

冶金分析文集

第三輯

冶金工业出版社 編



冶金工业出版社

75.251
248.13
=3

冶金分析文集

(第三輯)

冶金工业出版社 編

21.494/26

冶金工业出版社

冶金分析文集 (第三輯)

冶金工业出版社編

編輯: 刘光祖

設計: 魯芝芳、朱駿英

校對: 刘廣芸

——*——

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第093号

冶金工业出版社印刷厂印

新华書店发行

——*——

1959年4月第一版

1959年4月北京第一次印刷

印數7,500册

開本 850×1168 • 1/32 • 125,000字 • 印張4 $\frac{28}{32}$

——*——

統一書號 15062·1488 定价 0.60 元

248.13/3

編者的話

我国冶金工业，在社会主义建設的总路綫的光輝照耀下，正在以飞跃的速度发展着。

分析工作是冶金工业中不可缺少的重要的一环。过去几年来，随着工业的发展，我国各部門在冶金分析方面取得了許多成就，有了許多創造发明，也从世界上各个工业发达国家，特别是苏联介紹了許多有关分析的文章和先进經驗；但是，由于国内目前还没有一种全国性的分析专业杂志，所以仅发表的一些資料也多半分散地登載在一些其他刊物上，讀者需要参考时，頗感不便。有鉴于此，我社准备将国内外有关冶金分析方面的資料，按内容性質汇集成冊子陸續出版，以弥补上述缺陷。

下面我們把前五輯的內容介紹于下：

第一輯：极譜分析法

第二輯：光譜分析法

第三輯：离子交換法和絡合物測定法

第四輯：常用金屬的容量法和比色法

第五輯：稀有金屬的容量法和比色法

这五輯的文章主要选自“有色金屬譯丛”杂志 1956 年創刊号至 1958 年 6 月号各期。在編选过程中由我社在文字和内容方面作了一些修改。为了节省篇幅，附于每篇文章后的参考文献都已刪去，但在正文內，仍旧把所要参考的書号注明（写在方括弧內），以便讀者在必要时查考。

因为这个編輯工作我們刚开始做，一定会有很多缺点，希望讀者提出意見，并且希望广大的分析工作者給予支持，使得这一工作能做得更好。

目 录

1. 离子交换法在金属分析化学中的应用.....	1
2. 离子交换色层分离法在定量分析化学中的应用.....	8
3. 离子交换剂的物理化学特性.....	14
4. 用离子交换法分离 Mg、Al、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu.....	28
5. 用阴离子交换剂使 Mo 与 Fe、Al 和 Ca 分离.....	33
6. 用阳离子交换剂分离 V、Ti 和 Fe.....	41
7. 用离子交换法分离 Al 和 Zr.....	44
8. 应用色层分离法使 Ga 与其他元素分离 Ga 和 Zn 的分离.....	48
9. 用离子交换法使 Ga 与 Pb 及 Cd 分离.....	54
10. 应用离子交换法测定有色金属矿石加工 产品中的 Tl 和 In.....	60
11. 用离子交换剂测定贵金属.....	69
12. 氨羧络合剂在分析化学中的应用.....	71
13. 应用氨羧络合剂测定高纯度铅中的 As.....	92
14. 用氨羧络合剂电流滴定法测定 閃鋅矿精砂中的 In.....	95
15. 利用氨羧络合剂Ⅲ色层分离 Rb 和 Cs.....	98
16. 络合物滴定法测定铅精矿中的 Pb.....	104
17. Zr 和 Hf 的络合物滴定.....	107
18. 络合物滴定法测定硅酸盐和爐渣中的 Al.....	110
19. 有钛存在时用络合物滴定法测定 Ni、Mg、Zn、Mn.....	117
20. 络合物滴定法测定氰化电解液中的 Zn 和 Cd.....	122
21. 利用吸附-络合物形成剂色层分离金属.....	124
22. 用 EDTA 测定铜基合金中的 Cu、Fe、Pb、Zn.....	132
23. 用 EDTA 测定青铜和黄铜中的 Al、Pb、Zn.....	135
24. 利用特里隆 B 电位滴定法测定一系列金属 (Pb、Cu、Zn、Ni、Cd、Sn、Mg) ...	137
25. 用特里隆 B 分析鍍青铜.....	149

