

# 重力加速度值对电子计价秤计量准确度的影响浅析

□山东金钟科技集团股份有限公司 任成 褚兆飞 宋志平

**【摘要】**本文探讨了重力加速度值对电子计价秤计量准确度的影响。由于各地重力加速度值不同，会导致计价秤的称量结果出现些许误差。制造商通常利用软件进行调整并通过键盘操作更改最大量程来修正这一误差，但这就给不法分子提供了利用外部键盘作弊的机会。本文分析了不同省份或地区的重力加速度值的差异，并对比了重力加速度值的大小与最大称量或常用称量值之间误差的关系。建议取消电子计价秤利用外部键盘重新标定的功能，以防止作弊行为，保护消费者权益。

**【关键词】**重力加速度；电子计价秤校准；外部键盘；作弊

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2024）12-0026-07

## 引言

电子计价秤是生活中常见的一种数字指示秤，从超市、便利店、各类零售商店到集贸市场、流动摊贩，电子计价秤都是贸易结算用的重要计量器具。目前，国内利用电子计价秤作弊现象时有发生，屡禁不止，作弊手法层出不穷，这些不法行为严重损害了消费者的权益，破坏市场的公平竞争。其中软件编程作弊是通过在外部键盘输入密码进入设置模式，可以修改计价秤的计量参数—最大称量值，来调整显示的重量值，这种作弊手法较为隐蔽，难以被消费者发现。

那么，为何电子计价秤制造厂商会在设计时留有可调整计量参数的缺口呢？一个重要的理由就是我国地大物博、全国各地的经纬度不同，导致了重力加速度值不同，而电子计价秤使用的重量转换器件是称重传感器，是对物体重量的测量，就会因重力加速度值的不同而导致称量货物的重量不同，从而出现误差。电子计价秤的制造厂商为减小这种异地售秤带来的称量误差，增加了一些补偿功能，有通过软件进行补偿，如直接输入使用地的重力加速度，由单片机自动处理后进行异地校准。或是在秤

本身设置一组二进制开关，通过改变开关状态来改变放大倍数，实现误差修正。再就是用自动标定的方法进行消除，电子秤到达使用地后在上面放置一定质量的标准砝码，通过键盘输入相应砝码重量进行标定，从而获得了砝码的标称值。

这种利用外部键盘对重力加速度的补偿或校准方法存在弊端，被不法分子利用，作为电子计价器的作弊手段进行非法盈利，侵犯消费者权益。

## 1 重力加速度对称量性能的影响

重力加速度是在地球表面附近下落物体受到的加速度，由地球引力产生，该值的大小会根据所在地区的经纬度及海拔不同而略有变化。由牛顿第二定律可知，物体的重量（ $G$ ）= 物体的质量（ $m$ ）× 重力加速度（ $g$ ），其中质量是物体所含物质的多少，不受物体所处地理位置的不同而变，是一个恒量。重力加速度值不同则导致物体的重量会因所处地域海拔高度的不同而发生改变。

根据力学原理可把称重分为，利用力的动力效应称重和利用力的静力效应称重。

动力效应称重就是利用已知物体在地球重力场中的重力加速度和其质量的大小来计量被称物体的

质量。

静力效应称重是利用物体在重力作用下弹性体产生弹性变形或内应力的大小来测定重力的量值。如电子计价秤、弹簧秤就是利用重力变形法进行称重计量。

电子计价秤是用砝码的质量来评定的，显示结果为重量，其计量结果与重力加速度有关，重力加速度值不同，同一台秤在两地之间的示值就不同，就会出现同一台电子计价秤在生产地检验是合格的，但运输到另一地后就会出现较大的误差。

## 2 浅析电子计价秤对重力加速度不同的误差修正方法

全国各地重力加速度值主要取决于该地区在地球上所处纬度的位置及海拔高度。根据1971年国际重力公式：

$$g_0 = 978.0318(1 + 0.0053024 \sin^2 \phi - 0.0000059 \sin^4 \phi) \text{ cm/s}^2 \quad (1)$$

