

电动自行车用锌空气动力电池

朱梅, 徐献芝, 杨基明

(中国科学技术大学力学和机械工程系, 安徽合肥 230027)

[摘要] 介绍了可用于替代铅酸电池的一种锌空气动力电池, 在技术上实现了大容量, 小体积, 结构合理。主要的突破体现在空气电极和锌电极的特殊设计, 以及单电池的合理组装。比较了该动力电池与同类产品的技术指标。

[关键词] 电动自行车; 铅酸电池; 锌空气电池; 动力电池; 容量

[中图分类号] TM911.41 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)11-0099-04

我国的电动自行车发展始于上个世纪90年代末, 1997年开始商业化, 年销量不足1万辆, 1998年为5.4万辆。从2000年开始得到快速发展, 据中国自行车协会统计, 2003年全国销量已突破400万辆, 历年累计的销量达到1200万辆, 自行车走向电动化已经成为一个不争的事实。电动自行车是一种高科技产品, 是适合我国国情的新一代交通工具, 发展电动自行车这个“绿色交通工具”有望成为经济发展的新亮点^[1]。

目前我国电动自行车绝大部分采用铅酸电池, 其最大的弊端是不利于环境保护和资源的可持续发展。电动车用铅酸电池, 3节电池重量在13 kg左右, 容量仅10 Ah, 充一次电只能行驶50 km以内, 使用一年后, 大约只能行驶30 km, 而且在2年内即须更换电池。每年产生大量废旧电池, 会形成严重的污染隐患。正因为铅酸电池作为电动车电源的种种不足, 人们对电性能更加优越、使用方便、经济又环保的新型电动车电源的应用的呼声更加高涨。

锌空气电池用于电动自行车电源, 能源特性优越, 有如下诸多特点: 锌空气电池质量小、容量大、系统结构简单, 每单位质量所能产生的实际能量超过目前普遍使用的铅酸电池, 且还有很大的发

展空间; 自放电率低, 若置于密闭空间中, 放电率几乎为零。另外, 锌空气电池也具有较好的环保性, 其产生电能后, 没有二次污染, 产物主要是氧化锌, 这些物质可以通过电解回收, 重复利用, 既有利于节约资源又有利于环境保护。锌空气电池所需的反应物主要是锌和氧气, 成本较低, 因此锌空气电池具有明显的经济性。锌空气电池的零污染、充足的燃料来源、高续电力及价格低廉等特性使其在广大的电池市场中有绝对优越的竞争力。

1 容量是主要的制约因素

大多数电动自行车用户对铅酸电池的续航里程短不满意, 研究锌空气电池以期作为铅酸电池的替代能源就必须解决续航里程的问题, 反映在电池特性上就是要解决电池的容量问题。铅酸电池的额定容量是10 Ah, 平路行驶电流平均为5 A, 按照时速25 km, 只能骑行50 km。作者研制的锌空动力电池电压为36 V, 容量可达40 Ah, 按照这个标准, 可以一次行驶200 km。这将明显地增大用户的活动范围。

2 提高体积比能量是技术难点

锌空气电池作为动力电池, 在保障容量的前提

下应尽可能缩小体积，这是一个技术难点。锌空气电池的阴极是空气参与反应，只要不密封，空气是取之不尽的，因此，决定电池放电多少的主要因素是锌载量。理论上说锌的装载量多，电量就大，但是体积就必然大，且锌的利用率并不一定高。因此，电量大小也并不是与锌的装载量呈正比，提高锌的利用率才是解决体积问题的有效途径。从电化学角度说，锌电极在放电过程中容易形成枝晶，还存在自放电的现象，这些都会影响锌的利用率。作者通过优化锌膏配方以及设计合理的锌电极结构大大缩小了单体电池的体积，锌极的利用率可以达到 60% ~ 70%，单体电池体积仅 0.15 L。

