

日本新型二次电池工业发展 及其与中国的比较

郭红霞, 刘园

(河南机电高等专科学校, 河南新乡 453002)

摘要:在新型二次电池产业的发展中,氢镍电池市场不断萎缩,锂离子电池市场正处于黄金时代。通过对日本和中国新型二次电池产业发展历程分析,我国主要针对低端市场,高端市场为日本占据,并从日本发展经验中提出了可供我国锂离子电动车电池发展的借鉴之处。

关键词:氢镍电池;锂离子电池;产业化;电动车

中图分类号:TM911

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2015)02-0009-04

Development of new secondary battery industry in Japan and its comparison with that in China

GUO Hong-xia, LIU Yuan

(Henan Mechanical and Electronic Engineering College, Xinxiang 453002, China)

Abstract: During the development of new secondary battery industry, the market of Ni-MH battery keeps dropping. At the same time, the lithium ion battery keeps growing its market share and is in a golden age. Based on the analysis of the progress history of the secondary battery industry, it is found that secondary battery industry in China mainly aims at the low-end market but that in Japan occupies the high-end market. The experience of Japan can be used for reference to develop the electric vehicle battery in China.

Key words: MH-Ni battery; lithium-ion battery; industrialization; electric vehicle

氢镍和锂离子电池是近 20 多年才发展起来并形成规模化生产的新型二次电池,我国的新型电池产业经过十几年的快速发展已经初具规模,在世界市场上占有十分重要的地位。本文通过镍氢电池在中日发展及在电动车上的应用历程,对比锂离子电池在我国发展,分析、讨论了我国电动车在发展中的问题和前景,希望从中寻找一些值得我国锂离子电池工业发展的借鉴之处。

1 新型二次电池工业的发展历程

1.1 中日氢镍电池工业的发展历程

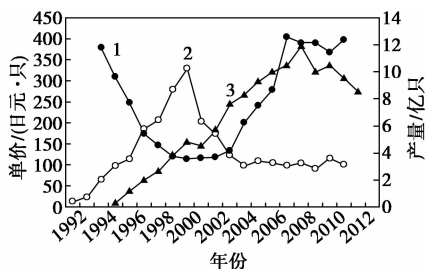
1969年,荷兰飞利浦公司发现了在室温条件下具有良好贮氢性能的 La-Ni 合金,进入 80 年代后,人们把研究重点转向以贮氢材料为负极的氢镍二次电池。日本经过 8 年多持续研究,于 1990 年首先将镍氢电池商品化,并迅速实现了产业化,2000 年前一直占据了全球镍氢电池 90% 以上的市场份额。日本各电池公司使用的几乎都是稀土系 AB₅ 贮氢材料,而且稀土主要从我国包头进口^[1]。

氢镍电池与传统的镉镍电池相比,工作电压相

同,但能量密度提高 1 倍,而且,取代了重污染金属镉,因此,最早被称为绿色环保电池,是取代镉镍电池最好的选择。从技术看,氢镍电池与镉镍电池相比,主要是电池的负极活性物质不同,用金属氢化物代替镉,在生产工艺上与镉电极的生产工艺基本相同,只是活性物质由海绵镉改为了吸氢稀土合金粉,但在氢镍电池发展中,正负极导电骨架采用泡沫镍技术,镍正极活性物质开发了球形亚镍,进一步提高氢镍电池能量密度,因此,氢镍电池的工业化生产技术全面继承了镉镍电池的生产方式。

1989 年日本松下、东芝相继推出了氢镍电池,松下至 1990 年底氢镍电池月产已达 40 万~50 万只,东芝于 1991 年春月产也达 10 万只^[2]。2000 年后,由于高昂的人工费用,日本电池的利润空间被严重挤压,松下、汤浅、三洋陆续将消费类镍氢电池生产转移到中国,逐渐退出该类氢镍电池本土生产,将发展重点转移到附加值更高的锂离子电池,仅专注电池一致性要求高、技术要求高的电动车用氢镍电池生产。日本电池历年产量及价格见图 1^[2-11]。

