

一款纯电动汽车动力电池系统的研发

Research and Development of HEV Battery System

赵冠宇, 李永江, 徐丹

Zhao Guanyu, Li Yongjiang, Xu Dan

天津力神动力电池股份有限公司(天津, 300384)

Tianjin Lishen Battery Joint-Stock Co., Ltd.(Tianjing, 300384)

摘要: 本文以国内某款纯电动动力电池系统研发为基础, 全面阐述了电池系统的结构设计、高压系统结构设计及强度分析, 同时, 浅析了电池管理系统的结构及功能。希望能够为纯电动动力汽车电池系统的研发提供一些借鉴和参考。

关键词: 动力电池 电池系统 电动汽车

Abstract: Base on the EV battery system development, discusses the technique of structure design, high voltage system design, strength and thermal analyze, and describe the structure and function of Battery management system. Hope it can be a reference to HEV battery system research and development.

Key words: Power battery, Battery system, Electric vehicle

[中图分类号] TM912.9 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349 (2015) 06-0036-04

1 引言

汽车是人们生活的重要交通工具, 随着人们生活水平的提高, 越来越多的人开始购买汽车。但是, 汽车的大量使用带来了能源消耗、资源短缺、环境污染等一系列问题。而电动汽车是以电能为能源, 是具有低污染、低油耗特点的新一代清洁能源汽车。通过电动机将电能转化为机械能, 完全符合研制零污染汽车的理念。因此, 电动汽车作为解决资源短缺、环境污染等问题的重要途径, 得到了快速发展。

2 电动汽车动力电池系统的基本功能

动力电池系统为整车提供动力所需的电能, 并且具有高压电安全管理功能、预充电功能、高压回路的供电通断功能、手动维修切断功能、高压互锁功能、电池系统热管理功能、系统运行状态实时检测与保护功能、CAN 通讯功能等。

表 1 为国内某电动汽车动力电池系统基本性能。

3 电池系统设计

动力电池系统的整体结构设计与整车密切相关。通常整车厂会结合整车空间, 考虑安全设计、线束连接线设计、接插件设计等相关设计后, 提供一个电池系统的大致空间包络。在有限的空间约束下, 要布置电池模块、电池管理系统、高

压系统、热管理系统等, 保证电池单体及模块均匀散热, 保证电池的一致性、提高电池的寿命与安全。

表 1 国内某电动汽车动力电池系统基本性能

序号	电池参数项目	数值
1	输出电压	326V
2	标称容量	60Ah
3	额定能量	19.5kWh
4	系统能量密度	62.5Wh/kg
5	SOC 工作范围	30%~70%
6	工作电压范围	255V-372V
7	10S 最大放电倍率	20C
8	10S 最大放电倍率	20C
9	自放电率	< 5%/月
10	IP 防护等级	IP66
11	工作温度范围	-20℃~55℃

(1) 动力电池的选型

此系统中采用了目前比较主流的磷酸铁锂体系的锂离子电池, 锂离子电池具有电压高、容量大、体积小、质量轻、工作温度范围宽等优点。目前, 锂离子电池组已被广泛应用

在各个领域，尤其应用于电动车辆领域。并且，锂离子电池能量密度高、自放电低、充电效率高、循环寿命长，而且无记忆效应，适合应用在此系统上。

(2) 电池模组的设计及布局

根据整车厂提供的空间排布及动力匹配的需求，通常一种电池模组不能满足布置的需要，此电池系统便设计了三 3 种电池模组。电池模组由多个动力电芯串并联组合而成，包括单体电芯、固定框架、电连接装置，还有温度传感器、电压检测线路等，如图 1 所示。

