

北汽新能源 C30 平台电动汽车的关键技术及示范应用

陈平, 梁晨, 佘海

北京新能源汽车股份有限公司, 北京 102606

摘要 北汽新能源 C30 纯电动汽车平台采用全新整车下车体平台结构, 以动力电池布置为核心, 集成整车安全性与可靠性, 保证了优异的整车操稳性。通过高压集成系统开发与搭载, 实现高压部件集成设计, 简化机舱布置。基于系统效率进行整车性能匹配开发与优化, 并进行轻量化设计开发, 实现 EV200 比 EV150 减重 80 kg。基于 ISO26262 和 AUTOSAR4.0 标准完成集成控制器自主研发, 以整车控制策略的协同化、精细化及智能化为导向完善整车控制策略。依托整车需求, 进行高能量密度电池系统和高效永磁同步电机及集成控制器系统的开发。自投放市场以来, C30 平台已累计销售超过 6748 辆, 覆盖私人、租赁、出租及物流用车多个领域。

关键词 纯电动汽车; 新能源 C30 平台; 技术研发; 示范应用

近年来, 全球石油资源日益紧张所引发的国家战略思考以及传统汽车尾气排放所带来的日趋严重的环境污染问题, 促使世界各国纷纷转向对新能源汽车的开发^[1-5]。对中国而言, 发展新能源汽车是从汽车大国迈向汽车强国的必由之路, 是响应国家“节能优先、绿色低碳、立足国内、创新驱动”的四大能源发展战略。新能源汽车作为中国战略性新兴产业, 得到政府的重点支持和积极推动。2011 年国内新能源汽车销量仅为 2849 辆, 而 2014 年国内新能源汽车销量已达 74763 辆, 年均增长 3.1 倍, 成为全球仅次于美国的新能源汽车大国。

从新能源汽车发展趋势看, 纯电动汽车未来将呈现高速增长, 车型级别将向小型化发展, 主要集中在 A 级车型以下^[6-8]。通过大量的市场调研与用户测试以及车型对比分析,

锁定 A0 级纯电动车型, 无论从车型级别、产品价格角度, 都更加符合潜在用户对电动车的使用需求。

1 C30 平台的立项背景和发展规划

基于北汽 A0 级底盘平台, 北汽新能源开发 C30 纯电动汽车平台, 图 1 为 C30 平台纯电动车型, 表 1 为 C30 平台的技术参数。该平台的第 1 代车型为 EV150, 续驶里程 160 km, 第 2 代车型为 EV200, 续驶里程达到 200 km, 目前正在开发续驶里程为 260 km 的 EV260, 并开始规划 3 代车型 EV350, 续驶里程将达到 350 km。其中, 第 1 代产品 (EV150) 基于北汽汽油车 E150 产品平台开发。第 2 代产品 EV200, 通过优化三电, 提升电池性能、电机性能, 优化控制策略, 搭建完成北汽新能源“技术平台”, 包含整车集成技术及“三电平台”。

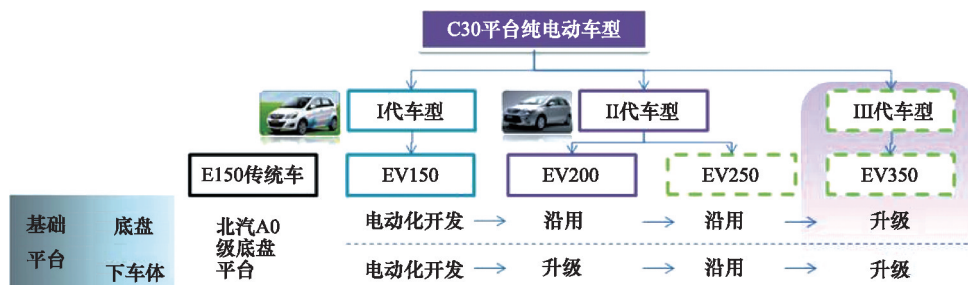


图1 C30 平台纯电动车型

收稿日期: 2016-02-03; 修回日期: 2016-02-17

基金项目: 国家新能源汽车产业技术创新工程; 北京市科委重大科技支持项目 (D141100001414003)

