



电池管理系统知识讲座



- 什么是电池管理系统

- 为什么需要BMS

- BMS功能、组成及拓扑结构



第一篇

PPPP

什么是电池管理系统?

电池管理系统 (Battery Management System)

- 来自Wikipedia的定义:

A **Battery Management System (BMS)** is any electronic device that manages a rechargeable battery (cell or battery pack), such as by monitoring its state, calculating secondary data, reporting that data, protecting it, controlling its environment, and / or balancing it.

- 个人观点:

电池管理系统是一种能够对蓄电池进行监控和管理的电子装置，通过对电压、电流、温度以及SOC等参数采集、计算，进而控制电池的充放电过程，实现对电池的保护、提升电池的综合性能。

为什么锂电池需要BMS?

- 安全需求:

锂电池的缺点是“娇气”，1次过放电就会造成电池的永久性损坏。极端情况下，锂电池过热或者过充电会导致热失控、电池破裂甚至爆炸。锂电池需要BMS来严格控制充放电过程，避免过充、过放、过热。

- 功能需求:

锂电池在使用过程中需要知道电池的SOC参数，通过SOC预测电池的剩余电量。BMS能够实时测算锂电池的SOC，满足客户应用需要。

大容量锂电池存在比较明显的不一致性，不一致性会影响电池的充放电能力及循环寿命。BMS能够通过均衡改善不一致性，提升锂电池整体性能。

电池在不同的温度下会有不同的工作性能，锂离子电池的最佳工作温度为 $25\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。温度的变化会使电池的SOC、开路电压、内阻和可用电量发生变化，甚至会影响到电池的使用寿命。通过BMS可以控制电池工作的环境温度，改善电池特性。

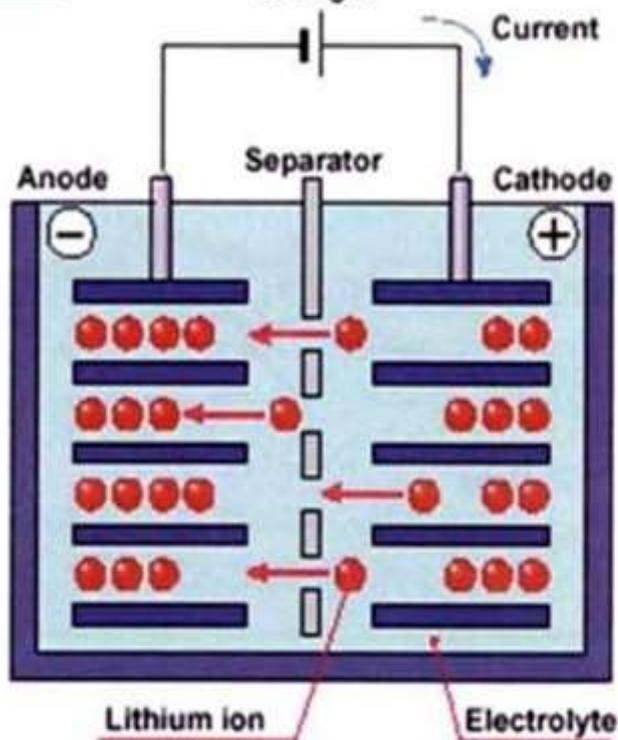
锂电池工作原理

Operating Principle of Li Ion Cell

Charging

NEC Tokin 2004 Catalog

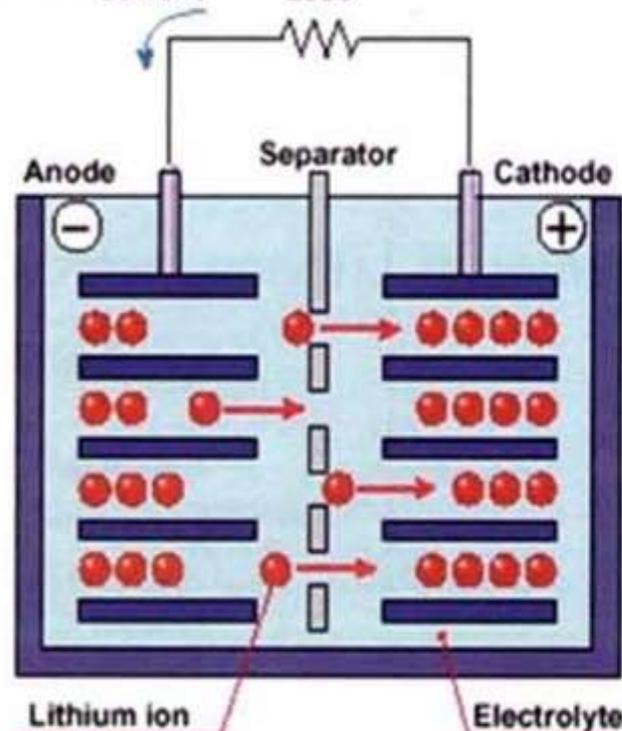
Charger



Discharging

Current

Load



过充过放的本质

- 锂电池充放电过程

充电时，锂离子从正极板脱嵌，通过电解液嵌入到负极板上；放电时，锂离子从负极板上脱嵌，并经由电解液嵌入到正极板上；锂离子电池的充放电过程是锂离子在极板上的嵌入和脱嵌过程。

