

# 基于 MATLAB 拟合工具箱的 电池剩余放电时间预测模型

陈 溥 杨 颢

(柳州铁道职业技术学院, 广西 柳州 545616)

**摘 要** 本文根据 2016 年高教社杯全国大学生数学建模竞赛 C 题中提供的电池放电采样数据, 在 MATLAB 拟合工具箱中选用了多项式、指数、高斯方法对采样数据进行了拟合, 得到了各电流下的放电曲线拟合图, 然后根据三种拟合方法所对应的评判指标择优选取了多项式拟合方法, 得到最终的预测模型, 最后通过计算得到了模型的平均相对误差, 验证了预测模型的有效性。

**关键词** MATLAB 拟合工具箱 放电曲线 平均相对误差

中图分类号: TM912

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)05-0059-06

## 1 前言

随着经济的快速增长, 汽车使用量的不断增加, 汽车启动电池的需求量不断加大, 铅酸电池的市场需求量随之剧增。国家加大通信基站建设的力度, 通信电源方面的需求也将面临新一轮的增长, 此外由于我国正大力发展光伏产业和风电产业, 储能用铅酸电池也将有较强的市场需求, 企业对铅酸电池的开发不断加大<sup>[1]</sup>。在铅酸电池以恒定电流强度放电过程中, 电压随放电时间单调下降, 直到额定的最低保护电压, 电池在当前负荷下还能供电多长时间, 是一项非常重要的信息, 可以指导使用人员或企业在即将断电或停电前做好预防措施, 减少因断电带来的麻烦和经济损失, 因此对电池剩余放电时间的预测就变得极为重要。

## 2 模型的建立与求解

将采样数据导入 MATLAB[2-3], 在拟合工具箱中分别选用多项式、指数、高斯拟合得到各恒定电流(20A-100A)下的放电曲线拟合图如图 1~9 所示。

MATLAB 输出的三种方法的各项评判指标见下表 1 (这里以 20A 为例)。

综合考虑各指标评判标准(SSE、RMSE 越接近 0 越好, R-square、Adjusted R-square 越接近 1 越好), 最终选择了四阶多项式拟合方法, 得到各电流强度下的放电(电压 U 和时间 T)模型如下:

$$20A: U = -2.245 \times 10^{-14} T^4 + 1.457 \times 10^{-10} T^3 - 3.486 \times 10^{-7} T^2 + 6.233 \times 10^{-5} T + 10.56$$

$$30A: U = -1.245 \times 10^{-13} T^4 + 4.966 \times 10^{-10} T^3 - 6.874 \times 10^{-7} T^2 - 6.421 \times 10^{-5} T + 10.6$$

$$40A: U = -4.57 \times 10^{-13} T^4 + 1.247 \times 10^{-9} T^3 - 1.223 \times 10^{-6} T^2$$

$$-9.814 \times 10^{-5} T + 10.56$$

$$50A: U = -1.328 \times 10^{-12} T^4 + 2.732 \times 10^{-9} T^3 - 2.02 \times 10^{-6} T^2 - 0.00012 T + 10.52$$

$$60A: U = -2.941 \times 10^{-12} T^4 + 4.73 \times 10^{-9} T^3 - 2.773 \times 10^{-6} T^2 - 0.00021 T + 10.49$$

$$70A: U = -6.08 \times 10^{-12} T^4 + 7.8 \times 10^{-9} T^3 - 3.676 \times 10^{-6} T^2 - 0.000309 T + 10.43$$

$$80A: U = -9.859 \times 10^{-12} T^4 + 1.013 \times 10^{-8} T^3 - 3.85 \times 10^{-6} T^2 - 0.000557 T + 10.41$$

$$90A: U = -1.576 \times 10^{-11} T^4 + 1.241 \times 10^{-8} T^3 - 3.611 \times 10^{-6} T^2 - 0.0009 T + 10.39$$

$$100A: U = -2.037 \times 10^{-11} T^4 + 1.136 \times 10^{-8} T^3 - 2.063 \times 10^{-6} T^2 - 0.00142 T + 10.37$$

