

学校代号 10731

学 号 192080203015

分 类 号 TP18, TP165

密 级 公开



兰州理工大学

LANZHOU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## 硕士学位论文

# 基于卷积神经网络的滚动轴承故障

## 辨识方法研究

学位申请人姓名 邢自扬

培 养 单 位 机电工程学院

导师姓名及职称 赵荣珍 教授

学 科 专 业 机械设计及理论

研 究 方 向 旋转机械故障诊断

论文提交日期 2022 年 3 月 16 日

学校代号： 10731  
学 号： 192080203015  
密 级： 公开

兰州理工大学硕士学位论文

# 基于卷积神经网络的滚动轴承故障 辨识方法研究

学位申请人姓名： 邢自扬  
培 养 单 位： 机电工程学院  
导师姓名及职称： 赵荣珍 教授  
专 业 名 称： 机械设计及理论  
论文提交日期： 2022 年 3 月 16 日  
论文答辩日期： 2022 年 6 月 4 日  
答辩委员会主席： 待定

Research on rolling bearing fault identification method based on  
convolutional neural network

by

XING Ziyang

B.E.(Lanzhou University of Technology)2017

A thesis submitted in partial satisfaction of the

Requirements for the degree of

Master of Engineering

in

Mechanical Design and Theory

in the

School of Mechanical and Electronical Engineering

Lanzhou University of Technology

Supervisor

Professor Zhao Rongzhen

June, 2022

# 兰州理工大学

## 学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的论文是本人在导师的指导下独立进行研究所取得的研究成果。除了文中特别加以标注引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写的成果作品。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律后果由本人承担。

作者签名：

日期： 年 月 日

## 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权兰州理工大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

1、保密 ☐，在\_\_\_\_\_年解密后适用本授权书。

2、不保密 ☐。

（请在以上相应方框内打“√”）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

# 目录

摘要.....	I
Abstract .....	II
插图索引 .....	III
附表索引 .....	IV
第 1 章 绪论 .....	1
1.1 环己烷高压氧化液中酯类、过氧化物的气相色谱分析研究 .....	1
1.1.1 气相色谱法最新进展 .....	1
第 2 章 环己烷高压氧化液中酯和过氧化物的气相色谱分析 .....	2
2.1 气相色谱基本理论在酯、过氧化物分析中的应用.....	2
2.1.1 气相色谱固定相的选择.....	2
2.1.2 第二小节 .....	2
2.1.3 第三小节 .....	2
总结与展望.....	4
参考文献 .....	5
致谢.....	6
附录 A 攻读学位期间所发表的学术论文目录.....	7
附录 B 参加科研项目情况.....	8

## 摘要

兰州理工大学坐落于甘肃省省会兰州市，是甘肃省人民政府、教育部、国家国防科技工业局共建高校，甘肃省首批高水平大学建设高校。中西部高校基础能力建设工程、国家大学生创新型实验计划、教育部卓越工程师计划入选高校，国家国防教育特色学校。

学校前身是 1919 年创立的甘肃省立工艺学校；1958 年，在组建兰州工学院的基础上，将甘肃交通大学并入，定名为甘肃工业大学；1965 年，学校划归第一机械工业部，同时将东北重型机械学院和北京机械学院的水力机械、化工机械、石油矿场机械和焊接工艺及设备专业成建制全部迁入，并从湖南大学、合肥工业大学抽调一批教师来校工作；1998 年，转制为“中央与地方共建，以地方管理为主”的院校；2003 年，正式更名为兰州理工大学。经过百年的建设与发展，学校逐步形成了以“艰苦奋斗、自强不息、求真务实、开拓创新”为主要内涵的“红柳精神”，铸就了“奋进求是”的校训精神，基本建成了一流工科、坚实理科、特色文科，进入国内同类高校高水平大学行列。

