



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1247—2010

---

## 动态（矿用）轻轨衡校准规范

Calibration Specification for Weighing Instruments  
for Mining Car in Motion

2010-05-11 发布

2010-08-11 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 动态（矿用）轻轨衡校准规范

Calibration Specification for Weighing Instruments  
for Mining Car in Motion

JJF 1247—2010

---

本规范经国家质量监督检验检疫总局于2010年5月11日批准，并自2010年8月11日起施行。

**归口单位：**全国衡器计量技术委员会

**主要起草单位：**重庆市计量质量检测研究院  
青岛衡器测试中心

**参加起草单位：**重庆大唐称重系统有限公司  
山西长治维特衡器有限公司  
重庆自成电子衡器有限公司

本规范由全国衡器计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

丁跃清（重庆市计量质量检测研究院）

王均国（青岛衡器测试中心）

许 涛（重庆市计量质量检测研究院）

王 刚（重庆市计量质量检测研究院）

**参加起草人：**

唐廷焯（重庆大唐称重系统有限公司）

张荣轩（山西长治维特衡器有限公司）

陈蜀滨（重庆自成电子衡器有限公司）

# 目 录

1	范围	(1)
2	引用文献	(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)
5	计量特性	(2)
5.1	动态技术指标	(2)
5.2	静态技术指标	(3)
5.3	指示装置和打印装置的一致性	(4)
5.4	印封装置及软件	(4)
6	校准条件	(5)
6.1	环境条件	(5)
6.2	校准所用仪器设备	(5)
7	校准项目和校准方法	(5)
7.1	功能检查	(5)
7.2	静态称量校准	(5)
7.3	动态称量校准	(6)
8	校准结果表达	(9)
9	复校时间间隔	(9)
附录 A	校准记录格式	(10)
附录 B	校准证书内页格式	(14)
附录 C	校准结果测量不确定度的评定方法	(15)

## 动态（矿用）轻轨衡校准规范

### 1 范围

本规范适用于矿用轻轨铁路线（轨距不大于 900 mm）上使用的、对矿用车辆或车列质量进行称量的动态矿用轻轨衡（以下简称轻轨衡）的校准。

### 2 引用文献

- JJG 555—1996 非自动秤通用检定规程  
JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示  
JJF 1071—2000 国家计量校准规范编写规则  
JJF 1181—2007 衡器计量名词术语及定义  
OIML R 106 Automatic Rail-Weighbridges  
使用本规范时，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

本规范中所用的术语与 JJF 1181—2007《衡器计量名词术语及定义》相一致，为使用方便、便于理解，特引用部分术语，并增加了适用本规范的一些专用术语。

##### 3.1.1 动态（矿用）轻轨衡 weighing instruments for mining car in motion

在矿用轻轨铁路线上使用的、对矿用车辆质量或车列质量进行自动称量的衡器。

注：该术语在行业中通常称为动态自动轻轨衡。

##### 3.1.2 约定真值 conventional true value

对于给定目的而且具有适当不确定度时，所赋予特定量的、可以接受的约定值。

注：本规范中的特定量是指参考车辆的静态质量。

##### 3.1.3 称重区 weigh zone

由承载器和两端的引轨组成的区域，称量时被称车辆必须处于此区域。

##### 3.1.4 引轨 apron

称重区的一部分，位于承载器两端，但不包括承载器。

##### 3.1.5 最大称量 (Max) maximum capacity (Max)

不计添加皮重时的最大称量能力，以符号 Max 表示。

注：轻轨衡的动态最大称量是指轻轨衡可以进行动态称量而未经累加的最大载荷。

##### 3.1.6 最小称量 (Min) minimum capacity (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，以符号 Min 表示。

##### 3.1.7 动态分度值 ( $d$ ) dynamic scale interval ( $d$ )

以质量单位表示动态称量的数值，等于显示或打印的相邻两个示值之差。

### 3.1.8 参考车辆 reference vehicle

已知约定真值的车辆。

——已由控制衡器确定总重和轴载荷的车辆。

### 3.1.9 控制衡器 control instrument

用于确定被测衡器的动态试验（或物料试验）中，被测载荷（物料）的约定真值（参考值）的衡器。控制衡器可以是：

- 与被测衡器相分开的另外一台独立衡器，称作分离式控制衡器；
- 若被测衡器具有静态称量功能，被测衡器本身也可作为控制衡器，称作集成式控制衡器。

### 3.1.10 静态称量校准 static weighing calibration

在承载器上，使用标准砝码来确定轻轨衡静态称量误差的一种校准。

### 3.1.11 动态称量校准 in-motion weighing calibration

使用参考车辆驶过承载器来确定轻轨衡动态称量误差的一种校准。

## 3.2 计量单位

轻轨衡使用的计量单位为千克（kg）或吨（t）。

## 4 概述

轻轨衡是一种安装在矿用轻轨铁路上，以轴称量方式或整车称量方式对矿用车辆及车列的质量进行称量的衡器。它通常由承载器、称重传感器、数据处理器以及电子称重仪表等组成。

## 5 计量特性

### 5.1 动态技术指标

#### 5.1.1 动态准确度等级

以整车称量方式的轻轨衡，其准确度等级可分为3个等级，用符号表示为：2，5，10。

以轴称量方式的轻轨衡，其准确度等级可分为2个等级，用符号表示为：5，10。

#### 5.1.2 动态称量的技术指标

轻轨衡动态称量的技术指标不超过下列最大者：

- a) 将表1中的数值修约到最接近的分度值（若需要）；
- b) 每节单车不超过 $1d$ ，整列车不超过车辆数乘以 $1d$ 。

表1 轻轨衡动态称量的技术指标

准确度等级	动态称量的技术指标
2	$\pm 1.0\%$
5	$\pm 2.5\%$
10	$\pm 5.0\%$

注：以上技术指标不用于合格性判断，仅提供参考。

5.1.3 动态分度值 ( $d$ ) 和分度数 ( $n$ )