## 3 模型的检验

根据下面的公式( $t_i$  为预测模型计算所得的放电时间,  $T_i$  为样本放电时间):

$$MRE = \frac{1}{231} \sum_{i=1}^{231} \left| \frac{T_i - t_i}{T_i} \right| \times 100\%$$

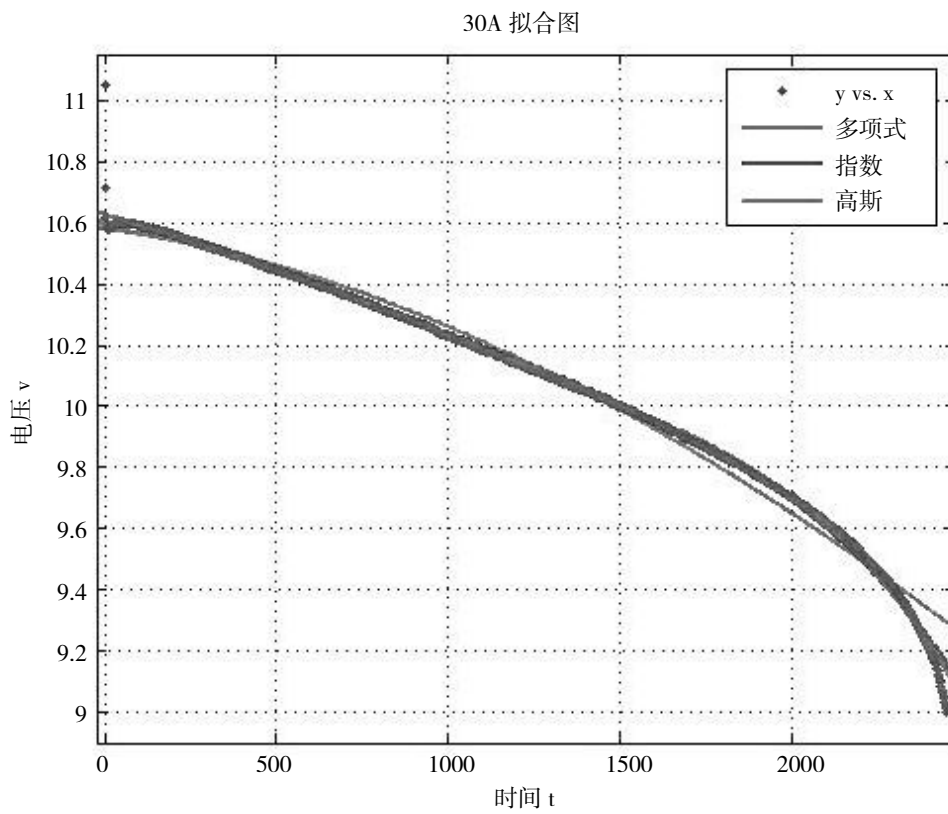
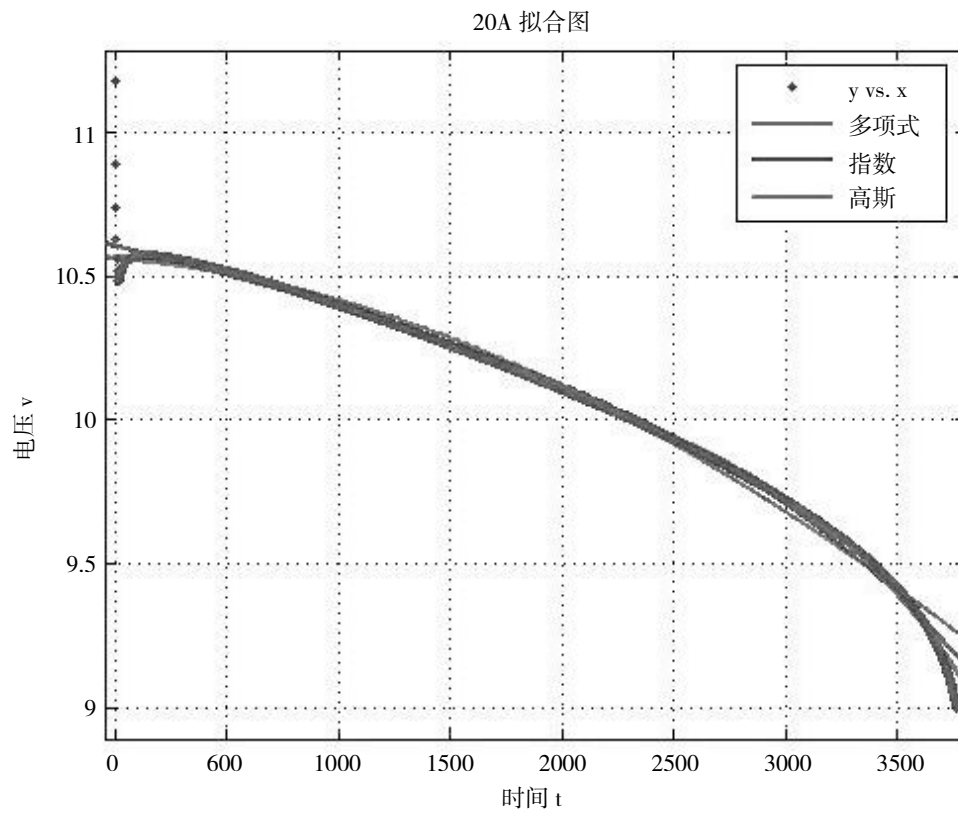
求得各恒定电流下预测模型的平均相对误差如下表 2 所示。

