

附件

《国家工业节能技术应用指南与案例（2021）》之六 ——储能及可再生能源利用技术

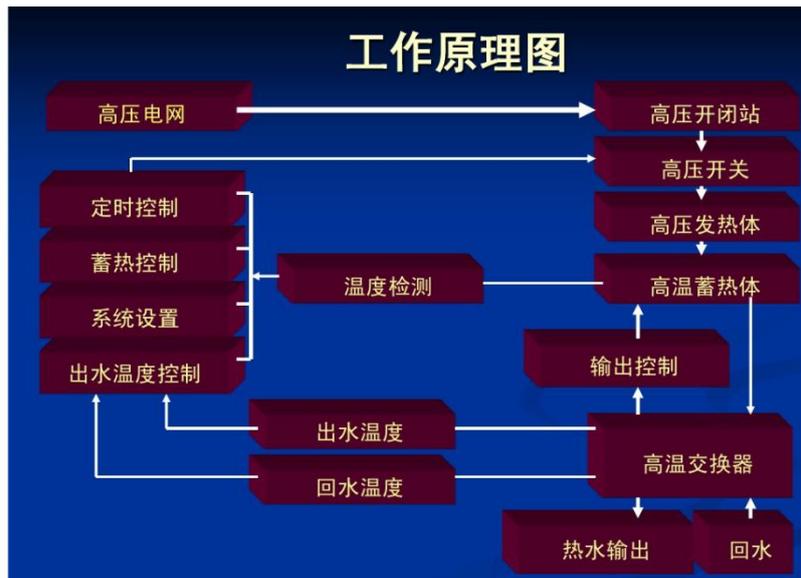
（一）高电压大功率成套固体电蓄热炉

1. 技术适用范围

适用于储能调峰、清洁供热领域节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

在预设的电网低谷时间段或弃风电时间段，自动控制系统接通高压开关，66千伏高压电网为高压电发热体供电，高压电发热体将电能转换为热能同时被高温蓄热体不断吸收，当高温蓄热体的温度达到设定的上限温度或电网低谷时段结束时，自动控制系统切断高压开关，高压电网停止供电，高压电发热体停止工作，高温蓄热体与高温热交换器之间有热输出控制器，高温热交换器将高温蓄热体储存的高温热能转换为热水、热风或蒸汽等输出。工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 工作电压：110 千伏。
- (2) 蓄热温度达到：700℃。
- (3) 蓄热能力达到：300 千瓦时/立方米。
- (4) 具有近 200 兆瓦的额定功率。

4.技术功能特性

- (1) 可实现超大功率电热转换和超大容量热储能。
- (2) 直接利用 10~110 千伏以上高电压加热，突破电热转换的功率瓶颈，使电蓄热炉成为等同于燃煤、燃气方式的一种大功率清洁热源。
- (3) 广泛应用于电力系统主动调峰、用户侧储能调峰、提升新能源发电消纳水平，将低谷电和弃风、弃光、弃水发电转化为热能并储存。
- (4) 综合利用“低质”电力转化为“高质”热能，有效替代化石燃料消耗。

5.应用案例

张家口市崇礼区城区二道沟热源厂煤改电项目，技术提供单位为沈阳世杰电器有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：崇礼区丰汇热力有限公司二道沟热源厂原有 58 兆瓦燃煤锅炉 2 台，每年标准煤消耗量为 4.312 万吨。

(2) 实施内容及周期：在二道沟热源厂内建设电供暖热源，采用固体电蓄热炉替代原有燃煤锅炉热源，其供暖能力规划先行满足供暖面积 146 万平方米的供暖需求。管网沿用现有系统，集中供热，供热介质为热水，固体电蓄热炉输出热水，对接原有供热管网，一次网供水温度为 60~95℃。实施周期 13 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，据统计，每年利用废弃风电进行蓄热供暖，相对于原使用的燃煤锅炉，年节约标准煤 4.32 万吨，年减排 CO₂ 11.97 万吨。该项目综合年效益合计为 2700 万元，总投入为 27660 万元，投资回收期为 10 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 30%，可形成年节约标准煤 74 万吨，年减排 CO₂ 204.98 万吨。