动态分度值以质量单位表示, 并应符合  $1 \times 10^k$ 、 $2 \times 10^k$  或  $5 \times 10^k$ , 其中“ $k$ ”为正整数、负整数或零。

动态准确度等级、分度值和分度数之间的关系见表 2。

表 2 动态准确度等级、分度值和分度数之间的关系

准确度等级	分度值 $d/\text{kg}$	分度数 $n$	
		最小值	最大值
2	$1 \leq d \leq 50$	500	3 000
5, 10	$1 \leq d \leq 100$	100	1 000

## 5.1.4 最小称量 (Min)

最小称量见表 3。

表 3 最小称量

准确度等级	最小称量
2	$50d$
5, 10	$20d$

## 5.1.5 称量速度

将车辆通过轻轨衡承载器的平均速度作为称量速度, 并以“ $\text{km/h}$ ”为计量单位显示。称量速度应符合制造企业规定的要求。

## 5.2 静态技术指标

## 5.2.1 静态准确度等级

具有静态称量功能的轻轨衡, 并作为控制衡器使用时, 其静态计量性能应符合 JJG 555—1996《非自动秤通用检定规程》中Ⅲ或Ⅳ级衡器的要求。

## 5.2.2 静态称量的技术指标

具有静态称量功能的轻轨衡, 其静态称量的技术指标见表 4。

表 4 轻轨衡静态称量的技术指标

载荷 $m$ (用静态分度值 $d_i$ 表示) / $\text{kg}$		静态称量的技术指标
Ⅲ	Ⅳ	
$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$	$\pm 0.5d_i$
$500 < m \leq 2\,000$	$50 < m \leq 200$	$\pm 1.0d_i$
$2\,000 < m \leq 10\,000$	$200 < m \leq 1\,000$	$\pm 1.5d_i$

注: 以上技术指标不用于合格性判断, 仅提供参考。

5.2.3 静态分度值 ( $d_i$ ) 和分度数 ( $n_i$ )

静态分度值以质量单位表示, 并应符合  $1 \times 10^k$ 、 $2 \times 10^k$  或  $5 \times 10^k$ , 其中“ $k$ ”为正整数、负整数或零。

静态准确度等级、分度值和分度数之间的关系见表 5。

表 5 静态准确度等级、分度值和分度数之间的关系

准确度等级	静态分度值 $d_i/\text{kg}$	静态分度数 $n_i$	
		最小值	最大值
Ⅲ	$1 \leq d \leq 50$	500	10 000
Ⅳ	$1 \leq d \leq 100$	100	1 000

静态分度值仅适用于静态称量。当静态分度值不等于动态分度值，轻轨衡进行动态称量时应能自动转换到动态分度值。如果轻轨衡不作为静态称量使用时，应不显示静态分度值。

#### 5.2.4 置零准确度

置零后，零点偏差对称量结果的影响应不超过  $\pm 0.25d_i$ 。

#### 5.2.5 除皮的准确度

轻轨衡除皮装置的准确度在符合  $\pm 0.25d_i$  时才能置零。

#### 5.2.6 偏载

同一载荷在承载器不同位置，其示值误差应不大于本规范 5.2.2 表 4 规定的技术指标。

#### 5.2.7 重复性

对同一载荷，多次称量结果的最大差值应不大于本规范 5.2.2 表 4 规定的该称量的技术指标的绝对值。

注：以上技术指标不用于合格性判断，仅提供参考。

#### 5.3 指示装置和打印装置的一致性

对于提供同一称量结果的所有指示装置和打印装置必须具有相同分度值，任何两个装置之间的示值不应有差异。

#### 5.4 印封装置及软件

不允许使用者打开或调整的装置，都应进行密封或印封。任何可以改变测量结果的参数装置，特别是校正或校准装置，都应进行印封；当无法采用机械印封装置对涉及影响测量结果的参数进行保护时，应采取电子印封装置方式实现保护。

轻轨衡使用的计量软件应当符合如下要求：

对计量软件应当进行印封，不破坏印封就不能更改计量软件；或者是计量软件的任何改变必须由一个识别代码自动地发出信号，并易于察觉。

计量软件应赋予固定的版本号。版本号应标注在轻轨衡电子主板上，同时存储到计量软件中，并可以调出来与主板的标注号比较。非法定相关的应用软件变化不应影响轻轨衡的功能和准确度。

对于嵌入式软件的轻轨衡，制造单位应声明该轻轨衡的软件属于嵌入式。在固定的硬件和软件环境下，应当采取保护措施保证校准后不会通过任何界面进行调试或升级。



## 6 校准条件

校准时，被校轻轨衡称量操作应与实际使用是相同的，不应改变正常的运行状态。

### 6.1 环境条件

校准应当在轻轨衡制造单位规定的使用环境条件下进行，遇雨、雪或者其他可能影响校准结果的情况时应暂停校准。

### 6.2 校准所用仪器设备

#### 6.2.1 标准砝码

用于轻轨衡校准的标准砝码，数量及误差应满足校准的要求。

#### 6.2.2 标准砝码替代

当轻轨衡在其使用地点进行校准时，假如使用的标准砝码少于最大称量的 $1/2$ ，可以用其他恒定载荷替代标准砝码。

如果重复性不大于 $0.3d_j$ ，标准砝码部分可减少到最大称量的 $1/3$ 。

如果重复性不大于 $0.2d_j$ ，标准砝码部分可减少到最大称量的 $1/5$ 。

重复性是用约为替代物的载荷值（砝码或任意其他载荷）在承载器上重复施加3次确定的。

#### 6.2.3 控制衡器

对参考车辆进行静态称量、确定参考车辆总质量约定真值的控制衡器，其误差应满足校准的要求。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 功能检查

