

国家计量技术规范
港口起重机起重量限制器校准规范
（征求意见稿）
试 验 报 告

规范编制组

2025 年 5 月

目 录

一、 试验目的.....	1
二、 试验设备.....	1
三、 试验方案.....	6
四、 试验数据.....	10
五、 数据分析.....	14
六、 试验结论.....	19

一、试验目的

在实验室、装机条件下，通过对具有代表性的起重量限制器进行试验，验证所制定的《港口起重机起重量限制器校准规范》的科学性、合理性和可行性。

二、试验设备

（一）试验样机

试验样机选用微特技术有限公司生产的 WTZ-A（200）型起重量限制器、常州常欣电子衡器有限公司生产的 BCQ-M 型起重量限制器，参数如表 1、表 2 所示，样机照片如图 1，图 2 所示。

表 1 WTZ-A（200）型起重量限制器技术参数

型号	WTZ-A（200）型
量程	0t~3t
分辨力	0.01t
综合误差	≤5%F.S.
控制输出	≤4（开关量）
其他输出	4~20mA
工作环境温度	-20℃~60℃
工作相对湿度	90%RH
工作电压	AC 220V±10%， 50Hz
IP 等级	称重传感器 IP66；仪表 IP54



图 1 WTZ-A（200）型起重量限制器

表 2 BCQ-M 型起重量限制器技术参数

型号	BCQ-M 型
量程	0t~3t

分辨力	0.01t
综合误差	$\leq 5\%F.S.$
控制输出	≤ 4 （开关量）
其他输出	4~20mA
工作环境温度	-20℃~90℃
工作相对湿度	95%RH
工作电压	AC380V, 50HZ
IP 等级	称重传感器 IP65；仪表 IP54



图 2 BCQ-M 型起重量限制器

（二）计量标准器

装机条件下选用的标准器为 M_1 等级标准砝码，20kg 砝码 25 块，5kg10 块，2kg10 块，1kg10 块，共计 580kg，与 M_{12} 等级标准砝码，500kg 砝码 2 块，1t 砝码 2 块，如图 3 至 5 所示，溯源证书如图 6 至 7 所示。



图 3 M_1 等级标准砝码小砝码（部分）



图 4 M_{12} 等级 500kg 砝码

图 5 M₁₂ 等级 1t 砵码

天津市计量监督检测科学研究院

Tianjin Institute of Metrological Supervision and Testing

检定证书

Verification Certificate

证书编号: FLXJ24050458-001

送检单位: 天津港海产职业技能开发服务有限公司

计量器具名称: 砣码

型号/规格: (1~20) kg (55件)

出厂编号:

制造商: 天津明超计量器具有限公司

检定依据: JJ99-2022《砣码》

检定结论: 准予作为^o等级砣码使用

检定人: 王晶

核数员: 王晶

检定员: 高南

检定日期: 2024 年 06 月 28 日
有效期至: 2025 年 06 月 27 日

本院地址: 天津市南开区科兴南路4号
Add.: No.4 KeXing Road West Road, Nankai District, Tianjin, China
邮编: 300192
Post Code
电子邮件: tianjin000@126.com
E-mail

服务电话: 022-2309329
Telephone
传真号码: 022-2309354
Fax
联系电话: 022-2309322
Completion Tel

第 1 页 共 3 页
Page 1 of 3

天津市计量监督检测科学研究院检定证书

Verification Certificate of TINST

证书编号:

FLXJ24050458-001

Certificate No.

检定结果

Results of Verification

数量	标称值	误差允差
$1 \times$	kg	mg
10	1	500
10	2	100 ⁽¹⁾
10	5	250
25 ⁽²⁾	20	1000

以下空白

第 3 页 共 3 页
Page 3 of 3

图 6 1kg~20kg 砝码检定证书

天津市计量监督检测科学研究院
Tianjin Institute of Metrological Supervision and Testing

检定证书

Verification Certificate

证书编号: FJXq24110999
Certificate No.

送检单位: 原承运工程检测设备有限公司(交通运输部天津水运工程科学研究所计量站)
Name of Client

计量器具名称: 微机电液伺服万能试验机
Name of Instrument

型号/规格: WBA-6000
Model Type

出厂编号: 899
Serial No.

