



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—XXXX

港口起重机起重量限制器校准规范

Calibration Specification for Port Machinery-Loading Capacity

Limiter

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

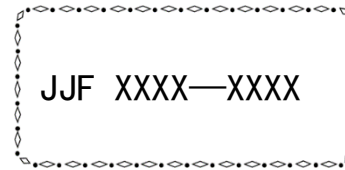
XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

港口起重机起重量限制器 校准规范

Calibration Specification for

Port Machinery-Loading Capacity Limiter



归口单位：全国水运专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：交通运输部天津水运工程科学研究所

参加起草单位：交通运输部水运科学研究所

本规范委托全国水运专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

李绍辉（交通运输部天津水运工程科学研究所）

冯小香（交通运输部天津水运工程科学研究所）

张德文（交通运输部水运科学研究所）

李文豪（连云港港口控股集团有限公司）

胡 雄（上海海事大学）

周振杰（交通运输部天津水运工程科学研究所）

目录

| | |
|------------------------------------|------|
| 引言 | (II) |
| 1 范围 | (1) |
| 2 引用文件 | (1) |
| 3 术语 | (1) |
| 4 概述 | (1) |
| 5 计量特性 | (2) |
| 6 校准条件 | (2) |
| 6.1 环境条件 | (2) |
| 6.2 测量标准及其他设备 | (3) |
| 7 校准项目与校准方法 | (3) |
| 7.1 校准项目 | (3) |
| 7.2 校准方法 | (3) |
| 8 校准结果表达 | (5) |
| 8.1 校准记录 | (5) |
| 8.2 校准证书 | (5) |
| 8.3 校准结果的测量不确定度 | (5) |
| 9 复校时间间隔 | (5) |
| 附录 A 港口起重机起重量限制器原始记录格式 | (6) |
| 附录 B 港口起重机起重量限制器校准证书内页格式 | (7) |
| 附录 C 港口起重机起重量限制器示值测量不确定度评定示例 | (9) |

引言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

港口起重机起重量限制器校准规范

1 范围

本规范适用于港口起重机起重量限制器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 24810.1—2009 起重机 限制器和指示器 第1部分：总则

GB/T 12602—2020 起重机械超载保护装置

JJG（交通）044—2004 港口机械 数字式起重力矩限制器

TSG Q7015—2008 起重机械定期检验规则

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

3.1 动作值 action value

实验室条件下，模拟起重量限制器在港口机械上实际布置情况，对测量传感器模拟其实际受力状态加载，使起重量限制器发生超载保护作用，并输出判定起重量限制器可以使港口机械停止向不安全方向动作的相应控制信号时，测量传感器承受的实际模拟加载值。

装机条件下，起重量限制器起超载保护作用时港口机械的实际载荷值。

3.2 动作误差 action error

实验室条件下，起重量限制器起超载保护作用时测量显示值偏离动作值的误差。

3.3 综合误差 combined error

装机条件下，起重量限制器起超载保护作用时测量显示值偏离动作值的误差。

4 概述

港口起重机起重量限制器（以下简称“起重量限制器”）的工作原理为：当港口起重机搬运重物，载荷传输到测量传感器产生微量电信号变化，经控制器A/D转换为数字信号，处理后换算成载荷值进行显示、存储、反馈控制等。

