

## BMS 简介

### 引言

电池管理系统 ( BatteryManagementSystem, BMS ) 是管理电池组的 “智能大脑”，通过实时监控、控制和保护电池，确保其安全、高效、长寿命运行。作为新能源汽车、储能电站等领域的核心技术，BMS 直接决定了电池系统的性能和可靠性。

BMS 是新能源汽车及储能系统中负责监控、管理和保护电池组的关键技术，主要由数据采集单元、控制单元、执行单元及通信接口等组成，各部分协同工作以实现电池组的综合管理，通过实时监测电池组的电压、电流、温度等参数，BMS 运用算法进行分析与计算，实现对电池状态的精准评估与高效管理。作为新能源时代的核心技术，BMS 正朝着高精度、智能化的方向持续演进。随着电动汽车与储能产业的爆发，BMS 的技术革新将成为推动绿色能源革命的关键引擎。

### 核心功能

#### 实时监控与数据采集

电压/电流/温度监测：通过高精度的 ADC、霍尔传感器、NTC 或者红外传感器实时监控采集每个单体电池的电压、总电流及温度数据。

健康状态 ( SOH ) 评估：分析电池容量衰减、内阻变化，预测剩余寿命。

#### 关键状态估算

SOC ( StateofCharge )：通过安时积分法 ( AhCounting )、开路电压法 ( OCV )、或融合卡尔曼滤波、神经网络等算法，估算剩余电量 ( 误差需控制在 5% 以内 )。

SOP ( StateofPower )：基于内阻增量法 (  $\Delta R/\Delta Q$  ) 和容量衰减模型 ( 如 Arrhenius 方程 )，结合历史循环数据预测电池寿命，可将 SOP 估算误差控制在  $\pm 5\%$  以内。

#### 电池均衡管理

被动均衡：通过电阻耗散高电量单体能量 ( 成本低，但效率低 )。

主动均衡：利用电感、电容或 DC/DC 转换器转移能量 ( 效率高，适合大容量电池组 )。

#### 热管理

控制散热风扇、液冷系统或加热膜，维持电池工作温度在最佳区间，防止热失控。

#### 安全保护机制

多级故障防护：过充、过放、过流、短路、温度异常的硬件/软件双重保护。

### 硬件结构

BMS 硬件架构是电池管理系统的物理实现基础，其设计直接影响系统的精度、可靠性和成本。典型的 BMS 硬件采用分层分布式架构，主要包括主控单元 ( BMU )、从控单元 ( CSC )、传感器网络、通信模块等。

#### 主控单元

硬件组成：

主控 MCU：高性能处理器，支持 ASIL-D 功能安全等级。

存储器：Flash 存储参数配置与故障日志，RAM 用于实时数据缓存。

隔离电源：通过 DC/DC 隔离模块为 BMU 供电 ( 输入电压常为 12V/24V，输出 3.3V/5V )。

通信接口：CAN 收发器、以太网 PHY 芯片。

#### 从控单元

硬件组成：

AFE 芯片：专用模拟前端芯片，电芯串联监测。

电压采样电路：多路复用开关+精密 ADC，采用差分采样降低噪声。

温度采集电路：NTC 热敏电阻+分压网络，或数字温度传感器。

均衡电路：被动均衡：MOSFET+功率电阻；主动均衡：双向 DC/DC 或电容阵列。

### 传感器

霍尔传感器：非接触测量，精度 $\pm 0.5\%$ （用于总电流检测）。

分流器：低成电流检测本方案，配合差分放大器实现 $\pm 0.1\%$ 精度。

温度传感器：在电芯表面、母线排、散热器等关键位置布置 NTC/PTC 传感器。

### 执行与保护电路

继电器与预充电路：

主继电器：高压直流继电器，控制电池组充放电回路。

预充电路：通过预充电阻+接触器缓充，避免上电瞬间电流冲击。

熔断器与保险：

主熔断器：快熔型保护短路故障。

二次保护：可恢复保险丝（PPTC）防止局部过流。

## 结论

BMS 作为新能源产业的核心技术，其发展历程从早期的“监控保护”逐步演进至“智能管理”。未来，随着 AI 和多能源协同技术的深度融合，BMS 将从单一功能模块升级为能源管理中枢，推动新能源产业向更高安全性、更长寿命和更低成本的方向发展。