均在可接受范围内, 表明拟合得到的预测模型精度较好, 模型有效。

## 4 结语

根据预测模型, 分别将电池当前电压和额定的最低保护电压代入模型, 即可计算出相应的放电时间, 两个放电时间的差值即为当前电压下该电池的剩余放电时间。

★基金项目: 柳州铁道职业技术学院校级项目, 项目编号: (2021-JGB01)。



40A 拟合图

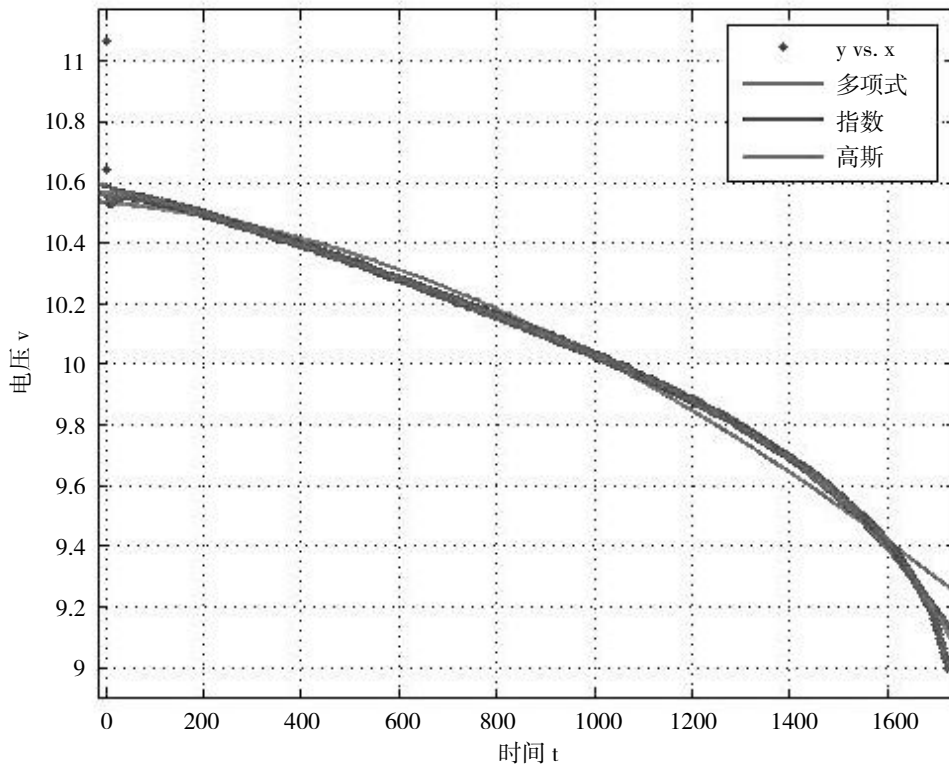


图 3 40A 拟合图

50A 拟合图

