

# Application of energy optimization in electrostatic precipitator

Jinhang Yan Jian Bao\*

Zhejiang Dawei High tech Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang, 321000, China

## Abstract

The Intelligent Energy Management System (IEMS) for electrostatic precipitator is a new type of intelligent control system based on power electronics technology. It achieves dynamic reactive power compensation and harmonic control through IGBT devices and inverter circuits, significantly improving the quality of the power grid and reducing energy consumption. Meanwhile, the system achieves unmanned operation of the electrostatic precipitator system through closed-loop optimization control. This article elaborates on the working principle of the IEMS system in conjunction with the electric dust removal renovation project of Unit 2 in a power plant, and verifies its comprehensive benefits in improving power factor, suppressing harmonics, optimizing control, and energy conservation and consumption reduction through actual operating data. The results show that the IEMS system reduces the plant power consumption rate by 14.8%, increases the power factor to 0.96, and reduces the harmonic voltage component to 5.06% while ensuring ultra-low emissions of smoke and dust. It has significant engineering application value.

## Keywords

IEMS system; Power factor; Harmonic control; Optimization control; Energy Saving

## 能量优化在电除尘中的应用

严金航 包建\*

浙江大维高新技术股份有限公司, 中国·浙江 金华 321000

## 摘要

电除尘能量管理系统 (Intelligent Energy Management System, IEMS) 是一种基于电力电子技术新型智能控制系统, 通过 IGBT 器件与逆变电路实现动态无功补偿与谐波治理, 显著提升电网质量并降低能耗。同时, 该系统通过闭环优化控制实现电除尘系统无人值守运行。本文结合某电厂 2 号炉电除尘改造项目, 详细阐述 IEMS 系统的工作原理, 并通过实际运行数据验证其在提升功率因数、抑制谐波、优化控制及节能降耗方面的综合效益。结果表明, IEMS 系统在保障烟尘超低排放的前提下, 使厂用电率下降 14.8%, 功率因数提升至 0.96, 谐波电压分量降至 5.06%, 具有显著的工程应用价值。

## 关键词

IEMS 系统; 功率因数; 谐波治理; 优化控制; 节能降耗

## 1 引言

电除尘器作为工业烟气净化的核心设备, 其高压电源能耗占系统总用电量的 50% 以上。随着排放标准的日益严格, 电除尘器规模与高压电源容量需求持续增加, 导致电能质量恶化问题凸显。传统高压电源采用整流滤波技术, 运行中易引发功率因数降低 (0.8-0.85)、电压电流波形畸变 (谐波分量达 30%~90%) 等问题, 不仅影响电网稳定性, 还造成电能浪费。此外, 人工经验式运行模式导致参数设置不合

理, 进一步加剧能耗。

为解决上述问题, 某电厂 2 号炉引入 IEMS 系统, 通过动态无功补偿、谐波治理与智能优化控制实现电除尘系统的高效运行。本文从工程背景、系统原理、实施效果等方面展开分析, 为同类项目提供参考。

## 2 工程概况

### 2.1 项目现状

某电厂 2 号炉于 2015 年投产, 每台炉共 2 台双室 5 电场除尘器, 每个电场均为小分区供电, 每台炉共 40 台高频电源。设计时, 电除尘厂用电为 0.147%, 投产后, 电除尘月平均厂用电  $\geq 0.270\%$ 。为了降低能耗、提高功率因数、治理电能质量, 某电厂拟安装一套 IEMS 系统。

### 2.2 改造目标

节能目标: 厂用电率较 2023 年下降 0.03%, 稳定至

【作者简介】严金航 (1984-), 男, 中国浙江金华人, 本科, 工程师, 从事电除尘器电气设计研究。

【通讯作者】包建 (1989-), 男, 中国浙江金华人, 工程师, 从事电除尘现场调试优化研究。

0.23%;

电能质量目标: 功率因数  $\geq 0.90$ , 谐波电压分量  $\leq 5\%$ ;

控制目标: 实现电除尘参数自动优化与无人值守。

### 2.3 无功功率分析

从原理上讲, 高频电源运行在额定值时, 功率因数接近 0.93。但一般来讲, 日常运行时高压电源的输出功率都小于其额定值。具体到某电厂 2 号炉电除尘器, 其部分电场运行参数适中, 约为额定值的 60%-70% 左右, 输出电压在 40KV-60KV。由电除尘器的运行参数可知, 其相应的功率因数预计为 0.8-0.85 左右。考虑现场情况, 以一、二、三电场运行参数 800mA/60KV, 四、五电场 600mA/50KV 作为计算基准来计算补偿的无功功率, 2 号除尘器的无功功率合计 783KVA。以目标功率因数 0.90 计算, 需要补偿的无功功率为约 360KVA。