学校现有 19 个学院、1 个教学研究部，设有研究生院、温州研究生分院。有全日制在校生 29975 人，其中本科生 22632 人、研究生 6398 人、国际学生 448 人。有兰工坪校区、彭家坪校区两个校区，占地面积 2430 亩，校舍建筑面积 121 万平方米，图书馆馆藏图书 216 万册、电子图书 122 万册，实验室面积 5 万多平方米，教学科研仪器设备资产值 4.6 亿元。

**关键词：**关键字 1；关键字 2；关键字 n

## Abstract

Lanzhou University of Technology (LUT) is situated in Lanzhou, an important city on the ancient Silk Road and the capital city of Gansu Province, China. LUT was formerly called Gansu Provincial Technical College in 1919. Then it became Gansu University of Technology in 1958, and was renamed Lanzhou University of Technology in 2003. After nearly one hundred years of development, LUT has grown to be a top multi-disciplinary university, which features solid foundation in Engineering, increasing development in science fields, and unique characteristics in liberal arts.

LUT encompasses nine fields of study, i.e., Engineering, Science, Management, Literature, Legal Studies, Education, Medicine, Fine Arts and Economics. It holds 16 provincial key disciplines and 4 national defense disciplines, among which two disciplines—Engineering and Materials Science—rank among top 1

School of International Education (SIE) was founded in 2013, which is responsible for admission, management, Chinese language teaching as well as organization of culture exchange activities for international students. SIE has four divisions, i.e., Admission Office, Teaching Affairs Office, Student Affairs Office, and Chinese Language Teaching Center for International Students. LUT houses more than 400 international students from 34 countries.

**Key Words:** Keyword1; Keyword2; Keywordn

## 插图索引

图 2.1 示例图表.....	2
-----------------	---



## 附表索引

表 2.1 示例表格.....	2
-----------------	---

# 第 1 章 绪论

石化行业在我国国民经济中占有重要的地位，在质量检验和生产过程控制中，需要用到大量的化学和物理分析检验方法，这些分析检验方法的可靠性和检测分析速度对加强企业技术水平有着很重要的价值。发展与建立新的方法对促进企业的发展、丰富石化行业的理化分析方法和推动相关领域的理论和实践有着重要的意义。兰州石化厂是集化工化纤生产于一体的大型石化企业。九十年代末二十世纪初，世界己内酰胺的生产集中在少数几家大公司，巴斯夫、DSM 和美国通用 3 家公司的产量分别为 695, 420, 330 Kt/a，占世界总产量的 36 % 以上。国内己内酰胺的生产能力为 185 Kt/a，仅能满足国内需求的 1/3，需大量进口 [1,2]。为此，1992 年兰州石化厂从荷兰 DSM 公司全套引进先进的工艺技术，建成了 50Kt/a 己内酰胺的生产装置，95 年又从德国 ZIMMA 公司引进己内酰胺后续生产装置，即 13000 t/a 聚合纺丝及帘子布生产装置。至此，兰州石化厂化工化纤一条龙生产基地已经初具规模。

## 1.1 环己烷高压氧化液中酯类、过氧化物的气相色谱分析研究

### 1.1.1 气相色谱法最新进展

VSCode（全称：Visual Studio Code）是一款由微软开发且跨平台的免费源代码编辑器。该软件支持语法高亮、代码自动补全（又称 IntelliSense）、代码重构、查看定义功能，并且内置了命令行工具和 Git 版本控制系统。用户可以更改主题和键盘快捷方式实现个性化设置，也可以通过内置的扩展程序商店安装扩展以拓展软件功能。

