

纯电动乘用车电池包布置研究

□ 上海修源网络科技有限公司/袁俊彪

本文通过不同类型电芯及其典型成组方式的介绍，几种纯电动乘用车平台电池包的布置方式的阐述，详细介绍某款纯电动乘用车电池包的布置，从总布置的角度分析其对电池包设计的影响，提出合理的选择电芯的方法，提出几点思考，为后期车型开发提供参考。

2018年全国汽车产销量均低于预期，与之相反的是新能源汽车却发展迅猛，新能源乘用车全年累计销量超过100万台。作为核心零部件的动力电池，全年装机总量高达56.89GW h。以三元锂电芯为代表的动力电池在乘用车领域趋势日益明显（见图1）。

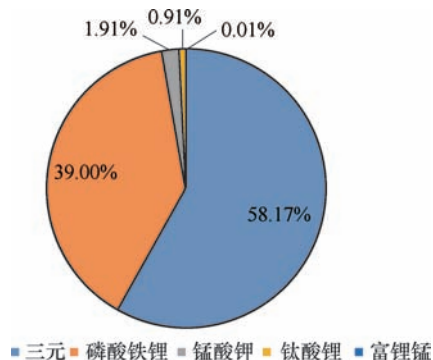


图1 2018年各类锂电装机量占比分布

根据最新补贴政策，续航里程超过300km，系统能量密度大于140W h/kg的车型将成为下一代纯电动乘用车的性能目标，因此设计装电量达60~90kW h，电芯单

体能量密度达240~300W h/kg的电池包，成为高性能纯电动乘用车的首选。根据性能要求选择能量密度高、一致性强的电芯，设计安全、可靠、紧凑的模组，并且合理布置电池包越发关键。

不同规格动力电池封装及成组型式

目前三元锂电动力电池基本可以分为圆柱、方壳和软包三种，通过圆柱卷绕、方形卷绕以及方形叠加等工艺形成。国际上，圆柱形电池日本松下优势明显，软包电池以AESC和LG为代表，方壳电池有LEJ、东芝及三星等厂商。

据统计，2018年全年新能源乘用车动力电池装机量约为方壳20.61GW h，圆柱5.0GW h，软包5.10GW h，可见方壳电池绝对领先。国内以宁德时代为代表的电池企业，领先优势较大，而软包电池由于体积和安全优势也快速增长，

圆柱电池则在以特斯拉为代表的影下进一步发展。目前呈现国内中高端车型应用方形和软包电池增多，中低端车型则多种并存的现象。

三种封装的动力电池各有优缺点，不同成组类型对电动车性能而言，并无绝对好坏之分。性能与成本、结构与空间等因素的考虑，整车设计时，在满足整车性能的前提下，布置结构合理、成本适中的电池包才是关键。

纯电动乘用车电池包布置

纯电动乘用车相对于传统燃油车来说，取消了燃油箱、发动机和排气管等系统，增加了动力电池、电动机、控制器及充电机等系统。新增的系统与传统燃油车的系统相比，体积、重量及其对安装环境的要求上都有较大的不同。尤其是新增的动力电池，存在自身体积大、

重量大,并且在充电或高负荷运转时电池温度较高等特点。

分析市场主要车型,目前纯电动乘用车平台架构,一般采用整体电池包设计,主体布置在地板下方,前后轮之间,呈长方体结构,如图2所示动力电池布置区域图。部分车型在前舱、行李舱和乘员舱内增加部分电池模组,以增加载电量,另有部分车型考虑人机因素,局部改动。

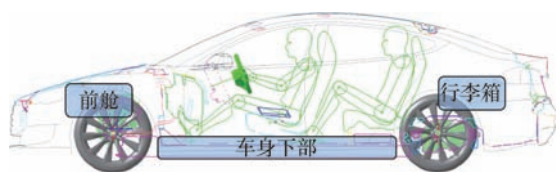


图2 动力电池布置区域

1.布置形式一：整体电池包，前舱部分模组叠加

乘员舱内前后采用平地板，动力电池上表面为车身地板下表面，部分前舱部分有电池模组叠加型式。如图3所示，代表车型有Model S、大众MEB平台、宝马i3及蔚来ES8等。

