



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106291372 B

(45)授权公告日 2019.02.22

(21)申请号 201610587459.5

(22)申请日 2016.07.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106291372 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(73)专利权人 南京工业大学
地址 211816 江苏省南京市浦口区浦珠南路30号

(72)发明人 潘旭海 寇志华 华敏 季豪

(74)专利代理机构 无锡万里知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 32263

代理人 王传林

(51)Int.Cl.

G01R 31/392(2019.01)

G01R 31/389(2019.01)

(56)对比文件

- CN 103954913 A, 2014.07.30,
- CN 103778280 A, 2014.05.07,
- CN 103926536 A, 2014.07.16,
- CN 102778653 A, 2012.11.14,
- CN 103698710 A, 2014.04.02,
- JP 特开2009-210477 A, 2009.09.17,
- CN 103399276 A, 2013.11.20,
- 刘大同 等. 锂离子电池健康评估和寿命预测综述.《仪器仪表学报》.2015,第36卷(第1期),第1-16页.

审查员 冉祎

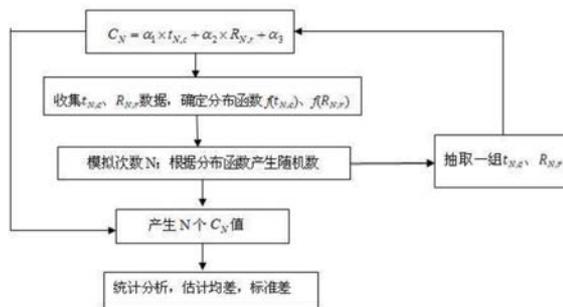
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法

(57)摘要

本发明公开了一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,步骤为:抽取实验样品,确定样品电池的额定容量和电池的额定内阻,分别设置不同的环境温度、放电倍率以及放电深度三种影响因素,测量电池内阻在单一因素影响下和两两耦合因素下的增长速率,建立校正因子数据库,利用曲线拟合方法确定电池内阻的三个校正因子,并通过实时采集恒流充电时间,利用三个校正因子和电池的额定内阻获得实时变化的电池内阻,采用蒙特卡洛方法预测电池剩余寿命。本发明能够较为准确地反应电池容量随循环次数的变化趋势,而且能够确保锂离子动力电池剩余寿命估算的准确性和快速性,能够有效指导电池的合理使用和维护保养工作。



1. 一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,其特征在于包括如下步骤:

S1、对同一批次电池进行随机抽样,抽取实验样品;

S2、确定样品电池的额定容量和电池的额定内阻;

S3、分别设置不同的环境温度、放电倍率以及放电深度三种影响因素,测量电池内阻在单一因素影响下的增长速率,然后将以上三种影响因素两两耦合,测量电池在多因素影响下的增长速率,建立三种影响因素两两耦合的校正因子数据库,利用曲线拟合方法确定电池内阻的三个校正因子;

S4、通过电池管理系统配备的数据采集设备实时采集恒流充电时间,并计入历史数据中,不断修正三个校正因子的参数;

S5、利用三个校正因子和电池的额定内阻获得实时变化的电池内阻,采用蒙特卡洛方法预测电池剩余寿命。

2. 根据权利要求1所述的一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,其特征在于S2,利用电池测试设备对样品电池进行充放电实验,测量样品电池可放出容量,并计算样品电池可放出容量的平均值作为额定容量;采用直流测试法测量样品电池的内阻,并计算平均值作为额定内阻。

3. 根据权利要求2所述的一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,其特征在于所述的电池测试设备为电池充放电检测仪。

4. 根据权利要求1所述的一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,其特征在于S3中,校正因子 α_1 、 α_2 、 α_3 的计算公式如下:

$$\alpha_i = \frac{F}{\sum_i \lambda_i} = \frac{1}{1 + \Delta}$$

$$\Delta = \frac{\sum_i \lambda_i - F}{F}$$

式中: Δ 为耦合误差; λ_i 为不同影响因素下电池内阻的变化率; F 为单一因素两两耦合后电池内阻的变化率; α_1 为环境温度与放电倍率耦合的校正因子; α_2 为环境温度与放电深度耦合的校正因子; α_3 为放电倍率与放电深度耦合的校正因子。