### 2.4 高次谐波补偿分析

电除尘器高压电源属于整流逆变设备, 在运行过程中会产生大量的高次谐波。根据以往的工程经验, 高频电源运行过程中产生的谐波电流分量约为 30%-90% 左右, 谐波电压分量约为 2.5%-8% 左右, 高次谐波补偿所需的补偿容量接近于无功补偿的量, 即 360KVA。经过补偿, 总体上谐波电压分量可以控制在 4% 左右, 小于国标要求的 5%。

### 2.5 无功功率及谐波的补偿方案

根据前述, 2 号炉电除尘器若要将功率因数补偿到 0.90 左右, 需要的无功补偿容量为 360KV。谐波治理所需的补偿容量接近无功补偿量。考虑到一定的冗余量, 最终选择补偿容量为 800KVA。包括 4 台能量管理控制柜和 1 台电除尘优化控制柜, 每台能量管理控制柜容量为 200KVA。

## 3 IEMS 系统原理与架构

### 3.1 系统组成

IEMS 系统由两部分构成:

能量管理控制柜: 集成有源滤波器 (APF), 实现无功补偿与谐波治理;

电除尘优化控制柜: 搭载嵌入式主机, 根据实时反馈参数 (如负荷、排放浓度) 自动调节电场输出, 优化能耗。

### 3.2 关键技术

无功补偿: 通过 DSP 实时检测电网无功分量, 生成反向补偿电流, 驱动 IGBT 逆变器实现动态补偿;

谐波抑制: 注入与谐波相位相反的电流, 抵消系统谐波分量;

智能控制: 基于多参数反馈闭环调节, 确保排放达标并最小化能耗 (图 1)。

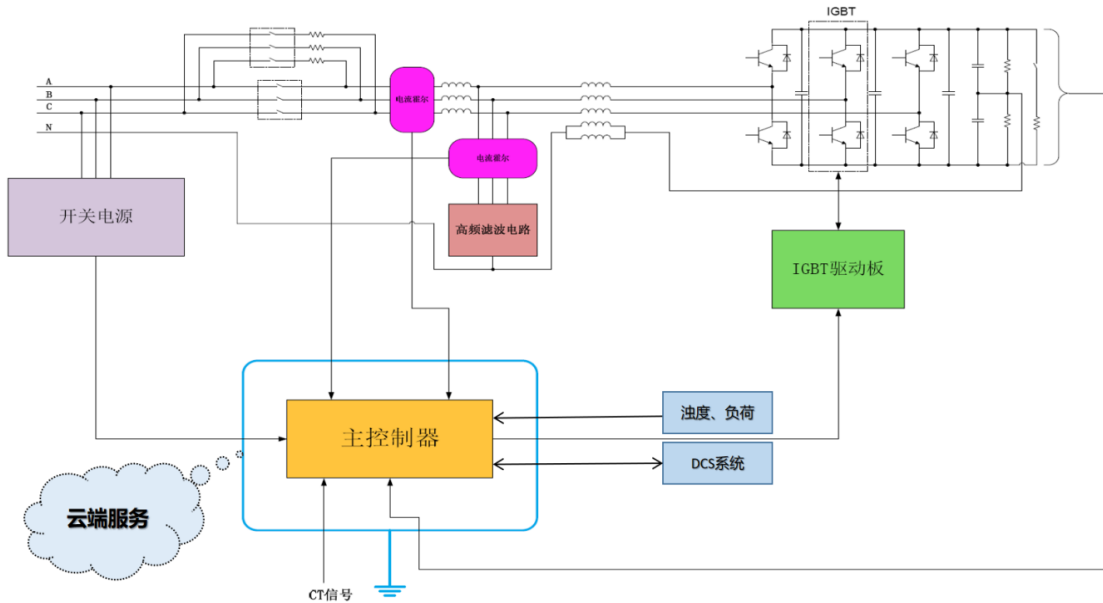


图 1 IEMS 系统原理图

## 4 改造方案

2 号炉开关柜分两列布置, 由 2 台干变供电, 分别为 1#PC 段、2#PC 段。能量管理控制柜和原开关柜安装在同一个配电室, 通过桥架连接, 用电缆从原开关柜母排取电, 取电位置可在母排的任意一个点。每个 PC 段 2 台能量管理控制柜, 布置如图 2 所示。

