

全国物理化学计量技术委员会（MTC17）

离子色谱仪检定规程 试验报告

法规名称：离子色谱仪检定规程

起草单位：

归口单位：全国物理化学计量技术委员会

法规制定或修订：修订

组织审定单位：全国物理化学计量技术委员会

2026 年 08 月

一、简介

为保障离子色谱仪测量结果的量值溯源,满足各实验室对离子色谱仪测量结果的计量需求以及政府管理和监督需要,我国于 1993 年推出离子色谱仪检定规程。2014 年该规程进行了第一次修订,主要增加了紫外可见检测器和电化学检测器的检定技术指标,把原规程柱子与仪器的综合技术指标改为仪器的技术指标,取消线性范围,保留相关系数技术指标,增加了仪器的最小检出量与定量环的转换关系。本次为第二次修订,主要变更了流量设定值误差和流量稳定性中流速 $>1.0\text{ mL/min}$ 时的收集时间,增加了离子色谱仪电化学检测器的分类类型及其主要性能指标要求,变更了电导检测器基线噪声和基线漂移的技术指标,变更了检测器主要技术指标中各检测器的最小检测浓度的要求,变更了整机性能中的定性重复性和定量重复性技术指标,变更了检定所用数字温度计的测量范围要求,增加了泵检定用电子液体流量计,增加了配置脉冲电化学检测器的离子色谱仪检定用标准物质葡萄糖纯度标准物质,变更了柱箱温度设定值误差和控温稳定性的要求。

规程修订期间,起草小组针对规程增加及修改的检定内容,通过对不同厂家生产的不同型号的新、老仪器进行实验,同时与生产厂家的技术人员和用户单位实验人员进行了多次沟通、讨论,反复征求各方面专家意见后制定出规程中的各项技术指标,形成征求意见稿。为了检验这些技术指标是否合理,能否满足需要,选用的标准物质是否适用,针对性地做了大量的试验,重点验证了规程中增加及修改的项目内容及指标的适应性,结果报告如下。

修订本检定规程的技术关键是要针对国内使用的不同国别、不同型号规格、不同生产厂家的离子色谱仪的性能指标规定出评价仪器的基本要求。修订版规程中推荐的计量性能列于表 1 至表 4 中。

表 1 流量设定值误差 S_S 和稳定性 S_R 要求

泵流量设定值/(mL/min)	[0.2~0.5]	(0.5~1.0]	>1.0
测量次数/ n	3	3	3
流动相收集时间/min	[20~10]	[10~5]	[5~3]
流量设定值最大允许误差 S_S	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$
流量稳定性 S_R	3%	2%	2%
注: ①最大流量的设定值可根据用户使用情况而定。			

- ②对特殊的、流量小的仪器，流量的设定可根据用户使用情况选大、中、小三个流量，流动相的收集时间则根据情况适当缩短或延长。
- ③泵流量检定可以使用电子流量计。

表 2 离子色谱仪柱箱温度设定值误差 ΔT_s 和控温稳定性 T_c 性能要求

ΔT_s	T_c
$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\leq 1\text{ }^{\circ}\text{C/h}$

表 3 离子色谱仪检测器的主要性能指标

项目 \ 检测器	电导检测器	紫外可见检测器	电化学检测器①	
			直流	脉冲
基线噪声	$\leq 0.02\text{ }\mu\text{S/cm}$ 或 $\leq 2\text{ }\% \text{FS}$	$\leq 0.5\text{ mAU}$	$\leq 0.2\text{ nA}$	$\leq 0.2\text{ nC}$
基线漂移	$\leq 0.10\text{ }\mu\text{S/30 min}$ 或 $\leq 10\text{ }\% \text{FS/30 min}$	$\leq 5\text{ mAU/30 min}$	$\leq 2\text{ nA/30 min}$	$\leq 2\text{ nC/30 min}$
最小检测浓度	$\leq 0.01\text{ }\mu\text{g/mL}$	$\leq 0.01\text{ }\mu\text{g/mL}$	$\leq 0.01\text{ }\mu\text{g/mL}$	$\leq 0.01\text{ }\mu\text{g/mL}$
线性相关系数	≥ 0.995	≥ 0.995	≥ 0.995	≥ 0.995
波长示值最大允许误差	/	$\pm 2\text{ nm}$	/	
波长重复性	/	$< 2\text{ nm}$	/	