- 充电时，随着锂离子的脱嵌，正极材料体积会发生一定量的收缩；放电时，随着锂离子的嵌入，正极材料体积会发生一定量的膨胀。

过充时，正极晶格会产生崩塌，锂离子在负极会形成锂枝晶从而刺破隔膜，造成电池的损坏。

过放时，正极材料活性变差，阻止锂离子的嵌入，电池容量急剧下降。如果发生正极材料体积过度膨胀，也会破坏电池的物理结构，造成电池的损坏。

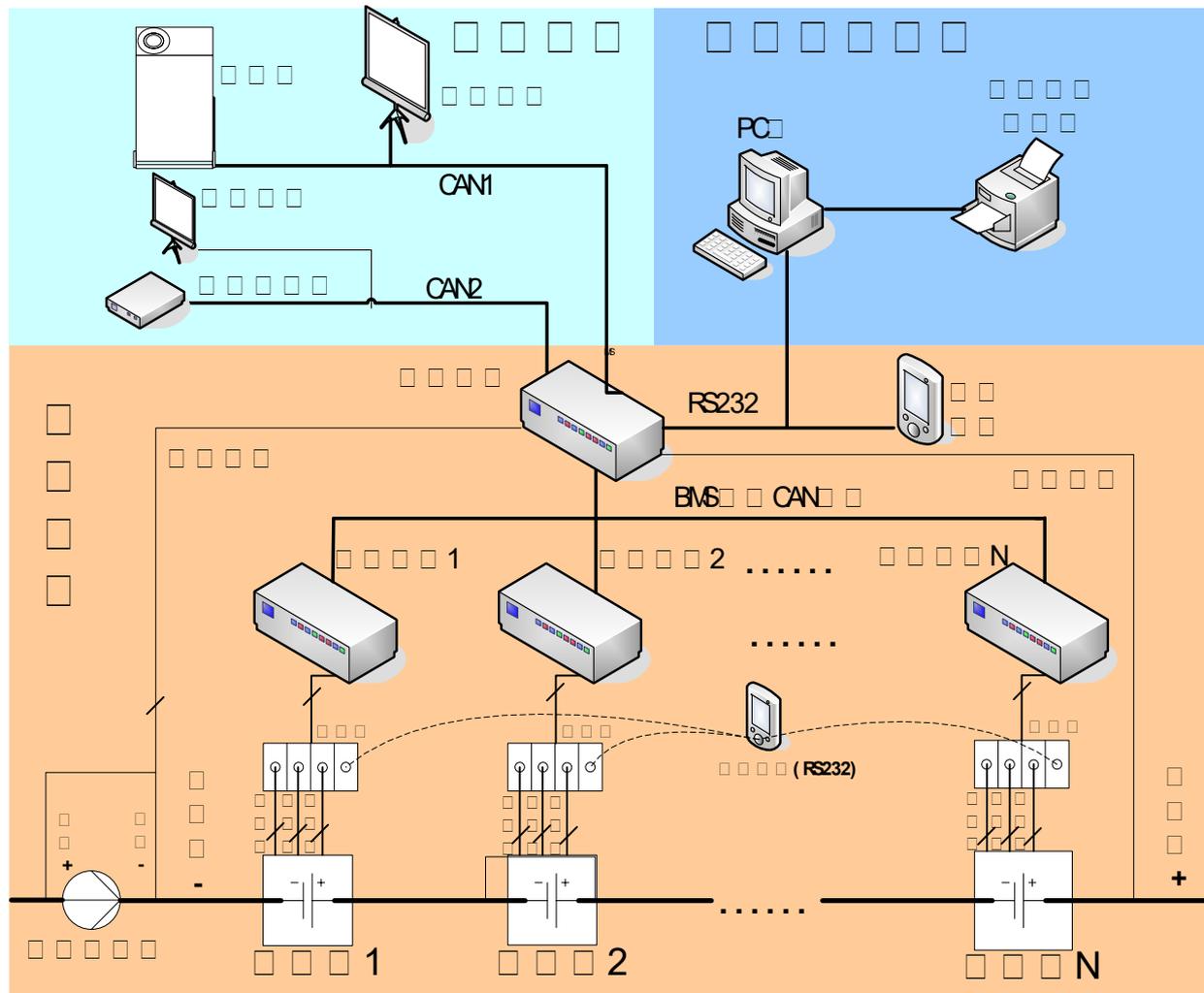
BMS的基本功能



- 单体电池电压采集；
- 单体电池温度采集；
- 电池组电流检测；
- 单体/电池组SOC测算；
- 电池组SOH评估；
- 充放电均衡功能；
- 绝缘检测及漏电保护；
- 热管理控制（散热、加热）；
- 关键数据记录（循环数据、报警数据）；
- 电池故障分析与在线报警；
- 通信功能（能够与充电器、电机控制器等通信）。

