

《国家工业节能降碳技术应用指南与案例（2024年版）》之九：工业绿色微电网技术

（一）多能互补直流微电网及抽油机群控节能技术

1. 技术适用范围

适用于油井、井场微电网。

2. 技术原理及工艺

采用以柔直配电为核心的新型分布式智能电网，实现“源网荷”协调优化运行，提高油田新能源消纳率、降低线路损耗。通过电机功率动态跟踪调节，实现抽油机馈能共享。通过多台抽油机分时优化、协调群控，避免大电流峰值叠加，错峰填谷，将分散的变压器冗余容量集中共享，降低网电变压器和其他发电机组的供电容量，实现负荷动态均衡。技术原理如图1所示。

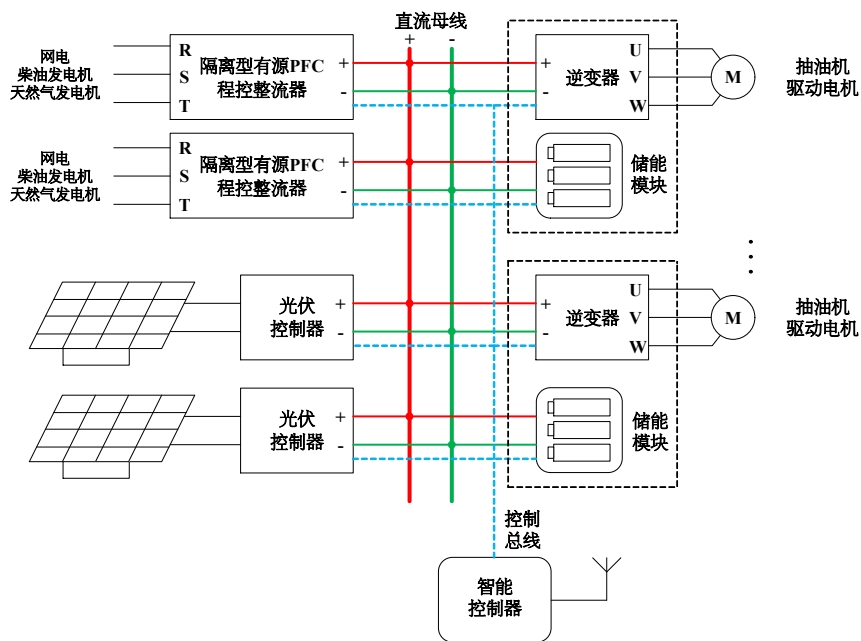


图1 技术原理图

3.技术功能特性及指标

(1) 多台抽油机分时优化协调群控，变压器总容量降低 65%;

(2) 利用新能源降低机采系统电耗，系统节电效率可达 20%~35%。

4.应用案例

(1) 项目基本情况:

技术提供单位为中石大蓝天(青岛)石油技术有限公司，应用单位为东辛采油厂。改造前采用总容量为 800 千伏安的 23 台变压器供电，主要耗能种类为电力，年产油量 22 万吨，单位时间能耗为 3992 千瓦时/天。

(2) 主要技术改造内容:

安装光伏发电系统 100 千瓦、储能系统 70 千瓦时、风能 5 千瓦和油井直流群控系统，淘汰 20 台变压器。2020 年 4 月实施节能改造，实施周期 1 年。

(3) 节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单位时间能耗降低至 3142 千瓦时/天，但因全部采用绿电，无额外电力供应，可实现节能量 355.6 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 945.8 吨/年。投资额为 205.7 万元，投资回收期为 2.7 年。

(二) 级联型高压大容量储能技术

1. 技术适用范围

适用于大型电储能系统。

2. 技术原理及工艺

通过将大量电池簇并联构成的电池堆拆解成多个独立通过功率单元进行逆变的小电池堆，并在逆变交流侧串联形成高压接入电网，省去滤波、升压变压器等环节。各电池簇物理上相互独立运行，实现高压静止无功发生器拓扑结构在储能系统中的应用。工艺装备布置如图 2 所示。