3 技术突破

3.1 气体多孔电极

采用呼吸式气体电极^[2]为锌空气动力电池的气体电极。该电极有明显的三层结构，靠近电解液的一侧是亲水层，中间的一层是憎水层，靠近空气的一侧是不透水层，即聚四氟乙烯制作的不透水但透气的膜，电极厚度不足 1 mm (见图 1)。这种电极的特点体现在分层明显，靠近电解液的亲水层充分的吸取电解液，而在憎水层形成明显的气液过渡带。该电极上层的 PTFE 膜，阻断了电极在反应过程中普遍存在的电解液的渗出，保障了空气通道的畅通；中间过渡层的憎水特性明显，因而在扩散进来的气体与吸附的电解液间存在很明显的突变界面，即气体饱和度为 1 突变到液体饱和度为 1 的界面，这是一个有利于电极高效反应的界面，也是理想的三相界面。这种电极结构的另一个优势是节省了一面的空气阴极。目前用于锌空气动力电池的空气极大都采用的双阴极的结构^[3] (见图 2)，即两片空气阴极中间夹一块锌电极，电极立式使用，方便空气扩散。作者采用水平式电极，结构合理，电极的放电效率高。

3.2 锌电极

作者设计的锌电极不同于普通的锌空气电池锌极。目前，对于双空气极结构的锌空气动力电池，其锌电极通常由集流体与锌粒制作成的平板状的锌板组成，垂直置于两片空气极之间，浸没在电解液中。电池机械充电的方式是从两片空气极中间取出旧的锌电极，换上新的锌电极。更换锌电极的取出口仅仅是两片空气极之间的约 1 cm 宽的狭缝，而且由于电池在放电反应过程中锌电极会发生电极增

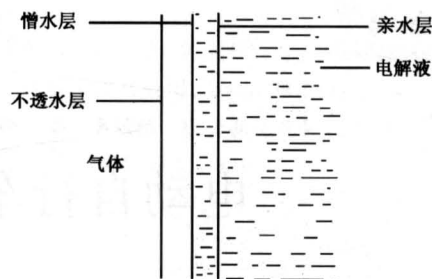


图 1 空气电极三层结构图

Fig.1 Scheme of air cathode structure

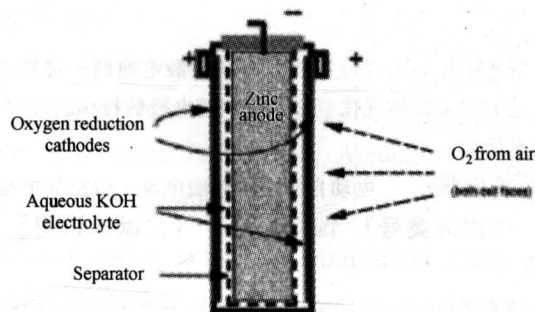


图 2 双空气阴极锌空气电池结构示意图^[4]

Fig.2 Scheme of zinc-air battery with double cathodes

厚、特别是电极面不均匀增厚导致的扭曲变形，使锌电极往往被卡住在双空气阴极中间，导致更换操作不便，还容易损伤空气极。空气极是电池壳体的一个组成部分，承担侧向的液体压力，若在更换过程中造成即使微小的损伤，电池也会出现渗漏爬碱现象，影响使用。作者提出的锌电极由内装锌膏和 KOH 溶液的敞口铜槽或白铁槽组成，锌膏的配方不含汞等重金属污染物，且有一定的黏性，可以平铺在集流槽上，而且锌膏和 KOH 溶液的混合物是通过一定比例配制的，特点是电解液不易干燥，放电容量大，而且也不会出现漏液、爬碱等问题。这种结构的锌电极有利于机械式充电，它的充电方式是采取更换锌膏和 KOH 溶液混合物的方式，即将反应完全的锌膏和 KOH 溶液的混合物取出，并在铜槽或白铁槽上重新平铺未反应的锌膏和 KOH 溶液的混合物，这种更换负极反应物质的充电方式快捷方便，而且避免了机械插块式充电方式的弊端^[3]，即制作锌板过程带来的人力、物力、财力的损耗以及技术上可能出现的已反应锌板膨胀不易取出等问题。

