

基于层析图像的磷酸铁锂动力电池缺陷检测方法研究

夏庆国 刘呈呈

(湖北文理学院理工学院 湖北 襄阳 441025)

摘要: 顺应保护环境的可持续发展理念, 新能源汽车产业的呈高速发展趋势, 进而推动着新能源电池的发展。但新能源电池存在自放电, 功率和容量衰减等缺陷, 对电池寿命影响极高, 制约着新能源产业的发展。本文主要研究层析图像的磷酸铁锂动力电池缺陷检测方法。首先介绍了研究目的, 其中对新能源发展背景和磷酸铁锂电池特性做了简要概述, 之后从国内国外两个角度说明了电池缺陷检测技术的发展现状。然后对电化学性能检测原理和基于层析图像电池性能检测原理分别进行介绍, 最后阐述了基于层析图像的缺陷检测法步骤。

关键词: 新能源汽车; 磷酸铁锂动力电池; 电池缺陷; 层析图像

一. 研究目的

在如今讲究效率和金钱的时代, 交通的便捷性减少了人们对时间的浪费, 几乎家家户户都购买了汽车, 传统汽车使用燃油发动机会带来噪音污染和环境污染。人们的环境保护意识日益增强, 传统汽车产业急需进行产业变革。《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》中明确提出了研发新能源汽车的必要性。新能源汽车的发展也在推动着新能源电池的研究, 新能源电池是新能源汽车的“心脏”。新能源电池为新能源汽车提供驱动力, 也叫动力电池。动力电池分成很多种类型, 包括镍镉电池, 磷酸铁锂电池, 三元锂电池, 铅酸电池。目前, 应有最广的为磷酸铁锂电池和三元锂电池, 本文主要对磷酸铁锂电池进行研究。

磷酸铁锂电池是用磷酸铁锂作为正极材料的锂离子电池。磷酸铁锂电池内部的组成物质难以被分解, 遇到高温时不会出现形成氧化物质或者局部发热等现象, 安全性较高。磷酸铁锂电池的热值范围最高可以达到 500℃, 具有耐高温的优点。此外, 磷酸铁锂电池不含任何重金属元素, 是一种绿色环保电池。但是磷酸铁锂电池同样具有缺陷, 在使用过程中会出现容量减少和自放电等现象, 会使电池的寿命降低。为了弥补新能源电池的缺陷, 延长磷酸铁锂电池的使用寿命, 促进新能源汽车产业的发展, 本文进行了基于层析图像的磷酸铁锂动力电池缺陷检测方法的研究。

二. 研究现状

2.1 国外研究现状

国外对于电池缺陷检测时间早于国内, 早在 2003 年, 美国学者通过设置不同参数, 对锂电池容量衰减进行检测, 通过对相应规律进行分析处理建立了电池衰减模型。同年, 通过充放电实验以及已有的电池衰减模型, 建立了容量损失时间模型并且发现了固体电解质界面膜的老化作用对电池容量的影响。2011 年, 美国研究人员根据电化学阻抗谱对磷酸铁锂电池进行不同温度下的实验, 对电池特性以及容量衰减进行了研究分析, 发现较低的温度电池的主要缺陷是电池功率的衰减。电池功率的衰减主要是由于较低温度下, 固体电解质界面膜的生长会导致电解质电阻和界面电阻的增加。

2.2 国内研究现状

2011 年, 研究人员对扣式电池缺陷进行研究分析, 采用图像处

理化算法, 实现了智能化识别扣式电池正极和负极面的缺陷检测。同年, 重庆相关技术人员针对磷酸铁锂离子电池进行研究分析, 从自放电和充放电两个维度进行实验模拟, 研究了磷酸铁锂离子单节电池容量在使用过程中的变化情况, 发现了电池充放电性能的影响因素是单节电池容量的衰减。在 2014 年, 电池极片缺陷在线识别系统研发成功, 他可以自动分割图像阈值, 利用缺陷面积进行排序法找出电池中的最大缺陷目标, 用高斯混合模型对缺陷目标进行分类, 极大的提高了缺陷特征识别的精准度。

以上虽然只列举了部分电池缺陷检测的已有成果。但他们有共同的缺点, 在对电池结构形态进行缺陷检测时, 主要采用微观检测方法进行检测研究。不仅会对制样造成破坏, 而且观察范围也很小。对电化学性能部分进行检测研究时, 通过建立电池缺陷理论模型或者设计相应的系统, 所用的时间较长, 无法满足快速检测和实时监测的需求, 导致检测所得数据误差较大, 具有随机性和片面性。因此, 针对目前研究现状的不足, 提出了层析图像检测方法。

三、磷酸铁锂动力电池性能检测原理

本节主要从电化学性能角度和层析图像性能角度两部分, 分析层析图像的磷酸铁锂动力电池缺陷检测原理, 找寻电池层析结构对缺陷的影响。

3.1 电化学性能检测原理

在基于层析图像的磷酸铁锂动力电池缺陷检测方法中, 对单体电池进行检测时采用电化学性能检测法对比电化学参数。磷酸铁锂动力电池中的化学参数是用于衡量电池的充放电特性, 温度特性以及容量等性能的物理量。

