

对 OIML R51 《自动分检衡器》 准确度等级的理解

江苏赛摩集团有限公司 何福胜

【摘要】 本文根据 OIML R51 国际建议《自动分检衡器》中准确度等级的规定，分析了人们习惯上的精度等级和 OIML R51 中相关规定的差别和联系，最后说明了高精度自动分检衡器的试验载荷的确定方法。

【关键词】 OIML R51 准确度等级 自动分检衡器 试验载荷

一、概述

随着国家《定量包装商品计量监督规定》的发布，自动分检衡器的应用越来越广泛，根据 OIML R51 国际建议制定其相应的国家标准和检定规程也势在必行。OIML R51 中对自动分检衡器等级度的规定和我们通常理解的计量等级有很大不同，只有对准确度等级理解之后，才能掌握 OIML R51，为制定国家标准和检定规程打好基础。

二、准确度等级的规定

OIML R51 国际建议《自动分检衡器》(Automatic catchweighing Instruments) 2005 年版 (R50-1、R50-2)，R51 (2005 年版) 于 2005 年 2 月 22 提交 OIML 各成员国投票表决，于 2005 年 5 月 23 表决通过。

2004 年 7 月通过 OIML 邮政投票评议审定的 51-2 建议草案从 2004 年 10 月召开 OIML 会议时起撤回，以提交秘书处合理评议所收到的 OIML 邮政投票实质性意见。根据 OIML 技术工作导则，该建议草案回归到第四次委员会草案状态。由秘书处编写了这一新的建议草案，以作为 TC9/Sr2 对第四次委员会草案的审定。

R51 国际建议由 OIML TC9/Sr2 自动衡器分技术委员会完成。

R51 《自动分检衡器》分为两部分：第一部分 (R51-1) “计量要求和技术要求—试验”；第一部分 (R51-2) “型式评价报告”。

R51 将准确度等级按衡器的用途可将其划分为两个基本类别：X 或 Y。

X 类仅适用于重量检验秤，用于按照国家《定量包装商品计量监督管理办法》的要求对预包装食品进行重量检验。Y 类用于其它所有自动分检衡器。例如价格标签秤、邮用秤和货运秤以及许多

被用来称量散装物品单个载荷的秤。一台衡器既可以 X 类分级也可以 Y 类分级。例如，一台衡器可以分别配置为两种独立的运行模式，使其既可用于重量检验秤也可用作价格标签秤。

X类衡器这一基本类别可进一步划分为四个准确度等级：XI，XII，XIII和XIII。每一个准确度等级还包括一个由制造商确定的 (x) 因子的后缀。(x) 的值应为 1×10^k ， 2×10^k ，或 5×10^k ，是正整数、负整数或零。实际应用的等级可根据相关的国家规定确定。

Y 类衡器这一基本类别可进一步划分为四个准确度等级：Y (I)，Y (II)，Y (a) 和 Y (b)。实际应用的等级可根据相关的国家规定确定。

与准确度等级相关的检定分度值和检定分度数见表 1

多量程衡器的检定分度值是 e_1, e_2, \dots, e_r ，其中 $e_1 < e_2 < \dots < e_r$ 。最小值、n和最大值都按表中规定的数值。对于多量程衡器，每个称量范围都基本上按具有一个称量范围的衡器来处理。

表 1 检定分度值、检定分度数和准确度等级的关系

准确度等级		检定分度值 (e)	检定分度数 $n = \text{Max} / e$	
			最小值	最大值
XI	Y (I)	$0.001g \leq e_1$	50000	-
XII	Y (II)	$0.001g \leq e \leq 0.05g$	100	100000
		$0.1g \leq e$	5000	100000
XIII	Y (a)	$0.1g \leq e \leq 2g$	100	10000
		$5g \leq e$	500	10000
XIII	Y (b)	$5g \leq e$	100	1000

