

# 离子色谱同时分离测定三氟甲烷磺酸根, 氟硼酸根及常见无机阴离子

李偲文 于泓\* 张欣

(哈尔滨师范大学化学化工学院, 哈尔滨 150025)

**摘要** 建立了离子色谱-直接电导检测同时测定三氟甲烷磺酸根, 氟硼酸根及常见无机阴离子 ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) 的方法。实验采用 Shim-pack IC-A3 阴离子交换色谱柱, 分别选用对羟基苯甲酸-三(羟甲基)氨基甲烷-硼酸, 邻苯二甲酸-三(羟甲基)氨基甲烷, 邻苯二甲酸氢钾为淋洗液, 考察了淋洗液种类, 浓度及色谱柱温度对分离测定三氟甲烷磺酸根, 氟硼酸根及常见无机阴离子的影响。最佳色谱条件为: 以 1.2 mmol/L 邻苯二甲酸氢钾为淋洗液, 柱温 30 °C, 流速 1.0 mL/min。在此条件下, 可同时基线分离 7 种阴离子, 且色谱峰形对称。所测阴离子的检出限 ( $S/N=3$ ) 为 0.02 ~ 1.88 mg/L, 保留时间和峰面积的相对标准偏差 ( $n=5$ ) 分别小于 0.17% 和 2.05%。应用本方法测定离子液体中三氟甲烷磺酸根, 氟硼酸根及常见无机阴离子, 加标回收率在 97.0% ~ 102.8% 之间。本方法简单, 准确, 可靠, 具有较好的实用性。

**关键词** 离子色谱; 三氟甲烷磺酸根; 氟硼酸根; 无机阴离子; 离子液体; 电导检测

## 1 引言

离子液体作为一种新型绿色溶剂, 已广泛应用于萃取、有机合成、催化、分析化学等领域<sup>[1-4]</sup>。在制备和应用离子液体的过程中, 通过测定离子液体中阴、阳离子, 可以确定离子液体的种类, 纯度及杂质的种类, 含量。三氟甲烷磺酸根 ( $CF_3SO_3^-$ ) 和氟硼酸根 ( $BF_4^-$ ) 均为组成离子液体的主要阴离子。目前, 分析离子液体阴离子的报道主要有: 毛细管电泳法<sup>[5]</sup>和离子色谱-抑制电导检测法<sup>[6,7]</sup>分析离子液体中的卤素杂质离子; 离子色谱-抑制电导检测法<sup>[8]</sup>, 离子色谱-直接电导检测法<sup>[9]</sup>及整体柱高效液相色谱法<sup>[10]</sup>测定离子液体中  $BF_4^-$  及卤素离子; 离子色谱-抑制电导检测法<sup>[11]</sup>和离子色谱-直接电导检测法<sup>[12]</sup>测定离子液体中  $PF_6^-$  及卤素离子。而有关分析三氟甲烷磺酸根的研究尚未见报道。本研究采用直接电导检测的离子色谱同时分离并测定三氟甲烷磺酸根, 氟硼酸根及常见无机阴离子 ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$  和  $SO_4^{2-}$ ), 研究了影响离子保留的一些因素, 建立了离子色谱-直接电导检测同时测定三氟甲烷磺酸根, 氟硼酸根及常见无机阴离子的分析方法, 并应用本方法测定了离子液体中三氟甲烷磺酸根及其它阴离子。

## 2 实验部分

### 2.1 仪器与试剂

LC-20A 型高效液相色谱仪(日本岛津公司), 配有 CDD-10A vp 电导检测器, LC-20AD sp 流动相输液泵, CTO-20AC 柱温箱, SIL-20A 自动进样器和 SCL-10Avp 系统控制器; Simplicity 纯水系统(美国 Millipore 公司); DOA-P504-BN 型无油真空泵(美国 IDEX 公司); PHSF-3F 型 pH 计(上海精密科学仪器有限公司); 0.22  $\mu m$  过滤膜(天津 Automatic Science 公司)。

邻苯二甲酸氢钾,  $KNO_3$  为优级纯试剂; NaCl 为光谱纯试剂; 邻苯二甲酸, 三(羟甲基)氨基甲烷, 对羟基苯甲酸, 硼酸, 三氟甲烷磺酸钠, NaF, NaBr,  $Na_2SO_4$ ,  $NaBF_4$  等试剂均为分析纯。实验用水为去离子水(电阻率 18.2  $M\Omega \cdot cm$ )。