作者简介: 陈平, 高级工程师, 研究方向为新能源汽车整车控制及动力系统集成, 电子邮箱: chenping@bjev.com.cn

引用格式: 陈平, 梁晨, 佘海. 北汽新能源 C30 平台电动汽车的关键技术及示范应用[J]. 科技导报, 2016, 34(6): 84-89; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2016.06.009

表1 C30平台整车参数

产品型号	整车参数					通过性		动力电池		驱动电机		动力性		经济性	
	长度/mm	宽度/mm	高度/mm	轴距/mm	整备质量/kg	最小离地间隙/mm	最小转弯直径/m	电池类型	标称能量/(kW·h)	额定功率/kW	峰值功率/kW	最高车速/(km·h ⁻¹)	0~50 km/h加速时间/s	续驶里程/km	NEDC能量消耗率/(0.01 kW·h·km ⁻¹)
EV150	4025	1720	1503	2500	1370	≥110	≤11	磷酸铁锂三元(NCM)	25.6	20	45	125	6.6	160	15.2
EV200	4025	1720	1503	2500	1290	≥110	≤11		30.4	30	53	125	4.7	200	14.5

2 整车集成及策略研发

2.1 整车集成技术

基于E150汽油车平台,北汽新能源按照EV-DP整车产品开发流程进行C30电动汽车平台车型开发,并进行电动化改造和零部件开发,拥有该A0级纯电动汽车全部自主知识产权,如图2所示。EV200在EV150车型基础上进行技术改进和升级换代:续驶里程提升、动力性和经济性提升;整车布置和结构优化;整车轻量化设计;控制策略优化;科技配置和智能化升级;可靠性、安全性提升。

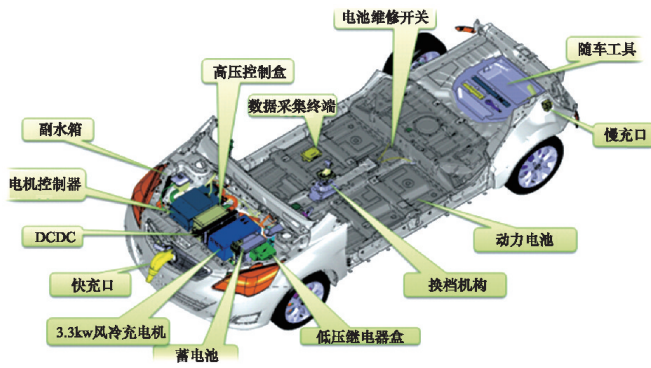


图2 C30平台整车布置示意

基于电动汽车结构特点对整车进行优化布置,同时便于后期维修检查。电池包布置于前后悬架之间的地板下方处并预留碰撞安全间隙,有利于电池包安全防护,同时考虑前后轴荷分配,保证整车操稳性。设计过程中,提高整车电磁兼容性并使IP防护等级达到IP67级别,优化整车热管理系统结构,提升了冷却系统效率。

在整车动力系统方面,搭载30/53 kW功率电机,优化动力总成和悬架结构,0~50 km加速时间缩短至4.7 s,NEDC工况100 km能耗降低为14.5 kW·h。开发新一代电池包,可兼容25.6、30.4及38.6 kW·h 3种电量。

完成整车可靠性、性能及零部件系统试验等各种专项试验,累计路试总里程约240万 km。为保证车型涉水安全性,车辆进行严格的整车涉水试验和零部件浸水试验。

2.2 多维度轻量化技术开发应用

C30平台从新材料、新结构、新工艺、能量优化等多维度进行优化设计,经过技术迭代,最新一代车型整备质量减少了80 kg,降幅达5.9%。同时,将前/后保险杠、防撞梁、后背门等采用铝镁合金、非金属、碳纤维等轻量化零部件,整车结构件实现减重10%。

此外,通过电机控制器、充电机、电动空调、DC/DC等高压部件集成开发,共用驱动模块与电功率器件,重量总和减少25%以上。通过功能集成开发,开发驱动充电一体化系统,取消独立充电系统搭载,用于充电功能电器件实现减重10 kg,实现减重70%以上。

