

锌空燃料电池电站

朱梅¹, 徐献芝¹, 苏润²

(1. 中国科学技术大学力学和机械工程系, 合肥 230027;

2. 中国电子科技集团第38研究所, 合肥 230031;)

[摘要] 燃料电池发电技术已经受到人们越来越多的重视。介绍了利用锌空气燃料电池技术建设电站, 利用分体式电极技术制造世界上最大的单电池, 该电站采用独特的分离循环技术, 可以提高电站总体效率。给出建设电站的相关参数。

[关键词] 燃料电池; 锌空气燃料电池; 分体式电极; 单电池; 分离循环技术

[中图分类号] TM911.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2004)12-0062-03

1 前言

能源与环境是21世纪世界发展的两大主题, 高效、清洁地利用能源将是21世纪发电技术发展的动力和目标。燃料电池作为一种高效、环境友好的发电方式将成为继火力、水力和核能发电系统之后的第四大发电系统。目前, 根据所使用的电解质的不同, 适合于大型化发电厂使用的燃料电池主要有4类: 磷酸型燃料电池(PAFC)、熔融碳酸盐燃料电池(MCFC)、固体氧化物燃料电池(SOFC)和质子交换膜燃料电池(PEMFC)^[1-6]。利用这4种燃料电池技术发电的装置已经在世界范围内有了不同程度的应用。燃料电池发电具有高效率, 低污染, 低噪声和高机动性的优点^[7]。燃料电池代表着一种高能低耗的清洁能源利用方式, 从经济、环境等角度来看, 都很有应用价值。

近年来, 燃料电池技术得到较快的发展, 我国和世界各国都投入相当的财力、人力和物力发展燃料电池在各方面的实际应用, PAFC、MCFC、SOFC、PEMFC在电站发电方面均有应用。作者介绍一种锌—空气燃料电池电站, 锌空燃料电池正极消耗空气中的氧, 负极消耗金属锌(粉或颗粒)。

只要更换金属锌(粉或颗粒), 补充空气, 电池就可以正常工作。在燃料的选择上, 锌比较安全, 一般不会在空气中自燃, 更不会爆炸。该电站无噪声、无气体排放、并可控制使液体零排放。采用作者介绍的锌空气燃料电池技术建造电站可以保证燃料选择的安全性, 且电站规模与发电效率无关, 因此在电站规模的设计上有一定的灵活性。此外, 该技术有实现大电极制作的可能性, 通过分体式电极制造技术可以制造世界最大的电极, 电站特殊的分离循环技术可以大大提高电站整体发电效率, 因此, 建设锌空燃料电池电站具有广阔的前景。

2 锌空燃料电池电站技术

2.1 电站运行方式

该电站设计的总体思路如下: 按无尘车间的标准设计建设厂房, 空气经进气泵和洗涤系统处理后进入厂房。洗涤系统是装有洗涤液的储罐, 洗涤液是工业废碱。电站厂房也可以同时与氧气瓶或氧气罐相连。

厂房内放置由锌空单电池组成的电堆, 单电池之间采取层层堆放的方式, 层与层之间的间隔为电池高度的1~2倍, 以便在电池反应结束后, 可以

[收稿日期] 2004-02-16

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(10272100)

[作者简介] 朱梅(1977-), 女, 安徽怀远县人, 中国科学技术大学博士研究生

方便地抽出电池进行更换。电堆与电堆之间也留有空间, 便于电池更换作业。若干电堆经串连或并联组成总的电站电力输出, 电站输出的是直流电, 经过逆变系统变换成交流电并入电网。

锌空燃料电池发电完成后, 即锌粉消耗到不能提供正常电流输出时, 电池槽内的锌粉和氢氧化钾溶液变成含氧化锌、锌酸钾、氢氧化钾的混合物。可将该混合物输送到建在锌空燃料电池发电站旁边的锌粉厂即电解车间, 经电解还原成锌粉后, 再运回锌空燃料电池发电站继续使用。