3.3 电池结构

作者在电池结构的设计上避开了外氧式设计这种常规结构，采用单体水平式。具体是在铜皮制成的长方形的托盘上，平铺配制好的锌膏，高度与托盘内的不导电塑料台阶平齐，然后在锌膏上铺一层隔膜纸，之后平铺空气电极，该空气电极可覆盖住锌膏和周围塑料条的宽度。为了保障电极反应充分，要将空气电极、锌电极与隔膜纸紧密结合。为此，在实验中采用了矩阵式积压器。矩阵式积压器的制作是采用网格结构的塑料条构成合乎托盘尺寸的透气压板，覆盖在空气电极上，在靠近空气电极的一侧塑料条上贴若干个长 2 mm，宽 1 mm 的小塑料条，形成矩阵式的结构。如图 1a 所示，点接触的方式保障空气供应通道的畅通，同时密集的点结构有利于两电极通过隔膜接触的紧密。这种矩阵式积压器在电极上的作用效果如图 1b 所示，实际反应中，空气极在压板的作用下，隔膜和锌电极的接触变形没有那么明显，图示是放大了这种效果以便说明压板的作用方式。将矩阵式透气压板水平放置在空气电极上，通过两个夹板将电池壳、锌膏、隔膜、空气电极、矩阵式透气压板固定在一起，成为一个单电池。12 节单电池组成一组电池组，三组电池组可以作为电动自行车用动力电池。采用这种设计的电池结构可靠、耐久、装配工艺简单完全可实现自动化生产。

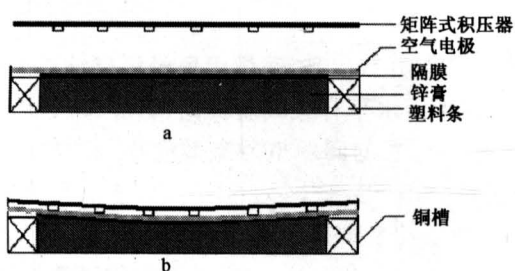


图 3 锌空气动力单电池结构示意图
Fig.3 Scheme of single zinc-air battery

4 放电实验

作者主要考察了该电池的大电流放电性能，设定在 5 A 的状况下恒流放电，终止电压设定为 0.75V。该电池平均可连放电 7~8 h。因此，电池的额定容量设定为 35 Ah。单节电池可以放电 35 Ah 以上，可以用作动力电池。图 4 是典型的放电曲线，该电池在配方上用锌粉 64 g，KOH 溶液 35 g、聚丙烯酸钠 1 g 配制成 100 g 锌膏，平铺在铜槽

内。空气电极的制作如前述，平铺在锌膏上，中间夹一层隔膜纸，空气极上放置矩阵式积压器，以夹板固定。

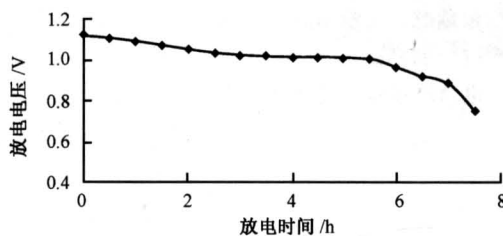


图 4 锌空气动力电池放电图
Fig.4 Discharge curve of zinc-air battery

由图 4 可知，电池的放电电压平稳，放电时间为 7.5 h，容量达 37 Ah。

电池容量 (Ah) 是衡量电池能量大小的关键参数，容量的参考值是 1.22 g 锌可放电 1 Ah。通常加大锌的使用量可以提高电池的容量，但会导致电池体积、质量增大，给设计带来负担，因此，电池的锌用量要综合考虑，反复实验验证。作者设计的电池系统中，锌的利用率达到了 60%~70%。

5 技术指标

比能量和能量密度是衡量电池性能的重要参数。比能量以 $W \cdot h/kg$ 表示，代表每公斤质量的电池能够提供多少能量；能量密度，又称为体积比能量，用 $W \cdot h/L$ 表示，代表着每公升容积的电池能够提供多少能量；作者研制的锌空气电池的比能量和能量密度分别是 $185 W \cdot h/kg$ ， $240 W \cdot h/L$ 。超过了美国先进电池联合会 (USABC) 制定的电池商业化阶段的比能量和能量密度标准 ($150 W \cdot h/kg$ ， $230 W \cdot h/L$)^[5]。该先进电池联合会由通用、福特、克莱斯勒三大汽车公司于 1991 年 1 月成立，合作研究电动汽车用先进电池。其长期目标分别是比能量和能量密度达到 $150 \sim 200 W \cdot h/kg$ 和 $300 W \cdot h/L$ 。

