

Diandong Qiche Dongli Dianchi Guanli Xitong Sheji

电动汽车动力电池 管理系统设计

谭晓军 著

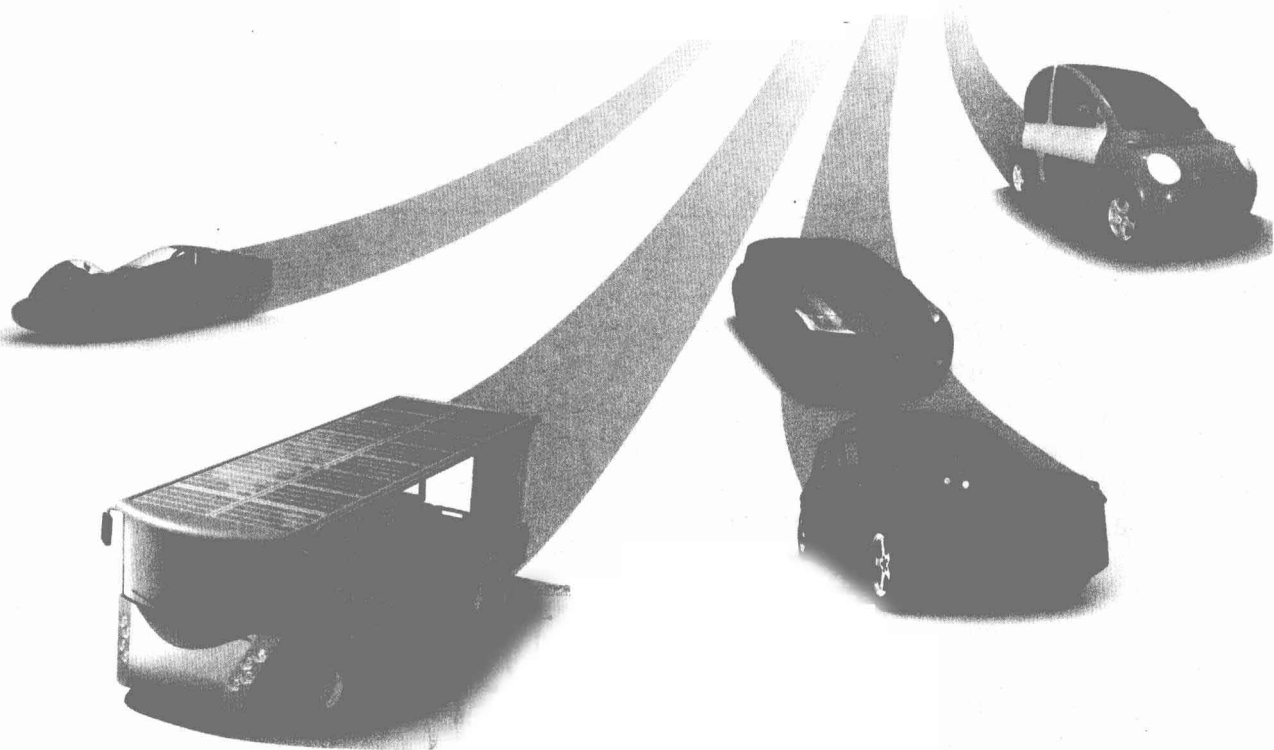


中山大学出版社

Diandong Qiche Dongli Dianchi Guanli Xitong Sheji

电动汽车动力电池 管理系统设计

谭晓军 著



中山大学出版社

· 广州 ·

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

电动汽车动力电池管理系统设计/谭晓军著. —广州: 中山大学出版社, 2011. 11
ISBN 978 - 7 - 306 - 04061 - 9

I. ①电… II. ①谭… III. ① 电动汽车—蓄电池—系统设计 IV. ①U469.720.3
②TM912.15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 216252 号

出版人: 祁 军

策划编辑: 陈文杰

责任编辑: 钟永源

封面设计: 林绵华

责任校对: 杨文泉

责任技编: 黄少伟

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84111996, 84113349, 84110171

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 广州中大印刷有限公司

规 格: 787mm × 1092mm 1/16 10.25 印张 256 千字

版次印次: 2011 年 10 月第 1 版 2011 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1 - 1300 册 定 价: 35.00 元

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

序

能源危机、环境污染以及能源安全等诸多因素再一次将电动汽车推上历史舞台，成为全世界关注的焦点。我国也将电动汽车产业列为重点发展的新型战略产业，希望通过发展电动汽车来促进我国汽车产业的结构调整和技术进步，最终实现汽车产业的“弯道超车”。

