



动力电池及管理系统



王沛禹



01

动力电池概述

02

电池电学与相关技术参数

03

动力电池组成与工作原理

04

电池结构及成组技术

05

电池BMS系统

06

电池及管理系统故障检修



01

动力电池概述



学习目标

1. 了解动力蓄电池的定义、分类及技术参数。
2. 掌握动力蓄电池结构与原理。



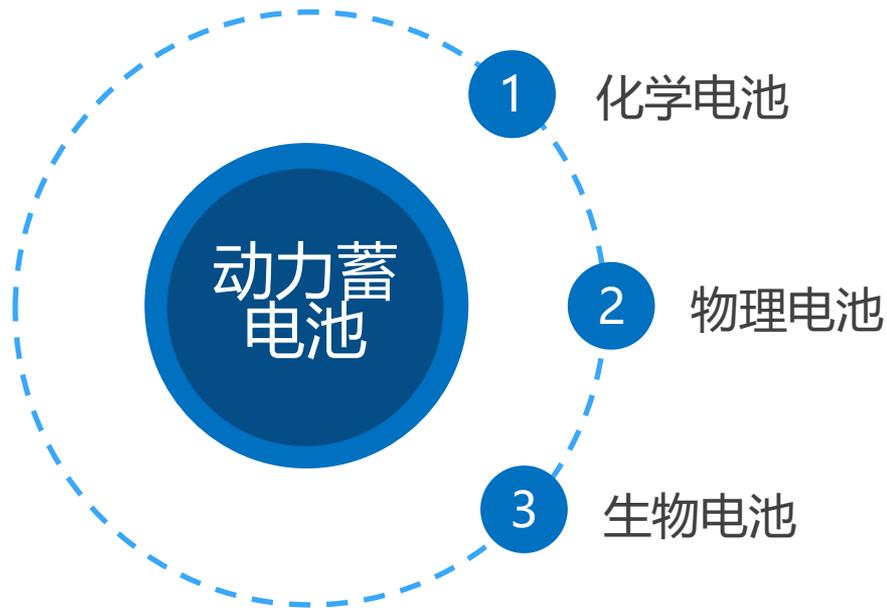
一、动力蓄电池的定义

在国家标准GB/T 19596-2017《电动汽车术语》中动力蓄电池(traction battery)的定义为：**为电动汽车动力系统提供能量的蓄电池。**





二.分类





1.化学电池：是利用物质的化学反应产生电能的电池，
如镍镉电池、镍氢电池、锂离子电池等。





化学电池分类

按工作性质

- 1 原电池
- 2 蓄电池
- 3 燃料电池
- 4 储备电池

按电解质

- 1 酸性电池
- 2 碱性电池
- 3 中性电池
- 4 有机电解质电池
- 5 固体电解质电池

按正负极材料

- 1 锌锰电池
- 2 镍镉镍氢电池
- 3 铅酸电池
- 4 锂电池

2. 电池应用情况

主要车型电池配置

车型	电池类型
比亚迪E6	磷酸铁锂电池
江淮和悦	
北汽EV160	
荣威E50	
金龙海格公交车	
比亚迪K9公交车	磷酸铁锂电池
宇通公交车	
众泰5008EV	
北汽EV200	三元锂电池
特斯拉S	

02



电池电学与相关技术参数

>>> 一、电池电学

电池电学

电池内电流流向、电子移动方向

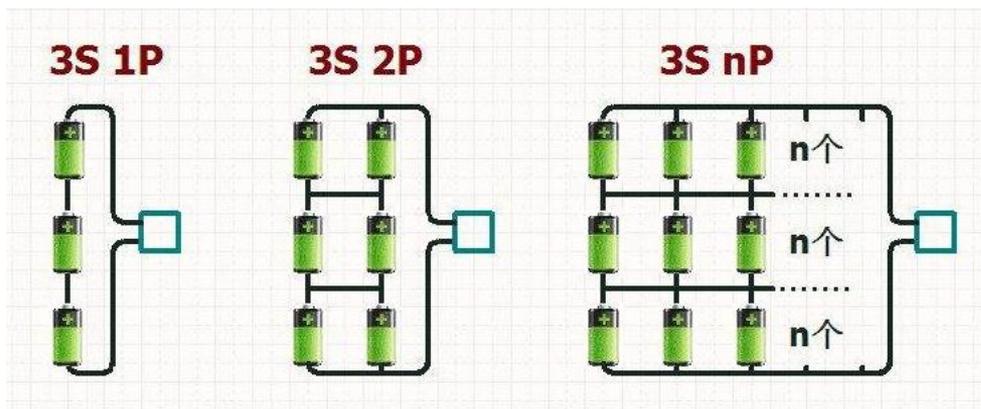
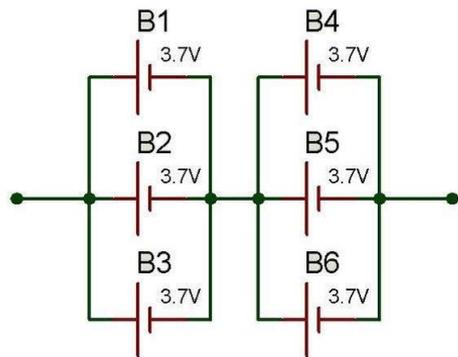
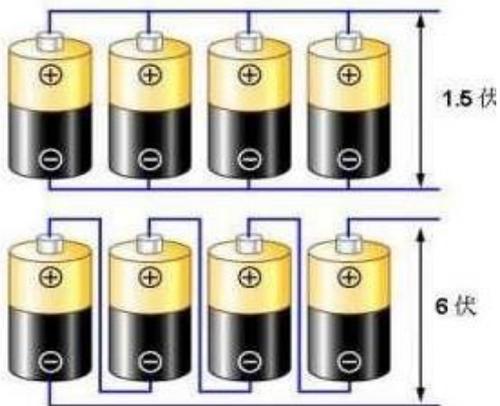
电池电压、电动势

电池容量、电池能量、荷电状态 (SOC)

电池功率、放电制度

电池并联: paralleling connection 电池串联: Series connection

电池串、并联





规格相同，内阻不计：

A.串联：电压相加，电流不变，容量不变，能量相加，功率变大。

B.并联：电压不变，电流减小，容量相加，能量相加，功率变小。

例：电压是3.7V，容量是3000mAh的锂电池，同样是两节电池：

如果是两串，那电池组的型号就是：7.4V/3000mAh；

如果是两并，型号就变为：3.7V/6000mAh。

串联时电压会增加而容量不变，并联时增加的是容量而电压不变。

二、动力电池技术参数

E150EV动力蓄电池系统技术参数

项目	参数
零部件号	E00008217
额定电压	320V
电芯容量	66Ah
额定能量	21.12kWh
连接方式	1P100S
电池系统供应商	PPST
电芯供应商	ATL
BMS供应商	亿能
总质量	278kg
总体积	168L
工作电压范围	220 ~ 400V
能量密度	76Wh/kg
体积比能量	125Wh/L



参数名称	铅酸电池	镍氢电池	锂电池
单体电池电压(V)	2	1.2	3.2-3.7
比能量 (W·h/kg)	30-50	60-90	70-160
循环寿命 (100%DOD)	≥300次	≥400次	≥600次
放电率(%/月)	5	20-35	6-8
快速充电能力	一般	较好	好
耐过充能力	一般	强	差
记忆效应	无	无	无
环境污染	严重	微小	微小
使用温度范围(°C)	-20—+50	-20—+50	-20—+55
价格(元/(W·h))	<1	2-7	2-7



项目	钴酸锂	锰酸锂	三元锂	磷酸铁锂
电压 (V)	3.6-3.7	3.6-3.7	3.6-3.7	3.2-3.3
比能量 (W·h/kg)	>150	>100	>140	>70
循环寿命 (100%DOD)	>600	>600	>600	>800
安全性	低	较高	较高	高
热稳定性	不稳定	较稳定	较稳定	稳定
过渡金属资源	贫乏	较丰富	较丰富	丰富
原料成本	昂贵	较低	较低	低

03



动力电池组成与工作原理

一、主要类型电池的结构与工作原理

主要
类型

1

锂电池

2

镍氢电池





1. 锂电池





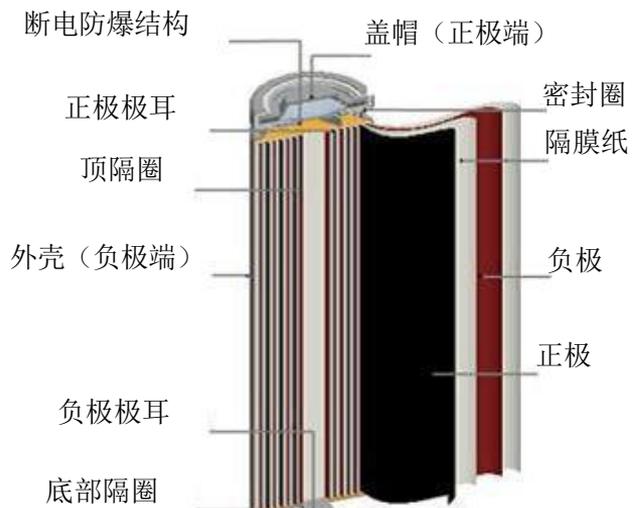
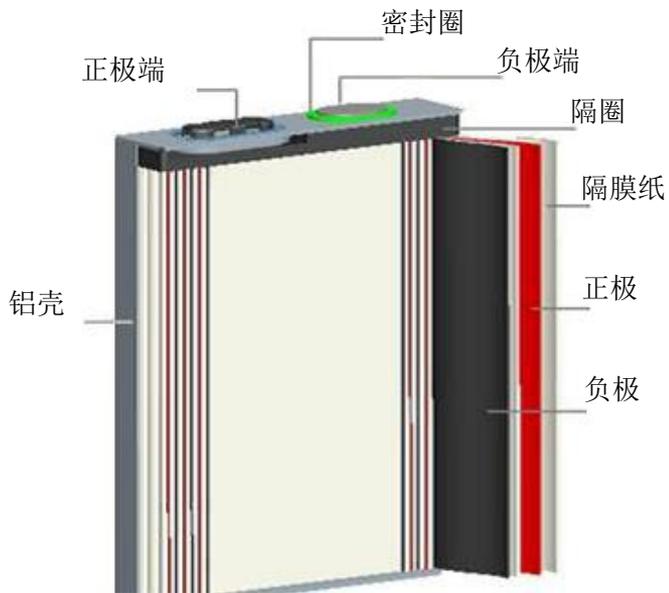
(1) 锂电池分类

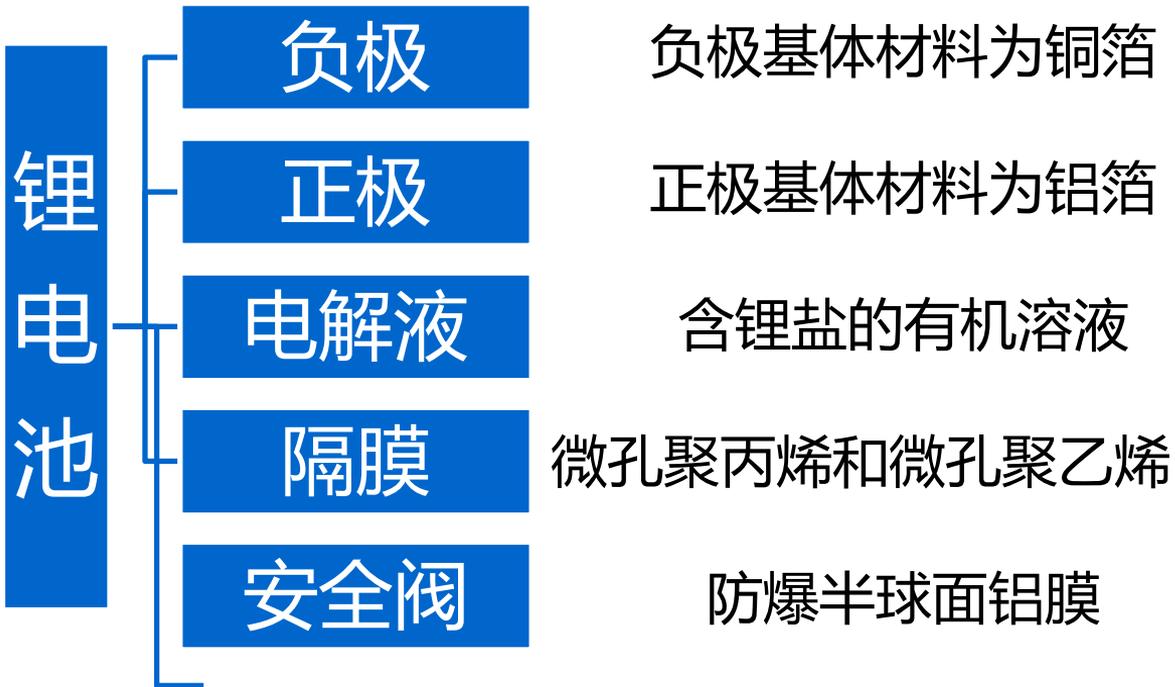




(2) 锂电池组成

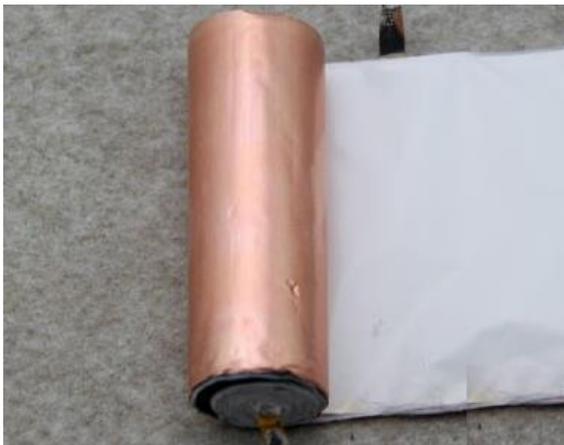
基本组成







负极材料多为锂离子嵌入碳化合物，有PC（石油焦）、MCMB(中间相碳微球)、CF（碳纤维）、石墨、 LiXC_6 （锂-碳层间化合物）、 Li_3TiO_3 （钛酸锂）等；为提高电池的输出电流，采用薄电极设计，负极基体材料（负极集流体）为铜箔。