注：①对于同时配备直流和脉冲检测器的仪器，仅检定脉冲检测器即可。

表 4 离子色谱仪的整机性能指标

项目	指标值
定性重复性	$\leq 1.0\%$
定量重复性	$\leq 2.0\%$

为了考察规程制定的检定方法和技术指标的科学性、合理性和可操作性，修订小组按规范中的相应方法检定了近 70 台仪器，基本覆盖了在国内市场占有率较高的主要生产厂家及仪器型号。仪器国别及型号列于表 5。

表 5 国内常见离子色谱仪生产厂家及国别

序号	仪器品牌	仪器型号	仪器国别
1	盛瀚	CIC-D100	中国
2		CIC-D160	中国
3		CIC-D500 ⁺	中国
4		CIC-100	中国
5		CIC-D160 ⁺	中国
6		CIC-D200E	中国
7		CIC-P60	中国
8	德合创睿	iCR1100	中国
9		iCR1580	中国
10	睿谱	RFIC-2017	中国
11	赛默飞世尔	ICS-1100	美国
12		ICS-5000	美国
13		ICS-5000 ⁺	美国
14		ICS-6000	美国
15		ICS-900	美国
16		Dionex Aquion	美国
17		ICS-600	美国
18		ICS-3000	美国
19		ICS-2100	美国
20		Dionex AQ-1100	美国
21		Dionex Integrion	美国
22	万通	925	瑞士
23		940	瑞士
24		930	瑞士
25		ECO IC	瑞士
26		883	瑞士

27		882	瑞士
28	谱临晟	IC-20	中国
29	岛津	LC-162	日本

二、试验结果汇总

2.1 指标 1：泵流量设定值误差 (S_S) 和泵流量稳定性误差 (S_R)

表 6 不同型号离子色谱仪的泵流量设定值误差 (S_S) 和泵流量稳定性误差 (S_R) 试验结果

序号	生产厂家	型号	流速 (mL/min)					
			0.2~0.5		0.5~1.0		大于 1.0	
			S_S (%)	S_R (%)	S_S (%)	S_R (%)	S_S (%)	S_R (%)
1	盛瀚	CIC-D100	0.26	0.22	0.14	0.11	0.20	0.23
2		CIC-D160	-0.07	0.06	-0.08	0.07	-0.05	0.07
3		CIC-D500 ⁺	-0.04	0.06	0.20	0.05	0.10	0.20
4		CIC-100	-0.22	0.14	0.09	0.24	-0.10	0.15
5		CIC-D160 ⁺	0.21	0.04	0.10	0.13	-0.15	0.13
6		CIC-D200E	-0.19	0.16	-0.13	0.11	0.14	0.13
7	德合创睿	iCR1100	-0.06	0.24	-0.03	0.10	0.07	0.07
8		iCR1580	0.32	0.03	0.71	0.10	0.36	0.05
9	睿谱	RPIC-2017	0.88	0.25	0.66	0.25	0.88	0.24
10			1.04	0.09	-0.40	0.09	0.27	0.13
11	赛默飞 世尔	ICS-1100	-0.53	0.30	-0.65	0.19	-0.60	0.23
12		ICS-5000 ⁺	-0.39	0.24	-0.49	0.31	-0.44	0.24
13		ICS-6000	-0.25	0.16	-0.25	0.16	-0.15	0.17
14		ICS-6000	0.22	0.22	0.13	-0.30	0.11	-0.20
15		ICS-6000	-0.12	0.92	-0.34	0.40	-0.18	0.14
16	瑞士万通	ECO IC	0.54	0.01	0.12	0.11	-1.06	0.04
17		930	0.79	0.80	0.30	0.30	0.05	0.45

