

国家计量技术规范规程制修订

《生物气溶胶发生器校准规范》
(征求意见稿)

实验报告

2025 年 10 月

《生物气溶胶发生器校准规范》

(征求意见稿)

实验报告

一、实验目的

验证《生物气溶胶发生器校准规范》的适用性和可行性。

二、实验地点

验证实验在中国测试技术研究院生物研究所、中国计量科学研究院、青岛众瑞智能仪器股份有限公司等实验室内完成。

三、环境条件

环境温度: (15~35) °C; 相对湿度: ≤85%。

四、实验仪器与实验设计

在验证实验中, 对青岛众瑞、北京慧荣和、苏州华宇生产的5个型号共8台生物气溶胶发生器开展了测试, 覆盖了目前国内常见的仪器类型, 仪器型号和生产厂家详见表1。

表1 测试仪器信息

序号	企业名称	仪器型号
1	青岛众瑞智能仪器股份有限公司	ZR-C03型
2	青岛众瑞智能仪器股份有限公司	ZR-C04型
3	北京慧荣和科技有限公司	HRH-WAG12型
4	苏州华宇净化设备有限公司	MAG-6-05型
5	苏州华宇净化设备有限公司	MAG-24-20型

五、测量标准及其他设备

1、气体流量校准装置

2、压力校准装置

3、生物气溶胶试验舱或生物安全柜

4、AGI-30 冲击式采样器

5、恒温培养箱

6、电子天平

7、定制圆台体状装置，高约 100 mm，大底面直径约 80 mm，小底面直径约 50 mm 两底面中心有孔，大底面中心可插入生物发生器的喷出口，小底面中心可插入采样器。

六、实验结果

1

仪器名称	生物气溶胶发生器		型号	ZR-C03 型
制造厂商	青岛众瑞智能仪器股份有限公司		气源出厂编号	105022061064
温度 (°C)	/		相对湿度 (%)	/
校准日期	2024.10~2025.5		记录编号	/

一、流量示值误差、重复性及稳定性

流量示值误差	发生器流量设定值 Q_0 (L/min)		测量值 Q (L/min)		\bar{Q} (L/min)		相对示值误差 ΔQ (%)	
	/	10	9.72	9.71	2.99			
	/		9.74					
流量重复性	流量测定值 Q_i (L/min)					\bar{Q} (L/min)	RSD_Q (%)	
	1	2	3	4	5	6		
	9.72	9.74	9.68	9.69	9.57	9.59	9.67	0.72
流量稳定性	流量初始值 Q (L/min)		流量最大值 Q_{max} (L/min)		流量最小值 Q_{min} (L/min)		流量稳定性 δ_Q (%)	
	9.72		9.74		9.57		1.75	

二、压力重复性和稳定性

压力重 复性	p_i (Pa)						\bar{p} (Pa)	RSD_p (%)
	1	2	3	4	5	6		
	19.45	19.34	19.25	19.06	18.92	18.84	19.14	1.26

压力稳 定性	压力初始值 p (Pa)		压力最大值 p_{max} (Pa)		压力最小值 p_{min} (Pa)		压力稳定性 δ_p (%)	
	19.45		19.45		18.84		3.13	

三、生物气溶胶发生存活率

	1	2	3	4	5	平均值	参考范围
发生存活率%	13.9	14.3	15.1	16.5	17.8	15.5	$\geq 10\%$

2

仪器名称	生物气溶胶发生器			型号	ZR-C03 型
制造厂商	青岛众瑞智能仪器股份有限公司			气源出厂编号	105011011632
温度 (°C)	/			相对湿度 (%)	/
校准日期	2024.10~2025.5			记录编号	/