上世纪 90 年代中期,由于锂离子电池技术发展



1—单价/日元;2—日本氢镍电池产量/亿只;3—中国产量

图 1 氢镍电池历年产量及单价

和价格的降低,氢镍电池市场被蚕食,随着环保要求,电动车电池市场成为氢镍电池的新市场。日本开始进行在电动汽车用氢镍电池研究,丰田和松下电池公司合建的松下电动汽车能源公司推出了丰田普锐斯混合动力车,并使氢镍电池得到市场化,从 1997 年推出,当年销售 1.8 万辆,2007 年突破 100 万辆,至今已销售 500 万辆,并带动日本氢镍电池产量及价格提高^[12-13]。

我国早在上世纪 70 年代开始探索研究贮氢材料 LaNi₅ 作电极材料的可能性。进入 80 年代,国家科委将吸氢材料和氢镍电池的研究列入 863 高新技术计划,在 90 年代初,也开发出了氢镍电池,并由三捷公司率先推出^[14],755 厂 1992 年底通过生产定型,其水平接近当时日本氢镍电池水平。但在我国氢镍电池产业化的道路上走得十分艰难,早期氢镍电池生产厂家使用的主要是块状泡沫镍^[15],这导致电池电极生产过程的间断性,进而也决定了电池品质的一致性差,直至 90 年代末,在长沙力元公司连续泡沫镍投产后,这一局面才得到较大改变。我国氢镍电池产量与日本氢镍电池产量对比见图 1^[15-18]。

我国氢镍电池在电动车上应用的研究也比较早,国家也把镍氢电池在电动车上使用列入 863 计划,1993 年就研制氢镍纯电动样车,但是,我国氢镍电动车没有一款形成规模化生产。

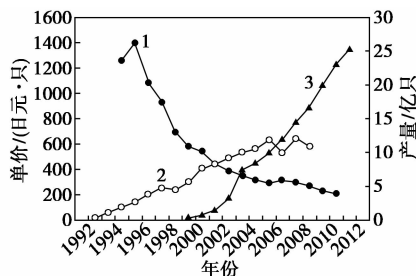
1.2 中日锂离子电池工业的发展历程

自阿曼德(Armand)于 1980 年提出了摇椅电池(RCB)概念后,日本索尼和三洋公司分别于 1985 年和 1988 年开始了锂离子电池的实用化研究。索尼于 1990 年率先开发成功,并于 1991 年量产^[19]。

锂离子电池工作电压较高,一个锂离子电池单体的工作电压为 3.7 V(平均值),相当于三个串联的镉镍或氢镍电池;比能量高,同时自放电率低;而且,它不含镉、铅、汞等有毒有害物质,被视为绿色、无污染电池。与手机电源工作电压相当,是手机的

理想电源。

日本凭借强大工业化实力,锂离子电池产量迅速提高,至 1996 年日本锂离子电池产量达 1.254 亿只,主要由索尼、三洋、松下等几家公司生产,在 2000 年以前,锂离子电池产业基本由日本独霸,其锂离子电池产量占到全球的 95% 以上^[20]。随着中国和韩国的迅速崛起,日本垄断的局面才逐渐被打破。日本锂离子电池历年产量及价格见图 2^[2-11]。



1—单价/日元;2—锂离子电池产量/亿只;3—中国产量

图 2 中日锂离子电池历年产量

我国早在上世纪 80 年代初期,就开始了锂二次电池的开发研制工作,但一直未能取得突破。在 2000 年以前,锂离子电池产业化基本处于摸索的阶段,进入 2001 年以后,以比亚迪为代表的企业,在我国优良的投资环境和相对低廉的人工成本条件下,自主研发了以人力为主的自动化和人力操作相结合的生产线,相比于日本企业的自动化生产线和高劳动力成本,锂离子电池制造成本大幅降低,成功地实施了低成本的竞争策略,我国的锂离子电池产业开始进入快速成长的阶段,产量年均增长超过 140%,2004 年达到 8 亿只,在全球市场的份额猛增至 38%,仅次于日本,自此形成了中日韩三足鼎立的局面^[21-22]。我国历年锂离子电池产量与日本锂离子电池产量对比见图 2^[17-18,24-25]。随着手机、电脑的发展与普及,中日的锂离子电池都有快速增长,此后,我国的锂离子电池全球份额稳定在 30% 左右,2012 年全球锂离子电池产量约 57 亿只,中日韩三国产量约占到世界产量的 95% 以上,其中中国 25 亿只,包括日韩在华企业 9.5 亿只,占全球 43.8%^[25]。

