



# 天津市地方计量技术规范

JJF(津)09—2018

---

## 自动分检仪校准规范

Calibration Specification for automatic catchweighing instrument

2018-12-21 发布


2019-02-01 实施

---

天津市市场监督管理委员会 发布

# 自动分检仪校准规范

Calibration Specification for automatic  
catchweighing instrument



JJF(津)09-2018

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

**本规范主要起草人：**

王 晶           （天津市计量监督检测科学研究院）

黄爱军          （天津市计量监督检测科学研究院）

刘 强           （天津市计量监督检测科学研究院）

# 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.....	(3)
4 概述.....	(3)
5 通用技术要求.....	(4)
5.1 使用的通用性.....	(4)
5.2 操作的安全性.....	(4)
5.3 称量结果指示.....	(4)
5.4 说明性标记.....	(5)
6 计量器具控制.....	(6)
6.1 校准条件.....	(6)
6.2 误差.....	(7)
6.3 校准项目.....	(7)
6.4 校准结果.....	(10)
6.5 复校时间间隔.....	(11)
附录 A 自动分检仪校准记录格式.....	(12)
附录 B 自动分检仪校准证书内页格式.....	(15)
附录 C 校准结果不确定度评定方法.....	(16)

# 引 言

本规范依据国家计量技术规范 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》制定。

本规范以 OIML R51-1《自动分检衡器》(2006E)国际建议、国家标准 GB/T 27739-2011《自动分检衡器》为基础制定。

本规范通用技术要求以及自动运行方式下评定方法等方面，与国际建议一致，不同之处主要有以下几点：

1. 未对准确度等级进行要求。
2. 计量器具控制中增加了校准周期等内容。
3. 本规范不包括车载组合自动分检仪等内容。

本规范给出了附录 A 校准记录格式、附录 B 校准证书内页格式、附录 C 校准结果不确定度评定方法。

本规范为首次发布。

## 自动分检仪校准规范

### 1 范围

本规范适用于对已定量包装的分立载荷或散装物品的单个载荷进行核验、分类的自动分检仪（以下简称分检仪）的示值校准，不包括车载组合自动分检仪。

### 2 引用文件

- JJF 1181 《衡器计量名词术语及定义》  
OIML R51-1 《自动分检衡器》（2006E）国际建议  
GB/T 27739 《自动分检衡器》  
JJG 99 《砝码》  
JJG 1036 《电子天平》  
JJG 539 《数字指示秤》

使用规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

### 3 术语和计量单位

#### 3.1 术语

以下引用了 OIML R51-1《自动分检衡器》（2006E）国际建议与本规范相关的部分术语。

##### 3.1.1 自动分检仪

对预包装分立载荷或散装物品单一载荷进行自动称量的仪器。

##### 3.1.2 控制衡器

用于确定被测分检仪动态（或物料试验）中，被测载荷（物料）的约定真值（参考值）的非自动衡器。控制衡器可以是：

- 与被测分检仪分开的另外的一台独立衡器，称作分离式控制衡器。
- 若被测分检仪具有静态称量模式，被测衡器本身也可作为控制衡器，称作集成式控制衡器。

##### 3.1.3 置零装置

当承载器上无载荷时，将示值调至零点的装置。

#### 3.1.4 零点跟踪装置

自动将零点示值保持在一定界限内的装置。

#### 3.1.5 称量

##### 3.1.5.1 最大称量 (Max)

不计添加皮重时的最大称量能力。

##### 3.1.5.2 最小称量 (Min)

小于该载荷值时, 会使称量结果产生过大相对误差。该载荷值称为最小称量。

##### 3.1.5.3 称量范围

分检仪最小称量与最大称量之间的范围。

#### 3.1.6 分度值

##### 3.1.6.1 实际分度值 (d)

相邻两个示值或打印值之间的差值。

##### 3.1.6.2 实际分度数 (n)

最大称量与实际分度值之比 ( $\text{Max}/d$ )