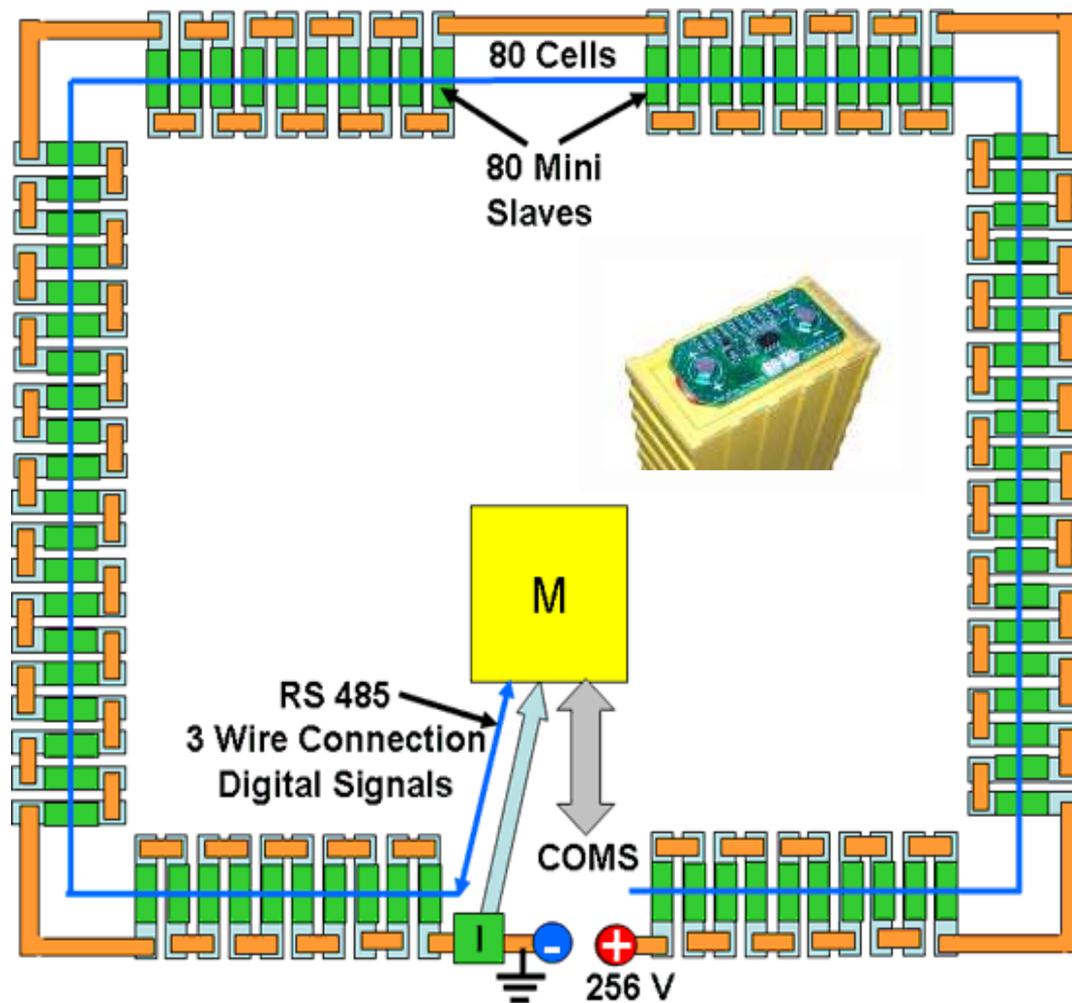
BMS组成示意图

- 图中所示为亿能BMS，采用主从结构(Master-Slave)，包含一个主控多个从控，每个从控最多管理60支电池。
- 主控与充电器、车辆控制器通过外部CAN总线通信，主控与手持设备通过RS232通信，主从之间通过内部CAN总线级联。
- 从控实现电压采集、温度采集、热管理，主控兼顾电流测量、绝缘检测以及与其他设备通信等功能。



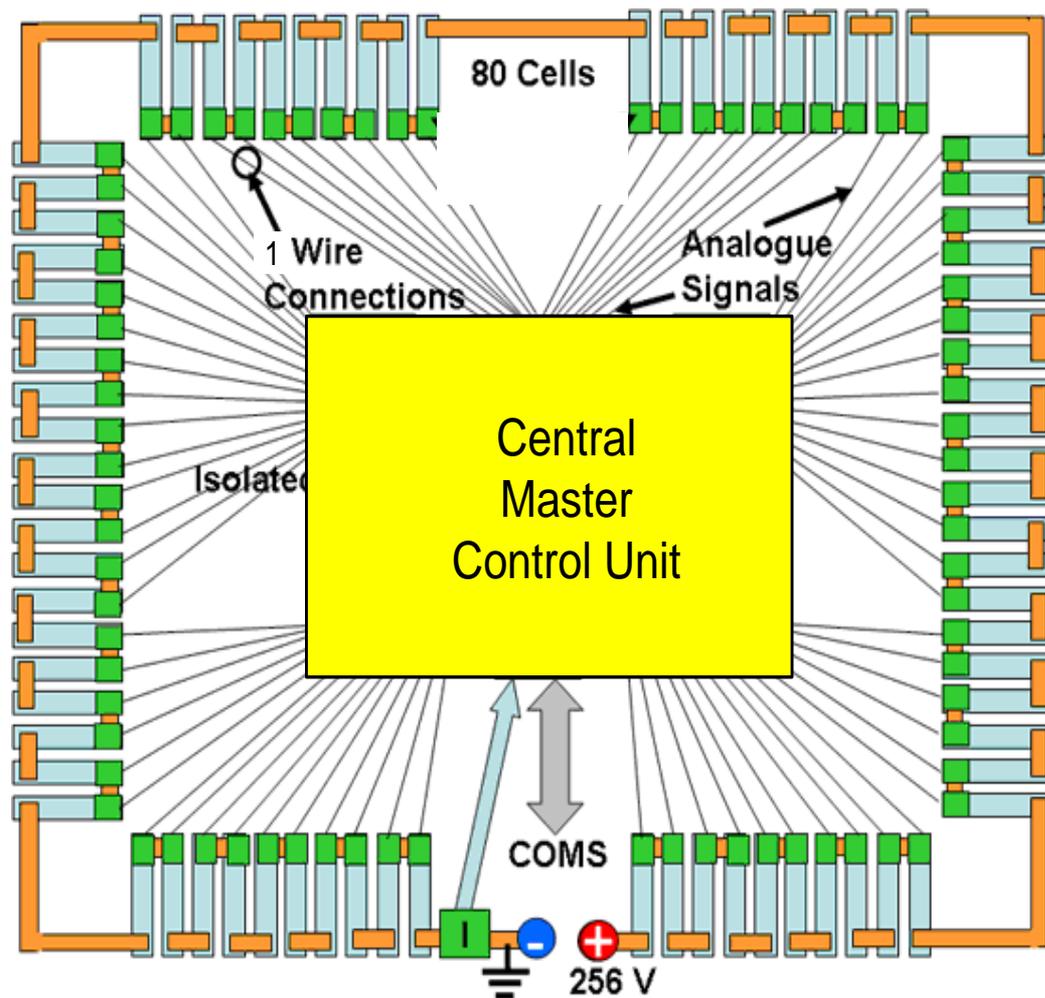
BMS拓扑结构---Distributed

- 定义：电压、温度采集以及均衡等功能等分布到每支电池，通过总线与主控通信。
- 优点：设计、构造简单，连线少，可靠性高，便于扩展。
- 缺点：每支电池都需要一块控制板，安装繁琐、成本高。
- 实例：GENASUN GLD, Elithion Lithiumate BMS。