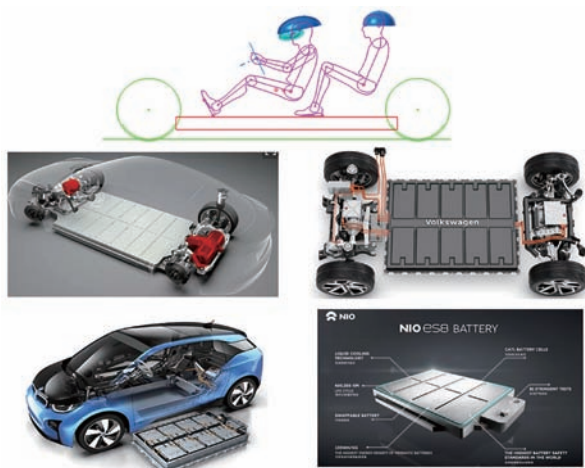


图3 电池包布置形式一

2.布置形式二：整体电池包，乘员舱部分模组叠加

由于整体坐姿高度较高时,利用乘员舱部分剩余空间增加动力电池模组的布置,如后排座椅底部空腔以及副仪表板下部空间等等,整块电池包呈部分凸起。代表车型有Model 3、雪佛兰Bolt、奔驰EQC、奥迪e-tron及捷豹i-pace等。

3.布置形式三：整体电池包，局部形状调整

部分车型因布置限制造成人机不理想,电池包形状局部调整。如为增大腿部空间,优化乘坐舒适性需要对脚步放置区的车身地板进行下沉,电池包局部做相应避让处理,以增加坐姿高度。布置型式三通常与结合布置型式二结合。如图4所示,代表车型有: Mission E、Lucid、大众e-高尔夫、雷诺ZOE及日产leaf等。

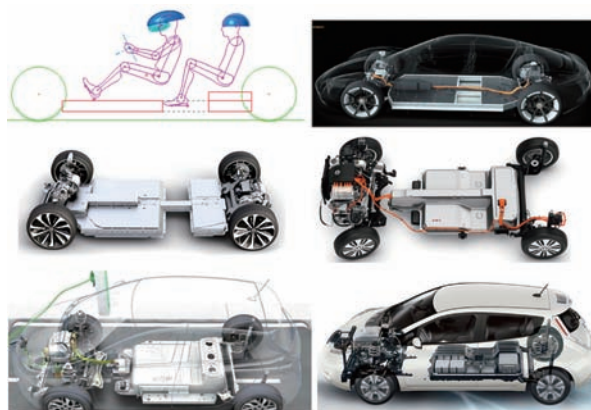


图4 电池包布置形式三

某款纯电动乘用车电池包布置

1.整车布置及性能分析输入

根据车辆型式,乘员数量,动力性及续航里程要求,充电时间等总体要求,总布置确定车型的关键外廓尺寸,根据人机要求及通过性要求,初步布置地面线以及人体姿态。

该纯电动乘用车为5门5座轿跑车型,主要指标见附表。

整车性能根据动力性能目标,进行动力性能计算分析,确认电动机功率、扭矩及转速参数。选择符合整车动力性能要求的电动机,根据电动机参数确定整车电压平台。

根据整车动力性相关参数,计算出满足动力性要求的电机功率需不小于220kW。经动力选型验算及布置分析后,最终选定的电动机额定功率135kW,最大功率225kW,最大扭矩430N·m;额定电压为380V。

通过代入整车相关参数进行计算分析,该车型NEDC工况下,能耗约为15.2kW·h/100km;满足续航400km要求时,所需电池容量约为60kW·h。

采用圆柱形电芯,单体电芯容量为4000mAh,

主要性能技术参数表

项目	指标
动力性	最高车速/km h ⁻¹
	0-100km/h加速时间/s
	最大爬坡度 (%)
经济性	续行里程/km
通过性	离地间隙/mm
	接近角(°)
	离去角(°)

标称电压3.65V, 单体电量为14.4W h, 持续放电电流12A, 即3C放电, 脉冲放电为24A, 及6C放电。

电池包最终成组方案为: 106串40并, 共计4 240颗单体电池, 电池包电量61kW h, 标称电压381.6V。

由于整车布置的限制, 对电池包外形尺寸提出较高要求, 特别是在高度方向的限制。软包、方壳电芯成组后的电池包高度与总布置要求矛盾明显, 也对电池包电芯的选型及最终设计方案的确定, 造成很大的影响, 在后续布置过程中详细阐述。