一、流量示值误差、重复性及稳定性

流量示值误 差	发生器流量设定值 Q_0 (L/min)			测量值 Q (L/min)		\bar{Q} (L/min)	相对示值误 差 ΔQ (%)			
	/	10	10.09		10.10	-0.99	-0.99			
	/		10.10							
	/		10.11							
流量重 复性	流量测定值 Q_i (L/min)					\bar{Q} (L/min)	RSD_Q (%)			
	1	2	3	4	5	6	0.22			
10.09	10.10	10.11	10.10	10.07	10.05	10.09				
流量稳定性		流量初始值 Q (L/min)		流量最大值 Q_{max} (L/min)		流量最小值 Q_{min} (L/min)				

	10.09	10.11	10.05	0.59
--	-------	-------	-------	------

二、压力重复性和稳定性

压力重 复性	p_i (kPa)						\bar{p} (kPa)	RSD_p (%)
	1	2	3	4	5	6		
	20.42	20.64	20.35	19.97	20.24	19.78	20.2	1.54
压力稳 定性	压力初始值 p (kPa)		压力最大值 p_{max} (kPa)		压力最小值 p_{min} (kPa)		压力稳定性 δ_p (%)	
	20.42		20.64		19.78		4.21	

三、生物气溶胶发生存活率

	1	2	3	4	5	平均值	参考范围
发生存活 率%	12.7	15.2	21.4	17.6	18.8	17.1	$\geq 10\%$

3

仪器名称	生物气溶胶发生器			型号	ZR-C03 型
制造厂商	青岛众瑞智能仪器股份有限公司			气源出厂编号	20030130
温度 (°C)	/			相对湿度 (%)	/
校准日期	2024.10~2025.5			记录编号	/

一、流量示值误差、重复性及稳定性

流量示值误 差	发生器流量设定值 Q_0 (L/min)		测量值 Q (L/min)		\bar{Q} (L/min)	相对示值误 差 ΔQ (%)		
	/		9.67		9.66	3.51		
	/	10	9.66					
	/		9.65					
流量重 复性	流量测定值 Q_i (L/min)					\bar{Q} (L/min)		
	1	2	3	4	5	6		
	9.67	9.66	9.65	9.63	9.62	9.58		

流量稳定性	流量初始值	流量最大值	流量最小值	流量稳定性 $\delta_Q(\%)$
	$Q(\text{L}/\text{min})$	$Q_{\max}(\text{L}/\text{min})$	$Q_{\min}(\text{L}/\text{min})$	
	9.67	9.67	9.58	0.93

二、压力重复性和稳定性

压力重 复性	$p_i(\text{kPa})$						$\bar{p}(\text{kPa})$	$RSD_p(\%)$
	1	2	3	4	5	6		
	15.25	15.34	15.44	14.99	15.18	15.22	15.24	1.00
压力稳 定性	压力初始值		压力最大值		压力最小值		压力稳定性	
	$p(\text{kPa})$		$p_{\max}(\text{kPa})$		$p_{\min}(\text{kPa})$		$\delta_p(\%)$	
	15.25		15.44		14.99		2.95	

三、生物气溶胶发生存活率

	1	2	3	4	5	平均值	参考范围
发生存活 率%	17.5	18.2	19.6	19.4	20.2	19.0	$\geq 10\%$

4

仪器名称	生物气溶胶发生器		型号	ZR-C04 型
制造厂商	青岛众瑞智能仪器股份有限公司		气源出厂编号	521840010134
温度 (°C)	/		相对湿度 (%)	/
校准日期	2024.10~2025.5		记录编号	/

一、流量示值误差、重复性及稳定性

流量示值误 差	发生器流量设定值		测量值 $Q(\text{L}/\text{min})$	$\bar{Q}(\text{L}/\text{min})$	相对示值误 差 $\Delta Q(\%)$			
	$Q_0(\text{L}/\text{min})$							
	/	/						
	/	/						
	/	/	/	/	/			

流量重 复性	流量测定值 Q_i (L/min)						\bar{Q} (L/min)	RSD_Q (%)
	1	2	3	4	5	6		
	9.89	9.90	9.73	9.77	9.95	9.99	9.87	1.02
流量稳定性		流量初始值 Q (L/min)		流量最大值 Q_{max} (L/min)		流量最小值 Q_{min} (L/min)		流量稳定性 δ_Q (%)
		9.89		9.90		9.73		1.72

