

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（℃）	/	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 $Q(\text{L/min})$		$\bar{Q}(\text{L/min})$	相对示值误差 $\Delta Q(\%)$	
		$Q_0(\text{L/min})$						
		/	10	9.72		9.71	2.99	
		/		9.74				
/	9.68							
流量重复性	流量测定值 $Q_i(\text{L/min})$						$\bar{Q}(\text{L/min})$	$RSD_Q(\%)$
	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		流量最大值		流量最小值		流量稳定性 $\delta_Q(\%)$
		$Q(\text{L/min})$		$Q_{max}(\text{L/min})$		$Q_{min}(\text{L/min})$		
		9.72		9.74		9.57		1.75

二、压力重复性和稳定性

压力重 复性	$p_i(\text{Pa})$						$\bar{p}(\text{Pa})$	$RSD_p(\%)$
	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 $p(\text{Pa})$		压力最大值 $p_{\max}(\text{Pa})$		压力最小值 $p_{\min}(\text{Pa})$		压力稳定性 $\delta_p(\%)$	
	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（℃）	/	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 $Q_0(\text{L/min})$		测量值 $Q(\text{L/min})$		$\bar{Q}(\text{L/min})$		相对示值误差 $\Delta Q(\%)$	
		/	10	10.09		10.10		-0.99	
		/		10.10					
		/		10.11					
流量重复性	流量测定值 $Q_i(\text{L/min})$						$\bar{Q}(\text{L/min})$	$RSD_Q(\%)$	
	1	2	3	4	5	6			
	10.09	10.10	10.11	10.10	10.07	10.05	10.09	0.22	
流量稳定性		流量初始值 $Q(\text{L/min})$		流量最大值 $Q_{max}(\text{L/min})$		流量最小值 $Q_{min}(\text{L/min})$		流量稳定性 $\delta_Q(\%)$	

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

二、压力重复性和稳定性

压力重复性	$p_i(\text{kPa})$						$\bar{p}(\text{kPa})$	$RSD_p(\%)$
	1	2	3	4	5	6		
	20.42	20.64	20.35	19.97	20.24	19.78		
压力稳定性	压力初始值 $p(\text{kPa})$		压力最大值 $p_{max}(\text{kPa})$		压力最小值 $p_{min}(\text{kPa})$		压力稳定性 $\delta_p(\%)$	
	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 $Q_0(\text{L/min})$		测量值 $Q(\text{L/min})$		$\bar{Q}(\text{L/min})$		相对示值误差 $\Delta Q(\%)$	
	/	10	9.67		9.66	3.51		
	/		9.66					
	/		9.65					
流量重复性	流量测定值 $Q_i(\text{L/min})$						$\bar{Q}(\text{L/min})$	$RSD_Q(\%)$
	1	2	3	4	5	6		
	9.67	9.66	9.65	9.63	9.62	9.58	9.64	0.33

流量稳定性	流量初始值 $Q(\text{L/min})$	流量最大值 $Q_{\max}(\text{L/min})$	流量最小值 $Q_{\min}(\text{L/min})$	流量稳定性 $\delta_Q(\%)$
	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 $p(\text{kPa})$		压力最大值 $p_{\max}(\text{kPa})$		压力最小值 $p_{\min}(\text{kPa})$		压力稳定性 $\delta_p(\%)$	
	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（℃）	/		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 $Q_0(\text{L/min})$		测量值 $Q(\text{L/min})$	$\bar{Q}(\text{L/min})$	相对示值误差 $\Delta Q(\%)$
	/	/	/	/	/
	/		/		
	/		/		

流量重 复性	流量测定值 $Q_i(\text{L/min})$						$\bar{Q}(\text{L/min})$	$RSD_Q(\%)$
	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 $Q(\text{L/min})$		流量最大值 $Q_{\max}(\text{L/min})$		流量最小值 $Q_{\min}(\text{L/min})$		流量稳定性 $\delta_Q(\%)$	
	9.89		9.90		9.73		1.72	