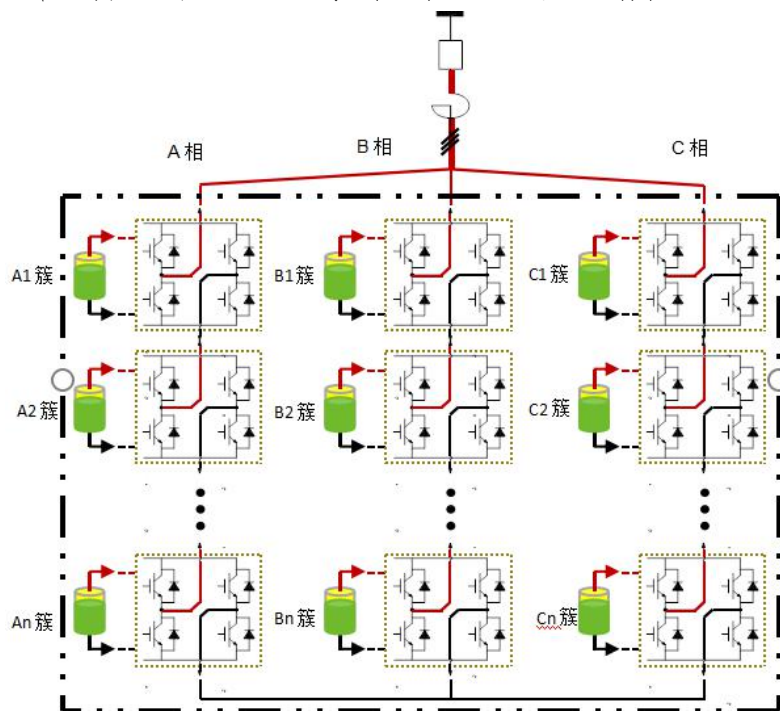


图2 工艺装备布置图

3. 技术功能特性及指标

(1) 多机并联运行控制，输入电压 6 ~ 35 千伏，单机容量 25 兆瓦/50 兆瓦时。

(2) 电池簇自动均衡控制，系统运行效率 $\geq 91\%$ 。

4.应用案例

(1) 项目基本情况:

技术提供单位为广州智光储能科技有限公司，应用单位为佛山市顺德五沙热电有限公司。改造前火电厂无法储存过剩电量，发电机组为大容量有功和无功发生装置，主要耗能种类为煤炭，年发电量 30 亿千瓦时，单位能耗为 324 克标准煤/千瓦时。

(2) 主要技术改造内容:

安装储能系统总电池容量为 4.5 兆瓦时，每套储能单元 2.25 兆瓦时，整套储能容量为 9 兆瓦/4.5 兆瓦时，由 6 个电池和功率变换集装箱和 2 个中控集装箱组成。2019 年 8 月实施节能改造，实施周期 10 个月。

(3) 节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单位能耗降低至 320 克标准煤/千瓦时，实现节能量 1.2 万吨标准煤/年，二氧化碳减排量 3.2 万吨/年。投资额为 3544.7 万元，投资回收期为 3.7 年。

(三) 熔盐储能用高压感应加热技术

1. 技术适用范围

适用于风光热新能源大基地弃电储能、火电调峰、谷电利用。

2. 技术原理及工艺

通过高压熔盐电磁感应加热装置直连高压电网，利用电磁感应原理实现熔盐加热。通过熔盐管道绕制异型多层，增大换热面积，内置高效导磁材料，实现高压励磁线圈与异型熔盐管道的高效电磁耦合，降低励磁线圈损耗。采用纳米绝缘材料将异型熔盐管道一体化浇注成型，降低系统散热，实现大功率高效加热。技术原理如图3所示。

