

定量秤综述

中国计量科学研究院 周祖濂

【摘要】 文章的目的,对定量秤(重力式自动装料衡器的简称)作简明扼要的介绍。首先定量秤的计量要求是以 OIML 国际建议 R87《定量包装商品净含量》为依据,所以使用定量秤称量的包装商品或定量商品的误差必需满足 R87 号建议对包装商品的误差要求。由于对定量包装商品净含量和重力式自动衡器的误差检定方法的要求不一致,文中着重分析了两个建议误差统计分析方法,并指出最终的要求是一致的。对三个不同版本的 OIML R61《重力式自动装料衡器》的主要更改和误差表示作了分析和讲解,并且指出物料和下料装置的研究是提高我国定量秤品质的关键。附录给出 1985 年版 R61 的误差计算的实例。

【关键词】 OIML 国际建议 R87 号《定量包装商品净含量》; OIML 国际建议 R61《重力式自动装料衡器》; 置信度; 抽样检验; 误判概率

定量秤是重力式自动装料秤的简称,它包含下述三种自动装料秤:组合装料秤(Associative Weigher、Selective Combination Weigher)、累计装料秤(Cumulative Weigher)和减量秤(Subtractive Weigher)。早在上世纪七、八十年代,欧美国家的消费者就有百分之九十左右购买预包装商品。现今预包装商品也是国内消费者购物的主要对象。所以保证预包装商品的重量,是维护消费者权益的重要课题。定量秤的最主要要求,就是必须使被包装商品的净含量的误差控制在允许的负偏差内。根据我国《定量包装商品计量监督规定》的第五条,“单件定量包装商品的净含量与其标准的质量、体积之差不得超过表(一)规定的负偏差……。”该要求与 OIML R87 号《定量包装商品净含量》国际建议的要求相等同。

一、OIML R87“定量包装商品净含量”国际建议

“本建议对于国际贸易中加注标签,具有恒定净含量标注的包装商品规定了法制计量要求。该建议还提出了抽样办法来检验以质量或体积标注的包装品的净含量。”

需要包装的商品由于品种千变万化、价格差别也极大。因此要制定一个大家能接受的标准是非常困难的工作。在制定国际统一的预包装商品的计量允差规定之前,大多数国家早已对零售商品规定了计量允差,其规定主要是依据商品的价格。而对于预包装商品还需考虑到难易包装的程度。例如,早先欧洲共同体(EEC)对于预包装商品的允差限有一简单的规定,分为计量“容易”和计量“困难”两类,每类又分两个等级。

根据价格、重量制定包装物品净含量的允差限,是一个很复杂的问题。各国对零售商品早已制定了有关的规定。随着预包装商品逐渐成为消费的购买对象。自动包装秤得到了很大发展和普遍使用。有必要制定一个大多数国家都能认可的预包装商品净含量允许最大误差的标准。作为自动包装秤/机械的允差依据和产品标准依据。

OIML R87“包装商品净含量”中推荐检验商品是否合格的抽样方法：对于一批商品中至少有 150 个件（在生产线上，一“批”指一个小时生产出的产品）。

抽样件数：32 件；

平均含量要求： $\bar{x} \geq Q_n - 0.485S$ （ Q_n ：标称净含量； S ：标准偏差）；

不合格包装件数要求：最多 2 件；

平均含量按 ISO 2851（平均含量与给定值之比），取 $t_{0.995}(31) / \sqrt{32} \approx 0.485$ ，还给出了对单件商品允差大批量商品抽样检验的要求。

二、OIML R61 号国际建议

OIML R61“重力式自动装料衡器”是用来规范自动称重包装商品装置的国际性文件。

国际法制计量组织（OIML）始终把预包装商品的管理工作，视为是非常实用的重要研究课题。1988 年 6 月在瑞士的伯尔尼召开了专门的讨论会。OIML 的第七指导秘书处（SP7：美国）所属的第五报告秘书处（Sr：英国），在 1984 年提出了“重力式自动装料衡器”的草案版本，于 1985 年公布了正式文本。并在 1996 年和 2004 年做了修订。我国依照 1996 年版制定了我国相关的检定规程和标准，现正依照 2004 年版对原规程进行修订。