式中  $\phi$  为当地的纬度。以杭州地区为例，杭州的纬度约为  $30.26^\circ$ ，代入式(1)中可得杭州地区重力加速度  $g_0 = 979.3483 \text{ cm/s}^2 \approx 9.7935 \text{ m/s}^2$ 。此重力加速度值是海平面的重力加速度，实际重力加速度还需要考虑海拔高度的影响，通过以下公式来对杭州地区重力加速度进行修正：

$$g(h) = g_0 (1 - 2h/R) \quad (2)$$

式中  $g_0$  是海平面的重力加速度， $h$  是海拔高度（杭州地区的平均海拔为23m）， $R$  是地球的平均半径（约为6371000m），代入式(2)中得：

$$g(23) = 9.7935(1 - 2 \times 23/637100) \approx 9.7928 \text{ m/s}^2 \quad (3)$$

不过，这与地质调查局公布的杭州地区重力加速度  $9.7936 \text{ m/s}^2$  稍有差异，实际测量中还需考虑很多复杂因素，比如地球质量分布等。下面列出地质调查局公布的全国各地区重力加速度数值。

表1 全国各地区重力加速度值表

序号	地区	重力加速度 $g(\text{m/s}^2)$	序号	地区	重力加速度 $g(\text{m/s}^2)$
1	拉萨	9.7799	18	贵阳	9.7968
2	昆明	9.783	19	太原	9.797
3	广州	9.7833	20	青岛	9.7985
4	海口	9.7863	21	包头	9.7986
5	南宁	9.7877	22	济南	9.7988

序号	地区	重力加速度 $g(\text{m/s}^2)$	序号	地区	重力加速度 $g(\text{m/s}^2)$
6	西宁	9.7911	23	石家庄	9.7997
7	成都	9.7913	24	张家口	9.8
8	重庆	9.7914	25	大连	9.8011
9	长沙	9.7915	26	天津	9.8011
10	南昌	9.792	27	北京	9.8015
11	杭州	9.7936	28	乌鲁木齐	9.8015
12	武汉	9.7936	29	沈阳	9.8035
13	西安	9.7944	30	长春	9.8048
14	合肥	9.7947	31	吉林	9.8048
15	南京	9.7949	32	哈尔滨	9.8066
16	上海	9.7964			
17	郑州	9.7966			

为了解决因各地重力加速度不同而引起的计量误差，各制造厂商会对此误差进行修正，电子计价秤在制造厂出厂检验合格运送到现场后，再用标准砝码进行标定，通过在计价秤面板的校正界面输入标准砝码重量，通过算法使电子计价秤记录此系数以达到排除电子计价秤制造厂商所在地与使用地之间重力加速度值不同而产生误差的目的。

那么，重力加速度的不同对称量值影响到底有多大，是否可以去掉电子计价秤现场重新标定的功能？

现拟定一给定质量的重物  $m$ ，在电子计价秤生产地称量结果为  $G_1$ ，将秤运送到其他地区后的称量结果为  $G_2$ ，根据牛顿第二定律得：

$$G_1 = m_1 \times g_1$$

$$G_2 = m_2 \times g_2$$

即：

$$m_1 = G_1 / g_1$$

$$m_2 = G_2 / g_2$$

因货物的重量是恒定不变的，即  $m_1 = m_2$ ，则：

$$G_1 / g_1 = G_2 / g_2$$

$$G_2 = G_1 \times g_2 / g_1$$

则两地称量误差  $G_2 - G_1$ ：

$$G_2 - G_1 = G_1 \times g_2 / g_1 - G_1$$

$$G_2 - G_1 = G_1 (g_2 / g_1 - 1) \quad (4)$$

现以生产电子计价秤较多的浙江地区—杭州为

基准，以3kg、30kg货物为例，分析各地因重力加速度值不同导致的称量误差，将表1中各地重力加速度值代入式(4)中得出各地称量误差，见表2。

表2 以杭州的重力加速度值为基准计算各地称量误差

地区	重力加速度 $g(m/s^2)$	重力加速度误差	3kg货物的最大称量误差(g)	30kg货物的最大称量误差(g)
杭州	9.7936	/	/	/
上海	9.7964	0.03%	0.857	8.57
济南	9.7988	0.05%	1.593	15.93
北京	9.8015	0.08%	2.420	24.2
吉林	9.8048	0.114%	3.43	34.3
广州	9.7833	-0.11%	-3.155	-31.55