我国锂离子电池产业经过十几年的快速发展,目前规模很大,但主要以手机市场为主,而手机电池是单个使用,对一致性的要求低,所以在手机电池的生产中,中国企业用手工代替昂贵的设备获得了成本优势。对电池一致性要求很高的产品市场份额有限。

2 中日新型二次电池工业的发展现状

2.1 氢镍电池工业的发展现状

镍氢电池的主要市场是混合动力车 HEV 和消

费类电池产品。2011年 HEV 市场占 56%,零售市场(包括遥控车、玩具、家用电器、数码摄像机等)占 24%,无绳电话占 11%,其他市场为 9%^[18]。由于锂离子电池竞争,氢镍电池市场无论是消费类或 HEV 类,其市场还会进一步萎缩。

全球消费类镍氢电池主要由我国企业或在我国的日资企业生产。根据中国化学与物理电源行业协会的统计分析,2012年我国氢镍电池产量 8.55 亿只,同比减少 9%;销售收入 50.6 亿元,同比减少 8%。出口 6.9 亿只,同比减少 17.5%;出口额 6.51 亿美元,同比减少 8.8%。

日本企业主要生产 HEV 用电池。2010年 HEV 产量约为 90 万辆,其中丰田的产量为 68 万辆左右。2011年受大地震影响,HEV 产量比 2010 年减少 2%~3%,不足 90 万辆。据日本经济产业省统计,2011年日本镍氢电池产量为 3.12 亿只,比 2010 年减少 13%;产值 1 243 亿日元,同比减少 6%。平均单价为 398 日元/只,比 2010 年(368 日元/只)上升 8%。

中日两国氢镍电池产量占全球的 95% 以上。全球镍氢电池 70% 以上在我国生产^[26],其中 88% 用于出口,产品主要用于玩具、照明、普通日用品用电器具等低端电池市场;而高端市场如车载电池则由日本三洋电机占据。因此,我国氢镍电池产量虽高但产值低,仅占 34.0%,而日本占 63.0%。

2.2 锂离子电池工业的发展现状

目前,全球锂离子电池产业主要集中在日本、中国和韩国。我国锂离子电池企业比亚迪、比克、ATL 公司和天津力神 4 家公司的销售量均已进入全球前 10 名,2012 年我国产量 25.3 亿只,同比增加 10%;销售收入 540 亿元,同比增加 8%;出口 11.3 亿只,同比减少 5.6%;出口额 44.64 亿美元,同比增加 4.6%;平均单价 3.81 美元,同比上升 11%。其中,在华日本、韩国等国企业销售收入 240 亿元^[25],因此我国企业生产电池单价较低,电池市场位于低端。

2011 年日本锂离子电池生产受大地震影响,加上日元升值与韩国公司锂离子电池价格下降,竞争力下降,产量减少。据日本经济产业省统计,2011 年产量 10.95 亿只,比 2010 年减少 9%;产值 2 270 亿日元,同比减少 18%;锂离子电池平均单价为 207 日元/只,比 2010 年(231 日元/只)下降 10%。日本锂离子电池主力企业松下和索尼的全球份额为 24% 和 8%,分别下降了 2% 和 3%。

在全球锂离子电池市场,韩国迅速崛起,2011 年,日本所占的份额为 39%,韩国为 42%,我国企业

市场份额不足 19%。在车载锂离子蓄电池方面,日本同样具有明显的竞争优势,2011 年日本所占的国际市场份额高达 79%^[27]。手机和电脑仍是目前锂离子电池主要市场,全球和我国锂离子电池市场分布见表 1。从表 1 中可以看到我国锂离子电池主要以手机市场为主,占比达近 60%,对电池一致性要求很高的笔记本电脑市场份额有限。

表 1 锂离子电池市场分布

市场分类	电脑	手机	电动	数码	电动	新能源	其他	合计
			工具	产品	自行车	汽车		
份额(全球)	36	43	11	5	—	—	5	100
份额(中国)	17	59	11	6	5	2	—	100

