



天津市地方计量技术规范

JJF(津)XX—XXXX

港口起重机 速度位移检测仪校准规范

Calibration Specification for Port Crane Speed and
Displacement Detector

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

港口起重机 速度位移检测仪
校准规范

Calibration Specification for
Port Crane Speed and Displacement Detector

JJF(津) XX-XXXX

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：交通运输部天津水运工程科学研究所
交通运输部水运科学研究院
中国计量大学

参加起草单位：天津港（集团）有限公司
北京锐科环宇科技有限公司

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）

张德文（交通运输部水运科学研究院）

程银宝（中国计量大学）

周振杰（交通运输部天津水运工程科学研究所）

曹媛媛（交通运输部天津水运工程科学研究所）

韩海川（北京锐科环宇科技有限公司）

参加起草人：

闫紫凡（交通运输部天津水运工程科学研究所）

温皓白（交通运输部水运科学研究院）

张 鹿（天津港（集团）有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 概述	(1)
3 计量特性	(1)
4 校准条件	(2)
4.1 环境条件	(2)
4.2 校准用仪器设备	(2)
5 校准项目和校准方法	(2)
5.1 位移示值误差	(2)
5.2 位移回程误差	(3)
5.3 位移重复性	(3)
5.4 速度示值误差	(3)
6 校准结果表达	(4)
7 复校时间间隔	(4)
附录 A 港口起重机 速度位移检测仪校准原始记录格式(推荐)	(5)
附录 B 港口起重机 速度位移检测仪校准证书内页格式(推荐)	(7)
附录 C 位移示值误差的测量不确定度评定示例	(9)

引 言

本规范依据 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》编写。

本规范参考了 GB/T 24810.1—2009《起重机 限制器和指示器 第1部分:总则》、GB/T 17495—2009《港口门座式起重机》、GB/T 23723.3—2010《起重机 安全使用 第三部分 塔式起重机》、GB/T 29651—2013《港口固定式起重机》、JT/T 1298—2019《港口台架式起重机》等相关技术文件。

本规范为首次发布。

港口起重机 速度位移检测仪校准规范

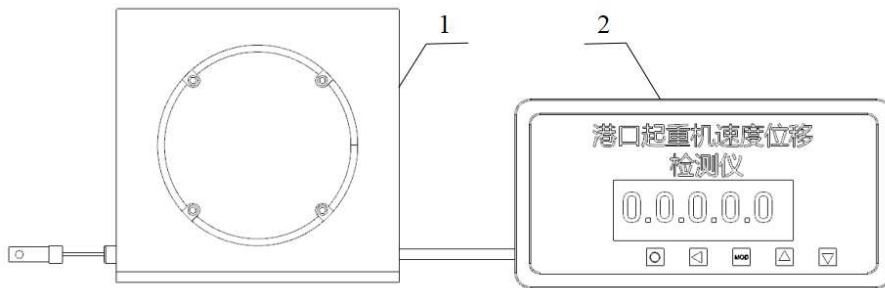
1 范围

本规范适用于港口起重机速度位移检测仪的校准。

2 概述

港口起重机速度位移检测仪（以下简称“速度位移检测仪”）是用于测量起重机大、小车及吊具运行速度、位移量的装置。

速度位移检测仪由测量传感器和指示器组成，结构示意图见图1。



1-测量传感器；2-指示器

图1 速度位移检测仪结构示意图

速度位移检测仪的工作原理为：港口起重机吊运货物至指定位置，起重机大、小车、吊具位移量变化传输到测量传感器，测量传感器基于电位器/编码器原理将位移量变化输出为微量电压变化，经指示器处理后换算成位移量进行显示，指示器同步记录与位移量对应的时间间隔，经计算得到平均速度进行显示。

3 计量特性

速度位移检测仪的计量特性技术指标见表1。

表1 速度位移检测仪的计量特性技术指标

序号	项目	技术要求
1	位移示值误差	$\pm 0.1\% F \cdot S$
2	位移回程误差	$0.15\% F \cdot S$
3	位移重复性	$0.05\% F \cdot S$
4	速度示值误差	$\pm 10\text{mm/s}$

