

# 硫酸铈滴定液浓度标定的测量不确定度评定

黎雪清<sup>1,2\*</sup>, 张力扬<sup>1,2</sup>, 杨敏<sup>1,2</sup>, 王铁杰<sup>1,2</sup>, 郑党儿<sup>3</sup>(1.深圳市药品检验研究院, 广东深圳 518057; 2.深圳药品质量标准重点实验室, 广东深圳 518057; 3.广州铁路集团公司中心计量所, 广州 510080)

中图分类号 R927.11 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2016)21-2985-03  
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2016.21.34

**摘要** 目的:建立硫酸铈滴定液(0.1 mol/L)浓度标定的测量不确定度评定方法。方法:分析硫酸铈滴定液浓度标定的不确定度来源,建立测量模型,对其标定过程中各不确定度的分量进行分析评估,计算扩展不确定度。结果:硫酸铈滴定液(0.1 mol/L)浓度标定的扩展不确定度为0.000 5 mol/L,其浓度可表示为(0.101 2±0.000 5)mol/L,包含因子 $k=2$ 。结论:该方法适用于硫酸铈滴定液浓度标定的测量不确定度评定。

**关键词** 硫酸铈滴定液;浓度;标定;测量不确定度;评定

## Evaluation of Uncertainty for Concentration Calibration of Cerous Sulfate Titration Solution

LI Xueqing<sup>1,2</sup>, ZHANG Liyang<sup>1,2</sup>, YANG Min<sup>1,2</sup>, WANG Tiejie<sup>1,2</sup>, ZHENG Dang'er<sup>3</sup>(1.Shenzhen Institute for Drug Control, Guangdong Shenzhen 518057, China; 2.Shenzhen Key Laboratory of Drug Quality Standard Research, Guangdong Shenzhen 518057, China; 3.Center Measurement of Guangzhou Railway Group Company, Guangzhou 510080, China)

**ABSTRACT** OBJECTIVE: To establish a method for the evaluation of the uncertainty for the concentration calibration of Cerous sulfate titration solution (0.1 mol/L). METHODS: The sources of uncertainty of Cerous sulfate titration solution was analyzed, and measurement model was established to evaluate the components of uncertainty and calculate the expanded uncertainty. RESULTS: The expanded uncertainty of Cerous sulfate titration solution (0.1 mol/L) was 0.000 5 mol/L and the concentration was (0.101 2±0.000 5) mol/L, coverage factor  $k=2$ . CONCLUSIONS: The method is suitable for the uncertainty evaluation for the concentration calibration of Cerous sulfate titration solution.

**KEYWORDS** Cerous sulfate titration solution; Concentration; Calibrate; Uncertainty; Evaluation

经 ACQUITY 型 UPLC 仪的二极管阵列检测器扫描欧前胡素和异欧前胡素的单一对照品溶液,通过各自的紫外吸收曲线可知欧前胡素和异欧前胡素分别在 301、248 nm 波长处有最大吸收,且发现欧前胡素在 248 nm 波长处的吸收也较好,而流动相在此波长处对吸收并无干扰。故参考相关文献<sup>[6]</sup>,最终选择 248 nm 作为本试验的测定波长。

### 3.3 流动相的选择

参考相关文献<sup>[5-7]</sup>,以甲醇-水为流动相,探索其最佳比例。结果发现,按照“2.1”项下的流动相比比例进行洗脱可获得较好的效果,欧前胡素和异欧前胡素与相邻成分分离度好,且峰形对称;同时,考虑到中成药组分复杂,为避免各成分的相互干扰,并保护色谱柱,在异欧前胡素出峰后加大甲醇比例进行洗脱,以保证测定结果的准确性。

综上所述,本方法准确、快速、可靠,可用于同时测定清眩片中欧前胡素和异欧前胡素的含量。

### 参考文献

- [1] 张秋玲,黄志豪.清眩片质量标准研究[J].国际医药卫生导报,2012,18(4):549.
- [2] 周爱德,李强,雷海民.白芷化学成分的研究[J].中草药,2010,41(7):1 081.
- [3] 王梦月,贾敏如,马逾英,等.白芷中四种线型呋喃香豆素

类成分药理作用研究[J].天然产物研究与开发,2010,22(3):485.