由于试验载荷不能确定，通常测试并检定衡器达到 $e < 1mg$ 的准确度是行不通的。

R51 对最小称量 (Min) 的规定如下：

最小称量 (Min) 应由制造商规定。

对于 Y 类衡器，最小称量应不小于：

对于 Y (I) 级： $100e$

对于 Y (II) 级： $20e$ （用于 $0.001g \leq e \leq 0.05g$ 的情况）

$50e$ （用于 $0.1g \leq e$ 的情况）

对于 Y (a) 级： $20e$

对于 Y (b) 级： $10e$

对于分类用秤、邮用秤和垃圾输送秤： $5e$

R51 对最大允许误差的规定如下：

自动运行

X 类衡器最大允许误差

在自动运行中，对于多个连续大于等于最小称量（Min）和小于等于最大称量（Max）的净载荷的最大允许平均（系统）误差应符合表 2 的要求。

最大允许标准偏差（随机误差）应符合表 3 的规定，值再乘以等级指示因子（x）。

对于 XI 和 XII 等级，（x）应小于 1；

对于 XIII 等级，（x）应不大于 1；

对于 XIII 等级，（x）应大于 1。

表 2 X 类最大允许平均（系统）误差

用检定分度值（e）表示的净载荷（m）				X 类衡器的最大允许平均误差	
XI	XII	XIII	XIII	首次检定	使用中
$0 < m \leq 50000$	$0 < m \leq 5000$	$0 < m \leq 500$	$0 < m \leq 50$	$\pm 0.5e$	$\pm 1e$
$50000 < m \leq 200000$	$5000 < m \leq 20000$	$500 < m \leq 2000$	$50 < m \leq 200$	$\pm 1e$	$\pm 2e$
$200000 < m$	$20000 < m \leq 100000$	$2000 < m \leq 10000$	$200 < m \leq 1000$	$\pm 1.5e$	$\pm 3e$

表 3 X 类最大允许标准偏差

净载荷 m（g）的质量值	最大允许标准偏差 (当等级指示因子 x=1 时，以 m 的百分比或 g 表示)	
	首次检定	使用中
$m \leq 50$	0.48%	0.6%
$50 < m \leq 100$	0.24g	0.3g
$100 < m \leq 200$	0.24%	0.3%
$200 < m \leq 300$	0.48g	0.6g
$300 < m \leq 500$	0.16%	0.2%
$500 < m \leq 1000$	0.8g	1.0g
$1000 < m \leq 10000$	0.08%	0.1%
$10000 < m \leq 15000$	8g	10g
$15000 < m$	0.053%	0.067%

Y 类衡器的最大允许误差

在自动运行中，对于任意大于等于最小称量（Min）和小于等于最大称量（Max）的载荷的最大允许误差应符合表 4 的要求。

表 4 Y 类最大允许误差

以检定分度值 (e) 表示的载荷 (m)				Y 类衡器的最大允许平均误差 ₄	
Y (I)	Y (II)	Y (a)	Y (b)	首次检定	使用中
$0 < m \leq 50000$	$0 < m \leq 5000$	$0 < m \leq 500$	$0 < m \leq 50$	$\pm 1e$	$\pm 1.5e$
$50000 < m \leq 200000$	$5000 < m \leq 20000$	$500 < m \leq 2000$	$50 < m \leq 200$	$\pm 1.5e$	$\pm 2.5e$
$200000 < m$	$20000 < m \leq 100000$	$2000 < m \leq 10000$	$200 < m \leq 1000$	$\pm 2e$	$\pm 3.5e$

非自动运行（静态）5

在非自动运行（静态）状态，对于 X 和 Y 类衡器，任意大于等于最小称量（Min）和小于等于最大称量（Max）的载荷的最大允许误差应符合表 5 的要求。

表 5 非自动运行最大允许误差

以检定分度值 (e) 表示的载荷 (m)				X 类和 Y 类衡器的最大允许误差	
X1 和 Y (I)	XII 和 Y (II)	XIII 和 Y (a)	XIII 和 Y (b)	首次检定	使用中
$0 < m \leq 50000$	$0 < m \leq 5000$	$0 < m \leq 500$	$0 < m \leq 50$	$\pm 0.5e$	$\pm 1e$
$50000 < m \leq 200000$	$5000 < m \leq 20000$	$500 < m \leq 2000$	$50 < m \leq 200$	$\pm 1e$	$\pm 2e$
$200000 < m$	$20000 < m \leq 100000$	$2000 < m \leq 10000$	$200 < m \leq 1000$	$\pm 1.5e$	$\pm 3e$

试验称量的次数

对于 X 类衡器，用于确定平均误差和标准偏差而进行连续试验称量的最少次数；对于 Y 类衡器，用于确定每个载荷误差而进行连续试验称量的最少次数，都应符合表 67 中的规定。

表 6 试验称量次数

类别	载荷的质量	试验称量最少次数
X	$m \leq 1\text{kg}$	60
	$1\text{kg} < m \leq 10\text{kg}$	30
	$10\text{kg} < m \leq 20\text{kg}$	20
	$20\text{kg} < m$	10
Y	对任意载荷至少 10 次	