负极基体材料



过充和过放都会损坏负极材料，鼓包和负极晶格塌落，枝晶刺破隔膜导致短路。



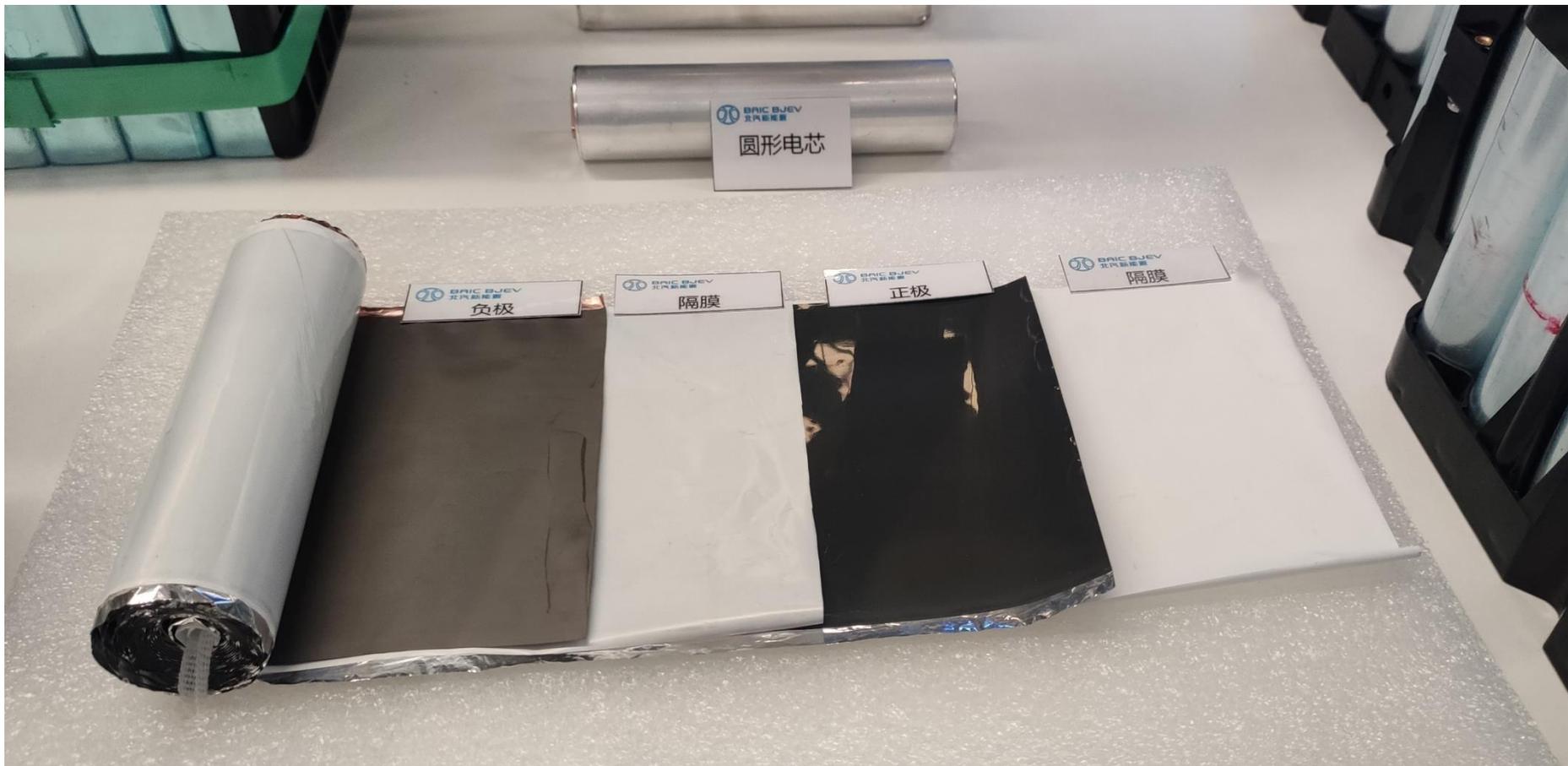


正极材料采用锂化合物 LiXCoO_2 （钴酸锂）、 LiXMnO_2 （锰酸锂）、 LiFePO_4 （磷酸铁锂）、 $\text{Li}(\text{NiCoMn})\text{O}_2$ （镍钴锰酸锂）三元材料等；通常正极基体材料（正极集流体）为铝箔。



正极基体材料







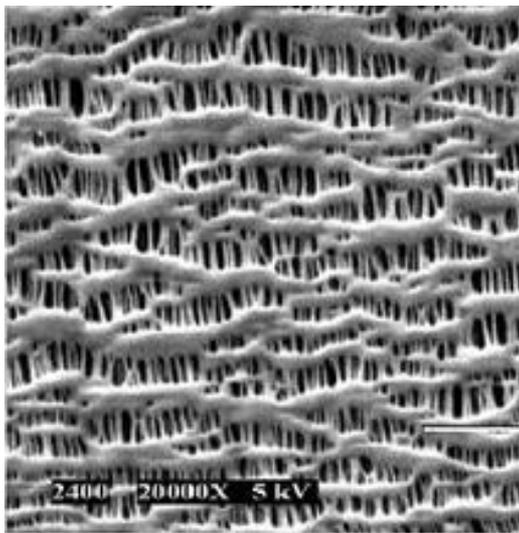
电解质是含锂盐的有机溶液，为离子运动提供运输介质，一般用 LiPF_6 （六氟磷酸锂）、 LiAsF_6 （六氟合砷酸锂）等的混合溶液，形态有液体、胶体和固体。



锂电池电解液



隔膜通常使用微孔聚丙烯和微孔聚乙烯或者二者的复合膜，孔径一般在 $0.03\sim 0.12\mu\text{m}$ 。**允许锂离子 Li^+ 往返通过，阻止电子 e^- 通过**，在正负极之间**起绝缘作用**，隔膜被称为电池第三极。



微观隔膜



宏观隔膜



隔膜：热失控防护；

影响电池内阻、容量、循环性能，充放电电流密度。



**隔膜主要
性能要求**

厚度均匀性：纵向、横向

力学性能：抗穿刺强度、拉伸强度

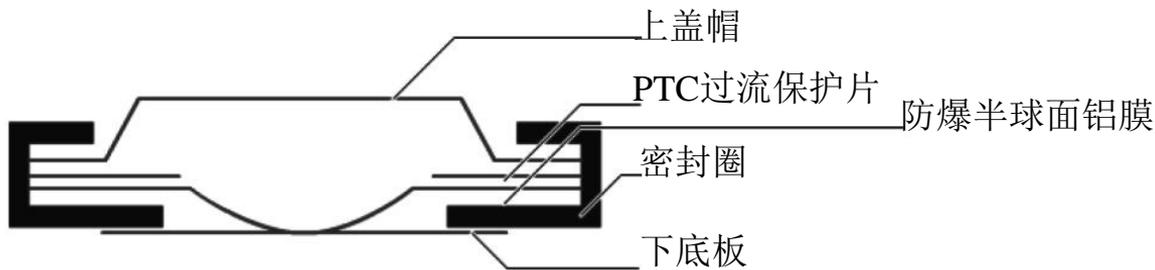
透过性能：透气度、孔隙度

理化性能：润湿性和润湿速度、化学
稳定性、热稳定性、安全保护性能

温度性能：闭孔温度、破膜温度



圆柱形锂离子电池安全阀主要由上盖帽、PTC过流保护片、防爆半球面铝膜、下底板等组成。下底板一端与电池正极极耳焊接连接，是正极片与外部连接的过渡，另一端与防爆半球面铝膜点焊连接。

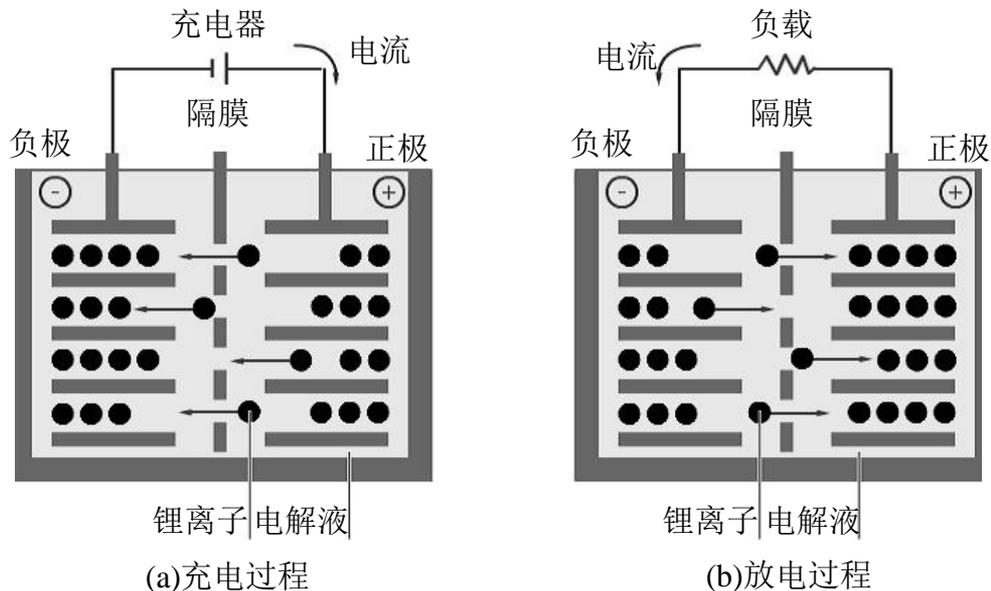


安全阀结构图



(3) 工作原理

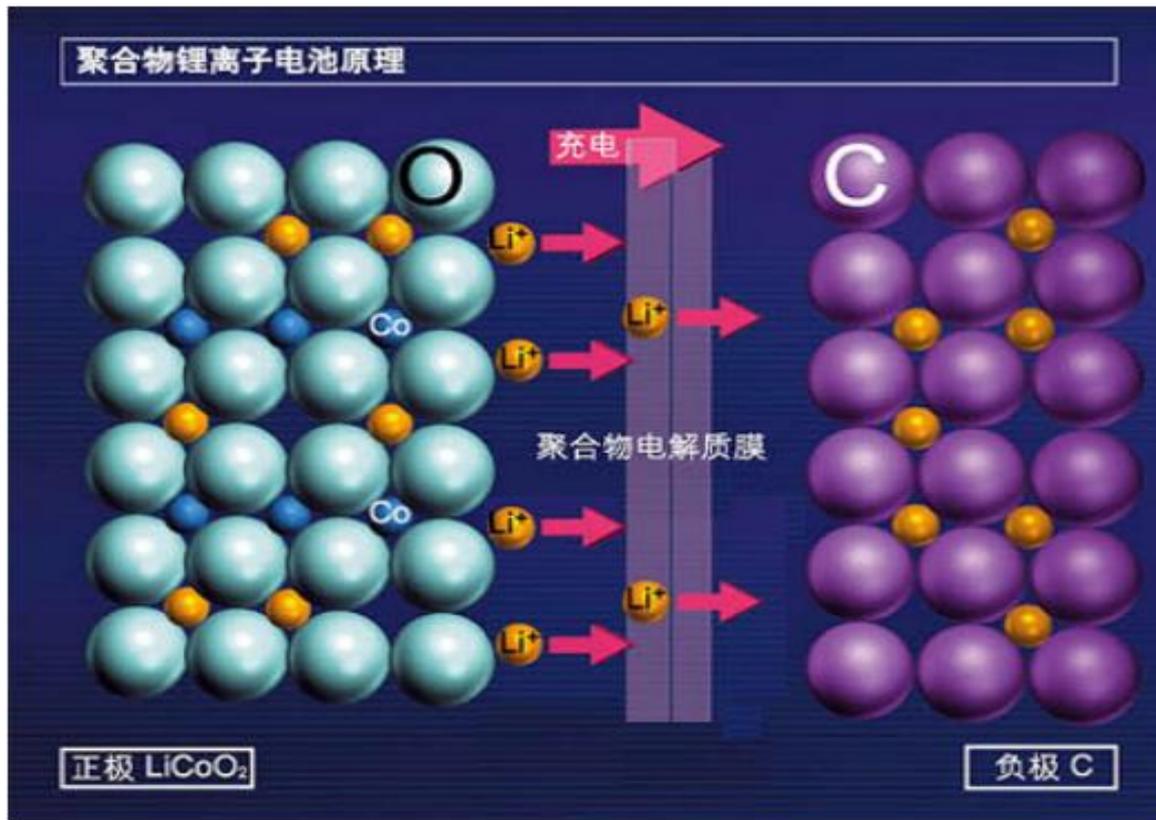
无论何种类型的锂离子电池，其基本工作原理是一样的，锂离子电池实际上是一种“浓差电池”。