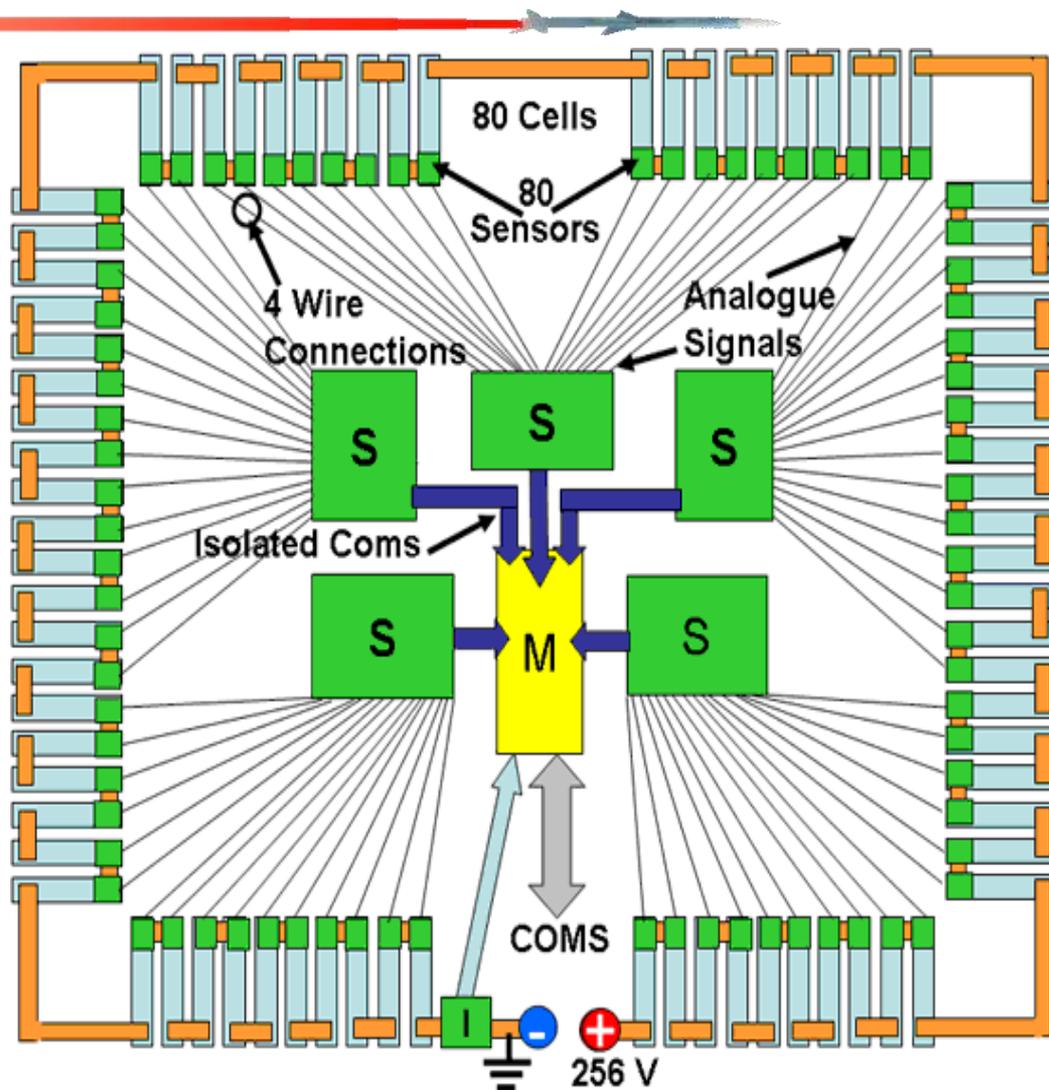
BMS拓扑结构---Centralized

- 定义：电压、温度采集以及均衡等所有功能均由主控完成（无从控），主控与电池无总线通信，直接导线相连。
- 优点：设计、构造简单。
- 缺点：连线长、连线多，可靠性不高，管理电池数量不能太多。
- 实例：Flex BMS48，JustPower BMS 系列某产品（BattMind C series）。



BMS拓扑结构---Modular

- 定义：一主多从结构，电压、温度采集以及均衡等功能由从控完成，一个从控管理若干电池，主控与从控总线通信（也称为Master-Slave）。
- 优点：不需要在每支电池上安装控制电路板，连接灵活；从控离电池近，避免过长连线；便于扩展。
- 缺点：需要考虑主从之间的通信隔离，通信多样、控制复杂。
- 实例：国内主流BMS结构，亿能、冠拓、力高、宁波拜特BMS40、中航锂电自研BMS。





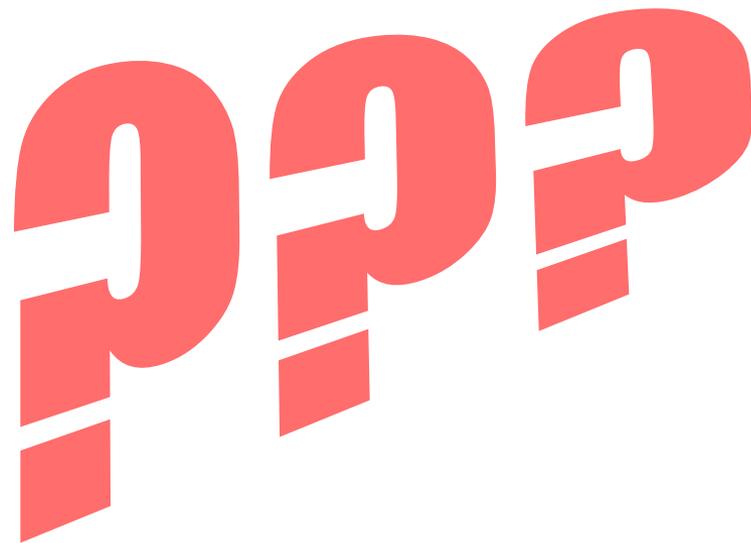
- SOC、SOH

- 电池不一致性分类、定义

- 均衡方法、均衡过程、均衡误区



第二篇



PPPP

SOC 定义及表示方法

- *State of Charge (SoC):* $100\% > \text{SoC} > 0\%$
 - $\text{SoC} = (\text{remaining capacity}) / (\text{capacity of fully charged battery})$
 - $\text{SoC} = (\text{remaining capacity}) / (\text{Total amount of usable charge at a given C-rate})$
 - $\text{SoC} = (C_n - Q_b) / C_n$
 - ⑥ C_n : nominal capacity
 - ⑥ Q_b : net discharge
- Remaining Capacity \neq Usable Capacity
 - Usable capacity depends on the cutoff voltage
 - Usable capacity depends on the age of the battery
- Capacity of fully charged battery \neq Total amount of usable charge at a given C-rate $\neq C_n$

SOC 定义及表示方法

- 定义SOC (State of Charge)

$$\text{SOC} = 1 - (\text{Qdischarge}/\text{Qrated}) = \text{Qrest}/\text{Qrated}$$

