

TI 阻抗跟踪算法中匹配 Chem ID 的低温性能优化方法介绍

张楚涛 Hugo Zhang

TI 电量计产品技术支持

摘要

阻抗跟踪算法(Impedance Track Algorithm)是目前 TI 电量计里最常用的一种算法。阻抗跟踪算法以其出色的性能，在手机，笔记本，穿戴式设备，工业类应用的电池包里被广泛应用来进行容量计算。阻抗跟踪算法的基础是电池的化学模型（Chemistry ID，简称 Chem ID）。如果 Chem ID 的选择不合适，会影响阻抗跟踪算法的性能，甚至会导致阻抗跟踪算法无法正常工作。本文介绍了目前常用的几种 Chem ID 选择的方法，并专门针对匹配 Chem ID 和低温系数调整进行了详细的介绍和测试。

目录

1, Chem ID 介绍.....	2
2, 根据电芯型号查找相应的 Chem ID	2
3, 测试电芯生成专门的 Chem ID	3
4, 在现有的 Chem ID 库里匹配一个 Chem ID	3
4.1, 在现有的 Chem ID 库里匹配一个 Chem ID.....	3
4.2, 对匹配的 Chem ID 进行温度系数调整.....	5
5, 总结.....	8
参考文档	8

图

图 1: bqStudio 中 Chemistry 页面.....	2
图 2: 匹配 Chem ID 返回的报告.....	4
图 3: Chem ID 0381 与 Chem ID 1735 的对比.....	4
图 4: 匹配 Chem ID 0381 的常温测试结果.....	5
图 5: 匹配 Chem ID 0381 的低温测试结果.....	5
图 6: 温度系数调整返回的报告.....	6
图 7: 温度系数调整后的常温测试结果.....	7
图 8: 温度系数调整后的低温测试结果.....	7

1, Chem ID 介绍

Chem ID, 即电池的模型, 里面包含电芯的开路电压曲线 (OCV), 温度系数等。Chem ID 是阻抗跟踪算法的基尺, 阻抗跟踪算法的所有计算都是基于选定的 Chem ID 的。所以选择正确的 Chem ID 尤为重要。

目前 TI 提供了三种选择 Chem ID 的方法:

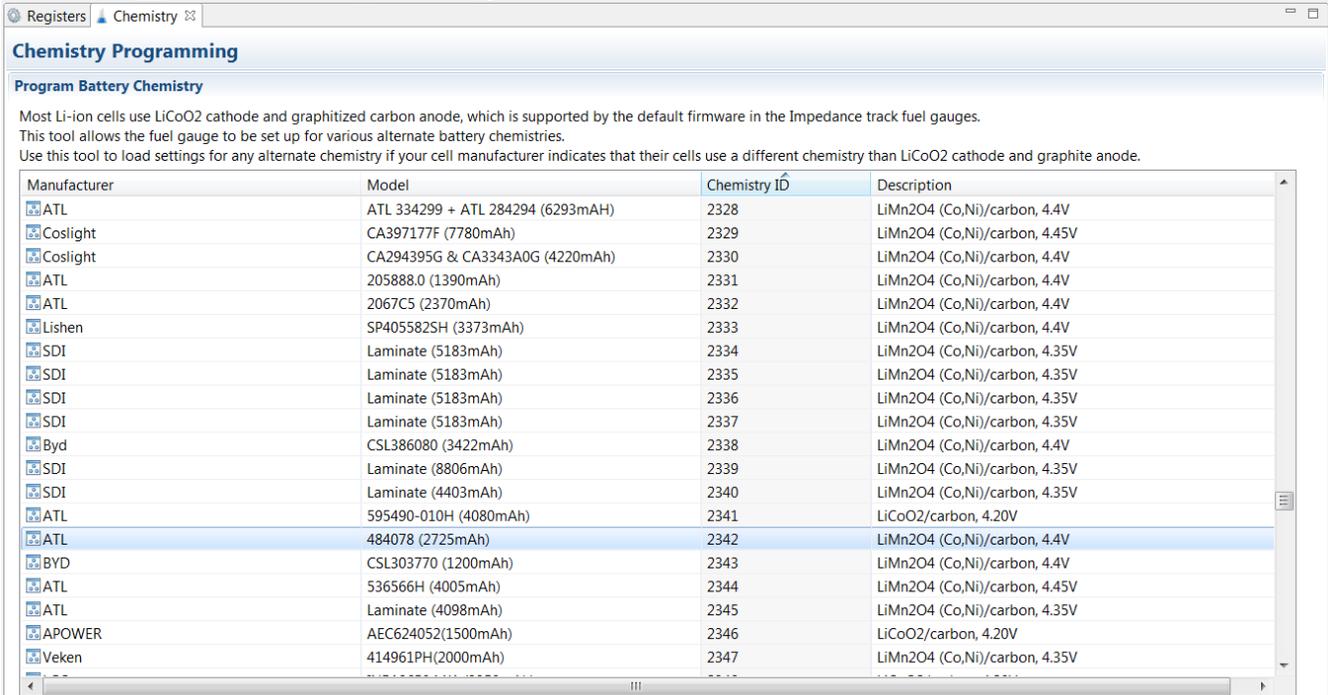
- (1), 根据电芯型号查找相应的 Chem ID;
- (2), 测试电芯生成专门的 Chem ID;
- (3), 在现有的 Chem ID 库里匹配一个 Chem ID。

