



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113075552 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 01

(21) 申请号 202110298016.5

(22) 申请日 2021.03.19

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113075552 A

(43) 申请公布日 2021.07.06

(73) 专利权人 苏州易来科得科技有限公司  
地址 215000 江苏省苏州市相城区黄桥街  
道旺盛路(苏州智能制造服务产业园A  
栋3楼3033室)

(72) 发明人 陈新虹

(74) 专利代理机构 苏州隆恒知识产权代理事务  
所(普通合伙) 32366  
专利代理师 周子轶

(51) Int. Cl.  
G01R 31/367 (2019.01)

(56) 对比文件

CN 102694207 A, 2012.09.26

CN 107941654 A, 2018.04.20

CN 102456915 A, 2012.05.16

CN 110069890 A, 2019.07.30

CN 108062430 A, 2018.05.22

US 2018342727 A1, 2018.11.29

US 2006127766 A1, 2006.06.15

安富强等. 纯电动车用锂离子电池发展现状  
与研究进展.《工程科学学报》.2019, 第41卷(第1  
期),

Yu S等. Investigation of design  
parameter effects on high current  
performance of lithium-ion cells with  
LiFePO<sub>4</sub>/graphite electrodes.《Journal of  
Applied Electrochemistry》.2012, 第42卷(第6  
期),

审查员 谢佳琪

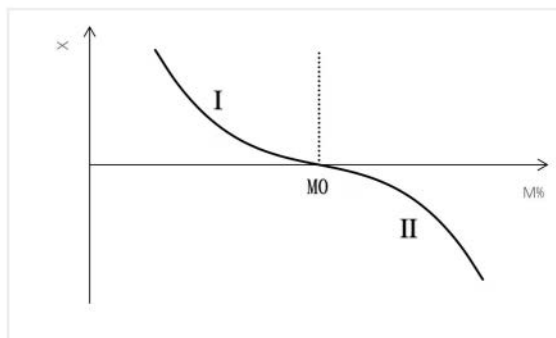
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种电池的作业方法

(57) 摘要

本发明公开了一种电池的作业方法,包括以下  
步骤:获取至少五组电池的导电剂质量分数值  
M1、M2、M3……Mn和与该导电剂质量分数值对  
应的能量密度值E1、E2、E3……En并绘制测试曲线;  
根据所述测试曲线获得测试方程并求得导电  
剂收益敏感因子 $X=dE/dM$ ;通过所述导电剂收益  
敏感因子X计算最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ ;以  
所述最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ 在所述电池内  
设置导电剂的质量。该方法能够准确、简单且快  
速地确定电池内最佳导电剂质量分数值,从而使  
加工形成的电池在同等质量的正极材料中能够  
获得最大能量密度值。



1. 一种电池的作业方法,其特征在于,包括以下步骤:

利用电化学模型或实验法获取所述电池中导电剂质量分数值 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ …… $M_n$ 对应的能量密度值 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ …… $E_n$ ;

以所述导电剂质量分数 $M$ 为横轴,以所述能量密度 $E$ 为纵轴绘制坐标系;

在所述坐标系中标注所述导电剂质量分数值为 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ …… $M_n$ 时所述能量密度值为 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ …… $E_n$ 对应的每一测试点;

根据多个所述测试点拟合测试曲线;

根据所述测试曲线获得测试方程并求导得导电剂收益敏感因子 $X=dE/dM$ ;

在所述导电剂收益敏感因子 $X=0$ 时,求得所述电池中最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ ;

以所述最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ 在所述电池内设置导电剂的质量。

2. 根据权利要求1所述的电池的作业方法,其特征在于:“根据所述测试曲线获得测试方程并求导得导电剂收益敏感因子 $X=dE/dM$ ”具体包括:

求所述测试曲线关于所述能量密度 $E$ 与所述导电剂质量分数 $M$ 之间的所述测试方程;