结论：

表 6 中的数据显示了 17 台离子色谱仪的泵流量设定值误差 (S_S) 和泵流量稳定性误差 (S_R) 测定结果，可以发现所有仪器的结果均低于规程规定中所对应流速下的指标 (S_S : $\pm 5\% \sim \pm 2\%$, S_R : $3\% \sim 2\%$)。以上实验数据表明，目前市面上

主流的仪器型号均能够达到规程中所规定的泵流量相关技术指标,说明我们制定的技术指标是合理的。

2.2 指标 2: 柱温箱或恒温块温度设定值误差 ΔT_s 和控温稳定性 T_c

表 7 不同型号离子色谱仪温度设定值误差 ΔT_s 和控温稳定性 T_c 的检测结果

序号	厂家	型号	ΔT_s (°C)	T_c (°C/h)
1	盛瀚	CIC-D100	0.10	0.20
2		CIC-D160	0.04	0.07
3		CIC-D500+	0.10	0.06
4		CIC-100	0.3	0.2
5		CIC-D160+	-0.1	0.2
6		CIC-D200E	0.1	0.2
7	德合创睿	iCR1100	0.02	0.06
8		iCR1580	-0.10	0.14
9	睿谱	RPIC-2017	0.1	0.0
10			-0.1	0.0
11	赛默飞世尔	ICS-1100	0.2	0.2
12		ICS-5000+	0.2	0.2
13		ICS-6000	0.1	0.1
14		ICS-6000	-0.3	0.1
15		ICS-6000	-0.3	0.1
16	瑞士万通	930	-0.1	0.0

结论:

表 7 中的数据显示了 16 台离子色谱仪的温度设定值误差 ΔT_s 和控温稳定性 T_c 检测结果。从表中我们可以看出,所有仪器的检测结果均低于规程规定中温度设定值误差 ΔT_s 和控温稳定性 T_c 的相关指标 ($\pm 2^\circ\text{C}$ 和 $\leq 1^\circ\text{C/h}$)。实验数据表明,目前市面上主流的仪器型号均能够达到规程中所规定的温控模块的相关技术指标,说明我们制定的技术指标是合理的。

