

# 拖曳倾斜式海流计校准规范

## （征求意见稿）

实验报告

自然资源部南海海域海岛中心

（自然资源部南海标准计量与信息中心）

二〇二三年十二月



# 目 录

1 实验设计 .....	1
1.1 校准原理 .....	1
1.2 实验方法 .....	1
2 仪器设备 .....	2
2.1 测量标准 .....	2
2.2 被测设备 .....	2
3 实验过程和记录 .....	3
4 实验结果 .....	5
4.1 流速校准实验结果 .....	5
4.2 流向校准实验结果 .....	5
5 结论 .....	5

# 实验报告

## 1 实验设计

### 1.1 实验原理

#### 1.1.1 被测仪器测量原理

拖曳倾斜式海流计（以下简称“海流计”）是采用拖曳倾斜原理测量海流流速与流向的测量仪器，主要由内置加速计和磁力计的浮力外壳和万向环组成。通过万向环将海流计固定于支架、栅栏桩等固定点上，使得海流计在水下处于悬浮状态，不同的海流速度会使得海流计倾斜不同的角度。通过加速计的三轴加速度计算仪器的倾斜角，经数据处理可将其转换为海流流速；通过磁力计测量倾斜方向，经数据处理可将其转换为海流流向。

#### 1.1.2 校准实验原理

海流计流向的校准原理为：通过测地型GPS接收机在室外开阔处测量两点的经纬度坐标，计算求得两点连线与真北方向的夹角（即坐标方位角），从而反演得到真北方向；通过全站仪分别测量实验室内一点与室外已得知坐标经纬度的两点的距离，得出室内该点的坐标经纬度，将真北方向引入校准环境稳定的室内；将方位盘置于该点处，0°刻度指向真北方向。将海流计倾斜固定安装于方位盘上，模拟海流计的工作状态。通过记录方位盘转动过的角度得到流向标准值，将海流计流向示值减去流向标准值即为流向示值误差，方位盘顺时针转动和逆时针转动同样角度时所得到的流向示值误差之间的差的绝对值即为流向正、反行程差。

海流计流速的校准原理为：通过流速校准拖车和流速校准水槽提供稳定的速度，使得海流计与水槽中的水处于一定速度的相对运动，模拟不同的海水流速。车速测量系统测得的速度为流速标准值，海流计流速示值与流速标准值之差即为流速示值误差，示值误差重复性则以实验标准差的形式、通过贝塞尔法计算可得。

### 1.2 实验方法

依据《拖曳倾斜式海流计校准规范（征求意见稿）》所描述的校准步骤和操作要求，对编号为 B1574 的 Marotte HS 型拖曳倾斜式海流计进行校准。

根据海流计的说明书设置记录周期，按要求将海流计布放于与流速校准水槽的宽边平行的横杆上，使海流计被水面没过。经过静水时间后，在根据海流计流速量程范围，选取 5cm/s、15cm/s、25cm/s、55cm/s、65cm/s、115cm/s 作为校准

点，依次开展流速测量误差和流速示值误差重复性的校准。

固定好方位盘的位置和刻度方向后，根据海流计说明书进行磁力计校正、设置记录周期，确定没有影响计量特性的因素后，对校准点 0°（360°）、30°、60°、90°、120°、150°、180°、210°、240°、270°、300°、330°依次进行正转和反转的校准，得到流向示值误差和流向示值正、反行程差。

## 2 仪器设备

### 2.1 测量标准

验证实验使用的测量标准和配套设备见表 1。

表 1 测量标准和配套设备

分类	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
标准器	测地型 GPS 接收机	——	MPE=±(10.0mm+1.0×10 <sup>-6</sup> ×D) (D 单位为 km)	CYQ202311127
	方位盘	(0~360)°	MPE: ±4.2'	CB202204485
	车速测量系统	(0~3.5)m/s	MPE: ±0.6cm/s	CDjc2021-14258
配套设备	全站仪	(0~500)m	II 级	CYQ202311073
	流速校准拖车	——	车速变化率 (σ) : v≤0.1m/s, σ≤2.00%; 0.1<v≤0.5m/s, σ≤1.00%; v>0.5m/s, σ≤0.60%	CDjc2021-14258
	流速校准水槽	——	深水: 60m×5m×6m 浅水: 140m×5m×1.5m	——

### 2.2 被测设备

验证实验使用的被校设备见表 2。

表 2 被测设备信息

器具名称	生产厂家	型号	编号
拖曳倾斜式海流计	澳大利亚詹姆斯库克大学	Marotte HS	B1574

### 3 实验过程和记录

流速验证实验于 2021 年 11 月 30 日在广州市中山大学试验水池开展，实验过程的现场照片见图 1、2；流向验证实验于 2023 年 3 月 28 日在广州分站海流实验室开展，实验过程的现场照片见图 3、4；实验记录见附录 1。