锂离子电池工作原理图

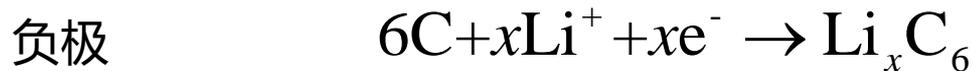
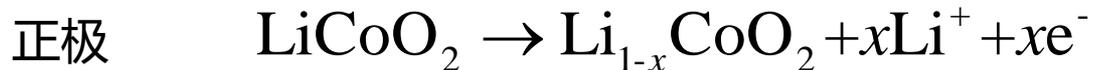


充电时



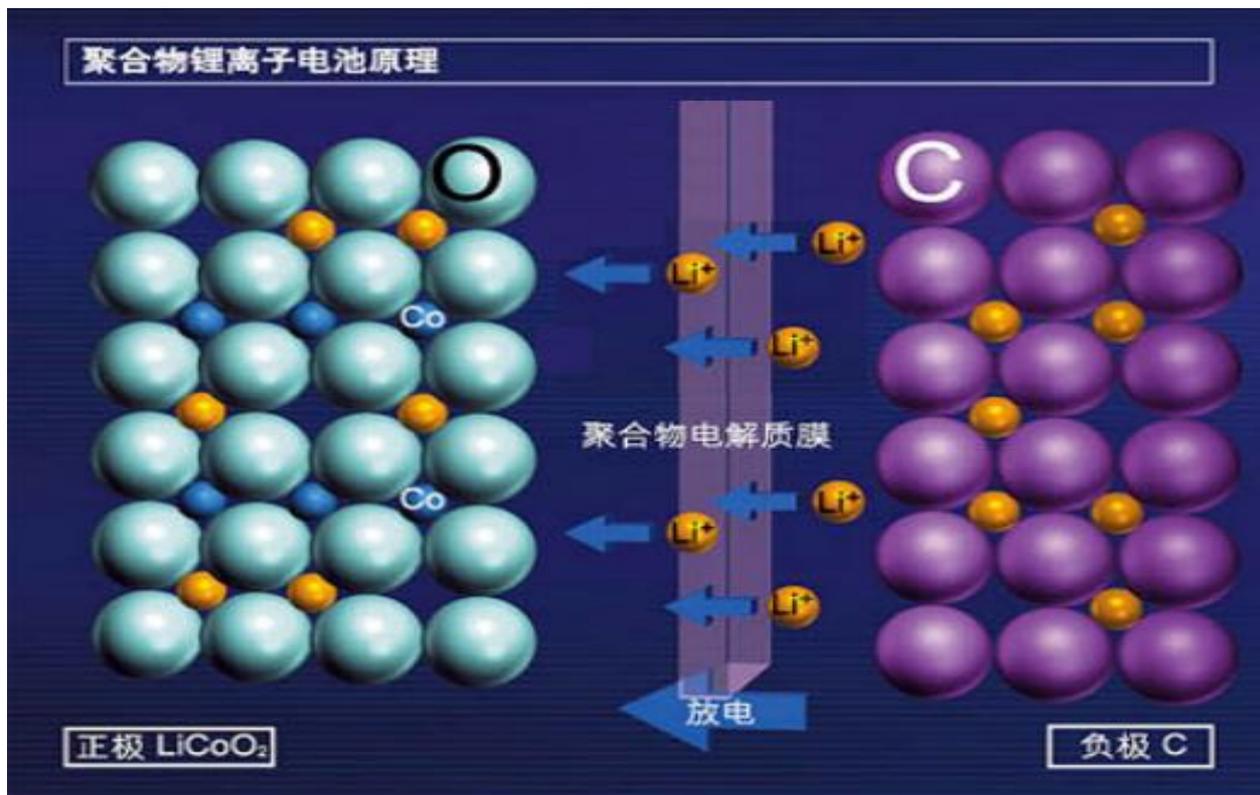


充电时，Li⁺从正极脱嵌经过电解质嵌入到负极，负极处于富锂态，正极处于贫锂态，同时电子的补偿电荷从外电路供给到碳负极，保持负极的电平衡。



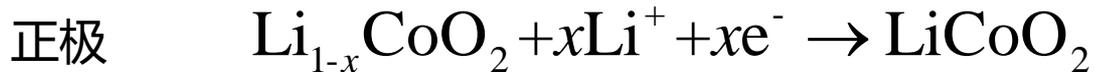


放电时



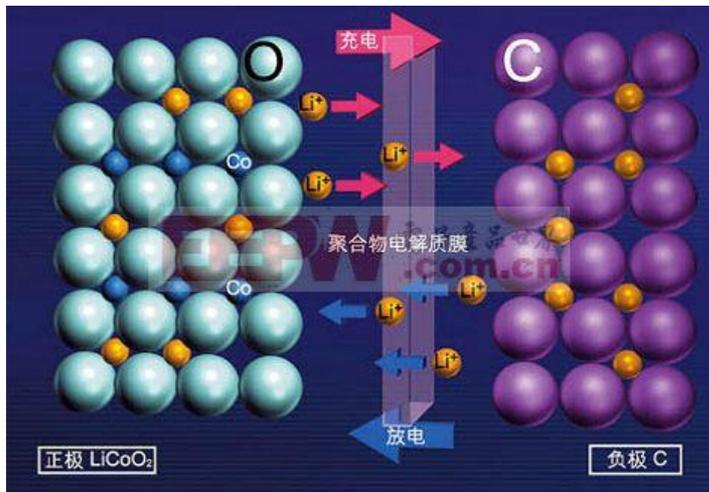


放电时, Li^+ 从负极脱嵌, 经过电解质嵌入到正极, 正极处于富锂态, 负极处于贫锂态。





在正常充放电情况下，锂离子在层状结构的碳材料和层状结构氧化物的层间嵌入和脱出，一般只引起层间距变化，像摇椅一样，又叫“摇椅”电池。



典型的锂离子电池充放电示意图



摇椅电池



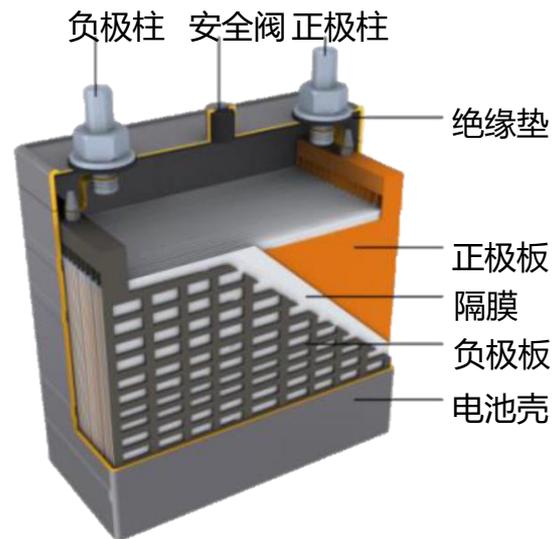
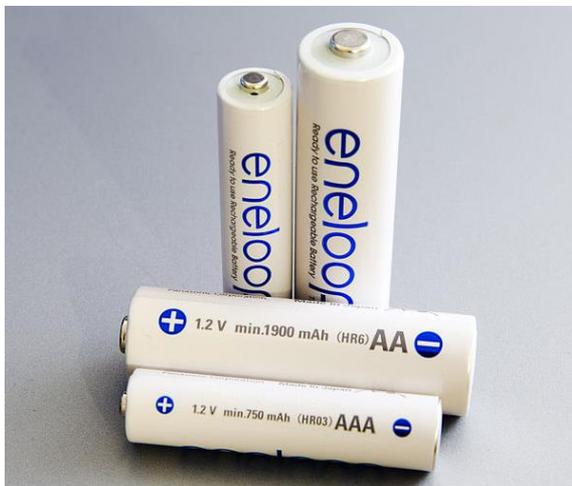
在循环过程中，正极材料是提供锂离子的源泉。LiCoO₂/C电池充电时锂离子从LiCoO₂脱出，嵌入石墨层间的反应过程，放电时与之相反。

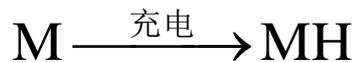
电池反应过程中无电解液的消耗，也无气体等产生，仅为锂在正负极之间移动，所以电池可以做成完全密封电池。

另外，在正常条件下，电池充放电过程中无副反应发生，所以锂离子电池的充电效率可以达到很高，甚至100%。



2. 镍氢电池





接枝聚丙烯

KOH为主的水溶液

塑料、金属



部件	功能
正、负极柱	分别用于连接正、负极板，是电池与外电路的连接点。
安全阀	用于完成电池的密封，当电池内部压力过大时安全阀开启，释放气体，降低电池内部压力,提高电池安全性。
电池壳	电池反应的容器，同时完成电池的密封。
绝缘垫	实现电池极柱与电池壳体之间的绝缘。
正、负电极	电池反应的主体，电池的能量储存在正、负电极。
隔膜	隔离正、负电极，储存电解液，提供离子通道，阻隔电池内部正负电极之间电子的通道。



04

动力电池系统结构及成组技术



学习目标

1. 了解电芯的型号规格。
2. 掌握电池组的组合方式。
3. 熟悉电池的并联数量与串联数量的选用流程。
4. 熟悉动力蓄电池组常用系统技术。



一、动力蓄电池成组 (PACK) 概述

在电池成组时，一般把未组装的电池叫做电芯或电池单体，而把连接上PCM板、有充放控制等功能的成品电池叫做电池。电芯的电压在5V之内，容量一般在2~200Ah范围内。