#### 3.1.7 运行速率

每个单位时间内自动称量载荷的数目。

#### 3.1.8 非自动 (静态) 运行

用于测试的静态称重方式。

#### 3.1.9 自动运行

无需操作者干预, 分检仪进行称重并执行一套预定的自动处理程序。分检仪既可静态称重, 也可在自动运行过程中动态称重。

#### 3.1.10 分检仪的静态称量

在确定质量期间, 当载荷传送系统停止运行时, 分检仪测量系统基于稳定平衡的状态下运行。

#### 3.1.11 分检仪的动态称量

在确定质量期间，当载荷输送系统处于运行状态下，分检仪是在其测量系统基于不稳定平衡的状态下运行（即载荷输送系统处于运行状态或载荷在重量检验秤配备的承载器上滑动）。

### 3.1.12 重复性

在重复性条件下，以实际一致的方法将同一载荷多次地放置在承载器上，分检仪提供相互一致的结果的能力。

### 3.1.13 误差

#### 3.1.13.1 （示值）误差

分检仪示值与被测载荷质量值之差。

#### 3.1.13.2 误差的平均值 ( $\overline{x_E}$ )

对于通过承载器的一个或多个载荷的若干次连续自动称量的平均值，其数学表达式为：

$$\overline{x_E} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{Ei}}{n}$$

式中：  $X_{Ei}$  —表示载荷示值误差，

$\overline{x_E}$  —误差的平均值，

$n$  —称量次数。

#### 3.1.13.3 标准偏差 (s)

对于通过承载器的一个或多个载荷的若干次连续自动称量示值的标准偏差，其数学表达式为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{Ei} - \overline{x_E})^2}{n-1}}$$

## 3.2 计量单位

分检仪的质量单位为：毫克 (mg)、克 (g)、千克 (kg)。

## 4 概述

自动分检仪主要由传输系统、承载器、称重传感器、控制系统、称重显示系统、打



印装置和分选装置组成。当被称物通过传输带加到承载器上时,称重传感器将质量信号转化为电信号,并将这一信号输入到控制器,与设定值相比较,其称量结果由显示器显示或打印装置打印,依据与设定值比较结果自动进行分检。自动分检仪这一现代化计量手段已在产品检验、分选及物流选配等领域广泛应用。

#### 4.1 分检仪的分类

按分检仪的用途可将其划分为两个基本类别: X 或 Y。

X 类仅适用于符合国家《定量包装商品计量监督管理办法》要求的、对预包装产品进行检验的分检仪。

Y 类用于其它所有分检仪。

注 1: 一台分检仪按其用途既可以按 X 类分类也可以按 Y 类分类。

注 2: 由于试验载荷的不确定度,通常不能对  $d \leq 0.1\text{mg}$  的分检仪进行校准。最小称量 (Min) 应由制造商规定,且应符合国家标准规定。

### 5 通用技术要求

#### 5.1 使用的通用性

设计应使分检仪具有适当的操作方法和适用于指定的载荷,有足够坚固的结构保持其计量特性。

#### 5.2 操作的安全性

##### 5.2.1 防欺骗性使用

分检仪不应具有易于被欺骗性使用的特征。

##### 5.2.2 保护

对于不允许访问或调整的部件、接口,装置特定参数和预置控制,应提供防护性措施。

#### 5.3 称量结果指示

##### 5.3.1 读数要求

在正常使用条件下,主要指示的读数应可靠、易读和清晰。

##### 5.3.2 示值的形式

称量结果应包括质量单位的名称或符号。

称量结果的分度值应以 $1 \times 10^k$ ， $2 \times 10^k$ 或 $5 \times 10^k$ 的形式表示， $k$ 是正整数、负整数或零。

在任何一个称量范围内，分检仪对任一载荷的所有指示、打印和皮重称量装置应都具有相同的分度值。

#### 5.4 说明性标记

分检仪和相关模块应在有质量指示和打印装置的每一处都具有如下符合国家规定的标识和变量。标记必须是擦不掉的，且应使其大小、形状和清晰度在分检仪正常使用条件下容易阅读，载有标记的牌子需牢固，不易破坏或拆卸。

##### 5.4.1 完整表示的标记

- 制造厂的名称或商标
- 进口商的名称或商标（如适用）
- 分检仪的型号名称和序列号
- 最大运行速度（如适用）： $\dots$ m/min 或件/min
- 载荷传输系统的最大速度（如适用）： $\dots$ m/s（米/秒）或 m /min（米/分钟）
- 电源电压： $\dots$ V
- 电源频率： $\dots$ Hz
- 气体/液体压力（如适用）： $\dots$ kPa
- 调整参考设定点范围（如适用）： $\pm \dots$ g 或%（设定点值的）
- 温度范围（如果不是 $-10^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ ）
- 软件标识（如适用）

##### 5.4.2 以符号表示的标记

- 实际分度值： $d=$
- 最大称量： $\text{Max} =$
- 最小称量： $\text{Min} =$
- 最大添加皮重： $T = + \dots$
- 最大扣除皮重： $T = - \dots$

