

## 胶束增溶光度法在测钍中的应用

彭昌海 曾小明

(中南地勘局三〇四大队实验室)

胶束增溶分光光度法测定钍具有简单、快速、灵敏的特点，而且有增溶、增敏、增稳及抗干扰的功能，是目前分光光度法测钍最灵敏的方法。胶束增溶分光光度法自1958年P·Chavanne等<sup>[1]</sup>发表第一篇论文以来，引起了化学工作者的关注。在六十年代运用于钍的测定则很少，直至七十年代以后运用表面活性剂测钍的方法增多。尤其近几年来随着新型显色剂的合成，胶束增溶的理论模型的建立，胶束增溶分光光度法测定钍的报道日趋增多，本文综述了胶束增溶分光光度法测钍的特性及反应机理。

在溶液中加入表面活性剂，当达到临界胶束浓度以后，在溶液中形成胶束。此种胶束能产生增溶、增敏和增色作用，最终使得金属离子-显色剂-表面活性剂所构成的三元络合物在水溶液中溶解能力增加，吸收光谱发生红移，显色反应灵敏度亦随之提高的方法称之为胶束增溶分光光度法。

表面活性剂分阳离子表面活性剂，阴离子表面活性剂，两性表面活性剂和非离子表面活性剂四大类。在近十几年的文献中，表面活性剂在测钍的分光光度中的应用，以阳离子表面活性剂运用得较为广泛，表1中所列的几种表面活性剂绝大多数为阳离子表面活性剂，只有DDMAA是两性表面活性剂。

表1 钍的胶束增溶分光光度法性质

类型	显色剂	表面活性剂	络合比	$\lambda_{max}$	介质	pH	$\epsilon_{max}$		测定范围	文献
							无表面活性剂	有表面活性剂		
三苯甲烷类	铬奥醇S	CTMAB	1:5	635	HAc-NaAc	4.5		$1.46 \times 10^5$	0.09—1.14 $\mu\text{g/ml}$	[7]
	铬奥醇S	CTMAC	1:4	631	HNO <sub>3</sub>	5.6—6.1	$3.2 \times 10^4$	$1.74 \times 10^5$	0.15—0.8 $\mu\text{g/ml}$	[6]
	羊毛铬花菁R	OTA	1:2	604	NaAc	5.5	$4.0 \times 10^4$	$1.59 \times 10^5$		[9]
	羊毛铬花菁R	CTMAC	1:2	580	NaAc	5.5	$4.0 \times 10^4$	$1.07 \times 10^5$		[9]
	羊毛铬花菁R	DOTA	1:2	599	NaAc	5.5	$4.0 \times 10^4$	$1.13 \times 10^5$		[9]
	羊毛铬花菁R	DTA	1:2	600	NaAc	5.5	$4.0 \times 10^4$	$1.0 \times 10^5$		[9]
	铬天菁S	DDMAA	1:3	625	乙酸胺	7		$1.6 \times 10^5$	4—32 $\mu\text{g}/25\text{ml}$	[10]
	二甲酚橙	CTMAB	1:2	600	氯乙酸	2.5	$2.76 \times 10^4$	$5.5 \times 10^4$	0.04—4.0 ppm	[11]
半二甲酚橙	CTMAB	1:2	550	HCl	2.5		$8.6 \times 10^4$	0—20 $\mu\text{g}/25\text{ml}$	[12]	
变色酸双偶氮型	偶氮氯膦III	CTMAB		680	HCl	$4 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ *	$1.22 \times 10^5$	$1.6 \times 10^5$	0.1—1.5 $\mu\text{g/ml}$	[14]
	对溴偶氮氯膦	CTMAB	1:6	680	HNO <sub>3</sub>	$0.5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$	$8.6 \times 10^4$	$2.76 \times 10^5$	0—25 $\mu\text{g/ml}$	[15]
	偶氮氯膦-mA	CPB		700	HCl	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$		$1.5 \times 10^5$	0—20 $\mu\text{g}/25\text{ml}$	[16]
	偶氮氯膦-mN	CTMAB	1:5	675	HCl	$0.5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$	$7.07 \times 10^4$	$1.22 \times 10^5$	0—12.5 $\mu\text{g}/25\text{ml}$	[17]
	氨基G酸偶氮氯膦	TPC	1:1:4	700	HCl	$2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$	$8.99 \times 10^4$	$1.88 \times 10^5$	0—10 $\mu\text{g}/25\text{ml}$	[19]

