

水中兵器锂离子动力电池安全性问题的几点思考

胡光

(海军装备部,山西 太原 030027)

TJ610.4

A

1003-773X(2013)03-0123-02

锂被誉为“能源金属”,锂电池是目前综合性能最好的电池体系。锂离子动力电池是20世纪开发成功的新型高能电池,具有比能量高、重量轻、体积小、寿命长、无记忆效应、绿色环保无污染等优点,在动力电源领域得到迅速发展,其应用领域包括数码产品、家用电器、电动汽车、航空航天和武器装备等。随着技术的不断进步,锂动力电池性能不断提高,锂电池单体容量越来越大,水中兵器采用锂动力电池动力电池不仅拥有良好的低噪声性能,便于躲避对方声纳等探测设备,而且二次锂电池能多次重复使用,便于部队训练,节约使用成本,具有很高的经济性。世界上许多国家都已在水中兵器和小艇等装置上试用锂离子动力电池。锂动力电池为未来水中兵器的发展提供了很好的选择,但是其安全性成为其在水中兵器领域应用过程中的一大瓶颈。

法国 SAFT 公司是世界著名的锂电池生产公司,其各种型号锂离子电池已广泛应用于卫星、UUV(无人水下航行器)以及各类便携式电子设备上。目前该公司生产的圆柱型单体锂离子电池比能量达到 $143 \text{ W} \cdot \text{h/kg}$, 80% DOD 的比功率为 345 W/kg , 为装备潜艇而制造的锂离子动力电池,单体容量为 3000 Ah 级。

美国 YARDNEY 公司已为水下军事装备研制了三款锂离子动力电池,包括:1) 水下无人作战平台(UUV)电池系统,总能量 $10 \text{ kW} \cdot \text{h}$, 360 块单体容量 8 Ah , 电压 324 V 。2) 全电动鱼雷高功率锂离子动力电池系统,由 100 块单体容量 25 Ah 的锂动力电池组成电池组,最大功率密度 650 W/kg 。3) 袖珍潜艇装置(ASDS-1)的高能量锂离子动力电池系统,2005 年首次安装于 ASDS-1 艇,锂离子电池总能量 $1.2 \text{ MW} \cdot \text{h}$, 单体电池能量密度 $170 \sim 200 \text{ W} \cdot \text{h/kg}$ 。

我国锂离子动力电池研制始于 20 世纪,随着我国大规模资金的投入,以及“863”电动汽车重大专项的实施,锂离子电池有了较大发展,生产的锂离子电池性能与国外产品相当。目前我国锂离子动力电池主要包括

电动自行车电池、特种车用电池和电动汽车用电池等,各种锂离子动力电池均处于产业化起步阶段,国内单体容量已突破 500 Ah , 并通过了国家电动汽车安全性测试项目,性能良好。比亚迪公司 2008 年 12 月份推出的 F3DM 双模式纯电动车其搭载的锂电池,输出功率为 125 kW , 锂电池续驶里程达 100 km 以上^[1]。

1) 正极材料不同,安全性不同。民用产品中,目前的正极有钴酸锂和锰酸锂两种量产的材料产品。钴酸锂比能量高,但氧化性强,在 175°C 时就会分解,壳体泄漏,与空气接触,发生燃烧、爆炸。锰酸锂材料,结构稳固,氧化性能远远低于钴酸锂,分解温度超过钴酸锂 100°C , 即使由于外力发生内部短路(针刺),外部短路,过充电时,也完全能够避免由于析出金属锂引发燃烧、爆炸的危险^[2]。

2) 隔膜的设计与选取,对安全性有较大影响。隔膜作用是隔离电芯正、负极片,以防止卷芯内部正、负极片直接接触造成短路,从微观角度看,隔膜表面为网状结构。区分隔膜通常按厚度、宽度进行划分,铝壳锂离子电池使用的隔膜厚度通常为 $16 \mu\text{m}$ 、 $18 \mu\text{m}$ 、 $20 \mu\text{m}$ 等,动力电池使用的隔膜厚度以 $30 \mu\text{m}$ 以上为主流。当电池内部温度达到 130°C (锂离子电池国家标准 GB 18287—2000) 以上时,隔膜的网状孔将闭合,以达到阻止电芯内部温度继续升高的作用,从而保护电芯产生爆炸的危险,隔膜在电池内部温度过高时还能融化,以防止电池爆炸。

3) 电路保护的设计至关重要。保护电路起到防止过充电、过放电、超大电流的作用,通过限制电池的放电电压延长电池寿命。主要原理是通过测量每一只电芯的电压和总电流,控制开关电路进行整个回路的关断。保护电路是基于电阻、电容,开关 MOS 管等电子元器件组成的 PCB 电路,各个元器件都存在失效的可能性,导致电池保护失效影响电池的安全性,因此,保护电路的设计是否合理,可靠性是否足够高,极大地关系到电池安全性。