- [4] 郑辉,王德才.白芷的药理作用与临床应用研究进展[J].医药导报,2009,28(1):83.
- [5] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].2015年版.北京:中国医药科技出版社,2015:1 555.
- [6] 许慧君,吉祥,陈钟,等.HPLC-MS 同时测定清眩片中7种香豆素类成分的含量[J].中国药学杂志,2011,46(19):1 526.
- [7] 何鸽飞,易爱纯,张顺芝.高效液相色谱法测定清眩片中欧前胡素和异欧前胡素的含量[J].中南药学,2010,8(1):30.
- [8] 阳文武,郭娅,张德伟,等.GC 法测定清眩片中薄荷脑的含量[J].药学研究,2014,33(8):444.
- [9] Kumar A, Saini G, Nair A, Sharma R, et al. UPLC: a preeminent technique in pharmaceutical analysis[J]. Acta Pol Pharm, 2012,69(3):371.
- [10] 汤文伟,沈志滨,尹永芹,等.UPLC 测定香鳞毛蕨中绵马素 BB 的含量[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(10):51.
- [11] 杨义芳.超高效/高分离度快速/超快速液相色谱在中药及其制剂研究中的应用[J].中草药,2008,39(8):1 259.

(收稿日期:2015-07-30 修回日期:2016-04-12)

(编辑:刘柳)

\* 主管药师,硕士。研究方向:药品检验和标准。电话:0755-26031762。E-mail:lixueqing-1987@163.com

测量不确定度简称不确定度,是根据所用到的信息,表征赋予被测量值分散性的非负参数<sup>[1]</sup>。硫酸铈滴定液是药品检验中常用的滴定液,为《中国药典》2010年版(第一增补本)<sup>[2]</sup>修订内容之一,并被载于《中国药典》2015年版(四部)<sup>[3]</sup>。标准修订后,其“标定”项下基准试剂三氧化二砷替换为草酸钠,且相应标定方法亦被完全替换。经查阅大量文献资料,目前暂无对标准修订后的该滴定液品种浓度标定的测量不确定度进行评定的报道。为分析新修订的标准下硫酸铈滴定液浓度标定的测量不确定度的所有来源,提高该滴定液浓度数据的可信度,本研究按照《中国药典》2015年版(四部)方法配制和标定硫酸铈滴定液(0.1 mol/L),参考JJF 1059.1-2012<sup>[4]</sup>及其他相关文献资料<sup>[5-7]</sup>对硫酸铈滴定液浓度标定的各不确定度分量进行分析评估,建立了其浓度标定的测量不确定度评定方法。

## 1 材料与试验环境

### 1.1 仪器

XS204 电子天平(瑞士梅特勒-托利多公司,分度值:0.1 mg);滴定管(50 ml,A级)。

### 1.2 试剂

草酸钠(基准试剂,天津市化学试剂研究所,批号:20020725,纯度范围:99.95%~100.05%);硫酸铈、硫酸和盐酸均为分析纯,水为自制纯化水。

### 1.3 试验环境

环境温度:21.6℃。

## 2 试验方法与结果

### 2.1 配制及标定方法

配制:取硫酸铈 42 g,加含有硫酸 28 ml 的水 500 ml,加热溶解,放冷,加水适量使成 1 000 ml,摇匀。

标定:取于 105℃干燥至恒重的基准草酸钠约 0.2 g,精密称定,加水 75 ml 使溶解,加硫酸溶液(取硫酸 20 ml 加入水 50 ml 中混匀,放冷)6 ml,边加边振摇,加盐酸 10 ml,加热至 70~75℃,用本液滴定至溶液呈微黄色。每 1 ml 硫酸铈滴定液(0.1 mol/L)相当于 6.700 mg 的草酸钠。

硫酸铈滴定液(0.1 mol/L)浓度计算公式为:

$$C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4} \times P_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4} \times 0.1}{V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2} \times 10^{-3} \times T} = 100 \cdot \frac{m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot P_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2} \cdot T}$$