磷酸铁锂动力电池充电方式是采用恒流和恒压两种模式相结合完成充电, 恒流充电是指在充电过程中电池内部一段时间或全部时间电流保持不变, 恒压充电是整个充电过程中电压均要保证恒定状态不变。因此, 对于充电性能的检测, 先使用恒流的方式对电池进行充电, 当到达一定的电压之后转变模式, 采用恒压模式进行充电。此结合模式避免了充电初期电流过高或恒流充电不足的现象发生。记录所得实验数据并绘制相应图表, 通过对图表中相关参数变化情况对电池的充电特性进行评测。

电池的放电包括恒流放电, 定电流放电, 间歇放电以及恒压放

电几种模式,最常用的是恒流放电法,恒流放电电路组成包括电流,电压,电池,开关,恒流源等,同样将数据整合绘制图表,通过数据分析,观察电压对放电容量的影响。

电池容量特性等其他特性同充放电特性检测方法基本一致。

3.2 基于层析图像电池性能检测原理

首先是获取电池层析图像,利用计算机层析图像检测系统可以获得磷酸铁锂动力电池内部的参数。层析图像的获取原理为首先通过 X 射线发射器将发射出的射线穿过电池截面,与上面的物质融合产生相应的化学反应,光电效应,电子对效应等,使得入射能量产生相应的光信号同时能量产生衰减。通过研究产生的光信号,可以分析出电池缺陷相关结构信息。获取缺陷的相关特征则要对原始的层析图像进行特定操作。最后对层析图像进行相应处理,磷酸铁锂动力电池结构形态包括多种特征,电池层析成像的过程中许多特征会进行相应的重合,无法通过肉眼进行识别。因此需要对图像进行相应处理操作,首先将图形进行分割操作,然后对特征进行依次提取操作。通过得到的层析图像参数信息,可以得出磷酸铁锂动力电池缺陷参数与自放电,电池容量以及功率之间的关系。

四、基于层析图像缺陷的检测原理

选取待检测的磷酸铁锂动力电池作为检测对象。首先对电池进行充放电实验操作,记录相应数据并绘制图表,观察影响电池容量衰减的因素。之后对电池进行恒温储存实验,记录实验过程中电压的变化数据,再一次的进行充放电实验观察磷酸铁锂动力电池的剩余电量,将以上所得数据进行分析处理得到电池自放电程度。获得电池电化学性能参数后,再将电池放到扫描装置上,发射 X 射线穿透电池的断层面,产生光电效应,将产生的光电效应转化为相应的数字信号存放在计算机设备中进行重建和数学图像分析。进而得到层析图像,通过对比所得电化学性能参数和层析图像分析电池缺陷的特征。

基于层析图像缺陷的检测是基于两个系统来完成的,电化学性能检测系统和层析图像检测系统。其中电化学性能检测系统主要部件为充放电设备测试仪器和恒温箱以及内阻测试仪器。充放电设备测试仪器实现恒流充放电,恒流恒压充放电以及恒压充放电三种模式。层析图像检测系统主要包括扫描仪,X 射线发射仪以及计算机等设备完成层析图像分析。其中 X 射线发射仪用于产生 X 射线能量源,计算机主要用于对数据信息的处理以及相关设备的控制。

五、结束语

近年来,世界各国工业化发展建设不断推动新能源产业的发展,新能源汽车的发明可以有效的减少环境污染问题。新能源汽车产业发展,不可避免会推动新能源电池的发展,新能源电池可以为新能源汽车提供驱动力,磷酸铁锂动力电池就是新能源电池的一种。在电池的使用过程中会出现自放电,容量变少,电池功率衰减等缺陷,而以往对电池缺陷的研究具有随机性,片面性等缺点。本文主要使用层析图像法对磷酸铁锂动力电池缺陷进行研究,综合运用电池化学性能和 X 射线层析成像技术,通过对电化学性能和相关层析结构分析,发现电池极耳的连接方式和形态是造成磷酸铁锂动力电池缺陷的重要原因。该检测及时可用于快速实时检测,可为新能源汽车企业提供精准且无损检测数据。

参考文献:

- [1]周喜超,王楠,徐街明,赵梦欣,张晨光.磷酸铁锂电池管理技术及安全防护技术研究现状[J/OL].热力发电:1-9[2021-01-26].<https://doi.org/10.19666/j.rld.202011265>.
 - [2]李贵麒.新能源汽车电池关键技术故障及其创新解决方法的研究与实践[J].时代汽车,2020(23):82-83.
 - [3]张毅翔.基于动力电池开发的技术创新研究[A].中国汽车工程学会(China Society of Automotive Engineers).2020 中国汽车工程学会年会论文集(6)[C].中国汽车工程学会(China Society of Automotive Engineers):中国汽车工程学会,2020:4.
 - [4]卢娜丽,张邦胜,刘贵清,张帆,王芳.废旧磷酸铁锂电池回收技术综述[J].中国资源综合利用,2020,38(02):105-109.
 - [5]高丹.新阶段下新能源汽车产业的发展现状研究[J].营销界,2019(51):148-149.
 - [6]金家文,吴义刚.新能源电池产业现状及产能过剩研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,2018,30(04):131-137.
 - [7]许源沁.基于层析图像的磷酸铁锂动力电池缺陷检测方法研究[D].华南理工大学,2016.
- 基金项目:2020 年度湖北省教育厅科学研究计划指导性项目“基于光学超精密检测的新能源汽车电池表面缺陷检验”(B2020374)