

国家计量技术规范规程制修订

《生物切向流过滤系统校准规范》

实验报告

2025年3月

实验报告

一、 实验目的

验证《生物切向流过滤系统校准规范》的适用性和可行性。

二、 实验地点

验证实验均在不同客户实验室完成。

三、 环境条件

实验过程中环境温度均在（10~40）℃，相对湿度不大于 80%。

四、 实验仪器与实验设计

在验证实验中，共对成器制造、默克、密理博的 3 种型号的生物切向流过滤系统进行了验证实验，代表了国内常见的生物切向流过滤系统的类型。

五、 测量标准及其他设备

使用符合《生物切向流过滤系统校准规范》要求的压力校验仪、电子天平、电子秒表、液体流量计、数字温度计、恒温槽、pH 标准溶液、电导率标准物质、纯水等。

六、实验结果

实验记录 (1)

仪器名称	生物切向过滤系统	型号规格	Challenge Dream 3D
制造厂商	成器制造	出厂编号	/
校准所使用主要计量标准器具			
名称	规格型号	测量范围	不确定度/准确度等级 /最大允许误差
数字压力表	ConST211	(0~600) kPa	0.02 级
电子天平	SQP/PRACTUM1102-1CN	1100 g	⑩级
电子秒表	206240-QC-WT	0~99 h	MPE: ±0.5 s/d
标准流量计	LSF45L	(25~500) L/h	MPE: ±1%
温湿度巡检仪	630-A1	(-100~1100) °C	温度 MPE: ±0.1 °C
恒温小油槽	7102	(-5~125) °C	水平温场≤0.01 °C; 垂直温场≤0.02 °C; 温度变化≤0.04 °C/10min
氯化钾溶液电导率标准物质	NIM-RM 2092	83.91 μS/cm (25 °C)	$U_{rel}=0.25\%$, $k=2$
混合磷酸盐 pH 溶液标准物质	GBW(E)130468	6.86 (25 °C)	$U=0.03$ pH, $k=2$
砝码	1 mg~2000 g	1 mg~2000 g	F1 等级
砝码	5 kg	5 kg	F1 等级
砝码	10 kg	10 kg	F1 等级

一、压力示值误差 (单位: MPa)

压力传感器 1

校准点	标准器示值	被校压力传感器示值		示值误差	回程误差
		正行程	反行程		
1	0	0.000	-0.001	-0.001	0.001
2	0.05	0.049	0.049	-0.001	0
3	0.1	0.098	0.098	-0.002	0
4	0.2	0.197	0.197	-0.003	0
5	0.3	0.292	/	-0.008	/

压力传感器 2

校准点	标准器示值	被校压力传感器示值		示值误差	回程误差
		正行程	反行程		
1	0	-0.001	-0.001	-0.001	0
2	0.05	0.049	0.049	-0.001	0
3	0.1	0.098	0.098	-0.002	0
4	0.2	0.196	0.196	-0.004	0
5	0.3	0.291	/	-0.009	/

压力传感器 3

校准点	标准器示值	被校压力传感器示值		示值误差	回程误差
		正行程	反行程		
1	0	0.000	0.000	0.000	0
2	0.05	0.050	0.050	0.000	0
3	0.1	0.100	0.100	0.000	0
4	0.2	0.199	0.199	-0.001	0
5	0.3	0.292	/	-0.008	/

二、流量示值误差

称量法

流量设定值 (L/min) 收集时间 (min)	$F_{S1}=0.2$		$t_1=2$	$F_{S2}=/$		$t_2=/$
测量次数	1	2	3	1	2	3
容器质量 W_1 (g)	172.210	172.210	172.210	/	/	/
容器加纯水质量 W_2 (g)	/	/	/	/	/	/
W_2-W_1 (g)	401.035	400.782	402.864	/	/	/
$(W_2-W_1)/\rho_t$ (L)	0.402	0.402	0.404	/	/	/
流量实测值 F_m (L/min)	0.201	0.201	0.202	/	/	/
平均值 (L/min)	0.201			/		
示值误差 (%)	0.5			/		