下面看看这三个版本在计量要求等方面的不同。表一给出 OIML R87 和 1985 年版 OIML R61 允差。首先由表可看出 1985 年版 R61 给出的“允差”是标准净含量允差的两倍。另外 1985 年版 R61 对允差术语的定义和描述与后来两个版本不太相同。为了便于比较下面列出 1985 年版 R61 中有关的术语。

“离散范围：在不变动装料秤的安装状态，以及不故意地改变影响量的情况下，所获得的最大负荷和最小负荷之间的差”。

表 1

OIML R87		OIML R61（1985 年版）	
标准净含量 (g)	允差 (T)	负荷质量标准值 M (g)	最大允许离散范围 (I)
5~50	9%	$M \leq 50$	18%
50~100	4.5g	$50 < M \leq 100$	9g
100~200	4.5%	$100 < M \leq 200$	9%
200~300	9g	$200 < M \leq 300$	18g
300~500	3%	$300 < M \leq 500$	6%
500~1000	15g	$500 < M \leq 1000$	30g
1000~10000	1.5%	$1000 < M \leq 10000$	3%
10000~15000	150g	$10000 < M \leq 20000$	300g
15000~25000	1.0%	$20000 < M$	1.5%

其约定值等于 $4\sigma_0$ （从 $-2\sigma_0$ 到 $+2\sigma_0$ ）， σ_0 等于负荷分布的标准偏差。

标称离散范围（W）：对于特定的标称负荷或者特定的标称负范围，以及对于特定的物料，在给定的装料速率下，或者在给定的装料速率范围里，所确定下来的离散范围值，它由制造厂标明在说明性标记中。

最大允许离散范围（I）：能够容许的最大的离散范围值。该值在本建议中作了规定。”

本建议中还规定当物料的颗粒质量大于表 1 中相应离散值的四分之一时，最大允许离散范围 I

应为（把表 1 中的值增大到）物粒标准颗粒质量的 3 倍，但总计不应超过负荷的名义质量的 18%。

另外，标在装料秤上的标称离散范围 W，不应超过最大允许离散范 I，并要求 I 值：

——标称离散范围 W 的三分之二（指型式批准或首次检定）；

——标称离散范围 W（使用中）。

在该建议的附录给出了离散范围试验实例，通过它我们可以了解该建议在制定中是如何可误差做估计。

该建议的最大不足，不能适应对各种类包装物品允差的要求。另外在上世纪八十年代后期一些厂家推出了“多头电脑组合秤”，这些都促使需要修定原来的国际建议，此后在 1996 年和 2004 年对 OIML R61 作了修订。1996 年版，最突出的修改，提出了“开放式精度级”的概念，以满足各种包装物品允差的要求并对测量结果的误差，定义了更为直观和明确的概念，如每次装料的最大允许误差，最大允许预设值误差和最大允许误差。这两个版本均对每次装料量的最允许偏差作了修改（参看表 2）。但我们要特别注意，对于误差估计，如果不讲明测量的条件和评定的标准，对误差估计没有意义，若将两个没有说明评定和标准的误差相比较，也同样是没有意义。

表 2

装料质量 M 或 F (克)	1996 年版 X (1) 级的每次装料量与装料平 均值的最大允许偏差 MPD (M 的百分率式克)		2004 年版 X (1) 级的每次装料量与装料平 均值的最大允许偏差 MPD (F 的百分率式克)	
	首次检定	使用中检验	首次检定	使用中检验
F ≤ 50	6.3%	9%	7.2%	9%
50 < F ≤ 100	3.15g	4.5g	3.6g	4.5g
100 < F ≤ 200	3.15%	4.5%	3.6%	4.5%
200 < F ≤ 300	6.3g	9g	7.2g	9g
300 < F ≤ 500	2.1%	3%	2.4%	3%
500 < F ≤ 1000	10.5g	15g	12g	15g
1000 < F ≤ 10000	1.05%	1.5%	1.2%	1.5%
10000 < F ≤ 15000	105g	150g	120g	150g
15000 < F	0.9%	1%	0.8%	1%