5. 根据权利要求4所述的一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,其特征在于S5中,电池内阻 R_N 的计算公式如下:

$$R_N = (1 + \lambda_{N,R})^{N/10} R_0$$

$$\lambda_{N,R} = \frac{\alpha_1}{2} (\lambda_{N,T} + \lambda_{N,D}) + \frac{\alpha_2}{2} (\lambda_{N,T} + \lambda_{N,S}) + \frac{\alpha_3}{2} (\lambda_{N,S} + \lambda_{N,D})$$

式中: R_0 为电池额定内阻; $\lambda_{N,T}$ 为随循环次数变化的环境温度, $\lambda_{N,D}$ 为随循环次数变化的电池放电倍率, $\lambda_{N,S}$ 为随循环次数变化的放电深度。

6. 根据权利要求4所述的一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,其特征在于S5中,某时刻的电池剩余容量 C_N 计算公式为:

$$C_N = \beta_1 \times t_{N,c} + \beta_2 \times R_{N,R} + \beta_3$$

式中: $t_{N,c}$ 为随循环次数变化的恒流充电时间; $R_{N,R}$ 为随循环次数变化的电池内阻; β_1 、 β_2 、 β_3 为特征参数。

7. 根据权利要求6所述的一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,其特征在于根据电池剩余容量计算,得出剩余容量随循环次数的变化趋势图,求得当剩余容量为81%时的循环次数 N_p ,电池剩余循环次数即电池的剩余寿命:

$$N_{ru1} = N_p - N_a$$

式中: N_{ru1} 为剩余循环次数; N_p 为到达电池剩余容量门限值时的循环次数; N_a 为已经完成的循环次数。

8. 根据权利要求6所述的一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,其特征在于S5中,所述的蒙特卡洛方法预测电池剩余寿命,其步骤为:

S51、利用S4中收集电池内阻 R_N 与恒流充电时间 t_N 的数据,采用概率统计法分别计算其分布函数 $f(R_{N,C})$ 和 $f(t_{N,C})$;

S52、确定模拟次数 N ,根据分布函数产生随机数;

S53、抽取10组电池内阻 R_N 、恒流充电时间 t_N 以及剩余容量 C_N 的实验值,代入电池剩余容量 C_N 计算公式,获得10组特征参数 β_1 、 β_2 、 β_3 ,然后将产生的随机数 R_N 、 t_N 的数据带入模型公式 $SOH = \alpha_1 \times t_{N,C} + \alpha_2 \times R_{N,R} + \alpha_3$ 中,计算电池剩余容量 C_N 的预测值,最后计算预测值与实验值的相对误差,选取相对误差最小的1组特征参数,确定为最优参数;

S54、循环S52,并根据S53中确定的最优参数,计算电池的剩余容量 C_N 的预测值,通过电池的剩余寿命公式计算电池的剩余寿命。

一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电池管理技术领域,特别是涉及一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法。

背景技术

[0002] 随着社会经济的日益发展,能源需求进一步提高,新能源技术的呼声越来越高,目前在汽车行业中,纯电动汽车和混合动力汽车技术的进一步发展解决了部分能源问题,其中动力电池组是纯电动汽车的动力能源。

[0003] 锂离子动力电池是一种绿色高能充电电池,因其容量高,自放电率低,安全性高,循环寿命长等优点被广泛的用于电子通讯工程、交通和航空航天等领域。然而,锂电池在使用过程中性能的退化会影响仪器设备的正常使用,甚至会造成严重的故障事故。因此,从安全性、可靠性和经济性角度出发,对锂电池剩余使用寿命的监测,实现锂电池长期安全有效的运行,避免灾难性事故的发生尤为重要。