单节18650电池



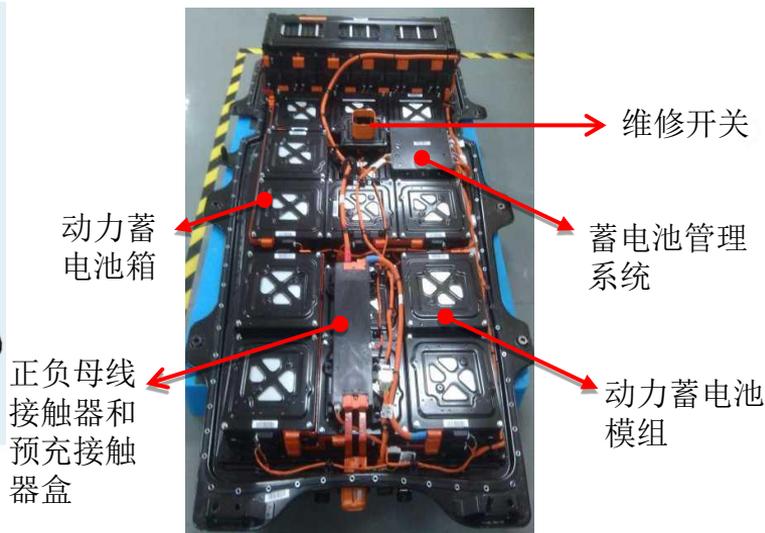
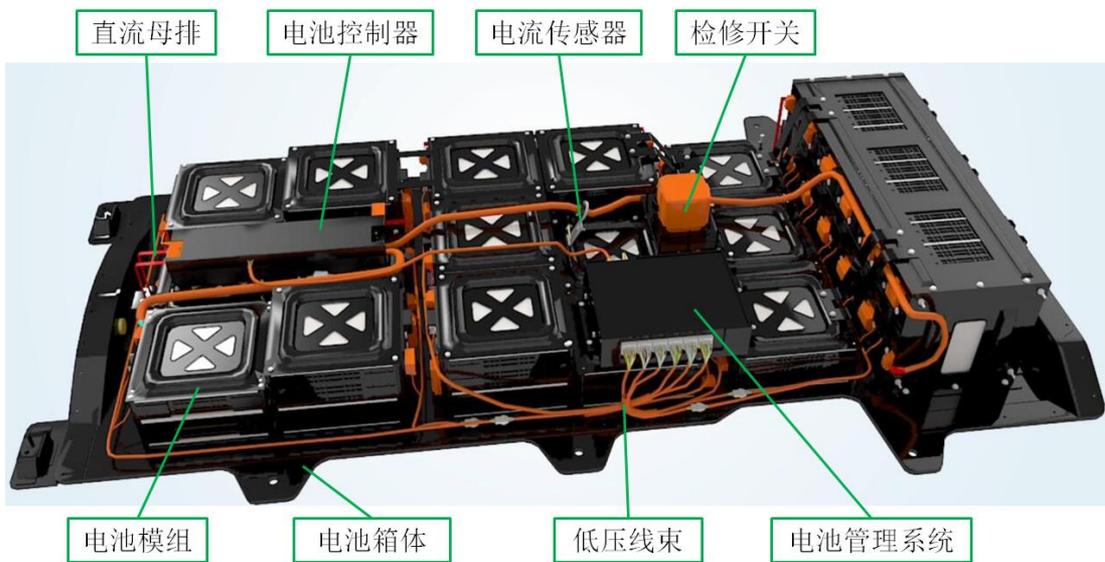
特斯拉约7000节电池

1.动力电池系统组成



动力电池包各部件介绍

动力电池系统主要由**动力电池箱体**、**电池模组**、**电池管理系统**、**电池控制器**及其他**辅助元器件**等组成。

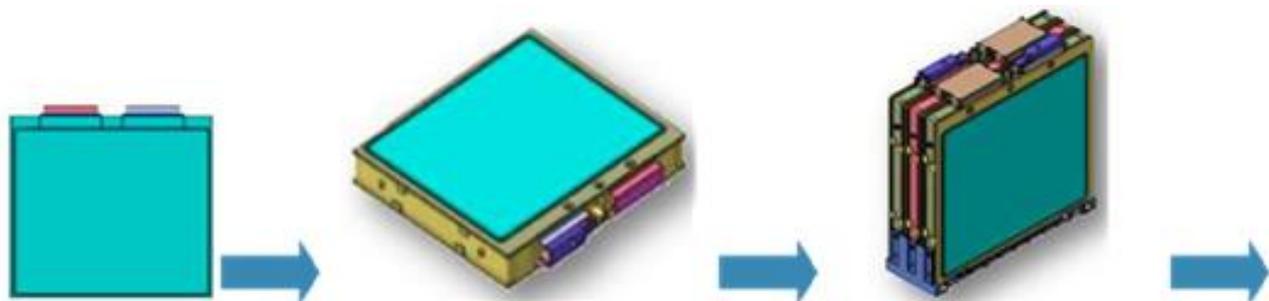


EV200动力电池包

➤➤➤ 2. 电池模组组成 (北汽的命名)

1. 电池单体：构成动力电池模块的**最小单元**。一般由正极、负极、电解质及外壳等构成。可实现电能与化学能之间的直接转换；
2. 电池模块：一组**并联**的电池单体的组合，该组合额定电压与电池单体的额定电压相等，是电池单体在物理结构和电路上连接起来的最小分组，可作为一个单元替换；
3. 模组：由多个电池模块或单体电芯串联组成的**一个组合体**。





单体电芯

电池模块

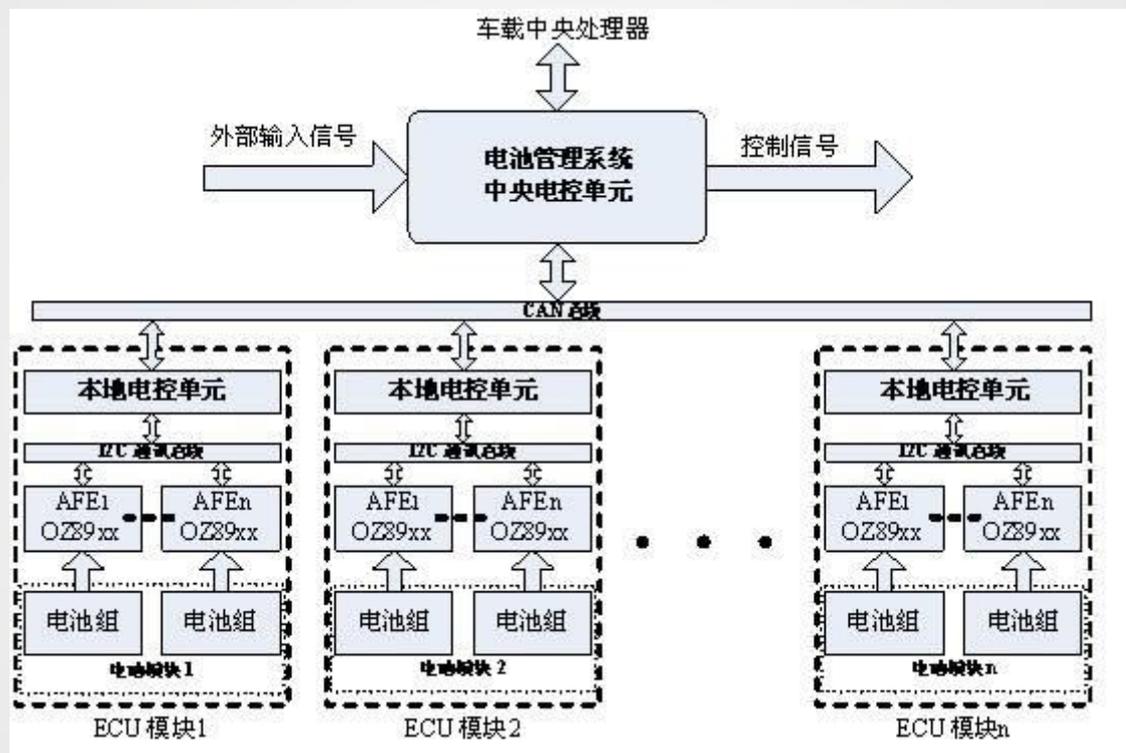
电池模组



电池包



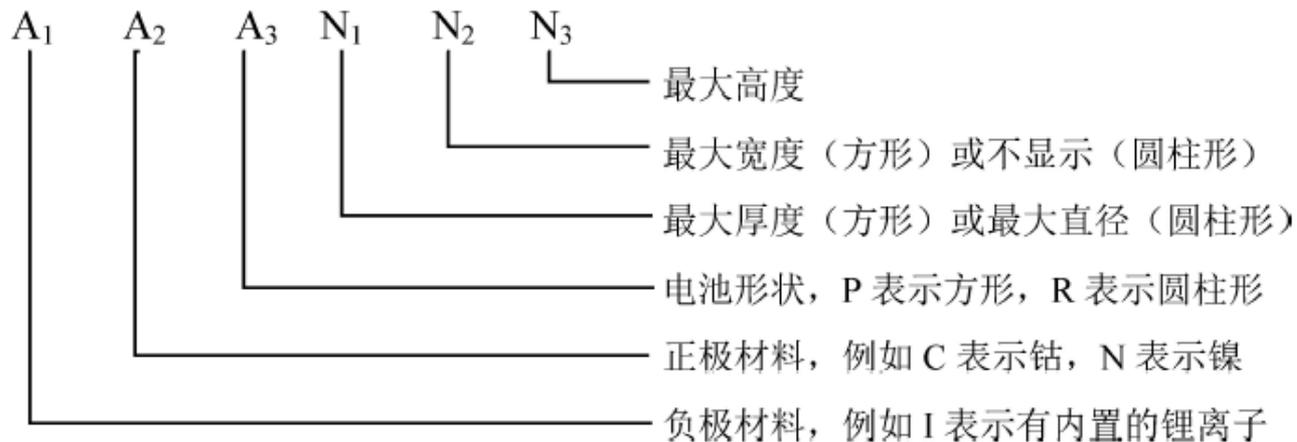
动力电池



电池可以包含多个Pack

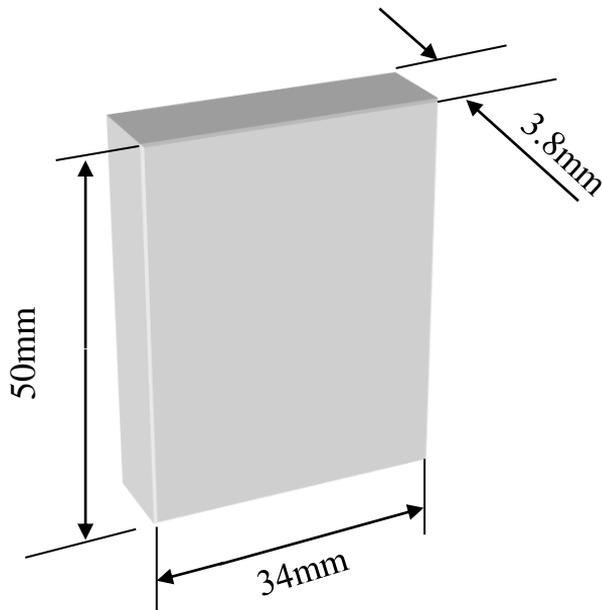
➤➤➤ 3. 电池命名

根据IEC 61960-2011(锂离子电池电性能标准)规定, 电池单体应按照A1A2A3N1N2N3命名。





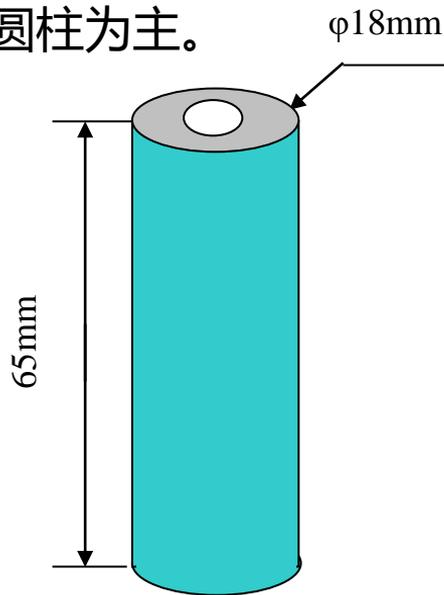
对于方形电芯，如ICP 383450型号，就是指实体部分厚3.8mm、宽34mm、高度（长度）50mm的方形锂离子电芯。



ICP 383450型号



对于圆柱形电芯，如ICR 18650型号，就是指直径18mm、高度65mm的通用18650圆柱形锂离子电芯。目前我国主流动力锂电池主要以18650圆柱为主。



ICR 18650型号

➤➤➤ 4. 电池成组方法

由于单体电池的电压和容量较低，不能满足电动汽车高电压、大电流放电的实际需要。

容 量	2600mAh
重 量	47g
内 阻	<65mΩ
使用 温度	-20°C–60°C
最大放电倍率	2C
标 称 电 压	3.7v
直 径	18.2+0.2mm
高 度	64.5+0.5mm



单节18650锂离子电池



一般情况下，将单体电池通过串联或并联构成一个电池**模块**，再将多个电池模块通过串联或并联的方式组合成动力蓄**电池组**使用，满足电动汽车对电压和电流的需要。





在实际应用中，需要把单体电池进行串并联，以满足车辆的实际需求。**动力蓄电池从单体到并联串联成组、成包的过程称为PACK。**



特斯拉电池组内部的16个电池包（85kWh）



动力电池的高低压电路连接



动力电池包组装

二、电池成组的要求

动力蓄电池成组（PACK）是将各单体电池进行串并联与保护控制板、充放电端口及外壳等组装在一起。

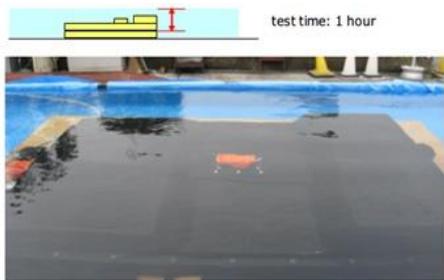




电池成组其他要求

动力**蓄电池箱体底板**采用钢板冲压或铸铝制成，上盖采用玻璃钢成型。电池箱底板和上盖结合处通常有密封胶条，并且打上密封胶，保证**防尘防水 (IP67)**。

箱体线束接插件插座在箱体上结合处也有**橡胶垫密封**。接插件插针、插孔也有密封胶灌注。我们在维修时要注意保护密封件，拧紧螺栓时注意拧紧顺序和扭矩，保证密封可靠。



