

非抑制型电导检测离子交换色谱法的淋洗液*

于 泓¹, 白雪峰², 郑德敏¹

(1. 哈尔滨师范大学化学系, 黑龙江 哈尔滨 150080;

2. 黑龙江省科学院石油化学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要: 分别对非抑制型电导检测阴离子交换色谱法和阳离子交换色谱法的淋洗液进行了综述, 引用文献64篇。

关键词: 非抑制型离子交换色谱法; 淋洗液; 电导检测

中图分类号: O658 文献标识码: A 文章编号: 1000-8713(1999)06-0539-05

1 前言

非抑制型离子色谱法自1979年 Gjerde 等^[1]提出以来, 发展迅速, 目前已成为离子色谱法中的一个重要分支, 并得到广泛应用。相对于抑制型离子色谱法而言, 非抑制型离子色谱法具有选择淋洗液种类多的特点, 这为充分发挥色谱的分离功能提供了可能。影响非抑制型离子色谱法分析的主要因素有色谱柱、检测器和淋洗液。淋洗液不仅影响被测离子的分离, 而且影响被测离子的检测灵敏度, 因而淋洗液是非抑制型离子色谱法研究的重点之一。随着非抑制型离子色谱法的发展, 用于分析的淋洗液种类也不断增多。本文分别对非抑制型电导检测阴离子交换色谱法和非抑制型电导检测阳离子交换色谱法的淋洗液加以综述。

2 非抑制型电导检测阴离子交换色谱法的淋洗液

2.1 芳香族有机酸及其盐

这类淋洗液在非抑制型电导检测阴离子交换色谱法中的应用最普遍。由于芳香族有机酸根阴离子具有较低的极限摩尔电导以及对离子交换剂固定相适宜的亲和力, 因此, 用芳香族有机酸及其盐作淋洗液可获得较高的灵敏度和较好的分离效果。作为淋洗液的芳香族有机酸及其盐有: 苯甲酸及其盐、邻苯二甲酸及其盐、对羟基苯甲酸、邻羟基苯甲酸、邻磺基苯甲酸、磺基间苯二甲酸、1, 2-二羟基苯-3, 5-二磺酸及其盐、萘磺酸盐等。

苯甲酸盐(钾或钠)淋洗液是非抑制型电导检测阴离子交换色谱法中应用最早的淋洗液之一, 可用于分离测定弱保留的一价阴离子, 但不能有效地洗脱二价阴离子和强保留的一价阴离子^[1, 2]。苯甲酸淋洗液亦可用于弱保留阴离子的分离测定。它不仅可使弱保留阴离子获得良好的分离, 而且检测灵敏度也比用苯甲酸盐淋洗液时高^[3]。

邻苯二甲酸盐淋洗液也是在非抑制型电导检测阴离子交换色谱法中应用最早的淋洗液之一, 其淋洗能力比苯甲酸盐强, 可用于分离测定二价阴离子和强保留的一价阴离子^[1, 2]。用邻苯二甲酸氢钾淋洗液, 其 pH 值一般为3.5~4.5, 可同时分离测定无机阴离子和有机酸^[4-6]。在用邻苯二甲酸淋洗液时, 一般需调节淋洗液的 pH 值后使用。如将1.0 mmol/L 邻苯二甲酸淋洗液用 NaOH 调节 pH 值为4.15, 可分离测定乙酸、抗坏血酸、乳酸、甲酸、一氯乙酸和丁二酸等有机酸^[7]。若用2.5 mmol/L 邻苯二甲酸-2.5 mmol/L 三羟甲基氨基甲烷混合水溶液作为淋洗液, 此淋洗液的 pH 值为4.0, 可分离测定 F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻ 和 SO₄²⁻ 等无机阴离子^[8]。邻苯二甲酸氢钾和邻苯二甲酸的混合水溶液亦可作为淋洗液, 此种淋洗液可同时分离测定无机阴离子和有机酸^[9, 10]。目前, 邻苯二甲酸及其盐淋洗液应用非常普遍, 它们既可用于不同价态无机阴离子的分离测定, 又可用于有机酸的分离测定, 以及无机阴离子和有机酸的同时分离测定。