2.3 基于能耗的性能匹配分析与优化

通过整体综合匹配及相应控制策略优化,使电机、减速器等零部件的高效区相匹配,降低整车能耗5%~10%。设计不同的制动回收控制策略,如图3所示,拥堵工况使用强回收模式,普通工况使用普通回收模式。经测试,回收率最大可提高5%左右,拥堵工况下可提升10%以上。

常用车速下匀速行驶时,电机和减速器大部分的工作点处于低扭矩区,此区间效率大多数小于90%。通过提高电机和减速器在低转矩区间的效率提升电驱动总成传动效率。同时,通过速比匹配及控制优化,将电机和减速器频繁工作点优化到高效工作区间,整体效率提高约3%。此外,电动汽车在NEDC工况及等速60 km/h工况下变速箱油温稳定在30~35℃,而传统车变速器高效区温度为80℃左右,通过与美孚公司开发电动汽车专用润滑油,改变油品特性提升减速器工作效率。

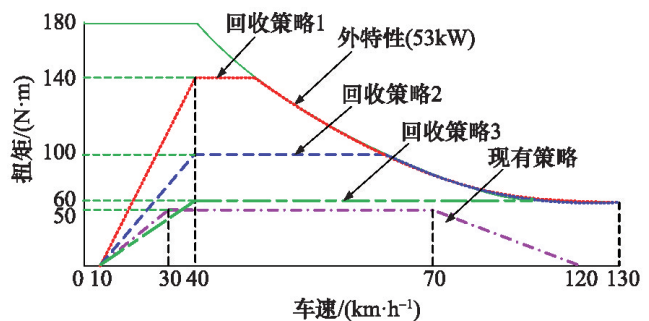


图3 制动回收策略分析

2.4 整车集成控制器平台及控制策略集成开发

图4为C30平台整车控制原理图,联合电池、电机等专业部门共同完成整车高低压原理、电控系统供电及系统功能的拓展、匹配及控制策略开发,提高系统可靠性及用户体验。同时对电机、电池管理系统的控制策略具备掌控能力,所有电池、电机与整车相关的控制策略均由主机厂统一下发。开

发专用的控制器外壳,匹配防水防尘带锁止机构的插接件,将防护等级提升至IP67。通过汽车电子电气、环境和电磁兼容试验测试,集成控制器可在高寒高温高湿等严苛环境下正常工作。开发基于Autosar架构的软件平台,有效将控制器硬件、基础软件及整车控制策略算法软件进行区分,利于平台软件的自由移植及各层间数据交互的准确性。

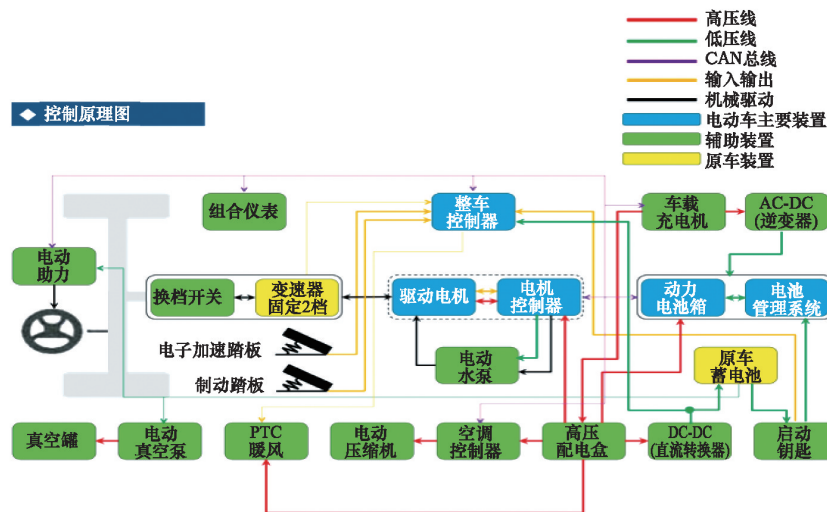


图4 C30平台整车控制原理

创新提出整车协同上下电管理策略,规定了各驱动模式的上下电工作状态,实现整车上下电过程各控制器统一控制。通过精细化能量管理策略开发确保车辆在冬夏季的充放电效率,结合用户的需求及低SOC段电池的放电能力,统筹考虑驾驶性及附件的需求。丰富仪表信息显示需求并通过通过对快、慢充连接信号的监测开展智能化充电状态的确认。支持电动驻车控制,确保坡起安全。整车控制器开发参考国标及ISO标准,基于V流程的控制器开发,形成了包括功能定义、策略开发、系统测试、实车测试的正向开发流程。整车网络系统采用平台化的设计理念,整车网络架构通过CAN总线和LIN总线技术的混合应用,提升信号传输效率及各控制系统的工作效率。

