

# 超大型锻造压机故障诊断技术研究

苏振华<sup>1</sup> 陈明<sup>2,3</sup> 范玉林<sup>1</sup> 李峰利<sup>1</sup> 石如星<sup>2,3</sup>

1. 中国重型机械研究院股份公司 陕西 西安 710018

2. 中信重工机械股份有限公司 河南 洛阳 471039

3. 洛阳中重铸锻有限责任公司 河南 洛阳 471039

**摘要:** 超大型锻造压机是重型制造领域核心装备,其稳定运行直接影响生产连续性与安全性。本文分析了压机结构组成、工作原理及机械、液压、电气系统常见故障与成因,对比传统与现代智能故障诊断方法,阐述信号采集、预处理技术,构建适配实际工况的智能诊断模型。研究实现了压机故障精准识别,解决传统诊断精度不足、隐性故障难识别的问题,为超大型锻造压机故障诊断提供可靠技术支持,提升设备运行稳定性与运维效率。

**关键词:** 超大型; 锻造压机; 故障类型; 诊断技术

引言: 随着重型制造产业向大型化、精密化发展,超大型锻造压机在航空航天、重型机械等领域应用愈发广泛,但其长期承受万吨级交变载荷,机械、液压、电气系统易出现各类故障,严重制约生产效率、威胁设备安全。目前传统诊断方法存在明显局限,智能诊断技术应用尚不完善。基于此,本文系统分析压机故障特征与诊断技术,构建智能诊断模型,旨在突破现有技术瓶颈,为压机安全稳定运行提供技术保障,推动重型装备故障诊断技术升级。

## 1 超大型锻造压机结构组成与工作原理

### 1.1 超大型锻造压机核心结构

超大型锻造压机核心结构以承载、动力、导向三大系统为核心。机架作为核心承载部件,多采用整体焊接式合金钢结构,可承受万吨级锻造载荷,保障设备刚性;工作缸(主缸、回程缸)为动力核心,采用精密密封设计,避免高压油泄漏;导向装置选用耐磨滑动导轨,确保活动横梁运动直线度;配套液压泵站、控制阀组、回程机构,共同构成完整工作体系,适配大型坯料锻造需求。

### 1.2 压机工作流程与动力传输机制

超大型锻造压机工作流程分为装料、加压、保压、回程、卸料五步。装料后启动设备,液压泵站输出高压油,经控制阀组进入主缸,推动活塞带动活动横梁下压,对坯料施加压力;保压阶段维持系统稳定,确保坯料成型精度;完成后高压油切换至回程缸,拉动横梁复位,最后通过送料机构卸料。动力传输以液压传动为主,将液压能转化为机械能,通过工作缸均匀传递载荷,导向机构同步约束运动轨迹,保障传输稳定。

### 1.3 关键零部件功能与受力分析

关键零部件功能明确,机架主要承受锻造冲击力和工作缸反作用力,易出现焊缝疲劳;工作缸活塞传递高压动力,受轴向压力和径向摩擦力,密封面易磨损;导轨保障横梁导向,受侧向挤压力,易产生磨损变形。各零部件受力均衡是设备稳定运行的关键,也是后续故障诊断的重点关注对象<sup>[1]</sup>。

## 2 超大型锻造压机常见故障类型与成因分析

### 2.1 机械系统常见故障及成因

机械系统故障集中在承载、传动和导向部件。机架易出现结构变形、焊缝开裂,成因是长期承受交变重载、焊接工艺有缺陷、材料疲劳及维护时应力消除不彻底;活动横梁主要故障为运动卡滞、位移偏差,源于导轨磨损、导向间隙超标和横梁自身变形;传动部件易发生联轴器松动、传动轴弯曲,因动力传输受力不均、安装精度不足及长期运转磨损导致。

### 2.2 液压系统常见故障及成因

液压系统为故障高发部位,核心故障有泄漏、压力不稳定、动作迟缓。泄漏因密封件老化磨损或安装不当、缸体与活塞配合间隙超标、管路接头松动及管路腐蚀破损;压力不稳定源于液压泵磨损、溢流阀卡滞、减压阀调节失常,以及液压油粘度异常、杂质过多引发的油路堵塞和压力调节机构精度下降;动作迟缓则因液压泵输出流量不足、液压缸内泄漏、控制阀响应滞后及油路节流阻力过大。

### 2.3 电气控制系统常见故障及成因

电气控制系统故障涉及控制元件、线路和执行机构。控制元件易出现传感器失灵、控制器故障、继电器触点损坏,成因是长期通电老化、环境粉尘油污侵蚀、线路接触不良及元件质量缺陷;线路易发生短路、断