流量计法 (单位: L/min)

设定值	测量次数	1	2	3	平均值	示值误差 (%)
1	实测值	1.05	1.04	1.05	1.05	5.0
2	实测值	1.98	1.96	1.98	1.97	1.5
/	实测值	/	/	/	/	/
/	实测值	/	/	/	/	/

三、温度示值误差 (单位: °C)

直接比较法

温度显示值	标准温度计测量值			平均值	示值误差
	1	2	3		
24.9	25.02	25.02	25.03	25.02	0.12

间接比较法

温度显示值	标准温度计测量值			平均值	示值误差
	测量次数	T_1	T_2		
/	1	/	/	/	/
	2	/	/		
	3	/	/		

四、电导率示值误差 (单位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)

标准溶液电导率值	仪器测量值						示值误差
	1	2	3	4	5	6	

83.91	84.2	84.2	84.5	84.4	84.1	84.0	84.2	0.29
量程上限	200		引用误差 (%FS)		0.15	重复性 (%FS)		0.1

五、pH 示值误差

标准溶液 pH 值	仪器测量值							示值误差	重复性
	1	2	3	4	5	6	平均值		
6.86	6.87	6.87	6.88	6.89	6.87	6.88	6.88	0.02	0.01

七、 称重示值误差 (单位: g)

称重模块 1

校准点	载荷	示值		示值误差	
		正行程	反行程	正行程	反行程
1	200	200.02	200.01	0.02	0.01
2	1000	1000.08	1000.06	0.08	0.06
3	2000	2000.14	2000.17	0.14	0.17
4	5000	5000.31	5000.28	0.31	0.28
5	15000	15000.82	/	0.82	/

称重模块 2

校准点	载荷	示值		示值误差	
		正行程	反行程	正行程	反行程
1	200	200.00	200.01	0.00	0.01
2	1000	1000.05	1000.05	0.05	0.05
3	2000	2000.21	2000.19	0.21	0.19
4	5000	5000.25	5000.27	0.25	0.27
5	15000	15000.54	/	0.54	/

实验记录 (2)

仪器名称	半自动超滤系统	型号规格	Cogent M1
制造厂商	默克	出厂编号	/
校准所使用主要计量标准器具			
名称	规格型号	测量范围	不确定度/准确度等级 /最大允许误差
智能数字压力校验仪	ConST273	(0~600) kPa	0.02 级
标准流量计	LSF45L	(25~500) L/h	MPE: ±1%
温湿度巡检仪	630-A1	(-100~1100) °C	温度 MPE: ±0.1°C
恒温小油槽	7102	(-5~125)° C	水平温场≤0.01°C; 垂直温场≤0.02°C; 温度变化≤0.04°C/10min
砝码	1 mg~2000 g	1 mg~2000 g	F1 等级
砝码	5 kg	5 kg	F1 等级
砝码	10 kg	10 kg	F1 等级

一、压力示值误差 (单位: kPa)

压力传感器 PI001

校准点	标准器示值	被校压力传感器示值		示值误差	回程误差
		正行程	反行程		
1	0	0	0	0	0
2	100	101	100	1	1
3	200	201	201	1	0
4	300	302	303	3	1
5	400	405	/	5	/

压力传感器 PI002

校准点	标准器示值	被校压力传感器示值		示值误差	回程误差
		正行程	反行程		
1	0	0	0	0	0
2	100	100	100	0	0
3	200	202	202	2	0
4	300	304	304	4	0
5	400	406	/	6	/

压力传感器 PI003

校准点	标准器示值	被校压力传感器示值		示值误差	回程误差
		正行程	反行程		
1	0	0	0	0	0
2	100	101	101	1	0
3	200	202	201	2	1
4	300	303	304	4	1
5	400	405	/	5	/

实验记录 (3)

