

# 钒电池储能系统管理控制技术

李虹云<sup>1</sup>, 刘理<sup>2</sup>, 李云燕<sup>2</sup>

(1.湖南维邦新能源有限公司, 湖南长沙410013; 2.湖南大学, 湖南长沙410082)

摘要：钒液流储能电池是一种广泛应用于风能、太阳能发电系统之中的大规模蓄电储能设备。文章介绍了钒液流电池的工作原理，并针对其运行特性和实用化过程中的能量效率、经济性、可靠性等关键问题，设计了一种储能管理控制系统，包括中心控制模块、电力转换调控模块、流量及输送控制模块、电池充放电管理模块、安全保护监控模块等，并总结了该系统的技术特点和应用前景。该系统可以实现对钒液流电池稳定、高效和安全的 management 控制。

对新能源及低碳经济的追求使得世界各国都在大力发展风能、太阳能等绿色能源，但风能、太阳能等可再生能源发电过程不稳定和不连续，导致电网的电能质量下降，造成电能浪费和设备故障。因此，在风能、太阳能输入电网前，增加新型环保钒液流电池(VRB)储能系统进行能量平稳转换，就显得极为重要。

## 1钒电池工作原理

钒液流储能电池系统是一种将风能、太阳能等能源与化学能进行能量转换和储存的系统。储能系统的主要单元是钒电池。与铅酸电池、镍镉电池等传统电池相比，在电池的内外结构和工作运行模式上有其独特性，在性能上更适用于风能、太阳能等大规模储能电站及智能电网调峰等应用场合。它的主要组成部分为：电堆系统、电解液和电解液储存运送体系以及能量转换及其控制系统，如图1所示。

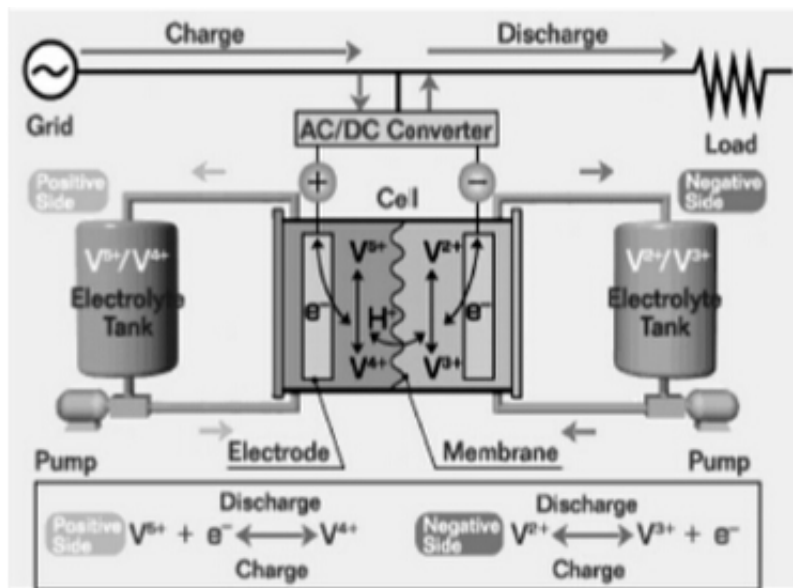


图1 钒电池的基本工作原理示意图

电池电堆是根据所需电功率大小，由数量不一的单电池按顺序排列组装而成。正、负极电解溶液分别装在两个储存桶中，分别通过化工泵驱动电解液流过电池电堆的正负极，在电池电堆内发生电化学反应，实现电能和化学能的转换。电池电堆的输出功率由电池电极的总面积决定；电池的容量由电解质溶液的总容量决定。

## 2储能系统结构及各模块功能

钒液流电池储能系统涉及新能源发电、电池堆及电解液输送管理、电力电子转换系统、用电负荷或电力系统等多个组成部分，是电化学、化工、电气和网络信息等相互耦合的复杂动态体系，其运行特性与液流储能电池系统的组合方式、容量大小以及电力变换器、用电负荷、控制方式等多种因素相关。如何在保证系统运行安全稳定的基础上，提升整个系统的能量效率、经济性和可靠性是大规模液流电池储能系统实用化过程中必须解决的关键问题。因此，将高效电力变换技术、电池充放电控制及管理、先进传感与通讯技术及现代优化控制理论相结合，建立性能高效的钒电池储能管理控制系统，对全钒液流储能系统的高性能发挥及正常运行起着非常重要的作用。

储能管理控制系统由中心控制模块、电力转换调控模块、电解液流量及运送控制模块、电池充放电管理模块、系统安全保护监控管理模块等组成。

### 2.1 管理控制系统结构

储能系统将风能和太阳能等能源经过充电控制模块输入到钒电池，通过在电解液发生电化学反应，将风能太阳能转化为化学能，完成第一步能量转换。储存在电解液里的化学能再通过电化学反应转化为直流电能并通过逆变电源将交流电输送到电网及客户端，完成第二步的能量转换。这个充放电过程需要中心控制模块、电力转换调控模块、电解液流量及输送控制模块、电池充放电控制管理模块、安全保护监控管理模块之间对能量优化和管理控制进行有序配合，才能有效发挥储能系统的各项性能，确保储能系统高效率的发挥作用。控制系统结构框图，如图2所示。