在国家政策指导下，各级地方政府、汽车企业以及社会各界纷纷加大投入，积极开展电动汽车技术攻关和产品开发，电动汽车产业发展形势一片大好。但是，电动汽车并不是一个全新的系统，其历史甚至比燃油汽车还长，在100多年的历史长河中，电动汽车经历了“三起三落”的曲折，虽然近10年是电动汽车技术发展最为迅速，受重视程度最高的10年，但是，电动汽车市场却一直处于“千呼万唤始出来，犹抱琵琶半遮面”的窘境，电动汽车市场尚未启动，等待观望气氛浓厚。到目前为止，我国现在还没有成熟的纯电动汽车和混合动力汽车面世，电动汽车技术还不成熟，电动汽车产业化的模式仍未形成，发展电动汽车产业面临严峻挑战。

纯电动汽车产业化进程中面临以下四大核心问题：（1）电池有效储能密度不到燃油的十分之一，且短期内这种状态不会有根本性改变。（2）在相当长的一段时期内，电动汽车市场小、产量小，不具备大规模生产条件。（3）在相当长的一段时期内，电池价格不会大幅降低，电动汽车成本会持续居高不下。（4）电池充电时间长，一定没有燃油车加油方便。

以上四个问题，只要有一个不能解决，电动汽车产业化都难于实现。因此，电动汽车产业发展必须开展技术创新、生产模式创新、商业模式创新和应用模式创新，只有系统创新，电动汽车才能实现真正的产业化。

经过多年的摸索，我们认为要成功开发纯电动汽车，必须改变传统的“让电池适应汽车”的传统思维，而采取“让汽车适应电池”的新思路，在技术创新层面，应该走“三化”技术路线——车身轻量化、驱动高效化、电池高能化。通过车身轻量化降低电动汽车行驶过程中的能源消耗，从而减少对能源的需求，通过驱动高效化提高能源的传递与转化效率，将电池储存的宝贵能量尽可能多地传递到轮胎上做有用功，通过电池高能化提高电池的储能总量、提高制动能量回收比例。“三管齐下”可以有效提高纯电动汽车的能源使用效率。

近年来，我的同事们，即中山大学电动汽车研究中心、东莞中山大学研究院的多位青年教师为电动汽车的发展做出了艰苦努力，也积累了一定的技

术经验。我希望这些经验能逐渐被总结并发表出来，与全国各地的学者与工程技术人员分享，为我国电动汽车的发展贡献出一份微薄的力量。

电池管理系统是我单位进入电动汽车领域之初就重点予以研究发展的方向，由于目前的动力电池在能量密度、一致性、安全性等方面均未完全尽如人意，因此，电池管理系统对于电动汽车而言具有重要的意义，它能够在单体电池性能一定的前提下，尽可能提高电源的利用率及可靠性，实现储能高能化。我们团队的谭晓军同志负责该领域的工作，通过一系列的项目支持，对电池管理系统的诸多理论和应用问题进行了独立思考和开发实践，大部分的系统在中山大学自主开发的多款整车平台上进行了应用考核，取得了宝贵经验。现将这些工作进行整理并编著成书，不仅有利于梳理存在的问题、明确下一步的发展思路，同时有助于和同行交流，可以帮助一些新进入电动汽车领域的同志尽快了解和掌握电池管理系统的相关技术，对于该行业的发展是不无裨益的。

书中的许多工作项目得到了广东省科技厅和中山大学的多个重大项目的立项支持，本人也借此机会代表中山大学电动汽车团队对广东省科技厅和中山大学表示真诚的感谢。发展电动汽车产业是一项重大的历史使命、同时也是一个难得的历史机遇，我希望作者和团队所有成员能够不断进取、虚心学习、继续团结协作，为发展电动汽车这一崇高的事业做出新的、更大的贡献。

宗志坚

2011-10-24

前 言

时间转眼到了2011年，中国的电动汽车发展进入了关键时期。电动汽车对于缓解能源危机以及环境保护的意义得到了广泛的认可及重视。

与传动内燃机驱动的汽车相比，电动汽车需要解决一系列与“电”有关的技术问题，例如驱动电机问题，动力电池问题，电辅助系统问题，等等。这一系列的技术点将构成新的属于电动汽车的技术族。本书所涉及的电池管理技术，从属于电动汽车的动力电池系统，融合了电子、自动控制以及通信网络等相关技术，重点解决动力电池的监测、安全保护以及优化管理问题。

