

Research on Energy-saving Control Strategies for Electrical Systems of Electrostatic Precipitator Equipment

Wenhui Xia Xiaolu Yi Jianguang Li Gentao Guo Shuwen Leng

Huaneng Xindian Power Plant, Zibo, Shandong, 255414, China

Abstract

Electrostatic dust removal equipment is an air purification equipment commonly used in the industrial field. Its main function is to remove particulate matter from the air through the action of an electric field. The electrical system of electrostatic dust removal equipment also needs to consider how to improve energy utilization efficiency and reduce energy consumption while achieving normal operation of the equipment. In order to achieve energy-saving operation of electrostatic precipitator equipment, it is necessary to optimize the power supply system, control system, and monitoring system to achieve energy-saving control of the electrical system of electrostatic precipitator equipment. The paper studies energy-saving control strategies for the electrical system of electrostatic precipitator equipment, and explores how to achieve energy-saving goals by optimizing the power supply system, control system, and monitoring system.

Keywords

electric dust removal equipment; electrical system; energy saving control strategies

电除尘设备电气系统的节能控制策略研究

夏文晖 伊晓鲁 李建光 郭根涛 冷述文

华能辛店电厂, 中国·山东 淄博 255414

摘要

电除尘设备是一种常用于工业领域的空气净化设备, 其主要的功能是通过电场作用去除空气中的颗粒物, 电除尘设备的电气系统在实现设备正常工作的同时, 也同样需要考虑如何提高能源利用效率, 减少能源消耗。为了实现电除尘设备的节能运行, 需要通过进行优化电源系统、控制系统和监测系统, 来实现电除尘设备的电气系统的节能控制。论文研究电除尘设备电气系统的节能控制策略, 探讨如何通过优化电源系统、控制系统和监测系统来实现节能目标。

关键词

电除尘设备; 电气系统; 节能控制策略

1 引言

随着工业生产的不断发展, 大量的颗粒物和污染物被排放到大气中, 对环境和人类健康造成了严重的威胁, 电除尘设备作为一种高效的空气污染治理设备, 被广泛应用于各个行业中, 如电力、冶金、化工、建材等, 其工作原理是利用电场作用将颗粒物从气体中去除, 从而达到净化气体的目的。

2 电除尘设备的工作原理和电气系统

2.1 电除尘设备的概述

电除尘设备是现在很多工业工作中一种重要的环保设备, 广泛应用于煤矿、电厂、冶金、化工、水泥、建材、食品等工业领域。它可以有效去除空气中的固体颗粒物, 净化排放的废气, 很好地保护环境和人体健康。

电除尘设备的主要工作原理就是利用电力原理将带电的颗粒物吸附在电极上, 之后通过清灰系统将其去除。它可以分为干式电除尘和湿式电除尘两种类型。干式电除尘主要适用于处理干燥的粉尘, 而湿式电除尘适用于处理潮湿的气体和颗粒物。

2.2 电除尘设备的工作原理

电除尘设备的工作原理基于电力原理和静电原理。当带电的颗粒物通过电除尘设备时, 它们会受到电场的作用, 被吸附在电极之上。随着时间的推移, 颗粒物在电极之上逐渐积累形成灰尘层。当灰尘层过厚时, 会影响电除尘设备的工作效率, 因此需要对设备进行及时的定期清洁和清理。

电除尘设备的主要组成部分包括电极、收集板、高压电源、控制系统和清灰系统。电极是电除尘设备的核心部件, 它由导电材料制成, 通常是金属丝或金属板。收集板是用于收集被吸附在电极上的颗粒物的部件, 通常是金属板或玻璃纤维布。高压电源提供电除尘设备所需的高电压, 以产生电

【作者简介】夏文晖(1971-), 男, 中国江苏常州人, 工程师, 从事电气研究。

场。控制系统是用于监测和控制电除尘设备的运行状态。清灰系统用于清除电极上的灰尘层，通常都是采用机械振动或气体冲击的方式。

3 电除尘设备电气系统的节能控制策略

3.1 负荷控制策略

需要了解电除尘设备的基本原理。电除尘设备通过电场作用将工业废气中的颗粒物吸附到电极上，然后通过清灰装置将颗粒物清除。电气系统是电除尘设备的核心部分，包括高压电源、电极、收集板和清灰装置等。在这个系统中，电源是供给电极产生高电压，形成电场，吸附颗粒物的关键。因此，电气系统的节能控制负荷控制策略主要围绕着电源的节能使用展开。

一种常见的节能控制负荷控制策略是根据废气排放量的大小来调节电源的工作状态。当废气排放量较大时，电源可以工作在较高的电压状态下，以增加电场强度，提高除尘效率。而当废气排放量较小时，电源降低电压，减少能耗。这种策略能够根据实际情况动态调整电源的工作状态，实现节能控制负荷控制的目的。