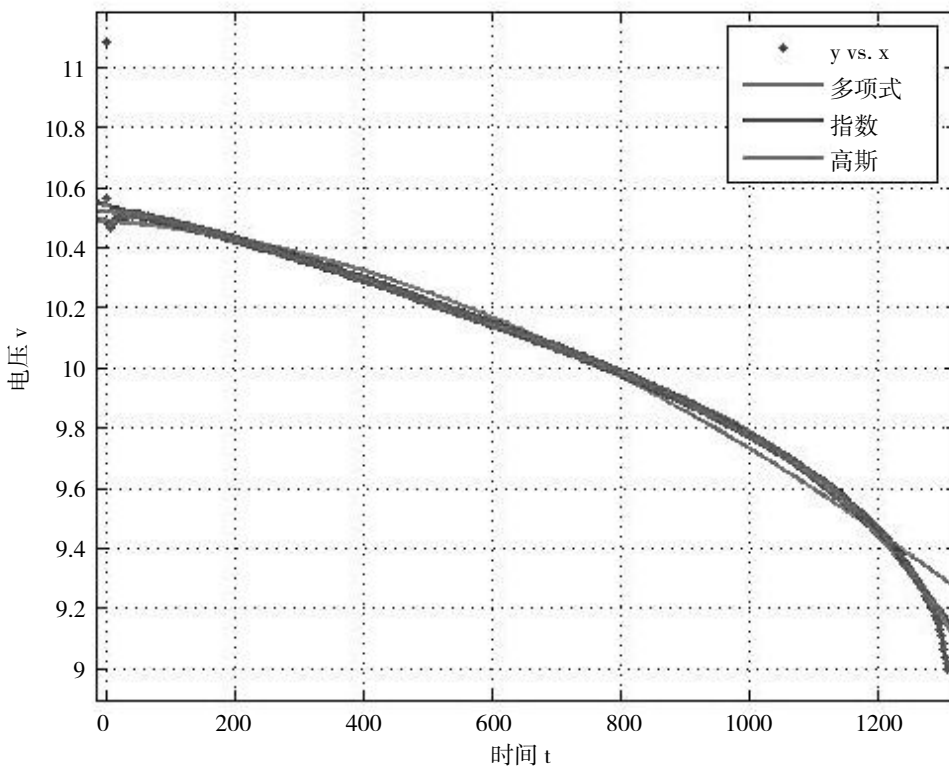


图 4 50A 拟合图

60A 拟合图

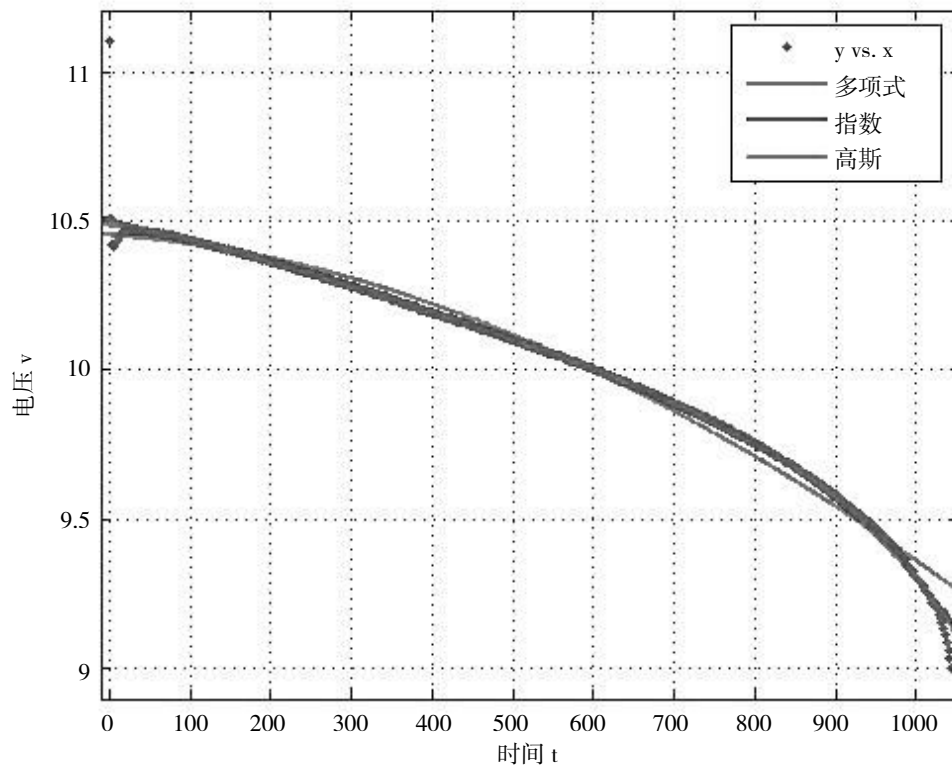


图 5 60A 拟合图

70A 拟合图