对所述测试方程一阶求导得所述导电剂收益敏感因子的计算公式 $X=dE/dM$ 。

3. 根据权利要求1所述的电池的作业方法,其特征在于:所述导电剂质量分数=导电剂的质量/正极材料配方的总质量。

4. 根据权利要求1所述的电池的作业方法,其特征在于:至少由所述电池获取五个所述导电剂质量分数值和与其对应的五个所述能量密度值,其中包括所述导电剂质量分数值为零值。

5. 根据权利要求1所述的电池的作业方法,其特征在于:对所述电池获取十个所述导电剂质量分数值和与其对应的十个所述能量密度值,其中包括所述导电剂质量分数值为零值。

6. 根据权利要求1所述的电池的作业方法,其特征在于:所述电化学模型为Newman P2D模型。

7. 根据权利要求1所述的电池的作业方法,其特征在于:所述电化学模型为非均相模型。

## 一种电池的作业方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电池领域,尤其涉及一种电池的作业方法。

### 背景技术

[0002] 锂离子电池是一种二次电池(充电电池),它主要依靠锂离子在正极和负极之间移动进行工作。在充放电过程中, $\text{Li}^+$ 在两个电极之间往返嵌入和脱嵌。充电时, $\text{Li}^+$ 从正极脱嵌,经过电解质嵌入负极,负极处于富锂状态;放电时则相反。

[0003] 由于锂离子电池正极含锂主要材料(称为活性材料)的导电性较差,一般需要在正极材料中掺混一定比例的导电剂,以便于电化学反应中的电子传导,降低电池内阻,提高电池的实际放电容量。常用的导电剂选用碳材料。在添加的导电剂量过少时,导电效果不理想;添加的导电剂量过多时,会降低电池单位质量的能量,使得电池变重、变大。现有电池加工中,工程师通过实验试错法求得锂离子电池中导电剂较为合理的含量,其不够精确,未能使电池获得最大能量密度。且该方法需要花费大量的人力物力,成本高,效率低。

### 发明内容

[0004] 为了克服现有技术中的缺陷,本发明实施例提供了一种电池的作业方法,该方法能够简单快速且准确的确定电池内最佳导电剂质量分数,从而使加工形成的电池在同质量的正极材料中能够获得最大能量密度。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:一种电池的作业方法,包括以下步骤:

[0006] 获取至少五组电池的导电剂质量分数值 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ …… $M_n$ 和与该导电剂质量分数值对应的能量密度值 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ …… $E_n$ 并绘制测试曲线;

[0007] 根据所述测试曲线获得测试方程并求导得导电剂收益敏感因子 $X = dE/dM$ ;

[0008] 通过所述导电剂收益敏感因子 $X$ 计算最佳导电剂质量分数值 $M_{\text{best}}$ ;

[0009] 以所述最佳导电剂质量分数值 $M_{\text{best}}$ 在所述电池内设置导电剂的质量。

[0010] 上述技术方案中,“获取至少五组电池的导电剂质量分数值 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ …… $M_n$ 和与该导电剂质量分数值对应的能量密度值 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ …… $E_n$ 并绘制测试曲线”具体包括:

[0011] 利用电化学模型或实验法获取所述电池中所述导电剂质量分数值 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ …… $M_n$ 对应的所述能量密度值 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ …… $E_n$ ;

[0012] 以所述导电剂质量分数 $M$ 为横轴,以所述能量密度 $E$ 为纵轴绘制坐标系;

[0013] 在所述坐标系中标注所述导电剂质量分数值为 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ …… $M_n$ 时所述能量密度值为 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ …… $E_n$ 对应的每一测试点;

[0014] 根据多个所述测试点拟合测试曲线。

[0015] 上述技术方案中,“根据所述测试曲线获得测试方程并求导得导电剂收益敏感因子 $X = dE/dM$ ”具体包括:

[0016] 求所述测试曲线关于所述能量密度 $E$ 与所述导电剂质量分数 $M$ 之间的所述测试方

程；

[0017] 对所述测试方程一阶求导得所述导电剂收益敏感因子的计算公式 $X=dE/dM$ 。

[0018] 上述技术方案中，“通过所述导电剂收益敏感因子 $X$ 计算最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ ”具体包括：在所述导电剂收益敏感因子 $X=0$ 时，求得所述电池中最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ 。