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		
	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 $p(\text{kPa})$		压力最大值 $p_{\max}(\text{kPa})$		压力最小值 $p_{\min}(\text{kPa})$		压力稳定性 $\delta_p(\%)$	
	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 $Q_0(\text{L/min})$		测量值 $Q(\text{L/min})$	$\bar{Q}(\text{L/min})$	相对示值误 差 $\Delta Q(\%)$
	/		/		

		/	/	/		/	/	
		/		/				
流量重复性	流量测定值 $Q_i(\text{L/min})$						$\bar{Q}(\text{L/min})$	$RSD_Q(\%)$
	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 $Q(\text{L/min})$		流量最大值 $Q_{\max}(\text{L/min})$		流量最小值 $Q_{\min}(\text{L/min})$		流量稳定性 $\delta_Q(\%)$
		9.34		9.39		9.30		0.96

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		
	115.38	115.08	118.18	115.74	115.06	114.86	115.7	1.08
压力稳定性	压力初始值 $p(\text{kPa})$		压力最大值 $p_{\max}(\text{kPa})$		压力最小值 $p_{\min}(\text{kPa})$		压力稳定性 $\delta_p(\%)$	
	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（℃）	/	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	发生器流量显示值或	测量值 $Q(\text{L/min})$	$\bar{Q}(\text{L/min})$	相对示值误差
--------	-----------	-----------------------	-------------------------	--------

差	设定值 $Q_0(\text{L/min})$						差 $\Delta Q(\%)$	
	/	/	/		/		/	
	/		/		/			
	/		/					
流量重复性	流量测定值 $Q_i(\text{L/min})$						$\bar{Q}(\text{L/min})$	$RSD_Q(\%)$
	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 $Q(\text{L/min})$		流量最大值 $Q_{\max}(\text{L/min})$		流量最小值 $Q_{\min}(\text{L/min})$		流量稳定性 $\delta_Q(\%)$
		9.88		9.88		9.66		2.22

二、压力重复性和稳定性

压力重复性	$p_i(\text{Pa})$						$\bar{p}(\text{Pa})$	$RSD_p(\%)$
	1	2	3	4	5	6		
	148.12	149.85	144.15	150.52	144.19	146.32	146.86	3.27
压力稳定性	压力初始值 $p(\text{Pa})$		压力最大值 $p_{\max}(\text{Pa})$		压力最小值 $p_{\min}(\text{Pa})$		压力稳定性 $\delta_p(\%)$	
	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
发生活率%	29.2	18.8	12.7	10.6	14.0	17.1	$\geq 10\%$

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 $Q_0(\text{L/min})$		测量值 $Q(\text{L/min})$		$\bar{Q}(\text{L/min})$		相对示值误差 $\Delta Q(\%)$	
		/	/	/		/	/		
		/		/					
		/		/					
流量重复性	流量测定值 $Q_i(\text{L/min})$						$\bar{Q}(\text{L/min})$	$RSD_Q(\%)$	
	1	2	3	4	5	6			
	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 $Q(\text{L/min})$		流量最大值 $Q_{\max}(\text{L/min})$		流量最小值 $Q_{\min}(\text{L/min})$		流量稳定性 $\delta_Q(\%)$	
		10.01		10.01		9.82		1.90	

二、压力重复性和稳定性

压力重复性	$p_i(\text{Pa})$						$\bar{p}(\text{Pa})$	$RSD_p(\%)$
	1	2	3	4	5	6		
	69.26	69.21	69.08	68.87	68.71	68.50	68.94	0.43
压力稳定性	压力初始值 $p(\text{Pa})$		压力最大值 $p_{\max}(\text{Pa})$		压力最小值 $p_{\min}(\text{Pa})$		压力稳定性 $\delta_p(\%)$	
	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	$\geq 10\%$

8

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

二、压力重复性和稳定性

压力重复性	$p_i(\text{Pa})$						$\bar{p}(\text{Pa})$	$RSD_p(\%)$
	1	2	3	4	5	6		
	6.85	6.82	6.71	6.76	6.73	6.69	6.7	0.77
压力稳定性	压力初始值 $p(\text{Pa})$		压力最大值 $p_{max}(\text{Pa})$		压力最小值 $p_{min}(\text{Pa})$		压力稳定性 $\delta_p(\%)$	
	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