在每个 PC 段进线柜内安装 3 只电流互感器, 把电流互

感器的信号接入能量管理控制柜。

能量管理控制柜分为主柜和辅柜 (若只有一台能量管理控制柜时, 则选主柜), 主柜含有触摸屏, 可在触摸屏上监控相关数据及画面。

电除尘优化控制柜安装在电除尘监控室, 通过网线接入电除尘系统, 按照设定好的目标值, 根据外部反馈信号自动调整各输出参数。

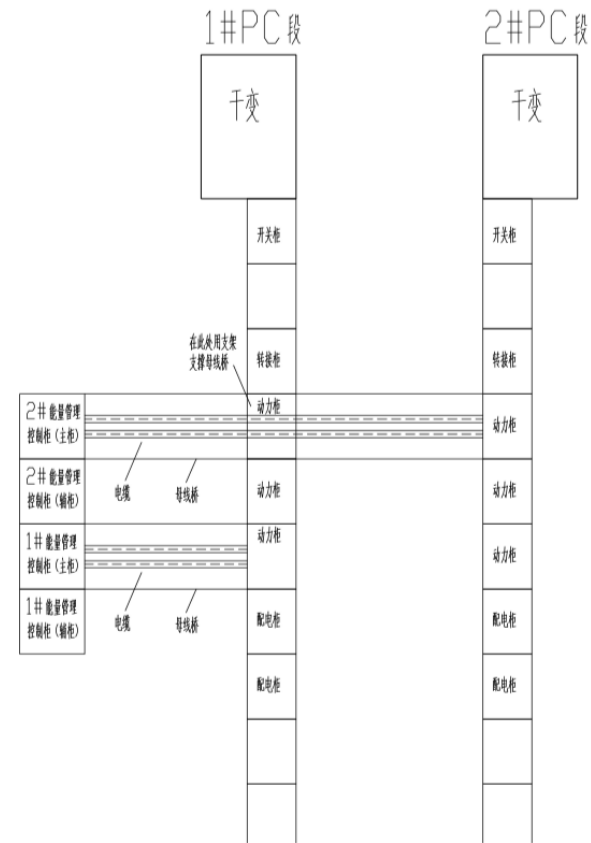


图2 能量管理柜布置图

表1 两种工况下 IEMS 系统投运前后对比汇总

550MW 工况电能质量对比 (IEMS 投运前后)			450MW 工况电能质量对比 (IEMS 投运前后)		
参数	投运前	投运后	参数	投运前	投运后
功率因数	0.90	0.96	功率因数	0.90	0.96
电压谐波分量	8.38%	5.02%	电压谐波分量	7.35%	5.06%
电流谐波分量	31.89%	27.01%	电流谐波分量	35.72%	26.79%

## 6 结论

节能降耗：厂用电率降低至 0.23%，综合节能效率达 14.8%；

电能质量：功率因数提升至 0.96，谐波电压分量稳定于 5.06%；

智能化运行：实现无人值守，参数动态优化，运行一致性显著提高。

IEMS 系统通过多目标协同控制，在保障超低排放的同

## 5 改造效果分析

### 5.1 厂用电率指标

IEMS 系统投运后，2024 年 6 月厂用电率降至 0.230%，较 2023 年同期 (0.256%) 下降 10.2%，较改造前基准值 (0.270%) 节能 14.8%。

### 5.2 电能质量提升

2 号机组在 550MW 负荷工况下，IEMS 系统投入前，功率因数为 0.90，电压谐波分量平均值为 8.38%，电流谐波分量平均值为 31.89%。

2 号机组在 550MW 负荷工况下，IEMS 系统投入后，功率因数为 0.96，电压谐波分量平均值为 5.02%，电流谐波分量平均值为 27.01%。

2 号机组在 450MW 负荷工况下，IEMS 系统投入前，功率因数为 0.9028，电压谐波分量平均值为 7.354%，电流谐波分量平均值为 35.72%。

2 号机组在 450MW 负荷工况下，IEMS 系统投入后，功率因数为 0.9602，电压谐波分量平均值为 5.06%，电流谐波分量平均值为 26.794%。

### 5.3 优化控制效益

电除尘优化控制柜实现全自动参数调整，振打周期、加热功率等参数实时优化，排放稳定性提升 20%，人工干预需求减少 90%。

时大幅降低能耗，为电除尘领域提供了高效、智能的解决方案，具有广泛的推广价值。

### 参考文献

- [1] 于荆鑫. 燃煤发电烟气超低排放系统(火用)分析与优化[D]. 山西大学[2025-03-21].
- [2] 吴美红. 电除尘器的高效节能控制系统[D]. 辽宁科技大学[2025-03-21].
- [3] 许小雷. 电除尘器节能设计与应用[J]. 绿色环保建材, 2021(10): 49-50.