本书是笔者依据过去五年在电动汽车相关领域工作的一点积累所编写的。笔者在从事动力电池管理系统研究的初期，也非常希望能参考到一本类似的技术文献，但当时国内外几乎没有类似的出版物。随着电动汽车的研发越来越热，从事这一行业工作的工程技术人员越来越多，笔者认为有必要把这几年的一点体会与同行们进行分享。希望能实现两个目的：其一，系统地阐述一下动力电池管理系统设计与实现的要点，供新入门的同行参考，避免走弯路；其二，抛砖引玉，希望引起更多的同行朋友对这一技术领域的重视，多出版一些参考文献，供大家分享，共同促进电动汽车核心技术的快速发展。为了方便同行进行交流，笔者注册了电子邮箱（sysubms@163.com）以及博客（blog.163.com/sysubms）欢迎加入讨论。

本书的主要技术工作，源于中山大学工学院电动汽车研究中心以及东莞中山大学研究院电动汽车工程中心从事电动汽车相关科研工作的同志们的辛勤劳动，正是整个团队的坚持才得以有今天的成果。

作者

2011年8月于康乐园

目 录

第一章	磷酸铁锂电池用作电动汽车动力电池	(1)
1.1	电动汽车	(1)
1.2	动力电池	(2)
1.3	磷酸铁锂动力电池	(2)
第二章	电动汽车电池管理系统的基本功能	(4)
2.1	电池状态监测	(4)
2.2	电池状态分析	(4)
2.3	电池安全保护	(5)
2.4	能量控制管理	(6)
2.5	电池信息管理	(7)
2.6	基本功能定义难以统一原因分析	(8)
第三章	动力电池管理系统开发的基本问题	(10)
3.1	动力电池管理系统的拓扑结构	(10)
3.2	通用的电池管理系统与定制的电池管理系统	(12)
3.3	动力电池管理系统开发的一般流程	(15)
第四章	动力电池的特性测试	(17)
4.1	针对电池管理系统开发的电池测试	(17)
4.2	容量及充放电效率测试	(22)
4.3	放电倍率特性测试	(25)
4.4	充放电平衡电势曲线及等效内阻测试	(26)
4.5	动力电池的循环测试	(31)
4.6	循环过程中的阶段性评估	(40)
第五章	动力电池状态的实时监测	(48)
5.1	关于实时与同步的讨论	(48)
5.2	电池电压监测	(52)
5.3	电池电流监测	(59)
5.4	温度监测	(63)

第六章	动力电池的建模与仿真	(67)
6.1	面向电池管理系统的动力电池建模	(67)
6.2	现有模型的不足	(68)
6.3	磷酸铁锂动力电池的外特性及分析	(72)
6.4	一种针对磷酸铁锂动力电池的新型模型	(76)
6.5	模型的实现及仿真	(86)
第七章	电池剩余电量(SOC)评估	(95)
7.1	剩余电量的一些相关概念及其理解	(95)
7.2	几种经典的评估方法	(99)
7.3	剩余电量评估的困难	(103)
7.4	剩余容量评估需要考虑的实际问题	(108)
7.5	基于电池模型及扩展 Kalman 滤波器的评估方法	(110)
第八章	动力电池的均衡控制	(118)
8.1	均衡控制管理及其意义	(118)
8.2	均衡控制管理的分类	(123)
8.3	两种耗散型的均衡控制管理	(128)
8.4	基于能量转移的均衡控制管理	(133)
第九章	动力电池的信息管理	(142)
9.1	电池信息的显示	(142)
9.2	系统内外信息的交互	(145)
9.3	电池历史信息存储与分析	(149)
第十章	总结与展望	(155)
参考文献	(156)

第一章 磷酸铁锂电池用作电动汽车动力电池

1.1 电动汽车

电动汽车 (Electric Vehicle, 简称 EV), 是指以车载电源为动力, 用电机驱动车轮行驶的车辆, 是新能源汽车的重要组成部分。以下是与本书相关的一些新能源汽车的概念。

1. 新能源汽车

新能源汽车是指采用常规车用燃料以外的能量源作为动力来源 (或使用常规的车用燃料, 但采用新型车载动力装置), 综合车辆的能源控制和驱动控制的先进技术, 形成的技术原理先进、具有新技术、新结构的汽车。新能源汽车包括有: 混合动力汽车 (HEV)、纯电动汽车 (BEV)、燃料电池汽车 (FCEV)、氢发动机汽车以及燃气汽车、乙醇汽车, 等等。

2. 混合动力汽车

混合动力汽车是指那些采用传统车用燃料, 同时配以电动机辅助发动机来改善低速动力输出和燃油消耗的车型。按照燃料种类的不同, 主要又可以分为汽油混合动力和柴油混合动力两种。此外, 近年来还出现了有增程式的混合动力汽车以及插入式 (plug-in) 混合动力汽车, 这些混合动力汽车的共同之处, 就是汽车上同时配备了传统的汽 (柴) 油和动力电池两套能源供给系统。

