

PSIM 模型介绍

锂离子电池

文档名称:	PSIM 模型介绍-锂离子电池		
文档编号:		文档版本:	v1.0
文档类别:	详细技术资料	密 级:	公开



二零二叁年陆月

未经许可 请勿复制全部或者部分文档
©新驱科技 版权所有

目录

1	概述.....	3
2	系统规格要求.....	3
2.1	模型介绍.....	3
3	设计步骤.....	5
3.1	建模过程.....	5
3.1.1	输入数据表信息.....	5
3.1.2	从放电曲线估算参数值.....	6
3.2	多节电池组应用.....	7
3.3	仿真验证与参数微调.....	8
3.4	放电测试.....	8
3.5	充电测试.....	9
3.6	参数微调.....	10
4	结论.....	11
5	案例获取.....	11

1 概述

锂离子电池是继镍氢等传统蓄电池之后的新一代可充电电池，由日本索尼公司于 1990 年最先研发成功。作为新一代可充电电源，锂离子电池工作原理简单、能量密度大、工作电压高、工作温度范围宽、循环寿命长、安全性能高，是当前充电电池的主流发展方向，被认为是新型动力源的首选。

PSIM 软件的可再生能源模块提供了锂离子电池模型，可以应用于新能源汽车、航空航天、消费电子等领域，为用户提供便捷的建模与仿真分析方案。

2 系统规格要求

2.1 模型介绍

PSIM 中锂离子电池模型符号及属性参数如图 1 所示。在符号中，电池符号顶部或电池单元符号一侧的额外节点用于电池充电状态（SOC）的输出，它是一个控制电路节点。

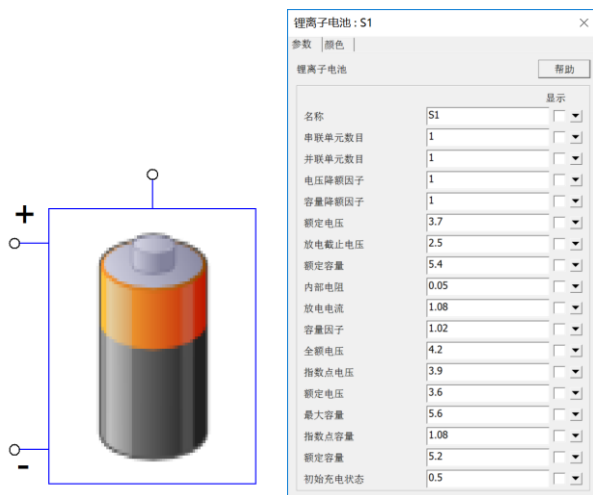


图 1 锂离子电池模型符号及属性参数

锂离子电池模型参数如表 1 所示。

表 1 锂离子电池模型参数含义

参数	含义
串联电池数量 N_s	电池组中串联电池的数量 N_s 。

并联电池单数量	电池组中并联电池的数量 N_p 。
电压降额系数	电压降额系数 K_s ，从 0（100% 降额）到 1（无降额）。
容量降额系数	容量降额系数 K_p ，从 0（100% 降额）到 1（无降额）。
额定电压	电池组的额定电压， E_{rated} 单位为伏特（V）。
放电截止电压	对应最大容量的电池电压 E_{cut} 单位为伏特（V）。
额定容量	电池单元的额定容量 Q_{rated} 单位为安培小时（Ah）。
内阻	电池单元的内阻 $R_{battery}$ 单位为欧姆（ Ω ）。
放电电流	基于所获得的模型参数曲线的放电电流，单位为安培（A）。
容量系数	放电曲线上 Q_0 （0V 时的电容）和 Q_{max} （截止电压时的电容 E_{cut} ）的大致比值系数。
满电压	电池单元充满(或最大)时的电压， E_{full} ，单位为伏特（V）。
指数点电压	放电曲线中指数区域末端的电池电压 E_{top} ，单位为伏特（V）。
标称电压	B 放电曲线标称区域末端的电池电压 E_{nom} ，单位为伏特（V）。
最大容量	对应于放电截止电压 E_{cut} 的电池单元的最大容量 Q_{max} ，单位为安培小时（Ah）。
指数点容量	在放电曲线中指数区域末端的电池容量，单位为安培小时（Ah）。
标称容量	放电曲线标称区域末端的电池容量 Q_{nom} ，单位为安培小时（Ah）。
初始充电状态	初始电池充电状态（SOC）（从 0 到 1）。