重力式自动装料衡器，通常认为是动态秤或自动秤，实际上是属于自动准静态称重秤，虽然在称重过程中要考虑到粗料、细料的下料流程，落料冲击动量的影响等，但在决定物料重量的称重过程，仍处于静态，而不像动态汽车衡或动态轨道衡，在决定物体重量的称重过程，被称物与称重台面有相对运动。为了保证重力式自动装料衡器的动态精度，与其它衡器一样，在 1996 年版的 R61 中，还归定了一个参考准确度等级 Ref (x)，用做型式评价中的静态试验要求。但 1996 年版并不适用于对“多头电脑组合秤”和装料量由多个称量周期来实现的衡器，也称为“分量累积秤”。

在 2004 年版 OIML R61 中，为了能适应上述两种自动装料衡器的计量评定。提出了两项计量特性，即 T、3、9 额定最小装料量 (Minfill) 和 T、3、10 每次装料的平均载荷数 (Average number

of loads per fill)。多头电脑组合秤和装料量由多个称量周期来完成的衡器，在确定装料结果的精度时，所涉及的基本问题，即一是确定单位称重的最小称量限，二是确定达到总额定装料量的单秤的组合数。所以在 2004 年版 R61 建设中，首先依照 R76 建设，确定与额定最小装料量 (Minfill) 的最大允许分度值 d ，为了让初接触此项参数的人，有一明确、直观的了解，列出了四个 $X(x)$ 级别的与 d 值对应的 Minfill 最小允许值。其次认为多次组合累积称重的各单次称重是相互天关的，组合累积的影响可按随机误差组合来估计，即为单次称重误差的 \sqrt{n} 倍， n 为组合数。最后一处，较明显的更改 (A、5、3、5) 是对“置零装置不是自动称量固称量周期的一部分而是以指定的时间间隔来运行”的装料衡器，规定了确定最大允许时间间隔的要求和确定方法。

三、误差解读

做为自动衡器和动态衡器的误差表述要比非自动衡器涉及更多有关概率与数理统计学的概念。我们在理解和讨论这些衡器的误差时，最好是能了解国际上在讨论这些衡器国际建议时的误差描述。遗憾的是我们很少有机会参这样的国际会议，即使有人参加过，也不见或极少能带回这方面的资料。我现在所掌握这方面较评细的有关资料中与 R61 号建议有关的，只有 1985 年版国际建议附录的举例使能较详细的了解国际对误差具体估计实例。

对于包装商品的定量是否合格，都是采用所谓的随机抽样检验。不是逐个对全部 (整批) 商品进行逐一检验，而是通过检验其中的一部分来判断全部商品是否合格。随机抽样，也称为“简单抽样”，在抽样时要尽量做到对一批商品进行抽样时，对每一商被抽到的可能性是同等的。被抽到商品称为样本。

由于样本的随机性，根据不同样本的观察值对总体作出判断所作结论可能不同。

对于一批商品采用抽样，就存在着风险，为此我们先表述一下，有关抽样结果合格或不合格，在概率和数理统计学的有关数学概念。

对于合格批，由于可能抽出较多不合格件，而判为不合格，即拒收，称为犯第一种错误，即将真判为假，对供货方不利，此种误判概率记 α ， α 越小，其判假的概率越小。

对于不合格批，由于可能抽出较少不合格件，即接收，称为犯第二种错误，即将假判真，对购货方不利，此种误判概率记为 β ， β 越小假判真的概率越小，对购货方有较好的保护。对商品而言，为了保护消费者的利益， β 值应取得较小。一般 α 、 β 取 0.05~0.10。