2.3 指标 3：基线噪声、基线漂移、最小检测浓度、相关系数及定性定量重复性

2.3.1 电导检测器

表 8 电导检测器相关性能指标的检测结果

序号	生产厂家	仪器型号	基线噪声 (μS/cm)	基线漂移 (μS/cm/30min)	最小检测浓 度(μg/mL)	线性相关系 数	定性重 复性(%)	定量重 复性(%)
1	盛瀚	CIC-D100	Li ⁺ : 0.0001	Li ⁺ : 0.004	Li ⁺ : 0.00005	/	Li ⁺ : 0.24	Li ⁺ : 0.22
2		CIC-D100	Cl ⁻ : 0.0006	Cl ⁻ : 0.0072	Cl ⁻ : 0.00092	Cl ⁻ : 0.9998	Cl ⁻ : 0.07	Cl ⁻ : 0.22
3		CIC-D160	Cl ⁻ : 0.0003	Cl ⁻ : 0.0001	Cl ⁻ : 0.00014	Cl ⁻ : 0.9999	Cl ⁻ : 0.04	Cl ⁻ : 0.09
4		CIC-D500 ⁺	Li ⁺ : 0.0005	Li ⁺ : 0.002	Li ⁺ : 0.0001	Li ⁺ : 0.9999	Li ⁺ : 0.02	Li ⁺ : 0.40
			Cl ⁻ : 0.0005	Cl ⁻ : 0.002	Cl ⁻ : 0.0001	Cl ⁻ : 0.9999	Cl ⁻ : 0.02	Cl ⁻ : 0.40
5		CIC-100	Cl ⁻ : 0.44% FS	Cl ⁻ : 1.6%FS	Cl ⁻ : 0.004	Cl ⁻ : 0.9993	Cl ⁻ : 0.04	Cl ⁻ : 1.1
6		CIC-D160 ⁺	Cl ⁻ : 0.0003	Cl ⁻ : 0.024	Cl ⁻ : 0.0001	Cl ⁻ : 0.9999	Cl ⁻ : 0.03	Cl ⁻ : 2.63
	Li ⁺ : 0.0004		Li ⁺ : 0.096	Li ⁺ : 0.0004	Li ⁺ : 0.9999	Li ⁺ : 0.20	Li ⁺ : 1.66	
7	CIC-P60	Cl ⁻ : 0.012	Cl ⁻ : 0.093	Cl ⁻ : 0.012	/	Cl ⁻ : 0.54	Cl ⁻ : 0.40	
8	德合	iCR1100	Cl ⁻ : 0.0009	Cl ⁻ : 0.013	Cl ⁻ : 0.0013	Cl ⁻ : 0.9997	Cl ⁻ : 0.17	Cl ⁻ : 0.63
9	创睿	iCR1580	Cl ⁻ : 0.0009	Cl ⁻ : 0.0038	Cl ⁻ : 0.0013	Cl ⁻ : 0.9998	Cl ⁻ : 0.32	Cl ⁻ : 0.34
10	睿谱	RPIC-2017	Cl ⁻ : 0.0006	Cl ⁻ : 0.0009	Cl ⁻ : 0.0003	Cl ⁻ : 0.9999	Cl ⁻ : 0.12	Cl ⁻ : 0.26
11			Li ⁺ : 0.0003	Li ⁺ : 0.0005	Li ⁺ : 0.00007	Li ⁺ : 0.9999	Li ⁺ : 0.04	Li ⁺ : 0.03
12	赛默 飞世 尔	ICS-1100	Cl ⁻ : 0.001	Cl ⁻ : 0.03	Cl ⁻ : 0.002	Cl ⁻ : 0.9995	Cl ⁻ : 0.21	Cl ⁻ : 1.00
13		ICS-1100	Cl ⁻ : 0.002	Cl ⁻ : 0.010	Cl ⁻ : 0.012	/	Cl ⁻ : 0.13	Cl ⁻ : 1.68
14		ICS-5000 ⁺	Cl ⁻ : 0.001	Cl ⁻ : 0.03	Cl ⁻ : 0.002	Cl ⁻ : 0.9998	Cl ⁻ : 0.09	Cl ⁻ : 0.48
15		ICS-5000 ⁺	Cl ⁻ : 0.001	Cl ⁻ : 0.006	Cl ⁻ : 0.0006	/	Cl ⁻ : 0.05	Cl ⁻ : 0.65
16		ICS-6000	Cl ⁻ : 0.0006	Cl ⁻ : 0.02	Cl ⁻ : 0.001	Cl ⁻ : 0.9996	Cl ⁻ : 0.08	Cl ⁻ : 0.60
17		ICS-900	Cl ⁻ : 0.003	Cl ⁻ : 0.05	Cl ⁻ : 0.004	/	Cl ⁻ : 0.04	Cl ⁻ : 0.91
18		ICS-6000	Li ⁺ : 0.0005	Li ⁺ : 0.03	Li ⁺ : 0.0003	Li ⁺ : 0.9997	Li ⁺ : 0.12	Li ⁺ : 1.73
19		ICS-6000	Cl ⁻ : 0.0007	Cl ⁻ : 0.002	Cl ⁻ : 0.0009	Cl ⁻ : 0.9999	Cl ⁻ : 0.06	Cl ⁻ : 0.5
20		Dionex Aquion	Li ⁺ : 0.001	Li ⁺ : 0.008	Li ⁺ : 0.0008	/	Li ⁺ : 0.04	Li ⁺ : 0.92
21		Dionex	Li ⁺ : 0.002	Li ⁺ : 0.030	Li ⁺ : 0.0012	Li ⁺ : 0.9992	Li ⁺ : 0.02	Li ⁺ : 2.23