注：以上技术指标不用于合格性判定，仅供参考。

4 校准条件

4.1 环境条件

4.1.1 实验室环境条件

4.1.1.1 环境温度：（18~28）℃。

4.1.1.2 相对湿度：应不大于 85%。

4.1.2 现场环境条件

4.1.2.1 环境温度：（5~35）℃。

4.1.2.2 相对湿度：应不大于 95%。

4.2 校准用计量器具

速度位移校准装置,位移量程上限应不小于 50m,测量分辨力 0.01mm, MPE: $\pm 0.10\text{mm}$,速度测量范围 (0~9.99) m/s, 测量分辨力 0.01mm/s, MPE: $\pm 3.00\text{mm/s}$ 。

注：允许使用满足准确度等级/最大允许误差/不确定度要求的其他测量标准及其他设备进行校准。

5 校准项目和校准方法

5.1 位移示值误差

速度位移检测仪位移示值误差校准步骤为：

a) 将速度位移检测仪测量传感器连接至速度位移校准装置，速度位移检测仪、速度位移校准装置清零。

b) 在速度位移检测仪量程范围（从速度位移检测仪说明书中获取）内选取5~10个位移测量点和速度测量点（现场条件下可选取5个位移测量点和速度测量点），选取的测量点应包括量程的上下限。

c) 由速度位移校准装置带动测量传感器沿正向依次匀速运动（速度为选定的 5 个速度测量点之一）至各位移测量点，在各测量点处，待数据稳定后，读取速度位移校准装置显示的位移标准值和速度标准值，记录速度位移检测仪指示器显示的位移测量值和速度测量值。

d) 由速度位移校准装置带动测量传感器沿反向依次匀速运动（速度为选定的 5 个速度测量点之一）至各位移测量点，在各测量点处，待数据稳定后，读取速度位移校准装置显示的位移标准值和速度标准值，记录速度位移检测仪指示器显示的位移测量值和速度测量值。

- e) 在各位移测量点按步骤 5.1 c)-d) 重复测量 3 次。
- f) 在各速度测量点处, 按步骤 5.1 c)-e) 测量。
- g) 按式 (1) 计算速度位移检测仪位移示值误差。

$$\Delta h_{ij} = \frac{h_{mij} - h_{sij}}{h_{FS}} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

Δh_{ij} ——速度位移检测仪在第 i 个测量点第 j 次位移测量示值误差;

h_{mij} ——速度位移检测仪在第 i 个测量点第 j 次位移测量值, mm;

h_{sij} ——速度位移校准装置在第 i 个测量点第 j 次位移测量值, mm;

h_{FS} ——速度位移检测仪满量程位移值, mm。

5.2 位移回程误差

速度位移检测仪位移回程误差校准步骤为:

按步骤 5.1 a)-f) 进行测量, 在各速度测量点处, 分别计算各测量点速度位移测量仪正、反行程位移测量算术平均值, 按式 (2) 计算速度位移检测仪位移回程误差。

$$\Delta h_{bi} = \frac{|\overline{h_{fi}} - \overline{h_{ri}}|}{h_{FS}} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

Δh_{bi} ——速度位移检测仪在第 i 个位移测量点的回程误差;

$\overline{h_{fi}}$ ——速度位移检测仪正行程方向第 i 个位移测量点 3 次测量算术平均值, mm;

$\overline{h_{ri}}$ ——速度位移检测仪反行程方向第 i 个位移测量点 3 次测量算术平均值, mm。

5.3 位移重复性

速度位移检测仪位移重复性误差校准步骤为:

按步骤 5.1 a)-f) 进行测量, 在各速度测量点处, 分别计算各位移测量点速度位移检测仪正向与反向位移测量值的差值, 取其最大差值作为位移重复性测量结果。

5.4 速度示值误差

按步骤 5.1 a)-f) 进行测量, 按式 (3) 计算各测量点速度示值误差。

$$\Delta v_{ij} = v_{mij} - v_{sij} \quad (3)$$

式中:

Δv_{ij} ——速度位移检测仪在第 i 个测量点第 j 次速度测量示值误差，mm/s；

v_{mij} ——速度位移检测仪在第 i 个测量点第 j 次速度测量值，mm/s；

v_{sij} ——速度位移校准装置在第 i 个测量点第 j 次速度测量值，mm/s。

6 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 校准证书编号，页码及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校仪器的制造单位、名称、型号及编号；
- g) 校准单位校准专用章；
- h) 校准日期；
- i) 校准所依据的技术规范名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准时的环境温度、相对湿度；
- l) 校准结果及其测量不确定度；
- m) 对校准规范的偏离的说明（若有）；
- n) “校准证书”的校准人、核验人、批准人签名及签发日期；
- o) 校准结果仅对被校仪器本次测量有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，部分复制证书或报告无效的声明。

