



自动化集装箱码头 AGV 锂电池选型比较

陈迪茂¹, 金 祺¹, 江 华²

(1. 上海国际港务(集团)股份有限公司, 上海 200080; 2. 上海振华重工(集团)股份有限公司, 上海 200125)

摘要: 针对超大型全自动集装箱码头 AGV 锂电池选型问题, 就国内外锂电池的发展及优劣势进行分析, 并针对洋山四期 AGV 特有的工况及布置模式进行方案比选, 最终选择 GSY LIM50H-12 15S10P 锂电池。该电池既满足 AGV 连续 8 h 运作的要求, 也满足在电池组内安装散热装置、以防电池过热的要求。

关键词: 自动化集装箱码头; AGV; 锂电池; 选型

中图分类号: U 656.1⁺35

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)09-0091-05

Selection of AGV lithium battery in automatic container terminal

CHEN Di-mao¹, JIN Qi¹, JIANG Hua²

(1. Shanghai International Port (Group) Co., Ltd., Shanghai 200080, China;

2. Shanghai Zhenhua Heavy Industries Co., Ltd., Shanghai 200125, China)

Abstract: For the selection of reasonable AGV lithium battery, we analyze the development conditions and relative merits of foreign lithium batteries and compare different lithium batteries under Yangshan Phase IV's unique operation requirements and overall layout conditions. Eventually we choose GSY LIM50H-12 15S10P lithium battery, which not only meet the requirements of the AGV 8 hours continuous operation, but also satisfy the battery radiator installation, in case of the battery overheat.

Keywords: automatic container terminal; AGV; lithium battery; selection

1 国内外锂电池厂商介绍与比较

1.1 国内锂电池厂商比较

随着电动汽车的发展, 中国动力锂电池产业近几年取得重大进步。在港口领域引入新能源, 实现“绿色港口”成为新的课题。在选取锂电池过程中, 笔者对国内几家著名电池厂商进行比较。

天津力神电池股份有限公司、立源新能源有限公司、ATL 主要生产能量型磷酸铁锂电池为主, 而微宏动力系统(湖州)有限公司以生产功率型钛酸锂电池为主。就企业规模及主要业绩而言, ATL 在国内锂电池行业中独树一帜, 但从研发能力来看, 微宏更致力于电池材料配方及各种测试实验的更新, 并投入大量研发资金, 用于新材料、

新配方的开发, 极有可能成为行业的后起之秀。另外, 国内锂电池低廉的价格也将成为打开国际市场的一个重要突破口^[1]。

1.2 国外锂电池厂商比较

全球锂电池基本可分为能量型与功率型, 以中、日、韩为主导的市场格局已经形成, 三者合计市场占有率约 90%。在选取锂电池过程中对日本的日立、东芝、GSY 等几家国外著名电池厂商做进行比较。

日立主要生产电池电芯, 其材料以三元材料及锰系为主, 东芝主要生产的电池电芯为功率型钛酸锂电池, 而 GSY 主要生产的电池电芯为功率型钛酸锂电池已经在美国波音 787 客机上使用(表 1)。

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 陈迪茂(1974—), 男, 高级工程师, 从事工业电气自动化设计工作。

表1 东芝、日立、GSY 综合比较

电池厂家	东芝	日立	GSY
企业规模	中	大	低
研发能力	弱	强	中
制造工艺	中	先进	先进
主要业绩	中	低	高
充电方式	快充	快充、换电	快充、换电

由表1可知,在锂电池产业发展方面,日本锂电池厂商技术实力雄厚,生产自动化程度高,产品质量好,得到了全球的广泛认可。日本锂电池核心科技最具代表性的企业包括:东芝、日立、GSY。就企业规模、研发能力及制造工艺等方面而言,日立化成株式会社凭借着有机能材料部分、先端部品系统部分等技术,在行业内鹤立鸡群。GSY则凭借着工程机械蓄电池成为行业中的佼佼者,其生产的高性能电池在美国波音787客机得以成功应用。东芝凭借着钛酸锂锂电池在青岛自动化码头AGV动力源项目中成功中标,在自动化码头水平运输动力系统选择问题上具有向导作用^[2]。

1.3 国内外锂电池厂商比较

经过20多年的发展,中日韩已基本上垄断了全球锂电池供应市场,市场份额高达95%,其中日本市场份额达60%以上。

相较于日本,中国锂电池企业技术水平亟待提高,发展水平尚落后于发达国家,但在制造规模及劳动力成本方面,中国优势明显。此外,近几年来中国政府加大对锂电池相关产业的投资力度,使其产业链日趋完善,发展速度惊人。通过多方面的考虑及对比,在选择洋山四期AGV锂电池时,主要瞄准市场占有率最高且产品最成熟的日本进口高性能锂电池。

