

纯电动车用动力锂电池保护板的设计要点与应用实现

赵建华 钟均明 张彬 苏赵

(深圳市合创盈电子科技有限公司 广东深圳 518000)

摘要: 由于中国锂电池产业的快速成长,国内新能源汽车市场的竞争也越来越激烈,促使生产厂商纷纷采用磷酸铁锂电池,竞相采用低价销售策略,抢占市场份额。其综合性能的好坏将直接影响着纯电动汽车的性能,为能够有效保证动力电池的安全性,并延长动力电池的使用寿命,文章将针对纯电动车用动力锂电池保护板的设计要点与应用开展具体的内容阐述,对其电力学与物理性能进行完整的系统分析,以期为后续产品设计提供重要参考。

关键词: 纯电动车; 动力锂电池保护板; 设计要点

引言: 在现阶段,锂电池已经作为一项新兴的资源,已经开始并逐渐普遍地运用于人类的日常生活,而且已经给人类社会带来了巨大的生活方便。但是,由于镍氢电池在实际应用过程中,一旦使用不当导致电池过热,就非常容易导致电池爆裂、着火或者自爆等的重大安全事故。更为严重的问题是,当电池在自放电时,电池上就会出现金属硫化物,进而干扰电池的再充电作用,最后造成动力电池提早报废。所以,保障锂电安全性的最佳方式,便是将它们扼杀在摇篮里,并选用更安全有效的电子产品^[1]。目前对于磷酸铁锂电池组的保护方式主要有两类:单片微式计算机控制和嵌入式集成电路保护芯片,主要的保护方式是使用多块保护芯片并联的方法对电池组加以保护。为此,本文将磷酸铁锂电池为例,介绍锂电池保护板在电动车上的具体运用。

一、锂电池保护板概述

1.1 锂电池保护板的基本介绍

在纯电动汽车中,锂电池总成作为重要组成部分之一,在整个系统成本中所占的比重极大,其稳定性也直接关乎系统的工作稳定性与安全。在生产纯电动汽车的早期,所采用的大部分锂电池生产设备动力电池都是铅酸电池。因为其本身的低能量密度,短距离和短寿以及各种问题等,这都将使得普通的动力电池逐渐被锂离子动力电池和其他具有独特优势的电子设备所取代。而锂离子动力电池由于具有的超高充电速度和释放效率,以及高能量密度和优异的持久性等优势,也将不断受到国内外诸多汽车企业的关注和使用。

其中,锂电池的主要构成分为两大块,一块是电芯,一块是保护板,一块是 PTC。具体的锂电池基本构造图如下图 1 所示。在短路条件下,随着电压的降低和持续时间的增加,将会增加系统的稳定性^[2]。该系统能在设备或线路出现泄漏时,由保护装置的探测机制将其转化为异常信号,再由中介机构将其转化为能量,再由中介机构将其转化为主动断电,从而达到保护功能。锂电池的安全作用,一般都是通过保护电路板或 PTC 这样的低电压保护装置来实现的,而其最主要作用便是对电池的正负电极间的绝缘防护,从而避免产生短路,使电池在电流流量异常的工况下,可以及时中断对电池的电流响应。

而锂电池保护板(锂电池防护装置)是纯电动车动力电池的监控与管理设备,其安全、稳定是非常关键的。为了有效地控制电池的温度,该系统将对蓄电池的输出进行有效的控制,并能实时监控蓄电池的工作温度、电压、充放电等相关参数,并在需要时利用蓄电池电量监控软件对蓄电池进行监控,防止蓄电池过多、过放电、过热、短路。此外,在电池保护系统中,必须准确地预测电池在整个寿命周期中的 SOC 值,并通过正确的方法向司机提供诸如剩余电量、行车距离、异常故障等关键信息,以及与汽车 ECU 或主机进行数据交换的功能。这些都是电池管理中不可或缺的一环,能为电池的性能和安全性提供了一定保障^[3]。

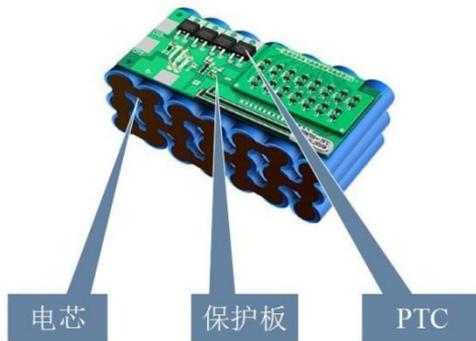


图 1 锂电池基本构造图

1.2 锂电池保护板的设计要点

1.2.1 锂电池保护板的基本组成

保护板通常包括主控 IC、MOS 开关和辅助元件 NTC、ID、存储器等。根据其作用与应用情况,可将其划分为:电路设计与模拟工具、PCB 设计软件、IC 设计软件等。主控 IC 能在工作状态下,控制 MOS 开关的接通,让电芯与外部的电路交流,保证系统的稳定,不会发生故障,提高系统的稳定性。

