

新能源汽车动力电池包热管理系统的控制与研究

徐长福

四川南骏汽车集团有限公司 四川 资阳 641300

【摘要】全球变暖、环境恶化和化石燃料短缺等社会问题正引起人们的关注。新能源汽车具有节能、环保、低噪音等优点，因此逐渐发展为一个新型产业。新能源汽车的主要能源是动力电池。除了满足高能量密度、良好指标、使用寿命和长行程的要求外，还必须充分保证动力电池的安全特性。电池安全问题通常与温度有关，当电池产生的热量没有随时间消散而温度变得越来越高时，电池性能会迅速下降，放电的时间会缩短，其一旦失控，就会着火，严重威胁人员和财产安全。因此，对动力电池包热管理系统的研究非常重要。

【关键词】新能源汽车；动力电池；包热管理系统；控制

动力电池热管（BTMS）是新能源汽车动力电池系统的一个组成部分。动力电池热管不仅会对电池的性能、使用寿命、安全性能等产生重大影响，而且还是新能源汽车热管理过程的一个重要组成部分。随着新能源汽车市场的逐步发展，对动力电池包热管理控制要求也在不断提高。今天，许多研究人员也在研究动力电池包热管理系统。电池发热是电池热管理中出现的一个问题，经过研究动力电池包热管理系统可以确定影响电池散热能力的因素，所以在多项研究中提出了 BTMS 设计方法，并详细介绍了各种散热系统例如冷却系统。在这之前没有完整的热量管理系统可以进行全面审查和讨论。本文研究了一些其他的制冷系统，其中一些研究集中于电池的散热，例如散热结构设计和分析。一些研究还讨论了更广泛的动力电池包热管理系统设计。

1 新能源汽车动力电池包热管理系统主要作用

动力电池是新能源汽车建造成功的重要基础。为了满足新能源汽车在各种工作条件下的电气使用要求，必须始终使用大量串联和并联组，其中还包括一些其他的模型。由于使用了不同的生产条件（温度、湿度等），因此使用了 7000 多个圆柱形锂电池，但是，即使是同一制造商，同一规格和数量的电池，其性能也会有所不同。根据“光纤理论”，如果同时运行数千个动力电池，则整个电池性能在很大程度上取决于最坏情况下的电池性能。如果电池性能明显下降，系统的整体性能也会急剧下降，为了延长电池寿命，不仅要仔细监视电池的生产和选择，还要仔细监视电池产品的安装，亲自对电池进行有效的管理。

电池管理系统（BMS）是动力电池和新能源汽车之间的重要连接纽带，并且是其最重要的组件之一。动力

电池包热管理系统主要由数据采集模块、中央控制模块和显示模块组成。通常有电池参数检测、电池健康分析、电池安全、充电监控、电池平衡、热管理、网络通信等 10 多个功能。其主要功能是电池状态分类、电池能量平衡和电池温度调节。

1.1 电池状态估计

电池状态包括电池的工作状态、安全和出现故障的状态等。

1.2 电池能量均衡

有效的管理技术可以通过使用最小的满容量电池来增加所有电池的容量并延长其使用寿命。

1.3 电池箱热管理

根据温度传感器收集的温度信息，将系统中的温度分布与当前运行条件的要求结合起来，以便选择冷却系统来控制动力电池包热管理系统的温度。这样可以保持温度稳定，并提高生产率。与此同时，如果电池太热而无法有效充电，则会发出警报并切断电源^[1]。

2 新能源汽车动力电池包热管理系统的控制功能模式分解

温度调节系统具有两个重要功能：主加热 / 冷却和动力电池组系统的加热 / 冷却，对于动力电池就需要考虑两个运行状态：乘员加热 / 制冷、动力电池组制冷 / 加热。