制造厂: 济南中测品试验机制造有限公司
Manufacturer

检定依据: JJG1063-2010《电液伺服万能试验机检定规程》
Verification Regulation

检定结论: 符合0.5级
Conclusion

批准人: 王锡钢
Approved by

核验员: 贾启峰
Checked by

检定员: 高坤
Verified by

检定日期: 2024年12月26日
Date of Verification

有效期至: 2025年12月25日
Date of Expiry

本所地址: 天津市南开区科兴道6号
Add: No. 6 Kexing New Road, Nankai District, Tianjin, China

邮编/电话: 300192
Post Code

电子邮箱: tianjin@126.com
E-mail

服务电话: 022-23091229
Telephone

传真号码: 022-23091341
Fax

咨询电话: 022-23091322
Consulting Tel

第 1 页 共 1 页
Page

天津市计量监督检测科学研究院检定证书
Verification Certificate of TJMST

证书编号: FJXq24110990
Certificate No.

检定结果

Results of Verification

最大试验力: 600 kN

受力方向: 压向 同轴度: 6.76%

试验力 (kN)	示值相对误差 (%)	示值重复性相对误差 (%)
2	+0.25	0.00
10	+0.32	0.05
50	+0.25	0.02
100	+0.25	0.03
200	+0.11	0.01
300	+0.16	0.07
400	+0.12	0.01
600	+0.13	0.02

以下空白

第 3 页 共 4 页
Page

图 9 万能材料试验机检定证书

(三) 配套设备

设计装机条件下起重量限制计量校准装置,可满足样机全量程计量校准需求。

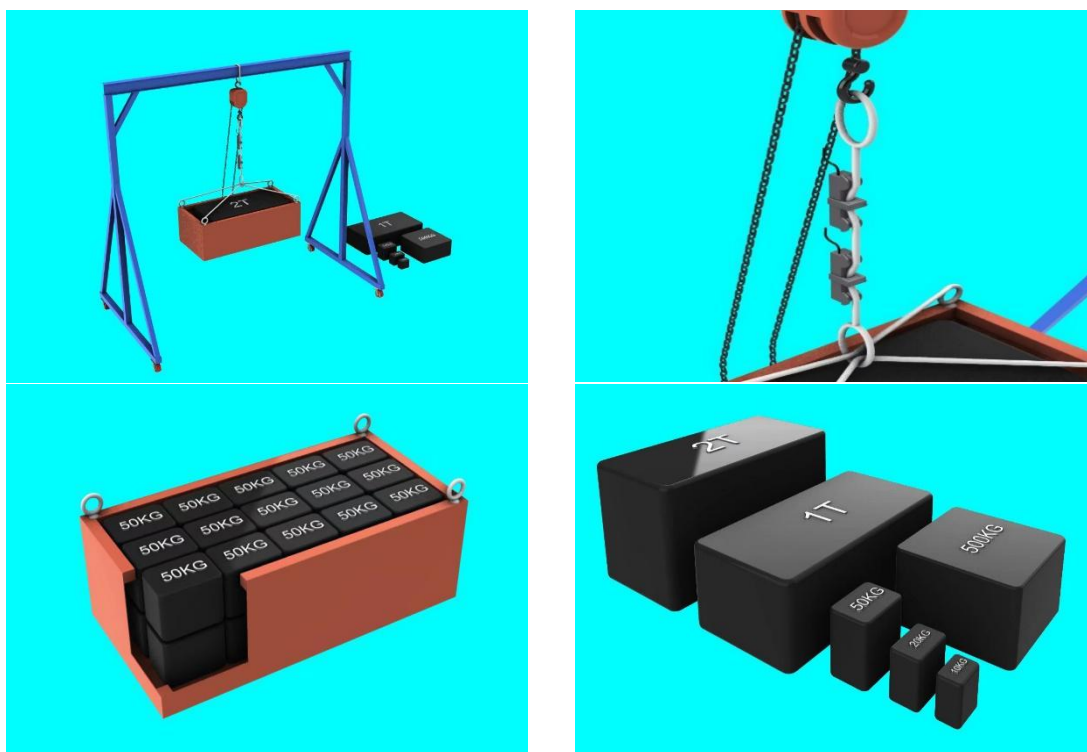


图 10 装机条件下起重量限制器计量标准装置结构图

选用样机为旁压式起重量限制器,校准时将传感器夹持在钢丝绳上,传感器通过信号线连至对应的控制器上,以读取传感器示值。根据样机型号规格,选择钢丝绳参数如表 3 所示,实物如图 11 所示。