		Aquion						
22		ICS-600	Li ⁺ : 0.0003	Li ⁺ : 0.002	Li ⁺ : 0.0002	/	Li ⁺ : 0.02	Li ⁺ : 0.40
23		ICS-600	Li ⁺ : 0.0016	Li ⁺ : 0.021	Li ⁺ : 0.005	/	Li ⁺ : 0.30	Li ⁺ : 1.11
24		ICS-900	Cl ⁻ : 0.0016	Cl ⁻ : 0.021	Cl ⁻ : 0.005	/	Cl ⁻ : 0.21	Cl ⁻ : 0.88
25		ICS-2100	Cl ⁻ : 0.0004	Cl ⁻ : 0.006	Cl ⁻ : 0.0003	/	Cl ⁻ : 0.04	Cl ⁻ : 1.7
26		ICS-2100	Cl ⁻ : 0.004	Cl ⁻ : 0.03	Cl ⁻ : 0.01	/	Cl ⁻ : 0.19	Cl ⁻ : 1.42
27		Dionex Easion	Cl ⁻ : 0.002	Cl ⁻ : 0.04	Cl ⁻ : 0.003	/	Cl ⁻ : 0.51	Cl ⁻ : 0.43
28		Dionex AQ-1100	Li ⁺ : 0.008	Li ⁺ : 0.02	Li ⁺ : 0.00006	/	Li ⁺ : 0.05	Li ⁺ : 0.4
29		Dionex AQ-1100	Cl ⁻ : 0.0011	Cl ⁻ : 0.0036	Cl ⁻ : 0.0022	/	Cl ⁻ : 0.17	Cl ⁻ : 1.33
30		Dionex Integriion	Cl ⁻ : 0.0002	Cl ⁻ : 0.003	Cl ⁻ : 0.0003	/	Cl ⁻ : 0.03	Cl ⁻ : 0.8
31		Dionex Integriion	Cl ⁻ : 0.0028	Cl ⁻ : 0.0318	Cl ⁻ : 0.0053	/	Cl ⁻ : 0.04	Cl ⁻ : 0.77
32		ICS-6000	Li ⁺ : 0.0009	Li ⁺ : 0.005	Li ⁺ : 0.0003	Li ⁺ : 0.9999	Li ⁺ : 0.2	Li ⁺ : 0.6
33		ICS-3000	Cl ⁻ : 0.005	Cl ⁻ : 0.03	Cl ⁻ : 0.003	/	Cl ⁻ : 0.04	Cl ⁻ : 0.58
34		ICS-600	Cl ⁻ : 0.001	Cl ⁻ : 0.008	Cl ⁻ : 0.0013	/	Cl ⁻ : 0.19	Cl ⁻ : 1.16
35		ICS-600	Cl ⁻ : 0.002	Cl ⁻ : 0.010	Cl ⁻ : 0.012	/	Cl ⁻ : 0.26	Cl ⁻ : 0.78
36		ICS-600	Cl ⁻ : 0.004	Cl ⁻ : 0.02	Cl ⁻ : 0.01	/	Cl ⁻ : 0.27	Cl ⁻ : 0.97
37		ICS-600	Cl ⁻ : 0.002	Cl ⁻ : 0.025	Cl ⁻ : 0.001	/	Cl ⁻ : 0.12	Cl ⁻ : 0.67
38		ICS-3000	Cl ⁻ : 0.004	Cl ⁻ : 0.076	Cl ⁻ : 0.004	/	Cl ⁻ : 0.10	Cl ⁻ : 0.82
39		ICS-6000	Cl ⁻ : 0.001	Cl ⁻ : 0.096	Cl ⁻ : 0.001	/	Cl ⁻ : 0.08	Cl ⁻ : 0.48
40		ICS-5000	Cl ⁻ : 0.0005	Cl ⁻ : 0.0566	Cl ⁻ : 0.0004	/	Cl ⁻ : 0.09	Cl ⁻ : 0.66
41		ICS-5000	Cl ⁻ : 0.005	Cl ⁻ : 0.100	Cl ⁻ : 0.003	/	Cl ⁻ : 0.00	Cl ⁻ : 0.30
42		ICS-6000	Cl ⁻ : 0.004	Cl ⁻ : 0.014	Cl ⁻ : 0.003	/	Cl ⁻ : 0.40	Cl ⁻ : 1.60
43	瑞士	925	Cl ⁻ : 0.33% FS	Cl ⁻ : 3.3% FS	Cl ⁻ : 0.003	/	Cl ⁻ : 0.12	Cl ⁻ : 0.76
44	万通	940	Cl ⁻ : 0.18% FS	Cl ⁻ : 1.2% FS	Cl ⁻ : 0.002	/	Cl ⁻ : 0.14	Cl ⁻ : 1.29