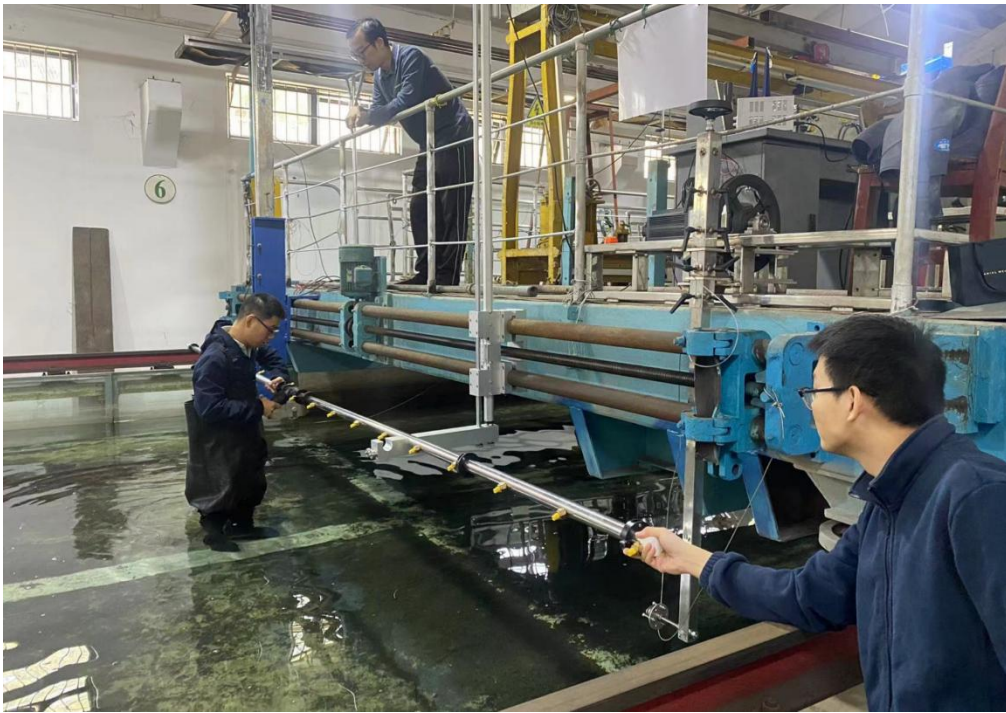


图 1 流速校准测量标准调试照片



图 2 流速校准实验验证现场照片



图 3 流向校准测量标准调试现场照片



图 4 流速校准实验验证现场照片

受全国疫情因素影响，国家海洋计量站青岛分站、国家海洋计量站上海分站的验证实验亦由国家海洋计量站广州分站的实验员于广州开展，国家海洋计量站青岛分站、国家海洋计量站上海分站的实验员通过视频方式远程见证，实验记录

见附录 2、附录 3。

## 4 实验结果

### 4.1 流向校准实验结果

流向校准试验结果见表 3。

表 3 流向校准实验结果

单位：°

校准点	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
示值误差（正转）	1.9	0.2	1.2	-0.1	-2	-6.4	-4.8	-3.8	-0.9	0.8	2.2	0.5
示值误差（反转）	-0.7	-0.6	-1	-1.4	-0.2	-5.6	-2.6	-2.4	-1	-0.4	0.6	0.3
示值误差平均值	0.6	-0.2	0.1	-0.75	-1.1	-6.0	-3.7	-3.1	-1.0	0.2	1.4	0.4
正、反行程差	2.6	0.8	2.2	1.3	-1.8	-0.8	-2.2	-1.4	0.1	1.2	1.6	0.2
示值误差平均值 $U(k=2)$	1.2	1.3	1.7	1.6	1.4	1.5	1.5	1.2	1.4	1.1	1.1	0.9

### 4.2 流速校准实验结果

流速校准试验结果见表 4。

表 4 流速校准实验结果

单位：cm/s

校准点	5	15	25	55	65	115
示值误差	1.5	1.5	1.2	2.5	0.5	1.0
测量重复性	0.6	0.9	0.9	0.5	1.0	1.6
$U(k=2)$	0.8	1.0	1.0	0.7	1.0	1.7

## 5 结论

通过依据《拖曳倾斜式海流计校准规范（征求意见稿）》对海流计开展流速、流向校准的验证实验，证明规范中规定的校准环境条件、测量标准的技术要求、校准项目、校准流程和操作要求、报告和记录格式等内容合理，流程步骤切实可操作，满足拖曳倾斜式海流计校准要求。



