



第一章 纯电动汽车结构、使用与保养 / 1

- 第一节 典型电动汽车组成 / 2
- 第二节 电动汽车的使用与保养 / 4



第二章 电池故障诊断技术 / 9

- 第一节 锂离子电池简介 / 10
- 第二节 锂离子电池箱 / 13
- 第三节 电池管理系统功能 / 17
- 第四节 电池箱温度管理系统诊断 / 20
- 第五节 更换电池作业过程 / 21
- 第六节 电池管理系统自诊断数据分析 / 25
- 第七节 比亚迪电池管理系统数据分析 / 27



第三章 高压配电箱故障诊断技术 / 33

- 第一节 吉利高压配电箱高压触点自诊断技术 / 34
- 第二节 比亚迪 E6 高压配电箱诊断技术 / 37
- 第三节 高压配电箱的带电测量 / 42
- 第四节 吉利高压配电箱数据分析 / 45
- 第五节 比亚迪高压配电箱数据分析 / 46



第四章 电动汽车电机故障诊断技术 / 49

- 第一节 电动汽车电机简介 / 50
- 第二节 汽车永磁同步直流无刷电机 / 51
- 第三节 电动汽车感应电动机 / 54
- 第四节 汽车电机故障诊断方法 / 58



第五章 汽车变频器故障诊断技术 / 63

- 第一节 逆变桥导通方式 / 64
- 第二节 电机控制的本质 / 65
- 第三节 吉利变频器维修数据分析 / 67



第六章 汽车充电故障诊断技术 / 73

- 第一节 充电方式简介 / 74
- 第二节 充电机功能简介 / 78
- 第三节 传导式充电接口 / 82
- 第四节 随车充电枪充电原理 / 89
- 第五节 交流充电桩原理 / 92
- 第六节 直流充电桩 / 98
- 第七节 吉利汽车车载充电机 / 107
- 第八节 充电机数据分析 / 109



第七章 直流转换器故障诊断技术 / 111

- 第一节 DC/DC 转换器简介 / 112
- 第二节 电动汽车用电负荷 / 113
- 第三节 DC/DC 转换器工作原理 / 115
- 第四节 典型 DC/DC 转换器举例 / 118
- 第五节 典型 DC/DC 转换器诊断与维修 / 120
- 第六节 吉利 DC/DC 转换器诊断 / 124
- 第七节 比亚迪 DC/DC 转换器诊断 / 126



第八章 电动汽车空调故障诊断技术 / 127

- 第一节 电动汽车空调简介 / 128
- 第二节 空调制冷 / 制热方式 / 128
- 第三节 电动制冷过程 / 133
- 第四节 纯电动汽车空调不制冷故障诊断 / 137
- 第五节 加热器不加热故障诊断与排除 / 139
- 第六节 吉利空调数据分析 / 142
- 第七节 比亚迪空调数据分析 / 145
- 第八节 电动压缩机拆装关键步骤 / 146



第九章 减速箱驻车挡故障诊断技术 / 149

- 第一节 纯电动汽车传动系统组成 / 150
- 第二节 典型减速箱原理与诊断技术 / 153
- 第三节 吉利驻车挡锁止电机数据分析 / 157
- 第四节 比亚迪驻车挡锁止数据分析 / 159



第十章 电动汽车故障分析方法 / 161

- 第一节 电动汽车无 IG 挡仪表显示异常 / 162
- 第二节 电动汽车无法起动故障 / 163
- 第三节 电动汽车加速无力故障 / 165
- 第四节 电动汽车无法充电故障 / 166



第十一章 典型电动汽车电路图 / 169

- 第一节 吉利 EV300 纯电动汽车电路图 / 170
- 第二节 比亚迪 E5 电动汽车电路图 / 196
- 第三节 比亚迪 E6 电动汽车电路图 / 201



参考文献 / 207

第一章

纯电动汽车结构、 使用与保养

知识目标

1. 掌握纯电动汽车电力驱动系统组成。
2. 掌握纯电动汽车电力驱动系统组成示意图。
3. 掌握电动客车电力驱动系统组成示意图。

技能目标

1. 能更换纯电动汽车冷却系统防冻液。
2. 能更换纯电动汽车减速箱的齿轮油。

第一节

典型电动汽车组成

目前，商品化的电动汽车为单电机结构。多电机结构由于成本高、技术控制难度大，因此未来多电机结构在商品化汽车中必要性也不是很大，商品化可能性极小。所以，本书仅针对单电机结构的电动汽车。掌握了单电机结构的电动汽车后，多电机结构的电动汽车就不难理解了。

一、单电机汽车

如图 1-1 所示为纯电动汽车电力驱动系统组成（前驱车型）。单电机汽车驱动由锂离子电池、电动汽车变频器、电机三部分组成动力系统，由两级减速器和差速器组成传动系统，两个系统组成了电动汽车的电力驱动系统。

电力驱动系统工作原理为：锂离子电池的电能经正、负两条供电电缆加到变频器上，变频器将直流电换流为三相交流电供给电机，电机转动后，转速经减速箱里的两级主减速器降速增扭后到达差速器，经差速器两侧半轴到车轮。

电子换挡杆位于 D 挡时电机正转，位于 R 挡时电机反转，位于 N 挡时电机停转，位于 P 挡（或按下 P 挡开关）时驻车电机经减速机构制动驻车棘轮，阻止驱动轮转动。

二、单电机客车

如图 1-2 所示为纯电动客车电力驱动系统组成。客车采用后驱动形式，与图 1-1 相比主要是采用了两档或三档的变速器以增加电机的效率。通过在客车上增加变速器，可降低动力电池的电压、变频器的容量和电机的功率，从而在一定程度上降低电动汽车成本，也降低了传动系统的噪声。

其电力驱动系统工作原理为：锂离子电池的电能经正、负两条供电电缆加到变频器上，变频器将直流电换流为三相交流电供给电机，电机转动后，转速经变速箱里的两档变速器降速增扭后到达传动轴，经传动轴到主减速器到差速器，经差速器两侧半轴到车轮。

同样也是电子换挡杆位于 D 挡时电机正转，位于 R 挡时电机反转，位于 N 挡时电机停转。客车的制动系统位于 P 挡（或按下 P 挡开关）时与传统汽车相同。例如，在液压制动的汽车上，中小型车上采用中间传动轴制动方式。在大型客 / 货车通常采用气压制动的方式，通过解除（放掉）制动鼓中气压实施弹簧制动，实现后轮驻车（通常也是驱动轮）。

