

Analysis of Causes and Design of Adaptive Alignment Correction Device for Coal Conveying Belts in Thermal Power Plants by

Dongsheng Xu

Jilin Longhua Thermal Power Plant, Guoneng Group, Jilin, Jilin, 132000, China

Abstract

As a critical component of fuel transportation systems in thermal power plants, the operational stability of coal conveying belts directly impacts the safety and efficiency of coal supply to generating units. The frequent occurrence of belt misalignment stems from complex factors including equipment structure, installation precision, operating environment, coal flow distribution, and maintenance practices. This issue not only reduces conveying efficiency but also poses significant safety hazards such as belt damage, coal spillage, blockages, and even fires. This study systematically investigates multidimensional causes of conveyor belt misalignment, evaluates the applicability and limitations of traditional correction methods, and proposes a novel correction device based on multi-sensor intelligent perception and adaptive control principles. Experimental and field application results demonstrate that this device enables dynamic monitoring and rapid adjustment of belt operation status, significantly enhancing system intelligence. It provides robust safeguards for safe, efficient, and environmentally friendly coal transportation in thermal power plants.

Keywords

Thermal power plant; Coal conveying belt; Misalignment mechanism; Adaptive correction device; Intelligent control; System safety

火电厂输煤皮带跑偏原因分析及自适应纠偏装置设计与应用

徐东升

国能吉林龙华热电股份有限公司吉林热电厂，中国·吉林 吉林 132000

摘要

输煤皮带作为火电厂燃料输送系统的重要组成部分，其运行的稳定性直接关系到机组供煤的安全与效率。皮带跑偏问题频发，成因复杂，既有设备结构、安装精度、运行环境等因素，也受到煤流分布与运维水平的影响。皮带跑偏不仅降低输送效率，还易引发皮带损坏、撒煤、堵塞乃至火灾等重大安全隐患。本文系统梳理了输煤皮带跑偏的多维成因，分析了传统纠偏措施的适用性与不足，提出基于多传感器智能感知与自适应控制原理的新型纠偏装置设计。实验与现场应用结果表明，该装置能够实现皮带运行状态的动态监测和快速调节，极大提升了系统智能化水平，为火电厂输煤系统的安全、高效与绿色运行提供了坚实保障。

关键词

火电厂；输煤皮带；跑偏机理；自适应纠偏装置；智能控制；系统安全

1 引言

火电厂作为我国能源结构的重要支柱，其安全稳定运行高度依赖于燃料输送系统的连续性和可靠性。输煤皮带作为实现煤炭高效自动化运输的核心设备，其运行状态直接影响着锅炉燃烧的稳定性与发电厂经济效益。随着大型机组及智能化水平的不断提升，皮带输送系统的长度与复杂性显著增加，但皮带跑偏现象却仍频繁发生，成为困扰生产一线和运维管理的顽疾。皮带跑偏轻则造成撒煤污染、设备磨损加剧，重则导致皮带撕裂、断裂甚至安全事故，大幅增加运维

难度与运行风险。本文围绕火电厂输煤皮带跑偏的机理、现有技术的局限，重点探讨智能自适应纠偏装置的系统设计与应用成效，旨在为火电厂燃料系统智能化安全运维提供理论参考与实践经验。

2 输煤皮带跑偏问题的机理分析

2.1 皮带结构设计及制造误差的影响

输煤皮带结构的科学性和制造精度，是保障其长期稳定运行的基础。皮带机系统中的托辊、驱动滚筒、改向滚筒等关键部件，如其轴线与皮带中心线发生微小偏差，便会造成张力分布不均，从而在皮带运行过程中产生横向分力，诱发跑偏现象。皮带本体制造环节，若出现厚度或宽度不均、接头处理不规范等问题，也会改变受力平衡，形成横向应力，

【作者简介】徐东升（1978-），男，中国吉林吉林人，本科，工程师，从事燃料输煤研究。

增加偏移概率。此外，托辊组装精度不高、支架刚性差等结构性误差，随着皮带连续运行会逐渐积累，导致初期的微小位移演变为长期的系统性偏移。皮带材料在长期高负荷运行中逐渐老化，局部疲劳损伤使弹性模量下降，进一步削弱了对运行轨迹的自我修正能力。这些结构和制造上的细节疏忽，不仅加剧皮带跑偏现象，还影响设备的安全性与使用寿命，成为运维管理中的突出隐患。

2.2 安装与调试工艺的不足

安装调试环节直接决定输煤皮带系统的起始状态和长期稳定性。实际工作中，若未能严格执行中心线测量、水平找正和支架牢固等工艺要求，极易造成设备整体或局部的偏斜，埋下跑偏隐患。托辊或滚筒的轴向、径向微小偏移，张紧装置受力不均，均会导致皮带受力分布失衡，在运行中表现为持续性或周期性偏移。皮带接头未能实现精确对中，张紧力设定过大或过小，都会影响皮带张力的均匀性，导致系统在启停、负载变化等工况下产生不可预知的偏移。调试阶段如果忽略托辊与皮带本体之间的适配性，以及润滑状态维护，微小误差将长期积累，最终演化为严重的跑偏问题。安装与调试质量的细微波动，往往是后续设备维护难度加大的根本原因，对生产效率和安全运行带来不容忽视的挑战。