注意，电池参数都是用于一个单元的电池。

对于某些电池型号，参数 E_{rated} 、 E_{cut} 和 Q_{rated} 可直接从制造商数据手册中读取，其他的一些参数可以从电池放电曲线中得到，或通过反复试验获得。

典型的放电曲线如图 2 所示。

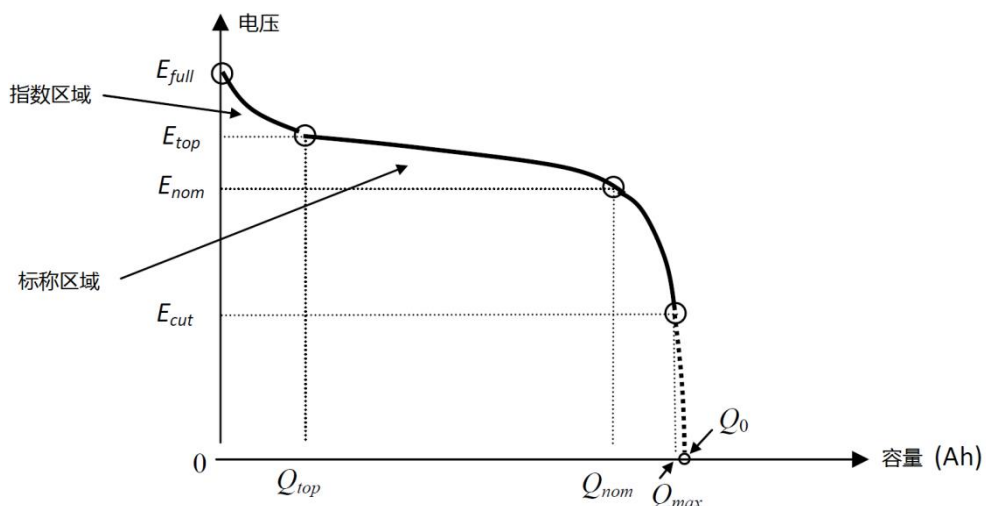


图 2 锂离子电池典型放电曲线

从特定的放电曲线中，可以读取 E_{full} 、 E_{top} 、 E_{nom} 、 Q_{top} 、 Q_{nom} 和 Q_{max} 的值。请注意， E_{top} 、 Q_{top} 、 E_{nom} 和 Q_{nom} 的值并不精确，因为通常没有准确定义过渡点，可以尝试不同的值，以获得模型特性与实际特性的更好拟合。

容量因数大致是 Q_0 (0V 时的容量) 和 Q_{max} 之间的比率。它是一个接近 1 的值，需要进行调整，以便当 SOC=0 时，蓄电池电压等于 E_{cut} 。

对于数据表中未提供的参数，可要求制造商提供信息或进行初步猜测，并通过反复试验进行调整。

3 设计步骤

3.1 建模过程

下面以 Saft 公司充电式锂离子电池 VL34570 为例，说明如何定义参数并微调电池模型。该过程包括以下步骤：

- 输入数据表中的信息；
- 根据数据表的放电曲线初步猜测某些参数；

仿真获得放电和充电曲线后，根据实际情况，一般需要与数据手册和不同工作条件下的试验数据进行比较，并对参数进行微调。

3.1.1 输入数据表信息

图 3 为制造商数据手册。第一步是根据数据手册获得电池配置文件。默认情况下，电池组中的电池数量以及降额系数均设置为 1。

Electrical characteristics	
Nominal voltage (under 1.1 A at 20°C)	3.7 V
Typical capacity (under 1.1 A at 20°C 2.75 V cut-off)	5.4 Ah
Operating conditions	
Charge method	Constant Current/Constant Voltage
Maximum charge voltage	4.20 +/- 0.05 V
Maximum recommended charge current**	5.4 A (~C rate)
Charge temperature range*	-20°C to +60°C (-4°F to +140°F)
Charge time at 20°C	To be set as a function of the charge current: C rate => 2 to 3 h C/2 rate => 3 to 4 h C/5 rate => 6 to 7 h
Maximum continuous discharge current***	1.1 A (~2C rate)
Pulse discharge current	up to 2.1 A (~4C rate)
Discharge cut-off voltage	2.5 V
Discharge temperature range*	-50°C to +60°C (-58°F to +140°F)