表 3 钢丝绳技术参数

直径	18mm
材质	镀锌
工艺	压制
称重	4t
拉力	14t



图 11 钢丝绳

三、试验方案

(一) 实验室条件下验证试验

1. 标定

试验开始前，参照起重量限制器使用说明，对起重量限制器进行标定，将控制器额定载重量设定为 3t，将测量传感器固定于钢丝绳上，万能材料试验机夹紧钢丝绳两端，对起重量限制器进行置零。万能材料试验机施加标准载荷至 3t，将控制器显示值设为 3t，对起重量限制器进行标定。



图 12 实验室条件下起重量限制器标定

2. 示值误差

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，在起重量限制器量程范围内选取了 7 个测量点，由万能材料试验机逐级施加载荷至各测量点处，等待示值稳定后，记录万能材料试验机施加的标准载荷值和起重量限制器测量载荷值，在加载至传感器最大测量点 3t 后，逐级下降并记录数值，各级测量点按此步骤重复测量 3 组并取平均值。



图 13 实验室条件下起重量限制器示值误差验证试验

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，由万能材料试验机以 1t/s 匀速施加载荷至起重量限制器动作，稳定 3min，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载荷值，按此步骤重复测量 3 次取平均值。

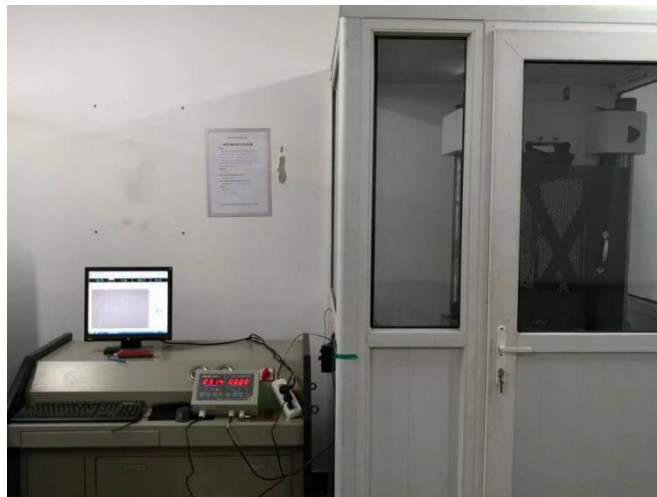


图 14 实验室条件下起重量限制器动作误差验证试验

（二）实验室条件下验证试验

1. 标定

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，起重机空钩吊起砝码框离地 200mm 左右，设定起重量限制器对零点，随后放下砝码框，于砝码框内放置 3t 砝码后再次吊起，并对 3 吨称量点进行标定。



图 15 装机条件下起重量限制器标定

2. 示值误差

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，在起重量限制器量程范围内选取了 3 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 100mm~200mm 处停止起升，稳定

3min，记录起重量限制器测量载荷值和标准砝码质量，各级测量点按此步骤重复测量 3 次取平均值。



图 16 装机条件下起重量限制器示值误差验证试验

3. 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额定起重量 90%的标准砝码，吊起至离地面距离约 100mm~200mm 处停止起升，稳定 3min，逐渐加载使起重量限制器动作，记录起重量限制器测量载荷值和标准砝码质量，按此步骤重复测量 3 次取平均值。

四、试验数据

表 4 实验室条件下 WTZ-A（200）型起重量限制器验证试验

仪器名称		起重量限制器		校准地点		计量三室			
送检单位		/		生产单位		微特技术有限公司			
规格型号		WTZ-A（200）型		仪器编号		WT22120070			
温度		23℃		相对湿度		16%			
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	
微机电液伺服万能试验机		10kN~600kN		0.5 级		FLXsj24110990		2025 年 12 月 25 日	
校准项目									
一、外观		合格		二、铭牌			合格		

