

电池检测不确定度的评定 (II)

王尔贤

(国家轻工业电池质量监督检测中心,江苏 苏州 215006)

Evaluation of uncertainty in the test of batteries (II)

WANG Er-xian

(Battery Quality Supervision and Inspection Center of State Light Industry, Suzhou Jiangsu 215006, China)

中图分类号: TM911; TM912 文献标识码: B 文章编号: 1008-7923(2004)05-0268-03

5 恒电阻放电时间不确定度评定

5.1 测量仪器

原电池大多数的放电试验制式采用恒电阻放电,只有极少数例外。现以 R6P 电池放电试验为例介绍恒电阻放电时间不确定度评定方案,放电制式为 10 Ω 负载电阻,每天放电 1h,终止电压为 0.9 V。试验结果是 1 只电池的放电时间为 2.80h。

IDS 放电系统的主要技术指标:

电压精度不大于 0.25%;

输入阻抗不小于 1 MΩ;

负荷电阻精度不大于 0.5%。

5.2 数学模型

$$T = \frac{C \times R}{\bar{V}}$$

式中: T — 放电时间, h;

C — 电池容量, Ah;

R — 负荷电阻, Ω;

\bar{V} — 平均闭路电压, V。

5.3 不确定度分析

5.3.1 原电池的放电试验是破坏性试验,不能实现重复测量,因此不可能用 n 次放电试验结果评定 A 类不确定度。但是可以先合成各不确定度分量,再合成总不确定度。

5.3.2 闭路电压测量不确定度分量

放电时测得的电压都是闭路电压(即负荷电

压),终止电压是放电终止时的闭路电压。闭路电压的测量不确定度直接影响放电时间测量的精度。如果设备测量闭路电压结果偏高,放电终止时的闭路电压小于规定值,使测得的放电时间偏高。

5.3.3 负荷电阻测量不确定度分量

负荷电阻大,电池的放电时间短,反之则长,因此负荷电阻的不确定度影响放电时间的精度。

5.3.4 时间测量不确定度分量

现代化的放电系统都采用计算机或单片(板)机中的时钟电路计时,并通过时间继电器控制放电电路的通断时间。时间测量(计时)的误差是时钟电路计时误差和继电器吸合与释放时间误差的和,而后的误差远大于前者,是误差的主要来源。实测 IDS 放电系统放电 5 min 的最大绝对误差为 0.10 s,最大相对误差为 0.033%,说明当放电制式为每次放电 5 min 或 5 min 以上时,时间不确定度分量远比闭路电压或负荷电阻的不确定度分量小,可以忽略不计。

5.4 闭路电压不确定度分量评定

A 类不确定度:由直流恒压电源和分压电阻组成的 0.90 V 电源,分次连接至放电系统不同区的 20 个测量点,各测量点测量 1 次电压。将测得的 20 个数据输入本文第 4 节开路电压不确定度的表 3 中,修改成为表 4。电压的平均值为 0.9000 V;平均值的不确定度为 0.00021 V。其自由度为 $\nu = n - 1 = 19$ 。

B 类不确定度:输入彼此独立,按本文 1.4.4 节评定,结果为 0.0013 V,其自由度为无穷大。

收稿日期 2003-07-15

作者简介:王尔贤(1936-),男,江苏省人,高级工程师。

Biography: WANG Er-xian (1936-), male, senior engineer.

表 4 IDS 闭路电压的不确定度

Table 4 Uncertainty of closed-circuit voltage with IDS system

0.901	0.900	0.901	0.899	0.901	0.900	0.901	0.900	0.898	0.901	\bar{x}
0.898	0.900	0.900	0.901	0.900	0.901	0.900	0.900	0.899	0.900	0.9000
$s(V_i) = u_A(V_i) =$				0.00092	$u_A(\bar{V}) = u_A(V_i) / \sqrt{n} =$					0.00021
$u_B(V) = a / \sqrt{3} =$				0.0013	$u_C(\bar{V}) = \sqrt{u_A^2(\bar{V}) + u_B^2(\bar{V})} =$					0.0013