CTMAB: 溴化十六烷基三甲基铵; CTMAC: 氯化十六烷基三甲基铵; OTA: 溴化辛基三甲基铵; DOTA: 溴化十二烷基三甲基铵; DTA: 溴化癸基三甲基铵; DDMAA: 十二烷基二甲基铵基乙酸; CPB: 溴化十六烷基吡啶; BTC: 氯化十四烷基吡啶。\*: 为相应的酸度。

胶束增溶分光光度法的反应机理国内外学者进行了广泛的研究。有人认为<sup>[2,3]</sup>三元络合物体系中,表面活性剂分子是以单分子形式起作用的,其根据是在临界胶束浓度(CMC)以前发现了增敏现象,而且测出了某些三元体系的络合比。但也有增敏现象出现在 CMC 之后,因此,沈含熙等人<sup>[4]</sup>提出不能把 CMC 值以前的表面活性剂看成是普通的电解质,更不能把 CMC 看成是电解质溶液与胶束的分界线。其理由是因在 CMC 之前已发现有表面活性剂分子的聚集体存在,而且 CMC 值是一个可变值,它受温度、离子强度、染料分子及各种电解质等因素而变化。他认为胶束是形成增敏的关键,而表面活性剂单分子也起作用。并指出阳离子表面活性剂亲水性头部的端电荷及胶束的介质性质是引起显色体系吸光度改变的主要原因。

阳离子表面活性剂分子在水溶液中聚合所形成的胶束,带有正电荷,在周围产生正电场。它们对那些弱酸型显色分子中的  $H^+$  产生了排斥作用,而对大分子的显色基团产生了吸附作用,从而使得  $H^+$  更易从显色剂分子中离解出来。例如,铬天青 S(CAS) 中的羧基离解常数在未加阳离子表面活性剂时,  $pK_a=2.45$ , 而在有阳离子表面活性剂存在时,  $pK_a=0.6-0.7$ , 由此可知,阳离子表面活性剂存在,使得溶液中真正起配位作用的游离显色基团的浓度增大。另外,表面活性剂可以破坏金属离子水化层,使显色剂易于同金属离子络合,促使反应平衡向右移动,即  $M(H_2O)_n + L \rightleftharpoons ML(H_2O)_{n-1} + H_2O$ 。由于胶束的影响,可使金属-显色剂反应活化能降低,从而加快了反应速度,有利于高配位数络合物的形成。这种高配位数络合物的分子截面积比低配位数络合物分子截面积大。根据 E. A. Baudel<sup>[5]</sup>研究的分子截面积和摩尔吸收系数的关系,即  $\epsilon = 2.6 \times 10^2 a$ , 式中  $a$  为显色分子的平均吸光截面积。从上式可知,显色反应的灵敏度与显色分子的平均吸光截面积成正比。

在钼-有机显色体系中添加表面活性剂,提高了显色体系的灵敏度,使摩尔吸光系数可达  $10^5$  数量级。其增敏机理综合起来目前主要有三种观点:(1)以胶束形成参与增敏,仅与染料分子相互作用的是胶束中的表面活性分子。(2)表面活性剂的单分子形式参与增敏,而极性端的电荷起着决定性的作用。(3)在临界胶束浓度值之前,表面活性剂以单分子形式增敏,而在临界胶束浓度以后,则以胶束形式增敏。多数作者<sup>[1-4]</sup>在不同程度上坚持或倾向表面活性剂以单分子增敏的观点。

随着理论研究的深入,国内外分析工作者采用不同的显色剂与表面活性剂提高测钼的灵敏度的报道日趋增多。根据这些显色剂的母体不同可分为三苯甲烷类和变色酸双偶氮型两类,具体内容列于表 1。