[0019] 上述技术方案中，所述导电剂质量分数=导电剂的质量/正极材料配方的总质量。

[0020] 上述技术方案中，至少由所述电池获取五个所述导电剂质量分数值和与其对应的五个所述能量密度值，其中包括所述导电剂质量分数值为零值。

[0021] 上述技术方案中，对所述电池获取十个所述导电剂质量分数值和与其对应的十个所述能量密度值，其中包括所述导电剂质量分数值为零值。

[0022] 上述技术方案中，所述电化学模型为Newman P2D模型。

[0023] 上述技术方案中，所述电化学模型为非均相模型。

[0024] 本发明至少具有如下有益效果：

[0025] 1. 本发明中利用电池中导电剂质量分数值与对应的能量密度值绘制测试曲线，由测试曲线求得导电剂质量分数与能量密度之间的关系，进一步得到导电剂收益敏感因子的计算公式，通过导电剂收益敏感因子的计算公式能够精准计算出电池中的最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ ，从而使以此加工形成的电池能够获取最大的能量密度。

[0026] 2. 利用电化学模型进行模拟仿真和并行计算求得电池中导电剂质量分数值对应的能量密度值，可以短时间获得大量的数据点，实现在低成本、高效率下求得电池的最大能量密度值，且有利于电池制造前的研发。

[0027] 为了让本发明的上述和其他目的、特征和优点能更明显易懂，下文特举较佳实施例，并配合所附图式，作详细说明如下。

## 附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0029] 图1是本发明实施例一中测试曲线示意图；

[0030] 图2是本发明实施例一中导电剂质量分数与导电剂收益敏感因子关系曲线示意图；

[0031] 图3是本发明实施例一中导电剂的质量不足时电池内导电通路示意图；

[0032] 图4是本发明实施例一中导电剂的质量最佳时电池内导电通路示意图；

[0033] 图5是本发明实施例二中测试曲线示意图；

[0034] 图6是本发明实施例二中导电剂质量分数与导电剂收益敏感因子关系曲线示意图。

## 具体实施方式

[0035] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完

整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0036] 实施例一:参见图1~4所示,一种电池的作业方法,包括以下步骤:

[0037] 获取至少五组电池的导电剂质量分数值 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ …… $M_n$ 和与该导电剂质量分数值对应的能量密度值 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ …… $E_n$ 并绘制测试曲线;

[0038] 根据所述测试曲线获得测试方程并求导得导电剂收益敏感因子 $X=dE/dM$ ;

[0039] 通过所述导电剂收益敏感因子 $X$ 计算最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ ;

[0040] 以所述最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ 在所述电池内设置导电剂的质量。

[0041] 利用所述电池中所述导电剂质量分数值与对应的所述能量密度值绘制测试曲线,由所述测试曲线求得导电剂质量分数与能量密度之间的关系,进一步得到导电剂收益敏感因子的计算公式,通过导电剂收益敏感因子的计算公式能够精准计算出电池中的最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ ,从而使以此加工形成的电池能够获取最大的能量密度值。

[0042] 所述导电剂质量分数值 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ …… $M_n$ 和与该导电剂质量分数值对应的能量密度值 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ …… $E_n$ 可通过不同的方式获取。如利用数据库查询得到或利用实验法测试得到或利用电化学模型计算得到等。所述实验法具体可通过对所述电池设置不同的所述导电剂质量分数值,测试所述电池在不同的所述导电剂质量分数值下能够获取到的所述能量密度值。优选地,可采用电化学模型计算的方式获取所述导电剂质量分数值 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ …… $M_n$ 与所述能量密度值 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ …… $E_n$ 间的对应数据。