三、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)			模数值		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0.05	0.06	-0.16	0.08	0.00	0.05	3864	3868	3856
2	0.50	0.50	0.50	0.59	0.55	0.57	4233	4273	4271
3	1.00	1.00	1.00	1.10	1.06	1.07	4600	4638	4632
4	1.50	1.50	1.50	1.59	1.54	1.56	4950	4986	4980
5	2.00	2.00	2.00	2.05	2.00	2.02	5283	5321	5314
6	2.50	2.50	2.50	2.52	2.47	2.49	5622	5653	5648
7	2.85	2.85	2.85	2.84	2.79	2.81	5851	5883	5877
8	3.00	3.00	3.00	2.98	2.92	2.94	5948	5979	5972
9	3.00	3.00	3.00	2.98	2.95	2.96	5962	5998	5997
10	2.85	2.85	2.85	2.88	2.83	2.85	5870	5915	5912
11	2.50	2.50	2.50	2.52	2.53	2.53	5665	5700	5696
12	2.00	2.00	2.00	2.11	2.06	2.08	5325	5362	5357
13	1.50	1.50	1.50	1.58	1.59	1.59	4981	5020	5016
14	1.00	1.00	1.00	1.08	1.09	1.09	4617	4657	4654
15	0.50	0.50	0.50	0.59	0.56	0.57	4233	4278	4277
16	0.06	-0.16	-0.08	0.08	0.00	0.03	3868	3856	3845
四、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)			模数值		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	3.20	3.25	3.26	3.15	3.15	3.15	6073	6135	6137

表 5 实验室条件下 BCQ-M 型起重量限制器验证试验

仪器名称	起重量限制器			校准地点	计量三室				
送检单位	/			生产单位	常州市常欣电子衡器有限公司				
规格型号	BCQ-M 型			仪器编号	/				
温度	23℃			相对湿度	16%				
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	

微机电液伺服万能试验机		10kN~600kN		0.5 级		FLXsj24110990		2025 年 12 月 25 日	
校准项目									
一、外观		合格		二、铭牌			合格		
三、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）			模数值		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0.05	0.06	-0.16	0.06	0.03	0.05	3874	3869	3855
2	0.50	0.50	0.50	0.56	0.58	0.55	4226	4276	4283
3	1.00	1.00	1.00	1.09	1.05	1.08	4606	4640	4632
4	1.50	1.50	1.50	1.53	1.58	1.55	4961	5002	4992
5	2.00	2.00	2.00	2.07	2.03	2.05	5290	5321	5315
6	2.50	2.50	2.50	2.53	2.48	2.48	5634	5652	5658
7	2.85	2.85	2.85	2.81	2.79	2.82	5844	5890	5862
8	3.00	3.00	3.00	2.96	2.95	2.94	5957	5981	5987
9	3.00	3.00	3.00	2.97	2.95	2.95	5973	6012	5986
10	2.85	2.85	2.85	2.82	2.83	2.86	5865	5918	5917
11	2.50	2.50	2.50	2.47	2.52	2.49	5677	5713	5694
12	2.00	2.00	2.00	2.06	2.08	2.05	5340	5377	5351
13	1.50	1.50	1.50	1.56	1.58	1.56	4994	5031	5027
14	1.00	1.00	1.00	1.06	1.09	1.08	4620	4648	4647
15	0.50	0.50	0.50	0.56	0.58	0.59	4227	4264	4281
16	0.06	-0.16	-0.08	0.01	0.03	0.01	3856	3860	3849
四、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）			模数值		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	3.20	3.19	3.23	3.15	3.15	3.15	6105	6078	6121

表 6 装机条件下 WTZ-A（200）型起重量限制器示值误差验证试验

仪器名称	起重量限制器	校准地点	天科院结构试验厅
送检单位	/	生产单位	微特技术有限公司
规格型号	WTZ-A（200）型	仪器编号	WT22120070

温度		23℃				相对湿度		20%		
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	
砝码		(1~20) kg 500kg, 1t, 2t		M1 M12			FLXfj24050458-001 FLXf24050458-004		2025 年 6 月 27 号 2025 年 6 月 27 号	
校准项目										
一、外观		合格			二、铭牌				合格	
三、示值误差										
序号	砝码施加载荷值（t）			起重量限制器测量值（t）			平均值 （t）		示值误差 （t）	不确定度 <i>U</i>
	1	2	3	1	2	3				
1	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0%	0.01
2	1.50	1.50	1.50	1.51	1.52	1.51	1.50	1.51	0.4%	0.02
3	3.00	3.00	3.00	2.98	2.99	2.99	3.00	2.99	0.4%	0.02
四、综合误差										
序号	标准砝码测量值（t）			起重量限制器测量值（t）			平均值 （t）		综合误差 （t）	不确定度 <i>U</i>
	1	2	3	1	2	3				
1	3.16	3.16	3.16	3.15	3.15	3.15	3.16	3.15	0.30%	0.02