按照下列要求检查轻轨衡，满足要求后再进行称量的校准。

#### a) 计量单位

检查轻轨衡的计量单位，应符合本规范3.2条的规定。

#### b) 分度值、分度数及最小称量

检查轻轨衡的分度值和分度数，应符合本规范5.1.3条和5.2.3条的规定；检查轻轨衡的最小称量，应符合本规范5.1.4条的规定。

#### c) 指示装置和打印装置的一致性

检查称量结果的指示和打印，应符合本规范5.3条的规定。

#### d) 印封装置及软件

检查轻轨衡的印封装置及软件，应符合本规范5.4条的规定。

### 7.2 静态称量校准

如果轻轨衡具有静态称量功能或作为集成式控制器使用时，应当按照下面要求进行静态称量校准。

#### a) 预加载

在进行每一项称量性能校准前，轻轨衡应预先加载至最大称量一次。

## b) 置零准确度

先将轻轨衡置零，测定使示值由零点变为零上一个分度值的附加砝码，置零准确度应不超过 $\pm 0.25d_j$ 。

## c) 去皮准确度

确定去皮装置的准确度，应把使用去皮装置的示值调整为零后，测定使示值由零点变为零上一个分度值的附加砝码，去皮准确度应符合本规范 5.2.5 条的要求。

如果轻轨衡具有自动置零或零点跟踪装置，校准中应运行。

## d) 偏载

将 1/3 最大秤量的砝码分别放在面积约等于承载器 1/4 的区域内，示值误差应符合本规范 5.2.2 表 4 的要求。

如两支承点相距太近，则可把两倍的 1/3 最大秤量的砝码分别加放到两支承点连线两侧面积的两倍区域上。

如果轻轨衡具有自动置零或零点跟踪装置，校准中不应处于运行状态。

## e) 称量校准

将轻轨衡置零，然后逐步施加载荷从零点加载直至最大秤量，然后逆向卸载荷至零点。至少应选择 5 个不同载荷值，包括最大秤量和最小秤量，以及技术指标改变的载荷点。

加载或卸载应按单一方向进行，每次加卸载后，示值误差应符合本规范 5.2.2 表 4 的要求。

如果轻轨衡具有自动置零或零点跟踪装置，校准中应运行。

## f) 重复性

重复性是将恒定载荷多次施加到轻轨衡的承载器上来确定的。重复性应在以下 2 个载荷点上进行：1/2 最大秤量、最大秤量。每个载荷点应至少加载 3 次，其重复性应符合本规范 5.2.2 表 4 规定的技术指标的绝对值。

如轻轨衡有自动置零或零点跟踪装置，校准中应运行。

## g) 静态称量校准误差的计算

对于静态分度值为  $d_j$  的轻轨衡，采用闪变点法确定其化整误差，方法如下：

在轻轨衡上施加砝码质量为  $m$  时，轻轨衡示值为  $I$ ，再连续加放  $0.1d_j$  的附加小砝码，直到轻轨衡的示值明显地增加一个  $d_j$ ，变为  $(I+d_j)$ 。所有附加小砝码为  $\Delta m$ ，可用下述公式得到化整前的示值为  $P$ ：

$$P = I + 0.5d_j - \Delta m \quad (1)$$

化整前的误差为

$$E = P - m = I + 0.5d_j - \Delta m - m \quad (2)$$

化整前的修正误差为

$$E_c = E - E_0 \quad (3)$$

式中， $E_0$  为零点或接近零点的误差。

## 7.3 动态称量校准

### 7.3.1 参考车辆及校准载荷的选择

校准使用的参考车辆应选取代表性的车辆，应当选择车轮磨损轻、各个部件完整、车况较好的车辆作为参考车辆。参考车辆所代表的校准载荷应覆盖轻轨衡的称量范围，即空载至最大称量，如果实际使用的载荷达不到最大称量，可以采用常用称量。

#### a) 非连挂车辆

非连挂车辆应包括空载车辆、接近 1/2 最大称量的车辆和接近最大称量的车辆。

#### b) 连挂车辆

连挂车辆应包括 3 辆参考车辆，排列顺序为：机车—接近最大称量的车辆—接近 1/2 最大称量的车辆—空载车辆；或者为：接近最大称量的车辆—接近 1/2 最大称量的车辆—空载车辆—机车。机车位置应与实际使用位置相符。

### 7.3.2 动态称量校准的一般要求

a) 称量操作开始前，参考车辆应与引轨保持足够距离开始启动，在到达引轨前和动态校准中，参考车辆应能达到并保持恒定称量速度。

b) 在校准前，参考车辆应以最高称量速度往返通过轻轨衡 3 次，并在轻轨衡上进行制动、停车、起动试验。试验后，轻轨衡的零部件及基础不得出现松动、裂纹和损坏现象且能正确分辨车辆。试验后，允许对轻轨衡进行调整，但调整后应能保持相应的计量性能。

### 7.3.3 确定参考车辆质量的约定真值

#### 7.3.3.1 采用分离式控制衡器法

参考车辆的约定真值，应在本规范 7.3.1 条规定的载荷条件下通过整车计量方式，在合格的分离式控制衡器上予以确定。

当参考车辆为非连挂车辆时，称量时将参考车辆的全部置于承载器上，并保证处于静止状态，称量 3 次，计算 3 次称量结果的重复性和算术平均值。重复性按极差法计算。如果重复性小于动态称量技术指标的 1/3，方可取 3 次称量结果的算术平均值作为参考车辆质量的约定真值。

当参考车辆为连挂车辆时，首先将其断开，成为非连挂的单一车辆（包括连挂件）。再采用上述确定非连挂车辆质量的约定真值的方法得到连挂车辆中每一辆参考车辆及其连挂件质量的约定真值，然后将各辆参考车辆及其连挂件质量的约定真值相加，得到连挂车辆质量的约定真值。

