

2023 WORK SUMMARY

# 基于变分模态分解和 多尺度排列熵的滚动 轴承故障诊断

汇报人：

2024.01.18

# 目录

CATALOGUE

- 引言
- 变分模态分解理论
- 多尺度排列熵理论
- 基于变分模态分解和多尺度排列熵的轴承故障  
诊断方法
- 实验设计与结果分析
- 结论与展望

# PART 01



# 引言



# 研究背景和意义

## 滚动轴承在机械设备中的重要性

滚动轴承是旋转机械设备中的关键部件，其运行状态直接影响整个设备的性能和安全性。

## 故障诊断对设备维护和保障的重要性

及时准确地诊断滚动轴承的故障，对于预防设备事故、提高设备运行效率、降低维护成本具有重要意义。



# 国内外研究现状及发展趋势

## 传统故障诊断方法及其局限性

传统的滚动轴承故障诊断方法主要包括振动分析、声学检测、温度监测等，这些方法在实际应用中受到多种因素的干扰，诊断准确性有待提高。

## 基于变分模态分解和多尺度排列熵的故障诊断方法

近年来，基于变分模态分解（VMD）和多尺度排列熵（MPE）的故障诊断方法逐渐受到关注。VMD能够将复杂信号分解为多个固有模态函数（IMF），而MPE能够从多个时间尺度上提取信号的特征信息，两种方法相结合可以更有效地提取滚动轴承故障特征。



# 本课题研究目的和内容

## 研究目的

本课题旨在研究基于变分模态分解和多尺度排列熵的滚动轴承故障诊断方法，提高滚动轴承故障诊断的准确性和效率。

VS

## 研究内容

首先，对滚动轴承的振动信号进行采集和预处理；其次，利用VMD方法对振动信号进行模态分解，得到多个IMF分量；然后，对每个IMF分量进行多尺度排列熵特征提取；最后，通过分类器对提取的特征进行分类识别，实现滚动轴承故障的诊断。

