 DOI: https://doi.org/10.12349/mit.v3i2.11071

# Research On Nonlinear Regulation Of Primary Fan Moving Blades Caused By Hydraulic System Abnormity

**Xingrui Fang**

Guizhou Jinyuan Chayuan Power Generation Co., Ltd., Bijie, Guizhou, 551802, China

**Abstract**

With the rapid development of social economy, the level of industrial development has been significantly improved. For the operation of thermal power generation equipment, the primary fan is an important auxiliary device, and its regulation performance directly affects the combustion stability of the boiler and the load response capability of the unit. The hydraulic system serves as the power source for movable blade regulation, and its operating state directly determines the regulation quality. This paper mainly analyzes the influence of hydraulic system abnormities on the nonlinear regulation of movable blades and investigates the nonlinear problems of primary fan movable blade regulation caused by hydraulic system faults, so as to provide technical references for the reliable operation of the primary fan hydraulic system.

**Keywords**

primary fan; movable blade regulation; hydraulic system; nonlinear regulation; fault diagnosis

# 液压系统异常造成一次风机动叶调节非线性问题研究

方兴蕊

贵州金元茶园发电有限责任公司，中国 · 贵州 毕节 551802

**摘　要**

在社会经济快速发展的背景下，行业发展水平有了明显的提升，对于火力发电设备的运行而言，一次风机是非常重要的辅助设备，其调节性能会直接影响锅炉燃烧的稳定性和机组负荷的响应能力。液压系统是动叶调节执行动力源，实际的运行状态，会直接影响调节的品质，本文主要分析液压系统异常对动叶调节非线性问题的影响，分析当前液压系统异常造成一次风机动叶调节非线性问题，以期为一次风机液压系统的可靠运行提供技术参考。

**关键词**

一次风机；动叶调节；液压系统；非线性调节；故障诊断

## 1 引言

一次风机是煤粉锅炉的关键辅助设备，整个系统运行的作用是将空气送入磨煤机，用于干燥和输送煤粉，同时能够提供煤粉燃烧所需要的风。从当前大型火电机组的运行情况来看，主要采用的是轴流式一次风机，其动叶调节机构是通过液压系统进行驱动的，能够实现叶片角度的连续性调节，从而改变风机出力，以此适应锅炉负荷的变化。液压系统在长期运行过程中会出现非线性问题，主要表现在控制指令变化时动叶实际开度响应延迟比较明显。因此，应该结合当前系统运行情况做好故障诊断分析，合理选择处理方法，全面提高系统运行水平。

【作者简介】方兴蕊（1987–），男，中国云南宣威人，助理工程师，从事风机液压系统非线性故障分析研究。

## 2 液压系统异常问题的解决意义

### 2.1 保障锅炉燃烧稳定性，提升机组运行可靠性

一次风机动叶调节的非线性问题会直接传导至一次风压，如果系统在运行过程中存在液压系统异常的情况或者动力出现抖动或者部件卡涩的情况，一次风压就会随之出现波动，这种波动会直接影响煤粉传输的稳定性，可能造成风量不均匀的情况，进而影响炉膛负压和氧量。如果整体问题比较严重的话，可能就会直接触发压力保护系统，导致机组出现降负荷甚至灭火停机的情况。做好液压系统故障分析和液压系统异常调节治理，能够明确研究机理，采取有效的治理措施，也能够提高锅炉燃烧的稳定性，保证机组的可用系数。一次风机动叶调节装置的可靠性直接影响到发电机组的安全稳定性和经济效益，通过进行非线性问题的优化调节之后，能够保证系统的运行水平，这也是当前保障整组液压系统稳定运行常见方式之一 [1]。

### 2.2 降低设备维护成本，延长液压元件使用寿命

液压系统的异常，主要表现在渐进式劣化的情况，比如油液污染度从 NAS8 级上升至 NAS11 级，伺服阀阀芯磨损导致零位漂移，油缸密封老化引起内泄漏等。这些问题在整个系统运行过程中出现频率都是比较高的，如果得不到及时地识别和处理的话，就会直接加剧一些核心元件的损坏，比如可能会加速油缸和液压泵的损坏。一旦出现这些零部件损坏就需要进行维修和更换，又需要投入一大笔资金，通过对非线性调节特征和液压系统异常对应关系进行分析处理，能够快速在故障出现早期就进行预警和精准性的识别，对问题及时处理，能够降低检修成本和能耗。及时清理或更换油缸密封可以恢复调节线性度，避免更换昂贵部件，也能侧面节省部件更换的成本支出，长此以往，能为企业带来可观的效益。