淋洗液经 0.22  $\mu m$  滤膜过滤, 真空脱气 15 min 后使用。先配制被测离子浓度为 1000 mg/L 的标准

储备液,然后稀释至实验所需浓度。

## 2.2 色谱条件

色谱柱: Shim-pack IC-A3 阴离子交换柱 (150 mm × 4.6 mm i. d., 5 μm, 日本岛津公司) 柱填料为表面季铵基的聚丙烯酸酯树脂; 淋洗液: 1.2 mmol/L 邻苯二甲酸氢钾; 流速: 1.0 mL/min; 柱温: 30 °C; 进样体积: 20 μL; 检测方式: 直接电导检测; 数据处理: 岛津 LC Solution Ver 1.1 色谱工作站。

## 3 结果与讨论

### 3.1 淋洗液的选择

分别以 6.0 mmol/L 对羟基苯甲酸-2.4 mmol/L 三(羟甲基)氨基甲烷-37.5 mmol/L 硼酸, 2.5 mmol/L 邻苯二甲酸-2.4 mmol/L 三(羟甲基)氨基甲烷, 1.2 mmol/L 邻苯二甲酸氢钾为淋洗液, 流速为 1.0 mL/min 柱温为 30 °C, 考察 3 种淋洗液对 7 种阴离子 ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $CF_3SO_3^-$ ,  $BF_4^-$ ) 的分离效果。结果表明, 以 6.0 mmol/L 对羟基苯甲酸-2.4 mmol/L 三(羟甲基)氨基甲烷-37.5 mmol/L 硼酸为淋洗液时,  $SO_4^{2-}$  与  $BF_4^-$  的色谱峰重叠, 系统峰干扰  $CF_3SO_3^-$  的色谱峰; 以 2.5 mmol/L 邻苯二甲酸-2.4 mmol/L 三(羟甲基)氨基甲烷为淋洗液时,  $SO_4^{2-}$  与  $BF_4^-$  的色谱峰部分重叠; 以 1.2 mmol/L 邻苯二甲酸氢钾为淋洗液时, 7 种阴离子达到完全分离, 且不受系统峰干扰。因此, 本实验的淋洗液选定为邻苯二甲酸氢钾溶液。

### 3.2 淋洗液浓度对离子保留的影响

将色谱柱温度设定在 30 °C, 流速为 1.0 mL/min, 分别以 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 和 1.6 mmol/L 的邻苯二甲酸氢钾为淋洗液, 考察淋洗液浓度变化对 7 种离子的分离及保留的影响。以 7 种离子的  $lgk$  ( $k$  为离子的保留因子) 对  $lgC$  ( $C$  为淋洗液浓度, μmol/L) 求得线性回归方程(表 1)。其中, 计算保留因子的死时间为第一个系统峰(即进样峰)出现的时间。由表 1 可知, 所得曲线具有良好的线性关系, 且曲线斜率均为负值, 表明 7 种离子的保留因子随淋洗液浓度的增加而减小, 即保留时间缩短。其中, 二价离子  $SO_4^{2-}$  的保留时间缩短程度较其它一价离子明显。实验表明, 只有当淋洗液浓度为 1.2 mmol/L 时, 7 种离子达到基线分离, 且 7 种离子的保留时间相对较短, 峰形良好, 基线平稳, 其余淋洗液浓度下均出现离子的色谱峰不同程度的重叠。因此, 邻苯二甲酸氢钾的浓度选定为 1.2 mmol/L。

表 1 以邻苯二甲酸氢钾为淋洗液的  $lgk$  与  $lgE$  之间关系曲线的线性回归数据

Table 1 Linear regression data for plot of  $lgk$  vs.  $lgE$  using potassium biphthalate eluent