3. 纯电动汽车

纯电动汽车顾名思义就是纯粹采用电力驱动的汽车, 其能量来源是电网上的电能。一般地, 纯电动汽车直接采用电机驱动, 有一部分车辆把电动机装在发动机舱内, 也有一部分直接以车轮作为四台 (或仅后轮的两台) 电动机的转子。纯电动汽车通常搭载电池组以存储来自于电网的电能量, 因此, 在外文文献中常被称作 Battery Electric Vehicle。纯电动汽车技术相对简单成熟, 行驶过程中没有尾气排放、噪声小。但其当前的不足之处是续航里程短, 能量补充速度慢。

4. 燃料电池汽车

燃料电池汽车是指以氢气等为燃料, 通过化学反应产生电流, 依靠电机驱动的汽车。其电池的能量是通过氢气和氧气的化学作用, 而不是经过燃烧, 直接变成电能的。燃料电池的化学反应过程不会产生有害产物, 因此, 燃料电池车辆也属于无污染汽车。

本书所讨论的电动汽车所涉及的范围包括使用动力电池的纯电动汽车、油-电混合动力汽车。另外, 当前有部分电动汽车采用超级电容作为能量源, 而电池管理与超级电容管理存在很多相似之处, 因此, 本书的部分内容同样适用于使用超级电容的纯电动汽车及油-电混合动力汽车。

1.2 动力电池

近年来,在研究新型电池产品时,人们习惯将电池分为“储能电池”与“动力电池”。一般而言,“储能电池”强调电池的能量密度,而“动力电池”强调电池的功率密度,但两者之间也没有非常严格的区分界限。一般而言,储能电池的充、放电倍率较小(如小于1C),而动力电池的充、放电倍率较大,一般动力电池可实现2~3C以上的放电,某些电动汽车用的动力电池可承受10C甚至是30C的放电倍率。

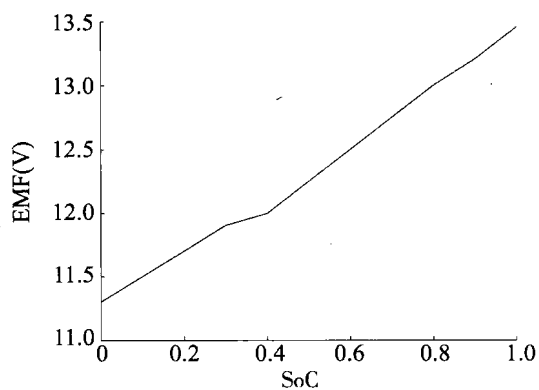
这里出现了电流倍率(C Rate)这个概念,本书后面会大量使用这个概念,此处有必要对这个术语进行一点说明。所谓的电流倍率,有时候也被称作放电倍率(Discharging Rate)或者充电倍率(Charging Rate)。工程上用于描述电池的工作电流相对于电池容量的关系的一个概念。如果一个电池的容量是X安时(Ah)而放电电流是I安培(A),那么其放电倍率为I/X(C)。近年来动力电池得到了比较广泛的应用,涉及电动工具、电动自行车、电动摩托车、电动汽车、电力设备等。不同的应用场合,对于电池管理系统的功能需求不尽相同。与其他电池管理系统相比,电动汽车所使用动力电池管理系统将考虑以下问题:近年来动力电池得到了比较广泛的应用,涉及电动工具、电动自行车、电动摩托车、电动汽车、电力设备等。不同的应用场合,对于电池管理系统的功能需求不尽相同。与其他电池管理系统相比,电动汽车所使用动力电池管理系统将考虑以下问题:

- (1) 放电电流较大,对于器件有特殊要求;
- (2) 具有能量管理功能;
- (3) 要考虑制动能量回收;
- (4) 工作电流波动性较大,具有峰、谷效应;
- (5) 电动汽车的工作环境恶劣,需考虑热管理、防尘、防潮等问题;
- (6) 电动汽车使用的大功率电机引起电磁干扰,要进行抗干扰设计。