1.2.2 锂电池保护板的工作原理

锂电池保护板根据所使用 IC,电流的大小不同而电路类型及数据也不同,整个保护板通常包括两个核心部件:一个保护 IC,可以通过精密的电子计算器来得到正确的保护数据;另外一个部件,还可以通过把 MOSFET 串联到主充放电回路的高速开关上,来实现保护动作。

下面的锂电池保护板的主要工作原理主要以 DW01 配 MOS 管 8205A 为例进行内容阐述:

当电池使用充电器正常充电时,随着充满时间的增长,电芯的电压将愈来愈高,当电芯电压上升至 4.4V 时,锂离子电池容量就会慢慢下降,同时由于锂离子脱嵌电池容量的降低,电池的阻抗也会改变。DW01 验证电芯电压是否处于过充电压状态,同时验证电流值是否有异常变化^[4]。如果出现异常,它会立即切断电源,直到电池超过规定的电流阈值,然后再调整电流。如果将电池的最低电流与其他电池的电压进行比较,则总电压太低。然后当电池达到下限时,整个系统停止放电。此时电芯的 B- 和保护膜的 P- 也处于分离位置。也就是说,电池单元的充电电路断开,电池单元停止充电。此时电芯的 B- 和保护膜的 P- 也处于分离位置。说明电芯的过充回路已经中断,电芯的充电也停止了。因此,保护板始终处于过充电状态而受到保护。但当保护板的间接电流通过充放电负载时,过充开关关闭。如出现内部二极管的电流方向与过放电路的电流方向相同的情况下,那么充放电电路仍然可以实现过放电,达到保护输出电压的目的。

为了能够更为直观地认识到电池保护板的构造,锂电池保护板的基本原理框图如下图 2 所示。

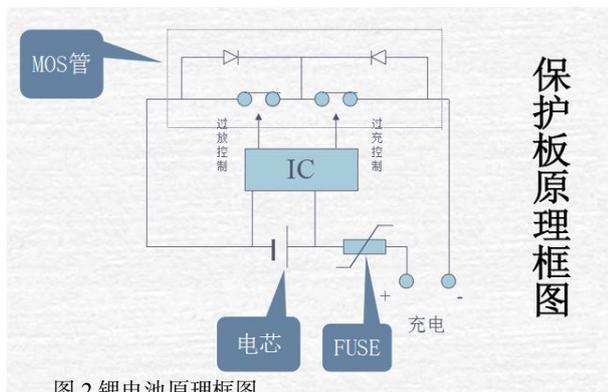


图2 锂电池原理框图

1.2.3 锂电池保护板的具体作用

锂离子电池的保护作用一般都是通过保护电路板和 PTC 这样的电流元件来实现的，它是一种电子线路，它可以在-40~+85℃的温度下精确地监测电芯的电压和充放电电流，以避免发生短路，确保在出现异常情况时，电池的安全性能会被切断。

用于电动车辆的锂离子电池防护板，其防护性能和应用范围较广，如：

- ①过充保护：过放保护、电流短路保护。
- ②电流保护：平衡电池的能量，具有短路、过载、温度、充电、改善滞后等功能，可有效地防止因过充、过放、短路引起的火灾和爆炸。
- ③短路保护：它的功能是对电池的正极和负极进行绝缘，以避免短路，确保电池在不正常的情况下，不会有任何的故障。
- ④温控：在温度传感器到达临界温度并到达保护延时，控制回路对充放电 MOS 管进行关闭，并使其停止充电和放电。
- ⑤平衡保护：在某一组锂离子电池达到平衡电压时，对充电环的开、关、充电电流进行控制，并在电池末端的电压达到 14.4V 时停止充电。

在蓄电池充电至极低电压时应立即停止，若蓄电池的最低电压比其他蓄电池低，则在电池到达下限时，将会使整个系统停止放电。而放电保护电路，则是在电池电压开始降低的时候，将电池和负荷的连接断开，从而达到对电池的保护作用^[5]。