## 附录1 国家海洋计量站广州分站拖曳倾斜式海流计校准实验验证记录

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表

原始记录号: YSXXXXXX

第1页, 共5页

仪器名称	拖曳倾斜式海流计							
型号	Marotte HS		出厂编号		B1574			
记录周期设置/s	1		平滑周期设置/s		10			
测量范围	流向: (0~360)° 流速: (5~120)cm/s		校准依据		JJG XXXX-XXXX《拖曳倾斜式海流计校准规范》(征求意见稿)			
校准使用的计量标准装置								
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差		计量标准证书编号	有效期至			
XXXX	XXXX	XXXX		XXXX	XXXXX			
校准使用的标准器及配套设备								
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			
测地型GPS接收机	---	MPE=±(10.0mm+1.0×10 <sup>-6</sup> ×D) (D单位为km)		CYQ202311127	2024-02-28			
方位盘	(0~360)°	MPE: ±4.2'		CB202204485	2023-12-13			
车速测量系统	(0~3.5)m/s	MPE: ±0.6cm/s		CDjc2021-14258	2022-08-03			
全站仪	(0~500)m	II级		CYQ202311073	2024-02-26			
流速校准拖车	---	车速变化率(σ): v≤0.1m/s, σ≤2.00%; 0.1<v≤0.5m/s, σ≤1.00%; v>0.5m/s, σ≤0.60%		CDjc2021-14258	2022-08-03			
流速校准水槽	---	深水: 60m×5m×6m 浅水: 140m×5m×1.5m		---	---			
外观检查: 未见异常。								
流向校准时间、地点及其环境条件								
时间: 2023年3月28日			地点: 广州分站海流实验室					
温度/°C: (19.8~19.8)°C			相对湿度/%: (68~67)%RH					
流向校准(正转)								单位: °
序号	校准点: 0(360)		校准点: 30		校准点: 60		校准点: 90	
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值
1	0.0	0.4	30.0	29.3	60.0	60.0	90.0	92.4
2	0.0	0.9	30.0	30.0	60.0	59.7	90.0	90.8
3	0.0	3.8	30.0	30.1	60.0	59.2	90.0	91.5
4	0.0	3.8	30.0	29.7	60.0	59.3	90.0	88.2
5	0.0	1.8	30.0	32.6	60.0	63.2	90.0	87.5
6	0.0	0.9	30.0	29.6	60.0	65.8	90.0	89.0
平均值	0.0	1.9	30.0	30.2	60.0	61.2	90.0	89.9
示值误差	1.9		0.2		1.2		-0.1	

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 1）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 2 页，共 5 页

流向校准（正转）									单位：°
序号	校准点：120		校准点：150		校准点：180		校准点：210		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	120.0	115.7	150.0	147.8	180.0	176.5	210.0	206.8	
2	120.0	117.6	150.0	148.0	180.0	176.8	210.0	204.3	
3	120.0	121.2	150.0	148.2	180.0	175.4	210.0	205.2	
4	120.0	118.6	150.0	147.7	180.0	175.6	210.0	205.5	
5	120.0	118.6	150.0	147.9	180.0	178.6	210.0	206.7	
6	120.0	116.4	150.0	145.6	180.0	177.3	210.0	208.4	
平均值	120.0	118.0	150.0	147.5	180.0	176.7	210.0	206.2	
示值误差	-2.0		-6.4		-4.8		-3.8		
序号	校准点：240		校准点：270		校准点：300		校准点：330		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	240.0	238.9	270.0	272.9	300.0	300.7	330.0	330.6	
2	240.0	238.8	270.0	271.4	300.0	303.1	330.0	330.6	
3	240.0	238.5	270.0	269.9	300.0	303.4	330.0	331.0	
4	240.0	237.5	270.0	270.1	300.0	301.8	330.0	330.1	
5	240.0	239.7	270.0	271.1	300.0	301.6	330.0	331.8	
6	240.0	241.3	270.0	269.2	300.0	302.9	330.0	329.1	
平均值	240.0	239.1	270.0	270.8	300.0	302.2	330.0	330.5	
示值误差	-0.9		0.8		2.2		0.5		

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 2）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 3 页，共 5 页

