

痕量锰的催化动力学光度分析法进展

于海琴¹, 姬广磊¹, 李月云², 吴丹¹, 李超³, 魏琴¹

(1. 济南大学 化学化工学院, 山东 济南 250022;

2. 山东理工大学 化学工程学院, 山东 张店 255091; 3. 济南大学 管理学院, 山东 济南 250022)

摘要: 就催化动力学光度法测定痕量锰(), 按不同催化体系, 从反应条件、灵敏度、测定范围和应用等方面加以归纳和概括分析。

关键词: 锰; 催化动力学; 光度法

中图分类号: O657.31

文献标识码: A

文章编号: 1006-3757(2004)03-0129-11

锰在自然界普遍存在, 主要用于冶金、机械制造、橡胶、陶瓷等工业, 由此而产生的废水、废气和废渣等会产生环境污染; 同时, 锰是人体必需的元素之一, 缺乏或过量均会造成人体机体失调, 危害健康, 因此对环境、食品、生命有机体中痕量锰的测定有实际意义。催化动力学光度法具有灵敏度高、选择性好、设备简单、操作简便等特点, 是测定痕量锰的灵敏方法之一。

催化动力学测定痕量锰, 近年来发展很快, 研究文献日益增多。它基本上是利用锰()对氧化还原反应的催化效应, 反应中的氧化剂主要有过氧化氢、高碘酸钾、溴酸钾、氧气和过硫酸铵等。这些体系绝大多数使用有机试剂, 其中多为有机染料, 涉及偶氮化合物: 酸性铬蓝 K、铬黑 T、铍试剂、偶氮胂、偶氮胂 M、4-(2-吡啶偶氮)-间苯二酚(PAR)、2-吡啶偶氮-1-萘酚(PAN)、镁试剂、钙红、2-(5-溴-2-吡啶偶氮)5-二乙基氨基苯酚(5-Br-PADAP)等; 三苯甲烷类染料: 罗丹明 B、罗丹明 6G、甲基紫、甲基蓝、孔雀绿、亮绿、结晶紫、维多利亚蓝、盐基品红、夜蓝、天青、二甲苯蓝 FF、二甲酚橙、铬天青、曙红 Y 等; 醌亚胺化合物: 中性红、亚甲蓝、煌焦油兰、藏红 T、耐尔蓝等, 还有安替比林类的安替比林苯甲烷、8-羟基喹啉类的 7-碘-8-羟基喹啉-5-磺酸、黄酮类的桑色素等其它类试剂。该方法测定的对象比较广泛, 包括环境水样、粮食、饮料、矿物、化学试剂、合金、人尿样、

人发等样品。

催化动力学光度法测定锰的综述已有报道^[1~5], 其中也介绍了催化光度法的一些体系和在环境分析、矿冶分析中的实际应用, 但近年来未见综述文章。本文归纳和讨论了 1991 年以来痕量锰()的催化动力学光度法的研究情况, 为了便于方法间的对照比较, 还将各方法的线性范围和检测限量单位进行了换算统一。

1 锰()对高碘酸盐氧化有机试剂(染料)催化光度法

在锰()的催化反应中, 高碘酸盐是使用最多的氧化剂, 约占已报道文献的 75%^[6~125](见表 1), 就其灵敏度而言, 一般能达到 $10^{-8} \sim 10^{-12}$ g/mL。反应大部分在弱酸性介质和加热条件下进行, 以 HAc-NaAc 介质与温度 70 ~ 100 居多, 绝大多数体系加入了活化剂, 以氨三乙酸(NTA)^[6~76]使用的最多, 其次有邻菲啰啉^[77~84]和 1, 10-邻菲啰啉^[85~94], 活化剂具有助催化作用, 可大幅度提高测定的灵敏度。

微乳液是由水(或者盐水)、油、表面活性剂和助表面活性剂在适当比例下形成的透明或半透明、低黏度和各向同性的稳定体系, 与胶束体系比较, 它具有超低界面张力和很高的增溶能力。文献[6]首次将吐温-20微乳液应用于 Mn()-天竺牡丹紫-高碘

收稿日期: 2004-01-20; 修订日期: 2004-04-20。

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(Y2000B09)和山东省科技计划项目(03C05)。

作者简介: 于海琴(1972), 女, 硕士, 讲师, 主要从事分析与无机合成的研究。

表 1 锰(II)对高碘酸盐氧化有机试剂(染料)催化光度法

Table 1 The catalytic kinetic spectrophotometry of manganese on the oxidation between periodate and organic reagent(dye)

染料	介质	温度()	线性范围(ng/mL)	检测限(g/mL)	应用	文献
天竺牡丹紫	HAc-NaAc ,pH4.6	70	0.4~5.6	3.75×10^{-11}	食品	[6]
PAN	HAc-NaAc ,pH4.0	70	0.04~0.44	3.2×10^{-9}	茶叶等	[7]
茜素绿	HAc-NaAc ,pH4.4	80	0.0~0.6,0.6~1.6	4.06×10^{-11}		[8]
罗丹明 B	NaOH	75	0.4~4.8	8.0×10^{-11}	水样、酒样	[9]
夜蓝	HAc-NaAc ,pH3.0	室温	0.8~3.2,3.2~16	1.0×10^{-10}	铝合金	[10]
酸性品红	HAc-NaAc ,pH5.0	100	1.2~2.4,2.4~5.2	1.4×10^{-10}	茶叶	[11]
天青()	NaAc	75	0.4~2.0,2.0~6.0	5.2×10^{-11}	茶叶	[12]
萘酚绿 B	HAc-NaAc ,pH5.6	25	0.0~6.0,6.0~14.0	5.6×10^{-11}	酒样、谷物	[13]
硫堇	NaAc	85	0.0~2.4	7.5×10^{-11}	铝合金	[14]
茜素绿	HAc-NaAc ,pH4.8	80	0.0~2.4	9.7×10^{-11}	酒样、大米	[15]
靛红	Na ₂ HPO ₄ -柠檬酸 ,pH4.0	60	0.0~3.2,3.2~8.8	1.1×10^{-10}	铝合金	[16]
茜素绿	NaOH	70	2~18	3.4×10^{-10}	水样、茶叶	[17]
灿烂甲酚蓝	KH ₂ PO ₄ -NaOH , pH6.4	85	0.8~8.0	7.0×10^{-11}	茶叶、水样	[18]
结晶紫	HAc-NaAc ,pH4.0	80	6~30	3.0×10^{-9}	茶叶	[19]
结晶紫	HAc-NaAc ,pH4.78	40	1.2~7.3	1.35×10^{-11}	矿样	[20]
结晶紫	HAc-NaAc ,pH4.78	室温	2.4~14.5	2.32×10^{-12}	粮食等	[21]
孔雀绿	HAc-NaAc ,pH4.0	45	0~4	5.6×10^{-11}	茶叶、红枣	[22]
孔雀绿	HAc-NaAc ,pH4.0	45	0.04~4		食品	[23]
孔雀绿	HAc-NaAc ,pH4	45	0.8~4		红枣、茶叶	[24]
孔雀绿	HAc-NaAc ,pH4.0	30	0.5~2	3.8×10^{-11}	水	[25]
孔雀石绿	HAc-NaAc ,pH4.0	30	0~2	2.29×10^{-11}	茶叶	[26]
灿烂绿	HAc-NaAc ,pH4.0	70	0.1~12	2.22×10^{-11}	水样	[27]
罗丹明 B	HAc-NaAc ,pH3.75	室温	0.32~9.6	2.29×10^{-11}	矿样等	[28]
罗丹明 6G	HAc-NaAc ,pH4.0	30		2×10^{-10}	水、茶叶	[29]
罗丹明 6G	KH ₂ PO ₄ -NaOH , pH6.8	70	0.04~1.00	1.8×10^{-11}	头发等	[30,31]
罗丹明 6G	HAc-NaAc ,pH4.8	100	0.132~1	1.32×10^{-10}	发样	[32]
亮绿 SF	HAc-NaAc ,pH5.6	70	0.6~6	6.0×10^{-11}	水样	[33]
亮绿 SF	HAc-NaAc ,pH5.5	70	0.6~6	6.0×10^{-11}	煤矸石	[34]
盐基品红	HAc-NaAc ,pH4.1	25	0.20~20	8×10^{-11}	铝合金、水	[35]
二甲苯蓝 FF	HAc-NaAc ,pH3.78	50	0.008~0.32	6×10^{-11}	茶叶	[36]
维多利亚蓝 B	HAc-NaAc ,pH4.4	100	4~14	1.49×10^{-10}	粮食	[37]
维多利亚蓝 B	HAc-NaAc ,pH4.4	100	4~14	1.40×10^{-10}	环境	[38]
次甲基蓝	HAc-NaAc ,pH4.5	100	0.4~4		金属镁	[39]
次甲基蓝	HAc-NaAc ,pH4.5	100	0.4~4	2.6×10^{-10}	水、精镁	[40]
亚甲蓝	HAc-NaAc ,pH4.7	60	0.2~4	1.2×10^{-10}	酒、人尿	[41]
次甲基兰	HAc-NaAc ,pH4.3	80	0.4~5.6	3.9×10^{-10}	食品	[42]
次甲基兰	HAc-NaAc ,pH4.3	80	0~4	2.7×10^{-10}	食品	[43]
中性红	HAc-NaAc ,pH5.0	90	0~10	7.7×10^{-11}	环境标样	[44]
煌焦油兰	HAc-NaAc ,pH4.6	90	0.1~20	1×10^{-10}	环境标样	[45]
藏红 T	HAc-NaAc ,pH5.0	100	0~3.2	1×10^{-10}	水、茶叶	[46]
天青 A	HAc-NaAc ,pH5.2	70		6×10^{-11}	饮用水	[47]
耐尔蓝	HAc-NaAc ,pH5.0	60		5×10^{-8}	水样等	[48]
锌试剂	HAc-NaAc ,pH4.74	60	0.0~2.0	2.4×10^{-11}	水、粮食	[49]
偶氮胂	HAc-NaAc ,pH3.8	75	1~6		水样	[50]
5-Br-PADAP	HAc-NaAc ,pH4.0	65	0~60	1.32×10^{-10}	自来水等	[51]
二苯卡巴肼	HAc-NaAc ,pH5.5	室温	0.10~50	8.7×10^{-11}	水、茶叶	[53]

