

全钒液流电池

简介

钒电池，全称是全钒液流电池（Vanadium Redox Flow Battery，VRB），是一种活性物质呈循环流动液态的氧化还原电池。早在60年代，就有铁—铬体系的氧化还原电池问世，但是钒系的氧化还原电池是在1985年由澳大利亚新南威尔士大学的Marria Kacos提出，经过二十多年的研发，钒电池技术已经趋近成熟。在日本，用于电站调峰和风力储能的固定型（相对于电动车用而言）钒电池发展迅速，大功率的钒电池储能系统已投入实用，并全力推进其商业化进程。

钒电池电能以化学能的方式存储在不同价态钒离子的硫酸电解液中，通过外接泵把电解液压入电池堆体内，在机械动力作用下，使其在不同的储液罐和半电池的闭合回路中循环流动，采用质子交换膜作为电池组的隔膜，电解质溶液平行流过电极表面并发生电化学反应，通过双电极板收集和传导电流，从而使得储存在溶液中的化学能转换成电能。这个可逆的反应过程使钒电池顺利完成充电、放电和再充电。钒电池的工作原理如图1所示。正极电解液由V()和V()离子溶液组成，负极电解液由V()和V()离子溶液组成，电池充电后，正极物质为V()离子溶液，负极为V()离子溶液，电池放电后，正、负极分别为V()和V()离子溶液，电池内部通过H⁺导电。V()和V()离子在酸性溶液中分别以VO₂⁺离子和VO₂⁺离子形式存在，故钒电池的正负极反应可表述如下：

钒电池关键材料

1.钒电池电解液全钒最初，电解液是将VOSO₄直接溶解于H₂SO₄中制得，但由于VOSO₄价格较高，人们开始把目光转向其它钒化合物如V₂O₅、NH₄VO₃等。目前制备电解液的方法主要有两种：混合加热制备法和电解法。其中混合加热法适合于制取1mol/L电解液，电解法可制取3~5mol/L的电解液。

2.钒电池隔膜

钒电池的隔膜必须抑制正负极电解液中不同价态的钒离子的交叉混合，而不阻碍氢离子通过隔膜，传递电荷。这就要求选用具有良好导电性和较好选择透过性的离子交换膜，最好选用允许氢离子通过的阳离子交换膜。电池隔膜一般都以阳离子交换膜为主，也有用Nafion膜(Dupont)的，但后者价格较贵。对阳离子交换膜进行处理，提高亲水性、选择透过性和增长使用寿命，是提高钒电池效率的途径之一。全氟磺酸型离子交换膜是由杜邦公司率先研制成功，并以Nafion为其商标，是目前性能最好的一种离子交换膜。

3.钒电池电极材料

全钒液流电池要达到大容量的储能，必须实现若干个单电池的串联或者并联，这样除了端电极外，基本所有的电极都要求制成双极化电极。由于VO₂⁺的强氧化性及硫酸的强酸性，作为钒电池的电极材料必须具备耐强氧化和强酸性，电阻低，导电性能好，机械强度高，电化学活性好等特点。钒电池电极材料主要分为三类：金属类，如Pb，Ti等；炭素类，如石墨、碳布、碳毡等；复合材料类，如导电聚合物、高分子复合材料等。

钒电池的特点

钒电池作为储能系统使用，具有以下特点：

- 1.电池的输出功率取决于电池堆的大小，储能容量取决于电解液储量和浓度，因此它的设计非常灵活，当输出功率一定时，要增加储能容量，只要增大电解液储存罐的容积或提高电解质浓度；
- 2.钒电池的活性物质存在于液体中，电解质离子只有钒离子一种，故充放电时无其它电池常有的物相变化，电池使用寿命长；
- 3.充、放电性能好，可深度放电而不损坏电池；
- 4.自放电低，在系统处于关闭模式时，储液罐中的电解液无自放电现象；
- 5.钒电池选址自由度大，系统可全自动封闭运行，无污染，维护简单，操作成本低；

6. 电池系统无潜在的爆炸或着火危险，安全性高；
7. 电池部件多为廉价的碳材料、工程塑料，材料来源丰富，易回收，不需要贵金属作电极催化剂；
8. 能量效率高，可达75%~80%，性价比非常高；
9. 启动速度快，如果电堆里充满电解液可在2min内启动，在运行过程中充放电状态切换只需要0.02s。

目前全钒液流电池的劣势

1. 能量密度低，目前先进的产品能量密度大概只有40Wh/kg。铅酸电池大概有35Wh/kg。
2. 因为能量密度低，又是液流电池，所以占地面积大。
3. 目前国际先进水平的工作温度范围为5 ° 和 45 ° C，过高或过低都需要调节。

钒电池市场前景

钒流电池因其独特优点，使其在许多领域有着广泛的应用：

1. 风力发电市场

目前风力发电机需要配备功率大约相当于其功率1%的铅酸电池用于紧急情况时风机保护风叶用，另外每一台风机还需要配备功率大约相当于其功率10%~50%的动态储能电池。对于风机离网发电，则需要更大比例的动态储能电池，拥有众多杰出优点的钒电池完全可以取代现有的铅酸电池，进而构建风电场的动态能源储存系统。图2为日本Toma mae风电场4MW × 1.5hour VRB-ESS（SEI公司）。

2. 光伏发电

顾名思义，光伏发电需要太阳光，一旦到了晚上和阴雨天就发不了电，因而需要储能电池为其储存电力，由于现有的铅酸电池功率、容量和寿命均非常有限，相信集众多杰出优点于一身的钒电池将作为光伏发电储能电池的首选。图3是离网光伏储能钒电池充电站。

3. 电网调峰

电网调峰的主要手段一直是抽水蓄能电站，由于抽水蓄能电站需建上、下两个水库，受地理条件限制较大，在平原地区不容易建设，而且占地面积大，维护成本高。钒电池储能电站不受地理条件限制，选址自由，占地少，维护成本低。可以预期，随着钒电池技术的发展，钒电池储能电站将逐步取代抽水蓄能电站，在电网调峰中发挥重要的作用。

4. 电动汽车电源

钒电池由于自身的独特结构，充电接受能力强，适应快速大电流充电及大电流深度放电，比功率大，比能量高，适合于作电动汽车的动力电源，也可以解决汽车尾气排放而造成的空气污染问题。钒电池作为汽车驱动力的优点是能够实现“瞬间充电”（直接更换或补充电解液）。

5. 不间断电源和应急电源

作为UPS可用于办公大楼、剧院、医院等应急照明场所，也可用作计算机以及一些军事设备的备用电源。图4是南卡罗来纳州空军基地60KWh VRB-ESS系统。

6. 供电系统

海岛、偏远地区等地区建设常规电站或建设架设输电线路造价高昂，使用钒电池并配以太阳光、风能等发电装置，可保障这些地区的稳定电力供应。另外钒电池还可以作为邮电通讯、铁路发送信号、无线电传播站等供电系统。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/baike/2670.html>