2 锂电池种类及其优缺点比较

锂离子电池具有高温性能好、自放电率低、安全性、耐用性、使用寿命长及综合性能较好等优势,在港口领域具有广阔的市场前景,目前市场上运用比较多的锂电池种类包括:磷酸铁锂电池、三元锂电池、钛酸锂LpTO电池。

2.1 磷酸铁锂电池

磷酸铁锂电池是指用磷酸铁锂作为正极材料的锂离子电池,标准充电5h后可以使用,在使用专用充电器的情况下,1.5C充电40min即可使电池充满。同等使用条件下,磷酸铁锂电池理论寿命将达到7~8a,循环寿命可达到2000次,性价比理论上为铅酸电池的4倍以上,是目前市场上运用最广泛的锂电池。目前厦门远海自动化码头AGV就采用磷酸铁锂电池。

2.2 三元锂电池

动力型三元锂电池的正极材料主要有改性锰酸锂(LiMn₂O₄)、磷酸铁锂(LiFePO₄)和镍钴锰酸锂(Li(Ni,Co,Mn)O₂),由圆筒形的电池罐构造,具有较好的耐震性和抗冲击性。三元锂电池在DOD使用区间为70%时,循环1.5万次后电池容量可以保持在75%以上,同时三元锂电池具有良好的低温特性,在-10℃的条件下也可持续大电流充电。

目前港口行业使用纯锂电池的设备较少,应用三元锂电池的大型设备更是寥寥无几,就目前市场纯电动车型而言,只有特斯拉等国外少数厂商使用的是三元锂电池。但是,随着三元锂电池安全性的提升,三元锂电池将会成为未来锂电池发展的主流方向。

2.3 钛酸锂LpTO电池

钛酸锂电池与其它电池最大的不同之处在于负极材料使用了钛酸锂,而非传统的石墨(碳)等材料,正极由三元材料组成,其最大的特性是负极材料的安全性高,无热失控、无锂枝晶(锂枝晶生长到一定程度便会刺破隔膜,造成正负极短路)析出。在6C充电,6C放电,100%DOD的条件下,钛酸锂LpTO单体电池的循环寿命超过2.5万次,剩余容量超过80%,同时由电芯产生的胀气现象不明显,不影响其寿命。

武汉港所拥有的一台RTG(600V、60AH)及连云港所拥有的2台RTG,均使用钛酸锂电池,运行至今已将近两年时间。青岛前湾自动化码头也使用钛酸锂电池作为其AGV的动力源,目前尚

未投入使用。

2.4 各类锂电池综合比较

各类锂电池综合比较结果如表2所示。

表2 磷酸铁锂电池、三元锂电池、
钛酸锂 LpTO 电池综合比较

	磷酸铁锂电池	三元锂电池	钛酸锂 LpTO 电池
循环性能	低	中	极高
能量密度	低	高	低
寿命	中	中	长
成本	低	中	高
实际运用	普遍使用	发展趋势	未普遍推广

磷酸铁锂电池成本低廉且安全性较高,被广大电动汽车所采用。但其循环性能及能量密度低的特点限制其进一步发展。

三元锂电池能量高,循环性能好,是未来锂电池发展的主要方向。但三元材料研发起步晚,在民用行业应用的安全性开发和验证还不够成熟,若能成功提高其安全性能,三元锂电池将成为未来发展的趋势。

钛酸锂电池作为功率型电池的代表,拥有极高的循环性能及寿命,其他电池在这两点上无法与之媲美。但极低的能量密度及高昂的价格是目前尚未攻克的难题^[3]。

3 实际案例分析—洋山四期AGV锂电池选型

3.1 洋山四期AGV锂电池需求概述

洋山四期的锂电池是水平运输工具AGV的动力源,对其主要有以下几点要求:

1) AGV动力及其辅助部分的电力应由全(锂)电池提供,供电电压为600~720 V DC。

2) 由于电池组安装于屏内,需考虑散热问题,必要时可自行启动强制通风方式进行散热,以防电池过热。

3) 电池设计使用寿命为8 a,1 a内的工作时间为6 000 h,设备利用率为70%,能满足频繁快速充电工作模式^[4]。

3.2 洋山四期锂电池技术难点

洋山四期AGV动力及其辅助部分的电力由全锂电池提供,且锂电池配置容量需满足全自动化

码头大于或等于8 h连续作业的需求。此次AGV电池系统将采用整体换电形式,为便于换装,所有电池都排放在一个电池包内,根据AGV的要求,整体电池包尺寸不大于2 900 mm×2 800 mm×680 mm(L·W·H)。