分析物 Analyte	线性回归方程 Linear regression equation	相关系数 Correlation coefficient( $r$ )	分析物 Analyte	线性回归方程 Linear regression equation	相关系数 Correlation coefficient( $r$ )
$F^-$	$lgk = -0.6948 lgC + 0.4236$	0.9961	$BF_4^-$	$lgk = -0.7896 lgC + 1.2822$	0.9981
$Cl^-$	$lgk = -0.7271 lgC + 0.7298$	0.9963	$SO_4^{2-}$	$lgk = -1.3255 lgC + 1.4274$	0.9947
$Br^-$	$lgk = -0.7464 lgC + 0.9752$	0.9971	$CF_3SO_3^-$	$lgk = -0.7992 lgC + 1.4617$	0.9968
$NO_3^-$	$lgk = -0.7596 lgC + 1.0671$	0.9971			

$k$ : 保留因子(Retention factors);  $C$ : 淋洗液浓度(Eluent concentrations) μmol/L。

### 3.3 色谱柱温度对离子保留的影响

以 1.2 mmol/L 邻苯二甲酸氢钾为淋洗液, 流速为 1.0 mL/min, 将色谱柱温度分别设定为 25, 30, 35, 40, 45 和 50 °C, 考察色谱柱温度变化对 7 种离子保留及分离的影响。在不同温度下得到的阴离子的范特霍夫曲线:  $\ln k = -\Delta H/RT + \Delta S/R + \ln \phi$  [ $k$  是保留因子,  $T$  是热力学温度,  $\Delta H$  和  $\Delta S$  分别是离子交换反应的自由焓和自由熵的变化,  $R$  是摩尔气体常数,  $\phi$  是两相体积比]。其线性回归数据见表 2。由表 2 可知,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $BF_4^-$ ,  $SO_4^{2-}$  和  $CF_3SO_3^-$  的范特霍夫曲线具有良好的线性关系,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $BF_4^-$  和  $CF_3SO_3^-$  的曲线斜率为正值, 表明其保留行为是一个放热过程(随温度升高, 保留减弱, 即保留时间缩短);  $SO_4^{2-}$  的曲线斜率为负值, 表明  $SO_4^{2-}$  的保留行为是一个吸热过程(随温度升高, 保留增强, 即保留时间增长)。只有在色谱柱温度为 25 和 30 °C 时, 7 种离子达到基线分离; 其余色谱柱温度下  $SO_4^{2-}$  与  $CF_3SO_3^-$  的色谱峰均有不同程度的重叠。除此而外, 在柱温 30 °C 时,  $CF_3SO_3^-$  色谱峰的峰形优

于 25 °C。因此, 色谱柱温度选定为 30 °C。

综上所述, 确定最佳色谱条件: 以 1.2 mmol/L 邻苯二甲酸氢钾为淋洗液, 柱温 30 °C, 流速 1.0 mL/min。在此条件下得到的 7 种阴离子标准溶液的色谱图见图 1。由图 1 可见, 各组分达到基线分离, 峰形对称, 分离时间在 35 min 以内。

表 2 以 1.2 mmol/L 邻苯二甲酸氢钾为淋洗液测定阴离子的  $\ln k$  与  $1/T$  ( $\times 10^3 K^{-1}$ ) 之间关系曲线的线性回归数据

分析物 Analyte	线性回归方程 Linear regression equation	相关系数 Correlation coefficient (r)	分析物 Analyte	线性回归方程 Linear regression equation	相关系数 Correlation coefficient (r)
Br <sup>-</sup>	$\ln k = 0.4339 (1/T) + 0.6696$	0.9675	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\ln k = -0.3492 (1/T) + 4.1877$	0.9551
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$\ln k = 0.624 (1/T) + 0.2558$	0.9868	CF <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$\ln k = 0.5372 (1/T) + 1.4519$	0.9753
BF <sub>4</sub> <sup>-</sup>	$\ln k = 1.0806 (1/T) - 0.7611$	0.9915			

由于随着温度升高, F<sup>-</sup> 和 Cl<sup>-</sup> 的保留时间基本不变, 因而表中没有这两种离子的线性回归数据 (There are no the linear regression data of F<sup>-</sup> and Cl<sup>-</sup> in the table, because their retention time are basically unchanging with increscent temperature.)。