[0043] 所述电化学模型可选用Newman P2D模型、非均相模型等。所述电化学模型以多孔电极理论和浓溶液理论为基础,通过将锂离子电池内部电化学反应动力学、传质、传热等微观过程描述为微分方程,从机理层面描述锂离子电池的充放电行为,精度高、通用性好。利用所述电化学模型进行模拟仿真和并行计算,可以短时间获得大量的数据点,排除实验试错法中人工测试带来的误差。由所述电化学模型求解每一所述导电剂质量分数值对应的所述能量密度值时,所述导电剂质量分数值为输入值,所述能量密度值为输出值。即向所述电化学模型依次输入所述导电剂质量分数值 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ …… $M_n$ ,经所述电化学模型内设的计算公式依次得到对应的能量密度值 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ …… $E_n$ 。

[0044] 以所述导电剂质量分数 $M$ 为横轴,以所述能量密度 $E$ 为纵轴绘制坐标系,如图1所示。所述能量密度 $E$ 的单位为Wh/kg,所述导电剂质量分数 $M$ 的单位为100%。在所述坐标系中标注所述导电剂质量分数值为 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ …… $M_n$ 时所述能量密度值为 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ …… $E_n$ 对应的每一测试点。根据多个所述测试点拟合测试曲线。在所述测试曲线中具有一最高的顶点。由过所述测试曲线的顶点垂直所述横轴绘制分界线,将所述测试曲线分为I阶段,MO点,II阶段。由图1中可知,在I阶段,所述电池的导电剂的质量较少,此时完整的导电通路还没有建立或完成导电通路的实际长度很长,如图3所示。在I阶段所述能量密度值随所述导电剂质量分数值的增加而增加,且其增加幅度逐渐减小。在MO点时,最短导电通路已经建立,如图4所示,所述电池的能量密度值达到最大值,此时对应的所述导电剂质量分数值即为最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ 。在II阶段阶段,所述电池内的导电剂的质量过多,此时最短导电通路已经建立,增加所述导电剂的质量,即增大所述导电剂质量分数值,对电子传输的传输效果已经不大,反而降低了活性材料的质量,降低所述电池单位质量的能量,因此所述能量密

度值开始下降。

[0045] 根据图1所示的所述测试曲线利用软件自动求所述测试曲线关于所述能量密度E与所述导电剂质量分数M之间的测试方程。对所述测试方程一阶求导得所述导电剂收益敏感因子的计算公式 $X=dE/dM$ 。所述导电剂收益敏感因子X为在保持正极材料配方的总质量相等情况下,对所述电池中的导电剂每增加一个单位所能额外获得的能量密度的增量,即 $X=dE/dM$ 。由图1可知,在所述能量密度值随所述导电剂质量分数值增大而增大阶段,对所述测试曲线的一阶求导大于零,且其逐渐减小,即对应的所述导电剂收益敏感因子大于零,且所述导电剂收益敏感因子随所述导电剂质量分数值增大而逐渐减小;在所述能量密度值达到最大值时,对所述测试曲线的一阶求导等于零,即对应的所述导电剂收益敏感因子等于零;在所述能量密度值随所述导电剂质量分数值增大而减小阶段,对所述测试曲线的一阶求导小于零,且其逐渐减小,即对应的所述导电剂收益敏感因子小于零,且所述导电剂收益敏感因子随所述导电剂质量分数值的增大而逐渐减小。由此,可根据图1所示的所述测试曲线绘制所述导电剂质量分数M与所述导电剂收益敏感因子X之间的关系曲线,如图2所示。因此,在所述能量密度值达到最大时,所述导电剂收益敏感因子 $X=0$ ,此时对应的所述导电剂质量分数值为所述最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ 。

[0046] 所述导电剂质量分数=导电剂的质量/正极材料配方的总质量。对于同款所述电池假设其所含有的正极材料配方的总质量相同,即同款所述电池内活性材料质量(含锂主要材料)+导电剂的质量相等。在正极材料配方的总质量已知的情况下,该电池中需要设置的导电剂的质量=最佳导电剂质量分数值 $M_{best}$ \*正极材料配方的总质量,求得具体数值,并以此加工电池。

[0047] 在求解所述最佳导电剂质量分数值时,至少由所述电池获取五个所述导电剂质量分数值和与其对应的五个所述能量密度值。优选地,对所述电池获取十个所述导电剂质量分数值和与其对应的十个所述能量密度值。多个所述导电剂质量分数值中包括选取所述导电剂质量分数值为零值。根据经验所得所述导电剂质量分数值的取值范围优选为0%~5%。