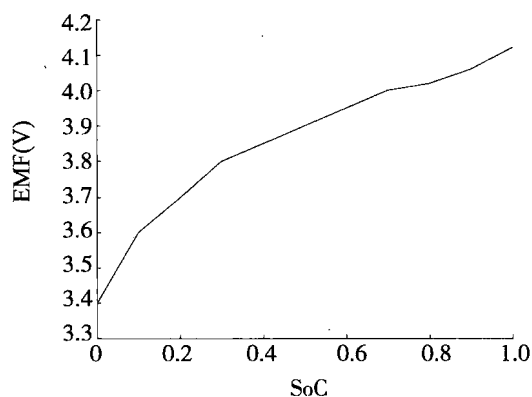
1.3 磷酸铁锂动力电池

磷酸铁锂电池指的是正极材料是磷酸铁锂(LiFePO_4)的锂离子电池,属于锂离子电池家族中较为年轻的成员。与以往的锂离子电池(例如 LiCoO_2 、 LiMn_2O_4 、 LiNiMO_2 等)相比,在安全性能与循环寿命等方面具有明显优势,这些优势使得磷酸铁锂电池成为电动汽车动力电池的主要选择对象之一。因此,本书所讨论的电池管理系统在很大程度上针对磷酸铁锂动力电池,而且许多实验数据均由该类电池的样品获得。

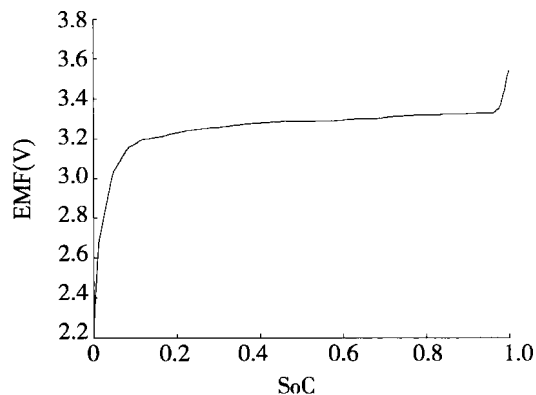
然而,相对于其他许多电池而言,磷酸铁锂电池的管理具有更大的挑战性,例如,图1-1所示为三种动力电池的电动势特性曲线,(a)、(b)、(c)依次为铅酸电池、锰酸锂电池和磷酸铁锂电池的电动势曲线,其中横坐标为电池的归一化容量(SoC),纵坐标为相应的电动势(EMF)。



(a) 铅酸电池



(b) 锰酸锂电池



(c) 磷酸铁锂电池

图 1-1 三种不同类型电池的电动势曲线

由图中可知,若电压传感器精度一定,则利用电动势来进行磷酸铁锂电池的容量估算比利用相同的方法进行其他类型电池的容量估算误差更大。更多细节将在本书第七章(电池剩余电量(SoC)评估)中详细讨论。

第二章 电动汽车电池管理系统的基本功能

针对不同的应用场合，电池管理系统应具有不同的功能，电动汽车的电池管理系统也是如此。但有许多的基本功能是不同的应用案例所共有的，例如：电压的监测、剩余容量的估算、安全保护等。

图 2-1 就是某电动汽车动力电池管理系统所具备的基本功能框图。

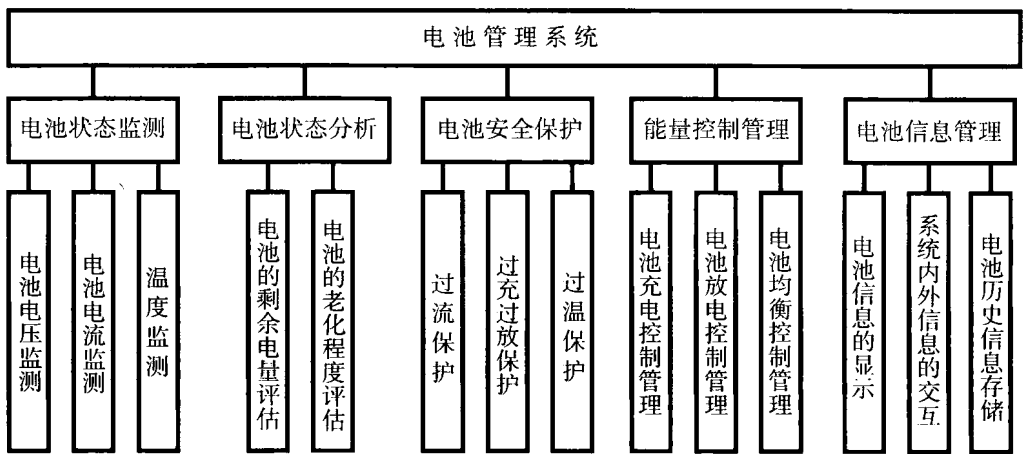


图 2-1 某动力电池管理系统的基本功能

以下将针对该图对各类基本功能加以说明。

2.1 电池状态监测

电池状态监测一般是指对电压、电流、温度等三种物理量的监测。细心的读者将会发现，与电压、电流监测不同，图 2-1 中的“温度监测”功能并没加上“电池”作为定语。这是因为，对于温度的监测，除了针对电池本身，还应对环境温度、电池箱的温度等进行监测，这将对于电池的剩余容量的评估，安全保护等方面具有非常重要的意义。