## 一、三苯甲烷类

由四条好雄等<sup>[7]</sup>研究了钼-铬萘醇 S(CAS)-氯化十六烷基三甲基铵(CTMAC)体系,伊夫捷莫娃<sup>[6]</sup>研究了钼-铬萘醇 S-溴化十六烷基三甲基铵,实验结果均表明,加入阳离子表面活性剂后的络合物组成是 1:4,最大吸收波长在 630 nm,表现克分子吸光系数为  $1.74 \times 10^5$ 。而日田良荣<sup>[8]</sup>在研究钼-铬萘醇 S 二元络合物的组成为 1:2,最大吸收波长在 554 nm,表现摩尔吸光系数为  $3.2 \times 10^4$ 。显然由于 CTMAC 的加入,使未饱和配位 Th-CAS 络合物能进一步与相对体系小的单功能配位体配位,有效生色截面积增大,形成的这种三元络合物改变了钼中心原子的结构及络合物分子的电荷和对称性,使得波长红移、

络合物的物理性质和化学性质与原来的二元络合物不同。

四条好雄等人<sup>[9]</sup>研究了钼-羊毛铬花青 R 与不同长度碳链上的季铵盐的相互作用关系,其详细情况列于表 2。从实验结果可以看出烷基季铵盐的存在最大吸收波长均向长波方向移动,并随碳链的减少,波长红移较多。最大吸收比未含季铵盐几乎增加一个数量级。对羊毛络花青 R 来说,加溴化辛基三甲基铵最合适,最大吸收波长红移 66 nm,最大吸收可达  $1.59 \times 10^5$ 。

表 2 钼-羊毛铬花青 R 与不同季铵盐的作用结果

季 铵 盐	最佳季铵盐浓度/mol·l <sup>-1</sup>	$\lambda_{max}/nm$	$\epsilon_{max}$	CMC/mol·l <sup>-1</sup>
没 有		530	$4.0 \times 10^4$	
氯化十六烷基三甲基铵	$1.2 \times 10^{-4}$	580	$1.07 \times 10^5$	$4.7 \times 10^{-3}$
溴化十二烷基三甲基铵	$3.75 \times 10^{-4}$	599	$1.13 \times 10^5$	$3.0 \times 10^{-4}$
溴化癸基三甲基铵	$3.75 \times 10^{-5}$	600	$1.0 \times 10^5$	$2.9 \times 10^{-3}$
溴化辛基三甲基铵	$1.0 \times 10^{-1}$	604	$1.59 \times 10^5$	$1.4 \times 10^{-2}$

在 pH=7 的六次甲基四铵-乙酸铵介质中,钼-铬天菁 S 几乎不显色。史慧明等人<sup>[10]</sup>研究了在同一实验条件下钼-铬天菁 S-十二烷基二甲基铵基乙酸(DDMAA)多元络合物的形成条件。实验发现,加入 DDMAA 两性表面活性剂后,10 min 即可发色完全。可稳定十几个小时, $\epsilon$  值可达  $1.6 \times 10^5$ ,在这三元络合物体系中加入一定量的乙醇、非离子表面活性剂 Triton X-100,可大大提高反应的选择性,使毫克量的钼和 8 倍量的铀共存均不妨碍钼的测定。

印度的 T. V. Ramakrishna 等人<sup>[11]</sup>研究了钼-二甲酚橙-溴化十六烷基三甲基铵(CTMAB)体系。在 pH=2.5 的氯乙酸介质中,在 600 nm 测定钼-二甲酚橙-CTMAB 络合物的最大吸收  $\epsilon$  为  $5.54 \times 10^4$ ,比钼-二甲酚橙二元络合物体系灵敏度( $\epsilon = 2.76 \times 10^4$ )提高一倍。吸收波长也红移了 30 nm。而且 1 mg 的 U(VI)Gd, Sm, La, Nd, Y, Dy, Pr, Ho, Co<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ni, Hg<sup>2+</sup>, Cd, Zn, Fe<sup>2+</sup>, Pb, Mg, Ca, Ba, Sr, Be, Cr<sup>3+</sup>, IO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>, B<sub>4</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>, AsO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>, 1 mmol 的 NaCl, NaNO<sub>3</sub> 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 均不干扰测定。而 1 mg 的 Fe<sup>3+</sup>, Ti<sup>4+</sup>, V(V), Bi, Al, Cr(VI) 和 U(VI) 使结果明显偏高。而 1 mg Ce(IV), Cu<sup>2+</sup>, Ti<sup>3+</sup>, F<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, 柠檬酸盐、酒石酸盐和草酸盐使结果严重偏低。