1. 离子交换法在金属分析

化学中的应用

C. M. 切尔诺布罗夫

近来，在苏联和国外都发表了許多有关离子交换法在金属分析化学中的应用的文章。Ф. М. 謝米亞金和И. П. 哈尔拉莫夫的評論概述了从1949年到1953年6月間色层分离法的发展情况。本評論研究从1953年下半年以后所发表的有关用离子交换色层分离法測定金属的主要文章及其操作上的理論問題。

离子交换理論 离子交换材料

根据Б. П. 尼科爾斯基提出的分类法，离子交换材料分为四种：具有强酸性的或强硷性的离子交换剂；具有弱酸性的或弱硷性的离子交换剂；具有强酸及弱酸或强硷及弱硷混合性的离子交换剂；最后一种是随着pH值的递增，能不断提高其交换能力的离子交换剂。

前两种离子交换剂只在pH值狹窄的範圍內改变其交换能力；第三种，特别是第四种离子交换剂在酸度变化很广的範圍內，改变其交换能力。

具有酸性的离子交换剂——阳离子交换剂获得了最广泛的应用。现代合成阳离子交换剂乃是带有坚固構鍵的高分子不溶性多酸。阳离子交换剂是由复杂的与酸性功能（交换）基同极結合的阴离子絡合物組成的。苏联出产下列几种牌号的阳离子交换剂：СБС、KV-1、KV-2型的磺酸基阳离子交换剂；K6-4的羧基阳离子交换剂；碱化煤。阳离子交换剂（离子交换树脂）的合成及其主要的性質在文献中已有所叙述[3—9]。

合成阴离子交换剂是具有硷性的有机物质。作为交换基的阳

离子交换剂主要应包括第一、二、三氨基，以及第四氨基。在苏联以工业及半工业规模生产下列几种牌号的阴离子交换剂：AH-1、AH-2、ЭДЭ-10П型的阴离子交换剂。而ММГ-1、H-0、AB-15、AB-16、AB-17型的阴离子交换剂，现在还只是以试验形式进行生产。阴离子交换剂的性质在许多文献中〔6、7、9〕都作过研究。

目前尚未获得有关用离子交换剂的离子交换的完善理论。得到极大多数人公认的理论是认为离子交换过程系溶液离子对离子交换剂离子基的复杂扩散作用的多相化学反应。离子交换的理论问题在许多文献中都有所阐述〔2、6、10、15〕。

阳离子交换法

当测定盐类的总浓度时，采用阳离子交换剂是很有成效的〔16〕。分析液应通过内装有氢式阳离子交换剂的交换柱。由于离子交换的结果，被分离出来的是相当于原溶液中盐类总含量的酸。我们采用此种方法来分析硫酸盐、硝酸盐、高氯酸盐和乙酸盐。此法特别适用于生产条件下的快速测定。

通过阳离子交换剂一次操作就能够从溶液中除去干扰分析的阳离子。这方面大多数方法是基于某些元素生成络阴离子的性能。络合物形成可预先进行。在这种情况下，当吸附时能直接达到分离。有时被测定的元素呈阳离子状态与其余的阳离子一起被吸附。然后被测定的元素在交换柱中变为阴离子络合物，因此，被测定的元素与其余呈阳离子状态的元素分离。