表 7 装机条件下 BCQ-M 型起重量限制器示值误差验证试验

仪器名称	起重量限制器			校准地点	天科院结构试验厅					
送检单位	/			生产单位	常州市常欣电子衡器有限公司					
规格型号	BCQ-M 型			仪器编号	/					
温度	23℃			相对湿度	20%					
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		
砝码	(1~20) kg 500kg, 1t, 2t			M1 M12	FLXfj24050458-001 FLXf24050458-004			2025 年 6 月 27 号 2025 年 6 月 27 号		

校准项目										
一、外观		合格			二、铭牌			合格		
三、示值误差										
序号	砝码施加载荷值 (t)			起重量限制器测量值 (t)			平均值 (t)		示值误差 (t)	不确定度 <i>U</i>
	1	2	3	1	2	3				
1	0.40	0.40	0.40	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0%	0.01
2	1.50	1.50	1.50	1.49	1.5	1.49	1.5	1.49	0.40%	0.02
3	3.00	3.00	3.00	3.01	3.01	3.01	3	3.01	0.40%	0.02
四、综合误差										
序号	标准砝码测量值 (t)			起重量限制器测量值 (t)			平均值 (t)		综合误差 (t)	不确定度 <i>U</i>
	1	2	3	1	2	3				
1	3.16	3.16	3.16	3.15	3.15	3.15	3.16	3.15	0.30%	0.02

五、数据分析

（一）实验室条件试验数据分析

实验室条件测量数据如表 4、表 5 所示，万能材料试验机施加载荷曲线如图 17 所示，数据测量结果如图 18、19 所示。

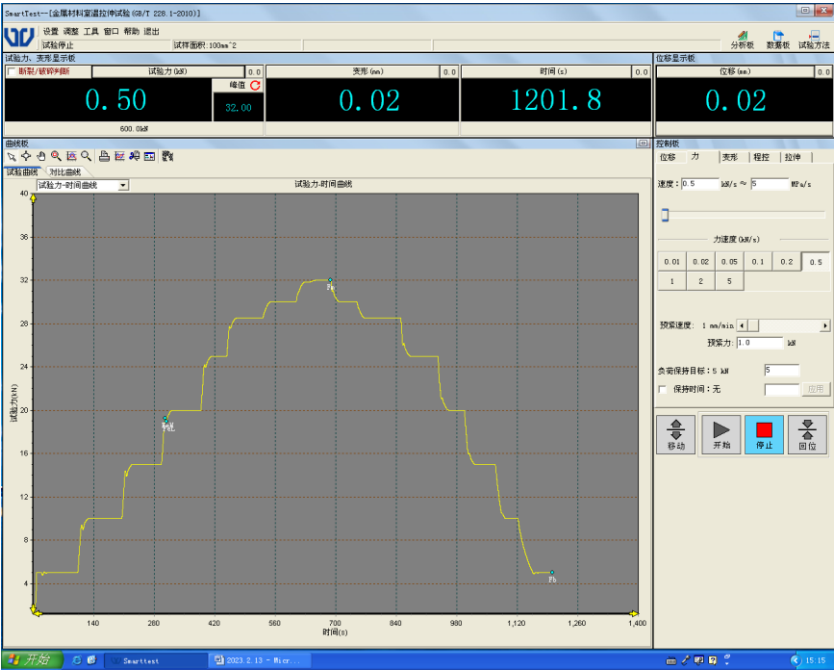
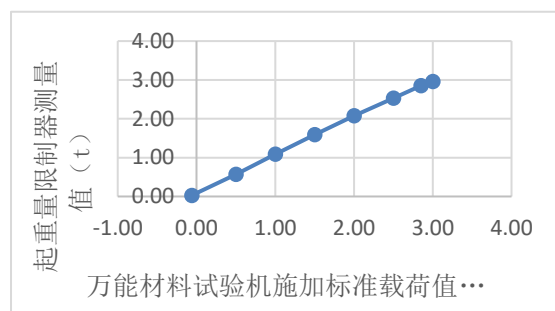
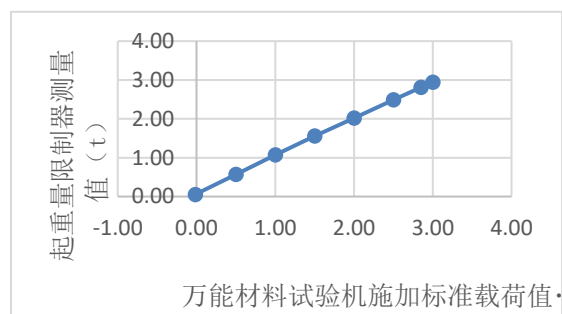