##### 5.4.3 辅助标记

根据分检仪的实际用途，可增加辅助标记（如保护代码、生产日期）。

校准时可能还需使用的其它标记（如产品）用来指定包装形式和有关称重条件。

## 6 计量器具控制

### 6.1 校准条件

#### 6.1.1 环境条件

校准应在现场实施，并正确记录环境条件。

仪表和载荷传输系统充分预热后，方可对自动分检仪开始校准工作。

#### 6.1.2 控制衡器

校准试验应配备有控制衡器，用来确定各试验载荷质量值。控制衡器可以是分离的也可以是集成的。

控制衡器的准确度：用被校分检仪（即集成式），或被校分检仪以外的衡器（即分离式）确定试验载荷质量值，其实际分度值  $d_c$  应满足  $d_c < d/3$ 。

#### 6.1.3 校准用标准器

##### 6.1.3.1 非自动（静态）运行试验

校准自动分检仪时，应配备符合 JJG 99-2006《砝码》相应等级的标准砝码，标准砝码的选择应符合表 1 要求。

表 1 砝码准确度等级与自动分检仪实际分度值关系表

砝码准确度等级	实际分度数 (Max/d)	
	最小	最大
E <sub>1</sub>	500 000	/
E <sub>2</sub>	100 000	500 000
F <sub>1</sub>	50 000	100 000
F <sub>2</sub>	10 000	50 000
M <sub>1</sub>	5 000	10 000

##### 6.1.3.2 自动（动态）运行试验

试验载荷的物品类型应选择接近实际使用的物品类型且符合下面条件的试验载荷：

- 质量稳定不变；

- 固体、不吸水、无静电、无磁性的材料；
- 避免金属间相接触。

## 6.2 误差

### 6.2.1 校准试验载荷质量的约定真值

通过集成式控制衡器或分离式控制衡器确定的各试验载荷质量值。

### 6.2.2 单次称量误差

分检仪的单次称量误差应是 与 6.2.1 的试验载荷质量的约定真值与观察和记录的显示或打印质量值的差值。

### 6.2.3 校准试验称量的次数

对于 X 类分检仪及 Y 类分检仪，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都应符合表 2 中的规定。

表 2 校准试验称量次数

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
	$m > 20\text{kg}$	10
Y	对任意载荷至少 10 次	

试验载荷的质量值应使用 6.3 中对于各种试验指定的试验载荷。

### 6.2.4 试验重量指示

对于非自动（静态）运行试验，分检仪应具有：

- 一个静态实时更新的重量指示；
- 一个通过模拟称量周期的方法来持续更新的重量指示。

6.2.5 在进行各项准备工作的同时，要正确填写原始记录的各项信息。

## 6.3 校准项目

### 6.3.1 外观检查

应对被校分检仪按照 5.4 的要求进行检查，符合要求后进行其它项目的校准工作。

### 6.3.2 非自动（静态）运行的称量性能试验

向被校分检仪的承载器上加放载荷，从零直至最大称量，然后以逆向方法卸掉载荷至零点。校准至少要选择 5 个不同称量点，其中应包括的载荷点如表 3 所示：

表 3 静态称量性能试验载荷选取表

实际分度数 (Max/d)		应包含载荷点
最小	最大	
500000	/	Max、Min、500000d
100000	500000	Max、Min、50000d、200000d
50000	100000	Max、Min、5000d
10000	50000	Max、Min、5000d、20000d
5000	10000	Max、Min、500d

如果分检仪带有自动置零或零点跟踪装置，在试验过程中它应处于运行状态。

### 6.3.3 自动运行试验

自动运行试验是现场实际运行状态下校准自动分检分检仪最准确的方法。

首先选择好被校准的物品（例如，用于检验包装食品的分检仪，可选用类似的袋状包装），校准前在控制衡器上确定其质量值，然后进行动态实物校准。选取包括接近最小称量、最大称量及预设质量值的试验载荷进行试验。

试验过程：

- a) 在动态试验开始前应按生产厂的说明书进行动态设定，并将运行速度设置为最大运行速度或客户要求的运行速度。
- b) 对于这个载荷进行若干次 (n) 连续称量。
- c) 将预先称量好质量的物品置于载荷传送系统上，并开启整个系统，记录所有的试验数据，然后计算平均（系统）误差和标准偏差。

自动运行试验应按照 6.2.3 规定的试验次数进行。

标准偏差的计算为：

读数平均值：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

标准偏差:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

### 6.3.4 偏载试验

#### 6.3.4.1 静态称量分检仪的偏载试验

将  $1/3\text{Max}$  试验载荷（适用时，加上皮重）分别置于静态载荷传输系统每个  $1/4$  分割区域内。若载荷传输系统有  $n$  个支承点，并且  $n > 4$ ，应将  $1/(n-1)\text{Max}$  试验载荷（适用时，加上皮重）加到每个支承点。