锂离子电池产业正处于它的黄金时代。智能手机和平板电脑发展迅速,加大对锂离子电池的需求,车载锂离子电池正迅猛发展,储能电源正成为锂离子电池新的增长点。

3 感想与启示

对比中日的新型电池产业,我们可以发现:日本的新型二次电池工业技术领先、起步较早,但人工成本高正制约着其电池工业发展,逐步丧失了领导者角色;中国的技术总体落后、起步较晚,但优良的投资环境和相对低廉的人工成本,使我国新型二次电池工业快速扩张;技术水平的提高也促进了新型二次电池工业发展。通过对日本新型二次电池工业的剖析及中日对比,可以得到以下启示。

3.1 我国电池工业在核心技术开发不足

我国重视基础研究,但能够坚持长期潜心探索研究单位不多。如氢镍电池基础研究,我国早在 20 世纪 70 年代开始探索研究贮氢材料 LaNi_5 作电极材料的可能性,并在 1980 年试制了 MH-Ni 电池样品。经过一段时间的研究和探索,发现 LaNi_5 在 KOH 溶液中,经过几十次循环性能下降严重,与电池企业合作,研究投入受到抑制,使研究工作陷于低潮,没能持续进行。

日本新型二次电池产业化的成功,首先日本在电池及相关材料的开发上投入了大量资金,进行潜心研究,为新型二次电池的产业化作了大量的前期准备工作,而且日本企业的行业分工非常明确,行业间合作精神强,各企业发挥自己的优势,扬长避短,如生产负极用贮氢合金粉的企业一直搞合金粉研究,不会去开发电池,而生产镍氢电池的企业也不会去生产合金粉,从而避免了低水平重复建设。

3.2 电池产业的发展结合国情才能迅速实现

电池产业的发展结合国情,才会得到迅速发展。比较成功的例子是比亚迪的崛起。比亚迪取得成功的一个很重要因素是根据中国的国情,自主研发以人力为主的自动化和人力操作相结合的生产线。相比于日本企业的自动化生产线和高劳动力成本,比亚迪的锂离子电池制造成本大幅降低,成为挑战日本企业的重要法宝,电池产能得以迅速扩张。

3.3 重视发展电池装备,提高电池质量

电池生产设备主要通过引进日本电池生产线,通过消化吸收。我国镍氢当初在(863)计划的支持和推动下,充分利用我国稀土资源和技术人才的优势,组织攻克了一系列技术难关,20世纪90年代初AA圆柱电池的水平接近日本,但是,由于行业间壁垒,缺少对电池机械所要实现的工艺机理的深入研究,电池机械设备的研制没有及时地跟进,所以,氢镍电池产业化远落在了日本后面。

我们往往在实验室时可以做出性能不错的电池,但是一上生产线就问题百出,特别是电池一致性差,这大大制约了我国电池产业水平升级,特别是向高端市场电池市场发展。而日本企业,其电池的一致性举世公认,其关键应该归功于日本的精良生产设备。

日本电池的生产是在一个全封闭、高度自动化的生产线上完成,几乎没有人为因素的影响。尽管这样的生产线有专用性过强的不足,但是电池一致性和品质得以保证。相比氢镍发展,我国锂离子电池制造装备的研究与制造已进步许多,但在电池装备的自主研发能力上,电池装备制造的精度上、装备运行稳定性和产品质量的控制能力上还与日本相差较远。中国在保留自己设备通用性特点的同时,应该借鉴日本同行通过精良的设备保证产品一致性的思路,加强行业间的协助,及时跟进电池产品研发,开发出与电池生产特点相适应的精度高、性能稳定的设备。

3.4 电池的性能水平与电动车类型接轨,产品定位注重市场接受能力

目前在全球范围内,电动车的研究成为热点,各国政府都纷纷出台支持政策,支持新能源汽车的发展。作为电动汽车电源的锂离子电池自2010年以来,其全球产量正以超过60%(MWH)速度在快速增长,锂离子电池作为电动车电源在我国有巨大的潜在市场,但如何克服锂离子电池价格、能量密度、安全性三大瓶颈,在电动车应用上取得成功,或何时