(二) 基于飞轮储能的发电机功率补偿及节能技术

1.技术适用范围

适用于发电机功率补偿节能技术改造。

2.技术原理及工艺

将飞轮储能装置并联在直流母线上，负载释能时，可将负载的重力势能通过电力电子装置转化为飞轮动能进行储存，在负载耗能上升时，飞轮大功率快速释放能量，补偿发电机输出功率的不足，平滑柴油发电机功率输出，实现了系统余能利用，减小了柴油发电机装机容量，降低了柴油损耗，达到了节能增效的目的。技术原理图如下：



3.技术指标

(1) 输入电压：400~600 伏（直流），输出电压：400~600 伏（直流）。

(2) 充电时间：< 5 分钟。

(3) 飞轮转速：> 7000 转/分钟。

(4) 运行环境温度：0~40℃。

(5) 单台飞轮最大输出功率：≥100 千瓦。

4.技术功能特性

飞轮储能是纯物理的储能方式，以动能的形式储存、释

放电能，具有功率密度高、绿色环保、高可靠性、使用寿命长、环境适应性强、安全性高等优势。

5.应用案例

技术提供单位为二重德阳储能科技有限公司。

研发类节能技术，无应用案例。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来3年，推广应用比例可达到2%，可形成年节约标准煤0.08万吨，年减排CO₂ 0.22万吨。

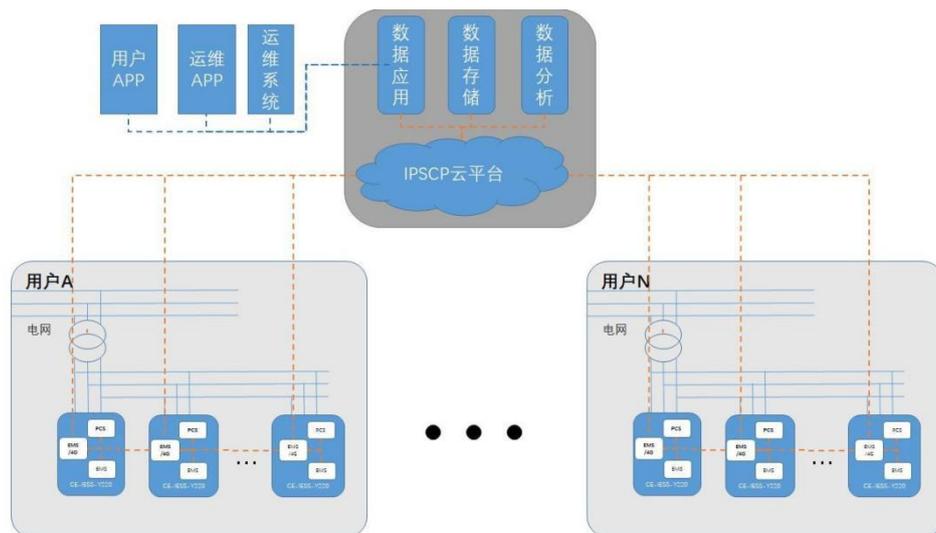
(三) 用户侧分布式智慧储能关键技术

1.技术适用范围

适用于能源信息化节能技术改造。

2.技术原理及工艺

以高效长寿命磷酸铁锂电池为核心，以电池管理系统（BMS）、分布式EMS系统、自动消防系统（AFS）为依托，与储能逆变器（PCS）、IPSCP云平台一起构成“实时监控、双向通信、智能调控”的智慧储能系统。每个分布式储能设备通过4G移动网络与IPSCP云平台实时连接，云平台实现数据采集、数据分析、数据存储等功能，可通过App显示。系统架构图如下：