电子计价秤的标准是GB/T 7722-2020《电子台案秤》，3.4案秤的定义：一种在桌子、柜台或工作台上使用的最大称量通常不超过30kg的秤。电子台案

秤包括：计价秤、计重秤、计数秤等<sup>[1]</sup>。

第5.2条秤的准确度等级见表3。

表3 秤的准确度等级

准确度等级	检定分度值e g	检定分度数 $n = \text{Max}/e$		最小称量Min(下限)
		最小	最大	
中准确度等级 Ⅲ	$0.1g \leq e \leq 2g$ $e \geq 5$	100 500	10000 10000	20e 20e
普通准确度等级 Ⅳ	$e \geq 5$	100	1000	10e

第5.3条规定了秤首次检定的最大允许误差，见表4。

表4 首次检定最大允许误差

最大允许误差	载荷m以检定分度值e表示	
	Ⅲ	Ⅳ
$\pm 0.5e$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1.0e$	$500 < m \leq 2000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1.5e$	$2000 < m \leq 10000$	$200 < m \leq 1000$

JJG 1834-2020《非自动衡器通用技术要求》第5.5.2规定，使用中检查的最大允许误差应是首次检

定最大允许误差的2倍<sup>[2]</sup>。所以，表4中的最大允许误差值可以放大一倍，即在使用中检查的最大允许误差见表5。

表5 使用中检查的最大允许误差

最大允许误差	载荷m以检定分度值e表示	
	Ⅲ	Ⅳ
$\pm 1.0e$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 2.0e$	$500 < m \leq 2000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 3.0e$	$2000 < m \leq 10000$	$200 < m \leq 1000$

电子计价秤作为一种用于贸易结算的计量器具，其准确度受检定分度值e，检定分度数n和最大

秤量Max 限制，检定分度数 $n = \text{最大秤量Max} / \text{检定分度值}e$ ，满足同一准确度等级的秤可根据检定分度数的不同而细化出不同准确度，结合现有技术水平及电子计价秤贸易场所的使用环境，3000 分度的计价秤已可以满足多品类贸易使用环境条件了。