表 1 锰(II)对高碘酸盐氧化有机试剂(染料)催化光度法(续表 1)

Table 1 The catalytic kinetic spectrophotometry of manganese on the oxidation between periodate and organic reagent(dye) (Sequel 1)

染料	介质	温度()	线性范围(ng/mL)	检测限(g/mL)	应用	文献
氨基黑 10B	KHP-NaOH ,pH5.8	70	450~9 500	2×10^{-8}	人发、尿	[53]
萘酚绿	氨水	100	0~2.50	2.3×10^{-11}	水、食品	[54]
二氯荧光素	KHP-NaOH ,pH4.0	70	0.04~1.0	1.3×10^{-11}	人发等	[55]
麝兰	KHP-NaOH ,pH5.4	90	0.2~2.0	1.1×10^{-11}	人发、尿	[56]
碱性三苯甲烷类、 醌亚类染料	HAc-NaAc			(0.1~0.001) $\times 10^{-9}$		[57]
硫堇	HAc-NaAc ,pH5.2	80	0.08~3.2		水样	[58]
次甲基蓝	HAc-NaAc ,pH4.8	90	0~1.6	1×10^{-10}	地下水	[59]
溴酚蓝	HAc-NaAc ,pH3.8		0.4~10	8.2×10^{-11}	粮食	[60]
甲酚红	氨水	100	0~25	6.1×10^{-10}	生姜	[61]
二苯胺磺酸钠	NaAc-HCl ,pH4.2	100	0~6	2.3×10^{-10}	莲子	[62]
二苯胺磺酸钠	HAc-NaAc ,pH4.7	100	0~4	4.4×10^{-10}	水样	[63]
T(4-TAP)P	HAc-NaAc ,pH4.5	80	0.4~1.6,0.04~0.4	8.1×10^{-11}	精镁	[64]
次甲基蓝	HAc-NaAc ,pH4.8	90		9×10^{-11}	水样	[65]
酸性品红	HAc-NaAc ,pH5.10	95	2~5	1.4×10^{-10}	沉积物	[66]
维多利亚蓝	HAc-NaAc ,pH4.0	85	1~8	1.3×10^{-10}	井水、酒	[67]
藏红 O	HAc-NaAc ,pH5.2	60	0~16	1.51×10^{-10}	铝合金	[68]
茜素绿	HAc-NaAc ,pH4.4	80	0~3.2	7.4×10^{-11}	铝合金	[69]
茜素紫 3B	硼砂	90	0.030~6.0	1.1×10^{-11}	水、茶叶	[70]
麝香草酚兰	KHP-NaOH ,pH5.4	90	0~2.0		全血	[71,72]
吖啶橙	HAc-NaAc ,pH4.7	100	0~8.5	1×10^{-10}	水、人发	[73]
甲基红	HAc-NaAc ,pH4.2	80	0.04~1.12	4×10^{-11}	水、谷物	[74]
棉红	HAc-NaAc ,pH5		0.00~0.006	7.5×10^{-12}	试剂	[75]
氨基苯磺酸	HAc-NaOH ,pH5.0	35	0.4~10		海水	[76]
罗丹明 B	H ₃ PO ₄ -KH ₂ PO ₄ , pH2.7	30	0.08~2.0	2.8×10^{-11}	硫酸钾	[77]
溴甲酚绿	HAc-NaAc ,pH4.0	60	0~20	5.78×10^{-10}	面粉等	[78]
罗丹明 B	HAc-NaAc ,pH3.8	75	0.5~5	2×10^{-11}	水、茶叶	[79]
二甲苯蓝 FF	HAc-NaAc ,pH4	60	0~0.44		烟草	[80]
CAS	KHP-HCl ,pH3.8	50	0~40			[81]
苯酚红	氨水-氯化铵 ,pH10	100	0~70	3.0×10^{-9}	盐酸	[82]
苯酚红	氨水-氯化铵 ,pH10	100	0~70	3.0×10^{-6}	盐酸	[83]
曙红 Y	HAc-NaAc ,pH3.8	28	0~5.09	3.6×10^{-10}	铝合金	[84]
罗丹明 B	H ₃ PO ₄ -KH ₂ PO ₄ , pH2.7	70	0~20	4.8×10^{-10}	人发、水	[85]
偶氮胂	HAc-NaAc ,pH4.5	30	0.2~3.2	6.15×10^{-12}	茶叶、花生	[86]
酸性铬蓝 K	HAc-NaAc ,pH4.0	室温	0.8~2.4	4.85×10^{-11}	池塘水	[87 \]
DHABSS	HAc-NaAc ,pH4.5	70	0.1~5.0	3.0×10^{-11}	药用植物	[88]
DBIPP	HAc-NaAc ,pH4.0	70	0.08~5	2.5×10^{11}	植物汁液	[89]
百里酚蓝	KHP-HCl ,pH3.6	40	0~8		茶叶、黄豆	[90]
对氨基苯磺酸	弱酸		0.2~6.0	1.0×10^{-10}	人血清	[91]
AB1	HAc-NaAc ,pH4.0	60	0.08~4	2.5×10^{-11}	药用植物	[92]
NBB	HAc-NaAc ,pH4.0	60	0.08~4	2.5×10^{-11}	黄瓜等	[93]
Azo Dye	弱酸		0.1~4.5	3.0×10^{-11}	胡桃等	[94]
甲基蓝	HAc-NaAc ,pH4.75	85	0.4~8.0	2.07×10^{-11}	面粉、尿	[95]
PAN	HAc-NaAc ,pH3.8	70	4~52	3.6×10^{-9}	谷物	[96]
考马斯亮蓝 G250	HAc-NaAc ,pH5.0	室温	0.8~1.2	6.76×10^{-11}	施尔康	[97]
偶氮胂	HAc-NaAc ,pH4.5	30	4.8~27.2	1.6×10^{-9}	催化剂	[98]