在 OIML R87 国际建议《定量包装商品净含量》中，对包装商品的计量规定允许的负偏差量外，还对抽样方法给出了推荐的实例，由于对商品的要求不同，在实际判断商品的合格率时，不可能按统一的抽样要求，即批量的件数，样本大小，拒收概率等。根据抽样定律， n 为抽取样本的件数。 N 为批量，其中废品率为 p ，废品件数为 D ，($D=np$)。 d 为抽取 n 件中出现的废品数，则不出现废品的概率为：

$$P(x=0) = \frac{(N-D)!(N-n)!}{N!(N-D-n)!}$$

出现一件废品的概率为：

$$P(x=1) = \frac{D \cdot n}{N-D-n+1} \cdot P(x=0)$$

出现更多废品件数的概率可按上述方法递推求出。

而对重力式自动装料秤，所包装的物品，是否满足每次装料的最大允许偏差（MPD）的估计与 R87 的规定有所差异。其中与 1985 版 R61 的规定最接近 R87 的规定。在抽样时，规定了批容量（N），样本量（n），在 1996 年版机 2004 年版的的规定和估计计算就简单得多，对不同预装料量要求不同的试验装料次数，参看表 2。从表中可以看出它们与 1985 年版和商品抽取的最大不同在于没有说明是在多大数量的批量数中抽取所给出的样品数。这表明两者对商品合格率的判断的估计是有差别。但是我们可以看到若用 1985 年版近以商品抽样来对重力式自动装料秤的测试结果来计算是非常麻烦的一件事。（参看附录）。

表 3

2004 年版		1996 年版		1985 年版															
预设值 F _b (kg)	试验装料 次数	装料值 m(kg)	试验装料 次数	批容量 (N)	样本量 (n)														
F _b ≤ 1	60	m ≤ 10	60	41~65	10														
1 < F _b ≤ 10	30	10 < m ≤ 25	32	66~110	15														
10 < F _b ≤ 25	20	25 < m ≤ 100	20	111~180	20														
25 < F _b	10	100 < m	10	181~300	28														
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">物品的 可计量性</th> <th colspan="2">较低的允差限*</th> </tr> <tr> <th>T_u</th> <th>2T_u</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>《容易》</td> <td>A 级</td> <td>B=2A 级</td> </tr> <tr> <td>《困难》</td> <td>B=2A 级</td> <td>2B 级</td> </tr> <tr> <td>《极难》</td> <td>—</td> <td>2B 级</td> </tr> </tbody> </table>				物品的 可计量性	较低的允差限*		T _u	2T _u	《容易》	A 级	B=2A 级	《困难》	B=2A 级	2B 级	《极难》	—	2B 级	301~500	30
					物品的 可计量性	较低的允差限*													
				T _u		2T _u													
				《容易》	A 级	B=2A 级													
				《困难》	B=2A 级	2B 级													
				《极难》	—	2B 级													
				501~800	35														
801~1300	40																		
1301~3200	50																		
3201~8000	60																		
8001~22000	90																		
22001~110000	150																		
110001 <	200																		

*欧共体（EEC）对预包装商品允差的简单规定（1985 年）

对重力式自动装料衡器另一个重要技术指标是，预置值误差（Preset Value error）S_e。它是全部装料的平均值（ΣF/n）与装料预置值（F_p）之差。

$$S_e = \Sigma F/n - F_p$$

根据数理统计学，对于一组样本数据的平均值与真值间的偏差，也是随机的，可根据样本的数值的样本的方差 S² 来估计。此时 S_e 满足 t 分布。对于给定的概率值即“置信度为”，1-α（0 < α < 1）情况，可求得平均值对于真值的“置信区间”。由下式求出：

$$T = \frac{\bar{F} - F_p}{\sqrt{S^2/n}} \sim t(n-1)$$

1-α 称为“置信度”。根据 t 分布表查出。相应的临界值 $t_{1-\frac{\alpha}{2}}(n-1)$ 。由此可得 F_p 的置信度为 1-α 的置信区间：

$$(\bar{F} - t_{1-\frac{\alpha}{2}}(n-1) \cdot \sqrt{S^2/n}, (\bar{F} + t_{1-\frac{\alpha}{2}}(n-1) \cdot \sqrt{S^2/n})$$