电池状态监测是一个电池管理系统最基本的功能，它是其他各项功能的前提与基础。本书的第五章将对电池状态监测问题进行更为详细的讨论。

2.2 电池状态分析

电池状态分析包括电池的剩余电量评估及电池老化程度评估两部分，即所谓的 SoC (State of Charge) 评估及 SoH (State of Health) 评估。

2.2.1 剩余电量评估

就像传统汽车驾驶员常常需要留意车上剩余的油量还有多少一样，对于一个电动汽车的驾驶员而言，需要知道剩余的电量还剩余有百分之几，这就是电池管理系统剩余电量评估模块所需要完成的功能。SoC 状态除了用百分比来反映以外，还常常被换算为等效时间或等效里程来表示，让驾驶员获得更为直观的信息，当然，这些都是估算值，带有一定的误差。

在本书的余下部分，读者将会了解到剩余容量（SoC）评估是电池管理系统的一项重要功能，同时也是最有挑战性的功能。近年来，在电池管理系统领域超过一半的研究工作都是围绕 SoC 评估进行的，本书的第七章将对剩余容量评估的方法进行讨论。

2.2.2 老化程度评估

另一个电池状态分析的重要功能就是对电池老化状态的评估，这一状态也常用一个百分比来反映。也就是说，如果一个电池在“新”（刚出厂）的时候的最大容量为 1，那么经过多次循环以后，电池所能装载的最大容量相对于“新”的时候的百分比，就反映了电池的老化状态。对于电动汽车的动力电池，通常在经过 500 个周期的深充电、深放电（深充放）循环使用以后，SoH 仍可以达到 80% 以上。（许多电池厂家声称 2000 次深充放以后，SoH 仍有 80% 以上，但这是对于充放电电流恒定的单体电池而言的，根据笔者的工作经验，当前电动汽车上所使用的成组的动力电池，在使用 500 次深充放循环以后已有接近 20% 的衰减了。）

应该指出，SoH 受动力电池使用过程中的工作温度、放电流的大小等因素的影响，需要在使用过程中不断进行评估和更新，以确保驾驶员获得更为准确的信息。

2.3 电池安全保护

电池安全保护无疑是电动汽车管理系统首要的、最重要的功能。之所以把这一功能放置在第三位是因为这一功能常常以前面“状态监测”、“状态分析”这两项功能为前提。“过流保护”、“过充过放保护”、“过温保护”是最为常见的电池安全保护的内容。

2.3.1 过流保护

过流保护，有时也被称为过电流保护，指的是在充、放电过程中，如果工作电流超过了安全值，则应该采取相应的安全保护措施。

动力型的磷酸铁锂电池一般都支持 1C 倍率持续充放电，例如，一个标称 100 Ah 的磷酸铁锂电池，允许持续使用 100A 的电流对其进行充电或放电。大多数的磷酸铁锂动力电池都支持短时间的过载放电，能在汽车起步、提速过程中提供较大的电流以满足动力性能的要求。但不同厂家、不同型号的动力电池所支持的过载电流倍率、过载持续时间都是不一致的，例如，某型号的动力电池支持不超过一分钟的 3C 过载电流，这正是电池管理系统的过流保护功能所必须考虑的。

2.3.2 过充过放保护

另一项电池安全保护的基本功能就是过充过放保护。其中，过充保护指的是在电池的荷电状态为100%的情况下，为了防止继续对电池充电造成的电池损坏，而采取切断电池的充电回路的保护措施。在另一方面，在电池的荷电状态是0的情况下，若继续对电池进行放电，也会对电池造成损坏，此时应采取措施，切断电池的放电回路，这就是过放保护。当然，在电动汽车行车过程中突然切断电源是非常不安全的。因此，一种较为实用的手段是在电源容量不足（例如小于5%）的时候，就对驾驶员发出警告，提示电量不足，同时逐渐减小电池的放电电流，使车辆逐渐减速或者使车缓慢地停下来。当然，这样的功能严格来说应该归入“能量控制管理”的范畴，其实现通常也需要电机控制器、整车控制器等电池管理系统以外的部件来共同完成。

在实际操作过程中，过充过放保护有一种简单的实现方式，即设定充、放电的截止保护电压，即如果检测到的电池电压高于或者低于所设定的门限电压值，则及时切断电流回路以保护电池。