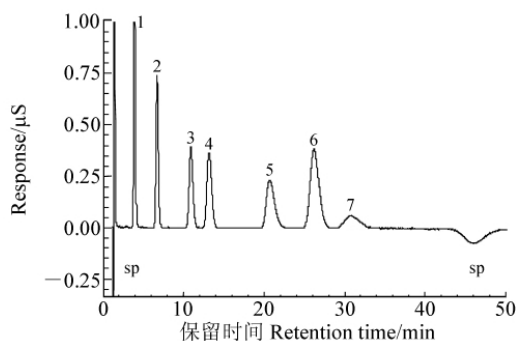


图 1 7 种阴离子混合标样的色谱图

Fig. 1 Chromatogram of a standard mixture of seven anions

峰 (Peaks): 1. F<sup>-</sup> (5.0 mg/L); 2. Cl<sup>-</sup> (5.0 mg/L); 3. Br<sup>-</sup> (10.0 mg/L); 4. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (10.0 mg/L); 5. BF<sub>4</sub><sup>-</sup> (20.0 mg/L); 6. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (20.0 mg/L); 7. CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup> (50.0 mg/L); sp. 系统峰 (System peak)。色谱柱 (Column): Shim-pack IC-A3 (150 mm × 4.6 mm i. d.); 淋洗液 (Eluent): 1.2 mmol/L 邻苯二甲酸氢钾 (Potassium biphthalate); 流速 (Flow rate): 1.0 mL/min; 柱温 (Column temperature): 30 °C; 进样体积 (Inject volume): 20 μL; 检测方式 (Detection): 直接电导检测 (Direct conductivity detection)。

### 3.4 定量分析参数

在最佳色谱条件下, 对 7 种阴离子系列标样进行测定, 以峰面积 (积分值) 对离子质量浓度 (mg/L) 求得线性回归方程, 以 3 倍信噪比计算检出限。保留时间和峰面积的相对标准偏差 (RSD<sub>t</sub> 和 RSD<sub>s</sub>) 由连续 5 次重复测定 F<sup>-</sup> (5.0 mg/L), Cl<sup>-</sup> (5.0 mg/L), Br<sup>-</sup> (10.0 mg/L), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (10.0 mg/L), BF<sub>4</sub><sup>-</sup> (20.0 mg/L), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (20.0 mg/L) 和 CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup> (50.0 mg/L) 混合标样得到。所得检出限, 线性和重现性数据见表 3。由表 3 可知, 此方法具有较低的检出限, 较好的线性和重现性。

表 3 阴离子的线性回归方程, 检出限及相对标准偏差

Table 3 Linear regression equation, limits of detection (LOD) and relative standard deviation (RSD) for anions

离子 Ion	线性范围 Linear range (mg/L)	线性回归方程 Linear regression equation	相关系数 Correlation coefficient (r)	检出限 LOD (S/N=3, mg/L)	保留时间 RSD RSD of retention time (% , n=5)	峰面积 RSD RSD of peak area (% , n=5)
F <sup>-</sup>	0.1 ~ 50	$y = 2873.7x + 1175.8$	0.9999	0.02	0.01	0.38
Cl <sup>-</sup>	0.1 ~ 50	$y = 2647.8x + 1322$	0.9998	0.02	0.02	0.26
Br <sup>-</sup>	0.5 ~ 100	$y = 1152x + 529.08$	0.9999	0.14	0.04	0.17
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.5 ~ 100	$y = 1373.9x + 82.419$	0.9999	0.13	0.09	0.05
BF <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.0 ~ 100	$y = 831.35x - 13.018$	0.9999	0.40	0.17	0.69
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.0 ~ 100	$y = 1456.2x + 335.64$	0.9999	0.30	0.04	0.81
CF <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.5 ~ 100	$y = 158.33x - 10.895$	0.9999	1.88	0.15	2.05

y: 峰面积 (Area); x: 浓度 (Concentration): mg/L。

### 3.5 样品分析及回收率实验

采用本方法测定了离子液体 N-丁基吡啶三氟甲磺酸盐中的阴离子。准确称取 0.1859 g 离子液体, 稀释至 100 mL, 再取 3 mL 稀释至 50 mL, 稀释液经 0.22 μm 滤膜过滤后, 在最佳色谱条件下进行分析。离子液体色谱图见图 2。实验表明, 在 N-丁基吡啶三氟甲磺酸盐中含有 CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 Br<sup>-</sup>。采用标准加入法测定方法的回收率, 结果见表 4。表 4 中数据为 5 次测定平均值, 其相对标准偏差均小于 3.0%。结果说明, 本方法具有高的准确性和好的精密度, 能满足离子液体中 F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,

CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 BF<sub>4</sub><sup>-</sup> 的定量分析要求。

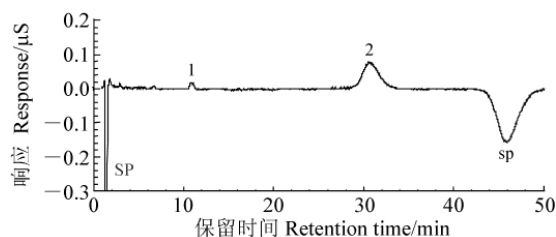


图 2 离子液体样品色谱图

Fig. 2 Chromatogram of ionic liquid sample

峰( Peaks): 1. Br<sup>-</sup>; 2. CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup>; sp. 系统峰( system peak)。色谱条件同图 1( Chromatographic conditions are the same as in Fig. 1)。

表 4 离子液体样品中阴离子分析结果及回收率

Table 4 Analytical results and recoveries of anions found in ionic liquid

离子 Ion	稀释液测定结果 Original	加标量 Added ( mg/L)	加标后测定结果 Found ( mg/L)	回收率 Recovery ( %)	RSD ( % , n = 5)	样品中含量 Content in ionic liquid ( %)	RSD ( % , n = 5)
F <sup>-</sup>	-	2.5	2.46	98.4	1.4	-	-
Cl <sup>-</sup>	-	2.5	2.45	98.0	2.0	-	-
Br <sup>-</sup>	0.28	5.0	5.13	97.0	2.3	0.25	1.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	5.0	5.14	102.8	2.2	-	-
BF <sub>4</sub> <sup>-</sup>	-	10.0	10.03	100.3	1.3	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	10.0	10.12	101.2	1.3	-	-
CF <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	55.4	25.0	80.40	100.1	2.5	49.7	1.4

“-”未检出( No detected)。

## References

- XIAO Xiao-Hua( 肖小华) ,LIU Shu-Juan( 刘淑娟) ,LIU Xia( 刘霞) ,JIANG Sheng-Xiang( 蒋生祥) . *Chinese J. Anal. Chem.* ( 分析化学) ,**2005** ,33( 4) : 569 ~ 574
- SUN Wei( 孙伟) ,GAO Rui-Fang( 高瑞芳) ,JIAO Kui( 焦奎) . *Chinese J. Anal. Chem.* ( 分析化学) ,**2007** ,35( 12) : 1813 ~ 1819
- KOU Yuan( 寇元) ,HE Ling( 何玲) . *Progress in Chemistry*( 化学进展) ,**2008** ,20( 1) : 5 ~ 10
- GAO Wei( 高微) ,YU Hong( 于泓) ,ZHOU Shuang( 周爽) . *Chinese Journal of Chromatography*( 色谱) ,**2010** ,28( 1) : 14 ~ 22
- Berthier D , Varenne A , Gareil P , Gareil P , Digne M , Lienemann C P , Magna L , Bourbigou H O. *Analyst* ,**2004** ,129: 1257 ~ 1261
- Villagran C , Deetlefs M , Pitner W R , Hardacre C. *Anal. Chem.* **2004** ,76( 7) : 2118 ~ 2123
- Hao F , Haddad P R , Ruther T. *Chromatographia* **2008** ,67( 5/6) : 495 ~ 498
- LI Xue-Hui( 李雪辉) ,DUAN Hong-Li( 段红丽) ,PAN Jin-Tian( 潘锦添) ,WANG Le-Fu( 王乐夫) . *Chinese J. Anal. Chem.* ( 分析化学) ,**2006** ,34: S192 ~ S194
- ZHOU Shuang( 周爽) ,YU Hong( 于泓) ,AI Hong-Jing( 艾红晶) . *Chinese J. Anal. Chem.* ( 分析化学) ,**2008** ,36( 11) : 1521 ~ 1525
- Zhou S , Yu H , Yang L , Ai H J. *J. Chromatogr. A* ,**2008** ,1206( 2) : 200 ~ 203
- HU Zhong-Yang( 胡忠阳) ,PAN Guang-Wen( 潘广文) ,YE Ming-Li( 叶明立) . *Chinese Journal of Chromatography*( 色谱) ,**2009** ,27( 3) : 337 ~ 340
- YANG Ling( 杨灵) ,YU Hong( 于泓) ,LI Si-Wen( 李德文) . *Journal of Instrumental Analysis*( 分析测试学报) ,**2009** ,28( 9) : 1077 ~ 1080
- Yu H , Mou S F. *J. Chromatogr. A* ,**2006** ,1118( 1) : 118 ~ 124
- Yu H , Li R S. *Chromatographia* ,**2008** ,68( 7/8) : 611 ~ 616

