

Application Brief

电量耗尽电池充电时的安全性



Wyatt Keller

简介

安全性是电池管理系统 (BMS) 中最重要的方面，而充电器是能保护电池电芯的关键元件。何时允许电池充电或制止电池充电将极大地影响电池系统的安全性。因此，应根据应用要求，选择在零电压或电量耗尽时对电池充电具有适当保护功能的充电器。

过放电时的安全性

如果电池在过放电后长时间未使用，则其会以更快的速度降解。加速降解是由铜阳极箔溶解到电解质中所引起的。当铜阳极溶解时，也会向软包电池释放气体，导致电池鼓包。此外，在下一个充电周期，会形成铜枝晶并可能损坏固体电解界面 (SEI) 层。一旦形成铜枝晶，可能会导致内部电池短路。若在这种情况下使用电池，则内部电池短路情况会变得更糟，并会影响电池性能和安全性。

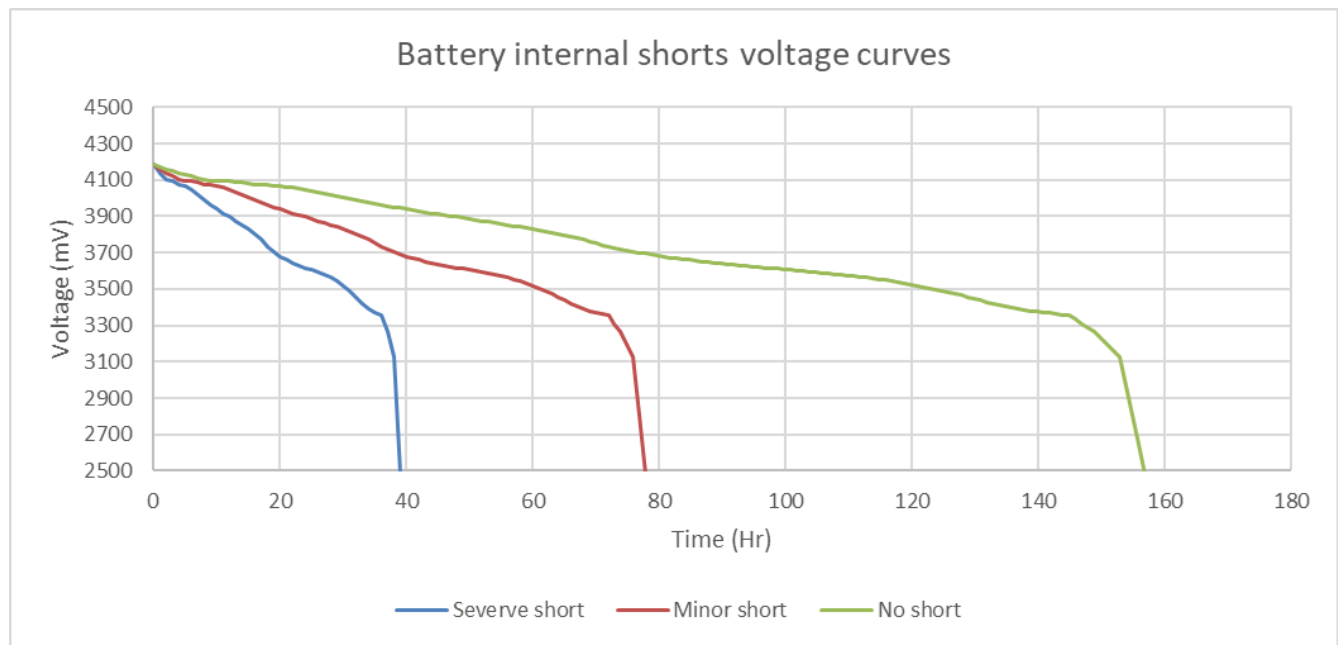


图 1. 不同内部短路条件下的电池电压示例

许多标准要求电池在过放电时采取某种形式的充电抑制措施，以防止在低于电压阈值的情况下进行充电。GB 31241 和 IEC 62133 是一些行业标准，概述了电池应用的安全要求。这些标准中的安全要求并未明确规定安全充电的电压阈值，而是依赖电池制造商的数据表和外部电路，遵循制造商针对过放电状态下充电所提出的规范要求。