3.技术指标

- (1) 综合最高效率 96%，并网总谐波 $\leq 3\%$ 。
- (2) 三相不平衡补偿达到 50%~100%。
- (3) 功率因数调节范围：-0.8/+0.8。
- (4) 数据采集频率： ≤ 30 秒/次；远程控制响应时间： ≤ 1 分钟；充放电量与目标差： $\leq 5\%$ 。
- (5) 循环寿命： ≥ 2000 次。
- (6) 充放电节能能效达到 90%。

4.技术功能特性

降低了单个设备的运行功率，从而降低了输配电要求；配置 BMS、EMS 系统，云平台实时监控设备安全运行；对每个分布式设备进行独立消防设计，精准消防；分布式系统中部分设备故障或异常，不影响整个系统基础功能；电池系统仿真分析，减少了产品研发周期，提高了产品可靠性；每个分布式设备都配置 4G 模块，通过移动网络连接 IPSCP 云

平台，云平台实时对设备运行状态进行监控，通过 AI 算法对设备运行进行实时调整；工程安装要求低，可根据用户现场实际情况灵活布置，可在不同的供电环节接入电网，减低储能系统现场接入的难度。

5.应用案例

山东青岛用户侧储能电站项目，技术提供单位为青岛能峰电气有限公司。

(1) 用户用能情况说明：该项目用电类型为大工业用电，用电需求大，变压器容量受限，希望降低用电成本，提高行业整体利润率。

(2) 实施内容及周期：项目建设分布式储能 12 台 CE-IESS-Y220-50 设备，储能电站的容量为 2.64 兆瓦·小时。实施周期 8 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：一般储能设备效率为 0.828，改造完成后，节能设备实际效率可达到 0.901，每天设备进行两次充放电，单套设备一天节电量为 31.68 千瓦时，一年按照 360 天计算，年节约标准煤 0.0042 万吨，年减排 CO₂ 0.012 万吨。该项目综合年效益合计为 50.79 万元，总投入为 207 万元，投资回收期 4 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 30%，可形成年节约标准煤 3.1 万吨，年减排 CO₂ 8.59 万吨。