2.5 整车及部件安全性能开发

纯电动汽车整车安全性能分解成整车策略安全、被动结构安全、系统电安全、动力电池安全和主动安全监控5个维度,按照纯电动汽车整车V型开发流程,以安全验证体系为验收标准,保障了C30平台车型的整车安全性能,自2012年产品投放市场以来,保持零安全事故记录。

从整车安全控制、被动安全控制、高压系统及零部件安全、动力电池安全以及安全测试等环节进行控制,强化基于人的安全策略控制。产品设计过程中,主要从车身结构及驾驶舱内乘员保护等方面确保了该平台车型的安全性能满足要求。采用成熟可靠的高压系统构架,各部分独立管理、控制,实现高压互锁及防开设计。对动力电池单体和成

组进行安全管理,加强模拟仿真和热失控试验,强化电池箱体等部件的结构。开展包括针刺、自由跌落、极限过充、托底挤压等安全性验证。开展主动安全监控,引入远程控制、远程诊断等互联安全技术。

3 关键零部件及技术研发

3.1 电池系统开发

依据整车需求,从能量密度、高低温性能、寿命及可靠性等方面对动力电池进行性能提升。通过调整正负极浆料配方及制造工艺,优化结构设计,使得磷酸铁锂体系动力电池系统容量年提升率约10%,三元体系的电池单体质量比能量达到180(W·h)/kg,模块比能量高达160(W·h)/kg,提前满足《节能与新能源汽车产业发展规划(2012—2020年)》的相关要求。

通过使用纳米级磷酸亚铁锂作为正极活性物质,并使用高倍率型电解液有效提升电池单体的低温性能。为提升低温环境下的充电速度,先使用PTC加热膜进行加热,快速提升电池温度,然后边充电边加热,待充电完成之后进行一定时间的保温。在充电过程中,尤其是快速充电过程中使用间歇式方法进行充电,充电电流按照一定的脉冲波形和周期对动力电池系统进行充电,可有效降低动力电池系统的极化,提高动力电池系统的安全性、使用寿命和充电能力^[9]。装车运营数据表明,单车整车持续行驶15万km,动力电池系统累计运营里程7500万km,未发生动力电池系统单

体模组更换。

3.2 电驱动系统开发

C30平台采用高功率密度车用永磁同步电机,图5为II代驱动电机效率图。利用有限元方法进行电机电磁方案设计,实现低噪声、低力矩脉动和低振动的电磁结构设计,同时将电磁、机械强度、散热能力进行一体化优化。通过提高电磁材料性能,优化冷却水道,增加冷却液流量,减小流阻等方式保证驱动电机功率密度达到2.6 kW/kg,转矩密度达到7.8 (N·m)/kg。通过降低磁负荷、采用定子斜槽、转子斜极方式、减小电机气隙不均匀程度等方式,使电机系统NVH振动噪音小于70 dB。