如果使用单个砝码，载荷应施加于分割区域中心位置，但如果使用多个小砝码就应该在分割区域内均布放置。

载荷位于不同区域时所得分检仪示值与载荷位于中间位置时示值分检仪示值之差，为偏载误差。

#### 6.3.4.2 动态称量分检仪的偏载试验

分检仪应处于正常运行状态下，应在自动运行期间进行试验，置零和零点跟踪功能应能运行。在每次使用新载荷值试验之前可以做动态设定。

在下面两段输送带的每个中心部位用相当于  $1/3\text{Max}$ （适用时，加上皮重）的载荷穿过承载器：

输送段 1——是从承载器的中心到传输系统的一边；

输送段 2——是从承载器的中心到传输系统相反的一边。

载荷在承载器上通过 6.2.3 中规定的次数。分检仪示值与载荷质量值之差为偏载误差。



图 1 动态偏载试验区域示意图

### 6.3.5 选择运行速度试验

启动自动称重系统,包括分检仪使用中常用的外围设备。在自动运行状态进行试验,每次采用新的试验载荷值之前可以重新进行动态设定。

选择接近最小称量及最大称量的两个载荷进行实验,试验称量的次数由表 2 确定。

载荷传输系统应分别设定到最大运行速度和调整范围内一个接近中等的运行速度。

如果分检仪规定了一个与可选运行速度相对应的可选最大称量,则每一速度都必须用适当的载荷来进行试验。在这种情况下,可不在各个速度下对最小载荷值和转换点载荷值进行试验。

让试验载荷通过承载器指定次数,并记录校准结果。

### 6.3.6 倾斜

非永久固定的分检仪应进行倾斜性检查,对于带有调平装置或水平指示器的分检仪应通过调节使分检仪处于水平状态,对于不带有调平装置和水平指示器的分检仪应通过水平仪对分检仪进行水平调节。

## 6.4 校准结果

校准结果应在校准证书或校准报告上反映。校准证书或报告应至少包括以下信息:

标题,如“校准证书”或“校准报告”;

a) 实验室名称和地址;

b) 进行校准的地点(如果不在实验室内进行校准);

c) 证书或报告的唯一性标识(如编号),每页及总页数的标识;

d) 送校单位的名称和地址;

e) 被校对象的描述和明确标识;

f) 进行校准的日期,如果与校准结果的有效性和应用相关时,应说明被校对象的接收日期;

g) 如果与校准结果的有效性和应用有关时,应对抽样程序进行说明;

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) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识,以及签发日期;

m)校准结果仅对被校对象有效的声明;

n)未经实验室书面批准,不得部分复制证书或报告的声明。

#### 6.5 复校时间间隔

分检测仪的复校时间间隔一般由送校单位根据使用状况自主决定。建议复校时间间隔最长不超过1年。



## 附录 A

## 自动分检仪校准记录格式

记录编号\_\_\_\_\_证书编号\_\_\_\_\_

计量器具名称\_\_\_\_\_型号规格\_\_\_\_\_

制造厂\_\_\_\_\_出厂编号\_\_\_\_\_

最大称量(Max)\_\_\_\_\_最小称量(Min)\_\_\_\_\_运行速率\_\_\_\_\_

实际分度值(d)\_\_\_\_\_送检单位\_\_\_\_\_

X类 Y类

A.1 外观检查\_\_\_\_\_

A.2 非自动(静态)运行的称量性能试验

自动置零装置和零点跟踪装置

不存在 不运行 超出工作范围 运行

$$E = I + 1/2d - \Delta L - L$$

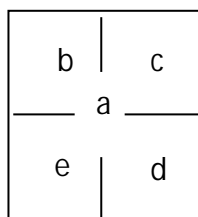
 $E_c = E - E_0$ , 其中  $E_0$  为零点或零点附近的计算误差(\*)

载荷 L ( )	示值 I ( )		附加载荷 $\Delta L$	误差 E ( )		修正误差 $E_c$	
	↓	↑		↓	↑	↓	↑
(*)				(*)			

A.3 静态称量分检仪的偏载试验

载荷(最大称量 1/3) \_\_\_\_\_

分检仪静态称量时试验载荷的位置:



自动跟踪装置和零点跟踪装置:

不存在    不运行    超出工作范围    运行

X 类分检仪或 Y 类分检仪

$$E = I + 1/2d - \Delta L - L$$

$E_C = E - E_0$ , 其中  $E_0$  为零点或零点附近的计算误差 (\*)

载荷 L ( ) (*)	位置	示值 I ( )	附加载荷 $\Delta L$	误差 E ( ) (*)	修正误差 $E_c$ ( )

#### A. 4 自动运行试验

##### A. 4.1 X 类分检仪的自动运行试验

载荷: \_\_\_\_\_

偏载段 (如适用): \_\_\_\_\_

运行速度 (最大值): \_\_\_\_\_

自动跟踪装置和零点跟踪装置:

不存在    不运行    超出工作范围    运行

试验	示值 ( )	误差 ( )	试验	示值 ( )	误差 ( )	试验	示值 ( )	误差 ( )
1			21			41		
2			22			42		
3			23			43		
4			24			44		
5			25			45		
6			26			46		
7			27			47		
8			28			48		
9			29			49		
10			30			50		
11			31			51		
12			32			52		
13			33			53		
14			34			54		
15			35			55		
16			36			56		
17			37			57		
18			38			58		
19			39			59		
20			40			60		



## 附录 B

## 自动分检仪校准证书内页格式

## 校准结果

1、基本信息			
最大称量：		最小称量：	
最大运行速度：		实际分度值：	
类型：	<input type="checkbox"/> X类 <input type="checkbox"/> Y类		
2、校准项目			
外观检查			
校准项目	运行状态	校准结果	不确定度
测量结果不确定度：			
非自动运行： $U=$ $k=$			
自动运行： $U=$ $k=$			

## 附录 C

## 校准结果不确定度评定方法

## C.1 X类分检仪的不确定度分析和举例

## C.1.1 不确定度分析

## C.1.1.1 测量方法

实物检验是校准自动分检仪最准确的测量方法，它通过比较被校分检仪的测量值与控制衡器示值之差，发现被校分检仪的误差。

## C.1.1.2 数学模型

$$x = x_i - \bar{x} + \Delta x_q$$

$$\bar{x} = \sum x_i / n$$

式中： $x$  - 示值误差；

$x_i$  - 载荷的示值误差 ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )；

$\bar{x}$  - 示值误差的平均值；

$\Delta x_q$  - 其它影响量；

$n$  - 测量次数。

## C.1.1.3 评定方法

将测量结果的不确定度分为 A 类不确定度分量和 B 类不确定度分量，并分别进行评定。

## C.1.1.3.1 标准不确定度的 A 类评定

用试验载荷对分检仪进行校准时，环境温度的波动、测量仪器的分辨力，分检仪安装的状态对测量结果具有分散性，A 类不确定度分量的评定就是评定在这些因素作用下多次测量结果的分散性。

为评定对分检仪进行校准时测量结果的 A 类不确定度分量，对分检仪进行校准时进行  $n$  次测量。每次测量后，都将分检仪重新设置成自动称量工作状态，并重新置零。对于分检仪每次测量结果  $X_i$ ，在  $n$  次等精度测量，独立得到  $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )，

则  $X_i$  的平均值： $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij}$

单次测量标准不确定度（贝塞尔法）为：
$$s(X_{ij}) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n-1}}$$

其标准不确定度  $S(X_i)$  用单次测量标准不确定度  $S(X_{ij})$  算出：
$$u_{r,1} = \frac{S(X_{ij})}{\sqrt{n}}$$

#### C.1.1.3.2 A类评定的自由度

对贝塞尔法评定的  $u_{r,1}$  或  $S(X_{ij})$ ，其自由度为： $v_1 = n - 1$

#### C.1.1.3.3 标准不确定度的B类评定

##### (1) 标准器引入的不确定度分量

校准所用控制衡器所引入的不确定度分量，按均匀分布计算其标准不确定度分量：

$$u_{r,2} = \frac{MPE}{\sqrt{3}}$$

式中： $MPE$  - 控制衡器在所用试验载荷点的最大允许误差。

自由度： $\rightarrow \infty$

#### C.1.1.3.4 分辨力分量

被校分检仪的分度值  $d$ ，其分布估计为均匀分布，则其标准不确定度分量为：

$$u_{r,3} = \frac{d}{2\sqrt{3}}$$

#### C.1.1.3.5 各项标准不确定度一览表

表1 各项标准不确定度一览表

序号	标准不确定度				自由度	
	来源	符号	类别	数值	符号	数值
1	分检仪测量结果的分散性	$u_{r,1}$	A	$\frac{S(X_{ij})}{\sqrt{n}}$	$v_1$	$n-1$
2	标准器	$u_{r,2}$	B	$\frac{MPE}{\sqrt{3}}$	$v_2$	$\infty$
3	分辨力	$u_{r,3}$	B	$\frac{d}{2\sqrt{3}}$	$v_3$	$\infty$

#### C.1.1.3.6 合成标准不确定度

在以上不确定度评定中， $u_{r,1}$ ， $u_{r,2}$ ， $u_{r,3}$  三个分量不相关，故合成标准不确定度为

$$: u_{r,c} = \sqrt{u_{r,1}^2 + u_{r,2}^2 + u_{r,3}^2}$$

$$\text{其自由度为: } \nu = \frac{u_{r,c}^4}{\sum \frac{u_{r,i}^4}{\nu_i}}$$

C.1.1.3.7 扩展不确定度为:  $U = ku_{r,c}$  ( $k=2$ )