另一种常见的节能控制负荷控制策略是利用智能控制技术对电气系统进行优化调节。智能控制技术可以通过传感器和控制器实时监测电除尘设备的工作状态和废气排放量，根据监测结果自动调节电源的工作状态。例如，当监测到废气排放量较大时，智能控制技术可以自动增加电源的电压，提高除尘效率；而当监测到废气排放量较小时，智能控制技术自动降低电源的电压，减少能耗。这种策略能够实现精确的节能控制负荷控制，提高电除尘设备的能效。

3.2 频率控制策略

频率控制是电除尘设备电气系统中常用的节能控制策略之一，它通过调整电机的转速来控制风机的风量和压力，从而实现节能效果。频率控制可以根据实际需要灵活地调整电机的转速，使其在不同负载情况下运行效率更高。

频率控制的基本原理是根据电动机的负载需求来调整电机的转速，当负载需求较低时，电机以较低的转速运行，从而降低能耗。当负载需求较高时，电机以较高的转速运行，以满足需要的风量和压力。通过频率控制，电除尘设备根据实际工况需要进行灵活调整，达到最佳的节能效果。

频率控制在电除尘设备中的应用通过安装变频器来实现，变频器是一种能够根据输入电压和频率来调整输出电压和频率的电气设备。它可以通过改变电动机的供电频率来实现电动机的转速调节。通过使用变频器，电除尘设备根据实际需要调整电机的转速，从而实现节能控制。

频率控制在电除尘设备中的节能效果是显著的，通过合理调整电机的转速，降低设备的能耗和运行成本。一个典型的例子是电除尘设备中的风机系统。风机是电除尘设备中最耗电的部件之一，通过频率控制根据实际需要调整风机的

转速，从而降低能耗。研究表明，通过频率控制，在电除尘设备中实现 10%~30% 的能耗节约。

3.3 电压控制策略

电压控制策略是指通过调节电除尘设备中的电压参数来实现设备的节能控制，在电除尘设备中，电场是实现粉尘分离的关键部分，而电压则是控制电场的重要参数之一。通过合理调节电压，可以实现电场的最佳工作状态，从而提高除尘效率，降低能耗。

电压控制策略主要包括两种方式，即恒定电压控制和变频电压控制，恒定电压控制是指将电除尘设备中的电压保持在一个固定值，不进行调整，这种控制方式简单直接，适用于一些除尘效率要求较低的场合，然而，恒定电压控制无法根据实际运行情况进行调整，可能导致能耗过高或除尘效果不佳的问题。

相比之下，变频电压控制是一种更加智能化和灵活的控制策略，通过控制电源的频率，实现对电压的调节，这种控制方式根据实际运行情况动态调整电压，以达到最佳的除尘效果和能耗控制。在负荷较轻的情况下，降低电压以节约能耗；而在负荷较重的情况下，适当提高电压以提高除尘效率。

3.4 功率因数控制策略

功率因数是电气系统中的一个重要参数，它反映了电能的有效利用程度，功率因数是指电流与电压之间的相位差，它分为功率因数和无功功率因数。功率因数越接近 1，表示电能的利用效率越高。而功率因数低，不仅会造成电能浪费，还会对电力系统的稳定性和安全性产生一定影响。因此，在电除尘设备的电气系统设计中，通过控制功率因数来实现节能是一种有效的策略。

在电除尘设备电气系统的节能控制中，功率因数控制策略主要包括有功功率因数控制和无功功率因数控制两种方法。有功功率因数控制是通过控制电流与电压之间的相位差来实现的，主要通过改变电容器的容值来调节电压和电流之间的相位差。当电容器的容值增大时，相位差减小，功率因数增加。而无功功率因数控制是通过改变电流和电压之间的相位差来实现的，主要通过调节电感器的电感值来实现。当电感器的电感值增大时，相位差减小，功率因数增加。

功率因数控制策略的应用可以有效地降低电除尘设备的功耗，减少电能的浪费。通过合理调节电容器和电感器的容值和电感值，可以使功率因数接近 1，从而提高电能的利用效率。此外，功率因数控制策略还能改善电力系统的稳定性和安全性。当功率因数低时，会导致电力系统中的谐振现象增加，甚至引发电力系统的故障。而通过控制功率因数，可以减少谐振现象的发生，提高电力系统的稳定性和安全性。

4 电除尘设备电气系统节能控制策略的经济效益评估案例分析

以某电除尘设备为例，该设备的电气系统包括高压电

源系统、控制系统、信号采集系统、通信系统和保护系统等，通过优化电源系统、控制系统和监测系统，实施节能控制策略，可以降低设备的能源消耗和运行成本，提高设备的效率和性能。