## 3 液压系统异常造成一次风机动叶调节非线性问题分析

### 3.1 油质劣化引起的伺服阀响应畸变

关于液压系统在整体运行过程中出现异常情况，从而造成调节非线性的问题，首先要考虑液压油的清洁度和黏度对伺服阀工作特性所造成的影响，分析具体的影响因素和参数。一次风机液压系统对燃油的根本要求较高，需要保证清洁度不低于 NAS7 级，因此前期在液压系统选择方面要考虑具体的方案和使用效果。如果油液污染度超出规定标准，颗粒物就会直接沉积在伺服阀喷嘴挡板的间隙中或者堵塞节流孔，逐渐淤堵，从而造成挡板动作受阻的情况，这种情况主要表现是小信号输出的时候伺服阀没有输出。此外油液氧化产生的油泥和漆膜也会直接黏附在阀芯的表面，这样就会增加整体的摩擦力，从而造成滞环增大的情况。对整个液压系统的运行而言，一旦出现因为油质劣化而引起的畸变问题，就会直接影响系统的运行效果，导致非线性问题愈发严重，会影响后续其他环节的运行使用。

### 3.2 伺服阀磨损引起的增益非线性

在整个液压系统中，伺服阀是非常重要的核心环节，其内部结构在长期往复的运动中可能出现机械磨损的情况，而且不同部件的配合间隙逐步增大，就会导致出现内泄漏增加的情况，一旦出现内泄漏问题，就导致油缸在稳定状态下也无法保持稳定的位置，动叶也会缓慢偏移，此时只有不断对伺服阀进行调节补偿才能满足基本的生产要求，具体操作是指令不变，但是动叶的位置波动严重，同时这种问题还会导致阀道出现摩擦偏移的情况，可能导致零部件出现不对称和压力不一致的问题，在增加和减少方向的响应特征不同，从而形成滞环非线性特征。当流量超过额定值规定的范畴的时候，调节系统就会出现非常明显的非线性特征，整体的现场表现是在负荷变化的时候，需要反复对指令进行追赶，调节的过程中也会出现拖泥带水的情况 [2]。

### 3.3 油缸内泄漏导致的位置保持下降

对于整个液压系统的内部调节运行而言，油缸是非常重要的执行元件，其内部活塞的密封圈长期处于高温和高压环境下，一段时间就会出现老化磨损的情况，这就会直接导致高压侧出现油液泄漏到低压侧的情况，出现内泄漏就会导致伺服阀关闭后油缸两腔的压力会逐渐降低，活塞的位置也会出现漂移的情况。在闭环的控制系统中，位置传感器检测到活塞出现漂移之后，控制器就会自动发出一些修正指令，但是在修正的过程中也可能会超出调节的压力范围，从而出现动叶震荡的情况，如果系统内部泄漏问题比较严重，可能会导致系统在稳定运行时出现动叶角度逐渐减小的问题，此时就需要通过补油的方式进行调节，操作人员应该观察油缸压力曲线，有效识别内泄漏早期的特征变化 [3]。

### 3.4 控制油路堵塞造成的延迟与爬行

对于液压系统的控制油路设计，首先应该要做好先导油路和回油管路的设计和研究，针对其存在的节流孔和滤网的狭窄通道，如果油泥或者颗粒物在节流口处出现局部堵塞的情况，有效流通的面积就会大幅度减小，流量的增益也会下降，整体的响应会变慢，指令发出之后油缸运动的速度也会明显降低，一般来讲正常的响应时间是 1 到 2 秒，但是伺服阀响应变慢之后会延长到 5 秒以上，如果堵塞的程度接近完全堵塞的状态时，就会导致出现整体运行都非常缓慢的情况，将油压积累到一定程度才能克服阻力，从而产生间歇性运动。发现这种问题后，应该对其节流孔的堵塞物进行及时的清理，通过全方位的清洗之后，这种缓慢运行的现象消失，油缸排油恢复正常状态 [4]。

## 4 液压系统异常造成一次风机动叶调节非线性问题对策

### 4.1 油质精细化管理与在线净化技术

关于液压系统异常给一次风机动叶调节工作开展带来的影响，首先要考虑油质精细化管理和在线净化技术的应用。当前存在的油质劣化问题要强化人员的责任意识和工作能力，结合现场工作需要建立定期检测的管理体系，要实现系统的在线化净化，全面提高油液清洁度的目标。对于配备的检测系统应该定期清洁，并且还要定期对清洁工作的开展情况进行记录，对水分、酸值、清洁度的相关指标进行提取，如果发现存在异常情况要立刻进行处理，同时还要在油路旁边配置专门的过滤装置，要采用高精度的过滤芯，持续对油液中一些颗粒物和水分进行去除。对于已经出现漆膜倾向的系统应该加装静电吸附或者离子交换的树脂装置，如果整体的污染问题比较严重，应该做好离线滤油或者彻底换油的工作，换油之前必须对油箱和整体的管路进行彻底清理，避免出现污染物残留，从而污染新油。通过这种在线检测的方式，能够根据实时的检测数据，对油质的具体情况进行技术的评估，也能够提前预警污染的趋势。