下面将一一介绍。

2, 根据电芯型号查找相应的 Chem ID

目前 TI 的 Chem ID 库里有数千个 Chem ID。图 1 是 TI 电量计的上位机软件 bqStudio 中 Chemistry 页中显示的 Chem ID 信息, 包括该电芯的制造商, 电芯型号, Chem ID 号, 和补充描述。用户可以根据电芯型号, 在现有的 Chem ID 库里查找。如果现有的 Chem ID 库里已经包含该型号的电芯的 Chem ID, 那可以直接选择该 Chem ID。这是最准确, 也是最快捷的选择 Chem ID 方法。

可到 <http://www.ti.com/tool/gasgaugechem-sw> 下载最新的 Chem ID 库。把文件解压, 把 Chemistry 文件夹里面的所有文件 copy 到 bqStudio 的安装目录的 Chemistry 文件夹里 (默认目录是: C:\ti\BatteryManagementStudio\chemistry), 覆盖原来的文件即可。



Chemistry Programming

Program Battery Chemistry

Most Li-ion cells use LiCoO₂ cathode and graphitized carbon anode, which is supported by the default firmware in the Impedance track fuel gauges. This tool allows the fuel gauge to be set up for various alternate battery chemistries. Use this tool to load settings for any alternate chemistry if your cell manufacturer indicates that their cells use a different chemistry than LiCoO₂ cathode and graphite anode.

Manufacturer	Model	Chemistry ID	Description
ATL	ATL 334299 + ATL 284294 (6293mAh)	2328	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.4V
Coslight	CA397177F (7780mAh)	2329	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.45V
Coslight	CA294395G & CA3343A0G (4220mAh)	2330	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.4V
ATL	205888.0 (1390mAh)	2331	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.4V
ATL	2067C5 (2370mAh)	2332	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.4V
Lishen	SP4055825H (3373mAh)	2333	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.4V
SDI	Laminate (5183mAh)	2334	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.35V
SDI	Laminate (5183mAh)	2335	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.35V
SDI	Laminate (5183mAh)	2336	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.35V
SDI	Laminate (5183mAh)	2337	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.35V
Byd	CSL386080 (3422mAh)	2338	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.4V
SDI	Laminate (8806mAh)	2339	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.35V
SDI	Laminate (4403mAh)	2340	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.35V
ATL	595490-010H (4080mAh)	2341	LiCoO ₂ /carbon, 4.20V
ATL	484078 (2725mAh)	2342	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.4V
BYD	CSL303770 (1200mAh)	2343	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.4V
ATL	536566H (4005mAh)	2344	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.45V
ATL	Laminate (4098mAh)	2345	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.35V
APOWER	AEC624052(1500mAh)	2346	LiCoO ₂ /carbon, 4.20V
Veken	414961PH(2000mAh)	2347	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.35V

图 1: bqStudio 中 Chemistry 页面

3, 测试电芯生成专门的 Chem ID

如果所使用的电芯并不在现有的 Chem ID 库里，也可以把电芯寄到 TI 美国，对该电芯进行全面的测试。然后专门生成针对该电芯的 Chem ID，并添加到 Chem ID 库里。把电芯寄到 TI 美国，加上快递运输时间，总共大概需要 3~4 周。这是最准确，但需要较长时间的获取 Chem ID 的方法。如果客户有需要把电芯寄到 TI 美国去做 Chem ID，可以先跟当地的 TI FAE/Sales 联系。