2.2 技术优势

2.2.1 制造世界上最大的单电池

不论是圆筒状或是平板状电池, 必须具备三大主要部件: 正、负极和将他们分隔开的电解质隔膜。从目前较为先进的燃料电池发展状况来看, 如果建设电站, 制造面积较大的单电池可以使电站的集成、并网更加简单, 节省燃料供应分配管线, 节约建设费用。但是, 制造大面积的单电池在工艺技术上有很多难以克服的困难。

关键的问题是电极、隔膜要足够的薄, 现在的 SOFC 陶瓷薄膜技术已经可以做到 $20\ \mu\text{m}$ 。因为只有充分的薄, 才能保证电池的内电阻小、极化小、反应物传输快。然而, 从机械制造及材料强度的角度看制造大面积的单电池是有问题的。首先要制造大面积的薄电极, 同时要保证电极均匀没有缺陷是非常困难的。据报道, 目前国际水平的陶瓷薄膜是 $10\ \text{cm} \times 10\ \text{cm}$, 国内的水平是 $4\ \text{cm} \times 4\ \text{cm}$ 或略大一些^[8-10]。MCFC 在单电池面积的制造水平与 SOFC 大致在一个数量级。因为 PEMFC 使用的是聚合物材料, 它的电池面积会比 MCFC 和 SOFC 大几倍, 但没有数量级上的突破。其次是安装问题, 要求正负极紧压在隔膜表面上而形成电化学反应界面。这样安装所产生的应力作用在电池极板和隔膜上会使他们变形或损坏, 面积越大, 损坏的可能性就越大。同时, 面积越大, 有效的电化学反应界面与总面积的比越小。最后是运行安全问题, 正极反应物是氧气或空气, 负极反应物是氢气, 煤气, 甲烷气或其它可燃气, 一旦薄膜损伤, 气体就会混合, 轻则导致燃烧毁坏电池组, 重则引起爆炸, 造成灾难。作者研究工作的创新点——特殊结构的空气极, 可解决以上的问题。

空气极采用折叠式气体电极^[11], 整个电极是用很多个单片电极拼接而成的。在拼接过程中, 可

以用加强筋增加电极的强度。这种制造工艺可以设计制造任何面积的单电池, 据初步估算, 制造 $20\ \text{m}^2$ 左右的单电极, 技术上是完全可行的。制作 $10\ \text{m}^2$ 的单电池, 在温度 $20\ ^\circ\text{C}$ 、常压空气供给条件下, 输出功率在 $5\sim 10\ \text{kW}$ 。

2.2.2 分离循环技术

作者研究的另一创新点是特殊结构的电池装置。

从电池的结构上看, 锌粉平铺在电池槽底部, 并且浸没在电解液内, 空气极的绝缘支架直接放在锌粉层上, 空气极的每个单极片的一部分分别浸在电解液内。整个安装过程是搭积木的方式将电池槽、锌粉、空气极叠放在一起, 简单易行。运行过程中, 只需保证厂房内有足够的新鲜空气就可以了。拆卸过程也很简单, 抽出单电池, 移走空气极, 倒出锌电极槽内混合物并运送至锌粉厂电解回收。整个分离循环技术因该方案中特殊结构的电池装置而变得简单易行。

2.3 电站相关参数

目前, 根据实验作者得到锌空燃料电池的一组实验数据: 一个单电池的电动势是 $1.4\ \text{V}$, 在 $1\ \text{V}$ 放电时, 其电流密度分别为 $100\ \text{mA}/\text{cm}^2$ ($20\ ^\circ\text{C}$), $200\ \text{mA}/\text{cm}^2$ ($40\ ^\circ\text{C}$) 和 $400\ \text{mA}/\text{cm}^2$ ($60\ ^\circ\text{C}$)。理论容量为 $1.22\ \text{g}/\text{Ah}$ 。放电一段时间后, 因部分锌颗粒被氧化锌包裹不能正常放电, 实验室锌的利用率在 70% 左右。在对电站的单电池设计时, 可参考参数为电极面积 $10\ \text{m}^2$, 高 $5\ \text{cm}$, 重 $300\ \text{kg}$; 锌粉重量 $244\ \text{kg}$; 电动势 $1.4\ \text{V}$; 常温 $1\ \text{V}$ 放电 $5\ \text{kA}$, 可持续 $40\ \text{h}$; 容量 $200\ \text{kAh}$ 。对于整体电站, 单电池 $10\ 000$ 个; 一个电堆高 $3\ \text{m}$ 可安置 30 个单电池; $10\ 000$ 个单电池需 333 个电堆, 电堆占地 $2\ \text{m}^2$, 考虑到更换电池预留的通道 $2\ \text{m}^2$, $10\ 000$ 个单电池占地 $1\ 320\ \text{m}^2$ 。以每天顶峰发电 $5\ \text{h}$ 计, 可发电 8 天, 计为一周期; 发电功率 $10^4\ \text{kW}$, 每周发电能量 $40 \times 10^4\ \text{kW} \cdot \text{h}$; 该电站每周更换一次锌粉, 总更换量是 $488\ \text{t}$ 。