通过计算机模拟,AGV每小时运行9个循环,每个循环耗电3.9 kW·h(根据理论,AGV单位小时内运行的循环次数越多,行驶的距离越短,电能消耗随之降低),8 h耗电总量约为281 kW·h,额定的电池容量将会超过300 kW·h。

在电池包狭小的空间里,既要布置300 kW·h锂电池,又要满足电池散热要求,这对于电动汽车来说是绝无仅有的。另外,为了满足平均电池更换时间小于等于6 min的要求,备用电池的数量需大幅减少,即所选锂电池还需具备能够承受大电流充电的功能。

3.3 洋山四期锂电池选型比较

由于目前常规的磷酸铁锂电池及钛酸锂电池难以达到电池容量满足连续运行 ≥ 8 h及高能量密度的要求,洋山四期将锂电池选型的考虑范围缩小到主要生产三元锂电池的GSY与日立中。

3.3.1 日立CH75-6电池性能指标介绍

日立CH75-6电池标准模块由6个容量为75 AH、3.7 V的电芯串联而成。电池电芯为三元材料,主要以锰系为主^[5]。

1) 安全性:6电池由圆筒形的电池罐(SUS不锈钢材料)与卷回试电机构造,具有较好的耐震性和抗冲击型。

2) 循环寿命:电池的循环寿命跟放电深度有着很大的关系,DOD使用区间为70%时,1.5万次循环后容量为75%以上;DOD使用区间为40%时,50万次循环后容量为75%。

3.3.2 GSY LIM50EN电池性能指标介绍

GSY LIM50EN标准模块为能量型电池,整个模块由12个47.5 AH、3.7 V的电芯串联组成,电池材料为三元材料。

1) 快速充电:可持续使用10 C电流进行充

电, 10 min 可快速充至 80% 容量, 最大瞬时充电电流可达 24 C (14 s)。

2) 低温特性: -25 °C 时系统放电容量为 90%, -10 °C 时推荐使用 1C 电流进行充电, 0 °C 时推荐使用 2 C 电流。

3) 电芯内阻小: 电芯内阻为 0.4 ~ 0.5 mΩ,

同等 SCIB 为 1 mΩ。

4) 循环寿命: 电池在满充满放的情况下使用寿命为 9 300 次。

3.3.3 GSY LIM50EN、日立 CH75S-6 综合比较

GSY LIM50EN、日立 CH75S-6 对比情况如表 3 所示。

表 3 GSY LIM50EN、日立 CH75S-6 综合比较

特征	电池组型号	尺寸/mm	额定电压/V	最高电压/V	最低电压/V	预期放电深度/%	额定容量/Ah	额定能量/(kW·h)	可用能量/(kW·h)	循环寿命/周期	设计寿命/a
GS YUASA	LIM50EN	W:28×D:475× H:151	675	738	522	90	500	338	304	5 500 (100%DOD)	10 或 以上
日立	CH75S-6	W:171.3×D:44.1× H:98.1	621.6	705.6	604.8	65	656	407.8	282	5 000 (100%DOD)	10

就锂电池性能而言, GSY LIM50H-12 与日立 CH75-6 不相上下, 两者均能够满足洋山四期严苛的作业需求。

3.4 洋山四期锂电池方案比选

3.4.1 日立锂电池方案

1) 30S5P 方案。

30S5P 的电池箱体尺寸为 2 900 mm×2 800 mm×680 mm。30S5P 方案的总电量为 273 kW·h, 可用电量为 177.5 kW·h, 连续运行时间为 5.06 h。30S5P 方案不满足连续运作 8 h 要求。其布置方案见图 1。



图 1 日立 30S5P 方案布置

2) 29S7P 方案。

29S7P 的电池箱体尺寸为 2 900 mm×2 800 mm×680 mm。29S7P 方案的总电量为 370 kW·h, 可用电量为 283 kW·h, 连续运行时间为 8 h。其布置方式见图 2。