应该指出，在电动汽车的实际应用中，电池往往串联在一起构成电池组，电池组中只要有一个电池低于放电的门限电压，就要对整个电池组进行保护，此时电池组内的其他电池往往还带有一定量的剩余电荷，从而造成了一定程度的隐性浪费，因此，有必要对电池进行“均衡管理”，这属于“能量控制管理”的范畴。

2.3.3 过温保护

过温保护，顾名思义就是当温度超过一定限制值的时候对动力电池采取保护性的措施。动力电池是一种化工产品，在高温下工作可能引起难以控制的化学反应，轻则损伤电池，严重时将会引起交通事故，造成人员伤亡。

正如“电池状态监测”功能所述的那样，过温保护需要考虑环境温度，电池组的温度以及每个单体电池本身的温度。由于温度的变化需要一个过程，温度控制往往也具有滞后性，因此，温度保护往往要考虑一些“提前量”。例如，若检测到环境温度或者电池箱温度过高，接近使电池损坏的门限值，则应采取相应的保护措施。或者，某个单体电池的温度突然快速上升，虽然还没有达到安全门限值，但仍应采取一定的保护措施，例如，通过仪表对驾驶员进行警告。

2.4 能量控制管理

能量控制管理常被归入电池“优化管理”的范畴，即它不属于电池管理系统基本的、必备的功能，以往有许多电池管理系统并不参与电池的充、放电管理，也不具备均衡控制管理的功能。

2.4.1 电池的充电控制管理

电池的充电控制管理，是指电池管理系统在电池充电过程中对充电电压、充电电流等参数进行实时的优化控制，优化的目标包括充电时长、充电效率以及充电的饱满程度等。

2.4.2 电池的放电控制管理

电池的放电控制管理,是指在电池的放电过程中根据电池的状态对放电电流大小进行控制,这一项功能在以往某些系统中常被忽视,在这些简单的系统中,电池包被认为只需要提供电能,不产生安全问题即可。然而,在一个较为先进和完善的系统中,加入了放电控制管理的功能,可以使动力电池组发挥更大的效能。例如,在动力电池组剩余容量小于10%的状态下,如果能适当地限制电池组的最大放电电流大小,尽管会对汽车的最高速度产生影响,但这有利于延长车辆的续航里程,更为重要的是,这有利于延长动力电池组的寿命。

另外,制动能量回收常常也是能量控制管理的重要内容之一。例如,在某些混合动力汽车中,需要通过充放电控制管理把电池的荷电状态维持在60%~80%,以腾出足够的电荷容量空间来接收来自于制动而回收的能量。这样做的另外一个考虑就是使电池工作在等效内阻较小的一个区间,从而使充放电的效率更高。

2.4.3 电池的均衡控制管理

电池的均衡控制管理,是指采取一定的措施尽可能降低电池不一致性的负面影响,以达到优化电池组整体放电效能,延长电池组整体寿命的效果。

由于受生产工艺不稳定等“先天”因素或者在使用环境不一致等“后天”因素的影响,电池组内的各个单体电池总存在一定程度的不一致性。正如前面“电池安全保护”部分所提到的那样,电池组中只要有一个电池的电压低于放电的门限值,就要对整个电池组进行保护,但此时电池组内其他电池往往还带有一定量的剩余电荷,因此,对电池进行均衡管理有利于把剩余电荷利用起来,从而提高电池组的放电效能。

就均衡的时机而言,电池的均衡可以分为充电均衡和放电均衡。就均衡的手段而言,可以分为能量耗散型的均衡和能量转移型的均衡。本书的第八章将对电池的均衡管理进行更为详细的讨论。

2.5 电池信息管理

由于电动汽车动力电池组中电池的个数往往较多,每秒钟都将产生大量的数据,这些数据,有些需要通过仪表告知驾驶员,有些需要通过通信网络传送到电池管理系统以外(如整车控制器、电机控制器等),也有一些需要作为历史数据被保存到系统中。

2.5.1 电池信息的显示

电池管理系统通常通过仪表把电池状态信息显示出来,告知驾驶员或汽车维修人员。需要显示的信息通常包括以下三类:

第一,实时电压、电流、温度信息。由于汽车上的电池个数较多,因此,不需要将每个电池的信息都进行显示,通常只需要把整个电池组的总电压、总电流、最高电池电压、最低电池电压、最高电池温度、最低电池温度等信息反映在仪表上。