合成不确定度：按本文 1.5 节评定，结果为 0.001 3 V。

相对合成不确定度 按本文 1.4.5 计算。

$$u_{rel}(V) = u_C(V) / V = 0.001 3 / 0.900 = 0.0014, \text{ 即 } 0.14\%.$$

5.5 负荷电阻不确定度分量评定

负荷电阻对每次放电试验是固定不变的，即对每一次放电试验而言，电阻值是常数，因此不存在 A 类不确定度。

B 类不确定度：输入量彼此独立，按本文 1.4.4 节评定。

$$u(R) = a / \sqrt{3} = 0.5\% / \sqrt{3} = 0.29\%$$

相对不确定度 按 1.4.5 节计算。

$$u_{rel}(R) = u(R) / 10 = 0.29\% / 10 = 0.029\%$$

5.6 放电时间不确定度评定

采用 R6P 电池，以 10Ω 间歇放电，每天 1h。

放电时间不确定度主要由闭路电压不确定度分量和负荷电阻不确定度分量组成，这两个不确定度分量是彼此独立，可以按本文 1.5 节合成相对不确定度。

$$u_{rel}(T) = \sqrt{u_{rel}^2(R) + u_{rel}^2(V)} = \sqrt{(0.029\%)^2 + (0.14\%)^2} = 0.14\% \text{ 即 } 0.0014.$$

扩展不确定度 按本文 1.6 节评定。

$$U_{rel}(T) = k \times u_{rel}(T) = 2 \times 0.0014 = 0.0028$$

$$U(T) = \bar{T} \times U_{rel}(T) = 2.80 \times 0.0028 = 0.0078$$

5.7 放电时间不确定度评定报告

R6P 电池 (10 Ω, 1h/d) 检验结果：

放电时间 = (2.80 ± 0.02) h。

6 恒电流放电时间不确定度评定

6.1 测量仪器

二次电池通常采用恒电流制式放电。原电池也有极少的放电制式采用恒电流放电，如 IEC 60086 -

2^[6]中 LR03 和 LR6 电池的放电制式中各有一项恒电流放电。

现以 1 600 mA 金属氢化物镍电池放电性能试验为例^[7]，介绍恒电流放电时间不确定度评定方案，放电制式为 1C₅ 放电，即 1.600 A 放电，终止电压为 1.0 V。1 只电池的试验结果为 1.10h。

BS 9300 二次电池性能检测装置的主要技术指标：

电流精度：(± 0.2% FS) + (± 0.3% RD)；

电压精度：(± 0.2% FS) + (± 0.3% RD)。

6.2 数学模型。

$$T = C / (I \times V).$$

6.3 不确定度分析

6.3.1 二次电池的放电试验虽然是可以重复的，但是同一个电池放电试验结果的重现性极差，因此不能用 n 次放电试验结果评定 A 类不确定度。同样需要先合成各不确定度分量，再合成总不确定度。

6.3.2 闭路电压测量不确定度分量

与 5.3.2 节相同。

6.3.3 电流测量不确定度分量

放电电流直接影响放电时间的长短，因此放电电流的不确定度影响放电时间的不确定度。

6.3.4 时间测量不确定度分量

现代化的二次放电设备多数采用单片 (板) 机中的时钟电路计时和控制时间继电器。二次电池放电都采用连续放电，继电器在放电开始时闭合电路，放电结束时切断电路，放电时间一般较长，因此时间不确定度分量远比闭路电压或电流的不确定度分量小，可以忽略不计。

6.4 闭路电压不确定度分量评定

评定方法与本文 5.4 节基本相同，只有 B 类不确定度评定不同，将测量 1 伏的 20 个数据输入表 4，再修改 B 类不确定度公式，得出的结果在表 5 中。

表 5 BS 9300 闭路电压的不确定度

Table 5 Uncertainty of closed-circuit voltage with BS 9300 system

1.002	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.002	\bar{x}
1.000	1.001	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.0001
$s(V_i) = u_A(V_i) =$				0.00089	$u_A(\bar{V}) = u_A(V_i) / \sqrt{n} =$					0.00020
$u_B = a / k = a / \sqrt{3} =$				0.0040	$u_C(\bar{V}) = \sqrt{u_A^2(\bar{V}) + u_B^2(\bar{V})} =$					0.0040