对于国内一些低档客车也有采用取消变速器的形式，这种车型通常是试制中的产品。取消变速器的形式不仅增加了客户购车时电池、变频器和电机的成本，也增加了未来的使用成本。

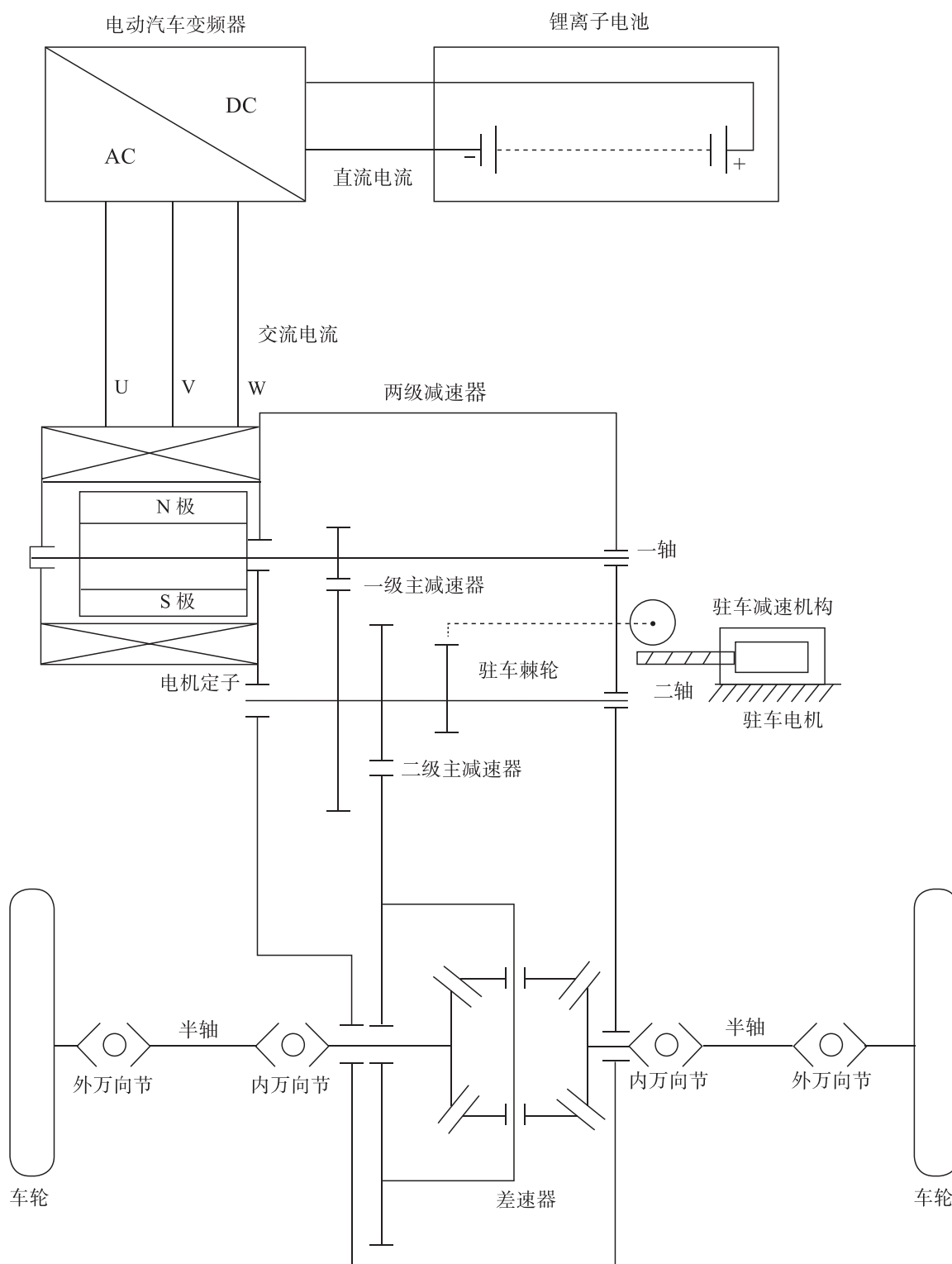


图 1-1 纯电动汽车电力驱动系统组成 (前驱车型)

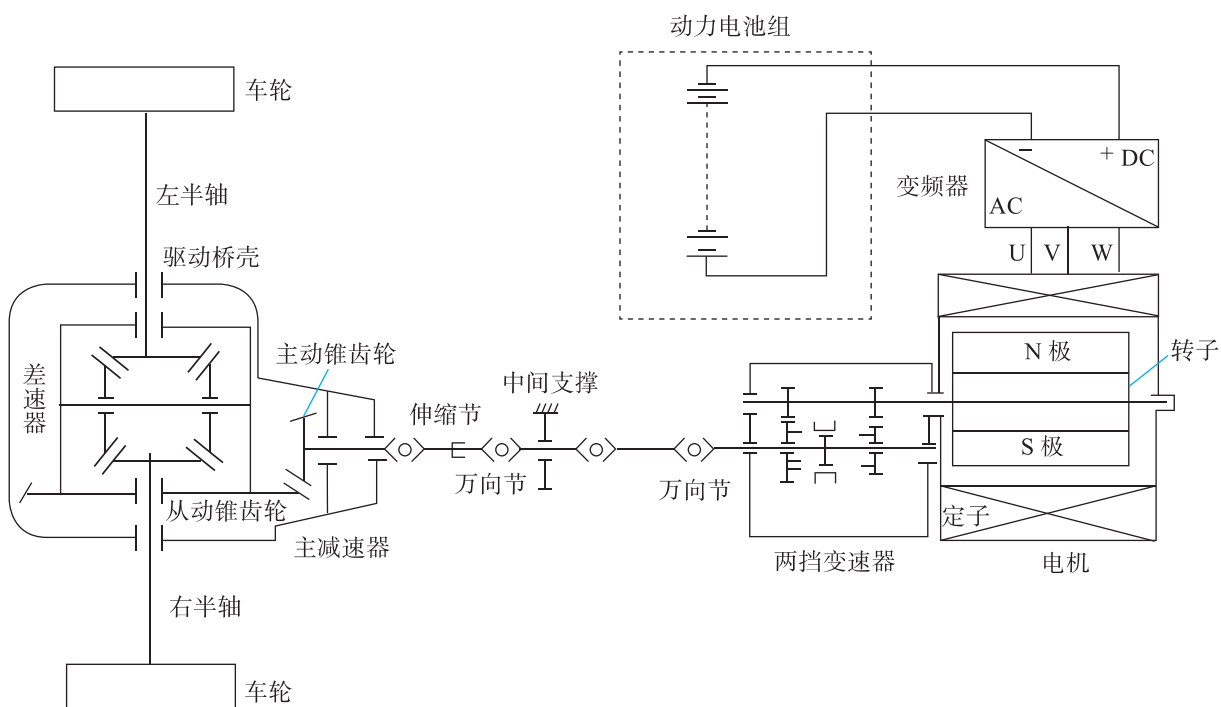


图 1-2 纯电动客车电力驱动系统组成

第二节 电动汽车的使用与保养

电动汽车的使用主要集中在汽车指示灯、警告灯、故障灯和仪表（见图 1-3）。



图 1-3 电动汽车仪表

一、电动汽车的使用








(1) 动力蓄电池荷电状态。

指示动力蓄电池的剩余电量，多用指针式显示，也可采用数字模拟指示条、数字式显示器。当 SOC 低于下限某一规定值，应特别明显地标示出来。如果使用动力蓄电池更换系统，最好能自动复位，如不能自动恢复到全充满状态，则应能人工复位。

(2) 指示灯、故障灯和警告灯。

电动汽车的指示灯、故障灯和警告灯名称及其图案如表 1-1 所示。

表 1-1 电动汽车的指示灯、故障灯和警告灯名称及其图案

仪表灯名称	图案	仪表灯名称	图案
电机及变频器故障灯		整车系统故障灯	
动力蓄电池过热警告灯		动力蓄电池切断指示灯	
动力蓄电池故障灯		高压上电就绪指示灯	READY (OK)
动力蓄电池绝缘等级低警告灯		经济模式指示灯	ECO
动力蓄电池电量不足指示灯		运动模式指示灯	SPORT

电动汽车专用灯含义如下。

(1) 电机及变频器故障灯。

表示汽车电机及变频器有故障或过热。其故障指示目前多由电机变频器向整车控制器发送，再由整车控制器触发仪表。未来的发展方向是诊断仪可与变频器系统直接通信，不经整车控制器。若为过热需要靠边停车，自然冷却。如果故障灯熄灭可继续行驶，如故障灯不熄灭或者频繁亮起，就需要去维修店检查。