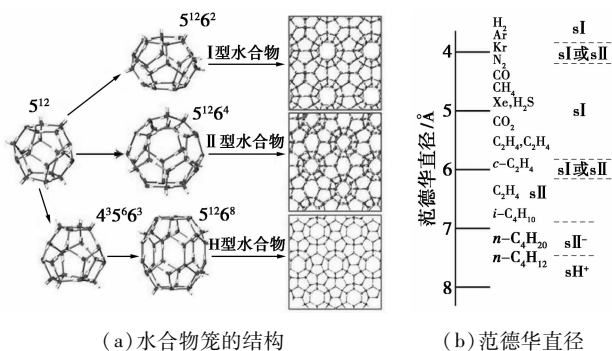
得以大规模扩张,避免重蹈氢镍电池电动车发展老路,还有待市场进一步检验。

日本三洋电机与丰田公司合作生产的以氢镍电池混合电动车普锐斯,很快得到市场认可,一直是电动车的主流产品。其成功经验就是能结合电池的价格、性能水平对电动车进行准确定位,采用混合动力车的形式。

目前,我国新型电动车遍地开花,但主流或为市场接受的车型不多,只有通过汽车与电池行业间的长期通力合作,注重电池、电机和电控关键技术协同攻关,潜心研究电动车技术创新,根据电动车用电池的性能以及发展潜力进行比较论证,综合考虑各种锂离子电池的电性能、安全性、电池材料的资源、对环境的影响、性价比以及发展趋势,结合我国市场接受能力,准确定位电动车车型,确立近期和中期电动车用动力电池,才能使我国电动车为市场接受,形成规模生产,电池产业也会有飞跃发展。

参考文献

- [1] 耿朝青. 稀土镍氢电池的现状及市场前景[J]. 稀土信息, 1999, (6): 3-6.
- [2] 高金良. 日本镍氢电池及其材料的生产情况[J]. 稀土信息, 1994, (8): 14.
- [3] 高金良. 日本蓄电池市场发展动态[J]. 稀土信息, 1997, (4): 27.
- [4] 光明. 日本镍氢电池市场状况[J]. 金属功能材料, 2004, (4): 25.
- [5] 李梅. 日本小型二次电池生产情况[J]. 稀土信息, 2001, (10): 12.
- [6] 刘思德. 日本小型二次电池生产情况[J]. 稀土信息, 2001, (10): 12.
- [7] 刘思德. 日本小型二次电池生产情况[J]. 稀土信息, 2004, (2): 27.
- [8] 刘思德. 日本小型二次电池生产情况[J]. 稀土信息, 2005, (11): 15.
- [9] 王彦. 2005年日本二次电池生产情况[J]. 稀土信息, 2006, (7): 22.
- [10] 刘思德. 2009年日本小型二次电池生产情况[J]. 稀土信息, 2010, (4): 29.
- [11] 刘思德. 2011年日本二次电池生产情况[J]. 稀土信息, 2012, (6): 23.
- [12] 熊碧云, 康海波. 电动车动力锂离子电池的现状与发展趋势[J]. 电源技术, 2013, 37(5): 880-882.
- [13] 张丽华, 夏昕昱. 近年稀土贮氢合金和小型二次电池生产状况及新能源汽车的发展[J]. 稀土信息, 2011, (1): 27-30.
- [14] 蔡锡元, 邱坚华. 三捷公司开发出镍氢电池[J]. 稀土信息, 1992, (5): 8.
- [15] 张聚东. 泡沫镍及镍电池市场[J]. 新材料产业, 2007, (5): 52-58.