那么我们来看一下满足表3 规定的最大秤量  $\text{Max}=30\text{kg}$  的电子计价秤在3000 分度数下的最大允许误差是多少。

表6 Ⅲ秤最大秤量与检定分度值检定分度数之间的关系

最大秤量Max	检定分度值e	检定分度数n
30kg	10g	3000

为直观分析在首次检定和使用中检定时的最大允许误差，误差包络线见图1 和图2：

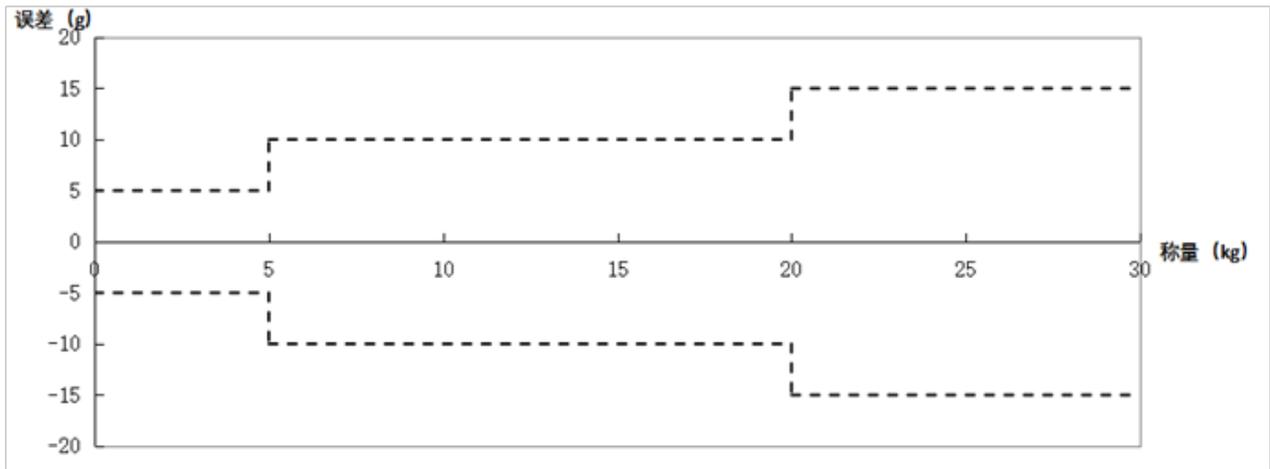


图1 首次检定中最大误差包络线 $e=10\text{g}$ ,  $n=3000$

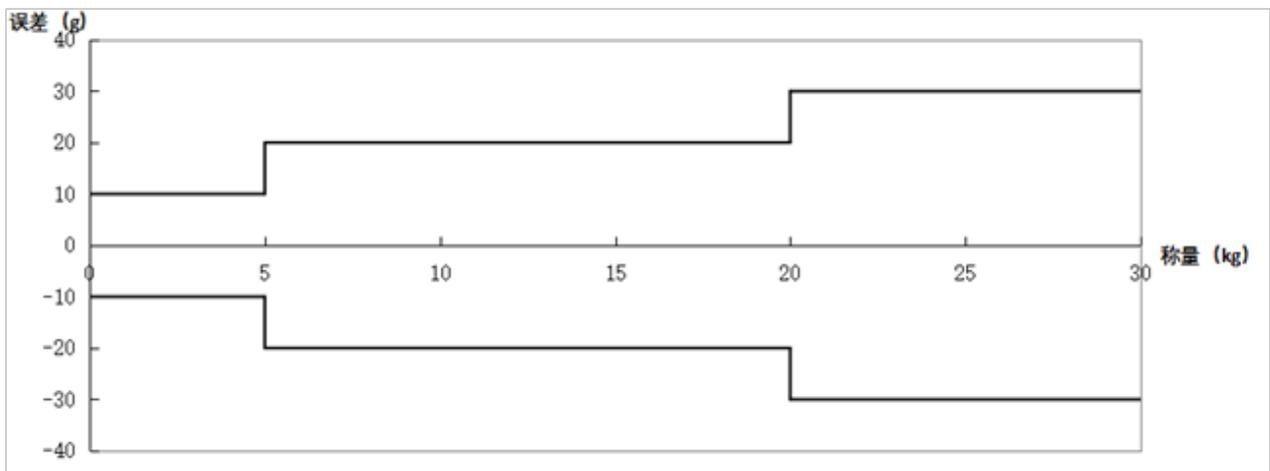


图2 使用中检查的最大误差包络线 $e=10\text{g}$ ,  $n=3000$

将图1 和图2 合并，观察首次检定和使用中检查的误差关系：

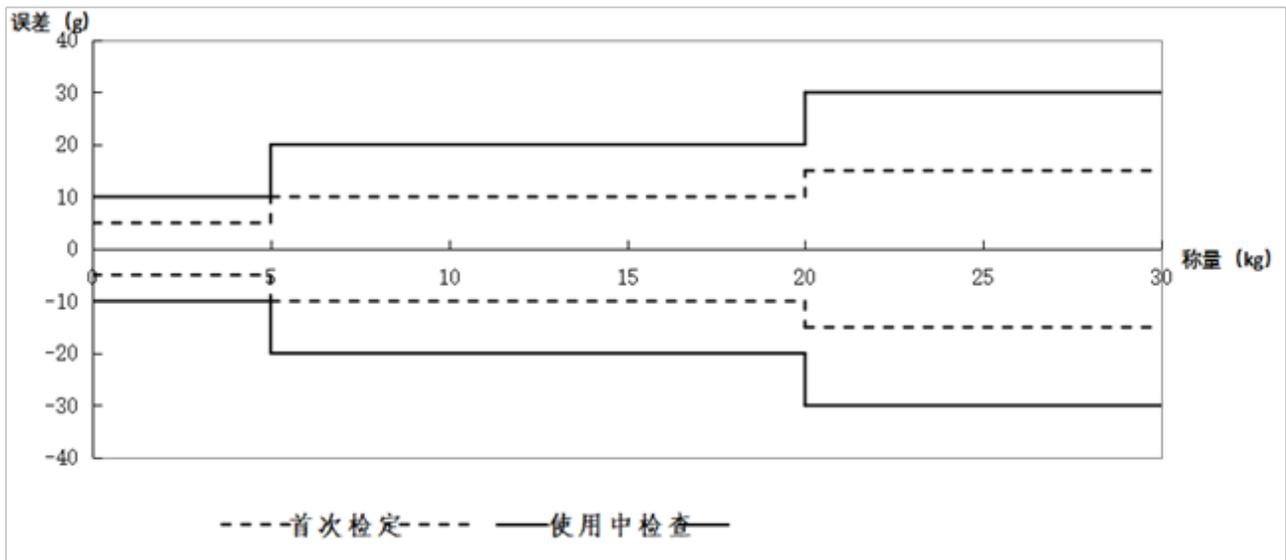


图3 首次检定和实用性检查的最大误差包络线比较

表7 列出了在称量范围内的最大允许误差。

表7 在最大秤量下的最大允许误差

载荷m 以检定分度值e 表示	首次检定最大允许误差	使用中检查最大允许误差
$0 \leq m \leq 500$	5g	10g
$500 < m \leq 2000$	10g	20g
$2000 < m \leq 3000$	15g	30g

由表7 并结合表2，我们可以得出若要满足Ⅲ秤的使用中检测的最大允许误差，电子计价秤的生产地与使用地的重力加速度的差值不应超过0.1%。根据表2 以杭州为基准各城市的重力加速度可以看出，有吉林、广州的重力加速度差值是超出0.1%的，其余地区未超出此范围，所以在地理位置相近的地区重力加速度变化很小，在这些地区的电子计价秤可以使用同一个重力加速度值。若我们以杭州为电子计价秤生产基地，在表2 的城市中，北京、济南、上海、杭州可以选择一个重力加速度值在工厂标定。下面我们来按地域划分表2 中的城市，分析各区域的重力加速度差值是否小于0.1%。

表8 华东地区重力加速度误差分析

华东地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
杭州	9.7936	0.053%
合肥	9.7947	
南京	9.7949	
上海	9.7964	
青岛	9.7985	
济南	9.7988	

表9 华南地区重力加速度误差分析

华南地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
广州	9.7833	0.045%
海口	9.7863	
南宁	9.7877	
成都	9.7913	
重庆	9.7914	
西安	9.7944	