流向校准（反转）									单位：°
序号	校准点：360（0）		校准点：330		校准点：300		校准点：270		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	360.0	0.5	330.0	332.5	300.0	300.0	270.0	270.3	
2	360.0	359.1	330.0	330.8	300.0	300.5	270.0	269.3	
3	360.0	360	330.0	329.9	300.0	301.2	270.0	267.3	
4	360.0	0.6	330.0	329.6	300.0	300.3	270.0	270.0	
5	360.0	357.8	330.0	329.4	300.0	298.5	270.0	270.0	
6	360.0	357.6	330.0	329.8	300.0	302.9	270.0	270.8	
平均值	360.0	359.3	330.0	330.3	300.0	300.6	270.0	269.6	
示值误差	-0.7		0.3		0.6		-0.4		
序号	校准点：240		校准点：210		校准点：180		校准点：150		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	240.0	242.4	210.0	209.0	180.0	174.5	150.0	145.9	
2	240.0	240.3	210.0	207.3	180.0	175.6	150.0	146.5	
3	240.0	237.3	210.0	206.6	180.0	176.4	150.0	145.5	
4	240.0	237.3	210.0	209.3	180.0	177.5	150.0	145.3	
5	240.0	237.7	210.0	207.9	180.0	180.2	150.0	142.2	
6	240.0	239.0	210.0	205.5	180.0	180.1	150.0	140.8	
平均值	240.0	239.0	210.0	207.6	180.0	177.4	150.0	144.4	
示值误差	-1.0		-2.4		-2.6		-5.6		

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 3）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 4 页，共 5 页

流向校准（反转）									单位：°
序号	校准点：120		校准点：90		校准点：60		校准点：30		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	120.0	116.0	90.0	86.9	60.0	60.3	30.0	27.6	
2	120.0	118.6	90.0	86.6	60.0	59.3	30.0	27.4	
3	120.0	114.8	90.0	87.4	60.0	58.3	30.0	28.9	
4	120.0	116.7	90.0	89.7	60.0	58.0	30.0	32.7	
5	120.0	118.2	90.0	91.7	60.0	58.3	30.0	30.2	
6	120.0	116.5	90.0	89.6	60.0	59.7	30.0	29.4	
平均值	120.0	116.8	90.0	88.6	60.0	59.0	30.0	29.4	
示值误差	-0.2		-1.4		-1.0		-0.6		
流向校准结果									单位：°
校准点	0 (360)	30	60	90	120	150			
示值误差（正转）	1.9	0.2	1.2	-0.1	-2	-6.4			
示值误差（反转）	-0.7	-0.6	-1	-1.4	-0.2	-5.6			
示值误差平均值	0.6	-0.2	0.1	-0.75	-1.1	-6.0			
正、反行程差	2.6	0.8	2.2	1.3	-1.8	-0.8			
示值误差平均值 拓展不确定度 (k=2)	1.2	1.3	1.7	1.6	1.4	1.5			
校准点	180	210	240	270	300	330			
示值误差（正转）	-4.8	-3.8	-0.9	0.8	2.2	0.5			
示值误差（反转）	-2.6	-2.4	-1	-0.4	0.6	0.3			
示值误差平均值	-3.7	-3.1	-1.0	0.2	1.4	0.4			
正、反行程差	-2.2	-1.4	0.1	1.2	1.6	0.2			
示值误差平均值 扩展不确定度 (k=2)	1.5	1.2	1.4	1.1	1.1	0.9			

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 4）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 5 页，共 5 页

流速校准时间、地点及其环境条件						
时 间：2021 年 11 月 30 日	地 点：广东省广州市海珠区 135 号中山大学试验水池					
温 度：（21.3~21.1）℃	相对湿度：（51~51）%RH					
流速校准					单位：cm / s	
序号	校准点：5		校准点：15		校准点：25	
	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值
1	5.0	7.3	15.0	16.7	25.0	28.2
2	5.0	7.0	15.0	16.1	25.0	27.9
3	5.0	6.9	15.0	15.0	25.0	29.0
4	5.0	8.5	15.0	16.5	25.0	26.7
5	5.0	7.8	15.0	17.6	25.0	27.8
6	5.0	7.5	15.0	17.3	25.0	29.3
平均值	5.0	7.5	15.0	16.5	25.0	28.2
示值误差	1.5		1.5		1.2	
测量重复性	0.6		0.9		0.9	
示值误差 扩展不确定度（ $k=2$ ）	0.8		1.0		1.0	
序号	校准点：55		校准点：65		校准点：115	
	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值
1	55.0	56.9	65.0	64.8	115.0	115.7
2	55.0	57.3	65.0	66.4	115.0	117.5
3	55.0	57.9	65.0	66.8	115.0	116.5
4	55.0	57.6	65.0	65.0	115.0	114.2
5	55.0	57.1	65.0	64.5	115.0	/
6	55.0	58.2	65.0	64.6	115.0	/
平均值	55.0	57.5	65.0	65.4	115.0	116.0
示值误差	2.5		0.5		1.0	
测量重复性	0.5		1.0		1.6	
示值误差 扩展不确定度（ $k=2$ ）	0.7		1.0		1.7	