图 1 热管理系统功能

为了涵盖整个车辆的温度控制功能, 本文重点介绍系统的主要功能, 尤其是动力电池室温控制功能。对工作模式有两个要求, 在冷却功能期间, 就有了以下两种操作模式。

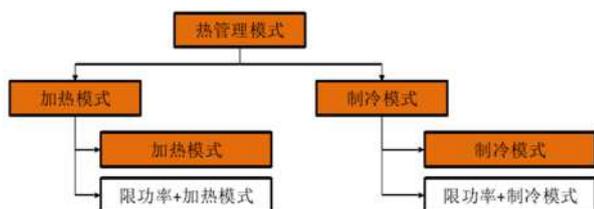


图2 热管理控制执行模式

本文中所设计开发的热管理控制模块包含上述所有模式, 但是验证链接着重于检查加热条件并满足热控制系统的冷却目标^[2]。

3 系统热管理控制策略确定

根据热控制系统的操作模式, 热控制系统的控制策略如下确定:

表1 不同热管理模式执行温度域区间定义

放电模式		充电模式	
电池温度区间	热管理模式	电池温度区间	热管理模式
65℃以上	断电	65℃以上	断电
55~65℃	限功率+制冷	55~65℃	预制冷+限功率+制冷
35~55℃	制冷	35~55℃	限功率+制冷
5~35℃	无动作	5~35℃	无动作
-20~5℃	加热	-5~5℃	加热
-30~-20℃	限功率+加热	-20~-5℃	限功率+加热
-30℃以下	断电	-30~-20℃	预加热+限功率+加热
		-30℃以下	断电

热敏开关可以避免在不同状态下改变温度, 并且其两种热量消耗状态都在不断变化, 需要注意的是, 还设置了 $\pm 5^\circ\text{C}$ 的滞回域值, 在此阈值内不会更改现有的模式。如果超过此限制, 就需要切换到所需的模式。

例如, 在冷却模式下, 温度降至 35°C 时, 冷却系统就会停止工作。此后, 温度逐渐升高。在温度上升到 40°C 之前就需要关闭冷却系统。当温度上升到 40°C 以上时, 激活冷却模式, 而当温度下降到 35°C 时, 冷却系统停止工作。另一个例子是加热模式下温度上升至 5°C , 加热系统停止运行后温度会逐渐降低。在温度降至 0°C 之前, 加热系统始终处于关闭状态。当温度低于 0°C 时, 激活加热模式, 加热系统在温度上升至 5°C 后停止工作。

表1描述了热管理策略。

(1)以动力电池组初始 $+57^\circ\text{C}$, 行驶工况为 60 km/h 。当汽车行驶时, 热管理模块会检测电池的当前温度, 然后首先执行“电流限制+冷却”模式。当温度低于 55°C 时, 它将进入“冷却模式”。当温度低于 35°C 时, 则关闭热管理系统, 在大多数情况下, 设置阈值会将电池保持

在“没有动作”区域。

(2)以动力电池初始 -25°C 为例, 考虑动力电池范围内的 30 kW 功率, 在汽车启动时, 热管理模块确定电池的当前温度。如果确定未建立负载的运行状态, 则首先执行“预热功能”。当温度上升到 -20°C 时, “极限/热效应”开始。当温度升至 -5°C 时, 功率限制被解除, 充电模式切换为“加热模式”。当温度超过 5°C 时, 就会加热, 就要关闭加热控制系统, 并且通过阈值的线圈将其控制在一定范围^[3]。

4 高温下电池冷却系统

电池在运行期间会产生热量, 而这种热量主要受电池的工作电流和电池化学性质影响。由于在充电和放电期间放电电动力大, 所以会产生大量的热量。如果不能随时间散失热量, 则动力电池的性能就会下降, 从而引起燃烧或爆炸, 从而影响动力电池的使用寿命和安全性。

根据不同的冷却方法, 冷却系统中的电池可分为气相和液相。气体冷却通常称为空气冷却, 可以分为顺序排热方法和并行排热方法。它节省了持续冷却的空间, 但散热不均很容易导致电池的受热不均。并行空气冷却使得可以比较每个电池模块上流过的空气量。新能源汽车是使用空气的冷却系统。该冷却系统必须配备适合加速空气流动的电风扇。