[0004] 锂动力电池作为电动汽车的能量来源,自身的剩余寿命直接影响到纯电动汽车系统的安全性和可靠性。目前,国内外电池剩余寿命预测主要集中在以下两个方面:(1)利用容量衰减机理建立电化学模型。该方法预测精度较高,但是建模过程较为复杂,模型求解不易实现,因此在实际工程中应用不多,比如专利申请号为201310317219.X的一种锂离子动力电池容量估计及剩余循环寿命预测方法;(2)利用曲线拟合、神经网络等数据驱动的方法对锂离子动力电池容量的退化过程进行分析建模,比如专利号为201410833574.7的基于小波降噪和相关向量机的锂电池剩余寿命预测方法。该类方法将单调递增的循环次数作为模型参数,但是锂离子动力电池却是一种动态、非线性的电化学系统,在运行时很容易受到外部环境以及自身负荷影响,从而导致在某种工况下可能会出现电池性能由坏变好的现象。因此,以循环次数作为剩余寿命预测参数不能准确反应电池在实际使用过程中的能量输出量以及损失量,预测精度不高。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,该方法能够较为准确地反应电池容量随循环次数的变化趋势,而且能够确保锂离子动力电池剩余寿命估算的准确性和快速性,能够有效指导电池的合理使用和维护保养工作。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明所采取的技术方案是:1、一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,其特征在于包括如下步骤:

[0007] S1、对同一批次电池进行随机抽样,抽取实验样品;

[0008] S2、确定样品电池的额定容量和电池的额定内阻;

[0009] S3、分别设置不同的环境温度、放电倍率以及放电深度三种影响因素,测量电池内阻在单一因素影响下的增长速率,然后将以上三种影响因素两两耦合,测量电池在多因素影响下的增长速率,建立三种影响因素两两耦合的校正因子数据库,利用曲线拟合方法确

定电池内阻的三个校正因子；

[0010] S4、通过电池管理系统配备的数据采集设备实时采集恒流充电时间，并计入历史数据中，不断修正三个校正因子的参数；

[0011] S5、利用三个校正因子和电池的额定内阻获得实时变化的电池内阻，采用蒙特卡洛方法预测电池剩余寿命。

[0012] 对上述的方法作进一步补充，在S2中，利用电池测试设备对样品电池进行充放电实验，测量样品电池可放出容量，并计算样品电池可放出容量的平均值作为额定容量；采用直流测试法测量样品电池的内阻，并计算平均值作为额定内阻。

[0013] 对上述的方法作进一步补充，所述的电池测试设备为电池充放电检测仪。

[0014] 对上述的方法作进一步补充，S3中，校正因子 α_1 、 α_2 、 α_3 的计算公式如下：

$$[0015] \quad \alpha_i = \frac{F}{\sum_i \lambda_i} = \frac{1}{1 + \Delta}$$

$$[0016] \quad \Delta = \frac{\sum_i \lambda_i - F}{F}$$

[0017] 式中： Δ 为耦合误差； λ_i 为不同影响因素下电池内阻的变化率；F为单一因素两两耦合后电池内阻的变化率； α_1 为环境温度与放电倍率耦合的校正因子； α_2 为环境温度与放电深度耦合的校正因子； α_3 为放电倍率与放电深度耦合的校正因子。

[0018] 对上述的方法作进一步补充，S5中，电池内阻 R_N 的计算公式如下：

$$[0019] \quad R_N = (1 + \lambda_{N,R})^{N/10} R_0$$

$$[0020] \quad \lambda_{N,R} = \frac{\alpha_1}{2} (\lambda_{N,T} + \lambda_{N,D}) + \frac{\alpha_2}{2} (\lambda_{N,T} + \lambda_{N,S}) + \frac{\alpha_3}{2} (\lambda_{N,S} + \lambda_{N,D})$$

[0021] 式中： R_0 为电池额定内阻； $\lambda_{N,T}$ 为随循环次数变化的环境温度， $\lambda_{N,D}$ 为随循环次数变化的电池放电倍率， $\lambda_{N,S}$ 为随循环次数变化的放电深度。