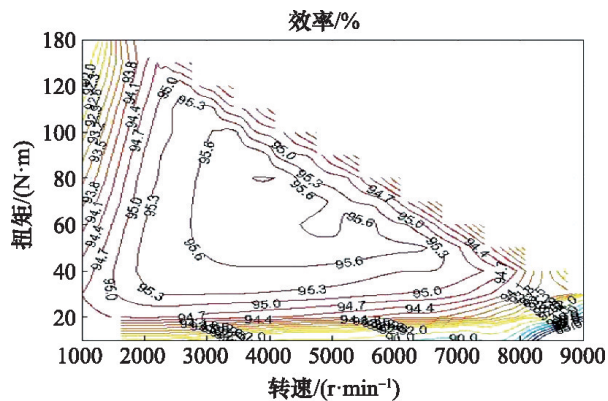


图5 C30II代驱动电机效率

根据专门针对电动汽车准入地方标准涉水试验要求,改进减速器的换气系统,保证30 cm水深涉水不进水。验证温度和润滑油品对减速器效率的影响规律,从而选择全合成齿轮油。在结构上选用高效低摩阻轴承,优化减速器内腔润滑油道,调整齿轮参数,减小滑移率。通过调整齿轮螺旋角、压力角等齿轮宏观参数,进行齿轮微观修形,改善了齿轮接触斑点,减速器近场声压级降低了2~3 dB(A)。

3.3 电器系统和车联网技术开发

开发全新空调集成控制器及电动压缩机驱动控制器,具备全套空调暖风相关传感器采集、驱动功能,内置电动压缩机及PTC加热系统逻辑,有效进行乘员舱热管理控制并最大程度节能降耗。

以6.2寸TFT液晶仪表、8寸触控大屏构成的组合仪表、中控主机为信息显示载体,从用户角度出发,实现手机与车的互联互通。中控系统可以在车辆有故障时给予驾驶者一定的指导建议,分级进行故障提醒。

对监控平台进行了分阶段打造和升级。拓展车联网功能,达到服务集成化。除了具备车辆监控管理、故障诊断预警等功能外,监控平台还具备系统扩容能力、数据备份能力、远程控制信息安全管理能力。以“车”为节点和信息源,实现“人—车—路—环境”的互联互通。

3.4 EMC性能设计和NVH性能开发

为了保证整车电磁兼容性满足国家法规要求,在开发过

程中依据GB/T 18387—2008、GB 14023—2011等标准要求及EMC设计开发流程实施专项性能开发、在整车和零部件设计之初介入电磁兼容设计方案,提升电磁兼容性能。对零部件、整车、测试方案及条件等进行统一要求。C30平台车型均顺利通过国家认证。

为提高整车NVH性能,从电机、减速器、悬挂等几方面进行优化,包括:提高电机轴承动平衡等级至G2.5等级,电机低速开关频率采用5 kHz,高转速开关频率用10 kHz;进行减速器齿轮修形,减小中间轴径向和轴向间隙,优化齿轮压力角;优化各悬置的材料和结构。图6为C33DB样车与宝马I3车内噪声对比图,可以看出经过改进后的样车内噪声NVH水平和宝马I3纯电动车车内噪声相当,C33DB车内前排声压级低于I3前排噪声1~3 dB(A),低于I3后排噪声2~6 dB(A)。

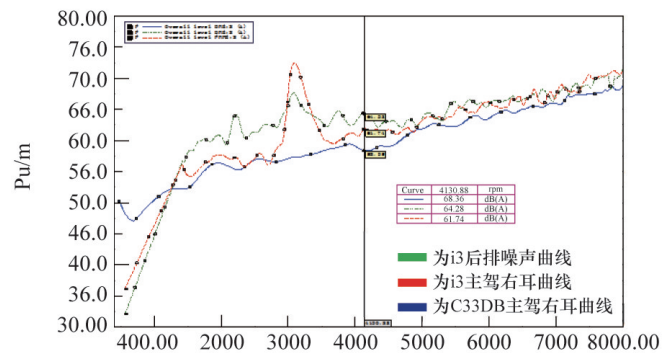


图6 C33DB样车与宝马I3车内噪声对比

4 平台整体技术创新点

C30平台纯电动车型以三电(电池、电机、电控)为核心进行平台技术开发并扩展了多个车型。在该平台开发过程中,以电动汽车特点为基础进行整车集成,通过系统效率提升、多维度轻量化开发、安全性开发,综合性能优越。

4.1 纯电动汽车整车集成及三大核心技术研发

1) 基于电动汽车特点的整车集成技术。全新整车下车体平台结构,以动力电池布置为核心,实现整车安全性与可靠性。电池包居中布置位于前后轴之间并预留碰撞安全间隙,有利于整车碰撞过程中的电池包安全防护;整车前后轴荷分配接近50:50,保证了车辆行驶过程中的整车操稳性。前机舱上下两层布置,降低前舱零部件振动,增强电驱动系统可靠性。高压集成系统开发与搭载,实现高压部件集成设计。此外,采用多维度轻量化技术开发应用,使升级车型EV200在EV150的基础上实现减重80 kg。