二、锂电池保护板的应用实现

2.1 过充、过放保护电路

过流与短路是电池保护的主要方法，其特性决定了电池的界面结构、内阻、容量、循环、安全等性能。通常情况下，过流保护要比短路保护先出现，而短路保护的反应时间要比过流保护的反应时间长，而且短路保护的电流要比过流保护大，通常将过流保护设定为最大放电电流，当电池电压开始降低时，就会切断蓄电池和负荷间的电路，从而保护电池。在此设计中，8Ah 的电池最大放电为 5~10C，故设定过流保护的电流为 40A，短路保护为 55A（低于 10C），并可按需要设定过流及短路电流。

在放电电流保护中，最大延时为 12ms，最大恢复时间为 1.2ms；当电压低于-0.2V 时，表示该电路正在充电，保护 IC 的 Cout 管脚被转换成低电平，以防止电池的充电过电流。在此基础上，采用了长达 8ms 的充放电电流保护，实现了 1.2ms 的快速恢复。根据 CPU 的应用模式，稳压器可以分为三种模式：MR 模式、低功耗模式和低功耗模式。

2.2 均衡电路

因为电池在应用中材质的不均和电池在应用中工作温度、寿命等方面存在不同，因此导致电池内部电阻、端电压、容量等

参数不相同。经过对十五个电芯的并联测试，发现电池组内电阻出现较大的误差，在应用时极易造成电池温度不平衡，不仅会对电池的循环寿命形成不良的影响，甚至容易造成电池火灾。

设定电芯可充电的最大电流为 3.65V，而可放电的最低电流则是 2.5V。因此在充电阶段，可以将平均的启动电流设置为 3.5V（如果单个节电芯的电压超过 3.5V，则会开启能量平衡电路）。而随着电流的增大，能量平衡电流的逐渐增大，平衡蓄电池的能量，具有短路保护、过载保护、温度保护、充电保护、改善滞后等功能。当电芯的电压达到 3.65V 过充保护时，充电线路就会被切断，并得到保护。

三、锂电池保护板的使用注意事项

为了确保电池的安全，必须在电池、电池砖和电池板的各个层面都安装熔断器，以避免电池系统的过热和过高的电流。锂离子电池防护板的保护电压不能超过 3.6V，均衡电压应该是 3.4~3.5V，而电池的放电保护电压通常是 2.5V 或更高，并且满足一定的安全距离。锂离子电池的工作温度在-10~50℃之间，25℃为最佳，最大工作温差不能超过 5℃。另外，逆变器、逆变器、可控硅稳压器等设备的比重愈大，则其功率因数愈低。所以，要使电气设备的温度达到规范的要求，就必须在接触点处不得有间隙、不牢固、接触压力等。另外，对设备的老化也要引起重视。如设备发生故障，施工现场人员不得随意搬动。对现有的设备进行检修，要对其进行评价和分析，再由专业的维护人员对其进行检修和替换。在设备的操作中，要经常对高品质的配件进行维修，并对其进行更换，以保证其工作性能，满足现场的使用需求。

另外，根据不同的锂电池参数，不同的保护片类型也会有差异。一般情况下，锂电池都是有固定阈值的。因为锂电池需要在正常的工作电压和电流下工作，如果发生短路等故障，很容易造成电芯损坏，造成的影响很大。这也就意味着，如果设备管理不善，设备的性能也会大打折扣。如果设备出现了异常故障，最好先与设备厂家协商，或者请设备厂家到现场检查后再进行维修。

结语

总之，该锂离子动力电池保护板的充分利用，不仅可以实现整个电池组件的输出电压、频率的独立调整，保护电路的安全性和可靠性得到有效保障。而且可以有效提升国内动力电池的整体水平，改变目前国内动力电池行业的“一超一强”的局面。这一产品不仅能突破国外的技术垄断，还能使公司“走出去”，在世界范围内开展有力竞争，让中国新能源汽车行业的高质量、可持续发展提供有力的工业支持，并为更多的下游企业提供良好的发展环境。

参考文献：

[1]谢凯.纯电动汽车动力电池双向反激式变压器均衡系统的设计与实现[D].桂林电子科技大学,2017.
 [2]张永杰.纯电动汽车动力型锂电池管理系统的设计与研究[D].浙江工业大学.
 [3]韩福江,冀明路,蒋众,等.电动车动力系统测试平台的设计与实现[J].电机与控制应用,2021,48(2):8.
 [4]郭海军.基于驱动电机动力的锂电池组均衡系统设计及应用[J].世界有色金属,2020(2):2.
 [5]王佳元.在纯电动车上实现自主发电增程的子系统及方法:,2021.

作者简介：赵建华（1978年7月）男，汉族，江苏南通，大专，高级工程师/总经理，研究方向：新能源。