式中, $C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$ 为硫酸铈滴定液的浓度,单位:mol/L; $m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}$ 为草酸钠的质量(称样量),单位:g; $P_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}$ 为草酸钠的纯度,单位:%; $V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$ 为滴定过程消耗硫酸铈滴定液的体积,单位:ml; $T$ 为 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的当量系数,即每 1 ml 硫酸铈滴定液(0.1 mol/L)相当于草酸钠的量,单位:mg/ml。

### 2.2 标定结果

初标者和复标者两人根据“2.1”项下标定方法分别标定 3 份样品,标定结果见表 1。

表 1 硫酸铈滴定液浓度的标定结果

Tab 1 Results of determination for Cerous sulfate titration solution

操作者	$m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}$ ,g	$P_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}$ ,%	$T$ ,mg/ml	$V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$ ,ml	$C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$ ,mol/L	$\bar{C}_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$ ,mol/L
初标者	0.204 0	100.00	6.700	30.11	0.101 12	0.101 2
	0.204 3			30.11	0.101 27	
	0.202 8			29.87	0.101 33	
复标者	0.203 6			30.03	0.101 19	
	0.205 0			30.23	0.101 21	
	0.196 6			29.01	0.101 15	

## 3 测量不确定度评定

### 3.1 测量不确定度来源分析

测量不确定度来源用因果图表示,详见图 1 和图 2(注: $C'_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$ 为考虑复现性修正量后硫酸铈滴定液的实际浓度,单位:mol/L; $R$ 为复现性修正量,单位:mol/L;其余符号和含义参见“2.1”项)。

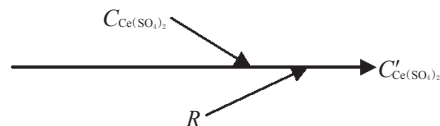


图 1 加入 R 后的  $C'_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$  的测量不确定度来源因果图

Fig 1 Uncertainty sources causality diagram of  $C'_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$  after addition of R

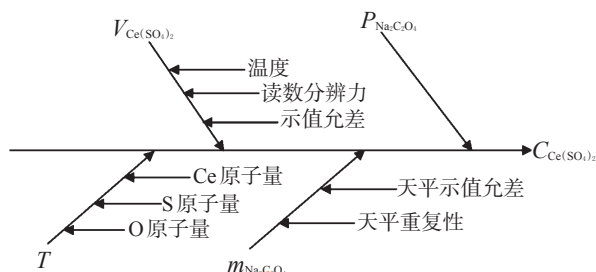


图 2  $C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$  的测量不确定度来源因果图

Fig 2 Uncertainty sources causality diagram of  $C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$

### 3.2 测量数学模型

依据测量不确定度来源分析,整个测量过程的复现性不可忽略,由此确定测量数学模型为: $C'_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2} = C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2} + R$ ,其中  $C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$  的计算公式参见“2.1”项。

### 3.3 $C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$ 的标准不确定度 $u(C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$

3.3.1  $m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}$  的相对标准不确定度  $u_{\text{rel}}(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4})$   $u(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4})$  由天平允差的标准不确定度  $u_1(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4})$  和天平称量重复性的标准不确定度  $u_2(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4})$  合成。

(1)  $u_1(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4})$ 。草酸钠质量约为 0.2 g,查所用电子天平检定证书,量程为 0~50 g 的允差绝对值为 0.5 mg,认为呈矩形分布,则  $u_1(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.289 \text{ mg}$ 。

(2)  $u_2(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4})$ 。依据 JJG 1036-2008<sup>[8]</sup>规定:“5.5.2 重复性:同一载荷多次称量结果间的差值,不得超过相应载荷最大允许误差的绝对值。”量程为 0~50 g 的重复性限值为 0.5 mg,认为呈矩形分布,则  $u_2(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.289 \text{ mg}$ 。

(3)  $u_{\text{rel}}(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4})$ 。 $u(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4})$  由 2 个分量线性叠加,故  $u_{\text{rel}}(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}) = \frac{\sqrt{u_1^2(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}) + u_2^2(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)}}}{m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}} = \frac{\sqrt{0.289^2 + 0.289^2}}{0.2 \times 10^3} = 2.04 \times 10^{-3}$ 。