表 1 锰(II)对高碘酸盐氧化有机试剂(染料)催化光度法(续表 1)

Table 1 The catalytic kinetic spectrophotometry of manganese on the oxidation between periodate and organic reagent(dye) (Sequel 1)

染料	介质	温度()	线性范围(ng/mL)	检测限(g/mL)	应用	文献
硫堇	HAc-NaAc ,pH3.93	70	17.9~107.1	2.85×10^{-9}	茶叶	[99]
结晶紫	氨水	100	0~20	4.0×10^{-10}	自来水	[100]
孔雀绿	HAc-NaAc ,pH4.0	60	2.0~11.0	8.9×10^{-10}	环境	[101]
亮绿	HAc-NaAc ,pH4.9	90	0~24	8.56×10^{-10}	化学试剂	[102]
灿烂绿	HAc-NaAc ,pH5.7	室温	0~0.06 $\mu\text{mol/L}$			[103]
甲基绿	HAc-NaAc ,pH4.7		0.15~30	1.5×10^{-10}	水样	[104]
甲基紫	HAc-NaAc ,pH4.8	80	0.2~2.8	4.23×10^{-12}	茶叶	[105]
亚甲蓝	HAc-NaAc ,pH3.9	80	0.19~3.0	1.85×10^{-10}	水样	[106]
酚酞			2~200	9×10^{-10}		[107]
偶氮胂 M	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{-NaOH}$,pH10.0	90	20~120	4.45×10^{-10}	铁合金	[108]
偶氮胂	硼砂-NaOH ,pH9.9	85	1~150	2.86×10^{-11}	钢铁标样	[109]
PAR	$\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{-NaOH}$,pH11.2	85	1~140	7.03×10^{-11}	水、人发	[110]
镁试剂	$\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{-NaOH}$,pH12.5	90	0.4~100	2.68×10^{-11}	冶金标样	[111]
镁试剂	$\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{-NaOH}$,pH12.4	80	0.4~100	6.43×10^{-11}	冶金标样	[112]
镁试剂	$\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{-NaOH}$,pH11.5	80	4~40	4.0×10^{-9}	铝合金等	[113]
酸性铬蓝 K	B-R ,pH11.92	100	0.05~5	5×10^{-11}	人发、面粉	[114]
二安替比林苯甲烷	H_3PO_4	100	20~400		铝合金	[115]
麝香草酚蓝	$\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{-NaOH}$,pH11.6	100	0.8~32	3.2×10^{-10}	水、铝合金	[116]
乙基紫	KHP-NaOH ,pH4.50	80	40~480	2.22×10^{-8}	茶叶	[117]
苯酚红	硼砂 ,pH9.2	100	0~20	6.1×10^{-10}	茶叶、大米	[118]
N,N-二甲基苯胺	Clark-Lubs ,pH8.0	55	4~320		白酒	[119]
二甲基黄	KHP-NaOH ,pH5.15	80	0.192~4.23	1.92×10^{-10}	铝合金等	[120,121]
7-碘-8-羟基喹啉 -5-磺酸	HAc-NaAc	25			茶叶	[122]

酸钾体系,建立了催化动力学测定锰()的新方法,方法灵敏度高,选择性好,可不经萃取分离直接应用于锰()的测定。

以表面活性剂为增效试剂,应用于动力学分析法,在增溶、增敏作用和改善分析性能方面,取得了一些可喜的成果。已见报道的有十二烷基硫酸钠^[8,9]、N,N-二甲基甲酰胺^[10]、N-十二烷基二甲基铵基乙酸^[11~14]、 β -环糊精^[15,16]、溴代十六烷基三甲胺^[17,18]、溴化十六烷基吡啶^[95]、Triton X-100^[7,96]、NP-7^[98]。

在表面活性剂增敏机理的研究方面,文献[9]认为阴离子表面活性剂十二烷基硫酸钠(SDS)是助表面活性剂,起协同增敏作用。SDS的增敏不是胶束起作用,而是单个或若干表面活性剂的聚集体起作用。文献[11]计算出两性表面活性剂 N-十二烷基二甲基铵基乙酸(DDMAA)在体系中形成胶束,胶束形成后,初始生成的催化活性物质增溶浓集于 DDMAA 的胶束相而使反应速率增大。体系中^[13]存

在 DDMAA 与 NTA、 Mn^{2+} 也很快被 IO_4^- 氧化并生成黄绿色的高催化活性结合物 Mn(II)-NTA-DDMAA 。此高催化活性物质一生成,立即将富集在 DDMAA 胶束相附近的萘酚绿 B 氧化,锰被还原至二价态,此二价态锰又立即与富集在 DDMAA 胶束相附近的 IO_4^- 作用,被氧化至三价态锰的结合物。如此过程反复进行,这就是 DDMAA 在本催化体系中起增敏作用的基本机理。文献^[10]研究了有机溶剂 N,N-二甲基甲酰胺(DMF)的增敏作用,表明夜蓝与 DMF 发生了强烈溶剂化作用,从而影响了夜蓝的存在状态和分子中电子云重新分布,导致峰值位移,吸光度升高。

2 锰()对过氧化氢氧化有机试剂(染料)催化光度法

以过氧化氢作氧化剂,改变所使用的还原剂,可以形成许多金属离子催化过氧化氢氧化有机试剂和无机物的测定体系,这一直是催化动力学经常使用

的氧化还原反应体系.对锰()而言,使用这一体系的测定方法较多^[126~147],如表2所示.从灵敏度来看,锰()对过氧化氢氧化有机染料催化能力较强,其检出限均达 10^{-8} g/mL 以上,反应均在碱性介质和加热条件下进行,活化剂和表面活性剂的使用很少,仅见文献[126]使用增敏剂十二烷基磺酸钠增敏

和文献[127]使用活化剂.

导数分光光度法不仅能分辨重叠的光谱而且可以提高分析的灵敏度,文献[128]将它和催化动力学光度法结合起来,即使用导数光谱来进行催化分光光度分析,使方法的灵敏度得到进一步提高,有利于痕量分析.这为我们运用催化动力学进行痕量分析

表2 锰()对过氧化氢氧化有机试剂(染料)和无机物催化光度法

Table 2 The catalytic kinetic spectrophotometry of manganese on the oxidation between hydrogen peroxide and organic reagent(dye)