仪器名称	生物切向流过滤系统	型号规格	TF2S
制造厂商	密理博	出厂编号	/
校准所使用主要计量标准器具			
名称	规格型号	测量范围	不确定度/准确度等级 /最大允许误差
智能数字压力校验仪	ConST273	(0~600) kPa	0.02 级
标准流量计	MH4031 型	中流量: (5.5~100) L/min; 小流量: (50~2000) mL/min	MPE: ±1%
温湿度巡检仪	630-A1	(-100~1100) °C	温度 MPE: ±0.1°C
微型恒温油槽	FLUKE 7103	(-30~125) °C	温度均匀度: ±0.02° C
氯化钾电导率溶液标准物质	GBW(E)130108	147.6 μS/cm(25°C)	$U_{rel}=0.25\%$, $k=2$

一、压力示值误差 (单位: kPa)

压力传感器 PI001

校准点	标准器示值	被校压力传感器示值		示值误差	回程误差
		正行程	反行程		
1	0	0	0	0	0
2	150	153	151	3	2
3	300	304	305	5	1
4	400	408	403	8	5
5	500	511	/	11	/

压力传感器 PI002

校准点	标准器示值	被校压力传感器示值		示值误差	回程误差
		正行程	反行程		
1	0	0	0	0	0
2	150	151	152	2	1
3	300	302	305	5	3
4	400	404	405	5	1
5	500	506	/	6	/

压力传感器 PI003

校准点	标准器示值	被校压力传感器示值		示值误差	回程误差
		正行程	反行程		
1	0	0	0	0	0
2	150	151	153	3	2
3	300	302	304	4	2
4	400	405	402	5	3
5	500	508	/	8	/

二、流量示值误差

称量法

流量设定值 (L/min) 收集时间 (min)	$F_{S1}=/$		$t_1=/$		$F_{S2}=/$		$t_2=/$	
测量次数	1	2	3	1	2	3		
容器质量 W_1 (g)	/	/	/	/	/	/	/	/
容器加纯水质量 W_2 (g)	/	/	/	/	/	/	/	/
W_2-W_1 (g)	/	/	/	/	/	/	/	/
$(W_2-W_1)/\rho_t$ (L)	/	/	/	/	/	/	/	/
流量实测值 F_m (L/min)	/	/	/	/	/	/	/	/
平均值 (L/min)	/			/			/	
示值误差 (%)	/			/			/	

流量计法 (单位: L/min)

设定值	测量次数	1	2	3	平均值	示值误差 (%)
2.0	实测值	2.02	2.03	2.04	2.03	-1.5
5.5	实测值	5.45	5.40	5.38	5.41	-1.6
10.0	实测值	10.1	10.4	10.5	10.3	-3.3
/	实测值	/	/	/	/	/

三、温度示值误差 (单位: $^{\circ}\text{C}$)

直接比较法

温度显示值	标准温度计测量值			平均值	示值误差
	1	2	3		
31.8	31.0	31.2	30.8	31.0	0.8

间接比较法

温度显示值	标准温度计测量值			平均值	示值误差
	测量次数	T_1	T_2		
/	1	/	/	/	/
	2	/	/		
	3	/	/		

四、电导率示值误差 (单位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)

标准溶液电导率值	仪器测量值							示值误差
	1	2	3	4	5	6	平均值	
147.6	150.3	148.8	149.4	150.1	148.6	151.1	149.7	2.1
量程上限	200		引用误差 (%FS)		1.1	重复性 (%FS)		0.5

五、pH 示值误差

标准溶液 pH 值	仪器测量值							示值误差	重复性
	1	2	3	4	5	6	平均值		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

六、称重示值误差 (单位: g)

校准点	载荷	示值		示值误差	
		正行程	反行程	正行程	反行程
1	/	/	/	/	/
2	/	/	/	/	/
3	/	/	/	/	/
4	/	/	/	/	/
5	/	/	/	/	/

全国生物计量技术委员会

八、 实验结论

规范起草小组分别使用符合《生物切向流过滤系统校准规范》的计量标准器对成器制造、默克、密理博的 3 台生物切向流过滤系统进行了验证实验，证明制定的《生物切向流过滤系统校准规范》能够很好的评价和反映出生物切向流过滤系统的各项计量特性误差大小，从而实现量值传递，保证生物切向流过滤系统性能测试结果的准确可比。

全国生物计量技术委员会