3 结论

将锌空燃料电池技术应用于电站的建设, 可以简化一般的燃料电池系统。电池的安装、拆卸和运行方便, 其新颖的电池结构设计, 便于进一步工业化和自动化。该电站可以靠近负荷中心建设, 新颖的空气极设计, 大大减少了电站内单电池数量。电

站输出自身可调, 可根据厂房温度, 氧气浓度进行调节, 也可根据参与发电的电堆数目调节。该电站具备高能量转换效率, 总体转化效率大于 81%。

该电站通过电化学反应将化学能直接转化为电能, 它的能量转换效率与电站规模无关, 这一特点决定了电站发电规模的灵活性和方便性。此外, 值得一提的是, 应用该技术建设调峰电站可以更好地利用锌空电池的特性达到缓解用电峰值时段的电力供应不足问题。

参考文献

- [1] 衣宝廉. 燃料电池现状与未来 [J]. 电源技术, 1998, 22 (5): 216~221
- [2] 王春波, 魏铁铮, 蔡万全. 燃料电池发电技术概况 [J]. 电力情报, 1998, (3): 15~17
- [3] 许卫国, 王丽莉, 吴履琛. 燃料电池发电技术综述 [J]. 锅炉技术, 2000, 11 (4): 42~44
- [4] 李新民. 发展我国燃料电池发电技术 [J]. 电力环境保护 1999, 15 (3): 46~49
- [5] 桂敏言. 国外燃料电池发电技术现状及前景 [J]. 东北电力技术, 2001, (5): 40~45
- [6] 熊一权. 燃料电池发电技术 [J]. 中国电力, 1998, (9): 61~64
- [7] 张惠芳. 二十一世纪发电技术——燃料电池 [J]. 福建能源开发与节约, 1994, (4): 44~45
- [8] 江义, 李文钊, 王世忠. 高温固体氧化物燃料电池进展 [J]. 化学进展, 1997, 9 (4): 387~396
- [9] 刘旭俐, 马峻峰, 刘文化, 等. 固体氧化物燃料电池的研究进展 [J]. 硅酸盐通报, 2001, (1): 24~29
- [10] 蒋凯, 张秀英, 郭崇峰. 固体氧化物燃料电池中的电解质 [J]. 稀有金属, 2001, 25, (2): 121~125
- [11] 徐献芝, 等. 一种采用折叠式电极的电池装置 [P], 中国专利: ZL02293063. 9

Zinc Air Fuel Cell Power Station

Zhu Mei¹, Xu Xianzhi¹, Su Run²

(1. *Department of Mechanics and Mechanical Engineering, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China*; 2. *No. 38 Research Institute, China Electronic Technology Group Corporation, Hefei 230031, China*)

[Abstract] More and more people pay attention to the electric power generation technology using fuel cells. The zinc-air fuel cell power station technology is introduced in this paper. The detachable electrode technology is employed for manufacturing the largest single cell in the world. Another character of the power station is the separation circulation technology, which improves the general efficiency of the power station. The relevant parameters of the power station are also given in the paper.

[Key words] fuel cell; zinc-air fuel cell; detachable electrode; single cell; separation circulation technology