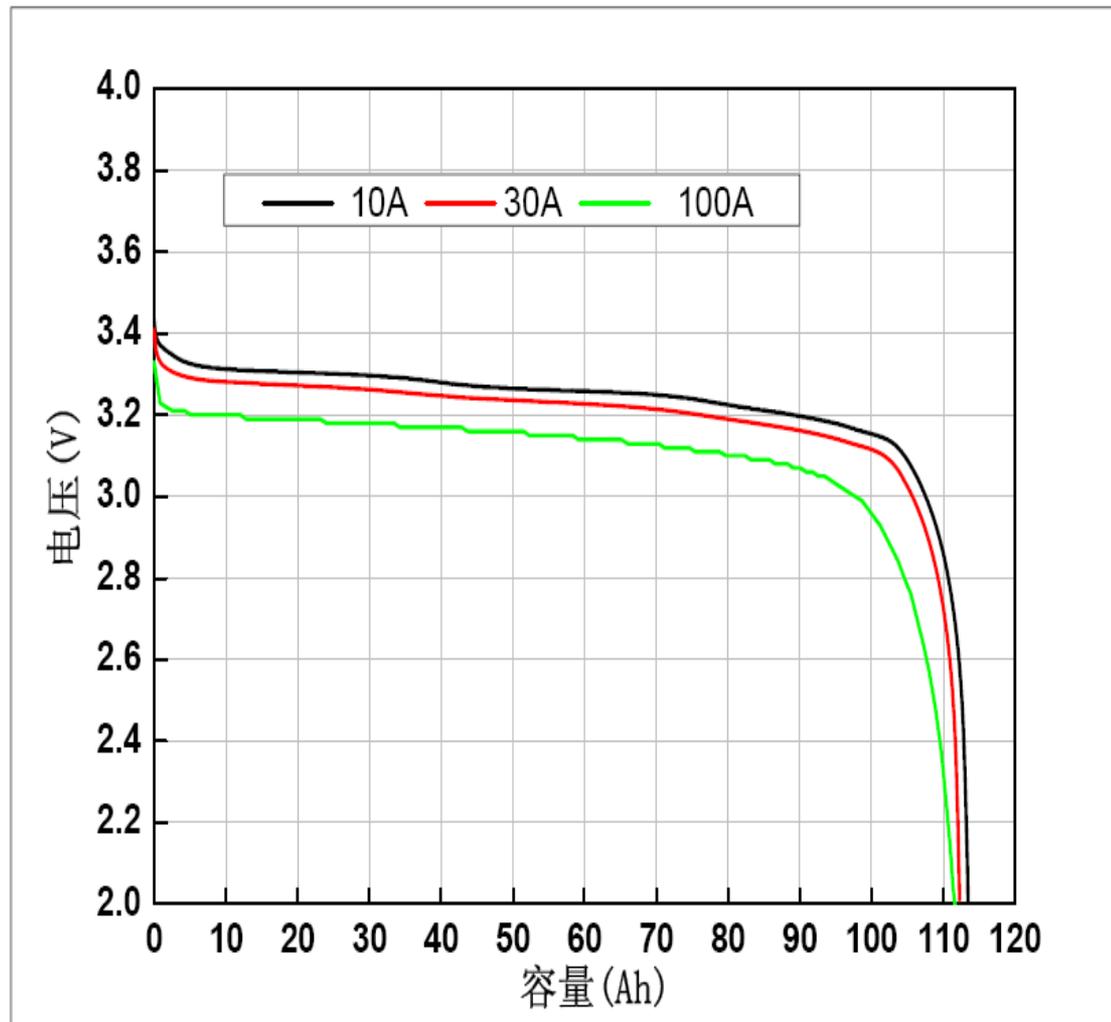
SOC表征电池的荷电状态，计算方法如上式，其中Qdischarge为已经放出电量，Qrated为额定电量，Qrest为剩余电量。

- SOC表示方法

1. 化学法：通过测量电解液的比重或PH值来指示电池的SOC（没有密封的铅酸电池）。
2. 电压法：建立电池充放电过程中电压与SOC的对应关系，通过读取的电压参数来反映SOC（受电流和温度影响）。
3. 电流积分：即所谓的安时积分法，将充放电电流与充放电时间进行积分，计算电量（需要校准）。
4. 压力法：电池内部压力随着充电的持续而增加，根据测量到的压力判断SOC大小（适用于镍氢电池）。

锂电池SOC测算方法

- 电压法不依赖于历史状态，无累积误差，各单体SOC相对独立；但是锂电池电压曲线平缓，不易判断。
- 电阻测量法：用不同频率的交流电激励电池，测量电池内部交流电阻，通过计算模型得到SOC估计值；但SOC与电阻等参数之间关系复杂，传统数学方法难以建模。
- AH积分法依赖于历史状态，有累积误差，有均衡的情况下SOC测算难度加大；但AH积分法可以通过补偿、校准提高精度，目前应用最广泛。
- 神经网络法、卡尔曼滤波法。

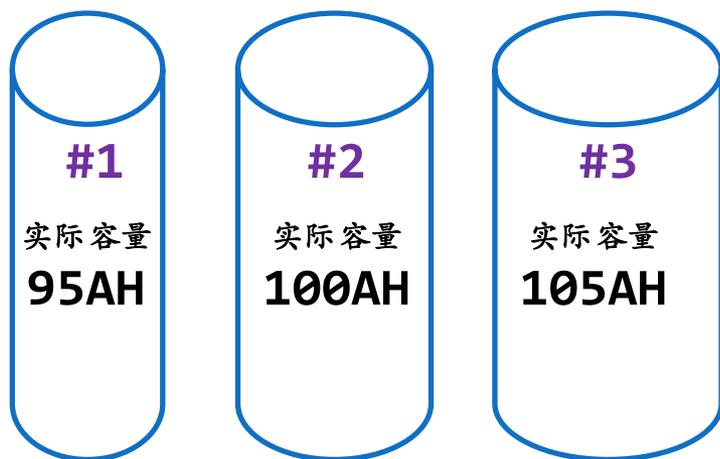


锂电池SOH定义

SOH (State of Health) 即电池的健康状态，是用来表征电池是否可以正常工作的一个指标，当SoH较差时电池可能已经处于失效状态。SOH主要表现在以下几个方面：

