

基于电芯模块化的动力电池快换新模式

文/龙泽链 陈一帆 解宏琳

摘要：纯电汽车的里程焦虑一直是阻碍纯电普及的主要因素，从2021年国庆节假期出行情况来看，充电难、充电慢的缺点还是非常明显。新能源汽车换电模式是新能源汽车快速补充电能方式，具有能量补充速度快、充电集成度高和形成储能站的优点。能量补充速度快可以解决客户充电时间长的问题、集成度高能够起到电网削峰填谷的作用。通过动力电池包的模块化可以实现多车型动力电池共用，降低动力电池数量，降低运营成本。但是目前由于动力电池包外观、插接器和安装位置不统一以及换电车型少等因素的限制，新能源汽车换电模式发展较为缓慢。随着换电工艺的不断成熟，换电模式重新引起企业重视。通过优化动力电池箱体结构，将电芯模块化，这样可以大幅度提升换电站对不同车型的兼容性，进而提升换电效率，降低换电站的建设成本，加快换电站的推广速度。

关键词：动力电池模块化；分离式动力电池箱体；模块化电芯；换电站的兼容性

纯电汽车是我国从汽车大国走向汽车强国的必由之路，国家大力支持新能源汽车产业发展，先后出台了一系列支持政策。经过十几年发展，我国年产销均突破百万辆，位居世界第一。截至2021年6月，全国新能源汽车保有量达603万辆。其中纯电动汽车保有量493万辆，占新能源汽车总量的81.76%。在汽车市场整体不景气的情况下，新能源汽车逆势高速增长，说明纯电汽车逐步捕获消费者的信心。但是随着数量增长，纯电汽车日常使用中续航里程短、充电时间长、充电难成为限制其发展的主要障碍。

为了解决这一问题，行业致力提升电池性能、降低整车电耗。有关部门联合公司大力支持和推动充/换电基础设施建设。增设充电设施缓解了充电难的问题，但是充电设施建设速度跟不上新能源汽车增长速度，充电难的问题依旧凸显。同时短时间获得长续航的问题仍没有解决，那么纯电汽车跑长途的使用场景就无法实现，2021年国庆假期新能源汽车高速充电排队就引起了行业关注。

换电站作为一种新能源汽车补电方式，通过更换动力电池，可以快速为新能源汽车补电。换电耗时与燃油车加油耗时相当，很大程度上缩短了纯电汽车补电时间，提升了消费者使用便利性。2021年5月20日，国家发展改革委、国家能源局联合发布《关于进一步提升充换电基础设施服务保障能力的实施意见（征求

意见稿）》，提到要借鉴公共服务领域换电模式和应用经验，鼓励企业研制充换电结合、电池配置灵活、续航里程长短兼顾的新能源汽车产品。换电模式可有效解决新能源汽车充电时间长，充电桩数量不足的问题。

一、纯电汽车换电路线瓶颈

纯电汽车换电技术是指将汽车能量耗尽或已经衰减的动力电池从车身中取出并替换满电状态的动力电池的技术。换电技术目前主要分为单次换电和快换电池2种。快换电池技术是指纯电汽车使用的任意时间段，通过特定的装置短时间内快速更换满电状态的动力电池，与燃油车的加油过程类似。相比于单次换电技术，快换电池技术更加高效、灵活、机动，可以真正解决行驶过程中电量耗尽的问题。可见，快换电池技术（以下简称换电技术）是未来换电技术的主要发展方向和趋势。中国市场商业化比较好的快换技术是蔚来汽车2017年在其Nio Day发布会上正式发布针对私人车主的Nio Power换电技术，可以实现3分钟内完成动力电池更换，是全球首个面向私人用户的汽车换电服务系统。截至2021年9月，蔚来汽车在全国拥有换电站400座，分布在全国超过20个省份，蔚来为保证换电站的兼容性，让旗下所有车型使用统一规格标准的电池组。目前无法兼容其他品牌的车型。相较于传统的充电模式，换电模式有诸多优势^[1]。

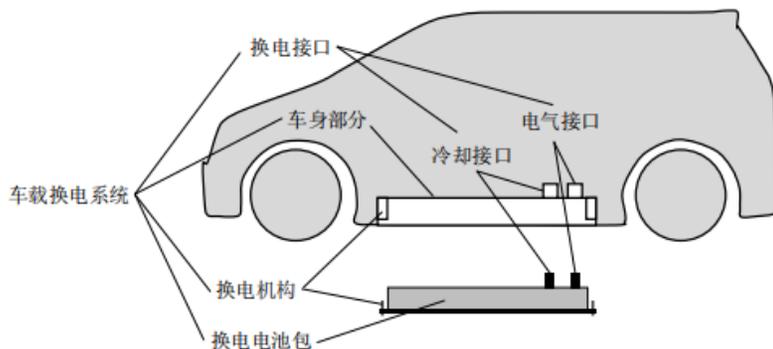


图1 换电模式

目前的换电站只能更换特定电池包和特定车型的动力电池，无法做到与加油站一样的兼容性。这个瓶颈直接导致每个品牌都需要建立自己的换电站，这种不兼容的换电模式无法快速普及和推广。

最新的国标规定，车辆上与换电操作或换电功能相关的部件所组成的系统，可包括换电电池包、换电接口、换电机构以及车身与之相联系的部分，简称换电系统。换电的模式如图1所示。