用对羟基苯甲酸淋洗液时, 通过调节淋洗液的 pH 值, 可控制酸的离解程度, 改变淋洗液的淋洗强

* 收稿日期: 1998-10-04, 修回日期: 1998-11-24
基金项目: 黑龙江省自然科学基金和黑龙江省教委基金资助课题

度,实现无机阴离子的分离测定。目前,对羟基苯甲酸淋洗液已得到广泛应用,如:用1.0 mmol/L, pH 7.0的对羟基苯甲酸淋洗液可测定 AsO_4^{3-} [11]; 用4.0 mmol/L, pH 8.0的对羟基苯甲酸淋洗液可测定 SeO_4^{2-} 和 SeO_3^{2-} [12]; 用5.0 mmol/L, pH 8.25的对羟基苯甲酸淋洗液可测定 MnO_4^{2-} [13]; 用5.0 mmol/L, pH 8.5的对羟基苯甲酸淋洗液可测定 WO_4^{2-} [14] 和 CrO_4^{2-} [15]。

用邻羟基苯甲酸淋洗液时,亦可通过调节淋洗液的 pH 值改变淋洗液的淋洗强度,实现无机阴离子的分离测定。用相同浓度、相同 pH 值的邻羟基苯甲酸、对羟基苯甲酸和苯甲酸分别作淋洗液,可淋洗 Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- 和 SO_4^{2-} 5种离子,3种淋洗液的淋洗强度顺序是:邻羟基苯甲酸 > 对羟基苯甲酸 > 苯甲酸 [16]。

邻磺基苯甲酸淋洗液可用于分离测定 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , SeO_4^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 和 SCN^- 等一价和二价无机阴离子。在相同条件下,邻磺基苯甲酸的淋洗能力强于邻羟基苯甲酸和对羟基苯甲酸。邻磺基苯甲酸淋洗液由于有强的淋洗能力,可用于洗脱分离苯甲酸、对羟基苯甲酸和邻羟基苯甲酸 [16]。

5-磺基间苯二甲酸淋洗液可很好地分离 Cl^- , Br^- , NO_3^- 和 SO_4^{2-} 等无机阴离子,而且系统峰不干扰测定 [17]。在相同条件下,5-磺基间苯二甲酸的淋洗能力强于邻磺基苯甲酸。用0.5 mmol/L 5-磺基间苯二甲酸淋洗液的检测灵敏度比用1.0 mmol/L 邻苯二甲酸钠淋洗液(pH 7.0)高10倍,与抑制型离子色谱法中使用1.0 mmol/L Na_2CO_3 -1.0 mmol/L NaHCO_3 淋洗液的检测灵敏度相近。

1,2-二羟基苯-3,5-二磺酸及其盐淋洗液可用于分离测定 Cl^- , Br^- , NO_3^- 和 SO_4^{2-} 等无机阴离子 [18]。这种淋洗液阴离子对阴离子交换剂固定相有很强的亲和力,因此,相对于邻苯二甲酸盐等淋洗液可用较低的浓度。当用电导检测器时,用1,2-二羟基苯-3,5-二磺酸作淋洗液测定 Cl^- , Br^- , NO_3^- 和 SO_4^{2-} 的灵敏度比用其二钠盐作淋洗液的高;但当用紫外光度检测器时,则与此相反。

萘磺酸盐淋洗液可用于分离测定 F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, I^- , SCN^- 等无机阴离子,以及多聚磷酸盐和多羧酸盐等,分离后的物质可用电导检测或间接紫外光度检测 [19-22]。Maki 等 [23] 对萘磺酸盐作淋洗液的电导检测和间接紫外光度检测进行了比较。以萘一磺酸盐、萘二磺酸盐和萘三磺酸