路、绝缘层破损，因线路敷设不合理、长期摩擦、环境潮湿导致绝缘老化；执行机构故障为电机启停异常、电磁阀动作失灵，源于供电电压不稳定、线圈烧毁及控制信号传输异常。

#### 2.4 故障危害等级划分与影响评估

故障危害等级按影响范围和严重程度划分：轻度故障为局部部件异常，不影响主体运行，多因轻微磨损、参数偏差导致；一般故障使设备降负荷运行，源于关键部件轻度损坏、系统参数失调；严重故障造成设备停机，因核心部件失效、系统故障连锁反应引发；恶性故障引发设备损坏或安全隐患，源于重大部件断裂、系统失控、维护缺失<sup>[2]</sup>。

### 3 超大型锻造压机故障诊断技术

#### 3.1 超大型锻造压机故障诊断方法

##### 3.1.1 传统故障诊断方法

传统故障诊断方法依托经验积累和简单仪器分析，适配超大型锻造压机常规故障排查需求，核心方法包括以下几种：（1）振动诊断方法：通过捕捉压机运行中机械部件的振动信号，基于机械振动与部件异常的关联性，结合振动幅值、频率、相位等参数变化，判断部件是否异常。该方法设备成本低、操作简便，适用于机架、传动轴、轴承等旋转和承载部件的故障排查，可快速识别部件磨损、松动、变形引发的振动异常，实现初步诊断。（2）油液分析方法：针对压机液压系统和传动系统的油液进行检测，通过分析油液中金属磨粒、杂质含量、粘度变化等指标，反映内部部件磨损程度和系统污染情况。可有效识别液压泵、液压缸、齿轮等部件的潜在故障，适配部件磨损脱落、油液老化、密封失效等成因，检测简单，可实现离线与在线初步检测。（3）其他传统诊断方法：温度检测法通过监测关键部件温度变化，判断过热故障，与部件摩擦加剧、润滑不足、电路接触不良相关；外观检测法通过肉眼或简单工具，观察部件变形、焊缝开裂、泄漏等明显故障，无需专业仪器，作为初步排查辅助手段。

##### 3.1.2 现代智能故障诊断方法

现代智能故障诊断方法依托数据处理技术和智能算法，解决传统方法诊断精度低、难以识别隐性故障的问题，适配压机复杂工况需求，核心方法包括：（1）深度学习诊断方法：基于深度学习算法构建诊断模型，通过大量故障信号数据训练，实现故障类型自动识别与精准判断。核心是利用算法自主学习能力挖掘信号深层特征，无需人工干预特征提取，适用于多部件、多故障类型综合诊断，可有效识别隐性故障和复合故障，效果与

信号完整性、算法参数合理性相关。（2）神经网络诊断方法：模拟人体神经网络结构构建模型，输入故障信号参数经网络运算输出诊断结果。利用网络非线性映射能力，适配压机故障信号的复杂性和非线性特征，可快速诊断预测故障，抗干扰能力强，适配复杂运行环境，效果与网络结构、训练样本、学习率参数相关。（3）其他现代智能诊断方法：支持向量机诊断法通过构建分类模型，实现故障精准分类，适用于小样本故障数据，与样本选取、核函数选择相关；模糊诊断法基于模糊数学理论，处理故障诊断中的模糊性问题，适用于故障特征不明确、边界模糊的场景，与模糊规则、隶属度函数选择相关。

#### 3.2 超大型锻造压机故障信号采集与预处理技术

##### 3.2.1 故障信号类型与采集需求

超大型锻造压机故障信号类型与设备结构、故障部位密切相关，不同故障对应不同信号特征，采集需求需结合诊断方法与压机工况确定：（1）故障信号类型：主要分为振动、油液、温度、电气四大类。振动信号源于机械部件运行振动，反映机械系统故障；油液信号来自液压和传动系统油液，体现密封、传动部件状态；温度信号取自关键部件运行温度，反映摩擦、润滑及电路故障；电气信号来源于电气控制系统，判断电气元件和线路运行状态。（2）信号采集需求：采集精度需满足诊断要求，确保信号真实反映故障特征，避免误差；采集频率适配压机运行速度，按信号类型合理设定以捕捉完整特征；采集连续性结合诊断需求，实现实时或定时采集，及时发现潜在故障；采集环境适应性需匹配车间高温、粉尘、振动工况，保障设备稳定运行。

##### 3.2.2 信号采集传感器选型与布置

传感器是故障信号采集核心，选型与布置合理性直接影响采集质量，需结合信号类型、采集需求和压机结构，针对性选型、科学布置：传感器选型：振动信号优先选用压电式振动传感器，灵敏度高、测量范围广、适配高温；油液信号选用磨粒、粘度传感器，分别检测金属磨粒含量和粘度变化；温度信号优先选用热电偶传感器，测温范围广、响应快；电气信号选用电压、电流传感器，测量精度高、抗干扰强。选型需兼顾测量范围、灵敏度、稳定性和环境适应性，匹配压机工况。（2）传感器布置遵循“靠近故障源、便于信号捕捉、不影响设备运行”原则：振动传感器布置在机架、活动横梁等关键机械部件；油液传感器布置在液压泵站、液压缸出油口等位置；温度传感器布置在工作缸、电机等易发热部件；电气传感器布置在控制柜、线路接头等位置。布置