附录 2 国家海洋计量站上海分站拖曳倾斜式海流计校准实验验证记录



拖曳倾斜式海流计校准记录表

原始记录号: YSXXXXXXX

第 1 页, 共 5 页

仪器名称	拖曳倾斜式海流计							
型 号	Marotte HS		出厂编号		B1574			
记录周期设置/s	1		平滑周期设置/s		10			
测量范围	流向: (0~360)° 流速: (5~120)cm/s		校准依据		JJG XXXX-XXXX 《拖曳倾斜式海流计校准规范》(征求意见稿)			
校准使用的计量标准装置								
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差		计量标准 证书编号	有效期至			
XXXX	XXXX	XXXX		XXXX	XXXXX			
校准使用的标准器及配套设备								
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			
测地型 GPS 接收机	---	MPE= ±(10.0mm+ 1.0×10 <sup>-6</sup> × D) (D 单位为 km)		CYQ202311127	2024-02-28			
方位盘	(0~360)°	MPE: ±4.2'		CB202204485	2023-12-13			
车速测量系统	(0~3.5)m/s	MPE: ± 0.6cm/s		CDjc2021-14258	2022-08-03			
全站仪	(0~500)m	II 级		CYQ202311073	2024-02-26			
流速校准拖车	---	车速变化率 (σ) : v ≤ 0.1m/s, σ ≤ 2.00%; 0.1 < v ≤ 0.5m/s, σ ≤ 1.00%; v > 0.5m/s, σ ≤ 0.60%		CDjc2021-14258	2022-08-03			
流速校准水槽	---	深水: 60m×5m×6m 浅水: 140m×5m×1.5m		---	---			
外观检查: 未见异常。								
流向校准时间、地点及其环境条件								
时 间: 2023 年 3 月 28 日			地 点: 广州分站海流实验室					
温度/°C: (19.8~ 19.8)°C			相对湿度/%: (67~ 67)%RH					
流向校准 (正转) <span style="float: right;">单位: °</span>								
序号	校准点: 0 (360)		校准点: 30		校准点: 60		校准点: 90	
	标准器 示值	仪器流 向示值	标准器示值	仪器流向 示值	标准器 示值	仪器流 向示值	标准器 示值	仪器流 向示值
1	0.0	0.5	30.0	31.6	60.0	62.9	90.0	93.5
2	0.0	359.4	30.0	32.3	60.0	62.5	90.0	94.7
3	0.0	356.9	30.0	34.2	60.0	63.1	90.0	96.0
4	0.0	357.0	30.0	34.6	60.0	66.8	90.0	94.4
5	0.0	358.0	30.0	33.1	60.0	66.6	90.0	95.5
6	0.0	358.6	30.0	31.7	60.0	68.2	90.0	93.9
平均值	0.0	358.4	30.0	32.9	60.0	65.0	90.0	94.7
示值误差	-1.6		2.9		5.0		4.7	

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 1）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 2 页，共 5 页

流向校准（正转）									单位：°
序号	校准点：120		校准点：150		校准点：180		校准点：210		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	120.0	122.2	150.0	146.2	180.0	173.5	210.0	207.4	
2	120.0	121.4	150.0	149.4	180.0	174.6	210.0	205.4	
3	120.0	120.4	150.0	149.6	180.0	177.9	210.0	207.4	
4	120.0	121.8	150.0	148.4	180.0	175.7	210.0	208.7	
5	120.0	121.4	150.0	147.4	180.0	177.7	210.0	212.6	
6	120.0	121.0	150.0	146.7	180.0	179.6	210.0	210.3	
平均值	120.0	121.4	150.0	148.0	180.0	176.5	210.0	208.6	
示值误差	1.4		-2.0		-3.5		-1.4		
序号	校准点：240		校准点：270		校准点：300		校准点：330		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	240.0	240.8	270.0	270.2	300.0	297.5	330.0	327.8	
2	240.0	238.7	270.0	270.7	300.0	300.7	330.0	327.5	
3	240.0	238.2	270.0	271.1	300.0	299.8	330.0	327.6	
4	240.0	238.2	270.0	269.3	300.0	298.6	330.0	327.8	
5	240.0	240.5	270.0	265.9	300.0	300.8	330.0	330.9	
6	240.0	240.4	270.0	267.5	300.0	299.4	330.0	328.4	
平均值	240.0	239.5	270.0	269.1	300.0	299.5	330.0	328.3	
示值误差	-0.5		-0.9		-0.5		-1.7		

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 2）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 3 页，共 5 页