4, 在现有的 Chem ID 库里匹配一个 Chem ID

4.1, 在现有的 Chem ID 库里匹配一个 Chem ID

TI 提供了一种根据电芯的放电数据，在现有的 Chem ID 库里匹配一个 Chem ID 的方法。对放电数据的测试步骤如下：

- (1)，电池先采用 CC/CV 方式充满（CC 阶段采用 0.5C 恒流充电，CV 阶段采用电芯规格书上的恒压电压进行恒压充电，截止电流小于 0.01C）。
- (2)，静置 2 小时。
- (3)，用 bqStudio 自动 log 数据，间隔为 4s 一次。
- (4)，开始用 0.1C 电流放电，一直放到电芯规定的截至电压。
- (5)，静置 5 小时。

将以上的 log 的数据保存下来。按照规定的格式处理后，把数据上传到 <http://www.ti.com/tool/GPCHEM>，即可获得相应的匹配结果。相应的操作指导可参考 <http://www.ti.com/lit/pdf/slva725>。

下面以一个具体的案例来介绍系统返回的匹配的结果：

```

GPC_report.txt - Notepad
File Edit Format View Help

Best chemical ID : 381 Best chemical ID max. deviation, % : 0.86

Summary of all IDs with max. DOD deviation below 3%

Chem ID max DOD error, % Max R deviation, ratio
381 0.86 0.14
1735 0.86 0.08
3644 0.99 0.41
3998 1.04 0.23
2277 1.05 0.33
3744 1.06 0.2

```

图 2: 匹配 Chem ID 返回的报告

匹配的结果是以 Max DOD Error 来判断。如上图，Max DOD Error 最小的是 Chem ID=0381。但 Chem ID=0381 是 4.35V 的电芯。此处用来测量的是 4.4V 电芯。所以最终选取 Chem ID=1735。

Manufacturer	Model	Chemistry ID	Description
ATL	Laminate (3216mAh)	0380	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.3V
COSLIGHT	CA454871HV (2180mAh)	0381	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.35V
SDI	18650_32A (3200 mAh)	0382	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.35V

Manufacturer	Model	Chemistry ID	Description
ATL	Laminate (3702mAh)	1734	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.35V
Coslight	386778G (3440mAH)	1735	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.4V
Coslight	386878 (3500mA)	1736	LiMn2O4 (Co,Ni)/carbon, 4.4V

图 3: Chem ID 0381 与 Chem ID 1735 的对比

从上面的描述可知，我们是根据常温下 0.1C 的放电数据来匹配 Chem ID。所以在常温下的精度一般都是没有问题的。但在低温下的精度是没法保证的。从图 4 可以看到，常温下，经过第一个充放电循环的学习后，第二个充放电循环的 SOC 的精度很好。然后在常温学习后的基础上去做常温充满低温放电测试。从图 5 可以看到，在放电过程中，SOC 存在跳变，详见图 5 绿色框的那段 SOC。所以需要匹配 Chem ID 进行温度系数调整。