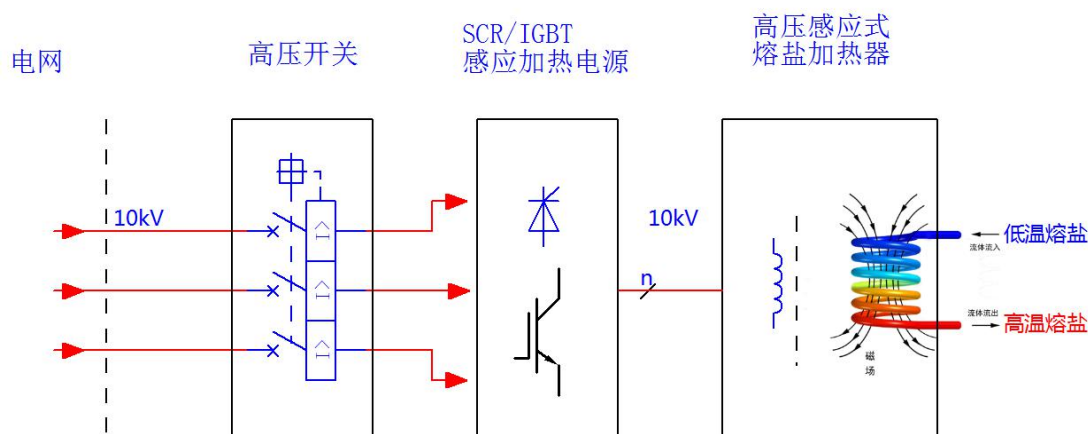


图3 技术原理图

3. 技术功能特性及指标

(1) 高压电网直接进行熔盐加热，设备接入电压 ≥ 10 千伏；

(2) 高效导磁体降低线圈损耗，减少散热，电热综合效率 $\geq 97\%$ 。

4.应用案例

该技术为研发类技术，暂无应用案例。技术提供单位为西安慧金科技有限公司。

(四) 高电压大功率固体电蓄热技术

1. 技术适用范围

适用于弃风电消纳、火电机组深度调峰、清洁供暖、工业热源。

2. 技术原理及工艺

采用自控系统在电网低谷时段或弃风电时段接通高压电网为发热体供电。发热体将电能转换为热能，同时热能被蓄热体吸收、储存并利用保温壳体防止热量损失。控制高温热交换器在用户有热需求时将高温热能转换为热水、热风或蒸汽输出。高压电、高温蓄热体与高温热交换器之间采用空气交联技术，保证设备安全运行，解决高压绝缘问题。工艺装备布置如图 4 所示。



图4 工艺装备布置图

3. 技术功能特性及指标

(1) 10~110 千伏高电压直接加热，单台最大功率 150 兆瓦。

(2) 固体蓄热体常压状态蓄热，蓄热温度 900 ℃，热输出效率 ≥ 95%。

4.应用案例

(1) 项目基本情况:

技术提供单位为沈阳世杰电器有限公司，应用单位为张家口市崇礼区住房和城乡建设局。改造前张家口崇礼地区采用燃煤锅炉为主城区供热，主要耗能种类为煤炭，供热总面积 154 万平方米，单位供热能耗为 26 千克标准煤/平方米。

(2) 主要技术改造内容:

安装电压等级 110 千伏的 48500 千瓦固体电蓄热设备，替换原有燃煤锅炉。2020 年 10 月实施节能改造，实施周期 4 个月。

(3) 节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单位能耗降低至 19 千克标准煤/平方米，消纳可再生能源 2.4 亿千瓦时，实现二氧化碳减排量 13.67 万吨/年。投资额为 2 亿元，投资回收期为 5 年。