染料	介质	温度()	线性范围(ng/mL)	检测限(g/mL)	应用	文献
水杨醛肟	甘氨酸-NaOH	45	0~6.6		尿样	[126]
茜素 S	Clerk-Lubs ,pH9.8	65	0~4	5.5×10^{-10}	自来水等	[127]
钙红(CR)	Clerk-Lubs ,pH9.8	93		1×10^{-10}	石蜡	[128]
钙红	Clerk-Lubs ,pH9.8	100	0~0.6	6.7×10^{-13}	人发等	[129]
苋菜红	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{NH}_4\text{Cl}$	100	0~96	2.7×10^{-10}	井水	[130]
酸性铬蓝 K	Clerk-Lubs ,pH9.8	100	0~2		高纯试剂	[131]
铬黑 T		40	0~10		尿锰	[132]
镀试剂	氨水	70	0.4~20.0	2.0×10^{-10}	茶叶	[133]
二甲苯胺兰	氨水	100	0~12	2.62×10^{-11}	茶叶	[134]
5-Br-PADAP	焦硼酸钠-盐酸 ,pH9	室温	0.5~10	2×10^{-10}		[135]
5-Br-PADAP	硼砂 ,pH9	室温			钢样	[136]
桑色素	氨水	70	5~80	4×10^{-9}	白酒	[137]
桑色素	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{NH}_4\text{Cl}$,pH11.0	20	0.8~20	5.1×10^{-10}	水样	[138]
DSPCF	B-R ,pH11.92	84	0.00~1.00	8.5×10^{-12}	井水等	[139]
水杨醛	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, pH9.7		20~200	1.0×10^{-8}	水样	[140]
水杨醛	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, pH10.3	室温	10~100		天然水	[141]
水杨基荧光酮	NaOH	40	4.0~30	8.3×10^{-10}	酒	[142]
水杨基荧光酮	NaOH	60	0.1~2.0	2×10^{-8}	土壤等	[143]
吡哆醛异烟酰胺	$\text{NH}_4\text{Ac} \cdot \text{NaOH}$, pH9.5	50	0~50	5×10^{-11}	水样	[144]
耐尔蓝			6.6~65.9	0.08	矿泉水	[145]

提供了一个很好的思路.

3 锰()对溶解氧氧化有机试剂催化光度法

嵇志琴等^[148,149]基于锰()对试剂 2-[(8-羟基-5-喹啉基-7-偶氮基)]\|1-羟基-8-氨基-3,6-萘二磺酸(HQSAH)分解反应的催化作用,提出了锰的荧光催化动力学分析新方法,其 $\lambda_{\text{ex/em}} = 230/415 \text{ nm}$,适宜酸度 pH 值范围为 11.0~12.0,锰()含量在 0~80 ng/mL 呈线性关系,该法用于分析铸造铝合金中的痕量锰,效果良好.还初步探讨了反应机制,测定了反应速率和活化能,确定了反应动力学方程.

文献[150,152]分别研究了锰()对溶解氧氧

化溴邻苯三酚红、桑色素和 2-(8-羟基喹啉-5-磺酸-7-偶氮)-变色酸的催化作用,建立了锰的催化动力学分析方法,反应分别在 NaAc、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、NaOH 介质和温度 100、25、80 条件下进行,锰()含量在 0~40、0~100、0~16 ng/mL 范围内呈线性关系,检测限分别为 9.9×10^{-11} 、 6.1×10^{-10} 、 3.5×10^{-11} g/mL,用于测定水样、茶叶和铝合金等样品中的锰,结果满意.

4 锰()对溴(氯)酸钾氧化有机试剂催化光度法

文献[153,154]基于锰()对溴酸钾氧化苯基荧光酮和 5-Br-PADAP 的催化作用,建立了测定锰的催化动力学方法,反应分别在 NaOH、pH 值 5.0

HAc-NaAc 介质和 65、100 条件下进行, 锰() 含量在 0.1 ~ 1.7、0 ~ 0.4 ng/mL 范围内呈线性关系, 检测限分别为 1.3×10^{-11} 、 8.7×10^{-13} g/mL, 测定了茶叶、人发、天然水等样品中的锰() 含量. 文献 [155] 把非离子表面活性剂吐温-80 加入锰(II)-溴酸钾-镁试剂催化动力学体系中作为增敏剂, 其线性范围为 0.1 ~ 0.6 ng/mL, 检出限为 5.34×10^{-11} g/mL.

文献 [156] 实验证明, 在加热 100, 10 min 和聚丙烯酰胺(PAM) 存在下, 锰() 能催化氯酸钾氧化铬天青 S(CAS) 的褪色反应, PAM 对该体系有增稳作用, 据此建立了氯酸钾氧化铬天青 S 催化褪色光度法测定痕量锰的新方法, 线性范围 0.10 ~ 10.0 ng/mL, 检出限 4.0×10^{-11} g/mL. 方法灵敏、精密度好, 操作简便、快速, 用于头发和茶叶中锰含量的测定, 结果满意.

5 锰() 对过硫酸铵氧化有机试剂催化光度法

金尚满等^[157]研究了痕量锰() 催化过硫酸铵氧化酸性铬蓝 K 而褪色的最佳条件: 最大吸收波长 550 nm, 2.0 mL 酸性铬蓝 K, 1.5 mL 氨水-氯化铵缓冲溶液, 1.5 mL 过硫酸铵, 60 加热 20 min, 流水冷却, 从而拟定了酸性铬蓝 K 为指示反应催化光度法测定人参、水质中痕量锰() 的新方法, 该法灵敏度高(表观摩尔吸光系数 1.34×10^6 L/(mol · cm)), 重现性好, 在 0 ~ 0.8 ng/mL 范围内酸性铬蓝 K 的褪色反应速度与锰() 含量呈线性关系.

6 锰() 对重铬酸钾氧化有机试剂催化光度法

文献 [158] 基于 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{-NaOH}$ 缓冲介质 (pH9.6) 和加热条件(80) 下, 锰() 对重铬酸钾氧化锌试剂引起褪色, 有明显的催化作用, 建立了测定痕量锰的新方法; 该法的线性范围为 0.69 ~ 40 ng/mL, 检出限为 2.2×10^{-10} g/mL, 反应表观活化能为 87.1 kJ/mol, 反应表观速率常量 1.10×10^{-3} s⁻¹, 用该法测定蒙药样品中锰含量, 结果令人满意.

7 锰() 对 EDTA 还原 Cr() 催化光度法

林清赞等^[159]研究了在硫酸介质中, 锰() 催化 EDTA 还原重铬酸根, 而使之褪色的指示反应,

确定了催化褪色反应的动力学条件, 锰() 的浓度在 0 ~ 400 ng/mL 范围内呈良好的线性关系. 检测限为 1.1×10^{-8} g/mL, 用于天然水及污水中锰的测定, 获得满意结果.

文献 [160] 报道了双指示物质测定痕量锰的新催化光度法. Mn() 可催化 EDTA 还原 Cr() 为 Cr(), 并与过量 EDTA 生成紫色配合物, 利用该反应, 以双指示物质监测, 即既监测产物 Cr()-EDTA 的生色吸光度变化, 也监测反应物 Cr() 的褪色吸光度变化, 从而拟定了测定锰的双指示物质催化光度法, 灵敏度比单指示物质法高 6.4 倍, 用于测定谷物样品中锰. 加入聚乙烯醇(PVA)^[161] 防止高酸度下 EDTA 析出并增加稳定性, 灵敏度比单指示催化光度法提高 11 倍, $= 7.8 \times 10^7$ L/(mol · cm), 线性范围 0 ~ 1 000 ng/mL, 实测了天然水中痕量锰, 回收率 103% ~ 95%.

8 锰() 的阻抑动力学光度法

文献 [162] 实验证明了在 pH1.0 的 HCl-KCl 酸性介质中 Mn() 阻抑 Fe(III) 催化 NaIO_4 氧化甲苯胺蓝褪色反应是一个新的阻抑反应体系, 其阻抑作用和催化反应的速率差与 Mn() 含量有线性关系, 从而建立了利用阻抑反应测定 Mn() 的新方法. 线性范围 0 ~ 200 ng/mL, 检测限 2.6×10^{-8} g/mL, 用于井水和自来水中 Mn() 测定.

总而言之, 测定锰的分析技术发展很快, 催化动力学光度法以其操作简单、灵敏度高的优点被广泛用于痕量锰的分析中, 其在测定痕量锰上的应用也越来越广泛. 由以上综述可以分析得出, 从应用来看, 以 Mn(II) 对高碘酸钾氧化有机染料催化光度法的研究最多, 分析应用最广泛. 从近几年的文献报道来看, 水介质体系偏多, 胶束体系得到了一定的发展, 微乳液介质未见报道. 在催化动力学光度法中引入胶束和微乳液增敏在应用发展方面具有较大的潜力.