(2) 动力蓄电池过热警告灯。

说明动力蓄电池过热。此时最好不要继续行驶，应该靠边停车，等蓄电池冷却，警告灯熄灭后再行驶。电池管理系统正常情况下此灯不会点亮。

(3) 动力蓄电池故障灯。

动力蓄电池可能存在故障，慢速行驶及时维修；如果能够感觉到明显的故障最好不要行车，申请救援。原因为电池管理系统（BMS）内部存有故障码。例如，电池间电压不一致、内阻不一致或温度不一致等。其故障指示目前多由电池管理系统向整车控制器发送，再由整车控制器触发仪表。未来的发展方向是诊断仪可与电池管理系统直接通信，不经整车控制器。

(4) 动力蓄电池绝缘等级低警告灯。

表示动力蓄电池绝缘性能降低，多数都是长时间淋雨造成的。静放几天等车辆干燥后或许能好，如不能，只能去维修店维修。原因是正极或负极母线有裸露与车身相连或通过杂质相连，应及时排除这类故障。

(5) 动力蓄电池电量不足指示灯。

当动力蓄电池电量低于 30% 的时候，该指示灯亮起。表示动力蓄电池电量不足，可能不能满足驾

驶里程的需求，这个时候就需要及时充电。当动力蓄电池电量高于 35% 时，指示灯就会熄灭，相当于传统汽车的燃油存量不足指示灯。

(6) 整车系统故障灯。

说明整车控制器内部有故障码，这个故障灯出现频率较高，大多数会与其他故障灯一同亮起，表示动力系统故障。如果是故障灯单独亮起，则代表系统总线通信出现故障，需及时维修。

(7) 动力蓄电池切断指示灯。

表示动力蓄电池不能提供动力来源，蓄电池动力已切断，需及时维修。

(8) READY 高压上电就绪指示灯。

绿色的 READY 指示灯亮，表示上电就绪，有的车采用 OK 灯表示。表示电池箱内的高压电经过高压配电箱的上电继电器加到变频器上，电机处于可驱动状态。

(9) 经济模式指示灯 (ECO)。

同样加速踏板位置或变化速率下，电机动力性变弱，但耗电量明显减小。

(10) 运动模式指示灯 (SPORT)。

同样加速踏板位置或变化速率下，电机动力性更强，但耗电量明显增加。

个别电动汽车的仪表可能有下列功能。

(1) 动力蓄电池电压表。

动力蓄电池的电压表一般不设计，一些电动汽车设计时也只是采用数字显示。驾驶员踩下踏板时，数字显示的电压变动量大，数字变动太快，对驾驶员基本没有意义。

建议：在仪表的标度盘上应标识出恰当的工作电压范围。为增加指示值的准确性，在工作范围内宜使用扩展标度。

(2) 动力蓄电池电流表。

一般不设计，若设计则多采用指针表或条状指示表，用来测量流过动力蓄电池的电流。在仪表的标度盘上应规定准确的“0”位置，对于具有再生制动功能的车辆，在标度盘“0”位置的两个方向上都应标示出正常工作电流的范围。

注意：少数国产电动汽车会采用数字显示，这种情况不太合理，容易引起驾驶员的过多关注，导致驾驶员注意力不集中。

(3) 电机转速表。

实际中电机转速突变较快，一般不设计电机转速表，若设计则多采用指针表或条状指示表。当转速超过某一规定值，应特别明显地标示出来。

建议：不设计电机转速表，以防引起驾驶员的过多关注。

仪表的中央信息显示屏的故障信息提醒一般如下。

(1) 电机超速提醒信息。

当电机超速时，最好用声信号连同光信号向驾驶员发出警告。

(2) 蓄电池剩余容量下限提醒信息。

当动力蓄电池剩余容量低于某个百分数（例如，低于 25%）时，应通过信号装置提醒驾驶员。

(3) 高压绝缘性能下降提醒信息。

当绝缘电阻和爬电距离低于规定值时，应通过信号装置提醒驾驶员。

绝缘电阻包括动力蓄电池绝缘电阻、动力系统和车辆电底盘之间绝缘电阻、动力系统和辅助电路之间绝缘电阻。爬电距离包括蓄电池连接端子间的爬电距离、带电部件与电底盘之间的爬电距离。

(4) 驾驶员不安全停车提醒信息。

当驾驶员离开车辆，如果驱动系统仍处于“可行驶”状态，应通过信号装置提醒驾驶员。

二、电动汽车保养

1. 更换冷却液

按厂家使用手册提供的冷却液更换周期来更换冷却液，更换方法是断开散热器下水管，放出冷却液（见图 1-4），两个储液罐的液面需重新加注到位于最低液位 MIN 和最高液位 MAX 之间（见图 1-5）。

【专业指导】两个储液罐的问题

这里更换的冷却液是电机、变频器、DC/DC 转换器、车载充电机等共用的冷却液循环系统的冷却液。大罐冷却液是电机、变频器、DC/DC 转换器、车载充电机等共用的冷却液循环系统的冷却液；小罐冷却液是电池制冷和制热循环使用。小罐冷却液也要随大罐冷却液更换周期同时更换。



图 1-4 放出冷却系统的冷却液

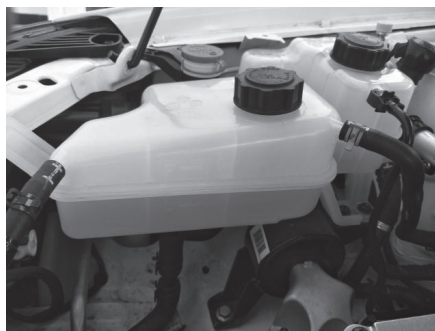


图 1-5 冷却液储液罐液面加注位置

2. 更换齿轮油

两级减速箱的齿轮油保养按厂家使用手册提供的齿轮油更换周期更换，减速箱装有放油螺栓（见图 1-6）和加油螺栓（见图 1-7）。

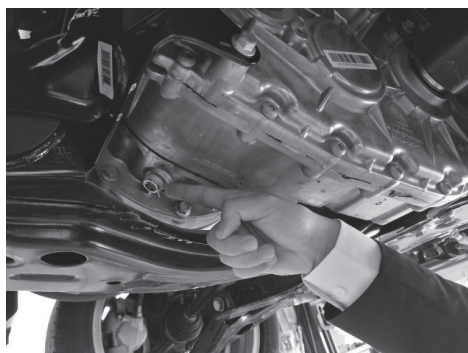


图 1-6 两级减速箱的放油螺栓

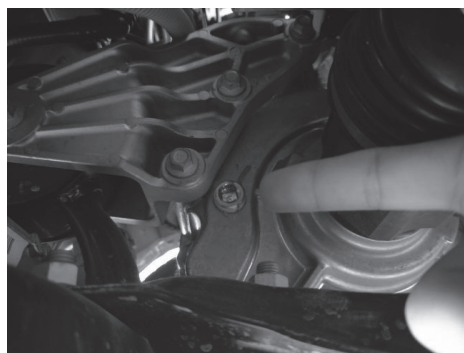


图 1-7 两级减速箱的加油螺栓



第二章

电池故障诊断 技术

知识目标

1. 熟悉普通锂离子电池的特点。
2. 熟悉磷酸铁锂电池的特点。
3. 熟悉全固态锂离子电池的特点。
4. 熟悉吉利电池箱内电池的特点。
5. 掌握电池箱的内部结构示意图。
6. 掌握电池箱的制冷和制热原理。