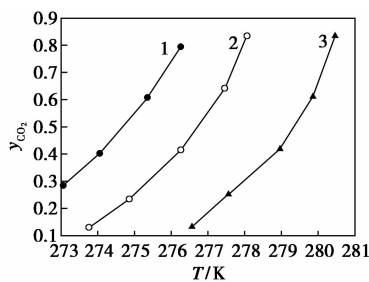


(a) 水合物笼的结构 (b) 范德华直径

图 1 3 种结构的水合物笼的组成以及对应的笼的尺寸

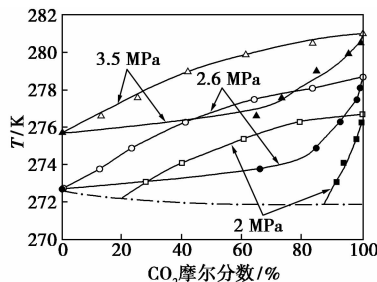
Adisasmito 等^[8]就对 CH₄ 及 CO₂ 混合气水合物的相平衡条件进行了实验研究, 研究数据显示, 二者由于混合比例的不同, 生成水合物所需要的相平衡温度和压力也不同, 当混合气中 CO₂ 的摩尔分数从 0 到近 100% 时, 水合物的相平衡温度介于 273 ~ 288 K, 相平衡压力介于 1.2 ~ 11.0 MPa。接着, Seo 等^[9-10]于 2000 和 2001 年分别研究了 CO₂ + CH₄ 体系生成水合物的相平衡特性, 通过研究得知, 在相对较低的压力下, CO₂ 比 CH₄ 更优先占据水合物笼, 从而生成水合物。这个结论也为天然气中 CO₂ 的分离提供了理论基础。混合气中 CO₂ 的摩尔分数也决定了混合气水合物的相平衡条件, 如图 2 所示, 当温度一定时, 混合气中 CO₂ 的摩尔分数越高, 水合物相平衡压力反而越低。这是由于 CO₂ 比 CH₄ 更易于生成水合物, 当 CO₂ 摩尔分数越低, 混合气水合物所需要的温度和压力就越苛刻。因此, 对于高含碳的天然气, 水合物方法分离 CO₂ 的效果会更好。同时, 研究中也给出了水合物生成前后 CO₂ 在气相以及在水合物相中所占据的比例, 如图 3 所示。水合物生成后, 水合物中 CO₂ 的摩尔分数远大于气相中 CO₂ 的摩尔分数, 这就说明了气相中有大量的 CO₂

参与水合物反应中, 而 CH₄ 参与量则微乎其微。



压力: 1—2.0 MPa; 2—2.6 MPa; 3—3.5 MPa

图 2 不同压力下, CO₂ + CH₄ + 水体系的相平衡图



空心—气相, 实心—水合物相

图 3 2.0、2.6、3.5 MPa 下混合气生成水合物前后气相以及水合物中 CO₂ 组分的包络线图

但是, 在实际的应用中, 考虑到能耗及操作的便利, 利用水合物法去除天然气中的 CO₂ 需要相对比较温和的温度和压力条件, 同时还要使气体组分中的 CO₂ 尽可能地参与到水合物的反应中去, 因此, 有学者提出加入促进剂来降低水合物生成所需要的温度和压力条件, 以降低水合物生成所需要的能耗。常用的热力学添加剂主要是四氢呋喃 (THF)、四氢吡喃 (THP)、四丁基溴化铵 (TBAB) 等。其中 THF 和 THP 在常温常压下呈液态, 可以在常压下与水生成半笼型水合物, 可以大大降低 CO₂/CH₄ 混合气生

(上接第 12 页)

[16] 夏熙. 中国 MH/Ni 电池的现状及发展方向[J]. 电池, 2002, 32(6): 76-79.

[17] 王金良. 二次电池工业现状与动力电池的发展[C]. 中国动力电池高层论坛论文集, 2006: 191-207.

[18] 刘彦龙. 电池产业发展分析[R]. 中国化学与物理电源行业协会理事会, 2012-05.

[19] 任学佑. 锂离子电池及其发展前景[J]. 电池, 1997, (4): 188-191.

[20] 赵健, 杨维芝, 赵佳明. 锂离子电池的应用开发[J]. 电池工业, 2000, 5(1): 31-36.

[21] 谭永东. 锂离子电池市场趋势与产业格局[J]. 新材料产业, 2004, 129(8): 31-35.

[22] 李凌云, 任斌. 我国锂离子电池产业现状及国内外应用情况[J]. 电源技术, 2013, 37(5): 883-885.

[23] 苏金然. 我国锂离子电池发展概述[A]. 中国化学与物理电源行业协会理事会. 中国电池行业二十年发展历程[C]. 2009: 71-78.

[24] 汪继强, 刘彦龙. 我国化学与物理电源产业与技术 20 年发展总体评述与前景展望[A]. 中国化学与物理电源行业协会理事会. 中国电池行业二十年发展历程[C]. 2009: 1-19.

[25] 刘彦龙. 2013 年中国锂电池产业分析[R]. 中国化学与物理电源行业协会理事会, 2013-09.

[26] 郭红霞, 杜志勇. 我国化学电源的发展与应用[J]. 现代化工, 2013, (33): 4, 5-8.

[27] 唐杰英. 日本蓄电池产业的发展战略及启示[J]. 日本研究, 2013, (4): 23-30. ■