参考文献:

- [1] 张振辉. 锰的催化动力学分析法概况[J]. 岩矿测试, 1991, 10(1): 56-59.
- [2] 孙登明, 高琼, 石影. 动力学分析法测定 Mn 的发展概况[J]. 淮北煤炭师范学院学报(自然科学版), 1991, 12(1): 42-48.
- [3] 段群章. 锰催化动力学光度法在环境分析中的实际

- 应用[J]. 浙江冶金, 1995, (3, 4): 46-53.
- [4] 鲁连胜. 环境样品中痕量锰的催化动力学测定法[J]. 干旱环境监测, 1994, 8(3): 165-167.
- [5] 段群章. 锰催化动力学光度法在矿冶分析中的实际应用[J]. 铀矿冶, 1996, 15(3): 170-174.
- [6] Qin Wei, Liang-guo Yan, Guo-hua Chang, et. al. Kinetic spectrophotometric determination of trace manganese(II) with dahlia violet in nonionic microemulsion medium[J]. Talanta, 2003, 59: 253-259.
- [7] 黄玉明, 韩毅. Triton X-100 增溶动力学光度法测定痕量锰(II)[J]. 分析化学, 1997, 25(6): 741.
- [8] 谢增鸿, 郑肇生, 郭碧红. 以十二烷基硫酸钠为增敏剂催化光度法测定痕量锰[J]. 理化检验-化学分册, 2000, 36(3): 106-107.
- [9] 郑肇生, 景卫国. 增效试剂在动力学分析中的应用研究. 锰()-氨基乙酸-十二烷基硫酸钠-高碘酸钾-罗丹明 B 催化体系[J]. 化学学报, 1996, 54(10): 1 016-1 022.
- [10] 陈克富, 王国富, 郑肇生. 以 N,N-二甲基甲酰胺为增敏剂催化光度法测定痕量锰[J]. 分析科学学报, 1999, 15(1): 28-31.
- [11] 谢增鸿, 连榕华, 傅彦斌, 等. 高碘酸钾-酸性品红-NTA-DDMAA 体系催化光度法测定痕量锰[J]. 分析测试技术与仪器, 1998, 4(4): 237-240.
- [12] 谢增鸿, 郑肇生, 王丹, 等. 以 N-十二烷基二甲基胺基乙酸为增敏剂催化光度法测定痕量锰[J]. 分析化学, 1999, 27(3): 350-353.
- [13] 林志芬, 郑肇生. 以 N-十二烷基二甲基胺基乙酸为增敏剂催化光度法测定锰[J]. 分析化学, 2000, 28(1): 72-76.
- [14] 谢增鸿, 傅彦斌, 陈国南. 两性表面活性剂增敏催化动力学法测定锰的研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2002, 22(4): 623-626.
- [15] 谢增鸿, 傅彦斌, 郑肇生. 锰(II)-高碘酸钾-茜素绿-环糊精-氨基乙酸催化体系的研究[J]. 福州大学学报(自然科学版), 1999, 27(增刊): 255-256.
- [16] 林志芬, 李雪清, 郑肇生. 以 -环糊精为增敏剂催化光度法测定锰[J]. 分析科学学报, 1998, 14(4): 296-300.
- [17] 林志芬, 陈珠灵, 郑肇生. 阳离子表面活性剂增敏催化光度法测定锰[J]. 分析科学学报, 1999, 15(2): 115-118.
- [18] 吴和舟, 郑肇生, 丁春令, 等. 用锰(II)-氨基乙酸-溴代十六烷基三甲胺-高碘酸钾-灿烂甲酚绿体系催化光度法测定锰[J]. 分析化学, 1996, 24(9): 1 085-1 088.
- [19] 刘瑞泉, 蒋华丁. 催化光度法测定微量锰()的研究[J]. 新疆大学学报(理工版), 2001, 18(1): 83-85.
- [20] 章旭坤, 何拥军. 催化动力学分析法测定矿样中痕量锰[J]. 河北大学学报(自然科学版), 1992, 12(1): 72-75.
- [21] 章旭坤, 何拥军. 催化光度法测定粮食和豆类作物中的痕量锰[J]. 化学试剂, 1992, 14(3): 173-174.
- [22] 潘晓飞. 高碘酸钾氧化孔雀绿催化光度法测定某些试样中痕量锰() [J]. 浙江食品工业, 1992, 4(2): 33-37.
- [23] 刘连庆, 单伟光, 陈昊, 等. KIO_4 氧化孔雀绿催化光度法测定痕量锰[J]. 浙江工业大学学报, 1995, 23(2): 141-146.
- [24] 石蔚云, 茹宗玲, 戴海潮. 分光光度法测定红枣中锰含量[J]. 河南化工, 1997, (9): 25-26.
- [25] 赵爱华, 冯尚彩. 锰(II)-高碘酸钾-孔雀绿测定水中痕量锰[J]. 光谱实验室, 2002, 19(4): 557-559.
- [26] 杨秀英, 冯尚彩. 催化动力学光度法测定茶叶中的痕量锰[J]. 光谱实验室, 2002, 19(2): 282-284.
- [27] 赵爱华, 冯尚彩. 锰(II)-高碘酸钾-灿烂绿体系测定水中痕量锰[J]. 光谱实验室, 2002, 19(3): 386-388.
- [28] 章旭坤, 田颜颜. 利用新的指示反应催化光度法测定痕量锰[J]. 分析化学, 1991, 19(7): 789-791.
- [29] 高甲友, 傅韬. 催化动力学分析法测定锰() 的研究[J]. 化学试剂, 1991, 13(5): 317-318.
- [30] 张桂恩, 程定玺, 冯素玲. 催化荧光法测定痕量锰[J]. 分析化学, 1993, 21(8): 931-934.
- [31] Guien Zhang, Dingxi Cheng, Suling Feng. Study on catalytic fluorimetric determination of trace manganese [J]. Talanta, 1993, 40(7): 1 041-1 047.
- [32] 王占玲, 李建中, 文美乐. 催化荧光法测定人发中痕量锰[J]. 陕西师大学报(自然科学版), 1993, 21(1): 40-42.
- [33] 王春, 秦永惠. 催化动力学光度法测定水中微量锰[J]. 分析化学, 1998, 26(10): 1 288.
- [34] 夏畅斌, 何湘柱. 煤矸石中微量锰的催化光度法测定[J]. 光谱学与光谱分析, 2001, 21(1): 90-91.
- [35] 蒋治良, 李长春. 痕量锰的催化光度分析[J]. 冶金分析, 1991, 11(4): 20-22.
- [36] 黄干初, 王一凡. 茶叶中微量锰的新催化光度法测定[J]. 湖南医科大学学报, 1996, 21(6): 579-581.
- [37] 魏琴, 罗川南, 杜斌. $Mn()-KIO_4$ -NTA-维多利亚蓝 B 体系催化光度法测定食品中的痕量锰[J]. 食品科学, 1998, 19(8): 46-49.
- [38] 罗川南, 魏琴, 李艳娇. 锰()-氨基乙酸-高碘酸钾-维多利亚蓝 B 体系催化光度法测定环境样品中的微量锰[J]. 农业环境保护, 1998, 17(3): 120-123.
- [39] 路培乾, 郭永恒, 王淑华. 催化动力学光度法测定痕