技能目标

1. 能更换纯电动汽车电池箱。
2. 能更换纯电动汽车电池箱内的一组电池。
3. 能通过电池管理系统数据流诊断汽车电池故障。

第一节 锂离子电池简介

截至 2017 年，实用商品化的纯电动汽车统一采用锂离子电池，就目前来判断，未来很长一段时间仍然采用锂离子电池。

一、锂离子电池组成

锂离子电池主要由电极、隔膜、电解质和外壳组成。正极主要为含锂的化合物，常见的正极材料包括钴酸锂（LCO）、锰酸锂（LMO）、三元材料（NCM）、磷酸铁锂（LFP）等。负极材料大多采用石墨。隔膜是一层具有电绝缘特性的物质，它可以把正负极分隔开，具有使电解质中离子通过的能力。常用的电解液通常为有机物。外壳有钢壳、铝塑膜，其中铝塑膜大多由耐磨层、铝层、防腐层、黏结层几部分组成，其中耐磨层是电池的外表面，可以防止汽车长期运行中电池位置错位引起的磨损，铝层可以起到防止水分进入的作用。

下面重点介绍普通锂离子电池、磷酸铁锂（ LiFePO_4 ）电池和全固态锂离子电池三种。

二、不同锂离子电池特点

1. 普通锂离子电池特点

目前市场上的锂离子电池正极材料主要是氧化钴锂（ LiCoO_2 ），另外还有少数采取氧化锰锂（ LiMn_2O_4 ）和氧化镍锂（ LiNiO_2 ）以及三元材料 $\text{Li}[\text{Ni-Co-Mn}]\text{O}_2$ 作为锂离子电池的正极材料，不同正极材料锂电池放电曲线如图 2-1 所示。

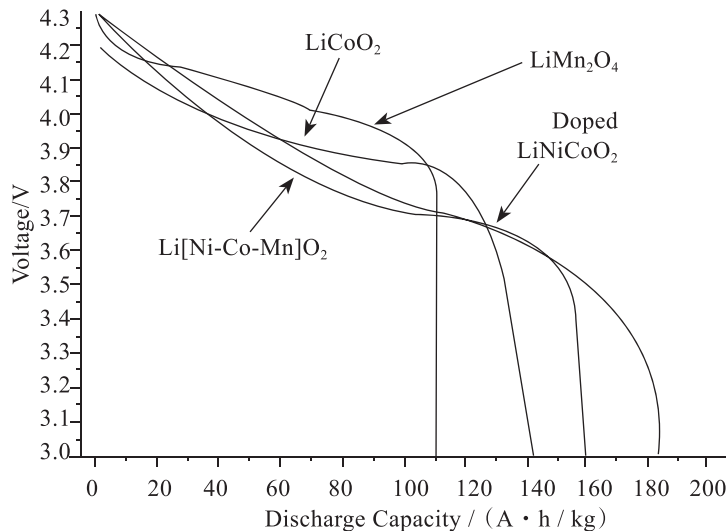


图 2-1 不同正极材料锂电池放电曲线对比

普通锂离子电池有如下优点。

(1) 普通单体电池工作电压高达 3.7V，是镍氢电池的 3 倍，约是铅酸蓄电池的 2 倍。

(2) 重量轻，比能量大，高达 150Wh/kg ，是镍氢电池的 2 倍，铅酸蓄电池的 4 倍，因此重量是相同能量的铅酸蓄电池的三分之一到四分之一。

- (3) 体积小, 高达到 400Wh/L, 体积是铅酸蓄电池的二分之一到三分之一。
- (4) 提供更合理的结构和更美观的外形设计条件、设计空间和可能性。
- (5) 循环寿命长, 循环次数可达 1000 次。以容量保持 60% 计, 电池组 100% 充放电循环次数可以达到 600 次以上, 使用年限可达 3~5 年, 寿命约为铅酸蓄电池的两到三倍。
- (6) 自放电率低, 每月不到 5%。
- (7) 允许工作温度范围宽, 低温性能好, 锂离子电池可在 -20~55℃ 条件下工作。
- (8) 无记忆效应, 所以每次充电前不必像镍镉电池、镍氢电池一样放电, 可以随时随地进行充电。
- (9) 电池充放电深度对电池的寿命影响不大, 可以全充全放。
- (10) 无污染, 锂电池中不存在有毒物质, 因此被称为“绿色电池”。

钴酸锂电池和三元材料锂电池具有重量更轻、体积更小等优点, 但是这种电池不是特别适合做动力电池。钴酸锂电池的主要原材料金属钴元素在我国储量极少, 目前 80% 的金属钴元素基本靠进口, 在我国难以大规模使用。另外, 由于这种锂电池比能量高, 材料稳定性差, 锂电池容易出现安全问题, 如果单体容量过大, 一旦产生爆炸将十分危险。不过最近几年随着电动汽车电池生产技术的提高, 大量采用三元材料锂电池的电动汽车越来越多。

2. 磷酸铁锂电池

1997 年美国发现磷酸铁锂 (LiFePO_4) 模型, 发现磷酸铁锂是适合做动力电池的一种材料, 从下面磷酸铁锂电池性能的优点我们可以看出, 磷酸铁锂电池是目前适合用于电动汽车产业化运用的锂离子电池。

磷酸铁锂电池有如下优点。

- (1) 高效率输出: 标准放电为 (2~5) C、连续高电流放电可达 10C, 瞬间脉冲放电 (10s) 可达 20C。
- (2) 高温时性能良好: 外部温度 65℃ 时内部温度则高达 95℃, 电池放电结束时温度可达 160℃。电池的结构安全、完好。
- (3) 安全性好: 即使电池内部或外部受到伤害, 电池也不燃烧、不爆炸。
- (4) 循环容量大: 经 500 次循环, 其放电容量仍大于 95%。

传统锂离子电池的有机电解液存在耐热性问题。由于有机电解液具有挥发性, 所以操作温度最高限制在 60℃ 左右。因此, 如果没有冷却系统, 在高温环境中无法使用传统的锂离子电池。要应用于高温环境, 需要研发出不易挥发的固体电解质。然而固体电解质的锂离子导电性比有机电解液低, 因而必须降低全固态锂离子电池的内阻才能投入商用。

3. 全固态锂离子电池

所谓全固态锂离子电池, 简单来说就是指电池结构中所有组件都是以固态形式存在, 而如今传统的商业化的锂离子电池则是液态锂离子电池——电解液是液态溶液状, 如图 2-2 所示。具体来说就是把传统锂离子电池的液态电解液和隔膜替换为固态电解质, 一般是以锂金属为负极, 或者石墨类及其他复合材料。

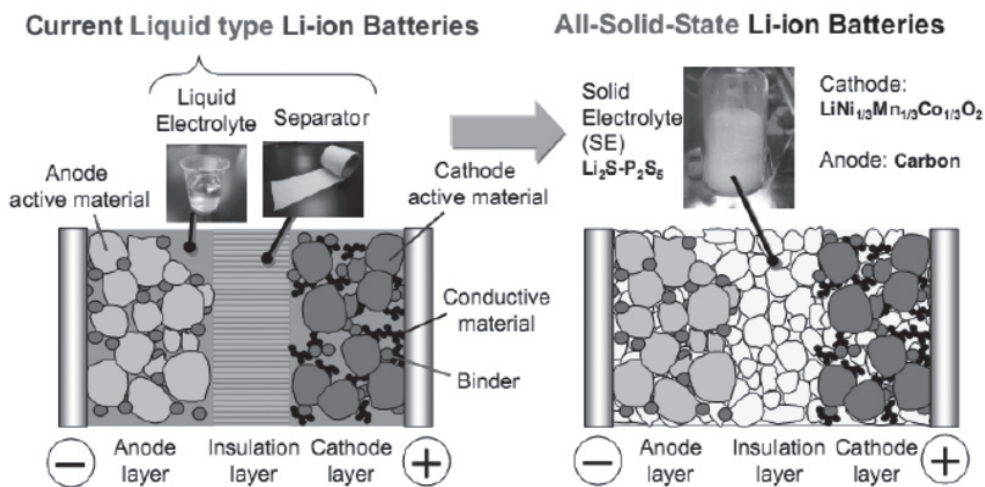


图 2-2 液态锂离子电池 (左) 和固态锂离子电池 (右)