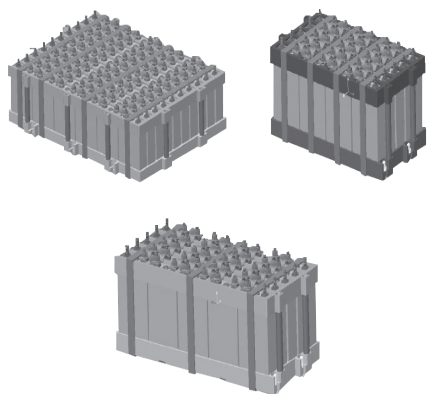


图 1 3 种电池模组

模组设计一般参照以下的原则。

① 模组装配松紧度适中，各结构件有足够强度，防止因电池内部压力而产生形变及破坏，而且要严格避免振动过程中电池的移动；

② 单体电芯间或与结构件之间，满足电绝缘（针对金属壳体电芯）要求；

③ 结构紧凑且考虑通风散热通道的设计，以及热传导装置等；

④ 轻量化设计，辅助部件重量尽量低；

⑤ 具有安装固定位置，使电池模组能牢固地固定在箱体上；

⑥ 针对不同箱体空间及特殊功能要求，电池模组有针对性应对设计。

电池系统由若干个电池模组连接而成，电池模组在箱体里的布局应综合考虑电池模组的外形尺寸、冷却设计、电气设计，以及线束设计等。理论上能将所有因素都实现最佳设计才是合理的布局，但是在实际设计过程中，因为众多因素相互牵制，分析权衡之后必定有所取舍。

(3) 电池系统箱体设计

电池系统是电动汽车的动力来源，系统的箱体要固定安装到整车上，是电动汽车的一个重要的零部件组成。因此，箱体必须具备一些基本功能，如与整车的信号通信，电源输出，增程器充电输入，维护开关设计等。系统箱体外观如图 2 所示。

在满足以上功能的基础上，箱体设计还需考虑其他设计要点。

① 防水设计

此系统要求 IP67，在箱体加工和装配、以及接插件连接处考虑密封性。

② 绝缘设计

箱体边缘与车载外露的可导电部件保持安全距离，如果难实现的话，可以通过物理绝缘等措施保证安全的爬电距离。管理系统可以实时检测电池与箱体的绝缘电阻，此系统要求不小于 1G ohm。

③ 车辆碰撞要求

车辆进行碰撞试验时，箱体对内部电池模组及其他电子机构有一定的保护，避免对内部元件造成严重的破坏。

④ 箱体设计具体考虑要点

a) 满足整车装车条件，包括尺寸、安装接口；

b) 各种接口（机械、电气、维护、通信）等齐全、合理；

c) 电池包内应有熔断器、继电器、维护开关等进行保护；

d) 各种部件在箱体内的固定、电池包在整车上的固定满足整车使用条件；

e) 防尘、防水满足 IP66；

f) 高低压和信号线束安装可靠、拆装方便、节约材料、布局美观、节约空间；

g) 电池模块、电池包与整车之间要绝缘，绝缘电阻不低于 20MΩ；

h) 温度场设计合理，内部温差不超过 5℃；

i) 电池包及容易接触带电部件的防护罩等，应清楚的标注高压标识。

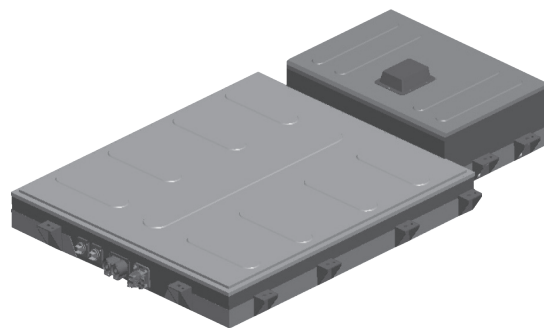


图 2 箱体外观图

4 模拟仿真分析

计算机辅助工程 CAE(Computer Aided Engineering) 是用计算机辅助求解复杂工程和产品结构强度、刚度、屈曲稳定性、动力响应、热传导、三维多体接触、弹塑性等力学性能的分析计算，以及结构性能的优化设计等问题的一种近似数值分析方法。在产品研发过程中的前期，可以检查评估和优化结

构性能、分析系统流场热场等作用。目前，在动力电池系统的开发过程中，CAE分析技术已经得到全面的应用。

(1) 电池系统结构强度模拟分析

车辆行驶过程中，电池系统会受到不同程度的振动与冲击，尤其是当碰撞发生时，这种冲击更为严重。因此，电池系统必须要有足够的强度来保证自身的安全。

在方案设计初期，利用CAE模拟仿真其强度是一种有效的辅助设计手段。本项目中箱体最大应力位于固定梁的弯曲位置，应力值为42.03MPa，符合一般用冷轧钢板的强度要求，见图3。