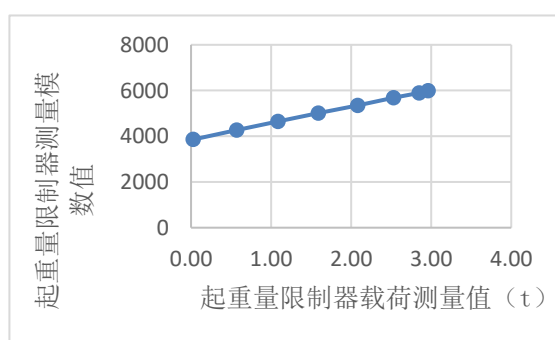
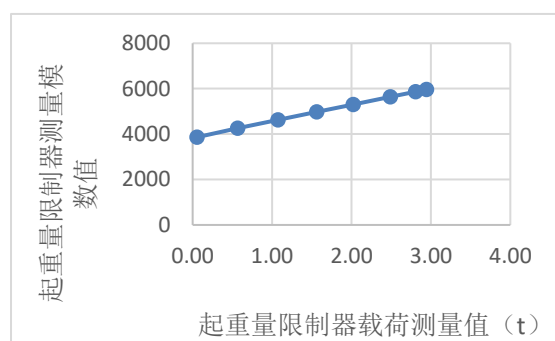
图 17 万能材料试验机标准载荷施加曲线



(a) 加荷数据曲线

(b) 卸荷数据曲线

图 18 起重重量限制器示值误差试验曲线



(a) 加荷模数值

(b) 卸荷模数值

图 19 模数值与标准值的比例关系

按公式 (5-1) 计算各级测量点处的示值误差。

$$\delta_{LEi} = \frac{|L_{LMi} - L_{LSi}|}{L_{RS}} \times 100\% \quad (5-1)$$

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， $i=1,2,3$ ；

L_{LMi} ——实验室条件各级测量点处起重量限制器测量载荷的算术平均值，

$i=1,2,3$ ，t；

L_{LSi} ——实验室条件各级测量点处万能材料试验机施加的载荷算术平均值，

$i=1,2,3$ ，t；

L_{RS} ——起重量限制器额定起重量值，t。

所得示值误差结果如表 8，表 9 所示。

表 8 实验室条件 WTZ-A（200）型起重量限制器示值误差数据处理结果

序号	试验机施加载荷平均值 (t)	起重量限制器测量值平均值		示值误差 (%)	不确定度 U
		载荷值 (t)	模数值		
1	-0.02	0.05	3863	2.3%	0.09
2	0.50	0.57	4259	2.2%	0.05
3	1.00	1.07	4623	2.4%	0.05
4	1.50	1.56	4972	2.0%	0.06
5	2.00	2.02	5306	0.7%	0.06
6	2.50	2.49	5641	0.4%	0.06
7	2.85	2.81	5870	1.4%	0.06
8	3.00	2.94	5966	1.9%	0.07
9	3.00	2.96	5986	1.3%	0.04
10	2.85	2.85	5899	0.0%	0.06
11	2.50	2.53	5687	1.0%	0.03
12	2.00	2.08	5348	2.7%	0.06
13	1.50	1.59	5006	2.9%	0.02
14	1.00	1.09	4643	2.9%	0.01
15	0.50	0.57	4263	2.3%	0.04
16	-0.06	0.03	3856	2.9%	0.09

表 9 实验室条件 BCQ-M 型起重量限制器示值误差数据处理结果

序号	试验机施加载荷平均值 (t)	起重量限制器测量值平均值		示值误差 (%)	不确定度 U
		载荷值 (t)	模数值		
1	-0.02	0.05	3866	2.2%	0.04
2	0.5	0.56	4262	2.1%	0.04
3	1	1.07	4626	2.4%	0.05
4	1.5	1.55	4985	1.8%	0.06
5	2	2.05	5309	1.7%	0.05
6	2.5	2.50	5648	-0.1%	0.06
7	2.85	2.81	5865	-1.4%	0.04
8	3	2.95	5975	-1.7%	0.03
9	3	2.96	5991	-1.4%	0.03
10	2.85	2.84	5900	-0.4%	0.05
11	2.5	2.49	5695	-0.2%	0.06
12	2	2.06	5356	2.1%	0.04
13	1.5	1.57	5017	2.2%	0.03
14	1	1.08	4638	2.6%	0.04
15	0.5	0.58	4257	2.6%	0.04
16	-0.06	0.02	3855	2.7%	0.03