对比各自的优缺点如下。

(1) 液态电解质优点：工业化自动化程度高、较好的界面对接触、在充放电循环中电极膨胀相对可控、单位面积的导电率高。

缺点：易挥发、易燃烧的电解质导致其安全 / 热稳定性较差、依赖于形成 SEI 膜、锂离子和电子可能同时传导。

(2) 全固态电解质优点：高安全 / 热稳定性 (针刺和高温稳定性极好，可长期正常工作在 $60\sim 120^\circ\text{C}$ 条件下)；可达 5V 以上的电化学窗口，可匹配高电压材料；只传导锂离子不传导电子；由于固态电解质存在可以在电池内串联组成高电压的单体电池；简化冷却系统，提高能量密度；可使用在超薄柔性电池领域。

缺点：充放电过程中界面应力受影响；单位面积离子电导率较低，常温下比功率差；成本极为昂贵；工业化生产大容量电池有很大困难。

三、锂类电池工作原理

无论是高压 (3.7V) 锂离子电池，还是低压 (3.2V) 锂离子电池，其基本原理是相同的。各种锂离子电池内部主要由正极、负极、电解质及隔膜组成，正、负极及电解质材料上不同工艺上的差异使电池有不同的性能，尤其是正极材料对电池的性能影响最大。

下面以磷酸铁锂充电过程为例说明其工作原理。磷酸铁锂电池的结构与工作原理，如图 2-3 所示，右侧磷酸铁锂作为电池外电路的正极 (电池内称阴极)，由铝箔与电池正极连接，中间是聚合物的隔膜，它把正极与负极隔开，锂离子 (Li^+) 可以通过而电子 (e^-) 不能通过，左边是由石墨组成外电路电池负极 (电池内称阳极)，由铜箔与电池的负极连接。电池的正、负极板之间是电池的电解质，电池由金属外壳密封封装。

磷酸铁锂电池在充电时，右侧电路正极磷酸铁锂 (电池内称阴极) 中的锂离子通过聚合物隔膜向左侧外电路负极 (电池内称阳极) 迁移。在放电过程中，负极中的锂离子通过隔膜从左向右侧正极迁移。锂离子电池就是因锂离子在充放电时来回迁移而命名的。

固体电解质间相 (Solid Electrolyte Interphase, 简称 SEI) 是锂离子电池负极上因电解质分解而形成的保护层，主要在开始的充放电循环中产生。电池性能、不可逆电荷“损耗”、额定容量、可循环

性、石墨的剥落和安全性等在很大程度上取决于 SEI。在电池研发领域理解“SEI”结构的化学性质和每个组件影响电池性能的方式，就可以调整 SEI 以提高电池性能。

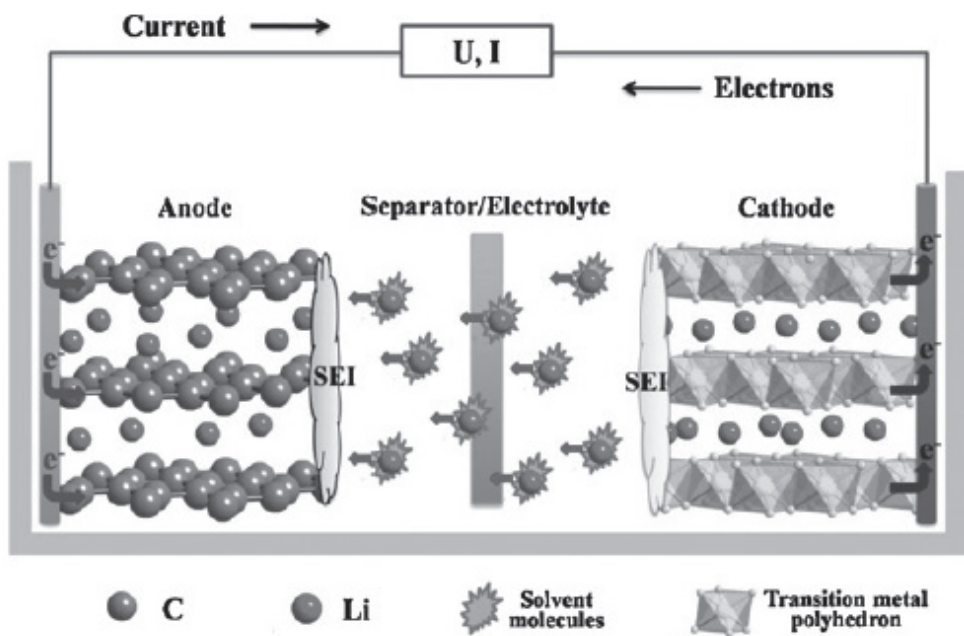


图 2-3 磷酸铁锂结构示意图

一般锂电池工作原理都是正极是由含有锂离子的金属氧化物组成，负极一般是石墨构成的晶格，充电时锂离子由正极（电池内的阴极）向负极（电池内的阳极）一端移动，最终嵌入由石墨构成的稳定的晶格中。可以容纳锂离子的晶格和可以移动的锂离子越多，则电池容量越大。

第二节 锂离子电池箱

动力系统（电力驱动系统）的锂离子电池部分包括锂离子的电池箱、锂离子电池本身、高压配电箱、锂离子电池的管理系统。电池管理系统的主要监测内容为：一是每一块锂离子电池的电压；二是电池的充电电流或放电电流；三是电池箱内的温度，负责在锂离子电池过冷时加热电池，在电池过热时通过降温的温度管理系统；四是高压配电箱中各继电器开关闭合或断开的反馈信号。当高压绝缘检测功能不独立成控制器时，高压绝缘检测也由电池管理系统完成，所以输入信号增加漏电电流检测功能。

一、锂离子电池箱铭牌

如图 2-4 所示为吉利（GEELY）EV300 纯电动汽车的电池箱铭牌。电池采用三元锂离子电池，电池供应厂家为宁德时代（CATL）。电池的标称电压为 346V，电池容量为 120A·h，电池的重量为 416kg。电压（V）× 容量（A·h）= 346 × 120 = 41.52kW·h，即可充入 41.52kW·h（或度）的电能。



图 2-4 吉利 EV300 纯电动汽车的电池箱铭牌

二、锂离子电池箱盖

为了在汽车车身下侧布置电池箱，电动汽车电池箱一般设计成如图 2-5 所示，这样能最大限度地增加电池的数目，不会特别影响底盘的通过性。

电池箱的上盖一般采用玻璃钢材料制作，重量轻，电绝缘和热绝缘效果好。电池下部底拖板采用金属冲压件支撑，在底拖板的外缘设计与与车身底部连接的螺栓孔，电池箱通过螺栓孔连接在车身底部。