[0048] 实施例二:参见图5~6所示,以下以其中一所述电池的模拟数据对所述电池内导电剂最佳含量求解过程加以说明:

[0049] 设置如表1所示的多个导电剂质量分数值,并由电化学模型求得每一所述导电剂质量分数值对应的能量密度值。

[0050]

序号	输入值M%	输出值E(Wh/kg)
1	0	0
2	0.05	50
3	0.3	110
4	0.5	160
5	1	194
6	1.5	206
7	2.1	187
8	2.5	169
9	3	145

[0051] 表1

[0052] 将所述导电剂质量分数M作为横轴,所述能量密度E作为纵轴绘制坐标系。利用表1所述数据拟合得到所述测试曲线,如图5所示。

[0053] 由所述测试曲线求关于所述能量密度E与所述导电剂质量分数M之间的测试方程,所述测试方程为 $E = -58.462M^2 + 204.15M + 38.322$ 。其可由Excel自动求解所述测试曲线的所述测试方程。

[0054] 对 $E = -58.462M^2 + 204.15M + 38.322$ 进行一阶求导,

[0055]  $dE/dM = -58.462*2M + 204.15$ ,即所述导电剂收益敏感因子

[0056]  $X = dE/dM = -58.462*2M + 204.15$ ,由此绘制所述导电剂质量分数M与所述导电剂收益敏感因子X之间的关系曲线,如图6所示。

[0057] 由 $X = -58.462*2M + 204.15$ 求得 $X = 0$ 时对应的所述导电剂质量分数值为所述最佳导电剂质量分数值 $M_{best} = 204.15 / (58.462*2) = 1.75$ 。