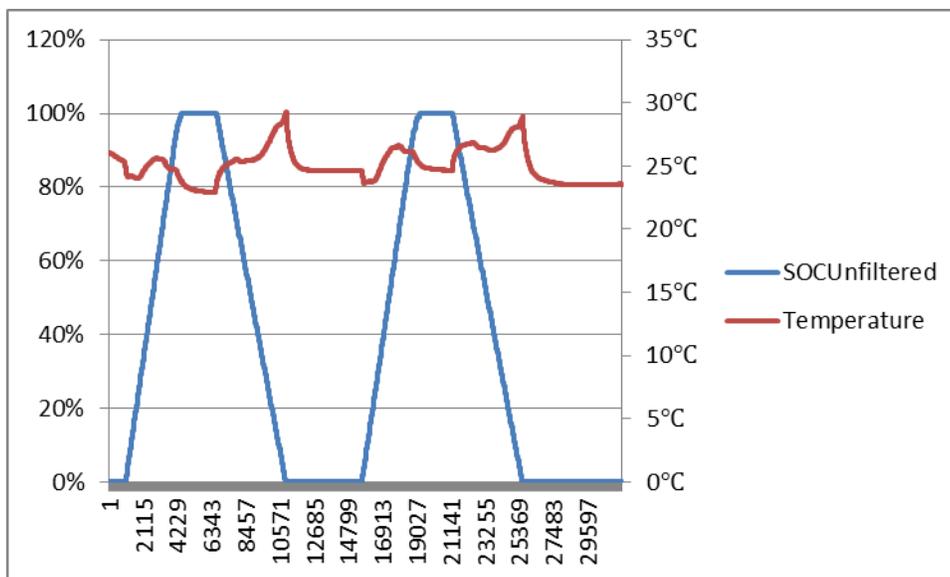


图 4: 匹配 Chem ID 0381 的常温测试结果

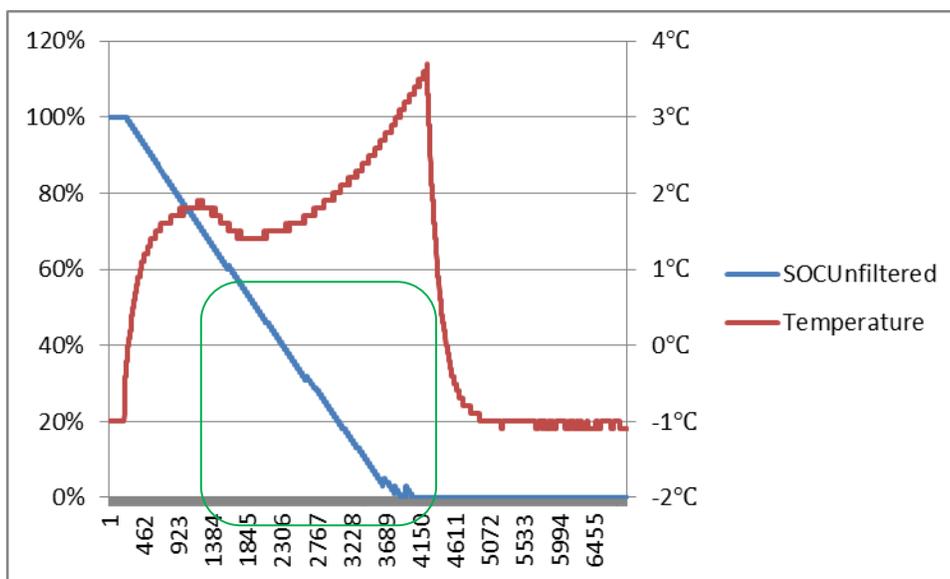


图 5: 匹配 Chem ID 0381 的低温测试结果

4.2, 对匹配的 Chem ID 进行温度系数调整

TI 也提供了一种根据电芯在常温和低温下的放电数据, 对匹配的 Chem ID 进行温度系数调整的方法 (Rb Tweak), 以改善匹配的 Chem ID 的低温性能。进行温度系数调整, 需要三部分数据: (1), 常温下的放电数据; (2), 低温下的放电数据; (3), 学习前的 gg 文件。