盐分别作淋洗液测定 F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , I^- 和 SCN^- 时,用电导检测的灵敏度比用间接紫外光度检测高5~16倍。

2.2 脂肪族有机酸

不仅芳香族有机酸可作为淋洗液,而且一些脂肪族有机酸亦可作为淋洗液。Fritz 等 [24] 对烟碱酸、琥珀酸、富马酸、柠檬酸等有机酸分别作淋洗液分离测定 F^- , Cl^- , Br^- , I^- , ClO_3^- , BrO_3^- , IO_3^- , H_2PO_4^- 和 NO_3^- 等离子进行了研究,发现烟碱酸或琥珀酸淋洗液具有较强的淋洗能力和较好的分离效果,离子的检出限达 $\mu\text{g/L}$ 级。Okada 等 [25] 研究了酒石酸和苹果酸淋洗液的情况,这两种淋洗液对 F^- , Cl^- , NO_3^- , BrO_3^- 和 H_2PO_4^- 等的分离测定是有效的。如果在酒石酸淋洗液中加入硼酸可提高淋洗液的淋洗能力 [26]。

2.3 氢氧化钾(钠)

一些弱酸阴离子,如 CN^- , S^{2-} , AsO_3^{3-} 和 SiO_3^{2-} 等,只有在较高 pH 值的碱性溶液中才能以阴离子形式存在。因此,需用碱性较强的淋洗液分离测定这些离子。用氢氧化钾(钠)淋洗液,既可以测定 F^- , Cl^- , Br^- , NO_3^- 和 Ac^- 等弱保留离子,又可以测定 CN^- , S^{2-} , AsO_3^{3-} 和 SiO_3^{2-} 等弱酸阴离子,以及一些弱的有机酸和酚类物质等 [27-29]。但这种淋洗液对多价阴离子测定有困难,因为其保留时间太长。

2.4 EDTA 等络合剂

EDTA 易与碱土金属和过渡金属离子等形成稳定的络阴离子,这种络阴离子可同时与无机阴离子在阴离子交换柱上分离,并用电导检测器检测。因此,用 EDTA 淋洗液可实现阴、阳离子的同时分析。Yamamoto 等 [30] 最先提出用 EDTA 淋洗液,在阴离子交换柱上同时分离测定 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 和 Ca^{2+} , Mg^{2+} 。Matsushita [31] 用同样的方法实现了一些二价过渡金属离子和无机阴离子的同时分析。于泓等 [32] 和丁明玉等 [33] 用 EDTA 淋洗液实现了无机阴离子、无机阳离子和有机酸的同时分析。Yan 等 [34] 比较了 EDTA 与其它几种同类络合剂 DCTA, EGTA, DTPA 作为淋洗液同时分离测定阴、阳离子的性能。除 EDTA 络阴离子以外,其它络阴离子在阴离子交换柱上或者分离效果不好,或者产生很宽的色谱峰,实用价值不大。最近,Ohata 等 [35,36] 用均苯四甲酸淋洗液同时分离测定了 Ca^{2+} , Mg^{2+} 和 Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , SO_4^{2-} ; 丁明玉等 [37] 用均苯四甲酸淋洗液在阴、阳离子混合床柱上同时分离测定了 H_2PO_4^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 和 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 。

2.5 葡萄糖酸盐-硼酸盐

由葡萄糖酸盐和硼酸盐等组成的混合水溶液是一种缓冲能力比较强的淋洗液,适于测定 H_2PO_4^- , HCO_3^- 等弱酸阴离子。葡萄糖酸钠溶液有一定的缓冲能力,但淋洗能力不够强。在葡萄糖酸钠溶液中加入四硼酸钠和硼酸可增强溶液的缓冲能力和淋洗能力,加入乙腈或甘油可使色谱柱不受微生物的损坏。由 1.48 mmol/L 葡萄糖酸钠- 1.30 mmol/L 硼酸钠- 5.82 mmol/L 硼酸-体积分数 12% 乙腈-体积分数 0.25% 甘油组成的混合淋洗液可将弱酸阴离子 NO_2^- , HCO_3^- , H_2PO_4^- 和强保留离子 SCN^- , I^- 有效的分离^[38]。