### C.1.2 举例

一台 X 类分检仪, 最大称量为 600g, 分辨率为 0.1g, 依表 1 对其进行 60 次实物校准测量。每次测量后, 都将分检仪重新设置成自动称量的工作状态, 并重新置零。对于分检仪每次测量结果  $X_i$ , 如下表所示:

表 2 自动运行试验

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值 $X_i$ (g)	41.2	41.5	41.7	41.3	41.2	41.0	41.6	41.3	41.2	41.4
序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
示值 $X_i$ (g)	40.9	41.1	41.2	41.7	41.2	41.6	41.4	41.6	41.4	41.2
序号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
示值 $X_i$ (g)	41.5	41.3	41.9	40.8	41.7	41.2	41.5	41.4	41.3	41.3
序号	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
示值 $X_i$ (g)	41.6	41.1	41.8	41.2	41.1	41.7	41.3	41.9	41.2	41.6
序号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
示值 $X_i$ (g)	41.9	40.7	41.7	41.4	41.2	41.6	41.6	41.1	41.3	41.2
序号	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
示值 $X_i$ (g)	41.6	41.2	41.9	41.8	41.4	41.1	41.0	41.3	41.2	41.4
序号	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
示值 $X_i$ (g)	41.3	41.6	41.2	40.9	41.4	41.7	41.3	41.3	41.5	41.3
序号	51	52	53	54	55	56	57	38	59	60
示值 $X_i$ (g)	41.0	41.7	41.2	41.5	41.6	41.0	41.1	41.9	41.2	41.6

则  $X_i$  的平均值标准不确定度的 A 类评定:  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} = 41.38g$

单次测量标准不确定度 (贝塞尔公式) 为:

$$s(X_{ij}) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n-1}} = 0.27g$$

其标准不确定度  $S(X_i)$  用单次测量标准不确定度  $S(X_{ij})$  算出:

$$u_{r,1} = \frac{S(X_{ij})}{\sqrt{n}} = 0.081g$$

A 类评定的自由度

对贝塞尔法评定的  $u_{r,1}$  或  $S(X_{ij})$ , 其自由度为:  $\nu_1 = n - 1 = 9$

标准不确定度的 B 类评定:

控制衡器引入不确定度分量

$$u_{r,2} = \frac{MPE}{\sqrt{3}} = 0.29mg$$

其自由度为:  $\rightarrow \infty$

数字示值分辨率不确定度分量为:  $u_{r,3} = \frac{d}{2\sqrt{3}} = 0.028g$

表 3 各项标准不确定度一览表

序号	标准不确定度				自由度	
	来源	符号	类别	数值	符号	数值
1	自动分检仪测量结果的分散性	$u_{r,1}$	A	0.081g	$\nu_1$	9
2	控制衡器	$u_{r,2}$	B	0.29mg	$\nu_2$	$\infty$
3	数字示值分辨率	$u_{r,1}$	B	0.028g	$\nu_3$	$\infty$

合成校准不确定度:

在以上不确定度评定中,  $u_{r,1}$ ,  $u_{r,2}$ ,  $u_{r,3}$  三个分量不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u_{r,c} = \sqrt{u_{r,1}^2 + u_{r,2}^2 + u_{r,3}^2} = 0.09g$$



$$\text{其自由度为: } \nu = \frac{u_{r,c}^4}{\sum \frac{u_{r,i}^4}{\nu_i}} \rightarrow \infty$$

取覆盖因子  $k=2$ , 扩展不确定度为:  $U = ku_{r,c} = 0.2g$  ( $k=2$ )

## C.2 Y类分检仪的不确定度分析和举例

### C.2.1 数学模型

自动分检仪中的Y类分检仪, 在对其进行的各种自动运行试验中, 示值误差是通过所施加载荷的示值与该载荷标称值的差值计算得到的, 示值误差公式:

$$x = x_i + \Delta x_w + \Delta x_d + \Delta x_e + \Delta x_t + \Delta x_s$$

式中:  $x$  -分检仪的示值误差;

$x_i$  -载荷的示值误差 ( $x_i = I - L$ ,  $I$  为载荷的示值,  $L$  为载荷的标称值);

$\Delta x_d$  -显示分辨力引进的读数误差;

$\Delta x_w$  -示值重复性误差;

$\Delta x_e$  -偏载误差;