4) 电池使用环境及方法对安全性影响很大。一

般锂离子电池工作温度范围为 $-25\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$,应避免在严酷条件下使用(高温、高湿度、夏日阳光下长时间暴晒等),避免将电池投入火中;避免激烈碰撞,外部的激烈碰撞也会增加其安全风险。

由于水中兵器作战环境的特殊性,以及日后部队在使用、训练、存放过程中的特殊要求,决定了锂离子动力电池在选型时必须考虑以下几个问题。

1) 选择安全的正极、电解液等原材料。应尽量避免安全性差的正极材料。例如:避免选取钴酸锂,而选取锰酸锂和磷酸亚铁锂等比能量虽然较低,但安全性较高的材料。锰酸锂和磷酸亚铁锂比较适用于中等容量的动力电池,这已经是国际上一个比较认可的技术选择,在容量、安全性、循环寿命等多方面都已经完全能适应普通动力设备的要求。但是动力锂离子电池电解液溶剂体系仍然存在着易燃易爆的缺点,虽然通过多种方式安全性已大大提高,但其本身的可燃性仍然存在,因此,有针对性研究一些阻燃添加剂或使用离子液体,才能从根本上解决电池易燃易爆的问题。

2) 选择热关闭性能好的隔膜。隔膜热关闭性能好坏直接影响电池的安全性能,选择合适的厚度、形状及材料,并在隔膜中加入能够在高温下自动封住孔的有机添加剂,以使温度升高时,在隔膜及时关闭,从而使内阻上升,让内部反应停止下来,保证电池的安全性。

3) 设计安装防爆阀。防爆阀是电池的重要防护设施,当电池内部压力或温度达到预置的标准时,防爆阀打开,进行卸压,以防止内部气体积累过多,发生形变,导致电池壳体爆裂。

4) 要有良好的保护电路。通常保护电路设计是否合理,可靠性是否足够高,是电池安全性重要体现。

失效的保护电路会出现开路或导通两种状态,当开路时会导致用户不能使用电池组,而导通的状态将会考验电芯抗过充的能力,因此,除了合理的设计外,一定要按照水中兵器电子电路使用要求,做好元器件筛选、环境试验、失效分析等各类试验并严格测试。

5) 重视特殊使用环境下的安全性研究。安全是武器装备使用的基本要求,应该不惜牺牲重量比能来换取锂电池安全性;同时,为满足水中兵器特殊的水下环境及存储要求,锂离子动力电池安全性测试试验应考虑水下环境要求。

6) 注重生产、使用和存储安全。严格按照国标、国军标做好电池过充试验、短路试验、针刺试验以及热冲击等各项安全试验;并避免在装配、存储、运输、使用过程中由于人为操作不当或在超过设计要求的严酷条件下使用造成的安全伤害。

对于依靠电池提供动力的水中兵器来说,其核心技术在于电池,锂离子动力电池是当今动力电池行业研究的热点,是未来最有可能取代现有水中兵器传统动力电池的理想电源。随着锂离子动力电池使用经验的逐渐积累与生产制造技术的不断成熟,可以预见,锂离子动力电池应用于水中兵器是必然趋势。我国的锂离子动力电池发展水平与国外基本相当,只有加快研制步伐,满足水中兵器使用安全性高、环境温度范围宽、充放电功能性强、倍率放电使用性好等条件的锂离子动力电池,才能使其在水中兵器领域得到广阔的应用。

- [1] 陈新传,宋强,吕昊. 国内外锂离子动力电池发展概况及启示[J]. 船电技术, 2011(4):2-3.
- [2] 吴凯,张耀,曾毓群,等. 锂离子电池安全性能研究[J]. 化学进展, 2011(3):405-407.

Discuss the Safety of Lithium-ion Batteries Used on Underwater Weapons Naval Representative Office in Taiyuan Area

HU Guang

(Naval Equipment Department, Taiyuan 030027, China)

Abstract: With the development of high power lithium-ion batteries, the safety of lithium-ion batteries is more and more important. In the paper, the safety of lithium-ion batteries used on underwater weapons naval is analyzed.

Key words: lithium-ion batteries; underwater weapons naval; safety

(上接第122页)

Finite Element Analysis for Unloading Frame of Belt Conveyor

GUO Wei

(Shanxi Coal Mine Machinery Manufacturing Corporation Taiyuan 030031, China)

Abstract: The solid model of the unloading frame of belt conveyor is built in PRO/E software, and transferred from PRO/E to Workbench finite element software, then it is analyzed by Workbench. In according to the analysis results, the design of the unloading frame satisfied all requirements of the intension and the tolerance completely.

Key words: belt conveyor; unloading frame; finite element analysis

水中兵器锂离子动力电池安全性问题的几点思考

作者: [胡光, HU Guang](#)
作者单位: [海军装备部, 山西 太原, 030027](#)
刊名: [机械管理开发](#)
英文刊名: [Mechanical Management and Development](#)
年, 卷(期): 2013(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jxglkf201303064.aspx