(五) 组合式网侧共享储能技术

1. 技术适用范围

适用于大规模电网侧储能、电源侧与用户侧储能。

2. 技术原理及工艺

采用压缩空气和锂电池的组合式网侧储能技术，通过降压超过 5 兆帕的大压降管线钢储气方式，实现压空系统的高效可靠运行。自主开发压空储能与锂电池的多能互补协调控制系统和基于平滑控制多储能装置能量分配策略，动态调整组合式储能系统的电池荷电状态，降低锂电频繁深度充放的衰减，改善配电网末端区域调节能力和新能源消纳能力。工艺装备布置如图 5 所示。

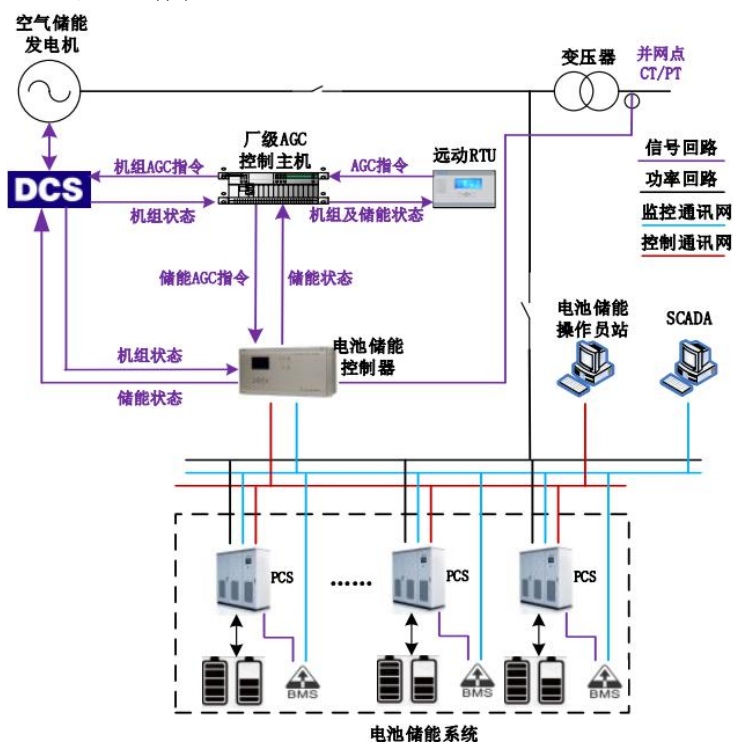


图5 工艺装备布置图

3. 技术功能特性及指标

(1) 多级压缩膨胀、中温储热、大压降储气，压缩空

气储能效率 65%~70%;

(2) 压缩空气储能与锂电池多能互补协调控制, 单个充放电循环的综合储能效率 68%~75%。

4.应用案例

该技术为研发类技术, 暂无应用案例。技术提供单位为上海发电设备成套设计研究院有限责任公司。

(六) 新型储能与可再生能源协同利用

1. 技术适用范围

适用于磷酸铁锂电池共享储能电站、电网调峰、调频。

2. 技术原理及工艺

采用动态可重构磷酸铁锂储能技术，重构电池网络系统，通过控制电池单体/模组接入充放电回路时间实现精准能量控制。采用磷酸铁锂液冷储能技术，通过并联式液冷管道设计保证流入电池模组内的冷却介质浸水温度及电池的热特性一致。开发超级电容快速响应系统，增加电网的柔性，提高电力系统的运行质量。工艺装备布置如图 6 所示。