碱土金属的测定在许多文章中都有叙述；列尼涅尔和利曼〔17〕提出钙、锶和钡的混合物在磺酸基阳离子交换剂（Даякс-50型）的交换柱中能进行分离。用1.2N乳酸铵洗涤时，首先分离出来的是钙，其次是锶，最后才是钡。当用氨羧络合剂从阳离子交换柱中洗涤被吸附的离子时，钡与锶可达到分离〔18〕。用氢式Даякс-50型阳离子交换剂能使镁与钙分离。此时，用1N HCl洗涤镁〔19〕。Д. И. 雅布契柯夫和В. Е. 布哈契罗夫〔20〕根据

鉍、鉄和鋁的絡合物草酸盐的稳定度不同提出了在青銅中測定鉍的方法；采用 H 式 C5C 型阳离子交换剂。

T. A. 別雅夫斯卡亚和 Э. П. 施克罗包特用 C5C 型阳离子交换剂对第三分析組某些阳离子的分离情况作了研究，并制定出了鉄中的鋁及鋁中的鉄和鋅的測定方法。Л. И. 雅布契柯夫和 В. Ф. 奧西包娃 [22、23] 利用阳离子交换解决了許多分析上的問題：如銅与鋁的分离；銅、鋁和鎂的分离；鉻与鉄的分离；錳与鉄的分离；鉻与錳的分离；鉄、鉻和錳的分离；鉻和鎳的分离。И. П. 阿里馬林和 A. M. 麦德維傑娃 [24、25] 采用在弱酸溶液中形成的过鉬酸使鉬与鉄分离。其方法內容是：在硫酸溶液中加入过氧化氢使其通过內装有磺酸基阳离子交换剂的交换柱。鉄、銅、鎳、錳和微量鈦被阳离子交换剂所吸附，而呈阳离子状态的鎂可被定量地收集于少量的滤液中。Л. Б. 金茲布尔格和 Э. П. 施克罗包特 [26] 用离子交换法研究了鉬和鈦的分离；他們建議采用磺化煤和 C5C 型阳离子交换剂。鉬被吸附，而鈦則保留在溶液中。当測定含鉬量大的工业物料中的鈦时，用此法进行了試驗。当測定鋼中鈦时，需預先分离鈦与鉄；И. П. 阿里馬林和麦德維傑娃 [27] 用 H 式 C5C 型磺酸基阳离子交换剂研究了这个方法。如象測定鉬那样，于原液中加入过氧化氢。当其溶液通过阳离子交换剂时鉄被吸附，而鈦呈过鈦酸的阴离子状态保留在滤液中。Л. М. 奧尔洛娃 [28] 业已查明，当按照上述方法測定鈦时，呈过鈦酸阳离子状态的鈦被阳离子交换剂所吸附。由此可见，利用离子交换法能使鈦与鉄、鈦同时分离。用酸将吸附了的鈦从阳离子交换剂中洗脱出来，并用普通的方法进行測定。根据伊欧希和朽依雅馬 [16] 所制定的方法，鈦中含有大量鉄时，其測定方法如下：将与鉄混在一起的含鈦的沉淀物在硫酸中溶解，然后，使所得溶液通过氢式磺酸基阳离子交换剂。用 2 N 氰化鉀溶液将鉄从交换柱中洗脱出来。然后，用 10% 的硫酸溶液将鈦洗脱出来，并用过氧化氢进行比色測定。

