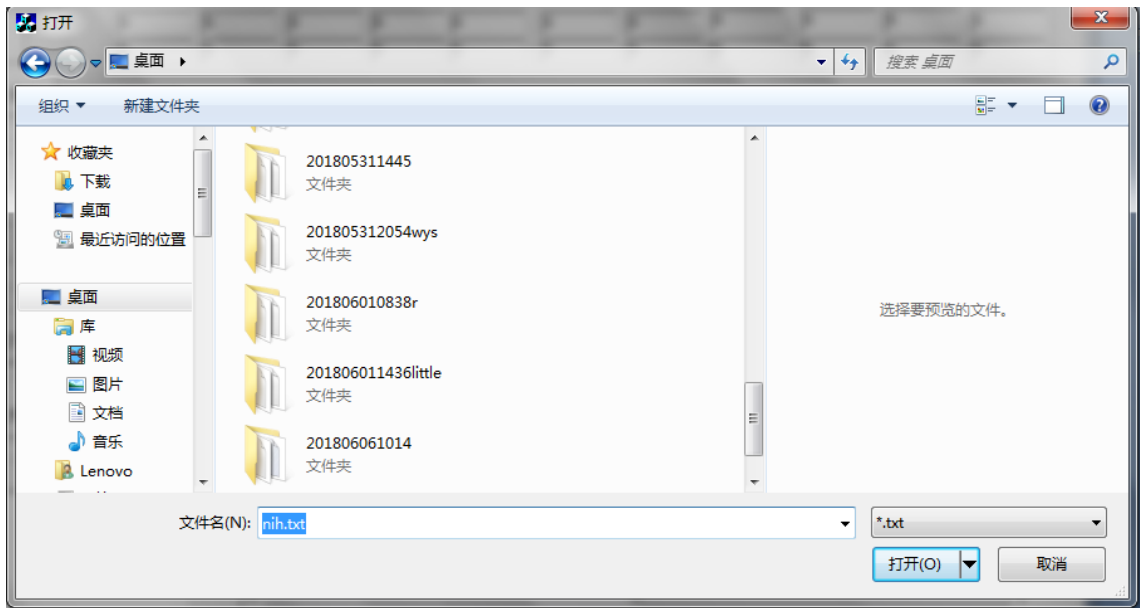


图 D2 质量文件选取对话框

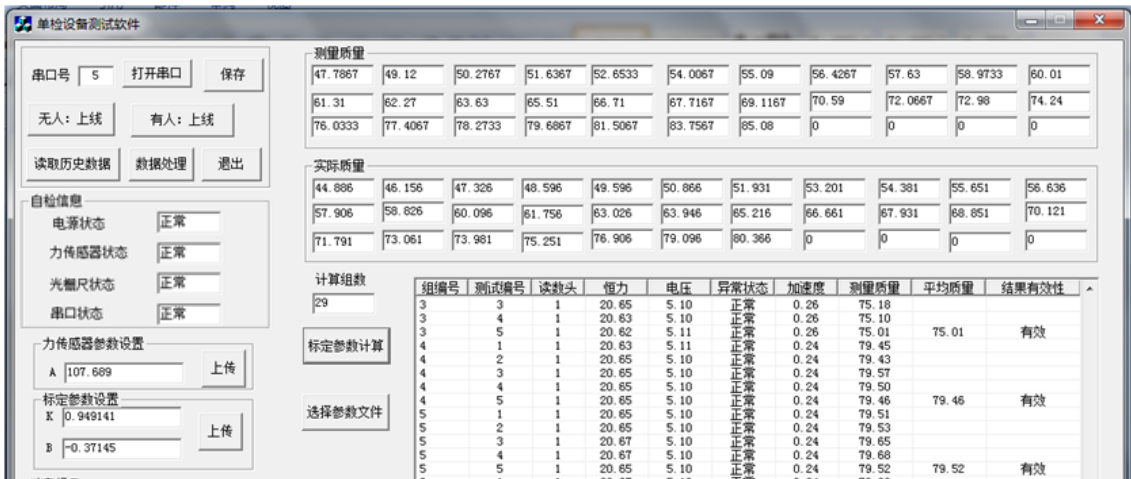


图 D3 标定参数计算

D.4 舱内参数标定计算方法

舱内参数标定计算方法参照地面参数标定计算方法执行，根据质量包质量分布情况均匀选取 6 组，对质量包标定进行赋值。

附录 E

人体质量测量要求

E.1 人体姿态要求

人体腿弯绕过支架中间横杆，脚趾勾住支架最下杆，臂弯绕过支架上横杆，手抱头部，胸腹部抵住腹撑，尽量蜷缩。在人体支架释放运动过程中，务必绷紧身体、屏住呼吸，使人体更接近刚体，以提高测量的准确性。

E.2 人体质量测量

人体质量测量误差最大允许误差为相应载荷质量的 $\pm 1\%$ ，各载荷点相对误差用公式(4)进行计算。

人体质量测量范围从 50kg~55kg，从 55kg~60kg，60kg~65kg，65kg~70kg，70kg~75kg，75kg~80kg 的 6 档中各选择 1 个测量点进行测量，重复测 2 次。