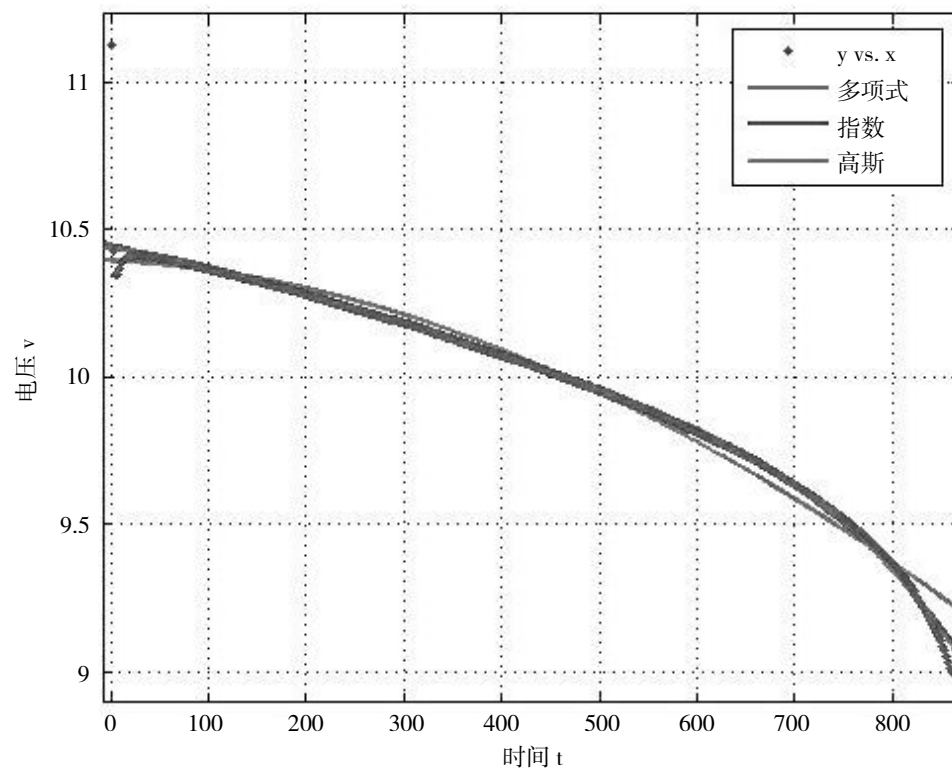
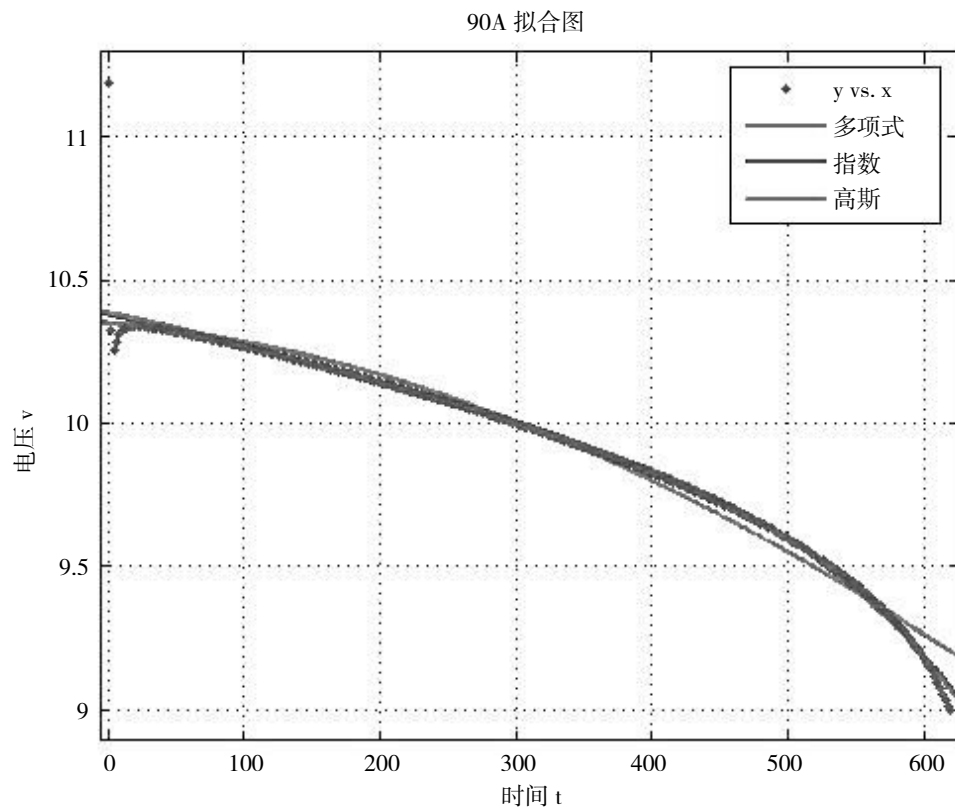
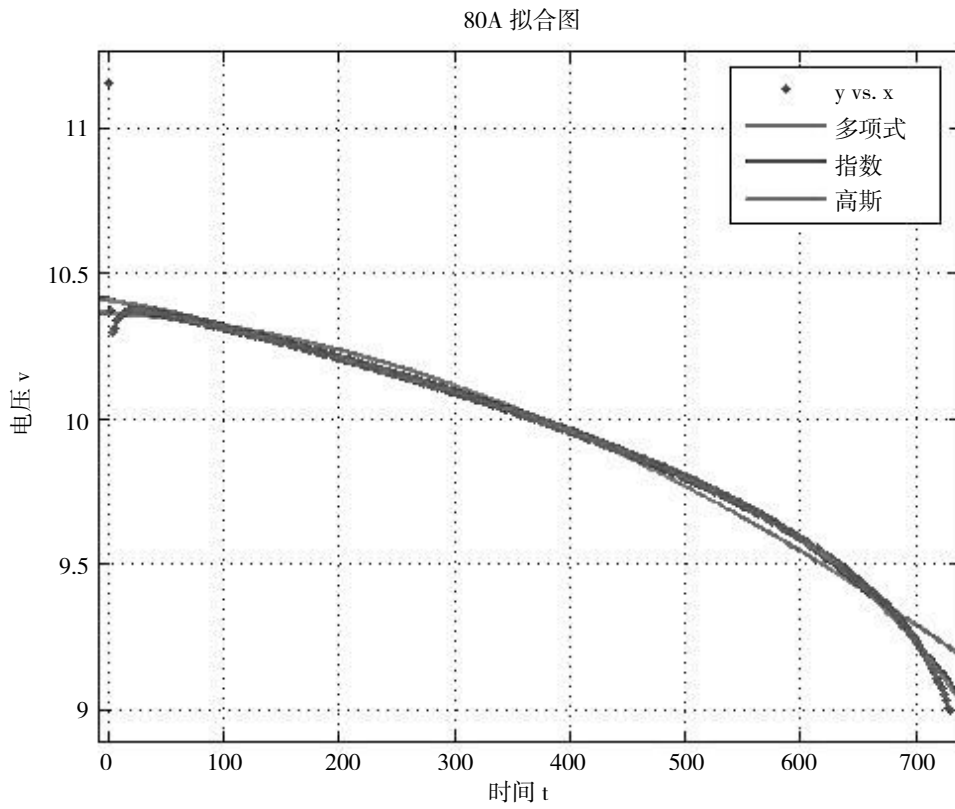