目前，国内新能源汽车换电站运营数量少、兼容车型非常少。主要的问题就是不同车型的动力电池包外观不一致，电池包接口不一致等。如果能够在快换环节直接更换电池电芯，那么电芯的标准就容易统一，不再受到电池包外观和连接器的限制^[2]。

二、动力电池分离式箱体构想

动力电池电芯模块化，需要将动力电池包打开。利用一种特殊结构的保证电池包下箱体与上壳体之间能够达到IP67的密封等级。这样直接更换模块化的电芯的兼容性可以直接与加油站相媲美，虽然更换电芯会更麻烦，更换时间会比加油时间更长，但是不再需要长时间等待，也可以对任意车型进行更换，摆脱车型兼容性的困扰，打通车型壁垒。

动力电池分离式箱体分为上箱体和下盖板两部分，上箱体可以直接与车身融合，既可以提升车身的强度，也能够降低车身整体的重量。下盖板为底板，并安装着电芯。上箱体为金属密封零件，设有透气防水阀。上箱体和下盖板接触边缘需要制45°倒角，下盖板边缘也需要对应设计类似倒角。这个设计灵感来源于气门与气门座圈的密封。在这个倒角处增添密封填充物，这样再施加一定的压紧力，即可达到IP67的防水级别。动力电池分离式箱体设计，可以实现电芯与箱体的快速分离和打开箱体维护和维修，为后续的电

芯快换做好准备。

三、电芯模块化设计

电芯模块化，需要对电池模组进行模块设计，现在的动力电池包大多是以20V~24V模组设计，那么模块化的电芯以12V、18V、20V和24V四种规格的模组设计。这样的模组可以根据不同型号动力电池，组合成为一个能够达到额定电压的动力电池包。模组使用通用型接口设计，并且将低压线路、高压线路分开对接，电池管理模块则与低压线束连接，并使用通用通信协议。低压线路设计成为一个6线带背插锁扣的快插式插接器，确保便捷和可靠性。高压线路连接器需要使用螺栓拧紧至规定力矩。

分离式电池包冷却系统设计，由于需要拆卸电池包下盖板，冷却系统中的冷媒需要在动力电池包分离之前排空。所以冷却系统设计必须考虑冷媒回收和加注的便利性。使用直冷式的冷媒，冷却效率高，冷却管路小，冷却压力低，便于模块化设计。电芯散热管路一般直接铺设在电芯底部，所以直接采取分层模块化，减少管路的拆装点，降低快接头的磨损速度。

每个电芯的信息需要传递至BMS，由BMS进行统一管理。但是为了便于模块化电芯存储和集中充电管理，在每个电芯上安装RFID芯片，安装前将检测信息通过读写器将电芯信息传递至BMS。这样BMS能够根据新的电芯情况，控制整个动力电池包的充放电性能，从而保障纯电动汽车的综合性能不受新电芯的影响。充电站对模块化电芯集中充电时，通过RFID信息快速匹配最佳充配电方案。充满电后将信息写入RFID芯片，然后将模块化电芯分类储存^[3]。

四、电芯快换运行模式

电芯快换模式必然不能做到与加油一样快速补能，所以也不能像加油站一样单一提供加油服务。电

芯快换模式主要目标群体就是长途用户，短途行驶纯电汽车续航已经能够满足里程需求，短途可以通过充电桩快充满足里程需求。

电芯快换补能模式与高速服务区配套，车主将汽车送进换电站，车主进入服务区休息，这里配套半小时左右的休闲服务，包括餐饮，按摩等配套服务。这样汽车进入换电站更换电芯，既完成了车辆能源补充，车主也获得充分休息，避免了疲劳驾驶。

车辆进入换电站，进入指定工位，车辆关闭点火开关，执行高压下电。换电系统利用RFID系统，读取车型动力电池包的型号，系统根据车型自动执行相关的动力电池下箱体拆卸程序。同时根据动力电池包信息，系统自动调取满足额定电压的电芯组合。此时工作人员操作设备更换对应的电芯，更换下箱体密封填充物，并检查主插接器的状态。检查完毕以后，将电池下箱体安装回到车辆底部。整个过程大约需要30分钟。整个换电时间比较长，但是换电模式可以兼容市面上众多车型，这样的换电站具备快速推广和普及可能性。

五、结语

针对现在换电站兼容性不高、运营费用高等问题，本文提出动力电池电芯模块化的构想。电芯模块化换电，是利用电芯通用型接口及BMC采集器的通用

型协议完成动力电池模组的更换。运用分离式动力电池箱体，解决动力电池换电需要频繁打开动力电池箱体的密封问题。两个方案同时使用可以解决不同车型、不同品牌的在换电运行模式的壁垒，提升单个换电站可兼容性以及换电站的换电效率，从而实现换电模式的推广和普及。

参考文献：

[1]袁博.电动汽车换电模式的发展现状及趋势综述[J].汽车文摘,2020(5):5.

[2]张凯,卢杨阳,欧韦聪.一种动力电池快换普及方式的思考与应用[J].汽车零部件,2018(8):3.

[3]车建华,黄雨龙,陈忠海,等.电动汽车车载电池快速更换装置的研究[J].汽车工业研究,2019(1):4.

基金项目：广西交通职业技术学院2020年度校级科研项目“新能源汽车动力电池快换技术研究”（JZY2020KAZ07）。

作者简介：龙泽键（1995—），男，本科，助理，研究方向：汽车制造与试验技术、汽车检测与维修技术。

（作者单位：广西交通职业技术学院）