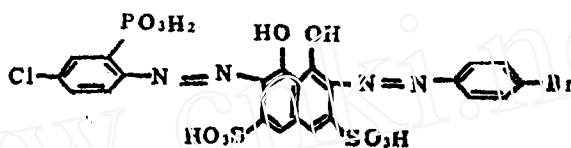
在弱酸性介质中,钼-半二甲酚橙,可形成络合物,最大吸收波长在 515 nm,而且灵敏度低,故一般不用作分光光度法测钼。而薛光<sup>[12]</sup>却研究了在 CTMAB 存在下,钼-半二甲酚橙的显色情况。实验证明,加入 CTMAB 之后,最大吸收波长在 550 nm。波长红移 35 nm。引起波长红移的主要原因可能是胶束或聚集体的存在导致分子间的作用力增强,使显色剂分子所处微环境的变化,也导致显色速度加快,稳定时间可达 6 h。该方法对于复杂样品需预先分离后,方可进行测定。

上述三苯甲烷染料作显色剂的显色酸度均在弱酸性范围,加入表面活性剂后都能提高灵敏度,摩尔吸收系数一般为  $(1-1.7) \times 10^5$ ,但选择性较差,目前实际应用较少。而选择变色酸的双偶氮型显色剂,这类显色剂能在高酸度介质中应用。其灵敏度和选择性均优于三苯甲烷类显色剂,尤其是不对称含磷酸基变色酸双偶氮衍生物——氨基 G 酸偶氮氯磷和对溴偶氮氯磷,是目前最理想的测钼试剂。

## 二、以变色酸为基础的双偶氮类

变色酸双偶氮衍生物是近十几年应用较多的很有前途的显色剂。用在形成胶束增溶方面只有十余年的历史，且在我国研究得较多。例如偶氮氯磷 III，化学名称为 2,7-二(4-氯-2-磷酸基苯偶氮)-1,8-二羟基-3,6-二磺酸，其结构与铀试剂 III 相似，区别在于用磷酸基取代了磺酸基并在间位上有一个 Cl 被引入，由于较强的成盐基团  $-PO_3H_2$  和吸电子基 Cl 原子的吸入，加强了显色剂与金属的螯合能力，使络合物更为稳定。而且可在较强的酸性界质中显色。钍-偶氮氯磷 III<sup>[13]</sup> 生成的有色络合物摩尔吸光系数达  $1.22 \times 10^5$ ，稳定 2 h。李绍卿<sup>[14]</sup> 利用长碳链季铵盐 CTMAB，研究了钍-偶氮氯磷 III 的显色反应。可生成紫兰色三元络合物，并用异戊醇-苯混合有机溶剂萃取该络合物，可用于分光光度法测钍。结果表明，灵敏度高，试剂空白小，而且选择性高，干扰元素少， $\epsilon_{max}$  可达  $1.6 \times 10^5$ 。可稳定 6 h 以上。其它伴生元素在对萃取钍时无影响，只有 Zr 大于  $30 \mu g$  时才干扰测定，但可用 7% 的  $K_2HPO_4$  进行掩蔽。

华东师范大学化学系合成的新型显色剂对溴偶氮氯磷(CPA-PB)，化学名称为 2-(4-氯-2-磷酸基苯偶氮)-7-(4-溴苯偶氮)-1,8-二羟基-3,6-二磺酸，其结构式是：



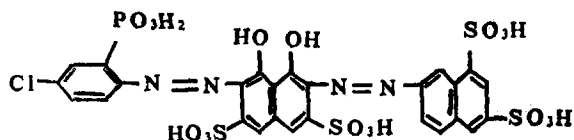
吴斌才等人<sup>[15]</sup> 研究了在阳离子表面活性剂 CTMAB 存在下，钍-对溴偶氮氯磷的显色反应，该体系的摩尔吸光系数高达  $2.96 \times 10^5$ ，而其二元络合物  $\epsilon$  值只有  $8.4 \times 10^4$ 。可见，由于 CTMAB 的加入，灵敏度提高了 2 倍，而且选择性亦好，某些常见的离子允许量超过钍-对溴偶氮氯磷二元络合物。该体系允许的共存离子量如下（以 mg 表示）： $Pb^{2+}$ (2)， $Bi^{3+}$ (5)， $Cd^{2+}$ (8)， $Sb^{V}$ (4)， $Ca^{2+}$ (4)， $Mg^{2+}$ (1.5)， $Sr^{2+}$ (1.0)， $Ba^{2+}$ (0.5)， $V(V)$ (2.5)， $Ti^{4+}$ (0.12)， $Fe^{3+}$ (0.8)， $Co^{2+}$ (3.5)， $Ni^{2+}$ (3)， $Cr^{3+}$ (5)， $Mn^{2+}$ (10)， $Cu^{2+}$ (2.0)， $Al^{3+}$ (0.8)， $Mn(VI)$ (0.5)， $Nb(V)$ (1.2)， $Zr^{4+}$ (1.0)， $W(VI)$ (0.1)， $UO_2^{2+}$ (0.05)， $NH_4^+$ (18)，但 Ce，Y 干扰严重。