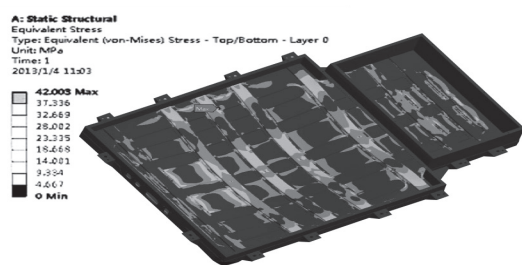


图3 强度分析图

(2) 电池模组热模拟分析

电池模组在充放电过程中都会经历一定的温度变化，在温度较高的时候可能会影响电池的充放电功率。在设计初期，利用仿真模拟计算电池发热情况，有助于后期设计的改进，如图4所示。

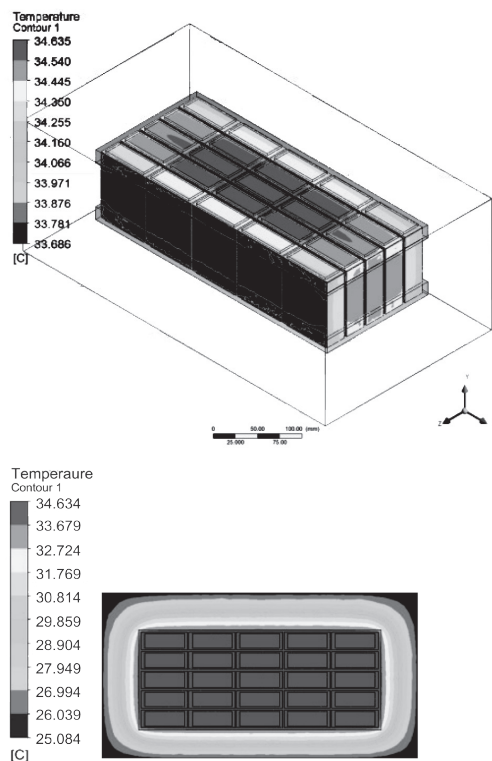


图4 电池模组热分析图

5 高压系统和电池管理系统

高压系统主要由继电器、电流传感器、电阻和熔断器等器件组成，每个部分的控制需要和整车控制策略相关。

电池管理系统采用了分布式模块化系统结构，如图5所示。主要由电池系统管理单元(BMU-Battery Management Unit)、本地电池监控单元(LMU-Local Management Unit)、数据记录仪Data Logger、高压控制单元及诊断工具等模块构成。

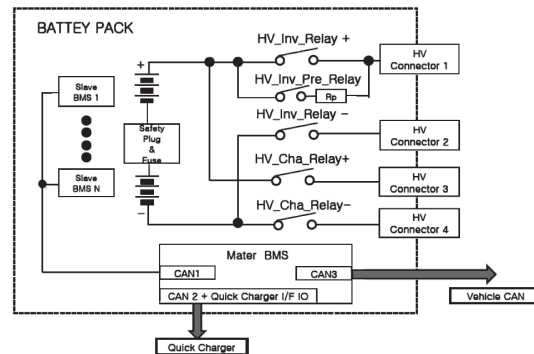


图5 系统结构图

电池管理系统，包括1块BMU(Battery management unite)、4块LMU(Local management unite)、电压和温度采样线束等。可实现能量均衡、热管理、充放电管理、告警及保护和数据管理等功能。

6 结语

中国电动汽车虽然没有欧美等国家起步早，但国家从维护能源安全，改善大气环境，提高汽车工业竞争力，实现我国汽车工业的跨越式发展的战略高度考虑，电动汽车研究一直是国家计划项目。近年来，在国家政策的大力推动和扶持下，电动汽车行业正在蓬勃的向前发展。其中，动力电池系统是电动汽车的重要核心之一，涉及到电子、材料、机械、化学等众多领域。但是，国内目前在生产工艺、管理策略、安全性等诸多方面与国外仍有较大差距。近年来随着国内车厂诸多电动汽车的推出，我们在电动汽车以及动力电池系统的设计上都有了长足的进步和一定的经验积累。本文涉及的动力系统的相关部件，都已经进行了实际的生产操作，并已向国内整车企业提供测试产品，为纯电动汽车的研发提供了支持。

参考文献

- [1] 李相哲, 苏芳, 林道勇. 电动汽车动力电源系统 [M]. 北京. 化学工业出版社, 2011. 9
- [2] 爱赛尼 (Mehrddad Ehsani) (作者), Yimin Gao (作者), Ali Emadi (作者), 倪光正 (译者), 倪培宏 (译者), 熊素铭 (译者) 现代电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池车: 基本原理、理论和设计 2010年10月
- [3] 阿尔弗雷德·克拉普尔. 起动机-发电机一体化技术 (ISG): (下转第29页)