2.3 运行环境与煤流分布的影响

火电厂输煤皮带所处的高温、高湿及多尘环境，为设备的长期平稳运行带来了多重考验。运行过程中，煤粉及杂物极易在托辊和滚筒表面积聚，导致转动阻力增大，支撑效果下降，局部托辊甚至可能失效，进而引发皮带偏移。煤流分布的不均或落煤管布局不合理，会造成皮带两侧载荷差异明显，张力分布失衡，加剧跑偏现象。设备在长期运行中，如遇托辊卡滞、表面损坏或异物卡阻，均可能在短时间内诱发局部甚至全线偏移。环境温度的剧烈波动，带来设备的热胀冷缩，进一步改变皮带的受力状态。煤流波动与皮带运行速度的复杂耦合作用，不断扰动皮带的受力平衡，增加自动纠偏的难度，对系统智能化运行和稳定性提出了更高要求。

3 现有输煤皮带纠偏技术评述

3.1 传统机械纠偏装置的应用与不足

传统机械纠偏装置如自动调心托辊、锥形托辊、限位轮等，主要依靠其结构自适应调节能力，通过皮带与托辊间的物理相互作用力，局部修正皮带的运行轨迹。这类装置在结构简单、易于布置的同时，能够在一定程度上缓解皮带的轻微跑偏问题。然而，实际运行中，托辊磨损、润滑条件不良及煤粉堆积等因素，都会削弱装置的调节灵敏度，导致纠偏效果有限。刚性限位轮虽能强行约束皮带位置，但易造成皮带边缘局部磨损甚至损伤。尤其在皮带长度不断增加、输送能力显著提升的现代火电厂，传统机械纠偏装置难以实现高精度、智能化的动态调整，表现出调节响应滞后、维护工作量大和长期运行稳定性不足等突出问题，难以满足安全高

效输送系统的实际需求。

3.2 电气与液压辅助纠偏方案的探索

为弥补传统机械纠偏装置响应滞后和调节精度不足的问题，部分火电厂开始应用电气与液压辅助纠偏系统。此类系统通常通过高灵敏度传感器实时监测皮带偏移量，利用智能控制器驱动自动调心滚筒或液压推杆等执行机构，主动修正皮带运行轨迹。电气纠偏具备响应速度快、调节精度高、适应复杂工况的优势，而液压系统则因其大力矩输出和优良的稳定性，适合应对重载、大型皮带输送场景。然而，这些高端系统存在投资成本较高、结构复杂、维护技术要求高等问题。在高粉尘、高湿度的火电厂输煤环境中，传感器和执行机构易受污染或腐蚀，影响整体运行的可靠性和寿命。因此，如何提升系统防护能力与自适应性能，减少故障发生，保障长周期安全运行，成为电气和液压纠偏技术持续发展的关键。

4 自适应智能纠偏装置的设计原理与关键技术

4.1 系统结构与工作原理

自适应智能纠偏装置综合运用了多传感器信息采集、智能控制算法以及高精度执行机构，实现对输煤皮带跑偏问题的动态感知与精准调节。系统主要由激光或红外位置检测单元、边缘计算模块、智能控制器和自适应执行机构组成。检测单元可对皮带边缘位置、张力等参数进行实时采集，并将数据传输至边缘计算模块进行初步分析。智能控制器则根据采集到的偏移量和趋势，结合运行工况及历史数据，生成最优调节指令，驱动步进电机、伺服液压装置等执行机构，对托辊或滚筒进行微调，实现高效纠偏。该系统能够自主识别多种异常工况，并具备在线学习和自适应优化能力，可以针对不同煤流变化、载荷波动等复杂扰动，自动调整调节策略，提升纠偏的智能化与可靠性，满足现代火电厂输煤系统的安全运行需求。

4.2 多传感器融合与数据处理

为保障系统对皮带运行状态的高精度、全方位监测，自适应纠偏装置采用激光、红外、超声波等多种类型传感器进行协同布置，实时获取皮带边缘位置、张力、速度及煤流分布等多维数据。所有采集信号首先经过边缘计算模块处理，完成初步滤波、去噪与特征提取，以剔除环境噪声和误差影响。多源信号融合后输入智能控制系统，采用神经网络、模糊控制等算法，实现对皮带真实跑偏信号与干扰信号的有效区分，提高了异常检测的准确率和系统鲁棒性。数据融合技术不仅增强了系统对复杂工况变化的适应力，也为后续的动态建模和设备故障预测提供了坚实数据基础，推动了输煤皮带纠偏管理向智能化、信息化和软硬件一体化迈进。