流向校准（反转）									单位：°
序号	校准点：360（0）		校准点：330		校准点：300		校准点：270		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	360.0	1.2	330.0	326.8	300.0	299.8	270.0	268.1	
2	360.0	0.8	330.0	324.9	300.0	297.9	270.0	267.4	
3	360.0	0.3	330.0	326.3	300.0	297.6	270.0	266.1	
4	360.0	359.0	330.0	327.8	300.0	296.2	270.0	265.4	
5	360.0	354.9	330.0	325.3	300.0	295.3	270.0	266.9	
6	360.0	356.6	330.0	329.7	300.0	296.8	270.0	267.4	
平均值	360.0	358.8	330.0	326.8	300.0	297.3	270.0	266.9	
示值误差	-0.2		-3.2		-2.7		-3.1		
序号	校准点：240		校准点：210		校准点：180		校准点：150		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	240.0	240.0	210.0	211.9	180.0	178.8	150.0	147.2	
2	240.0	239.9	210.0	211.4	180.0	179.2	150.0	146.7	
3	240.0	239.9	210.0	209.8	180.0	177.8	150.0	147.5	
4	240.0	239.7	210.0	211.0	180.0	175.9	150.0	148.0	
5	240.0	237.8	210.0	210.7	180.0	179.1	150.0	148.0	
6	240.0	238.2	210.0	207.7	180.0	178.6	150.0	147.7	
平均值	240.0	239.2	210.0	210.4	180.0	178.2	150.0	147.5	
示值误差	-0.8		0.4		-1.8		-2.5		



## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 3）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 4 页，共 5 页

流向校准（反转）									单位：°
序号	校准点：120		校准点：90		校准点：60		校准点：30		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	120.0	119.8	90.0	94.0	60.0	65.9	30.0	30.1	
2	120.0	119.0	90.0	95.9	60.0	65.8	30.0	33.0	
3	120.0	119.6	90.0	97.4	60.0	69.3	30.0	33.5	
4	120.0	123.0	90.0	96.2	60.0	67.1	30.0	30.7	
5	120.0	121.8	90.0	95.8	60.0	65.3	30.0	32.9	
6	120.0	118.6	90.0	96.9	60.0	66.2	30.0	33.9	
平均值	120.0	120.3	90.0	96.0	60.0	66.6	30.0	32.4	
示值误差	0.3		6.0		6.6		2.4		
流向校准结果									单位：°
校准点	0 (360)	30	60	90	120	150			
示值误差（正转）	-1.6	2.9	5.0	4.7	1.4	-2.0			
示值误差（反转）	-0.2	2.4	6.6	6.0	0.3	-2.5			
示值误差平均值	-0.9	2.65	5.8	5.35	0.85	-2.25			
正、反行程差	-1.4	0.5	-1.6	-1.3	1.1	0.5			
示值误差平均值 扩展不确定度 (k=2)	1.7	1.2	1.7	0.9	1.1	0.9			
校准点	180	210	240	270	300	330			
示值误差（正转）	-3.5	-1.4	-0.5	-0.9	-0.5	-1.7			
示值误差（反转）	-1.8	0.4	-0.8	-3.1	-2.7	-3.2			
示值误差平均值	-2.6	-0.5	-0.6	-2	-1.6	-2.4			
正、反行程差	-1.7	-1.8	0.3	2.2	2.2	1.5			
示值误差平均值 扩展不确定度 (k=2)	1.5	1.7	0.9	1.3	1.2	1.3			

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 4）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 5 页，共 5 页

流速校准时间、地点及其环境条件						
时 间：2021 年 11 月 30 日	地 点：广东省广州市海珠区 135 号中山大学试验水池					
温 度：（21.1~21.3）℃	相对湿度：（53~51）%RH					
流速校准					单位：cm / s	
序号	校准点：5		校准点：10		校准点：30	
	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值
1	5.0	6.6	10.0	10.6	30.0	27.7
2	5.0	6.2	10.0	11.0	30.0	30.5
3	5.0	6.2	10.0	10.8	30.0	31.3
4	5.0	6.4	10.0	10.9	30.0	32.3
5	5.0	6.9	10.0	10.7	30.0	32.7
6	5.0	6.9	10.0	11.0	30.0	35.0
平均值	5.0	6.5	10.0	10.8	30.0	31.6
示值误差	1.5		0.8		1.6	
测量重复性	0.3		0.2		2.4	
示值误差 扩展不确定度（k=2）	0.7		0.6		2.1	
序号	校准点：45		校准点：60		校准点：115	
	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值
1	45.0	46.5	60.0	63.1	115.0	113.7
2	45.0	44.5	60.0	64.3	115.0	114.5
3	45.0	48.1	60.0	65.7	115.0	114.8
4	45.0	45.4	60.0	63.6	115.0	113.1
5	45.0	47.7	60.0	63.8	115.0	111.3
6	45.0	45.7	60.0	62.9	115.0	/
平均值	45.0	46.3	60.0	63.9	115.0	113.5
示值误差	1.3		3.9		-1.5	
测量重复性	1.4		1.0		1.5	
示值误差 扩展不确定度（k=2）	1.3		1.0		1.5	