- 量锰的研究[J]. 理化检验-化学分册, 2001, 37(5): 217-219.
- [40] 陈亚华, 韩秀丽. 催化褪色光度法测定痕量锰[J]. 冶金分析, 1993, 13(4): 22-24.
- [41] 徐泽民. 催化吸光光度法测定超痕量锰[J]. 理化检验-化学分册, 1992, 28(5): 305-306.
- [42] 刘连庆, 单伟光, 许群立. 催化光度法测定食品中的痕量锰[J]. 浙江化工, 1995, 26(1): 49-52.
- [43] 张双凤, 刘翠英, 杨志成. 催化动力学法测定食品中痕量锰[J]. 医学理论与实践, 1996, 9(12): 566-567.
- [44] 董存智, 董彦, 訾言勤. 催化光度法测痕量锰的研究: $Mn()-NTA \setminus NR-KIO_4$ 体系[J]. 冶金分析, 1991, 11(2): 9-12.
- [45] 董存智, 董彦, 訾言勤. 煌焦油兰-高碘酸钾体系催化光度法测痕量锰的研究[J]. 淮北煤师院学报, 1991, 12(3): 44-48.
- [46] 陈兰化, 华德印. 以藏红 T 为指示剂催化荧光法测定痕量锰的研究[J]. 化学试剂, 1994, 16(6): 377-378.
- [47] 段秀云, 陈运生. 饮用水中痕量锰的催化动力学法测定[J]. 环境科学技术, 1992, 5(2): 30-32.
- [48] 訾言勤, 陈立国, 陈运生. 超痕量锰的催化光度法测定[J]. 上海环境科学, 1991, 10(9): 28-30.
- [49] 刘长增, 郭士城, 韩长秀. 锌试剂和高碘酸钾反应动力学测定超痕量锰[J]. 分析试验室, 2000, 19(5): 48-49.
- [50] 郑肇生, 张蓓. 锰()-高碘酸钾-偶氮胂 高灵敏催化反应的研究[J]. 福州大学学报(自然科学版), 1993, 21(1): 75-80.
- [51] 康文, 周发连, 邓先平. 催化褪色光度法测定痕量锰的研究及应用[J]. 华东地质学院学报, 1997, 20(2): 141-146.
- [52] 孙登明, 阮大文. 萃取催化光度法测定痕量锰及其反应机理[J]. 分析化学, 1998, 26(12): 1485-1489.
- [53] 张廉奉, 冯改灵, 李天. 痕量锰的催化光度法分析[J]. 河南科学, 2000, 18(1): 56-58.
- [54] 刘长增, 韩长秀. 萘酚绿 B- $Mn()-KIO_4$ 催化体系测定痕量锰的研究[J]. 冶金分析, 2000, 20(3): 32-34.
- [55] 姜聚慧, 赵录庆, 程定玺. 催化荧光法测定痕量锰[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 1997, 25(4): 61-64.
- [56] 王锡珍, 杨德光, 程定玺. 催化光度分析法测定痕量锰[J]. 数理医药学杂志, 1997, 10(2): 119-121.
- [57] 訾言勤, 陈立国. 碱性染料在催化光度法中的应用: I. 催化光度法测定痕量锰的研究[J]. 淮北煤炭师范学院学报, 1991, 12(2): 47-52.
- [58] 郑肇生, 吴和舟, 林荔红. 高碘酸钾氧化硫堇催化光度法测定痕量锰[J]. 分析化学, 1991, 19(12): 1418-1420.
- [59] 陈运生, 段秀云. 催化光度法测定地下水中超痕量锰[J]. 干旱环境监测, 1991, 5(3): 168-170.
- [60] 赵文革, 吕运开, 王春. 催化光度法测定粮食中的痕量锰[J]. 分析试验室, 2001, 20(4): 73-75.
- [61] 彭青. 催化分光光度法测定生姜中痕量锰[J]. 宜春师专学报, 1996, (2): 55-56.
- [62] 万小芬, 许逸敏. KIO_4-NTA -二苯胺磺酸钠体系催化光度法测定痕量锰() [J]. 分析试验室, 1994, 13(2): 50-51.
- [63] 姜璇, 姚超英. 催化光度法测定水中的痕量锰[J]. 杭州化工, 2001, 31(2): 32-35.
- [64] 陈亚华, 韩秀丽. 催化荧光法测定痕量锰的研究[J]. 分析试验室, 1994, 13(1): 40-42.
- [65] 陈运生, 段秀云, 訾言勤. 高碘酸钾氧化次甲基蓝催化光度法测定超痕量锰[J]. 中国环境监测, 1993, 9(1): 39-40.
- [66] 孙国英. 催化光度法测定水系沉积物中痕量锰[J]. 地质实验室, 1993, 9(2): 72-75.
- [67] 王春, 秦永惠. 催化光度法测定井水和白葡萄酒中痕量锰[J]. 理化检验-化学分册, 2000, 36(9): 421-422.
- [68] 董存智, 訾言勤. 藏红 O-高碘酸钾体系催化光度法测定痕量锰的研究[J]. 淮北煤师院学报, 1993, 14(4): 34-36.
- [69] 谢增鸿, 郑肇生, 叶辉芳. 催化光度法测定痕量锰- $Mn()-NTA-AG-KIO_4$ 体系[J]. 冶金分析, 1999, 19(1): 24-25.
- [70] 徐锁平. 催化动力学光度法测定痕量锰- $Mn(II)-NTA$ -茜素紫 3B- KIO_4 体系[J]. 光谱实验室, 2002, 19(4): 502-504.
- [71] 陈慧. 催化光度法测定全血锰[J]. 温州医学院学报, 1998, 28(3): 215-216.
- [72] 陈慧. 催化光度法测定全血锰[J]. 陕西医学检验, 1998, 13(4): 31-32.
- [73] 郝书会, 黄优英, 陈兰化. 高碘酸钾氧化吡啶橙催化荧光法测定痕量锰[J]. 淮北煤炭师范学院学报, 1993, 14(3): 49-52.
- [74] 郑肇生, 白志盛, 胡治远. 高碘酸钾氧化甲基红催化光度法测定超痕量锰[J]. 环境化学, 1992, 11(1): 39-43.
- [75] 刘长增. 高灵敏催化光度法测定痕量锰[J]. 理化检验-化学分册, 2001, 37(8): 369-371.
- [76] 王尊本, 郑朱梓, 董清木. 近岸海水中痕量锰的催化动力学分光光度法测定[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1991, 30(3): 336-339.
- [77] 张勇, 张兰芳, 周淑萍. 催化荧光法测定痕量 $Mn()$