当用螢光法測定呈羟基喹啉銅时，鎳、鋁、鋅、錳、鉄、

鎢、銅、鉬等許多元素對此種測定發生干擾。Л.Б. 金茲 布尔 格和Э.П. 施克羅包特 [29] 基於用 CEC 型陽離子交換劑將鎢與上述元素分離而制定了鎢和鉛生產的產品中鎢的測定方法。採用與鎢形成絡陽離子的磺基水楊酸作為絡合物形成劑。除鎢以外，其他元素同時形成絡陰離子。鎢和鎢被陽離子交換劑定量地吸附，然後，利用鎢鹽的可揮發性而進行分離。光电比色測定鉈（譯者注，原文此處為鎢，恐系鉈之誤）時，需預先使其與鎢分離。為此，Л.Б. 金茲 布尔 格和 Э.П. 施克羅包特 [29] 採用了 CEC 型陽離子交換劑，並利用鎢離子的兩性作用和絡合物形成現象。當檸檬酸、酒石酸和草酸以及焦磷酸鈉存在時，鉈被陽離子交換劑定量吸附。鎢與上述所有的絡合物形成劑生成絡陰離子，並轉入到濾液中。鐵、銅、鋅、鎘、鉛和鋁與酒石酸和檸檬酸形成絡合物。所有這些元素在溶液中均以陰離子狀態出現，都不能被陽離子交換劑所吸附，因而，能與鉈（譯者注，原文為鎢，恐系鉈之誤）分離。

И.П. 阿馬林和 Е.П. 岑采維奇 [30] 研究了，在 CEC 型陽離子交換劑上鎢和鋅的性狀。原液通過內裝有氫式 CEC 型陽離子交換劑的交換柱；劑用苛性鈉溶液洗脫鎢和鋅；鐵和鉈則保留在交換柱中。然後，用酸來破壞鎢酸鹽和鋅酸鹽，並將所得溶液在特里隆 Б、酒石酸、草酸或磺基水楊酸存在下通過 NH_4^+ 式 CEC 型陽離子交換劑。其所以能夠分離是因為鎢與上述幾種酸能形成穩定的陰離子絡合物，而鋅則不能形成陰離子絡合物。

Ю.И. 烏薩欽科和 Л.И. 古列耶娃 [31] 已經查明，當 pH 值固定時，陽離子交換劑在鋁離子及鎢離子溶液中具有不同的交換能力。上述著者所制定的方法其內容如下，將含鋁離子及鎢離子的鹽酸溶液 (1NHCl) 通過內裝有磺化煤的交換柱。鎢被吸附，而鋁則留在溶液中。用鹽酸溶液將被吸附了的鎢從交換柱中洗脫出來。⑥

離子交換在測定鉍族金屬時獲得了應用。鉍和鉍能夠進行分離，因為鉍能被陽離子交換劑吸附，而鉍則在與硫脲形成的絡合

物中呈阴离子状态，所以不能被阳离子交换剂吸附 [32]。关于用阳离子交换剂分离铂族金属的情况斯契文遜及其他的著者也曾叙述过 [33]。

现已发表了許多关于分析稀土金属的文章。斯丘阿尔特 [34] 利用离子交换剂来测定痕量的镧族中的稀有元素。采用络合物形成剂的乙二胺四乙酸对稀有元素离子交换方面的研究工作仍繼續进行着 [35—37]。

离子交换剂能够分离从核反应堆中所得到的超铀元素。对鋇和銅的分离情况已有报道 [38]，还报道了原子序数为 99、100 及 101 等元素的分离情况 [39、40]。

阴离子交换法

近来，阴离子交换剂在分析上的应用范围飞快地扩展起来了。当测定能生成阴离子络合物的金属时，阴离子交换是特别有效的。同时也能够分离在阳离子状态中因具有相似的性质而难以分离的金属。这方面的一系列方法是基于許多金属在浓盐酸溶液中生成络阴离子的性能。关于利用阴离子交换分离盐酸溶液中的許多元素，其中包括稀土元素和超铀元素的情况在 K. 克拉烏斯和 Ф. 涅尔松 1955 年日内瓦和平利用原子能国际会议的报告 [41] 中作了詳細地論述。克拉烏斯和涅尔松 [42] 采用离子交换法来使鋅与鎳、鈷、銅和鉄分离。此法的内容是：鋅在 2NHCl 中生成稳定的络阴离子 $(\text{ZnCl}_3)^-$ ，而鎳、鈷、銅和鉄等元素在上述酸度的条件下仍呈阳离子状态。用阴离子交换剂使鋅与鎳的分离在 Ю. Б. 莫拉切夫斯基、M. H. 茲維耶娃 B. C. 和普切林娜的文章里都作过叙述 [43]。当测定黄銅中的鋅时也能利用阴离子交换剂 [44]。