附录3 国家海洋计量站青岛分站拖曳倾斜式海流计校准实验验证记录

拖曳倾斜式海流计校准记录表

原始记录号: YSXXXXXXX

第 1 页, 共 5 页

仪器名称	拖曳倾斜式海流计							
型号	Marotte HS	出厂编号	B1574					
记录周期设置/s	1	平滑周期设置/s	10					
测量范围	流向: (0~360)° 流速: (5~120)cm/s	校准依据	JJG XXXX-XXXX《拖曳倾斜式海流计校准规范》(征求意见稿)					
校准使用的计量标准装置								
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量标准证书编号	有效期至				
XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXXX				
校准使用的标准器及配套设备								
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				
测地型GPS接收机	—	MPE=±(10.0mm+1.0×10 <sup>-6</sup> ×D) (D单位为km)	CYQ202311127	2024-02-28				
方位盘	(0~360)°	MPE: ±4.2'	CB202204485	2023-12-13				
车速测量系统	(0~3.5)m/s	MPE: ±0.6cm/s	CDjc2021-14258	2022-08-03				
全站仪	(0~500)m	II级	CYQ202311073	2024-02-26				
流速校准拖车	—	车速变化率(σ): v≤0.1m/s, σ≤2.00%; 0.1<v≤0.5m/s, σ≤1.00%; v>0.5m/s, σ≤0.60%	CDjc2021-14258	2022-08-03				
流速校准水槽	—	深水: 60m×5m×6m 浅水: 140m×5m×1.5m	—	—				
外观检查: 未见异常。								
流向校准时间、地点及其环境条件								
时间: 2023年3月28日	地点: 广州分站海流实验室							
温度/°C: (19.8~19.8)°C	相对湿度/%: (67~67)%RH							
流向校准(正转) <span style="float: right;">单位: °</span>								
序号	校准点: 0 (360)		校准点: 30		校准点: 60		校准点: 90	
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值
1	0.0	359.9	30.0	33.0	60.0	59.0	90.0	88.5
2	0.0	358.5	30.0	31.4	60.0	58.8	90.0	89.5
3	0.0	357.2	30.0	31.0	60.0	63.6	90.0	88.8
4	0.0	1.1	30.0	32.2	60.0	63.0	90.0	88.5
5	0.0	2.6	30.0	29.3	60.0	60.8	90.0	90.1
6	0.0	359.5	30.0	32.3	60.0	60.2	90.0	90.7
平均值	0.0	359.8	30.0	31.5	60.0	60.9	90.0	89.4
示值误差	-0.2		1.5		0.9		-0.6	

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 1）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 2 页，共 5 页

流向校准（正转）									单位：°
序号	校准点：120		校准点：150		校准点：180		校准点：210		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	120.0	120.2	150.0	145.0	180.0	175.1	210.0	207.7	
2	120.0	117.5	150.0	145.7	180.0	176.0	210.0	208.3	
3	120.0	116.2	150.0	145.5	180.0	175.3	210.0	208.4	
4	120.0	115.1	150.0	143.2	180.0	171.6	210.0	208.7	
5	120.0	116.8	150.0	140.9	180.0	177.0	210.0	210.0	
6	120.0	115.0	150.0	141.6	180.0	176.2	210.0	209.6	
平均值	120.0	116.8	150.0	143.6	180.0	175.2	210.0	208.8	
示值误差	-3.2		-6.4		-4.8		-1.2		
序号	校准点：240		校准点：270		校准点：300		校准点：330		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	240.0	242.3	270.0	275.1	300.0	306.0	330.0	333.2	
2	240.0	243.1	270.0	273.4	300.0	306.3	330.0	333.6	
3	240.0	242.0	270.0	274.9	300.0	305.1	330.0	334.3	
4	240.0	242.2	270.0	278.0	300.0	304.6	330.0	333.0	
5	240.0	241.7	270.0	276.3	300.0	303.5	330.0	332.9	
6	240.0	243.1	270.0	274.8	300.0	303.3	330.0	332.2	
平均值	240.0	242.4	270.0	275.4	300.0	304.8	330.0	333.2	
示值误差	2.4		5.4		4.8		3.2		

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 2）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 3 页，共 5 页