二、压力重复性和稳定性

压力重 复性	压力 p_i (kPa)						\bar{p} (kPa)	RSD_p (%)
	1	2	3	4	5	6		
	108.82	108.7	108.71	110.67	110.63	108.54	109.35	0.93
压力稳 定性		压力初始值 p (kPa)		压力最大值 p_{max} (kPa)		压力最小值 p_{min} (kPa)		压力稳定性 δ_p (%)
		108.82		110.67		108.54		1.95

三、生物气溶胶发生存活率

	1	2	3	4	5	平均值	参考范围
发生存活 率%	12.1	11.1	11.8	12.5	15.6	12.6	$\geq 10\%$

5

仪器名称	生物气溶胶发生器			型号	ZR-C04 型
制造厂商	青岛众瑞智能仪器股份有限公司			气源出厂编号	521918040179
温度 (°C)	/			相对湿度 (%)	/
校准日期	2024.10~2025.5			记录编号	/

一、流量示值误差、重复性及稳定性

流量示值误 差	发生器流量设定值 Q_0 (L/min)		测量值 Q (L/min)		\bar{Q} (L/min)	相对示值误 差 ΔQ (%)
	/	/	/	/		

	/	/	/	/	/	/		
	/		/					
流量重 复性	流量测定值 Q_i (L/min)					\bar{Q} (L/min)		
	1	2	3	4	5	6		
	9.34	9.39	9.32	9.31	9.30	9.35	9.33	0.35
流量稳定性	流量初始值 Q (L/min)		流量最大值 Q_{max} (L/min)		流量最小值 Q_{min} (L/min)		流量稳定性 δ_Q (%)	
	9.34		9.39		9.30		0.96	

二、压力重复性和稳定性

压力重 复性	压强 p_i (kPa)						\bar{p} (kPa)	RSD_p (%)
	1	2	3	4	5	6		
	115.38	115.08	118.18	115.74	115.06	114.86	115.7	1.08
压力稳 定性	压强初始值 p (kPa)		压强最大值 p_{max} (kPa)		压强最小值 p_{min} (kPa)		压强稳定性 δ_p (%)	
	115.38		118.18		114.86		2.88	

三、生物气溶胶发生存活率

	1	2	3	4	5	平均值	参考范围
发生存活 率%	15.4	16.5	16.4	17.0	16.6	16.38	$\geq 10\%$

6

仪器名称	生物气溶胶发生器	型号	HRH-WAG12
制造厂商	北京慧荣和科技有限公司	气源出厂编号	20160806021
温度 (°C)	/	相对湿度 (%)	/
校准日期	2024.10~2025.5	记录编号	/

一、流量示值误差、重复性及稳定性

流量示值误	发生器流量显示值或	测量值 Q (L/min)	\bar{Q} (L/min)	相对示值误
-------	-----------	-----------------	-------------------	-------

差		设定值 Q_0 (L/min)						差 ΔQ (%)
		/	/	/	/	/	/	/
		/		/				
流量重 复性	流量测定值 Q_i (L/min)						\bar{Q} (L/min)	
	1	2	3	4	5	6		
	9.88	9.82	9.81	9.71	9.77	9.66	9.78	0.82
流量稳定性		流量初始值 Q (L/min)		流量最大值 Q_{max} (L/min)		流量最小值 Q_{min} (L/min)		流量稳定性 δ_Q (%)
		9.88		9.88		9.66		2.22

二、压力重复性和稳定性

压力重 复性		p _i (Pa)						\bar{p} (Pa)		RSD_p (%)			
		1	2	3	4	5	6						
		148.12	149.85	144.15	150.52	144.19	146.32						
压力稳 定性	压力初始值 p (Pa)		压力最大值 p_{max} (Pa)			压力最小值 p_{min} (Pa)			压力稳定性 δ_p (%)				
			148.12		150.52		144.19		4.27				