Ю. Б. 莫拉切夫斯基、M. H. 茲維耶娃和 P. III. 拉比洛維奇提出了在鉛和鋇共存的条件下测定鉛和鋇的方法 [45]。由于鉛能生成络阴离子 $(\text{PbCl}_3)^-$ ，所以能够分离。

利用强碱性阴离子交换剂 (Даякс-1 型) 测定合金中的鎳、

錳、鈷和鐵的方法亦有敘述。用不同濃度的鹽酸溶液淋洗被吸附的離子。第一份溶液 (9 NHCl) 中含鎳、錳和鐵，第二份溶液 (4 NHCl) 中含鈷，第三份溶液 (1 NHCl) 中含鐵 [46]。

錫、銻和碲被 Cl^- 式強鹼性陰離子交換劑吸附呈 $(\text{SnCl}_6)^{2-}$ 、 $(\text{SbCl}_6)^-$ 和 $(\text{TeCl}_6)^{2-}$ 狀態的陰離子，然後，用稀鹽酸溶液依次洗脫銻、鐵 (應當是碲——譯者注)、錫 [47]。

銻和鉬可用下述方法分離：首先，使含鉬酸鹽和高銻酸鹽的溶液通過 ClO_4^- 式強鹼性陰離子交換劑 (IRA-400 型)，然後，進行洗滌：用 1M 草酸鈉溶液洗滌鉬，用 1M 高氯酸溶液洗滌銻 [48]。

吉爾和其他人提出了銻和鉬的分離，因為用草酸能將上述元素從陰離子交換劑中洗脫出來。蓋爾別爾和依爾文 [50] 研究了用陰離子交換劑分離的鈷、銅、鋅和鎳的情況，採用氫溴酸和絡合物形成劑。

薩穆艾里遜和施拉姆 [51] 提出了用陰離子交換劑使鈉、鉀與鈣、鐵、銅、鎳、鈷分離。分析液依次通過兩個交換柱；當從裝有乙酸式陰離子交換劑的第一個交換柱通過時，鹼金屬呈乙酸化合物狀態流出 (其他金屬保留在交換柱中)。從第一個交換柱里流出的濾液通過內裝有 OH^- 式陰離子交換劑的第二個交換柱，在其中乙酸離子交換成羥基離子。濾液中鹼金屬的含量用酸標準液來測定。用類似的方法使鹼金屬與鈣和鎂分離 [52]。水乙醇的原溶液依次通過兩個交換柱。第一個交換柱中裝有預先用乙二胺四乙酸及乙酸處理過的陰離子交換劑。在其中被吸附的是鈣和鎂，而鹼金屬則留在濾液中。在第二個交換柱中鉀和鈉轉變為鹼，再用滴定法測定。

也可採用陰離子交換劑來分離鉍族金屬 [53、54]。關於用陰離子交換劑使磷酸鹽離子與某些陰離子分離的情況在許多文章中都已做過報道 [55、56]。用陰離子交換劑能夠從溶液中分離出來微量金和微量銀 [57]；陰離子交換劑灰化或灰後再測定金和銀的含量。A. B. 達萬科夫和 P. M. 拉烏菲爾 [58] 利用鹽酸

式阴离子交换剂从污水中来凝聚和吸收贵金属。吸收后将阴离子交换剂灰化，并测定从灰中所得贵金属的含量。关于离子交换在分析化学上应用的许多文章的目录列举在1954—1956年所发表的一系列论文概述中[59—61]。

译自“Заводская лаборатория”，1957，9.