电池箱从车上抬下或抬上要采用电池专用举升机（见图 2-5）来辅助完成，没有电池专用举升机是十分困难和危险的。

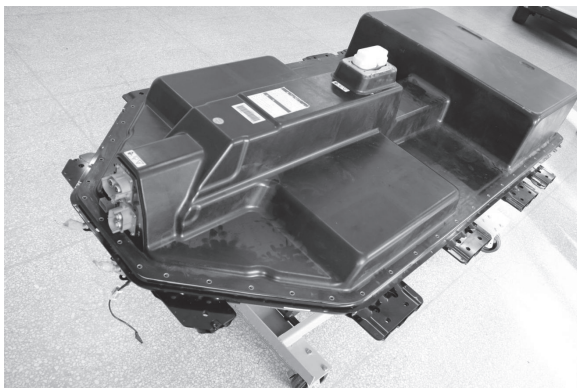


图 2-5 吉利 EV300 纯电动汽车的电池箱及举升机

三、电池箱分解

在车辆高压系统检修时，要拔下电池箱上的检修塞插头后，才能安全地在汽车高压上作业。检修塞内装有银质直流保险丝，检修塞和检修塞座之间的插拔是有次数限制的，一般厂家资料限定为十几次至几十次。

在抬下电池箱作业的最开始虽已进行取下检修塞操作，但在分解电池箱前，为了安全起见，一定要确认检修塞已取下，以防止工作中又被误插回。检修塞从检修塞座取下，并妥善保管（见图 2-6、图 2-7）。



图 2-6 内置保险丝的检修塞插头位置



图 2-7 拔下内置保险丝的检修塞插头

先取下电池箱检修塞位置的4个沉头螺栓(见图2-8),在电池箱后侧抬起,并向前推上盖,保证前部高压电缆引出座从电池上盖中脱让出来,再取下上盖,可见到电池箱的内部结构,如图2-9所示。



图 2-8 取下电池箱检修塞位置的4个沉头螺栓

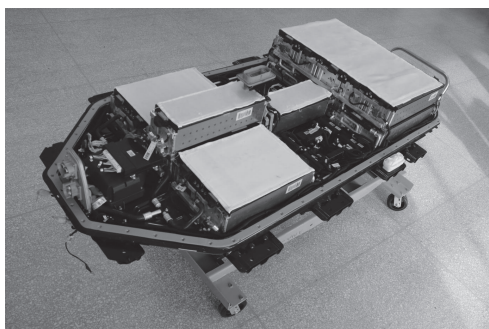


图 2-9 取下上盖的电动汽车锂离子蓄电池

四、锂离子电池的成组化

锂离子电池箱内的电池通常采用多个电池并联增大容量,这些并联的电池再串联成为一组(见图2-10),多组电池再串联成为电池箱内的动力电池。

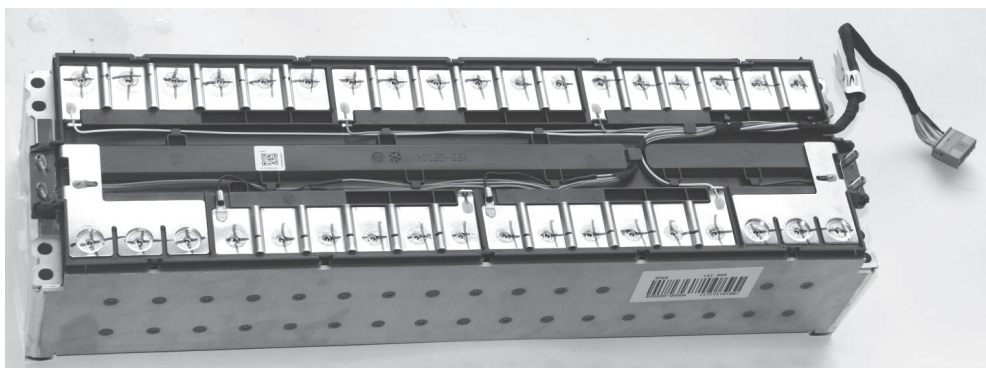


图 2-10 三并六串的一个电池组

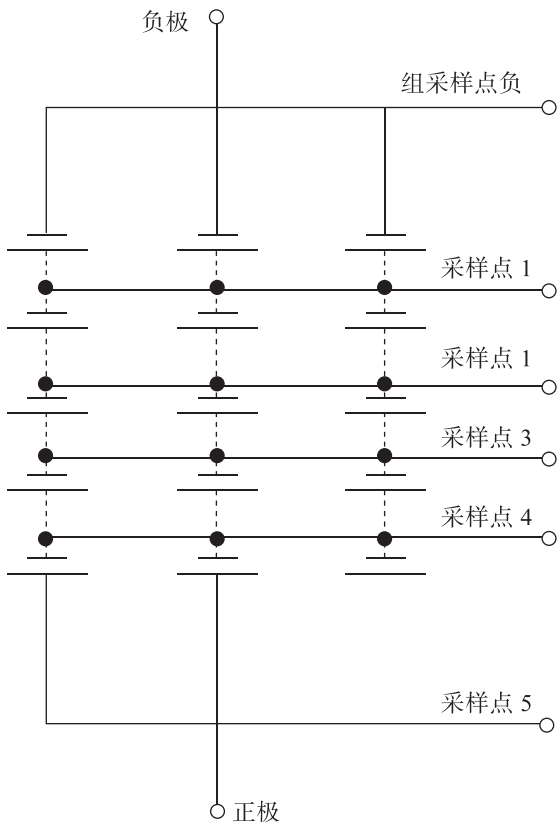
什么是电池组的三并五串型(3P5S,见图2-11)或三并六串型(3P6S),例如吉利的电池组分成两种,一种是3P5S,另一种3P6S。3P的意思是说,3个40A·h的锂离子电池并联成为120A·h,P译为并联(Parallel),5个这样的120A·h电池串联成为一组,S译为串联(Serial)。同理,3P6S是6个这样的120A·h电池串联成为一组。采用3P5S和3P6S分组是根据底盘所能允许的空间,设计者是想设计成一个同样的组,但受于空间限制,设计成两组样式更适合电池箱的形状。



图 2-11 电池的串并联 (三并五串型)

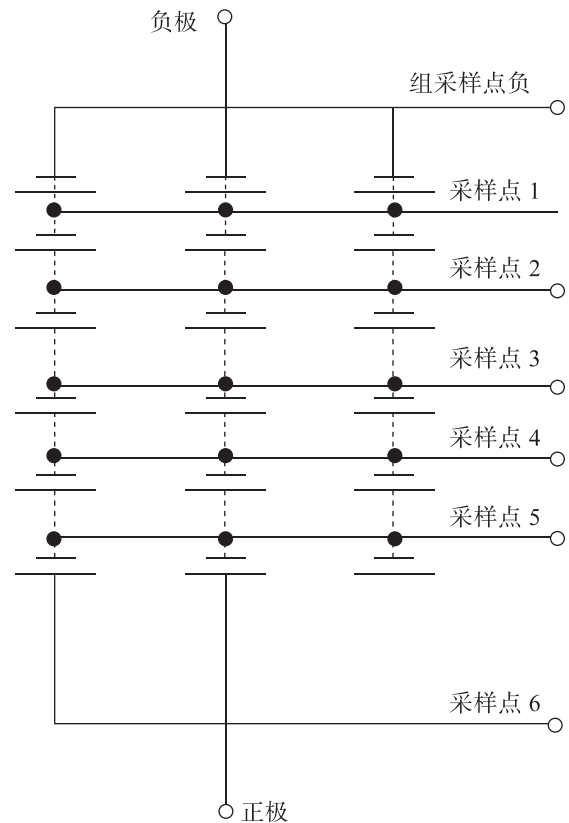
不同电池组之间通过橙色扁电缆连接形成组与组的串联。为了对不同组作区别,要在电池的侧面标出电池是如何串联的,同时电池组之间也要编号,例如 M1、M2 至 M17,而具体是哪两种组可参见图 2-12。