45		ECO IC	Cl: 0.0005	Cl: 0.028	Cl: 0.0012	Cl:0.9999	Cl: 0.01	Cl: 0.79
46		ECO IC	Cl: 0.002	Cl: 0.08	Cl: 0.004	Cl: 0.9995	Cl: 0.4	Cl: 0.2
47		940	Cl: 0.0001	Cl: 0.016	Cl: 0.0002	Cl: 0.9996	Cl: 0.04	Cl: 0.12
48		940	Cl: 0.0015	Cl:0.080	Cl: 0.0004	/	Cl: 0.03	Cl:0.14
49		930	Cl: 0.0006	Cl: 0.02	Cl: 0.0009	Cl: 0.9996	Cl: 0.04	Cl: 0.8
50		930	Cl: 0.002	Cl: 0.010	Cl: 0.012	/	Cl: 0.26	Cl: 0.78
51		883	Cl: 0.0010	Cl: 0.0020	Cl: 0.0003	/	Cl: 0.23	Cl: 0.06
52		883	Cl: 0.0035	Cl: 0.011	Cl: 0.014	/	Cl: 0.06	Cl: 1.62
53		882	Cl: 0.001	Cl: 0.02	Cl: 0.002	/	Cl: 0.08	Cl: 1.2
54	谱临晟	IC-20	Cl: 0.0002	Cl: 0.0106	Cl: 0.0004	/	Cl: 0.03	Cl: 0.7
55	岛津	LC-162	Cl: 0.03% FS	Cl: 1.0% FS	Cl: 0.008	Cl: 0.9998	Cl: 0.4	Cl: 1.6

结论:

表 8 中的数据显示了 55 台离子色谱仪上电导检测器相关性能指标的检测结果。从表中我们可以看出,大多数仪器的检测结果均低于规程的相关指标(基线噪声 $\leq 0.02 \mu\text{S}/\text{cm}$ 或 $\leq 2\% \text{FS}$, 漂移 $\leq 0.10 \mu\text{S}/\text{cm}/30 \text{ min}$ 或 $\leq 10\% \text{FS}/30 \text{ min}$, 最小检测浓度 $\leq 0.01 \mu\text{g}/\text{mL}$, 线性相关系数 ≥ 0.995 , 定性重复性 $\leq 1.0\%$, 定量重复性 $\leq 2.0\%$)。这说明目前市面上主流的仪器均能够达到修订后规程中所规定的电导检测器相关技术指标,进一步表明我们修订后的技术指标是合理的。