#### 7.3.3.2 采用集成式控制衡器法

如果将被校准的轻轨衡作为集成式控制衡器，根据被校准轻轨衡的称量方式，分别按照下面方式确定参考车辆质量的约定真值。

##### (1) 对于整车称量方式的轻轨衡

首先按照本规范 7.2 条的方法进行静态称量校准，校准后再按照本规范 7.3.3.1 条的方法确定参考车辆质量的约定真值。

##### (2) 对于轴称量方式的轻轨衡

a) 在轻轨衡承载器中间部位做好位置标记，作为砝码校准和参考车辆静态称量的

位置。

b) 选择接近参考车辆 1/2 空载、1/4 最大秤量和 1/2 最大秤量作为校准载荷点。

c) 对每一校准载荷点,先在轻轨衡的承载器标记位置上放置对应的砝码 ( $m$ ) 进行称量,读取读数 ( $I_{Ai}$ ),共测量 6 次,按极差法计算其重复性。如果重复性小于动态称量技术指标的 1/3 时,方可取 6 次称量结果的算术平均值 ( $I_A$ ) 作为砝码校准轻轨衡的示值。然后依次对该校准载荷点对应的参考车辆的每个轴进行称量,各称量 6 次,每次均重复压在标记上,记录每个轴的称量结果 ( $I_{Bi}$ ),计算其算术平均值 ( $I_B$ ) 和重复性。重复性按极差法计算。如果重复性小于动态称量技术指标的 1/3 时,方可按公式 (4) 计算该参考车辆每个轴的约定真值。

$$M_{refi} = \frac{m}{I_A} \times I_B \quad (4)$$

取两个轴的约定真值之和作为参考车辆质量的约定真值  $M_{ref}$ 。

$$M_{ref} = M_{ref1} + M_{ref2} \quad (5)$$

连挂车辆质量的约定真值  $M_{refl}$  为连挂车辆中各辆参考车辆及其连挂件质量的约定真值之和。

$$M_{refl} = \sum_{j=1}^3 M_{refj} \quad (6)$$

式中:  $j$  —— 连挂车辆中单一车辆的编号,  $j=1, 2, 3$ ;

$M_{refj}$  —— 连挂车辆中第  $j$  辆车辆及其连挂件质量的约定真值;

$M_{refl}$  —— 连挂车辆整列车辆质量的约定真值。

注: 如果采用标准砝码作为载荷,可以按照本规范 7.3.3.1 条或 7.3.3.2 条的方法确定参考车辆空载的约定真值,再与所加的标准砝码质量相加即为参考车辆的约定真值。

### 7.3.4 动态称量误差校准

#### 7.3.4.1 非连挂车辆

按照本规范 7.3.1 条确定的非连挂车辆进行动态称量误差校准,对非连挂车辆的每种校准载荷均进行 10 次动态称量,每次都匀速通过轻轨衡,记录动态校准时非连挂车辆质量示值  $M_{di}$ ,并按公式 (7) 计算轻轨衡称量误差  $E_i$ :

$$E_i = \frac{M_{di} - M_{ref}}{M_{ref}} \times 100\% \quad (7)$$

式中:  $i$  —— 非连挂车辆动态称量的次数,  $i=1, 2, \dots, n, n=10$ ;

$M_{di}$  —— 非连挂车辆第  $i$  次动态称量质量示值;

$M_{ref}$  —— 非连挂车辆质量的约定真值。

#### 7.3.4.2 连挂车辆

按照本规范 7.3.1 条确定的连挂车辆进行动态称量误差校准,每次都匀速通过轻轨衡,共进行 10 次动态称量,记录动态校准时整列车辆质量示值  $M_{dli}$ ,并按公式 (8) 计算轻轨衡称量误差  $E_{Li}$ :

$$E_{Li} = \frac{M_{dli} - M_{refl}}{M_{refl}} \times 100\% \quad (8)$$

式中： $i$ ——连挂车辆动态称量的次数， $i=1, 2, \dots, n, n=10$ ；

$M_{dl,i}$ ——连挂车辆第  $i$  次动态称量整列车辆质量示值；

$M_{ref}$ ——连挂车辆整列车辆质量的约定真值。

## 8 校准结果表达

校准证书或校准报告应至少包含以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校轻轨衡的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校轻轨衡的接受日期；
- h) 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；
- i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 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；
- n) 校准结果仅对被校轻轨衡有效的声明；
- 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

轻轨衡的复校时间间隔一般由用户根据轻轨衡的计量特性和使用状况自行确定，建议最长复校时间间隔不超过 1 年。

## 附录 A

## 校准记录格式

校准证书编号：

## 1 现场及被校轻轨衡信息

送校单位的名称		地址	
被校轻轨衡名称			
出厂编号	型号规格	制造单位	
动态准确度等级	动态最大秤量	动态分度值	
静态准确度等级	静态最大秤量	静态分度值	
使用的标准砝码	不确定度或准确度等级或最大允许误差	有效期至	
使用的控制衡器	不确定度或准确度等级或最大允许误差	有效期至	
校准地点	环境温度	℃	相对湿度 %
校准人员	核验人员	校准日期	
校准依据：JJF 1247—2010《动态（矿用）轻轨衡校准规范》			

## 2 标志及功能检查：

## 3 静态称量校准

## 3.1 置零准确度

## 3.2 去皮准确度

自动置零和零点跟踪装置是：

没有      不运行      超出工作范围      运行
3.3 偏载 ( $E = P - m = I + 0.5d_1 - \Delta m - m$ ,  $E_c = E - E_0$ )

自动置零和零点跟踪装置是：

没有      不运行      超出工作范围

单位：

位置	$I$	$m$	$E$	$E_c$

位置	$I$	$m$	$E$	$E_c$

3.4 称量校准 ( $E = P - m = I + 0.5d_1 - \Delta m - m$ ,  $E_c = E - E_0$ )