**PART 02**



# **变分模态分解理论**



# 变分模态分解基本原理

1

## 信号分解

将复杂的信号分解为若干个固有模态函数 (IMF)，每个IMF代表信号的一种振动模式。

2

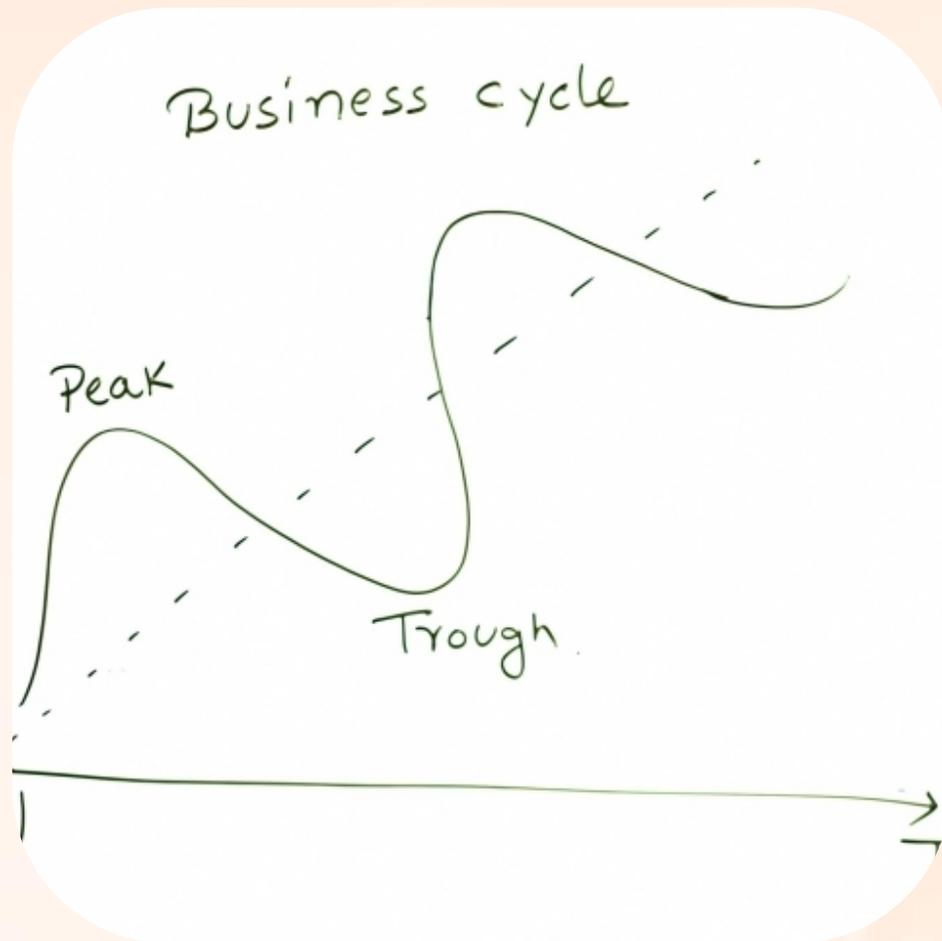
## 变分问题构建

通过构建变分问题，将信号分解转化为求解变分问题的最优解，使得分解后的各IMF分量具有最佳的稀疏性和独立性。

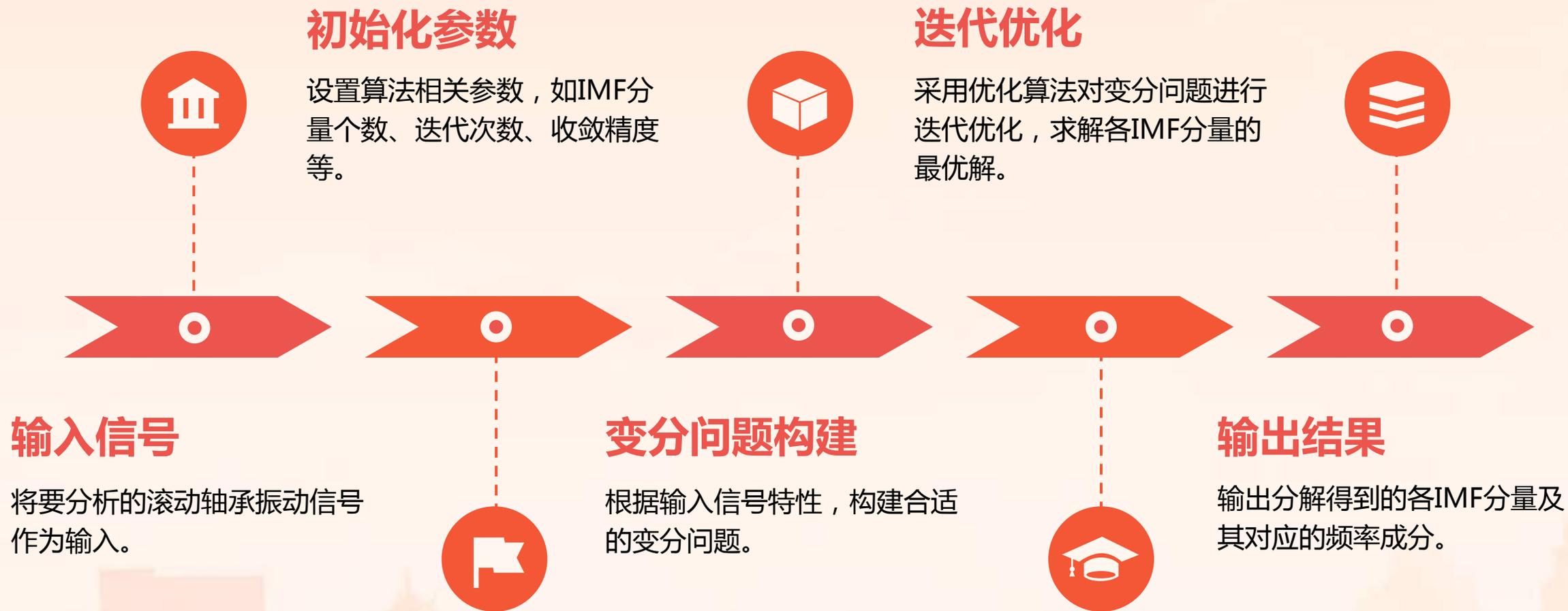
3

## 迭代优化

采用交替方向乘子法 (ADMM) 等优化算法，对变分问题进行迭代优化，得到各IMF分量的最优解。



# 变分模态分解算法流程





# 变分模态分解在轴承故障诊断中应用



## 故障特征提取

通过变分模态分解将轴承振动信号分解为若干个IMF分量，根据不同故障类型对应的特征频率，从IMF分量中提取出故障特征。



## 故障识别与分类

利用提取的故障特征，采用合适的分类器（如支持向量机、神经网络等）对轴承故障进行识别和分类。



## 故障严重程度评估

通过对IMF分量进行进一步分析，如计算其能量、熵等指标，可以对轴承故障的严重程度进行评估。



## 故障预警与预测

结合历史数据和实时监测数据，利用变分模态分解等方法对轴承状态进行预测和预警，为维修决策提供支持。