$\Delta x_s$  -运行速度引进的误差。

### C.2.3 不确定度分量

#### C.2.3.1 测量过程中示值重复性引入的标准不确定度分量 $u_w(\bar{x})$

对于  $n$  次序列的测量:  $u_w(\bar{x}) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}}$

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

式中:  $n$  -测量次数;

$x_i$  -测量过程中独立测得的载荷示值误差;

$\bar{x}$  -测量获得的载荷示值误差的平均值。

#### C.2.3.2 由于偏载引起的不确定度分量 $u_e$

采用极差法计算单次测量结果  $x_e$  的实验标准偏差  $s(x_e)$ :  $s(x_e) = \frac{R}{C} = \frac{x_{e\max} - x_{e\min}}{C}$

式中： $C$  -极差系数，与测量次数有关，可通过查表 3 获得；

$$\text{则平均值 } \bar{x}_e \text{ 的实验标准差 } u_e = \frac{s(x_e)}{\sqrt{n}}$$

表 4 极差系数表

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
C	1.13	1.69	2.06	2.33	2.53	2.70	2.85	2.97	3.08	3.47	3.73

#### C. 2. 3. 3 由运行速度引起的不确定度分量 $u_s$

测量分检仪在最快运行速度及最慢运行速度下的示值误差，采用极差法计算单次测量结果  $x_s$  的实验标准偏差  $s(x_s)$ ：
$$s(x_s) = \frac{R}{C} = \frac{x_{s\max} - x_{s\min}}{C}$$

式中： $C$  -极差系数，与测量次数有关，可通过查表 3 获得；

$$\text{则平均值 } \bar{x}_s \text{ 的实验标准差 } u_s = \frac{s(x_s)}{\sqrt{n}}$$

#### C. 2. 3. 4 标准砝码引入的不确定度分量 $u_m$

当使用试验用的标准砝码的实际质量值时所引入的不确定度分量

$$u_m = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_s^2(m_r)}$$

式中： $U$  -标准砝码检定结果不确定度；

$u_s(m_r)$  -标准砝码质量的不稳定性引起的不确定度。

当使用试验用的标准砝码的标称值时所引入的不确定度分量按均匀分布计算：

$$u_m = \frac{MPE}{\sqrt{3}}$$

式中： $MPE$  -所用砝码的最大允许误差；

#### C. 2. 3. 5 由显示分辨力引起的不确定度分量 $u_d$

由于分辨力引起的不确定度是：

$$u_d = \frac{d/2}{\sqrt{3}}$$

#### C. 2. 3. 6 其它误差源忽略不计

#### C. 2. 4 测量不确定度评定一览表

表 5 测量不确定度评定一览表

序号	测量不确定度项目	符号	类别	自由度
1	测量过程中示值重复性引入的标准不确定度分量	$u_w(\bar{x})$	A	n-1
2	由于偏载引起的不确定度分量	$u_e$	A	n-1
3	由运行速度引起的不确定度分量	$u_s$	A	n-1
4	标准砝码引入的标准不确定度分量	$u_m$	B	$\infty$
5	由显示分辨力引起的不确定度分量	$u_d$	B	$\infty$
6	合成标准不确定度	$u_c(x_i)$	B	$\infty$

## C.2.5 合成标准不确定度

$$u_c(x_i) = \sqrt{u_w^2(\bar{x}) + u_e^2 + u_s^2 + u_t^2 + u_m^2 + u_d^2}$$

## C.2.6 扩展不确定度:

取覆盖因子  $k=2$ , 则扩展不确定度为:  $U(x_i) = ku_c(x_i)$

## C.2.7 不确定度评定举例

当上述 X 类分检仪用于散料称量时, 按其用途可视为 Y 类分检仪, 试验选择接近最大称量的标准砝码作为实验载荷, 试验次数确定为 10 次。

表 6 自动运行试验

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值 $X_i$ (g)	500.0	500.2	500.1	500.4	499.9	500.0	500.2	500.0	500.3	500.2



图 1 自动运行偏载误差试验位置

表 7 运行状态下偏载试验

试验	位置	示值 (g)	误差 (g)	最大误差 (g)
1	输送段 1	299.9	-0.1	0.1
2		300.0	0.0	
3		300.0	0.0	

4		300.1	0.1	
5		300.0	0.0	
6	输送段 2	300.3	0.3	0.3
7		300.1	0.1	
8		300.2	0.2	
9		300.3	0.3	
10		300.3	0.3	

表 8 选择运行速度试验

试验	运行速度	载荷 (g)	示值 (g)	误差 (g)	最大误差 (g)
1	Max	500	500.1	0.1	0.3
2			500.3	0.3	
3			500.1	0.1	
4			500.2	0.2	
5			500.1	0.1	
6	Min	500	500.0	0.0	0.1
7			500.0	0.0	
8			500.1	0.1	
9			500.1	0.1	
10			500.0	0.0	