按公式 (5-2) 计算动作误差。

$$\delta_{LM} = \frac{|L_{LMM} - L_{LSM}|}{L_{RSM}} \times 100\% \quad (5-2)$$

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载荷的算术平均值，t；

L_{RSM} ——万能材料试验机施加的载荷算术平均值，t。

所得动作误差校准结果如表10、表11所示。

表 10 实验室条件 WTZ-A (200) 型起重量限制器动作误差数据处理结果

序号	试验机施加载荷平均值	起重量限制器测量值平均值	动作误差	不确定度 U
----	------------	--------------	------	----------

	(t)	载荷值 (t)	模数值	(%)	
1	3.24	3.15	6115	2.9%	0.02

表 11 实验室条件 BCQ-M 型起重量限制器动作误差数据处理结果

序号	试验机施加载荷平均值 (t)	起重量限制器测量值平均值		动作误差 (%)	不确定度 U
		载荷值 (t)	模数值		
1	3.21	3.15	6101	1.9%	0.03

校准规范中规定，实验室条件下起重量限制器示值误差应不超过 3%，表 8、表 9 中，示值误差最大值为 2.9%，满足示值误差校准要求；校准规范中规定，实验室条件下起重量限制器动作误差应不超过 3%，表 10、表 11 中，动作误差为 2.9%，满足动作误差校准要求。造成部分校准点处误差较大的原因分析如下：

(1) 钢丝绳在起重量限制器测量传感器上夹持紧实度不足，万能材料试验机施加到钢丝绳的载荷不能完全被测量传感器感知，造成测量误差；

(2) 试验过程中，万能材料试验机在拉伸钢丝绳时，钢丝绳在夹具上出现打滑，影响测量精度。

(3) 万能材料试验机作为标准器自身测量精度问题，以及加载-卸载过程中的迟滞误差，影响最终的测量精度。

(二) 装机条件试验数据分析

装机条件测量数据如表 6、表 7 所示。

按公式 (5-3) 计算各级测量点处的示值误差，取绝对值最大值作为示值误差校准结果。

$$\delta_{FEi} = \frac{|L_{FMI} - L_{FSi}|}{L_{RS}} \times 100\% \quad (5-3)$$

式中：

δ_{FEi} ——装机条件下起重量限制器在各级测量点处示值误差， $i=1,2,3$ ；

L_{FMI} ——装机条件下各级测量点处起重量限制器测量载荷的算术平均值， $i=1,2,3$ ，t；

L_{FSi} ——装机条件各级测量点处砝码施加的标准载荷值， $i=1,2,3$ ，t；

L_{RS} ——起重量限制器额定起重量值，t。

按公式（5-4）计算动作处的综合误差。

$$\delta_{FC} = \frac{|L_{FMC} - L_{FSC}|}{L_{RSC}} \times 100\% \quad (5-4)$$

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载荷的算术平均值，t；

L_{RSC} ——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。

校准规范中规定，装机条件下起重量限制器示值误差应不超过 5%，表 6、表 7 中，示值误差最大值为 0.4%，满足示值误差校准要求；校准规范中规定，装机条件下起重量限制器综合误差应不超过 5%，表 6、表 7 中，综合误差最大为 0.3%，满足综合误差校准要求。造成部分校准点处误差较大的原因分析如下：

（1）钢丝绳在起重量限制器测量传感器上夹持紧实度不足，标准砝码施加到钢丝绳的载荷不能完全被测量传感器感知，造成测量误差；

（2）起吊过程中，吊具的摇摆、振动对测量结果造成影响。

（3）砝码每次在吊篮中装载的位置不同，影响起吊后吊篮的重心，对测量结果造成影响。

六、试验结论

按照规范要求对港口机械 起重限制器的计量性能逐项进行校准，被检港口器械 起重限制器各项性能参数均符合规范要求。经验证，规范所规定的计量性能要求完整、充分，能够保证港口器械 起重限制器的各项计量性能的考核，通过测试后，能够保证港口器械 起重限制器的计量性能的准确可靠。规范严谨可靠，且充分考虑了被检港口器械 起重限制器的特性及生产厂家、检验检测机构的应用需求，具有较强的可操作性。