起重量限制器由测量传感器和控制器组成，根据安装固定方式可分为拉板式、轴承座式、旁压式等结构形式，其中旁压式起重量限制器结构示意图见图1。

起重量限制器用于决策是否应输出使港口机械停止向不安全方向动作的相应控制信号并发出警报，自动防止港口起重机搬运载荷超过其额定起重量。

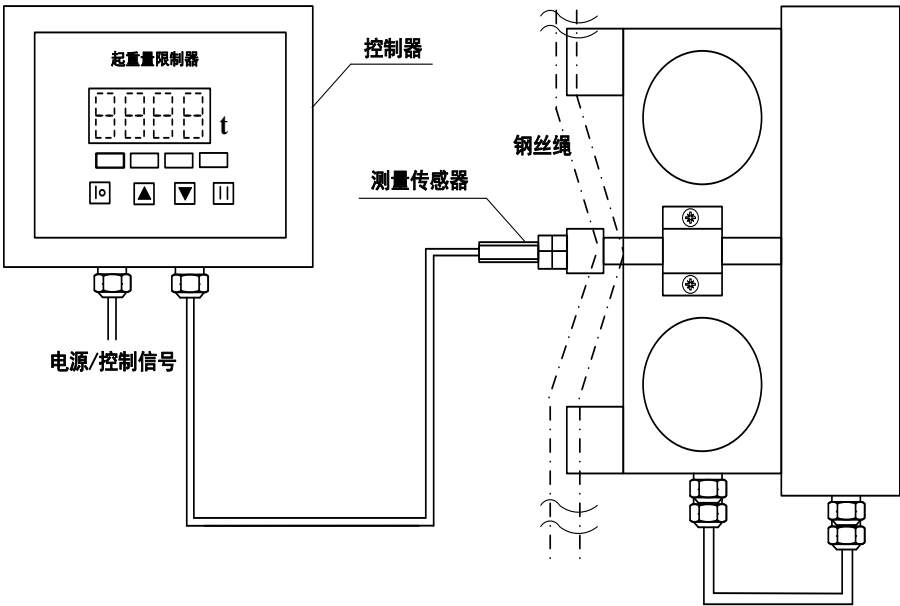


图1 起重量限制器结构示意图

5 计量特性

起重量限制器计量特性见表 1。

表 1 计量特性

| 序号 | 计量技术参数 | 计量技术要求 | |
|------------------------|--------|--------|--------|
| | | 实验室条件 | 装机条件 |
| 1 | 示值误差 | 3%F·S | 5%F·S |
| 2 | 综合误差 | —— | 5% F·S |
| 3 | 动作误差 | 3% F·S | —— |
| 注：以上计量特性不用于合格判定，仅用于参考。 | | | |

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 室内环境条件

室内环境条件要求如下：

- a) 温度：15℃~25℃；
- b) 相对湿度：应不大于75%。

6.1.2 装机环境条件

装机环境条件要求如下：

- a) 温度：5 °C~35 °C；
b) 相对湿度：应不大于 95%。

6.2 测量标准及其他设备

推荐使用表 2 所列测量标准及配套设备，技术要求见表 3，允许使用满足不确定度要求的其他测量标准及其他设备进行校准。

表 2 测量标准及其他设备

| 序号 | 校准项目 | 测量标准及其他设备 |
|----|------|------------------------------|
| 1 | 示值误差 | 实验室条件下：万能材料试验机 装机条件下：标准砝码 |
| 2 | 综合误差 | 标准砝码 |
| 3 | 动作误差 | 万能材料试验机 |

表 3 测量标准及其他设备技术要求

| 序号 | 测量标准及其他设备 | 技术要求 |
|----|-----------|--|
| 1 | 万能材料试验机 | 测量范围应覆盖被校准起重重量限制器量程，准确度等级不低于 1 级。 |
| 2 | 标准砝码 | 测量范围应覆盖被校准起重重量限制器量程，准确度等级不低于 M ₁₂ 等级。 |

7 校准项目与校准方法

7.1 校准项目

起重重量限制器校准项目为示值误差、综合误差和动作误差。

7.2 校准方法

7.2.1 示值误差

起重重量限制器示值误差校准步骤如下：

a) 在实验室条件下，安装测量传感器至万能材料试验机上，测量传感器输出端连接控制器，在起重重量限制器量程范围内选取包括零点在内的不少于 5 个测量点，由万能材料试验机逐级施加载荷至各测量点处，稳定 3min，记录万能材料试验机施加的标准载荷值和起重重量限制器测量显示值，各级测量点按此步骤重复测量 3 次取算术平均值，按公式（1）计算各级测量点处的示值误差。

$$\delta_{LEi} = \frac{|L_{LMi} - L_{LSi}|}{L_{RS}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ_{LEi} ——实验室条件下起重量限制器在各级测量点处示值误差；