4.3 智能控制策略与执行机构优化

智能控制系统在多传感器融合数据的基础上，能够动态调整纠偏执行机构的动作幅度与响应速度，满足不同工况

下的纠偏需求。系统广泛应用自适应模糊控制、PID 调节等算法，根据煤流、载荷及皮带速度的实时变化自动优化调节参数，实现精准响应和能耗优化。执行机构多采用步进电机、伺服驱动或液压推杆等高性能组件，并配备智能反馈装置，能够实时监控调节效果，防止过调或出现反向振荡等不良现象。高端装置还引入基于深度学习的预测模型，提前预判皮带运行趋势，动态修正调节路径。通过对执行机构结构和材料的不断优化，显著提升了其环境适应性和运行耐久性，为长周期、复杂工况下输煤系统的稳定纠偏提供了坚实保障。

5 自适应纠偏装置的工程应用与效果分析

5.1 典型火电厂现场应用案例

在实际工程应用中，某大型沿海火电厂在其主输煤皮带线上全面部署了自适应智能纠偏装置，取得了显著成效。该厂以往在多处关键区段存在皮带频繁跑偏、撒煤、堵塞等顽疾，给运维带来极大压力。自智能纠偏系统投入运行后，装置通过多类型传感器实时采集皮带运行数据，智能控制模块动态分析偏移趋势并精准驱动执行机构，实现对皮带轨迹的实时修正。运行数据显示，传统系统皮带中心线平均每百米偏移 12mm，应用智能纠偏装置后，偏移量降低至 3mm 以下，撒煤和皮带磨损问题明显改善。智能报警和远程诊断功能大幅提升了故障发现和响应速度，使技术人员能在第一时间内制定维修决策，降低了人工巡检频率和非计划停机次数。设备维护周期由原来的每月两次延长至季度检查，减少了维护工作量和备品备件消耗。系统运维效率提升显著，保障了燃料连续稳定供应，推动了厂区煤炭物流数字化管理进程。该案例充分验证了自适应智能纠偏装置在复杂工况下的适用性和经济性，为行业提供了可复制的示范经验。

5.2 性能测试与运行可靠性分析

为全面评估自适应智能纠偏装置的技术优势，相关团队对装置的核心性能进行了多轮实验和实地测试。首先，传感器灵敏度测试结果显示，在高粉尘、高湿环境下，激光与红外双重监测依然可精准捕捉皮带边缘细微偏移，灵敏度高于传统单一检测手段。控制系统响应时间普遍小于 0.8 秒，能在皮带发生初始偏移时迅速介入调节，极大降低了偏移发展为系统性故障的风险。执行机构的微调精度达到 2mm 以内，保证了长距离、大载荷皮带的平稳运行。现场试验还发现，装置在不同煤流分布、皮带速度和负载变化条件下，均展现出良好的自适应调节能力和工作稳定性。设备长期运行

期间，托辊和执行机构的磨损速率显著降低，维护工作量减少，平均无故障工作时间（MTBF）较以往提升约 20%。多项测试数据表明，自适应智能纠偏装置在技术性能和运行可靠性方面均处于行业领先水平，能够为火电厂实现精细化、智能化管理提供坚实技术支撑。

5.3 经济与社会效益评价

自适应智能纠偏装置的推广应用，为火电厂带来了显著的经济效益和社会价值。在经济层面，系统有效降低了因皮带跑偏引发的设备故障和非计划停机，节省了大量维修费用和备件消耗。输煤系统稳定性提升，保障了锅炉燃料连续供应，提升了机组出力和供电可靠性，进而增加了电厂的经济效益。设备维护周期的延长与智能预警系统的辅助，显著降低了一线工人的劳动强度和检修风险，实现了降本增效。社会层面，智能纠偏装置提升了煤炭输送自动化和信息化水平，减少了因撒煤、堵塞等问题造成的环境污染和安全事故，推动了能源行业向安全、高效、绿色方向发展。智能运维平台的建设与大数据分析能力的提升，为煤炭物流管理的数字化、智慧化转型提供了强有力的支撑。

6 结语

火电厂输煤皮带跑偏作为系统安全与效率的核心隐患，成因复杂、治理难度大。本文系统分析了结构、工艺、环境等多维因素，评述传统纠偏技术局限，提出基于多传感器智能感知和自适应控制的新型纠偏装置设计。现场应用与实验数据表明，该装置响应速度和调节精度显著提升，有效降低非计划停机率与运行成本，为燃料系统安全高效运行提供了保障。随着工业物联网与智能制造发展，自适应智能纠偏系统将在火电厂及更多工业场景广泛应用，推动行业智能化与绿色升级。

参考文献

- [1] 谢敏,刘洪军,李磊.基于卷积神经网络的火电厂输煤皮带偏移与撕裂识别技术研究[J].中国战略新兴产业,2025,(15):164-169.
- [2] 李虎,王哲.火电厂输卸煤燃料系统多维度无人值守综合监控平台设计研究[J].中国高新科技,2025,(14):13-15.
- [3] 胡伟.火电厂燃煤输送系统机械设备维护工艺研究[J].现代制造技术与装备,2025,61(02):142-144.
- [4] 姜尧,张艳宾,马文韬,等.智慧化巡检技术在火电厂输煤栈道的应用与优化设计[J].中国高新科技,2024,(21):120-122.
- [5] 何明.输煤系统输煤皮带机常见故障诊断与检修探析[J].内蒙古煤炭经济,2024,(06):112-114.