1996年版和2004年版要求，对于X(x)精度级的最大允许预置误差MPSE_(x)等于装料量为F_p，使用中MPD_(x)的0.25倍，即

$$MPSE_{(x)} = 0.25MPD_{(\lambda)} \quad (\text{使用中})$$

MPD为每次装料相对其平均值的最大允许偏差。

在前面我们已提到，按1985年版，对装料平均值的离散范围要求是：

$$\frac{2}{3}W < \lambda \bar{w} \leq \frac{2}{3}I \quad \text{型式批准和首次检定}$$

$$W < \lambda \bar{w} \leq I \quad \text{使用中,}$$

λ 为样本容量的函数(参看附录)

根据表1和表2对于不同装料量F_p式m，不仅相应的最大允许偏差不同，而且在检验时试验装料数也不同。我们在设计重力式自动装料衡器时，需要根据它来确定下料装置物料的离散度，物料颗粒的大小，细投料的总量和投料时间，控制表的分度值等。

以上我们讲述了判断一批商品是否合格的要求和检验方法(按OIML R87号国际建议)，是建立在随机抽样检验基础上，我们前面讲过除了对一批商品逐个检验，否则由于抽样的随机性，根据抽样结果来判断该批商品合格都存在风险。所以在不给定风险概率，即拒收概率 α 式接收概率 β 的前提下，来判断该批商品是否合格是没有意义的。通常为了对购货方判断商品是否合格，在检验时，选取接收概率 β 。用c表示允许废品的件数式接收界限，当 $d \leq c$ 时，可判该批商品合格，其接收概率为：

$$\beta = L(p) = \sum_{d=0}^c \frac{n!D!(N-D)!(N-n)!}{N!d!(n-d)!(N-n-D+d)!}$$

在给定 β 式L(p)的条件下，由N和n就可求废品率p，而(1-p)为该批商品的合格率。

另一方面，对重力式自动装料衡器的两个主要检定技术要求，每次装料的最大允许偏差(MPD)和预置值误差S₀。现在要考虑的是，满足这两项技术指标的自动装料衡器所生产的产品是否能满足商品检验的要求。

从一定批量中抽多少样品数，才合理，需要服从统计学的要求。例如对于批量N=15000合理的样本大小为n=5~500。如果我们的OIML R61中最大检验装料数60来计算接收误判概率 β 。设商品的合格率为1-p=90%，即p=D/N，D=1500件。由此计算抽样60次时出现不合格品为1件和一件也不出现的接收误判概率 β (或P)分别为：

$$P(x=0) = 0.01g \quad \text{和} \quad P(x=1) = 0.119$$

对于装料秤，根据装料平均值与预置值“置信区间”的结果，以前面的抽样估计比较。

$$\frac{\bar{F} - F_p}{\sqrt{S^2/n}} - t(n-1)$$

根据要求 $|\bar{F} - F_p| \leq \frac{1}{4}MPD$ ，n=60，查t分布表，置信度为 $1-\alpha=0.95$ 时 $t_{1-\frac{\alpha}{2}}(59) = 2.0010$

得：

$$S \cong MPD$$

从另一方面，R61 号建议规定每次装料的最大允许偏差 MPD，正好与算出的单次误差 S 相等。

可见以样本数 $n=60$ 的情况来比较 R87 和 R61 号建设的估计是一致的。即根据 R61 号建议检定合格的定量秤，称量出的商品可满足 R87 建议对定量包装商品抽样验收的要求。

四、制造定量秤的要点

最早制造的定量秤，其主导思想是“定量称量自动秤是为了生产可预先调定的均匀装料量而开发的，它可以自动地定量称量从若干克（例如种子，调味品等）到吨级以上（例如散料货物）的设定料量。”这样的定量秤从一开始就认识到对不同物性的物料所能控制的允差有较大的差异。早先的“预包装品规定”把物料分为 A 级和 B 级（表 2）。并按物料的结块重量来确定自动定量称量的误差限。