自动置零和零点跟踪装置是：

没有      不运行      超出工作范围      运行

单位：

	砝码 $m$	示值 $I$		附加砝码 $\Delta m$		误差 $E$		修正误差 $E_c$		静态技术指标
		↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	
1										
2										
3										
4										
5										

3.5 重复性 ( $P=I+0.5d_j-\Delta m$ )

自动置零和零点跟踪装置是：

没有      运行

单位：

	$m$	$I$	$\Delta m$	$P$	$P_{\max}-P_{\min}$	静态技术指标
1						
2						
3						
4						
5						
6						

静态称量校准结果：

## 4 动态称量校准

## 4.1 参考车辆质量的约定真值

4.1.1 采用分离式控制衡器法或集成式控制衡器法中整车称量方式确定参考车辆质量的约定真值

单位：

校准载荷点		空载	1/2 最大秤量	最大秤量
1				
2				
3				
重复性				
动态称量指标的 1/3				
参考车辆 的约定真值	非连挂车辆			
	连挂车辆	最大秤量+1/2 最大秤量+空载；		

4.1.2 采用集成式控制衡器法中轴称量方式确定参考车辆质量的约定真值

单位：

校准载荷点		1/2 空载 (砝码质量 $m$ : kg)		1/4 最大秤量 (砝码质量 $m$ : kg)		1/2 最大秤量 (砝码质量 $m$ : kg)	
		前轴	后轴	前轴	后轴	前轴	后轴
放标准砝码时读数 $I_{Ai}$	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	重复性						
	动态称量指标的 1/3						
	$I_A$						
参考车辆 $I_{Bi}$		前轴	后轴	前轴	后轴	前轴	后轴
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	重复性						
	动态称量指标的 1/3						
$I_B$							
每个轴的约定真值							
参考车辆的约定真值	非连挂车辆	空载：		1/2 最大秤量：		最大秤量：	
	连挂车辆	最大秤量+1/2 最大秤量+空载：					



## 4.2 动态称量误差校准

参考车辆	非连挂车辆			连挂车辆
校准载荷	空载	1/2 最大秤量	最大秤量	最大秤量— 1/2 最大秤量—空载
参考车辆的约定真值				
动态称量的次数	$M_{di}/\text{kg}$	$M_{di}/\text{kg}$	$M_{di}/\text{kg}$	$M_{di,i}/\text{kg}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
最大值				
差值				
最小值				
差值				
最大称量误差				
动态技术指标				

## 4.3 动态称量校准结果：

## 附录 B

### 校准证书内页格式

- 1 校准所依据的规范：JJF 1247—2010《动态（矿用）轻轨衡校准规范》
- 2 校准所用计量标准器名称：
  - 测量范围：
  - 不确定度或准确度等级或最大允许误差：
  - 有效期至：
- 3 校准结果：
  - 3.1 静态称量校准结果（如有）：
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  - 3.2 动态称量校准结果：

（以下空白）

## 附录 C

## 校准结果测量不确定度的评定方法

## C.1 测量方法

在《动态（矿用）轻轨衡校准规范》中有两类测量方法：静态称量校准和动态称量校准。

## C.1.1 静态称量校准

静态称量校准方法按照 JJG 555—1996《非自动秤通用检定规程》要求进行，即采用直接加砝码法，将砝码直接加到被校轻轨衡的承载器上，利用“闪变点法”或者“内分辨力法”确定轻轨衡静态称量的示值误差。

## C.1.2 动态称量校准

动态称量校准方法是在轻轨衡的使用现场，采用预先确定的参考车辆，首先采用静态称量方法确定参考车辆质量的约定真值，再按照规定的动态称量校准次数进行动态称量。根据参考车辆动态称量质量与静态称量约定真值之差确定轻轨衡动态称量的示值误差。

## C.2 数学模型

## C.2.1 静态称量校准

根据《动态（矿用）轻轨衡校准规范》的要求和数学分析，静态称量校准的数学模型为：

$$E = I - m \quad \text{或} \quad E = P - m = I + 0.5d_j - \Delta m - m \quad (\text{C.1})$$

式中： $E$ ——轻轨衡静态示值误差；

$I$ ——轻轨衡示值；

$m$ ——砝码或载荷的实际值；

$P$ ——化整之前的示值  $P = I + 0.5d_j - \Delta m$ ；

$\Delta m$ ——到下一个闪变点的附加载荷；

$d_j$ ——静态分度值。

## C.2.2 动态称量校准

根据《动态（矿用）轻轨衡校准规范》的要求和数学分析，动态称量校准的数学模型为：

$$E_M = M - M_{\text{ref}} \quad (\text{C.2})$$

相对误差： $E_i = (M_{di} - M_{\text{ref}}) / M_{\text{ref}} \quad (\text{C.3})$

式中： $E_i$ ——轻轨衡动态称量误差；

$M_{\text{ref}}$ ——参考车辆质量的约定真值；

$M_{di}$ ——参考车辆第  $i$  次动态称量质量示值。

## C.3 测量不确定度的评定

## C.3.1 静态称量校准的测量不确定度评定

## C.3.1.1 影响静态称量校准的测量不确定度来源有：

- a. 重复性条件下轻轨衡的重复性；
- b. 标准器（砝码）的质量值不准；
- c. 轻轨衡数字示值的分辨力；
- d. 测量方法与规定的测量方法和程序的不一致性；
- e. 人员误差的存在；
- f. 环境（如振动、干扰、安装水平度及平行直线性）对测量结果的影响。

在参考条件下，由于校准时间较短，环境相对稳定，可不必考虑上述不确定度来源中影响较小的 d、e、f 条；只考虑重复性、砝码的质量值不准和轻轨衡数字示值的分辨力的影响。