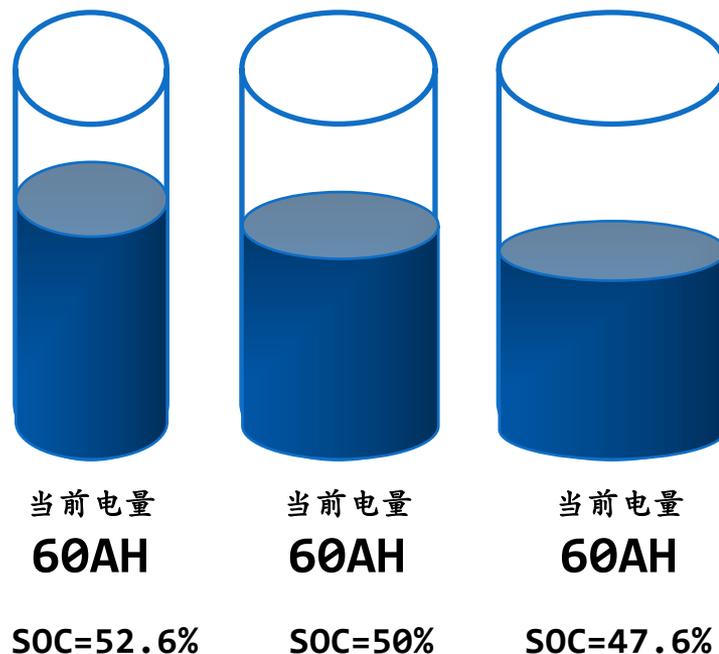
- Full Discharge Test (容量衰减)
 - $SoH = (\text{measured capacity}) / (\text{rated capacity})$
 - $1 > SoH > 0$ A battery is at its end of lifetime at SoH of 0.8 .
(Energy Institute Battery Research Group)
- Increase in internal resistance resulting active power loss
(内阻增大导致有源功耗)
- Increase in self discharge rate (自放电率增大)
- Counting charge/discharge cycles (循环次数累加)
- Voltage drop during initial discharge (初始放电电压下降)

电池第一类不一致性

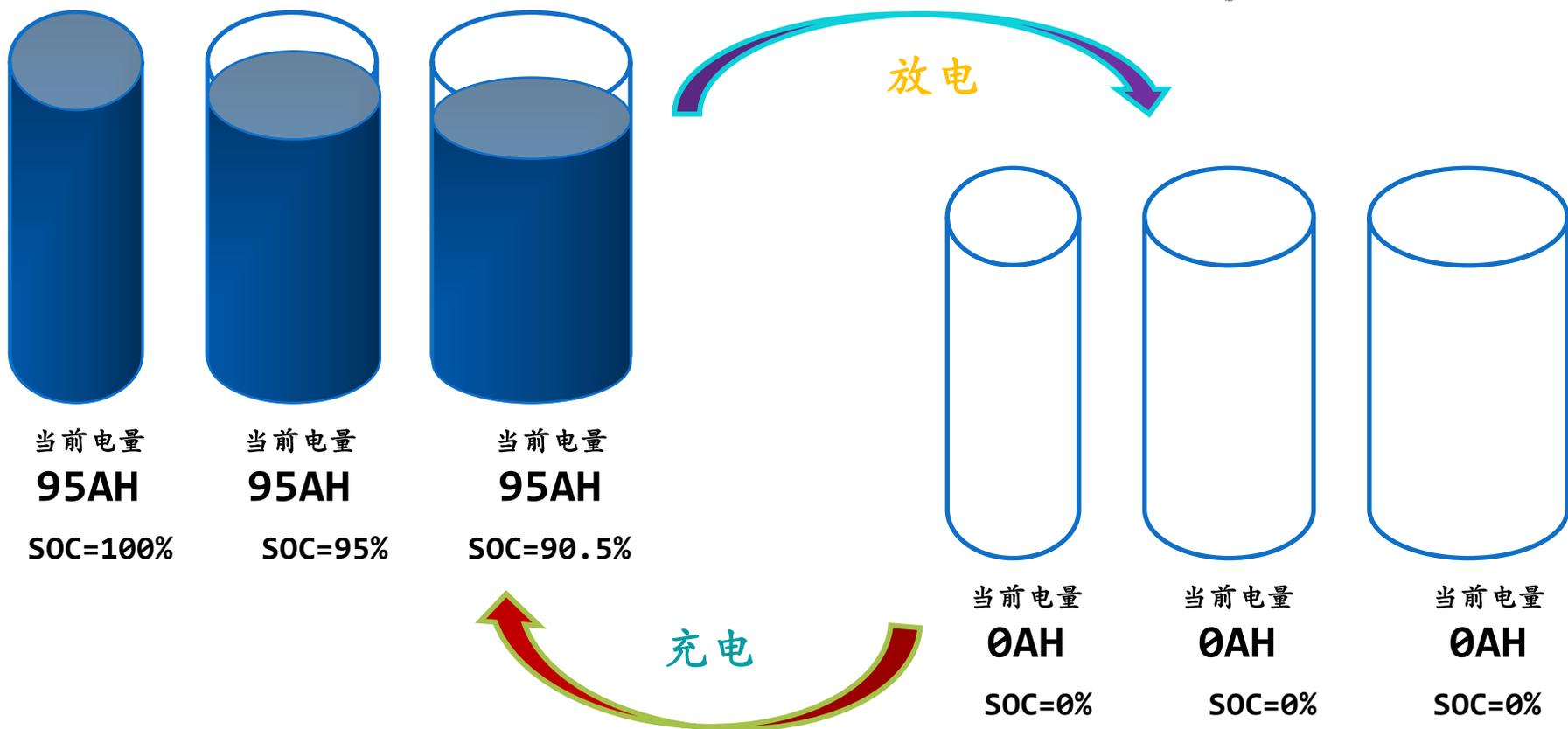


- 假设#1, #2 和 #3三支100AH串联电池的实际容量分别为95AH, 100AH, 105AH, 即存在第一类不一致性, 容量差异为10AH; 三支电池的初始电量为均为60AH, 此情况下纯粹由第一类不一致性导致的SOC最大差异将为9% (充放电末端达到最大值), SOC最小差异为5%左右。