>>> 三、动力电池组系统技术



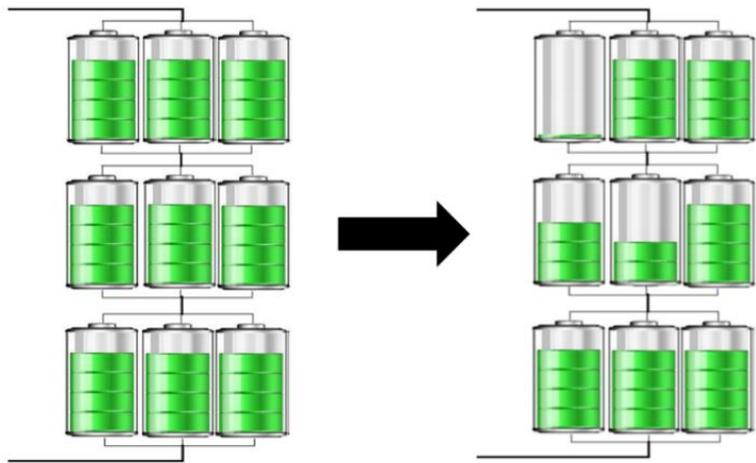


电池成组系统利用机械结构将众多单体电池通过串并联的连接起来，并考虑系统机械强度、热管理、蓄电池管理系统匹配等问题。

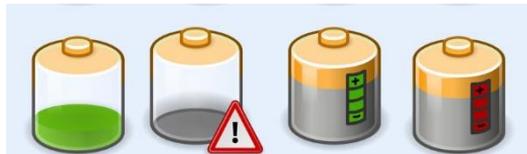
电池成组作为动力蓄电池系统生产、设计和应用的关键步骤，是连接上游电池生产与下游整车运用的核心环节，需要大量成熟技术的相互交叉与协作，其主要运用的动力蓄电池组系统技术包括**电池分选技术、电池组均衡控制策略**等。

➤➤➤ 1. 电池分选技术

确保电池组内各单体电池的一致性，是电池在动力蓄电池系统上可靠应用和保证电池特性充分发挥的关键所在。



电池不一致性扩散示意图



问题：

一个电池模组（Pack）性能取决于什么？

（短木桶理论）



提高电池的生产制造工艺和技术水平是提升电池本身及成组应用性能的根本。在已有的技术水平下，通过配组时电池的分选降低电池的初始不一致性、通过使用过程中的检测和控制减缓不一致性的扩散是改善电池成组应用特性、提高动力蓄电池使用效率和电动汽车行驶特性的有效手段。

1

基于性能参数的分选技术

2

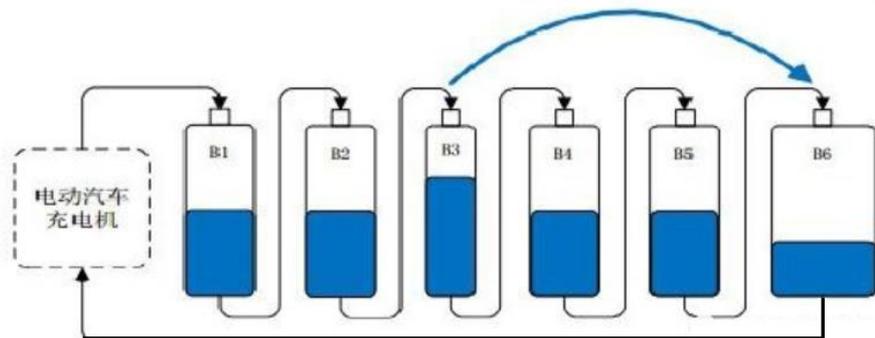
基于动态特性的分选技术

3

数值方法

➤➤➤ 2.动力电池系统均衡控制简介 (BMS功能之一)

- A. 电池的不一致性分为：容量不一致、电阻不一致及电压不一致
- B. 解决方法：生产工艺；电子技术进行自动化控制---均衡控制



什么是被动均衡

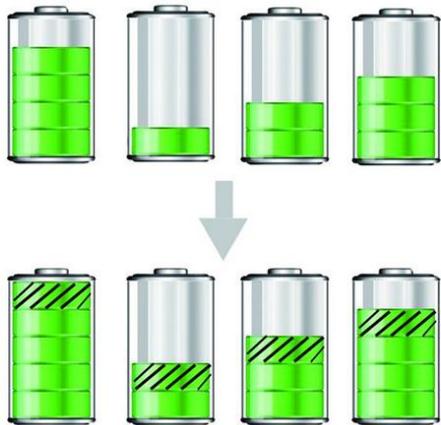
被动均衡，运用电阻器，将高电压或者高荷电量电芯的能量消耗掉，以达到减小不同电芯之间差距的目的，是一种能量的消耗。

什么是主动均衡

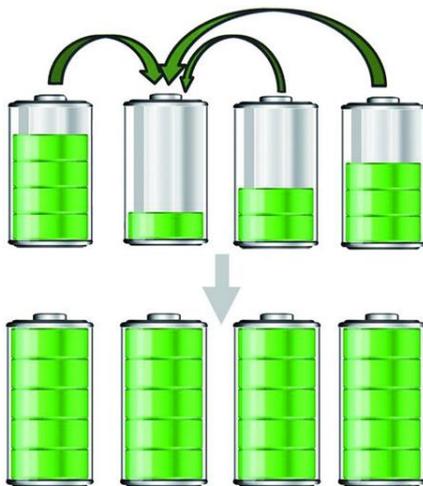
主动均衡，运用储能器件等，将荷载较多能量的电芯部分能量转移到能量较少的电芯上去，是能量的转移。



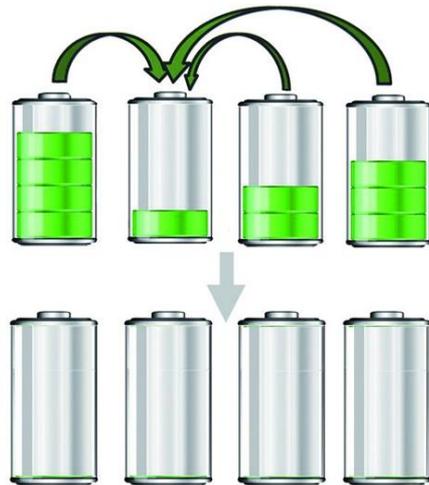
C.均衡控制的优点



未加主动均衡的成组电池充电



加主动均衡的成组电池充电



加主动均衡的成组电池放电



从木桶效应可以看出主动均衡可以让成组电池容量最大化，同时充满、同时放完，有效的延长成组电池使用寿命。

除此之外，主动均衡还可以在动力电池梯次利用中带来巨大的价值。





D.均衡控制策略

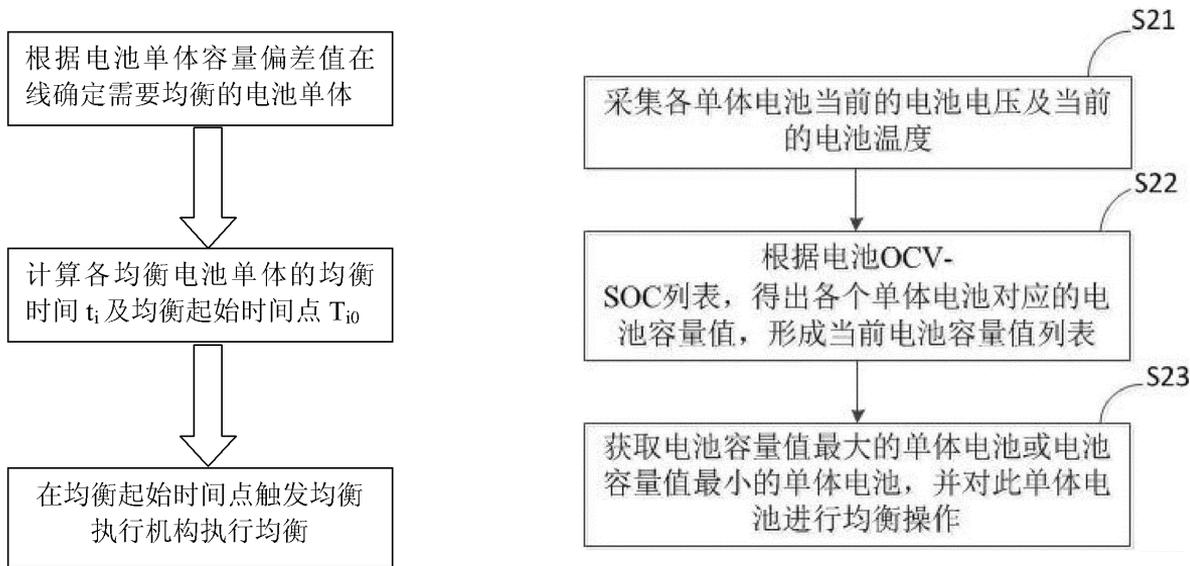
1) 均衡的触发:

a.以单体端电压为监督目标

b.以SOC为目标(当单体SOC与平均SOC的差值达到一定值)

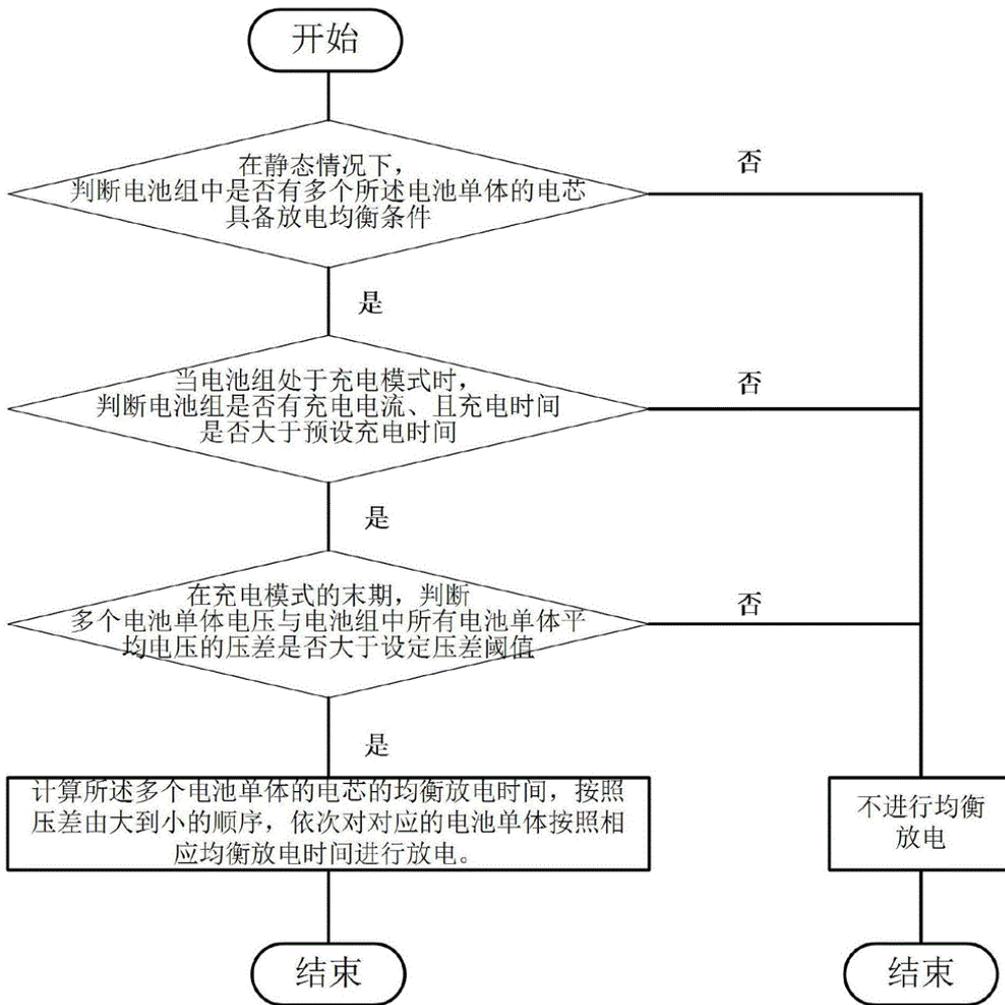


[阅读链接](#)