[0022] 对上述的方法作进一步补充，S5中，某时刻的电池剩余容量 C_N 计算公式为：

$$[0023] \quad C_N = \beta_1 \times t_{N,c} + \beta_2 \times R_{N,R} + \beta_3$$

[0024] 式中： $t_{N,c}$ 为随循环次数变化的恒流充电时间； $R_{N,R}$ 为随循环次数变化的电池内阻； β_1 、 β_2 、 β_3 为特征参数。

[0025] 对上述的方法作进一步补充，根据电池剩余容量计算，得出剩余容量随循环次数的变化趋势图，求得当剩余容量为81%时的循环次数 N_p ，电池剩余循环次数即电池的剩余寿命：

$$[0026] \quad N_{rul} = N_p - N_a$$

[0027] 式中： N_{rul} 为剩余循环次数； N_p 为到达电池剩余容量门限值时的循环次数； N_a 为已经完成的循环次数。

[0028] 对上述的方法作进一步补充，S5中，所述的蒙特卡洛方法预测电池剩余寿命，其步骤为：

[0029] S51、利用S4中收集电池内阻 R_N 与恒流充电时间 t_N 的数据，采用概率统计法分别计算其分布函数 $f(R_{N,c})$ 和 $f(t_{N,c})$ ；

[0030] S52、确定模拟次数N，根据分布函数产生随机数；

[0031] S53、抽取10组电池内阻 R_N 、恒流充电时间 t_N 以及剩余容量 C_N 的实验值，代入电池剩

余容量 C_N 计算公式,获得10组特征参数 β_1 、 β_2 、 β_3 ,然后将产生的随机数 R_N 、 t_N 的数据带入模型公式 $SOH = \alpha_1 \times t_{N,c} + \alpha_2 \times R_{N,R} + \alpha_3$ 中,计算电池剩余容量 C_N 的预测值,最后计算预测值与实验值的相对误差,选取相对误差最小的1组特征参数,确定为最优参数;

[0032] S54、循环S52,并根据S53中确定的最优参数,计算电池的剩余容量 C_N 的预测值,通过电池的剩余寿命公式计算电池的剩余寿命。

[0033] 采用上述技术方案所产生的有益效果在于:本发明将电池内阻与恒流充电时间作为模型输入量,将剩余寿命作为输出量,通过电池内阻与恒流充电时间的变化表征电池内部复杂的电化学反应变化,采用蒙特卡洛法确定模型的最佳参数,反应电池真实的运行情况,方法简单、易操作,预测速度快且结果较为精确。

附图说明

[0034] 图1是本发明中蒙特卡洛方法预测电池剩余寿命的流程图;

[0035] 图2是采用蒙特卡洛方法预测电池剩余寿命结果示意图。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0037] 本发明具体涉及一种新的锂离子动力电池剩余寿命预测方法,将电池内阻与恒流充电时间作为模型输入量,将剩余寿命作为输出量,通过电池内阻与恒流充电时间的变化表征电池内部复杂的电化学反应变化,采用蒙特卡洛法确定模型的最佳参数。

[0038] 锂离子动力电池某时刻剩余寿命预测模型采用

$$[0039] \quad C_N = \beta_1 \times t_{N,c} + \beta_2 \times R_{N,R} + \beta_3 \quad (1)$$

[0040] 式中: C_N 为电池剩余寿命, $t_{N,c}$ 为随循环次数变化的恒流充电时间; $R_{N,R}$ 为随循环次数变化的电池内阻; β_1 、 β_2 、 β_3 为特征参数。

[0041] 利用上述预测模型,需要分别计算电池内阻与恒流充电时间,其中电池内阻 R_N 计算公式:

$$[0042] \quad R_N = (1 + \lambda_{N,R})^{N/10} R_0 \quad (2)$$

$$[0043] \quad \lambda_{N,R} = \frac{\alpha_1}{2} (\lambda_{N,T} + \lambda_{N,D}) + \frac{\alpha_2}{2} (\lambda_{N,T} + \lambda_{N,S}) + \frac{\alpha_3}{2} (\lambda_{N,S} + \lambda_{N,D}) \quad (3)$$