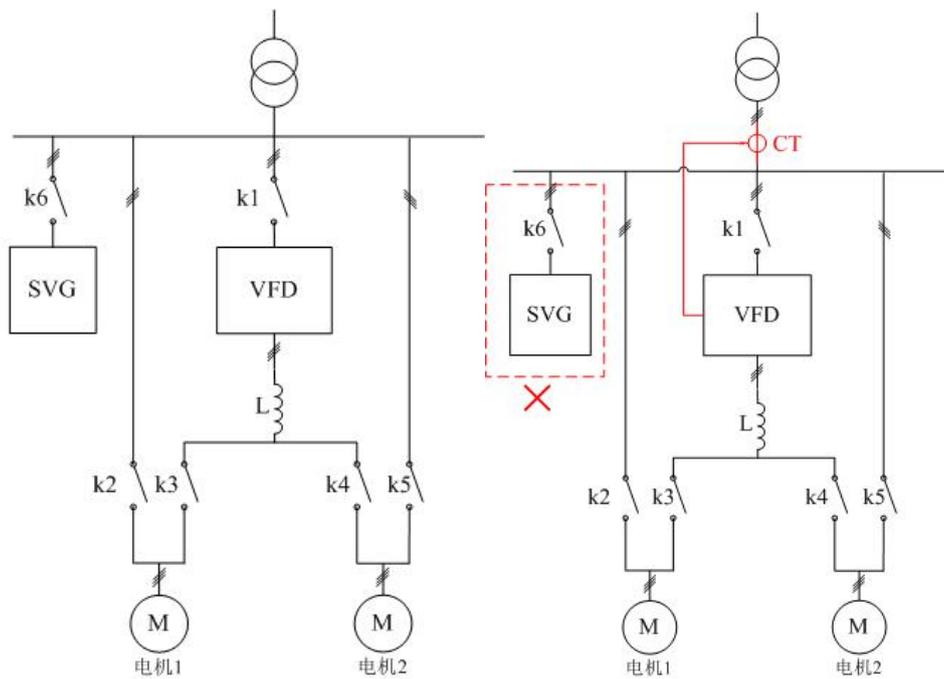
(四) 分时实现变频调速及电能质量治理技术

1. 技术适用范围

适用于电机变频调速节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

基于高压变频器平台开发的一种能够分时实现变频调速和电能质量治理的技术，具备变频运行和无功补偿两种工作模式，根据现场运行需求，既可以实现对电机的变频调速控制，也可以实现对电网的无功补偿。技术原理图如下：



3. 技术指标

- (1) 同一硬件平台，内置不同控制模式，系统可用性高。
- (2) 无功补偿电流双闭环加前馈控制，稳定性好，动态响应快。

(3) 无功补偿方式可选，适用性强。

4.技术功能特性

(1) 恒功率因数控制。

(2) 恒无功控制。

5.应用案例

中石油西气东输西二线东段彭阳压气站节能改造项目，技术提供单位为能科科技股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：西气东输彭阳站有4套变频电驱压缩机组，正常为3用1备，正常工作时功率因数高，可以满足国家电力部门的要求，但是在闲时或工艺调压要求时也会出现全站变频电驱压缩机全停，但有少部分小功率设备运行的情况，此时功率因数就无法满足供电部门考核要求，并且无功损耗较大。

(2) 实施内容及周期：彭阳压气站4号电驱机组的变频及电能质量控制系统具有5兆乏的无功补偿能力，并且完全满足压缩机驱动20兆瓦高速电机的调速需求。该站4#电驱压缩机组采用变频及电能质量控制系统。实施周期3周。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，经现场测试，在全站停机情况下，通过装置的无功补偿功能，固原线供电所功率由原来的0.57提高到0.964，清彭线供电所功率因数由原来的0.126提高到0.93，完全满足供电部门对无功考核要求，并且节能减排效果明显。设备停止工作时，原变压器和线路上的有功损耗为12千瓦，改造后有功损耗为3千瓦，年节约标准煤0.0008万吨，年减排CO₂ 0.0022万吨。该项目综

合年效益合计为18万元，总投入为45万元，投资回收期约为2.5年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来3年，推广应用比例可达到20%，可形成年节约标准煤0.93万吨，年减排CO₂ 2.58万吨。

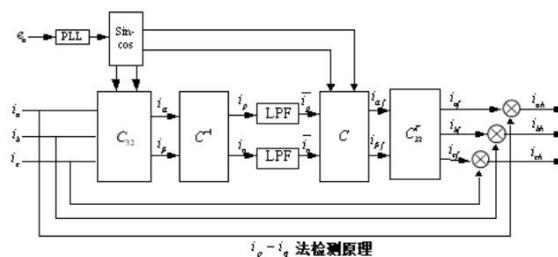
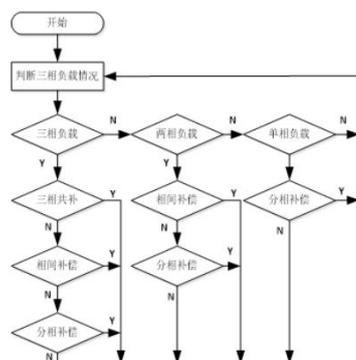
（五）面向新能源接入的高效电能质量治理装置

1.技术适用范围

适用于基于风力发电、光伏发电等新能源的微电网系统领域节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用同步编码开关技术进行过零投切电容器，应用于低压配电台区，通过补偿谐波、无功功率及调节三相平衡，实现降低线损和变压器损耗的目的，提高电能质量和供电质量。控制策略流程图及检测原理图如下：