贵阳	9.7968	

表10 西北地区重力加速度误差分析

华西地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
西宁	9.7911	0.11%
西安	9.7944	
乌鲁木齐	9.8015	

去除乌鲁木齐市，则上表可以简化成：

表10-1 西北地区（部分）重力加速度误差分析

华西地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
西宁	9.7911	0.034%
西安	9.7944	

表11 西南地区重力加速度误差分析

华西地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
拉萨	9.7799	0.17%
昆明	9.783	
成都	9.7913	
重庆	9.7914	
贵阳	9.7968	

去除拉萨、昆明，则上表可以简化成：

表11-1 西南地区重力加速度误差分析

华西地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
成都	9.7913	0.056%
重庆	9.7914	
贵阳	9.7968	

表12 华北地区重力加速度误差分析

华北地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
太原	9.797	0.046%
包头	9.7986	
石家庄	9.7997	
张家口	9.8	
天津	9.8011	
北京	9.8015	

表13 华中地区重力加速度误差分析

华中地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
长沙	9.7915	0.052%
南昌	9.792	
武汉	9.7936	
郑州	9.7966	

表14 东北地区重力加速度误差分析

东北地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
大连	9.8011	0.056%
沈阳	9.8035	
长春	9.8048	
吉林	9.8048	
哈尔滨	9.8066	

从表8、表9、表10、表11、表12、表13、表14 中对各区域内的重力加速度误差分析表中可以看出，除了西北和西南地区外，重力加速度误差均小于0.1%，若如表10-1 和表11-1 中排除高原地区昆明、拉萨及偏远地区的新疆乌鲁木齐来看，西北和西南地区的重力加速度误差也是小于0.1% 的。

所以重力加速度引起的误差和称量误差相比，去除一些相对偏远地区的重力加速度值，选择某一区域的重力加速度值处于中间位置的数值作为出厂设定值，基本上可以认为称量值在允许误差范围之内。