3 非抑制型电导检测阳离子交换色谱法的淋洗液

在非抑制型电导检测阳离子交换色谱法中,淋洗液的选择与阳离子交换剂固定相的类型以及测定离子的种类密切相关,对此分别加以讨论。

3.1 在强酸型(- SO_3H)阳离子交换剂固定相上分析阳离子的淋洗液

3.1.1 用于一价阳离子分析的淋洗液

用于一价阳离子(碱金属、铵离子和有机胺)分析的淋洗液主要有无机酸、有机酸和芳香碱,其中无机酸是使用最早和最多的淋洗液。常用的无机酸有硝酸、盐酸和高氯酸,其中硝酸应用最多。Fritz 等人^[39]首先以硝酸为淋洗液测定碱金属和铵离子获得成功,其后以硝酸为淋洗液测定碱金属、铵离子和有机胺的报道相继出现^[40-42]。盐酸或高氯酸淋洗液与硝酸类似。可作为淋洗液的有机酸很多,Daigle 等^[43]分别以氨基磺酸、草酸和二氯乙酸为淋洗液测定了碱金属、铵离子和烷基胺;关良智等^[44]分别以草酸、柠檬酸和酒石酸为淋洗液同时测定了碱金属、铵离子和胺类;于泓^[45]以芳香酸为淋洗液测定了碱金属、铵离子和烷基胺。芳香碱作淋洗液的报道较少,Foley 等^[46]分别以苯胺和苄基胺为淋洗液(用盐酸调节淋洗液的 pH 值)测定了碱金属和铵离子。最近,于泓^[47]对非抑制型离子交换色谱法测定一价阳离子的淋洗液进行了系统研究,阐述了一价阳离子的保留行为和电导检测行为与淋洗液之间的关系,分别对无机酸、有机酸和芳香碱淋洗液测定一价阳离子进行了考察,其中有机酸和无机酸是较为适宜的淋洗液。

3.1.2 用于多价阳离子分析的淋洗液

多价阳离子(碱土金属、过渡金属和稀土离子

等)对强酸性阳离子交换剂固定相有较强的亲和力,只用无机酸或有机酸作淋洗液难以将它们洗脱分离。分离测定多价阳离子的淋洗液主要有乙二胺的硝酸盐、乙二胺-络合有机酸(酒石酸、柠檬酸、草酸、 α -羟基异丁酸等)和质子化的苯二胺等。

乙二胺的硝酸盐淋洗液只用于测定碱土金属离子。Fritz 等^[39]首先以乙二胺的硝酸盐为淋洗液测定了碱土金属离子。其后,Nieto 等^[40]采用同样的淋洗液测定了土壤提取液中的碱土金属离子。