2.3.2 电化学检测器

表 9 电化学检测器相关性能指标的检测结果

序号	生产厂家	仪器型号	基线噪声 (nA 或 nC)	基线漂移 (nA/30 min 或 nC/30 min)	最小检测浓度 ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	线性相关系数	定性重复性 (%)	定量重复性 (%)
1	青岛盛瀚	CIC-D500+	I: 0.10 葡萄糖: 0.05	I: 2.00 葡萄糖: 2.00	I: 0.0083 葡萄糖: 0.01	I: 0.9995 葡萄糖: 0.9991	I: 0.05 葡萄糖: 0.55	I: 1.54 葡萄糖: 2.05
2		CIC-D200E	I: 0.85	I: 35	I: 0.0281	I: 0.9999	I: 0.07	I: 0.08
3	德合创睿	iCR1580	葡萄糖: 0.0097	葡萄糖: 0.012	葡萄糖: 0.0089	葡萄糖: 0.9982	葡萄糖: 0.10	葡萄糖: 0.74
4	赛默飞世尔	ICS-6000	葡萄糖: 0.01	葡萄糖: 0.1	葡萄糖: 0.002	/	葡萄糖: 0.12	葡萄糖: 1.16
5		ICS-6000	葡萄糖: 0.01	葡萄糖: 0.34	葡萄糖: 0.003	葡萄糖: 0.9994	葡萄糖: 0.33	葡萄糖: 0.24
6		ICS-6000	葡萄糖: 0.02	葡萄糖: 0.27	葡萄糖: 0.001	/	葡萄糖: 0.2	葡萄糖: 2.1
7		ICS-3000	I: 0.020	I: 0.5	I: 0.0002	/	I: 0.32	I: 1.14
8		ICS-3000	葡萄糖: 0.002	葡萄糖: 0.037	葡萄糖: 0.0002	葡萄糖: 0.9993	葡萄糖: 0.02	葡萄糖: 0.85
9	瑞士	940	I: 0.01	I: 0.05	I: 0.0005	/	I: 0.05	I: 0.74

10	万通	930	I: 0.02	I: 0.5	I: 0.001	/	I: 0.12	I: 1.38
11		930	I: 0.195	I: 0.047	I: 0.0006	I: 0.9995	I: 0.05	I: 1.13

结论:

表 9 中的数据显示了 11 台离子色谱仪上电化学检测器相关性能指标的检测结果。从表中我们可以看出, 大多数仪器的检测结果均小于规程的相关指标(基线噪声 ≤ 0.2 nA 或 ≤ 0.2 nC, 漂移 ≤ 2 nA/30min 或 ≤ 2 nC/30 min, 最小检测浓度 ≤ 0.01 $\mu\text{g/mL}$, 线性相关系数 ≥ 0.995 , 定性重复性 $\leq 1.0\%$, 定量重复性 $\leq 2.0\%$)。这说明目前市面上主流的仪器能够达到修订后规程中所规定的电导检测器相关技术指标, 表明我们修订后的技术指标是合理的。

2.3.3 紫外检测器

表 10 紫外检测器相关性能指标的检测结果

序号	生产厂家	仪器型号	基线噪声(mAU)	基线漂移(mAU/30 min)	最小检测浓度($\mu\text{g/mL}$)	线性相关系数	定性重复性(%)	定量重复性(%)
1	青岛盛瀚	CIC-D500 ⁺	NO ₂ ⁻ : 0.02	NO ₂ ⁻ : -0.59	NO ₂ ⁻ : 0.0025	NO ₂ ⁻ : 0.9999	NO ₂ ⁻ : 0.16	NO ₂ ⁻ : 0.76
2	赛默飞	ICS-3000	NO ₂ ⁻ : 0.30	NO ₂ ⁻ : 1.5	NO ₂ ⁻ : 0.004	NO ₂ ⁻ : 0.9999	NO ₂ ⁻ : 0.03	NO ₂ ⁻ : 1.09
3	世尔	ICS-5000 ⁺	NO ₂ ⁻ : 0.078	NO ₂ ⁻ : 0.52	NO ₂ ⁻ : 0.01	/	NO ₂ ⁻ : 0.01	NO ₂ ⁻ : 0.48

表 11 紫外检测器波长示值误差和波长重复性的检测结果

序号	厂家	型号	波长(nm)	波长示值误差(nm)	波长重复性(nm)
1	青岛盛瀚	CIC-D500 ⁺	235	0.33	1
			257	0.67	1
			313	0.67	1
			350	0.00	0
2	赛默飞世尔	ICS-3000	235	0.04	0.17
			257	0.16	0.26
			313	0.13	0.18
			350	0.50	0.27