L_{LMi} ——实验室条件下起重量限制器在各级测量点处测量显示值的算术平均值, t；

L_{LSi} ——实验室条件下万能材料试验机在各级测量点处施加的载荷算术平均值, t；

L_{RS} ——起重量限制器最大额定起重量值, t；

i ——测量序号，依次取 1,2,3。

b) 在装机条件下，安装测量传感器至起重机，测量传感器输出端连接控制器，在起重量限制器量程范围内选取包括零点在内的不少于5个测量点，在各级测量点处，起重机吊装相应数量的标准砝码，吊离地面距离（100~200）mm处停止起升，稳定3 min，记录起重量限制器测量显示值和标准砝码质量，各级测量点按此步骤重复测量3次取算术平均值，按公式（2）计算各级测量点处的示值误差。

$$\delta_{FEj} = \frac{|L_{FMj} - L_{FSj}|}{L_{RS}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ_{FEj} ——装机条件下起重量限制器在各级测量点处示值误差；

L_{FMj} ——装机条件下起重量限制器在各级测量点处测量显示值的算术平均值, t；

L_{FSj} ——装机条件下砝码在各级测量点处施加的标准载荷值, t；

j ——测量序号，依次取 1,2,3。

7.2.2 综合误差

在装机条件下，安装测量传感器至起重机，测量传感器输出端连接控制器，起重机吊装相当于港口机械最大额定起重量90%的标准砝码，吊离地面距离（100~200）mm处停止起升，稳定3 min，逐渐加载合适的标准砝码使起重量限制器动作，记录起重量限制器测量显示值和标准砝码质量，按此步骤重复测量3次取算术平均值，以标准砝码质量为动作值，按公式（3）计算动作处的综合误差。

$$\delta_{FC} = \frac{|L_{FMC} - L_{FSC}|}{L_{FSC}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

δ_{FC} ——装机条件下起重量限制器综合误差；

L_{FMC} ——装机条件下动作处起重量限制器测量显示值的算术平均值, t；

L_{FSC} ——起重量限制器动作处由砝码施加的标准载荷算术平均值, t。

7.2.3 动作误差

在实验室条件下, 安装测量传感器至万能材料试验机上, 测量传感器输出端连接控制器, 由万能材料试验机匀速缓慢施加载荷至起重量限制器动作, 停止加载, 稳定3 min, 记录此时万能材料试验机施加的载荷值和起重量限制器测量显示值, 按此步骤重复测量3次取算术平均值, 以万能材料试验机施加的载荷算术平均值为动作值, 按此步骤重复测量3次取算术平均值, 按公式(4)计算动作误差。

$$\delta_{LM} = \frac{|L_{LMM} - L_{LSM}|}{L_{LSM}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

δ_{LM} ——实验室条件下起重量限制器动作误差;

L_{LMM} ——实验室条件下动作处起重量限制器测量显示值的算术平均值, t;

L_{LSM} ——万能材料试验机施加的载荷算术平均值, t。

8 校准结果表达

8.1 校准记录

校准记录应尽可能详尽地记载测量数据和测量结果。

推荐的校准记录的格式见附录A。

8.2 校准证书

经校准的起重量限制器应出具校准证书。校准证书应包括的信息及推荐的校准证书内页格式见附录B。

8.3 校准结果的测量不确定度

起重量限制器校准的测量不确定度应按JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》的要求评定, 测量不确定度评定的示例见附录C。

9 复校时间间隔

复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定, 一般不超过1年。

附录A

港口起重机起重量限制器原始记录格式

编号：

| | | | | | | | | | |
|--------|-------------|-------------------|---|--------------|---|---|-------------|------|-------------|
| 仪器名称 | | | | | | | 校准地点 | | |
| 送检单位 | | | | | | | 生产单位 | | |
| 规格型号 | | | | | | | 仪器编号 | | |
| 温度 | | | | | | | 相对湿度 | | |
| 计量标准名称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | | | | | 计量（基）标准证书编号 | 有效期至 | |
| | | | | | | | | | |
| 校准项目 | | | | | | | | | |
| 一、示值误差 | | | | | | | | | |
| 序号 | 试验机施加载荷值（t） | | | 起重量限制器测量值（t） | | | 算术平均值 | | 示值误差 （t） |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | （t） | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 二、综合误差 | | | | | | | | | |
| 序号 | 标准砝码测量值（t） | | | 起重量限制器测量值（t） | | | 算术平均值 | | 综合误差 （t） |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | （t） | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 三、动作误差 | | | | | | | | | |
| 序号 | 试验机施加载荷值（t） | | | 起重量限制器测量值（t） | | | 算术平均值 | | 动作误差 （t） |
| | | | | | | | （t） | | |
| 1 | | | | | | | | | |