液体冷却通常被称为水冷却系统。由于空气的传热效果未知, 因此液体冷却的效果比冷却系统的效果更明显。液体冷却系统的设计也更加复杂。根据电池是否与冷却系统直接接触, 可以将其分为水冷却系统或液体冷却系统和直接水冷却系统或间接的水冷却系统。间接制冷系统使用高导热率成分将液体与制冷剂分离并隔离制冷剂。在直接水冷却系统中, 电池直接放置在冷却液中, 并与冷却器直接接触, 其导热率是最好的, 但对照明设备的隔热要求很高, 设计复杂, 成本也会很高。新能源汽车会使用间接水冷系统。相变材料从固体到液体会吸收大量热量, 相变材料冷却系统包括放置电池或将相变材料翻转到板上并将其插入电池模块中。该电池通过在材料的相变过程中使用自然热能来提供热能传递。与气冷和液冷相比, 它是一种简单的设计, 不需要使用相变材料来控制电池温度的设计, 也不需要额外的控制能量(以动力电池为例)。

5 低温下电池加热管理系统

在低温下, 电池容量下降, 充放电变少, 甚至无法进行放电。低温开始时应将其预热, 以使其在低温环境中可以使用。根据不同的加热方法, 电池的低温加热可分为常规电加热材料和相移加热材料。

传统的热系统指向电池模块之间的应急部分。可以通过加热汽车中的电动机或高品质设备而产生的热量获得热空气。新能源汽车可以使用机器加热空气。这种加热方法结构简单,生产和维护成本低,但是在最初的低温条件下加热效果不是很好。相变材料会产生热量,当热量从液态转变为固态时会累积热量。此功能可用于加热和维护电池。此外,形状变换过程中相变的物理特性可用于对新能源汽车进行温度调节。不仅可以提供电池的低温加热功能,还可以对电池进行高温冷却,而且可以使用具有高导热率的材料,例如碳纳米管。还需要额外的材料以增加热导率,这增加了设计和制造成本。

电加热是一种利用驾驶员产生的游隙热以一定程度的电阻加热电池的方法。电加热可分为直流电和交流电加热。在加热过程中,由于高温直流法在高温和高电流下产生的大内阻导致电解质的过度蒸发,从而导致其产生过大的内部压力。可能导致电池爆炸。这种加热方法由于其特性而可以有效地防止气体的形成。该电加热方法结构简单,升温速度快,操作简便。这是目前新能源汽车供热系统主要的研究领域^[4]。

6 结束语

通过使新能源动力电池保持在适当的温度下,可以

有效地延长其使用寿命,从而提高车的安全性和可靠性。因此,动力电池包热管理系统是新能源汽车的开发和研究重点。其也是高温条件下电池冷却系统设计中最重要因素之一,汽车动力电池包中最常用的冷却方法是气体冷却和传热流体冷却。由于冷却效率高,主电池系统用于电池容量大的纯新能源汽车,混合新能源汽车通常用于冷却气体。在设计低温电池加热系统时,传统的加热过程结构简单,生产和研发成本低,加热效率也低。缓慢电加热过程降低了设备的设计要求。动力电池包的高加热速率和高效率是该级别汽车实际研究和使用的方向。

【参考文献】

- [1] 张运濠,冯灼峰.关于新能源车型电池包热管理系统设计应考虑的几个影响因素[J].新能源汽车工业研究,2019(04):26-28.
- [2] 徐善红,聂永福.纯电动车用动力电池包热管理系统设计[J].时代新能源汽车,2019(08):63-64.
- [3] 王健,许思传,陈黎.基于AMESim的纯新能源汽车热管理系统的优化设计[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2011,29(05):656-660+666.
- [4] 车杜兰,周荣,乔维高.新能源汽车电池包热管理系统设计方法[J].新能源汽车工程师,2009(10):28-30.