7 复校时间间隔

仪器的复校时间间隔由用户自定，建议不超过 1 年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。如果对仪器的性能有怀疑或仪器更换重要部件及修理后应对仪器重新校准。

附录 A

港口起重机 速度位移检测仪校准原始记录格式 (推荐)

原始记录编号:

仪器名称					规格型号							
生产单位					仪器编号							
送检单位					环境温度							
相对湿度					校准地点							
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				证书编号		有效期至			
测量次数	1				2				3			
位移设定值/mm 速度设定值/(mm/s)	正行程/mm		反行程/mm		正行程/mm		反行程/mm		正行程/mm		反行程/mm	
	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值
	示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差	
	回程误差							重复性				
	正行程/(mm/s)		反行程/(mm/s)		正行程/(mm/s)		反行程/(mm/s)		正行程/(mm/s)		反行程/(mm/s)	
	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值
	示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差	

港口起重机 速度位移检测仪校准原始记录格式 (续) (推荐)

原始记录编号:

标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值		
示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差			
回程误差								重复性							
正行程/ (mm/s)		反行程/ (mm/s)		正行程/ (mm/s)		反行程/ (mm/s)		正行程/ (mm/s)		反行程/ (mm/s)		反行程/ (mm/s)			
标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值		
示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差			
标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值	标准值	测量值		
示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差		示值误差			

实验员:

核验员:

校准日期:

年 月 日

附录 B

港口起重机 速度位移检测仪校准证书内页格式（推荐）

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×页共×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	位移示值误差		
2			
3			
4			
5			
6	位移回程误差		
7	位移重复性		
8	速度示值误差		
9			
10			
11			
12			

以下空白

第×页 共×页

附录 C

位移示值误差的测量不确定度评定示例

C.1 位移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 25.8℃，环境相对湿度 15%RH。

C.1.1.2 测量对象：速度位移检测仪。

C.1.1.3 测量标准：速度位移校准装置，位移测量范围（0~50）m，MPE：±0.10mm，速度测量范围（0~9.99）m/s，MPE：2.00mm/s。

C.1.1.4 测量方法：将测量传感器安装在速度位移校准装置上，测量传感器连接指示器，按规范要求在以 0.4m/s 速度运行到 8m 位移时，记录速度位移检测仪测量位移、速度值。

C.1.2 不确定度分析

C.1.2.1 测量模型

速度位移检测仪位移示值误差的测量模型为：

$$\delta_{LE} = H_{LM} - H_{LS} + \Delta H_{LWR} \quad (C.1)$$

式中：

δ_{LE} ——速度位移检测仪位移示值误差，mm；

H_{LM} ——速度位移检测仪位移测量值，mm；

H_{LS} ——速度位移校准装置位移测量值，mm；

ΔH_{LWR} ——速度位移检测仪测量传感器安装与操作误差，mm。

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) 速度位移校准装置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

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，采用位移量 8m 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 位移量 8m 时重复性测量数据

	mm									
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值	8000	8001	7999	8000	8001	7999	8000	8000	8001	8000

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。速度位移检测仪数据的标准偏差 $s=0.74\text{mm}$ ，位移测量重复性所引入的测量不确定度为 $u(H_{LM1})=s/\sqrt{3}=0.43\text{mm}$ 。

C.1.3.1.2 分辨力引入的标准不确定度

测量传感器分辨力为 1mm，位移量为 8m 时，设为均匀分布，按不确定度的 B 类评定方法，有：

$$u(H_{LM2})=\frac{1\text{mm}}{2\sqrt{3}}=0.29\text{mm} \quad (\text{C.2})$$

由于重复性与分辨力都由被检速度位移检测仪引入，所以二者取最大值便可体现被检速度位移检测仪引入的不确定度，所以速度位移检测仪重复性/分辨力引入的标准不确定度分量 $u(H_{LM})=0.98\text{mm}$ 。

C.1.3.1.3 速度位移校准装置引入的标准不确定度

速度位移校准装置送至第三方校准机构溯源，在 8m 处，误差为 0.06mm，半宽为 0.03mm，设为均匀分布，按不确定度的 B 类评定方法，有：

$$u(H_{LS})=\frac{0.03\text{mm}}{\sqrt{3}}=0.02\text{mm} \quad (\text{C.3})$$

C.1.3.1.4 安装偏差引入的标准不确定度

安装时，将测量传感器拉绳连接至速度位移校准装置，由速度位移校准装置带动测量传感器匀速运动，此种安装方式测量结果主要受测量传感器拉绳压紧程度、表面磨损、打滑等影响，按经验估计该测量误差为 0.0275mm，在 8m 测量点时，半宽为 0.0138mm，设为均匀分布，按不确定度 B 类评定方法，有

$$u(\Delta H_{LWR})=\frac{0.0138\text{mm}}{\sqrt{3}}=0.008\text{mm} \quad (\text{C.4})$$