校准员：

核验员：

校准日期： 年 月 日

附录 B

港口起重机起重量限制器校准证书内页格式

| 证书编号××××××-×××× | | | | |
|--------------------|------|---------------------------|-----------------|------|
| <校准机构授权说明> | | | | |
| 校准环境条件及地点： | | | | |
| 温度 | ℃ | 地点 | | |
| 相对湿度 | % | 其他 | | |
| 校准所依据的技术文件（代号、名称）： | | | | |
| 校准使用的计量（基）标准装置： | | | | |
| 名称 | 测量范围 | 不确定度/准确 度等级/最大 允许误差 | 计量（基）标准 证书编号 | 有效期至 |
| | | | | |
| 校准使用的标准器： | | | | |
| 名称 | 测量范围 | 不确定度/准确 度等级/最大 允许误差 | 检定/校准证书 编号 | 有效期至 |
| | | | | |
| 第 x 页 共 x 页 | | | | |

证书编号××××××-××××

校准结果

| 序号 | 校准项目 | 校准结果 | 测量不确定度 |
|----|------|------|--------|
| 1 | 示值误差 | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 2 | 综合误差 | | |
| 3 | 动作误差 | | |

声明:

- 1.仅对加盖“×××××校准专用章”的完整证书负责。
- 2.本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。
- 3.未经实验室书面批准,不得部分复制证书。

以下空白

附录C

港口起重机起重量限制器示值测量不确定度评定示例

C.1 实验室条件下示值校准结果不确定度评定

C.1.1 概述

C.1.1.1 环境条件：环境温度为 22.8 °C，环境相对湿度 15%RH。

C.1.1.2 测量对象：起重量限制器。

C.1.1.3 测量标准：万能材料试验机，测量范围（0~60）t，0.5 级。

C.1.1.4 测量方法：将测量传感器安装在万能材料试验机上，测量传感器连接控制器，按规范要求起重量 2 t 时，记录起重量传感器测量载荷值，重复测量 3 次。

C.1.2 不确定度分析

C.1.2.1 测量模型

实验室条件下起重量限制器示值误差的测量模型为：

$$\delta_{LE} = \frac{L_{LM} - L_{LS} + \Delta L_{LWR}}{L_{RS}} \times 100\% \quad (C.1)$$

式中：

δ_{LE} ——实验室条件下起重量限制器示值误差，t；

L_{LM} ——实验室条件下起重量限制器测量载荷值，t；

L_{LS} ——万能材料试验机施加标准载荷值，t；

ΔL_{LWR} ——起重量限制器测量传感器安装与操作误差，t。

L_{RS} ——起重量限制器最大额定起重量值，t。

C.1.2.2 不确定度来源

测量不确定度的主要来源有：

- (1) 测量重复性/分辨力引入的标准不确定度；
- (2) 计量标准器引入的标准不确定度；
- (3) 安装偏差引入的标准不确定度。

C.1.3 校准能力分析

C.1.3.1 各输入量的标准不确定度分量的评定

C.1.3.1.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u(L_{LM1})$

此测量不确定度为被校准设备所引入的测量不确定度，主要影响因素为测量重复性所引入的测量不确定度分量。在测量不确定度评价的过程中，采用 2 t 额定起重量时的测量重复性作为代表性数据开展测量不确定度的评价，具体数据见表 C.1。

表 C.1 1 t 时起重量限制器重复性测量数据

| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 测量值 (t) | 2.05 | 2.11 | 2.01 | 1.99 | 2.06 | 2.00 | 2.06 | 2.00 | 2.05 | 2.07 |

采用测量不确定度的 A 类评定方法计算标准不确定度，使用贝塞尔公式计算标准偏差，计算算术平均值的测量不确定度。起重量测量数据的标准偏差 $s=38.6\text{ kg}$ ，起重量测量重复性所引入的测量不确定度为 $u(L_{LM1})=s/\sqrt{3}=22.3\text{ kg}$ 。