图 3 锂离子电池数据手册

电池额定值参数可直接从制造商的数据表中读取。

$$E_{\text{rated}} = 3.7 \text{ V}$$

$$Q_{\text{rated}} = 5.4 \text{ Ah}$$

$$E_{\text{cut}} = 2.5 \text{ V}$$

在这种情况下，数据手册不提供电池内阻。用户可以从其他具有类似额定值的锂离子电池中进行初步估计。这里我们假设电池内阻 $R_{\text{batt}}=0.065\Omega$ 。

3.1.2 从放电曲线估算参数值

数据手册中的电池放电曲线和充电曲线如图 4 和图 5 所示。根据充放电曲线，可以对参数进行初步估计。

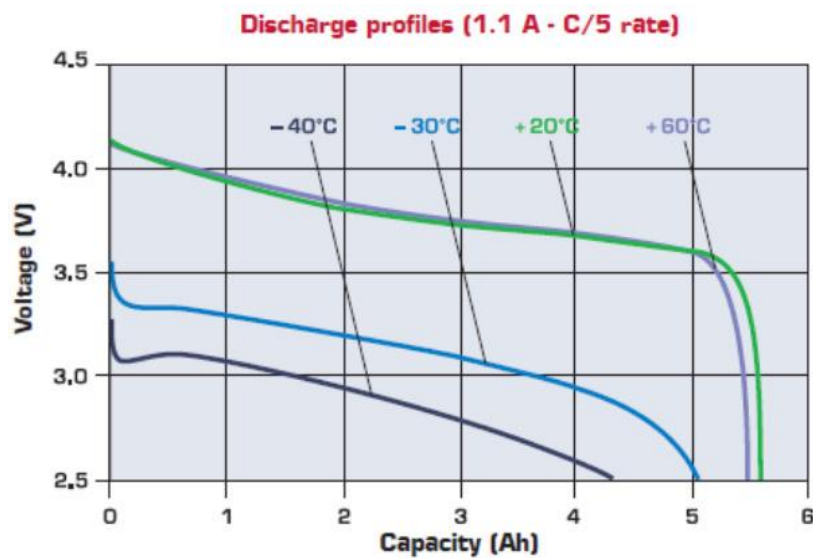


图 4 Saft 公司 VL34570 可充电锂离子电池放电曲线

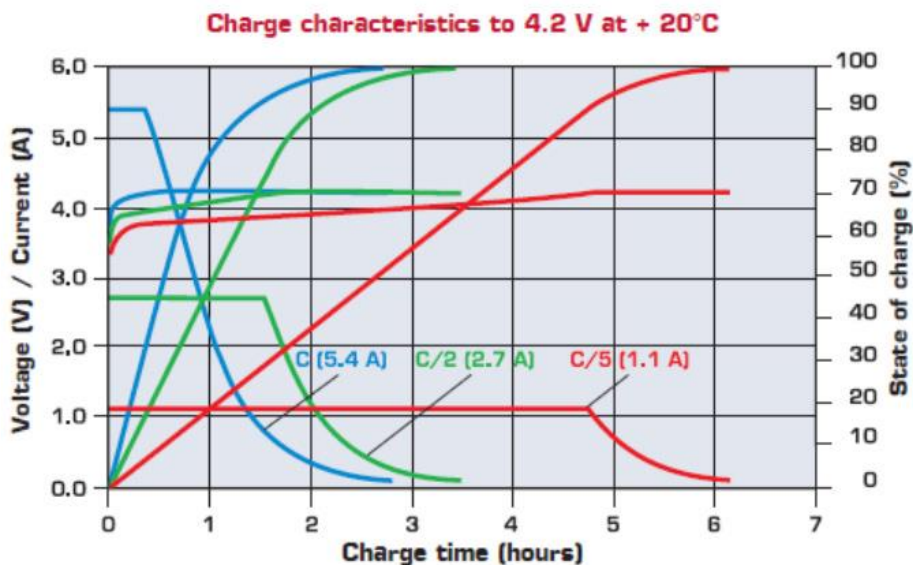


图 5 Saft 公司 VL34570 可充电锂离子电池充电曲线

使用+20℃温度下的放电曲线（1.1A），可以初步读取以下参数：

$E_{full} = 4.2 \text{ V}$ ——电池满（最大）电压

$E_{top} = 3.75 \text{ V}$ ——指数区域末端的电池电压

$Q_{top} = 2.5 \text{ Ah}$

$E_{nom} = 3.6 \text{ V}$ ——标称区域末端的电池电压

$Q_{nom} = 5.2 \text{ Ah}$

$Q_{max} = 5.6 \text{ Ah}$ ——截止电压为 2.5V 时的容量

容量系数 K_c 设置为 1.02。注意，除 E_{full} 和 Q_{max} 之外，这些值都是近似值。

下面还应该调整这些参数，使仿真曲线与数据手册曲线或试验结果更好地吻合。

3.2 多节电池组应用

在许多应用中，多个电池堆叠在一起，要么串联以获得更高的输出电压，要么并联以获得更高的容量，或者两者兼而有之。

模型用于定义多个电池串联或并联的电池组时，可以简单地指定串联或并联电池的数量。如果降额系数已知，也可以指定它们。否则，默认降额系数为 1（即不降额）。对于电池组，总电压为单元额定电压乘以 $N_s * K_s$ （即 $E_{rated_total} = N_s * K_s * E_{rated}$ ）、总容量为单元额定容量乘以 $N_p * K_p$ （即 $Q_{rated_total} = N_p * K_p * Q_{rated}$ ）、总电阻为单元电阻乘以 N_s / N_p （即 $R_{battery_total} = N_s / N_p * R_{battery}$ ）。