3.3.2  $P_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}$  的相对标准不确定度  $u_{\text{rel}}(P_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4})$  基准试剂草酸钠瓶签上标示含量数值范围以质量分数表示为 99.95%~100.05%,标定结果计算使用质量分数数值为 100.00%,即可以认为: $P = 100.00\% \pm 0.05\%$ ,分布半宽为 0.05%,按矩形分布, $k = \sqrt{3}$ ,则  $u(P_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}) = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} = 0.0289\%$ ,  $u_{\text{rel}}(P_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}) = \frac{0.289\%}{100.00\%} = 2.89 \times 10^{-4}$ 。

3.3.3  $V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$  的相对标准不确定度  $u_{\text{rel}}(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$   $u(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$  由滴定管最大允差的标准不确定度  $u_1(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$ 、分辨率的标准不确定度  $u_2(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$  和温度影响的标准不确定度  $u_3(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$  合

成。滴定终点判断的分散性可以由  $V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$  的重复测量标准差确定,由于本例在测量模型中考虑了输出量的重复性,故此忽略分量的重复性影响。

(1)  $u_1(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$ 。查 50 ml 滴定管检定证书及根据检定规程 JJG 196-2006<sup>[9]</sup> 规定,使用的滴定管最大允许误差绝对值为 0.05 ml,历年检定结果显示误差均较小,视为三角分布,则

$$u_1(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) = \frac{0.05}{\sqrt{6}} = 0.0204 \text{ ml}$$

(2)  $u_2(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$ 。根据 50 ml 滴定管的最小刻度为 0.1 ml,可估读至最小刻度的 1/2,分辨力为 0.05 ml,视为矩形分布,则

$$u_2(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) = \frac{0.05}{2 \times \sqrt{3}} = 0.0144 \text{ ml}$$

(3)  $u_3(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$ 。试验环境温度为 21.6 °C,与 20 °C 的温差导致的滴定液的体积膨胀大于滴定管的体积膨胀,可只考虑滴定液的体积膨胀,并认为滴定液的体胀系数与水相近。水的体积膨胀系数为 0.000 21 °C<sup>-1</sup>,由表 1 可知  $V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$  约为 30 ml。因此,控温范围产生的体积增量半宽为  $(30 \times 0.000 21 \times 1.6) = 0.010 1 \text{ ml}$ 。因为计算结果时不作温度体积修正,此处将体积变化作为不确定度处理,假设温度导致的体积变化为矩形分布,则

$$u_3(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) = \frac{0.010 1}{\sqrt{3}} = 5.83 \times 10^{-3} \text{ ml}$$

(4)  $u_4(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$ 。由表 1 可知  $V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$  约为 30 ml,  $u(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$

由 3 个小分量线性叠加,故  $u_{\text{rel}}(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) = \frac{u(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})}{V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}}$

$$\frac{\sqrt{u_1^2(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) + u_2^2(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) + u_3^2(V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})}}{V_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}} = \frac{\sqrt{0.0204^2 + 0.0144^2 + (5.83 \times 10^{-3})^2}}{30} = 8.55 \times 10^{-4}$$

3.3.4  $T$  的相对标准不确定度  $u_{\text{rel}}(T)$  每 1 ml 硫酸铈滴定液 (0.1 mol/L) 相当于 6.700 mg 的草酸钠,即滴定度  $T$  为 6.700 mg/ml,但未标明不确定度值。根据《中国药典》2015 年版(四部)<sup>[3]</sup> 附录提供的原子量表,铈(Ce)相对原子量:140.116(1),即标准不确定度为 0.001;硫(S)相对原子量:32.065(5),即标准不确定度为 0.005;氧(O)相对原子量:15.999 4(3),即标准不确定度为 0.000 3。则  $u_{\text{rel}}(T) = \frac{0.1 \times (0.001 + 0.005 \times 2 + 0.000 3 \times 8)}{6.700} = 2 \times 10^{-4}$ 。

3.3.5  $C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$  的标准不确定度  $u(C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$  计算 由“2.1”项下可知  $C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$  的计算公式为相乘形式的模型,各个输入量无关,且依据 JJF 1059.1-2012<sup>[1]</sup> 之公式(29)进行计算,则

$$U_{\text{rel}}(C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}) + u_{\text{rel}}^2(P_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}) + u_{\text{rel}}^2(V_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}) + u_{\text{rel}}^2(T)} = \sqrt{(2.04 \times 10^{-3})^2 + (2.89 \times 10^{-4})^2 + (8.55 \times 10^{-4})^2 + (2 \times 10^{-4})^2} = 2.24 \times 10^{-3}$$

$$u(C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) = u_{\text{rel}}(C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) \cdot C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2} = 2.24 \times 10^{-3} \times 0.1 = 2.24 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