VS Code 使用 Monaco Editor 作为其底层的代码编辑器。

在 2019 年的 Stack Overflow 组织的开发者调查中，Visual Studio Code 被认为是最受开发者欢迎的开发环境。

#### 1.1.1.1 谁适合阅读本教程

本教程有助于初学者理解基础的编程。在学习完本教程后，您将到达一个中级的编程水平。

#### 1.1.1.2 阅读本教程前，您需要了解的知识

编程是基 C 和编程语言的，因此如果您对和 c++ 编程有基本的了解，将有助于您学习 c 编程语言。

## 第 2 章 环已烷高压氧化液中酯和过氧化物的敢相色谱分析

### 2.1 气相色谱基本理论在酯、过氧化物分析中的应用

#### 2.1.1 气相色谱固定相的选择

##### 2.1.1.1 分析速度

图 2.1。



图 2.1 示例图表

三线表 2.1。

表 2.1 示例表格

A	B	C
foo	你好	世界
bar	Hello	World

#### 2.1.2 第二小节

#### 2.1.3 第三小节

##### 2.1.3.1 第一小小节

行内公式,  $p = q * \frac{q}{p}$ ,  $\begin{bmatrix} a & b & c \end{bmatrix}$ 。

单行公式。

$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \quad (2.1)$$

多行公式 2.2。啦啦啦

lala

拉拉

拉拉

$$\begin{aligned}1 + 1 * 2 - (2 - 1) &= 1 + 2 - 1 \\ &= 3 - 1 \\ &= 2\end{aligned}\tag{2.2}$$

多行公式（无序号）。

$$\begin{aligned}1 + 1 * 2 - (2 - 1) &= 1 + 2 - 1 \\ &= 3 - 1 \\ &= 2\end{aligned}$$

#### 2.1.3.2 第二小小节

引用 ResNet<sup>[1-3]</sup>。中文<sup>[4,5]</sup>

以及<sup>[6,7]</sup>。

还有<sup>[8]</sup>

## 总结与展望

总结。

## 参考文献

- [1] 雷亚国, 贾峰, 周昕, 等. 基于深度学习理论的机械装备大数据健康监测方法[J]. 机械工程学报, 2015, 51(21): 49-56.
- [2] 屈梁生. 机械故障的全息诊断原理[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [3] 张勇, 杨康, 郝国生, 等. 基于相似历史信息迁移学习的进化优化框架[J]. 自动化学报, 2021, 47(3): 652-665.
- [4] Liang P, Deng C, Wu J, et al. Compound Fault Diagnosis of Gearboxes via Multi-label Convolutional Neural Network and Wavelet Transform[J]. Computers in Industry, 2019, 113: 103132.
- [5] 侯澍旻. 时序数据挖掘及其在故障诊断中的应用研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2006.
- [6] Wei D, Wang K, Heyns S, et al. Convolutional Neural Networks for Fault Diagnosis Using Rotating Speed Normalized Vibration[M]. In: Advances in Condition Monitoring of Machinery in Non-Stationary Operations: volume 15. Cham: Springer International Publishing, 2019: 67-76.
- [7] Saito K, Watanabe K, Ushiku Y, et al. Maximum Classifier Discrepancy for Unsupervised Domain Adaptation[C]. In: 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Salt Lake City, UT, USA: IEEE, 2018: 3723-3732.
- [8] Shi Y, Deng A, Ding X, et al. Multisource domain factorization network for cross-domain fault diagnosis of rotating machinery: An unsupervised multisource domain adaptation method[J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2022, 164: 108219.

## 致谢

致谢。

## 附录 A 攻读学位期间所发表的学术论文目录

- [1] 邢自扬, 赵荣珍, 吴耀春, 何天经. 采用多尺度卷积神经网络的滚动轴承小样本故障诊断方法 [J]. 振动. 测试与诊断.
- [2] 邢自扬, 赵荣珍, 吴耀春, 何天经. 采用多尺度卷积神经网络的滚动轴承小样本故障诊断方法 [J]. 振动. 测试与诊断.



## 附录 B 参加科研项目情况

- [1] 国家自然科学基金面上项目: 数据驱动途径的典型旋转机械智能故障决策知识粒计算问题研究, 批准号: 51675253.
- [2] 国家自然科学基金面上项目: 数据驱动途径的典型旋转机械智能故障决策知识粒计算问题研究, 批准号: 51675253.