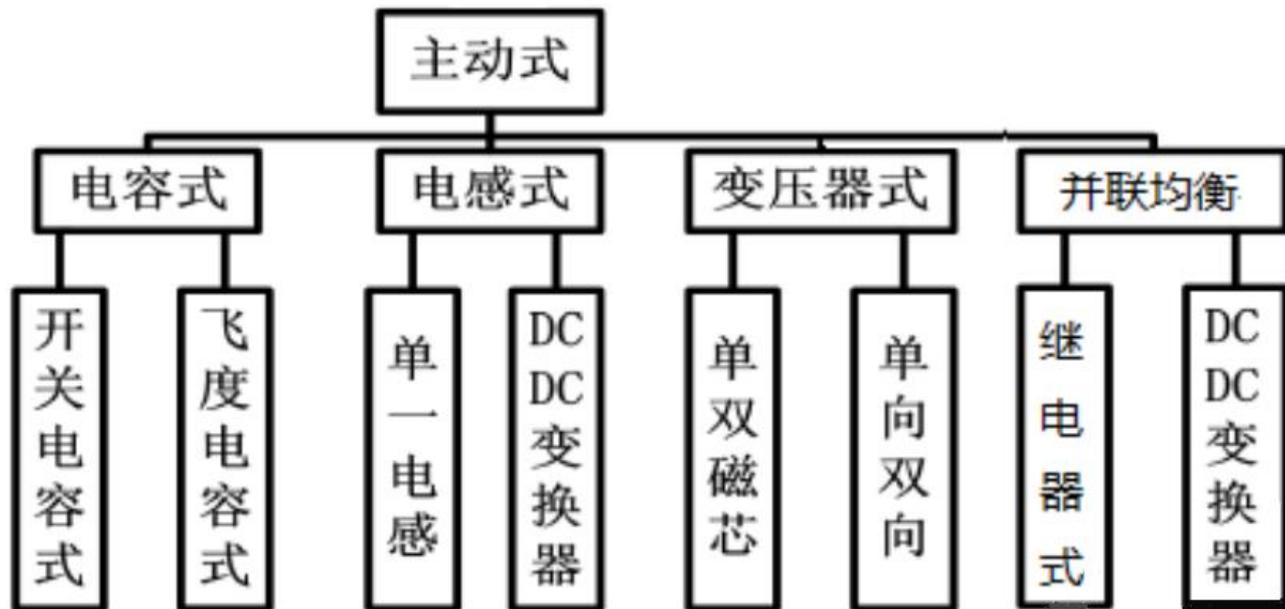


2) 均衡的策略





E.主动均衡控制方法



[阅读链接](#)

05



电池管理系统 (BMS)

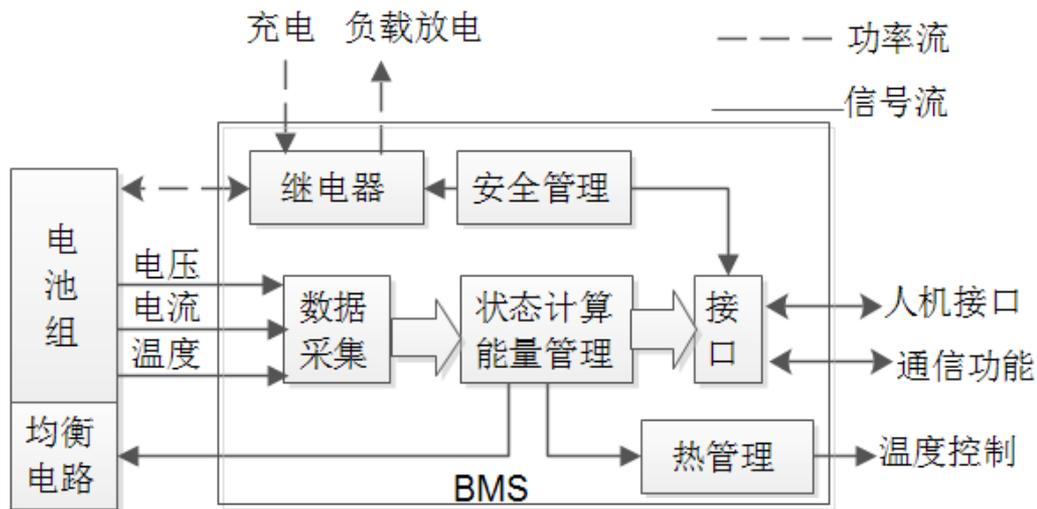


学习目标

1. 掌握蓄电池管理系统的定义和基本功能。
2. 掌握动力蓄电池荷电状态估算。
3. 掌握蓄电池管理系统的结构形式和结构组成。
4. 了解蓄电池管理系统的工作模式。
5. 了解蓄电池管理系统的热管理。

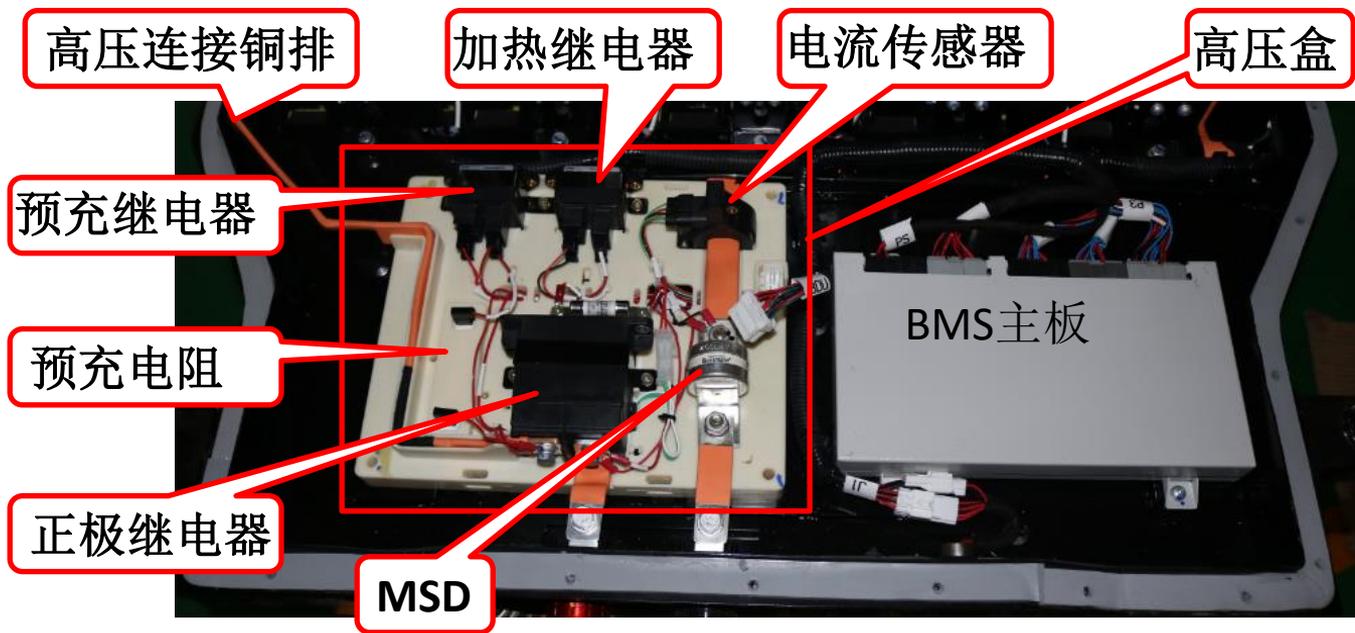
一、蓄电池管理系统 (BMS) 简介

在国家标准GB/T19596-2017《电动汽车术语》中蓄电池管理系统(Battery Management System, BMS)的定义为：可以控制蓄电池输入和输出功率，监视蓄电池的状态（温度、电压、荷电状态），为蓄电池提供通讯接口的系统。



>>> 1、蓄电池管理系统 (BMS) 组成

➤ 电池管理系统 (BMS) 的组成 (EC180)



2、蓄电池管理系统 (BMS) 组成

■ BMS的硬件：

主板、从板及高压盒，还包括采集电压、电流、温度等数据的电子器件；

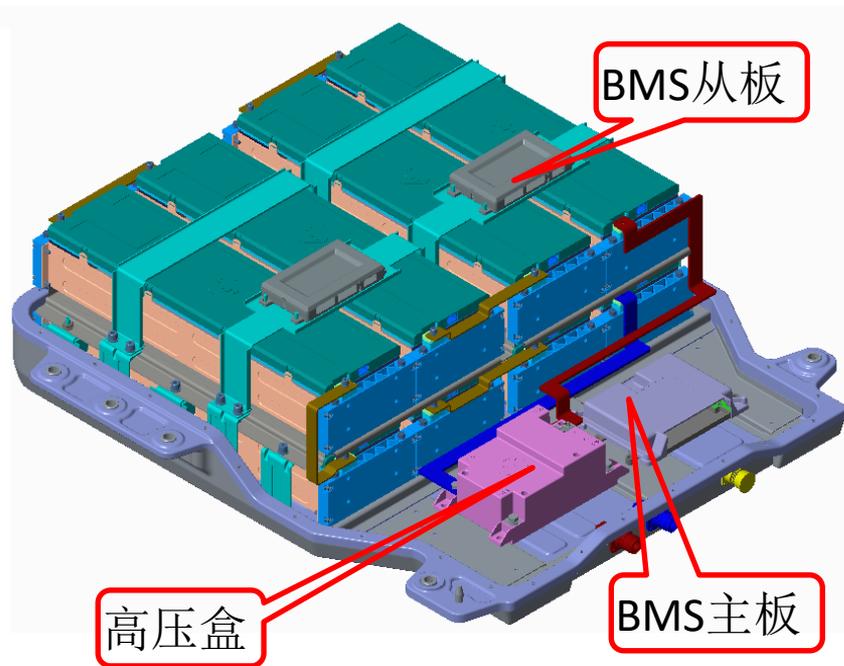
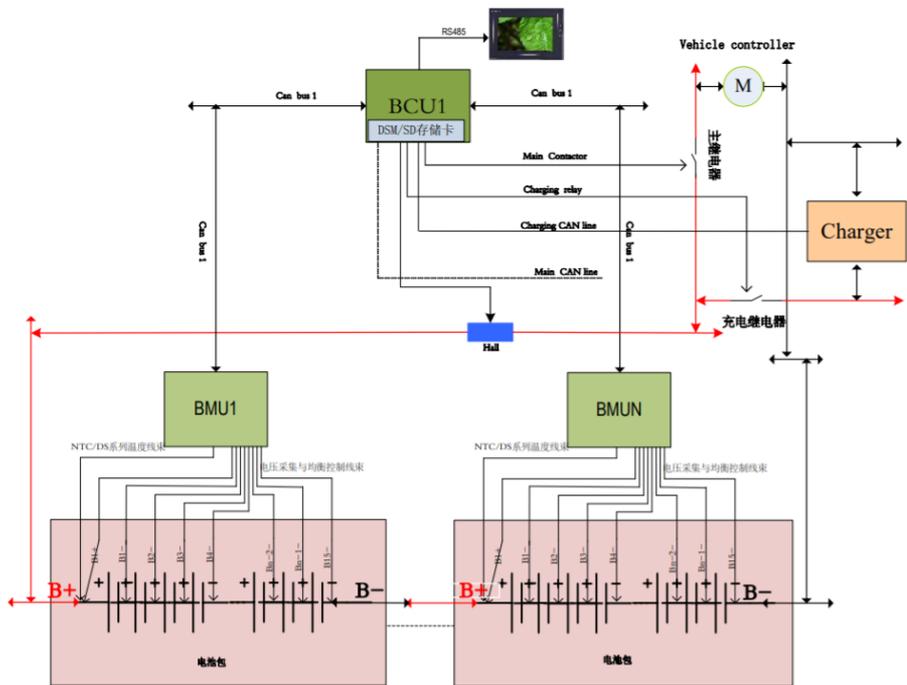
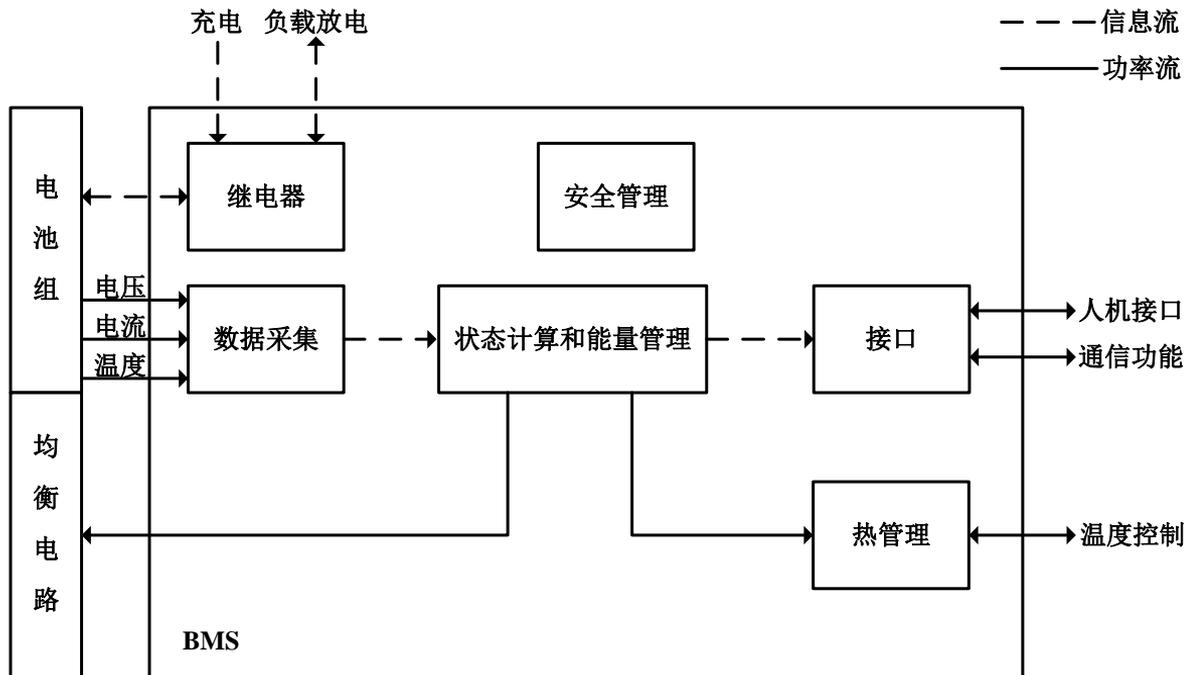