- 的研究[J]. 理化检验-化学分册, 1995, 31(4): 227-228.
- [78] 尹哲俊, 于宝杰, 敖玉辉. 催化动力学光度法测定痕量锰[J]. 吉林工学院学报, 1997, 18(3): 62-65.
- [79] 张爱梅, 王术皓, 柳仁民. RhB 褪色催化光度法测痕量锰[J]. 痕量分析, 1991, 7(3): 78-81.
- [80] 夏炳乐, 李敏莉. 二甲苯蓝 FF 指示催化光度法测定烟草中微量锰[J]. 分析试验室, 1996, 15(5): 44-46.
- [81] 单伟光, 李成平. 催化光度法测定痕量锰的研究[J]. 广东化工, 1996, (2): 46-47.
- [82] 刘京平. 锰()-苯酚红-高碘酸钾-邻菲罗啉体系催化光度法测定痕量锰的研究[J]. 分析测试学报, 1995, 14(4): 54-56.
- [83] 洪军. 动力学光度法测定试剂中痕量锰的反应[J]. 松辽学刊(自然科学版), 1997, (4): 59-61.
- [84] 陈兰化. 催化荧光法测定痕量锰的研究[J]. 理化检验-化学分册, 1992, 28(1): 46-47.
- [85] 丁素芳. 罗丹明 B-高碘酸钾体系催化光度法测定痕量锰() [J]. 冶金分析, 1999, 19(2): 18-20.
- [86] 施踏青, 黄俭根, 邱澄铨. 高灵敏催化光度法测定痕量锰的研究[J]. 分析试验室, 1998, 17(1): 34-36.
- [87] 金文斌, 黄海联. 催化光度法测定痕量锰的研究[J]. 广东微量元素科学, 2002, 9(7): 60-62.
- [88] Konstantin Mutaftchiev. Determination of free state manganese(II) in decoctions of some medical plants by a kinetic spectrophotometric method[J]. Anal Lett, 2001, 34(8): 1 401-1 411.
- [89] Konstantin Mutaftchiev. Determination of free manganese(II) ions in decoctions and infusions of some medicinal plants by catalytic method[J]. Chem Anal (Warsaw), 2002, 47: 289.
- [90] 李成平, 施青红. 高碘酸钠氧化百里酚蓝催化光度法测定痕量锰[J]. 浙江工业大学学报, 2000, 28(3): 253-255.
- [91] Konstantin Mutaftchiev, Kamen Tzachev, Alexander Alexiev. Catalytic spectrophotometric determination of manganese(ii) in human blood serum[J]. Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia, 1999, 18(1) 37-40.
- [92] Konstantin Lubenov Mutaftchiev. Determination of manganese in some medical plants and their infusions by a kinetic spectrophotometric method[J]. Chemical Speciation and Bioavailability, 2001, 13(2): 57-60.
- [93] Konstantin L Mutaftchiev. Kinetic determination of nanogram levels of manganese (II) by naphthol blue black-potassium periodate-1, 10-phenanthroline system [J]. Mikrochimica Acta, 2001, 136 (1/2): 79-82.
- [94] Konstantin Lubenov Mutaftchiev. Manganese (II)-1, 10-phenanthroline-azo dye-potassium periodate system for kinetic spectrophotometric determination of nanogram levels of manganese[J]. Bulletin of the polish academy of sciences, 2001, 49 (3).
- [95] 宁明远. 催化动力学光度法测定痕量锰的研究[J]. 冶金分析, 1998, 18(3): 22-23.
- [96] 郑肇生, 景卫国. 增效试剂在动力学分析法中的应用研究() [J]. 高等学校化学学报, 1995, 16(12): 1 861-1 864.
- [97] 杜斌, 魏琴, 臧霞. 锰()-次氨基三乙酸-高碘酸钾-考马斯亮蓝 G250 催化光度法测定施尔康中的微量锰[J]. 卫生研究, 1998, 27(2): 133-135.
- [98] 赵丽杰. NP-7 作增敏剂催化光度法测定微量锰[J]. 云南化工, 2002, 29(2): 30-34.
- [99] 王一凡, 李春云. 高碘酸钾氧化硫堇催化光度法测定痕量锰[J]. 精细化工中间体, 2001, 31(5): 44-46.
- [100] 姜琳琳, 张金安, 谷成翔. 催化动力学方法测定自来水中的痕量锰[J]. 齐齐哈尔大学学报, 1998, 14(2): 40-43, 48.
- [101] 陈中兰, 杨柳. 催化动力学光度法测定环境中超痕量锰[J]. 四川师范学院学报(自然科学版), 2000, 21(2): 150-153.
- [102] 刘长久, 吴琦. 催化动力学光度法测定痕量锰[J]. 分析化学, 1995, 23(8): 907-910.
- [103] 付晓东, 刘卫军, 谷波. 用诱导剂在 PVA 介质中研究锰()催化氧化灿烂绿显色反应[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 1997, 20(3): 235-238.
- [104] 熊少祥. 催化动力学痕量分析-甲基绿褪色反应光度法测定水中痕量锰[J]. 地质实验室, 1992, 8(2): 69-72.
- [105] 周华方, 张明珠, 王镇浦. 催化动力学光度法测定痕量锰的研究[J]. 化学通报, 1994, (4): 42-44.
- [106] 熊少祥, 方家乐, 任吉存. 亚甲蓝褪色反应测定水中痕量锰[J]. 环境化学, 1992, 11(1): 45-49.
- [107] Pourreza N, Kamran Hekani S, et al. Kinetic-catalytic determination of trace amounts of Mn(II) based on a reduced phenolphthalein-periodate reaction[J]. Can J Anal Sci Spectrosc, 1998, 43(5): 149-152.
- [108] 高嵩, 张国利, 张绍辉. 催化动力学光度法测定痕量锰() [J]. 沈阳化工学院学报, 1999, 13(4): 309-311.
- [109] 崔丽君, 李慧芝, 于京华. Mn()-KIO₄-偶氮胂 催化动力学光度法测定钢铁中痕量锰[J]. 冶金分析, 1997, 17(2): 21-22, 20.
- [110] 崔丽君, 曹平芳, 姜运田. 新体系锰-高碘酸钾-(4-(2-吡啶偶氮)-间苯二酚)催化动力学光度法测定痕量