偶氮氯磷-mA 也是华东师范大学化学系合成的显色剂。薛光<sup>[16]</sup> 选用这种显色剂测钍，当加入溴化十六烷基吡啶时，钍与偶氮氯磷-mA 形成深兰色络合物。该络合物的最大吸收波长在 700 nm， $\epsilon_{max}$  为  $1.5 \times 10^5$ ，而未加溴化十六烷基吡啶(CPB)时，二元络合物  $\lambda_m$  为 680 nm，二者相比，波长红移 20 nm，三元体系可稳定 12 h 以上，但在硝酸介质中则不稳定，CPB 易析出沉淀。而在硫酸、盐酸介质中均可，以盐酸介质为最佳，其  $K_{不稳} = 1.75 \times 10^{-16}$ 。由于 CPB 的存在，其干扰离子的允许量如下（以 mg 表示）： $Mg^{2+}$ (2)； $Fe^{3+}$ ， $Al^{3+}$  为 (1.5)； $Cr(VI)$ ， $Zn^{2+}$ ， $Cd^{2+}$  为 (1.2)； $Mn^{2+}$ ， $W(VI)$ ， $Mo(VI)$  为 (0.7)； $Zr(VI)$  (0.2)； $Ca^{2+}$ (0.05)； $Ti^{4+}$ (0.05)； $U(VI)$ (0.03)； $Ce^{3+}$ (0.05)； $La^{3+}$ (0.05)； $Y$ (0.05)； $F^-$ (0.5)； $PO_4^{3-}$ (5)。在此范围内这些离子均不干扰测定。

宋金如等人<sup>[17]</sup> 研究了钍-偶氮氯磷-mN-CTMAB 三元体系，确定了显色反应的最佳条件。在 0.5 mol/l 盐酸介质中，Th-CPA-mN-CTMAB 生成紫色络合物，Th-CPA-

mN 络合比为 1:5。最大吸收波长 675 nm，摩尔吸光系数为  $1.22 \times 10^5$ 。他们<sup>[17]</sup>发现加入 CTMAB 后，不但具有增敏作用，而且对 U(VI)、Ce(IV) 的干扰有一定的抑制作用。至于 Zr, Fe 的干扰，可用草酸、抗坏血酸和 EDTA 掩蔽，该试剂具有较高的选择性。如用  $\text{Na}_2\text{O}_2$  溶矿，三元醇胺和 EDTA 提取，可不经分离直接测定矿石中的微量钍，是一种简便快速的好方法。

新的钍显色剂-氨基 G 酸偶氮氯膦<sup>[18]</sup>是 1980 年武汉大学化学系合成的，化学名称 2-[2-(5-氯苯磷酸)偶氮]-7-[2-(6,8-萘二磺酸)偶氮]-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸，结构式是：



从试剂结构可以看出该显色剂的分子截面积足够大并易于激发，而且试剂母体结构上含有四个非常亲水的磺酸基，该基团有利于形成胶束增溶络合物，分析功能团中的磷酸基，能使试剂与钍在强酸性溶液中发生选择性的反应。刘然等人<sup>[19]</sup>研究了在十四烷基吡啶存在下，钍-氨基 G 酸的显色条件，在 2 mol/l HCl 介质中，该三元络合物具有较高的灵敏度， $\epsilon_{\text{max}} = 1.88 \times 10^5$ ，最大吸收波长在 700 nm，而显色剂的最大吸收波长位于 540 nm，对比度达 160 nm。反应速度较快，具有较高的选择性，尤其对 Zr, Ti 的允许量均优于偶氮膦 III<sup>[20]</sup>和偶氮氯膦 III<sup>[14]</sup>，可分别为 0.35, 0.70 mg。络合物可稳定 3 h 以上。它是胶束增溶分光光度法测钍的理想试剂。