[0058] 因此,所述电池中最佳导电剂质量分数值为1.75%。

[0059] 在已知正极材料配方的总质量及计算得到的所述最佳导电剂质量分数值的情况下可计算出该电池内的最佳的导电剂的质量。

[0060] 本发明中应用了具体实施例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

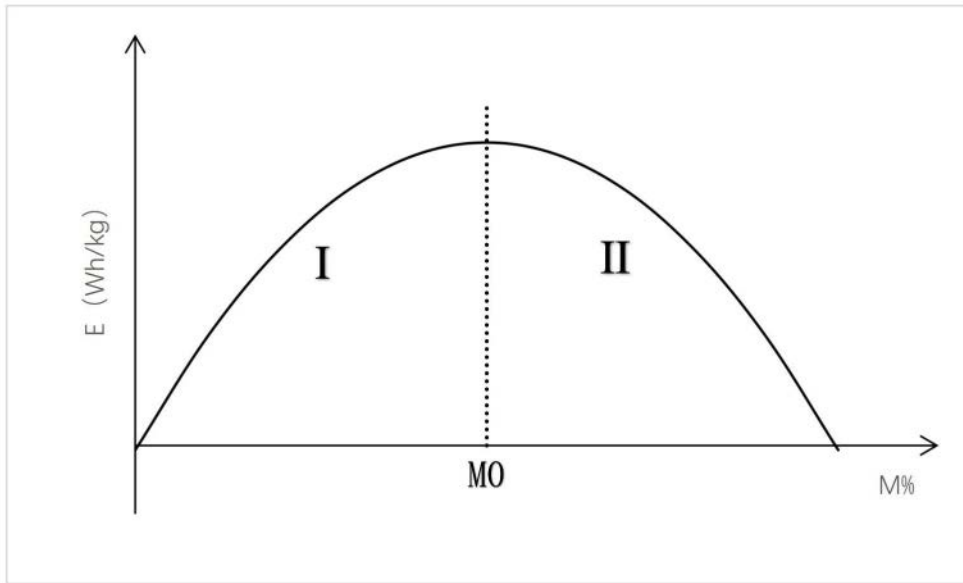


图1