# Simultaneous Determination of Trifluoromethanesulfonate , Tetrafluoroborate and Common Inorganic Anions by Ion Chromatography

LI Si-Wen , YU Hong\* , ZHANG Xin

( College of Chemistry and Chemical Engineering , Harbin Normal University , Harbin 150025 )

**Abstract** A method was developed for the determination of trifluoromethanesulfonate , tetrafluoroborate and common inorganic anions by ion chromatography with direct conductivity detection. Chromatographic separation was performed on a Shim-pack IC-A3 anion exchange column using p-hydroxybenzoic acid + tris ( hydroxymethyl ) -aminomethane + boric acid , phthalic acid + tris ( hydroxymethyl ) -aminomethane , and potassium biphthalate as eluent , respectively. The effects of the types of eluent , eluent concentration and column temperature on separation and retention of the anions were investigated. The optimized chromatographic conditions for the determination of the anions were as follows: 1.2 mmol/L potassium biphthalate as eluent , column temperature of 30 °C and flow rate of 1.0 mL/min. Under these conditions , the anions were in baseline separation. Moreover , the symmetry of peaks was better. Detection limit (  $S/N=3$  ) for the anions was in range of 0.02 – 1.88 mg/L. The relative standard deviations ( RSD ) of the chromatographic retention time and peak areas for the anions were not more than 0.17% and 2.05% (  $n=5$  ) , respectively. The method has been applied to the determination of trifluoroacetate , tetrafluoroborate and common anions in ionic liquids. The recoveries of the anions after spiking were from 97.0 % to 102.8 % . The method is simple , accurate , reliable and practical.

**Keywords** Ion chromatography; Trifluoromethanesulfonate; Tetrafluoroborate; Inorganic anion; Ionic liquid; Conductivity detection

( Received 19 April 2010; accepted 7 June 2010 )

## 关于召开“第十一届全国电分析化学学术会议”的通知

( 第一轮通知 )

本届会议由中国化学会、国家自然科学基金委员会、中国仪器仪表协会联合主办,山东省化学会协办,定于 2011 年 5 月 12 ~ 15 日在山东省聊城市召开。本届大会由聊城大学负责筹备,由汪尔康院士、陈洪渊院士任大会主席。会议邀请国内从事电分析化学研究的著名科学家及中青年学者参加,并在全国范围内征文,欢迎专家学者投稿并到会交流。

### 一、会议主题

( 1 ) 电分析化学基础理论与发展综述; ( 2 ) 生物电分析化学; ( 3 ) 电化学传感器与电化学免疫分析; ( 4 ) 化学修饰电极与微电极; ( 5 ) 电位法、伏安法及其它电分析技术; ( 6 ) 电分析化学联用技术; ( 7 ) 界面电化学与光谱电化学; ( 8 ) 纳米电分析化学; ( 9 ) 电分析化学仪器的新发展及其应用; ( 10 ) 电化学新技术新工艺及其它相关研究。

### 二、征文要求

( 1 ) 已在刊物上发表或全国会议上报告过的论文不在应征之列。( 2 ) 会议正文分为中文详细摘要和英文摘要两部分,用 WORD 软件编辑,中文详细摘要包括题目、作者、单位、主要结果和讨论、主要参考文献;英文摘要包括题目、作者、单位、主要结果和讨论。全文不超过 2 页。

### 三、联系方式

( 1 ) 应征论文请发至 11neac.liaocheng@gmail.com 电子信箱,请注明“会议征文”字样,截稿日期 2011 年 2 月 15 日。本次会议网站将开通,随时发布最新会议信息; ( 2 ) 会议相关事宜请与大会秘书长刘继锋教授联系,电话 0635 - 8239001 ,13869562141。

欢迎国内外分析仪器公司、厂商到会介绍和展出产品。