后来许多作者<sup>[19,21-23]</sup>进行了试验工作，对复杂样品分别采用  $\text{N}_{268}$  大孔型吸附树脂； $\text{P}_{350}$ 、 $\text{DA}_{201}$  萃取反相色层，PMBP-苯萃取等分离技术，使该显色剂广泛应用于矿石中微量钍的测定。

在表面活性剂存在下与钍及显色剂反应最灵敏的是对溴偶氮氯膦和氨基 G 酸偶氮氯膦，它们的摩尔吸光系数可分别达  $2.76 \times 10^5$  和  $1.88 \times 10^5$ ，是目前国内外文献报道的一种灵敏度极高，选择性优良的钍的新型显色剂。后者已广泛用于科研和生产中。

综上所述，可以看出胶束增溶分光光度法与未加表面活性剂的二元络合物或螯合物相比具有灵敏度高，稳定性好，反应速度快，对比度大，摩尔吸光系数一般可达  $10^5$  数量级等优点。胶束增溶分光光度法所显示的这些优越性毋庸置疑它是分光光度法中提高测钍的灵敏度、选择性、稳定性和反应速度行之有效的方法。但在理论和实际上还未完全掌握规律，对于其反应机理还有待于进一步深入研究。尽管至今已建立了四种理论模型<sup>[24]</sup>，即胶束增溶模型、离子缔合模型、协同微扰模型，胶束催化模型，但仍需更进一步完善，弄清其机理，使胶束增溶分光光度法更广泛地应用于生产和科研。

### 参 考 文 献

- [1] Chavanne, P. et al., *Anal. Chem. Acta*, 19, 377(1958).
- [2] 戚文彬等，多元络合物分光光度法论文摘要汇集，019(1981)。
- [3] 林智信等，同上，001(1981)。
- [4] 沈含熙等，分析化学，12(6)，552(1984)。

- [ 5 ] Braude E.A., *J.Chem.Soc.*, 379(1950).
- [ 6 ] 伊夫捷莫娃, 国外放射性地质, (2), 70(1975)。
- [ 7 ] 四条好雄等, 分析化学(日), 18(4), 469(1969)。
- [ 8 ] 石田良荣, 日化, 86(11), 1169(1965)。
- [ 9 ] 四条好雄等, 分析化学(日), 22(11), 1489(1973)。
- [10] 史慧明等, 分析化学, 11(11), 826(1983)。
- [11] Ramakrishna T.V.et al., *Talanta*, 26(6), 499(1979)。
- [12] 薛 光, 分析化学, 12(10), 928(1984)。
- [13] Yamamoto T., *Anal.Chim.Acta*, 63, 65(1973)。
- [14] 李绍卿, 分析化学, 4(6), 430(1976)。
- [15] 吴斌才等, 理化检验(化学分册), 21(4), 202(1985)。
- [16] 薛 光, 冶金分析, 5(2), 12(1985)。
- [17] 宋金如等, 华东地质学院学报, 8(1), 67(1985)。
- [18] 陈震华等, 化学试剂, 4(3), 169(1982)。
- [19] 刘 然等, 放射性地质, (4), 60(1984)。
- [20] 杨振周, 矿石岩石的钍钍化学分析, 243(1980)。
- [21] 丁渝燕等, 新型钍显色剂氨基 G 酸偶氮磷鉴定会资料汇编, 16(1983)。
- [22] 廖克敏等, 同上, 21(1983)。
- [23] 信文瑞等, 同上, 35(1983)。
- [24] 何锡文等, 分析实验室, (1), 7(1985)。

(编辑部收到日期: 1985 年 10 月 23 日)

## THE APPLICATION OF MICELLE SOLUBILIZATION PHOTOSPECTROMETRY IN THE DETERMINA- TION OF THORIUM

PENG CHANGHAI    ZENG XIAOMING

(Laboratory 304 of the Midsouthern Bureau of Geological Survey)

### ABSTRACT

In this review article the characteristics of the analytical method of Th by means of micelle solubilization photospectrometry are described and the mechanism of the solubilization and chemical reactions involved is discussed. Also the various color-developing reagents that have been used for this determination are described and compared.