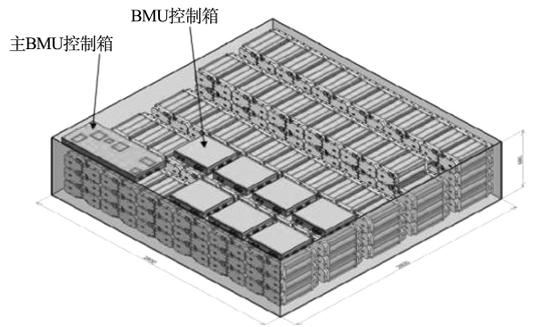


图 2 日立 29S7P 方案布置

3.4.2 GSY 锂电池方案

GSY 提供了 15S10P 方案, 其电池箱体尺寸为 2 900 mm×2 800 mm×680 mm。15S10P 方案的总电量为 338 kW·h, 可用电量为 304 kW·h, 连续运行时间为 8 h。其布置方式见图 3。

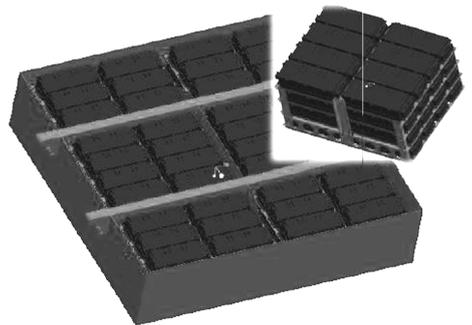


图 3 GSY 15S10P 方案

3.4.3 洋山四期锂电池方案比选结果

就锂电池性能而言,GSY LIM50H-12与日立CH75-6均能够满足洋山四期的基本需求。日立原30S5P方案,在空间尺寸上能满足要求,但不能满足洋山四期连续运作8h的苛刻要求。29S7P方案在容量上能满足AGV的续航要求,但电池箱的设计未考虑主体结构、承重、换电货叉承载点、通风、电池固定等重要环节。通过以上分析可知,日立提供的锂电池方案无论是在电池包设计方面,还是在整个AGV车辆总体设计方面都是不符合洋山四期要求的。GSY LIM50H-12 15S10P方案既满足了AGV连续8h运作的要求,也满足了在电池组内安装散热装置,以防电池过热的要求。故为洋山四期选用GSY锂电池方案。

4 结语

1) 对比国内外锂电池厂商发展现状,发现日本锂电池市场占比最高,且技术领先于其他国家。

2) 对比各类锂电池,总结出各自优缺点:磷酸铁锂电池成本低廉且安全性较高,但其循环性能及能量密度低;三元锂电池能量高,循环性能

好,但起步晚,技术有待提高;钛酸锂电池循环性能强,但能量密极低度,价格高昂。

3) 通过对洋山四期AGV锂电池方案选择过程进行介绍,进一步说明锂电池方案比选流程及需考虑因素,为其他类似工程提供参考。

参考文献:

- [1] 陈猛,史鹏飞,程新群.塑料锂离子电池研究概况[J].电池,2000,30(3):129-133.
- [2] Xue Z, Chen C. Progress in studies of lithium salts for li-ion battery in nonaqueous electrolytes[J]. Progress in Chemistry, 2005, 17(3): 399-405.
- [3] Bruce P G, Scrosati B, Tarascon J M. Nanomaterials for Rechargeable Lithium Batteries [J]. Angew Chem, 2008, 47: 2 930-2 946.
- [4] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.上海国际航运中心洋山深水港区四期工程初步设计[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2014.
- [5] 张国钧,姜长邱,万春荣,等.锂离子蓄电池锰氧化物正极活性材料[J].电源技术,2001,25(5):175-178.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第86页)

该方案尤其适用于水-水中转比例高、港区间存在一定比例互拖箱作业的集装箱港口,能有效解决海陆侧轨道吊作业量不均衡、海侧装卸系统效率对船舶大型化趋势的适应性差、互拖箱的装卸成本高等问题,提高全自动化集装箱码头的适应性。

2) 该自动化堆场工艺方案可根据项目的集疏运方式和陆域纵深等调整不同形式轨道吊的配置比例,并结合泊位功能和陆域条件采用均匀地间隔布置或集中布置的平面布局方式,方案应用上具有一定的灵活性和适用性。

3) 所提出的多种形式轨道吊在自动化堆场的

应用方案在洋山四期工程中得到了实际应用,取得了堆场容量、作业效率、设备投资和营运成本的最优化。

参考文献:

- [1] 林浩,唐勤华.新型集装箱自动化码头装卸工艺方案探讨[J].水运工程,2008(10):30-34.
- [2] 宓为建,杨小明,舒帆.自动化集装箱码头箱区作业仿真分析[J].集装箱化,2014(12):19-22.
- [3] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.上海国际航运中心洋山深水港区四期工程初步设计[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司2014.

(本文编辑 郭雪珍)