## C.3.1.2 标准不确定度分量的评定

C.3.1.2.1 轻轨衡的重复性导致的 A 类测量不确定度分量  $u_1$ 

在重复性条件（包括相同的载荷、相同的环境条件及相同的称量方法等）下，用砝码对轻轨衡重复称量 10 次，采用贝塞尔公式计算  $u_1$

$$u_1 = \frac{s(m_i)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2 / n(n-1)} \quad (\text{C.4})$$

C.3.1.2.2 砝码质量值不准引入的测量不确定度分量  $u_2$ 

作为标准器的  $M_1$  级砝码，相对于被校轻轨衡来讲其性能是非常稳定的，随机影响很小，但砝码提供的实际值与砝码真值之间存在着误差，可以用 B 类评定方法进行评定。

由于  $M_1$  级砝码通常没有修正值，这样砝码实际值通常在砝码允差范围内变化，作为均匀分布处理，其  $k$  值为  $\sqrt{3}$ ，则每一个砝码引入的不确定度分量为  $u_{\text{分}} = mpev_i / \sqrt{3}$ 。

由于砝码组合的质量值是强相关，相关系数为 1，所以测量不确定度的合成为每一个砝码允差的累加，即

$$u_2 = \sum_{i=1}^n u_{\text{分}} = \sum_{i=1}^n mpev_i / \sqrt{3} \quad (\text{C.5})$$

C.3.1.2.3 轻轨衡数字示值分辨力带来的测量不确定度分量  $u_3$ 

由于在进行轻轨衡的静态校准时，采用“闪变点法”或“内分辨力法”确定轻轨衡化整前的示值误差。采用“闪变点法”可使数字示值的分辨力  $\delta_x$  变为  $0.1d_j$ ，采用“内分辨力法”也可使数字示值的分辨力  $\delta_x$  变为  $0.2d_j$ ，取其大者， $\delta_x$  分布可作为均匀分布处理，其半宽应为  $\delta_x/2$ ，其  $k$  值为  $\sqrt{3}$ ，则轻轨衡数字示值分辨力引入的测量不确定度分量  $u_3$  为

$$u_3 = (\delta_x/2) / \sqrt{3} = 0.29\delta_x \quad (\text{C.6})$$

## C.3.1.3 合成标准不确定度的评定

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \quad (\text{C.7})$$

## C.3.1.4 扩展不确定度的评定

取  $k=2$ ，则扩展不确定度：

$$U = ku_c \quad (\text{C.8})$$

## C.3.2 动态称量校准的测量不确定度评定

## C.3.2.1 影响动态称量校准的测量不确定度来源有：

- a. 重复性条件下轻轨衡的重复性；
- b. 标准器（控制衡器或砝码）的示值不准；
- c. 轻轨衡的数字示值的分辨力；
- d. 称量速度变化对测量结果的影响；
- e. 环境（如振动、干扰、安装水平度及平行直线性）对测量结果的影响；
- f. 测量方法与规定的测量方法和程序的不一致性；
- g. 人员误差的存在；
- h. 车辆带来的示值不准。

在参考条件下，由于校准时间较短，环境相对稳定，可不必考虑上述不确定度来源中影响较小的 f、h 条对测量结果的影响；e 条中振动、干扰影响较小，属高阶小量，可以忽略不计；安装平行直线性以及 g 条对测量结果有影响，可以通过重复性体现；所以，影响轻轨衡的动态称量校准结果的不确定度主要有：a 条轻轨衡的重复性、b 条标准器的示值不准、c 条轻轨衡示值的分辨力、d 条称量速度变化对测量结果的影响以及 e 条中安装水平度对测量结果的影响。

## C.3.2.2 标准不确定度分量的评定

C.3.2.2.1 轻轨衡的重复性引入的 A 类测量不确定度分量  $u_{\text{动}1}$ 

在重复性测量条件（包括相同的称量速度、相同的载荷、相同的环境条件、相同的称量方法等）下，用参考车辆对轻轨衡重复称量 10 次，采用贝塞尔公式计算  $u_{\text{动}1}$ ：

$$u_{\text{动}1} = \frac{s(M_{di})}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{di} - \bar{M}_d)^2}{n(n-1)}} \quad (\text{C.9})$$

C.3.2.2.2 标准器引入的测量不确定度分量  $u_{\text{动}2}$ 

(1) 采用分离式控制衡器法或集成式控制衡器法中整车称量方式确定参考车辆质量的约定真值，由控制衡器提供的示值不准引入的测量不确定度分量  $u_{\text{动}2}$ 。

控制衡器提供的示值不准引入的测量不确定度可以用 B 类评定方法得到。合格的控制衡器，其示值误差在允差范围内。按(Ⅲ)秤要求计算，最大误差为  $(0.5 \sim 1.5) d_j$ （0~500 个分读数，最大误差为  $0.5d_j$ ；500~2 000 个分读数，最大误差为  $1.0d_j$ ；2 000~10 000 个分读数，最大误差为  $1.5d_j$ ），按均匀分布  $k=\sqrt{3}$ ，

$$u_{\text{动}2} = (0.5 \sim 1.5)d_j / \sqrt{3} \quad (\text{C.10})$$

(2) 采用轴称量方式确定参考车辆质量的约定真值，可以用 B 类评定方法得到其

引入的测量不确定度分量  $u_{\text{动}2}$ 。它包括如下 3 个分量：

a. 由砝码质量值不准引入的测量不确定度分量。由于  $M_1$  级砝码通常没有修正值，这样砝码实际值通常在砝码允差范围内变化，作为均匀分布处理，其  $k$  值为  $\sqrt{3}$ 。由于砝码组合的质量值是强相关，相关系数为 1，所以测量不确定度合成为每一个砝码允差的累加，即

$$u_{\text{动}21} = \sum_{i=1}^n u_{d_i} = \sum_{i=1}^n mpev_{d_i} / \sqrt{3} \quad (\text{C. 11})$$