3.3 仿真验证与参数微调

获得锂离子电池参数后，可建立电路来测试充放电特性。

3.4 放电测试

放电测试电路如图 6 所示。

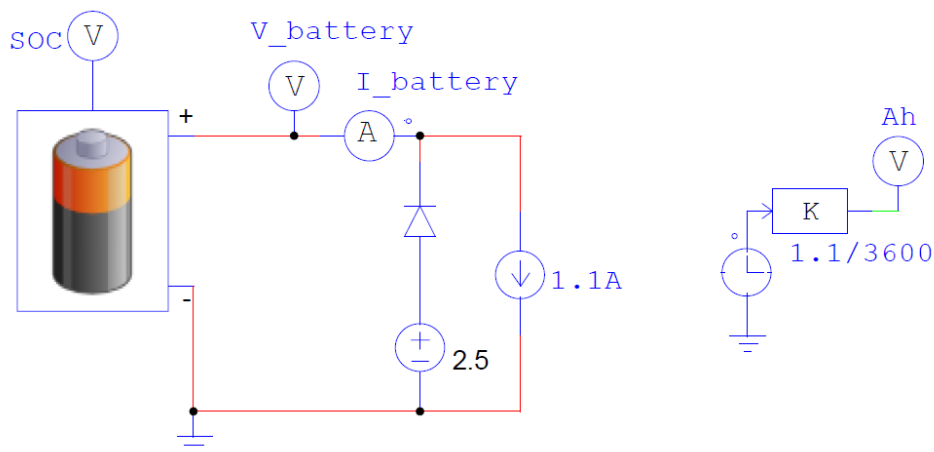


图 6 电池放电测试电路

该电路使用 1.1A 电流源对初始充电状态为 1 的电池进行放电。时间（以秒为单位）除以 3600 以转换为小时，然后乘以 1.1A 电流以获得容量 Ah。

图 7 显示了基于初始参数集的放电特性仿真结果。

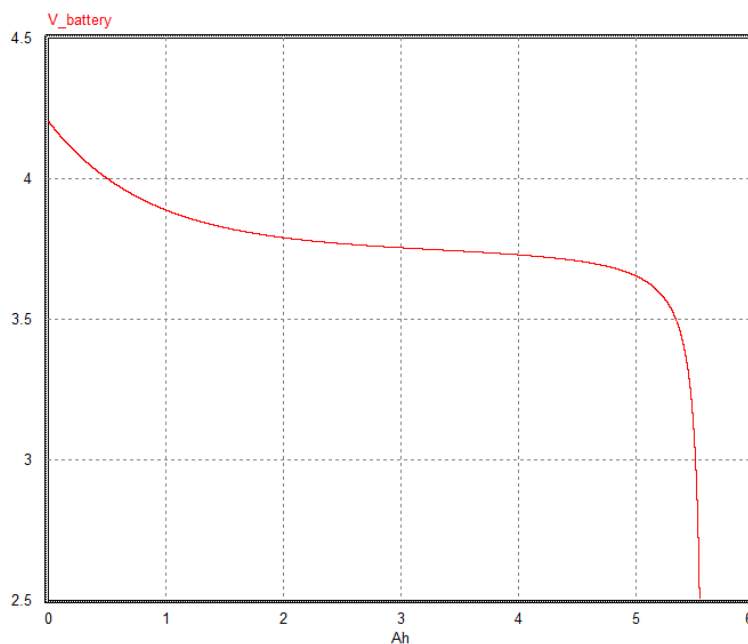


图 7 锂离子电池放电特性仿真结果

3.5 充电测试

充电测试电路如图 8 所示。

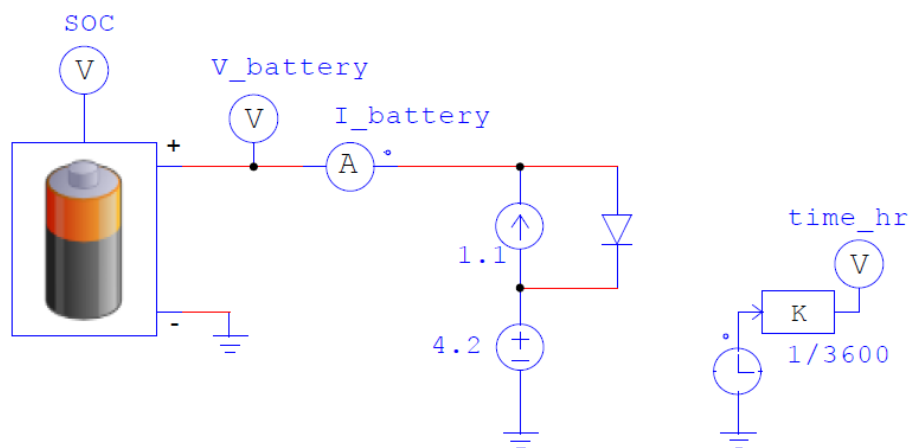


图 8 电池充电测试电路

通常，实际的电池充电电路由调节充电电流和电池电压的控制电路组成。上面的电路是实际电路的简化版本。

充电过程包括两个阶段：恒流充电和恒压充电。在初始充电阶段，充电电流限制为 1.1A。当电压接近 4.2V 的全电压时，即为恒压充电。

图 9 显示了基于初始参数集的充电特性仿真结果。