注：对于 Y 类衡器，试验称量的次数最少不能少于 10 次，除非不可能实现。

三、准确度的确定

一般来说，任何一次测量误差都是由系统误差和随机误差共同组成的，对于同时存在系统误差和随机误差的测量数据，只要测量次数足够多，各次测量绝对误差的算术平均值就等于测量的系统误差。在取平均值后，随机误差的影响可以消除。

由概率论的中心极限定理可见，只要构成随机变量总和的各独立随机变量的数目足够多，而且每个随机变量对总和的影响足够小，随机变量总和的分布的规律就可认为是正态分布。在自动分检衡器中，测量中的随机误差正是由对测量值影响较微小的、相互独立的多种因素的综合影响造成的。也就是说，测量中的随机误差通常是多种因素造成的许多微小误差的总和。因而测量中随机误差的分布及在随机误差影响下测量数据的分布大多接近于服从正态分布。

若某测量值 X 服从正态分布，则置信概率：

$$\begin{aligned}
 & P[M(X) - c\sigma(X) < X < M(X) + c\sigma(X)] \\
 & = P[-c < Z < c] \\
 & = \int_{-c}^c \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z^2} dz \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\text{其中 } Z = \frac{X - M(X)}{\sigma(X)}$$

被测量 X 的数学期望 $M(X)$ 就等于有限次测量值的算术平均值的数学期望。

以 10kg 额定载荷 X 类自动分检衡器为例，该秤的显示分度值 d 为 1g。自动运行测试数据如表

表 7 自动分检衡器动态检测数据

序号	显示重量 (kg)	平均偏差 (g)
1	10.001	-2
2	10.003	0
3	10.001	-2
4	10.005	2
5	10.002	-1
6	10.003	0
7	10.002	-1
8	10.005	2
9	10.002	-1
10	10.002	-1
11	10.002	-1
12	10.005	2
13	10.002	-1
14	10.002	-1
15	10.004	1
16	10.003	0
17	10.005	2
18	10.005	2
19	10.005	2
20	10.002	-1
21	10.003	0
22	10.002	-1
23	10.003	0
24	10.002	-1
25	10.001	-2
26	10.002	-1
27	10.002	-1
28	10.005	2
29	10.005	2
30	10.002	-1

$$M(X) = \sum_{i=1}^n X_i / n = 10.003 \text{ kg}$$

$$\sigma(X) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / n - 1} = 1.4 \text{ g}$$

如检定分度值 e 为 5g, 则根据表 2 和表 3 的规定符合 XIII (0.2)。

如检定分度值 e 为 2g, 则根据表 2 和表 3 的规定也符合 XIII (0.2)。

当 $e=2g$ 或 $5g$ 时其静态试验均符合表 5 的要求。

现在的问题是, 同样是 XIII (0.2) 级, $e=2g$ 和 $e=5g$ 哪一个更合理呢? 这就涉及到置信概率。

如 $e=5g$, 由表 2 可知 10kg 最大允许误差为 5g, 测量值的标准偏差为 1.4g, 如忽略系统误差,

则 $c\sigma(X) = 5g$,

$$c = c\sigma(X) / \sigma(X) = 5/1.4 = 3.6$$

由置信概率公式 (1) 可知

$$P[9995g < 10000g < 10005g] = P(|Z| < 3.6) = 99.95\%$$

即 10kg 物品的测量值误差为 $\pm 5g$ 的概率为 99.95%

如 $e=2g$, 由表 2 可知 10kg 最大允许误差为 3g, 测量值的标准偏差为 1.4g, 如忽略系统误差,

则 $c\sigma(X) = 3g$,

$$c = c\sigma(X) / \sigma(X) = 3/1.4 = 2.1$$

由置信概率公式 (1) 可知

$$P[9997g < 10000g < 10003g] = P(|Z| < 2.1) = 96.43\%$$

即 10kg 物品的测量值误差为 $\pm 5g$ 的概率为 96.43%

一般的工业测量要求置信度为 2σ (置信概率为 99.5%), 特殊场合下要求置信度为 3σ (置信概率为 99.73%)。

基于以上的分析, 在要求置信度为 3σ 的情况下, 该秤 $e=5g$,

在要求置信度为 2σ 的情况下, 该秤 $e=2g$ 。

如 10kgXIII (0.2) 的自动分检衡器, 由表 3 可知, 最大允许标准偏差 $\sigma(X) = 1.6g$, 若要求置信度为 2σ (置信概率为 95.5%), 即