刘光祖 译 周立 校

2. 离子交换色层分离法在定量分析 化学中的应用

苏联科学院地球化学、分析化学研究所

M. M. 謝理文

用离子交换色层分离法（更确切地说，是动力条件下的离子交换）来分离干扰测定的离子是定量分析中应用最广的一种方法。关于在测定盐类溶液中硫酸盐和磷酸盐相应阴离子的含量时来分离硫酸盐和磷酸盐离子的文章是很多的。为此，从原则上来说，既可以利用阳离子交换剂，也可以利用阴离子交换剂。但是，实际上，只有用阳离子交换剂才能顺利地进行这种试验，因为，例如，由于磷酸离解作用的第二、第三常数数值极小，所以用阴离子交换剂不能从酸性溶液中把磷酸盐-离子很好地吸离出来。不过，Ю.Б. 莫拉切夫斯基、М.Н. 兹维列娃和 А.Л. 庫茲涅佐娃 [45] 曾經指出，用 ПЭ-9 型和 ПЭ-10 型阴离子交换剂仍可以从 0.1N 的盐酸溶液中定量吸收磷酸盐-离子。

在薩穆艾里遜 [1] 的著作中詳細地論述了用色层分离法来除去干扰离子的情况。

关于色层分离性质相近而共存的组份混合物方面的资料是非常不系统的。

通常，性质最相近的元素排列在 Л.И. 門捷列夫元素周期表的同一类中，而特别是在那些原子价不变，或者原子价变化不显著的类里元素的性质则更加相近。

本文讨论元素周期表中某几类元素的混合物的色层分离问题，并列出了用离子交换色层法来分析实在的天然对象或生产对象的实例。

由于交换柱里组份带的宽度与其在被分析溶液中的含量之間

不是一种简单的单值关系，所以在定量分析中应用色层分离法时，須使元素依次轉入滤液中，然后用普通化学法或物理化学法来测定滤液中元素的含量。

硷金屬 当硷金屬共同存在时，测定这些元素是化学分析的困难任务之一。

1948年第一次发表了关于色层分离硷金屬杂质方面的文章〔2〕。从那时起到现在止曾发表了十多篇論述这个問題的文章〔3—10〕。試驗主要是用磷酸基阳离子交换剂或用磷酸基阳离子交换剂吸附被分析的混合物，并且用0.1—0.3 N的盐酸溶液（根据被分析混合物的組成而定）洗滌交换柱。硷金屬按其原子量逐渐增高依次轉入滤液中；通常用氯化物或硫酸盐重量法来测定分餾部分中硷金屬的含量。在許多文章里都是以氨基多醋酸（аминополиуксусная кислота）作为絡合物形成剂而存在的情况下，用阳离子交换剂〔11〕或阴离子交换剂〔12〕来分离硷金屬。在这种情况下，分离是取决于鋰和鈉与这些試剂生成帶負电荷的絡合物的性能。А. П. 斯米尔諾夫-阿維里、Г. Б. 康斯达列夫和И. Н. 克罗特〔46〕曾建議借助于乙二胺四乙酸溶液，用阳离子交换剂来分离鈷和鈹的混合物。

在分析硅酸盐时，广泛地利用色层分离硷金屬混合物的各种方法。例如：斯維特、里曼和別肯坎普〔13〕指出，把硅呈 SiF_4 状态从試样中分离出来并用氧化鋁将呈氢氧化物状态的鋁和鋇沉淀出来之后，将溶液注入內装有达烏埃克斯-50型（дауекс-50型）阳离子交换剂的交换柱中，并用0.7 N的盐酸溶液洗滌交换柱；鋇首先从交换柱中分离出来，其次，鋁和鈉分別地被分离出来。将含有鈉和鈉的各蒸餾部分蒸发干，然后用莫尔（мор）法根据氯的含量来测定金屬的含量。Н. К. 希巴基娜、Е. М. 涅米罗夫斯卡亚和М. М. 謝尼亚文〔14〕制定了用РФ型磷酸基阳离子交换剂测定玻璃中鈉和鉀的方法。待硅分离后，将溶液注入內装有РФ型阳离子交换剂的交换柱中，并用0.1 N的盐酸溶液洗滌交换柱。首先从交换柱中分离出来的是鈉，其次是鉀。然后用重