结论：

表 10 和表 11 中的数据显示了 3 台离子色谱仪上紫外检测器相关性能指标的检测结果。从表中我们可以看出，所有仪器的检测结果均小于规程的相关指标（基线噪声 ≤ 0.5 mAU，漂移 ≤ 0.5 mAU/30 min，最小检测浓度 ≤ 0.01 $\mu\text{g/mL}$ ，线性相关系数 ≥ 0.995 ，定性重复性 $\leq 1.0\%$ ，定量重复性 $\leq 2.0\%$ ）。这说明目前市面上主流的仪器能够达到修订后规程中所规定的紫外检测器相关技术指标，表明我们修订后的技术指标是合理的。值得注意的是，目前市面上配有紫外检测器的离子色谱仪数目极少，且紫外检测器的示值误差指标检定仅在初次检定时进行，因此我们所获得的有效数据也十分有限。

三、结论

下表 12 总结了近 70 台市面上不同品牌、不同类型的离子色谱仪的性能指标测试结果与现有检定规程的匹配程度。

表 12 各型号仪器技术指标汇总

计量性能		技术指标要求	测定结果范围
泵流量设定值误差	[0.2~0.5] mL/min	$\pm 5\%$	-0.53%~1.04%
	(0.5~1.0] mL/min	$\pm 3\%$	-0.65%~0.71%
	>1.0 mL/min	$\pm 2\%$	-1.06%~0.88%
泵流量稳定性	[0.2~0.5] mL/min	$\leq 3\%$	<0.93%
	(0.5~1.0] mL/min	$\leq 2\%$	<0.41%
	>1.0 mL/min	$\leq 2\%$	<0.46%
温度设定值误差		$\pm 2^\circ\text{C}$	-0.3 $^\circ\text{C}$ ~0.3 $^\circ\text{C}$
控温稳定性		$\leq 1^\circ\text{C/h}$	$\leq 0.2^\circ\text{C/h}$
电导检测器	基线噪声	≤ 0.02 $\mu\text{S/cm}$ 或 $\leq 2\%$ FS	≤ 0.012 $\mu\text{S/cm}$ 或 $\leq 0.44\%$ FS
	基线漂移	≤ 0.10 $\mu\text{S}/30$ min或 $\leq 10\%$ FS/30 min	≤ 0.096 $\mu\text{S}/30$ min或 $\leq 3.3\%$ FS/30 min
	最小检测浓度	≤ 0.01 $\mu\text{g/mL}$	≤ 0.01 $\mu\text{g/mL}$
	线性相关系数	≥ 0.995	≥ 0.9992
紫外可见检测器	基线噪声	≤ 0.5 mAU	≤ 0.30 mAU
	基线漂移	≤ 5 mAU/30 min	≤ 1.5 mAU/30 min
	最小检测浓度	≤ 0.01 $\mu\text{g/mL}$	≤ 0.01 $\mu\text{g/mL}$
	线性相关系数	≥ 0.995	≥ 0.999

	波长示值最大允许误差		$\pm 2 \text{ nm}$	$0.00 \text{ nm} \sim 0.67 \text{ nm}$
	波长重复性		$\leq 2 \text{ nm}$	$\leq 1 \text{ nm}$
电化学检测器	直流	基线噪声	$\leq 0.2 \text{ nA}$	$\leq 0.195 \text{ nA}$
		基线漂移	$\leq 2 \text{ nA}/30 \text{ min}$	$\leq 2 \text{ nA}/30 \text{ min}$
		最小检测浓度	$\leq 0.01 \mu\text{g/mL}$	$\leq 0.0083 \mu\text{g/mL}$
		线性相关系数	≥ 0.995	≥ 0.999
	脉冲	基线噪声	$\leq 0.2 \text{ nC}$	$\leq 0.05 \text{ nC}$
		基线漂移	$\leq 2 \text{ nC}/30 \text{ min}$	$\leq 2 \text{ nC}/30 \text{ min}$
		最小检测浓度	$\leq 0.01 \mu\text{g/mL}$	$\leq 0.01 \mu\text{g/mL}$
		线性相关系数	≥ 0.995	≥ 0.998

综上所述，本规程中校准项目和计量特性的设置科学合理，校准方法可操作性强。