### 4.2 伺服阀清洗与性能测试技术

当前动叶调节出现的非线性特征问题应该强化人员的专业能力和问题处理能力。初步判定是不是伺服阀的问题，应该将伺服阀下线送到专业机构进行检查。清洗环节应该在洁净的室内通过超声波机器进行清洗，并且配备专业的清洗液对滤芯、滤网等零件进行仔细的清理，对存在的一些油泥和微小颗粒进行认真地清理 [5]。清洗之后还需要到测试台进行静态和动态性能的测试，主要的测试是对偏移量、泄漏量等相关数据进行检测，在检测过程中，如果发现存在磨损严重和测试参数超差的问题，应该及时根据现场生产要求更换阀芯组件和整个阀。在条件有限的情况下，可以采用在线冲洗的技术进行处理，主要利用系统油泵，在保证整个系统断电状态下对电磁阀进行分步操作，可以用高压油对先导油路进行冲刷，但是这种方法使用相对有限，主要适用在一些轻微污染层面。通过对伺服阀进行清理之后能够有效提高系统运行的效率，也能够减小风压波动的幅度 [6]。

### 4.3 油缸密封改造与内漏检测技术

要保证整体的使用性能，提高整体液压系统的耐高温和耐磨损的性能，密封更换的时候还需要考虑活塞密封的预压缩量，将其控制在 0.2 到 0.3 毫米，导向带的间隙均匀，避免出现偏差和磨损的情况。在实际进行更换的时候，还需要结合现场工作要求做好油缸的耐压试验工作，可以在不同工作压力下进行测试，可以设置测试的时间，检查是否存在外漏的情况，然后还应该进行保压测量。对于无法停机更换密封的机组应该采用在线检测的方法，并且要对每个环节检测的数据进行详细记录，应该在油缸两腔的油路上安装压力传感器，在此环节要严格关闭截止阀，记录压力衰减的曲线，通过压降速率推算内泄漏的量级。通过这种异常检测的方式，能够构建完善的油缸压力信号模型，从而实现实时的监测。

### 4.4 控制油路优化与在线监测系统搭建

为全面消除当前存在的节流孔堵塞和油路不顺畅的问题，应该做好全方位的系统设计，还要对运行的模式进行及时的维护，提高整体系统运行的水平。在系统设计方面要梳理控制油路关键的节流孔，可在前端加装可拆卸的滤网，并且增加冲洗的管路，做好定期的清理，要对每个环节工作的检查情况和开展情况进行记录。同时还应该对回油管路的背压进行控制，结合现场的运行情况应该将其控制在 0.2 到 0.3MPa，可以结合具体的生产需要增设回油过滤器或者加大管径。在运行维护方面应该建立控制油路压力的在线检测点，结合具体的检测要求合理设置报警的阈值，如果压差偏离正常范围，系统就会自动触发预警，给相关人员提供警示，让其及时清洗滤芯或者检查节流孔。通过对油路进行在线监测和控制之后，能够成功预警节流孔堵塞的情况，也能够有效避免出现调节异常问题。

## 5 结语

综上所述，对于液压系统一次风机动叶的调节非线性问题而言，如果此问题得不到处理会直接影响机组运行的稳定性，在系统运行使用中，液压系统异常是导致该问题的主要原因。在未来发展中，应加大数字化技术的引进创新，做好液压系统的故障预测和模型分析，做好智能化的调节和非线性的提前预警。此外，还需要做好环保型液压油的探索应用，降低系统运行中油泥的生成率，不断延长换油的周期，提升检修的精细化和在线监测水平，提升运行的稳定水平。

## 参考文献

[1] 杨旭康.油动机液压系统异常检测与小样本轻量化故障诊断方法[D].燕山大学,2025.

[2] 傅俊祁.液压系统关键部件运行特征选择及异常状态识别的设计与实现[D].重庆大学,2022.

[3] 韩昱辉.基于时间序列相似度与集成分类分析的液压系统异常检测[D].重庆大学,2020.

[4] 张建彪.一次风机动叶调节装置故障原因分析及处理[J].山东工业技术,2018,(8):35.

[5] 闪恒杰,张道瑞,李瑞华,等.双级动叶调节轴流式一次风机振动分析及处理[J].风机技术,2017,59(2):83-86.

[6] 王兴林.一次风机动叶调节装置故障原因分析及处理[J].科技视界,2015,(21):229-230.