电量耗尽时充电器的特性

对于没有外部主机控制的独立充电器，务必要查看安全特性并为该项应用选择合适的充电器。如果所选的电池在放电至低于低电压阈值后禁止充电，则应选择具有电池电量耗尽后能抑制充电的充电器。BQ25308 专为禁止零电压充电的应用而设计。按照电池数据表，若允许在过放电状态进行充电，则可以选择 BQ25300 这一类充电器。BQ25308 还支持磷酸铁锂 (LiFePO₄) 化学物质，其预充电和充电抑制功能的电压阈值更低。

表 1. BQ25308 充电抑制、预充电和快速充电的电压转换点

模式	电池电压 V_{BAT}	充电电流	典型值
电池短路	$V_{BAT} < V_{BAT_SHORT}$	充电抑制	-1.5 μ A
预充电	$V_{BAT_SHORT} < V_{BAT} < V_{BAT_LOWV}$	I_{PRECHG}	I_{CHG} 的 10% ($I_{PRE} > 63mA$)
快速充电	$V_{BAT_LOWV} < V_{BAT}$	I_{CHG}	通过 ICHG 电阻器设置

表 2. BQ25308 磷酸铁锂 (LiFePO₄) 和标准锂离子电池的电压阈值

参数	说明	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{BAT_SHORT_RISE_L_FP}$	磷酸铁锂的 VBAT 短路上升阈值	短路至涓流， $V_{BATREG} = 3.6V$	1.1	1.2	1.3	V
$V_{BAT_SHORT_RISE}$	VBAT 短路上升阈值	短路至预充电， $V_{BATREG} = 4.05V/$ 4.15V/4.2V	2.05	2.2	2.35	V
$V_{BAT_SHORT_FALL_L_FP}$	磷酸铁锂的 VBAT 短路下降阈值	涓流至短路， $V_{BATREG} = 3.6V$	0.9	1	1.1	V
V_{SHORT_FALL}	VBAT 短路下降阈值	预充电至短路， $V_{BATREG} =$ 4.05V/ 4.15V/4.2V	1.85	2	2.15	V

按照电池数据表，若允许在低电压下充电，但电池内部短路时，充电器可能无法将电压恢复至预充电与快速充电电压转换点以上。预充电电流是快速充电电流的百分比，对于 BQ2530x 器件，其值为快速充电电流的 10%。若电池在预充电电流作用下未能恢复，充电器可通过预充电安全计时器检测到潜在不安全电池并停止充电。

表 3. BQ25308 安全计时器

参数	说明	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{SAFETY_FAST}	充电安全计时器	快速充电安全计时器 20 小时	15	20	24	hr
t_{SAFETY_PRE}	充电安全计时器	预充电安全计时器	1.5	2	2.5	hr

当使用具有主机控制和电源路径管理功能的 I²C 充电器时，允许充电的决策可由主机作出，因此选择具备电量耗尽充电抑制功能的充电器并非关键。

参考资料

1. 德州仪器 (TI), [具有电量耗尽充电抑制功能的 BQ25308 独立型 1 节、17V、3.0A 电池充电器](#), 数据表。
2. LI, H.-F., GAO, J.-K. 和 ZHANG, S.-L. (2008), 过放电对锂离子电池膨胀和充电性能的影响。Chin. J. Chem., 26 : 1585-1588. <https://doi.org/10.1002/cjoc.200890286>, 网页。
3. C. Chen, G. He, J. Cai, Z. Zhao 和 D. Luo, “调查便携式电子产品中锂离子电池铜枝晶现象的过放电故障”, 2019 年第 22 届欧洲微电子与封装会议暨展览会 (EMPC), 意大利比萨, 2019 年, 第 1-6 页, doi : 10.23919/EMPC44848.2019.8951808。
4. 王功泉、平平、孔德鹏、彭荣琪、徐和、张悦、戴新怡和 Jennifer Wen, 锂离子电池热失控建模方面的进步与挑战, 《创新》2024 年第 4 期第 5 卷, 100624, ISSN 2666-6758, <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2024.100624>, 网页。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（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，不保证没有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、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(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、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月