[0044] 式中: R_0 为电池额定内阻; $\lambda_{N,T}$ 为随循环次数变化的环境温度, $\lambda_{N,D}$ 为随循环次数变化的电池放电倍率, $\lambda_{N,S}$ 为随循环次数变化的放电深度, α_1 为环境温度与放电倍率耦合的校正因子; α_2 为环境温度与放电深度耦合的校正因子; α_3 为放电倍率与放电深度耦合的校正因子。电池内阻校正因子 α_1 、 α_2 、 α_3 的确定方式是根据大量样本采集的数据,建立数据库,采用曲线拟合的方式获得的,其具体步骤为

[0045] 步骤一:对即将出厂的同一批次电池进行随机抽样,抽取实验样品;

[0046] 步骤二:确定样品电池的额定容量、额定内阻:利用电池容量放电检测仪对样品电池进行充放电实验,测量样品电池可放出容量,并计算样品电池可放出容量的平均值作为额定容量;采用直流测试法测量样品电池的内阻,并计算平均值作为额定内阻;

[0047] 步骤三:分别设置不同的环境温度、放电倍率以及放电深度测量电池内阻在单一因素影响下的增长速率,然后将以上三种影响因素两两耦合,测量电池在多因素影响下的

增长速率,计算校正因子,建立校正因子数据库,计算公式如下:

$$[0048] \quad \alpha_i = \frac{F}{\sum_i^2 \lambda_i} = \frac{1}{1 + \Delta} \quad (4)$$

[0049] 式中: Δ 为耦合误差; λ_i 为不同影响因素下电池内阻的变化率; F 为单一因素两两耦合后电池内阻的变化率,其中,耦合误差 Δ 的计算公式为:

$$[0050] \quad \Delta = \frac{\sum_i^n \lambda_i - F}{F} \quad (5)$$

[0051] 步骤四:利用曲线拟合方法确定方程(5)中的参数 λ_i 、 F ,计算耦合误差 Δ ,并利用方程(4)计算校正因子 α_i ;

[0052] 通过电池管理系统配备的数据采集设备实时采集电池内阻以及恒流充电时间,并计入历史数据中,不断修正三个校正因子的参数;

[0053] 利用三个校正因子和电池的额定内阻获得实时变化的电池内阻,采用蒙特卡洛方法预测电池剩余容量,根据电池剩余寿命计算,得出剩余容量随循环次数的变化趋势图,求得当剩余容量为81%时的循环次数 N_p ,电池剩余循环次数:

$$[0054] \quad N_{rul} = N_p - N_a \quad (6)$$

[0055] 式中: N_{rul} 为剩余循环次数; N_p 为到达电池剩余容量门限值时的循环次数; N_a 为已经完成的循环次数。

[0056] 上述锂离子动力电池剩余寿命预测方法中,蒙特卡洛方法预测电池剩余寿命,其流程图如附图1所示,具体步骤为:

[0057] S51、利用S4中收集电池内阻 R_N 与恒流充电时间 t_N 的数据,采用概率统计法分别计算其分布函数 $f(R_N, c)$ 和 $f(t_N, c)$;

[0058] S52、确定模拟次数 N ,根据分布函数产生随机数;

[0059] S53、抽取10组电池内阻 R_N 、恒流充电时间 t_N 以及剩余容量 C_N 的实验值,代入电池剩余容量 C_N 计算公式,获得10组特征参数 β_1 、 β_2 、 β_3 ,然后将产生的随机数 R_N 、 t_N 的数据带入模型公式 $SOH = \alpha_1 \times t_{N,c} + \alpha_2 \times R_{N,r} + \alpha_3$ 中,计算电池剩余容量 C_N 的预测值,最后计算预测值与实验值的相对误差,选取相对误差最小的1组特征参数,确定为最优参数。