b. 用砝码校正轻轨衡 6 次，重复性引入的不确定度分量，规范规定重复性小于动态称量技术指标（用  $mpev$  表示）的 1/3，作为均匀分布处理，不确定度分量为

$$u_{\text{动}22} = (mpev/3) / \sqrt{3} \quad (\text{C. 12})$$

c. 用轻轨衡静态称量参考车辆 6 次引入的不确定度分量，规范规定重复性小于动态称量技术指标的 1/3，按均匀分布处理，不确定度分量为

$$u_{\text{动}23} = (mpev/3) / \sqrt{3} \quad (\text{C. 13})$$

所以，采用轴称量方式确定参考车辆质量的约定真值引入的测量不确定度分量  $u_{\text{动}2}$  为

$$u_{\text{动}2} = \sqrt{u_{\text{动}21}^2 + u_{\text{动}22}^2 + u_{\text{动}23}^2} \quad (\text{C. 14})$$

#### C. 3. 2. 2. 3 轻轨衡示值分辨力带来的测量不确定度分量 $u_{\text{动}3}$

由于在进行轻轨衡动态校准时，无法采用“闪变点法”确定轻轨衡化整前的示值误差。因此对于动态分度值  $d$  的轻轨衡，其数字示值分辨力就是  $d$ ，所以由于分辨力引入的不确定度为

$$u_{\text{动}3} = \frac{1/2d}{\sqrt{3}} = 0.29d \quad (\text{C. 15})$$

#### C. 3. 2. 2. 4 安装不水平对测量结果的影响引入的测量不确定度分量 $u_{\text{动}4}$

考虑安装最大倾斜角度为  $\theta$ ，则由于安装不水平对测量结果的影响引入的测量不确定度分量  $u_{\text{动}4}$  为

$$u_{\text{动}4} = (1 - \cos\theta) \times M_d \quad (\text{C. 16})$$

#### C. 3. 2. 2. 5 称量速度的变化引入的测量不确定度分量 $u_{\text{动}5}$

采用 10 种不同速度（从最小称量速度到最大称量速度）对同一参考车辆进行称量，考虑到不同速度下称量结果具有相同的标准偏差，所以采用贝塞尔公式计算  $u_{\text{动}5}$ ：

$$u_{\text{动}5} = \frac{s(M_{d_{vi}})}{\sqrt{n}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (M_{d_{vi}} - \bar{M}_{d_v})^2 / n(n-1)} \quad (\text{C. 17})$$

#### C. 3. 2. 3 合成标准不确定度的评定

$$u_{\text{动}c} = \sqrt{u_{\text{动}1}^2 + u_{\text{动}2}^2 + u_{\text{动}3}^2 + u_{\text{动}4}^2 + u_{\text{动}5}^2} \quad (\text{C. 18})$$

#### C. 3. 2. 4 扩展不确定度的评定

取  $k=2$ ，则扩展不确定度：

$$U_{\text{动}} = k u_{\text{动}c}, \text{取 } k = 2 \quad (\text{C. 19})$$

## C.3.3 校准结果的不确定度汇总表见表 C.1

表 C.1 校准结果不确定度汇总表

序号	测量不确定度分量	灵敏系数	标准不确定度
C.3.1 静态称量校准的测量不确定度评定			
C.3.1.2.1	重复性引入的 A 类测量不确定度分量 $u_1$	1	$u_1 = \frac{s(m_i)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2 / n(n-1)}$
C.3.1.2.2	砝码质量值不准引入的测量不确定度分量 $u_2$	1	$u_2 = \sum_{i=1}^n u_{fi} = \sum_{i=1}^n m_i p_{ev_i} / \sqrt{3}$
C.3.1.2.3	轻轨衡数字示值分辨率引入的测量不确定度分量 $u_3$	1	$u_3 = 0.29\delta_x$
C.3.2 动态称量校准的测量不确定度评定			
C.3.2.2.1	轻轨衡的重复性引入的 A 类测量不确定度分量 $u_{动1}$	1	$u_{动1} = \frac{s(M_{di})}{\sqrt{n}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (M_{di} - \bar{M}_d)^2 / n(n-1)}$
C.3.2.2.2	标准器引入的测量不确定度分量 $u_{动2}$ a. 采用分离式控制衡器法或集成式控制衡器法中整车称量方式确定参考车辆质量的约定真值, 由控制衡器提供的示值不准引入的测量不确定度分量 $u_{动2}$ b. 采用轴称量方式确定参考车辆质量的约定真值引入的测量不确定度分量 $u_{动2}$	1	$u_{动2} = (0.5 \sim 1.5)d_i / \sqrt{3}$  $u_{动2} = \sqrt{u_{动21}^2 + u_{动22}^2 + u_{动23}^2}$
C.3.2.2.3	轻轨衡示值分辨率引入的测量不确定度分量 $u_{动3}$	1	$u_{动3} = 0.29d$
C.3.2.2.4	安装不水平对测量结果的影响引入的测量不确定度分量 $u_{动4}$	1	$u_{动4} = (1 - \cos\theta) \times M_d$
C.3.2.2.5	称量速度的变化引入的测量不确定度分量 $u_{动5}$	1	$u_{动5} = \frac{s(M_{dvi})}{\sqrt{n}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (M_{dvi} - \bar{M}_{dv})^2 / n(n-1)}$

## C.4 测量不确定度评定实例

对一台动态最大称量 5 000 kg, 动态准确度为 5 级, 动态分度值 10 kg; 静态最大称量 5 000 kg, 准确度为Ⅲ级, 静态分度值 2 kg 的轻轨衡进行测量不确定度评定。

## C.4.1 静态称量校准的不确定度评定

## C.4.1.1 标准不确定度分量的评定

a. 轻轨衡的重复性引入的 A 类测量不确定度分量。在重复性测量条件（包括相同的载荷、相同的环境条件、相同的称量方法等）下，用  $M_1$  级砝码对轻轨衡在 5 000 kg 点重复称量 10 次，其结果见表 C.2。