吉利 EV300: M1/M2/M13/M14/M15/
M16/M17 组具有如下结构



(a) 3P5S 电池组结构

吉利 EV300: M3/M4/M5/M6/M7/M8/
M9/M10/M11/M12 组具有如下结构



(b) 3P6S 电池组结构

图 2-12 吉利 EV300 电动汽车电池的两种串并联结构

表 2-1 列出了吉利 EV300 电动汽车的电池箱说明。

表 2-1 吉利 EV300 电动汽车的电池箱说明

采集盒型	电池并串形式 (3P5S)	电池并串形式 (3P6S)	CAN 总线端电阻	电池故障编号查询
CSC1 (尾号 37)	M1、M2	—	27k Ω	1~10
CSC2 (尾号 45)	—	M3、M4	27k Ω	11~22
CSC3 (尾号 45)	—	M5、M6	27k Ω	23~44
CSC4 (尾号 45)	—	M7、M8	27k Ω	45~56
CSC5 (尾号 45)	—	M9、M10	27k Ω	57~68
CSC6 (尾号 45)	—	M11、M12	27k Ω	69~80
CSC7 (尾号 37)	M13、M14	—	27k Ω	81~90
CSC8 (尾号 38)	M15	—	27k Ω	91~95
CSC9 (尾号 46)	M16、M17	—	27k Ω	96~115

第三节 电池管理系统功能

电池管理系统简称 BMS，是 Battery Management System 的缩写。

一、电池管理系统诊断

如图 2-13 所示为吉利 EV300 电池箱，上侧写有 CATL 的黑盒为电池管理系统、下侧盒内为高压配电箱。

1. 温度控制

通过对热的电池箱制冷或对冷的电池箱加热，以控制电池箱温度在一定范围内，保持电池箱内电池具有良好的充电和放电能力。

在一定时间内，若电池箱温度仍不能被控制到正常温度范围，电池管理系统则通过变频器对电机进行限流，并生成故障码存储在电池管理系统，并点亮仪表故障灯。

2. 高压配电箱继电器控制

电池箱内通常设计有高压配电箱，配电箱内有控制电池直流输出的继电器、直流充电隔离继电器等，这些继电器要由电池管理系统控制。

3. 高压配电箱继电器开关触点诊断

高压配电箱继电器开关触点诊断由电池管理系统完成。其主要内部实物为电池管理系统 ECU（见图 2-14）。电池管理系统 ECU（CATL 宁德时代供货）上两端口为继电器开关监测端口。

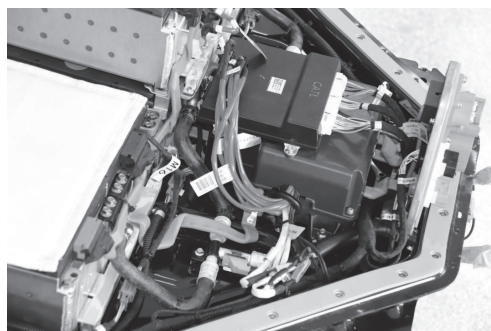


图 2-13 吉利 EV300 电池箱

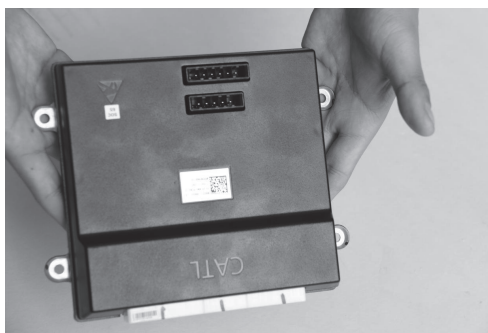


图 2-14 电池管理系统 ECU

电池管理系统对供电继电器组和充电继电器组进行控制和故障监测(见图 2-15), 继电器的结构可参见图 2-16 中的正极主继电器、预充继电器、负极主继电器、充电预充继电器、直流充电隔离继电器。

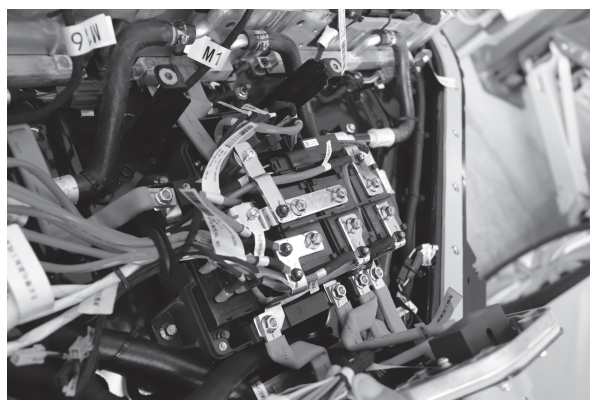


图 2-15 电池管理系统对图中继电器组进行控制和故障监测

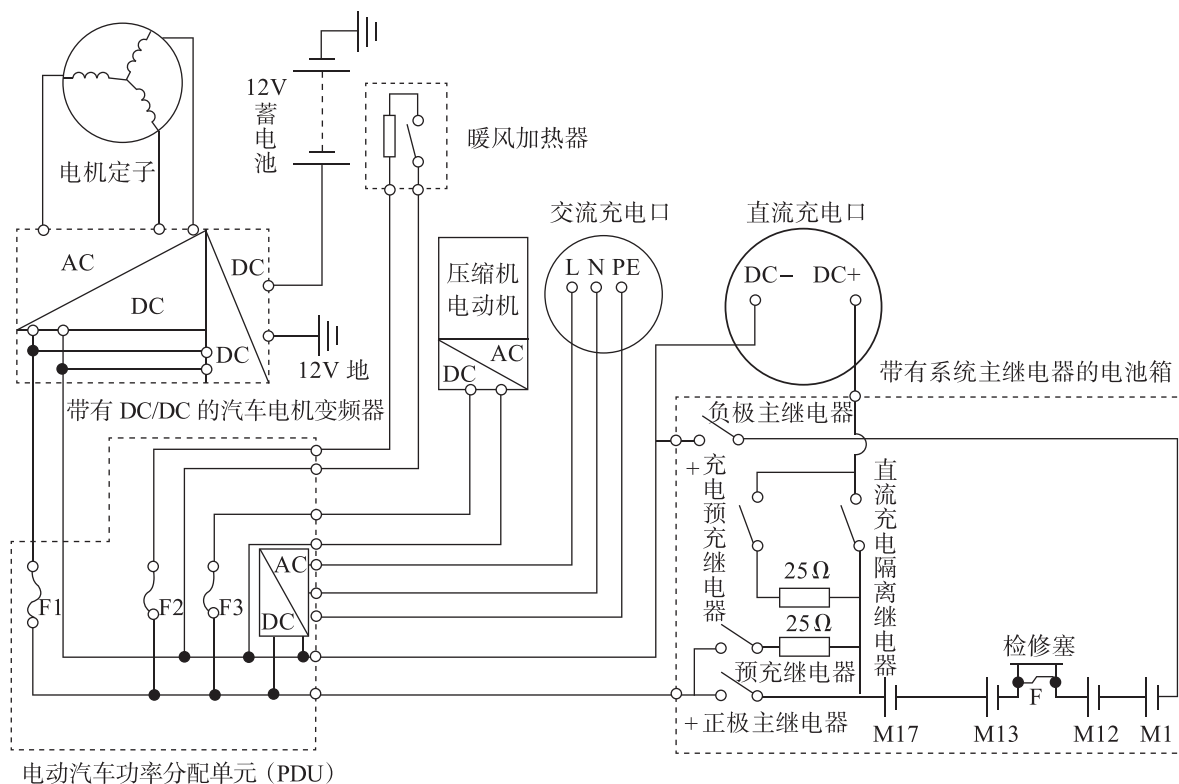


图 2-16 吉利 EV300 高压网络 (右下侧虚线框内 5 个开关为继电器开关, 继电器线圈部分略)