[0060] S54、循环S52,并根据S53中确定的最优参数,计算电池的剩余容量 C_N 的预测值,通过公式6计算电池的剩余寿命。

[0061] 下面给出电池校正因子数据库建立和采用蒙特卡洛法确定模型参数的具体实施例。

[0062] 电池校正因子数据库建立:首先进行循环充放电实验,实验过程按照先充电,然后将电池搁置2小时,随后放电,继续搁置2小时后再充电,经过数次循环后,电池内阻增大,容量衰减,直到剩余容量为4Ah时停止循环。充电机制为1/3恒流恒压充,充电截止电压为4.2V,截止电流为0.02A。实验过程中每1s记录一次电池的实时电压、电流、放出容量等状态参数。然后,通过大量数据分析环境温度、放电倍率以及放电深度三种单一因素以及三种因素两两耦合后对电池内阻的影响。然后,将分别绘制单一因素影响下和耦合后电池内阻随循环次数的变化曲线,计算不同影响因素下电池内阻的变化速率。最后,通过公式(4)计算耦合误差,并根据耦合误差建立不同循环次数下校正因子数据库。

[0063] 通过计算得出,电池内阻在不同因素影响下的增长速率、耦合误差以及校正因子,

计算结果如表1-4所示:

[0064] 表1温度、倍率耦合内阻增加速率

[0065]

循环次数	温度 内阻增加速率	放电倍率 内阻增加速率	温度、倍率耦合内 阻增加速率	耦合误差 (%)
10	0.0057	0.0027	0.009333	-9.97
100	0.00405	0.00283	0.009434	-27.07
200	0.0042	0.00306	0.015175	-52.16
300	0.00434	0.0032	0.017416	-56.7
400	0.00446	0.003517	—	
500	0.00479	0.0036	—	

[0066] 表2温度、深度耦合内阻增加速率

[0067]

循环次数	温度影响下 内阻增加速率	放电深度影响下 内阻增加速率	温度、深度耦合下 内阻增加速率	耦合误差 (%)
10	0.0057	0.00189	0.005174	31.83
100	0.00405	0.00192	0.0039596	33.67
200	0.0042	0.0019	0.002917	36.58
300	0.00434	0.0019	0.002157	39.92
400	0.00446	0.00192	0.001598	48.84
500	0.00479	0.00195	0.0011588	58.31

[0068] 表3倍率、深度耦合内阻增加速率

[0069]

循环次数	放电倍率影响下 内阻增长速率	放电深度影响下 内阻增长速率	倍率、深度耦合下 内阻增长速率	耦合误差 (%)
10	0.0027	0.00189	0.0043446	5.34
100	0.00283	0.00192	0.0044374	7.146
200	0.00306	0.0019	0.00457	8.54
300	0.0032	0.0019	0.004671	9.184
400	0.003517	0.00192	0.0048	13.208
500	0.0036	0.00195	0.00489	13.49

[0070] 表4校正因子计算结果

[0071]

循环次数	T/D 耦合 误差%	校正因子	T/S 耦合误 差%	校正因子	D/S 耦合 误差%	校正因子
10	-9.97	-1.107	31.83	0.7586	5.34	0.9493
100	-27.07	-1.371	33.67	0.7411	7.146	0.933
200	-52.16	-2.090	36.58	0.7322	8.54	0.9213
300	-56.7	-2.3094	39.92	0.7146	9.184	0.9158
400		1	48.84	0.6719	13.208	0.8833
500		1	58.31	0.6316	13.49	0.8811

[0072] 采用蒙特卡洛法确定模型参数:采用概率统计法分别计算电池内阻与恒流充电时间的分布函数。经求解得,电池内阻的均值为 $2.63\text{m}\Omega$,标准差为 0.45 ;恒流充电时间的均值为 2384s ,标准差为 1216 。即电池内阻的正态分布函数为 $f_1 \sim N(2.63, 0.45)$,恒流充电时间的正态分布函数为 $f_2 \sim N(2384, 1216)$,且将电池内阻与对应的恒流充电时间定义为一组数据。本文选取的模拟次数为 10000 。随后,利用正态分布函数产生 10000 组随机参数,标准差和均差采用正态分布函数 $f_1 \sim N$ 、 $f_2 \sim N$ 的值。其中,产生的电池内阻随机参数的取值范围为 2.63 ± 0.045 ,恒流充电时间随机参数取值范围为 2384 ± 1216 。最后,随机选取A组中的 10 组实验值并代入公式(1)中,确定 10 组模型参数;将产生的 10000 组随机参数代入公式中,分别计算预测值和预测值与实验值的相对误差,选取相对误差最小的 10 组预测数据,重新产生正态分布函数 $f \sim N$ 和随机参数,计算预测值与实验数的相对误差,从而确定相应的最优参数,计算结果如表5所示,采用蒙特卡洛方法预测电池剩余寿命的示意图如附图2所示。