### 3.4 $R$ 的标准不确定度 $u(R)$

由表 1 获取复现性测量数据,并用贝塞尔公式计算标准

$$\text{差,即 } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_{i\text{Ce}(\text{SO}_4)_2} - \bar{C}_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})^2}{n-1}} = 7.76 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

因硫酸铈滴定液的浓度测得值是以 6 份平行样的平均值给出的,故  $u(R) = s/\sqrt{6} = 3.17 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 。

### 3.5 $C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}$ 的合成标准不确定度 $u_c(C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2})$ 计算

由测量数学模型考虑各个输入量无关,则  $u_c(C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) = \sqrt{u^2(C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) + u^2(R)} = \sqrt{(2.24 \times 10^{-4})^2 + (3.17 \times 10^{-5})^2} = 2.3 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 。

### 3.6 给出扩展不确定度 $U$

依据 JJF 1059.1-2012<sup>[1]</sup>,取包含因子  $k=2$ 。按《中国药品检验标准操作规范》<sup>[10]</sup> 规定,滴定液浓度最终测得值保留 4 位有效数字,故  $U$  取 1 位有效数字,则  $U = k \cdot u_c(C_{\text{Ce}(\text{SO}_4)_2}) = 2 \times 2.3 \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 。

### 3.7 报告结果

硫酸铈滴定液(0.1 mol/L)的浓度结果为  $(0.101 2 \pm 0.000 5) \text{ mol/L}$ , 0.000 5 mol/L 为扩展不确定度  $U$  之值,  $k=2$ 。

## 4 讨论

滴定的终点判断的分散性不可忽视且因人而异,但本例已考虑了整个标定过程的复现性,认为终点判断的分散性含于  $u(R)$  之中,故不再对该分散性另作分析评估。

在药品检验工作中,方法的测量不确定度评定应尽可能分析测量不确定度的所有可能来源。本研究分析了《中国药典》2010 年版(第一增补本)修订并收载于《中国药典》2015 年版(四部)的硫酸铈滴定液(0.1 mol/L)标定过程测量不确定度的各分量来源,建立了硫酸铈滴定液浓度标定的测量不确定度评定方法。

通过对硫酸铈滴定液浓度标定的测量不确定度评定,可以看出影响该方法结果的因素很多,其中主要的不确定度来源为基准试剂草酸钠的质量和硫酸铈滴定液消耗体积。为提高该滴定液浓度数据的可信度,在规范试验操作、严格控制试验条件的前提下,可通过采取有效措施提高测量值的可靠性,如选择稳定性良好的电子天平,选择质量分数的不确定度值小的基准试剂,选择 A 级经检定并确认符合要求的玻璃量器,以及严格控制试验环境温度等。

## 参考文献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局. 测量不确定度评定与表示: JJF 1059.1-2012 [S]. 2013.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 第一增补本 [S]. 2010 年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 544.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 四部 [S]. 2015 年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 332, 417.
- [4] 国家质量监督检验检疫总局. 化学分析测量不确定度评定: JJF 1135-2005 [S]. 2005.
- [5] 中国合格评定国家认可委员会. 测量不确定度的要求: CNAS-CL07 [S]. 2011.
- [6] 李建新. 滴定液扩展不确定度的评定 [J]. 食品安全质量检测学报, 2015(8): 3 155.
- [7] 李贵森. 药品检验中滴定液标定的不确定度的评估 [J]. 科技与企业, 2014, 22(3): 293.
- [8] 国家质量监督检验检疫总局. 电子天平: JJG 1036-2008 [S]. 2008.
- [9] 国家质量监督检验检疫总局. 常用玻璃量器: JJG 196-2006 [S]. 2006.
- [10] 中国食品药品检定研究院. 中国药品检验标准操作规范 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 501-502.

(收稿日期: 2015-08-25 修回日期: 2016-06-06)

(编辑: 周 箐)