2. 电池包布置

电池包整体安装布置车身底部, 通过螺栓从下部与车身联接, 某纯电动乘用车共计采用螺栓24颗。

(1) 电池包布置——X方向。电池包布置X方向即长度方向, 主要考虑前边界和后边界。

前边界: 一般与前舱、前副车架有连接关系, 最前端不超过前副车架边界; 在靠近轮胎区域, 需要考虑车轮转向及跳动包络, 一般距离前轮最大包络不小于25mm, 不超出轮罩护板的向下延伸面。同时需要靠与前电机及前舱其他部件的间隙, 距离前电动机距离不小于25mm, 距离其他固定部件间隙不小于15mm。电池包前边界示意如图5所示。

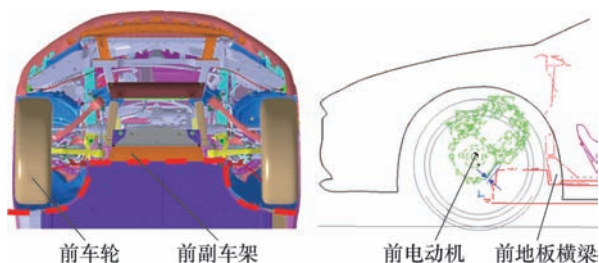


图5 电池包前边界示意

后边界: 非独立悬架, 主要考虑后悬架的位置、后地板横梁的位置、后排安全带下固定点的位置。某车型

为独立悬架, 主要是考虑后副车架、后地板横梁以及后期后电机的位置, 电池包距离要求不小于15mm; 电池包后边界示意如图6所示。

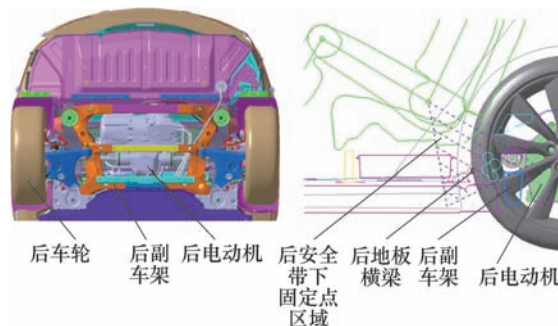


图6 电池包后边界示意

动力电池长度方向尺寸确认, 除考虑车身、底盘、内外饰等零件外, 还需要结合前后碰撞安全一起考虑, 为碰撞侵入预留足够安全空间, 以保护动力电池。

(2) 电池包布置——Y方向。电池包的Y方向即宽度方向, 根据车身纵梁位置及形状确定, 在满足碰撞要求的车身纵梁确定后, 动力电池与纵梁保证10mm左右的装配间隙; 图7所示为电池包Y方向门槛位置断面, 由图可知满足布置要求。

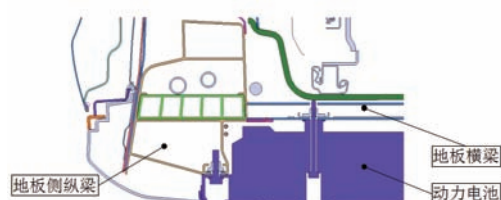


图7 电池包Y方向门槛位置断面

(3) 电池包布置——Z方向。电池包的Z方向即高度方向, 与总布置高度相关的参数有: 整车高度H101、乘员头部空间H61、乘员坐姿高度H30、最小离地间隙H156、顶棚到顶盖的高度H1、电池上表面到踵点间距H2。根据总布置参数要求, 计算某纯电动乘用车电池包的Z向尺寸即厚度不超过120mm。

轿车及运动型轿车因车高限制, 在保证必要的人机空间后, 预留电池的布置高度都较小, SUV车型在高度方向上的优势较大, 特别是大尺寸的SUV, 有利于动力电池的高度方向的布置。