3.技术指标

- (1) 电力电子型可配置容量：30 千乏。
- (2) 三相有功不平衡度：<8%。
- (3) 补偿电容无功功率差值：<3 千乏。
- (4) 电气量采集精度：<1%。
- (5) 控制模式：有功不平衡兼无功治理、谐波治理。

4.技术功能特性

- (1) 可通过模式配置选择基于电容器补偿和基于电力电子技术补偿模式。
- (2) 通过循环投切及测温技术解决电容器鼓肚问题。
- (3) 通过同步编码开关技术解决投切涌流问题。
- (4) 采用多种规格电容器搭配混合补偿实现粗补和细补兼顾。
- (5) 通过可靠性设计提高系统 EMC 方面抗干扰性能。

5.应用案例

山东省青岛供电公司项目，技术提供单位为山东电工电气集团新能科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：山东省电力公司青岛供电公司所属的平度等地的配电台区，存在功率因数低、无功缺口大、三相不平衡严重等电能质量问题。

(2) 实施内容及周期：选取了具有光伏发电接入的配电台区，根据台区负荷性质、功率因数现状、台区线损情况，在台区侧安装了精细无功补偿装置，提高了功率因数，减少了配电变压器的损耗。实施周期6个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，单台装置可实现节电24528千瓦时/年，实际投运数量约为20台，年节约标准煤0.015万吨，年减排CO₂ 0.042万吨。该项目综合年效益合计为24万元，总投入为120万元，投资回收期5年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来3年，推广应用比例可达到5%，可形成年节约标准煤0.08万吨，年减排CO₂ 0.22万吨。

(六) 电除尘器新型节能高频高压供电及控制技术

1.技术适用范围

适用于静电除尘器节能技术改造。

2.技术原理及工艺

传统的电除尘器普遍采用工频可控硅电源供电，其电路结构是两相工频电源经过可控硅移相控制幅度后，送整流变压器升压整流，形成100赫兹的脉冲电流送除尘器。新型节能高频高压供电及控制技术则先将三相工频电整流形成直流电，通过逆变电路形成高频交流电，再经升压整流后，形成高频脉动电流供给除尘器，工作频率可达到20~50千赫兹，除尘效率可达99.99%，同时，通过IGBT器件和逆变电路动态补偿无功功率、消除谐波，可将电网功率因数提升到0.98以上，大幅降低现有电源能耗。工艺路线图如下：



3.技术指标

- (1) 转换效率： $\geq 93\%$ 。
- (2) 功率因素： ≥ 0.95 。
- (3) 逆变器谐振频率： ≥ 30 千赫兹。
- (4) 线圈绕组极限温升 55°C ，变压器上层油面极限温升 30°C 。

4.技术功能特性

(1) 辅助 IEMS 电除尘能量管理系统，通过 IGBT 器件和逆变电路动态补偿无功功率、消除谐波。

(2) 内置嵌入式专家控制系统，可实时读取并优化设备运行参数。

(3) 具有云系统，可通过远程平台或手机 App 来监控运行情况。

5.应用案例

美克化工绿色制造技术改造一体化建设项目，技术提供单位为浙江大维高新技术股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：改造前，采用 8 台额定输出 2.0 安/72 千伏工频电源，输出效率约 80%，实际用电总功率（输入总功率）为 1440 千瓦。

(2) 实施内容及周期：采用 8 台额定输出 1.6 安/80 千伏高频电源替换原来的 8 台工频电源。实施周期 1 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后电除尘独立对

应锅炉运行，实现单炉运行，电除尘器除尘效率 99.99%，按电厂年运行时间 6000 小时计算，年节约标准煤 0.064 万吨，年减排 CO₂ 0.17 万吨。项目总投资为 400 万元，投资回收期 2 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 55%，可形成年节约标准煤 4.4 万吨，年减排 CO₂ 12.19 万吨。