重力式自动装料衡器，大体上可分为以下几个部分：给料装置，称量装置（包括放料机构）和控制仪表。以往在我国主要是关注控制仪表的发展。对重力式自动装料衡器其它方面技术的研究非常少。对被称物料的物理性能的研究也很少。

1、物料特性

重力式定量自动装料衡器，面临的是各式各样的预包装物品，这些物品的物理特性千变万化。因此不可能用一台或一种型式的定量衡器来满足对各种物品包装准确度的要求。为此在 OIML R61 国际建议中强制性规定“装料衡器应具备被称量的物料标示”，“装料衡器所标示的物料，等级或工作参数要明确与相应的物料一致”。

物料的主要特性：粒度、密度、休止角（散料堆积角）、壁面摩擦角、流动性等。

首先物料的粒度大小是最直观影响称量精度。在 OIML R61 号国际建议有如下规定：“当参考颗粒质量超过使用中检验每次装料最大允许偏差（MPD）的 0.1 倍时，从 MPD 表得出的数值应加上参考颗粒质量的 1.5 倍。但是，MPD 的最大值不得超过等级因子（ x ）乘以 9%”。由此可看出物料对定量秤精度的影响是不可忽视的因素，一台定量秤只要在物料的颗粒重量在其 MPD 值附近就可能对称量结果产生明显的影响，并且根据这样的要求，当颗粒重量超过 $1.1MPD$ 时，只有 $200 < F \leq 300$ 以上量程的衡器才可使用。

2、给料装置

给料装置是重力式自动装料衡器的核心技术，只有当给料装置能满足对给料的均匀馈送度，控制装料的精度等，才有可能保证装料衡器的精度。在我国最常用的给料装置有振动槽给料器，螺旋给料器和闸门式给料装置。为了保证给料的精度和速度通常采用粗料流和细料流两步送料，即快给料和慢给料两个过程。有的还多一步，即所谓的“滴流（dribble）给料”，共三段流程。通常为了兼顾速度和精度、粗流与细流的比例一般应高于 1：10。由于定量包装料要面对的是各种物料、仅就以上三种给料装置是远远不够，即使是以上三种给料装置，也是根据物料的特性来设计。例如振动槽给料时，要跟物料的特点，给料率来决定它的频率、振幅、槽宽和倾角。对螺旋给料装置在国外的定量秤中更是有各式各样根据物料特点设计的螺旋构造。对于给料量大的定量秤，也可采用皮带给料装置。下面一些给料装置，可提供读者在使用时选择：

• 柔性壁给料器 (Flexwall feeder): 适用于多种给料如粉状、颗粒、片状以及草状纤维状等流动性不好的物料具有很高的馈送精度, 且无堆积、无搭桥、无沉积。也可做为减量秤的储料斗。结构新颖。在有关文章中还介绍了如何设计的要点。

• 半球形振动给料器 (Bin Activator): 适合于仓形储料器, 可用于各种散料、甚至流动性不好的物料。不搭桥、不损坏物料、由于是振动排料、可使散料的密度均匀。结构简单。

为了适应各种物料, 还有各种各样的给料装置, 可以说给料装置的设计对定量包装秤和配料秤而言的设计工程师给予了广扩的发挥想象的空间。多斗组合式定量秤也是对给料装置反向思维的一个很成功的设计。实际上一个有经验的工程师, 根据细给料的精度就可估计该台定量包装秤的精度。

3、称重装置

定量包装秤的称重装置基本结构是带有放料闸门的称料斗。对称料的设计一般讲要注意以下诸因素: 如果被称物料流动性差称料斗的出料口和料斗横截面积之比就必越大, 在料斗内装有石棉纤维类, 下料很困难的极端情况, 甚至可能料斗出口处的横截面大于料斗本身的截面。设计出料口和料斗尺寸的主要参数是壁面摩擦角和散料堆积角, 以及物料的密度。容量出口接管的角度应当以足够的大超过壁面摩擦角, 使物料不会粘附在容器壁面。散料堆积角和物料密度决定了料斗的容量。在国外的工程师通过大量物料试验, 对物料进行分类, 并以此确定料斗的设计方法。