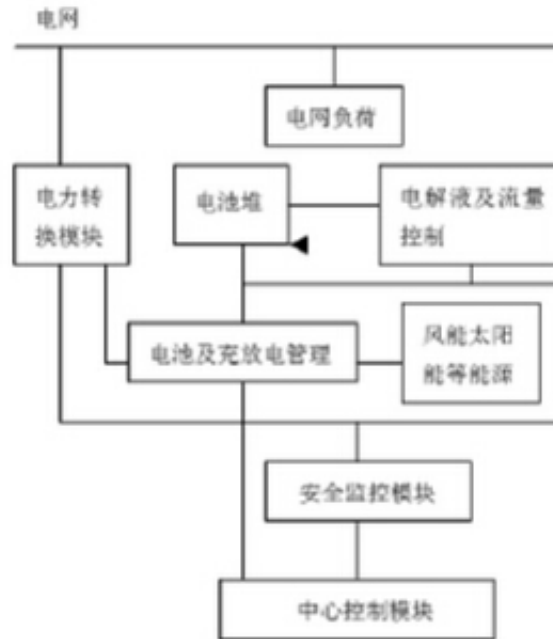


图2 控制系统结构框图

### 2.2 系统中心控制模块

系统使用高性能CPU，对储能系统正在运行的各模块工作状况发生变化的控制信息点的数据变量进行信号采集并进行监控，是系统进行信息数据交换和控制的中心。

### 2.3 电力转换调控模块

为了避免风能、太阳能直接并网对电网的电压及频率造成较大波动，进一步提升电力品质和安全性，系统采用了先进的多象限电流控制技术，允许输出电力相位控制、电压漂移补偿、低谐波失真、反应电流补偿（PFC）、瞬时高负载容量，以增强系统的稳定性和可靠性。

### 2.4 电解液流量及运送控制模块

系统运用高性能的检测和自动控制技术，通过高精度化工泵和控制阀等进行测量和控制，确保电解液输送量的精确度。

电解质溶液流量选择与溶液的浓度、流速、温度、充放电模式、运行电流密度等因素有关，其大小对电池电堆性能产生较大影响。

根据系统所需提供的电量大小或充电时间，计算出恰当的电流密度和流量数据。将流量数据设定好后，其输送量能够保持相对稳定，不会受到电解液储存量造成的压差以及外界负荷改变等的影响。

## 2.5 电池充放电管理控制模块

利用高速、低功耗、多功能微控制器与电池智能充放电控制流程相结合，使电堆充放电过程性能稳定可靠，同时，电池运行状态数据及时传送到系统安全监控模块中去，可以实现电堆充放电过程实时监控，使电堆充放电按照设定的最佳曲线进行。

针对太阳能和风能等可再生能源发电的随机性和间歇性的特点，可通过系统的自动控制与能量调节能力来平抑可再生能源发电系统的扰动，维持输出电压的平衡与稳定。

## 2.6 安全保护监控模块

系统采用安全数据快速实时巡检提醒报警控制技术，对储能系统的电压、电流、流量、容量、温度和内阻等电池正常运行参数进行监测。在系统正常工作状态下，对电池的过流、过压、短路、超温保护、漏液、电解液液面高度等工作性能、安全性能参数进行检测，并将检测数据保存，同时，根据数据超标情况进行提示、警告和控制。还可以实时监测电力转换系统及各控制柜的工作状态，防止储能系统提前损坏。

## 3 系统的技术特点

**输出独立。**输出功率和储能容量彼此独立，功率大小决定于电堆电极的有效面积，容量大小决定于电解液容量的多少，系统扩容和维护起来十分便利。

**可密度充电。**系统可以大电流密度充电，同时，快速响应和超负荷工作能力强。

**能量效率高。**系统能量效率高，放电性能稳定可靠，能深度放电。

**储能量大。**系统储能量大，适合风能太阳能等大规模储能电站等，系统寿命长达20a，成本低。

**安全性高。**系统安全可靠，电池无潜在爆炸和起火危险，即使正负极电解液混合也不会产生危险。电解液可循环使用，运行过程无有害气体产生，对环境无污染。

**全自动控制。**系统可以进行全自动控制，可以自动运行、保护、控制和管理。

## 4 系统的应用和作用

### 4.1 新能源风能、太阳能发电站储能

平滑风能、太阳能等新能源，有效调节新能源发电引起的电网电压、频率及相位的变化，提高了电能质量和稳定性。

### 4.2 智能电网削峰填谷，保障电网安全

对电网进行削峰填谷，实现电网智能化；减少调峰电厂数量，减少投资，减少环境污染等；提高供电品质，减少电网线损；提升现有电网供电能力，延缓城市电网改造需求。

### 4.3 分布式能源储能供电

对分布式能源进行储能，有效解决海洋孤岛、偏远山区、草原和沙漠地带等环境、场地受限地区储能供电，促进边远贫困地区发展。

### 4.4 备用电源和UPS电源

充分利用低谷电或电网剩余电量，调节用电节奏和合理安排用电，即可节约用电，又可以满足备用需求。

## 5 结语

钒电池储能系统管理控制技术具对储能系统进行充放电管理、流量及输送控制、电力变换及控制以及自动检测安全保护等功能，对提升整个储能系统的能量效率、经济性和可靠性起到关键作用，确保全钒液流储能系统的高性能稳定发挥及正常运行。

参考文献：

[1]张华民，赵平，周汉涛，等.钒氧化还原储能电池[J].电源技术，2005，26（1）:23-26.

[2]刘素琴，黄可龙，刘又年，等.储能钒液流电池研发热点及前景[J].电池，2005，（5）.

[3]许茜，乔永莲.钒电池电极材料和复合电极的研究进展[J].电源技术，2008，（12）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/90833.html>