增加动力电池的布置高度, 最有效的办法为增加整车高度。若在整车高度与最小离地间隙确定的情况下, 要增加动力电池的布置高度, 需要从车身结构以及人机

布置上进行优化，主要可优化的尺寸有 $H1$ 和 $H30$ 。

在初步确定动力电池包边界尺寸后，作为电池包设计的设计输入，完成电池包内部电芯的排布以及冷却管道及线路的设计，这个过程通常反复往返多轮，才能完成最终的方案。

为最终确定的车身下部断面方案，人体姿态相对标杆车抬高15mm，满足电池包的安装空间要求，采用标配全景玻璃，驾驶员座椅后移10mm等方案，基本保持了舒适性与标杆车一致。

几点思考

1. 电芯及模组的标准化

无论是出于自动化生产和产品一致性考虑，还是出于减少反复投入和控制成本考虑，由上游电芯厂商推动的标准化电芯和模组将成为必然趋势，这也与车型开发平台化的要求是相一致的。

圆柱型电芯本身具备尺寸标准，国内也推出了GB/T 34013-2017《电动汽车用动力蓄电池产品规格尺寸》的标准，标准制定较早，标准化程度也较深。VDA标准虽然由欧洲导入，但国内方壳也已经形成以VAD标准为行业标准的主流趋势，如包括宁德时代、国轩高科、力神等在内的主流企业自发采用VDA标准设计开发电芯产品。软包电芯虽然尺寸比较灵活多变，但其宽度和高度尤其是模组封装方面已经呈现VDA尺寸化趋势。

2. 电芯高度决定电池包高度

三种不同电芯成组为电池包，均由不等数量电芯组成电池模组，再由不等数量的模组组成电池包。目前主流的电池包设计，基本形成电芯及模组呈竖直方向布置的型式即电芯高度方向，故单体电芯的高度决定了模组的最小高度，而模组的高度决定了电池包的最小高度。车身的长度和宽度大小，则决定了模组布置的数量多少，即装载总电量的多少。

例如，宁德时代开发的355、390、590等系列模组，高度均为108mm，应用在蔚来ES8上，总电量70kW h，4P96S，电池包成组后的高度为136mm；天津力神的355、590模组，高度也均为108mm，电池包成组后的高度控制在140mm以内。

3. 纯电动乘用车，更适用圆柱型电芯

装载电量要求一定的情况下，超过60kW h的高端车型，从总布置角度出发，纯电动乘用车特别是轿跑车型，更适用于圆柱型电芯，这也与电池包成组后高度相关。

目前上市车型电池包高度范围：圆柱型电芯电池包不低于105mm；方壳、软包电芯电池包不低于135mm。轿车车型离地间隙一般较小，设计时一般要求电池包高度不超过120mm，在空间一定的条件下，选择高度低、能量密度高的圆柱型电芯，成为唯一选择，

因此，设计满足高电量、高性能要求的电池包，满足本身的性能指标提前下，模组可靠，除了工艺、结构难度，成本等因素外，从总布置的角度出发，目前SUV、MPV等车型均适用三种电芯，而轿车则仅适用于圆柱型电芯。当然如不考虑装电量要求，则不在此列。

4. 平台化平板化趋势和低高度要求

纯电动乘用车车身，由于电池平铺的需求，以特斯拉为代表的电动车平台架构逐步成为主流，车身地板平板化趋势明显，相应的下车体结构发生较大的改变。

车型平台化的开发需求，在轿车、SUV、MPV等系列车型上，搭载一款适用多款车型的电池模组或包，而不同车型的高度要求使得电芯的选择存在一定的差异化，设计时必须考虑最低高度的兼容性，即一般平台化由最低高度决定，低高度要求越发急迫。目前新开发的高端纯电动乘用车，多为SUV车型，电芯采用软包或方壳方案，考虑国内电芯及模组配套情况，这也许就是其中原因之一。

结语

纯电动乘用车电池包无论是本身的系统设计开发，还是整车布置、安装、试验等是个系统工程。本文重点研究电池包及布置相关，没有涉及其详细的系统设计，以及电动机、电控及BMS在内的相关内容。在实际开发过程中，这些重要的指标也有重大影响。总之，车型开发前期，先行确定包括电池包在内的系统方案，是开发平台确定的前提，合适的电池包方案，如电芯和模组的选择，对后期车型开发至关重要。 **AUTO1950**