4、控制仪表

对于定量包装秤的控制仪表, 至少需要具有那些基本要素: 首先是控制粗料流和细料流的时间、空中物料下落的时间“飞料时间”, 根据物料给料的离散性确定取样速率以及能够处理下落冲量的修正。

至以电子线路部分, 如今的 A/D 变换器和 CPU 足够满足绝大部分的定量包装秤的要求。

可根据下面的计数来估计控制仪表所需的动态和静态精度。

UT=称重数据的更新时间

IR=内分度数

FA=细投料的总量

FT=细投料的时间

WI=要求的最大称量增量

RLT=传感器的总的标称容量

FS=秤的满量程

由此可得:

• FR=秤的满量程分辨率

$$=FS \times IR / RLT$$

• CI=最大对比时间间隔

满足静态精度的条件: 所要求的最大称重增量应小于仪表的有效计数值/分度值

$$CtS/W_i = WI \times FS \times IR / RLT$$

$$= WI \times FR / FS > 1$$

满足动态精度的条件: 所需要的最大称重增量 (WI) 应大于单位称重数据的修正时间 (UT) 内

的附加称重量（dw）或需要的最大对比时间间隔（CI）应大于修正时间（UT）。

$$WI/dw=WI \times FT/FA \times UT$$

$$=CT/UT > 1$$

有的控制仪表还能给出被称量定量物品的均质和均方误差值。当测量值偏离预置值可用来对测量结果进行修正，提高包装精度。

五、结束语

曾写过一篇“皮带秤综述”，现又写了本文，由于工作时，有点条件可以得到一些资料，退休后有点时间，根据自己的水平将其整理出来，希望能对收集资料较困难的对衡器有兴趣的读者起到一点参考作用，就很满足。

附录

A.1 离散范围试验举例

图 1 给出了一份试验报告表的示例，它包含了一台装料秤的一系列离散范围试验中所获得的结果。

该装料秤的特性如下：

最大秤量：Max=100g

标称负荷：M=80g

标称离散范围：w=5g

装料速率：每小时 2000 件

依据表 2（见 11.1.1 表）从容量 N=2000 的批中抽取容量 n=50 的样本，N 是该装料秤一小时内生产的负荷数量。

该样本又被分成 10 个分组，每分组 5 个负荷，而每个分组的极差已经确定（ w_1 到 w_0 ）；样本的平均极差 \bar{w} 也已算出，从而把离散范围的估计值 $\lambda \bar{w}$ 同标称值（W）和最大允许离散范围（I）进行比较。

试验记录表中也指明：

——作为标称负荷 M 的函数的最大允许离散范围 I（当物料的标准颗粒质量 μ 大于 $I/4$ 时，I 可增大到 3μ ）；和

——作为样本容量 n 的函数的 λ 值。

A.2 离散范围的估计

A.2.1 生产者的风险（ α ）

假定离散范围等于负荷分布的标准偏差的 4 倍。则实际标准偏差 σ_0 等于 W/4（W 为装料秤上标明的标称离散范围）的装料秤，将以很大的概率（ $1-\alpha$ ）获得通过离散范围的试验，假设 σ 为试验获得的标准偏差，则概率：

$$P_r[\sigma \leq \sigma_0] = 1 - \alpha$$

α 值代表有错误的假设，即 $\geq \sigma_0$ 的风险，也就是拒绝一台能在合格范围内工作的装料秤的风险。 α 值一般为 2.5%。

A.2.2 λ 的计算

由 n 件负荷的随机抽样样本，得出总体标准偏差 σ_0 的估计值 s，众所周知，量 $\frac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2}$ 服从 n-1 个自由度的 χ^2 分布律，其概率

$$P_r\left[\frac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2} \leq \chi_a^2, n-1\right] \leq 1 - a$$