C.1.3.1.2 分辨力引入的标准不确定度 $u(L_{LM2})$

测量传感器分辨力为 0.01 t，起重量为 2 t 时，设为均匀分布，按不确定度的 B 类评定方法，有：

$$u(L_{LM2})=\frac{10\text{kg}}{2\sqrt{3}}=2.89\text{ kg} \quad (\text{C.2})$$

由于重复性与分辨力都由被检起重量限制器引入，所以二者取最大值便可体现被检起重量限制器引入的不确定度，所以起重量限制器重复性/分辨力引入的标准不确定度分量 $u(L_{LM})=22.3\text{ kg}$ 。

C.1.3.1.3 计量标准器引入的标准不确定度 $u(L_{LS})$

万能材料试验机选用微机电液伺服万能试验机，经检定，其准确度等级为 0.5 级。在 2 t 处，误差为 $\pm 10\text{ kg}$ ，半宽为 10 kg，设为均匀分布，按不确定度的 B 类评定方法，有：

$$u(L_{LS})=\frac{10\text{kg}}{\sqrt{3}}=5.77\text{ kg} \quad (\text{C.3})$$

C.1.3.1.4 安装偏差引入的标准不确定度 $u(\Delta L_{LWR})$

安装时，将钢丝绳压紧至测量传感器上，由万能材料试验机对钢丝绳进行拉伸，测量传感器感知钢丝绳传递的载荷变化，经计算得到起重量。此种安装方式测量结果主要受钢丝绳压紧程度、表面磨损、打滑等影响，按经验估计该测量误差在 0.5% 范围内，在 2 t 测

量点时，误差为 10 kg，半宽为 5 kg，设为均匀分布，按不确定度 B 类评定方法，有

$$u(\Delta L_{\text{LWR}}) = \frac{5\text{kg}}{\sqrt{3}} = 2.89\text{ kg} \quad (\text{C.4})$$

C.1.3.2 各不确定度分量汇总表

表 C.2 各不确定度分量汇总

| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度值 | 灵敏度系数 |
|---------------------|-------------------------|---------|--------------------------|
| $u(L_{\text{LM}})$ | 起重量限制器测量重复性/分辨力引入不确定度分量 | 22.3 kg | 0.0003 kg^{-1} |
| $u(L_{\text{LS}})$ | 计量标准器引入不确定度分量 | 5.77 kg | -0.0003 kg^{-1} |
| $u(L_{\text{LWR}})$ | 安装偏差引入不确定度分量 | 2.89 kg | 0.0003 kg^{-1} |

C.1.3.3 合成标准不确定度

参照不确定度分量汇总表，各分量不相关，合成标准不确定度如下：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(L_{\text{LM}}) + c_2^2 u^2(L_{\text{LS}}) + c_3^2 u^2(L_{\text{LWR}})} = 0.8\% \quad (\text{C.5})$$

C.1.3.4 合成扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为： $U=k \times u_c=1.6\%$ 。

C.2 装机条件下示值校准结果不确定度评定

C.2.1 概述

C.2.1.1 环境条件：环境温度为 18.2 °C，环境相对湿度 15%RH。

C.2.1.2 测量对象：起重量限制器。

C.2.1.3 测量标准：标准砝码，测量范围（0~10）t，M₁ 级。

C.2.1.4 测量方法：将测量传感器安装在起重机上，测量传感器连接控制器，按规范要求，在 0.4 t 测量点处，记录起重量传感器测量载荷值，重复测量 3 次。

C.2.2 不确定度分析

C.2.2.1 测量模型

装机条件下起重量限制器示值误差的测量模型为：

$$\delta_{\text{FE}} = \frac{L_{\text{FM}} - L_{\text{FS}} + \Delta L_{\text{FWR}}}{L_{\text{RS}}} \times 100\% \quad (\text{C.6})$$