图 2 电池管理系统结构图



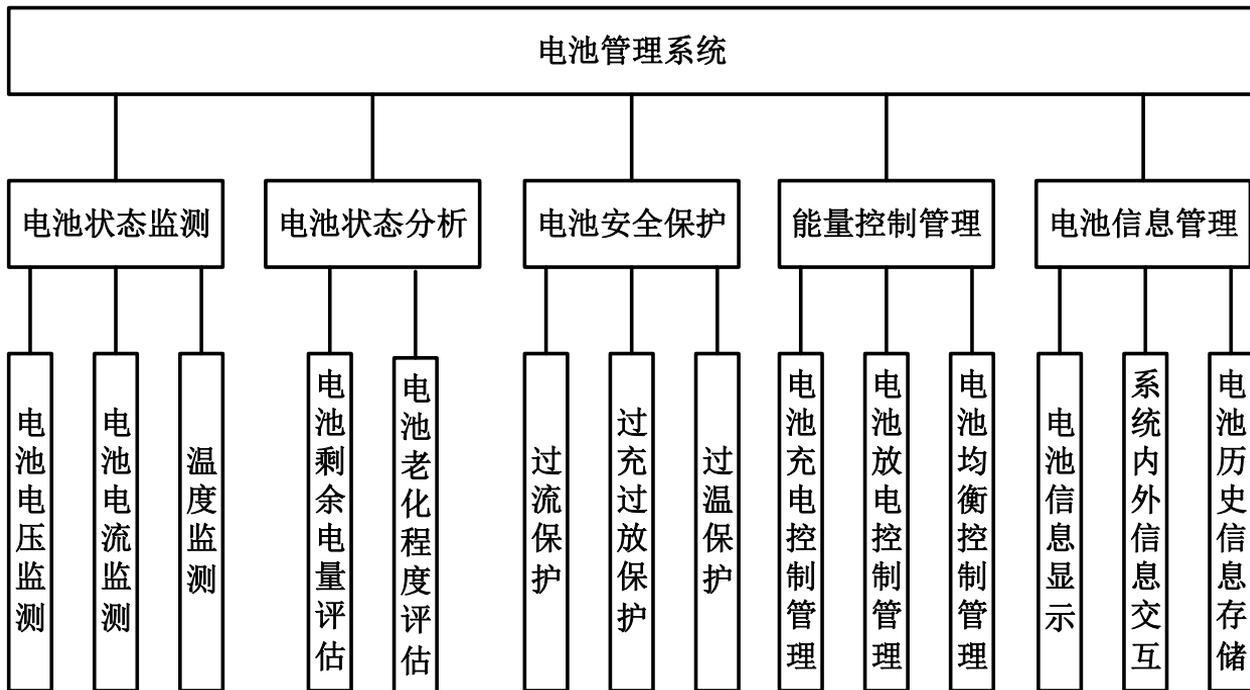


3、蓄电池管理系统 (BMS) 作用、功能

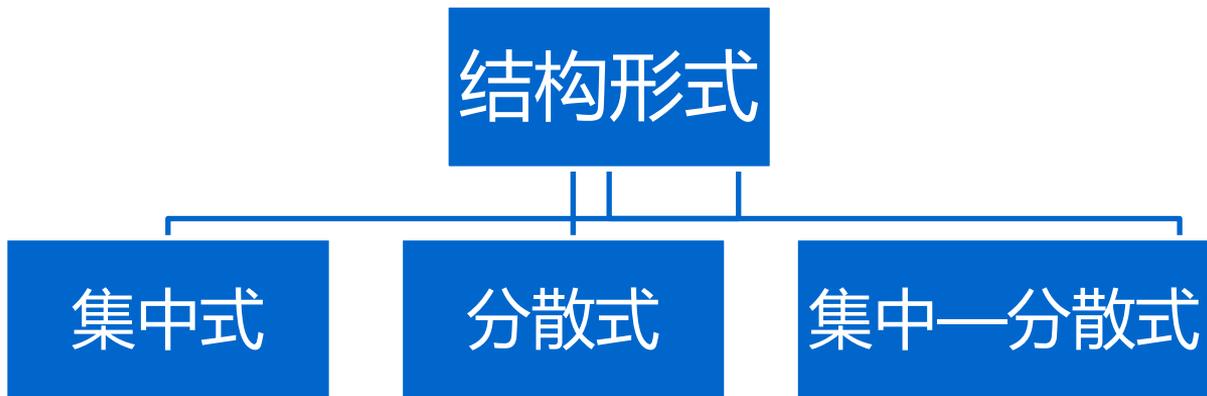
■ **BMS的作用**：电池保护和管理的核心部件，在动力电池系统中，它的作用就相当于人的大脑。它不仅要保证电池安全可靠的使用，而且要充分发挥电池的能力和延长使用寿命，作为电池和其他控制器以及驾驶者沟通的桥梁，根据采集到的动力电池系统的基本参数及故障信息，通过控制接触器控制动力电池组的充放电。

■ **BMS具备的功能**：通过电压、电流及温度检测等功能实现对动力电池系统的过压、欠压、过流、过高温和过低温保护，继电器控制、SOC估算、充放电管理、均衡控制、故障报警及处理、与其他控制器通信功能等功能；此外电池管理系统还具有高压回路绝缘检测功能，以及为动力电池系统加热功能。





二、蓄电池管理系统 (BMS) 分类



电池管理系统的分类



市售电池管理系统简介



集中式蓄电池管理系统





集中——分散式蓄电池管理系统(总线式)