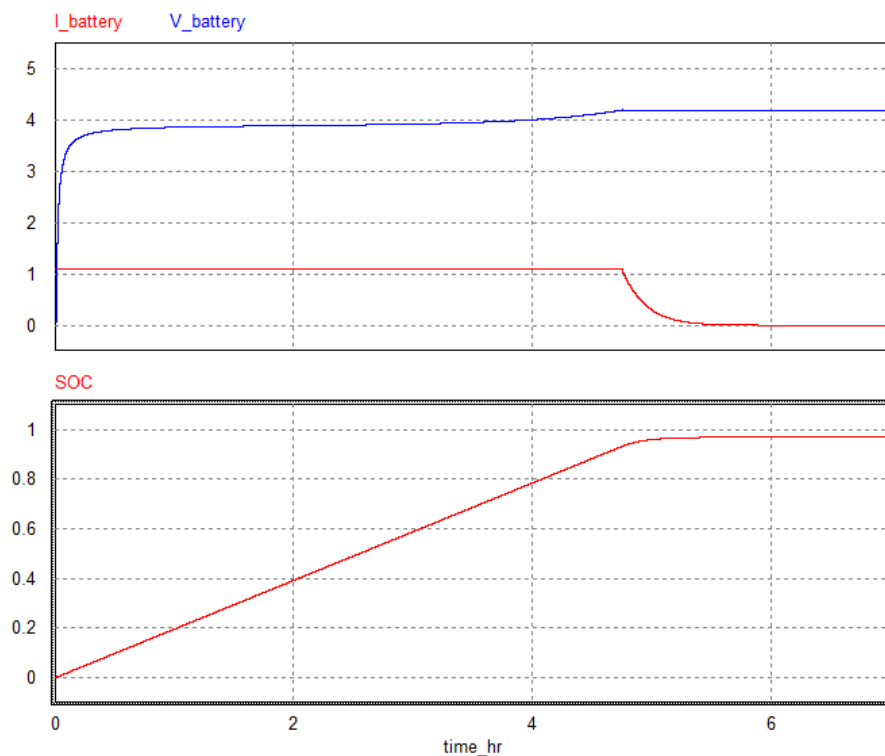


图 9 锂离子电池充电特性仿真结果

3.6 参数微调

通过仿真分析得到的放电和充电曲线，可以观察到以下内容：

- 在放电曲线上，标称区域末端的转角比数据手册轮廓更圆。
- 在充电曲线上，当电压达到完全充电值时，充电状态（SOC）保持在 0.97（97%）左右。此外，充电电流以比数据表中更快的速率降低到 0。这可能是由于充电电路过于简单。

理想情况下，在为电池充电时，当充电状态（SOC）达到 100% 时，内部电池电压应达到最大值。在电池放电时，当电压降至零时，SOC 将达到零（0%）。

基于上述仿真得到的结果，用户可能需要调整一些参数，以使仿真曲线与数据表曲线更好地拟合。以下是调整参数的几种方法：

- 调整指数区结束的“最高”点。
对于相同的 Q_{top} ，从数据表中读取的值 E_{top} 是近似值。稍高的读数会减慢电压变化率，特别是在充电/放电过程开始时。
- 调整标称区域结束处的“标称”点
在标称电压 E_{nom} 时，数据手册曲线上的读数 Q_{nom} 为近似值。稍高的读数会减慢电压变化率。
- 调整最大容量
根据最大容量 Q_{max} 计算充电状态（SOC）。如果 Q_{max} 值估计过高，则当蓄电池内部电压达到最大值时，会出现蓄电池未完全充电（ $SOC < 100\%$ ）的错误情况。
同样，如果 Q_{max} 值太高或 Q_{nom} 值太低，则放电曲线中标称区域末端的拐角将更圆。否则，拐角将变得更锐利。
- 调整电池内阻
如果电池充电器为恒流恒压，则电池内阻会影响充电曲线。较大的电阻会导致从恒定电流到恒定电压的过渡点移动到较低的电压值，从而导致充电器在充满电之前停止为电池充电。

注意，可能需要进行几次迭代才能使其与数据手册或试验结果完全吻合。

4 结论

PSIM 提供的锂离子电池模型，可以帮助用户根据厂商数据手册和试验数据快速建立符合工程应用要求的模型，对可再生能源领域的研究与应用具有重要意义。

5 案例获取

如果您需要了解本案例更多信息，可以联系我们索取仿真报告或者现场讲解，联系方式如下：

邮箱：infor@innodrivetech.com

网址：http://www.innodrivetech.com

官方微信公众号：Power_Simulation

更多资讯，敬请扫码进入：