流向校准（反转）									单位：°
序号	校准点：360（0）		校准点：330		校准点：300		校准点：270		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	360.0	359.4	330.0	335.0	300.0	301.8	270.0	273.1	
2	360.0	1.9	330.0	335.0	300.0	302.6	270.0	274.0	
3	360.0	3.8	330.0	333.0	300.0	302.2	270.0	272.0	
4	360.0	2.2	330.0	331.7	300.0	303.5	270.0	273.9	
5	360.0	0.8	330.0	331.3	300.0	302.9	270.0	273.5	
6	360.0	1.4	330.0	330.6	300.0	304.1	270.0	273.8	
平均值	360.0	1.6	330.0	332.8	300.0	302.8	270.0	273.4	
示值误差	1.6		2.8		2.8		3.4		
序号	校准点：240		校准点：210		校准点：180		校准点：150		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	240.0	241.9	210.0	208.0	180.0	173.9	150.0	140.4	
2	240.0	242.9	210.0	209.1	180.0	176.6	150.0	140.7	
3	240.0	243.6	210.0	214.1	180.0	177.7	150.0	143.9	
4	240.0	243.4	210.0	209.8	180.0	174.9	150.0	143.3	
5	240.0	245.6	210.0	206.5	180.0	172.2	150.0	144.5	
6	240.0	246.1	210.0	209.0	180.0	173.9	150.0	145.5	
平均值	240.0	243.9	210.0	209.4	180.0	174.9	150.0	143.0	
示值误差	3.9		-0.6		-5.1		-7.0		

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 3）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 4 页，共 5 页

流向校准（反转）									单位：°
序号	校准点：120		校准点：90		校准点：60		校准点：30		
	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	标准器示值	仪器流向示值	
1	120.0	116.4	90.0	91.2	60.0	60.4	30.0	31.2	
2	120.0	118.0	90.0	88.9	60.0	60.0	30.0	29.0	
3	120.0	115.2	90.0	87.1	60.0	60.2	30.0	29.8	
4	120.0	115.1	90.0	89.2	60.0	61.2	30.0	31.9	
5	120.0	117.4	90.0	89.3	60.0	61.8	30.0	32.6	
6	120.0	116.3	90.0	90.3	60.0	59.2	30.0	31.7	
平均值	120.0	116.4	90.0	89.3	60.0	60.5	30.0	31.0	
示值误差	-3.6		-0.7		0.5		1.0		
流向校准结果									单位：°
校准点	0 (360)	30	60	90	120	150			
示值误差（正转）	-0.2	1.5	0.9	-0.6	-3.2	-6.4			
示值误差（反转）	1.6	1.0	0.5	-0.7	-3.6	-7.0			
示值误差平均值	0.7	1.25	0.7	-0.65	-3.4	-6.7			
正、反行程差	1.8	0.5	0.4	0.1	0.4	0.6			
示值误差平均值 扩展不确定度 (k=2)	1.4	1.1	1.3	1.0	1.0	1.7			
校准点	180	210	240	270	300	330			
示值误差（正转）	-4.8	-1.2	2.4	5.4	4.8	3.2			
示值误差（反转）	-5.1	-0.6	3.9	3.4	2.8	2.8			
示值误差平均值	-4.95	-0.9	3.15	4.4	3.8	3.0			
正、反行程差	0.3	0.6	1.5	2	2	0.4			
示值误差平均值 扩展不确定度 (k=2)	1.6	1.6	1.0	1.0	0.9	1.2			

## 拖曳倾斜式海流计校准记录表（续 4）

原始记录号：YSXXXXXXX

第 5 页，共 5 页

流速校准时间、地点及其环境条件						
时 间：2021 年 11 月 30 日	地 点：广东省广州市海珠区 135 号中山大学试验水池					
温 度：（21.1~21.5）℃	相对湿度：（51~51）%RH					
流速校准					单位：cm / s	
序号	校准点：5		校准点：10		校准点：20	
	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值
1	5.0	7.4	10.0	10.7	20.0	22.5
2	5.0	7.8	10.0	11.3	20.0	23.3
3	5.0	7.4	10.0	10.0	20.0	23.6
4	5.0	8.0	10.0	10.2	20.0	23.2
5	5.0	7.7	10.0	10.6	20.0	23.3
6	5.0	7.2	10.0	10.2	20.0	23.8
平均值	5.0	7.6	10.0	10.5	20.0	23.3
示值误差	2.6		0.5		3.3	
测量重复性	0.3		0.5		0.4	
示值误差 扩展不确定度 (k=2)	0.6		0.7		0.7	
序号	校准点：40		校准点：60		校准点：80	
	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值	标准器示值	仪器流速示值
1	40.0	47.5	60.0	61.9	80.0	82.0
2	40.0	48.3	60.0	62.4	80.0	80.3
3	40.0	46.1	60.0	63.0	80.0	81.5
4	40.0	45.7	60.0	61.9	80.0	85.6
5	40.0	46.0	60.0	61.7	80.0	85.0
6	40.0	45.5	60.0	62.5	80.0	82.3
平均值	40.0	46.5	60.0	62.2	80.0	82.8
示值误差	6.5		2.2		2.8	
测量重复性	1.1		0.5		2.1	
示值误差 扩展不确定度 (k=2)	1.1		0.7		1.8	