(1), 常温下的放电数据的测试步骤

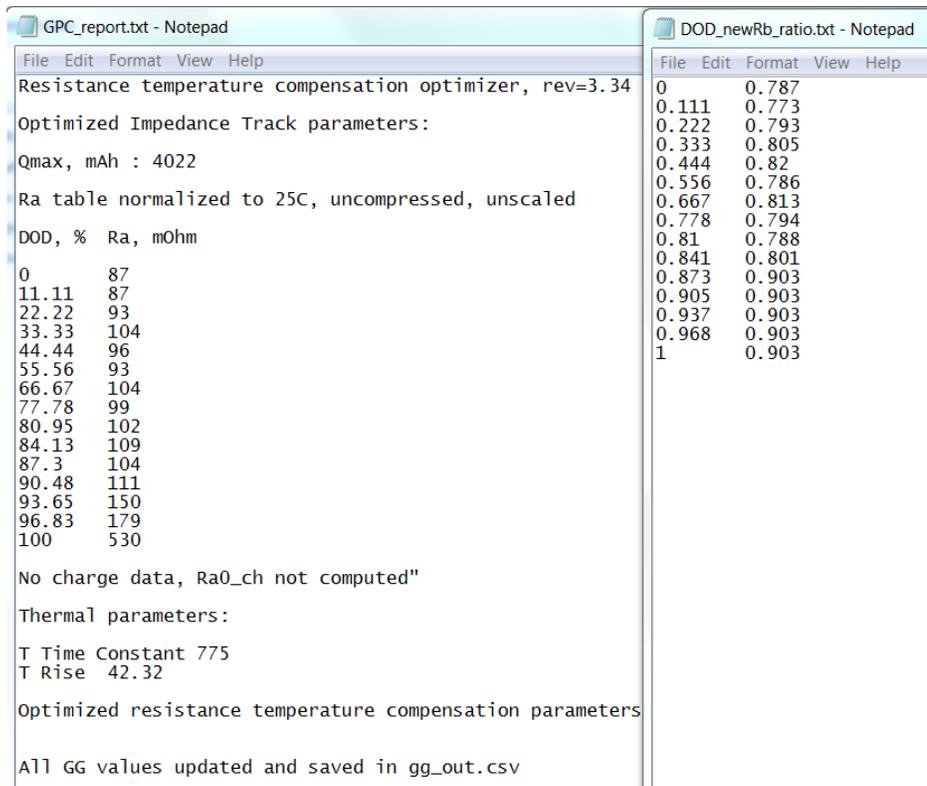
- ①，在常温下采用 CC/CV 方式把电芯充满（CC 阶段采用 0.5C 恒流充电，CV 阶段采用电芯规格书上的恒压电压进行恒压充电，截止电流为电池所在系统实际的充电截至电流）。
- ②，静置 2 小时。
- ③，用 bqStudio 自动 log 数据，间隔为 4s 一次。
- ④，以电池所在系统的典型负载电流进行恒流放电。放到系统停止工作的截至电压。
- ⑤，再静置 5 小时。

(2)，低温下的放电数据的测试步骤

- ①，在常温下采用 CC/CV 方式把电芯充满（CC 阶段采用 0.5C 恒流充电，CV 阶段采用电芯规格书上的恒压电压进行恒压充电，截止电流为电池所在系统实际的充电截至电流）。
- ②，静置 2 小时。
- ③，把电芯放进 0 度的温箱，静置 1 小时。
- ④，用 bqStudio 自动 log 数据，间隔为 4s 一次。
- ⑤，以电池所在系统的典型负载电流进行恒流放电。放到系统停止工作的截至电压。
- ⑥，再静置 5 小时。

将常温放电和低温放电的 log 的数据保存下来。按照规定的格式处理后，把数据上传到 <http://www.ti.com/tool/gpcrb>。相应的操作指导可参考 <http://www.ti.com/lit/pdf/sluubd0>。

系统返回的报告里，包含有更新后的 GG 文件，温度系数的修改，以及修改了温度系数的 Chem ID，如图 6。



The image shows two Notepad windows side-by-side. The left window, titled 'GPC_report.txt - Notepad', contains the following text:

```
Resistance temperature compensation optimizer, rev=3.34
Optimized Impedance Track parameters:
Qmax, mAh : 4022
Ra table normalized to 25C, uncompressed, unscaled
DOD, % Ra, mOhm
0      87
11.11  87
22.22  93
33.33  104
44.44  96
55.56  93
66.67  104
77.78  99
80.95  102
84.13  109
87.3   104
90.48  111
93.65  150
96.83  179
100    530

No charge data, Ra0_ch not computed"
Thermal parameters:
T Time Constant 775
T Rise 42.32
Optimized resistance temperature compensation parameters
All GG values updated and saved in gg_out.csv
```

The right window, titled 'DOD_newRb_ratio.txt - Notepad', contains the following data:

```
0      0.787
0.111  0.773
0.222  0.793
0.333  0.805
0.444  0.82
0.556  0.786
0.667  0.813
0.778  0.794
0.81   0.788
0.841  0.801
0.873  0.903
0.905  0.903
0.937  0.903
0.968  0.903
1      0.903
```