表 C.2

称量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
称量结果/kg	5 000	4 998	4 996	5 002	5 000	5 000	5 000	5 004	5 000	5 000

10 次测量结果的平均值为 5 000 kg，按照下面公式进行计算：

$$u_1 = \frac{s(m_i)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}{n(n-1)}} = 0.67 \text{ kg}$$

b. 5 000 kg 的静态载荷由 250 个 20 kg 的  $M_1$  级砝码组合而成，由于砝码组合的质量值是强相关，相关系数为 1，所以测量不确定度合成为每一个砝码允差的累加。已知 20 kg 的  $M_1$  级砝码允差为 1 g，作为均匀分布处理。则  $u_2 = 1 \text{ g} \times 250 / \sqrt{3} = 0.14 \text{ kg}$ 。

c. 轻轨衡的分度值  $d_1 = 2 \text{ kg}$ ，采用“内分辨力法”确定轻轨衡化整前的示值误差，数字示值的分辨力为  $\delta_x = 0.2d_1$ ，按均匀分布处理，其半宽应为  $\delta_x/2$ 。则  $u_3 = \delta_x/2 \sqrt{3} = 0.29\delta_x = 0.12 \text{ kg}$ 。

## C.4.1.2 标准不确定度的合成

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.67^2 + 0.14^2 + 0.12^2} \text{ kg} = 0.70 \text{ kg}$$

## C.4.1.3 扩展不确定度

取  $k=2$ ，则扩展不确定度： $U = ku_c = 2 \times 0.70 \text{ kg} = 1.4 \text{ kg}$ ，取一位有效数字，则  $U = 2 \text{ kg}$ 。

## C.4.1.4 静态称量校准结果

$$m = 5\,000 \text{ kg}, U = 2 \text{ kg}, k = 2$$

## C.4.2 动态称量校准的不准确度评定

## C.4.2.1 标准不确定度分量的评定

a. 轻轨衡的重复性引入的 A 类测量不确定度分量。在重复性测量条件（包括相同的称量速度、相同的载荷、相同的环境条件、相同的称量方法等）下，用参考车辆对轻轨衡在 5 000 kg 点重复测量 10 次，其结果见表 C.3。

表 C.3

称量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
称量结果/kg	5 010	4 940	5 020	4 970	4 990	5 010	5 080	5 020	4 970	4 990

10 次测量结果的平均值为 5 000 kg，最大示值为 5 080 kg，按照下面公式进行计算：



$$u_{\text{动}1} = \frac{s(M_{\text{di}})}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{\text{di}} - \bar{M}_d)^2}{n(n-1)}} = 12.0 \text{ kg}$$

b. 标准器引入的测量不确定度分量  $u_{\text{动}2}$

采用集成式控制衡器法中整车称量方式确定参考车辆质量的约定真值。集成式控制衡器最大称量 5 000 kg,  $d_1 = 2 \text{ kg}$ , 集成式控制衡器在 5 000 kg 时最大允许误差为:  $\pm 1.5d_1$ 。这样由集成式控制衡器示值不准引入的测量不确定度分量为

$$u_{\text{动}2} = 1.5d_1 / \sqrt{3} = 1.7 \text{ kg}$$

c. 由于轻轨衡的动态分度值  $d = 10 \text{ kg}$ , 其数字示值的分辨力 (无法采用“闪变点法”) 为  $1d$ , 这样由被测轻轨衡数字示值分辨力引入的测量不确定度分量为  $u_{\text{动}31} = \frac{1/2d}{\sqrt{3}} = 2.9 \text{ kg}$ , 由于参考车辆为两轴刚性车辆, 这样由轻轨衡数字示值分辨力引入的测量不确定度分量为  $u_{\text{动}3} = \sqrt{2}u_{\text{动}31} = 4.1 \text{ kg}$ 。

d. 安装不水平对测量结果的影响引入的测量不确定度分量

被测轻轨衡轨道安装不水平引入的测量不确定度分量, 按安装最大倾斜角度  $3^\circ$  估算, 则

$$u_{\text{动}4} = (1 - \cos\theta) \times M_d = (1 - \cos 3^\circ) \times 5\,000 \text{ kg} = 6.9 \text{ kg}$$

e. 称量速度的变化引入的测量不确定度分量  $u_{\text{动}5}$ , 采用不同速度 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 km/h) 对同一列车进行称量, 其结果见表 C.4。

表 C.4

速度 / (km/h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
称量结果 / kg	5 050	5 010	5 010	4 990	5 000	5 030	5 020	4 950	4 970	5 010

$$\text{采用贝塞尔公式, } u_{\text{动}5} = \frac{s(M_{\text{di}})}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{\text{di}} - \bar{M}_{\text{di}})^2}{n(n-1)}} = 9.1 \text{ kg}$$

C.4.2.2 标准不确定度的合成

$$\begin{aligned} u_{\text{动}c} &= \sqrt{u_{\text{动}1}^2 + u_{\text{动}2}^2 + u_{\text{动}3}^2 + u_{\text{动}4}^2 + u_{\text{动}5}^2} \\ &= \sqrt{12.0^2 + 1.7^2 + 4.1^2 + 6.9^2 + 9.1^2} \text{ kg} \approx 17 \text{ kg} \end{aligned}$$

C.4.2.3 扩展不确定度

取  $k=2$ , 则  $U = ku_c = 2 \times 17 \text{ kg} = 34 \text{ kg}$ , 相对扩展不确定度  $U_r = 0.68\%$ 。

C.4.2.4 动态称量校准结果

最大示值误差为  $1.6\%$ ; 相对扩展不确定度  $U_r = 0.68\%$ ,  $k=2$ 。