乙二胺-络合有机酸淋洗液可用于分离测定碱土金属、过渡金属和稀土离子等。络合有机酸起到促进洗脱、控制选择性及抑制金属离子生成沉淀的作用。Sevenich 等^[48]首先以乙二胺-络合有机酸(酒石酸、 α -羟基异丁酸)为淋洗液测定了多价阳离子。 α -羟基异丁酸对二价金属离子的分离不如酒石酸好,但对稀土离子的分离较好。其后,Sevenich 等^[49]又研究了络合剂对测定多价阳离子的影响。在含有 Mg^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} 及其 Fe^{3+} , Al^{3+} , Cu^{2+} 的溶液中,可加入次氨基三乙酸掩蔽 Fe^{3+} , Al^{3+} 和 Cu^{2+} , 而用乙二胺-酒石酸淋洗液选择性地测定 Mg^{2+} , Mn^{2+} 和 Ca^{2+} 。在含有 Fe^{3+} 和 Fe^{2+} 的溶液中,可加入磺基水杨酸掩蔽 Fe^{3+} , 而用乙二胺-酒石酸淋洗液选择性地测定 Fe^{2+} 。于泓等^[50-52]以乙二胺-草酸(或柠檬酸)为淋洗液测定了碱土金属、过渡金属和稀土离子。当淋洗液中乙二胺浓度改变时,碱土金属和过渡金属离子保留时间的变化幅度相近;而当淋洗液中草酸(柠檬酸)浓度或淋洗液的 pH 值改变时,过渡金属离子保留时间的变化幅度大于碱土金属离子保留时间的变化幅度。可利用这一特性改善过渡金属与碱土金属离子之间的分离状况。许鸿生等^[53]以乙二胺-柠檬酸为淋洗液同时测定了碱土金属和过渡金属离子。Reiffenstahl 等^[54,55]以乙二胺-柠檬酸为淋洗液测定了一、二和三价阳离子。Saleh 等^[56]以 3.5 mmol/L 乙二胺- 10 mmol/L 酒石酸-体积分数 5% 乙腈为淋洗液测定了 Cr^{3+} 。

质子化的苯二胺淋洗液应用不多,原因是这种淋洗液不稳定。Fortier 等^[57]用质子化的对苯二胺淋洗液测定了 Al^{3+} , 其它阳离子不干扰。

3.2 在弱酸性(- COOH)阳离子交换剂固定相上分析阳离子的淋洗液

弱酸性阳离子交换剂固定相的特点是在同等度淋洗条件下同时测定一价和多价阳离子^[58,59]。在此类固定相上分离测定阳离子,一般用络合有机酸(柠檬酸、吡啶二甲酸、酒石酸、草酸、 α -羟基异丁酸

等)作淋洗液,也可用无机酸(盐酸、硝酸)作淋洗液。Kondratjonok等^[60]以2,6-吡啶二甲酸和柠檬酸组成的混合淋洗液,同时测定了碱金属、碱土金属以及锰离子。Yan等^[61]比较了不同络合有机酸淋洗液分离测定碱金属、碱土金属和过渡金属离子的情况。用柠檬酸-2,6-吡啶二甲酸混合淋洗液,碱金属和碱土金属离子在12 min内完全分离;用酒石酸-草酸混合淋洗液,一次进样可将碱金属、碱土金属和过渡金属离子分离;用EDTA-2,6-吡啶二甲酸混合淋洗液,可在大量 Mg^{2+} 基体下分离测定痕量 Na^+ 、 K^+ 和 Ca^{2+} 。Nair等以无机酸(盐酸或硝酸)为淋洗液同时测定了碱金属和碱土金属离子^[62],继而又以络合有机酸为淋洗液测定了过渡金属离子及碱金属、碱土金属离子^[63]。Laubli等^[64]以络合有机酸(酒石酸)和有机溶剂(丙酮)为淋洗液分析了有机胺类化合物、碱金属离子和碱土金属离子。

4 结束语

目前,已有多种类型的淋洗液用于非抑制型电导检测阴离子交换色谱法的分析中。在这些淋洗液中,芳香族有机酸及其盐,特别是邻苯二甲酸及其盐和对羟基苯甲酸,是一类较理想的通用性淋洗液,可用于一般无机阴离子和有机酸的分析。氢氧化钾(钠)淋洗液适用于弱酸根(CN^- , S^{2-} , AsO_3^{3-} 和 SiO_3^{2-} 等)阴离子的分析。EDTA淋洗液适用于在阴离子交换柱上同时分析阴、阳离子。在非抑制型电导检测阳离子交换色谱法分析中,络合有机酸(草酸、柠檬酸、酒石酸、 α -羟基丁酸和2,6-吡啶二甲酸等)-乙二胺组成的淋洗液(有些分析中乙二胺浓度为零)是一种通用性阳离子分析淋洗液,这种淋洗液可用于几乎所有阳离子的分析。随着非抑制型离子色谱法的发展,分离效果好、检测灵敏度高、适用范围广的新型淋洗液还将会不断出现。