图 6：温度系数调整返回的报告

用 bqStudio 烧录修改了温度系数的 Chem ID 后，再导入更新的 GG 文件即可。在此基础上，进行常温学习和低温测试，测试结果如下：

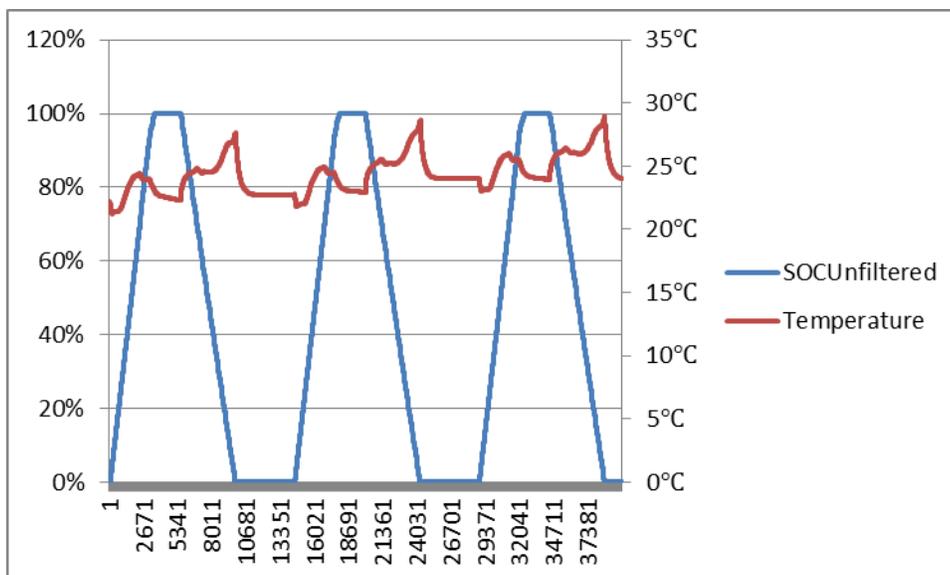


图 7：温度系数调整后的常温测试结果

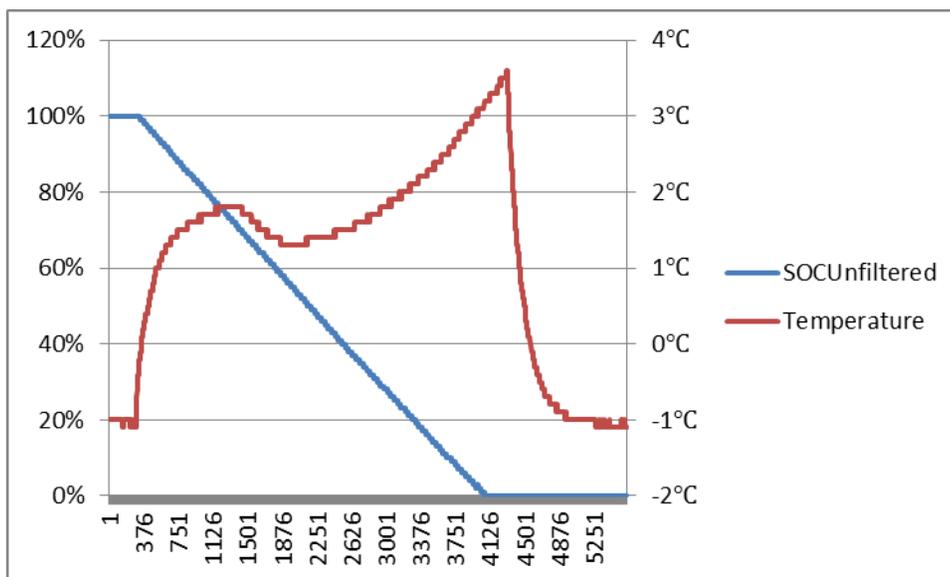


图 8：温度系数调整后的低温测试结果

从图 7 可见，常温下，经过第一个充放电循环的学习后，第二个和第三个充放电循环的 SOC 的精度很好。然后在此基础上去做常温充满低温放电测试。从图 8 可见，SOC 平滑下降，并没有跳变。所以经过温度系数调整后，低温性能得到了改善。

5, 总结

本文对目前常用的几种 Chem ID 选择的方法进行了逐一介绍，并专门针对匹配 Chem ID 和低温系统调整进行了详细的测试。详细对比了使用匹配 Chem ID，在进行低温系数调整前以及进行低温系数调整后的测试结果。从对比结果来看，经过温度系数调整后，低温性能确实得到了改善。

参考文档

Simple Guide to Chemical ID Selection Tool (GPC) (Rev. A), <http://www.ti.com/lit/pdf/slva725>

Golden GG Maker and Resistance Temperature Compensation Optimizer, <http://www.ti.com/lit/pdf/sluubd0>

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司