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
$u(H_{LM})$	速度位移检测仪测量重复性/分辨力引入不确定度分量	0.43mm	1
$u(H_{LS})$	速度位移校准装置引入不确定度分量	0.02mm	-1
$u(H_{LWR})$	安装偏差引入不确定度分量	0.008mm	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：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(H_{LM}) + c_2^2 u^2(H_{LS}) + c_3^2 u^2(H_{LWR})} = 0.43\text{mm} \quad (\text{C.5})$$

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： $U=k \times u_c=0.86\text{mm}$ 。

C.2 速度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 25.8℃，环境相对湿度 15%RH。

C.2.1.2 测量对象：速度位移检测仪。

C.2.1.3 测量标准：速度位移校准装置，位移测量范围（0~50）m，MPE：±0.1mm，速度测量范围（0~9.99）m/s，MPE：2.00mm/s。

C.2.1.4 测量方法：将测量传感器安装在速度位移校准装置上，测量传感器连接指示器，按规范要求在以 0.4mm/s 速度运行到 8m 位移时，记录速度位移检测仪测量位移、速度值。

C.2.2 不确定度分析

C.2.2.1 测量模型

速度位移检测仪速度示值误差的测量模型为：

$$\delta_{SE} = H_{SM} - H_{SS} + \Delta H_{SWR} \quad (\text{C.6})$$

式中：

δ_{SE} ——速度位移检测仪速度示值误差, mm/s;

H_{SM} ——速度位移检测仪速度测量值, mm/s;

H_{SS} ——速度位移校准装置速度测量值, mm/s;

ΔH_{SWR} ——速度位移检测仪测量传感器安装与操作误差, mm/s。

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) 速度位移校准装置引入的标准不确定度;
- (3) 安装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

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, 采用位移量 8m 时 0.4m/s 速度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 位移量 8m、速度 0.4m/s 时重复性测量数据

	mm									
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值	400	400	399	400	400	401	400	401	400	399

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。速度位移检测仪数据的标准偏差 $s=0.67\text{mm/s}$, 速度测量重复性所引入的测量不确定度为 $u(H_{SM})=s/\sqrt{3}=0.39\text{mm/s}$ 。

C.2.3.1.2 速度位移校准装置引入的标准不确定度

速度位移校准装置送至第三方校准机构溯源, 在位移量为 8m, 速度为 0.4m/s 时, 误差为 0.47mm/s, 半宽为 0.23mm/s, 设为均匀分布, 按不确定度的 B 类评定方法, 有:

$$u(H_{SS})=\frac{0.23\text{mm/s}}{\sqrt{3}}=0.13\text{mm/s} \quad (\text{C.7})$$

C.2.3.1.3 安装偏差引入的标准不确定度

安装时，将测量传感器拉绳连接至速度位移校准装置，由速度位移校准装置带动测量传感器匀速运动，此种安装方式测量结果主要受测量传感器拉绳压紧程度、表面磨损、打滑等影响，按经验估计该测量误差为 0.011mm/s，在速度为 0.4m/s 时，半宽为 0.0005mm/s，设为均匀分布，按不确定度 B 类评定方法，有

$$u(\Delta H_{\text{SWR}}) = \frac{0.0138\text{mm}}{\sqrt{3}} = 0.0003\text{mm/s} \quad (\text{C.8})$$

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
$u(H_{\text{SM}})$	速度位移检测仪测量重复性/分辨力引入不确定度分量	0.39mm/s	1
$u(H_{\text{SS}})$	速度位移校准装置引入不确定度分量	0.13mm/s	-1
$u(H_{\text{SWR}})$	安装偏差引入不确定度分量	0.0003mm/s	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：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(H_{\text{SM}}) + c_2^2 u^2(H_{\text{SS}}) + c_3^2 u^2(H_{\text{SWR}})} = 0.41\text{mm/s} \quad (\text{C.9})$$

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： $U=k \times u_c=0.82\text{mm/s}$ 。