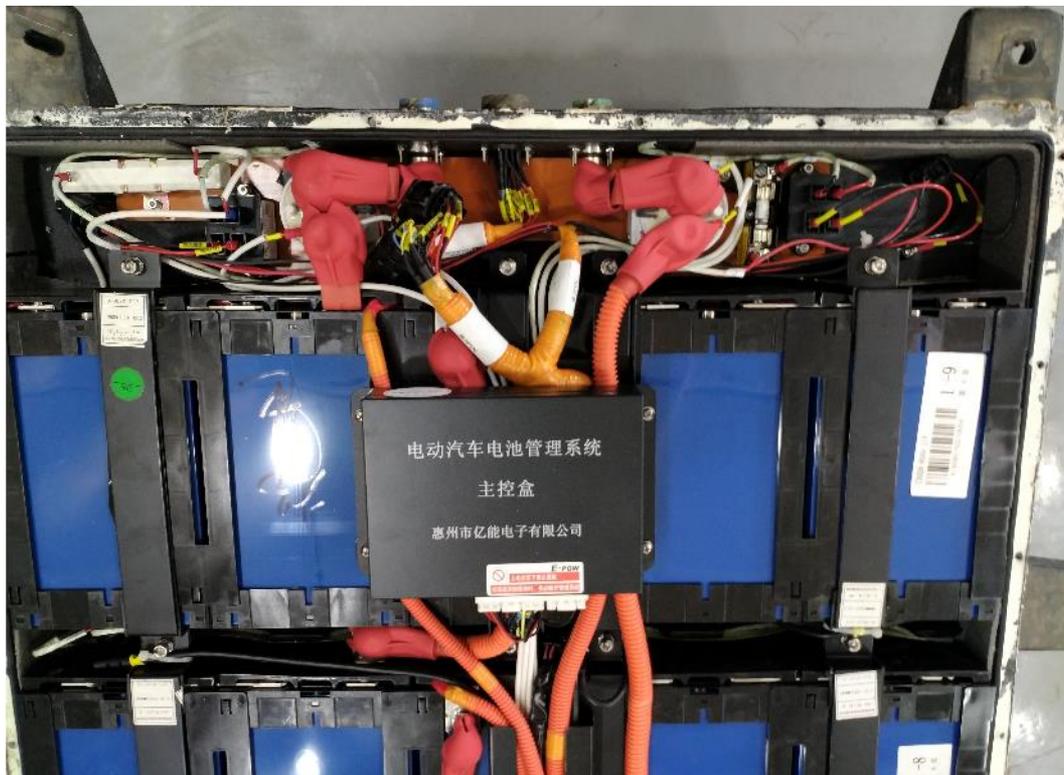




蓄电池管理系统从结构性质上可分为硬件和软件。蓄电池管理系统的硬件包括主控盒（BCU）、从控盒(BMU)和高压盒等，还包括采集电压、电流、温度等数据的电子器件。



北汽新能源EV160蓄电池管理系统实物图



北汽新能源EV160主控盒



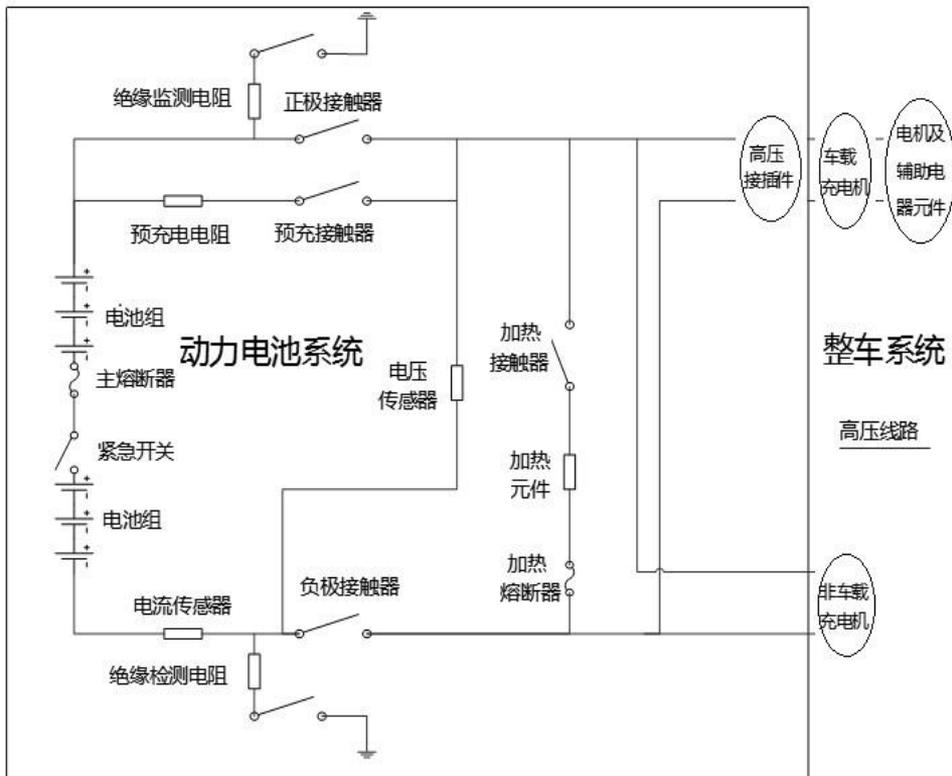
北汽新能源EV160从控盒



北汽新能源EV160高压盒



北汽新能源EV160传感器



北汽新能源EV160动力蓄电池控制框图



底层软件：架构符合AUTOSAR标准，模块化开发容易实现扩展和移植，提高了开发效率。

传统ECU

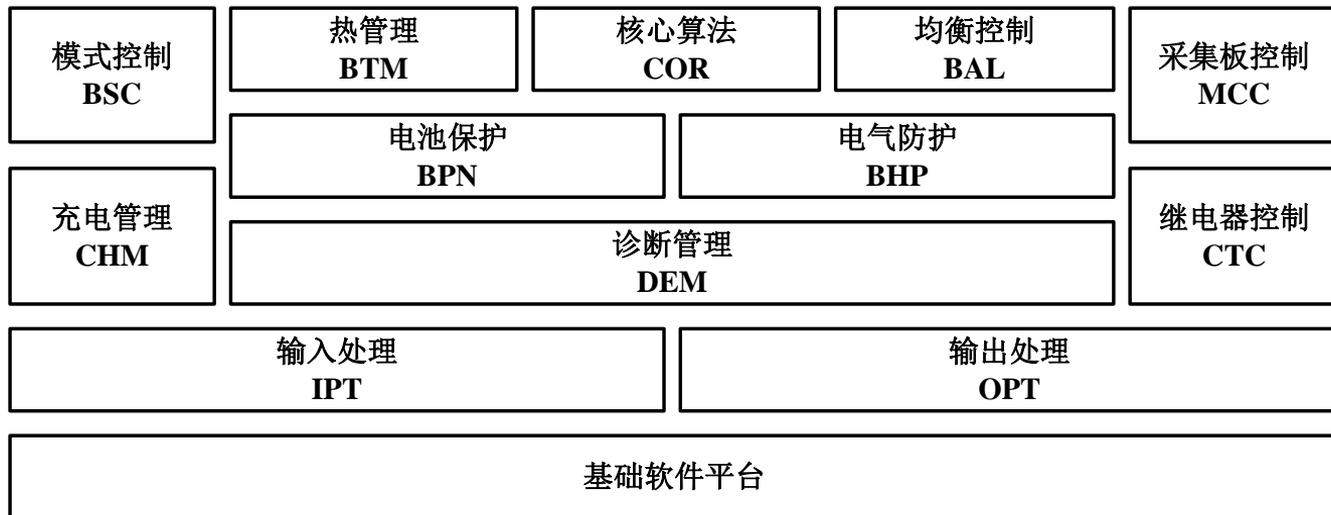


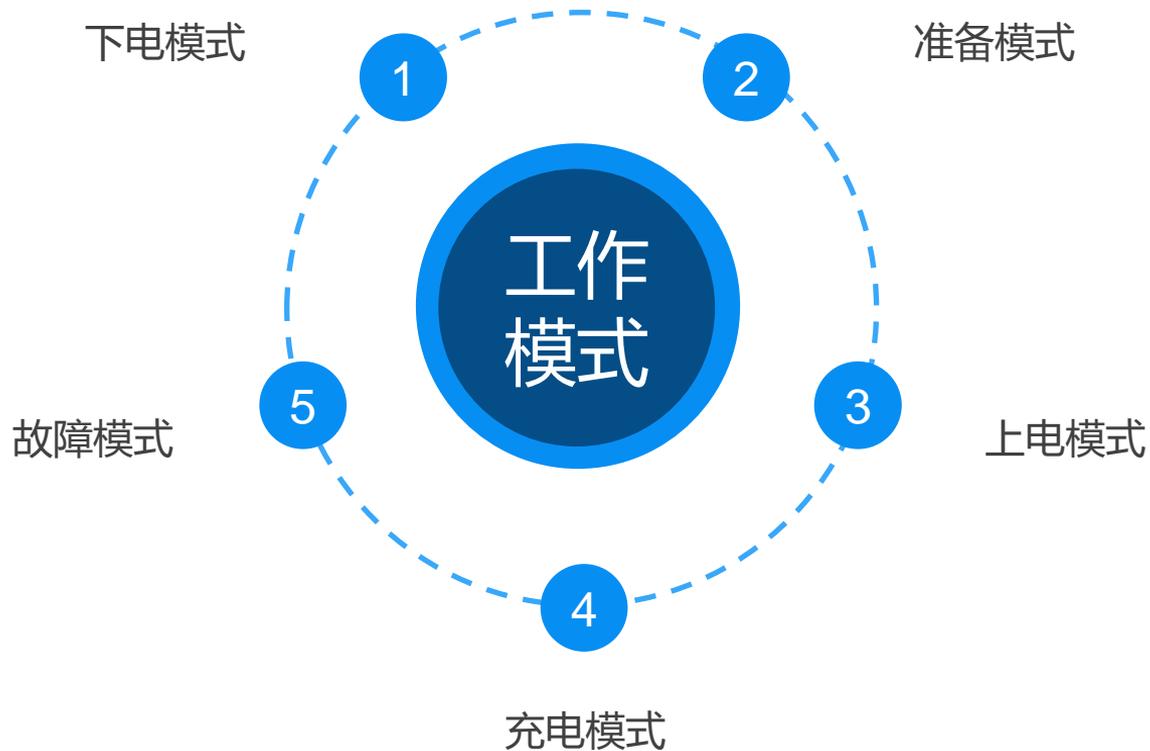
AUTOSAR ECU





应用层软件是蓄电池管理系统的控制核心，包括电池保护、电气伤害保护、故障诊断管理、热管理、继电器控制、从控控制、均衡控制、SOC估计和通讯管理等模块。







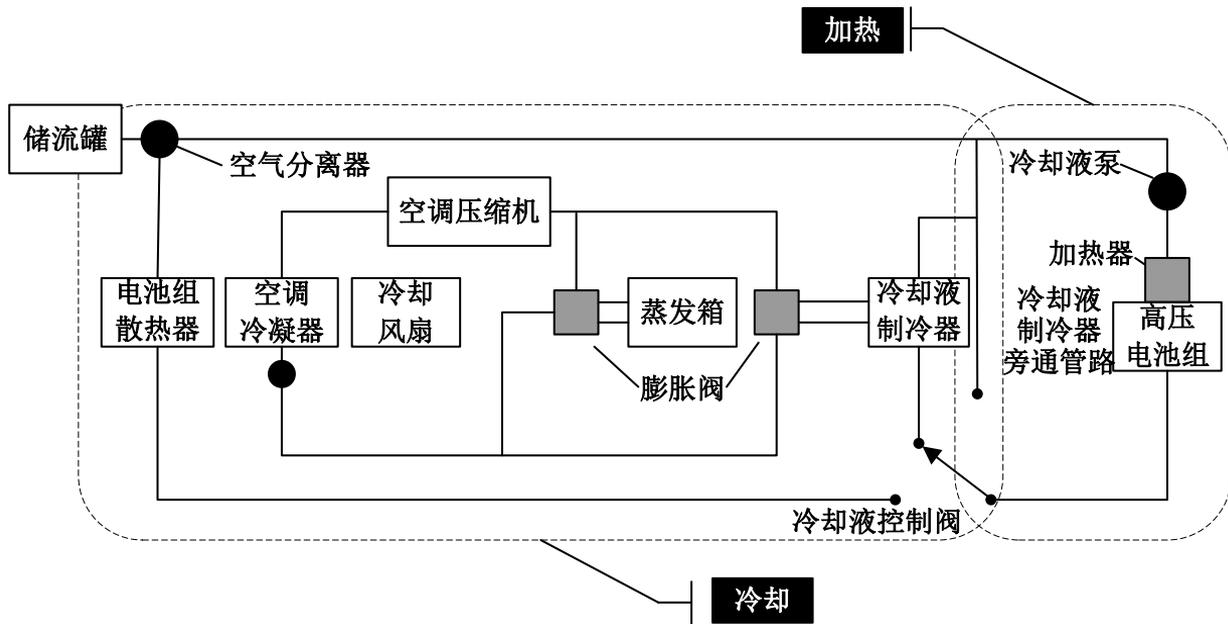
热管理

动力蓄电池组作为电动汽车的动力能源，其充电和做功时的发热一直阻碍着电动汽车的发展。动力蓄电池组的性能与电池温度密切相关，40°C以上的高温会明显加速电池的衰老，更高的温度（如120°C以上）则会引发电池热失控。

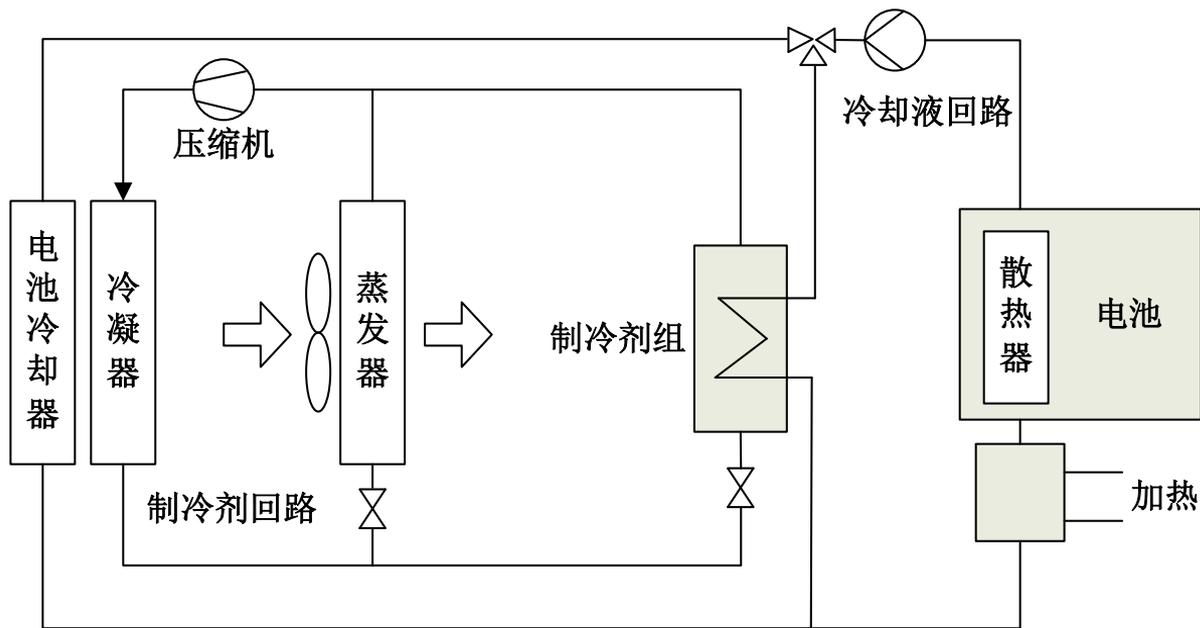
如果把电池内部所有的物质（如活性物质、正极和负极、隔板等）假定为一个具有相同特性的整体，假定电池内部的热传导性非常好，电池内部等温。由于电池壳体基本不产生热量，因而其温度与电池内部的温度非常接近。放电前后动力蓄电池组电池温度对照见表。可以看出，电池经过变电流放电工况后，电池的最高温度在35.5°C左右，相比充电前温度升高了5.3°C。

工况	最高温度 (°C)	最低温度 (°C)	平均温度 (°C)
放电前	30.2	29.2	29.7
放电后	35.5	32.3	33.9

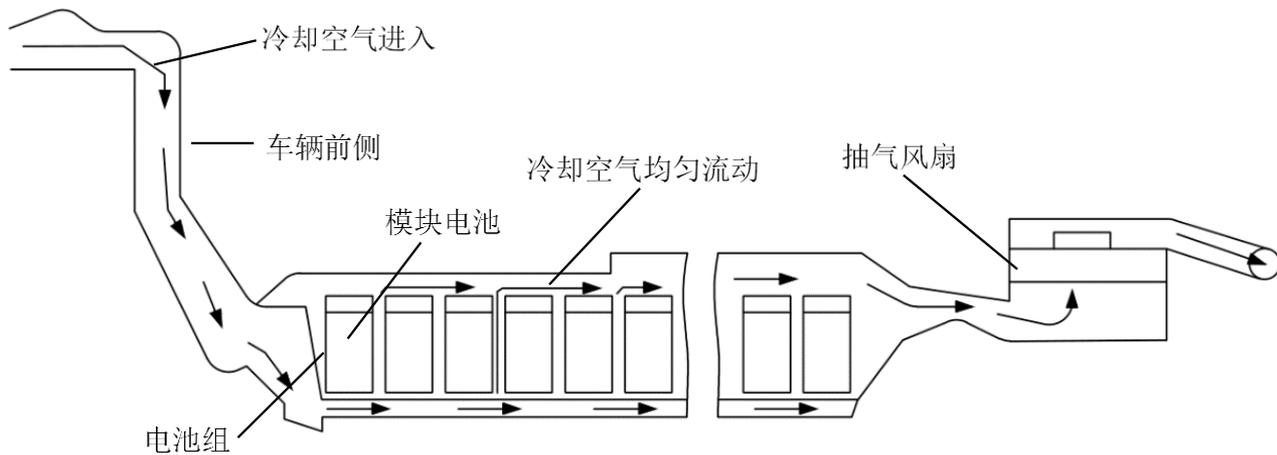




冷却系统组成



水冷动力蓄电池组冷却系统



风冷动力蓄电池组冷却系统



06

电池及管理系统故障检修

感谢观看