- 锰() [J]. 化学世界, 1996, 37(4): 209-211.
- [111] 张瑾, 翟殿棠, 崔丽君. 新体系 $Mn()-KIO_4$ -镁试剂催化动力学光度法测定痕量锰的研究 [J]. 山东建材学院学报, 1997, 11(1): 89-92.
- [112] 李慧芝, 张瑾, 崔丽君. 催化动力学光度法测定痕量锰() [J]. 分析化学, 1995, 23(9): 1 084-1 086.
- [113] 高琼, 孙登明, 高凤文. 催化动力学光度法测定痕量锰的研究 [J \ \]. 淮北煤炭师范学院学报, 1991, 12(3): 39-43.
- [114] 刘长增, 郭士城, 王淑仁. 酸性铬蓝 $K-Mn()-KIO_4$ 体系的催化动力学和痕量锰的测定 [J]. 环境化学, 1991, 10(2): 68-75.
- [115] 刘新玲, 周原, 展瑞娟. 二安替比林苯甲烷在催化动力学分析中的应用 [J]. 化学试剂, 1997, 19(3): 160-161.
- [116] 张玉洲, 孙登明. 催化动力学光度法测定水和铝合金中痕量锰 [J \ \]. 地质实验室, 1997, 13(4): 249-251.
- [117] 季剑波. 催化动力学光度法测定茶叶中锰 [J]. 理化检验 - 化学分册, 1997, 33(7): 315-316.
- [118] 陈华萍, 印家健. 催化光度法测定痕量锰 [J]. 河南职业技术学院学报, 1999, 27(2): 59-61.
- [119] 段友构. 白酒中痕量锰的催化动力学分光光度法测定 [J]. 吉林大学学报, 1992, 13(5): 67-69.
- [120] 孙登明, 高琼, 古玲. 催化动力学光度法测定痕量锰的研究 [J]. 淮北煤炭师范学院学报, 1991, 12(2): 42-46.
- [121] 孙登明, 高琼, 古玲. 催化动力学光度法测定痕量锰的研究 [J]. 理化检验 - 化学分册, 1991, 27(6): 374.
- [122] 冯启利, 彭珊珊, 温德云. 痕量锰的催化-萃取-光度测定法 [J \ \]. 江西大学学报(自然科学版), 1991, 15(3): 95-98.
- [123] Khami Abbas, Bahrami Hamid. Catalytic-spectrophotometric determination of trace amounts of manganese (II) by catalysis of the oxidation of feroin with periodate [J]. Iran J Chem Chem, 1995, 14(2): 72 - 76.
- [124] Efremova T A, Beklemishev M K, Shumskii A N, et al. Catalytic determination of Mn(II) according to the oxidation of 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine by potassium periodate [J]. Vestn Mosk Univ, Ser 2; Khim. 1998, 39(4): 261 - 264 (Russ).
- [125] Konstantin L Mutafchiev. Catalytic spectrophotometric determination of manganese in some medicinal plants and their Infusions [J]. Turk J Chem, 2003, 27: 619 - 626.
- [126] 曾文青. 锰()-水杨醛肟-表面活性剂体系的研究与应用 [J \ \]. 分析化学, 1993, 21(1): 40-42.
- [127] 刘长增, 郭士诚, 陈继城. 催化动力学分析法测定痕量锰 [J]. 分析化学, 1993, 21(7): 866.
- [128] 黄玮, 刘立行, 项世法. 催化-导数分光光度法测定石蜡中的痕量锰 [J]. 分析实验室, 1994, 13(6): 46-48.
- [129] 黄玮, 刘立行, 项世法. 催化分光光度法测定润滑油中的痕量锰 [J]. 石油化工, 1993, 22(9): 617-620, 589.
- [130] 柳玉英, 王发刚, 孟波. 催化动力学光度法测定井水中痕量锰 [J \ \]. 分析实验室, 2001, 20(1): 24-25.
- [131] 汪明礼. 痕量锰的催化动力学光度法测定-锰()-酸性铬蓝 K -过氧化氢体系 [J]. 仪器仪表与分析监测, 2001, (2): 32-34, 36.
- [132] 张雅琴, 方启龙. 动力催化分光光度法测定尿锰 [J]. 职业医学, 1996, 23(6): 39-40.
- [133] 赵志强, 周清泽, 高若梅. 催化光度法测定痕量 $Mn()$ 的研究: $Mn()$ -铍试剂 - H_2O_2 体系 [J]. 理化检验 - 化学分册, 1995, 31(3): 149-150.
- [134] 彭在姜, 陈国树, 汤旭贞. 催化褪色光度法测定痕量锰() 的研究 [J]. 南昌大学学报(理科版), 2002, 26(1): 82-84, 87.
- [135] 周志强, 丁二润, 张红雁. 5-Br-PADAP 催化光度法测定锰的研究 [J]. 理化检验-化学分册, 1999, 35(11): 506-507.
- [136] 韩林泉, 云晨. 新型催化光度法测定钢中锰 [J]. 内蒙古电力技术, 1998, (4): 67-69.
- [137] 贾欣欣, 秦永惠. 桑色素-过氧化氢体系催化光度法测定痕量锰的研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 1999, 19(3): 499-501.
- [138] 高振宗, 胡小兵. 催化荧光光度法测定水中痕量锰() [J]. 陕西师大学报(自然科学版), 1992, 20(4): 42-45.
- [139] 刘长增. 锰() 催化氧化 1,5-二(2-羟基-5-磷酸基苯)-3 羧基甲动力学及其应用 [J]. 分析实验室, 2001, 20(4): 37-40.
- [140] 刘西侠, 朱庆仁. 萃取催化动力学光度法测定痕量锰 [J]. 淮北煤炭师范学院学报, 1999, 20(2): 37-39.
- [141] 张振宇, 王尔慈, 初玉侠. 催化光度法测定天然水中痕量锰 [J]. 冶金分析, 1993, 13(3): 42-44.
- [142] 杨新玲, 王福珍, 叶英植. 锰()- H_2O_2 -水杨基荧光酮催化动力学光度法测定痕量锰 [J]. 郑州大学学报(自然科学版), 1998, 30(3): 60-63.
- [143] 王建华, 何荣桓, 姜华. H_2O_2 -水杨基荧光酮指示反应体系动力学光度法测定痕量锰 [J]. 铀矿冶, 1997, 16(3): 200-203.
- [144] 史慧明, 唐波, 原贻琼. 锰-过氧化氢-吡哆醛异烟酰胺动力学荧光分析法的研究 [J]. 分析化学, 1992, 20(9): 1 043-1 047.
- [145] Gordana A Milovanovic, Mira M Cakar, Nevenka B

- Vucic, *et al.* Selective indicator reaction for kinetic determination of traces of manganese (II), ribavirin and tiazofurin[J]. *Mikrochimica Acta*, 2000, 135 (3/4):173-178.
- [146] Estele J M, Caro A, Fortoza R, *et al.* Kinetic determination of manganese by its catalytic effect on the oxidation of Alizarin S by hydrogen peroxide [J]. *Thermochim Acta*, 1992, 200: 467-474.
- [147] Gomez E, Estela J M, Cerda V. Kinetic thermometric determination of traces of manganese by its catalytic effect on the reaction between tiron and hydrogen peroxide[J]. *J Therm Anal*, 1991, 37(1): 195-202.
- [148] 嵇志琴,杨昌昕,黄坚锋. 一类新偶氮试剂的研究 V. HQSAH 催化荧光法测定 Mn() [J]. *分析测试学报*, 1994, 13(6):67-70.
- [149] 嵇志琴,黄坚锋,杨昌昕. Mn(II) 催化试剂 HQSAH 氧化的动力学研究 [J]. *南昌大学学报(理科版)*, 1995, 19(2):192-195.
- [150] 朱庆仁,孙登明. 催化动力学光度法测定痕量锰[J]. *淮北煤炭师范学院学报*, 1999, 20(4):55-57.
- [151] 陈列,刘兰,王晓红. 锰() 催化空气氧化桑色素反应的动力学荧光研究 [J]. *黑龙江大学自然科学学报*, 1991, 8(4):90-93.
- [152] 俞英,洪朝辉,黄坚锋. 2-(8-羟基喹啉-5-磺酸-7-偶氮) \ | 变色酸催化荧光法测定痕量锰() [J]. *分析化学*, 1994, 22(6):543-547.
- [153] 龙文清. 催化光度新体系测定锰的研究 [J]. *冶金分析*, 1999, 19(3):31-33.
- [154] 周之荣,张建军. 催化动力学光度法测定痕量锰的研究 [J]. *光谱实验室*, 1997, 14(1):45-48.
- [155] 孙彩兰,姜维民,曹军. 新体系催化动力学光度法测定痕量锰(II) [J]. *化学试剂*, 2001, 23(2):103-104, 108.
- [156] 刘佳铭,蔡文联,叶彩华. 催化褪色光度法测定痕量锰 [J]. *分析化学*, 2003, 31(2):250.
- [157] 金尚满,王立斌,车喜全. 以酸性铬蓝 K 为指示剂催化光度法痕量锰的测定 [J]. *冶金分析*, 1994, 14(2):17-19.
- [158] 莎仁,嘎日迪,塔娜. 测定痕量锰的锰()-锌试剂-重铬酸钾体系催化分光光度法 [J]. *分析测试学报*, 2002, 21(6):87-89.
- [159] 林清赞,钟勇,许金钩. 催化褪色光度法测定微量锰() 的研究 [J]. *分析化学*, 1995, 23(3):340-342.
- [160] 郑肇生,吴和舟. 双指示物质动力学分析法研究: I. 锰()-乙二胺四乙酸二钠-铬(VI) 催化体系 [J]. *化学学报*, 1994, 52(4):391-395.
- [161] 阎永胜,洪军,马春元. 双指示催化光度法测定天然水中痕量锰 [J]. *地质实验室*, 1996, 12(4):214-216.
- [162] 郭安城,高雨,李润莲. 利用阻抑反应测定 Mn() 的研究 [J]. *山西大学学报(自然科学版)*, 1999, 22(2):159-161.

A Summary on the Determination of Trace Manganese by Catalytic Kinetic Spectrophotometry

YU Hai-qin¹, JI Guang-lei¹, LI Yue-yun², WU Dan, LI Chao³, WEI Qin¹

(1. School of Chemistry & Chemical Engineering, Jinan University, Jinan 250022, China;

2. College of Chemical Engineering, Shandong University of Technology, Zhangdian 255091, China;

3. School of Management, Jinan University, Jinan 250022, China)

Abstract: The research of the determination of trace manganese by catalytic kinetic spectrophotometric method in different catalytic reaction system from the condition, sensitivity, range and application is summarized.

Key words: manganese; catalytic kinetic; spectrophotometry

Classifying number: O657.31