- 第一类不一致性: 电池自身容量的差异导致的不一致性。第一类不一致性由电池生产工艺不完善导致, 同一批次电池容量有一定的离散性。

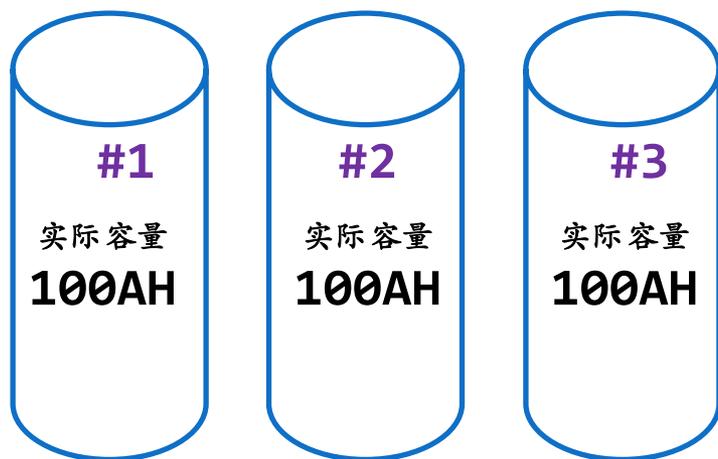


第一类不一致性的影响



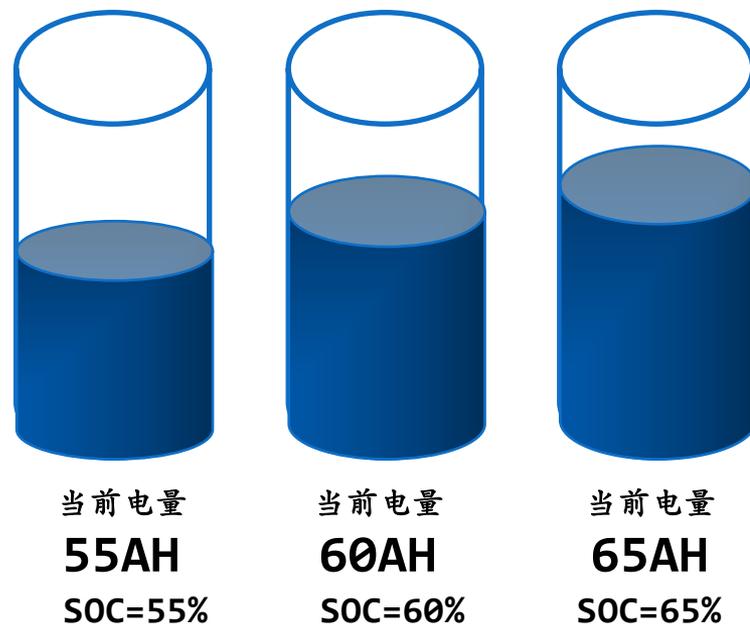
- 第一类不一致性影响：充电时#1电池先达到截至电压，充电终止；放电时三支电池几乎同时达到截至电压，放电终止；电池组的充放电能力受容量最小单体(#1)制约，实际只有95AH。