式中：

δ_{FE} ——装机条件下起重量限制器示值误差，t；

L_{FM} ——装机条件下起重量限制器测量载荷值，t；

L_{FS} ——施加的砝码重量值，t；

ΔL_{FWR} ——起重量限制器测量传感器安装及操作偏差，t。

L_{RS} ——起重量限制器最大额定起重量值，t。

C.2.2.2 不确定度来源

测量不确定度的主要来源有：

- (1) 测量重复性/分辨力引入的标准不确定度；
- (2) 计量标准器引入的标准不确定度；
- (3) 安装及操作偏差引入的标准不确定度。

C.2.3 校准能力分析

C.2.3.1 各输入量的标准不确定度分量的评定

C.2.3.1.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u(L_{FM1})$

此测量不确定度为被校准设备所引入的测量不确定度，主要影响因素为测量重复性所引入的测量不确定度分量。在测量不确定度评价的过程中，采用 0.4 t 额定起重量时的测量重复性作为代表性数据开展测量不确定度的评价，具体数据见表 C.3。

表 C.3 0.4 t 时起重量限制器测量数据

| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 测量值 (t) | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |

采用测量不确定度的 A 类评定方法计算标准不确定度，使用贝塞尔公式计算标准偏差，计算算术平均值的测量不确定度。起重量测量数据的标准偏差 $s=0$ t，起重量测量重复性所引入的测量不确定度为 $u(L_{FM1})=s/\sqrt{3}=0$ t。

C.2.3.1.2 分辨力引入的标准不确定度 $u(L_{FM2})$

测量传感器分辨力为 0.01 t，在起重量为 0.4 t 时，设为均匀分布，按不确定的 B 类评定方法，可得：

$$u(L_{FM2})=\frac{10\text{kg}}{2\sqrt{3}}=2.89\text{ kg} \quad (\text{C.7})$$

由于重复性与分辨力都由被检起重量限制器引入，所以二者取最大值便可体现被检起重

量限制器引入的不确定度，所以起重量限制器重复性/分辨力引入的标准不确定度分量 $u(L_{FM})=2.89\text{ kg}$ 。

C.2.3.1.3 计量标准器引入的标准不确定度 $u(L_{FS})$

砝码选用准确度等级为 M_1 级的标准砝码。在 0.4 t 处，误差为 $\pm 0.02\text{ kg}$ ，半宽为 0.02 kg ，设为均匀分布，按不确定度的 B 类评定方法，有：

$$u(L_{FS}) = \frac{0.02\text{ kg}}{\sqrt{3}} = 0.01\text{ kg} \quad (\text{C.8})$$

C.2.3.1.4 安装和操作偏差引入的标准不确定度 $u(\Delta L_{FWR})$

安装时，将钢丝绳压紧至测量传感器上，由起重机通过钢丝绳起吊置于吊篮中的砝码，测量传感器感知钢丝绳传递的载荷变化，经计算得到起重量。此种安装方式测量结果主要受钢丝绳压紧程度、表面磨损、打滑、标准砝码起吊时的摆动、起吊重物重心的偏移等影响，按经验估计该测量误差在 1.0% 范围内，在 0.4 t 测量点时，误差为 4 kg ，半宽为 2 kg 设为均匀分布，按不确定度 B 类评定方法，有

$$u(\Delta L_{FWR}) = \frac{2\text{ kg}}{\sqrt{3}} = 1.16\text{ kg} \quad (\text{C.9})$$

C.2.3.2 各不确定度分量汇总表

表 C.4 各不确定度分量汇总

| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度值 | 灵敏度系数 |
|--------------|-------------------------|------------------|--------------------------|
| $u(L_{FM})$ | 起重量限制器测量重复性/分辨力引入不确定度分量 | 2.89 kg | 0.0003 kg^{-1} |
| $u(L_{FS})$ | 计量标准器引入不确定度分量 | 0.01 kg | -0.0003 kg^{-1} |
| $u(L_{FWR})$ | 安装及操作偏差引入不确定度分量 | 1.16 kg | 0.0003 kg^{-1} |

C.2.3.3 合成标准不确定度

参照不确定度分量汇总表，各分量不相关，合成标准不确定度如下：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(L_{FM}) + c_2^2 u^2(L_{FS}) + c_3^2 u^2(L_{FWR})} = 0.1\% \quad (\text{C.10})$$

C.2.3.4 合成扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为： $U=k \times u_c=0.2\%$ 。