第二,电池剩余电量信息。这好比传统汽车上的油量表,反映电池剩余电量的百分

比。为了使驾驶员获得更为直观的感受，通常也会把剩余行驶里程的估算值显示在仪表上。

第三，告警信息。当电池组存在安全问题或即将发生安全问题的时候，需要及时通过仪表通知驾驶员。此时，往往还需要配合声音告警等多种其他手段来引起驾驶员的及时注意。

2.5.2 系统内外信息的交互

先进的电动汽车控制，离不开车载信息通信网络。对于电池管理系统而言，往往同时具有“内网”和“外网”两级网络。其中，内网用于传递电池管理系统的内部信息，例如，在一个分布式电动汽车电池管理系统中，所有的动力电池先被划分为若干个“小组”，各小组由一块电路板进行管理，各小组的电路板通过内网将每个电池的具体信息传至电池管理系统的主电路板。同时，外网用于电池管理系统与整车控制器、电机控制器等其他部件交互信息。外网应该是双工（支持双向通信）的。一方面，电池管理系统需要将电压、电流、温度等信息发送给其他部件；另一方面，整车控制器也需要将“是否有充电机接入”、“是否允许进行充电”等信息发送给电池管理系统。

2.5.3 电池历史信息存储

历史信息存储并非电池管理系统所必需的功能，但在先进的动力电池管理系统中往往考虑这项功能。信息存储从时效上具有两种方式，即“临时存储”与“永久存储”。其中临时存储是利用RAM，暂时保存电池信息，例如，暂存上一分钟估算所得的剩余电量及在过去一分钟内电流的变化信息，以便估算出此时此刻电池的剩余容量值；永久存储可利用EEROM、Flash Memory等器件来实现，可保存时间跨度较大的历史信息。

进行电池历史信息存储具有以下几个方面的意义：

第一，数据缓冲，提高分析估算的精度。例如，由于存在干扰，实时监测到的电压、电流的数值存在错误，利用历史数据，有助于对可能存在错误数据进行滤波，以得到更精确的数据。

第二，有助于电池状态分析。特别是能根据一段时间电池的历史数据，对电池的老化状态等进行评估。

第三，有助于故障分析与排除。电池历史信息存储功能类似于飞机的黑匣子，当电动汽车发生故障以后，可以通过对历史数据的分析发现故障原因，利于故障排除。

2.6 基本功能定义难以统一原因分析

尝试枚举电池管理系统的所有功能，或者说对电池管理系统的所有基本功能给出定义是困难的，原因在于以下三个方面。

1. 电池管理系统的功能根据不同的应用场合有所差别，难以统一

如前所述，图2-1只是一个电池管理系统的某些典型的功能而不是全部功能，根据不同的应用，电动汽车电池管理系统还可以配备更多的功能。例如，除了图中所示的五大类功能以外，还可以加入“热管理与控制”功能，“通信失效识别”功能，“故障诊断与处理”功能等。另外，在图中的“电池安全管理”功能方面，还可以加入“漏电检测与

保护”、“高压强电安全控制”等内容。此外，图 2-1 中的功能也不是所有电池管理系统所必须具备的。

2. 不同种类的功能之间存在相互依赖关系

例如，电池的剩余电量（SoC）评估是电池管理系统的重要功能，它首先依赖于“电池状态监测”中的电压、电流、温度的实时监测，如果这些“一手数据”不准确，则剩余电量评估也难以精确。其次，剩余电量评估有时也依赖于历史信息，一种常用的估算方法就是通过上一次的剩余电量减去本次行车的累计放电量，从而估算出当前电池的剩余容量。

与此同时，电池的剩余电量（SoC）评估也将被其他功能所依赖。例如，“能量控制管理”功能就在很大程度上依赖于剩余电量估算，其中的充电控制管理、放电控制管理、均衡控制管理都是以电池剩余容量的估算值作为根据的。

由于存在这样的相互依赖关系，在功能划分时，把这些功能视作“并列关系”有时也受到异议。尽管如此，本书仍认为这样的并列划分是可行的，有利于在实现过程中用“模块化”的思想来指导编程，而所述的依赖关系可利用函数调用或参数传递来实现。

3. 某些功能可以定义在电池管理系统之内，也可定义在电池管理系统之外

例如，“能量控制管理”是电池优化管理的重要内容，其中包含的“充电控制管理”对于提高电池的充电效率、缩短充电时间有着重要意义。然而，“充电控制管理”的执行依赖于电池管理系统以外的充电器、电机（许多电机在汽车制动过程中能把动能转化为电能，为动力电池组充电），因此，有不少人也认为“充电控制管理”的功能可以定义在整车控制器里面，电池管理系统只是通过“信息交互”功能把电池组的状态信息传递出去，而不直接参与充电的控制管理。