B 类不确定度评定，由于是用 BS 9300 的 2 V

档测量 1.000 V 电压, 因此, 计算 FS 误差时乘以 2; 计算 RD 误差时乘以 1。

其中:

$$a = V \times 0.002 + \bar{V} \times 0.003$$

$$= 2 \times 0.002 + 1.000 \times 0.003$$

$$= 0.007$$

α 为均匀分布的半宽度, 查常用分布与 k , $u(x_i)$ 表得 $k = \sqrt{3}$, 则 B 类不确定度为 0.004 0。终止电压为 1.000 V, 闭路电压的相对合成不确定度为:

$$u_{rel}(V) = u_c(\bar{V}) / V$$

$$= 0.004 0 / 1.000$$

$$= 0.004 0, \text{即 } 0.40\%$$

6.5 电流不确定度分量评定

恒电流放电时, 仪器控制放电电流的恒定, 电流的量值不参加检测结果的计算, 不必计算 A 类不确定度。放电电流 1.600 A, 电流的不确定度分量评定和电压的不确定度分量评定相似, 可参考 6.4 节。

$$a = I \times 0.002 + \bar{I} \times 0.003$$

$$= 2 \times 0.002 + 1.600 \times 0.003$$

$$= 0.0088$$

$$u_B = a / k$$

$$= a / \sqrt{3}$$

$$= 0.008 8 / \sqrt{3}$$

$$= 0.005 1$$

电流的相对合成不确定度为

$$u_{rel}(I) = u_c(\bar{I}) / I$$

$$= 0.0051 / 1.600$$

$$= 0.0032, \text{即 } 0.32\%$$

6.6 放电时间不确定度评定

采用 1600 mA 金属氢化物镍电池进行放电。

放电时间不确定度主要由闭路电压不确定度分量和电流不确定度分量组成, 这两个不确定度分量是彼此独立的, 因此可以按本文 1.5 节合成相对不确定度。

$$u_{rel}(T) = \sqrt{u_{rel}^2(I) + u_{rel}^2(V)}$$

$$= \sqrt{0.004 0^2 + 0.003 2^2}$$

$$= 0.005 1$$

$$U_{rel}(T) = k \times u_{rel}(T) = 2 \times 0.005 1 = 0.010 2$$

$$U(T) = \bar{T} \times U_{rel}(T) = 1.10 \times 0.010 2 = 0.011$$

6.7 放电时间不确定度评定报告

1600mAh 的 MH-Ni 电池, $1C_5$ 放电, 放电时间 = (1.10 ± 0.02) h。

7 小结

(1) 不确定度的评定是一项新的工作, 初次接触的人可能觉得其繁、杂、乱, 难以下手。笔者的经验是只要精读 JJF 1059, 并多看一些范例, 可以在较短时间内掌握不确定度评定方法。

(2) 通过电池检测项目不确定度的评定, 得出以下结论: 原电池或二次电池检测只要按照国家标准或国际标准要求选用计量仪表, 在规定的环境条件下, 严格按照检验方法操作, 可以得到可靠的检验结果。

(3) 在日常的检验工作中, 当遇到检测数据与产品技术要求接近时, 必须在评定其不确定度后, 再判定合格与否, 以免引起麻烦。

参考文献:

[1] JJF 1059 - 1999, 测量不确定度评定与表示[S].
 [2] Guide to the Expression Uncertainty in Measurement[M]. 1995 (作者提供信息不全).
 [3] 谢国峰, 邢庆子. EXCEL 2000 中文版入门与提高 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1999. 111 - 142.
 [4] GB/T 8897 - 1996, 原电池总则[S].
 [5] IEC 60086 - 1, Primary batteries, part 1: General (Ninth edition) [S].
 [6] IEC 60086 - 2, Primary batteries, part 2: Physical and electrical specifications (10.1 edition) [S].
 [7] GB/T 15100 - 1994, 金属氢化物镍圆柱密封碱性蓄电池总规范[S].