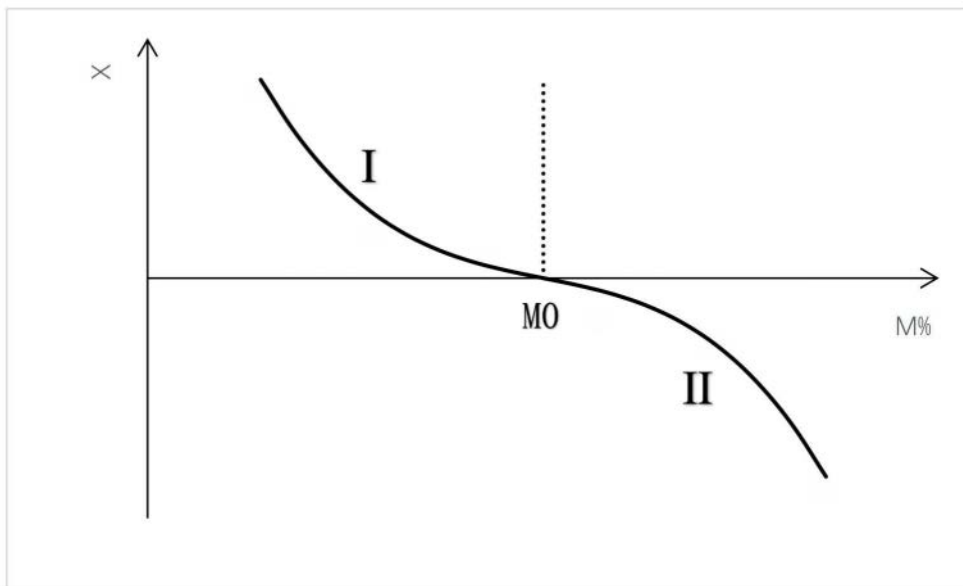


图2

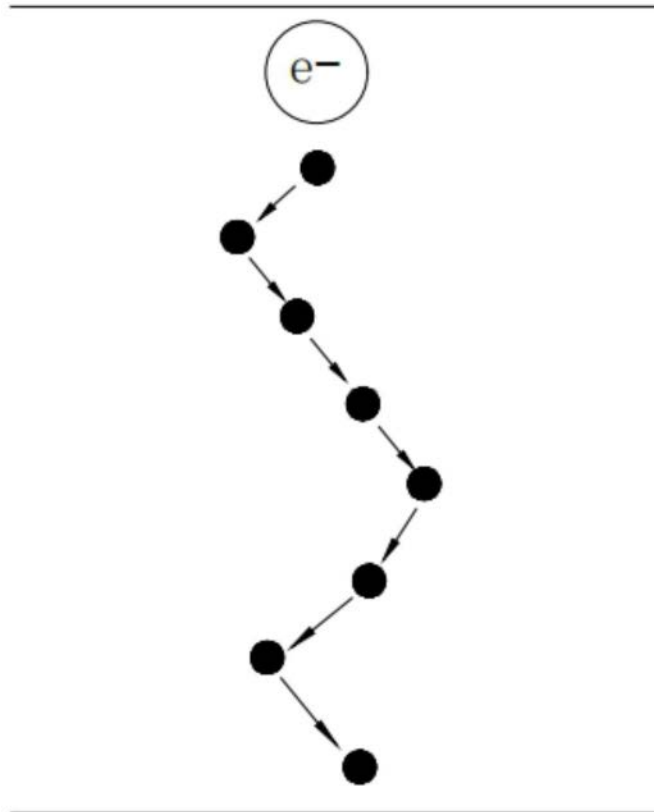


图3

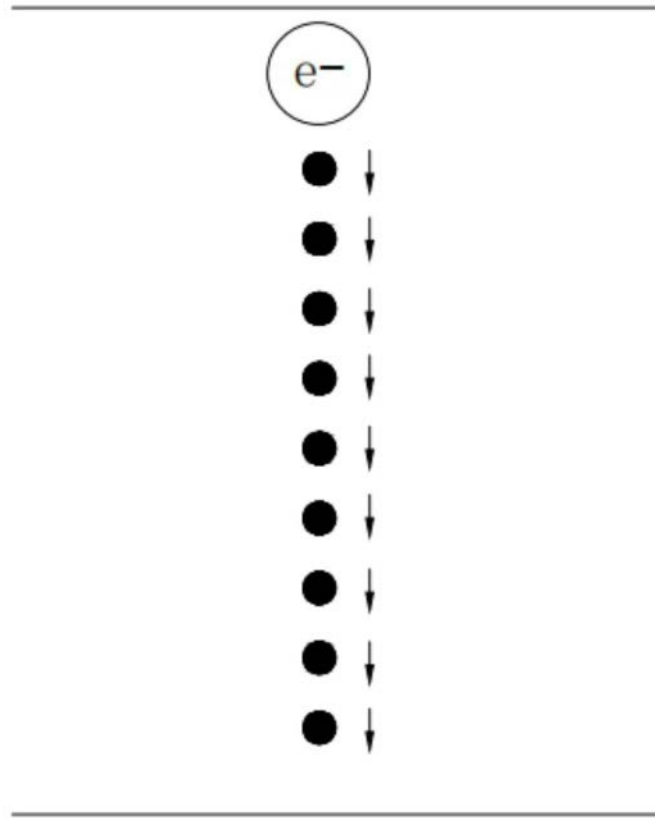


图4

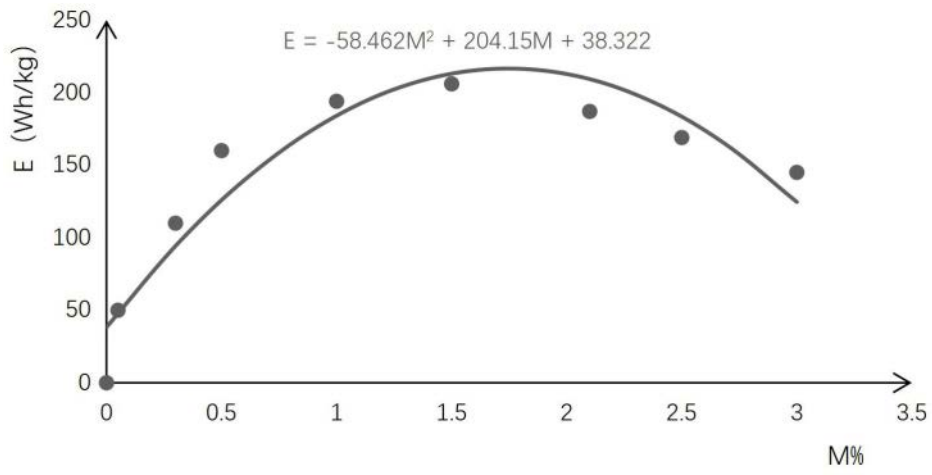


图5

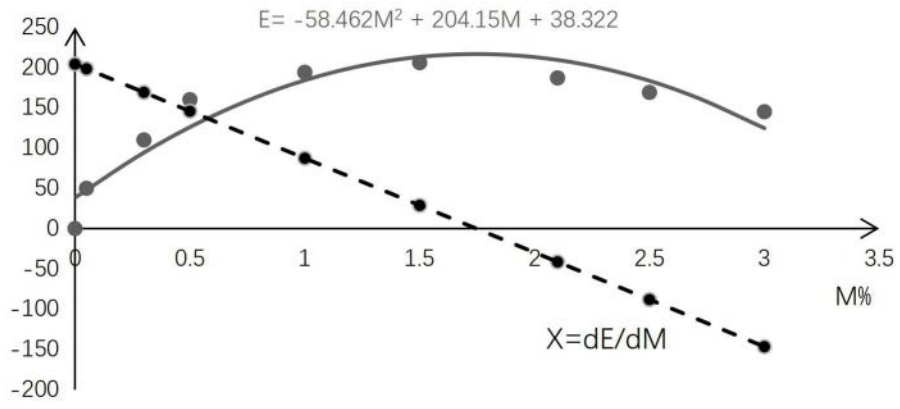


图6