$P(|Z| < c) = 95.5\%$ ($c=2$), 则置信区间为:

$$\begin{aligned} [M(X) - c\sigma(X), M(X) + c\sigma(X)] &= (10000g - 2 \times 1.6g) \sim (10000g + 2 \times 1.6g) \\ &= (10000g - 3.2g) \sim (10000g + 3.2g) \end{aligned}$$

也就是说, 该秤的最大允许平均误差为 3.2g。

上述情况下, 若要求置信度为 3σ (置信概率为 99.73%), 即

$P(|Z| < c) = 99.73\%$ ($c=3$), 则置信区间为:

$$\begin{aligned} [M(X) - c\sigma(X), M(X) + c\sigma(X)] &= (10000g - 3 \times 1.6g) \sim (10000g + 3 \times 1.6g) \\ &= (10000g - 4.8g) \sim (10000g + 4.8g) \end{aligned}$$

也就是说, 该秤的最大允许平均误差为 4.8g。

综上所述, 置信度越大, 检定分度值 e 越大。

OIML R51 在准确等级中并未提出置信度的要求, 但在秤的计量标记上应表明:

- ①型式批准标记
- ②准确度等级，如 XI (0.5) 或 Y (a)
- ③检定分度值： $e = \dots\dots$
- ④显示分度值： $d = \dots\dots$
- ⑤最大称量： $Max = \dots\dots$
- ⑥最小称量： $Min = \dots\dots$
- ⑦最大添加皮重： $T = + \dots\dots$
- ⑧最大扣除皮重： $T = - \dots\dots$

由以上的计量参数，可得到相应的置信度。

习惯上人们将自动分检衡器的精度称为 $\pm 2g$ 、 $\pm 5g$ 、 $\pm 10g$ 等，这样规定简单明了，但不够严谨。这种规定和 OIML R51 中准确度等级有什么关联呢？

以 10kg 自动分检衡器为例，该秤的显示分度值 d 为 1g，精度 $\pm 5g$ ，

那么这个秤相当于 OIML R51 中的什么级别呢？解释如下：

该秤的最大允许平均误差为 5g，通常的工业测量要求为 2σ ，

即最大允许标准偏差 $\sigma(X) = 5g/2 = 2.5g$ ，由表 2 和表 3 可知，该秤的准确等级为 XIII (0.5) 级，检定分度值 e 为 5g。

四、试验载荷的确定

OIML R51 对试验载荷作如下要求：

当自动分检衡器静态检定时，所使用的标准重量或质量的误差应不大于表 5 中规定的载荷最大允许误差值的 1/3。

当自动分检衡器动态检定时，试验应配有控制衡器，用来确定各试验载荷质量的约定真值。控制衡器可以是分离的，也可以是集成的。

若使用分离式控制衡器，其精度要求如下：

对于 X 类衡器，用于试验的控制衡器应能确保各试验载荷质量的约定真值的定值精度至少为表 2 和表 3 中自动运行时相应 MPE 值中较小一个的 1/3。对于 Y 类衡器，应至少为表 4 中相应 MPE 值的 1/3。

若作为集成式控制衡器，在非自动（静态）运行状态下的精度应符合上述分离式控制衡器的精度要求。

试验载荷质量的约定真值应通过控制衡器来确定。

由以上规定可见，自动分检衡器的检定分度值 e 可以分为动态和静态两种。秤标记上的检定分度值 e 应为动态检定分度值。

对于量程为 10kg 的 XIII (0.2) 级， e 为 2g 或 5g 的衡器，如控制衡器是集成的，根据以上要求，其静态检定分度值应为 0.5g。由表 5 可知，其静态检定应符合 XII 级的要求，做到这一点很难。

如果控制衡器不能做到集成，那么现场要确定试验载荷的约定真值就不容易了。

要检定 XIII (0.5) 级以上精度的自动分检衡器，首先要解决如何确定试验载荷的约定真值的问题。通常情况下把试验载荷按照砝码的精度等级要求事先确定下来，即将试验载荷看作标准砝码。

五、结束语

本文通过对 OIML R51 中准确度等级的阐述，希望能对自动分检衡器的国家标准和检定规程的制定有所帮助，将我国的自动分检衡器的技术要求和国际建议保持一致，提高我国自动分检衡器的制造水平。

参考文献

OIML R51 《自动分检衡器》(2005 年版)。

《电子测量》(第二版) 蒋焕文等著中国计量出版社。

作者简介

作 者: 何福胜

工作单位: 江苏赛摩集团有限公司

部 门: 技术中心

职 称: 计算机工程师

联系地址: 徐州金山桥开发区科技园

邮 编: 221004

电 话: 13816823671

邮 箱: hefsh@saimogroup.com