2) 基于能耗的电动汽车匹配分析及性能优化。对在用的电动出租车等车型进行运行特征分析(平均车速、最高车速、最大油门开度、平均油门开度、日均行驶里程等)与驾驶特征分析(爬行、滑行、等速、加速以及制动),针对不同的运行领域有针对性地进行系统匹配、能耗分析与控制算法开发。同时,基于能耗的系统匹配与优化方法,结合仿真和转

毂试验进行驱动系统各环节能耗分析,包括电机和充电机效率提升、专用减速器设计、优化驱动制动控制策略等多方面,综合降低能耗5%。

3) 电池系统设计及控制技术。采取 IP67 密封防护结构,有效保障了电池系统的高压安全。开发电池系统加热、保温、脉冲充电等技术解决电动汽车低温应用问题。低温环境下电池系统自动控制加热充电电路,并通过与温度关联的脉冲充电模式,解决电动汽车的低温充电问题。确保了电动汽车低温环境-15℃下正常使用时,电池系统最低温度不低于0℃。提出使用高低温综合工况进行SOE(能量状态)电池系统能量标定,开发了SOE核心算法,通过标定电池温度 k_T 、自放电系数 k_a 等多项参数进行SOE的校正,保障了电动汽车续航里程的准确性。

4) 整车控制技术。制动能量回收强度采取可调设计,最大可达15%,充分适应不同用户驾驶需求。为避免了上下电大电流冲击,保证了电池包工作可靠,采取顺序上下电技术,通过严格设计8个上电过程状态和9个下电过程状态时序,确保上下电快捷稳定可靠,实现上电时间<1.7 s,下电时间<1 s。此外,还设定了防溜坡、远程开启充电或空调、能量回收强度可调、DC/DC智能补电等功能,带给用户便捷独特的体验。

4.2 车联网与智能化技术

根据用户的需求和体验结果,融合互联网+和大数据概念,推出电动汽车出行的服务创新模式。首先,打造首家企业级电动汽车远程监控平台,融合了电动汽车车辆控制技术、信息技术,目前累计上线车辆16270辆,累计运营里程2.55亿km;完成30 TB大数据的累积,为支撑用户服务与研发设计提供基础;实现汽车网联化,包括云-管-端网联架构应用和4G、蓝牙等多通讯技术应用。

4.3 整车安全与可靠性

在设计过程中,着重加强安全性和可靠性设计,截止到2015年6月底,实现16270辆运营车辆累计安全行驶2.55亿km无重大安全责任事故。为保障安全可靠运行,进行车载端黑盒子和远程故障监控双重保障;采取可自定义输入关键参数的监测阈值和预警系统;对大数据进行分析并作出“故障走势”预测。为提高电池寿命,提升电池使用安全,采用间歇式充电方法,有效降低极化,提升锂离子电池的使用安全。而且能够缩短充电时间,增加充电量,在相同SOC变化时,试验表明,间歇式充电比直充充电充入的电量多出13.5%。此外,导入ISO26262功能安全规范,对整车级功能安全项进行充分识别,通过暴露度、严重度、可控制度分析。

5 C30平台产品应用及社会推广效益

北汽新能源陆续开展“卫蓝先锋活动”、“十城千辆,一元体验”等营销活动,2013年C30平台车型累计投放1419辆,

2014年实现销量5067台,占A0级纯电动汽车市场份额的65%。销售市场涵盖北京、上海、广州等10余个城市,覆盖华北、华东、华南等地区,产品车型包括私人、租赁、出租、微公交以及物流用车多个领域。为保证纯电动汽车正常运营,及时解决出现的问题并对存在的故障进行汇总分析研究,北汽新能源建设电动汽车监控中心,实现5万辆电动车并行监控,对示范运营车辆提供监控保障,车辆状态信息与现场服务人员实现互通。建立电池等关键部件的全生命周期数据库,为整车及零部件性能提升提供有效数据支持。