量法測定各蒸餾部分中的金屬含量。

不久以前，Г.М. 柯羅索娃、Н.К. 希巴基娜和 М.М. 謝尼亞文曾經指出，用帶大量橫鍵的共聚合磺酸基陽離子交換劑能很好地分離砷金屬混合物 [15、16]。証明，當丁間二烯苯(дивинилбензол)的含量從 6—8% (通常是 KV—2 型)增加到 15%，或甚而增加到 20% 時，砷金屬混合物分離的精確性也顯著地提高。這時，鈉帶的最大值的位置變換不大，而鉀帶、銣帶、尤其是銈帶須用非常多量的鹽酸才能洗脫出來。

砷土金屬 鎂、鈣、鋇和鋇的單獨測定是一個廣泛應用、但卻相當困難的分析任務。無論用簡單的置換法，或者利用絡合物形成劑的方法均能做到這些混合物的色層分離。凱姆貝爾和肯涅爾曾經指出，當用 1.2—1.7 N 的鹽酸溶液洗滌內裝有達烏埃克斯-50 型陽離子交換劑的交換柱時，能把鈣和鎂的混合物分離出來。這些作者 [17] 應用這種方法分析了白雲石和石灰石；用羧基絡合劑測定法測定了濾液試樣中鎂和鈣的含量。

曾發表了許多關於論述用絡合物形成劑——醋酸銨 [18]、檸檬酸 [19]、乙二胺四乙酸 [20] 和乳酸 [21] 來色層分離砷土金屬混合物方面的文章。在所有這些場合，在嚴格地確定了絡合物形成劑和溶液酸度濃度的條件下，能够做到混合物的定量分離；鎂、鈣、鋇和鋇依次轉入濾液中。

銦、釷和稀土元素 由於這些元素(銦除外)的性質極其相似，如這些元素共同存在時，採用化學方法事實上不能夠測定組份中每種元素的含量。在很多文章 [22] 里所講到的那些色層分離稀土元素混合物的方法；一般都(假如不計算放射化學量時)具有純制劑法性質；並且由於用這些方法不能進行定量分離，所以在分析中沒有得到應用。下面將談到在某些個別情況下應用色層分離法定量測定某些稀土元素的情況。

鈾、釷、銻和鈾 由於在鈾、釷、銻和鈾共存的條件下進行其測定並不太複雜，因而關於描述色層分離這些混合物方面的文章並不多。我們在這裡只談一談布勞恩和里曼 [23] 的文章，他們

采用了以檸檬酸淋洗裝有达烏埃克斯-50型阳离子交換剂的交換柱的办法来分离这些元素的混合物。許多关于色层分离錳和鉛的文章〔24—27〕，絕大部分都是使用制剂的方法，现在尚不具有在分析中实际应用的價值；虽然試驗的做法比較簡單，并且差不多是能够进行定量分离的。

Д. Н. 門捷列夫元素周期表第五元素类中的元素。关于色层分离砷、錫和鉍的混合物方面的文章也比较少。Ю. Ю. 魯尔叶和H. A. 菲利包娃指出，砷不能被阳离子交換剂所吸附，但是，用10%的苛性鈉溶液〔28〕或盐酸溶液〔29〕能够很容易地将錫从被吸附的錫和鉍的混合物中提取出来。

銨和鉍混合物的色层分离是很复杂的。由于这些元素的真溶液大部份是呈絡阴离子状态，因此，所有的色层分离操作都是用阴离子交換剂来进行。用盐酸〔30〕、盐酸和氢氟酸的混合液〔31〕和草酸〔32〕淋洗交換柱的办法可定量分离吸附在阴离子交換剂上的銨和鉍的絡合物，用草酸銨和草酸的混合液淋洗交換柱的办法可定量分离吸附在氧化铝交換柱上的銨和鉍的絡合物〔33〕。