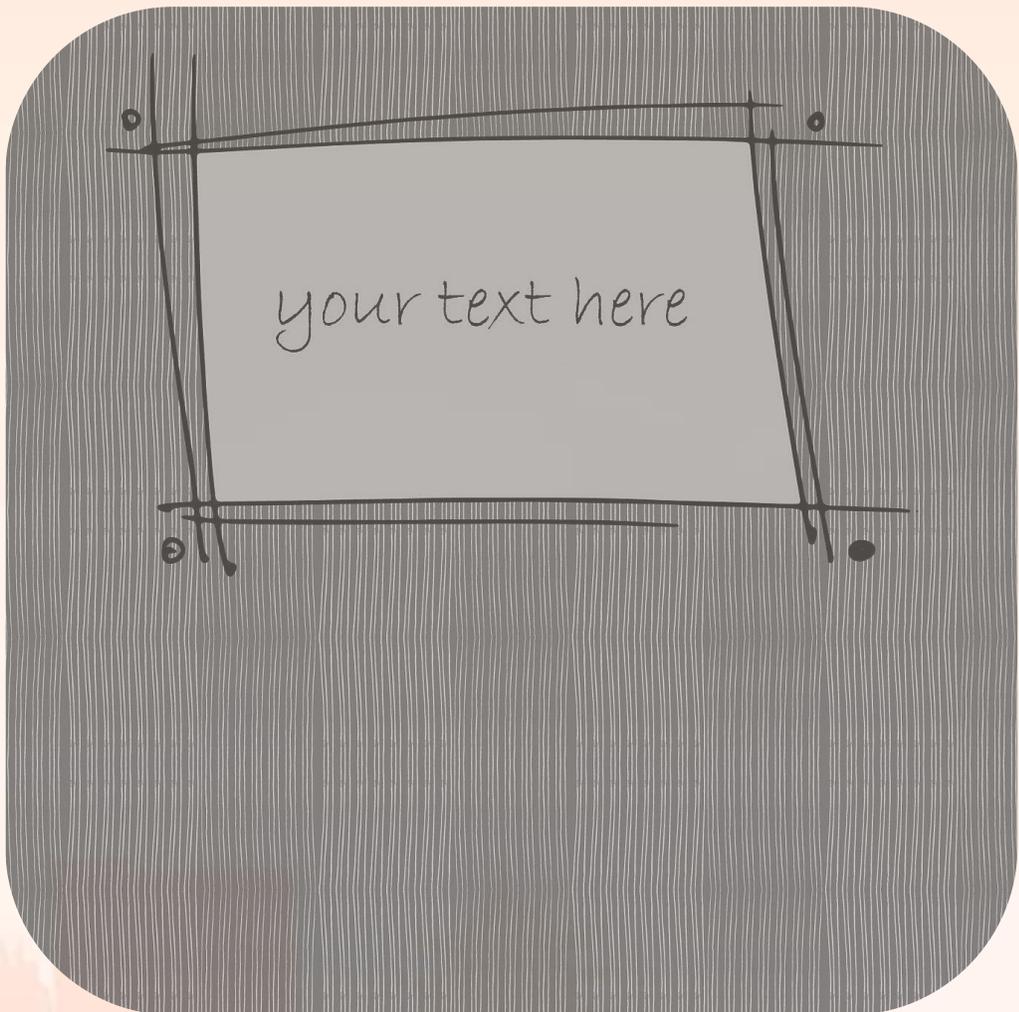
PART 03



# 多尺度排列熵理论



# 排列熵基本原理



## 排列熵定义

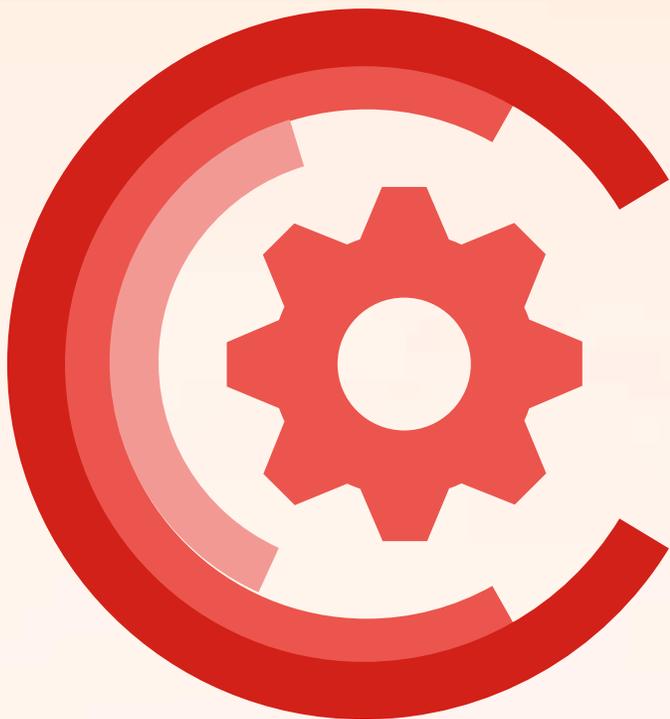
排列熵是一种衡量时间序列复杂性的方法，通过计算时间序列中不同排列模式出现的概率分布来评估其复杂性。

## 排列模式

对于给定的时间序列，将其划分为若干个等长的子序列，每个子序列中的元素按照大小进行排列，得到一个排列模式。统计不同排列模式出现的次数，可以得到时间序列的排列熵。



# 多尺度排列熵算法流程



## 粗粒化过程

对于原始时间序列，采用滑动窗口的方式将其划分为若干个等长的子序列，每个子序列代表一个尺度。对每个子序列进行粗粒化处理，得到不同尺度下的时间序列。

## 排列模式计算

对于每个尺度下的时间序列，按照排列熵基本原理中的方法计算其排列模式，并统计不同排列模式出现的次数。

## 熵值计算

根据统计得到的排列模式出现次数，计算每个尺度下时间序列的排列熵。将不同尺度下的排列熵进行综合分析，得到多尺度排列熵。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：  
<https://d.book118.com/005004330330011222>