### 3 重力加速度对称量物品价值的影响分析<sup>[3]</sup>

电子计价秤多用于超市或集贸市场上买卖商品，流动商贩卖水果等货物，大多数货物的价值不高（一般的小于30元/千克），相比商家作弊手段带来的缺斤少两而言，对计价秤本身的称量误差也是可以接受的。

虽然看起来因重力加速度不同会出现称量误差较大以至于不符合检定准确度要求的现象，但是黑心商家往往会对商品价值减少2%、5%甚至10%、15%。我们分析一下在集贸市场中交易商品用的电子计价秤如不对当地重力加速度进行修正，交易商品可能出现的价格变化。参考JJF1647-2017《零售商品称重计量检验规则》，我们设其称量的货物价值分

几个档次：小于6元/千克，6~15元/千克，15~30元/千克。<sup>[4]</sup>以称量1千克的商品为例，分别分析表2中

杭州与广州两地重力加速度影响和作弊手段对商品价值偏差有多少？

表15 不修正重力加速度和作弊手段对零售商品货物价值偏差

零售商品 价格 (P)	最大称量	商品价值影响									
		杭州与广州两地重力加速度引起的误差		作弊影响的价值							
		偏差	价值	作弊值	价值	作弊值	价值	作弊值	价值	作弊值	价值
P ≤ 6元/千克	1kg	0.11%	0.007元	2%	0.12元	5%	0.3元	10%	0.6元	15%	0.9元
6元/千克 <P ≤ 15元/千克(以15元/千克计算)	1kg	0.11%	0.016元	2%	0.3元	5%	0.75元	10%	1.5元	15%	2.25元
15元/千克 <P ≤ 30元/千克(以30元/千克计算)	1kg	0.11%	0.033元	2%	0.6元	5%	1.5元	10%	3元	15%	4.5元

从表15中可以看出，杭州与广州两地重力加速度引起的最大价值偏差为0.11%，与作弊手段对商品价值的影响相比较，其价值很小。

#### 4 结语

重力加速度引起的误差和称量误差相比，去除一些相对偏远地区和高原地区，可以按照地域划分，同一地域使用相同的重力加速度，则可以保证电子计价秤由于重力加速度值不同造成的误差最小化。

不法分子利用外部键盘修改称量系数改变最大称量而达到其非法盈利的目的，通过键盘操作，简单的输入几个数字或几组数字，将最大称量改变为95%、90%、85%最大称量等，当市场监管人员到来进行计量检查时，再输入一个简单的数码或者直接关机重启，则该电子计价秤回复至正常称量，所以，计量检查人员不易抓住其作弊的把柄，难以进行相应的处罚。建议去除利用外部键盘对电子计价秤的重力加速度调整功能，电子计价秤的重力影响出厂值设定为目标销售区域的重力加速度并在电子计价秤上做好城市或地区标记，并加强电子计价秤的销售管理，划片划区，避免串货，技术和管理相结合，共同防止电子计价秤作弊现象。

当然，如果以某一个目标城市的重力加速度值对出厂电子计价秤进行标定并在当地使用，则使电

子计价秤处于基准的准确度范围，则是最理想的。但经过对市场上使用电子计价秤的用户或经销商的了解，基本上没有人进行针对不同城市（地域）重力加速度不同而进行的调整，利用外部键盘对电子计价秤的重力加速度标定的功能，实际上是一个摆设，并被不法分子利用进行作弊。

近年来，国内社交媒体和网络新闻频繁报道电子计价秤作弊现象，此类事件屡见不鲜且有愈演愈烈之势，整治解决电子计价秤作弊问题维护消费者权益尤为关键。

#### 参考文献

- [1] GB/T 7722-2020《电子台案秤》.
- [2] JJG 1834-2020《非自动衡器通用技术要求》.
- [3] 范韶辰. 电子计价秤称量准确度浅析《称重科技》2017.4.6, 上海.
- [4] JJF1647-2017《零售商品称重计量检验规则》.

#### 作者简介

任成（1996—），男，本科，工程师，毕业于哈尔滨理工大学。现就职于山东金钟科技集团股份有限公司，从事称重传感器、称重模块产品的设计研发工作。