6 结论

锌空气电池应用于电动自行车，无论是从节约能源还是从环境保护的角度都有极大的优越性，相对于商品化的铅酸电池来说具有足够的竞争力，锌空气电池自身的优越性及在技术上的突破可以促进该电池的市场占有率。推广电动自行车用锌空气电池将大大方便用户，并有利于环境保护。

参考文献

- [1] 仇兆华, 殷业鸿. 发展电动自行车利于节能和环保[J]. 中国能源, 2001, (12):16
- [2] 徐献芝. 气液驱替法提高燃料电池输出功率初探[J]. 自然杂志, 2002, 23(4): 214~217
- [3] 电动汽车重大专项办公室. 锌空气电池简介[EB/OL]. <http://www.chinaev.org>
- [4] Goldstein J, Brown I, Koretz B. New developments in the Electric Fuel Ltd. zinc/air system[J]. J Power Sources 90, 1999, 171~179
- [5] 张煜, 张春润, 资新运, 等. 电动汽车核心技术及其发展趋势[J]. 汽车电器, 2004, (9):1~4

Zinc-air Power Battery Used on the Electric Bicycle

Zhu Mei, Xu Xianzhi, Yang Jiming

(Department of Mechanics and Mechanical Engineering, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China)

[Abstract] Lead acid storage battery used on the electric bicycle is unfavorable to environment protection and resource continuable development. The paper introduces the zinc-air power battery which can be used to substitute the lead acid storage battery. From the technical point of view, the zinc-air battery has high capacity, small volume and proper structure. The main characteristics are the special design of the air electrode and zinc electrode, proper assembly of the single cell. The qualification of the battery has also been compared with like products.

[Key words] electric bicycle; lead acid storage battery; zinc-air battery; power battery; capacity

中国食物与营养高层论坛在京召开

[本刊讯] 食物和营养事关人民健康、经济发展及社会和谐。改革开放以来,我国国民经济持续增长,食物与营养事业取得了长足进步,食物综合生产能力显著增强,人民生活水平有大幅度提高,营养健康状况不断有所改善。但与此同时,我国食物生产与食物消费领域中某些深层次的问题也越来越突出,已严重影响食物与营养事业的健康发展。主要表现在食物生产与消费不协调,农产品整体档次不高,不能满足人们多样化、营养化、健康化的需求;食物质量安全问题严重,环境污染以及生产过程中存在的化肥、农兽药、饲料添加剂、食品添加剂等使用不当,导致有害残留物超标,严重影响人民健康;城乡居民的食物消费结构不合理,营养缺乏与营养过度现象并存,一方面,目前全国没有解决温饱的人口尚有2 365万,另一方面,大量居民的脂肪摄入量过高,动物性食物消费过多,谷类和蔬菜消费不断减少,这种偏离提高了相关慢性病(高血压 糖尿病等)的发生率。

由国家食物与营养咨询委员会、中国工程院工程管理学部联合主办,世界卫生组织驻华代表处、国际食物政策研究所、中国农业科学院、中国轻工业食品管理中心、中国营养学会等单位协办的“中国食物与营养高层论坛”于2006年11月5—6日在北京召开。120多位来自农业部、卫生部、中国轻工业联合会、中国农业科学院、中国农业大学、中国疾病预防控制中心等机构的领导和专家学者出席了会议。

此次论坛以“食物消费与健康”为主题,就食物消费与营养健康、食物消费与经济发展、食物消费行为与方式、食物消费的城乡与区域比较、食物消费的国际及亚洲国家政策与管理模式等议题开展了交流和讨论,这对我国把握食物与营养发展趋势,了解国内外食物消费与健康发展动态,规划食物与营养的发展战略将发挥重要影响。

(丁朝模)