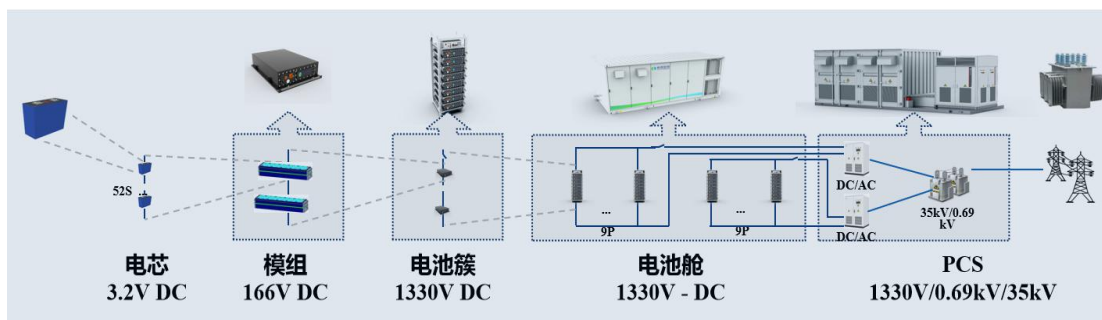


图6 工艺装备布置图

3. 技术功能特性及指标

(1) 三级热管理系统液冷系统，电池运行温度约15~30 °C，系统级别温差<4 °C。

(2) 超级电容混合储能辅助调频电芯能量密度130 瓦时/千克。

4. 应用案例

该技术为研发类技术，暂无应用案例。技术提供单位为天津绿动未来能源管理有限公司。

(七) 斜温层储能技术

1. 技术适用范围

适用于储能、热电联产、光热电行业。

2. 技术原理及工艺

开发斜温层常压储热罐本体及附属系统，包括斜温层储罐、布水系统、排水系统、安全装置和自动控制系统。依据不同温度储能介质分层原理，蓄热过程中热储能介质从上部区域进入斜温层储罐内，冷储能介质从斜温层储罐底部排出，放热过程反向运行，可节约建设和运行成本，增加用热系统调节能力。工艺装备布置如图 7 所示。

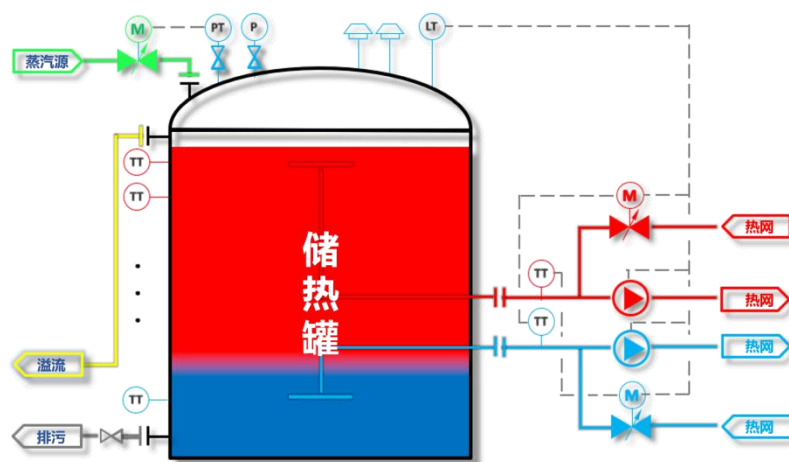


图7 工艺装备布置图

3. 技术功能特性及指标

- (1) 通过热电解耦，可深度调峰额定负荷 12.85%；
- (2) 非深度调峰时段机组储能，可供热量 1188 兆瓦时/天。

4. 应用案例

- (1) 项目基本情况：

技术提供单位为哈尔滨汽轮机厂有限责任公司，应用单位为华能丹东电厂。改造前冬季供暖季深度调峰时段通过机组抽汽进行供热，主要耗能种类为煤炭，年发电量 42 亿千瓦时，单位产品能耗为 0.3 千克标准煤/千瓦时。

(2) 主要技术改造内容:

增设斜温层常压储热罐，安装储热罐本体罐体、布水器、保温装置，配套附属系统仪表、阀门、电气、管道、溢流系统、排污系统和定压系统。2020 年 2 月实施节能改造，实施周期 9 个月。

(3) 节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单位产品能耗降低至 0.29 千克标准煤/千瓦时，实现节能量 4.2 万吨标准煤/年，二氧化碳减排量 11.2 万吨/年。投资额为 4335 万元，投资回收期为 1.5 年。