三、生物气溶胶发生存活率

	1	2	3	4	5	平均值	参考范围
发生存活 率%	29.2	18.8	12.7	10.6	14.0	17.1	≥ 10%

7

仪器名称	生物气溶胶发生器		型号	MAG-6-05 型
制造厂商	苏州华宇净化设备有限公司		气源出厂编号	521840010134
温度 (°C)	/		相对湿度 (%)	/
校准日期	2024.10~2025.5		记录编号	/

一、流量示值误差、重复性及稳定性

流量示值误差		发生器流量设定值 Q_0 (L/min)		测量值 Q (L/min)		\bar{Q} (L/min)		相对示值误差 ΔQ (%)
		/		/				
		/	/	/		/		/
		/		/				
流量重复性	流量测定值 Q_i (L/min)						\bar{Q} (L/min)	
	1	2	3	4	5	6	RSD_Q (%)	
	10.01	9.92	9.91	9.83	9.94	9.82	9.91	0.72
流量稳定性		流量初始值 Q (L/min)		流量最大值 Q_{max} (L/min)		流量最小值 Q_{min} (L/min)		流量稳定性 δ_Q (%)
		10.01		10.01		9.82		1.90

二、压力重复性和稳定性

压力重复性		压力 p_i (Pa)						\bar{p} (Pa)	RSD_p (%)		
		1	2	3	4	5	6				
		69.26	69.21	69.08	68.87	68.71	68.50				
压力稳定性	压力初始值 p (Pa)		压力最大值 p_{max} (Pa)		压力最小值 p_{min} (Pa)		压力稳定性 δ_p (%)		0.43		
	69.26		69.26		68.5		1.09				

三、生物气溶胶发生存活率

		1	2	3	4	5	平均值	参考范围
发生存活率%		13.6	18.0	17.5	19.4	11.5	16.0	$\geq 10\%$

仪器名称	生物气溶胶发生器		型号	MAG-24-20
制造厂商	苏州华宇净化设备有限公司		气源出厂编号	521840010134

温度 (°C)	/	相对湿度 (%)	/
校准日期	2024.10~2025.5	记录编号	/

一、流量示值误差、重复性及稳定性

流量示值误差	发生器流量设定值 Q_0 (L/min)			测量值 Q (L/min)		\bar{Q} (L/min)		相对示值误差 ΔQ (%)	
	/	/	/	/	/	/	/	/	
	/		/	/	/	/	/	/	
	/		/	/	/	/	/	/	
流量重复性	流量测定值 Q_i (L/min)						\bar{Q} (L/min)	RSD_Q (%)	
	1	2	3	4	5	6	9.46	0.68	
	9.52	9.54	9.49	9.37	9.42	9.44			
流量稳定性	流量初始值 Q (L/min)		流量最大值 Q_{max} (L/min)		流量最小值 Q_{min} (L/min)		流量稳定性 δ_Q (%)		
	9.52		9.54		9.37		1.79		

二、压力重复性和稳定性

压力重复性	p_i (Pa)						\bar{p} (Pa)	RSD_p (%)	
	1	2	3	4	5	6			
	6.85	6.82	6.71	6.76	6.73	6.69			
压力稳定性	压力初始值 p (Pa)		压力最大值 p_{max} (Pa)		压力最小值 p_{min} (Pa)		压力稳定性 δ_p (%)		
	6.85		6.85		6.69		2.34		

三、生物气溶胶发生存活率

	1	2	3	4	5	平均值	参考范围
发生存活率%	11.0	10.8	12.2	13.5	9.7	11.4	$\geq 10\%$

通过对不同厂家5种型号共计8套生物气溶胶发生器进行验证实验，验证了生

物发生器流量示值误差、流量重复性稳定性、压力重复性稳定性、发生存活率等计量特性，证明制定的《生物气溶胶发生器校准规范》能够很好地评价和反映出生物气溶胶发生器的性能指标，保证生物气溶胶发生器在使用过程中的性能稳定可靠。

全国生物计量技术委员会