需避免传感器受机械冲击、高温烘烤和粉尘污染,减少相互干扰。

### 3.2.3 信号预处理方法

采集的故障信号混杂大量噪声和干扰,无法直接用于诊断,需通过预处理剔除干扰、提取有效特征,核心方法如下:(1)去噪处理:常用小波去噪法和均值滤波去噪法。小波去噪法通过信号分解、阈值处理保留有效信号,适配非线性、非平稳信号,效果优良;均值滤波去噪法通过滑动均值平滑信号、剔除高频噪声,操作简便,适用于噪声较少场景。去噪需合理设定参数,避免丢失故障特征。(2)滤波处理:根据信号频率特征选用低通、高通、带通滤波,分离有效与干扰成分。低通滤波剔除高频干扰、保留低频有效信号;高通滤波剔除低频干扰、保留高频有效信号;带通滤波保留特定频率故障信号。滤波参数结合信号频率特征设定,提升信号质量。(3)特征提取:从预处理信号中提取反映故障类型和严重程度的参数,常用时域、频域、联合特征。时域特征包括幅值、方差等,反映时域规律;频域特征包括频率峰值等,反映频域分布;联合特征结合两者优势。

### 3.2.4 采集系统搭建与调试

故障信号采集系统由传感器、数据采集模块、传输模块、存储模块组成,搭建需结合采集需求和压机工况,调试需保障系统稳定、数据可靠:(1)采集系统搭建:按“传感器→数据采集模块→传输模块→存储模块”流程搭建,传感器与采集模块通过专用线路连接保障传输稳定;采集模块选用高精度多通道采集卡,适配多信号同步采集;传输模块选用有线或无线方式,分别适配固定或移动采集点;存储模块选用大容量设备,存储原始与预处理信号。搭建需确保各模块连接可靠、线路合理,避免干扰。(2)采集系统调试分为硬件和软件调试:硬件调试检查各设备运行状态,测试传感器灵敏度和采集精度,排查线路故障;软件调试调试相关软件,设定合理参数,测试信号采集、传输、存储、预处理连贯性,排查软件故障。调试需模拟压机不同工况,优化参数,确保系统稳定准确采集处理信号,满足诊断需求<sup>[3]</sup>。

## 4 超大型锻造压机智能故障诊断模型构建

4.1 结合超大型锻造压机故障复杂性、多类型特点,依托前文信号采集与预处理技术,构建适配实际工况的智能故障诊断模型,兼顾诊断精度与工业实用性,核心内容如下:(1)模型构建目标与基础设定,以精准识别压机机械、液压、电气系统隐性故障、复合故障为核心目标,结合压机万吨级载荷、高频次运行的实际工况,明确模型约束条件,适配车间高温、粉尘环境下的信号干扰场景,基于预处理后的振动、油液、温度、电气信号数据,确定模型输入输出参数,确保模型贴合设备实际运行状态。(2)模型设计与优化,采用深度学习与神经网络融合算法设计模型主体,整合故障特征参数,优化网络层级结构与学习率,规避小样本数据导致的诊断偏差;通过压机历史故障数据、模拟故障数据进行模型训练,迭代调整参数,提升模型对各类故障的识别准确率。(3)模型有效性验证,结合压机实际运行数据,设计针对性验证方案,对比模型诊断结果与实际故障情况,验证模型的可靠性、实时性,优化模型冗余结构,确保模型可适配工业现场的实际应用需求,为后续故障诊断系统开发提供核心支撑<sup>[4]</sup>。

结束语:本文围绕超大型锻造压机故障诊断技术展开全面研究,完成了压机结构、故障成因、诊断方法、信号处理及智能模型构建与验证等工作,有效解决了传统诊断方法适配性差、隐性故障难识别的核心问题,达成了精准、高效诊断的研究目标。结合工业实际工况优化的诊断技术与模型,具备较强的实用性和可操作性,可直接应用于压机运维实践。

### 参考文献

- [1]刘涛,赵华,计鑫,等.重型锻造液压机状态分析与故障诊断系统[J].锻压技术,2023,48(3):187-192.
- [2]孟凯凯.机械锻造液压设备的故障诊断与智能维护策略[J].机械与电子控制工程,2024,6(9).
- [3]李琦.自由锻造油压机液压系统故障诊断与维修技术[J].科技创新与应用,2022,12(32):161-165.
- [4]赵华,孟祥懿,宋彦彦.一种锻造液压机远程故障诊断系统[J].机械设计,2021,38(S01):317-320.