参 考 文 献

- Gjerde D T, Fritz J S, Schmuckler G. *J Chromatogr*, 1979, 186: 509-519
- Gjerde D T, Schmuckler G, Fritz J S. *J Chromatogr*, 1980, 187: 35-45
- Gjerde D T, Fritz J S. *Anal Chem*, 1981, 53: 2324-2327
- 于泓,刘清林,关良智. *色谱*, 1993, 11(2): 109~110 (117)
- 丁明玉,铃木义仁,小泉均. *分析化学(日文)*, 1993, 42: T129~T134

- 郜志峰,傅承光. *分析测试学报*, 1994, 13(5): 32~36
- 叶汝求,张辰,吴小蔚. *环境化学*, 1987, 6(6): 36~41
- 于泓,王玉琴,刘清林等. *哈尔滨师范大学自然科学学报*, 1993, 9(2): 69~72
- 丁明玉,陈培榕,罗国安. *色谱*, 1998, 16(1): 59~61
- Ding M Y, Chem P R, Luo G A. *J Chromatogr*, 1997, 764: 341-345
- 于泓,关良智,李萍. *色谱*, 1993, 11(5): 317~319
- Mehra H C, Frankenberger W T Jr. *Chromatographia*, 1988, 25(7): 585-588
- Mehra H C, Frankenberger W T Jr. *Analyst*, 1989, 114: 707-710
- Mehra H C, Frankenberger W T Jr. *Anal Chim Acta*, 1989, 217: 383-389
- Mehra H C, Frankenberger W T Jr. *Talanta*, 1989, 36(9): 889-892
- Vautour G, Mehra M C, Mallet V N. *Mikrochim Acta*, 1990, 1: 113-120
- Watanabe H, Yokogama Y, Sato H. *J Chromatogr*, 1996, 727: 311-316
- Sato H. *Anal Chim Acta*, 1988, 206: 281-288
- Maki S A, Danielson N D. *J Chromatogr*, 1991, 542: 101-113
- Maki S A, Danielson N D. *Anal Chem*, 1991, 63: 699-703
- Shamsi S A, Danielson N D. *J Chromatogr*, 1993, 653: 153-160
- 本水昌二,大岛光子,弘中孝志. *分析化学(日文)*, 1991, 40: 355~360
- Maki S A, Danielson N D. *Chromatographia*, 1992, 33(1/2): 25-31
- Fritz J S, Du Val D L, Barron R E. *Anal Chem*, 1984, 56: 1177-1182
- Okada T, Kuwamoto T. *J Chromatogr*, 1984, 284: 149-156
- Okada T, Kuwamoto T. *J Chromatogr*, 1987, 403: 35-45
- Okada T, Kuwamoto T. *Anal Chem*, 1983, 55: 1001-1004
- Okada T, Kuwamoto T. *Anal Chem*, 1985, 57: 258-262
- Okada T, Kuwamoto T. *Anal Chem*, 1985, 57: 829-833
- Yamamoto M, Yamamoto H, Yamamoto Y et al. *Anal Chem*, 1984, 56: 832-834
- Matsushita S. *J Chromatogr*, 1984, 312: 327-336
- 于泓,冯世德,刘清林. *高等学校化学学报*, 1993, 14(8): 1070~1072
- 丁明玉,陈培榕,罗国安. *分析化学*, 1997, 25(2): 161~164