图 6 70A 拟合图



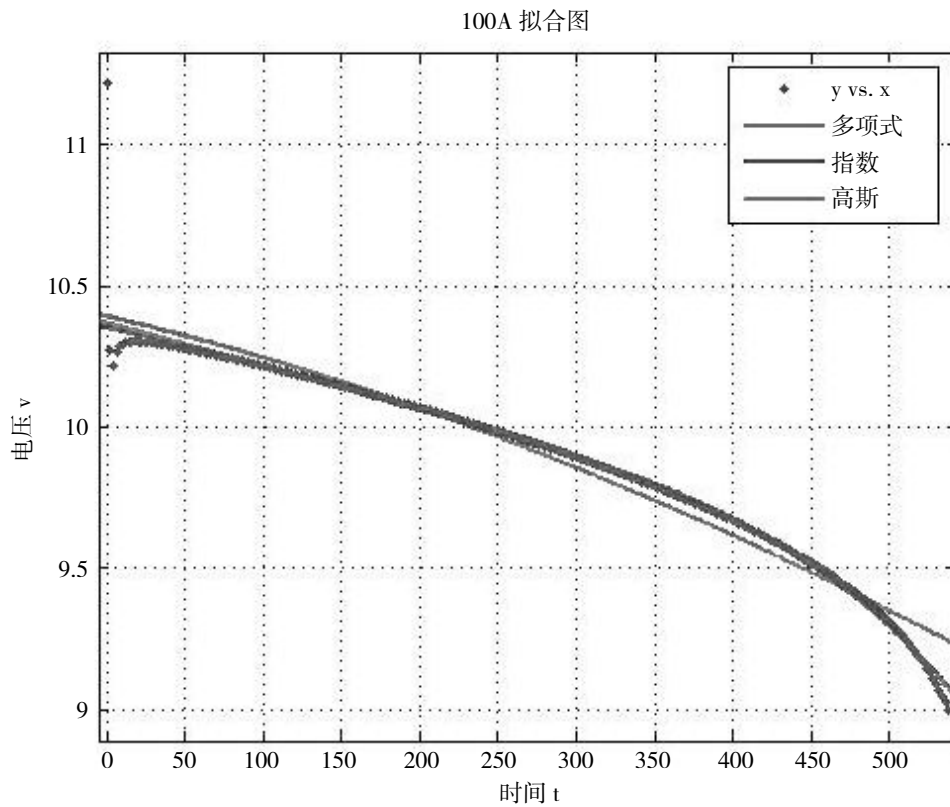


图 9 100A 拟合图

表 1

评判标准 \ 拟合类型	多项式	高斯	指数
SSE	0.91110	3.09000	1.50100
R-square	0.99680	0.98920	0.99470
Adjusted-square	0.99680	0.98920	0.99470
RMSE	10.02203	10.04054	0.02826

表 2

电流强度 \ 平均相对误差	20A	30A	40A	50A	60A	70A
MRE	0.859236%	0.641764%	0.559793%	0.80149%	0.800802%	1.234042%

在铅酸电池的生产中，可以根据本文建立的剩余放电时间预测模型在电池中加入电压报警装置，当电池剩余放电时间即将用完时可以通过发出警报提醒使用人员或企业做好预防措施，从而减少因断电带来的麻烦和经济损失。

蓄电池,2010,47(06):270-275.

[2] 李伯德,李振东,等.MATLAB与数学建模[M].北京:科学出版社,2017.

[3] 姜启源,谢金星,叶俊.数学模型[M].北京:高等教育出版社,2011.

参考文献:

[1] 王书林,赵伟军,等.铅酸电池相关特性的试验研究[J].