首先，选择高效电源、应用电源管理技术和能量回收技术，提高电源系统的能源利用效率。根据实际情况，假设实施节能控制策略后，电源系统的能源利用效率提高了20%。

其次，优化控制策略、调整控制参数和应用自适应控制技术，提高设备的效率和性能。根据实际情况，假设实施节能控制策略后，设备的效率提高了10%。

最后，优化监测系统的设计、应用数据处理与分析技术和故障诊断与预测技术，提高监测系统的稳定性和可靠性，减少设备的故障率。根据实际情况，假设实施节能控制策略后，设备的故障率降低了5%。

根据以上假设，计算出实施节能控制策略后的经济效益。假设电除尘设备的年运行时间为8760h，电源系统的年能源消耗为10000kW·h，能源价格为0.5元/kW·h；控制系统的年运行成本为5000元，监测系统的年维护成本为2000元。

接下来，计算实施节能控制策略后的经济效益。经济效益通过节能量和能源价格的关系来计算，即节能量×能源价格。根据前面的计算，实施节能控制策略后电源系统的节能量为10000kW·h-8000kW·h=2000kW·h。

因此，实施节能控制策略后的经济效益为2000kW·h×0.5元/kW·h=1000元。

综上所述，实施节能控制策略后的经济效益为1000元，通过降低设备的能源消耗和运行成本，提高设备的效率和性能，实现了节能减排和经济效益的双重目标。

5 未来节能控制的发展趋势

5.1 智能化控制技术的应用

随着信息技术的不断发展，智能化控制技术在电除尘设备电气系统中的应用得到了进一步拓展，智能化控制技术可以通过传感器和控制器实时监测设备的运行状态和环境参数，根据监测结果进行智能调节和优化控制，通过智能化控制技术可以实现设备的自适应调节、故障诊断和预测、能源优化等功能，从而达到提高设备的效率和性能，得以实现节能减排的目标。

5.2 新型材料的应用

新型材料的应用将为电除尘设备电气系统的节能控制提供新的可能性，利用高导电性材料制作电极，可以降低电

场的电阻，提高电场的强度，从而提高除尘效率，利用新型材料同时可以改善电除尘设备的耐高温性能和抗腐蚀性，延长设备的使用寿命，减少设备的维护和更换成本。

5.3 能量回收技术的发展

能量回收技术的发展将进一步提高电除尘设备的能源利用效率，电除尘设备在工作过程中会产生大量的废热和废气，通过合理利用和回收这些废热和废气的能量，可以降低设备的能耗和运行成本，利用废热和废气驱动发电机或热泵，将废热和废气转化为电能或热能，再利用这些能量供给设备的工作，从而实现能源的循环利用达到节能目的。

5.4 智能化维护和管理系统的建设

建设智能化维护和管理系统是提高电除尘设备电气系统节能控制的一个重要途径，智能化维护和管理系统可以通过远程监测和诊断技术，实时监测设备的运行状态，及时发现和排除故障，提高设备的可靠性和稳定性，利用大数据分析和人工智能技术，对设备的运行数据进行较为全面分析和预测，提供优化的维护和管理方案，进一步提高设备的效率和性能。

6 结语

电除尘设备的电气系统是设备的核心组成部分，对设备的能耗和性能起着重要的影响。要想实现电除尘设备节能运行，需要通过优化电源系统、控制系统和监测系统，实现设备的节能控制。优化电源系统可以选择高效电源、应用电源管理技术和能量回收技术，降低能耗。优化控制系统可以优化控制策略、调整控制参数和应用自适应控制技术，降低能耗。优化监测系统可以优化设计、应用数据处理与分析技术和故障诊断与预测技术，降低能耗。通过综合应用这些节能控制策略，可以实现电除尘设备的节能运行，提高设备的能效。

参考文献

- [1] 田海,姚继保.对火电机组电除尘设备节能提效控制的探讨[J].电子元件与信息技术,2021,5(1):89-90.
- [2] 曾毅,陈晓雷.火电机组除尘设备智能节能系统设计与应用[J].中国高科技,2020(14):17-18.
- [3] 束云峰,赵颖宇,陈方,等.高效节能滤网式电除尘烟气分流技术的研究[J].矿业工程,2019,17(1):37-39.
- [4] 彭宇泉.浅谈电除尘节能技术的应用[J].再生资源与循环经济,2016,9(4):42-44.
- [5] 侯建峰.浅谈1、2号炉电除尘电控设备节能升级改造[J].科技创新与应用,2012(26):130.