[0073] 表5最优模型参数计算结果

[0074]

模型公式	$C_N = \beta_1 \times t_{N,c} + \beta_2 \times R_{N,R} + \beta_3$
参数	$\beta_1=0.00237; \beta_2=-14.41162; \beta_3=121.5$
平均误差	3.18
相关系数	0.99

[0075] 本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

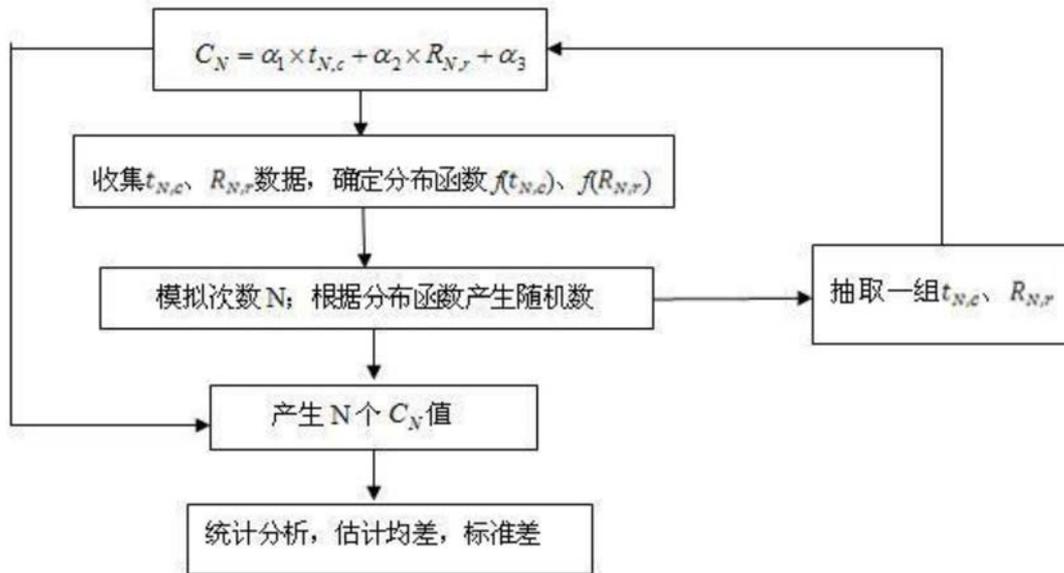


图1

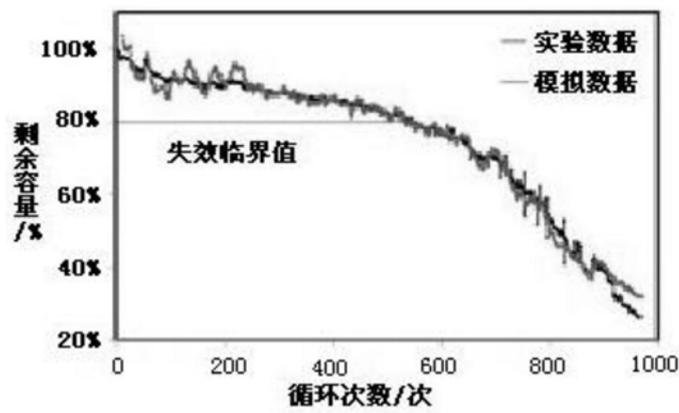


图2