当不计算标准偏差的估计值S，而用平均误差 $\bar{\omega}$ 作为离散参数时，量 $\frac{r(\bar{\omega}/d_2)^2}{\sigma_0^2}$ 服从自由度为

ν 的 χ^2 分布律。

d_2 和 ν 值由表 4 给出，它们是分组的数目和每个分组的容量（此处等于 5）的函数。

因此
$$P_r \left[\frac{\nu [\bar{\omega}/d_2]^2}{\sigma_0^2} < \chi_{a, \nu}^2 \right] = 1 - a$$

式者
$$P_r \left[\frac{\nu}{\chi_{a, \nu}^2 (d_2)^2} \bar{\omega}^2 < \sigma_0^2 \right] = 1 - a$$

设 $\sigma_0 = W/4$

$$P_r \left[\frac{4}{d_2} \sqrt{\frac{\nu}{\chi_{a, \nu}^2}} \bar{\omega} < W \right] = 1 - a$$

引入
$$\lambda = \frac{4}{d_2} \sqrt{\frac{\nu}{\chi_{a, \nu}^2}} \quad \text{则概率}$$

$$P_r [\lambda \bar{\omega} < W] = 1 - a$$

相应于表 2 和表 3 的容量为 n 的样本，其 λ 值的计算结果于如表 4。

表 4

样本容量 (n)	分组数	ν	d_2	$\chi_{a, \nu}^2$	λ
10	2	7.5	2.40	16.78	1.11
15	3	11.1	2.38	22.06	1.19
20	4	14.7	2.37	27.08	1.24
25	5	18.4	2.36	32.06	1.28
30	6	22.0	2.35	36.78	1.32
35	7	25.6	2.35	41.41	1.34
40	8	29.3	2.35	46.10	1.36
50	10	36.5	2.34	54.55	1.40
60	12	43.7	2.34	63.34	1.42
90	18	65.4	2.33	89.15	1.47
150	30	108.9	2.33	139.18	1.52
200	40	145.1	2.33	179.8	1.54

图 1 试验记录表

重力式装料秤						试验结果							
日期:						牌号:							
单位:						型式:							
安装地点:						最大称量 (Max): 100g							
物料:						型式批准号 N_Q :							
标准颗粒质量 μ :						标称负荷 $M=80g$							
装料速率/称量时间: 2000 件/小时													
1	80					82*							
2	78*					80*							
3	79			$w_1=3g$		81			$w_6=2g$				
4	81*					82							
5	79					80							
6	78					79							
7	81*					82							
8	80			$w_2=4g$		83*			$w_7=4g$				
9	79					82							
10	77*					80							
11	78*					79*							
12	79					81*							
13	80			$w_3=3g$		81			$w_8=2g$				
14	81*					81							
15	79					79							
16	78*					78*							
17	80					80							
18	80			$w_4=4g$		82*			$w_9=4g$				
19	81					81							
20	82*					79							
21	81					78*							
22	80*					80							
23	81			$w_5=4g$		81*			$w_{10}=3g$				
24	82					79							
25	84*					78							
平均极差 $\bar{w}=3.20g$						判定 (使用中)						合格	X
$\lambda=1.40 \lambda \bar{w}=4.62g$												$\lambda \bar{w} \leq W$	拒绝
标称离散 $W=5g$												$W < \lambda \bar{w} \leq I$	修改
最大离散** $I=9g$												$\lambda \bar{w} > I$	拒绝
n	10	15	20	25	30	35	40	50	60	90	150	200	
λ	1.11	1.19	1.24	1.28	1.32	1.54	1.36	1.40	1.42	1.47	1.52	1.54	
M	0	50g	100g	200g	300g	500g	1kg	10kg	20kg				
I^{**}	18%(M)	9g	9%(M)	18g	6%(M)	30g	3%(M)	300g	1.8%M				

*每个分组的最大值和最小值

**当 $\mu > I/4$ 时, 增加到 3μ , 但不超 18% (M)

***对于型式批准和首次检定, 判定的依据为 $2W/3$ 和 $2I/3$

注: 附录: 译自 1985 年版 OIML R61 的附录。