鉍、錫和鈾 关于色层分离鉍、錫和鈾三种組份的混合物方面的文章比較少。克拉烏斯、尼尔民尔遜和穆尔〔34〕用0.5M的盐酸溶液从內裝有达烏埃克斯-1型阴离子交換剂的交換柱中把鈾洗脫出来；用7M的盐酸和1M的氢氟酸溶液将錫洗脫出来；用1M的盐酸溶液将鉍洗脫出来。在另一篇文章〔35〕中指出，用盐酸和氢氟酸的混合液可色层分离吸附在阴离子交換剂上的鉍和錫的混合物。在所有的情况下，錫均比鉍先从交換柱中被洗脫出来。H. T. 沃斯克列辛斯卡亚用过氧化氢来淋洗內裝有阳离子交換剂的交換柱的办法做到了鈾与鉍的色层分离；З. К. 米哈依洛娃、П. Н. 巴列依、Д. И. 利雅布奇科夫制定了使鈾与鉍和錫分离的色层分离法，此法系基于在加有乙二胺四乙酸时，錫被阳离子交換剂选择吸附的道理。这些方法在測定矿石和合金中的鈾方面〔47〕获得了广泛的应用。

卤素(氟、氯、溴、碘)在卤素共存的条件下进行其测定并不十分困难。我們所知道的一些关于分离卤素的研究都是用硝酸盐形式的强硷性阴离子交换剂来进行的。用1M的硝酸钠溶液(再往硝酸钠中加氨,使 $\text{pH}=10.4$) [36] 或用含有0.4毫升/升未离子化润湿剂的0.6M硝酸钠溶液 [37] 来淋洗交换柱的办法能够进行分离。用放射化学法或在加有铬酸钾的情况下以硝酸银来滴定溶液的办法测定分馏部分中的卤素含量。

Д. И. 門捷列夫元素周期表第八元素类 大家都知道,在铂族金属共存的条件下,以化学分析法进行其测定是一个极困难的问题,因此,论述关于色层分离这些混合物方面的文章是非常多的。在这些文章中,一般地都是同时使用两种离子交换剂(即阳离子交换剂和阴离子交换剂);但主要是利用阴离子交换剂 [38—40]。这里我們要提到H. K. 普生里林、K. A. 格拉迪申夫斯卡亚和Л. М. 雅霍娃 [48] 的关于用KV-1型阳离子交换剂色层分离铂、钯、铑和铱以及使铜、镍、铁和铅杂质与铂族金属分离方面的文章。

在鉄族元素中,只有鈷和鎳的色层分离是值得注意的。T. B. 加博恩和E. H. 加庞 [41] 曾做过这些混合物的色层分离試驗。布拉吉烏斯和涅格維尔曾用达烏埃克斯-2型阴离子交换剂使鎳和鈷的混合物分开,这时阴离子交换剂是用20%的盐酸来淋洗 [42]。例如,克拉烏斯和穆尔 [43] 曾經指出,用4M的盐酸溶液可以从內装有达烏埃克斯-1型阴离子交换剂的交换柱里洗脱鈷,而鎳則不能从浓盐酸溶液中被吸收出来。卡尔列遜 [44] 曾指出,用內装有达烏埃克斯-50型阳离子交换剂的交换柱能够分离鈷和鎳的混合物,淋洗交换柱是用不同盐酸含量的戊丑酮($\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3 \cdot \text{C}_2\text{H}_5$);用含有20%—10N盐酸的酮(CH_3)₂:C:O可以把鈷洗脱出来;而用含有30%8N盐酸的酮或仅用8N的盐酸溶液可以洗脱鎳。

从上述簡短的討論中可以看出,Д. И. 門捷列夫元素周期前几类元素大部分是用阳离子交换剂进行分离,而后几类元素則大