4. 电池 SOC 计算

电池串联充电，各电池电流相同；电池串联放电，各串联电池放电电流也相同。电池管理系统通过电池总电压确定一个初始容量值，以后的容量根据充电和放电的电流积分来确定容量。容量下降还是上升了都生成故障码存储在电池管理系统，并点亮仪表的故障灯。

5. 电池电压和温度测量功能

利用电池组的电压采集模块采集电池电压和电池温度。图 2-17 所示为车身右侧电池组温度和电池单体电压监测模块，共 CSC1、CSC5、CSC6、CSC9 四个模块。图 2-18 所示为车身左侧电池组温度和电池单体电压监测模块，共 CSC2、CSC3、CSC4、CSC7、CSC8 五个模块。

6. 电池故障诊断功能

电池管理系统通过电池组的监测模块传递过来的相应电池组的电池单体电压、电池组的温度、通过电池电缆的电流来计算电池是否处于故障状态。若单体电池或单组电压过高或过低时，超过偏差上下限，则生成故障码存储在电池管理系统，并点亮仪表的故障灯。

电池管理系统还可以检查电池的正极和负极与车身的绝缘电阻是否正常。

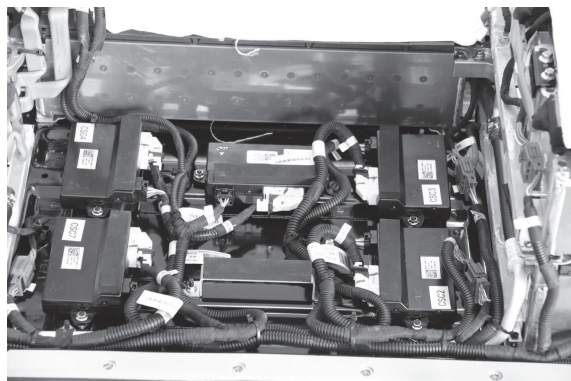
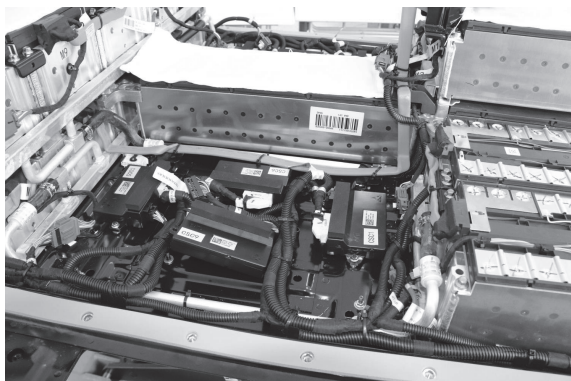


图 2-17 电池组温度和电池单体电压监测模块（右侧） 图 2-18 电池组温度和电池单体电压监测模块（左侧）

如图 2-19 所示为电池组单体电压和温度监测模块，其左端黑色口为控制和通信、右端黄色口为两个电池组的电压和温度信号线。

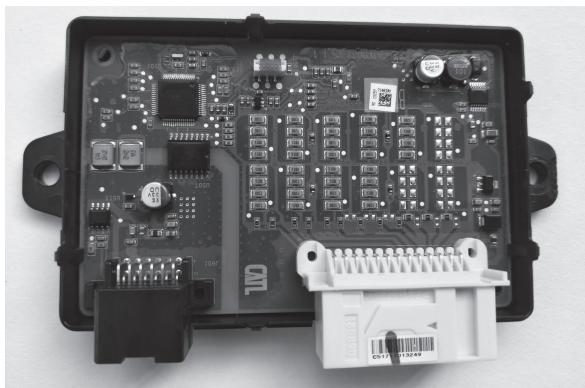


图 2-19 电池组单体电压和温度监测模块

7. 信息共享功能

将电池的电量（SOC）、电池电压、电池电流、诊断数据等加载到总线上去。

第四 节

电池箱温度管理系统诊断

一、锂离子电池冷却

锂离子电池在低于 -10°C 或高于 $+60^{\circ}\text{C}$ 时较难工作，为此电动汽车有一套电池温度管理系统，以保证锂离子电池在充电和放电时能正常工作。

1. 电池冷、热交换器

如图 2-20 所示为吉利 EV300 纯电动汽车的水冷式温度控制系统，可见的两根硬塑管是热或冷的防冻液的进、出管。电池的制冷和制热通过图 2-21 所示的两个热交换器来完成，左侧为电池加热，右侧为电池冷却。

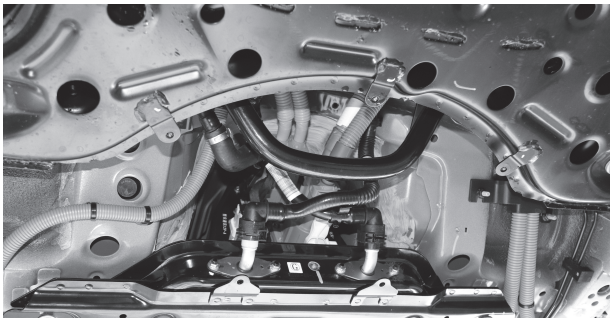


图 2-20 吉利 EV300 电池箱防冻液进、出管（左侧进入电池箱，右侧流出电池箱）

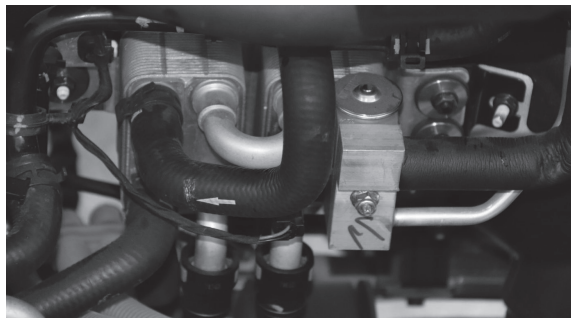


图 2-21 左侧银白色为 PTC 加热的热交器、右侧银白色为空调制冷的冷交换器

2. 电池冷却路径

电池箱中的电池冷却路径如图 2-22 所示。电池的冷却过程如下：电池储液罐内装有防冻液，防冻液经车底下侧的电池温控冷却液泵加压工作，防冻液经电池热交换器，由于 PTC 加热器没有向电池热交换器提供热的防冻液，所以防冻液温度不变。防冻液继续流动过程中经电池冷交换器，自动空调的制冷剂流经电池冷交换器，防冻液温度传递给制冷剂，防冻液温度降低，防冻液流经装有进水温度传感器的电池进液管，经 M16、M17 电池组加热器进入，经 M1、M14、M13 电池组回流到电池温控冷却液泵入口处，形成一个循环。M1 至 M17 为锂离子电池组，包括 3P5S 或 3P6S 两种。

当液中有气体时，气体从电池温控冷却液泵的出口向上将气体导入电池储液罐上部。

3. 电池加热路径

电池的加热过程如图 2-22 所示。电池储液罐内装有防冻液，防冻液经车底下侧的电池温控冷却液泵加压工作，防冻液经电池热交换器，PTC 加热器工作向电池热交换器提供热的防冻液，热交换后，升高温度的防冻液继续流动过程中经电池冷交换器，自动空调的制冷剂不流经电池冷交换器，没有冷热交换过程。热的防冻液流经装有进水温度传感器的电池进管，经 M16、M17 电池组加热器进入，经 M1、M14、M13 电池组回流到电池温控冷却液泵入口处，形成一个循环。