- 34 Yan D R, Schwedt G. *J Chrom atogr*, 1990, 516: 383-393
- 35 Ohta K, Tanaka K, Fritz J S. *J Chrom atogr*, 1996, 731: 179-186
- 36 Ohta K, Katoh T, Morikawa H et al. *Bunseki Kagaku*, 1994, 43: 145-150
- 37 丁明玉, 王宗花, 陈培榕. *分析化学*, 1997, 25(12): 1430 ~ 1433
- 38 Schmuckler G, Jagoe A L, Girard J E et al. *J Chrom atogr*, 1986, 356: 413-419
- 39 Fritz J S, Gjerde D T, Becker R M. *Anal Chem*, 1980, 52: 1519-1522
- 40 Nieto K F, Frankenberger W T Jr. *Soil Sci Soc Am J*, 1985, 49: 592-596
- 41 肖正元, 段正康, 黎宏彦. *分析化学*, 1992, 20(11): 1340 ~ 1342
- 42 陈国胜, 徐盈, 张甬元. *分析科学学报*, 1996, 12(3): 217~ 219
- 43 Daigle R, Mehra M C, Mallet V. *Chromatographia*, 1991, 32(3/4): 143-147
- 44 关良智, 于泓. *色谱*, 1995, 13(1): 53~ 55
- 45 于泓. *分析化学*, 1998, 26(1): 89~ 92
- 46 Foley R C L, Haddad P R. *J Chrom atogr*, 1986, 366: 13-26
- 47 于泓. *色谱*, 1998, 16(1): 18~ 21
- 48 Sevenich G J, Fritz J S. *Anal Chem*, 1983, 55: 12-16
- 49 Sevenich G J, Fritz J S. *J Chrom atogr*, 1985, 347: 147-154
- 50 于泓. *分析测试学报*, 1998, 17(4): 11~ 14
- 51 于泓, 马俊杰, 白雪峰. *色谱*, 1998, 16(4): 358~ 360
- 52 李萍, 于泓, 崔凌飞等. *色谱*, 1998, 16(1): 65~ 67
- 53 许鸿生, 肖正元, 钱伟等. *分析科学学报*, 1995, 11(1): 33~ 36
- 54 Reiffenstuh l S, Bonn G. *Fresenius Z Anal Chem*, 1988, 332: 130-133
- 55 Reiffenstuh l S, Bonn G. *J Chrom atogr*, 1989, 482: 289-296
- 56 Saleh F Y, Huang J H, Lewis R V. *J Chrom atogr Sci*, 1989, 27: 480-484
- 57 Fortier N E, Fritz J S. *Talanta*, 1985, 32(11): 1047-1050
- 58 Kolla P, Köhler J, Schomburg G. *Chromatographia*, 1987, 23(7): 465-472
- 59 杨瑞琴, 蒋生祥, 刘霞等. *分析化学*, 1998, 26(2): 151 ~ 153
- 60 Kondratjonok B, Schwedt G. *Fresenius Z Anal Chem*, 1988, 332: 333-337
- 61 Yan D R, Schwedt G. *Fresenius Z Anal Chem*, 1990, 338: 149-155
- 62 Nair L M, Saari-Nordhaus R, Anderson J M Jr. *J Chrom atogr*, 1993, 640: 41-48
- 63 Nair L M, Saari-Nordhaus R, Anderson J M Jr. *J Chrom atogr*, 1994, 671: 43-49
- 64 Laubli M W, Kampus B. *J Chrom atogr*, 1995, 706: 99-102

Eluents of Non-Suppressed Ion Exchange Chromatography with Conductometric Detection

YU Hong¹, BAI Xue-feng², ZHENG De-m in¹

(1. Department of Chemistry, Harbin Normal University, Harbin 150080, China;

2. Institute of Petrochemistry, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150040, China)

Abstract: A review with 64 references is presented on eluents for non-suppressed ion exchange chromatography with conductometric detection. The kinds and characteristics of eluents in non-suppressed anion exchange chromatography and non-suppressed cation exchange chromatography are described separately.

Key words: non-suppressed ion exchange chromatography; eluent; conductometric detection