C30平台电动汽车示范运营为北京市新能源汽车推广示范运营提供了有力的支撑和保障。北汽新能源通过产业化攻关技术研究,建立并完善电动汽车整车设计开发流程和标准体系,突破整车设计、系统集成、动力总成、电磁兼容、高压安全等关键技术产业化实施工艺,整合北京地区新能源汽车关键零部件企业,形成有区域特色的零部件研发供应体系,并推动基础设施建设,创新发展新能源汽车服务体系。最终实现新能源汽车产业化发展规划目标。

纯电动汽车作为零排放汽车,比同类燃油车辆噪声低5 dB以上,大规模推广电动汽车大幅度降低了城市噪音。按照传统燃油E系列AT车型综合油耗7.1 L/100 km, EV150每百公里可减少二氧化碳排放19.2 kg。目前C33平台电动汽车累计行驶了7500万km,实现二氧化碳累计减排14400 t。此外,电动汽车能量利用率高于传统内燃机车,并可以利用电网夜间波谷充电,提高了电网的综合效率,优化了能源结构。

参考文献(References)

- [1] 贡苏明. 美国HEV市场对中国新能源汽车产业的启示[J]. 武汉理工大学学报: 社会科学版, 2011, 24(4): 474-479.
- [2] 山德, 孟东晖, 李显君. 美国新能源汽车发展及相关政策汽车工业研究[J]. 汽车工业研究, 2014(6): 5-11.
- [3] 辛克伟, 周宗祥, 卢国良. 国内外电动汽车发展及前景预测[J]. 电力需求侧管理, 2008, 10(1): 75-77.
- [4] 曹秉刚, 张伟伟, 白志峰, 等. 电动汽车技术进展和发展趋势[J]. 2004, 38(1): 1-5.
- [5] 任玉珑, 陈容, 尹新哲, 等. 持有成本对竞争市场中电动汽车长期扩散的影响分析[J]. 工业工程, 2012, 15(3): 13-19.
- [6] Brown S, Pyke D, Steenhof P. Electric vehicles: The role and importance of standards in an emerging market[J]. Energy Policy, 2010, 38(7): 3797-3806.
- [7] Yao M F, Liu H F, Feng X. The development of low-carbon vehicles in China[J]. Energy Policy, 2011, 39(9): 5457-5464.
- [8] 王瑛, 王贺武, 欧阳明高. 电动汽车微型化发展路径分析[J]. 电源技术, 2008, 32(4): 257-260.
- [9] Xiang J, Wu F, Chen R J, et al. High voltage and safe electrolytes based on ionic liquid and sulfone for lithium-ion batteries[J]. Journal of Power Sources, 2013, 233(4): 115-120.
- [10] Yu H G, Sheng J, Wang Y H. Optimal design of energy system on electric vehicle[C]. IEEE Transportation Electrification Conference and Expo Asia & Pacific, 2014.

Key technology of BJEV C30 electric vehicle and its demonstration applications

CHEN Ping, LIANG Chen, SI Hai

Beijing Electric Vehicle Co.,Ltd., Beijing 102606, China

Abstract Development of electric vehicles has important implications for saving energy and emission reduction. It also can reduce the PM_{2.5} emissions and improve the air level, especially in the urban district. Based on market analysis and demand, Beijing Electric Vehicle Co., Ltd. has developed the C30 electric vehicle platform, which adopts a new vehicle configuration, takes power batteries as the core, and integrates vehicle safety and reliability to ensure handling and stability. Through the development and implementation of the high pressure integrated system, high voltage parts design is realized. Due to whole vehicle development and lightweight design, EV200 achieves 80 kg lighter than EV150. Based on ISO26262 and AUTOSAR4.0 standards, the integrated controller of the vehicle is improved, which combines coordination, refinement and intelligence strategies. Depending on the vehicle demand, the high energy density battery system, high efficiency permanent magnet synchronous motor and controller-integrated system are developed as well. Since its launch to the market, the C30 platform models have been sold for more than 6748 units, covering areas such as private, taxi, rental and logistics.

Keywords electric vehicle; new energy C30 platform; technology research and development; demonstration application

(责任编辑 刘志远)