A 类标准不确定度评定:

1) 由重复性引入的不确定度分量

示值误差的平均值为:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} - X = 0.13g$$

单次测量标准不确定度 (贝塞尔公式) 为:

$$s(X_{ij}) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n-1}} = 0.17g$$

$u_w$  用单次测量标准不确定度  $S(X_{ij})$  算出:

$$u_w = \frac{S(X_{ij})}{\sqrt{n}} = 0.053g$$

其自由度为:  $\nu_1 = n - 1 = 9$

2) 由于偏载引起的不确定度分量  $u_e$

对偏载试验中 6~10 的试验结果, 采用极差法计算单次测量结果  $x_e$  的实验标准偏差

$s(x_e)$ :

$$s(x_e) = \frac{R}{C} = \frac{x_{e\max} - x_{e\min}}{C}$$

式中:  $C = 2.33(n = 5)$

则平均值  $\bar{x}_e$  的实验标准差  $u_e = \frac{s(x_e)}{\sqrt{n}} = \frac{0.2/2.33}{\sqrt{5}} = 0.038g$

3) 运行速度试验 1-试验 5 的试验结果, 采用极差法计算单次测量结果  $x_s$  的实验标准偏差  $s(x_s)$ :

$$s(x_s) = \frac{R}{C} = \frac{x_{s\max} - x_{s\min}}{C}$$

式中:  $C = 2.33(n = 5)$

则平均值  $\bar{x}_s$  的实验标准差

$$u_s = \frac{s(x_s)}{\sqrt{n}} = \frac{0.3/2.33}{\sqrt{5}} = 0.057g$$

标准不确定度的 B 类评定:

1) 标准砝码引入的不确定度分量, 以标准砝码实际值作为标准值,

$$u_m = \frac{MPE}{\sqrt{3}} = 0.002g$$

其自由度为:  $\rightarrow \infty$

2) 数字示值分辨率不确定度分量为:

$$u_d = \frac{d}{2\sqrt{3}} = 0.028g$$

表 9 各项标准不确定度一览表

序号	测量不确定度项目	符号	类别	数值	自由度
1	测量过程中示值重复性引入的标准不确定度分量	$u_w(\bar{x})$	A	0.053g	9
2	由于偏载引起的不确定度分量	$u_e$	A	0.038g	4
3	由于运行速度引起的不确定度分量	$u_s$	A	0.057g	4
4	标准砝码引入的标准不确定度分量	$u_m$	B	0.002g	$\infty$
5	由显示分辨力引起的不确定度分量	$u_d$	B	0.028g	$\infty$

合成标准不确定度:

$$u_c(x_i) = \sqrt{u_w^2(\bar{x}) + u_e^2 + u_s^2 + u_m^2 + u_d^2}$$

$$= \sqrt{0.053^2 + 0.038^2 + 0.057^2 + 0.002^2 + 0.028^2} = 0.082g$$

扩展不确定度为:  $U = ku_c = 0.2g$  ( $k = 2$ )

### C.3 非自动运行不确定度评定

被校分检仪非自动运行状态下测量模型为:  $E = I - L$

式中:  $E$  - 示值误差;

$I$  - 示值;

$L$  - 试验载荷。

则:  $u(E)^2 = u(I)^2 + u(L)^2$ 。

其中  $u(I)^2 = u(d)^2 + u(I_{\text{rep}})^2 + u(I_{\text{ecc}})^2$

式中:  $u(d)$  为分辨力引入的不确定度分量;

$u(I_{\text{rep}})$  为重复性引入的不确定度分量;

$u(I_{\text{ecc}})$  为偏载引入的不确定度分量;

如果只进行一次重复性测量, 则该测量确定的重复性不确定度分量可代表天平整个量程的重复性。  $u(I_{\text{rep}})$  可由单次测量结果不确定度确定。

偏载引起的标准不确定度由于试验载荷重心的偏离引起的误差。通常可忽略不计, 由多个砝码组成试验载荷时可能会出现这一影响。如果无法忽略这一影响, 由偏载误差

引入的不确定度分量计算如下：

由于偏载误差与载荷重心到承载器中心的距离成比例。则承载器任意点处由偏载引入的误差小于静态运行状态下偏载误差有关。因此由偏载误差引入的不确定度分量服从矩形分布：

$$u(I_{\text{rep}}) = I_{\text{eccmax}} / 2\sqrt{3}$$

式中： $I_{\text{eccmax}}$  ——偏载误差最大值。

$u(L)$  为标准砝码引入的不确定度分量，计算方法参见 C.2.3.5。