电池第二类不一致性

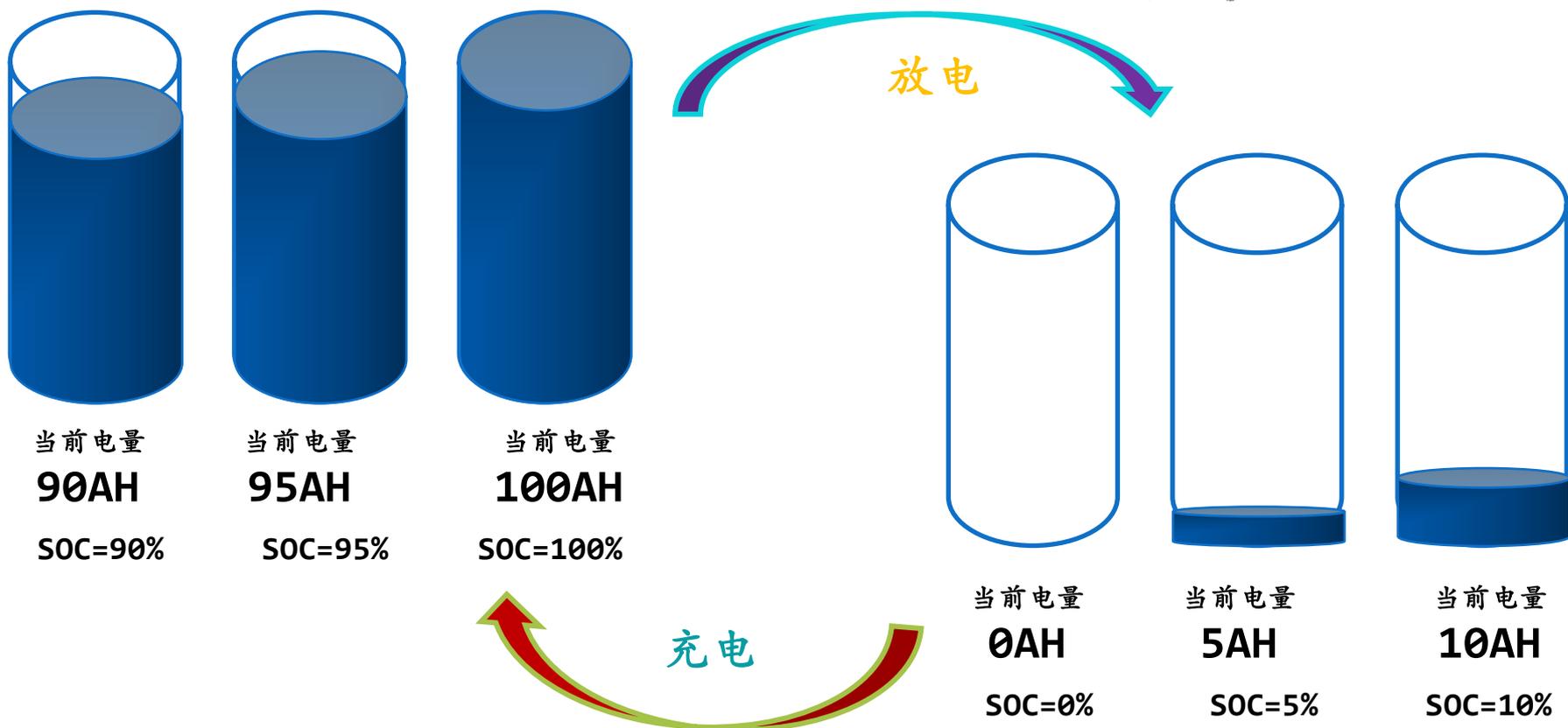


- **第二类不一致性**：纯粹由各个单体电池初始电量差异导致的不一致性。第二类不一致性不依赖于第一类不一致性存在。
- 电池组在实际应用过程中因为内阻差异、自放电率差异等原因，第二类不一致性会从无到有，从弱到强。

假设#1, #2 和 #3 三支串联电池的实际容量均为100AH, 即不存在第一类不一致性; 三支电池的当前电量为55AH, 60AH, 65AH, 由此导致的SOC差异为10%, 电量最大差异10AH。



第二类不一致性的影响



- 第二类不一致性影响：充电时#3电池先达到截至电压，充电终止；放电时#1先达到截至电压，放电终止；电池的实际容量是100AH，然而充放电能力实际只有90AH。

如何解决电池存在的不一致性

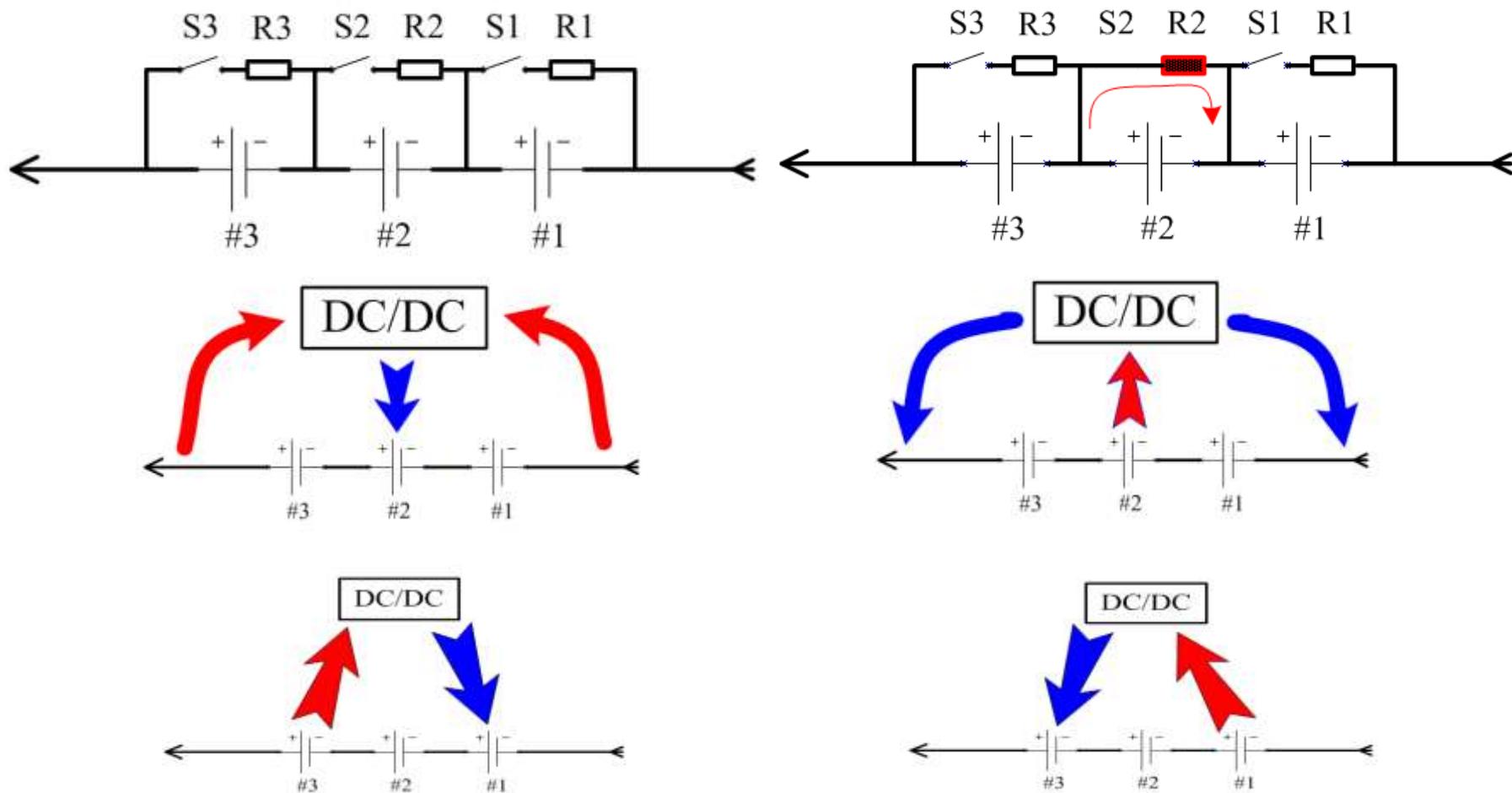
- BMS可以通过**均衡功能**解决电池组使用过程中存在的第一类不一致性和第二类不一致性。
- 均衡分为主动均衡和被动均衡。被动均衡以电阻能耗法为代表，该方法可以实现充电均衡。主动均衡DC/DC变换器为代表，基于此主动均衡又可以分为以下四种方式，每种方式均可以实现充电均衡和放电均衡：
 1. 电池组向单体均衡（放电均衡效果尤佳）；
 2. 单体向电池组均衡（充电均衡效果尤佳）；
 3. 电池组与单体之间双向均衡；
 4. 单体与单体之间均衡。



实际应用中第一类不一致性和第二类不一致性同时存在,严重影响电池组的充放电循环能力。



常见的均衡方法示意图



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/507023022156006024>